第２５回原子力委員会
資料第1－２号

令和元年度版

原子力白書

令和 ２年８月

原子力委員会

本白書は再生紙を使用しております。

刊行によせて

原子力委員会委員長　**岡　芳明**

我が国における原子力の研究、開発及び利用は、原子力基本法にのっとり、これを平和の目的に限り、安全の確保を旨とし、民主的な運営の下に自主的に行い、成果を公開し、進んで国際協力に資するという方針の下、将来におけるエネルギー資源を確保し、学術の進歩と産業の振興とを図り、もって人類社会の福祉と国民生活の水準向上に寄与するべく行われています。

原子力委員会はその設置法に基づき、安全確保のうちその実施に係るものを除く、原子力利用の政策、事務の調整、資料の収集と調査等を行っています。

原子力白書は原子力行政のアーカイブであるとともに、「原子力利用に関する基本的考え方」（平成 29 年 7 月策定）や、原子力委員会が「決定」した文書や「見解」で述べたことをフォローする役割も担っており、毎年作成することとしています。今回の白書は、おおむね令和元年度の事柄を取りまとめ、広く国民の皆様にご紹介するものです。

今回は特集として、原子力分野を担う人材の育成について、国内外の取組等を紹介しました。また、白書全体にわたって、コラムとしてトピックスや注目点を記載しております。

平成 23 年の東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故は、福島県民をはじめ多くの国民に多大な被害を及ぼしました。福島の着実な復興と再生、様々な改善に真摯に取り組むことが我が国の原子力利用にとって必須です。

原子力利用のためには、政府と民間、原子力関係組織がそれぞれの役割と責任を踏まえつつ、国民の利益と負担の観点で、その責務を果たし、業務にあたることが求められます。

原子力白書が原子力政策の透明性を向上し、原子力利用の課題の解決に役立つことを期待します。

目次　令和元年度版原子力白書

［本編］

特集　　原子力分野を担う人材の育成 …… 4

1　はじめに …… 4
2　我が国の大学における原子力教育の特徴 …… 5
3　海外における原子力人材育成、基盤維持・強化の取組 …… 7
　(1)　海外の大学における原子力教育 …… 7
　　①　米国・UC バークレー校 …… 7
　　②　米国・パデュー大学 …… 9
　　③　カナダ・マクマスター大学 …… 10
　　④　イタリア・ミラノ工科大学 …… 11
　(2)　米国における人材育成の取組 …… 13
　　①　原子力政策方針と人材育成及び基盤維持・強化に関する考え方 …… 13
　　②　人材育成、基盤維持・強化の取組 …… 14
　(3)　英国における人材育成の取組 …… 18
　　①　原子力政策方針と人材育成及び基盤維持・強化に関する考え方 …… 18
　　②　人材育成、基盤維持・強化の取組 …… 22
　(4)　フランスにおける人材育成の取組 …… 24
　　①　原子力政策方針と人材育成及び基盤維持・強化に関する考え方 …… 24
　　②　人材育成、基盤維持・強化の取組 …… 25
　(5)　中国における人材育成の取組 …… 29
　　①　原子力政策方針と人材育成及び基盤維持・強化に関する考え方 …… 29
　　②　人材育成、基盤維持・強化の取組 …… 31
4　まとめ …… 36
　(1)　我が国における今後の大学教育と原子力人材育成 …… 36
　　①　原子力教育の改善に向けた取組 …… 37
　　②　原子力関係の研究・教育の国際的なプレゼンスの向上 …… 37
　　③　大学における原子力教育の維持 …… 38
　　④　大学外での人材育成 …… 39
　　⑤　原子力分野の魅力の発信 …… 39
　(2)　各国における原子力人材育成 …… 40
　　①　原子力人材育成の方針 …… 40
　　②　国際的なプレゼンスの向上 …… 40
　　③　産業界と大学等との連携 …… 40
参考文献 …… 42

第１章　福島の着実な復興・再生と教訓を真摯に受け止めた不断の安全性向上 47

1－1　福島の着実な復興・再生の推進と教訓の活用 47
(1)　東電福島第一原発事故の調査・検証 47
(2)　福島の復興・再生に向けた取組 54
1－2　福島事故の教訓を真摯に受け止めた不断の安全性向上 71
(1)　原子力安全対策に関する基本的枠組み 71
(2)　原子力安全対策に関する最近の取組 75
1－3　過酷事故の発生防止とその影響低減に関する取組 77
(1)　過酷事故対策 77
(2)　過酷事故に関する原子力安全研究 80
(3)　過酷事故・防災プラットフォーム 85
1－4　原子力分野の構造的特性を踏まえた安全性向上への対応 86
(1)　安全神話からの脱却と安全文化の醸成 86
1－5　ゼロリスクはないとの認識の下での安全性向上への不断の努力 88
(1)　原子力事業者等による自主的安全性向上に関する取組 88
(2)　安全性向上のための新組織の設立 92
(3)　リスク情報の活用 94
(4)　事業者と規制機関の対話 100
1－6　原子力災害対策に関する取組 101
(1)　原子力災害対策の充実に向けた取組 101
(2)　原子力事業者の緊急時対応の強化 105
(3)　原子力損害賠償制度に関する状況 106
参考文献 107

第２章　地球温暖化問題や国民生活・経済への影響を踏まえた原子力のエネルギー利用の在り方 120

2－1　原子力のエネルギー利用の位置付けと現状 120
(1)　我が国の原子力発電の状況 120
(2)　電力供給の安定性・エネルギーセキュリティと原子力 125
(3)　電力供給の経済性と原子力 126
(4)　地球温暖化対策と原子力 129
(5)　世界の原子力発電の状況と中長期的な将来見通し 137
2－2　国内外の原子力のエネルギー利用を取り巻く環境変化への対応 141
(1)　原子力のエネルギー利用を進めていくための取組 141
(2)　軽水炉の着実な利用に関する取組 143
(3)　核燃料サイクルに関する取組 151
参考文献 163

第３章　国際潮流を踏まえた国内外での取組 169

3－1　国際的な原子力の利用と産業の動向 169
(1)　国際機関等の動向 169
(2)　海外の原子力発電主要国の動向 173
(3)　原子力産業の国際的動向 180
3－2　環境社会や安全に関する配慮等 183
(1)　原子力施設主要資機材の輸出等における環境社会や安全に関する配慮 183
3－3　グローバル化の中での国内外の連携・協力の推進 184
(1)　国際機関への参加・協力 184
(2)　二国間原子力協定及び二国間協力 188
(3)　多国間協力 191
参考文献 196

第4章　平和利用と核不拡散・核セキュリティの確保 205

4－1　平和利用の担保 205
(1)　我が国における原子力の平和利用の経緯 205
(2)　IAEAによる保障措置 207
(3)　原子炉等規制法に基づく平和利用 209
(4)　政策上の平和利用 211
4－2　核セキュリティ 216
(1)　核セキュリティに関する枠組み・体制 216
(2)　核セキュリティ対策の強化 220
(3)　核セキュリティに関する国際的な取組 222
4－3　核不拡散体制の維持・強化 225
(1)　国際的な核軍縮・不拡散体制の礎石としての核兵器不拡散条約（NPT） 225
(2)　核軍縮に向けた取組 225
(3)　核不拡散に向けた取組 228
参考文献 232

第5章　原子力利用の前提となる国民からの信頼回復 237

5－1　理解の深化に向けた方向性 237
5－2　科学的に正確な情報や客観的な事実（根拠）に基づく
情報体系の整備と国民への提供 238
5－3　コミュニケーション活動の強化 241
5－4　原子力関係機関における取組 244
(1)　国の取組 244
(2)　原子力関係事業者の取組 245
(3)　東電福島第一原発の廃炉に関する取組 246
5－5　立地地域との共生 249
参考文献 251

第 6 章　廃止措置及び放射性廃棄物への対応 255

6－1　東電福島第一原発の廃止措置 255
(1)　東電福島第一原発の廃止措置等の実施に向けた基本方針等 255
(2)　東電福島第一原発の状況と廃炉に向けた取組 258
(3)　廃炉に向けた研究開発、人材育成及び国際協力 261
6－2　原子力発電所及び研究開発機関や大学における研究開発施設等の廃止措置 266
(1)　廃止措置の概要と安全確保 266
(2)　廃止措置の状況 267
(3)　廃止措置の費用措置 271
6－3　現世代の責任による放射性廃棄物処分の着実な実施 274
(1)　放射性廃棄物の処分の概要と安全確保 274
(2)　放射性廃棄物の処理・処分に関する取組と現状 275
(3)　クリアランス 294
(4)　廃止措置・放射性廃棄物連携プラットフォーム
（連携プラットフォーム（仮称）） 294
参考文献 296

第 7 章　放射線・放射性同位元素の利用の展開 306

7－1　放射線利用に関する基本的考え方と全体概要 306
(1)　放射線と放射線の種類 307
(2)　放射線発生装置（放射線源を含む）と得られる放射線及び利用状況 307
(3)　放射線の利用分野と具体例 316
7－2　量子ビーム・RI を利用した先端研究及び先進医療 323
(1)　量子ビームを利用した先端研究 323
(2)　量子ビーム・RI を利用した先進医療 331
7－3　放射線利用環境の整備 337
(1)　放射線利用に伴い発生する放射性廃棄物の取扱い 337
(2)　放射線利用に関する規則 337
(3)　放射線防護に関する研究 337
7－4　放射線利用分野の人材育成 338
(1)　国内における人材育成上の課題 338
(2)　人材育成上の課題への取組 339
(3)　海外における放射線利用分野の人材育成協力 339
参考文献 341

第 8 章　原子力利用の基盤強化 344

8－1　研究開発の方針並びに関係組織の連携や研究開発機関の機能の変革 344
(1)　我が国における研究開発の考え方 344
(2)　原子力関係組織の連携による知識基盤の構築 346

(3) 研究開発機関の変革 348
8－2 基礎基盤の強化とイノベーションの推進 352
(1) 原子力分野の基盤研究開発に関する取組 352
(2) 基礎基盤研究を踏まえた原子力研究開発の状況 360
8－3 人材の確保及び育成 368
(1) 原子力分野における人材育成・確保の動向 368
(2) 原子力人材の育成・確保に関する取組 371
(3) 今後の原子力人材育成の在り方に関する検討状況 373
参考文献 374

[資料編]

1 我が国の原子力行政体制 381
2 原子力委員会 383
(1) 原子力委員会委員の紹介（2020 年 3 月時点） 384
(2) 専門部会等 384
3 原子力委員会決定等 385
(1) 原子炉等規制法に係る諮問・答申について 385
4 2018 年度～2020 年度原子力関係経費 387
5 我が国の原子力発電及びそれを取り巻く状況 388
(1) 我が国の原子力発電所の状況（2020 年 2 月時点） 388
(2) 各国における一次エネルギー需要の見通し 390
(3) 各国及び地域の原子力発電所の設備利用率 391
(4) 我が国における核燃料物質在庫量一覧 393
(5) 原子力関連年表 400
(6) 核兵器不拡散条約（NPT）締約国と IAEA 保障措置協定締結国 405
6 世界の原子力の基本政策と原子力発電の状況 406
(1) 北米 408
(2) 欧州 409
(3) 旧ソ連諸国 415
(4) アジア 416
(5) その他 420
7 放射線被ばくの早見図 423

[コラム]

～福島県の現状に関する国内外に向けた情報発信の取組～ 69
～東北電力株式会社女川原子力発電所の安全性向上対策～ 79
～OECD/NEA による過酷事故研究の取組～ 83

～INPOの設立と取組～ 90
～INPOの自律的な規制を支える5つの考え方～ 91
～米国の検査制度の変遷～ 97
～米国におけるコストベネフィットの考え方～ 99
～低炭素電源としての原子力の必要性：国際エネルギー機関の報告書～ 133
～低炭素電源としての原子力の必要性：経済協力開発機構原子力機関の報告書～ 134
～温室効果ガス削減に向けて～ 135
～原子力発電所の雇用効果～ 142
～米国における原子力発電の経済性の維持～ 144
～米国とフランスにおける使用済燃料の貯蔵～ 148
～米国の使用済燃料の乾式貯蔵～ 149
～クリーンエネルギーシステムにおける原子力の必要性～ 172
～米国における2度目の運転認可更新～ 174
～世界の原子力発電所の新規建設：製造・建設経験の継承が重要～ 181
～原子力発電所の輸出：海外市場も念頭に置いた開発と国内利用～ 182
～IAEA総会～ 187
～英国政府による政策情報の提供～ 240
～科学的テーマに関する政策検討における公衆意見の聴取：公衆対話～ 242
～英国とフランスにおける地層処分事業に関する国民への説明～ 243
～多核種除去設備等処理水の取扱いに関する検討～ 265
～諸外国における原子力施設の廃止措置の基本方針～ 272
～諸外国における原子力施設の廃止措置事例～ 273
～英国の地層処分場立地プロセスにおける信頼構築～ 281
～フィンランドにおける放射性廃棄物管理：国、事業者による改善努力～ 284
～諸外国における放射性廃棄物の分類と管理方法～ 292
～諸外国における低レベル放射性廃棄物の分類と処分方法～ 293
～国内における短寿命核種の製造～ 310
～米国エネルギー省（DOE）の加速器開発戦略～ 314
～放射線利用の経済規模～ 315
～非破壊検査装置、計測装置、分析装置の利用～ 318
～小型加速器の利用～ 319
～米国DOE-HEP（高エネルギー物理学部門）における放射線利用戦略～ 322
～日本中性子学会の取組～ 325
～官民地域パートナーシップによる次世代放射光施設の推進～ 328
～放射化学について～～ 335
～基礎的知見に基づく天然鉱物・微生物を利用した放射性核種除去法の開発～ 336
～米国の研究開発支援の取組～ 359
～NUGENIAの研究開発テーマ～ 360
～米国エネルギー省（DOE）における軽水炉持続プログラム（LWRS）～ 361

～米国電力研究所（EPRI）の原子力研究領域～ 362

はじめに

1. 原子力委員会について

我が国の原子力の研究、開発及び利用（以下「原子力利用」という。）は、1955 年 12 月 19 日に制定された原子力基本法（昭和 30 年法律 186 号）に基づき厳に平和の目的に限り、安全の確保を前提に、民主、自主、公開の原則の下で開始されました。同法に基づき、原子力委員会は、国の施策を計画的に遂行し、原子力行政の民主的運営を図るため、1956 年 1 月 1 日に設置されました。原子力委員会は、様々な政策課題に関する方針の決定や、関係行政機関の事務の調整等の機能を果たしてきました。

2. 原子力委員会の役割の改革

東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故（以下「東電福島第一原発事故」という。）を受けて、原子力を巡る行政庁の体制の再編が行われるとともに、事故により原子力を取り巻く環境が大きく変化しました。これを踏まえ、「原子力委員会の在り方見直しのための有識者会議」が 2013 年 7 月に設置され、原子力委員会の役割についても抜本的な見直しが行われ、2014 年 6 月に原子力委員会設置法が改正されました。

その結果、原子力委員会は、関係組織からの中立性を確保しつつ、平和利用の確保等の原子力利用に関する重要事項にその機能の主軸を移すこととなりました。その上で、原子力委員会は、原子力に関する諸課題の管理、運営の視点に重点を置きつつ、原子力利用の理念となる分野横断的な基本的な考え方を定めながら、我が国の原子力利用の方向性を示す「羅針盤」として役割を果たしていくこととなりました。

求められる役割を踏まえ、2014 年 12 月に新たな原子力委員会が発足し、現在は、岡芳明委員長、佐野利男委員、中西友子委員の 3 名で活動をしています。新たな原子力委員会では、東電福島第一原発事故の発生を防ぐことができなかったことを真摯に反省し、その教訓を生かしていくとともに、より高い見地から、国民の便益や負担の視点を重視しつつ、原子力利用全体を見渡し、専門的見地や国際的教訓等に基づき、課題を指摘し、解決策を提案し、その取組状況を確認していくといった活動を行ってきました。こうした活動などを通じて、原子力委員会は、原子力利用における「羅針盤」としての機能を果たせるよう、今後も努めてまいります。

3. 我が国の原子力利用の方向性

このような役割に鑑み、原子力委員会では、かつて策定してきた「原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画」や「原子力政策大綱」のような網羅的かつ詳細な計画を策定しないものの、今後の原子力政策について政府としての長期的な方向性を示唆する羅針盤とな

る「原子力利用に関する基本的考え方」（以下「基本的考え方」という。）を策定することとしました。

新たな原子力委員会が発足して以降、東電福島第一原発事故及びその影響や、原子力を取り巻く環境変化、国内外の動向等について、有識者から広範に意見を聴取するとともに、意見交換を行い、これらの活動等を通じて国民の原子力に対する不信・不安の払拭に努め、信頼を得られるよう検討を進め、その中で様々な価値観や立場からの幅広い意見があったことを真摯に受け止めつつ、2017 年 7 月 20 日に「基本的考え方」を策定しました。さらに、翌 21 日の閣議において、政府として「基本的考え方」を尊重する旨が閣議決定されました。

「基本的考え方」では、原子力政策全体を見渡し、我が国の原子力の平和利用、国民理解の深化、人材育成、研究開発等の目指す方向性や在り方を分野横断的な観点から示しています。この中では、特に、東電福島第一原発事故の教訓と反省の上に立ち、安全性の確保を大前提に、国民の理解と信頼を得つつ進めていくことの重要性を改めて強調しました。今後、「基本的考え方」において示した原子力政策の本質的な課題や、幅広い国民の方々の声にもしっかり向き合っていくことで、国民の理解と信頼を得られるよう努めてまいります。

4.「原子力白書」の発刊

原子力委員会が設置されて以来継続的に発刊してきた「原子力白書」は、東電福島第一原発事故の対応及びその後の原子力委員会の見直しの議論と新委員会の立ち上げを行う中で、約 7 年間休刊していましたが、我が国の原子力利用に関する現状及び取組の全体像について国民の方々に説明責任を果たしていくことの重要性を踏まえ、2018 年から「原子力白書」の発刊を再開することとしました。

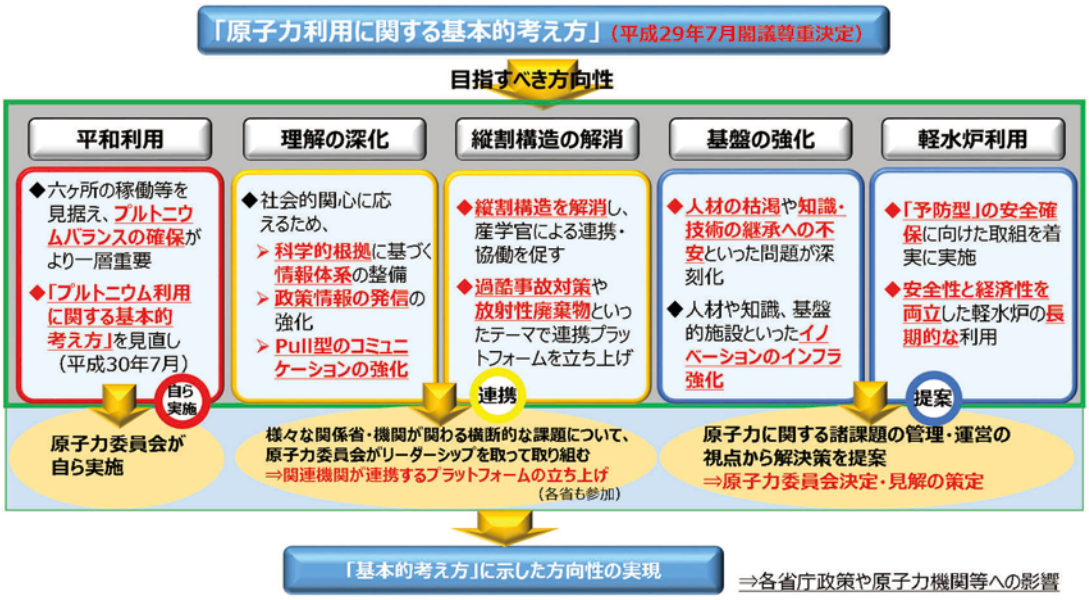
「原子力白書」では、「基本的考え方」についてフォローアップした内容を中心に記載するとともに、関係行政機関や関係事業者からのヒアリングを行い、進捗の確認等を行ってきました。また、原子力分野の取組について、国民のより適切な理解を得るため、特集として、年度毎に原子力分野に関連したテーマを設定し、国内外の取組を分析しています。本年度の原子力白書の特集では、原子力分野を担う人材の育成をテーマに、国内外の取組事例等について紹介しています。

さらに、第 1 章以降では、福島の着実な復興・再生の推進と教訓の活用や安全文化の確立に向けた取組、エネルギーシナリオにおける原子力の役割、核燃料サイクル、国際連携、平和利用の担保、核不拡散、核セキュリティ、国民理解の深化、放射性廃棄物の処理・処分、放射線・放射性同位元素の利用、人材育成、研究開発・技術開発といった原子力利用全体の現状や継続的な取組等の進捗について俯瞰的に説明しています。

なお、本書では、原則として 2020 年 3 月までの取組等を記載しています。ただし、一部の重要な事項は、2020 年 8 月までの取組等を記載しています。

来年以降も継続的に「原子力白書」を発行し、我が国の原子力に関する現状及び国の取組等について国民に対し説明責任を果たしていくとともに、「原子力白書」や原子力委員会の

活動を通じて、「基本的考え方」で指摘した事項に関する原子力関連機関の取組状況について原子力委員会自らが確認し、専門的見地や国際的教訓等を踏まえつつ指摘を行うなど、今後も必要な役割を果たせるよう努めてまいります。



特集　原子力分野を担う人材の育成

＜概要＞

科学技術を含む様々な分野において、その分野の発展や競争力の維持・拡大を図るためには、現役世代はもとより、次世代を担う人材を育成していくことが重要です。特に原子力分野においては、安全の確保を図りつつ、研究、開発及び利用を支える優秀な人材を育成・確保していくことが必要です。原子力関連機関では、セクター間で連携して、より効率的かつ効果的な活動を進めていくことが望まれており、国内外の良好事例を共有し改善に向けた取組を進めていくことが求められます。

我が国では、原子力関連の教育は複数の大学において実施されています。大学・大学院に原子力分野を学ぶ学科・専攻等が設置され、一体的な教育や連携を実施するとともに、教育認証による教育改善、各大学が抱えるリソースの最大限の活用、海外大学や国際機関並びに産業界との連携等、各大学の特色を生かした原子力教育を提供しています。一方、課題として、大学が抱える研究基盤の老朽化やそれに伴う教育・研究機会の減少、国際的なプレゼンスの低下が挙げられます。加えて、学生からの人気低下や学部の大くくり化による教育実験等の希薄化等、学内における原子力分野のプレゼンスが低下している現状を改善することが求められます。

このような課題に取り組むに当たり、海外の大学や各国の取組から我が国が学べる点が多々あります。例えば大学では、国境を越えてグローバルに活躍できる人材を育成するという理念の下、授業や教育カリキュラムの外部評価等を通じて教育の質を向上させるとともに、産業界への長期的なインターンシップや産官学共同研究プロジェクトを実施するなど産官学の緊密な連携が見られます。また、産官学が連携し、将来求められる人材の評価シナリオ作成、原子力プロジェクトに関わる社会人に必要な知識を学べるオンラインコースの開設、マネジメントに特化した訓練コースやセミナーの設置等、就職後の社会人が教育を受けられる環境が整備されています。

原子力分野における我が国の競争力を向上させるためには、国内外の事例を参考にしつつ、優秀な人材を確保・育成していくことが重要です。そのためには、産官学で連携して今後求められる人材のビジョンを明確にしつつ、大学における教育と研究の質を向上させるとともに、国際的なプレゼンス向上に向けて関係組織が不断の努力をしていくことが求められます。

1　はじめに

科学技術を含む様々な分野において、その分野の発展や競争力の維持・拡大を図るためには、現役世代はもとより、次世代を担う人材を育成していくことが重要です。特に原子力分野においては、安全の確保を図りつつ、研究、開発及び利用を支える優秀な人材を育成・確

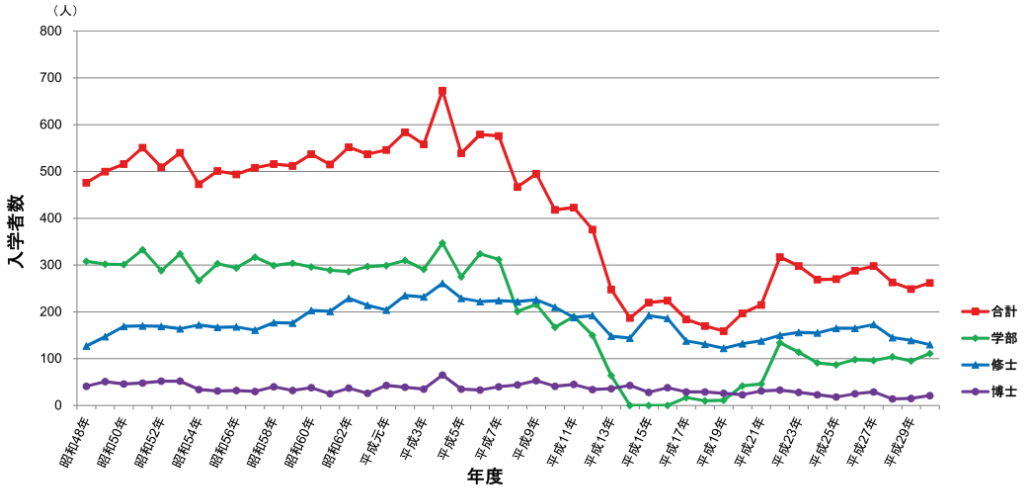
保していくことが必要です。

我が国においては、原子力基本法（昭和 30 年法律第 186 号）に基づき、原子力利用の取組が開始されました。実験用原子炉から始まり、現在では、商業用原子炉が建設・稼働しエネルギーを供給するとともに、農業・工業・医療等の様々な分野において放射線が利用され、国民生活の向上に寄与してきています。これらは、研究者や技術者を含む原子力に関わる人材の尽力によるものであり、今後も原子力分野を維持・発展させていくためには、社会における原子力の位置付けを見極めつつ、情熱を持って原子力に関わる人材が生まれ、そのような人材が社会で活躍できる好循環の構築が必要です。そのため、原子力分野に関係する国、大学、産業界等のセクター間で連携し、人材育成の観点で効率的かつ効果的な活動を進めていくことが望まれます。

本特集では、今後の我が国における人材育成の参考となりうる、国内外の大学の取組や良好事例、各国の施策を紹介します。

2　我が国の大学における原子力教育の特徴

我が国においては、原子力分野の学問を志す学生の多くは、原子力関係の学科・コースが設置されている大学に進学し、そこで専門的な知識を学んでいきます。一方で、原子力利用を取り巻く環境変化等の要因により、原子力分野への進学・就職を希望する学生の減少（図 1）や現場の技術者の高齢化等も進み、人材の枯渇や知識の継承への不安等の問題が生じています。このような背景から、各大学には、創意工夫を凝らし研究の質を保ちつつ、原子力教育に力を入れ人材の輩出を行う使命があります。国立大学における原子力教育の特徴は、表 1 のとおりです。



※「学校基本調査」の学科系統分類表における中分類「原子力理学関係」及び「原子力工学関係」の合計をもとに作成
原子力工学関係（大　学）…原子（力）核工学、原子力工学、原子炉工学、応用原子核工学、システム量子工学、量子エネルギー工学、原子力技術応用工学、原子力安全工学
原子力理学関係（大学院）…原子核理学、原子核宇宙線学、原子物理学
原子力工学関係（大学院）…原子核工学、原子力工学、原子工学、応用原子核工学、量子エネルギー工学、エネルギー量子工学、原子力・エネルギー安全工学、共同原子力、原子力システム安全工学、量子放射線系

図 1　原子力関連学科等における入学者数の推移

（出典）第 21 回原子力科学技術委員会資料 3-1 文部科学省「原子力イノベーションの実現に向けた研究開発・研究基盤・人材育成施策の方向性について」（2019 年）［1］

表 1　我が国の国立大学における原子力教育の特徴

大学名	特徴
北海道大学	・ 2017 年寄附分野「原子力支援社会基盤技術分野」設置。社会や企業のニーズと原子力系研究室のシーズとのマッチング ・ 主専攻に加え副専修科目を履修する「双峰型教育」 ・ 国際交流の拡大
東北大学	・ 専任（基幹）4 講座 14 分野に加え、協力講座が 4 講座 7 分野あり、協力して教育と研究を実施 ・ 学部 2 年次後半にコースに配属、3 年次前半終了時に、専任の各分野（研究室）と協力講座に配属 ・ 豊富な実験・実習
東京大学	・ ピアレビューによる、原子力国際専攻は国際原子力機関（IAEA[1]）認定、原子力専攻は日本技術者教育認定機構（JABEE[2]）認証 ・ 産官学連携（社会連携講座等）を強化 ・ 原子力専攻は専門職大学院で、多くの必修科目。原子炉主任技術者、核燃料取扱主任者の試験の一部免除に対応する教育・厳しい単位認定。国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以下「原子力機構」という。）での実験実習、修士論文なし、1 年で修了
東京工業大学	・ 工学院/物質理工学院/環境・社会理工学院横断型の複合型コースの一つとして原子核工学コースを設置（学士課程と大学院課程の一貫化） ・ 修士課程では、所属以外の複数の研究室での講義や実験に参加 ・ 国際交流（マサチューセッツ工科大学（MIT[3])、ロシア等） ・ 国内外の大学が連携した原子力基礎教育（大学連合 ATOM）
名古屋大学	・ 原子炉物理や原子燃料サイクルなど、原子力工学の基礎講義を学部 3 年から実施 ・ 近大炉（学部）、京大炉（大学院）において臨界実験に参加
京都大学	・ 基礎科目と実験実習を重視した少人数教育 ・ 学部から放射線と原子力を系統的に学修 ・ 大学院は他分野が受験しやすいような科目選択制 ・ 京大複合原子力科学研究所での原子炉基礎演習・実験
大阪大学	・ 大学科・大専攻の環境エネルギー工学科・専攻の中で原子力教育を実施 ・ 大学院では履修科目に加え原子炉主任技術者試験講座を開講
九州大学	・ 学部で炉物理、計測、原子核物理学は履修、他科目は主に専攻にて履修 ・ 学部、専攻共に実験を重視 ・ 学部では放射線計測、溶媒抽出を実施 ・ 専攻では共沈分離、中性子輸送、トリチウム同位体分離等の実験を実施

（出典）第 9 回原子力委員会資料第 1-1 号 原子力政策担当室「原子力分野の大学教育関連情報（国内大学ヒアリングの結果概要）」（2020 年）［2］に基づき作成

これらの大学では、それぞれの特色を生かした原子力教育が実施されています。良好事例として、学部と大学院による一貫教育の実施や連携強化、原子力分野と放射線分野の教員の

[1] International Atomic Energy Agency
[2] Japan Accreditation Board for Engineering Education
[3] Massachusetts Institute of Technology

連携強化、教育認証による教育改善、競争的資金等の獲得による実験設備等の更新・充実等が挙げられます［3］。

3　海外における原子力人材育成、基盤維持・強化の取組

欧米諸国においては、大学や国レベルで我が国とは異なる取組を実施し、優秀な人材獲得の一助としている事例があります。本特集では、米国のカルフォルニア大学（UC）バークレー校やパデュー大学、カナダのマクマスター大学、イタリアのミラノ工科大学における原子力学科・コースについて概略を述べるとともに、米国、英国、フランス、中国及びドイツの原子力人材育成の取組についても紹介します。

(1)　海外の大学における原子力教育

欧米諸国では、大学の教育・研究を支える上で、様々な観点において我が国とは異なるシステム等を導入しています。ここでは、UC バークレー校等の事例を紹介します。

①　米国・UC バークレー校

UC バークレー校はカルフォルニア州の州立大学で、研究力ランキングの上位に入る米国屈指の研究大学です。特に原子力分野では、シーボーグ教授によるプルトニウムの発見等、世界をリードする業績を上げています。

1)　教育

米国では、工学部のカリキュラム認定を行う工学系高等教育課程認定機関（ABET[4]）によるレビューが 7 年ごとに行われています。この評価システムは学生の質に重点を置いているため、カリキュラムの目的を設定し、実現するために必要な講義の配置やシラバスの整合性を図ること等が必要です。

UC バークレー校は、原子力分野において 9 項目の能力を教育の目標として掲げており、原子力工学コースのカリキュラムとの関係性が整理されています。また、授業評価においても、学生にアンケートを実施して集計結果を公表するなど、厳格な運用が行われています。

[4] Accreditation Board for Engineering and Technology

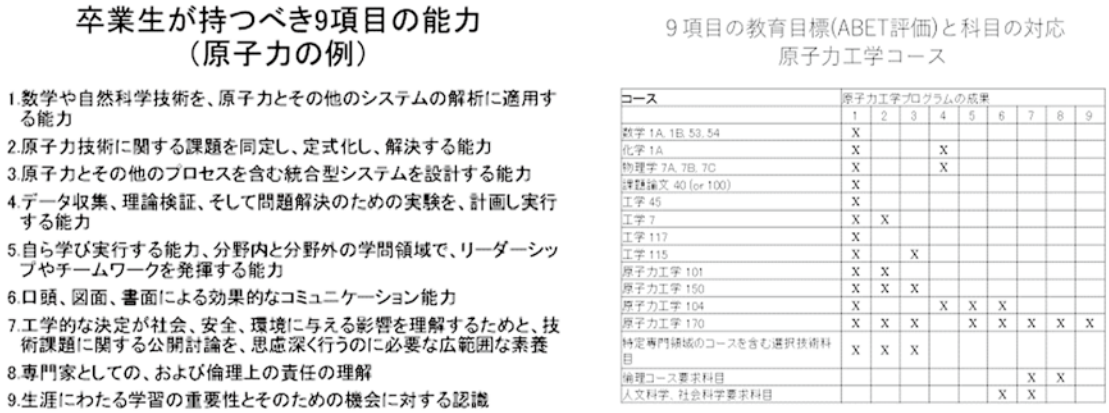


図 2　原子力コースの目標とコースの関係性

(出典)UC バークレー校資料に基づき作成

2）　研究

分野によって大きく異なるものの、大学院生は教員や大学等から学費や生活費等の財政的サポートを得ながら研究を進めていき、就職、あるいは、博士研究員、任期付教員、テニュア[5]教員とステップアップしながら研究活動を実施していきます。

また、教員は、エネルギー省（DOE[6]）、原子力規制委員会（NRC[7]）、科学財団（NSF[8]）等の政府関係機関のプロジェクトだけでなく、外国の研究機関、民間企業等が提供する外部資金にも応募しますが、その際には、大学内の事務局と緊密に連携して応募書類を用意し、大学院生等を雇うようにしています。

3）　教員の評価システム

優秀な教員を獲得することは、原子力分野はもちろんのこと、大学全体にとって重要です。そのため、教員の募集・採用に加えて、採用後の評価についても透明性を踏まえて検討されます。教員を新規で採用する場合は、学科の選考委員会が設置され候補者の評価・審査を行い、その後、大学に設置された予算委員会にて再度審査を行った上で決定されます。また、任期付教員がテニュアを獲得するためには、任期付教員としての最大 8 年間の任期満了までに、2 年に 1 度の業績評価を受けて、テニュア審査基準を満たす必要があります。加えて、テニュアを取得した後も、3 年に 1 回の評価を受けるなど評価が行われます。

このように、UC バークレー校に限らず米国では大学の競争力を保つために、カリキュラム認定や授業評価等によって教育の質を担保するとともに、教員評価による研究者の質が担保されています。

---

[5] 米国の大学における終身雇用資格。
[6] Department of Energy
[7] Nuclear Regulatory Commission
[8] National Science Foundation

②　米国・パデュー大学

パデュー大学はインディアナ州の州立大学で、2013 年には原子力分野を含む工学学科の全米ランキングで 8 位に位置するなど、研究力が高い大学です。また、留学生の割合が高く、2012 年から 2013 年の実績では、特に中国、インド、韓国からの留学生が多くなっています［4］。

1)　教育

原子力学科を含む工学部の教育では、1 年次では全員が特定の専攻を選ばない基礎工学（Freshman Engineering）カリキュラムを選択し、2 年次から 4 年次に航空宇宙、化学工学、土木、電子工学、原子力等の各専門分野を専攻します（図 3）。

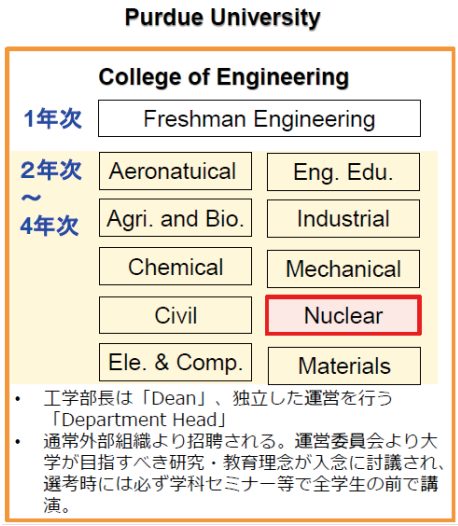


図 3 パデュー大学の工学部

（出典）第 32 回原子力委員会資料第1号 北海道大学三輪修一郎「Purdue 大学における原子力教育事情」(2018 年)

学生が 2 年次からのコース選択を行うに当たり、大学卒業後の原子力技術者としてのキャリアについて考える必要があるため、自己責任型の教育になっていることが特徴です。

2 年次以降に行われるセミナーでは、第一線の研究者による講演を実施し、原子力分野の最先端の研究課題等の最新情報に接することができます。第一線の研究者のプレゼンテーション能力を間近に見ることで、説明能力を磨く有用な機会にもなっています。

また、学生自身が研究室や教員を調べて研究室を希望することができますが、学生の志望と当該研究室の内容等が合致しなければ、配属後に辞めることもできます。一方で、当該研究室での研究を行うための十分な能力がないと判断された学生は研究室から外されることもあります。しかし、その場合でも、教員が別の方向性を提案するなどのフォローが行われる場合があります。

米国では一般的に、大学を卒業した学生は即戦力として雇用されます。それに備えて、セミナーで最先端の知見を得るとともに、2 か月から 3 か月のインターンシップを行い、給与

も支給されながら実際のエンジニアの仕事を体験することができます。このように、パデュー大学の工学部は、教育機関のみならずキャリアの育成機関としての機能も担っています。

2)　学科の運営

パデュー大学では、学科長が学科の独立的な運営を行います。また、工学部長は、基本的にヘッドハント等により外部の組織から招へいされて就任します。学部長や学科長が新たに外部から着任する場合には、セミナーを行い学生にアンケートを取るという民主的な選出プロセスが必ず実施されます。

③　カナダ・マクマスター大学

カナダのハミルトンにあるマクマスター大学は、世界の 100 を超える国からの多くの留学生が学んでおり、2016 年の大学院生の約 22%が海外からの留学生です。工学部は、化学工学、土木工学等の 7 つの学科からなり、原子力工学を学ぶコースは工学物理学科にあります［5］。

1)　教育

4 年間コース以外にも、資格やスキルを取得する 5 年間のコースを設置するなど、柔軟なカリキュラムが組まれているのが特徴です。インターンシップも熱心に活用されており、3、4 年次には、4 か月から 16 か月程度の企業経験が可能な Co-op プログラムがあります。加えて、1 年次であっても優秀な学生は、夏季休暇中に研究室に配属されて研究に従事することも可能であり、学生生活の早い段階から大学院生とともに研究を行うことが可能です。

マクマスター大学では、工学物理学科に原子力工学を学ぶコースが設置されていますが、放射線防護や放射線医科学等は他学部との連携によって実施されています。また、教育用に設置された小型原子炉ではヨウ素 125 が製造されており、世界のシェアの約 7 割を占めています。加えて、実験用のホットセル[9]も設置されていますが、これらの運転操作や原子炉直近での実験装置の設置等は、安全委員会による資格取得者のみが行うこととされており、手軽な実験は難しくなっています。

2)　産業界との連携

マクマスター大学を含むカナダの大学では、原子力分野における産業界との協力が進んでいます。例えば、研究機関や産業界からなる原子力工学研究ネットワーク（UNENE[10]）によ

---

[9] 強い放射性物質を取り扱えるように十分な遮蔽を施した実験室等の一区画。

[10] University of Excellence of Nuclear Engineering：
カナダの大学における原子力教育、研究開発能力の支援と開発のため、マクマスター大学、オンタリオ工科大学、クイーンズ大学、ウェスタン大学、ウォータールー大学等の複数の大学や、原子力施設、研究機関及び規制当局からなる連合組織。2002 年に設置。

り、大学における原子力教育・研究に対する支援が行われています。これは、産業界によるバックアップの下、非常に優秀な研究成果を上げる教員に「インダストリアルリサーチチェア」という称号を付与して潤沢な研究資金を提供することにより、人材を確保するとともに、学生の指導と先端研究の実施を可能とするものです。

さらに、マクマスター大学を中心に計画されている小型炉の研究開発プロジェクトにおいては、複数の大学、産業界、カナダ自然科学・工学研究会議（NSERC[11]）、及び連邦資源省が協働しています。このような具体的な国家プロジェクトの存在は、原子力業界が進もうとする方向性や、将来有望な事業があるということを示す強いメッセージになっていると考えられます。大学単独の予算による研究に比べ、産業界や国が一体になって進める研究は、研究に参加する学生に対し、プロジェクトとしての重要性や将来性をより強くアピールするものになっていると言えます。

3）　教育の質の確保

カナダでは、大学における教育の質を確保するために様々な取組が実施されています。例えば、学生による授業評価制度があり、学生の評価が低い教員は学科長の面談を要求されるとともに、評価結果が昇進、昇給、長期休暇取得等の様々な場面で活用されています。

また、カナダ工学認定機構（CEAB[12]）という外部評価組織があり、全大学の工学部について７年ごとに教育内容が評価されます。この外部評価では、授業評価に加え、学生や教員のインタビュー、実験環境の視察も行われるとともに、前回評価時に指摘された課題への対応状況についても確認されます。評価結果は、評価員のコメントを含め公開されています。

さらに、国及び州の予算で実施されているプロジェクトにおける教育は、NSERC が評価を行います。当初予定より参加学生の数が少なければプロジェク予算を打ち切るなど、研究を通した教育の質の確保に対して非常に力を入れていることが特徴です。そのほかにも NSERC は、学生の先進的な研究の支援、基礎研究の促進・支援、カナダ国内の様々な組織による高等教育レベルの研究プロジェクトへの参加と投資の奨励を行うことにより、イノベーションを促進する役割も担っています［6］。

④　イタリア・ミラノ工科大学

ミラノ工科大学は、イタリアで最大の工学、建築、デザイン部門で構成される大学です。原子力工学科の学生数は、外国人留学生の増加等により近年増加しており、その要因の一つとして、修士・博士課程の全ての講義が英語で実施されるようになったことが挙げられます［7］。

---

[11] Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada：
教育と研究（インフラ整備を含む）の向上・発展に向けた資金援助を行う連邦機関。民間企業や州も参加。

[12] Canadian Engineering Accreditation Board

1）　留学

ミラノ工科大学では、EU 域内での留学や海外でのインターンシップへの参加等を促進しています。その背景には、他大学での単位互換取得を可能にする制度が整備されていることがあります。例えば、EU 域内での留学支援制度であるエラスムス計画は、欧州単位互換制度（ECTS[13]）を確立しており、EU 各国の高等教育機関間の交流や学生の交流の促進に貢献しています。

2）　学生の主体性に応えるコース設定

原子力工学科内では、原子力プラントコース、原子力技術コースと原子力システム一物理コースの 3 つが設置されており、学生は 2 年次の最終学期までにコースを選択することが可能です。

近年、原子力工学科への進学者が急増している背景には、上記の講義が全て英語で実施されることに加え、エネルギー工学部門の中に原子力工学科が設置されていることが挙げられます。学生は、エネルギー工学部門の中で物理、化学、情報、生物等を学ぶことを通じて、基礎的な視点でものを考える力が身につきます。また、同じエネルギー工学の中にある原子力工学の存在を他分野と比較した上で、目的や意識を持ってコースに挑戦することができます。

3）　大学間の連携

大学間の単位や研究の連携も進められています。例えば、トリノ工科大学とミラノ工科大学は共通のプログラムを設置しており、トリノ工科大学とミラノ工科大学でそれぞれ 1 年間ずつ学び、修士論文を書き上げる制度等が整備されています。また、原子核研究大学間コンソーシアム（CIRTEN[14]）の枠組みにおいても、修士論文を執筆する制度が整備されています。

原子力産業がないイタリアにおいて、ミラノ工科大学の原子力部門は、自国以外の国のために人材を供給する形になっています。そのため、欧州内のみならず、中国等の原子力産業が今後盛んになる国の大学との協力が検討されています。

4）　教育

基本的に、学部、学科、部門では、研究のみならず学生への講義や教育に力を注いでいます。具体的には、シラバス、講義計画、毎回の講義終了報告、講義の内容、教員の講義ノートが部門内で公開されるとともに、管理部門が講義内容の在り方や形式の確認を行います。また、部門による講義評価においては、学生の授業評価結果が大きな比重を占めます。

---

[13] European Credit Transfer and Accumulation System

[14] Consorzio Interuniversitario per la Ricerca TEcnologica Nucleare：
ピサ大学、トリノ工科大学、ミラノ工科大学等から成るコンソーシアム。原子力工学分野での修士、博士課程での教育プログラムを提供。

(2)　米国における人材育成の取組

①　原子力政策方針と人材育成及び基盤維持・強化に関する考え方

1)　原子力政策方針

米国では、議会及び行政府共に原子力発電の利用に肯定的であり、連邦政府は、原子力関連の研究開発支援や安全規制の役割を担っています。例えば、歳出法による DOE への手厚い研究開発予算の配賦や、NRC に対して先進的な商用原子炉の許認可プロセス確立を求める法律の制定等が行われています。また、一部の州は、温室効果ガス排出削減目標の達成等を目指すため、原子力発電所の運転継続に係る経済的支援政策を実施しています。

2)　放射線利用分野での方針

放射線利用は、工業のみならず、医療、食品、農業等の分野で広く行われています。DOE の国立研究所では、大型の放射線源や加速器等を利用した研究開発が実施されています。DOE は、自ら研究開発を進めることに加え、外部の研究者等が施設を利用できる機会を提供し、放射線利用の促進に貢献しています。DOE の施設の利活用方針は、連邦政府・DOE が予算を要求し、それを議会が歳出法として決定する形で定められています。

DOE は 2014 年に、同年から 2018 年の 5 年間を対象とした「戦略計画」を策定しました。同計画の戦略目標の一つとして、「自然に対する我々の理解を一変させ、基礎科学の進展と技術革新とのつながりを強化する、科学的発見や主要な科学ツールの提供」が挙げられており、この目標をより具体化して「ミッション重視型研究を可能にし、科学的発見を促進する世界一の科学利用施設を米国の研究者に提供」することとしています。DOE はこの目標も踏まえ、加速器、X 線光源施設、中性子源施設等の放射線利用に欠くことのできない施設を、大学、研究機関、民間企業、政府機関等が利用できるようにしています［8］。

3)　原子力人材や基盤の維持・強化に係る課題と取組方針

米国では、一貫して原子力人材や基盤の維持・強化の必要性が認識されており、法律制定や DOE プログラムとして具体化されてきました。例えば、2007 年に制定された米国競争力法では、高等教育機関における原子力人材確保のためのプログラムが規定されています。その目的として、高等教育機関における原子力科学教育のために活用できる人員やリソースの減少問題に対応し、米国の経済競争力やエネルギーセキュリティにおいて戦略的重要性を有する原子力関連の学位取得者数を増加させることが明記されています［9］。

このように、高等教育機関を対象とした支援は、連邦政府が中心となって進められています。一方、産業界では、原子炉の新設プロジェクトが長期間途絶えたことによる人的資源の喪失が課題として認識されています。例えば、ボーグル原子力発電所で 2 基のプラントが建設されていますが、建設に従事した経験を持つ人材の不足も一因となり、建設スケジュールは遅れています。

②　人材育成、基盤維持・強化の取組

1)　人材育成や基盤維持・強化の国家予算

DOE は、米国競争力法に基づき原子力人材の育成を行うため、2009 年から原子力エネルギー大学プログラム（NEUP[15]）を実施しています。NEUP の目的は、大学における研究を DOE の技術支援プログラムに組み込んだ形で実施し、革新的な原子力分野における最先端の傑出した研究を支援することとされています。そのため、大学への支援を一つのイニシアティブに統合し、以下の取組を実施するとしています［10］。

- 原子力教育の再興と DOE 原子力エネルギー局が定める研究開発プログラムの目的達成のため、大学、国立研究所及び産業界において必要とされる研究開発の統合を支援する資金援助
- 原子力に関連するエンジニアリング、保健物理学・核物質科学・放射化学等の関連学科、及び応用核物理学分野における国家的知的資産の維持に対する支援
- 原子力関連の研究開発や教育のための、大学におけるインフラの改善

NEUP は、次世代の原子力エンジニアや科学者の育成・訓練に貢献しています。DOE はこのプログラムにより、大学における研究開発、インフラの整備、学生に対する奨学金支給等の教育支援を行っています。2020 会計年度には、本プログラムのために 500 万ドルの予算が確保されています［11］。また、奨学金の支給等を通じた原子力人材の育成支援は、2009 年以降、DOE のみならず、NRC によっても実施されています［12］。

2)　大学等高等教育機関における人材育成の実際の取組

2017 年には、DOE は NEUP を通じて、原子力関連専攻の学部生 58 名と大学院生 31 名に対して計 500 万ドル以上の奨学金を支給しています。NEUP による奨学金は、学部生の場合は 1 人当たり 7,500 ドル、大学院生の場合は年間最大 50,000 ドルが 3 年間にわたり支給されます。また、大学院生の奨学金には、夏のインターンシップのための費用 5,000 ドルも含まれています。インターンシップは、国立研究所やその他の DOE が承認した施設で実施され、DOE が実施している原子力研究プログラムについて大学院生が知ることが期待されています。なお、2009 年以降、DOE は累計 700 名以上の学部生や大学院生に対して計 3,800 万ドル以上の奨学金を支給しています［13］。

DOE オークリッジ国立研究所（ORNL[16]）は、設立当初から大学との連携を構想しており、現在、テネシー大学、デューク大学、フロリダ州立大学、ジョージア工科大学、ノースカロライナ州立大学、バンダービルト大学、バージニア大学及びバージニア工科大学と研究開発において連携しています。大学と連携して、共同研究を行うことにより、学生の卒業後の進路選択の幅が広がるとされています。また、これらの大学は ORNL の組織管理に参画しているため、大学の学生が ORNL の研究プログラムに参加できるとともに、ORNL の研究プログラ

[15] Nuclear Energy University Program
[16] Oak Ridge National Laboratory

ムの将来的な方向性の意思決定プロセスに大学幹部が参画できるようになっています[14]。

3)　大学等高等教育研究機関における研究開発施設等の維持・活用に関する実際の取組

米国の高等教育機関における研究インフラ活用の取組として、NEUP、原子力分野のイノベーション加速プログラム（GAIN[17]）、及び原子力科学ユーザー施設（NSUF[18]）の 3 つを紹介します。

NEUP

NEUP では、研究用原子炉（研究炉）を含めた大学の研究インフラの整備に対する支援が実施されています。米国では 22 大学で研究炉が運転中です（表 2）。これらの研究炉は、NEUP による支援を通じて安全性や性能、学生に対する教育機能の向上が図られています。

例えば 2019 年には、オハイオ州立大学研究炉の制御棒駆動装置の刷新のために 23 万ドル、リード大学の原子炉プログラムの信頼性と研究能力の向上のために 10 万 4,000 ドルの支援を行うことが決定されました。また、このような支援は、研究炉のみならず、実用炉に関するものも対象とされています。NuScale 社が開発を進めている小型モジュール炉（SMR[19]）のシミュレータを 3 か所の大学に設置するプログラムに対する支援はその例です。このプログラムは、実際のプラントの操作室と同様の遠隔シミュレータを設置するものであり、学生がプラントの操作等について学ぶことができます［15］。

これらの支援に加えて、大学の研究炉における新しい燃料の購入と使用済燃料の撤去を支援する、研究炉インフラ（RRI[20]）プログラムも実施しています。RRI プログラムは、大学における原子炉を用いた研究・訓練能力の維持を目的としており、大学の研究炉の維持が、将来の科学者やエンジニアの養成において重要な役割を果たすと DOE は考えています［11］。

表 2　米国で研究用原子炉を設置している大学（運転中の原子炉に限る）

大学名	学部・学科名等
アイダホ州立大学	科学・工学科
カンザス州立大学	機械・原子力工学科
マサチューセッツ工科大学	原子炉実験室
ノースカロライナ州立大学	原子力工学科
オハイオ州立大学	工学科

17 Gateway for Accelerated Innovation in Nuclear
18 Nuclear Science User Facilities
19 Small Modular Reactor
20 Research Reactor Infrastructure

大学名	学部・学科名等
オレゴン州立大学	工学科
ペンシルベニア州立大学	放射線科学・工学センター
パデュー大学	工学科
リード大学	同大学には原子力学科や工学科はない
レンセラー工科大学	原子力工学科
テキサス農工大	原子力工学科
カリフォルニア大学デービス校	マクミラン原子力研究センター
カリフォルニア大学アーバイン校	物理科学科
フロリダ大学	工学科
メリーランド大学	工学科
マサチューセッツ大学ローウェル	放射線研究所
ミズーリ大学コロンビア校	研究炉センター
ニューメキシコ大学	工学科
テキサス大学	工学科
ユタ大学	工学科
ウィスコンシン大学	工学・物理学科
ワシントン州立大学	原子力科学センター

(出典)NRC 及び各大学ウェブサイトに基づき作成

GAIN

GAIN は、革新的な原子力技術の商業化を実現するために、連邦政府が原子力業界に対して、開発リスクを伴う技術開発や規制対応に係る支援を行う取組です。連邦政府の資金により、新たな企業の原子力分野への参入を促進するとともに、GAIN への参加企業等は DOE の国立研究所等のインフラを活用することができるようになります［16］。

GAIN においては、DOE の研究所に加えて、大学も自発的に研究インフラを提供しています。このようにインフラを提供している大学の情報は、「大学ディレクトリ」と呼ばれるパンフレットにまとめられています。最新の 2020 年の「大学ディレクトリ」では、テネシー大学やマサチューセッツ工科大学等、合計 12 大学の、原子力関連学科や重点プロジェクト等の情報が整理されています［17］。

NSUF

NSUF は、DOE 原子力エネルギー局が実施しているプログラムの一つであり、同局が目指すミッションの実現のために、革新的なアイデアに対して支援を行うものです。優れたアイデアと必要な能力を組み合わせるため、全国の原子力研究施設と人材等の知的資産を統合するプログラムとなっています。NSUF は、全米各地に立地する原子力研究施設の利活用促進

や、原子力科学・研究分野における大学、企業及び研究所の協力を図っています。NSUF パートナーシップで活用できる研究施設の例として、アイダホやオークリッジ等国立研究所のホットセルや照射後試験施設、マサチューセッツ工科大学の中性子照射施設、ミシガン大学のイオンビーム施設等、また、民間企業であるウェスチング社のホットセル等、多数の施設が挙げられます。

NSUF プログラムが費用負担を行う支援対象は、競争により選定されます。選定されると、プログラムに参画している研究施設との共同実験や、通常はアクセスできない高性能なコンピューターの利用が可能となります［18］。

4)　社会人向けの取組

社会人向けの訓練や資格認定は、原子力発電運転協会（INPO[21]）が中心となり実施されています。INPO は、スリー・マイル・アイランド原子力発電所 2 号機の事故を受け、1979 年に米国の原子力産業界が中心となって設立された組織です。1985 年に原子力産業界は、高いレベルの訓練や資格認定を統一的に実施し、原子炉の運転に携わる人員の職業意識を高めることを目的として、INPO が運営する全米原子力訓練アカデミーの立ち上げを決定しました。

なお、事業者が実施する訓練プログラムの品質の認定は、INPO からは独立した全米原子力資格認定会議が実施します。認定は継続的に維持され、トレーニングプログラムごとに 6 年に 1 回の割合で正式に更新されます。重大な問題が特定された場合は、初期認定を延期したり、認定プログラムを経過観察に処したり、場合によっては認定を取り消す可能性があります。また、認定プロセスは NRC から独立していますが、NRC は規制トレーニング要件を満たすための手段としてこの認定プロセスを認識し確認しています。

全米原子力訓練アカデミーは、運転、メンテナンスに関する訓練と資格認定のガイドラインを策定しています。このガイドラインは、事業者が訓練プログラムの策定や主要人員の選任等を行う際の基盤となっており、産業界のニーズの変化や事象の分析等を踏まえて定期的に改定されています。また、原子力技術の優れた管理、効果的なリーダーシップ、各事業者のパフォーマンス改善を目的として、多様な訓練コースやセミナーを実施しています。訓練コースやセミナーには次のようなものがあります。

- 最高経営責任者（CEO[22]）のためのセミナー
- 事業経営層のための原子炉技術コース
- 上級原子力責任者のためのセミナー
- 上級プラントマネジメントコース
- 形成層のための原子炉運転リスクに関するコース
- 運転シフトマネージャー、運転の監督者、メンテナンスの監督者等のための専門セミナー

---

[21] Institute of Nuclear Power Operations

[22] Chief Executive Officer

● 新部門マネージャーのためのセミナー

2006 年に立ち上げられた E ラーニングのシステムでは、プラントへのアクセス、放射線業務従事者、ヒューマンパフォーマンスや産業安全等、一般的な訓練コース及びサイト固有の訓練コースを提供しています［19］。

マサチューセッツ工科大学は、社会人も対象とする「専門家教育」プログラムを実施しており、その一つとして原子炉安全に関するコースが開講されています。原子炉安全コースの受講対象者の要件は、学位を取得し原子力施設に関する技術的な知見を有しており、現在又は将来、大型炉や SMR 等の原子力施設の設計、建設、運転又は安全規制に従事する者とされています。特に関心を持つ可能性がある対象として、原子力発電事業者、プラントメーカー、資機材メーカー、NRC や DOE の職員、安全評価に従事する者が挙げられています［20］。

(3) 英国における人材育成の取組

① 原子力政策方針と人材育成及び基盤維持・強化に関する考え方

1) 原子力政策方針

英国政府は、2008 年に公表した原子力白書において、低炭素電源の確保及び自国のエネルギー安全保障の観点から、原子力発電所の新設を推進する方針を明示しており、この方針は現在も維持されています。原子力発電所の新設計画を円滑に進めるため、英国政府は、建設計画認可の円滑化、建設される炉の一般設計評価（GDA[23]）の推進、新設計画に対する資金調達支援等の制度整備を進めています。

2) 放射線利用分野での方針

放射線利用は、主にラザフォードアップルトン研究所（RAL[24]）の陽子加速器（ISIS）において実施されており、科学技術研究や産業利用等に活用されています。同研究所では、英国内外の研究者向けに物理、化学、物質科学、工学、生物学等の様々な分野での放射線利用環境を提供しているほか、商業利用も実施されています［21］。

3) 原子力人材や基盤の維持・強化に係る課題と取組方針

英国では、国内における原子力発電所の新設が計画されている状況下で、将来の人材不足や高い専門的知見の喪失が課題として認識されており、官民を挙げた対策が検討されています。英国政府は、2015 年に発表した原子力技能の維持に関する政策文書において、原子力業界に従事する人に求められるスキルを 3 つの階層に分類しています（図 4）。第 1 階層は、インターシップのような短期的な教育によって身に付けるスキル、他の産業界の転用可能なスキル、様々なアプローチによる習得が可能であるスキルとされています。一方で、第

[23] Generic Design Assessment
[24] Rutherford Appleton Laboratory

2、第 3 階層のスキルは、産業界が自ら中長期的に育成していく必要があると指摘しています。政府は、将来的な原子力業界の成長・拡大を見据え、これら第 2、第 3 階層のスキルを育成するためには、ターゲットとするスキル等を明確にした上で教育コースを導入するなど、教育機関と協力した取組が必要になるとの見方を示しています。特に、第 3 階層の高度なスキルは研究機関における研究開発活動を通じて習得できるものであるため、原子力イノベーション・研究諮問委員会（NIRAB[25]）は、人材育成を行う研究開発活動に対して国が資金援助を行う必要性を指摘しています［22］。

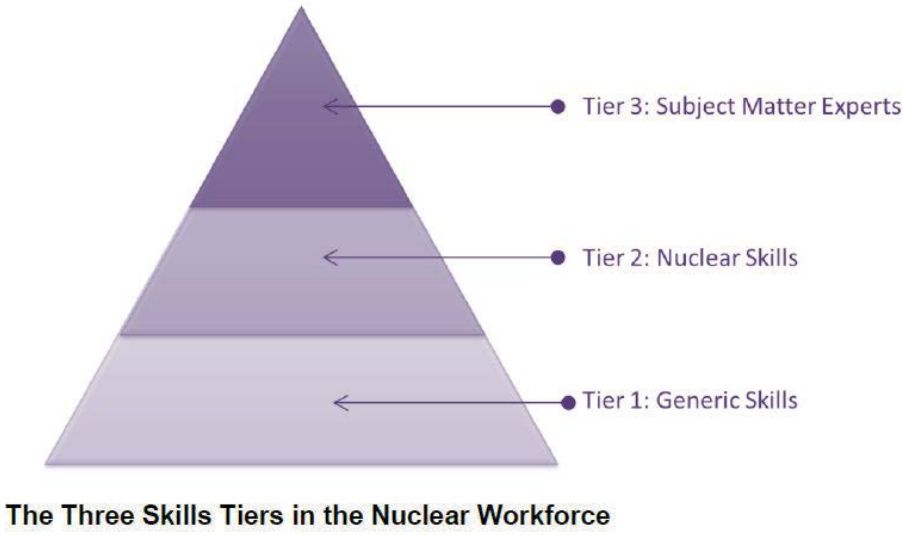


図 4　原子力産業界に従事する人の 3 階層のスキル

（出典）英国政府「Sustaining Our Nuclear Skills」（2015 年）［22］

具体的な取組として、原子力技能戦略グループ（NSSG[26]）による、将来必要となる原子力人材の評価等が挙げられます。NSSG は産業界が主導していますが、研究機関代表を議長とし、政府、安全規制当局、産業界、サプライチェーン、廃炉組織、さらには国防省や海軍等の関係機関の代表がメンバーとして参加しています。NSSG は、2019 年に公表した原子力労働力需給評価（NWA[27]）において、2030 年頃までに必要となる新規採用者数を予測しています。現在計画中の原子炉（合計設備容量 900 万 kW）が 2030 年頃までに運転開始するシナリオ 1、その倍となる 1,800 万 kW の原子炉が運転開始するシナリオ 2 の二つのシナリオを設定しており、2017 年の常勤雇用者約 87,000 人に対し、シナリオ 1 では約 40,000 人、シナリオ 2 では約 60,000 人を 2030 年までに新規雇用する必要があると予測しています［23］。

[25] Nuclear Innovation and Research Advisory Board
[26] Nuclear Skills Strategy Group
[27] Nuclear Workforce Assessment



図 5　英国で将来必要となる原子力人材確保のために必要な新規雇用者数

(出典)NSSG「2019 Nuclear Workforce Assessment 2019」(2019 年) [23]

また NWA では、新規雇用する原子力人材の活動別のニーズ構成についても、二つのシナリオそれぞれについて予測しています（図 6、図 7)。

これらの活動別ニーズから、核保有国である英国では、国防分野の人材が継続的に必要であることに加えて、原子力施設の廃止措置に携わる人材のニーズが大きいことが分かります。また、大規模な原子炉新設を想定するシナリオ 2 の場合、新設に携わる人材ニーズが 2030 年頃にかけて高まると予測されています。

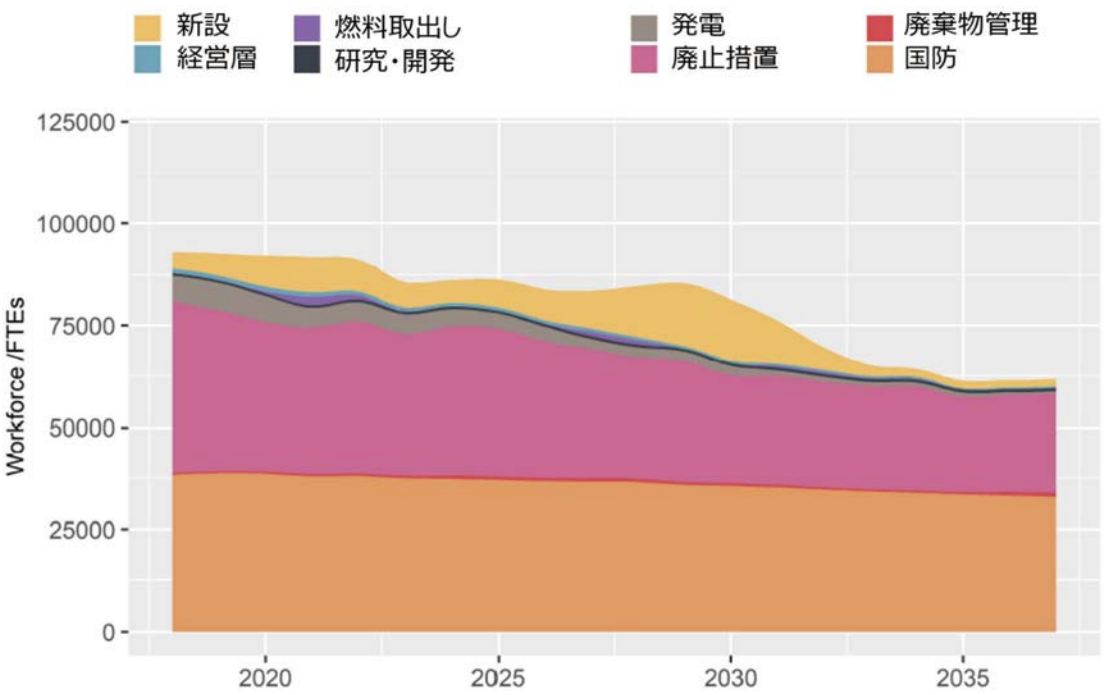


図 6　活動別の人材ニーズ構成（シナリオ 1）

（出典）NSSG「Nuclear Workforce Assessment 2019」（2019 年）［23］

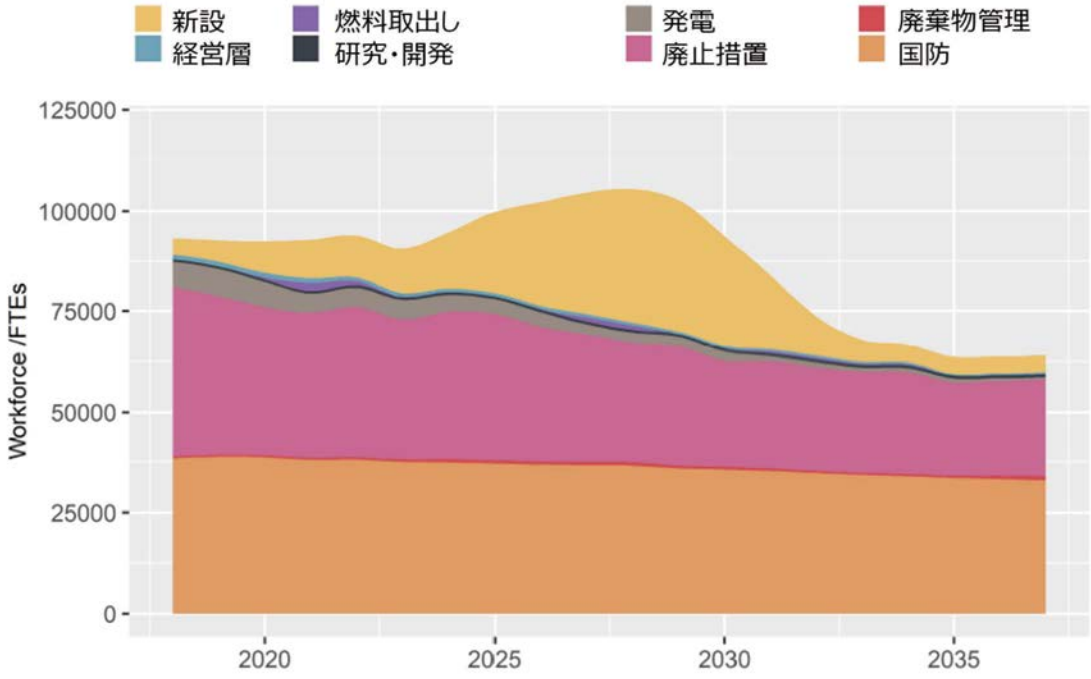


図 7　活動別の人材ニーズ構成（シナリオ 2）

（出典）NSSG「Nuclear Workforce Assessment 2019」（2019 年）［23］

②　人材育成、基盤維持・強化の取組

1)　人材育成や基盤維持・強化の国家予算

大学等の教育機関に対しては英国政府から補助金が支給されており、基本的には国家予算での教育が実施されています。また、政府は 2016 年、英国の生産性向上に必要な 5 つの成長分野の人材育成を行うため、総額 8,000 万ポンドを投じて国立大学を新設する方針を掲げました。この方針の下、2018 年 2 月には国家予算により原子力専門大学（NCfN[28]）が設立されました。

なお、政府方針においては、新たな国立大学の設立に対しては、国家予算だけでなく産業界からの支援も受けることが想定されています［24］。

2)　大学等高等教育機関における人材育成の実際の取組

英国では、表 3 に示すように、複数の大学に原子力コースが設置されています。

表 3　英国の大学に設置されている原子力学コースの例

大学名	原子力関連学科名
インペリアル・カレッジ・ロンドン	・　化学・機械工学・材料学科（化学・原子力工学、材料学・原子力工学、機械・原子力工学）
マンチェスター大学	・　物理天文学科（原子力科学技術） ・　機械、航空宇宙、土木工学科（原子力エンジニアリング）
シェフィールド大学	・　化学・生物エンジニアリング学科（原子力を活用した化学エンジニアリング、原子力エンジニアリングと材料科学）
リバプール大学	・　物理学科（原子力科学技術） ・　エンジニアリング学科

（出典）各大学ウェブサイトに基づき作成

2018 年 2 月に開校した NCfN の南北二つのキャンパスが立地するカンブリア州（ノースハブ）とサマセット州（サウスハブ）は、それぞれ原子力産業との関わりが深い州であり、前者には再処理プラント等が立地するセラフィールド原子力サイトが、後者には欧州加圧水型原子炉（EPR[29]）2 基の新設が計画されるヒンクリーポイント C サイトが存在しています。NCfN では、これらの原子力サイトに近接した場所で、事業者が現場の知見も生かした教育支援を行いながら、現場のニーズに即した人材育成が行われています。具体的には、理論だけでなく実地研修も組み合わせた教育が提供され、バーチャルリアリティを活用した原

[28] National College for Nuclear
[29] European Pressure Reactor

子力サイト環境の体験や、最新技術を使ったエンジニアリングワークショップの実施等が計画されています［25］。

また、高い専門性を有する人材の育成に関しては、英国工学・物理科学研究会議（EPSRC[30]）の資金援助を受けた博士号プログラムが 2019 年 4 月に新設されています。同プログラムは、安定的・経済的な原子力のエネルギー利用のためのスキル向上を目指した博士号育成（CDT GREEN[31]）と称されており、マンチェスター大学が主導し、イングランド北部の周辺大学が協力して教育プログラムを提供します。このプログラムには英国内外の 12 の原子力事業者がパートナーとして参加しており、雇用や人材育成が強化されることが期待されています。また、産業界のパートナーの参加により、国内外の原子力産業動向に沿った教育の実施を目指しています［26］。

3）　大学等高等教育研究機関における研究開発施設等の維持・活用に関する実際の取組

英国政府は、2015 年に発表した原子力技能維持に関する政策文書において、人材ニーズを満たすため、更なる施設の共用化や設備投資が必要であると指摘しています［22］。

これを受け、大学と企業が協力し、大学の敷地内に研究センターを設けて設備を共用するとともに、学生の教育訓練の場等を提供するなど、産学連携の取組が行われています。例えばマンチェスター大学は、原子炉分野の研究等で得られた知見をいち早く実証化することを目指し、ロールスロイス社やフランス電力（EDF）等の事業者と協力しています。ロールスロイス社はマンチェスター大学内に技術センターを設置し、学生や研究者が材料特性や材料エンジニアリング等に関する研究を行うことを可能にしています［27］。

また前述の NCfN も、産業界や他の大学と協力して教育コースを提供しています。例えば、原子力業界に初めて就職・転職する労働者向けにエンジニアリング・建設産業訓練会議（ECITB[32]）が認定する資格[33]に関しては、サウスハブが立地するサマセット州のブリッジウォーター＆トーントン大学と連携した教育コースが提供されています［28］。

4）　社会人向けの取組

社会人向けの人材育成の取組は、国立職業技能アカデミー原子力センター（NSAN[34]）が行っています。NSAN には民生及び軍事それぞれの産官約 100 機関がメンバーとして参加しており、各機関のニーズに沿って、人材・技能育成のためのトレーニング講座等を提供しています［29］。

---

30 Engineering and Physical Sciences Research Council

31 Centre for Doctoral Training in Nuclear Energy, Growing skills for Reliable Economic Energy from Nuclear

32 Engineering Construction Industry Training Board

33 Gateway Certificate in Nuclear Engineering and Science

34 National Skills Academy for Nuclear

例えば、以下のような講座が設置されています。

原子炉新設トレーニング講座

英国政府が承認した原子炉新設プロジェクトに従事する人材を育成するため、EDF エナジー社[35]、NSAN 等の関係機関が共同開発した三つのオンライン短期コースが開設されています[30]。

- 基本的な共通事項
- 原子力産業の事業環境に関する基本情報
- 原子力産業界における基本的な行動

コース修了後には、原子力分野で就業できることを証明する NS4P[36]修了証書が付与され、NSAN の NS4P オンラインシステムに受講者のキャリア情報の一部として登録されます。

(4) フランスにおける人材育成の取組

① 原子力政策方針と人材育成及び基盤維持・強化に関する考え方

1) 原子力政策方針

フランスは、総発電電力量における原子力の比率を、2035 年までに現行の 70%強から 50%に縮減する方針を掲げています。一方で、2050 年までにカーボンニュートラルを実現するという目標を掲げており、2035 年以降の低炭素電源確保のため、原子炉の新設オプションも検討するとしています。政府は 2016 年以降、5 年ごとに、長期的なエネルギー計画である多年度エネルギー計画（PPE[37]）を策定・改定しており、2020 年 4 月に改定された PPE では、EPR を 6 基建設する原子炉新設オプションを 2021 年半ばまでに検討する方針が示されています。

2) 放射線利用の方針

フランスは、国内あるいは欧州を中心とした国際的な研究や産業利用等のために、放射線利用を継続的に行っていく方針です。

放射線利用は、放射線発生装置である研究炉や加速器、その他研究施設において行われています。研究炉の利用は、政府との契約に基づき、原子力・代替エネルギー庁（CEA[38]）が立案する戦略の下で実施されています。その他研究施設のうち比較的小規模なものの利用に関しては、国立科学研究センター（CNRS[39]）が政府と結ぶ複数年契約によって立案される戦略に基づいて行われます。一方で、加速器等の大規模施設については、フランスの国家研究

---

35 EDF エナジー社は、ヒンクリーポイント C 原子力発電所において EPR を建設中です。
36 組織が、従業員の能力、トレーニング、資格を評価、検証及び記録できるシステム。
37 Programmations pluriannuelles de l’énergie
38 Commissariat à l’énergie atomique et aux énergies alternatives
39 Centre national de la recherche scientifique

開発戦略に基づく研究施設開発ロードマップにおいて、大規模研究インフラ施設（TGIR[40]）としての開発方針が規定されており、この開発方針の下で放射線利用が行われています。

3）　原子力人材や基盤の維持・強化に係る課題と取組方針

フランスでは、前述のとおり、原子力発電比率を減らしながらも、将来的な原子炉新設の可能性も検討されているため、原子力人材の維持が必要となります。フランスでは、毎年約1,400人（高校卒レベル技術者：100人、上級技術者免状取得者：50人、学士：230人、修士：800人、博士：200人）が教育課程を卒業して原子力業界に就職しています。これらの学生の大半は、教育機関における座学だけでなく、インターンシップを通じた現場での職業教育を受けています。また、一部の企業では、就職後に企業内研修や生涯教育を実施しており、原子力分野の従業員は平均して16日/年の訓練を受けています［31］。

フランス政府は2019年1月に、産業界の代表組織である原子力産業戦略委員会（CSFN[41]）との間で、2019年から2022年までの戦略契約に調印しました。その第一の取組分野として、雇用、コンピテンス、人材育成が挙げられており、以下のような方針が示されています。

- 国と産業界が協力し、2019年中に、地域において工場訪問やフォーラムを実施する。
- 政府は、若者が原子力に関する教育分野に関心を持つようなアピール活動を行う。
- 産業界は、原子力分野での職業訓練契約を結べるようにする。

フランスでは、原子力関連の業務を16分野（プロジェクトマネジメント、放射線防護、安全と中性子工学等）に分類し、更に職務・ポジションを3つ（労働者、技術者、エンジニア）に分類しています。これら16業務分野と3つの職務・ポジション分類の組合せにより、現在及び将来にわたり必要とされるスキル、更にそのようなスキルを身に付けた人材を育成するために必要な資格や教育プログラムが明らかになるとしています。

②　人材育成、基盤維持・強化の取組

1）　人材育成や基盤維持・強化の国家予算

フランスでは、人材育成や基盤維持・強化のため、関係する政府機関等の予算が拠出されています。例えばCEAに関しては、主な国家予算としてフランス予算プログラム172「分野横断的な科学技術研究開発」と予算プログラム190「エネルギー、開発、持続可能なモビリティ分野」から拠出されており、2019年の予算額は、前者が6.9億ユーロ［32］、後者が4.6億ユーロです［33］。

なお、後述する国際原子力学院（I2EN[42]）に対しては、予算プログラム190に基づくCEA予算から年間15万ユーロが配賦されています［34］。

---

40 Très Grande Infrastructure de Recherche

41 Comité de pilotage stratégique de la filière nucléaire

42 Institut international de l'énergie nucléaire

2)　大学等高等教育機関における人材育成の実際の取組

フランスでは、複数の大学や研究機関において原子力分野の教育が実施されており、教育は原子力新規導入検討国に対する輸出コンテンツの一つとしても位置付けられています。

政府は 2012 年に、国内外に開かれた教育プログラムを提供する目的で I2EN を設立しており、パリのエコールポリテクニク等のようにフランス国内の様々な教育機関で実施されている教育プログラムの情報を集約し、学生等に提供するワンストップ窓口となっています。専門の研究所、大学院、大学、高校が提供するプログラムがあり、これらのプログラムには、インターンシップの受入れや実験施設の提供等によりフランスの原子力事業者が参画しています（図 8)。



図 8　I2EN の概念図

(出典)I2EN「Partners and Associate Members」[35]

専門研究所である地方ポリテクニク研究所（IRUP[43]）の原子力教育訓練センターでは、建設プロジェクトサイトにおけるマネジメント、機械工学、計装制御、非破壊検査等、幅広い分野において、以下のような教育プログラムを提供しています［31]。

- 原子力業界への就職を希望する初心者向けの準備プログラム
- 原子力分野の保守・ロジスティクス分野の技術者養成プログラム
- 原子力サイト専門の保守技術者養成プログラム
- 原子力の保守分野の管理職養成プログラム

[43] Institut Régional universitaire polytechnique

- 原子力の運転分野の管理職養成プログラム
- 原子力施設エンジニアリング修士号プログラム［36］

また、国立先端技術学校（ENSTA ParisTech）では、複雑なプロジェクトの設計、遂行、管理を行うためのエンジニアリング教育を提供するとともに、語学や人文科学、法律、コミュニケーション、経済学、会計学、経営学等、ビジネスで必要となる広範な教育を実施しています。ENSTA ParisTech では、原子力分野で以下のような修士号の取得が可能です。

- エンジニアリング：
  エネルギー・環境、輸送、システムエンジニアリングの 3 つの専攻があり、このうちエネルギー・環境専攻に原子力が含まれる。原子力分野の講義は、原子炉物理や解析の専門家を養成するのではなく、原子力発電所のオペレーションを詳細かつ適切に理解できる人材育成を目的としており、政策、経済、エネルギー市場戦略等も講義対象となっている。また、学生が EDF やオラノ社等の事業者や CEA 等の研究機関と直接コミュニケーションを取る機会もある。この修士号を獲得することにより、原子力業界への就職が容易になるとされている。
- 原子力科学：
  原子力プラント設計専攻では、原子力施設の設計建設に関して、安全確保、運転、構造、インフラ、システム機器等についての広範な知見を得ることを目的としている。

パリのエコールポリテクニクでは、エンジニアリング分野の教育プログラムを提供しており、ポリテクニク技師[44]、修士号、博士号の取得が可能です。技師の取得プログラムは 4 年間かけて実施され、基礎科学、エンジニアリング科学、経済学、社会科学等、分野横断的な科学的バックグラウンドの習得が可能です。4 年間のうち前半 2 年間は物理学、化学、生物学、機械学、経済学、コンピューターサイエンスに関する一般的・総合的な教育が実施されます。3 年次で学生は専攻を選択し、後半 2 年間で専門教育が実施されます。選択できる専攻として、例えば「21 世紀のエネルギー」があり、この専攻では応用数学、物質科学、機械工学、物理学、経済学、熱水力学、原子炉物理学、核燃料サイクル等の様々な講義を通じて、エネルギー・環境問題に関して総合的な視点で学ぶことができます。また、3 年次の後半 4 か月から 6 か月は､研究機関や企業におけるフルタイムのインターンシップに参加し、その後 4 年次では原子力工学分野の専門性を高めていきます。

なお､エコールポリテクニクの特徴は､多様な国際プログラムが用意されていることで､全学生の 30%に当たる 850 人の外国人学生が所属しています［31］。

3）　大学等高等教育研究機関における研究開発施設等の維持・活用に関する実際の取組

フランス国内では、CEA や大学等において 30 基以上の研究炉が運転されてきました。こ

[44] Ingénieur Polytechnicien

のうち、CEA のサクレー研究所の ISIS 炉やカダラッシュ研究所の MINERVE 炉等は教育訓練にも活用されてきましたが、1950 年代に建設されたこれらの炉は、2020 年 2 月時点で閉鎖され廃止措置に移行しており、フランス国内で運転中の研究炉は 3 基のみとなっています［37］。

一方で CEA は、フランス南部のカダラッシュに研究炉ジュール・ホロヴィッツ（RJH[45]）を建設中です。RJH では、原子炉機器等の材料や燃料の照射試験が実施できるだけでなく、医療用の放射性同位体（RI）の製造も可能であり、多目的利用が想定されています。また、フランス国内向けの利用にとどまらず、CEA と協定を結んだ世界各国のパートナーも利用可能となっており、我が国の原子力機構やインド原子力庁（DAE[46]）も既に CEA と協定を締結しています。

なお、前述の ENSTA ParisTech やエコールポリテクニクはパリ南部のサクレーに立地しており、両校及び原子力分野以外の 3 つの専門高等教育機関がパリポリテクニク研究院[47]として統合されました［38］。これらの教育機関が国際的に見ても高いレベルの教育を提供できるよう、新たな協力取組を締結しました。また、サクレーには CEA の研究所[48]が立地しており、統合された新たな教育機関は CEA とも協力していく方針です［39］。

4） 社会人向けの取組

フランスでは、1956 年に CEA 傘下に国立原子力科学技術研究所（INSTN[49]）がパリ近傍のサクレーサイトに設立され、原子力利用を進めるためのエンジニア、研究者及び技術者の育成を行っています。また、INSTN はサクレーサイト以外に地方にも教育拠点を持っており、地域の人材育成にも貢献しています。

INSTN の社会人向け教育では、教育を受ける人のバックグラウンドに応じて様々なプログラムが用意されており、初めて原子力分野に就職する人向けには、必要最低限の知識の取得を目指すプログラム、既に原子力業界で働いている人向けには、新技術に関する知見の取得やスキルアップを目指すプログラムを提供しています。

社会人向け教育プログラムでは、放射能と環境、放射線防護、軽水炉、研究炉、高速炉、燃料サイクル、材料学、原子力施設の操業・保守、廃止措置と放射性廃棄物管理等、原子力に関する広範な分野・内容が対象になっています。例えば軽水炉分野では、原子力分野の科学的・技術的な背景を持つ技術者やエンジニア向けに「原子炉基礎技術」というプログラムが提供されています。同プログラムは、原子力安全原則と実務について理解を深めることを

---

45 Réacteur Jules Horowitz
46 Department of Atomic Energy
47 Institut Polytechnique de Paris
48 CEA のサクレー研究所では、研究炉は閉鎖されていますが、材料試験設備 LECI や照射施設 POSEIDON が運転中です。
49 Institut National des Sciences and Techniques Nucléaires

目的としており、座学、実務、研究炉、シミュレータ等を活用した教育が行われます。また、様々な炉型の原子炉開発の変遷についての学習のほか、研究炉の特性について理解するための現場での研修も実施されます。この教育プログラムは、CEA と放射線防護・原子力安全研究所（IRSN[50]）によって実施されます［40］。

さらに、INSTN はこれらの教育プログラムのほか、IAEA が推奨する体系的な訓練アプローチ（SAT[51]）に基づくオーダーメイドの企業内研修も実施しています。

(5) 中国における人材育成の取組

① 原子力政策方針と人材育成及び基盤維持・強化に関する考え方

1) 原子力政策方針

中国における原子力の民生利用は、商用炉の初号機商業運転が 1994 年に開始されており、他の主要国に比べて遅れたものの、一貫して積極的に原子力発電利用を推進する政策を堅持しています。また、熱中性子炉から高速炉を経て核融合炉の利用に至るという、3 ステップの原子力開発路線を進めています［41］。

中国では、5 年ごとに「五か年計画」を策定してエネルギー政策を推進しており、2020 年は第 13 次五か年計画期間（2016 年から 2020 年）の最終年です。第 13 次計画では、原子力発電について、沿海部のプラントを中心として積極的に建設を進めていくとされていました［42］。現在、2021 年から 2025 年を対象とした第 14 次五か年計画の策定に向けた検討が進められており、第 14 次計画においても積極的な原子力推進政策が堅持されることが見込まれます。

中国では、2020 年 3 月時点で 47 基の原子炉が運転中、12 基が建設中です［43］。運転中・建設中のプラント基数は米国、フランスに次いで世界第 3 位であり、原子力推進政策を堅持していることも踏まえ、今後も積極的な原子力人材の育成が必要になると考えられます。

2) 放射線利用分野での方針

中国には、2018 年末時点で、RI や照射装置の製造、販売及び使用に従事している組織は 7 万 3,000 以上あります。全国で 14 万以上の放射線源、18 万台以上の照射装置が利用されています。2018 年 7 月には、甘粛省にある国内初の重イオン加速器を用いた治療装置の使用許可証が発給されるなど、様々な分野で放射線が利用されています［44］。

中国では、原子力発電所を活用した放射線源の製造も行われています。2017 年 4 月に、カナダ型重水炉(CANDU 炉)である秦山第三原子力発電所を利用して、コバルト 60 線源の製造が開始されました［45］。これは、同原子力発電所の運転事業者が、RI の製造会社等と協力して進めているものです。2020 年 2 月には、完成した線源がタイに向けて出荷されています［46］。

---

[50] Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire

[51] Systematic Approach to Training

放射線利用の方針について定めた政策文書は特に策定されていませんが、2013 年に策定された「国家重大科学技術インフラ建設中長期計画（2012 年から 2030 年）」において、材料科学及び粒子物理・核物理科学の分野で、以下の施設の建設やそれらを用いた研究を行うことが示されています［47］。

- シンクロトロン光源
- 軟・硬 X 線自由電子レーザー試験装置
- 高エネルギー光子源試験装置（HEPS-TF[52]）
- 高性能重イオン束研究装置
- 強流放射性束実験施設
- 強流量子直線加速器

3） 原子力人材や基盤の維持・強化に係る課題と取組方針

中国では、原子力発電の急拡大に伴い、特に発電所の運転や安全規制の面における人材育成の強化が課題として認識されています。

原子力発電所の運転に従事する人材の育成

原子力発電の発展による人材需要を満たすため、政府の主導により人材教育や育成の計画を定め、国、企業、高等教育機関、研究所において取組を進めています。2016 年に作成された「原子力の安全に関する条約」の第 7 回国別報告書では、人材強化の取組として以下の 5 点が挙げられています［48］。

- 人材育成の体制整備：
  政府の支援、大学と企業の協力等により、大学に原子力発電に関連する専攻を設置する。高等教育機関における、原子力を専門とする人材の募集定員を増やす。大学での基礎教育や専門教育、現場業務に従事する前の企業での訓練を有機的に結合させる。
- 人材育成や求人ルートの拡大：
  高等教育機関の定員増員、中途採用、国内外の専門家の採用等により、人材ニーズを満たす。プラントの設計、エンジニアリング、運転等、業務ごとに異なる人材ニーズの特性に対応して、様々な育成方法を構築する。
- 高レベル人材に対するニーズへの対応の重点化：
  新しいプロジェクトの立ち上げ前に、事前に人材を選抜し、様々な高レベル人材を育成する。原子力発電分野における教育や人材交流における協力を拡大し、管理や技術において国際的な視野を備えた基幹的な人材を育成する。
- 原子力発電に対して専門的なサポートを提供する体制の構築：
  原子力発電に関する専門家委員会や、専門的なテーマを扱う技術検討チーム等を立ち

[52] High Energy Photon Source-Test Facility

上げ、国内外から、また業界の内外から広範に人材関連情報を集めて人材情報データベースを構築し、原子力発電人材共同プラットフォームを構築する。技術支援機関（TSO[53]）の人材や技術的なリソースを、安全規制機関、産業界、原子力発電事業者の重要な意思決定のための諮問組織として利用する。

- 人材交流の展開：
  原子力発電所の部門間、原子力発電グループ企業が所有する原子力発電所間や原子力発電グループ企業幹部人材の人事交流を実施し、人材の移動を促進することにより、マネジメント経験の蓄積や交換を図る。

安全規制に従事する人材の育成

原子力安全規制機関である国家核安全局は、安全規制業務に携わる人材の訓練に力を入れています。そのため、「原子力・放射線安全監督検査人員の訓練業務計画」を策定し、人材教育の体系や制度の整備を進めています。プラントシミュレータや非破壊検査を用いた専門的な訓練が行われているほか、若手職員の地方監督機関への派遣、海外派遣等も行われています［48］。

②　人材育成、基盤維持・強化の取組

1）　大学等高等教育機関における人材育成の実際の取組

北京の清華大学は、中国における原子力工学のトップクラスの大学の一つです。清華大学では、工程物理系という学科で原子力教育が実施されています。工程物理系には、学部生約600名、大学院生約800名、教職員109名が所属しており、加速器を用いた教育や研究も実施されています［49］。

清華大学に属する開発機関である原子力・新エネルギー技術研究院（INET[54]）は、電気事業者と協力して高温ガス炉の建設を進めるなど、中国の原子力開発の一翼を担っています。またINETは、1982年から2016年の約35年間で、博士課程733名、修士課程1,644名の合計 2,377 名の大学院生を受け入れています。同研究院の核科学・技術専攻には、原子力科学・エンジニアリング、燃料サイクル・材料、核技術・応用、放射線・環境防護の4つの専門コースが設置されており、原子力科学・エンジニアリングコースでは高温炉の研究を行う研究室等が設置されています［50］。

INETの原子炉構造研究室では、海外の教育機関との交流を活発に行っています。ここ10年間で、同研究室の12名の学生が短期留学生として海外で学んでいます。また、海外の大学と協力して教育を行う修士課程と博士課程の大学院生が 1 名ずついます。こうした交流を通じて、研究室では国際的な学術の動向を理解し、最新の科学技術に関する情報を入手しています［51］。

---

[53] Technical Support Organization
[54] Institute of Nuclear and New Energy Technology

2）　大学等高等教育研究機関における研究開発施設等の維持・活用に関する実際の取組

2018 年末時点で、中国には 19 基の民生用研究炉や臨界装置があり、このうち 9 基が運転中、1 基が停止中、4 基が長期運転停止中、5 基はまだ運転を開始していません。19 基のうち 9 基を中国核工業集団公司(CNNC[55])グループの研究機関である中国原子能科学研究院（CIAE[56]）が、5 基を同じく CNNC グループの中国核動力研究設計院が運営しており、1 基は医療技術を研究している企業が有しています。また、3 基を清華大学が、1 基を深圳大学が運営しています［44］。

これらの研究炉は、様々な形で活用が図られています。例えば、CIAE の北京にあるプール型炉を用いて、2017 年 11 月に冬季間の熱供給の実証試験が行われています［52］。また、多方面での利用に開かれた炉として、CIAE の「中国先進研究炉」（CARR[57]）があります。CARR は熱出力 6 万 kW のプール型炉で、2010 年に初臨界を実現しています。CARR は多用途の科学プラットフォームと位置付けられており、人材育成等の目的での活用も視野に入れられています［53］。

3）　社会人向けの取組

中国において原子力発電事業を実施している 3 グループ（CNNC グループ、中国広核集団（CGN[58]）グループ、国家電力投資集団公司（SPIC[59]）グループ）のうち、CGN グループの原子力発電所の人材育成について、特色等を整理します［54］。

中国広核電力股份有限公司の人的資源の概要

CGN グループの中で原子力発電事業を実施している中国広核電力股份有限公司（中広核電力）には、事務職員と技術職員合わせて 1 万 9,000 人近い従業員がいます。図　9 は中広核電力の従業員の年齢構成を示しています。2018 年時点で、35 歳以下の従業員が約 3 分の 2 を占めており、若い職員の多い会社であるということができます。

[55] China National Nuclear Corporation
[56] China Institute of Atomic Energy
[57] China Advanced Research Reactor
[58] China General Nuclear Power Group
[59] State Power Investment Corporation

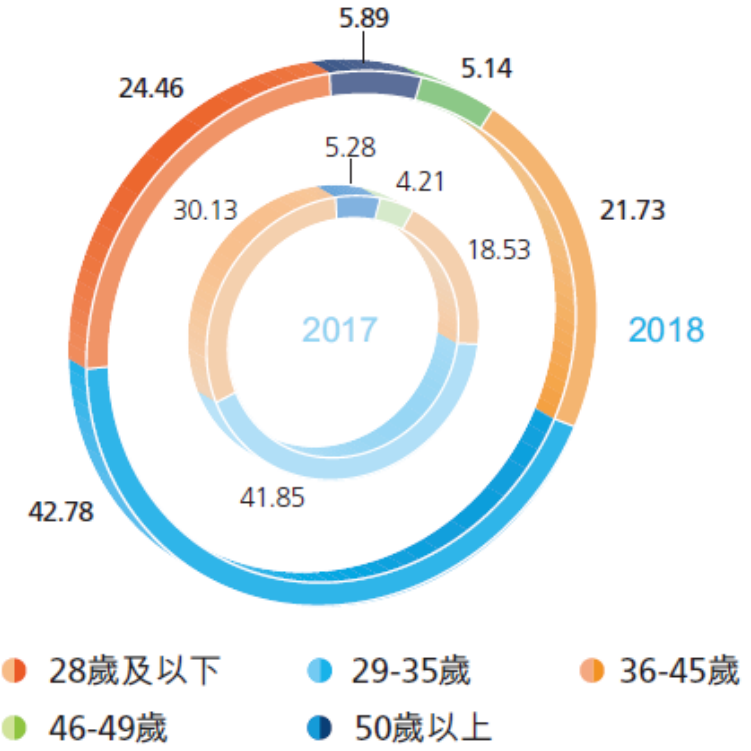


図 9　中広核電力の従業員の年齢構成

(出典)中国広核電力股份有限公司「2018 年度報告」(2019 年) [54]

2018 年に中広核電力は 316 名を採用しており、そのうち新卒採用は 263 名、中途採用は 53 名です。なお、原子力分野の人材供給は多くないことから、採用活動においてはキャンパスにおけるリクルーティングが主となっています。

人材育成のシステム

中広核電力は中国国内の多くの高等教育機関と人材育成に関する協力協定を締結しており、一部の職員は大学在学中に既に原子力発電に関連する専門的な課程を受講しています。

また社内に、原子力発電所の運転、エンジニアリング、科学技術及びマネジメントを学習するための組織が設置されています。このようにして、「訓練・教育－試験－権限の付与－職場への配置」というフローで、職員全員を育成するシステムが整備されています。

人材育成ためのリソース

中国の原子力発電の特徴の一つとして、国産炉や米国、フランス、ロシア、カナダのプラント等、プラントの種類が多いことが挙げられます。表 4 に示すとおり、中国では、同じ発電所内で異なる炉型のプラントが運転しているケースもあり、中広核電力は様々な用途のシミュレータを設置して、運転員の能力を向上させています。

表 4　中広核電力が設置しているシミュレータ

発電所名 (プラントの炉型)	フルスケールのシミュレータ	プラントの原理に関するシミュレータ	プラントの機能に関するシミュレータ	事故分析のためのシミュレータ	シビアアクシデントの分析のためのシミュレータ
大亜湾 (M310)	4	2	2	1	1
陽江 (CPR-1000、CPR-1000+、ACPR1000)	3	0	0	0	0
台山 (EPR)	1	0	0	1	0
防城港 (CPR-1000、華龍 1 号)	1	1	0	0	0
寧徳 (CPR-1000)	2	0	1	0	0
紅沿河 (CPR-1000)	2	0	0	1	0

(出典)中国広核電力股份有限公司「2018 年度報告」(2019 年) [54]

＜参考：脱原発に係るドイツの取組＞

2022 年までの脱原発完了が決定しているドイツですが、原子力発電から撤退する場合であっても、原子力発電所が運転を終了するまで、最新の科学技術水準に照らして継続的に安全性の維持向上を図る必要があるのはもちろんのこと、運転終了後には廃止措置、放射性廃棄物の管理・処分等の活動が長期間続きます。さらに、自国の脱原発後も世界各国で原発利用が続いていく中、自国の原子力安全と原子力分野における国際的な影響力を維持するためには、周辺国や世界における原子力安全の維持向上について、最新の技術水準に基づいて専門的な見地から評価し、見解、主張を示す能力が不可欠であると認識されています。

このような観点からドイツ政府は、1998 年に脱原発政策を掲げた直後の 1999 年に政府委員会を設置し、原子炉の安全研究と放射性廃棄物処分研究において今後注力する優先分野を特定するとともに、そのために必要な人材・知見維持の在り方を検討する取組を開始しました。

同委員会は、2000 年に最終報告書を政府に提出し、原子力技術に関する知見や人材に関する情報を集積して国内での協力・調整を図る「コンピテンス・プール[60]」を設置する方針を示しました。これを受けて同年内に、原子力関連研究を行う複数の公立研究所を中心に、原子力技術に関する情報共有の場として「原子力技術コンピテンス同盟」が設立されました。

この組織は、脱原発政策に伴い原子力分野への政府投資の縮小が見込まれる中、リソースの重複を避け、効率的に必要な研究を進めていくため、全国規模で取り組むべき研究内容の調整や、学術・実務分野で必要となる人員の検討等を行っています。

コンピテンス同盟では、ドイツ国内を地域別に 5 つの「コンピテンスセンター」に分け、それぞれに地域内の研究施設や大学等の取りまとめ役となる研究機関を指定しています。また、連邦機関である連邦教育研究省と連邦経済エネルギー省も常時オブザーバとして参加しています。さらに、コンピテンスセンターには、各地に所在する原子力発電事業者やメーカー等の関連企業が参画し、産学連携の受皿となっています。これら原子力事業者は、教育・研究機関における寄附講座の提供、研究者への資金支援や共同研究、学生への奨学金やインターンシップ機会の提供等、幅広い協力を行っています。

[60] The Competence Pool

4　まとめ

(1)　我が国における今後の大学教育と原子力人材育成

原子力委員会では「原子力利用に関する基本的考え方」(2017 年 7 月原子力委員会決定、政府として尊重する旨閣議決定) [55]において、「大学における原子力分野の教育が希薄化しているため、原子力分野の基幹科目を充実させるとともに、学んだ知識について基礎実習や実験等を通して体系的に習得し実践的能力を付けさせるなど、基礎力をしっかりと育てることも重要である」としています。また、「原子力分野における人材育成について（見解）」(2018 年 2 月原子力委員会決定) [56]では、高等教育段階における人材育成について、優秀な人材の獲得の必要性とともに、「基礎を体得した人材を育成することは大学教育の重要な役割である」、「大学教育はアウトプットとしての学生の質に重点をおいた教育を目指す必要がある」、「実験の実施については大学の研究設備の老朽化が進んでおり、抜本的な対策が必要である」、「学生は演習や実験、更には卒業論文や修士論文、博士論文の作成によって学んだ知識を体得する」と述べています。これらを踏まえ、我が国の原子力関係学科・専攻等においては、人材育成の取組強化に向けた努力が行われていますが、更なる改善と支援が必要であると考えられます。

原子力委員会が国内外の様々な大学の教員にヒアリングを行った結果、我が国の大学における原子力教育に関しての良好事例として以下の項目が挙げられます。

- 学部から修士までの一貫教育の実施や連携強化、学部生の原子力分野への関心の喚起
- 原子力分野の教員と放射線分野の教員との教育面における連携強化
- 教育認証による教育改善
- 競争的資金等を活用した実験設備の更新・充実

一方で、諸外国の大学の取組における良好事例として、以下の項目が挙げられます [3]。

- 学生教育への教員の積極的な関与
- 単位取得認定の厳格運用と、科目履修順序の指定、各講義間でのシラバスの整合性等
- 博士号取得の資格試験（Qualifying Exam）の厳格運用
- 学生の授業評価の厳格運用と教員評価への反映
- 認定機関の活用による教育評価と改善
- 優秀教員のリクルート方策
- 透明なテニュア獲得の基準と若手教員育成、昇進のための定期的な審査
- 国際的プレゼンスの向上活動、海外の優秀大学院生の獲得
- 原子力分野の学問的奥行きや魅力を高校生等に伝えるコンテンツの作成
- 教員の負担が少ない簡素な事務手続き、外部資金への応募をサポートする大学の事務システム

これらを踏まえると、我が国の原子力関係の大学教育の課題として、以下のような項目が挙げられます。大学等関係者には、これらの課題を踏まえつつ、教育の質の向上に向けて、様々な取組を進めていくことが求められます。

- 教育の質の向上（教員と社会の意識転換の必要性）
- 原子力関係の研究・教育の国際的なプレゼンスの向上
- 教員数の削減が進む中での原子力教育の維持、若手教員の確保
- 実験実習設備（核燃料・RI 施設等）の老朽化による維持困難性の増大への対応、技術職員の定員削減対策
- 学外の実験施設の停止・廃止に伴う教育研究機会の喪失
- 学部の大くくり化による原子力系の科目の教育・実験等の希薄化
- 学生間における原子力分野に対する人気の低下
- 企業による短期セミナーやインターンシップの増加等による学生の研究時間の減少
- 外部資金の支援を受けた教育プログラムの継続性

①　原子力教育の改善に向けた取組

米国やカナダの大学では、教育改善の仕組みとして ABET と CEAB があり、学科の教育内容について、7 年ごとに外部組織による評価を受けます。この仕組みが教育改善に一役買っていることから、我が国においても、外部組織の評価を受けることが大学における原子力教育の自主的な改善に役立つと考えられます。米国の ABET の評価基準は、「何を教えるか」から「どのような人材を育てるか」に変更され注目を集めており、我が国においても、このような着眼点を参考にしていくことが必要です。文部科学白書においても、「大学教育の質保証の仕組みの更なる向上に取り組んでいく必要がある」とされています［57］。

また、米国の大学は、事務手続が簡素であるだけでなく、教員と事務・サポートスタッフとの役割分担と責任がはっきりしており、外部資金への応募をサポートする体制も整っています。

我が国の原子力関係の大学において、教員、学科・専攻等、更には大学レベルで教育の改善を進めることが期待されます。改善の取組を進めるに当たっては、オンライン教育の活用による学習や双方向コミュニケーションの改善を、良好事例として参考にすることが望まれます。

②　原子力関係の研究・教育の国際的なプレゼンスの向上

大学は、世界から優秀な人材を集める機能を発揮するポテンシャルを持つという意味で、他の組織には見られない重要な役割があり、この役割を強化するためには、大学の国際的なプレセンスを向上することが求められます。例えば、米国の大学が持つ競争力の高さが多様な国際人材を確保することによって支えられているように、先進国の大学は、世界から優秀な人材を集めるため様々な取組を行っています。

世界各国の優秀な学生の中には、学部教育を母国で受けた後、国費の奨学金を得て海外の大学院に留学するケースが見られます。大学院にこのような優秀な留学生を集めるためには、大学の国際的なプレゼンスのみならず、研究における教員及び研究室の国際的プレゼンスも高める必要があります。そのため原子力分野においても、例えば、論文の被引用件数、

海外からの優秀な大学院生や博士研究員の獲得実績、研究の実用化・国際化実績、教育のグローバルスタンダードへの適合等を高めることにより、国際プレゼンスを向上させ優秀な学生を呼び込むことが求められます。文部科学白書においても「社会や経済のグローバル化が進展する我が国においては、優秀な外国人留学生を獲得し我が国の成長に生かすことや、個々の能力を高めグローバル化した社会で活躍する人材を育成することが喫緊の課題となっている」と述べられています［57］。

広く海外からの留学生が集まることにより、その大学の質が更に高まるという好循環が生まれることも期待されます。また、大学教育の一環として、国内に加え国外の機関とのインターンシップ制度を整備することは、質の高い学生が集まるだけでなく、卒業後の進路選択の多様化にもつながります。我が国は欧米諸国の大学に比べて、周辺諸国との間に物理的・文化的距離があり、連携を阻んでいると考えられがちです。しかし、ミラノ工科大学のアジア諸国との連携、フランスにおける原子力機器の輸出先国の学生を想定した教育のように、既存の物理的・文化的枠組みにとらわれない、柔軟かつ戦略的な取組事例も見られます。我が国の大学でも、アジアの国に拠点を置く例が見られるなど、新たな取組も始められています。諸外国との連携を進めるに当たっては、大学教育の先にある産業界の海外展開等を見据えることや、連携により国内の学生の関心を集め、ひいては大学教育の質自体の向上につながることが期待されます。

③　大学における原子力教育の維持

我が国では 1990 年代以降、旧帝国大学を皮切りに、大学の教育組織を、従来の学部を基礎とした組織から大学院を中心とした組織に変更する大学院重点化が行われました。大学院重点化を受け、学部教育の大くくり化が進行するとともに、大学院の専攻名を「原子力」から「量子」に変更した例もありました。これらの理由により、多くの大学で、学部教育における原子力関係科目数が減少し、全体として原子力教育の希薄化が生じたとも考えられています。一方で、産業界からは、原子力分野固有の科目である原子炉物理学の教育を維持し、その基礎を習得した学生を輩出することを、原子力関係の専攻を有する大学に期待する声が上がっています。原子力分野は他の工学系の学科・専攻よりも歴史が浅く、規模も比較的小さいため、原子力教育の維持において、国内大学も苦労と工夫を重ねています。良好事例として紹介した、学部から修士までの一貫した原子力教育、原子力分野と放射線分野の教員の教育面での一体化等に成功している大学もあります。

また、原子力教育を維持するためには、実験施設の整備も不可欠です。米国では、DOE の NEUP によって、大学の実験設備の更新が支援されています。一方、我が国では、実験設備の劣化が進んでいます。外部資金によって実験設備の更新が行われた例もありますが、研究炉等の学外の実験施設の停止・廃止に伴う教育研究機会の喪失も生じており、対策が求められています。なお、文部科学省では試験研究炉のニーズ調査が行われています。

また、カナダでは、マクマスター大学の原子力教育において、研究機関や産業界からなる UNENE による研究支援が行われており、優秀な研究成果を上げる教員に豊富な研究資金が

提供されます。また、マクマスター大学を含む複数の大学が計画を進めている小型炉の研究開発には、産業界、NSERC 及び連邦資源省が共同で参加しています。産業界と連携した具体的な国家プロジェクトの存在は、原子力工学分野への進学や、卒業後の進路として原子力業界を選択するインセンティブとなっています。

④　大学外での人材育成

大学における原子力教育は、基礎的理論や知識の習得を目的としており、原子力人材の育成基盤が大学教育にあることは言うまでもありません。一方で、大学外での人材育成は、大学では経験できない事象や応用問題に対応するための経験や知識を身に付けるために役立ちます。特に、単なる座学で終わらず、学生が自ら考え手を動かすことによって、知識や経験を得られる点が重要です。在学中のインターンシップのみならず、実務と関連して経験を積める機会が多く提供されることが望まれます。

米国の場合、一般的に大学を卒業した学生は即戦力として雇用されます。インターンシップにおける実働、第一線の専門家によるセミナーにおける最先端の教育等は、就職先の業務に必要な基礎知識等の習得につながるため、受け入れ企業との関係においても必然であると考えられます。米国の大学は全般的に、教育機関としてのみならず、企業との連携によるキャリア育成機関としてもよく機能しています。

就職後の人材育成は、企業や研究開発機関の責任において行われます。原子力委員会では、「原子力分野における人材育成について（見解）」において、適性を見極めた仕事の割当て等について述べています。

⑤　原子力分野の魅力の発信

原子核科学は多数のノーベル賞受賞者を輩出してきた先端分野であり、今後も基礎と応用の両分野において、様々な発展が期待されます。また、放射線・加速器利用においても同様であり、原子力エネルギーと同程度の経済規模があります。

原子力発電に対する国民の受け止め方や原子力分野の学生人気は、社会情勢等様々な要因により変動しうるものです。一方で、原子力は社会の基盤を構成するエネルギー分野の一つであり、原子力発電は計画から廃止措置や放射性廃棄物処分まで長期にわたる息の長い分野です。また、放射線利用についても、暮らしの身近にあるものから、工業製品の製造、医療、農業、社会インフラとして重要な構築物の健全性維持・診断等、幅広い分野で利用され、社会を支える技術となっています。

学生、特に、原子力以外の工学系の学生の間で、原子力分野に対する人気が低下しています。原子力分野の学問的奥行きや魅力を高校生等に伝えるコンテンツを作成し、入学者数を大幅に増やしたという米国の事例等も参考に、我が国の教育機関においても原子力の必要性や魅力を発信する活動の強化が求められています。

(2)　各国における原子力人材育成

①　原子力人材育成の方針

米国では、一貫して原子力人材や基盤の維持・強化の必要性が認識されており、それが法律や DOE によるプログラムに反映されてきています。2007 年に制定された米国競争力法では、高等教育機関における原子力人材確保のためのプログラムが規定されています。その目的として、高等教育機関における原子力科学教育のために活用できる人員やリソースの減少問題に対応し、米国の経済競争力やエネルギーセキュリティにおいて戦略的重要性を有する原子力関連の学位取得者数を増加させることが、明確に示されています。

英国では、国内における原子力発電所の新設計画実現に向け、将来の人材不足や高い専門的知見の喪失が課題として認識されており、官民を挙げた対策が検討されています。2015 年に公表された原子力技能の維持に関する政策文書は、英国政府としての取組を示す一例です。同文書では、3 階層に分類した原子力技術のそれぞれについて、具体的な取組にも言及しています。

フランス政府は、2019 年 1 月に、産業界の代表組織である CSFN との間で、雇用、コンピテンス、人材育成の取組を含む戦略契約に調印し、以下のような取組方針を明確にしています。

- 国と産業界が協力し、2019 年中に、地域において工場訪問やフォーラムを実施する。
- 政府は、若者が原子力に関する教育分野に関心を持つようなアピール活動を行う。
- 産業界は、原子力分野での職業訓練契約を結べるようにする。

②　国際的なプレゼンスの向上

英国では、高い専門性を有した人材育成に関しては、EPSRC の資金援助を受けた博士号プログラムが 2019 年 4 月に新設されています。このプログラムには国内外の 12 の原子力事業者がパートナーとして参加しており、雇用や人材育成が強化されることが期待されています。また、産業界のパートナーの参加により、国内外の原子力産業動向に沿った教育の実施を目指しています。

フランスでは、教育は原子力新規導入検討国に対する輸出コンテンツの一つとしても位置付けられており、国際的なスケールで活躍する人材の育成も目指しています。政府は 2012 年に、国内外に開かれた教育プログラムを提供する目的で I2EN を設立しています。

③　産業界と大学等との連携

米国では、DOE が原子力人材の育成のために 2009 年から実施している NEUP を挙げることができます。NEUP の目的は、大学の原子力分野における傑出した、最先端で革新的な研究を支援することとされています。その取組の一つとして、DOE 原子力エネルギー局が定める研究開発目的を達成するために必要な、大学、国立研究所及び産業界の研究開発の統合を支援するための資金援助等が実施されています。

英国政府は、人材ニーズを満たすため、更なる施設の共用化や設備投資が必要であると指

摘しています。この政府方針に基づき、大学と企業が協力し、大学内に研究センターを設けて設備を共用するとともに、学生の教育訓練の場を提供するなど、産学連携の取組が行われています。また、原子力専門大学（NCfN）は、原子力サイトに近接して設立され、事業者が現場の知見も生かした教育支援を行い、現場のニーズに即した人材育成が行われています。

フランスの高等教育機関においては、早期の段階では原子力の専門性を高めるのではなく、総合的な教育を重視することが一般的です。産業界側は、学生に高い科学的能力を求めますが、原子力に関する実際的な知識は企業内の研修でカバーし、就職後の長期的な経験や知見の積み重ねによって専門性を高めることができるシステムが構築されています。また、研究機関である IRUP の原子力教育訓練センターでは、建設プロジェクトにおけるマネジメント、機械工学、計装制御、非破壊検査等、幅広い分野において、実地に即した教育プログラムを提供しています。

原子力教育の活性化のためには、国によるあるいは国と産業界が一体となった将来の原子力計画に沿って、必要な人材像や産業界が求める人材ニーズが明確にされていることが重要です。特に、新人と企業のミスマッチを極力避けるためにも、産業界及び個々の企業の具体的な人材ニーズを明確にすることは極めて重要です。産業界側は、コミュニケーション能力や原子力の基礎知識等の基本的事項に加え、企業の即戦力になれる人材を育てるよう大学へ働きかけることも必要です。これにより、大学側としても、教育の具体的な目標や、学生が習得すべき知識、経験すべきことを明確にすることができます。それがひいては、学生が卒業後の進路を選択する際、あるいは高校生が進学先を絞る際に、原子力分野を選択するインセンティブになることが期待されます。

参考文献

1. **文部科学省.** 原子力イノベーションの実現に向けた研究開発・研究基盤・人材育成施策の方向性について. 科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会原子力科学技術委員会（第 21 回）資料 3-1.（オンライン）2019 年 6 月 21 日.
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/055/shiryo/__icsFiles/afieldfile/2019/07/04/1418483_3.pdf.

2. **内閣府 原子力政策担当室.** 原子力分野の大学教育関連情報（国内大学ヒアリングの結果概要）. 第 9 回原子力委員会資料第 1-1 号.（オンライン）2020 年 3 月 17 日.
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2020/siryo09/1-1_haifu.pdf.

3. ―. 原子力分野の大学教育の課題とグッドプラクティス. 第 9 回原子力委員会資料第 1-2 号.（オンライン）2020 年 3 月 17 日.
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2020/siryo09/1-2_haifu.pdf.

4. **北海道大学.** パデュー大学における原子力教育事情.（オンライン）2018 年 9 月 12 日.
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2018/siryo32/1.pdf.

5. **マクマスター大学.** マクマスター大学などにおける原子力教育事情. 第 36 回原子力委員会定例会議.（オンライン）
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2018/siryo36/1.pdf.

6. **NSERC.** NSERC.（オンライン）（引用日: 2020 年 7 月 6 日.）https://www.nserc-crsng.gc.ca/NSERC-CRSNG/Index_eng.asp.

7. **ミラノ工科大学.** イタリア・ミラノ工科大学における原子力教育事情について. 第 12 回原子力委員会定例会議.（オンライン）2019 年 3 月 26 日.
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2019/siryo12/1.pdf.

8. **DOE.** STRATEGIC PLAN 2014-2018.（オンライン）2014 年 3 月.
https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/04/f14/2014_dept_energy_strategic_plan.pdf.

9. **The U.S. Government Publishing Office.** America COMPETES Act.（オンライン）2007 年 8 月 9 日. https://www.govinfo.gov/content/pkg/STATUTE-121/pdf/STATUTE-121-Pg572.pdf.

10. **DOE.** Nuclear Energy University Program.（オンライン）（引用日: 2020 年 2 月 20 日.）https://www.energy.gov/ne/nuclear-reactor-technologies/nuclear-energy-university-program.

11. ―. Department of Energy FY 2020 Congressional Budget Request Volume 3 Part 2.（オンライン）2019 年 3 月.
https://www.energy.gov/sites/prod/files/2019/04/f61/doe-fy2020-budget-volume-3-Part-2.pdf.

12. **NRC.** Integrated University Program.（オンライン）（引用日: 2020 年 3 月 6 日.）
https://www.nrc.gov/public-involve/conference-

symposia/ric/past/2017/docs/posters/posterabstract93.html.
13. **DOE.** FY 2017 Scholarship & Fellowship Recipients (Schools). (オンライン) (引用日: 2020年2月18日.)
https://neup.inl.gov/SitePages/FY17%20SF%20Recipients.aspx.
14. **ORNL.** Core Universities. (オンライン) (引用日: 2020年2月18日.)
https://www.ornl.gov/content/core-universities.
15. **DOE.** FY 2019 Infrastructure Grants. Nuclear Energy Research Program. (オンライン) (引用日: 2020年2月20日.)
https://neup.inl.gov/SitePages/FY_2019_Infrastructure_Awards.aspx.
16. **GAIN.** What is GAIN? (オンライン) (引用日: 2020年3月6日.)
https://gain.inl.gov/SitePages/What%20is%20GAIN.aspx.
17. **-.** University Directory. (オンライン) 2020年6月24日.
https://gain.inl.gov/SiteAssets/UniversityEngagement/UniversityDirectory_1stEdition_Rev.06.24.2020.pdf.
18. **DOE.** Department of Energy FY 2021 Congressional Budget Request Volume 3 Part 2. . (オンライン) 2020年2月.
https://www.energy.gov/sites/prod/files/2020/02/f72/doe-fy2021-budget-volume-3-part-2_2.pdf.
19. **INPO.** The Role of the Institute of Nuclear Power Operations in Supporting the United States Commercial Nuclear Power Industry's Focus on Nuclear Safety. (オンライン) 2020年11月13日.
https://www.epw.senate.gov/public/?a=Files.Serve&File_id=736241ED-3922-4144-A905-B965BB1CBE88.
20. **MIT.** Nuclear Plant Safety. Professional Education. (オンライン) (引用日: 2020年2月18日.) https://professional.mit.edu/course-catalog/nuclear-plant-safety.
21. **RAL.** About. ISIS Neutron and Muon Source. (オンライン) (引用日: 2020年2月19日.) https://www.isis.stfc.ac.uk/Pages/About.aspx.
22. **Department of Energy & Climate Change (当時).** Sustaining Our Nuclear Skills. (オンライン) 2015年3月.
https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/415427/Sustaining_Our_Nuclear_Skills_FINAL.PDF.
23. **NSSG.** 2019 Nuclear Workforce Assessment. (オンライン) 2019年12月.
https://www.nssguk.com/media/2018/nuclear-workforce-assessment-2019-full-report-final.pdf.
24. **Department for Education.** National Colleges Process Evaluation Research report. (オンライン) 2020年2月.

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/863704/National_colleges_process_evaluation_research_report_Feb_2020.pdf.

25. **Department of Education.** New National College for the nuclear industry launches. (オンライン) 2020年2月7日. https://www.gov.uk/government/news/new-national-college-for-the-nuclear-industry-launches.

26. **EPSRC.** Details of Grant EPSRC Centre for Doctoral Training in Nuclear Energy- GREEN. Details of Grant. (オンライン) (引用日: 2020年2月12日.) https://gow.epsrc.ukri.org/NGBOViewGrant.aspx?GrantRef=EP/S022295/1.

27. **The University of Manchester.** Rolls-Royce Nuclear University Technology Centre. Department of Mechanical, Aerospace and Civil Engineering. (オンライン) (引用日: 2020年3月5日.) https://www.mace.manchester.ac.uk/research/facilities/rollsroyce-utc/.

28. **NCfN.** Level 3 ECITB Gateway Certificate in Nuclear Engineering and Science. (オンライン) (引用日: 2020年2月19日.) https://www.ncfn.ac.uk/courses/nuclear-radiation-protection-level-3-e-portfolio.html.

29. **NSAN.** Employer Members. (オンライン) (引用日: 2020年3月26日.) https://www.nsan.co.uk/members.

30. -. Triple Bar Nuclear New Build Sites. (オンライン) (引用日: 2020年3月26日.) https://www.nsan.co.uk/tbnnbs.

31. **I2EN.** FRENCH NUCLEAR EDUCATION AND TRAINING. (オンライン) 2018年. https://i2en.fr/wp-content/uploads/2018/09/BROCHURE2018_I2EN_compressed.pdf.

32. **Ministère de l'Action et des Comptes publics.** JUSTIFICATION AU PREMIER EURO Programme 172. (オンライン) (引用日: 2020年2月20日.) https://www.performance-publique.budget.gouv.fr/sites/performance_publique/files/farandole/ressources/2020/pap/html/DBGPGMJPEPGM172.htm.

33. -. JUSTIFICATION AU PREMIER EURO Programme 190. (オンライン) (引用日: 2020年2月20日.) https://www.performance-publique.budget.gouv.fr/sites/performance_publique/files/farandole/ressources/2020/pap/html/DBGPGMJPEPGM190.htm.

34. -. JUSTIFICATION AU PREMIER EURO. (オンライン) (引用日: 2020年2月20日.) https://www.performance-publique.budget.gouv.fr/sites/performance_publique/files/farandole/ressources/2017/rap/html/DRGPGMJPEPGM190.htm.

35. **I2EN.** Partners and Associate Members. (オンライン) (引用日: 2020年7月28日.) https://i2en.fr/en/about-i2en/partners-associate-members/.

36. **IRUP.** Ingénieur Génie des Installations Nucléaires (IGIN). FORMATIONS. (オン

ライン）（引用日：2020年3　月日.）
https://www.istp.fr/etudiants/formations/ingenieur-genie-des-installations-nucleaires/.
37. **IAEA.** Research Reactor Database.（オンライン）（引用日：2020年2月20日.）
https://nucleus.iaea.org/RRDB/RR/ReactorSearch.aspx.
38. **ECOLE POLYTECHNIQUE.** L'Institut Polytechnique de Paris officiellement créé.（オンライン）2019年6　月日. https://presse-polytechnique.fr/linstitut-polytechnique-de-paris-officiellement-cree/.
39. **École polytechnique.** NewUni ： Signature de la convention de coopération.（オンライン）2018年10月4日. https://presse-polytechnique.fr/signature-de-la-convention-de-cooperation/.
40. **INSTN.** CONTINUING PROFESSIONAL TRAINING AT INSTN.（オンライン）2018年.
http://www-instn.cea.fr/media/ouvrages/selection-our-training-certification-courses-continuing-professional-training-instn-2018.pdf.
41. **中国原子能科学研究院.** 中国実験高速炉.（オンライン）（引用日：2020年2月20日.）http://www.ciae.ac.cn/subpage/pingtai_2.htm.
42. **新華社.** 国民経済・社会発展の第13次五カ年計画綱要.（オンライン）（引用日：2020年2月20日.）http://www.xinhuanet.com//politics/2016lh/2016-03/17/c_1118366322_8.htm.
43. **WNA.** World Nuclear Power Reactors & Uranium Requirements.（オンライン）（引用日：2020年2月20日.）https://www.world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/world-nuclear-power-reactors-and-uranium-requireme.aspx.
44. **国家核安全局.** 国家核安全局2018年報.（オンライン）（引用日：2020年2月20日.）
http://nnsa.mee.gov.cn/zhxx_8953/haqnb/201905/P020190531356025942607.pdf.
45. **国務院国有資産監督管理委員会.** 中国で医療用コバルト60の製造が開始される.（オンライン）（引用日：2020年2月20日.）
http://www.sasac.gov.cn/n2588025/n2588124/c3842317/content.html.
46. **CNNC.** 中国国産のコバルト60が再度国外へ　世界の核技術の発展のために中国の力量で貢献.（オンライン）（引用日：2020年2月21日.）
http://www.cnnc.com.cn/cnnc/300555/300558/543461/index.html.
47. **国務院.** 国家重大科学技術インフラ建設中長期計画（2012～2030年）.（オンライン）（引用日：2020年2月18日.）http://www.gov.cn/zwgk/2013-03/04/content_2344891.htm.
48. **中国政府.** THE SEVENTH NATIONAL REPORT UNDER THE CONVENTION ON NUCLEAR SAFETY（2013-2015）.（オンライン）2016　年月.
https://www.iaea.org/sites/default/files/china_nr-7th-rm_english.pdf.
49. **清華大学工程物理系.** 工物簡介.（オンライン）（引用日：2020年7月31日.）

http://www.ep.tsinghua.edu.cn/column/3.html.
50. **清華大学原子力・新エネルギー技術研究院.** 学科、専攻. (オンライン) (引用日: 2020年2月19日.) http://www.inet.tsinghua.edu.cn/publish/inet/3947/index.html.
51. —. 原子炉構造研究室. (オンライン) (引用日: 2020年2月20日.) http://www.inet.tsinghua.edu.cn/publish/inet/3847/index.html.
52. **CNNC.** 中国原子能科学研究院の49-2炉が連続168時間熱供給を実現. (オンライン) 2017年12月6日. (引用日: 2020年2月20日.) http://www.cnnc.com.cn/cnnc/300582/fczh/498418/index.html.
53. **中国原子能科学研究院.** Management of Operation & Utilization of Management of Operation & Utilization of China Advanced Research Reactor China Advanced Research Reactor. (オンライン) (引用日: 2020年7月22日.) https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/P1575_CD_web/datasets/presentations/Session%20D/D08%20Dingli_China.pdf.
54. **中国広核電力股份有限公司.** 2018年度報告. (オンライン) (引用日: 2020年2月20日.) http://www.cgnp.com.cn/cgnp/c100744/201904/794430d0c1824a1f903d99ca81311852/files/a0d4dc6677bd4b9db672b1819719020c.pdf.
55. **原子力委員会.** 原子力利用に関する基本的考え方. (オンライン) 2017年7月. http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/kettei/kettei170720.pdf.
56. —. 原子力分野における人材育成について (見解) . (オンライン) 2018年2月27日. http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/kettei/180227.pdf.
57. **文部科学省.** 平成30年度 文部科学白書 第5章　高等教育の充実. (オンライン) (引用日: 2020年7月6日.) https://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpab201901/detail/1421904.htm.

URLにアクセスする際、最後の「.」は除いて下さい。

第１章　福島の着実な復興・再生と教訓を真摯に受け止めた不断の安全性向上

1－1 福島の着実な復興・再生の推進と教訓の活用

東京電力株式会社福島第一原子力発電所（以下「東電福島第一原発」という。）の事故は、福島県民をはじめ多くの国民に多大な被害を及ぼし、これにより、我が国のみならず国際的にも、原子力への不信や不安が著しく高まり、原子力政策に大きな変動をもたらしました。放射線リスクへの懸念等を含むこうした不信・不安に対して真摯に向き合い、その軽減に向けた取組を一層進めていくとともに、事故の発生を防止できなかったことを反省し、国内外の諸機関が取りまとめた事故の調査報告書の指摘等を含めて、得られた教訓を生かしていくことが重要です。

また、事故から９年が経過した現在も、多数の住民の方々が避難を余儀なくされ、一部食品の出荷制限が継続する等、事故の影響が続いています。福島の復興・再生に向けて全力で取り組み続けることは重要であり、引き続き以下のような取組が進められています。

- 東電福島第一原発の廃炉と事故状況の究明
- 放射性物質に汚染された廃棄物の処理施設、中間貯蔵施設の整備と、廃棄物や除去土壌等の輸送、貯蔵、埋立処分等
- 避難指示の解除と、避難住民の方々の早期帰還に向けた安全・安心対策、事業・生業の再建や風評被害対策等の生活再建に向けた支援への取組
- 福島イノベーション・コースト構想をはじめとした、復興・再生に向けた取組

(1)　東電福島第一原発事故の調査・検証

①　東電福島第一原発事故に関する調査報告書

事故後、国内外の諸機関が事故の調査・検証を行い、多くの提言等を取りまとめ、事故調査報告書として公表してきました（表 1-1）［1］［2］［3］［4］［5］［6］［7］［8］。

表 1-1　東京電力福島原子力発電所事故に関する主な事故調査報告書

報告書名	発行元	発行年月
東京電力福島原子力発電所事故調査委員会報告書	東京電力福島原子力発電所事故調査委員会	2012 年 7 月
東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会最終報告	東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会	2012 年 7 月
福島原子力事故調査報告書	東京電力株式会社（現東京電力ホールディングス株式会社）	2012 年 6 月
福島原発事故独立検証委員会調査・検証報告書	福島原発事故独立検証委員会	2012 年 2 月
福島第一原子力発電所事故 その全貌と明日に向けた提言 学会事故調　最終報告書	一般社団法人日本原子力学会	2014 年 3 月
The Fukushima Daiichi Accident Report by the Director General	国際原子力機関（IAEA[1]）	2015 年 8 月
The Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident: OECD/NEA Nuclear Safety Response and Lessons Learnt	経済協力開発機構/原子力機関（OECD/NEA[2]）	2013 年 9 月
Five Years after the Fukushima Daiichi Accident: Nuclear Safety Improvement and Lessons Learnt	経済協力開発機構/原子力機関（OECD/NEA）	2016 年 2 月

国会に設置された「東京電力福島原子力発電所事故調査委員会」（以下「国会事故調」という。）の報告書では、表 1-2 に示す 7 つの提言が出されました［1］。提言を受けて政府が講じた措置については、毎年、国会への報告書の提出が義務付けられており、政府は年度ごとに報告書を取りまとめ、国会に提出しています[3]。2019 年度に政府が講じた主な措置は、2020 年 6 月に閣議決定された「令和元年度 東京電力福島原子力発電所事故調査委員会の報告書を受けて講じた措置」に取りまとめられています（表 1-3）。

政府に設置された「東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会」（以下「政府事故調」という。）の報告書においても、表 1-4 に示す 7 つの提言が出されました［2］。

[1] International Atomic Energy Agency
[2] Organisation for Economic Co-operation and Development/Nuclear Energy Agency
[3] 「国会法」（昭和 22 年法律第 79 号）附則第 11 項において規定。

政府は、これらの提言を受けて講じた措置についても、年度ごとに報告書を取りまとめています。

表 1-2　国会事故調報告書の提言内容

提言		
提言 1	規制当局に対する国会の監視	国民の健康と安全を守るために、規制当局を監視する目的で、国会に原子力に係る問題に関する常設の委員会等を設置する。
提言 2	政府の危機管理体制の見直し	緊急時の政府、自治体、及び事業者の役割と責任を明らかにすることを含め、政府の危機管理体制に関係する制度についての抜本的な見直しを行う。
提言 3	被災住民に対する政府の対応	被災地の環境を長期的・継続的にモニターしながら、住民の健康と安全を守り、生活基盤を回復するため、政府の責任において対応を早急に取る必要がある。
提言 4	電気事業者の監視	東電は、電気事業者として経産省との密接な関係を基に、電気事業連合会を介して、保安院等の規制当局の意思決定過程に干渉してきた。国会は、提言 1 に示した規制機関の監視・監督に加えて、事業者が規制当局に不当な圧力をかけることのないように厳しく監視する必要がある。
提言 5	新しい規制組織の要件	規制組織は、今回の事故を契機に、国民の健康と安全を最優先とし、常に安全の向上に向けて自ら変革を続けていく組織になるよう抜本的な転換を図る。新たな規制組織は以下の要件を満たすものとする。 ①高い独立性、②透明性、③専門能力と職務への責任感、 ④一元化、⑤自律性
提言 6	原子力法規制の見直し	原子力法規制については、抜本的に見直す必要がある。
提言 7	独立調査委員会の活用	未解明部分の事故原因の究明、事故の収束に向けたプロセス、被害の拡大防止、本報告で今回は扱わなかった廃炉の道筋や、使用済み核燃料問題等、国民生活に重大な影響のあるテーマについて調査審議するために、国会に、原子力事業者及び行政機関から独立した、民間中心の専門家からなる第三者機関として「原子力臨時調査委員会〈仮称〉」を設置する。また国会がこのような独立した調査委員会を課題別に立ち上げられる仕組みとし、これまでの発想に拘泥せず、引き続き調査、検討を行う。

(出典)東京電力福島原子力発電所事故調査委員会(国会事故調)「国会事故調報告書」(2012 年)に基づき作成

表 1-3　「令和元年度 東京電力福島原子力発電所事故調査委員会の報告書を受けて講じた措置」に記載されている政府の取組（抜粋）

国会事故調査報告書の提言内容		提言に対する措置の例
提言 2	政府の危機管理体制の見直し	【基本的な対応】 ➢ 2012 年 9 月に、原子力災害対策本部等の拡充とともに、平時の体制では原子力防災会議を新設。同年 10 月、官邸を中心とした情報収集・意思決定を行う有事の体制を確立。2014 年 10 月に原子力防災に係る総合調整を一元的に担う内閣府政策統括官(原子力防災担当) を設置。 ➢ 原子力発電所立地地域の「地域原子力防災会議」の活動を通じ、地域防災計画・避難計画の具体化等を支援。「緊急時対応」を原子力防災会議で了承。毎年、複合災害を想定した原子力総合防災訓練を実施。

		➢ 2012 年 10 月に原子力災害対策指針を策定し、原子力災害対策重点区域（PAZ[4]（原子力施設からおおむね 5km）、UPZ[5]（同おおむね 30km））、緊急時活動レベル（EAL[6]）等を設定。国と地方の役割分担を含むオフサイト対応措置を強化。緊急時モニタリング体制や原子力災害時の医療体制を強化。
		【2019 年度に講じた主な措置】 ➢ 2019 年 7 月に原子力災害対策指針及び「安定ヨウ素剤の配布・服用にあたって」を改正し、適切な服用タイミング及び服用を優先すべき者への配慮、薬剤師会会員が所属する薬局等での配布を可能とすること等を明示した。 ➢ 同年 11 月に、島根原子力発電所を対象に、原子力総合防災訓練としては初めて 3 日間に渡り令和元年度原子力総合防災訓練を実施、「島根地域の緊急時対応」の取りまとめに向けてその実効性を確認。 ➢ 2020 年 3 月に、女川地域原子力防災協議会において「女川地域の緊急時対応」を取りまとめ。
提言 3	被災住民に対する政府の対応	【基本的な対応】 ➢ 国は、福島県が創設した「福島県民健康管理基金」に交付金を拠出し、福島県はこの基金を活用して、県民健康調査や内部被ばく線量の検査等を実施。環境省は、福島県が行う取組を支援するとともに、疾病罹患動向の把握、地域ニーズに合ったリスクコミュニケーション事業等を実施。「総合モニタリング計画」に沿ってモニタリングを実施し、原子力規制委員会が結果を公表。 ➢ 除染特別地域は環境省等が、汚染状況重点調査地域は市町村が中心となって除染を実施。帰還困難区域を除き、2018 年 3 月には全ての面的除染が完了。 ➢ 2020 年 3 月までには、全ての避難指示解除区域及び居住制限区域の避難指示を解除。避難指示解除後は、「「原子力災害からの福島復興の加速に向けて」改訂」の要件に沿って、国と地元が一体となって帰還、復興の作業を一層本格化。
		【2019 年度に講じた主な措置】 ➢ 中間貯蔵施設整備に必要な用地として 2019 年度末までに 1,759 人、約 1,164ha の契約に至る。2017 年から除去土壌等の分別処理と分別した土壌の貯蔵を開始し、2019 年度末までに累計で約 668 万 m^3の除去土壌等を搬入。除去土壌等の最終処分に向けて、再生利用実証事業等を推進。 ➢ 特定復興再生拠点区域の一部地域の避難指示の解除を、帰還困難区域として初めて実施。 ➢ 東京電力が原子力損害賠償を実施。
提言 4	電気事業者の監視	【基本的な対応】 ➢ 原子力規制委員会は、被規制者等との面談等のルールを定め、情報公開を徹底。原子力事業者等が 2012 年に設立した「原子力安全推進協会（JANSI[7]）」において、事業者間の相互監視体制を構築。 ➢ 原子力産業界での連携を強化し、原子力発電所の安全性を更に高い水準で結び付けていくため、原子力事業者に加え、メーカー及び関係団体も含めた原子力産業界の組織として、原子力エネルギー協議会（ATENA[8]）を 2018 年 7 月に設立。 ➢ 廃炉・汚染水対策のための体制を強化し、引き続き事業者に加え国も前面に立って対策を実施。汚染水対策については、予防的か

[4] Precautionary Action Zone
[5] Urgent Protective action planning Zone
[6] Emergency Action Level
[7] Japan Nuclear Safety Institute
[8] Atomic Energy Association

		つ重層的な対策を実施。廃炉を着実に進められるよう、2014 年 5 月に原賠機構に「事故炉の廃炉支援業務」を追加。2016 年 4 月より「楢葉遠隔技術開発センター」（楢葉町）、2018 年 3 月より「大熊分析・研究センター」（大熊町）の運用を開始。
		【2019 年度に講じた主な措置】 ➢ 原子力規制委員会は、安全性向上に係る取組等について原子力事業者との意見交換を実施。原子力を取り巻く課題や具体的な技術的事項について意見交換の場を設けることについて合意。 ➢ 廃炉対策については、使用済燃料プールからの燃料取り出しに向けた取組として 2019 年 4 月から 3 号機の燃料取り出しを開始し、2020 年 3 月 31 日時点で全燃料 566 体のうち 119 体の取り出しを完了。 ➢ 汚染水対策については、「多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会」の 2020 年 2 月の報告書も踏まえ、政府として多核種除去設備等処理水の取扱い方針を決定するため、4 月から幅広い関係者の意見を伺う場を開催することを決定。
提言 5	新しい規制組織の要件	【基本的な対応】 ➢ 2012 年 9 月に、関係行政機関が担っていた原子力の規制等の機能を統合し、国家行政組織法第 3 条に規定される委員会として、原子力規制委員会を設置。 ➢ 国際原子力機関（IAEA）の総合規制評価サービス（IRRS）や国際核物質防護諮問サービス（IPPAS）での指摘や、委嘱した国際アドバイザーの助言等から取り入れた最新の知見を踏まえて自己変革を実施。
		【2019 年度に講じた主な措置】 ➢ IRRS フォローアップミッションの結果、2016 年の IRRS ミッションで受けた 13 の勧告と 13 の提言のうち、新検査制度の導入などにより 10 の勧告と 12 の提言について対応が完了するなど、大きな進展があったことを確認。 ➢ IPPAS ミッションで示された勧告事項や助言事項への対応状況等の確認を受けるためのフォローアップミッションの報告書を 2019 年 4 月に受領。同報告書では「前回のミッション以降、日本の核セキュリティ体制に顕著な改善がみられる。その体制は、強固で十分に確立されており、改正核物質防護条約の基本原則に従ったものである。」と評価。
提言 6	原子力法規制の見直し	【基本的な対応】 ➢ 2013年に、シビアアクシデント対策の強化やバックフィット制度の導入等のいわゆる新規制基準を策定し、世界で最も厳しい水準の新たな規制を導入した。 ➢ 2017年4月の原子炉等規制法の改正により、検査制度を見直し、安全確保に係る事業者の一義的責任の徹底、規制機関による包括的な監視・評価、検査結果を踏まえた原子力施設ごと評定結果のその後の監視・検査の継続又は強化への反映等により、より高い安全性の確保を行う。
		【2019年度に講じた主な措置】 ➢ 2017年4月に成立した原子炉等規制法等改正法について、2020年4月の法施行を受けて、新たな検査制度の本格運用を開始。 ➢ 事故の原因を究明するための継続的な取組として、原子力規制委員会において、事故分析の実施方針及び体制について改めて整備し、2020年内を目途に、中間的な報告書を取りまとめることとした。

（出典）「令和元年度 東京電力福島原子力発電所事故調査委員会の報告書を受けて講じた措置」（2020 年）に基づき作成

表 1-4　政府事故調報告書の提言内容

提言		
提言 1	安全対策・防災対策の基本的視点に関するもの	1）複合災害を視野に入れた対策に関する提言
		2）リスク認識の転換を求める提言
		3）「被害者の視点からの欠陥分析」に関する提言
		4）防災計画に新しい知見を取り入れることに関する提言
提言 2	原子力発電の安全対策に関するもの	1）事故防止策の構築に関する提言
		2）総合的リスク評価の必要性に関する提言
		3）シビアアクシデント対策に関する提言
提言 3	原子力災害に対応する態勢に関するもの	1）原災時の危機管理態勢の再構築に関する提言
		2）原子力災害対策本部の在り方に関する提言
		3）オフサイトセンターに関する提言
		4）原災対応における県の役割に関する提言
提言 4	被害の防止・軽減策に関するもの	1）広報とリスクコミュニケーションに関する提言
		2）モニタリングの運用改善に関する提言
		3）SPEEDI システムに関する提言
		4）住民避難の在り方に関する提言
		5）安定ヨウ素剤の服用に関する提言
		6）緊急被ばく医療機関に関する提言
		7）放射線に関する国民の理解に関する提言
		8）諸外国との情報共有や諸外国からの支援受入れに関する提言
提言 5	国際的調和に関するもの	1）IAEA 基準などとの国際的調和に関する提言
提言 6	関係機関の在り方に関するもの	1）原子力安全規制機関の在り方に関する提言
		2）東京電力の在り方に関する提言
		3）安全文化の再構築に関する提言
提言 7	継続的な原因解明・被害調査に関するもの	1）事故原因の解明継続に関する提言
		2）被害の全容を明らかにする調査の実施に関する提言

（出典）東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会（政府事故調）「最終報告」（2012 年）に基づき作成

②　事故原因の解明に向けた取組

国会事故調や政府事故調、IAEA 事務局長報告書等において、事故の大きな要因は、津波を起因として電源を喪失し、原子炉を冷却する機能が失われたことにあるとされています。その後、原子力規制委員会では、国会事故調報告書において未解明問題として指摘されている事項については、おおむね検討を終え、2014 年 10 月に「東京電力福島第一原子力発電所事故の分析中間報告書」に取りまとめました［9］。しかし、事故現場の放射線量が非常に高い等の理由により現地調査に着手できない事項等もあり、継続した現地調査・評価・検討が必要であるとしています。また、東電福島第一原発における廃炉作業の進捗に併せ、新たに明らかになる事実等についても、今後、現地調査や東京電力株式会社[9]（以下「東京電力」という。）への確認等を行った上で、長期的に検討を継続する必要があるとしています。

[9] 2016 年 4 月からホールディングカンパニー制に移行し、「東京電力ホールディングス株式会社」に社名変更。

東京電力は、事故の総括として「福島原子力事故調査報告書」(2012 年 6 月公表) と「福島原子力事故の総括及び原子力安全改革プラン」(2013 年 3 月公表) を取りまとめていますが、事故発生後の詳細な進展メカニズムに関する未確認・未解明事項について、引き続き、計画的な現場調査やシミュレーション解析を用いて調査・検討を継続しています [10]。また、事故の教訓を生かした設備面・運用面及びマネジメント面の安全対策強化状況は、四半期に一度「原子力安全改革プラン進捗報告」として公表しています [11]。

OECD/NEA は、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 (以下「原子力機構」という。) が関係機関と協議しつつ提案した「福島第一原子力発電所の原子炉建屋および格納容器内情報の分析 (ARC-F[10])」国際共同研究プロジェクトを 2019 年 1 月から開始しています。同プロジェクトは、先行する「東電福島第一原発事故のベンチマーク研究 (BSAF[11])」プロジェクトを引き継いで、更に詳細に事故の状況を探り、今後の軽水炉の安全性向上のための研究に役立てることを目的としています [12]。

原子力規制委員会は、現場環境の改善や廃炉の進捗等により東電福島第一原発における事故の分析に必要な現場調査等が可能となったこと等を踏まえ、2019 年 9 月に事故分析の実施方針及び体制について改めて整備及び決定しました [13]。現場調査や試料採取等の情報収集を行い、得られた情報を基に、原子炉格納容器耐圧強化ベントラインを通じた放射性物質等の放出経路等について「東京電力福島第一原子力発電所における事故分析に係る検討会」で検討を行っており、2020 年内を目途に中間報告書を取りまとめる予定です。また、事故分析と廃炉作業を両立するために必要な事項を関係機関と公開で議論・調整する場として「福島第一原子力発電所廃炉・事故調査に係る連絡・調整会議」が設けられました [14]。

なお、国会事故調報告書で示された「提言 6：原子力法規制の見直し」の中で、原子力法規制が、内外の事故の教訓、世界の安全基準の動向及び最新の技術的知見等が反映されたものになることを求めた提言に対し、先にふれた「令和元年度 東京電力福島原子力発電所事故調査委員会の報告書を受けて講じた措置」では、原子力規制庁による具体的な措置として以下の内容が報告されています。

・　(原子力安全研究の推進)

原子力規制庁は、軽水炉照射材料健全性評価や電気・計装設備用高分子材料の長期健全性評価に係る安全研究を始めとした 13 研究分野 24 件の安全研究プロジェクトを実施し、その結果をもって、原子力規制庁職員により、2 件の NRA 技術報告の公表、1 件の NRA 技術ノートの公表、23 件の論文誌への掲載、4 件の国際会議論文発表及び 38 件の学会発表を行った。

また、衆議院に設置されている原子力問題調査特別委員会において、原子力問題に関する件

[10] Analysis of Information from Reactor Building and Containment Vessels of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station

[11] Benchmark Study of the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station

（原子力規制行政の在り方）として、原子力規制委員長等による報告に基づき審議が行われています。

(2)　福島の復興・再生に向けた取組

①　被災地の復興・再生に係る基本方針

東電福島第一原発事故により、発電所周辺地域では地震と津波の被害に加えて、放出された放射性物質による環境汚染が引き起こされ、現在も多数の住民の方々が避難を余儀なくされるなど、事故の影響が続いています。このような状況に対処するため、政府一丸となって福島の復興・再生の取組を進めています（図 1-1）。

原子力災害対策本部の下に設置された廃炉・汚染水対策チームは東電福島第一原発の廃炉や汚染水への対応、原子力被災者生活支援チームは避難指示区域の見直しや原子力被災者の生活支援等の役割を担っています。復興庁[12]は、復旧・復興の取組として長期避難者への対策や早期帰還の支援、避難指示区域等における公共インフラの復旧等の対応を行っています。環境省は、特定復興再生拠点区域における放射性物質で汚染された土壌等の除染や廃棄物処理、除染に伴って発生した土壌や廃棄物を安全に集中的に管理・保管する中間貯蔵施設の整備等に取り組んでいます。福島の現地では、原子力災害対策本部の現地対策本部、廃炉・汚染水対策現地事務所、復興庁の福島復興局、環境省の福島地方環境事務所が対応に当たっています。

[12] 復興庁は、復興庁設置法により 2021 年 3 月 31 日までを期限として時限措置的に設置されていましたが、2019 年 12 月 20 日に閣議決定された「『復興・創生期間』後における東日本大震災からの復興の基本方針」において設置期間を 10 年延長し、2025 年度に組織の在り方を検討することが示されました。2020 年 6 月には、復興庁の設置期間の 10 年延長等を定める「復興庁設置法等の一部を改正する法律」が成立、公布されました。

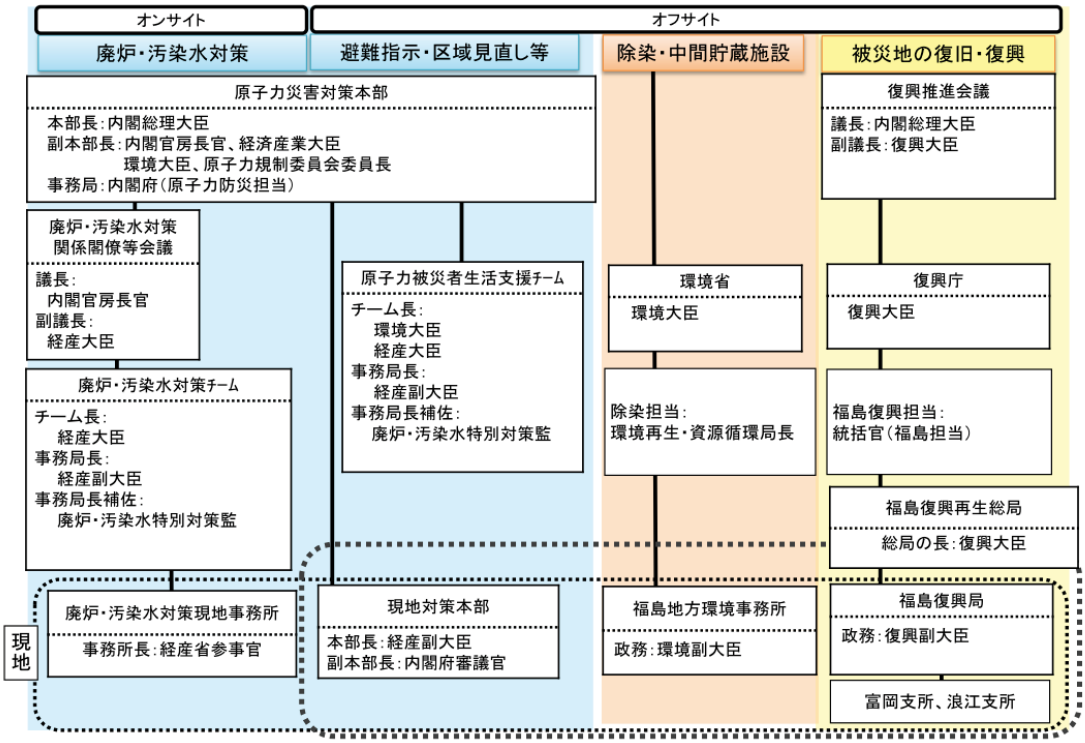


図 1-1　福島の復興に係る政府の体制（2020 年 2 月時点）

（出典）復興庁「福島の復興・再生に向けた取組」（2019 年）［15］

福島の復興・再生に向けて、「福島復興再生特別措置法」（平成 24 年法律第 25 号。以下「福島特措法」という。）及び同法に基づく「福島復興再生基本方針」（2012 年 7 月閣議決定）において、福島の復興・再生の意義、目標、基本姿勢が示されるとともに、政府が実施すべき施策に関する基本的な事項が記載されています。また、「『復興・創生期間』後における東日本大震災からの復興の基本方針」（2019 年 12 月 20 日閣議決定）において、福島の復興・再生は中長期的対応が必要であり、復興・創生期間後も引き続き国が前面に立って取り組むこと、及び当面 10 年間は本格的な復興・再生に向けた取組を行うことが示されています［16］。同方針に基づき、復興・創生期間後の 2021 年度以降の復興を支える仕組み・組織・財源を整備するため、復興庁の設置期間を 10 年間延長すること等が決定されています［17］。

②　放射線影響への対策

1）　避難指示区域の状況等

東電福島第一原発事故を受け、年間の被ばく線量を基準として「避難指示解除準備区域[13]」、

[13] 2011 年 12 月 26 日時点で年間積算線量が 20 ミリシーベルト以下となることが確実であることが確認された区域。

「居住制限区域[14]」、「帰還困難区域[15]」が設定されました。避難指示は、①空間線量率で推定された年間積算線量が 20 ミリシーベルト以下になることが確実であること、②電気、ガス、上下水道、主要交通網、通信等の日常生活に必須なインフラや医療・介護・郵便等の生活関連サービスがおおむね復旧すること、子どもの生活環境を中心とする除染作業が十分に進捗すること、③県、市町村、住民との十分な協議の 3 要件を踏まえ、解除されます。2020 年 3 月 4 日に双葉町の避難指示解除準備区域・特定復興再生拠点区域[16]の一部区域、同 5 日に大熊町の特定復興再生拠点区域の一部区域、同 10 日に富岡町の特定復興再生拠点区域の一部区域で、それぞれ避難指示が解除されました。これにより、全ての避難指示解除準備区域、居住制限区域の避難指示が解除されるとともに、帰還困難区域内に設定された特定復興再生拠点区域で初めて避難指示が解除されました［18］。

2020 年 3 月時点での避難指示区域は図 1-2 の最右図のとおりです。空間線量から推計した年間積算線量の推移は、図 1-3 のとおりです。

政府としては、たとえ長い年月を要するとしても、将来的に帰還困難区域全てを避難指示解除し、復興・再生に責任を持って取り組むとの決意の下、可能なところから着実かつ段階的に政府一丸となって、帰還困難区域の一日も早い復興を目指して取り組んでいくこととしています。

---

[14] 2011 年 12 月 26 日時点で年間積算線量が 20 ミリシーベルトを超えるおそれがあり、住民の被ばく線量を低減する観点から引き続き避難を継続することが求められる区域。

[15] 2011 年 12 月 26 日時点で年間積算線量が 50 ミリシーベルトを超え、5 年間を経過してもなお、年間積算線量が 20 ミリシーベルトを下回らないおそれがある区域。

[16] 将来にわたって居住を制限するとされてきた帰還困難区域内で、避難指示を解除し、居住を可能とする区域。2017　年月の福島特措法の改正で、特定復興再生拠点区域の復興及び再生を推進するための計画制度が創設されました。

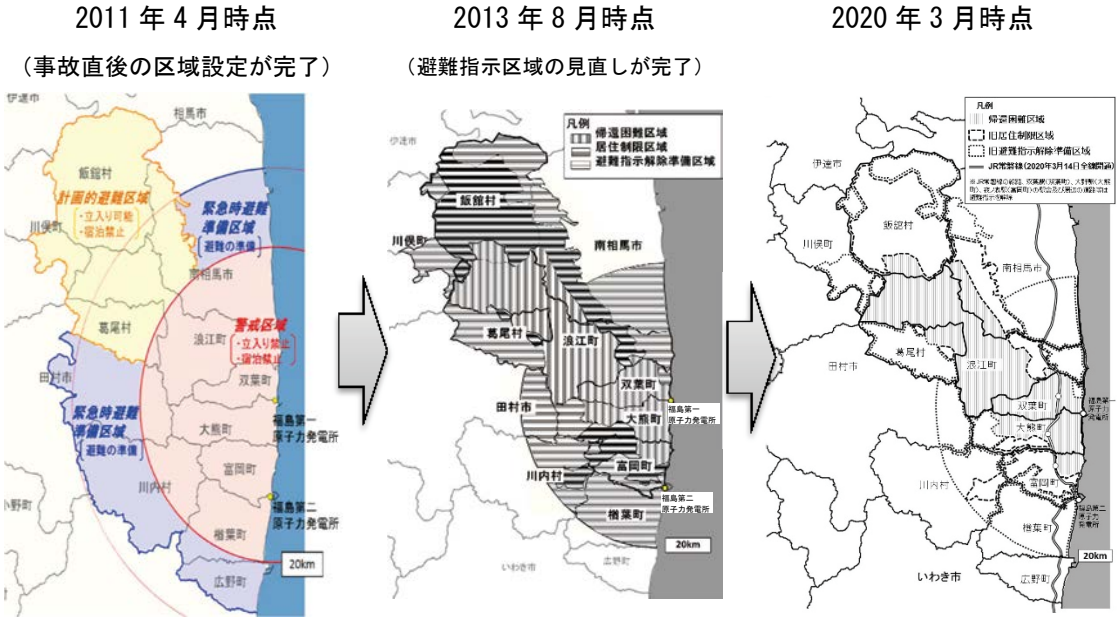


図 1-2　避難指示区域の変遷（2011 年 4 月から 2020 年 3 月まで）

（出典）内閣府原子力被災者生活支援チーム「避難指示区域の見直しについて」（2013 年）及び「避難指示区域の概念図（2020 年 3 月 10 日時点）」（2020 年）等に基づき作成

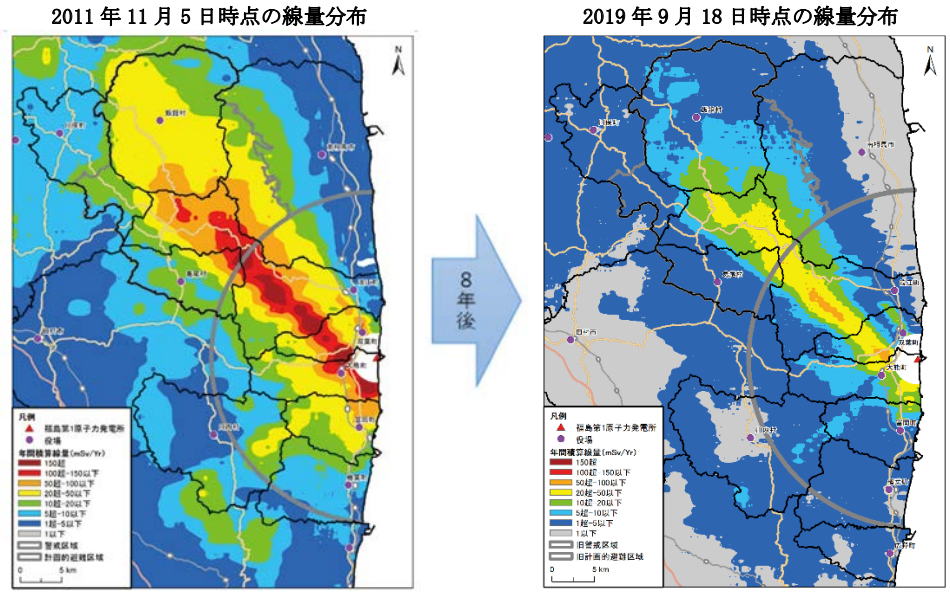


図 1-3　空間線量から推計した年間積算線量の推移

（注）本値は対象地域を 250km メッシュに区切り、各メッシュの中心点の測定結果の比から算出したもの。
（出典）原子力規制委員会「福島県及びその近隣県における航空機モニタリングの測定結果について」等に基づき内閣府原子力被災者生活支援チーム作成

放射線への対策として、生活環境を中心にした除染に加え、放射性物質による汚染の疑われた食品の管理、福島県民の健康影響への対応、また、環境放射線に係るモニタリング等が、国の検討と対応を踏まえ福島県及び各地方自治体で計画的に実施されてきています。詳しい内容を次節以降に示します。

2)　食品中の放射性物質への対応

2012 年 4 月以降、厚生労働省では、より一層の食品の安全と安心の確保をするために、事故後の緊急的な対応としてではなく、長期的な観点から新たな基準値を設定しました。コーデックス委員会[17]が定めた国際的な指標を踏まえ、食品の摂取により受ける放射線量が年間 1 ミリシーベルトを超えないようにとの考え方で設定されています（図 1-4）［19］。

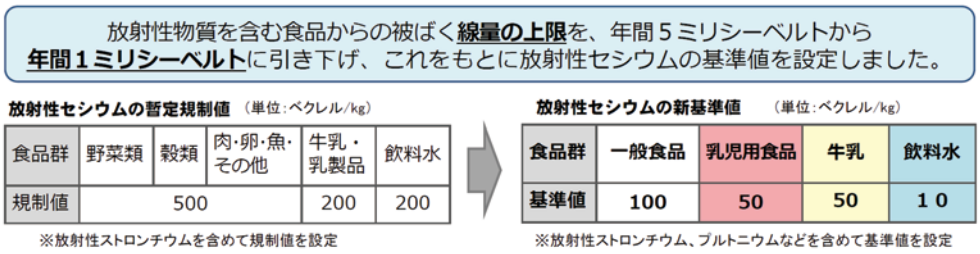


図 1-4　食品中の放射性物質の新たな基準値の概要

（出典）厚生労働省「食品中の放射性物質の新たな基準値」（2012 年）［19］

また、食品中の放射性物質については、原子力災害対策本部の定める「検査計画、出荷制限等の品目・区域の設定・解除の考え方」（2011 年 4 月初版公表）を踏まえ、17 都県[18]を中心とした地方公共団体によって検査が実施され、基準値を超過した食品はキノコ・山菜類、水産物を除けば見られなくなっています（表 1-5）。

なお、福島県産米については、2012 年から全量全袋検査が実施されています。あわせて、福島県の生産現場では、カリウム肥料の追加施用による放射性物質の吸収抑制、土壌から作物への放射性物質の移行低減のための反転耕、また機械の清掃等による生産管理等、徹底した生産対策が実施されてきました。そのような対策も奏功し、2015 年からは基準値を超えるものは検出されていません。福島県では、今後の検査の方向性として、通算 5 年間基準値を超えるものがない時点を目途にモニタリング（抽出）検査に移行することを示しています［20］。

---

17 消費者の健康の保護等を目的として設置された、国際的な政府間機関。

18 青森県、岩手県、秋田県、宮城県、山形県、福島県、茨城県、栃木県、群馬県、千葉県、埼玉県、東京都、神奈川県、新潟県、山梨県、長野県、静岡県の 17 都県。

表 1-5　農林水産物の放射性セシウム検査結果（17 都県）

	基準値超過割合								
	～2011 年度 注 1	2012 年度 注 2	2013 年度 注 2	2014 年度 注 2	2015 年度 注 2	2016 年度 注 2	2017 年度 注 2	2018 年度 注 2	2019 年度 注 2
米 注 3	2.2%	0.0008%	0.0003%	0.00002%	0%	0%	0%	0%	0%
麦	4.8%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
豆類	2.3%	1.1%	0.4%	0.1%	0%	0%	0%	0%	0%
野菜類	3.0%	0.03%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
果実	7.7%	0.3%	0%	0%	0%	0%	0.06%	0%	0%
茶 注 4	8.6%	1.5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
その他地域特産物	3.2%	0.5%	0%	0%	0.1%	0%	0%	0%	0%
原乳	0.4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
肉・卵（野生鳥獣肉除く）	1.3%	0.005%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
キノコ・山菜類	20%	9.2%	2.6%	1.2%	1.0%	0.7%	0.7%	1.8%	1.5%
水産物 注 5	17%	5.6%	1.5%	0.5%	0.07%	0.06%	0.06%	0.04%	0.05%

（注 1）2012 年 4 月施行の基準値（100Bq/kg）を超過した割合（原乳については 50Bq/kg）。なお、茶は、荒茶や製茶の状態で 500Bq/kg を超過した割合。
（注 2）穀類（米、大豆等）について、生産年度と検査年度が異なる場合は、生産年度の結果に含めている。
（注 3）福島県で行った 2011 年度産の緊急調査、福島県及び宮城県の一部地域で 2012 年度以降に行った全袋検査の点数を含む。
（注 4）2012 年度以降の茶は、飲料水の基準値（10Bq/kg）が適用される緑茶のみ計上。
（注 5）水産物については全国を集計。
（出典）農林水産省「令和元年度の農産物に含まれる放射性セシウム濃度の検査結果（令和元年 4 月～）」［21］に掲載の「平成 23 年 3 月～現在（令和 2 年 4 月 27 日時点）までの検査結果の概要」に基づき作成

また、厚生労働省は、全国 15 地域で実際に流通する食品を対象に、食品中の放射性セシウムから受ける年間放射線量の推定を行っています。2019 年 9・10 月の調査では、年間上限線量（年間 1 ミリシーベルト）の 0.1%程度と推定されています[19]。

諸外国・地域では、東電福島第一原発事故後に輸入規制措置が取られました。2020 年 5 月現在、規制措置を設けた 54 の国・地域のうち、34 の国・地域で規制措置が撤廃され、輸入規制を継続している国・地域は 20 になっています。2019 年に 3 月にバーレーン、同 6 月にコンゴ民主共和国、同 10 月にブルネイ、2020 年 1 月にはフィリピンで、輸入規制措置が撤廃されました［22］。風評被害を防ぐとともに、輸入規制の緩和・撤廃に向け、我が国における食品中の放射性物質への対応等について、より分かりやすい形で国内外に発信していくなどの取組を継続していく必要があります。

[19] 詳しいデータは、厚生労働省ウェブサイト「流通食品での調査（マーケットバスケット調査）」（2019 年）［151］を参照。

③　放射線影響の把握の取組

1)　放射線による健康影響の調査

福島県は県民の被ばく線量の評価を行うとともに、県民の健康状態を把握し、将来にわたる県民の健康の維持、増進を図ることを目的に、「県民健康調査」を実施しています。この中では「基本調査[20]」と「詳細調査[21]」が実施されており、個々人が調査結果を記録・保管できるようにしています。国は、2011 年度に県が創設した「福島県民健康管理基金」に交付金を拠出するなど、県を財政的に支援しています。

国は 2015 年 2 月に公表した「東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う住民の健康管理のあり方に関する専門家会議の中間取りまとめを踏まえた環境省における当面の施策の方向性」［23]に基づき、リスクコミュニケーション事業の継続・充実、福島県の県民健康調査「甲状腺検査」の充実、福島県及び福島近隣県における疾病罹患動向の把握、事故初期における被ばく線量の把握・評価の推進の取組を進めています。

なお、放射線の健康管理は中長期的な課題であることから、放射線による健康への影響について調査を継続するとともに、科学的に正確な情報や客観的な事実（根拠）に基づき、一般の国民にとってより分かりやすく説明していくことが求められます。

2)　東電福島第一原発事故に係る環境放射線モニタリング

東電福島第一原発事故を受けて、放射線モニタリングを確実かつ計画的に実施することを目的として、政府は原子力災害対策本部の下にモニタリング調整会議を設置し、「総合モニタリング計画」（2011 年 8 月決定）に基づき、関係府省、地方公共団体、原子力事業者等が連携して放射線モニタリングを実施しています（表 1-6）［24]。モニタリングの結果は、原子力規制委員会から「放射線モニタリング情報[22]」として公表され、特に、空間線量率については、全国に設置されたモニタリングポストの測定結果をリアルタイムで確認することができます。

また、原子力規制委員会では、帰還困難区域等のうち、要望のあった川俣町、富岡町、大熊町、浪江町、葛尾村、双葉町、飯舘村の区域を対象として、測定器を搭載した測定車による走行サーベイ及び測定器を背負った測定者による歩行サーベイも実施しています ［25]。

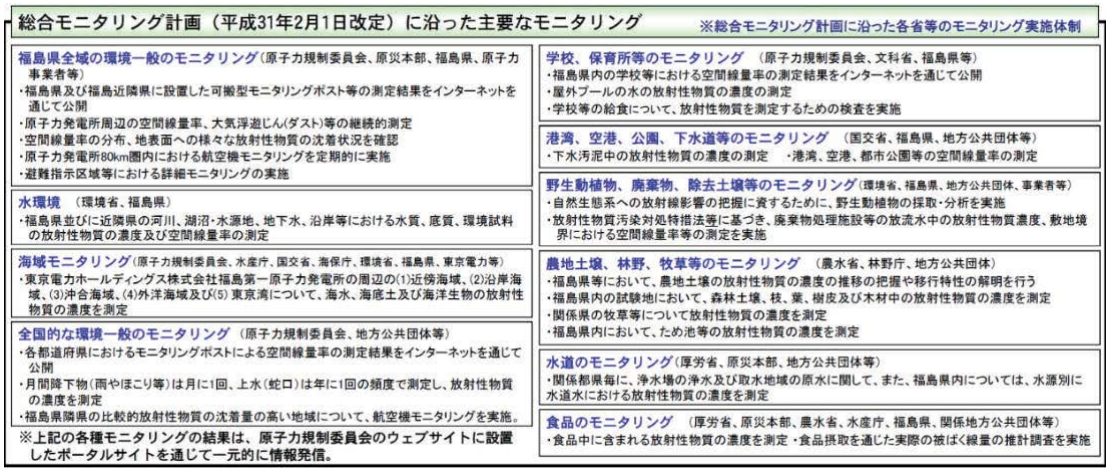
---

[20] 問診表に基づく行動記録から、外部被ばく実効線量が推計されています。

[21] 「甲状腺検査」、「健康診査」、「こころの健康度・生活習慣に関する調査」、「妊産婦に関する調査」の 4 種の調査が含まれています。

[22] https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/

表 1-6　総合モニタリング計画



（出典）原子力規制委員会「放射線モニタリングの実施状況」（2019 年）［24］

④　放射性物質による環境汚染からの回復に関する取組と現状

1）　除染の取組

「平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法」（平成 23 年（2011 年）法律第 110 号。以下「放射性物質汚染対処特措法」という。）に基づき除染が実施され、福島県内の 11 市町村の除染特別地域については、2017 年 3 月末までに帰還困難区域を除き、面的除染が完了しました（図 1-5 左図）。汚染状況重点調査地域についても、2018 年 3 月に完了しました（図 1-5 右図）。また、特定復興再生拠点区域では、区域内の帰還環境整備に向けた除染・インフラ整備等が集中的に実施されています。

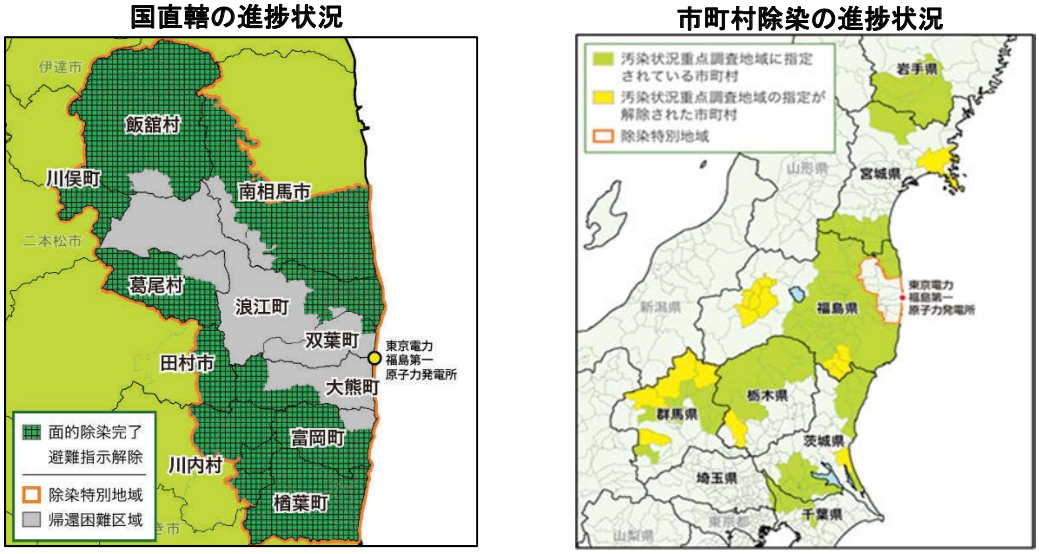


図 1-5　国直轄除染及び市町村除染の進捗状況（2020 年 3 月 31 日時点）

（出典）環境省「除染情報サイト」［26］に基づき作成

2）　放射性物質に汚染された廃棄物の処理

ｲ）　廃棄物の分類

放射性物質汚染対処特措法において、廃棄物の分類と遵守すべき処理基準が定められました。この中で、環境大臣が指定した汚染廃棄物対策地域（以下「対策地域」という。）にある廃棄物のうち、一定要件に該当する「対策地域内廃棄物」と、事故由来放射性物質による汚染状態（放射能濃度）が合計で8,000Bq/kgを超えると認められ、環境大臣の指定を受けた「指定廃棄物」の2つを併せて「特定廃棄物」と定め、国が収集、運搬、保管及び処分を行うこととしています。

なお、放射能濃度が8,000Bq/kg以下に減衰した指定廃棄物については、放射性物質汚染対処特措法施行規則(平成23年環境省令第33号)に基づき、当該指定廃棄物の指定の解除が可能となり、通常の廃棄物と同様に管理型処分場で処分することができます。また、指定解除後の廃棄物の処理について、国は、技術的支援のほか、指定解除後の廃棄物の処理に必要な経費を補助する財政的支援を行うこととしています。

ﾛ）　廃棄物の処理

福島県の11の市町村にまたがる地域[23]が対策地域として定められ、対策地域内廃棄物処理計画に沿って、2020年1月末までに、対策地域内の災害廃棄物等約255万tの仮置場への搬入が完了しました［27］。これらの災害廃棄物等は、仮設焼却施設により減容化を図るとともに、金属くず、コンクリートくずは安全性が確認された上で、再生利用を行っています。

2020年3月末時点で、福島県を含めた10都県[24]において、約30万t[25]が指定廃棄物として環境大臣による指定を受け、国に引き渡されるまでの間、適切に一時保管されています［28］。福島県内の対策地域内廃棄物及び指定廃棄物のうち、放射能濃度が10万Bq/kg以下の廃棄物は、富岡町にある既存の管理型処分場（旧フクシマエコテッククリーンセンター）へ搬入され（図 1-6）、10万Bq/kgを超えるものは、中間貯蔵施設に搬入することとされています。

管理型処分場への搬入は2017年11月に開始され、2020年3月時点で累計117,671袋の廃棄物が搬入されています［29］。また、福島県内において、指定廃棄物に指定された焼却

---

[23] 楢葉町、富岡町、大熊町、双葉町、浪江町、葛尾村及び飯舘村の全域、並びに田村市、南相馬市、川俣町及び川内村のうち警戒区域又は計画的避難区域に指定されていた区域の計11市町村。

[24] 2017年に山形県で、2019年に静岡県で、それぞれ全量が8,000Bq/kgを下回ったことから指定廃棄物の指定が解除されたため、12都県から10都県へ減少。

[25] 2019年12月31日時点より、福島県の集計から、国の仮設焼却施設において焼却処理するため搬出した指定廃棄物17,442tを除外。一方、国が当該搬出した指定廃棄物を焼却処理（広域処理）した結果、発生した焼却灰を新たな指定廃棄物として計上。

灰（10 万 Bq/kg 以下）のうち、放射性セシウムの溶出量が多いと想定される焼却飛灰及びそれと主灰の混合灰を、放射性物質汚染対処特措法に基づいて安全に埋立処分できるようセメント固型化処理を行う施設（特定廃棄物等固型化処理施設）が、2019 年 3 月から稼働を開始しています。



図 1-6　放射能濃度が 10 万 Bq/kg 以下の廃棄物の管理型処分場

（出典）環境省「放射性物質汚染廃棄物処理情報サイト」[30]に基づき作成

このほか、指定廃棄物が多量に発生し、保管がひっ迫している宮城県、栃木県、千葉県、茨城県及び群馬県の 5 県について、宮城県、栃木県及び千葉県では、国が当該県内に長期管理施設を設置する方針であり、また、茨城県及び群馬県では、8,000Bq/kg 以下となるまでに長時間を要しない指定廃棄物については、「現地保管継続・段階的処理」として、8,000Bq/kg 以下になったものを、指定解除の仕組み等を活用しながら段階的に既存の処分場等で処理する方針が決定されるなど、各県の実情に応じた取組が進められています（図 1-7）。［31］



※1： 放射性物質汚染対処特措法で安全確保のための基準（焼却灰のセメント固型化など）が決まっています。

※2： 国が新たに長期管理施設を設置する場合はコンクリート構造の堅固な施設を設置します。

※3： 公共の水域及び地下水と廃棄物が接触しない構造とします。また、福島県では中間貯蔵施設に保管されます。

図 1-7　指定廃棄物の処理

（出典）環境省放射性物質汚染廃棄物処理情報サイト「指定廃棄物について」[32]

3）　除染に伴って発生した土壌等のための中間貯蔵施設の整備に向けた取組

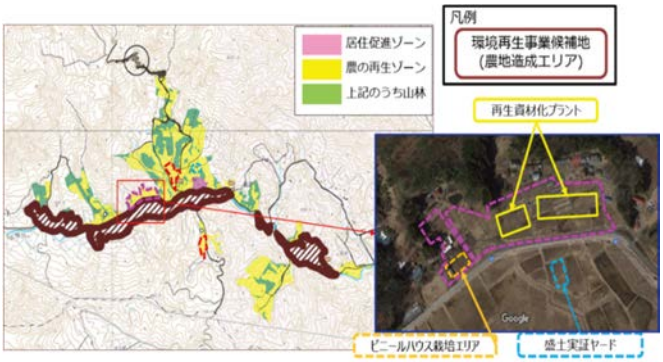
放射性物質汚染対処特措法等に基づき、福島県内の除染に伴い発生した放射性物質を含む土壌及び福島県内に保管されている10万Bq/kgを超える指定廃棄物等を最終処分するまでの間、安全に集中的に管理・保管する施設として中間貯蔵施設が整備されています。中間貯蔵施設については、「中間貯蔵・環境安全事業株式会社法」（平成15年法律第44号）において「中間貯蔵開始後30年以内に、福島県外で最終処分を完了するために必要な措置を講ずる」こととされています。

2015 年 3 月から、仮置場から中間貯蔵施設への除去土壌等の輸送が開始されており、2020 年 1 月に環境省が公表した「2020 年度の中間貯蔵施設事業の方針」の中で、2021 年度までに県内に仮置きされている除去土壌等（帰還困難区域を除く）のおおむね搬入完了を目指すとしています［33］。施設の整備・稼働状況や輸送の状況は、中間貯蔵施設情報サイト[26]にて公表されています。

福島県内で発生した除去土壌等の県外最終処分の実現に向けては、最終処分量を低減するため、政府一体となって、除去土壌等の減容・再生利用を進めていきます。技術開発の検討が進められるとともに、南相馬市及び飯舘村において除去土壌再生利用の実証事業が実施されています（図 1-8）。中間貯蔵施設事業の確実な実施に向けて、安全確保を大前提として、今後も地方公共団体や地元住民と十分に協議を行いつつ、これらの取組を進めていきます。

[26] http://josen.env.go.jp/chukanchozou/

- 2018 年４月に認定された「飯舘村特定復興再生拠点区域復興再生計画」において、実証事業により安全性を確認したうえで、造成が可能な農用地等については、再生資材で盛土した上で覆土することで、農用地等の利用促進を図ることとされている。
- 2018 年 9 月から実証事業に着手した後、2019 年 1 月からビニールハウス内における遮へい土による花弁類等の生育性について確認。
- 2019 年 6 月から盛土実証ヤードにて露地栽培を開始し、資源作物の放射性セシウムの移行について確認。試験栽培については、安全評価での想定よりも十分安全側の結果が得られた。
- 2020 年度は、引き続き試験栽培を実施するとともに、農地造成工事に着手予定。



【全体整備規模】候補値：34ha（今後変更となる場合がある）
※盛土量等について、今後の計画により具体化する。



再生資材化プラント
（2019 年 10 月 28 日撮影）



ビニールハウスでの栽培状況
（ 2019 年 8 月 3 日撮影）



盛土実証ヤード状況
（ 2019 年 8 月 13 日撮影）



盛土実証ヤードにおける
作付けの状況
（ 2019 年 6 月 18 日撮影）

図 1-8　飯舘村における除去土壌再生利用実証事業の概要
（出典）中間貯蔵施設環境安全委員会（第 17 回）資料 1　環境省「中間貯蔵施設事業の状況について」を一部加工［34］

⑤　被災地支援に関する取組と現状

1）　避難指示の解除と早期帰還に向けた支援の取組

避難指示区域からの避難対象者数は、2019 年 4 月時点では約 2.3 万人となっています［35］。事故から 9 年が経過し、帰還困難区域を除くほとんどの地域で避難指示が解除され、福島の復興及び再生に向けた取組には着実な進展が見られる一方で、避難生活の長期化に伴って、健康、仕事、暮らし等の様々な面で引き続き課題に直面している住民の方々もいま

す。復興の動きを加速するため、早期帰還支援、新生活支援の対策、安全・安心対策の充実、帰還支援への福島再生加速化交付金の活用、帰還住民のコミュニティ形成の支援等の取組に、国と地元が一体となって注力しています。

帰還困難区域においては、2018 年 5 月までに、双葉町、大熊町、浪江町、富岡町、飯舘村、葛尾村の特定復興再生拠点区域復興再生計画が認定され、帰還環境の整備が推進されています［36］。前述のとおり、2020 年 3 月には、双葉町、大熊町、及び富岡町でそれぞれ、特定復興再生拠点区域の一部の避難指示が解除されました［18］。また、双葉町、大熊町では、避難指示の解除と同時に、特定復興再生拠点区域内における立入規制の緩和区域が設定されました［37］［38］。さらに、同月 7 日には常磐道の「常磐双葉インターチェンジ」が開通し［39］、同月 14 日には東電福島第一原発事故以降一部区間で運転を見合わせていた常磐線で富岡から浪江間の運転が再開されて全線開通となりました［40］。

2）　生活の再建や自立に向けた支援の取組

避難指示等の対象となった被災 12 市町村のおかれた厳しい事業環境に鑑み、12 市町村の事業者等の自立へ向けて、事業や生業の再建を図ることが重要です。

2015 年 8 月に国、福島県、民間の構成により創設された「福島相双復興官民合同チーム（官民合同チーム）」は、避難指示等の対象となった 12 市町村の被災事業者・農業者を個別に訪問し、事業再開等に関する要望や意向を把握するとともに、その結果を踏まえ、専門家を交えたチームにより、事業再建計画の策定支援、支援策の紹介、生活再建への支援等を実施しています。また、2017 年 9 月からは、分野横断・広域的な観点から、商業施設やまちづくり会社の創設・運営等、12 市町村へのまちづくり専門家支援を進めています。さらに、地域経済に新たな波及効果をもたらすために、官民合同チームでは交流人口増加につながる自治体による情報発信を支援し、域外からの人材の呼び込みと域内での創業支援にも取り組んでいます。

3）　新たな産業の創出・生活の開始に向けた広域的な復興の取組

「福島 12 市町村の将来像に関する有識者検討会」において、2015 年 7 月、30 年から 40 年後の姿を見据えた 2020 年の課題と解決の方向が提言として取りまとめられました。当該提言の主要個別項目の具体化・実現に向けた進捗管理を行うため、「福島 12 市町村将来像提言フォローアップ会議」では 2016 年 5 月に「福島 12 市町村将来像実現ロードマップ 2020」を策定し、2017 年 6 月、2018 年 5 月、2019 年 6 月にその後の進捗を踏まえて改訂しています［15］。

これらの取組の一つにも挙げられている「福島イノベーション・コースト構想」は、東日本大震災及び原子力災害によって失われた浜通り地域等の産業を回復するため、当該地域の新たな産業基盤の構築を目指すものです。廃炉、ロボット、エネルギー、農林水産等の分

野におけるプロジェクトの具体化を進めるとともに、産業集積や人材育成、交流人口の拡大等に取り組んでいます（図 1-9）。

2018 年 4 月、福島県が策定した重点推進計画を内閣総理大臣が認定し、実施主体として「公益財団法人福島イノベーション・コースト構想推進機構[27]」を位置づけ、本構想の具体化を推進しています。

また、復興・創生期間後も見据え、構想の深掘りを軸に浜通り地域等の自立的・持続的な産業発展を実現するため、2019 年 12 月、復興庁、経済産業省、福島県の 3 者により、地域の現状と今後の見通し、目指していく姿とその実現に向けた取組の方向性を整理する「福島イノベーション・コースト構想を基軸とした産業発展の青写真」が取りまとめられました[41]。



図 1-9 福島イノベーション・コースト構想 関連プロジェクト

（出典）福島イノベーション・コースト構想推進分科会（第 3 回）資料 3 福島イノベーション・コースト構想推進分科会事務局「福島イノベーション・コースト構想の進捗状況」（2019 年）［42］

4） 風評払拭・リスクコミュニケーションの強化

2017年12月、復興庁を中心とした関係府省庁において「風評払拭・リスクコミュニケーション強化戦略（以下「強化戦略」という。）」［43］が取りまとめられました。この中で、

[27] 2019 年 1 月 1 日に一般財団法人から公益財団法人へ移行。

科学的根拠に基づかない風評や偏見・差別は、福島県の現状についての認識が不足してきていることと、放射線に関する正しい知識や福島県における食品中の放射性物質に関する検査結果等が十分に周知されていないことに主たる原因があると考えられるとされています。そのため、従来実施されてきた被災者とのリスクコミュニケーションに加え、この経験を生かしながら、国民一般を対象としたリスクコミュニケーションにも重点を置くことが述べられています。

強化戦略に基づき、「知ってもらう」、「食べてもらう」、「来てもらう」の観点から関係府省庁が連携して取組を進めています。また、「原子力災害による風評被害を含む影響への対策タスクフォース」において、強化戦略に基づく取組状況の継続的なフォローアップが行われています。2019年11月に開催された同タスクフォースでは、復興大臣より、2020年東京オリンピック競技大会・東京パラリンピック競技大会[28]（以下「東京2020大会」という。）を契機とした風評払拭のための情報発信等の必要な施策において、より効果的な取組となるよう検討し、強力に推進すること等が指示されています［44］。

[28] 2020年3月30日に、東京オリンピック競技大会は2021年7月23日から8月8日に、東京パラリンピック競技大会は同年8月24日から9月5日に開催されることが決定されました。

コラム　～福島県の現状に関する国内外に向けた情報発信の取組～

東電福島第一原発の状況、及び福島県の各種放射線モニタリング結果や復興の状況について、様々な情報発信の取組が実施されています。

福島県では、誰もが親しみやすく、分かりやすい情報発信をコンセプトに、復興情報ポータルサイト「ふくしま復興ステーション」を立ち上げています。

同サイトでは、“情報の見つけやすさ”、“視覚的なわかりやすさ”を重視し、東電福島第一原発の状況、福島県で測定している空間線量率や食品中の放射性物質濃度等、「震災・復興」関連情報を 10 のカテゴリーに整理するとともに、写真や動画、図解記事等が多く用いられています。また、国内外を問わず多くの人に福島の現状を発信するため、英語、中国語、韓国語、ドイツ語、フランス語、イタリア語、スペイン語、ポルトガル語、タイ語の 9 か国語に対応しています。

また、外務省は、東電福島第一原発事故を含む東日本大震災からの復興関連情報をまとめた英語サイト[29]を公開しています。



復興情報ポータルサイト「ふくしま復興ステーション」

(出典)福島県復興情報ポータルサイト「ふくしま復興ステーション」[45]

[29] https://www.mofa.go.jp/j_info/visit/incidents/index.html

5)　原子力損害賠償の取組

我が国においては、原子炉の運転等により原子力損害が生じた場合における損害賠償に関する基本的制度である原子力損害の賠償に関する法律（昭和 36 年法律第 147 号。以下「原賠法」という。）が制定されています。同法に基づき、文部科学省に設置された「原子力損害賠償紛争審査会」は、被害者の迅速、公平かつ適正な救済のために、「東京電力株式会社福島第一、第二原子力発電所事故による原子力損害の範囲の判定等に関する中間指針」（以下「中間指針」という。）を策定し、賠償すべき損害として一定の類型化が可能な損害項目やその範囲等を示すとともに、中間指針に明記されていない損害についても、事故との相当因果関係があると認められたものは賠償の対象とするよう、柔軟な対応を東京電力に求めています［46］。中間指針は、2020 年 3 月時点で第四次追補まで策定されています。

原子力損害賠償の迅速かつ適切な実施及び電気の安定供給等の確保を図るため、原子力損害賠償・廃炉等支援機構は「原子力事業者からの負担金の収納」、「原子力事業者が損害賠償を実施する上での資金援助」、「損害賠償の円滑な実施を支援するための情報提供及び助言」、「仮払法に基づく国又は都道府県知事からの委託による仮払金の支払」、「廃炉の主な課題に関する具体的な戦略の策定」等の業務を実施しています。また、原子力損害賠償紛争解決センターにおいては、事故の被害を受けた方からの申立てにより、仲介委員が当事者双方から事情を聴き取り損害の調査・検討を行い、和解の仲介業務を実施しています（図 1-10）。

東京電力は中間指針等を踏まえた損害賠償を実施しており、2020 年 3 月 27 日現在、総額で約 9 兆 4,829 億円の支払を行っています［47］。

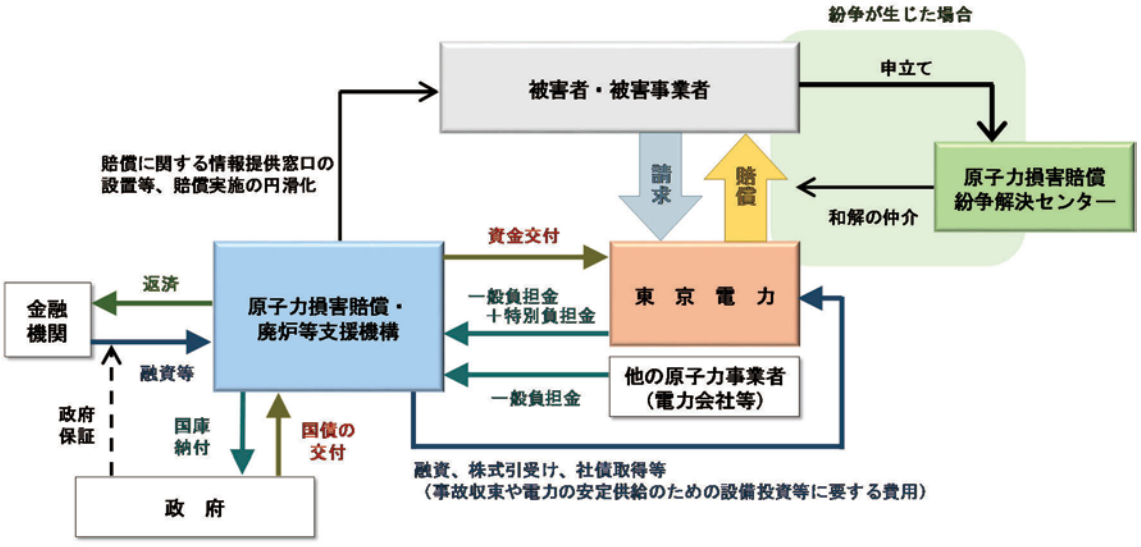


図 1-10　原子力損害賠償・廃炉等支援機構による賠償支援

（出典）経済産業省「平成 26 年度　エネルギー白書」（2015 年）に基づき作成

1－2 福島事故の教訓を真摯に受け止めた不断の安全性向上

国会事故調及び政府事故調の提言を受けて、原子力行政体制の見直しや、過酷事故対策等を盛り込んだ新規制基準の制定等による原子力安全対策の強化が図られました。

原子力規制委員会は、安全の確保の事務を一元的に実施し、国民の安全を最優先とした活動に取り組んでいます。また、国内外の最新知見を踏まえた規制の継続的な改善に取り組んでいます。2017 年 4 月には「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」（昭和 32 年法律第 166 号。以下「原子炉等規制法」という。）の改正法が成立し、原子力事業者等が安全確保の水準の維持・向上に主体的に取り組む意識・意欲を高めるため、検査制度が見直されることとなりました。試運用を経て、2020 年度から新たな検査制度の本格運用が開始されました。

(1)　原子力安全対策に関する基本的枠組み

①　原子力安全対策に関する枠組み

1)　国際的な動向

東電福島第一原発事故は国際社会に大きな影響を与え、事故を受けて、国際機関や諸外国においては、原子力安全を強化するための取組が進められています。

IAEA が 2011 年 6 月の「原子力安全に関する IAEA 閣僚会議」において取りまとめた「原子力安全に関する閣僚宣言」［48]を基に「原子力安全に関する IAEA 行動計画」が策定され、同年 9 月の第 55 回 IAEA 年次総会で承認されました［49]。この原子力安全行動計画に従って、IAEA 加盟国は自国の原子力安全の枠組みを強化するための様々な取組を実施しています。また、IAEA は原子力利用に際して高い安全性を確保するために参照すべき安全基準文書（安全原則、安全要件、安全指針）を策定していますが、ほとんどの安全要件が、東電福島第一原発事故の教訓を踏まえて改訂されました［50]。

OECD/NEA は、各国の規制機関が今後取り組むべき優先度の高い事項を示しています［7]［8]。特に、原子力の安全確保においては、人的・組織的要素や安全文化の醸成が重要であるとし、OECD/NEA 加盟国による継続的な安全性向上の取組を支援しています［51]。

米国や欧州諸国においても、事故の教訓を踏まえ、より一層の安全性向上に向けた追加の安全対策の検討や導入を進めています。例えば米国では、事故直後に米国原子力規制委員会（NRC[30]）に設置された短期タスクフォースの勧告［52］［53]に基づき、規制の見直しや、電気事業者に対する安全性強化措置の要請を進めています。EU[31]では、事故直後に域内の原子力発電所に対してストレステスト（耐性検査）を行うとともに、2009 年に採択された原子力安全に関する EU 指令が 2014 年 7 月に改定され、EU 全体での原子力安全規制に関する規則が強化されました［54]。

[30] Nuclear Regulatory Commission
[31] European Union

2）　国の役割

IAEAの安全基準文書を構成する安全原則では、政府の役割について「独立した規制機関を含む安全のための効果的な法令上及び行政上の枠組みが定められ、維持されなければならない」とされています。

我が国では、東電福島第一原発事故の反省を踏まえ、規制組織の独立性の担保や縦割り行政の弊害の解消のため、原子力行政体制が見直され、原子力規制委員会が発足しました。原子力規制委員会は、「原子力に対する確かな規制を通じて、人と環境を守ること」を組織理念として、独立性、実効性、透明性、向上心と責任感、緊急時即応に関する５つの活動原則を掲げています［55］。また、行動規範や外部有識者の選定に係る要件を定め、組織の中立性の確保に努めています［56］［57］。さらに、委員会の各種会合は原則として内容を公開するなど、情報公開を徹底し、意思決定プロセスの透明性の確保を図っています。

原子力規制委員会は、国内外の多様な意見に耳を傾け、孤立と独善を戒めることを活動原則の一つとしています。原子力規制委員会は、外部とのコミュニケーションにも取り組んでおり、規制活動の状況や改善等に関して、原子力事業者、地元関係者等との意見交換等を行っています［58］［59］［60］［61］。また、IAEA及びOECD/NEA等の国際機関や諸外国の原子力規制機関との連携・協力を通じ、我が国の知見、経験を国際社会と共有することに努めています［62］。

3）　原子力事業者等の役割

IAEAの安全原則では、「安全のための一義的な責任は、放射線リスクを生じる施設と活動に責任を負う個人又は組織が負わなければならない」と規定し、安全確保の一義的な責任は原子力事業者等にあるとしています。

原子力事業者等は、新規制基準で採用されている「深層防護」の考え方に基づき、安全確保のための措置を講じています。また、新規制基準に対応するだけでなく、最新の知見を踏まえつつ、安全性向上に資する措置を自ら講じる責務を有しています。このような自主的かつ継続的な安全性向上の取組については、第１章１－５「ゼロリスクはないとの認識の下での安全性向上への不断の努力」に記載しています。

②　原子力安全規制に関する法的枠組みと規制の実施

1）　新規制基準の導入と原子力安全規制の継続的な改善

東電福島第一原発事故後、2012年の原子炉等規制法の改正により、その目的に、国民の健康の保護、環境の保全等が追加されました。また、2012年の改正後の原子炉等規制法では、原子力安全規制の強化のため、(1) 重大事故対策の強化、(2) 許可済み原子力施設に対して最新の技術的知見を踏まえた新たな規制基準が定められた場合の当該基準への適合の義務付け（バックフィット制度の導入）、(3) 運転期間延長認可制度の導入（運転可能期間

を、最初の使用前検査合格日から起算して 40 年とする。ただし、原子力規制委員会が認可した場合は、1 回に限り 20 年を限度に延長可能とする)、(4) 発電用原子炉施設に関する規制の原子炉等規制法への一元化等が新たに規定されました。

この改正を受け、最新の技術知見、IAEA 安全基準を含む各国の規制動向等を取り入れて、2013 年 7 月に、実用発電用原子炉施設の新規制基準が施行されました。同様に、同年 12 月には核燃料施設等の新規制基準が施行されました［63］。新規制基準は、地震や津波等の自然災害や火災等への対策を強化するとともに、万一重大事故が発生した場合に対する十分な準備等を要求しています。また、意図的な航空機の衝突等のテロリズムに対処する施設の整備等についての規定が新設されました ［64］。2019 年 10 月には、テロリズム以外による重大事故等発生時にも特定重大事故等対処施設を用いて対処するために必要な事項を定めること等が求められるようになりました［65］。

自然災害のうち地震については、安全上重要な施設が「基準地震動による地震力」によって、その安全機能が損なわれるおそれがないかを確認しています。「基準地震動」とは、施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震に伴って生じる揺れのことを指し、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、敷地周辺の地質構造や地盤構造等に基づき策定されます。なお、津波についても、地震と同様に「基準津波」による波力等を用い、安全上重要な施設の安全機能が損なわれるおそれがないかを確認しています。さらに、火山・竜巻・森林火災についても想定を大幅に引き上げた上で防護対策を要求しています。例えば火山については、原子力発電所の半径 160km 圏内の火山を調査し、火砕流等の設計対応不可能な火山事象の可能性を評価するとともに、敷地周辺で確認された火山灰層厚から火山灰の影響を評価し、あらかじめ防護措置を講じることを要求しています。

また、原子力規制委員会は、国内外における最新の技術的知見や動向を考慮して、規制の継続的な改善にも取り組んでいます。2016 年 1 月には、IAEA が加盟国の原子力規制に関する法制度や組織等について IAEA 安全基準に照らして総合的なレビューを行う総合規制評価サービス（IRRS[32]）を受け入れました。これにより、検査と執行、放射線源規制・放射線防護及び人材育成・確保等の課題が指摘され ［66］［67］、2020 年 1 月には、これらの課題への対応状況等のレビューを行う IRRS フォローアップミッションを受け入れました。

IRRS フォローアップミッションの最終報告書は 2020 年 3 月に日本政府へ提出され、2016 年に指摘された課題の多くが改善されていると評価されました。一方で、統合マネジメントシステムの実施及び従事者の放射線防護に対する規制の強化や、放射性物質輸送における緊急時対応措置の定期的な訓練や検査の拡大が勧告されています［68］。

[32] Integrated Regulatory Review Service

2）　原子炉等規制法等に基づく規制の実施

イ）　実用発電用原子炉施設に係る規制

実用発電用原子炉施設については、原子力規制委員会が、原子炉等規制法に基づき、設計・建設段階、運転段階の各段階の規制を行っています。設計・建設段階では、まず、電気事業者が設備の設計方針について記した原子炉設置（変更）許可申請を原子力規制委員会に提出します。これを受け、原子力規制委員会は設置許可基準規則等に定められた技術基準に適合しているかを審査し、原子炉の設置（変更）の許可について判断します。設置（変更）許可を受けた電気事業者は、設備の詳細な設計内容を示した工事計画について、原子力規制委員会に認可申請を行います。電気事業者は、工事の各工程において、設計及び工事の計画との適合性や技術基準との適合性を確認する使用前事業者検査を行い、原子力規制検査でその状況を確認します。また、運転開始に当たっては、原子力発電所の運転の際に実施すべき事項や、従業員の保安教育の実施方針等原子力発電所の保安に関する基本的な事項を定めた保安規定の審査・認可を行います。2020 年 3 月時点で 16 基が設置変更許可を受けており、そのうち 9 基が再稼働しています[33]。

2019 年度の新規制基準適合性に係る審査では、東北電力株式会社女川原子力発電所 2 号機について、原子力規制委員会により設置変更の許可がなされました［69］。また、原子力規制委員会は 2019 年 6 月に原子炉等規制法に基づき、関西電力株式会社高浜発電所、大飯発電所及び美浜発電所について、基本設計ないし基本的設計方針の変更を命じました［70］。これは、既に許可されていた大山火山の噴火規模に係る想定が、新知見により基準を満たしていないと判明したことによるものであり、バックフィットを適用したものです。運転段階では、電気事業者による「定期事業者検査」が行われ、さらに原子力規制委員会は原子力規制検査を通じて、技術基準への適合性をはじめ、事業者の安全活動におけるパフォーマンスを監視します。なお、発電用原子炉設置者は、運転に関する主要な情報については定期的に、事故や故障等のトラブルについては直ちに、原子力規制委員会に報告することとされています。

ロ）　核燃料施設等に係る規制

原子炉等規制法に基づき、製錬施設、加工施設、試験研究用等原子炉施設、使用済燃料貯蔵施設、再処理施設、廃棄物埋設施設、廃棄物管理施設、使用施設等に対する規制が行われています。これらの施設は、取り扱う核燃料物質の形態や施設の構造が多種多様であることから、それぞれの特徴を踏まえた基準を策定する方針が採られています。これらの施設についても新規制基準への適合性審査が進められています。

---

[33] 詳細は、第 2 章 2-1(1)②「我が国の原子力発電の状況」を参照。

(2)　原子力安全対策に関する最近の取組

①　新規制基準を踏まえた安全対策に関する取組

原子力事業者の自主的な安全性向上の取組を促進するために、原子炉等規制法では、定期的に施設の安全性の向上のための評価（以下「安全性向上評価」という）を行い、その結果を原子力規制委員会に届け出ることを事業者に義務付けています。2019 年度には関西電力株式会社高浜発電所 3 号機及び大飯発電所 3 号機、四国電力株式会社伊方発電所 3 号機、九州電力株式会社玄海原子力発電所 3 号機の安全性向上評価が届け出されました。

また、2019 年 8 月には、日本原子力発電株式会社敦賀発電所 2 号機における屋外重要施設の配置等が見直されました。これは、2019 年 4 月に地震動評価を見直した結果、基準地震動が引き上げられたことへの対策であり、重大事故等発生時の安全性を向上させるためのものです［71］。

②　検査制度の見直しに関する取組

2016 年に実施された IAEA の IRRS チームによる検査制度への勧告や提言 ［66］を踏まえ、検査制度の見直しが進められています。検査制度見直しに係る考え方として、原子力施設の安全確保に一義的責任を有する原子力事業者等自らが、安全確保のための取組を適切に実施し、その取組について評価・改善し、規制は安全上重要な事項に焦点を当て、検査官が監視・評価を行うこととしています。

新たな検査制度の 2020 年度実運用開始に向け、2018 年 10 月 1 日から 2020 年 3 月 31 日にかけて試運用が実施されました。試運用フェーズ 1（2018 年 10 月 1 日から 2019 年 3 月 31 日）では、新検査制度に係る文書類の現場活用における問題点の抽出・改善、各検査ガイドの所要時間の適正化、新検査制度における検査活動に対する経験の蓄積を狙いとした検査が実施されました ［72］。試運用フェーズ 2（2019 年 4 月 1 日から 2019 年 9 月 30 日）では、フェーズ 1 での課題を是正しつつ、本格運用に限りなく近い状況を模擬して試運用を実施・検証しました。その一環として、関西電力株式会社大飯発電所及び東京電力柏崎刈羽原子力発電所を代表プラントとしてチーム検査が実施されるとともに、大飯発電所については、フェーズ 2 終了後、総合的な評定が実施されました ［73］［74］。試運用フェーズ 3（2019 年 10 月 1 日から 2020 年 3 月 31 日）では、本格運用直前であることを考慮し、本格運用と同等なプロセスに従った検査、サンプル数の適正化、ほとんどの原子力施設を対象としたチーム検査等が実施されました［75］。また、いずれの試運用でも、原子力規制庁と原子力事業者が定期的に状況を共有するとともに、公開会合や現場において議論が行われました［76］。これらのスムーズな検査の導入に向けた取組を経て、本格運用が開始されました。

③　原子力安全研究

原子力規制委員会では、「規制基準等の整備に活用するための知見の収集・整備」、「審査等の際の判断に必要な知見の収集・整備」、「規制活動に必要な手段の整備」、「技術基盤の構築・維持」等を目的として、安全研究を実施しています。原子力規制委員会は、2019 年 7 月に発表した「今後推進すべき安全研究の分野及びその実施方針（令和 2 年度以降の安全研究に向けて）」において、横断的原子力安全（外部事象、火災防護、人的組織的要因）、原子炉施設（リスク評価、シビアアクシデント（軽水炉）、熱流動・核特性、核燃料、材料・構造、特定原子力施設）、核燃料サイクル・廃棄物（核燃料サイクル施設、放射性廃棄物埋設施設、廃止措置・クリアランス）、原子力災害対策・放射線規制等（原子力災害対策、放射線規制・管理、保障措置・核物質防護）、技術基盤の構築・維持の 5 つのカテゴリーについて 2020 年度以降の安全研究プロジェクトの概要を示しています［77］。

原子力機構や国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構（以下「量研」という。）では、IAEA 等の国際機関及び諸外国の研究機関と連携し、安全研究を実施しています。具体的には、事故時の燃料破損挙動や原子炉冷却に係る現象把握、材料・構造安全性、核燃料施設の過酷事故の発生可能性、燃料デブリ等の臨界[34]安全、放射性廃棄物管理、リスク評価・放射線安全・防災研究、保障措置、核不拡散に関する研究等を行っています。

経済産業省では、東電福島第一原発以外の廃止措置を含めた軽水炉の安全技術・人材の維持・発展のため、国、原子力事業者、学会等の関係者が担うべき役割や各課題の優先度を明確化した「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」（2015 年 6 月自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループ、2017 年 3 月改訂）［78］の優先度に基づく研究開発を「原子力の安全性向上に資する共通基盤整備のための技術開発委託費」事業において推進しています［79］。

[34] 原子核分裂の連鎖反応が一定の割合で継続している状態のこと。

1－3 過酷事故の発生防止とその影響低減に関する取組

国民の安全を確保する上で、多量の放射性物質が環境中に放出される事態を招くおそれのある過酷事故の発生を防止すること及び万が一発生してしまった場合の影響を低減することは非常に重要です。現在、原子力事業者等は、新規制基準を踏まえた過酷事故対策を講じるとともに、国や研究開発機関を含む原子力関係機関は、過酷事故に対する理解を深め、更なる安全対策に生かすための研究開発を進めています。

(1)　過酷事故対策

事故の教訓を踏まえ、原子力事業者等は、過酷事故の発生を防止するための対策や、万が一事故が発生した場合でも事故の影響を低減するための対策を新たに講じています（図 1-11、図 1-12）。津波への対策としては、発電所敷地内への津波の浸入を防ぐための防潮堤を設置するとともに、防潮堤を超える高さの津波によって敷地内が浸水した場合でも建物内の重要な機器やエリアの浸水を防止するための防潮壁、水密扉を設置しています。



図 1-11　東京電力柏崎刈羽原子力発電所の防潮堤、防潮壁・防潮板

(出典)東京電力「津波による浸水防止」[80]

また、大規模な地震による送電鉄塔の倒壊や津波による発電所内非常用電源の浸水を想定し、敷地内の高台に配備された発電機車や電源車から発電所に電源を供給するなど、電源設備の多重化・多様化も行っています。さらに、全ての電源が失われた場合でも原子炉や使用済燃料プールを冷却し続けるための多様な注水設備や手段を確保しており、非常時には発電所の外から予備タンクや貯水池、海水を水源としたポンプ車による発電所内への注水を行うことができます。

炉心を冷却し続けることができず、燃料が損傷に至った場合を想定した対策も講じられています。格納容器や原子炉建屋内での水素爆発を防止するための対策として、水素と酸素を結合させて水蒸気にする静的触媒式水素再結合装置や、短時間のうちに多量に発生した水素を計画的に燃焼し除去する電気式水素燃焼装置を設置しています。また、格納容器内の気体を排出し圧力を下げることで格納容器の過圧による破損を防止するフィルタベント設備を設置しています。気体に含まれる放射性物質はフィルタで除去されるため、周辺環境の

土壌汚染は大幅に抑制されます。さらに、原子炉建屋や格納容器が破損した場合でも、屋外に配備した放水設備から破損箇所に向けて大量の水を放出することで放射性物質の大気への拡散を抑制します。発電所敷地内には、このような対策の実行に必要となる人や車両の通路を確保するため、地震や津波によって散乱した瓦礫等を撤去するための重機も配備しています。

意図的な航空機の衝突等のテロリズムへの対策として、特定重大事故等対処施設も設置が進められています。同施設は、テロ行為によって炉心が損傷した場合でも、放射性物質の異常な放出を抑制するため、原子炉建屋とは離れた場所に設置され、炉心や格納容器内への注水設備、電源設備、通信連絡設備を格納するものです。また、これらの設備を制御するための緊急時制御室も備えています。



静的触媒式水素再結合装置



フィルタベント設備



屋外放水設備

図 1-12　過酷事故の影響を低減するための対策例

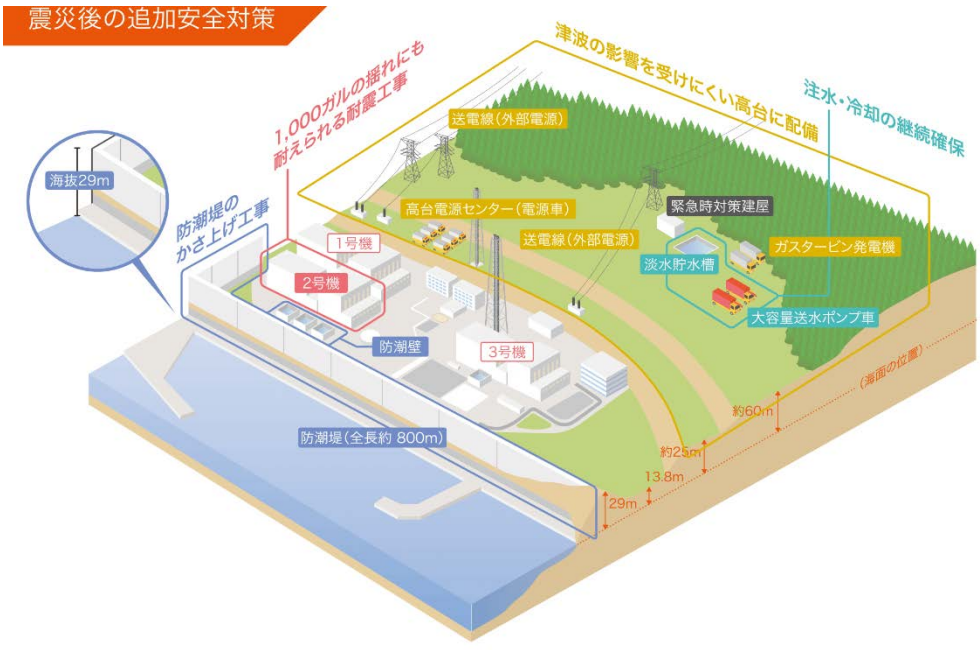
（出典）東京電力「柏崎刈羽原子力発電所における福島第一原子力発電所事故の教訓をふまえた対策について」（2016 年）[81]

コラム　～東北電力株式会社女川原子力発電所の安全性向上対策～

東北電力株式会社女川原子力発電所では、東日本大震災発生時に運転中であった 1～3 号機の原子炉が安全に冷温停止しましたが、東電福島第一原発事故の教訓を踏まえ、更なる安全性向上に取り組んでいます。安全性向上対策は主に「地震・津波への対策」、「電源の確保対策」、「冷却機能の確保対策」、「閉込機能の確保対策」、「事故対応の基盤整備」、「地震・津波以外のさまざまなリスク事象への対策」に分けられます。

東電福島第一原発事故の原因であると考えられている津波の対策として、最新の知見を踏まえて津波の高さを最大 23.1m と想定し、国内最高レベルとなる海抜 29m の防潮堤を設置しています。なお、東日本大震災で東北電力株式会社女川原子力発電所に到達した津波の高さは約 13m でした。また、原子炉を冷やすために必要な電源の確保対策として、外部電力や原子炉建屋内の非常用ディーゼル発電機が使用できなくなった場合に備えてガスタービン発電機や電源車を整備しています。電源を喪失した場合でも原子炉を冷やし続けることができるように、電気がなくても蒸気で駆動するポンプや、送水ポンプ車が設置されました。万が一事故が起きた場合にも備えて、事故の影響を抑える対策や、事故に対応する基盤の整備、事故を想定した訓練が行われています。例えば、放射性物質の環境中への拡散を抑制するために、放水砲やシルトフェンスが配備されています。

これらの安全性向上対策を踏まえて、東北電力株式会社女川原子力発電所は 2020 年 2 月 26 日に原子力規制委員会から設置変更の許可を受けました。



東北電力株式会社女川原子力発電所における安全性向上対策の例

(出典)東北電力株式会社「女川 2 号機の主な安全対策」[82]

(2)　過酷事故に関する原子力安全研究

①　原子力規制委員会における安全研究

原子力規制委員会は、過酷事故研究を通じて、新規制基準に基づき原子力事業者等が策定した過酷事故対策の妥当性を審査する際に必要となる技術的知見や評価手法を整備し、関連する規格基準類に反映しています。

過酷事故時に発生する物理化学現象の中には、予測や評価に大きな不確実性を伴う現象が存在します。原子力規制委員会は、これらの重要な現象を解明し、最新の知見を拡充するための研究に取り組んでいます。特に、過酷事故時の格納容器内における水素等の気体の水スプレイによる攪拌挙動（図 1-13）、格納容器内に落下した溶融炉心がコンクリートを侵食する反応（MCCI[35]）、溶融炉心の冷却性等について、関係機関と協力し、国内外の施設を用いた実験を行っています。実験で得られた知見は、過酷事故時の安全性を評価するための解析コードの開発や精度向上、確率論的リスク評価（PRA[36]）手法の高度化に活用しています。また、OECD/NEA が行う ARC-F 等の国際共同プロジェクトに参加し、国内外の専門家から最新の情報を収集しています。なお、原子力機構は、原子力規制委員会によるこれらの実験や研究の一部を実施しており、科学的・合理的な規制の構築に貢献しています。

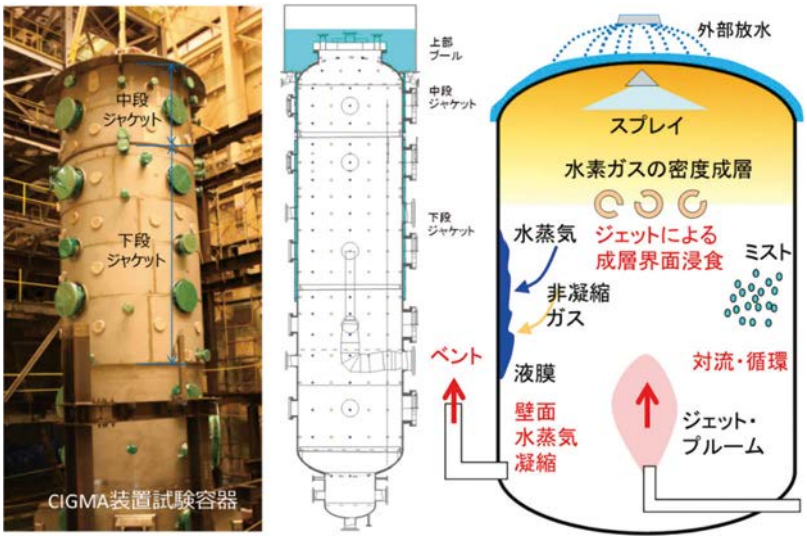


図 1-13　大型格納容器実験装置による熱流動実験の概要

(出典)原子力規制委員会「平成 29 年度安全研究計画」(2017 年) [83]に基づき作成

②　経済産業省における安全研究

経済産業省は、「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」の中で優先度が高いとされた課題の解決に向けた技術開発を支援しています。過酷事故が発生した場合でも事故対応のため

[35] Molten Core Concrete Interaction
[36] Probabilistic Risk Assessment

の猶予期間を確保するため、過酷事故条件下でも損傷しにくい新型燃料部材の開発に取り組んでいます。また、原子力発電所の包括的なリスク評価手法の高度化のため、地震や津波を対象とした確率論的リスク評価（PRA）手法の高度化にも取り組んでいます。

③　文部科学省における安全研究

文部科学省は、原子力機構が所有する研究施設を活用し、過酷事故を回避するために必要となる安全評価用データの取得や安全評価手法の整備に取り組んでいます。原子炉安全性研究炉（NSRR[37]）では、試験燃料棒が破損する様子を観察することで、燃料破損メカニズムを解明し、過酷事故への進展防止等の検討に必要な知見を取得しています。

④　原子力機構における安全研究

原子力機構では、独立性の高い規制支援機関としての安全研究センター、廃炉国際共同研究センター（CLADS[38]）が過酷事故研究に取り組んでいます。安全研究センターは、多様な施設を活用した実験（図 1-14）を通じて、原子力規制委員会への技術的支援や長期的視点から先導的・先進的な安全研究を実施しており、過酷事故の防止や影響緩和に関する評価、放射性物質の環境への放出とその影響に関する研究について重点的に取り組んでいます。また、廃炉国際共同研究センターは、東電福島第一原発の廃炉に向けた研究の一環として、事故進展解析による炉内状況の把握、燃料の破損・溶融挙動の解明、溶融炉心・コンクリート反応による生成物の特性把握、セシウム等の放射性物質の化学挙動に関する知見の取得に取り組んでいます。これらの成果の一部は、現行の過酷事故用解析コードの高度化や事故対策の高度化等、将来の安全研究に役立てることとなっています。

[37] Nuclear Safety Research Reactor
[38] Collaborative Laboratories for Advanced Decommissioning Science



図 1-14　原子力機構の研究を支える主な施設

(出典)第 5 回原子力委員会資料 1 号 原子力機構「安全研究センターの研究活動について」(2019 年) [84]

⑤　電力中央研究所における安全研究

一般財団法人電力中央研究所の原子力リスク研究センター(NRRC[39])は、原子力事業者等の安全性向上に向けた取組を支援するため、PRA 手法やリスクマネジメント手法に関する研究を実施しています。過酷事故状況下における運転員による機器操作等の信頼性評価や過酷事故時に放出される放射性物質による公衆や環境への影響の評価に関する技術開発に取り組むとともに、地震、津波、竜巻、火山噴火等の外部事象に対する原子力施設のフラジリティ（地震動の強さに対する機器、建物・構築物等の損傷確率）評価手法の開発も進めています。

[39] Nuclear Risk Research Center

コラム　～OECD/NEA による過酷事故研究の取組～

OECD/NEA では、我が国を含めた各国の関係機関が参加し、過酷事故に関する現象の解明や事故の防止・緩和に関する国際共同研究プロジェクトが実施されています。

進行中の主な過酷事故関連プロジェクト	過去の報告書等
東電福島第一原発事故のベンチマーク研究（BSAF）プロジェクトフェーズ２　※	[85]
シビアアクシデントの不確実性低減プロジェクト（ROSAU[40]）	—
燃料デブリの分析に関する予備的研究（PreADES[41]）※	[86]
原子炉建屋内及び格納容器内の調査結果の分析（ARC-F[42]）	—
福島第一原子力発電所の事故進展シナリオ評価に基づく燃料デブリと核分裂生成物の熱力学特性の解明に係る協力プロジェクト（TCOFF[43]）※	[87]
ヨウ素挙動プロジェクト（BIP[44]）フェーズ３	[88]
ソースターム評価・緩和プロジェクト（STEM[45]）フェーズ２	[89]
原子力安全のための水素影響緩和試験プロジェクト（HYMERS[46]）フェーズ２	[90]
熱水力、水素、エアロゾル及びヨウ素挙動に関するプロジェクト（THAI[47]）フェーズ３	[91] [92]
事故シミュレーションのための先進的な熱水力試験ループプロジェクト(ATLAS[48])フェーズ２	[93]
一次冷却系ループ試験設備プロジェクト（PKL[49]）フェーズ４	[94] [95]
スタズビック被覆管健全性プロジェクト（SCIP[50]）フェーズ３	[96]

(出典)Nuclear Energy Agency「2018 NEA Annual Report」(2019 年) [97]、Nuclear Energy Institute「NEA joint projects」[98]、原子力機構「OECD/NEA 国際共同研究プロジェクト「福島第一原子力発電所の原子炉建屋および格納容器内情報の分析(ARC-F)」を開始」[99]に基づき作成

※次項で説明しています。

[40] Reduction Of Severe Accident Uncertainties
[41] Preparatory Study on Analysis of Fuel Debris
[42] Analysis of Information from Reactor Building and Containment Vessel and Water Sampling in Fukushima Daiichi Nuclear Power Station
[43] Thermodynamic Characterisation of Fuel Debris and Fission Products Based on Scenario Analysis of Severe Accident Progression at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station
[44] Behaviour of Iodine Project
[45] Source Term Evaluation and Mitigation
[46] Hydrogen Mitigation Experiments for Reactor Safety
[47] Thermal-hydraulics, Hydrogen, Aerosols and Iodine
[48] Advanced Thermal-hydraulic Test Loop for Accident Simulation
[49] Primary Coolant Loop Test Facility
[50] Studsvik Cladding Integrity Project

東電福島第一原発の事故や廃炉戦略に関連する代表的なプロジェクトとしては以下があります。

東電福島第一原発事故のベンチマーク研究（BSAF）プロジェクト

東電福島第一原発事故時の挙動データと各種の過酷事故進展解析コードの比較・検証を行っています。フェーズ 1 では、13 種類の過酷事故進展解析コードを用いて事故後 6 日間の原子炉容器内の状況の解析を行い、予測精度向上のための課題が抽出されました。フェーズ 2 が 2015 年から始まり、フェーズ 1 の結果を踏まえ事故後 3 週間までの解析を行い、燃料デブリの位置等の評価を行っています。

燃料デブリの分析に関する予備的研究（PreADES）

東電福島第一原発事故に関連する安全研究の知識ギャップを埋めるための研究課題の抽出を目的に、2013 年から 2016 年にかけて「東電福島第一原発事故後の安全研究の可能性に関する上級タスクグループ（SAREF[51]）」が実施されました。PreADES は、SAREF を通じて提案された短期プロジェクトの一つで、燃料デブリの分析に関する知見や方法論を向上させるために必要な情報の収集等を目的としています。

福島第一原子力発電所の事故進展シナリオ評価に基づく燃料デブリと核分裂生成物の熱力学特性の解明に係る協力プロジェクト（TCOFF プロジェクト）

2017 年 6 月にプロジェクトを立ち上げ、燃料デブリや核分裂生成物等の化学反応に関する基礎データを収集し、燃料デブリや事故進展挙動の解析に適した熱力学データベースの整備に取り組んでいます。燃料デブリの取り出しだけでなく、既存解析コードの精度向上等の成果も期待されています。

[51] Senior Expert Group on Safety Research Opportunities Post-Fukushima

(3)　過酷事故・防災プラットフォーム

これまでの我が国における過酷事故に関する安全研究では、原子力関連機関の連携や協働の取組が十分とはいえず、研究を通じて得られた知見や知識が組織ごとに存在している状況でした。そのため、「原子力利用に関する基本的考え方」（2017 年 7 月原子力委員会決定、政府として尊重する旨閣議決定）を踏まえ、原子力機構を幹事機関として、「過酷事故・防災プラットフォーム」が発足しました。プラットフォームでは、関係各機関の協力の下、国内外の最新の知見を収集・共有し、報告書・解説・研修資料等として公開すること等を目的とした活動が行われています。

SA[52]アーカイブズ（軽水炉過酷事故技術資料）は、過酷事故の推移や個別現象、その影響と対策を俯瞰的に理解すること、また、これらを体系的に学習する研修資料とすることを目的とし、原子力機構を中心に複数の原子力関連機関による整備が進められています。プラットフォームには、このような関係者による共同作業や情報交換を通じて、人材育成の促進、ニーズ対応型の研究開発の創出・促進、情報公開を通じた国民理解の促進、知識基盤の構築・強化、根拠情報の明示・俯瞰等の成果が期待されています。

[52] Severe Accident

1−4 原子力分野の構造的特性を踏まえた安全性向上への対応

東電福島第一原発事故後、原子力行政体制や規制基準の見直し、原子力関係事業者等の自主的な安全性向上に関する取組等が進められています。しかし、規制基準を満たせば事故が起きないという誤解を再び生まないためにも、国や原子力関係事業者等の原子力関連機関の関係者は常に緊張感を持って不断の安全性向上に取り組むとともに、従来の日本的組織や国民性の弱点を克服した安全文化を確立していくことが不可欠です。そのため、原子力規制委員会及び原子力事業者等における安全文化醸成の取組が進められています。

(1) 安全神話からの脱却と安全文化の醸成

IAEAでは、安全文化を「全てに優先して原子力施設等の安全と防護の問題が取り扱われ、その重要性に相応しい注意が確実に払われるようになっている組織、個人の備えるべき特性及び態度が組み合わさったもの」としています［100］。

2016年にOECD/NEAが取りまとめた規制機関の安全文化に関する報告書においても、安全文化に国民性が影響を及ぼすという指摘がある［51］ように、国民性は価値観や社会構造に組み込まれており、個人の仕事の仕方や組織の活動にも影響を及ぼすと考えられます。我が国においては、特有の思い込み（マインドセット）やグループシンク（集団思考や集団浅慮）、多数意見に合わせるよう暗黙のうちに強制される同調圧力、現状維持志向が強いことが課題の一つとして考えられます［1］。

国や原子力関係事業者等の原子力関連機関の関係者は、国民や地方公共団体等のステークホルダーの声に耳を傾け、不断の安全性向上に取り組むとともに、従来の日本的組織や国民性の良いところは生かしつつ、一方で上記のような弱点を克服した安全文化を確立していくことが不可欠です。

① 原子力規制委員会における取組

2016年に実施されたIAEAの総合規制評価サービス（IRRS）ミッションでは、規制行政のマネジメントシステムについて、高いレベルの安全を達成するため、問いかける姿勢を養うなど、安全文化の向上を継続して強化することが必要であると指摘されました。そのため、原子力規制委員会は「原子力規制委員会マネジメントシステムに関する改善ロードマップ」（2016年11月原子力規制委員会決定）を策定し、安全文化の醸成のための取組を進めています。

IAEAのIRRSミッションでは「人的及び組織的要因を設計段階で体系的に考慮することの要求」が課題として提示されたことから、原子力規制委員会は、安全のためのリーダーシップとマネジメントに関するIAEAの安全要件［101］を踏まえ、安全文化及び原因分析に係るそれぞれのガイドの策定に着手しました。両ガイドは、安全文化及び原因分析に係る規則の

要求事項を審査や検査で確認する際に用いられるものです［102］。

両ガイド案は事業者による試運用を経て、2019 年 9 月 26 日から 10 月 25 日まで意見募集が実施されました。原子力規制庁は、意見募集の結果を踏まえて修正したガイドを 2020 年 4 月 1 日より施行しました［103］。

なお、2020 年 1 月に行われた IRRS フォローアップミッションでは、規制の取組に関し IAEA の専門家チームによる評価が行われました［104］。

②　原子力事業者等における取組

原子力発電所においては、原子炉等規制法と、民間規格である原子力安全のためのマネジメントシステム規定 JEAC4111-2013 に基づいて安全文化醸成の活動が行われています。同規格は、新検査制度の運用開始、新品質基準制定を踏まえ、改訂の検討が進められています。

また、原子力事業者等が自主的・継続的に安全性向上に取り組み、その時点での世界最高水準の安全性（エクセレンス）を追求していくために 2012 年に設置された自主規制組織である一般社団法人原子力安全推進協会（JANSI）は、安全文化推進セミナー等の活動を行っています。2019 年には 4 回のセミナーが開催されました。2019 年 5 月 23、24 日に開催された第 12 回セミナー（基礎編）では、「組織における安全文化を創続するリーダーシップ力の強化」をテーマに、講師による情報提供や、受講者による職場の課題分析と情報交換が行われました［105］。研修の終了時には受講者が職場で実践する行動目標を設定し、10 月 10 日、11 日に開催された第 12 回セミナー（フォローアップ編）において、その実践に対する職場の同僚、部下たちからの評価についての情報共有と分析が行われました（図 1-15）［106］。



図 1-15　第 12 回安全文化セミナー（フォローアップ編）での受講者による情報交換（グループワーク）の様子

（出典）一般社団法人原子力安全推進協会「第 12 回安全文化セミナー（フォローアップ編）を実施しました」［106］

1−5 ゼロリスクはないとの認識の下での安全性向上への不断の努力

あらゆる科学技術がリスクとベネフィットの両面を持つように、原子力についてもゼロリスクは有り得ず、事故は起きる可能性があるとの認識の下、「残余のリスクをいかにして小さく抑え、顕在化させないか」という認識を定着させ、東電福島第一原発事故の教訓を踏まえ、規制基準への適合に留まらず、安全性向上への不断の努力を積み重ねることが求められています。

そこで、原子力事業者等を含む産業界全体で連携して、自律的かつ継続的な安全性向上を推進するための新組織が設立され、共通的な技術課題の解決に向けて活動を開始しています。

(1) 原子力事業者等による自主的安全性向上に関する取組

安全性向上のためには、規制基準さえ満たせば安全であるという安全神話と決別し、原子力施設の安全確保に一義的責任を有する原子力事業者等が自主的に取り組むことが重要です。原子力事業者等を含む産業界は、自主的安全性向上に取り組むに当たり、事業者を牽引する組織として 2012 年 11 月に一般社団法人原子力安全推進協会(JANSI)を設立しました。JANSI は世界最高水準の安全性（エクセレンス）の追求をミッションとしており、そのためにエクセレンスの設定、評価、支援を行います。また、JANSI は米国原子力事業者の自主規制機関である原子力発電運転協会（INPO[53]）をモデルとしており、「最高経営責任者（CEO[54]）の関与」、「原子力安全へのフォーカス」、「産業界からの支援」、「責任」、「独立性」の 5 つを原則としています。2019 年 3 月には「JANSI-10 年戦略」を決定し、自主的安全性向上の取組に関して JANSI と産業界が目指すべき姿とアクションプランを示しました［107］。

JANSI と原子力事業者等は協働関係にあり、JANSI はたゆまぬエクセレンスの追求を効果的、効率的に進める役割と責任を担います。JANSI の会員である電気事業者は個別及び集団的責任を負うとともに、エクセレンスを追求する主体として一体的な安全性向上への取組を継続します。JANSI による提言・勧告の策定に当たっては、必要に応じて外部の専門家である技術評価委員や海外機関によるレビューを受けることで、客観性を確保しています。また、世界原子力発電事業者協会（WANO[55]）と連携することで、高い水準のピアレビュー手法を導入し、エクセレンスを追求しています。

[53] Institute of Nuclear Power Operations
[54] Chief Executive Officer
[55] World Association of Nuclear Operators

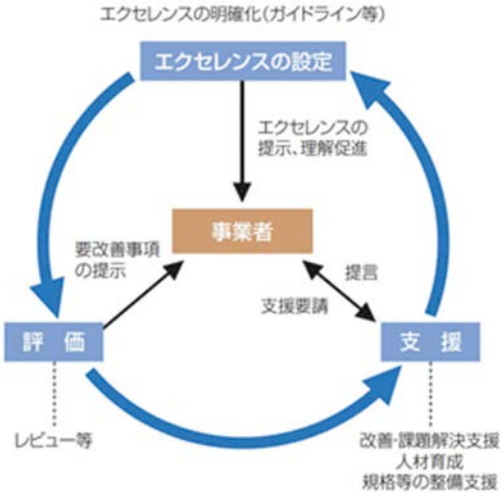


図 1-16　JANSI の活動サイクル

(出典)一般社団法人原子力安全推進協会「JANSI について」[108]

表 1-7　JANSI の主要な活動と取組状況（2020 年 2 月時点）

主要な活動	取組状況
ピアレビューと支援	・ピアレビューにより発電所の課題を評価（2012 年以降 19 回実施） ・改善対策セミナー、ベンチマーク訪問、研修、連絡代表者訪問、専門分野別の相談窓口等による支援
自主的安全性向上基礎プログラムの充実	・プログラムの考え方を整理し、事業者にエクセレンスを示す活動を展開中 ・是正措置プログラム（CAP）、構成管理（CM）、共通自主 PI、リスクマネジメントのガイドラインを制定済
発電所再稼働の支援	・先行プラントとの意見交換、事業者エキスパートによるウォークダウン等による支援
運転経験情報の活用	・国内外の運転経験情報を収集、分析し、必要に応じて事業者に対策等を提示（2012 年以降重要度文書等を 20 件、注意喚起文書を 6 件発信） ・国内運転経験情報を公開データベース NUCIA[56]に登録し、必要に応じて対応を求める
安全文化診断	・3 年ごとに安全文化アンケートを実施 ・安全文化アンケートの結果を基に、3 年から 4 年周期で安全文化診断を実施
安全性向上策の提言	・IAEA の評価手法に基づき、過酷事故対策に係る国内発電所の現状を評価し、必要に応じて提言
発電所総合評価システムの導入	・2018 年度実績に基づく評価を実施し、2019 年 11 月に CEO セッションで情報を共有するとともに、評価結果を 2019 年度 JANSI 会費に反映 ・発電所表彰
リーダーシップ研修	・緊急時のノンテクニカルスキル醸成に焦点を当てた研修を企画、実施 ・各管理層を対象に、職制に応じた 10 コースの研修を提供

(出典)第 5 回原子力委員会資料 2 号　一般社団法人原子力安全推進協会「自主規制組織としてのJANSIの取組み」(2020 年)[109]に基づき作成

[56] Nuclear Information Archives

コラム　～INPOの設立と取組～

INPOは、スリー・マイル・アイランド原子力発電所事故に関する調査委員会（通称「ケメニー委員会」）による産業界への提言を契機に、自主的安全性向上を牽引する組織として1979年に設立されました。ケメニー委員会による主な提言は以下のとおりです。

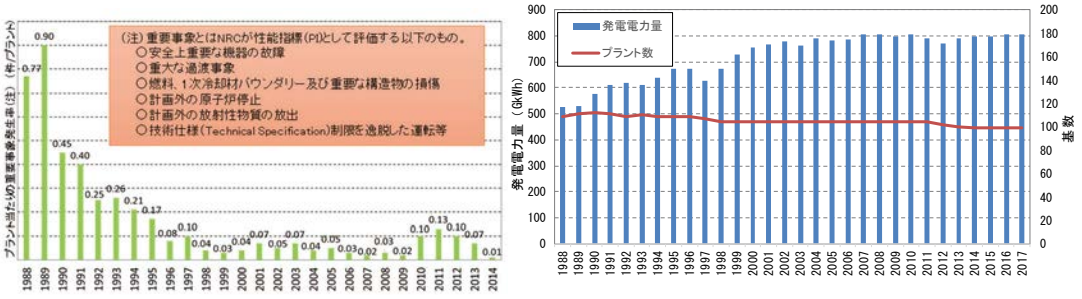
- 効果的な管理や安全性を保証するために自ら基準を策定し、適合状況を確認する。
- 原子力発電所における運転経験データを組織的に収集、レビュー及び分析する。また、その結果を速やかに事業者へ伝達するための情報ネットワークを設置する。

INPOは提言を踏まえ、最高レベルの安全と信頼性を追求することをミッションとし、施設に対するピアレビューや改善支援等に取り組んでいます。ピアレビューの結果は事業者のCEOに通知され、CEOの責任で対応することになります。また、安全性に関する原子力発電所の運営・運転・管理・保守等の情報はCEO間で共有され、意見交換が行われます。これらの情報は原子力発電事業者の知的財産であり、自主的安全性向上を目的としているため会員外には公開されず、これにより会員間の率直な共有が促されています。なお、米国外の原子力事業者も参画しており、我が国ではJANSIが会員となっています。

主な活動	具体例
施設・組織の評価	・施設に赴き、現場の観察や質問を通じて設備の状況や職員のパフォーマンス等を評価 ・安全性と信頼性の観点から事業者を評価
訓練・資格認定	・INPOの施設あるいはオンラインでの訓練プログラムを提供 ・施設の長所・短所を評価するとともに改善点を提言 ・優れた職員や訓練プログラムの認定
事象解析・情報共有	・発電所における重要事象のレビューを支援 ・原子力産業界における教訓や良好事例を共有
支援	・各発電所の要請に応じて、発電所の運転等に関する技術的あるいはマネジメント上の課題への取組を支援

（出典）INPOウェブサイトに基づき作成［110］

このような自主的安全性向上の取組の結果として、米国では重要事象の発生頻度の減少、稼働率の向上、出力向上等を達成し、原子炉数は増加していないにも関わらず総発電電力量の増加にもつながり、安全性と経済性の両立を達成しています。



米国の原子力発電所の重要事象発生率と発電電力量の推移

（出典）米国原子力エネルギー協会（NEI）のデータに基づき作成

コラム　～INPOの自律的な規制を支える5つの考え方～

INPOのエリス会長兼CEO（当時）は、INPO設立を「米国の原子力産業界における自律的な規制の出発点」と表現しています。同氏は、原子力のような高度な技術を駆使する産業における「自律的な規制」を支えるものとして以下の5点を挙げています［111］。

①　トップ自らの関与

INPO加盟各社のトップ自らがINPOの活動を支持し、それに関与することが、INPO設立に際しての重要な構成要素であった。例えば、エリス氏は2010年、加盟各社の全トップに対して、当時の原子炉における運転事象に係る望ましくない傾向を指摘する書簡を送り、対応策を同氏に直接提示するよう求め、各社のCEOは対応した。

②　原子力安全へのフォーカス

INPOのミッションとは、最高レベルの安全性と信頼性、すなわちエクセレンスの追求である。単なる規制の遵守よりも、エクセレンスの追求が、原子力発電所における安全パフォーマンスの向上におけるINPOの基本的な役割である。

③　原子力産業界からの支援

原子力産業界の継続的なエクセレンスに関する標準策定への関与と、その達成の遵守を実施している。また、包括的かつパフォーマンスに基づく原子力発電所のピアレビューによるプラント評価を実施しており、商用炉や海軍のプラントで貴重な経験を積んだ人員を評価チームの管理者として起用している。

④　プラントの評価結果の公開

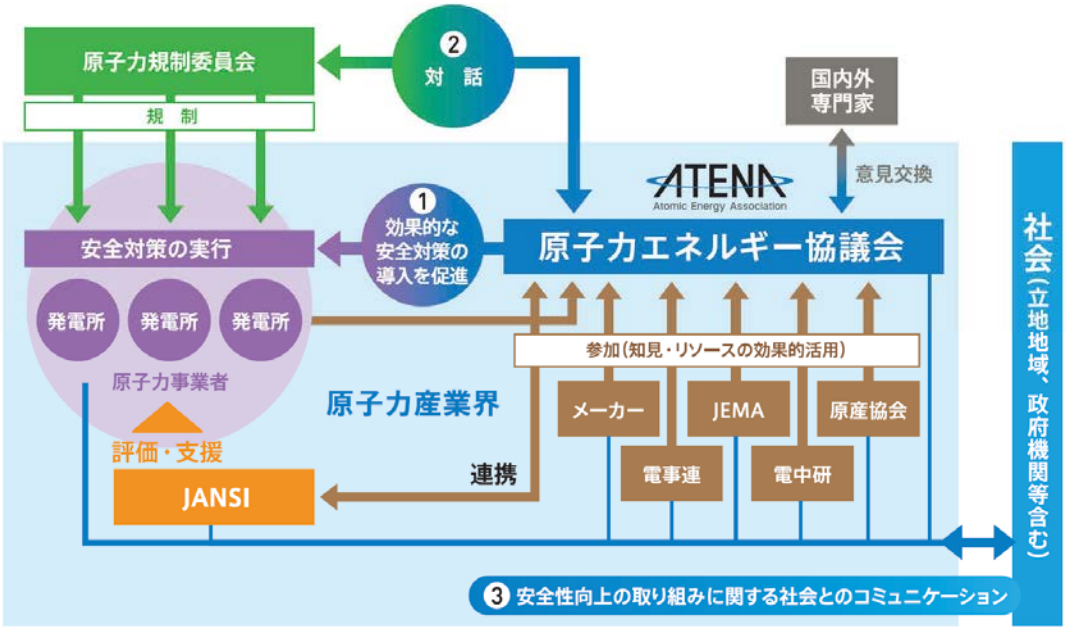
効果的なパフォーマンスと安全性の改善のため、プラント評価報告書を対象プラントのみに公開している。事業者による適切な対応が行われるまで運転再開延期を求めることもあった。

⑤　独立性

INPOが自律的な規制を行う組織としての責務を全うするためには、INPO自身が加盟各社から独立した存在であることが必要である。NRCとは独立である立場を明確にする一方、パフォーマンス向上のために最新の情報を提供するなど、協力関係を構築、維持している。

(2)　安全性向上のための新組織の設立

原子力産業界全体による自律的かつ継続的な安全性向上の取組を定着させていくために、原子力発電所の安全性を更に高い水準へ引き上げることをミッションとした組織として、2018 年に原子力エネルギー協議会（ATENA）が設立されました。ATENA は、東電福島第一原発事故の反省と教訓に加え、事故後の事業者の取組状況を踏まえ、図 1-18 に示す共通的な技術課題に取り組むとしています。また、規制当局との対話や社会とのコミュニケーションを図っています。



（電事連＝電気事業連合会、JEMA＝日本電機工業会、電中研＝電力中央研究所、原産協会＝日本原子力産業協会）

図 1-17　原子力エネルギー協議会の役割

（出典）原子力エネルギー協議会パンフレット

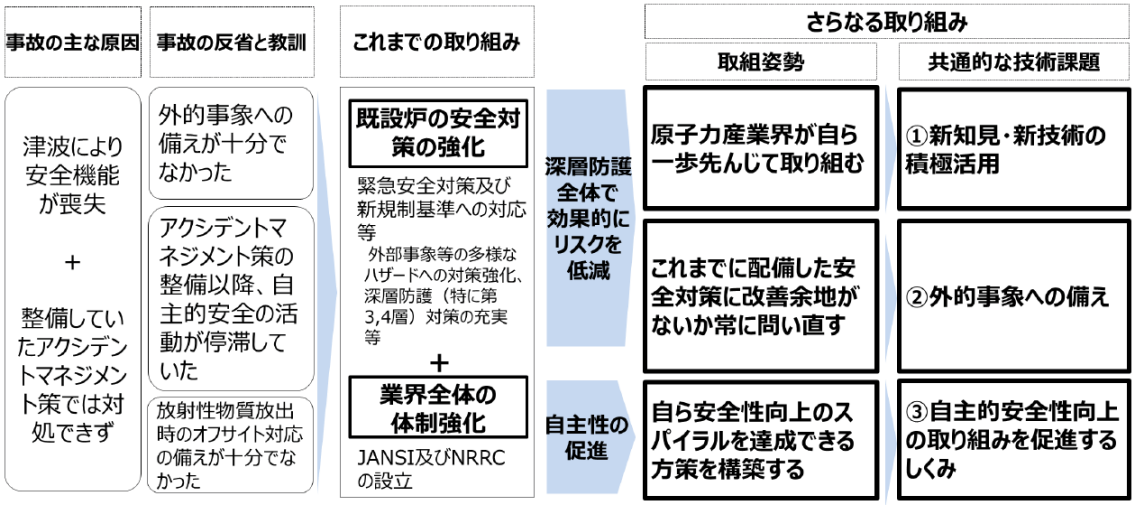


図 1-18　原子力産業界として取り組むべき課題の抽出

(出典)原子力エネルギー協議会「2018 年度事業の概要」(2018 年) [112]

2018 年度は、ATENA に参加する会員等が保有する国内外の最新の知見を確認の上、更なる安全性向上に資する共通課題として優先的に取り組む 13 件のテーマを特定しました（表 1-8)。2019 年度は、テーマに対して個別に課題検討を進めるとともに、技術レポートを発行しました。また、サイバーセキュリティ対策導入自主ガイドを発行し、原子力事業者に対してガイドに示される安全対策の導入を要求しています [113]。

2020 年 1 月には、原子力規制庁と経年劣化管理に係る技術的な議論を行う場として「経年劣化管理に係る ATENA との実務レベルの技術的意見交換会」の設置が決定されました [114]。2020 年 3 月に第一回意見交換会が開催され、プラント長期停止期間中における保全について意見交換が行われました。意見交換会の内容は原子力規制庁により報告書として取りまとめられ、原子力規制委員会に報告される予定です。

また、ATENA は、原子力産業界の関係者が取り組むべき今後の課題を共有する機会として、毎年フォーラムを開催しています。「ATENA フォーラム 2020」では、「原子力の有効活用に向けた安全上の課題と ATENA の役割」をテーマとしたパネルディスカッションが行われ、問題が生じた時に ATENA が産業界の声を代表することで規制当局との対話がより効果的に実施できると示すことで、ATENA と規制当局の間で信頼が構築される等の意見が出されました [115]。

表 1-8　ATENA が特定した技術テーマ一覧（2018 年 9 月決定）

テーマ（2018 年度以降、短中期で取り組んでいくテーマ）		関連する技術課題[注1]
1	サイバーセキュリティ対策導入ガイドラインの立案	①、②
2	自主的安全性向上対策導入の促進に向けた対応	③
3	新規制基準への対応設備・運用の見直し	③
4	新検査制度の制度運用関連ルール作り	③
5	震源を特定せず策定する地震動の見直しへの対応	②
6	不確実さの大きい自然現象への対応	②
7	サプライヤー（素材・部品等）の不適合への対応要領の策定	①、③
8	安全上の重要度に応じたバックフィットルールの検討	①
9	SA 設備[注2]を収納した建屋免震の技術基準適合性評価手法の策定	②
10	SA 設備[注2]の重要度分類に応じた効率的かつ効果的運用の推進	①
11	新知見による Ss[注3]見直しの際の対応方針の策定	②
12	地盤液状化現象の評価手法の高度化	①
13	ディジタル保護系共通要因故障対策導入ガイド	①

(注 1)①新知見・新技術の積極活用、②外的事象への備え、③自主的安全性の取組を促進する仕組み
(注 2)SA 設備:シビアアクシデント(重大事故)への対処を目的に導入した設備
(注 3)Ss:原子力発電所の耐震設計において基準とする地震動(基準地震動)
(出典)総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会第 19 回会合　参考資料 2　原子力エネルギー協議会「ATENA 技術課題(テーマ)への取組の状況」(2019 年)に基づき作成 [116]

(3)　リスク情報の活用

東電福島第一原発事故以前には、発生頻度の低い事象の取扱いに関しては対応が十分ではありませんでしたが、このような災害のリスクを見逃さず、安全性を更に向上させるため、確率論的リスク評価（PRA）手法を活用した安全対策の検討にも取り組んでいます（図 1-19）。PRA は、原子力発電所等の施設で起こり得る事故のシナリオを網羅的に抽出し、その発生頻度と影響の大きさを定量的に評価することで、原子力発電所の脆弱箇所を見つけ出すための手法です。原子力事業者等を含む産業界は、一般財団法人電力中央研究所の下に設置された原子力リスク研究センター（NRRC）との連携を通じて、PRA の高度化に取り組んでいます。NRRC は、PRA 手法及びリスクマネジメント手法に係る研究開発の中核を担い、高い専門性を必要とする共通課題を解決するための研究開発を進め、原子力の自主的安全性向上への取組を支援しています。

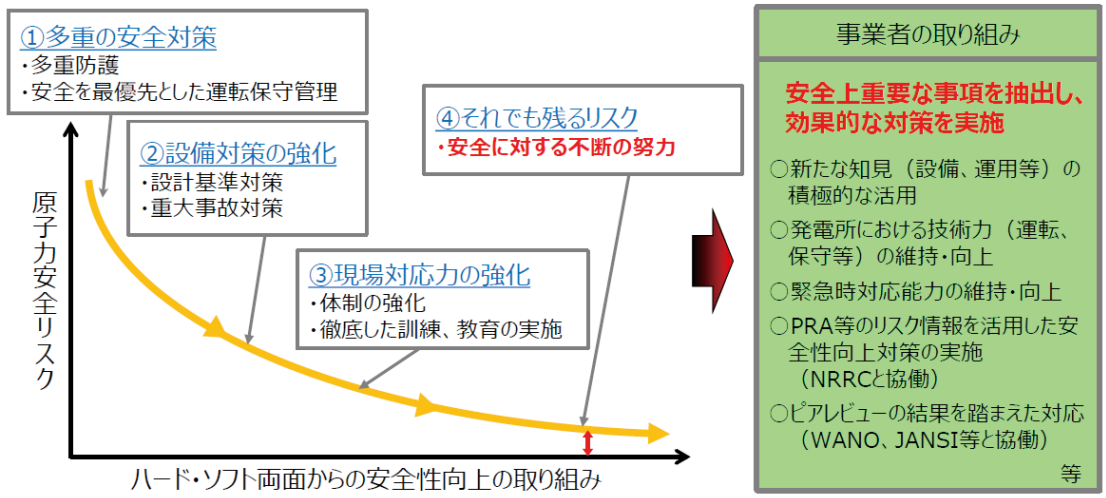
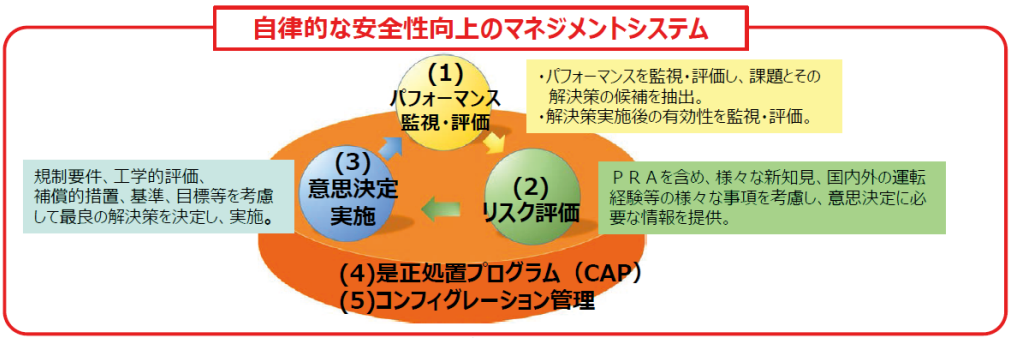


図 1-19　原子力事業者等によるリスク低減の取組

(出典)第 5 回原子力委員会定例会議 資料 1-1 号 電気事業連合会「原子力発電の安全性向上におけるリスク情報の活用について」(2018 年) [117]

また、電気事業者は自主的・継続的な安全性向上のために、PRA 等から得られるリスク情報を活用した意思決定（RIDM[57]）を発電所のリスクマネジメントに導入することを目指しています（図 1-20）[118]。RIDM の導入により、発電所の運営に関わる全員が発電所のリスクを理解し、起こり得る問題の重要度を考慮した意思決定を速やかに行うことで、対策の優先順位を総合的に判断すること等が可能となります。なお、原子力施設の規制制度においても、2020 年 4 月からリスク情報に着目した新たな検査制度の本格運用が開始されました。



(注 1)是正処置プログラム(CAP[58]):事業者における問題を発見して解決する取組。問題の安全上の重要性の評価、対応の優先順位付け、解決するまで管理していくプロセスを含む。
(注 2)コンフィグレーション管理:設計要件、施設の物理構成、施設構成情報の 3 要素の一貫性を維持するための取組。

図 1-20　リスク情報を活用した意思決定によるリスクマネジメントの概念図

(出典)第 5 回原子力委員会資料 1-1 号 電気事業連合会「原子力発電の安全性向上におけるリスク情報の活用について」(2018 年) [117]

[57] Risk-Informed Decision-Making
[58] Corrective Action Program

電力事業者は、RIDMの導入に向けて2020年若しくはプラント再稼働までの期間をフェーズ1と位置づけ、パフォーマンス監視・評価、リスク評価、意思決定・実施、CAP、コンフィグレーション管理に取り組んでいます［119］。

パフォーマンス監視・評価に関しては、安全実績指標（PI[59]）のデータ収集方法等に関するガイドラインを策定し、データ収集と自社プロセスの構築を行っています。リスク評価に関しては、四国電力株式会社伊方発電所3号機と東京電力柏崎刈羽原子力発電所7号機をパイロットプラントとしてPRAモデル高度化のレビューを行い、得られた知見を各プラントに反映しています。また、NRRCがPRAピアレビューガイド(試行版)を策定しています。CAP及びコンフィグレーション管理に関しては、2018年にJANSIがそれぞれガイドラインを取りまとめました。2019年には、2020年4月の本格運用に向けた改善が進められています。また、CAPの試運用も行われています。

これらのリスク情報活用や自主規制活動を含む、産業界大での安全性向上に関する取組について、2019年2月時点の「立ち位置」を再確認した整理を図 1-21に示します。

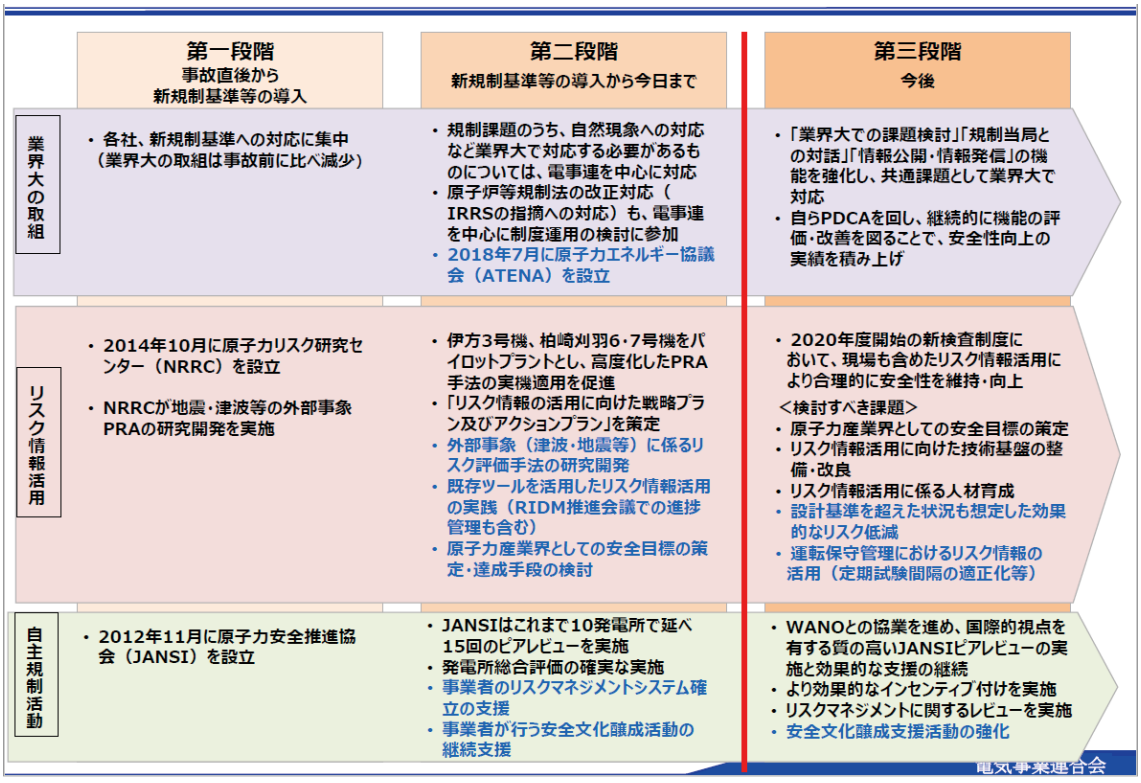


図 1-21　現在の「立ち位置」再確認（2019年2月発表）

(出典)第19回総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会資料5 電気事業連合会「産業界大での安全性向上に関する取組みについて」(2019年)［120］

[59] Performance Indicator

コラム　～米国の検査制度の変遷～

原子力規制委員会や原子力事業者等が取り組んでいる検査制度の見直しは、米国の原子力規制委員会（NRC）によって2000年4月から運用されている原子炉監視プロセス（ROP[60]）と呼ばれる検査制度を参考にして進められています。ROPは、PRA等の結果から得られる定量的な評価結果に代表されるリスク情報を活用し、規制の客観性・透明性を確保した上で、安全上の重要性が高い問題に予算や人手を集中させることで、より効果的・効率的な安全性向上を図ることを目指した制度です。

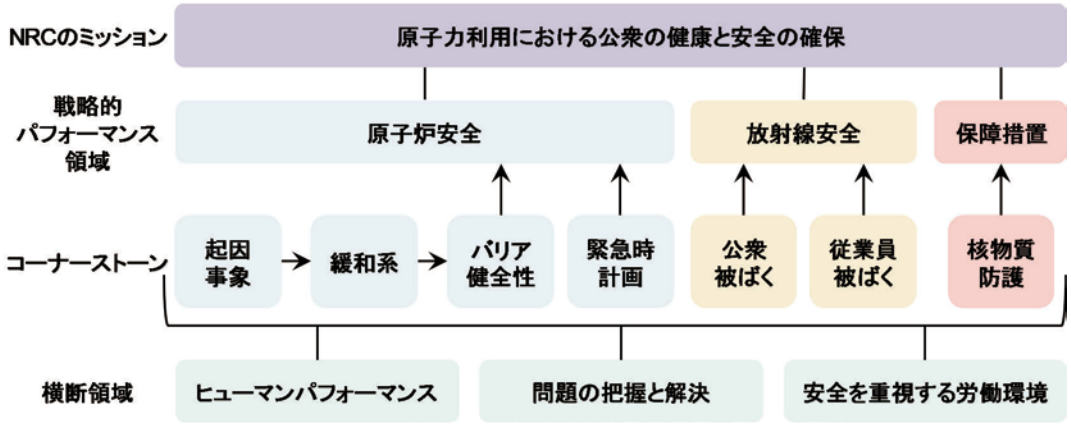
ROPが開始される以前のNRCによる検査制度であるSALP[61]は、スリー・マイル・アイランド原子力発電所事故の反省を踏まえて、事業者のパフォーマンスを長期視点で評価することを目的として1980年に導入されました。しかしながら、SALPは評価指標や規制措置の客観性、予見性、判断のタイミング、評価の公平性等に問題があり、1985年には、SALPによって機能を満足していると評価されたデービスベッセ原子力発電所で給水喪失事象が発生しました。これを契機に規制プログラムが追加されましたが、NRCの規制活動には公衆の健康と安全に有益とはいえないものが多いことや、NRCと産業界の協力体制が実効的ではないこと等、その後もSALPやNRCへの批判が続きました。一方、産業界は1979年に自主規制機関として原子力発電運転協会（INPO）を設立し、自主的な安全性向上に取り組みました。

NRCは内部でSALPの見直しを進めましたが、やがて行き詰まりを見せたことから産業界と公衆を巻き込む方針に転換し、オープンなコミュニケーションが進められました。そこで、既に安全性向上の効果を上げていた産業界からNRCに対する提案がなされ、それを基に官民共同で議論を行い、新たな検査制度としてROPが開発されました。ROPは、関係者とのコミュニケーションを通じて開発された経緯から、理念と制度が関係者の間で共通理解され、規制当局と事業者が安全性を向上させるという共通の目的に向けて取り組むための共通基盤となりました。

ROPでは、原子力発電所に期待するパフォーマンスを明確化するため、7つの監視領域（コーナーストーン）と3つの横断領域を設定しています。NRCは、これらの領域におけるパフォーマンス指標[62]の結果や検査を通じて得られた気付き事項の安全上の重要度を評価します。評価結果は四段階（安全上の重要度の高い順に、赤・黄・白・緑）に区分され、評価結果に応じた追加検査や規制措置が原子力事業者に対して講じられます。つまり、原子力事業者にとっては、原子力発電所のパフォーマンスが低下するほど、NRCによって追加の措置が講じられることになりますが、一方で、重要度が低い軽微な問題については、NRCは介入せず、原子力事業者の改善活動に委ねられることになります。このように、ROPは、原子力事

[60] Reactor Oversight Process
[61] Systematic Assessment of Licensee Performance
[62] 各領域の安全性に影響を及ぼす関連の客観的指標。例として、計画外の原子炉停止回数等があります。

業者が自律的に良いパフォーマンスを維持し、更なる安全性向上を目指すインセンティブが与えられる仕組みとなっています。また、これら一連のプロセスを詳細に明文化した検査マニュアルやガイドライン、各原子力発電所の評価結果や検査報告書は、NRC のウェブサイトで公開されており[63]、客観性や予見性、一貫性が担保されています。



米国 ROP における監視領域

(出典)NRC「ROP Framework」[121]に基づき作成

[63] https://www.nrc.gov/reactors/operating/oversight.html

コラム　～米国におけるコストベネフィットの考え方～

原子力産業界と規制当局との対話において、互いに本質的な指摘を行う際には、その論理を根拠情報と合わせて提示し、文書化して公開することが必要となります。本コラムでは、米国の NRC がバックフィットルールの導入に当たって、コストベネフィット分析を採用した際の考え方を紹介します［122］。

バックフィットルールとは、遡及適用ルールとも呼ばれ、新しく策定された規制基準を、既存の施設に遡及的に適用するためのルールです。

NRC は、なぜ政府が規制活動を行う際にコストベネフィット分析が必要になるかの説明に当たって、アダム・スミスの「神の見えざる手」の考え方を参照しています。つまり、ある財やサービスが必要か否かを決定するのは市場であり、必要である場合は市場がその財やサービスの価格や量を決定する、という考え方です。その上で、こうした市場による決定が失敗する場合の一つとして、外部性が存在する場合を挙げています。そして、この外部性を考慮に入れるために、コストベネフィット分析が必要になるとしています。

外部性とは、ある行為が他者に対してコストや便益を生じさせるが、それに対して正当な対価が支払われない場合に発生します。外部性の例として、原子力発電所からの温排水が周辺の水温を上昇させるが、水温上昇による不利益に対するコストが電気事業者によって支払われない場合や、電気事業者が安全上のリスクを他者に負わせるが、そのリスクに見合った対価をその事業者が負担しない場合が挙げられています。

以上を踏まえ、バックフィットルールを適用する場合、NRC は、新たに規制を課すことによって安全性が向上することにより得られる便益が、規制によって発生する直接・間接のコストを正当化することを示さなければならない、との考え方が示されています。

(4)　事業者と規制機関の対話

事業者と規制機関の共通の目標である「原子力施設の安全性向上」を目指す上では、両者が科学的な議論を行い、安全確保に関する方向性を共有することが重要です。対話を通じて課題認識を共有し、円滑な規制の導入や効果的かつ効率的な審査及び検査を行うことで、安全性向上が実現するといえます。

また、2017 年から原子力事業者等の原子力部門責任者（CNO[64]）と原子力規制委員会との意見交換会が開催され、原子力発電の課題や原子力事業者等の取組等について議論が行われています。

原子力規制委員会は、2016 年に実施された IAEA の総合規制評価サービス（IRRS）ミッションにおいて、規制機関の責任と機能について、検査結果や規制上要求される事項及び課題に関して事業者とコミュニケーションを取る仕組みの有効性を評価することを検討するべきであるとの指摘を受けました［66］。このような指摘も踏まえ、新検査制度の試運用期間では、事業者と規制機関が公開の場で多数のコミュニケーションを取ることで、制度に対する共通の理解を持ち、本格運用に向けた準備を進めてきました。また、本格運用の開始後も、原子力施設の安全性向上を目指し、より良い制度となるよう改善を図るため、関係者間の情報共有の機会を設けることが主な検討事項として挙げられています［123］。

[64] Chief Nuclear Officer

1－6 原子力災害対策に関する取組

2011 年 3 月に発生した東電福島第一原発事故の教訓を生かし、このような事故の再発防止のための努力と、更なる安全性の向上を追求することが必要です。一方、原子力災害が万一発生した場合には、原子力施設周辺住民や環境等に対する放射線影響を最小限に留めるとともに、被害に対し応急対策を的確かつ迅速に実施することが不可欠です。

事故の教訓を踏まえて、原子力災害対策に関する枠組み及び原子力防災体制が見直されました。これに基づき、防災計画の策定や訓練をはじめとして、平時から、適切な緊急時対応のための準備が図られています。

(1)　原子力災害対策の充実に向けた取組

①　原子力災害対策に関する枠組み

東電福島第一原発事故後、各事故調査報告書の提言等を基に、我が国の原子力災害対策に関する枠組みが抜本的に見直され、「原子力災害対策特別措置法」(平成 11 年法律第 156 号。以下「原災法」という。) 及び関連法令が改正され、関連の指針・計画や体制等が整備されました (図 1-22)。

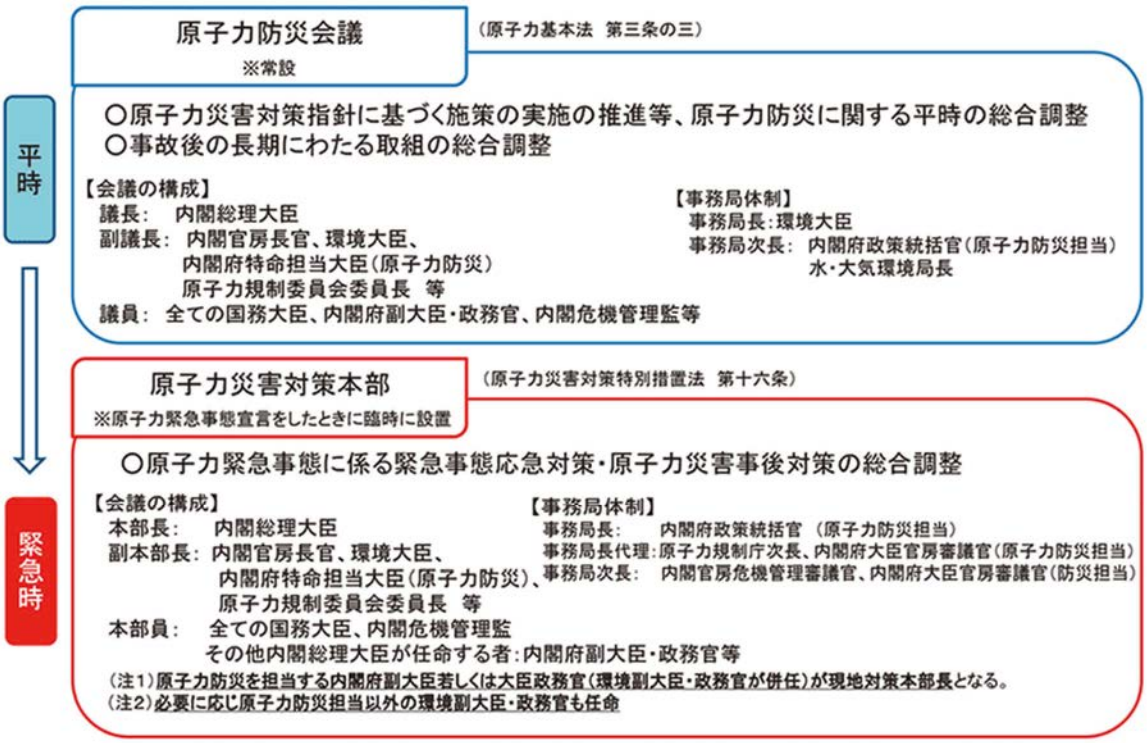


図 1-22　平時と緊急時の原子力防災体制

(出典)内閣府「令和元年版　防災白書」(2019 年) [124]

現行の原子力災害対策では、原子力規制委員会が事故の教訓やIAEA安全基準を踏まえて策定した「原子力災害対策指針」に基づき、原子力災害対策重点区域[65]等が設定され、緊急時にはあらかじめ定められた基準に沿って避難や屋内退避をはじめとした防護措置が実施されます［125］。

同指針は、新たに得られた知見や防災訓練の結果等を踏まえ継続的な改定が進められています。2019年7月には、安定ヨウ素剤の服用等に関して、放射線防護の専門家等からなる検討チームで取りまとめた「安定ヨウ素剤の服用等に関する検討チーム会合報告書」に基づく改正が行われました［126］。また、2020年2月には、原子力事業者防災訓練を実施する中で見つかった課題を踏まえた緊急時活動レベルの見直し及び核燃料物質等の輸送時の災害対策に係る記載内容の充実が行われています［127］［128］。

②　地域の原子力防災の充実に向けた取組

防災基本計画及び原子力災害対策指針に基づき、原子力災害対策重点区域を設定する都道府県及び市町村は、情報提供や防護措置の準備を含めた必要な対応策を地域防災計画（原子力災害対策編）にあらかじめ定めておく必要があります。

そのため、2013年9月の原子力防災会議決定［129］に基づき設置された地域原子力防災協議会及びその下の作業部会において、国と関係地方公共団体が一体となって地域防災計画・避難計画の具体化・充実化に取り組んでいます（図 1-23）［130］。

地域防災計画・避難計画の具体化・充実化が図られた地域については、避難計画を含む緊急時対応を取りまとめ、協議会において、それが原子力災害対策指針等に照らし具体的かつ合理的なものであることを確認しています。また、内閣府は原子力防災会議の了承を求めるため、協議会における確認結果を原子力防災会議に報告することとしています。2020年6月までに、川内地域、伊方地域、高浜地域、泊地域、玄海地域、大飯地域及び女川地域の計7地域の緊急時対応について、原子力防災会議でそれらの確認結果が了承されています［131］。緊急時対応の確認を行った地域については、PDCAサイクルに[66]基づき、原子力防災対策の更なる充実、強化を図っています。2020年7月までに、伊方地域及び高浜地域では2回、泊地域、川内地域、玄海地域、女川地域及び大飯地域ではそれぞれ1回緊急時対応が改定されています［132］［133］［134］［135］［136］［137］［138］［139］［140］。

---

[65] 住民等に対する被ばくの防護措置を短期間で効率的に行うために、重点的に原子力災害に特有な対策が講じられる区域のこと。

[66] 緊急時対応の具体化・充実化の支援及び確認（Plan）、協議会において確認した緊急時対応に基づく訓練の実施（Do）、訓練結果からの教訓事項の抽出（Check）、その教訓事項を踏まえた緊急時対応の改善（Action）。

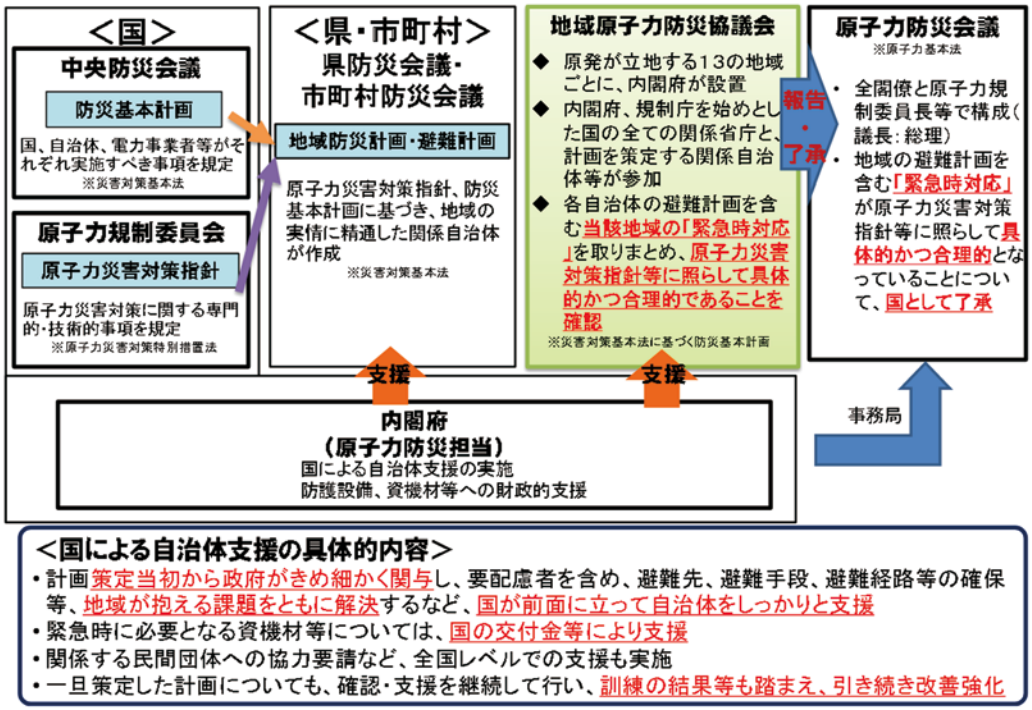


図 1-23　地域防災計画・避難計画の策定と支援体制

（出典）内閣府「地域防災計画・避難計画の策定と支援」［141］

③　原子力総合防災訓練の実施

原子力総合防災訓練は、原子力災害発生時の対応体制を検証することを目的として、原災法に基づき、原子力緊急事態を想定して、国、地方公共団体、原子力事業者等が合同で実施する訓練です。

令和元年度は 11 月 8 日から 10 日の 3 日間にわたり、中国電力株式会社島根原子力発電所を対象とし、国、地方公共団体、原子力事業者、地域住民等の参加の下で実施されました。同訓練は、「島根地域の緊急時対応」取りまとめに向けた避難計画の検証等を目的として、自然災害及び原子力災害の複合災害を想定し、これらの事態の進展に応じた住民避難等に係る意思決定や実動の訓練を実施しました［142］。

④　環境放射線モニタリングに関する取組

「大気汚染防止法」（昭和 43 年法律第 97 号）及び「水質汚濁防止法」（昭和 45 年法律第 138 号）に基づき、環境省において放射性物質による大気汚染・水質汚濁の状況を常時監視し、「放射性物質の常時監視[67]」にて公開しています。また、環境放射能水準調査等の各種調査が関係省庁、独立行政法人、地方公共団体等の関係機関によって実施されており、それら

[67] http://www.env.go.jp/air/rmcm/index.html

により得られた結果は、原子力規制委員会の「放射線モニタリング情報[68]」のポータルサイトや「日本の環境放射能と放射線[69]」のウェブサイト等に公開されています。

原子力事故が発生した場合等、緊急時には原子力災害対策指針に基づき地方公共団体や原子力事業者等の関係機関が連携して緊急時モニタリングを実施します。

1)　原子力施設周辺等の環境モニタリング

原子力規制委員会は、原子力施設の周辺地域等における放射線の影響や全国の放射能水準を調査するため、全国 47 都道府県における環境放射能水準調査、原子力発電所等周辺海域（全 16 海域）における海水等の放射能分析、原子力発電施設等の立地・隣接道府県（24 道府県）が実施する放射能調査及び環境放射能水準調査として各都道府県が設置し実施しているモニタリングポストの空間線量率の測定結果を取りまとめ、原子力規制委員会の放射線モニタリング情報のポータルサイトで公表しています。

また、環境省は、2001 年 1 月より、環境放射線等モニタリング調査として、離島等（全国 10 か所）において、空間線量率及び大気浮遊じんの全α、全β放射能濃度の連続自動モニタリング並びに測定所周辺で採取した環境試料（大気浮遊じん、土壌、陸水等）の放射性核種分析を実施しています。これらの調査で得られたデータは、環境省のウェブサイト（環境放射線等モニタリングデータ公開システム[70]）で公開されています。

2)　原子力艦の寄港に伴う放射能調査

米国原子力艦の寄港に伴う放射能調査は、海上保安庁、水産庁、関係地方公共団体等の協力を得て、原子力規制委員会が実施しています。2019 年 4 月から 2020 年 3 月までに実施された調査結果では、放射能による周辺環境への影響はありませんでした［143］。

3)　緊急時の放射線モニタリングの充実

原子力災害対策指針では、緊急時モニタリング等の実測値に基づいて、緊急時における避難、一時移転その他の防護措置の実施を判断する基準（運用上の介入レベル）を導入しています。また、国の指揮の下で、地方公共団体、原子力事業者及び関係機関が連携して緊急時モニタリングを実施することとしています［125］。このほか、原子力規制庁は、原子力災害対策指針を補足し、緊急時モニタリングの目的、体制、内容等を示す資料として「緊急時モニタリングについて（原子力災害対策指針補足参考資料）」（2014 年作成、2019 年 7 月最終改訂）を作成・公表する［144］など、緊急時モニタリングの体制の整備及び充実・強化を図っています。

---

68 https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/
69 https://www.kankyo-hoshano.go.jp/kl_db/servlet/com_s_index
70 http://housyasen.taiki.go.jp/

4)　国外における原子力関係事象の発生に伴うモニタリングの強化

「国外における原子力関係事象発生時の対応要領」（2005 年放射能対策連絡会議）では、国外で発生する原子力関係事象についてモニタリングの強化等の必要な対応を図ることとしています［145］。原子力規制庁は、国外において原子力関係事象が発生した場合に空間放射線量率の状況をきめ細かく把握できるよう、モニタリングポストの整備等を行っています［146］。

5)　モニタリング技術の改良

緊急時及び平常時のモニタリングを適切に実施するためには、継続的にモニタリングの技術基盤の整備、実施方法の見直し、技能の維持を図ることが重要です。そのため、原子力規制委員会は、環境放射線モニタリング技術検討チームを開催して、モニタリングに係る技術検討を進めています。2020 年 3 月現在、同チームでは「放射能測定法シリーズ No. 7 ゲルマニウム半導体検出器によるγ線スペクトロメトリー」の改訂について、検討を行っています［147］。

(2)　原子力事業者の緊急時対応の強化

原災法第 3 条には、原子力災害の拡大の防止及び復旧に対する原子力事業者の責務が明記されています。さらに、原子力災害対策指針では、「原子力事業者が、災害の原因である事故等の収束に一義的な責任を有すること及び原子力災害対策について大きな責務を有していることを認識する必要がある」と規定されています［125］。

原子力事業者は、原災法の規定に基づき、原子力事業者防災業務計画を作成し、原子力規制委員会に提出しており、同業務計画は原子力規制委員会のウェブサイト[71]上で公表されています。また、原子力事業者は、原災法に基づき防災訓練を実施し、その結果を原子力規制委員会へ報告しています。原子力規制委員会は、「原子力事業者防災訓練報告会」を開催し、各事業者が実施した訓練の評価結果の説明や良好事例の紹介を行うなど、防災訓練の改善を図る取組を実施しています。また、原子力規制庁は、原子力事業者防災訓練報告会の下に「訓練シナリオ開発ワーキンググループ」を開催し、発電所の緊急時対策所や中央制御室の指揮者の判断能力向上のための訓練及び現場の対応力向上のための訓練に係る検討を行っています［148］。

原子力事業者は、原子力発電所における事故を収束させるために必要な設備等を発電所敷地内に配備するとともに、自治体との協働等を通じた敷地外からの支援を行うための組織・体制も構築しています（図 1-24）。

---

[71] https://www.nsr.go.jp/activity/bousai/measure/emergency_action_plan/index.html



図 1-24　原子力事業者による防災対策の強化

（出典）総合資源エネルギー調査会基本政策分科会第 23 回会合資料第 1 号 資源エネルギー庁「2030 年エネルギーミックス実現のための対策～原子力・火力・化石燃料・熱～」（2017 年）［149］

（3）　原子力損害賠償制度に関する状況

原賠法は、1961 年に制定されて以降、必要な見直しが行われてきました。2018 年 12 月には、原子力委員会原子力損害賠償制度専門部会における検討を踏まえ、万が一、原子力事故が発生した場合における原子力損害の被害者の保護に万全を期するため、東電福島第一、第二原発事故における対応のうち、一般的に実施することが妥当なもの等について所要の措置を講じる「原子力損害の賠償に関する法律の一部を改正する法律」が成立しました。

同法は、関連する政省令とともに、2020 年 1 月 1 日に全面施行されました。この改正により、①原子力損害が発生した場合に、賠償の迅速かつ適切な実施を図るための方針（損害賠償実施方針）の作成・公表を原子力事業者に義務付ける制度、②原子力損害を受けた被害者に対して原子力事業者が仮払金の支払いを行おうとする場合に、国が仮払金の支払いのために必要な資金を貸し付ける制度、③原子力損害賠償紛争審査会が和解の仲介を打ち切った場合の時効の中断に関する特例等が創設されました［150］。

参考文献

1. **東京電力福島原子力発電所事故調査委員会（国会事故調）.** 報告書. （オンライン） 2012 年 7 月. http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/3856371/naiic.go.jp/report/.

2. **東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会（政府事故調）.** 最終報告. （オンライン） 2012 年 7 月. http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/icanps/.

3. **東京電力株式会社（現 東京電力ホールディングス株式会社）.** 福島原子力事故の社内調査情報. （オンライン） 2012 年 6 月. http://www.tepco.co.jp/decommision/accident/report/index-j.html.

4. **福島原発事故独立検証委員会.** 調査・検証報告書. 出版地不明 : ディスカヴァー, 2012 年 2 月.

5. **一般社団法人日本原子力学会.** 福島第一原子力発電所事故 その全貌と明日に向けた提言-学会事故調 最終報告書-. 出版地不明 : 丸善出版, 2014 年 3 月.

6. **IAEA.** The Fukushima Daiichi Accident. （オンライン） 2015 年 8 月. （引用日: 2020 年 3 月 13 日.） https://www.iaea.org/publications/10962/the-fukushima-daiichi-accident.

7. **OECD/NEA.** The Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident: OECD/NEA Nuclear Safety Response and Lessons Learnt. （オンライン） 2013 年 9 月. http://www.oecd-nea.org/pub/2013/7161-fukushima2013.pdf.

8. -. Five Years after the Fukushima Daiichi Accident: Nuclear Safety Improvements and Lessons Learnt. （オンライン） 2016 年 2 月. https://www.oecd-nea.org/nsd/pubs/2016/7284-five-years-fukushima.pdf.

9. **原子力規制委員会.** 東京電力福島第一原子力発電所関連. （オンライン） 2014 年 10 月. （引用日: 2020 年 3 月 13 日.） https://www.nsr.go.jp/disclosure/committee/kettei/04/04_01.html.

10. **東京電力株式会社（現 東京電力ホールディングス株式会社）.** 福島原子力事故発生後の詳細な進展メカニズムに関する未確認・未解明事項の調査・検討結果「第 5 回進捗報告」について. （オンライン） 2017 年 12 月 25 日. （引用日: 2020 年 3 月 13 日.） http://www.tepco.co.jp/press/release/2017/1470526_8706.html.

11. **東京電力ホールディングス株式会社.** 原子力安全改革の取り組み. （オンライン） （引用日: 2020 年 3 月 13 日.） http://www.tepco.co.jp/challenge/nuclear_safety/index-j.html.

12. **国立研究開発法人日本原子力研究開発機構.** OECD/NEA 国際共同研究プロジェクト「福島第一原子力発電所の原子炉建屋および格納容器内情報の分析（ARC-F）」を開始ー事故を探り、安全向上に活かすー. （オンライン） 2019 年 1 月 24 日. （引用日: 2020 年 3 月 13 日.） https://www.jaea.go.jp/02/press2018/p19012401/.

13. **原子力規制庁.** 東京電力福島第一原子力発電所事故に係る継続的な調査・分析について. 令和元年度原子力規制委員会第 27 回会議資料 2. (オンライン) 2019 年 9 月 4 日. https://www.nsr.go.jp/data/000282671.pdf.
14. –. 東京電力福島第一原子力発電所事故に係る継続的な調査・分析の進め方について. 福島第一原子力発電所廃炉・事故調査に係る連絡・調整会議 (第 1 回) 参考資料. (オンライン) 2019 年 9 月 11 日. https://www.nsr.go.jp/data/000286010.pdf.
15. **復興庁.** 福島の復興・再生に向けた取組. (オンライン) 2020 年 2 月. https://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-4/20200204_fukushima-hukko-torikumi.pdf.
16. –. 「復興・創生期間」後における東日本大震災からの復興の基本方針. (オンライン) 2020 年 12 月 20 日. (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) http://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat12/sub-cat12-1/20191219163929.html.
17. **参議院.** 復興庁設置法等の一部を改正する法律案. (オンライン) 2020 年 7 月 2 日. (引用日: 2020 年 7 月 10 日.) https://www.sangiin.go.jp/japanese/joho1/kousei/gian/201/meisai/m201080201033.htm.
18. **原子力災害対策本部.** 双葉町・大熊町・富岡町における避難指示区域の解除について (案). 第 50 回原子力災害対策本部会議資料 1. (オンライン) 2020 年 1 月 17 日. http://www.kantei.go.jp/jp/singi/genshiryoku/dai50/siryou1.pdf.
19. **厚生労働省.** 食品中の放射性物質の新たな基準値. (オンライン) 2012 年 4 月. https://www.mhlw.go.jp/shinsai_jouhou/dl/leaflet_120329.pdf.
20. **福島県農林水産部.** 米の全量全袋検査の経過と今後の方向性について. (オンライン) 2018 年 3 月 2 日. https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/255135.pdf.
21. **農林水産省.** 令和元年度の農産物に含まれる放射性セシウム濃度の検査結果 (令和元年 4 月～). (オンライン) (引用日: 2020 年 6 月 5 日.) https://www.maff.go.jp/j/kanbo/joho/saigai/s_chosa/r1gaiyo.html.
22. –. 原発事故による諸外国の食品等の輸入規制の緩和・撤廃. (オンライン) 2020 年 5 月 20 日. https://www.maff.go.jp/j/export/e_info/pdf/kisei_gaiyo_ja.pdf.
23. **環境省.** 東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う住民の健康管理のあり方に関する専門家会議の中間取りまとめを踏まえた環境省における当面の施策の方向性. (オンライン) 2015 年 2 月. (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) http://www.env.go.jp/chemi/rhm/conf/torimatome1412/post_1.html.
24. **原子力規制委員会.** 放射線モニタリングの実施状況. (オンライン) 2019 年 2 月 1 日. https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/15000/14149/25/204_1_20190201.pdf.

25. －. 帰還困難区域等を対象とした詳細モニタリング結果. （オンライン）（引用日：2020 年 3 月 13 日.）
https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/13000/12476/view.html.
26. **環境省.** 除染情報サイト. （オンライン）（引用日：2020 年 7 月 17 日.）
http://josen.env.go.jp/.
27. －. 国直轄による福島県（対策地域内）における災害廃棄物等の処理進捗状況. （オンライン）2020 年 2 月 28 日.
http://shiteihaiki.env.go.jp/initiatives_fukushima/waste_disposal/pdf/progress_200228.pdf.
28. －. 指定廃棄物の数量（令和 2 年 3 月 31 日時点）. 放射性物質汚染廃棄物処理情報サイト. （オンライン）（引用日：2020 年 7 月 27 日.）
http://shiteihaiki.env.go.jp/radiological_contaminated_waste/designated_waste/.
29. －. 事業の進捗状況. 特定廃棄物の埋立処分事業情報サイト. （オンライン）（引用日：2020 年 7 月 17 日.）
http://shiteihaiki.env.go.jp/tokuteihaiki_umetate_fukushima/progress/.
30. －. 特定廃棄物の埋立処分事業情報サイト. （オンライン）（引用日：2020 年 7 月 17 日.）http://shiteihaiki.env.go.jp/tokuteihaiki_umetate_fukushima/.
31. －. 福島県以外の各県における取組み. 環境省 放射性物質汚染廃棄物処理情報サイト. （オンライン）（引用日：2020 年 3 月 13 日.）
http://shiteihaiki.env.go.jp/initiatives_other/.
32. －. 指定廃棄物について. 放射性物質汚染廃棄物処理情報サイト. （オンライン）（引用日：2020 年 7 月 17 日.）
http://shiteihaiki.env.go.jp/radiological_contaminated_waste/designated_waste/.
33. －. 2020 年度の中間貯蔵施設事業の方針. （オンライン）2020 年 1 月 16 日.
http://josen.env.go.jp/chukanchozou/action/acceptance_request/pdf/correspondence_200116_01.pdf.
34. －. 中間貯蔵施設事業の状況について. 中間貯蔵施設環境安全委員会（第 17 回）. （オンライン）2020 年 3 月 23 日.
http://josen.env.go.jp/chukanchozou/action/safety_commission/pdf/safety_commission_02_200323.pdf.
35. **復興庁.** 東日本大震災からの復興の状況に関する報告. （オンライン）2019 年 11 月 22 日. https://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/20191122_kokkaihoukoku.pdf.
36. －. 特定復興再生拠点区域復興再生計画. （オンライン）（引用日：2020 年 3 月 13 日.）
http://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-

4/saiseikyoten/20170913162153.html.
37. **原子力災害現地対策本部、原子力被災者生活支援チーム、双葉町.** 双葉町の特定復興再生拠点区域内における立入規制の緩和区域の設定について. (オンライン) 2020 年 1 月 17 日. (引用日: 2020 年 3 月 13 日.)
https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/kinkyu/hinanshiji/2020/01172.html.
38. **原子力災害現地対策本部、原子力被災者生活支援チーム、大熊町.** 大熊町の特定復興再生拠点区域内における立入規制の緩和区域の設定について. (オンライン) 2020 年 1 月 17 日. (引用日: 2020 年 3 月 13 日.)
https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/kinkyu/hinanshiji/2020/0115.html.
39. **双葉町、東日本高速道路株式会社東北支社いわき工事事務所.** 常磐自動車道『常磐双葉広野 IC～山元 IC 間の付加車線の一部が令和２年３月７日（土）に完成します. (オンライン) 2020 年 1 月 30 日. https://www.e-nexco.co.jp/rest/pressroom/press_release/tohoku/r02/0130/pdfs/pdf.pdf.
40. **JR 東日本仙台支社.** 常磐線全線運転再開について. (オンライン) 2020 年 1 月 17 日. https://jr-sendai.com/upload-images/2020/01/202001174-1.pdf.
41. **経済産業省.** 「福島イノベーション・コースト構想を基軸とした産業発展の青写真」を取りまとめました. (オンライン) 2019 年 12 月 9 日. (引用日: 2020 年 3 月 13 日.)
https://www.meti.go.jp/press/2019/12/20191209002/20191209002.html.
42. **福島イノベーション・コースト構想推進分科会事務局.** 福島イノベーション・コースト構想の進捗状況. 福島イノベーション・コースト構想推進分科会（第 3 回）資料 3. (オンライン) 2019 年 11 月 25 日. https://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-4/Innov/material/20191206_shiryo03.pdf.
43. **復興庁.** 風評払拭・リスクコミュニケーション強化戦略. (オンライン) 2017 年 12 月. http://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-4/fuhyou/20171212_01_kyoukasenryaku.pdf.
44. -. 原子力災害による風評被害を含む影響への対策タスクフォース［令和元年 11 月 1 日］. (オンライン) 2019 年 11 月 1 日. (引用日: 2020 年 3 月 13 日.)
https://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-4/20191105090612.html.
45. **福島県.** ふくしま復興ステーション. (オンライン) (引用日: 2020 年 7 月 17 日.)
https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/.
46. **文部科学省.** 原子力損害賠償紛争審査会ウェブサイト. (オンライン) (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/kaihatu/016/index.htm.
47. **東京電力ホールディングス株式会社.** 賠償金のお支払い状況. (オンライン) (引用日: 2020 年 3 月 27 日.)

http://www.tepco.co.jp/fukushima_hq/compensation/results/index-j.html.
48. **外務省.** 原子力安全に関するIAEA閣僚会議.（オンライン）2011年6月.（引用日: 2020年3月13日.）http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/atom/iaea/meeting1106.html.
49. −. 原子力安全に関するIAEA行動計画.（オンライン）2012年4月.
http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/atom/iaea/pdfs/plan1109.pdf.
50. **IAEA.** LONG TERM STRUCTURE OF THE IAEA SAFETY STANDARDS AND CURRENT STATUS.（オンライン）2020年3月5日.（引用日: 2020年3月13日.）http://www-ns.iaea.org/committees/fileS/CSS/205/status.pdf.
51. **OECD/NEA.** The safety culture of an effective nuclear regulatory body.（オンライン）2016年2月. http://www.oecd-nea.org/nsd/pubs/2016/7247-scrb2016.pdf.
52. **NRC.** Japan Lessons Learned.（オンライン）（引用日: 2020年3月13日.）
https://www.nrc.gov/reactors/operating/ops-experience/japan-dashboard.html.
53. −. Recommendations for Enhancing Reactor Safety in the 21st Century.（オンライン）2011年7月. http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML1118/ML111861807.pdf.
54. **European Nuclear Safety Regulators Group.** Nuclear safety directive.（オンライン）2014年7月.（引用日: 2020年3月13日.）http://www.ensreg.eu/nuclear-safety-regulation/eu-instruments/Nuclear-Safety-Directive.
55. **原子力規制委員会.** 原子力規制委員会の組織理念.（オンライン）2013年1月9日.（引用日: 2020年3月13日.）https://www.nsr.go.jp/nra/gaiyou/idea.html.
56. −. 行動規範.（オンライン）2012年9月19日.
https://www.nsr.go.jp/data/000069019.pdf.
57. −. 原子力規制委員会が、電気事業者等に対する原子力安全規制等に関する決定を行うに当たり、参考として、外部有識者から意見を聴くにあたっての透明性・中立性を確保するための要件等について.（オンライン）2013年3月27日.
https://www.nsr.go.jp/data/000069109.pdf.
58. −. 第65回原子力規制委員会 臨時会議.（オンライン）（引用日: 2020年7月27日.）
https://www.nsr.go.jp/disclosure/committee/kisei/010000501.html.
59. −. 主要原子力施設設置者の原子力部門の責任者との意見交換会（CNO会議）.（オンライン）（引用日: 2020年7月27日.）
https://www.nsr.go.jp/disclosure/committee/other/CNO/index.html.
60. −. 意見交換.（オンライン）（引用日: 2020年3月13日.）
http://www.nsr.go.jp/nra/kaiken/ikenkoukan.html.
61. **茨城県.** 東海第二発電所の新規制基準適合性審査等の結果に係る住民説明会の開催について.（オンライン）（引用日: 2020年3月13日.）
http://www.pref.ibaraki.jp/bousaikiki/genshi/anzen/toukaidaini-

juminsetsumeikai.html.
62. **原子力規制委員会.** 国際協力. (オンライン) (引用日: 2020年3月13日.)
https://www.nsr.go.jp/activity/kokusai/index.html.
63. -. 新規制基準. (オンライン) (引用日: 2020年3月13日.)
https://www.nsr.go.jp/activity/regulation/tekigousei.html.
64. -. 実用発電用原子炉及び核燃料施設等に係る新規制基準について (概要). (オンライン) 2016年2月17日. https://www.nsr.go.jp/data/000070101.pdf.
65. -. 実用発電用原子炉及びその附属施設における発電用原子炉施設保安規定の審査基準の一部改正について. (オンライン) 2019年10月2日.
https://www.nsr.go.jp/data/000286252.pdf.
66. -. IRRSミッション報告書の公開. (オンライン) 2016年4月25日.
https://www.nsr.go.jp/activity/kokusai/renkei_20160425_01.html.
67. -. 総合規制評価サービス (IRRS) において明らかになった課題への対応について. 第60回原子力規制委員会資料2-1. (オンライン) 2016年3月16日.
http://warp.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11235834/www.nsr.go.jp/data/000143651.pdf.
68. **IAEA.** IAEA Mission Sees Strengthened Safety Inspections in Japan, Encourages Further Enhancement of Regulatory Oversight. Press Release. (オンライン) 2020年1月21日. https://www.nsr.go.jp/data/000298525.pdf.
69. **原子力規制委員会.** 発電用原子炉に係る安全審査状況　設置許可. (オンライン) (引用日: 2020年3月13日.)
http://www.nsr.go.jp/activity/regulation/reactor/kisei/shinsa/shinsa1.html.
70. -. 大山火山の大山生竹テフラの噴出規模の見直しに伴うその他の審査・検査の取扱いについて (案). 第13回原子力規制委員会 資料2. (オンライン) 2019年6月19日.
https://www.nsr.go.jp/data/000273836.pdf.
71. **日本原子力発電株式会社.** 敦賀発電所2号炉屋外重要施設の配置等の見直し及び敷地の地形, 地質・地質構造の追加調査計画について. 第758回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合資料1-1. (オンライン) 2019年8月23日.
http://www2.nsr.go.jp/data/000281422.pdf.
72. **原子力規制委員会.** 原子力規制検査の試運用について. 第12回会合検査制度の見直しに関する検討チーム資料1. (オンライン) 2018年9月11日.
http://www.nsr.go.jp/data/000245286.pdf.
73. -. 新検査制度の試運用フェーズ2に係る運用について. 第24回WG検査制度の見直しに関するWG 参考資料. (オンライン) 2019年3月4日.
https://www.nsr.go.jp/data/000263368.pdf.
74. -. 試運用フェーズ2の実施状況について. 第15回会合検査制度の見直しに関する検

討チーム資料 4.（オンライン）2019 年 7 月 1 日.
https://www.nsr.go.jp/data/000275237.pdf.
75. －. 新検査制度の試運用フェーズ 3 の実施について. 第 29 回 WG 検査制度の見直しに関する WG 資料 1-3.（オンライン）2019 年 10 月 2 日.
https://www.nsr.go.jp/data/000285792.pdf.
76. **主要原子力施設設置者（北海道電力等 9 社、日本原子力発電及び電源開発）.** 原子力規制検査の試運用の状況について.（オンライン）2019 年 1 月 10 日.
http://www.nsr.go.jp/data/000258488.pdf.
77. **原子力規制委員会.** 今後推進すべき安全研究の分野及びその実施方針（令和 2 年度以降の安全研究に向けて）.（オンライン）2019 年 7 月 3 日.
https://www.nsr.go.jp/data/000275693.pdf.
78. **自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループ、日本原子力学会.** 軽水炉安全技術・人材ロードマップ.（オンライン）2017 年 3 月.
http://www.meti.go.jp/report/whitepaper/data/pdf/20170324001-1.pdf.
79. **資源エネルギー庁.** 第 3 回原子力の安全性向上に資する共通基盤整備のための技術開発事業及び原子力の安全性向上に資する技術開発費補助事業成果報告会について.（オンライン）2018 年 8 月 31 日.（引用日: 2020 年 3 月 13 日.）
http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/001/event/180831a/.
80. **東京電力ホールディングス株式会社.** 津波による浸水防止.（オンライン）（引用日: 2020 年 7 月 17 日.）https://www4.tepco.co.jp/kk-np/safety/tsunami/index-j.html.
81. －. 柏崎刈羽原子力発電所における福島第一原子力発電所事故の教訓をふまえた対策について.（オンライン）2016 年 5 月. https://www4.tepco.co.jp/kk-np/safety/images/leaflet3.pdf.
82. **東北電力株式会社.** 女川 2 号機の主な安全対策.（オンライン）（引用日: 2020 年 6 月 5 日.）https://www.tohoku-epco.co.jp/electr/genshi/safety/onagawa_safety/index.html.
83. **原子力規制委員会.** 平成 29 年度安全研究計画.（オンライン）2017 年.
http://www.nsr.go.jp/data/000191282.pdf.
84. **国立研究開発法人日本原子力研究開発機構.** 安全研究センターの研究活動について. 第 5 回原子力委員会資料第 1 号.（オンライン）2019 年 2 月 12 日.
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2019/siryo5/1.pdf.
85. **OECD/NEA CSNI.** Benchmark Study of the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant(BSAF Project) Phase I Summary Report.（オンライン）2015 年 3 月. http://www.oecd-nea.org/nsd/docs/2015/csni-r2015-18.pdf.

86. −. NEA Preparatory Study on Analysis of Fuel Debris (PreADES) Project. (オンライン) 2017年12月19日. (引用日: 2020年3月13日.) https://www.oecd-nea.org/jointproj/preades.html.
87. −. Thermodynamic Characterisation of Fuel Debris and Fission Products Based on Scenario Analysis of Severe Accident Progression at Fukushima-Daiichi Nuclear Power Station (TCOFF). (オンライン) 2019年2月18日. (引用日: 2020年3月13日.) https://www.oecd-nea.org/science/tcoff/.
88. −. OECD/NEA Behaviour of Iodine Project Final Summary Report. (オンライン) 2012年1月11日. http://www.oecd-nea.org/nsd/docs/2011/csni-r2011-11.pdf.
89. −. NEA Source Term Evaluation and Mitigation Project Phase 2 (STEM-2). (オンライン) 2017年12月22日. (引用日: 2020年3月13日.) https://www.oecd-nea.org/jointproj/stem2.html.
90. −. Resolving Complex Safety Relevant Issues Related to Hydrogen Release in Nuclear Power Plant Containments During a Postulated Severe Accident. (オンライン) 2018年11月23日. http://www.oecd-nea.org/nsd/docs/2018/csni-r2018-11.pdf.
91. −. Aerosol and Iodine Issues,and Hydrogen Mitigation under Accidental Conditions in Watercooled Reactors Final Report. (オンライン) 2016年. http://www.oecd-nea.org/nsd/docs/2016/csni-r2016-8.pdf.
92. **OECD/NEA** . OECD/NEA THAI Project Hydrogen and Fission Product Issues Relevant for Containment Safety Assessment under Severe Accident Conditions Final Report. (オンライン) 2010年6月22日. http://www.oecd-nea.org/nsd/docs/2010/csni-r2010-3.pdf.
93. **OECD/NEA CSNI.** Summary Report of the NEA-Advanced Thermal-Hydraulic Test Loop for Accident Simulation(ATLAS) Joint Project. (オンライン) 2018年4月11日. http://www.oecd-nea.org/nsd/docs/2017/csni-r2017-9.pdf.
94. −. Summary and Conclusions of the Joint PKL3-ATLAS Workshop on Analytical Activities. (オンライン) 2017年. http://www.oecd-nea.org/nsd/docs/2017/csni-r2017-10.pdf.
95. −. Solving Thermal Hydraulic Safety Issues for Current and New Pressurised Water Reactor Design Concepts Primary Coolant Loop Test Facility (PKL2) Project - Final Report. (オンライン) 2018年1月17日. http://www.oecd-nea.org/nsd/docs/2017/csni-r2017-6.pdf.
96. **OECD/NEA.** Studsvik Cladding Integrity Project (SCIP) Executive Summary. (オンライン) 2012年1月19日. http://www.oecd-nea.org/nsd/docs/2011/csni-r2011-10.pdf.

97. −. 2018 NEA Annual Report. (オンライン) 2019年. https://www.oecd-nea.org/pub/activities/ar2018/ar2018.pdf.
98. −. NEA joint projects. (オンライン) (引用日: 2020年3月24日.) https://www.oecd-nea.org/jointproj/.
99. **国立研究開発法人日本原子力研究開発機構.** OECD/NEA国際共同研究プロジェクト「福島第一原子力発電所の原子炉建屋および格納容器内情報の分析 (ARC-F)」を開始. (オンライン) 2019年1月24日. (引用日: 2020年3月24日.) https://www.jaea.go.jp/02/press2018/p19012401/.
100. **IAEA.** IAEA Safety Glossary:2018. (オンライン) 2019年. (引用日: 2020年3月13日.) https://www.iaea.org/publications/11098/iaea-safety-glossary-2018-edition.
101. −. General Safety Requirements No. GSR Part 2 Leadership and Management for Safety. (オンライン) 2016年. http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1750web.pdf.
102. **原子力規制庁.** 規制に係る人的組織的要因に関する検討チーム会合の今後の進め方について. 規制に係る人的組織的要因に関する検討チーム第6回会合資料6-1. (オンライン) 2018年4月27日. http://www.nsr.go.jp/data/000228541.pdf.
103. **原子力規制委員会.** 第50回原子力規制委員会 議事録. (オンライン) 2019年12月25日. https://www.nsr.go.jp/data/000297238.pdf.
104. −. IRRSフォローアップミッション報告書の公開. (オンライン) 2020年3月17日. (引用日: 2020年6月3日.) https://www.nsr.go.jp/activity/kokusai/IRRS20200318.html.
105. **一般社団法人原子力安全推進協会.** 第12回安全文化セミナー (基礎編) を実施しました. 活動状況. (オンライン) (引用日: 2020年3月13日.) http://www.genanshin.jp/report/safetyculturesseminar/Safety_20190523.html.
106. −. 第12回安全文化セミナー (フォローアップ編) を実施しました. 活動状況. (オンライン) (引用日: 2020年3月13日.) http://www.genanshin.jp/report/safetyculturesseminar/Safety_20191010.html.
107. −. JANSI-10年戦略 (2019〜2028年度). (オンライン) 2019年6月. http://www.genanshin.jp/association/data/10Strategy.pdf.
108. −. JANSIについて. (オンライン) (引用日: 2020年6月5日.) http://www.genanshin.jp/association/establishment.html.
109. −. 自主規制組織としてのJANSIの取組み. 第5回原子力委員会資料第2号. (オンライン) 2020年2月12日. http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2020/siryo05/2_haifu.pdf.

110. **Institute of Nuclear Power Operations.** ABOUT US. Institute of Nuclear Power Operations. （オンライン）（引用日：2020年6月3日.）
http://www.inpo.info/AboutUs.htm#values.
111. **WNA.** The Evolution of Nuclear Safety. （オンライン）2011年10月.
http://www.world-nuclear.org/uploadedFiles/org/Archive/WNA_Personal_Perspectives/evolution_of_nuclear_safety(1).pdf.
112. **原子力エネルギー協議会.** 2018年度事業の概要. （オンライン）2018年11月.
http://www.atena-j.jp/about/business_overview_2018.pdf.
113. －. サイバーセキュリティ対策導入自主ガイド（案）について. 第9回主要原子力施設設置者の原子力部門の責任者との意見交換会　資料1-2. （オンライン）2019年7月23日. https://www.nsr.go.jp/data/000278006.pdf.
114. **原子力規制庁.** 経年劣化管理に係るATENAとの実務レベルの技術的意見交換の進め方について. 第1回経年劣化管理に係るATENAとの実務レベルの技術的意見交換会　参考資料2. （オンライン）2020年1月29日. https://www.nsr.go.jp/data/000304191.pdf.
115. **原子力エネルギー協議会.** ATENAフォーラム2020を開催. （オンライン）2020年3月12日. （引用日：2020年3月20日.）http://www.atena-j.jp/news/200312.html.
116. －. ATENA技術課題（テーマ）への取組の状況. 第19回総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会 参考資料2　.（オンライン）2019年2月22日.
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/pdf/019_s02_00.pdf.
117. **電気事業連合会.** 原子力発電の安全性向上におけるリスク情報の活用について. 第5回原子力委員会資料1-1号. （オンライン）2018年2月13日.
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2018/siryo05/siryo1-1.pdf.
118. **電力9社、日本原子力発電株式会社、電源開発株式会社.** リスク情報活用の実現に向けた戦略プラン及びアクションプラン. （オンライン）2018年2月8日.
https://www.fepc.or.jp/about_us/pr/oshirase/__icsFiles/afieldfile/2018/02/08/press_20180208_a.pdf.
119. **電気事業連合会.** リスク情報活用の実現に向けた戦略プラン及びアクションプランの取り組み状況について. 「リスク情報活用の実現に向けた戦略プラン及びアクションプラン」の取り組み状況の公表について. （オンライン）2019年5月24日.
https://www.fepc.or.jp/about_us/pr/oshirase/__icsFiles/afieldfile/2019/05/23/press_20190524_a.pdf.
120. －. 産業界大での安全性向上に関する取組みについて. 第19回総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会　資料5. （オンライン）2019年2月22日.

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/pdf/019_05_00.pdf.
121. **NRC.** ROP Framework. （オンライン）（引用日：2020年7月17日.）
https://www.nrc.gov/reactors/operating/oversight/rop-description.html.
122. －. Regulatory Analysis. （オンライン）2004年6月21日.
https://www.nrc.gov/docs/ML0731/ML073180144.pdf.
123. **原子力規制庁.** 検査制度の見直しに関する検討・準備の進捗状況について. 第15回原子力規制委員会 資料2. （オンライン）2018年6月20日.
https://www.nsr.go.jp/data/000235635.pdf.
124. **内閣府.** 令和元年版 防災白書. （オンライン）2019年6月.
http://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/h31/.
125. **原子力規制委員会.** 原子力災害対策指針. （オンライン）2020年2月5日.
https://www.nsr.go.jp/data/000300735.pdf.
126. **原子力規制庁.** 「原子力災害対策指針」の改正案に対する意見募集の結果について. 第16回原子力規制委員会資料1-1. （オンライン）2019年7月3日.
https://www.nsr.go.jp/data/000275647.pdf.
127. －. 原子力災害対策指針の改正案に対する意見募集の結果について（核燃料物質等の陸上輸送時災害への初動対応手順明確化を踏まえた記載内容の充実）. 第61回原子力規制委員会 資料1. （オンライン）2020年2月5日.
https://www.nsr.go.jp/data/000300561.pdf.
128. －. 原子力災害対策指針及び関係規則類の改正案に対する意見募集の結果について（緊急時活動レベル（EAL）の見直し）. 第61回原子力規制委員会資料2. （オンライン）2020年2月5日. https://www.nsr.go.jp/data/000300562.pdf.
129. **原子力防災会議.** 地域防災計画の充実に向けた今後の対応. （オンライン）2013年9月3日. https://www8.cao.go.jp/genshiryoku_bousai/pdf/02_kongonotaiou.pdf.
130. **内閣府政策統括官（原子力防災担当）.** 地域原子力防災協議会の設置について. （オンライン）2015年3月20日.
https://www8.cao.go.jp/genshiryoku_bousai/pdf/02_kyougikai.pdf.
131. **内閣府.** 地域防災計画・避難計画策定支援. （オンライン）（引用日：2020年7月27日.）https://www8.cao.go.jp/genshiryoku_bousai/keikaku/keikaku.html.
132. －. 「伊方地域の緊急時対応」の改定について. （オンライン）2016年7月14日.
https://www8.cao.go.jp/genshiryoku_bousai/pdf/02_ikata_0202.pdf.
133. －. 「伊方地域の緊急時対応」の改定について. （オンライン）2019年2月12日.
https://www8.cao.go.jp/genshiryoku_bousai/pdf/02_ikata_0302.pdf.
134. －. 「高浜地域の緊急時対応」の改定について. （オンライン）2017年10月25日.

https://www8.cao.go.jp/genshiryoku_bousai/pdf/02_fukui_0202.pdf.
135. －. 「高浜地域の緊急時対応」の改定について. (オンライン) 2020年7月30日.
https://www8.cao.go.jp/genshiryoku_bousai/pdf/02_fukui_0402.pdf.
136. －. 「泊地域の緊急時対応」の改定について. (オンライン) 2017年12月21日.
https://www8.cao.go.jp/genshiryoku_bousai/pdf/02_tomari_0202.pdf.
137. －. 「川内地域の緊急時対応」の改定について. (オンライン) 2018年3月26日.
https://www8.cao.go.jp/genshiryoku_bousai/pdf/02_sendai_0202.pdf.
138. －. 「玄海地域の緊急時対応」の改定について. (オンライン) 2019年1月9日.
https://www8.cao.go.jp/genshiryoku_bousai/pdf/02_genkai_0202.pdf.
139. －. 女川地域の緊急時対応. (オンライン) (引用日: 2020年7月27日.)
https://www8.cao.go.jp/genshiryoku_bousai/keikaku/02_onagawa.html.
140. －. 「大飯地域の緊急時対応」の改定について. (オンライン) 2020年7月30日.
https://www8.cao.go.jp/genshiryoku_bousai/pdf/02_fukui_0405.pdf.
141. －. 地域防災計画・避難計画の策定と支援体制. (オンライン) (引用日: 2020年7月17日.) https://www8.cao.go.jp/genshiryoku_bousai/pdf/02_sakuteitaisei.pdf.
142. －. 令和元年度原子力総合防災訓練. (オンライン) (引用日: 2020年3月13日.)
https://www8.cao.go.jp/genshiryoku_bousai/kunren/r1sg.html.
143. **原子力規制委員会.** 原子力艦寄港における放射能調査結果. (オンライン) (引用日: 2020年3月30日.)
https://www.nsr.go.jp/activity/monitoring/monitoring4/monitoring4.html.
144. －. 緊急時モニタリングについて (原子力災害対策指針補足参考資料) . (オンライン) 2019年7月5日. https://www.nsr.go.jp/data/000276389.pdf.
145. **放射能対策連絡会議.** 国外における原子力関係事象発生時の対応要領 . (オンライン) 2005年2月23日. https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/housyanou/050223taiou.pdf.
146. **原子力規制委員会.** 対馬、与那国島へのモニタリングポストの設置について. (オンライン) 2018年2月15日. (引用日: 2020年3月13日.)
https://www.nsr.go.jp/news_only/180208.html.
147. **原子力規制庁.** 放射能測定法シリーズNo.7「ゲルマニウム半導体検出器によるγ線スペクトロメトリー」の改訂について. 環境放射線モニタリング技術検討チーム第11回会合資料1. (オンライン) 2019年12月9日.
https://www.nsr.go.jp/data/000293182.pdf.
148. **原子力規制委員会.** 原子力事業者防災訓練報告会. (オンライン) (引用日: 2020年3月13日.)
http://www.nsr.go.jp/disclosure/committee/yuushikisya/bousai_kunren/index.html.
149. **資源エネルギー庁.** 2030年エネルギーミックス実現のための対策～原子力・火力・

化石燃料・熱～. 総合資源エネルギー調査会基本政策分科会第 23 回会合資料第 1 号. （オンライン）2017 年 12 月 26 日.
https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/023/pdf/023_005.pdf.
150. **参議院.** 議案情報　第 197 回国会（臨時会）. （オンライン）2018 年 12 月 12 日. （引用日: 2020 年 3 月 13 日.）
https://www.sangiin.go.jp/japanese/joho1/kousei/gian/197/meisai/m197080197002.htm.
151. **厚生労働省.** 流通食品での調査（マーケットバスケット調査）. （オンライン）2020 年 6 月 26 日. https://www.mhlw.go.jp/shinsai_jouhou/dl/market_basket_leaf.pdf.

URL にアクセスする際、最後の「.」は除いて下さい。

第２章 地球温暖化問題や国民生活・経済への影響を踏まえた原子力のエネルギー利用の在り方

2－1 原子力のエネルギー利用の位置付けと現状

我が国では、2011 年の東電福島第一原発事故により、一度全ての原子力発電所の稼働が停止しました。2020 年 3 月末時点で、9 基の原子炉が原子力規制委員会による厳格な審査に合格し、立地自治体の同意を得て再稼働していますが、発電電力量に占める原子力発電比率は事故前と比較して大きく低下しています。

一方、世界では、新たに脱原子力を検討・決定する国も出現していますが、特にアジアや中東地域では増大する電力需要を賄うために、また欧州の一部の国でも地球温暖化対策のために、原子力発電を活用していこうとする動きが見られます。さらに、国際エネルギー機関（IEA[1]）では、2019 年 5 月に公表した報告書において、原子力が過去数十年にわたり電力生産で二酸化炭素発生の抑制に貢献してきたことを評価し、引き続きその必要性を提言しています［1］。

我が国においても、地球温暖化問題に対応しつつ、国民生活と経済活動の基盤であるエネルギーを安定的かつ低廉に供給することを通じて、国民生活の向上と我が国の競争力の強化に資することが求められています。現在ある技術として、原子力のエネルギー利用は有力な選択肢であり、安全性の確保を前提に、エネルギー安定供給、地球温暖化問題への対応、国民生活・経済への影響を踏まえながら原子力エネルギー利用を進めることが求められています。

(1)　我が国の原子力発電の状況

①　エネルギー利用の方針

「原子力利用に関する基本的考え方」（2017 年 7 月原子力委員会決定、政府として尊重する旨閣議決定）では、地球温暖化問題に対応しつつ、国民生活と経済活動の基盤であるエネルギーを安定的かつ低廉に供給することを通じて、国民生活の向上と我が国の競争力の強化に資することが求められていることが確認されています。その上で、現在ある技術として、原子力のエネルギー利用は有力な選択肢であり、安全性の確保を前提に、エネルギー安定供給、地球温暖化問題への対応、国民生活・経済への影響を踏まえながら原子力エネルギー利用を進めるべきであるとの基本目標が示されています。

現行の第 5 次エネルギー基本計画（2018 年 7 月閣議決定）では、安全性（Safety）を前提とした上で、エネルギーの安定供給（Energy Security）を第一とし、経済効率性の向上（Economic Efficiency）による低コストでのエネルギー供給を実現し、同時に、環境への

[1] International Energy Agency

適合（Environment）を図るため、最大限の取組を行うという「3E＋S の原則」を 2030 年に向けたエネルギー政策の立脚点としています。こうした視点に基づき、原子力発電については、「優れた安定供給性と効率性を有しており、運転コストが低廉で変動も少なく、運転時には温室効果ガスの排出もないことから、安全性の確保を大前提に、長期的なエネルギー需給構造の安定性に寄与する重要なベースロード電源」と位置付けています。その上で、2030 年に向けた政策の方向性として、「いかなる事情よりも安全性を全てに優先させ、国民の懸念の解消に全力を挙げる前提の下、原子力発電所の安全性については、原子力規制委員会の専門的な判断に委ね、原子力規制委員会により世界で最も厳しい水準の規制基準に適合すると認められた場合には、その判断を尊重し原子力発電所の再稼働を進める。その際、国も前面に立ち、立地自治体等関係者の理解と協力を得るよう、取り組む。原発依存度については、省エネルギー・再生可能エネルギーの導入や火力発電所の効率化等により、可能な限り低減させる。その方針の下で、我が国の今後のエネルギー制約を踏まえ、安定供給、コスト低減、温暖化対策、安全確保のために必要な技術・人材の維持の観点から確保していく規模を見極めて策定した 2030 年のエネルギーミックスにおける電源構成比率の実現を目指し、必要な対応を着実に進める。」としています［2］。

2030 年のエネルギーミックスにおける電源構成比率については、第 5 次エネルギー基本計画において、再生可能エネルギーと原子力発電による「ゼロエミッション電源比率」を、再生可能エネルギーの導入促進や原子力発電所の再稼働を通じて、44％程度とすることを見込んでいます（2018 年度実績は 23％程度［3］）。

温室効果ガス削減の取組については、「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」（2019 年 6 月閣議決定。以下「長期戦略」という。）において、「我が国は、最終到達点として『脱炭素社会』を掲げ、それを野心的に今世紀後半のできるだけ早期に実現していくことを目指す。それに向けて、2050 年までに 80％の温室効果ガスの排出削減という長期的目標を掲げており、その実現に向けて、大胆に施策に取り組む。我が国は、これまでの延長線上にない非連続なイノベーションを通じて環境と成長の好循環を実現し、温室効果ガスの国内での大幅削減を目指すとともに、世界全体の排出削減に最大限貢献し、経済成長を実現する。」としています。そのうち原子力については、「低廉かつ安定的な電力供給や地球温暖化といった長期的な課題に対応していくことが求められるところ、国民からの社会的な信頼を獲得し、安全確保を大前提に、原子力の利用を安定的に進めていくためにも、エネルギー基本計画に基づき、再稼働や使用済燃料対策、核燃料サイクル、最終処分、廃止措置等の原子力事業を取り巻く様々な課題に対して、総合的かつ責任ある取組を進めていくことが必要である。いかなる事情よりも安全性を全てに優先させ、国民の懸念の解消に全力を挙げる前提の下、原子力発電所の安全性については、原子力規制委員会の専門的な判断に委ね、原子力規制委員会により世界で最も厳しい水準の規制基準に適合すると認められた場合には、その判断を尊重し原子力発電所の再稼働を進める。その際、国も前面に立ち、立地自治体等の関係者の理解と協力を得るよう、取り組む。」としています［4］。

②　我が国の原子力発電の状況

1963 年 10 月 26 日に日本原子力研究所（現原子力機構）の動力試験炉 JPDR[2]（軽水型、電気出力 12,500kW）が運転を開始し、我が国初の原子力発電が始まりました。2010 年度における我が国の発電設備に占める原子力発電設備容量の割合は 20.1%、原子力発電の設備利用率は 67.3%、発電量に占める原子力発電電力量の割合は 25.1%でした。しかし、2011 年の東電福島第一原発事故を受けて、我が国の原子力利用を取り巻く環境は大きく変化しました。事故後、全国の原子力発電所は順次運転を停止し、2012 年 5 月には、我が国で稼働している原子炉の基数が 42 年ぶりに 0 基となりました（図 2-1）。

その後、2020 年 3 月 5 日時点までに九州電力株式会社の川内原子力発電所 1、2 号機と玄海原子力発電所 3、4 号機、四国電力株式会社の伊方発電所 3 号機、関西電力株式会社の高浜発電所 3、4 号機と大飯発電所 3、4 号機の 9 基が再稼働しています。ただし、新規制基準は特定重大事故等対処施設の設置期限を本体工事計画認可日から 5 年と設定しており、原子力規制委員会は 2019 年 4 月 24 日に、設置期限に間に合わない再稼働炉の運転停止を求める方針を改めて確認しました。これを受け、九州電力株式会社は 2019年 10月3日、特定重大事故等対処施設の完成遅れに伴い、川内 1 号機を 2020 年 3 月 16 日に、同 2 号機を同 5 月 20 日にそれぞれ停止することを正式発表しました。また、2020 年 1 月 29 日には関西電力株式会社も、高浜発電所 3 号機を 2020 年 8 月 2 日に、同 4 号機を同 10 月 7 日にそれぞれ停止することを正式発表しました［5］。

再稼働済みの原子炉を含めて、2020 年 3 月 5 日時点で原子炉設置変更許可がなされた炉は、16 基となっています（表 2-1）。このうち、東北電力株式会社の女川原子力発電所 2 号機に関しては、2020 年 2 月 26 日に原子炉設置変更許可が決定されました。そのほかに、建設中の原子力発電所も含め、新規制基準への適合性を審査中の炉が 11 基、適合性の審査へ未申請の炉が 9 基となっています（表 2-2）［5］。

一方、事故後、東電福島第一原発では 6 基全てが廃炉となり、更に日本原子力発電株式会社の敦賀発電所 1 号機、関西電力株式会社の美浜発電所 1、2 号機と大飯発電所 1、2 号機、中国電力株式会社の島根原子力発電所 1 号機、四国電力株式会社の伊方発電所 1、2 号機、九州電力株式会社玄海原子力発電所 1、2 号機、東北電力株式会社の女川原子力発電所 1 号機、東京電力ホールディングス株式会社の東電福島第二原発 4 基が廃止措置あるいはそのための準備段階にあります。したがって、2020 年 3 月 31 日の時点で、廃止措置計画が認可され廃止措置中の原子炉が 13 基、廃止措置が決定された原子炉が 5 基となり、特定原子力施設に係る実行計画を基に廃炉が行われる東電福島第一原発 6 基を合わせて合計 24 基の実用発電用原子炉が運転を終了しています［5］［6］［7］。

[2] Japan Power Demonstration Reactor

表 2-1　設置変更許可を受けた発電所と営業運転再開日（2020 年 3 月時点）

発電所名（設備番号）	設置変更許可日	営業運転再開日
九州電力（株）川内原子力発電所 1 号機	2014 年 9 月 10 日	2015 年 9 月 10 日
九州電力（株）川内原子力発電所 2 号機	2014 年 9 月 10 日	2015 年 11 月 17 日
関西電力（株）高浜発電所 3 号機	2015 年 2 月 12 日	2016 年 2 月 26 日
関西電力（株）高浜発電所 4 号機	2015 年 2 月 12 日	2017 年 6 月 16 日
四国電力（株）伊方発電所 3 号機	2015 年 7 月 15 日	2016 年 9 月 7 日
関西電力（株）高浜発電所 1 号機	2016 年 4 月 20 日	—
関西電力（株）高浜発電所 2 号機	2016 年 4 月 20 日	—
関西電力（株）美浜発電所 3 号機	2016 年 10 月 5 日	—
九州電力（株）玄海原子力発電所 3 号機	2017 年 1 月 18 日	2018 年 5 月 16 日
九州電力（株）玄海原子力発電所 4 号機	2017 年 1 月 18 日	2018 年 7 月 19 日
関西電力（株）大飯発電所 3 号機	2017 年 5 月 24 日	2018 年 4 月 10 日
関西電力（株）大飯発電所 4 号機	2017 年 5 月 24 日	2018 年 6 月 5 日
東京電力柏崎刈羽原子力発電所 6 号機	2017 年 12 月 27 日	—
東京電力柏崎刈羽原子力発電所 7 号機	2017 年 12 月 27 日	—
日本原子力発電（株）東海第二発電所	2018 年 9 月 26 日	—
東北電力（株）女川原子力発電所 2 号機	2020 年 2 月 26 日	—

（出典）一般社団法人日本原子力産業協会「日本の原子力発電炉（運転中、建設中、建設準備中など）」（2020 年 3 月 5 日）［5］に基づき作成

表 2-2　我が国の原子力発電設備容量（2020 年 3 月時点）

種別	基数	総容量（万 kW）
新規制基準に基づき設置変更の許可がなされた炉	16	1,624.5
（うち営業運転を再開した炉）	(9)	(913.0)
新規制基準への適合性を審査中の炉	9	859.3
新規制基準に対して未申請の炉	8	824.5
合計	**33**	**3,308.3**
建設中の炉		
新規制基準への適合性を審査中の炉	2	275.6
新規制基準に対して未申請の炉	1	138.5
合計	**3**	**414.1**

（出典）一般社団法人日本原子力産業協会「日本の原子力発電炉（運転中、建設中、建設準備中など）」（2020 年 3 月 5 日）［5］に基づき作成

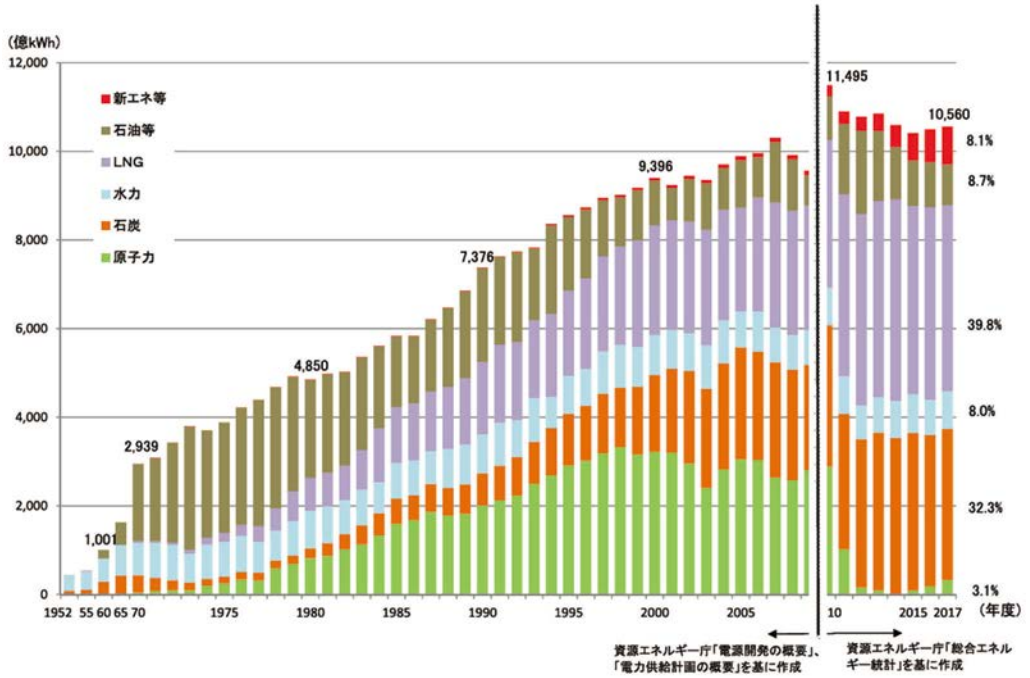


図 2-1　我が国の発電電力量の推移

(出典)経済産業省「平成 30 年度　エネルギー白書」(2019 年)[3] [8]

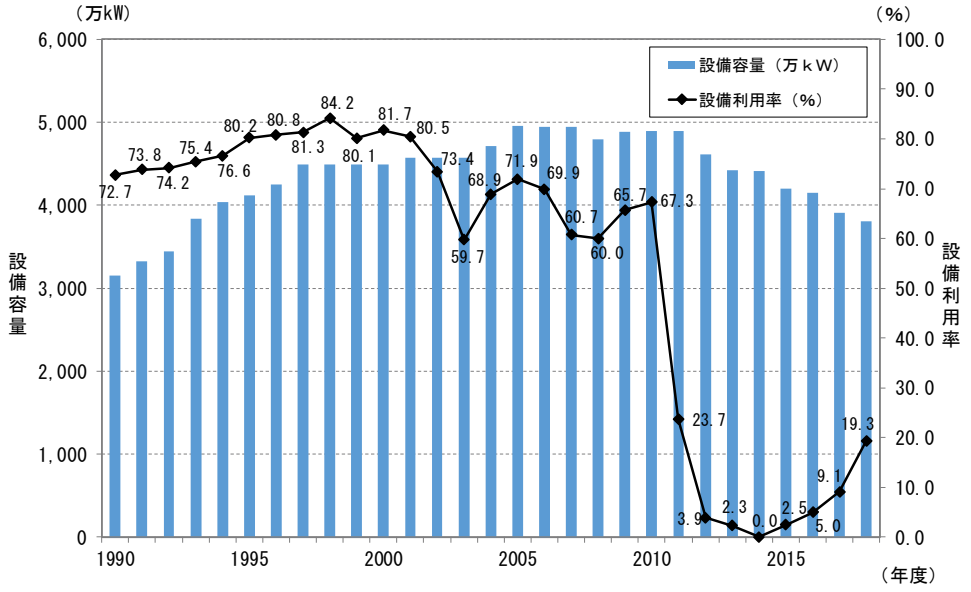


図 2-2　我が国の原子力発電設備容量[4] 及び設備利用率 [5]の推移（電気事業用）

(出典)独立行政法人原子力安全基盤機構「平成 25 年版原子力施設運転管理年報」(2013 年)及び電気事業連合会「INFOBASE」(2019 年) [9]に基づき作成

[3] 資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」「電源開発の概要」、「電力供給計画の概要」を基に作成。
[4] 発電設備の最大能力で、発電所が単位時間に作ることができる電力量（単位は W、kW)。
[5] 発電所が、ある期間において実際に作り出した電力と、その期間休まずフルパワーで運転したと仮定した時に得られる電力量（定格電気出力とその期間の時間との掛け算）との比率を百分率で表したもの。
年間の設備利用率（%）＝［実際の年間発電電力量（kWh）÷（設備容量（kW）×365 日×24 時間)］×100

2012 年の原子炉等規制法の改正により、我が国では、原子炉の運転期間が運転開始から 40 年と規定されました。ただし、運転期間の満了に際し、原子力規制委員会の認可を受けた場合に、1 回に限り運転期間を最大 20 年延長することを認める制度（運転期間延長認可制度）も導入されています。2020 年 3 月 31 日時点で、関西電力株式会社高浜発電所 1、2 号機、美浜発電所 3 号機及び日本原子力発電株式会社東海第二発電所が、運転期間の延長を認められています（図 2-3）［10］。

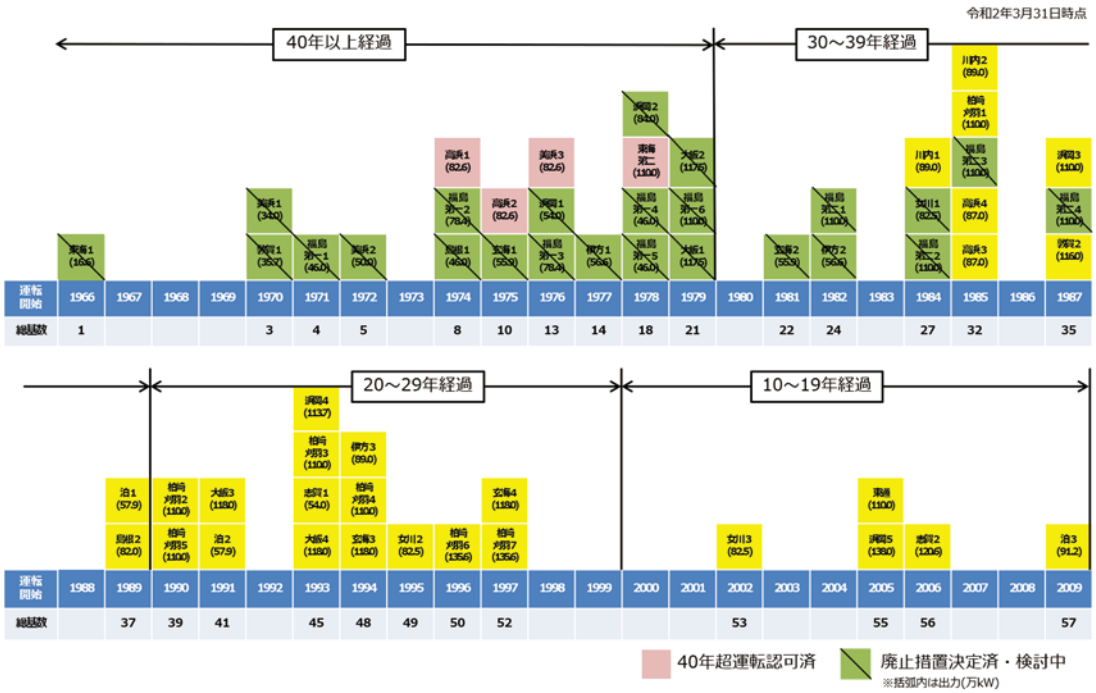


図 2-3　既設発電所の運転年数の状況（2020 年 3 月 31 日時点）

（出典）原子力規制委員会ウェブサイト「実用発電用原子炉の運転期間延長等に係る審査」情報に基づき、総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会電気料金審査専門小委員会廃炉に係る会計制度検証ワーキンググループ（第 3 回）資料第 4 号 資源エネルギー庁「廃炉を円滑にすすめるための会計関連制度の課題」（2014 年）を一部編集

（2）　電力供給の安定性・エネルギーセキュリティと原子力

エネルギーの安定供給に関しては、我が国では 1970 年代のオイルショック後、石油依存からの脱却と電力需要の増加への対応、更には電力低炭素化の流れの中で、原子力を含めた電源の多様化を進めてきました。しかし、東電福島第一原発事故後、原子力発電所が運転を停止する中で、我が国の電源構成は、石炭、液化天然ガス（LNG[6]）等の化石燃料に大きく依存する構造となっています（図 2-1）。

エネルギーセキュリティの観点から見ると、エネルギー資源に乏しい国にとって、輸入に依存する化石燃料の価格変動に大きく左右されず、出力が安定している原子力発電は、エネルギー自給率を向上させ、エネルギーセキュリティを確保する重要な手段の一つです。国産

[6] Liquefied Natural Gas

資源に恵まれているカナダやロシアがエネルギー輸出国となっている一方で、自国にエネルギー資源を持たない韓国やフランス等は、原子力を除いた場合のエネルギー自給率が低くなっています。原子力を除いた場合、フランスのエネルギー自給率は 11%と我が国より若干高い程度ですが、原子力利用により自給率は 53%へと大幅に上昇します（図 2-4）［11］。

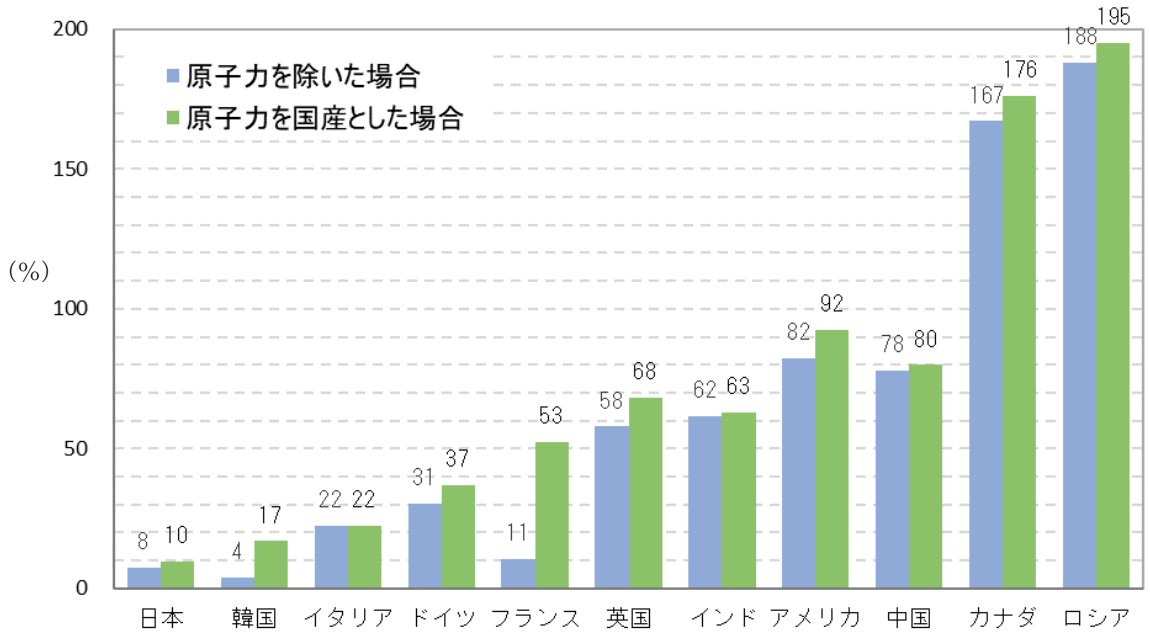


図 2-4　主要国のエネルギー自給率（2017 年）

（出典）IEA「World Energy Balances」（2019 年）［11］に基づき作成

（3）　電力供給の経済性と原子力

3E の構成要素である経済効率性の向上（Economic Efficiency）のためには、低コストでのエネルギー供給を実現することが重要です。化石燃料電源への依存度上昇は、エネルギー資源の大部分を輸入に頼る我が国において、電力コストにおける燃料費増大、ひいては消費者が負担する電気料金の上昇につながります。2011 年の東電福島第一原発事故後、原子力発電所の運転が停止され火力発電の焚き増しが行われたことで、我が国では化石燃料の輸入が増加しました。10 電力会社合計の電力コストに占める燃料費の割合は、東電福島第一原発事故の前年（2010 年）の 22%から 2013 年には 38%に達し［12］、電気料金の上昇をもたらしました。2015 年から 2016 年にかけては、一部の原子力発電所の再稼働と化石燃料の価格下落により電気料金上昇に歯止めがかかりましたが、以後は再び上昇傾向にあり、家庭向け電気料金、産業向け電気料金ともに高い水準が続いています（図 2-5）。

こうした原子力発電所の停止や燃料費の増大、再生可能エネルギー固定価格買取制度（FIT[7]）の導入等により、近年、我が国では電気料金が上昇しています（図 2-6）。化石燃

[7] Feed in Tariff

料の市場価格変動や FIT 賦課金の増大による影響を抑制し、電気料金の急激な上昇を避ける上でも、原子力規制委員会の審査に合格した原子力発電所の再稼働を進めていくことが重要です。

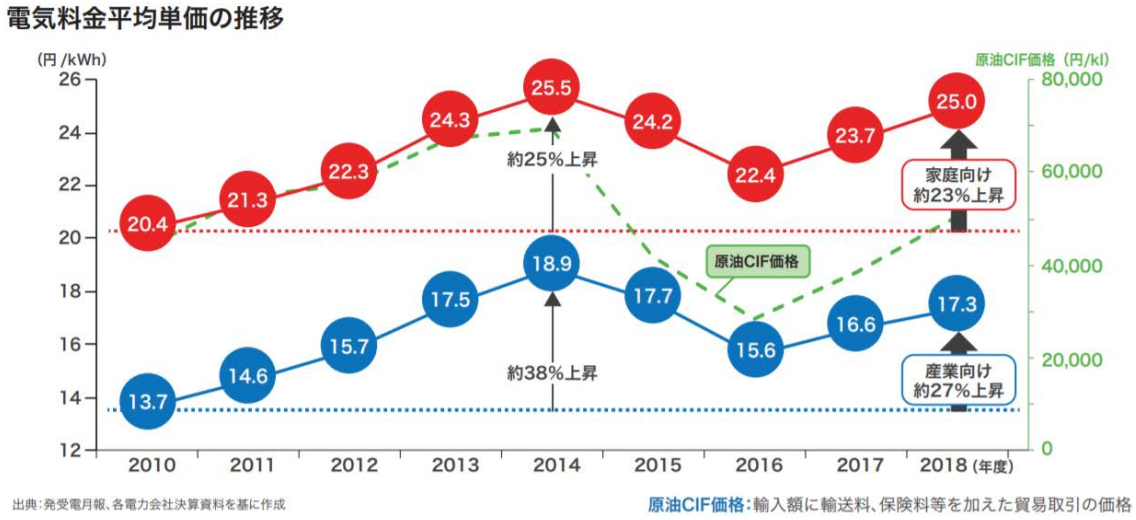


図 2-5　我が国の電気料金の推移

（出典）資源エネルギー庁「日本のエネルギー2019 年」（2020 年）［13］

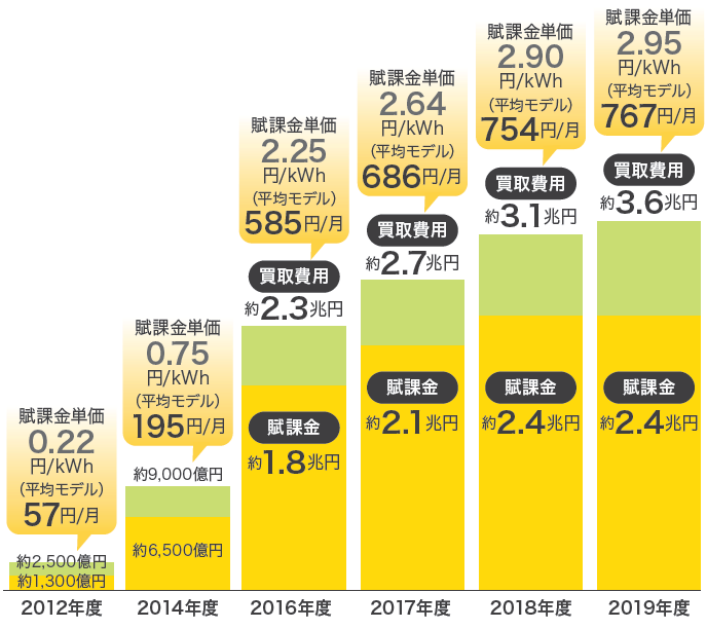


図 2-6　固定価格買取制度による買取費用及び賦課金の推移

（注）平均モデル：東京電力 EP や関西電力が HP で公表している月間使用電力量 260kWh のモデル
（出典）資源エネルギー庁「2019―日本が抱えているエネルギー問題（前編）」（2019 年）［14］

我が国の電気料金は、国際的に見ても高い水準にあります。我が国以外では、ドイツやイタリアのように、脱原子力政策を採用する国で電気料金が高い傾向があります（図 2-7）。

電気料金の上昇は、国民生活のみならず、製造業をはじめとする産業にも大きな負担となります。とりわけ、生産コストに占める電力の割合が高い電力多消費産業では、電気料金の上昇と FIT に伴う賦課金の負担の増大が、事業の継続や国際競争力の維持に深刻な影響を及ぼすことが懸念されます。

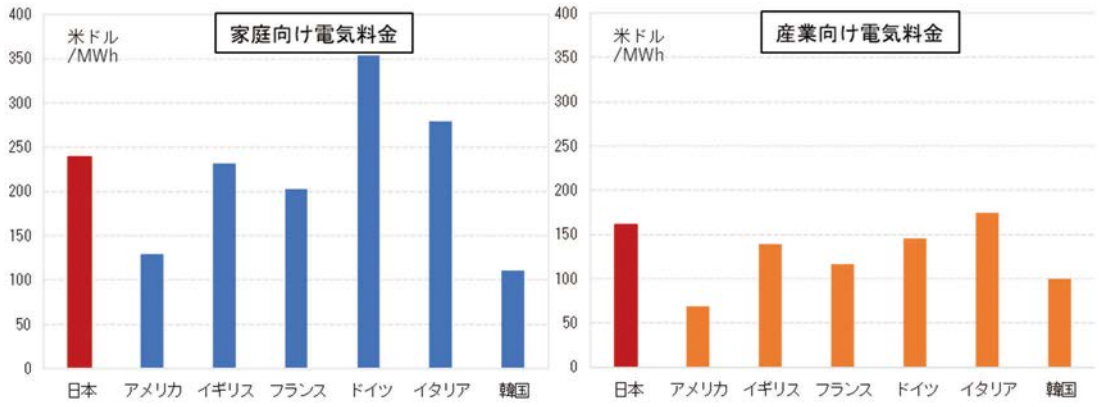


図 2-7　電気料金の国際比較

（出典）IEA「Key World Energy Statistics」（2019 年）に基づき作成

総合資源エネルギー調査会（基本政策分科会 長期エネルギー需給見通し小委員会）では、2011 年 12 月に公表されたコスト等検証委員会報告書後の状況変化等に対応し、各種電源の発電コストの試算を 2015 年に行っています。2015 年の試算は、2011 年の発電コスト検証、また、経済協力開発機構原子力機関（OECD/NEA）で各国の発電コスト試算を行った際と同様に、新設のモデルプラント方式による試算をしており、原子力発電については、発電に直接掛かる費用のほか、再処理費、高レベル廃棄物処分費等を含む核燃料サイクル費用、原子炉の廃止措置費用等の将来発生する費用等も全て含み、10.1～円/kWh と試算されています。

我が国では、LNG、石油、石炭等の化石燃料やウラン等、発電に用いる燃料を輸入に依存しています。ただし、化石燃料とウランでは、発電に必要な燃料の量が大きく異なります。100 万 kW の発電所を 1 年間運転するために必要な LNG は 95 万 t、石油は 155 万 t、石炭は 235 万 t です。一方、ウランの必要量はわずか 21t です（図 2-8）［15］。

自国にエネルギー資源を持たない我が国にとって、必要な燃料の量が多いということは、燃料の購入費用だけでなく、燃料の国内への輸送コストの増大にも影響します。化石燃料の場合、燃料価格は産出国の政治情勢や為替レートの変動の影響を受けます。エネルギーセキュリティ確保の観点からも、燃料確保に係るコ ｓ トが大きいことは、望ましくありません。



図 2-8　100 万 kW の発電設備を 1 年間運転するために必要な燃料

（出典）資源エネルギー庁「原発のコストを考える」(2017 年) [15]

(4)　地球温暖化対策と原子力

3E の構成要素の一つである環境への適合（Environment）に関しては、化石資源の利用やそのほかの経済活動によって排出される温室効果ガスによる地球温暖化問題が重要な環境問題として世界的に注目されています。こうした中、2020 年以降の温暖化対策の国際枠組みを定めた「パリ協定」では、世界共通の目標として、産業革命以前からの平均気温上昇を2℃より十分低く保つとともに、1.5℃に抑える努力を追求することにも言及しています[16]。この目標を達成するためには、今世紀後半に温室効果ガスの人為的な発生源による排出量と吸収源による除去量との間の均衡を達成することを目指すことになります。

長期戦略において示されているとおり、気候変動問題の解決は、従来の取組の延長では実現することが困難であり、非連続なイノベーションが不可欠です。これらを実現するためには、巨大な資金、技術力を有するビジネスの力を最大限活用することが重要です。ビジネス主導による非連続のイノベーションを通じて「環境と成長の好循環」を実現するためには、「イノベーションの推進」を図り、技術開発とその普及を進めていく必要がありますが、それに加えて、ファイナンスの流れをイノベーションに向けるための「グリーン・ファイナンスの推進」及びイノベーションの成果の国際的な普及の方策としての「ビジネス主導の国際展開、国際協力」の 3 つを大きな柱として推進することが重要です。

特に、「イノベーションの推進」については、脱炭素社会を実現していく上では、最先端の技術を創出するイノベーションと合わせて、今ある優れた技術の普及も含め、技術の社会実装に向けた「実用化・普及のためのイノベーション」の推進が不可欠です。そのため、技術のイノベーションに関しては、高効率等の科学的な価値観だけではなく、社会実装可能なコストを実現すること、すなわち「コスト」を下げる技術のイノベーションが求められています。これを踏まえ、政府では、社会実装可能なコスト目標を定め、官民のリソースを最大限に投入し、国内外において技術シーズの発掘や創出を図るとともに、必要な環境整備を図り、実際のビジネスにつながる取組を強化していくこととしています。

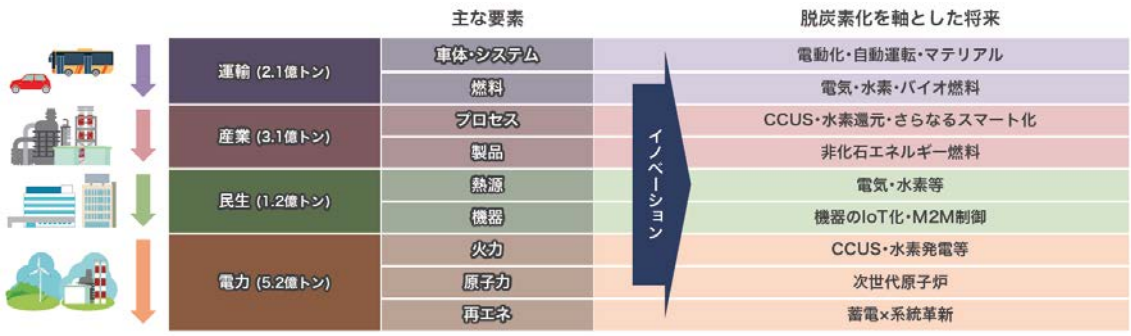


図 2-9　脱炭素化に向けたイノベーション

(出典)資源エネルギー庁「2019ー日本が抱えているエネルギー問題(後編)」[17]

実用段階にある脱炭素化の選択肢である原子力については、軽水炉技術の向上、次世代原子炉の開発をはじめとして、国内外の原子力利用を取り巻く環境変化に対応し、その技術課題の解決のために原子力関連技術のイノベーションに積極的に取り組む必要があります(図 2-9、図 2-10)。

世界では、このようなイノベーション創出を促す動きが見られます。例えば、米国では、革新的な原子力技術の市場投入を加速する GAIN[8]プログラムが 2015 年 11 月に立ち上げられました。このプログラムでは、開発段階に応じた政府の柔軟な補助率設定を通じた財政支援や、国立研究所のサイト利用権提供を行うなど、財政面、技術面、規制面等の多様な観点から複数のステークホルダーが絡んだ有機的・重層的な支援が行われています。

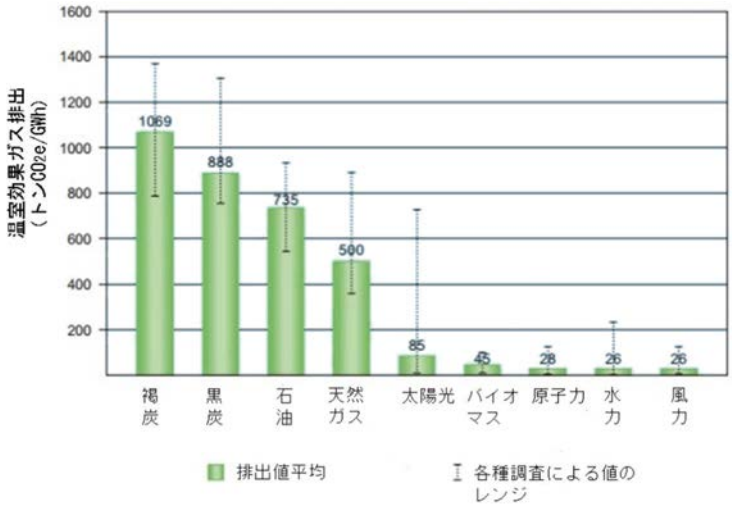


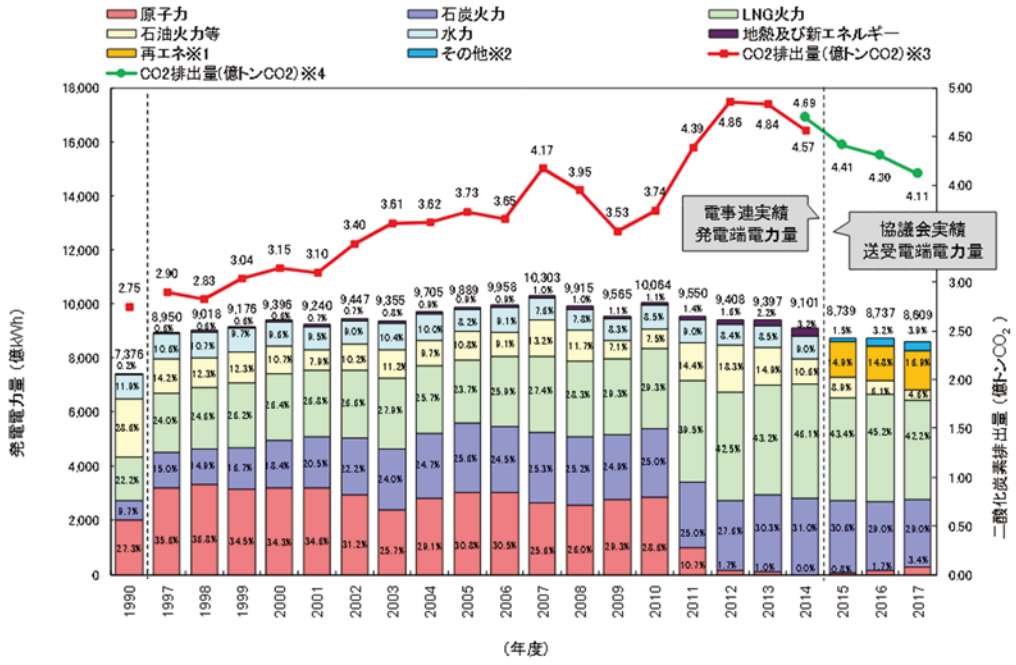
図 2-10　各種電源別のライフサイクル温室効果ガス排出量

(出典)世界原子力協会(WNA)「Comparison of Lifecycle Greenhouse Gas Emissions of Various Electricity Generation Sources」(2011 年)に基づき作成

[8] Gateway for Accelerated Innovation in Nuclear

第 5 次エネルギー基本計画や長期戦略と同様に、「第五次環境基本計画」（2018 年 4 月閣議決定）では「原子力は、運転時には温室効果ガスの排出がない低炭素のベースロード電源であり、原子力発電所の安全性については、原子力規制委員会の専門的な判断に委ね、原子力規制委員会により規制基準に適合すると認められた場合には、その判断を尊重し原子力発電所の再稼働を進める。その際、立地自治体等の関係者の理解と協力を得るよう取り組む。」としています［18］。

我が国では、東日本大震災後、国内全体の節電努力等によって、発電・消費される電力量自体は低下したにもかかわらず、2011 年から 2012 年にかけて、電力由来の二酸化炭素排出量の総量が急激に増加しました。これは、震災後、原子力発電所の運転停止に伴い、二酸化炭素排出量が多い火力発電の焚き増しが行われたことによるものです。その後、電力由来の二酸化炭素排出量の総量は減少傾向に転じていますが、これは発電電力量の減少傾向が継続したことに加え、再生可能エネルギーの増加、再稼働した原子力発電所の寄与によると考えられます。（図 2-11）。原子力発電所の再稼働を進めることは、温室効果ガス排出削減の観点からも重要であると考えられます。



※上記の図は旧一般電気事業者若しくは電気事業低炭素社会協議会会員事業者の電力が対象であり、それら事業者以外が消費者に直接販売する電力や住宅用太陽光発電の自家消費電力等は対象範囲外

再エネ※1：2015 年度からの「再エネ」には、水力を含む。

その他※2：2015 年度からの「その他」は、電源種別が不明なものを示す。

CO_2 排出量※3：旧一般電気事業者 10 社計、他社受電を含む。

CO_2 排出量※4：電気事業低炭素社会協議会会員事業者計

図 2-11　電源種別の発電電力量と二酸化炭素排出量

（出典）環境省「2017 年度（平成 29 年度）の温室効果ガス排出量（確報値）について」（2019 年）［19］

温暖化対策における原子力の役割に関して、国際エネルギー機関（IEA）が 2019 年 5 月に公表した報告書「クリーンエネルギーシステムにおける原子力」においては、原子力発電が過去数十年にわたり電力生産部門において温室効果ガス排出抑制に貢献してきていることを評価しています。過去約 50 年間、原子力は先進国の全ての低炭素電力の約半分を供給しており、1971 年から 2018 年の間に原子力によって供給された電力量は約 76 兆 kWh で、風力と太陽光による発電電力量の合計の 10 倍以上にのぼるとしています（図 2-12）。世界ではこの期間に、原子力発電によって 630 億 t の二酸化炭素の発生が回避されたことになります。同報告書では、今後、パリ協定に沿って二酸化炭素排出量削減を目指すに当たり、原子力を他の低炭素エネルギー源と同等に取り扱い、既存炉の運転延長を図るとともに新増設を行うことが必要であると提言した上で、過去 20 年間の実績の分析から、原子力を世界のエネルギーに係る議論の場に加えるべきであるとしています［1］。

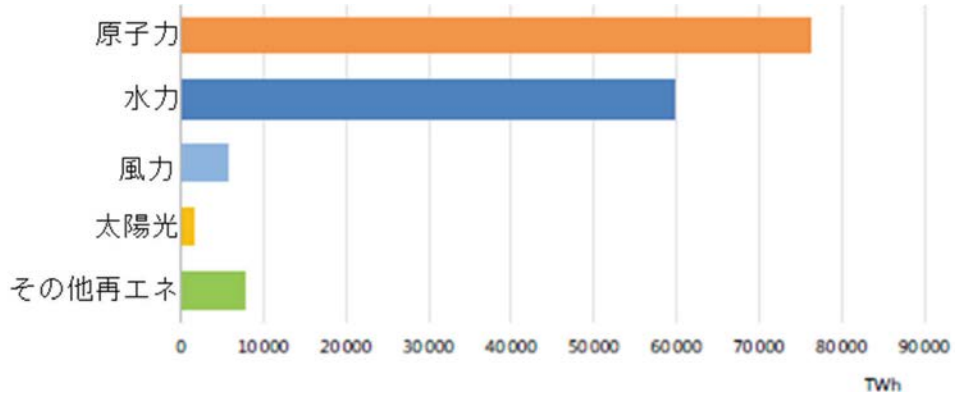


図 2-12 先進国における 1971 年から 2018 年までの低炭素電源による発電電力量合計（電源別）

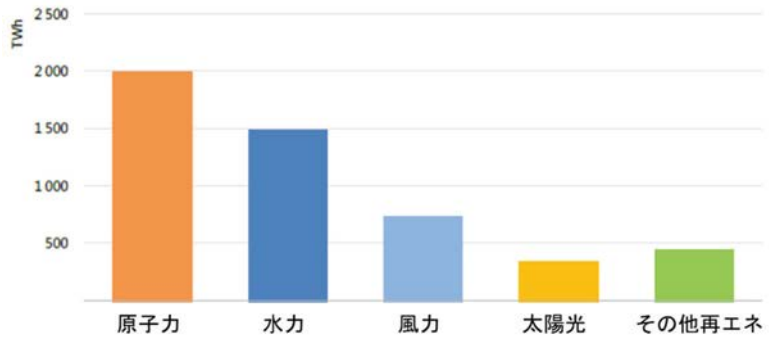
（出典）IEA「Nuclear Power in a Clean Energy System」（2019 年）［1］に基づき作成

コラム　～低炭素電源としての原子力の必要性：国際エネルギー機関の報告書～

国際エネルギー機関（IEA）は、全ての燃料と全てのエネルギー技術を包括する世界の主要なエネルギー組織という立場から、原子力の役割を無視することはできないとの見解を示しています。IEA は 2019 年 5 月に、同機関として初めて、クリーンエネルギーシステムにおける原子力の役割に関する報告書を公表しました。

同報告書では、世界が国際的な気候目標を含め、主要な持続可能エネルギー目標を達成できずにいる唯一の重要な原因は、低炭素発電の拡大に失敗していることにあるとしています。その上で、「果たして、原子力利用なしにクリーンエネルギーへの移行を達成できるのか」と問いかけ、「再生可能エネルギーやエネルギー効率向上やその他革新技術とともに、原子力は持続可能なエネルギー目標達成とエネルギー安定供給に大きな貢献ができる」としています。

2018 年の先進国における低炭素電源による発電電力量のうち、原子力は最大の約 40%を占めます。同年の年間原子力発電電力量はおよそ 2 兆 kWh で、水力発電の 1.3 倍、太陽光発電と風力発電の合計の約 2 倍に相当します。



2018 年の先進国における低炭素電源による発電電力量（電源別）

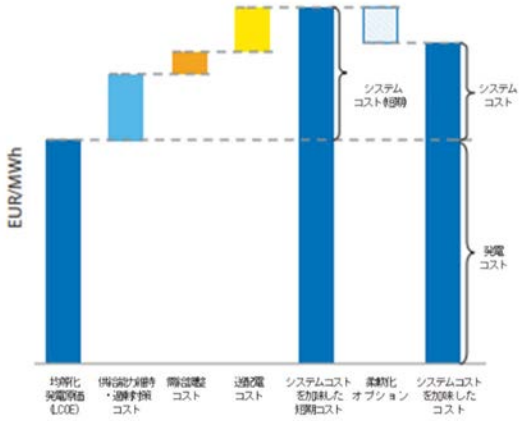
（出典）IEA「Nuclear Power in a Clean Energy System」（2019 年）に基づき作成

同報告書では、既存の原子力発電所の寿命延長を拡大せず、新規の原子力発電所建設プロジェクトも実施しない場合、原子力発電設備容量は 2040 年までに大きく減少し、持続可能なエネルギーシステムの実現は非常に困難になるとの見通しを示しています。さらに、減少する原子力の代わりにガス火力や石炭火力発電を増強する場合、2040 年までの世界の累積二酸化炭素排出量は、原子力を利用した場合と比べて約 40 億 t 増加し、排出削減目標の達成が困難になるとしています。

コラム　～低炭素電源としての原子力の必要性：経済協力開発機構原子力機関の報告書～

経済協力開発機構原子力機関（OECD/NEA）は、報告書「低炭素化のコスト：原子力・再生可能エネルギーのシェア向上時におけるシステムコスト」[20]において、風力や太陽光等の気象条件によって変動する再生可能エネルギー電力を評価する際には、次の 4 種類の電力システム全体のコストを考慮する必要があると述べています。

- 供給能力維持・過剰対策コスト（Profile cost）：
  再生可能エネルギーによる電力変動を調整するため、再生可能エネルギー以外の電力量調整用電源の容量確保が必要となる。また、調整用プラントの急速稼働と停止の繰り返しによる利用効率の低下や設備消耗に対応するコストも必要である。4 種類のコストのうち、最大の比率を占める。
- 需給調整コスト（Balancing cost）：
  発電プラントの計画外停止等の供給変動に対応した電力系統の安定性確保が必要となる。再生可能エネルギー源は出力の不確実性が高く需給調整コストが増大する[9]。
- 送配電コスト（Grid cost）：
  既存インフラの容量増大（系統強化）や新規インフラの構築（系統拡張）が含まれる。また、長距離送電を行う場合には伝送損失が増加する。特に、分散型の太陽光設備等で発電量が地域の需要を上回る場合、逆潮流に対応するため、配電網整備への投資が必要となることがある。
- 送電線への接続コスト（Connection cost）：
  発電プラントを最も近い接続ポイントで送電網に接続するためのコストであり、洋上風力のように遠距離から接続する場合に大きくなる。



電源コストにおけるシステムコスト

(出典)OECD/NEA「The Costs of Decarbonisation:System Costs with High Shares of Nuclear and Renewables」(2019 年) [20]に基づき作成

[9] 火力・水力・原子力発電は回転機器であるタービンを用いて発電しており、電力系統の周波数変動を監視し、タービンの回転慣性力も利用して急激な電力負荷変動に対応し、安定供給を確保することが可能。

コラム　～温室効果ガス削減に向けて～

エネルギー資源は、発電だけでなく輸送や産業等の幅広い分野で利用されています。化石燃料の利用を抑え、温室効果ガスの削減を実現するためには、電力の低炭素化と、化石燃料利用を電力に置き換えていく電化シフトを同時に進めていくことが重要です。

天然ガスは、化石燃料の中では温室効果ガスの排出量が少ない資源ですが、採掘コストがかかることに加え、パイプライン経由での輸送あるいは液化して船や鉄道等での輸送を行う必要があり、輸送にもコストがかかります。これに対し、固体である石炭は輸送しやすく、採掘コストも低く、安価に入手可能です。そのため、安価かつ安定的に調達できるエネルギー源が石炭に限られる国もあり、途上国等では石炭火力を選択してきたという現実があります。温室効果ガス排出抑制の観点から、石炭火力発電からの撤退・縮小を計画する先進国があるものの、特に新興国では今後も新増設による拡大が計画されています。石炭は、製鉄やセメント製造等の産業分野でも、新興国、先進国を問わず世界で広く使われています。

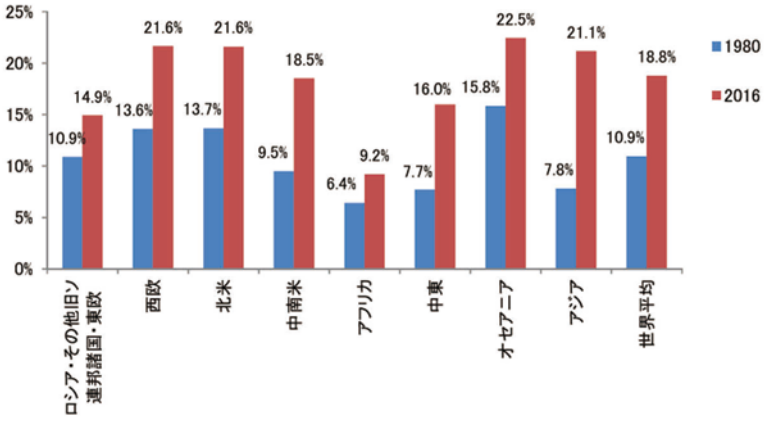
低炭素電源として導入が進む再生可能エネルギーですが、発電に適した場所は電力の大消費地である大都市から遠い地方（例えば我が国では九州や北海道）にも広く分散しています。こうした電力を大量に利用するためには、集電線（分散している再生可能エネルギーの発電機から送電線まで電気を集める線）や送電線、間歇性の電源である再生可能エネルギーをバックアップし、需要に応じて安定的に電力供給するための火力発電等の電源も必要です。将来的に、こうした補完的な火力電源も別の手段に置き換えていくためには、大規模な蓄電設備導入等、様々の新たなインフラやイノベーションが必要になります。再生可能エネルギーは、これらのことを考慮しつつ導入していく必要があります。

技術のイノベーションに関しては、高効率・高性能等の科学的な価値観だけではなく、社会実装が可能となるように「コスト」を下げることが求められています。

原子力発電は、発電過程で温室効果ガスを排出せず、確立済みの技術とインフラに基づき利用できる電源です。一方、上述のとおり、再生可能エネルギーはインフラを整備しつつ拡大を図っている段階にあります。地球温暖化対策を社会が受容可能なコストで実施するためには、再生可能エネルギーと原子力について二者択一的な判断をすることは適切ではありません。我が国では、新規制基準への適合が認められた原子力発電所の再稼働を進めるとともに、主力電源化を目指す再生可能エネルギーの利用促進を図っていく必要があります。前段のコラムで取り上げた OECD/NEA の報告書でも、再生可能エネルギーを大量に用いる場合のコストを分析し、原子力と再生可能エネルギーの両方を低炭素電力システムの構成要素と位置付けています。

生活の質の向上に伴い、過去数十年で世界の電化率が上昇してきましたが、新興国における経済発展に伴い、今後も世界の電力需要が増大していくことが想定されます。経済発展の途上にある新興国にとって、電力供給能力の急拡大を実現する上で、エネルギー源のコスト抑制が非常に重要であることはもちろんですが、我が国のようにエネルギー資源に乏しい

国が社会の電化を進める際にも、コストの問題は決して無視できません。

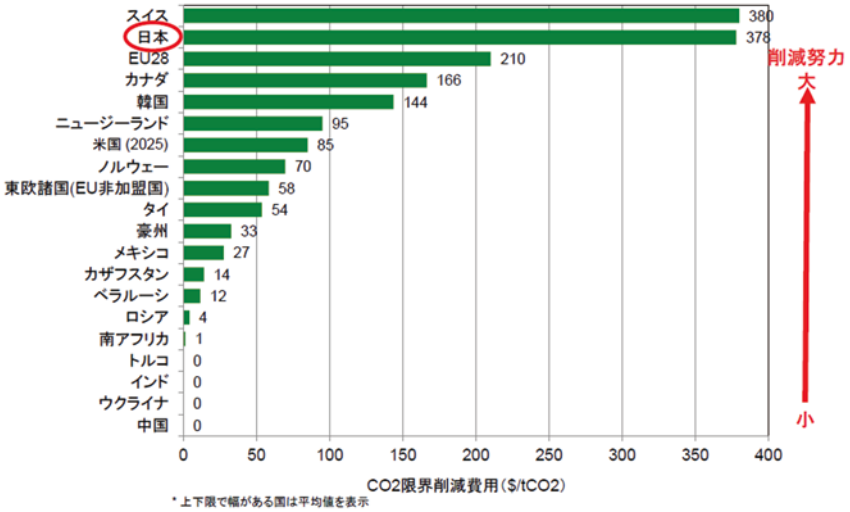


世界の地域別電力化率の変化

(出典)経済産業省「平成 30 年度　エネルギー白書」(2019 年) [8]

我が国は、化石燃料を主なエネルギー源としてきましたが、第 1 次オイルショックで石油の値段が高騰して以来、化石燃料の消費を減らす省エネルギーを積極的に推し進めてきました。既に高いレベルの省エネルギーを達成している状態にあることから、我が国については温室効果ガスの排出量を追加的に 1t 削減するために必要なコスト（二酸化炭素限界削減費用）が世界で最も高いレベルにあるという試算があります。

我が国では、電力のみならず天然ガス等のエネルギー源のコストが諸外国に比べて高く、そのコストは製品やサービスの価格に反映されるため、国際競争力や経済活動に影響を及ぼします。エネルギー源のコストを考慮し、経済や国民生活への影響を抑えつつ地球温暖化対策を進めていく必要があります。



2030 年における約束草案の二酸化炭素限界削減費用の国際比較

(出典)第 1 回原子力委員会資料第 1 号　公益財団法人地球環境産業技術研究機構(RITE)秋元圭吾「地球温暖化対応を踏まえたエネルギー戦略と課題」(2017 年) [21]

(5)　世界の原子力発電の状況と中長期的な将来見通し

2020 年 2 月時点で、世界で運転中の原子炉は 441 基にのぼり、原子力発電設備容量は 3 億 9,157 万 kW に達しています（図　2-13）。さらに、建設中のものを含めると総計 495 基、4 億 5,260 万 kW となります。世界最大の原子力利用国である米国では、2020 年 2 月時点で 96 基の原子炉が稼働しています［22］。世界の原子力発電電力量は、2000 年代に年間 2.5 兆 kWh を超えました。2010 年代に入り、2011 年の東電福島第一原発事故の影響もあり、一旦落ち込みましたが、その後回復の兆しを見せています(図 2-14)。

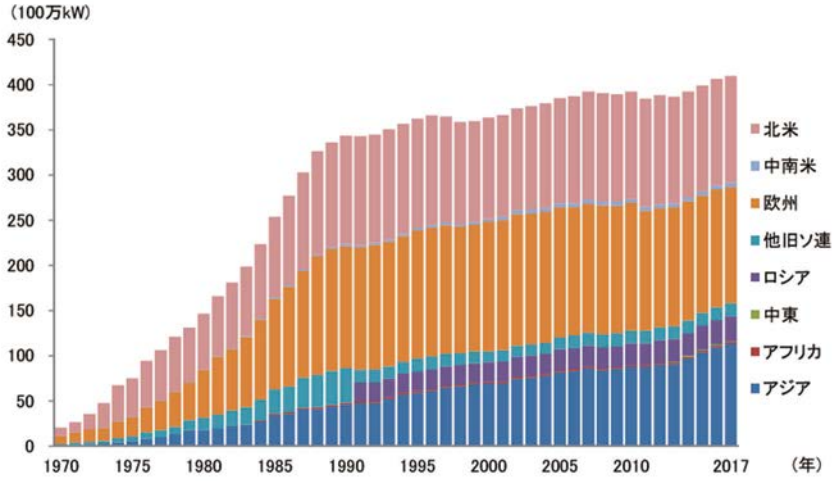


図 2-13　世界の原子力発電設備容量（運転中）の推移（地域別）

(出典)経済産業省「平成 30 年度　エネルギー白書」(2019 年)[10] [8]

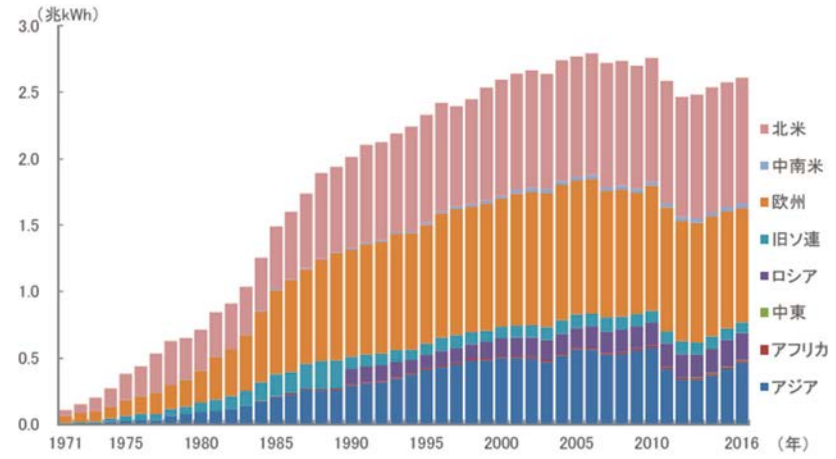


図 2-14　世界の原子力発電電力量の推移（地域別）

(出典)経済産業省「平成 30 年度　エネルギー白書」(2019 年)[11] [8]

[10] 日本原子力産業協会「世界の原子力発電開発の動向 2018 年版」を基に経済産業省が作成。
[11] IEA「World Energy Balances 2018 Edition」を基に経済産業省が作成。

ウクライナ（旧ソ連）のチェルノブイリ原子力発電所の事故[12]、東電福島第一原発事故を経て、西欧諸国の中にはドイツ、イタリア、スイス等のように脱原子力政策に転じる国々が現れました。アジアでも、2017 年に台湾や韓国が脱原子力の方針を示しました。韓国の文在寅（ムン・ジェイン）政権は、2 基を除いて原子炉新増設計画を白紙撤回し、段階的に脱原子力を進める方針を示しています。一方、台湾では 2018 年 11 月に実施された住民投票の結果、2017 年の法改正で盛り込まれた、2025 年までの脱原子力を定める条文が削除されました。

そのほかのアジア、東欧、中近東等では、経済成長に伴う電力需要と電力の低炭素化に対応するため、東電福島第一原発事故後も原子力開発が進展しています（図 2-13）。2011 年以降、2019 年までの間に、世界では 56 基の原子炉の営業運転が開始されているとともに、47 基の原子炉が建設開始され、58 基が閉鎖されています[13]。特に、中国やインドでは、国産炉開発と国外からの原子炉導入により原子力開発が積極的に進められています。

また、英国等の原子力利用先進国においても、電力自由化環境の下で様々な政策措置が模索されており、低炭素電源としての原子力発電の重要性が再認識され、長期にわたって投資回収を図ることができる仕組みを導入して、原子力発電所の建設や計画が進められています。なお、原子力による発電電力量で世界第 2 位、発電電力量に占める原子力比率では世界首位を占めるフランス（図 2-15）では、原子力発電電力量の比率を 2025 年までに現在の約 75%から 50%に縮減する原子力目標を 2012 年に掲げていましたが、目標達成時期は 2025 年から 2035 年に先送りされています。フランス政府が 2020 年 4 月に発表した長期的なエネルギー計画では、原子力比率縮減のため 2035 年までの原子炉の閉鎖計画が示されましたが、2035 年以降の低炭素電源確保のため、第 3 世代炉である欧州加圧水型原子炉（EPR[14]）を新設するオプションも維持する方針が示されています。

国際原子力機関（IAEA）が 2019 年 9 月に発表した年次報告書「2050 年までのエネルギー、電力、原子力発電の予測 2019 年版」では、原子力発電の設備容量について、①現在の市場や大幅な技術革新等、原子力を取り巻く環境が大きく変化しないと仮定した保守的な「低位ケース」と、②新興国の経済成長や電力需要の増大の継続を仮定し、パリ協定締約国による温室効果ガス排出削減で原子力の果たす役割が拡大することを前提にした「高位ケース」を設定して、それぞれ見通しを示しています。同報告書では、一部の地域では低いガス価格や補助金に支えられた再生可能エネルギー電力が原子力の成長見通しに引き続き影響を及ぼすものの、新興国における原子力への関心や国際的な低炭素化への関心の高まりが原子力に有利に働く可能性が指摘されています。また、2018 年には既存炉の閉鎖時期、運転延長、

---

[12] 1986 年 4 月 26 日に、旧ソ連ウクライナ共和国のチェルノブイリ原子力発電所 4 号機で発生した事故。急激な出力の上昇による原子炉や建屋の破壊に伴い大量の放射性物質が外部に放出され、ウクライナ、ロシア、ベラルーシや隣接する欧州諸国を中心に広範囲にわたる放射能汚染をもたらしました。INES（国際原子力事象評価尺度）でレベル 7 と評価されています。

[13] 世界の原子炉の運転開始、着工、閉鎖の推移は、資料編を参照。

[14] European Pressurized Reactor

新規建設に関して一定程度の見通しが立った国・地域もあり、前年と比較すれば不確定要素が減ったことから、2018 年版報告書と比較して、低位ケースと高位ケースの幅が小さくなっています。2018 年版の低位ケースでは、2050 年まで持続的に原子炉の閉鎖が新設を上回る見通しが示されていましたが、2019 年版の低位ケースでは、2030 年の約 3.7 億 kW から 2040 年に一旦容量が低下するものの、2050 年には 2030 年をわずかに上回ることが見込まれています。一方、2019 年版の高位ケースでは、2030 年に約 5.0 億 kW、2050 年に約 7.2 億 kW に拡大すると予測されていますが、これは既存炉の閉鎖計画を踏まえて 2018 年版より低い見通しとなっています（表 2-3、図 2-16、図 2-17）［23］。

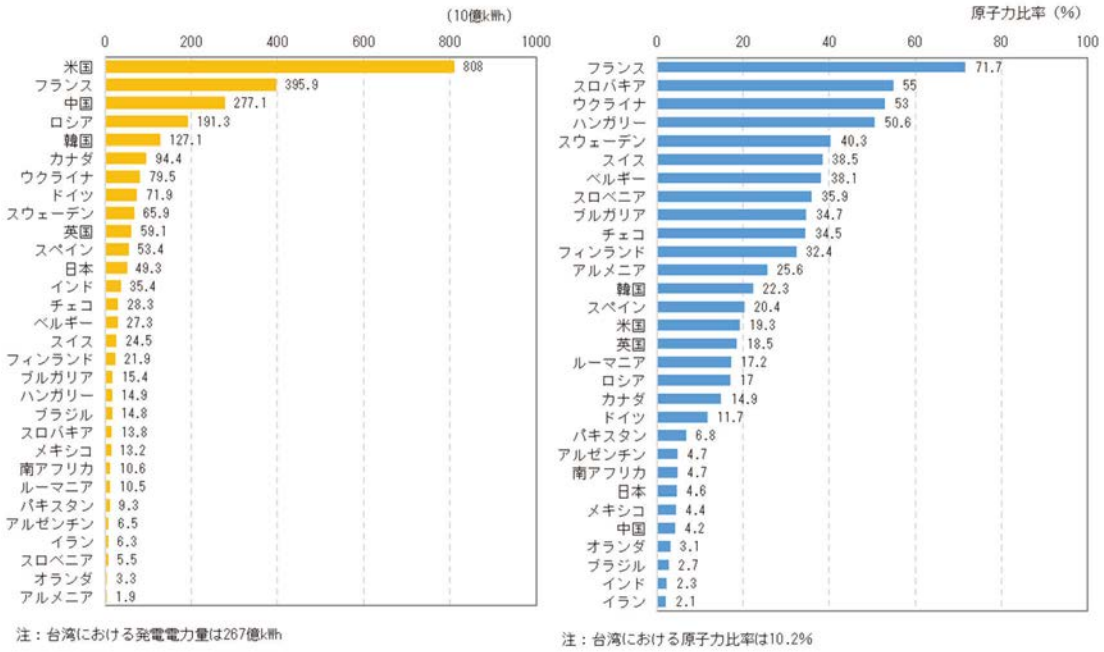


図 2-15　各国の原子力発電電力量（左）及び
発電電力量に占める原子力比率（右）（2018 年）

（出典）IAEA「Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050」（2019 年）［23］に基づき作成

表 2-3　IAEA による 2050 年までの発電設備・原子力容量推移見通し

発電設備容量	2018 年	2030 年[注]		2040 年[注]		2050 年[注]	
		低	高	低	高	低	高
合計（百万 kWe）	7, 188	9, 782		11, 811		13, 633	
原子力（百万 kWe）	396	366	496	353	628	371	715
原子力比率（%）	5. 5	3. 7	5. 1	3. 0	5. 3	2. 7	5. 2

(注)原子力については、寿命到来による閉鎖予定を考慮して推計。
(出典)IAEA「Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050」(2019 年)
[23]に基づき作成

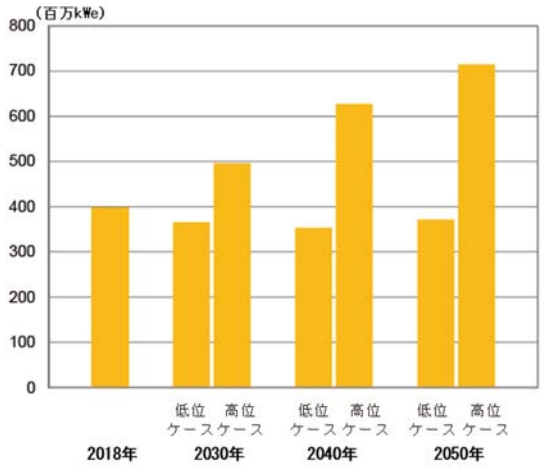


図 2-16　IAEA による 2050 年までの原子力発電設備容量推移見通し

(出典)IAEA「Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050」(2019 年)
[23]に基づき作成

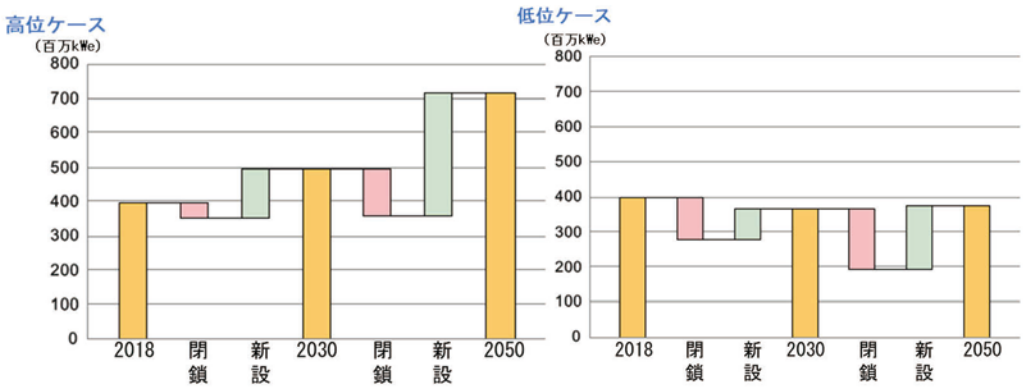


図 2-17　IAEA による 2050 年までの原子力発電所閉鎖・新設見通し

(出典)IAEA「Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050」(2019 年)
[23]に基づき作成

2−2 国内外の原子力のエネルギー利用を取り巻く環境変化への対応

原子力エネルギーは、地球温暖化対策に貢献しつつ、安価で安定的に電気を供給できる電源の役割を果たすことが期待されます。そのため、軽水炉の再稼働を進め、それを長期に安定・安全に利用できるように努力することが重要です。

また、電力小売全面自由化により、従前の地域独占[15]や総括原価方式[16]による料金規制等が廃止されました。原子力のエネルギー利用について、関係者は、国民の便益と負担の観点で、安価な原子力発電による電力を安全・安定に供給するという原点を改めて強く認識し、原子力関係企業等は生き残りをかけて、創意工夫や競争・協力を行っていく必要があります。

原子力のエネルギー利用を取り巻く環境変化を踏まえ、「技術開発・研究開発に対する考え方」（2018 年 6 月原子力委員会決定）では、「核燃料サイクルを実現するためには、再処理施設を早期に稼働させ、まずは、これまで我が国で採用されてきた軽水炉を活用したプルサーマルを推進していくことが、現時点では、最も市場の要請に合致した現実的な手段である」と指摘しています。また、「加えて、長期的な柔軟性を確保する観点から喫緊の課題である使用済燃料の中間貯蔵能力の拡大や、プルサーマル推進に関するプルトニウム利用等について、電力会社間の協力を含めて国と電力会社の精力的な取組が必要である」としています。

(1)　原子力のエネルギー利用を進めていくための取組

電力供給の安定性や経済性、環境問題等の課題を踏まえると、責任ある体制の下、徹底したリスク管理を行った上で、適切に原子力のエネルギー利用を進めていくことが必要です。そのためには、平和利用を旨とし、安全性の確保を大前提に国民からの信頼を得ながら、原子力技術が環境や国民生活及び経済にもたらす便益とコストを十分に意識して進めていくことが大切です。

我が国では、原子力規制委員会が定めた新規制基準に適合するための取組が電力会社によって進められています。しかしなお、長期間停止したままの原子力発電所は多く、それを補う火力発電所の運転のために多くの化石燃料を輸入しており、貴重な外貨を失い、雇用や経済活動にマイナスの影響を与えている状態が続いています。周辺自治体を含めて地域の雇用に貢献するという観点からも、新規制基準に合格した原子力発電所の再稼働を進める必要があります。

15 特定地域の電力販売をその地域の電力会社 1 社が独占できる枠組み。
16 総原価を算定し、これを基に販売料金単価を定める枠組み。

コラム　～原子力発電所の雇用効果～

天然ガス火力発電所は、大電力消費地である大都市近傍、例えば東京湾や大阪湾等に立地しています。また、石炭火力発電所の多くは工業地帯に近い港湾に立地しています。これに対し、原子力発電所の多くは、都市から離れた地方に立地しています。再生可能エネルギーは分散型であるため、立地や雇用の点では火力発電や原子力発電とは異なり、我が国では自然条件に恵まれ広い土地がある九州や北海道に適地が多く見られます。

原子力発電所では、電力会社の社員だけでなく、契約企業の社員も働いています。さらに、原子力発電所周辺には、発電所保守のための製造企業の出張所や建設工事会社等が立地し、従業員やその家族が利用する住居、食堂、商店等を含め、大きな雇用を生み出しています。原子力発電所の立地自治体のみならず、周辺市町村の住民の中にも、原子力発電所関係の企業に勤務する方がおり、農業等と兼業する例も多く見られます。

原子力発電所は燃料費の割合が火力発電所よりはるかに小さいため、長期間運転するほど安価な電力供給に貢献します。一般的に、原子力発電所の運転期間は他の電源より長く、運転終了後も廃止措置や廃棄物処理処分が必要となり、長期的に雇用が生み出されます。

このように、原子力発電所の雇用効果は他の電源より大きく、周辺自治体を含む地域の雇用に大きく貢献しています。

OECD/NEA と IAEA は共同で、原子力発電所の雇用効果の評価という報告書を作成しています［24］。同報告書によると、100 万 kW の原子力発電所 1 基当たりのライフサイクル（100 年間）にわたる直接雇用数は約 50,000 人年と試算されています。その内訳は以下のとおりです。

- サイト準備・建設に伴う直接雇用：年間約 1,200 人、建設期間 10 年間で約 12,000 人年
- 運転、保守、管理等に伴う直接雇用：年間約 600 人、運転期間 50 年間で約 30,000 人年
- 廃止措置に伴う直接雇用：年間約 500 人、廃止措置期間 10 年間で約 5,000 人年
- 廃棄物管理に伴う直接雇用：年間約 80 人、廃棄物管理期間 40 年間で約 3,000 人年

また、保守や工事等の企業による間接雇用数は、直接雇用と同数の約 50,000 人年です。さらに、雇用された人々が使う宿舎や食堂、商店等の誘発雇用数は約 100,000 人年と試算されています。

直接雇用、間接雇用、誘発雇用を合わせた総雇用数は、100 万 kW の原子力発電所 1 基のライフサイクルである 100 年間に約 200,000 人年となり、平均すると 1 年当たり約 2,000 人の雇用を生み出していることになります。

(2)　軽水炉の着実な利用に関する取組

①　電力自由化の下での安全かつ安定的な軽水炉利用

原子力事業は、巨額の初期投資額の回収期間が長期にわたるため、従来、地域独占及び総括原価料金規制により投資の回収が保証されてきましたが、2016 年 4 月 1 日の電力小売全面自由化［25］により、こうした制度は撤廃されました。

ただし、原子力発電には、事故炉廃炉の資金確保や原子力賠償等、市場原理のみに基づく解決が困難な課題があります（図 2-18）。こうした課題への対応として、2017 年 10 月には「原子力損害賠償・廃炉等支援機構法」（平成 23 年法律第 94 号）が改正され、事故炉の廃炉を行う原子力事業者等に対して、廃炉に必要な資金を原子力損害賠償・廃炉等支援機構に積み立てることを義務付ける制度が創設されました［26］。

また、電力自由化の下で原子力発電所を長期的に利用するに当たっては、安全性向上に係る原子力事業者等の自律的・継続的な取組が必要です［27］。こうした取組を強化する組織として、2018 年 7 月 1 日には、原子力事業者、メーカー、関係団体が新組織「原子力エネルギー協議会（ATENA）」を設立しています［28］。

このほか、我が国における、原子力事業者等を含む産業界の原子力の自主的安全性向上に関する動向については、第 1 章 1-5「ゼロリスクはないとの認識の下での安全性向上への不断の努力」に記載しています。

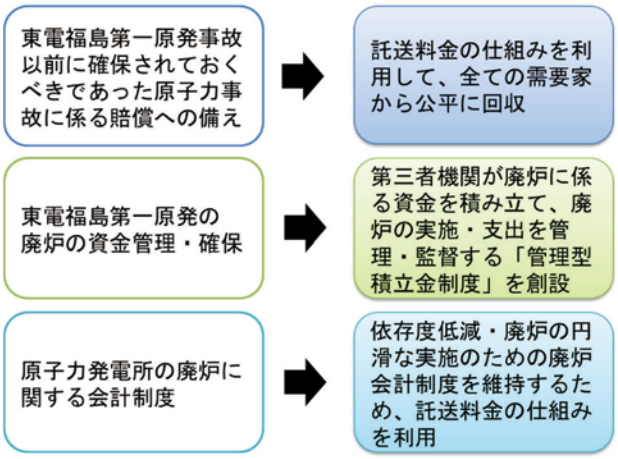


図 2-18　自由化の下での財務・会計上の課題への対応の基本的な考え方

（出典）総合資源エネルギー調査会基本政策分科会電力システム改革貫徹のための政策小委員会「電力システム改革貫徹のための政策小委員会　中間とりまとめ」（2017 年）［27］に基づき作成

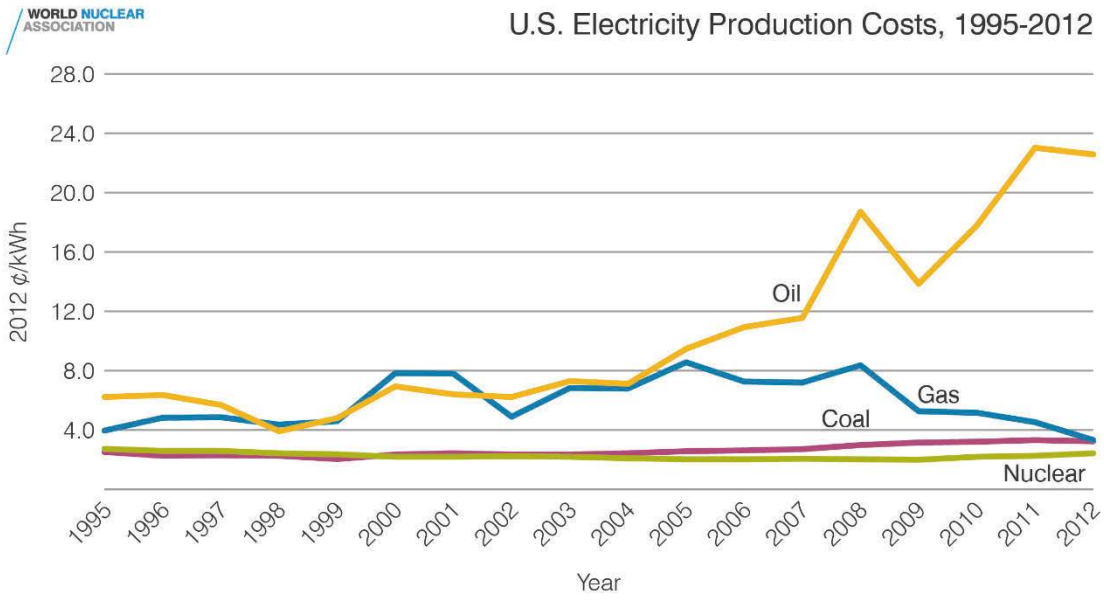
一方で、電力小売全面自由化時代の原子力のエネルギー利用について、関係者は、国民の便益と負担の観点で、安価な原子力発電による電力を安全・安定に供給するという原点を改めて強く認識し、原子力関係企業等は生き残りをかけて創意工夫や競争・協力を行っていく必要があります。

コラム　～米国における原子力発電の経済性の維持～

米国では、電力自由化が 1980 年代後半から進みましたが、カリフォルニア州で生じた電力危機の教訓から、非自由化を維持した州（規制州）もあり、自由化州と規制州が存在しています。

米国の原子力発電所は、建設後長期間経過した発電所が大部分を占めます。建設費は償却済みで、発電コストに占める燃料費の割合が低いため、原子力の発電コストは、水力を除くと他の電源に比べて最近まで一番低い状態でした。

しかし、最近、シェールガス革命による天然ガス価格の下落という米国特有の事情を背景に、原子力発電所は厳しい価格競争にさらされています。卸電力市場が自由化された州では、経済性を理由として、想定されていた運転期間満了前に閉鎖されるプラントも出ています。



Production costs = operation & maintenance + fuel. (excludes indirect costs and capital)
Source: Ventyx Velocity Suite / NEI, May 2013

米国における燃料別発電コストの推移

（出典）世界原子力協会（WNA）「World Nuclear Association Image Library」（2016 年）［29］

このような状況で、温室効果ガス排出削減目標達成のため、原子力発電を経済的に支援して維持しようとする動きもあります。厳しい競争環境の中で原子力発電の経済性を維持するための方策として、事業者の 80 年運転に向けた取組と、州政府による原子力支援策があります。

事業者の 80 年運転に向けた取組

原子炉は、新設には多額の費用が必要ですが、運転を開始すると、火力発電と比較して燃料費が発電コストに占める割合が低いという特徴があります［30］。安全を確保しつつ、長期運転を実現することが、原子力発電の経済性を向上させる一つの手段となります。

米国では、運転開始後の運転認可の有効期間は 40 年となっていますが、その後 20 年を単位として認可の更新が可能となっています。現在、多くのプラントが 1 回目の 20 年の認可の更新を認められていますが、更にもう一度 20 年の認可の更新が認められ 80 年間運転を継続できる事例も出てきています。(第 3 章コラム「米国における 2 度目の運転認可更新」参照) ［31］。

プラントの長期運転における安全確保のための研究開発には、エネルギー省 (DOE[17]) が支援を行っているほか、産業界では原子力エネルギー協会 (NEI[18]) や米国電力研究所 (EPRI[19]) も研究開発等を行っています。

州政府による原子力発電に対する支援策　～ニューヨーク州の事例～

ニューヨーク州では、6 基のプラントが州の発電電力量の 3 分の 1 を賄っていますが、自由化州である同州では市場での競争が厳しく、一部の事業者はプラントの早期閉鎖を公表しました。こうした中、クオモ知事は、自らの野心的な温室効果ガス排出抑制策の実現のためには原子力発電は不可欠であるとして、支援策の策定に乗り出しました。

同州の支援策は、無炭素排出電源であるという原子力発電が持つ価値に対してゼロエミッション・クレジット (ZEC[20]) を発行し、ZEC の価格を電気料金に上乗せして、消費者から回収するというものです［32］。

このような、無炭素排出電源としての原子力発電の価値に対価を支払うという原子力発電への支援策は、ニューヨーク州のほかイリノイ州、ニュージャージー州及びオハイオ州でも導入されています。

17 Department of Energy
18 Nuclear Energy Institute
19 Electric Power Research Institute
20 Zero Emission Credits

②　使用済燃料の貯蔵

使用済燃料は、再処理されるまで各原子力発電所の貯蔵プール等で貯蔵・管理されており、2018 年 9 月末時点で、各原子力発電所には合計約 15,260tU の使用済燃料が貯蔵・管理されています（表 2-4）。

表 2-4　各原子力発電所（軽水炉）の使用済燃料の貯蔵量及び管理容量
（2020 年 3 月末時点）

電力会社	発電所名	2020 年 3 月末時点				試算値<4 サイクル(約 5 年)後>※1		
		1 炉心 (tU)	1 取替分 (tU)	管理容量 ※2 (tU)	使用済燃料貯蔵量 (tU)	管理容量 ※2 (A) (tU)	使用済燃料貯蔵量(B) (tU)	貯蔵割合 (B)/(A)x100 (%)
北海道電力	泊	170	50	1,020	400	1,020	600	59
東北電力	女川	200	40	860	480	860	640	74
	東通	130	30	440	100	440	220	50
東京電力 HD	福島第一	580	140	※3 2,260	2,130	2,260	2,130	94
	福島第二	0	0	1,880	1,650	1,880	1,650	88
	柏崎刈羽	960	230	2,910	2,370	※4 2,920	※5 2,920	※5 100
中部電力	浜岡	410	100	※6 1,300	1,130	※7 1,700	1,530	90
北陸電力	志賀	210	50	690	150	690	350	51
関西電力	美浜	70	20	760	470	※8 620	550	89
	高浜	290	100	1,730	1,290	1,730	1,690	98
	大飯	180	60	2,100	1,710	2,100	1,950	93
中国電力	島根	100	20	680	460	680	540	79
四国電力	伊方	70	20	※9 930	720	※10 1,430	800	56
九州電力	玄海	180	60	1,190	1,010	※11 1,920	1,250	65
	川内	150	50	1,290	1,000	1,290	1,200	93
日本原子力発電	敦賀	90	30	910	630	910	750	82
	東海第二	130	30	440	370	※12 510	490	96
合計		3,920	1,030	21,400	16,060	※13 22,960	19,240	

※1：各社の使用済燃料貯蔵量については、下記仮定の条件により算定した試算値であり、具体的な再稼働を前提としたものではない。
○各発電所の全号機を対象。（廃炉を決定した女川１号機、福島第一、福島第二、浜岡１・２号機、美浜１・２号機、大飯１・２号機、伊方１・２号機、島根１号機、玄海１・２号機、敦賀１号機を除く）
○貯蔵量は、２０２０年３月末時点の使用済燃料貯蔵量に、４サイクル運転分の使用済燃料発生量（４取替分）を加えた値。（単純発生量のみを考慮）
○１サイクルは、運転期間１３ヶ月、定期検査期間３ヶ月と仮定。（この場合、４サイクルは約５年となる）
※2：管理容量は、原則として「貯蔵容量から１炉心＋１取替分を差し引いた容量」。なお、運転を終了したプラントについては、貯蔵容量と同じとしている。
※3：福島第一については、廃炉作業中であり、第一回推進協議会時点（2015 年 9 月末値）を参考値とし、その後の廃炉作業に伴う乾式キャスク仮保管設備拡張は除外している。
※4：柏崎刈羽５号機については、使用済燃料貯蔵設備の貯蔵能力の増強（リラッキング）に関する工事未実施であるが、工事完了後の管理容量予定値を記載。
※5：柏崎刈羽については、約２．５サイクル（３年程度）で管理容量に達する。（運転時期は未考慮）
※6：浜岡１，２号炉は廃止措置中であり、燃料プール管理容量から除外している。
※7：浜岡４号機については、乾式貯蔵施設の設置に関する申請中であり、竣工後の管理容量予定値を記載。
※8：美浜３号機については、耐震性向上対策工事の許可取得済みであり、竣工後の管理容量予定値を記載。
※9：伊方１号機は廃止措置中であり、使用済燃料ピット管理容量から除外している。
※10：伊方３号機については、乾式貯蔵施設の設置に関する申請中であり、竣工後の管理容量予定値を記載。
※11：玄海については、使用済燃料貯蔵設備の貯蔵能力の増強（リラッキング）並びに乾式貯蔵施設の竣工後の管理容量予定値を記載。
※12：東海第二については、乾式貯蔵キャスクを２４基（現状＋７基）とした管理容量を記載。
※13：数値に誤りがあったため修正（２０２０年７月１３日）
注）　四捨五入の関係で、合計値は、各項目を加算した数値と一致しない部分がある。

（出典）電気事業連合会「使用済燃料貯蔵対策への対応状況について」（2020 年）［33］

一部の原子力発電所では貯蔵容量がひっ迫しており、今後、原子力発電所の再稼働による使用済燃料の発生等が見込まれる中、貯蔵能力の拡大が重要な課題です。このような状況を踏まえ、「使用済燃料対策に関するアクションプラン」（2015 年 10 月最終処分関係閣僚会議）が策定され、安全の確保を大前提として、貯蔵能力の拡大に向けて官民が協力して取り組んでいます。このアクションプランに基づき、電気事業者が 2015 年 11 月に策定した「使用済燃料対策推進計画」では、発電所敷地内の使用済燃料貯蔵施設の増強（貯蔵用プールのリラッキング[21]、乾式貯蔵[22]施設の設置等）、中間貯蔵施設の建設・活用等により、2020 年頃に

[21]使用済燃料の貯蔵ラックの間の距離を短くするなどして、貯蔵容量を大きくすること。
[22]使用済核燃料の貯蔵方法の一つで、水中に貯蔵する湿式貯蔵に対して気体中に貯蔵する方式。キャスク貯蔵等が該当。

4,000tU 程度、2030 年頃に 2,000tU 程度、合わせて 6,000tU 程度の使用済燃料貯蔵対策を行う方針を示しました。2018 年 11 月に更新された「使用済燃料対策推進計画」では、中間貯蔵や乾式貯蔵の着実な推進、燃焼度[23]向上研究等を通じた使用済燃料発生量の低減等について、積極的な理解活動に取り組むとともに、事業者間の連携を強化し、我が国全体としての使用済燃料対策を充実・強化する方針が示されています。乾式貯蔵に関しては、2019 年 3 月に原子力規制委員会が規則類及びガイド（原子力発電所敷地内での輸送・貯蔵兼用乾式キャスクによる使用済燃料の貯蔵に関する審査ガイド）を改正・制定しています［34］。発電所敷地内の使用済燃料貯蔵施設の増強に関しては、2019 年 11 月に原子力規制委員会により、九州電力株式会社の玄海原子力発電所 3 号機における貯蔵用プールのリラッキングが許可されています［35］。

経済産業省の使用済燃料対策推進協議会では、使用済燃料対策推進計画を踏まえた電気事業者の取組状況について確認を行っていますが、事業者が具体的な取組を着実に進めていくに当たり、各社の取組の一層の強化と業界全体の連携・協力を要請しています［36］。

なお、2018 年 7 月に原子力委員会が公表した「我が国におけるプルトニウム利用の基本的な考え方」においても、使用済燃料の貯蔵能力の拡大に向けた取組を着実に実施するとの方針が示されました。

[23]原子炉に装荷された核燃料の炉内での核分裂反応により発生した熱エネルギーを、単位燃料重量当たりで表示したもの。

コラム　～米国とフランスにおける使用済燃料の貯蔵～

我が国では、原子力発電所再稼働による使用済燃料の発生等を見据えた、貯蔵能力の拡大が重要課題の一つです。原子力発電主要国の中から米国とフランスの状況を紹介します。

米国［37］［38］

米国では、商業用原子力発電所で発生する使用済燃料は再処理せずに直接処分することとなっています。稼働中の発電所では、発電所サイト内の使用済燃料貯蔵プールに使用済燃料を貯蔵しており、また、半数以上が、原子力規制委員会（NRC）の許認可を得たサイト内あるいは外の独立した使用済燃料貯蔵施設（ISFSI[24]）［39］にも乾式貯蔵しています。廃止措置を終了または廃止措置中の発電所の大半では、処分までの間、ISFSI で使用済燃料を貯蔵します。

NRC は、使用済燃料貯蔵の長期化も念頭に、継続的な貯蔵に係る環境影響の技術的検討を実施しており、2014 年 9 月の連邦規則の改定は、原子炉の運転認可期間を超える使用済燃料の継続的な貯蔵の環境影響も念頭に置いています。「使用済燃料の継続貯蔵[25]」という新たな考え方の下、以下の 3 つの時間枠シナリオによる使用済燃料貯蔵が考慮されています。

① 短期的時間枠：原子炉の認可期間（2 回の更新期間を含む）以降 60 年間
② 長期的時間枠：①に加え、更に 100 年間
③ 期間を限定しない時間枠：使用済燃料処分場が利用可能にならない場合

フランス

我が国と同様に、使用済燃料は湿式貯蔵されています。まず、原子力発電所のサイト内で 1 年から 2 年間貯蔵された後、ラ・アーグ再処理プラントに輸送され、再処理までに更に 8 年間、同プラント内の使用済燃料プールに貯蔵されます［40］。

フランス電力（EDF[26]）は、燃料サイクルの実施状況とその原子力安全等への影響について検討し、その結果を取りまとめて原子力安全機関（ASN[27]）に提出しています。EDF が提出した検討結果について、ASN は 2018 年 10 月、フランス政府が進める原子力比率の縮減政策によりプルサーマル[28]を実施できる原子炉が減った場合には、再処理量が減り、貯蔵される使用済燃料の量が増えて国内の貯蔵容量がひっ迫する可能性があると指摘しています。これは、フランスが MOX 燃料[29]製造に必要な量だけ再処理を実施するというプルトニウムバランス方針を採っているためです［41］。EDF はこの指摘を踏まえ、現在はプルサーマルを実施していない炉におけるプルサーマル実施の検討を進めています［42］。

[24] Independent spent fuel storage installation
[25] Continued Storage of Spent Nuclear Fuel
[26] Électricité de France
[27] Autorité de sûreté nucléaire
[28] 2-2(3)①1)「核燃料サイクルの概念」を参照。
[29] 2-2(3)①1)「核燃料サイクルの概念」を参照。

コラム　～米国の使用済燃料の乾式貯蔵～

米国では、使用済燃料を再処理せずに直接処分する方針に転換されたことにより、一時的な保管を想定した貯蔵プールの容量ひっ迫が懸念され、使用済燃料貯蔵施設を追加的に確保する必要性が生じました。そこで、原子力事業者は1980年代初め、貯蔵プールのリラッキングのほか、原子力発電所サイトでの貯蔵容量拡大の検討を開始しました。この結果導入されたのが、サイト内に建設した独立施設での乾式キャスク貯蔵で、現在、ほとんどの原子力発電所において貯蔵プールに加えて乾式貯蔵が採用されています。

乾式貯蔵には2つの方法があります。一つは、使用済燃料を鋼製キャニスタに収納して密封し、更にそのキャニスタをコンクリート容器（キャスク）あるいは施設に収納する方法です。もう一つは、輸送及び貯蔵用に設計されたキャスク内に設置された鋼製のシェルの中に使用済燃料を収納し、キャスクを密閉する方法です。

米国における乾式キャスクによる貯蔵は、1986年の開始以来既に約30年の実績があり、安全な技術であることが実証されています。2017年1月時点で、2,400を超えるキャスクによる乾式貯蔵が行われており、10万体の使用済燃料集合体が安全に貯蔵されています。使用済燃料の乾式キャスク貯蔵施設の設置場所には、次の2つがあります［38］。

- 原子力発電所サイト内での貯蔵（AR[30]）：
  NRCの認可を得た原子力事業者は、使用済燃料の貯蔵プールの容量上限に近づいてきた場合に乾式貯蔵システムを設置できる。
- 原子力発電所サイト外での貯蔵（AFR[31]）：
  NRCの認可を得た原子力事業者は、以下のいずれかの場所に乾式貯蔵システムを設置できる。
  - 廃止された原子力発電所サイト：
    運転停止し、運転に使用された構造物の廃止措置が完了した後、使用済燃料の受入れが許可されたISFSI又は地層処分場への移送までの間、使用済燃料をサイトに暫定的に貯蔵。
  - 統合暫定保管施設（CISF[32]）：
    恒久的な処分施設で処分されるまでの間、原子炉から離れた場所で乾式キャスクで貯蔵。

米国におけるISFSIの設置状況は、2019年12月時点で次のとおりです［43］。

① 一般認可を得たISFSIを運用する原子炉サイト：65
② サイト個別認可を得たISFSI（原子炉施設サイト内あるいはサイト外）：15
③ 独立したISFSI：10

[30] At Reactor
[31] Away-From-Reactor
[32] Consolidated Interim Storage Facility

④　将来的にサイト個別認可による ISFSI を検討しているサイト：2
⑤　ISFSI 設置意向を表明していない原子炉サイト：3
⑥　少なくとも一つの ISFSI がある州：35



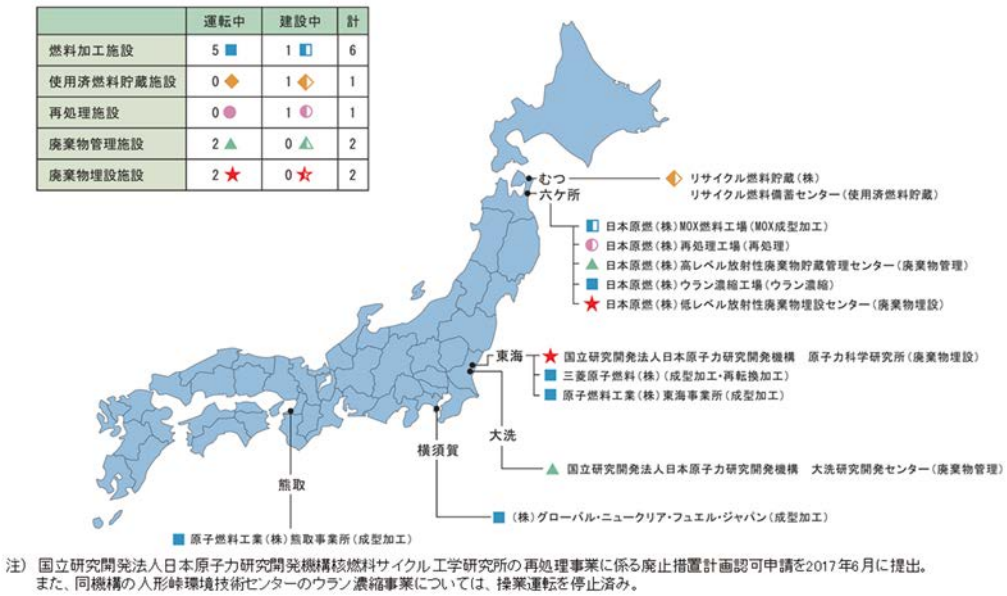


鋼鉄キャニスタとコンクリートによって密閉された使用済燃料の模式図（左）及び実際の乾式貯蔵施設（右）

（出典）NRC「Safety of Spent Fuel Storage」（2017 年）［39］

(3)　核燃料サイクルに関する取組

エネルギー資源の大部分を輸入に依存している我が国では、原子力発電所で発生する使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウム等を再び燃料として有効利用する「核燃料サイクル」の確立を基本方針としています。この基本方針に基づき、立地地域をはじめとする国民の理解と協力を得つつ、安全の確保を大前提に、国や原子力事業者等による取組が進められています（図 2-19）。



注）国立研究開発法人日本原子力研究開発機構核燃料サイクル工学研究所の再処理事業に係る廃止措置計画認可申請を2017年6月に提出。
また、同機構の人形峠環境技術センターのウラン濃縮事業については、操業運転を停止済み。

図 2-19　我が国の核燃料サイクル施設立地地点（2020 年 3 月時点）

（出典）日本原子力文化財団「原子力・エネルギー図面集」に基づき作成

このうちウラン濃縮施設や使用済燃料の再処理施設は、核兵器の材料となる高濃縮ウランやプルトニウムを製造するための施設に転用されないことを確保する必要があります。我が国は、「原子力基本法」（昭和 30 年法律第 186 号）にのっとり、原子力利用は厳に平和の目的に限り行っています。我が国の全ての核物質及び原子力活動は、IAEA 保障措置の厳格な適用を受け、原子力の平和利用を担保しています。また、核不拡散へ貢献し、国際的な理解を得ながら取組を着実に進めるため、利用目的のないプルトニウムは持たないとの原則を引き続き堅持し、プルトニウムの回収と利用のバランスを十分に考慮しつつ、プルサーマルの推進等によりプルトニウムの適切な管理と利用を行うことで、平和利用に係るプルトニウム利用の透明性向上を図っていきます。

①　核燃料サイクルの基本的考え方

1）　核燃料サイクルの概念

核燃料サイクルは、ウラン燃料の生産から発電までの上流側プロセスと、使用済燃料の中

間貯蔵や再処理、ウラン・プルトニウム混合酸化物（MOX[33]）燃料製造及び放射性廃棄物の適切な処理・処分等からなる下流側プロセスに大別されます（図 2-20）。

上流側のプロセスは、ⅰ）天然ウランの確保・採掘・製錬、ⅱ）六フッ化ウランへの転換、ⅲ）ウラン 235 の割合を高めるウラン濃縮、ⅳ）二酸化ウランへの再転換、ⅴ）ウラン燃料の成型加工、ⅵ）ウラン燃料を用いた発電からなります。

下流側のプロセスは、ⅰ）使用済燃料の中間貯蔵、ⅱ）使用済燃料からウラン及びプルトニウムを分離・回収し、残りの核分裂生成物等をガラス固化する再処理、ⅲ）ウランとプルトニウムの混合酸化物の MOX 燃料加工、ⅳ）MOX 燃料を軽水炉で利用するプルサーマル、ⅴ）放射性廃棄物の適切な処理・処分等からなります。なお、再処理を行わない政策を採っている国では、原子炉から取り出した使用済燃料については、冷却後、直接、高レベル放射性廃棄物として処分（直接処分）する方針です。

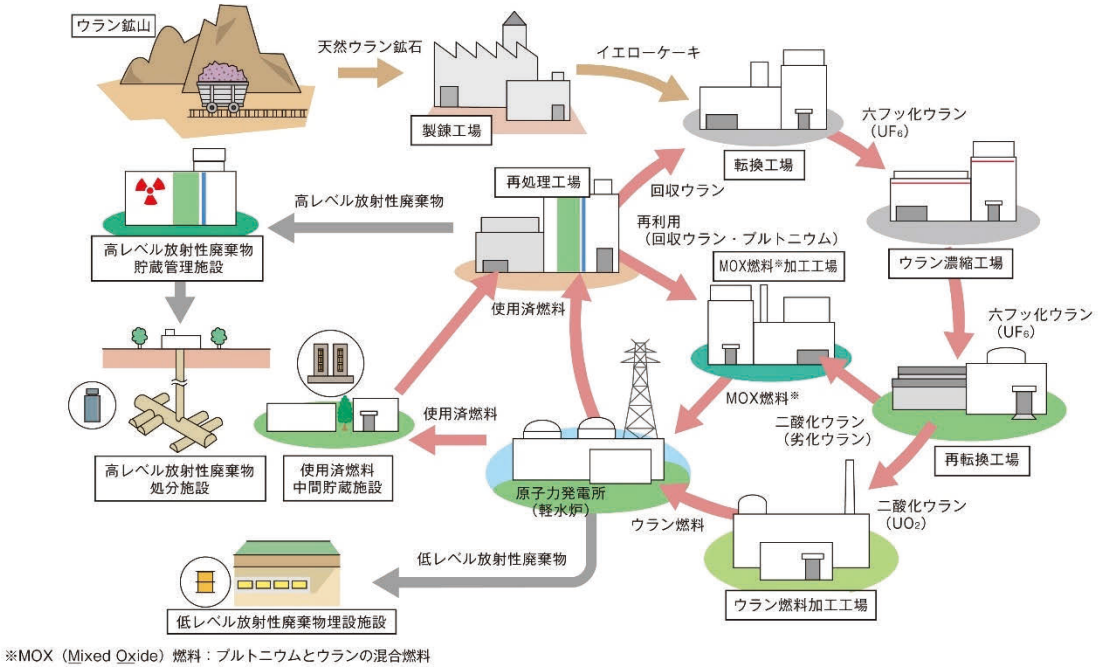


図 2-20　核燃料サイクルの概念

（出典）日本原子力文化財団「原子力・エネルギー図面集」

2）　我が国の核燃料サイクルに関する取組の基本的考え方

原子力利用に関する基本的考え方（2017年 7 月原子力委員会決定、政府として尊重する旨閣議決定）では、プルトニウム利用に当たって、利用目的のないプルトニウムは持たないという原則を引き続き堅持することを示しています。また、プルトニウムの回収と利用のバランスに十分考慮しつつ、プルサーマルを通じてプルトニウムの適切な管理と利用を

[33] Mixed Oxide

行うとともに、再処理施設の竣工、MOX 燃料加工工場の建設等を進めていくことが必要であることを指摘しています。一方、高速炉開発については、高速増殖原型炉もんじゅ（以下「もんじゅ」という。）の開発によって得られた様々な教訓や技術的知見を踏まえ、国として、電力自由化等の国内環境の変化等を勘案し、商業化の在り方や方向性を検討する必要があるとしています。

また、2018 年 7 月に原子力委員会が公表した「我が国におけるプルトニウム利用の基本的な考え方」においては、プルトニウムの需給バランスを確保し、プルトニウム保有量を減少させる方針等が示されました。なお、「我が国におけるプルトニウム利用の基本的な考え方」の詳細に関しては、第 4 章 4-1「平和利用の担保」に記載しています。

また、エネルギー基本計画では、核燃料サイクルに関する以下のような基本的考え方が示されています［2］。

i）　我が国は、資源の有効利用、高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度低減等の観点から、使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウム等を有効利用する核燃料サイクルの推進を基本的方針とする。

ii）　利用目的のないプルトニウムは持たないとの原則を引き続き堅持し、プルトニウム保有量の削減に取り組む。

iii）　核燃料サイクルに関する諸課題は、短期的に解決するものではなく、中長期的な対応を必要とする。また、技術の動向、エネルギー需要、国際情勢等の様々な不確実性に対応する必要があることから、対応の柔軟性を持たせることが重要である。

②　核燃料サイクルに関する取組

1）　天然ウランの確保

天然ウランの生産国は、政治情勢が比較的安定している複数の地域に分散しており、ウランは国内での燃料備蓄効果が高く、資源の供給安定性に優れています。図 2-21 に示すとおり、1940 年以降ウラン探査が開始され、軍事利用さらには発電利用のために生産量が伸びていきましたが、冷戦構造の崩壊後、高濃縮ウランの希釈による発電用燃料への転用が開始されたことで生産量は落ち込んでいます。一方で、需要は 2005 年頃まで一貫して増加した後、最近まで減少又は横ばいで推移していますが、この頃から、世界的な原子力発電の伸びが予想されたこと等から、ウラン価格が急上昇しました。この価格急上昇を受けて、ウラン増産プロジェクトが開始され、2011 年の東電福島第一原発事故後にウラン価格は急落したものの、現在も一定量の生産が維持されている状況です。

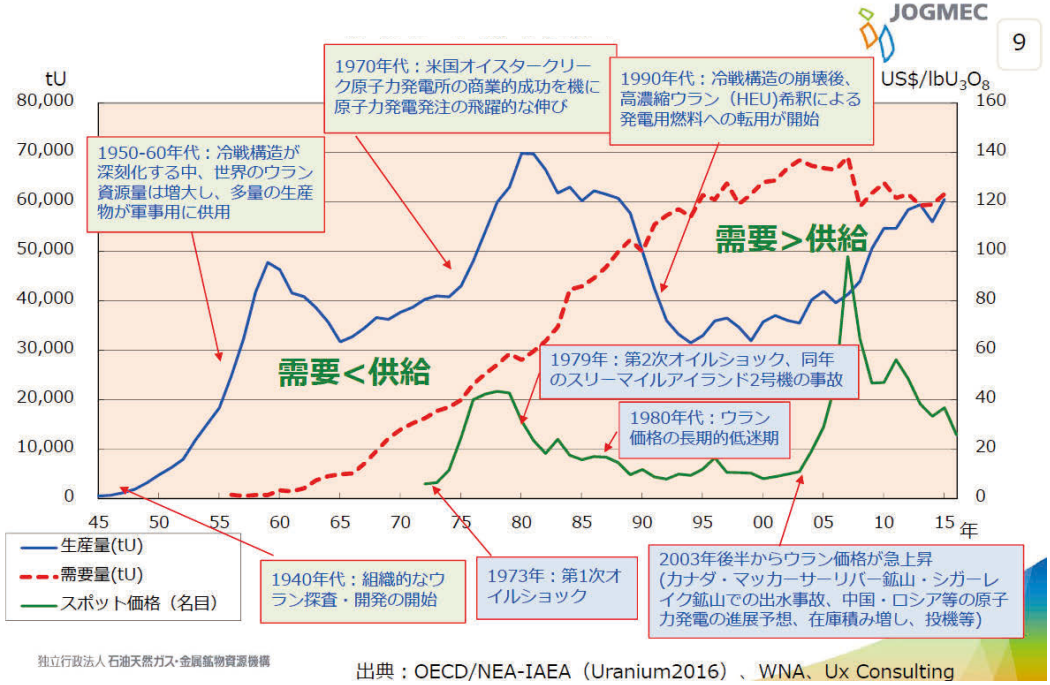


図 2-21　ウラン市場の変遷

(出典)第 11 回高速炉開発会議戦略ワーキンググループ資料 2 石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)「ウラン資源とその需給について」(2018 年)

図 2-22 では、2013 年末時点と 2015 年末時点での在来型ウラン資源量[34]が示されており、短期的には資源量は減少したように見えますが、1997 年と比較すると既知資源量は 1.3 倍に増加しており、中長期的にはウラン資源量は増加しているといえます。原子力委員会も、2018 年 12 月 18 日に公表した「高速炉開発に関する見解」において［44]、枯渇が懸念される石油や天然ガス等の資源と同様に、ウランも埋蔵量は探査技術、採掘技術の進歩とともに増加してきたとの見方があり、原子力ルネッサンスといわれていた 2000 年代後半に需要の増加を見込んで探鉱が進んだためにウラン資源量は増加していると指摘しています。

[34] ウランを主産物、共産物、副産物として行う生産に十分な歴史を持つウラン資源。

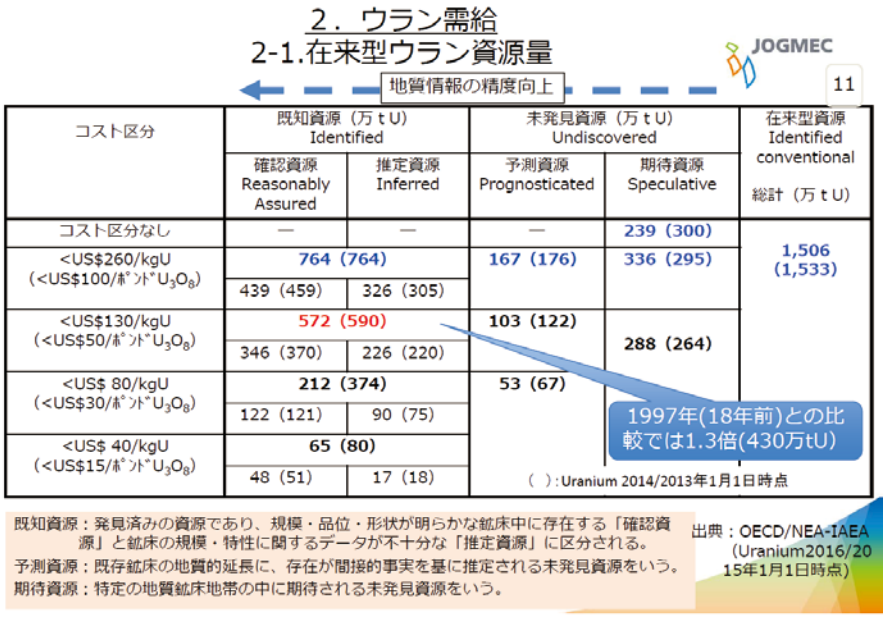


図 2-22　在来型ウラン資源量

(出典) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC)「ウラン資源とその需給について」(2018 年)

国際的なウラン価格は図　2-23 に示すとおり、1980 年代中旬以降、50 米ドル／kgU 程度で推移していましたが、2005 年以降は価格が大きく変動しており、2007 年から 2008 年にかけてスポット契約価格が急上昇した後、2009 年には急下落しています。一方で長期契約価格は 2012 年頃まで上昇を続けましたが、近年はスポット契約価格、長期契約価格とも、100 米ドル／kgU 程度で推移しています。また、ウラン需給見通しは図　2-24 に示すとおりです。

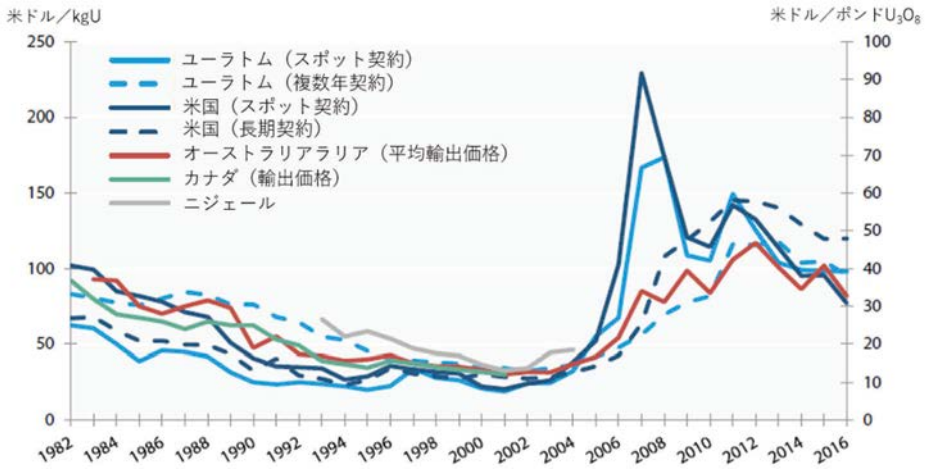


図 2-23　ウラン価格の推移

(出典) OECD/NEA & IAEA「Uranium2018:Resources, Production and Demand」(2019 年) [45]に基づき作成

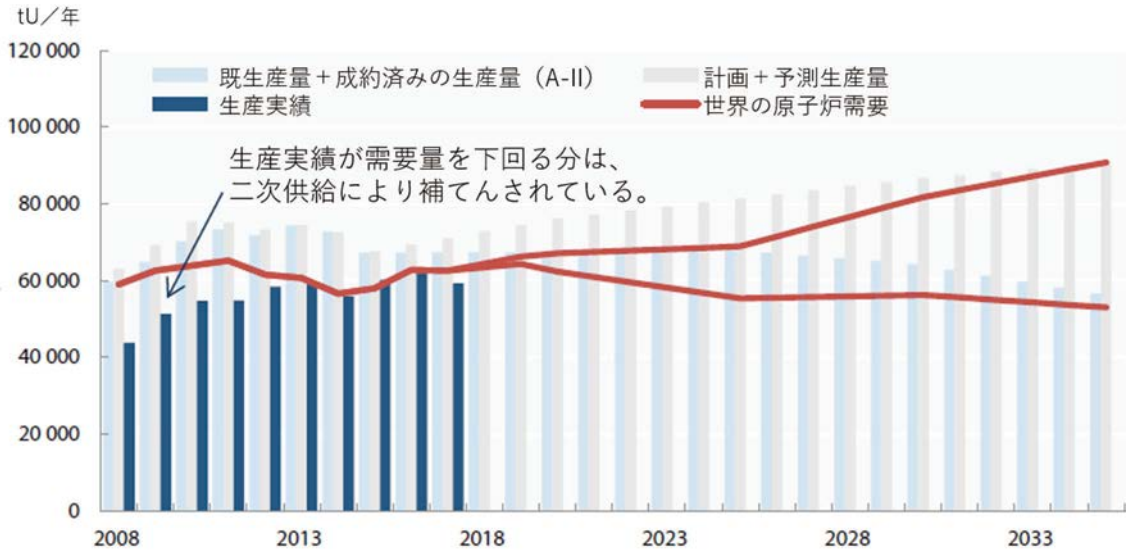


図 2-24　ウラン需給見通し

（出典）OECD/NEA & IAEA「Uranium2018:Resources, Production and Demand」(2019 年）[45]に基づき作成

我が国の電気事業者は、天然ウランの全量を海外から調達しています。中国やインド等、世界的に原子力発電が拡大し、中長期的にウラン需給ひっ迫の可能性が高まると見込まれる中、安定的に天然ウランを調達することは我が国の重要な課題です。経済産業省資源エネルギー庁は、資源国との関係強化に資する案件を中心に、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC[35]）が実施するウラン探鉱の探索への支援を実施しています［46］。

2）　ウラン濃縮

天然ウランには、原子力発電所で利用するウラン 235 が 0.7%程度しか含まれていないため、この濃度を 3～5%まで濃縮して燃料として使用しています。日本原燃株式会社の六ヶ所ウラン濃縮工場では、1992 年から六フッ化ウランを用いて濃縮ウランが生産されています。世界的には、ウラン濃縮では初期には「ガス拡散法」が用いられていましたが、現在は「遠心分離法」が利用されています。我が国では、日本原燃株式会社が開発したより高性能で経済性に優れた新型遠心分離機による濃縮ウランが生産されています。既存の遠心分離機の新型遠心分離機への変更及び新規制基準への対応のため変更許可申請が申請され、原子力規制委員会により、2017 年 5 月に事業変更の許可がなされました［47］。

なお、2015 年時点での世界全体のウラン濃縮能力は表 2-5 のとおりです［48］。

[35] Japan Oil, Gas and Metals National Corporation

表 2-5　世界のウラン濃縮能力（2015 年）

国	事業者・施設	濃縮能力（トン SWU[36]/年）
フランス	オラノ社、ジョルジュベスⅡ	7,000
ドイツ、オランダ、英国	ウレンコ社、英カーペンハースト、蘭アルメロ、独グロナウ	14,400
日本	日本原燃（株）、六ヶ所	75
米国	ウレンコ社、ニューメキシコ	4,700
ロシア	Tenex 社、アンガルスク、ノヴォウラリスク、ジェレノゴルスク、セベルスク	26,578
中国	核工業集団公司（CNNC[37]）、陝西省漢中、甘粛省蘭州	5,760
その他	アルゼンチン、ブラジル、インド、パキスタン、イランの施設	100

（出典）世界原子力協会（WNA）「Uranium Enrichment」（2020 年）に基づき作成

3）　再転換・成型加工

濃縮ウランから軽水炉用の核燃料（燃料集合体）を製造するためには、六フッ化ウランから粉末状の二酸化ウランにする「再転換」工程と、粉末状の二酸化ウランを成型、焼結し、ペレット状に加工し、被覆管の中に収納して燃料集合体に組み立てる「成型加工」工程の 2 つの工程が必要となります。

再転換工程については、国内では三菱原子燃料株式会社のみが実施しています。東電福島第一原発事故前は、国内で必要とされる量について、同社で再転換されるもののほかに、海外で濃縮し再転換された後に輸入したもので賄っていました。

成型加工工程については、国内では三菱原子燃料株式会社、株式会社グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン及び原子燃料工業株式会社の 3 社が実施しています。東電福島第一原発事故前は、加圧水型軽水炉（PWR）用と沸騰水型軽水炉（BWR）用ともに国内で必要とされる量の大部分をこの 3 社で賄っていました。

4）　使用済燃料再処理

ｲ）　使用済燃料再処理機構の設立

電力自由化が行われるなど原子力事業をめぐる事業環境が変化する中においても、再処理等が将来にわたって着実に実施されるよう、2016 年 5 月に公布された「原子力発電にお

[36] 分離作業単位の英語略で、放射性元素の同位体を分離するのに必要な作業の単位のこと。例えば、ウラン濃縮において天然ウランから濃縮ウランを製造する際に必要な作業量等。
[37] China National Nuclear Corporation

ける使用済燃料の再処理等のための積立金の積立て及び管理に関する法律の一部を改正する法律」（以下「再処理等拠出金法」という。）に基づき、同年 10 月に使用済燃料再処理機構（以下「再処理機構」という。）が設立されました（図 2-25）。

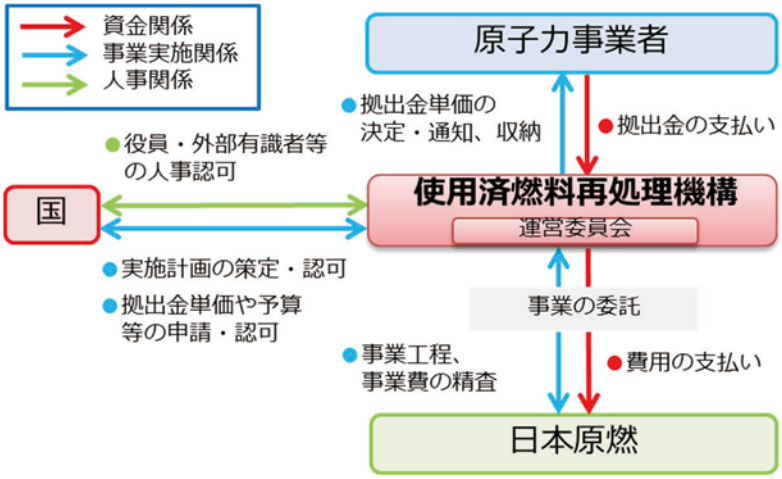


図 2-25　原子力発電における使用済燃料の再処理等のための拠出金制度の概要
（出典）資源エネルギー庁

「原子力発電における使用済燃料の再処理等の実施に関する法律」の付帯決議において、経済産業大臣が再処理機構の使用済燃料再処理等実施中期計画を認可する際には、原子力委員会の意見を聴くものとされています。現行の実施中期計画では、再処理や再処理関連加工の実施時期及び量が示されていないことから、原子力委員会は、実際に再処理を実施する前に、再処理や再処理関連加工の実施時期及び量を提示するよう要請しています［49］。2018 年 7 月に原子力委員会が公表した「我が国におけるプルトニウム利用の基本的な考え方」においても、再処理等の計画の認可に当たっては、六ヶ所再処理工場、MOX 燃料加工工場及びプルサーマルの稼働状況に応じて、プルサーマルの着実な実施に必要な量だけ再処理が実施されるよう認可を行う方針が示されました。

ロ）　むつ中間貯蔵施設及び六ヶ所再処理工場に関する取組

使用済燃料対策を着実に進める観点から、リサイクル燃料貯蔵株式会社のリサイクル燃料備蓄センター（むつ中間貯蔵施設）や日本原燃株式会社の六ヶ所再処理工場（図 2-26）について、地元の理解を得つつ、着実に竣工させることは重要な課題です。

むつ中間貯蔵施設は、2021 年度に貯蔵容量 3,000t 規模での事業開始を見込んでおり、最終的に貯蔵容量を 5,000t まで拡大する予定です［50］。2020 年 3 月時点では、原子力規制委員会において、新規制基準への適合性の審査が行われています。



図 2-26　日本原燃株式会社六ヶ所再処理工場

(出典)日本原燃株式会社「再処理事業の概要」[51]

六ヶ所再処理工場では、アクティブ試験[38]がほぼ終了しており、トラブルのあったガラス固化試験については、2013 年に社内試験を終了しています。六ヶ所再処理工場には 2000 年 12 月以降、使用済燃料受入れ・貯蔵が開始されており、2020 年 3 月末時点で約 3,393t が搬入されています [52]。そのうち、約 425t がアクティブ試験の段階で再処理されています [53]。施設の竣工時期は 2021 年度上期の予定で [54]、原子力規制委員会は 2020 年 7 月、新規制基準適合性に係る事業変更許可を決定しました [55]。

ハ)　原子力機構における取組

我が国ではこれまで、原子力機構を中心として、主に東海再処理施設において、再処理及び再処理技術に関する研究開発を行い、試験運転期間を含め 1977 年 9 月から 2007 年 5 月まで累積で約 1,140t の使用済燃料の再処理を実施しました。同施設での再処理を通じて得られた技術は、原子力機構から六ヶ所再処理工場を操業予定の日本原燃株式会社への移転が、ほぼ完了しています。

原子力機構が 2017 年 6 月に同再処理施設の廃止措置計画の認可を申請し、計画は 2018 年 6 月に原子力規制委員会から認可されました [56]。原子力機構は、当面は高放射性廃液のガラス固化等を最優先で進めることとしています。2019 年については、7 月にガラス固化処理を開始したところ [57]、機器の不具合によりガラス固化処理が中断されました [58]。そのため原子力機構は、現在、早期のガラス固化処理の運転再開に向け、今回の事象の要因を踏まえた機器の更新作業等を進めているところです [59]。

5)　ウラン・プルトニウム混合酸化物（MOX）燃料製造

日本原燃株式会社は、商用の軽水炉用民間 MOX 燃料加工施設（最大加工能力は年間 130tHM[39]）の建設を進めており（図 2-27）、2020 年 3 月時点では同施設の竣工時期は 2022 年度上期の

[38]再処理工場の操業開始に向けて実施される試験運転のうち、最終段階の試験運転として、実際の使用済燃料を用いてプルトニウムを抽出する試験のこと。
[39] MOX 燃料中のプルトニウムとウラン金属成分の質量。

予定です［60］。現在、原子力規制委員会において、この施設の新規制基準への適合性の審査が行われています。日本原燃株式会社六ヶ所再処理工場で回収されるプルトニウムは、この MOX 燃料加工施設で MOX 燃料体に加工され、我が国の軽水炉で利用される予定です。

なお、これまでに海外の再処理施設で回収された我が国のプルトニウムは、MOX 燃料体に加工され、我が国に輸送されています。また、我が国では、原子力機構を中心として、「もんじゅ」、高速実験炉原子炉施設（以下「常陽」という。）等の高速増殖炉、新型転換炉等に使用するための MOX 燃料製造（成形加工）に関する研究開発の実績があり、2010 年までに、累積で約 173tHM の MOX 燃料が製造されました［61］。

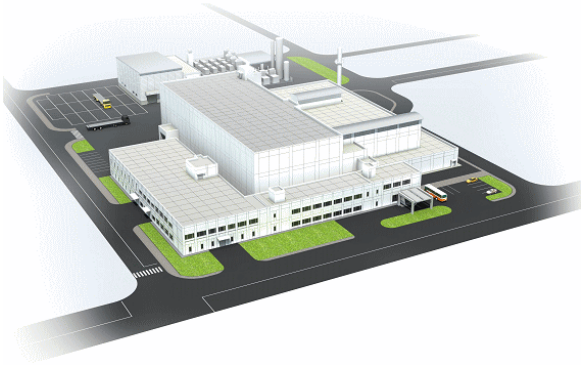


図 2-27　日本原燃株式会社 MOX 燃料加工施設（イメージ）

（出典）日本原燃株式会社「MOX 燃料加工事業の概要」［62］

6）　軽水炉による MOX 燃料利用（プルサーマル）

プルトニウムの利用においては、プルトニウムの回収と利用のバランスを十分考慮して、軽水炉での MOX 燃料利用（プルサーマル）を行うことが求められています。また、エネルギー基本計画においても、関係自治体や国際社会の理解を得つつ、プルサーマルを着実に推進することとされています。

電気事業連合会は、東電福島第一原発事故以降も、原子力委員会の「我が国におけるプルトニウム利用の基本的考え方について」（2003 年 8 月原子力委員会決定）に基づき、海外に保有するプルトニウムを含め、六ヶ所再処理工場において 800t の使用済燃料の再処理時に回収されるプルトニウムを各社で確実に利用するために導入することとしている基数である 16～18 基の原子炉で、プルサーマルを順次実施する方針を堅持しています［63］。2018 年 7 月に改定された「我が国におけるプルトニウム利用の基本的な考え方」においても、プルトニウムの需給バランスを確保し、再処理から照射[40]までのプルトニウム保有量を必要最小限とし、再処理工場等の適切な運転に必要な水準まで減少させるため、事業者に必要な指導を行い、実現に取り組む方針、また、事業者間の連携・協力を促すこと等により、海外保

[40]放射性同位体、原子炉、加速器を用いて物質に中性子、電子線、γ 線等の放射線をあてること。原子力発電所において原子炉内で核燃料に中性子をあてることも照射の一つ。

有分のプルトニウムの着実な削減に取り組む方針が明示されています。

軽水炉での MOX 燃料利用は、海外において約 7,200 体の実績（2019 年 1 月時点）があり［64］、我が国では、九州電力株式会社玄海原子力発電所 3 号機は 2009 年 12 月から、四国電力株式会社伊方発電所 3 号機は 2010 年 3 月から、東電福島第一原発 3 号機（2012 年 4 月廃止）は 2010 年 10 月から、関西電力株式会社高浜発電所 3 号機は 2011 年 1 月から、同 4 号機は 2017 年 5 月から、プルサーマルを実施した実績があります。2018 年 7 月に資源エネルギー庁が公表した 2017 年 6 月末時点での電気事業者のプルサーマル実施状況は図　2-28 のとおりです。

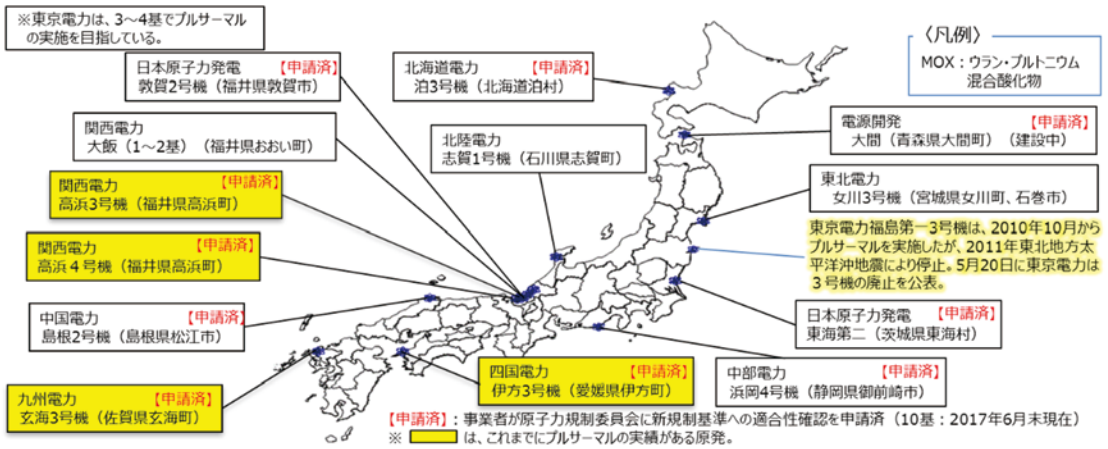


図 2-28　電気事業者のプルサーマル実施状況（2017 年 6 月末時点）

（出典）総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会（第 16 回）資料 3 資源エネルギー庁「核燃料サイクル・最終処分に向けた取組」（2018 年）［65］

7）　高速炉に関する検討状況

我が国の将来的な高速炉開発方針案の検討・策定作業を行うために設置された「高速炉開発会議」での検討を踏まえ、2016 年 12 月に開催された第 6 回原子力関係閣僚会議では、「『もんじゅ』の取扱いに関する政府方針」［66］とともに、「高速炉開発の方針」［67］が決定され、「もんじゅ」は今後、廃止措置に移行し、併せて将来の高速炉開発における新たな役割を担うよう位置付けられました。

高速炉開発会議の下で開催された「戦略ワーキンググループ」は「高速炉開発の方針」にのっとった今後 10 年程度の開発に関する戦略ロードマップ（案）を 2018 年 12 月に公表しました[41]［68］。原子力委員会は、戦略ロードマップ（案）の公表と同じタイミングで、高速炉開発に関する見解を発表しました［44］。この見解では、ロードマップ案について、民間主導のイノベーションを促進することや、多様な選択肢、柔軟性を確保すること等、これまでの原子力委員会の考え方を踏まえたものと評価し、「高速炉は原子力技術の可能性の一つ

[41] 戦略ロードマップ（案）は、2018 年 12 月 21 日の原子力関係閣僚会議で決定されました。

であるが、経済性に十分留意することが必要である。また、再処理技術が確立していることが前提である以上は、軽水炉核燃料サイクル技術の実用化の知見を十分に生かすことも重要である。国民の利益と負担の観点から、安価な電力を安全かつ安定的に供給するという原点を改めて強く意識し、多様な選択肢と柔軟性を維持しつつ、市場で使われてこそ意味のあるものとの意識で常に取り組むことが必要不可欠であろう。」と述べています。また原子力委員会は、核燃料サイクルとプルトニウム利用、ウラン資源量、高レベル廃棄物の有害度低減についても見解を示しており、同見解のまとめでは「高速炉とその核燃料サイクルは、軽水炉使用済燃料の再処理の延長上にあり、日本原燃の再処理工場の竣工と順調な運転を確認するのに今後数年間は必要である。国民の利益や原子力発電技術の維持、国際市場への対応の観点で検討を進めること、また、これまで得られてきた技術的成果や知見を踏まえて、その在り方や方向性を将来にわたって引き続き検討していくことが必要である。その際には、原子力委員会の『技術開発・研究開発に対する考え方』等にて示されている考え方を尊重することを期待する。」と述べています。

その後、2018 年 12 月に開催された原子力関係閣僚会議では、「高速炉の本格利用が期待される時期は、21 世紀後半のいずれかのタイミングとなる可能性がある」として実用化時期を延期しました。

なお、高速炉の研究開発に関しては、第 8 章 8-2「基礎基盤の強化とイノベーションの推進」に記載しています。

参考文献

1. **IEA.** Nuclear Power in a Clean Energy System.（オンライン）2019年5月.
https://www.iea.org/reports/nuclear-power-in-a-clean-energy-system.

2. **経済産業省.** 第5次エネルギー基本計画.（オンライン）2018年7月.
https://www.meti.go.jp/press/2018/07/20180703001/20180703001-1.pdf.

3. **資源エネルギー庁.** 平成30年度（2018年度）におけるエネルギー需給実績（確報）.（オンライン）2020年4月14日.
https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/pdf/stte_030.pdf.

4. **環境省.** パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略.（オンライン）2019年6月11日. http://www.env.go.jp/earth/earth/ondanka/mat1.pdf.

5. **日本原子力産業協会.** 原子力発電所の運転・建設状況.（オンライン）2020年3月5日. https://www.jaif.or.jp/cms_admin/wp-content/uploads/2020/03/jp-npps-operation20200305.pdf.

6. **原子力規制委員会.** 廃止措置中の実用発電用原子炉.（オンライン）（引用日: 2020年5月29日.）
https://www.nsr.go.jp/activity/regulation/reactor/haishi/sochichu_jitsuyou.html.

7. ―. 廃止措置中の研究開発段階発電用原子炉.（オンライン）（引用日: 2020年5月29日.）
https://www.nsr.go.jp/activity/regulation/reactor/haishi/sochichu_kenkai.html.

8. **経済産業省.** 第2部　エネルギー動向 / 第1章　国内エネルギー動向 / 第4節　二次エネルギーの動向. 平成30年度エネルギーに関する年次報告（エネルギー白書2019）.（オンライン）2019年.（引用日: 2020年3月13日.）
https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2019html/2-1-4.html.

9. **電気事業連合会.** 電気事業のデータベース（INFOBASE）.（オンライン）（引用日: 2020年3月13日.）http://www.fepc.or.jp/library/data/infobase/.

10. **原子力規制委員会.** 実用発電用原子炉の運転期間延長等に係る審査.（オンライン）（引用日: 2020年5月29日.）
http://www.nsr.go.jp/disclosure/committee/yuushikisya/tekigousei/power_plants/untenkikanencho/index.html.

11. **IEA.** World Energy Balances.（オンライン）2019年.
https://www.iea.org/reports/world-energy-balances-2019.

12. **電気事業連合会.** 電気事業のデータベース（INFOBASE)2017年版.（オンライン）2017年.（引用日: 2020年5月27日.）
https://www.fepc.or.jp/library/data/infobase/pdf/infobase2017.pdf.

13. **資源エネルギー庁.** 日本のエネルギー2019.（オンライン）2020年2月.
https://www.enecho.meti.go.jp/about/pamphlet/pdf/energy_in_japan2019.pdf.

14. －. 2019-日本が抱えているエネルギー問題（前編）. スペシャルコンテンツ. （オンライン）2019年8月13日.（引用日：2020年3月13日.）
https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/energyissue2019.html#topic02.
15. －. 特集記事『原子力』第2回　原発のコストを考える.（オンライン）2017年10月31日.（引用日：2020年3月13日.）
https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/tokushu/nuclear/nuclearcost.html.
16. **環境省.** 国連気候変動枠組条約第21回締約国会議（COP21）及び京都議定書第11回締約国会合（COP/MOP11）の結果について.（オンライン）（引用日：2020年3月13日.）
http://www.env.go.jp/earth/cop/cop21/.
17. **資源エネルギー庁.** 2019-日本が抱えているエネルギー問題（後編）. スペシャルコンテンツ.（オンライン）2019年8月15日.（引用日：2020年3月30日.）
https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/energyissue2019_2.html.
18. **環境省.** 第五次環境基本計画の閣議決定について.（オンライン）2018年4月17日.（引用日：2020年3月13日.）https://www.env.go.jp/press/105414.html.
19. －. 2017年度（平成29年度）の温室効果ガス排出量（確報値）について.（オンライン）2019年4月16日. https://www.env.go.jp/press/111337.pdf.
20. **OECD/NEA.** The Costs of Decarbonisation:System Costs with High Shares of Nuclear and Renewables.（オンライン）2019年. https://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2019/7299-system-costs.pdf.
21. **秋元圭吾.** 地球温暖化対応を踏まえたエネルギー戦略と課題. 第1回原子力委員会資料第1号.（オンライン）2017年1月10日.
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2017/siryo01/siryo1.pdf.
22. **WNA.** World Nuclear Power Reactors & Uranium Requirements Feburuary 2020.（オンライン）2020年2月.（引用日：2020年3月13日.）https://www.world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/world-nuclear-power-reactors-and-uranium-requireme.aspx.
23. **IAEA.** Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050.（オンライン）2019年. https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/19-00521_web.pdf.
24. **OECD/NEA、IAEA.** Measuring Employment Generated by the Nuclear Power Sector.（オンライン）2018年10月31日. https://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2018/7204-employment-nps.pdf.
25. **資源エネルギー庁.** 電力システム改革について.（オンライン）（引用日：2020年3月13日.）
https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/electric/system_refor

m.html.
26. **経済産業省.** 原子力損害賠償・廃炉等支援機構法の一部を改正する法律の施行期日政令及び施行令が閣議決定されました.（オンライン）2017年9月22日.（引用日：2020年3月13日.）https://www.meti.go.jp/press/2017/09/20170922002/20170922002.html.
27. **総合資源エネルギー調査会基本政策分科会電力システム改革貫徹のための政策小委員会.** 電力システム改革貫徹のための政策小委員会 中間とりまとめ.（オンライン）2017年2月. https://www.meti.go.jp/report/whitepaper/data/pdf/20170209002_01.pdf.
28. **電気事業連合会.** 自律的かつ継続的な原子力の安全性向上のための取り組み強化に向けた新組織「原子力エネルギー協議会」の設立（2018年7月1日）について.（オンライン）2018年6月15日.（引用日：2020年3月13日.）
https://www.fepc.or.jp/about_us/pr/oshirase/1258030_1458.html.
29. **WNA.** World Nuclear Association Image Library.（オンライン）2016年1月29日. https://www.world-nuclear.org/gallery/charts/us-electricity-production-costs.aspx.
30. **NEI.** NUCLEAR COSTS IN CONTEXT.（オンライン）2019年9月. https://www.nei.org/CorporateSite/media/filefolder/resources/reports-and-briefs/nuclear-costs-in-context-201909.pdf.
31. **NRC.** Backgrounder on Subsequent License Renewal.（オンライン）（引用日：2020年3月27日.）https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/subsequent-license-renewal.html.
32. **ニューヨーク州.** Governor Cuomo Announces Establishment of Clean Energy Standard that Mandates 50 Percent Renewables by 2030.（オンライン）2016年8月1日.（引用日：2020年3月24日.）https://www.governor.ny.gov/news/governor-cuomo-announces-establishment-clean-energy-standard-mandates-50-percent-renewables.
33. **電気事業連合会.** 使用済燃料貯蔵対策への対応状況について.（オンライン）2020年7月2日. https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/.
34. **原子力規制委員会.** 原子力発電所敷地内での使用済燃料の貯蔵に用いられる兼用キャスクに係る関係規則の改正等及びこれらに対する意見募集の結果について（案）.（オンライン）2019年3月13日. https://www.nsr.go.jp/data/000264349.pdf.
35. **九州電力株式会社.** 玄海原子力発電所３号機の使用済燃料プールの貯蔵能力変更等に係る原子炉設置変更許可をいただきました.（オンライン）2019年11月20日.（引用日：2020年3月13日.）http://www.kyuden.co.jp/press_191120b-1.html.
36. **経済産業省.** 使用済燃料対策推進協議会（第4回）議事要旨.（オンライン）2018年11月20日.
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/shiyozumi_nenryo/pdf/004_gijiyoshi.pdf.

37. **DOE.** United States of America Sixth National Report for the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management. (オンライン) 2017年10月. https://www.iaea.org/sites/default/files/10-20-176thusnationalreportfinal.pdf.
38. **NRC.** Storage of Spent Nuclear Fuel. (オンライン) 2020年1月31日. (引用日: 2020年5月27日.) https://www.nrc.gov/waste/spent-fuel-storage.html.
39. -. Safety of Spent Fuel Storage (NUREG/BR-0528). (オンライン) 2017年4月. https://www.nrc.gov/docs/ML1710/ML17108A306.pdf.
40. **EDF.** LA GESTION DU COMBUSTIBLE USÉ DES CENTRALES NUCLÉAIRES D'EDF. (オンライン) 2018年. https://www.edf.fr/sites/default/files/contrib/groupe-edf/producteur-industriel/nucleaire/Notes%20d%27information/la_gestion_du_combustible_use_des_centrales_nucleaires_dedf.pdf.
41. **ASN.** L'ASN rend son avis relatif à la cohérence du cycle du combustible nucléaire en France. (オンライン) 2018年10月18日. https://www.asn.fr/Informer/Actualites/L-ASN-rend-son-avis-relatif-a-la-coherence-du-cycle-du-combustible-nucleaire-en-France.
42. -. Rapport au Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires Orientations de la phase générique des quatrièmes réexamens périodiques des réacteurs nucléaires de 1300 MWe d'EDF. (オンライン) 2019年5月22日. https://www.asn.fr/Reglementer/Participation-du-public/Installations-nucleaires-et-transport-de-substances-radioactives/Archives-des-participations-du-public/Orientations-de-la-phase-generique-des-quatriemes-reexamens-periodiques-des-reacteurs-de-1-300-MW.
43. **NRC.** U.S. IndependentSpentFuelStorageInstallations (ISFSI). (オンライン) 2019年12月. https://www.nrc.gov/docs/ML1933/ML19337C178.pdf.
44. **原子力委員会.** 高速炉開発について (見解). (オンライン) 2018年12月18日. http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/kettei/181218.pdf.
45. **OECD/NEA、IAEA.** Uranium 2018: Resources, Production and Demand. (オンライン) 2019年1月4日. https://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2018/7413-uranium-2018.pdf.
46. **資源エネルギー庁.** 海外におけるウラン探鉱支援事業費補助金. 令和2年度経済産業省予算関連事業のPR資料:エネルギー対策特別会計. (オンライン) 2019年12月20日. https://www.meti.go.jp/main/yosan/yosan_fy2020/pr/en/denga_riyou_05.pdf.
47. **日本原燃株式会社.** 六ヶ所ウラン濃縮工場の核燃料物質加工事業の変更許可について. (オンライン) 2017年5月17日. (引用日: 2020年3月13日.) http://www.jnfl.co.jp/ja/release/press/2017/detail/20170517-1.html.

48. **WNA.** Uranium Enrichment.（オンライン）2020年1月.（引用日：2020年3月13日.）http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/conversion-enrichment-and-fabrication/uranium-enrichment.aspx.
49. **原子力委員会.** 使用済燃料再処理機構が策定する使用済燃料再処理等実施中期計画に対する意見について（見解）.（オンライン）2016年10月28日.
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/kettei/161028.pdf.
50. **リサイクル燃料貯蔵株式会社.** リサイクル燃料備蓄センターの事業開始時期見直しについて.（オンライン）2018年12月21日.
http://www.rfsco.co.jp/news/news/h30/news301221.pdf.
51. **日本原燃株式会社.** 再処理事業の概要.（オンライン）（引用日：2020年7月17日.）
http://www.jnfl.co.jp/ja/business/about/cycle/summary/history.html.
52. −. 再処理工場の運転情報（日報）.（オンライン）（引用日：2020年5月27日.）
http://www.jnfl.co.jp/ja/business/about/cycle/daily/spent-fuel.html.
53. −. 定例社長記者懇談会挨拶概要.（オンライン）2019年9月30日.（引用日：2020年3月13日.）https://www.jnfl.co.jp/ja/release/president-talk/2019/201909.html.
54. −. 再処理事業変更許可申請書の一部補正の主な内容について.（オンライン）2017年12月22日. http://www.jnfl.co.jp/ja/release/press/2017/detail/file/20171222-1-1.pdf.
55. **原子力規制委員会.** 日本原燃株式会社再処理事業所における再処理の事業の変更許可について（案）.（オンライン）2020年7月29日.
https://www.nsr.go.jp/data/000320507.pdf.
56. −. 日本原子力研究開発機構に東海再処理施設に係る保安規定の変更及び廃止措置計画を認可.（オンライン）2018年6月13日.（引用日：2020年3月13日.）
http://www.nsr.go.jp/disclosure/law/REP/00000263.html.
57. **国立研究開発法人日本原子力研究開発機構.** ガラス固化技術開発施設におけるガラス固化処理の開始について（お知らせ）.（オンライン）2019年7月8日.（引用日：2020年3月13日.）https://www.jaea.go.jp/02/press2019/p19070801/.
58. −. ガラス固化技術開発施設（TVF）における固化処理状況について. 第32回東海再処理施設安全監視チーム.（オンライン）2019年8月29日.
https://www.nsr.go.jp/data/000282050.pdf.
59. −. ガラス固化技術開発施設におけるガラス固化処理について（お知らせ）.（オンライン）2020年2月5日.（引用日：2020年3月13日.）
https://www.jaea.go.jp/02/press2019/p20020501/.
60. **日本原燃株式会社.** MOX燃料加工施設　核燃料物質加工事業変更許可申請書の一部補正について.（オンライン）2017年12月22日.（引用日：2020年3月13日.）
https://www.jnfl.co.jp/ja/release/press/2017/detail/20171222-2.html.

61. **国立研究開発法人日本原子力研究開発機構.** プルトニウム燃料技術開発センター施設の状況〔日報〕. (オンライン) (引用日: 2020 年 3 月 13 日.)
https://www.jaea.go.jp/04/ztokai/facilities/sisetu/PuHP/report/Today/pudaily1.htm.
62. **日本原燃株式会社.** MOX 燃料加工事業の概要. (オンライン) (引用日: 2020 年 7 月 17 日.) http://www.jnfl.co.jp/ja/business/about/mox/summary/.
63. **電気事業連合会.** 電気事業者におけるプルトニウム利用計画等の状況について. 第 10 回原子力委員会 資料第 1 号. (オンライン) 2018 年 3 月 14 日.
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2018/siryo10/siryo1.pdf.
64. **日本原子力文化財団.** 世界の MOX 利用の現状. エネ百科. (オンライン) 2019 年 9 月 2 日. (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) https://www.ene100.jp/zumen/7-5-6.
65. **資源エネルギー庁.** 核燃料サイクル・最終処分に向けた取組. 総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会 (第 16 回) 資料 3. (オンライン) 2018 年 3 月 6 日.
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/pdf/016_03_00.pdf.
66. **原子力関係閣僚会議.** 「もんじゅ」の取扱いに関する政府方針. (オンライン) 2016 年 12 月 21 日.
https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/genshiryoku_kakuryo_kaigi/pdf/h281221_siryou2.pdf.
67. -. 高速炉開発の方針. (オンライン) 2016 年 12 月.
http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/genshiryoku_kakuryo_kaigi/pdf/h281221_siryou1.pdf.
68. **高速炉開発会議戦略ワーキンググループ.** 戦略ロードマップ (案). 第 16 回高速炉開発会議戦略ワーキンググループ 資料 1. (オンライン) 2018 年 12 月 18 日.
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/kosokuro_kaihatsu/kosokuro_kaihatsu_wg/pdf/016_01_00.pdf.

URL にアクセスする際、最後の「.」は除いて下さい。

第３章　国際潮流を踏まえた国内外での取組

3－1 国際的な原子力の利用と産業の動向

世界では東電福島第一原発事故後、脱原発に転じる国々も現れた一方で、電力需要増大への対応と地球温暖化対策の両立がグローバルな課題として認識される中で、英国のように原子力を継続的に発電に利用する方針を示している国があります。また、アジア、中近東、アフリカ等では、新たに原子力開発が進展している国もあります。さらに、中国やロシア等を中心に、これらの新興国に対して積極的に自国の原子力発電技術を輸出する動きも見られます。このように社会・経済全体がグローバル化する中、世界における我が国の原子力利用の在り方が問われています。我が国の原子力関連機関は国際感覚の向上に努め、国際的な知見や経験を収集・共有・活用し、様々な仕組みを我が国の原子力利用に適用していく必要があります。

(1)　国際機関等の動向

①　国際原子力機関（IAEA）

IAEA は、原子力の平和的利用を促進すること、原子力の軍事利用への転用を防止することを目的として、1957 年に国連総会決議を経て設置されました。IAEA には 2019 年 2 月時点で 171 か国が加盟しています［1］。IAEA は発電のほか、がん治療や食糧生産性の向上等、非発電分野も含めた様々な目的のために原子力技術を活用する取組を行っています。また IAEA は、OECD/NEA の協力の下、2019 年 10 月 7 日から 11 日に「気候変動と原子力の役割に関する国際会議」を初めて開催し、各国の代表者らが気候変動目標を達成するための原子力の役割、及び原子力技術開発について情報交換と討議を行いました［2］。

現在の IAEA の事務局長はアルゼンチンのグロッシー氏で、2019 年 12 月に就任しました［3］。グロッシー氏は、2020 年 2 月に日本を訪れた際に安倍総理大臣を表敬訪問し、IAEA と日本の緊密な関係を維持することや東電福島第一原発の廃炉に関して引き続き協力すること等について述べました［4］。また、グロッシー氏は、原子力委員会定例会議に出席して日本の原子力関連機関の取組に関して原子力委員との意見交換を行ったほか、東電福島第一原発の視察も行いました［5］［6］。

②　経済協力開発機構/原子力機関（OECD/NEA）

OECD/NEA は、参加国間の協力を促進することにより、安全かつ環境的にも受け入れられる経済的なエネルギー資源としての原子力エネルギーの発展に貢献することを目的として、原子力政策、技術に関する情報・意見交換、行政上・規制上の問題の検討、各国法の調査及び経済的側面の研究等を実施しています。OECD/NEA には 2020 年 3 月時点で 33 か国が参加

しており、加盟各国代表により構成される運営委員会により運営されています［7］。また、運営委員会により選出された事務局長以下の職員にて事務局を構成しています。

OECD/NEA は原子力安全、放射性廃棄物管理分野を中心に、数多くの共同プロジェクトやデータベースを実施・運用しています。各分野で実施中・運用中の共同プロジェクト及びデータベースプロジェクトは表 3-1 のとおりです［8］。

表 3-1　OECD/NEA で実施・運用中の共同研究プロジェクト及びデータプロジェクト

分野	プロジェクト
原子力安全	・事故シミュレーションのための先進的な熱水力試験ループ（ATLAS-2）プロジェクト ・ヨウ素挙動プロジェクト（BIP-3） ・東電福島第一原発事故のベンチマーク研究（BSAF）プロジェクト ・CABRI 国際プロジェクト（CIP） ・複数火災区画火災試験（PRISME-2）プロジェクト ・ハルデン炉プロジェクト ・原子力安全のための水素影響緩和試験プロジェクト フェーズ 2（HYMERES-2） ・炉心流量喪失試験（LOFC）プロジェクト ・一次冷却系ループ試験設備（PKL-4）プロジェクト ・燃料デブリの分析に関する予備的研究（PreADES）プロジェクト ・シビアアクシデントの不確実性低減（ROSAU）プロジェクト ・燃料棒束の熱伝達試験（RBHT）プロジェクト ・ソースターム評価・緩和 プロジェクト フェーズ 2（STEM-2） ・スタズビック被覆管健全性プロジェクト（SCIP-3） ・熱水力、水素、エアロゾル及びヨウ素挙動に関するプロジェクト フェーズ 3（THAI-3）
	・ケーブル経年化に関するデータ・知見（CADAK）プロジェクト ・コンポーネント運転経験、劣化、老化プログラム（CODAP） ・火災事象記録交換（FIRE）プロジェクト ・国際共通要因故障データ交換（ICDE）プロジェクト
核科学	・先進燃料の熱力学- 国際データベース（TAF-ID） ・福島第一原子力発電所の事故進展シナリオ評価に基づく燃料デブリと核分裂生成物の熱力学特性の解明に係る協力プロジェクト（TCOFF）
放射性廃棄物管理	・原子力施設廃止措置プロジェクトに関する科学技術的情報の交換のための NEA 協力プログラム（CPD） ・熱化学データベース（TDB）プロジェクト
放射線防護	・職業被ばく情報システム（ISOE）プロジェクト

（出典）NEA ウェブサイト「NEA joint projects」に基づき作成

③　世界原子力協会（WNA）

世界原子力協会（WNA[1]）は、原子力発電を推進し原子力産業を支援する世界的な業界団体であり、情報の提供を通じて原子力発電に対する理解を広めるとともに、原子力産業界とし

[1] World Nuclear Association

て共通の立場を示し、エネルギーを巡る議論に貢献していくことを使命としています。WNAには、世界の原子炉ベンダー、原子力発電事業者に加え、エンジニアリングや建設、研究開発を行う企業・組織等、産業全体をカバーするメンバーが参加しています。WNAに加盟する事業者による原子力発電電力量は、世界の原子力発電の約70%を占めています［9］。

WNAの活動は、「原子力産業界の相互協力」、「一般向けの原子力基本情報やニュースの提供」、「国際機関やメディア等、エネルギーに関する意思決定や情報伝播に影響を持つステークホルダーとのコミュニケーション」の3つの分野に分類されます。

原子力産業界の協力に関する活動としては、2020年3月時点で15のワーキンググループが開催され、経済面、安全性、環境問題等の様々な問題において原子力産業としての意見形成を図っています。これらのワーキンググループは、IAEAやOECD/NEAをはじめとする原子力関連の国際機関との協力において、原子力産業界を代表して活動します。

また、世界原子力大学を通じて、IAEA、世界原子力発電事業者協会（WANO）、OECD/NEAと協力して原子力教育の強化やリーダーシップの育成を行っています［9］。

④　世界原子力発電事業者協会（WANO）

WANOは、チェルノブイリ原子力発電所事故を契機に、自社・自国内のみでの取組には限界があると認識した世界の原子力発電所事業者によって1989年に設立されました［10］。

WANOは本部を英国ロンドンに置き、米国のアトランタ、ロシアのモスクワ、フランスのパリ、及び東京に地域センターを設置しています。全ての会員はいずれかの地域センターに所属します。東京地域センターには、我が国の事業者のほか、中国、台湾、韓国、インド、パキスタンの原子力発電事業者が所属しています［11］［12］。

WANOは、世界の原子力発電所の運転上の安全性と信頼性を最高レベルに高めるために、共同でアセスメントやベンチマーキングを行い、更に相互支援、情報交換や良好事例の学習を通じて原子力発電所の運転性能（パフォーマンス）の向上を図ることを使命としています［13］。こうした使命に基づき、WANOでは原子力発電所に対し、他国事業者の専門家チームによるピアレビューを実施しているほか、原子力発電所の運転経験・知見の収集分析・共有、各種ガイドライン等の作成、ワークショップやトレーニングプログラムの提供等を実施しています。中でもピアレビューはWANOのプログラムの中核であり、東電福島第一原発事故後は従来6年に1度の頻度であったピアレビューを4年に1度とし、レビュー実施から2年後にフォローアップを実施しています［14］。

コラム　～クリーンエネルギーシステムにおける原子力の必要性～

世界原子力協会（WNA）は2019年に、クリーンエネルギーシステムにおける原子力の必要性に関するレポート「The Silent Giant（沈黙の巨人）」を発表しました［15］。WNAはこのレポートにおいて、国際エネルギー機関（IEA）等の報告書を引用しながら、原子力発電が高出力でクリーンなエネルギーシステムの実現に向けた近道であることや、エネルギーセキュリティの強化・気候変動による影響の緩和等にも貢献する手段であることを説明しています。

WNAは持続可能なエネルギーの拡大に向け、原子力が全世界の発電電力量に占める割合を2050年までに25％にする目標を掲げており、原子力の可能性を引き出すために、以下の3分野の課題を解決する行動が必要であるとしています。

- 電源の信頼性とエネルギーセキュリティを重視する公平な市場競争環境の構築：
  世界の電力市場は短期的視野に支配されており、持続可能になっていない。電力を安価で安定に毎日24時間供給することは、広範な社会的便益をもたらす。原子力はこれができる最も安価な電源である。
- 原子力規制の国際的な標準化：
  原子力規制が国ごとに異なり国際的に標準化されておらず、原子力に係る貿易や投資の障壁となっている。また、原子力規制が国際的に標準化されていないことにより、原子力関連の活動に不必要な規制負担がかかり、新設計の許認可の遅れや原子力イノベーションの阻害をもたらしている。
- 電力システム全体の安全性を社会的観点も含めて包括的に認識：
  電力システム全体の安全性について、健康、環境、安全等の社会的観点も含めて包括的に考える必要がある。原子力発電の健康、環境、安全面の長所が十分に認識されていない。原子力は他の発電方式に比べて、発電に起因する死者の発生数（設備容量あたりの年間死者数）が最も少ない、安全なエネルギーである。加えて、石炭ではなく原子力を用いることにより、大気汚染等に起因する死者の発生を毎年数万人単位で防ぐことができるという点等が、よりよく認識され評価されるべきである。

同レポートにおいてWNAは、短期的なものの見方をする世界では、持続可能な世界への転換における原子力発電の役割が正当に評価されず、再生可能エネルギーのみがゼロカーボンのエネルギーシステムを担うかのような言説が一般に見られることに疑問を呈しています。また、原子力は世界30か国で既に実績のある発電技術であり、持続可能なエネルギー転換を促進する触媒の役割を果たす可能性があるとしています。WNAは、天候や季節に関わらず膨大な電力量を供給可能であり、縁の下で我々の生活を支えている原子力発電を、今日のエネルギーシステムにおける「沈黙の巨人」と表現しています。

(2)　海外の原子力発電主要国の動向

①　米国

米国は、2020 年 3 月時点で 96 基の実用発電用原子炉が稼働する、世界第 1 位の原子力発電利用国であり ［16］、ボーグル原子力発電所 3、4 号機の 2 基のプラントの建設が進められています［17］。原子力発電に対しては共和・民主両党の超党派的な支持が得られており、2017 年 1 月に発足したトランプ政権も、原子力支援に非常に前向きな姿勢を示しています。同年 6 月のエネルギー週間における演説でトランプ大統領は、原子力をクリーンかつ再生可能であり、発電に伴い炭素を排出しないエネルギー源であるとし、その再興と拡大を開始するとの意向を示しました。また、米国エネルギー省（DOE）は、先進原子力技術開発プロジェクトに資金を提供するなど、研究開発の実施や支援及び税制面において新型炉の開発・実用化や原子炉の新設プロジェクトに向けた取組を推進しています。

米国において、原子力安全規制は原子力規制委員会（NRC）が担っています。NRC は、我が国でも導入に向けた取組が進められている、稼働実績とリスク情報に基づく原子炉監視プロセス（ROP）等を導入することで、合理的な規制の施行に努めています［18］。

NRC は 2019 年 12 月に、ターキーポイント原子力発電所 3、4 号機に対して 2 度目となる 20 年間の運転認可更新を承認しました。米国で 80 年運転が承認されたのはこれが初めてのことです ［19］。また、ターキーポイント 3、4 号機に続いて、2020 年 3 月にはピーチボトム 2、3 号機の運転認可更新申請も NRC により承認されました［20］。また、産業界の自主規制機関である原子力発電運転協会（INPO）や、原子力産業界を代表する組織である原子力エネルギー協会（NEI）も、安全性の向上に向けた取組を進めています。

原子力の支援に係る法律としては、2018 年 9 月に先進的な原子力技術開発等を促進する「原子力イノベーション能力法」が［21］、2019 年 1 月には NRC に対して先進炉のイノベーションや実用化に資する許認可プロセスの確立を求める「原子力エネルギーイノベーション及び近代化法」が、それぞれ成立しています［22］。

米国では、民生・軍事起源の使用済燃料や高レベル放射性廃棄物を同一の処分場で地層処分する方針に基づき、ネバダ州ユッカマウンテンでの処分場建設が計画され、DOE が 2008 年 6 月に、NRC に建設認可申請を提出しました ［23］。オバマ前政権が同プロジェクトを中止する方針であった一方で、トランプ政権は進める意向であり、2018 から 2020 会計年度の予算要求でも遂行のための予算を要求しましたが、連邦議会は同プロジェクトへの予算配分を認めませんでした。こうした中、2021 会計年度の予算要求では、ユッカマウンテン計画の膠着状態を傍観せずに代替の解決策を開発するとの方針が表明されました［24］。

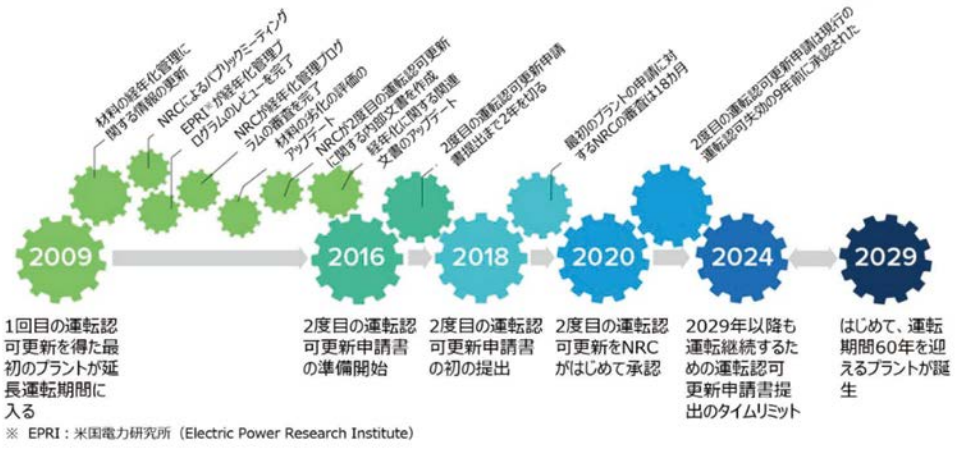
コラム　～米国における2度目の運転認可更新～

米国では、原子力発電プラントの 80 年運転に向けた運転認可更新が進められています。米国では運転開始後の運転認可は最長で 40 年有効ですが、その後最長 20 年単位での認可の更新が可能となっています。現在、多くのプラントが 1 回目の 20 年の認可更新を認められていますが、更にもう一度 20 年の認可更新が認められる事例も出てきています［25］。

原子力規制委員会（NRC）が 2019 年 12 月に、ターキーポイント原子力発電所 3、4 号機に対して 2 度目となる 20 年間の運転認可更新を承認しました。ターキーポイント 3、4 号機に続いて、2020 年 3 月には、ピーチボトム 2、3 号機の運転認可更新申請も NRC により承認されました［20］。そのほか、NRC はサリー1、2 号機の許可申請を既に受理しており、加えて、ノースアナ 1、2 号機とオコニー1、2、3 号機については、発電事業者が許可申請提出の意向を NRC に通知しています［26］。また、その他の発電事業者も、運転認可更新申請を行う意向を示しています。

20 年間の運転認可更新に関するロードマップを 2015 年に作成・公表した原子力エネルギー協会（NEI）は、その必要性について、原子力発電は米国の重要なベースロード電源であり、ゼロカーボン電源として最も多くの電力を発電しているものの、2040 年までには半分のプラントが 60 年間の運転期間を満了することになるため、電力の安定供給のためにも更なる 20 年間の運転認可更新が必要であるとしています。また、運転認可更新により、原子力発電を他の電源で代替する場合のコストや温室効果ガスの排出増を回避できることも指摘しています［27］。

NEI が示した 2 度目の運転認可更新の流れは以下のとおりです。NRC はプラントの検査、環境影響評価や厳格な安全審査を実施し、運転期間が長期にわたっても、プラントが厳格な安全基準を満足できるか否かを確認します［28］。



2 度目の運転認可更新の流れ

（出典）NEI ウェブサイト「Second License Renewal」

②　フランス

フランスでは、2020 年 3 月時点で 57 基の原子炉が稼働中です。我が国と同様にエネルギー資源の乏しいフランスは、総発電電力量の約 7 割を原子力発電で賄う原子力立国であり、その規模は米国に次ぐ世界第 2 位となっています［16］。また、10 年ぶりの新規原子炉となるフラマンビル 3 号機（EPR、165 万 kW）の建設が、2007 年 12 月以降進められています［29］。

前オランド政権下で、2015 年にエネルギー転換法が制定され、国内の原子力発電の割合を現行の 75%から 2025 年までに 50%に縮減する目標が規定されました［30］。2017 年に就任したマクロン現大統領もこの方針を踏襲したものの、2017 年 11 月に、この目標を実現するためには既存の石炭火力発電所の維持とガス火力発電所の新規建設が必要との分析結果を送電系統運用会社が提示したことを受け、政府は原子力比率の低減目標達成時期を 2025 年から 2035 年に先送りしました。また、2020 年 4 月に政府が公表した改定版多年度エネルギー計画（PPE[2]）では、2035 年の減原子力目標達成のため、14 基の 90 万 kW 級原子炉を閉鎖する方針が示される一方で、2035 年以降の低炭素電源の確保のため、原子力発電比率の維持も念頭に、6 基の EPR の新設を想定して原子炉新設の検討を 2021 年頃まで行う方針も示されています［31］。

このように原子力縮減の方向性は示されていますが、一方で、フランス政府は原子炉等の輸出を支持しています。フランスでは 2001 年に設立された AREVA SA 社が総合的な原子力事業を行ってきましたが、フィンランドでの原子力発電所建設遅延や、2011 年の東電福島第一原発事故の影響に伴う同社の経営状況の悪化を受けて、政府は原子力産業界の再編を進めました。その結果、同社は、燃料サイクル事業を担うオラノ社、原子炉製造事業を担うフラマトム社等に分割されました。フラマトム社の株式の 75.5%をフランス電力（EDF[3]）が、19.5%を三菱重工業株式会社が、5%を仏エンジニアリング会社 Assystem が保有しています［32］。また、オラノ社には、日本原燃株式会社及び三菱重工業株式会社がそれぞれ 5%ずつ出資しています［33］。フラマトム社が開発した欧州加圧水型原子炉（EPR）は、既に中国で 2 基の運転が開始されているほか、フランス、フィンランド、英国でそれぞれ 1 基ずつ建設が進められています［34］［35］［36］。

高レベル廃棄物処分に関しては、2006 年の放射性廃棄物等管理計画法に基づき、「可逆性のある地層処分」を基本方針として、放射性廃棄物管理機関（ANDRA[4]）がフランス東部ビュール近傍で高レベル放射性廃棄物等の地層処分場の設置に向けた準備を進めています。同処分場の操業開始は 2030 年頃と見込まれています［37］。

---

[2] Programmations pluriannuelles de l'énergie

[3] Electricité de France

[4] Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs

③　ロシア

ロシアでは、2020 年 3 月時点で 38 基の原子炉が稼働中で、2018 年の原子力発電比率は約 18%です。また、4 基が建設中です［16］。2019 年には、初の浮揚式原子力発電所であるアカデミック・ロモノソフ 2 基が運転を開始しました。また、高速炉についても、ベロヤルスクでナトリウム冷却型高速炉 2 基が運転中です。

原子力行政に関しては、2007 年に設置された国営企業ロスアトムが民生・軍事両方の原子力利用を担当し、連邦環境・技術・原子力監督局が民生利用に係る安全規制・検査を実施しています。

ロシアは、2030 年までに発電電力量に占める原子力の割合を 25%に高め、これまで発電に用いていた国内の化石燃料資源を輸出に回す方針です。また、原子力事業の海外展開を積極的に進めており、ロスアトムは旧ソ連圏以外のイラン、中国、インドでロシア型原子炉（VVER）を運転開始させているほか、トルコやフィンランド等にも進出しています。原子炉や関連サービスの供給と併せて、建設コストの融資や投資建設（Build）・所有（Own）・運転（Operate）を担う BOO 方式での契約も行っており、初期投資費用の確保が大きな課題となっている輸出先国に対するロシアの強みとなっています［38］。

またロシアは、政治的理由により核燃料の供給が停止した場合の供給保証を目的として、2007 年にシベリア南東部のアンガルスクに国際ウラン濃縮センター(IUEC[5])を設立し、IAEA 監視の下、2010 年以降約 120 t の低濃縮ウランを備蓄しています［39］。

④　中国

中国では、2020 年 3 月時点で 47 基の原子炉が稼働中で、設備容量は合計 4,500 万 kW を超えています。また、12 基の原子炉が建設中です［16］。原子力発電の拡大が進められており、2018 年 1 月から 2019 年 12 月までの期間に 10 基の原子炉が商業運転を開始しました。これには、米ウェスチングハウス（WH[6]）社製の AP1000 が 4 基、フランスのフラマトム社が開発した EPR が 2 基含まれています。2019 年 7 月、中国政府は山東省の栄成、福建省の漳州及び広東省の太平嶺の計 3 件の原子力発電所の建設を認可したと発表し［40］、同年 10 月には、福建省の漳州原子力発電所 1 号機（華龍 1 号）の建設が開始されました。中国政府によって原子炉の建設開始が認可されたのは約 4 年ぶりです［36］。

中国では、中国核工業集団公司（CNNC）と中国広核集団（CGN[7]）がそれぞれ軽水炉の国産化を進めてきましたが、これを統合して国産の第 3 世代炉「華龍 1 号」を開発、2015 年 12 月に両社出資による華龍国際核電技術有限公司（華龍公司）が発足しました。華龍 1 号は国内外での展開を想定しており、中国国内では 2015 年に華龍 1 号の初号機（福清 5 号機）の建設が開始されています。今後、国内で複数基の建設が予定されているほか、国外でも、華

[5] International Uranium Enrichment Centre
[6] Westinghouse
[7] China General Nuclear Power Corporation

龍 1 号を採用したパキスタンのカラチ原子力発電所 2、3 号機の建設が開始されています［36］。

なお、中国はクローズドサイクルの実現に向けた高速炉開発も進めており、2010 年には中国実験高速炉（CEFR[8]）が初臨界を達成し、2011 年に送電を開始しました。また 2017 年には、高速実証炉の建設が開始されています［36］。

前述のパキスタンに加え、英国でも、2015 年の両国首脳合意に基づき、原子力発電所新規建設への中国企業の出資が予定されており（ヒンクリーポイント C、サイズウェル C）、更には華龍 1 号の建設も検討されています（ブラッドウェル B）［41］。そのほか、中国の原子力事業者は、東欧、中東、アジア、南米においても、高温ガス炉や、AP1000 の技術に基づき中国が自主開発している CAP1400 を含む各種原子炉の建設協力に向け、協力覚書の締結等を進めています［36］。

⑤　英国

英国では、2020 年 3 月時点で 15 基の原子炉が稼働中であり、2018 年の原子力発電比率は約 18％です。1990 年代以降は原子炉の新設が途絶えていましたが、北海ガス田の枯渇や気候変動が問題となる中、英国政府は 2008 年以降一貫して原子炉新設を推進していく政策方針を掲げています。

2020 年 3 月時点では、表 3-2 に示すサイトにおいて新設計画が進められています。2018 年 12 月には、ヒンクリーポイント C 原子力発電所（HPC[9]）での建設が開始されました。



図 3-1　建設中のヒンクリーポイント C 原子力発電所

（出典）英国ビジネス・エネルギー・産業戦略省「Nuclear Sector Deal」［42］

HPC プロジェクトには仏 EDF と中国広核集団（CGN）が出資しており、両社は HPC のほか、サイズウェル C 及びブラッドウェル B 原子力発電所プロジェクトにおける EPR 建設も計画・提案中です［41］。

[8] China Experimental Fast Reactor

[9] Hinkley Point C nuclear power station

表 3-2　英国での主たる原子炉新設プロジェクト

電力会社・コンソーシアム	サイト	炉型	基数
EDF と CGN	ヒンクリーポイント C	EPR	2
EDF と CGN	サイズウェル C	EPR	2
EDF と CGN	ブラッドウェル B	華龍 1 号	2

(注)各プロジェクトへの EDF と CGN の出資比率はサイトによって異なる。
(出典)WNA のデータを基に作成

EPR のような大型炉以外にも、英国政府は小型モジュール炉（SMR[10]）の建設も検討しており、そのための技術開発支援や規制対応支援を実施しています［43］。

原子炉、特に大型炉の新設には巨額の初期投資コストが必要であり、どのように資金調達するかが大きな課題となります。HPC プロジェクトに関して、政府は差額決済制度（CfD[11]）の適用を認めています。CfD 制度は、市場における電力価格があらかじめ設定した基準価格を下回った場合に、その差額を補填する制度です［44］。これにより、EDF や CGN は長期的に安定した売電収入を得られ、初期投資を回収できる見通しを立てることができます。一方で CfD 制度に関しては基準価格の設定が高すぎるとの問題が指摘されており、政府は新たな資金調達支援策として、規制機関が認めた収入を事業者が確保できることで投資回収を保証し、金融市場の混乱等に伴う想定外のコスト上振れが発生した場合に、政府資本による資金調達も検討される可能性がある規制資産ベース（RAB[12]）モデルの導入を検討しています［45］。

なお、英国は 2016 年 6 月の国民投票の結果を受け、2020 年 1 月末に EU 及びユーラトムから離脱し、同年末までの移行期間に入っています［46］。英国政府は、ユーラトム離脱後も原子力平和利用に関する国際協力を維持していくため、IAEA と 2018 年 6 月に保障措置協定及び追加議定書［47］を締結するとともに、米国と 2018 年 5 月に、オーストラリアと同 8 月に、カナダと同 11 月に、それぞれ二国間協定を締結しました［48］。

高レベル廃棄物処分に関しては、英国政府は 2006 年 10 月、国内起源の使用済燃料の再処理で生じるガラス固化体について、再処理施設内で貯蔵した後、地層処分する方針を決定しました。2018 年 12 月に公開した白書「地層処分の実施－地域との協働：放射性廃棄物の長期管理」に基づき、地域との協働に基づくサイト選定プロセス開始しています［49］。

⑥　韓国

韓国では、2020 年 3 月時点で 24 基の原子炉が運転中で、2018 年の原子力発電比率は約

[10] Small Modular Reactor
[11] Contract for Difference
[12] Regulated Asset Base

24%です。また、4 基の原子炉が建設中です［16］。韓国政府は、エネルギーの安定供給や気候変動対策に取り組むため、二酸化炭素の排出が少ない電源として原子力発電を維持する方針を示し、原子力技術の国産化と次世代炉の開発等、積極的な原子力政策を進めてきました。しかし、2017 年 5 月に発足した文在寅（ムン・ジェイン）政権は、新増設を認めず、設計寿命を終えた原子炉から閉鎖する漸進的な脱原子力を進める方針を掲げました。政府は討論型世論調査の結果を踏まえ、2017 年 10 月に、建設中の新古里 5、6 号機については建設継続を認めましたが、計画段階にあった 6 基の新設は白紙撤回し、設計寿命満了後の原子炉の運転延長を禁止する脱原子力ロードマップを決定しました［50］。

ただし、文政権は、国内で脱原子力政策を進める一方で、輸出については国益にかなう場合は推進する方針を打ち出しています。韓国電力公社（KEPCO[13]）は 2012 年から、アラブ首長国連邦（UAE[14]）のバラカ原子力発電所において、4 基の韓国次世代軽水炉 APR-1400 の建設を進めてきました。2018 年には 1 号機が竣工し、2020 年 2 月に同機に対し 60 年の運転認可が発給され、2020 年 3 月には燃料の初装荷が完了しました［51］［52］。

また韓国政府はそのほかにも、サウジアラビア、チェコ等の原子炉の新設を計画する国に対してアプローチしています。サウジアラビアとは 2015 年に、10 万 kW 級の中小型原子炉（SMART[15]）の共同開発の覚書を締結しています。ヨルダンには熱出力 0.5 万 kW の研究用原子炉を建設し、2016 年に初臨界を達成しました［50］。

⑦　カナダ

カナダは世界有数のウラン生産国の一つであり、世界全体の生産量の約 22%を占めています［53］。カナダでは、2020 年 3 月時点で 19 基の原子炉がオンタリオ州（18 基）とニューブランズウィック州（1 基）で稼働中であり、2018 年の原子力発電比率は約 15%です。原子炉は全てカナダ型重水炉（CANDU 炉）であり、国内で生産される天然ウランを濃縮せずに燃料として使用しています［54］。

現在や将来の電力需要に対応するために、州政府や原子力事業者は原子炉の新増設よりも、既存原子炉の改修・寿命延長計画を優先的に進めています［54］。その一方で、SMR の研究開発には力を入れており、2018 年 11 月には州政府や電気事業者等で構成される委員会により、SMR による低炭素社会の実現や国際的な開発競争における主導権の確保に向けたロードマップが策定されました。ロードマップでは、SMR の実証と実用化、政策と法制度、公衆の関与や信頼、国際的なパートナーシップと市場の 4 分野で、連邦・州政府や事業者らに、資金やリスクシェアの体制、効率的な許認可制度の構築等を促す勧告を提示しています

[13] Korea Electric Power Corporation
[14] United Arab Emirates
[15] System-integrated Modular Advanced ReacTor

[55]。カナダでは、カナダ原子力研究所（CNL[16]）が同研究所の管理サイトにおけるSMRの実証施設建設・運転プロジェクトを進めているほか［56]、安全規制機関であるカナダ原子力安全委員会（CNSC[17]）が、小型炉や先進炉を対象とした許認可前ベンダー設計審査を進めています［57]。CNSCは2019年8月に米国NRCと、先進炉・SMRの技術審査効率向上に向けた協力覚書を締結し［58]、2019年12月には、カナダのテレストリアルエナジー社が開発中の一体型溶融塩炉（IMSR[18]）を、NRCと共同で技術審査を実施する初めての非軽水炉型先進炉として選定しました［59]。カナダや米国における新型炉の開発は、顧客を想定し、商業化を前提とした企業主体の取組を、国や国の研究開発機関が支援することで行われています。

高レベル放射性廃棄物の管理・処分について、カナダは使用済燃料の再処理を行わない方針を採っており、使用済燃料は原子力発電所サイト内の施設で保管されています。2002年に核燃料廃棄物法が制定され、処分の実施主体として核燃料廃棄物管理機関（NWMO[19]）が設立されました。NWMOが国民対話等の結果を踏まえて政府に提案し、採用された使用済燃料の長期管理アプローチに基づき、処分サイト選定プロセスが進められており、現在は2か所の自治体を対象として現地調査が実施されています［60]。

米国、フランス、ロシア、中国、英国、韓国、カナダ以外の、原子力発電を行っている諸外国の動向については、資料編「6. 世界の原子力の基本政策と原子力発電の状況」にまとめています。

(3) 原子力産業の国際的動向

我が国では、2006年10月の株式会社東芝による米国WH社買収を皮切りに、株式会社日立製作所と米国ゼネラルエレクトリック（GE）社がそれぞれの原子力部門に相互に出資する新会社の設立、さらに、三菱重工業株式会社は仏AREVA NP社（現在は機能の一部をフラマトム社に移管）と合弁会社ATMEAを設立するなど、各社とも国外企業との関係を強化してきました。

しかし、株式会社東芝は、2017年3月のWH社による米国連邦倒産法第11章に基づく再生手続の申立て［61]により、2018年8月に、カナダに本拠を置く投資ファンドのブルックフィールド・ビジネス・パートナーズ（BBP）へのWH社の全株式の譲渡を完了しています［62]。また、株式会社日立製作所は、2019年1月に、英国における原子力発電所建設プロジェクトの凍結を公表しています［63]。

米国では、WH社とGE社が海外受注の獲得に向けて活動しています。フランスのEDFは、中国、インド、英国におけるEPRの建設・運転に関わっています。またAREVA SA社は、フ

16 Canadian Nuclear Laboratories
17 Canadian Nuclear Safety Commission
18 Integral Molten Salt Reactor
19 Nuclear Waste Management Organization

ィンランドで EPR の建設に関わっています。ロシアでは、2007 年 12 月に国営企業ロスアトムの傘下に原子力関連の全事業を一元化し、旧ソ連諸国のほか、世界の原子力新興国に広く展開を図っています。韓国は、次世代軽水炉 APR-1400 を開発し、国内建設に続いて UAE で 4 基建設し、更なる海外展開を図ろうとしています。また中国の原子炉メーカーも、海外からの導入技術を踏まえ、100 万 kW 級の国産炉の開発や輸出を進めています。

諸外国における産業動向に関しては、資料編 「6　世界の原子力の基本政策と原子力発電の状況」にまとめています。

コラム　～世界の原子力発電所の新規建設：製造・建設経験の継承が重要～

世界では、各地で原子力発電所の新規建設が行われています。中国は最も新規建設が盛んな国で、国産炉の華龍 1 号のみならず、フランス製 EPR、米国製 AP1000、ロシア製 VVER をほぼ計画通りに建設しています。一方、フィンランドとフランスで建設中の EPR と米国で建設中の AP1000 は、先行する豊富な建設実績がなく、工期が大幅に遅延したため、建設費が大幅に増加し、メーカーや電力会社の経営を圧迫しました。さらに、初号機であったこと以外にも、建設遅延には様々な理由が指摘されており、例えばフランスの EPR 建設遅延に関しては、以下のような建設遅延の理由が挙げられています［64］。

- 新規建設が長年なかったことによる、建設や溶接等の機器製造に関する知見・技術・経験の喪失
- 建設コストやスケジュールの当初見積りの甘さ
- プロジェクトのガバナンスの不適切さや下請業者との関係上の問題
- 継続的な規制対応

一方、中国における EPR や AP1000 の建設では、フィンランド、フランス、米国における建設ほどの大幅な遅延は発生せず、これら 3 国に先駆けて EPR と AP1000 が運転開始しています。UAE における韓国型軽水炉の建設も、ほぼ計画通りに進みました。その理由は、中国や韓国では様々な炉型の新規建設経験が維持・蓄積されていたためと考えられています。

コラム　～原子力発電所の輸出:海外市場も念頭に置いた開発と国内利用～

米国は、加圧水型軽水炉（PWR）と沸騰水型軽水炉（BWR）を開発し、国内に多数の軽水炉を建設しました。それとともに、当時の西側諸国を中心として、世界各国にライセンス供与等により輸出してきました。英国は炭酸ガス冷却黒鉛減速炉を開発して日本とイタリアに、カナダはカナダ型重水炉を開発し数か国に、それぞれ輸出してきました。

ドイツ、フランスは、米国からの技術導入で軽水炉の利用を始めましたが、習得した技術で国産化を果たし、自国に軽水炉を建設しつつ、輸出を進めてきました。以下の表には、輸出されて商業運転開始に至ったプラントと、それぞれの運転開始年をまとめました。

中国は、フランスから大型 PWR（90 万 kW 級）を輸入して大亜湾に建設し、発電した電力を香港へ供給するとともに、相次ぐ建設によって技術を習得し、大型 PWR を中国各地に建設しました。国産化した大型 PWR は華龍 1 号と名付けられて英国等に輸出されようとしています。並行して、小型 PWR（30 万 kW 級）を国産炉として開発し、秦山に建設するとともに、パキスタンに輸出しています。

世界の主要国では、国内利用のために原子力発電所を国産化するとともに、開発した原子力発電所の輸出が行われてきています。

諸外国が開発した原子炉と輸出実績

国名	炉型	輸出先国と初のプラントの運転開始年
米国	BWR	イタリア（1964）、オランダ（1969）、インド（1969）、日本（1970）、スペイン（1971）、スイス（1972）、台湾（1978）、メキシコ（1990）
	PWR	ベルギー（1962）、イタリア（1965）、ドイツ（1969）、スイス（1969）、日本（1970）、スウェーデン（1975）、韓国（1978）、スロベニア（1983）、台湾（1984）、ブラジル（1985）、英国（1995）、中国（2018）
英国	黒鉛減速炭酸ガス冷却型原子炉（GCR）	イタリア（1964）、日本（1966）
フランス	GCR	スペイン（1972）
	PWR	ベルギー（1975）、南アフリカ（1984）、韓国（1988）、中国（1994）
カナダ	カナダ型重水炉（CANDU）	パキスタン（1972）、インド（1973）、韓国（1983）、アルゼンチン（1984）、ルーマニア（1996）、中国（2002）
ドイツ	PWR	オランダ（1973）、スイス（1979）、スペイン（1988）、ブラジル（2001）
	圧力容器型重水炉	アルゼンチン（1974）
スウェーデン	BWR	フィンランド（1979）
ロシア（旧ソ連）	黒鉛減速沸騰軽水圧力管型原子炉（RBMK）	ウクライナ（1978）、リトアニア(1985)
	ロシア型原子炉（VVER）	ブルガリア（1974）、フィンランド（1977）、アルメニア（1977）、スロバキア（1980）、ウクライナ（1981）、ハンガリー（1983）、中国（2007）、イラン（2013）、インド（2014）
中国	PWR	パキスタン（2000）

（出典）IAEA「Country Nuclear Power Profiles 2019」[65]に基づき作成

3－2 環境社会や安全に関する配慮等

東電福島第一原発事故後も、国際社会においては、多くの国が原子力を継続的に利用しており、新規導入を検討する国もあります。我が国としても、東電福島第一原発事故の教訓を踏まえ、高い品質を持つ原子力技術等を諸外国に提供することを通じて、国際的な原子力利用に貢献していく必要があります。我が国の原子力産業が国際展開する上で、国や原子力関係事業者等は、国際ルールに従いつつ、厳格かつ適切に対応することが必要です。

(1)　原子力施設主要資機材の輸出等における環境社会や安全に関する配慮

我が国の原子炉施設において使用される主要資機材の輸出等を行う際に、公的信用付与実施機関（株式会社日本貿易保険（NEXI[20]）や株式会社国際協力銀行（JBIC[21]））が公的信用（貿易保険、融資等）を付与する場合には、「OECD 環境及び社会への影響に関するコモンアプローチ」（2001 年、以下「コモンアプローチ」という。）[22]遵守の一環として、NEXI 及び JBIC は、対象となるプロジェクトについて、環境や地域社会に与える影響[23]を回避又は最小化し、受け入れることができないような影響をもたらすことがないよう、プロジェクト実施者によって適切な配慮がなされているかについて確認を行う[24]こととしています。

これに加えて、NEXI 及び JBIC は、公的信用を付与するか否かの決定に際して、国際認識も踏まえ対象となるプロジェクトの実施者が情報公開や住民参加への配慮を適切に行っているかを確認するための指針[25]を策定し、2018 年 4 月から指針の運用を開始しています。

また、安全に関しては、同様に上記のコモンアプローチ遵守の一環として、国は、輸出相手国において安全確保等に係る国際的取決めが遵守されているか、国内制度が整備されているか等について事実関係の確認を行い、NEXI 及び JBIC に対し情報提供を行う[26]こととしています［66］。

---

[20] Nippon Export and Investment Insurance

[21] Japan Bank for International Cooperation

[22] 途上国等へのインフラ投資において環境や社会への影響に配慮すべきとの問題意識から、輸出国が公的信用付与を行うに当たっては、事前に環境や社会に与える潜在的影響について評価することを求めるもので、OECD 加盟国に対して道義的義務が課されています。なお、これまでに 2003 年、2005 年、2007 年、2012 年、2016 年に改定され、2012 年の改定では、参照すべき国際基準として、原子力の安全に関する条約及び IAEA 基準が例示されました。

[23] 環境や地域社会に与える影響としては、大気、水、土壌、廃棄物、事故、水利用、生態系及び生物相等を通じた人間の健康と安全への影響及び自然環境への影響、人権の尊重を含む社会的関心事項（非自発的住民移転、先住民族、文化遺産、景観、労働環境、地域社会の衛生・安全・保安等）、越境又は地球規模の環境問題への影響が含まれます。

[24] NEXI は「貿易保険における環境社会配慮のためのガイドライン」、JBIC は「環境社会配慮確認のための国際協力銀行ガイドライン」に即して確認を行います。

[25] NEXI は「貿易保険における原子力プロジェクトにかかる情報公開配慮のための指針」、JBIC は「原子力プロジェクトにかかる情報公開配慮確認のための指針」を策定しました。

[26] 国は、「原子力施設主要資機材の輸出等に係る公的信用付与に伴う安全配慮等確認の実施に関する要綱」（2015 年 10 月 6 日原子力関係閣僚会議）に即して確認を行います。

3−3 グローバル化の中での国内外の連携・協力の推進

我が国は、グローバル化の中での原子力の平和利用において、国際機関への支援等を通じて国内外での連携や協力を進め、東電福島第一原発事故の経験と教訓を世界と共有しつつ、国際社会における原子力の安全性強化に取り組んでいく必要があります。IAEA は、グロッシー事務局長の下、国際社会における気候変動対策や社会・経済的発展において、発電分野をはじめとする原子力技術が重要な役割を果たすとの評価を示しています。こうした原子力の役割を踏まえ、世界では原子力の平和利用を継続する先進国に加え、新たにこの利用を導入・拡大する途上国が存在しています。我が国は途上国、先進国との間で、二国間、多国間の協力を推進するとともに、国際機関の活動にも積極的に関与しています。

(1) 国際機関への参加・協力

IAEA や OECD/NEA においては、原子力施設及び放射性廃棄物処分の安全性、原子力技術の開発や核燃料サイクルにおける経済性、技術面での検討等、技術的側面を中心に、これに政策的側面を併せた活動が行われています。

① IAEA を通じた我が国の国際協力

IAEA は、発電分野、及び保健・医療、食糧・農業、環境・水資源管理、産業応用等の非発電分野に係る原子力技術の平和的利用の促進に取り組んでいます。その関係で、2018 年 11 月 28 日から 30 日には、原子力科学技術の応用と持続可能な開発目標（SDGs）達成に向けた取組の促進を目的とした IAEA 原子力科学技術閣僚会議が IAEA 本部で開催され、137 か国から約 1,100 名の代表団が参加し、54 か国から閣僚・政務レベルの代表者が参加しました［67］。

我が国は、原子力の平和的利用の促進にかかる IAEA の活動を支援するため、IAEA に対する拠出金を通じた支援を行うほか、我が国の研究機関、大学、企業等も、専門家の派遣、研修員の受入れ、関連会合のホスト等を通じて、人的、技術的、財政的な支援を行っています。

1) 我が国の拠出金を通じた支援

IAEA は、原子力の平和的利用促進の一環として、途上国を中心とする IAEA 加盟国に対して、原子力技術に係る技術協力活動を実施しています。我が国は同活動の主要な財源である技術協力基金（TCF[27]）の分担額の全額を 1970 年以降一貫して拠出し、IAEA の同活動を支援しています。

また、我が国は、原子力の平和的利用の促進に係る IAEA の活動を支援するため、平和的利用イニシアティブ（PUI[28]）を通じた支援も行っています。PUI は、2010 年 5 月に開催さ

[27] Technical Cooperation Fund
[28] Peaceful Uses Initiative

れた核兵器不拡散条約（NPT[29]）運用検討会議にて、原子力の平和的利用分野における IAEA の活動を促進するための追加的な財源として設立されました。PUI に対しては、現在 24 か国及び欧州委員会（EC[30]）が拠出を行っており、これまでに約 1.5 億ユーロが拠出されています（2020 年 3 月末時点）［68］。我が国もこれまでに、合計 3,400 万ドル以上（政府開発援助、米国等に次ぐ 4 番目の拠出額）を拠出し、IAEA の取組を支援しています［69］。IAEA のプロジェクトには国内の大学・研究機関、企業等が参画・協力しており、PUI 拠出により国内組織と IAEA の連携を強化し、我が国の優れた人材・技術の国際展開も支援しています。

2）　原子力科学技術に関する研究、開発及び訓練のための地域協力協定（RCA）に係る協力

「原子力科学技術に関する研究、開発及び訓練のための地域協力協定（RCA[31]）」は、IAEA の活動の一環として、アジア・大洋州地域の IAEA 加盟国を対象に、原子力科学技術分野での共同研究や技術協力を促進・調整することを目的として 1972 年に発効しました（我が国は、1978 年より締約国）。2020 年 3 月時点で、我が国を含む 22 の締約国が、RCA の下で実施される農業、医療・健康、環境、工業分野の技術協力プロジェクトに参加しています［70］。

我が国は、RCA 総会、RCA 政府代表者会合、ワーキンググループ会合等への出席を通じて、RCA の政策の決定に積極的に関与しているほか、我が国の専門家や研究機関、大学や病院の協力の下、各分野のプロジェクトに参画し、関連会合の開催や専門家派遣等を含む様々な協力を行っています。特に、放射線医療分野において長年主導的な役割を果たしており、アジア・大洋州地域のがん治療の発展に貢献しています。

3）　原子力安全の向上

IAEA を中心として、加盟国の原子力安全の高度化に資するべく国際的な規格基準の検討・策定が行われており、我が国も、原子力施設、放射線防護、放射性廃棄物及び放射性物質の輸送に係る IAEA 安全基準文書[32]の継続的な見直し活動に協力しています。

また、東電福島第一原発事故後、IAEA と我が国は事故対応と国際的な原子力安全強化のため緊密に協力してきています。IAEA は 2013 年 5 月、福島県内に原子力事故対応等のための IAEA 初となる緊急時対応援助ネットワーク（RANET[33]）の研修センター（CBC[34]）を指定し

---

[29] Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons

[30] European Commission

[31] Regional Cooperative Agreement for Research, Development and Training Related to Nuclear Science and Technology

[32] 安全原則（Safety Fundamentals）、安全要件（Safety Requirements）、安全指針（Safety Guides）の 3 段階の階層構造となっており、各国の上級政府職員で構成される安全基準委員会で承認を経て策定されます。現在、約 130 件の安全基準文書が策定されています［106］。

[33] Response and Assistance Network：
2000 年に IAEA 事務局により設立された原子力事故又は放射線緊急事態発生時の国際的な支援の枠組み。2020 年 3 月時点の参加国は日本を含む 35 か国。

[34] Capacity Building Centre

[71]、さらに 2017 年 9 月には国内 2 例目となる CBC として、量研放射線医学総合研究所（以下「量研放医研」という。）を指定しました［72]。CBC では、国内及び IAEA 加盟国の原子力事故対応等に関わる政府関係者等向けに、原子力緊急事態時の準備及び対応の強化を目的とした IAEA ワークショップが 1 年に数回程度開催されており、2019 年度は計 3 回のワークショップが開催されました［73］［74］［75]。

4)　原子力発電の導入に必要な人材育成

我が国は、IAEA による原子力発電の新規導入国が国内基盤整備を行うための支援に協力しており、その一環として、世界各国の将来の原子力エネルギー計画を主導する人材育成を目的とする「IAEA 原子力エネルギーマネジメントスクール」のアジア版を開催しています。2019 年 7 月から 8 月に東京、福島、福井、兵庫で開催された第 8 回マネジメントスクールでは、原子力委員会の岡委員長をはじめ様々な専門家による原子力利用に関する講義や原子力関連施設の見学、研修生によるグループワーク等を行いました［76]。

5)　革新的原子炉及び燃料サイクルに関する国際プロジェクト（INPRO）

革新的原子炉及び燃料サイクルに関する国際プロジェクト（INPRO[35]）は、エネルギー需要増加への対応の一環として、2000年にIAEAの呼びかけにより発足したプロジェクトです。安全性、経済性、核拡散抵抗性等を高いレベルで実現し、原子力エネルギーの持続可能な発展を促進する革新的システムの整備のための国際協力を目的としています。主たる活動は、経済性、インフラ、廃棄物管理、核不拡散性、核物質防護、安全性、資源枯渇による環境への影響の7つの観点から革新的システムを評価する方法論の開発、これを用いた原子力システムの評価、研究開発への協力、各国の戦略的かつ長期的な計画の支援です。我が国は2006年から参加しており、2020年3月時点で、41か国と1機関（EC）が参加しています［77］［78]。

②　OECD/NEA を通じた原子力安全研究

我が国は、OECD/NEA における様々な原子力安全研究等にも参加しています。例えば、「東電福島第一原発事故のベンチマーク研究（BSAF）プロジェクト」では、我が国が中心となって、炉心溶融した原子炉の過酷事故の進展や原子炉の現状に関する知見を提供しています［79]。また、我が国は、各国規制機関の協力強化、新設計原子炉の安全性向上のための参考となる規制実務、基準確立を目的として OECD/NEA が 2006 年に開始した多国間設計評価プログラム（MDEP[36]）にも参加しています［80]。

---

[35] International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles
[36] Multinational Design Evaluation Programme

コラム　～IAEA 総会～

IAEA 総会は、毎年 1 回、加盟各国の閣僚級代表が参加してウィーン（オーストリア）の IAEA 本部で開催されています。2019 年 9 月 16 日から 20 日に第 63 回総会が開催され、日本政府代表として竹本内閣府特命担当大臣が一般討論演説を行い、以下のような我が国の取組について説明しました［81］。

- 天野前事務局長追悼（天野前事務局長が掲げた「平和と開発のための原子力」の象徴である、IAEA サイバースドルフ原子力応用研究所の改修事業を完遂させるための、100 万ユーロの支援決定等）
- 北朝鮮の核問題（関連する国連安全保障理事会決議に従った、北朝鮮の全ての大量破壊兵器及びあらゆる射程の弾道ミサイルの完全な、検証可能な、かつ不可逆的な方法での廃棄の実現のために国際社会と協働していくという強いコミットメントの再確認等）
- イランの核合意（核合意の支持、核合意の上限を超過するイランの措置に対する強い懸念の表明、天野前事務局長が推進した中立性、専門性に立脚する検証・監視の支持等）
- 2020 年 NPT 運用検討会議（意義ある成果を上げるべく取り組む旨の表明等）
- 保障措置の強化・効率化（保障措置の更なる強化・効率化に向けた IAEA の取組の支持）
- 核セキュリティの強化（東京 2020 大会をはじめとする大規模公共行事における核テロ対策に万全を期す旨の表明等）
- 東電福島第一原発事故後の取組（多核種除去設備（ALPS[37]）で処理された水は、トリチウム以外の放射性物質がほとんど取り除かれたものであり、その最終的な取扱いについて検討を行っている旨の説明等）
- その他（我が国のエネルギー政策、放射性廃棄物最終処分及び廃止措置、核融合研究開発の重要性等に関する説明、及び、原子力の平和的利用の促進と核不拡散体制強化に一層貢献していく強い決意の表明）



IAEA 総会で演説する竹本内閣府特命担当大臣

（出典）内閣府「第 63 回国際原子力機関（IAEA）総会に出席」［82］

[37] Advanced Liquid Processing System

(2)　二国間原子力協定及び二国間協力

①　二国間原子力協定に関する動向

我が国は、移転される原子力関連資機材等の平和利用及び核不拡散の確保等を目的として、二国間協力協定を締結しています。2020 年 3 月時点で、我が国は、カナダ、オーストラリア、中国、米国、フランス、英国、ユーラトム、カザフスタン、韓国、ベトナム、ヨルダン、ロシア、トルコ、UAE 及びインドとの間で原子力協定を締結しています［83］。なお、我が国を含む主要国（米国、フランス、英国、中国、ロシア、インド）における、二国間原子力協定に関する最近の主な動向は以下のとおりです（表 3-3）。

表 3-3　諸外国における二国間の原子力協定に関する最近の主な動向（過去 3 年間）

国名	経緯等	
日本－インド	2017 年 7 月	日本とインドの原子力協定が発効
米国－メキシコ	2018 年 5 月	米国とメキシコが原子力協定に署名
米国－英国	2018 年 5 月	米国と英国が原子力協定に署名
米国－ポーランド	2019 年 6 月	米国とポーランドが原子力協力覚書に署名
英国－オーストラリア	2018 年 8 月	英国とオーストラリアが原子力協定に署名
英国－カナダ	2018 年 11 月	英国とカナダが原子力協定に署名
ロシア-カンボジア	2017 年 9 月	ロシアとカンボジアが原子力協定に署名
ロシアールワンダ	2018 年 6 月	ロスアトムとルワンダインフラ省が原子力協力覚書に署名

（出典）各国関連機関発表に基づき作成

②　米国との協力

我が国と米国は、日米原子力協定を締結し様々な協力を行ってきています。同協定は 2018 年 7 月に当初の有効期間を満了しましたが、6 か月前に日米いずれかが終了通告を行わない限り存続することとなっており、現在も効力を有しています[38]。同協定は、我が国の原子力活動の基盤の一つをなすだけでなく、日米関係の観点からも極めて重要です。

また、2012 年 4 月の日米首脳会談を受けて設立された「民生用原子力協力に関する日米二国間委員会」第 5 回会合が 2018 年 8 月に開催されました。同委員会下で、核セキュリティ、民生用原子力の研究開発、原子力安全及び規制関連、緊急事態管理、廃炉及び環境管理の 5 項目に関するワーキンググループが開催されており、このうち第 7 回民生用原子力の

[38]　（日米原子力協定第十六条１及び２）
１（略）この協定は、三十年間効力を有するものとし、その後は、２の規定に従って終了する時まで効力を存続する。
２　いずれの一方の当事国政府も、六箇月前に他方の当事国政府に対して文書による通告を与えることにより、最初の三十年の期間の終わりに又はその後いつでもこの協定を終了させることができる。

研究開発ワーキンググループ（CNWG[39]）が 2019 年 4 月に、第 10 回核セキュリティ作業グループ（NSWG[40]）会合が同年 7 月に、それぞれ米国で開催されました［84］［85］。

③　フランスとの協力

我が国とフランスは、原子力規制、核燃料サイクル、放射性廃棄物管理等の分野において、長年にわたり協力関係を構築してきました。2019 年 10 月に東京で「原子力エネルギーに関する日仏委員会」の第 9 回会合が開催され、両国の原子力エネルギー政策、原子力安全協力、核燃料サイクル、放射性廃棄物の管理、高速炉や材料試験炉を含めた研究開発、東電福島第一原発の廃炉、オフサイトの環境回復、原子力事故の緊急事態対応、核セキュリティ及び産業協力について、意見交換が行われました［86］。

④　英国との協力

2012 年 4 月の日英首脳会談を受けて開始された、両国政府高官による「日英原子力年次対話」の第 8 回会合が、2019 年 11 月に英国ロンドンで開催され、原子力安全・規制、原子力研究開発、パブリック・コミュニケーション、両国の原子力政策、廃炉・環境回復等について意見交換が行われました。日英原子力協定は、英国の EU 離脱及びユーラトム脱退後も英国に適用されますが、英国のユーラトム脱退に伴い同国において適用される保障措置等に変更が生じるため、日英原子力協定にこれを反映すべく、2018 年 10 月に両国政府は、同協定を改正する交渉を開始することで一致しました［87］［88］。これを受けて、2019 年 6 月に東京で日英原子力協定改正交渉が開催され、改正の内容や今後の取り進め方について協議が行われました［89］。

⑤　その他

1）　文部科学省による放射線利用技術等国際交流（研究者育成事業・講師育成事業）

文部科学省は 1985 年から原子力分野での研究交流制度を実施しており、近隣アジア諸国の原子力研究者や技術者を我が国の研究機関や大学へ招へいし、放射線利用技術や原子力基盤技術等に関する研究、研修活動を実施しています。

また、講師育成事業では、アジア諸国から講師候補者を我が国に招へいし、専門家による講義や各種実験装置等を使用した実習、原子力関連施設への訪問等を通じて、母国において技術指導ができる原子力分野の講師を育成しています。これに加えて、講師育成研修の修了生が中心となり、母国で研修を運営し、講師を務めます。我が国から相手機関に専門家を派遣し、講義を行うとともに、各国の研修の自立化に向けたアドバイスを行っています。（図 3-2）。

---

[39] Civil Nuclear Energy Research and Development Working Group

[40] Nuclear Security Working Group



図 3-2　招へい者の実習の様子

(出典)左:原子力機構 講師育成事業ニュースレターVol.6(2020 年 3 月)[90]、右:原子力安全研究協会 文部科学省研究者育成事業(原子力研究交流制度)ニュースレター第 6 号(2020 年 3 月)[91]

2)　経済産業省による原子力発電導入支援に関する取組

経済産業省資源エネルギー庁は、原子力発電を新たに導入・拡大しようとする国に対し、我が国の原子力事故から得られた教訓等を共有する取組を行っています。2017 年度はトルコ、カザフスタン、ポーランド、UAE 等の原子力発電導入国等からの研修生の受入れ、我が国専門家等の外国への派遣等を通じて、原子力発電導入に必要な法制度整備や人材育成等を中心とした基盤整備の支援を行いました［92］。

3)　外務省による各国に対する非核化協力

旧ソ連時代に核兵器が配備されていたウクライナ、カザフスタン、ベラルーシの 3 か国は、独立後、非核兵器国として IAEA の保障措置を受けることとなりました。しかし、技術的基盤を欠いていたため、我が国は 3 か国に対して国内計量管理制度確立支援や機材供与等の協力を実施し、非核化への取組を支援してきました。

4)　原子力機構による高温ガス炉技術に関する協力

2017 年 5 月 18 日に行われた日・ポーランド外相会談において「日・ポーランド戦略的パートナーシップに関する行動計画」が署名され、同計画には、原子力機構及びポーランド国立原子力研究センターとの間における高温ガス冷却炉技術の研究・開発に向けた協力を両政府が奨励することが明記されました［93］［94］。この計画に基づき原子力機構は同日、ポーランド国立原子力研究センターと「高温ガス炉技術に関する協力のための覚書」を締結し、我が国の高温ガス炉技術のポーランドへの展開に向けて、高温ガス炉の研究開発協力に関する検討を進め、技術会合や人材育成を行ってきました［95］。

さらに、両者は 2019 年 9 月に「高温ガス炉技術分野における研究開発協力のための実施取決め」に署名し、研究データ共有等による研究協力の範囲で、高温ガス炉の設計研究、燃料・材料研究、原子力熱利用の安全研究等の協力を開始しました［96］。

(3)　多国間協力

①　主要国との多国間協力

2010 年 6 月に発足した国際原子力エネルギー協力フレームワーク（IFNEC[41]）は原子力安全、核セキュリティ、核不拡散を確保しつつ、原子力の平和利用を促進するための互恵的なアプローチを目指し、参加国間の協力の場を提供することを目的としています。我が国も、原子力の平和利用の拡大に向けて、我が国の経験と知見を活かしながら各国と協力する方針を表明しています［97］［98］。

IFNEC は、2020 年 3 月時点で、参加国 34 か国、オブザーバー国 31 か国、オブザーバー機関 4 機関で組織されています［99］。各参加国、機関の閣僚級メンバーで構成される執行委員会、米国、アルゼンチン、中国、日本、ケニア、ロシアの 6 か国の局長級メンバーにより構成され、活動を実施する主体である運営グループ、特定分野での活動を実施するワーキンググループの 3 階層で構成されており、我が国は、運営グループの副議長を務めています。

2019 年 11 月には、第 10 回執行委員会等会合が米国のワシントン DC で開催されました。グローバル・ミニステリアル・カンファランスとして、「SMR と先進炉」をテーマとした基調講演、プレゼンテーション、パネル討論等が実施され、SMR の開発に多数の民間企業が参画する米国のみならず、カナダや韓国等の供給国側やヨルダン等の導入国からも積極的な発言がありました。また、執行委員会会合では、運営グループ、基盤整備作業部会、燃料供給サービス作業部会、及び需給国関係作業部会の活動状況が報告されました。

〈IFNEC 第 10 回執行委員会会合　共同声明のポイント〉［100］

- 原子力が、気候問題に応えるクリーンで豊富なエネルギー源として、安全で核セキュリティを確保しつつ、電力・非電力の両分野において、世界に貢献していることを再確認。執行委員会は、IFNEC が次の課題に重要な働きをすることにも留意。
  - 新規プロジェクトに対するファイナンス、費用効果、競争の増す世界市場への投資
  - 強固な安全文化の維持
  - 原子力関係規則の強固な独立性
  - 各種手段を講じた公衆意識の向上及びステークホルダー関与の維持
  - 地域・国際協力に対する法規制及び地政学的障壁の低減
  - 核燃料サイクルのバックエンド管理に係るコスト問題の探求
- 執行委員会は、これら課題について、運営グループがビジョンと戦略を構築することを求める。運営グループは、次回執行委員会において、ビジョンと戦略に基づいた成果を報告すること。
- 執行委員会は、燃料供給サービス作業部会の多国間処理に係るファイナンス問題の活動成果を認め、今後も同部会が核燃料サイクルのバックエンドに係る問題の活動に傾注することを奨励。
- 執行委員会は、基盤整備作業部会が輸出管理について 2019 年に中国及びポーランドで行った活動を称賛し、同部会が開発銀行及び融資機関と協力して原子力関連プロジェクトのファイナンスに関する課題に取り組み、運営グループの活動に資することを

[41] International Framework for Nuclear Energy Cooperation

推奨。
- 執行委員会は、需給国関係作業部会による原子力安全推進に資するベストプラクティスを重視した活動の労を多とし、同部会が原子力関係プロジェクトのファイナンス問題に取り組むことを奨励。
- 執行委員会は、米国のスーザン・ジャワロスキー氏が運営グループ議長に就任することを祝する。また同委員会は、日本の佐藤文一氏に代わって十時憲司氏が運営グループ副議長に就任し、さらにアルゼンチンのファクンド・デルチ氏が副議長に就任することを歓迎。
- 執行委員会は、今後 IFNEC が取り組むべきビジョンとして、OECD/NEA、IAEA、WNA、原子力発電に関する国際イニシアティブの NICE Future[42]、原子力青年国際会議と連携して、気候変動及びクリーンエネルギーといった喫緊の課題に優先して取り組むことを表明。また執行委員会は、これら目標を達成するために原子力の先進技術が果たす役割に注力することを奨励。

②　アジア地域をはじめとする途上国との多国間協力

我が国と開発途上国との協力は、相手国の原子力に関する知的基盤の形成、経済社会基盤の向上、核不拡散体制の確立・強化、安全基盤の形成等に寄与することを目的としています。

我が国はアジア地域における地域協力として、アジア原子力協力フォーラム（FNCA[43]）、アジア原子力安全ネットワーク（ANSN[44]）、ASEAN[45]+3（日中韓）等の活動等に貢献しています。

1)　アジア原子力協力フォーラム（FNCA）における協力

地理的に我が国に近い近隣アジア諸国は、経済的にも我が国と密接な関わりがあり、農業・工業・医療・環境の各分野での放射線の利用、研究炉の利用、原子力発電所建設や安全な運転体制の確立等、多くの課題を共有しています。

FNCA は、原子力技術の平和的で安全な利用を進め、社会・経済的発展を促進することを目的とした、我が国主導の地域協力枠組みで、我が国、オーストラリア、バングラデシュ、中国、インドネシア、カザフスタン、韓国、マレーシア、モンゴル、フィリピン、タイ及びベトナムの 12 か国が参加しています（IAEA がオブザーバー参加）。毎年 1 回、「大臣級会合」（協力推進のための政策対話）、「スタディ・パネル」（政策課題や技術課題に関する情報交換）、「コーディネーター会合」（協力プロジェクトの審議）の 3 つの会合と、それらの準備会合である「上級行政官会合」を内閣府主催で開催しています。また、放射線利用を中心とする 4 分野で 7 件のプロジェクトが実施されており、それらのうち 6 件を文部科学省が実施しています［101］。

---

[42] Nuclear Innovation: Clean Energy Future
[43] Forum for Nuclear Cooperation in Asia
[44] Asian Nuclear Safety Network
[45] 東南アジア諸国連合：Association of Southeast Asian Nations

ｲ)　大臣級会合

大臣級会合では、FNCA 各国の原子力所管の大臣級代表により、原子力技術の平和利用に関する地域協力のための政策対話を行っています。

2019 年 12 月 5 日には、第 20 回 FNCA 大臣級会合が東京で開催されました（図 3-3）。同会合では「医療・健康への放射線技術利用」をテーマに円卓討議が行われ、以下の内容の共同コミュニケが採択されました［102］。



図 3-3　第 20 回 FNCA 大臣級会合の様子（2019 年 12 月、東京）

（出典）文部科学省「アジア原子力協力フォーラム（FNCA）第 20 回大臣級会合　概要」［103］

〈第 20 回 FNCA 大臣級会合（2019 年）で採択された共同コミュニケに示された活動内容〉

1．放射線治療の促進
　アジア地域における放射線を利用したがん治療の拡大を促進する。
2．気候変動対策及び環境保護における協力
　2020 年スタディ・パネルにて、「核同位体技術と気候変動科学」をメイントピックとして取り上げることを含め、気候変動対策及び環境保護における協力の強化を加盟国に促す。
3．農業と工業分野における研究開発成果の利用の拡大
　放射線育種、放射線加工、研究炉利用及び中性子放射化分析等のプロジェクト技術成果の最終ユーザーによる利用を、社会経済へより効果的な貢献ができる商業化の可能性も考慮しながら、加盟国において促進する。
4．その他促進すべき分野と活動
　加盟国全般で優先度の高い、放射線治療、環境保護、農業・食品安全に関連する原子力科学・技術の応用に関する分野、及び核の安全と保全文化のための基盤開発についての分野における活動を拡大する。
　また、加盟国が幅広く関心を持ち、持続可能な発展に寄与する将来的分野を積極的に採択する。
5．原子力科学・技術分野における人材基盤強化のための協力
　FNCA のネットワークを活用して大学、研究機関間の組織的な人材交流を活性化するとともに、人材基盤強化に関する取組の情報交換を促進する。
6．パブリック・コミュニケーションの拡大と関連国際機関との協力強化
　原子力エネルギー関連技術の公衆認識と信頼性の積み上げを FNCA のウェブサイト、オープンセミナーやオープンレクチャー等の広報機能を通じて引き続き促進し、また IAEA、OECD/NEA 等関連国際機関との協力関係を維持、強化する。

ロ）　スタディ・パネル

FNCA は従来、放射線利用等の非発電分野での協力が主でしたが、参加国におけるエネルギー安定供給及び地球温暖化防止の意識の高まりを受け、原子力発電の役割や原子力発電の導入に伴う課題等を討議する場として、2004 年以降スタディ・パネルを開催しています。

2019 年 3 月には、原子力の法的分野に関し、豊富な知識や経験を有する国際機関等との連携を通じて FNCA 参加国の理解を深めるため、「法的、及び規制的枠組みから観た原子力に関わる環境影響評価（EIA[46]）」というテーマについて、国内外の報告や討論が行われました。

ハ）　コーディネーター会合

FNCA の協力活動に関する参加国相互の連絡調整を行い、協力プロジェクト等の実施状況評価や計画討議等を行う場として、コーディネーター会合を年 1 回我が国で開催しています。

2019 年 3 月には第 20 回コーディネーター会合が開催されました。同会合では、各プロジェクトについての活動報告が行われたほか、今後の活動についての討議が行われました。

[46] Environmental Impact Assessment

ニ)　プロジェクト

FNCA では現在、以下の 4 分野で 7 件のプロジェクトが実施されています。プロジェクトごとに、通常年 1 回のワークショップ等が開催されており、それぞれの国の進捗状況と成果が発表・討議され、次期実施計画が策定されます。

i)　放射線利用開発：産業利用・環境利用（放射線育種、放射線加工・高分子改質、気候変動科学）、健康利用（放射線治療）
ii)　研究炉利用開発（研究炉利用）
iii)　原子力安全強化（放射線安全・廃棄物管理）
iv)　原子力基盤強化（核セキュリティ・保障措置）

2)　ASEAN、ASEAN+3、東アジア首脳会議（EAS）における協力

アジアの新興国は原子力発電の新規導入を検討しており、ASEAN、ASEAN+3（日中韓）及び東アジア首脳会議（EAS[47]：ASEAN+8（日中韓、オーストラリア、インド、ニュージーランド、ロシア、米国））の枠組みにおける原子力協力も行われています。例えば ASEAN では、2008 年に設立された原子力安全サブセクター・ネットワーク（NEC-SSN[48]）において、ASEAN 内での原子力発電に関する情報共有や技術支援が実施されています。

また、ASEAN+3 の枠組みでは、2019 年 9 月に開催された第 16 回 ASEAN+3 エネルギー大臣会合の共同声明で、民生用原子力開発に関する原子力の安全、セキュリティ、及び保障措置の重要性を改めて表明しました。また、原子力機構の核不拡散・核セキュリティ総合支援センターの知見を活用した、保障措置やセキュリティに関する人材育成活動への継続的支援の妥当性を確認しました［104］。

3)　アジア原子力安全ネットワーク（ANSN）における協力

ANSN は 2002 年に開始した IAEA の活動の一つで、東南アジア・太平洋・極東諸国地域における原子力安全基盤の整備を促進し、原子力安全パフォーマンスを向上させ、地域における原子力の安全を確保することを目的としています。ANSN には我が国、バングラデシュ、中国、インドネシア、カザフスタン、マレーシア、フィリピン、シンガポール、韓国、タイ及びベトナムが加盟しているほか、準加盟国としてパキスタン、協力国としてオーストラリア、フランス、ドイツ、米国が参加しています［105］。我が国は設立当初から活動資金を拠出し積極的に活動を支援しています。

---

[47] East Asia Summit
[48] Nuclear Energy Cooperation Sub-sector Network

参考文献

1. **IAEA.** List of Member States. (オンライン) (引用日: 2020年3月13日.) https://www.iaea.org/about/governance/list-of-member-states.
2. -. International Conference on Climate Change and the Role of Nuclear Power. (オンライン) 2019年10月. (引用日: 2020年3月13日.) https://www.iaea.org/atoms4climate.
3. -. Rafael Mariano Grossi. (オンライン) (引用日: 2019年12月13日.) https://www.iaea.org/about/rafael-grossi.
4. **外務省.** グロッシー国際原子力機関事務局長による安倍総理大臣表敬. (オンライン) 2020年2月25日. https://www.mofa.go.jp/mofaj/page4_005112.html.
5. **原子力委員会.** 第7回原子力委員会. (オンライン) 2020年2月25日. http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2020/siryo07/index.htm.
6. **IAEA.** IAEA Director General Sees Progress in Fukushima Decommissioning Work. (オンライン) 2020年2月26日. https://www.iaea.org/newscenter/news/iaea-director-general-sees-progress-in-fukushima-decommissioning-work.
7. **OECD/NEA.** NEA member countries and dates of accession. (オンライン) (引用日: 2020年3月13日.) https://www.oecd-nea.org/general/about/mcnea.html.
8. -. NEA joint projects. (オンライン) (引用日: 2020年3月13日.) https://www.oecd-nea.org/jointproj/.
9. **WNA.** Our Mission. (オンライン) (引用日: 2020年3月13日.) http://www.world-nuclear.org/our-association/who-we-are/mission.aspx.
10. **WANO.** Our History. (オンライン) (引用日: 2020年3月13日.) https://www.wano.info/about-us/our-history.
11. -. Our Structure. (オンライン) (引用日: 2020年3月13日.) https://www.wano.info/about-us/our-structure.
12. **WANO東京センター.** 会員. (オンライン) (引用日: 2020年3月13日.) https://www.wano-tc.or.jp/members-jp.
13. **WANO.** Our Mission. (オンライン) (引用日: 2020年3月13日.) https://www.wano.info/about-us/our-mission.
14. -. Peer Review. (オンライン) (引用日: 2020年3月13日.) https://www.wano.info/services/peer-review.
15. **WNA.** The Silent Giant. (オンライン) 2019年. (引用日: 2020年3月25日.) https://www.world-nuclear.org/getattachment/Our-Association/Publications/Position-statements/the-silent-giant/the-silent-giant.pdf.aspx.
16. -. World Nuclear Power Reactors & Uranium Requirements. (オンライン) (引用

日：2020年3月19日.）https://www.world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/world-nuclear-power-reactors-and-uranium-requireme.aspx.
17. －. Nuclear Power in the USA.（オンライン）2020年1月.（引用日：2020年3月24日.）https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-t-z/usa-nuclear-power.aspx.
18. **NRC.** Reactor Oversight Process (ROP).（オンライン）（引用日：2020年3月24日.）https://www.nrc.gov/reactors/operating/oversight.html.
19. －. NRC Issues Subsequent Renewed Licenses for Turkey Point Reactors.（オンライン）2019年12月5日. https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/news/2019/19-062.pdf.
20. －. NRC Issues Subsequent Renewed Licenses for Peach Bottom Reactors.（オンライン）2020年3月6日. https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/news/2020/20-013.pdf.
21. **The White House.** President Donald J. Trump Signs H.R. 589, H.R. 1109, S. 97 and S. 994 into Law.（オンライン）2018年9月28日.（引用日：2020年3月24日.）https://www.whitehouse.gov/briefings-statements/president-donald-j-trump-signs-h-r-589-h-r-1109-s-97-s-994-law/.
22. **米国連邦議会.** S.512 - Nuclear Energy Innovation and Modernization Act. Summary: S.512 - 115th Congress (2017-2018).（オンライン）（引用日：2020年3月24日.）https://www.congress.gov/bill/115th-congress/senate-bill/512.
23. **NRC.** NRC RECEIVES DOE'S LICENSE APPLICATION TO CONSTRUCT HIGH-LEVEL NUCLEAR WASTE REPOSITORY AT YUCCA MOUNTAIN.（オンライン）2008年6月3日. https://www.nrc.gov/docs/ML0815/ML081550269.pdf.
24. **米国大統領府管理・予算局.** Budget of the United States Government, Fiscal Year 2021.（オンライン）2020年2月. https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2020/02/budget_fy21.pdf.
25. **NRC.** Backgrounder on Subsequent License Renewal.（オンライン）（引用日：2020年3月25日.）https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/subsequent-license-renewal.html.
26. －. Status of Subsequent License Renewal Applications.（オンライン）（引用日：2020年3月24日.）https://www.nrc.gov/reactors/operating/licensing/renewal/subsequent-license-renewal.html .
27. **NEI.** Second License Renewal Roadmap.（オンライン）2015年5月.（引用日：2020年3月24日.）https://www.nrc.gov/docs/ML1521/ML15211A401.pdf.
28. －. Second License Renewal.（オンライン）（引用日：2020年3月24日.）

https://www.nei.org/advocacy/preserve-nuclear-plants/second-license-renewal.
29. **EDF.** FLAMANVILLE 3 EPR PROJECT. (オンライン) (引用日: 2020年3月19日.) https://www.edf.fr/en/groupe-edf/producteur-industriel/carte-des-implantations/centrale-nucleaire-de-flamanville-3/presentation.
30. **Legifrance.** LOI n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte. (オンライン) 2015年8月17日. (引用日: 2019年12月19日.) https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000031044385&categorieLien=id.
31. **仏環境連帯移行省.** Programmation pluriannuelle de l'énergie. (オンライン) 2020年4月. https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/20200422%20Programmation%20pluriannuelle%20de%20l%27e%CC%81nergie.pdf.
32. **フラマトム社.** Governance. (オンライン) (引用日: 2020年3月19日.) https://www.framatome.com/EN/businessnews-106/framatome-governance-and-executive-committee.html.
33. **オラノ社.** JNFL and MHI become shareholders of Orano - 2017 revenue. (オンライン) 2018年2月26日. https://www.orano.group/en/news/news-group/2018/february/jnfl-mhi-become-shareholders-orano-2017-revenue.
34. **WNA.** Nuclear Power in France. (オンライン) 2019年10月. (引用日: 2019年12月19日.) http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/france.aspx.
35. -. Nuclear Power in Finland. (オンライン) 2019年3月. (引用日: 2019年3月13日.) http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/finland.aspx.
36. -. Nuclear Power in China. (オンライン) 2020年2月. (引用日: 2020年3月24日.) http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/china-nuclear-power.aspx.
37. **ANDRA.** Les différentes phases du projet. (オンライン) (引用日: 2020年3月19日.) https://www.andra.fr/cigeo/les-installations-et-le-fonctionnement-du-centre/les-differentes-phases-du-projet.
38. **WNA.** Nuclear Power in Russia. (オンライン) 2020年2月. (引用日: 2020年3月19日.) http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-o-s/russia-nuclear-power.aspx.
39. -. Russia's Nuclear Fuel Cycle. (オンライン) 2020年2月. (引用日: 2020年3月19日.) https://www.world-nuclear.org/information-library/country-

profiles/countries-o-s/russia-nuclear-fuel-cycle.aspx.
40. **国家能源局.** 国家能源局記者会見.（オンライン）2019年7月25日. http://www.nea.gov.cn/xwfb/20190725zb1/index.htm.
41. **WNA.** Nuclear Power in the United Kingdom.（オンライン）2020年2月.（引用日: 2020年3月19日.）http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-t-z/united-kingdom.aspx.
42. **英国ビジネス・エネルギー・産業戦略省.** Nuclear Sector Deal.（オンライン）（引用日: 2020年7月17日.）https://www.gov.uk/government/publications/nuclear-sector-deal/nuclear-sector-deal.
43. -. New deal with industry to secure UK civil nuclear future and drive down cost of energy for customers.（オンライン）2018年6月27日. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/720405/Final_Version_BEIS_Nuclear_SD.PDF.
44. -. Hinkley Point C.（オンライン）2018年6月17日. https://www.gov.uk/government/collections/hinkley-point-c.
45. -. Regulated Asset Base (RAB) model for nuclear.（オンライン）2019年7月22日. https://www.gov.uk/government/consultations/regulated-asset-base-rab-model-for-nuclear.
46. **英国政府.** The transition period. The UK has left the EU.（オンライン）（引用日: 2020年3月25日.）https://www.gov.uk/transition.
47. **英国ビジネス・エネルギー・産業戦略省.** Quarterly update to Parliament on the government's progress on the UK's exit from the Euratom Treaty: April to June 2018.（オンライン）2018年6月28日. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/720496/Second_quarterly_report_to_Parliament_on_Euratom_progress__final___1_.pdf.
48. **欧州連合離脱省.** Civil Nuclear Cooperation.（オンライン）2019年11月5日. https://www.gov.uk/government/publications/international-agreements-if-the-uk-leaves-the-eu-without-a-deal/civil-nuclear-cooperation.
49. **英国ビジネス・エネルギー・産業戦略省.** IMPLEMENTING GEOLOGICAL DISPOSAL - WORKING WITH COMMUNITIES.（オンライン）2018年12月19日. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/766643/Implementing_Geological_Disposal_-_Working_with_Communities.pdf.
50. **WNA.** Nuclear Power in South Korea.（オンライン）2020年2月.（引用日: 2020年3月19日.）http://www.world-nuclear.org/information-library/country-

profiles/countries-o-s/south-korea.aspx.
51. **FANR.** FANR issues Operating License for Unit 1 of Barakah Nuclear Power Plant. （オンライン）2020年2月17日. https://www.fanr.gov.ae/en/media-centre/news?g=01d112c7-91b4-42be-a2e3-e254e8b5a65b.
52. **ENEC.** UAE Becomes First Peaceful Nuclear Operating Nation in Arab World. （オンライン）2020年3月3日.（引用日：2020年3月31日.）https://www.enec.gov.ae/news/latest-news/uae-becomes-first-peaceful-nuclear-operating-nation-in-arab-world/.
53. **WNA.** Uranium in Canada.（オンライン）（引用日：2020年3月24日.）https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/canada-uranium.aspx.
54. －. Nuclear Power in Canada.（オンライン）2019年12月.（引用日：2020年3月24日.）http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/canada-nuclear-power.aspx.
55. **Canadian Small Modular Reactor (SMR) Roadmap Steering Committee.** A Call to Action: A Canadian Roadmap for Small Modular Reactors.（オンライン）2018年11月. https://smrroadmap.ca/wp-content/uploads/2018/11/SMRroadmap_EN_nov6_Web-1.pdf.
56. **CNL.** Invitation for SMR Demonstration Projects.（オンライン）（引用日：2020年3月24日.）https://www.cnl.ca/en/home/facilities-and-expertise/smr/invitation.aspx.
57. **CNSC.** Pre-Licensing Vendor Design Review.（オンライン）（引用日：2020年3月24日.）http://www.nuclearsafety.gc.ca/eng/reactors/power-plants/pre-licensing-vendor-design-review/index.cfm.
58. －. Sharing our expertise with the U.S. Nuclear Regulatory Commission: Signing of a memorandum of cooperation to strengthen regulation of nuclear safety.（オンライン）（引用日：2019年12月16日.）http://www.nuclearsafety.gc.ca/eng/resources/news-room/feature-articles/Sharing-our-expertise-with-the-US-Nuclear-Regulatory-Commission.cfm.
59. **テレストリアルエナジー社.** TERRESTRIAL ENERGY IMSR ADVANCED REACTOR SELECTED BY CANADIAN AND U.S. REGULATORS FOR JOINT REVIEW.（オンライン）2019年12月4日.（引用日：2019年12月16日.）https://www.terrestrialenergy.com/2019/12/terrestrial-energy-imsr-advanced-reactor-selected-by-canadian-and-u-s-regulators-for-joint-review/.
60. **NWMO.** Study Areas.（オンライン）（引用日：2020年3月24日.）https://www.nwmo.ca/en/Site-selection/Study-Areas.
61. **株式会社東芝.** 当社海外連結子会社ウェスチングハウス社等の再生手続の申立につい

て.（オンライン）2017年3月29日.
http://www.toshiba.co.jp/about/ir/jp/news/20170329_1.pdf.
62. **Brookfield Business Partners.** Brookfield Business Partners Completes Acquisition of Westinghouse Electric Company.（オンライン）2018年8月1日.（引用日：2020年3月13日.）https://bbu.brookfield.com/en/press-releases/2018/08-01-2018-211711827.
63. **株式会社日立製作所.** 英国原子力発電所建設プロジェクトの凍結に伴う連結決算における減損損失等の計上、個別決算における特別損失の計上および通期連結業績予想の修正に関するお知らせ.（オンライン）2019年1月17日.
http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2019/01/f_0117.pdf.
64. **仏経済財政省.** Rapport de Jean-Martin Folz《 La construction de l'EPR de Flamanville 》.（オンライン）2019年10月28日.
https://minefi.hosting.augure.com/Augure_Minefi/r/ContenuEnLigne/Download?id=104AF2DA-FA4D-4BED-B666-4D582E2C7A8A&filename=1505%20-Rapport%20Flamanville%20pdf.pdf.
65. **IAEA.** Country Nuclear Power Profiles 2019 Edition.（オンライン）（引用日：2020年7月21日.）https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/cnpp2019/pages/index.htm.
66. **原子力関係閣僚会議.** 原子力施設主要資機材の輸出等に係る公的信用付与に伴う安全配慮等確認の実施に関する要綱.（オンライン）2015年10月6日.
http://wwwa.cao.go.jp/oaep/dl/yoko151006.pdf.
67. **IAEA.** IAEA Ministerial Conference on Nuclear Science and Technology Begins.（オンライン）2018年11月28日.（引用日：2020年3月13日.）
https://www.iaea.org/newscenter/news/iaea-ministerial-conference-on-nuclear-science-and-technology-begins.
68. **外務省.** 令和元年（2019年）度 国際機関等への拠出金等に対する評価シート.（オンライン）2019年8月30日. https://www.mofa.go.jp/mofaj/files/000507807.pdf.
69. －. 令和元年（2019 年）度 国際機関等への拠出金等に対する評価シート.（オンライン）2019年8月30日.（引用日：2020年3月13日.）
https://www.mofa.go.jp/mofaj/files/000507807.pdf.
70. **RCA地域事務所（RCARO）.** Government Parties and National RCA Representatives.（オンライン）（引用日：2020年3月13日.）http://www.rcaro.org/states.
71. **外務省.** IAEA緊急時対応能力研修センターの指定.（オンライン）2013年5月27日.（引用日：2020年3月13日.）
http://www.mofa.go.jp/mofaj/press/release/press6_000270.html.
72. －. 放射線医学総合研究所のIAEA緊急時対応能力研修センター（CBC）指定について.

在ウィーン国際機関日本政府代表部.（オンライン）2017年9月22日.（引用日：2020年3月13日.）http://www.vie-mission.emb-japan.go.jp/itpr_ja/NIRs_CBC_JP.html.
73. −. 原子力又は放射線の緊急事態時の準備及び対応に関する日本国内向けIAEAワークショップ.（オンライン）2019年8月23日.（引用日：2020年3月13日.）https://www.mofa.go.jp/mofaj/dns/inec/page22_003281.html.
74. −. 原子力又は放射線緊急事態におけるパブリック・コミュニケーションに関するIAEAワークショップ.（オンライン）2019年11月8日.（引用日：2020年3月13日.）https://www.mofa.go.jp/mofaj/dns/inec/page22_003339.html.
75. −. 原子力又は放射線緊急事態に対する放射線防護戦略策定についてのIAEAワークショップ.（オンライン）2019年11月22日.（引用日：2020年3月13日.）https://www.mofa.go.jp/mofaj/dns/inec/page23_003146.html.
76. **東京大学.** Japan-IAEA 原子力エネルギーマネジメントスクール開催報告. 第35回原子力委員会資料　第1号.（オンライン）2019年9月24日. http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2019/siryo35/1-1-1_haifu.pdf.
77. **IAEA.** International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles (INPRO).（オンライン）（引用日：2020年3月13日.）https://www.iaea.org/services/key-programmes/international-project-on-innovative-nuclear-reactors-and-fuel-cycles-inpro.
78. −. INPRO Membership.（オンライン）（引用日：2020年3月13日.）https://www.iaea.org/services/key-programmes/international-project-on-innovative-nuclear-reactors-and-fuel-cycles-inpro/membership.
79. **OECD/NEA.** NEA Benchmark Study of the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station (BSAF) Project.（オンライン）（引用日：2020年3月13日.）https://www.oecd-nea.org/jointproj/bsaf.html.
80. −. Multinational Design Evaluation Programme (MDEP).（オンライン）（引用日：2020年3月13日.）https://www.oecd-nea.org/mdep/.
81. **外務省.** 国際原子力機関（IAEA）第63回総会（結果）.（オンライン）2019年10月2日.（引用日：2020年3月13日.）https://www.mofa.go.jp/mofaj/dns/n_s_ne/page23_003102.html.
82. **内閣府.** 第63回国際原子力機関（IAEA）総会に出席.（オンライン）（引用日：2020年7月17日.）https://www.cao.go.jp/minister/1909_n_takemoto/photo/2019_002.html.
83. **外務省.** 原子力関連条約.（オンライン）2018年8月2日.（引用日：2020年3月13日.）http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/atom/topics/jyoyaku.html.
84. −. 日米核セキュリティ作業グループ（NSWG）.（オンライン）2018年8月31日.（引用日：2020年3月13日.）

https://www.mofa.go.jp/mofaj/dns/n_s_ne/page4_002303.html.
85. **文部科学省.** 日米民生用原子力研究開発ワーキンググループ（CNWG）第7回会合（概要）.（オンライン）2019年4月.（引用日：2020年3月13日.）
https://www.mext.go.jp/a_menu/kaihatu/gensi/1417034.htm.
86. **外務省.** 原子力エネルギーに関する日仏委員会第9回会合の開催.（オンライン）2019年10月3日.（引用日：2020年3月13日.）
https://www.mofa.go.jp/mofaj/press/release/press4_007884.html.
87. -. 日英原子力協定の改正交渉の開始.（オンライン）2018年10月9日.（引用日：2020年3月13日.）https://www.mofa.go.jp/mofaj/press/release/press4_006564.html.
88. **英国ビジネス・エネルギー・産業戦略省.** REPORT TO PARLIAMENT ON THE GOVERNMENT'S PROGRESS ON THE UK'S EXIT FROM THE EURATOM TREATY.（オンライン）2018年10月10日.
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/747214/Euratom-third-quarterly-update.pdf.
89. **外務省.** 日英原子力協定改正交渉の開催.（オンライン）2019年6月5日.（引用日：2020年3月13日.）https://www.mofa.go.jp/mofaj/press/release/press4_007495.html.
90. **国立研究開発法人日本原子力研究開発機構原子力人材育成センター.** 講師育成事業ニュースレターVol.6.（オンライン）2020年3月.
https://nutec.jaea.go.jp/pdf/newsletter_06j.pdf.
91. **公益財団法人原子力安全研究協会.** 文部科学省研究者育成事業（原子力研究交流制度）ニュースレター. 2020.
92. **資源エネルギー庁.** 「平成30年度エネルギーに関する年次報告」（エネルギー白書2019）.（オンライン）2019年6月7日.（引用日：2020年3月13日.）
https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2019html/3-4-5.html.
93. **外務省.** 日・ポーランド外相会談.（オンライン）2017年5月18日.（引用日：2020年3月13日.）https://www.mofa.go.jp/mofaj/press/release/press4_004624.html.
94. -. 2017年から2020年までの日本国政府とポーランド共和国政府との間の戦略的パートナーシップの実施のための行動計画（仮訳）.（オンライン）2017年5月18日.
https://www.mofa.go.jp/mofaj/files/000257393.pdf.
95. **国立研究開発法人日本原子力研究開発機構.** ポーランド及び英国と高温ガス炉技術の協力を開始～国産高温ガス炉技術の国際展開と国際標準化に向けて～.（オンライン）2017年5月19日.（引用日：2020年3月13日.）
https://www.jaea.go.jp/02/press2017/p17051901/.
96. -. 日本の高温ガス炉技術開発の高度化、国際競争力強化に向けた大きな一歩～ポーランド国立原子力研究センターとの研究開発協力実施取決めに署名～.（オンライン）2019年9月20日.（引用日：2020年3月13日.）

https://www.jaea.go.jp/02/press2019/p19092002/.
97. **IFNEC.** Our Mission.（オンライン）（引用日：2020年3月13日.）
https://www.ifnec.org/ifnec/.
98. **原子力委員会.** IFNEC（国際原子力エネルギー協力フレームワーク）関連.（オンライン）（引用日：2020年3月13日.）
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/sitemap/bunya15_ifnec.htm.
99. **IFNEC.** Membership.（オンライン）（引用日：2020年3月13日.）
https://www.ifnec.org/ifnec/jcms/g_5196/membership.
100. **内閣府.** 国際原子力エネルギー協力フレームワーク 第10回執行委員会等会合の結果概要について. 第45回原子力委員会資料第4号.（オンライン）2019年12月10日.
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2019/siryo45/4_haifu.pdf.
101. **FNCA.** プロジェクト. アジア原子力協力フォーラム（FNCA）ウェブサイト.（オンライン）（引用日：2020年3月13日.）https://www.fnca.mext.go.jp/project.html.
102. **文部科学省.** アジア原子力協力フォーラム（FNCA） FNCAの活動方針に関する共同コミュニケ（仮訳）.（オンライン）2019年12月5日.
https://www.fnca.mext.go.jp/mini/20_communique.pdf.
103. ー. アジア原子力協力フォーラム（FNCA）第20回大臣級会合概要.（オンライン）2019年12月5日.（引用日：2020年7月17日.）
https://www.fnca.mext.go.jp/mini/20_minister.html.
104. **経済産業省.** 第16回ASEAN+3エネルギー大臣会合 共同声明（原文）.（オンライン）2019年9月5日.
https://www.meti.go.jp/press/2019/09/20190906003/20190906003-1.pdf.
105. **ANSN.** Asian Nuclear Safety Network.（オンライン）（引用日：2020年3月13日.）
https://ansn.iaea.org/default.aspx.
106. **IAEA.** LONG TERM STRUCTURE OF THE IAEA SAFETY STANDARDS AND CURRENT STATUS.（オンライン）（引用日：2020年3月13日.）https://www-ns.iaea.org/committees/files/CSS/205/status.pdf.

URLにアクセスする際、最後の「.」は除いて下さい。

第４章　平和利用と核不拡散・核セキュリティの確保

4－1 平和利用の担保

1953 年のアイゼンハワー米国大統領による「平和のための原子力」演説以来、世界各国は原子力の平和利用に取り組んできました。1970 年に、国際的な核軍縮・不拡散を実現する基礎となる「核兵器不拡散条約」（NPT）が発効しました。

NPT は核兵器国を含む全締約国に対して誠実な核軍縮交渉の義務を課すとともに、我が国を含めた平和利用の権利を認められた非核兵器国に対しては、原子力活動を国際原子力機関（IAEA）の保障措置の下に置く義務を課しています。我が国は、原子力基本法で原子力の研究、開発及び利用を厳に平和の目的に限るとともに、IAEA 保障措置の厳格な適用により、原子力の平和利用を担保しています。加えて、「利用目的のないプルトニウムを持たない」との原則を堅持しつつ、プルトニウムの管理状況の公表を通じたプルトニウム利用の透明性や国内外の理解を得る取組を継続してきています。

我が国のこのような姿勢は、2003 年の「我が国におけるプルトニウム利用の基本的な考え方について」において明示されてきました。しかし、今後国内の再処理工場で新たにプルトニウムが分離され、ウラン・プルトニウム混合酸化物（MOX）燃料製造が行われ、軽水炉で消費される計画であり、商業用のプルトニウムの需給バランスを確保し、海外保有分のプルトニウムの着実な削減に取り組む必要があること等を踏まえ、原子力委員会は 2018 年 7 月に「我が国におけるプルトニウム利用の基本的な考え方」を改定し、公表しました。

(1)　我が国における原子力の平和利用の経緯

第二次世界大戦後、原子力の商業的利用への関心が大きくなる一方で、核兵器の拡散に対する懸念も強まりました。原子力を国際的に管理すべきであるとの考えが高まる中、1953 年の国連総会でアイゼンハワー米国大統領は、「平和のための原子力（Atoms for Peace）」の演説を行い、原子力の平和的利用の推進を訴えました。あわせて、核物質等の軍事転用を防止するための保障措置を実施する国際機関の設立を提案しました［1］。この演説を受けて、1957 年には、原子力の平和的利用の促進を目的に、国際連合傘下の自治機関として IAEA が設立されました。

我が国でもこの演説を契機として、原子力の平和利用に関する取組を開始しました。1955 年には原子力基本法において、原子力の研究、開発及び利用を厳に平和目的に限ることが定められ、1963 年には動力試験炉（JPDR）が運転開始しました。

原子力の利用によって発生した使用済燃料中には、プルトニウムが生成し蓄積されます。我が国はエネルギー資源に乏しいことから、使用済燃料を再処理してプルトニウムを利用

する核燃料サイクル政策を採用しています。

我が国では、1956 年設立の原子燃料公社から事業を引き継いだ動力炉・核燃料開発事業団[1]によって、使用済燃料の再処理、MOX 燃料加工やウラン濃縮、放射性廃棄物処理の技術開発が進められてきました。

原子炉の開発では、新型転換炉原型炉ふげん（以下「ふげん」という。）、「常陽」、「もんじゅ」が建設されました。1979 年に本格運転を開始した「ふげん」はウランのプルトニウムへの転換率を高めた重水減速沸騰軽水冷却型（圧力管型）の原子炉であり、多数の MOX 燃料を装荷して運転された後、2003 年に運転を停止し、現在は廃止措置が進められています。また、「もんじゅ」は、1994 年に運転を開始（初臨界）し、原型炉としての様々な成果や知見を獲得しましたが、ナトリウム漏洩事故等により長期間にわたり運転が停止し、2016 年 12 月には、原子炉として運転再開せず廃止措置に移行する方針が決定され、廃止措置が開始されています。

プルトニウムを MOX 燃料に加工して軽水炉で利用するプルサーマル計画は、国内の電気事業者の合意により、電気事業連合会が取りまとめて進められています。核燃料サイクル事業についても、電気事業者の出資する民間企業である日本原燃株式会社が、青森県六ヶ所村で低レベル放射性廃棄物の埋設事業、濃縮事業、再処理事業、高レベル放射性廃棄物の廃棄物管理事業を行っています。六ヶ所再処理工場は 2021 年度上期に、MOX 燃料加工工場は 2022 年度上期に、それぞれ竣工する計画です。国内での再処理事業の開始に先立って、電気事業者は、これまでに英国とフランスに使用済燃料の再処理を委託し、プルトニウムを回収して製造した MOX 燃料利用の実績を蓄積してきました [2]。回収したプルトニウムの有効利用に当たっては、平和利用を大前提に、核不拡散に貢献し国際的な理解を得ながら進めるため、利用目的のないプルトニウムは持たないという原則を引き続き堅持しています（図 4-1）。

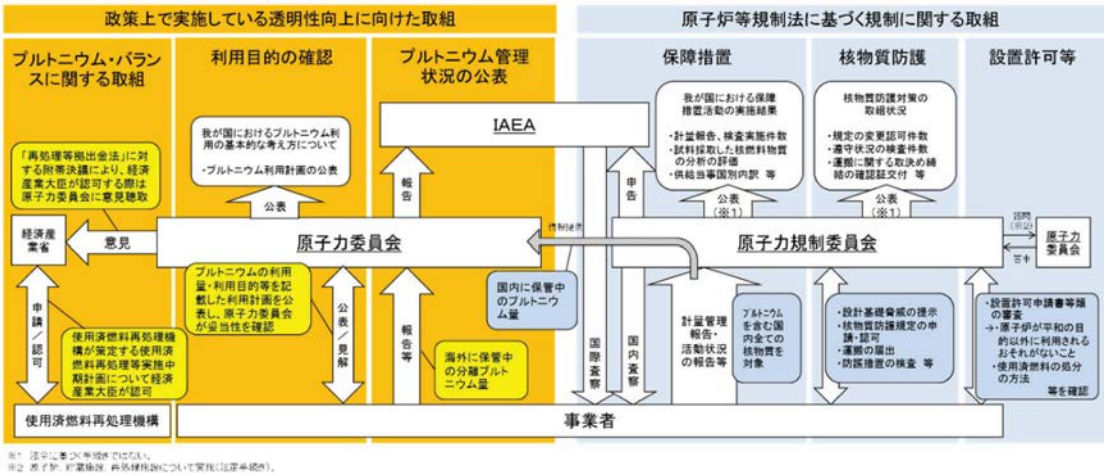


図 4-1　原子力の平和利用を担保する体制

(出典)第 5 回原子力委員会の在り方見直しのための有識者会議資料 5 原子力規制庁「平和的利用等に係る原子力規制委員会の取組(原子力委員会との関係等)」(2013 年)等に基づき作成

[1] 動力炉・核燃料開発事業団は 1998 年に核燃料サイクル開発機構となり、現在は 2005 年に設立された原子力機構に研究開発が引き継がれています。

(2)　IAEAによる保障措置

NPT締約国である非核兵器国は、IAEAとの間で保障措置協定を締結して、国内の平和的な原子力活動に係る全ての核物質を申告して保障措置の下に置くことが義務付けられており、このような保障措置を「包括的保障措置」といいます。我が国では、1976年にはNPTを批准し、1977年にIAEAと「包括的保障措置協定」を締結してIAEA保障措置を受け入れ、原子炉等規制法等に基づく国内保障措置制度を整備してきました[2]。さらに1999年には、保障措置を強化するための「追加議定書」をIAEAと締結し、保障措置の強化・効率化に積極的に取り組んできました。

IAEAは、核物質が核兵器やその他の核爆発装置に転用されていないことを確認する目的で保障措置を適用し、締約国が申告する核物質の計量情報や原子力関連活動に関する情報について、申告された核物質の平和利用からの転用や未申告の活動がないかを査察等により確認し、その評価結果を毎年取りまとめています。IAEAが、その国では「申告された核物質の平和的活動からの転用の兆候が認められないこと」及び「未申告の核物質及び原子力活動が存在する兆候が認められないこと」を根拠として、全ての核物質が平和的活動にとどまっているとの「拡大結論」を導き出した場合には、「統合保障措置」を適用することができます[3]。我が国は、2003年以降連続して拡大結論を得ています［3］。これを受け、IAEAは我が国に対し、2004年9月から「統合保障措置」を段階的に適用しています。我が国は、この適用が今後も継続されるよう、必要な取組に努めています。

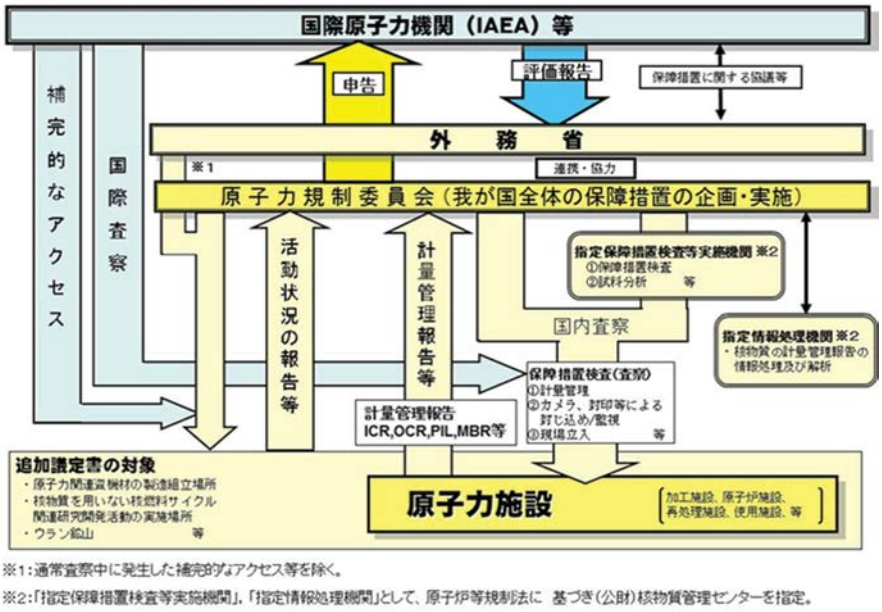
保障措置に関する業務を文部科学省から移管された原子力規制委員会は、原子力施設等が保有する全ての核物質の在庫量等をIAEAに報告し、その報告内容が正確かつ完全であることをIAEAが現場で確認する査察等への対応を行っています。また、原子力委員会は、IAEAのプルトニウム国際管理指針[4]に基づき、我が国のプルトニウム保有量をIAEAに報告しています。我が国は、これらの活動を通じて、国際社会における原子力の平和利用への信用の堅持に努めてきています（図 4-2）。

---

[2] 2020年3月時点で、NPT締約国191か国のうち、我が国も含め非核兵器国175か国がIAEAとの協定に基づき包括的保障措置を受け入れています［61］。

[3] 統合保障措置の適用により、従来の計量管理を基本としつつ、短期通告査察又は無通告査察を強化することで、IAEAの検認能力を維持したまま査察回数の削減による効率化が期待されます。

[4] 米国、ロシア、英国、フランス、中国、日本、ドイツ、ベルギー、スイスの9か国が参加して、プルトニウム管理に係る基本的な原則を示すとともに、その透明性の向上のため、保有するプルトニウム量を毎年公表することとし、プルトニウム国際管理指針の採用を決定しました。1998年3月にIAEAが発表した同指針（INFCIRC/549）に基づき、各国がIAEAに報告するプルトニウム保有量及びプルトニウム利用に関する政策声明が毎年IAEAより公表されています。



我が国はNPTに加盟し、同条約の下、IAEAとの間で締結した包括的保障措置協定及び同協定の追加議定書に基づき、IAEAの保障措置を適用する義務を負っています。そのため、我が国は、原子炉等規制法等に基づき、以下の活動を実施しています。

1）計量管理

事業者が実施する計量管理を通じて、全ての核物質の所在、種類、量及び移動を把握

2）封じ込め/監視

核物質、核物質の輸送容器等の移動状況や移動の有無を封印し、監視カメラ等により確認

3）保障措置検査（査察）

施設に立入り、申告された核物質計量情報の正確性、完全性等を確認

4）設計情報の確認

施設に立入り、提供された施設設計情報及び運転情報が正しいことを確認

5）補完的なアクセス

2時間前又は24時間前の通告に基づき、原子力規制委員会、外務省の職員がIAEAの査察官とともに原子力関連活動をしている場所やその他のIAEAが指定した場所に立入り、未申告の核物質がないこと及び未申告の原子力活動が行われていないことを確認

図 4-2　我が国における保障措置実施体制

（出典）原子力規制委員会「保障措置の具体的方法」[4]に基づき作成

(3)　原子炉等規制法に基づく平和利用

我が国の原子力利用は、原子力基本法に基づき厳に平和の目的に限り行われており、原子炉等規制法に基づく規制を通じ、平和利用が担保されています。

①　原子炉等施設の設置許可等の審査

原子炉等規制法に基づき、原子力規制委員会は、原子炉施設等の設置（変更）の許可の段階で原子炉施設等が平和の目的以外に利用されるおそれがないことに関し、原子力委員会の意見を聴かなければならないと定められています。2019 年度には、九州電力株式会社玄海原子力発電所 3、4 号機の設置変更許可や関西電力株式会社高浜発電所 1、2、3、4 号機の設置変更許可等 18 件について、原子力規制委員会より意見を求められた原子力委員会は平和の目的以外に利用されるおそれがないものと認められるとする原子力規制委員会の判断は妥当であるとの答申を行いました。

②　保障措置活動の実施

2019 年には、原子炉等規制法に基づき、2,091 事業者から 4,636 件の計量管理に関する報告が、また、追加議定書に基づく拡大申告の対象となる活動を行っている事業者から 658 件のその活動に関する報告が原子力規制委員会に提出され、IAEA に提供されました。IAEA は我が国からの報告を基に原子力規制委員会等の立会いの下に査察等を行いました。また、我が国も 1,778 人・日の保障措置検査等を実施しました。東電福島第一原発の 1～3 号機以外にある全ての核物質については、通常の軽水炉と同等の検認活動が行われました。一方、1～3 号機については高放射線の影響等により通常の保障措置活動が実施できない状況にあるため、監視カメラと放射線モニターによる常時監視や、同発電所のサイト内のみに適用される特別な追加的検認活動により、未申告の核物質の移動がないことが確認されました。3 号機については、使用済燃料プールから取り出され共用プールへ移送された燃料の実在庫検認が行われました。2 号機については、建屋側面から核物質の持ち出しがないことを監視するため、2019 年 5 月に構台へ監視カメラを設置しました。また、IAEA との間で、1～3 号機の燃料デブリの取り出しに向けた国内の検討状況を情報共有するとともに、燃料デブリの払出し施設及び受入れ施設における計量管理等に関して検討・協議を行いました。

2019 年中に原子力規制委員会が実施した保障措置検査等により、国際規制物資使用者等による国際規制物資の計量及び管理が適切に行われていることが確認されました。

2019 年の我が国における主要な核燃料物質の移動量及び施設別在庫量は、図 4-3 に示すとおりです［5］。

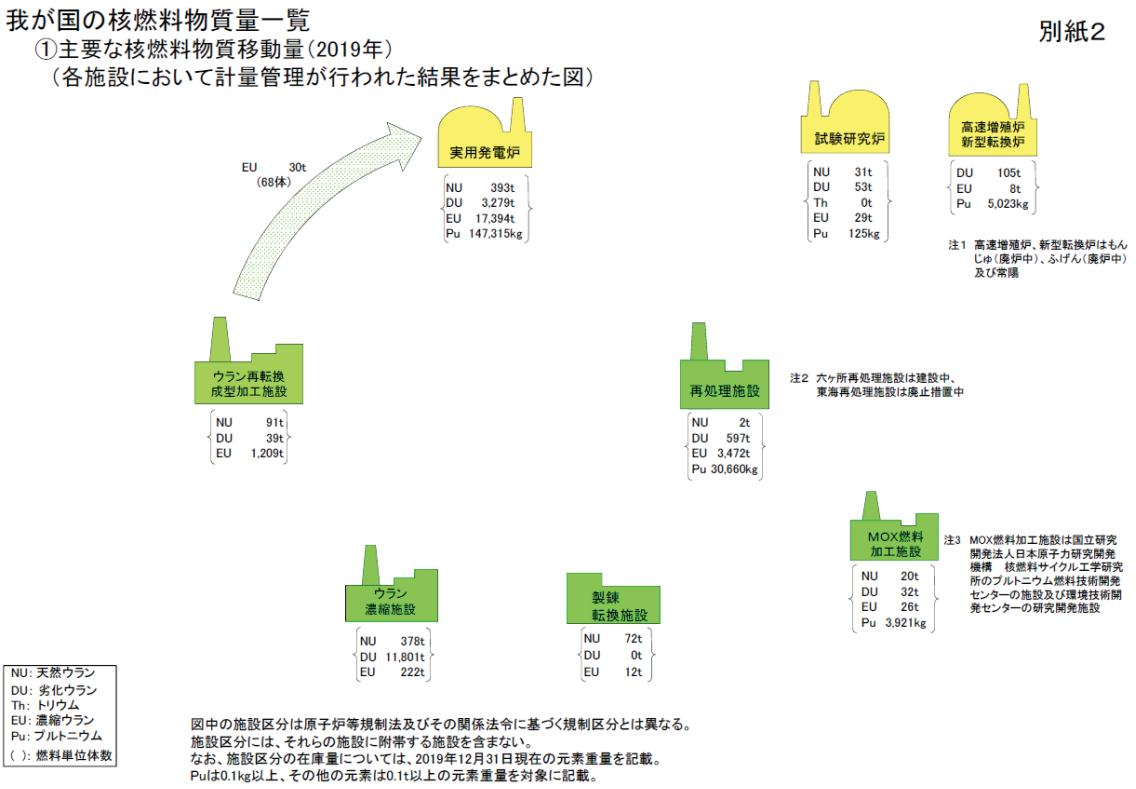


図 4-3 主要な核燃料物質の移動量及び施設別在庫量（2019 年）

(出典)第7回原子力規制委員会資料4 原子力規制庁「我が国における2019 年の保障措置活動の実施結果について」

なお、我が国は、IAEA ネットワーク分析所として認定されている原子力機構安全研究センターの高度環境分析研究棟において、IAEA が査察等の際に採取した環境試料の分析への協力を行うなど、引き続き IAEA の保障措置活動へ貢献するとともに、我が国としての核燃料物質の分析技術の維持・高度化を図っています。

また、我が国は IAEA 保障措置技術支援計画（JASPAS[5]）を通じ、我が国の保障措置技術を活用して、IAEA 保障措置を強化・効率化するための技術開発への支援を行うなど、保障措置に関する国際協力を実施しています。例えば、同機構の核不拡散・核セキュリティ総合支援センターでは、IAEA 職員等を対象とした「再処理施設での保障措置に係るトレーニング」を 2012 年以降毎年実施しています。

③ 核物質防護

我が国では、原子炉等規制法により、原子力施設に対する妨害破壊行為、核物質の輸送や貯蔵、原子力施設での使用等に際して核物質の盗取を防止するための対策を原子力事業者等に義務付けています。原子力事業者等は、原子力施設において核物質防護のための区域を定め、当該施設を鉄筋コンクリート造りの障壁等によって区画しています。さらに、出入管

[5] Japan Support Programme for Agency Safeguards

理、監視装置や巡視、情報管理等を行っています。また、核物質防護管理者を選任して、核物質防護に関する業務を統一的に管理しています。原子力規制庁は、核物質防護対策の取組状況について、既定の変更認可件数や遵守状況の検査件数等について公表しています。

(4)　政策上の平和利用

我が国は、原子力基本法において、原子力の研究、開発及び利用を厳に平和の目的に限るとともに、IAEA 保障措置の厳格な適用等による原子力の平和利用を担保しています（原子炉等規制法に基づく平和利用）。これに加え、平和利用の透明性向上の観点から、「利用目的のないプルトニウムを持たない」との原則を堅持し、原子力委員会において、プルトニウム管理状況の公表、プルトニウム利用計画の妥当性の確認、プルトニウム需給バランスの確保等の取組（「政策上の平和利用」の担保）を行っています。

今後とも引き続き、プルトニウムの利用目的を明確化して国内外に情報を発信し理解を得る活動を続けるとともに、最近の世界的な原子力利用をめぐる状況を俯瞰し、国際社会と連携し、核不拡散の観点も重要視しつつ、平和利用に係る透明性を高める独自の取組を行っていくことが重要です［6］。

なお、フランスは、「使用しない分離プルトニウムの蓄積を避けるために、プルトニウムは使用するときに使用する量だけ再処理する。」との使用済燃料管理政策を、2003 年に開催された IAEA の「使用済燃料管理及び放射性廃棄物管理の安全に関する条約」締約国会合（検討会合）で報告しています［7］。

①　我が国のプルトニウム利用に関する取組

核不拡散に協力し、国際社会に対し説得力のある説明を行うためにも、我が国におけるプルトニウムの管理とバランス確保の必要性はますます高まっています。原子力委員会は、毎年公表してきた「管理状況」と併せ、我が国のプルトニウム利用に関する方向性について更に透明性を高める必要があると考え、「国際社会に対して我が国の方針について適切に説明していくこと」が重要である旨を、2017 年 7 月に「原子力利用に関する基本的考え方」において決定しました。また国内的には、政府の説明責任の観点からも重要であることから、我が国のプルトニウム利用に関する現状と今後の見通し等に関する説明を解説文書としてまとめ、2017 年 10 月に和文及び英文を公表しました［2］。

さらに原子力委員会は、今後国内の再処理工場で新たにプルトニウムが分離され、MOX 燃料製造が行われ、軽水炉で消費される（プルサーマル）計画が本格化すること、商業用のプルトニウムの使用見込みや使用実績を把握する必要があること、また、原子力機構等が保有する研究開発用のプルトニウムの利用方針を原子力委員会が確認する必要があることを踏まえ、2003 年の「我が国におけるプルトニウム利用の基本的な考え方について」を 15 年ぶりに改定し、2018 年 7 月に「我が国におけるプルトニウム利用の基本的な考え方」を公表しました［8］。同「考え方」では「利用目的のないプルトニウムは持たない」との原則の下、

プルトニウム保有量を減少させる方針や、事業者間の連携・協力を促し、海外保有分のプルトニウムの着実な削減に取り組む方針等を明らかにしました。

我が国におけるプルトニウム利用の基本的な考え方

平成 30 年 7 月 31 日
原子力委員会決定

我が国の原子力利用は、原子力基本法にのっとり、「利用目的のないプルトニウムは持たない」という原則を堅持し、厳に平和の目的に限り行われてきた。我が国は、我が国のみならず最近の世界的な原子力利用をめぐる状況を俯瞰し、プルトニウム利用を進めるに当たっては、国際社会と連携し、核不拡散の観点も重要視し、平和利用に係る透明性を高めるため、下記方針に沿って取り組むこととする。

記

我が国は、上記の考え方に基づき、プルトニウム保有量を減少させる。プルトニウム保有量は、以下の措置の実現に基づき、現在の水準を超えることはない。

1. 再処理等の計画の認可（再処理等拠出金法）に当たっては、六ヶ所再処理工場、MOX 燃料加工工場及びプルサーマルの稼働状況に応じて、プルサーマルの着実な実施に必要な量だけ再処理が実施されるよう認可を行う。その上で、生産された MOX 燃料については、事業者により時宜を失わずに確実に消費されるよう指導し、それを確認する。
2. プルトニウムの需給バランスを確保し、再処理から照射までのプルトニウム保有量を必要最小限とし、再処理工場等の適切な運転に必要な水準まで減少させるため、事業者に必要な指導を行い、実現に取り組む。
3. 事業者間の連携・協力を促すこと等により、海外保有分のプルトニウムの着実な削減に取り組む。
4. 研究開発に利用されるプルトニウムについては、情勢の変化によって機動的に対応することとしつつ、当面の使用方針が明確でない場合には、その利用又は処分等の在り方について全てのオプションを検討する。
5. 使用済燃料の貯蔵能力の拡大に向けた取組を着実に実施する。

加えて、透明性を高める観点から、今後、電気事業者及び原子力機構は、プルトニウムの所有者、所有量及び利用目的を記載した利用計画を改めて策定した上で、毎年度公表していくこととする。

※六ヶ所再処理工場は 2021 年度上期、MOX 燃料加工工場は 2022 年度上期に竣工を計画。

以上

②　プルトニウム管理状況の公表及び IAEA へのプルトニウム保有量の報告

原子力委員会は、プルトニウム国際管理指針に基づき、我が国のプルトニウム管理状況を IAEA に対して報告しています。2020 年 8 月、原子力委員会は、2019 年末における我が国のプルトニウム管理状況を公表しました。また、IAEA に管理状況を報告する予定です。

2019 年末時点で、国内外において管理されている我が国の分離プルトニウム総量は約 45.5t となっています。国内保管分が約 8.9t、海外保管分が約 36.6t（うち、英国保管分が約 21.2t、フランス保管分が約 15.4t）となっています［9］。我が国の原子力施設等における分離プルトニウムの保管等の内訳等は資料編に示します。また、IAEA から公表されている、各国が 2018 年末において自国内に保有するプルトニウムの量は表 4-2 のとおりです。

表 4-1　分離プルトニウムの管理状況

				2019 年末時点
総量（国内＋海外）				約 45.5t
内訳	国内			約 8.9t
	海外	（総量）		約 36.6t
		内訳	英国	約 21.2t
			フランス	約 15.4t

（出典）第 24 回原子力委員会資料第 1 号 内閣府「我が国のプルトニウム管理状況」（2020 年）

表 4-2　プルトニウム国際管理指針に基づき IAEA から公表されている 2018 年末における各国の自国内のプルトニウム保有量を合計した値

（単位：tPu）

	未照射プルトニウム[注1]	使用済燃料中のプルトニウム[注2]
米国	49.3	716
ロシア	61.3	167
英国	138.9	26
フランス	83.2	299.6
中国	未報告	未報告
日本	9.0	169
ドイツ	-	123.1
ベルギー	（50kg 未満[注3]）	44
スイス	2kg 未満	20

（注 1）100kg 単位で四捨五入した値。ただし、50kg 未満の報告がなされている項目は合計しない。
（注 2）1,000kg 単位で四捨五入した値。ただし、500kg 未満の報告がなされている項目は合計しない。
（注 3）燃料加工中、MOX 燃料等製品及びその他の場所のプルトニウム保管量（各項目 50kg未満）。
（出典） IAEA、INFCIRC/549「Communication Received from Certain Member States Concerning Their Policies Regarding the Management of Plutonium」に基づき作成。

③　プルトニウム利用計画の公表

我が国初の商業再処理工場である日本原燃株式会社六ヶ所再処理施設は、2006 年 3 月より使用済燃料を使用してアクティブ試験を行い、2014 年 1 月には、新規制基準への適合性確認に係る申請等が原子力規制委員会に提出されています。

適合審査と使用前事業者検査等を経て同施設が竣工し操業を開始すれば、プルトニウムが分離、回収されることになります。そのため、プルトニウム利用の一層の透明性向上を図る観点から、2003 年の「我が国におけるプルトニウム利用の基本的な考え方について」に基づき、電気事業者は 2006 年より毎年度、プルトニウムを分離する前にその利用目的等を記載した利用計画を公表し、原子力委員会はその妥当性を確認していました。

2010 年 3 月に電気事業者が公表した計画では、全国の 16～18 基の原子炉でのプルサーマル導入を目指すとの方針が示されましたが、その後、東電福島第一原発事故による原子力発電所の運転停止や、六ヶ所再処理工場でのプルトニウムの回収がなかったこと等から、プルトニウム利用計画の策定・公表は見合わされてきました。

2018 年 3 月に電気事業連合会は、16～18 基の導入目標については「海外に保有するプルトニウムを含め、六ヶ所再処理工場において 800t 再処理時に回収されるプルトニウムを各社で確実に利用するために導入しており、それを基にしてはじかれている基数であることから、電気事業者としては、この方針を堅持」することを明らかにしました。また、電気事業者にとって、プルサーマルを含む核燃料サイクルの重要性に変更はなく、プルサーマル導入に向けて最大限取り組み、海外に保有するプルトニウム及び今後六ヶ所再処理工場において回収されるプルトニウムを、各社が確実に利用していくことを強調しました。

原子力委員会は 2018 年 7 月に公表した「我が国におけるプルトニウム利用の基本的な考え方」において、電気事業者及び原子力機構が、プルトニウムの所有者、所有量及び利用目的を記載した利用計画を改めて策定した上で、毎年度公表していくとしています。

2019 年 12 月末時点における各社のプルトニウム所有量は表 4-3 のとおりです。

表 4-3　各社のプルトニウム所有量（2019 年 12 月末時点）

（全プルトニウム量、kgPu）

所有者	国内所有量				海外所有量			合計
	JAEA ※1	日本原燃 ※2	発電所 ※3	小計	仏国 ※4	英国	小計	
北海道電力	－	91	－	91	106※5	138	244	336
東北電力	17	99	－	116	318	312	630	746
東京電力HD	198	957	205	1,361	3,171※5	9,154	12,325	13,685
中部電力	119	231	213	563	2,331	1,078	3,409	3,972
北陸電力	－	11	－	11	145	－	145	156
関西電力	268	703	－	971	7,705	3,524	11,229	12,200
中国電力	29	107	－	136	652	645	1,297	1,433
四国電力	93	168	198	459	97	975	1,072	1,532
九州電力	112	403	－	515	167	1,542	1,710	2,225
日本原子力発電	150	179	－	329	744	3,811※6	4,554	4,883
（電源開発）※4								
合計	987	2,950	616	4,553	15,435	21,180	36,615	41,168

※　端数処理（小数点第一位四捨五入）の関係で、合計が合わない箇所がある。また、「－」はプルトニウムを所有していないことを示す。

※1　日本原子力研究開発機構（JAEA）にて既に研究開発の用に供したものは除く。
※2　各電気事業者に引渡し済のプルトニウム量を記載している。
※3　MOX燃料が原子炉に装荷され、原子炉での照射が開始されると、相当量が所有量から減じられる。
※4　仏国回収分のプルトニウムの一部が電気事業者より電源開発に譲渡される予定。（核分裂性プルトニウム量で東北電力　約0.1トン、東京電力HD　約0.7トン、中部電力　約0.1トン、北陸電力　約0.1トン、中国電力　約0.2トン、四国電力　約0.0トン、九州電力　約0.1トンの合計約1.3トン）
※5　東京電力HDが仏国に保有しているプルトニウムの一部（核分裂性プルトニウム量で約40kg）が北海道電力に譲渡される予定。
※6　日本原子力発電の英国での所有量は一部推定値を含む。

（出典）電気事業連合会ホームページ［10］

④　プルトニウム・バランスに関する取組

2016 年 5 月に成立した再処理等拠出金法に対する附帯決議において、再処理を担う新たな認可法人として同年 10 月に発足した使用済燃料再処理機構が策定する使用済燃料再処理等実施中期計画（以下「実施中期計画」という。）を経済産業大臣が認可する際には、原子力の平和利用やプルトニウムの需給バランス確保の観点から、原子力委員会の意見を聴取することとされています。

これに基づき、原子力委員会は 2016 年 10 月に実施中期計画に関する最初の見解を示し、再処理関連施設が IAEA の保障措置下にあること等から、平和利用の観点から妥当であるとの判断を示しましたが、実施時期及び量を含む実施中期計画は、再処理を実施する前に提示されるよう要請しました。原子力委員会が 2018 年 2 月に実施したヒアリングで、日本原燃株式会社は、今後の再処理量等は、再処理等拠出金法に基づいて使用済燃料再処理機構が定め、国が認可した計画に基づき実施する方針を明らかにしました［11］。

さらに、2018 年 7 月に原子力委員会が公表した「我が国におけるプルトニウム利用の基本的な考え方」においても、再処理等の計画の認可に当たっては、六ヶ所再処理工場、MOX 燃料加工工場及びプルサーマルの稼働状況に応じて、プルサーマルの着実な実施に必要な量だけ再処理が実施されるよう認可を行い、生産された MOX 燃料が、事業者によって時宜を失わずに確実に消費されるよう指導・確認する方針が明示されました。また、プルトニウムの需給バランスを確保し、再処理から照射（原子力炉での燃料としての利用）までのプルトニウム保有量を必要最小限とし、再処理工場等の適切な運転に必要な水準まで減少させるため、事業者に必要な指導を行い、実現に取り組むことも明示されました［8］。

4－2 核セキュリティ

核セキュリティとは、「核物質、その他の放射性物質、その関連施設及びその輸送を含む関連活動を対象にした犯罪行為又は故意の違反行為の防止、探知及び対応」のことをいいます［12］。

我が国は、「核物質及び原子力施設の防護に関する条約」の義務を遵守しており、原子炉等規制法により、原子力施設に対する妨害破壊行為、核物質の輸送や貯蔵、原子力施設での使用等の各段階における核物質の盗取を防止するための対策を原子力事業者等に義務付けています。国は、原子力事業者等が講じる防護措置の実効性を定期的に確認しています。

なお、2001 年 9 月 11 日の米国同時多発テロ事件以降、放射性物質の発散装置（いわゆる「汚い爆弾」）の脅威も懸念されるようになり、核爆発装置に用いられる核燃料物質だけでなく、あらゆる放射性物質が防護の対象となってきました。従来は、核物質の不法移転及び原子力施設や核物質輸送への妨害破壊行為に対する防護対策であったものが、放射性物質の盗取及び関連施設又は輸送への妨害破壊行為、更に規制管理外の核物質やその他の放射性物質にまで、防護の対象が広がっています。

(1) 核セキュリティに関する枠組み・体制

① 国際的な核セキュリティに関する枠組み

1987 年 2 月に発効した「核物質の防護に関する条約」（以下「核物質防護条約」という。）は、核物質の不法な取得及び使用の防止を主目的とした条約であり、2020 年 3 月時点の締約国は 161 か国と 1 機関（ユーラトム）です［13］。2005 年の改正で、適用の対象が国内で使用、貯蔵、輸送されている核物質又は原子力施設へと拡大されるとともに、処罰対象の犯罪が拡大され、題名が「核物質及び原子力施設の防護に関する条約」（以下「改正核物質防護条約」という。）へと改められました。改正核物質防護条約の発効には、締約国の 3 分の 2 による締結が必要であり、2016 年の第 4 回核セキュリティ・サミット（米国ワシントン DC にて同年 3 月 31 日、4 月 1 日開催）後、102 か国の締結を以て同年 5 月 8 日に改正が発効しました［14］。

2001 年 9 月 11 日の米国同時多発テロ事件を契機として、原子力施設自体に対するテロ攻撃や、核物質やその他の放射性物質を用いたテロ活動（いわゆる「核テロ活動」）の脅威等に対処するための対策強化が求められるようになりました。IAEA は、核物質や放射性物質の悪用が想定される脅威を以下の 4 種類に分類しています［15］（図 4-4）。

i) 核兵器の盗取
ii) 盗取された核物質を用いて製造される核爆発装置
iii) その他の放射性物質の発散装置（いわゆる「汚い爆弾」）
iv) 原子力施設や放射性物質の輸送等に対する妨害破壊行為



図 4-4　IAEA が想定する核テロリズム

(出典)外務省「核セキュリティ」[15]

2005 年には「核によるテロリズムの行為の防止に関する国際条約」(以下「核テロリズム防止条約」という。) が国連総会で採択され、2007 年 7 月に 22 か国の締結により発効しました。同条約は、核によるテロリズムの行為の防止並びに、同行為の容疑者の訴追及び処罰のための効果的かつ実行可能な措置を取るための国際協力を強化することを目的としています。我が国は 2007 年に締約国となり、2020 年 3 月時点の締約国数は 116 か国です [16] [17]。

我が国は、テロ対策のための国際的な取組に積極的に参画しており、前述の改正核物質防護条約や核テロリズム防止条約を含め、国連その他の国際機関で採択された 13 のテロ防止関連諸条約を締結しています。

また、IAEA は、各国が原子力施設等の防護措置を定める際の指針となる文書 (IAEA 核セキュリティ・シリーズ文書) について、体系的な整備を実施しています。最上位文書としての基本文書(2013 年 2 月発刊の「国の核セキュリティ体制の基本:目的及び不可欠な要素」)、及び 3 つの勧告文書 (2011 年 1 月に発刊された「核物質及び原子力施設の物理的防護に関する核セキュリティ勧告改訂第 5 版」(INFCIRC/225/Rev.5)、「放射性物質及び関連施設に関する核セキュリティ勧告」、並びに「規制上の管理を外れた核物質及びその他の放射性物質に関する核セキュリティ勧告」) に加えて、実施指針 23 冊、技術指針 14 冊 (一部新旧版が併存) が刊行されています (2020 年 3 月時点) [18]。さらに、IAEA が加盟各国の核セキュリティ体制強化のための支援サービスとして主導する国際核物質防護諮問サービス (IPPAS[6]) も、核物質防護条約等の枠組みへの準拠と措置の実効性の向上を図る上で重要な取組の一つです。

[6] International Physical Protection Advisory Service

②　国内の核セキュリティ体制

1）　核物質及び原子力施設の防護

我が国では、原子炉等規制法により、原子力施設に対する妨害破壊行為、核物質の輸送や貯蔵、原子力施設での使用等に際して核物質の盗取等を防止するための対策を原子力事業者等に義務付けています。原子力事業者等は、原子力施設において核物質防護のための区域を定め、当該施設を鉄筋コンクリート造りの障壁等によって区画しています。さらに、出入管理、監視装置や巡視、情報管理等を行っています。また、核物質防護管理者を選任して、核物質防護に関する業務を統一的に管理しています（図 4-5）。国は、原子力事業者等が講じる防護措置の実効性を、核物質防護規定の遵守状況の検査（核物質防護検査）において定期的に確認しています。

現在、原子力施設の核物質防護対策は、原子炉等規制法に基づき、図 4-6 に示す体系で行われています。

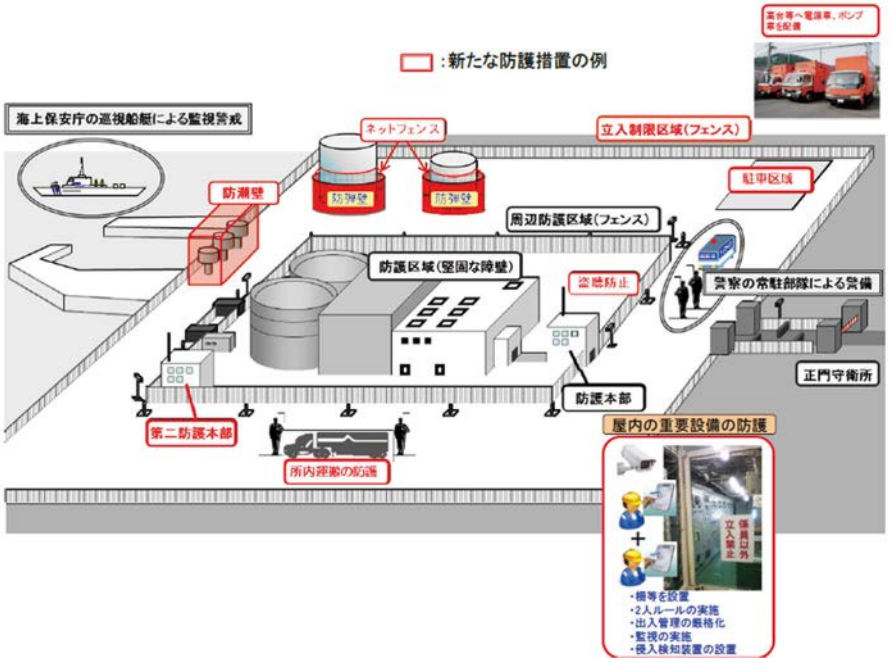


図 4-5　原子力施設における核物質防護（措置の例）

（出典）第 1 回核セキュリティに関する検討会資料 4 原子力規制委員会「核セキュリティに関する現状」（2013 年）

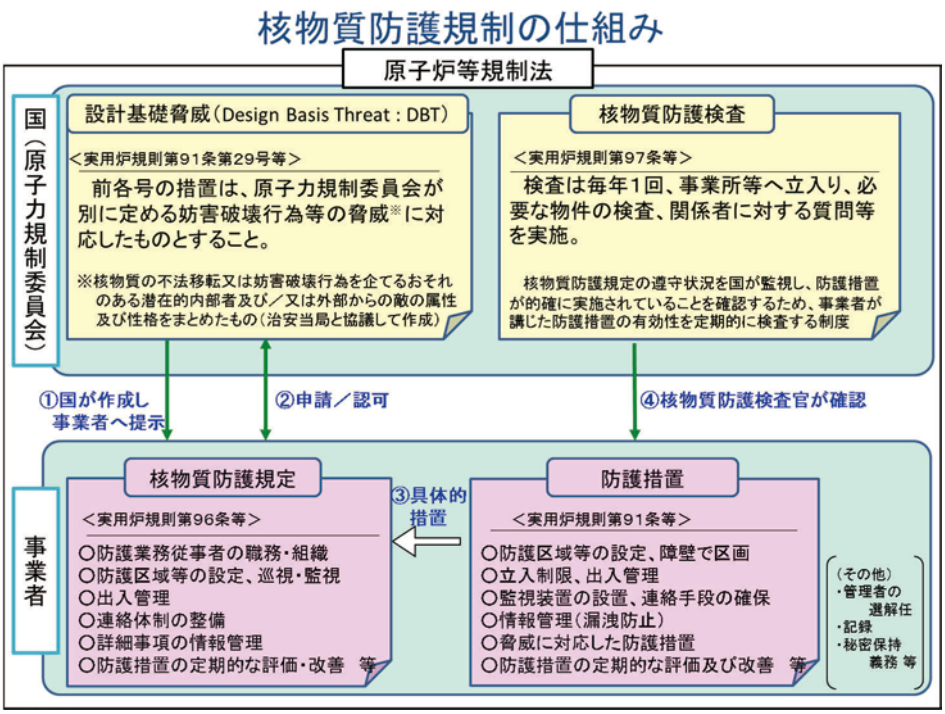


図 4-6　原子力施設における核物質防護の仕組み

（出典）原子力規制委員会作成

2）　輸送における核セキュリティ

表 4-4 に示すように、輸送時の核セキュリティは、輸送の種類によって所管する規制行政機関及び治安当局が異なります。特定核燃料物質[7]の輸送の際の要件は、陸上輸送に関しては原子炉等規制法で、海上輸送に関しては「船舶安全法」（昭和 8 年法律第 11 号）で定められています。

表 4-4　特定核燃料物質の輸送を所管する関係省庁

	輸送物	輸送方法	輸送経路・日時
陸上輸送	原子力規制委員会	【所外輸送】 国土交通省 【所内輸送】 原子力規制委員会	都道府県公安委員会
海上輸送	国土交通省	国土交通省	海上保安庁

（注）特定核燃料物質の航空輸送は実施されない。
（出典）第 2 回核セキュリティに関する検討会資料 4 国土交通省・原子力規制庁「輸送における核セキュリティの検討について」（2013 年）

[7] プルトニウム（プルトニウム 238 の同位体濃度が 100 分の 80 を超えるものを除く）、ウラン 233、ウラン 235 のウラン 238 に対する比率が天然の混合率を超えるウランその他の政令で定める核燃料物質（原子炉等規制法第 2 条第 6 項）。

(2)　核セキュリティ対策の強化

①　原子力規制委員会における取組

核物質防護に係る規制については、「核物質及び原子力施設の物理的防護に関する核セキュリティ勧告第５版」(INFCIRC/225/Rev.5) を踏まえて導入した個人の信頼性確認制度の運用状況等について重点的に核物質防護検査を行うとともに、核物質防護規定の変更認可申請の審査を厳正かつ適切に実施しました。また、2020 年度からの運用開始に向け、2019 年 6 月から開始した核物質防護に係る原子力規制検査の試運用の状況等を踏まえ、「原子力規制検査における個別事項の重要度評価プロセスに関するガイド（核物質防護用)」案等の作成を進めました。核セキュリティ対策の強化に資する制度整備については、実用発電用原子炉施設等以外の原子力施設に対する内部脅威対策の強化等に係る原子力規制委員会規則の改正（2019 年 3 月施行)、原子力施設の情報システムに係る妨害破壊行為等の脅威の策定等を踏まえて核物質防護に係る審査基準を改正（2019 年 4 月施行）したほか、上記試運用の結果等を踏まえつつ、関係法令や原子力規制検査関連文書の整備を進めました。

そのほか、原子力事業者等との間では、原子力規制委員会が経営層との面談等を通じてセキュリティに対する関与意識の強化を図っています。さらに、原子力規制庁は、原子炉等規制法に基づき、特定核燃料物質の防護のために事業者とその従業員が守るべき核物質防護規定の認可、同規定の遵守状況の検査を毎年行っています。

②　文部科学省における取組

我が国は 2010 年の核セキュリティ・サミットにおいて、主にアジア諸国の核セキュリティ強化を支援するセンターの設立を表明し、同年 12 月に原子力機構に「核不拡散・核セキュリティ総合支援センター（ISCN[8])」を設置しました。核不拡散・核セキュリティ総合支援センターは人材育成支援、技術開発等の活動を積極的に進めています。

人材育成支援では、原子力平和利用のセミナー、バーチャルリアリティ（VR）技術や核物質防護の実習施設を活用したトレーニング、保障措置の体制整備の実務者トレーニング等を実施し、各国から高い評価を受けています。また、IAEA 査察官向けに、原子力機構の施設を活用した我が国でしか実施できないトレーニングを提供し、IAEA からも高く評価されています。これらの受講者数は、4,600 名以上に上っています。

技術開発では、欧米と協力して、押収・採取された核物質を分析して出所等を割り出す核鑑識技術、中性子線を照射して対象物を非破壊分析するアクティブ法等の技術開発を進めています。アクティブ法は対象物からの放射線による影響があっても適用できる分析手法であり、高い放射線レベルの試料中の核物質測定等への適用が期待されています。また、従来の方法では検知困難な厚い遮へい体で覆われたコンテナ等に隠された核物質を非破壊で検知する核検知技術等の開発、核セキュリティ事象における核物質・放射性物質の魅力度（核爆発装置や放射性物質を飛散させる爆発物等への転用のしやすさ）の評価研究も進め

[8] Integrated Support Center for Nuclear Nonproliferation and Nuclear Security

ています。

そのほか、核不拡散・核セキュリティ総合支援センターでは原子力平和利用と核不拡散・核セキュリティに係る国際フォーラムを年次で開催しており、2019 年 12 月に開催されたフォーラムでは、「『2020』とその先の世界を見据えた 核セキュリティの課題と方向性」をテーマに、国内外の有識者による講演や議論が行われました［19］。

③　国際的取組への対応

我が国は 2015 年 2 月に前述の IAEA の IPPAS ミッションを受け入れ、同年 6 月に報告書を受領しました。また、2018 年 11 月から 12 月には、同ミッションでの勧告事項や助言事項に対する対応状況についてのフォローアップミッションを受け入れ、2019 年 4 月に報告書を受領しました。同フォローアップミッションからは「前回のミッション以降、日本の核セキュリティ体制には顕著な改善がみられる。その体制は、強固で十分に確立されており、改正核物質防護条約の基本原則に従ったものである。」との見解が示されました。原子力規制委員会は、これらのミッションの評価結果を踏まえ、引き続き核セキュリティ対策の向上に取り組んでいくとともに、IAEA との密接な協力の下、国際社会に貢献していく方針です［20］［21］。

我が国は、東京 2020 大会に向け、大規模国際行事の核テロ対策を強化することとしています。2018 年 2 月には、IAEA との間で「東京 2020 年オリンピック・パラリンピック競技大会の機会における核セキュリティ措置の実施支援分野における日 IAEA 間の実施取決め」に署名しました［22］。この取決めに基づいて、2019 年 10 月には「大規模公共行事における核セキュリティ対策に関する机上訓練」が実施され、東京 2020 大会を念頭に、各関係機関の対応等について議論が行われました。訓練には我が国の各関係機関に加え、IAEA 及び米国政府の関係者等も参加し、大規模公共行事における核セキュリティ分野での取組事例や対応等が紹介されました［23］。

なお、米国との間では 2019 年 6 月 25 日に、核セキュリティの研究開発の分野における秘密情報の交換に関する書簡を交換しており、この分野における日米協力の更なる深化が期待されます［24］。

2019 年 11 月 12 日から 14 日には、外務省と原子力機構核不拡散・核セキュリティ総合支援センター、米国エネルギー省国家原子力安全保障庁の共催で、核物質及びその他の放射性物質の輸送セキュリティに関する国際シンポジウムが東京で開催されました。同シンポジウムには、37 か国、IAEA、国際海事機関（IMO[9]）等の国際機関、原子力産業界、国内関係省庁等から約 120 名が参加し、核物質輸送セキュリティに関する経験、取組、制度等について良好事例の共有があったほか、輸送セキュリティに係る共通の課題について活発な議論や意見交換が行われました。また、このシンポジウムの成果は、2020 年 2 月に開催された IAEA の核セキュリティ国際会議のサイドイベントで紹介されました［25］［26］。

[9] International Maritime Organization

(3)　核セキュリティに関する国際的な取組

①　核セキュリティ・サミット

米国同時多発テロ（2001年9月11日）以降、国際社会は新たな緊急性を持ってテロ対策を見直し、取組を強化してきました。2009年4月、オバマ米大統領（当時）がプラハ（チェコ）において演説を行い、核テロは地球規模の安全保障に対する最も緊急かつ最大の脅威とした上で、核セキュリティ・サミットを提唱しました。同サミットは4回にわたり開催されました。

2010年4月にワシントンDC（米国）で開催された第1回のサミットで、我が国は、「核セキュリティ強化のためのアジア総合支援センターを2010年中に我が国に設立」、「核物質の測定、検知及び核鑑識に係る研究開発の実施」、「IAEA 核セキュリティ事業に対する一層の財政的・人的貢献」、「世界核セキュリティ協会（WINS[10]）会合の我が国での開催」の4つの協力措置を表明しました。2012年3月にソウル（韓国）で開催された第2回サミットで、我が国は、第1回で表明した協力措置全てを達成したことを報告しました。また、第2回サミットでは核セキュリティ向上のための様々なテーマについて、リード国が中心となって有志国を取りまとめ、具体的な取組を実施する「バスケット提案方式」が採用され、我が国は輸送セキュリティに関するバスケット提案をリードしました。2014年3月にハーグ（オランダ）で開催された第3回サミットでは、安倍首相が、「国内の研究施設にある核物質の移転・処分を内容とする日米合意の発表を含む、核物質の最小化と適正管理についての我が国のこれまでの取組と今後の方針」、「核物質防護条約改正への対応等の国内取組強化」、「核不拡散・核セキュリティ総合支援センターによる各国の人材育成・能力構築、輸送セキュリティに関するバスケット提案等の国際貢献の強化」の3つの柱からなるステートメントを発表し、我が国の核セキュリティ向上への姿勢を表明しました。第4回サミットは2016年3月にワシントンDC（米国）で開催され、我が国は、第2回サミット後に設置された日米核セキュリティ作業グループの活動の一環として、第3回サミットで約束した高速炉臨界実験装置（FCA[11]）の核燃料の全量撤去を日米で緊密に連携し完了したこと、また同作業グループの活動を継続し、その枠組みの下で京都大学臨界集合体実験装置（KUCA[12]）の高濃縮ウラン（HEU[13]）燃料を低濃縮ウラン（LEU[14]）燃料に転換し、全ての高濃縮ウラン燃料の米国への撤去を行うことを決定したことについて、日米共同声明の形にまとめて国際社会に対するメッセージとして発出しました。最終回となった第4回サミットでは、サミット終了後の核セキュリティ強化の取組に向けた行動計画等が採択されました［27］［28］。

---

10 World Institute for Nuclear Security
11 Fast Critical Assembly
12 Kyoto University Critical Assembly
13 High Enriched Uranium
14 Low Enriched Uranium

②　国連の行動計画

国連総会と国連安全保障理事会（以下「安保理」という。）は、グローバルな核セキュリティを強化する上で重要な役割を果たしています。2016 年の第 4 回核セキュリティ・サミットで発表された国連の行動計画では、2021 年までに国連安保理決議第 1540 号[15]の核セキュリティ責務を完全に履行するための取組、同決議の 2016 年包括的レビューの機会を利用した同決議の履行と 1540 委員会[16]及びその専門家グループへの支援の強化に加えて、核テロリズム防止条約の発効 10 周年を機に、同条約の履行状況を評価する締約国会合を 2017 年に開催することを目指す方針が示されました。核テロリズム防止条約発効 10 周年を記念する締約国会合は、2017 年 12 月にウィーンで開催され、同条約の有効性を高めるため、締約国を今後更に拡大していく方向性が確認されました［29］。

③　IAEA における取組

IAEA は 2002 年 3 月、核テロ対策を支援するために、核物質及び原子力施設の防護等 8 つの活動分野で構成される核セキュリティ第 1 次活動計画を策定し、核物質等テロ行為防止特別基金を設立しました。現在は、2017 年に承認された第 5 次行動計画（2018 年から 2021 年）が遂行されています［30］。

これまでに 2013 年、2016 年、2020 年の 3 度にわたり、IAEA が主催する閣僚級会議「核セキュリティに関する国際会議」が開催されました［31］。2020 年 2 月 10 日から 14 日に開催された 3 回目の会議「核セキュリティに関する国際会議：努力の維持と強化」には、130 以上の国が参加、我が国を含めて 55 名以上の閣僚レベルの代表者が出席し、核セキュリティを世界的に強化するという共通のコミットメントが確認され、核テロやその他の悪意のある行為による脅威に対抗する閣僚宣言が発出されました［32］。

④　その他の取組

上記のほか、我が国も参加する、核セキュリティの向上を目的とした代表的な国際取組として、「大量破壊兵器及び物質の拡散に対するグローバル・パートナーシップ（GP[17]）」［33］、「核テロリズムに対抗するためのグローバル・イニシアティブ（GICNT[18]）」、「核セキュリティ・コンタクトグループ（NSCG[19]）」［34］等が挙げられます。これらは、それぞれ 2002 年、2006 年の G8 を機に設置されましたが、その後 G8 の枠を超えて、多くの国や国際機関が参加する取組へと拡大しています。また、2008 年の第 52 回 IAEA 年次総会の際に設立された

---

15 大量破壊兵器及びその運搬手段の拡散が国際の平和と安全に対する脅威を構成することが明記された、初の国連憲章第7章下の国連安保理決議。全ての国連加盟国は非国家主体への大量破壊兵器（核兵器、生物兵器、化学兵器）及びその運搬手段（ミサイル）の拡散防止の義務を負い、本件決議の履行について安保理の下に置かれる1540委員会へ報告することが定められました。

16 国連安保理決議第 1540 号の履行状況を把握・検討する目的で、国連安保理下に設置された委員会。

17 Global Partnership

18 Global Initiative to Combat Nuclear terrorism

19 Nuclear Security Contact Group

「世界核セキュリティ協会（WINS）」は、核物質及び放射性物質がテロ目的に使用されないように、これらの物質の管理を徹底することを目的として活動を行っています。WINS は、核セキュリティ管理に関する WINS アカデミーをオンラインで提供しているほか［35］、世界各地で核セキュリティに関わるワークショップを開催しています。

4－3 核不拡散体制の維持・強化

我が国は、世界で唯一の戦争被爆国として、核兵器のない世界に向けた国際社会の核軍縮・不拡散の取組を引き続き主導していく使命を有しています。核兵器不拡散条約（NPT）においては、核軍縮、核不拡散、原子力の平和的利用が三本柱となっています。

① 国際的な核不拡散体制を維持・強化するための議論に積極的に参加する。

② 核不拡散への取組のための基盤強化のため、これに従事する有能な人材の育成に努める。

③ 「核不拡散と原子力の平和利用の両立を目指す趣旨で制定された国際約束・規範の遵守が、原子力利用による利益を享受するための大前提」とする国際的な共通認識の醸成に国際社会と協力して取り組む。

(1) 国際的な核軍縮・不拡散体制の礎石としての核兵器不拡散条約（NPT）

NPTは、米国、ロシア、英国、フランス及び中国を核兵器国と定め、これらの核兵器国には核不拡散の義務に加え、核兵器国を含む全締約国に対して誠実に核軍縮交渉を行う義務を課す一方、非核兵器国には原子力の平和利用を奪い得ない権利として認めて、IAEAの保障措置を受託する義務を課すもので、国際的な核軍縮・核不拡散を実現し、国際安全保障を確保するための最も重要な基礎となる普遍性の高い条約として位置付けられています。我が国は同条約を1976年6月に批准しており、2020年3月時点の同条約の締約国数は191か国です（国連加盟国ではインド、パキスタン、イスラエル及び南スーダンが未加入）[36]。

NPT運用検討会議は、条約の目的の実現及び条約の規定の遵守を確保することを目的として、5年に1度開催される国際会議です。NPT運用検討会議では、条約が発効した1970年以来、その時々の国際情勢を反映した議論が展開されてきました。近年、NPT体制は深刻な課題に直面しており、我が国も条約発効50周年となる2020年のNPT運用検討会議の意義ある成果に向けた様々な取組を行ってきましたが、同会議は新型コロナウイルス感染症の影響により延期になりました。

(2) 核軍縮に向けた取組

① 核軍縮の推進に向けた我が国の取組

我が国は、唯一の戦争被爆国として、核兵器のない世界を実現するため、軍縮・不拡散外交を積極的に行っています。1994年以降、国連総会に核兵器廃絶決議案を提出し、幅広い国々の支持を得て採択されてきています。また、「核不拡散・核軍縮に関する東京フォーラム」（1998年から1999年）やオーストラリア政府と共に「核不拡散・核軍縮に関する国際委員会（ICNND[20]）」（2009年から2011年）を立ち上げ、現実的な報告書を国際社会に示してきました。さらに、2017年に我が国は、核軍縮の進め方をめぐり様々なアプローチを有する国々の信頼関係を再構築し、核軍縮の実質的な進展に資する提案を得ることを目的とし

[20] International Commission on Nuclear Non-proliferation and Disarmament

て、「核軍縮の実質的な進展のための賢人会議」を立ち上げ、これまでに5回の会合を開催しました。2019年3月に京都で開かれた第4回会合では、現下の状況において核軍縮を進めるために必要な国際社会の取組について議論が行われ、その結果、NPT運用検討会議第3回準備委員会へのインプットを念頭に、「京都アピール」が取りまとめられました［37］。2019年7月に東京で開かれた第5回会合では、2020年NPT運用検討会議及びその後を見据えて、国際社会として核軍縮の進展をどのように図っていくかについて議論が行われました。その結果、軍縮と安全保障の関係に関する困難な問題に焦点を当てつつ、これまでの賢人会議における議論を総括する報告書を作成することが決定されました［38］。「議長レポート」として取りまとめられた報告書は、2019年10月に若宮外務副大臣に提出されました。同レポートは、安全保障と人道の観点からの主張の間のギャップを明らかにするとともに、核廃絶のために直視すべき困難な問題を特定・検討し、国家や市民社会がとり得る措置を提案する内容となっています［39］。2020年3月には東京で、賢人会議における議論の成果のフォローアップ及び更なる発展を目的として、核兵器国と非核兵器国を含む各国の政府関係者及び民間有識者の参加を得て、「核軍縮の実質的な進展のための1.5トラック会合」を開催しました［40］。

また、我が国は、2010年9月に我が国とオーストラリアが中心となって立ち上げた「軍縮・不拡散イニシアティブ（NPDI[21]）」を通じて、核兵器国と非核兵器国の橋渡し役となることを目指した活動を行ってきています。最近では、NPDIとして、2019年11月のG20外相会合の際に、第10回NPDI外相会合を名古屋において日豪共同開催し、NPT体制の維持・強化の重要性に関する外相共同声明を発出しました。また、2020年NPT運用検討会議プロセスに計15本の作業文書を提出するなど、現実的・実践的な提案を通じてNPT運用検討プロセスに積極的に貢献しています［41］。

②　包括的核実験禁止条約（CTBT[22]）

CTBTは、全ての核兵器の実験的爆発又は他の核爆発を禁止するもので、核軍縮・不拡散を進める上で極めて重要な条約であり、我が国は1997年に批准しました。2020年3月時点で、署名国は184か国、批准国は168か国ですが、CTBTの発効に必要な特定の44か国のうち批准は36か国にとどまっており、条約は発効していません［42］。未批准の発効要件国は、インド、パキスタン、北朝鮮、中国、エジプト、イラン、イスラエル及び米国です。

我が国は、残り8か国の発効要件国の批准を含むCTBTの発効を重視しており、発効促進会議、CTBTフレンズ外相会合、賢人グループ（GEM[23]）による取組への積極的な関与及び支援に加え、二国間協議を通じて未批准国への働きかけに積極的に取り組んでいます。2019年

[21] Non-proliferation and Disarmament Initiative
[22] Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty
[23] Group of Eminent Persons

9 月にはニューヨークの国連本部で第 11 回 CTBT 発効促進会議が開催され、茂木外務大臣が出席し、CTBT の発効促進に向けた我が国の取組を紹介するとともに、核軍縮・不拡散の取組が着実に進展することへの期待と決意を表明しました［43］。

また、検証体制については、我が国は、国内に国際監視制度（IMS[24]）の 10 か所の監視施設及び実験施設を維持・運営しているほか（図 4-7）、世界各国の将来の IMS ステーションオペレーター（観測点の運営者）の能力開発支援や包括的核実験禁止条約機関（CTBTO[25]）への検証体制関連分野への任意拠出の提供を通じて、その強化に貢献しています［44］。

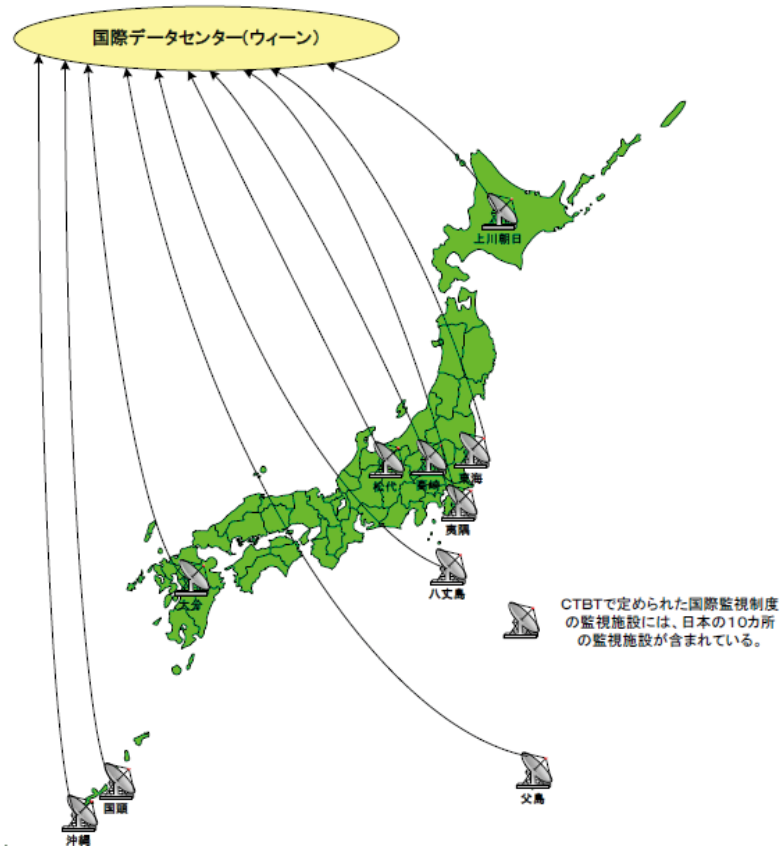


図 4-7　日本国内の国際監視施設設置ポイント

(出典)外務省「CTBT 国内運用体制の概要　日本国内の国際監視施設設置ポイント」［45］

③　核兵器用核分裂性物質生産禁止条約（「カットオフ条約」（FMCT[26]））

1993 年 9 月にクリントン米大統領（当時）が提案した FMCT は、兵器用の核分裂性物質（兵器用高濃縮ウラン及びプルトニウム等）の生産を禁止することで、新たな核兵器保有国の出現を防ぎ、かつ核兵器国における核兵器の生産を制限するもので、核軍縮・不拡散の双

[24] International Monitoring System
[25] Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty Organization
[26] Fissile Material Cut-off Treaty

方の観点から大きな意義を有します。

これまで、条約交渉を開始するための議論がジュネーブ軍縮会議（CD[27]）においてなされてきているものの、現在に至るまで実質的な交渉は開始されていません。そのため、2016年国連総会決議（A/RES/71/259）によって、国連事務総長の下にFMCTに関するハイレベル専門家準備グループを設置することが決定されました。同準備グループは、将来のFMCTの交渉に資するよう、条約の実質的な要素について議論し、勧告を作成してきました。2018年5月から6月には、ジュネーブにおいて2回目（最終回）となるハイレベル専門家準備グループ会合が開催されました。同グループは、これら2回の会合における議論を経て報告書を採択しました［46］。

④　核兵器禁止条約

2010年に米露間で新たな戦略兵器削減条約が結ばれて以降、更なる削減に向けた動きがなく、核軍縮に向けた動きが停滞する中で、2013年3月にオスロ（ノルウェー）にて「核兵器の人道的影響に関する会議」が立ち上げられました。2014年12月にウィーン（オーストリア）で開催された第3回会議では、非同盟運動（NAM[28]）諸国を中心に、核兵器の禁止に向けたプロセスの開始を求める意見が出された一方、核兵器国である米英及び北大西洋条約機構（NATO[29]）諸国、オーストラリア、韓国等からは、現実的かつ実践的アプローチに基づく、ステップバイステップによる核軍縮を支持する立場が示されました。このような中で、2016年10月の国連総会において、多国間の核兵器撤廃交渉を2017年から開始する決議案が賛成多数で可決され、2017年7月に122か国・地域の賛成多数により「核兵器禁止条約」が採択されました。

我が国は唯一の戦争被爆国であり、政府としては、核兵器禁止条約が目指す核兵器廃絶という目標を共有しています。近年、国際的な安全保障環境が悪化する中、核軍縮の進め方をめぐっては、核兵器国と非核兵器国の間でのみならず、核兵器の脅威にさらされている非核兵器国とそうでない非核兵器国の間でも立場の違いが顕在化しています。このような厳しい状況の下、現実的に核軍縮を進めていくためには、非核兵器国のみならず、核兵器国の協力を得ながら、現実的かつ実践的な取組を粘り強く進めていく必要があります［47］。

(3)　核不拡散に向けた取組

国際的な核軍縮や核不拡散に関する取組は、NPT等の国家間の条約を中心に、それを担保するためのIAEAとの協定、二国間原子力協定、原子力関係の資機材・技術の輸出管理体制等の国際的枠組みの下で実施されています。

---

[27] Conference on Disarmament
[28] Non-Aligned Movement
[29] North Atlantic Treaty Organization

①　原子力供給国グループ（NSG[30]）

1974 年のインドの核実験を契機として、原子力関連の資機材を供給する能力のある国の間で原子力供給国グループ（NSG）が設立され、2020 年 3 月時点で我が国を含む 48 か国が NSG に参加しています。NSG 参加国は、核物質や原子力活動に使用するために設計又は製造された品目及び関連技術の輸出条件を定めた「NSG ガイドライン・パート 1」[31]を 1978 年に選定し、これに基づいた輸出管理を行っています。さらに、その後策定された「NSG ガイドライン・パート 2」[32]は、通常の産業等に用いられる一方で原子力活動にも使用し得る資機材（汎用品）及び関連技術も輸出管理の対象としています［48］。

2019 年 6 月 20 日、21 日の両日には、ヌルスルタン（カザフスタン）において NSG 第 29 回総会が開催されました。総会では、国際安全保障環境の発展並びに原子力及び関連産業の急速なペースに合わせて NSG ガイドラインを改訂することの重要性が再確認されています［49］。

②　北朝鮮の核開発問題

北朝鮮は、累次の国連安保理決議に従った、全ての大量破壊兵器及びあらゆる射程の弾道ミサイルの完全な、検証可能な、かつ、不可逆的な方法での廃棄を依然として行っていません。

2018 年には 4 月の南北首脳会談に加え、5 月に豊渓里（プンゲリ）の核実験場を爆破し、6 月には史上初となる米朝首脳会談が行われ、北朝鮮は朝鮮半島の「完全な非核化」について約束しました。しかし、2019 年 2 月に第 2 回米朝首脳会談が開催されたものの、いかなる合意にも達することなく終了しました。その後 2019 年 6 月、米朝首脳が板門店で面会し、10 月には米朝実務者協議がスウェーデンで開催されました。

北朝鮮は、2019 年 5 月以降これまで 30 発を超える頻繁な弾道ミサイル等の発射を繰り返しており、同年 10 月には潜水艦発射弾道ミサイル（SLBM[33]）の発射を行いました［50］。

引き続き、北朝鮮による全ての大量破壊兵器及びあらゆる射程の弾道ミサイルの完全な、検証可能な、かつ、不可逆的な廃棄に向け、国際社会が一致結束して、安保理決議を完全に履行することが重要です。

---

[30] Nuclear Suppliers Group

[31] NSG ガイドライン・パート 1 の主な対象品目は、①核物質、②原子炉とその付属装置、③重水、原子炉級黒鉛等、④ウラン濃縮、再処理、燃料加工、重水製造、転換等に係るプラントとその関連資機材。

[32] NSG ガイドライン・パート 2 の主な対象品目は、①産業用機械（数値制御装置、測定装置等）、②材料（アルミニウム合金、ベリリウム等）、③ウラン同位元素分離装置及び部品、④重水製造プラント関連装置、⑤核爆発装置開発のための試験及び計測装置、⑥核爆発装置用部品。

[33] Submarine Launched Ballistic Missile

③　イランの核開発問題

イランの核開発問題は、国際核不拡散体制への重大な挑戦となっていましたが、2015 年 7 月に、EU3+3（英国、フランス、ドイツ、米国、中国、ロシア及び EU）とイランとの間で「包括的共同作業計画（JCPOA[34]）」が合意され、JCPOA を支持する安保理決議第 2231 号が採択されました。JCPOA は、イランの原子力活動に制約をかけつつ、それが平和的であることを確保し、また、これまでに課された制裁を解除していく手順を詳細に明記したものです［51］。

IAEA 事務局長が 2015 年 12 月に、イランの核計画の軍事的側面に関する検証作業結果をまとめた最終評価報告書を公表したこと、IAEA が 2016 年 1 月に、イランが JCPOA で約束した一部の措置を履行したことを検認したことを受け、米国及び EU は核関連の対イラン制裁を停止・終了し、過去の関連する安保理決議によって課された制裁の一部が終了しました。ただし、安保理決議第 2231 号に基づき、イランの核活動やミサイル等に関連する移転活動には引き続き制約が課されることになりました。

しかし近年、JCPOA の維持が懸念される状況が生じています。2018 年には米国が JCPOA から離脱し、同年 8 月及び 11 月にイランに対する制裁措置を再適用しました［52］［53］。一方でイランは、2019 年 5 月に JCPOA の履行の一部停止を発表し、11 月には JCPOA でウラン濃縮活動を行わないことが規定されているフォルドの施設において、ウラン濃縮活動を再開したことを発表しました［54］。また、2020 年 1 月には、JCPOA において制限されているウラン濃縮活動に係る制約を取り払う旨を発表しました。2020 年 3 月に IAEA が公表した安保理決議第 2231 号に基づくイランにおける検証及び監視に関する IAEA 事務局長報告書によれば、2020 年 2 月 19 日時点におけるイランの濃縮ウラン保有量は、1020.9 キログラムに達しました［55］。これは、JCPOA で定めた上限 202.8 キログラムの 5 倍を超える量です。

我が国は、国際不拡散体制の強化と中東の安定に資する JCPOA を一貫して支持しており、引き続きイランに対し、核合意を遵守するよう働きかけるとともに、中東における緊張緩和と情勢の安定化に向け、関係国と連携していく方針です。2019 年 6 月には安倍首相がイランを訪問し、ローハニ大統領及びハメネイ最高指導者と会談を行いました。さらに 12 月にはイランのローハニ大統領が来日して安倍首相と会談を行い、安倍首相は JCPOA を損なう措置を控えるよう強く求めるとともに、IAEA との協力の重要性を強調しました。2020 年 2 月には茂木外務大臣がドイツにおいてイランのザリーフ外務大臣と会談し、JPCOA を遵守し、IAEA と完全な形で協力するよう改めて求めました［56］［57］［58］。

④　核不拡散の強化に向けた新たな動き

2006 年 9 月の IAEA 第 50 回記念総会の際に、核燃料供給保証[35]に関する特別イベントが開

---

[34] Joint Comprehensive Plan of Action

[35] 供給保証は、政治的な理由による核燃料の供給途絶を回避するものであり、そのメカニズムとしては、

催され、我が国の「IAEA 燃料供給登録システム」を含め、様々な提案がなされました。

その後、ロシアが主導するアンガルスクの国際ウラン濃縮センター（IUEC[36]）については、ロシアの国営企業ロスアトムが 2010 年 3 月に IAEA と備蓄の構築に関する協定を交わし、2011 年 2 月より燃料供給保証として 120t の低濃縮ウラン備蓄の利用が可能となりました。

また、米国の NGO である核脅威イニシアティブ（NTI[37]）による低濃縮ウラン備蓄に関する提案に関しては、カザフスタンに低濃縮ウランの核燃料バンクを設置し操業することについて、2015 年 8 月に同国と IAEA が協定に署名し、同バンクは 2017 年 8 月に開所しました［59］。2019 年 10 月には仏オラノ社、同 12 月にはカザフスタン国営原子力企業のカズアトムプロム社から低濃縮ウランが納入され、同バンクの操業に必要な低濃縮ウランの備蓄が完了しました［60］。

契約等に基づいて仮想的な備蓄や加工サービスを提供すること、又は核燃料の現物（天然ウランから燃料集合体まで）を備蓄すること等が考えられます。

[36] International Uranium Enrichment Center

[37] Nuclear Threat Initiative

参考文献

1. **IAEA.** Atoms for Peace Speech. （オンライン） 1953 年 12 月 8 日. （引用日： 2020 年 3 月 13 日.） https://www.iaea.org/about/history/atoms-for-peace-speech.
2. **原子力委員会.** 日本のプルトニウム利用について【解説】. （オンライン） 2017 年 10 月. http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/kettei/kettei171003.pdf.
3. **原子力規制委員会.** 保障措置. （オンライン） （引用日： 2020 年 3 月 13 日.） https://www.nsr.go.jp/activity/hoshousochi/index.html.
4. -. 保障措置の具体的方法. （オンライン） （引用日： 2020 年 7 月 17 日.） https://www.nsr.go.jp/activity/hoshousochi/houhou/index.html.
5. **原子力規制庁.** 我が国における 2019 年の保障措置活動の実施結果について. （オンライン） 2020 年 5 月 28 日. https://www.nsr.go.jp/data/000312490.pdf.
6. **原子力委員会.** 我が国におけるプルトニウム利用の基本的な考え方について. （オンライン） 2003 年 8 月 5 日. http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2003/kettei/kettei030805.pdf.
7. **Autorité de sûreté nucléaire (ASN) .** Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management First national report. （オンライン） 2003 年 3 月. http://www.french-nuclear-safety.fr/Media/Files/1st-national-report?.
8. **原子力委員会.** 我が国におけるプルトニウム利用の基本的な考え方. （オンライン） 2018 年 7 月 31 日. http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2018/siryo27/3-2set.pdf.
9. -. 我が国のプルトニウム管理状況. 第 24 回原子力委員会資料第 1 号. （オンライン） 2020 年 8 月 21 日. http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2020/siryo24/1_haifu.pdf.
10. **電気事業連合会.** 各社のプルトニウム所有量 (2019 年 12 月末時点).（オンライン） 2020 年 8 月 25 日. https://www.fepc.or.jp/resource_sw/200821_pluthermal.pdf
11. **日本原燃株式会社.** 再処理工場および MOX 燃料工場のしゅん工時期の変更について. 第 4 回原子力委員会資料第 1 号. （オンライン） 2018 年 2 月 6 日. http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2018/siryo04/siryo1-1.pdf.
12. **外務省.** 原子力の平和的利用　核セキュリティとは. （オンライン） 2018 年 2 月 16 日. （引用日： 2020 年 3 月 13 日.） https://www.mofa.go.jp/mofaj/dns/n_s_ne/page22_000968.html.
13. **IAEA.** Convention on the Physical Protection of Nuclear Material. （オンライン） 2020 年 3 月 13 日. https://www-legacy.iaea.org/Publications/Documents/Conventions/cppnm_status.pdf.

14. **外務省.** 核物質の防護に関する条約の改正. (オンライン) 2016 年 5 月 6 日. (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) http://www.mofa.go.jp/mofaj/ila/trt/page22_000954.html.
15. -. 核セキュリティ. (オンライン) 2019 年 11 月 14 日. http://www.mofa.go.jp/mofaj/dns/n_s_ne/page22_000968.html.
16. -. 核によるテロリズムの行為の防止に関する国際条約. (オンライン) (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/treaty/shomei_14.html.
17. **国際連合.** 15 . International Convention for the Suppression of Acts of Nuclear Terrorism. (オンライン) (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) https://treaties.un.org/pages/ViewDetailsIII.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XVIII-15&chapter=18&Temp=mtdsg3&clang=_en.
18. **IAEA.** Nuclear Security Series Publications. (オンライン) (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) http://www-ns.iaea.org/security/nss-publications.asp.
19. **国立研究開発法人日本原子力研究開発機構.** 原子力平和利用と核不拡散・核セキュリティに係る国際フォーラム『「2020」とその先の世界を見据えた 核セキュリティの課題と方向性』の開催について. (オンライン) 2019 年 11 月. (引用日: 2019 年 12 月 23 日.) https://www.jaea.go.jp/04/iscn/activity/2019-12-04/announce.html.
20. **原子力規制委員会.** 国際原子力機関 (IAEA) の国際核物質防護諮問サービス (IPPAS) フォローアップミッションの受け入れについて. 第 53 回原子力規制委員会資料 3. (オンライン) 2017 年 1 月 11 日. https://warp.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11402581/www.nsr.go.jp/data/000174641.pdf.
21. -. 国際核物質防護諮問サービス (IPPAS) フォローアップミッションの結果. (オンライン) 2018 年 12 月 7 日. (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) http://www.nsr.go.jp/activity/bousai/Physical_Protection/ippas_20181207.html.
22. **外務省.** 「東京 2020 年オリンピック・パラリンピック競技大会の機会における核セキュリティ措置の実施支援分野における日 IAEA 間の実施取決め」の署名. (オンライン) 2018 年 2 月 15 日. (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) http://www.mofa.go.jp/mofaj/press/release/press11_000047.html.
23. -. 大規模公共行事における核セキュリティ対策に関する机上訓練の実施. (オンライン) 2019 年 10 月 7 日. (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) https://www.mofa.go.jp/mofaj/press/release/press4_007899.html.
24. -. 核セキュリティの研究開発の分野における秘密情報の交換に関する日米間の書簡の交換. (オンライン) 2019 年 6 月 26 日. (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) https://www.mofa.go.jp/mofaj/dns/n_s_ne/page22_003225.html.
25. -. 輸送セキュリティに関する国際シンポジウムの開催. (オンライン) 2019 年 11 月 14 日. (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) https://www.mofa.go.jp/mofaj/press/release/press4_008006.html.

26. **国立研究開発法人日本原子力研究開発機構核不拡散・核セキュリティ総合支援センター.** 1-1 核セキュリティに関する IAEA 国際会議(ICONS 2020)におけるサイドイベントの開催. ISCN ニューズレター No.0275 Feburary,2020. (オンライン) 2020 年 2 月. https://www.jaea.go.jp/04/iscn/nnp_news/attached/0275.pdf#page=4.

27. **外務省.** 核セキュリティ・サミット. (オンライン) 2016 年 3 月 22 日. (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/kaku_secu/index.html.

28. -. 第 4 回米国核セキュリティ・サミット. 外務省. (オンライン) 2016 年 9 月 1 日. (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) https://www.mofa.go.jp/mofaj/dns/n_s_ne/page25_000349.html.

29. **国際連合.** Vienna event marks 10th Anniversary of Convention to tackle nuclear terrorism. (オンライン) 2017 年 12 月 12 日. (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) https://www.unodc.org/unodc/en/frontpage/2017/December/vienna-event-marks-10th-anniversary-of-convention-to-tackle-nuclear-terrorism.html.

30. **IAEA.** Nuclear Security Plan. (オンライン) (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) https://www.iaea.org/topics/security-of-nuclear-and-other-radioactive-material/nuclear-security-plan.

31. -. International Conference on Nuclear Security: Sustaining and Strengthening Efforts. (オンライン) (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) https://www.iaea.org/events/nuclear-security-conference-2020.

32. -. IAEA Ministerial Conference Commits to Strengthening Nuclear Security Amid Concerns About Global Threats. (オンライン) 2020 年 2 月 10 日. (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) https://www.iaea.org/newscenter/pressreleases/iaea-ministerial-conference-commits-to-strengthening-nuclear-security-amid-concerns-about-global-threats.

33. **Global Partnership Against the Spread of Weapons and Materials of Mass Destruction.** Our Partners. (オンライン) (引用日: 2019 年 3 月 13 日.) https://www.gpwmd.com/partners.

34. **外務省.** 核テロリズムに対抗するためのグローバル・イニシアティブ. (オンライン) 2016 年 6 月 2 日. (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/atom/gi.html.

35. **世界核セキュリティ協会.** WINS Academiy. (オンライン) (引用日: 2019 年 3 月 13 日.) https://wins.org/wins-academy/.

36. **United Nations Office for Disarmament Affairs.** Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons. (オンライン) (引用日: 2020 年 3 月 31 日.) http://disarmament.un.org/treaties/t/npt.

37. **外務省.** 「核軍縮の実質的な進展のための賢人会議」第 4 回会合の開催 (結果).

（オンライン）2019年3月23日.（引用日：2020年3月13日.）
https://www.mofa.go.jp/mofaj/press/release/press4_007234.html.
38. －.「核軍縮の実質的な進展のための賢人会議」第5回会合の開催（結果）.（オンライン）2019年7月23日.（引用日：2020年3月13日.）
https://www.mofa.go.jp/mofaj/press/release/press4_007631.html.
39. －. 議長レポート.（オンライン）2019年10月21日.
https://www.mofa.go.jp/mofaj/files/000529774.pdf.
40. －.「核軍縮の実質的な進展のための1.5トラック会合」の開催（結果）.（オンライン）2020年3月6日.（引用日：2020年3月13日.）
https://www.mofa.go.jp/mofaj/press/release/press4_008306.html.
41. －. 軍縮・不拡散イニシアティブ.（オンライン）2019年10月.
https://www.mofa.go.jp/mofaj/files/000031005.pdf.
42. **Preparatory Commission for the Comprehensive. Nuclear-Test-Ban Treaty. Organization.** Status of Signature and Ratification.（オンライン）（引用日：2019年12月23日.）https://www.ctbto.org/the-treaty/status-of-signature-and-ratification/.
43. **外務省.** 第11回包括的核実験禁止条約（CTBT）発効促進会議.（オンライン）2019年9月25日.（引用日：2020年3月13日.）
https://www.mofa.go.jp/mofaj/dns/ac_d/page4_005312.html.
44. －. 包括的核実験禁止条約（CTBT）採択から20年 ― 国際監視制度(IMS)構築の意義.（オンライン）2016年3月16日.（引用日：2020年3月13日.）
https://www.mofa.go.jp/mofaj/press/pr/wakaru/topics/vol141/index.html.
45. －. CTBT国内運用体制の概要 日本国内の国際監視施設設置ポイント.（オンライン）
https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/kaku/ctbt/pdfs/kanshi_point.pdf.
46. －. 核兵器用核分裂性物質生産禁止条約（FMCT）の概要.（オンライン）2020年2月7日.（引用日：2020年3月13日.）
https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/kaku/fmct/gaiyo.html.
47. －. 第3章　国益と世界全体の利益を増進する外交. 外交青書2018（HTML）.（オンライン）（引用日：2020年3月13日.）
https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/bluebook/2018/html/chapter3_01_04.html.
48. －. 原子力供給国グループ（NSG）.（オンライン）2019年7月11日.（引用日：2020年3月13日.）http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/kaku/nsg/index.html.
49. －. 原子力供給国グループ（NSG）ヌルスルタン総会.（オンライン）2019年7月11日.（引用日：2020年3月13日.）
https://www.mofa.go.jp/mofaj/dns/n_s_ne/page24_000987.html.
50. **防衛省.** 2020年の北朝鮮の発射について.（オンライン）2020年4月.（引用日：

2020年7月30日.）文書名については
https://www.mod.go.jp/j/approach/defense/northKorea/index.html　から取得.
https://www.mod.go.jp/j/approach/defense/northKorea/pdf/nk2-20200401.pdf.
51. **外務省.** 包括的共同作業計画（JCPOA）．第29回原子力委員会資料第1号.（オンライン）2015年7月28日.
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2015/siryo29/siryo1.pdf.
52. −. イラン核合意に関する米国大統領の発表について（外務大臣談話）.（オンライン）2018年5月9日.（引用日：2020年3月13日.）
https://www.mofa.go.jp/mofaj/press/danwa/page4_003984.html.
53. −. 第3章4　軍縮・不拡散・原子力の平和的利用. 平成30年版外交青書.（オンライン）（引用日：2020年3月13日.）
https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/bluebook/2018/html/chapter3_01_04.html.
54. −. イラン核合意に関するイランの発表について（外務報道官談話）.（オンライン）2019年11月12日.（引用日：2020年3月13日.）
https://www.mofa.go.jp/mofaj/press/danwa/page4_005462.html.
55. **IAEA.** IAEA Board Report: Verification and monitoring in the Islamic Republic of Iran in light of United Nations Security Council resolution 2231 (2015), 3 March 2020.（オンライン）2020年3月3日.
https://www.iaea.org/sites/default/files/20/03/gov2020-5.pdf.
56. **外務省.** 安倍総理大臣のイラン訪問（令和元年6月12日～14日）.（オンライン）2019年6月13日.（引用日：2020年3月13日.）
https://www.mofa.go.jp/mofaj/me_a/me2/ir/page3_002775.html.
57. −. 日・イラン首脳会談.（オンライン）2019年12月20日.（引用日：2020年3月13日.）https://www.mofa.go.jp/mofaj/me_a/me2/ir/page4_005527.html.
58. −. 日・イラン外相会談.（オンライン）2020年2月15日.（引用日：2020年3月13日.）https://www.mofa.go.jp/mofaj/me_a/me2/ir/page1_001024.html.
59. **IAEA.** Oskemen, Kazakhstan.（オンライン）（引用日：2020年3月13日.）
https://www.iaea.org/topics/leubank/oskemen-kazakhstan.
60. −. Second Shipment of Low Enriched Uranium Completes IAEA LEU Bank.（オンライン）2019年12月10日.（引用日：2020年3月13日.）
https://www.iaea.org/newscenter/pressreleases/second-shipment-of-low-enriched-uranium-completes-iaea-leu-bank.
61. −. Safeguatds agreement.（オンライン）（引用日：2019年12月24日.）
https://www.iaea.org/topics/safeguards-agreements.

URLにアクセスする際、最後の「.」は除いて下さい。

第５章 原子力利用の前提となる国民からの信頼回復

東電福島第一原発事故の政府事故調報告書では、事故の状況や放射線の人体への影響等についての政府や東京電力から国民に対する情報提供の仕方や内容に、多くの課題があったことが指摘されました。また、事故が発生した際の緊急時だけでなく、平時の情報提供の在り方についても課題が指摘されています［1］。これらの課題は、国民の原子力に対する不信・不安を招く主原因の一つとなったと考えられます。この指摘も踏まえ、原子力に携わる関係者は、国民の声に謙虚に耳を傾け、必要なあらゆる取組を一層充実し、信頼を回復させていくことが不可欠です。

原子力委員会は 2016 年 12 月、理解の深化に向けた根拠に基づく情報体系の構築についての見解を取りまとめ［2］、国民が関心や疑問を持ったときに自ら調べ、疑問を解決し、理解を深められるような情報体系の整備の必要性を指摘しました。2018 年 3 月には、原子力分野におけるステークホルダーとのコミュニケーション活動の事例と考え方を取りまとめました。

5－1 理解の深化に向けた方向性

東電福島第一原発事故は、福島県民をはじめ多くの国民に多大な被害を及ぼしました。事故から既に 9 年が経過した現在でも、依然として国民の原子力への不信・不安が根強く残っています。さらに、事故を契機に、我が国における原子力利用は、原発立地地域に限らず、電力供給の恩恵を受けてきた国民全体の問題として捉えられるようになりました。

事故により失われた原子力利用に対する信頼を回復するために、原子力に携わる関係者は、原発立地地域をはじめとする国民の声に謙虚に耳を傾けるとともに、原子力利用に関する透明性を確保し、国民の不信・不安に対して真摯に向き合うことが不可欠です。そのためにまず、科学の不確実性やリスクにも十分留意しながら、双方向の対話や広聴等のコミュニケーション活動をより一層進め、国民の関心に応え、取組や活動を強化していくことが必要です。また、海外の先行的な取組事例等を参考に、信頼のための第一歩として、科学的に正確な情報や客観的な事実（根拠）に基づく情報体系を整えていくことが必要です。

IT 技術の進化に伴いコミュニケーション方法が多様化している中、ソーシャル・ネットワーク・サービス（SNS）をはじめとした国民の情報入手やコミュニケーションの手段の変化に対応していくことも必要です。また、社会に定着したインターネットを国民とのコミュニケーション活動のインフラとして利用できるような情報の整備が求められます。具体的には、国民が疑問に思ったときに、インターネット等を活用して自ら調べ、疑問を解決し、理解を深められるような環境の整備等の取組を実施していくことが重要です。

5－2 科学的に正確な情報や客観的な事実（根拠）に基づく情報体系の整備と国民への提供

原子力委員会は 2016 年 12 月、理解の深化に向けた根拠に基づく情報体系の構築についての見解を取りまとめ［2］、国民が関心や疑問を持ったときに、自ら調べ、疑問を解決し、理解を深められるような情報体系の整備の必要性を指摘しました。そのためには、根拠を分かりやすく解説した情報を提供するとともに、自らの関心に応じて調べ、必要に応じて専門的な情報までたどれるようにすることが重要である旨を述べています。また、同見解では、このような情報体系の整備にまず着手する分野として、国民の関心が高く、原子力政策の観点でも重要な「地球環境・経済性・エネルギーセキュリティ（3E）」、「安全・防災（S）」、「放射性廃棄物」、「放射線被ばくリスク」の 4 点を挙げています。

この指摘を踏まえ、原子力関係機関では、分野別に委員会や連携プラットフォームを立ち上げ、情報体系の整備に向けた検討を進めています。特に、「3E」と「S」に関する情報体系整備については、情報体系の具体化を検討しています。

例えば量研は、原子力規制庁からの委託により、「放射線影響・放射線防護ナレッジベース Sirabe[1]」を構築し、2019 年 3 月に公開しました。Sirabe は、放射線防護の基準の作成等の規制活動に資するだけでなく、放射線規制の根拠となる放射線影響や放射線防護に係る最新かつ国際的な知見を、規制当局を含む関係者及び国民に広く共有することを目的として構築されています。Sirabe の掲載内容は体系的に整理されており、説明には出典が記載されているため、自らの関心に応じて調べ、より専門的な内容にアクセスすることが可能となっています。例えば、我が国の放射線障害の防止に関する技術的基準の斉一を図ることを目的として設置されている放射線審議会に関しては、設置経緯や、東電福島第一原発事故後の機能・役割の強化等についての説明に加えて、1999 年に閣議決定された「審議会等の整理合理化に関する基本的計画」等の同審議会の機能・役割の変化の経緯が確認できる資料にもアクセスすることができ、同審議会をめぐる政策の変遷とその根拠が分かりやすく示されています。（図 5-1）［3］。

[1] http://sirabe.nirs.qst.go.jp/sirabe/



図 5-1　ナレッジベース「Sirabe」における体系的な情報整理の例

（出典）「放射線影響・放射線防護ナレッジベース Sirabe」等に基づき作成

原子力機構は、インターネットを通じて原子力に関連した科学的かつ客観的な情報提供を行う「原子力百科事典 ATOMICA[2]」の再構築を検討しています［4］。

さらに、一般財団法人日本原子力文化財団は、「国民各層との対話を通して、原子力やエネルギー、放射線について的確な知識と理解を普及する」ことを目指し、エネルギーや原子力に関する網羅的な情報を提供するウェブサイト「エネ百科[3]」を運営しています。エネ百科では、原子力やエネルギーに関する説明資料の作成等に利用可能な図面集、原子力や放射線等に関する電子パンフレット、原子力に関する専門用語や時事ネタに関する解説記事、子ども向けも含めたコラム等、多数のコンテンツが提供されています。また、同財団の主催するセミナーの報告レポートや、高校生が作成したエネルギー・放射線に関する教材等も掲載されています［5］。

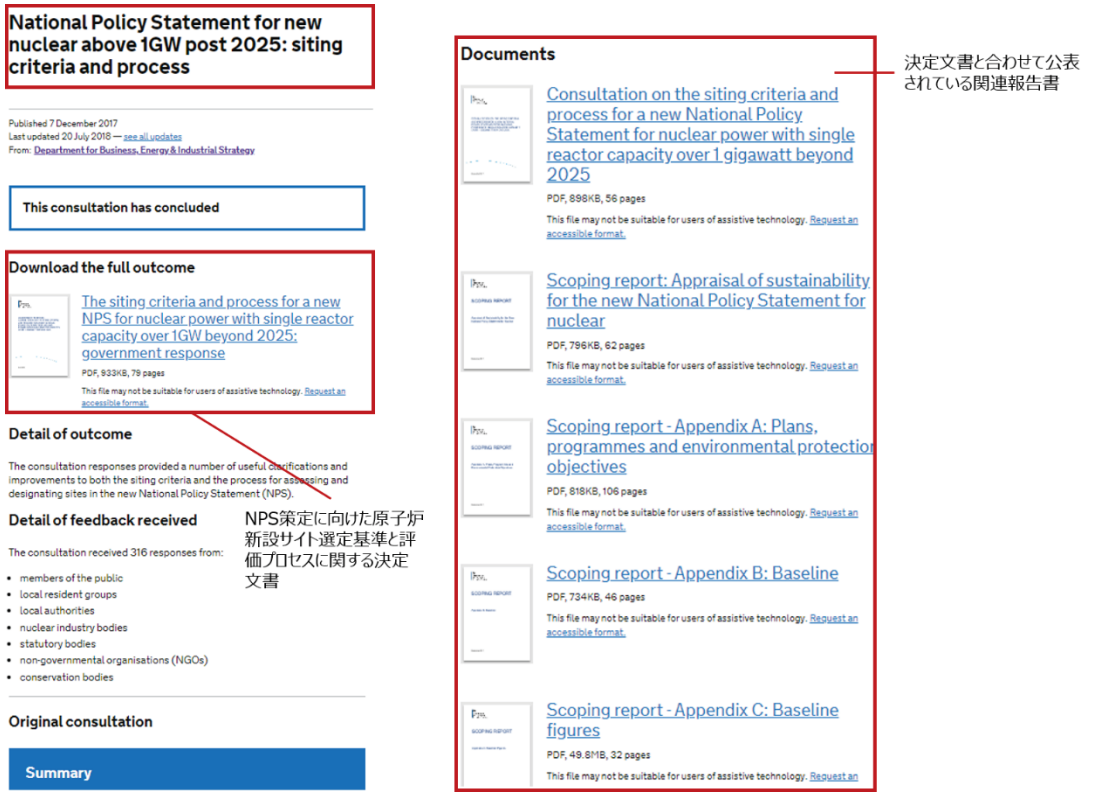
[2] 原子力関係機関の専門家、実務家、学識経験者の協力を得て作成されたインターネット上の百科事典。2009 年より一般財団法人高度情報科学技術研究機構が運営してきましたが、2019 年 3 月から原子力機構が業務を引き継ぎ、運営しています。

[3] https://www.ene100.jp/

コラム　～英国政府による政策情報の提供～

英国政府は様々な政策に関して、その政策自体を説明するだけでなく、政策の根拠となる情報や関連する報告書等の文書をまとめてウェブサイト上で公表しています。

例えば、英国政府は原子力発電利用を推進していますが、2025 年から 2035 年にかけて運転開始する 100 万 kW 以上の原子炉新設に関する国家政策声明書（NPS[4]）の改定に向けて、パブリックコンサルテーションを行った上で、新設サイトの選定基準と評価プロセスを 2018 年 7 月に決定しました。政府は、パブリックコンサルテーションで寄せられた公衆からの疑問に答える形でまとめた決定文書だけでなく、NPS 改定に際して考慮すべき気候変動対策や環境保護等に関する目標や要件を示した複数の報告書も公開しており、関心を持った国民は政策に関する詳細な情報を参照することが可能です。



NPS 改定に向けた新設サイト選定基準と評価プロセスに関するサイト

（出典）英国政府ウェブサイト [6]に基づき作成

[4] National Policy Statements

5−3 コミュニケーション活動の強化

我が国の原子力分野におけるコミュニケーション活動では、情報や決定事項を一方的に提供し、それを理解・支持してもらうことに主眼が置かれてきました。しかし、現代では、そのような枠組みが有効であった時代とは異なり、個々人が様々な情報に容易にアクセスすることが可能になりました。今後、我が国のコミュニケーション活動を考える上で、今までは見落としがちであった以下のような視点が必要と考えられています。

- どのような者が政策や事業の影響を受けるかの把握（様々なステークホルダーの特定）
- ステークホルダーが何を知りたいかの把握
- ステークホルダーの関心やニーズを踏まえたコミュニケーション活動の実施

欧米では、ステークホルダーとのコミュニケーションの本質・目的は信頼の構築にあると捉え、研究成果等による根拠情報や政策情報等の情報体系の整備やステークホルダーとの双方向のコミュニケーション活動に積極的に取り組んでいます。

このような状況を踏まえ、原子力委員会は 2018 年 3 月に、原子力分野におけるステークホルダー・インボルブメントの基本的な考え方を取りまとめました（図 5-2）。原子力委員会は、コミュニケーション活動には画一的な方法はなく、ステークホルダーの関心や不安に真摯に向き合い対応していくことが重要であり、諸外国における事例を参考にしつつ、関係機関でコミュニケーションの在り方を考え、信頼構築につなげていく必要性を指摘しています［7］。

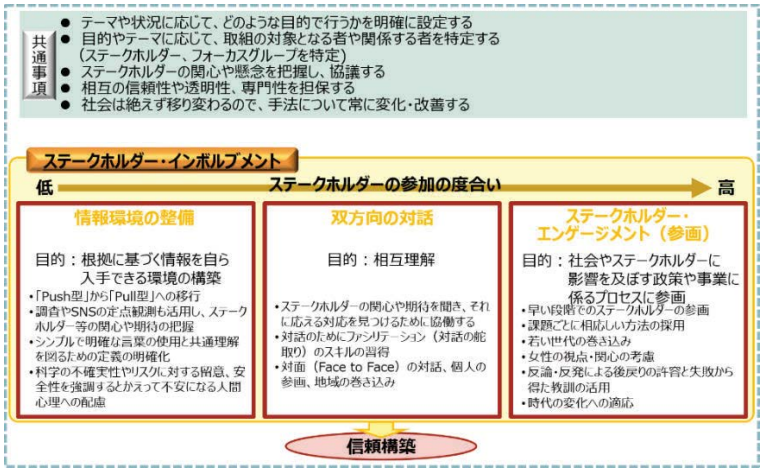


図 5-2　ステークホルダー・インボルブメントの要点

（出典）第 9 回原子力委員会資料第 1-1 号 原子力政策担当室「ステークホルダー・インボルブメントに関する取組について」（2018 年）［8］

コラム　～科学的テーマに関する政策検討における公衆意見の聴取：公衆対話～

科学的テーマに関する政策課題に関しても、公衆の意見を聴取しながら政策を策定していく例がみられます。

英国では、1980 年代から公衆に向けた科学コミュニケーション活動が積極的に推進されてきましたが、牛海綿状脳症（BSE[5]）の感染問題の影響等で、科学技術や科学技術的な政策決定を行う政府に対する不信感が高まりました。議会上院科学技術委員会が 2000 年 2 月に取りまとめた報告書「科学と社会」では、理解増進を目的とした一方向の情報提供ではなく、政策決定プロセスにおいて双方向の対話等のステークホルダーとの協働に取り組むことの重要性が指摘されました。また、科学的問題に関する世論に留意し、公衆対話を促進するため、既存の議会科学技術局（POST[6]）が科学的問題に関する公開協議と対話の促進状況を注視し、議会に情報提供を行っていくことが勧告されました［9］。さらに、科学的テーマに関する政策決定に際して公衆の意見を把握するための取組として、2004 年に Sciencewise が設立され、これまでに 50 以上のテーマについて公衆との対話をしています［10］。

対話の具体的な例として、地層処分場の立地候補サイト選定に関する対話を紹介します。英国では、2008 年に開始された選定プロセスが不調に終わり、エネルギー・気候変動省（DECC[7]、当時）は、新たな選定プロセスに関する政策決定を行うため、案の検討段階で公衆の意見を直接聴取することとし、公衆対話に実績のあるコンサルタントである 3KQ 社に委託される形で対話が実施されました。3KQ 社は 2016 年 2 月と 3 月に、原子力事業との関連性や、都市あるいは地方といった地域性を考慮し、イングランドの北部と南部の 2 カ所で公衆対話を実施しました［11］。



対話で参加者に提示された地層処分場事業のプロセスを示した図

（出典）DECC「Implementing Geological Disposal」（2014年）［12］

公衆対話の実施状況と内容等については、別のコンサルタントである URSUS 社が第三者的に評価を行い、その結果を委託者である DECC へ報告しました。URSUS 社は、対話プロセスが慎重に設計・運営されており、政策プロセスを遅らせることなく、オープンな政策立案に貢献する優れた取組例であったと評価しています［13］。

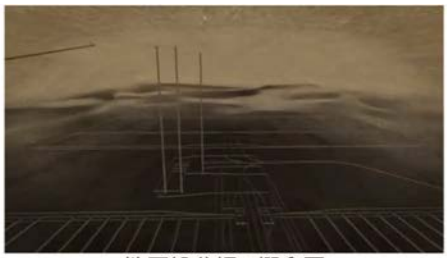
[5] Bovine Spongiform Encephalopathy
[6] Parliamentary Office of Science and Technology
[7] Department of Energy and Climate Change

コラム　～英国とフランスにおける地層処分事業に関する国民への説明～

英国では、放射性廃棄物管理会社(RWM 社)により地層処分事業が進められています。RWM 社は、地層処分の安全や環境影響の観点に関して政府や規制機関と緊密にコミュニケーションを取りながら取組を進めています。また、地層処分場の立地に関心を表明する地域の自治体関係者や住民とコミュニケーションを行い、信頼関係を構築していく重要性も強調されています。地層処分事業は国家的に重要なインフラプロジェクトと位置付けられおり、住民はもちろん、広く国民の疑問や関心にも答えていく必要があるとされています。RWM 社は自社のウェブサイトにおいて、技術的な文書だけでなく一般向けの情報提供も行っており、分かりやすい動画も活用しています。長期的な解決策（A long-term solution）と題した動画では、原子力発電等によって発生した放射性廃棄物が、国内の複数のサイトで貯蔵されている状況、地層処分場のコンセプト、RMW 社が地層処分場の選定活動を開始していることが簡潔かつ明快にまとめられています。



英国内で地層処分される放射性廃棄物が存在するサイト



地層処分場の概念図



RWM社が地域との対話を行っている会場

RWM 社の動画「長期的な解決策（A long-term solution)」

(出典)RWM 社「Learn about the UK's mission to deal with radioactive waste」[8]より作成

英国だけでなく、フランスでも地層処分事業が進められており、2020 年中にも地層処分場の設置許可申請が行われる予定です。地層処分事業を進めている放射性廃棄物管理機関（ANDRA）も、ウェブサイトにおいて動画、パンフレット、四半期ごとに発行する機関誌等の、一般向けの様々な情報提供を行っています［14］。

[8] https://www.youtube.com/watch?v=j_UF6rfoqrE&feature=youtu.be

5−4 原子力関係機関における取組

(1) 国の取組

原子力の利用に当たっては、その重要性や安全対策、原子力防災対策等について、様々な機会を利用して、国民全体及び原発立地地域の住民に対し、丁寧に説明することが重要です。

資源エネルギー庁では、原子力を含めたエネルギーに関するシンポジウムや説明会等を2016年から累計300回以上実施するとともに、近時ではウェブサイトを通じた活動等の充実に努めています。例えば、エネルギーに関する話題を分かりやすく発信するスペシャルコンテンツをウェブサイトに掲載しています（図 5-3）。同コンテンツでは、週に約2回、エネルギーに関する記事を更新しているほか、様々なテーマに関する解説記事に加え、インタビュー、基礎用語、Q&A、国際、歴史等、幅広い切り口でコンテンツを掲載しています［15］。



図 5-3 スペシャルコンテンツ

(出典)資源エネルギー庁「スペシャルコンテンツ」［16］より作成

加えて、資源エネルギー庁では、核燃料サイクルや、高レベル放射性廃棄物の最終処分を含む原子力政策等に関する広報・広聴活動を実施しています［17］。この活動では、立地地域はもちろん、電力消費地域や次世代層をはじめとした国民全体に対して、シンポジウムや説明会の開催等による丁寧な理解活動に取り組んでいます。

高レベル放射性廃棄物の最終処分に関しては、2017年7月に科学的特性マップが公表されて以降、国民理解・地域理解を深めていくための取組として、資源エネルギー庁、原子力発電環境整備機構（NUMO[9]、以下「原環機構」という。）により、対話型全国説明会をはじめとする全国での対話活動が行われています［18］［19］［20］。

さらに、資源エネルギー庁は、地域の実情に応じて、様々な主体が構築する「地域共生プラットフォーム」（対話の場）の活動を支援しています（図 5-4）。同プラットフォームは、地域住民をはじめ、行政、電力事業者、科学者や地域の様々な主体が参加し、原子力やエネ

[9] Nuclear Waste Management Organization of Japan

ルギー政策に加えて、原子力防災等について、双方向のきめ細かな対話を継続的に実施することを想定しています［15］。

2019 年度の「広報・調査等交付金」では、立地地域の住民の理解促進を図るため、地域共生プラットフォームの活用も含め、地方公共団体が行う原子力広報等の各種取組への支援を行っています［21］。なお、過年度に同交付金を活用して実施された広報事業等の概要と評価をまとめた報告書は、資源エネルギー庁のウェブサイトにて公開されています［22］。

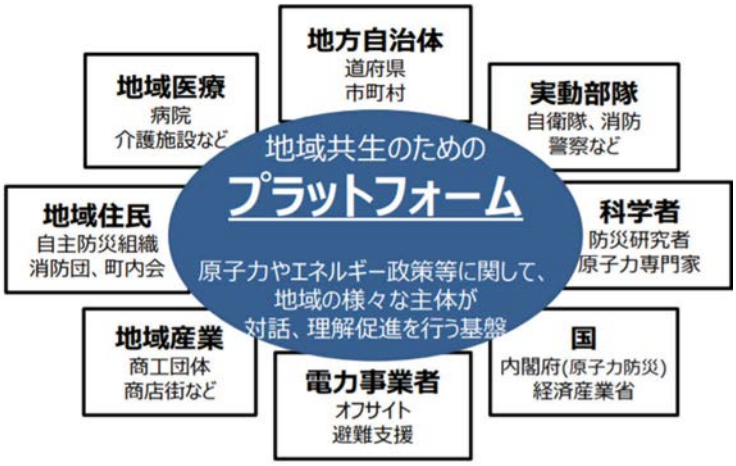


図 5-4　地域共生のためのプラットフォーム

(出典)第 19 回総合資源エネルギー調査会電力･ガス事業分科会原子力小委員会資料 7 資源エネルギー庁「自主的な安全性向上に係る政府の取組と今後の方向性について」(2019 年)［15］

原子力規制委員会では、2017 年 11 月に行った 5 年間の活動に関する振り返りの議論の中で、立地地域の地方公共団体とのコミュニケーションの向上の必要性を確認し、これを踏まえ、委員による現地視察と地元関係者との意見交換を実施しています。具体的には、委員が分担して国内の原子力施設を視察するとともに、当該原子力施設に関する規制上の諸問題について、被規制者だけでなく希望する地元関係者を交えた意見交換を行う取組を継続的に行っています［23］。2019 年 4 月に四国電力株式会社伊方発電所に関して、2020 年 2 月に九州電力株式会社川内原子力発電所に関して、地元関係者と意見交換を行いました［24］。

(2)　原子力関係事業者の取組

各原子力関係事業者は、原子力発電所の周辺地域において地方公共団体や住民等とのコミュニケーションを行っています。例えば、原子力総合防災訓練に参加し、防災体制や関係機関における協力体制の実効性の確認を行うことや、発電所立地県内全自治体へ毎月訪問して原子力に係る情報提供や問合せ対応等を行っています。また、一般市民への説明においては、原子力発電所やその安全対策の取組についてより理解を深められるよう、投影装置、映像、ジオラマ、VR スコープを活用した説明等が実施されています［25］。

また、原子力発電所の立地地域や周辺地域だけでなく、広く国民全体やメディアに向けて、

報道会見、プレスリリースや広報誌の発行等を通じた情報発信も行っています［26］［27］。

これらの原子力関係事業者による取組を継続するとともに、より一層強化する必要があります。2019 年 2 月の総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会では、原子力の自主的な安全性向上における双方向コミュニケーションを通じた安全の確保の必要性や双方向のコミュニケーションの強化に向けた取組等について、議論が行われました［28］。

2019 年 9 月、関西電力株式会社の役職員等が、福井県高浜町の元助役から多額の金品を受領していたことが明らかになりました。この問題を受けて、経済産業省は関西電力株式会社に対して、電気事業法（昭和 39 年法律第 170 号）に基づく報告を求めました［29］。関西電力株式会社は、同年 10 月に同件に関する背景や根本原因の究明、再発防止策の提言を行う第三者委員会を設置し、2020 年 3 月 14 日に委員会による調査報告書を公表し、併せて調査結果について経済産業省への報告を行いました［30］［31］［32］［33］。経済産業省では、報告の内容を精査し、同社役職員による多額の金品受領や取引先等への不適切な発注行為等の問題が認められたことから、同月 16 日に業務改善命令を発出しました。その主な内容は以下のとおりです［34］。

〈関西電力株式会社に対する業務改善命令〉[10]

1. 公益事業である電気事業の運営の健全性及び適切性を確保するため、以下の事項を含む問題事案の再発防止のための実効性ある具体的方策（以下「再発防止策」という。）を策定し、及び実施すること。
   (1) 今回の処分を踏まえた役職員の責任の所在の明確化
   (2) 健全かつ適切な業務運営に取り組むための法令等遵守体制の抜本的な強化並びに法令等遵守を重視する健全な組織風土の醸成
   (3) 工事の発注・契約に係る業務の適切性及び透明性を確保するための業務運営体制の確立
   (4) 上記を着実に実行し、定着を図るための新たな経営管理体制の構築
2. 1. の再発防止策を実施するに当たっては、当該再発防止策の実効性について、外部人材を活用した審査体制も含めて組織的に検証する体制を構築すること。また、当該再発防止策の実効性が不十分であると認められる場合においては、必要に応じて追加的な改善策を策定し、及び実施すること。
3. 上記 1. 及び 2. に係る業務の改善計画を令和 2 年 3 月末までに提出するとともに、必要な取組について株主総会の開催等により速やかに決定し、及び実行し、その決定及び実行の状況について同年 6 月末までに報告を行うこと。その後も、経済産業省のフォローアップに誠実に対応すること。

(3) 東電福島第一原発の廃炉に関する取組

東電福島第一原発の廃炉については、福島県や国民の理解を得ながら進めていく必要が

[10] 1. (2) から (4) の各事項は省略しています。

あります。そのため、正確な情報の発信やコミュニケーションの充実が図られており、事業者や資源エネルギー庁では様々な取組を行ってきています。例えば、廃炉・汚染水対策に関して、進捗状況を分かりやすく伝えるためのパンフレットや解説動画の作成に取り組んでいます（図 5-5）。



シリーズ動画「廃炉のいま」



パンフレット「廃炉の大切な話 2019」

図 5-5　東電福島第一原発の廃炉・汚染水対策に関する広報資料

（出典）資源エネルギー庁「廃炉・汚染水対策ポータルサイト」[35]より作成

原子力損害賠償・廃炉等支援機構は、2016 年より「福島第一廃炉国際フォーラム」を毎年実施し、廃炉の最新の進捗、技術的成果を国内外の専門家が広く共有するとともに、地元住民との双方向のコミュニケーションを実施しています［36］。

また、汚染水対策に関しては、風評被害等の社会的な観点も含めた多核種除去設備等（ALPS）で処理した水（以下「多核種除去設備等処理水」という。）の取扱いが課題になっています。これについて政府が開催した「多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会」が 2020 年 2 月に公表した報告書では、多核種除去設備等処理水の取扱いに関する技術的な観点からの提言に加え、風評被害対策の方向性についての提言がまとめられています［37］。

同報告書では、風評への影響を抑えるために、人々が安心できるような多核種除去設備等処理水の処分方法を検討し、処分開始時期、処分濃度等について関係者の意見も踏まえて決定することや、関係者をはじめ消費者の不安を払拭するために、周辺環境のモニタリングの強化と、測定結果の分かりやすく丁寧な情報発信を行うことが重要であるとされています。一方で、このような取組を行ったとしても、処分に際して風評被害が生じうることを想定し、これまでの取組事例を踏まえながら、情報を正確に伝えるためのリスクコミュニケーションの取組、風評被害防止・抑制・補てんのための経済対策の双方を拡充・強化すべきとされています。

さらに、同報告書では、政府の方針決定及びその後における国民や関係者とのコミュニケーションに関して、以下の点が挙げられています。

- 政府には、本報告書での提言に加えて、地元自治体や農林水産業者をはじめとした幅広い関係者の意見を丁寧に聴きながら、責任と決意をもって方針を決定することを期待する。その際には、透明性のあるプロセスで決定を行うべきである。
- 政府の方針決定の中には、処分方法の決定のみならず、併せて講ずるべき風評被害対

策についても、これまでの福島第一原発事故による風評被害対策の実績を踏まえ、拡充・強化する形で取りまとめられるべきである。

- 方針の決定後も、国民理解の醸成に向けて、透明性のある情報発信や双方向のコミュニケーションに長期的に取り組むべきである。

なお、廃炉に向けた取組については第6章6-1（2）「東電福島第一原発の状況と廃炉に向けた取組」に、福島の復興・再生に関するコミュニケーションの取組については第1章1－1（2）「福島の復興・再生に向けた取組」に詳細を記載しています。

5−5 立地地域との共生

我が国の原子力利用には、原子力関係施設の立地自治体や住民等関係者の理解と協力が必要であり、関係者のエネルギー安定供給への貢献を再認識していくことが重要です。また、立地地域においては、地域経済の持続的な発展につながる地域資源の開発・観光客の誘致等の地域振興策、地域経済への影響の緩和、防災体制の充実等、地域ごとに様々な課題を抱えており、政府は真摯に向き合い、それに対する取組を進めることが必要です。

立地地域との共生を図る観点から、国は、電源三法（「電源開発促進税法」（昭和 49 年法律第 79 号)、「特別会計に関する法律」（平成 19 年法律第 23 号)、「発電用施設周辺地域整備法」（昭和 49 年法律第 78 号））に基づく地方公共団体への交付金の交付（図 5-6）等を行っています。

2020 年度予算では、「電源立地地域対策交付金」として 762.2 億円が計上されており、道路、水道、教育文化施設等の整備や維持補修等の公共用施設整備事業や、地域の観光情報の発信や地場産業支援等の地域活性化事業等に活用されます［38］。

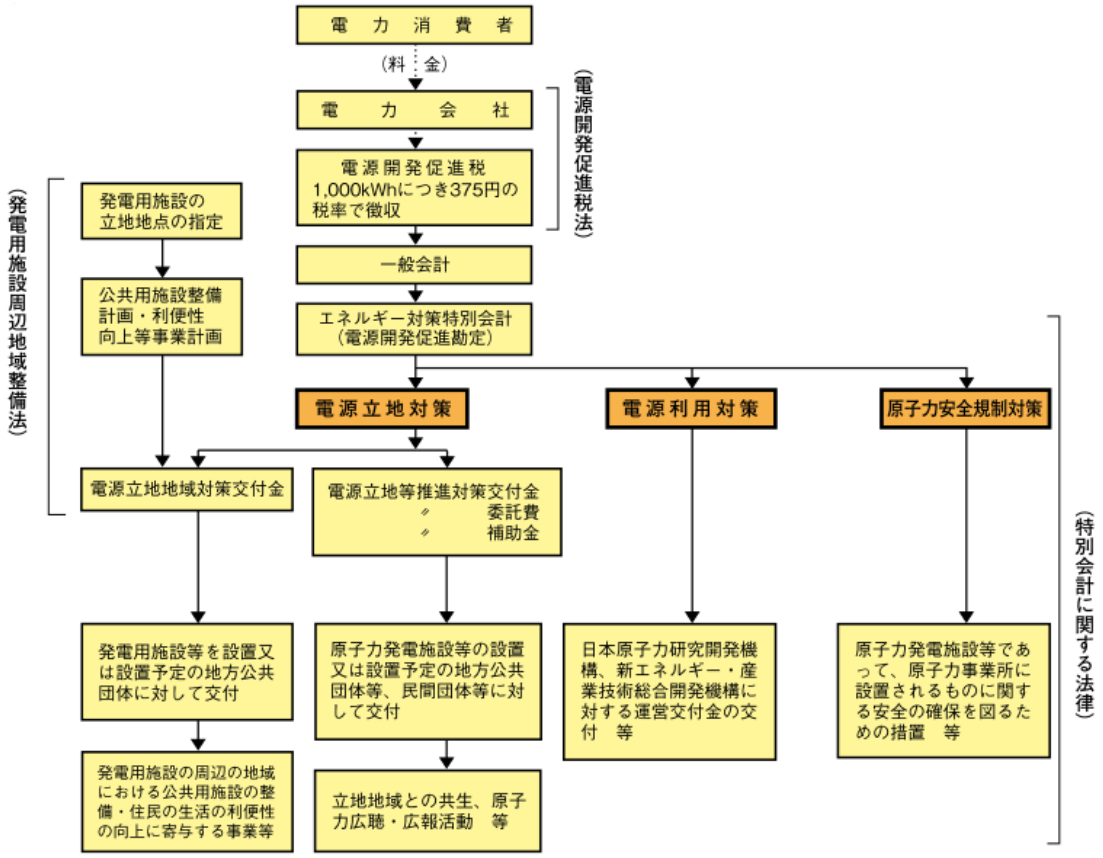


図 5-6 電源三法制度

（出典）電気事業連合会「INFOBASE」［39］

また、原子力発電所の廃炉や長期稼働停止等による地域への影響を緩和し、中長期的な視点に立った地域振興に国と立地地域が一体となって取り組むために、原子力発電施設等立地地域基盤整備支援事業による地方公共団体への交付金の交付等が行われています。さらに、同支援事業では、地域資源の活用とブランド力の強化を図る産品・サービスの開発、販路拡大、PR 活動等の地域の取組に対する支援も実施しており、原子力発電所立地地域の経済の活性化、雇用の確保、新たな産業の創出等を目指しています。

原子力立地地域の振興のため、2000 年 12 月に 10 年間の時限を設けて議員立法にて成立した「原子力発電施設等立地地域の振興に関する特別措置法」（平成 12 年法律第 148 号）については、2010 年 12 月に 10 年の延長を定めた改正法が成立しています。本法は原子力発電施設等の周辺の地域について、地域の防災に配慮しつつ、総合的かつ広域的な整備に必要な特別措置を講ずることにより、これらの地域の振興を図ることを目的とし、住民生活の安全の確保に資する道路等の整備に対し、補助率の嵩上げ等の支援措置を講じています。

参考文献

1. **東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会（政府事故調）.** 最終報告. （オンライン）2012年7月.（引用日：2020年3月13日.）
http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/icanps/.

2. **原子力委員会.** 理解の深化 ～根拠に基づく情報体系の整備について～（見解）.（オンライン）2016年12月1日.
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/kettei/161201.pdf.

3. **原子力規制庁.** 放射線影響・放射線防護ナレッジベース事業について. 第11回原子力委員会定例会議資料第1-5号.（オンライン）2018年3月20日.
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2018/siryo11/siryo1-5.pdf.

4. **原子力委員会.** 第11回原子力委員会定例会議.（オンライン）2018年3月20日.（引用日：2020年3月13日.）
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2018/siryo11/index.htm.

5. **一般財団法人日本原子力文化財団.** 一般財団法人日本原子力文化財団の概要と活動. 第27回原子力委員会資料第2号.（オンライン）2019年7月23日.
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2019/siryo27/2.pdf.

6. **英国政府.** National Policy Statement for new nuclear above 1GW post 2025: siting criteria and process.（オンライン）（引用日：2020年7月17日.）
https://www.gov.uk/government/consultations/national-policy-statement-for-new-nuclear-above-1gw-post-2025-siting-criteria-and-process.

7. **原子力委員会.** 平成30年度版原子力白書　特集　原子力分野におけるコミュニケーション～ステークホルダー・インボルブメント～.（オンライン）2018年7月5日.
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/hakusho/hakusho2018/tokusyu_1.pdf.

8. **内閣府原子力政策担当室.** ステークホルダー・インボルブメントに関する取組について. 第9回原子力委員会定例会議資料第1-1号.（オンライン）2018年3月6日.
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2018/siryo09/siryo1-1.pdf.

9. **House of Lords Science and Technology Select Committee.** Science and Technology - Third Report.（オンライン）2000年2月23日.
https://publications.parliament.uk/pa/ld199900/ldselect/ldsctech/38/3801.htm.

10. **Sciencewise.** About Sciencewise.（オンライン）（引用日：2020年6月4日.）
https://sciencewise.org.uk/about-sciencewise/.

11. **3KQ.** Public dialogue on geological disposal and working with communities.（オンライン）2016年3月. https://sciencewise.org.uk/wp-content/uploads/2019/05/Geological-Disposal-Evaluation-Report.pdf.

12. **DECC.** Implementing Geological Disposal.（オンライン）2014年7月.
https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/332890

/GDF_White_Paper_FINAL.pdf.
13. **URSUS.** Report to Department for Energy and Climate Change Evaluation of Public Dialogue on Community Involvement in Siting a Geological Disposal Facility. （オンライン）2016年4月8日. http://sciencewise.org.uk/wp-content/uploads/2019/05/Geological-Disposal-Dialogue-report-2.pdf.
14. **ANDRA.** Documents et ressources. （オンライン）（引用日：2020年3月25日.）https://www.andra.fr/documents-et-ressources.
15. **資源エネルギー庁.** 自主的な安全性向上に係る政府の取組と今後の方向性について. 第19回総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会 資料7. （オンライン）2019年2月22日. https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/pdf/019_07_00.pdf.
16. -. スペシャルコンテンツ. （オンライン）（引用日：2020年7月17日.）https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/.
17. -. 原子力に関する国民理解促進のための広聴・広報事業. （オンライン）（引用日：2020年3月13日.）https://www.meti.go.jp/main/yosan/yosan_fy2019/pr/en/denga_ritti_10.pdf.
18. **原子力発電環境整備機構.** 対話活動改革アクションプラン. （オンライン）2018年4月13日. （引用日：2020年3月13日.）https://www.numo.or.jp/about_numo/taiwaactionplan/.
19. **資源エネルギー庁.** 科学的特性マップに関する意見交換会 / 対話型説明会. （オンライン）（引用日：2020年3月13日.）http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/jichitai-setsumei201709r.html.
20. **原子力発電環境整備機構.** 科学的特性マップに関する対話型全国説明会. （オンライン）（引用日：2020年3月13日.）https://www.numo.or.jp/taiwa/2018/.
21. **資源エネルギー庁.** 広報・調査等交付金. （オンライン）（引用日：2020年3月13日.）https://www.meti.go.jp/main/yosan/yosan_fy2019/pr/en/denga_ritti_12.pdf.
22. -. 広報・調査等交付金を活用した事業概要及び評価報告書の公表について. （オンライン）（引用日：2020年3月13日.）http://www.enecho.meti.go.jp/committee/disclosure/kohokouhukin/.
23. **原子力規制委員会.** 委員による現場視察及び地元関係者との意見交換について（案）. 第49回原子力規制委員会 資料3. （オンライン）2017年11月15日. https://www.nsr.go.jp/data/000209498.pdf.
24. -. 意見交換. （オンライン）（引用日：2020年3月13日.）http://www.nsr.go.jp/nra/kaiken/ikenkoukan.html.

25. **資源エネルギー庁.** 原子力の安全確保のための事業運営ガイドライン～自主的・継続的な原子力の安全確保活動の定着に向けて～（試案）別冊：安全確保活動の取組事例集. 第 19 回総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会　参考資料 4. （オンライン）2019 年 2 月 22 日.
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/pdf/019_s04_00.pdf.
26. **中部電力株式会社.** 安全性向上に向けた取り組みの対外発信・リスクコミュニケーションについて. 総合資源エネルギー調査会自主的安全性向上・技術・人材 WG 第 18 回会合資料 2.（オンライン）2017 年 9 月 21 日.
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/jishuteki_anzensei/pdf/018_02_00.pdf.
27. **九州電力株式会社.** 原子力事業に係るコミュニケーション活動の取り組み. 総合資源エネルギー調査会自主的安全性向上・技術・人材 WG 第 18 回会合資料 3.（オンライン）2017 年 9 月 21 日.
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/jishuteki_anzensei/pdf/018_03_00.pdf.
28. **資源エネルギー庁.** 自主的な安全性向上に係る政府の取組と今後の方向性について. 第 19 回 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会資料 7.（オンライン）2019 年 2 月 22 日.
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/pdf/019_07_00.pdf.
29. －. 関西電力株式会社に対して電気事業法に基づく報告を求めました.（オンライン）2019 年 9 月 27 日.（引用日：2020 年 3 月 13 日.）
https://www.meti.go.jp/press/2019/09/20190927006/20190927006.html.
30. **関西電力株式会社.** 第三者委員会の設置について.（オンライン）2019 年 10 月 9 日.（引用日：2020 年 3 月 13 日.）
https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2019/1009_2j.html.
31. －.（コメント）第三者委員会の調査状況について.（オンライン）2019 年 12 月 15 日.（引用日：2020 年 3 月 13 日.）
https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2019/1215_1j.html.
32. －. 金品受取り問題に関する第三者委員会からの調査報告書の受領について.（オンライン）2020 年 3 月 14 日.（引用日：2020 年 3 月 16 日.）
https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2020/0314_2j.html.
33. －. 電気事業法第 106 条第 3 項に基づく報告について.（オンライン）2020 年 3 月 14 日. https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2020/pdf/0314_3j_01.pdf.
34. **経済産業省.** 関西電力株式会社に対する業務改善命令を発出しました.（オンライン）

2020年3月16日.（引用日：2020年3月16日.）
https://www.meti.go.jp/press/2019/03/20200316002/20200316002.html.
35. **資源エネルギー庁.** 廃炉・汚染水対策 ポータルサイト.（オンライン）（引用日：2020年7月17日.）https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/hairo_osensui/.
36. **原子力損害賠償・廃炉等支援機構.** 第4回福島第一廃炉国際フォーラム.（オンライン）（引用日：2020年3月13日.）https://ndf-forum.com/about/.
37. **経済産業省.** 多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会報告書について.（オンライン）2020年2月10日.（引用日：2020年3月13日.）
https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/osensuitaisaku/committtee/takakusyu/report.html.
38. -. 令和2年度資源・エネルギー関係予算案の概要.（オンライン）2019年12月.
https://www.meti.go.jp/main/yosan/yosan_fy2020/pdf/energy2.pdf.
39. **電気事業連合会.** 電気事業のデータベース（INFOBASE）.（オンライン）（引用日：2020年3月13日.）http://www.fepc.or.jp/library/data/infobase/.

URLにアクセスする際、最後の「.」は除いて下さい。

第６章 廃止措置及び放射性廃棄物への対応

6－1 東電福島第一原発の廃止措置

東電福島第一原発の廃炉及び汚染水対策は、「東京電力ホールディングス（株）福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」（以下「中長期ロードマップ」という。）に基づいて進められています［1］。

また、中長期にわたる廃止措置を実施するには、国内外の幅広い分野の英知を結集し、研究開発を進めていくとともに、廃炉作業や研究活動を維持、継続していくため、研究者やエンジニア等の人材育成・確保の取組を進めることも重要です。国は、廃炉に関する技術的難易度の高い課題に対する研究開発や人材育成を推進するとともに、研究施設等の整備も進めています。さらに、国及び原子力関連機関は、廃炉・汚染水対策に関する進捗状況、研究活動及び人材育成・確保に関する取組について、国民に対する適切な情報提供を行うことが求められます。

(1) 東電福島第一原発の廃止措置等の実施に向けた基本方針等

中長期ロードマップでは、具体的な廃止措置の工程・作業内容、作業の着実な実施に向けた、研究開発から実際の廃炉作業までの実施体制の強化や、人材育成・国際協力の方針等が示されています。この中長期ロードマップは、東電福島第一原発の現場状況や廃炉に関する研究開発成果等を踏まえ、継続的に見直していくことが原則とされており、2019 年 12 月に 5 回目の改訂が行われました。現在、この中長期ロードマップに基づき、国も前面に立って、安全かつ着実に取組が進められています（図 6-1）。

中長期ロードマップ改訂案のポイント

●周辺地域で住民帰還と復興が徐々に進む中、「復興と廃炉の両立」を大原則として打ち出し。
(リスクの早期低減、安全確保を最優先に進める。)
➢ 地域との共生。当面（10年程度）の工程を精査し、「廃炉作業全体の最適化」。
●廃止措置終了までの期間「30～40年後」は堅持。

①燃料デブリの取り出し

燃料デブリを取り出す初号機と、その取り出し方法を確定。
具体的には、２号機で、気中・横から試験的取り出しに着手(2021年内)。
その後、段階的に取り出し規模を拡大。

②プール内燃料の取り出し

１・２号機で、工法を変更しダスト飛散を抑制。
取り出し開始は、１号機で４～５年、２号機で１～３年後ろ倒し。
2031年内までに、１～６号機全てで取り出し完了を目指す。

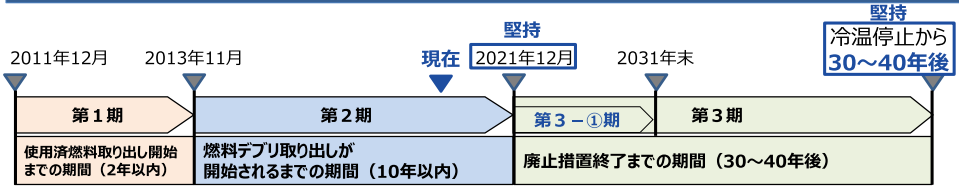
③汚染水対策

- これまでの対策により、汚染水発生量が大幅に抑制。
（540m³/日(2014年5月）→170m³/日(2018年度))

１日あたりの汚染水発生量について、2020年内に150m³まで低減させる現行目標を堅持。
加えて、2025年内に100m³まで低減させる新たな目標を設定。
※なお、ALPS処理水の取扱いについては、引き続き総合的な検討を進めていく。

1

改訂中長期ロードマップの目標工程



主な目標工程

		2017年9月改訂版	2019年12月改訂版	
汚染水対策	汚染水発生量を１５０m³／日程度に抑制	２０２０年内	２０２０年内	
	汚染水発生量を１００m³／日以下に抑制（更なる発生量の低減）	－	２０２５年内	新設
滞留水処理	建屋内滞留水処理完了※	２０２０年内	２０２０年内(※)	
	原子炉建屋滞留水を２０２０年末の半分程度に低減	－	２０２２年度～２０２４年度	新設
燃料取り出し	１～６号機燃料取り出しの完了	－	２０３１年内	新設
	１号機大型カバーの設置完了	－	２０２３年度頃	新設
	１号機燃料取り出しの開始（安全確保・飛散防止対策のため工法変更）	２０２３年度目処	２０２７年度～２０２８年度	見直し
	２号機燃料取り出しの開始（安全確保・飛散防止対策のため工法変更）	２０２３年度目処	２０２４年度～２０２６年度	見直し
燃料デブリ取り出し	初号機の燃料デブリ取り出しの開始（２号機から着手。段階的に取り出し規模を拡大）	２０２１年内	２０２１年内	
廃棄物対策	処理・処分の方策とその安全性に関する技術的な見通し	２０２１年度頃	２０２１年度頃	
	ガレキ等の屋外一時保管解消	－	２０２８年度内	新設

※1～3号機原子炉建屋、プロセス主建屋、高温焼却建屋を除く。

3

図 6-1　中長期ロードマップ（2019 年 12 月 27 日改訂）の概要

(出典)第 21 回廃炉・汚染水対策福島評議会資料 3-1 内閣府廃炉・汚染水対策チーム事務局「福島第一原子力発電所の廃炉に向けた 中長期ロードマップの改訂について」(2019 年) [2]

原子力損害賠償・廃炉等支援機構は、中長期ロードマップに技術的根拠を与え、その円滑・着実な実行や改訂の検討に資することを目的として、2015 年以降毎年「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン」（以下「戦略プラ

ン」という。）を策定しています。2019 年 9 月に公表された戦略プラン 2019 では、初号機の燃料デブリ（溶融した核燃料と原子炉構造物等が混合した残骸・堆積物）取り出し方法の確定に向けた提言とともに、廃棄物対策、汚染水対策、使用済燃料プールからの燃料取り出し等も含めた構成とされており、東電福島第一原発廃炉の取組全体を俯瞰した中長期的視点での方向性が提示されています［3］。

原子力規制委員会は、2012 年 11 月から特定原子力施設監視・評価検討会[1]を開催し、東電福島第一原発の監視・評価や同原発における放射性物質の安定的な管理に係る課題について検討を行っています。また、東電福島第一原発の廃止措置に関する目標を示すため、「東京電力福島第一原子力発電所の中期的リスクの低減目標マップ」（2015 年 2 月策定、2020 年 3 月改訂。以下「リスク低減目標マップ」という。）［4］を策定し、リスク低減目標マップに従って廃炉・汚染水対策が計画的に実施されていることを確認しています。

なお、東電福島第一原発の廃炉・汚染水対策に関する体制及び役割分担は、図 6-2 のとおりです。国から重要課題の提示を受けた原子力損害賠償・廃炉等支援機構は、中長期戦略の策定等を行い、東京電力に助言、指導及び勧告等を行います。また、技術研究組合国際廃炉研究開発機構（IRID[2]）や原子力機構等の研究開発機関は、原子力損害賠償・廃炉等支援機構と進捗状況や課題を共有し、研究を進めています。

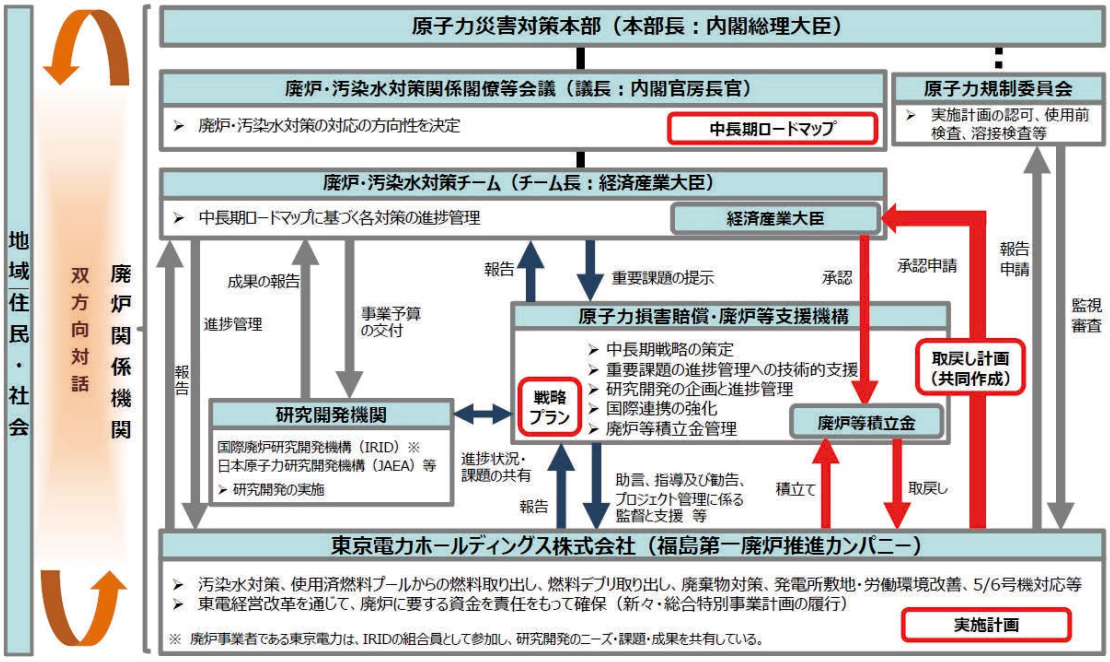


図 6-2　東電福島第一原発廃炉・汚染水対策の役割分担

（出典）原子力損害賠償・廃炉等支援機構「福島第一原子力発電所廃炉・汚染水対策の役割分担図」［5］

[1] 2015 年 10 月から特定原子力施設放射性廃棄物規制検討会を開催し東電福島第一原発における廃棄物の管理に係る検討を行っていましたが、廃止措置の進捗状況等を踏まえ、より包括的・合理的な監視・評価の実施を図るため 2019 年 2 月 27 日の第 63 回原子力規制委員会において廃止が決定され、以後東電福島第一原発における廃棄物の管理に係る検討についても、特定原子力施設監視・評価検討会にて行っています。

[2] International Research Institute for Nuclear Decommissioning

(2)　東電福島第一原発の状況と廃炉に向けた取組

①　汚染水対策

東電福島第一原発では、燃料デブリの冷却のため、事故を起こした原子炉内に注水を行っています。この冷却用の水が原子炉建屋内に流入した地下水と混ざり合うことで、汚染水が発生しています。現在、「汚染水問題に関する基本方針」［6］における「汚染源を取り除く」、「汚染源に水を近づけない」、「汚染水を漏らさない」という3つの基本方針に沿って対策が進められています。

「汚染源を取り除く」対策として、多核種除去設備（ALPS）等をはじめ、ストロンチウム除去装置等の複数の浄化設備により汚染水の浄化を行い、ストロンチウムを多く含む高濃度汚染水の処理は2015年5月に一旦完了しました。更なるリスク低減の観点から、ストロンチウム除去装置で処理した汚染水の多核種除去設備による再浄化や、継続的に日々発生する汚染水の浄化等に取り組んでいます。なお、水素の同位体であるトリチウムは、多核種除去設備等で除去できないため、多核種除去設備等処理水の取扱いが課題として挙げられています。多核種除去設備等処理水の長期的取扱いの決定に向けて、政府は2016年9月から、汚染水処理対策委員会の下で「多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会」を開催し、風評被害等の社会的な観点も含めた総合的な検討を丁寧に進めてきました。2020年2月に公表された同小委員会の報告書も踏まえ、政府として多核種除去設備等処理水の取扱い方針を決定するため、地元自治体や農林水産業者をはじめとした幅広い関係者との意見交換を行うこととしています。

「汚染源に水を近づけない」対策は、汚染水発生量の低減を目的として、建屋への地下水等の流入を抑制するものです。建屋山側の高台で地下水をくみ上げ海洋に排水する地下水バイパス、建屋周辺で地下水をくみ上げ浄化して港湾へ排水するサブドレン、凍土方式の陸側遮水壁が運用されています。こうした予防的・重層的な対策を進めたことにより、汚染水の発生量は、対策前の約540 ㎥/日（2014年5月）に対し、2020年3月末実績では180 ㎥/日まで低減されています［3］。また、千島海溝津波を想定して、建屋流入に伴う建屋滞留水の増加と流出を防止し、東電福島第一原発全体の廃炉作業が遅延するリスクを緩和することを目的に、防潮堤が設置されます。2020 年度上期の防潮堤の設置完了を目標に、検討・工事が進められています［7］［8］。

「汚染水を漏らさない」対策としては、建屋内に溜まっている水の水位を周囲の地下水位より低く保つよう、サブドレンから地下水をくみ上げることによる地下水位管理や、建屋内に溜まっている水の排水等により、建屋内外の水位差管理が実施されています。その中で、建屋滞留水の漏えいリスクを低減するため1～4号機建屋水位を順次引き下げており、2017年12月に3、4号機間の連通部の切り離しを、2018年9月に1、2号機間の連通部切り離しを完了しました。これにより、中長期ロードマップにおける目標工程（マイルストーン）の一つである「1、2号機間及び3、4号機間の連通部の切り離し（2018年内）」を達成し、滞留水を号機ごとに管理することができるようになりました。引き続き、2020 年内の建屋滞

留水処理完了に向けて、順次水位低下が進められています［9］。貯水タンクについては、信頼性の高い溶接型タンクの設置や、フランジ型タンクから溶接型タンクへのリプレース等が進められています。フランジ型タンク内に貯留したストロンチウム処理水の浄化処理を2018 年 11 月に完了し、処理後の多核種除去設備等処理水を溶接型タンクで保管しています。これによりストロンチウム処理水の漏えいリスクを大幅に低減することができます［10］。更なる漏えいリスクを低減する観点で、フランジ型タンク内の多核種除去設備等処理水についても溶接型タンクへ移送を行ってきており、2019 年 3 月に完了しました［11］。また、処理水の移送が完了したフランジ型タンクに関して、タンク内面を被覆してからタンクを解体する従来の方法に加え、新技術であるレーザー除染によるダスト飛散対策も実施されています［12］。

5、6 号機放水口北側付近における海水中の放射性物質濃度の推移を図 6-3 に示します。2011 年 3 月以降、放射性物質濃度が下がっていることが分かります。

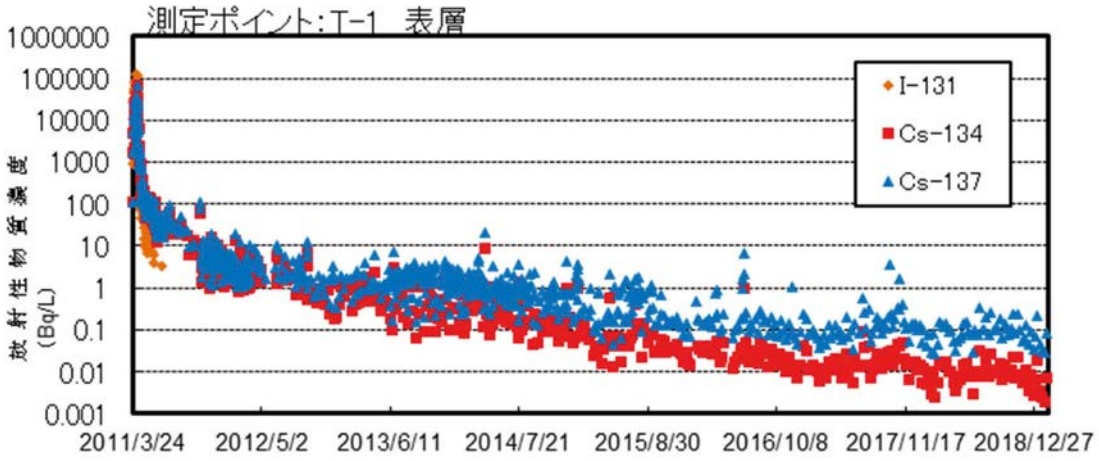


図 6-3　5、6 号機放水口北側付近における放射性物質濃度の推移

（出典）原子力規制庁「福島近傍・沿岸の海水の放射性物質濃度の推移」［13］

②　使用済燃料プールからの燃料取り出し

事故当時 1～4 号機の使用済燃料プール内に保管されていた燃料は、リスク低減のため、各号機の使用済燃料プールから取り出しを行い、敷地内の共用プール等において適切に保管することとしています。4 号機使用済燃料プールからの燃料取り出しは、2014 年 12 月に完了しました。1 号機は、燃料取り出しプランについて工法の見直しも含め検討が進められた結果、オペレーティングフロア作業中のダスト対策の更なる信頼性向上や雨水の建屋流入抑制の観点から、「原子炉建屋を覆う大型カバーを設置し、カバー内でガレキ撤去を行う」案が選択されました。今後、詳細設計や燃料取り出し工程の精査が進められます［14］。2 号機では、2018 年度下期にオペレーティングフロア内調査を実施し、空間線量が一定程度低減していることが判明しています。こうした状況や燃料取扱設備の小型化検討を踏まえ、ダスト飛散をより抑制するため、建屋を解体せず建屋南側からアクセスする工法が採用され

ました［3］。燃料の取り出し工程については、2 号機において、2024 年度から 2026 年度に燃料取り出しを開始し、2 年程度をかけて取り出し完了を目指すこと、その後、1 号機において 2027 年度から 2028 年度に燃料取り出しを開始し、2 年程度をかけて取り出し完了を目指すことが中長期ロードマップに示されています［1］。また、1、2 号機共用の排気筒について、震災の影響により支持構造物の一部破断等がみられることから、耐震上の裕度を確保するとともにプール内燃料の取り出し作業に影響を与えないようにするため、上部の解体が進められています［3］。3 号機使用済燃料プールからの燃料取り出しは 2019 年 4 月より開始され、2020 年度内の完了に向けて、安全を最優先に作業が進められています［15］。

③　燃料デブリ取り出し

1～3 号機では、事故により溶融した燃料や原子炉内構造物等が冷えて固まった「燃料デブリ」が、原子炉格納容器内の広範囲に存在していると推測されています。燃料デブリ取り出しに向け、燃料デブリの分布等の格納容器内の状況把握を進めるため、遠隔操作機器・装置等による内部状況調査が進められています。遠隔操作ロボット等を用いた原子炉格納容器内部の調査が 1～3 号機において行われ、内部の映像や線量等の情報が取得されました。2019 年 2 月には、2 号機原子炉格納容器内の堆積物への接触調査が行われ、小石状等の堆積物を把持して動かせること、把持できない硬い岩状の堆積物が存在する可能性があることが確認されるとともに、堆積物の輪郭や大きさの推定に資する映像や、線量・温度データが取得されました［16］。さらに、2020 年度下期には 1 号機の格納容器底部の堆積物の分布等を把握するための更なる原子炉格納容器内部の調査を開始し、2021 年内に着手する試験的取り出しに合わせて 2 号機で更なる原子炉格納容器内部の調査を実施する計画です。

2019 年 12 月に改訂された中長期ロードマップでは、原子力損害賠償・廃炉等支援機構が戦略プランにおいて提案した内容及びこれを踏まえた東京電力による検討結果を踏まえ、初号機の燃料デブリの取り出し方法を確定し、2021 年内に 2 号機で試験的取り出しに着手し、その後、段階的に取り出し規模を拡大していくことを示しました。

④　廃棄物対策

東電福島第一原発事故により、ガレキや水処理二次廃棄物等の固体廃棄物が発生しています。また、今後の燃料デブリ取り出しに伴い、燃料デブリ周辺の撤去物、機器等が高線量率の廃棄物として発生します。これらは、破損した燃料に由来する放射性物質を含んでいること、海水成分を含む場合があること、対象となる物量が多く汚染レベルや性状の情報が十分でないこと等、既往の原子力発電所の廃炉作業で発生する放射性廃棄物と異なる特徴があります。そのため、性状把握が進められています。

戦略プラン 2019 において、廃棄物対策における当面の目標は、「①保管・管理の取組として、当面 10 年間程度に発生する固体廃棄物の物量予測を定期的に見直しながら、固体廃棄物の発生抑制と減容、モニタリングを始め、適正な廃棄物保管管理計画の策定・更新とその

遂行を進める」、「②処理・処分に向けた取組として、性状把握から処理・処分に至るまで一体となった対策の専門的検討を進め、2021 年度頃までをめどに、固体廃棄物の処理・処分方策とその安全性に関する技術的な見通しを示す」こととしています［3］。目標①に関し、東京電力は、2016 年 3 月に策定した「固体廃棄物の保管管理計画」について 2019 年 6 月に 3 回目の改訂を行い、最新の保管実績や工事計画を踏まえた発生量予測等を反映しました。この改訂では、ガレキや水処理二次廃棄物の発生量実績や発生量予測値の更新、施設設計進捗の反映、記載の適正化が行われました。現状、固体廃棄物貯蔵庫外の一時保管エリアは敷地内に点在した状態です。当面 10 年程度の発生量予測値を踏まえ、今後、遮へい・飛散抑制機能を備えた施設を導入し、継続的なモニタリングにより適正に保管していくこととしています。これにより、ガレキは可能な限り減容した上で建屋内保管へ集約され、水処理二次廃棄物及び再利用・再使用対象を除く固体廃棄物貯蔵庫外の一時保管エリアは解消される方針であることが示されました［17］。

⑤　作業等環境改善

長期に及ぶ廃炉作業を達成するためには、高度な技術、豊富な経験を持つ人材を中長期的に確保していくことが必要です。そのためには、モチベーションを維持しながら安心して働ける作業環境を整備することが重要であり、作業環境の改善に向けて、法定被ばく線量限度の遵守に加え、可能な限りの被ばく線量の低減、労働安全衛生水準の不断の向上等に取り組む必要があります。1〜4 号機建屋の周辺道路等において、空気中のダスト濃度がマスクの着用基準を下回っている状態が継続していることから、2018 年 5 月より、防護服・全面マスクの着用が不要な「一般作業服エリア」が構内面積の 96%に拡大されました。これにより、作業時の負荷が軽減され、安全性と作業性が向上します［18］。さらに、2018 年 11 月から、1〜4 号機を俯瞰する高台について、マスクなしで視察が可能となる運用を開始しています。これにより、視察等における装備の負担感がなくなるとともに、構内に入域する際の準備時間の短縮につながっています［19］。

また、原発事故後の対応拠点であったナショナルトレーニングセンターJ ヴィレッジは、2017 年 3 月に拠点としての役割が終了し、2018 年夏に一部営業が再開され、2019 年 4 月に全面再開されました［20］。

(3)　廃炉に向けた研究開発、人材育成及び国際協力

①　研究開発

現在、国、民間企業、原子力機構、大学等が実施主体となり、基礎・基盤研究から実用化研究の広範囲にわたる取組が行われています（図 6-4）。

経済産業省は、東電福島第一原発の廃炉・汚染水対策に係る技術的難度の高い研究開発のうち、国が支援するものについて研究開発を補助する「廃炉・汚染水対策事業」を実施しており、原子炉格納容器内の内部調査技術や、燃料デブリ取り出しに関する基盤技術、取り出

した燃料デブリの収納・移送・保管に関する技術等の開発を進めています［21］。

文部科学省は、基礎的・基盤的研究の推進及び人材育成のため、2015 年度より「英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業」（以下「英知事業」という。）を実施しています［22］。英知事業については、2018 年度からは、新規課題分の運用体制を文部科学省の委託事業から原子力機構を対象とした補助金事業へ移行し、共通基盤型原子力研究プログラム、課題解決型廃炉研究プログラム、研究人材育成型廃炉研究プログラム、国際協力型廃炉研究プログラムが進められています。

原子力機構は、廃炉国際共同研究センターを中心として、国内外の研究機関等と共同で、廃炉に向けた基礎的・基盤的研究を進めています。また、原子力機構は廃炉に関する技術基盤を確立するための拠点整備も進めており、2016年4月から、遠隔操作機器・装置の開発・実証施設（モックアップ施設）として、原子力機構の「楢葉遠隔技術開発センター」（福島県双葉郡楢葉町）が本格運用を開始しました。また、2018年3月には、燃料デブリや放射性廃棄物等の分析手法、性状把握、処理・処分技術の開発等を行う「大熊分析・研究センター」（福島県双葉郡大熊町）の一部施設が運用を開始しました。

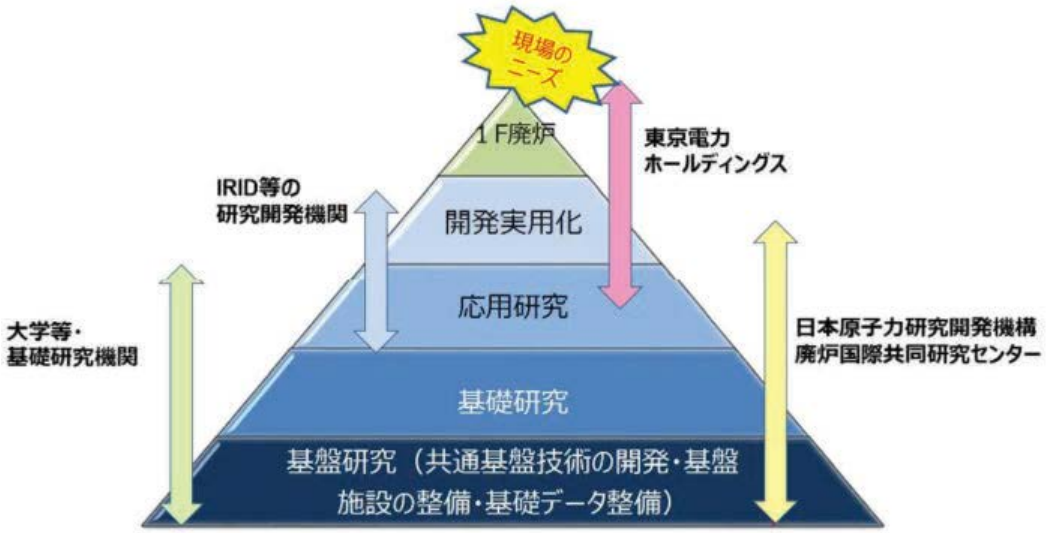


図 6-4　東電福島第一原発廃炉に関する研究開発の全体像

（出典）原子力損害賠償・廃炉等支援機構「東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン 2019」(2019 年）［3］

②　人材育成

東電福島第一原発の廃炉は、30 年から 40 年を要すると見込まれており、その廃炉を実施するためには、中長期的な視点での計画的な人材育成が必要です。

東京電力は、地元企業社員が基礎知識・技能を学ぶことができる研修施設として、「福島廃炉技術者研修センター」を設置し、段階的な研修・訓練内容の拡充に向けた検討を進めつつ、地元人材の育成に取り組んでいます。

文部科学省は、現場ニーズを踏まえたより実効的な基礎的・基盤的研究と人材育成の取組

を推進するため、「廃止措置研究・人材育成等強化プログラム[3]」を実施し、大学等における産学官の連携強化や、研究・人材育成の拠点の基盤強化を進めています。

原子力機構は、学生の受入れ制度の活用等を通じた人材育成を実施しています。また、廃炉国際共同研究センターを中心に、国内外の大学、研究機関、産業界等の人材交流ネットワークを形成しつつ、研究開発と人材育成を一体的に進める体制を構築しています。

技術研究組合国際廃炉研究開発機構は、2014 年度以来、同機構の研究開発成果を報告するとともに、若手研究者、技術者の育成も目的としてシンポジウムを開催しています。

原子力委員会は、2018 年 2 月に公表した見解において、仕事や研究開発を通じた人材育成が必要であることを述べています。廃止措置分野においても、上司による部下の能力開発や、組織内外との連携や協力・共同作業を通じて能力向上を図ることが期待されています[23]。また、我が国全体（産官学）で一体となった原子力人材育成体制の構築を目指して、2010 年 11 月に原子力人材育成ネットワークが発足しました。2019 年 5 月時点では 79 機関[4]が参加し、各分科会や戦略ワーキンググループにおいて取組が進められています［24]。

③　国際社会との協力

東電福島第一原発事故を起こした我が国としては、事故の経験と教訓を世界と共有するとともに、国際機関や海外研究機関等と連携し国内外の知見・経験を結集し、国際社会に開かれた形で廃炉等を進め、国際社会に対する責任を果たしていかなければなりません。

政府は、東電福島第一原発事故発生以降、国際社会に対して透明性を確保する形で情報発信を行ってきました。毎年秋に開催される IAEA 総会において、世界各国の関係者・専門家との間での相互理解を得ることを目的に、東電福島第一原発事故後の我が国の取組が紹介されています。2019 年 9 月の IAEA 第 63 回総会では、同発電所の廃炉・汚染水対策が進展するとともに、オフサイトでは帰還困難地域を除いた地域における面的除染が終了するなど環境再生事業が大きく前進し、避難指示が解除され帰還が進んでいる旨が説明されました。その上で、汚染水の浄化処理の結果発生する多核種除去設備等処理水は、トリチウム以外の放射性物質についてほとんど取り除かれたものであり、その最終的な取扱いについて検討を行っている旨が説明されました［25]。

日本政府の要請に応じて IAEA は、2020 年 2 月に取りまとめられた「多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会」報告書の内容及び 2018 年 11 月に実施された第 4 回 IAEA レビューミッション以降の汚染水対策に関するフォローアップレビューミッションを行いました。2020 年 4 月にレビューミッション報告書が公表されています。IAEA は本報告書にお

[3] 「英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業」の一部。東北大学、東京大学、東京工業大学、福島大学、福井大学、福島工業高等専門学校、地盤工学会の 7 機関が採択されました。
[4] 26 大学等、14 電力会社等、7 メーカー、 研究機関、行政機関（国、地方）等。

いて、日本政府が処理水の処分方法を決定した際の支援のフレームワークを日本政府と協力して構築する用意があるとしています［26］。

国際共同研究として、英知事業の国際協力型廃炉研究プログラムの枠組みで、2019 年度は英国、ロシアと二国間共同研究を実施しています。また、東電福島第一原発廃炉に関するOECD/NEA との共同研究の強化に向けて、2013 年より実施している TAF-ID プロジェクト[5]と連携し、さらに燃料デブリに関する豊富な知見を有するロシアの研究機関との研究協力を推進する形で、2017 年 6 月から新たな国際協力プロジェクトである「福島第一原子力発電所の事故進展シナリオ評価に基づく燃料デブリと核分裂生成物（FP）の熱力学特性の解明に係る協力プロジェクト」（TCOFF プロジェクト[6]）が開始されました［27］。TCOFF プロジェクトの一環で、2019 年 7 月には福島県において、「シビアアクシデント解析と 1F 廃炉のための材料科学ワークショップ」が開催されています［28］。また、廃炉国際共同研究センターでは、海外からの研究者招へい、海外研究機関との共同研究を実施しており、国際的な研究開発拠点の構築を目指しています。OECD/NEA のプロジェクトとして、「燃料デブリの分析に関する予備的研究プロジェクト」（PreADES プロジェクト[7]）を 2018 年より開始し、2019 年 7 月に第 4 回会合が東京にて、2020 年 2 月に第 5 回会合がパリ（フランス）にて開催され、原子力機構が燃料デブリ分析に係る将来の国際共同研究の枠組み等について提案しました［29］。一方、経済産業省による補助事業である廃炉・汚染水対策事業では、海外の研究機関や企業とも協力して、廃炉・汚染水対策に係る技術開発が進められています。

さらに、東電福島第一原発の廃炉・汚染水対策の進捗や、これに伴い得られたデータ等を積極的に発信していくことは、福島の状況に関する国際社会の正確な理解の形成に不可欠です。そのため、我が国は、IAEA に対して定期的に東電福島第一原発に関する包括的な情報を提供するとともに、原子力発電施設を有する国の政府や産業界等の各層との協力関係を構築しており、継続的に情報交換を行っています。加えて、各国の在京大使館向けに、廃炉・汚染水対策の現状について累次にわたってブリーフィングを行っており、2019 年度は 9 月、11 月、2 月にブリーフィングを実施しました。さらに、2016 年より、東電福島第一原発の廃炉・汚染水対策等に関する英語版動画やパンフレット等の説明資料を作成し、IAEA 総会サイドイベントや要人往訪の機会等、様々なルートで海外に向けて情報を発信するとともに、経済産業省のウェブサイト[8]にも掲載しています。

---

[5] Thermodynamics of Advanced Fuels – International Database Project：
高速炉等の次世代燃料及び軽水炉破損燃料の挙動評価に役立てるため、各国の所有する様々な化合物等に関する熱力学データベースを相互レビュー・統合し、国際標準データベースとして整備するプロジェクト。

[6] 東電福島第一原発事故のシナリオ解析を参考に燃料デブリと核分裂生成物の熱力学的特性を評価し、既存の熱力学データベースの高度化やデブリ取り出しに向けた材料科学的課題の検討を行うプロジェクト。2017 年から 2019 年までの予定で、10 か国及び EU から 18 の研究機関が参加。

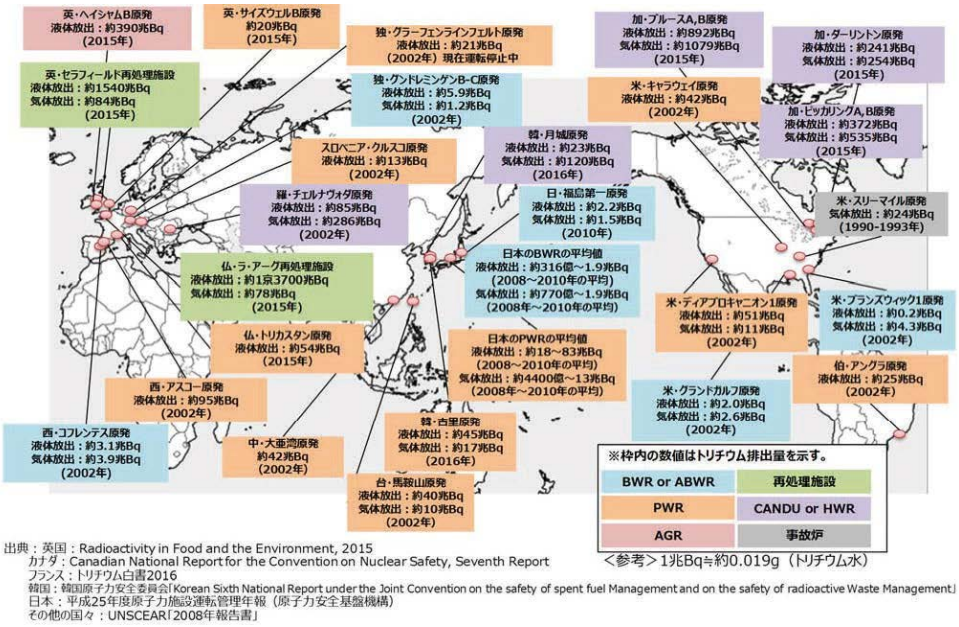
[7] 第 1 章コラム「～OECD/NEA による過酷事故研究の取組～」参照。

[8] https://www.meti.go.jp/english/earthquake/nuclear/decommissioning/index.html

コラム　～多核種除去設備等処理水の取扱いに関する検討～

東電福島第一原発では、多核種除去設備等により汚染水に含まれる大部分の放射性物質を取り除く浄化処理が行われていますが、処理後の水には放射性物質のトリチウムが含まれています。トリチウムとは、「三重水素」と呼ばれる水素の放射性同位体で、一般的な水素と同じように酸素と化合して水分子を構成します。身の回りでは水分子に含まれる形で存在するものが多く、大気中の水蒸気、雨水、海水、水道水にも含まれています。放射線の一種であるβ線を出しますが、トリチウムの出すβ線はエネルギーが小さく、紙一枚で遮ることができます［30］。

トリチウムは、宇宙から地球へ降り注いでいる放射線（宇宙線）と地球の大気の水蒸気が原子核反応して自然に発生するほか、原子力発電所の運転や使用済燃料の再処理でも発生します。海外では、原子力発電所や再処理施設で発生したトリチウムは、各国の規制に基づいて管理され、基準値以下であることを確認し海洋や大気等に排出されています。



出典：英国：Radioactivity in Food and the Environment, 2015
カナダ：Canadian National Report for the Convention on Nuclear Safety, Seventh Report
フランス：トリチウム白書2016
韓国：韓国原子力安全委員会「Korean Sixth National Report under the Joint Convention on the safety of spent fuel Management and on the safety of radioactive Waste Management」
日本：平成25年度原子力施設運転管理年報（原子力安全基盤機構）
その他の国々：UNSCEAR「2008年報告書」

国内外の原子力施設からのトリチウムの年間放出量について

（出典）「多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会 報告書」(2020 年）［31］

東電福島第一原発では、海外の原子力施設と同様に、トリチウム水放出に際して年間当たりの放出量総量を管理するとともに、濃度基準を設けることとしています。そのため、仮に東電福島第一原発のタンクに貯蔵されている多核種除去設備等処理水全ての処分を毎年継続したとしても、放射線の影響は、海洋放出では年間約 0.000071 ミリシーベルトから 0.00081 ミリシーベルト、水蒸気放出では年間 0.0012 ミリシーベルトと推計（原子力放射線の影響に関する国連科学委員会の評価モデル）されています。いずれの処分方法であっても、自然被ばく年間 2.1 ミリシーベルト（年間 2,100 マイクロシーベルト）と比較しても 1/1000 以下であり、十分に小さくなっています［25］。

6－2 原子力発電所及び研究開発機関や大学における研究開発施設等の廃止措置

原子力発電所や研究開発機関及び大学等の研究開発施設等において、多くの施設が廃止措置に移行することを決定しており、廃止措置について安全を旨として計画的に進めていく必要があります。また、廃止措置は長期にわたることから、技術及びノウハウの円滑な継承や人材の育成を同時に進めることが重要であるとともに、施設の解体や除染等により大量の放射性廃棄物を発生させることから、廃止措置はこれらの放射性廃棄物の処理・処分と一体的に検討し、取り組むことも必要です。

(1) 廃止措置の概要と安全確保

① 廃止措置の概要

通常の実用発電用原子炉施設等の原子力施設の廃止措置では、まず、運転を終了した施設に存在する核燃料物質等を搬出し、核燃料物質による汚染の除去を行った後、設備を解体・撤去します。加えて、廃止措置で生じる放射性廃棄物は、放射能のレベルに応じて適切に処理・処分されます。

IAEA は、各国の廃止措置経験等に基づき、廃止措置方式は次の 2 つに分類されるとしています［32］［33］。

- 即時解体[9]：
  施設の無制限利用、あるいは規制機関による制限付き利用ができるレベルまで、放射性汚染物を含む施設の機器、構造物、部材を撤去又は除染する方法です。この場合、廃止措置は、施設の操業を完全に停止した直後に始められます。この方法は、廃止措置の迅速な完了を意味します。
- 遅延解体[10]：
  安全貯蔵や安全格納ともいわれ、施設の無制限利用、あるいは規制機関による制限付き利用ができるレベルまで、放射性汚染物質を含む施設の一部を処理又は保管しておく方法です。それらは、ある期間の後に必要に応じ除染して解体されます。

以前、IAEA が廃止措置の一つの方法として分類していた密閉管理は、放射性汚染物質を長期間にわたり耐久性のある構造物に封入しておく方法です。現在では、廃止措置の方法の一つというよりも、事故を経験した原子力施設等の過酷な状況にある施設の例外的な措置と捉えられています。なお、米国では、事故炉ではない核開発用原子炉に適用した廃止措置を密閉管理と呼んでいる例があります。

我が国の原子力発電所の廃止措置に関しては、総合エネルギー調査会原子力部会（現総合資源エネルギー調査会電気・ガス事業分科会原子力小委員会）が廃止措置の作業内容、費用等の検討を行い、その結果が 1985 年に報告されました。この報告書では、原子力発電所の廃止措置のための標準工程は、5 年から 10 年の密閉管理期間の後、施設を解体撤去（3 年か

[9] Immediate dismantling
[10] Deferred dismantling

ら 4 年）する「安全貯蔵－解体撤去」とされています［34］。

②　廃止措置の安全確保

廃止措置に当たっては、原子力事業者等は原子炉等規制法に基づき、施設の廃止措置に関する計画（廃止措置計画）を定め、原子力規制委員会に提出します。原子力規制委員会は、廃止措置計画が規則で定める基準に適合しているか審査し、認可を行います。廃止措置中の安全確保に関する主な要求事項は、施設内への放射性物質の閉じ込め、放射線の遮へいです。施設の適切な維持管理方法、放射線被ばくの低減策、放射性廃棄物の処理等の方法が、原子力規制委員会により廃止措置計画の審査で確認されます。

なお、原子力施設の高経年化が進んだ場合において、施設の稼働停止から廃止へのより円滑な移行を図るため、事業等の廃止に伴う措置を実施するための方針（廃止措置実施方針）を事業の許可等を受けた後速やかに作成し公表することが義務付けられています（原子炉等規制法改正法（平成 29 年法律第 15 号））。廃止措置実施方針においては、廃棄する核燃料物質によって汚染された物の発生量の見込み、廃止措置に要する費用の見積り及びその資金の調達の方法その他の廃止措置の実施に関し必要な事項を定めることとされています。これを受け各原子力事業者は、2018 年 12 月に廃止措置実施方針を公表しました。廃止措置実施方針は、記載内容に変更があった場合、及び、廃止措置実施方針の公表後 5 年ごとに全体の見直しを行い、必要な変更を加えるものとされています。

(2)　廃止措置の状況

①　原子力発電所の廃止措置

我が国では、2020 年 3 月末時点で、実用発電用原子炉施設のうち、日本原子力発電株式会社東海発電所及び敦賀発電所 1 号機、東北電力株式会社女川原子力発電所 1 号機、中部電力株式会社浜岡原子力発電所 1、2 号機、関西電力株式会社美浜発電所 1、2 号機及び大飯発電所 1、2 号機、中国電力株式会社島根原子力発電所 1 号機、九州電力株式会社玄海原子力発電所 1、2 号機、四国電力株式会社伊方発電所 1 号機の廃止措置計画が認可されています（表 6-1）。また、四国電力株式会社伊方発電所 2 号機は、2018 年 3 月に廃止が決定され、同年 5 月に運転を終了しています。その後、2018 年 10 月に廃止措置計画認可申請書が原子力規制委員会に提出されています。

2018 年 6 月には、東京電力が福島県知事との意見交換の中で、東電福島第二原発の全号機を廃止する方向で検討を進める旨を表明しました。さらに、2019 年 7 月に東京電力の社長は福島県知事との面会において、1～4 号機全ての廃止措置の意向を伝えました。その後、東京電力は、2019 年 7 月 31 日に東電福島第二原発の全 4 基の廃止を決定し公表しました［35］。

②　研究開発施設等の廃止措置

文部科学省は、原子力機構の保有する原子力施設の廃止措置に関する事業管理の在り方等の検討のために、科学技術・学術審議会原子力科学技術委員会の下に原子力施設廃止措置等作業部会を設置して、2018 年 4 月に中間まとめを取りまとめました。この中間まとめでは、多くの施設を同時に廃止措置等する際には、様々な課題を同時に解決し、またその支出を適切に管理していく必要があるため、「事業管理・マネジメントの観点」及び「財務管理の観点」から、今後原子力機構において試行的に取り組むべき内容について取りまとめています［36］。

本中間まとめ及び改正原子炉等規制法により 2018 年末までに廃止措置実施方針の作成を求められたことを受け、バックエンド対策（廃止措置、廃棄物処理・処分等）が東海再処理施設（TRP[11]）の廃止措置に 70 年間を要するなど長期にわたること等に鑑み、原子力機構は 2018 年 12 月に「バックエンドロードマップ」を公表しました。バックエンドロードマップでは、今後約 70 年間を第 1 期（2028 年度まで）、第 2 期（2029 年度から 2049 年度）、第 3 期（2050 年度以降）に分けて、現存する原子力施設 89 施設のうち原子炉等規制法の許可施設 79 施設を対象に、廃止措置、廃棄物処理・処分、及び核燃料物質の管理の方針が示されています。また、施設解体費用、廃止措置等で発生した廃棄物の処理処分費用で構成されるバックエンド対策に要する費用の合計額は、1 兆 9,100 億円と見積もられています［37］。バックエンドロードマップの内容は、「施設中長期計画」において具体化されています。「施設中長期計画」（2020 年 4 月改定）では、バックエンドロードマップ第 1 期の 2028 年度までの計画（施設の集約化・重点化、施設の安全確保、バックエンド対策）が示され、集約化・重点化方針に基づき、89 施設のうち、継続利用施設 46 施設、廃止施設 43 施設が選別されています。廃止施設 43 施設のうち、16 施設を第 3〜4 期中長期目標期間中に廃止措置を終了する施設として計画し、その他の施設は、第 5 期中長期目標期間以降も廃止措置を継続するものとしています［38］。なお、バックエンドロードマップ全般の妥当性や、バックエンド対策に要する費用について、試算手法を精査し、今後のバックエンド対策や費用の試算精度の向上に関する助言を受けること等を目的として、文部科学省及び原子力機構は 2019 年 4 月に IAEA に対し、ARTEMIS レビュー[12] の実施を要請しました。同年 6 月に IAEA より、実施受入れの回答が得られています［39］。

原子力機構における廃止措置の中でも規模の大きなものとして、「ふげん」、「もんじゅ」及び東海再処理施設の廃止措置があります。「ふげん」の廃止措置計画は、原子力規制委員会によって 2008 年 2 月に認可されました。廃止措置は 4 段階の期間に区分して実施され、2033 年度までに完了する予定です［40］。「もんじゅ」の廃止措置計画は、原子力規制委員

[11] Tokai Reprocessing Plant

[12] ARTEMIS は Integrated Review Service for Radioactive Waste and Spent Nuclear Management, Decommissioning and Remediation Programmes の略。ARTEMIS レビューは、原子力施設の廃止措置や放射性廃棄物等に関する IAEA の安全基準や他国の実経験を基にしたピアレビューミッションサービス。

会によって 2018 年 3 月に認可されており、30 年間にわたる廃止措置の全体工程を 4 段階に区分し、段階的に進められます。第 1 段階では、燃料体の取り出しを最優先に実施し、2022 年度に完了する予定です。第 4 段階の建物等の解体撤去は 2047 年に完了する計画です［41］。東海再処理施設の廃止措置には 70 年を要する見通しです。同施設の廃止措置計画は原子力規制委員会によって 2018 年 6 月に認可されており、現在、高放射性廃液のガラス固化処理等が最優先で進められています［42］。これらのほか、共同利用施設として、各種の照射実験、中性子ビーム実験、放射性同位体（RI）製造や医療照射等に利用された研究炉である JRR[13]-2、放射化分析、半導体用シリコンの照射、原子力技術者の養成等に利用された JRR-4、放射性物質の放出挙動を究明するための過渡臨界実験装置 TRACY[14]、重水臨界実験装置 DCA[15]等の様々な種類の施設の廃止措置が進められています（表 6-1）。

このように、原子力機構が保有する原子力施設の廃止措置に向けた検討が進められたことを受けて、2019 年 1 月に原子力委員会は「日本原子力研究開発機構における研究開発施設に係る廃止措置について（見解）」を取りまとめています。その中で、原子力委員会は、「ふげん」や「もんじゅ」、東海再処理施設のように大規模で廃止措置に長期間を要する施設があることや、廃止対象施設の数や種類が多いことを原子力機構の施設の廃止措置における特徴として挙げた上で、以下の点について見解を示しています。

- 廃止措置予算の確保
- 廃止措置計画の立案、実施体制の構築と責任を明確にした廃止措置の運営
- 規制機関との対話
- 合理的な安全確保と計画遅延の防止
- 廃止措置に係る知見や情報の共有
- 人材育成と知識継承
- 廃棄物処理処分
- コミュニケーション

その上で、国による長期にわたる継続的な予算手当をすべきこと、廃止される施設の運転管理等に関わる経験や知識の継承を行うとともに、人材の育成を図るための対策を用意すべきこと、地元や国民等ステークホルダーとの対話・コミュニケーションに努め、廃止措置について信頼を醸成すべきこと等を指摘しています。また原子力委員会は、今後の原子力機構の廃止措置に係る進捗状況や対応状況について、適宜フォローアップしていくこととしています［43］。

以上に加え、東京大学、立教大学、東京都市大学等の大学の研究炉、民間企業の研究炉でも廃止措置が行われています。我が国における原子力施設の廃止措置の状況は表 6-1 に示すとおりです。

---

[13] Japan Research Reactor
[14] Transient Experiment Critical Facility
[15] Deuterium Critical Assembly

表 6-1　我が国における主な原子力施設の廃止措置の状況

	施設等	運転終了時期等	炉型等	備考
原子力機構	JPDR	1976 年 3 月	BWR	1996 年 3 月解体撤去 2002 年 10 月廃止届
	JRR-2	1996 年 12 月	重水減速冷却	廃止措置中
	DCA	2001 年 9 月	重水臨界実験装置	廃止措置中
	ふげん	2003 年 3 月	新型転換炉原型炉	廃止措置中 （原子炉周辺設備の解体撤去期間中）
	JRR-4	2010 年 12 月	濃縮ウラン軽水減速冷却スイミングプール型	廃止措置中
	TRACY	2011 年 3 月	過渡臨界実験装置	廃止措置中
	もんじゅ	2018 年 3 月 廃止措置計画認可	高速増殖原型炉	廃止措置中
	東海再処理施設（TRP）	2018 年 6 月 廃止措置計画認可	再処理施設	廃止措置中
日本原子力発電（株）	東海	1998 年 3 月	黒鉛減速炭酸ガス冷却炉	廃止措置中（原子炉領域外の解体撤去）
	敦賀 1	2015 年 4 月	BWR	廃止措置中
東北電力（株）	女川 1	2018 年 12 月	BWR	廃止措置中
東京電力ホールディングス（株）	福島第二 1	2019 年 9 月	BWR	運転終了
	福島第二 2	2019 年 9 月	BWR	運転終了
	福島第二 3	2019 年 9 月	BWR	運転終了
	福島第二 4	2019 年 9 月	BWR	運転終了
中部電力（株）	浜岡 1	2009 年 1 月	BWR	廃止措置中（原子炉領域周辺設備解体撤去期間中）
	浜岡 2	2009 年 1 月	BWR	
関西電力（株）	美浜 1	2015 年 4 月	PWR	廃止措置中
	美浜 2	2015 年 4 月	PWR	廃止措置中
	大飯 1	2018 年 3 月	PWR	廃止措置中
	大飯 2	2018 年 3 月	PWR	廃止措置中
中国電力（株）	島根 1	2015 年 4 月	BWR	廃止措置中
四国電力（株）	伊方 1	2016 年 5 月	PWR	廃止措置中
	伊方 2	2018 年 5 月	PWR	運転終了
九州電力（株）	玄海 1	2015 年 4 月	PWR	廃止措置中
	玄海 2	2019 年 4 月	PWR	廃止措置中
（株）東芝	TTR-1	2001 年 3 月	教育訓練用原子炉	廃止措置中
日立製作所（株）	HTR	1975 年	濃縮ウラン軽水減速冷却型	廃止措置中
東京大学	弥生	2011 年 3 月	高速中性子源炉	廃止措置中
立教大学	立教大学炉	2001 年	TRIGA-Ⅱ	廃止措置中
東京都市大学原子力研究所	武蔵工大炉	1989 年 12 月	TRIGA-Ⅱ	廃止措置中

（出典）日本原子力産業協会「日本の原子力発電炉（運転中、建設中、建設準備中など）」[44]、原子力規制委員会HP「使用済燃料管理及び放射性廃棄物管理の安全に関する条約第6回国別報告」（2017年）[45]等に基づき作成

(3)　廃止措置の費用措置

①　原子力発電所等の廃止措置費用

通常の実用発電用原子炉施設の廃止措置は、(ⅰ)長期間にわたること、(ⅱ)多額の費用を要すること、(ⅲ)発電と費用発生の時期が異なること等の特徴を有することに加え、合理的に見積もることが可能と考えられます。そのため、解体時点で費用を計上するのではなく、収益・費用対応原則に基づいて発電利用中の費用として計上することが、世代間負担の公平を図る上で適切であるとの考え方に立ち、電気事業者が電気事業法に基づいて廃止措置費用の積立てを行っています。

なお、再処理施設については、「原子力発電における使用済燃料の再処理等の実施に関する法律」(平成 17 年法律第 48 号)の規定に基づき、電気事業者が再処理機構に拠出金を納付しています。

②　研究開発施設等の廃止措置費用

原子力委員会による「日本原子力研究開発機構における研究開発施設に係る廃止措置について(見解)」[43]でも指摘されているとおり、原子力機構の研究開発施設の廃止措置には、国による長期にわたる継続的な予算手当が求められます。

廃止措置の実施に当たって原子力機構は、本部組織において廃止措置や廃棄物処分等を担う「バックエンド統括本部」を設置し、同本部のマネジメントの下で、具体的な廃止措置を拠点・施設ごとに実施します。主務大臣から交付される運営費交付金について、理事長裁量により原子力機構内における配分を決定し、廃止措置費用に充てています[46]。

コラム　～諸外国における原子力施設の廃止措置の基本方針～

米国

原子力施設の許認可取得者（操業者）は、DECON（即時解体）、SAFSTOR（安全貯蔵）、又はENTOMB（密閉管理）の3つの廃止措置戦略のいずれかを選択できます。また、発生する廃棄物の処分場の有無等の要因により、施設の一部を安全貯蔵状態に残したまま施設を解体又は除染するSAFSTORとDECONの組合せを採用することもできます。

原子力発電所の廃止措置は、規制機関（NRC）が公衆の健康と安全のために必要と認める場合を除き、60年以内に終了することが求められています［47］。

ドイツ

原子力施設の廃止措置戦略として、即時解体と安全貯蔵の2種類のオプションを認めていますが、政府の諮問委員会は即時解体を推奨しています。実際に安全貯蔵方式を選択したのは一部のプロトタイプ炉で、大部分の施設が即時解体方式を採用しています［48］。

ドイツの廃止措置許可には大きく分けて3つの方法があります。最も採用されているのは、いくつかの部分許可に分ける方法です。例えば、第一次ではタービン建屋等、第二次では原子炉建屋内設備、第三次では格納容器の解体撤去等のように分けられます。ヴュルガッセン原子力発電所では、最終状態の更地回復まで6段階に分けて許可申請しています［49］。

フランス

規制機関である原子力安全機関（ASN）が、原子力施設の廃止措置方法として、安全貯蔵方式や密閉管理方式ではなく即時解体方式を採用するよう事業者に勧告しています。その理由としてASNは、以下のような点を挙げています。

- 技術的、財政的に将来の世代に対する負担を先送りするべきではない
- 廃止措置作業は長期にわたり、多額の資金が必要となる
- 現時点で、一部の放射性廃棄物を除き、廃棄物の処分方法が確立されている

英国

廃止措置方法の基本は、人や環境へのライフサイクルリスクやその他の関連する要素を考慮した上で、合理的に実行可能な限り早く進めることとされています。しかし、施設再利用の実現性、放射能の減衰効果の利点、人と環境へのリスクの低減等を考慮して、遅延解体方法を選択することもできるとしています［50］［51］。

現在、廃止措置対象の原子炉はマグノックス炉（ガス冷却炉）ですが、（ⅰ）放射能の減衰により作業員のアクセス性の向上ができる、（ⅱ）放射性廃棄物のカテゴリ変更が期待できる、（ⅲ）地層処分対象の放射性廃棄物の暫定保管を回避する等の理由から、その廃止措置の基本方針は、閉鎖後約85年間をかけた遅延解体としています［52］。

コラム　～諸外国における原子力施設の廃止措置事例～

米国

バーモント州のバーモントヤンキー発電所（BWR、出力 65 万 kW）は、1972 年に運転を開始し、2014 年 12 月に運転が恒久停止されました。事業者は当初、安全貯蔵により 2075 年を目途に廃止措置を完了させる意向でしたが、プラントが廃止措置の専門事業者に売却され、その事業者が 2026 年までに廃止措置を完了させる計画を策定しています［53］。

ドイツ

シュターデ原子力発電所は、1972 年に運転を開始し、ドイツの脱原子力政策に伴い 2003 年に閉鎖されました。原子力部分の解体では、原子炉容器を一体撤去するのではなく、建屋内で水中切断・解体する工法が用いられました。この工法は、既に廃止措置が進んでいた同国ヴュルガッセン原子力発電所で初めて原子力発電所に適用されたものです。ドイツでは、先行事例も活用することで効率的に廃止措置を進めています［54］。

フランス

フランスでは発電炉のほか、再処理施設、高速炉、ガス拡散法ウラン濃縮プラント等の廃止措置を行っています。軽水炉の使用済燃料を再処理したフランス初の再処理工場 UP2-400 は、1966 年の運転開始から 1995 年までに黒鉛減速ガス冷却発電炉の燃料約 5,000t と軽水炉使用済燃料を約 4500t 処理しました。現在は、操業を終了し廃止措置が進められており、2019 年 11 月時点で 20～30％まで進捗しています。廃止措置費用は約 40 億ユーロで、廃止措置期間は 30 年以上が予定されています。我が国の東海再処理工場の廃止措置に参考になる事例といえます。

発電炉の例としては、1972 年に運転を開始した黒鉛ガス炉（GCR[16]）であるビュジェイ 1 号機があります。1994 年に閉鎖されて以降、非原子力部分の解体、燃料の搬出等が実施されています［55］。ただし、事業者である EDF は、解体によって発生する黒鉛廃棄物の処分場が決定していないこと等のため、長期的かつ段階的に廃止措置を進める戦略の採用を規制当局に提案しています。廃止措置の進め方の決定に当たっては、廃棄物処分が可能な状態か否かも考慮されることになります［56］。

英国

英国では、ガス冷却炉（マグノックス炉）は全て操業を終了し閉鎖され、基本方針に従い遅延解体のため維持管理（C&M[17]）の状態に入る又は準備の段階にあります［52］。原子力開発の中心地の一つであったセラフィールドサイトでは、軍事用プルトニウム製造用の原子炉、商用炉、使用済燃料の再処理施設等、多種類の原子力施設が建設、操業されてきました。現在、これら多くの施設は、リスクレベルによる優先度に従い廃止措置が進められています。

[16] Gas Cooled Reactor
[17] Care and Maintenance

6－3 現世代の責任による放射性廃棄物処分の着実な実施

全ての人間の活動は廃棄物を生み出します。原子力発電所、核燃料サイクル施設、大学、研究所、医療機関等における原子力のエネルギー利用、放射線利用、関連する研究開発、施設の廃止措置等においても、廃棄物が発生します。これらの廃棄物には放射性物質を含むものがあり、放射性廃棄物と呼ばれます。放射性廃棄物を人間の生活環境に有意な影響を与えないように処理・処分することは、原子力利用に関する活動の一部として重要です。この放射性廃棄物の処理・処分に当たっては、原子力利用による便益を享受し放射性廃棄物を発生させた現世代の責任として、その処分を確実に進め、将来世代に負担を先送りしないという認識を持つことが不可欠です。

(1) 放射性廃棄物の処分の概要と安全確保

① 放射性廃棄物の処分の概要

放射性廃棄物の処理・処分に当たっては、原子力利用による便益を享受し放射性廃棄物を発生させた現世代の責任として、その処分を確実に進め、将来世代に負担を先送りしないとの認識を持つことが必要です。また、国際機関の要件[18]では放射性廃棄物の発生は可能な限り抑制することとされており、一般に、廃棄物発生の低減、当初意図されたとおりの品目の再使用、材料のリサイクル、そして最終的に放射性廃棄物として処分（減容を含む）する、という順序で検討されます。これは、一般の廃棄物と同様の考え方です。我が国でも、これらの努力が行われており、最終的に処分する放射性廃棄物は含まれる放射性核種の種類と量に応じて適切に区分した上で処理・処分する方針を検討・決定し、必要な安全規制等の枠組みの整備を進めています。また、クリアランス制度[19]に基づき、原子力施設等において用いた資材、その他のものに含まれる放射性物質についての放射能濃度が「放射線による障害の防止のための措置」を必要としないものとして取り扱うことができます。さらに、放射性廃棄物の合理的な処理・処分の実施のために必要な技術に関する研究開発を推進するとともに、国民・地域住民との相互理解活動にも取り組んでいます。

② 放射性廃棄物の処分の安全確保

我が国では、放射性廃棄物の処分事業（原子炉等規制法では「廃棄物埋設の事業」と呼ばれます）を行おうとする者は、埋設の種類（第一種廃棄物埋設[20]、第二種廃棄物埋設[21]）ごとに、原子力規制委員会の許可を受ける必要があります。許可を受けるに当たり、廃棄する核

---

[18] IAEA「Predisposal Management of Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 5」(2009年)［104］の要件8：放射性廃棄物発生と抑制。

[19] 6-3(3)「クリアランス」を参照。

[20] 人の健康に重大な影響を及ぼすおそれがあるものとして政令で定める基準を超える放射性廃棄物を埋設の方法により最終処分すること。いわゆる地層処分。

[21] 「第一種廃棄物埋設」に該当しない放射性廃棄物を、埋設の方法により最終処分すること。具体的な処分方法として、中深度処分、ピット処分及びトレンチ処分があります。

燃料物質又は核燃料物質によって汚染されたものの性状及び量、廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備並びに廃棄の方法、第二種廃棄物埋設の事業の許可を受けようとする者にあっては、放射能の減衰に応じた第二種廃棄物埋設施設についての保安のために講ずべき措置の変更予定時期等を記載した申請書を原子力規制委員会に提出しなければならないとされています。原子力規制委員会は、許可を与えるに当たり、その事業を適確に遂行するに足りる技術的能力及び経理的基礎があること並びに廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備が核燃料物質又は核燃料物質によって汚染されたものによる災害の防止上支障がないものとして原子力規制委員会規則で定める基準に適合するものであることを審査します［57］。

(2)　放射性廃棄物の処理・処分に関する取組と現状

我が国では、放射性廃棄物は高レベル放射性廃棄物と低レベル放射性廃棄物に大別されます。このうち、高レベル放射性廃棄物は地層処分されます。低レベル放射性廃棄物は更に発生源別及び処分方法別に分類されています。具体的には、再処理施設、MOX 燃料加工施設から発生するもの（TRU[22]廃棄物）、原子力発電所から発生するもの（発電所廃棄物）、ウラン濃縮施設、ウラン燃料加工施設から発生するもの（ウラン廃棄物）、大学、研究所、医療機関等における原子力のエネルギー利用、放射線利用、関連する研究開発から発生するもの（研究施設等廃棄物）に分類されています。このように低レベル放射性廃棄物の発生源、性状等は幅広く、含まれる放射性核種の種類と量に応じて、地層処分、中深度処分、ピット処分、及びトレンチ処分に適切に区分して処分されます。また、地層処分の実施主体は原環機構、地層処分以外の処分の実施主体は、発電所廃棄物等は発生者責任の原則の下で原子力事業者等（一部の発電所廃棄物の処分については、廃棄事業者である日本原燃株式会社がピット処分を実施中）、研究開発施設等の廃棄物は原子力機構となっています。次項では、処分実施主体ごとの対象廃棄物を念頭に、処理・保管・処分の取組と現状を説明します。

①　高レベル放射性廃棄物の処理・処分に関する取組と現状

1)　高レベル放射性廃棄物の発生・処理・保管の現状

原子炉を稼働させると使用済燃料が発生します。この使用済燃料を再処理することで生じる放射能レベルの非常に高い廃液は、ガラス原料と混ぜて溶融し、キャニスタと呼ばれるステンレス製の容器に注入した後、冷却し固体化します。出来上がったガラス固化体と呼ばれる高レベル放射性廃棄物は、発熱量が十分小さくなるまで地上の貯蔵施設で 30 年から 50 年間程度貯蔵し、その後、地下 300m 以深の安定した地層中に処分（地層処分）することとされています。

我が国の原子力発電所では、2020 年 3 月末時点で、合計 16,060tU[23]の使用済燃料が貯蔵管理されています［58］。また、原子力機構核燃料サイクル工学研究所の東海再処理施設

[22] Transuranic
[23] ウランが金属の状態であるときの重量。

（TRP）では、2007 年 5 月までに合計 1,140tU の使用済燃料が再処理され［59］、2020 年 3 月末時点で合計 316 本のガラス固化体が保管されています［60］。日本原燃株式会社六ヶ所再処理施設ではアクティブ試験の過程でガラス固化体が製造され、2020 年 6 月末時点で合計 346 本のガラス固化体が保管されています［62］。

また、我が国の原子力発電により生じた使用済燃料は、フランス及び英国の施設においても再処理が行われています。再処理に伴って発生するガラス固化体は、安全対策を施した輸送容器（キャスク）に収納され、専用輸送船により我が国に返還され、日本原燃株式会社高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センターで保管されています。

フランスからの返還ガラス固化体の輸送は、1995 年 4 月から開始され、2007 年 3 月までに 1,310 本が返還され終了しました。英国からの輸送は 2010 年 3 月より開始され、2016 年 10 月末までに 520 本が返還されました。国外の再処理に伴う返還ガラス固化体は、今後、英国から約 380 本の返還が予定されており、フランス及び英国から合計で約 2,200 本となる予定です［63］。なお、海外での再処理に伴い発生した低レベル放射性廃棄物についても、今後返還が予定されています。

2019 年 3 月末時点で、国内に貯蔵されているガラス固化体は、国内で処理されたものと海外から返還されたものを合わせて 2,485 本となっています（表 6-2）［61］［62］。

表 6-2　高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）の保管量（単位：本[24]）

施設名	2017 年度末の保管量	2018 年度内の発生又は受入量	総保管量	備考
原子力機構 東海再処理施設	306	3	309	
日本原燃（株） 再処理事業所 （再処理施設）	346	0	346	日本原燃（株）によるアクティブ試験で製造されたもの
日本原燃（株） 再処理事業所 （廃棄物管理施設）	1,830	0	1,830	フランス及び英国からの返還ガラス固化体

（出典）原子力機構「放射線業務従事者線量等報告書　平成 30 年度分」（2019 年）［61］、日本原燃株式会社、「放射線業務従事者線量等報告書　平成 30 年度分」（2019 年）［62］に基づき作成

[24] 原子力機構東海再処理施設において保管されているガラス固化体は高さ 約 1,040 mm、外径 約 430 mm の容器、日本原燃（株）再処理事業所再処理施設で保管されているガラス固化体は高さ約 1,340mm、外径約 430mm の容器。

2）　高レベル放射性廃棄物の最終処分に向けた取組方針

高レベル放射性廃棄物の処分を計画的かつ確実に実施するため、2000 年 6 月に制定された「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」（平成 12 年法律第 117 号。以下「最終処分法」という。）に基づいて、高レベル放射性廃棄物[25]の処分事業の実施主体である原環機構が設立されるとともに、処分地の選定プロセスが定められました。また、最終処分を計画的かつ確実に実施させるため、経済産業大臣が「特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針」（以下「最終処分基本方針」という。）を定めるとともに、同基本方針に基づき、「特定放射性廃棄物の最終処分に関する計画」（以下「最終処分計画」という。）を 5 年ごとに策定することが規定されています。

最終処分法に基づいて、高レベル放射性廃棄物等の処分費用の原環機構への拠出が、電気事業者により 2000 年以降、毎年着実に行われています。原環機構へ納付された拠出金は、公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センターにより資金管理・運用されています。

3）　高レベル放射性廃棄物の処分事業を推進するための取組

2015 年 5 月、従来の政策の見直しを経て、高レベル放射性廃棄物の最終処分に関する新たな基本方針が決定されました。その中で、国民や地域の理解と協力を得ていくため、地域の地下環境等の科学的特性を国から提示すること等の方針が決まりました。この方針の下、総合資源エネルギー調査会の下で開催された地層処分技術ワーキンググループにおいて、地域の科学的特性を提示するための要件・基準が議論されてきました。この検討結果が、2017 年 4 月に取りまとめられ、これに基づいて、経済産業省は「科学的特性マップ」（図 6-5）を作成し、2017 年 7 月に公表しました［64］。

[25] 2007 年の法改正により、地層処分相当の TRU 廃棄物の処分も行うことになりました。

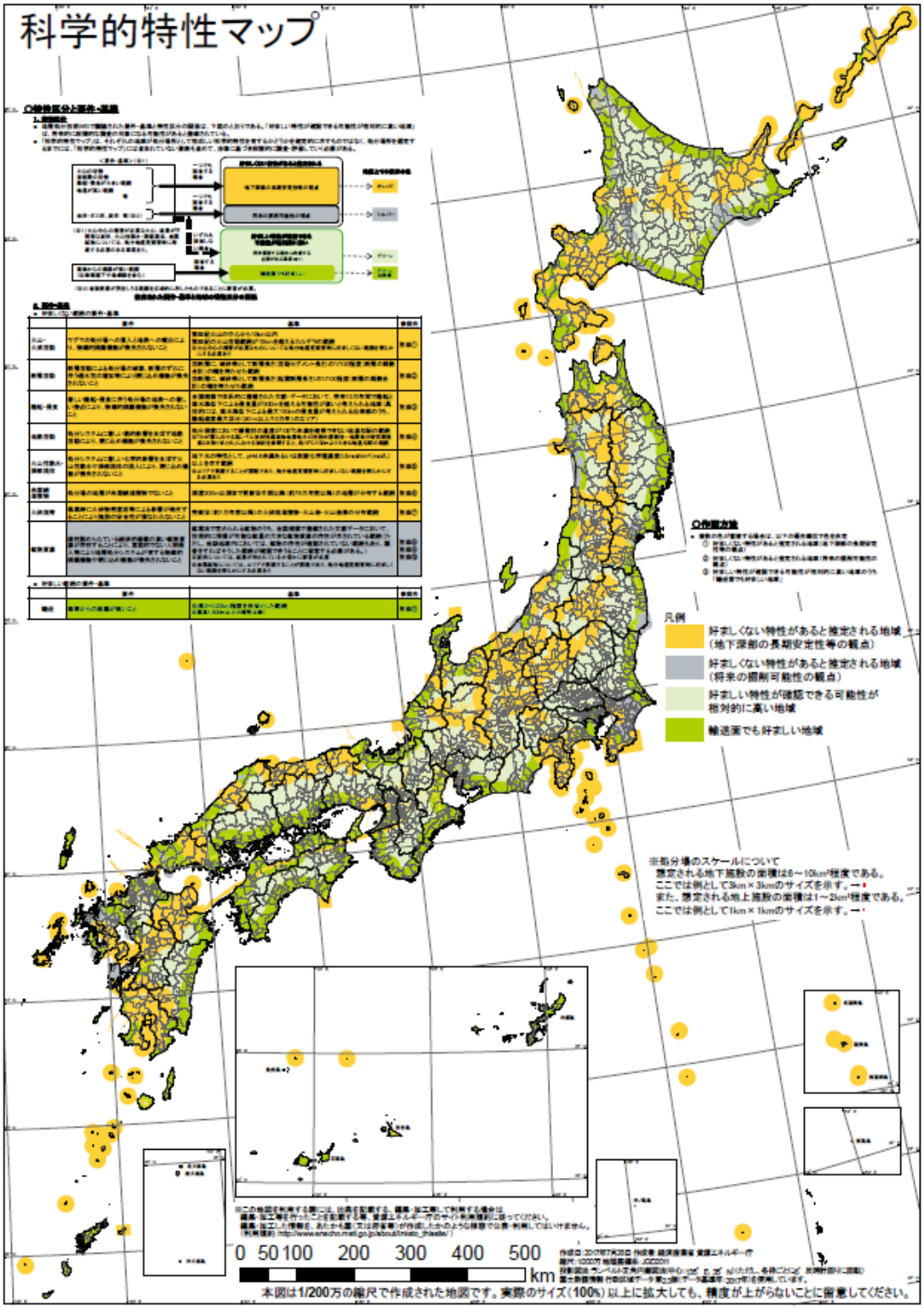


図 6-5　科学的特性マップ

（出典）資源エネルギー庁ウェブサイト「科学的特性マップ公表用サイト」[64]

科学的特性マップが公表されて以降、経済産業省及び原環機構によって全国で対話活動が進められており、2018 年 10 月からは、科学的特性マップで好ましい特性が確認できる可能性が高い地域を中心に対話型全国説明会が実施されています［65］。また、科学的特性マップ公表以降の対話活動を踏まえ、総合資源エネルギー調査会放射性廃棄物ワーキンググループにおいても、地層処分事業について「より深く知りたい」と主体的に活動している関心グループが全国各地に広がりつつあり、2020 年目途にこれらの関心グループを現在の約 50 グループから倍増させていくなど、複数地域での文献調査の実施に向けた取組方針が 2019 年 11 月に示されています（図 6-6）［66］。

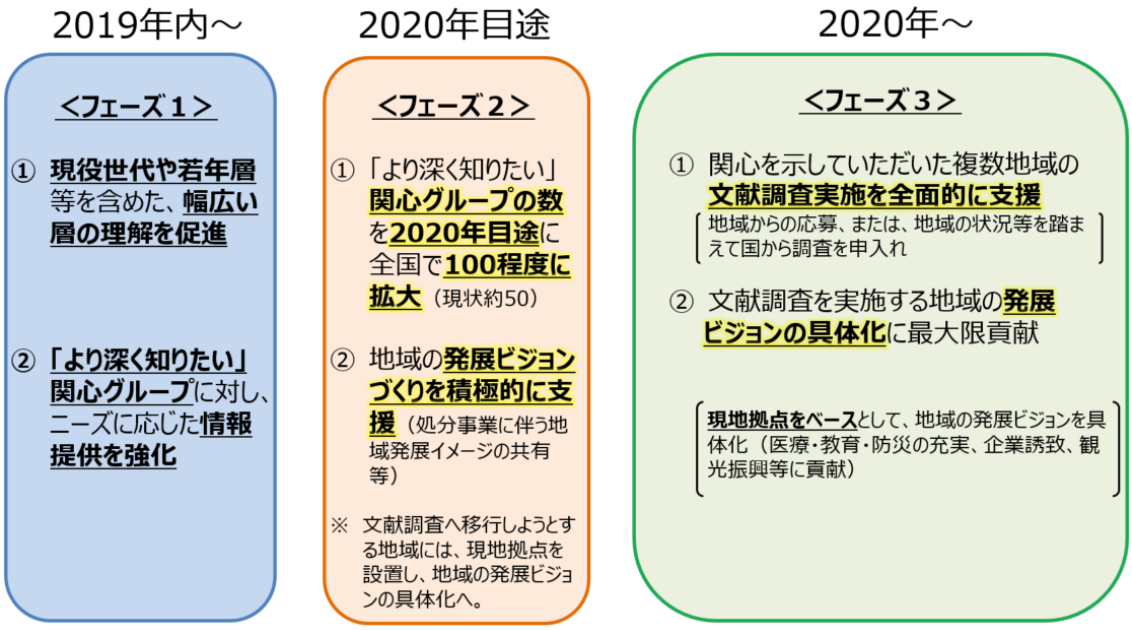


図 6-6　複数地域での文献調査の実施に向けた当面の取組方針

（出典）総合資源エネルギー調査会放射性廃棄物ワーキンググループ第 35 回会合資料 1 資源エネルギー庁「複数地域での文献調査の実施に向けた当面の取組方針について」（2019 年）［66］を一部加工

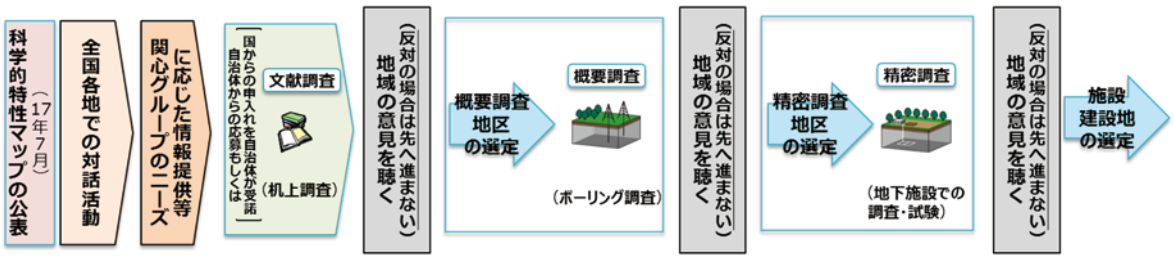


図 6-7　処分地選定のプロセス

（出典）総合資源エネルギー調査会放射性廃棄物ワーキンググループ第 35 回会合資料 1 資源エネルギー庁「複数地域での文献調査の実施に向けた当面の取組方針について」（2019 年）［66］

さらに、原環機構は 2018 年 11 月に、どのようにサイトの調査を進め、安全な処分場の設計・建設・操業・閉鎖を行い、閉鎖後の長期間にわたる安全性を確保するかについて、蓄積

された科学的知見や技術を統合して包括的に説明するため、「包括的技術報告：我が国における安全な地層処分の実現－適切なサイトの選定に向けたセーフティケースの構築－」（レビュー版）（以下「包括的技術報告書」という。）を取りまとめました。包括的技術報告書は、以下の4点を示すものとされています［67］。

- どのようにして適切な地質環境を選ぶのか
- どのように安全性を確保した処分場をつくるのか
- 処分場が安全であることをどのように確認するのか
- 地層処分の信頼性を更に向上させるために今後何をしていくべきか

一般社団法人日本原子力学会は、原環機構から包括的技術報告書のレビューの依頼を受け、2019年12月にレビュー結果を「『NUMO包括的技術報告書』レビュー報告書」として公表しました。原環機構は、レビュー結果を踏まえて包括的技術報告書の修正を行い、2020年春に改めて公表する予定としました［68］。

最終処分の実現に向けた各国の取組を加速するため、国際協力の強化が進められています。2019年6月に開催された主要20か国・地域（G20）エネルギー・環境閣僚会議において、世界の主要な原子力利用国の政府が参加する「最終処分国際ラウンドテーブル」を初めて立ち上げることについて、賛同が得られました［69］。第1回会合は2019年10月に、第2回会合は2020年2月にパリで開催されました。今後は、2会合の議論を踏まえて、最終処分に関する政府間の国際連携強化に向けた基本的考え方や、各国の対話活動の知見、経験、良好事例、各国が有する研究施設等を活用した研究開発協力の方向性等を盛り込んだ最終報告書を取りまとめる予定となっています［69］［66］。

コラム　～英国の地層処分場立地プロセスにおける信頼構築～

英国では、一部地域が地層処分場（GDF[26]）の受入れに一旦関心を示したものの、建設サイトの選定に至らなかった経験があります。英国政府は、諸外国の政策をレビューしつつ、過去（一回目）の立地プロセスの失敗から得られた教訓を取りまとめた報告書を公開しています［70］。同報告書には、以下のような教訓が記載されています。

- 技術的な適合性だけに注力し、計画に対する社会の反応を過小評価していた。政策の重点を、純技術的側面から、コミュニティの受容等に関する社会的側面に切り替えるべき。
- 立地プロセスに、参加型の民主主義とコミュニティへの権限移譲を取り入れるべき。
- 原子炉施設が既に立地している地域においては、リスクの認知は、立地プロセスに関与するかどうかの最重要因子ではない。
- 地層処分機関（RWM[27]）は、技術や工学に偏りがちな視点を社会技術に拡大すべき。
- 立地コミュニティが、立地プロジェクトの枠組みや進展について主要な役割を果たすことを許容しつつ、建設的な対話を進めることが求められる。

また、英国政府は 2014 年 7 月に、新しいサイト選定プロセスの基本方針を示しました［71］。基本方針の概要は以下のとおりです。

- 既知の地質情報に基づいて、国家スクリーニングの先行プロセスを確立する。
- GDF とその開発のためのボアホール調査を、「国家的に重要な基盤」と位置づける。公衆協議を不可欠な過程とする、計画決定の適切なプロセスを提供する。
- ワーキンググループを通じた、コミュニティと協働するプロセスを開発する。
- 選定プロセス中に、コミュニティ、開発者、政府が主要な技術的問題に関する独立した第三者のアドバイスにアクセスできるメカニズムを確立する。



実施主体（RWM 社）による具体的活動

（出典）英国ビジネス・エネルギー・産業戦略省「IMPLEMENTING GEOLOGICAL DISPOSAL - WORKING WITH COMMUNITIES」(2014 年）［71］に基づき作成

[26] Geological Disposal Facility
[27] Radioactive Waste Management

4）　高レベル放射性廃棄物の処理・処分に関する研究開発

イ）　高レベル放射性廃棄物の処理に関する研究

原子力機構のガラス固化技術開発施設では、高レベル放射性廃液をガラス固化する施設の開発、運転を行い、ガラス溶融炉の改良等の技術開発を進め、運転技術、保守技術等を蓄積しています［72］［73］。一方、日本原燃株式会社では、2013年に「ガラス固化技術開発施設」が完成して以降、現行のガラス溶融炉でのトラブルへの対処で得た情報や知見を反映させた「新型ガラス溶融炉」の開発のほか、遠隔操作性の確証試験や運転員等の訓練を行ってきました。新型ガラス溶融炉は流下性が格段に向上し、廃液の処理能力も良好で、より安定的な運転が確認されています。同社ではさらに、データの詳細な評価を行い新型ガラス溶融炉を実機へ導入する判断に向けた検討を行うとともに、より安定的に運転することができる世界最高性能のガラス溶融炉の研究開発に挑戦し続けるとしています［74］。

ロ）　高レベル放射性廃棄物の処分に関する研究

高レベル放射性廃棄物の処分に関しては、現在、原環機構において、処分事業の安全な実施、経済性及び効率性の向上等を目的とする技術開発を行っています。他方、原子力機構では、深地層の研究施設等を活用し、深地層の科学的研究や安全評価手法の開発等の基盤的・体系的な研究開発を計画的に行っています。

原子力機構は、岐阜県瑞浪市（結晶質岩）と北海道幌延町（堆積岩）において、深地層の研究施設を整備し、地下坑道の掘削とそれに伴う深部地質環境の調査研究等を行っています。深地層の研究施設は、広く国内外の研究者に開放して学術研究の国際拠点として整備するとともに、国民との相互理解促進に貢献する観点から深部地質環境を実体験できる場としても活用されています。なお、瑞浪市の研究施設については2022年1月までに坑道の埋め戻し及び地上施設の撤去を完了する方針です［75］。また、幌延町の研究施設については、2019年8月に、第3期及び第4期中長期目標期間（2028年度までの期間）を目途に同施設で取り組む研究課題等を示した「令和2年度以降の幌延深地層研究計画（案）」を北海道及び幌延町に提出しました［76］。北海道や幌延町による当該研究の必要性等の確認や住民の方々への説明を経て、幌延町は2019年12月9日、北海道庁は2019年12月10日に受入れを表明し、これを受けて原子力機構は同研究計画を策定しました。

茨城県東海村の核燃料サイクル工学研究所は、処分事業や安全規制を支える技術基盤（設計・評価に活用する評価モデルやデータベース等）の整備に関する研究開発を実施しています。

なお、高レベル放射性廃棄物の処分に関する研究の実施に当たっては、地質環境調査・評価技術、工学・設計技術、処分場閉鎖後の長期安全性を確認するための安全評価技術等の多岐にわたる技術分野における個々の技術を全体として統合することが必要となります。そのため、包括的技術報告書を作成する過程で明らかとなった課題のほか、これまでの研究開発過程で抽出された課題、国の審議会等で抽出された課題、科学的特性マップの作成及び提

示に際して寄せられた技術的信頼性に関する国民からの声等も含めて網羅的に課題を抽出した上で、研究課題の整理を行い、原環機構が行う技術開発と原子力機構等の研究機関が行う地層処分の研究開発を統合し全体計画として進めることが必要であり、原環機構がリードする「地層処分研究開発調整会議」において、「地層処分研究開発に関する全体計画（2018年度～2022 年度）」を策定しました［77］。これらの機関が緊密に連携を図りつつ、研究開発成果の移転・継承や人材育成等にも配慮しながら、地層処分に関する研究開発が計画的に進められています。

コラム　～フィンランドにおける放射性廃棄物管理：国、事業者による改善努力～

フィンランドでは地層処分場の建設が進んでおり、2020 年代には使用済燃料の地層処分場が世界で初めて操業を開始する予定です。

地層処分が世界で一番進んでいる国の一つ

フィンランドには、2 か所の原子力発電所サイトがあります。1983 年に政府が決定した原子力廃棄物の管理方針 ［78］に従い、2 か所のサイトで原子力発電所を運営する原子力事業者 2 社は、1995 年にポシヴァ社を設立してオルキルオトを地層処分サイトに選定し、建設を進めています。

廃棄物に応じた貯蔵・処分の検討と実施［79］

フィンランドの放射性廃棄物は、原子力法で規制される原子力発電所で発生する使用済燃料と放射性廃棄物、及び放射線法で規制される医療・産業・研究の放射線利用から発生する放射性廃棄物があります。前述の原子力廃棄物の管理方針に従い、原子力事業者 2 社は、各サイトで使用済燃料の中間貯蔵施設と中深度の低中レベル廃棄物（VLJ[28]）処分場を操業しています。これらの法律の規制の対象から免除された廃棄物（クリアランス物）は一般の廃棄物を規制する廃棄物法で監督され、産業廃棄物と同様に再使用、再利用、焼却あるいは埋立処分が進められています。フィンランド技術研究センター（VTT）の研究炉は、2015 年に閉鎖され廃止措置が予定されています。研究炉の使用済燃料は、供給国の米国に返還されるか、場合によっては国内処分が必要になります。廃止措置等に伴い発生する極低レベル放射性廃棄物は、発電所サイトの地表で埋立処分することも検討されています。

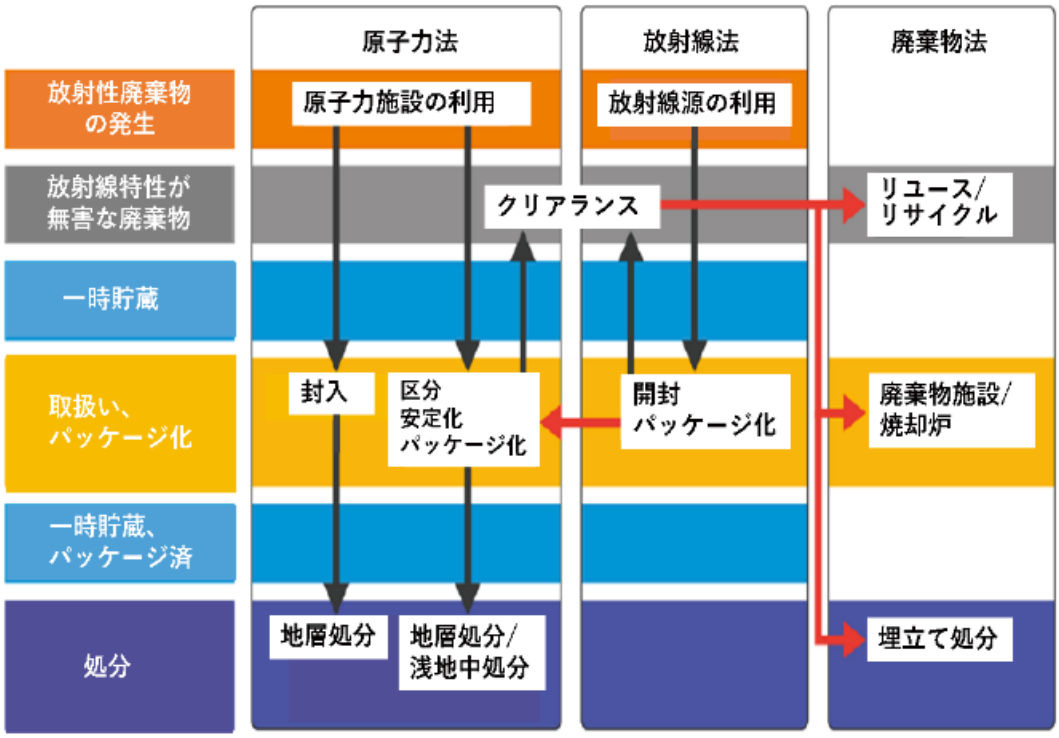
その他の放射性廃棄物は量的には少ないものの、認可された貯蔵施設、規制機関の貯蔵施設、及び国有廃棄物の一部を原子力事業者や地元自治体の了解の下で VLJ 処分場の付属地下空洞に貯蔵するとともに、処分を始めています。

全ての放射性廃棄物を対象に、安全で費用対効果の高い管理方法を検討［79］

このような状況変化を踏まえ、2017 年 6 月、監督官庁の雇用経済省は「原子力廃棄物管理に関する国家協力グループ（YETI[29]）」を設置し、2030 年までに発生する全ての放射性廃棄物を対象に、安全で費用対効果の高い管理方法を検討しました。YETI が 2019 年にまとめた報告書では、現状の整理と 2030 年を目標とする状態の策定が行われ、目標達成に向けた課題が検討されました。その基本は、放射性廃棄物の発生起源、発生者、又は発生方法に関係なく、既存及び将来の全ての放射性廃棄物の適切な処理・貯蔵・処分を整備するため、主に既存の施設を使用して廃棄物の処理処分を実現することでした。この実現のためには、既

[28] voimalaitosjätteeksi
[29] ydinjätehuollon yhteistyöryhmän

存施設の事業者への影響、地元自治体の受容性、さらに、原子力法の重要な原則を維持しつつ柔軟性を確保するための制度、規制の改正、整備も必要とされています。YETI は勧告と提言を提示し、各機関に 2023 年末までに順次対応することを求めています。



(注)赤い矢印は、ある法律の範囲から別の法律の範囲への廃棄物の移動を示しています。

フィンランドにおける放射性廃棄物管理

(出典)Ministry of Economic Affairs and Employment「Final Report of the National Cooperation Group on Nuclear Waste Management」(2019 年) [79]に基づき作成

放射性廃棄物管理のための国家計画の見直し [80] [81]

EU の欧州理事会指令 (2011/70/EURATOM) [80]は EU 加盟国に対し、使用済燃料管理及び放射性廃棄物の高い水準の安全な管理が達成されることを目的とした国家計画の策定や、10 年ごとの自己評価等を求めています。フィンランドでは、廃棄物発生者や処分実施主体だけでなく、国、規制機関、有識者等の関係者が協力して、放射性廃棄物管理を常に最新最善の状態に維持、開発していく努力が続けられています。

②　低レベル放射性廃棄物の処理・処分に関する取組と現状

原子力施設等の運転、廃止措置に伴い、様々な廃棄物が気体状、液体状、固体状で発生します。一般的に、気体状の廃棄物（放射性気体廃棄物）は、放射性物質の濃度に応じて、減衰、洗浄等により処理し、高性能フィルターで放射性物質を取り除いた後、排気モニターで排気中の放射性物質の濃度を測定して規制基準値以下であることを確認した上で、大気中に放出します。液体状の廃棄物（放射性液体廃棄物）は、ろ過、脱塩、あるいは蒸発濃縮処理します。濃縮廃液はセメント、アスファルト等で固化処理し、ドラム缶に詰められた後に、放射性固体廃棄物として保管します。蒸発分や放射性物質の濃度が極めて低いものについては、再利用する、あるいは放射性物質濃度を測定して規制基準値以下であることを確認した上で海中へ放出しています。固体状の廃棄物（放射性固体廃棄物）は、可燃性、難燃性、不燃性に仕分けしてドラム缶等の容器に入れて保管する、あるいは廃棄物の性状に応じて焼却処理、圧縮処理、溶融処理、セメント充填固化処理等の減容・安定化処理を施した後、ドラム缶等に詰めて保管する、あるいは処分施設に運び処分します。また、特に廃止措置に伴い発生する廃棄物の大半は、放射性物質によって汚染されていない廃棄物や、放射能濃度が極めて低く、人の健康への影響が無視できることから「放射性物質として扱う必要がないもの」です。後者は放射能濃度を測定・評価し、濃度が基準値以下であることを確認したものを、再利用若しくは一般の産業廃棄物として処分することができます［82］［83］。

1)　原子力発電所等の低レベル放射性固体廃棄物の保管・処分に関する取組と現状

ｲ)　原子力発電所等の低レベル放射性固体廃棄物の保管の現状

2019 年 3 月末時点の原子力発電所等の低レベル放射性固体廃棄物の保管状況を表 6-3 に示しています。全国の原子力発電所では約 695,400 本（200 リットルドラム缶換算値、以下同様）保管されています。加工施設（ウラン燃料加工施設、ウラン濃縮施設）では約 56,700 本、再処理施設では約 46,500 本、廃棄物管理施設では約 1,100 本、それぞれ保管されています。また、これらのほかにも固体廃棄物が保管されています［84］。

表 6-3　低レベル放射性固体廃棄物の保管量
（地層処分相当低レベル放射性廃棄物と想定されるものを含む）

（2019年3月31日現在）

規制法	発生施設区分	廃棄物発生施設	事業者	事業所数	低レベル放射性固体廃棄物保管量*1	
					本数*4	備考
原子炉等規制法*2	原子力発電所等	実用発電用原子炉施設	北海道電力、東北電力、東京電力、中部電力、北陸電力、関西電力、中国電力、四国電力、九州電力、日本原子力発電	18	695,400	・東日本大震災前の東電福島第一原発の保管量、約187,100本を含む。 ・この他、蒸気発生器保管庫、給水加熱器保管庫、使用済燃料プール、サイトバンカ、タンク等に保管されている。
		加工施設	日本原燃等民間企業	5	56,700	・この他、使用済金属胴遠心機が保管されている。
		再処理施設	日本原燃	1	46,500	・この他、せん断被覆片等が約221本（1,000 ℓドラム缶換算）保管されている。
		廃棄物管理施設	日本原燃	1	1,100	
	研究開発施設等	研究開発段階発電用原子炉施設	原子力機構（ふげん、もんじゅ）	2	26,500	・この他、使用済燃料プール、タンク等に保管されている。
		試験研究用等原子炉施設	原子力機構、研究機関、教育機関、民間機関	12	132,200	・試験研究用等原子炉施設、核燃料物質使用施設及び放射性同位元素使用施設の多重規制施設についてはその合計値。
		加工施設	原子力機構	1	600	
		再処理施設	原子力機構	1	76,600	・この他、高レベル放射性固体廃棄物が約6,800本保管されている。
		核燃料物質用施設	原子力機構、大学等	11	85,500	・核燃料物質使用施設の単独規制施設だけの合計値。
		廃棄物管理施設	原子力機構	1	30,900	
放射性同位元素等規制法*3		使用事業所	許可事業所合計（2,211）、届出事業所合計（5,397）	7,608		
			研究機関	435	7,166	
			教育機関	491	1,934	
			医療機関	1,131	637	
			民間企業	4,532	3,304	
			その他の機関	1,019	41	
		廃棄業者	原子力機構、日本アイソトープ協会*5等	7	268,415	・原子力機構原子力科学研究所は、原子炉施設、核燃料物質使用施設及び放射性同位元素使用施設にも該当しており、本表の値は両施設を含む合算値である。

*1　固体廃棄物貯蔵庫の保管量を示す。この他の保管は施設毎に注記した。
*2　実用発電用原子炉等が原子力規制委員会に提出した「放射線業務従事者線量等報告書　平成30年度分」（2019年）により整理
*3　原子力規制委員会　規制の状況（2020年3月31日参照）
*4　200リットルドラム缶本数あるいは200リットルドラム缶換算本数の合計概算値。
*5　日本アイソトープ協会は放射性同位元素等規制法の許可廃棄業者及び医療法等の指定を受けて放射性同位元素等規制法単独規制施設及び医療法等（医療法、臨床検査技師、衛生検査技師等に関する法律、医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律）規制施設から放射性廃棄物を集荷し処理・保管を行っている。

（出典）実用発電用原子炉等が原子力規制委員会に提出した「放射線業務従事者線量等報告書　平成 30 年度分」（2019 年）[84]、原子力規制委員会「規制の状況」[85]に基づき作成

ロ）　原子力発電所等の低レベル放射性固体廃棄物の処分の取組

（ピット処分）

低レベル放射性廃棄物のうち、原子力発電所の運転に伴い発生する放射能レベルの比較的低い廃棄物（均質固化体及び充填固化体）は、各原子力発電所から青森県六ヶ所村の日本原燃株式会社低レベル放射性廃棄物埋設センターに運ばれ、埋設処分（ピット処分）が行われています。

同センターの 1 号埋設施設では、濃縮廃液、使用済樹脂、焼却灰等をドラム缶に収納し、セメント等で固めた廃棄体（均質固化体）を対象として、1992 年 12 月から受入れを開始しています。2 号埋設施設では、雑固体廃棄物（金属、プラスチック類、保温材、フィルター類等）をドラム缶に収納し、モルタルで固めた廃棄体（充填固化体）を対象として、2000 年 10 月から受入れを開始しています。表　6-4 のとおり、1 号埋設施設及び 2 号埋設施設を併せて、2019 年 3 月末時点で、ドラム缶換算で合計約 30 万本の廃棄体を埋設しています［86］［87］。

なお、日本原燃株式会社は、これまでの埋設実績を踏まえて、2018 年 8 月 1 日に原子力規制委員会に 3 号廃棄物埋設施設の増設（2 号廃棄物埋設施設と同等の充填固化体を埋設対象とする）、1 号廃棄物埋設施設の変更（廃棄体の種類の追加及び数量の変更）、2 号廃棄物埋設施設の変更（廃棄体の数量の変更）等の申請を行っており、現在、審査が進められています［88］。

表 6-4　日本原燃株式会社濃縮・埋設事業所（廃棄物埋設施設）における放射性廃棄物の埋設量（2019 年 3 月末時点、単位：本）

1 号埋設施設	2018 年 3 月末の埋設延べ本数	148, 147
	受入数量	478
	埋設数量	640
	2019 年 3 月末の埋設延べ本数	148, 787
2 号埋設施設	2018 年 3 月末の埋設延べ本数	148, 872
	受入数量	5, 872
	埋設数量	5, 040
	2019 年 3 月末の埋設延べ本数	153, 912
合計	2018 年 3 月末の埋設延べ本数	297, 019
	受入数量	6, 350
	埋設数量	5, 680
	2019 年 3 月末の埋設延べ本数	302, 699

（出典）日本原燃株式会社「低レベル放射性廃棄物埋設センターの運転情報（日報）」に基づき作成［86］［87］

（トレンチ処分）

上述のとおり、我が国では今後廃止措置が本格化することとなり、それにより発生する大量の放射性廃棄物の処理・処分が課題となります。日本原子力発電株式会社は東海発電所の解体に伴い発生する放射性廃棄物のうち放射能レベルが極めて低いものを発電所敷地内で埋設処分（トレンチ処分）する計画であり、2015 年 7 月 16 日に原子力規制委員会に申請し、審査が進められています［89］。埋設を計画している物量は、解体で発生する廃棄物に、運転中に発生した廃棄物と新たに設置する解体工事用機器を合わせた約 16,000t です［90］。

2）　研究開発施設等の低レベル放射性廃棄物の保管・処分に関する取組と現状

ｲ）　研究開発施設等の低レベル放射性廃棄物の保管の現状

原子力利用に関する研究開発、産業、医療等の幅広い分野における放射線利用等の活動からも放射性廃棄物が発生しています。

これらの廃棄物は、2019 年 3 月末時点で、原子炉等規制法施設では合計約 352,300 本保管されています［84］。放射性同位元素等の規制に関する法律（昭和 32 年法律第 167 号。以下「放射性同位元素等規制法」という。）[30]による規制を受ける施設では、2019 年 3 月末時点で、合計約 281,500 本保管されています［85］。なお、法令で届出を義務付けられていない医療法等廃棄物は含まれていません［57］。

ﾛ）　研究開発施設等の低レベル放射性廃棄物の処分の取組

研究開発施設等の廃棄物の処分は原子力機構が実施することとされており、原子力機構は、国や関係組織と連携し処分に取り組むこととしています［37］。国は 2008 年 12 月に、研究開発施設等の廃棄物の埋設処分業務を進める際の基本的な考え方等を示した「埋設処分業務の実施に関する基本方針」を策定しました［91］。原子力機構は同基本方針に基づき、2009 年 11 月に埋設処分業務の対象とする放射性廃棄物の種類及びその量の見込み等を示す「埋設処分業務の実施に関する計画」を策定しました。この計画は、策定以降複数回変更されており、最新のものは 2019 年 11 月に策定されています［92］。

原子力機構は、2018 年 12 月にバックエンド対策（廃止措置、廃棄物処理･処分等）の長期にわたる見通しと方針をバックエンドロードマップとして取りまとめ、公開しました。バックエンドロードマップでは、研究施設等廃棄物の埋設事業は、放射能レベルの低いトレンチ処分及びピット処分から優先的に進め、第 2 期（2029 年度から 2049 年度）での本格化を目指すとしており、これに向けての立地手順及び立地基準に基づく立地対応が進められています。また、廃棄体確認や受入基準等の検討では、研究炉廃棄物中の放射能評価手法の確立に向けた検討が進められています［37］。

---

[30]原子力利用における安全対策の強化のための核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律等の一部を改正する法律（平成 29 年 4 月 14 日法律第 15 号）に基づき、2019 年 9 月 1 日に名称が「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」から改められました。

3）　低レベル放射性廃棄物処分の規制に関する取組

原子力規制委員会は、規制基準の整備や審査の円滑化等を目的として、以下に示すような低レベル放射性廃棄物の処分の規制に関する検討等を進めています。

イ）　ピット処分及びトレンチ処分

2019 年 2 月に原子力規制委員会は、浅地中処分（ピット処分及びトレンチ処分）に係る審査等を円滑に行うため、原子力規制庁が示した施設や廃棄体の性能規定化及び規制期間終了後の被ばく評価シナリオの線量基準等に係る改正方針に基づき、関連する規則等の改正を行うことを決定しました。規則等の改正案に対して、同年 7 月から意見募集が実施され、その結果も踏まえて上記の規則は 2019 年 12 月に改正されました［93］。

ロ）　中深度処分

低レベル放射性廃棄物のうち放射能レベルの比較的高い廃棄物は、中深度処分が行われることになっています。原子力規制委員会は、2016 年 8 月に、中深度処分に係る廃棄物埋設施設の設計要求や管理要求に係る基本的な考え方を示す「炉内廃棄物の埋設に係る規制の考え方について」を取りまとめました。同書を踏まえて 2017 年 4 月に原子炉等規制法が改正され、中深度処分における坑道の閉鎖措置計画の認可や規制期間終了後の廃棄物埋設地の掘削制限の制度が定められました。その後、原子力規制庁は、「廃炉等に伴う放射性廃棄物の規制に関する検討チーム」及び「廃棄物埋設の放射線防護基準に関する検討チーム」において中深度処分の規制基準に係る技術的内容を検討するとともに、長期の放射線防護の実効性をより高めていくための「ALARA[31]」の考え方に関する原子力規制委員会の議論を踏まえて、廃棄物埋設施設の位置に係る規制基準の骨子案等を取りまとめました［94］。

原子力規制委員会は、2020 年 2 月に公開の場で事業者から意見を聴取しました［95］。その結果も踏まえて、原子力規制庁は 2020 年 6 月頃に、原子力規制委員会に対して中深度処分に係る許可基準規則と解釈及び関連する事業規則の改正案並びに審査ガイド案を報告する予定です［96］。

ハ）　ウラン廃棄物

ウラン廃棄物やウランに汚染された資材に含まれる放射性物質の主な組成は自然起源のものであり、自然環境中にも存在するものです。また、ウランに汚染された物は、数十年から数百年の期間における放射能の減衰は見込めず、子孫核種が生成し放射能量が増える等の特徴を有しています。そのため、従来の処分やクリアランスの規制基準をそのまま適用することについては課題があります。

原子力規制委員会は、このような課題を踏まえ、海外情報や論点を整理し、ウラン廃棄物

[31] As Low As Reasonably Achievable

の処分等に係る規制の考え方について議論を進めることとしています［97］。

ニ）　研究開発施設等の低レベル放射性廃棄物

研究開発施設等で発生する放射性廃棄物の発生源は多岐にわたることから、発生する放射性廃棄物の処分事業を規制する法律も原子炉等規制法、放射性同位元素等規制法のほか、医療法等にまたがり[32]、複数の許可が必要となります。2017 年 4 月の放射性同位元素等規制法の改正により、放射性同位元素等規制法の廃棄に係る特例として、許可届出使用者及び許可廃棄業者は、放射性同位元素等の廃棄を原子炉等規制法に基づく廃棄事業者に委託できることとされ、原子炉等規制法と放射性同位元素等規制法の間で処分の合理化が図られました［98］。

[32]「医療法」、「臨床検査技師等に関する法律」、「医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律」及び「獣医療法」等。

コラム　～諸外国における放射性廃棄物の分類と管理方法～

諸外国でも、我が国と同様に、原子力利用や放射線利用等に伴い様々な放射性廃棄物が発生しており、それらを安全に管理（処理、処分）する取組を進めています。

IAEA の安全指針 GSG[33]-1「放射性廃棄物の分類」は、様々な廃棄物分類の概念を検討した上で、長期的な安全に基づくリスクに応じた等級別扱いを反映した廃棄物分類のガイダンスを提供しています。同指針では、、廃棄物とその特性に応じた処分オプションを関連付けた、以下の廃棄物分類スキームを示しています［99］。

- 高レベル廃棄物（HLW[34]）：
  多量の熱が発生するほど十分に放射能濃度のレベルが高い廃棄物、あるいは、長寿命放射性核種を大量に含む廃棄物。地下数百メートル程度からそれ以深の、深く安定した地層への処分が適している。
- 中レベル廃棄物（ILW[35]）：
  長寿命放射性核種を含むため、浅地中処分より高い程度の閉じ込めと隔離が必要となる廃棄物。数十メートルから数百メートル程度の深度での処分が適している。
- 低レベル廃棄物（LLW[36]）：
  長寿命放射性核種の量が限られており、最長で数百年程度にわたり頑健な隔離と閉じ込めを必要とする廃棄物。工学的な浅地中施設での処分が適している。
- 極低レベル廃棄物（VLLW[37]）：
  規制免除廃棄物（EW[38]）の基準を満たさないが、高いレベルの閉じ込めと隔離が必要ない廃棄物。限られた規制上の管理を伴う、浅地中の埋立方式施設への処分が適している。
- 極短寿命廃棄物（VSLW[39]）：
  研究や医療目的等で利用される、半減期が 100 日オーダー未満の極短寿命の放射性核種を主に含む廃棄物。最長でも数年程度で減衰するため、保管期間後は規制免除廃棄物に移ることができる。
- 規制免除廃棄物（EW）：
  低濃度の放射性核種しか含まないため、放射線防護目的の規制上の管理から免除することのできる廃棄物。一般の廃棄物として再利用、処分等の取扱いができる。

33 General Safety Guide
34 High Level Waste
35 Intermediate Level Waste
36 Low Level Waste
37 Very Low Level Waste
38 Exempt Waste
39 Very Short Lived Waste

コラム　～諸外国における低レベル放射性廃棄物の分類と処分方法～

<table>
<tr><th>IAEA 分類[注1]
国名</th><th colspan="2">中レベル
放射性廃棄物[注2]</th><th>低レベル
放射性廃棄物</th><th>極短寿命
廃棄物</th><th>規制免除・
クリアランス</th></tr>
<tr><td>英国</td><td colspan="2">低レベル放射性廃棄物：
浅地中処分</td><td>サイト内埋立処分[注3]
一般埋立処分[注4]</td><td>有</td><td>有</td></tr>
<tr><td rowspan="2">フランス</td><td colspan="2">長寿命低レベル放射性廃棄物：
浅地中処分（検討中）</td><td rowspan="2">特定埋立処分[注5]</td><td rowspan="2">有</td><td rowspan="2">制度なし。限定的免除有り。基本は極低レベル放射性廃棄物として処分。</td></tr>
<tr><td colspan="2">短寿命低中レベル放射性廃棄物：
浅地中処分</td></tr>
<tr><td>ドイツ</td><td colspan="2">非発熱性放射性廃棄物：
地層処分（建設中）</td><td>条件付きクリアランスによる一般埋立処分[注6]</td><td>有</td><td>有</td></tr>
<tr><td>フィンランド</td><td colspan="2">中レベル廃棄物、低レベル廃棄物：
岩盤空洞内処分</td><td>サイト内埋立処分[注3]
（検討中）</td><td>有</td><td>有</td></tr>
<tr><td>スウェーデン</td><td colspan="2">短寿命低中レベル廃棄物：
岩盤空洞内処分</td><td>短寿命極低レベル廃棄物：
サイト内埋立処分[注3]</td><td>有</td><td>有</td></tr>
<tr><td>スイス</td><td colspan="2">低中レベル廃棄物：
地層処分（サイト選定中）</td><td>認可機関の承認による一般埋立処分[注6]</td><td>有</td><td>有</td></tr>
<tr><td rowspan="4">カナダ[注7]</td><td colspan="4">原子力発電の中低レベル放射性廃棄物：
OPG[40]社による地層処分（計画中止）</td><td rowspan="4">有</td><td rowspan="4">有</td></tr>
<tr><td colspan="4">原子力研究開発（遺産、事業継続中、医療・大学等を含む）の中レベル放射性廃棄物：未定</td></tr>
<tr><td colspan="4">同上の低レベル放射性廃棄物：
浅地中処分（申請段階）</td></tr>
<tr><td colspan="4">歴史的低レベル放射性廃棄物：
地上長期廃棄物管理（建設中）</td></tr>
<tr><td rowspan="5">米国</td><td colspan="4">クラスC超：処分方法検討中</td><td rowspan="4">有</td><td rowspan="5">制度なし。個別審査を実施。</td></tr>
<tr><td colspan="4">クラスC：浅地中処分</td></tr>
<tr><td colspan="4">クラスB：浅地中処分</td></tr>
<tr><td colspan="4">クラスA：浅地中処分</td></tr>
<tr><td colspan="4">クラスAの低いレベル：
一般埋立処分[注5]等（枠組み見直し中）</td><td></td></tr>
</table>

(注1)IAEA 安全指針 GSG-1 放射性廃棄物の分類(2009)［99］
(注2)地層処分対象を除く
(注3)原子力施設サイトの許可された埋立処分場
(注4)認可された一般の埋立処分場
(注5)原子力施設ではないが原子力施設から発生した廃棄物に限定
(注6)一般の埋立処分場
(注7)この他、ウラン採鉱・製錬廃棄物がある
免除・クリアランスされた廃棄物は規制上の放射性廃棄物としての管理は受けない。
網掛けは、操業中あるいは実施中であることを示す。網掛けなしは、建設中、サイト選定中、検討中、見直し中のいずれかである。
(出典)内閣府作成

[40] Ontario Power Generation

(3)　クリアランス

①　クリアランス制度

原子力施設等の廃止措置に伴って発生する廃材等の大部分は、放射性物質によって汚染されていない廃棄物や、放射能濃度が極めて低く、人の健康への影響が無視できることから「放射性物質として扱う必要がないもの」です。このうち、後者については、放射能濃度を測定・評価し、濃度が基準値以下であることを原子力規制委員会が確認したものを、原子炉等規制法による規制から外し、再利用若しくは一般の産業廃棄物として処分することができる制度を「クリアランス制度」と呼びます。

②　クリアランスの実績

我が国では、これまで、原子炉等規制法に基づく原子力発電所、加工施設、一部の核燃料物質使用施設等の原子力施設の運転及び廃止措置・解体により発生した金属くず、コンクリート破片等にクリアランス制度が適用されています。2019 年 4 月時点で、原子力施設から発生した金属 969t とコンクリート 3,866t がクリアランスされており、その一部は、表 6-5 に示すように再利用されています［100］。これまでのところ、再利用を行う原子力事業者は、再利用先を原子力施設等に限定（限定再利用）していますが、今後本格化する廃止措置等を円滑に進めるに当たっては再利用の拡大が必要です。

なお、放射性同位元素の使用施設から発生する放射性廃棄物等についてもクリアランス制度が導入されていますが、実績はありません［101］［100］。

表 6-5　クリアランスされた金属等の限定再利用の実績例

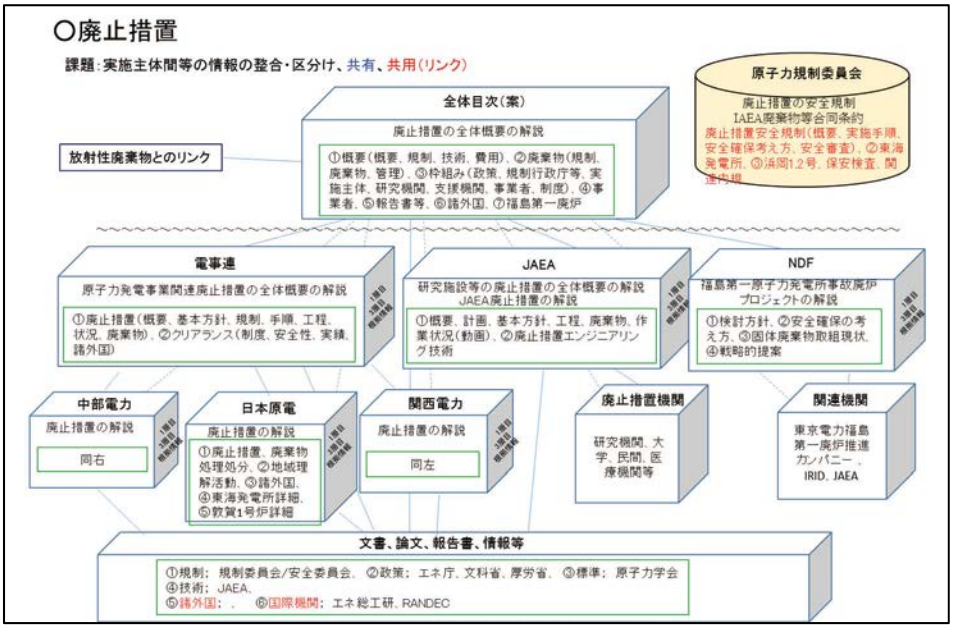
原子力施設	再利用の実績
日本原子力発電（株）	東海発電所の廃止措置工事から発生した金属から遮へい体、ブロック、車両進入防止ブロック、ベンチ、テーブル、埋込金物、クレーン荷重試験用ウェイト等の加工品を製作し、関連場所で使用又は展示を実施。また、経済産業省委託事業「原子力発電所等金属廃棄物利用技術開発」（2015 年度から 2017 年度）において、クリアランス金属を再利用した中深度処分（余裕深度処分）用容器（内容器）の試験製作が実施されている。
原子力機構 原子力科学研究所	研究用原子炉 JRR-3 の改造工事により発生し保管廃棄されていたコンクリートを同研究所内の路盤材等に再利用した。
原子力機構 人形峠環境技術センター	使用済遠心機処理の合理化として、解体、除染した使用済遠心分離機から発生したアルミ材を構内等で花壇の構造物、土留め及び同センターの正門前広場に設置したテーブルとベンチに再利用した。

（出典）原子力規制委員会「クリアランス制度の実績」［100］、電気事業連合会「クリアランス制度に関する国内外の状況」［102］に基づき作成

(4)　廃止措置・放射性廃棄物連携プラットフォーム（連携プラットフォーム（仮称））

原子力委員会が 2017 年 7 月に決定した「原子力利用に関する基本的な考え方」では、我が国の原子力分野では「科学的知見や知識も組織ごとに存在している状況である」ため、「原子力関連機関が、情報交換しつつ、それぞれの役割を互いに認識し尊重し合いながら連携や

協働を行う場を構築し、まずは、科学的知見や知識の収集・体系化・共有により厚い知識基盤の構築を進めるべき」とされました。当該取組を進めるべき具体的な分野の一つとして「廃止措置・放射性廃棄物」が挙げられたことを受けて、原子力委員会が声かけを行い、関係機関による連携プラットフォーム（仮称）が 2017 年 11 月に設立されました。これまでに 7 回の会合を開催し、当該分野における情報体系の整備や、海外情報を含む各関係機関の取組の紹介による情報共有等を実施しています［103］（図 6-8）。



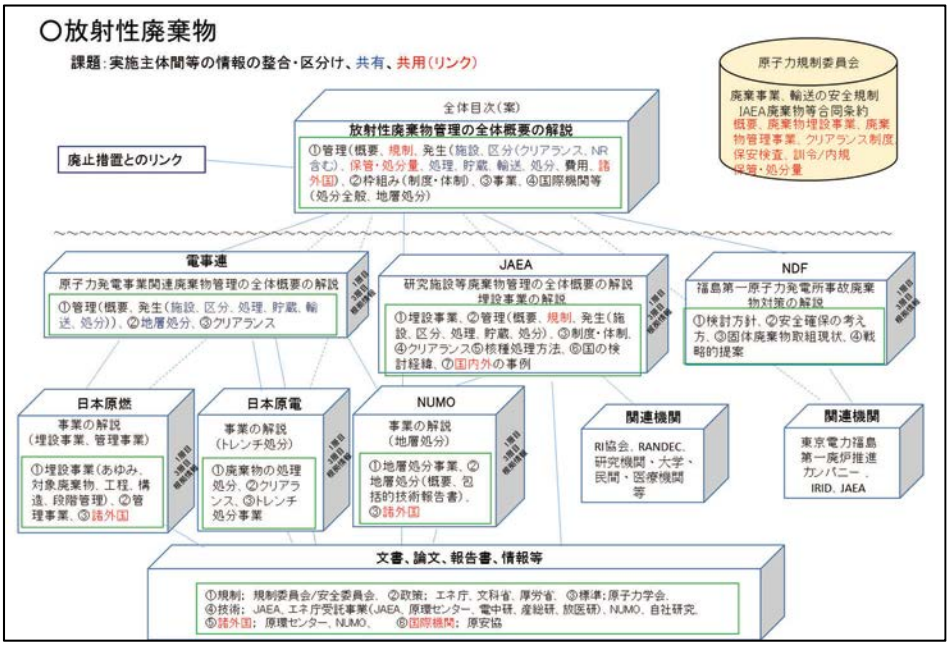


図 6-8　連携プラットフォームにおいて整理された関係機関の連携イメージ

（出典）第 14 回原子力委員会資料第 2-4 号「廃止措置・放射性廃棄物～連携プラットフォーム（仮称）の活動状況 ①～」（2018 年）［103］

参考文献

1. **廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議.** 東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ. (オンライン) 2019 年 12 月 27 日. https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/20191227.pdf.

2. **廃炉・汚染水対策チーム事務局.** 福島第一原子力発電所の廃炉に向けた中長期ロードマップ改訂案について. 廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議 (第 4 回) 資料 1. (オンライン) 2019 年 12 月 27 日. https://www.kantei.go.jp/jp/singi/hairo_osensui/dai4/siryou1.pdf.

3. **原子力損害賠償・廃炉等支援機構.** 東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン 2019. (オンライン) 2019 年 9 月 9 日. (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) http://www.dd.ndf.go.jp/jp/strategic-plan/index2019.html.

4. **原子力規制委員会.** 東京電力福島第一原子力発電所の中期的リスクの低減目標マップ (2020 年 3 月版). (オンライン) 2020 年 3 月 4 日. https://www.nsr.go.jp/data/000306118.pdf.

5. **原子力損害賠償・廃炉支援機構.** 福島第一原子力発電所廃炉・汚染水対策の役割分担図. 廃炉支援部門について. (オンライン) (引用日: 2020 年 6 月 18 日.) http://www.dd.ndf.go.jp/jp/about/about/index.html.

6. **経済産業省.** 「汚染水問題に関する基本方針」を決定. (オンライン) 2013 年 9 月 3 日. (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/osensuitaisaku_houshin.html.

7. **東京電力ホールディングス株式会社.** (報告) 千島海溝津波防潮堤設置工事の進捗状況について. 廃炉・汚染水対策チーム会合／事務局会議 (第 70 回). (オンライン) 2019 年 9 月 27 日. https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensuitaisakuteam/2019/09/4-2.pdf.

8. **汚染水処理対策委員会.** 凍土壁の評価と今後の汚染水対策について. (オンライン) 2018 年 3 月 7 日. https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/osensuitaisaku/committtee/osensuisyori/2018/pdf/020_s04_00.pdf.

9. **東京電力ホールディングス株式会社.** 建屋滞留水処理の進捗状況について. 廃炉・汚染水対策チーム会合／事務局会議 (第 58 回). (オンライン) 2018 年 9 月 27 日. https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensuitaisakuteam/2018/10/3-1-3.pdf.

10. –. フランジ型タンク内の Sr 処理水の水抜き完了について. 廃炉・汚染水対策チーム会合／事務局会議 (第 60 回). (オンライン) 2018 年 11 月 29 日. https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensuitaisa

kuteam/2018/12/3-1-2.pdf.
11. －. フランジ型タンクに貯留している ALPS 処理水の移送完了について. 廃炉・汚染水対策チーム会合／事務局会議（第 64 回）. （オンライン）2019 年 3 月 28 日.
https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensuitaisakuteam/2019/03/3-1-2.pdf.
12. －. 福島第一原子力発電所における新技術「レーザー除染」 によるフランジタンク解体時のダスト飛散抑制対策について. 廃炉・汚染水対策チーム会合／事務局会議（第 68 回）. （オンライン）2019 年 7 月 25 日.
https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensuitaisakuteam/2019/07/3-1-3.pdf.
13. **原子力規制委員会.** 福島近傍・沿岸の海水の放射性物質濃度の推移. （オンライン）（引用日： 2020 年 3 月 13 日.）
https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/9000/8141/24/engan.pdf.
14. **東京電力ホールディングス株式会社.** 1 号機燃料取り出しプランの検討状況について. 廃炉・汚染水対策チーム会合／事務局会議（第 73 回）. （オンライン）2019 年 12 月 19 日.
https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensuitaisakuteam/2019/12/3-2-3.pdf.
15. **廃炉・汚染水対策チーム事務局.** 福島第一原子力発電所の廃炉に向けた中長期ロードマップ改訂案について. 廃炉・汚染水対策チーム会合（第 5 回）資料 1. （オンライン）2019 年 12 月 2 日.
https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/osensuitaisaku/committtee/osensui_team/2019/pdf/01c.pdf.
16. **東京電力ホールディングス株式会社.** 福島第一原子力発電所　2 号機原子炉格納容器内部調査実施結果. 廃炉・汚染水対策チーム会合／事務局会議（第 63 回）. （オンライン）2019 年 2 月 28 日.
https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensuitaisakuteam/2019/02/3-3-5.pdf.
17. －. 東京電力ホールディングス（株）福島第一原子力発電所の固体廃棄物の保管管理計画（2019 年 6 月版）. 廃炉・汚染水対策チーム会合／事務局会議（67 回）. （オンライン）2019 年 6 月 27 日.
https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensuitaisakuteam/2019/06/3-4-5.pdf.
18. －. Green zone［一般服エリア］の拡大について. 廃炉・汚染水対策チーム会合／事務局会議（第 53 回）. （オンライン）2018 年 4 月 26 日.
https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensuitaisa

kuteam/2018/05/3-07-02.pdf.
19. －. 作業環境の改善状況について. 廃炉・汚染水対策チーム会合／事務局会議（第60回）. （オンライン）2018年11月29日.
https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensuitaisakuteam/2018/12/3-7-3.pdf.
20. **株式会社Ｊヴィレッジ.** ナショナルトレーニングセンター Ｊヴィレッジ. （オンライン）（引用日: 2020年3月13日.）https://www.j-village.jp/.
21. **廃炉・汚染水対策事業事務局.** 廃炉・汚染水対策事業事務局ホームページ. （オンライン）（引用日: 2019年12月6日.）http://dccc-program.jp/.
22. **公益財団法人原子力安全研究協会.** 国家課題対応型研究開発推進事業「英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業」. （オンライン）（引用日: 2020年3月13日.）
https://www.kenkyu.jp/nuclear/.
23. **原子力委員会.** 原子力分野における人材育成について（見解）. （オンライン）2018年2月27日. http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/kettei/180227.pdf.
24. －. 原子力人材育成ネットワークと戦略WGについて. 第17回原子力委員会 資料第1号. （オンライン）2019年5月14日.
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2019/siryo17/1.pdf.
25. **外務省.** 国際原子力機関（IAEA）第63回総会. （オンライン）2019年10月2日. （引用日: 2020年3月13日.）
https://www.mofa.go.jp/mofaj/dns/n_s_ne/page23_003102.html.
26. **IAEA.** IAEA Follow-up Review of Progress Made on Management of ALPS Treated Water and the Report of the Subcommittee on Handling of ALPS treated water at TEPCO’s Fukushima Daiichi Nuclear Power Station. （オンライン）2020年4月2日.
https://www.iaea.org/sites/default/files/20/04/review-report-020420.pdf.
27. **OECD/NEA.** Thermodynamic Characterisation of Fuel Debris and Fission Products Based on Scenario Analysis of Severe Accident Progression at Fukushima-Daiichi Nuclear Power Station (TCOFF). （オンライン）（引用日: 2020年3月13日.）
https://www.oecd-nea.org/science/tcoff/.
28. **国立研究開発法人日本原子力研究開発機構.** 東京電力HD(株)福島第一原子力発電所国際・国内廃炉研究拠点. 福島浜通り地域の国際教育研究拠点に関する有識者会議（第２回） 資料4-2. （オンライン）2019年8月30日.
http://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-4/kenkyu-kyoten/material/20190830_shiryou4-2.pdf.
29. **OECD.** NEA Preparatory Study on Analysis of Fuel Debris (PreADES) Project. （オンライン）（引用日: 2020年3月13日.）https://www.oecd-nea.org/jointproj/preades.html.

30. **資源エネルギー庁.** 安全・安心を第一に取り組む、福島の“汚染水”対策②「トリチウム」とはいったい何？ スペシャルコンテンツ. (オンライン) 2018 年 11 月 22 日. (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/osensuitaisaku02.html.
31. **株式会社三菱総合研究所.** 平成 28 年度発電用原子炉等利用環境調査 (トリチウム水の処分技術等に関する調査研究) 報告書. (オンライン) 2017 年 3 月. https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/H28FY/000744.pdf.
32. **IAEA.** Safety Requirements No. WS-R-5 Decommissioning of Facilities Using Radioactive Material. (オンライン) 2006 年. https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1274_web.pdf.
33. -. Safety Standards, Decommissioning of Facilities, General Safety Requirements Part 6, No.GSR Part 6. (オンライン) 2014 年. https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1652web-83896570.pdf.
34. **通商産業省資源エネルギー庁.** 総合エネルギー調査会原子力部会報告書について. (オンライン) 1985 年 7 月. (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/ugoki/geppou/V30/N07/198513V30N07.html.
35. **東京電力ホールディングス株式会社.** 福島第二原子力発電所の廃止について. (オンライン) 2019 年 7 月 31 日. (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) http://www.tepco.co.jp/press/release/2019/1516098_8709.html.
36. **科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会原子力科学技術委員会原子力施設廃止措置等作業部会.** 原子力科学技術委員会 原子力施設廃止措置等作業部会 中間まとめ. (オンライン) 2018 年 4 月. https://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/__icsFiles/afieldfile/2018/04/26/1404455_2.pdf.
37. **国立研究開発法人日本原子力研究開発機構.** バックエンドロードマップ. (オンライン) 2018 年 12 月 26 日. https://www.jaea.go.jp/about_JAEA/backend_roadmap/s02.pdf.
38. -. 施設中長期計画. (オンライン) 2020 年 4 月 1 日. (引用日: 2020 年 7 月 27 日.) https://www.jaea.go.jp/about_JAEA/facilities_plan/.
39. **在ウィーン国際機関日本政府代表部.** 「IAEA/ARTEMIS レビューミッション (調査団)」受け入れに関する文書の手交. (オンライン) 2019 年 9 月 26 日. (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) https://www.vie-mission.emb-japan.go.jp/itpr_ja/ArtemisCeremony_jp_00051.html.
40. **国立研究開発法人日本原子力研究開発機構.** 廃止措置の工程. (オンライン) (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) https://www.jaea.go.jp/04/fugen/haishi/plan/processl/.
41. -. 廃止措置の全体工程. (オンライン) (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) https://www.jaea.go.jp/04/turuga/monju_site/pdf/m3.pdf.

42. -. 再処理廃止措置技術開発センター. (オンライン) (引用日: 2020年3月13日.) https://www.jaea.go.jp/04/ztokai/summary/center/saishori/.
43. **原子力委員会.** 日本原子力研究開発機構における研究開発施設に係る廃止措置について (見解). (オンライン) 2019年1月29日. http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/kettei/190129.pdf.
44. **日本原子力産業協会.** 日本の原子力発電炉 (運転中、建設中、建設準備中など). (オンライン) 2020年6月4日. https://www.jaif.or.jp/cms_admin/wp-content/uploads/2020/06/jp-npps-operation20200604.pdf.
45. **原子力規制委員会.** 使用済燃料管理及び放射性廃棄物管理の安全に関する条約第6回国別報告. (オンライン) 2017年10月. https://www.nsr.go.jp/data/000232312.pdf.
46. **文部科学省.** 原子力機構における最近の動向について. 科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会原子力科学技術委員会原子力バックエンド作業部会 (第1回) 資料2. (オンライン) 2019年8月19日. https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/099/shiryo/__icsFiles/afieldfile/2019/08/23/1420439_006.pdf.
47. **NRC.** Backgrounder on Decommissioning Nuclear Power Plants. (オンライン) (引用日: 2020年3月13日.) https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/decommissioning.html.
48. **IAEA.** Decommissioning of Nuclear Facilities: Germany's Experience. (オンライン) 2016年8月18日. (引用日: 2020年3月13日.) https://www.iaea.org/newscenter/news/decommissioning-of-nuclear-facilities-germanys-experience.
49. **PreussenElektra.** Zahlen und Fakten zum Kernkraftwerk Würgassen . (オンライン) 2020年2月. https://www.preussenelektra.de/content/dam/revu-global/preussenelektra/documents/UnsereKraftwerke/Wuergassen/Das%20KWW%20in%20Zahlen%20und%20Fakten_Mrz2020.pdf.
50. **BEIS.** The United Kingdom's Sixth National Report on Compliance with the Obligations of the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel and Radioactive Waste Management. (オンライン) 2017年10月. https://www.iaea.org/sites/default/files/national_report_of_united_kingdom_for_the_6th_review_meeting_-_english.pdf.
51. **英国政府.** The Decommissioning of the UK Nuclear Industry's Facilities. (オンライン) 2004年9月. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/361068/The_Decommissioning_of_the_UK_Nuclear_Industrys_Facilities.pdf.

52. **NDA.** Magnox Reactor Dismantling Timing and Sequencing Strategy (Gate 0). (オンライン) 2014年12月.
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/512231/Magnox_reactor_dismantling_timing_and_sequencing_strategy__Gate_0_.pdf.
53. **NorthStar Group Services, Inc.** Vermont Yankee Nuclear Power Station Revised Post Shutdown Decommissioning Activities Report. (オンライン) 2002年3月17日. (引用日: 2019年3月13日.) https://adams.nrc.gov/wba/.
54. **framatome.** AREVA-EWN consortium to dismantle the reactor pressure vessel internals of the Brunsbüttel Nuclear Power Plant. (オンライン) 2017年6月9日. (引用日: 2020年3月13日.) https://www.sa.areva.com/EN/news-10956/arevaewn-consortium-to-dismantle-the-reactor-pressure-vessel-internals-of-the-brunsbttel-nuclear-power-plant.html.
55. **EDF.** Centrale nucléaire du Bugey. (オンライン) (引用日: 2020年3月10日.) https://www.edf.fr/groupe-edf/producteur-industriel/carte-des-implantations/centrale-nucleaire-du-bugey/bugey-1.
56. **ASN.** Le collège de l'ASN a auditionné EDF sur les projets de décision visant à encadrer le démantèlement des réacteurs de première génération de type « uranium naturel graphite-gaz ». (オンライン) 2019年3月13日. (引用日: 2020年3月13日.) https://www.asn.fr/Informer/Actualites/Demantelement-des-reacteurs-de-premiere-generation-1-ASN-a-auditionne-EDF.
57. **日本国政府.** 使用済燃料管理及び放射性廃棄物管理の安全に関する条約　第6回国別報告. (オンライン) 2017年10月. http://www.nsr.go.jp/data/000232312.pdf.
58. **電気事業連合会.** 使用済燃料貯蔵対策の取組強化について. (オンライン) 2018年11月20日.
https://www.fepc.or.jp/about_us/pr/oshirase/__icsFiles/afieldfile/2018/11/20/press_20181120a.pdf.
59. **国立研究開発法人日本原子力研究開発機構.** 東海再処理施設の廃止に向けた計画. (オンライン) 2016年11月. https://www.jaea.go.jp/02/press2016/p16113001/h02.pdf.
60. -. 再処理廃止措置技術開発センター (週報). (オンライン) (引用日: 2020年7月31日.) https://www.jaea.go.jp/04/ztokai/repro/week/now/weekly.htm.
61. -. 放射線業務従事者線量等報告書　平成30年度分. (オンライン) 2019年4月26日. https://www.nsr.go.jp/data/000274342.pdf.
62. **日本原燃株式会社.** 放射線業務従事者線量等報告書　平成30年度分. (オンライン) 2019年5月15日. https://www.nsr.go.jp/data/000274342.pdf.
63. -. 再処理事業等の概要. (オンライン) 2016年11月25日.

http://www.nuro.or.jp/pdf/20161125_03.pdf.
64. **経済産業省.** 科学的特性マップ公表用サイト. (オンライン) (引用日: 2020年3月13日.)
https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/kagakutekitokuseimap/.
65. -. 科学的特性マップに関する意見交換会 / 対話型説明会. (オンライン) (引用日: 2020年3月13日.)
https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/jichitai-setsumei201709r.html.
66. **資源エネルギー庁.** 複数地域での文献調査の実施に向けた当面の取組方針について . 総合資源エネルギー調査会放射性廃棄物ワーキンググループ第35回会合資料1. (オンライン) 2019年11月.
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/hoshasei_haikibutsu/pdf/035_01_00.pdf.
67. **原子力発電環境整備機構.** 包括的技術報告書 (レビュー版) の概要. (オンライン) 2018年11月21日.
https://www.numo.or.jp/press/houkatsutekigijutsuhoukokusho_setsumeiyou.pdf.
68. -. NUMO包括的技術報告書レビュー特別専門委員会レビュー報告書の受領について. (オンライン) 2019年12月20日. (引用日: 2020年3月13日.)
https://www.numo.or.jp/press/201919122014.html.
69. **経済産業省.** 「最終処分国際ラウンドテーブル」を開催します. (オンライン) 2019年6月17日. (引用日: 2020年3月13日.)
https://www.meti.go.jp/press/2019/06/20190617007/20190617007.html.
70. **Equitis.** Department of Energy and Climate Change “Working with communities Geological Disposal - Literature Review”. (オンライン) 2016年4月.
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/637265/gdf-working-with-communities-literature-review.pdf.
71. **Department of Energy and Climate Change.** Implementing Geological Disposal, A Framework for the long-term management of higher activity radioactive waste. (オンライン) 2014年7月.
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/332890/GDF_White_Paper_FINAL.pdf.
72. **国立研究開発法人日本原子力研究開発機構.** ガラス固化技術開発施設 (TVF) における溶融炉技術開発. サイクル機構技報 No.28. (オンライン) 2005年9月.
https://rdreview.jaea.go.jp/gihou/pdf3/n28-05.pdf.
73. -. 平成30年度 研究開発・評価報告書 評価課題「核燃料物質の再処理に関する技

術開発（ガラス固化技術）」、「原子力施設の廃止措置及び関連する技術開発」及び「放射性廃棄物処理処分及び関連する技術開発」（中間評価）．（オンライン）2019 年 8 月.
https://jopss.jaea.go.jp/pdfdata/JAEA-Evaluation-2019-006.pdf.
74. **日本原燃株式会社.** ガラス固化技術の確立から新型ガラス溶融炉の開発へ.（オンライン）（引用日：2020 年 3 月 13 日.）https://www.jnfl.co.jp/ja/special/highest-technology/development-glass-melter/.
75. **国立研究開発法人日本原子力研究開発機構.** 平成 30 年度業務実績等報告書.（オンライン）（引用日：2020 年 3 月 13 日.）
https://www.jaea.go.jp/about_JAEA/business_plan/result-30.pdf.
76. －. 令和 2 年度以降の幌延深地層研究計画（案）の自治体への提出.（オンライン）2019 年 8 月 2 日.（引用日：2020 年 3 月 13 日.）
https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/press/31/press_0802.html.
77. **地層処分研究開発調整会議 .** 地層処分研究開発に関する全体計画（平成 30 年度～平成 34 年度） .（オンライン）2018 年 3 月.
https://www.meti.go.jp/report/whitepaper/data/pdf/20180329001_01.pdf.
78. **フィンランド政府.** Decision in principle of 10th November 1983 by the Council of State of Finland on the objectives to be observed in carrying out research, surveys and planning in the field of nuclear waste management. 1983.
79. **Ministry of Economic Affairs and Employment.** Final Report of the National Cooperation Group on Nuclear Waste Management.（オンライン）2019 年.
http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161763/TEM_45_2019_Nuclear%20Waste.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
80. **EURATOM.** COUNCIL DIRECTIVE 2011/70/EURATOM of 19 July 2011 establishing a Community framework for the responsible and safe management of spent fuel and radioactive waste.（オンライン）2011 年 7 月 19 日. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011L0070&from=EN.
81. **Ministry of Employment and the Economy, Energy Department.** Energy Department, Management of spent fuel and radioactive waste in Finland - national programme in accordance with Article 12 of the Council Directive 2011/70/Euratom.（オンライン）2015 年 7 月.
https://www.stuk.fi/documents/12547/554501/National+Programme+072015docx+14072015+English+translation+21082015.pdf.
82. **一般財団法人日本原子力文化財団.** 低レベル放射性廃棄物. 原子力総合パンフレットウェブ版.（オンライン）（引用日：2020 年 3 月 13 日.）
https://www.jaero.or.jp/sogo/detail/cat-02-11.html.
83. **国立研究開発法人日本原子力研究開発機構核燃料サイクル工学研究所.** 廃棄物への取

組み．（オンライン）（引用日：2020年3月13日.）
https://www.jaea.go.jp/04/ztokai/effort/kankyou/haiki.html.
84. **原子力規制委員会.** 原子力事業者から平成30年度下期の放射線管理等について報告を受領．（オンライン）2019年6月21日.
https://www.nsr.go.jp/disclosure/law/KKAN/00000042.html.
85. −. 規制の現状．（オンライン）（引用日：2020年3月13日.）
http://www.nsr.go.jp/activity/ri_kisei/kiseihou/kiseihou4-1.html.
86. **日本原燃株式会社.** 低レベル放射性廃棄物の受入れ状況（2018年3月末現在）．低レベル放射性廃棄物埋設センターの運転情報（日報）．（オンライン）2018年4月2日.
http://www.jnfl.co.jp/ja/business/about/llw/daily/disposal.html?20180402.
87. −. 低レベル放射性廃棄物の受入れ状況（2019年3月末現在）．低レベル放射性廃棄物埋設センターの運転情報（日報）．（オンライン）2019年4月1日.
http://www.jnfl.co.jp/ja/business/about/llw/daily/disposal.html?20190401.
88. −. 廃棄物埋設施設 事業変更許可申請 審査会合説明スケジュール．第323回核燃料施設等の新規制基準適合性に係る審査会合 資料1-3.（オンライン）2019年12月18日.
http://www2.nsr.go.jp/data/000294334.pdf.
89. **日本原子力発電株式会社.** 東海発電所における低レベル放射性廃棄物の埋設事業許可申請について．（オンライン）2015年7月16日.
http://www.japc.co.jp/news/press/2015/pdf/270716.pdf.
90. −. 第二種埋設事業許可申請書の概要について（東海Ｌ３廃棄物埋設施設）．第119回核燃料施設等の新規制基準適合性に係る審査会合 参考資料2-1.（オンライン）2016年6月6日.
https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11339083/www2.nsr.go.jp/data/000152352.pdf.
91. **文部科学省.** 埋設処分業務の実施に関する基本方針．（オンライン）2008年12月25日．（引用日：2020年3月13日.）
https://www.mext.go.jp/a_menu/shinkou/maisetsu/1261057.htm.
92. **国立研究開発法人日本原子力研究開発機構.** 埋設処分業務の実施に関する計画．（オンライン）2019年11月1日.
https://www.jaea.go.jp/04/maisetsu/reference/download/jissikeikaku_05.pdf.
93. 官報. **国立印刷局.** 号外第177号，出版地不明 ： 国立印刷局，2020年.
94. **原子力規制委員会.** 第１回廃炉等に伴う放射性廃棄物の規制に関する事業者との意見交換．（オンライン）2018年8月. http://www.nsr.go.jp/data/000245911.pdf.
95. −. 第 64 回原子力規制委員会．（オンライン）2020年2月19日．（引用日：2020年3月13日.）https://www.nsr.go.jp/disclosure/committee/kisei/010000500.html.
96. **原子力規制庁.** 中深度処分に係る規制基準等の策定について―電気事業連合会からの

意見聴取の結果を踏まえた方針案―. 第 52 回原子力規制委員会 資料 4. (オンライン) 2020 年 1 月 15 日. https://www.nsr.go.jp/data/000297862.pdf.
97. ―. 中深度処分及びウラン廃棄物の処分等に係る今後の規制基準の整備について. 第 40 回原子力規制委員会 資料 2. (オンライン) 2019 年 11 月 6 日. http://www.nsr.go.jp/data/000289509.pdf.
98. **原子力規制委員会.** 法令改正の概要. (オンライン) (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) http://www.nsr.go.jp/data/000234383.pdf.
99. **IAEA.** General Safety Guide No. GSG-1 Classification of Radioactive Waste. (オンライン) 2009 年. https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1419_web.pdf.
100. **原子力規制委員会.** クリアランス制度の実績. (オンライン) (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) http://www.nsr.go.jp/activity/regulation/nuclearfuel/haiki4_jisseki.html.
101. **文部科学省.** 放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律の一部を改正する法律並びに関係政令、省令及び告示の施行について. (オンライン) 2012 年 3 月. http://www.nsr.go.jp/data/000233383.pdf.
102. **電気事業連合会.** クリアランス制度に関する国内外の状況. (オンライン) (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) https://www.fepc.or.jp/nuclear/haishisochi/clearance/state/index.html.
103. **原子力委員会.** 第 14 回原子力委員会資料第 2-4 号「廃止措置・放射性廃棄物～連携プラットフォーム (仮称) の活動状況 ①～」. (オンライン) 2018 年 4 月. http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2018/siryo14/siryo2-4.pdf.
104. **IAEA.** Predisposal Management of Radioactive Waste IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 5. (オンライン) 2009 年 5 月. https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1368_web.pdf.

URL にアクセスする際、最後の「.」は除いて下さい。

第７章 放射線・放射性同位元素の利用の展開

7−1 放射線利用に関する基本的考え方と全体概要

放射線・放射性同位元素の利用（以下「放射線利用」という。）は、原子力エネルギー利用と共通の科学的基盤を持ち、先端的な科学技術や工業、医療、農業、環境保全、核セキュリティ等の幅広い分野で利用され、社会を支える重要な技術になっています。

近年では、これまでにもよく用いられてきた X 線や電子線だけでなく、中性子線や重粒子線の利用も活発になってきました。中性子線は X 線や電子線と異なり、物質の奥深くまで透過したり、安定な元素を放射化させたりすることで、放射線利用の道を広げています。また、重粒子線は医療分野で利用が進められています。

放射線の発生源として、小型加速器の開発が進められています。これまではその場から動かせないために放射線を利用できなかったもの等についても、軽量かつ小型の加速器の利便性を生かすことで、放射線利用の対象が増加してきています。

放射線を利用してできること、放射線を適用できるものが広がっていく中で、複数の専門領域の融合のみならず、既存の放射線利用設備を有効活用し、国や大学、研究機関、民間企業が連携してオールジャパン体制で取り組んでいくことが今後更に求められています。

放射線は生体組織に対して過度に照射すると障害をもたらしますが、

- 物質を透過するため、物質や生体の内部を細部まで調べることができる。
- 局所的にエネルギーを集中させ、材料の加工や特殊な機能の付与ができる。
- 細菌やがん細胞等に損傷を与えて、不活性化することができる。
- 化学物質等に照射して別の物質に変えることができる。

等の特有の性質を有しています。これらの性質を学術研究や産業利用に活用することにより、国民生活の水準向上等に大きく貢献することができます。

「原子力利用に関する基本的考え方」では、放射線を利用したイノベーションの創出や、放射線利用の観点での「原子力」が理学と工学の接点となり、人材需要への対応を先導することが期待されています。

また、2020 年 7 月に閣議決定された「統合イノベーション戦略 2020」においても、放射線及び放射性同位元素については、幅広い分野で利用されるなど国民生活に広く関係しており、先端的な科学技術と共通の科学的基盤を有する分野とされています。さらに、今後は工学、医学、理学等の分野間連携を促進することや、複数の専門領域を融合させ、国や大学、研究機関だけでなく、民間企業も連携したオールジャパン体制で取り組むことを通じて、放射線等を戦略的かつ有効に活用していくことが求められるとされています。

(1)　放射線と放射線の種類

放射線には、電離放射線と非電離放射線の二種類があります。電離放射線は、原子や分子から電子を引き離しイオン化（電離）する能力を持ちます。電離放射線には、アルファ線（α線）、ベータ線（β線）及び陽子線のように電荷を持った粒子線や、中性子線のような電荷を持たない粒子線、及びエックス線（X 線）、ガンマ線（γ線）のような電磁波等、様々な種類があります。一方、非電離放射線は、電離放射線のような相互作用をしない可視光線やマイクロ波等です。一般的に多くの場合、放射線というと電離放射線を指します（図　7-1）。

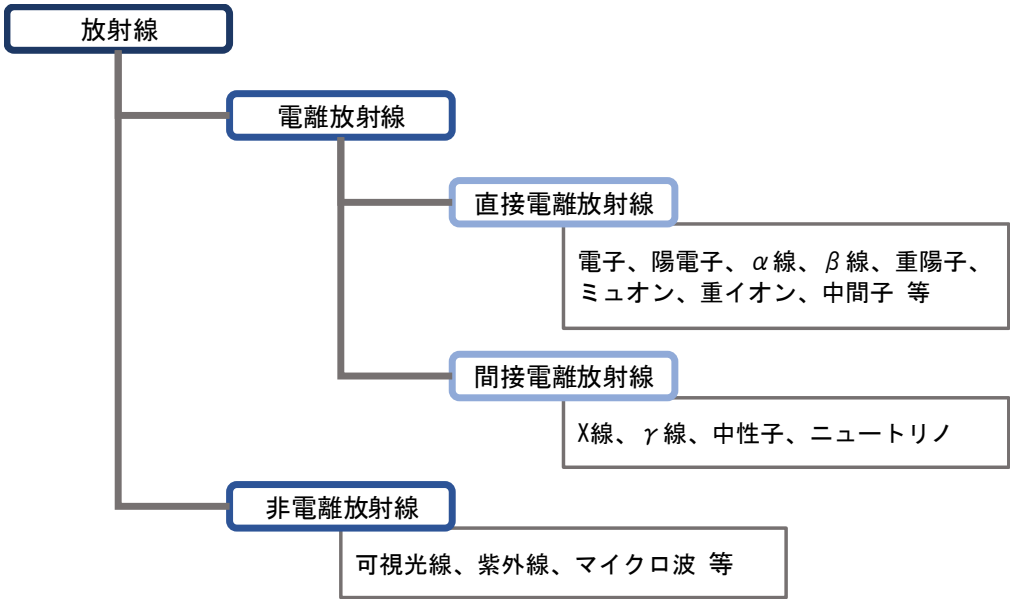


図　7-1　放射線の種類

（出典）地人書館　中村尚司著「放射線物理と加速器安全の工学」（1995 年）に基づき作成

(2)　放射線発生装置（放射線源を含む）と得られる放射線及び利用状況

1895 年にレントゲンにより発見された X 線は、身体の内部の様子を見事に映し出しました。ほとんどの放射線は、物質に当たる時や物質中を透過する時、物質の分子や原子と相互作用します。中には、ニュートリノのようにほとんど相互作用をしないで物質中を通り抜けるものもあります。例えば、電子線はマイナス、α線はプラスのように、電荷を持った粒子の流れであるため、進む道筋にある物質と比較的強い相互作用をして相手にエネルギーを与えます。放射線の様々な利用は、基本的に、このような放射線と物質との相互作用と放射線毎の違いをうまく利用したものです。

図 7-2 に示すように、放射線の利用は大きく分けて「創る・加工する」、「観る」、「治す」の三つに分類されます。

「創る・加工する」では、半導体製造、タイヤ製造等の工業利用、イネ等の農作物の品種改良や害虫駆除等の農業利用（γ線）、医療器具等の殺菌（γ線や電子線）等に使われてい

ます。「観る」では、肺の様子や骨折の状態等の医療診断、空港での手荷物検査、陸橋の非破壊検査による健全性の確認等の工業分野（X 線）などで利用されています。「治す」では、主に腫瘍の放射線療法（α 線、X 線、γ 線、重粒子線等）等に利用されており、近年では、α 線核医学療法の進展や治療用重粒子線発生装置の小型化等を含め、大きな進歩をみせています。

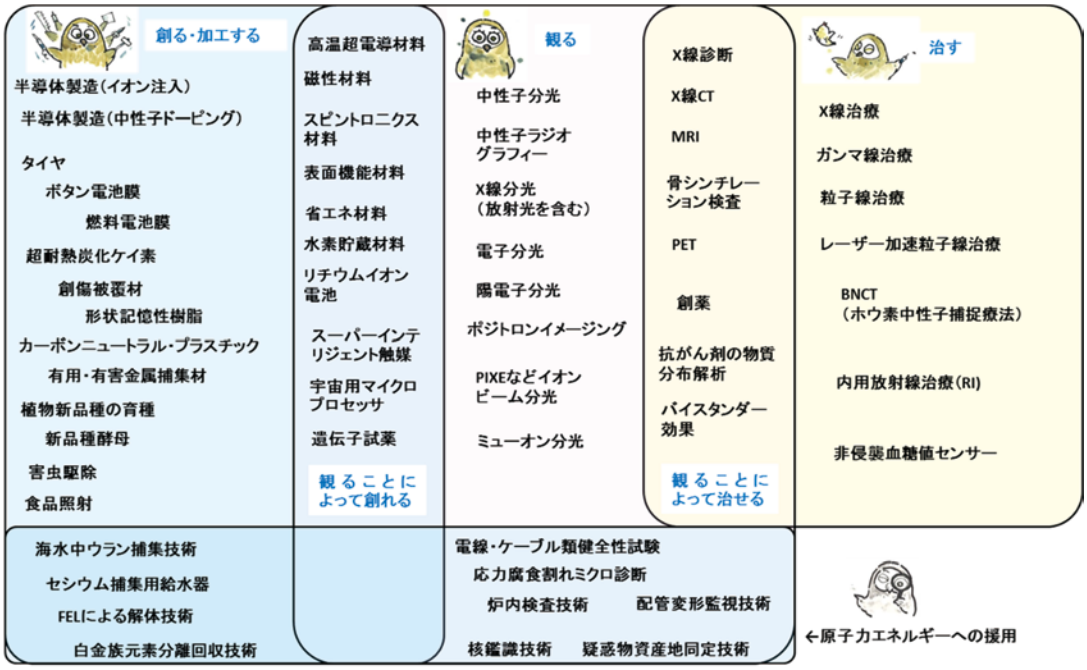


図 7-2　幅広い分野での放射線利用

(出典)第 4 回原子力委員会資料第 1 号　一般財団法人放射線利用振興協会　岡田漱平「量子ビーム科学・放射線利用の過去・現在・未来」(2017 年) [1]

このように、放射線は私たちの身近なところから広く社会の様々な分野で有効に利用されていて、社会を支える重要な技術の一つとなっています。これらの放射線を発生する機器やものには様々なタイプがあり、目的や手段に応じて使い分けられています。

①　放射性同位元素（RI[1]）[2]

RI は、元素の放射性崩壊等によって放出される放射線（α 線、β 線、γ 線、中性子線）を工業や医療等の分野で用いることが可能です。

天然に存在する RI から放出される放射線を利用することは可能ですが、その利用効率が低いことから、原子炉や加速器によって RI を製造し利用しています。

原子炉での RI 製造は、原子核の核分裂反応あるいは中性子を吸収する反応により行われ

1 Radio Isotope

ます。製造されるRIの原子は、より安定な状態に移行しようとしてγ線や電子線を放出して、別の原子に変わることがあり、その際に放出するγ線等を利用します。医学診断で用いられるモリブデン99（Mo-99）[2]は、このようにして製造される代表的なRIの一つです。

加速器でのRI製造は、加速された荷電粒子（陽子、α線）を色々な試料に照射することにより行われます。製造されるRIからは、原子炉で製造されるRIと同様なメカニズムで放射線が放出されます。また、α線を放出するRIも製造され、そのα線が医療等に利用されます。RIを使用する事業所は、2019年3月末時点で7,608か所です。機関別にみると、民間企業が4,532か所（約60%）、医療機関が1,131か所（約15%）、研究機関が435か所、教育機関が491か所、その他の機関が1,019か所です［3]。民間企業では医療用具の滅菌等の照射装置やレベル計に、また、医療機関においては遠隔照射治療装置及びガンマナイフ装置[3]の線源として利用されています。

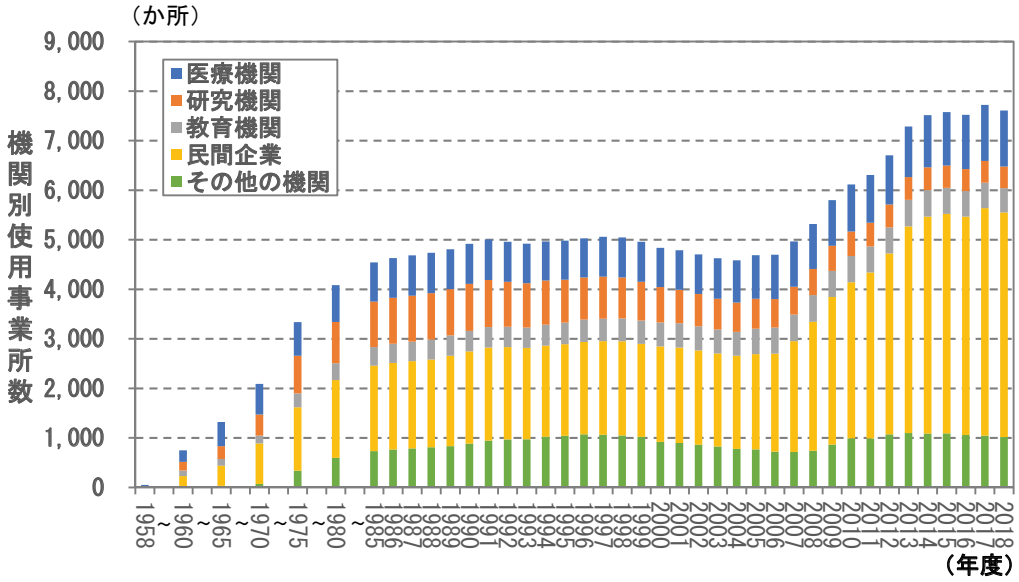


図 7-3　放射性同位元素を使用する事業所の推移

（出典）原子力規制委員会「規制の現状　表2機関別使用事業所数の推移」に基づき作成［3]

[2] Mo-99から得られるテクネチウム-99mは、血管中の血液の流れの測定や腫瘍の診断等に広く用いられている、核医学の重要なRI。

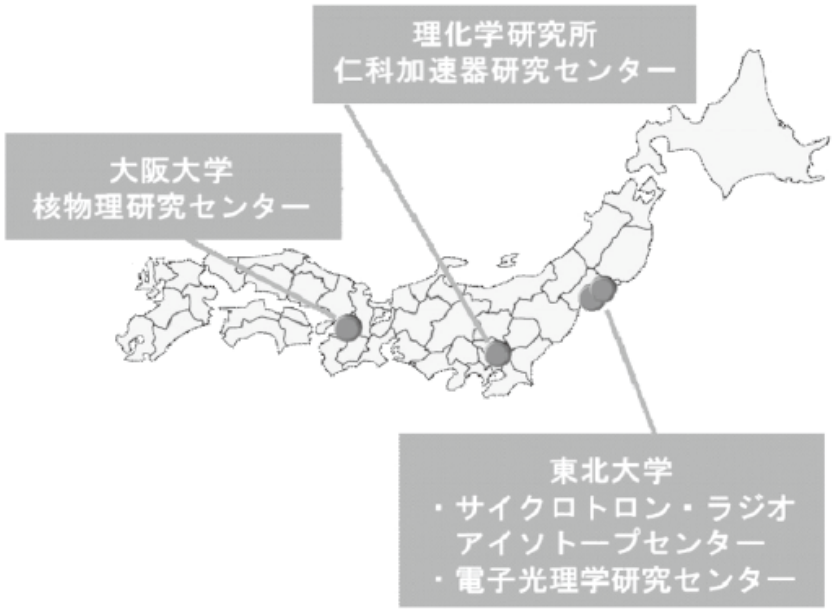
[3] 病巣部周囲の正常な組織を傷つけることなく、約200個のコバルト60の線源から出るγ線を用いて、虫眼鏡の焦点のように病巣部に対して集中的に照射する治療法。ビームが集中する箇所のみが、ナイフで切り取られたかのように治療できるので、“ガンマナイフ”と名がつきました。［37]

コラム　～国内における短寿命核種の製造～

我が国では、RI 製造のほとんどを海外に依存しています。一方で、医療用のα線放出核種である半減期の短い RI（短寿命核種）は、長距離輸送中に RI としての効能を失ってしまいます。医学診断で用いられる原料のモリブデン-99 は 100%海外から輸入しており、海外の製造原子炉の停止により入手が極めて困難になった時期がありました。このような状況も受け、国内においても短寿命核種の製造が行われています。

文部科学省科学研究費助成事業「新学術領域研究（研究領域提案型）『学術研究支援基盤形成』」リソース支援プログラムにおいて、「短寿命 RI 供給プラットフォーム」が発足しました。同プラットフォームは、大阪大学核物理研究センター、国立研究開発法人理化学研究所仁科加速器研究センター、東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター、東北大学電子光理学研究センターの 4 つの連携機関から構成されており、多くの短寿命 RI が供給されています［4］。

また、このプラットフォーム以外にも、量研の放射線医学総合研究所（放医研）や高崎量子応用研究所においても短寿命 RI を生産・供給しています。



短寿命RI 供給プラットフォームを担う連携4機関とその位置

（出典）福田光宏、中野貴志、酒見泰寛、渡部浩司、菊永英寿、依田哲彦「短寿命 RI 供給プラットフォーム」［4］

②　加速器

加速器は、RI を製造する以外にも、高エネルギーの電子線、陽子線、重粒子線を作り出し様々な場面で利用されています。

例えば、高エネルギーの陽子線を原子核に衝突させて原子核を破砕する際に放出される中性子を、極限条件下での物性研究や材料内部の残留応力観測等に利用しています。また、円形加速器では、電子を加速することによって電磁波（放射光（Synchrotron Radiation））を発生させ、人工光合成のための触媒創成のための構造解明研究や、燃料デブリの詳細分析等に利用しています。

放射性同位元素等規制法の許可を受け使用されている放射線発生装置は、2018 年 3 月末時点で 1,755 台です。放射線発生装置の 75.3%は医療機関に設置され、がん治療等に利用されています［5］。また、教育機関、研究機関、民間企業等にも設置され、様々な研究開発や事業活動等に利用されています。そのほか、放射性同位元素等規制法の規制対象とならない低エネルギー電子加速器、イオン注入装置等も民間企業等に多数設置され、幅広く利用されています。

③　原子炉

原子炉では、RI 製造以外にも、核分裂の際に放出される中性子が利用されています。原子力発電所では中性子を利用して核分裂の連鎖反応を起こし、その結果得られる熱エネルギーを利用して電気を生み出しており、エネルギーとしての中性子利用も放射線利用の一つとして考えることができます。一方で、研究炉では、中性子をビームとして炉心から取り出し学術研究に利用しています。

中性子反応を利用する RI の製造には原子炉（研究炉）が用いられます。我が国で RI 製造・供給を行うことのできる研究炉は、過去に JRR-3[4]、材料試験炉（JMTR[5]）、KUR[6]の 3 基ありました。これらのうち KUR は 2017 年 8 月に原子力規制委員会の新規制基準に係る安全審査に合格し、運転を再開しました。JRR-3 は耐震補強工事を実施中で、運転再開は 2021 年 2 月の予定です。JMTR は 1968 年の初臨界以来、燃料材料照射試験等に広く利用されてきましたが、新規制基準対応のための耐震工事費用等を勘案して 2017 年 4 月に廃止措置に移行することが決まりました。

研究炉や加速器から放出される中性子をビームとして利用することが可能な中性子源は、国内で約 10 施設あります。また、国外でも利用可能な中性子源があります。（図 7-3、図 7-4）

[4] Japan Research Reactor-3
[5] Japan Materials Test Reactor
[6] Kyoto University Reactor

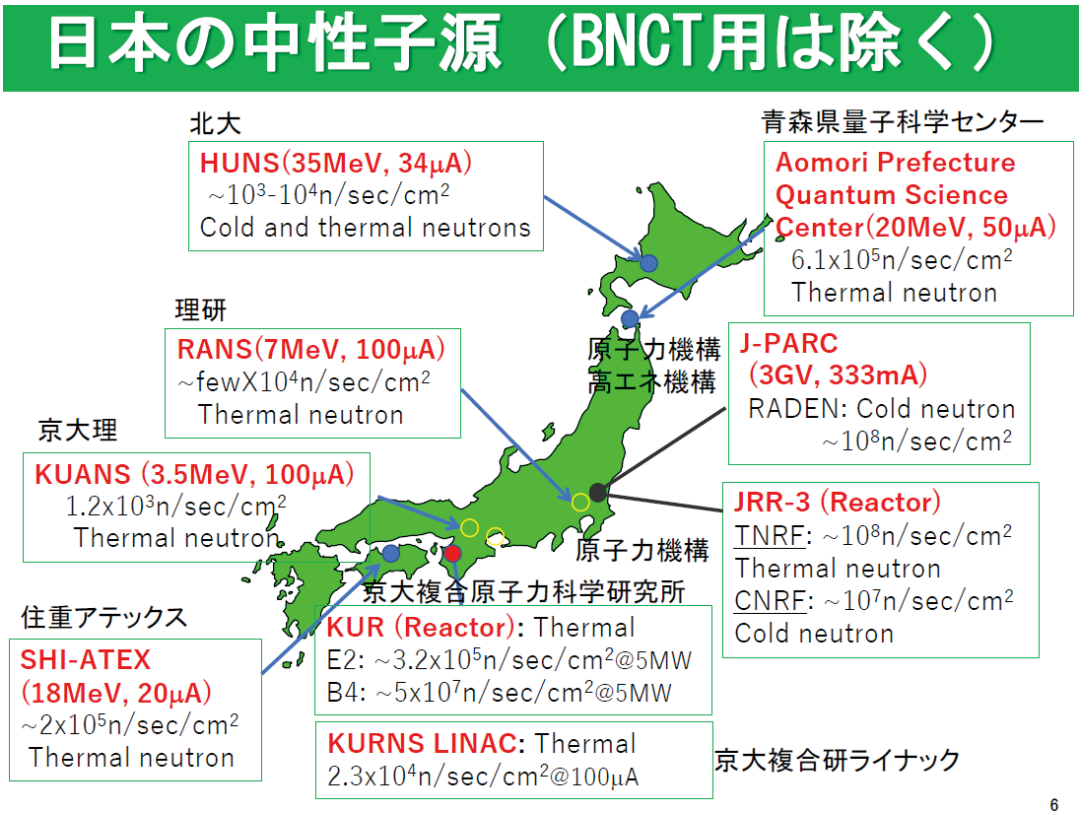


図 7-3　日本の中性子源

（出典）第 8 回原子力委員会資料第 1 号 名古屋大学鬼柳義明「日本の中性子利用研究と施設連携」(2019 年) [6]

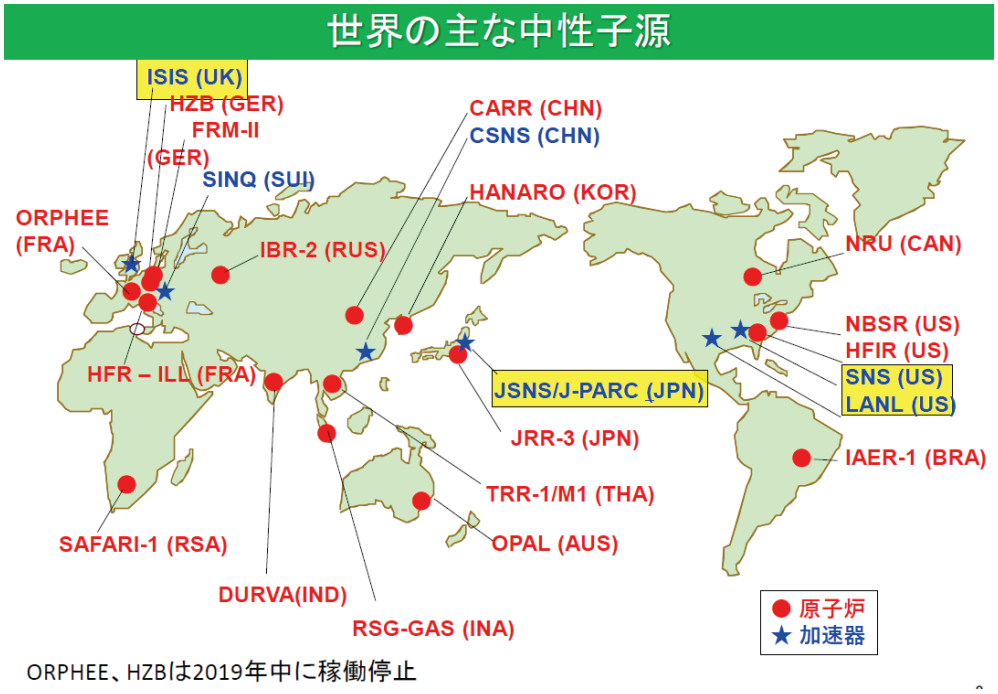


図 7-4　世界の主な中性子源

（出典）第 8 回原子力委員会資料第 1 号 名古屋大学鬼柳義明「日本の中性子利用研究と施設連携」(2019 年) [6]

④　その他（X 線発生装置、レーザー発振器）

加速器、研究炉のほかにも、放射線を発生する装置として、X 線発生装置やレーザー発振器があります。X 線は、レントゲン撮影や非破壊検査等に利用されています。レーザー光は、レーザー溶接等の工業分野や歯の治療等の医療分野で利用されています。（表 7-1）

表 7-1　放射線発生装置（放射線源を含む）と得られる放射線

	RI	加速器	原子炉	X 線 発生装置	レーザー 発振器
α 線	○				
β 線（電子線）	○	○			
β 線（陽電子線）	○	○			
γ 線	○	○			
中性子線	○	○	○		
ニュートリノ	○	○			
ミュオン		○			
陽子線		○			
重粒子線		○			
放射光		○			
X 線				○	
レーザー光					○

（出典）原子力委員会研究開発専門部会加速器検討会「加速器の現状と将来」[7]に基づき作成

コラム　～米国エネルギー省（DOE）の加速器開発戦略～

米国エネルギー省（DOE）は、物理科学基礎研究を支援する最大の連邦組織です。DOE が推進する物理、化学、生物学、環境学、コンピュータ科学における世界をリードする研究は、科学と技術革新に係る国家の優位性を支える基礎科学上の発見や技術的な解決に寄与するとしています。

DOE では独自の開発戦略を定め［8］、「科学とエネルギー」、「核の安全保障」、「管理と成果」という三つの戦略的目的を達成するための取組を実施しています。このうち、放射線利用に関係する戦略目的は「科学とエネルギー」であり、この目的に対して、以下の三つの戦略目標が定められています。

① 大統領令の政策に基づくエネルギー資源の堅実な開発、導入、効率的利用をサポートし、気候変動行動計画における目的・目標を前進させ、新たな雇用や産業を創出する
② 経済的な競争力があり、環境に配慮し、安定かつ回復力のある米国のエネルギーインフラをサポートする
③ 自然に対する我々の理解を一変させ、基礎科学の進展と技術革新との繋がりを強化する、科学的発見や主要な科学ツールを提供する

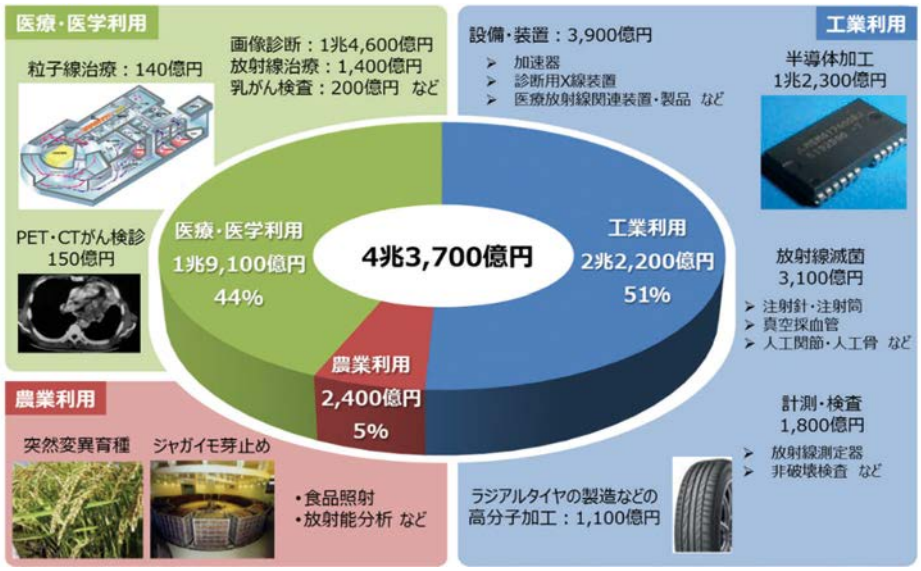
このうち、戦略目標③が放射線利用に関係しており、「ミッション重視型研究を可能にして科学的発見を促進する世界一の科学利用施設を米国の研究者に提供」と具体化されています。

DOE は、誰もが利用できる世界トップレベルの独自の科学利用施設に対する投資を通じ、米国の科学事業における独自の役割を果たしています。これらの加速器、スーパーコンピュータ、X 線光源施設、中性子源施設等の科学利用施設は、現代科学の最も先進的なツールと位置付けられています。未知の最先端分野の研究を行うため、国立研究所、大学、民間企業、DOE 以外の米国政府関連組織から毎年数千人もの科学者が訪れ、これらの設備を利用しています。加速器、X 線光源施設、中性子源施設等は放射線利用に欠くことのできない施設であり、これらを戦略的に開発整備することは重要であるとされています。

コラム　～放射線利用の経済規模～

原子力委員会では 2017 年に、2005 年度の調査から 10 年ぶりに、2015 年度の放射線利用の経済規模を調査し公表しました。

2015 年度の放射線利用の経済規模を 2005 年度と比較すると、放射線利用全体として増加しており、放射線利用の国民生活への貢献が着実に拡大していることが伺えます。工業分野や農業分野における放射線利用は、2005 年からほぼ横ばいでしたが、医療・医学では放射線利用の成長が顕著に表れています。これは特に、放射線を利用した診療行為が増加していることが要因であると考えられます。例えば粒子線治療については、2005 年度は約 27 億円であったのに対し、2015 年度は約 140 億円にまで増加しており、経済規模は 10 年でおよそ 5 倍に成長しています。



2015 年度の我が国における放射線利用の経済規模

(出典)第 29 回原子力委員会資料第 1-1 号　内閣府「放射線利用の経済規模調査」(2017 年) [9]

放射線利用と原子力利用の経済規模

(億円)

調査年度	工業分野	医療・医学分野	農業分野	**放射線利用合計**	原子力発電収益	電気事業者支出	**エネルギー利用合計**
2015	22, 200	19, 100	2, 400	**43, 700**	3, 307	20, 943	**24, 250**
2005	23, 000	15, 000	2, 800	**41, 117**	47, 410	16, 866	**64, 276**
1997	21, 773	12, 000	1, 167	**35, 000**	57, 913	17, 161	**75, 074**

(出典)第 29 回原子力委員会資料第 1-1 号　内閣府「放射線利用の経済規模調査」(2017 年) [9]、日本原子力産業協会「原子力発電に係る産業動向調査」[10]に基づき作成

(3)　放射線の利用分野と具体例

RI、加速器、原子炉から取り出される放射線は、その特性を生かして工業、医療、農業、環境保全、核セキュリティ等の分野で利用されています。例えばX線は、物質を通り抜ける能力が高いため、物質内部の様子の観察に利用されます。γ線は、X線に比べて電磁波としての波長が短い（エネルギーが高い）という特徴があるため、殺菌や、人体の奥深くのがん細胞への攻撃に利用されます。中性子は、水素やリチウム等の軽い元素の検知能力が高いため、リチウム電池の劣化状態等の観察に利用されます。α線は、透過能力が低いものの、物質内部で止まる場合はその瞬間に持っているエネルギーを相手の物質に与える性質があります。そのため、がん組織への特異的な集積等により、正常な細胞に与える影響を抑えた治療に利用されます。これら以外にも、放射線は、環境保全利用として飲料水の殺菌や排ガス・土壌汚染の対処、加えて、核セキュリティ・テロリズム・犯罪・講習の安全分野でも利用されています（図 7-5）。



図 7-5　放射線利用の具体例

（出典）第 25 回原子力委員会資料第 1-3 号 原子力委員会「原子力利用に関する基本的考え方　参考資料」(2017 年) [11]

また、中性子による放射化により、コバルト 60、イッテルビウム 169、イリジウム 192 等が作られ医療分野で利用されています。さらに、ガドリニウム 153、金 198 等も製造され、工業製品の透過撮影や悪性腫瘍の放射線治療等に利用されています（図 7-6）。



図 7-6　研究用原子炉 JRR-3 での中性子ビームの利用例

(出典)原子力機構提供資料

IAEA の Nuclear Technology Review 2019 [12]においても、放射線利用例が紹介されています。RI や放射線技術分野では、プラスチック材料の放射線による改質、ホウ素中性子捕獲療法（BNCT[7]）、医療 RI ブラウザの立ち上げ、同位体トレーサーによる人体の栄養摂取の解析が挙げられています。人の健康に関する分野では、診断、放射線非常時の予測ツール又は医療のためのバイオドシメトリーが挙げられています。食物や農業分野では、ペスト対策のための放射線不妊虫放飼法（SIT[8]）、食品に係るトレーサビリティシステム、温室効果ガスに関する放射線技術の応用が取り上げられています。

①　工業利用

材料の加工、材料や構造物の検査、環境保全等の分野で、広く放射線を利用した技術が用いられています。材料の加工分野では、力学的特性や耐熱性を向上させた機能性材料の創製が行われており、例えば自動車用タイヤの製造では、ゴムに電子線を照射することにより強度を増しつつ精度よく成形した高品質なタイヤの製造が行われています。また、中性子線による核反応を利用したシリコン半導体の製造も行われています。

社会的に重要な課題となっている、年数の経過した社会インフラの保全においても、放射線を利用した検査が行われています。検査においては、中性子線の高い透過力と軽い原子に対する感受性の高さを利用した中性子ラジオグラフィーと中性子残留応力解析の技術を適

[7] Boron Neutron Capture Therapy
[8] Sterile Inset Technique

用し、コンクリート構造物の内部損傷や劣化の検査が非破壊で行われています。また、製造工程管理（液面計等）、プラント診断法（厚み計）、自動車やトラックのエンジンの摩耗検査、航空機等の溶接部検査や厚み検査、医療器具等の滅菌・殺菌等にも広く利用されています。

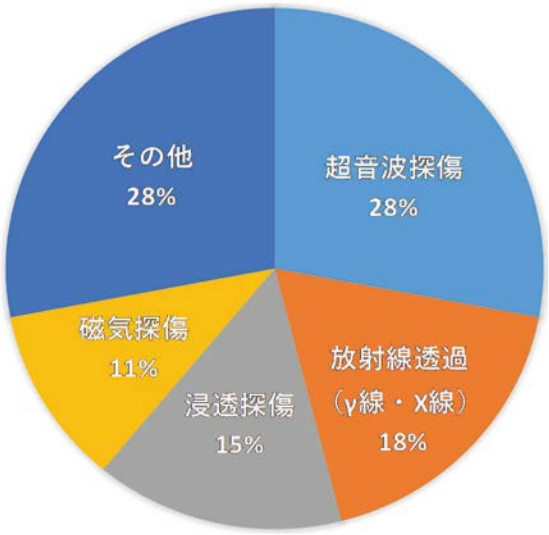
環境保全の例として、石油や石炭の燃焼によって排出される有害ガスに電子線を照射して、硫黄酸化物や窒素酸化物を硫酸アンモニウムや硝酸アンモニウムに変える技術が利用されています。また、放射線を利用した、排水中の有機汚濁物資の分解も行われています。このように、放射線は大気汚染や水質汚染の防止技術としても利用されています［13］。

コラム　～非破壊検査装置、計測装置、分析装置の利用～

RI を利用する非破壊検査は、検査の対象や目的に合わせて適切なエネルギーの RI を選択することにより、高い透過力と精度を持って検査を実施できます。特に、イリジウム 192 を用いた非破壊検査装置は軽量・小型であり、狭いところや高いところで使用することができる利便性の高い装置です。また、線源の位置を調整するだけで、様々な角度から検査を実施することができます。



非破壊検査用照射装置（例）



放射性同位元素を用いた非破壊検査装置（左）、非破壊検査手法と利用割合（右）
（出典）第 43 回原子力委員会資料第 2 号　公益社団法人日本アイソトープ協会「アイソトープ利用の現状と課題」（2018 年）［14］

また、工業分野においては、計測装置や分析装置に RI が利用されています。RI を用いた厚さ計、レベル計、ガスクロマトグラフ等は、国内で現在約 5,000 台使用されています。このような装置は、高性能でありながら取扱いが容易であることから、今後の経済発展が見込まれる東南アジアを中心とした海外展開が期待されています［14］。

コラム　～小型加速器の利用～

加速器は、エネルギーや強度の高い放射線を発生させることができるため、産業や学術研究の様々な場面で用いられています。中性子源として用いる加速器は、陽子を加速して中性子を発生させるため、持ち運び不可能な大規模な装置が必要となります。一方、X 線や電子線については、加速器を構成する装置の研究開発の進展により、テーブルトップサイズの加速器が登場しています。

小型加速器は、持ち運びが可能であることにより、加速器施設に運搬することが難しい巨大な構造物等にも適用できるという利点があります。例えば、小型の高出力 X 線加速器を用いてコンクリート橋内部の劣化状態を可視化し、その後の保全活動に活用するという研究開発が行われています。

一方で、法令の規制により、1MeV 以上のエネルギーを持つ X 線を発生させる装置を非破壊検査のために屋外で利用できる対象は、橋梁又は橋脚に限られています。今後、これらの構造物以外にも、トンネルや落石等から道路を保護するためのシェッド等、様々なインフラ構造物の老朽化の増加が見込まれます。これらの屋外大規模構造物の保全活動に高出力の X 線加速器を活用していくためには、技術の適用性を拡充するだけでなく、規制見直し等の基盤整備も重要です。



小型 X 線加速器を用いた橋梁の検査

(出典)第 34 回原子力委員会資料第 1 号 東京大学上坂充「加速器小型化の最前線について」(2018 年) [15]

②　医療利用

診断と治療の両面で放射線が活用されており、放射線発生装置の開発や改良に伴い、今後の更なる利用の進展が見込まれます。

例えば、RI 置換した薬剤の正確な体内移動を把握する新薬テスト、レントゲンや X 線 CT 等の画像化による診断、正確ながん部位の診断（PET[9]）と治療、線形加速器から取り出される X 線治療、ガンマナイフと呼ばれるγ線による治療、重粒子線治療等の利用実績があります。

RI の利用には、容器に密封された RI（密封 RI）から放出される放射線利用と、密封されていない RI（非密封 RI）の利用の二つの形態があります。医療分野では、密封 RI は、遠隔操作密封小線源治療（RALS[10]）やガンマナイフ等に用いられています（表 7-2）。非密封 RI は核医学検査に利用されています。現在シングルフォトン検査とポジトロン断層法（PET）検査が多く実施されています。また、経口薬や静脈注射によって非密封 RI を体内に取り込む内用治療やストロンチウム療法があります。

表 7-2　医療分野における密封 RI の利用例

製品・治療法	治療対象疾患例	放射性同位元素（放射能）	使用医療機関数	放射性同位元素の年間供給個数
RALS	子宮頸がん 子宮体がん	イリジウム 192 （370GBq/個）	130	450
ガンマナイフ	脳血管障害 脳腫瘍	コバルト 60 （1.11TBq×192 個/台）	50	1,200
永久挿入密封小線源療法	前立腺がん	ヨウ素 125 （13.1MBq/個）	100	200,000

（出典）第 43 回原子力委員会資料第 2 号 公益社団法人日本アイソトープ協会「アイソトープ利用の現状と課題」（2018 年）に基づき作成［16］

③　農業利用

農作物や家畜の生産性向上のための品質改良（耐病性イネの作出等）、害虫防除（不妊虫放飼法等）、食品照射（長期保存等）などに放射線が利用されています。

品種改良には様々な方法がありますが、放射線の照射による突然変異を利用すると、病気に強い新しい品種や寒冷地でも栽培できる品種等を効率的に作ることができます。我が国では 1960 年代から研究が始められ、1970 年代には長期保存のため、ばれいしょへの照射が実用化されました［17］。これまでに、コバルト 60 等からの放射線を利用して、ナシの黒斑病抵抗性品種の育成、収穫性に優れ病害虫にも強いイネやオオムギ等の育成も行われてきています。国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構では、放射線育種場において作物の突然変異による育種等の研究を進めるとともに、外部からの依頼による花きや農作

[9] Positron Emission Tomography
[10] Remote After Loading System

物等への照射も行っています。

害虫駆除の例として、不妊虫による駆除があります。この方法は、γ線照射によって不妊化した害虫を大量に野外に放ち、数世代かけて害虫の数を減少させ最終的に根絶させるというもので、大量の殺虫剤散布による駆除で懸念される人や環境への影響がない方法です。我が国では、この方法がウリミバエの根絶に大きな貢献をしました。ウリミバエはウリ類等の重要害虫であり、沖縄県と鹿児島県の奄美群島のウリ類はウリミバエの被害により出荷ができず大きな損害を被りました。1970 年代から不妊化したウリミバエによる根絶が行われ、沖縄県と奄美群島のウリミバエは 1993 年までに完全に根絶しました［18］。

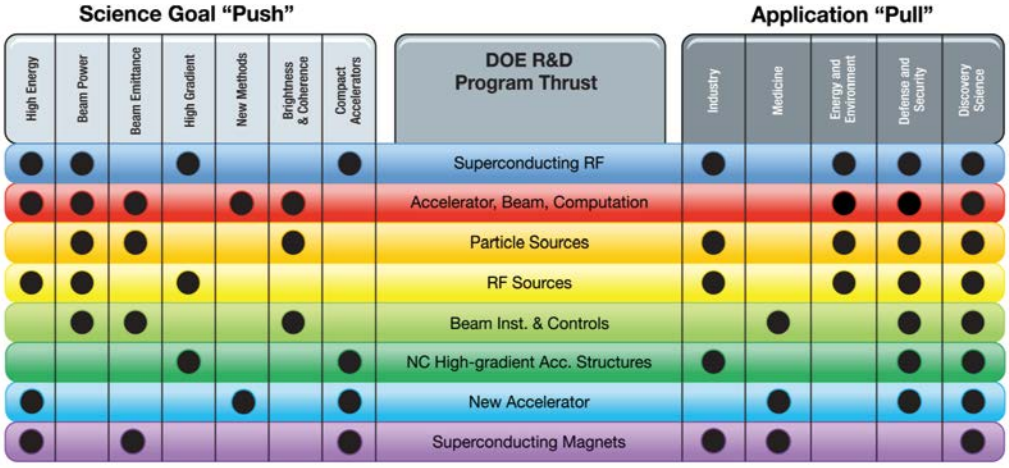
④　科学技術の分野での利用

構造解析、材料開発、追跡解析、年代測定、放射線照射による宝石の変質・改良等に、放射線が利用されています。また、高エネルギー物理、原子核物理、及びX線、光子、中性子科学での新しい発見のためにも放射線（特に量子ビーム）が利用されています。

コラム　～米国 DOE-HEP（高エネルギー物理学部門）における放射線利用戦略～

米国上院歳出委員会（SAC[11]）は、2011 年 9 月に DOE に対して開発戦略の提示を要求しました。これを受けて、DOE は、開発してきた加速器技術を産業界及び政府機関に技術移転するための方法を評価しました。HEP[12]が決定した開発プログラムは、加速器開発推進側が掲げる挑戦課題及び恩恵を享受する側が要望する利用分野と整合しており、問題がないことが示されています。

DOE-HEP が掲げる 8 つの研究開発プログラム、加速器開発推進側が掲げる 7 つの挑戦課題、開発成果の恩恵を享受する側が要望する 5 つの利用分野の相関は以下のとおりです。黒丸は、開発プログラムと挑戦課題の整合性（左側）及び開発プログラムと利用分野の整合性（右側）があることを示します。



開発プログラム、挑戦課題、利用分野の相関

（出典）Task Force on Accelerator R&D「Office of High Energy Physics Accelerator R&D Task」(2012 年）[19]

- 8 つの研究開発プログラム：
  超電導高周波、加速器・ビーム・計算機の使用、粒子発生源、高周波発生源、ビーム施設と制御、通常電導高階調度加速器・構造、新型加速器、超電導磁石
- 7 つの挑戦課題：
  高エネルギー、ビームのパワー、高階調度、新しい加速方法、ビームのエミッタンス、輝度とコヒーレンス、小型加速器
- 5 つの利用分野：
  科学の発見、医療、エネルギーと環境、防御とセキュリティ、産業

[11] Senate Appropriation Subcommittee
[12] High Energy Physics

7−2 量子ビーム・RI を利用した先端研究及び先進医療

量子ビームは、電子線、中性子線、陽子線、重粒子線、放射光等の総称です。それぞれの線源と物質との相互作用の特徴を生かして、物質の構造や反応のメカニズムの解析等が行われています。これにより、物質科学や生命科学が発展し、医療のほか、素材、エレクトロニクス、環境・エネルギー、創薬・保健等の様々な分野に応用され、イノベーションを生み出しています。医療分野では、我が国で発展した重粒子線によるがん治療が世界に広がりつつあります。ミュオンによる新規元素分析法やα線を用いた標的型がん治療等、放射化学と呼ばれる分野が物理と化学の境界領域で発展しています。

電子線、中性子線、陽子線、重粒子線、放射光をビームとして取り出す加速器施設や原子炉施設を総称して、量子ビーム施設と呼びます。量子ビームは、特に先端研究や先進医療分野で利用されています（図 7-7）。

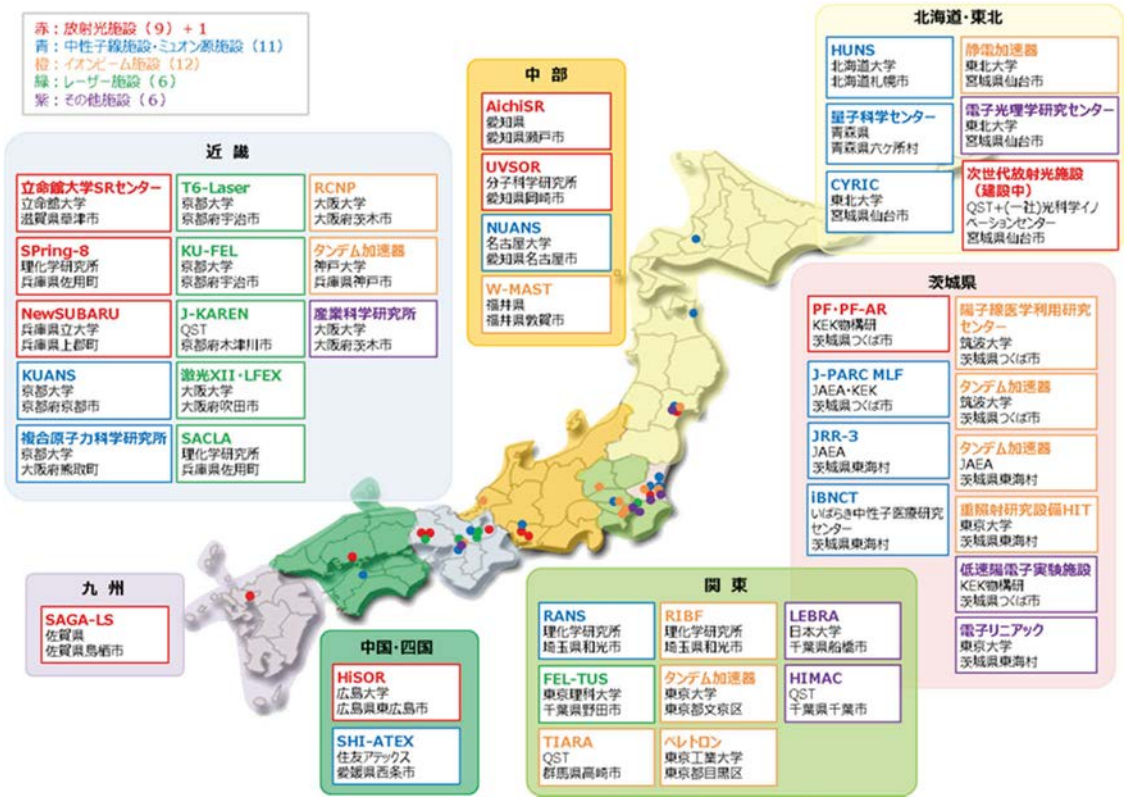


図 7-7　我が国にある主な量子ビーム施設

（出典）文部科学省

(1)　量子ビームを利用した先端研究

中性子線ビーム、放射光、RI ビームが利用され、数多くの新しい発見や新技術の開拓が行われています。

①　中性子線ビームの利用

大強度パルス中性子源[13]を使ったビーム利用実験が可能な代表的な施設に大強度陽子加速器施設 J-PARC[14]の物質・生命科学実験施設（MLF[15]）があります。

J-PARC を利用した研究の一例として、電池の研究開発があります。電池の大容量化、劣化、安全性に関する研究開発は、電気自動車や再生可能エネルギーの普及のために重要な役割を果たします。電気自動車の普及が進めば、移動に用いられている化石燃料の削減をもたらし、地球温暖化対策にも貢献します。

また、MLF には、ミュオンを取り出して利用する装置があります。ミュオンは電子と同じ仲間の素粒子で、電磁的な相互作用をすることから、物質の磁気的な性質や物質中に存在する微量の水素原子の存在状態の探索等の物質研究において非常に有効なツールとなります。ミュオンの特性の一つであるスピンを利用した方法（μSR（ミュオンスピン回転・緩和・共鳴法））は、物性研究のための重要な実験手段となっています（図 7-8）。



図 7-8　J-PARC MLF の実験装置配置概要

（出典）J-PARC センター提供資料

[13] 100 万分の 1 秒等の短い時間（パルス）に極めて大きなエネルギーを持った（大強度）中性子を繰り返し発生させる装置［38］。

[14] Japan Proton Accelerator Research Complex

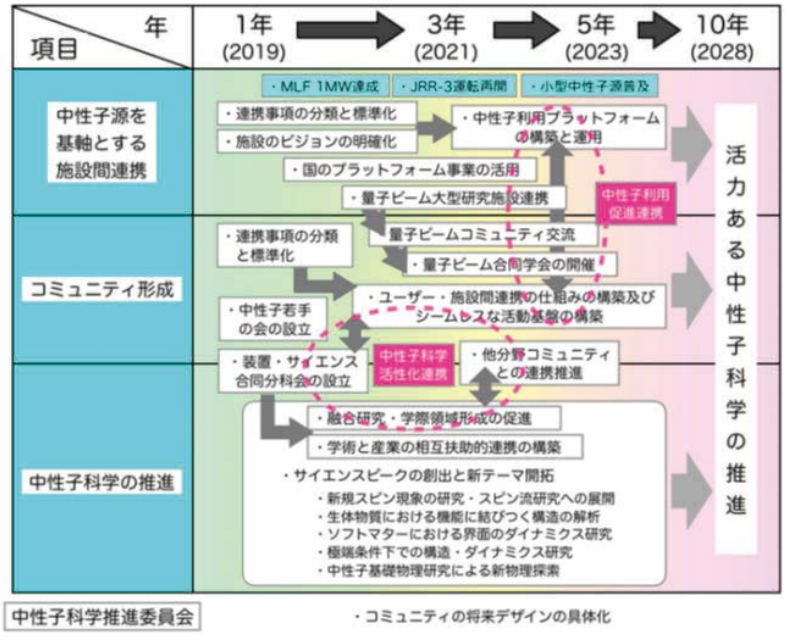
[15] Materials and Life Science Experimental Facility

コラム　～日本中性子学会の取組～

世界的に、中性子線を利用した研究開発や産業への応用が活発になってきています。我が国は、BNCT や電池の研究開発等で世界をリードしてきましたが、各国も新たな研究施設等を計画しており、世界的な競争が激化していくことが予想されます。我が国がこれまでリードしてきた分野を今後も牽引し、新たな分野でイノベーションを起こすためには、産業への応用を見据え、中性子線を利用できる施設が学術研究だけでなく民間にも広く利用されることが望まれます。

日本中性子科学会は 2018 年 7 月 2 日に「ロードマップ検討特別委員会提言と評議員会の決定に関する報告書」の中で、中性子科学のあるべき姿と現状の課題及び課題を解決する方針についての議論の結果を示しました［20］。この議論は、大学や研究機関に所属する研究者によって行われましたが、今後は、学術界だけでなく国や産業界も加わることで、より具体的かつ実現可能な戦略と体制が形成されることが期待されます。

これに先駆け、我が国における加速器駆動中性子源の研究を基礎とした、中性子ビームの実用技術及び産業実用までを含めたコンソーシアム形成までを指向する総合的なネットワークとして設立された日本加速器中性子源協議会（JCANS[16]）は、これまでの大学や研究機関を中心とした学術部会のほかに、産業界への普及を目的として産業部会を立ち上げることにより、その活動の幅を広げています。



日本中性子科学会によって示された中性子科学推進ロードマップ

（出典）日本中性子科学会「ロードマップ検討特別委員会提言と評議員会の決定に関する報告書」（2018 年）［20］

[16] Japan Collaboration on Accelerator-driven Neutron Sources

②　放射光の利用

大型放射光源を使ったビーム利用実験が可能な代表的な施設に、大型放射光施設 SPring-8[17]があります。SPring-8 は、微細な物質の構造や状態の解析が可能な世界最高性能の放射光施設であり、生命科学、環境・エネルギーから新材料開発まで広範な分野において、先端的・革新的な研究開発に貢献しています。さらに、X 線自由電子レーザー[18]（XFEL[19]）施設 SACLA[20]は、非常に高速のパルス光を利用できるため、X 線による試料損傷の影響の低減が期待できるとともに、物質を原子レベルの大きさで、かつ非常に速く変化する様子をコマ送りのように観察することが可能です。

高性能永久磁石の製造では、従来、資源が中国等に偏在する貴重な希土類元素が用いられています。SPring-8 における比較的波長の長い X 線（軟 X 線）ナノビームを用いた磁石の結晶構造解析は、希少元素を用いない高性能永久磁石の開発のための成果を上げています。

また、粘土鉱物へのセシウム取り込みメカニズム解明を目的として、極めて短い時間間隔で分析が可能になる X 線吸収微細構造（XAFS[21]）測定により、セシウム取り込み過程を追跡する福島環境回復研究が行われています。さらに、東電福島第一原発からの燃料デブリ取り出し作業に向け、燃料デブリの形成過程を詳細に解明するためにも放射光が用いられています。この結果は、東電福島第一原発の安全な廃炉作業を支援しています。

SACLA の研究成果として、光合成による水分解反応を触媒する光化学系Ⅱ複合体（PSII[22]）の構造解明研究があります。この研究成果は、人工光合成開発への糸口となるもので、エネルギー、環境、食糧問題解決へ貢献するものです（図 7-9）［21］。

SPring-8 では、学術研究利用のみならず、エレクトロニクス、環境・エネルギー、素材（金属、高分子）、創薬・生活用品等の産業利用も活発に実施されています。これらの産業利用には、約 150 社、延べ約 2,800 人（2019 年度実績）が携わっています（図 7-10）。

---

17 Super Photon ring-8 GeV

18 X 線でのレーザーを作る方式のひとつ。従来の物質中での発光現象を使う方式ではなく、電子を高エネルギー加速器の中で制御して運動させ、それから出る光を利用する方式で、原子からはぎ取られた自由な電子を用いて X 線レーザーを作ることから、X 線自由電子レーザーと呼ばれます［39］。

19 X-ray Free Electron Laser

20 SPring-8 Angstrom Compact free electron LAser

21 X-ray Absorption Fine Structure

22 Photosystem II

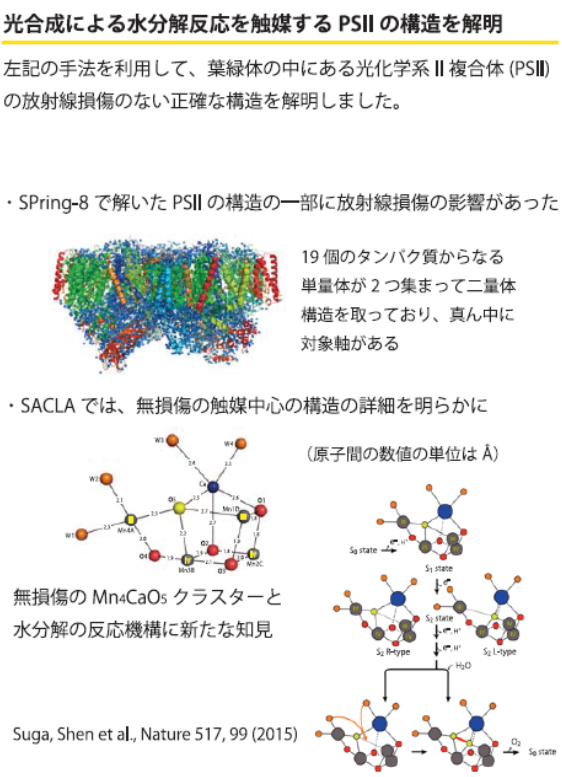


図 7-9　SACLA の研究成果

(出典)理化学研究所放射光科学研究センター「X 線自由電子レーザー施設 SACLA 利用のはじまり」[21]



図 7-10　SPring-8 の産業利用

(出典)理化学研究所提供資料

コラム　～官民地域パートナーシップによる次世代放射光施設の推進～

最先端の科学技術は、物質の「構造解析」に加えて「機能理解」が重要となっており、物質表面の電子状態の変化を追える高輝度の軟 X 線利用環境の早期整備が求められています。東北にある 7 つの国立大学（秋田大学、岩手大学、東北大学、弘前大学、福島大学、宮城教育大学、山形大学）等を中心に東北地方への高輝度放射光施設の設置が提唱されるなど、施設の設置への機運が高まる中、2018 年 1 月に、文部科学省の有識者会議において、学術、産業ともに高い利用が見込まれる次世代放射光施設（軟 X 線向け高輝度 3GeV 級放射光源）を官民地域パートナーシップにより早期に整備することが必要であるとの報告が取りまとめられました。

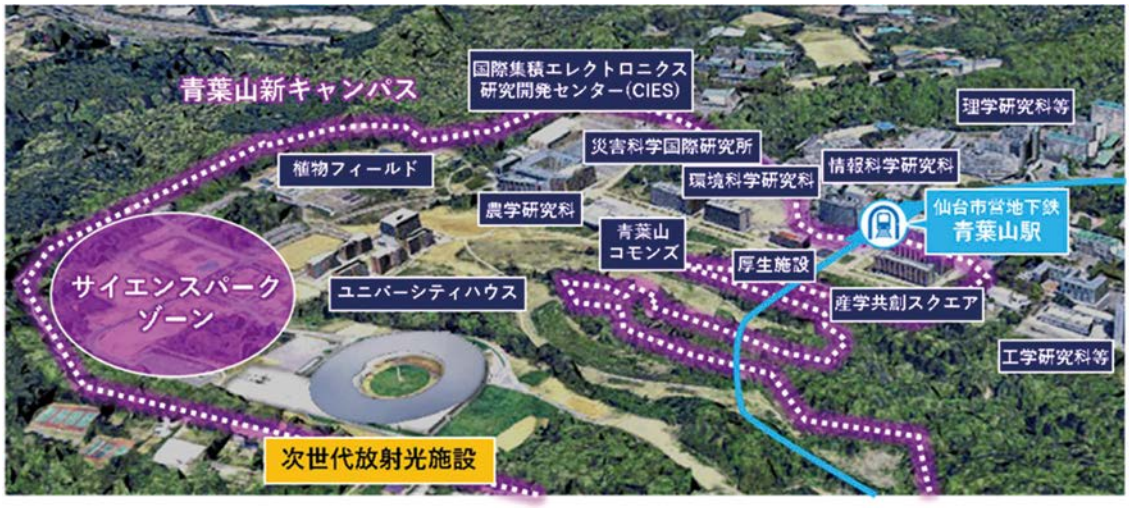
これを基に、文部科学省は、量研を施設の整備・運用を進める国の主体とし、2018 年 7 月、一般財団法人光科学イノベーションセンター（代表機関）、宮城県、仙台市、東北大学、一般社団法人東北経済連合会の 5 者を地域･産業界のパートナーとして選定しました［22］。

2019 年 3 月には、東北大学青葉山新キャンパスにおいて施設建屋の造成工事が開始され、現在、2023 年度中の完成を目指して建屋工事や機器の製作が進められています。

同施設は、コンパクトで高性能な放射光施設であり、スピントロニクス材料など新規デバイス開発に有効な電子状態分析や、燃料電池、リチウムイオン電池、ヘルスケア等の研究開発においてニーズが高まっている 10 ナノメートル以下での非破壊観察を可能とするため、産業界からも研究開発への利用に高い期待が寄せられています［23］。



次世代放射光施設の完成イメージ



東北大学青葉山新キャンパス内の立地

（出典）一般財団法人光科学イノベーションセンター提供資料

③　RI ビームの利用

RI ビームを使ったビーム利用実験が可能な代表的な施設に、国立研究開発法人理化学研究所（以下「理化学研究所」という。）にある「RI ビームファクトリー」があります。RI ビームファクトリーは、水素からウランまでの全元素の RI を、世界最大の強度でビームとして発生させる加速器施設です（図 7-11）。

RI ビームファクトリーを利用した研究成果として、2015 年 12 月には、本施設で合成に成功した原子番号 113 の元素が新元素であることが国際機関により正式に認定され、理化学研究所を中心とする研究グループが新元素の命名権を獲得、2016 年 11 月に元素名を「ニホニウム（nihonium）」、元素記号を「Nh」とすることが国際純正・応用化学連合（IUPAC[23]）にて正式決定されました。

更に 2017 年 12 月には、73 種類の新たな RI が発見されたことが発表されました。2010 年以降、理化学研究所では 132 種類の新たな RI を発見しており、同様の研究を行っている米国、英国、ロシア、ドイツよりも多くの発見数を記録しています［24］。



図 7-11　RI ビームファクトリー超伝導リングサイクロトロン

（出典）理化学研究所仁科加速器研究センター「RI ビームファクトリーの施設」［25］

[23] International Union of Pure and Applied Chemistry

(2)　量子ビーム・RI を利用した先進医療

中性子線ビーム、粒子線、α線は、腫瘍の効果的な治療に利用されています。今後、更なる利用の進展が期待される分野の一つです。また、放射線治療の分野では、医師のほか、医学知識を有する理学や工学の専門家である医学物理士等との協力が求められます。α線治療で利用する RI の製造や抽出過程においても、医学・理学・工学の分野の技術者間での密接な連携が必要になります。

①　中性子線ビーム利用

医療分野で中性子線を利用したものに、ホウ素中性子捕獲療法（BNCT）があります。BNCT では、悪性腫瘍に集積する薬剤に、中性子と核反応（捕獲）しやすいホウ素を添加します。薬剤が集積した箇所を中心に中性子線を照射すると、中性子は薬剤の集積していない正常な細胞を透過しますが、薬剤の集積した悪性腫瘍の細胞では、薬剤中のホウ素が中性子を捕獲します。中性子を捕獲したホウ素は、悪性腫瘍の中でリチウム 7 とα線を放出します。α線は飛ぶ距離が短いため、悪性腫瘍の細胞のみを選択的に破壊することができる仕組みです。これまで、原子炉を用いた BNCT の臨床試験も数多く実施されてきましたが、今後、病院に近接して設置できる加速器から得られる中性子を利用した治療に期待が高まっています（図 7-12）。

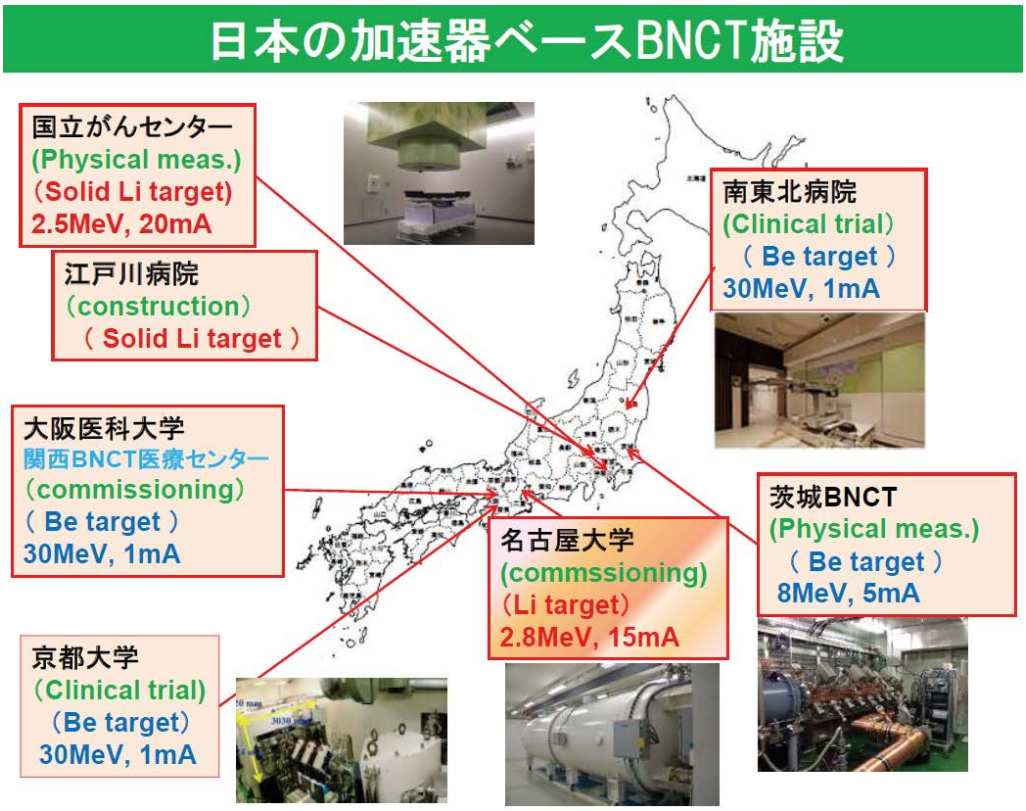


図 7-12　我が国の加速器を用いた中性子源

(出典)第 8 回原子力委員会資料第 1 号 名古屋大学鬼柳善明「日本の中性子利用研究と施設連携」(2019 年) [6]

②　粒子線利用

一般に重粒子線治療には、炭素イオンを加速した炭素イオン線が利用されます。エネルギーの大きな粒子が物質中を通過する場合、陽子のような軽い粒子では散乱して進行方向が変わりますが、重粒子線ではそれが比較的少なく、同じ物質であればより遠くまで飛びます。また、止まる直前で周囲に与えるエネルギーがピークになる性質があります。

我が国では、1994 年に当時の放射線医学総合研究所（現量研）に医療用加速器（HIMAC[24]）が完成し、重粒子線（炭素イオン線）による臨床試験が始まりました。現在では、様々な腫瘍の治療に用いられています。

世界の重粒子線治療施設は、稼働中が 12 施設、建設中が 5 施設、計画中が 13 施設です。稼働中の施設数は、我が国が世界全体の半数を占めており、欧州、中国が続いています。米国には現在稼働している施設はありませんが、4 施設の計画が進行中です（図 7-13）。

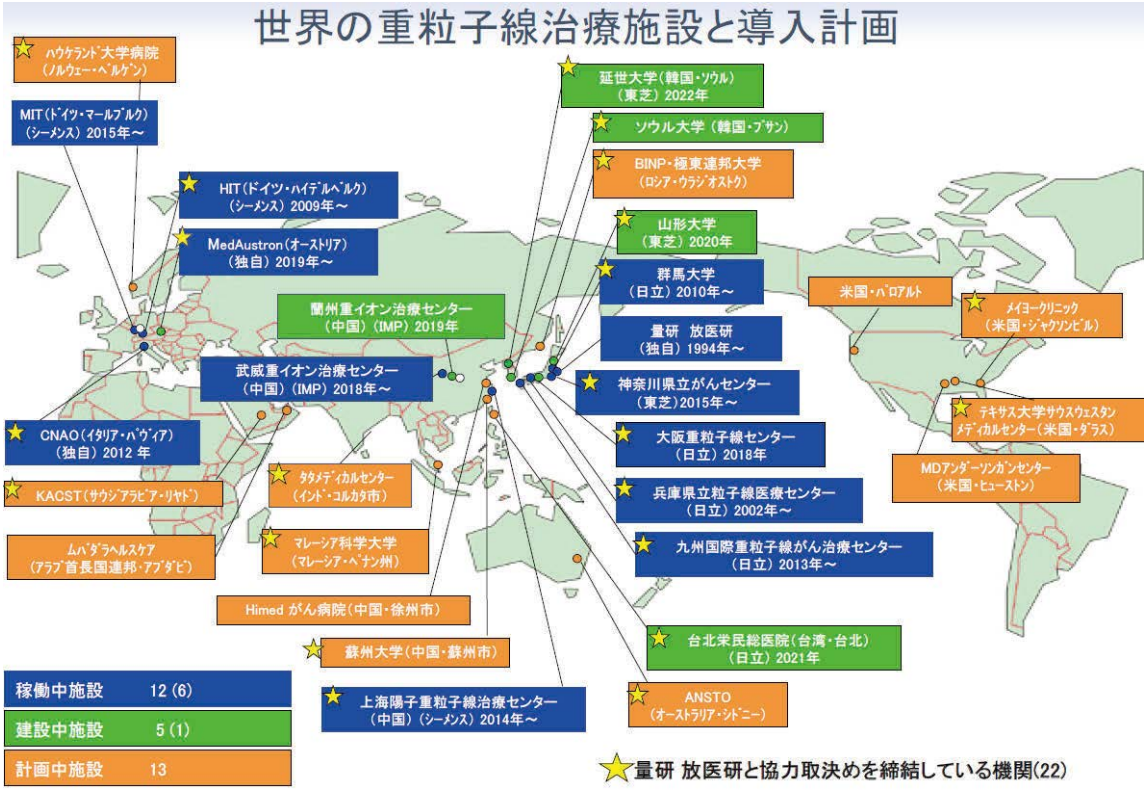


図 7-13　世界の重粒子線治療施設と導入計画

（出典）第 6 回原子力委員会資料第 2 号 中野隆史「日本での RCA の活動と重粒子線がん治療の現状」(2020 年) [26]

世界的にみて稼働中施設が 12 施設と少ない原因の一つは、治療装置（主に加速器の部分）が大型であることが挙げられます。そのため、治療装置の小型化が進められており、2010 年には群馬大学に比較的小型の第 2、第 3 世代の装置が導入され、治療が開始されました。現

[24] Heavy Ion Medical Accelerator in Chiba

在、より小型の「量子メス」と呼ばれる治療装置の実現を目指し、更なる加速器技術の研究開発が行われています（図 7-14）。

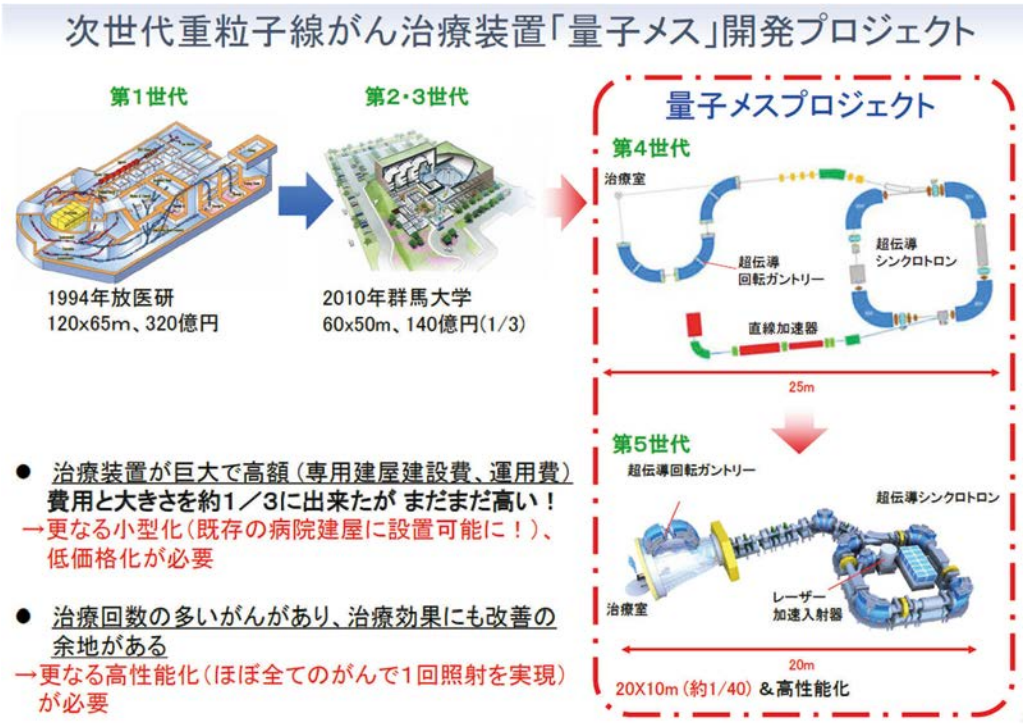


図 7-14　重粒子線治療装置の変遷

（出典）第 6 回原子力委員会資料第 2 号 中野隆史「日本での RCA の活動と重粒子線がん治療の現状」(2020 年) [26]

また、水素の原子核を加速した陽子線を利用した陽子線治療[25]も、様々な腫瘍の治療に用いられています。

③　α線利用

近年注目されているのが、α線を放出する RI を使用した治療です。α線を放出する RI を利用する利点としては、より短い距離でエネルギーを放出して止まるため、がん細胞周辺にある正常な細胞への影響が少なく、また比較的短い寿命のものも多いため、治療時間を短縮して生活の質（QOL[26]）の向上につなげられることが挙げられます。α線を放出する RI を用

[25] 令和 2 年 7 月 1 日現在、陽子線治療を実施している医療機関は全国に 17 施設（国立がん研究センター東病院、兵庫県立粒子線医療センター、静岡県立静岡がんセンター、筑波大学附属病院、南東北がん陽子線治療センター、メディポリス国際陽子線治療センター、福井県立病院、名古屋市立西部医療センター、北海道大学病院、慈泉会相澤病院、津山中央病院、禎心会札幌禎心会病院、伯鳳会大阪陽子線クリニック、兵庫県立粒子線医療センター附属神戸陽子線センター 、成田記念陽子線センター 、高清会高井病院 、京都府立医科大学附属病院）あります。

[26] Quality of Life

いた核医学治療は世界的にも着目されており、ラジウム 223（Ra-223）、アクチニウム 225（Ac-225）、ビスマス 213（Bi-213）、アスタチン 211（At-211）等を用いた臨床研究、標的アイソトープ治療（TRT[27]）、その中でもα線放出核種を用いた標的α線治療（TAT[28]）が各国で行われています（図 7-15）。



図 7-15　標的アイソトープ治療に利用される主なα線放出 RI

（出典）第 22 回原子力委員会資料第 1 号 量研「医用 RI の国際的利用並びに量研機構での放射性薬剤開発について」(2019 年) [27]

[27] Targeted Radionuclide Therapy

[28] Targeted Alpha Therapy

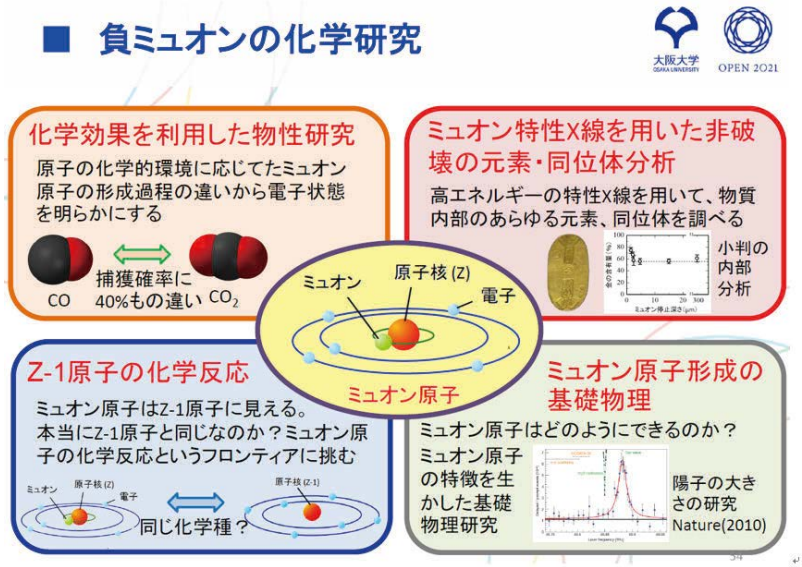
コラム　～放射化学について～

放射化学とは、元素や化合物を対象とする化学の枠を放射性元素や放射性核種にまで広げ、核現象や放射線の化学効果までも含めて研究する、物理学と化学の境界に位置する学問分野です。我が国では、原子核の構造や核反応のメカニズムを化学的視点から研究する核化学も含めた広い分野を意味します。人工元素の製造、核データの研究、加速器化学、同位体分離と濃縮、放射化分析や放射能分析、RI 製造と標識化合物の合成、超ウラン元素や超重元素の研究等があり、原子力をはじめ物質科学、宇宙科学、地球科学、考古学（年代測定等）、環境科学、生命科学等との接点があります［28］。

今後、放射化学の知見を得て更に発展していくことが期待される学術領域としては、加速器や量子ビーム等も利用する核医学や核鑑識等が挙げられます［29］。

東電福島第一原発事故の際には、環境中に放出されたセシウム等の放射性物質の動態調査において、放射化学が蓄積してきた知見や手法等が大きく貢献しました。例えば、セシウムの大気中への拡散と沈着、それらによる人の被ばく線量評価、土壌の汚染状況や土壌から農作物等へのセシウムの移行評価、河川や海洋中の濃度測定や評価等、放射性物質と人及び環境の影響に関するほぼ全てのことが関係しています。また、東電福島第一原発事故由来の環境放射能測定の結果は、東電福島第一原発での炉心溶融のメカニズムを判断する際の重要な手がかりを示唆するものです。

放射化学における新領域として、ミュオンによる新規元素分析法及びα線核種によるがん治療があります。ミュオンとは、正及び負の電荷を持つ質量が電子の 200 倍の粒子です。



負ミュオンの化学研究

（出典）第 10 回原子力委員会資料第 1 号　篠原厚「放射化学とは　現状と課題、そして未来へ」(2020 年) [30]

コラム　～基礎的知見に基づく天然鉱物・微生物を利用した放射性核種除去法の開発～

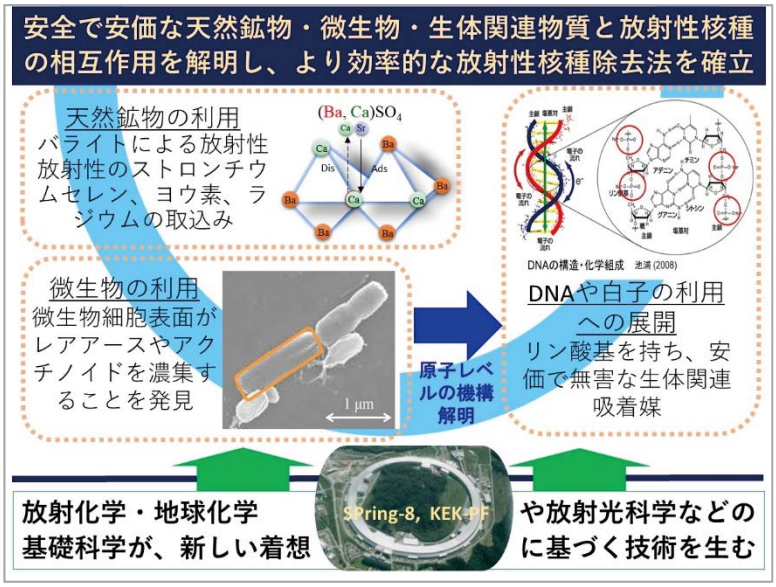
放射性核種を効率的に除去・固定する手法の開発は、東電福島第一原発の汚染水処理やウラン鉱山周辺地下水のウランやラジウムの除去等、様々な場面において重要です。また、手法そのもののエネルギー消費が高くないことや、利用する化学物質が環境に負荷を与えないことも重要です。これらをクリアする方法として、天然に存在する物質や微生物で放射性核種を高効率で除去できるようになれば、SDGs の観点からも望ましいと考えられます。

硫酸バリウム（バライト）は天然に存在する鉱物で、高温高圧でも安定かつ無害な物質です。イオンサイズが大きいため、東電福島第一原発事故でも問題になっている海水中放射性ストロンチウムや除去困難なセレンやヨウ素酸の除去等にも有効で注目されています。放射光施設を用いた X 線吸収微細構造（XAFS）分析により、これらの元素がバライト結晶中に安定に取込まれていることが確認され、濃集・除去後もバライト中に安定に保持できることがわかっています。

また、近年の研究で、放射性廃棄物地層処分において処分容器内に緩衝材として利用される粘土鉱物は、他のイオンを還元する性質を持ち、万が一ウラン等が漏洩しても粘土鉱物によって還元され不溶性のウランにして固定化する機能を持つことが分かってきています。

そのほか、様々な微生物（人体に安全な種）が持つ細胞壁を利用して、レアアースや+3 価のアクチノイド[29]を除去することができます。XAFS がもたらす原子レベルの情報から、この手法で鍵となるのは細胞表面のリン酸基であることが特定され、DNA やサケ白子による+3 価イオンの除去等のユニークな方法が開発されており、今後のアクチノイドへの応用も期待されます。このように、基礎科学的手法によるメカニズム解明は、全く新規の工学的手法を生むブレークスルーになり得ます。

放射光等の基礎的手法の助けを借りながら、環境負荷の小さな放射性核種の除去法の開発が進められており、工学的分野と化学（放射化学・物理化学・地球化学）や放射光科学等の基礎科学分野との連携が今後とも重要になります。



基礎科学的知見により得られる革新的なアイディアによる新しい放射性核種の除去・固定法の開発

（出典）東京大学　高橋嘉夫（2020）

[29] 原子番号 89 から 103 までの元素の総称。アメリシウムやキュリウム等が含まれる。

7－3 放射線利用環境の整備

(1)　放射線利用に伴い発生する放射性廃棄物の取扱い

RI は、放射線を放出しつつ、時間とともに減衰していきます。日本アイソトープ協会では、この特性を持った RI を需要に応じて安定的に供給していくために、国内外の関係機関、製造者、使用者と情報共有しながら、輸入、製造、輸送を行っています。また、使用されなくなった RI を安全に処理するため、核種、放射能、線源番号、汚染検査による汚染の有無を確認し、使用者から回収し保管しています。供給した RI 以外にも、加速器施設等で発生した放射性廃棄物を全国から集荷し、処分事業者に引き渡すまで安全に貯蔵しています。

(2)　放射線利用に関する規則

RI や放射線発生装置の使用等を規制することにより、放射線障害を防止し、公共の安全を確保することを目的に制定された放射線障害防止法は、セキュリティ対策の観点から、特に危険性の高い RI（特定 RI）の防護を図ることを目的に加え、2017 年 4 月に改正、2019 年 9 月に放射性同位元素等規制法として施行されています。ほかにも、放射線利用は、放射線障害等から労働者を保護する「労働安全衛生法」（昭和 47 年法律第 57 号）、放射線や RI 等を診断や治療の目的で用いる際の基準等を定める「医療法」（昭和 23 年法律第 205 号）及び医薬品等の安全性等の確保のために必要な規制を行う「医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律」（昭和 35 年法律第 145 号）等に基づいて、厳格な安全管理体制の下で進められています。

(3)　放射線防護に関する研究

原子力安全のための規制を担う原子力規制委員会では、放射線源規制・放射線防護による安全確保のための根拠となる調査・研究を推進するため、「放射線安全規制研究戦略的推進事業」を実施しています。同事業では、原子力規制委員会が実施する規制活動におけるニーズ、国内外の動向、放射線障害防止法（現放射性同位元素等規制法）の改正、放射線審議会等の動向を踏まえ、年度ごとに重点テーマが設定されます。2019 年度の公募では、「放射性物質による多数の汚染・傷病者の初期対応に係る技術的課題の検討」、「放射性同位元素・放射線利用の実態を踏まえた安全管理の合理化・体系化」及び「放射線規制関係法令の運用に係る共通的課題の調査研究」という重点テーマが設定されました［31］。

量研では、原子力災害医療体制において中心的、先導的な役割を担う専門的な被ばく医療人材を育成する中核拠点として、高度被ばく医療支援センターの医師や看護師、技術者等の育成が行われています。具体的な取組として、2019 年 5 月には、被ばく医療に携わる医療従事者を対象として、被ばくした患者の処置についての訓練が実施されました。

原子力機構は、外部被ばくや内部被ばくの線量評価に関する研究や関連する基礎データの整備等を進めており、核医学検査・治療に伴う患者の被ばく線量評価のための米国核医学会の線量計算用放射性核種データ集の改訂に貢献する等の成果も上げています。

7−4 放射線利用分野の人材育成

放射線は様々な形で我々の生活や産業に役立っています。放射線を扱うためには、適切な知識と取扱い技術を習得する必要があります。しかし、放射線を利用するための教育や訓練の機会が減少しており対策が必要です。我が国が主導するアジア地域での原子力平和利用協力の枠組みである FNCA では、放射線利用開発等のプロジェクトを通じた人材育成が行われています。このように、放射線利用の国際的学術・技術交流の場を作る試みが始まっています。

(1) 国内における人材育成上の課題

様々な分野で利用され、私たちの生活や社会に便益をもたらす放射線ですが、取扱いを誤れば、環境を汚染したり人体に悪影響を与えたりする可能性があります。そのため、放射線を取り扱う人は、放射線に対する適切な知識と理解を持って、安全に作業や管理を行う必要があります。しかし近年では、予算の減少や施設の老朽化等のために、放射線を利用するための教育や訓練を行う機会が減少しています（図 7-16）。また、人材不足により、技術や知識が継承されないことで、今後の安全管理に支障を来す状況が生じる可能性もあります。

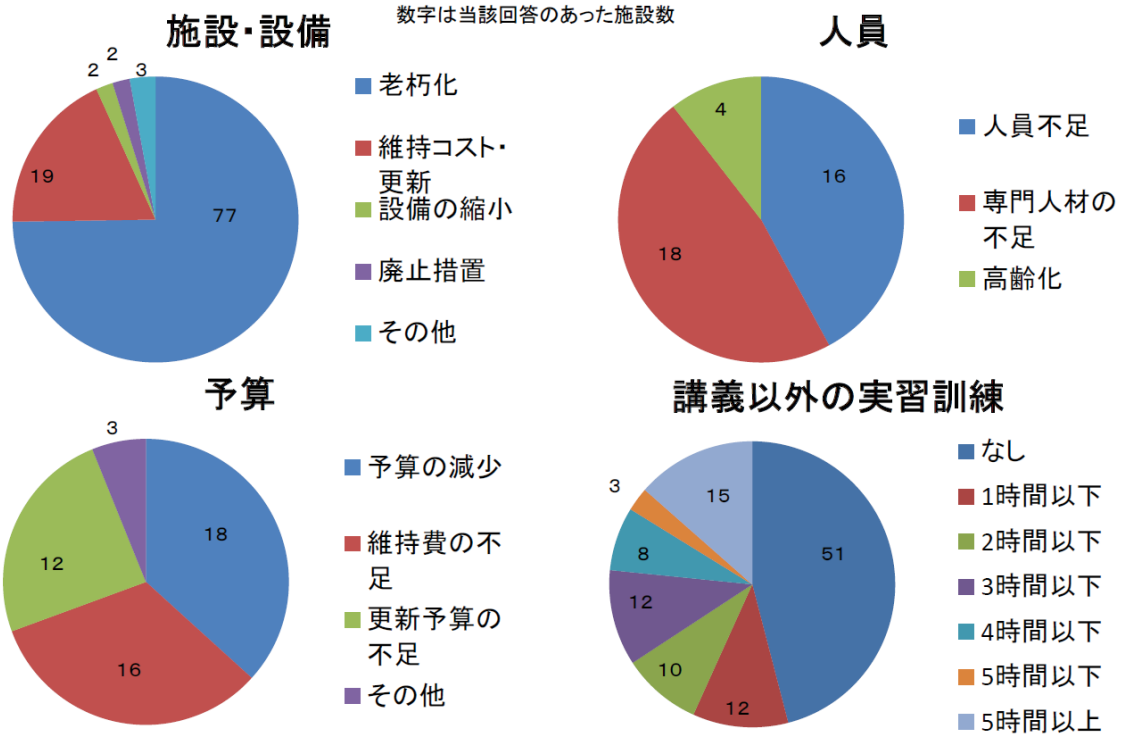


図 7-16 大学等における放射線管理の懸案事項

(出典)第 18 回原子力委員会資料第 1 号 原子力規制委員会「放射線利用の安全確保における課題について」(2016 年) [32]

(2)　人材育成上の課題への取組

量研は、原子力規制委員会の「放射線安全規制研究戦略的推進事業」の枠組みにおいて「放射線防護研究分野における課題解決型ネットワークとアンブレラ型統合プラットフォームの形成事業」を行っています。同事業では、放射線防護の喫緊の課題の解決のために放射線防護に関連する学術コミュニティと放射線利用の現場をつなぐネットワークが構築され、量研、原子力機構、公益財団法人原子力安全研究協会がネットワークによる自立的な議論や調査、アウトプットの創出等を支援する役割を担っています。同事業において、放射線防護分野のグローバル若手人材の育成等が実施されています［33］。

また、大阪大学は、放射線科学に関連した分野において、機動性のある新しい教育や研究と大学にある関連施設を一元化することによって、放射線の安全管理に係る体制の充実化と合理化を図るために、2018 年 4 月 1 日に大阪大学放射線科学基盤機構を設置しました。同基盤機構の取組の一つに、α線核医学療法を中心とした医療イノベーションの展開があります。この取組は、大阪大学の理学研究科、医学系研究科、核物理研究センター、及びラジオアイソトープ総合センターが中心となって、全学体制で推進されています。現在では、α線核医学療法を推進する上での課題である、α線を放出する核種を大量に製造するための手法とそれを精製する技術開発が進められています。また、α線を放出する核種をがん細胞に輸送する分子の開発が行われており、動物実験レベルで極めて有望な分子の探索がなされています［34］。

さらに、国民の生活を支える RI 利用を維持、発展させていくためには、RI 製造の海外依存や RI を適切に取り扱うことのできる人材の不足等の課題があります。このような課題に対して、2018 年 12 月 11 日に開催された第 43 回原子力委員会では、日本アイソトープ協会から、更なる利用拡大と安定供給に向けた RI の国産化や適切な人材を確保するための人材育成についての今後の方向性が示されています［16］。

(3)　海外における放射線利用分野の人材育成協力

我が国では、原子力や放射線利用に関する研究人材の交流制度を通じて、海外の人材を受け入れています。しかし、途上国の人材には、母国の RI・放射線施設、設備、機器等が不足しているために、我が国で育成された後に研究が十分に行えない場合があります。国際協力での技術交流、共同開発、共同事業において、人的な貢献以外にも RI・放射線機器等の研究資材に関する支援が必要とされています。我が国が主導するアジア地域での原子力平和利用協力の枠組みである FNCA では、放射線利用開発と研究炉利用開発、原子力安全強化、原子力基盤強化に関するプロジェクトが実施されています。放射線利用開発の分野では、マニュアルやガイドラインの作成等に我が国の多くの研究者が携わっており、アジアにおける放射線利用の発展に大きく貢献しています。

2019 年 12 月 5 日に開催された第 20 回 FNCA 大臣級会合では、「医療・健康への放射線技術利用」をテーマに円卓討議が行われました［35］。 FNCA の枠組み内での、アジア諸国の

放射線利用分野における国際協力の成果については、第 3 章 3-3(3)②「アジア地域をはじめとする途上国との多国間協力」に記載しています。

また、IAEA は、原子力の平和的利用の促進のため、その加盟国に対して、原子力発電分野をはじめ、保健、農業、環境、産業応用等の様々な分野において原子力技術を活用した技術協力を実施しています。我が国の大学、研究機関、企業等は、研修生の受け入れや専門家の派遣等を通じて、IAEA の活動に人的、技術的な協力を行っています。

さらに、我が国は、IAEA による技術協力活動の主要な財源である技術協力基金（TCF）に対する分担額の拠出や平和的利用イニシアティブ（PUI）を通じた支援により、IAEA による原子力の平和的利用の促進に係る活動を支援しています。特に、アジア・大洋州において我が国は、「原子力科学技術に関する研究、開発及び訓練のための地域協力協定」（RCA）[30]の枠組みにおいて、IAEA 技術協力プロジェクトへの参画を通じ、同地域における開発課題の解決に向け、がん治療、核医学、放射線育種、食品偽装対策、海洋モニタリングや水資源管理等の多様な分野でこの地域の人材育成に貢献しています。

2020 年 1 月には、産業界や研究機関による放射線利用の国際的プラットフォームとする目的で、「放射線科学技術利用に関する国際会議」（ICARST[31]2020）が我が国で開催されました。ICARST は、放射線科学技術の利用のあらゆる側面での経験や研究結果を交換し共有するため、世界をリードする科学者や大学院生等の学術・技術交流の場となることを目指しています。さらに、研究者、実務者及び教育者に、放射線科学技術の利用における実務上の挑戦と解決策、最新の技術革新、研究の傾向、及び関心事項について発表し議論するための世界初の学際的プラットフォームを提供します。　ICARST2020 には各国の放射線技術の専門家、事業者や科学者等が参加し、放射線利用のケーススタディの紹介等が行われました[36]。

[30] 第 3 章 3-3(1)①2)「原子力科学技術に関する研究、開発及び訓練のための地域協力協定（RCA）に係る協力」を参照。
[31] International Conference on Applied Radiation Science and Technology

参考文献

1. **一般財団法人放射線利用振興協会　岡田漱平.** 量子ビーム科学・放射線利用の過去・現在・未来. 第 4 回原子力委員会資料第 1 号. (オンライン) 2017 年 1 月 31 日.
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2017/siryo04/siryo1.pdf.
2. **永井泰樹、橘本和幸.** 「展望　核医学診断　治療用 RI と新 RI 製造法」Isotope News 2014 年 3 月号　No,719. (オンライン) 2014 年.
https://www.jrias.or.jp/books/pdf/201403_TENBO_NAGAI.pdf.
3. **原子力規制委員会.** 規制の現状. (オンライン) (引用日: 2020 年 1 月 14 日.)
https://www.nsr.go.jp/activity/ri_kisei/kiseihou/kiseihou4-1.html.
4. **福田光宏、中野貴志、酒見泰寛、渡部浩司、菊永英寿、依田哲彦.** 短寿命 RI 供給プラットフォーム. 「加速器」Vol.14, No.2 2017, (81-86). (オンライン) 2017 年.
https://www.pasj.jp/kaishi/cgi-bin/kasokuki.cgi?articles%2F14%2Fp81-86.pdf.
5. **公益社団法人日本アイソトープ協会.** 放射線利用統計 2018. (オンライン) 2019 年 4 月 1 日. https://www.jrias.or.jp/report/pdf/riyoutoukei2018.pdf.
6. **鬼柳善明.** 日本の中性子利用研究と施設連携. 第 8 回原子力委員会資料第 1 号. (オンライン) 2019 年 3 月 5 日.
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2019/siryo8/1.pdf.
7. **原子力委員会研究開発専門部会加速器検討会.** 「加速器の現状と将来」. (オンライン) 2004 年 4 月. http://www.aec.go.jp/jicst/NC/senmon/kasoku/houkoku/200404.pdf.
8. **独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構.** NEDO 海外レポート 「米国エネルギー省戦略計画 2014 年～2018 年(抜粋) (米国)」. 2014.
9. **内閣府.** 放射線利用の経済規模調査 (平成 27 年度). 第 29 回原子力委員会資料第 1-1 号. (オンライン) 2017 年 8 月 29 日.
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2017/siryo29/siryo1-1.pdf.
10. **一般社団法人日本原子力産業協会.** 原子力発電に係る産業動向調査. (オンライン)
https://www.jaif.or.jp/data/doc_archives/n-industry.
11. **原子力委員会.** 参考資料. 第 25 回原子力委員会 資料第１－３号. (オンライン) 2017 年 7 月 20 日.
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2017/siryo25/siryo1-3.pdf.
12. **IAEA.** NUCLEAR TECHNOLOGY REVIEW. (オンライン) 2019 年.
https://www.iaea.org/sites/default/files/gc/gc63-inf2.pdf.
13. **横堀　仁.** 原子力発電・放射線基礎講座　V　放射線の利用 . IPEJ Journal Vol.26 No.2. (オンライン) 2014 年.
https://www.engineer.or.jp/c_dpt/nucrad/topics/002/attached/attach_2785_1.pdf.
14. **公益社団法人日本アイソトープ協会.** アイソトープ利用の現状と課題. 第 43 回原子力委員会資料第 2 号. (オンライン) 2018 年 12 月 11 日.

http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2018/siryo43/2.pdf.
15. **上坂充.** 加速器小型化の最前線について. 第34回原子力委員会資料第1号. (オンライン) 2018年10月2日.
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2018/siryo34/1.pdf.
16. **日本アイソトープ協会.** アイソトープ利用の現状と課題. 第43回原子力委員会資料第2号. (オンライン) 2018年12月11日.
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2018/siryo43/2.pdf.
17. **原子力委員会.** 原子力政策大綱. (オンライン) 2005年10月11日.
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/tyoki/taikou/kettei/siryo1.pdf.
18. **一般財団法人放射線利用振興協会.** 日本における不妊虫放飼法によるウリミバエの根絶. 放射線利用技術試験研究データベース. (オンライン) 1996年8月20日.
http://www.rada.or.jp/database/home4/normal/ht-docs/member/synopsis/020010.html.
19. **Task Force on Accelerator R&D.** Office of High Energy Physics Accelerator R&D Task Force Report. (オンライン) 2012年5月.
http://www.acceleratorsamerica.org/report/accelerator_task_force_report.pdf.
20. **日本中性子科学会.** ロードマップ検討特別委員会提言と評議員会の決定に関する報告書. (オンライン). (オンライン) 2018年7月2日. https://bf5c0178-c664-488c-b75f-c7591fc609e9.filesusr.com/ugd/6660fb_4f567717267643f2a162b26d34c0cdb4.pdf.
21. **国立研究開発法人理化学研究所放射光科学研究センター.** X線自由電子レーザー施設SACLA利用のはじまり. (オンライン) 2015年8月.
http://rsc.riken.jp/pdf/SACLA2015-3.pdf.
22. **国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構.** 次世代放射光施設整備開発センター. (オンライン) (引用日: 2020年7月27日.) https://www.qst.go.jp/site/3gev/.
23. **東北大学多元物質科学研究所放射光産学連携準備室.** 次世代放射光施設計画. (オンライン) (引用日: 2020年7月16日.)
http://www.slitj.tagen.tohoku.ac.jp/outline/index.html.
24. **国立研究開発法人理化学研究所.** 73種の新同位元素を発見－未踏の原子核世界の開拓が加速－. (オンライン) 2017年12月22日.
http://www.riken.jp/pr/press/2017/20171222_1/.
25. **特定国立研究開発法人理化学研究所仁科加速器科学研究センター.** RIビームファクトリーの施設. (オンライン) (引用日: 2020年6月18日.)
https://www.nishina.riken.jp/facility/SRC.html.
26. **中野隆史.** 日本でのＲＣＡの活動 と重粒子線がん治療の現状. 第6回原子力委員会資料第2号. (オンライン) 2020年2月18日.
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2020/siryo06/2_haifu.pdf.
27. **国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構.** 医用RIの国際的動向並びに量研機構

での放射性薬剤開発について．第 22 回原子力委員会資料第 1 号．（オンライン）2019 年 6 月 18 日．http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2019/siryo22/1.pdf.
28. **日本放射化学会．** 2006 年版 放射化学用語辞典．2006.
29. −．日本放射化学会 HP．（オンライン）（引用日：2020 年 6 月 18 日.）
http://www.radiochem.org/community/index.html.
30. **篠原厚．** 放射化学とは 現状と課題、そして未来へ．第 10 回原子力委員会資料第 1 号．（オンライン）2020 年 3 月 24 日.
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2020/siryo10/1_haifu.pdf.
31. **原子力規制委員会．** 平成 31 年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）．（オンライン）2019 年 1 月 10 日．（引用日：2019 年 3 月 13 日.）
http://www.nsr.go.jp/nra/chotatsu/buppin-itaku/itaku/20190110_01.html.
32. −．放射線利用の安全確保における課題について．第 18 回原子力委員会資料第 1 号．（オンライン）2016 年 5 月 17 日.
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2016/siryo18/siryo1.pdf.
33. **放射線防護アンブレラ事業事務局．** 放射線防護アンブレラ事業．（オンライン）（引用日：2019 年 3 月 13 日.）http://www.umbrella-rp.jp/index.php.
34. **大阪大学放射線科学基盤機構．** 放射線利用の現状と課題について．第 16 回原子力委員会資料第 1 号．（オンライン）2018 年 4 月 24 日.
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2018/siryo16/siryo1.pdf.
35. **内閣府．** 第 20 回 FNCA 大臣級会合の結果概要について．第 47 回原子力委員会資料第 3 号．（オンライン）2019 年 12 月 24 日.
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2019/siryo47/3_haifu.pdf.
36. **IAEA.** ICARST 2020 ： International Conference on Applied Radiation Science and Technology．（オンライン）（引用日：2020 年 1 月 10 日.）
https://panel.waset.org/conference/2020/01/tokyo/ICARST.
37. **一般財団法人日本ガンマナイフ学会．** 切らずに治す「ガンマナイフ治療」とは・・・．（オンライン）（引用日：2020 年 7 月 15 日.）http://www.gamma-knife.jp/gammaknife/index.html.
38. **J-PARC センター．** J-PARC で世界最大のパルス中性子ビーム強度を達成．（オンライン）2013 年 3 月 21 日．（引用日：2020 年 7 月 16 日.）
https://www.kek.jp/ja/newsroom/2013/03/21/1400/.
39. **SACLA（XFEL）．** SACLA が創る新しい光．（オンライン）（引用日：2020 年 7 月 16 日.）
http://xfel.riken.jp/sacla/index00.html.

URL にアクセスする際、最後の「.」は除いて下さい。

第８章 原子力利用の基盤強化

8－1 研究開発の方針並びに関係組織の連携や研究開発機関の機能の変革

「第５期科学技術基本計画」（2016年１月閣議決定）［1］では、「持続的な成長と地域社会の自律的な発展」の「エネルギー、資源、食糧の安定的な確保」において、将来の最適なエネルギーミックスに向けて、現行技術の高度化と先進技術の導入を図るとともに、革新的技術の創出にも取り組むとしています。

「原子力利用に関する基本的考え方」（2017年７月原子力委員会決定、政府として尊重する旨閣議決定）［2］では「知識基盤や技術基盤、人材といった基盤的な力は原子力利用を支えるものであり、その強化を図る。（中略）研究開発機関の機能の変革を促すとともに、原子力関連機関の自らの役割に応じた人材育成や基礎研究を推進する。」と述べています。

また「技術開発・研究開発に対する考え方」（2018年６月原子力委員会決定）［3］では、電力自由化時代においては、市場や投資環境を考慮し、原子力利用による国民の便益の観点等を踏まえて、新しい技術を市場に導入する事業者が主導的に技術開発や研究開発を行い、政府や国立研究開発機関はこれを支援していく役割分担が必要であると指摘しています。特に、我が国唯一の総合的原子力研究開発機関である原子力機構は、プロジェクト抽出とその実施を重視する従来の思考から脱却し、我が国全体の原子力利用の基盤と国際競争力をより一層強化し研究開発成果を最大化していくために、組織変革とそれに合わせた組織マネジメントの改善を進めることが大切です。

(1) 我が国における研究開発の考え方

1990年代以降、原子力利用機関において生じた様々なトラブルや、2011年３月の東電福島第一原発事故により、国民の原子力に対する不信・不安が高まっています。一方で、事故炉の廃炉や放射性廃棄物の処理・処分等の困難な課題を解決していくためには、研究開発の重要度は極めて高いといえます。

東電福島第一原発事故の反省・教訓、原子力を取り巻く環境の変化、国際展開の必要性等を踏まえ、政府や研究開発機関は研究開発計画の策定を行うとともに、適切なマネジメントがなされるよう新たな仕組みを構築し、課題を着実に解決していくことが必要です。

文部科学省は、2016年度から2020年度を対象とする「第５期科学技術基本計画」に基づき、2017年２月に「研究開発計画」を策定し（2017年８月最終改訂）［4］、文部科学省として重点的に推進すべき研究開発の取組及びその推進方策について取りまとめました。この中で、原子力科学技術は国家戦略上重要な科学技術として位置付けられており、研究開発目標として、安全性・核セキュリティ・廃炉技術の高度化等の原子力の利用に資する研究開

発の推進、さらに、将来に向けた革新的技術の確立に向けた研究開発への取組が掲げられています。目標達成のために重点的に推進すべき研究開発の取組として、東電福島第一原発の廃炉等の事故の対処、安全性向上等に資する研究開発の推進、及び人材育成や国際協力等を通じた原子力分野の研究・開発・利用の基盤整備が挙げられています。また、革新的なエネルギー技術の開発として、核融合エネルギーの実現に向けた研究開発に取り組むことが示されています。

原子力委員会は 2018 年 6 月、「技術開発・研究開発に対する考え方」を取りまとめ、今後の原子力分野における技術開発・研究開発の在り方について、基本的な考え方と、政府、国立研究開発機関及び産業界の各ステークホルダーの果たすべき役割について示しました。

「技術開発・研究開発に対する考え方」に示された
電力自由化後の技術開発・研究開発の在り方

原子力エネルギーは、地球温暖化防止に貢献しつつ、安価で安定に電気を供給できる電源として役割を果たすことが期待できる。軽水炉の再稼働を進め、それを長期に安定、安全に利用できるように努力することが重要である。また、「電力自由化」により総括原価方式が無くなった現在、原子力のエネルギー分野での利用については、関係者は、国民の便益と負担の観点で、この安価な電力を安全・安定に供給するという原点を改めて強く認識し、原子力関係企業と研究開発機関と大学が、それぞれの役割を踏まえ、生き残りをかけて、創意工夫や競争・協力し、それぞれの経営に努力する必要がある。国は、関係行政機関や国立研究開発機関がそれぞれの立場から民間主導のイノベーションを促進する仕組みを整えるべきである。

これは中長期の開発課題についても例外ではない。原子力の発電方式は、市場の需要によって決められるものであり、第三世代から第四世代へと直線的な移行が行われると認識してはならず、多様な選択肢と戦略的な柔軟性を維持すべきである。電力の自由化が進む中、原子力発電コストが過度に高くつく場合、ユーザーたる発電企業がこれを選好すると楽観視しえない。個別発電企業は、第四世代炉等新型炉を許容する場合もあれば、より長期間、軽水炉のコストダウンや効率化を選好する場合もある。原子力発電は、応用技術の固まりであることから、市場で使われて初めて意味のあるものであり、今後の原子力発電の技術開発・研究開発は、個別発電企業やメーカーが主導し、それらの企業の負担も求めつつ、政府が支援する仕組みを導入していくべきである。

原子力に関する技術開発・研究開発を実施するに際し、実用化される市場や投資環境を考慮すべきである。今後は、世界の市場をより強く志向する必要がある。その点で、国際連携は重要な方策のひとつである。その際にも、上記のような考え方を共有できる国と連携すべきであり、戦略的な柔軟性を確保することが肝要である。ひとつの国際プロジェクトにコミットするあまり、長期間にわたって我が国の技術開発・研究開発が柔軟性を失うことは避けるべきであり、開発を牽引する民間主体を支援する知的基盤を関係国が共同して提供するというスタンスで臨むべきである。

このような考え方を踏まえ、我が国において技術開発・研究開発に携わる政府、国立研究開発機関及び産業界の各ステークホルダーが、それぞれ、以下のような役割を果たすべきであるとしています。

- 政府の役割：
  原子力は長期的な技術であることから、政府は長期的なビジョンを示し、その基盤となる技術開発・研究開発のサポートをする役割を担うべきである。原子力発電技術は、実用レベルに近づくほど民間が相応のコストを負担し開発を進めていくべきであり、政府はその取組を支援するという前提で新たな補助スキームを構築していく必要がある。
- 国立研究開発機関のあるべき役割：
  国立研究開発機関が行う研究開発とは、本来、知識基盤を整備するための取組であり、今後は一層、民間による技術開発・研究開発の努力を支援する役割が期待される。知識基盤を企業等関係者ともしっかり共有することによって、ニーズに対応した研究開発が可能になり、効率化がもたらされるだけでなく、イノベーションの基盤が構築でき、重層的な我が国の原子力の競争力強化につながると考えられる。
- 産業界のあるべき役割：
  産業界は総括原価方式がなくなり、電力市場が自由化されたことを改めて強く意識すべきである。技術開発・研究開発においては、自由化された中で、国民の便益と負担を考え、安価な電力を安全・安定に供給するという原点を考える必要がある。こうした視点から、今後何を研究開発し、どの技術を磨いていくべきかの判断を自ら真剣に行い、相応のコスト負担を担い、民間主導のイノベーションを達成すべきである。

(2) 原子力関係組織の連携による知識基盤の構築

原子力利用の基盤強化において、新技術を市場に導入する事業者と、技術創出に必要な新たな知識や価値を生み出す研究開発機関や大学との連携や協働は重要です。ところが、我が国の原子力分野では、このような分野横断的・組織横断的な連携が十分とはいえず、科学的知見や知識も組織ごとに存在している状況です。このような現状を踏まえ、原子力委員会は、2017 年 7 月に取りまとめた「原子力利用に関する基本的考え方」において、研究開発機関や大学、原子力関係事業者の原子力関連機関が、情報交換しつつ、それぞれの役割を互いに認識し尊重し合いながら連携や協働を行う場を構築し、まずは、科学的知見や知識の収集・体系化・共有により厚い知識基盤の構築を進めるべき旨を指摘しました。このような連携により、研究機関や学協会、原子力関連事業者が情報交換しつつ連携・協働し、厚い知識基盤の構築を進め、企業側では、学理を修得した人材により、深い知識に基づいた不断の技術向上等が可能となり、一方、研究機関や大学では、俯瞰的能力を持つ人材の育成や重要な研究開発テーマの抽出等が可能となるといった、相乗効果も得られると期待されます。

「原子力利用に関する基本的考え方」に示された
研究開発機関と原子力関係事業者の連携・協働の推進の考え方

新しい技術を市場に導入するのは主として原子力関係事業者である一方、技術創出に必要な新たな知識や価値を生み出すのは研究開発機関や大学であり、両者の連携や協働が重要である。効果的な具体的取組としては、まず第一歩として原子力関係事業者と研究開発機関との間の壁を越えた知識基盤を構築すること、その上で、新しい技術を迅速に市場に導入するための連携や協働を進めること、の 2 つが挙げられる。しかしながら、我が国の原子力分野ではこのような取組は十分とは言えず、科学的知見や知識も組織ごとに存在している状況である。

このため、研究開発機関や大学、原子力関係事業者の原子力関連機関が、情報交換しつつ、それぞれの役割を互いに認識し尊重し合いながら連携や協働を行う場を構築し、まずは、科学的知見や知識の収集・体系化・共有により厚い知識基盤の構築を進めるべきである。その際、国民への便益の観点や世界的な潮流をしっかりと把握した上で分野を選択すべきである。現時点において、具体的には、例えば軽水炉利用長期化、過酷事故対策・防災、廃止措置・放射性廃棄物等の分野が考えられる。あわせて、こうした連携や共同の中で専門的人材の育成が図られることも期待する。

原子力委員会は、「軽水炉長期利用・安全」、「過酷事故・防災等[1]」、「廃止措置・放射性廃棄物[2]」の 3 つのテーマで、産業界と研究機関等の原子力関係機関による連携プラットフォーム（図 8-1）を立ち上げました。各プラットフォームでは、関係者間の意見交換、国内外の情報の収集と共有・公開、報告書・解説・研修資料等の作成等、厚い知識基盤の構築に向けた取組を進めています。

[1] 第 1 章 1-3(3)「過酷事故・防災プラットフォーム」を参照。
[2] 第 6 章 6-3(4)「廃止措置・放射性廃棄物プラットフォーム」を参照。

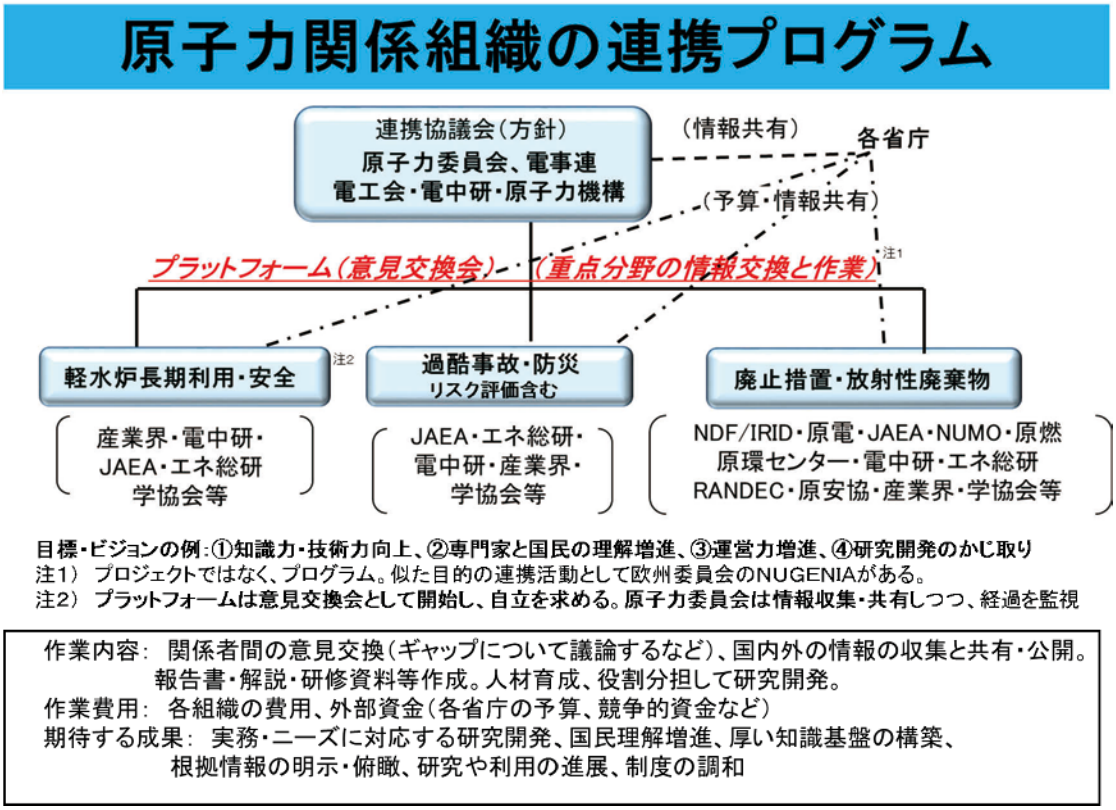


図 8-1　原子力関係組織の連携プログラム

（出典）第 14 回原子力委員会資料第 2-1 号 原子力委員会「『原子力利用の基本的考え方』のフォローアップ～原子力関係組織の連携・協働の立ち上げ～」（2018 年）に基づき作成［5］

（3） 研究開発機関の変革

原子力機構は、我が国における原子力に関する総合的研究開発機関として、原子力の持続的な利用と発展に資する基礎的・基盤的研究等を担っています。

国内外の環境の変化や国際潮流等を的確に踏まえて研究開発成果を最大化していくためには、意識改革にとどまらず、目標管理手法をはじめとした経営上の手法・仕組み等の具体的な組織マネジメントの改善を進めていくことが必要です。さらに、我が国全体の原子力利用の基盤と国際競争力の強化に資するため、プロジェクトの抽出とその実施を重視する従来の志向から脱却し、ニーズ対応型の研究開発を行うとともに、その駆動力としての役割を果たすことが求められています。また、我が国全体の原子力利用の基盤と国際競争力の強化に資する研究開発において主導的な役割を果たせるよう、保全活動の継続的な改善や安全文化の醸成を含め、原子力機構全体の自主的安全性向上活動に取り組むことが望まれます。

また、原子力委員会は、2019 年 2 月の「国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が達成すべき業務運営に関する目標（中長期目標）の変更について（答申）」［6］において、原子力機構の変革を求めることを目的として、13 の事項について検討を行い、その結果につ

いて報告することを求めています。それらのうち、原子力機構の役割、研究開発の方向性、イノベーションへの取組、それらを実現するための経営や運営等に係る主な事項は以下のとおりです。

- 原子力機構は、①大型研究開発施設の建設運転、②放射性物質と放射線を取り扱える施設の利用、③職員数が多く、組織的な活動が国内外において行えること、④知識基盤を安全規制側と共有できる可能性があること等、国内の他機関にない特徴を生かして、原子力機構の各組織と施設が、生き残りをかけて、産業界等との共同作業等を通じて、創意工夫し、機構の役割を発揮することができるよう検討すること。
- 国の原子力研究開発の意義が国民へのその便益の還元であることを踏まえ、軽水炉利用長期化、電力事業の環境変化、原子力施設の廃止措置の増加等の新しい環境への適合について、検討すべきである。その際には、イノベーションにおける機構の役割と特徴を生かす視点が重要である。イノベーションを炉そのものの開発と狭くとらえるのではなく、材料や燃料、機器等の要素技術やその利用技術をカバーするものと広くとらえて、軽水炉等の要素技術に関してもイノベーションを進めるべく、原子力機構の持つ機能と能力を発揮できるようにする必要がある。その場合に、人工知能技術、モノのインターネット、微小電気機械システム等の汎用目的技術等が関連しながらイノベーションが進むことに、原子力分野においても留意すること。
- 高速炉開発については、「原子力利用に関する基本的考え方」、「技術開発・研究開発に対する考え方」を参照し、2018 年 12 月に原子力関係閣僚会議が決定した「戦略ロードマップ」［7］に記載された原子力委員会からの意見と、2018 年 12 月の「高速炉開発について（見解）」［8］も踏まえて、原子力機構としての対応を検討すること。
- 核燃料サイクル研究開発については、自らの技術開発施設の廃止措置のみならず、発電炉の廃止措置、東電福島第一原発の廃止措置に役立つように、放射性廃棄物処理処分、除染、減容等の技術開発を検討すること。
- 外部の意見や批判を取り入れる仕組みを再構築し、それを真に機能させ、原子力機構の経営と運営の改善に生かす必要がある。組織を細分化せず、中間管理職の責任を明確にしつつ、原子力機構内外の関係組織相互の共同作業等を機能させ、研究開発や仕事を通じて職員の能力向上に努めること。
- 業務運営に関わる様々なリスクを低減するために、リスクマップを作成するなどして、組織的なリスク管理を業務に取り入れることを検討すべきである。外部とのコミュニケーションにその成果を役立て、透明性の向上に努めること。
- 原子力研究開発や原子力事業をめぐる環境変化は、欧米が先行した例も多く、その教訓や欧米のピアレビュー結果を、今後の業務運営に生かすこと。
- 基礎基盤研究の知識基盤構築、大学等との教育研究における連携、原子力の魅力の発信や根拠情報の作成提供等への貢献を図ること。

原子力機構は、2019 年 10 月に将来ビジョン「JAEA 2050 +」を公表しました［9］。この将来ビジョンは、「エネルギー基本計画」や、「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」、Society 5.0、持続可能な開発目標（SDGs）を踏まえ、原子力機構が将来にわたって社会に貢献し続けるために、2050 年に向けて何を目指し、そのために何をすべきかを取りまとめたものと位置付けられています。将来ビジョンにおいて原子力機構は、2050 年に向けて目指すこと及びなすべきこととして、以下のような方針を示しています。

- 原子力のポテンシャルを最大限活用し、将来社会の変革に向けた貢献をめざす
  - ➢ 原子力科学技術で、気候変動問題の解決に貢献
  - ➢ 安全性を向上させた核燃料サイクルを含むエネルギーシステムにより、エネルギーの安定確保に貢献
  - ➢ 原子力科学技術を通じて未来社会（Society 5.0）の実現に貢献
- 東電福島第一原発事故の反省のうえに立って原子力安全の価値を再認識した“新原子力”の実現をめざす
  - ➢ “新原子力”：従来の取組を超えて、将来社会への貢献をめざし、社会との双方向の対話とともに以下の実現をめざす新たな取組
    - ✓ 一層の安全性向上を含む「S＋3E[3]」と社会的課題の解決に応える原子力科学技術システムの構築
    - ✓ 他分野との積極的な融合によるイノベーションの創出
  - ➢ “新原子力”の実現に向けて、原子力を巡る倫理的、法的、社会的問題（ELSI[4]）を含めた諸課題に原子力科学技術を駆使して挑戦し、解決策を提案
- “新原子力”を実現するための研究開発
  - ➢ ①安全の追求、②革新的原子炉システムの探求、③放射性物質のコントロール、④デコミッショニング改革、⑤高度化・スピンオフ、⑥新知見の創出、の 6 つの研究テーマを設定し、多岐にわたる研究開発を横断的かつ戦略的に推進
- 持続可能な原子力利用のための取組・挑戦
  - ➢ 「放射性物質のコントロール」と「デコミッショニング改革」を通じて、バックエンド問題に着実に取り組み、原子力科学技術の研究開発のサイクルを構築
    - ✓ 将来の原子力利用につながる、これまでの原子力利用で発生した“原子力レガシー”への取組、新たな産業分野づくりへの貢献
    - ✓ 環境負荷低減に向けた取組への挑戦
- 国際協力・国際貢献、地域の発展
  - ➢ 原子力先進国との研究開発協力、国際機関や原子力新興国への貢献、研究開発成果

[3] 「第 5 次エネルギー基本計画」で掲げているエネルギー基本政策の視点で、安全性（Safety）を前提とし、エネルギーの安定供給（Energy security）、経済効率性の向上（Economic efficiency）、環境への適合（Environment）の頭文字をとったもの。

[4] Ethical, Legal and Social Issues

の国際社会への普及・展開等に積極的に取り組む

- ➢ 核不拡散、核セキュリティの体制強化に貢献していく
- ➢ 地域の一員として地域の発展のために貢献していく

- 組織づくりと人材確保・育成
  - ➢ 原子力コミュニティだけにとどまらず、他分野のセクターと連携・協働し、将来社会に貢献できる組織をつくる
  - ➢ 幅広い分野からの人材の確保・育成を進める

8－2 基礎基盤の強化とイノベーションの推進

我が国における国立研究開発機関である原子力機構は、産業界等のニーズを踏まえた原子力分野の基礎基盤構築を行っていくことが重要な役割として期待されています。しかし、新規制基準への対応や高経年化により、原子力機構の全 89 施設のうち、現在廃止中のものを含めて 43 施設が廃止施設となっており、原子力分野の基礎基盤の弱体化が懸念されています。

加えて、大学等の研究教育基盤や産業界の原子力開発基盤も同様に弱体化の懸念があるため、人材や研究開発設備、体系化された知識基盤の充実強化が必要です。

今後、原子力分野でイノベーションを進めていくためにも、そこから生み出される知識基盤を研究開発機関と産業界が共有し、連携していくことが必要です。

(1) 原子力分野の基盤研究開発に関する取組

① 基礎基盤研究開発と研究開発基盤の強化の重要性

研究用原子炉（以下「研究炉」という。）や放射性物質を取り扱う研究施設等の基盤的施設・設備は、研究開発や人材育成の基盤となる不可欠なものです。しかし、新規制基準への対応や高経年化により、大学及び研究開発機関等における利用可能な基盤的施設・設備等は減少し、研究開発及び人材育成に影響が出ています。このように我が国における基盤的施設・設備の強化・充実が喫緊の課題となっていることから、国、原子力機構及び大学は、長期的な見通しの下に求められる機能を踏まえて選択と集中を進め、国として保持すべき研究機能を踏まえてニーズに対応した基盤的施設・設備の構築・運営を図っていく必要があります。

また、原子力機構等の研究開発機関が有する基盤的施設・設備は、研究開発の進展に貢献するのみならず、それを通じた異分野も含めた多種多様な人材の交流や連携、協働による、効果的かつ効率的な成果の創出への貢献も期待されます。そのため、産学官の幅広い供用の促進や、そのための利用サービス体制の構築（関連人材や技術支援を含む）、共同研究等を充実させることが求められます。現在、原子力に関する基礎的・基盤的な研究開発は、主に原子力機構、量研及び大学等で実施されています。

原子力機構は、原子力に関する総合的研究開発機関として、核工学・炉工学研究、燃料・材料工学研究、環境・放射線工学研究、先端基礎研究、高度計算科学技術研究等、原子力の持続的な利用と発展に資する基礎的・基盤的研究等を総合的に推進しています。核工学・炉工学研究では、原子炉設計のみならず放射線医療や宇宙物理研究等で広く利用されている汎用評価済み核データライブラリーの整備を行っています［10］［11］。前述の原子力機構の将来ビジョン「JAEA 2050 +」では、原子力科学技術の基礎基盤研究と原子力エネルギーのための研究開発の両方において、従来の研究の枠組みを超え、他分野との協働・融合により、イノベーション創出を目指す方針が示されています［9］。

量研は、量子科学技術についての基盤技術から重粒子線がん治療や疾病診断研究等の応

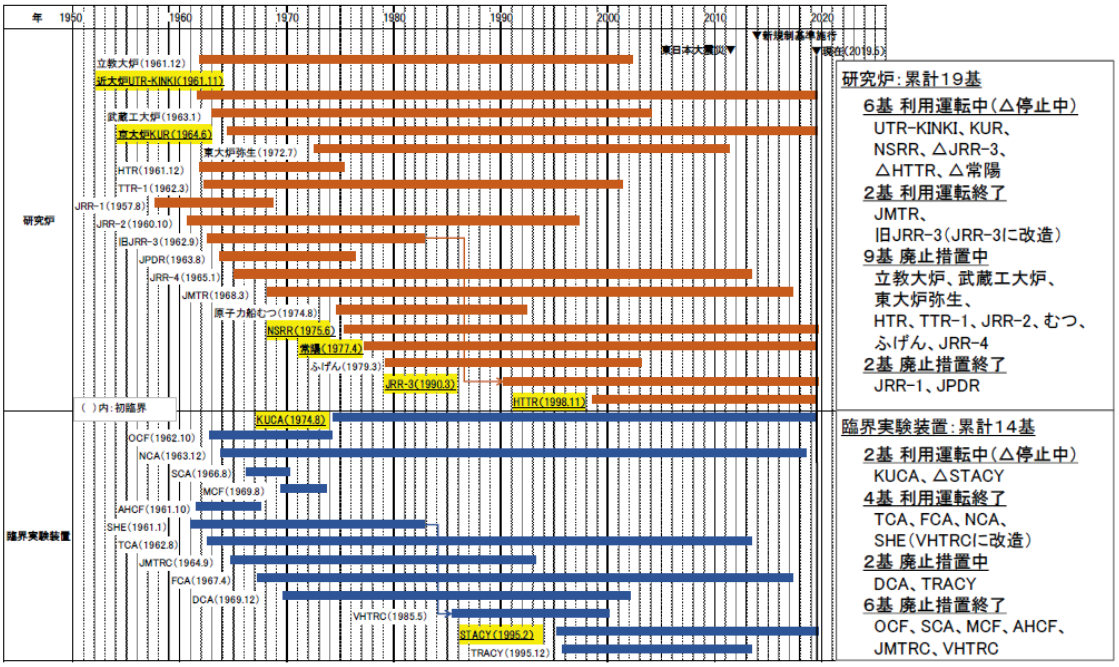
用までを総合的に推進する体制となっています。これまで国立研究開発法人放射線医学総合研究所が担ってきた放射線影響・被ばく医療研究についても引き続き実施するとともに、東電福島第一原発事故対応を教訓として、放射線影響に対する研究成果を平易な言葉で国民に伝えることを意識した取組が期待されています。

②　研究炉等の運転再開に向けた審査状況

研究炉等は、我が国の原子力研究開発基盤を支えるとともに、原子力人材を養成する場として必須です。国、原子力機構及び大学は、長期的な見通しの下に求められる機能を踏まえ、国として保持すべき研究機能を踏まえてニーズに対応した基盤的施設・設備の構築・運営を図っていく必要があります。そのためには、施設の規模に応じた安全確保として、新規制基準に対応した上での研究炉等の運転再開や、高経年化した施設の対応を進めていくことが求められます。

原子力機構及び大学等の研究炉や臨界実験装置は、最も多い時期には 20 基程度運転していましたが、現在は 8 基までに減少し（図 8-2）、更に高経年化も進んでいます。また、東電福島第一原発事故以降は、新規制基準対応のため、全ての研究炉が一旦休止しました。運転停止中の原子力機構の研究炉のうち、原子炉安全性研究炉（NSRR）、定常臨界実験装置（STACY[5]）、JRR-3、高温工学試験研究炉（HTTR[6]）は新規制基準への適合に係る設置変更が許可され［12］［13］、NSRR については 2018 年 6 月に運転が再開されました［14］。STACY に関しては 2021 年 2 月頃の運転再開が計画されており［15］、HTTR については 2020 年度中の運転再開が計画されています［16］。「常陽」については、現在、新規制基準への適合性確認に係る申請を行い、審査対応を進めています。また、現在、京都大学臨界集合体実験装置（KUCA）、京都大学研究用原子炉（KUR[7]）、近畿大学原子炉は、新規制基準への適合に係る設置変更が原子力規制委員会により許可（承認）され、使用前及び定期検査合格を経て運転を再開しています［17］［18］［19］。

[5] Static Experiment Critical Facility
[6] High Temperature Engineering Test Reactor
[7] Kyoto University Research Reactor



出典:日本原子力学会「我が国における研究炉等の役割について 中間報告書」図4を令和元年5月時点に更新

図 8-2 我が国の主な研究炉等施設

(出典)第 21 回原子力科学技術委員会資料 3-1 文部科学省「原子力イノベーションの実現に向けた研究開発・人材育成の方向性について」(2019 年) [20]

③ 原子力研究開発施設の集約化・重点化

文部科学省は、科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会原子力科学技術委員会の下に、原子力研究開発基盤作業部会(現在は原子力研究開発・基盤・人材作業部会に統合)を設置し、国として持つべき原子力研究開発機能の維持に必須な施設及び、その運営の在り方等についての整理・検討を行いました。2018 年 4 月に発表された「中間まとめ」 [21]では、国として持つべき原子力の研究開発機能について、東電福島第一原発事故の対処に係る廃炉等の研究開発、原子力の安全性向上に向けた研究、原子力の基礎基盤研究、高速炉の研究開発、放射性廃棄物の処理・処分に関する研究開発等、核不拡散・核セキュリティに資する技術開発等及び人材育成の大きく 7 つに整理しています。

なお、2018 年 7 月に閣議決定された「第 5 次エネルギー基本計画」 [22]において、多様な社会的要請の高まりも見据えた原子力関連技術のイノベーションを促進するという観点が明記され、産学官の垣根を越えた人材・技術・産業基盤の強化を進めるために、研究開発、技術基盤、人材育成等の課題を総合的に検討していく必要性が指摘されたことを受け、原子力研究開発基盤作業部会も含めた複数の作業部会は、2019 年 8 月に「原子力研究開発・基盤・人材作業部会」に改組・統合されています [23]。

原子力機構が管理・運用している原子力施設は、研究開発のインフラとして欠かせないものです。2020 年 3 月現在、加速器施設等も含めて 11 施設・設備が供用施設として大学、研

究機関、民間企業等に属する外部研究者に提供されており［24］、東電福島第一原発事故以前は、現在量研に移管されたイオン照射研究施設（TIARA[8]）等も含め、年間 1,000 件程度の利用実績がありました［25］。しかし、施設の多くは高経年化への対応が課題となっており、また、2011 年 3 月の東電福島第一原発事故を受けて導入された新規制基準への対応のため、継続利用には多額の費用がかかることが見込まれ、閉鎖する施設の廃止措置及び放射性廃棄物の処理・処分等のバックエンド対策にも多額の費用が発生します。これらの状況を踏まえ、原子力機構は、「施設の集約化・重点化」、「施設の安全確保（高経年化対策、新規制基準対応・耐震化対応等）」、「バックエンド対策」を三位一体で進める総合的な計画として、「施設中長期計画」を 2017 年 4 月に策定しました（2019 年 4 月改定）［15］。また、バックエンド対策については、東海再処理施設の廃止措置に 70 年間を要すると見込まれるなど長期にわたる対応が必要であるため、2018 年 12 月に、放射性廃棄物の処理・処分を含めた長期（約 70 年）にわたる見通しと方針を示した「バックエンドロードマップ」を取りまとめました［26］。なお、前述の「施設中長期計画」は、バックエンドロードマップの当面（第 1 期）の活動を具体化し、施設の「バックエンド対策」だけでなく「施設の安全確保」、「施設の集約化・重点化」を整合的に計画したものと位置付けられています［27］。

施設の集約化・重点化に当たっては、最重要分野とされる「安全研究」及び「原子力基礎基盤研究・人材育成」に必要不可欠な施設や、東電福島第一原発事故への対処、高速炉研究開発、核燃料サイクルに係る再処理、燃料製造及び廃棄物の処理処分研究開発等の原子力機構の使命達成に必要不可欠な施設については継続利用とする方針の下で、検討が進められました。全 89 施設のうち、現在廃止中のものを含めて 43 施設が廃止施設とされています（図 8-3）。廃止施設の中には、我が国で唯一の材料試験炉である JMTR[9]も含まれており、2019 年 9 月には原子力規制委員会に対して廃止措置計画の認可が申請されました［28］。

[8] Takasaki Ion Accelerators for Advanced Research Application
[9] Japan Materials Testing Reactor

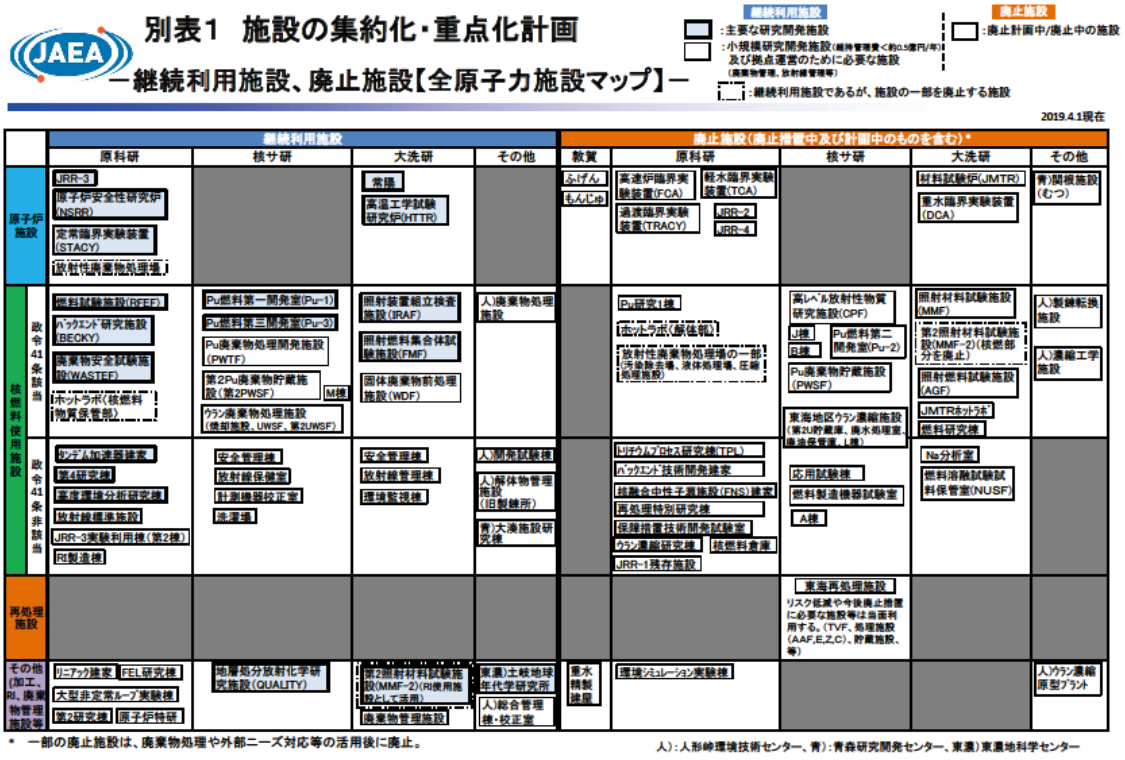


図 8-3 原子力機構における施設の集約化・重点化計画

(出典)原子力機構「施設中長期計画の概要」(2019 年) [29]

原子力機構は、JMTR 廃止により機能が失われる照射利用については、後継炉や代替照射機能を検討する方針です。短・中期的には、我が国の原子力研究に係る国際供用の在り方の取りまとめや、海外炉を用いた照射場評価に関する研究を実施し、長期的には JMTR 後継炉検討委員会を設置し、後継炉の提案を検討するとしています [30]。

文部科学省の原子力科学技術委員会の 2019 年 6 月の会合では、研究基盤施策に関する今後の検討の方向性や論点として、以下のような点が提起されています [20]。

- 限られた研究施設を我が国全体としてより効果的・効率的に活用するための方策
- 高度な研究施設の大部分を運用し、原子力に関する多様な人材・知見が集う原子力機構の在り方
  - ➢ 原子力機構については、原子力研究開発・人材育成施策全体のイノベーション志向化の中で、イノベーションハブとして、その中核的役割を果たすことが求められるのではないか
  - ➢ そのためには、従来の研究開発の主体としての役割に加え、今後は、高度な研究基盤の担い手としての役割に重点を置き、大学や産業界との連携の場として、我が国の人材育成・研究開発を支えていくことを追及すべきではないか
  - ➢ 具体的には、効果的で使い勝手の良い施設共用の仕組みの構築や、原子力機構が有

する研究施設・知見・人材を活用したイノベーション創出のための外部機関との効果的連携の方策を検討すべきではないか

- 海外の研究基盤の活用と、そのための研究開発施策との連携

④　原子力イノベーション追及の取組

2020 年 7 月に閣議決定された「統合イノベーション戦略 2020」［31］においては、原子力について「安全性・信頼性・効率性の一層の向上に加えて、再生可能エネルギーとの共存、水素製造や熱利用といった多様な社会的要請の高まりも見据えた原子力関連技術のイノベーションを促進するという観点が重要である。エネルギー基本計画等に基づき、革新的な原子炉開発を進める米国や欧州の取組も踏まえつつ、戦略的柔軟性を確保するとともに、2050 年に向けては、人材・技術・産業基盤の強化に直ちに着手し、安全性・経済性・機動性に優れた炉の追求、バックエンド問題の解決に向けた技術開発を進めていく。」としています。

また、原子力委員会が 2018 年 6 月に公表した「技術開発・研究開発に対する考え方」を踏まえ、2019 年 4 月の第 20 回総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会では、資源エネルギー庁原子力政策課と文部科学省原子力課が共同で、「原子力イノベーションの追求について」と題した資料を公表しました［32］。この中で両者は、以下のような取組を通じて、民間の創意工夫を生かした原子力イノベーションを創出するとの方向性を示しています。

- 技術開発の方向性の共有、ステークホルダーとの対話
  - ➢ 政府はエネルギー基本計画等を通して、原子力政策全体の方向性を提示。
  - ➢ 技術開発の方向性や、ユーザー（電気事業者等）のニーズ等の多様な認識を、関係者間で議論・共有し、認識の共有化を図る。
- 技術開発支援
  - ➢ 技術の成熟度や開発主体に応じた、きめ細かい支援策を講じ、多様な技術開発を推進する。
  - ➢ ユーザー（電気事業者等）の視点も取り入れた適切な評価・絞り込みを実施する。
- 研究基盤の提供
  - ➢ 原子力機構が産業界・大学・海外等を繋ぐハブの役割を果たし、多様な技術開発に設備・知見を提供。
  - ➢ 原子力に限定しない多様な分野の知見を取り入れる。
- 人材育成
  - ➢ 他組織・他分野との融合や国際協力を通じて、人材育成の拠点を形成。
  - ➢ 育成プランの修正・統合を進め、効果的な人材育成を実施。
- 規制との対話
  - ➢ 今後の規制との対話のあり方について検討。

両者は、開発に関与する主体が有機的に連携し、基礎研究から実用化に至るまで連続的に

イノベーションを促進することを目指し、NEXIP（Nuclear Energy × Innovation Promotion）イニシアチブを立ち上げました。具体的には、文部科学省の「原子力システム研究開発事業」と経済産業省の「原子力の安全性向上に資する技術開発事業」及び「社会的要請に応える革新的な原子力技術開発支援事業」について、原子力機構の研究基盤等も活用しながら、相互に連携することにより、原子力イノベーションの創出が目指されています（図 8-4）［33］。

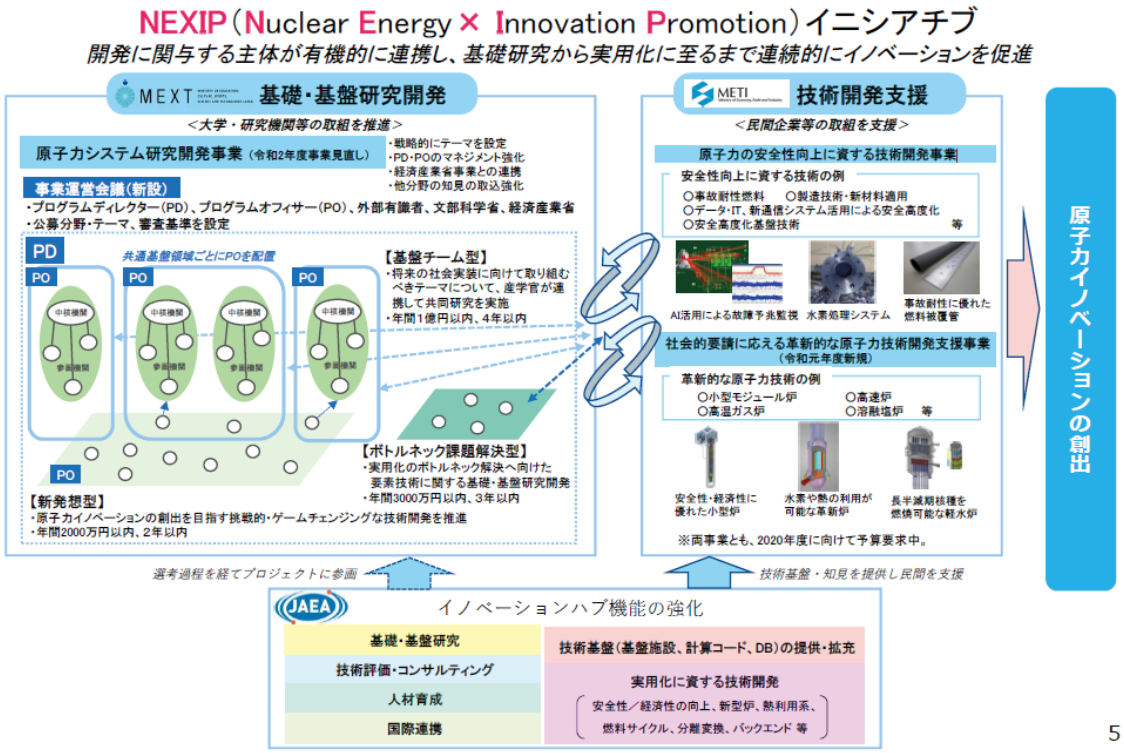


図 8-4　NEXIP イニシアチブにおける文部科学省及び経済産業省の研究開発・技術開発支援事業の位置づけ

（出典）第 2 回原子力科学技術委員会原子力研究開発・基盤・人材作業部会資料 1-1　文部科学省「原子力イノベーションの実現に向けた研究開発事業の見直しについて」（2019 年）［33］

特に、経済産業省の「社会的要請に応える革新的な原子力技術開発支援事業」は、民間の創意工夫を生かした原子炉技術のイノベーションを実現することを目的とし、2019 年度に新たに開始されました。同事業では、民間団体等に補助金を支給し、更なる安全性・信頼性、経済性、機動性の向上や、エネルギーの多目的利用、廃棄物対策の実現等の社会的要請に応える炉型の開発を支援するものです［34］。

コラム　～米国の研究開発支援の取組～

米国でも、原子力研究開発支援の取組が実施されています。支援は主に米国エネルギー省（DOE）からの補助金等の形で行われています。

このうち、原子力発電実現技術（NEET[10]）プログラムは、DOE の原子力エネルギー局が実施しています。NEET プログラムでは、新型炉や次世代の燃料サイクル技術開発を補完するような、分野横断的な革新的技術開発の支援を目的としており［35］、以下のようなテーマを対象としています［36］。

- 革新炉や次世代燃料サイクル施設をモニタリングするための、革新的なセンサ・計装システム
- 原子炉建設のコスト低減に寄与する革新的な原子炉機器製造技術
- 冷却材の使用と消費量を最小限にする革新的冷却技術
- 産業部門や運輸部門での活用やエネルギー貯蔵等も考慮した、総合的なエネルギーシステムの開発
- サイバーセキュリティ

これらの技術開発の取組を支援するために、DOE 傘下の国立研究所等が有する幅広い研究開発リソースを民間企業に提供する、原子力分野のイノベーション加速プログラム（GAIN）も活用されています。

[10] Nuclear Energy Enabling Technologies

(2) 基礎基盤研究を踏まえた原子力研究開発の状況

① 軽水炉利用に関する研究開発

1950 年代、1960 年代には様々な炉型の数十基の試験炉が建設されましたが [37]、これらのうち、軽水炉は最も多く建設され、利用されてきた炉型です。2017 年末時点では、世界で運転中の 448 基の原子炉のうち軽水炉は 367 基で、発電設備容量では約 89%を占めています。国内外における原子力発電の主流は軽水炉によるものであり、現在も世界の多くの国で継続的に利用され、新規建設も行われています。

そのため、高経年化対策、稼働率向上、発電出力の増強、安全性向上、過酷事故対策、建設期間の短縮、建設性の向上、セキュリティ対策等の様々な課題に対応するための研究開発を今後も行っていく必要があります。また、産業界のみならず関係組織全体でこれらの研究開発に取り組む必要があり、特に、大学や研究開発機関を含む専門家等が、それぞれの立場に立って協力・競争することで課題解決を行っていくことが重要です。

米国の国立研究所では、軽水炉持続プログラム等が進められています。また、欧州における第 2、第 3 世代軽水炉研究開発の横断的国際連携取組である NUGENIA[11]でも、EU の研究開発枠組計画による資金提供を受けるプログラムを中心として、EU 域内で長期運転を行う軽水炉の安全確保に関する研究プログラム等、様々なプログラムが実施されています [38]。

コラム ～NUGENIA の研究開発テーマ～

NUGENIA は、第 2、第 3 世代軽水炉技術の研究開発連携プラットフォームです。安全で信頼性、競争力のある原子力技術を実現するために、欧州を中心とする原子力関係組織や大学・産業界から 100 以上の組織が参加しており、これらの参加組織が協力・分担して 10 数件の研究開発テーマを実施しています。各プロジェクトは 2 年間から 4 年間の計画で進められ、その多くは EU の研究開発枠組計画（FP[12]）による資金提供を受けています。資格認証等の人材育成が組み込まれていることも特徴です。

NUGENIA は、「プラント安全とリスク評価」、「シビアアクシデント」、「原子力発電所運転改善」、「構造物、系統及び機器（SSC）の整合性」、「燃料開発、廃棄物管理、廃止措置」、「先進的大型軽水炉設計・技術」、「欧州検査・資格ネットワーク（ENIQ[13]）」の 7 つの主要技術エリアで構成されています [38]。

[11] Nuclear Generation II & III Alliance
[12] Framework Programmes
[13] European Network for Inspection and Qualification

コラム　～米国エネルギー省（DOE）における軽水炉持続プログラム（LWRS）～

DOE は、既存の商用炉の経済性の改善、安全性や技術的な信頼性の向上に貢献する技術やソリューションの研究開発のために、LWRS[14]を実施しています。2020 会計年度には、LWRS のために 4,700 万ドルの予算が歳出法により賦与されています。LWRS では、以下に示すようなプログラムが実施されています［39］。

プログラム名	概要	目的
材料研究	原子炉の材料の長期劣化の挙動を理解し予測するための、科学的な基盤を開発する研究開発	規制機関と原子力産業界の双方に成果を提供しつつ、構造物、系統及び機器の供用期限や材料の経年化緩和アプローチの決定に活用
リスク情報を活用した系統の分析	運転中のプラントの経済的な競争力向上に向けて、統合的なプラントの系統分析のソリューションを提供し、経済性、信頼性及び安全性に関連する意思決定を支援する研究開発	プラントへの影響、物理的な高経年化、劣化プロセスを統合することにより、プラントの経済的パフォーマンス及び安全性を最適化するために活用
プラントの近代化	イノベーション、デジタル技術を活用した効率性の向上を通じて、現在及び将来のエネルギー市場におけるプラントの経済的妥当性に対応する研究開発	技術に重点を置いたビジネスモデルプラットフォームを構築することで、より小さいコストでのパフォーマンスの改善を支援し、プラントの系統やプロセスの近代化を実現
柔軟なプラントの運転及び発電	軽水炉の収益の多様化と向上を目的とし、コージェネレーションのための技術的な実現可能性、潜在的な経済性、許認可における検討事項を明確化するための研究開発	再生可能エネルギー発電の増加に、運転中の原子炉がより容易に対応できるようにするとともに、製造業の低炭素化のために原子力を柔軟にエネルギー源として活用する可能性を実証
物理セキュリティ	費用対効果が高く、最新の物理セキュリティ体制の導入に活用できる方法やツールを検証するための研究開発	企業がセキュリティモデルを構築するに当たって、過度の保守化防止、自動化の活用、セキュリティ状態の最適化、セキュリティ変更の評価においてリスク情報を活用したアプローチの実現に貢献する成果を創出

（出典）DOE「Department of Energy FY 2021 Congressional Budget Request Volume 3 Part 2」（2020 年）［39］

[14] Light Water Reactor Sustainability

コラム　～米国電力研究所（EPRI）の原子力研究領域～

EPRI は、プロジェクトを提案し、賛同する機関から費用を集めて研究開発を実施しています。そのため、その研究領域には、原子力事業者、原子炉メーカー等の原子力産業界が注力しようと考えている研究開発分野が反映されることになります［40］。

EPRI は、米国原子力規制委員会（NRC）と、原子力安全研究協力に関する覚書を締結しています。覚書では、EPRI の原子力産業界からのニーズを踏まえた研究と NRC の原子力安全規制研究それぞれから得られるデータや成果は EPRI と NRC の両者にとって価値があり、リソースの有効活用や取組の重複回避のため、費用分担が適切で互いの利益となる場合には協力を行うとしています［41］。

このように、EPRI の研究開発の成果は、原子力産業界のみならず NRC によっても活用されています。EPRI の原子力に関する研究分野は、以下の 4 つの分野に区分されて実施されています［42］。

分野	概要
材料管理	原子炉の材料劣化メカニズムの理解を進め、劣化の検知・特徴付け・緩和・モニタリング、修理の技術を開発する。 【プログラム例：加圧水型軽水炉の蒸気発生器の管理、沸騰水型軽水炉の原子炉圧力容器と内部構造物、加圧水型軽水炉の材料信頼性、溶接修理技術センター非破壊検査】
燃料と化学	燃料破損を防止する技術的基盤を提供し、高い信頼性を維持しつつプラントの安全性と経済性を高めるために、燃料の改良オプションを調査する。水化学を改善するためガイダンスと技術を提供する。高レベルと低レベルの放射性廃棄物管理を強化し、放射線被ばくを減らす。 【プログラム例：燃料信頼性、使用済燃料と高レベル廃棄物管理、放射線安全、水化学制御、核燃料の産業研究】
プラント性能	高い機器信頼性と強化されたプラント安全に寄与し、原子力発電所所有者が技術的に健全な設計、保守、及び運転上の決定をできるようにするツール、技術、及び実施要領を提供する。 【プログラム例：原子炉メンテナンス・アプリケーションセンター、プラント工学、計測制御、リスクと安全管理】
戦略的イニシアティブ	技術やプロセスの採用や、新しいプラントに係るリスクを減らすツールとガイドに、プラント運転経験と研究結果を組み入れる。長期運転やフレキシブルな原子力発電所の運転に関する意思決定のための情報提供を行う。廃炉作業の改良アプローチを提供する。原子力発電所の運転を改善する機会を探究する。 【プログラム例：高度な原子力技術、環境修復と廃炉の技術、弾力的運転、原子力発電所近代化】

（出典）EPRI「Research Areas」［42］

②　高温ガス炉研究開発

高温ガス炉は、外部から手を加えることなく自然に炉心が冷却される固有の安全性を有しています。発電のみならず、900℃を越える高温の熱を供給することが可能であり、その多様な産業利用についても期待されています。

原子力機構は、高温ガス炉の基盤技術の確立を目指し、高温工学試験研究炉（HTTR）を建設し、その運転・試験を進めています（図 8-5）。HTTR は、1998 年 11 月に初臨界を達成した後、2010 年 3 月に定格出力 3 万 kW、原子炉出口冷却材温度約 950℃での連続運転を実現しました。原子力機構は、2014 年 11 月に、原子力規制庁に新規制基準への適合性審査に係る設置変更許可申請を行い、2020 年 6 月に許可を取得しました。現在、2020 年度中の運転再開を目指し、作業を進めています。また、HTTR が達成した 950℃の熱供給能力を有効利用できる革新的水素製造技術（熱化学 IS[15]プロセス）の開発を進め、2019 年 1 月には試験設備において約 150 時間の水素製造試験を実施しました。



図 8-5　高温工学試験研究炉　HTTR

（出典）原子力機構大洗研究開発センター「高温工学試験研究炉」[43]

③　高速炉に関する研究開発

高速炉及びそのサイクル技術（高速炉サイクル技術）は、使用済燃料に含まれるプルトニウムを燃料として再利用する技術です。「第 5 期科学技術基本計画」［1］及び「第 5 次エネルギー基本計画」［22］においては、研究開発に取り組むこととしています。

第 2 章で述べたように、2018 年 12 月、「高速炉開発の方針」［44］に基づき、今後 10 年程度の開発作業を特定する「戦略ロードマップ」［7］が取りまとめられました。今後、①競争を促し、様々なアイディアを試すステップ、②絞り込み、支援を重点化するステップ、③今後の開発課題及び工程について検討するステップ、の 3 つのステップに大きく区分して研究開発を進めていく計画が示されており、当面 5 年間程度は、これまで培った技術・人材を最大限活用し、民間によるイノベーションの活用による多様な技術間競争を促進するとしています。

[15] Iodine-sulfur

原子力委員会は高速炉開発についての見解を 2018 年 12 月 18 日に決定し、「高速炉とその核燃料サイクルは、軽水炉使用済燃料の再処理の延長上にあり、日本原燃の再処理工場の竣工と順調な運転を確認するのに今後数年間は必要である。国民の利益や原子力発電技術の維持、国際市場への対応の観点で検討を進めること、また、これまで得られてきた技術的成果や知見を踏まえて、その在り方や方向性を将来にわたって引き続き検討していくことが必要である。その際には、原子力委員会の「技術開発・研究開発に対する考え方」等にて示されている考え方を尊重することを期待する。」と述べています［8］。

1）　高速実験炉原子炉施設（「常陽」）

「常陽」は、1977 年 4 月の初臨界以来、高速増殖炉の開発に必要なデータや運転経験を蓄積しています。これまでに、累積運転時間約 70,798 時間、累積熱出力約 62.4 億 kWh（発電設備を有しないため電気出力はない）に達しており、588 体の運転用燃料、220 体のブランケット燃料及び 101 体の試験燃料等を照射し、高速炉炉心での燃料集合体や燃料ピンの安全性と照射特性を明らかにしてきました。運転再開に向けて、原子力機構は 2017 年 3 月に、新規制基準への適合性審査に係る設置変更許可申請を行いましたが、申請書に記載の熱出力と設備能力が整合していない、事故想定等に関して先行する高温工学試験研究炉[16]（HTTR）の審査で得られた知見が反映されていない等が原子力規制委員会から指摘され、審査保留となりました［45］。原子力機構は設置変更許可申請書を見直して 2018 年 10 月に補正申請を行い、原子力規制委員会は同年 11 月 20 日の審査会合から審査を開始しました［46］。

2）　高速増殖原型炉もんじゅ

「もんじゅ」（図 8-6）については、トラブル等の影響により 2010 年以降運転を停止していましたが、2016 年 12 月の原子力関係閣僚会議において、運転再開はせず廃止措置へ移行し、今後の高速炉研究開発における新たな役割を担うよう位置付けることとされました［47］。これを受け、政府は、「もんじゅ」の廃止措置の安全、着実な実施に当たり原子力機構が準拠すべき「『もんじゅ』の廃止措置に関する基本方針」（2017 年 6 月）を定めました［48］。この基本方針に基づき、廃止措置が進められています。原子力規制委員会は、廃止措置の実施状況の監視や、燃料取出し工程等廃止措置に係る課題の検討を行っています。

原子力機構では、敦賀地区に実証部門を創設し、「『もんじゅ』の廃止措置に関する基本的な計画」の策定から約 5 年半での燃料体取出し作業を終了し、廃止措置作業をおおむね 30 年で完了することとしています。2018 年 3 月には原子力規制委員会から廃止措置計画の認可を受け［49］、2018 年 8 月からは燃料体の炉外燃料貯蔵槽から燃料池への移送が開始され、2019 年 9 月からは燃料体の炉心から炉外燃料貯蔵槽への移送が開始されています［50］［51］。

---

[16] 常陽と同一敷地内にあります。



図 8-6　高速増殖原型炉もんじゅ

（出典）原子力機構高速増殖原型炉もんじゅ/もんじゅ運営計画・研究開発センター「もんじゅとは」［52］

3）　高速炉開発に関する日仏協力

ASTRID[17]は、フランスが開発を進めているナトリウム冷却高速炉です。日仏両政府は、ナトリウム冷却高速炉の安全性向上のための共同設計を実施しているほか、安全性、原子炉技術、燃料等に関する共同研究を進めてきました。

ASTRID は当初は電気出力 600MWe の実証炉開発が計画されていましたが、フランスにおいて高速炉の研究開発方針の見直しが進んだ結果、2019 年 6 月、日仏政府間で高速炉研究開発協力に関する協力覚書が署名され、今後、高速炉協力に関するシミュレーションと実験に基づく研究開発を実施するための枠組みを定めることとなりました［53］。また 2019 年 12 月には、原子力機構、三菱重工業株式会社、三菱 FBR システムズ株式会社、仏原子力・代替エネルギー庁（CEA）及び仏 FRAMATOME 社の間で、ナトリウム冷却高速炉開発の協力に係る実施取決めが締結されました［54］。

④　核融合研究開発

核融合エネルギーは、軽い原子核同士（重水素、三重水素）が融合してヘリウムと中性子に変わる際、質量の減少分がエネルギーとなって発生するものです。将来的かつ長期的な安定供給が期待されるエネルギー源として、核融合研究開発は 1950 年代から本格的に開始され、現在は、「原型炉研究開発ロードマップについて（一次まとめ）」（2018 年 7 月）［55］等を踏まえ、量研、大学共同利用機関法人自然科学研究機構核融合科学研究所と大学等が相互に連携・協力して段階的に推進しています。

国際熱核融合実験炉（ITER）計画は、核融合エネルギーの科学的、技術的実現性を確立することを目指す国際共同プロジェクトであり、日本、欧州、米国、ロシア、中国、韓国及びインドの 7 極により進められています（図 8-7）［56］。2007 年に、ITER 計画を実施する国際機関である ITER 国際核融合エネルギー機構（以下「ITER 機構」という。本部：フランス）を設置し、2025 年運転開始（ファーストプラズマ）、2035 年核融合運転開始を目標として建

[17] Advanced Sodium Technological Reactor for Industrial Demonstration

設作業が進められています。我が国では量研が国内機関となっており、ITER 機構との調達取決めに基づき、超伝導コイル等の主要機器等の製作において欧州に次いで多くを分担するなど、ITER 計画の推進に大きな役割を担っています。



図 8-7　ITER の概要

（出典）量研「ITER って何？」[57]、「ITER 建設地の周辺地域」[58]

また、幅広いアプローチ（BA[18]）活動は、ITER 計画を補完・支援するとともに、核融合原型炉に必要な技術基盤を確立することを目的とした先進的研究開発プロジェクトであり、日欧協力により我が国で実施しています。我が国では量研が実施機関となっており、青森県六ヶ所村にある六ヶ所核融合研究所では、核融合原型炉に必要な高強度材料の開発を行う施設の設計・要素技術開発のほか、核融合原型炉の概念設計及び研究開発並びに ITER での実験を遠隔で行うための施設の整備を進めています［59］。さらに、茨城県那珂市にある那珂核融合研究所では、2020 年 3 月末に先進超伝導トカマク装置 JT-60SA の組立が完了し、核融合原型炉建設に求められる安全性・経済性等のデータの取得や、ITER の運転開始や技術目標達成を支援できるような取組等を進めています［60］。

上記プロジェクトのほか、IAEA や IEA の枠組みでの多国間協力、米国、欧州、韓国、中国との二国間協力も推進しています。これらの協力を通じて、ITER での物理的課題の解決のために国際トカマク物理活動（ITPA[19]）で実施されている装置間比較実験へ参加するとともに、韓国や中国の超伝導トカマク装置での実験に参加しています。

⑤　国際協力

革新的な原子炉や核燃料サイクル技術（革新的原子力システム）に関する研究開発は、実用化に至るまで長い時間と膨大な資源が必要です。そのため、人的・資金的資源を分担し、

[18] Broader Approach
[19] International Tokamak Physics Activity

成果を共有する国際的な枠組みで進めることが合理的であるという認識の下、国際協力の枠組みを活用して研究開発を進めています。

1)　第 4 世代原子力システムに関する国際フォーラム（GIF[20]）

GIF は、「持続可能性」、「経済性」、「安全性・信頼性」及び「核拡散抵抗性・核物質防護」の開発目標の要件を満たす次世代の原子炉概念を選定し、その実証段階前までの研究開発を国際共同作業で進めるためのフォーラムです。米国 DOE の提唱により 2001 年に発足し、2020 年 3 月時点で、13 か国と 1 機関（アルゼンチン、オーストラリア、ブラジル、カナダ、中国、フランス、日本、韓国、ロシア、南アフリカ、スイス、英国、米国及びユーラトム）が参加しています[21] [61]。現在、第 4 世代原子力システムに求められている達成目標を満足させ、2030 年代以降に実用化が可能と考えられる 6 候補概念（①ガス冷却高速炉、②溶融塩炉、③ナトリウム冷却高速炉（MOX 燃料、金属燃料）、④鉛冷却高速炉、⑤超臨界圧水冷却炉、⑥超高温ガス炉）を対象に、多国間協力で研究開発を推進するとともに、経済性、核拡散抵抗性･核物質防護及びリスク･安全性についての評価手法検討ワーキンググループで横断的な評価手法の整備を進めています。

[20] Generation IV International Forum
[21] ただし、枠組み協定にアルゼンチンとブラジルは未署名。

8－3 人材の確保及び育成

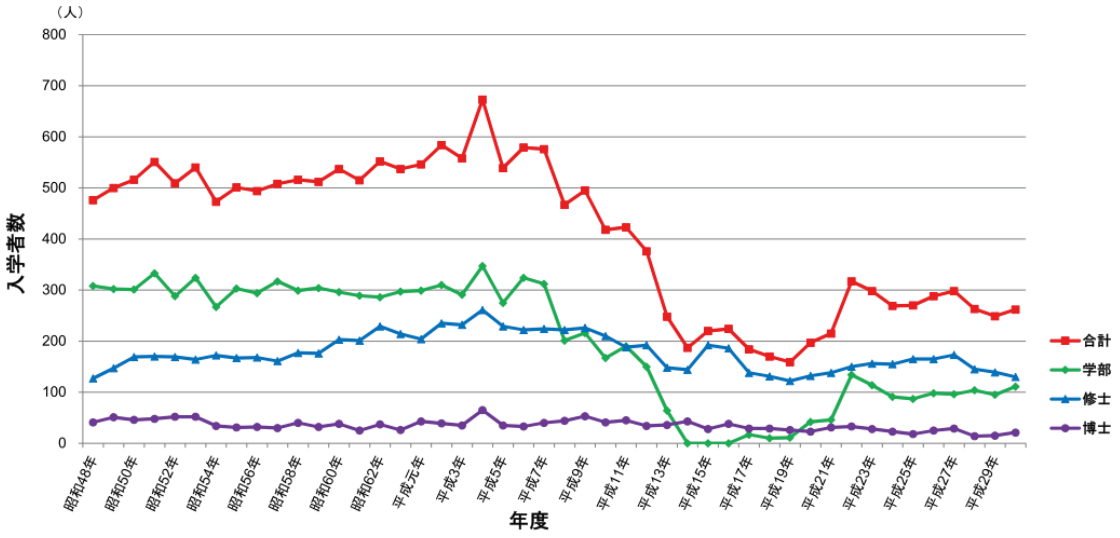
東電福島第一原発事故の教訓を踏まえ、更なる安全性の高みを追求していくためには、高度な技術と高い安全意識を持った人材の確保が必要です。また、原子力分野においては、発電事業に従事する人材以外にも、大学や研究機関の教員や研究者、利用政策及び規制に携わる行政官、医療や農業、工業等の放射線利用分野において様々な人材が必要とされます。我が国では、原子力利用を取り巻く環境変化や世代交代等の要因により、人材の枯渇や知識・技術の継承への不安等の問題が生じています。大学教育の強化・改善のみならず、研究者・技術者の育成等、雇用した人材の能力向上が求められています。原子力分野の幅の広さや原子核科学応用に関する奥の深さ等、その魅力を伝え、優秀な人材を獲得する努力も求められています。

(1) 原子力分野における人材育成・確保の動向

安全確保を図りつつ原子力の研究、開発及び利用を進めていくためには、これらを支える優秀な人材を育成・確保する必要があります。しかしながら、原子力利用を取り巻く環境変化等の要因により、原子力分野への進学・就職を希望する学生の減少（図 8-8、図 8-9）や現場の技術者の高齢化（図 8-10）が進んでおり、人材の枯渇や知識・技術の継承への不安等の問題が生じています。

フィンランド、フランス、米国では原子力発電所の建設が大きく遅延しました。その要因は、3 章で紹介したように、新規建設が長年行われなかったことにより、原子力発電所特有の土木建設工事や製造経験の継承に失敗したためであると考えられています。原子力分野の人材育成においては単に教育・研修にとどまらず、このような点にも配慮する必要があります。我が国では、原子力発電所の部品製造に関わる技術継承・維持の取組が開始されています[22]。

[22] 例えば、資源エネルギー庁の令和 2 年度「原子力産業基盤強化事業委託費」［83］。



※「学校基本調査」の学科系統分類表における中分類「原子力理学関係」及び「原子力工学関係」の合計をもとに作成
原子力工学関係（大　学）…原子（力）核工学、原子力工学、原子炉工学、原子工学、応用原子核工学、システム量子工学、量子エネルギー工学、原子力技術応用工学、原子力安全工学
原子力理学関係（大学院）…原子核理学、原子核宇宙線学、原子物理学
原子力工学関係（大学院）…原子核工学、原子力工学、原子工学、応用原子核工学、量子エネルギー工学、エネルギー量子工学、原子力・エネルギー安全工学、共同原子力、原子力システム安全工学、量子放射線系

図 8-8　原子力関連学科等における入学者数の推移

（出典）第 21 回原子力科学技術委員会資料 3-1 文部科学省「原子力イノベーションの実現に向けた研究開発・研究基盤・人材育成施策の方向性について」（2019 年）［20］

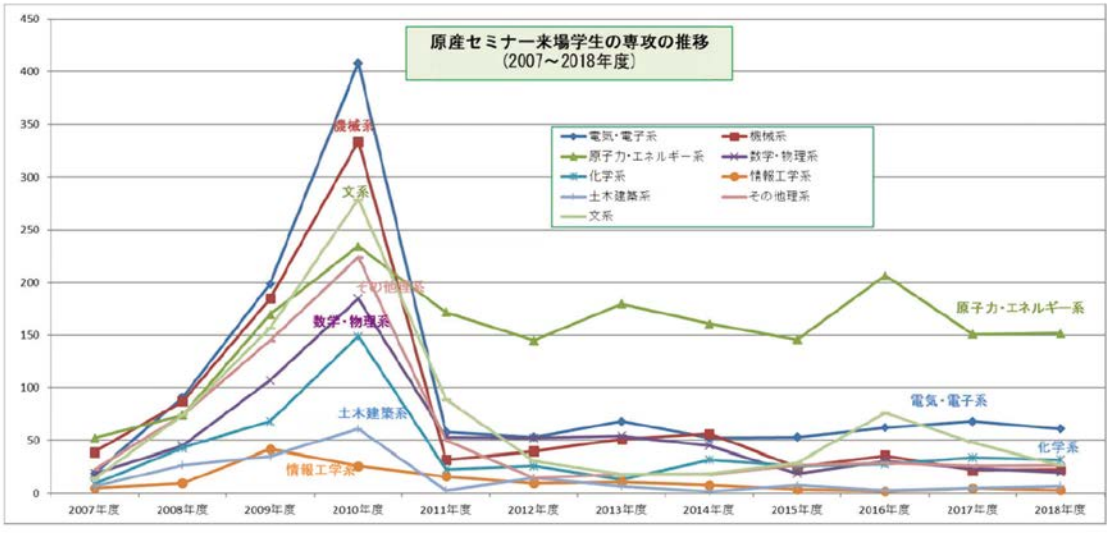


図 8-9　原子力産業セミナー来場者数（学生）の推移

（出典）一般社団法人日本原子力産業協会「PAI 原子力産業セミナー2020 報告」（2019 年）［62］

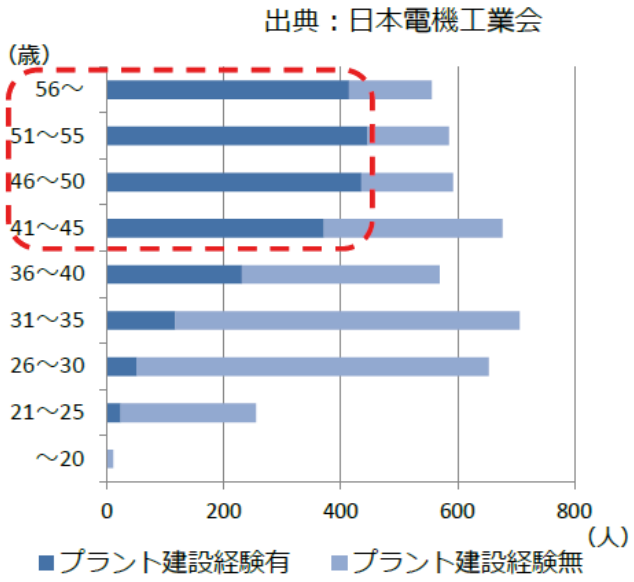


図 8-10　原子力技術者の年齢構成

(出典)総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会(第 13 回)資料 4 経済産業省「原子力政策の動向について」(2018 年) [63]

このような状況の中で、原子力分野の人材育成の重要性は既に原子力関係者の共通認識となっており、原子力関係の行政機関等において様々な取組や検討が行われています。一方で、今後の人材育成活動は、東電福島第一原発事故や現在の原子力をめぐる状況やニーズ等を踏まえつつ、これまでの取組の経験と教訓を参考に、より効率的、効果的な活動とする必要があると考えられます。

2018 年 2 月 27 日、原子力委員会は「原子力分野における人材育成について（見解)」を取りまとめ、優秀な人材の勧誘、高等教育段階と就職後の仕事を通じた人材育成について、それぞれ留意すべき事項を示しました [64]。

高等教育段階における具体的な取組としては、原子力分野の魅力や、エネルギーの安定供給や地球温暖化問題等における原子力の果たす役割の発信、将来のキャリアパスの提示等による優秀な人材の獲得、海外を含むインターンシップ等の様々な経験を通じた人材育成、国内外の良好事例の共有を進める等大学教育の改善、学部及び大学院修士課程を通じた体系的な原子力教育の実施が考えられると指摘しています。

就職後の人材育成については、キャリアパスを生かすための評価制度や目標管理制度、表彰、留学、資格取得等のキャリアパス形成に必要な制度的裏付け、分野横断的な研究活動と連携した人材育成や原子力発電技術の継承や研修資料作成とその実施等、人事管理と関係する活動を挙げています。特に、研究開発機関における研究開発や仕事を通じた人材育成や、研究情報交換・連携活動に組み込まれた人材育成活動が必要であると述べています。

また、原子力発電プラントが長期間停止していることにより、製造や運転管理ノウハウの喪失等のおそれがあり、必要な技術と経験を確実に伝承するために暗黙知を顕現化させる

とともにその継承の取組や知識ベース化、技術者の育成が必要であるとしています。

同見解では、人材育成を原子力利用のイノベーションを生み出すために必要な知識基盤の構成要素の一部とし、世界が一目置く研究者、研究グループ、研究企画を作ることが研究開発における人材育成の目標になるとしています。また、この目標を達成することで原子力利用とその安全の基盤を強固にすることが可能であり、目標実現に向けた原子力関係機関における人材育成に係る一層の取組を期待するとしています。

その後、原子力委員会は同見解のフォローアップを行い［65］、海外及び国内の大学において原子力教育に携わった教員からのヒアリング［66］［67］［68］を基に、我が国の大学における原子力教育について、欧米の大学の厳しい教育運営を参考に、実習・実験・演習の充実や教育方法等の改善が必要であると指摘しています。

(2) 原子力人材の育成・確保に関する取組

① 産学官連携による幅広い原子力人材の育成

専門分野に限定することなく、総合的な能力を持つ人材を育てるため、産学官の幅広い連携と分野横断的な取組が求められます。

「原子力人材育成ネットワーク」は、国（内閣府、文部科学省、経済産業省、外務省）の呼びかけにより 2010 年 11 月に設立されました。同ネットワークは、産学官連携による相互協力の強化と一体的な原子力人材育成体制の構築を目指し、機関横断的な事業を実施しています（図 8-11）。具体的には、国内外の関係機関との連携協力関係の構築、ネットワーク参加機関への連携支援、国内外広報、国際ネットワーク構築、機関横断的な人材育成活動の企画・運営、海外支援協力（主に新規原子力導入国）の推進等を行っています[23]。

[23] 原子力人材育成ネットワーク等が日本側のホストを務める IAEA 原子力エネルギーマネジメントスクール（アジア版）の開催については、第 3 章 3-3②「原子力発電の導入に必要な人材育成」を参照。

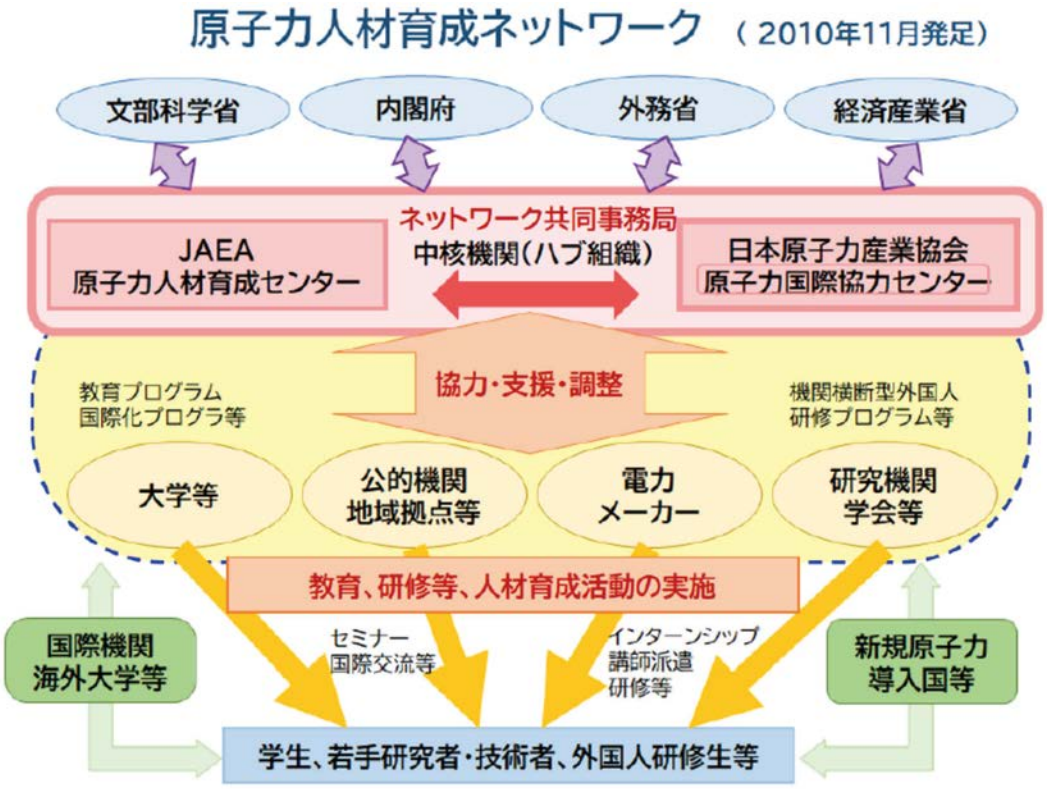


図 8-11　原子力人材育成ネットワークの体制

（出典）原子力人材育成ネットワーク　パンフレット［69］

②　国による取組

原子力人材の育成・確保に関する課題を解決するため、様々な施策が展開されています。

文部科学省は、「国際原子力人材育成イニシアティブ」や「英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業」等により、産学官が連携した国内外の人材育成の取組を支援しています。

資源エネルギー庁は、我が国の原子力施設の安全を確保するための人材の維持・発展を目的として、2013 年からの継続的な施策として「原子力の安全性向上を担う人材の育成事業」を実施しています。同事業では、「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」（2015 年 6 月自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループ、2017 年 3 月改訂）において重要度が高いとされた「システム・構造・機器の信頼性向上と高度化などの課題を解決できる人材の育成」の支援等を行っています［70］。

原子力規制委員会は、「原子力規制人材育成事業」により国内の大学等と連携し、原子力規制に関わる人材を効果的・効率的・戦略的に育成するための取組を推進しています［71］。また、同委員会の下に設置された「原子力安全人材育成センター」では、「原子力規制委員会職員の人材育成の基本方針」に沿って人材育成制度等の充実に取り組んでいるほか、事業者等の専門家を確保するために原子炉主任技術者等の国家試験を行っています［72］。

内閣府は、原子力災害への対応の向上を図るため、原子力災害対応を行う行政職員等を対

象とした各種の研修等を実施しています［73］。

③　その他の原子力・放射線分野の人材育成の取組

原子力機構、量研では、それぞれ人材育成センターを設置し、研究者、技術者、医療関係者等幅広い職種を対象に種々の研修を実施しています［74］［75］。

このほか、原子力安全推進協会は、原子力事業者等による人材育成の充実・強化のためのリーダーシップ研修、運転責任者判定[24]、技術的専門性を高めるための各種セミナー、原子力発電所の保全工事従事者の技量認定制度等を構築、運用しています［76］。また、日本アイソトープ協会、公益財団法人原子力安全技術センター等では、放射線取扱主任者資格指定講習等の資格取得に関する講習会を実施しています。これらの研修・講習では、研究開発機関だけでなく、地方公共団体、大学関係者、民間企業等からの幅広い参加者を受け入れています［77］［78］。

また、人材育成・確保の取組は各地域でも進められており、青森県、福井県、茨城県では、それぞれ青森県量子科学センター（2017 年 10 月）［79］、若狭湾エネルギー研究センターや福井県国際原子力人材育成センター（2011 年 4 月）［80］、原子力人材育成・確保協議会（2016 年 2 月）［81］が設立され、当該地域の関係機関等が協力して原子力人材の育成に取り組んでいます。

(3) 今後の原子力人材育成の在り方に関する検討状況

科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会原子力科学技術委員会の下に設置された原子力人材育成作業部会は、2019 年 8 月に、先述の「原子力研究開発・基盤・人材作業部会」[25]に改組、統合されました。同部会では、我が国全体として効果的に原子力人材育成を中長期的に形成するに当たり、拠点に必須となる機能や、各拠点における特色をどのように示すか等について議論が進められています［82］。

---

[24] 原子力発電所運転責任者に必要な教育・訓練、及び、原子力発電所運転責任者に係る基準に適合しているか否かについて判定を行います。

[25]第 8 章 8-2（1）③「原子力研究開発施設の集約化・重点化」を参照。

参考文献

1. **内閣府.** 科学技術基本計画. (オンライン) (引用日: 2020年3月13日.) http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index5.html.

2. **原子力委員会.** 原子力利用に関する基本的考え方. (オンライン) 2017年7月20日. http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/kettei/kettei170720.pdf.

3. -. 技術開発・研究開発に対する考え方. (オンライン) 2018年6月12日. http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/kettei/kettei180612.pdf.

4. **科学技術・学術審議会　研究計画・評価分科会.** 研究開発計画. (オンライン) 2017年8月. https://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/__icsFiles/afieldfile/2018/01/24/1400470_01.pdf.

5. **原子力委員会.** 「原子力利用の基本的考え方」のフォローアップ～原子力関係組織の連携・協働の立ち上げ～. 第14回原子力委員会資料第2-1号. (オンライン) 2018年4月11日. 平成30年第14回原子力委員会 資料2-1号. http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2018/siryo14/siryo2-1.pdf.

6. -. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が達成すべき業務運営に関する目標（中長期目標）の変更について（答申）. (オンライン) 2019年2月27日. http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/kettei/kettei190227_1.pdf.

7. **原子力関係閣僚会議.** 戦略ロードマップ. (オンライン) 2018年12月21日. https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/genshiryoku_kakuryo_kaigi/pdf/h301220_siryou.pdf.

8. **原子力委員会.** 高速炉開発について（見解）. (オンライン) 2018年12月18日. http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/kettei/181218.pdf.

9. **国立研究開発法人日本原子力研究開発機構.** 日本原子力研究開発機構の将来ビジョン「JAEA 2050 +」の公表について. (オンライン) 2019年10月31日. https://www.jaea.go.jp/02/press2019/p19103101/.

10. -. 原子力基礎工学研究センター｜核工学・炉工学ディビジョン. (オンライン) (引用日: 2020年3月13日.) http://nsec.jaea.go.jp/organization/div1/index.html.

11. -. 核データ研究グループ（JENDL）. (オンライン) (引用日: 2020年3月13日.) http://wwwndc.jaea.go.jp/jendl/Jendl_J.html.

12. **原子力規制委員会.** 日本原子力研究開発機構に原子力科学研究所の原子炉施設（STACY、NSRR）の設置変更を許可. (オンライン) 2018年1月31日. (引用日: 2020年3月13日.) http://www.nsr.go.jp/disclosure/law/TNR/00000377.html.

13. -. 日本原子力研究開発機構に原子力科学研究所のJRR-3原子炉施設に係る設置変更を許可. (オンライン) 2018年11月7日. (引用日: 2020年3月13日.) http://www.nsr.go.jp/disclosure/law/TNR/00000572JRR-3.html.

14. **国立研究開発法人日本原子力研究開発機構.** 原子炉安全性研究炉(NSRR)の運転再開について（お知らせ）.（オンライン）2018年6月22日.（引用日：2020年3月13日.）https://www.jaea.go.jp/02/press2018/p18062202/.
15. −. 施設中長期計画.（オンライン）2019年4月1日. https://www.jaea.go.jp/about_JAEA/facilities_plan/keikaku.pdf.
16. −. 高温工学試験研究炉（HTTR）の「運転再開想定スケジュール」.（オンライン）2019年11月25日. https://www.jaea.go.jp/04/o-arai/httr/schedule.pdf.
17. **京都大学.** 京都大学臨界集合体実験装置（KUCA）の利用運転の再開について.（オンライン）2017年6月20日.（引用日：2020年3月13日.）http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/archives/9431.
18. −. 京都大学研究用原子炉（KUR）の運転再開について.（オンライン）2017年8月25日.（引用日：2020年3月13日.）https://www.rri.kyoto-u.ac.jp/archives/9552.
19. **近畿大学.** 近畿大学原子炉運転再開について.（オンライン）2017年3月17日. http://www.kindai.ac.jp/rd/research-center/aeri/download-data/news_16.pdf.
20. **文部科学省.** 原子力イノベーションの実現に向けた研究開発・人材育成の方向性について. 原子力科学技術委員会（第21回）　資料3-1.（オンライン）2019年6月21日. https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/055/shiryo/__icsFiles/afieldfile/2019/07/04/1418483_3.pdf.
21. **科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 原子力科学技術委員会 原子力研究開発基盤作業部会.** 原子力科学技術委員会 原子力研究開発基盤作業部会 中間まとめ.（オンライン）2018年4月. https://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/__icsFiles/afieldfile/2018/04/25/1404311_2.pdf.
22. **経済産業省.** 第5次エネルギー基本計画.（オンライン）2018年7月. http://www.meti.go.jp/press/2018/07/20180703001/20180703001-1.pdf.
23. **文部科学省.** 原子力研究開発・基盤・人材作業部会について. 原子力科学技術委員会 原子力研究開発・基盤・人材作業部会（第1回）　資料1-1.（オンライン）2019年8月30日. https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/100/shiryo/__icsFiles/afieldfile/2019/09/04/1420802_1.pdf.
24. **国立研究開発法人日本原子力研究開発機構.** 原子力機構が備える研究施設の外部利用の促進.（オンライン）（引用日：2020年3月13日.）http://tenkai.jaea.go.jp/facility/facilities.html.
25. −. 原子力機構の主な供用施設における実績と課題. 原子力科学技術委員会　原子力研究開発基盤作業部会（第2回）資料7.（オンライン）2017年5月29日. http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/087/shiryo/__icsFiles/afiel

dfile/2017/06/08/1386563_5.pdf.
26. -. バックエンドロードマップ. (オンライン) 2018年12月26日.
https://www.jaea.go.jp/about_JAEA/backend_roadmap/s02.pdf.
27. -. 原子力施設廃止措置等作業部会の中間まとめを踏まえた原子力機構の取組状況. 原子力科学技術委員会　原子力バックエンド作業部会 (第2回)　資料2. (オンライン) 2019年12月4日. https://www.mext.go.jp/content/1423067_002.pdf.
28. **原子力規制委員会.** 日本原子力研究開発機構からJMTR (材料試験炉) に係る廃止措置計画の認可申請を受理. (オンライン) 2019年9月18日.
https://www.nsr.go.jp/disclosure/law_new/TNR/170000008JM.html.
29. **国立研究開発法人日本原子力研究開発機構.** 施設中長期計画の概要. (オンライン) 2019年4月. https://www.jaea.go.jp/about_JAEA/facilities_plan/gaiyo.pdf.
30. -. 原子力イノベーションに向けた原子力機構の取組について. 原子力科学技術委員会　原子力研究開発・基盤・人材作業部会 (第1回)　資料3. (オンライン) 2019年8月30日.
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/100/shiryo/__icsFiles/afieldfile/2019/09/04/1420802_4.pdf.
31. **内閣府.** 統合イノベーション戦略2020. (オンライン) 2020年7月17日.
https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tougou-innovation/pdf/togo2020_honbun.pdf.
32. **資源エネルギー庁原子力政策課、文部科学省原子力課.** 原子力イノベーションの追求について. 第20回 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会 資料3. (オンライン) 2019年4月23日.
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/pdf/020_03_00.pdf.
33. **文部科学省.** 原子力イノベーションの実現に向けた研究開発事業の見直しについて. 原子力科学技術委員会　原子力研究開発・基盤・人材作業部会 (第2回) 資料1-1. (オンライン) 2019年11月28日. https://www.mext.go.jp/content/20191129-mxt_genshi-000002747_1.pdf.
34. **資源エネルギー庁.** 平成31年度「社会的要請に応える革新的な原子力技術開発支援事業補助金」に係る公募について. (オンライン) 2019年4月19日.
https://www.meti.go.jp/information/publicoffer/kobo/2019/k190419001.html.
35. **DOE.** NEET Mission. (オンライン) (引用日: 2020年3月27日.)
https://www.energy.gov/ne/nuclear-energy-enabling-technologies/neet-mission.
36. -. NEET Crosscutting Technology Development. (オンライン) (引用日: 2020年3月27日.) https://www.energy.gov/ne/nuclear-energy-enabling-technologies/reactor-materials.
37. **LoftnessL.Robert.** Nuclear Power Plants: Design, Operating Experience, and

Economics. 出版地不明 : University of Michigan, 1964.
38. **SNETP.** About NUGENIA. (オンライン) (引用日: 2020年7月17日.)
https://snetp.eu/nugenia/.
39. **DOE.** Department of Energy FY 2021 Congressional Budget Request Volume 3 Part 2. (オンライン) 2020年3月.
https://www.energy.gov/sites/prod/files/2020/04/f73/doe-fy2021-budget-volume-3-part-2.pdf.
40. **EPRI.** EPRIのリスク＆安全の研究開発と人的資源計画 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会 自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループ (第3回) 資料2-1. (オンライン) 2014年11月10日. (引用日: 2020年3月13日.)
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/jishuteki_anzensei/pdf/003_02_01.pdf.
41. **NRC, EPRI.** MEMORANDUM OF UNDERSTANDING between U.S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION and ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE, INC. on COOPERATIVE NUCLEAR SAFETY RESEARCH. (オンライン) 2007年3月14日.
https://www.nrc.gov/docs/ML0707/ML070740114.pdf.
42. **EPRI.** Research Areas. (オンライン) (引用日: 2020年7月17日.)
https://www.epri.com/portfolio/sector/nuclear.
43. **国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究開発センター.** 高温工学試験研究炉HTTR. (オンライン) (引用日: 2020年7月17日.) http://httr.jaea.go.jp/.
44. **原子力関係閣僚会議.** 高速炉開発の方針. (オンライン) 2016年12月21日.
http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/genshiryoku_kakuryo_kaigi/pdf/h281221_siryou1.pdf.
45. **原子力規制委員会.** 日本原子力研究開発機構高速実験炉原子炉施設 (常陽) の新規制基準適合性審査について. 第201回核燃料施設等の新規制基準適合性に係る審査会合 資料1. (オンライン) 2017年5月22日. http://www2.nsr.go.jp/data/000189749.pdf.
46. **国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所高速実験炉部.** 大洗研究所 (南地区) 高速実験炉原子炉施設の新規制基準への適合性確認のための申請書の補正書の提出について. 第248回核燃料施設等の新規制基準適合性に係る審査会合 資料1-1 . (オンライン) 2018年11月20日. http://www2.nsr.go.jp/data/000253425.pdf.
47. **原子力関係閣僚会議.** 「もんじゅ」の取扱いに関する政府方針. (オンライン) 2016年12月21日.
http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/genshiryoku_kakuryo_kaigi/pdf/h281221_siryou2.pdf.
48. **内閣官房 「もんじゅ」廃止措置推進チーム.** 「もんじゅ」の廃止措置に関する基本方針について. (オンライン) 2017年6月13日.

http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/monju/pdf/h290613_kihonhousin.pdf.
49. **原子力規制委員会.** 日本原子力研究開発機構に高速増殖原型炉もんじゅ原子炉施設に係る保安規定の変更及び廃止措置計画を認可. (オンライン) 2018 年 3 月 28 日.
http://www.nsr.go.jp/disclosure/law/RAR/20180328monju.html.
50. **国立研究開発法人日本原子力研究開発機構.** 高速増殖原型炉もんじゅ燃料体の取出しについて (ステートメント). (オンライン) 2019 年 10 月 11 日.
https://www.jaea.go.jp/04/turuga/jturuga/press/posirase/1910/o191011.pdf.
51. -. 高速増殖原型炉もんじゅ燃料体取出し作業について (ステートメント). (オンライン) 2020 年 2 月 5 日.
https://www.jaea.go.jp/04/turuga/jturuga/press/posirase/2002/o200205.pdf.
52. **国立研究開発法人日本原子力研究開発機構敦賀廃止措置実証部門 高速増殖原型炉もんじゅ.** もんじゅとは. (オンライン) (引用日: 2020 年 7 月 17 日.)
https://www.jaea.go.jp/04/turuga/monju_site/page/facilities.html.
53. **経済産業省.** フランスとの間で「エネルギー転換のためのイノベーションに関する協力覚書」の交換式を行いました. (オンライン) 2019 年 6 月 26 日. 高速炉開発会議 戦略ワーキンググループ (第 10 回) 資料 1.
https://www.meti.go.jp/press/2019/06/20190626009/20190626009.html.
54. **国立研究開発法人日本原子力研究開発機構.** フランスとナトリウム冷却高速炉開発計画の協力に関する実施取決めを締結. (オンライン) 2019 年 12 月 3 日.
https://www.jaea.go.jp/news/newsbox/2019/120301/.
55. **科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 核融合科学技術委員会.** 原型炉研究開発ロードマップについて (一次まとめ). (オンライン) 2018 年 7 月 24 日.
https://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/__icsFiles/afieldfile/2018/11/08/1408259_1.pdf.
56. **国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構.** ITER って何? (オンライン) (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) https://www.fusion.qst.go.jp/ITER/iter/page1_1.html.
57. -. ITER って何? (オンライン) (引用日: 2020 年 7 月 17 日.)
https://www.fusion.qst.go.jp/ITER/iter/page1_1.html.
58. -. ITER 建設地の周辺地域. (オンライン) (引用日: 2020 年 7 月 17 日.)
https://www.fusion.qst.go.jp/ITER/iter/page1_5_2.html.
59. -. 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 六ヶ所核融合研究所. (オンライン) (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) https://www.qst.go.jp/site/rokkasyo/.
60. -. 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 那珂核融合研究所. (オンライン) (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) https://www.qst.go.jp/site/naka/.
61. **The Generation IV International Forum.** GIF Membership. (オンライン) (引用日: 2020 年 3 月 31 日.) https://www.gen-4.org/gif/jcms/c_9492/members.

62. **一般社団法人日本原子力産業協会.** PAI 原子力産業セミナー2020 報告. (オンライン) 2019 年 4 月 17 日. https://www.jaif.or.jp/cms_admin/wp-content/uploads/2019/04/pai2020_report.pdf.
63. **資源エネルギー庁.** 原子力政策の動向について. 経済産業省 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会 (第 13 回) 資料第 4 号. (オンライン) 2018 年 1 月 16 日. https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/pdf/013_04_00.pdf.
64. **原子力委員会.** 原子力分野における人材育成について (見解). (オンライン) 2018 年 2 月 27 日. http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/kettei/180227.pdf.
65. **内閣府原子力政策担当室.** 原子力分野における人材育成について (見解) のフォローアップについて. 第 15 回原子力委員会資料第 1 号. (オンライン) 2019 年 4 月 16 日. http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2019/siryo15/1.pdf.
66. **北海道大学 三輪修一郎.** Purdue 大学における原子力教育事情. 第 32 回原子力委員会資料第 1 号. (オンライン) 2018 年 9 月 12 日. http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2018/siryo32/1.pdf.
67. **マクマスター大学 長﨑晋也.** マクマスター大学などの原子力教育事情. 第 36 回原子力委員会資料第 1 号. (オンライン) 2018 年 10 月 16 日. http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2018/siryo36/1.pdf.
68. **ミラノ工科大学 二ノ方 壽.** イタリア・ミラノ工科大学における原子力教育事情について. 第 12 回原子力委員会資料第 1 号. (オンライン) 2019 年 3 月 26 日. http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2019/siryo12/1.pdf.
69. **原子力人材育成ネットワーク.** パンフレット. (オンライン) (引用日: 2020 年 7 月 17 日.) https://jn-hrd-n.jaea.go.jp/material/common/pamphlet20200402.pdf.
70. **資源エネルギー庁.** 原子力分野の人材育成を進めるために. (オンライン) 2018 年 10 月 4 日. (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) http://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/nuclear_jinzai.html.
71. **原子力規制委員会.** 平成 29 年度「原子力人材育成等推進事業費補助金 (原子力規制人材育成事業)」 について. (オンライン) 2017 年 2 月 15 日. (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) http://www.nsr.go.jp/nra/chotatsu/hojyokin/20170215.html.
72. −. 原子力安全人材育成センターの概要. (オンライン) (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) http://www.nsr.go.jp/activity/jinzai/jinzai_gaiyou.html.
73. **内閣府.** 原子力防災訓練・研修. (オンライン) (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) https://www8.cao.go.jp/genshiryoku_bousai/kunren/kunren.html.
74. **国立研究開発法人日本原子力研究開発機構.** 原子力人材育成センターとは. (オンライン) (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) http://nutec.jaea.go.jp/about.html.

75. **国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構.** 人材育成センター. (オンライン) (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) https://www.qst.go.jp/site/qms/1896.html.
76. **一般社団法人原子力安全推進協会.** 主要活動プログラム. (オンライン) (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) http://www.genanshin.jp/activity/.
77. **公益社団法人日本アイソトープ協会.** 普及啓発. (オンライン) (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) https://www.jrias.or.jp/association/cat1/403.html.
78. **公益財団法人原子力安全技術センター.** 放射線障害防止法に基づく登録業務. (オンライン) (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) https://www.nustec.or.jp/japan/japan01.html.
79. **青森県.** 青森県量子科学センターについて. (オンライン) (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) https://www.pref.aomori.lg.jp/soshiki/energy/enerugi/shisetsugaiyo.html.
80. **公益財団法人若狭湾エネルギー研究センター福井県国際原子力人材育成センター.** 福井県国際原子力人材育成センター長あいさつ. (オンライン) (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) http://www.werc.or.jp/outline/soshiki/kokusai/aisatsu.html.
81. **原子力人材育成・確保協議会.** 原子力人材育成・確保協議会　協議会のご案内. (オンライン) (引用日: 2020 年 3 月 13 日.) http://www.genshiryoku-jinzai.org/about_us.html.
82. **文部科学省.** 原子力イノベーションの実現に向けた研究開発・人材育成事業の見直しについて. 原子力科学技術委員会　原子力研究開発・基盤・人材作業部会 (第 1 回) 資料 2. (オンライン) 2019 年 8 月 30 日. https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/100/shiryo/__icsFiles/afieldfile/2019/09/04/1420802_3.pdf.
83. **資源エネルギー庁.** 令和 2 年度「原子力産業基盤強化事業委託費」に係る委託先の公募について. (オンライン) 2020 年 5 月 20 日. (引用日: 2020 年 7 月 17 日.) https://www.enecho.meti.go.jp/appli/public_offer/2020/05/20200520_002.html.

URL にアクセスする際、最後の「.」は除いて下さい。

1　我が国の原子力行政体制

我が国の原子力の研究、開発及び利用は、1956 年以来、「原子力基本法」（昭和 30 年法律第 186 号）に基づき、平和の目的に限り、安全の確保を旨として、民主的な運営の下に自主的に推進されてきています。また、これを担保するため、原子力委員会、原子力規制委員会、原子力防災会議が設置されています。

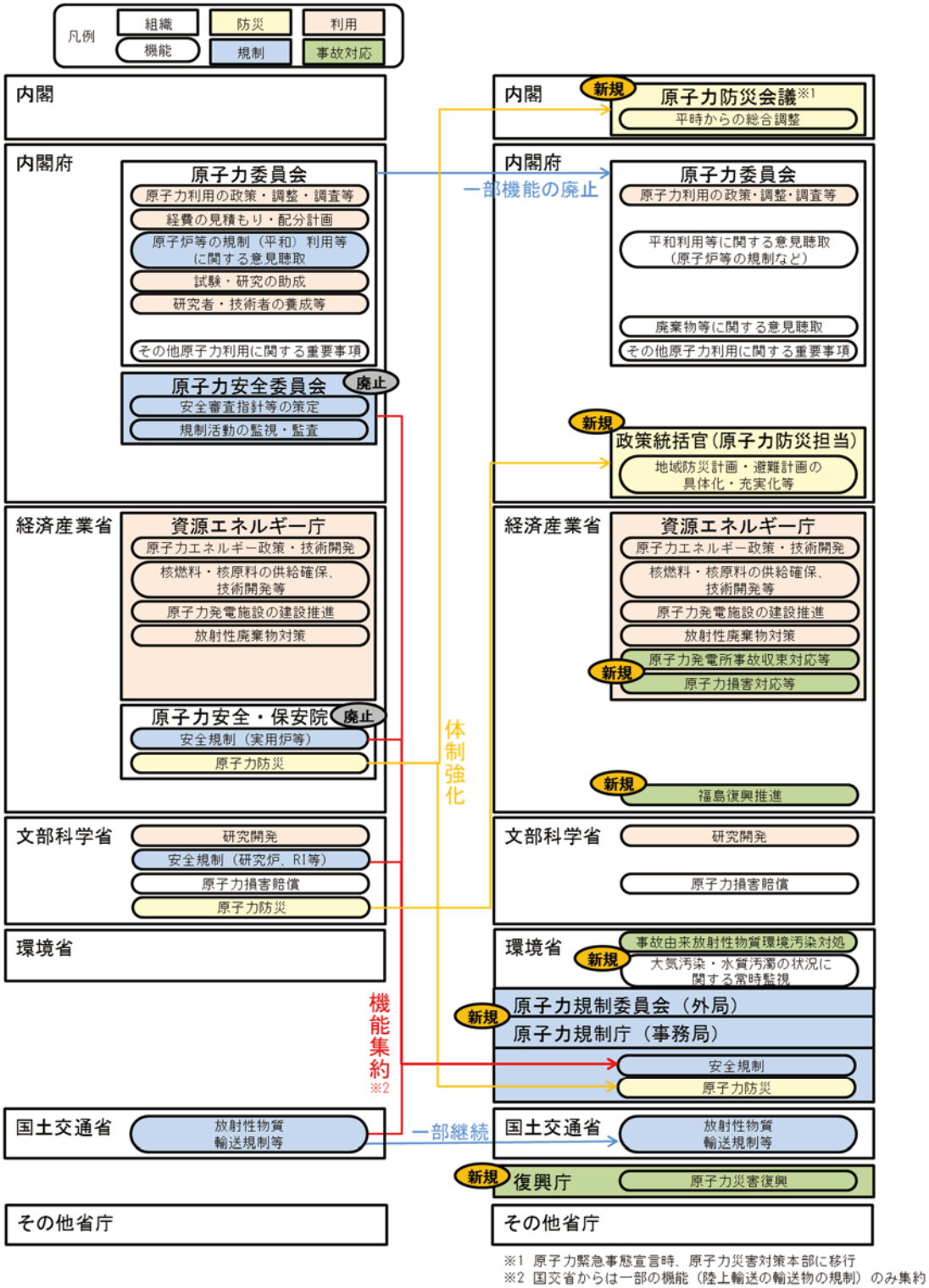
原子力委員会は、原子力利用に関する国の施策を計画的に遂行し、原子力行政の民主的な運営を図るため、内閣府に設置され、原子力利用に関する事項（安全の確保のうちその実施に関するものを除く）について企画し、審議し、及び決定することを担当しています。

原子力規制委員会は、原子力利用における安全の確保を図るため、環境省の外局として設置されています。

原子力防災会議は、内閣総理大臣を議長として、政府全体としての原子力防災対策を進めるため、関係機関間の調整や計画的な施策遂行を図る役割を担う機関として内閣に設置されています。

また、関係行政機関として、外務省、総務省、厚生労働省、農林水産省、国土交通省、環境省、文部科学省、経済産業省等があり、原子力委員会の所掌事項に関する決定を尊重しつつ、原子力行政事務が行われています。

このように、原子力行政機関は「推進行政」と「安全規制行政」を担当する機関が分離されています。



東電福島第一原発事後前後の原子力行政の体制

2　原子力委員会

原子力委員会は、「原子力基本法」並びに「原子力委員会設置法」（当時）に基づき、原子力の研究、開発及び利用に関する国の施策を計画的に遂行し、原子力行政の民主的運営を図る目的をもって、1956 年 1 月 1 日、総理府に設置されました（国家行政組織法第 8 条に基づく審議会等）。国務大臣をもって充てられた委員長と 4 人の委員（両議院の同意を得て、内閣総理大臣が任命）から構成され、設置時は、正力松太郎委員長、石川一郎委員、湯川秀樹委員、藤岡由夫委員、有澤廣巳委員の 5 名でした。なお、同年 5 月に科学技術庁が設置され、それ以降、委員長は科学技術庁長官たる国務大臣をもって充てることとされました。

1974 年の原子力船「むつ」問題を直接の契機として設けられた原子力行政懇談会の報告を参考とし、原子力行政体制の改革・強化を図るため、1978 年 10 月に原子力基本法等の改正が施行されました。この改正により、推進と規制の機能が分割され、複数の省庁にまたがる規制を一貫化し、責任体制の明確化が図られました。同時に、従来の原子力委員会が有していた安全の確保に関する機能を分離して、新たに安全の確保に関する事項について企画し、審議し、及び決定する原子力安全委員会が設置され、行政庁の行う審査に対しダブルチェックを行うこととするなど、規制体制の整備充実が図られました。

また、2001 年 1 月の中央省庁等改革により、原子力委員会は内閣府に設置されました。同時に、それまで科学技術庁長官たる国務大臣をもって充てられていた原子力委員会委員長については、委員と同様に両議院の同意を得て内閣総理大臣が任命することとされ、学識経験者が委員長に就任することとなりました。

さらに、2011 年 3 月に発生した東電福島第一原発事故を踏まえ、安全規制体制が見直され、原子力利用における安全の確保について独立性の高い原子力規制委員会が設置され、原子力委員会が担ってきた一部の事務が原子力規制委員会に移管されました。さらに、東電福島第一原発事故により原子力をめぐる環境が大きく変化したことを踏まえ、2013 年 6 月に原子力委員会の在り方の見直しのための有識者会議が設置され、同会議にて「原子力委員会の在り方見直しについて」（2013 年 12 月、原子力委員会の在り方見直しのための有識者会議）の報告書が取りまとめられました。この報告を踏まえ、2014 年 12 月には、原子力委員会の所掌事務について、原子力利用に関する政策の重要事項に重点化することとし、形骸化している事務を廃止・縮小するなどの所要の処置を講じた、原子力委員会設置法の一部を改正する法律が施行され、委員長及び委員 2 名から構成される新たな体制での原子力委員会が発足しました。

(1)　原子力委員会委員の紹介（2020 年 3 月時点）

	原子力委員会委員長　岡芳明 （元早稲田大学理工学術院特任教授） モットーはたゆまぬ努力です。東電福島事故の痛切な教訓を生かし、原子力エネルギーと放射線の利用に関する国の施策を計画的に遂行するため、国民と相互理解を図りつつ、原子力政策を企画し、実行いたします。
	原子力委員会委員　佐野利男 （元軍縮会議日本政府代表部特命全権大使） 東電福島の過酷事故後の安全性確保、地球温暖化に対するパリ協定の実施、電力自由化後の市場に於る競争など原子力発電をめぐる環境が激変する中、国民の理解を得つつ、国際核不拡散問題や核セキュリティー問題に貢献する形で我が国に於る原子力の平和利用を如何に確保していくことが大きな課題と考えております。
	原子力委員会委員　中西友子 （東京大学大学院農学生命科学研究科特任教授、星薬科大学学長） 長年、放射線や放射性物質をツールとして研究をしてきました。特に最近は、放射性物質を用いた植物の生育メカニズムを解析する研究に注力しています。その関係で福島における農業問題の研究も行ってきています。憶測によらず、可能な限り科学的な立場から考えていきたいと思っています。

(2)　専門部会等

（2020 年 3 月時点）

名　称	設置年月日	審議事項
放射性廃棄物専門部会	2016. 5. 17	1．特定放射性廃棄物の最終処分に関する計画の改定及び関係行政機関等の活動状況に係る評価 2．その他

3　原子力委員会決定等

(1)　原子炉等規制法に係る諮問・答申について

	答申件数
2019 年 3 月～2020 年 2 月	19

件名	諮問年月日	答申年月日
九州電力株式会社玄海原子力発電所の発電用原子炉の設置変更許可（3 号及び 4 号発電用原子炉施設の変更）について	2019. 3. 6	2019. 3. 27
東京電力ホールディングス株式会社柏崎刈羽原子力発電所の発電用原子炉の設置変更許可（6 号及び 7 号発電用原子炉施設の変更）について	2019. 5. 22	2019. 6. 12
関西電力株式会社高浜発電所の発電用原子炉の設置変更許可（1 号、2 号、3 号及び 4 号発電用原子炉施設の変更）について	2019. 6. 12	2019. 7. 5
日本原子力発電株式会社東海第二発電所の発電用原子炉の設置変更許可（発電用原子炉施設の変更）について	2019. 6. 26	2019. 7. 18
関西電力株式会社高浜発電所の発電用原子炉の設置変更許可（1 号、2 号、3 号及び 4 号発電用原子炉施設の変更）について	2019. 6. 26	2019. 7. 18
京都大学複合原子力科学研究所の原子炉設置変更承認（研究用原子炉の変更）について	2019. 7. 3	2019. 7. 25
九州電力株式会社玄海原子力発電所の発電用原子炉の設置変更許可（3 号及び 4 号発電用原子炉施設の変更）について	2019. 8. 21	2019. 9. 11
関西電力株式会社高浜発電所の発電用原子炉の設置変更許可（1 号、2 号、3 号及び 4 号発電用原子炉施設の変更）について	2019. 8. 21	2019. 9. 11
九州電力株式会社玄海原子力発電所の発電用原子炉の設置変更許可（3 号及び 4 号発電用原子炉施設の変更）について	2019. 10. 23	2019. 11. 12
関西電力株式会社大飯発電所の発電用原子炉の設置変更許可（3 号及び 4 号発電用原子炉施設の変更）について	2019. 11. 6	2019. 12. 6
九州電力株式会社玄海原子力発電所の発電用原子炉の設置変更許可（3 号及び 4 号発電用原子炉施設の変更）について	2019. 11. 20	2019. 12. 20
東北電力株式会社女川原子力発電所の発電用原子炉の設置変更許可（2 号発電用原子炉施設の変更）について	2019. 11. 27	2019. 12. 20
関西電力株式会社高浜発電所の発電用原子炉の設置変更許可（1 号、2 号、3 号及び 4 号発電用原子炉施設の変更）につ	2019. 12. 11	2020. 1. 15

件名	諮問年月日	答申年月日
いて		
関西電力株式会社美浜発電所の発電用原子炉の設置変更許可（3 号発電用原子炉施設の変更）について	2019. 12. 11	2020. 1. 15
関西電力株式会社大飯発電所の発電用原子炉の設置変更許可（3 号及び 4 号発電用原子炉施設の変更）について	2019. 12. 11	2020. 1. 15
四国電力株式会社伊方発電所の発電用原子炉の設置変更許可（3 号発電用原子炉の変更）について	2019. 12. 11	2020. 1. 15
九州電力株式会社川内原子力発電所の発電用原子炉の設置変更許可（1 号及び 2 号発電用原子炉施設の変更）について	2019. 12. 11	2020. 1. 15
九州電力株式会社玄海原子力発電所の発電用原子炉の設置変更許可（3 号及び 4 号発電用原子炉施設の変更）について	2019. 12. 11	2020. 1. 15
関西電力株式会社大飯発電所の発電用原子炉の設置変更許可（3 号及び 4 号発電用原子炉施設の変更）について	2020. 1. 29	2020. 2. 19

4　2018 年度～2020 年度原子力関係経費

2018～2020年度 原子力関係経費　総表

単位：百万円

債：国庫債務負担行為限度額

		2018年度	2019年度	2020年度
一　般　会　計		債 3,511	債 7,759	債 13,930
		79,607	79,978	77,762
	内閣府	債 0	債 0	債 0
		194	199	193
	外務省	債 0	債 0	債 0
		5,553	6,352	4,918
	文部科学省	債 1,684	債 7,565	債 13,811
		61,585	60,807	60,250
	国土交通省	債 0	債 0	債 0
		21	22	23
	環境省	債 0	債 0	債 0
		1,711	1,690	1,619
	原子力規制庁	債 1,827	債 193	債 119
		10,541	10,908	10,759
エネルギー対策特別会計 電源開発促進勘定		債 11,103	債 5,086	債 1,501
		338,970	335,931	330,777
	内閣府	債 0	債 0	債 0
		12,729	15,635	15,404
	文部科学省	債 0	債 238	債 526
		108,808	109,256	108,926
	経済産業省	債 0	債 261	債 0
		177,041	170,522	166,335
	環境省	債 0	債 0	債 0
		498	416	382
	原子力規制庁	債 11,103	債 4,587	債 974
		39,894	40,102	39,730
・電源立地対策		債 0	債 238	債 526
		176,959	170,804	167,503
	文部科学省	債 0	債 238	債 526
		14,022	14,032	14,095
	経済産業省	債 0	債 0	債 0
		162,938	156,772	153,408
・電源利用対策		債 0	債 261	債 0
		109,352	109,788	108,532
	文部科学省	債 0	債 0	債 0
		94,786	95,224	94,831
	経済産業省	債 0	債 261	債 0
		14,103	13,749	12,927
	原子力規制庁	債 0	債 0	債 0
		463	815	774
・原子力安全規制対策		債 11,103	債 4,587	債 974
		52,658	55,338	54,743
	内閣府	債 0	債 0	債 0
		12,729	15,635	15,404
	環境省	債 0	債 0	債 0
		498	416	382
	原子力規制庁	債 11,103	債 4,587	債 974
		39,431	39,287	38,956
エネルギー対策特別会計 エネルギー需給勘定 エネルギー需要構造高度化対策		債 0	債 0	債 0
		5,000	5,620	7,200
	経済産業省	債 0	債 0	債 0
		5,000	5,620	7,200
東日本大震災復興特別会計		債 2,786	債 9,055	債 20,169
		93,220	107,696	87,179
	内閣府	債 0	債 0	債 0
		2,146	0	0
	文部科学省	債 0	債 0	債 0
		6,547	5,925	5,350
	農林水産省	債 0	債 0	債 0
		6,446	5,805	5,677
	経済産業省	債 0	債 0	債 0
		260	260	261
	環境省	債 2,786	債 9,055	債 20,169
		74,560	92,441	72,770
	原子力規制庁	債 0	債 0	債 0
		3,262	3,264	3,121
合　計		債 17,400	債 21,899	債 35,600
		516,797	529,224	502,919

注１）原子力関係経費には、原子力の研究、開発及び利用に関する経費、東京電力福島原子力発電所の事故に伴う経費を計上している。具体的には、原子力（エネルギー及び放射線）に係る安全対策（原子力災害対策、原子力防災、放射線モニタリング等を含む）、核セキュリティ、平和利用の担保、廃止措置や放射性廃棄物の処理・処分、人材育成・確保、国民・地域社会との共生、エネルギーや放射線の利用、研究開発、国際的な取組、東京電力福島原子力発電所事故収束に関する活動等に係る経費である。
注２）当初予算を記載。
注３）一部の事業については、予算額全額が原子力のために使用されているわけではない事業もあるが、電源種ごとに支出額を算出することが困難なため、当該事業の予算額全額を原子力関係予算として計上している。
注４）最終的に事業者負担となる経費や事業者に求償する予算は、含めていない。
注５）四捨五入により、端数において合致しない場合がある。

5　我が国の原子力発電及びそれを取り巻く状況

(1)　我が国の原子力発電所の現状（2020 年 2 月時点）

	設置者名	発電所名(設備番号)	所在地	炉型	認可出力(万kW)	運転開始年月日等
稼働中	関西電力(株)	高浜(3号)	福井県大飯郡高浜町	PWR	87.0	1985-01-17
		〃(4号)	〃	〃	87.0	1985-06-05
		大飯(3号)	福井県大飯郡おおい町	〃	118.0	1991-12-18
		〃(4号)	〃	〃	118.0	1993-02-02
	四国電力(株)	伊方(3号)	愛媛県西宇和郡伊方町	〃	89.0	1994-12-15
	九州電力(株)	玄海原子力(3号)	佐賀県東松浦郡玄海町	〃	118.0	1994-03-18
		〃(4号)	〃	〃	118.0	1997-07-25
		川内原子力(1号)	鹿児島県薩摩川内市	〃	89.0	1984-07-04
		〃(2号)	〃	〃	89.0	1985-11-28
新規制基準に基づき設置変更の許可がなされた炉	日本原子力発電(株)	東海第二	茨城県那珂郡東海村	BWR	110.0	1978-11-28
	東北電力(株)	女川原子力(2号)	宮城県牡鹿郡女川町、石巻市	〃	82.5	1995-07-28
	東京電力ホールディングス(株)	柏崎刈羽原子力(6号)	新潟県柏崎市、刈羽郡刈羽村	ABWR	135.6	1996-11-07
		〃(7号)	〃	〃	135.6	1997-07-02
	関西電力(株)	美浜(3号)	福井県三方郡美浜町	PWR	82.6	1976-12-01
		高浜(1号)	福井県大飯郡高浜町	〃	82.6	1974-11-14
		〃(2号)	〃	〃	82.6	1975-11.14
小計				(16基)	1624.5	
新規制基準への適合性を審査中の炉	日本原子力発電(株)	敦賀(2号)	福井県敦賀市	PWR	116.0	1987-02-17
	北海道電力(株)	泊(1号)	北海道古宇郡泊村	〃	57.9	1989-06-22
		〃(2号)	〃	〃	57.9	1991-04-12
		〃(3号)	〃	〃	91.2	2009-12-22
	東北電力(株)	東通原子力(1号)	青森県下北郡東通村	BWR	110.0	2005-12-08
	中部電力(株)	浜岡原子力(3号)	静岡県御前崎市	〃	110.0	1987-08-28
		〃(4号)	〃	〃	113.7	1993-09-03
	北陸電力(株)	志賀原子力(2号)	石川県羽咋郡志賀町	ABWR	120.6	2006-03-15
	中国電力(株)	島根原子力(2号)	島根県松江市	BWR	82.0	1989-02-10
小計				(9基)	859.3	
新規制基準に対して未申請の炉	東北電力(株)	女川原子力(3号)	宮城県牡鹿郡女川町、石巻市	BWR	82.5	2002-01-30
	東京電力ホールディングス(株)	柏崎刈羽原子力(1号)	新潟県柏崎市、刈羽郡刈羽村	〃	110.0	1985-09-18
		〃(2号)	〃	〃	110.0	1990-09-28
		〃(3号)	〃	〃	110.0	1993-08-11
		〃(4号)	〃	〃	110.0	1994-08-11
		〃(5号)	〃	〃	110.0	1990-04-10
	中部電力(株)	浜岡原子力(5号)	静岡県御前崎市	ABWR	138.0	2005-01-18
	北陸電力(株)	志賀原子力(1号)	石川県羽咋郡志賀町	BWR	54.0	1993-07-30
小計				(8基)	824.5	
建設中(新規制基準への適合性を審査中の炉)	電源開発(株)	大間原子力	青森県下北郡大間町	ABWR	138.3	未定
	中国電力(株)	島根原子力(3号)	島根県松江市	〃	137.3	未定
建設中(新規制基準に対して未申請の炉)	東京電力ホールディングス(株)	東通原子力(1号)	青森県下北郡東通村	〃	138.5	未定
小計				(3基)	414.1	

（参考）

	設置者名	発電所名（設備番号）	所在地	炉型	出力（万kW）	運転終了年月日等
廃止決定・廃止措置中	日本原子力発電（株）	東海	茨城県那珂郡東海村	GCR	16.6	1998-03-31
		敦賀（1号）	福井県敦賀市	BWR	35.7	2015-04-27
	東北電力（株）	女川原子力（1号）	宮城県牡鹿郡女川町、石巻市	〃	52.4	2018-12-21
	東京電力ホールディングス（株）	福島第一原子力（1号）	福島県双葉郡大熊町、双葉町	〃	46.0	2012-04-19
		〃（2号）	〃	〃	78.4	2012-04-19
		〃（3号）	〃	〃	78.4	2012-04-19
		〃（4号）	〃	〃	78.4	2012-04-19
		〃（5号）	〃	〃	78.4	2014-01-31
		〃（6号）	〃	〃	110.0	2014-01-31
		福島第二原子力（1号）	福島県双葉郡楢葉町、富岡町	〃	110.0	2019-09-30
		〃（2号）	〃	〃	110.0	2019-09-30
		〃（3号）	〃	〃	110.0	2019-09-30
		〃（4号）	〃	〃	110.0	2019-09-30
	中部電力（株）	浜岡原子力（1号）	静岡県御前崎市	〃	54.0	2009-01-30
		〃（2号）	〃	〃	84.0	2009-01-30
	関西電力（株）	美浜（1号）	福井県三方郡美浜町	PWR	34.0	2015-04-27
		〃（2号）	〃	〃	50.0	2015-04-27
		大飯（1号）	福井県大飯郡おおい町	〃	117.5	2018-03-01
		〃（2号）	〃	〃	117.5	2018-03-01
	中国電力（株）	島根原子力（1号）	島根県松江市	BWR	46.0	2015-04-30
	四国電力（株）	伊方（1号）	愛媛県西宇和郡伊方町	PWR	56.6	2016-05-10
		〃（2号）	〃	〃	56.6	2018-05-23
	九州電力（株）	玄海原子力（1号）	佐賀県東松浦郡玄海町	〃	55.9	2015-04-27
		〃（2号）	〃	〃	55.9	2019-04-09
	日本原子力研究開発機構	新型転換炉原型炉ふげん	福井県敦賀市	ATR（原型炉）	16.5	2003-03-29
		高速増殖原型炉もんじゅ	〃	FBR（原型炉）	28.0	2018-03-28 廃止措置計画認可

（注）BWR：沸騰水型軽水炉
PWR：加圧水型軽水炉
ABWR：改良型沸騰水型軽水炉
APWR：改良型加圧水型軽水炉
FBR：高速増殖炉
GCR：ガス冷却炉

（出典）日本原子力産業協会「日本の原子力発電炉（運転中、建設中、建設準備中など）」等に基づき作成

（2） 各国における一次エネルギー需要の見通し

単位：Mtoe（石油換算 100 万 t）

種別＼国名	日本		米国		欧州連合（EU）		ロシア		中国		インド	
	2017年度	2030年度	2017年度	2030年度	2017年度	2030年度	2017年度	2030年度	2017年度	2030年度	2017年度	2030年度
石油	176	127	790	766	531	413	148	155	572	714	223	351
	41%	33%	37%	35%	33%	29%	20%	20%	19%	19%	25%	25%
石炭	116	87	331	220	234	110	115	101	1, 964	1, 992	391	656
	27%	22%	15%	10%	14%	8%	16%	13%	64%	52%	44%	46%
天然ガス	101	76	644	785	398	363	383	421	196	410	51	113
	23%	20%	30%	35%	25%	26%	53%	55%	6%	11%	6%	8%
水力・その他	30	43	167	261	237	362	24	35	283	523	206	278
	7%	11%	8%	12%	15%	26%	3%	5%	9%	14%	23%	19%
原子力	9	55	219	181	216	166	53	55	65	166	10	29
	2%	14%	10%	8%	13%	12%	7%	7%	2%	4%	1%	2%
設備容量（100万kW）	41	30	105	88	125	97	28	31	37	93	7	16
合計	432	387	2, 150	2, 214	1, 617	1, 414	723	767	3, 080	3, 805	882	1, 427
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

（注）2017 年の値は実績値。2030 年度の予測値は、各国政府の現在の計画を組み込んだ IEA の公表政策シナリオ（旧：新政策シナリオ）をベースに試算されたもの。

（出典）IEA「World Energy Outlook 2019」を基に作成

（3） 各国及び地域の原子力発電所の設備利用率

単位：％　（　）内は基数

暦年 国名又は地域名	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年
米国	91.1(103)	90.8(103)	92.2(104)	91.4(104)	90.3(104)	91.2(104)	89.0(104)	86.5(104)	90.1(104)	91.8(100)	92.1(99)	92.4(100)	91.8(99)	92.6(99)
フランス	77.8(59)	77.6(59)	75.8(59)	75.6(59)	70.7(59)	74.1(59)	76.6(58)	76.0(58)	76.0(58)	79.6(58)	78.6(58)	71.5(58)	70.4(58)	73.0(58)
日本	69.7(54)	70.2(55)	64.4(55)	58.0(55)	64.7(56)	68.3(54)	38.0(54)	4.3(50)	3.5(50)	0.0(48)	1.2(48)	8.0(43)	8.4(42)	16.3(42)
中国	87.2(9)	87.9(9)	87.5(11)	88.1(11)	88.9(11)	90.4(13)	88.2(14)	89.2(15)	89.5(17)	86.9(22)	87.4(27)	89.6(35)	89.2(37)	90.6(43)
ロシア	73.4(31)	75.9(31)	77.7(31)	79.6(31)	80.2(31)	81.5(32)	81.5(32)	80.6(32)	77.0(33)	81.0(33)	85.7(34)	82.2(35)	82.2(35)	77.9(37)
韓国	95.1(20)	92.3(20)	89.4(20)	93.1(20)	91.1(20)	90.9(20)	90.4(21)	81.6(23)	75.8(23)	85.7(23)	84.6(24)	79.4(24)	71.1(25)	64.6(24)
カナダ	81.3(18)	83.7(18)	79.8(18)	79.9(18)	77.3(18)	77.6(18)	80.0(18)	79.1(20)	81.1(19)	85.0(19)	81.4(19)	80.8(19)	80.5(19)	79.1(19)
ウクライナ	74.2(14)	73.9(15)	76.0(15)	73.4(15)	67.9(15)	73.1(15)	73.9(15)	75.2(15)	76.5(15)	77.5(15)	74.0(15)	67.9(15)	70.8(15)	67.9(15)
ドイツ	86.3(18)	89.1(17)	74.4(17)	78.4(17)	71.2(17)	74.1(17)	68.9(17)	90.5(9)	88.6(9)	89.0(9)	89.7(9)	86.3(8)	78.4(8)	88.1(7)
英国	72.6(23)	66.9(23)	63.1(19)	54.2(19)	70.9(19)	64.0(19)	71.1(19)	77.1(18)	78.8(16)	70.3(16)	77.1(16)	82.6(15)	81.5(15)	75.7(15)
スウェーデン	87.1(11)	82.8(10)	81.3(10)	77.6(10)	63.5(10)	68.4(10)	71.2(10)	74.5(10)	76.6(10)	74.7(10)	64.9(10)	71.2(10)	81.0(9)	86.9(8)
スペイン	82.7(9)	87.5(9)	80.8(8)	86.3(8)	77.5(8)	90.1(8)	83.2(8)	88.7(8)	84.5(8)	87.9(7)	87.6(7)	89.8(7)	89.0(7)	85.5(7)
ベルギー	89.2(7)	86.9(7)	89.9(7)	84.8(7)	87.6(7)	88.0(7)	88.5(7)	74.1(7)	78.1(7)	61.6(7)	54.4(7)	79.6(7)	77.5(7)	52.2(7)
インド	67.2(15)	54.2(16)	48.4(17)	39.7(17)	44.5(17)	56.7(19)	75.5(20)	77.3(20)	78.4(20)	80.1(20)	74.5(21)	73.4(21)	56.9(14)	64.6(22)
台湾	89.8(6)	89.1(6)	90.4(6)	90.4(6)	91.6(6)	91.4(6)	92.5(6)	87.7(6)	90.0(6)	91.5(6)	87.1(6)	90.2(6)	75.0(6)	71.7(6)
チェコ	76.8(6)	79.7(6)	78.7(6)	78.5(6)	80.0(6)	82.1(6)	81.9(6)	86.0(6)	86.4(6)	83.8(6)	73.6(6)	65.6(6)	77.5(6)	81.8(6)

（出典）IAEA-PRIS（Power Reactor Information System）を基に作成

単位：％　（　）内は基数

暦年 国名又は地域名	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年
スイス	78.4(5)	93.5(5)	93.9(5)	92.9(5)	92.6(5)	89.4(5)	89.9(5)	84.8(5)	86.0(5)	90.8(5)	76.0(5)	69.4(5)	67.1(5)	83.8(5)
フィンランド	95.7(4)	93.5(4)	95.3(4)	93.1(4)	95.7(4)	92.3(4)	93.2(4)	91.0(4)	93.5(4)	93.7(4)	92.3(4)	91.8(4)	88.7(4)	90.1(4)
ブルガリア	72.9(4)	76.1(4)	82.0(2)	88.1(2)	85.2(2)	85.3(2)	91.4(2)	88.5(2)	86.7(2)	88.8(2)	86.5(2)	88.3(2)	86.8(2)	88.6(2)
ブラジル	55.2(2)	78.0(2)	74.1(2)	85.2(2)	74.5(2)	83.5(2)	89.6(2)	92.0(2)	83.9(2)	87.1(2)	84.2(2)	90.0(2)	89.6(2)	89.1(2)
ハンガリー	84.7(4)	81.4(4)	87.2(4)	86.2(4)	87.6(4)	88.6(4)	88.9(4)	89.0(4)	86.5(4)	88.1(4)	89.1(4)	90.5(4)	90.9(4)	88.6(4)
南アフリカ	77.6(2)	63.9(2)	79.9(2)	80.6(2)	73.4(2)	81.8(2)	80.9(2)	77.4(2)	84.0(2)	90.8(2)	67.4(2)	93.4(2)	92.6(2)	65.0(2)
スロバキア	76.4(6)	77.6(6)	79.5(5)	85.3(5)	86.3(4)	86.8(4)	90.2(4)	90.4(4)	92.0(4)	90.7(4)	89.7(4)	87.0(4)	89.0(4)	87.5(4)
アルゼンチン	77.8(2)	87.3(2)	82.1(2)	83.4(2)	92.7(2)	81.7(2)	72.0(2)	71.9(2)	74.3(2)	95.8(2)	87.6(2)	46.5(3)	40.5(3)	45.1(3)
メキシコ	86.6(2)	87.3(2)	83.5(2)	82.0(2)	88.8(2)	49.1(2)	81.8(2)	62.6(2)	97.6(2)	78.4(2)	88.0(2)	76.5(2)	77.6(2)	96.8(2)
ルーマニア	89.1(1)	90.2(1)	95.8(2)	90.5(2)	95.0(2)	94.0(2)	94.9(2)	92.6(2)	93.5(2)	94.1(2)	93.8(2)	91.0(2)	92.8(2)	91.9(2)
イラン	—	—	—	—	—	—	—	—	95.1(1)	56.4(1)	64.4(1)	73.9(1)	80.0(1)	77.5(1)
パキスタン	64.7(2)	68.4(2)	62.0(2)	46.6(2)	70.8(2)	68.8(2)	68.1(3)	84.3(3)	72.8(3)	77.4(3)	72.8(3)	85.1(4)	87.8(5)	82.6(5)
スロベニア	97.7(1)	91.3(1)	93.0(1)	102.1(1)	93.6(1)	92.2(1)	97.9(1)	86.5(1)	83.0(1)	100(1)	88.5(1)	89.2(1)	98.5(1)	90.6(1)
オランダ	95.7(1)	82.5(1)	94.6(1)	92.9(1)	95.5(1)	88.9(1)	92.8(1)	86.9(1)	63.7(1)	91.2(1)	90.5(1)	87.8(1)	75.6(1)	78.3(1)
アルメニア	76.0(1)	73.5(1)	71.3(1)	68.6(1)	69.7(1)	69.6(1)	71.8(1)	66.4(1)	64.4(1)	67.3(1)	77.4(1)	65.4(1)	71.4(1)	55.8(1)
リトアニア	91.9(1)	76.5(1)	87.4(1)	87.8(1)	96.6(1)	—	—	—	—	—	—	—	—	—

（出典）IAEA-PRIS（Power Reactor Information System）を基に作成

(4)　我が国における核燃料物質在庫量一覧

①　原子炉等規制法上の規制区分別内訳

2019年12月31日現在
( )内は2018年12月31日現在

核燃料物質の区分[注1] / 原子炉等規制法上の規制区分[注2]	天然ウラン (t)	劣化ウラン (t)	トリウム (t)	濃縮ウラン U(t)	濃縮ウラン U-235(t)	プルトニウム (kg)
加工	469 (469)	11,840 (11,839)	0 (0)	1,431 (1,461)	58 (59)	– (–)
試験研究用等原子炉	31 (31)	63 (63)	0 (0)	34 (34)	2 (2)	1,842 (1,842)
実用発電用原子炉	393 (423)	3,279 (3,233)	– (–)	17,394 (17,398)	361 (370)	147,315 (143,777)
研究開発段階発電用原子炉	– (–)	95 (95)	– (–)	3 (3)	0 (0)	3,306 (3,323)
再処理	2 (2)	597 (597)	0 (0)	3,472 (3,472)	33 (33)	30,660 (30,661)
使用	121 (121)	252 (252)	5 (5)	48 (48)	1 (1)	4,002 (4,002)
原子力利用国際規制物資使用者	0 (0)	0 (0)	0 (0)			
非原子力利用国際規制物資使用者	0 (0)	0 (0)	0 (0)			
合計[注3]	1,016 (1,046)	16,126 (16,080)	5 (5)	22,383 (22,417)	454 (465)	187,125 (183,605)

・ 表中の「－」については在庫を保有していないことを表し、「0」については0.5未満の在庫を保有していることを表す。

注1　原子力基本法及び核燃料物質、核原料物質、原子炉及び放射線の定義に関する政令の規定に基づいている。物理的、化学的な状態によらず区分毎の合計量を記載。

注2　原子炉等規制法に基づき国際規制物資を使用している者の区分。加工事業者（第13条第1項）、試験研究用等原子炉設置者（第23条第1項）、発電用原子炉設置者（第43条の3の5第1項）、再処理事業者（第44条第1項）、核燃料物質の使用者（第52条第1項）、国際規制物資使用者（第61条の3第1項）に区分され、そのうち、発電用原子炉設置者は実用発電用原子炉設置者と研究開発段階発電用原子炉設置者に、国際規制物資使用者は原子力利用国際規制物資使用者と非原子力利用国際規制物資使用者に分類される。製錬事業者（第3条第1項）、使用済燃料貯蔵事業者（第43条の4第1項）及び廃棄事業者（第51条の2第1項）は施設数が0のため記載せず。

注3　四捨五入の関係により、合計が一致しない場合がある。

（出典）第 23 回原子力委員会資料第 1 号 原子力規制庁「我が国における 2019 年の保障措置活動の実施結果及び国際原子力機関（IAEA）による『2019 年版保障措置声明』の公表について」（2020 年）

②　国籍区分別内訳

2019年12月31日現在
( )内は2018年12月31日現在

核燃料物質の区分[注] / 国籍の区分	天然ウラン (t)	劣化ウラン (t)	トリウム (t)	濃縮ウラン		プルトニウム (kg)
				U(t)	U-235(t)	
アメリカ	85 (91)	3,719 (3,696)	1 (1)	16,166 (16,192)	321 (328)	133,880 (131,819)
イギリス	13 (13)	447 (447)	0 (0)	2,333 (2,336)	46 (47)	20,150 (19,627)
フランス	36 (36)	6,507 (6,505)	0 (0)	6,093 (6,099)	101 (103)	59,156 (58,411)
カナダ	691 (704)	5,265 (5,250)	0 (0)	5,745 (5,751)	103 (106)	54,407 (53,437)
オーストラリア	20 (20)	1,031 (1,029)	－ (－)	4,030 (4,035)	83 (85)	30,968 (30,588)
中国	27 (27)	253 (253)	－ (－)	277 (278)	7 (7)	2,199 (2,108)
ユーラトム	49 (49)	6,509 (6,506)	0 (0)	8,135 (8,145)	178 (183)	23,037 (21,455)
カザフスタン	－ (－)	－ (－)	－ (－)	37 (37)	1 (1)	－ (－)
韓国	－ (－)	－ (－)	－ (－)	－ (－)	－ (－)	－ (－)
ベトナム	－ (－)	－ (－)	－ (－)	－ (－)	－ (－)	－ (－)
ヨルダン	－ (－)	－ (－)	－ (－)	－ (－)	－ (－)	－ (－)
ロシア	－ (－)	－ (－)	－ (－)	67 (67)	3 (3)	－ (－)
トルコ	－ (－)	－ (－)	－ (－)	－ (－)	－ (－)	－ (－)
UAE	－ (－)	－ (－)	－ (－)	－ (－)	－ (－)	－ (－)
インド	－ (－)	－ (－)	－ (－)	－ (－)	－ (－)	－ (－)
IAEA	1 (1)	2 (2)	－ (－)	0 (0)	0 (0)	1 (1)
その他	180 (193)	2,063 (2,051)	4 (4)	360 (360)	8 (9)	4,094 (3,965)

・二国間原子力協定及びIAEAウラン供給協定の対象となる核燃料物質の量を締約国毎に記載。なお、複数の協定の対象となる核燃料物質は、それぞれの供給当事国区分に重複して計上。
・表中「－」については在庫を保有していないことを表し、「0」については0.5未満の在庫を保有していることを表す。
注　原子力基本法及び核燃料物質、核原料物質、原子炉及び放射線の定義に関する政令の規定に基づいている。物理的・化学的形状によらず区分毎の合計量を記載。

(出典)第 23 回原子力委員会資料第 1 号 原子力規制庁「我が国における 2019 年の保障措置活動の実施結果及び国際原子力機関(IAEA)による『2019 年版保障措置声明』の公表について」(2020 年)

③　原子炉施設等における保管プルトニウム・装荷プルトニウムの内訳

原子炉名等			保管プルトニウム(注1)（未照射分離プルトニウム量）		うち、炉内に装荷されているプルトニウム(注2)（未照射分離プルトニウム量）		（参考）令和元年末までに炉内に装荷された未照射分離プルトニウム総量－炉外へ取り出した照射済みプルトニウム総量(注3)	
			(kgPu)	うち、核分裂性プルトニウム量 (kgPuf)	(kgPu)	うち、核分裂性プルトニウム量 (kgPuf)	(kgPu)	うち、核分裂性プルトニウム量 (kgPuf)
日本原子力研究開発機構		常陽	134	98	—	—	261	184
		もんじゅ	280	191	164	112	1,066	745
実用発電炉	東京電力ホールディングス(株)	福島第一原子力発電所 3 号機	—	—	—	—	210	143
		柏崎刈羽原子力発電所 3 号機	205	138	—	—	—	—
	中部電力(株)	浜岡原子力発電所 4 号機	213	145	—	—	—	—
	関西電力(株)	高浜発電所 3 号機	—	—	—	—	1,269	805
		高浜発電所 4 号機	—	—	—	—	887	557
	四国電力(株)	伊方発電所 3 号機	198	136	—	—	633	436
	九州電力(株)	玄海原子力発電所 3 号機	—	—	—	—	1,477	984
研究開発施設	日本原子力研究開発機構	大洗研究所 重水臨界実験装置	87	72				
		原子力科学研究所 定常臨界実験装置及び過渡臨界実験装置	15	11				
	その他の研究開発施設		11	9				

（注1）令和元年末の未照射分離プルトニウム量。
（注2）令和元年末の未照射分離プルトニウムのうち、炉内に装荷されているプルトニウム量。
　　令和元年の一年間に未照射分離プルトニウムを照射したのは、九州電力玄海 3 号機、160kgPu。
（注3）MOX燃料について、「令和元年末までに炉内に装荷された未照射分離プルトニウムの総量」から「炉外へ取り出した照射済みプルトニウムの総量」を差し引いたもの。令和元年末時点での炉内に装荷中の MOX 燃料で、未照射時点でのプルトニウム量。なお、施設定期検査のため、一時 MOX 燃料を炉外に移動し保管されている場合もある。

参考データ（令和元年末）　原子炉施設等に貯蔵されている使用済燃料等に含まれるプルトニウム　145,761kgPu
再処理施設に貯蔵されている使用済燃料に含まれるプルトニウム　26,734kgPu
放射性廃棄物に微量含まれるプルトニウム等、当面回収できないと認められているプルトニウム　133kgPu

（出典）第 24 回原子力委員会資料第 1 号「我が国のプルトニウム管理状況」(2020 年)

④　2019 年における国内に保管中の分離プルトニウムの期首・期末在庫量と増減内訳

単位：kgPu

＜合計＞[注1]	
炉内に装荷し照射した総量	△ 160
各施設内工程での増減量	△ 1
増減	△ 161

【日本原子力研究開発機構再処理施設】

再処理の分離・精製工程から混合転換の原料貯蔵庫まで[注1]			
平成31年1月1日　（平成30年末）現在の在庫量			195
増減内訳	受入による増量（令和元年一年間の搬入量：分析試料）		0
	払出による減量（令和元年一年間の搬出量）		△ 0
	再処理施設内工程での増減量[注2]		0
	詳細内訳	保管廃棄	0.0
		保管廃棄再生	1.5
		核的損耗	△ 0.1
		測定済廃棄	△ 0.7
		在庫差	△ 0.4
令和元年12月末現在の在庫量			195

【日本原子力研究開発機構プルトニウム燃料加工施設】

混合酸化物（MOX）の粉末原料から燃料集合体に仕上げるまで[注1]			
平成31年1月1日　（平成30年末）現在の在庫量			3,918*
増減内訳	受入による増量（令和元年一年間の搬入量）		0
	払出による減量（令和元年一年間の搬出量：分析試料）		△ 0
	燃料加工施設内工程での増減量[注2]		0
	詳細内訳	核的損耗	△ 0.1
		在庫差	0.1
令和元年12月末現在の在庫量			3,918

＊　日本原子力研究開発機構において、精度向上のための再測定を行ったところ、平成 30 年末から 260g減少して、3.918kg となった。

【原子炉施設等】

「常陽」、「もんじゅ」、「実用発電炉」及び「研究開発施設」[注1]			
平成31年1月1日　（平成30年末）現在の在庫量			1,305
増減内訳	受入による増量（令和元年一年間の搬入量）		1
	炉内に装荷し照射したことによる減量（令和元年一年間の装荷し照射した量）		△ 160
	払出による減量（令和元年一年間の搬出量）		△ 1
	原子炉施設等内での増減量[注2]		△ 2
	詳細内訳	核的損耗　等	△ 2.0
令和元年12月末現在の在庫量			1,143

【日本原燃株式会社再処理施設】

再処理の分離・精製工程から混合転換の原料貯蔵庫まで(注1)			
平成31年1月1日（平成30年末）現在の在庫量			3,603
増減内訳	受入による増加（令和元年一年間の搬入量：分析試料）		0
	払出による減量（令和元年一年間の搬出量：分析試料）		△ 0
	再処理施設内工程での増減量 (注2)		0
	詳細内訳	保管廃棄	△ 0.1
		保管廃棄再生	0.0
		核的損耗	△ 0.7
		在庫差	1.2
令和元年12月末現在の在庫量			3,603

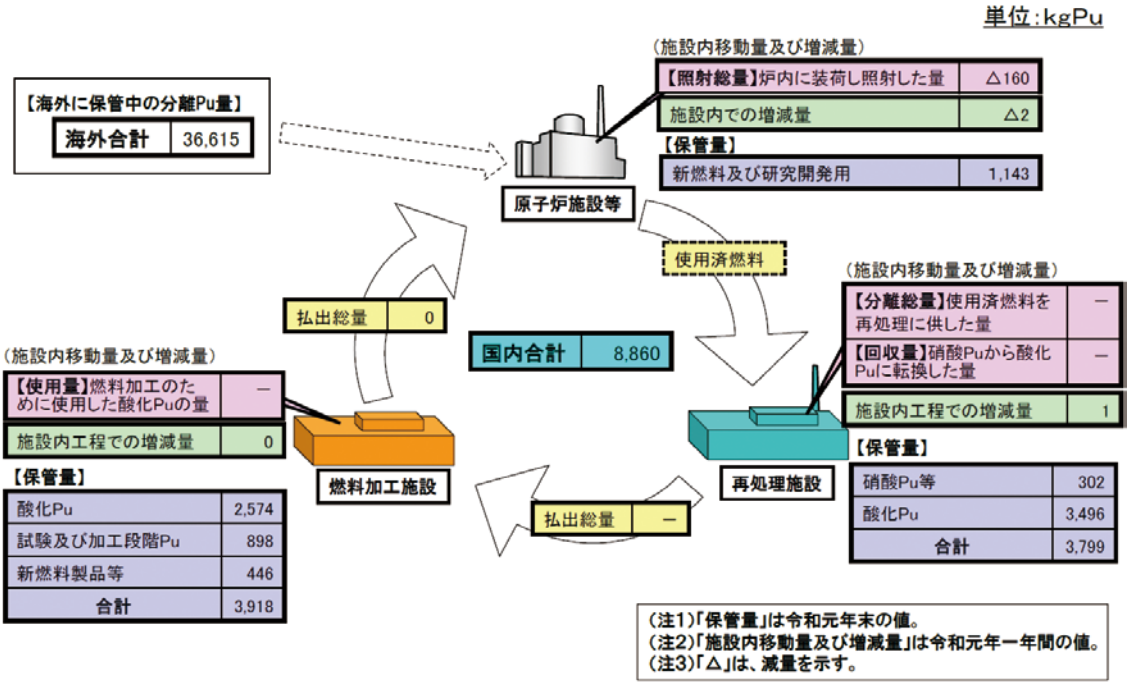
（注1） 数値は、四捨五入の関係により合計が合わない場合がある。「△」は、減量を示す。

（注2） 各施設内工程での増減量の内訳には、施設への受入れ、施設からの払出し以外の計量管理上の在庫変動（受払間差異、保管廃棄、保管廃棄再生、核的損耗、測定済廃棄等）及び在庫差がある。これらの定義は以下のとおりであり、計量管理上、国際的にも認められている概念である。なお、この表中では、プルトニウムの増減をわかりやすく示す観点から、在庫量が減少する場合には負（△）、増加する場合には正（符号なし）の量として示している。そのため、計量管理上の表記と異なる場合があるので注意されたい。

- ○ 受払間差異：異なる施設間で核燃料物質の受渡しが行われた際の、受入側の測定値から払出し側が通知した値を引いた値。
- ○ 保管廃棄：使用済燃料溶解液から核燃料物質を回収する過程で発生する高放射性廃液や低放射性廃液等に含まれるプルトニウムなど、当面回収できない形態と認められる核燃料物質を保管する場合に、帳簿上の在庫から除外された量。
- ○ 保管廃棄再生：保管廃棄された核燃料物質のうち、再び帳簿上の在庫に戻された量。
- ○ 核的損耗：核燃料物質の自然崩壊により損耗（減少）した量。
- ○ 測定済廃棄：測定され又は測定に基づいて推定され、かつ、その後の原子力利用に適さないような態様（ガラス固化体等）で廃棄された量。
- ○ 在庫差：実在庫確認時に実際の測定により確定される「実在庫量」から「帳簿上の在庫量」を引いた値。測定誤差やプルトニウムを粉末や液体で扱う施設においては、機器等への付着等のため、発生する。

（出典）第 24 回原子力委員会資料第 1 号「我が国のプルトニウム管理状況」（2020年）

⑤　2019 年における我が国の分離プルトニウムの施設内移動量・増減量及び施設間移動量



（出典）第 24 回原子力委員会資料第 1 号「我が国のプルトニウム管理状況」（2020 年）

⑥　プルトニウム国際管理指針に基づき IAEA を通じて公表する 2019 年末における我が国のプルトニウム保有量

（　）内は平成30年末の公表値

民生未照射プルトニウム年次保有量[*1]	（単位：tPu）	
1. 再処理工場製品貯蔵庫中の未照射分離プルトニウム	3.8	(3.8)
2. 燃料加工又はその他製造工場又はその他の場所での製造又は加工中未照射分離プルトニウム及び未照射半加工又は未完成製品に含まれるプルトニウム	3.5	(3.5)
3. 原子炉又はその他の場所での未照射MOX燃料（炉内に装荷された照射前を含む）又はその他加工製品に含まれる未照射プルトニウム	1.5	(1.6)
4. その他の場所で保管される未照射分離プルトニウム	0.1	(0.1)
［上記 1-4 の合計値］[*2]	[8.9	(9.0)]
（ⅰ）上記 1-4 のプルトニウムのうち所有権が他国であるもの	0	(0)
（ⅱ）上記 1-4 のいずれかの形態のプルトニウムであって他国に存在し、上記 1-4 には含まれないもの	36.6[*3]	(36.7[*3])
（ⅲ）上記 1-4 のいずれかの形態のプルトニウムであって、国際輸送中で受領国へ到着前のものであり、上記 1-4 には含まれないもの	0	(0)

使用済民生原子炉燃料に含まれるプルトニウム推定量[*4]	（単位：tPu）	
1. 民生原子炉施設における使用済燃料に含まれるプルトニウム	146	(142)
2. 再処理工場における使用済燃料に含まれるプルトニウム	27	(27)
3. その他の場所で保有される使用済燃料に含まれるプルトニウム	<0.5	(<0.5)
［上記 1-3 の合計値］[*5]	[172	(169)]
（定義） 1：民生原子炉施設から取り出された燃料に含まれるプルトニウムの推定量 2：再処理工場で受け入れた燃料のうち、未だ再処理されていない燃料に含まれているプルトニウムの推定量		

*1；100kg単位で四捨五入した値。
*2, *5；合計値はいずれも便宜上算出したものであり、IAEA への公表対象外。
*3；再処理施設に保管されているプルトニウムについては、Pu241の核的損耗を考慮した値。
*4；1,000kg単位で四捨五入した値。

（出典）第 24 回原子力委員会資料第 1 号「我が国のプルトニウム管理状況」（2020 年）

(5) 原子力関連年表

- 2019 年

月日	国内	国際
4.9	九州電力（株）玄海原子力発電所 2 号機が廃止	
4.10	福島県大熊町の居住制限区域・避難指示解除準備区域を解除	
4.16		米エンタジー社、廃止措置が実施されるインディアンポイント原子力発電所の売却に関する合意を発表
4.18		米国ニュージャージー州の 3 基の原子力発電プラントに、ゼロエミッション認証が賦与
4.24	原子力規制委員会が特定重大事故等対処施設の設置期限に間に合わない再稼働炉の運転停止方針を決定	
4.29		米ニュースケール・パワー社と韓国の斗山重工業、小型モジュール炉（SMR）事業における協力に関する覚書を締結
5.3		米国の X エナジー社、三重被覆（TRISO）燃料製造における原子燃料工業との協力覚書締結を発表
5.7		米エクセロン社、経済性や州の支援策の不成立を理由にスリー・マイル・アイランド 1 号機の早期閉鎖を決定
5.28		国際エネルギー機関（IEA）、クリーンエネルギーシステムにおける原子力発電の役割に関する報告書を発行
5.29		韓国で使用済燃料管理政策再検討委員会が発足
5.31		米エンタジー社、経済的理由でピルグリム原子力発電所を早期閉鎖
6.5		ロシア・ロスアトムと中国核工業集団公司（CNNC）のグループ会社、中国における VVER2 基の建設契約を締結
6.7	「平成 30 年度エネルギーに関する年次報告（エネルギー白書）」が閣議決定	
6.10		米ホルテック社とウクライナのエネルゴアトム社、SMR の導入に向けコンソーシアムを設立
6.11	「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」が閣議決定	
6.12		米国とポーランド、民生原子力利用に係る戦略的協力に関する覚書を締結
6.13		ロスアトム、同社製第 3 世代＋原子炉（VVER-TOI）の欧州電気事業者要件（EUR）認証を取得
6.17	東芝エネルギーシステムズ社が米エイコム社と、日本国内の廃止措置事業に関する協業契約を締結	
6.26	経済産業省が仏連帯・エコロジー転換省と、「エネルギー転換のためのイノベーションに関する協力覚書」を交換	
6.27		英国で 2050 年までに温室効果ガスの排出量を実質ゼロにする法律が成立

月日	国内	国際
7.1		米ホルテック社、廃止措置の実施のためエクセロン社のオイスタークリーク原子力発電所買収手続を完了
7.8		チェコ政府、原子炉新規建設に向け投資枠組みを決定
7.12		台湾の原子能委員会、第一原子力発電所の廃止措置申請を許可
7.18		• 中国 CNNC、SMR 建設のモデルプロジェクトに着手 • 国際原子力機関（IAEA）の天野之弥事務局長が死去
7.23		• 英ビジネス・エネルギー・産業戦略省（BEIS）、ロールスロイス社等による SMR 開発に対する資金援助の方針を発表 • 米国オハイオ州で、原子力発電所等の発電継続支援のための法律が成立
8.15		米原子力規制委員会（NRC）とカナダ原子力安全委員会（CNSC）、先進炉及び SMR の技術審査の効率性向上に関する協力覚書を締結
8.26		米ホルテック社、廃止措置実施に向けた、エンタジー社のピルグリム原子力発電所買収手続の完了を発表
8.27		韓国水力原子力（KHNP）、米 NRC からの韓国国産炉 APR1400 の標準設計認証（DC）取得を発表
9.1	法改正により「特定放射性同位元素の防護（セキュリティ対策）」を法の目的に追加することに伴い、「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律（放射線障害防止法）」が「放射性同位元素等の規制に関する法律」に名称を変更	
9.2	原子力委員会が「平成 30 年度版原子力白書」を公表	
9.4	原子力規制委員会が東電福島第一原発事故の調査・分析の再開を表明	
9.9		韓国電力公社（KEPCO）とアラブ首長国連邦（UAE）・バラカ原子力発電所の運転会社、第三国へのプラント輸出に向け協力覚書を締結
9.11		東京電力と仏オラノ社が東電福島第一原発の廃止措置に係る協力合意を締結
9.17	原子力機構の「もんじゅ」で燃料体の取出しが開始	韓国とサウジアラビア、韓国製小型モジュール炉のサウジアラビアでの商用化に向け技術協力を開始
9.19		米デューク・エナジー社、全 11 基の原子炉で 2 度目の運転認可更新を申請する方針を発表
9.26		• 英国のロールスロイス社、ウェスチングハウス（WH）社へ北米における原子力事業を売却 • 米ニュースケール社とチェコ電力（CEZ）、SMR 導入に関する覚書を締結
9.30	東京電力福島第二原発全号機が廃止	フランス電力（EDF）、フェッセンハイム 1、2 号機の運転認可の取消申請を政府に提出

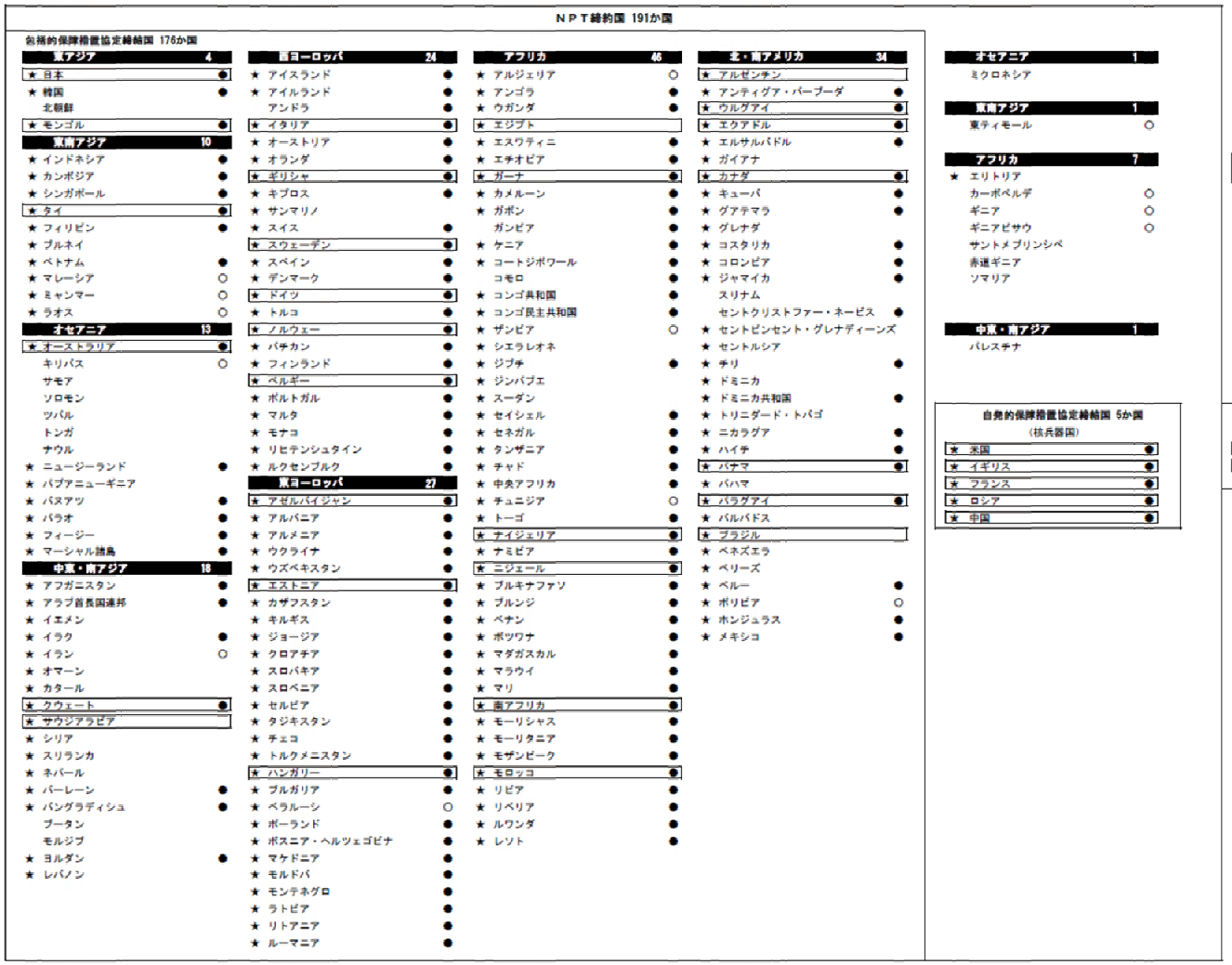
月日	国内	国際
10.3		GE 日立ニュークリア・エナジー、エストニアのフェルミ・エネルギア社と SMR 導入に関する覚書を締結
10.11	「もんじゅ」で燃料体を原子炉容器から炉外燃料貯蔵槽へ移送する作業が終了	
10.14		資源エネルギー庁と米国エネルギー省（DOE）が共同議長を務め、第 1 回最終処分に関する政府間国際ラウンドテーブルが開催
10.15		米ファーストエナジー社、事故を発生させたスリー・マイル・アイランド 2 号機の売却を発表
10.16		中国 CNNC、漳州原子力発電所 1 号機（華龍 1 号）の建設開始を発表
10.17		英国政府、イングランドにおける地層処分社会基盤に関する国家政策声明書（NPS）を制定
10.31	原子力機構が将来ビジョン「JAEA 2050＋」を公表	
11.8		フランスで、原子力比率 50%への縮減目標達成時期の 2035 年への後倒し等を規定した法律が公布
11.11		米国の X エナジー社とヨルダン原子力委員会（JAEC）、ヨルダンへの SMR 導入に向けた基本合意書を締結
11.12		米エナジーソリューションズ社、ラクロス原子力発電所の廃止措置プロジェクトの完了を発表
11.15		カナダ原子力研究所（CNL）、SMR の研究開発支援イニシアティブの支援対象候補を選定
11.20		仏 EDF、米国の原子力発電事業から撤退
11.28		欧州議会、国連気候変動枠組条約第 25 回締約国会議（COP25）に向けた、原子力発電の役割を評価した決議文を採択

月日	国内	国際
12.1		カナダ 3 州の首相、SMR の開発・実用化の加速に向けた覚書を締結
12.2		米連邦議会上院、ブルイエット米 DOE 副長官の新長官への指名を承認
12.3	原子力機構、三菱重工業（株）、三菱 FBR システムズ（株）及び仏原子力・代替エネルギー庁（CEA）の間で、ナトリウム冷却高速炉開発に係る協力覚書が締結	IAEA 事務局長にアルゼンチンのラファエル・グロッシー氏が就任
12.4		カナダのテレストリアル・エナジー社、米 NRC とカナダ原子力安全委員会（CNSC）が共同で技術審査する初めての非軽水炉型先進炉としての、同社の一体型溶融塩炉（IMSR）の選定を発表
12.5		米ターキーポイント 3、4 号機、米 NRC より 2 度目の運転認可更新の承認を受け、最長 80 年運転が可能に
12.11	原子力規制委員会が関西電力（株）大飯発電所 1、2 号機の廃止措置計画を許可	
12.13		オーストラリア連邦議会委員会、エネルギーミックスの一部として原子力技術の将来性の検討等を求める報告書を連邦政府に提出
12.17		米 NRC、SMR 設置を前提としたクリンチ―リバーサイトへの早期サイト許可（ESP）発行の承認を発表
12.20	• 「『復興・創生期間』後における東日本大震災からの復興の基本方針」が閣議決定 • 2020 年度政府予算案が閣議決定	
12.27	第 4 回廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議で「東京電力ホールディングス（株）福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」を改訂	

- 2020 年

月日	国内	国際
1.3		韓国、同国製小型モジュール炉の建設・輸出を行う合弁会社の設立に関するサウジアラビアとの合意を発表
1.17	広島高等裁判所が四国電力（株）伊方発電所3号機の運転差止仮処分を決定	
1.23		ロスアトム、浮揚式原子力発電所「アカデミック・ロモノソフ」による送電網への電力供給を発表
2.3		GE 日立ニュークリア・エナジー社、同社製 SMR の BWRX-300 の建設に係るフィーシビリティ・スタディの実施に関する覚書をチェコ CEZ と締結
2.10	多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会が「多核種除去設備等処理水の取扱いに係る小委員会報告書」を公表	
2.14		米ニュースケール・パワー社、ウクライナ国立原子力放射線安全科学技術センターとの、ウクライナへの SMR の導入検討に向けた覚書締結を発表
2.26	原子力規制委員会が東北電力（株）女川原子力発電所2号機の設置変更を許可	
3.4	• 福島県双葉町の帰還困難区域の一部・避難指示解除準備区域を解除 • 福島県双葉町の特定復興再生拠点区域内に立入規制の緩和区域を設定	
3.5	• 福島県大熊町の帰還困難区域の一部を解除 • 福島県大熊町の特定復興再生拠点区域内に立入規制の緩和区域を設定	
3.10	福島県富岡町の帰還困難区域の一部を解除	
3.14	常磐線が富岡～浪江間の運転再開により全線で運転再開	

（6） 核兵器不拡散条約（NPT）締約国とIAEA保障措置協定締結国



（出典）国際連合軍縮部ウェブサイト「Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons」、IAEAウェブサイト「Safeguards agreements」、「Status List」、「Status of the Additional Protocol」、「List of Member States」、「Board of Governors」等に基づき作成

6　世界の原子力の基本政策と原子力発電の状況

世界の原子力発電設備容量は、2020 年 2 月時点で、運転中のものは 441 基、3 億 9,157 万 kW に達しており、建設中、計画中のものを含めると総計 604 基、5 億 7,113 万 kW となっています。2018 年中に供給された年間電力量は 2 兆 5,630 億 kWh[1]であり、これは全世界の電力の約 10%に当たります。

脱原発政策を決定したドイツのような国もあれば、アジアを中心に 54 基が建設中であり、原子力発電の利用を継続・拡大する国や地域もあります。

表 1　世界の原子力発電の現状（2020 年 2 月時点）

（MWe、グロス電気出力）

	国地域	原子力による年間発電量（2018年）	原子力発電比率（2018年）	運転中		建設中		計画中	
		TWh	%	出力	基数	出力	基数	出力	基数
1	米国	808.0	19.3	97,896	96	5,000	4	2,550	3
2	フランス	395.9	71.7	62,250	57	1,750	1	0	0
3	中国	277.1	4.2	45,688	47	12,244	12	48,660	42
4	ロシア	191.3	17.9	29,203	38	4,903	4	25,810	24
5	韓国	127.1	23.7	23,231	24	5,600	4	0	0
6	カナダ	94.5	14.9	13,553	19	0	0	0	0
7	ウクライナ	79.5	53	13,107	15	0	0	1,900	2
8	ドイツ	71.9	11.7	8,052	6	0	0	0	0
9	スウェーデン	65.9	40.3	7,569	7	0	0	0	0
10	英国	59.1	17.7	8,883	15	1,720	1	5,060	3
11	スペイン	53.4	20.4	7,121	7	0	0	0	0
12	日本	49.3	6.2	31,679	33	2,756	2	1,385	1
13	インド	35.4	3.1	6,219	22	5,400	7	10,500	14
14	チェコ	28.3	34.5	3,932	6	0	0	2,400	2
15	ベルギー	27.3	39	5,943	7	0	0	0	0
16	台湾	26.7	11.4	3,719	4	2,600	2	0	0
17	スイス	24.5	37.7	2,960	4	0	0	0	0
18	フィンランド	21.9	32.5	2,764	4	1,720	1	1,250	1
19	ブルガリア	15.4	34.7	1,926	2	0	0	1,000	1
20	ハンガリー	14.9	50.6	1,889	4	0	0	2,400	2
21	ブラジル	14.8	2.7	1,896	2	1,405	1	0	0
22	スロバキア	13.8	55	1,816	4	942	2	0	0
23	メキシコ	13.2	5.3	1,600	2	0	0	0	0
24	南アフリカ	10.6	4.7	1,830	2	0	0	0	0
25	ルーマニア	10.5	17.2	1,310	2	0	0	1,440	2
26	パキスタン	9.3	6.8	1,355	5	2,322	2	1,170	1
27	アルゼンチン	6.5	4.7	1,702	3	27	1	1,150	1
28	イラン	6.3	2.1	915	1	1,057	1	1,057	1
29	スロベニア	5.5	35.9	696	1	0	0	0	0
30	オランダ	3.3	3.1	485	1	0	0	0	0
31	アルメニア	1.9	25.6	376	1	0	0	0	0
32	UAE	0	0	0	0	5,600	4	0	0
33	バングラデシュ	0	0	0	0	2,400	2	0	0
34	ベラルーシ	0	0	0	0	2,388	2	0	0
35	トルコ	0	0	0	0	1,200	1	3,600	3
36	エジプト	0	0	0	0	0	0	4,800	4
37	ウズベキスタン	0	0	0	0	0	0	2,400	2
	合計	2,563	10.3	391,565	441	61,034	54	118,532	109

(注 1)原子力発電比率は、総発電量に占める原子力による発電量の割合。
(注 2)WNA の集計によるデータであり、5(1)「我が国の原子力発電所の現状(2020 年 2 月時点)」に示した日本原子力産業協会のデータに基づく表の基数と整合しない部分があります。
(出典)世界原子力協会(WNA)のデータに基づき作成

[1] （出典）世界原子力協会（WNA）

2011 年以降においても、世界において 56 基の原子炉について営業運転が開始されているとともに、47 基の原子炉建設が開始されています。

表 2　世界の原子炉の運転開始・着工・閉鎖の推移（2010 年以降）

年	営業運転開始		建設開始		閉鎖（運転終了）	
	基	国地域（原子炉）	基	国地域（原子炉）	基	国地域（原子炉）
2010年	5	中、印、印、ﾛｼｱ、露	15	仏、印、中、中、印、中、中、印、中、中、印、印、露、露、伯	1	仏
2011年	4	中、韓、印、パキ	4	印、印、パキ、パキ	12	了、日、ド、了、独、独、英、独、独、英、独、独、英
2012年	4	中、韓、韓、露	6	中、中、中、韓、露、UAE	9	英、英、カ
2013年	3	中、印、パキ	5	米、米、中、中、印、韓、UAE、ベラルーシ	3	仏、仏、米、米、米、米
2014年	8	中、仁、印、中、仁、印	2	UAE、ベラルーシ	1	米
2015年	8	中、ﾛｼｱ、ﾛｼｱ、中、ﾛｼｱ、ﾛｼｱ、韓、韓	8	中、中、中、中、中、中、UAE、パキ	7	日、日、E、日、日、独、英
2016年	12	米、ﾛｼｱ、ﾛｼｱ、中、ﾛｼｱ、ﾛｼｱ、中、ﾛｼｱ、韓、露、パキ、アルゼンチン	4	中、印、中、パキ	4	日、米、瑞典、露
2017年	5	中、仁、印、パキ、露	5	中、韓、印、E、バングラ	5	仏、独、瑞典、西、韓
2018年	9	中、ﾛｼｱ、ﾛｼｱ、中、ﾛｼｱ、ﾛｼｱ、中、韓、韓	8	英、韓、韓、バングラ、トルコ	7	日、日、E、日、米、ｳｸ、韓
2019年	5	中（海陽3） 中（陽江3） 中（台山2） 韓（新古リ4） 露（ノボボロネジ2）	5	英（ヒンクリー・ポイントC-3） 中（大亜湾1） 中（福州1） 露（クルスク1-2） インド（プシュー1-2）	12	日（玄海3） 日、日、E、日（伊島第1-4） 米（ビルクリム1） 米（スリー・マイル・アイランド1） 英（フィリップスブルク2） 瑞典（ブンゲハルス2） 瑞西（ミューンベルク） 韓（月成1） 台（核山2）

（出典）日本原子力産業協会「世界の原子力発電開発の動向(2020 年度版)」、IAEA-PRIS（Power Reactor Information System）のデータに基づき作成

(1)　北米

①　米国

米国は、2020 年 3 月時点で 96 基の原子炉が稼働する、世界第 1 位の原子力発電利用国です。米国では、シェールガス革命により 2009 年頃から天然ガス価格が低水準で推移しており、原子力発電の経済性が相対的に低下しています。こうした状況は電気事業者の原子力発電の継続や新増設に関する意思決定にも影響を及ぼしています。

2017 年 1 月に発足したトランプ共和党政権は、原子力が炭素を排出しないクリーンなエネルギー源であると位置付け、その再興と拡大のための取組を進める意向を示しています。連邦議会では、おおむね共和・民主両党ともに、原子力発電を支持する姿勢が見られます。米国の政府予算は、毎年歳出法を制定することで連邦議会により決定されます。トランプ政権の成立後、原子力分野の研究開発予算について、議会は一貫して政権の予算要求を上回る額を連邦エネルギー省（DOE）に割り当てています。また、2018 年 9 月には、先進的な原子力技術開発等を促進する「原子力イノベーション能力法」が成立しています。このほか DOE は、「原子力分野のイノベーション加速プログラム（GAIN）」等を通じた先進炉や小型モジュール炉（SMR）の開発支援や、ボーグル 3、4 号機建設のために政府の債務保証プログラムを追加適用する手続の推進等の施策を行っています。

米国において、原子力安全規制は原子力規制委員会（NRC）が担っています。NRC は、我が国でも導入に向けた取組が進められている、稼働実績とリスク情報に基づく原子炉監視プロセス（ROP）等を導入することで、合理的な規制の実施に努めています。2019 年 1 月には、NRC に対し予算・手数料の適正化や先進炉のための許認可プロセス確立を指示する「原子力イノベーション・近代化法」が成立し、規制の側からも既存炉・先進炉の開発を支援する取組が進むことが期待されます。また同年 12 月に NRC は、ターキーポイント原子力発電所 3、4 号機に対して、2 度目となる 20 年間の運転認可更新を承認しました。米国で 80 年間運転が承認されたのはこれが初めてのことです。なお、産業界の自主規制機関である原子力発電運転協会（INPO）や、原子力産業界を代表する組織である原子力エネルギー協会（NEI）も、原子力の安全性向上のための自主的な取組を進めています。

米国では、民生・軍事起源の使用済燃料や高レベル放射性廃棄物を同一の処分場で地層処分する方針に基づき、ネバダ州ユッカマウンテンでの処分場建設が計画され、ブッシュ政権期の 2008 年 6 月に DOE が NRC に建設認可申請を提出しました。オバマ前政権が同プロジェクトを中止する方針であったのに対し、トランプ政権はプロジェクトを進める意向であり、2018 会計年度から 2020 会計年度の予算要求においても、プロジェクト遂行のための予算を要求しましたが、連邦議会は同プロジェクトへの予算配分を認めませんでした。このような状況の中、2021 会計年度の予算要求では、ユッカマウンテン計画の膠着状態を傍観せずに代替の解決策を開発するとの方針が表明されました。

なお、1977 年のカーター民主党政権が使用済燃料の再処理を禁止したことを受けて、米国では再処理は行われておらず、最終処分場も未整備の状況であるため、使用済燃料は事業

者が発電所等で貯蔵しています。

②　カナダ

カナダは世界有数のウラン生産国の 1 つであり、世界全体の生産量の約 22%を占めています。カナダでは、2020 年 3 月時点で 19 基の原子炉がオンタリオ州（18 基）とニューブランズウィック州（1 基）で稼働中であり、2018 年の原子力発電比率は約 15%です。原子炉は全てカナダ型重水炉（CANDU 炉）であり、国内で生産される天然ウランを濃縮せずに燃料として使用しています。

各地方政府と電気事業者は、今後の電力需要への対応と気候変動対策の両立手段として原子力利用を重視していますが、近年は、電力需要の伸びの鈍化や経済危機の影響等も踏まえ、経済性の観点から、原子炉の新増設よりも既存原子炉の改修・寿命延長計画を優先的に進めています。その一方で、SMR の研究開発には力を入れており、2018 年 11 月には州政府や電気事業者等で構成される委員会により、SMR による低炭素社会の実現や国際的な開発競争における主導権の確保に向けたロードマップが策定されました。ロードマップでは、SMR の実証と実用化、政策と法制度、公衆の関与や信頼、国際的なパートナーシップと市場の 4 分野で、連邦・州政府や事業者らに、資金やリスクシェアの体制、効率的な許認可制度の構築等を促す勧告を提示しています。こうした中、カナダ原子力研究所（CNL）が同研究所の管理サイトにおける SMR の実証施設建設・運転プロジェクトを進めているほか、安全規制機関であるカナダ原子力安全委員会（CNSC）が、小型炉や先進炉を対象とした許認可前ベンダー設計審査を進めています。

カナダは使用済燃料の再処理を行わない方針を採っており、使用済燃料は原子力発電所サイト内の施設で保管されています。2002 年に核燃料廃棄物法が制定され、処分の実施主体として核燃料廃棄物管理機関（NWMO）が設立されました。NWMO が国民対話等の結果を踏まえて政府に提案し、採用された使用済燃料の長期管理アプローチに基づき、処分サイト選定プロセスが進められており、現在は 2 か所の自治体を対象として現地調査が実施されています。

(2)　欧州

欧州連合（EU）では、欧州委員会が 2019 年 12 月に、2050 年までに EU における温室効果ガス排出量を実質ゼロ（気候中立）にすることを目指す政策パッケージ「欧州グリーンディール」を発表しました。2030 年までの温室効果ガス排出削減目標も、従来の 1990 年比 40%から、50～55%に引き上げる方針が示されています。2020 年 3 月現在、このグリーンディール実施に向けて、法令や制度整備の取組が進められています。

温室効果ガスの排出削減方法やエネルギーミックスの選択は各加盟国の判断に委ねられており、原子力発電の位置付けや利用方策について、EU として統一的な方針は示されていません。しかし、2019 年 11 月には EU 議会が、第 25 回国連気候変動枠組条約締約国会議

（COP25）開催に先立ち採択した決議文において、気候目標達成と域内電力供給における原子力発電の役割を評価する文言を盛り込むなどの動きが見られました。

また、欧州委員会は、低炭素エネルギー技術開発の側面から、原子力分野における技術開発を推進する方針を示しています。EU における研究開発支援制度である「ホライズン 2020」の枠組みで、EU 加盟国の研究機関や事業者等を中心に立ち上げられた研究開発プロジェクトに対し、資金援助が行われています。

①　英国

英国では、2020 年 3 月時点で 15 基の原子炉が稼働中であり、2018 年の原子力発電比率は約 18%です。1990 年代以降は原子炉の新設が途絶えていましたが、北海ガス田の枯渇や気候変動が問題となる中、英国政府は 2008 年以降一貫して原子炉新設を推進していく政策方針を掲げています。2020 年 3 月時点では、表 3 に示す 2 サイトにおいて新設計画が進められています。このうちヒンクリーポイント C サイトにおける 2 基の欧州加圧水型原子炉（EPR）の建設プロジェクトについては、2016 年 9 月に、政府、フランス電力（EDF）、中国広核集団（CGN）の 3 者が差額決済契約（CfD）と投資合意書に署名しており、2018 年 11 月に原子力規制局（ONR）からのコンクリート打設の許可が発給され、建設作業が開始されています。CfD 制度により、発電電力量当たりの基準価格を設定し、市場における電力価格が基準価格を下回った場合には、その差額の補填を受けることができるため、長期的に安定した売電収入を見込めることになります。

表 3　英国での主たる原子炉新設プロジェクト

電力会社・コンソーシアム	サイト	炉型	基数
EDF と CGN	ヒンクリーポイント C	EPR	2
EDF と CGN	サイズウェル C	EPR	2
EDF と CGN	ブラッドウェル B	華龍 1 号	2

(注)各プロジェクトへの EDF と CGN の出資比率はサイトによって異なる。
(出典)WNA のデータを基に作成

EPR のような大型炉以外にも、英国政府は SMR の建設も検討しており、そのための技術開発支援や規制対応支援を実施しています。例えば、英ロールスロイス社は軽水炉をベースとする SMR の開発を進めており、英国政府から 2019 年に 1,800 万ポンドの資金援助を受けています。

また、英国政府は、より先進的な技術を活用した SMR 開発も支援しています。原子力分野の生産性向上に向けて、官民協働の取組をまとめた原子力セクターディール（2018 年 6 月）では、溶融塩炉や高温ガス炉等の先進的な技術を採用した SMR 技術を開発している 8 社に対する支援方針が示されました。さらに、英国政府は、SMR の規制審査を行うため、ONR 向けにも資金提供を行う方針です。

一方で、原子炉新設は民間企業によって実施されるものであるため、巨額の初期投資コストを賄うための資金調達が大きな課題となります。2019 年 1 月には、ウィルファサイトでの新設を計画していた日立製作所が、プロジェクトへの出資比率について日英両政府等の関係者と合意に至らなかったとして、プロジェクトの凍結を発表しました。政府は、新たな資金調達支援策として、規制機関が認めた収入を事業者が確保できることで投資回収を保証する規制資産モデル（RAB）の導入を検討しています。

英国では、1950 年代から 2018 年 11 月までセラフィールド再処理施設で国内外の使用済燃料の再処理を行っていました。政府は 2006 年 10 月、国内起源の使用済燃料の再処理で生じるガラス固化体について、再処理施設内で貯蔵した後、地層処分する方針を決定しました。2014 年 7 月に公表した白書「地層処分-高レベル放射性廃棄物の長期管理に向けた枠組み」に基づき、サイト選定プロセスの検討を進めてきましたが、2018 年 12 月に新たな白書「地層処分の実施－地域との協働：放射性廃棄物の長期管理」を公表し、地域との協働に基づくサイト選定プロセスが正式に開始されました。

なお、英国は 2016 年 6 月の国民投票の結果を受け、2020 年 1 月末に EU 及びユーラトムから離脱し、2020 年末までの移行期間に入っています。英国政府は、ユーラトム離脱に伴い、IAEA と 2018 年 6 月に保障措置協定及び追加議定書を締結するとともに、米国と同 5 月に、オーストラリアと同 8 月に、カナダと同 11 月に、それぞれ原子力平和利用に関する二国間協定を締結しました。

②　フランス

フランスでは、2020 年 3 月時点で 57 基の原子炉が稼働中です。我が国と同様にエネルギー資源の乏しいフランスは、総発電電力量の約 7 割を原子力発電で賄う原子力立国であり、その規模は米国に次ぐ世界第 2 位となっています。また、10 年ぶりの新規原子炉となるフラマンビル 3 号機（EPR、165 万 kW）の建設が、2007 年 12 月以降進められています。

2012 年に発足したオランド前政権は、総発電電力に占める原子力の割合を 2025 年までに 50%に縮減する目標を掲げ、2015 年 8 月には、この政策目標が規定された「グリーン成長のためのエネルギー転換に関する法律」（エネルギー転換法）が制定されました。2017 年に発足したマクロン政権もこの方針を踏襲しましたが、2025 年までの原子力縮減目標を実現すると、温室効果ガスの排出量を増加させてしまう可能性があるとして、目標達成時期を 2035 年に先送りしました。また、2020 年 4 月に政府が公表した改定版多年度エネルギー計画（PPE）では、2035 年の減原子力目標達成のため、14 基の 90 万 kW 級原子炉を閉鎖する方針が示される一方で、2035 年以降の低炭素電源の確保のため、原子力発電比率の維持を念頭に、6 基の EPR の新設を想定して原子炉新設の検討を 2021 年頃まで行う方針も示されています。

マクロン政権も、フランスの原子力事業者の海外進出等を支援する方針です。政府は、円滑な原子力事業者の協力体制を構築するために、株式の大半を保有する EDF 及びアレバ社

を中心とする原子力産業界を再編し、アレバ社は燃料サイクル事業を担うオラノ社、原子炉製造事業を担うフラマトム社等に分割されました。フラマトム社の株式の75.5%をEDFが、19.5%を三菱重工業株式会社が、5%を仏エンジニアリング会社 Assystem が保有しています。また、オラノ社には、日本原燃株式会社及び三菱重工業株式会社がそれぞれ5%ずつ出資しています。フラマトム社が開発した EPR は、既に中国で 2 基の運転が開始されているほか、フランス、フィンランド、英国でそれぞれ1基ずつ建設が進められています。

また、高レベル廃棄物処分関連の動向として、2006 年の放射性廃棄物等管理計画法に基づき、「可逆性のある地層処分」を基本方針として、放射性廃棄物管理機関（ANDRA）がフランス東部ビュール近傍で高レベル放射性廃棄物等の地層処分場の設置に向けた準備を進めています。同処分場の操業開始は2030年頃と見込まれています。なお地層処分場の操業は、地層処分場の可逆性と安全性を立証することを目的としたパイロット操業フェーズから開始され、その結果の審査後に地層処分の可逆性の実現条件を定める法律が制定され、その後に原子力安全機関（ASN）が地層処分場の全面的な操業許可を発給できます。

③　ドイツ

ドイツでは、2020 年 3 月時点で 6 基の原子炉が稼働中です。東電福島第一原発事故後に行われた2011年の原子力法改正により、各原子炉の閉鎖年限が定められており、2022年までに全ての原子力発電所を閉鎖して原子力発電から撤退することになっています。これを受け、2019 年 12 月 31 日にはフィリップスブルク 2 号機が閉鎖されました。次の閉鎖は、2021年末に閉鎖年限を迎えるグローンデ、グンドレミンゲンC、ブロックドルフとなる予定です。

ドイツでは、1970 年代からゴアレーベンを候補地として高レベル放射性廃棄物処分場計画が進められてきましたが、東電福島第一原発事故後の原子力政策見直しの一環で白紙化されました。その後、公衆参加型の新たなサイト選定プロセスを経て、複数の候補地から段階的に絞り込みを行う方針が決定しました。この方針決定を受け、「発熱性放射性廃棄物の処分場サイト選定法」が制定され、2017 年に新たなプロセスによるサイト選定が開始されました。同法では、2031年末までに処分場サイトを確定することが定められています。

④　スウェーデン

スウェーデンでは、2020 年 3 月時点で 7 基の原子炉が稼働中であり、2018 年の原子力発電比率は約 40%です。同国では、国民投票の結果や政権交代により、原子力政策が何度も転換されてきました。1980 年の国民投票の結果を受け、2010 年までに既存の原子炉 12 基（当時）を全廃するとの国会決議がなされましたが、代替電源確保のめどが立たない中、2006年に政府は脱原子力政策を凍結しました。その後 2014 年 10 月に発足した社会民主党と緑の党の連立政権は脱原子力政策を推進することで合意しましたが、2016 年 6 月、同連立政権と一部野党は、既存サイトにおいて10基を上限としてリプレースを認める方針で合

意しています。

スウェーデンでは、使用済燃料の再処理は行わず、地層処分する方針です。使用済燃料は、各発電所で冷却された後、オスカーシャム自治体にある集中中間貯蔵施設（CLAB）で貯蔵されています。地層処分場については、2009 年 6 月に立地サイトとしてエストハンマル自治体のフォルスマルクが選定され、使用済燃料処分の実施主体であるスウェーデン核燃料・廃棄物管理会社（SKB 社）が 2011 年 3 月に立地・建設の許可申請を行いました。原子力施設を建設するためには、環境法典に基づく許可と、原子力活動法に基づく許可の二つの許可が必要となり、前者は土地・環境裁判所、後者は放射線安全機関（SSM）による審査が進められています。環境法典に基づく許可の審査に関して、SSM は政府に対して提出した意見書において許可を発給するよう勧告していますが、土地・環境裁判所は、政府が環境法典に基づく処分場の許可を発給するためには、SKB 社による処分場の安全性立証に関する追加資料の提出が必要との結論を示しました。SKB 社は 2019 年 4 月にこの追加資料を提出しており、2020 年 3 月現在、政府の判断が待たれています。

⑤　フィンランド

フィンランドでは、2020 年 3 月時点で 4 基の原子炉が稼働中であり、2018 年の原子力発電比率は約 33%です。政府は、気候変動対策やロシアへのエネルギー依存度の低減を目的として、エネルギー利用の効率化や再生可能エネルギー開発の推進と合わせて、原子力発電も活用する方針です。

この方針に沿って、TVO 社は国内 5 基目の原子炉となるオルキルオト 3 号機（EPR、172 万 kW）の建設を 2005 年 5 月から進めていますが、工事の遅延により、運転開始は当初予定の 2009 年から大幅に遅れ、2021 年となる予定です。また、国内 6 基目の原子炉として、Fennovoima 社がハンヒキビ原子力発電所 1 号機の建設を計画しており、2015 年 9 月から建設許可申請の審査が開始されています。

フィンランドは、高レベル放射性廃棄物の地層処分場のサイトが世界で初めて最終決定された国です。地元自治体の承認を経て、2000 年末に政府は地層処分場をオルキルオトに建設する原則方針を決定し、2003 年には同地において地下特性調査施設（ONKALO）の建設が許可され、建設作業と調査研究が実施されています。その後、地層処分事業の実施主体であるポシバ社は 2012 年 12 月に処分場の建設許可申請を行い、政府は 2015 年 11 月に建設許可を発給しました。地層処分場は 2020 年代に操業開始する予定です。

⑥　スイス

スイスでは、2020 年 3 月時点で 4 基の原子炉が稼働中であり、2018 年の原子力発電比率は約 38%です。同国では、2011 年 3 月の東電福島第一原発事故を受けた改正原子力法が 2018 年 1 月 1 日付で発効し、段階的に脱原子力を進めることになりました。同法では、新規炉の建設と既存炉のリプレースを禁止していますが、既存炉の運転期間には制限を設け

ていません。また、従来英国及びフランスに委託して実施していた使用済燃料再処理も禁止となったため、今後は使用済燃料の全量が直接処分されます。

なお、上記の通り既存炉の運転期間に法的な制限はありませんが、ミューレベルク原子力発電所については、運転者が経済性の観点から閉鎖を決定し、同プラントは 2019 年 12 月 20 日に閉鎖されました。

放射性廃棄物処分場に関しては、3 段階のプロセスで候補地の絞り込みが進められています。2018 年 11 月に「チューリッヒ北東部」、「ジュラ東部」及び「北部レゲレン」の 3 エリアに候補が絞り込まれ、プロセスの第 2 段階が完了しました。現在、最終段階となる第 3 段階の手続が進められており、2030 年頃に最終的なサイトについて政府決定が下り、サイトが確定する見込みです。

⑦　イタリア

イタリアでは、1986 年のチェルノブイリ原子力発電所事故により原子力への反対運動が激化した後、1987 年に行われた国民投票の結果を受け、政府が既設原子力発電所の閉鎖と新規建設の凍結が行われました。その結果、2020 年 3 月時点で、主要先進国（G7）の中で唯一、イタリアでは原子力発電所の運転が行われていません。電力供給の約 10%以上を輸入に頼るという国内事情から、産業界等から原子力発電の再開を期待する声が上がり、2008 年 4 月に発足したベルルスコーニ政権(当時)は、原子力発電再開の方針を掲げ、必要な法整備を進めました。しかし、2011 年 3 月の東電福島第一原発事故を受けて、国内世論が原子力に否定的な方向に傾く中、原子力発電の再開に向けて制定された法令に関する国民投票が実施された結果、原子力発電の再開に否定的な票が全体の約 95%を占め、政府は原子力再開計画を断念しました。

⑧　中東欧及びコーカサス諸国

中東欧及びコーカサス諸国では 2020 年 3 月時点で、ブルガリア（2 基)、チェコ（6 基)、スロバキア（4 基)、ハンガリー（4 基)、ルーマニア（2 基)、スロベニア（1 基)、アルメニア（1 基）の 7 か国で 20 基の原子炉が運転中、スロバキアで 2 基が建設中です。また、ポーランドでも原子力発電の新規導入が計画されています。なお、同地域で運転中の原子炉は、ルーマニアの 2 基（CANDU 炉）とスロベニアの 1 基（米国製加圧水型軽水炉（PWR））を除き、全て旧ソ連型の炉です。

このうち EU 加盟国では、EU 加盟に際し、旧ソ連型炉の安全性を懸念する西側諸国の要請を受けて、複数の原子炉が閉鎖されましたが、電力需要の増加、温室効果ガスの排出抑制、天然ガス供給国であるロシアへの依存度低減等の観点から、現在、複数の国で原子炉の新増設や、社会主義体制崩壊後に建設が中断された原子炉の建設再開等が計画されています。ただし、現在の国際的な経済情勢の下、EU の国家補助（State Aid）規則や公正競争に係る規則への抵触を避けつつ、いかに原子力事業に係る資金調達を行うかが大きな課題です。

原子力発電の新規導入を検討するポーランドでは、軽水炉の次の段階として高温ガス炉の導入も検討しており、我が国の原子力機構とポーランド国立原子力研究センターが高温ガス炉技術に関する協力のための覚書を2017年に締結するなど、我が国との協力も進められています。

(3) 旧ソ連諸国

① ロシア

ロシアでは、2020年3月時点で38基の原子炉が稼働中で、2018年の原子力発電比率は約18%です。また、4基が建設中です。2019年には初の浮揚式原子力発電所であるアカデミック・ロモノソフ2基が運転を開始しました。また、高速炉についてもベロヤルスクでナトリウム冷却型高速炉2基が運転中です。

原子力行政に関しては、2007年に設置された国営企業ロスアトムが民生・軍事両方の原子力利用を担当し、連邦環境・技術・原子力監督局が民生利用に係る安全規制・検査を実施しています。

ロシアは、2030年までに発電電力量に占める原子力の割合を25%に高め、これまで発電に用いていた国内の化石燃料資源を輸出に回す方針です。また、原子力事業の海外展開を積極的に進めており、ロスアトムは旧ソ連圏以外のイラン、中国、インドでロシア型原子炉（VVER）を運転開始させているほか、トルコやフィンランド等にも進出しています。原子炉や関連サービスの供給と併せて、建設コストの融資や投資建設（Build）・所有（Own）・運転（Operate）を担うBOO方式での契約も行っており、初期投資費用の確保が大きな課題となっている輸出先国に対するロシアの強みとなっています。

またロシアは、政治的理由により核燃料の供給が停止した場合の供給保証を目的として、2007年5月にシベリア南東部のアンガルスクに国際ウラン濃縮センター（IUEC）を設立し、IAEA監視の下、2010年以降約120tの低濃縮ウランを備蓄しています。

② ウクライナ

ウクライナでは、2020年3月時点で15基の原子炉が運転中であり、総発電電力量の50%以上を供給しています。従来、核燃料供給や石油・天然ガス等、エネルギー源の大部分をロシアに依存してきましたが、クリミア問題等に起因する両国の関係悪化もあり、原子力分野も含めてロシアへの依存脱却に向けた取組を進めています。

ウクライナ政府は、2017年8月に策定された2035年までの新エネルギー戦略において、2035年まで総発電量が増加する中で、原子力比率を約50%に維持する目標を設定しています。1990年に建設途上で中断したフメルニツキ3、4号機については、ロシアの協力で両機を完成させる計画でしたが、議会は2015年にロシアに発注する計画の撤回を決議しました。ウクライナは、ロシアに代わる事業引継に関連して、2016年8月には韓国水力原子力（KHNP）と原子力分野における協力拡大に関するMOUを締結するなど、ロシア以外の国との関係を

強化しています。このほか、既存原子炉への燃料供給元の多様化や寿命延長のための安全対策等も、欧米の企業や国際機関の協力を得て進めています。

なお、チェルノブイリ原子力発電所では、1986 年に事故が発生した 4 号機を密閉するため、国際機関協力の下で老朽化したコンクリート製「石棺」を覆うシェルターが建設され、2019 年 7 月にウクライナ政府に引き渡されました。

③　カザフスタン

カザフスタンは、世界一のウラン生産国です。ウルバ冶金工場（UMP）で国営原子力会社カズアトムプロムが、ウラン精錬、転換及びペレット製造等を行っています。同社は、2030 年までに世界の核燃料供給の 3 割を占めることを目標に、事業の多国籍化・多角化を図っており、UMP 内のプラントにラインを増設して様々な炉型向けの燃料を製造する計画です。また、カズアトムプロムは、低濃縮ウランの国際備蓄にも大きく関与しています。2017 年には、IAEA との協定に基づき UMP で建設が進められていたウラン燃料バンクが完工し、2019 年 12 月までに 90 t の低濃縮ウラン納入が完了し備蓄が開始されました。このほか、カズアトムプロムは、ロシアのアンガルスクにある IUEC に 10%出資しています。

カザフスタンでは現在、中小型炉を中心とした原子力発電の本格導入も検討されています。同国では 2012 年に、2030 年までに原子力発電設備容量を 150 万 kW とする発電開発計画が策定され、2014 年にはロシアと、設備容量合計 30～120 万 kW の原子炉建設に係る政府間協定に署名しました。新規原子炉の運転開始時期は 2025 年以降と見込まれています。

我が国との間では、2010 年に原子力協定が締結されています。2015 年には、日本原子力発電株式会社及び丸紅ユティリティ・サービスがカズアトムプロムと、原子力発電導入に向けた協力に関する MOU を締結しました。また、原子力機構も、ウラン開発や高温ガス炉の研究開発で継続的に協力しています。

(4)　アジア

①　韓国

韓国では、2020 年 3 月時点で 24 基の原子力発電所が運転中で、2018 年の原子力発電比率は約 24%です。また、4 基の原子炉が建設中です。韓国政府は、エネルギーの安定供給や気候変動対策に取り組むため、二酸化炭素の排出が少ない電源として原子力発電を維持する方針を示し、原子力技術の国産化と次世代炉の開発等、積極的な原子力政策を進めてきました。しかし、2017 年 5 月に発足した文在寅（ムン・ジェイン）政権は、新増設を認めず設計寿命を終えた原子炉から閉鎖する漸進的な脱原子力を進める方針を掲げました。政府は討論型世論調査の結果を踏まえ、2017 年 10 月に、建設中の新古里 5、6 号機については建設継続を認めましたが、計画段階にあった 6 基の新設は白紙撤回し、設計寿命満了後の原子炉の運転延長を禁止する脱原子力ロードマップを決定しました。

ただし、文政権は、国内で脱原子力政策を進める一方で、輸出については国益にかなう場

合は推進する方針を打ち出しています。韓国電力公社（KEPCO）は2012年から、アラブ首長国連邦（UAE）のバラカ原子力発電所において、4基の韓国次世代軽水炉APR-1400の建設を進めてきました。2018年には1号機が竣工し、2020年2月には同機に対し60年の運転認可が発給され、2020年3月には燃料の初装荷が完了しました。

また、韓国政府はそのほかにも、サウジアラビア、チェコ等の原子炉の新設を計画する国に対してアプローチしています。サウジアラビアとは2015年に、10万kW級の中小型原子炉（SMART）の共同開発の覚書を締結しています。ヨルダンには熱出力0.5万kWの研究用原子炉を建設し、2017年に完成しています。

②　中国

中国では、2020年3月時点で47基の原子炉が稼働中で、設備容量は合計4,500万kWを超えています。また、12基の原子炉が建設中です。原子力発電の拡大が進められており、2018年1月から2019年12月までの期間に、10基の原子炉が商業運転を開始しました。これには、米ウェスチングハウス（WH）社製のAP1000が4基、フランスのフラマトム社が開発したEPRが2基含まれています。2019年10月には、福建省の漳州原子力発電所1号機の建設が開始されました。中国で、政府により原子炉の建設開始が承認されたのは、約4年ぶりです。また、東電福島第一原発事故を契機に、安全性の向上に向けた取組も強化されています。

中国では、米国及びフランスの技術をベースに、中国核工業集団公司（CNNC）と中国広核集団（CGN）がそれぞれ軽水炉の国産化を進めてきましたが、これを統合して国産の第3世代炉「華龍1号」を開発、2015年12月に両社出資による華龍国際核電技術有限公司（華龍公司）が発足しました。華龍1号は国内外での展開を想定しており、国内では2015年に華龍1号の初号機（福清5号機）の建設が開始されています。今後、国内で複数基の建設が予定されているほか、国外でも、華龍1号を採用したパキスタンのカラチ原子力発電所2、3号機の建設も開始されています。

なお、中国はクローズドサイクルの実現に向けた高速炉開発も進めており、2010年には中国実験高速炉CEFRが初臨界を達成し、2011年に送電を開始しました。また2017年には、高速実証炉の建設が開始されています。

中国は近年、原子炉の国外輸出を積極的に進めています。前述のパキスタンに加え、英国でも2015年の両国首脳合意に基づき、原子力発電所新規建設への中国企業の出資が予定されており（ヒンクリーポイントC、サイズウェルC）、更には華龍1号の建設も検討されています（ブラッドウェルB）。このほか、中国の原子力事業者は、東欧や中東、アジア、南米においても、高温ガス炉や、AP1000の技術に基づき中国が自主開発しているCAP1400等を含む各種原子炉の建設協力に向け、協力覚書の締結等を進めています。

③　台湾地域

台湾地域では、2020 年 3 月時点で 2 か所の原子力発電所で合計 4 基の原子炉が運転中であり、総発電電力量の 10%以上を供給しています。

台湾では、2000 年発足の民進党政権が段階的脱原子力政策を掲げていました。その後、2008 年の政権交代で成立した国民党政権は、原子力発電を再生可能エネルギー社会に至るまでの過渡的な電源として維持する方針を示し、龍門で建設中であった第四原子力発電所（ABWR2 基、各 135 万 kW）の建設を継続するとともに、既存炉のリプレースや増設も検討する意向を示しました。しかし、2011 年の東電福島第一原発事故を受け、政府は同年 6 月、中長期的な脱原子力発電へと再度政策を転換し、既存炉の寿命延長やリプレースを行わないことを決定しました。ただし、第四原子力発電所の建設については、安全性を確認した上で継続する方針が示されていました。

しかし、台湾当局と議会は 2013 年 2 月に、第四原子力発電所建設中止の是非を住民投票で決定することで合意し、これを受けて住民投票実施まで建設に関する活動を凍結することになりました。その後、住民投票は実施されないまま、蔡政権（民進党）下の 2017 年 1 月に、2025 年までに原子力発電を全廃するとの内容を含んだ改正電気事業法が成立しました。しかしながら、2018 年 11 月に実施された住民投票により、この法規定は廃止されました。住民投票を受け、2025 年以降の原子力発電所の運転継続をどのように実現するかについて、現在当局が検討を行っています。また、第四原子力発電所の建設については、住民投票で改めてその是非を問うことが、2019 年 12 月に決定されています。

④　ASEAN 諸国

ASEAN を構成する 10 か国は、2020 年 3 月時点で、いずれも原子力発電所を持っていません。しかし、気候変動対策やエネルギー安全保障の観点から、原子力計画への関心を示す国が増加しています。

ベトナムでは 2009 年に、2020 年の運転開始を目指し、原子力発電所を 2 か所（100 万 kW 級の原子炉計 4 基）建設する計画が国会で承認されました。同国初の原子力発電所となるニントゥアン第 1、第 2 原子力発電所は、それぞれロシアと我が国が建設プロジェクトのパートナーに選定されましたが、政府は 2016 年 11 月に国内の経済事情を背景に両発電所の建設計画の中止を決定し、国会もこれを承認しました。

インドネシアは、2007 年に制定された「長期国家開発計画（2005 年から 2025 年）に関する法律」において、2015 年から 2019 年に初の原子炉の運転を開始し、2025 年までに追加で 4 基の原子炉を運転開始させる計画を示しました。しかし、ムリア半島における初号機建設計画は 2009 年に無期限延期となりました。2010 年以降は、バンカ島を新たな候補地として検討が継続されていますが、原子力発電所建設の決定には至っていません。一方で、政府は、ロシアや中国の協力を得て実験用発電炉（高温ガス炉）の建設計画を進めるなど、商用発電炉導入に向けたインフラ整備を進めています。

タイは、2010 年の電源開発計画（PDP2010）において、2020 年から 2028 年に 5 基の原子炉（各 100 万 kW）を運転開始する方針を示していましたが、東電福島第一原発事故や 2014 年の軍事クーデター後の政情不安等に伴い、計画は先送りされています。軍による暫定政権下で 2015 年に発表された電源開発計画（PDP2015）では、初号機の運転開始時期が 2035 年、2 基目が 2036 年とされています。

マレーシアは、2010 年策定の「経済改革プログラム」において原子力発電利用を検討し、2011 年にマレーシア原子力発電会社（MNPC）を設立しました。2021 年と 2022 年に原子炉各 1 基を運転開始することを目標としていましたが、マハティール現首相は 2018 年 9 月に行った演説の中で、原子力利用の可能性を否定しています。

フィリピンは、現行のエネルギー計画（2012 年から 2030 年）には原子力発電利用の計画を盛り込んでいないものの、2016 年に就任したドゥテルテ大統領が、1986 年に完成後、運転しないままとなっているバターン原子力発電所（60 万 kW）の建設再開検討に言及しました。なお 2018 年 4 月に同国エネルギー省が大統領に提出した原子力政策に関する提言では、バターン原子力発電所の建設再開ではなく、ほかのサイトでの新設検討を提案しています。

⑤　インド

インドでは、2020 年 3 月時点で 22 基の原子炉が運転中です。このうち 16 基が国産 PHWR、2 基が BWR、2 基が VVER、2 基が CANDU 炉です。また、7 基の原子炉が建設中です。

インドは、急増するエネルギー需要を賄うため、原子力発電の拡大を計画しています。2018 年から 2027 年を対象とする国家電力計画では、原子力発電設備容量を、2017 年の約 600 万 kW から 2027 年 3 月までに約 1,700 万 kW へと拡大する見通しが示されています。

核兵器不拡散条約（NPT）未締約国であるインドに対しては従来、核実験実施に対する制裁として国際社会による原子力関連物資・技術の貿易禁止措置が採られ、その間専ら国産 PHWR を中心に原子力発電の開発を独自に進めてきました。しかし、2008 年以降に米国、フランス、ロシア等と相次いで二国間原子力協定を締結したことにより、諸外国からも民生用原子力機器や技術を輸入することができるようになりました。

既に運転を開始しているロシアの VVER に加え、2018 年 3 月にはフランスからの EPR 導入について枠組み合意が結ばれました。2019 年 3 月には、米国との高官協議で、AP-1000 導入に合意しました。さらに、2017 年 7 月には、我が国との間で日印原子力協定が発効しています。このように、インドでは今後、国産炉、国外炉両輪での原子力拡大が進むと考えられます。また、インドは独自のトリウムサイクル開発計画に基づき高速増殖炉（FBR）の開発・導入を進めています。1985 年に運転を開始した高速増殖実験炉（FBTR）は、2011 年に、2030 年までの運転延長が決定しました。また、上述の建設中 7 基のうちの 1 基として、高速増殖原型炉（PFBR）の建設が進められています。

(5)　その他

①　中東諸国

中東地域では、現在稼働中の原子力発電所はありませんが、電力需要の伸びを背景として原子力発電所の建設・導入に向けた動きが活発化しています。

UAE では、電力需要の増加により、2020 年までに 4,000 万 kW 分の発電設備が必要であるとされています。そのため、フランス、米国、韓国と協力し、原子力発電の導入を検討してきました。UAE が 2020 年までの 100 万 kW 級原子炉 4 基の建設に関する国際入札を実施した結果、2009 年末に韓国電力公社（KEPCO）を中心とするコンソーシアムが選定されました。建設サイトであるバラカでは、2012 年に建設が開始された 1 号機に対して、2020 年 2 月に運転認可が発給され、同年 3 月には燃料装荷が完了しています。

トルコは、経済成長と電力需要の伸びを背景として、原子力発電の導入を進めています。アキュ原子力発電所ではロシアが 120 万 kW 級原子炉 4 基を建設する予定であり、1 号機の建設は 2018 年 4 月に開始されています。

サウジアラビアは、2030 年までに 16 基の原子炉を建設する計画です。原子力導入に向けて、2018 年 7 月には、2 基の商用炉を新設するプロジェクトの応札可能者として米国、ロシア、中国、フランス及び韓国の事業者が選定されています。

ヨルダンは、フランス、中国、韓国と原子力協定に署名し、同国初の原子力発電所建設を担当する事業者の選定を進めていました。2013 年 10 月にはロシアを優先交渉権者として選定し、2015 年 10 月に原子力発電所の建設・運転に関する政府間協定を締結したものの、2018 年 7 月にロシアからの商用炉導入計画の中止が公表されました。

イランでは、ロシアとの協力で建設されたブシェール原子力発電所 1 号機が 2013 年に運転を開始しました。さらに、両国は 2014 年、イランに更に 8 基の原子炉を建設することで合意し、このうちブシェール 2 号機の建設が 2019 年 11 月に開始されています。

②　アフリカ諸国

アフリカでは、唯一南アフリカ共和国で原子力発電所が稼働中です。南アフリカ共和国では、クバーグ原子力発電所で 2 基の原子炉（PWR）が稼働しており 2018 年の原子力発電比率は約 5%です。同国では、今後の原子力導入に関する検討が続けられています。

エジプトは、ロシアとの間で、2015 年 11 月に 120 万 kW 級の原子炉 4 基の建設・運転に関する政府間協定を締結し、更に 2017 年 12 月には、ダバ原子力発電所建設に係る契約が発効しています。

アルジェリアは、2027 年の運転開始を目指して国内初の原子力発電所の建設を計画しており、2007 年 12 月のフランスとの原子力協定締結をはじめとし、米国、中国、アルゼンチン、南アフリカ共和国、ロシアと原子力協定を締結しています。

モロッコは、2009 年の国家エネルギー戦略に基づき、2030 年以降のオプションとして原子力発電の導入を検討する方針です。2017 年 10 月にモロッコとロシアは、2017 年 10 月に

原子力協力覚書を締結しており、モロッコ国内での原子力発電導入を目的とした共同研究を開始することとしています。

ナイジェリアは、2025年までに120万kW分の原子力発電所の運転開始を目指し、2035年までに合計480万kWまで増設する計画です。同国はロシアとの間で、2009年3月に原子力協力協定を、2017年10月にはナイジェリアにおける原子力発電所の建設・運転に向けた協定を締結しています。

ケニアは、中長期的な開発計画「Vison 2030」の中で、総発電電力設備容量を1,900万kWまで拡大する目標を掲げており、この目標の達成に向けて原子力を活用する方針です。そのため、ケニアは韓国、中国、ロシアとの協力を進めています。

③　オーストラリア

オーストラリアは、世界最大のウラン資源埋蔵量を有していますが、豊富な石炭資源を背景に、現在まで原子力発電は行われていません。ただし温室効果ガス排出削減の観点から、原子力発電導入の是非が度々議論されています。2005年の京都議定書発効後、ハワード保守連合政権下で原子力発電の導入を検討する方針が示されましたが、2007年の総選挙で原子力に批判的な労働党政権が誕生し、検討は中止されました。近年は再び、パリ協定の目標達成に向けた気候変動対策と電気料金高騰抑制の観点から、原子力発電導入の可能性を検討する機運が高まっています。2016年には、南オーストラリア州政府が委員会を設置して原子力発電に関する検討を行い、同委員会の報告書を受けて州政府は、原子力発電については商業的に困難との見方を示す一方で、放射性廃棄物に関しては、国外からの使用済燃料を受入れ管理・処分することが同州に利益をもたらすとの見解を示しました。2019年には、連邦議会下院の環境エネルギー常任委員会が政府に報告書を提出し、原子力利用に関して、第3世代プラス以降の先進炉を将来のエネルギーミックスの一部として検討することなどを提言しています。

なお、2017年には、オーストラリア原子力科学技術機構（ANSTO）が、第4世代原子力システムに関する国際フォーラム（GIF）に正式加盟しています。

オーストラリアは近年、初の原子力発電所建設中のUAEに加え、長年禁輸対象であったインド、燃料供給のロシア依存度低減に取り組むウクライナ等と協定を締結し、新興国等へのウラン輸出拡大を図っています。

④　中南米諸国

中南米諸国では2020年3月時点で、メキシコで2基、アルゼンチンで3基、ブラジルで2基の計7基の原子炉が運転中です。

メキシコでは、2基のBWRが稼働中であり、2018年の原子力発電比率は約5%です。今後の新設に関しては、2018年に発行された「国家電力システム開発プログラム（PRODESEN）2018-2032」において、2029年から2031年に1基ずつ、計3基を運転開始する計画が示さ

れていましたが、2019 年に公表された「PRODESEN2019-2033」では、2033 年までの原子力発電所の建設計画は示されていません。

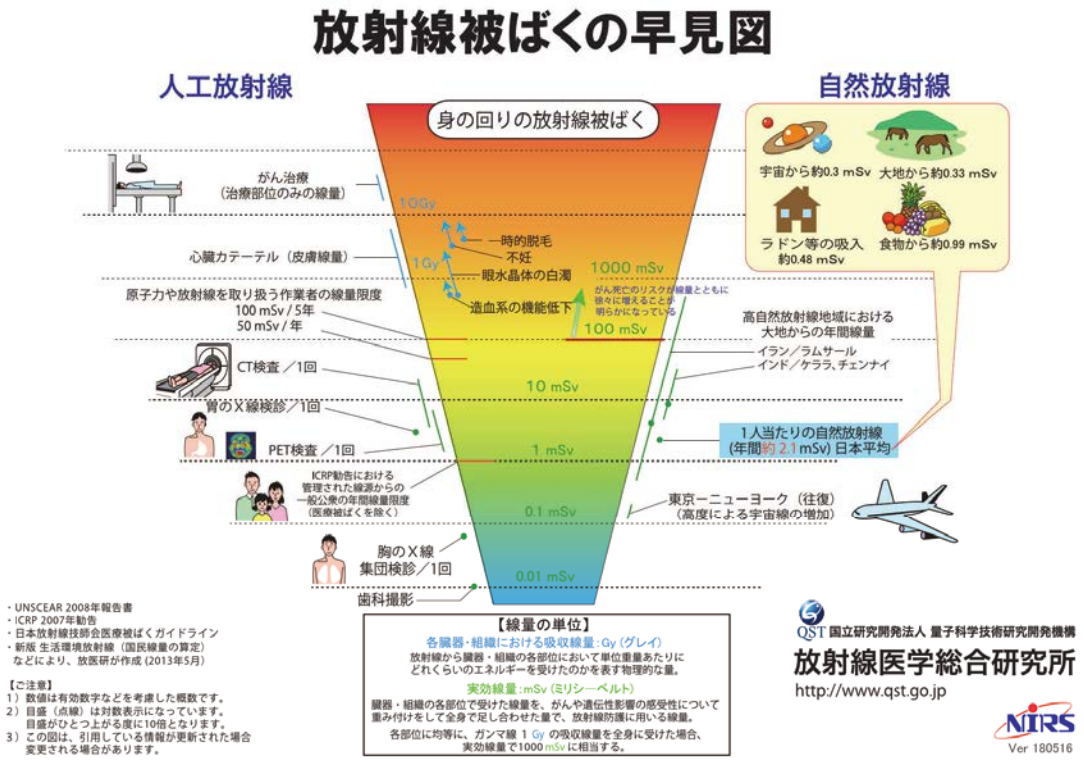
アルゼンチンでは、PHWR2 基と CANDU 炉 1 基の計 3 基が稼働中であり、2018 年の原子力発電比率は約 5%です。さらに、1 基（PHWR）が中国の協力の下で建設される計画です。また、その後の計画として、中国製 PWR「華龍 1 号」の導入やロシア製 VVER 建設も検討されています。

ブラジルでは、2 基の PWR が稼働中であり、2018 年の原子力発電比率は約 3%です。経済不況により 1980 年代に建設を中断していたアングラ 3 号機は、2010 年に建設が再開されました。しかし、2015 年以降建設は再度中断されています。2019 年 7 月には、政府が同機の建設を再開する方針を公表しました。同機の運転開始は 2026 年頃と見込まれています。また、核燃料工場をはじめとするサイクル施設が立地するレゼンデでは、燃料自給を目的として濃縮工場が 2006 年から稼働しており、段階的に拡張されています。

キューバでは、1980 年代に 2 基の原子炉が着工しましたが、提供者であった旧ソ連の崩壊に伴い建設中止となりました。キューバとロシアは、2016 年 9 月に原子力の平和利用に関する二国間協定を締結しており、2019 年 10 月には多目的照射センターの建設について合意しています。

ボリビアでは、ロシアとの協力により、研究炉 1 基やサイクロトロンを含む、原子力技術研究開発センターが建設される計画です。

7　放射線被ばくの早見図



（出典）量研放射線医学総合研究所「放射線被ばくの早見図について」（2018 年）