

2-2 原子力のエネルギー利用を進めていくための取組

エネルギーの安定供給、経済効率性、環境適合性等の課題に対し、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。また、電力小売全面自由化により、原子力発電も電力市場の競争原理の下に置かれています。

このような状況を踏まえ、安全性の確保を大前提に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。原子力規制委員会による厳格な審査の下で、使用済燃料の貯蔵・管理を含め、軽水炉を長期的に利用するための取組が行われるとともに、使用済燃料を資源として有効利用する核燃料サイクルの確立に向けた着実な取組が進められています。

(1) 電力自由化の下での安全かつ安定的な軽水炉利用

2016年の電力小売全面自由化により、従来の地域独占¹¹や総括原価方式¹²による投資回収の保証制度が撤廃され、原子力発電も電力自由競争の枠組みの中に置かれています。一方で、原子力発電には、事故炉廃炉の資金確保や原子力損害賠償のように、市場原理のみに基づく解決が困難な課題があります(図 2-17)。このような課題に対応するため、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が義務付けられています。

また、電力自由化の下で、火力電源に比べ燃料費が低く電力を安定供給できるといった特性を持つ原子力発電所を長期的に利用するため、原子力事業者等を含む産業界は、安全性向上に係る自律的・継続的な取組を進めています¹³。

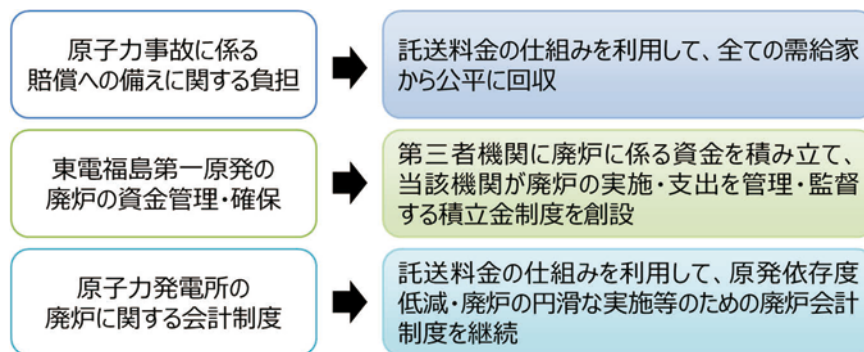


図 2-17 自由化の下での財務・会計上の課題への対応の基本的な考え方

(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)に基づき作成

¹¹ 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。

¹² 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。

¹³ 第1章1-2(4)「原子力事業者等による自主的安全性向上」を参照。

(2) 核燃料サイクルに関する取組

① 核燃料サイクルの概念

「核燃料サイクル」とは、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ことです。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、使用済燃料の再利用や放射性廃棄物の適切な処分等からなる下流側プロセスに大別されます（図 2-18）。

上流側のプロセスは、天然ウランの確保・採掘・製錬、六フッ化ウランへの転換、核分裂しやすいウラン 235 の割合を高めるウラン濃縮、二酸化ウランへの再転換、ウラン燃料の成型加工、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、使用済燃料の中間貯蔵、使用済燃料からウラン及びプルトニウムを分離・回収するとともに残りの核分裂生成物等をガラス固化する再処理、ウラン・プルトニウム混合酸化物（MOX）燃料の成型加工、MOX 燃料を軽水炉で利用するプルサーマル、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）される方針です。

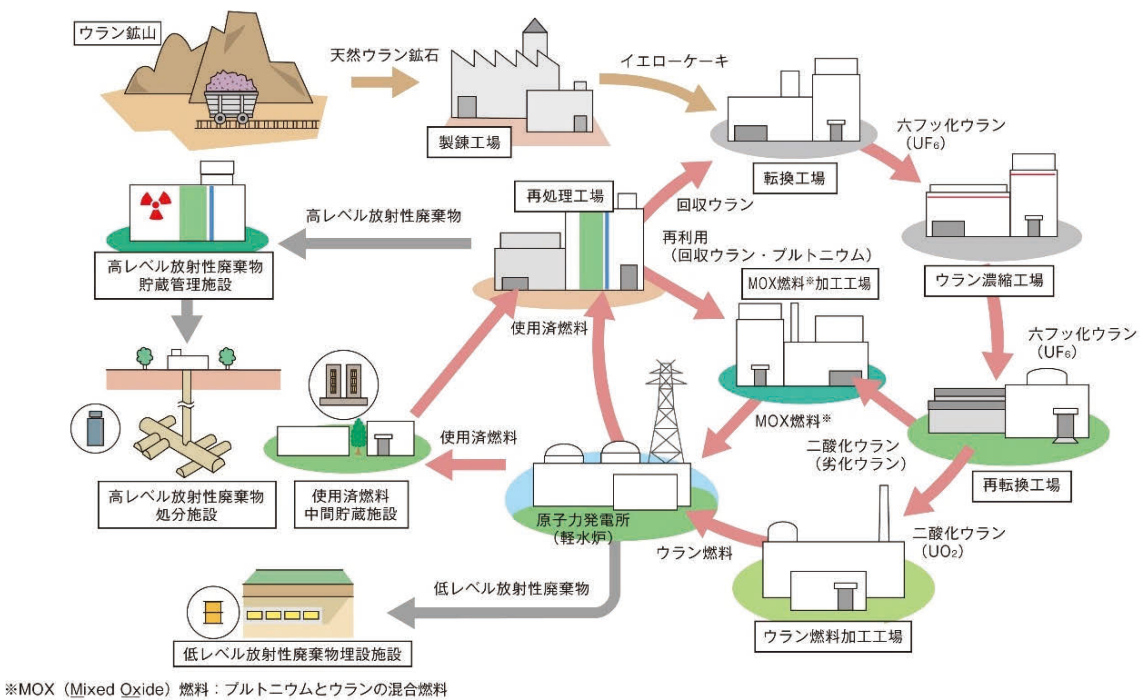


図 2-18 核燃料サイクルの概念

(出典) 一般財団法人日本原子力文化財団「原子力・エネルギー図面集」(2016年)

② 核燃料サイクルに関する我が国の基本方針

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、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、核燃料サイクルの推進を基本方針としています。この基本方針に基づき、核燃料サイクル施設や原子力発電所の立地地域を始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中長期的な取組が進められています（図 2-19）。

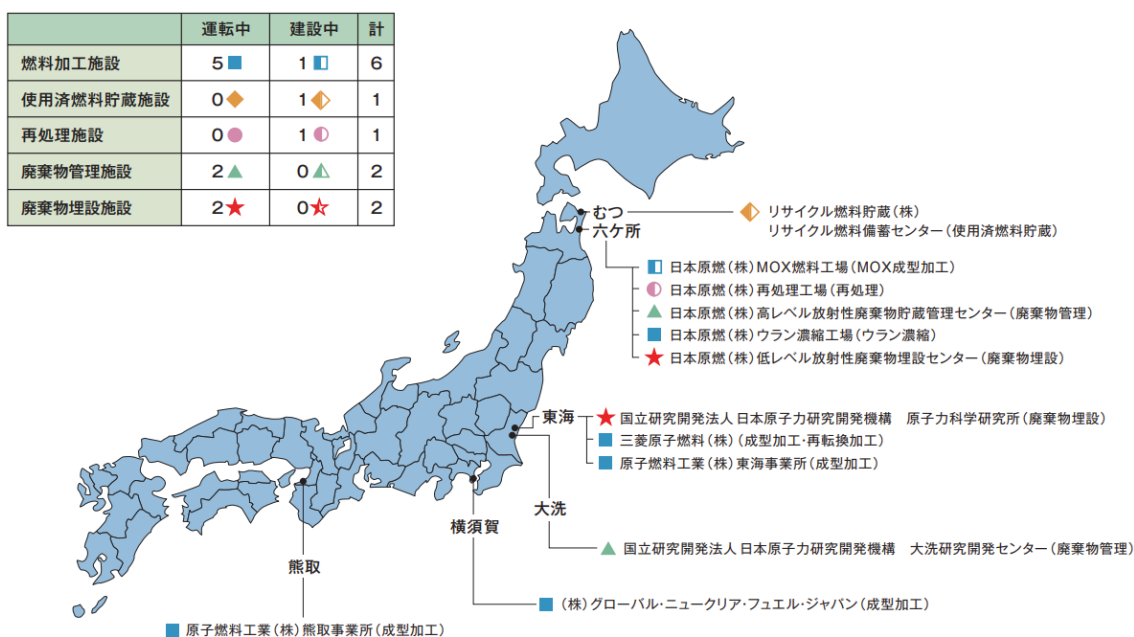


図 2-19 我が国の核燃料サイクル施設立地地点

(出典)一般財団法人日本原子力文化財団「原子力・エネルギー図面集」(2017年)

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、原子力基本法において原子力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を受け、原子力の平和利用を担保しています。また、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、プルトニウムの適切な管理と利用に係る取組を実施しています¹⁴。

¹⁴ 第4章 4-1(3)「政策上の平和利用」を参照。

③ 天然ウランの確保に関する取組

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います(図 2-20)。また、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。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により生産量は一時落ち込みましたが、需要はほぼ横ばいで推移しており、2011年の東電福島第一原発事故以降も一定量の生産が維持されています(図 2-21)。

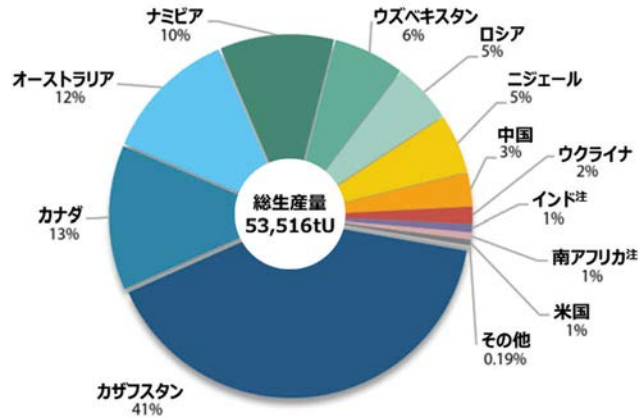


図 2-20 ウラン生産国の内訳 (2018年)

(注)インドと南アフリカは、OECD/NEA及びIAEAによる推定値。

(出典)OECD/NEA & IAEA「Uranium 2020: Resources, Production and Demand」(2020年)に基づき作成

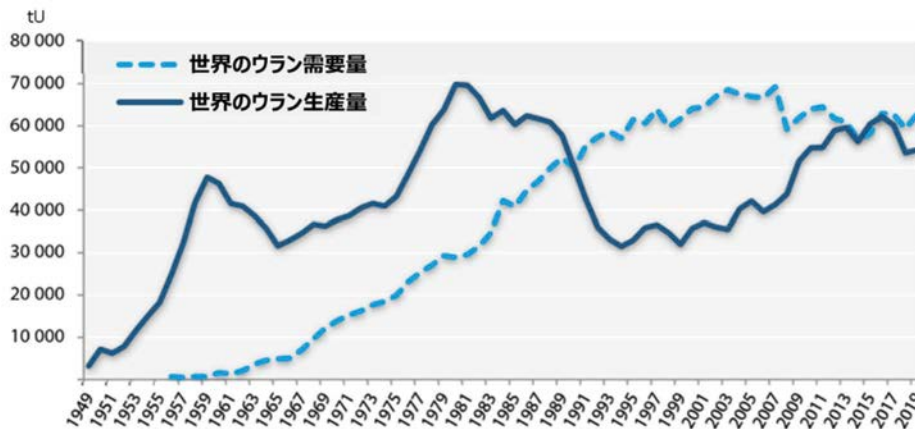


図 2-21 ウラン需給の変遷

(出典)OECD/NEA & IAEA「Uranium 2020: Resources, Production and Demand」(2020年)に基づき作成

国際的なウラン価格は、2005年以降、大きく変動しています。スポット契約価格¹⁵は、2007年から2008年にかけて急上昇した後、2009年には急下落しました。一方で、長期契約価格は2012年頃まで上昇を続けましたが、その後は下降傾向にあります。近年では、スポット契約価格が75米ドル/kgU程度、長期契約価格が100米ドル/kgU程度で推移しています(図 2-22)。

¹⁵ 長期契約等で定めた価格ではなく、一回の取引ごとに交渉で取り決めた価格。

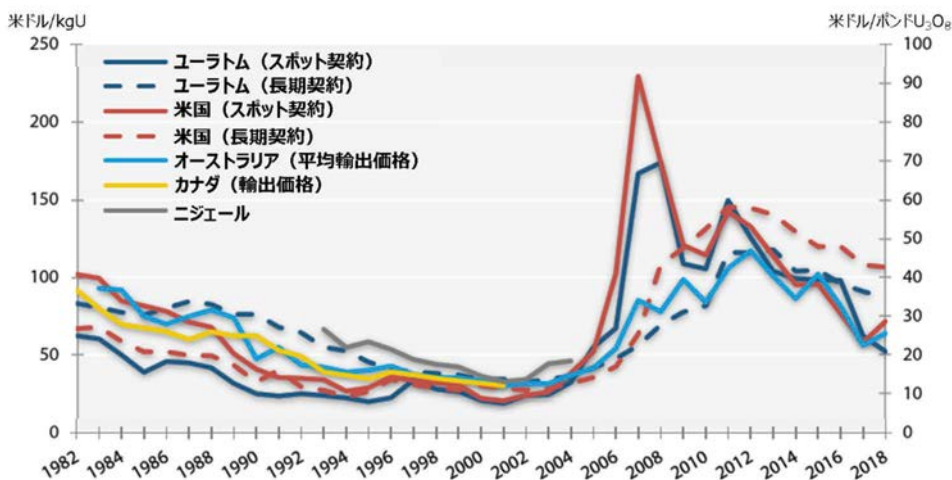


図 2-22 ウラン価格の推移

(出典) OECD/NEA & IAEA「Uranium 2020: Resources, Production and Demand」(2020 年)に基づき作成

ウラン資源量について、OECD/NEA と IAEA が共同で公表した報告書「Uranium 2020: Resources, Production and Demand」では、2019 年末における既知資源量は 1997 年に比べて増加しており、中長期的に見るとウラン資源量は増加してきたといえます。なお、2017 年から 2019 年にかけて増加した既知資源量の大部分は、既知のウラン鉱床で新たに特定された資源と、既に特定されていたウラン資源の再評価に起因するものであるとされています。

一方で、今後の見通しについては、中国やインド等、世界的に原子力発電が拡大してウラン需要が高くなるケースでは、中長期的にウラン需給ひっ迫の可能性が高まると予測されています(図 2-23)。天然ウランの全量を海外から輸入している我が国にとって、安定的に天然ウランを調達することは重要な課題です。資源エネルギー庁は、資源国との関係強化に資する探鉱等について、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC¹⁶)への支援を実施し、ウラン調達の多角化や安定供給の確保を図っています。

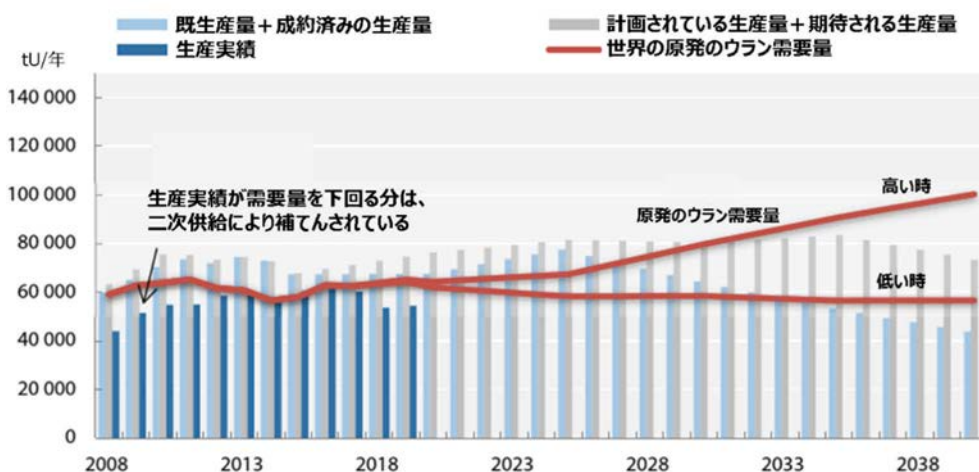


図 2-23 ウラン需給の見通し

(出典) OECD/NEA & IAEA「Uranium 2020: Resources, Production and Demand」(2020 年)に基づき作成

¹⁶ Japan Oil, Gas and Metals National Corporation

④ ウラン濃縮に関する取組

原子力発電所で利用されるウラン 235 は、天然ウラン中には 0.7% 程度しか含まれていないため、3～5% まで濃縮した上で燃料として使用されています（図 2-24）。初期にはガス拡散法というウラン濃縮手法が用いられていましたが、現在は、遠心分離法が主流になっています。我が国では、日本原燃の六ヶ所ウラン濃縮工場（濃縮能力は年間 450tSWU¹⁷）において、1992 年から濃縮ウランが生産されています。2012 年からは、日本原燃が開発した、より高性能で経済性に優れた新型遠心分離機が段階的に導入されています。

なお、世界のウラン濃縮能力は表 2-2 のとおりです。

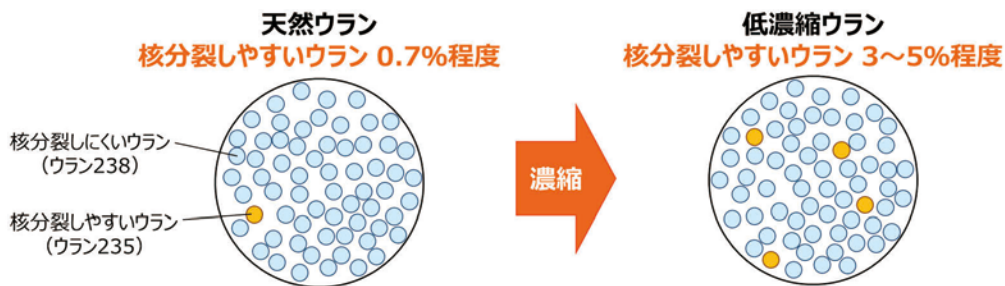


図 2-24 ウラン濃縮のイメージ

（出典）内閣府作成

表 2-2 世界のウラン濃縮能力（2020 年）

国	事業者	施設所在地	濃縮能力 (tSWU/年)
フランス	オラノ社	ピエールラット	7,500
ドイツ	ウレンコ社	グロナウ	14,900
オランダ		アルメロ	
英国		カーペンハースト	
日本	日本原燃	青森県六ヶ所村	450
米国	ウレンコ社	ニューメキシコ	4,700
ロシア	テネックス社	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	28,663
中国	核工業集团公司 (CNNC ¹⁸)	陝西省漢中、甘粛省蘭州	10,700+
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		170

（出典）日本原燃「濃縮事業の概要」、世界原子力協会(WNA)「Uranium Enrichment」(2020 年)等に基づき作成

⑤ 濃縮ウランの再転換・ウラン燃料の成型加工に関する取組

濃縮ウランから軽水炉用のウラン燃料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

¹⁷ 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を表す単位。

¹⁸ China National Nuclear Corporation

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。なお、東電福島第一原発事故前は、海外で濃縮し再転換されたものの輸入も行われていました。

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。なお、東電福島第一原発事故前は、加圧水型軽水炉（PWR¹⁹）用と沸騰水型軽水炉（BWR²⁰）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。

⑥ 使用済燃料の貯蔵に関する取組

軽水炉でウラン燃料を使用することにより発生する使用済燃料は、再処理されるまでの間、各原子力発電所の貯蔵プールや中間貯蔵施設等で貯蔵・管理されています。

各原子力発電所では、2021年3月末時点で、合計約16,240tU²¹の使用済燃料が貯蔵・管理されています（表2-3）。

表2-3 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（2021年3月末時点）

電力会社	発電所名	2021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	620	470	※8 620	550	89
	高浜	290	100	1,730	1,340	1,730	※9 1,730	※9 100
	大飯	180	60	2,100	1,740	2,100	1,980	94
中国電力	島根	100	20	680	460	680	540	79
四国電力	伊方	70	20	※10 930	720	※11 1,430	800	56
九州電力	玄海	180	60	1,190	1,080	※12 1,920	1,320	69
	川内	150	50	1,290	1,030	1,290	1,230	95
日本原子力発電	敦賀	90	30	910	630	910	750	82
	東海第二	130	30	440	370	※13 510	490	96
合計		3,920	1,030	21,250	16,240	22,960	19,430	

※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、2021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」を参考とし、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等は除外している。
 ※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後の管理容量を記載。（運転時期は未考慮）
 ※9：高浜については、約4サイクル（5年程度）で管理容量に達する。（運転時期は未考慮）
 ※10：伊方1号機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。
 ※11：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。
 ※12：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。
 ※13：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。
 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の取組強化について（「使用済燃料対策推進計画）」（2021年）

¹⁹ Pressurized Water Reactor

²⁰ Boiling Water Reactor

²¹ ウランが金属の状態であるときの重量を示す単位。

一部の原子力発電所では貯蔵容量がひっ迫しており、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)に基づき電気事業者が策定する「使用済燃料対策推進計画」は、2021年5月に改定されました。同計画では、発電所敷地内の使用済燃料貯蔵施設の増容量化(リラッキング²²、乾式貯蔵施設²³の設置等)、中間貯蔵施設の建設・活用等により、2020年代半ばに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。現時点では、約4,600tU相当の貯蔵容量拡大について具体的な進捗が得られている一方で、まだ運用開始に至っておらず、更なる取組を進める必要があるとしています。2021年4月には、原子力規制委員会が九州電力株式会社に対して、玄海原子力発電所における使用済燃料乾式貯蔵施設の設置に係る原子炉設置変更許可を行いました(図2-25)。

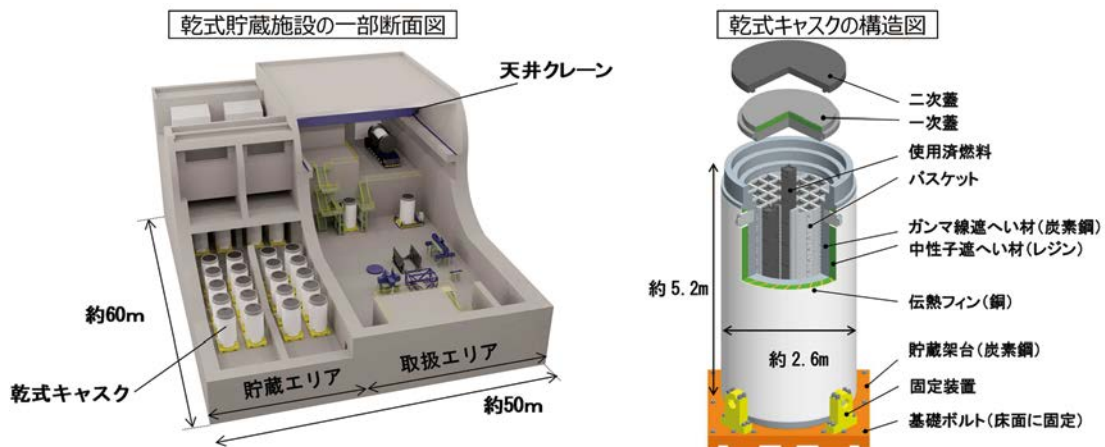


図 2-25 玄海原子力発電所に設置予定の乾式貯蔵施設のイメージ

(出典) 第65回原子力規制委員会資料4 原子力規制委員会「九州電力株式会社玄海原子力発電所3号炉及び4号炉の発電用原子炉設置変更許可申請書に関する審査の結果の案の取りまとめについて(案)―使用済燃料乾式貯蔵施設の設置―」(2021年)に基づき作成

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)は、最終的に5,000tの貯蔵容量拡大を計画している中間貯蔵施設です。原子力規制委員会による新規基準への適合性審査の結果、同施設は2020年11月に使用済燃料の貯蔵事業の変更許可を受けました。安全審査の進捗を踏まえ、追加工事の工程見直しが行われ、事業開始時期は2023年度に延期されています。

また、使用済燃料対策に関するアクションプランに基づいて設置された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。2021年5月に開催された第6回協議会では、使用済燃料対策計画の実現に向け、業界全体で最大限の努力を行う必要性等が確認されました。

²² 貯蔵用プール内の使用済燃料の貯蔵ラックの間隔を狭めることにより、貯蔵能力を増やすこと。

²³ 貯蔵用プールで水を循環させる湿式貯蔵によって十分冷却された使用済燃料を、金属製の頑丈な容器(乾式キャスク)に収納し、空気自然対流によって冷却する貯蔵方法。

⑦ 使用済燃料の再処理に関する取組

1) 使用済燃料再処理機構の設立

再処理等が将来にわたって着実に実施されるよう、「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。平成28年法律第40号により改正。以下「再処理等拠出金法」という。）に基づき、2016年10月に使用済燃料再処理機構（以下「再処理機構」という。）²⁴が設立されました（図2-26）。

原子力事業者は、再処理等に必要な資金を、拠出金として再処理機構に納付しています。

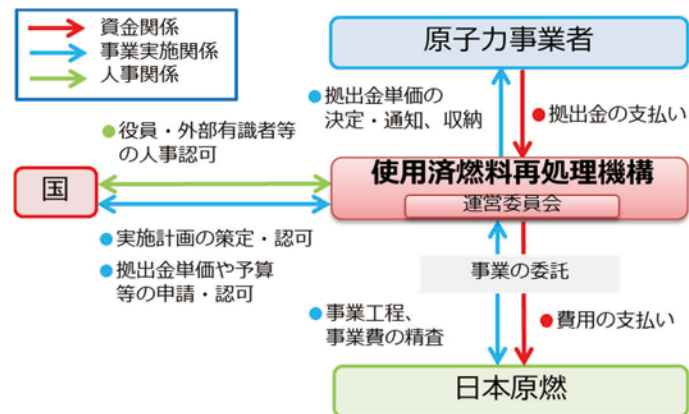


図 2-26 原子力発電における使用済燃料の再処理等のための拠出金制度の概要

（出典）第20回総合資源エネルギー調査会基本政策分科会資料2 資源エネルギー庁「使用済燃料の再処理等に係る制度の見直しについて」（2016年）に基づき作成

2) 使用済燃料の再処理の推進

使用済燃料は、中間貯蔵施設等において貯蔵された後、再処理によりウラン及びプルトニウムが分離・回収されます。

日本原燃再処理事業所の六ヶ所再処理工場（再処理能力は年間800tU）では、2000年12月から使用済燃料の受入れ・貯蔵が開始され、2022年3月末時点で約3,393tが搬入されています。また、そのうち約425tがアクティブ試験²⁵において再処理されています。原子力規制委員会は2020年7月、新規制基準への適合性審査の結果、同事業所における再処理の事業変更許可を行いました。これを受け、安全性向上対策工事の工程見直しが行われ、施設の竣工時期は2022年度上期に延期されています。

我が国では、原子力機構の東海再処理施設を中心として再処理及び再処理技術に関する研究開発を行い、1977年から2007年まで累積で約1,140tの使用済燃料の再処理を実施しました。この過程を通じて得られた技術は、日本原燃への移転がほぼ完了しています。2018年6月には東海再処理施設の廃止措置計画が原子力規制委員会により認可され、放射性物質に伴うリスクを速やかに低減させるため、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。

なお、我が国の使用済燃料の一部は、英国及びフランスの再処理施設で再処理されてきました。世界の再処理能力は表2-4のとおりです。

²⁴ 再処理機構の使用済燃料再処理等実施中期計画の認可に係る原子力委員会の意見聴取については、第4章4-1(3)④「プルトニウム・バランスに関する取組」を参照。

²⁵ 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。

表 2-4 世界の主な再処理施設 (2021 年)

国名	運転者	所在地 (施設名)	再処理能力 (tU/年)	営業開始時期
フランス	オラノ社	ラ・アーク	1,700	1966 年
英国	セラフィールド社	カンブリア・ シースケール	(ソーブ) 900	1994 年 (2018 年閉鎖)
			(マグノックス) 1,000	1964 年 (2022 年閉鎖予定)
ロシア	生産公社マヤーク	チェリャビンスク	400	1977 年
日本	原子力機構	茨城県東海村	120	1981 年 (廃止措置中)
	日本原燃	青森県六ヶ所村	800	2022 年度上期竣工予定

(出典)一般財団法人日本原子力文化財団「原子力・エネルギー図面集」(2021 年)等に基づき作成

⑧ ウラン・プルトニウム混合酸化物 (MOX) 燃料製造に関する取組

再処理施設で回収されたウラン及びプルトニウムは、MOX 燃料へと成型加工されます。我が国では、日本原燃が商用の軽水炉用 MOX 燃料加工施設 (最大加工能力は年間 130tHM²⁶) の建設を進めています。原子力規制委員会による新規制基準への適合性審査の結果、同施設は 2020 年 12 月に加工事業の変更許可を受けました。これに伴い、安全性向上対策のために必要な工事工程の精査が行われ、同施設の竣工時期は 2024 年度上期に延期されています。

また、原子力機構を中心として、高速増殖原型炉もんじゅ (以下「もんじゅ」という。)、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 (成型加工) 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。

なお、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 燃料に加工された上で我が国に輸送されています。2021 年 11 月には、フランスから関西電力株式会社高浜発電所に 16 体の MOX 燃料が輸送されました。世界の MOX 燃料加工能力は表 2-5 のとおりです。

表 2-5 世界の主な MOX 燃料加工施設 (2021 年)

国名	運転者	所在地	MOX 燃料製造能力 (tHM/年)	営業開始時期
フランス	オラノ社	バニョルーシュルーセズ	195	1995 年
日本	原子力機構	茨城県東海村	4.5	1988 年
	日本原燃	青森県六ヶ所村	130 (最大)	2024 年度上期竣工予定
ベルギー	FBFC インター ナショナル社	デッセル	200	1960 年 (2015 年閉鎖)

(出典)一般財団法人日本原子力文化財団「原子力・エネルギー図面集」(2021 年)等に基づき作成

²⁶ MOX 燃料中のプルトニウムとウラン金属成分の質量。

⑨ 軽水炉による MOX 燃料利用（プルサーマル）に関する取組

MOX 燃料を原子力発電所の軽水炉で利用することを、「プルサーマル」といいます。我が国では、第 6 次エネルギー基本計画において、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しています。

また、2018 年 7 月に改定された原子力委員会の「我が国におけるプルトニウム利用の基本的な考え方」では、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必要最小限とする方針が明示されています²⁷。これを踏まえ、電気事業連合会は 2020 年 12 月に、新たなプルサーマル計画を公表しました。同計画では、プルトニウム保有量の適切な管理のため、自社で保有するプルトニウムを自社の責任で消費することを前提として、2030 年度までに少なくとも 12 基の原子炉でプルサーマルの実施を目指し、引き続きプルサーマルの推進を図るとしています。加えて、電気事業連合会は、2021 年 2 月に新たなプルトニウム利用計画を公表しました（2022 年 2 月改定）²⁸。

海外では、1970 年代からプルサーマルの導入が開始され、2021 年 1 月時点で、約 7,300 体の MOX 燃料の利用実績があります。我が国では、表 2-6 に示す 5 基においてプルサーマルを実施した実績があります。このうち東電福島第一原発 3 号機を除く 4 基は、新規制基準への適合審査に係る設置変更許可を受けて再稼働しています。また、プルサーマルを行う計画で、中国電力株式会社島根原子力発電所 2 号機が 2021 年 9 月に設置変更許可を受けており、建設中の電源開発株式会社大間原子力発電所を含む 3 基が原子力規制委員会による審査中です。大間原子力発電所では、運転開始時には全燃料の約 3 分の 1 を MOX 燃料とし、その後 5 年から 10 年をかけて MOX 燃料の割合を段階的に増加させ、最終的には全て MOX 燃料による発電を行う予定です。

表 2-6 我が国の軽水炉における MOX 燃料利用実績

電力会社名	発電所名	装荷 ^注 開始	MOX 燃料の累積装荷数	状況
九州電力（株）	玄海 3	2009 年	36 体	再稼働
四国電力（株）	伊方 3	2010 年	16 体	再稼働
関西電力（株）	高浜 3	2010 年	28 体	再稼働
	高浜 4	2016 年	20 体	再稼働
東京電力	福島第一 3	2010 年	32 体	2012 年 4 月廃止

(注) 原子炉の炉心に燃料集合体を入れること。

(出典) 一般財団法人日本原子力文化財団「原子力・エネルギー図面集」(2021 年)に基づき作成

²⁷ 第 4 章 4-1(3)①「我が国におけるプルトニウム利用の基本的な考え方」を参照。

²⁸ 第 4 章 4-1(3)③「プルトニウム利用目的の確認」を参照。

コラム

～諸外国における MOX 燃料利用実績～

持続可能な社会への移行に向けて、環境保全と経済活動の両立が世界中でますます強く求められるようになってきました。温室効果ガスの排出抑制を目的とした経済活動の脱炭素化はその代表ですが、資源を再利用、リサイクルし有効活用することで、「ごみ」として廃棄されるものの量を最小限にする循環型経済への移行も、持続可能な社会の実現に不可欠な取組の一つです。

MOX 燃料を利用する核燃料サイクルは、原子力発電所で発生した使用済燃料をリサイクルすることで、資源を有効活用し、「ごみ」として処分される放射性廃棄物の量や有害度を最小化する手段です。世界では、欧州を中心に、1960年代から既に MOX 燃料利用に向けた取組が行われてきました。MOX 燃料の利用実績が世界で最も多いのは原子力大国であるフランスですが、これに次ぐ実績を有するのが、2022年に全原子炉の閉鎖を予定している脱原子力国のドイツです。ドイツでは、2005年まで行っていた国外再処理によって回収したプルトニウムを、MOX 燃料として国内の原子炉で消費するよう法的に義務付けられており、2016年までに全て MOX 燃料として国内の軽水炉に装荷済みです。また、近年では、2014年にオランダが、新たに自国原子炉での MOX 燃料利用を開始しています。

世界の MOX 利用の現状 (2021年1月時点)

国名	原子力発電所	炉型	グロス出力 (MW)	装荷開始	累積装荷体数 (2020年末時点)	国名	原子力発電所	炉型	グロス出力 (MW)	装荷開始	累積装荷体数 (2020年末時点)	
ベルギー	チアンジュ2号機	PWR	1,055	1995 to 2003 ^{*1}	0	インド	カクラバー1号機	PHWR	202	2003	0	
	ドール3号機	PWR	1,056	1995	96		タラプール1号機	BWR	160	1994		
	フェニックス	FBR	140	1973			タラプール2号機	BWR	160	1995		
フランス	サンローラン・デノールB1号機	PWR	956	1987		オランダ	ボルセラ	PWR	512	2014	48	
	サンローラン・デノールB2号機	PWR	956	1988		ロシア	ベロヤルスク3号機 (BN-600)	FBR	600	2003		
	グラブリース3号機	PWR	951	1989			ベロヤルスク4号機 (BN-800)	FBR	885	2020	18	
	グラブリース4号機	PWR	951	1989		スイス	ベツナウ1号機	PWR	380	1978	124	
	ダンビエール1号機	PWR	937	1990			ベツナウ2号機	PWR	380	1984	108	
	ダンビエール2号機	PWR	937	1993			ガスゲン	PWR	1,060	1997 to 2012	48	
	ルブレイエ2号機	PWR	951	1994			ライプシュタット	BWR	1,200	装荷認可		
	トリカスタン2号機	PWR	955	1996			ミュンヘン	BWR	372	装荷認可		
	トリカスタン3号機	PWR	955	1996			スウェーデン	オスカージェム1号機	BWR	465	装荷認可	
	トリカスタン1号機	PWR	955	1997				オスカージェム2号機	BWR	630	装荷認可	
	トリカスタン4号機	PWR	955	1997				オスカージェム3号機	BWR	1,205	装荷認可	
	グラブリース1号機	PWR	951	1997			米国	カーバ1号機	PWR	1,205	2005 ^{*7}	4
	ルブレイエ1号機	PWR	951	1997				ロバート・モ・ギネイ	PWR	602	1980 ^{*8} to 1985	4
	ダンビエール3号機	PWR	937	1998			日本	ふげん ^{*9}	ATR	165	1981	772
	グラブリース2号機	PWR	951	1998				もんじゅ ^{*10}	FBR	280	1993	
	ダンビエール4号機	PWR	937	1998				玄海3号機	PWR	1,180	2009	36
	シンボ4号機	PWR	954	1998				伊方3号機	PWR	890	2010	16
シンボ2号機	PWR	954	1999				高浜3号機	PWR	870	2010	28	
シンボ3号機	PWR	954	1999				高浜4号機	PWR	870	2016 ^{*11}	20	
シンボ1号機	PWR	954	2000				福島第一3号機 ^{*10}	BWR	784	2010	32	
グラブリース6号機	PWR	951	2008				松崎刈野3号機	BWR	1,100	装荷認可 ^{*12}		
グラブリース5号機	PWR	951	(2010)				浜岡4号機	BWR	1,137	装荷認可 ^{*13}		
ドイツ	オプリヒヒム ^{*2}	PWR	357	1972	78		島根2号機	BWR	820	装荷認可 ^{*13}		
	ネッカー1号機 ^{*3}	PWR	840	1982	32		女川3号機	BWR	825	装荷認可 ^{*13}		
	ウンター・ベーンザー ^{*3}	PWR	1,410	1984	200		泊3号機	PWR	912	装荷認可 ^{*13}		
	グラブエンラインフェルト ^{*4}	PWR	1,345	1985	164		大間 ^{*12}	ABWR	1,383	装荷認可 ^{*13}		
	フリリッスブルグ2号機 ^{*5}	PWR	1,458	1989	228							
	グロンド	PWR	1,430	1988	140							
	ブロッグドルフ	PWR	1,440	1989	272							
	グントレミンゲンC号機	BWR	1,344	1995	376							
	グントレミンゲンB号機	BWR	1,344	1996	532							
	イザール2号機	PWR	1,475	1998	212							
	ネッカー2号機	PWR	1,400	1998	96							
	エムスラント	PWR	1,406	2004	144							

(出典) 一般財団法人日本原子力文化財団「原子力・エネルギー図面集」(2021年)

⑩ 高速炉による MOX 燃料利用に関する方向性

我が国では、高速炉開発の推進を含めた核燃料サイクルの推進を基本方針としています。「もんじゅ」は、MOX 燃料を高速炉で利用する「高速炉サイクル」の研究開発の中核として位置付けられていました。しかし、様々な状況変化を経て、2016 年 12 月に開催された第 6 回原子力関係閣僚会議において『「もんじゅ」の取扱いに関する政府方針』及び「高速炉開発の方針」が決定され、「もんじゅ」は廃止措置に移行し、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。2018 年 12 月には、第 9 回原子力関係閣僚会議において高速炉開発に関する「戦略ロードマップ」が決定され、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されています。また、第 6 次エネルギー基本計画では、高速炉開発の方針及び戦略ロードマップの下で、米国やフランス等と国際協力を進めつつ、高速炉等の研究開発に取り組むとしています。

なお、原子力委員会は、戦略ロードマップの決定に先立ち、高速炉開発に関する見解を発表しました(図 2-27)。同見解では、原子力技術の可能性の一つとして高速炉開発を支持しつつ、軽水炉の長期利用も念頭に置き、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るとしています。

戦略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、柔軟性を確保するなど、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する。

高速炉について

◇ 高速炉は原子力技術の可能性の一つであるが、経済性に十分留意することが必要である。
 ◇ 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。

高速炉と核燃料サイクルの今後の検討について

◇ 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。

図 2-27 「高速炉開発について(見解)」の概要

(出典)原子力委員会「高速炉開発について(見解)」(2018 年)に基づき作成

高速炉の研究開発に関しては、第 8 章 8-2(4)「高速炉に関する研究開発」に記載しています。