

6-2 原子力発電所及び研究開発機関や大学における原子力施設の廃止措置

原子力発電所や研究開発機関及び大学等の試験研究炉等において、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、廃止措置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から保有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。

国際原子力機関（IAEA）は、各国の廃止措置経験などに基づき、廃止措置方式は次の2つに分類されるとしています [24] [25]。

- 即時解体方式⁹：運転終了後なるべく早く規制解除を目指す方式
- 遅延解体方式¹⁰：安全貯蔵や安全格納ともいわれ、規制機関による無制限又は制限付きの物質の解放が認められ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。放射能の減衰後除染と解体を行う方式

なお、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¹¹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、事故を経験した原子力施設など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。

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段階で確認されます。

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

⁹ 即時解体：immediate dismantling

¹⁰ 遅延解体：Deferred dismantling

¹¹ 密閉管理：Entombment

滑な移行を図るため、事業等の開始段階から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）を作成・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なっています。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ています。

（2） 廃止措置の状況

① 原子力発電所等の廃止措置

我が国では、2019 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）東海発電所及び敦賀発電所 1 号機、中部電力（株）浜岡原子力発電所 1、2 号機、関西電力（株）美浜発電所 1、2 号機、中国電力（株）島根原子力発電所 1 号機、九州電力（株）玄海原子力発電所 1 号機、四国電力（株）伊方発電所 1 号機の廃止措置計画が認可されています。また、2017 年 12 月に関西電力（株）が大飯発電所 1、2 号機、2018 年 3 月に四国電力（株）が伊方発電所 2 号機、10 月に東北電力（株）が女川発電所 1 号機、2019 年 2 月に九州電力（株）が玄海原子力発電所 2 号機について、それぞれ廃止を決定しています。

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福島第二原子力発電所の全号機を廃止する方向で検討を進める旨を表明し、2019 年 7 月になり東京電力ホールディングス（株）の社長は福島県知事との面会において、1～4 号機すべての廃止措置の意向を伝えました。その後、東京電力ホールディングス（株）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¹²。

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 [26]。

本中間まとめを受けて、原子力機構は、バックエンド対策が、東海再処理施設（TRP）の廃止措置に 70 年間に要するなど長期にわたること、原子炉等規制法の改正により 2018 年末までに廃止措置実施方針を作成し公表することから、2018 年 12 月に、「バックエンドロードマップ」を公表しました。今後約 70 年間に第 1 期（～2028 年度）、第 2 期（2029 年度～2049 年度）、第 3 期（2050 年度～）に分けて現存する原子力施設 89 施設のうち原子炉等

¹² 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」2019 年 7 月 31 日

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が、1 兆 9,100 億円と見積もられています [27]。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ます。「施設中長期計画」(2019 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～第 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 [28]。

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、2008 年に認可されました。廃止措置は 4 段階の期間に区分して実施されます。廃止措置は 2033 年度までに完了する予定です [29]。もんじゅの廃止措置は、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 [30]。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、現在廃止措置の実施に向けた準備が進められています [31]。

こうして、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。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、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 [32]。

〈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）」のポイント〉

この見解において原子力委員会は、「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、地元や国民など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などを指摘しています。

我が国における原子力発電所等の廃止措置の状況は表 6-1 に示すとおりです。このほかに、東京大学、立教大学、東京都市大学といった大学の研究炉、民間企業の研究炉でも廃止措置が行われています。

表 6-1 我が国における主な原子力発電所等の廃止措置等の状況

	発電所	運転終了日等 (年月)	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
	ふげん	2003 年 3 月	新型転換 原型炉	廃止措置中 (原子炉周辺設備の解体 撤去期間中)
	もんじゅ	2017 年 12 月	高速増殖 原型炉	廃止措置中
	東海再処 理施設 (TRP)	2014 年 9 月、 廃止措置へ移 行する方針を 表明	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 去中)
	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	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	運転終了
	大飯 2	2018 年 3 月	PWR	運転終了
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
(株) 東芝	TTR-1	2006 年 3 月	教育訓練 用原子炉	廃止措置中
日立製作所 (株)	HTR	2006 年 5 月	濃縮ウラ ン軽水減 速冷却型	廃止措置中
東京大学	弥生	2012 年 6 月	高速中性 子源炉	廃止措置中
立教大学	立教大学 炉	2006 年 5 月	TRIGA-II	廃止措置中
東京都市大学原子 力研究所	武蔵工大 炉	2006 年 5 月	TRIGA-II	廃止措置中

(出典) 総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会廃止措置安全小委員会「廃止措置の終了の確認に係る基本的考え方(中間とりまとめ)」(2011年)、原子規制委員会「原子力の安全に関する条約 日本国第7回国別報告」(2016年)、原子規制委員会「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」(2017年)、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」(2018年)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、費用を解体時点で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積立てを行っています。

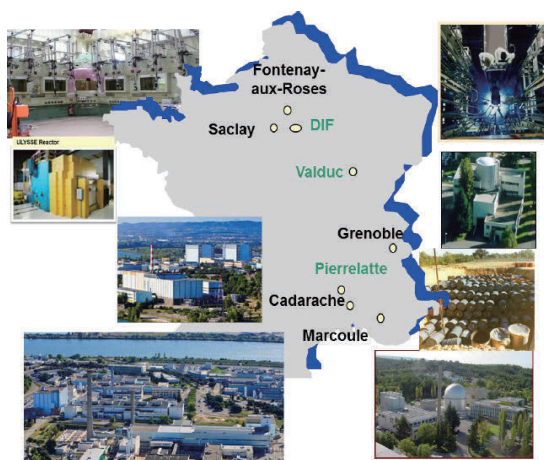
② 研究開発施設等の廃止措置費用

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）」(2019年) [32]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、廃棄物処分等を担う「バックエンド統括部」を設置し、同部のマネジメントの下で、具体的な廃止措置を拠点・施設毎に実施します。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 [33]。

コラム ～フランスにおける研究開発施設等の廃止措置～

フランスでは、国内各地で商用炉や核開発・研究開発施設の原子力施設の廃止措置が進められています。このうち、核開発・原子力分野の研究開発を行ってきた原子力・代替エネルギー庁（CEA¹³）はプルトニウム生産炉、研究開発炉、加速器、核開発と民生用の核燃料サイクル施設等、多様な原子力施設の廃止措置を実施しています。CEA は大規模な廃止措置プログラムの中で、多様かつ複雑な問題に取り組んでいるとしており、具体的には、廃棄物の回収、研究開発炉や燃料貯蔵施設や放射性物質取扱設備の解体、ナトリウムの処理、コンクリート建屋の解体あるいは多用途転用可能な状態への移行等、様々な廃止措置を、放射性廃棄物処理・減容、除染などの技術開発と放射性廃棄物処分対策を行いながら実施しています。



フランス国内で CEA が廃止措置を実施している原子力施設

（出典）仏原子力・代替エネルギー庁（CEA）「Benefits From R&D For D&D Projects Preparation」（2016 年） [34]

これらの施設のうち、2009 年に閉鎖された高速原型炉フェニックスは、30 年間・7.5 億ユーロを投じる計画で廃止措置が進められています。CEA は廃止措置を以下の 5 ステップで進める方針です [35]。

- ① 放射能インベントリを作成し、放射線防護の方法を特定し、発生すると予測される廃棄物の分類等を行い、廃止措置計画決定を実施
- ② 燃料等の搬出、放射線防護用遮へい壁や原子炉建屋解体用作業を実施する臨時の作業室の設置等の廃止措置準備
- ③ ナトリウム及びナトリウム汚染された設備機器の処理。ナトリウムは 2 次系ナトリウムを撤去した後に 1 次系ナトリウムを撤去
- ④ 残留する汚染をゼロとすることを目標に構造物と土壌の除染。完了後、施設は規制解除
- ⑤ ①～④までのステップを通じて発生する 29,000 トンの一般産業廃棄物、5,000 トンの極低レベル放射性廃棄物、2,500 トンの低中レベル短寿命放射性廃棄物、289 トンの中レベル長寿命放射性廃棄物及び中レベル・高レベル放射性廃棄物の処理

¹³ Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives

コラム 廃止措置等に伴う低レベル放射性廃棄物の処理処分のチャレンジ 英国の事例 国、廃棄物発生者等が一体となって廃棄物管理の合理化に取り組み～

原子力施設の廃止措置は、機器、施設等の解体に伴って発生する廃棄物の処理処分を含む管理と一体に進められます。その際、放射性廃棄物の合理的な区分や発生量の低減は、円滑な廃止措置実施のポイントの一つになります。英国の例は、先行する一つの参考事例です。

英国では、放射性廃棄物を高レベル放射性廃棄物（HLW）、中レベル放射性廃棄物（ILW）及び低レベル放射性廃棄物（LLW）に3区分しています。このうち LLW は、2000 年初頭まで、主に高圧縮処理・セメント固化を施し、カンブリア州ドリッグ近郊にある低レベル放射性廃棄物処分場（LLWR）で処分してきました。

しかし、英国政府等は、将来、原子力施設の廃止措置により、土壌、コンクリート及び鋼鉄などの LLW の大量発生が予想され、現行方法による処理処分が続くと、LLWR の処分容量が将来不足することを懸念し、この課題に対応すべく、2007 年に以下の内容を含む「英国における固体低レベル放射性廃棄物の長期管理政策」（LLW 政策）を策定しました。

まず、LLW 管理計画の原則として次のような事項が含まれています。

- ・廃棄物ヒエラルキーの適用により、放射能と質量の両面から廃棄物発生を最小化する
- ・廃棄物の特性に関する調査の結果に基づき将来の廃棄物発生量を予測する
- ・LLW 管理に関する実行可能なすべてのオプションを検討する、他

英国政府等は、廃棄物の発生量と処分量を最小化するためには、廃棄物管理のヒエラルキーに従って廃棄物管理計画を立案すべきとしています。具体的には、発生の抑制、プロセスと機器の適切な設計と運転、および廃棄物の特性評価、選別と分類、減容、表面除染を通じた発生量の低減（量的、放射能的）、これらができない場合は、減衰保管、リユース/リサイクル及び焼却を通じた処分する LLW の量の最小化、及び処分（焼却を含む）の順番に、環境負荷を考慮して実施されるべきであるとしています。廃棄物管理ヒエラルキーは既に一般の廃棄物の戦略に適用されていたものを LLW に適用したものです。

ヒエラルキーに従った LLW 発生量の低減に関連して、放射能の量に応じたカテゴリーを導入し、それぞれに応じた取り組みの検討を廃棄物を管理する機関に求めました。

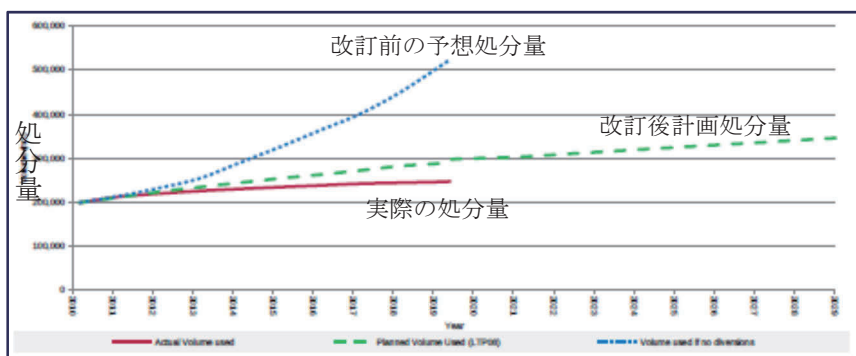
- ① LLW のサブカテゴリとして、放射能のごく少ない LLW を「量の多い極低レベル放射性廃棄物」（HV-VLLW）及び「量の少ない極低レベル放射性廃棄物」（LV-VLLW）に定義
- ② HV-VLLW は環境規制機関によって指定された方法により許可された埋め立てサイトに処分することが可能
- ③ LV-VLLW は商業あるいは産業廃棄物と共に指定されていない処分場所において安全に処分することが可能

同政策を実行するための戦略が、原子力廃止措置機関（NDA）によって「原子力産業の固体低レベル放射性廃棄物の管理のための英国の戦略」（LLW 戦略）として、2010 年にまとめられました。この LLW 戦略には、次の 3 つの指針が示されています。

- 廃棄物ヒエラルキーの適用
- 既存の LLW 管理資本の最大限の活用
- 新たな処理処分ルートの開発など目的にかなった廃棄物管理ルートの必要性

新たな NDA は LLW 戦略を実現するため、これまでの LLW 管理の見直しを行いました。具体的には、LLWR の運営は NDA に代わり、低レベル放射性廃棄物処分場会社（LLW 処分場会社）が担当するとともに、2011 年に業界全体が協同して、「国家廃棄物プログラム」（NWP）を策定しました。NWP のビジョンでは「費用に見合う最適化された LLW 管理」を目指しており、NWP 全体の統括と調整を LLW 処分場会社が行います。また、NWP のパートナーには、すべての原子力産業および防衛分野の廃棄物発生者、原子力発電事業者、医療および原子力サービス会社、廃棄物処理処分サービスを提供する組織、LLW 処分場会社、規制当局、地方自治体と中央政府、および NDA が含まれています。このような取組を進める中で、英国における LLW の管理については、2015 年までに以下のような進展が見られます。

- 大量の LLW を LLWR での処分から転換することを可能にした代替の処理、処分ルートの開発と利用
- 廃棄物発生者が廃棄物管理の決定をする際に、廃棄物ヒエラルキーを適用
- 関係機関の間で良好事例の共有
- 新たな LLW の処理処分ルートとして 3 か所の商業用埋立て処分場の許可取得
- 廃棄物内の金属の寸法縮小、表面除染、溶融によるリサイクルの実現
- 有機物の焼却・減容
- LLWR 処分場における LLW 処分量の大幅な低減の実現と LLWR 処分場の 2130 年までの継続的運用を可能にした（図参照）
- イギリスにおける原子力施設の円滑な廃止措置の推進を可能に



LLWR 処分場継続的活用への効果

（出典）NDA「Waste Metric Dashboard」（2019 年）に基づき作成