

原子力発電所廃止措置調査検討委員会

技術レポートシリーズ Vol. 3

原子力発電所から発生する大型機器の 処理について

令和 2 年 12 月

原子力発電所廃止措置調査検討委員会

原子力発電所廃止措置調査検討委員会について

2011年3月11日に発生した福島第一原子力発電所事故を契機に、我が国の原子力発電を巡る環境は大きく変化し、事故前の計画よりも早い時点で廃止措置段階への移行を選択するプラントが出てきている（2020年10月末時点で、女川1号、福島第二1～4号、東海、浜岡1・2号、敦賀1号、美浜1・2号、大飯1・2号、島根1号、伊方1・2号、玄海1・2号、の18基の商業用原子力発電プラントが廃止措置実施中か廃止措置準備中）。このような傾向は今後も続く予想される。

しかしながら、欧米諸国の状況と比較し、我が国では、現時点において、廃止措置を合理的に進めていくための環境条件（地元自治体を含めたステークホルダーとの関係等）や廃棄物処分施設等のインフラ、規制制度等の対応態勢が十分に整っているとは言い難い。このような現状は、円滑な廃止措置活動に直接的な影響を及ぼすことから、早期の対応が喫緊の課題となる。

上述の背景のもと、廃止措置を推進するためには、関係者間で現時点における課題を共有し、海外の良好事例等を参考として社会から受け入れられる廃止措置に向けた対応が一層重要となる。そこで、これらの課題を早期に解決することを目的に第三者的な立場で検討を深めると共に、検討の成果をもとにステークホルダーとの議論、共有の橋渡しの役割を務め、社会に貢献することを目的として、平成30年度に（一財）エネルギー総合工学研究所に「原子力発電所廃止措置調査検討委員会（以下、「委員会」という）」を設置した。

委員会の構成員は次の通りである（敬称略、令和2年12月末現在）。

飯本 武志 東京大学 環境安全本部 教授

井口 哲夫 名古屋大学 名誉教授

岡本 孝司 東京大学 大学院工学系研究科原子力専攻 教授（委員長）

斉藤 拓巳 東京大学 大学院工学系研究科原子力専攻 准教授

新堀 雄一 東北大学 大学院工学研究科量子エネルギー工学専攻 教授

柳原 敏 福井大学 学術研究院工学系部門 特命教授

また、委員会は、次の各号に掲げる事項について、審議・検討を行うこととしている。

- （１） 原子力発電所の廃止措置の課題とその解決方法に関する事項
- （２） 原子力発電所の廃止措置の課題解決に向けた技術レポートに関する事項
- （３） その他、前各号に付帯する事項

ここで、技術レポートの作成にあたっては、次の事項に留意することとしている。

- 国際基準やガイド等に則した事実、論拠に基づくこと
- 国内外における技術の進歩、新たな経験を踏まえた効果的、効率的な知見の情報発信を行うこと
- 廃止措置の安全確保の一義的責任は、事業者にあることから、事業者の安全確保の取組がベースにあることを基本として、ステークホルダーの理解に向けた情報発信を行うこと
- 安全確保が最優先の下で、効率的及び効果的な廃止措置の完遂について論じること
- 安全で安心な持続的社會を目指す視点に基づき、国民にとってより良い方向に向けての提言を行うこと
- 規制制度との関係については、より合理的な廃止措置規制を目指す観点とするため、事業者の取組についても言及すること

効率的かつ円滑な廃止措置を推進するために、廃止措置に係る技術的、社会的諸課題の解決に取り組むとともに関係機関でのコンセンサス形成に向けて取り組むことが重要である。この一助として、委員会の活動成果を、科学的、技術的観点から技術レポートとして策定するとともに、社会に向けた情報発信として（一財）エネルギー総合工学研究所のホームページで公表・公開することとしている。

エグゼクティブサマリー

我が国では、原子力発電所の高経年劣化対策のための大型改良工事等が実施されてきており、その際取り外された蒸気発生器、給水ヒータ等の大型機器は、現在各発電所の保管庫で保管されている。今後原子力発電所の廃止措置が進められると、さらに大量の大型機器が発生し、敷地内に保管され続け、廃止措置作業スペースを圧迫することが予想される。このような状況を踏まえ、我が国の廃止措置の円滑な推進などに資するため、海外における大型機器の保管以外の処理の実績を参照しつつ、現在保管されている、または今後発生する大型機器の処理の在り方等について検討した。

米国は、土地も広く、最近では低レベル放射性廃棄物処分施設の開設等もあり、処分容量確保に余裕があることから、経済性も考慮して機器一体の直接処分を選択することが一般的であるが、この考え方を我が国に適用するのは現実的ではない。一方、欧州では、土地も狭くまた新規処分施設の開設が難しいなど、我が国と類似の環境にある。欧州においては、発生した大型機器は敷地内外で貯蔵しているケースもあるものの、有用資源のリサイクル、放射性廃棄物の最小化、処理の最適化として大型機器のリサイクル処理ビジネスが国内外を問わず展開しているケースもあり、成功裡に進められている。

OECD/NEA では、欧米での大型機器の処理の実績を踏まえて、想定される処理方法（シナリオ）を選定する場合の主要要因を整理しており、蒸気発生器を例としたケーススタディを示している。各国が置かれている環境によって主要な要因に対する評価（長所、短所）が異なるが、各国のこれまでの実績・今後の戦略は、このケーススタディによる評価と概ね矛盾ないものになっている。

本委員会は、以上の状況を参考に、我が国における大型機器の処理の在り方として、次の提言を行う。

① 中長期的な取り組み

我が国の大型機器の処理方法を検討するうえで、OECD/NEA 等の考え方を参考に、我が国の現状および今後の方向性状況を考慮して評価した結果、中長期的には、原子力事業者が共同利用可能な集中処理施設を導入することが適切である。

ただし、施設を導入するには、立地・建設・設置・運転というプロセスを経る必要があることから、時間を要することが想定される。また、国内では大型機器の処理実施経験に乏しいことから、今後の発生量を考慮し、経済性・技術的課題等について検討を行っていくことが適切である。

② 当面（中期・短期的）の取り組み

国内で集中処理施設を設置するには、立地や建設に相当の時間を要することが予想されるが、廃止措置が進むにつれ、発電所敷地内のスペースを圧迫していく大型機器を迅速に処理することができなければ、効率的な廃止措置の遂行に支障を来し、廃止措置工程の遅延に繋がることが懸念される。したがって、発電所敷地内スペースを確保して廃止措置を円滑に進めるために、当面（中・短期）の取組と

して、信頼性の高いプロセス・処理実績を有する海外の事業者の技術・施設を活用して国内の大型機器の処理を進めることが適切である。また、国内に集中処理施設を導入する上では、実績を有する処理設備（米国、スウェーデン等）で、我が国の実機材を用いた委託処理を行うことにより、輸送も含めて設備・運用の実績教訓等を反映することも有効であると考えられる。

選択肢の一つとして海外での委託処理を選択しようとする場合には、今後、以下に示す３つの事項について検討を要する。

イ) 熱交換器、キャスクなどの放射性廃棄物の輸出を可能とする制度整備（国）

国際法上放射性廃棄物の国境間移動は認められているため、我が国においてもリサイクル目的であることなどの要件を満たす機器については、輸出が認められるような制度整備が必要である。

具体的には、海外委託処理の対象とする機器を検討した結果、次の機器を対象とすることが考えられる。

i) 熱交換器（蒸気発生器、給水加熱器）、ii) キャスク（輸送用、貯蔵用）

ロ) 放射性廃棄物の定義の見直し（国）

原子力産業を含めた循環型社会形成の取り組みにおいて、国際的にはリサイクルを前提とした定義となっており、また今後の廃止措置プラントの増加に向けて、有用資源のリサイクル化推進が今後の動向として注視されている。このため、「リサイクル可能な放射性物質」の定義の創設、又は米国と同様に、「リサイクル可能な放射性物質」を放射性廃棄物に該当しないとするものの検討が望まれる。また、事業者においても、この定義を着実に履行しうる運用の策定を行う。

ハ) ガイドラインの策定

学術界、産業界が協力して、大型機器の国外処理、SCO-Ⅲ適用に向けた輸送について、透明性および使い勝手の良いガイドラインの作成することが必要。

海外での委託処理を実施するうえでは、循環社会形成の考えに基づく国際的な潮流や実態にも即して、ロ) のとおり、放射性廃棄物の定義を見直すことが望まれるが、定義の見直しに当たっては、放射性廃棄物全体に係る規制・運用に幅広く影響を及ぼすことから、今後国内において慎重に議論を重ねていくことが必要となる。

一方で、廃止措置の円滑な実施は喫緊の課題であるため、国内処理も見据えた海外処理の実現に向けては、速やかな対応が求められる。そのためには、現行の運用の下、リサイクル可能な機器も放射性廃棄物として扱われる当面の間は、イ) のとおり、放射性廃棄物の輸出について、国際条約の履行に加え、一定の要件を満たす場合には、輸出を可能とする制度整備が必要である。

更に、このように制度と並行して、事業者側で海外処理を適切に実施するための対策も求められる。

「技術に立脚した内容を、誰でもが活用できるよう、透明性をもって、策定されたもの」とするために、ハ)のとおりに、技術知見を整理して、実績を積みつつ得られた教訓を後続で実施するための手本として参照しうよう、ガイドライン策定の準備をすすめていく必要がある。

目次

1. 背景	1
2. 目的	3
3. 廃止措置における放射性廃棄物の取組み	4
3.1 国際機関の取組み	4
3.2 我が国の方針	8
4. 我が国の原子力発電所廃止措置の現状と取組み方針	10
4.1 我が国の商業用原子力発電所廃止措置の状況 [14]	10
4.2 廃止措置に係る国の方針と取組み	12
5. 大型機器の処理の在り方	14
5.1 大型機器発生の概況	14
5.2 大型機器の特徴	16
5.3 大型機器の処理の実績	16
5.4 処理方法選定の考え方（OECD/NEA 報告書 [19] による）	23
5.4.1 処理方法の評価法	23
5.4.2 シナリオ評価のケーススタディ	24
5.5 我が国への適用可能性	29
5.5.1 選定に影響を及ぼす主要な要因	30
5.5.2 処理方法の評価・選択	33
5.5.3 海外処理委託に係る対象機器の要件	37
6. 大型機器の国外処理への対応について	38
6.1 輸出入管理	38
6.1.1 国際的な放射性廃棄物の取扱い	38
6.1.2 我が国の輸出入管理	43
6.2 放射性廃棄物の定義と運用	45
6.2.1 放射性廃棄物の定義	45
6.2.2 放射性廃棄物管理の実運用	50
6.3 輸出入管理の課題と対応	55

7. 大型機器の処理の実現に向けての提言	56
8. あとがき.....	59

1. 背景

世界で稼働している商業用原子力発電所は、2020 年 1 月の時点で 447 基であり、そのうちの約 70%である 306 基が商業運転開始から 30 年以上経過している。さらに、約 25%の原子力発電所は運転年数 40 年以上となっている（図 1-1）。

国際エネルギー機関（IEA）は、現在までに恒久停止している 182 基の原子力発電所に加え、さらに約 200 基の商用原子力発電所が 2020 年から 2040 年の間に停止すると予想している。[1]

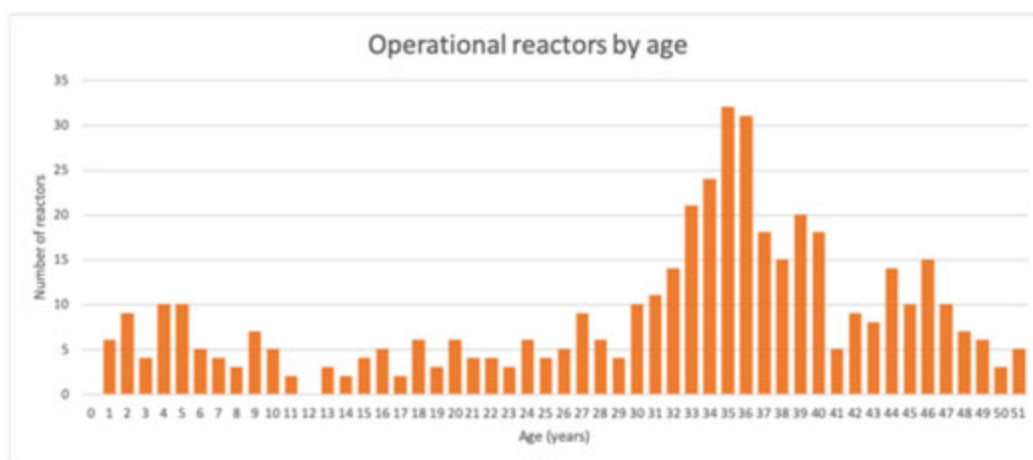


図 1-1 運転中の原子力発電所の運転年数分布 [1]

今後も恒久停止する原子力発電所が増加すると予想されている中、原子力発電所の廃止措置の重要性が一層増している。中でも重要なのは極低・低レベル放射性廃棄物の処分の問題である。これらの放射性廃棄物は、放射エネルギーとしては放射性廃棄物全体の 5%以下であるが、体積としては大部分（95%以上）を占めており、今後の発生量が処分場の能力を上回る可能性が高いと考えられている。

このため、我が国も加盟している国際原子力機関（IAEA）及び経済協力開発機構／原子力機関（OECD／NEA）や欧州連合（EU）では、分別、除染、リサイクル¹、再使用²の効果的な適用により廃棄物を最小化³し処分施設の負担を最小限に抑えること、あるいは、放射性廃棄物処理処分方

¹ リサイクル； 廃材を新製品に変換するプロセス[2]

² 再使用； 以前に使用された後で再度製品として使用すること[2]

³ 最小化（廃棄物の）； 施設または活動（facility or activity）の設計から廃止措置までのすべての段階で、発生する廃棄物の量を減らし、リサイクル、再使用あるいは一次廃棄物だけでなく二次廃棄物も十分に考慮してその放射能を減らすための処理などの手段によって、放射性廃棄物の量と放射能を合理的に達成可能なレベルまで減らすプロセス[2]

法の最適化⁴（放射性廃棄物分類の見直し、極低レベル放射性廃棄物処分施設の設置、処理施設の敷地内活用・サプライチェーン（敷地外）の活用）を行うことの重要性を指摘し、その取組みを推奨・実践している[3], [4], [5], [6]。

EUでは、取組みの一環として、資源の有効活用としての金属リサイクルの推進が廃棄物最小化としても効果的であることを踏まえつつ、敷地外処理施設の活用による処理方法の最適化を行っており、発電所の高経年化対策で取り替えた、あるいは廃止措置で発生した大型金属機器等に適用している。

我が国においても、2011 年の福島第一原子力発電所事故以降、廃止措置に移行するプラントは着実に増加しており、今後、廃止措置の本格実施とともに低レベル放射性廃棄物の発生量が増加していく見通しである[7]。現在各発電所の保管庫は、高経年劣化対策のための大型改良工事等の際に発生した蒸気発生器、給水ヒータ等の大型機器が保管されている状況であるが、今後廃止措置が進められると、さらに大量の大型機器が発生することが予想される。

このように、我が国においても、低レベル放射性廃棄物の発生に対処するための処分施設の確保が必須であるとともに、国際機関の取組みと同様に、処分施設の負担を最小限に抑えるための廃棄物最小化及び処理の最適化に取り組むことが重要である。

廃止措置を合理的に進めるためには、これらの大型機器を適切なタイミングで発電所から撤去する必要がある。撤去された大型機器については、一般には個々の発電所で処理を行うより集中処理施設を設けて処理の方が合理的と考えられる。しかしながら、現時点においてそのような設備は存在しておらず、また、立地上の課題等から、当面は国内での集中処理施設建設を見通せる状況にはない。したがって、国内での集中処理を想定する場合、相当の期間にわたって大型機器を発電所で保管することになり、廃止措置の円滑な遂行に悪影響を与えることが懸念される。

他方、海外においては、大型機器をそのままの状態で国外輸送し、リサイクルもしくは減容処理している実績がある[8], [9], [10]。

今後、国内の原子力発電所の廃止措置に備え、国内で放射性廃棄物の最小化及び放射性廃棄物処理処分方法の最適化を推進していくためには、海外施設の活用による処理の促進や処理に伴う技術・経験の蓄積を含め、幅の広い検討が必要である。

⁴ 最適化という用語は、ここでは、施設またはサイトの廃止措置プログラムにおいて「状況(situation)または資源(resource)を最大限に、または最も効果的に活用する」と定義する。最適化は、廃止措置の開始状態からその目的であるサイト終了状態まで、廃止措置と廃棄物管理の両方で可能な限り、最良の成果をもたらすことを目指すものである。廃棄物の量、コスト、廃止措置のスケジュール、クリアランス、リサイクルオプション、線量と排出量、利用可能なインフラストラクチャの最大限の活用など、最適化に影響を与える可能性のある多くの要因がある。これらの考慮事項は単独では存在せず、相互に影響を与える可能性がある。それらはまた、政策、戦略、規制環境、および個々の国の制約（限られた処分能力や利害関係者の懸念など）に応じて、国ごとに異なる。

2. 目的

我が国では、原子力発電所の高経年劣化対策のための大型改良工事等が実施されてきており、その際取り外された蒸気発生器、給水ヒータ等の大型機器は、現在各発電所の保管庫で保管されている。今後、原子力発電所の廃止措置が進められると、大量の大型機器がさらに発生することが予想される。また、廃止措置が進むにつれ、発電所敷地内のスペースを圧迫され、大型機器を迅速に処理することができなければ、効率的な廃止措置の遂行に支障を来すことが懸念される。一方、海外では、原子力を含めた持続社会形成推進として大型機器を含めた有用資源のリサイクル化を行っており、実績を上げている。

このような状況を踏まえ、当委員会では、我が国の原子力発電所廃止措置の円滑な推進に資することを目的として、海外の先行実績を参考に、国内の大型機器を対象としたリサイクル処理の在り方とそれに向けた中長期的な取り組みと当面（短期・中期的）な取り組みについて検討し、社会に向けて提言を行う。

3. 廃止措置における放射性廃棄物の取組み

国際機関においては、今後の廃止措置の増加を見据えて、それぞれの立場から見た現状と将来の予想から、今後の低レベル放射性廃棄物管理の取組みとしての推奨事項を整理している。本章ではその状況を紹介するとともに、我が国の状況も紹介する。

3.1 国際機関の取組み

廃止措置では、施設の解体や除染等により大量の放射性廃棄物が発生することから、作業を円滑に進める上では放射性廃棄物の処理処分戦略を練る必要がある。海外の原子力機関では、放射性廃棄物の現状（発生、保管、処分等）を踏まえて、今後の方向性、取り組む方針を検討し、それぞれの立場から推奨するか実践している。

ここでは、我が国の処分戦略を検討するうえで、国際原子力機関（IAEA）、経済開発協力機構/原子力機関（OECD/NEA）および欧州連合（EU）の取り組み状況をまとめた。

a. IAEA[3]

IAEA では、世界における使用済み燃料と放射性廃棄物のインベントリの現状をまとめ、その管理に関する現状の改善、および必要に応じてそれらの最終処分に関する将来計画をレビューするためのデータを定期的に提供している。

・ 低レベル放射性廃棄物の分類の観点

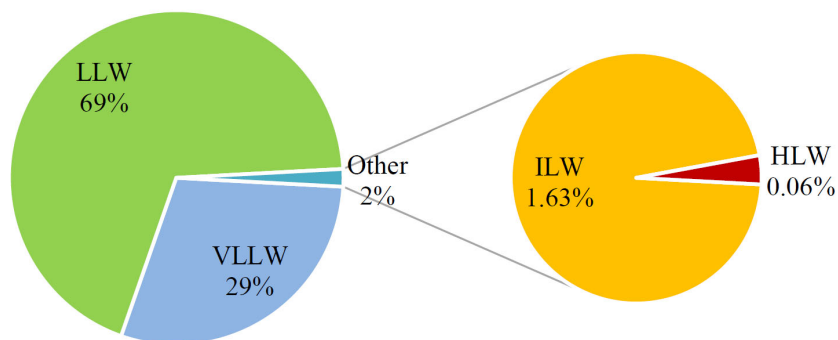
図 3-1 に示す通り、放射性廃棄物に含まれる放射能のほとんどは、高レベル廃棄物（HLW）と中レベル廃棄物（ILW）で占められるが、その他の低レベル廃棄物（LLW）と極低レベル廃棄物（VLLW）の放射エネルギーは全体の 2% にもかわらず、体積的には 98% 以上を占めている。使命を終えた原子力発電所の廃止措置が増加すると、LLW と VLLW が増加するため、その対応が重要である。

これまで LLW と VLLW を同じ施設で処分していたが、最近は、放射性廃棄物処分の最適化のために、個別の VLLW 処分施設への関心が高まってきており、一部の国では分類システムが VLLW も含むように変更された。

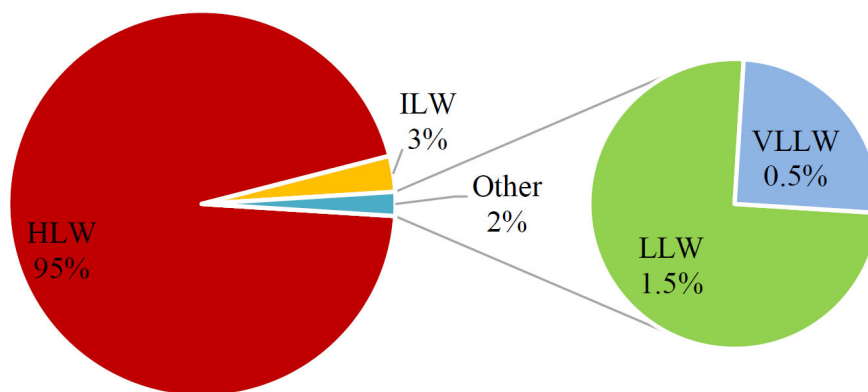
・ 原子力発電所廃止措置の観点

廃止措置活動の増加は、計画、解体、資金調達、そして特に廃棄物処理処分に、より大き

な課題をもたらす。場合によっては、処分場の不足により、解体の開始が妨げられたり、遅れたりする。また短期間に大量の廃棄物を処分するための準備が重要になる。特に、原子力発電所の廃止措置計画の加速が見込まれる国では重要である。さらに、原子力施設の解体の結果として発生する廃棄物の組成は運転中廃棄物とは異なり、金属（機器など）とコンクリート（建物解体の廃材）の割合が高くなる。このため、分別、除染、リサイクル、再使用の効果的な適用による廃棄物最小化の取組みは、処分施設の負担を最小限に抑えるための廃棄物管理戦略において極めて重要である。



貯蔵と処分時の廃棄物量のシェア



廃棄物クラス別放射能分布

図 3-1 廃止措置により発生する廃棄物の比率[3]

b.OECD/NEA[5]

放射性廃棄物は、運転中及び原子力施設の廃止措置中に発生する。量の点では、LLW & VLLWは、放射能インベントリーのごく一部にすぎないが、廃止措置による放射性廃棄物量の大部

分を占めている。クリアランスプロセスは、廃止措置からの放射性廃棄物の処理方法を最適化することと貢献することができる。また、一部の国では放射性廃棄物の処分能力の余裕が予想よりも早く減少しており、最終的には予測される発生量に対して不十分になる可能性がある。したがって、これらの施設がそれらに委託されるべき廃棄物のために使用されることを確実にするために、廃棄物管理の最適化に焦点を合わせることがますます重要になっている。LLW&VLLWを最適に管理するために利用可能なリソースを効率的に使用することは、持続可能で安全かつ費用効果の高い廃止措置を確保するための鍵である。したがって、LLW&VLLWの影響は、将来の世代に過度の負担をかけないように環境への影響も制限する必要がある。

このために、放射性廃棄物管理の最適化の取組みとして次の実践を推奨している。

- ・ 廃棄物階層の適用は、低レベル放射性廃棄物の最小化・管理の最適化に貢献する。
- ・ 処理施設及び処分施設は、オンサイト又はサプライチェーンを通じて利用可能な状態にする必要がある。なお、処理のために廃棄物を他の国に送れるかどうかは、輸出規制に係る国内法及び越境輸送や規制の調和を含む国際協定に依存している。

(参考) 英国の廃棄物管理の階層の主要原則[11]

- 発生元で廃棄物を発生させないこと
- 可能な限りその発生量を抑制すること
- 廃棄物の発生を防止できない場合には、廃材や廃棄物を直接再使用もしくは修理して再使用すること
- 廃棄物をリサイクルすること、もしくは二次原料として再加工すること
- 廃棄物を環境中へ放出することができるのは、廃棄物の発生防止、再使用、リサイクル等ができない場合にのみであり、なおかつ管理された方法でのみ行うこと



図 3-2 英国における廃棄物の階層[11]

c. EU [6]

欧州連合（EU）では、EU 域内の現在及び将来の放射線から生じる危険から作業者と一般国民を確実に防護するため、及び、放射性廃棄物管理に最高の安全基準を適用することにより将来世代に過度の負担をかけることを避けるために、2011 年欧州理事会指令として、「使用済燃料及び放射性廃棄物の管理」に関する指令（2011/70/EURATOM Directive）を採択した。指令の主な規定は次のとおりである。

- EU 加盟国は、2015 年までに放射性廃棄物管理に関する国家計画を策定し、欧州委員会（EC）に通知する。EC は、提出された計画を詳細にレビューして、計画の修正を要求できることとしている。国家計画では、処分場建設のスケジュール、費用見積り、資金確保の枠組み等を示さなければならず、定期的に更新しなければならない。
- 国際原子力機関（IAEA）が策定している安全基準に法的拘束力を持たせる。
- 公衆及び従事者への情報提供が義務付けられ、公衆は意思決定過程への参加機会を与えられる。
- EU 加盟国は、10 年を超えない間隔で、国際ピアレビューを実施する。
- 複数の EU 加盟国が共同で、それらの国内にある処分場を利用することに関して合意することができる。また、厳格な条件の下で、放射性廃棄物を EU 域外国へ輸出することができる。

この指令に基づいて、EU 加盟国は、3 年ごとに国家報告書を EC に報告しなければならず、EC は報告内容を分析して、欧州議会及び理事会へ報告することとされている。

2019 年 12 月に欧州委員会から欧州議会及び理事会に提出された最新の報告書[6]では、低レベル及び極低レベル廃棄物の処分に係る今後の課題と取組みとして、次のように結論づけている。

発生状況及び廃止措置動向を踏まえると、廃棄物量が今後とも増加することから、廃棄物量の減容化がますます重要となっている。このため欧州委員会（EC）は、加盟国に対し、廃棄物の削減（発生量低減、減容、再使用・リサイクル）及び最適化対策を実施し、放射性廃棄物の具体的な処分計画について報告すること。

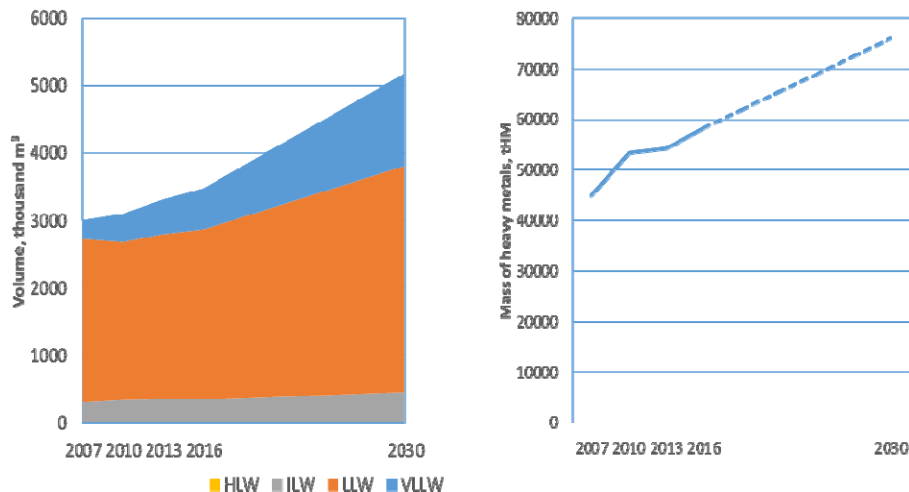


図 3-3 EU の放射性廃棄物量の将来予想（2030 年）[6]

3.2 我が国の方針

2005 年に閣議決定された原子力政策大綱（2005 年 10 月決定）[12]において、放射性廃棄物の処理・処分にに関する基本方針が以下の通り、示されている。

放射性廃棄物は原子力の研究、開発及び利用活動に伴って発生する。その主要な発生場所は、原子力発電所、核燃料サイクル施設、試験研究炉、加速器、放射性同位元素（R I）及び核燃料物質を使用する大学、研究所並びに医療施設である。放射性廃棄物を安全かつ適切に処理・処分することは原子力の研究、開発及び利用活動にとって必須である。放射性廃棄物は、含まれる放射性核種の量が崩壊により時間の経過とともに減じていくという特徴を踏まえ、以下の原則のもとで安全に処理・処分されるべきである。

（1）発生者責任の原則

放射性廃棄物の発生者はこれを安全に処理・処分する責任を有する。国は、この責任が果たされるよう適切な関与を行う。

（2）放射性廃棄物最小化の原則

原子力の研究、開発及び利用活動においては、放射性物質の発生を抑制するとともに、処分すべき放射性廃棄物の発生量をなるべく少なくする。

（3）合理的な処理・処分の原則

放射性廃棄物は、安全性を確保した上で効率性、経済性に配慮しつつ、合理的な処理・処分を実施する。放射性廃棄物の発生者や発生源によらず、適切な処理を行った上で、放射能濃度の高低や

含まれる放射性物質の種類等に基づく適切な区分毎に、必要な期間、管理処分を行うか、又は将来において人間活動に影響を与えないよう生活空間から隔離する地層処分を行う。

放射性物質の濃度が極めて低い液体、気体については、人類の生活環境に有意な影響をもたらさないことを確認して、環境に放出することが認められる。

（４）国民との相互理解に基づく実施の原則

原子力の便益を享受した現世代は、原子力の研究、開発及び利用に伴って発生する放射性廃棄物の安全な処分への取組に全力を尽くす責務を有している。

このことについての幅広い国民の理解の下、処分場の設置と運営に伴う公衆への影響についての徹底した情報公開と相互理解活動により、地方自治体をはじめとする地域社会の理解と協力を得て処理・処分する。

ここでは、放射性廃棄物最小化の原則が示されている。

なお、我が国の産業活動においては、環境と経済が両立した循環型社会を形成していくために「廃棄物の発生抑制」、「再使用」及び「再資源化」の順番で取り組むことが求められており、3つの取組の頭文字をとって、3R 政策が積極的に推進されている。[13]

1. Reduce（リデュース）・・・廃棄物の発生抑制
2. Reuse（リユース）・・・・・・・再使用
3. Recycle（リサイクル）・・・・再資源化

4. 我が国の原子力発電所廃止措置の現状と取組み方針

4.1 我が国の商業用原子力発電所廃止措置の状況 [14]

2011年3月11日に発生した福島第一原子力発電所事故を契機に、我が国の原子力発電を巡る環境は大きく変化し、事故前の計画よりも早く廃止措置段階への移行を選択するプラントが出てきている。2020年10月末時点では、女川1号、福島第二1～4号、東海、浜岡1・2号、敦賀1号、美浜1・2号、大飯1・2号、島根1号、伊方1・2号、玄海1・2号、の18基の商業用原子力発電プラントが廃止措置実施中か廃止措置準備中である。また、廃止措置に移行するプラントは今後着実に増加していく見通しである

廃止措置のプロセスは、解体準備、周辺設備解体、原子炉等の解体、建屋等解体の4段階に分かれており、各電力会社は約30年～40年で廃止措置を完了する計画を策定している。このうち、低レベル放射性廃棄物の発生が本格化するの、周辺設備や原子炉等の解体撤去を行う第2・3段階、特に原子炉等の解体を行う第3段階である。現在のところ、4基が第2段階に進んでおり、これらが第3段階に進むのは、2020年代半ばとなる見通しである。他の炉についても順次作業が進捗していくことから、2020年代半ば以降2050年ころまで継続して第3段階の作業が順次発生していく見通しである。

我が国の商業用原子力発電所の廃止措置状況(福島第一原子力発電所は除く)

2020年10月末現在

廃止措置 状況	電力会社	プラント	電気出力 (万kW)	営業運転開始日 (年.月.日)	運転終了日* (年.月.日)	廃止措置計画認可 (年.月.日)	廃止措置 完了時期
廃止措置中 (認可済)	日本原電	東海	16.6	1966.7.25	1998.3.31	2001.10.4 (届出日) 2006.6.30 (認可日)	2030年度
		敦賀1号	35.7	1970.3.14	2015.4.27	2017.4.19	2040年度
	中部	浜岡1号	54	1976.3.17	2009.1.30	2009.11.18	2036年度
		浜岡2号	84	1978.11.29	2009.1.30	2009.11.18	2036年度
	関西	美浜1号	34	1970.11.28	2015.4.27	2017.4.19	2045年度
		美浜2号	50	1972. 7.25	2015.4.27	2017.4.19	2045年度
	中国	島根1号	46	1974.3.29	2015.4.30	2017.4.19	2045年度
	四国	伊方1号	56.6	1977.9.30	2016.5.10	2017.6.28 - 認可日	2056年度
	九州	玄海1号	55.9	1975.10.15	2015.4.27	2017.4.19	2054年度
	関西	大飯1号	117.5	1979.3.27	2018.3.1	2019.12.11	2048年度
		大飯2号	117.5	1979.12.5	2018.3.1	2019.12.11	2048年度
	東北	女川1号	52.4	1984.6.1	2018.12.21	2020.03.18	2053年度
	九州	玄海2号	55.9	1981.3.30	2019.4.9	2020.03.18	2054年度
	四国	伊方2号	56.6	1982.3.19	2018.5.23	2020.10.07	2059年度
廃止措置計画	東京	福島第二1号	110	1982.4.20	2019.9.30	2020.05.29 (申請日)	2064年度
		福島第二2号	110	1984.2.3	2019.9.30	2020.05.29 (申請日)	2064年度
		福島第二3号	110	1985.6.21	2019.9.30	2020.05.29 (申請日)	2064年度
		福島第二4号	110	1987.8.25	2019.9.30	2020.05.29 (申請日)	2064年度

* : 電気事業法第9条第1項の規定に基づき、経済産業大臣に提出した電気工作物変更届出書に記載された廃止日、もしくは同法第27条の27の規定に基づき、経済産業大臣へ提出した発電事業変更届出書に記載された廃止日

4.2 廃止措置に係る国の方針と取組み

我が国の原子力発電所の廃止措置政策の基本となる考え方は、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 原子力小委員会において検討されている。直近では2019年4月に開催された同小委員会 [15]において、我が国の原子力発電所の解体（一般炉）の現状と課題、ならびに今後の方向性について検討された。その中で、原子力発電所の解体（一般廃炉）を進めていくためには、「使用済燃料の円滑な搬出・再処理」と「低レベル廃棄物の処分場の確保」などが不可欠と認識されたが、別途取り組むべき課題と位置付けられた。一般廃炉の特有な課題としては、次の3点が取り上げられ、今後の方向性が検討された。

	課題	今後の方向性	国と事業者が今後検討する取組の 具体例
1	原子力人材の減少	電力会社の連携	設備の共用や集中的な処理
2	クリアランス対処物の増加	有用資源のリサイクル	クリアランス物のリサイクル促進
3	リスクレベルに合わせた作業 管理と規制対応	規制当局への具体的 提案	共通プロセスの標準化

廃棄物の処理に関連して国と事業者が今後検討する取組みの具体例（設備の共用や集中的な処理）としては、次の2点が示されている。

- ・ 比較的物量が少ない炉内構造物、使用済み樹脂等の廃棄物を処理する設備を電力各社間で持ち回る、もしくは集中的に処理する。
- ・ 処理実績が乏しい大型金属について、海外の事業者処理を委託する。

これらの具体的取組みは、前述の国際機関で取り組んでいる「放射性廃棄物の最小化」、「放射性廃棄物処理の最適化」と同等のものであり、また、上表の「クリアランス物のリサイクル促進」の具体的取組み内容は、現時点で「電力業界内での活用、社会への理解活動」であるものの「放射性廃棄物の最小化」につながるものである。その意味では、基本的政策の方向性は同じと考えてよい。

ここで、「処理」とは廃棄物の処分前に減容、安定化、リサイクル等を行う工程であり、その基本スキームは図 4-1 のとおりである。前処理としては、分別、切断、除染といったものがあり、本処理としては、安定化、固定化といったものがある。処理の実施場所はサイト内の場合とサイト外（国外を含む）がある。詳細は後述するが、国情に応じて様々な処理シナリオが選定されている。

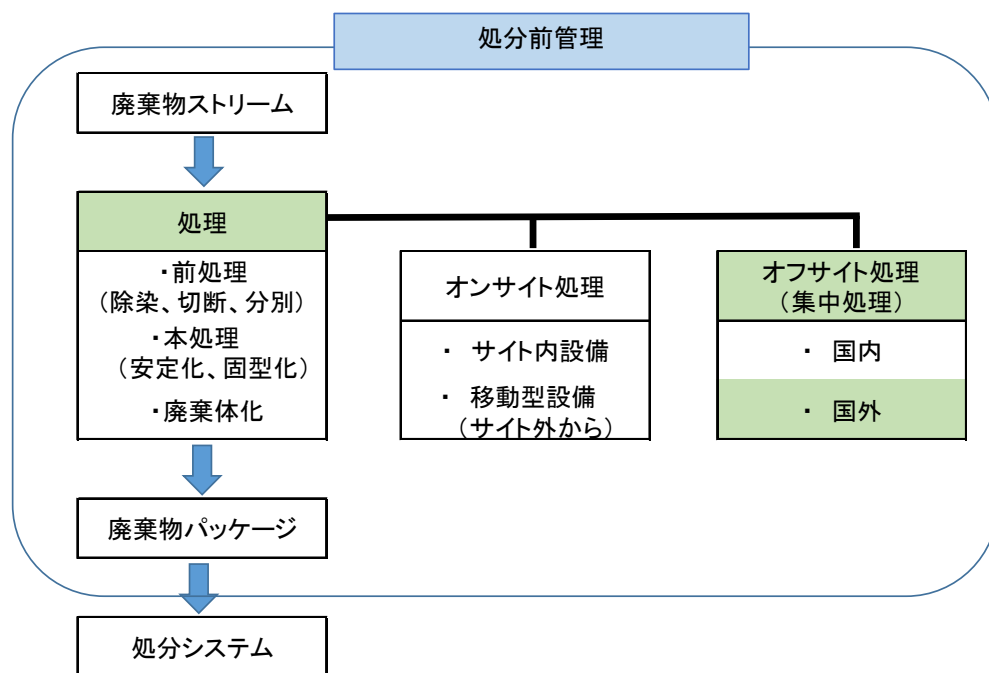


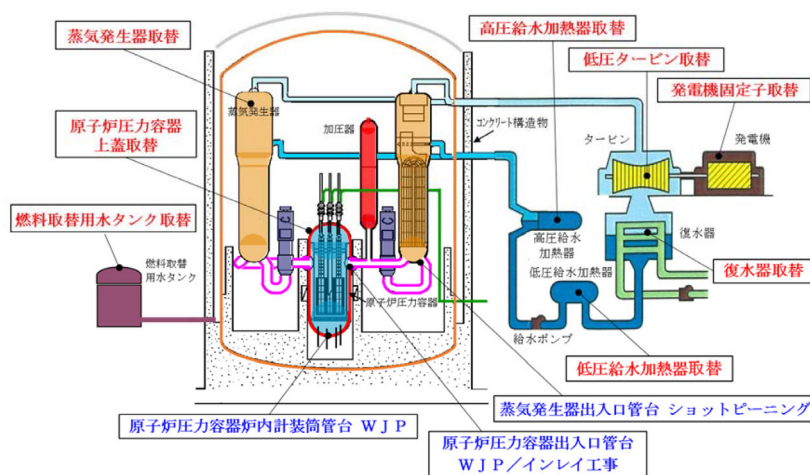
図 4-1 放射性廃棄物管理における処分前管理の基本スキーム[16]

5. 大型機器の処理の在り方

5.1 大型機器発生の概況

図 5-1 に大型機器の取替えの概念図（図中の赤字の設備）を示す[16]。我が国においては、発電所の高経年化に伴う機器取替工事によって発生した大型機器は既に相当量発生している（表 5-1）。これらは現状では発電所の大型保管庫に保管されており、発電所が廃止措置段階に移行した際に、解体作業場所や解体物の保管場所を制約し、廃止措置の円滑な実施に悪影響を与える可能性がある。また、今後原子力発電所の廃止措置が本格化していくと、その物量は増加していくことが見込まれる。

<PWR>



<BWR>

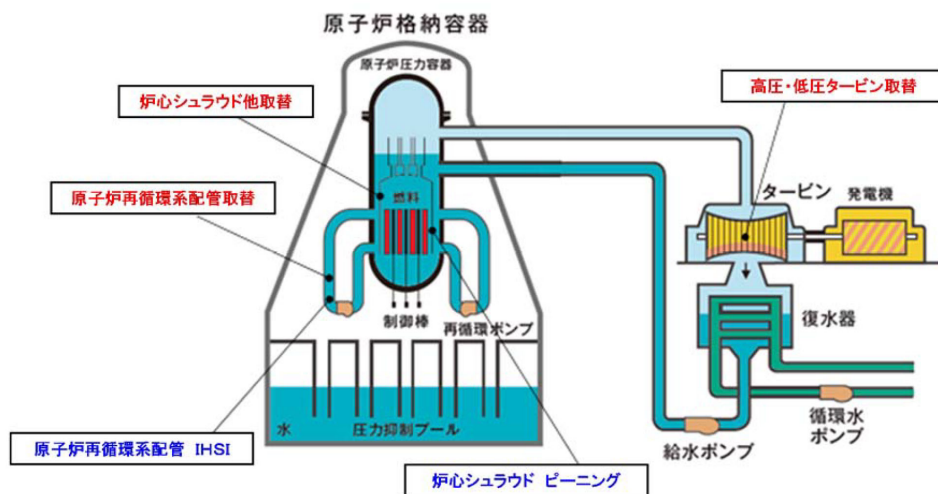


図 5-1 大型機器の取替の例 [17]

表 5-1 原子力発電所に保管されている大型金属の保管量 [18]

1) 蒸気発生器保管庫等

発電所名	蒸気発生器（基）	保管容器（m ³ ）
泊	0	179 ^{*1}
美浜	7	966 ^{*2}
高浜	6	894 ^{*2}
大飯	8	2,674 ^{*2}
伊方	4	746 ^{*3}
玄海	4	663 ^{*3}
川内	3	509 ^{*4}
敦賀	0	170 ^{*1}
合計	32	6,801

*1：“原子炉容器上部ふた保管庫”に保管。

*2：原子炉容器上部蓋を含む。

*3：原子炉容器上部蓋及び炉内構造物を含む。

*4：“固体廃棄物貯蔵庫”に保管。原子炉容器上部蓋を含む。

2) 給水加熱器保管庫等

発電所名	給水加熱器等	保管量（m ³ ）
東海第二	給水加熱器 3 基	311
東海第二 (固体廃棄物作業建屋他)	固体廃棄物 1,437 体	—
志賀	タービンロータ	630
高浜 (外部遮蔽壁保管庫)	保管容器	895

5.2 大型機器の特徴

原子力発電所の放射線管理区域内の機器、設備、及び構造材が放射性を帯びる過程は、原子炉炉心領域部で発生する中性子に照射されて放射化される場合と、同領域部で生成した放射性物質が熱伝達用の冷却材（軽水炉では水）などを介して配管、機器、設備等を汚染させる場合に分けられる。前者は、機器、設備の材料内部まで放射化されるが、そのような機器、設備は原子炉炉心部分に限定され、量的には限定される。一方、後者については、放射線管理区域内機器、設備の全体が影響を受ける可能性があり、量は大きい汚染は表面に限定される。後者は、表面部分を除染すれば、汚染部分の除去もしくは汚染レベルをクリアランス基準以下まで低減できる可能性が高い。

原子炉炉心領域以外から取り出された大型機器は、一般には表面汚染に限定される。例えば、加圧水型原子炉（PWR）の蒸気発生器の基本構造は、外部シェルの内部に伝熱管と称する比較的小口径の配管を数多く内蔵しているというものであり、汚染が発生しているのは基本的には伝熱管の内部表面のみである。外部胴などの構造物は、耐圧構造のため肉厚に設計されており、汚染していない母材、すなわち有用資源としてリサイクル可能な部分を多く含んでいる。このように、原子力発電所から発生する大型機器は、放射性廃棄物として扱われる部分（例えば、除染で除去した放射性物質を含む二次廃棄物）とリサイクル可能な有用資源を有する部分が共存している場合が多い。

なお、原子力業界以外、たとえば、火力発電所においても同様の熱交換器が用いられているが、これらの大型機器はその目的機能を果たしたあとは産業廃棄物として扱われるものの、構成材の大部分は有用資源としてリサイクルされている。原子力発電所から発生する大型機器についても、表面汚染部分を除去した物、あるいはクリアランス基準以下の放射化物については、火力発電で生じる大型機器と同様に、有用資源としてのリサイクルは可能である。

5.3 大型機器の処理の実績

これまで述べてきた通り、大型機器の処理、処分を最適化し、推進していくことは、①廃止措置の円滑な実施のための作業空間の確保、②資源の有効利用、③放射性廃棄物の最小化の観点で重要である。欧米では、取替工事又は廃止措置で発生した大型機器について、既に多くの処理処分の実績を有している。

欧米諸国の大型機器の処理戦略を表 5-2 にまとめて示す[19], [20]。運転時の取替工事で発生した蒸気発生器は、発電所敷地内の大型機器施設もしくは敷地外の集中保管施設に保管するケース（フランス、ドイツ、ベルギー、スイス）、又はスウェーデンの処理専門会社に委託してリサイクル処理する

ケース（スウェーデン、ドイツ）、あるいは蒸気発生器一体をそのまま処分施設で直接処分するケース（米国）がある。廃止措置で発生した蒸気発生器は、建屋内での解体撤去工事にて除染・細断処理するケース（スペイン、ベルギー）と敷地外の集中保管施設で保管（減衰保管）するケース（ドイツ）、又はスウェーデンの処理専門会社でリサイクル処理するケース（スウェーデン、ドイツ）、あるいは蒸気発生器一体をそのまま直接処分するケース（米国、フランス）がある。なお、フランス電力では直接処分はショーA 発電所の廃止措置での発生分だけにとどめ、今後は子会社化した前述のスウェーデン処理会社にて処理する計画である。この処理会社では、原子力施設で発生した放射性機器や廃棄物をリサイクル処理・減容処理をビジネスとしており、処理後のクリアランス物はリサイクル品として引き取り、放射性廃棄物は委託元に返送している。

米国は、我が国とは異なり、土地も広く、最近では低レベル放射性廃棄物処分施設の開設等もあり、処分容量確保に余裕があることから、経済性も考慮して機器一体の直接処分を選択することが一般的である[5], [21]。

我が国と比較的環境に近い欧州においては、大型機器の取り扱いとして、敷地内貯蔵施設に保管しているケースもあるが、それ以外に、処理事業をビジネスとして実施している企業（スウェーデン）へのリサイクル処理委託も行われている[10],[22]。この企業は、自国内外に向けてビジネス展開（表 5-3）をしており、取替蒸気発生器を多く保管しているフランス電力では、子会社化したこの企業のもとでリサイクル処理を推進していく計画である。

スウェーデンでの主な大型機器の輸送状況[23]を図 5-2、リサイクル処理フローの概要[23]を図 5-3 に示す。同様に、米国でも、リサイクル事業をビジネス展開している企業における処理状況及び金属溶融後のリサイクル製品の例[25]を図 5-4、図 5-5 および図 5-6 に示す。

また、スウェーデン Studsvik 社原子力サイトで溶融処理された金属（1987 年～2015 年）および米国 EnergySolutions 社が各国から受入れた累積金属量（2015 年 7 月時点）の実績例[25]を、それぞれ、表 5-4 および表 5-5 に示す。

表 5-2 欧米諸国での大型機器の処理の方針[19], [20], [21]

国	大型機器の処理方法	備 考
米 国	一体型処分	処分容量に余裕あり
英 国	一般に、廃棄物の再使用及びリサイクルを処分より優先しており、輸送してサイト外にて除染、リサイクル・減容処理。	処分容量に余裕なし
仏 国	一般に、廃棄物の再使用及びリサイクルを処分より優先しており、輸送してサイト外にて除染、リサイクル・減容処理。VLLW として一体型処分した例はあるものの、今後は適用せず。 なお、運転時の保全として取替えた蒸気発生器は、敷地内貯蔵施設で保管中。	処分容量に余裕なし
独 国	大型機器一体撤去後、輸送してサイト外にて長期減衰保管、その後、リサイクル・減容処理。なお、スウェーデンに輸送して、除染、リサイクル・減容処理の例もある。	処分場を建設中。
ベルギー	除染後、解体切断して、放射性廃棄物は 200 ℓ もしくは 400 ℓ ドラムに収納し、セメント固化。クリアランスレベル以下はリサイクル。 なお、運転時の保全として取替えた蒸気発生器は、敷地内貯蔵施設で保管中。	
スペイン	除染後、解体切断して、放射性廃棄物は 200 ℓ もしくは 400 ℓ ドラムに収納し、セメント固化。クリアランスレベル以下はリサイクル。	
スウェーデン	大型機器一体撤去後、輸送してサイト外にて除染、リサイクル・減容処理。	

表 5-3 スウェーデン Cyclife Sweden 社での大型機器の処理記録（参考例）[22]

大型機器	炉 型	重 量	処理した時期（年）	起源国
タービン	BWR	75 t	2018	ドイツ
	BWR	400 t	2009	スイス
	BWR	780 t	2018	フィンランド
	BWR	200 t x 2 unit	2019	スペイン
	PWR	700 t	1995	スウェーデン
	BWR	400 t	1997	ドイツ
	BWR	700 t	2002	スウェーデン
	BWR	1,060 t	2004	スウェーデン
	BWR	380 t	2004	スウェーデン
ボイラー	GCR	300 t x 15 unit	2011-2014	英国
蒸気発生器	PHWR	50 t	1992	スウェーデン
	PWR	310 t x 9 unit	2006	スウェーデン
	PWR	160 t x 4 unit	2007	ドイツ
熱交換器	BWR	60 t + 25 t	2019	スペイン
	BWR	60 t x 4 unit	1994	ドイツ
	BWR	175 t x 4 unit	2002	フィンランド
	BWR	170 t	2002	スウェーデン

注：ここで示した処理例は、参考として一部を掲載 出典：Cyclife Sweden AB 社 資料

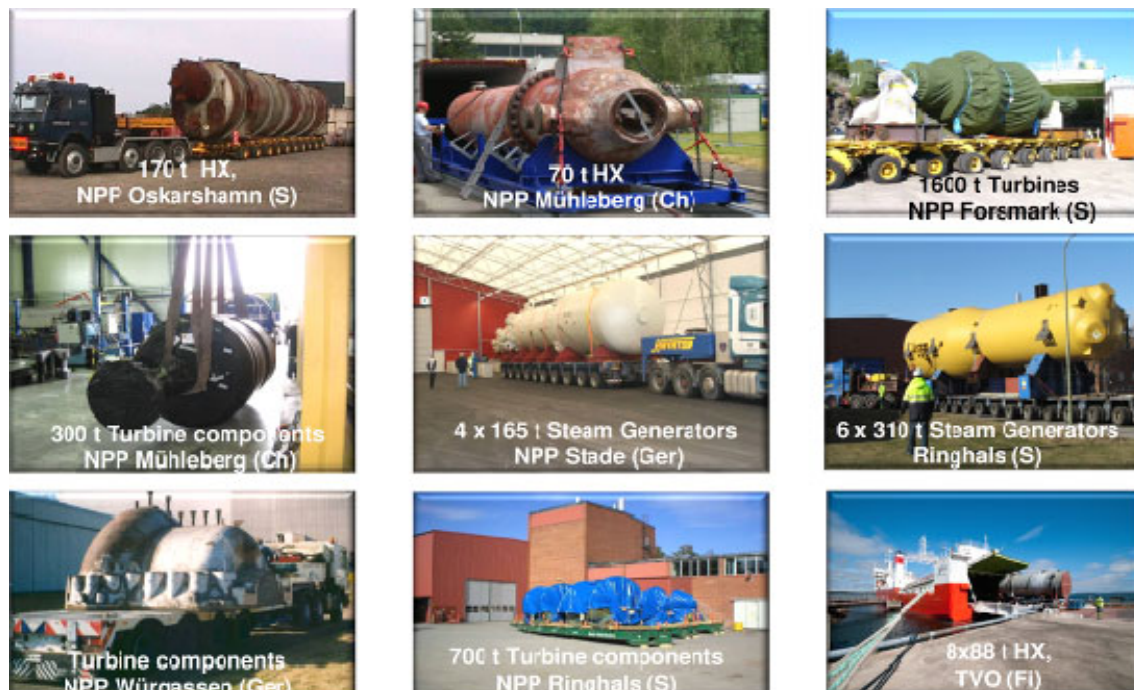


図 5-2 スウェーデンでの主な大型機器の輸送状況 [23]

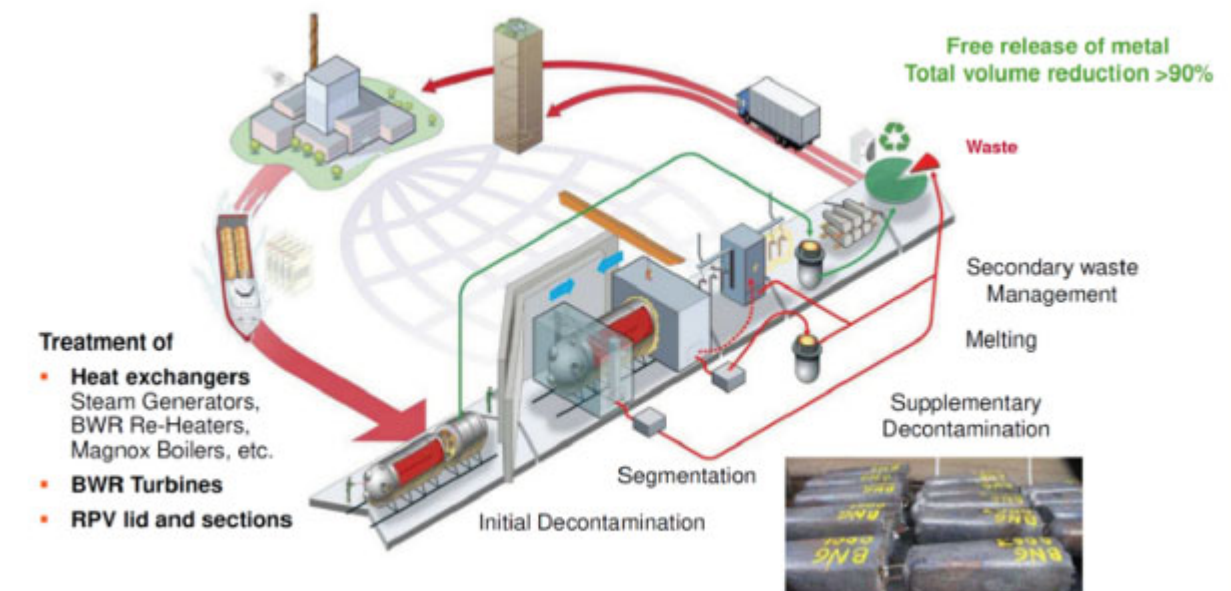


図 5-3 スウェーデンでの大型機器のリサイクル処理フローの概要 [24]



図 5-4 米国で処理された大型機器の例 [25]

(輸送容器、蒸気発生器、熱交換器、ローターブレード等)

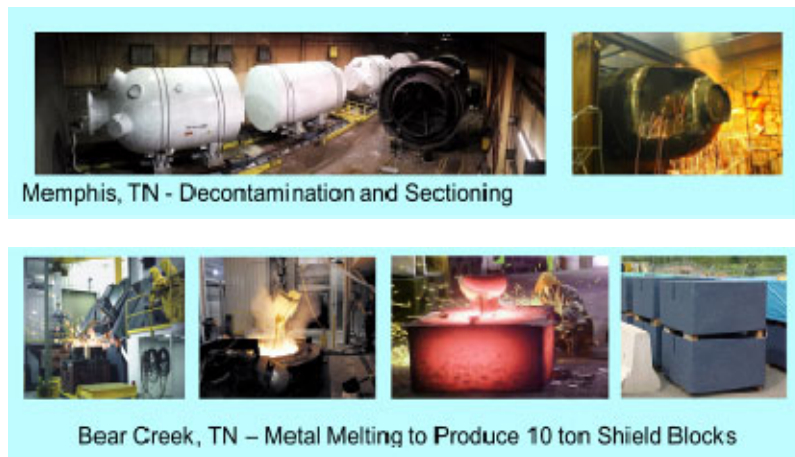


図 5-5 米国での大型機器の処理 [25]



図 5-6 米国での金属溶融後のリサイクル製品の例[25]

表 5-4 Studsvik 社原子力サイトで溶融処理された金属
(1987 年～2015 年) [26]

金属	量／トン
炭素鋼	32,000
ステンレス鋼	5,200
アルミニウム	2,033
鉛	1,153
真鍮	307
銅（ケーブル以外）	99
銅（ケーブルの被覆を除去）	3,896

表 5-5 EnergySolutions 社が各国から受入れた累積金属量[26]

起源国	初出荷時期（西暦年）	処理量（トン数） （2015年7月時点）
米国	1991	62,380
ベルギー	1996	304
カナダ	2006	2,033
ドイツ	2000	1,153
スペイン	2001	99
英国	2006	307
非合衆国 小計		3,896
合計		66,276

5.4 処理方法選定の考え方（OECD/NEA 報告書 [19] による）

前節で述べた通り、欧米では各国が、その国情に応じて様々な処理シナリオを実施している。放射性廃棄物は、敷地内での短期又は長期保管、処理施設や処分施設への輸送等、発生してから最終処分されるまでに、いろいろな段階を経る必要があり、ある段階での最適な選択肢が別の段階の最適解ではない場合もあるので、プロセス全体を通じて最適となるような選択肢が採用されることが重要である。

OECD/NEA では、先行実績をもとに、大型機器を処理する場合の選定方法について報告書で取りまとめ、またワークショップを行い、情報交換を行っている。その検討内容[19]を以下に示す。

- この報告書は、廃止措置で発生する大型機器を貯蔵・処分するまでに、解体・取り出し・輸送・貯蔵・処理・処分を通じて、時間、場所、方法等についていろいろな環境が想定され、それに応じてとりうる選択肢も種々存在することから、関係者が議論する場合のベースの提供になることを目的に作成された。
- ここで取り上げた「大型機器」は、切断せずに一体として取り出すことのできるものであり、また耐圧機能を有しており、貯蔵・処分のための定形外ではあるが容器としての機能も備えているものである。ここでは、蒸気発生器、加圧器、原子炉容器と上蓋、キャスク（輸送、貯蔵用）などが想定されている。

大型機器の処理のシナリオとしては、5.3 節に示した各国の大型金属の戦略として次の 3 つに大別できる。

- A： 原子力建屋内で細断し、標準容器（輸送）に収納する
- B： 一体撤去して施設外の廃棄物処理施設へ輸送し、そこで処理する。
- C： 一体撤去して処分施設へ輸送し一体で処分する

5.4.1 処理方法の評価法

5.3 節で述べた欧米での実績を踏まえ、大型機器の処理シナリオの評価選定に大きな影響を及ぼす要因として、上記報告書において以下の 6 つが挙げられている。

- ① 国の規制（クリアランス）、リサイクル戦略（これは各国の規制に依存する）：放射性廃棄物の最小化に関連している。
- ② 貯蔵施設や処理施設の利用可能性： 施設の利用可能性が減衰貯蔵、処理方法（処理技術、処理場所）の最適化に関連する
- ③ 大型廃棄物に対する処分施設の受入能力： 米国では、大型機器そのものの処分を受け入れて

いる場合もあるが、処分施設はどの国においても希少で貴重な資産であり、米国以外は、常に廃棄物の削減・減容と分類に高い優先順位を与えている。

- ④ 輸送の実施可能性： 貯蔵方法、処理方法の選択に関連する。貯蔵施設や、処分するための前処理施設が敷地外にある場合、そこまで輸送できなければその施設は利用できない。なお、米国では輸送インフラは整備されており、またスウェーデンでは、多くの施設が海岸隣接に立地されていることから海上輸送が可能である一方、仏国では輸送が他国よりクリティカルな課題になると思われている。
- ⑤ 経済性（費用便益分析を含む）： 安全面、放射線防護面を含む廃止措置全体の技術対策を反映するため
- ⑥ 適切な解体手順／工法の利用可能性： 作業員の教育訓練等に関連する

各想定処理シナリオについて、要因ごとに、既に目標を達成済、目標を達成するための課題克服が必要、課題克服は期待できないといった評価を行う。なお、想定されるシナリオを比較評価して選定する場合、評価は定量的であることが望ましいが、難しい場合は定性的な判断によることとなる。各処理方法で、想定される対象物を処理した後の体積、重量は比較的定量的に示すことができる。

5.4.2 シナリオ評価のケーススタディ

本節では、OECD/NEA Workshop において発表[27]された、蒸気発生器を対象とした処理シナリオ評価例を示す。ここで、旧西欧では既に約 220 台の取替蒸気発生器（SG）が、原子力発電所の敷地内貯蔵施設に保管されており、本格的な廃止措置に入ると、2 倍以上に増加する見通しとなっている。そのため、PWR 原子力発電所の廃止措置計画においては、蒸気発生器の処理処分について最良の方法を選択することが重要課題と認識されている。

想定される評価シナリオとしては、図 5-7 に示す通り、まず利用できる処理施設を、「発電所敷地施設内」と「発電所敷地外」に分け、その上で 5 つの処理シナリオについて、それぞれの特徴を、長所、短所に分けて示している。その概要は以下のとおりである。

a. 発電所敷地内

発電所敷地内で処理を行う方法として想定されるのは、現状の施設を活用する観点から、原子炉建屋内で作業を行うケース（ケース 1）と、処理建屋を新設して処理設備を設置して作業を行うケース（ケース 2）が考えられる。前者のケースでは、処理施設の新設が不要な分経済的には有利であるが、作業スペースが限定されるため、処理の作業効率の低下や、他の廃止措置作業への影響が懸念される。また、後者のケースでは、効率的な処理作業が可能となる一方、実作業開始までに許認可・建設期間

を要するとともに経済的負担が生じる。敷地内で処理する場合は、敷地内に新たな廃棄物処理施設を設置する（ケース 2）より、既設の原子炉建屋内で処理する（ケース 1）方が主に経済性の観点から優位と考えられる。

b. 発電所敷地外

ここでは、特段の処理を行わず蒸気発生器全体を一体として処分する、もしくは汚染していない蒸気胴部分を切り離して残りの細管部分を一体として処分するケース（ケース 3）と、既設処理設備にて、蒸気発生器をすべて切断解体して処分容器に充填して処分するケース（ケース 4）及び既設処理設備にて蒸気発生器をリサイクル処理・溶融方法による廃棄物減容処理を行うケース（ケース 5）を想定している。本検討においては、既設処理施設の利用を前提としており、発電所敷地外に処理施設を新設することは想定していないという点には注意を要する。

ケース 3 は、迅速性、リスク（放射線、作業等）の軽減としては優位であるが、処分場の受け入れ基準をクリアできない可能性があり、またクリアできたとしても処分量は過大となる。ケース 4 は処分場の受け入れ可能性という点ではケース 3 より優位であるが、容器に収納する分処分量はむしろケース 3 より増加してしまい、廃棄物最小化の原則に反する。すなわち、処分場が一体で受け入れられない場合以外ではケース 3 と比較して優位性がない。一方、ケース 4 とケース 5 の比較では、ケース 5 の方が、処分量が少ないこと及びリサイクルの推進戦略に沿っていることから優位と考えられる

以上より、ケース 1、ケース 3、ケース 5 が相対的にケース 2、ケース 4 より優位であると考えられる。各国のこれまでの実績・今後の戦略を当てはめてみると、ケース 1、3、5 については、それぞれスペイン・ベルギー、米国・仏国、英国、仏国・ドイツ・スウェーデンが採用している一方、ケース 2、4 を採用している事例はない。その意味で、本発表[27]の評価は概ね妥当と考えられる。

当発表[27]においては、各シナリオにおいて発生する放射性廃棄物処分量とリサイクル量も評価している。その結果を表 5-6 に示す。ケース 5 の処分量が他のケースに比べて最も少ない。ケース 1、2 の場合も、同様の考え方で解体するが、放射性金属廃棄物は、直接充填処理で評価している（溶融設備なし）ため、ケース 5 より処分量が多い。

表 5-6 蒸気発生器の処理シナリオ毎の放射性廃棄物処分量とリサイクル量の評価[27]

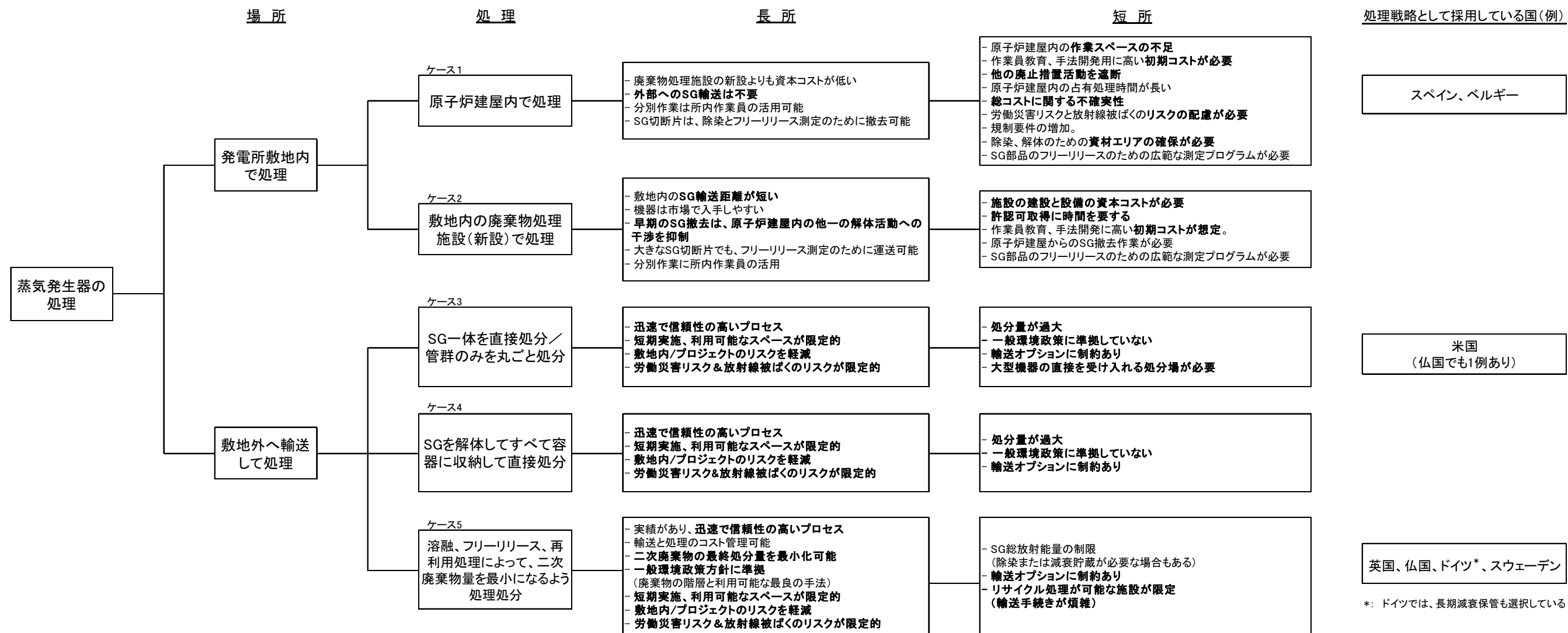
処理前	処理後		
	想定シナリオ	処分量 (m ³)	リサイクル量 (ton)
蒸気発生器1基: 体積: 約 430 m ³ 重量: 約 310 ton	ケース1 ^(*)	108 ^(**)	245
	ケース2 ^(*)	108 ^(**)	245
	ケース3	500	0
	ケース4	600	0
	ケース5	36	245

(*):

ケース1, 2については、原本では記載されていないので、OECD/NEA文庫をもちに推定評価した

(**):

金属溶融処理した場合の処分量(3 m³)をもちに、金属溶融の減容率(1/3~1/5)から、金属溶融処理しない場合の処分量を評価



参考: G. Krause.etc., 'Options for Steam Generator Decommissioning', PREDEC 2016, 16-18 February, Lyon France (2016)

図 5-7 蒸気発生器処理方法の特徴と比較[27], [19]

なお、この検討においては、次の留意事項も挙げられている。

－ 事前の系統除染の役割

蒸気発生器の敷地外への輸送と処理を可能にするためには、通常、系統除染に成功することが必要である。

系統除染での除染係数（DF）、例えば、残留放射能は、発電所内での処理の実施可能性にも強く関係する。高 DF であれば、切断作業時及び廃棄物の廃棄体化での集団線量が低減される。また、二次廃棄物用の廃棄体の線量率が低くなるため、一時貯蔵施設又は最終処分施設への輸送基準を満たすための、特別な輸送キャスク又は遮蔽の追加が不要となる。ただし、これまでの経験を踏まえれば、蒸気発生器が長期保管（20～30 年の減衰貯蔵）されている場合は、敷地外処理のリサイクル方法の要件を満たすのに十分である。

－ 敷地外への出荷計画

蒸気発生器を輸出（国境を越えて長距離輸送）する場合は、許認可、輸送手段、輸送ルートなどを調査するための事前調査が必要である。

国内及び国際輸送の許認可には、以下のようないくつかの当局との折衝が必要である。

- 交通当局
- 原子力当局
- 港湾当局
- 環境当局
- その他の国で定められた当局及び組織

除染された各蒸気発生器は密閉されたユニットとして、輸送容器に収納することなく産業用パッケージ（IP-2 型）の汚染物として危険物輸送規制の下で輸送できる。除染していない蒸気発生器を輸送する場合、輸送のために蒸気発生器細管部に追加の遮蔽体が必要になる場合がある。

表面汚染物（SCO）の基準を超えている蒸気発生器の場合、大型機器の設計承認証明書の発行を含む容器設計の特別承認が必要な特別措置に従って輸送する必要がある。また、輸送中に事故が発生した場合の容器健全性を検証するには、大型機器全体を IP-2 として認定する必要がある。この種の認定には、水平落下及び傾斜落下試験のいくつかのシミュレーション、及びその他の起こり得る事故シナリオが含まれている。

以下は、大型機器輸送のために最も重要な準備リストである。これらは、敷地外処理施設への蒸気発生器出荷の事前調査で評価する必要がある。

- 現場作業

- 放射線サーベイ
- 貫通部のキャッピングとシーリング
- 追加の遮蔽
- 機器の塗装又はラッピング
- 構造上の調査と輸送の正当化
- 輸送架台に固有の機器の設計と製造
- 安全治具に関する書類
- 輸送ルートの調査
- 重量物輸送
- 規制組織と利害関係者の関与へのサポート
- 許可証と申請書

これらの分析を踏まえ、本発表[27]では、次のようにまとめられている。

- ・ 発電所施設内で処理する場合は、他のケースのような輸送の課題はないが、大型機器の解体処理に関する設備の調達及びそれらを取り扱うための作業員の教育訓練が必要。
- ・ いずれのケースでも、事前の除染により、効率的な処理と作業員の被ばく線量は抑制される。
- ・ ケース 5（敷地外の専用施設でのリサイクル処理）では、蒸気発生器金属の最大 80%のリサイクルが可能であり、放射性廃棄物量も 90%以上に低減される。
- ・ ケース 3（蒸気発生器を一体毎直接処分すること）が不可能である場合には、ケース 5 のアプローチが、処分コストが最も低く、投資コストが最も低く、また処理プロジェクトを最も速く遂行できる。
- ・ 将来の処理すべき蒸気発生器の増加に対処するためには、敷地外（既設）の処理施設を最大限活用した処理だけでなく、リサイクル処理の経験及び実績を反映した処理施設の発電所近傍の設置も必要である。

5.5 我が国への適用可能性

原子力発電所をとりまく環境は立地国によってさまざまであり、欧州での評価がそのまま我が国にあてはまるわけではない。とはいえ、廃止措置の取組み（解体・撤去、敷地解放、解体物の処理処分）は概ね共通であり、最終目標も共通であることから、欧米先行国の教訓及び今後の方向性は、今後我が国の大型機器の最終処分までの管理戦略を講じるうえで、大いに参考になるものである。ここでは、欧米先行国の教訓及び今後の方向性を参考としながら、我が国の現状を踏まえて、将来（中長期的）に向けて目指すべき方向と、それに向けて当面（短期および中期的）取り組むべきことについて検討する。

5.5.1 選定に影響を及ぼす主要な要因

5.4.1 節で述べた大型機器の処理戦略の選定に影響を及ぼす主要な要因について、国際機関が目指す方向性を考慮しつつ、我が国として目指すべき視点について表 5-7 に整理した。ここでは、我が国では地元を含めた一般公衆の関心が高いことのほかに、欧米では国境間移動を行って実施する場合も多いことから、「その他」として輸出管理も追加した。

① リサイクル戦略

- ・ 有用資源のリサイクル、廃棄物の最小化のために、リサイクル戦略の推進について取り組み中であり、こうした取組と整合的である必要がある。

② 貯蔵施設、処理施設の利用

- ・ 大型機器貯蔵施設は発電所敷地内に設置しているものの、処分前処理施設はないが、既設を活用する場合には、原子炉建屋等に除染・解体・処理設備を設置する必要があるため、解体等の準備が整う廃止措置時まで待つ必要がある。
- ・ 運転時の保全活動としての取替工事や廃止措置プラントの増加により、これらの処理の最適化を図るためには、国内で共同利用できる集中処理設備の設置が必要である。また、これに備えるために、設備・運用方法に関する先行事例の実績等をしっかりと反映することが重要である。

③ 処分の受入能力

- ・ 国内では、廃止措置で発生する放射性廃棄物の処分施設確保も必要。
- ・ 大型機器処分施設はないものの、国際的には、大型機器一体処分よりは、処分スペースの効率的運用が図れる標準容器を志向している。

④ 輸送の実施可能性

- ・ 非汚染大型機器の海上輸送実績はあるものの、使用済の取替大型機器の海上輸送実績はない。また、取替大型機器の構内輸送実績はある。
- ・ IAEA 輸送規則 2018 年版では、大型機器の海外輸送実績が反映されており、我が国も法令取入れ中。
- ・ これまで敷地外の輸送実績が乏しいことから、本格的に実施する場合は実施手順等の整備が必要。

⑤ 経済性

- ・ 計画時には、安全面、放射線防護面を含む廃止措置全体の技術対策を含めた経済性に関する検討が事業者によって実施されているものと考えられる。費用対効果に基づいた評価が推奨される。

⑥ 適切な解体手順／工法利用

- ・ 我が国では、一体での取り出し撤去実績はあるものの、大型機器の解体実績は乏しい。この

ため、先行プラントでの効果的な解体手順・工法利用について習得する必要がある。

⑦ パブリックアクセプタンス

- ・ 原子力発電の情報公開に取り組んでいるものの、米、英、仏国のようなステークホルダーの関与制度の導入を検討する必要がある。

⑧ その他（輸出管理制度）

- ・ 国際的な環境変化（有用資源のリサイクル推進等）を踏まえ、国際ルールとの整合性の観点から、リサイクル処理等の目的については大型機器の輸出が可能となるよう制度を見直す必要がある。

このように、我が国も、大型廃棄物については、今後処理方法の最適化が図れるよう、共同利用できる集中処理設備の導入の検討を行う必要があり、それまでに、設備設置運用について先行プラントからの知識・経験、教訓の習得及び蓄積を図り、導入プラントの設置・運用に反映する必要がある。

表 5-7 大型機器の管理戦略に係る重要項目に対する我が国の現状と今後の目指すべき視点

国際経験から得られた主要な要因	大型機器に対する国際的な志向	我が国の現状	我が国の目指すべき視点
リサイクル戦略	・有用資源の再利用、廃棄物の最小化のために、リサイクル戦略の推進を推奨	・放射性廃棄物の最小化を原則としている。 ・有用資源の再利用を推進している	・取組み中
貯蔵施設、処理施設の利用	・貯蔵施設（減衰貯蔵）、処理可能な施設の利用による最適化を推奨	・大型機器貯蔵施設は発電所敷地内に設置している ・大型機器の処分前処理施設はない。 ・既設を活用する場合には、原子炉建屋等に除染・解体・処理設備を設置する必要がある。	・国内での大型機器処理可能な施設の導入およびそのための先行事例の知識・教訓の習得・整備
処分の受入能力	・大型機器の処分受入可能な場合は、一体処分は有力な方法。ただし、国際的には、処分施設の確保が難しい状況にあるため、廃棄物を最小化して処分することに高い優先順位を与えている	・既設処分場の廃棄物受入基準は、ドラム缶を対象としている ・大型機器が受入可能な処分施設はない。 ・廃止措置で発生する放射性廃棄物の処分施設確保が必要。	・廃止措置廃棄物の処分施設確保
輸送の実施可能性	・IAEA輸送規則2018年版では、大型機器の海外輸送実績が反映されており、加盟国は国内法整備する必要がある。 ・輸送規則に適合した実施手順の整備を推奨	・非汚染大型機器の海上輸送実績はあるものの、使用済の取替大型機器の海上輸送実績はない。 ・取替大型機器の構内輸送実績はある。 ・IAEA輸送規則2018年版では、大型機器の海外輸送実績が反映されており、我が国も法令取入れ中。	・実施手順等の整備
経済性	・安全面、放射線防護面を含む廃止措置全体の技術対策を含めた検討を推奨	・計画時に事業者によって考慮されている。	・実施中
適切な解体手順／工法利用	・実証済み技術、実績を元とした手順を活用することを推奨	・我が国では、一体での取り出し撤去実績はあるものの、大型機器の解体実績はない。	・国内では実績がないことから、海外の先行実績をもとにした手順／工法の構築
パブリックアクセプタンス	・公衆の主な懸念事項は、サイト間輸送（頻度、被ばく、交通制限）および放射性廃棄物の排出であり、輸送戦略上、PAは重要である。 ・日頃からの情報公開、コミュニケーション、ステークホルダーの関与を推奨	・原子力発電の情報公開に取り組んでいる。 ・ただし、ステークホルダー関与について米、英、仏のような制度化は行われていない。	・米、英、仏のようなステークホルダー関与の制度化等、国際的動向も考慮して、ステークホルダー関与制度の導入を検討する必要がある。
その他（輸出管理制度）	・国際的には放射性廃棄物の減容処理、リサイクル処理等については国境間移動は受入れられている。	・我が国では、放射性廃棄物の輸出は、原則として承認されない。	・国際的な環境変化等（有用物の再利用推進）を踏まえ、リサイクル処理等の目的の場合は放射性廃棄物の輸出が受け入れられる必要がある。

5.5.2 処理方法の評価・選択

前節で紹介した OECD/NEA での処理方法の評価を参考として、そこで優位性のある 3 つのシナリオについて、我が国に適用可能性を評価した（表 5-8）。ただし、ケース 3、5 については、国内と国外に分けて議論することとした。必要な施設については、現状利用できる施設がある場合はその施設を利用し、無い場合は新設することを前提とした。

（ケース 1）「発電所敷地内での処理」

（ケース 3-1）「敷地外での一体処分（国内）」

（ケース 5-1）「敷地外での処理（国内）」

（ケース 3-2）「敷地外での処分（国外）」

（ケース 5-2）「敷地外での処理（国外）」

表 5-8 保管中の蒸気発生器の処理を想定したケースについての、選定重要項目による特徴の整理

	国際経験から得られた主要な要因	発電所敷地内処理	敷地外での処理（国内）		敷地外での処理（国外）	
		ケース 1 (原子炉建屋内処理)	ケース 3 - 1 (敷地外での一体処分)	ケース 5 - 1 (敷地外処理施設でのリサイクル等により廃棄物最小化になるよう処理処分)	ケース 3 - 2 (敷地外での一体処分)	ケース 5 - 2 (敷地外処理施設でのリサイクル等により廃棄物最小化になるよう処理処分)
①	リサイクル戦略	・適用可能 ・処理後の金属（クリアランス対象）の再利用先、および処理後廃棄物の処分地確保が必要	・適していない （我が国の方針には適していない）	・適用可能 ・処理後の金属（クリアランス対象）の再利用先、および処理後廃棄物の処分地確保が必要	・放射性廃棄物の輸出は原則として承認されない。	・適用可能 ・処理後の金属（クリアランス対象）は、委託先で再利用先確保。 ・処理後の放射性廃棄物は、必要に応じて、返還される場合もある。
②	貯蔵施設、処理施設の利用	・建屋内で処理を行うためのスペース確保が必要 ・大型機器処理可能な設備の導入が必要 ・処理方法の知識・教訓の習得が必要	・特に必要としない。	・新規建屋の立地、建設、設置が必要。 ・大型機器処理可能な設備の導入が必要 ・処理方法の知識・教訓の習得が必要	同上	・特に必要としない。 ・処理方法の知識・教訓の習得が必要
③	処分地の受入能力	・処理後廃棄物の処分地確保が必要	・大型のまま直接処分を行うための処分地確保が必要	・処理後廃棄物の処分地確保が必要	同上	・返還される場合は、処理後廃棄物の処分地確保が必要
④	輸送の実施可能性	・通常の標準的輸送の適用	・大型機器の構外輸送の経験は国内ではないものの、海外では豊富。 ・海外での輸送方法（海上、陸上）について実務を含めて整備しておく必要がある。	同左	同上	・大型機器の構外輸送の経験は国内ではないものの、海外では豊富。 ・海外での輸送方法（海上、陸上）について実務を含めて学習、知見習得する機会を得ることができる。
⑤	経済性	・建屋内改造費 ・作業員教育訓練費 ・処理費（設備費等も含む） ・処分費 ・他の作業遅延・延期による管理費・補償費（必要に応じて）	・輸送費 ・処分費	・敷地の基盤等の整備費 ・設計費 ・建屋建設費 ・処理設備設置費 ・作業員教育訓練費 ・処理費 ・処分費 ・輸送費	同上	・委託費（輸送、処理） ・処分費（返還廃棄物がある場合）
⑥	適切な解体手順／工法利用	・作業員の教育訓練が必要 ・手順書の策定が必要 ・実施しようとする中で廃止措置全体工程に支障が出る可能性あり	・特に必要としない。	同左	同上	・特に、国内では必要としないが、適切な解体手順／工法利用について実務を含めて学習、知見習得する機会を得ることができる。
⑦	パブリックアクセプタンス	・特別なPA活動は必要とされていない。	・輸送には、地元の同意が必要。 ・処理施設を確保するには、地元の同意が必要。 ・同意が得られるまで、相当期間を要する可能性もある。	同左	同上	・輸送には、地元の同意が必要。
⑧	その他（輸出管理制度）	・特になし	同左	同左	同上	・国際的には放射性廃棄物の国境を越える移動は禁止されていないが、我が国では、原則承認されない。 ・国際的な環境変化等（有用物の再利用推進）を踏まえ、リサイクル処理等の目的の場合は放射性廃棄物の輸出が受け入れられる必要がある。

このシナリオに対して、判断に影響を及ぼす要因として整理した 8 項目について、我が国の目指すべき視点から評価した結果を、表 5-8 にまとめた。

表より、各ケースの主要な特徴は以下の通りとなる。

（ケース 1）「発電所敷地内での処理」

リサイクル推進、放射性廃棄物の最小化の政策に合致するが、その効果はケース 5 には劣る
既設建屋の利用することから施設の新設は不要
建屋内での処理は、面積が限られているため、廃止措置での本格解体までは、効率的な処理の実施は困難
発電所毎に処理設備が必要なため、集中処理と比較すると処理設備の総量は過大

（ケース 3-1）「敷地外での一体処分（国内）」

処分する物量が他のシナリオと比較してかなり大きいため、国内に広大な処分地が必要であり、また、リサイクル推進、放射性廃棄物の最小化の政策に合致しない

（ケース 5-1）「敷地外での処理（国内）」

リサイクル推進、放射性廃棄物の最小化の政策に合致する
国内に集中処理を行う施設は存在しておらず、立地対応から始めることになり、時間を要す
これまで国内で大型機器の処理を実施した経験がないため、技術的な課題も少なくない

（ケース 3-2）「敷地外での処分（国外）」

放射性廃棄物の国外処分は、関係する国際条約で言及のある発生国処分の考え方と合致しない

（ケース 5-2）「敷地外での処理（国外）」

海外ではすでに実施されており、処理に係る技術的な課題は小さい
輸送に係る安全上の問題と費用負担の問題もある。
国際的な環境変化等（有用資源のリサイクル推進等）を踏まえ、リサイクル処理等の目的の場合は輸出が受け入れられる必要がある

以上のケースについて、我が国への適用性について検討した結果は、次の通りである。

- ・ 廃止措置の着実な実施により、遠くない将来に大量の放射性廃棄物が発生する見通しであることを考慮すると、国内で発生した放射性廃棄物は国内で処理処分することが、基本となる。
- ・ そのため、中長期的な視点からは、国内の集中処理施設での処理も念頭に、適切な手法を検討していく必要がある。
- ・ 今後、経済性や技術的な課題など、電力事業者において議論・検討がなされる必要がある。

その上で、当面の対応として各ケースを検討した結果は、以下の通りである。

- ・ ケース 3-1 は十分な処分場が確保できれば有望ではあるが、その実現は容易ではなく、また実現できたとしてもリサイクルの推進及び放射性廃棄物の最小化という国際的な潮流に沿わない。
- ・ ケース 3-2 は、放射性廃棄物の国外処分は、関係する国際条約で言及のある発生国処分の考え方と合致しないため、望ましい選択肢ではない。
- ・ ケース 1 の建屋内の処理については、既設の施設利用という観点からの合理性があるものの、作業スペースが限られることで処理の作業効率が落ちるだけでなく、他の作業を阻害してしまう可能性もあること、あるいは、必要とされる処理設備も発電所毎に設置し、かつ発電所毎に作業員の教育訓練等が必要な場合も想定されるなど、運用面や経済面等で合理性に欠けるとも考えられる。
- ・ ケース 5-1 は、集中処理施設を新設するための立地選定から始める必要があり、その実現には時間を要すると考えられるものの、今後の増加していく処理対象機器を国内で適切に処理していくうえでは、ケース 1 より優位であると考えられる。このシナリオについては、国内で大型機器を処理した実績がないことから、導入に先立って海外で行われている輸送も含めた処理設備・運用についての情報を収集し、その教訓を反映していくことが重要となる。
- ・ ケース 5-2 は、海外で既に大型機器の処理を受け入れている事業を念頭に、そこへ輸送して処理する場合を評価している。当面の対応としては、国内で処理を実施するケースと比較して同等もしくはそれ以上の評価であるが、長期海上輸送が必要であること、処理の委託費用が必要であることを踏まえると、ケース 5-1 の環境が整うまでの間においては、信頼性の高いプロセス・処理実績を有する委託先において、リサイクル等により二次廃棄物の最小化を図ることは、有用な選択肢と考えられる。また、国際的な環境変化等（有用資源のリサイクル推進等）を踏まえ、リサイクル処理等の目的の場合は大型機器の輸出が受け入れられる必要がある。

以上から、大型機器の処理は、今後の発生も考慮し、将来的には、国内で原子力事業者が共同で利用可能な集中処理施設の設置も含めて、国、事業者ともに検討を進める必要がある。一方、国内の集中処理施設の新設には、立地や建設に時間を要することから、円滑な廃止措置の実施に支障を来す恐れがある。そのため、検討に先立って、我が国の大型機器の資供材を海外での先行プラントに提供して、設備・運用の実績教訓に関する情報を収集し、集中処理施設へ反映して、安全安定運転に資することも極めて重要である。

5.5.3 海外処理委託に係る対象機器の要件

集中処理施設の在り方を検討する上で、海外委託処理の対象とする機器として、特に有効な大型機器は、現時点において廃止措置の過程で必要となる敷地面積を専有しており、今後の廃止措置の円滑な実施に悪影響を与えうるものである。

以上を踏まえると、円滑な廃止措置のための処理が必要な大型機器の要件は以下のように整理できる。

- 原子力施設敷地内に保管されており、多くの面積を専有していること
- 今後国内で発生する見通しがあること
- 現状、国内では合理的な処理が困難であること

さらに、近い将来に海外へ処理を委託することを想定する場合は、資源の有効利用や輸送・処理の安全の確保の観点から以下の要件が追加的に必要となる。

- リサイクル可能であること
- 発電所から施設への安全な輸送の実現性があること
- 国外で輸送・処理の実績がある、あるいは少なくとも候補として挙げられているもの

発電所等の敷地内に保管され、多くの面積を占有している大型機器のうち、上記要件を満たすものは、「**熱交換器（蒸気発生器、給水加熱器）**、**キャスク（輸送用、貯蔵用）**」と考えられる。これらの機器の各要件への適合を次表[28]に示す。

なお、保管されている大型機器は他にもあるが、放射能レベルが高くりサイクルは困難であったり、国内処理の難易度が比較的低い機器については、候補から除外した。

対象機器名	仕様（※1）		放射能レベル （※2）	発生量（基/プラント） 供用中または廃止措置時	輸送の実現性	国外での輸送・処理の実績、対象への該当
	重量	大きさ				
熱交換器	蒸気発生器	約260t	15m×3.6m×2.8m	CL～L2	2	○
	給水加熱器	約150t (保管容器約50tを含む)	外径約5m 長さ約17m (円筒形保管容器の大きさ)	CL～L3	3×段数	○
	キャスク	約80t	6m(長)×2.5m(径)	CL～L3	6基/国内	○（※3）

※1）性状・形状によるもの、一定以上の重量・大きさの機器は、現状、国内処理が困難

※2）クリアランス（CL）部分を含む貨物はリサイクル可能

※3）OECD/NEAの報告書 [19] において対象として記載

6. 大型機器の国外処理への対応について

前章で述べた通り、発電所等に保管されている大型機器については、円滑な廃止措置の実施のため、当面は、処理委託が最も有効な選択肢であるが、その実現のためには制度面の改革と輸送安全が課題となる。本章では、これらの課題について現状を整理するとともに、その改善策を検討する。

6.1 輸出入管理

6.1.1 国際的な放射性廃棄物の取扱い

(1) 放射性廃棄物等安全条約[29]

「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」（以下、「放射性廃棄物等安全条約」という。）は、放射性廃棄物等の国境を越える移動を実施する場合に、締約国がとるべき措置について定めている。

「放射性廃棄物等安全条約」の第 27 条「国境を越える移動」では、使用済燃料及び放射性廃棄物の国境を越える移動について、原産国が仕向国に事前通報し、同意を得ること等を規定しており、仕向国は、放射性廃棄物を管理するために必要な能力及び規制体系を有する場合にのみ同意をし、原産国はその同意を得たうえで、放射性廃棄物の移動を認めることとされている。以下に条文の日本語訳を示す。ただし、下線は特に注目すべき点として、当研究所にて加筆したものである。

なお、対象貨物が、条約が定義する放射性廃棄物に該当しないと解釈される場合、条約が規定する締約国間の手続きが不要である。

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 27 条）[29]

I. 国境を越える移動（第 27 条）

1. 国境を越える移動に関係している締約国は、この移動がこの条約及び関連する拘束力のある国際文書の規定に合致する方法で実施されることを確保するため、適当な措置をとる。このため、

(i)原産国である締約国は、国境を越える移動が、仕向国に事前に通報され及び仕向国の同意がある場合にのみ認められ及び実施されることを確保するため、適当な措置をとる。

(ii)通過国を通過する国境を越える移動は、用いられる特定の輸送方式に関連する国際的な義務に従う。

(iii)仕向国である締約国は、この条約に合致する方法で使用済燃料又は放射性廃棄物を管理するために必要な事務上及び技術上の能力並びに規制の体系を有する場合にのみ、国境を越える移動に同意する。

(iv)原産国である締約国は、仕向国の同意があることにより、(iii)に定める要件が満たされていることを事前に確認することができる場合にのみ、国境を越える移動を認める。

(v)原産国である締約国は、この条の規定に従って行われる国境を越える移動が完了しないか又は完了することができない場合には、代わりの安全措置をとることができる場合を除くほか、自国の領域に戻すことを認めるため、適当な措置をとる。

2. 締約国は、貯蔵又は処分のために使用済燃料又は放射性廃棄物を南緯 60 度以南の地域へ輸送することを許可しない。

3. この条約のいかなる規定も、次のことを妨げるものではなく、又は次のことに影響を及ぼすものではない。

(i)国際法に定めるところにより、海洋及び河川における航行並びに航空に関する権利及び自由がすべての国の船舶及び航空機によって行使されること。

(ii)処理のために放射性廃棄物が輸出された締約国が、当該処理後に当該放射性廃棄物その他の物質を原産国へ返還し又は返還するための措置をとる権利を有すること。

(iii)再処理のために使用済燃料を輸出する権利を締約国が有すること。

(iv)再処理のために使用済燃料が輸出された締約国が、再処理工程から発生した放射性廃棄物その他の物質を原産国へ返還し又は返還するための措置をとる権利を有すること。

(2) 米国の輸出入管理[30]

米国[31]では、商業用原子力施設の放射性廃棄物処理処分関係の許認可（10CFR Part 20& 61）は、原子力規制委員会（NRC）の責任である。NRC は副生成物、線源及び特別放射性物質の受取、所持、利用及び輸送に関する安全を規則化する責任があり、A 型輸送物の限度を超えるその他の放射性物質（LSA 物質を除く）の容器設計の承認を見直し・承認・拒否する権限をもつ。輸送の観点では、運輸省（DOT）が、49 CFR 173.403 に定義されるあらゆる危険物質の輸送の安全を規則化する責任を有する。一方、（本調査対象の）表面汚染物、また低比放射性物質を IP 型輸送物あるいはその特別措置で輸送を行う場合は、DOT の責任の下で行われる。

米国では、大型機器のリサイクルのために、海外から受入、処理している。

受領者の処理事業の許認可には、原子力機器との輸出入の「一般ライセンス」が含まれている（10CFR110.27）。なお、NRC とテネシー州の協定により、NRC から許可を取得した特定の放射性核種は承認されている[32], [33]。

対象としている蒸気発生器等の大型機器は、放射性輸送物（IP）として輸送しており、IAEA 輸送規則（SSR-6（Rev.1））を取り入れた 49CFR173 又は、10CFR71 による。

なお、蒸気発生器については、U.S. NRC Generic letter 96-07: “Interim Guidance Transportation of Steam Generators” 「蒸気発生器輸送における暫定ガイダンス」[34]に基づいて輸送されている。

放射性廃棄物の処理の場合、処理された放射性廃棄物及び処理時に発生した放射性廃棄物は起源国に返還される。また、リサイクルプロセスで発生した廃棄物は受領者に帰属する。リサイクルのために受領した放射性物質は、原子力業界内でリサイクルされる。

米国では、輸出入対象物が放射性廃棄物とみなされない場合は、汚染物質の輸出入に一般許可（general license）が適用できるが、また、輸出入の目的が物質の除染や廃棄物の処分の場合は、特別許可（Specific license）が必要である。なお、処分について、NRC は州知事の承認がなければ許可しないとしている[35]。

(3) 欧州の輸出入管理

EU 諸国では、放射性廃棄物等安全条約を遵守することに加えて、EU 指令（欧州連合における放射性廃棄物の運搬 - 監督と管理（2006/117/Euratom）；以下 EU 指令（2006/117/Euratom））[36]に基づき、域内国間での移動及び域外国間との移動について国内法に反映・運用している。こちらも放射性廃棄物の移動については事前の承認は要求しているものの、移動を禁止しているわけではない。

EU 指令 (2006/117/Euratom) [36]

欧州連合 (EU) では、公衆衛生上のリスクを最小限に抑えるために、放射性廃棄物の運搬については事前承認を要求している。

指令

放射性廃棄物及び使用済燃料の出荷の監督及び管理に関する指令 2006/117/EURATOM

概要

○ 指令の内容

- 使用済燃料を再処理のために EU 加盟国間で送ることができる。
- 放射性廃棄物と使用済燃料が EU 加盟国から、又は EU 加盟国に送られる場合、国境を越えて移動するための事前承認が必要である。
- 指令に該当しない放射性物質の運搬物は、原産国に返却しなければならない。

○ 主要点

- EU 全体の運搬システム
- 標準の管理文書を使用して、強制力のある EU 全体のシステム
- 放射性廃棄物が EU 加盟国に到着、出国、又は EU 加盟国を通過する場合は、関係する国家当局に通知する必要がある。
- 貨物を送付するには、荷送人は起源国の管轄当局に申請する必要がある。
- 運搬物を受け取るには、輸入者は目的地の国の管轄当局に申請する必要がある。
- 目的国 (及び、該当する場合は通過国) は、運搬物を運搬する前に、原産国の当局に承認したことを通知する必要がある。

○ この指令の対象とならない貨物の種類

- 使用されなくなった線源は供給者に返却されなければならない。
- 別の用途を目的とした再処理放射性廃棄物。
- 処理の結果で発生したものではない自然放射性廃棄物。

○ この指令は、次の国への放射性廃棄物の輸出を禁止している。

- コトヌー協定 (Cotonou Agreement) で締結したアフリカ、カリブ、又は太平洋加盟国
- 放射性廃棄物を管理できない他の非 EU 加盟国。

6.1.2 我が国の輸出入管理

我が国では、輸出貿易管理の対象を外国為替及び外国貿易法（外為法）で規定しており、放射性廃棄物の輸出[37]は、放射性廃棄物等安全条約の履行の観点から、外為法第48条第3項に基づく経済産業大臣の輸出承認が必要であり、現状、「原則として、承認しない」とされている。すなわち、日本の輸出管理においては、国際条約や欧米の管理と比して、より厳格な輸出管理制度となっている。

また、輸入管理についても、外国貿易及び国民経済の健全な発展を図る等のため、原子力関連貨物について、外為法第52条に基づく経済産業大臣の輸入承認が必要とされており、輸入については、炉規法等の国内法における要件を満たすことを承認基準としている[38]。

なお、我が国においては、過去に海外での再処理を目的として使用済燃料が輸出された実績がある。

我が国の輸出に係る法規制[37]

○外国為替及び外国貿易法

第48条（略）

3 **経済産業大臣**は、前二項に定める場合のほか、特定の種類の若しくは特定の地域を仕向地とする貨物を輸出しようとする者又は特定の取引により貨物を輸出しようとする者に対し、国際収支の均衡の維持のため、外国貿易及び国民経済の健全な発展のため、**我が国が締結した条約その他の国際約束を誠実に履行するため、国際平和のための国際的な努力に我が国として寄与するため、又は第十条第一項の閣議決定を実施するために必要な範囲内で、政令で定めるところにより、承認を受ける義務を課することができる。**

○輸出貿易管理令

第2条 次の各号のいずれかに該当する貨物の輸出をしようとする者は、経済産業省令で定める手続に従い、経済産業大臣の承認を受けなければならない。

一 **別表第2中欄に掲げる貨物**の同表下欄に掲げる地域を仕向地とする輸出

別表第2

	次に掲げる物に係る廃棄物として経済産業大臣が告示で定めるもの	
二	(一) 核原料物質又は核燃料物質によつて汚染された物	全地域
一	(二) 使用済燃料から分離された物及びこれによつて汚染された物	
	(三) 放射線を放出する同位元素及びその化合物並びにこれらの含有物（機器に装備されているこれらのものを含む。）並びにこれらによつて汚染された物（（一）及び（二）に掲げるものを除く。）	

○外国為替及び外国貿易法

第 52 条 外国貿易及び国民経済の健全な発展を図るため、我が国が締結した条約その他の国際約束を誠実に履行するため、国際平和のための国際的な努力に我が国として寄与するため、又は第十条第一項の閣議決定を実施するため、貨物を輸入しようとする者は、政令で定めるところにより、輸入の承認を受ける義務を課せられることがある。

○輸入貿易管理令

第 4 条 貨物を輸入しようとする者は、次の各号のいずれかに該当するときは、経済産業省令で定める手続に従い、経済産業大臣の承認を受けなければならない。

二 当該貨物の品目について、貨物の原産地又は船積地域が前条第一項の規定により公表された場合において、その原産地を原産地とする貨物を輸入し、又はその船積地域から貨物を輸入しようとするとき。

○輸入割当てを受けるべき貨物品目、輸入の承認を受けるべき貨物の原産地又は船積地域その他貨物の輸入について必要な事項の公表（昭和 41 年通商産業省告示第 170 号。「※輸入公表」という。）

二の二の表の第 1 （略）

6.2 放射性廃棄物の定義と運用

6.1 節において、国際条約においては、放射性廃棄物について、当事国の同意を得て輸出することは認められているが、我が国においては、放射性廃棄物は、「原則として承認されない」とされ、より厳格な輸出管理制度となっている。これまでも述べたように、大型機器は、放射性物質に表面汚染されている部分と、汚染されずに有用資源としてリサイクル可能な部分が共存している。このような有用資源のリサイクル可能な部分が多い大型機器を、一義的に「放射性廃棄物」としてカテゴライズしてその範疇の扱いとするのか、または、有用資源のリサイクル可能な部分を将来的に活せる余地も含めた「放射性物質」の範疇に含めるのか、国際的な扱いについて整理する。

6.2.1 放射性廃棄物の定義

放射性廃棄物等安全条約、欧州連合（EU）指令 2011/70/EURATOM、及び米国の「放射性廃棄物の定義」を、表 6-1 に示す。表 6-1 から、欧米に比べて、我が国との違いを示すことができる。

- 放射性廃棄物等安全条約では、「放射性廃棄物」は、放射性物質で、「更なる使用が締約国等によって予定されていない」ものに限定されている。今後の使用が予定される放射性物質は廃棄物に含まれていない。
- EU では、EU 指令 2006/117/Euratom でも IAEA と同様であるが、「更なる使用が全く予定されていない、又は考慮されていない」ものとされ、使用が予定されていなくても考慮されていれば、放射性廃棄物には含まれない。
- 米国では、10 CFR part 110（原子力機器と材料）において、リサイクルのみのための輸出入は、「放射性廃棄物」には該当しないと規定（110.2）されている。
- 日本では、実用炉規則 第二条第 2 項第二号において、「放射性廃棄物」とは、核燃料物質及び核燃料物質によって汚染された物で廃棄しようとするものをいう」とされている

以上の通り、廃棄/再使用の意思の有無が廃棄物か否かを分けるという点は共通的である。欧州においては、有用資源のリサイクルだけでなく、処分施設の有効な運用のために、放射性廃棄物の階層化による廃棄物最小化を推進しており、定義もこの流れに沿って放射性廃棄物等安全条約よりやや緩いものとなっている。日本の定義については、IAEA, EU, 米国と比較して、現実には我が国の環境政策でも推進されている循環型社会形成に向けての取り組みが、放射線廃棄物管理分野の基となる「放射性廃棄物の定義」においては反映されていない。それがゆえに、リサイクル推進に向けた国際社会の流れに即した対応に支障をきたすことも考えられる。

参考までに、日本の環境行政では、「廃棄物」とは、「ごみ、粗大ごみ、燃え殻、汚泥、ふん尿、廃油、廃酸、廃アルカリ、動物の死体その他の汚物又は不要物であって、固形状又は液状のもの（放射性物

質及びこれによって汚染された物を除く。）」とされている。これまで制度上、「廃棄物」の定義の変更は行われていないものの、社会環境の変化に応じて、その適用解釈は修正されてきている。

表 6-1 放射性廃棄物の定義

(1) 日本

実用炉規則 第二条第 2 項第二号

「放射性廃棄物」とは、核燃料物質及び核燃料物質によって汚染された物で廃棄しようとするものをいう。

(2) IAEA 放射性廃棄物条約 [29]

(h) "radioactive waste" means radioactive material in gaseous, liquid or solid form for which no further use is foreseen by the Contracting Party or by a natural or legal person whose decision is accepted by the Contracting Party, and which is controlled as radioactive waste by a regulatory body under the legislative and regulatory framework of the Contracting Party;

(h) 気体状、液体状又は固体状の放射性物質であって、更に使用されることについて締約国又は締約国が自然人もしくは法人の決定を受け入れる場合には当該自然人若しくは法人によって予定されておらず、かつ、締約国の法令上の枠組みの下で規制機関により放射性廃棄物として管理されているものをいう。

(3) EU : 議会指令 2011/70 / EURATOM[39]

「放射性廃棄物」の定義 (第 3 条)

(7) 'radioactive waste' means radioactive material in gaseous, liquid or solid form for which no further use is foreseen or considered by the Member State or by a legal or natural person whose decision is accepted by the Member State, and which is regulated as radioactive waste by a competent regulatory authority under the legislative and regulatory framework of the Member State;

(7) 気体状、液体状又は固体状の放射性物質であって、更に使用されることについて加盟国、又は加盟国が自然人もしくは法人の決定を受け入れる場合には当該自然人若しくは法人によって予定又は考慮されておらず、かつ、加盟国の法令上及び規制の枠組みの下で規制機関により放射性廃棄物として管理されているものをいう。

(4) 米国 : 10CFR Part 110 (Export and Import of Nuclear Equipment and Material) [30]

「放射性廃棄物」の定義 (10CFR 110.2)

Radioactive material means source, byproduct, or special nuclear material.

Radioactive waste, for the purposes of this part, means any material that contains or is contaminated with source, byproduct, or special nuclear material that by its possession would require a specific radioactive material license in accordance with this Chapter and is imported or exported for the purposes of disposal in a land disposal facility as defined in 10 CFR part 61, a disposal area as defined in Appendix A to 10 CFR part 40, or an equivalent facility; or recycling, waste treatment or other waste management process that generates radioactive material for disposal in a land disposal facility as defined in 10 CFR part 61, a disposal area as defined in Appendix A to 10 CFR part 40, or an equivalent facility. Radioactive waste does not include radioactive material that is—

(6) Imported solely for the purposes of recycling and not for waste management or disposal where there is a market for the recycled material and evidence of a contract or business agreement can be produced upon request by the NRC.

Note: The definition of *radioactive waste* in this part does not include spent or irradiated fuel.

(注 : 下線部の和訳)

放射性廃棄物は、次の事項に該当する放射性物質を含まない。

(6) リサイクルされた材料の市場があり、契約又はビジネス契約の証拠が NRC の要求に応じて作成できる場合において、廃棄物の管理又は処分のためではなく、リサイクルの目的のためのみに輸入される (放射性物質)

参考： 廃棄物の定義について総合判断説の確立まで[40]

- ✓ 昭和 45 年制定の廃棄物処理法で「廃棄物」が定義された（①参照）。
- ✓ 昭和 46 年の施行当初は、廃棄物か否かは排出実態等から見て客観的に把握可能と通知されたが（いわゆる「客観説」、②参照）、昭和 52 年の通知改正により、廃棄物に該当するか否かは「占有者の意志、その性状等を総合的に勘案すべき」とされた（いわゆる「総合判断説」、③参照）。
- ✓ 平成 11 年の最高裁判例において総合判断説が採用された（④参照）。

① 廃棄物の処理及び清掃に関する法律（昭和 45 年法律第 137 号）

（定義）

第二条 この法律において「廃棄物」とは、ごみ、粗大ごみ、燃え殻、汚泥、ふん尿、廃油、廃酸、廃アルカリ、動物の死体その他の汚物又は不要物であつて、固形状又は液状のもの（放射性物質及びこれによつて汚染された物を除く。）をいう。

② 「廃棄物の処理及び清掃に関する法律の施行について」

（昭和 46 年 10 月 16 日環整第 43 号厚生省環境衛生局長通知）

廃棄物とは、ごみ、粗大ごみ、汚でい、廃油、ふん尿その他の汚物又はその排出実態等からみて客観的に不要物として把握することができるものであつて、気体状のもの及び放射性廃棄物を除く、固形状から液状に至るすべてのものをいうものであること

③ 「廃棄物の処理及び清掃に関する法律の一部改正について」

（昭和 52 年 3 月 26 日環計第 37 号厚生省環境衛生局水道環境部計画課長通知）

廃棄物とは、占有者が自ら利用し、又は他人に有償で売却することができないために不要になった物をいい、これらに該当するか否かは、占有者の意思、その性状等を総合的に勘案すべきものであつて、排出された時点で客観的に廃棄物として観念できるものではないこと

④ 「おから事件」最高裁判例

（最二小決平成 11 年 3 月 10 日刑集 53 巻 3 号 339 頁）

自ら利用し又は他人に有償で譲渡することができないために事業者にとって不要になった物をいい、これに該当するか否かは、その物の性状、排出の状況、通常の手配形態、取引価値の有無及び事業者の意思等を総合的に勘案して決するのが相当である

参考 おから事件（最高裁判所平成 11 年 3 月 10 日第二小法廷決定）[41]

おから事件の最高裁決定は、廃棄物に関する判例で最も重要なものです。なぜならば、この決定は、「廃棄物該当性」という廃棄物処理法の根幹に関するものだからです。

この事案は、豆腐製造工場から排出される副産物である「おから」が産業廃棄物であると判断しました。おからは、栄養が豊富で、惣菜としてお店で販売されており、なぜ廃棄物に該当するのか分かりにくいですが、しかし、豆腐が大量生産されるようになり、腐敗しやすいという特性、多くの豆腐工場が廃棄物として排出している実態、処理料金が支払われていた、すなわち有償で売却されていなかったことなどから、裁判所は、本件においては廃棄物に該当すると判断したのです。そして、無許可でおからを受け入れていた業者は、産業廃棄物の無許可営業罪に該当するとされました。

この判断基準は、「総合判断説」と呼ばれています。すなわち、客観的要素だけでは判断できない、主観的な要素も含め、複数の要素を組み合わせる総合的に判断するというものです。

判旨は以下のとおり。

「右の産業廃棄物について定めた廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令（平成 5 年政令第 385 号による改正前のもの） 2 条 4 号にいう「不要物」とは、自ら利用し又は他人に有償で譲渡することができないために事業者にとって不要になった物をいい、これに該当するか否かは、その物の性状、排出の状況、通常の見扱い形態、取引価値の有無及び事業者の意思等を総合的に勘案して決するのが相当である。そして、原判決によれば、おからは、豆腐製造業者によって大量に排出されているが、非常に腐敗しやすく、本件当時、食用などとして有償で取り引きされて利用されるわずかな量を除き、大部分は、無償で牧畜業者等に引き渡され、あるいは、有料で廃棄物処理業者にその処理が委託されており、被告人は、豆腐製造業者から収集、運搬して処分していた本件おからについて処理料金を徴していたというのであるから、本件おからが同号にいう「不要物」に当たり、前記法律二条四項にいう「産業廃棄物」に該当するとした原判断は、正当である。」

6.2.2 放射性廃棄物管理の実運用

(1) 管理の基本的な考え方

放射線管理の考え方として、放射線管理区域内に存在するものは人・物を含めてすべて、放射性物質に汚染する・した可能性があるものとの前提のうえで、被ばく管理、区域管理、物品管理、放射性廃棄物管理を行っている。そのフローを図 6-1 と図 6-2 に概念的に示す。

作業者は管理区域から退域するときは、必ず汚染検査を実施する。管理区域内で使用された工具、検査道具等の物品についても、管理区域から持ち出す場合には、まず汚染の度合いを確認する。管理区域持出基準以下であることが確認できれば一般物品と同様の扱いが行われるが、基準を超える場合は、管理区域内で保管するか、法令に適合する所定の輸送容器に収納、手続きを得るなど必要な対策を実施した上で別の管理区域に移動することになる（管理区域外での使用は不可）。

設備保守の一環で取り外された機器・設備のうち使用計画のないものは放射性廃棄物とみなされ、分別、切断解体、圧縮等の処理を行ってドラム缶等容器に収納するか、あるいは汚染拡大防止等の措置を講じたうえで、処理施設もしくは貯蔵施設（一時貯蔵、減衰貯蔵）あるいは処分施設へ運搬される。ここで、汚染レベルがクリアランス基準以下であることを国の確認（検認）にて示されたものは、管理区域から持ち出して、産業廃棄物処理施設でリサイクルもしくは処分することが可能となる。なお、クリアランス検認を受けるためには、所定の大きさ、重量以下にする必要があり、場合によっては、事前に切断等の処理を行う場合もある。

以上が、原子力発電所の放射線管理、放射性廃棄物管理の基本であり、国際的に共通な管理方法である。図 6-1[42], [43]と図 6-2 においても下半分のフローは概ね共通的となっている。

(2) 欧米と日本の違い

図 6-1 と図 6-2 で明確に異なるのは、それぞれの図の上部の放射性廃棄物処理施設/処分施設（図 6-1）と放射性廃棄物貯蔵施設（図 6-2）である。図 6-1 では、敷地外に処理施設/処分施設が存在しているため、管理区域内で輸送に必要な最低限の簡易処理（簡易圧縮、脱水処理など）を実施の上、サイト外に搬出することが可能となっている。敷地外への輸送が必要となることから、輸送インフラも整備されている。

一方、図 6-2 に示す日本の場合は、国内に大型の処理施設がなく、処分場も十分でないことから、発電所で生じた多くの放射性物質は「放射性廃棄物貯蔵施設」に保管されている。この貯蔵施設においては、取り外された機器・設備だけではなく、発生した放射性廃材、放射性可燃物等を封入したドラ

ム缶等も放射性廃棄物として保管している。これらの廃棄物を処分するためには、処分するための廃棄物受入基準を満たす必要があるため、必要に応じて、貯蔵施設から取り出して敷地内の処理施設に搬入し、廃棄物受入基準を満たすべく適切に処理したのち（通常、発電所内の原子炉共有設備：焼却、溶融、高圧縮等）、再度貯蔵施設へ運搬して貯蔵施設に保管される。

我が国でクリアランス制度が創設されて以降は、クリアランス検認を受けた廃材は産業廃棄物処理施設でリサイクルもしくは産業廃棄物処分できることとなり、放射性廃棄物貯蔵施設に保管された廃材も貯蔵施設から取り出しクリアランス検認を受けたものは産業廃棄物として扱われる。

このように、発電所敷地内での処分前の処理作業により廃棄物の減容を進めるとともに、大規模貯蔵施設を増設してきたが、近年は増設も難しい状況となってきた。

ここで、上記の「放射性廃棄物貯蔵施設」は設置許可上、「放射性廃棄物の貯蔵施設」と位置付けられている。その結果、物品の性状（リサイクルの可否など）にかかわらず、所定の措置を講じてこの施設に定置したものから「放射性廃棄物」とされている。そのため、現状においては、貯蔵施設に定置されている大型機器やその他リサイクル可能な金属、場合によっては一般物と同等に扱える金属も「放射性廃棄物」として取り扱われているというのが実態である。

この運用上の定義を変更できれば、大型機器の管理がより柔軟に行えるようになることが期待できるが、原子炉設置許可を含めて、規則類、設備運用等、多方面に影響を及ぼす可能性が大きく、その変更は容易ではない。

参考までに、一般廃棄物のフローを図 6-3[44]に示す。こちらも生産工場等の施設から排出した時点で、有用資源を含んでいるか否かにかかわらず、「産業廃棄物」と位置付けられることになる。その後の処理、処分の工程において、有用資源は回収され、利用されている。

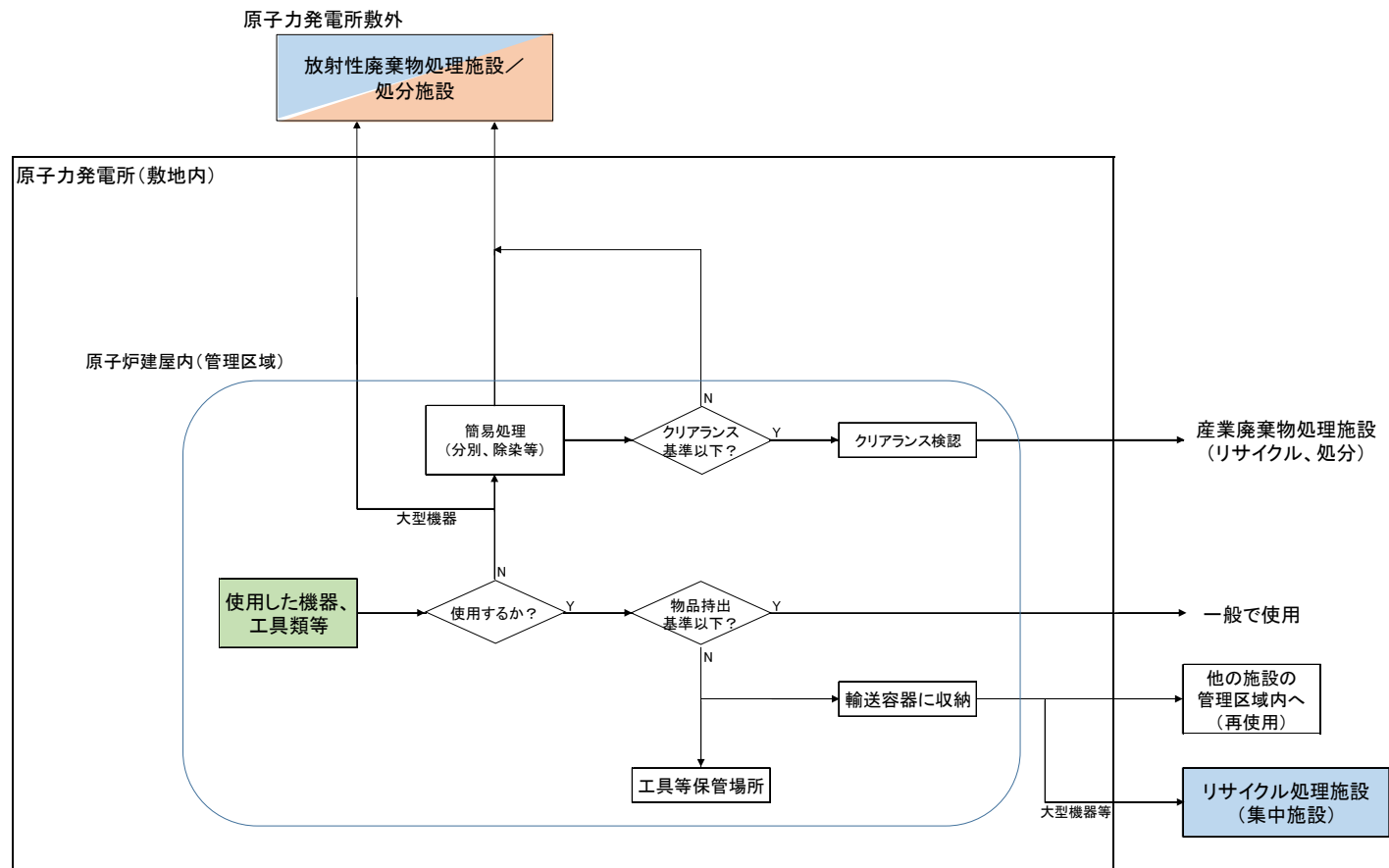


図 6-1 原子力発電所内で使用した機器、工具類等の扱いの概要 (IAEA) [42], [43]

原子力発電所(敷地内)

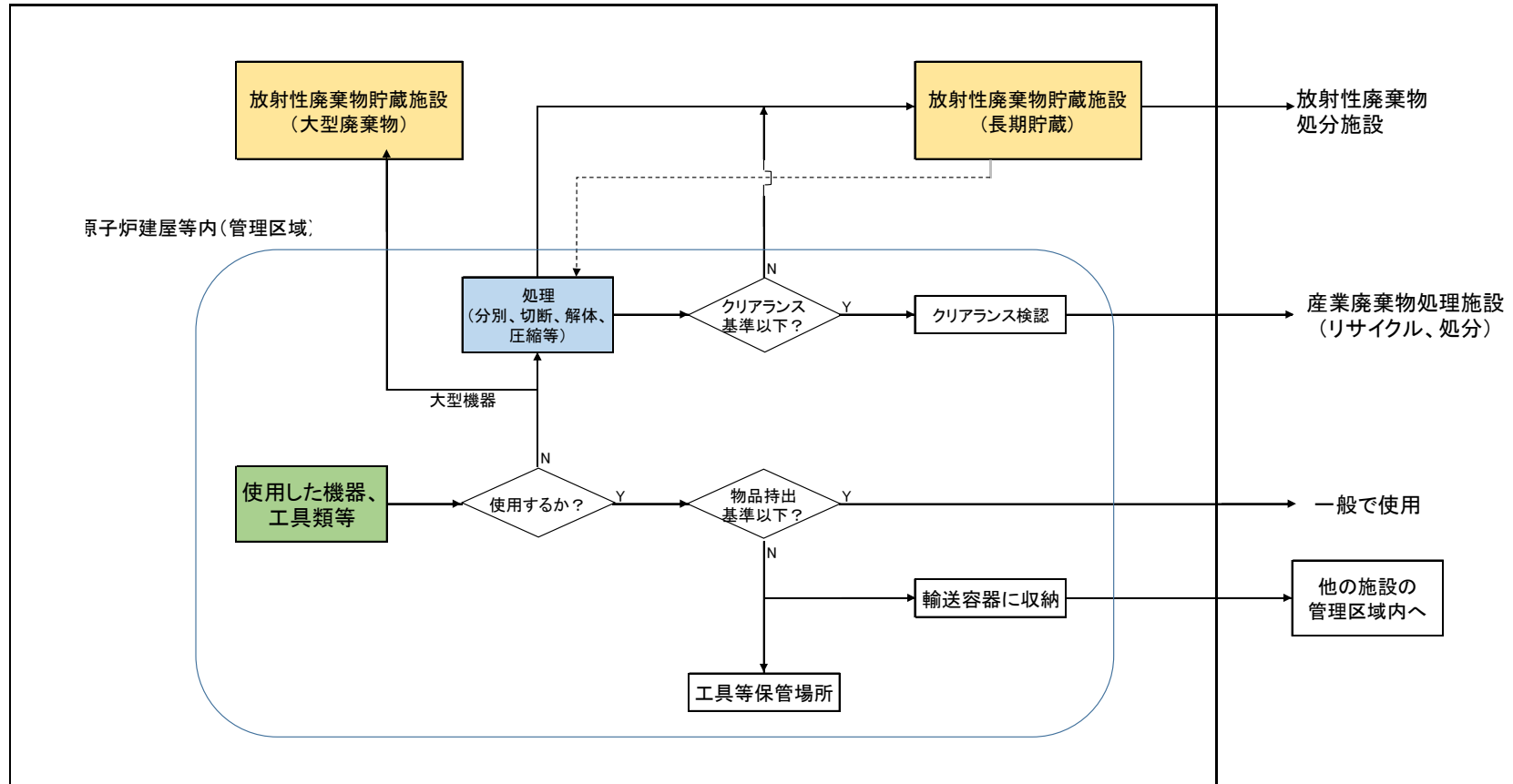
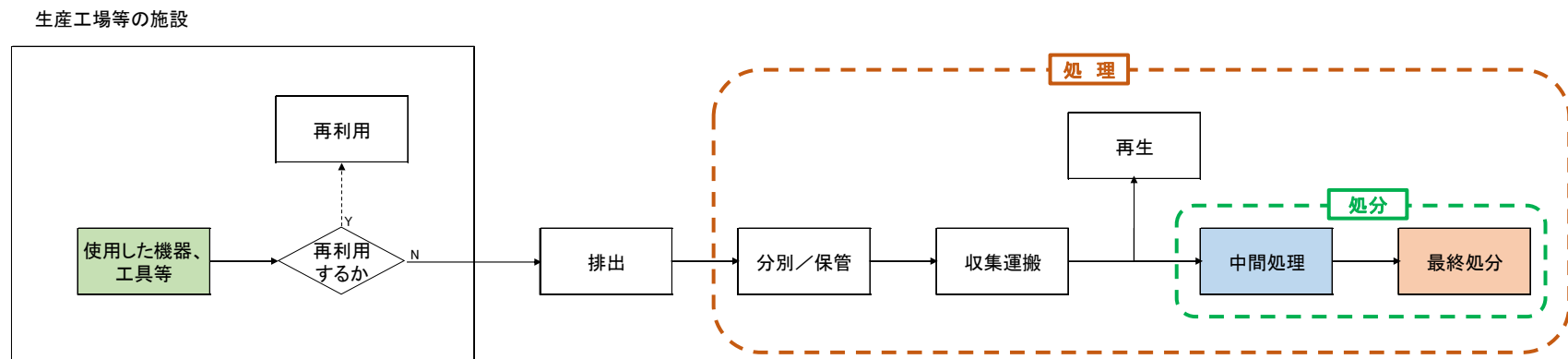


図 6-2 原子力発電所内で使用した機器、工具類等の扱いの概要 (日本)



廃棄物処理法では、次のように定義している。

- ・ 処理： 茶線内の行為
- ・ 処分： 緑線内の行為

出典：公益財団法人 日本産業廃棄物処理振興センター，産廃知識 廃棄物処理の流れと行為
<https://www.jwnet.or.jp/waste/knowledge/shorinonagare/index.html>

図 6-3 一般産業廃棄物の取扱い [44]

6.3 輸出入管理の課題と対応

6.1 節、6.2 節の議論を踏まえ、大型機器の輸出入に関連する日本と欧米諸国との主要な相違点を表 6-2 にまとめて示す。

日本においては、リサイクル可能な大型機器も取扱上「放射性廃棄物」となっている。また、欧米諸国であれば、放射性廃棄物であっても輸出入は可能と整理されているが、日本では「放射性廃棄物は原則として承認しない」という整理となっており、国際的な環境変化等（有用資源のリサイクル推進等）を踏まえ、海外での処理委託を選択肢の一つとするため、リサイクル処理等の目的の場合には輸出が可能とすることが有用と考えられる。

さらに、リサイクル目的で大型機器の輸出を行おうとする場合は、放射性物質であるとするなど、「定義」を見直すことも考えられる。

表 6-2 日本と欧米の大型機器の取扱いの違い

	日 本	米国、EU 加盟国
保管中の使用済大型機器の扱い	<u>取扱上、放射性廃棄物</u>	放射性物質
放射性物質の輸出	承認手続を経て、輸出可能	承認手続を経て、輸出可能
放射性廃棄物の輸出	<u>原則として、承認しない</u>	承認手続を経て、輸出可能

7. 大型機器の処理の実現に向けての提言

(1) 背景・目的

我が国では、原子力発電所の高経年劣化対策のための大型改良工事等が実施されてきており、その際取り外された蒸気発生器、給水ヒータ等の大型機器は、現在各発電所の保管庫で保管されている。今後原子力発電所の廃止措置が進められると、さらに大量の大型機器が発生することが予想される。このような状況を踏まえ、我が国の廃止措置の円滑な推進などに資するため、海外における大型機器の保管以外の処理の実績を参照しつつ、現在保管されている、または今後発生する大型機器の処理の在り方等について検討した。

(2) 国際的な動向

米国は、土地も広く、最近では低レベル放射性廃棄物処分施設の開設等もあり、処分容量確保に余裕があることから、経済性も考慮して機器一体の直接処分を選択することが一般的であるが、この考え方を我が国に適用するのは現実的ではない。一方、欧州では、土地も狭くまた新規処分施設の開設が難しいなど、我が国と類似の環境にある。欧州においては、発生した大型機器は敷地内外で貯蔵しているケースもあるものの、有用資源のリサイクル、放射性廃棄物の最小化、処理の最適化として大型機器のリサイクル処理ビジネスが国内外を問わず展開しているケースもあり、成功裡に進められている。

OECD/NEA では、欧米での大型機器の処理の実績を踏まえて、想定される処理方法（シナリオ）を選定する場合の主要要因を整理しており、蒸気発生器を例としたケーススタディを示している。各国が置かれている環境によって主要な要因に対する評価（長所、短所）が異なるが、各国のこれまでの実績・今後の戦略は、このケーススタディによる評価と概ね矛盾ないものになっている。

(3) 我が国における大型機器の処理の在り方

① 中長期的な取り組み

我が国の大型機器の処理方法を検討するうえで、OECD/NEA の考え方を参考に、我が国の現状および今後の方向性状況を考慮して評価した結果、中長期的には、原子力事業者が共同利用可能な集中処理施設を導入することが適切である。

ただし、施設を導入するには、立地・建設・設置・運転というプロセスを経る必要があることから、時間を要することが想定される。また、国内では大型機器の処理実施経験に乏しいことから、今後の発生量を考慮し、経済性・技術的課題等について検討を行っていくことが適切である。

② 当面（中期・短期的）の取り組み

国内で集中処理施設を設置するには、立地や建設に相当の時間を要することが予想されるが、廃止措置が進むにつれ、発電所敷地内のスペースを圧迫していく大型機器を迅速に処理することができな

れば、効率的な廃止措置の遂行に支障を来し、廃止措置工程の遅延に繋がることが懸念される。したがって、発電所敷地内スペースを確保して廃止措置を円滑に進めるために、当面（中・短期）の取組として、信頼性の高いプロセス・処理実績を有する海外の事業者の技術・施設を活用して国内の大型機器の処理を進めることが適切である。また、国内に集中処理施設を導入する上では、実績を有する処理設備（米国、スウェーデン等）で、我が国の実機材を用いた委託処理を行うことにより、輸送も含めて設備・運用の実績教訓等を反映することも有効であると考えられる。

選択肢の一つとして海外での委託処理を選択しようとする場合には、今後、以下に示す 3 つの事項について検討を要する。

イ) 熱交換器、キャスクなどの放射性廃棄物の輸出を可能とする制度整備（国）

国際法上、一定の条件の下での放射性廃棄物の国境を越える移動は禁止されていないため、我が国においてもリサイクル目的であることなどの 5.5.3 で記載した要件を満たす機器については、輸出が認められるような制度整備が必要である。

具体的には、海外委託処理の対象とする機器を検討した結果、次の機器を対象とすることが考えられる。

i) 熱交換器（蒸気発生器、給水加熱器）、ii) キャスク（輸送用、貯蔵用）

ロ) 放射性廃棄物の定義の見直し（国）

原子力産業を含めた循環型社会形成の取り組みにおいて、国際的にはリサイクルを前提とした定義となっており、また今後の廃止措置プラントの増加に向けて、有用資源のリサイクル化推進が今後の動向として注視されている。このため、6.2 で検討した通り、「リサイクル可能な放射性物質」の定義の創設、又は米国と同様に、「リサイクル可能な放射性物質」を放射性廃棄物に該当しないとするものの検討が望まれる。また、事業者においても、この定義を着実に履行しうる運用の策定を行う。

ハ) ガイドラインの策定

学術界、産業界が協力して、大型機器の国外処理、SCO-III 適用に向けた輸送について、透明性および使い勝手の良いガイドラインの作成することが必要。

海外での委託処理を実施するうえでは、循環社会形成の考えに基づく国際的な潮流や実態にも即して、ロ) のとおり、放射性廃棄物の定義を見直すことが望まれるが、定義の見直しに当たっては、放射性廃棄物全体に係る規制・運用に幅広く影響を及ぼすことから、今後国内において慎重に議論を重ねていくことが必要となる。

一方で、廃止措置の円滑な実施は喫緊の課題であるため、国内処理も見据えた海外処理の実現に向けては、速やかな対応が求められる。そのためには、現行の運用の下、リサイクル可能な機器も放射性廃棄物として扱われる当面の間は、イ) のとおり、放射性廃棄物の輸出について、国際条約の履行に

加え、一定の要件を満たす場合には、輸出を可能とする制度整備が必要である。

更に、このように制度と並行して、事業者側で海外処理を適切に実施するための対策も求められる。「技術に立脚した内容を、誰でもが活用できるよう、透明性をもって、策定されたもの」とするために、ハ)のとおりに、技術知見を整理して、実績を積みつつ得られた教訓を後続で実施するための手本として参照しうよう、ガイドライン策定の準備をすすめていく必要がある。

8. あとがき

我が国の原子力基本法は、日本の発展のために、原子力エネルギーの有効活用を進めることを目的として、昭和 30 年（1955 年）に制定され、今日の原子力利用の最も基本的な考えを示した法令で、ある意味、日本の原子力利用を規定する憲法に相当するものである。

この法律は、原子力の研究、開発及び利用（以下「原子力利用」という。）を推進することによって、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とに寄与することを目的としており、民主・自主・公開の 3 原則のもとで、安全の確保については、確立された国際的な基準を踏まえ、国民の生命、健康及び財産の保護、環境の保全並びに我が国の安全保障に資することを基本方針としている。人類が、持続的に発展していくためにはエネルギーが不可欠であり、島国である日本にとっては、法律が制定された当時も今も、エネルギー資源の確保が極めて重要な課題である。このため、今から、将来のエネルギー資源をどう確保していくかを、しっかりと考えておくことが極めて重要なことを示唆している。また、原子力基本法では、世界の中の日本であることを強く意識し、わが国だけでなく世界の発展のために活用すること、また、安全の確保は、「確立された国際的な基準」を踏まえて行い、人類社会の福祉に貢献することを基本方針としている。

この目的及び方針に沿った我が国の原子力利用の取り組みは、科学技術の進展に大きな貢献をしてきており、また、原子力発電所は、安定で安価なエネルギーを供給することで、戦後日本の発展に大きく寄与するとともに、大きな産業に発展してきている。

役割を終えた原子力発電所は廃止措置され、それに伴って発生する解体物の処理処分されることになる。実施にあたっては、原子力基本法の精神に則り、世界の中の日本であることを強く意識して、人類社会の福祉に貢献することとして、このため、「確立された国際的な基準」を踏まえた安全性を確保したうえで、人類の持続的発展に有用な資源を確保しつつ、放射性廃棄物の最小化、廃止措置の最適化が必要である。

このような背景のもと、本委員会では、我が国の原子力発電所廃止措置の円滑な推進に資することを目的として、国内の大型機器を対象としたリサイクル処理の在り方について議論を行ってきた。そのうえで、具体的な提言として、中長期的な取り組みと当面（短期・中期的）な取り組みを示している。

今後とも、廃止措置の方法、放射性廃棄物の処理処分方法に関する世界各国との情報共有を推進するとともに、我が国としての将来にわたる、放射性廃棄物を含めた廃止措置に関する戦略策定を、適宜、環境の変化を取り入れて議論を進める必要がある。本報告書及び提言が、我が国及び世界での議論の場において、活用されることを願うものである。

参考文献

- 【1】 Energy Post, '200 – 400 Nuclear reactors to be decommissioned by 2040, February 11, 2020 by Denis Iurchak;
<https://energypost.eu/200-400-nuclear-reactors-to-be-decommissioned-by-2040/>
- 【2】 IAEA, 'IAEA Safety Glossary_Terminology Used in Nuclear Safety and Radiation Protection 2018 Edition' IAEA Pub.1830, (2019)
- 【3】 IAEA, Status and Trends in Spent Fuel and Radioactive Waste Management, IAEA Nuclear Energy Series NW-T-1.14, English STI/PUB/1799, 2018
- 【4】 IAEA, 'Advancing the Global Implementation of Decommissioning and Environmental Remediation Programmes', IAEA Pub-1759, Proceedings of an International Conference Madrid, Spain, 23–27 May 2016
- 【5】 NEA, 'Optimising Management of Low-level Radioactive Materials and Waste from Decommissioning', Radioactive Waste Management and Decommissioning 2020,(2020)
- 【6】 EUROPEAN COMMISSION, Brussels, 17.12.2019, COM(2019) 632 final, REPORT FROM THE COMMISSION TO THE COUNCIL AND THE EUROPEAN PARLIAMENT on progress of implementation of Council Directive 2011/70/EURATOM and an inventory of radioactive waste and spent fuel present in the Community's territory and the future prospects;
<https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2019/EN/COM-2019-632-F1-EN-MAIN-PART-1.PDF>
- 【7】 原子力委員会, 令和元年度版 原子力白書,第 6 章,令和 2 年 8 月
- 【8】 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, Oct. 2017
- 【9】 BMU, Report of the Federal Republic of Germany for the Sixth Review Meeting on Compliance with the Obligations of the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel and Radioactive Waste Management, May 2018
- 【10】 Ministry of the Environment Sweden, Sweden's sixth national report under the Joint Convention on the safety of spent fuel management and on the safety of radioactive waste management, 2017
- 【11】 BEIS & NDA, Consultation outcome,' Radioactive Waste Strategy September 2019, Updated 19 November 2020;

- <https://www.gov.uk/government/consultations/nda-radioactive-waste-management-strategy/outcome/radioactive-waste-strategy-september-2019>
- 【12】 原子力委員会, ‘原子力政策大綱’, 2005 年 10 月 11 日;
<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/tyoki/taikou/kettei/siry01-3.pdf>
 - 【13】 経済産業省, 3R 政策; <https://www.meti.go.jp/policy/recycle/index.html>
 - 【14】 (一財) エネルギー総合工学研究所ホームページ (一部、2020 年 11 月末最新化) ,
https://www.iae.or.jp/research_groups/nuclear_tech/decommissioning/
 - 【15】 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 20 回 (平成 31 年 4 月 23 日) 資料 4「原子力発電所の解体 (一般廃炉) の現状と課題について」、資料 6「原子力発電所の解体 (一般廃炉) の今後の方向性について」
 - 【16】 朽山 修, 放射性廃棄物処分の原則と基礎, (公財) 原子力環境整備・資金管理センター (2016 年 12 月 9 日発行、2017 年 6 月 9 日改訂) を一部追加修正
 - 【17】 北海道電力他電力 10 社, 原子力発電所の運転期間と機器・構造物の経年劣化影響に関する技術レポート, 平成 30 年 7 月発行、第 1 回改訂 平成 30 年 11 月,
<https://www.fepc.or.jp/nuclear/other-materials/pdf/20181129.pdf>
 - 【18】 原子力規制庁, 原子力施設に係る平成 29 年度放射線管理等報告について, 平成 30 年 10 月 17 日発行、平成 31 年 2 月 27 日一部訂正
 - 【19】 NEA, ‘The Management of Large Components from Decommissioning to Storage and Disposal -A report of the Task Group on Large Components of the NEA Working Party on Decommissioning and Dismantling (WPDD) -, NEA/RWM/R(2012)8, September 2012
 - 【20】 World Nuclear Association, Methodology to Manage Material and Waste from Nuclear Decommissioning, WNA Report No. 2019/001, February 2019
 - 【21】 R.McGrath.etc., ‘Wasate Management for Decommissioning of Nuclear Power Plants: an EPRI Decommissioning Program Report’, Symposium on Recycling of Metals Arising from Operation and Decommissioning of Nuclear Facilities, Studsvik Facility Nykoeping, Sweden, April 8-10, 2014
 - 【22】 Cyclife Sweden AB 社の資料
 - 【23】 A. Stenmark, etc., ‘ Waste Volume Reduction by Studsvik Nuclear AB, NKS-RDecom-Sem, September 16th, 2010 ;
http://www.nks.org/download/nks_r_decom_sem_september12_16_2010/12/presentation.pdf
 - 【24】 EDF Cyclife, Deccommissioning and Waste Management by Cyclife, Training school in Marcoule in June 2019,

http://www.theramin-h2020.eu/downloads/training_school_2019/Technical_Visit_EDF_Cyclife.pdf

- 【25】 EnegySolutions 社の資料
- 【26】 NEA, Recycling and Reuse of Materials Arising from Decommissioning of Nuclear Facilities, NEA No. 7310, OECD Publishing, Paris. (2017)
- 【27】 G. Krause, etc., 'Options for Steam Generator Decommissioning', PREDEC 2016, February 16-18, Lyon, France
- 【28】 電気事業連合会資料をもとに作成
- 【29】 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（2001 年 6 月 18 日発効。我が国は 2003 年 11 月に加入。）
英語版：<https://www.nsr.go.jp/data/000110043.pdf>
日本語版：<https://www.nsr.go.jp/data/000110080.pdf>
- 【30】 US.NRC, 'Export-Import', April 22, 2020 ;
<https://www.nrc.gov/about-nrc/ip/export-import.html>
- 【31】 'MOU Between the NRC and DOT', 1979;
<https://www.nrc.gov/about-nrc/regulatory/enforcement/moudot.pdf>
- 【32】 US.NRC, '10 CFR Part 110_Export and Import of Nuclear Equipment and Material, November 27, 2020;
<https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/cfr/part110/>
- 【33】 US.NRC, '10 CFR Part 110 Update: "Export and Import of Nuclear Equipment and Material: Updates and Clarifications" (RIN 3150-AI16) Effective August 27, 2010; <https://www.nrc.gov/about-nrc/ip/part110-update.html>
- 【34】 US.NRC, 'Interim Guidance on Transportation of Steam Generators (Generic Letter 96-07), December 5, 1996 ;
<https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/gen-comm/gen-letters/1996/gl96007.html>
- 【35】 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, October 2017
- 【36】 EURATOM, 'Council Directive 2006/117/Euratom of 20 November 2006 on the supervision and control of shipments of radioactive waste and spent fuel', 2006
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0117&from=GA>

- 【37】 経済産業省, '放射性廃棄物の輸出' ;
https://www.meti.go.jp/policy/external_economy/trade_control/02_export/05_nuclear/housyasei.html
- 【38】 経済産業省, '原子力関連貨物の輸入';
https://www.meti.go.jp/policy/external_economy/trade_control/03_import/12_nuclear/index.html
- 【39】 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', 2011
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011L0070&from=HU>
- 【40】 環境省, 廃棄物等の越境移動等の適正化に関する検討会, 平成 27 年度第 3 回第 3 回検討会 (平成 28 年 1 月 7 日) , 参考資料 3 : 「廃棄物の定義について」
https://www.env.go.jp/recycle/yugai/conf/conf27-03/H280107_06.pdf
- 【41】 佐藤泉法律事務所, おから事件; <http://satoizumilaw.com/column/sanpai/okara/>
- 【42】 IAEA, Techniques and Practices for Pretreatment of Low and Intermediate Level Solid and Liquid Radioactive Wastes, IAEA TRS-272, IAEA, Vienna (1987)
- 【43】 IAEA, Managing Low Radioactivity Material from the Decommissioning of Nuclear Facilities, IAEA TRS-462, IAEA, Vienna (2008)
- 【44】 (公財)日本産業廃棄物処理振興センター : 産廃知識 廃棄物処理の流れと行為 (2019.03.15 更新)
<https://www.jwnet.or.jp/waste/knowledge/shorinonagare/index.html>