

原子力発電所から発生する大型機器の処理について

堀川 義彦 (原子力技術センター
部長)



1. はじめに

わが国では使命を終えて廃止措置に移行した原子力発電所が増加している。今後原子力発電所の廃止措置が進むと、さらに大量の処理すべき大型機器が発生し、敷地内に保管され続けることとなり、廃止措置作業スペースを圧迫することが予想される。

当研究所は、「原子力発電所廃止措置調査検討委員会」(委員長：岡本孝司・東京大学教授)を設置し、わが国の廃止措置の円滑な推進などに資するため、循環経済を進めている欧米での大型機器の処理実績を踏まえて、わが国において保管されている、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の評価および提言を、技術レポート『原子力発電所から発生する大型機器の処理について』にまとめた。同レポートは、2021年2月、当研究所ホームページ(<https://www.iae.or.jp/download/nlr-2020-03/>)で公開された。本稿では、以下にその概要を述べる。

2. 背景と目的

わが国でも原子力発電所の廃止措置が、今後2020年代半ば以降に本格化していくにあたって、解体を円滑に進めるために、作業エリアの確保が必要である。発電所内での敷地も狭く、そのための建屋を増設するのは難しい状況にある一方、敷地内には、高経年劣化対策として大型改良工事等で取り外された蒸気発生器(SG)、給水加熱器等の大型機器が

専用保管庫等に保管されている。これらは体積も大きくまた構造上頑丈なので、解体するには設備と時間を要するが、いずれは処理しなければならない。

こうしたなかで、廃止措置が進むと解体のための設備導入等により発電所敷地内のスペースが圧迫される恐れがでてくる。解体のためのスペース確保ができなければ、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可能な社会形成を推進するため、大型機器を含む有用資源のリサイクル化に取り組んでおり実績を上げている。

以上の状況をふまえ、同委員会は、わが国の原子力発電所廃止措置の円滑な推進のため、海外の先行実績を参考に、国内の大型機器を対象とした処理の在り方について検討を行った。

3. 大型機器の処理の取り組み

(1) 先行実績

わが国も加盟している経済協力開発機構／原子力機関(OECD／NEA)において、欧米での先行実績をもとに、原子力発電所から発生する大型機器の処理選択の考え方に関する報告書がまとめられている。また、OECD／NEA主催のワークショップでは処理方法の評価事例も出されている。

まずは、原子力発電所の廃止措置では、施設の解体や除染等により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放射性廃棄物の処理処分戦略を練る必要がある。

国際原子力機関（IAEA）、NEA および欧州連合（EU）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、放射性廃棄物管理の最適化の取組みとして、放射性廃棄物の最小化・管理の最適化を図るべく、廃棄物階層適用の実践を推進している。特に、EU は、循環経済に向けて、「廃棄物から資源化」を推進しており、2011 年に放射性廃棄物に関する指令を発出している。図 1 に、EU による放射性廃棄物量の将来予想を、図 2 に廃棄物管理の階層の主要原則を示す。

（2）実績および教訓

欧米では、これまでに原子力発電所から発生した大型機器の処理処分を実施経験を積んでいる。これまで実施された方法は、主に次

の 3 事例に分類され、国情に応じて適切な方法が選定されている。

- A：原子炉建屋内で細断し、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。

欧米において実施された大型機器の処理処分方法を表 1 に、図 3 にその実例を示す。

一方で、OECD/NEA では、3つのシナリオの先行実績を踏まえ、表 2 に示すように、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を挙げている。

大型機器の処理方法の評価項目の重みづけは、それぞれの国情をもとに決められるものであるものの、国際的な状況についても考慮しておく必要がある。

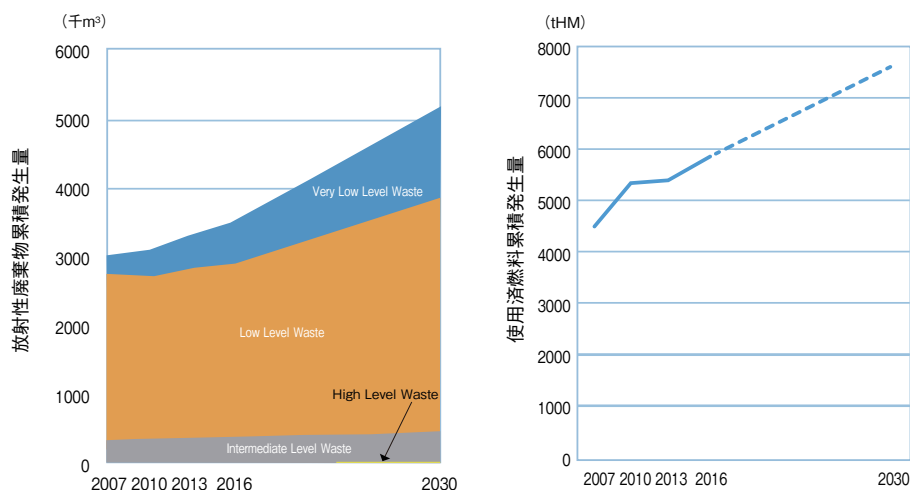


図 1 EU の放射性廃棄物量の将来予想

- 発生元で廃棄物を発生させないこと(Waste Prevention)
- 可能な限り発生量を抑制すること(Waste Minimization)
- 廃棄物の廃止を防止できない場合には、廃材や廃棄物を直接再利用もしくは修理して再利用すること(Re-use of Materials)
- 廃棄物をリサイクルする、もしくは二次原料として再加工すること(Recycling)
- 廃棄物を環境中へ放出できるのは、廃棄物の発生防止、再利用等ができない場合のみであり、かつ管理された方法でのみ行うこと(Disposal)

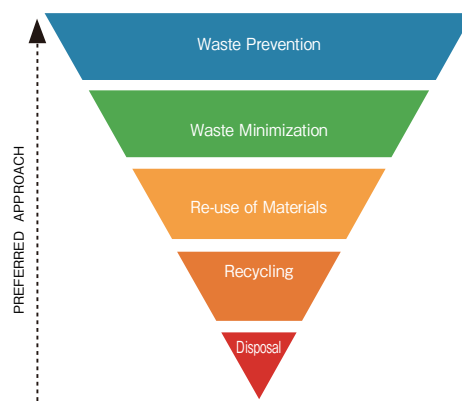
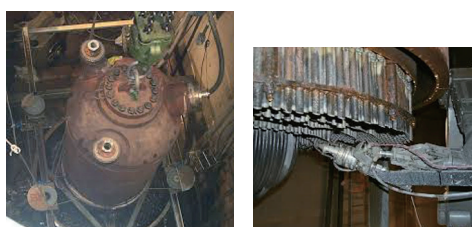


図 2 廃棄物管理の階層の主要原則

表 1 欧米における大型機器の処理処分方法（先行実績）

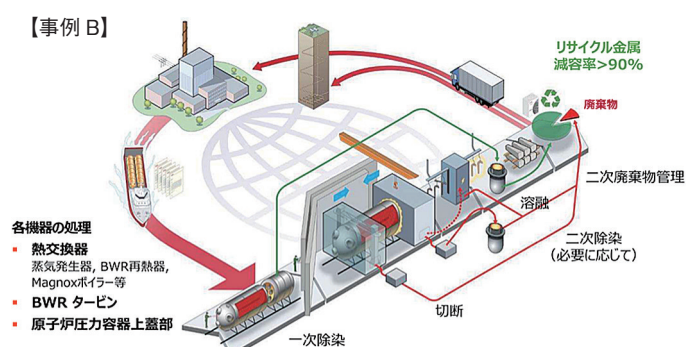
国	大型機器の処理方法	備考
米国	主に一体型処分（C）	処分容量に余裕あり
英国	一般に、廃棄物の再利用および再利用を処分より優先しており、輸送してサイト外にて除染、リサイクル・減容処理。（B）	処分容量に余裕なし
仏国	一般に、廃棄物の再利用および再利用を処分より優先しており、輸送してサイト外にて除染、リサイクル・減容処理。VLLWとして一体型処分した例はあるものの今後は適用せず。（B）	処分容量に余裕なし
独国	大型機器一体撤去後、輸送してサイト外にて長期減衰保管、その後、リサイクル・減容処理。なお、スウェーデンに輸送して、除染、リサイクル・減容処理の例もある。（B）	処分場を建設中
ベルギー	除染後、解体切断して、放射性廃棄物は200ℓもしくは400ℓ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再利用。（A）	
スペイン	除染後、解体切断して、放射性廃棄物は200ℓもしくは400ℓ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再利用。（A）	
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。（B）	

【事例 A】



ベルギー原子力研究所での蒸気発生器の現地解体

【事例 B】



スウェーデンでの大型機器のリサイクル処理のフロー

【事例 C】



＜バーンウェル処分場＞

米国で一体撤去後、処分施設へ輸送して一体処分

図 3 実施された処理処分方法（ABC）の実例

表 2 大型機器の処理方法を評価するうえでの重要項目

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
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。
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。
処分の受入能力	・ 大型機器の処分受入可能な場合は、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、最小化した廃棄物を処分することに高い優先順位を与えている。
輸送の実施可能性	・ 貯蔵方法、処理方法の選択に関連する事項。 ・ 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。
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。
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

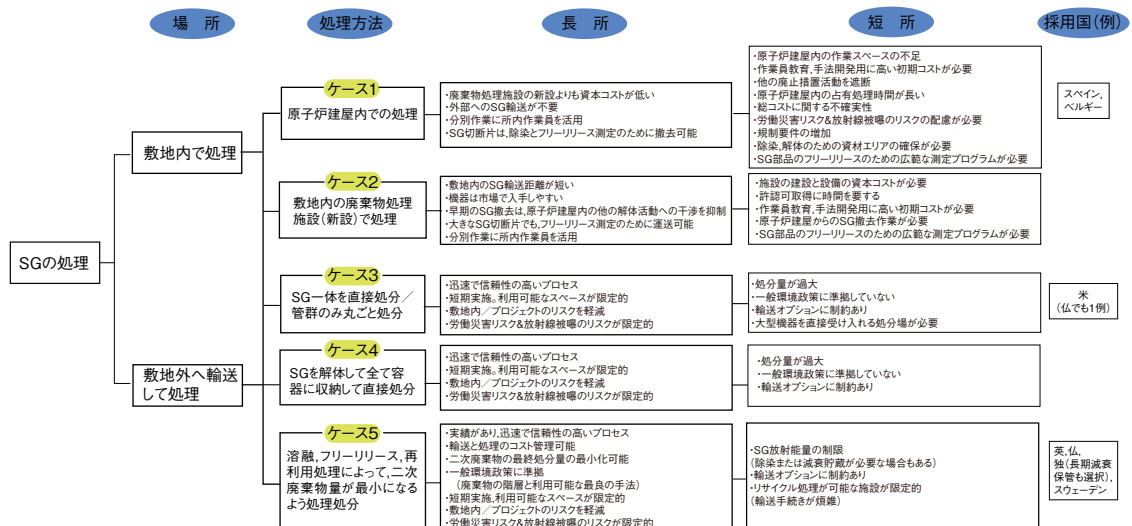


図4 蒸気発生器（SG）処理シナリオと OECD/NEA ワークショップによる評価例

（3）方向性

大型機器の例として蒸気発生器を処理する場合に想定される処理シナリオ（ケース1～5）と評価例を図4に示す。

想定される処理シナリオは5つ。発電所敷地内で処理する場合に既設建屋内と新設建屋で行うケースの2つ、敷地外に輸送して処理する場合に、そのまま処分するケース、解体して全て容器に収納して処分するケース、そして解体してリサイクルできるものと放射性廃棄物に分類して処理処分するケースの3つがある。OECD/NEAのワークショップでは、5つのケースについて特徴を整理・評価している。

表3から分かるように、ケース5の処分量が最も少なく、リサイクル量が最も多く活用できるシナリオになっている。また、ケース

5の評価では、大部分がリサイクルされる一方、処分量は元の重量で20%、体積で8%に低減されている。

OECD/NEA ワークショップは、ケース1～5を次のように評価している。

- ケース1、2（発電所施設内での処理）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およびそれらを取り扱うための作業員の教育訓練が必要。
- ケース3（蒸気発生器を一体毎直接処分）は最も簡易に処理処分可能であるが、受け入れる処分場が必要である。
- ケース4（敷地外施設で解体処理し、リサイクルせずにすべて処分）は、処分量が最も多い。
- ケース5（敷地外の専用施設でのリサイクル処理）では、蒸気発生器金属部材の最大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を除くと、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。

表3 各ケースでのリサイクル量と放射性廃棄物処理量の評価例

処理前	処理後		
	想定シナリオ	処分量 (m ³)	リサイクル量 (トン)
蒸気発生器：1基 体積：約430m ³ 重量：約310トン	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、IAEA文献等を基に推定評価した。

** 金属溶解処理した場合の処分量（3m³）を基に、金属溶解の減容率（1/3～1/5）から、金属溶解処理しない場合の処分量を評価した。

以上より、できるだけリサイクル処理する方針である場合は、環境条件、経済条件等からケース5が最も優位との結果である。

なお、ケース3の一体処分は最も簡易に処理処分可能ですが、受け入れる処分場が必要で、土地利用、資源有効利用の観点から、欧州各国では難しい選択と考えられている。

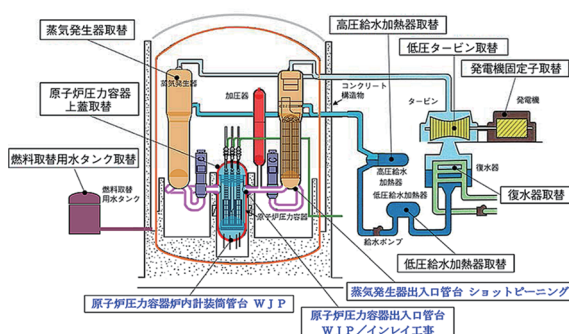
米国は、経済性も考慮して大型機器一体の直接処分を選択することが多い一方、わが国と類似の環境にある欧州では、土地も狭くまた新規処分施設の開設が難しいなどが挙げられる。また、欧州においては、発生した大型機器は有用資源のリサイクル、放射性廃棄物の最小化、廃棄物管理の最適化として、リサイクル処理ビジネスが展開されており、必要に応じて国外の集中処理施設も活用されている。

4. わが国への適応性

(1) わが国の基本方針と大型機器の保管状況

わ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原子力小委員会において検討されており、2019年4月に開催された同小委員会において、原子力発電所の解体（一般廃炉）を進めていくための具体例（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。

- 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。



加圧水型原子力発電所（PWR）

ここで、対象となる大型機器は、原子力発電所の高経年化対策として、取替が行われ、これまでに発電所内で保管されている量は相当数占め、専用の保管庫に保管されているものも含まれると考えられる。図5に大型機器取替の例を、表4に国内の原子力発電所で保管されている大型金属の保管量を示す。

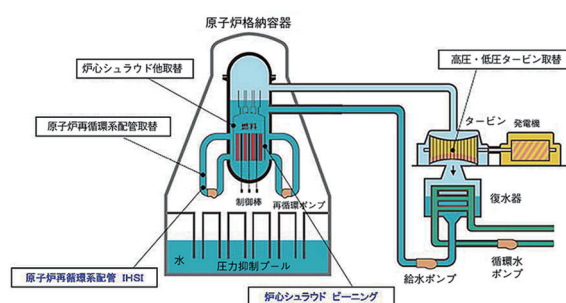
(2) 先行国の教訓等を参考としたわが国への適用性評価

前述の基本方針の下、原子力発電所の円滑な廃止措置を一層推進するためには、大型機器の処理についても具体化していく必要がある。

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わ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、今後わ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、わ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した。

(a) 処理方法の選定および評価

これまで国内での処理実績の乏しい大型機



沸騰水型原子力発電所（BWR）

図5 わが国における大型機器の取替例

表4 原子力発電所に保管されている大型金属の保管量

＜蒸気発生器保管庫等＞			＜給水加熱器保管庫等＞		
発電所名	蒸気発生器(基)	保管容器(m ³)	発電所名	給水加熱器保管庫等	保管容器(m ³)
泊	0	179 ^{*1}	東海第二	給水加熱器 3基	311
美浜	7	966 ^{*2}	東海第二 (固体廃棄物作業建屋他)	固体廃棄物 1,437体	—
高浜	6	894 ^{*2}	志賀	タービンロータ 630m ³	—
大飯	8	2,674 ^{*2}	高浜 (外部遮蔽壁保管庫)	保管容器 895m ³	—
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: “原子炉容器上部蓋保管庫”に保管。
 *2: 原子炉容器上部蓋を含む。
 *3: 原子炉容器上部蓋およ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。

器の処理について、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シナリオ（ケース1、ケース5）について、わが国に適用可能性について検討した。

なお、ケース3「敷地外での一体処分」については、広大な処分地が必要となるため国内の実施は困難なこと、国のリサイクル推進の方針と合致しないこと等から選択肢の対象から外した。

また、ケース5「敷地外での処理」は、欧米では、国外での委託処理も行われていることから、以下のように、国内と国外に分けて評価することとした。

●評価シナリオ

- ケース1：原子炉建屋内での処理
- ケース5-1: 敷地外での処理（国内）
- ケース5-2: 敷地外での処理（国外）

また、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、わが国として目指すべき視点について表5に整理した。ここでは、わが国では地元を含めた一般公衆の関心が高いことから「パブリックアクセプタンス」および、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。

各評価シナリオについて、主要項目ごとに評価した結果を表6に示す。表から各ケースの長所、短所を抜き出すと表7のようになる。

(b) 適用性評価

以上の検討・評価をもとに、わ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。

表5 わが国において大型機器処理の方法を評価する上で考慮すべき主要項目

	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	わが国の現状	わが国の目指すべき視点
①	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。	・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。
②	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。 ・施設を活用する場合には、原子炉建屋内に除染・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のための先行事例の知識・教訓の習得・整備
③	処分の受入能力	・大型機器の処分受入可能な場合は有力な方法。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、最小化した廃棄物を処分することに高い優先順位を与えている。	・国内では、大型機器の処分施設はない。 ・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。 ・施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。	・廃止措置廃棄物の処分施設確保
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事項 ・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を必要とする。 ・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、わが国も法令取入れ済。	・実施手順等の整備
⑤	経済性	・安全面、放射性防護面を含む廃止措置全体の新技术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。	・計画時に事業者によって考慮されている。
⑥	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	・わが国では、一体での取り出し搬出実績はあるものの、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
⑦	パブリックアクセプタンス（PA）	・公衆の主な懸念事項は、サイト周回輸送（頻度、被曝、交通制約）および放射性廃棄物の排出であり、輸送経路上 PA は重要である。 ・日語からの情報公開、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、仏での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と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、国境を越える移動は禁止されていない。	・わが国では、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。

表6 わが国における大型機器の処理の在り方

ケース		リサイクル戦略	貯蔵施設、処理施設の利用	処分地の受入能力	輸送の実施可能性	経済性	適切な解体手順、工法利用	パブリックアクセプタンス (PA)	その他 (輸出管理制度)
発電所敷地内処理	ケース1 (原子炉建屋内処理)	・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	・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	・処理後廃棄物の処分地確保が必要	・通常の標準的輸送の適用	・建屋内改造費 ・作業員教育訓練費 ・処分費 (設備等も含む) ・処分費 ・他の作業建設・建設による管理費・補償費 (必要に応じて)	・作業員の教育訓練が必要 ・手搬車等の搬入が必要 ・実施しようとする時点で廃止措置全行時に支障が出る可能性あり	・特別な PA 活動は必要とされていない (立地地点の同意・了解が必要)	・特になし
	敷地外での処理 (国内)	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の処理 処分：国内)	・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	・新規施設の立地、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	・大型機器の機外輸送の経路は国内ではないものの、海外では難航 ・海外での輸送方法 (海上、陸上) について家路を含めて整備しておく必要がある	・設備の整備等の整備費 ・設計費 ・建築建設費 ・処分設備の設置費 ・作業員教育訓練費 ・処分費 ・輸送費	・作業員の教育訓練が必要 ・手搬車等の搬入が必要 ・実施しようとする時点で廃止措置全行時に支障が出る可能性あり	・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、輸送期間を要する可能性がある	・特になし
	敷地内での処理 (国内)	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の処理 処分：国外)	・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 ・処理後の放射性廃棄物は、必要に応じて、運送される場合もある	・運送される場合は、処理後廃棄物の処分地確保が必要	・大型機器の機外輸送の経路は国内ではないものの、海外では難航 ・海外での輸送方法 (海上、陸上) について家路を含めて整備、知識・習得する機会を得ることが出来る	・委託費 (輸送、処理) ・処分費 (運送廃棄物がある場合)	・特に、国内では必要としないが、適切な解体手順、工法利用について家路を含めて学習、知見習得する機会を得ることが出来る	・輸送には地元の同意が必要	・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、わが国では、国際的に認められていない ・国際的な環境変化等 (有用物の再利用促進) を踏まえ、リサイクル処理等の目的の場合には、放射性廃棄物の輸出が受け入れられる場合がある

表7 ケース (1, 5-1, 5-2) の長所と短所

ケース	長 所	短 所
1 (原子炉建屋内で処理)	・既設の施設利用という観点から合理性がある。	・作業スペースが限られること⇒運用面や経済面等で合理性に欠ける。
5-1 (敷地外処理施設でのリサイクル処理：国内)	・今後の増加していく処理対象の大型機器を国内で適切に処理していくことが可能。ケース1より優位。 ・リサイクル等により放射性廃棄物の最小化を図ることが可能。	・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、時間を要する。
5-1 (敷地外処理施設でのリサイクル処理：国外)	・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。 ・リサイクル等により放射性廃棄物の最小化を図ること。	・長期海上輸送が必要。処理の委託費用が必要。 ・放射性汚染大型機器の輸出が受け入れられることが必要。

●廃止措置の着実な実施により、遠くない将来に多くの大型機器が発生する見通しであることを考慮すると、国内で発生したものは国内で処理処分することが基本とすることが必要である。

●そのため、中長期的な視点から、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。

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ころも考えられる。

●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思われるものの、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、わ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。

なお、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。

- 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

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。

- 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

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。

（３）大型機器の国外処理への課題と対応

欧米では、原子力発電所から発生した蒸気発生器等の大型機器が自国以外の処理施設に搬送（輸出）され、リサイクル処理するビジネスが行われている。このため、大型機器の輸出入に関連する日本と欧米諸国の比較を表８に示す。

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１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。

こうしたことから、わが国においても、次のような対応をとる必要がある。

- 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容認されているため、わ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の整備。
具体的には、海外委託処理の対象として、次の機器が考えられる。
 - 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）
- 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、今後の廃止措置プラントの増加に向けては、資源循環の一層の促進が奨励されている。このため、「リサイクル可能な放射性物質」の定義の創設、又は米国が規定している「リサイクル可能な放射性物質は放射性廃棄物に該当しない」とする項の制定。

５．委員会の提言

以上のような、検討結果をもとに、委員会として、わが国の大型機器の処理の在り方として、以下に示す提言をとりまとめた。

- 提言１ 最終目標⇒ 中長期的な取り組み**
わが国の大型機器の処理方法として、「原子力事業者が共同利用可能なリサイクル処理集中施設を

表８ 日本と欧米の大型機器の取り扱いの比較

	日本	米国、EU加盟国
保管中の使用済大型機器の扱い	取扱上、放射性廃棄物	放射性物質またはリサイクル可能な物質は放射性廃棄物ではないとの扱い
放射性物質の輸出	承認手続きを経て、輸出可能	承認手続きを経て、輸出可能
放射性廃棄物の輸出	原則として、承認しない	承認手続きを経て、輸出可能

導入すること」

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。

提言2 当面（短期・中期的）の取り組み ー最終目標が達成されるまでー

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、「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」

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、わ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。

提言3 選択肢の1つとして海外での委託処理を選択しようとする場合

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、わ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して、次の機器が考えられる。

- 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（IAEA 輸送規則 2018 年版；2021 年 1 月 1 日施行）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。

さらに、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に、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、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。

6. おわりに

本件に関する公表後の動きについて、ご紹介する。

本年 3 月に開催された経済産業省総合資源エネルギー調査会の原子力小委員会および 5 月に開催された原子力委員会定例会議においても、「原子力発電所から発生する大型機器の処理」としての集中処理および海外での委託処理が取り上げられた。

今後、わが国の廃止措置・放射性廃棄物管理に関する政策やステークホルダー間での議論において、本委員会の提言が活用されることを期待している。

参考文献

- (1) 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」(2020年12月), (一財) エネルギー総合工学研究所ホームページ https://www.iae.or.jp/report/list/nuclear_energy/haishi-report/
- (2) 経済産業省 第22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 (2021年3月22日), 資料8「着実な廃止措置に向けた取組」(事務局提出資料), 資料10「廃止措置を進めるための取り組み状況」(電気事業連合会提出資料) https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/022.html
- (3) 内閣府 原子力委員会定例会議第14回 令和3年5月18日, 原子力発電所から発生する大型機器の処理について (東京大学 岡本孝司氏), <http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/index.htm>