

# 第4回 次世代革新炉の開発に必要な 研究開発基盤の整備に関する検討会

資料3

## 日本と世界のバックエンド対策の 動向について

2022年11月22日

日本原子力発電(株) フェロー(廃止措置担当)  
山内豊明

# 内容

1. バックエンドとは
2. 日本のバックエンドの経緯と動向
3. 主要各国のバックエンドの現状

---

# 1. バックエンドとは

---

# 原子力のバックエンドとは

原子力利用に伴って発生する使用済燃料や放射性廃棄物を安全に処理することを総称して、バックエンドという。

- (1) 使用済燃料の再処理
- (2) 高レベル放射性廃棄物の処理処分
- (3) 低レベル放射性廃棄物の処理処分
- (4) 原子力施設の廃止措置

注) 本来、事故炉も含むがここでは対象外とする

⇒ 使用済燃料の再処理はサイクル政策に依存するが、廃止措置や廃棄物処理処分は政策によらず必要

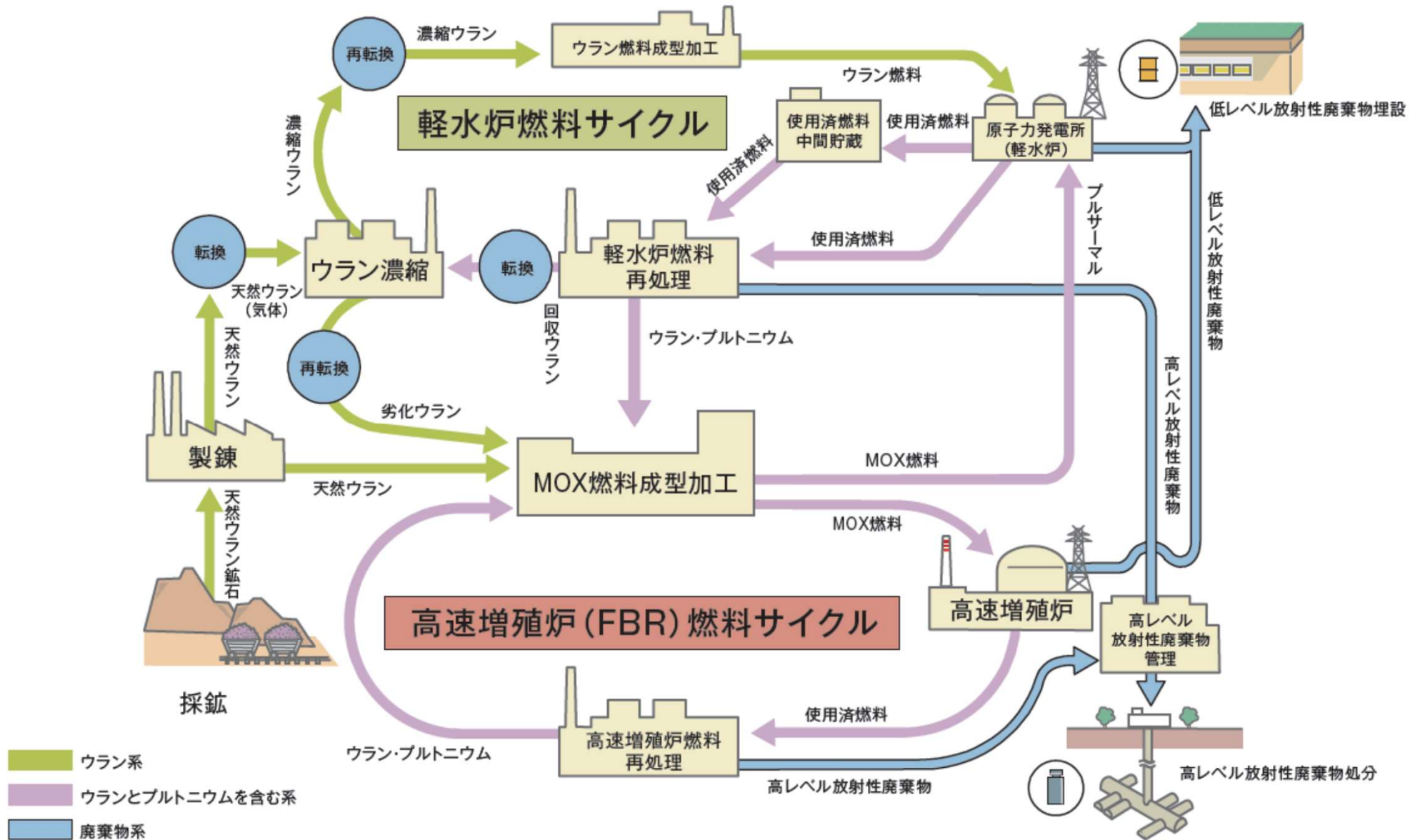
# 原子力利用とサイクル政策

現行の原子力発電では、U235、Pu239/241の核分裂反応エネルギーを利用。燃え残りのU235、Pu239/241、原料となるU238は使用済燃料に残存。



これを処理して燃料・原料を分離・取出す行為が再処理。各国において、長期的なエネルギー政策や安全保障/核不拡散戦略を考慮した上、環境負荷や経済性も含め総合的に炉型/再処理などのサイクル政策を選択している。

# (参考)原子燃料サイクル(含む、高速炉サイクル)



---

## 2. 日本のバックエンドの経緯と現状

---

# 日本の原子力発電の導入目的とシナリオ

「日米戦争は油で始まり、油で終わった様なものである」(昭和天皇独白録より)という認識の下、原子力は準国産エネルギーで永続的な資源問題を解決する方策として、2度と侵略戦争を起こさないために、政治主導で導入。以下の段階的な流れで開発するシナリオ。

- ① 海外導入炉
- ② 国産動力炉
- ③ 国産増殖炉/核燃料サイクル確立

(1956年 原子力開発長期利用基本計画より)



**エネルギー/原子力政策は安全保障にも直結する重要な国策**



運転開始当時の東海発電所

出典: 日本原子力発電(株)



# 原子力発電導入の経緯

- 1956年 原子力委員会、日本原子力研究所設立  
米英へ調査団派遣
- 1957年 研究炉JRR-1初臨界  
1号機(東海)に英国ガス冷却炉を決定  
閣議了解を経て日本原子力発電設立
- 1963年 動力試験炉(JPDR)初発電
- 1965年 2号機(敦賀)に米国軽水炉を決定
- 1966年 東海発電所営業運転開始
- 1970年 敦賀発電所営業運転開始



東海発電所初臨界(中央制御室)

出典: 日本原子力発電(株)

以降、米国軽水炉が主流となり、各電力会社に導入され、オイルショックの緩和や高度経済成長に貢献。**東日本大震災前には国産化率約90%前後となり、25-30%の電力量を担う主力電源となった(導入シナリオの①と②は達成)**

現在、商業炉10基が稼働し、24基が廃止措置中(次頁参照)

# 原子力発電所の状況

2022年10月末現在

状況	基数	備考
運転中(定期検査中含む)	10基	川内1/2,高浜3/4,玄海3/4, 大飯3/4,伊方3,美浜3
運転準備段階(設置許可済)	7基	高浜1/2,柏崎6/7,東海第二,島根2, 女川2
安全審査手続き中	10基	浜岡3/4,島根3,志賀2,泊1~3, 敦賀2,東北東通1,大間
扱い検討中	9基	柏崎1~5,志賀1,女川3, 浜岡5,東電東通1
廃止措置実施中	18基 +2基	福島第二1~4,大飯1/2,伊方1/2, 女川1,玄海1/2,東海,浜岡1/2,敦賀1, 美浜1/2,島根1,ふげん,もんじゅ
廃炉に向けた取組実施中	6基	福島第一1~6

出典: 各社公表情報より作成

建設中のプラント(島根3、大間、東電東通-1)  
及び研究開発段階プラント(ふげん、もんじゅ)を含む

# (1) 再処理施設の開発導入経緯

- 1956年 原子燃料公社(現JAEA)設立
- 1966年 核燃料物質の民有化方針決定
- 1971年 東海再処理施設建設認可
- 1977年 **米カーター政権再処理凍結発表**
- 1977～80年 国際核燃料サイクル評価
- 1980年 **原燃サービス(現日本原燃)設立**
- 1981年 東海再処理施設運転開始
- 1985年 **青森県が立地協力要請了解**
- 1992年 六ヶ所再処理事業指定
- 2005年 再処理等積立管理法成立
- 2014年 東海再処理施設廃止方針決定
- 2016年 **再処理等拠出金法成立、使用済燃料再処理機構(NURO)設立**
- 2018年 Pu保有量を現行より増やさない方針を原子力委が決定
- 2020年～六ヶ所再処理事業変更指定許可を経て、**操業準備中**

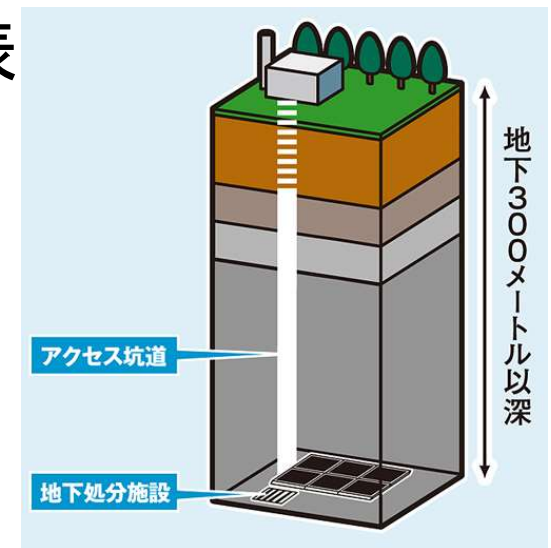


六ヶ所再処理施設全景

出典: 日本原燃HP

## (2) 高レベル放射性廃棄物処分の経緯

- 1964年 原子力委が深海又は岩石層処分方針公表
- 1972年 **ロンドン条約(海洋投棄の禁止)採択**
- 1976年 原子力委で国が処分責任をもつ方針公表
- 1980年 ロンドン条約を批准、署名
- 1993年 高レベル事業推進準備会(SHP)設立
- 1999年 処分懇報告(主体、役割等)
- 1999年 地層処分第2次レポート(地層処分技術)
- 2000年 特定放射性廃棄物最終処分法成立  
**原子力発電環境整備機構(NUMO)設立**
- 2002年 NUMOが**文献調査の公募開始**
- 2007年 原子炉等規制法改正(第1種特定廃棄物の廃棄)
- 2020年～**2地点で文献調査開始**



地層処分の概念

出典: 資源エネルギー庁HP

### (3) 低レベル放射性廃棄物処分の経緯

- 1964年 原子力委が海洋投棄処分方針公表
- 1972年 ロンドン条約(海洋投棄の国際ルール化)採択
- 1976年 原子力委が発生者責任で陸地処分/海洋投棄併用方針公表
- 1980年 ロンドン条約を批准、署名
- 1983年 **国際会議で海洋投棄の全面凍結決議**
- 1985年 原燃産業(現日本原燃)設立、青森県が立地協力要請了解
- 1990年 六ヶ所埋設事業許可
- 1992年 **六ヶ所埋設操業開始**
- 1995年 JPDR L3埋設事業許可
- 1996年 JPDR L3埋設施設覆土完了
- 2008年 原子力研究開発機構法改正  
(RI研究所廃棄物処分の実施主体)
- 2015年 東海L3埋設事業申請



日本原燃 六ヶ所埋設センター

出典: 日本原燃HP

# 低レベル放射性廃棄物処分場の現状

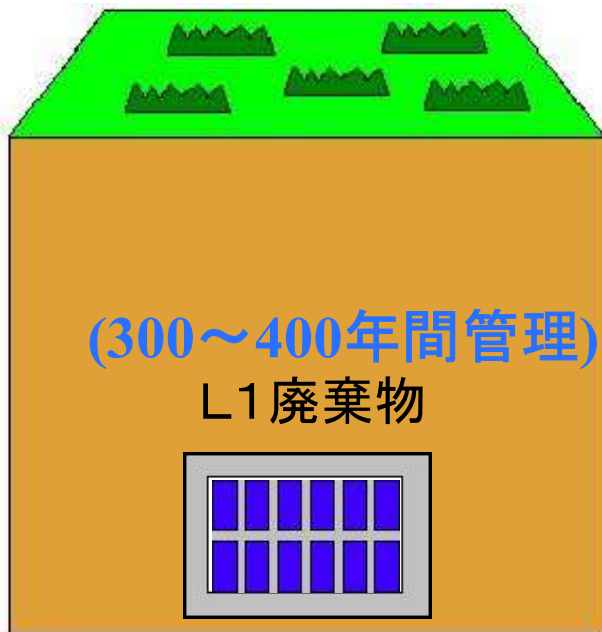
2022年10月末現在

- 商業炉の運転中L2廃棄物を対象に六ヶ所埋設センターが操業中(1,2号埋設中、3号建設中)
- JPDR L3廃棄物埋設施設が1996年から管理期間中(30年間)
- 東海発電所L3埋設施設が安全審査中
- L1廃棄物、L2解体廃棄物、L3廃棄物埋設施設、サイクル廃棄物、RI・研究所廃棄物の埋設場はない

# 我が国の低レベル放射性廃棄物の区分と処分概念等

放射能レベルの  
比較的高いもの  
(L1)

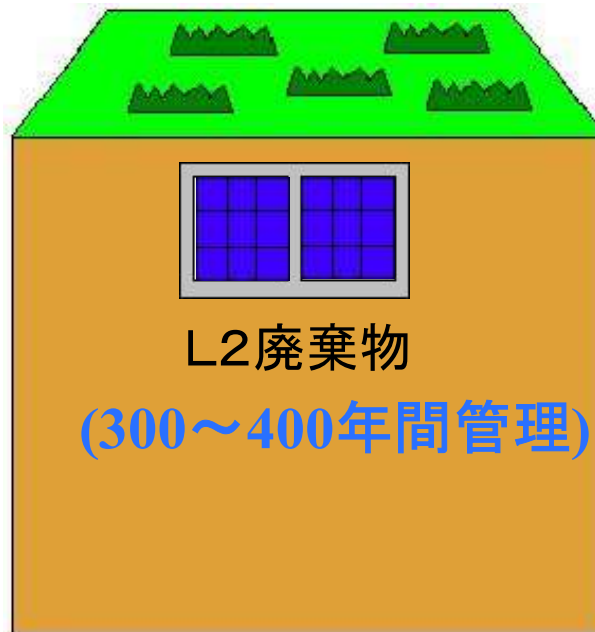
(中深度埋設)



立地等検討中

放射能レベルの  
比較的低いもの  
(L2)

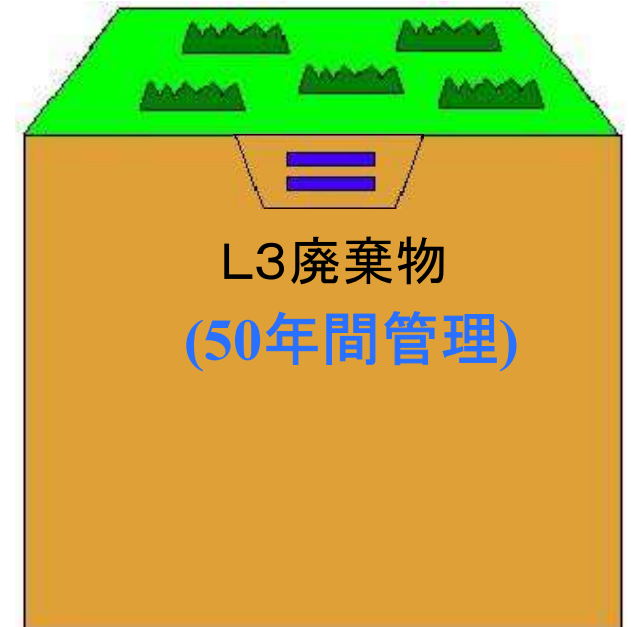
(浅地中ピット埋設)



六ヶ所で運転廃  
棄物を埋設中

放射能レベルの  
極めて低いもの  
(L3)

(浅地中トレンチ埋設)



東海で安全審査中

## (4) 廃止措置の経緯と現状

- 1990年 標準工程に基づき商業炉の解体  
引当金開始
- 1986～96年 動力試験炉(JPDR)の解体実施  
(含む、敷地内L3埋設)
- 2001年 東海発電所廃止措置着手
- 2008年 ふげん発電所廃止措置着手
- 2009年 浜岡発電所1,2号廃止措置着手
- 2015年～ 震災後の規制基準変更等により、  
**敦賀1をはじめ15基が順次廃止**  
(各プラントとも30-40年の工程)
- 2018年 **東海再処理施設廃止措置着手**  
(原子力機構のロードマップでは70年工程)
- 2022年 **廃止措置費用管理、総合マネジメント  
のための廃炉新組織を検討中**



動力試験炉の解体前と解体後

出典: 日本原子力研究開発機構HP



# バックエンド組織と責任分担

	再処理	高レベル廃棄物処分	低レベル廃棄物処分	廃止措置
実施責任	使用済燃料再処理機構 (委託可)	原子力発電環境整備機構	各原子力事業者、 JAEA	各原子力/RI事業者
規制上の責任/義務	再処理事業者 (原燃、JAEA)	第一種廃棄物埋設事業者(未申請)	第二種廃棄物埋設事業者(原燃、 JAEA)	各原子力/RI事業者の義務
費用負担者	使用済燃料発生者(各電力)	高レベル廃棄物発生者(各電力、 JAEA)	低レベル廃棄物発生者(各原子力/ RI事業者)	施設所有者(各原子力/ RI事業者)
資金管理団体	使用済燃料再処理機構	原子力環境整備促進・資金管理センター	各原子力事業者、 JAEA	各原子力/RI事業者 ⇒現在、新法人を検討中
立地責任	-	原子力発電環境整備機構	各原子力事業者、 JAEA(RI/研究所廃棄物)	-

# (参考) バックエンド関連法令一覧

## 再処理

「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」

## 高レベル放射性廃棄物処分

「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」

## 原子力・RI施設に係る安全規制

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」

「放射性同位元素等の規制に関する法律」

(注) 再処理事業、第1種/第2種廃棄物埋設事業の規制及び各原子力/RI施設の  
廃止措置を規定

---

## 3. 主要各国の現状

---

# (1) 再処理政策の概要

- 原子力開発当初は核燃料サイクルを確立するため、各国とも再処理を志向

注) 使用済燃料を直接処分するワンス・スルーは米国の再処理凍結政策以降の概念

- その後、核不拡散条約加盟、核兵器保有などの安全保障にかかる国際情勢も踏まえて、各国で再処理政策を判断
- 同位体分離の濃縮に比べ、化学分離の再処理は実験室レベルでは比較的容易。しかし、巨大かつ放射線レベルが高い複雑な商業プラント規模では材料腐食、トラブル等安定運転や経済性の課題のため、撤退していく国が増えている

# 主要国の再処理政策

国名	再処理政策	核保有の有無	解説
米国	ワンス・スルー	核保有	カーター政権以降、核不拡散方針で商業再処理は凍結 但し、革新炉・サイクルの研究開発は継続
ロシア	再処理	核保有	FBRサイクル確立を目標。FBR実証炉が運転しており、実規模の再処理施設も操業予定だが、今後は不透明
中国	再処理	核保有	旧ソ連の協力で開始したが、今は独自開発中 現在、パイロットプラント段階で実規模を計画中
イギリス	再処理?	核保有	海外からも受入れ、再処理政策だったが、THORPを廃止 ガス炉用もまもなく停止。次の再処理計画はない
フランス	再処理	核保有	海外からも受入れ、再処理政策を継続 高速炉サイクルも目指すが、高速実証炉廃止後は停滞中
日本	再処理	核保有なし	核非保有で唯一、厳格な査察の下での再処理を了解 Pu保有量を増やさない宣言
インド	再処理	核保有	核不拡散条約未加盟だが、米口とも連携して、軽水炉/FBR サイクル開発中。最終的にトリウムサイクルを目指す
ドイツ、ベルギー	ワンス・スルー	核保有なし	再処理開発(小規模プラントまで)していたが、開発を中止
カナダ等	ワンス・スルー	核保有なし	核不拡散政策により、再処理不採用

# 世界の主な再処理施設

(2022年1月現在)

国名	運転者	所在地	施設名	年間再処理能力 (tU <sup>*</sup> /年)	営業運転
フランス	Orano R La Hague	ラ・アーグ	ラアーグ工場	1,700tHM	1966
イギリス	Sellafield Ltd.	カンブリア・ シースケール	セラフィールド (マグノックス再処理工場)	1,000	1964
ロシア	PA Mayak	オゼルスク	生産合同マヤク再処理工場 RT-1 Plant	400tHM	1977
	Mining and Chemical Complex (MCC)	ジェレスノゴルスク	Pilot Demonstration Center (PDC)	4.4tHM (Phase I)	2016 (Phase I)
			RT-2 Plant	800tHM	2035 予定
日本	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 (JAEA)	茨城県東海村	東海再処理工場	120tHM	1981 (2018.6 廃止措置計画認可済)
	日本原燃株式会社 (JNFL)	青森県六ヶ所村	六ヶ所原子燃料サイクル施設	800	2022年度 上期 (しゅん工)
中国	蘭州核燃料複合施設	甘粛省蘭州市	蘭州パイロット再処理工場	0.1 tHM	(2006着工)

※ U:ウランが金属の状態であるときの質量 HM:MOX中のプルトニウムとウランの金属成分の質量

出典: 原子力・エネルギー図面集

注) 六ヶ所再処理工場の竣工時期は現在未定

## (2) 高レベル放射性廃棄物処分の概要

- 再処理の有無により、処分対象は使用済燃料又はガラス固化体
- 数百年を超える放射能の半減期等を考慮して、各国とも地層処分、かつ概ね公的な組織で処分
- 立地には技術的可能性だけでなく、地元同意プロセスが必要(一部の国を除く)であり、現時点で処分場立地が決定しているのはスウェーデンとフィンランドのみ

# 各国の高レベル廃棄物処分体制と現状(1/2)

国名	実施主体	資金制度	現状
フィンランド	ポシヴァ社(電力出資)	国家廃棄物管理基金(VYR)	オルキルオトで立地選定済。2015年建設許可。2021年操業許可申請
スウェーデン	SKB社(電力出資)	原子力廃棄物基金(廃炉、低中含む)	フォルスマルクで立地選定済。2022年政府が事業許可、安全審査中
フランス	ANDRA(政府系)	引当金(将来は基金)	立地内定中(ビュール研近傍)。2022年中を事業申請準備中
スイス	NAGRA(政府、電力出資)	廃止措置廃棄物管理基金	サイト絞り込み中
ドイツ	BGE(政府系)	放射性廃棄物管理基金(原子力撤退条件として追加拠出なし)	サイト要件マップを公表して、サイト選定中
カナダ	NWMO(事業者出資)	信託基金	21地域が参加して、サイト選定プロセス中
スペイン	ENRESA(政府系)	ENRESA資金として外部積立	50-100年の中間貯蔵後に地層処分する計画で中間貯蔵中



# 各国の高レベル廃棄物処分体制と現状(2/2)

国名	実施主体	資金制度	現状
英国	NDA(政府系)の下で RWM社	NDA予算、 運転中プラント は引当制度	サイト選定プロセス中で、2自治体とWG 設置
米国	DOE(政府)	放射性廃棄物 基金(NWF)	ユッカマウンテンでの処分計画が中断 中
中国	中国核工業集团公司( 政府系)	使用済燃料処 理処分基金	1次選定として6地域を選定 地下研で研究中
韓国	韓国原子力環境公団 KORAD(政府系)	放射性廃棄物 基金	処分の基本計画公表
日本	原子力発電環境整備 機構NUMO(認可法人)	NUMOへの拠 出金制度	科学的特性マップを公表。2地点で文献 調査中
ロシア	ノオラオノ RAO(国営)	発生者が特別 基金に積立	地下研究所建設中

出典: 原子力環境整備促進・資金管理センター「諸外国における高レベル放射性廃棄物の処分について(2022年版)」より作成

## (3) 低中レベル放射性廃棄物処分の概要

注) 国際的には、低中レベルという言い方が多いため、低中と標記

- 各原子力施設やRI施設(病院含む)から発生
- 各国それぞれの基準で、放射能レベルや半減期等に応じて処分概念を区分するとともに、国営又は民間組織で処分
- 各国の国土や政治体制等の条件により、現在の処分場の整備状況には差がある

# 主要国の低中レベル放射性廃棄物処分システム

国名	実施主体	立地	処分概念	対象物
米国 (民間のみ)	民間会社(USエコロジー、ES、WCS)	州政府、DOE(GTCC)	クラスA～C、GTCC	原則コンパクト(州間協定)内
フランス	ANDRA(政府系)	ANDRA	長寿命低中、短寿命低中、極低	制限なし
英国	NDA(政府系)の下でLLWR(低)、RWM(中)等	NDA	中、低	制限なし
日本	原燃(電力出資)、JAEA	発生事業者等	低(L1/L2/L3)	施設毎設定
ドイツ	BGE(政府系)	BGE	非発熱性	制限なし
スペイン	ENRESA(政府系)	ENRESA	低中、低、極低	制限なし
カナダ	電力(OPG)、原子力公社(AECL)	同左	中(長半減期、短半減期)、低(極短寿命、極低)	未定
フィンランド	電力	電力	中、低、極低	発電所毎
スウェーデン	SKB社(電力出資)	SKB、電力	短寿命中、短寿命低、短寿命極低	発電所毎
スイス	NAGRA((政府、電力出資)	NAGRA	アルファ、低中レベル	未定
韓国	韓国原子力環境公団KORAD(政府系)	KORAD	低・中レベル	
中国	発生者子会社GNPE、PEEEC等	中国核工業集团公司(CNHN)	低中、低、極低、短半減期	地域毎

# 主要国の中低レベル放射性廃棄物処分場一覧

国名	処分場	運営主体	埋設対象	容量(m3)	発電所数(基)
米国	リッチランド	USエコロジー	クラスA～C	170万	135
	バーンウェル	ES	クラスA～C	88万	
	クライブ	ES	クラスA	882万	
	WCS	WCS	クラスA～C	435万	
フランス	ラマンシュ	ANDRA	短寿命低中	52.7万	70
	オーブ	ANDRA	短寿命低中	100万	
	モリビリエ	ANDRA	極低レベル	65万	
英国	ドリッグ	LLWR	低レベル	210万	45
	ドーンレイ	DSRL	低レベル	17.5万	
ドイツ	モルスレーベン	BGE	非発熱性	3.7万	37
	コンラッド(計画中)	BGE	非発熱性	30.3万	
日本	六ヶ所	原燃	低レベル(L2)	12.2万	60
	東海(計画中)	原電、JAEA	極低レベル(L3)	2.8万	
スペイン	エルカブルル	ENRESA	低中レベル	10万	10
	エルカブルル	ENRESA	極低レベル	12万	
フィンランド	オルキルオト	TVO社(電力)	低中レベル	8400	5
	ロビーサ	FPH社(電力)	低中レベル	5400	
スウェーデン	SFR	SKB	低中レベル	6.3万	9
	フォルスマルク	FKA(電力)	極低レベル	1.7万	
韓国	月城	KORAD	低中レベル	2万	24
中国	北龍	GNPEP	低中レベル	24万	51
	西北	EEEC	低中レベル	20万	
	飛鳳山	EEEC	低中レベル	18万	

## (4) 廃止措置の概要

- 特殊な場合を除き、役目を終えた原子力施設等はいずれ廃止措置が必要となる
- 既に廃止された原子力発電所は世界で184基\*あるが、廃止措置を完了したのは米国中心にまだ20基に満たない。現在運転中の原子力発電所は世界で431基\*あり、いずれ廃止される。  
\*: 世界の原子力発電開発の動向2022年版(原産協会)より
- 廃止措置の実施体制は各国で異なるとともに、炉型(GCR、LWR、FBR、HTTR等)により、解体処理の手間や廃棄物発生量に差がある

# 主要国の廃止措置システム

国名	実施主体	廃止措置方式	資金システム
米国	廃止措置民間専門会社(ES、Northstar、CDI)	基準は60年以内 大部分は即時解体方式	外部積立信託方式
英国	NDA(政府系)の下 でMagnox社等	GCRは遅延解体方式	NDA予算及び外部信託基金NFL(運転中プラント)
フランス	EDFのDP2D(廃止措置部門)	即時解体方式	EDFの内部積立方式
日本	各事業者	即時解体方式	内部引当金 ⇒ 拠出金方式変更検討中
ドイツ	各事業者(但し、解体まで)	即時解体方式	内部引当金
スペイン	ENRESA(政府系)	即時解体方式	電気料から外部積立(ENRESAの資金用)
スウェーデン、フィンランド	各電力	即時解体方式	基金方式

出典: 原子力学会誌Vol.61, 2019「海外諸国と日本の廃止措置に係る仕組みについて」をベースに作成

## まとめ

- 将来実用化を目指した原子炉開発は、原子炉形式だけではなく、サイクル政策とバックエンド対策を考慮する必要がある
- バックエンドはコストセンターであるため、廃棄物発生量や解体処理のし易さ、原子炉何基でバックエンド施設を支えるか等産業全体での経済性の視点を持った判断も必要