

原子力発電所等の廃止措置及び  
運転に伴い発生する  
放射性廃棄物の処分について

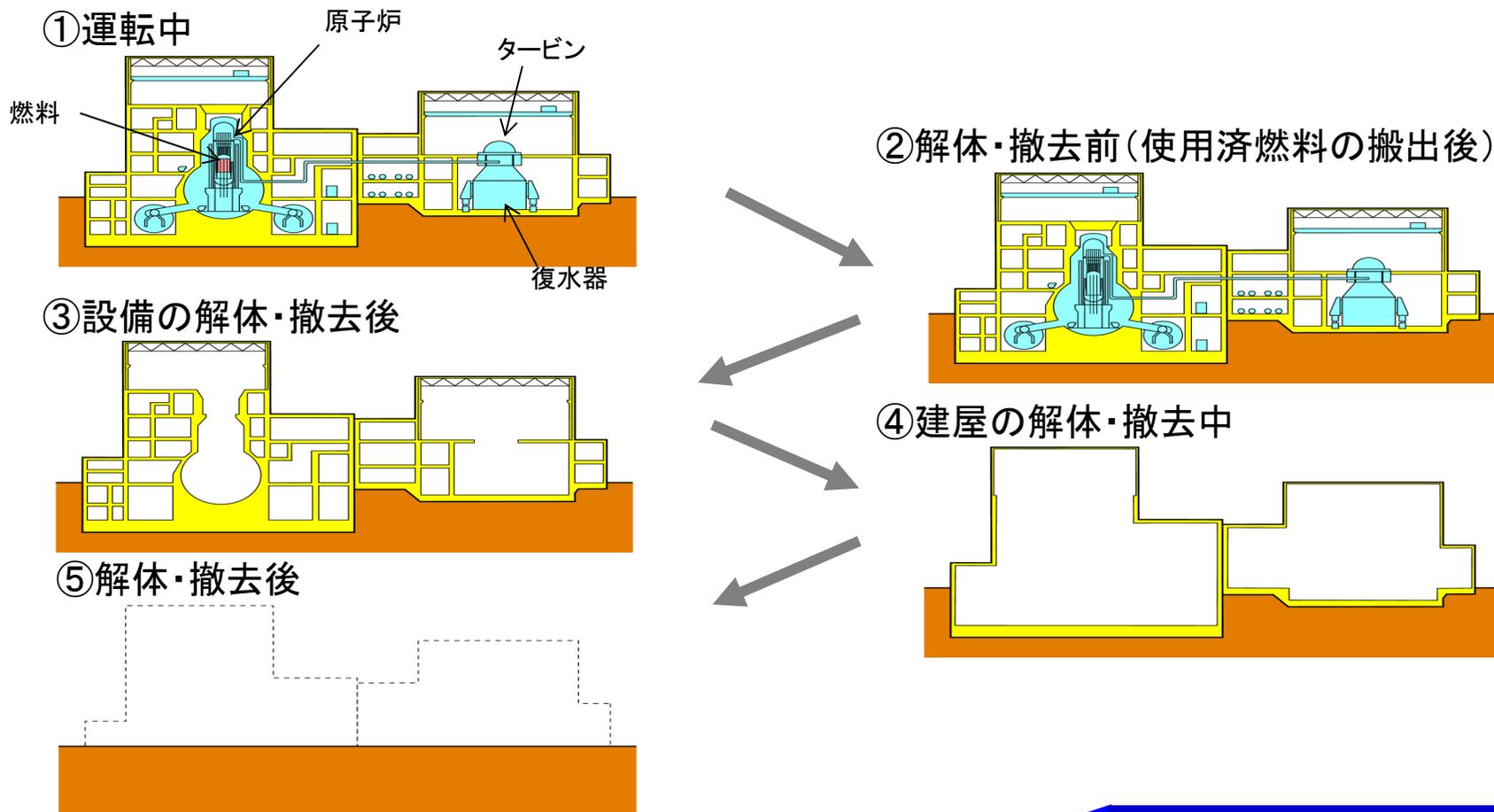
平成27年2月12日  
電気事業連合会

# I . 原子力発電所の廃止措置に伴い 発生する放射性廃棄物

# 原子力発電所の廃止措置の概念

運転を終了した原子力発電所については、廃止措置計画の認可をもって廃止措置を開始。

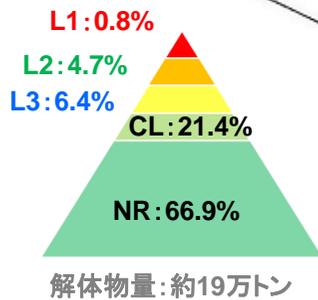
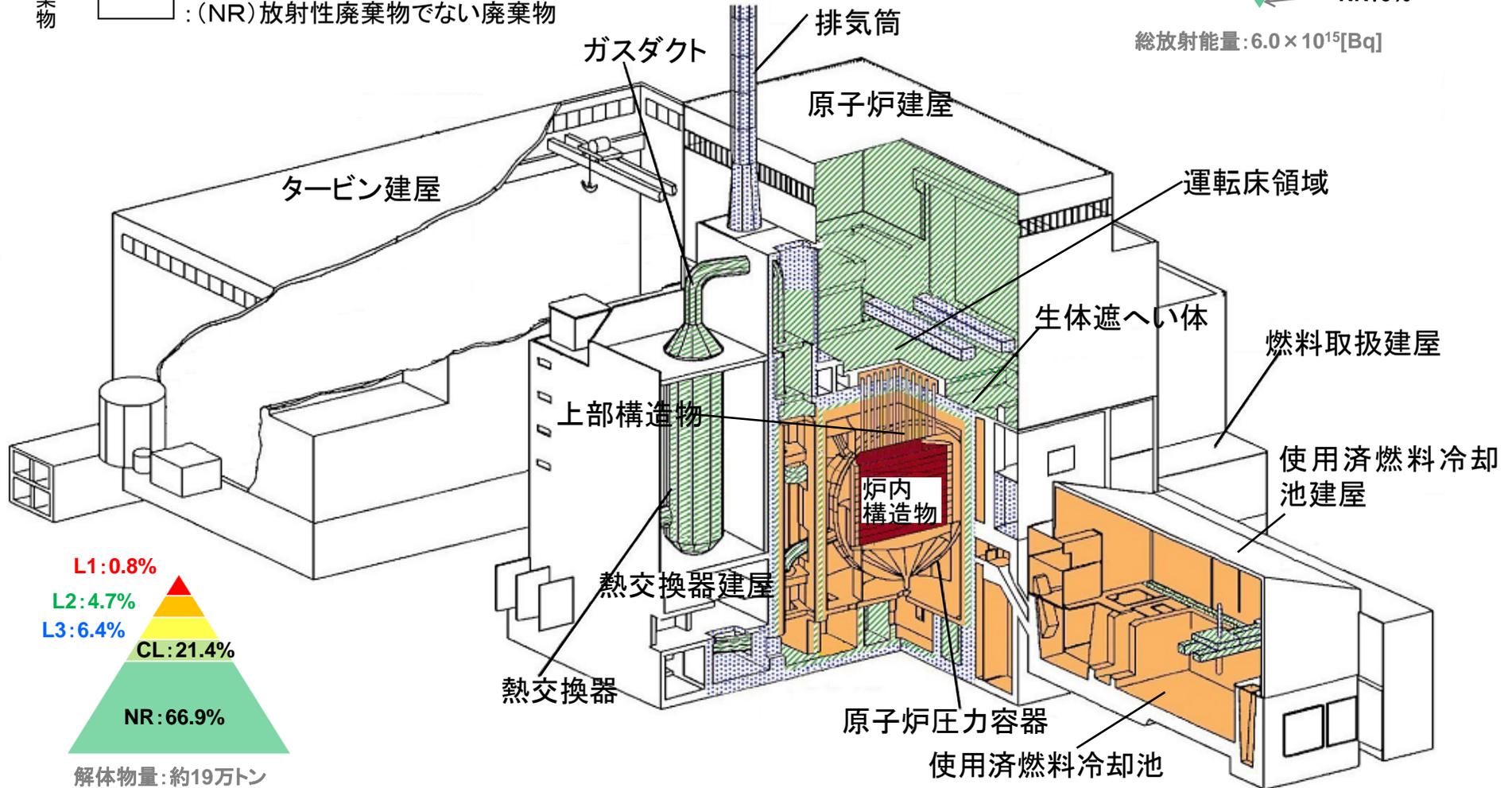
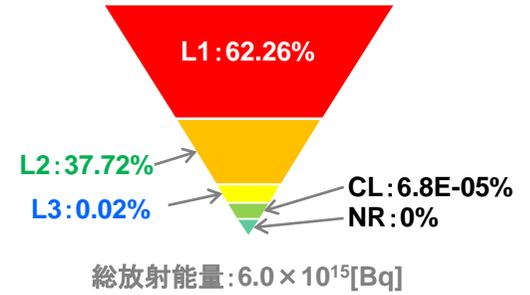
廃止措置の工程は「**使用済燃料搬出**」に続き「配管・容器内に付着している放射性物質の除去（**除染**）」、「放射能が時間とともに減衰する性質を利用し原子炉のような放射能の高い機器を安全に貯蔵（**安全貯蔵**）」、「**設備の撤去**」、「**建屋の解体**」を行うとともに、これらと並行して「**放射性廃棄物の処理・処分**」を行い、最終的に撤去した跡地の汚染確認（廃止措置終了確認）を以て廃止措置を終了。



# 廃止措置に伴い発生する廃棄物（東海発電所の例）

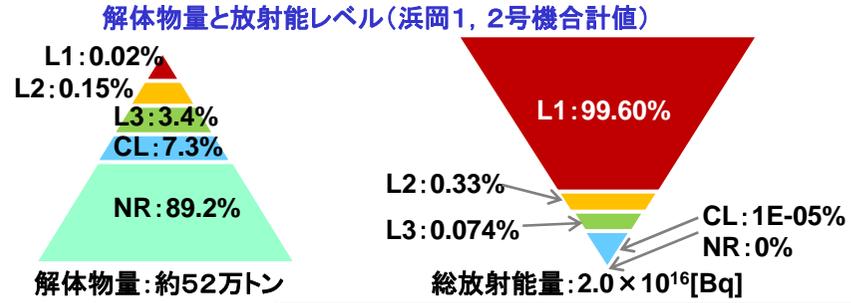
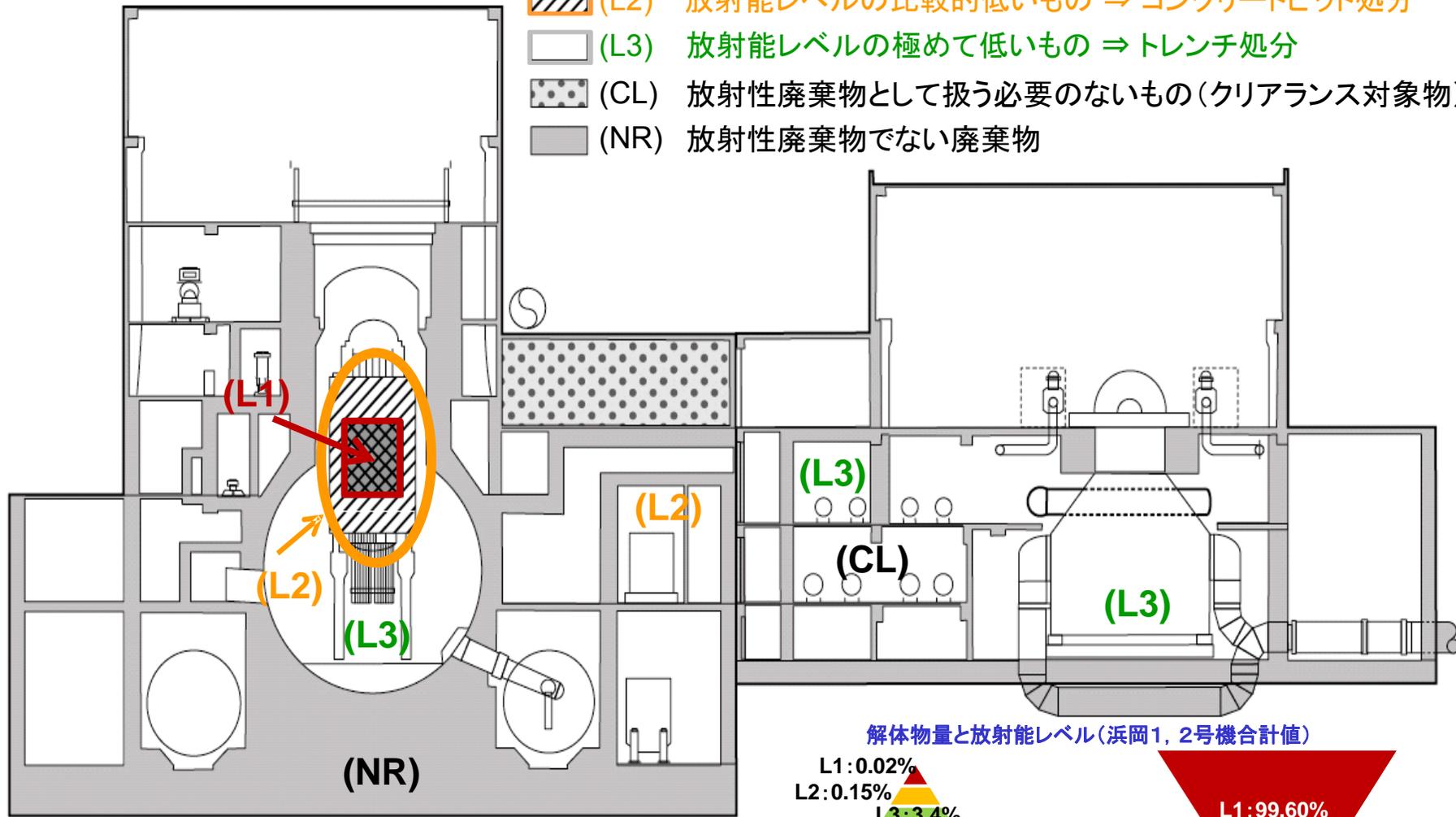
低レベル放射性廃棄物

- : (L1) 放射能レベルの比較的高いもの ⇒ 余裕深度処分
- : (L2) 放射能レベルの比較的低いもの ⇒ コンクリートピット処分
- : (L3) 放射能レベルの極めて低いもの ⇒ トレンチ処分
- : (CL) 放射性廃棄物として扱う必要のない物（クリアランス対象物）
- : (NR) 放射性廃棄物でない廃棄物

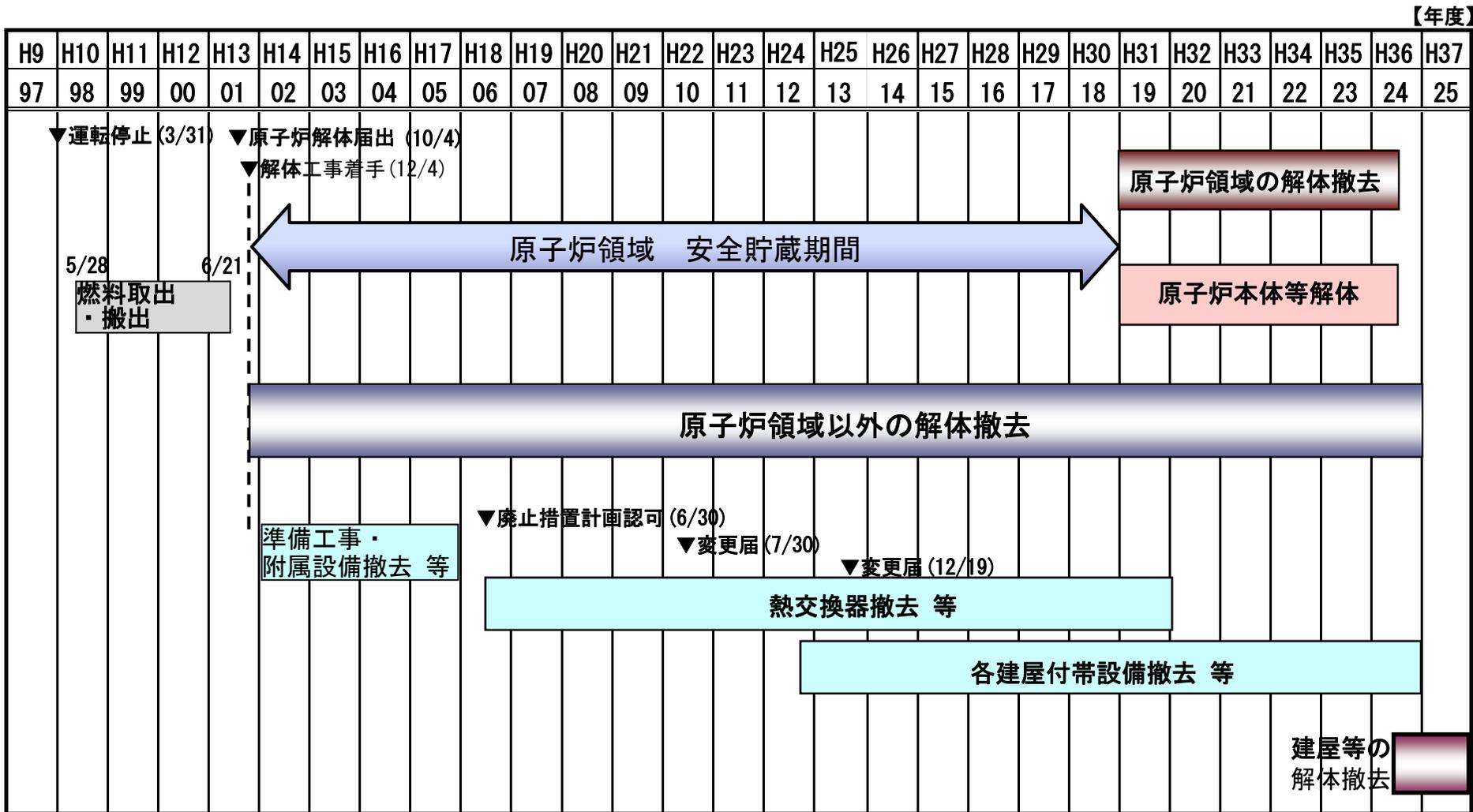


# 廃止措置に伴い発生する廃棄物（浜岡1, 2号の例）

-  (L1) 放射能レベルの比較的高いもの ⇒ 余裕深度処分
-  (L2) 放射能レベルの比較的低いもの ⇒ コンクリートピット処分
-  (L3) 放射能レベルの極めて低いもの ⇒ トレンチ処分
-  (CL) 放射性廃棄物として扱う必要のないもの（クリアランス対象物）
-  (NR) 放射性廃棄物でない廃棄物



# 廃止措置の全体スケジュール（東海発電所の例）



# 廃止措置の全体スケジュール（浜岡1, 2号の例）



# 原子力発電所の廃止措置に伴い発生する廃棄物の量

単位:ton

区分	商業用原子力発電所 (57プラント)の合計	
L1	約8,000	LLW合計: 約450,000 ⇒約2%
L2	約63,000	
L3	約380,000	
CL	約890,000	CL:約5%
NR	約18,500,000	NR:約93%
合計	約20,000,000	合計:100%

【注】東海発電所，浜岡1,2号機は実態調査を反映。それ以外は標準プラント(BWR/PWR×大中小規模)の評価データをもとに積算・集計。(建設中の2プラントは含まない)

単位:ton

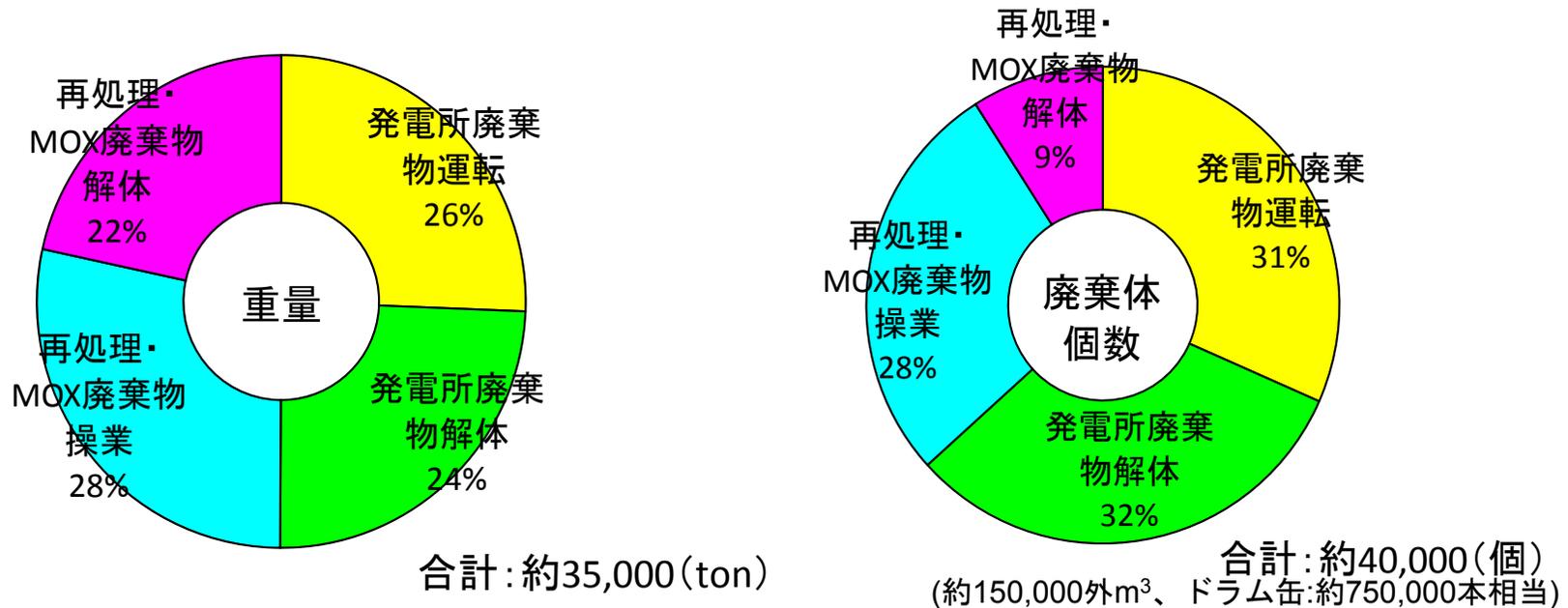
区分	BWR 小規模	BWR 中規模	BWR 大規模	PWR 小規模	PWR 中規模	PWR 大規模	GCR
L1	50	70	80	120	190	200	1,540
L2	760	830	850	710	1,230	1,720	8,950
L3	5,530	6,750	11,810	1,850	2,570	4,040	12,300
CL	9,710	9,750	28,490	3,970	8,080	11,660	41,100
NR	130,620	220,430	495,420	187,150	215,750	477,300	128,700
合計	146,670	237,830	536,650	193,810	227,820	494,920	192,400

## Ⅱ. 解体L1廃棄物(余裕深度処分対象)

## ○対象廃棄物量\*1の算定方法

- ・ 運転期間: BWR, PWR \*2 60年間(一部個別設定)、GCR 33年間、再処理・MOX \*3 40年間
- ・ 放射能濃度: 対象物の元素組成・照射履歴を想定した放射化計算(運転中放射化金属、解体廃棄物)、原子炉水からの移行評価(使用済樹脂)、先行プラントの実績等に基づき設定(再処理・MOXの雑固体廃棄物)等の方法により算定。

⇒ 省令で定めるピット処分可能な放射能濃度及び既存L2埋設施設(日本原燃(株)六ヶ所LW埋設センター1号及び2号埋設施設)の事業許可申請書に核種毎に記載されている最大放射能濃度のうち、その最小値を1核種でも上回るものを対象とした。



- \* 1 H26.12.25に原子力規制庁に提出
- \* 2 商業用原子力発電所(59プラント(建設中2プラント含む)、福島第一原子力発電所 1~3号機の解体廃棄物は除く)
- \* 3 日本原燃(株)再処理工場・MOX工場



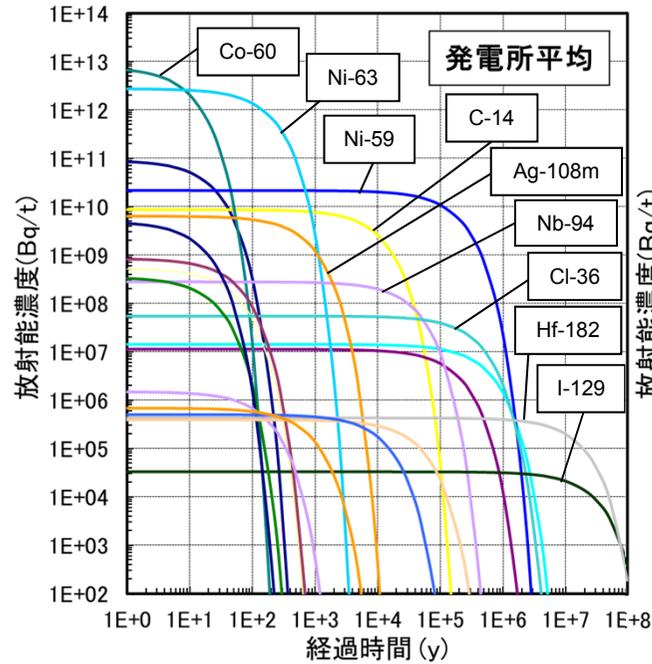


図1: 発電所平均 (Bq/t)

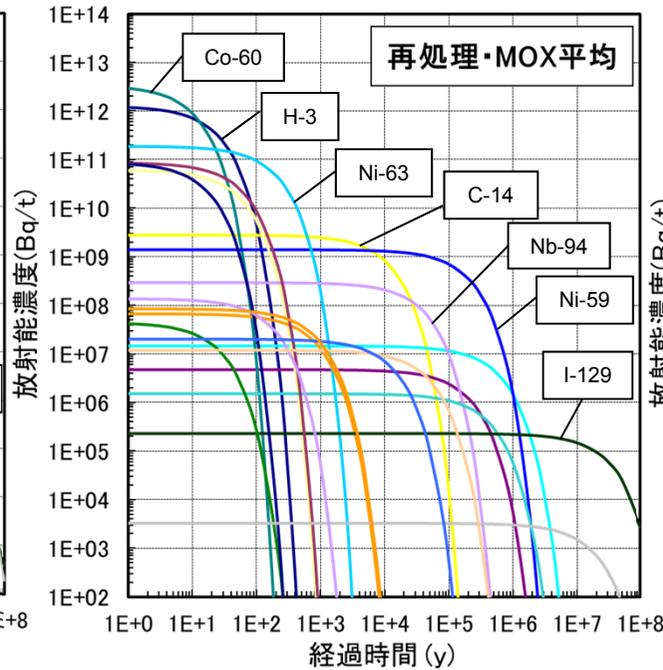
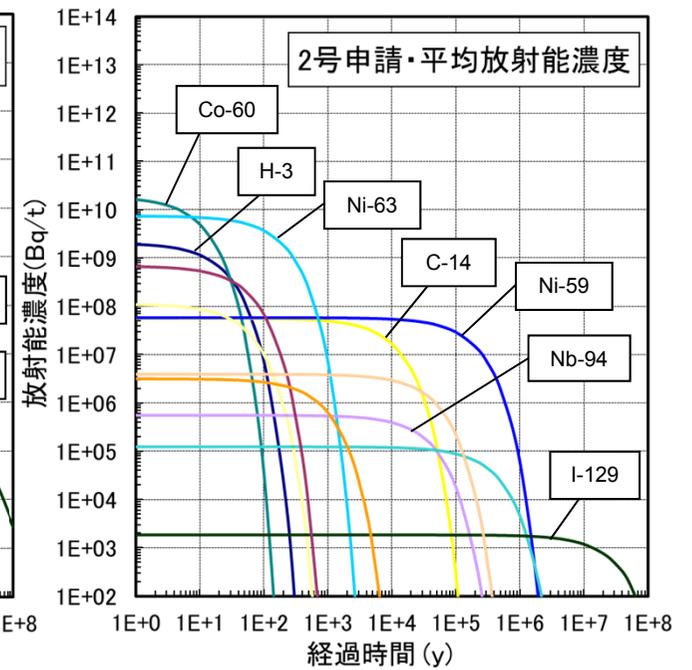


図2: 再処理・MOX平均 (Bq/t)



【参考】

図3: ピット処分対象廃棄物平均 (六ヶ所2号埋設施設) (Bq/t)

- 余裕深度処分対象廃棄物とピット処分対象廃棄物では、絶対値として2オーダー程度の差はあるものの、減衰の傾向自体に大きな差はない。
- 余裕深度処分対象廃棄物の放射能濃度は、数十万年経過後においても300年経過後のピット処分対象廃棄物の放射能濃度とほぼ同じレベル。

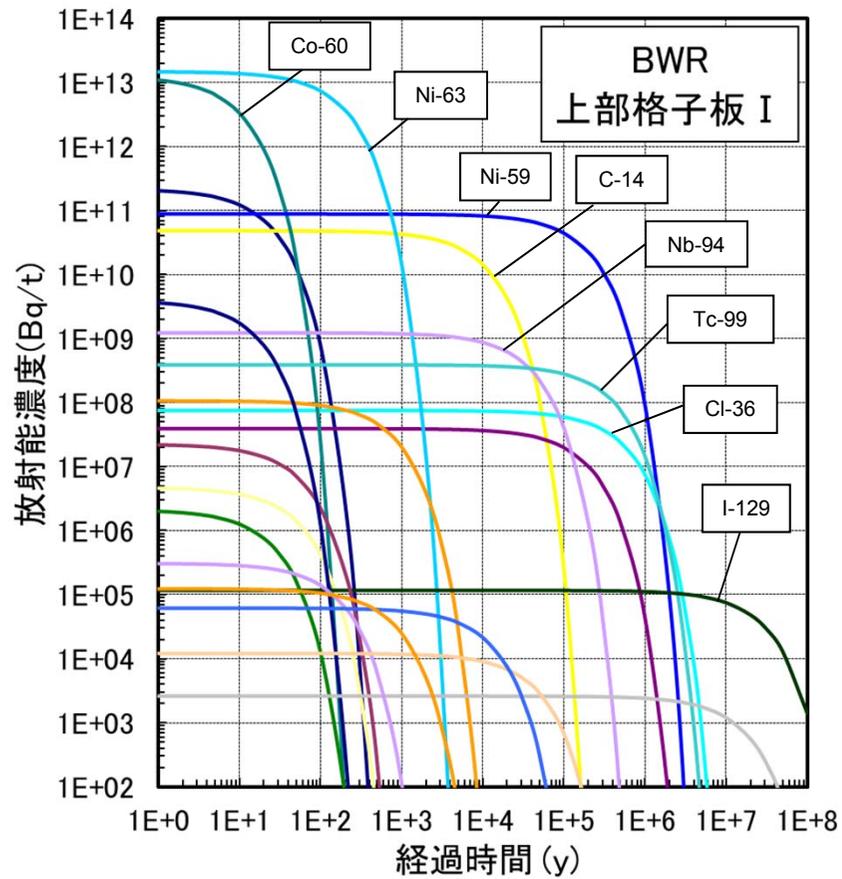


図4: BWR上部格子板 I (Bq/t)

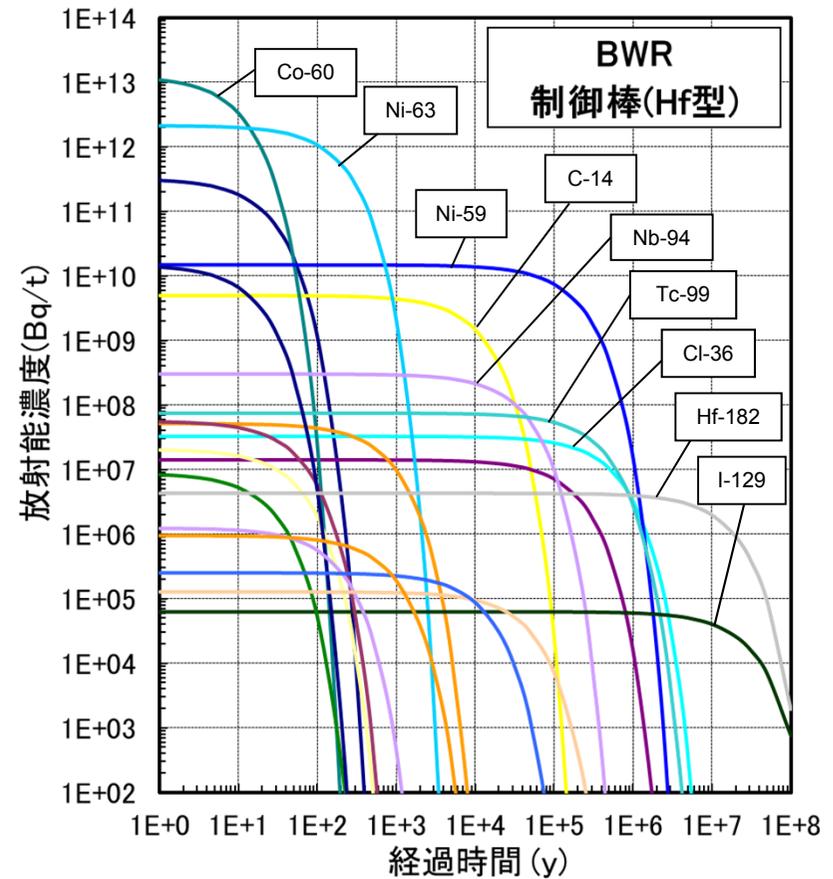


図5: BWR制御棒(Hf型)(Bq/t)

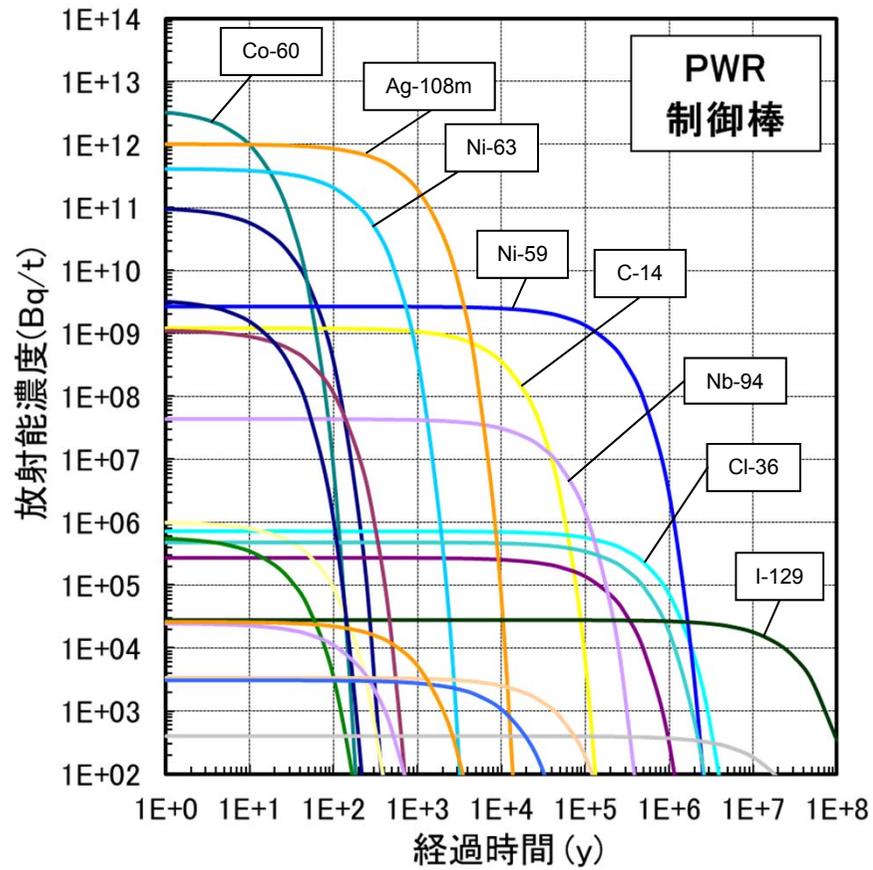


図6: PWR制御棒(Bq/t)

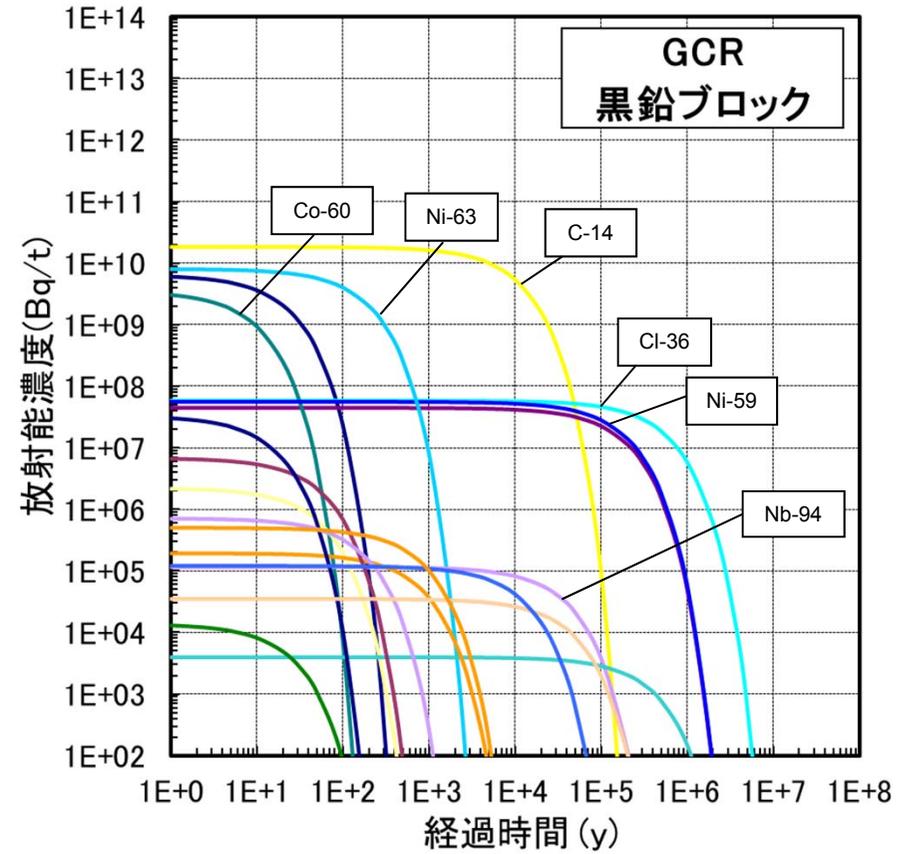
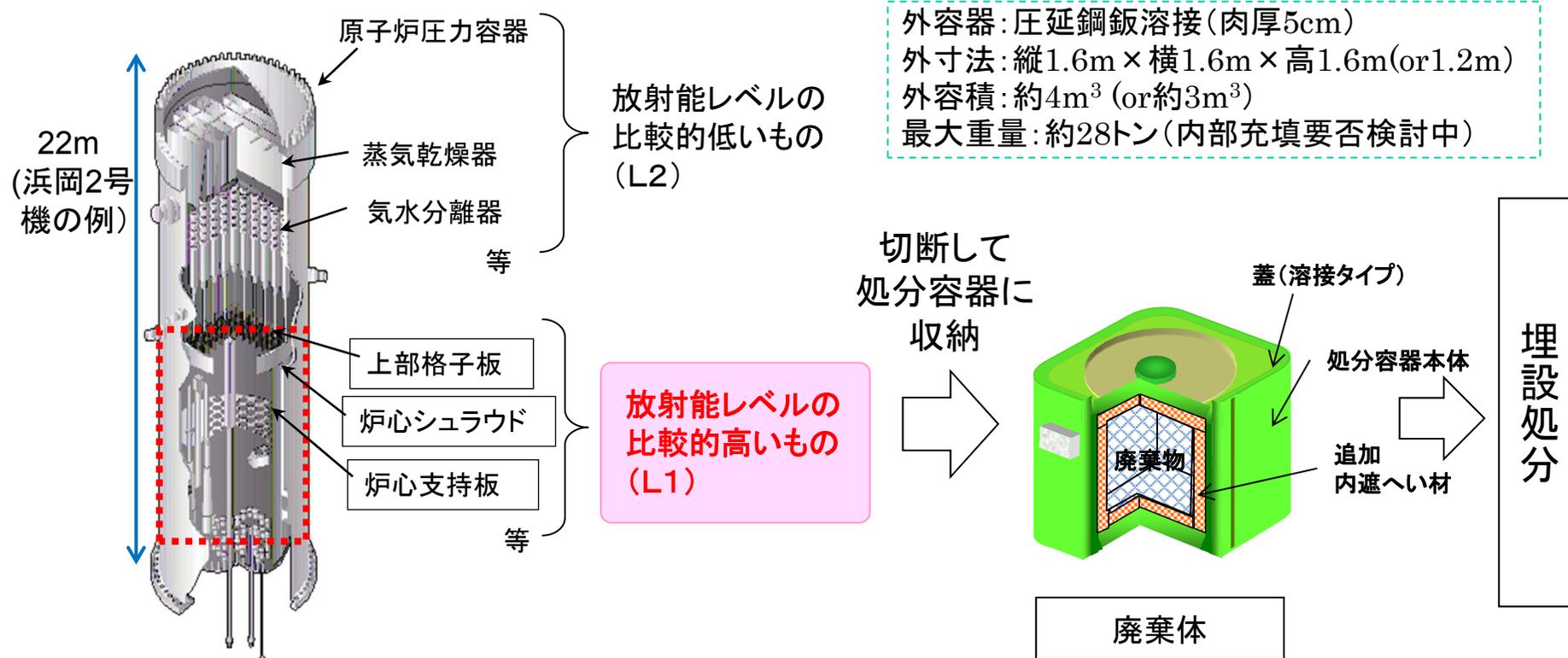


図7: GCR黒鉛ブロック(Bq/t)

- L1廃棄物は炉内廃棄物等の大型機器や、制御棒等の長尺物が多く、細かく切断して、ドラム缶に収納することは非効率的。
- 廃止措置を計画的に遂行するため、これらを安全・効率的に処分することが重要。



- 廃棄体容器: 収納効率を良くするため、大型角型容器への収納を採用する。
- ⇒規則等の見直しが望まれる。

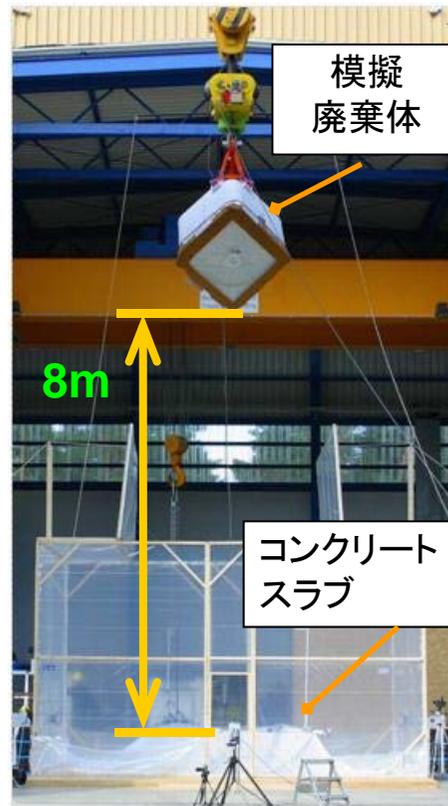


## 落下試験場

ドイツ連邦共和国 国立材料研究所(BAM)  
Federal Institute of Material Research and  
Testing, Germany



試験状況 重量:28ton

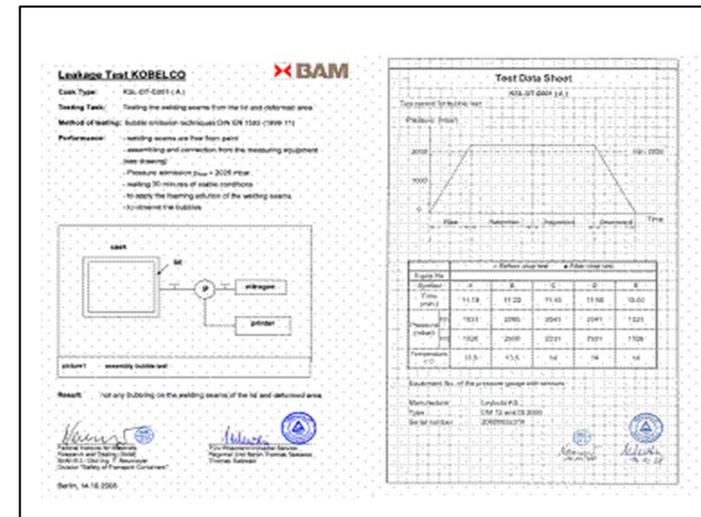


落下コーナー

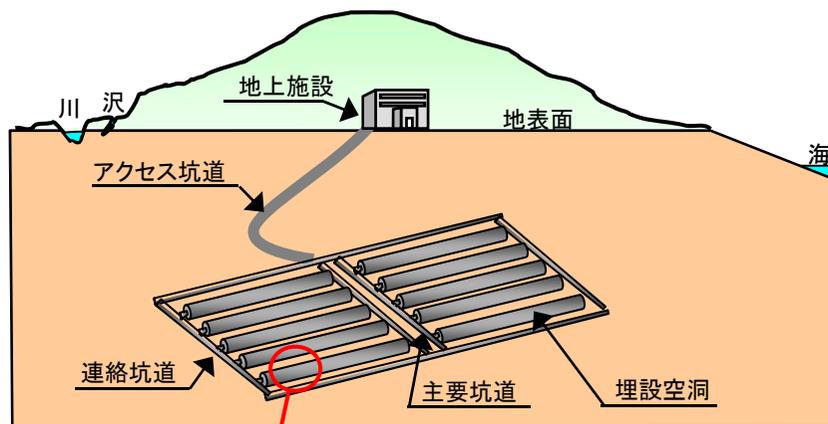


## 試験結果

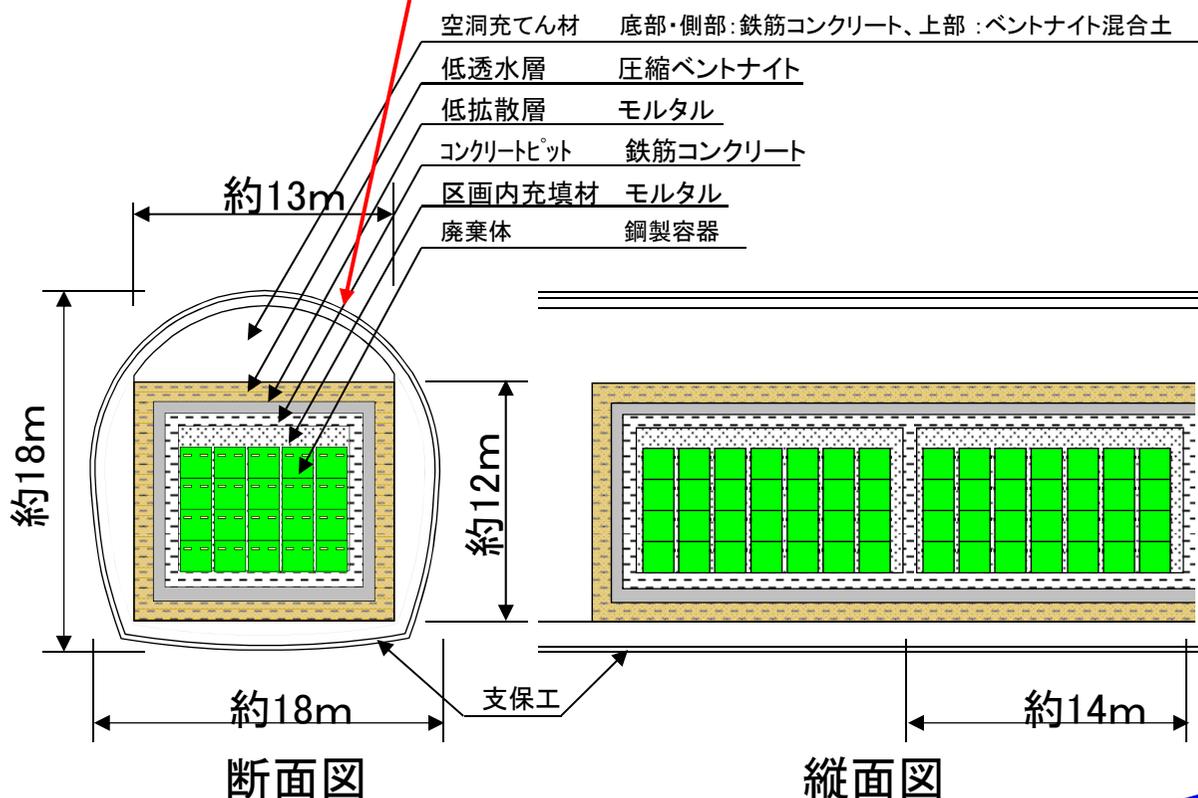
僅かに変形するものの  
貫通き裂に至らないことを確認



## 検査記録



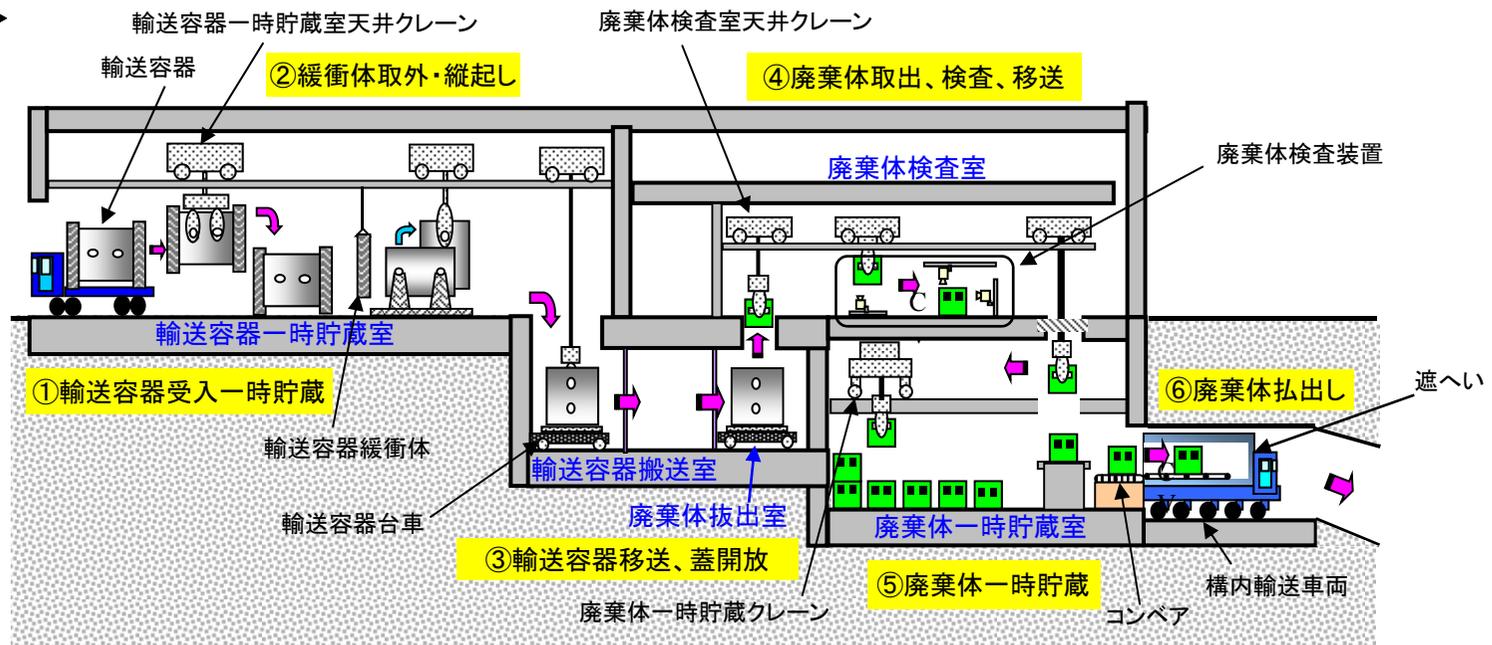
- 余裕深度処分は、住居建設などの一般的な地下利用のほか、高層建築物の建設、地下鉄、上下水道、共同溝などの利用を想定しても十分に余裕のある深度（法令では地表から50m以深）に処分する方法となっている。



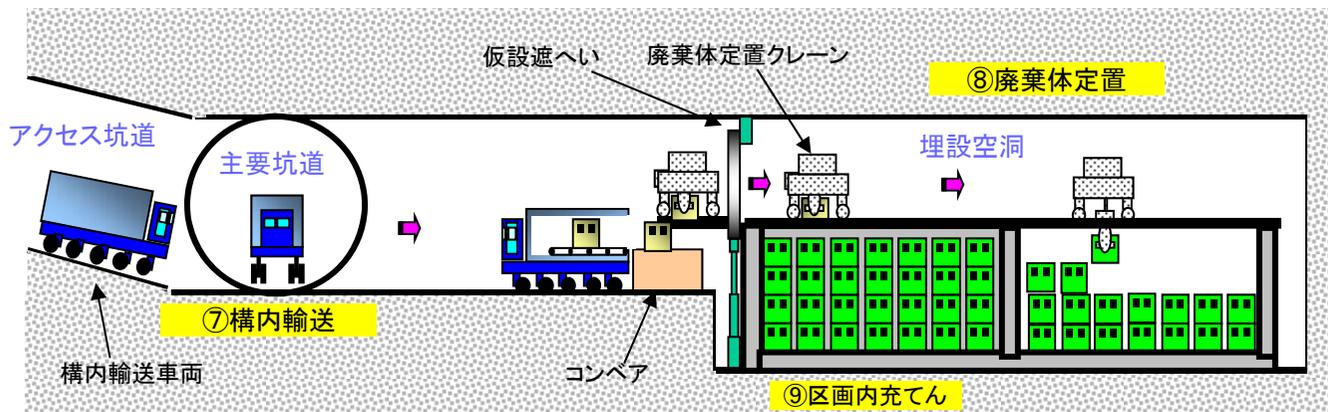
- 放射性物質の移行は、「廃棄物・廃棄体」、「天然バリア」、「人工バリア」により長期にわたり抑制する。

# 作業イメージ①（廃棄体の受入～埋設）

## <地上施設>

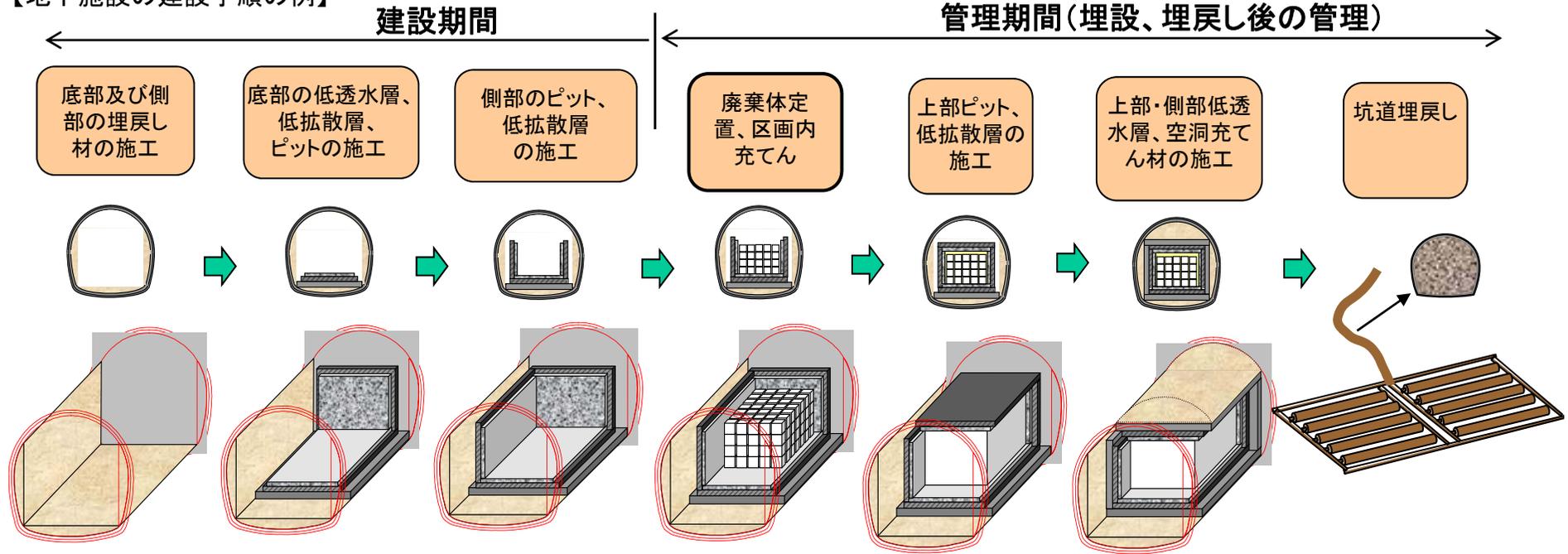


## <地下施設>

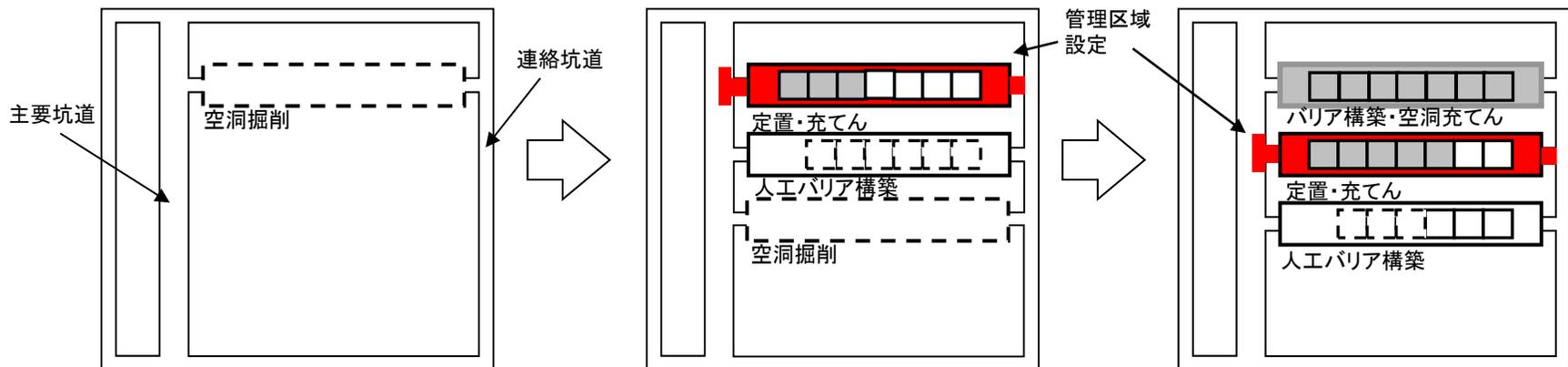


# 作業イメージ②(埋設施設の建設～坑道埋戻し)

【地下施設の建設手順の例】



【地下施設の作業工程の例】



余裕深度処分は、以下の基本的考え方に基づき、検討を進めている。

○閉じ込め機能、移行抑制機能、遮蔽機能を満たすように設計する。

○放射性物質の移行を抑制することで、地表への影響を低減する。

→「適切な地質環境の選定」、「それに基づく施設設計」により、

平成25年12月に整備された浅地中処分での審査基準<sup>\*1</sup>

「基本シナリオ: 10 $\mu$ Sv/y」「変動シナリオ: 300 $\mu$ Sv/y」を満足させる。

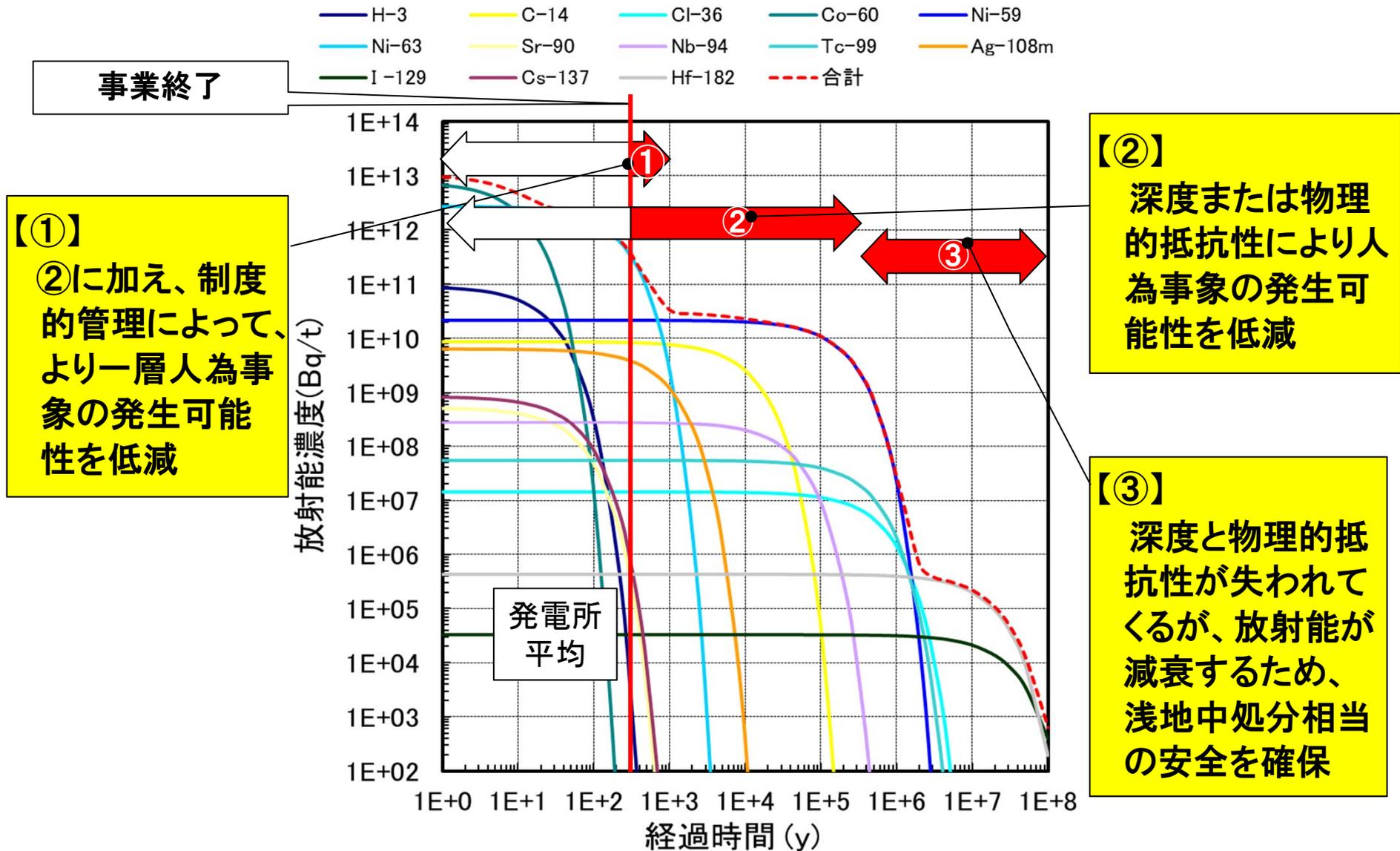
○人為事象について、放射能濃度が十分に減衰していない期間に関しては「事業終了後の放射線被ばくのリスクを低減する措置」で人為事象が起こらない、あるいは発生の可能性を低減させることを基本とする。

→それでも残る人為事象の影響は、「人為事象は人間侵入の潜在的な影響を例示(illustrations)する<sup>\*2</sup>」との国際的な考え方に基づき、例示的な評価を行う。

<sup>\*1</sup> 「第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」(平成25年11月27日, 原子力規制委員会)

<sup>\*2</sup> IAEA SSG-23 6.61

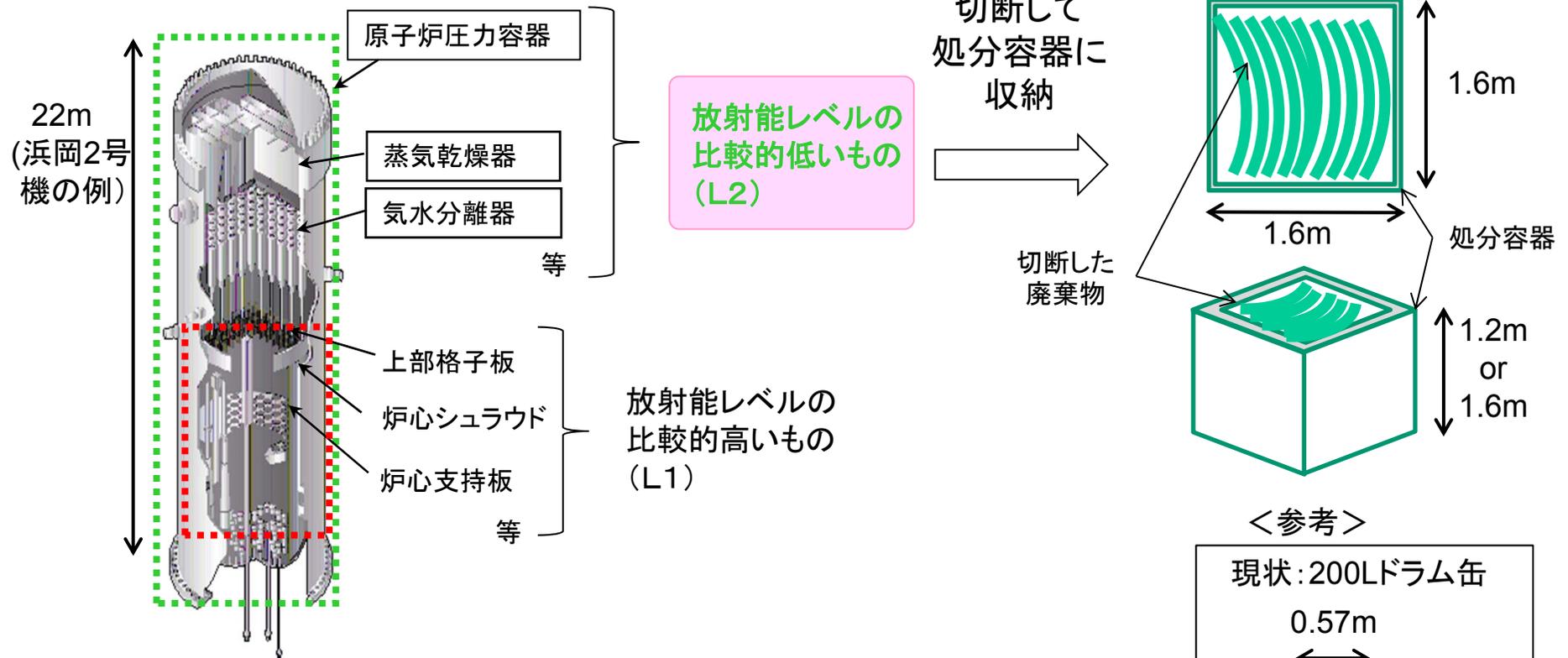
○放射能の減衰に応じた安全確保は、以下の考え方に基づき検討を進めている。



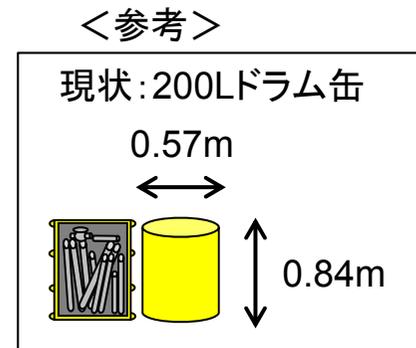
### Ⅲ. 解体L2廃棄物(ピット処分対象)

# ピット処分（処分容器）

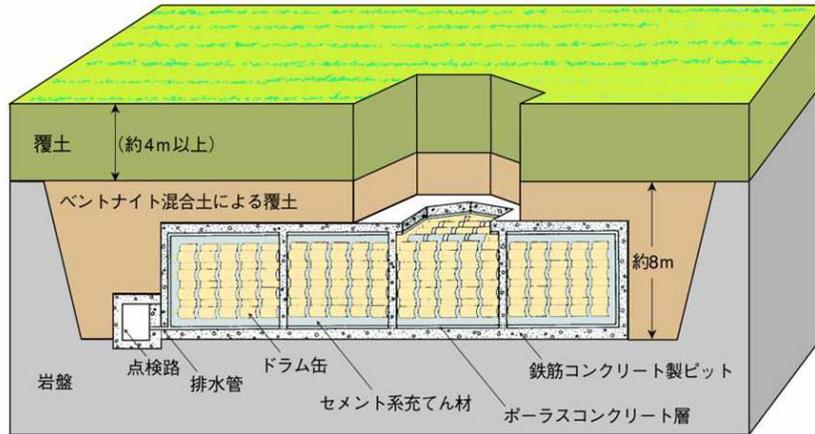
- 解体L2廃棄物は原子炉圧力容器(L1領域を除く)に代表される大型機器が多く、細かく切断して、ドラム缶に収納することは非効率的。
- 廃止措置を計画的に遂行するため、廃棄物を安全・効率的に処分することが重要。



- 処分容器： 収納効率を良くするため、大型角型容器への収納を採用する。  
⇒規則等の見直しが望まれる。



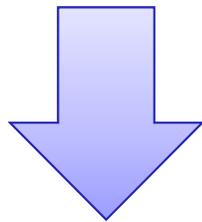
## 現在のピット処分施設



開口部面積や区画容積が指定

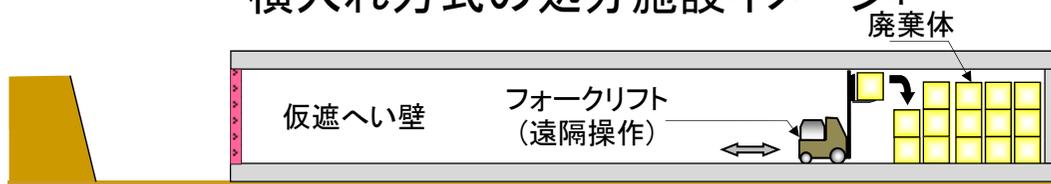


上部からドラム缶を埋設

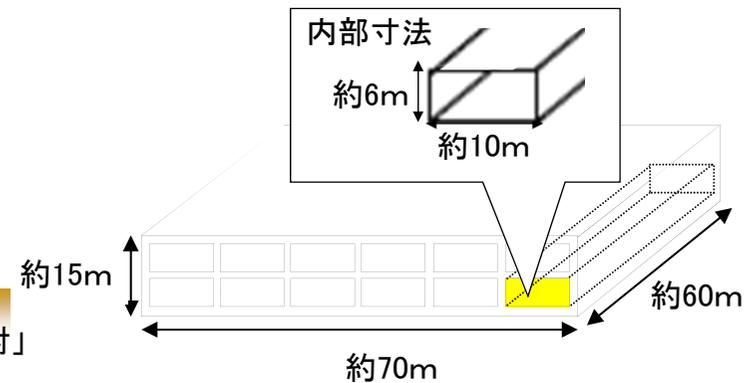


- 大型廃棄体の効率的な収納 → 大容量の埋設区画を確保
- 公衆被ばくを低減 → 横入れ方式の採用
- 敷地の有効利用 → 多層式埋設施設の採用

## 新たな処分概念の例 横入れ方式の処分施設イメージ\*



\* 原子力学会2014年春の年会「新規廃棄体を想定した処分施設の概念検討」



- 多様な施設形態に対応した規則等の見直しが望まれる。  
(例: 開口部面積制限、埋設容量制限の撤廃等)

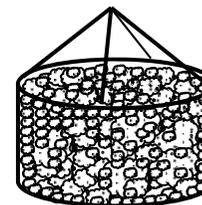
## IV. 解体L3廃棄物(トレンチ処分対象)

- 解体L3廃棄物は、原子炉周辺設備の解体で発生し、給水熱交換器(大型)や配管・弁等多種多様であり、解体初期から多量に発生する。
- 多様な立地条件に適合できる処分概念を海外事例も参考に検討している。  
例えば、処分施設を地下水位より高い位置で埋設したり遮水設備等を設置する方式など。

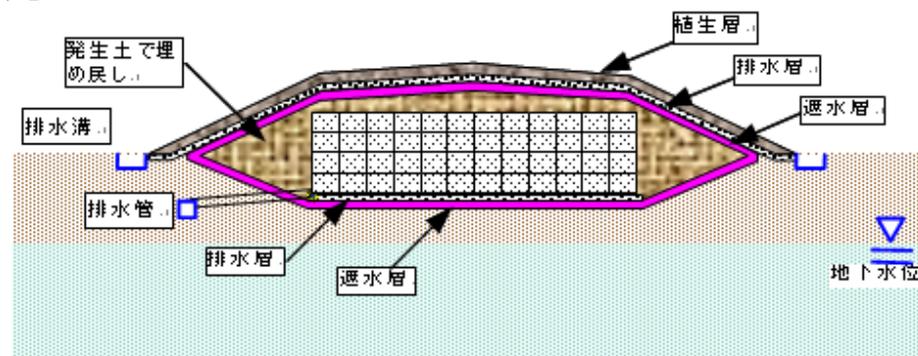
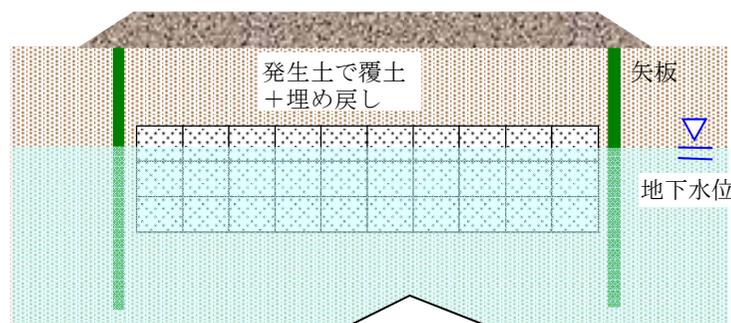
【廃棄物】

【収納容器】

コンクリート



金属



地下水位が高い場所では、従来の素掘りトレンチ式は難しい。

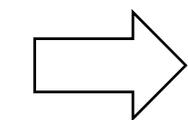
従来の方式  
(素掘りトレンチ式)

新たな処分概念の例  
(盛土式+遮水設備)

⇒ 新たな処分概念に対する規則等の適用性について検討が望まれる。

## V. クリアランス

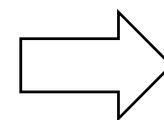
- 廃止措置で発生するクリアランス対象物は、1基当たり1万トンオーダー、年間数百トンペースでの処理が必要。
- クリアランスの認可申請から国の確認を終えるまで長期間(年単位)を要している。
- クリアランス物の再利用が円滑に進んでいない。
- このため、計画的な解体工事に支障が発生することを懸念。  
⇒クリアランス制度の定期的な施行状況の検討の実施が望まれる。



解体して、  
容器に収納



＜発電所内で測定・保管＞  
クリアランス保管容器の例  
1.3m × 1.3m × 1m



所外に搬出



＜搬出＞  
クリアランス搬出時  
の容器例

＜クリアランス対象物＞  
例  
燃料取替機(高さ約17m)  
このうちクリアランス対象  
約1,000t

## VI. 規制に関する意見

事業終了後における人為事象の発生頻度を低減させるための措置（放射線被ばく  
のリスクを低減する措置）について、以下の点を議論いただきたい。

- 余裕深度処分における、「鉱物資源がない地点への立地」、「一般的な地下利用  
のない深度での処分」、「廃棄物を強固な処分容器に入れ、鉄筋コンクリート製の  
ピット内に埋設」、更に「国による記録の保存」といった対策の有効性\*<sup>1</sup>。
- そのうえで、対象廃棄物中の放射能は事業終了後においても相当期間残存する  
こと、各国の処分制度との整合性も考慮し、事業終了後の安全性をより高める観  
点から、「国への責任継承」\*<sup>2</sup>、諸外国並の「国による掘削制限措置」を導入する  
こと。

\*<sup>1</sup> 「第二種廃棄物埋設の事業に関する安全審査の基本的考え方」（平成22年、原子力安全委員会）

\*<sup>2</sup> IAEA SSR-5「放射性廃棄物の処分」5.14

「許認可の終了に続き、必要である制度的管理の受動的方策が何であっても、これに対する責任は何らかの形で政府に移管しなければならない」

○余裕深度処分は、一般的な地下利用のない処分深度や物理的抵抗性を有し偶発的な地下利用が生じる可能性は小さいことを考慮し、人為事象に関する安全審査での取扱については、以下の点を議論いただきたい。

・安全審査の位置付け

→「人為事象は人間侵入の潜在的な影響を例示(illustrations)する\*1」との国際的な考え方に基づき例示的な評価とすること。

・想定するシナリオ

→一定以上の深度を前提とする処分形態では埋設施設を直接擾乱するシナリオは、海外でも一般的であるボーリングに限定すること。

→将来の人間活動の想定は断定的に述べることは不可能\*2なことから、国際的な考え方に基づき様式化しておくこと\*1。

・人為事象の評価対象時期

→「制度的管理の有効期間」や「物理的抵抗性が期待できる期間」を考慮した設定。

○潜在的な影響を評価するときのめやす線量

・例示的に評価する場合のめやす線量については、国内外の以下の考え方が参考となる。

→一般公衆:「1~20mSv/年」\*3,\*4、「20mSv/年を上限」\*4、「20~100mSv」\*5。

→接近者:限られた人間に短時間の影響しか与えないことや、発生確率が小さいこと等を踏まえ、一般公衆と同じにする必要はない\*6。

\*1 IAEA SSG-23 6.61    \*2 IAEA SSR-5 A6    \*3 IAEA SSR-5 2.15

\*4 「放射性固体廃棄物埋設処分及びクリアランスに係る放射線防護に関する基本的考え方について」(平成22年 放射線審議会 基本部会)

\*5 ICRP Pub. 122 4.6.2    \*6 IAEA SSG-23 6.59

○稀頻度事象は、立地選定によって避けるのが基本で、発生の可能性が著しく低い自然現象であることを考慮のうえ、以下の点を議論いただきたい。

- ・稀頻度事象の取扱

- 評価シナリオの様式化\*<sup>1</sup>。

- ・めやす線量

- シナリオに応じて「1～20mSv/y（長期間継続する被ばく）」、「20～100mSv（長期間継続しない被ばく）」といった国際的な参考レベルの適用\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> ICRP Pub.122 4.6.1 57,59,60,61

原子力発電所の廃止措置等を計画的に進めるために、以下の検討をお願いしたい。

## 【ピット処分】

- 大型機器等を効率良く収納できる処分容器の規則等\*<sup>1</sup>の整備(余裕深度処分も同様)
- 多様な施設形態に対応した規則等\*<sup>2</sup>の整備(例:開口部面積制限、埋設容量制限の撤廃等)

## 【トレンチ処分】

- 多様な立地条件に適合できる新たな処分概念に対する規則等\*<sup>3</sup>の適用性。

## 【その他】(ピット・トレンチ処分)

- 現状の原子炉施設に加え、再処理・MOX加工施設を含めた全ての廃棄物の処分が可能となる規則等\*<sup>4</sup>の整備。

## 【クリアランス】

- 計画的に解体工事を実施していくためには、クリアランス制度の迅速な運用及びクリアランス物の円滑な再利用が必要であり、そのための定期的な施行状況の検討\*<sup>5</sup>の実施。

\*<sup>1</sup>「核燃料物質等の第二種廃棄物埋設に関する措置等に係る技術的細目を定める告示」第4条

\*<sup>2</sup>「核燃料物質又は核燃料物質によつて汚染された物の第二種廃棄物埋設の事業に関する規則」第6条

\*<sup>3</sup>「核燃料物質又は核燃料物質によつて汚染された物の第二種廃棄物埋設の事業に関する規則」(定義)第一条の二

\*<sup>4</sup>「核燃料物質又は核燃料物質によつて汚染された物の第二種廃棄物埋設の事業に関する規則」第8条

\*<sup>5</sup>「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」改正法の附則第9条(平成17年5月20日)

“政府は、この法律の施行後5年を経過した場合において、新法の施行の状況を勘案し、必要があると認めるときは、新法の規定について検討を加え、その結果に基づいて必要な措置を講ずること”

原子力発電所の廃止措置を計画的に進めるために、

○廃止措置に伴い発生するすべての放射性廃棄物が、安全かつ効率的に処分できるような規制基準の整備が必要

○廃止措置に伴い発生する大量のクリアランス対象物が円滑に再利用できることが必要

であり、迅速な制度整備をお願いします。

また、放射性廃棄物の安全な処分やクリアランス物の再利用促進のために、一般の方々への理解活動をお願いします。

\* 本資料のデータ等は今後の検討より変わることがあります。

---

# 参考資料

# 参考 1 : 余裕深度処分対象廃棄物の区分

## 省令・申請書に記載されている核種ごとの最大放射能濃度 (Bq/ton)

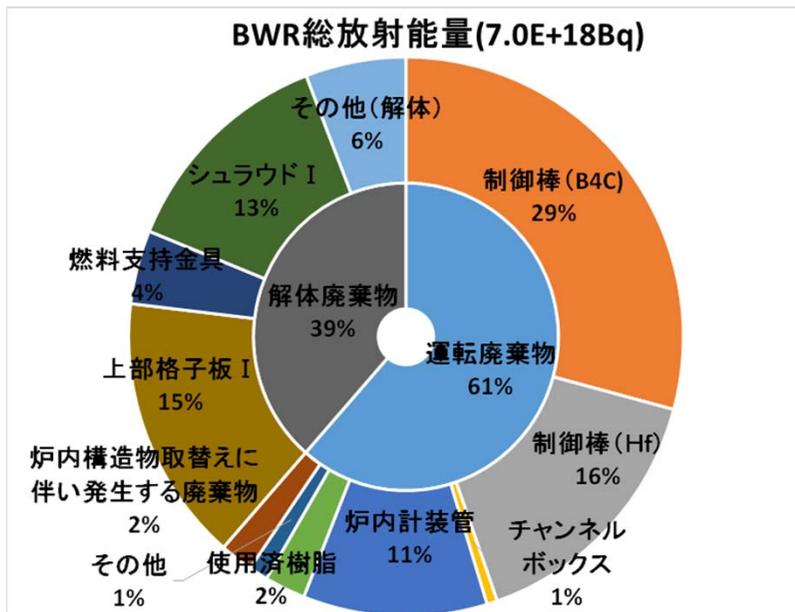
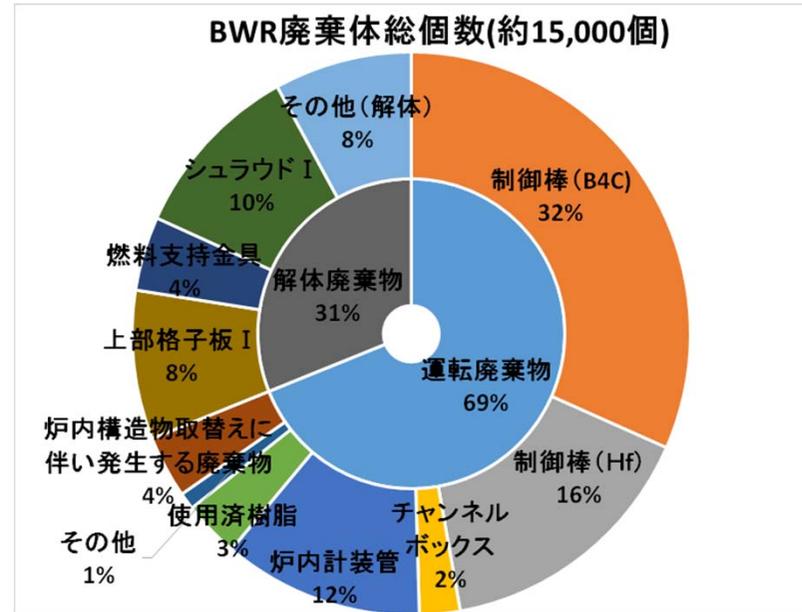
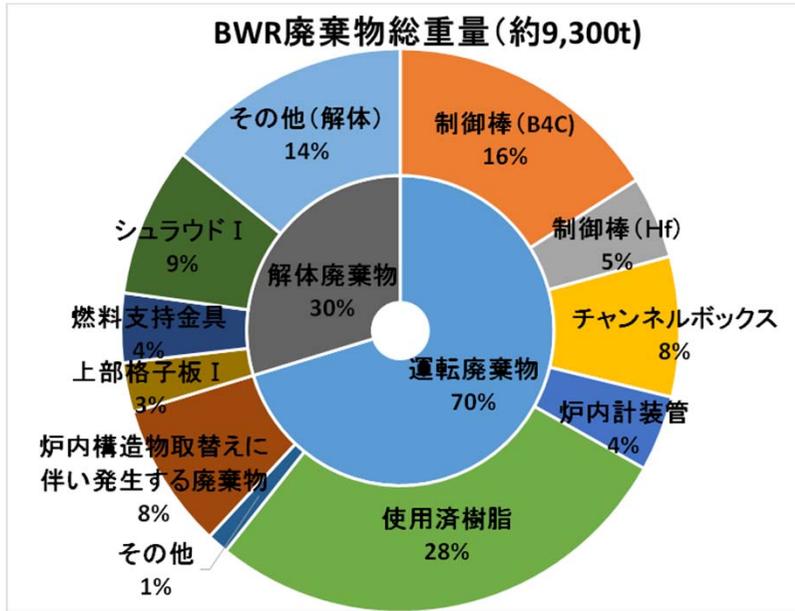
核種	①法令	②1号埋設	③2号埋設	①～③の最小値
H-3	—	$3.07 \times 10^{11}$	$1.22 \times 10^{12}$	$3.07 \times 10^{11}$
C-14	$1.00 \times 10^{11}$	$8.51 \times 10^9$	$3.37 \times 10^{10}$	$8.51 \times 10^9$
Co-60	$1.00 \times 10^{15}$	$2.78 \times 10^{12}$	$1.11 \times 10^{13}$	$2.78 \times 10^{12}$
Ni-59	—	$8.88 \times 10^9$	$8.88 \times 10^9$	$8.88 \times 10^9$
Ni-63	$1.00 \times 10^{13}$	$1.11 \times 10^{12}$	$1.11 \times 10^{12}$	$1.11 \times 10^{12}$
Sr-90	$1.00 \times 10^{13}$	$1.67 \times 10^{10}$	$6.66 \times 10^{10}$	$1.67 \times 10^{10}$
Nb-94	—	$8.51 \times 10^7$	$3.33 \times 10^8$	$8.51 \times 10^7$
Tc-99	$1.00 \times 10^9$	$1.85 \times 10^7$	$7.40 \times 10^7$	$1.85 \times 10^7$
I-129	—	$2.78 \times 10^5$	$1.11 \times 10^6$	$2.78 \times 10^5$
Cs-137	$1.00 \times 10^{14}$	$1.04 \times 10^{11}$	$4.07 \times 10^{11}$	$1.04 \times 10^{11}$
全 $\alpha$ 核種	$1.00 \times 10^{10}$	$5.55 \times 10^8$	$5.55 \times 10^8$	$5.55 \times 10^8$

「①～③の最小値」を用いて、一つでも核種濃度がこれを上回るものを余裕深度対象廃棄物に区分した。

- ①: 「核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物の第二種廃棄物埋設の事業に関する規則」の別表第一
- ②: 「六ヶ所低レベル放射性廃棄物貯蔵センター 廃棄物埋設事業許可申請書(昭和63年4月)」三・ハ 廃棄物埋設を行う放射性廃棄物に含まれる放射性物質の種類ごとの最大放射能濃度及び総放射エネルギー
- ③: 「六ヶ所低レベル放射性廃棄物貯蔵センター 廃棄物埋設事業許可申請書(平成9年1月)」三・ハ 廃棄物埋設を行う放射性物質に含まれる放射性物質ごとの最大放射能濃度及び総放射エネルギー 2号廃棄物埋設施設

# 参考 2 : 余裕深度処分対象廃棄物量 (1/5)

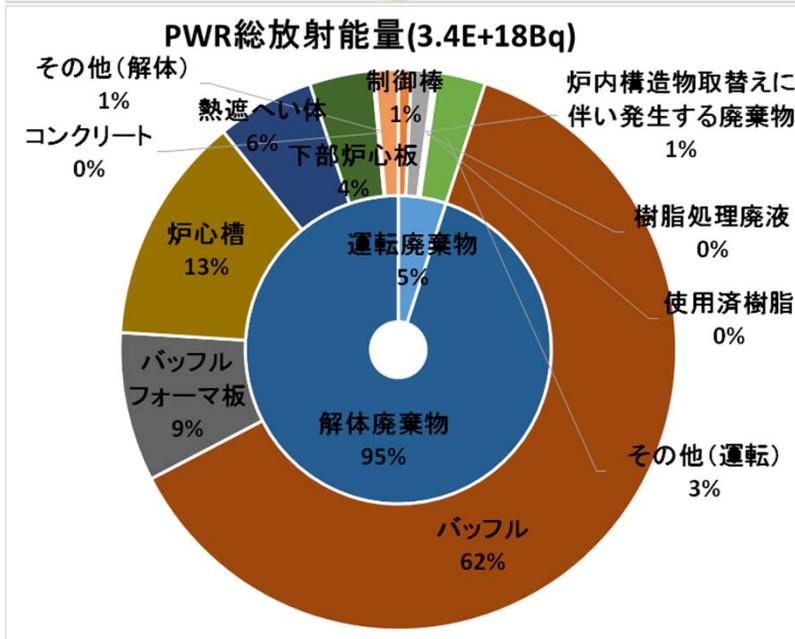
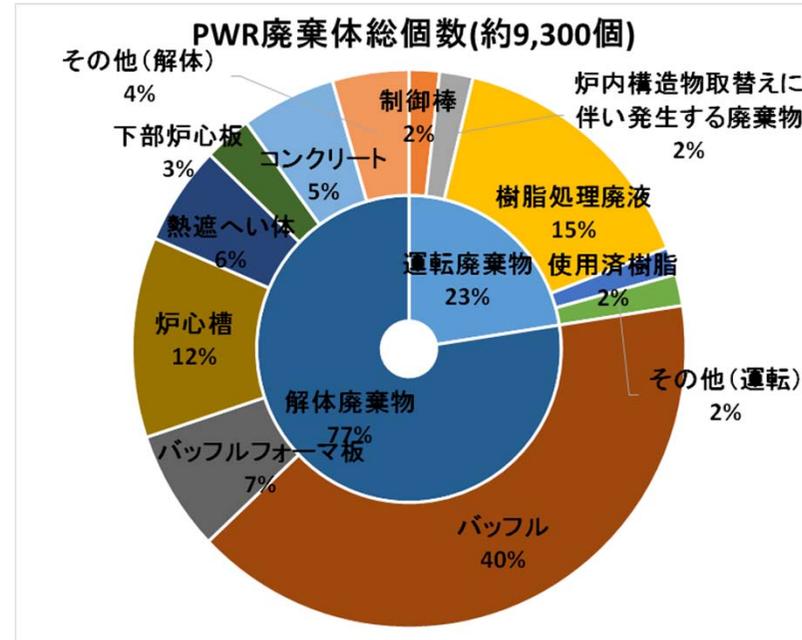
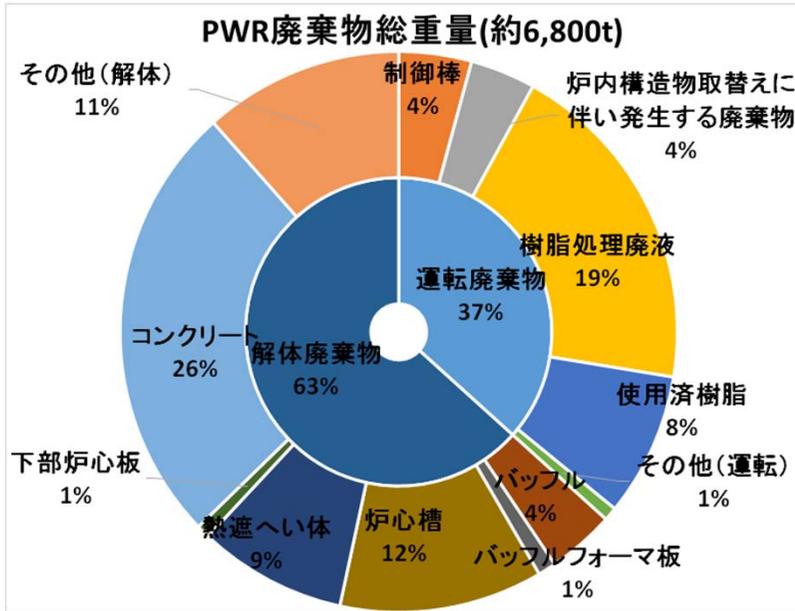
○余裕深度処分対象廃棄物の重量、廃棄体個数、放射能量(BWR)



- ・廃棄物重量の主なものは、使用済樹脂、制御棒、シュラウド。
- ・廃棄体個数や放射能量の主なものは、制御棒、上部格子板、シュラウド。

# 参考2：余裕深度処分対象廃棄物量(2/5)

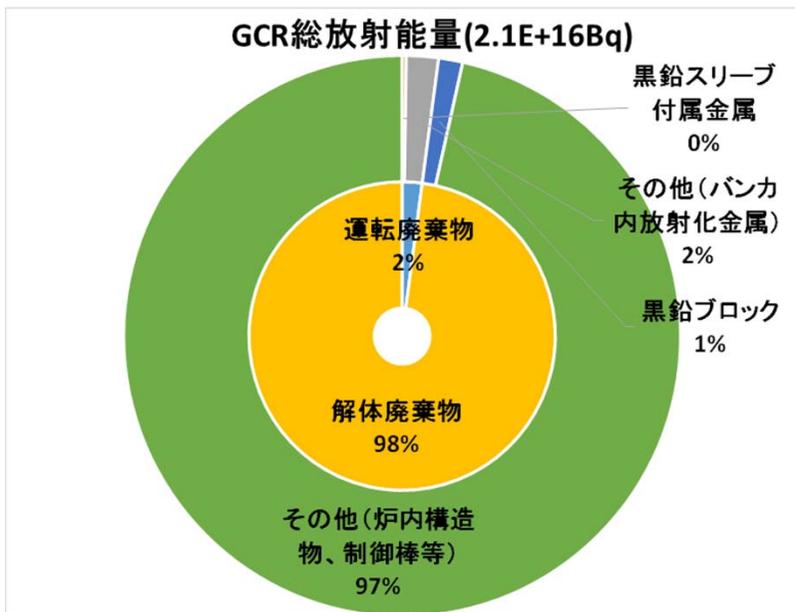
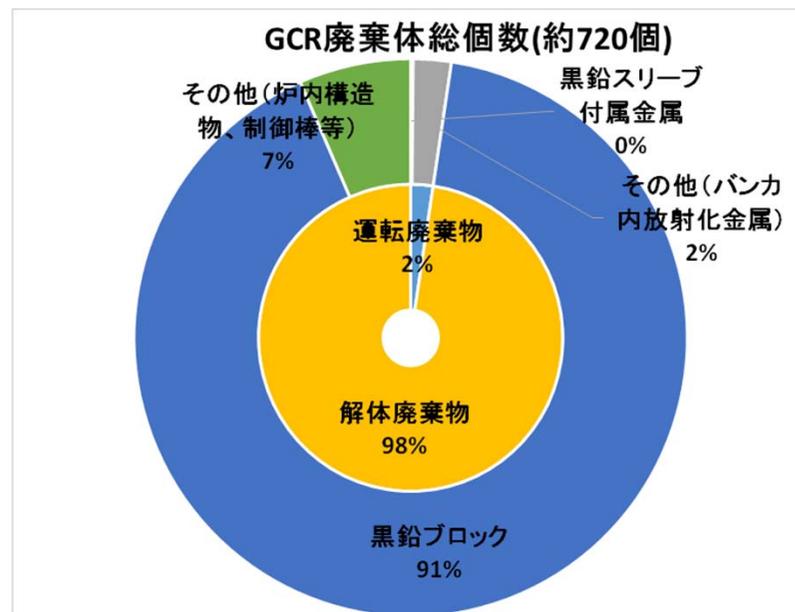
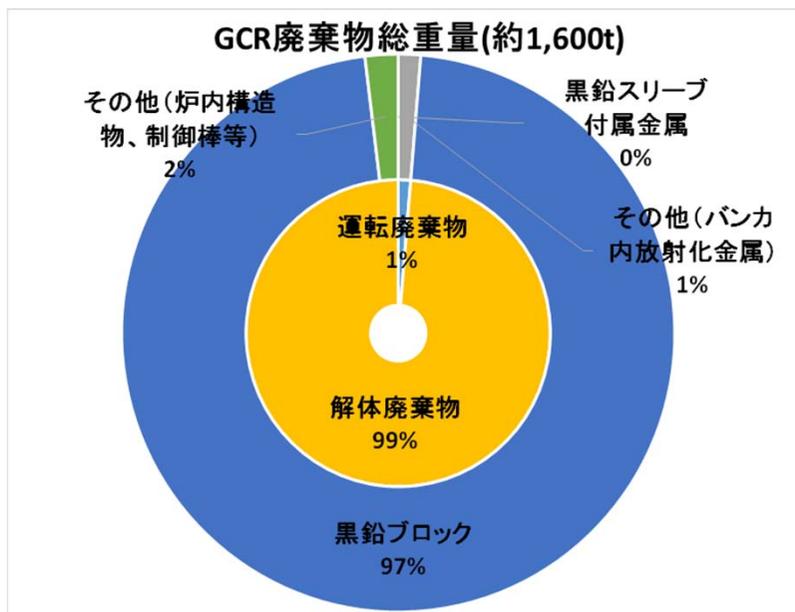
## ○余裕深度処分対象廃棄物の重量、廃棄体個数、放射能量(PWR)



- ・廃棄物重量の主なものは、コンクリート、樹脂処理廃液、炉心槽。
- ・廃棄体個数や放射能量の主なものは、バッフル、炉心槽、バッフルフォーマ板。

## 参考2：余裕深度処分対象廃棄物量(3/5)

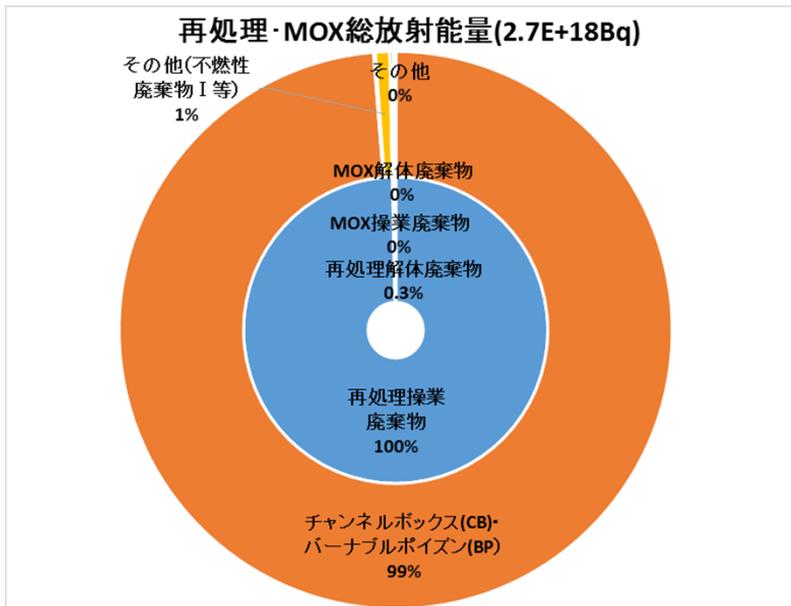
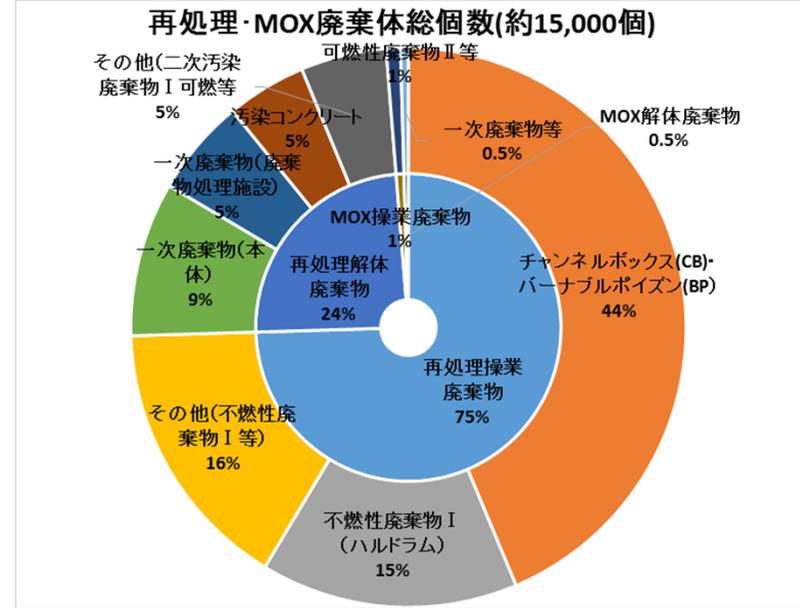
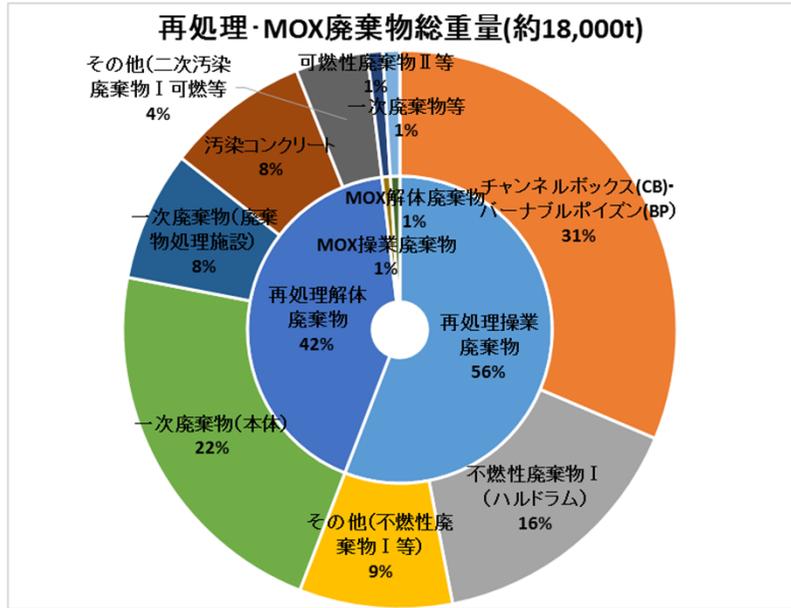
○余裕深度処分対象廃棄物の重量、廃棄体個数、放射能量(GCR)



- ・廃棄物重量の主なものは、黒鉛ブロック。
- ・廃棄体個数や放射能量の主なものは、炉内構造物、制御棒。

# 参考2：余裕深度処分対象廃棄物量(4/5)

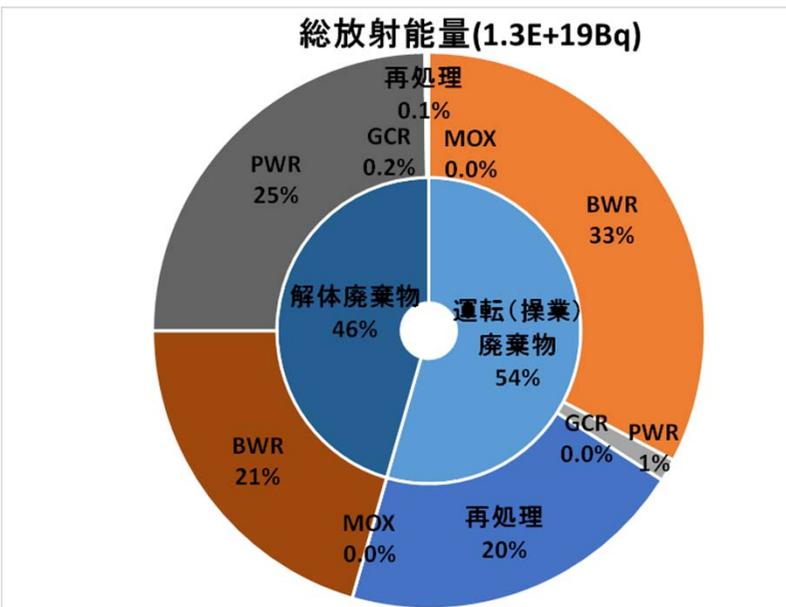
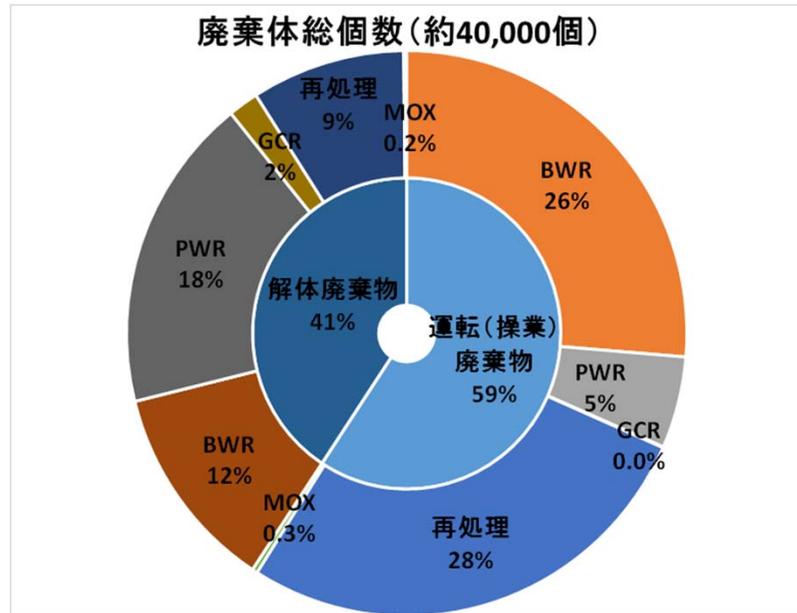
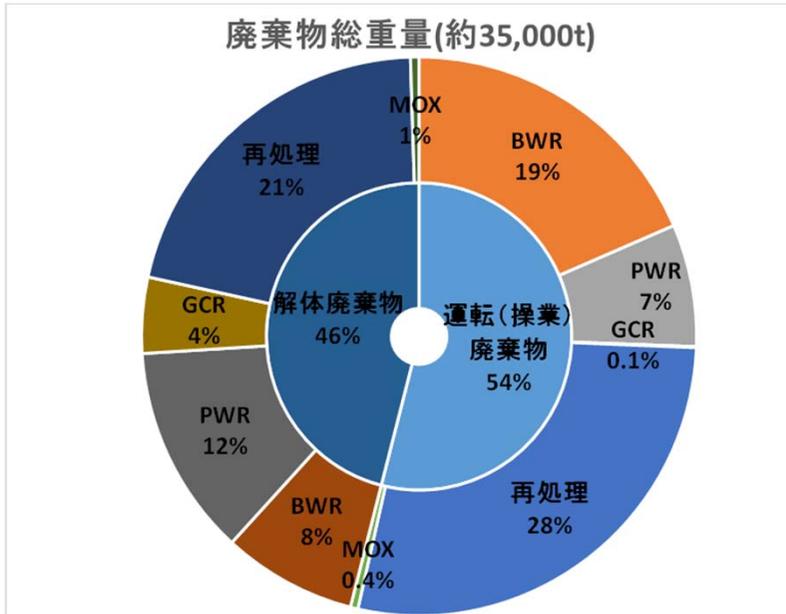
○余裕深度処分対象廃棄物の重量、廃棄体個数、放射能量(再処理・MOX加工施設)



- ・廃棄物重量の主なものは、チャンネルボックス・バーナブルポイズン、本体解体廃棄物。
- ・廃棄体個数や放射能量の主なものは、チャンネルボックス・バーナブルポイズン。

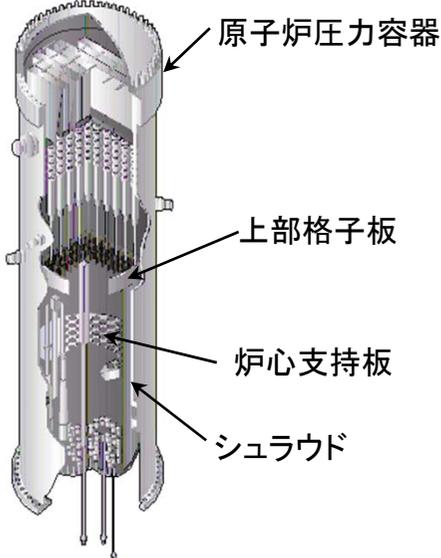
# 参考 2 : 余裕深度処分対象廃棄物量 (5/5)

○余裕深度処分対象廃棄物の重量、廃棄体個数、放射エネルギーの合計値



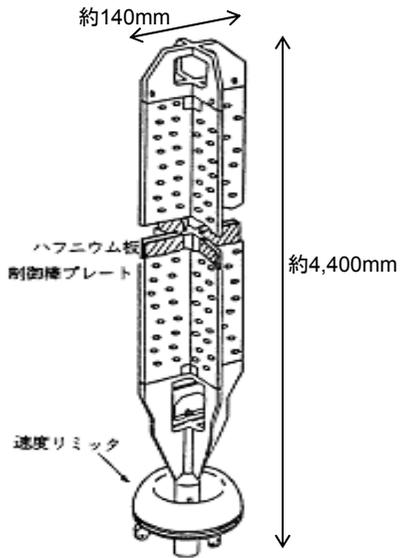
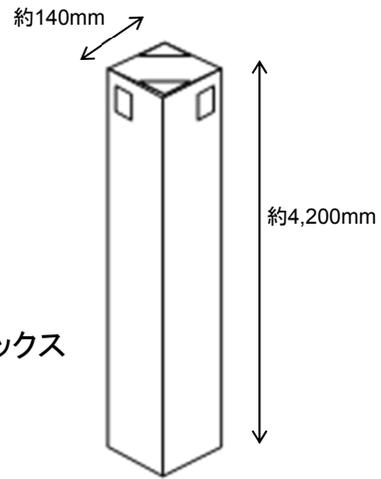
- ・廃棄物重量の主なものは、再処理操作・解体、BWR運転廃棄物。
- ・廃棄体個数や放射エネルギーの主なものは、BWR運転・解体、PWR解体、再処理操作廃棄物。

## ○BWR解体廃棄物

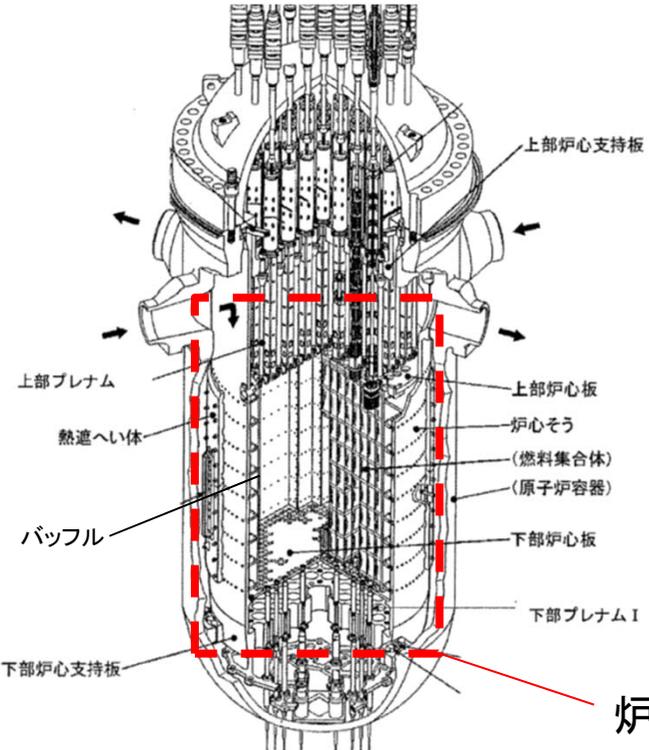
シュラウド	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・材質は、SUS304または、SUS316L</li> <li>・SUS304のシュラウドは、廃止措置までに、SUS316Lに交換することを想定。</li> <li>・SUS316Lは、廃止措置までに交換はしないことを想定。</li> </ul>
主な仕様	<div style="text-align: center;">  </div> <hr style="border-top: 1px dotted black;"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>・シュラウド 材質 SUS304または、SUS316L 16ton～50ton(シュラウドのうち余裕深度処分対象部分。プラント規模により異なる。)</li> </ul>

# 参考3：余裕深度処分対象廃棄物の例(2/6)

## OBWR運転廃棄物

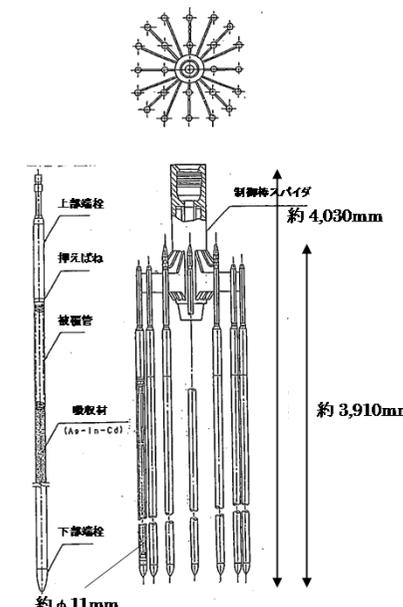
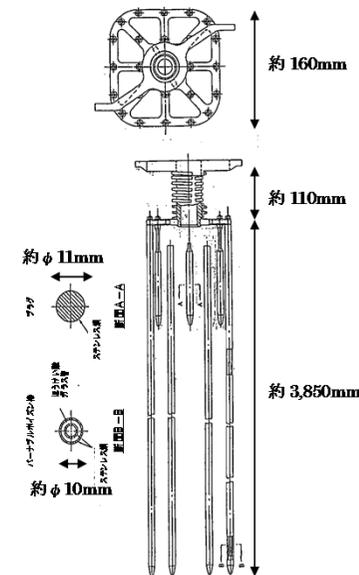
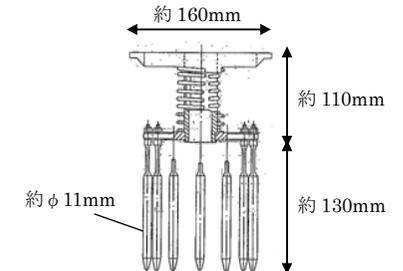
	制御棒	チャンネルボックス
<p><b>特徴</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・吸収体はハフニウム板(その他、棒型、フラットチューブ型あり。)</li> <li>・本体(ハフニウム板、シース、タイロッドなど)と速度リミッタで構成</li> <li>・ハフニウム板以外の材質はSUS316L。</li> <li>・運転サイクルにより出力調整のため、一部が燃料有効領域に挿入、残りが燃料有効領域外に位置する。</li> <li>・他の吸収体に、ボロンカーバイド(B<sub>4</sub>C)がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・材質はジルカロイ4。</li> <li>・燃料集合体に装着して使用。</li> </ul>
<p><b>主な仕様</b></p>	<div style="text-align: center;">  <p>制御棒(ハフニウム)概略図(例)</p> </div> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>・制御棒1体あたり約100kg             <ul style="list-style-type: none"> <li>本体部 ハフニウム板:ハフニウム約45kg</li> <li>ハフニウム板以外:SUS316L 約45kg</li> <li>速度リミッタ部:SUS316L 約10kg</li> </ul> </li> </ul>	<div style="text-align: center;">  <p>チャンネルボックス概略図(例)</p> </div> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>・チャンネルボックス1体あたり約37.2kg             <ul style="list-style-type: none"> <li>本体部:ジルカロイ4 約37kg</li> <li>スペーサ部:ジルカロイ4+SUS304 約0.2kg</li> </ul> </li> </ul>

## OPWR解体廃棄物

	炉内構造物
<p><b>特徴</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・炉内構造物は、炉心を構成している構造物で、燃料集合体および制御棒の支持および位置決め、一次冷却材の流路形成および流量配分を行なう機能を有している。その構造は大別すると、下図に示すとおり上部炉心構造物と下部炉心構造物により構成され、各々の構造物で燃料集合体を上下から挟み込む構造となっている。</li> <li>・材質はSUS304。</li> </ul>
<p><b>主な仕様</b></p>	<div style="text-align: center;">  </div> <p>モデルプラントの余裕深度処分対象廃棄物(炉内構造物)の重量</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・4ループプラント:約110t/プラント</li> <li>・3ループプラント:約100t/プラント</li> <li>・2ループプラント:約65t/プラント</li> </ul>

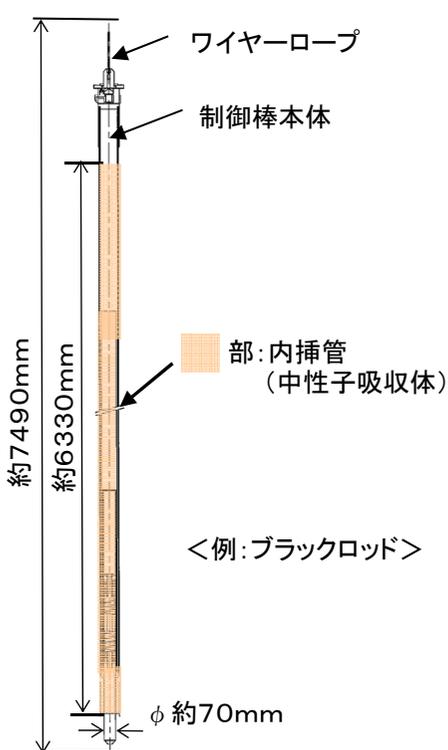
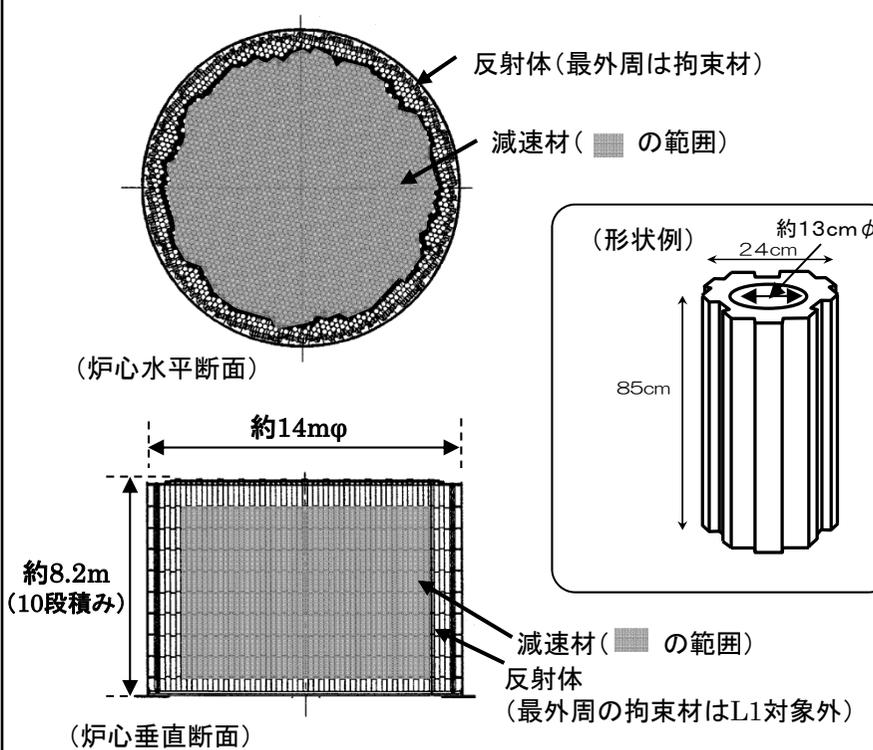
# 参考3：余裕深度処分対象廃棄物の例(4/6)

## OPWR運転廃棄物

	制御棒	バーナブルポイズン	プラグングデバイス
特徴等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・吸収体はAg-In-Cd合金、被覆管はSUS304等。</li> <li>・運転サイクルにより制御バンク(先端部が燃料有効領域に挿入)、AROバンク(燃料有効部外に位置)に用いられている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・吸収体はホウケイ酸ガラス、被覆管はSUS304。この他発生量は少ないが吸収体にアルミペレット、被覆管にジルカロイのものあり。評価では発生量が多いホウケイ酸ガラスのタイプで代表。</li> <li>・燃料有効長にわたり挿入され、同じ場所に位置する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・材質はSUS304。</li> <li>・燃料有効部外と同じ場所に位置している。</li> </ul>
主な仕様	 <p>制御棒1体あたり約58kg</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・吸収体: Ag-In-Cd合金 16個、約3kg/個</li> <li>・被覆管: SUS304 16個、約0.5kg/個</li> <li>・スパイダ本体: SUS304 1個、約3kg</li> </ul>	 <p>バーナブルポイズン1体あたり約18kg</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・吸収体: ホウケイ酸ガラス(B<sub>4</sub>C) 16個、約0.4kg/個</li> <li>・被覆管: SUS304 16個、約0.6kg/個</li> <li>・ホールドダウン組立体 1個、約2kg/個</li> </ul>	 <p>プラグングデバイス1体あたり約5kg</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・シンプルプラグ: SUS304 16個、約0.2kg/個</li> <li>・ホールドダウン組立体 1個、約2kg/個</li> </ul>

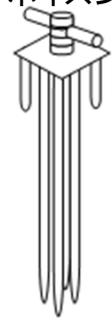
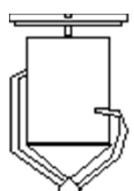
# 参考3：余裕深度処分対象廃棄物の例(5/6)

## OGCR運転・解体廃棄物

	制御棒	黒鉛ブロック
<p><b>特徴</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・制御棒は鋼管で被覆されたボロン鋼管(ブラックロッド)または鋼管(グレイロッド)</li> <li>・炉心内に98本装荷されており、グループ別(安全棒、微調整棒、粗調整棒、トリミング棒、平坦化棒)に使い分けている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・材質は黒鉛。原子炉内の減速材、反射材、拘束材に用いられている。</li> </ul>
<p><b>主な仕様</b></p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>・吸収体: ボロンステンレス鋼又は炭素鋼</li> <li>・制御棒本体: ステンレス鋼</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>・減速材: 黒鉛(ペシネ1級) 約17,920個</li> <li>・反射材: 黒鉛(ペシネ3級) 約10,110個</li> <li>・重量: 約52kg/個</li> </ul>

# 参考3：余裕深度処分対象廃棄物の例(6/6)

## ○再処理・MOX 運転・解体廃棄物

	操業廃棄物		解体廃棄物 (再処理・MOX共通)
	放射化金属 (CB・BP)	汚染廃棄物 (再処理・MOX共通)	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・使用済燃料から取り出したチャンネルボックス(CB)・バーナブルポイズン(BP)の切断片。</li> <li>・チャンネルボックスは、①BWR運転廃棄物の例に示す。(材質:ジルカロイ、ステンレス鋼等)</li> <li>・バーナブルポイズンは③PWR運転廃棄物の例に示す。(材質:ホウケイ酸ガラス、アルミナペレット、ステンレス鋼等)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・セル・グローブボックス以外から発生した可燃性廃棄物を焼却したもの。(主に紙、布、木片、酢酸ビニル等)</li> <li>・セル・グローブボックスから発生した不燃性廃棄物のうち、溶液に接液していないもの又は低汚染のもの(主にポンプ、フィルタ等)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・左記操業廃棄物の汚染廃棄物と同様。(左記以外は以下のとおり。)</li> <li>・はつりコンクリート</li> <li>・系統内の除染廃液</li> </ul>
主な仕様	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>チャンネルボックス</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>バーナブルポイズン</p>  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <p>ドラム缶</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>ドラム缶</p>  </div> </div> <p>・CB: 約5体(燃料集合体)／ドラム缶                  ・BP: 約160本／ドラム缶</p>	<p>可燃性廃棄物</p>  <p>不燃性廃棄物</p>  <p>特殊機器廃品等</p> 	<p>同左</p>

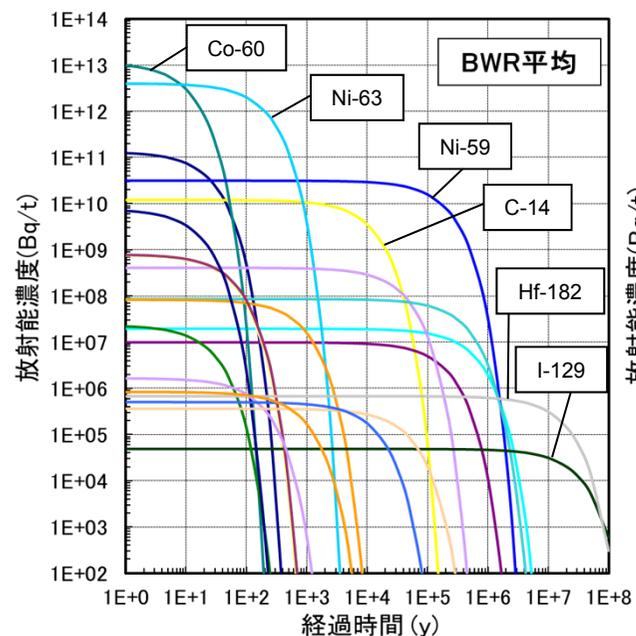


図1: BWR運転・解体  
平均 (Bq/t)

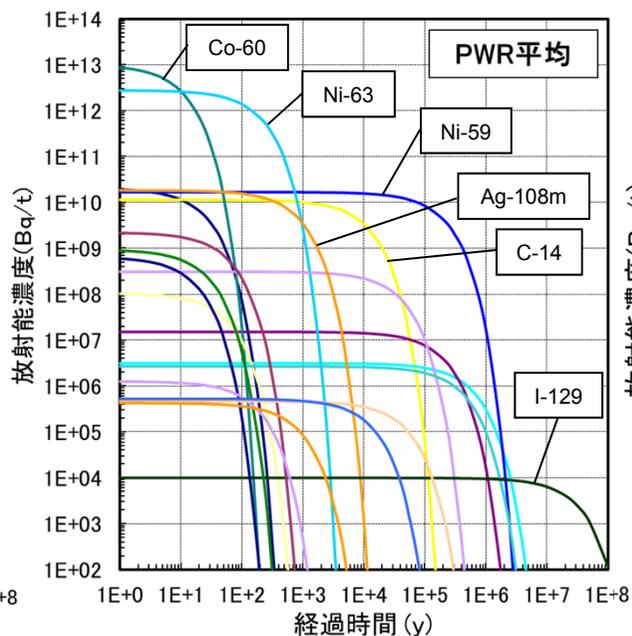


図2: PWR運転・解体  
平均 (Bq/t)

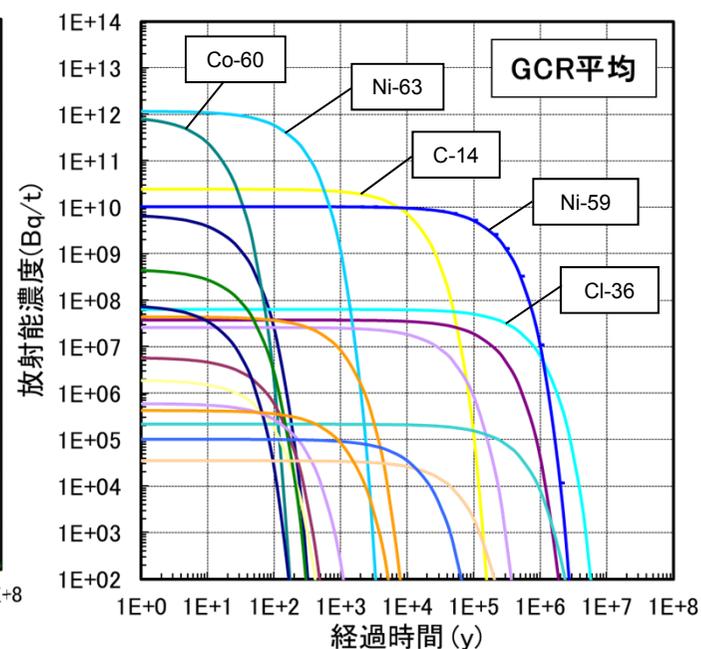


図3: GCR運転・解体  
平均 (Bq/t)

→減衰の傾向に、原子炉の型式による大きな差異はない。

# 参考5：クリアランス対象物の測定・確認

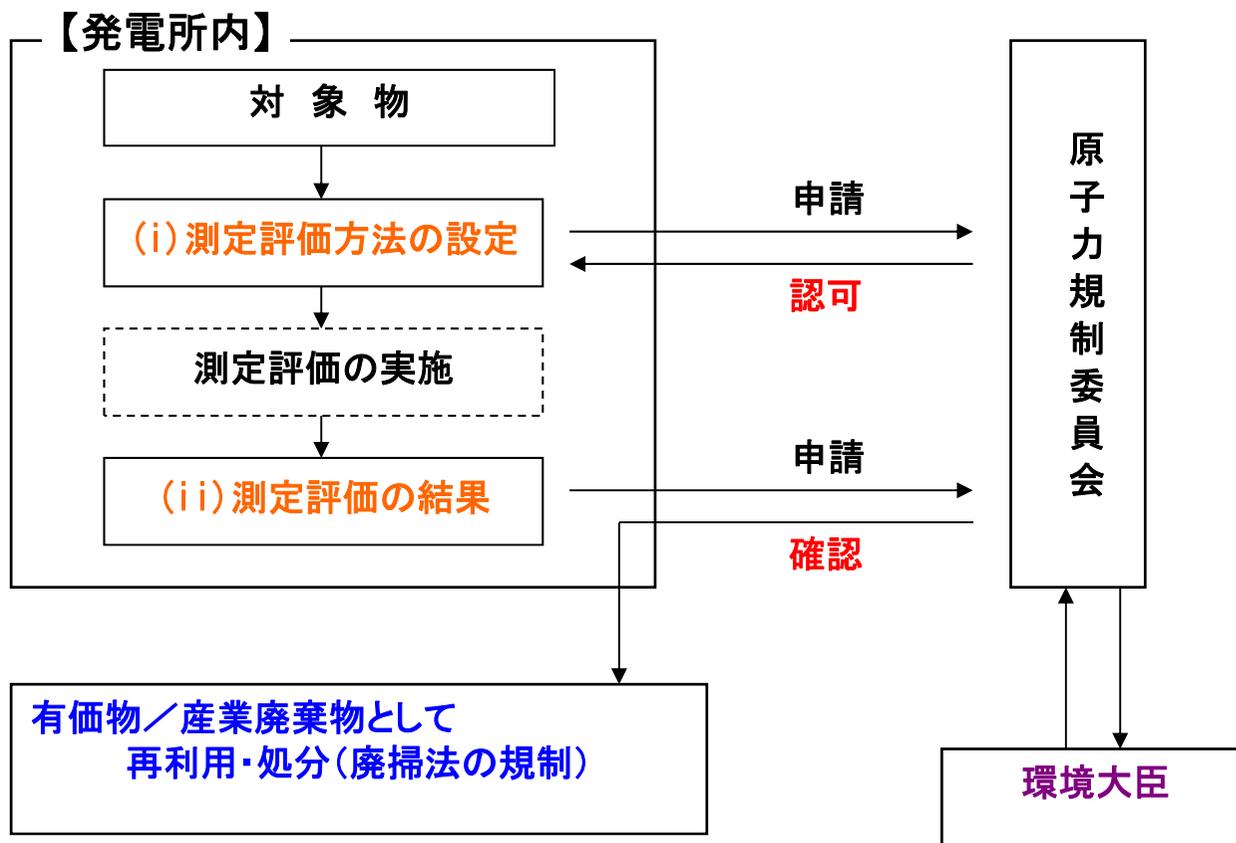
クリアランス対象物の測定・確認は、次の2段階規制\*1で実施されている。

(第1段階) 「対象物の測定及び判断の方法」の妥当性確認

(第2段階) 「対象物がクリアランスレベルを満たしていること」についての確認

\*1 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第61条の2

注) 平成16年の廃棄物安全小委員会報告書「原子力施設におけるクリアランス制度の整備について」において、“制度が定着し実績が蓄積された時点では、以上2つの段階を1段階とするなど、より柔軟な方法も考慮すべきである。”とされている。



クリアランスレベルの確認手順

人為事象シナリオは、廃棄物埋設地の存在を認識できず、偶発的に発生する人間活動により廃棄物埋設地及びその近傍の天然バリアに擾乱を与える行為を想定したものであり、想定される事象に対して、廃棄物埋設地の設計が放射線防護上の観点からその影響を適切に緩和しうるものであるか否かを確認するためのものである。すなわち、以下のような人為事象を低減化させる対策が講じられていることを前提とした上で、なお残る不確かさの存在を勘案し、それを考慮しても、周辺住民と特定の接近者個人のそれぞれに対して放射線防護上の特別な措置が必要となるものではないことを確認するために用いるシナリオである。

- i) 国又は国が指定する機関による記録の保存等の管理
- ii) 鉱物資源がない等の立地上の考慮
- iii) 余裕深度処分を行う場合には、十分な埋設深度の確保や人工バリア等の掘削に対する物理的抵抗性等の設計上の考慮

人為事象は、意図的な行為と偶発的な行為に分類されるが、廃棄物埋設地への意図的な行為については、国際的にも安全評価の対象とはしていないことから、廃棄物埋設地を認知しない偶発的な行為を評価の対象とする。

原子力安全委員会「第二種廃棄物埋設の事業に関する安全審査の基本的考え方」  
平成22年8月9日 解説Ⅶ(1)②

## 4.2 長寿命核種による潜在被ばくを考慮した規準

### (2) 偶然の人間侵入に適用する規準

・・・偶然の人間侵入は防護のバリアを破ることにもなるため、長寿命核種による潜在被ばく状況の評価に当たっては、(1)の自然過程における被ばく状況に適用する規準とは別に、偶然の人間侵入における被ばく状況に適した規準を設ける必要がある。・・・

上記のICRPの考え方を踏まえると、管理期間終了後における放射性固体廃棄物埋設地への偶然の人間侵入により公衆が将来受けるかもしれない被ばくについて、将来新たな被ばく低減措置を必要としないよう、あらかじめ当該埋設事業の計画段階において適切に計画し、埋設施設の設計等を行っておく必要がある。そして、この計画や設計等の妥当性を判断する際に用いられる線量レベルについては、4.1や4.2(1)で述べた埋設地の管理期間終了後の公衆の線量規準が1ミリシーベルト／年以下のバンドに整理されることや、偶然の人間侵入は将来の長期にわたる人間活動の中で発生する可能性を完全に排除することはできず、防護のバリアを破ることにもなるという特性を有していることから、1～20ミリシーベルト／年のバンドに整理すべきであると考える。・・・

以上のことから、当放射線審議会基本部会は、放射性固体廃棄物埋設地への偶然の人間侵入により公衆が将来受けるかもしれない被ばくに係る線量規準については、20ミリシーベルト／年を上限とする値とすることが妥当であると考える。

放射線審議会基本部会報告書「放射性固体廃棄物埋設処分及びクリアランスに係る放射線防護に関する基本的考え方について」平成22年1月19日

### 2.15

- (a) 公衆の構成員に対する全ての計画被ばく状況からの線量限度は、実効線量で年間1mSvである。これ、およびこれと同等のリスク当量は、将来超えることがない規準として考えられる。
- (b) この線量限度に従うために、処分施設(単一の線源とみなされる)は、処分施設に影響する可能性のある自然過程の結果として、将来被ばくするかも知れない代表的個人への計算された線量またはリスクが年間0.3mSvの線量拘束値を超えないか、年間 $10^{-5}$ オーダーのリスク拘束値を超えないように設計される。
- (c) 閉鎖後の偶発的な人間侵入の影響に関して、このような侵入がサイトの周辺住民に年間1mSv未達の線量をもたらすと予想される場合には、人間侵入の確率を減らすことも、その影響を限定するための取り組みも正当化されない。
- (d) 人間侵入がサイトの周辺住民に20mSvを上回る可能性のある年線量を導くと予想される場合には、例えば、地表下への廃棄物の処分または、より高い線量を与える放射性核種の内容(content)を分離するといった、代替となる廃棄物処分のオプションが考慮されるべきである。
- (e) 1～20mSvの範囲の年線量が示される場合には、施設の開発段階で侵入確率を低減するまたは、施設設計の最適化によって、その影響を限定する合理的な取り組みが正当化される(warranted)。

※ 公益財団法人 原子力安全研究協会:IAEA安全基準 放射性廃棄物の処分(対訳解説版)、個別安全要件 No.SSR-5.

5.14. 施設が許認可されている限り、操業者は制度的管理を行わなければならない。許認可の終了に続き、必要である制度的管理の受動的方策が何であっても、これに対する責任は何らかの形で政府に移管しなければならないと考えられている。

<Appendix>

A.6 将来においては、人による活動(単一または、複数)が、放射性廃棄物の処分施設への何らかの種類の侵入を生じうる可能性が存在する。将来の人の挙動の予測不能さ故に、その様な侵入事象が、どの様な形をとるのかまたは、侵入事象の見込みが、どの様になるかを断定的に述べることは不可能である。それにもかかわらず、建設作業、採鉱または、掘削(drilling)の様なある種の一般的な侵入事象の影響は、レファレンスシナリオとして評価されることができる。

※ 公益財団法人 原子力安全研究協会:IAEA安全基準 放射性廃棄物の処分(対訳解説版)、個別安全要件 No.SSR-5.

- 6.59(抄)ICRP Pub.81によれば、「跡地近傍に住む人々」(‘those living around the site’)は人間侵入シナリオにおける被ばく評価対象者(receptors)として考慮すべきである。しかしながら、このことは侵入者(intruder)が自動的に考慮対象から除外されるべき、ということの意味するものではない。この区別は、侵入者と居住者(residents)との間でなされるべきものではない。実際、知見が消失したかつての跡地の上に居住する人々の場合、これら(侵入者と居住者)は同じ人々になる。代わりに、区別はサイトの近傍または直上に住む人々の通常の行動と、数少ない人々に影響する短時間あるいは低確率の事象(道路の建設活動など(such as road construction activities))とに対して行うべきである。後者を「産業事故」(‘industrial accidents’)と認識すれば、これらの場合における侵入者に対して適用される線量基準は、跡地の近傍または直上の居住者に対して適用される線量基準と同じものにする必要はないであろう(would not require application of the same dose criteria)。
- 6.61 人間侵入シナリオは、侵入の性質と侵入者の行為の様式化された表現(representation)に基づき開発されるべきであり、人間侵入に伴う避けられない不確実性(an unavoidable uncertainty)があることを認識すべきである。人間侵入シナリオは、サイトおよび将来の社会活動の変遷について、何らかの信頼性の高い記述を伝える(to convey any authoritative statement)ように意図されているものではなく、人間侵入の潜在的な影響を例示するために設計されるものである(Human intrusion scenarios are … designed to provide illustrations of potential impacts of human intrusion)。様式化されたシナリオが用いられている場合、それらは、今日の技術と手順の想定に基づくべきである(should be based on the assumption of present day technologies and procedures)。

※ 事業者による仮訳。

## 1. 序論

(1) 本報告書は、長寿命固体放射性廃棄物の地層処分の状況において適用されるべきであるように、放射線防護 (ICRP, 2007) の2007年のICRP体系の独立したプレゼンテーション (standalone presentation) として書かれたものである。本書は、長寿命固体放射性廃棄物の地層処分に起因する悪影響からの人および環境の放射線防護に関係する全ての課題を包含している。それにもかかわらず、本書で包括的に取り扱っていない以前のICRP勧告は以前として妥当である。委員会勧告に変更がない場合、または他の国際機関による刊行物において課題が十分に取り扱われている場合、参考事項が与えられ、詳細な議論は行われない。本書では特に地層処分を取り扱うものの、勧告の多くは、処分の選択肢を保留している放射性廃棄物の貯蔵の間の意思決定や、放射性廃棄物の浅地中処分に関連する、多くの事項における意思決定に影響し得るものである。

### 4.6.1. 自然破壊事象 (Natural disruptive events)

(57) 設計基礎 (design basis) に比べて非常に低い確率を持つ自然破壊事象が起こる可能性があり、これらの一部は処分施設に関する著しい擾乱あるいは放射性物質の移行をもたらす可能性がある。こうした事象の例としては、地殻変動事象、隕石の衝突などによる大規模な地形変化が含まれるだろう。委員会は、関係するステークホルダーの関与とともに、人と環境の著しい被ばくをもたらす得る自然破壊事象を取扱うために、ひとつの戦略を開発すべきであると勧告する。可能なアプローチとしては、リスク評価過程 (risk-assessment process) における検討から低確率な事象を排除するための方法論の確立、そのような事象の確率を最小化するような特性を有するサイトの選定、あるいは様式化評価 (stylised assessments) を通じた特定の事象の評価といったものが含まれる。

(59) 過酷な破壊事象 (severe disruptive events) の潜在的な影響は、様式化されたかあるいは単純化された計算を用いて (using stylised or simplified calculations)、設計段階において評価され得る。このシステムの頑健性のひとつの指標は、これらの結果を必要に応じ、線量あるいはリスクの数値と比較することによって得ることができよう。このアプローチが適用されれば、適切な参考レベルは、固有のシナリオに応じて、現存被ばく状況あるいは緊急時被ばく状況に対する (for an existing exposure situation, or for an emergency exposure situation) 参考レベルとなるであろう。 処分施設の最適な設計は、過酷な破壊事象による線量の一部が参考レベルを超えるような分布を引き起こすだろうということに留意すべきである。

※ 事業者による仮訳。

- (60)緊急時被ばく状況に対しては、委員会は20 – 100 mSvの範囲にある参考レベルを勧告し、経済的および社会的要因を考慮して(taking economic and societal factors into account)線量を合理的に達成できる限り低く参考レベル以下に低減する防護措置の開発を勧告する(ICRP, 2009b)。
- (61) Publ.103 (ICRP, 2007)によれば、自然破壊事象に起因する長期間継続する被ばくは(緊急時被ばく段階か否かによらず)「現存被ばく状況」として参照すべきであり、防護の最適化に対する参考レベルとしては、1 – 20 mSvの範囲を勧告する。 Publ.111 (ICRP, 2009b)の委員会勧告に従い、参考レベルはそのバンドの低い部分で選定すべきである(例:数mSv/y(a few mSv per year)の範囲)。

#### 4.6.2. 偶発的人間侵入(Inadvertent human intrusion)

(65) 遠い将来において、間接的な監視が終了された場合、人間侵入の発生は排除し得ない。したがって、潜在的な偶発的侵入に対する処分システムの復元性(resilience)を評価するために、ひとつまたは複数の様式化された人間侵入シナリオの評価結果が、意思決定者により検討されるべきである。あらゆる侵入のリスクの大きさの推定は、必然的に、将来の人間の行動(human behaviour)についてなされる想定に依存する。将来の人間の活動の性質あるいは確率を予測するための科学的基礎は存在しないため、(国際放射線防護)委員会は引き続き、線量またはリスク拘束値と比較される定量的な評価において、これらの事象の確率を含めることは不適當であると考える(ICRP, 1998)。計画段階において、必要に応じ、様式化されたかあるいは簡略化された計算の結果が、線量の値と比較することにより、システムの頑健性の指標として使用され得る。このアプローチが取られる場合、緊急時被ばくまたは(and/or)現存被ばく状況に対して定義される参考レベルの適用を推奨する。処分施設の最適な設計により、偶発的人間侵入による線量の分布の一部が、これらの参考レベルを超える可能性がある。ある事象が発生した場合、ある責任当局(a competent authority)がその擾乱に気付くという確かな見込みはない。もしその状況が認識されれば、責任当局はその状況を評価し、適当な防護の基準や対策を適用するだろう。もしPub.103 (ICRP, 2007)がその時点において現存していれば、緊急時被ばくまたは(and/or)現存被ばく状況に対する参考レベルが適切に用いられるだろう。線量がこれらの参考レベルを超えると予想される状況においては、人間侵入の確率の低減あるいはその影響の制限のための合理的な努力がなされるべきである。

※ 事業者による仮訳。

# 参考11：諸外国の制度的管理

国	対象廃棄物	実施主体	制度的管理			
			記録保管	マーカ等	土地利用制限	国への責任継承
スウェーデン	HLW	民間	○	×	不明	×
	LLW	民間				
フィンランド	HLW	民間	○	×	○	○
	ILW,LLW	民間				
スイス	HLW,LLW	国+民間	○	○	○	○
フランス	HLW,ILW	公社	○	×	○	○
	LILW	公社				
ドイツ	HLW,ILW	国	○	×	○	○
	LILW	国		○	×	
米国	HLW	国	○	○	○	○
	LLW	国、民間	○	○	○	○
英国	HLW,ILW	公社	○	○	○	○
	LLW	公社				
日本	HLW	認可法人	○	未定	○	未定
	L1	民間	△※	×	×	×
	L2,L3	民間	△	×	×	×

**確認結果の凡例**  
 ○: 根拠法令を確認できた。  
 ×: 根拠法令は存在していない。

スウェーデン以外の諸外国では、記録保管に加え、土地利用制限及び国への責任継承の措置が講じられている。

※廃棄物安全小委の検討結果として「その有効な長期保管の方法等について考えていくことが必要」としており、「今後も要検討」となっている\*。

\* 総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会 廃棄物安全小委員会埋設処分技術WG(第6回)-資料3「余裕深度処分に対する安全規制の概要」

# 参考12：諸外国の人為事象基準、シナリオ、評価結果

国	対象廃棄物	人為事象				
		基準	シナリオ	発生時期	評価対象者	評価結果
スウェーデン	HLW(SF)	基準なし (ただし、評価の例証を要求)	ボーリング	閉鎖後300年後	作業者	130mSv/h
				閉鎖後5000年後		1mSv/h未満
	ILW,LLW		隣接岩石施設または近傍鉱山	閉鎖後300年後	公衆	0.3~10mSv/y超
フィンランド	HLW(SF)	0.1mSv/y(確率考慮) 500mSvの被ばくの発生確率は極めて低く	ボーリング (キャニスタ確率1E-7/y)	1000年後	作業者	3E+4mSv
	ILW,LLW		-	-	-	調査中
スイス	HLW(SF/ガラス/α) LILW	0.1mSv/y(発生確率高) 1E-6/y(発生確率低)	ボーリング井戸(SF)	10万年後	公衆	1.3E-4~2.5E-3mSv/y
	ボーリング井戸(ILW)		数百年後	公衆	1.6E-6~1.4E-2mSv/y	
フランス	HLW(ガラス), ILW(長寿命)	0.25mSv/y(確率考慮)	ボーリング	閉鎖後500年後	作業者	1~40mSv/h
	LILW		道路工事	300年後	作業者	1.0mSv/y
			住宅建設・居住		居住者	1.2mSv/y
			施設侵入(確率6E-7/y)		子供 侵入者	3.0mSv/y 197mSv/y
ドイツ	HLW,ILW(発熱性)	具体的数値規定なし	ボーリング	-	-	調査中
	LILW(非発熱性)		評価要求なし	-	-	調査中
米国	HLW (ガラス/SF)	1mSv/y(1万年以降) 0.15mSv/y(~1万年)	ボーリング井戸	20万年後	公衆	1.1E-4mSv/y
	LLW (Class A/B/C)	0.25mSv/y	ボーリング 跡地居住	100年後	作業者	0.046~0.067mSv/y
英国	HLW,ILW(炉内構造物/長寿命)	規定なし	ボーリング	閉鎖後	作業者	10~10000mSv
	LLW	3~20mSv/y	サイト調査(トレンチ)	閉鎖後	作業者	0.25mSv
			跡地居住(トレンチ)	閉鎖後	居住者	10mSv/yを超えない

各国の評価基準は、ICRP勧告やIAEA基準を参考として、各国事情に基づきそれぞれ設定されている。

現在、人間侵入の考え方に対する原則について、国際機関によって検討が進められている。(記録保存に関するOECD/NEAのプロジェクト、人間侵入に関するIAEAのプロジェクト)