

原子炉解体廃棄物はどこへ行くのか —放射性廃棄物処分の現状—

2022/1/20

澤井正子（核燃サイクル阻止1万人訴訟原告団）

お話しの概要

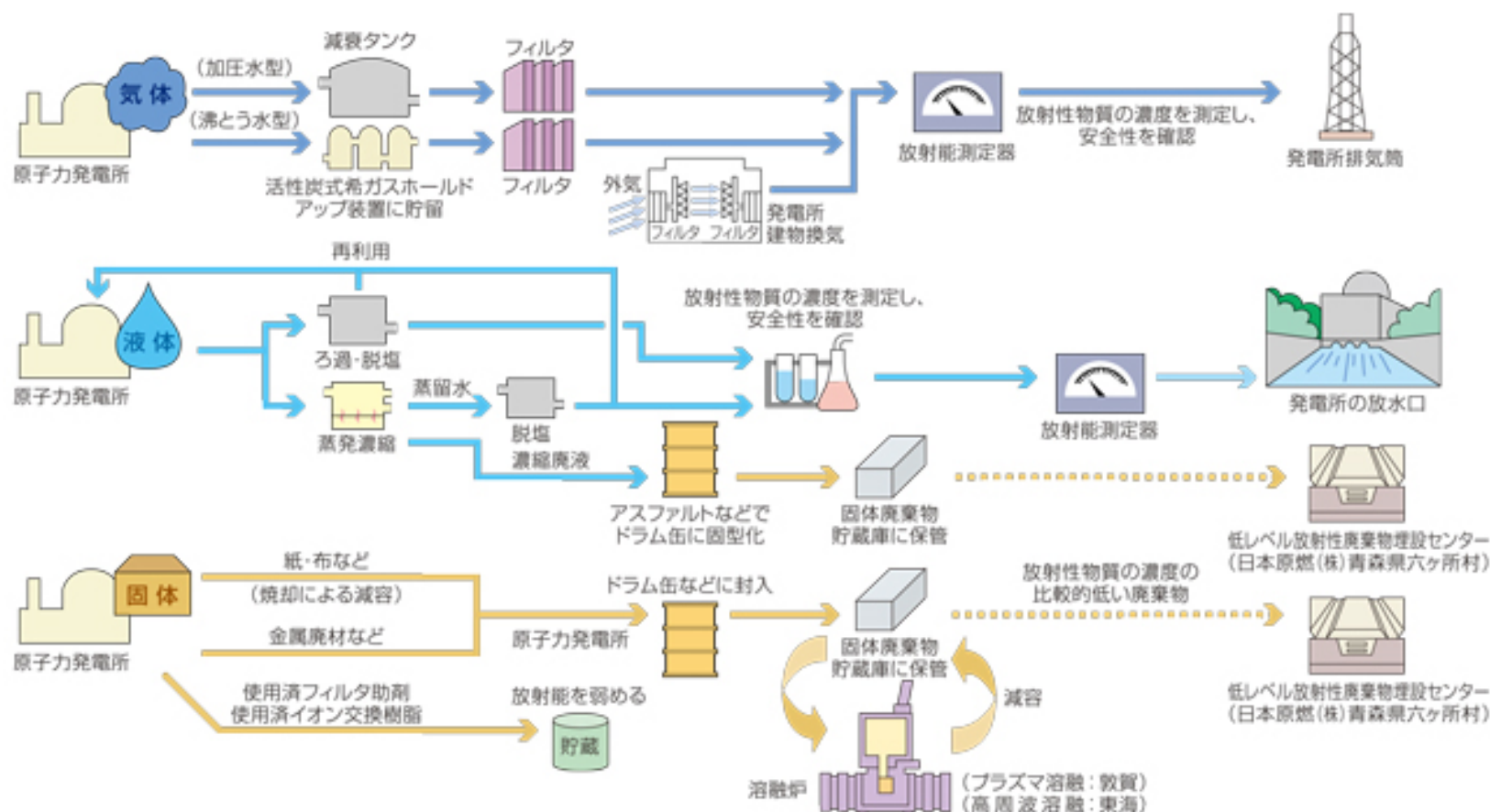
1. 運転中の原発の放射性廃棄物対策
2. 放射性廃棄物の区分
3. 低レベル放射性廃棄物最終処分場
4. 原発の廃止措置・解体？
5. ドイツのクリアランス実情

運転中の原子力発電所の廃棄物対策

原子力発電所の廃棄物処理方法

【東海第二原子力発電所：日本原電】

原子力発電所の運転によって生じる気体や液体、固体などの放射性廃棄物は、環境への影響を考慮し、廃棄物処理装置で能の除去、低減をしています。したがって放射能はごく少なく、しかも常に測定監視して濃度が国の基準を十分下回ってことを確認しています。



日本の放射性廃棄物区分

廃棄物の種類		廃棄物の例	発生場所	処分方法
高レベル放射性廃棄物	世界標準	使用済燃料 ガラス固化体	原子力発電所	地層処分 (地下300m以下)
	日本規準	(リサイクル燃料) ガラス固化体	再処理工場	
低レベル放射性廃棄物	超ウラン核種を含む放射性廃棄物 (TRU廃棄物)	燃料被覆管 バーナブルポイズン 廃液、フィルター	再処理工場 MOX燃料加工工場	地層処分 中深度処分 ピット処分
	ウラン廃棄物	消耗品、スラッジ 廃器材	ウラン濃縮 燃料加工工場	地層処分 中深度処分 ピット処分 トレンチ処分
	放射能レベルの極めて高い廃棄物	制御棒、炉内構造物	原子力発電所	中深度処分
	放射能レベルの比較的低い廃棄物	廃液、廃フィルター 廃器材 消耗品固形化物		ピット処分
	放射能レベルの極めて低い廃棄物	コンクリート、金属		トレンチ処分
	クリアランス廃棄物 (規準は0.01ミリSv)	原子力発電所 再処理工場	上記のすべての施設	リサイクル リユース 一般産業廃棄物
放射性廃棄物でない廃棄物	クリアランスレベル以下の廃棄物	原子力発電所解体 廃棄物の大部分		

処分場なし
募集中!

六ヶ所村
最終処分

気体性放射性廃棄物？ 液体放射性廃棄物？

運転中に環境放出!

日本の放射性廃棄物区分

【3】

廃棄物の種類		廃棄物の例	発生場所	処分方法
高レベル放射性廃棄物	世界標準	使用済燃料 ガラス固化体	原子力発電所	地層処分 (地下300m以下)
	日本規準	(リサイクル燃料) ガラス固化体	再処理工場	
低レベル放射性廃棄物	超ウラン核種を含む放射性廃棄物 (TRU廃棄物)	燃料被覆管 バーナブルポイズン 廃液、フィルター	再処理工場 MOX燃料加工工場	地層処分 中深度処分 ピット処分
	ウラン廃棄物	消耗品、スラッジ 廃器材	ウラン濃縮 燃料加工工場	地層処分 中深度処分 ピット処分 トレンチ処分
	放射能レベルの極めて高い廃棄物	制御棒、炉内構造物	原子力発電所	中深度処分
	放射能レベルの比較的低い廃棄物	廃液、廃フィルター 廃器材 消耗品固形化物		ピット処分
	放射能レベルの極めて低い廃棄物	コンクリート、金属		トレンチ処分
	クリアランス廃棄物 (規準は0.01ミリSv)	原子力発電所 再処理工場	上記のすべての施設	リサイクル リユース 一般産業廃棄物
放射性廃棄物でない廃棄物	クリアランスレベル以下の廃棄物	原子力発電所解体 廃棄物の大部分95%		

処分場なし
募集中!

処分場なし

処分場なし

処分場なし

六ヶ所村
最終処分

処分場なし
(原子力機構：東海村)

処分場は
一般社会

気体性放射性廃棄物？ 液体放射性廃棄物？

運転中に環境放出！

【福島第一原発事故廃棄物】 核燃料由来、海水成分、汚染レベル多岐多様。

処分場なし

放射性廃棄物の処分の考え方

放射性廃棄物を人間社会から完全に隔離することはできない。

腐食しない容器は存在しない。

→ 離隔（距離）をとる：影響が及ぶまでの時間を稼ぐ。

→ 低レベル＝浅く、高レベル＝深く→それでもいつかは戻ってくる。



六ヶ所 核燃料サイクル 基地

■ ウラン濃縮施設

低レベル廃棄物埋設センター
(最終処分場)

■ 高レベル放射性廃棄物
貯蔵管理センター
(海外返還ガラス固化体
中間貯蔵施設)

■ 再処理工場(建設中)

■ MOX燃料加工工場(建設中)



むつ湾



国家石油備蓄基地

ウラン濃縮施設

低レベル廃棄物埋設センター

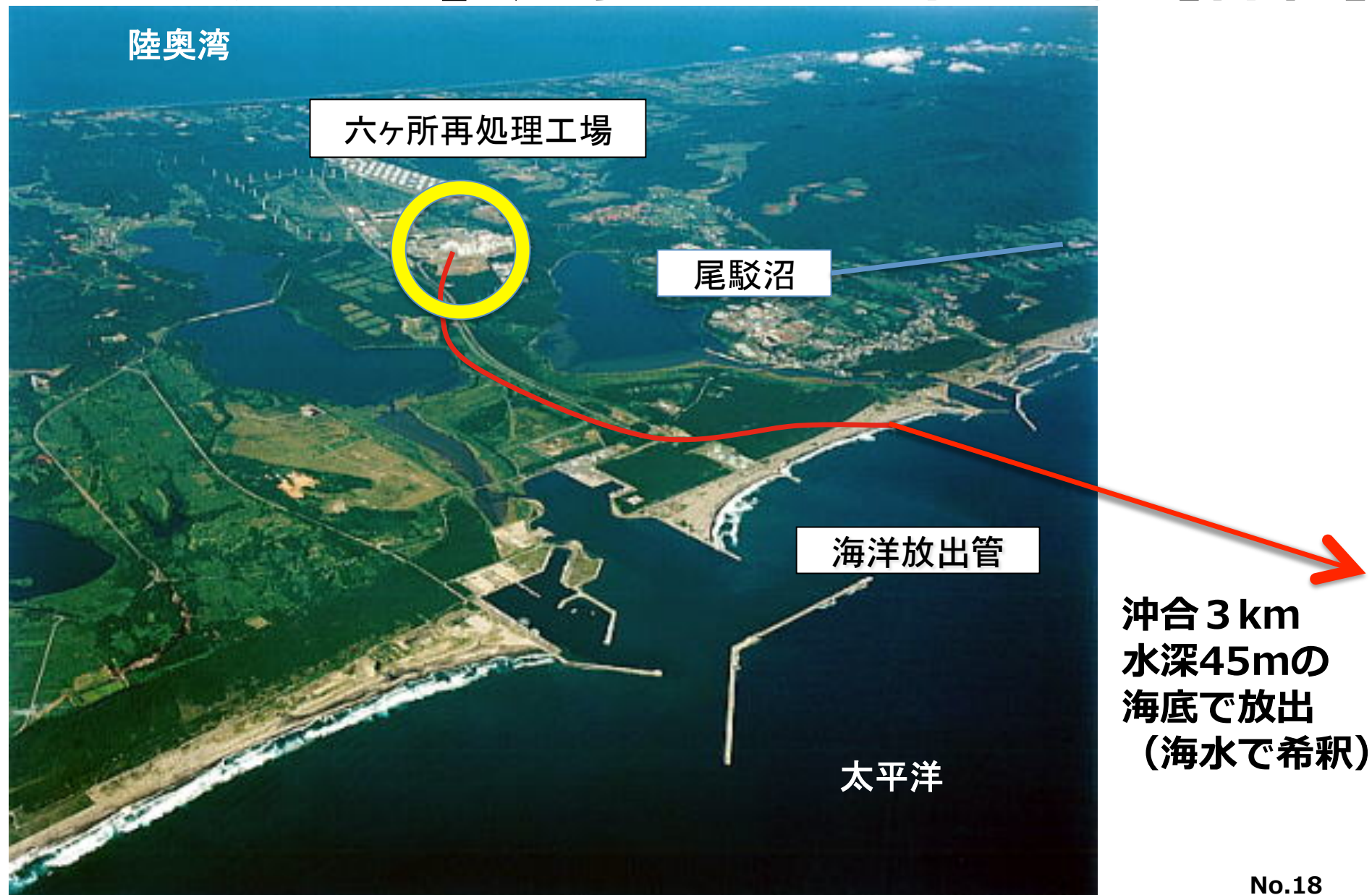
再処理工場

海外返還廃棄物センター
MOX燃料工場

太平洋



液体性廃棄物 「海洋放出管」から全量海に捨てる【稀釈】



2006年3月31日:アクティブ試験開始 :気体性廃棄物

3本の排気塔から全量空に捨てる【拡散】

(大気で拡散)



日本中の原発の運転で発生する
低レベル放射性廃棄物が
青森県六ヶ所村で
最終処分場されています

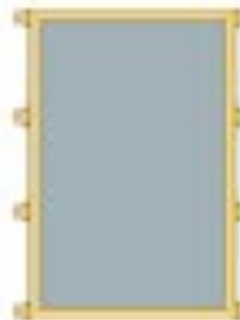


原発の運転による放射性廃棄物

洗濯廃液等＋コンクリート

原子力発電所の運転に伴い発生した低レベル放射性廃棄物で、濃縮廃液、使用済樹脂、廃却灰等をセメント、アスファルト、プラスチックを用いてドラム缶に固型化したものです。

固型化方法例



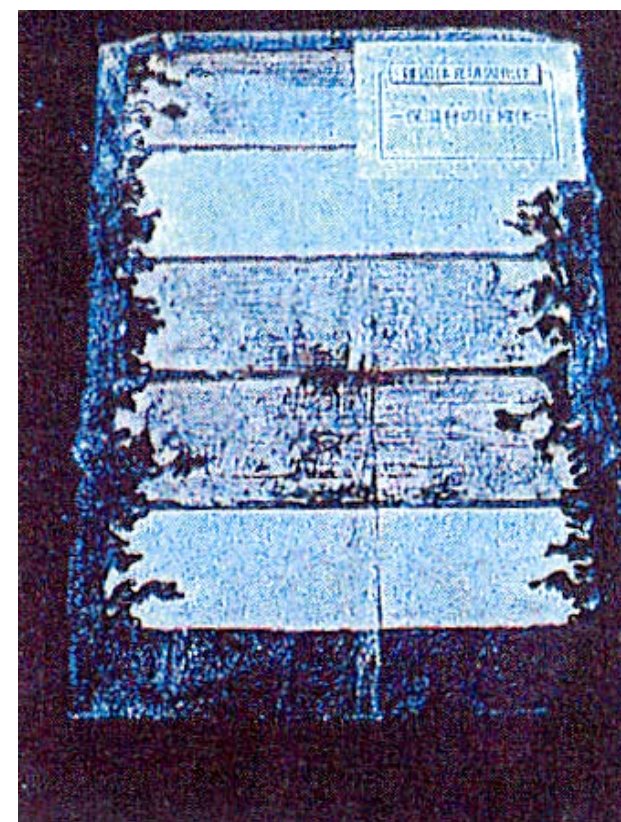
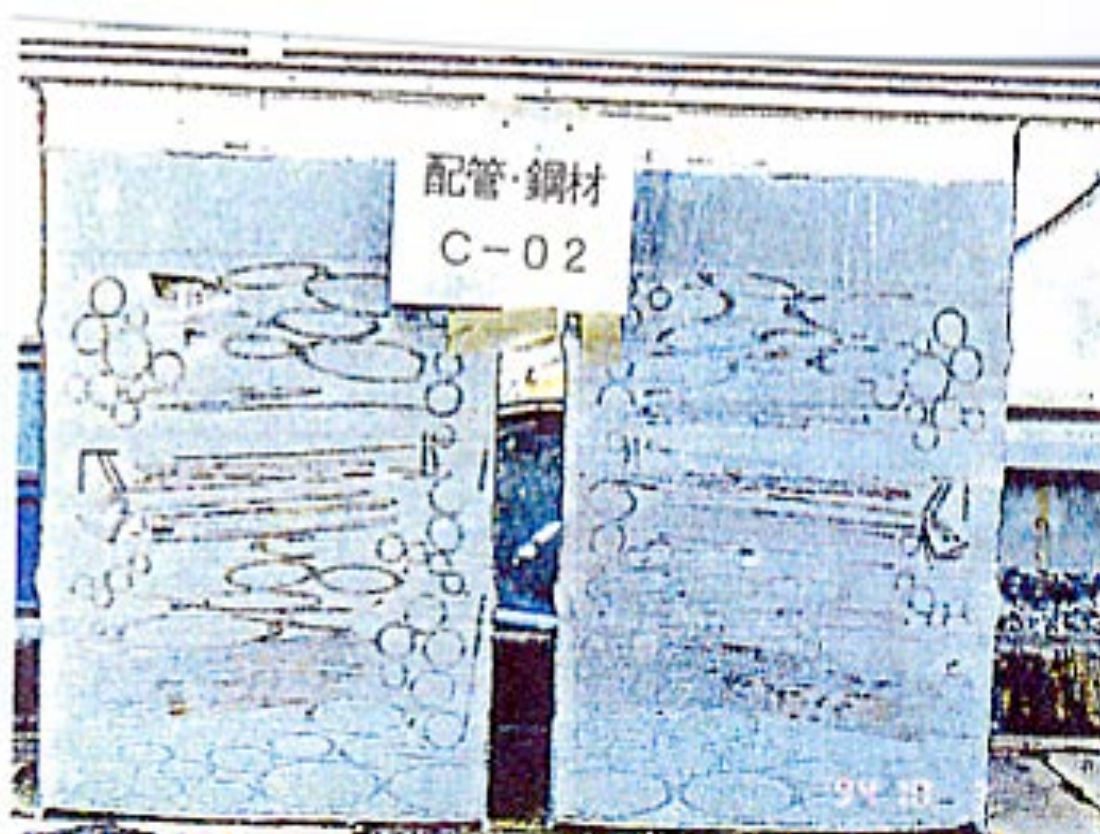
配管・機器類＋コンクリート

原子力発電所の運転に伴い発生した低レベル放射性廃棄物で、金属類、プラスチック、保温材、フィルター類などの固体状廃棄物を分別し、必要に応じて切断・圧縮・減容処理等を行いドラム缶に収納した後、セメント系充填材（モルタル）で一体となるように固型化したものです。

固型化方法例



原発の運転による放射性廃棄物

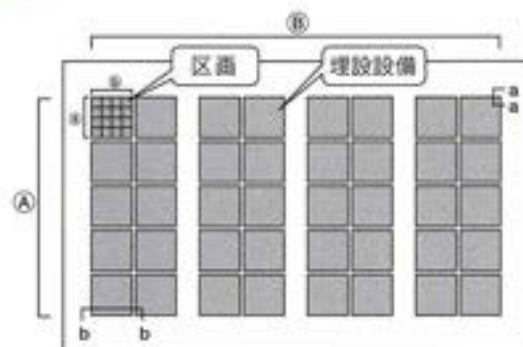


低レベル廃棄物埋設センターの構造

1号埋設設備

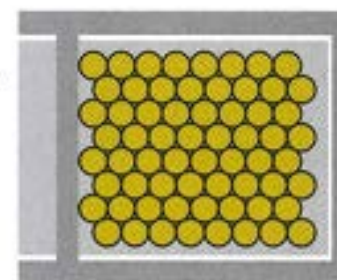
●全体平面図

- ①:約132m
- ②:約231m
- ③:約 24m
- ④:約 24m

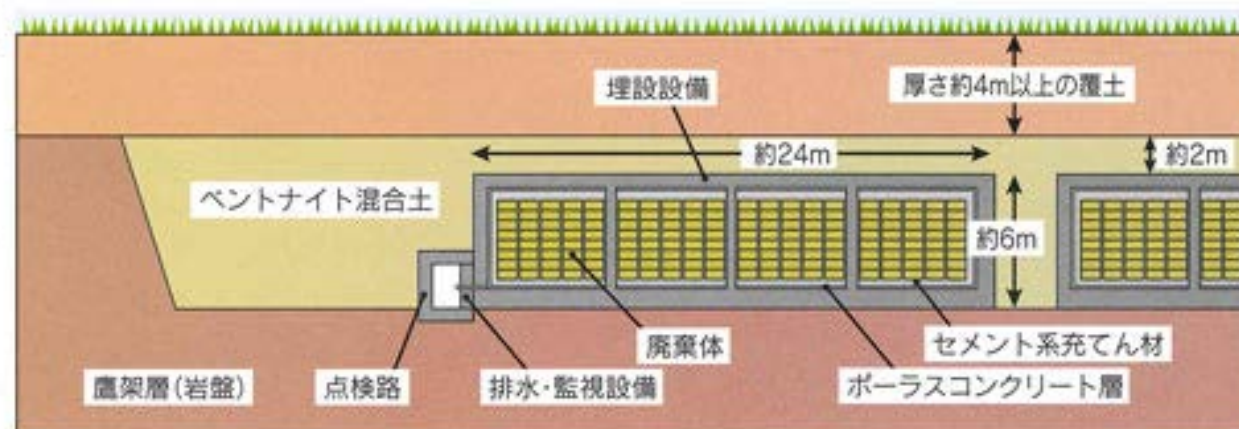


●区画断面図 (a-a断面)

廃棄体を8段5列8行の
積み方で定置します。



●埋設地断面図 (b-b断面)



1号埋設設備

低レベル廃棄物埋設センター（最終処分場）

最終規模⇒ドラム缶 3,000,000 本

管理期間：300年



1号埋設施設
(ドラム缶149,435本
→200,000 本)

2号埋設施設
(ドラム缶177,544本
→200,000本)

原子力発電所の現状

2019年4月23日時点

再稼働
9基

稼働中 8基、停止中 1基 (起動日)

設置変更許可
6基

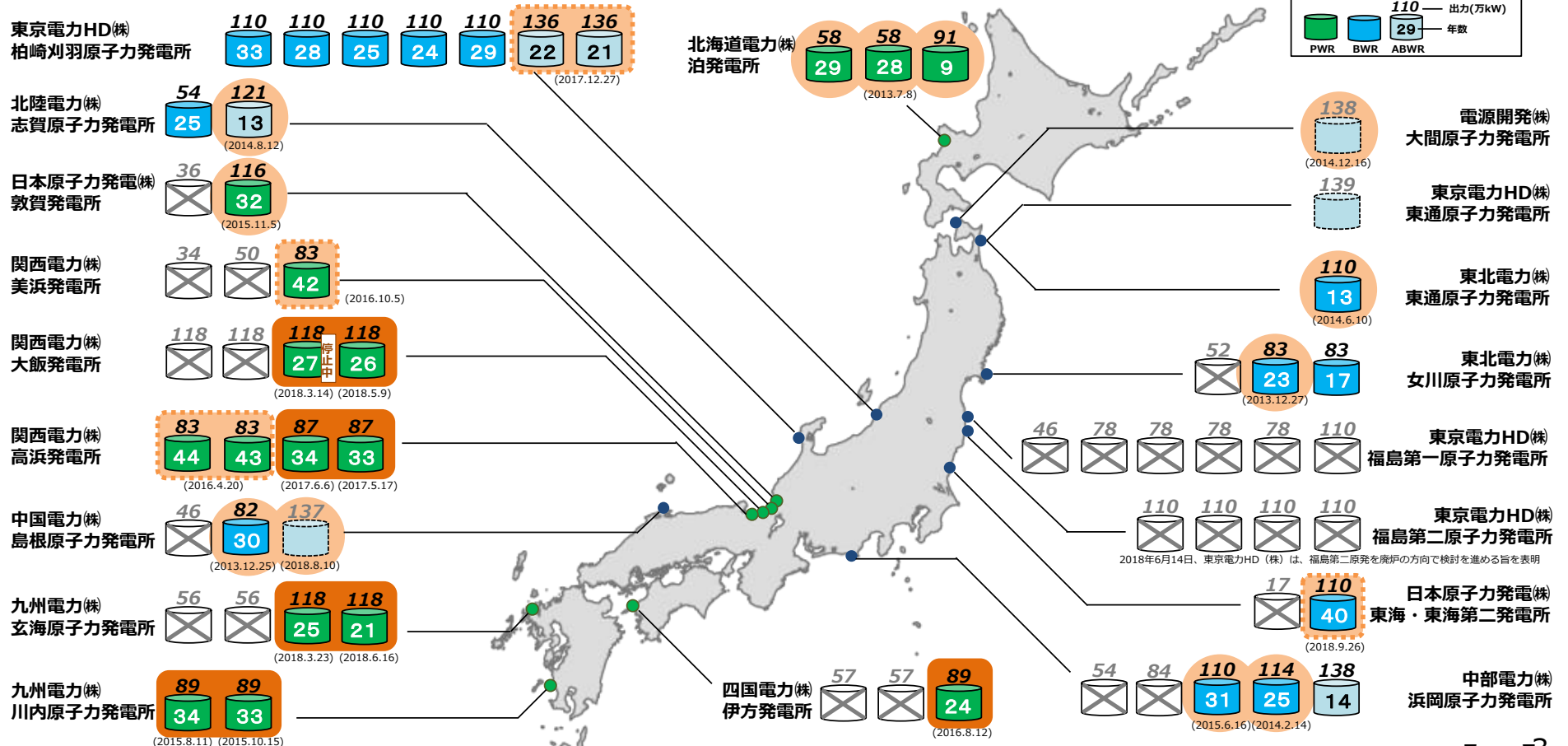
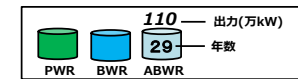
(許可日)

新規基準
審査中
12基

(申請日)

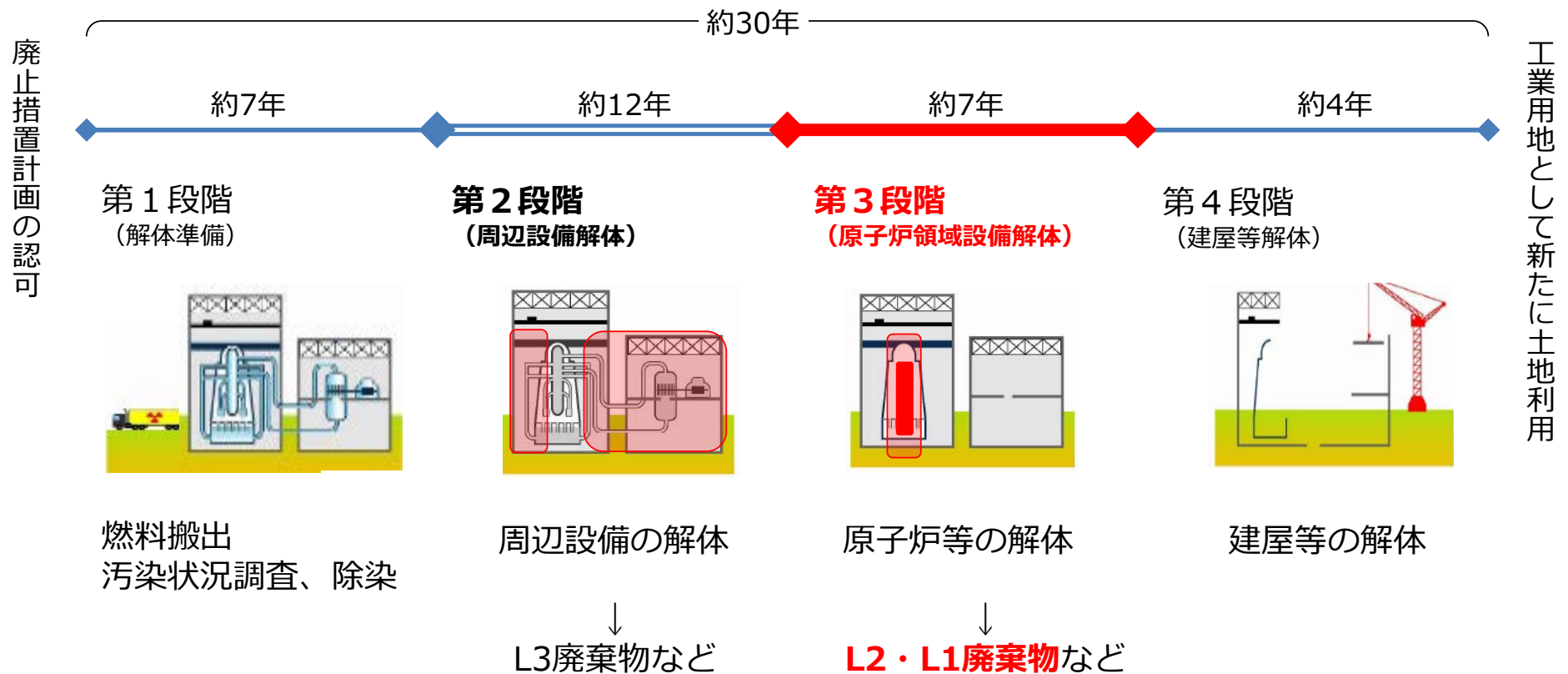
未申請
9基

廃炉
決定済・検討中
24基
+もんじゅ



一般廃炉のプロセス

- 廃炉のプロセスは、主に4段階に分かれており、各電力会社は約30年で廃炉を完了する計画を策定している。
- このうち、**設備を解体し、低レベル放射性廃棄物が本格的に発生する第2・3段階**が重要なプロセスとなる。



我が国の廃止措置計画

原子力発電所	タイプ	出力 (万kWe)	廃止措置費用の 予測 (億円)	廃止措置期間 (年)
JPDR	BWR	1.5	230 ^{注1}	10
東海発電所	GCR	16.6	885	25
ふげん	新型転換炉 ^{注2}	16.6	750	25
浜岡1号機	BWR	54	379	27
浜岡2号機	BWR	84	462	27
美浜1号機	PWR	34	324	30
美浜2号機	PWR	50	359	30
敦賀1号機	BWR	35.7	363	24
島根1号機	BWR	46	382	30
玄海1号機	PWR	55.9	364	28
伊方1号機	PWR	56.6	407	40
福島第二 (1-4号機)	BWR	各110	697-714 ^{注3}	44
もんじゅ	FBR	28	3750	30
福島第一	BWR	^{注4}	80000	40

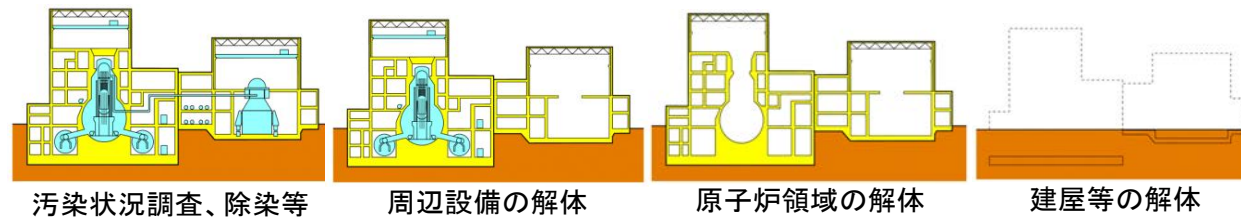
注1：技術開発を含む（実績）

注2：重水減速沸騰軽水冷却型

注3：1号機：697億円、2号機：714億円、3号機：708億円、4号機：704億円

注4：1号機：46万kWe、2-5号機：78.4万kWe、6号機：110万kWe

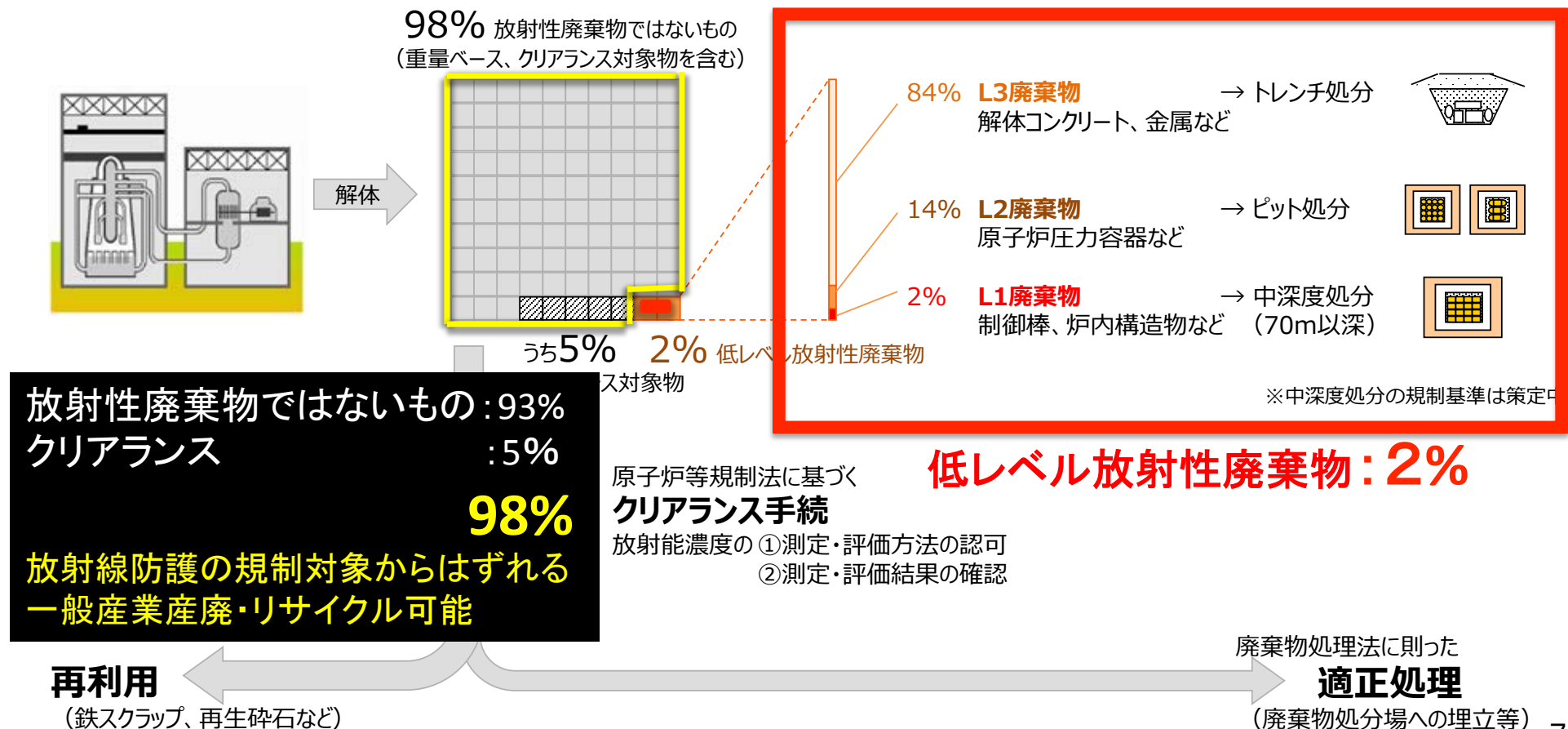
浜岡1,2号機 廃止措置計画スケジュール



	2009年度～2014年度	2015年度～2022年度	2023年度～2029年度	2030年度～2036年度	
各段階	第1段階 解体工事準備期間	第2段階 原子炉領域周辺設備 解体撤去期間	第3段階 原子炉領域 解体撤去期間	第4段階 建屋等解体撤去期間	
	◆運転終了(2009.1.30) ◆廃止措置計画認可申請(2009.6.1) ◆廃止措置計画認可(2009.11.18) ◆廃止措置計画変更認可申請(2015.3.16) ◆廃止措置計画変更認可(2016.2.3)				
燃料搬出	燃料搬出				
放射能調査・除去	汚染状況の調査・検討	原子炉水が循環する機器・配管等の除染			
解体・撤去		原子炉領域周辺設備解体撤去			
		原子炉領域解体撤去		建屋等解体撤去	
廃棄物の 処理・処分		放射性廃棄物の処理・処分(運転中廃棄物または解体廃棄物)			
		放射線管理区域外の設備・機器の解体撤去			

廃棄物の種類と量

- 解体廃棄物のうち、**低レベル放射性廃棄物は2%**。放射能レベルに応じて処分する。
- **クリアランス制度**によって国の確認を得たものは、有価物として「再利用」、もしくは産業廃棄物として廃棄物処理法に従って「適正処理」が可能となっている。



クリアランス確認後のリサイクル例

- 2005年にクリアランス制度が制定されて以降、制度が社会に定着するまでの間、事業者が自主的に再利用先を限定することで、市場に流通することがないようにしている。
- 現在、クリアランス確認後のリサイクル先は、**電力業界内での活用や、理解促進のための展示**に限定している。

東海発電所からのクリアランス物の活用例



ベンチ



応接テーブル



遮へい体



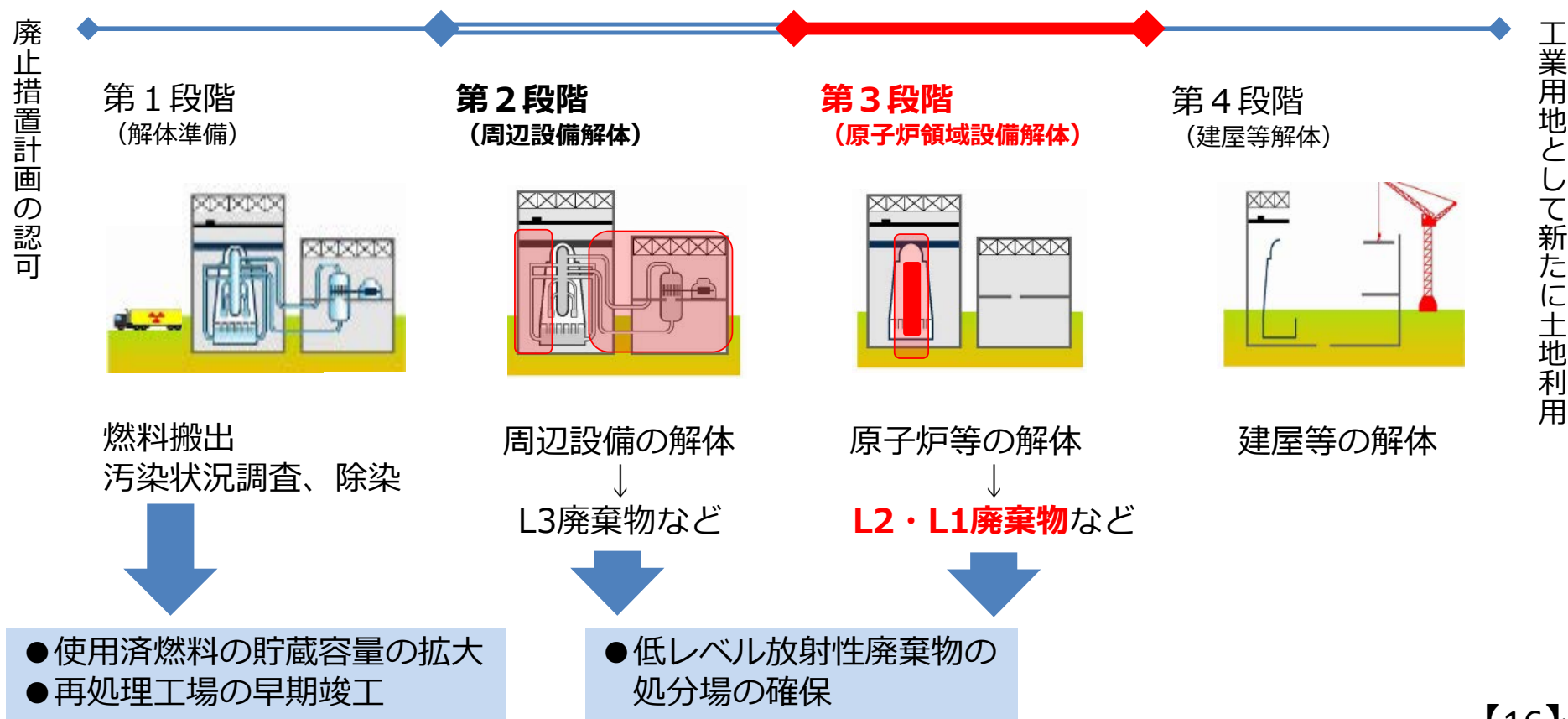
敷きブロック

これまでにクリアランス物として確認された主な例

- 東海発電所 約400トン
- JAEA原子力科学研究所
約3,870トン
(→敷地内の路盤材)
- 浜岡原子力発電所
約530トン
- など

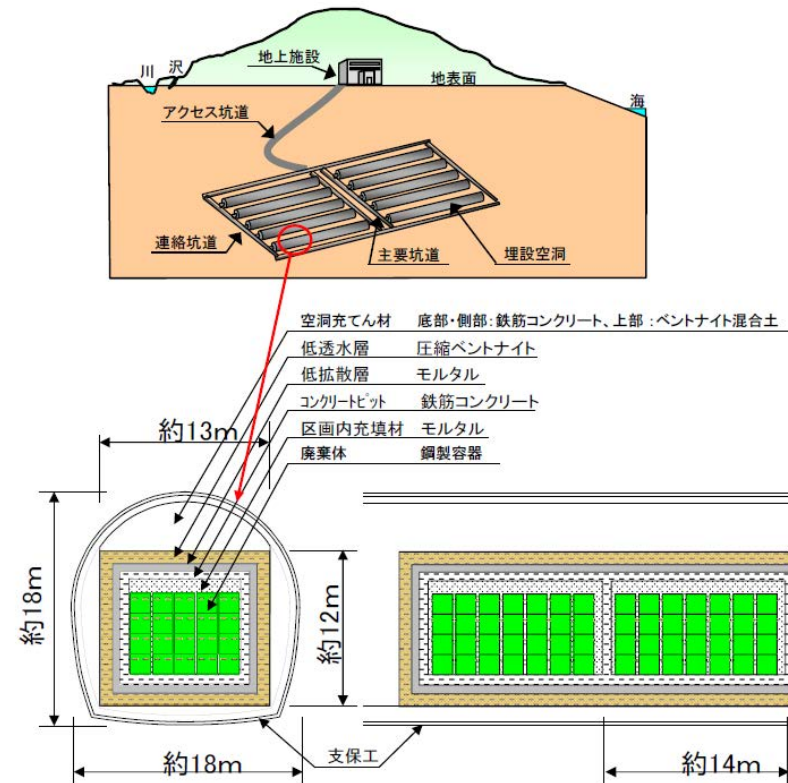
今回の検討の範囲

- 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・再処理や、低レベル放射性廃棄物の処分場の確保などが不可欠。これらは、別途、取り組むべき課題。
- 今回の検討では、これら以外の一般廃炉に特有の課題を整理することとしたい。



○廃棄物埋設地

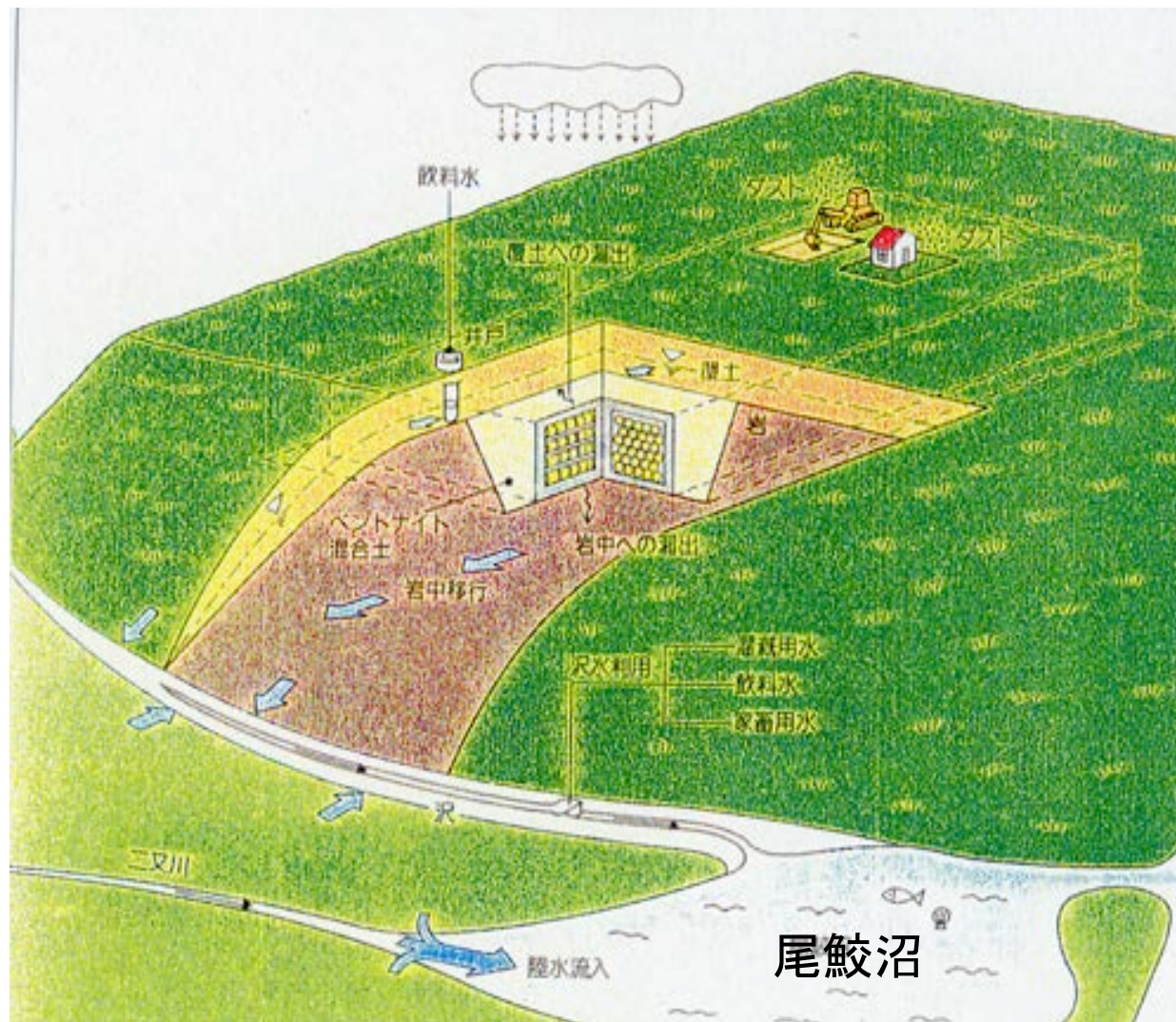
- ・中深度処分の廃棄物埋設地は、放射性廃棄物を埋設する、掘削された区域をいう。
- ・当該区域は下図における「埋設空洞」に該当し、下図のように、一つの廃棄物埋設施設において複数の「埋設空洞」が存在する場合がある。



中深度処分施設のイメージ※¹

※¹ 第2回廃炉等に伴う放射性廃棄物の規制に関する検討チーム会合（平成27年2月12日）資料2-1「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（電気事業連合会）」より抜粋。

処分場からの放射能の漏えい



【科学技術庁作成】

低レベル廃棄物埋設センター（最終処分場）

—放射性廃棄物は投げ捨てるもの—

2号施設

1号施設

3号施設予定地

余裕深度処分予定地
（中深度処分）

国：原発推進「国策」の責任なし。
電力：廃棄物発生者の責任なし。
管理責任：日本原燃
300年管理？（特別なことはしない）
→将来問題が出て、
誰も責任を取らない。

福島第一原発の「廃炉」について

ー現状の作業は事故の復旧作業で、廃炉作業ではないー



日本原子力学会 シンポジウム

「VISION2050－事故を振り返り未来を見据える」ー東京電力福島第一原子力発電所事故から10年を迎えてー

プログラム1:事故を振り返る @2021年3月11日 13:00～18:00 (online)

[2] 廃炉検討委員会の報告

[2] 廃炉検討委員会の報告

日本原子力学会
福島第一原子力発電所廃炉検討委員会

1

福島第一の廃炉 1Fの敷地全体像(現在)



がれき

47万立方m(2020年3月)

ALPS

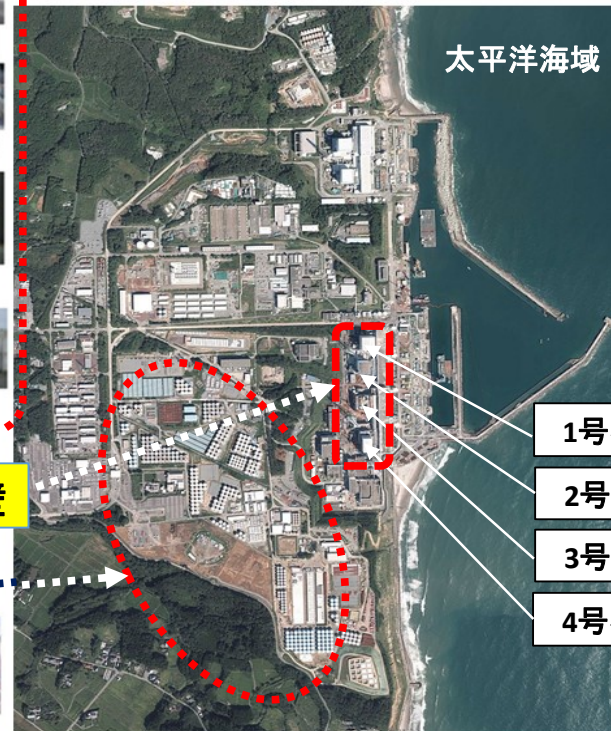
処理水
タンク

凍土壁

広さ:350万平方m

東京ディズニーランド
約50万平方m

×7



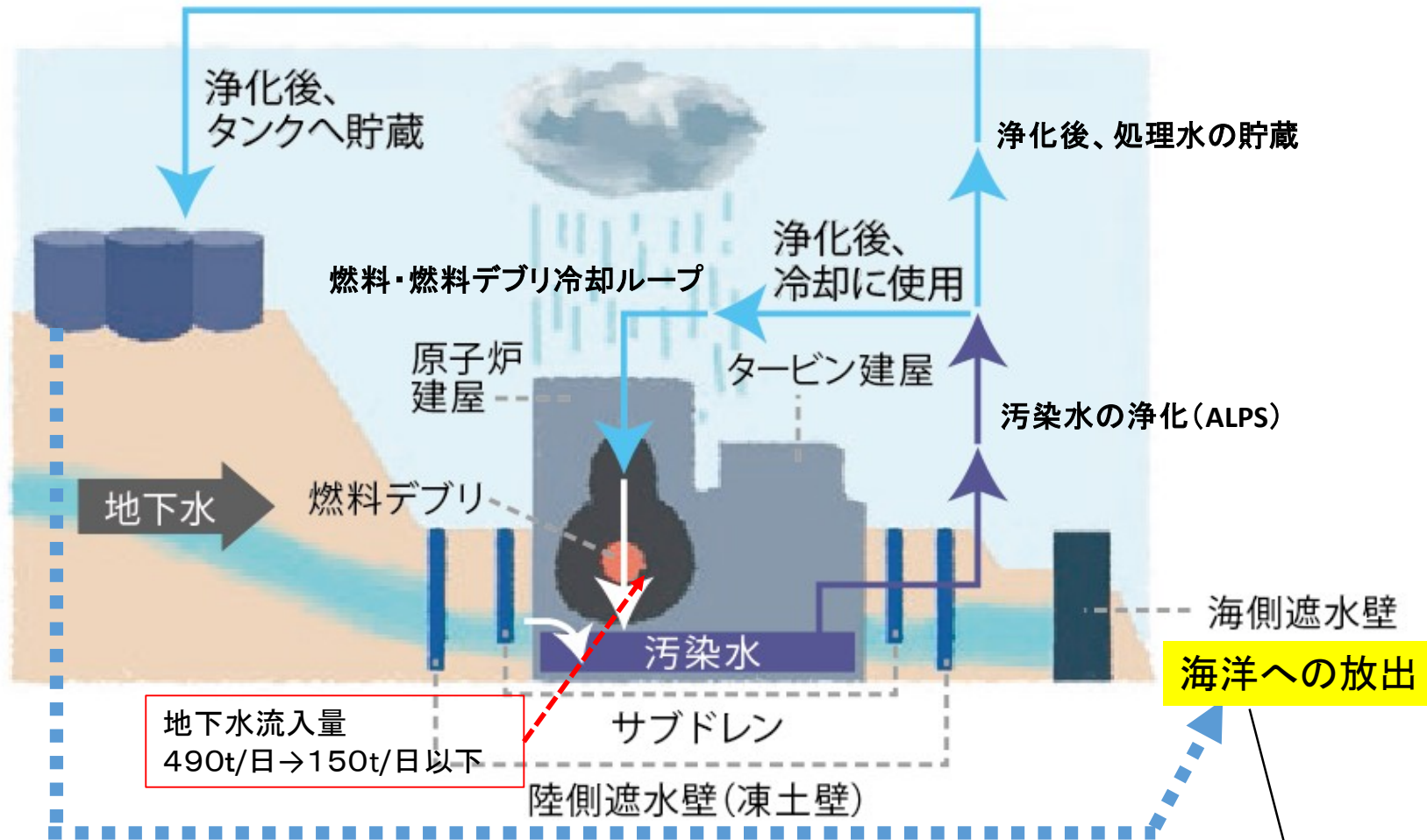
福島第一発電所地区の空撮写真

4

A

福島第一の汚染水への対応

ー汚染物を漏らさない様々な工夫と処理水の処分ー



⇒ 貯蔵処理水の低減へ

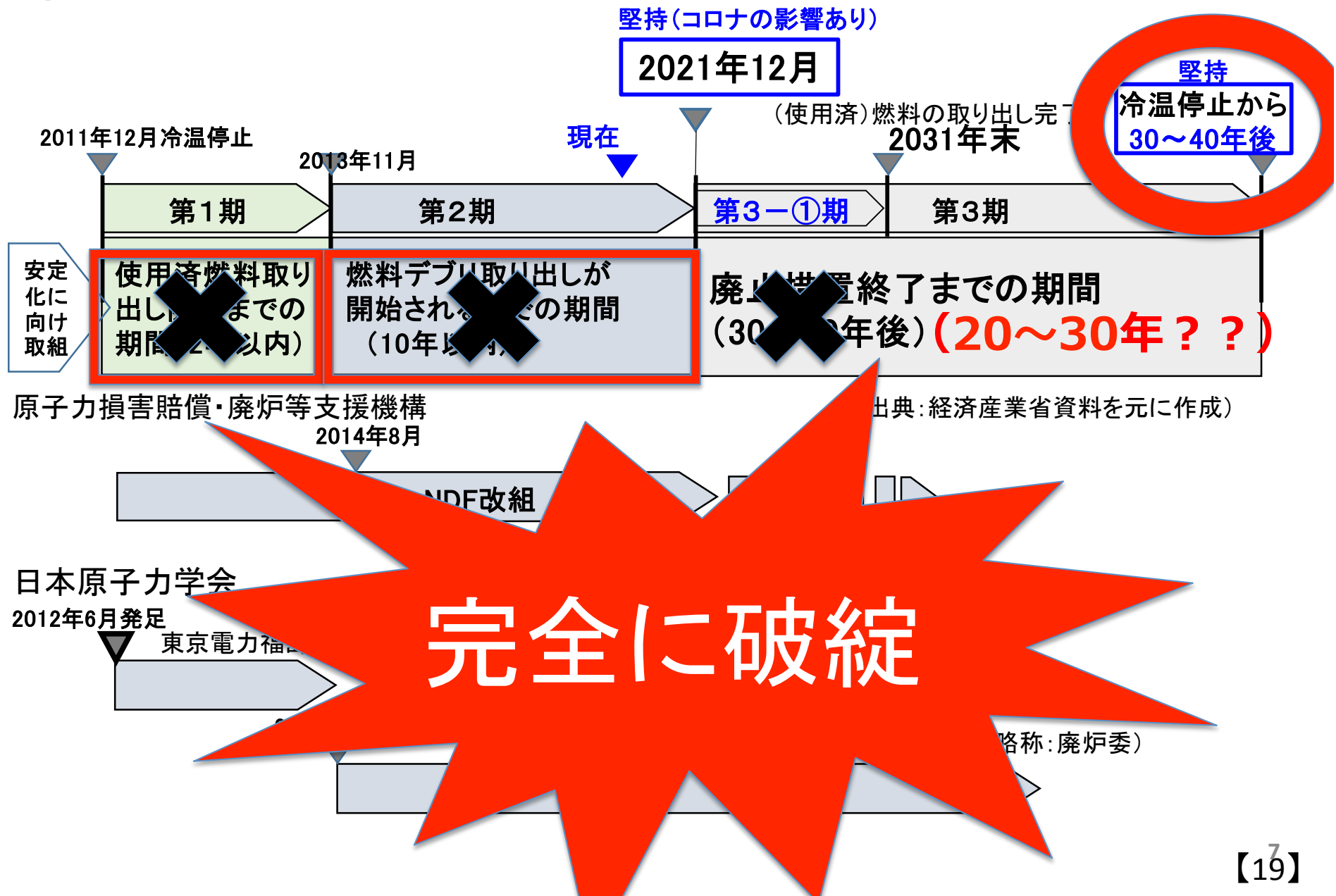
世界で実施している方法
IAEAも推奨

学会として、社会の
理解への支援も必要

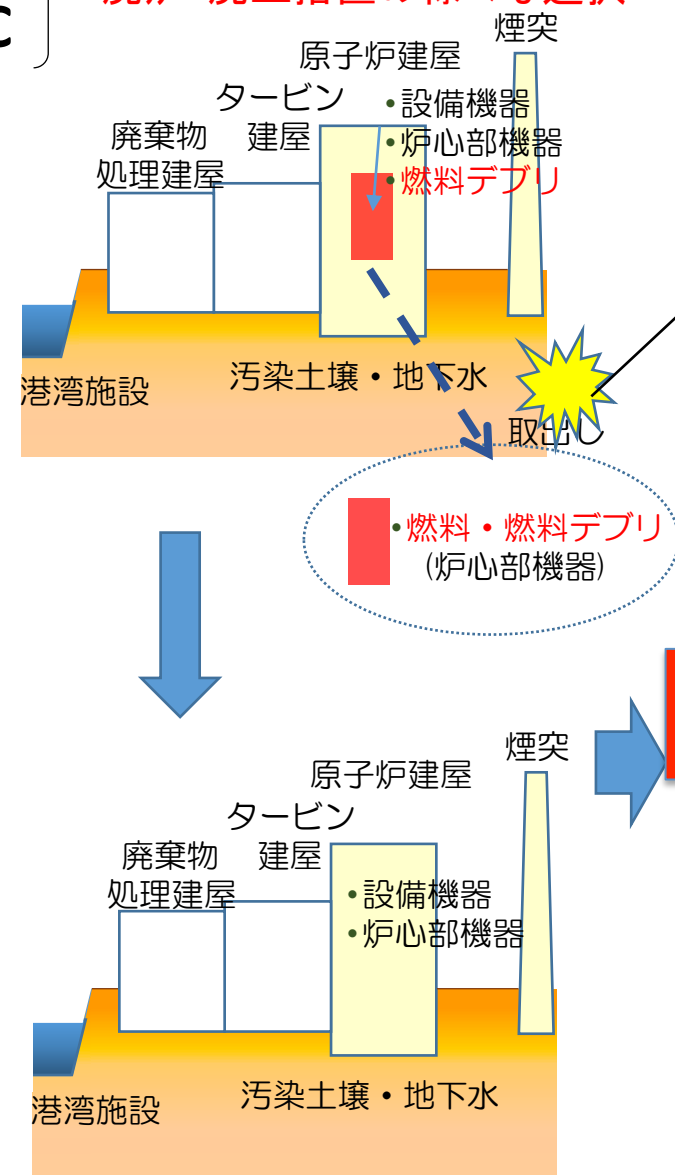
出典:経産省HP2019-9-を元に作成

2

福島第一廃炉の中長期ロードマップ（2019年12月改定より）

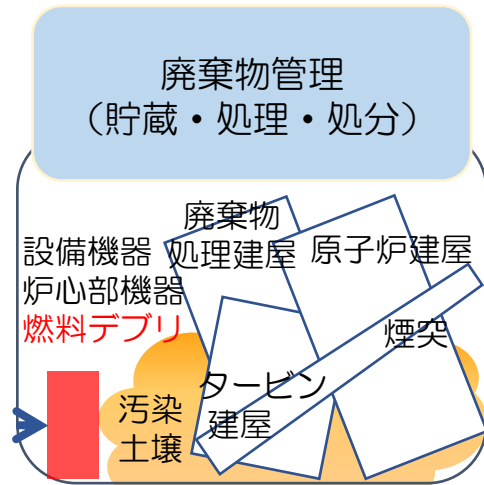
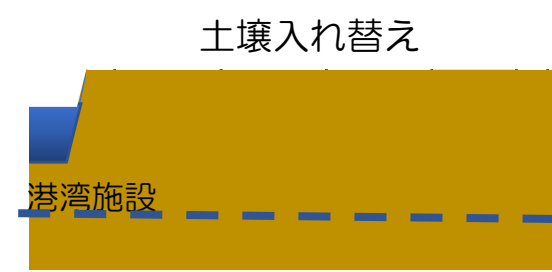


【C】 **一廃炉・廃止措置の様々な選択一**

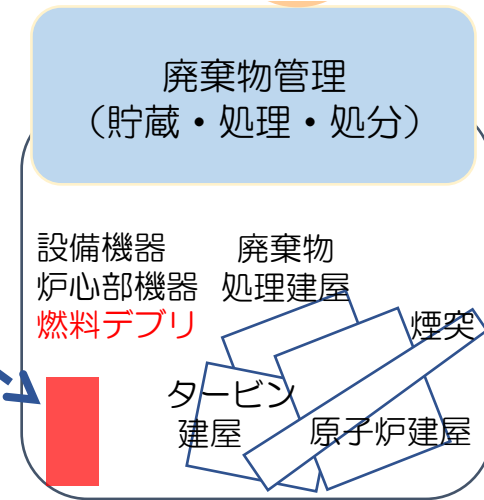
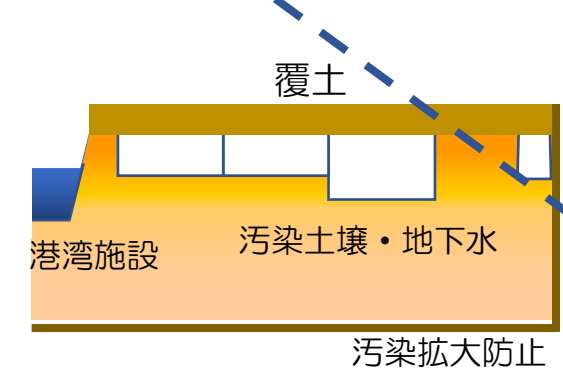


【廃炉】機器・構造物の全量を撤去。
 【サイト修復】敷地内全域の汚染土壌を撤去。

全て撤去
 いま、ようやくこの段階



地上部のみ撤去



引き続き実施される廃炉作業に
 影響がない程度に核燃料物質が
 とりだされることを想定。（柳原敏）

4

廃炉のシナリオ例でエンドステートを考える

C

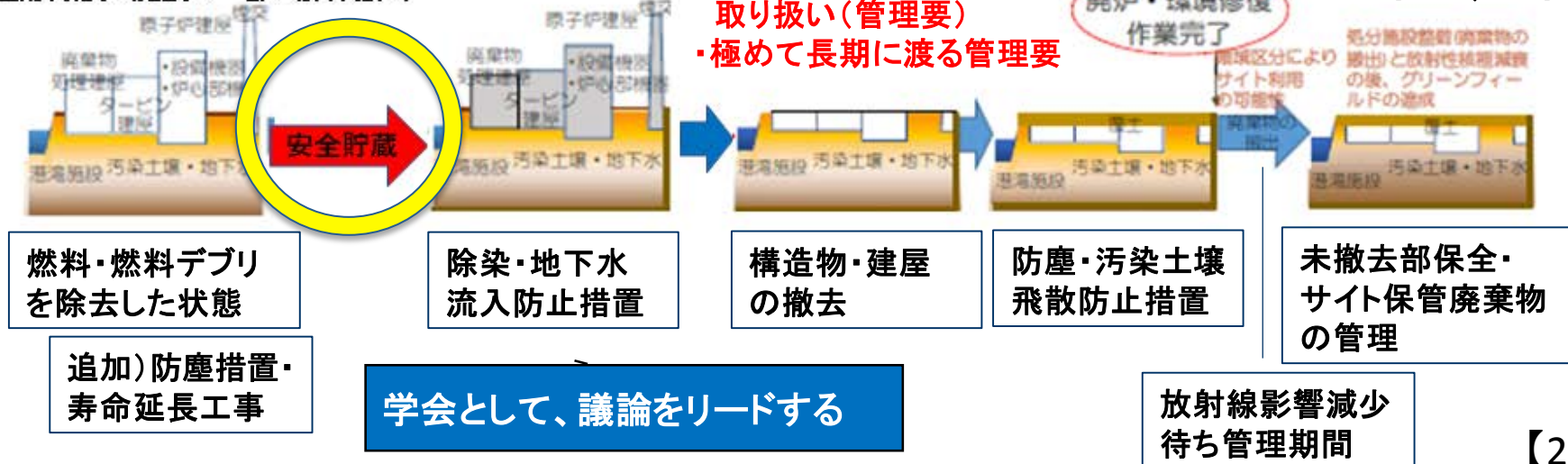
「いつ、何を選択するか」

シナリオ1:
施設全体を解体撤去



(注)MCCI溶融物を残存させるか

シナリオ4:
安全貯蔵後に施設の一部を解体撤去



ドイツ グライフスバルト原発の 廃炉・解体・クリアランスを 写真で見る



澤井正子（核燃サイクル阻止1万人訴訟原告団）
上澤千尋（原子力資料情報室）
（現地調査は、2013年）

ドイツ

2022年末までに
すべての原子力発電所の閉鎖完了



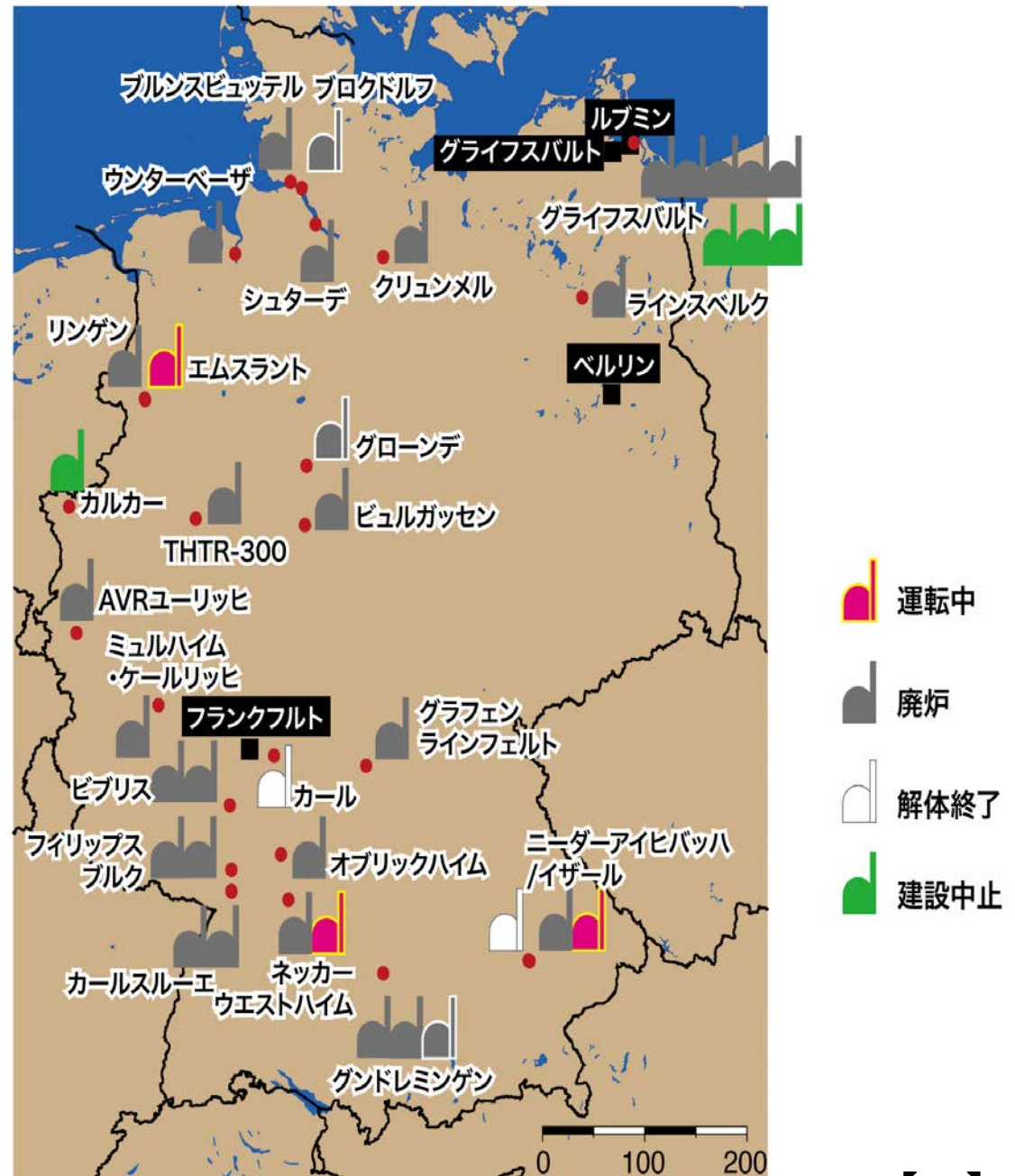
全原子炉の廃炉・解体

■ 使用済燃料はすべて
サイト内中間貯蔵

■ 低レベル廃棄物最終処分場
→コンラッド（建設中）
クリアランス実施

■ 高レベル廃棄物最終処分場
→選定中

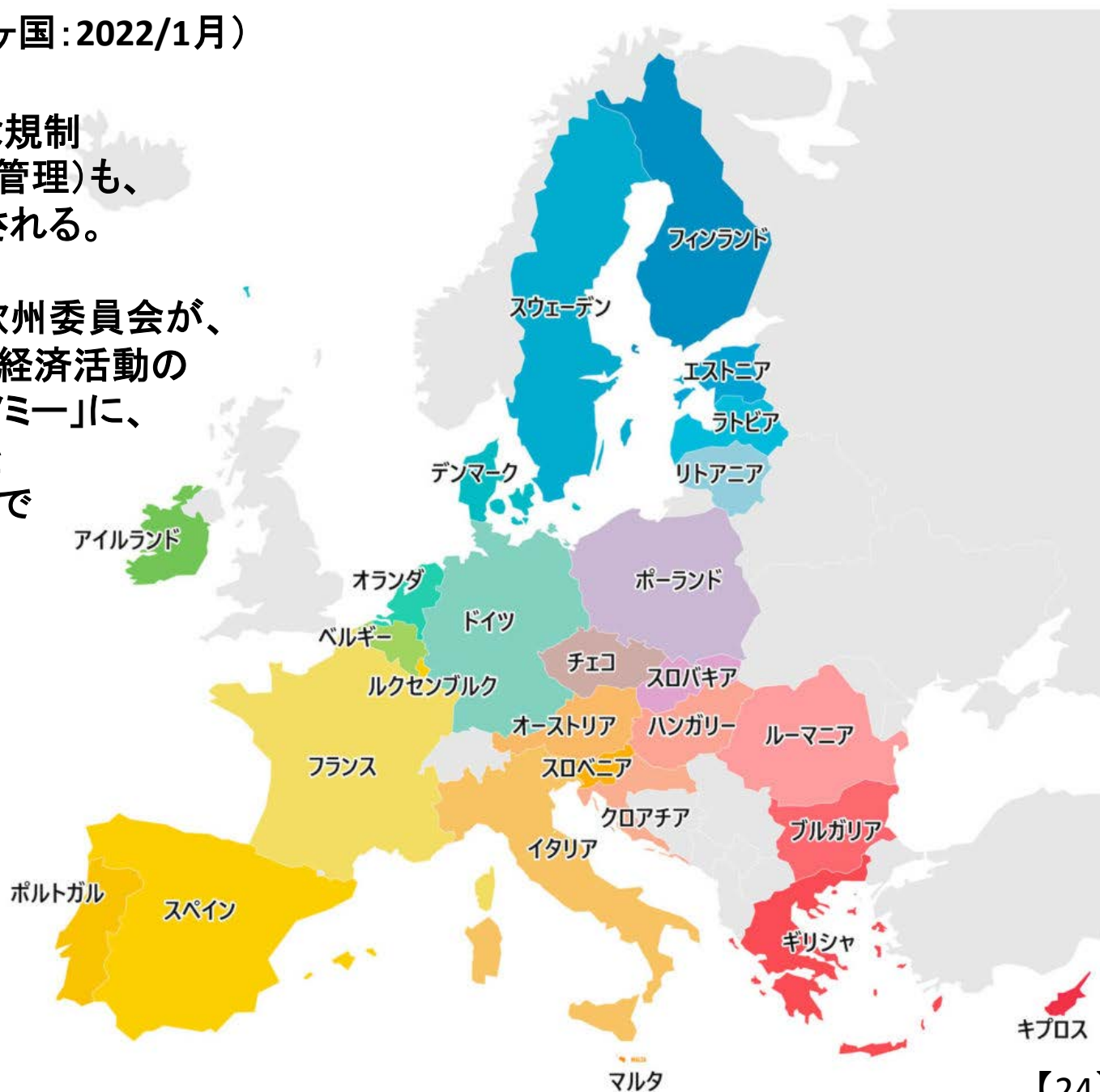
■ グライフスバルト原子力発電所
東ドイツ時代にソビエトが建設、
VVER（ロシア型加圧水型）。
危険性が高いと判断で、全号機
解体・廃炉が東西ドイツ統一の
条件となった。



EU加盟国 (27ヶ国:2022/1月)

原子力に関わる様々な規制
(例えば放射性廃棄物管理)も、
EU法令・指令として出される。

EUの執行機関である欧州委員会が、
2022/1/1、持続可能な経済活動の
分類枠組み「EUタクソノミー」に、
一定条件下で原子力と
天然ガスを含める方向で
検討を開始。



グライフスバルト原発の跡地利用



敷地の跡地利用



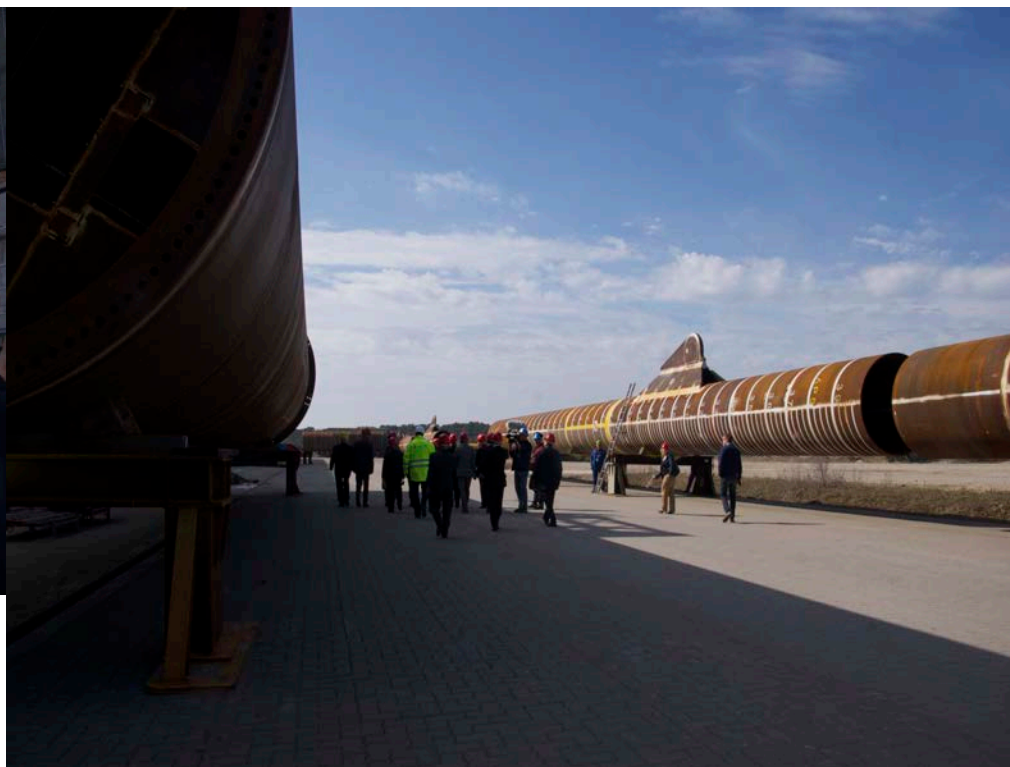
【ロシアからの天然ガス海底パイプライン】
ルブミンは、ロシアからの天然ガス海底パイプラインのドイツ側の出口となっている。この天然ガスを利用した発電所計画も進んでいる。

東ドイツ時代、原発の解体廃炉費用の積み立てがなかったため、グライフスバルト原発の解体費用は、EU、連邦政府、州政府からの補助金が当てられた。その受け皿である目的組合を地元3町が作り、原発跡地利用計画を作成している。

原発跡地120haのうち、現状は15ha、15企業の誘致に成功している。

食品産業も誘致したいが、うまくいかない。





**【跡地利用】
超長大なタービン建屋を
利用した風車製造企業**

解体作業施設

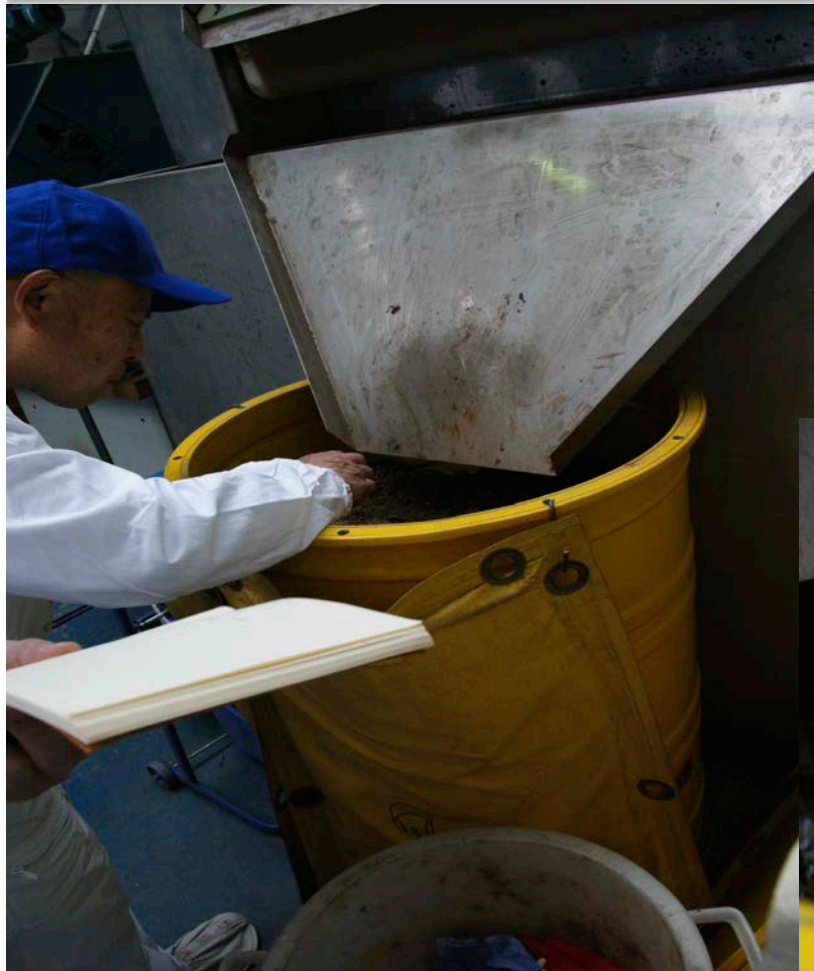


即時解体作業開始：
労働者の雇用確保、技術確保の観点から
選択。汚染の高いものは、貯蔵施設で
放射能減衰(数十年)させ、作業員の
被ばく低減。



多種・多様な機器類、配管等を切断
高圧水、化学的、サンドブラスト等の
除染を実施

解体作業施設



【除染廃棄物の線量は非常に高い!】





EWN Nord WEBより



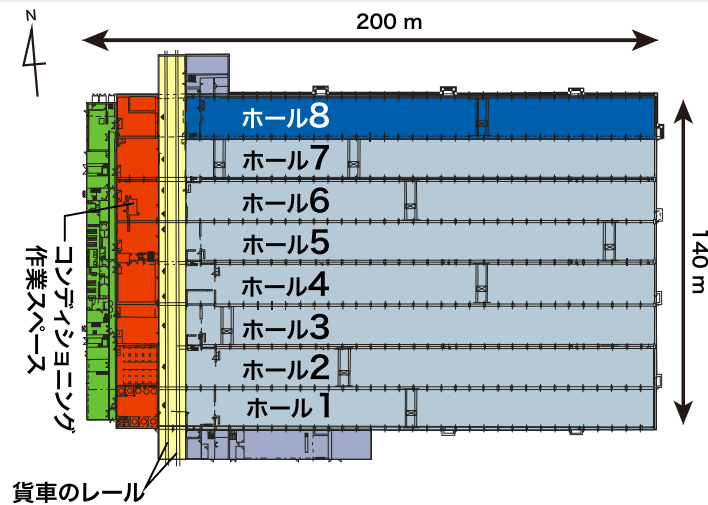
EWN Nord WEBより



【超高压水除染】



ZLN（解体廃棄物貯蔵施設）





EWN Nord WEBより



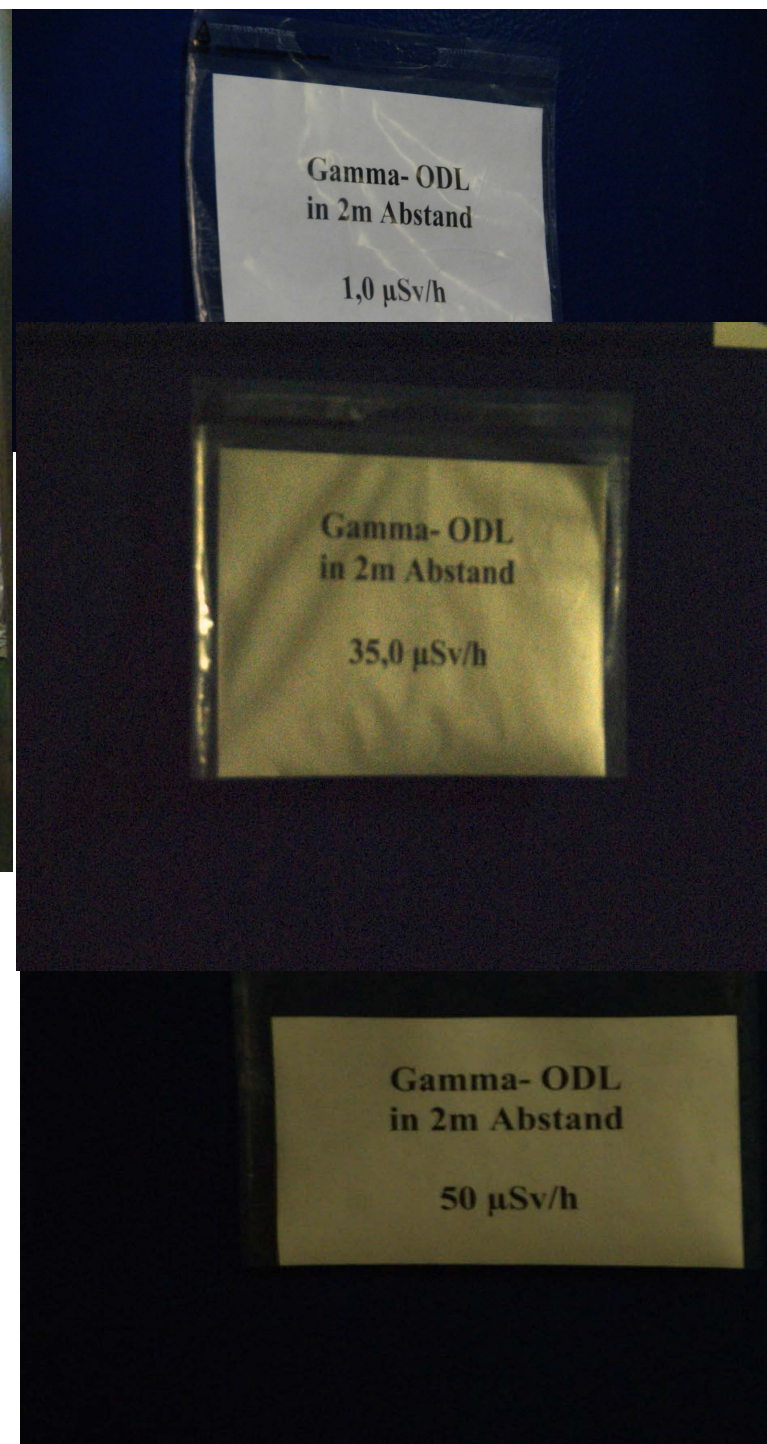
「廃棄物の中間貯蔵施設がなければ、解体作業はできない！」





【線量カード】
2mの距離で γ 線
1,0～35,0～50,0 μ Sv/h

【32】



敷地の跡地利用



【ロシアからの天然ガス海底パイプライン】
ルブミンは、ロシアからの天然ガス海底パイプラインのドイツ側の出口となっている。この天然ガスを利用した発電所計画も進んでいる。

東ドイツ時代、原発の解体廃炉費用の積み立てがなかったため、グライフスバルト原発の解体費用は、EU、連邦政府、州政府からの補助金が当てられた。その受け皿である目的組合を地元3町が作り、原発跡地利用計画を作成している。

原発跡地120haのうち、現状は15ha、15企業の誘致に成功している。

食品産業も誘致したいが、うまくいかない。







**Gamma- ODL
in 2m Abstand**

1,0 μ Sv/h

Gamma- ODL
in 2m Abstand

7,0 $\mu\text{Sv/h}$

Gamma- ODL
in 2m Abstand

10,0 $\mu\text{Sv/h}$

RADIOAKTIV



Vorsicht !
Erhöhte
Strahlung

Gamma- ODL
in 2m Abstand

35,0 $\mu\text{Sv/h}$



**Gamma- ODL
in 2m Abstand**

50 μ Sv/h













