

第5回 福島第一廃炉国際フォーラム

# 廃炉の安全への取組 No.1

発電所の安全管理

2021年11月1日

---

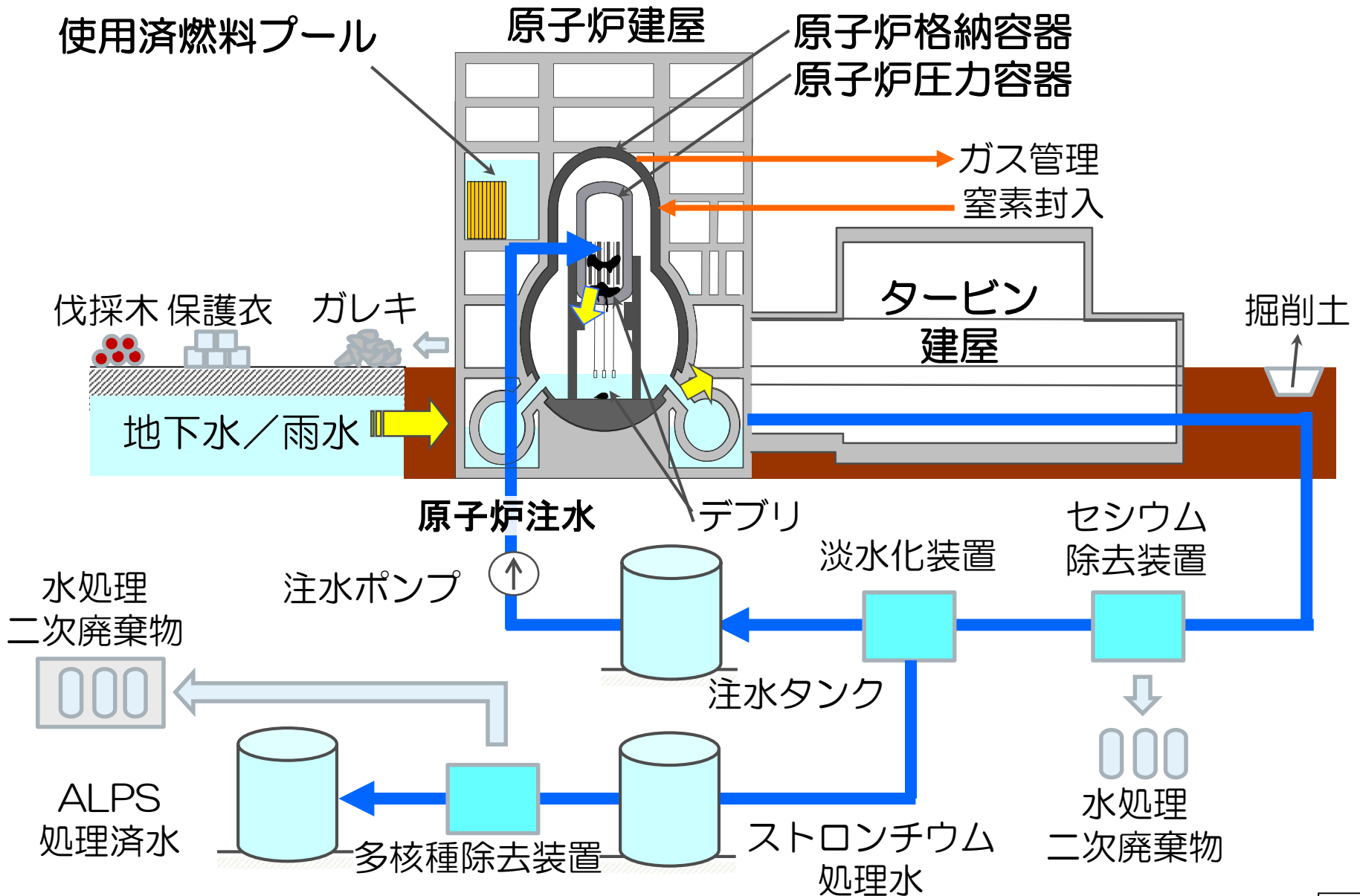
東京電力ホールディングス株式会社

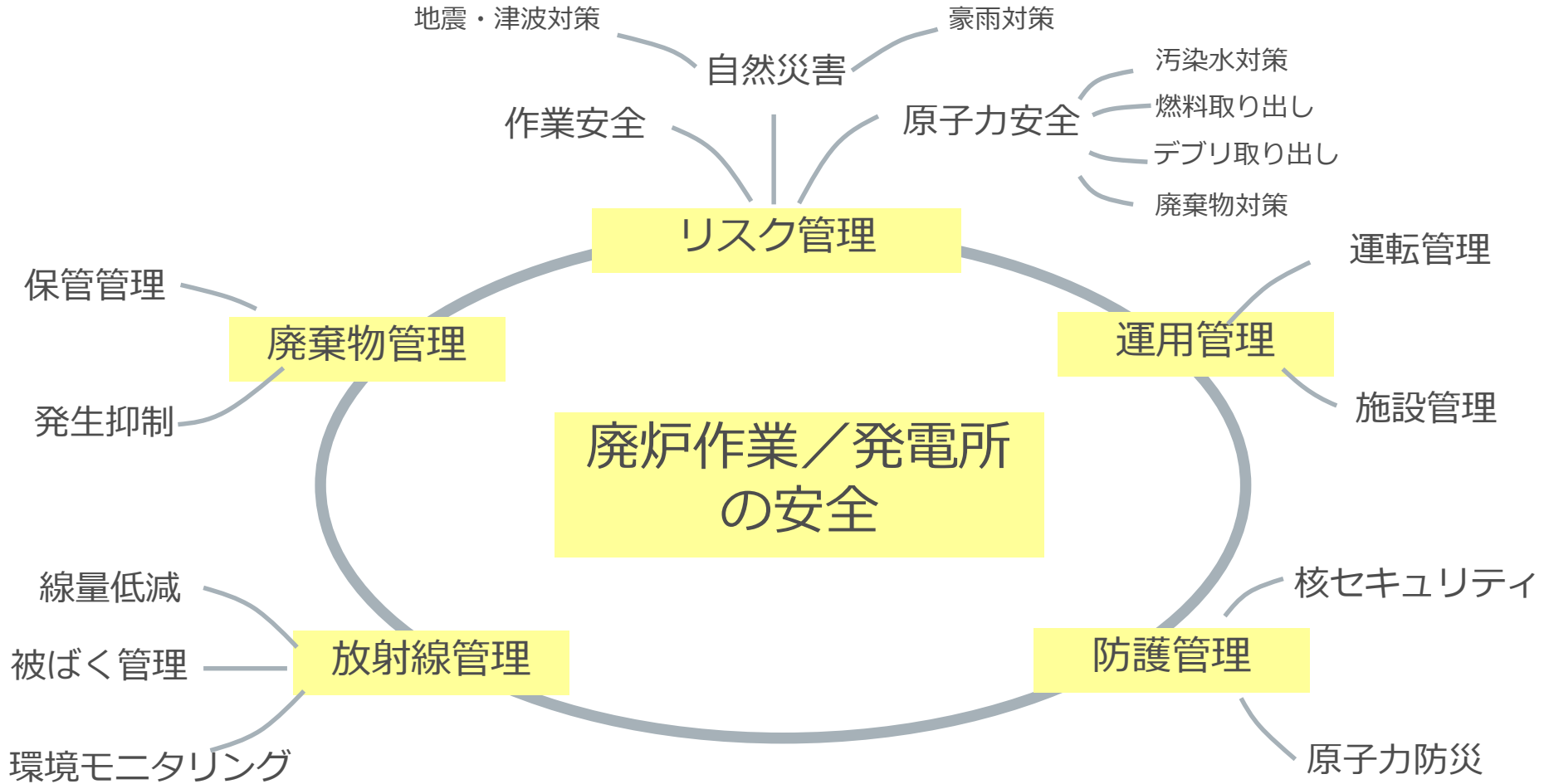
廃炉推進カンパニー

バイスプレジデント兼福島第一原子力発電所長

磯貝 智彦

# 福島第一原子力発電所の概要

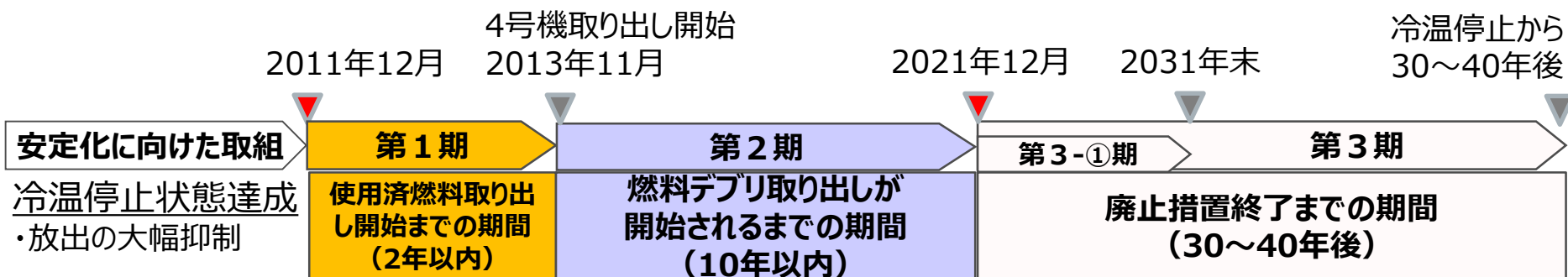




# 1. リスク管理（リスク低減）

# 1-1. 中長期ロードマップ

## 中長期ロードマップ改訂 ( 2019.12.27 ) 目標工程 (マイルストーン)



### 汚染水対策

- ・ 汚染水発生量を150m<sup>3</sup>/日程度に抑制 2020年内
- ・ 汚染水発生量を100m<sup>3</sup>/日以下に抑制 2025年内
- ・ 建屋内滞留水処理完了 2020年内
- ・ 原子炉建屋滞留水を2020年末の半分半分程度に低減 2022 ~2024年度

### 燃料デブリ取り出し

- ・ 初号機の燃料デブリ取り出しの開始 2021年内  
(2号機から着手。段階的に取り出し規模を拡大)

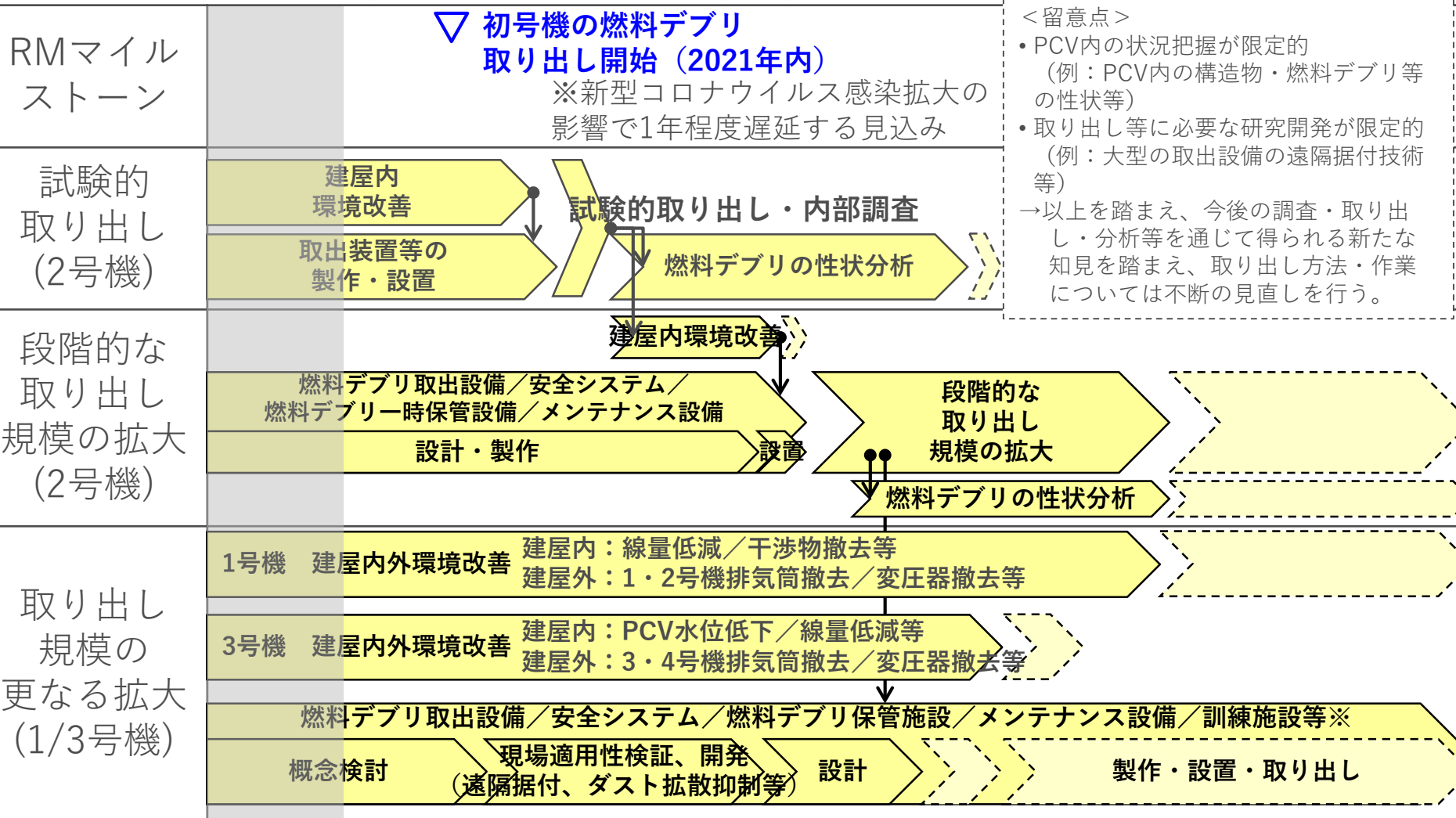
### 廃棄物対策

- ・ 処理・処分の方策とその安全性に関する技術的な見通し 2021年度頃
- ・ ガレキ等の屋外一時保管解消 2028年度内

### プール燃料取り出し

- ・ 1号機大型カバーの設置完了 2023年度頃
- ・ 1号機燃料取り出しの開始 2027~2028年度
- ・ 2号機燃料取り出しの開始 2024~2026年度
- ・ 1~6号機燃料取出しの完了 2031年内

# 1-2. 中長期実行計画（デブリ取り出しの例）



※3号機を先行して検討を進め、1号機に展開することを想定

## 2. 施設管理

# 2-1. 施設管理（長期保守管理計画）

震災後の環境変化を踏まえ、廃炉・汚染水対策を進める上で特に注視すべきリスクを抽出し、該当する設備（機器）に対して、疲労割れや摩耗等の経年劣化要因に応じた対応が必要と判断し、**長期保守管理計画を策定（2021年1月より本格運用）**

各システムを構成している機器単位または部品単位で約34万件が抽出され、応急処置の実施や恒久対策の計画をたて、継続的に管理している。  
追加や撤去された設備や建物も毎年度の見直し時に反映することとしている。

**①環境への影響（公衆及び作業員への被ばくを含む）**

**(1) バウンダリ機能の喪失**

放射性物質を内包する設備が損傷し、バウンダリ機能、漏えい検知機能及び放射線の遮蔽機能が喪失

**(2) 監視機能の喪失**

監視設備や計器が故障し、廃炉・汚染水対策に必要な設備の監視機能が喪失

**(3) 新設設備、使用中の既設設備の機能喪失**

上記（1）、（2）以外で、廃炉作業を進めるために必要な設備の機能が喪失

**②人身災害・設備災害の発生**

**(4) 建物及び建築構造物※の倒壊、構造物の落下・飛来**

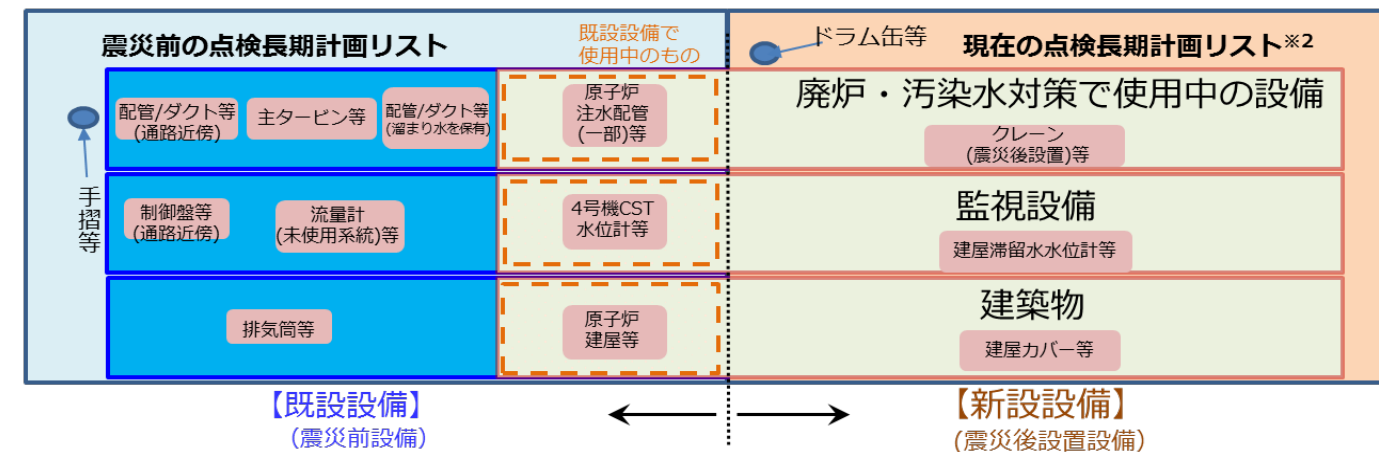
建物や建築構造物の倒壊、構造物の落下・飛来等で災害が発生

**(5) 既設設備※の倒壊、構造物の落下・飛来**

既設設備の倒壊、構造物の落下・飛来等で、災害が発生 ※建物や設備に付随する階段、手摺、歩廊等も含む

**長期保守管理計画の範囲イメージ**

補足：この取り組みやイメージ図は、過去の特定原子力施設監視評価検討会で説明・公開済みのものである



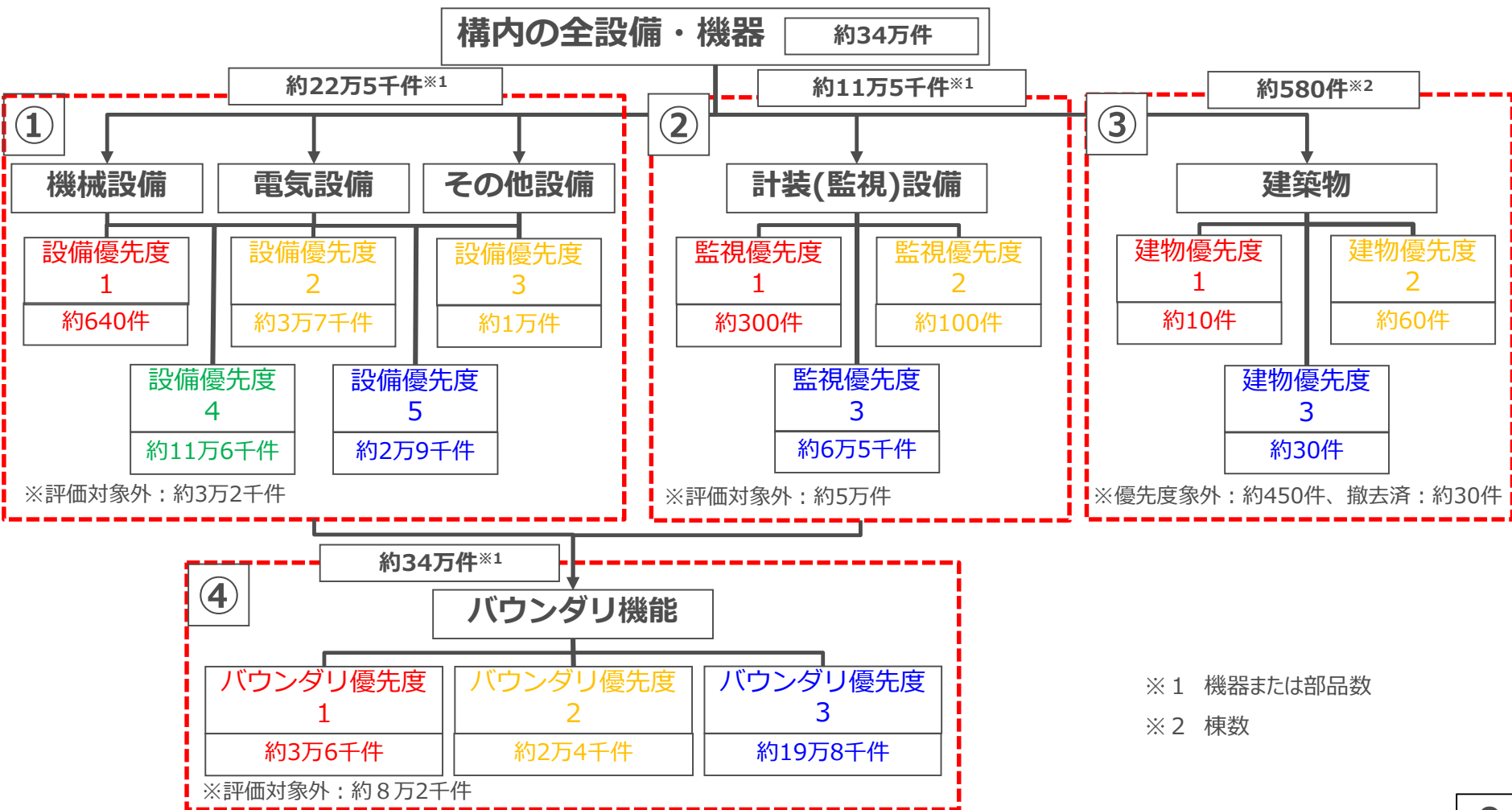
※1 設備保全箇所が判明している約34万件から作業を開始

※2 汚染水を取扱う設備及び放射性ガストを監視する設備については、工事用機材として一時的に使用するものを除き仮設備も管理対象



# <参考> 全設備・機器の対策優先度

- 構内の全設備・機器を「機械設備」、「電気設備」、「その他設備」、「計装設備」、「建築物」に振り分けを行い、現在の管理状態に基づく優先度を設定
- 更に「建築物」以外の設備・機器に対しては、バウンダリ機能の観点から優先度を設定



# <参考> 長期保守管理計画における具体的対策 (代表例 ①機械設備、電気設備、その他設備)

## 【機器名】

- 1～3号機 使用済燃料プール

## 【優先度の評価結果】

- 設備優先度2：追加対策の検討「要」
- バウンダリ優先度3：追加対策「不要」

## 【設備の管理状態】

点検長期計画の管理	有
内包物	液体放射性物質
バウンダリ要求	有
人身安全への影響	無
要求機能への影響	有
漏洩検知器	無
堰	有
インベントリグレード	ii

## 【インベントリグレード】

放射能濃度	高	ii	i	i	<b>グレード i</b> ：放射能濃度が高かつ保有量が中以上で、漏えい時の環境影響が大きいもの <b>グレード ii</b> ：放射能濃度や保有量が中以上で、漏えい時の環境影響が懸念されるもの <b>グレード iii</b> ：放射能濃度や保有量が低く、漏えい時の環境影響が小さいもの
	中	ii	ii	ii	
	低	iii	iii	ii	
		小	中	大	保有量



1号機 使用済燃料プール  
2019.8.2撮影

## 【設備優先度2 追加対策の内容】

- プールライナー漏えい防止
  - ガレキ等の落下による使用済燃料プールの損傷を防止するため、プールに養生カバーを設置。（1号機）
  - プールライナー腐食による漏えいを防止するため、プール水の水質を監視（3ヶ月に1回）し、必要に応じ、プール水浄化を実施。
- プール水漏えい時の対応
  - プールライナーの損傷により、使用済燃料プール水位が低下した場合は、非常用注水設備等による注水でプール水位を維持。

## 2-2. 見直しの代表例

### ① 2020年度の新設設備・機器の追加

1～4号機出入管理所関連設備、サブドレン除鉄装置関連設備  
建屋内RO増設設備・配管、増設雑固体廃棄物処理建屋関連、等

### ② 保全方式の見直し

劣化の状況や故障実績等を踏まえ、長期使用の際のリスク回避策として  
事後保全(BDM)から予防保全(TBM)への見直しを実施。一例としては

- ・ 既設多核種除去設備（既設ALPS)や既設淡水化装置（既設RO)の一部
- ・ 放射性物質を内包する屋外の瓦礫類収納容器、等

### ③ 試運用中の機器や仮設設備の追加

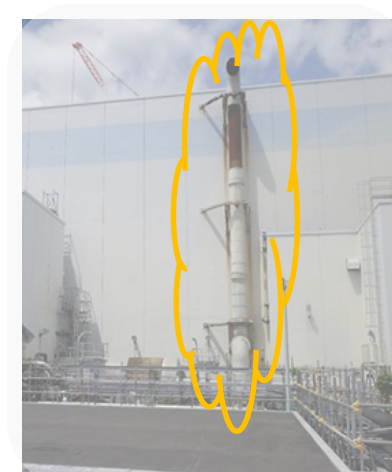
3号機原子炉建屋地震計、設備近傍の歩廊、機器収納用コンテナ・小屋、等  
なお、長期に使用している仮設機器については、現場ウォークダウンや  
各グループからの情報提供の内容を踏まえ、今後、管理箇所を明確にし、  
継続的に管理できる仕組みを構築していく



### (1) 1～4号機既設D／G用煙突の撤去

長期保守管理計画制定時に、煙突の劣化を確認したことから、応急措置として立入禁止区画を実施。

恒久対策として、2021年8月～2022年3月の期間で煙突の撤去工事を計画。



### (2) 瓦礫等収納容器の管理

屋外のコンテナにおいて、適切な管理状態では無かったことから、放射性物質を内包する優先度の高いコンテナの外観点検や内容物の確認を実施中。今後は、これらの屋外コンテナは、長期保守管理計画の中で適切に管理し、定期的な点検を実施する。

長期保守管理計画の取り組みに加え、系統のリスク（トラブル時の影響が大きいもの）を考慮し、設備の信頼性向上対策に取り組む。

### ■ 多核種除去装置（既設ALPS）

- a. 不具合の多い箇所を取替、リスクが顕在化している設備の更新  
供給タンク、耐圧ホース（鋼管化） 【2021年度～2024年度】
- b. 主要機器・部品の予備品確保（停止期間短縮のため）  
クロスフローフィルタ（CFF） 【2021年以降継続調達】

### ■ 多核種除去装置（増設ALPS）

CFFの予備品取得 【2021年以降継続調達】

### ■ 淡水化装置（既設RO）

処理水補給ライン新設 【2022年度予定】

### ■ セシウム吸着装置（SARRY）

バルブブラック更新 【2021年度～2022年度】

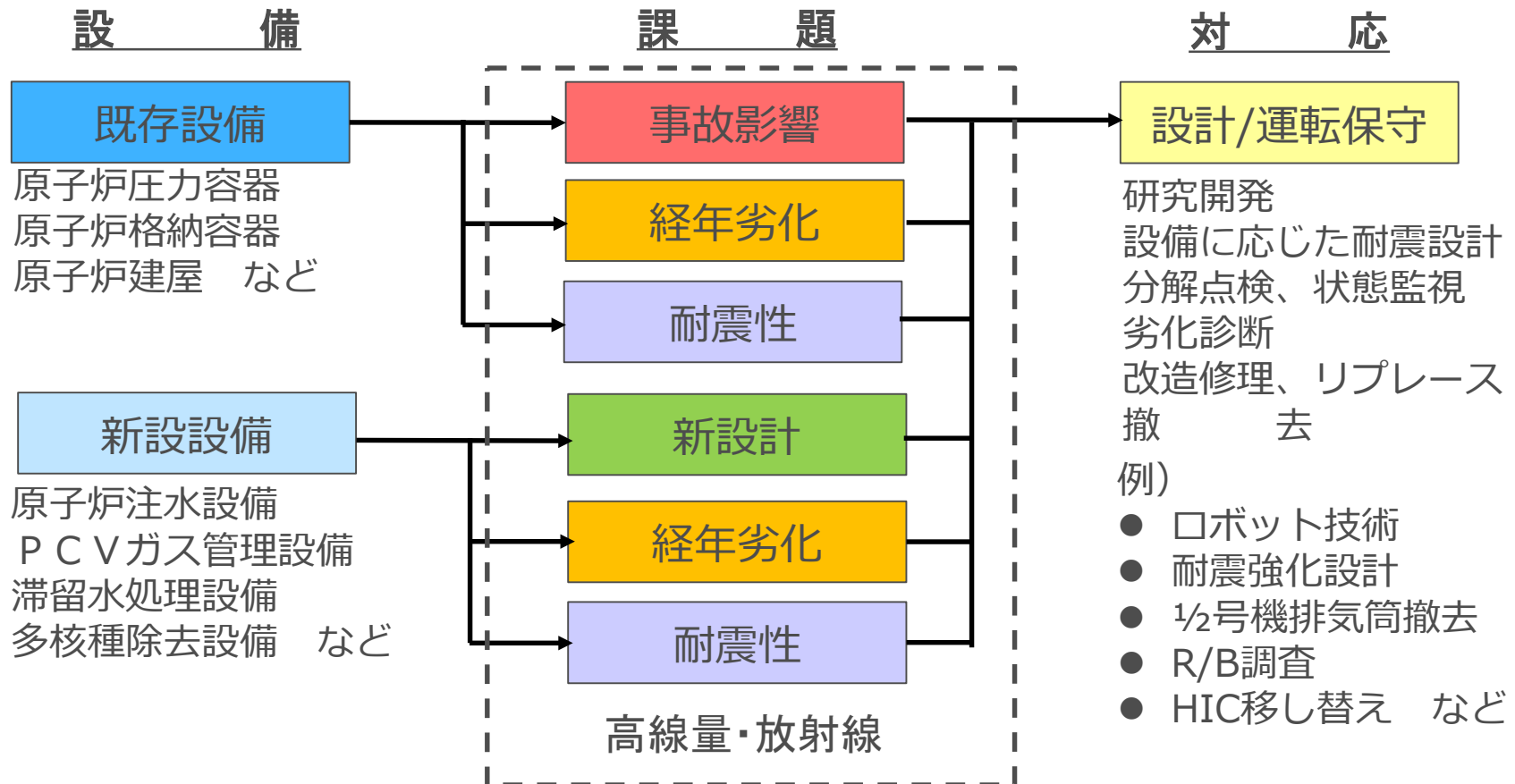
### ■ PCVガス管理システム

1, 3号機用電動機更新 【2023年～2024年】

### ■ 除染装置（AREVA）

系統内包水の処理（Dピットの廃スラッジ処理後） 【2024年頃】

- 既存設備は事故時の爆発などの影響、経年劣化を考慮する必要
- 新設設備は応急的又は新規に設計（実績なし）された設備であり、運転保守管理の知見拡充が必要
- 長期にわたる廃炉作業に対して耐震性に対する考慮が必要
- 高線量、放射線影響を考慮する必要

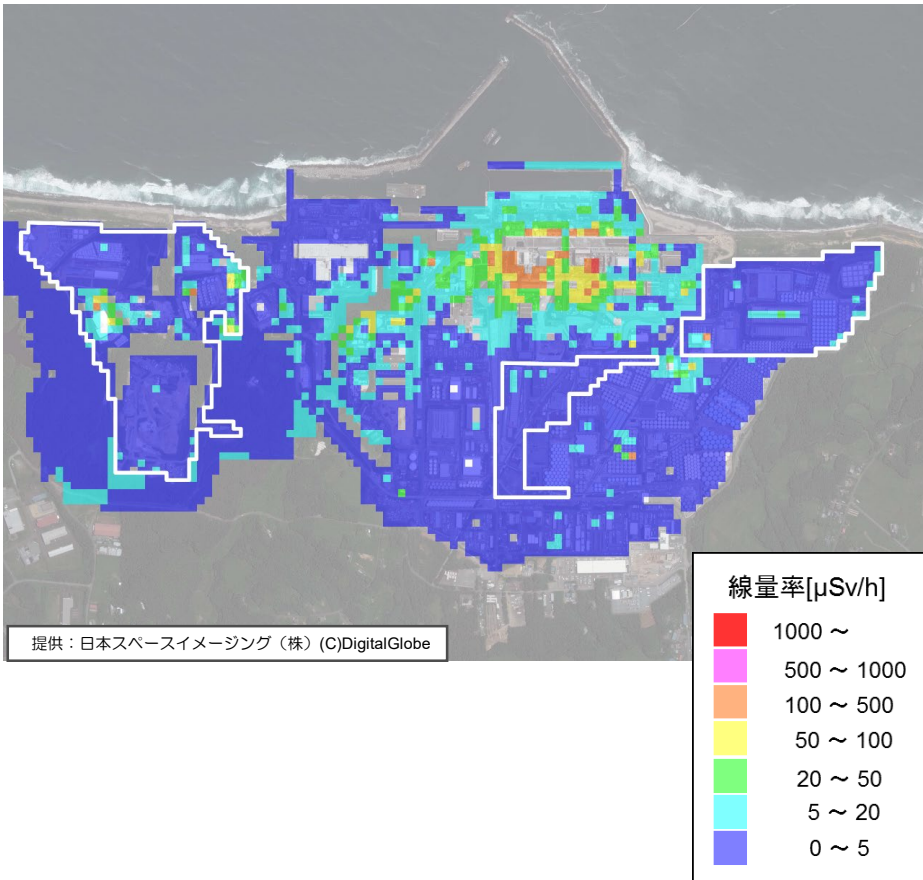


## 3. 放射線管理

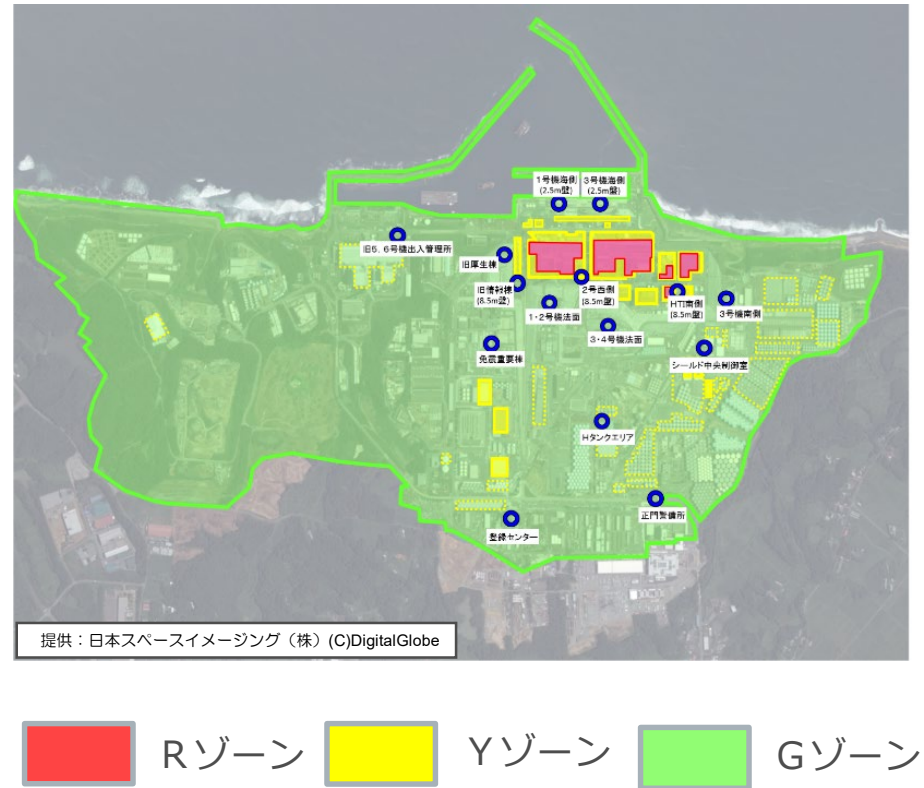
# 3-1. 構内の線量低減

- 5  $\mu\text{Sv/h}$  となるよう表層土の剥ぎ取り、フェーシングなどを実施
- その結果、敷地面積の96%が一般作業服（Gゾーン）で作業可能

### 構内の線量率分布



### 構内のゾーン区分





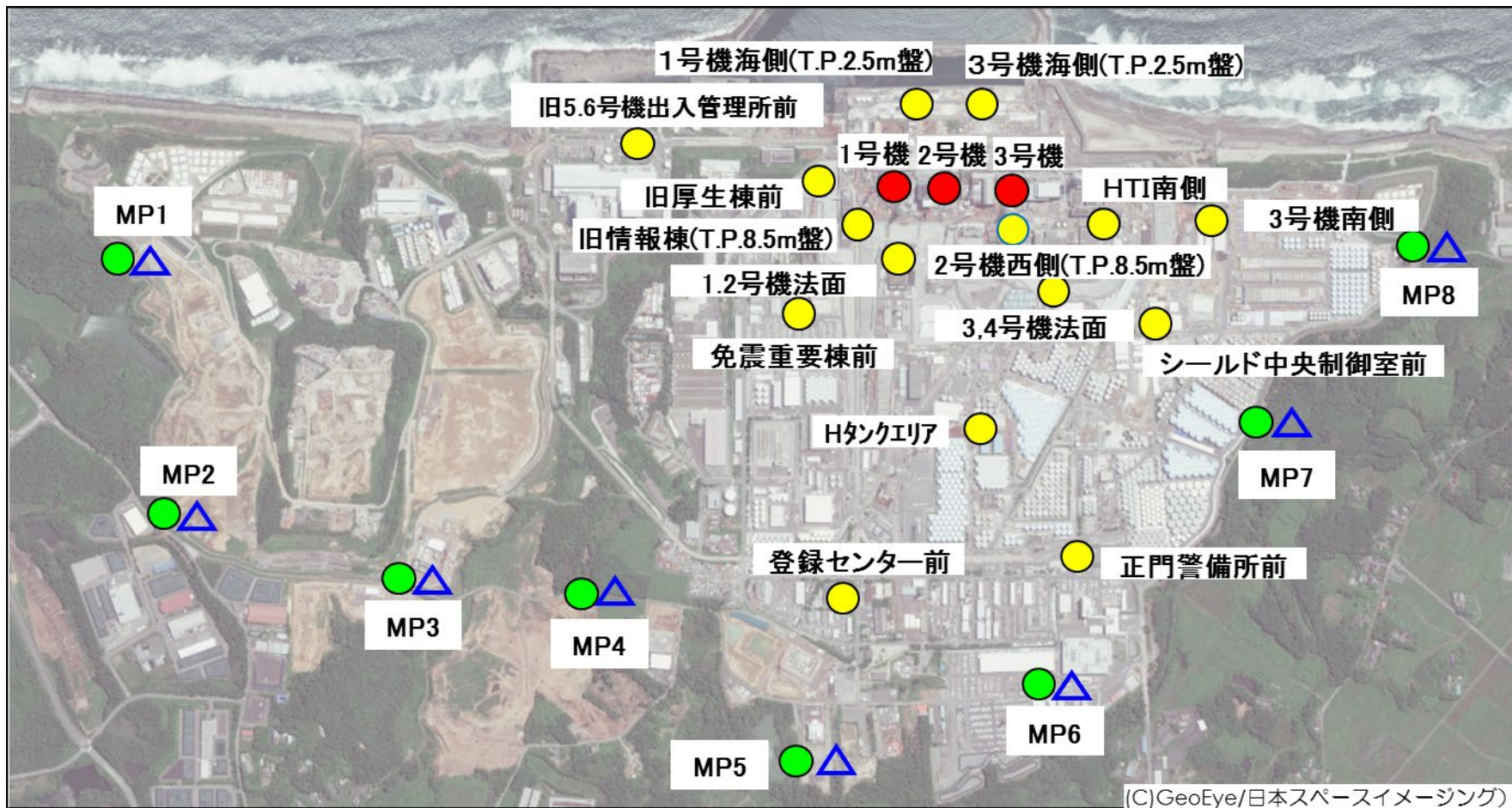
## 3-2. 放射線防護装備

<b>R zone</b> (アノラックエリア)	<b>Y zone</b> (カバーオールエリア)	<b>G zone</b> (一般服エリア)
<p>全面マスク</p> 	<p>全面マスク 又は 半面マスク ※1</p> 	<p>使い捨て防塵マスク ※2</p> 
<p>カバーオールの上 にアノラック</p> 	<p>カバーオール</p> 	<p>一般作業服※3</p> 

※1 水処理設備を含む建屋内、1～4号機周辺建屋内の作業(共用プール、4号機原子炉建屋オペフロ・カバー架構内を除く)、汚染された水を取り扱う作業、放射性物質が舞い上がるおそれのある作業は、全面マスクを着用。

※2 1～4号機周辺防護区域外(ただし、5・6号機建屋内を除く)において、汚染している設備や機器を取り扱う作業ではなく、放射性物質が舞い上がるおそれのない軽作業や、装備交換所又は休憩所間の車両での移動時は着用不要。

### 3-3. 空气中放射性物質濃度の監視



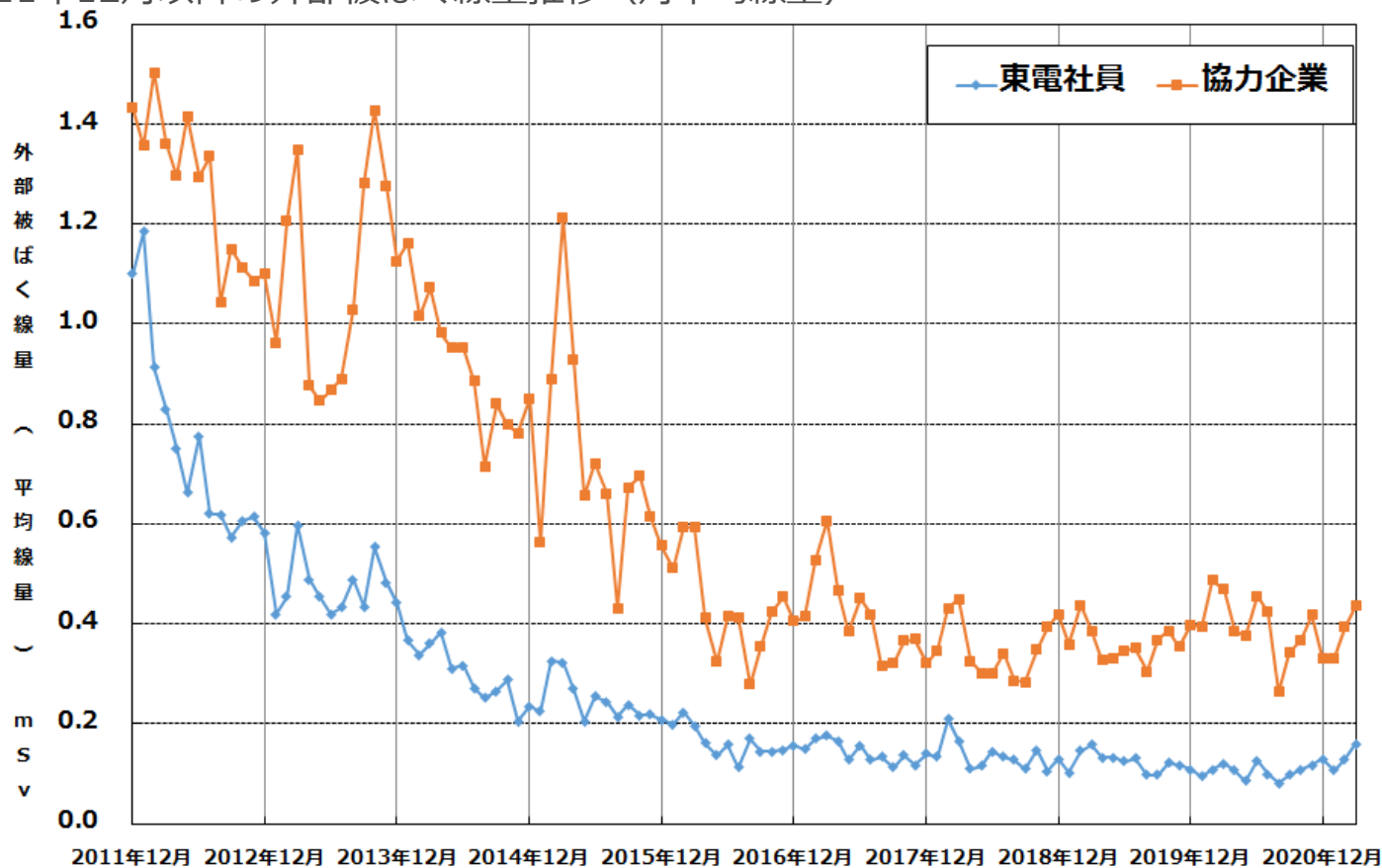
(C) GeoEye/日本スペースイメージング

- オペレーティングフロア上のダストモニタで監視 (1号機：4箇所、2号機：4箇所、3号機：5箇所)
- 構内ダストモニタで監視 (15箇所)
- ▲ 敷地境界ダストモニタ (8箇所) による監視
- 敷地境界モニタリングポスト (8箇所)

# 3-4. 被ばく線量

- 法令限度（50mSv/年、100mSv/5年）を遵守できるよう線量管理
- 遮蔽、除染、遠隔操作、時間管理、作業工法の工夫により被ばく線量の低減

2011年12月以降の外部被ばく線量推移（月平均線量）



※ 2011年12月（ステップⅡ）以降

### 3-5. リモートモニタリングシステム（RMS）の採用

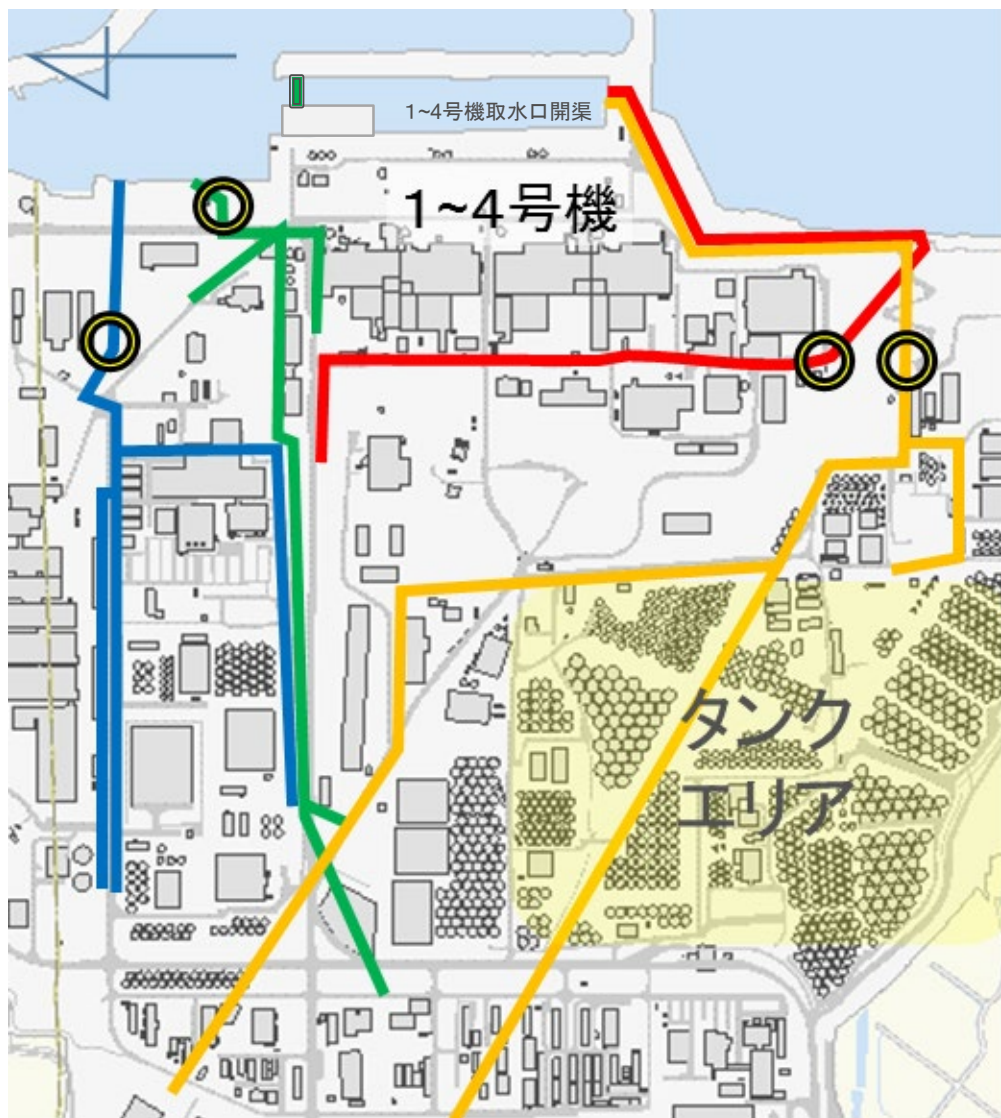
- 原子炉建屋内等の高線量環境下で働く作業員の被ばく低減を目的に、個人被ばく線量の遠隔監視システムを活用（下図参照）。
- 作業員の被ばく線量（mSv）や空間線量率（mSv/h）、作業エリアの状況をリアルタイムで監視し、通話装置で遠隔指示を行うことにより、作業責任者や放射線管理員等の被ばく低減を図っている。

番号	利用種別	名前	線量率	被ばく線量
192.166.1.111.30000	再稼働中			
192.166.1.112.30000	再稼働中			
192.166.1.113.30000	再稼働中			
192.166.1.114.30000	再稼働中			
192.166.1.115.30000	再稼働中		0.14 (mSv/h)	0.03 (mSv)
00163914		Ichijima		
192.166.1.117.30000	再稼働中			
192.166.1.118.30000	再稼働中			
192.166.1.101.30000	再稼働中			
192.166.1.102.30000	再稼働中			



個人被ばく線量の遠隔監視システム（リモートモニタリングシステム）の概要

### 3-6. 排水路モニタによる監視



- 排水路モニタで汚染水の漏えいを監視
- 降雨によるフォールアウトの影響（放射性Csの $\gamma$ 線）を受けずに、 $\beta$ 線（Sr-90の寄与）が測定可能なモニタを順次設置（現在はK排水路、物揚場排水路に設置）

— : A排水路

— : 物揚場排水路

— : K排水路

— : BC排水路

○ : 連続モニタリング装置

■ : 橋梁

# 3-7. 港湾内外サンプリング

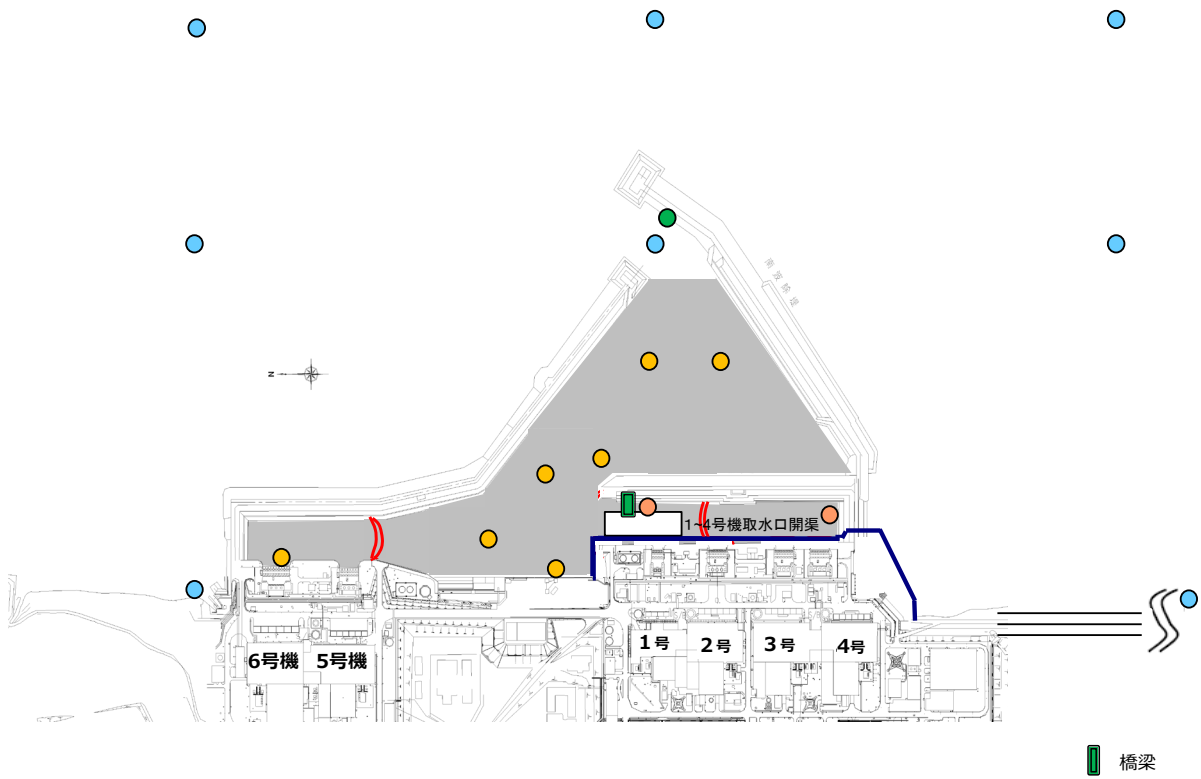
## ■ 港湾内外の海水の放射能濃度を監視

### 【海水の採取地点】

- 海洋への影響を監視（8箇所）
  - 海水放射線モニタ（1箇所）
  - 港湾内の放射能濃度の分布を監視（7箇所）
  - 港湾内への影響の監視（2箇所）
- その他（沿岸31箇所〔宮城県7・福島県28・茨城県6〕）

### 【港湾の放射性物質の低減対策】

- シルトフェンス
  - 海側遮水壁
  - 海底土被覆
- （陸側については、除染、地盤改良、遮水壁などの対策実施）

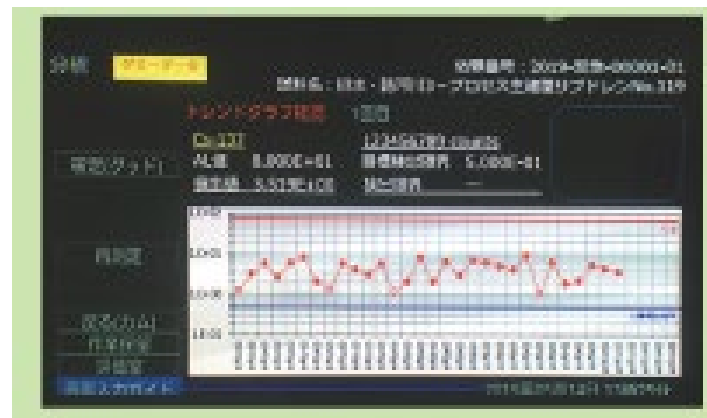


## 3-8. 試料分析

- 試料分析は年間約8万件（事故前の約16倍）
- 構内の分析施設を主に活用し、分析の信頼性を上げるためにスマートグラスを活用
- 化学分析棟（低放射能濃度試料対応）では、セシウム134,137及びトリチウムの分析について、ISO/IEC 17025の認定を取得



トリチウム分析前の化学操作の様子  
(化学分析棟)



グラス内面のディスプレイから見える画像

スマートグラスにより、分析手順やデータのトレンドグラフを確認しながら分析業務を行うことが可能

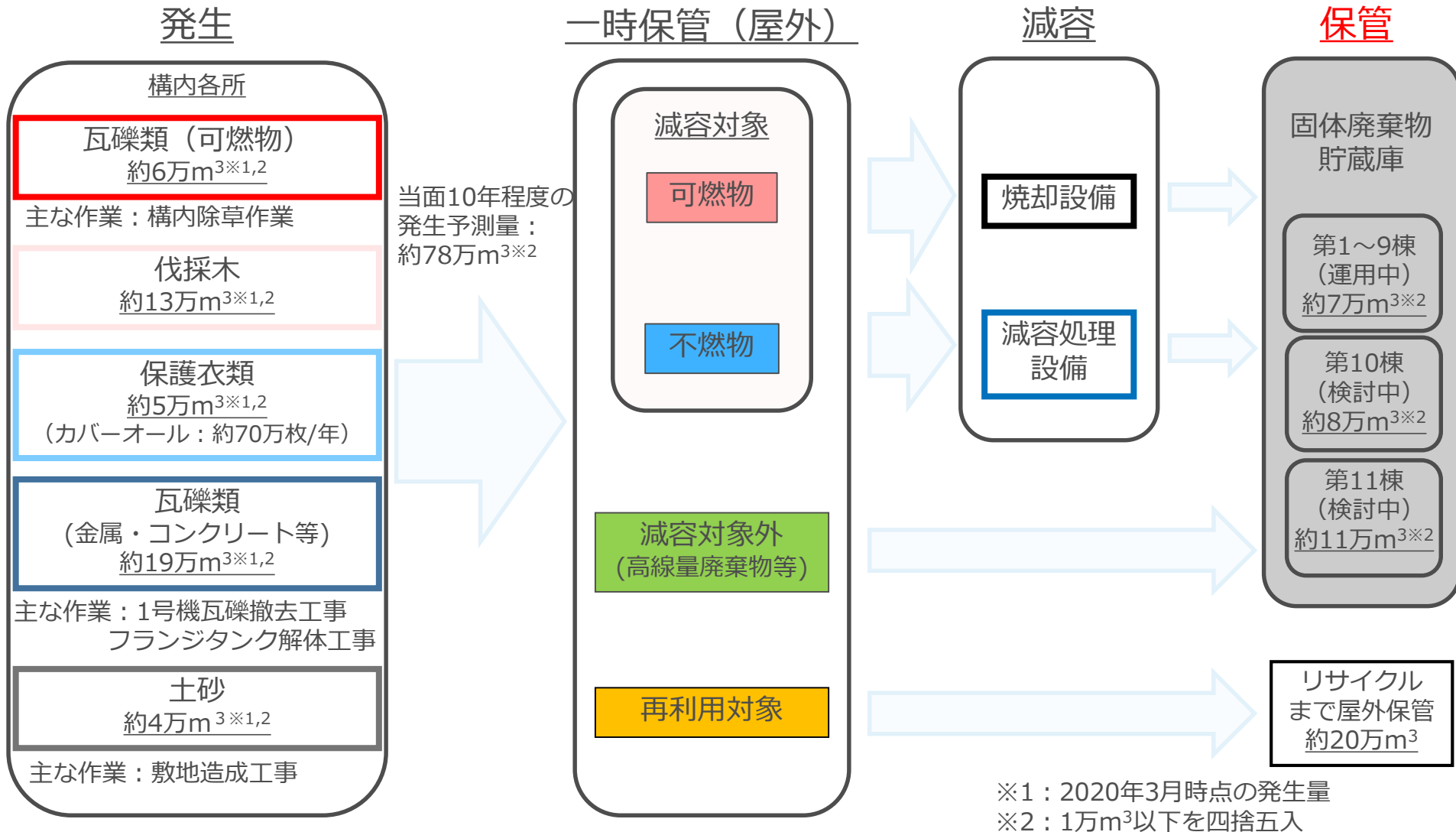
<スマートグラスを利用したデモンストレーション動画>

[https://www.tepco.co.jp/library/movie/detail-j.html?catid=107299&video\\_uuid=cmr78g35](https://www.tepco.co.jp/library/movie/detail-j.html?catid=107299&video_uuid=cmr78g35)

## 4. 廃棄物管理

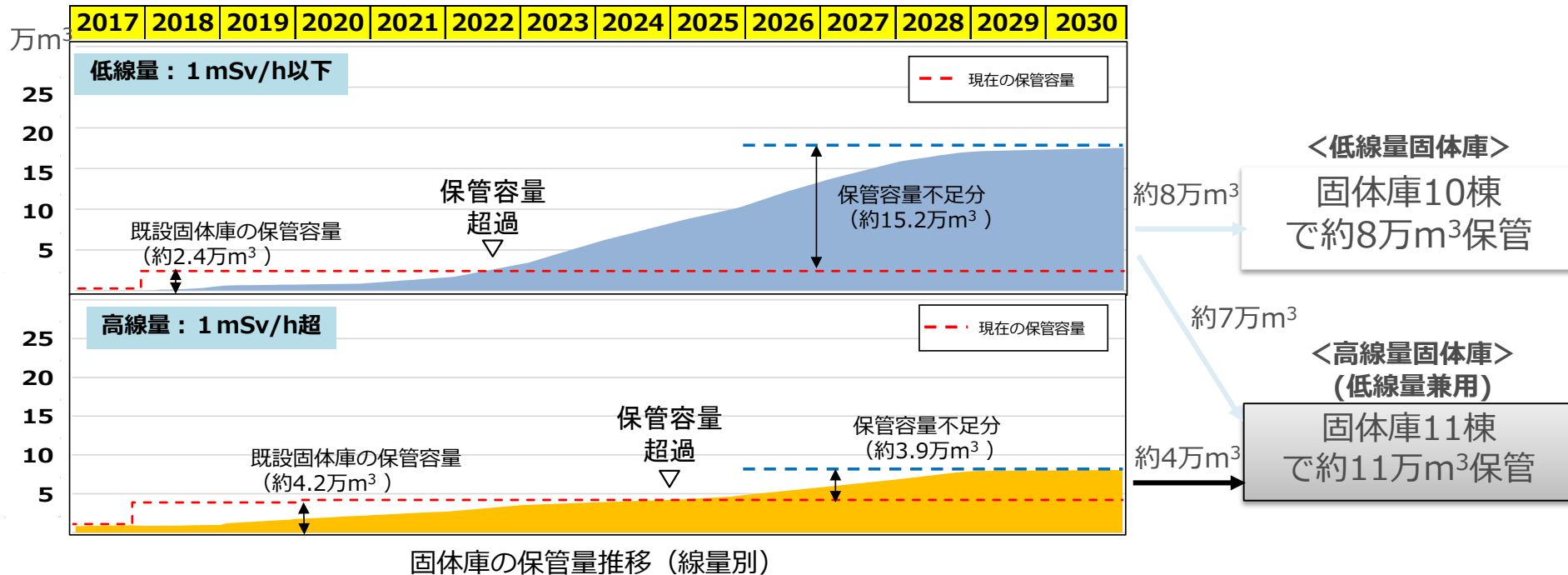


# 4-1. 廃棄物保管管理（1）



# 4-1. 廃棄物保管管理（2）

- 2030年度末までに建屋内で保管を想定している廃棄物は約26万m<sup>3</sup>
- 既設固体庫の保管容量は約7万m<sup>3</sup>のため、今後約19万m<sup>3</sup>分の増設を考慮
- 固体廃棄物貯蔵庫第10棟、11棟に保管する固体廃棄物量を線量レベルに応じて配分

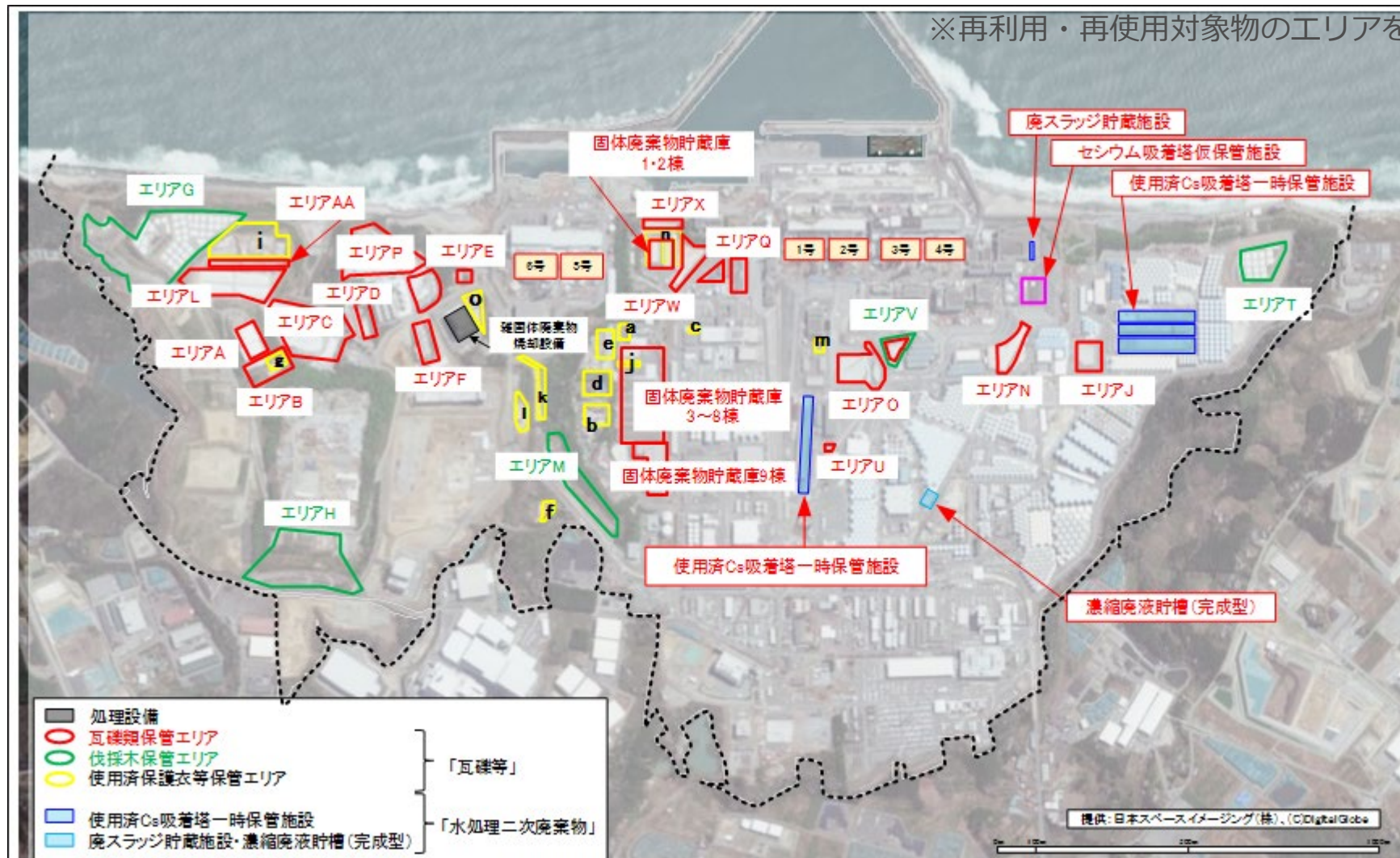


## 4-2. 瓦礫等の保管状況（現状）

- 1F敷地内に瓦礫等の屋外一時保管エリアが点在（約50カ所）

⇒2028年度に屋外一時保管エリアを解消※し、屋内（固体庫）保管へ移行

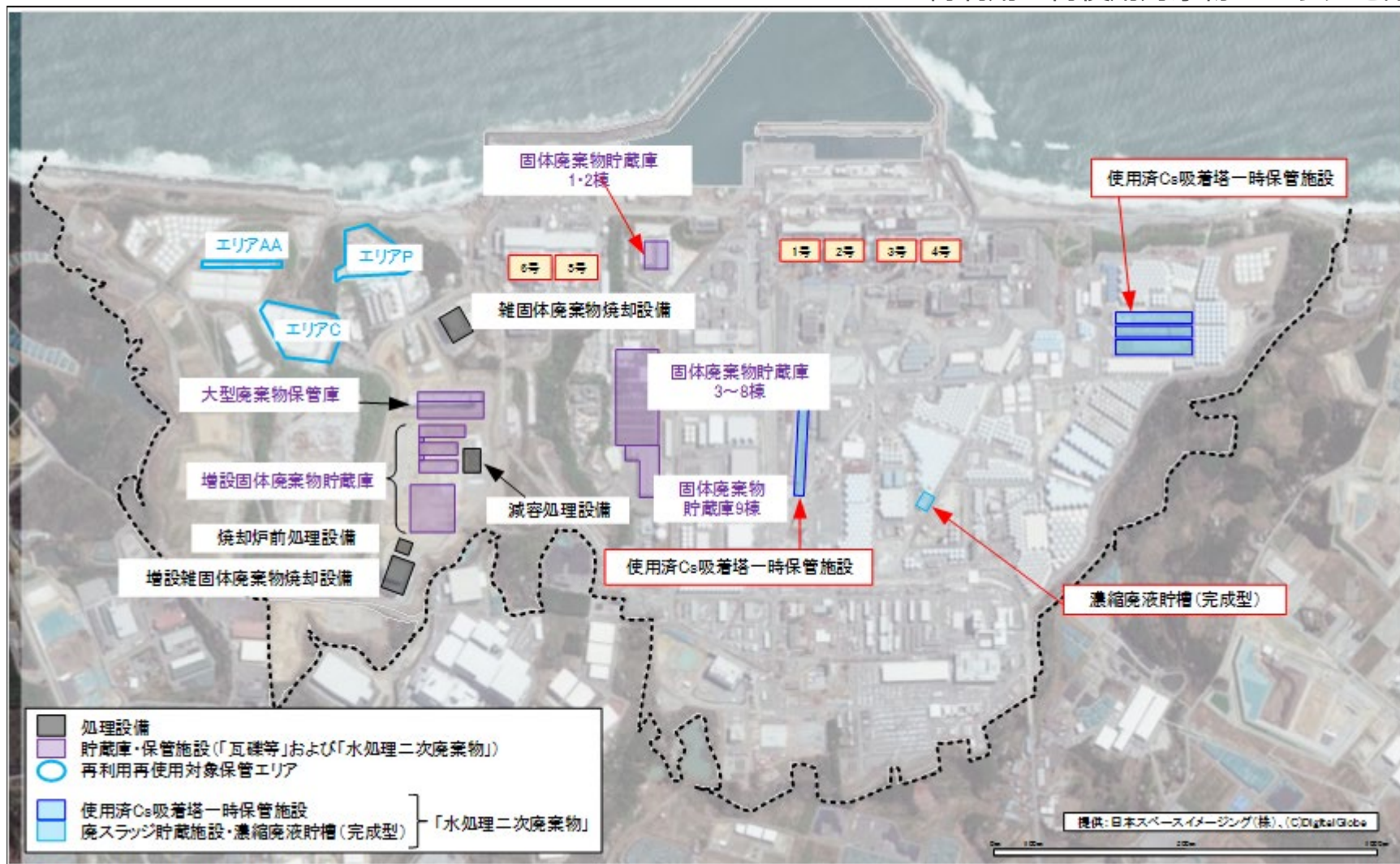
※再利用・再使用対象物のエリアを除く



## 4-2. 瓦礫等の保管状況（将来像）

### 2028年度に瓦礫等の屋外一時保管エリアを解消した姿

※再利用・再使用対象物のエリアを除く

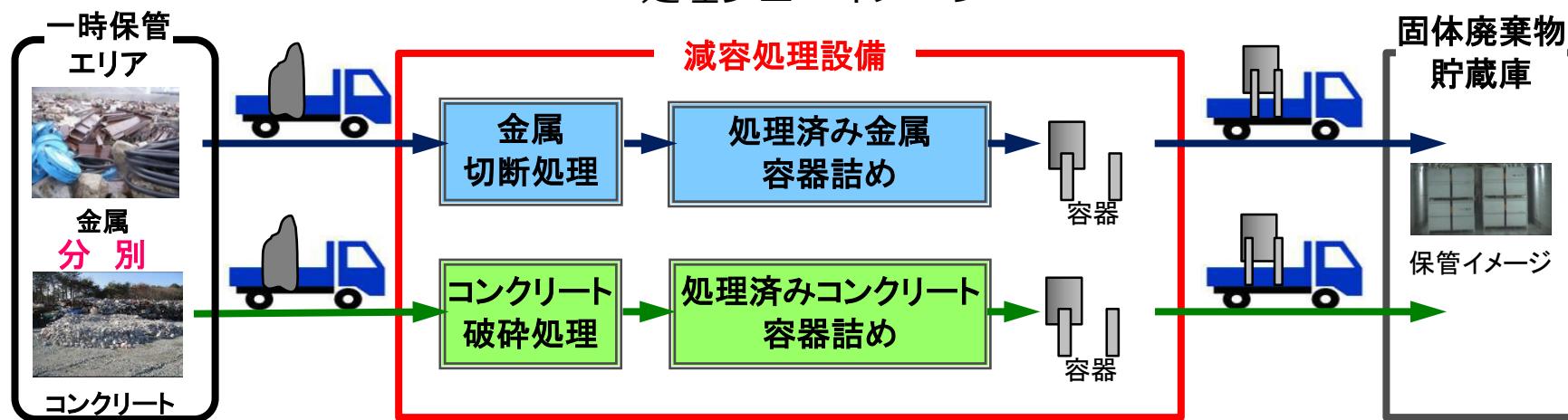


# 4-3. 廃棄物対策：減容処理設備

## ■ 設備概要と耐震性能

設備概要	瓦礫類のうち金属を切断処理、コンクリートを破砕処理するための設備。目標減容率は50%程度
処理容量	金属 : 約60m <sup>3</sup> /日 コンクリート : 約40m <sup>3</sup> /日
建屋構造	鉄骨造（遮蔽機能を有する部分：鉄筋コンクリート）であり、遮蔽機能と十分な強度を有する構造
耐震性	Cクラス
運用開始	令和4年度（2022年度）見直し中

処理フローイメージ



# 4-4. 廃棄物対策：増設雑固体廃棄物焼却設備

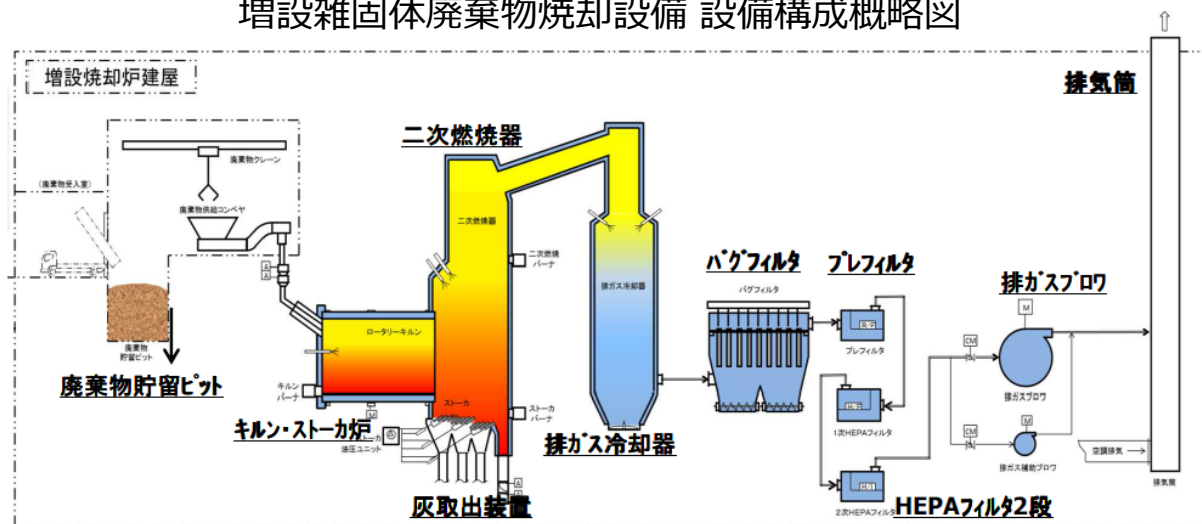
## ■ 設備概要と耐震性能

設備概要	主に伐採木、瓦礫類等の可燃物を焼却処理するための設備（キルン・ストーク式焼却炉）。目標減容率は10%以下
処理容量	95 t / 日（24時間運転）
建屋構造	鉄筋コンクリート造であり、遮蔽機能と十分な強度を有する構造
耐震性	Bクラス（焼却炉などの主要機器、建屋） / Cクラス（左記以外）
運用開始	令和3年度（2021年度）

増設雑固体廃棄物焼却設備 設備構成概略図

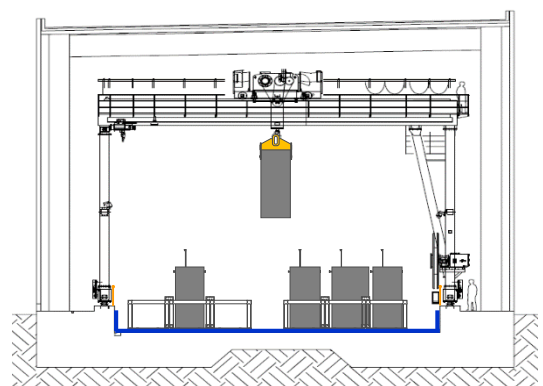


建屋全景



## ■ 設備概要と耐震性能

設備概要	汚染水処理装置の運転に伴って発生する水処理二次廃棄物など、大型で重量の大きい廃棄物を保管する施設
保管面積	第一棟：約0.4万m <sup>2</sup> （吸着塔 744基：SARRY360基、KURION384基） 第二棟：約0.8万m <sup>2</sup> （吸着塔 約1,200基相当）（今後検討）
建屋構造	鉄骨造、プレキャスト版造であり、遮蔽機能と十分な強度を有する構造
耐震性	Bクラス
運用開始	令和3年度（2021年度）見直し中



大型廃棄物保管庫 保管イメージ

### 現在一時保管されている水処理二次廃棄物



第二セシウム  
吸着装置  
(SARRY) 吸着塔



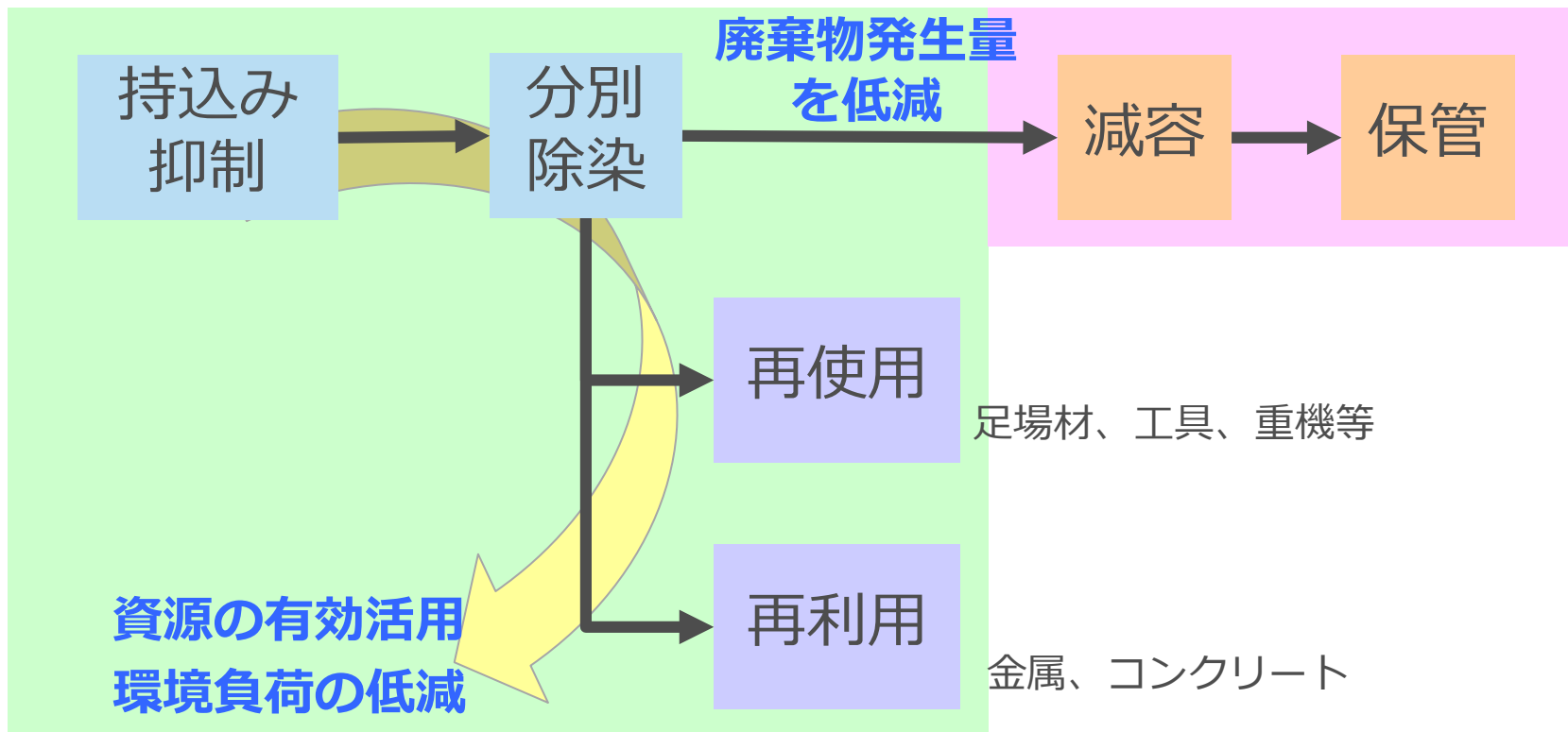
セシウム吸着装置  
(KURION) 吸着塔



多核種除去装置  
(ALPS) 高性能  
容器 (HIC)

## 4-6. 廃棄物対策：廃棄物発生量の低減活動

- 発生した廃棄物は前述のとおり、できるだけ減容した上で屋内保管に移行
- 並行して、不必要な物品の持込み抑制、適切な分別・除染を推進し、廃棄物の発生量を低減
- 資機材の再利用や、金属等の再利用を通じて環境負荷の低減を図る



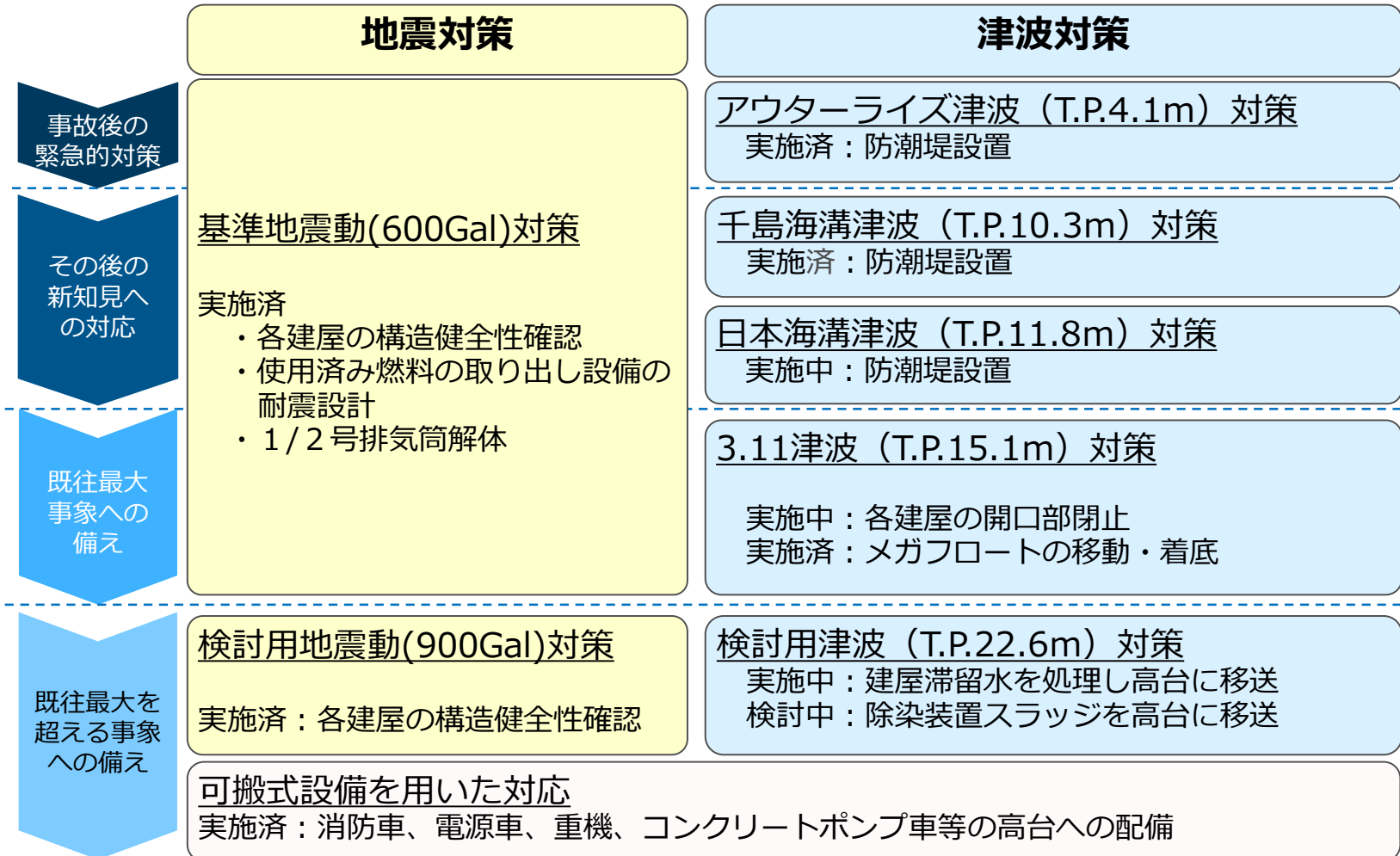


## 5. 自然災害対策

# 5-1. 地震・津波対策の基本的な考え方

安全上重要な対策および評価を、実現可能性等を考慮しつつ段階的に実施中

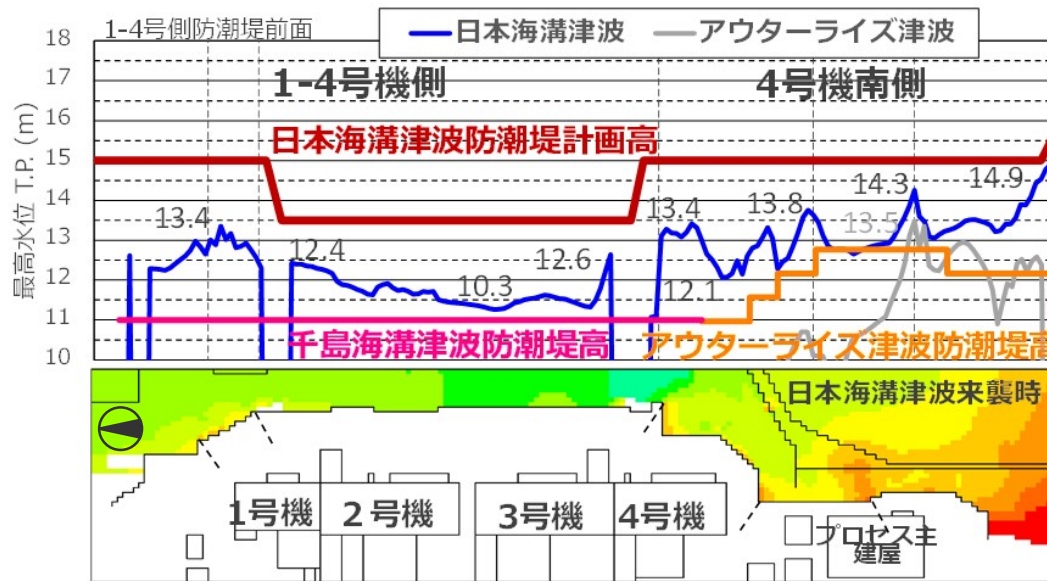
※津波対策の数字は旧検潮所付近での最高水位で記載見直し



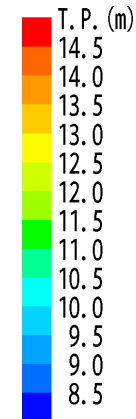
※ 基準地震動：東北地方太平洋沖地震前までの知見や耐震設計審査指針を踏まえ評価した、施設の耐震設計において基準とする地震動（東北地方太平洋沖地震による敷地での揺れの大きさと同程度の地震動）  
 ※ 検討用地震動：東北地方太平洋沖地震後の知見や新規制基準を踏まえ、発電所において最も厳しい条件となるように評価した地震動  
 ※ 検討用津波：東北地方太平洋沖地震後の知見や新規制基準を踏まえ、発電所において最も厳しい条件となるように評価した津波  
 ※ アウターライズ津波：プレート間地震後に発生することが多いと言われているアウターライズ（海溝の外側の隆起帯）部での正断層地震による津波  
 ※ 千島海溝津波：千島海溝沿いの地震に伴う津波  
 ※ 日本海溝津波：内閣府「日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル検討会」公表内容を反映した津波

## 5-2. 日本海溝津波防潮堤（1）

- 現在進行中および今後計画している廃炉プロジェクトの作業動線等にも配慮した防潮堤の最新平面線形を反映した「津波数値解析」により設定した防潮堤の高さは以下の通りである。
  - 防潮堤設置予定位置に鉛直無限壁を仮定し、津波解析からの必要防潮堤高（最高水位）

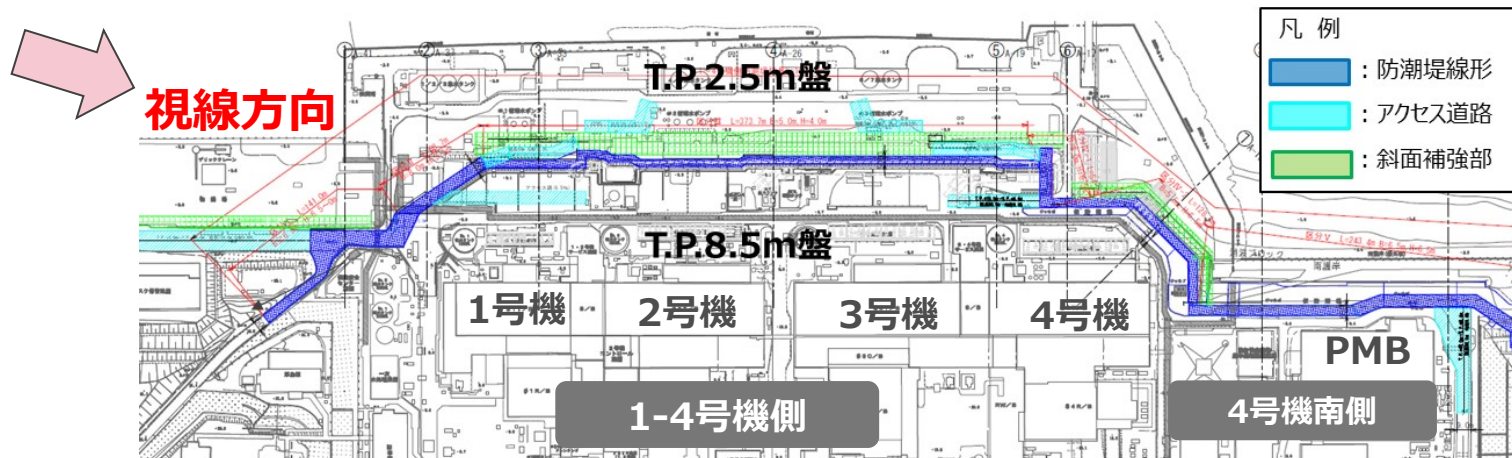


※今後の施工段階で細部の防潮堤高さ等は変更になる可能性がある。



単位:m		1-4号機側	4号機南側
アウターライズ津波	解析結果	—	T.P.9.7~12.7(実施計画) T.P.8.6~13.5(今回評価)
	防潮堤高さ	—	T.P.11.0~12.8(実施計画)
千島海溝津波	解析結果	T.P.10.3	—
	防潮堤高さ	T.P.11.0	—
日本海溝津波	解析結果(今回)	T.P.10.3~13.4	T.P.12.1~14.9
	防潮堤計画高さ*	T.P.約13.5~15	T.P.約15~16

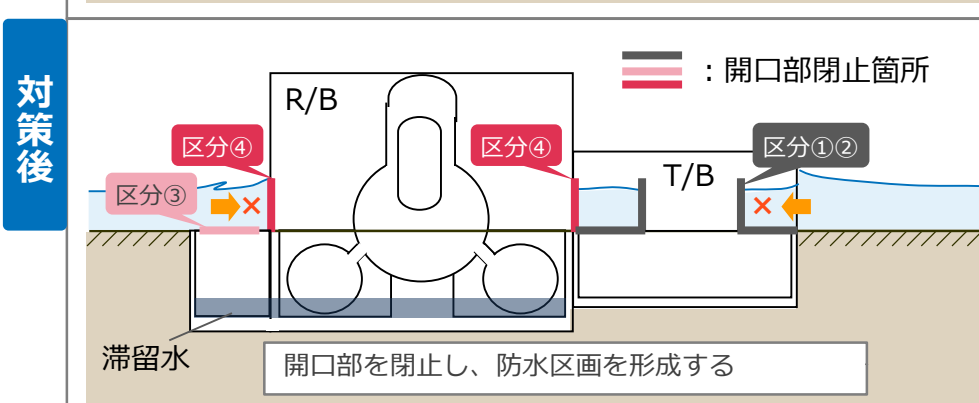
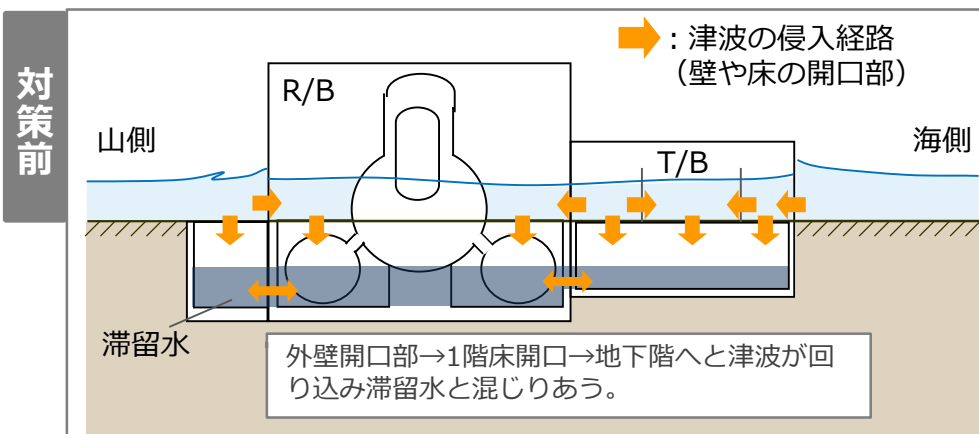
# 5-2. 日本海溝津波防潮堤（2）



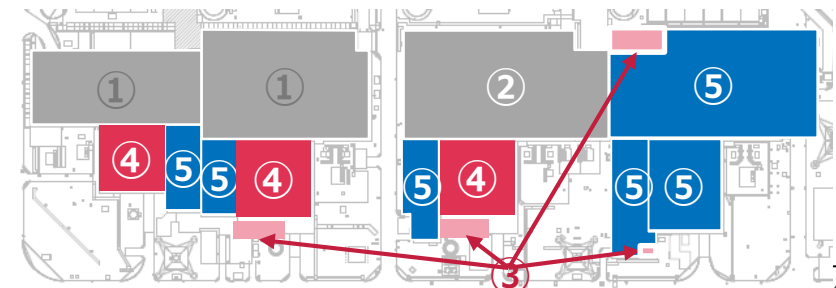
# 5-3. 開口部の閉止対策

- **実施目的**：1～4号機本館建屋の3.11津波対策は、引き波による建屋滞留水の流出防止を図ると共に、津波流入を可能な限り防止し建屋滞留水の増加を抑制する観点から、開口部の対策を実施中。
- **進捗状況**：1～4号機本館建屋開口部に「閉止」又は「流入抑制」対策を実施中。  
2021年5月16日現在、116箇所/127箇所完了し、計画通りに進行。

- 区分①② ⇒ 2018年度末 (完了)
- 区分③ 2・3R/B (外部床) ⇒ 2019年度末 (完了)
- 区分④ 1～3R/B (扉) ⇒ 2020年11月 (完了) : 滞留水の残る建屋
- 区分⑤ 1～4Rw/B他 ⇒ 2021年度末 完了予定 (工事中) : 滞留水の残らない建屋



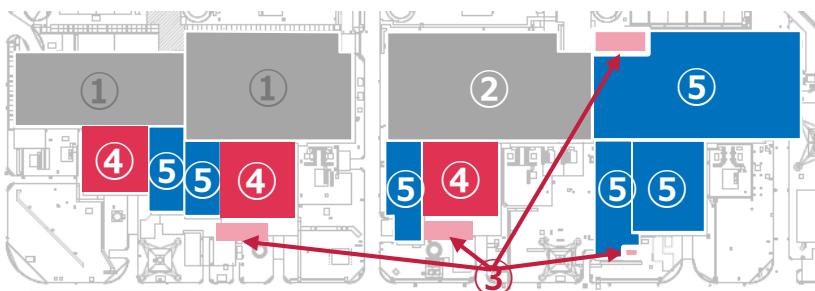
区分	建屋	完了/ 計画数	2018	2019	2020	2021
①	1・2T/B, HTI, PMB, 共用プール	40/40	■			現在
②	3T/B	27/27	■			
③	2・3R/B (外部床等)	20/20		■		
④	1～3R/B (扉)	16/16		■		
⑤	1～4Rw/B 4R/B, 4T/B	13/24				2021年度末 完了



# 5-3. 建屋開口部閉止工事の進捗状況

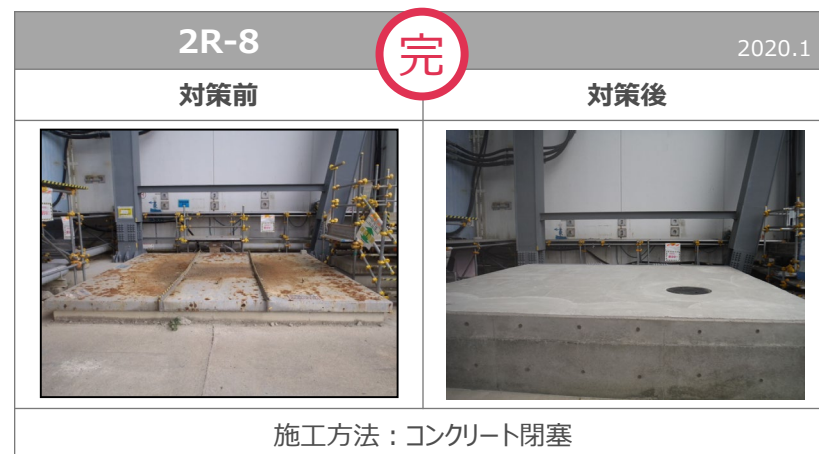
- 対策完了箇所の増加数  
前回2021.1.25時点との比較

区分	建屋	計画 箇所数	完了箇所数		完了 箇所 増加数
			前回	今回	
①	1・2T/B, HTI, PMB, 共用プール	40	40		0
②	3T/B	27	27		0
③	2・3R/B (外部床等)	20	20		0
④	1~3R/B (扉)	16	16		0
⑤	1~4Rw/B 4R/B, 4T/B	24	10	13	+3
	計	<b>127</b>	113	<b>116</b>	<b>+3</b>

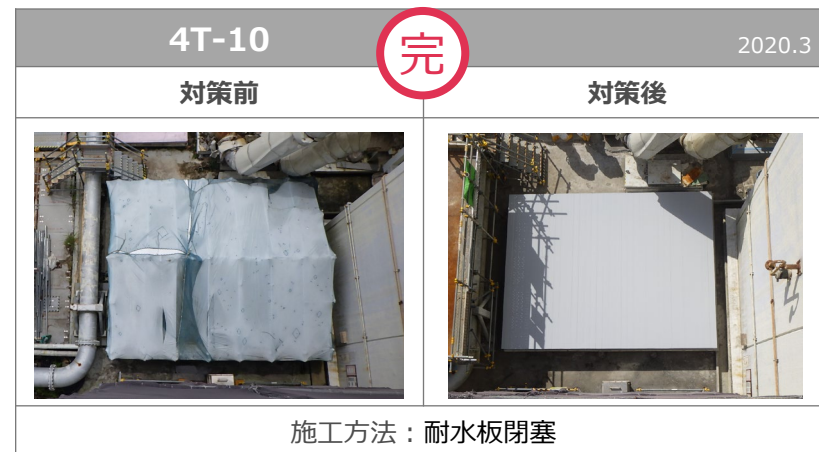


- 対策完了状況

- 区分③ 2R/B外部床



- 区分③ 4T/B外部床



# 5-4. D排水路新設

## 【工事概要】

- 豪雨リスクに最も効果のあるD排水路を整備し、2022年台風シーズン前迄に豪雨リスクの解消を図る。
- 下図、赤ラインの総延長約800m（推進トンネルΦ2200）であり、物揚場前面海域の港湾内に排水される。
- 内水浸水解析結果から1号機北東部への雨水流入範囲に接続升を追設している。  
（最終的な排水路形状で今後、内水浸水解析を実施）

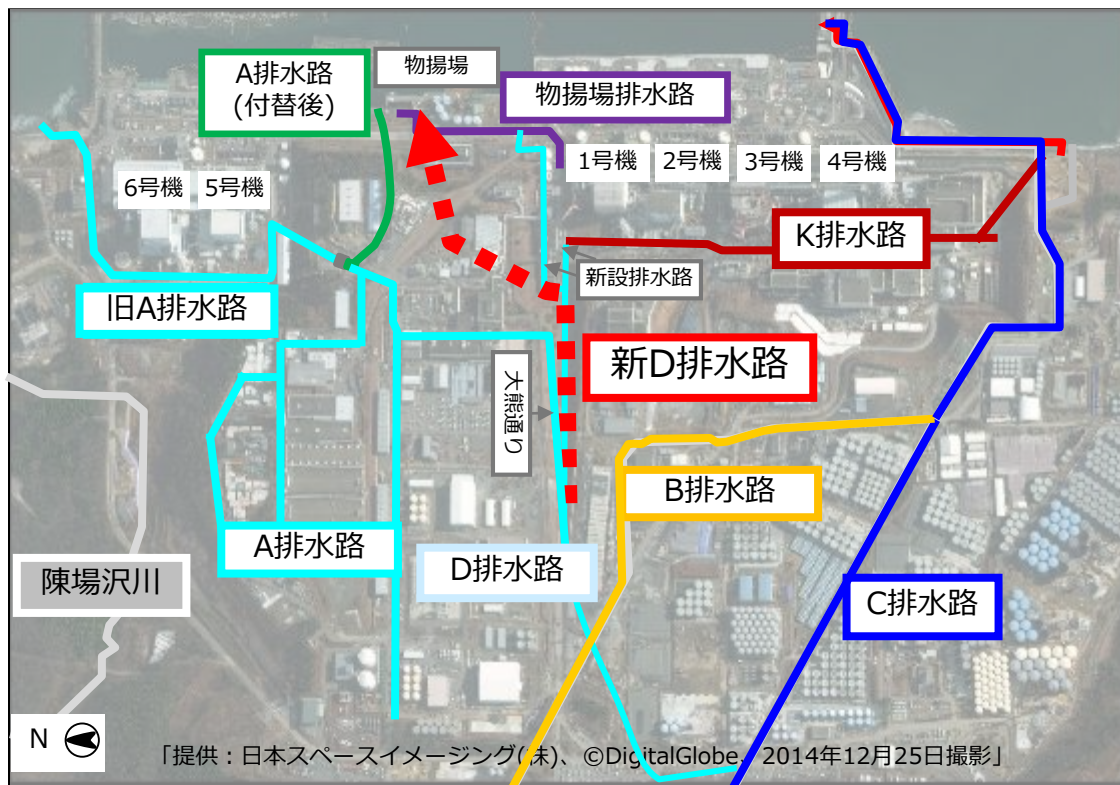
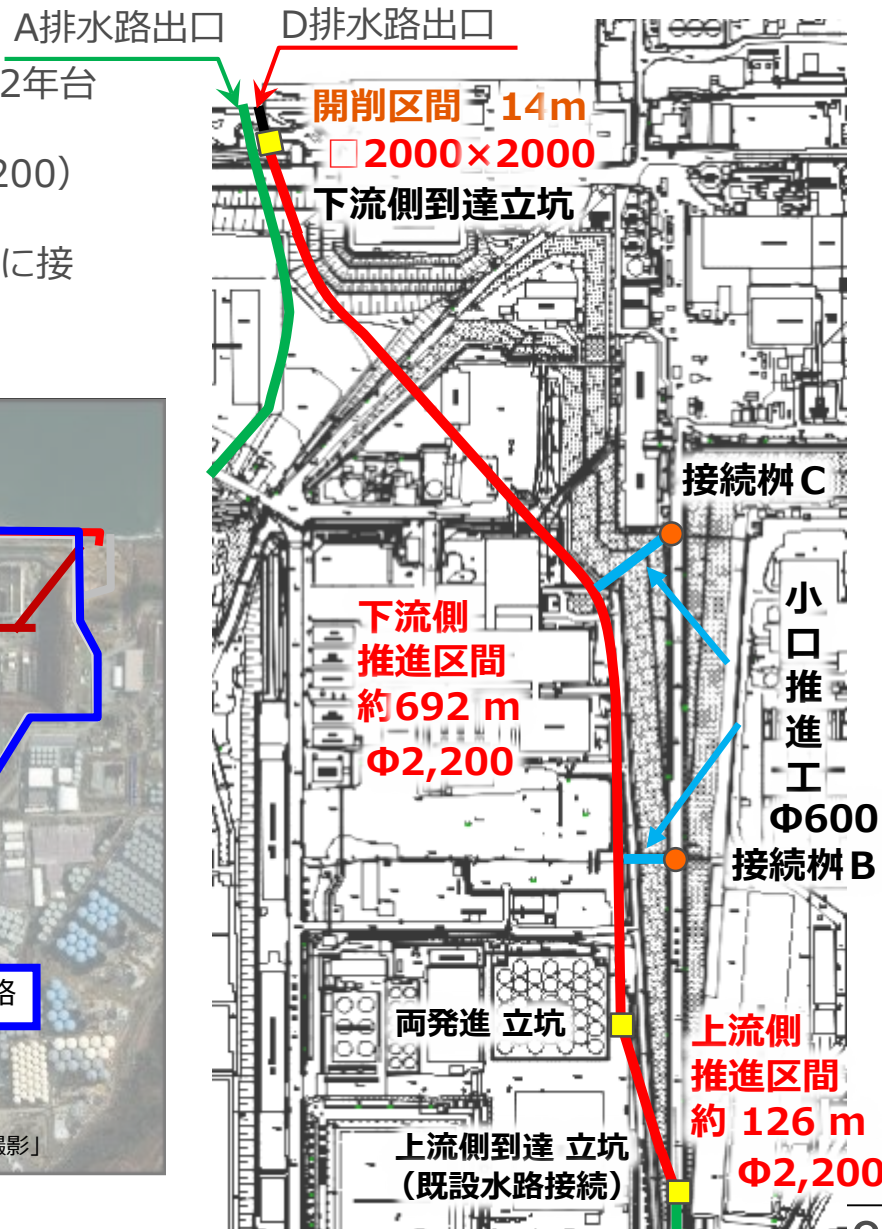


図1 構内排水概要図



## 6. まとめ



廃炉作業を進めることで福島第一原子力発電所が有するリスクを低減していくとともに、作業進捗・環境変化などに合わせた管理を実施

### ■ リスク管理

- RM、LTPに基づき福島第一原子力発電所固有のリスクを計画的に低減

### ■ 施設管理

- 新設設備（運用経験なし・少ない）の経年劣化の把握と健全性維持
- 既設設備（事故の影響を受けた）の健全性確認及び確保

### ■ 放射線管理

- 除染、遮蔽、遠隔操作技術活用による被ばく低減
- 敷地内外のモニタリングによる環境影響評価と廃炉事業への反映

### ■ 廃棄物管理

- 安定保管（水処理二次廃棄物 他）、減容保管（コンクリート、金属、可燃物）
- 発生抑制（持ち込み抑制、リサイクル など）

### ■ 自然災害対策

- 新設設備に対する耐震要求の明確化（検討中）
- 津波、大雨に対する設備対策（防潮堤、排水路 など）