

福島第一廃炉の現状と 原子力発電所の安全対策等について

平成26年6月13日

東京電力株式会社
相澤善吾

I. 福島第一廃炉の現状（問題と対策）

II. 原子力発電所の安全対策とその位置付け

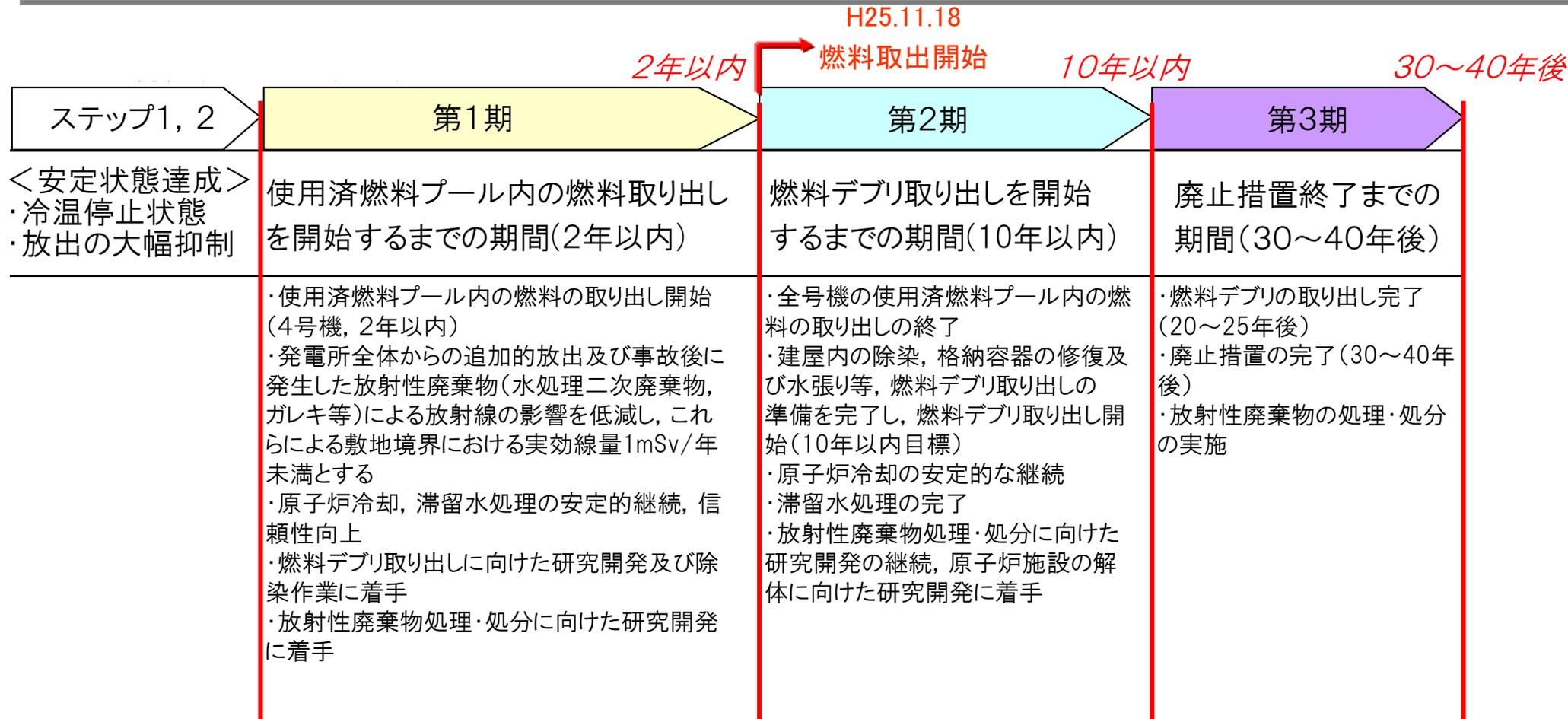
III. 原子力発電事業の行方

I . 福島第一廃炉の現状(問題と対策)

I-1. 福島第一廃炉の現状(問題と対策)(1)

(1) 中長期ロードマップ

■ 2011年12月21日に廃止措置等に向けた中長期ロードマップを策定



要員の計画的育成・配置, 意欲向上策, 作業安全確保に向けた取組(継続実施)

I-1. 福島第一廃炉の現状(問題と対策)(2)-1

4改

(2) 各課題における進捗状況

汚染拡大防止に向けた作業状況

汚染水を取り除く	<ul style="list-style-type: none">✓汚染水処理量増のため、多核種除去設備の増設に向け土地造成工事を開始。✓主トレンチ汚染水の浄化を実施中。水抜きに向け凍結による止水を予定。
汚染源に水を近づけない	<ul style="list-style-type: none">✓地下水バイパスについて、建屋流入前の地下水をくみ上げ、水質確認の結果、厳しい運用目標を下回ることを確認したため、5/21以降、排水を実施。✓凍土方式の陸側遮水壁について、昨年8月から現場にて試験を実施。6月2日より本格施工に着手済。2014年度中に遮水壁の造成に向け凍結を開始予定。
汚染水を漏らさない	<ul style="list-style-type: none">✓海側遮水壁の設置は一部を除き完了(94%完了)。本年9月から運用開始予定。✓護岸背面に地盤改良を実施し、放射性物質の拡散を抑制。
敷地内線量低減	<ul style="list-style-type: none">✓原子炉建屋ガレキの撤去や高線量設備(排気筒など)の撤去を実施し、構内の線量低減を推進。線量率5μSv/h程度のエリアを拡大。

【参考】汚染水流出への対策

抜本対策

- ・海洋流出の阻止……………① 海側遮水壁の設置 【漏らさない】
- ・汚染水増加抑制・港湾流出の防止…② 陸側遮水壁の設置 【近づけない】【漏らさない】
- ・原子炉建屋等への地下水流入抑制…③ サブドレンからの地下水くみ上げ 【近づけない】

緊急対策

- ・港湾への流出防止 …① 汚染エリアの地盤改良・地下水くみ上げ・地表舗装 【漏らさない】【近づけない】
- ・汚染源除去 ……② トレンチ内高濃度汚染水の除去 【取り除く】
- ・汚染水増加の抑制 …③ 建屋山側の地下水くみ上げ(地下水バイパス) 【近づけない】



I-1. 福島第一廃炉の現状(問題と対策)(2)-1

4改

(2) 各課題における進捗状況

汚染拡大防止に向けた作業状況

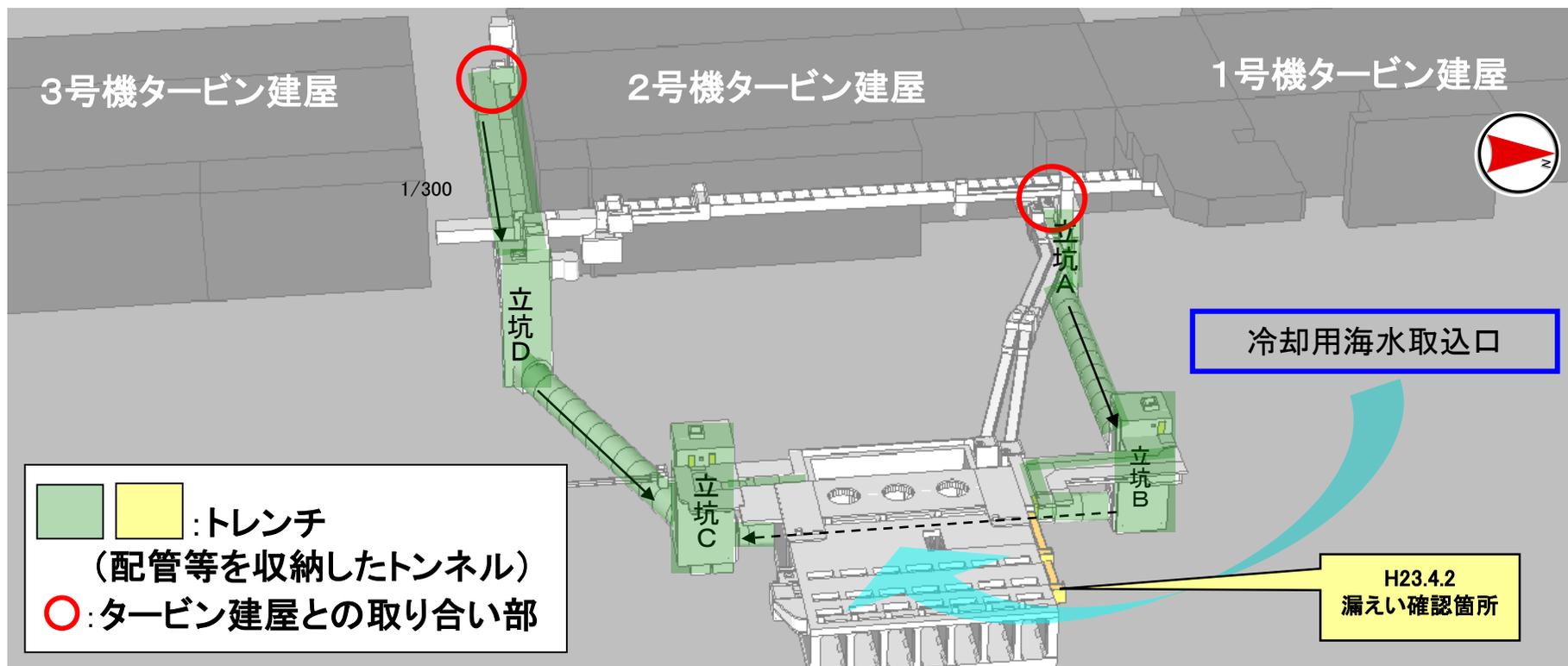
汚染水を取り除く	<ul style="list-style-type: none">✓汚染水処理量増のため、多核種除去設備の増設に向け土地造成工事を開始。✓主トレンチ汚染水の浄化を実施中。水抜きに向け凍結による止水を予定。
汚染源に水を近づけない	<ul style="list-style-type: none">✓地下水バイパスについて、建屋流入前の地下水をくみ上げ、水質確認の結果、厳しい運用目標を下回ることを確認したため、5/21以降、排水を実施。✓凍土方式の陸側遮水壁について、昨年8月から現場にて試験を実施。6月2日より本格施工に着手済。2014年度中に遮水壁の造成に向け凍結を開始予定。
汚染水を漏らさない	<ul style="list-style-type: none">✓海側遮水壁の設置は一部を除き完了(94%完了)。本年9月から運用開始予定。✓護岸背面に地盤改良を実施し、放射性物質の拡散を抑制。
敷地内線量低減	<ul style="list-style-type: none">✓原子炉建屋ガレキの撤去や高線量設備(排気筒など)の撤去を実施し、構内の線量低減を推進。線量率5μSv/h程度のエリアを拡大。

【参考】汚染水流出への対策 緊急対策②

対策② 汚染源除去 …… トレンチ内高濃度汚染水の除去【取り除く】

- 事故直後，汚染水がトレンチ等を通じて取水口から海に流出
- 当時，漏えい確認箇所は止水したが，汚染水はトレンチ中に残留
- 今後，トレンチ内の残留汚染水を抜き取り充填

タービン建屋東側（海側）地下構造物立体図



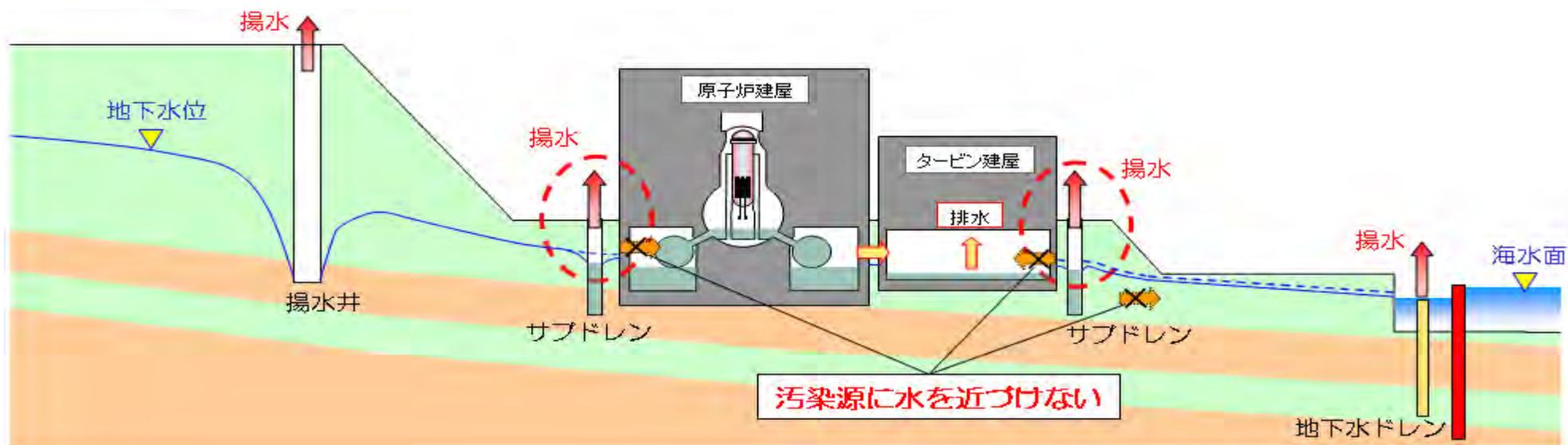
【参考】汚染水流出への対策 抜本対策③

対策③

原子炉建屋等への地下水流入抑制

…サブドレンからの地下水くみ上げ【近づけない】

- サブドレンを復旧させて、建屋周辺の地下水をくみ上げることにより、建屋内への地下水の流入を抑制
- 汚染された護岸部へ流れ込む地下水量を低減させる上でも、より山側の建屋周辺のサブドレン復旧による地下水の揚水が有効な対策



I-1. 福島第一廃炉の現状(問題と対策)(2)-1

4改

(2) 各課題における進捗状況

汚染拡大防止に向けた作業状況

汚染水を取り除く	<ul style="list-style-type: none">✓ 汚染水処理量増のため、多核種除去設備の増設に向け土地造成工事を開始。✓ 主トレンチ汚染水の浄化を実施中。水抜きに向け凍結による止水を予定。
汚染源に水を近づけない	<ul style="list-style-type: none">✓ 地下水バイパスについて、建屋流入前の地下水をくみ上げ、水質確認の結果、厳しい運用目標を下回ることを確認したため、5/21以降、排水を実施。✓ 凍土方式の陸側遮水壁について、昨年8月から現場にて試験を実施。6月2日より本格施工に着手済。2014年度中に遮水壁の造成に向け凍結を開始予定。
汚染水を漏らさない	<ul style="list-style-type: none">✓ 海側遮水壁の設置は一部を除き完了(94%完了)。本年9月から運用開始予定。✓ 護岸背面に地盤改良を実施し、放射性物質の拡散を抑制。
敷地内線量低減	<ul style="list-style-type: none">✓ 原子炉建屋ガレキの撤去や高線量設備(排気筒など)の撤去を実施し、構内の線量低減を推進。線量率5μSv/h程度のエリアを拡大。

【参考】労働環境の抜本改善 線量低減

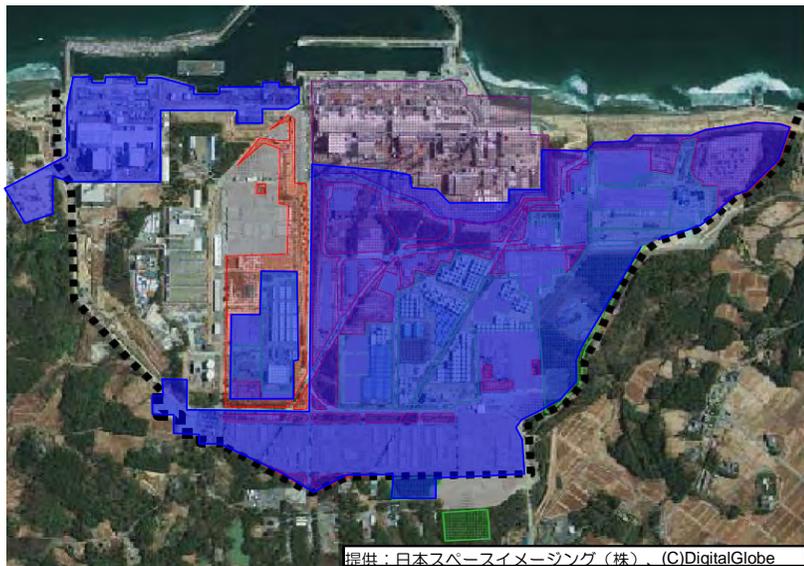
【5 μ Sv/hエリアの拡大イメージ】

※5 μ Sv/h程度のエリアを でマーキング
 1～4号機周辺(エリアIV)は、作業に支障となる瓦礫撤去や作業エリアの遮へいによる線量低減を行っているが、プラントや設備の高線量箇所があることから、高線量設備の撤去(排気筒等)や原子炉建屋瓦礫撤去等の工程に合わせて線量低減を進めていく

H25年度末



H26年度末 予想



H27年度末 予想



(2) 各課題における進捗状況

使用済燃料プール内の燃料取り出しに向けた各号機の状況

- (1号) 建屋上部のがれき撤去に向け、建屋カバーの解体を実施予定。
- (2号) 建屋内除染、遮へいの実施状況を踏まえて設備の調査を行い、計画を検討予定。
- (3号) 建屋上部のがれき撤去完了。現在、燃料取り出し用カバーや燃料取り扱い設備の設置作業に向けて、線量低減対策を実施中。
- (4号) 昨年11月18日より燃料取り出し開始。平成26年末頃に完了予定。

燃料デブリ取出しに向けた実施状況

- ・1～3号において、燃料デブリの位置等の格納容器内の状況把握のため、内部調査を実施予定。
- ・1, 2号において、課題を踏まえた装置を開発しており、H26下期に現場で実証を計画。
- ・3号は格納容器内の水位が高く、1, 2号機とは別方式の検討が必要。

(3) 相次いで生じた事故トラブル・問題

- 安定化・廃炉に向け各種対策に取り組んでいるが、数多くの事故トラブル・問題が発生。
- 各トラブル・問題について原因分析を実施し、タンクへの水位計の設置やパトロールの増強など、ハード・ソフト両面の再発防止対策を実施。

日付	トラブルの内容	個別対策
H25.3.18	小動物による所内電源一部喪失。使用済燃料プールの冷却機能が最大約29時間停止	小動物の高電圧電源盤内への進入防止対策を実施，設備の本設化と電源の2重化
H25.6.19	1/2号機タービン建屋東側地下水から高濃度のトリチウム等を検出・公表	護岸エリアの地盤改良等による港湾内への漏えい防止，トレンチ内汚染水の浄化
H25.7.26	汚染水の発電所港湾内への流出に関する公表	リスクコミュニケーションの強化，放射性物質濃度等の測定について測定の計画段階からの公表，放射能等の測定の管理責任者を設置
H25.8.19	H4 タンクエリアのフランジ型タンクから約300トンの汚染水漏えいを確認	パトロールの強化，タンク底部の止水，溶接型タンクへのリプレース

I-1. 福島第一廃炉の現状(問題と対策)(3) -2

6改

日付	トラブルの内容	個別対策
H25.9.15	B南タンクエリア堰からの 降雨水溢水	堰内たまり水を同エリアのタンクへ 移送
H25.10.2	B南タンクエリアB-A5タンク上部天板部からの 汚染水漏えい	タンク天板部の シール構造の向上 , タンクエリア堰の 嵩上げ
H25.10.7	所内共通電源設備(3B)停止による 原子炉注水設備の運転上の制限の逸脱	当該操作ボタンを容易に触れないよう ハードカバーを設置 , 注意表示 を掲示
H25.10.9	淡水化装置(RO-3)付近における 汚染水漏えい	誤って別の箇所のホース接続部を外さないよう, 類似箇所も含め 識別標示
H26.2.20	H6 エリアタンク上部天板部から約100トンの 汚染水漏えい を確認	<p>弁の開閉状態に関する調査の実施</p> <p>全ての水位計に対する漏えい警報発報の制御系の改善を実施</p> <p>汚染水をタンクから溢水させないため, ポンプを強制停止する制御系の改善を実施</p>

(1) 福島第一の事故トラブルにおける課題

- 一連の事故トラブルを俯瞰し、根本的な課題を抽出。

- リスクの認識不足
- 責任所在不明



「安全意識」の向上

- リスクに対する感度の向上
- 設備を所管する部長等の責任明確化

- 高線量下・限られた時間による現場状況の把握不十分
- 福島第一固有の設備や施工の知識・実行力不足



「技術力」の向上

- 現場線量を下げる等、現場に行きやすい環境整備
- 現場工事に触れる機会の増加, 判断力の強化

- 設備の不具合が社会に不安を与えるという意識の不足
- 現場の情報が、発電所内幹部に速やかに共有されない
- 協力企業への作業指示の不徹底



「対話力」の向上

- リスク情報の社会への発信, 状況説明の徹底
- 現場関係者(当社内, 協力企業)の情報共有・指示の徹底

I-2. 福島第一事故の対策(1)

(1) 福島第一の事故トラブルに対する対策

- 汚染水流出への体系的な対策として、3つの基本方針、緊急対策、抜本対策を策定。
- 昨年11月8日、当社は、廃炉作業や汚染水・タンク問題対策の加速化・信頼性向上を目的に「福島第一原子力発電所の緊急安全対策」を策定。

汚染水流出への対策

• 3つの基本方針

- ✓ 「汚染源を取り除く」
- ✓ 「汚染源に水を近づけない」
- ✓ 「汚染水を漏らさない」

• 緊急対策

- ✓ 分岐トレンチ内高濃度汚染水の除去開始
- ✓ 汚染エリアの地盤改良
- ✓ 地下水バイパス 等

• 抜本対策

- ✓ サブドレンによる地下水くみ上げ(2014年9月設置)
- ✓ 海側遮水壁設置(2014年9月)
- ✓ 陸側遮水壁(凍土方式)運用(2014年度凍結開始)
- ✓ 高濃度汚染水浄化(ALPS等稼働)の加速

緊急安全対策(11月8日公表)

1. 現場作業の加速化・信頼性向上に向けた 労働環境の抜本改善
線量低減対策、厚生施設等の改善、作業員労務費割増分と社員諸手当の増額
2. 安全・品質確保のためのマネジメント・体制強化
作業手順書の策定、危険予知活動の徹底、安全・品質管理部門等の要員強化 等
3. 設備の恒久化
4. 雨水対策
5. タンク貯留水漏洩の原因と対策
6. 汚染水を適切に管理するための貯蔵計画・対策
タンク増設・リプレイス、多核種除去設備(ALPS)増強による2014年度中の汚染水浄化等
7. 4号機使用済燃料プールからの燃料取り出し

I-2. 福島第一事故の対策(2)

(2)より抜本的に事故トラブルに対処するための組織的対応

- 当社は社内組織の整備など各種施策を実施。
- 政府は、国が前面に出て、予防的かつ重層的に抜本的な対策を講じることを旨とした基本方針を決定。以下の会議を設置し、政府が総力を挙げて対策を推進する体制を整備。

【当社社内組織の設置状況】

○福島第一信頼度向上緊急対策本部(H25.4.7)

○汚染水・タンク対策本部(H25.8.26)

○福島第一廃炉推進カンパニー(H26.4.1)

○全社支援体制

現場リスク抽出のため、各部門(工務・配電・建設・火力)による現地調査を実施。

【政府内の体制整備(H25.9)】

○廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議(議長:官房長官)

○廃炉・汚染水対策チーム(チーム長:経産大臣)

○廃炉・汚染水対策現地事務所

汚染水対策現地調整会議

} 現地に設置

- 今後の廃炉を進めるにあたり、以下が特に重要。

① 事故後の緊急対策を恒久対策にしていくこと(ハード面, ソフト面とも)

- ↳ 【対策】・応急的な設備形成や運営からの脱却
 - ・安全意識を高めて行動に反映すること など

② 廃炉を進める上で有益な研究開発を見極め、現場に適合させていくこと

- ↳ 【対策】・新技術や研究開発成果の応用力の強化
 - ・それを的確に現場工事に適用し得る能力等の強化 など

(3) 鍵を握る「現場力」

- 課題の中でも特に技術力の強化が重要であり、とりわけ「現場・現物・現実(三現主義)」に即した「現場力」の育成強化が大きな鍵を握る。
 - 福島第一の事故トラブルの原因のみならず、他の発電所においても、たとえば規制対応のエビデンス・管理書類作成等を主とする中で、現場力が劣化していた。
- 当社は、原子力安全改革プラン実践のためのマネジメント指針として、現場力の育成強化を含む「バリュー・行動指標」を組織的に展開。

【現場力】

現場・現物・現実に基づき、

- ① 現場の状況を徹底的に把握・解明し、評価できる力
- ② 計画や対策を策定し、徹底的に実践実行できる力
- ③ 対策を実践実行後も継続的に改善改革を続け、安全・品質をより高めてゆける力



- ◆ 現場力は、深層防護や確率論的リスク評価(PRA)等の原子力安全技術をはじめ全ての技術力の基礎となる基盤技術。
- ◆ 現場力の育成強化は、個人の努力によるのみならず、組織的な取組みによって推進。

I-4. 福島第一廃炉の課題総括

(1) 福島第一の事故トラブルにおける課題

- 一連の事故トラブルを俯瞰すると、「安全意識」、「技術力」、「対話力」のそれぞれに課題が存在。

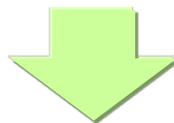
現場力の要素	根本的な課題	目指す方向性
①安全意識	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 所管箇所の<u>リスクに対する認識不足</u> ✓ 所管設備に関する<u>責任所在が不明確</u> 	<ul style="list-style-type: none"> • リスクに対する感度の向上, 三現主義の実践 (現場・現実・現物が見えていること) • 所管の部長等の責任の明確化 (トラブルや事故事例に対し, 所管部門による徹底的な分析と対策の実施を含む)
②技術力	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 高線量下・限られた時間により現場の状況の<u>確認・把握が不十分</u> ✓ 福島第一固有の設備や施工の知識・実行力不足 	<ul style="list-style-type: none"> • 現場の線量を下げる等, 現場に出向し易い環境の整備 • 福島第一構内に事務棟を設け物理的に現場を近接 • 現場工事・作業に触れる機会を増加し, 現場での状況確認・判断力を強化 (ex.協力企業への出向等) • 現場の状況に応じた多様な対策の準備
③対話力	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 設備の不具合の状況が社会に不安を与えるという意識の不足 ✓ 現場の情報が, 発電所内幹部に<u>速やかに共有されない</u> ✓ <u>協力企業</u>への作業指示の不徹底 	<ul style="list-style-type: none"> • 社会への事前のリスク解説や事故時の状況説明の徹底 (リスクコミュニケーションの実施) • リスク情報の共有による発電所経営幹部の関与の強化 • 専門知識を有する者からの適切な助言・支援の実施 • 協力企業との工事内容や責任所掌の相互確認強化

(1) 原子力安全改革プランにおける事故の総括

- 当社は2013年3月29日公表の「福島原子力事故の総括および原子力安全改革プラン」において、福島事故の総括を行い、「世界最高水準の安全を目指す」ことを目標に掲げた。

【事故の総括】

- 福島事故の原因を天災として片付けてはならず、人智を尽くした事前の備えによって防ぐべき事故を防げなかったという結果を真摯に受け止める。



【教訓を活かす】

- 昨日よりも今日、今日よりも明日の安全レベルを高め、比類なき安全を創造し続ける原子力事業者、すなわち「世界最高水準の安全」を目指して、決して妥協せず、あらゆる対策を講じる。

Ⅱ．原子力発電所の安全対策とその位置付け

(1) 教訓に基づく対策の基本方針(問題点と安全対策の強化)

■ 事故時に経験した主な問題点と、これを教訓とした安全対策強化は以下の通り。

①津波防護の不備(深層防護の第1層が不十分)により後段(第3層, 第4層)が広範囲に機能喪失

→ 深層防護の強化として、多様性重視の対策で深層防護の各層を充実する

②臨機応変な対応において手段と時間余裕を確保することが困難

→ 想定を超える事象に対する柔軟な対応力の整備として、代替可能性や時間余裕を考慮した対応オプションの確保し、訓練を充実する

③事故の同時多発や急速な事故進展下で指揮命令システムの維持が困難

→ 深層事故対応のマネジメントと組織力の向上(状況変化への対応力, 意思決定の迅速性, 命令の明確性を確保するコマンドシステムの導入と, 平時業務の改善)

II-1. 事故の教訓をふまえた安全対策(2)

(2) 深層防護の強化

- ①従来の設計基準に全交流電源喪失を追加し設計ベースを超える領域についても対策を用意
- ②異常発生防止として、津波や地震への対策、その他自然現象の設計基準を設定
- ③事故への拡大防止や炉心損傷防止策として、内部溢水対策、火災防護、電源対策、注水・除熱手段の確保等を実施
- ④炉心損傷後の影響緩和・放出抑制等を実施

《深層防護各層の設計要件(津波等の外的事象中心)》 ■ 新たにDECとして追加した領域 ■ 欧州では従来からDECとしていた領域

層	目的	設計ベース	機能強化の方向 →	設計ベースを超える状態(DEC)
第1層	異常発生防止	津波の例: 設計津波に対する多重の防護で、異常の発生を防止し、後段各層の安全機能の喪失を防ぐ		津波の例: 多重防護の同時喪失により、ある程度の建屋内浸水があっても、重要区画内の設備の機能喪失を防ぐ、重要区画からの排水を行う
第2層	事故への拡大防止	従来の設計ベース		従来のアクシデントマネジメントで整備済み
第3層	炉心損傷防止	冷却: } 全交流電源喪失+動的機器 減圧: } の単一故障		冷却: } 長期の全交流電源喪失に対し、 減圧: } 多様又は多重の設備で対応
第4層	炉心損傷後の影響緩和、放出抑制	格納容器と格納容器を防護する設備の機能とを併せて、長期にわたる土地汚染及び制御できない放射性物質放出を防ぐ		
第5層	事故時の防災	原子力災害発生時に備え、国・自治体や他事業者との連携体制を強化(住民避難・原子力災害発生後の外部支援体制)		

【参考】方針1：深層防護の強化（異常発生防止：津波対策）

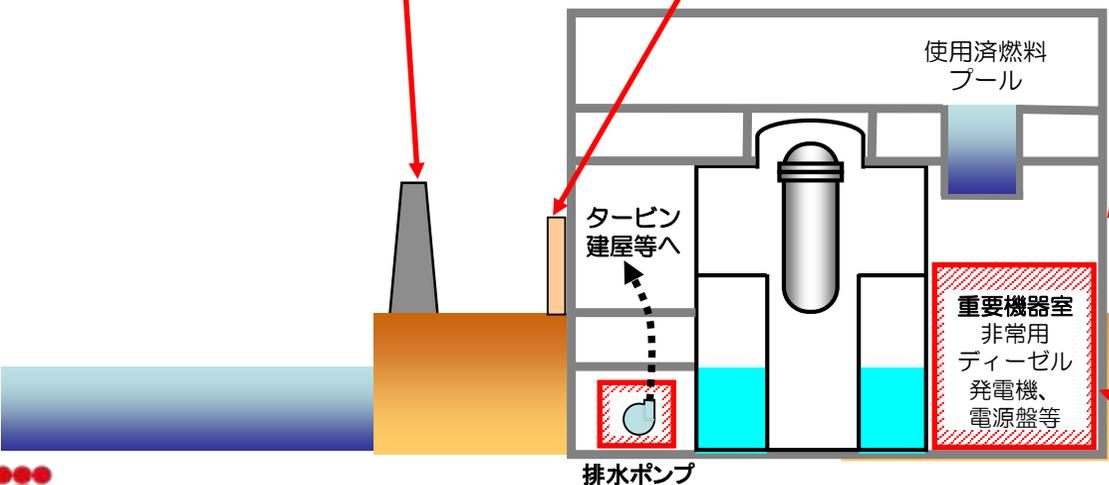
- 津波に対して敷地高さ, もしくは防潮堤で浸水を防止
- 仮に敷地が浸水しても, 建屋外壁で防護
- 仮に建屋内に浸水しても, 重要機器室は止水処理で個別に防護



防潮堤：敷地内への浸水を防止

防潮壁：建屋内への浸水を防止

水密扉：重要機器室への浸水を防止



止水処理：重要機器室への浸水防止

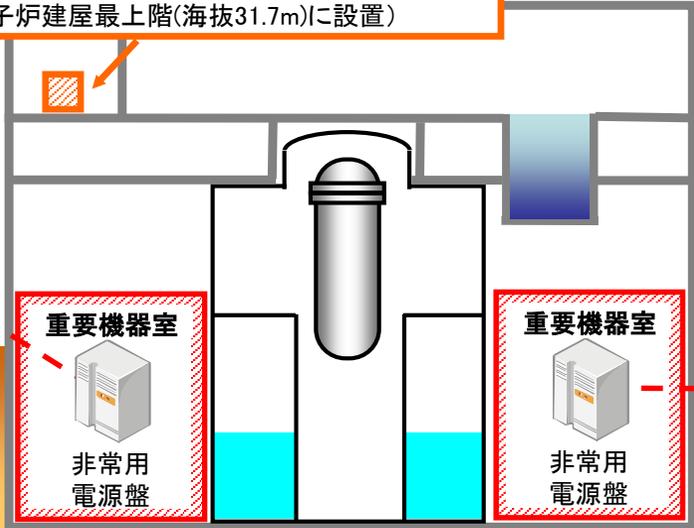
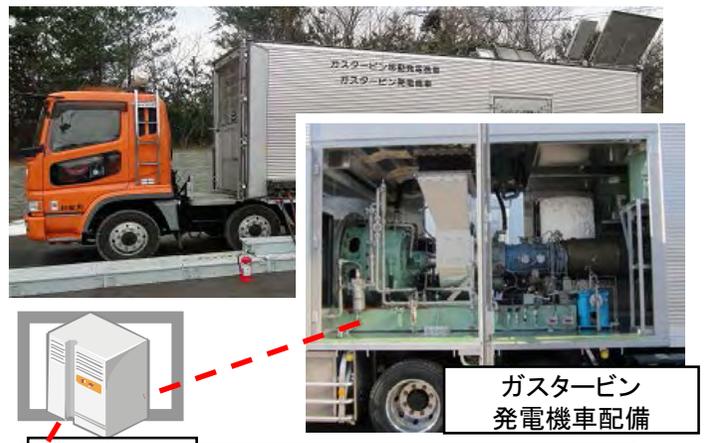
【参考】方針1: 深層防護の強化(事故への拡大防止/炉心損傷防止: 非常時の電源確保)

■ 安全上重要な機器の電力を迅速に確保する手段

- 大容量のガスタービン発電機車及び電源車を高台に配備
- 迅速な電力供給の為に、緊急用電源盤を高台に設置し、常設ケーブルを各号機へ敷設

■ 安全上重要な機器の制御やプラントの監視に用いる直流電源の強化

- 原子炉建屋最上階に蓄電池を追加配備し、24時間使用可能にするとともに充電用発電機も設置



【参考】方針1：深層防護の強化(炉心損傷防止：注水手段の確保)

- 高圧注水：原子炉隔離時冷却系(RCIC)の現場手動起動，代替高圧注水設備(規制基準以上の独自対策)
- 減圧：予備蓄電池，予備ポンペ配備による信頼性向上
- 低圧注水：消防車の配備
- 注水水源：既存の水タンクの予備として淡水貯水池設置

代替の高圧注水手段



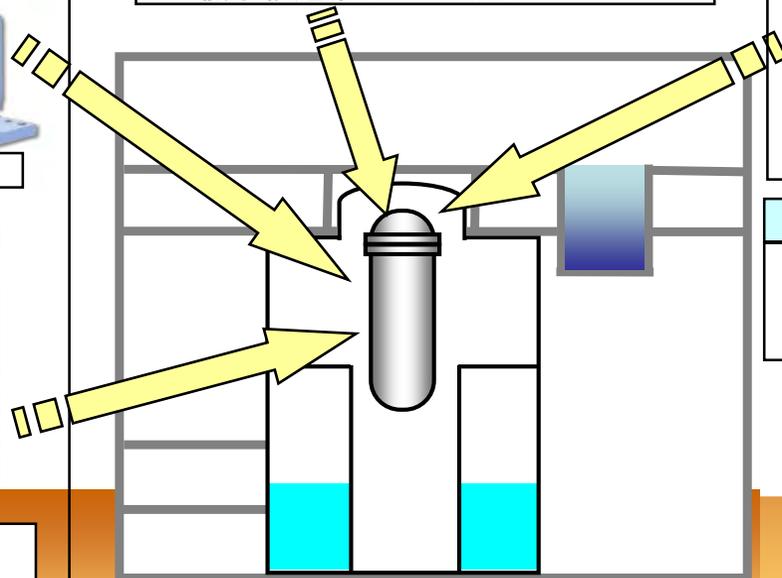
代替高圧注水設備設置



原子炉隔離時冷却系ポンプの
手動操作手順の策定

既設注水設備の電源強化

- 高圧注水系ポンプ
- 残留熱除去系ポンプ
- ホウ酸水注入系ポンプ
- 制御棒駆動系ポンプ
- 復水移送系ポンプ など



代替の低圧注水手段



消防車配備
(通常時高台待機)

原子炉水位把握手段の強化

重大事故時に原子炉水位計の健全性を確認するため，水位を計測する凝縮槽に温度計を設置。加えて，原子炉まわりの温度計を活用し水位計の補完情報とする

減圧の信頼性向上



予備蓄電池
予備ポンペの配備

予備水源の増強



淡水貯水池設置

II-1. 事故の教訓をふまえた安全対策(3)

■ 恒設と可搬の設備を組み合わせた柔軟な対応力が必要

事故初期: 人的リソースが限定・現場アクセス困難の可能性

→ 恒設設備だけでも初期対応ができるように設計することが適切

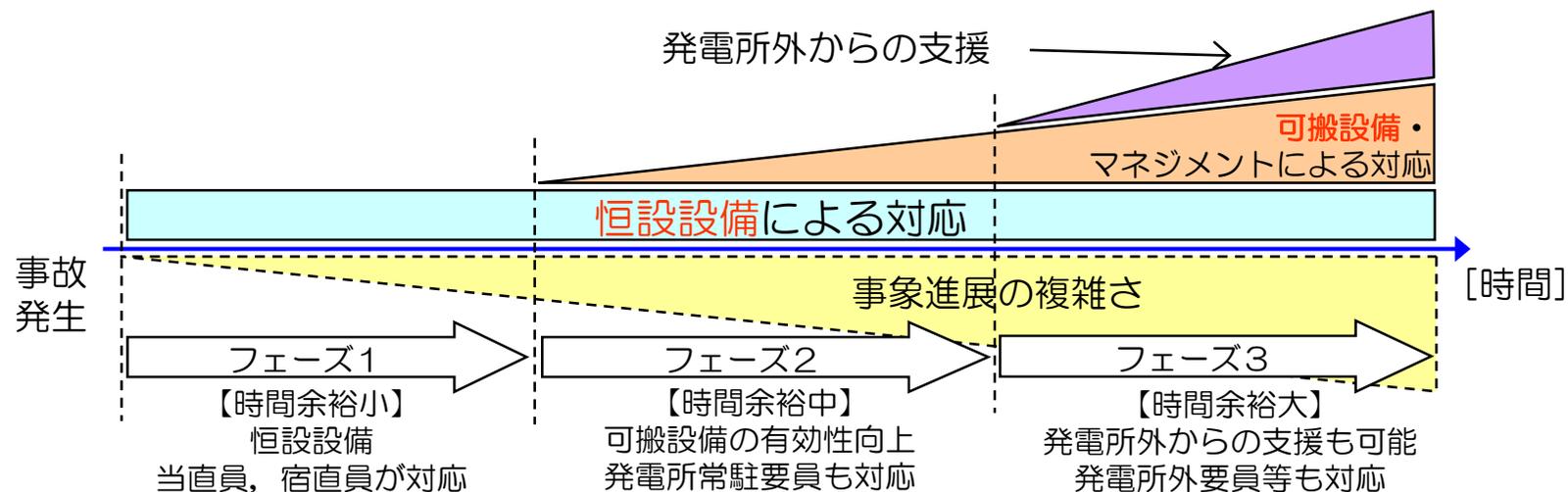
事故後期: 状況が輻輳・特定の条件で設計した恒設設備では対応できなくなるおそれ

→ 可搬設備も選択肢に加え、対応の多様性や代替可能性を高めることが重要

■ 事象進展の複雑さ増加に応じて対応の代替可能性を高め、柔軟な対応力を確保

= フェーズドアプローチ

■ 訓練の充実: 運用力の強化とともに、事前の備えに対するフィードバック



《フェーズドアプローチによる対応のイメージ》

Ⅱ-1. 事故の教訓をふまえた安全対策(4)

(4) 事故対応のマネジメントと組織力の向上 (ICS(災害時現場指揮システム)の導入)

- 災害発生時に備え、国、事業者、自治体は、全組織に共通したテクニカルターム、運営ルール、各種の資料様式などを統一し、各組織参集後の速やかな活動に備える
- 必要な支援物質を迅速に適用するために、資機材や装備の規格の整理が重要

<ICS(インシデント・コマンド・システム)の主な特徴>

権限の委譲ルールの明確化	統一された用語の使用
指揮命令系統の統一	統合された資源管理
複数組織が関与する現場での統一指揮	統合された空間利用
目標による管理	統合された通信システム
当面の災害対応計画策定	統合された情報処理システム
事案規模に応じた柔軟な組織編成	災害対応業務の明確化。質の確保
監督限界	計画に基づく人員。資機材の投入

(5) 新規制基準への適合を確認

- 原子力規制委員会が「新規制基準適合性に係る審査」を実施。従来の安全設計審査指針・電気事業法令に代わる「新規制基準(2013年7月8日)」を制定。
- これまでの安全対策が新規制基準に適合することを確認。

<従来の規制基準>

<新規制基準>

シビアアクシデントを防止するための
基準(いわゆる設計基準)
(単一の機器の故障を想定しても
炉心損傷に至らないことを確認)

自然現象に対する考慮
火災に対する考慮
電源の信頼性
その他の設備の性能
耐震・耐津波性能

意図的な航空機衝突への対応
放射性物質の拡散抑制対策
格納容器破損防止対策
炉心損傷防止対策 (複数の機器の故障を想定)
内部溢水に対する考慮(新設)
自然現象に対する考慮 (火山・竜巻・森林火災を新設)
火災に対する考慮
電源の信頼性
その他の設備の性能
耐震・耐津波性能

新設 (テロ対策)
新設 (シビアアクシ
デント対策)
強化または新設
強化

Ⅱ-2. 新規制基準への適合性審査に関するまとめ

日時	内容
H25.7.5	規制基準適合審査の申請報告のため新潟県庁訪問 → 申請を延期
H25.7.8	新規制基準 施行
H25.9.25	新潟県庁訪問 知事と会談 フィルタベントの事前了解願いを提出
H25.9.26	泉田知事が規制基準適合審査の申請を条件付きで承認
H25.9.27	柏崎刈羽原子力発電所6, 7号機の新規制基準適合性審査を申請
H25.10.15	規制庁準備ヒアリング開始
H25.10.28	田中俊一委員長が広瀬社長に福島第1の汚染水漏れをめぐるトラブルを注意
H25.11.21	<u>規制委員会審査会合(第一回)</u>
H25.11.28	<u>規制委員会審査会合(第二回)</u> で規制委から主要な論点を提示 (地震関連:9項目, 津波関連1項目, プラント関連17項目) 規制庁からは, フィルターベント(FV)運用手順の確からしさから審査すると言及

Ⅱ-2. 新規制基準への適合性審査に関するまとめ

日時	内容
H25.12.2	新潟県から当社に、自治体合意なくFV運用手順を規制委へ説明しないよう要請
H25.12.9	当社からFV以外の案件のヒアリング継続を依頼するも却下され、審査渋滞 (この間、FVに関する規制庁ヒアリングの進め方について新潟県と調整を実施)
H25.12.10	第55回審査会合において、関西電力が基準竜巻をF2からF3に変更
H26.1.16	第68回審査会合において、中国電力がヨウ素フィルタの設置を宣言
H26.1.24	<u>規制委員会審査会合(第三回)</u> で敷地近傍及び敷地の追加調査計画(案)を提示
H26.1.30	PRAに関して、BWR電力3社合同での開催を条件にヒアリング再開
H26.1.30	FV運用手順の確からしさの問題が解決するまで、当社に対する審査会合を開催しないとの発言あり(規制庁)
H26.2.17 H26.2.18	島崎邦彦規制委員長代理による、柏崎刈羽原子力発電所及び敷地周辺の調査。 「追加調査計画は概ね妥当」との評価。
H26.3.10	追加調査計画に基づきボーリング調査開始
H26.3.24	川内原子力の審査にリソースを集中するとの方針によりヒアリング中断
H26.5.14	FV関連項目に限ってヒアリング再開(週1回のペースにスローダウン)

■ 平成25年10月31日の初回の開催以降、以下の6項目の課題について当社から説明をさせていただいており、現在も継続して対応中。平成26年6月13日現在、各項目3回の説明を実施済み。

課題	主な論点
地震動による重要機器の影響	<ul style="list-style-type: none"> ・津波はいつ発電所に到達したか ・地震動による循環水系の損傷の可能性はあるのか
海水注入等の重大事項の意思決定	<ul style="list-style-type: none"> ・海水注入の意思決定に問題はなかったのか ・ベントの意思決定に問題はなかったのか ・非常用復水器(IC)の操作等に問題はなかったのか
東京電力の事故対応マネジメント	<ul style="list-style-type: none"> ・注水系統の切替(RCIC→HPCI→DDFP→消防車)判断は正しかったのか ・判断や指示の指揮系統は機能していたのか ・東京電力から外部(国, 自治体, OFC等)への連絡はどのような状況だったのか
メルトダウン等の情報発信の在り方	<ul style="list-style-type: none"> ・メルトダウン等の情報発信が遅かったのではないのか ・情報発信に問題があったのではないのか
高線量下の作業	<ul style="list-style-type: none"> ・放射線量の上昇が発電所内外の事故対応・支援活動にどのような影響を与えたのか ・線量限度の違いにより事故対応・事故進展にどのような違いが生じるのか
シビアアクシデント対策	<ul style="list-style-type: none"> ・格納容器ベント作業の問題点はどこにあったのか ・消防車による代替注水は有効であったのか ・原子炉や水素爆発の状態等はどうなっているのか ・海外のシビアアクシデント対策はどうなっているのか ・新規制基準で住民の被ばくを防ぐことはできるのか ・シビアアクシデントを検知する計測系が不十分ではなかったのか 等

Ⅱ-4. 防災シナリオについて

- 新潟県の技術委員会では、避難計画との整合性を図るため検討ケースについて議論中。
- 平成26年6月6日に行われた、知事と座長の面談も踏まえ、以下の4ケースを選定。

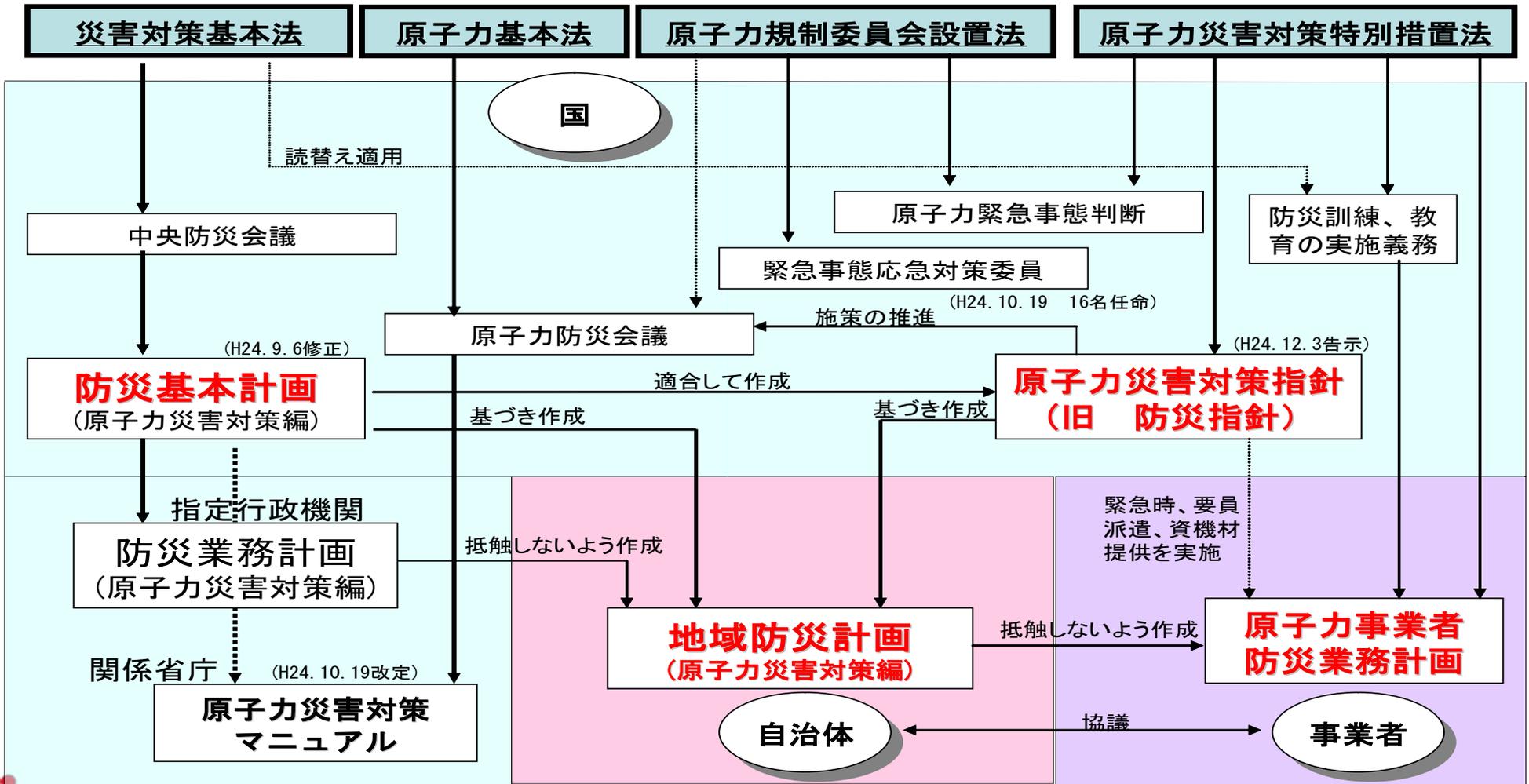
ケース	安全機能			炉心 溶融	圧力容器 破損	格納容器 破損	放出 開始 時間
	注水		FV				
	設計基準 対応設備	過酷事故 対応設備					
①東京電力の設置許可申請に基づくシナリオ ・大破断LOCA+SBO+全ECCS機能喪失 ・2時間後、代替電源復旧+代替炉注水+代替格納容器スプレイ	×	○ 恒設	○	有	無	無	25h
②県がアレンジしたシナリオ(冷却装置が動作) ・全ECCS機能喪失+全代替注水機能喪失 ・4時間後、消防車による格納容器注水+格納容器スプレイ	×	○ 消防車	○	有	有	無	18h
③極限ケース ・福島第一と同様の状態でベントするケース	×	×	○	有	有	無	6h

【参考】

注水できずに格納容器が破損しフィルタベント設備を通さずに放出されるケース	×	×	×	有	有	有	8h
--------------------------------------	---	---	---	---	---	---	----

【参考】我が国における原子力防災の体系<関連する法体系の関連図>

- 国(規制庁含む)は「防災基本計画」,「原子力災害対策指針」を作成
- 自治体が「地域防災計画」,事業者が「防災業務計画」を作成



【参考】我が国における原子力防災の体系<主な法令, 指針などの概要>

- 「防災基本計画」は国全体の防災の枠組み, 「指針」は計画策定のガイド
- 事業者の「防災計画」は組織, 訓練など発電所内の防災活動を, 自治体の「地域防災計画」は避難計画など地域の防災活動を具体的に規定

防災基本計画(原子力災害対策編)

- ・災害対策基本法に基づき, 中央防災会議が策定
- ・原子力災害対策の基本として各組織の役割等について規定

規定内容(例)

- ・防災知識の普及
- ・自衛隊との連携

原子力災害対策指針

- ・原災法に基づき原子力規制委員会が策定
- ・防災業務計画策定の際の具体的な基準や手法を示したガイド

規定内容(例)

- ・緊急時の区分
- ・緊急時被ばく医療

事業者防災業務計画

- ・原災法に基づき, 災害対策指針を参考に事業者が策定
- ・事業者の防災活動について, 予防, 応急, 事後対策を規定
- ・内容について自治体と協議実施(2ヶ月間以上)

規定内容(例)

- ・組織, 体制, 資機材
- ・教育, 訓練計画

地域防災計画(原子力災害対策編)

- ・防災基本計画に基づき, 災害対策指針を参考に自治体が策定
- ・関係機関の役割を規定し, 必要に応じ住民に通知する

規定内容(例)

- ・緊急時モニタリング計画
- ・屋内退避, 避難の計画

Ⅲ. 原子力発電事業の行方

Ⅲ-0. 原子力発電の位置づけ

- エネルギー基本計画においては原子力発電のメリットを評価し、「重要なベースロード電源」と評価。すなわち、原子力発電が、安定供給性、効率性、運転コストの低廉性・安定性、環境性において相対的に優れた発電方式であると評価している。
- また、世界の原子力安全の向上や原子力の平和利用への貢献、核不拡散及び核セキュリティ分野での積極的な貢献は我が国の責務。核抑止に関して国際的に発言しうる立場。

➤ エネルギー基本計画における原子力発電の位置付けは

- ① 「燃料投入量に対するエネルギー出力が圧倒的に大きく、数年にわたって国内保有燃料だけで生産が維持できる低炭素の準国産エネルギー源として、優れた安定供給性と効率性を有しており」【安定供給性、効率性】
 - ② 「運転コストが低廉で変動も少なく」【運転コストの低廉性・安定性】
 - ③ 「運転時には温室効果ガスの排出もないことから」【環境性】
- ⇒ 「安全性の確保を大前提に、エネルギー需給構造の安定性に寄与する重要なベースロード電源である」と評価。

Ⅲ-1. 原子力発電の継続的な安全性向上(1)

- 安全を第一に考える「原子力安全文化」をベースにして
 - 運転経験等を活かしてプラント個別の実態に即した安全性の向上が重要
-
- 安全を第一に考える組織文化構築に向け、①批判的な思考と疑問を抱く姿勢、②残余のリスクへの想像力、③発電所の設備・設計への深い知見等、人的な側面の働きかけを行う。
 - その上で、大規模な地震・津波など、不確実性が大きく、発生確率が極めて低いと見積もられる事象についても、適切なリスク評価を実施し、深層防護の考え方の下、不確実性の大きさに応じた適切な安全対策の実施につなげる。
 - また、「保守的な決定論的評価から得られた条件を満たせば安全」という従来の発想から脱却し、プラントの実態に即した安全パフォーマンスの評価とリスク抽出の結果に基づく、効果的な安全性向上が重要。

Ⅲ-1. 原子力発電の継続的な安全性向上(2)

■ 規制当局のみならず、産学の創意を活かした安全性の向上が重要

- 現在の規制基準は、過渡的に、決定論に基づく仕様規定となっているものが多いが、将来的には性能規定が望ましく、その達成のための仕様は産学の創意によって策定された民間規格に委ね、個別の申請案件毎に要求がぶれないよう、予見性の高い一律的な規制を行うべきである。
- また、産学の総意のもと、低頻度の外的事象等の技術課題の解決や、付随する国内外の知見収集・蓄積、安全研究、PRA活用等を用い、科学的・合理的な提言や議論を通じて安全水準の高度化をはかることも重要である。
- さらに、規制当局が定めた性能要求と産学の定めた民間規格の整合性や技術的な妥当性について、あるいは、産学からの提言に対して、規制当局と産学が健全な議論をできるような仕組みを構築すべきである。
- 一方、安全性向上に関する事業者間の競争を活性化させるためにも、規制当局は、安全性の向上レベルや運転パフォーマンスに応じたインセンティブを導入すべきである。

Ⅲ-1. 原子力発電の継続的な安全性向上(3)

原子力防災の強化

- 原子力関係者は、地域防災への積極的関与が必要(周辺環境整備, 避難計画の整備等)。
- また、規制当局等は、積極的にコミュニケーションを図っていく必要がある。

【原子力関係者の地域防災への積極的な関与を求める声の一例】

- 深層防護の第5層である地域防災を自治体まかせにせず、規制当局は、より積極的かつ責任をもってその実効性の評価や実効性をもたせるための提言を行うべき。
- 国は、深層防護の統括した責任を持ち、全体最適化を担うための組織を設置すべき。
- 事業者は、地域防災計画の策定を積極的に支援すると共に、災害発生時における資機材の提供や避難支援に関する協力協定を締結すべき。
- 災害発生時に備え、国、事業者、自治体は、米国FEMAにおけるICSなどの考え方を見習い、全組織に共通した、テクニカルターム、運営ルール、各種の資料様式などを統一し、各組織参集後の速やかな活動に備えるべき。

Ⅲ-1. 原子力発電の継続的な安全性向上(4)

コンセンサスの獲得

■ 原子力発電所の安全対策に関するコンセンサスをどのようにして得ていくか。

- ▶ 地元自治体や住民の方々に対して、詳細で正しい情報を提供
- ▶ 常にフォローアップに重点を置いた広報
- ▶ 地域説明会等を継続に実施
- ▶ 正しい情報を提供すると共に、事業者の姿勢や経営ポリシーが伝わりやすいシンプルな広報

【低線量被ばくに関する科学的情報の収集と発信を求める声の一例】

- ・ 規制当局は、ハードウェアの性能評価や断層調査を主体とした安全規制にとどまらず、低線量被ばくに関する科学的情報の収集と発信をもっと積極的に行うべき。

Ⅲ-2. 新設プラントの扱い (1)

(1)「縮原子力時代」の新設プラント

- 「原発依存度は可能な限り低減させる」との方針の下、原子力は「確保していく規模を見極める」とされているが、再稼働する基数と運転期間が延長される基数次第で、これら以外に新たに新設が期待される基数のイメージが固まってくる。

- 現政権の基本方針として、①原発事故の反省・教訓を踏まえ、原発についてはあらゆる事情に「安全性」を優先する、②原発依存度は可能な限り低減させる、③原子力規制委員会が安全性を確認した原発は再稼働を進める、としている。またエネルギー基本計画においても、上記②の方針の下で、「確保していく規模を見極める」と記載。

- 現在の「運転期間延長認可制度」として、発電用原子炉を運転することができる期間は運転開始から40年とし、その満了までに認可を受けた場合に1回に限り延長する(上限20年、具体的な延長期間は審査で個別判断)ことが認められている。このため、「確保していく規模」については、再稼働する基数と運転期間が延長される基数次第で、これら以外に新たに新設が期待される基数のイメージが固まってくる。

Ⅲ-2. 新設プラントの扱い (2)

(2) 扱いをどうするか

- 現在建設中のプラントはどうか。
- 原子力発電事業者は、様々な不確実性が増大する中で、どう意思決定し、行動するか。

- 現在建設中のプラント(原子力機構のFBRもんじゅを除く)
中国電力島根3号, 電源開発大間, 東京電力東通1号
- 現在計画中のプラント(順不同)
日本原電敦賀3号・4号, 中国電力上関1号・2号, 九州電力川内3号, 東北電力東通2号,
東京電力東通2号, 中部電力浜岡6号
- 仮に社会的な期待規模が議論されたとしても、原子力発電事業者には不確実性の増大に伴うファイナンスの問題等があり、また各地元地域における合意形成の問題等があるため、その遂行については未知数。

Ⅲ-3. バックエンドの位置付け (1)

(1) バックエンドの意義

- エネルギー基本計画において、我が国が核燃料サイクルの意義と、その推進を基本的方針としていることを確認。

エネルギー基本計画において、以下の記述。

- 我が国は、資源の有効利用、高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度低減等の観点から、使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウム等を有効利用する核燃料サイクルの推進を基本的方針としている。
- これまでの経緯等も十分に考慮し、引き続き関係自治体や国際社会の理解を得つつ取り組むこととし、再処理やプルサーマル等を推進する。
- 具体的には、安全確保を大前提に、プルサーマルの推進、六ヶ所再処理工場の竣工、MOX燃料加工工場の建設、むつ中間貯蔵施設の竣工等を進める。

Ⅲ-3. バックエンドの位置付け (2)

(2) 解決すべき課題

- 他方、様々な不確実性への対応が大きな課題である。
- また、使用済燃料問題への着実な対処も重要な課題。

エネルギー基本計画に以下の旨の記述がある(「 」が引用箇所)。

- 「核燃料サイクルに関する諸課題は、短期的に解決するものではなく、中長期的な対応を必要とする」とし、併せて、様々な不確実性に対応するため「対応の柔軟性を持たせることが重要」と認識されている。特に、今後の原子力発電所の稼働量、核燃料の需要量、使用済燃料の発生量等と密接に関係するとして、「こうした要素を総合的に勘案し、状況の進展に応じて戦略的柔軟性を持たせながら対応を進める」としている。
- 原子力利用に伴い確実に発生するのが使用済燃料問題であり、世界共通の課題。エネルギー基本計画においては、「将来世代に先送りしないよう、現世代の責任として、国際的なネットワークを活用しつつ、その対策を着実に進めることが不可欠」であり、「使用済燃料対策を抜本的に強化し、総合的に推進する」とあり、たとえば「使用済燃料の貯蔵能力の拡大に向けて政府の取組みを強化する」などの記載がある。

Ⅲ-4. 自由化の下での原子力（1）

（1）自由化の下での原子力の課題

- 自由化は、電力・ガスシステム改革等の一つの側面であり、これらの構造改革が進むことでエネルギー供給構造に多様な主体が参加し、エネルギー市場の競争活性化、効率化の進展への期待がある。
- これは原子力事業者にとって、運転中のキャッシュ回収の不確実性の増大や、これを踏まえた建設段階でのファイナンス面の問題が大きくなることにつながり、民間事業者として従来と同様の事業継続が困難化する懸念も生じてくる。

【米国の事例】

- ExelonのChris Crane CEOは、「電力卸売価格が低水準で推移し、電力市場動向に特段の変化が無ければ、今年末までにイリノイ州のClintonおよびQuad Citiesの廃炉に関する決断を迫られる」とコメント。
- NEIのファートル会長は「電力市場の構造的な欠陥により、優良なベースロードタイプの原発が廃炉に追い込まれている。このままでは、原発の新設と既設の長期稼働は難しくなる一方である。エネルギー政策を見直さないと、電力供給の信頼性、安定性、長期的な電力価格安定、環境目標達成に支障が出る」と発言。

Ⅲ-4. 自由化の下での原子力（2）

（2）解決の方向性

- エネルギー基本計画においては、原子力事業者が各種の課題に対応できるよう、「事業環境の在り方について検討を行う」としているが、具体的には今後の議論。

- エネルギー基本計画においては、「国は、電力システム改革によって競争が進展した環境下においても、原子力事業者がこうした課題（注）に対応できるよう、海外の事例も参考にしつつ、事業環境の在り方について検討を行う」と記載。

（注）「こうした課題」とは、高いレベルの原子力技術・人材の維持、廃炉の円滑な推進、迅速かつ最善の安全対策を講じること、地球温暖化対策や安定的な供給への貢献を指す。

- また同計画においては、併せて、「原子力事業者を含む産業界が、自主的に不断に安全を追求する事業体制を確立し、原子力施設に対する安全性を最優先させるという安全文化の醸成に取り組む必要がある」とし、「国はそれを可能とする安定的な事業環境の整備等必要な役割を果たしていく」と記載しており、安全面の観点からも、何らかの「事業環境の整備等」を行うとしている。
- 具体的な「事業環境の在り方」については今後の議論。

Ⅲ-5. 原子力発電の役割再考 (1)

(1) 課題と方向性

- 各種の不確実性が高まる下では、原子力固有の課題が深刻化する懸念があり、政策的な手当てが必要になる可能性。具体的には今後十分に議論していかねばならない。
- また、国の成長に資する産業・技術の維持・発展や、国際的な役割の遂行に必要な各種施策についても議論が必要。

原子力固有のリスク・課題

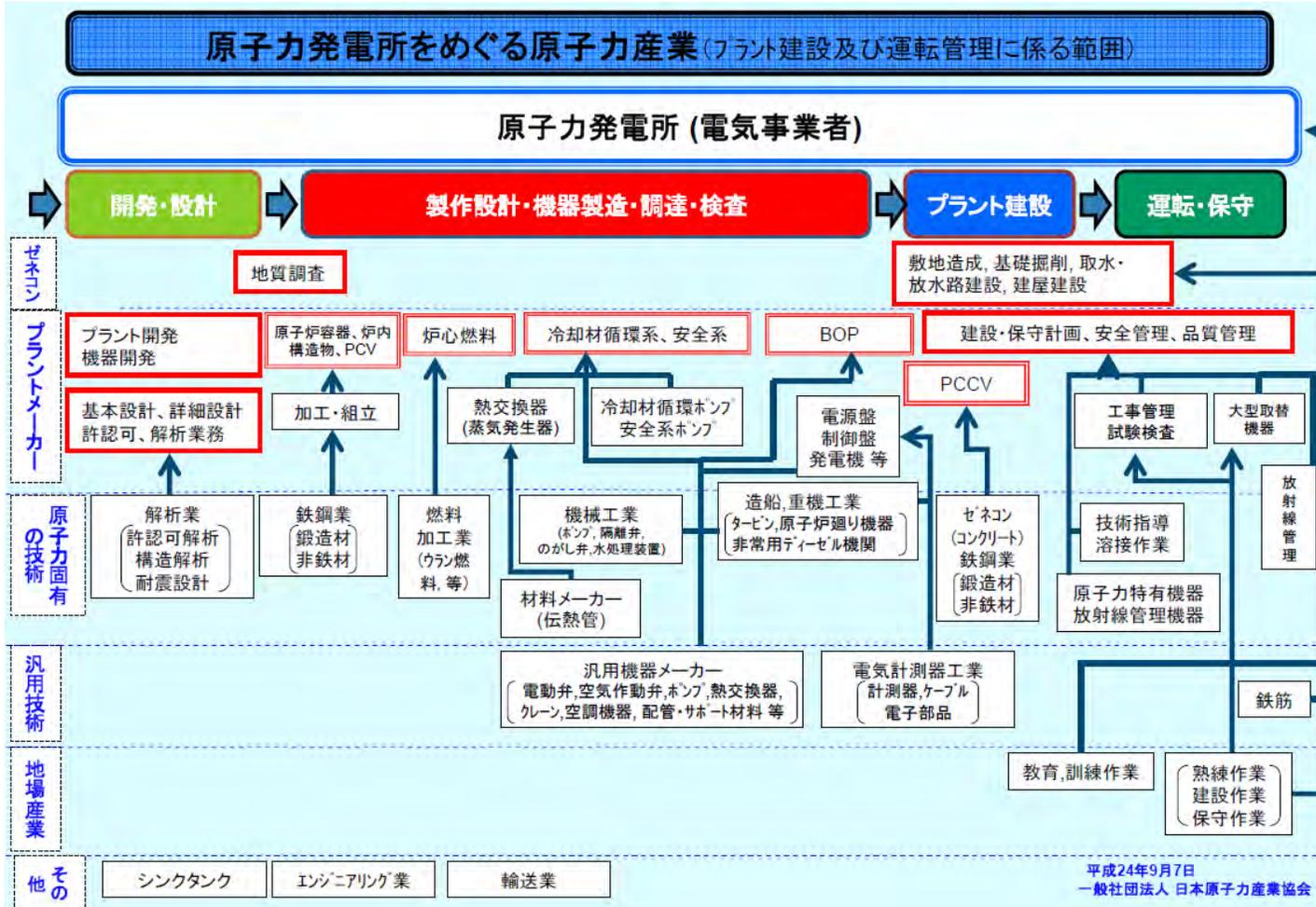
- ① 規制等の制度変更リスク …… 規制の透明性, 予見可能性, 安定性, 等
- ② 国民理解や地元の合意形成の困難化 ⇒ これらを背景とする政治リスク
- ③ 自由化やエネルギー供給構造改革の進展に伴う事業環境の悪化
- ④ 上記を複合的要因とする稼働率の悪化等に伴う, 負のスパイラル的な経済性の悪化
- ⑤ 発電からバックエンドに至るまで各取組みが密接に関連
⇒ 悪影響が波及しやすいシステムのリスク

これらへの政策的な手当てをどうするか？

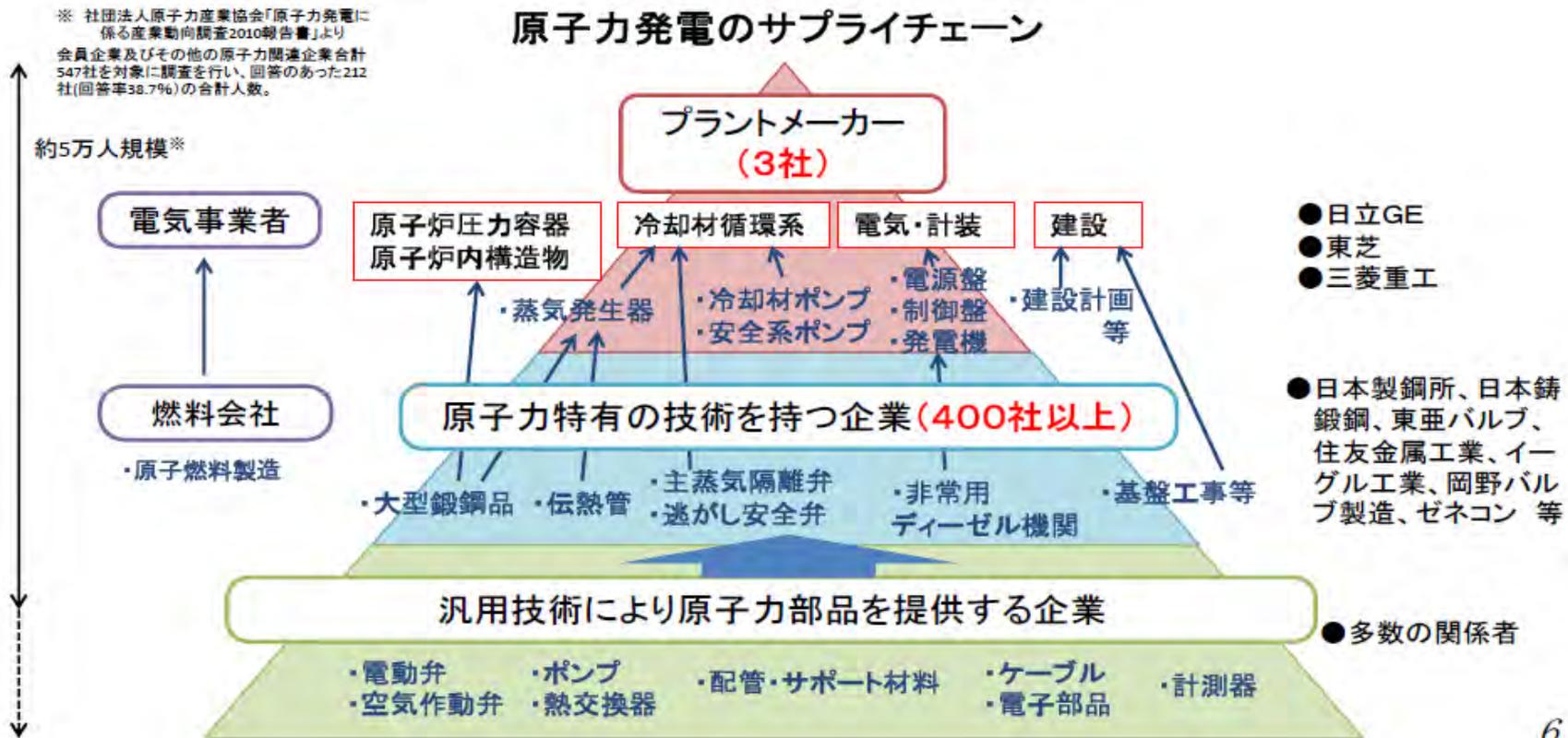
Ⅲ-5. 原子力発電の役割再考 (2)-1

(2) 我が国の原子力産業

- また、わが国の成長を論じる観点からも、原子力産業は重要な役割。プラント建設から運転管理に係る範囲に限っても(下図)、国際的に活躍するプラントメーカーから、建設・運転・保守等に関する地元企業まで、幅広い分野の企業関わっている。



- 原子力産業は、原子力特有の技術基盤を有する材料メーカー、機器製造メーカー、ゼネコン、発電所周辺の地場産業等、日本の国家レベルにおいて産業の裾野が広く、信頼性と品質の高いプラントの供給を通じて、日本における産業界全体の牽引力となっている。
- 国際事業展開を積極的に進めることは、世界の原子力における安全性向上に貢献するだけでなく、国内原子力発電所の安全性向上も期待できる。



Ⅲ-5. 原子力発電の役割再考 (2)-2

- 原子力をわが国の地場産業として定着させていくことは、わが国の成長にとって重要な要素。

【原子力を地場産業として定着させていくための施策例】

- 従来からの施策である、定検作業を中心とした、協力企業を通じた労働者雇用の確保ならびに発電所の業務運営に必要な資機材の地元調達については継続実施。
- 事業者自身の技術力、調達能力、現場管理能力をより一層向上させ、メーカーとの役割分担を明確にした上で、プラント設備に関する資機材についても、事業者責任において地元企業からの恒常的な調達を行い、真の地場産業として育成をはかる。
(例)一般企業参入の障壁となっている、原子力QAと耐震設計に関する仕様を事業者責任において規定することにより、門戸は広がるはず。
- 地場産業化した分野については、事業者が積極的に人材の育成を支援していく。
- また、原子力技術及びそのサプライチェーンの維持、効率的で実効性のある人材育成していくためには、プラントの運転保守・廃止措置だけではカバーできず、新規プラントの建設を通してのみ得られる技術分野があることから、既存プラントの早期再稼働に加え、老朽化したプラントのリプレースを一定のレベルで行う。

Ⅲ-5. 原子力発電の役割再考 (3)

(3) グローバルな役割

- エネルギー資源(エネルギー安全保障)、環境、安全性の各観点から、原子力はグローバルな役割を負っている。

【グローバルな視点に立った日本の役割例】

- 極端なエネルギー資源小国である日本にとって、エネルギー・セキュリティの確保は特に重要な課題。国際エネルギー市場の安定は日本にとって極めて重要であり、化石燃料調達については、中長期的な国際連携、とりわけエネルギー消費国としてのアジア諸国との連携・協力強化が重要。また、中東等のエネルギー生産国との関係維持・強化も引続き重要。
- 環境問題については、途上国における、より効率的・効果的なCO₂排出削減ポテンシャルを考慮し、特にアジア地域での協力が重要。
- 安全性の観点では、今後もアジアを中心に原子力発電の増強が進められる中、福島事故の教訓を踏まえ、安全規制の国際標準の策定、安全技術の移転、人材育成などを通じて日本が原子力の安全確保に国際貢献することも重要。

■ 福島第一廃炉については、

- 現場・現物・現実に即した「現場力」の強化。
- それに基づく設備の恒久化(応急の設備や運営から脱却)と安全意識の向上。
- 研究開発と現場工事を一体化して推進。
- 福島第一の知見を世界に発信し、原子力安全の向上に貢献。

■ 原子力発電所の安全対策については、

- より高い安全レベルを追求しつづけること。
- 事故時の教訓を活用した、深層防護の強化、柔軟な対応力(レジリエンス)の整備、事故対応のマネジメントと組織力の向上。
- リスクコミュニケーションや地域防災への積極的関与。

■ 原子力の今後については、

- 「原子力安全文化」をベースに、プラント個別の実態に即して安全性を向上。
- 核燃料サイクル等のバックエンドの不確実性への対応検討。
- 自由化の下での事業環境の在り方の議論
(わが国の原子力産業やグローバルな役割を考慮した、原子力固有のリスク・課題への手当て等)

資料集

IV. 福島第一原子力発電所の現状

V. 原子力発電所の安全対策とその位置付け

IV. 福島第一原子力発電所の現状

1. 今日までの経緯と中長期ロードマップ
2. 発電所および周辺の現状
3. 汚染水流出への対策
4. 労働環境の抜本改善
5. 福島第一廃炉推進カンパニーの設置

IV-1. 事故発生から今日に至るまでの経緯(1/4)

H23.3.11	震災及び事故の発生 緊急事態宣言
H23.4.2	2号機取水口付近からの高濃度汚染水の海への流出確認(4/6流出停止確認)
H23.4.4	低レベル滞留水等を海洋放出
H23.4.17	事故の収束に向けた道筋の策定・公表
H23.5.11	3号機取水口付近からの高濃度汚染水の海への流出確認(同日流出停止確認)
H23.6.11	社内に福島原子力事故調査委員会(社内事故調)を設置
H23.7.19	事故の収束に向けた道筋:STEP1「放射線量が着実に減少傾向となっている」ことを確認
H23.11.4	緊急特別事業計画認定
H23.12.16	事故の収束に向けた道筋:STEP2「原子炉は冷温停止状態に達し、不測の事態が発生した場合も、敷地境界における被ばく線量が十分低い状態を維持することができるようになった」ことを確認
H23.12.21	中長期ロードマップの策定・公表(政府・東京電力中長期対策会議)
H24.4.19	1～4号機を廃止

IV-1. 事故発生から今日に至るまでの経緯(2/4)

H24.6.20	社内事故調の最終報告書を発表(7.5国会事故調, 7.23政府事故調の報告書公表)
H24.8.2	多核種除去設備の設置計画(施設運営計画)を提出
H24.9.11	原子力改革へ体制整備を発表。社長をトップとする「原子力改革特別タスクフォース」及び国内外の専門家・有識者からなる「原子力改革監視委員会」を設置
H24.11.7	「再生への経営方針」「改革集中実施アクション・プラン」を公表
H24.11.7	特定原子力施設の指定
H25.1.1	福島復興本社が始動
H25.2.8	政府, 廃炉対策推進本部会議を設置
H25.3.18	小動物による所内電源一部喪失。使用済燃料プールの冷却機能が最大約29時間停止
H25.3.29	「福島原子力事故の総括および原子力安全改革プラン」を公表
H25.3.30	多核種除去設備(A系)のホット試験開始(6.13:B系開始, 9.27:C系開始)
H25.4.5	ネズミによる停電事故に対する再発防止作業中に地絡停電事故が発生 地下貯水槽からの漏えいを確認

IV-1. 事故発生から今日に至るまでの経緯(3/4)

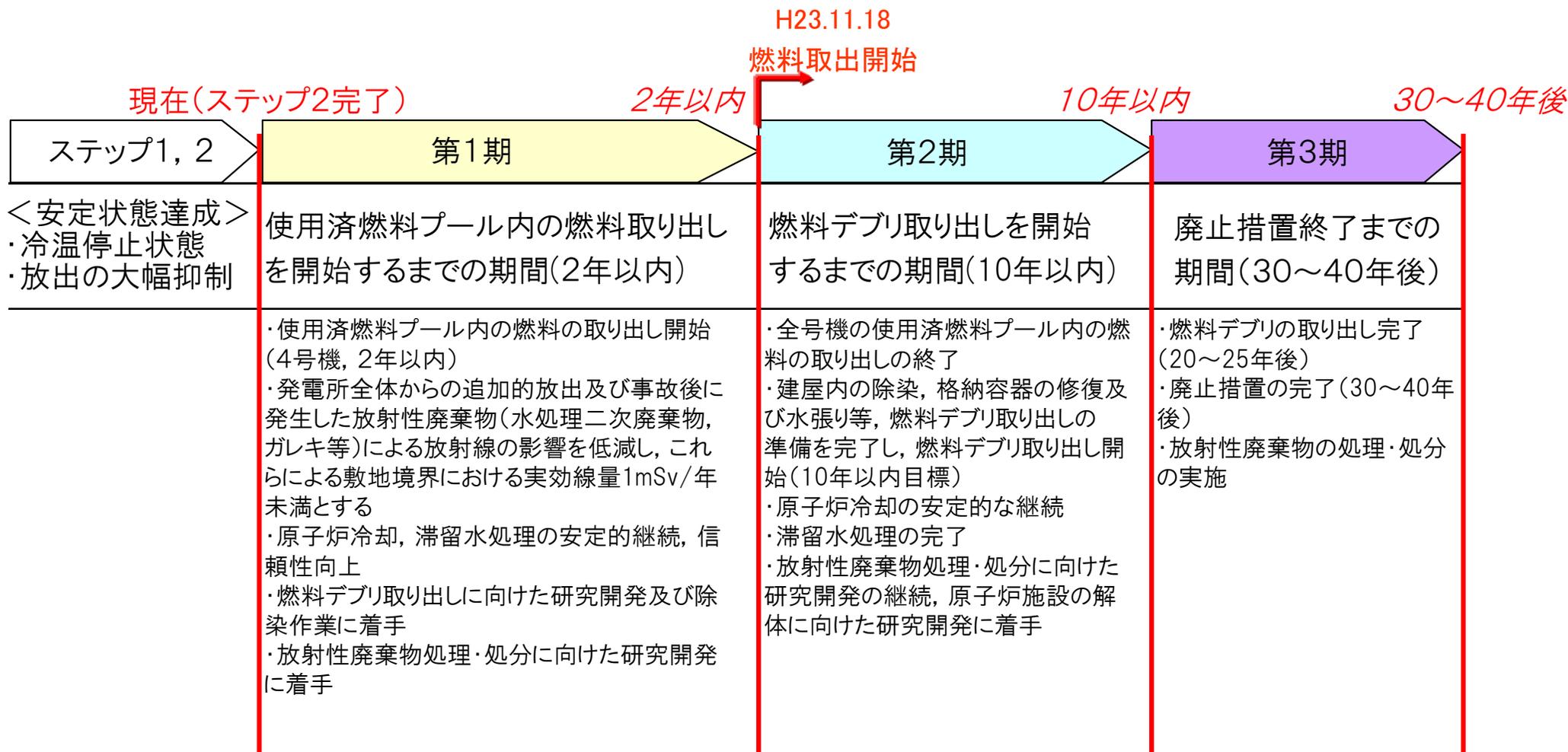
H25.4.7	社長を本部長とする「福島第一信頼度向上緊急対策本部」を設置
H25.4.10	社長直轄の「ソーシャル・コミュニケーション室」を設置
H25.4.15	国際原子力機関(IAEA)によるレビューの実施(~4/22)
H25.5.15	取締役会直轄の「原子力安全監視室」を設置
H25.6.19	1/2号機タービン建屋東側地下水から高濃度のトリチウム等を検出・公表
H25.7.26	汚染水の発電所港湾内への流出に関する公表
H25.8.14	特定原子力施設に係る実施計画の認可
H25.8.19	H4 エリアタンクのフランジ型タンクから約300トンの汚染水漏えいを確認
H25.8.26	社長直轄の「汚染水・タンク対策本部」を設置
H25.9.7	安倍総理, IOC総会で汚染水について「完全にブロックされ, コントロール下にある」と発言
H25.9.10	汚染水・タンク対策本部の社外専門家として, レイク・バレット氏の招聘を決定
H25.9.15	タンクエリア堰からの降雨水溢水(10/1, 10/2)

IV-1. 事故発生から今日に至るまでの経緯(4/4)

H25.9.19	安倍総理が資金・予算の確保, 期限を決めた汚染水処理, 福島第一5, 6号機の廃炉を要請
H25.10.2	B 南エリアのタンク上部天板部からの汚染水漏えいを確認
H25.11.8	緊急安全対策を公表
H25.11.18	4号機燃料プールからの核燃料取り出しを開始
H26.12.21	タンク堰からの漏えい(アスファルト系シール劣化, ひび割れ等)(12/22, 12/24, 12/25, 1/12)
H26.1.31	5, 6号機を廃止
H26.2.20	H6 エリアタンク上部天板部から約100トンの汚染水漏えいを確認
H26.1.15	新・総合特別事業計画の認定
H26.3.28	構内作業にて死亡事故発生
H26.4.1	福島第一廃炉推進カンパニーが始動
H26.4.1	H6 エリアタンク漏えいに関する情報収集のため相談窓口を設置
H26.4.4	モニタリングポスト(No.8)が機器故障のため欠測
H26.4.13	集中廃棄物処理施設 焼却工作建屋への滞留水の誤移送を確認

IV-1. 中長期ロードマップ

■ 2011年12月21日に廃止措置等に向けた中長期ロードマップを策定



要員の計画的育成・配置, 意欲向上策, 作業安全確保に向けた取組(継続実施)

IV-2. 福島第一原子力発電所 構内配置図



IV-2. 1～4号機の現状と課題

1号機

現状

原子炉の安定冷却継続により、放射性物質の発生量は減少
 水素爆発した原子炉建屋にカバーを設置(2011年11月)
水素爆発により原子炉建屋上部が破損したため、建屋からの放射性物質飛散抑制が目的

課題

燃料取り出し等の工事に向けた準備
原子炉建屋カバーの撤去及び放射性物質飛散抑制対策等の実施
 原子炉建屋上部及びプール内ガレキ状況の把握



2011年3月12日撮影



2011年10月28日カバー工事完了

2号機

現状

原子炉の安定冷却継続により、放射性物質の発生量は減少
 ブローアウトパネルを閉止し、放射性物質の飛散を抑制

課題

原子炉建屋内の線量低減対策
他号機と比べ線量が高く引き続き汚染状況調査を実施する予定



2011年4月10日撮影

ブローアウト
 パネル



2013年3月11日撮影

3号機

現状

原子炉の安定冷却継続により、放射性物質の発生量は減少
 原子炉建屋上部のガレキ撤去が完了(2013年10月)

課題

使用済燃料プールからの燃料取り出しに向けた準備
原子炉建屋上部の除染・遮へい工事、プール内ガレキ撤去を遠隔操作にて実施中



2012年2月12日撮影



2013年10月11日撮影



燃料取り出し用カバーイメージ

4号機

現状

原子炉建屋上部のガレキ撤去が完了(2012年12月)
 燃料取り出し用カバー及び取り出し作業用設備を設置し、
 使用済燃料プールからの燃料取り出し開始
 (2013年11月18日)

課題

使用済み燃料取り出し作業中の更なる線量低減対策



2011年9月22日撮影



2012年7月5日撮影



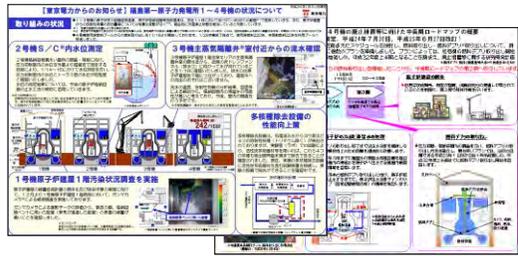
2013年11月12日カバー工事完了

【参考】ご理解いただくための取組み状況

各種メディア等への迅速・丁寧なご説明・情報提供を継続しておこない、ご理解いただけるよう、取り組んでおります。

お知らせ、壁新聞の配布

立地・周辺市町村の方々へ行政広報誌に同封させていただくなどの方法で「お知らせ」を配布しております。



当社会見を活用したご説明

東京(毎週月・水・金曜日)・福島(月曜日から金曜日まで毎日・朝夕2回)での会見を通じて、報道関係各社の皆様へ、プラントの状況を始め、トラブル情報や今後の取り組みなど適宜、ご説明を行っております。

国・メーカー・当社で連携し廃炉に向けた取り組みを協議する廃炉対策推進会議の事務局会議や毎月の県漁連組合長会議にてご説明した資料は、

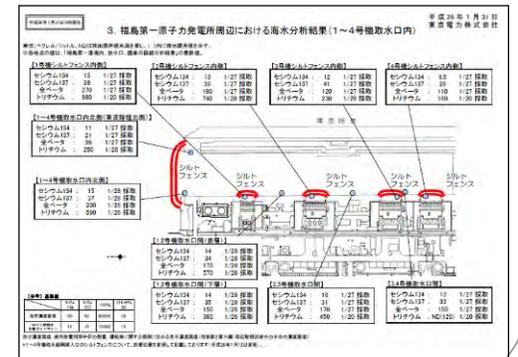
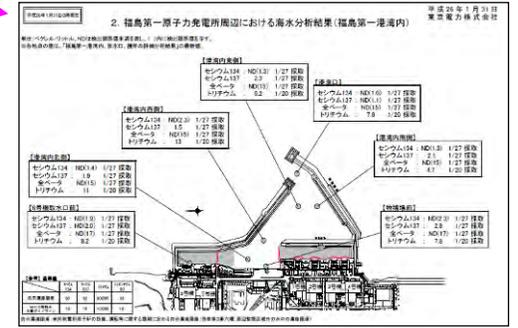
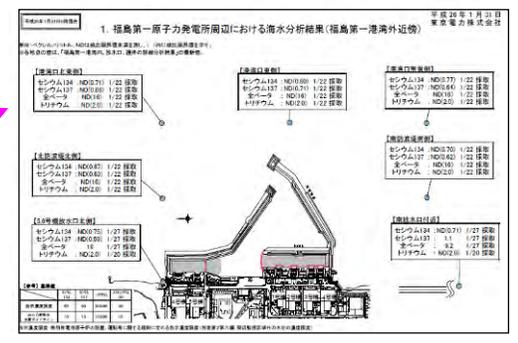
会見でご説明すると共に、ホームページに掲載し、広くお知らせしております。



当社ホームページへの説明・解説資料の掲載



画面上の各所をクリックし、直接表示画面へ移動できるよう改善しました。今後もより直接的にご覧いただけるように、引き続き改善してまいります。

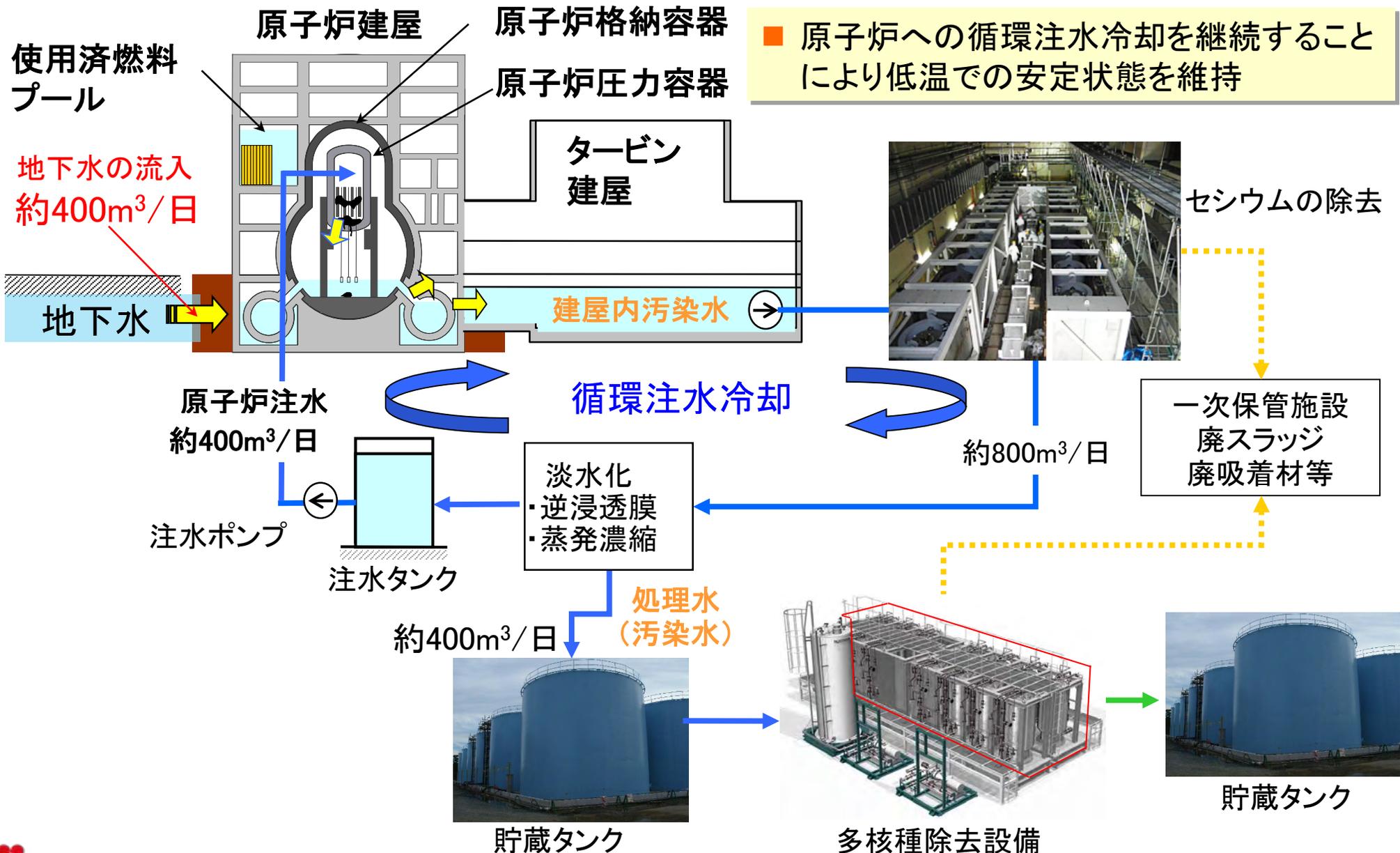


汚染水・タンク対策関係要員強化(要員確保)のご説明

項目	内容	人数
原子力部門内の再配置	福島第一内の再配置、福島第二・柏崎刈羽等からの配置	70名※
オール東電グループからの配置	火力・工務・土木・配電部門等、グループ会社からの配置	110名
社外からの受入	他電力等 なお、本店に社外プロジェクトマネージャー(プラントメーカーの専門家)を招へい	20名
安全・品質管理部門の組織・要員強化 他	(調整中)	20名

※ 福島第一:20名 福島第二:20名 柏崎刈羽:20名 等

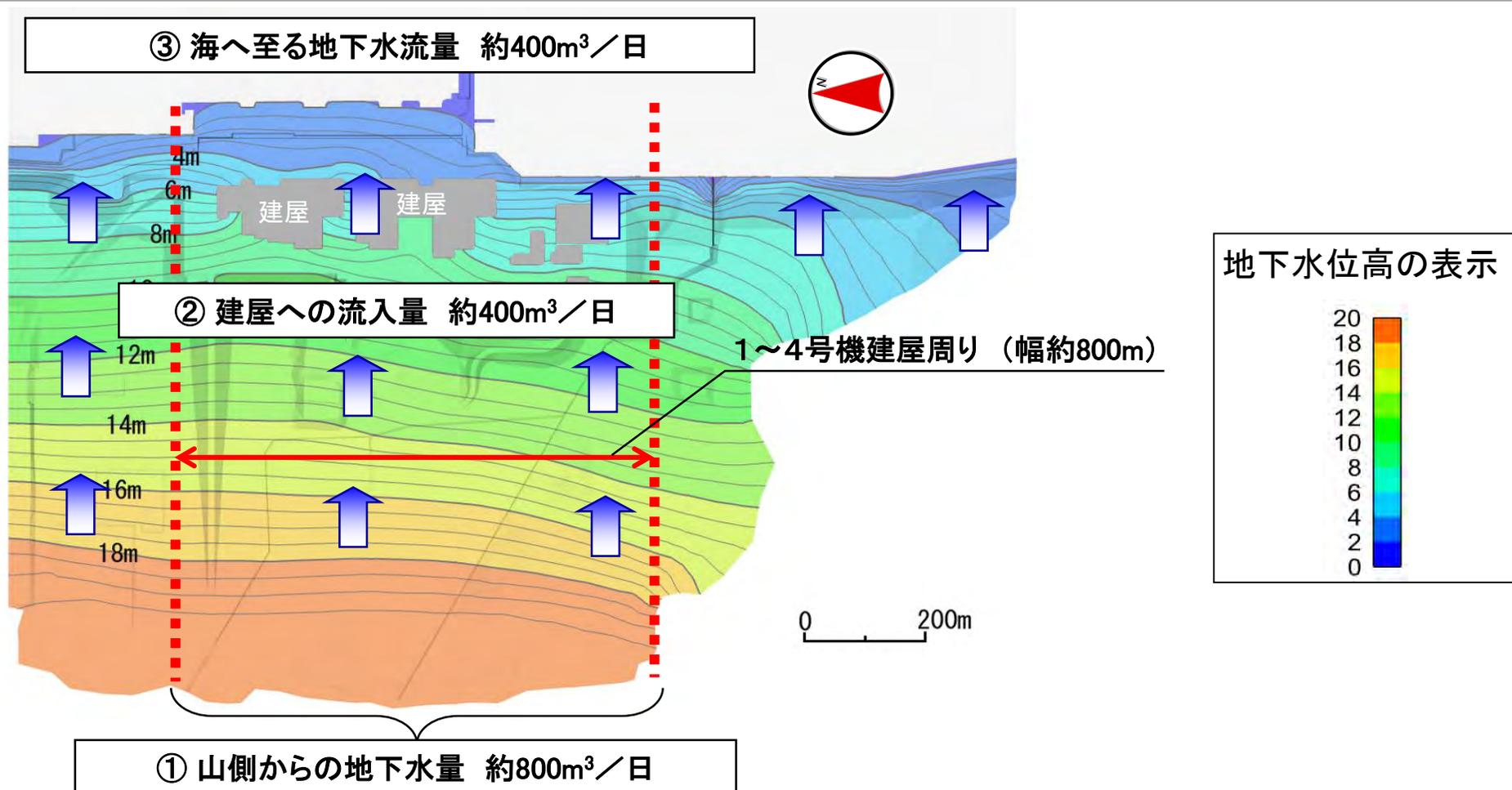
IV-2. 原子炉の冷却状況 循環注水冷却



IV-2. 汚染水の港湾への流出 発電所に流入する地下水の流れ

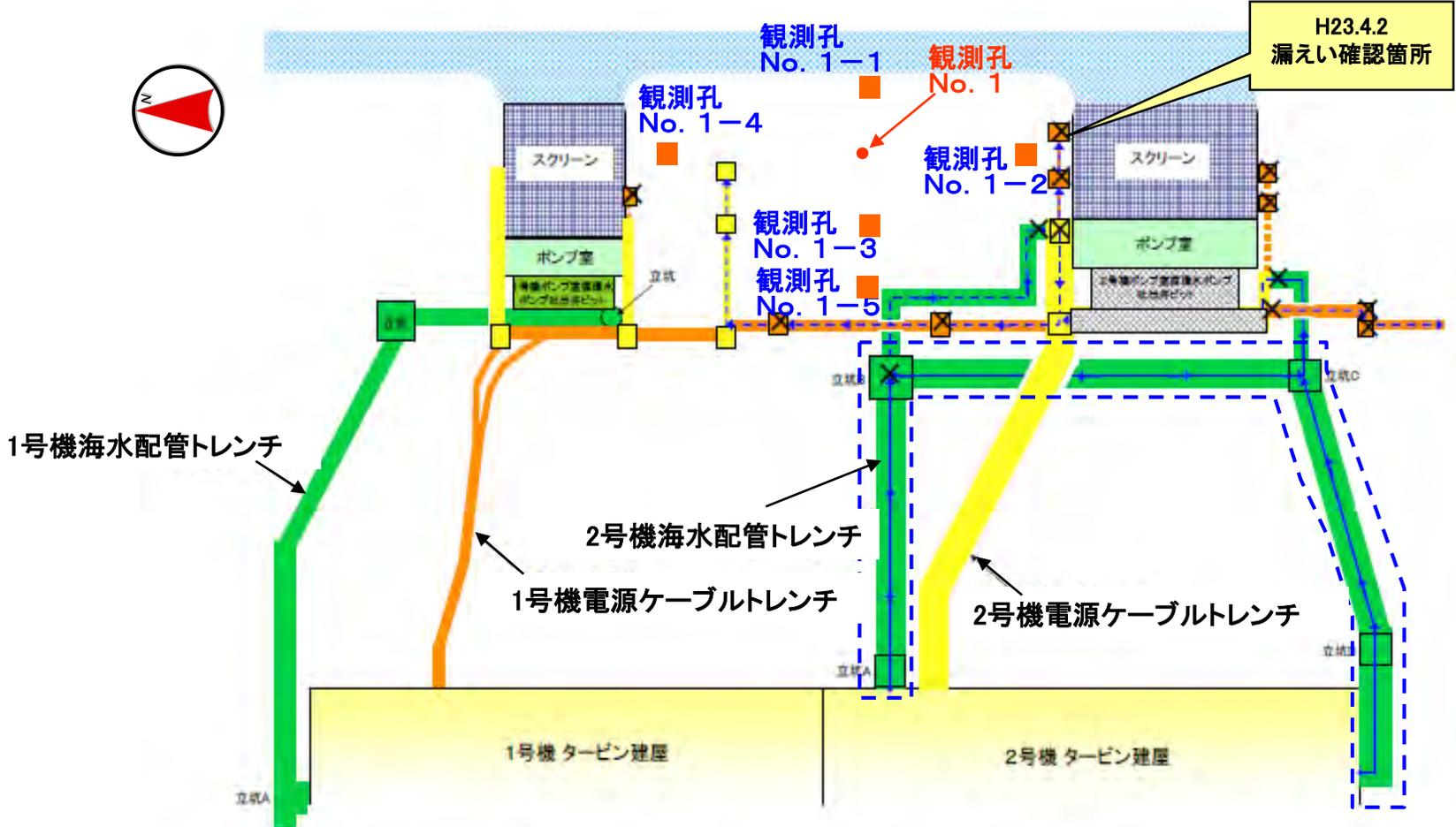
<地下水の流れのイメージ>

- 1～4号機建屋周りの地下水は、山側から約800m³/日程度の地下水が流れ込み、このうち建屋内へ約400m³/日流入し、残りの約400m³/日が海域へ流出しているものと想定される。建屋へ流入した地下水は汚染水となり処理が必要となる



IV-2. 汚染水の港湾への流出 事故発生直後における汚染水の海への流出

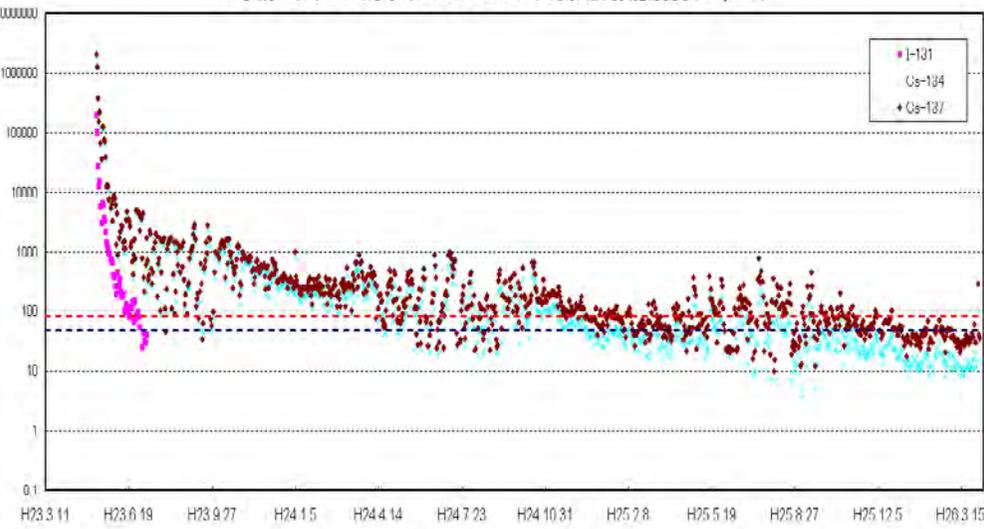
- 事故発生直後(H23.4.2)にタービン建屋地下の高濃度汚染水が地下トレンチを経由して港湾内へ流出した経緯あり
- 流出部は止水済だが、高濃度汚染水は地下構造物中に滞留している状態



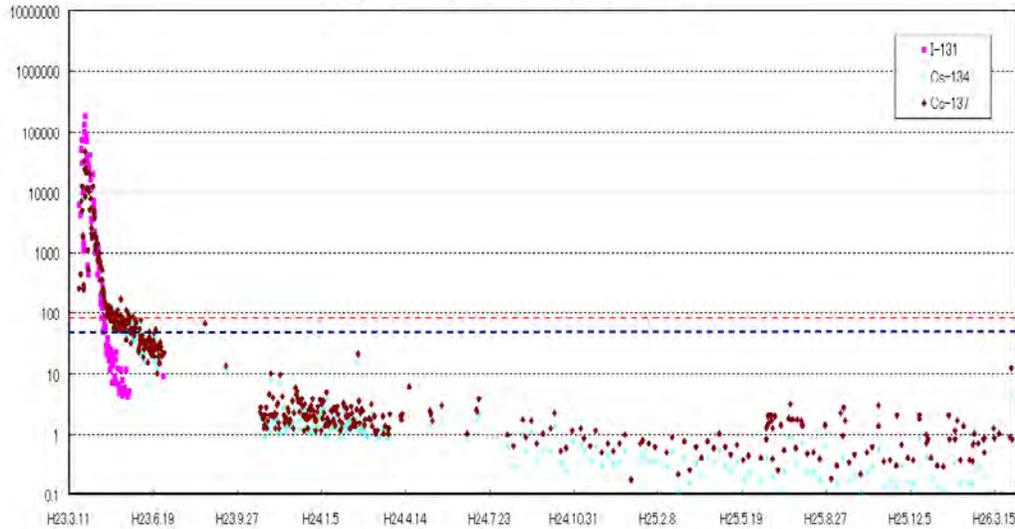
IV-2. 汚染水の港湾への流出 事故後の港湾内外における放射能濃度の変化

- 港湾内の海水を継続的にサンプリング，事故後，徐々に低下
- 1～4号機の取水口付近では現在，10～100Bq/Lオーダーのセシウム137を観測

3号機スクリーン海水(シルトフェンス内側)放射能濃度(Bq/L)

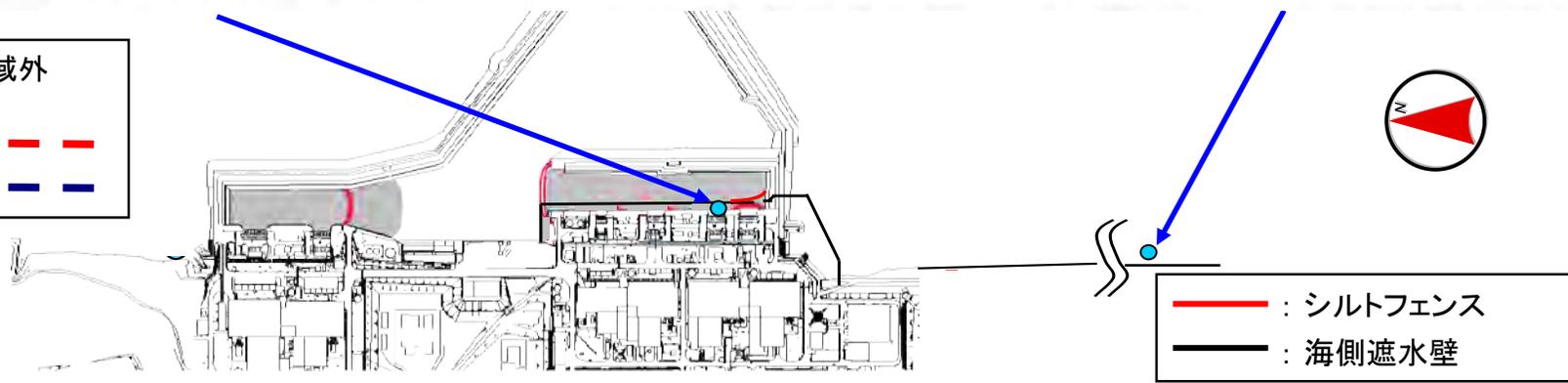


南放水口付近 海水放射能濃度(Bq/L)



《参考》告示濃度(周辺監視区域外の水中の濃度限度)

- ・セシウム137: 90Bq/L ---
- ・セシウム134: 60Bq/L ---



— : シルトフェンス
 — : 海側遮水壁

IV-3. 汚染水流出への対策

抜本対策

- ・海洋流出の阻止……………① 海側遮水壁の設置 【漏らさない】
- ・汚染水増加抑制・港湾流出の防止…② 陸側遮水壁の設置 【近づけない】【漏らさない】
- ・原子炉建屋等への地下水流入抑制…③ サブドレンからの地下水くみ上げ 【近づけない】

緊急対策

- ・港湾への流出防止 …① 汚染エリアの地盤改良・地下水くみ上げ・地表舗装 【漏らさない】【近づけない】
- ・汚染源除去 ……② トレンチ内高濃度汚染水の除去 【取り除く】
- ・汚染水増加の抑制 …③ 建屋山側の地下水くみ上げ(地下水バイパス) 【近づけない】



提供：日本スペースイメージング㈱, (C)DigitalGlobe

IV-3. 汚染水流出への対策 緊急対策①

対策①

港湾への流出防止……

汚染エリアの地盤改良・地下水くみ上げ・地表舗装【漏らさない】【近づけない】

- 薬液注入による地盤改良を実施し汚染している地下水の流出を抑制
- 地盤改良し、ポンプで地下水を汲み上げる
- 雨水の浸透抑制のため、地表面をアスファルト等で舗装

地盤改良工事進捗状況(平成26年4月4日現在)



1-2号機取水口間

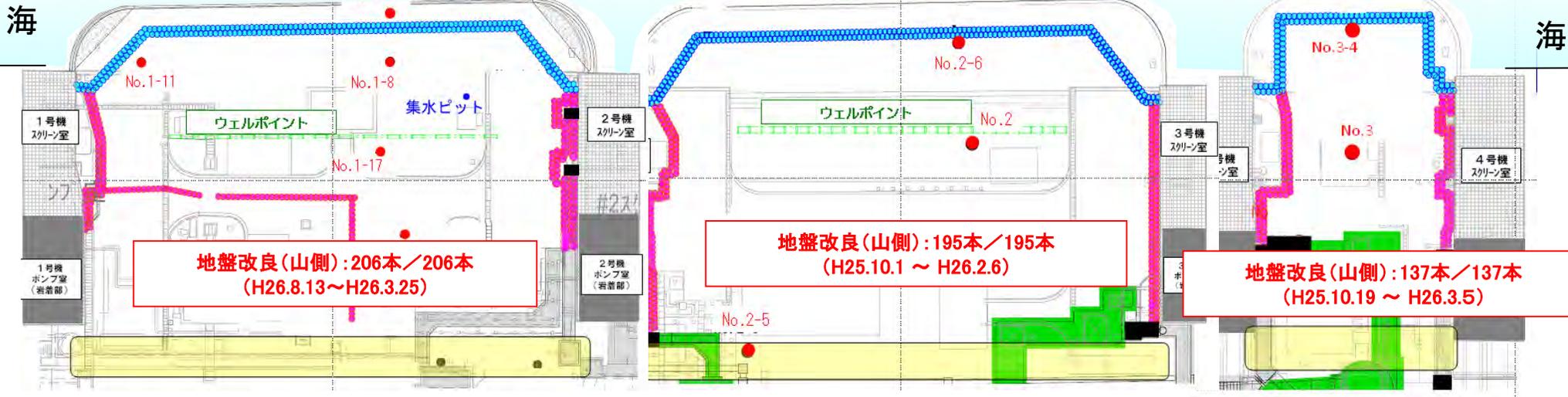
地盤改良(海側): 228本/228本
(H25.7.8 ~ 8.9 完了)

2-3号機取水口間

地盤改良(海側): 249本/249本
(H25.8.29 ~ 12.12 完了)

3-4号機取水口間

地盤改良(海側): 132本/132本
(H25.8.23 ~ H26.1.23 完了)



地盤改良(山側): 206本/206本
(H26.8.13~H26.3.25)

地盤改良(山側): 195本/195本
(H25.10.1 ~ H26.2.6)

地盤改良(山側): 137本/137本
(H25.10.19 ~ H26.3.5)

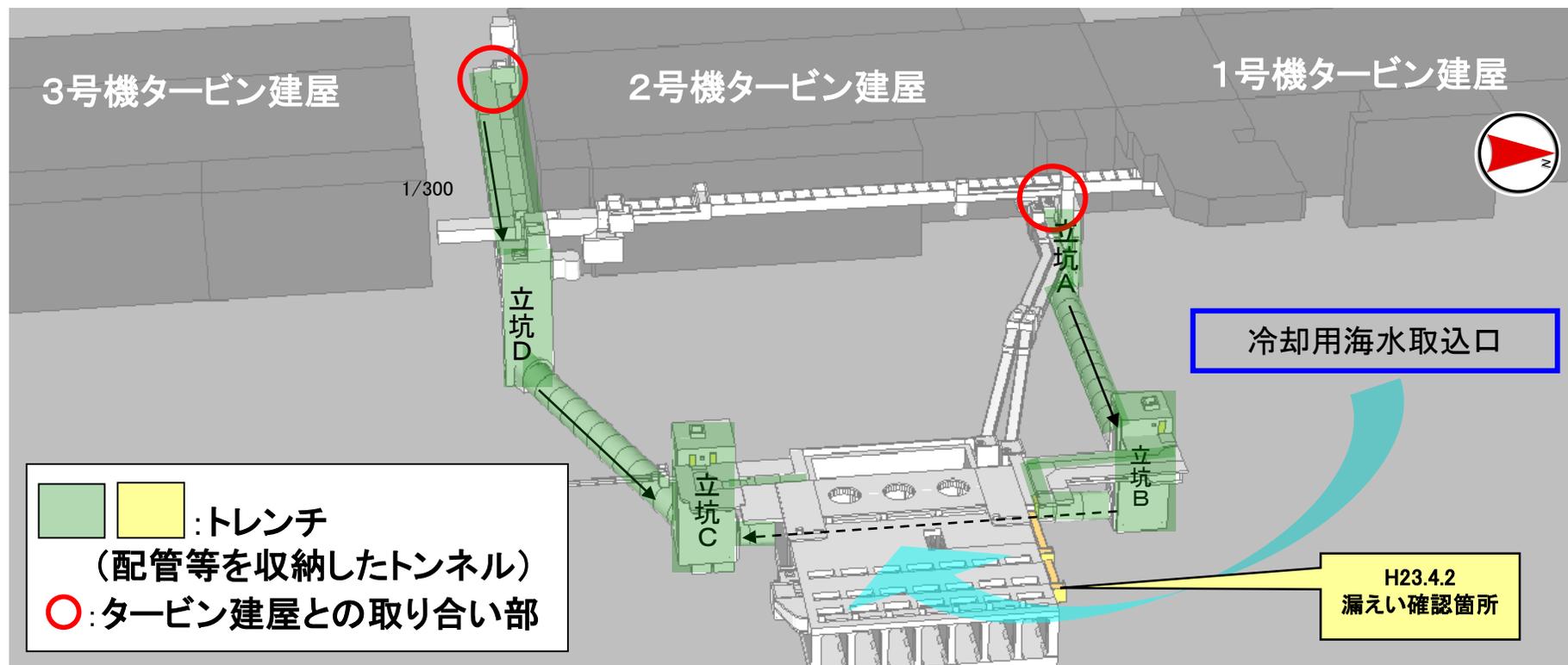
※黄色いマスキングエリアの地盤改良実施要否については、今後検討

IV-3. 汚染水流出への対策 緊急対策②

対策② 汚染源除去 …… トレンチ内高濃度汚染水の除去【取り除く】

- 事故直後，汚染水がトレンチ等を通じて取水口から海に流出
- 当時，漏えい確認箇所は止水したが，汚染水はトレンチ中に残留
- 今後，トレンチ内の残留汚染水を抜き取り充填

タービン建屋東側(海側)地下構造物立体図



IV-3. 汚染水流出への対策 緊急対策③

対策③

汚染水増加の抑制・・・

建屋山側の地下水くみ上げ(地下水バイパス)【近づけない】

- 山側から流れてきた地下水を、建屋の上流で揚水・バイパスすることで建屋内への地下水流入量を減らす
- 揚水井から汲み上げた地下水の水質確認, ならびにその水を貯蔵する一時貯留タンクの水質確認を実施するも, いずれも検出限界値未満または十分に低いことを確認
- 4月9日, 地下水バイパス揚水井での地下水汲み上げ開始



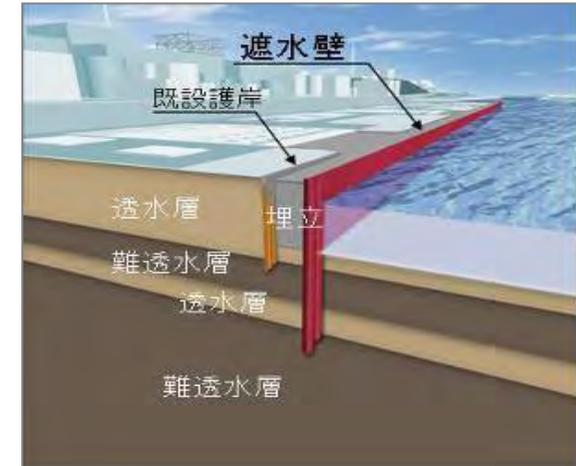
<設備概要>



IV-3. 汚染水流出への対策 抜本対策①②

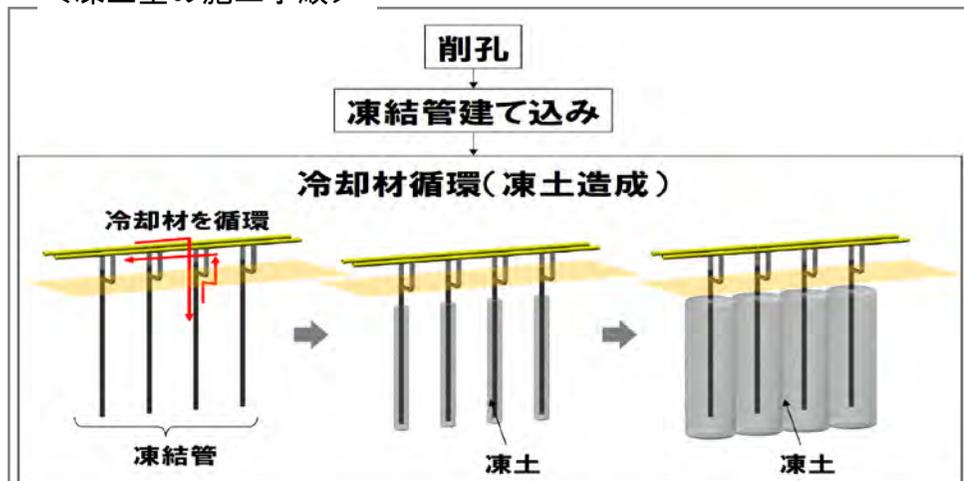
対策① 海洋流出の阻止……海側遮水壁の設置【漏らさない】

- 建屋の海側に遮水壁を設置し、護岸からの地下水流出を抑制
- 今年9月完成目途



対策② 汚染水増加抑制・港湾流出の防止……陸側遮水壁の設置【近づけない】【漏らさない】

<凍土壁の施工手順>



- 建屋の山側に遮水壁を設置し、建屋内への地下水流入による汚染水増加を抑制
- 3月14日、凍土遮水壁の実証試験を開始
- 2015年度上期の運用開始を目指す) [経済産業省補助事業]

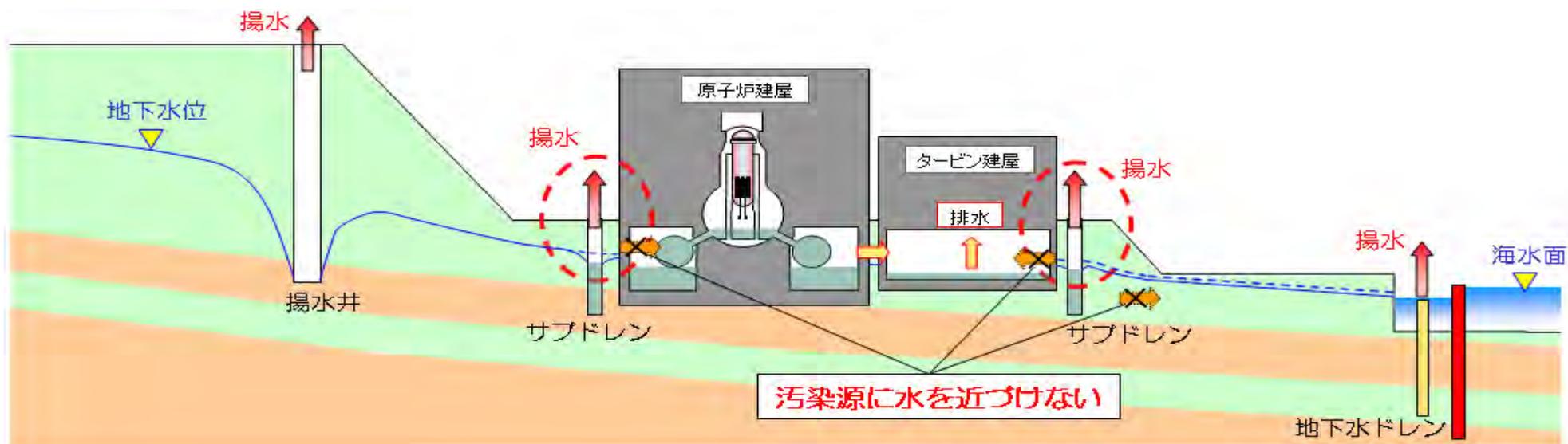
IV-3. 汚染水流出への対策 抜本対策③

対策③

原子炉建屋等への地下水流入抑制

… サブドレンからの地下水くみ上げ【近づけない】

- サブドレンを復旧させて、建屋周辺の地下水をくみ上げることにより、建屋内への地下水の流入を抑制
- 汚染された護岸部へ流れ込む地下水量を低減させる上でも、より山側の建屋周辺のサブドレン復旧による地下水の揚水が有効な対策



IV-3. 汚染水の貯蔵

- 総貯蔵容量は約52万m³。総貯蔵量は約48万m³
- 80万m³までの増設計画



鋼製角型タンク



鋼製横置きタンク



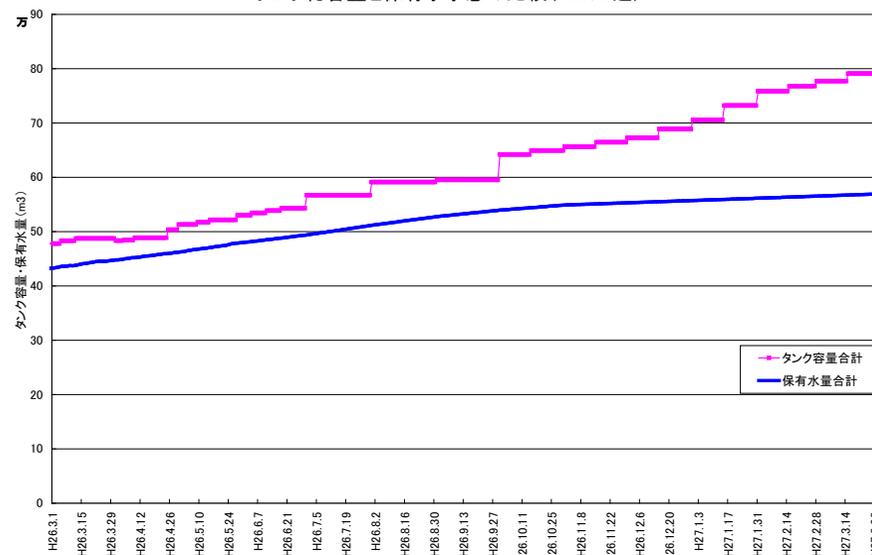
鋼製円筒型タンク
(フランジ接合)



鋼製円筒型タンク
(溶接)



タンク総容量と保有水予想の比較 (H27/3迄)



※データは2014年5月27日現在

タンク型		基数
円筒型タンク	フランジ接合 (ボルト締め)	332
	溶接	163
角型タンク	溶接	78
横置きタンク	溶接	342

(注) 2014年5月27日現在の総貯蔵容量約52万m³の1~4号処理水タンク内訳 (ろ過水タンク1基を含む。運用開始前分を含む)

IV-3. タンク漏えいに対するリスク低減対策 高濃度汚染水浄化の加速

- 高濃度汚染水を早期に浄化（トリチウム以外の核種を除去した水に置換）していくために、以下を実施
 - 多核種除去設備（ALPS）は3系統でホット試験を実施中
 - 高性能ALPSの検討を昨年度から実施（経済産業省補助事業）
 - 現行ALPSの増設

<ALPSの性能比較>

- 現行のALPSは250m³／日を3系列で構成
- 高性能ALPSは500m³／日を1系列で想定
- 増設のALPSは250m³／日を3系列で想定

汚染水増加の原因となっている地下水流入抑制策として地下水バイパス、建屋周囲の地下水（サブドレン水）のくみ上げを実施

上記の方策によりタンクに貯水している約35万m³の汚染水処理を加速

【参考】発電所内外の放射性物質濃度

単位[Bq/L]

	集中RW 地下高汚染水 (滞留水)		タンク内			タンク堰内		港湾		外洋		炉規則 告示濃度 限度 ※2	WHO 飲料水 水質ガイ ドライン
	当初 (H23.11.29 採取)	H25.10.8 採取	RO 濃塩水	RO 淡水	ALPS 処理水	リーク 有り (H25.10.2 0採取)	リーク 無し (H25.10.2 0採取)	1-4号機 取水路 (H25.10.2 1~24採 取)	港湾内 (H25.10.1 7~21採 取)	1F敷地 沖合3km (H25.9.3 採取)	1F敷地 沖合15km (H25.9.6 採取)		
	Cs-134	1.7×10^8 [1.7億]	2.8×10^7 [0.28億]	Cs-137の 約半分程 度	ND Cs-137の 約半分程 度	ND Cs-137の 約半分程 度	ND(13)	35	4.4~74	ND(1.1) ~3.1	5.2×10^{-3}		
Cs-137	2.1×10^8 [2.1億]	6.4×10^7 [0.64億]	$10^3 \sim 10^4$ 程度	ND 10^2 程度以 下	ND 10^{-1} 程度 以下	12	68	9.6~200	2.2~7.2	1.2×10^{-2}	2.7×10^{-3}	90	10
Sr-90	/	/	$10^7 \sim 10^8$ [0.1 ~1億] 程度	$10^4 \sim 10^5$ [1万 ~10万] 程度	ND 10^{-1} 程度 以下	710	12,000	/	/	ND (9×10^{-3})	ND (9×10^{-3})	30	10
全β	/	/	/	/	/	/	/	82~760	ND(17)	ND (17)	ND (17)	/	/
H-3	/	/	10^6 [100万] 程度	10^6 [100万] 程度※1	10^6 [100万] 程度	/	/	ND(120) ~ 1.5×10^3	4.7~12	0.94	ND (0.34)	6×10^4	1×10^4

※1 RO濃塩水の濃度から想定

※2 別表第2第六欄周辺監視区域外の水中の濃度限度

NDは検出限界未満を表し、()内に検出限界値を示す。

IV-4. 労働環境の抜本改善 線量低減

敷地南側(エリアV, V, IV)の目標線量率は、**平均5 μ Sv/h***に設定し、胸元の線量率で評価する。プラントからの直接線の影響がある場所については、地表面の線量率による評価も併用する

※年間2000時間作業した時の被ばく線量が、線量限度5年100mSvとなる1時間値(10 μ Sv/h)の半分

現状のイメージ

線量低減後イメージ

●フォールアウト汚染の影響
(主に、木々や表土に付着)

●フォールアウト汚染の影響
(アスファルト上に付着)

●高線量瓦礫や
フォールアウト汚染の影響
(アスファルトや表土に付着)

●フォールアウト汚染の影響
(草木や表土に付着)

●フォールアウト汚染の他、
施設(プラント・
タンク等)からの
直接線の影響

フォールアウト汚染の除去

- 【地表面:アスファルト以外】
⇒表層土の除去, 天地返し,
砕石敷等を実施
⇒樹木は, 伐採
- 【地表面:アスファルト】
⇒土・砂が溜まり易い路側帯
の清掃や超高压水切削等

瓦礫類の撤去

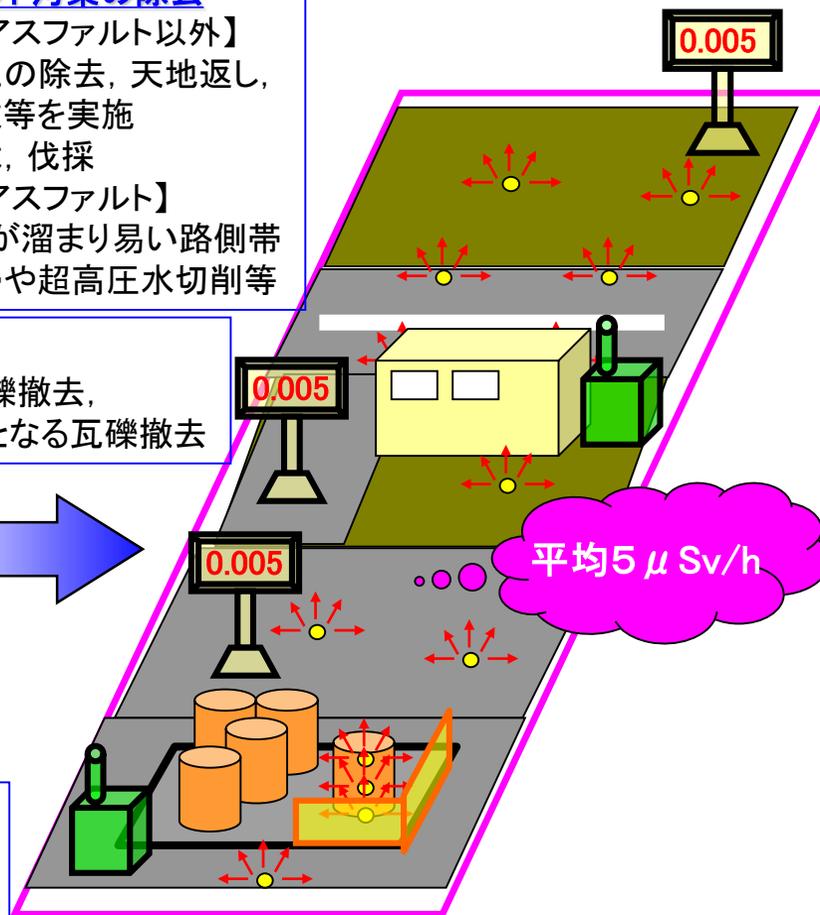
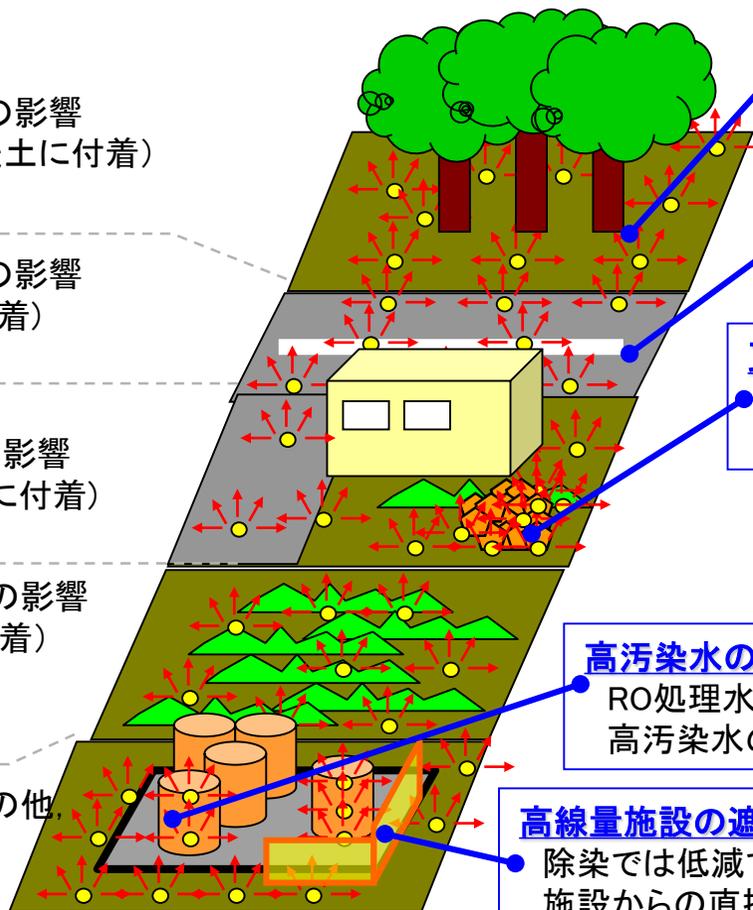
- 高線量の瓦礫撤去,
作業上支障となる瓦礫撤去

高汚染水の処理

- RO処理水など
高汚染水の処理

高線量施設の遮へい

- 除染では低減できない
施設からの直接線の遮へい

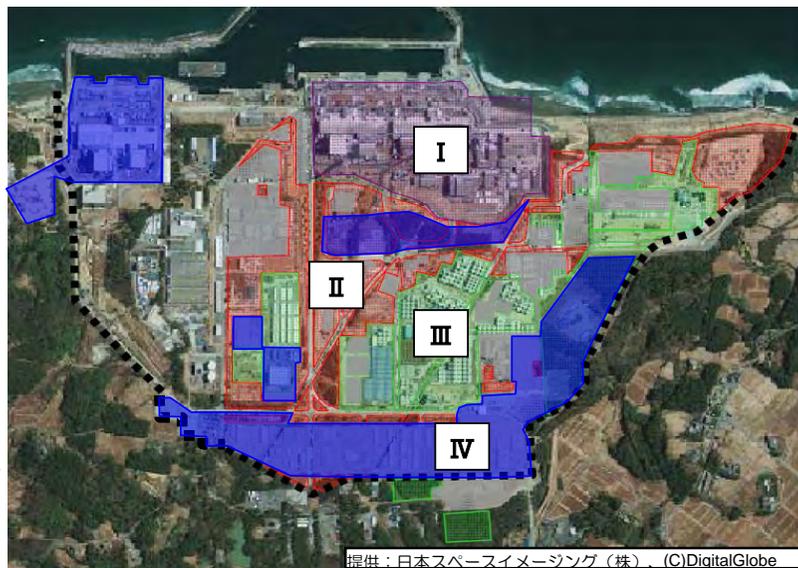


IV-4. 労働環境の抜本改善 線量低減

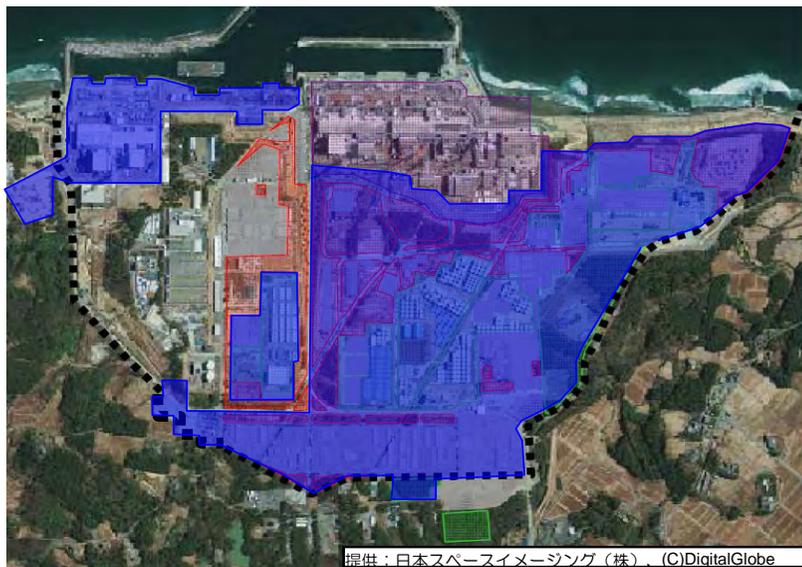
【5 μ Sv/hエリアの拡大イメージ】

※5 μ Sv/h程度のエリアを  でマーキング
1～4号機周辺(エリアIV)は、作業に支障となる瓦礫撤去や作業エリアの遮へいによる線量低減を行っているが、プラントや設備の高線量箇所があることから、高線量設備の撤去(排気筒等)や原子炉建屋瓦礫撤去等の工程に合わせて線量低減を進めていく

H25年度末



H26年度末 予想

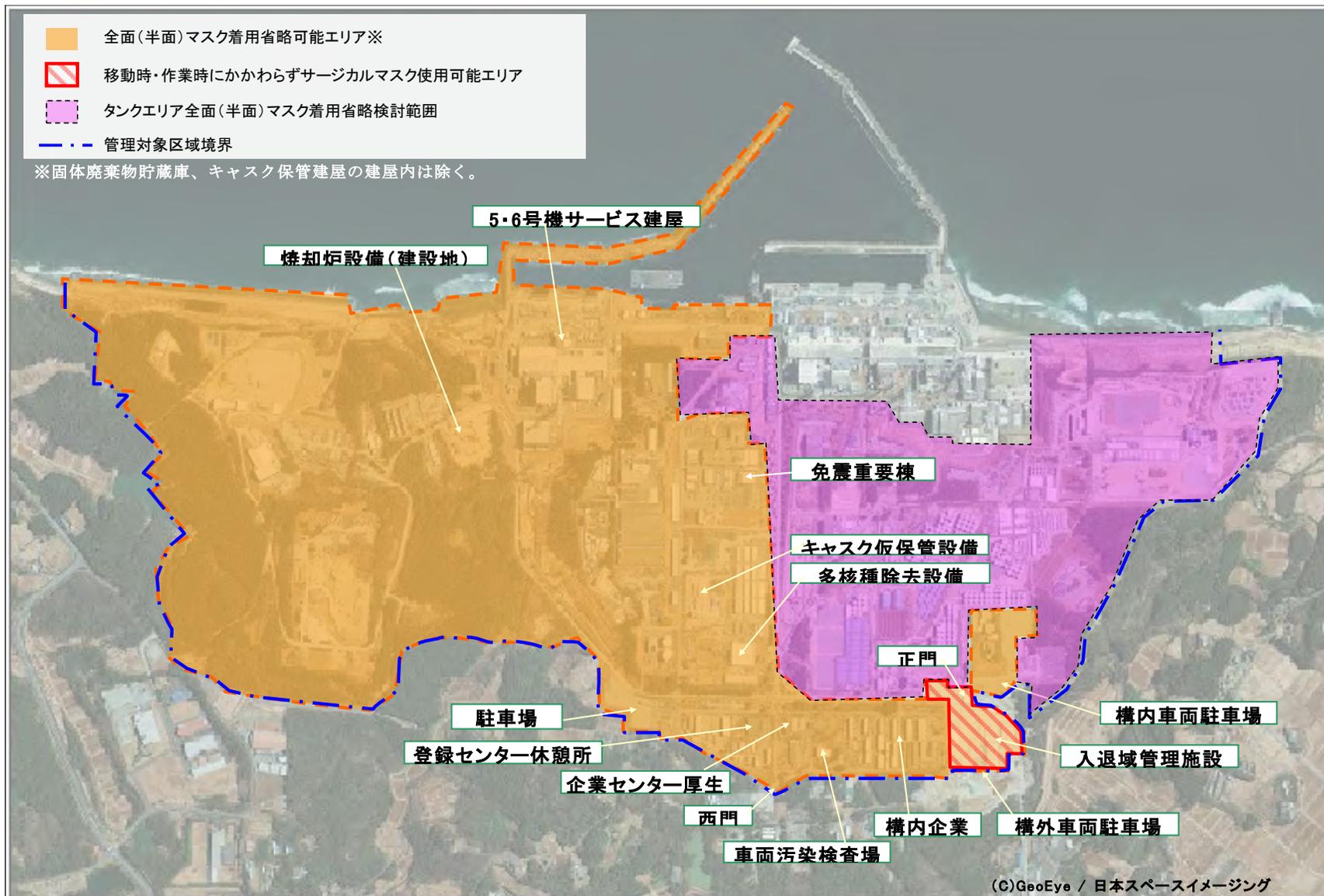


H27年度末 予想



IV-4. 労働環境の抜本改善 全面マスク省略エリアの拡大

■ 線量低減の進捗に合わせて全面マスク省略エリアを拡大



IV-4. 労働環境の抜本改善 大型休憩所の設置

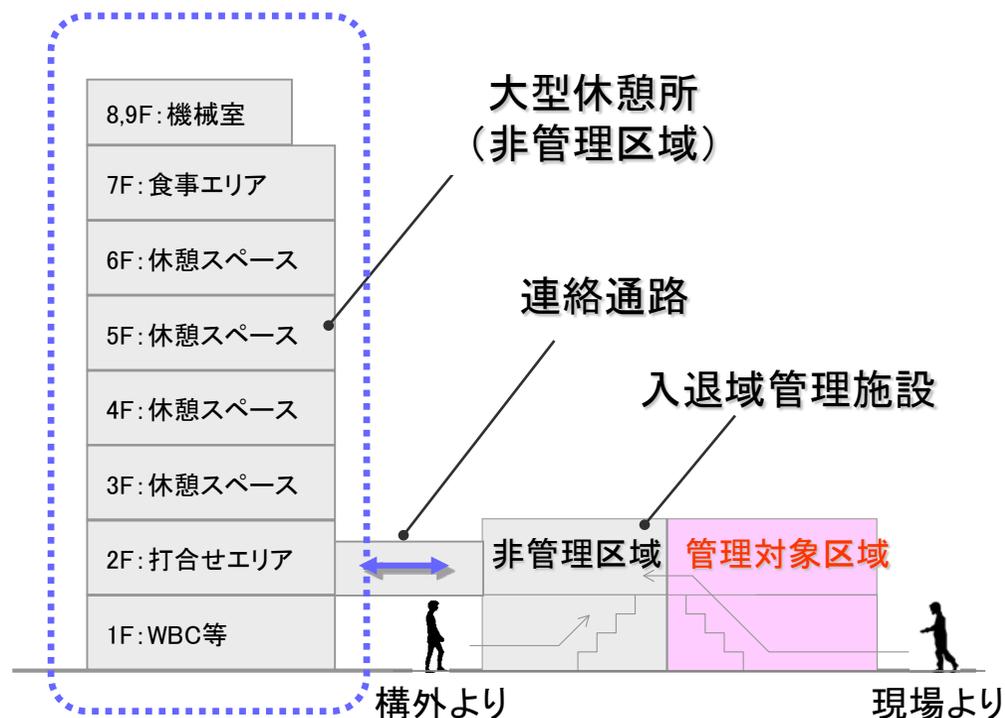
【大型休憩所の施設概要】

項目	計画内容
建物構造	鉄骨造
建物規模	延床面積： 約6,400m ² ※ 建築面積： 約 900m ² ※
収容人数	1,200人
建物内線量	非管理区域

※連絡通路部分を除く

着工：H26.1.27

竣工：H27.3月末予定



入退域管理施設と大型休憩所の関係
イメージ

IV-5. 福島第一廃炉推進カンパニーの設置

設立の趣旨

- 廃炉・汚染水対策の責任と権限の明確化
- 意思決定の迅速化
- 知見・人材の積極的活用

責任の所在

- 包括的責任「廃炉・汚染水対策最高責任者」(CDO: Chief Decommissioning Officer)
- 最高意思決定機関「カンパニー経営会議」

VP (Vice President)

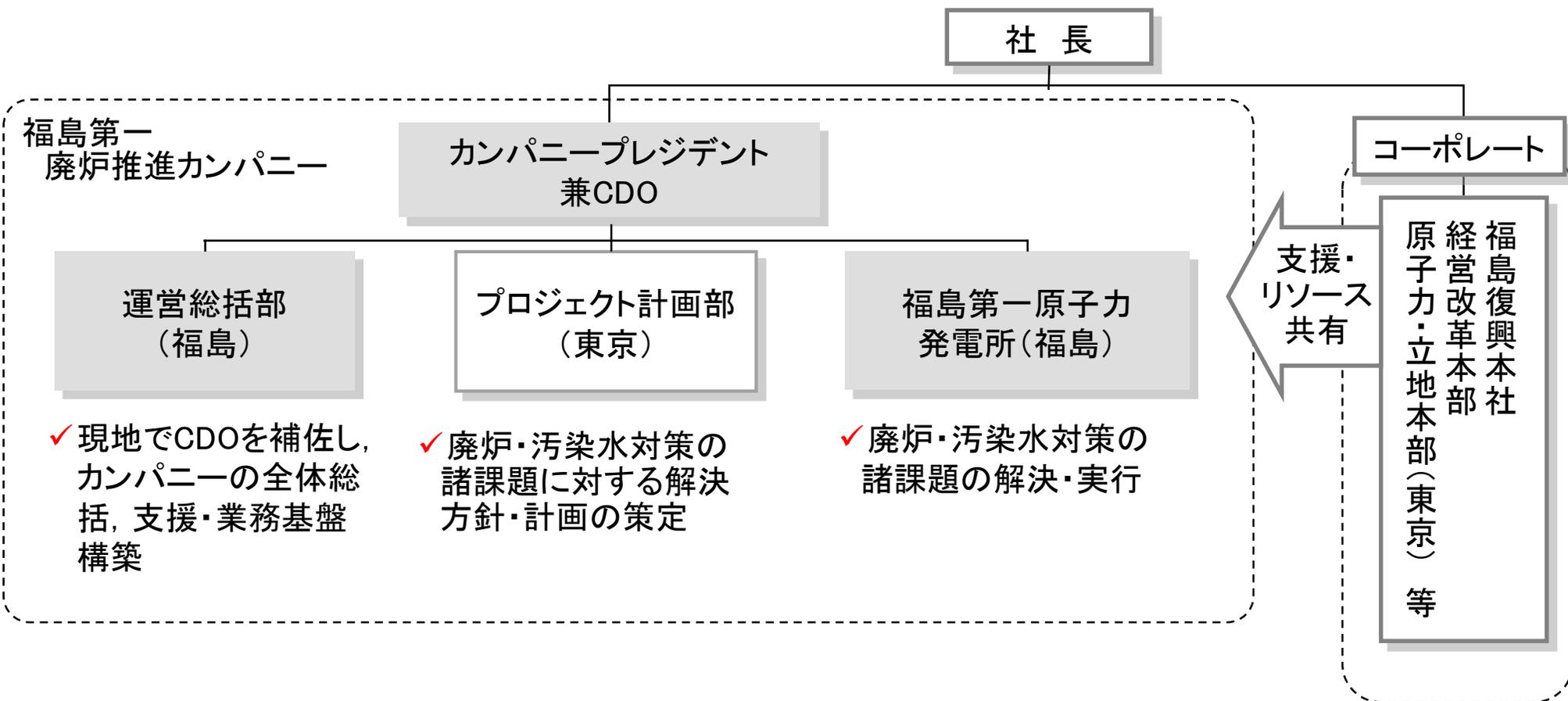
- メーカー3社の原子力統括責任者に準ずる人材を招へい
＝オールジャパンのプロ集団
- 海外知見の活用

プロジェクトマネジメント体制の強化

- 従来の設備単位の管理にプロジェクト毎の管理を組み合わせ、きめ細やかな体制で着実に業務遂行

IV-5. 福島第一廃炉推進カンパニーの設置

【組織体制】



「福島第一安定化センター」は運営総括部と福島第一に分割統合
「福島第一信頼度向上緊急対策本部」および「汚染水・タンク対策本部」は発展的解消。
プロジェクト内容を見直し後、今回強化するプロジェクト体制で継承

IV. まとめ

○中長期ロードマップの第2期へ

- ・H24.11.18より、4号機にて使用済燃料プール内の燃料取出しを開始

○汚染水対策を推進

- ・発電所港湾外近傍の各地点において、放射能濃度はほぼ検出限界値未満
- ・汚染水対策の三原則に基づき、政府と協議しながら、緊急対策と抜本対策を重層的に推進
- ・タンクの増設ペースを上げ、貯蔵容量を80万m³に増加するとともに、タンク大型化により更なる増容量を検討。平成27年度末を目途にフランジ型タンク等をリプレース予定
- ・多核種除去設備の着実な稼働と早期増設及び国の支援のもと高性能多核種除去設備を導入

○労働環境の抜本改善

- ・発電所構内の線量低減をすすめ、全面マスク着用省略エリアを敷地の2/3以上に拡大

○廃炉推進カンパニーの設置

- ・責任と権限を明確にし、意志決定を迅速に行うとともに、知見・人材の積極活用を図る
- ・プロジェクト毎の管理を導入し、着実に業務の遂行を図る

V. 柏崎刈羽原子力発電所の安全対策強化の取り組み

1. 事故時に経験した主要な問題点と対策の基本方針
2. 方針1: 深層防護の強化
3. 方針2: 想定を超える事象に対する柔軟な対応力
4. 方針3: 事故対応のマネジメントと組織力

V-1.事故時に経験した主要な問題点と対策の基本方針

① 深層防護の強化

【問題点】津波防護の不備(深層防護第1層が不十分)により、後段(第3層, 第4層)が広範囲に機能喪失

【基本方針】多様性重視の対策で深層防護の各層を充実

② 想定を超える事象に対する柔軟な対応力

【問題点】臨機応変な対応における、手段と時間余裕の確保の困難さ

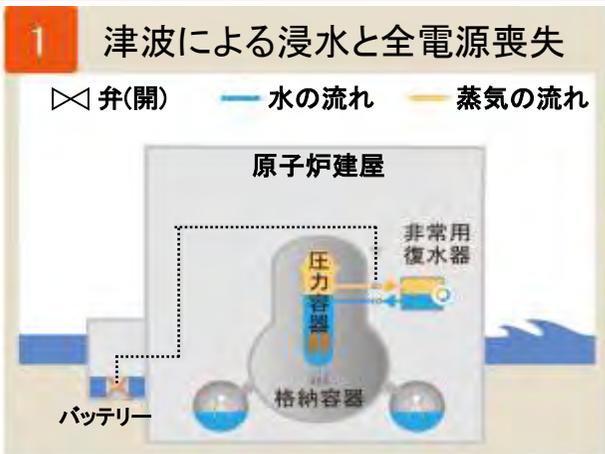
【基本方針】代替可能性や時間余裕を考慮した対応オプション確保, 訓練の充実

③ 事故対応のマネジメントと組織力

【問題点】事故の同時多発, 急速な事故進展下での指揮命令系統維持の困難さ

【基本方針】状況変化への対応力, 意志決定の迅速性, 命令の明確性を確保するコマンドシステムの導入と, 平時業務の改善

(参考)福島第一原子力発電所1～3号機の事故の経過 (図は1号機をイメージ)



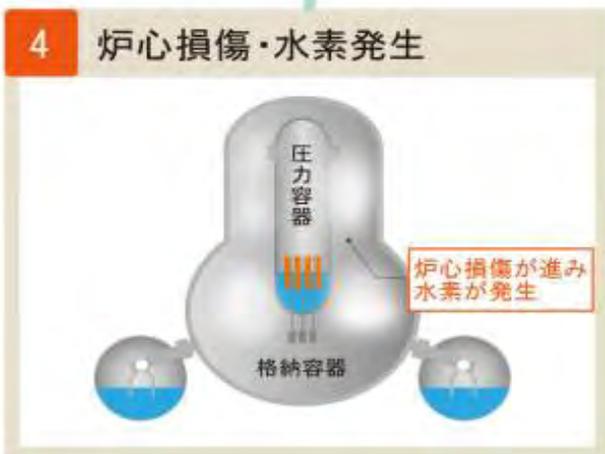
建屋内に浸水 《第1層の喪失》，
多重化された非常用電源が全喪失



全電源喪失に伴い，多重化された
冷却機能が全喪失 《第3層の喪失》



冷却できないため，
原子炉の水位が低下



炉心が露出し損傷，
水-シリカロイ反応により
水素が大量に発生



圧力容器，格納容器が損傷し，
水素や放射性物質が
建屋内外に漏洩 《第4層の喪失》



1，3，4号機で水素爆発，
2号機も格納容器ベントが期待通り
できず，多量の放射性物質を放出

V-2.方針1: 深層防護の強化

○設計ベース: 高圧注水と減圧機能強化の観点から、従来の設計基準に全交流電源喪失を追加

- ・《高圧注水》動的機器の単一故障 → 原子炉隔離時冷却系のバックアップが必要
- ・《減 圧》使命時間の長期化 → 必要とされる期間に逃がし安全弁の継続的な機能維持が必要

○設計拡張状態(DEC: Design Extension Condition): 設計ベースを超える領域として設定

- ・多重(共通要因)故障が発生しても、各層の重要な機能を一定程度維持させる
- ・多重性よりも、**多様性、位置的分散を重視した対策が必要**

《深層防護各層の設計要件(津波等の外的事象中心)》

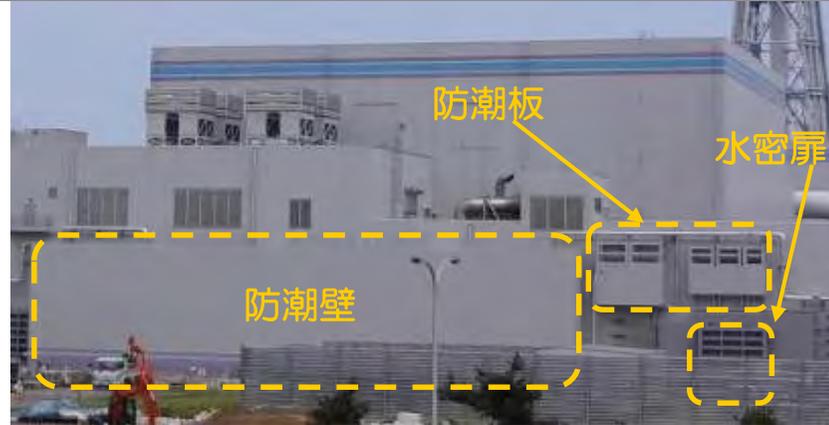
新たにDECとして追加した領域
 欧州では従来からDECとしていた領域

層	目的	設計ベース	機能強化の方向	設計ベースを超える状態 (DEC)
第1層	異常発生防止	津波の例：設計津波に対する多重の防護で、異常の発生を防止し、後段各層の安全機能の喪失を防ぐ		津波の例：多重防護の同時喪失により、ある程度の建屋内浸水があっても、重要区画内の設備の機能喪失を防ぐ、重要区画からの排水を行う
第2層	事故への拡大防止	従来の設計ベース		従来のアクシデントマネジメントで整備済み
第3層	炉心損傷防止	冷却： } 全交流電源喪失+動的機器 減圧： } の単一故障		冷却： } 長期の全交流電源喪失に対し、 減圧： } 多様又は多重の設備で対応
第4層	炉心損傷後の影響緩和、放出抑制	格納容器と格納容器を防護する設備の機能とを併せて、長期にわたる土地汚染及び制御できない放射性物質放出を防ぐ		

※設備の設計条件なので第1層～第4層を記載

V-2.方針1: 深層防護の強化(異常発生防止: 津波対策)

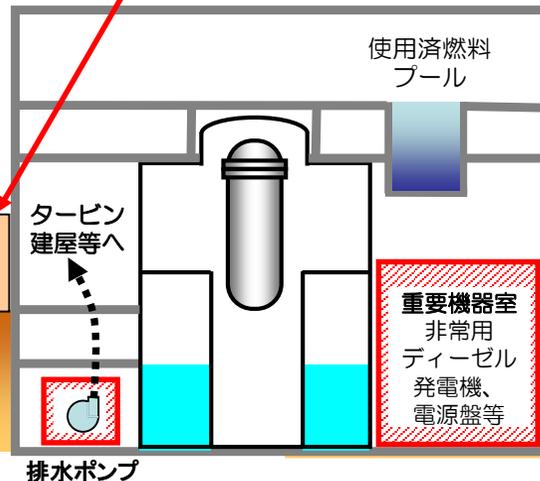
- 津波に対して敷地高さ, もしくは防潮堤で浸水を防止
- 仮に敷地が浸水しても, 建屋外壁で防護
- 仮に建屋内に浸水しても, 重要機器室は止水処理で個別に防護



防潮堤: 敷地内への浸水を防止

防潮壁: 建屋内への浸水を防止

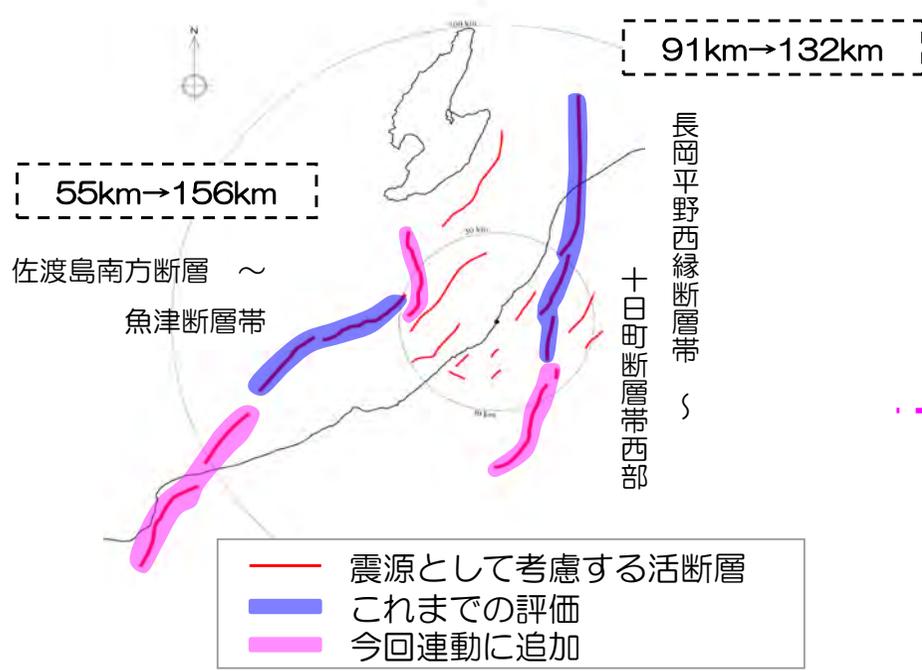
水密扉: 重要機器室への浸水を防止



止水処理: 重要機器室への浸水防止

V-2.方針1: 深層防護の強化(異常発生防止: 地震対策)

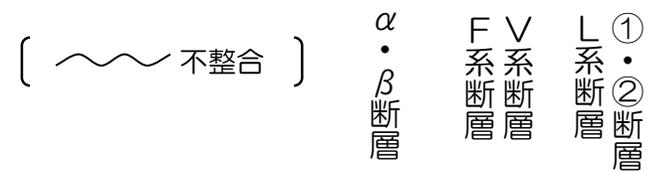
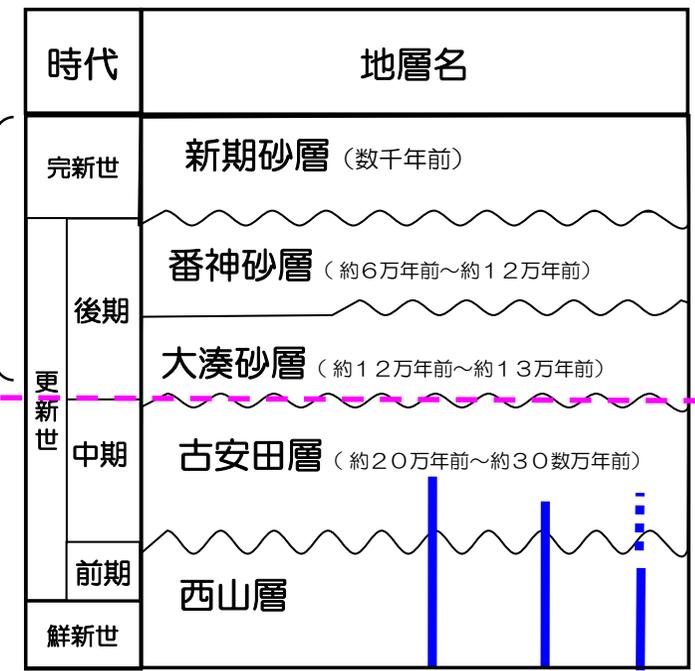
- 発電所周辺の複数の断層が連動した場合の評価で、安全上重要な設備に影響がないことを確認
- 敷地内の断層について、約20万年前以降の活動がないことを地質調査等で確認



断層の離隔(5kmルール)や地質構造の観点から連動を考慮

より幅の広い専門家の意見等も踏まえ、5km以上離れていても安全側に考慮

大湊砂層より上層にズレが認められる場合
↓
活断層と評価する



発電所周辺の断層の連動に関する評価

発電所敷地内の断層に関する評価

V-2.方針1:深層防護の強化(異常発生防止:その他の自然現象)

- 安全設計で**考慮すべき自然現象を、国際原子力機関の基準等も参考に選定**
 - 竜巻, 強風, 落雷, 積雪, 低温, 火山, 森林火災等
- 各自然現象について設計基準を設定し, 発電所の安全性を評価
 - 以下の3つの観点から**安全設計で考慮すべき最も苛酷な条件を総合的に判断**
 - ①法令・規格基準等に基づく設計要求
 - ②発電所及びその周辺における過去の観測記録の最大値
 - ③1万年~10万年に1回, 発生することが考えられる条件

○自然現象に対する安全性評価の一例(竜巻)

設計基準の設定

➡ 原子力規制委員会・竜巻影響評価ガイドに沿って, **設計基準竜巻は藤田スケール2(最大瞬間風速を69m/s)**に設定

藤田スケール

竜巻により発生した被害の状況から風速を大まかに推定する指標。
(F0~F5の6段階評価)

参照項目		竜巻規模(風速範囲)
観測実績 (統計期間:1961~2012.6)	新潟県最大 本州日本海側最大	藤田スケール1(33~49m/s) 藤田スケール2(50~69m/s)
年超過確率	10 ⁻⁵ /年値 (10万年に1回)	藤田スケール2(50~69m/s)

■ 柏崎市及び刈羽村での竜巻発生状況

- ・ 気象庁の記録(1961~2012.6)によると, 発電所敷地内での竜巻発生実績は無く, 柏崎市及び刈羽村では, それぞれ1個のみ発生。(柏崎市:藤田スケール1, 刈羽村:藤田スケール不明)

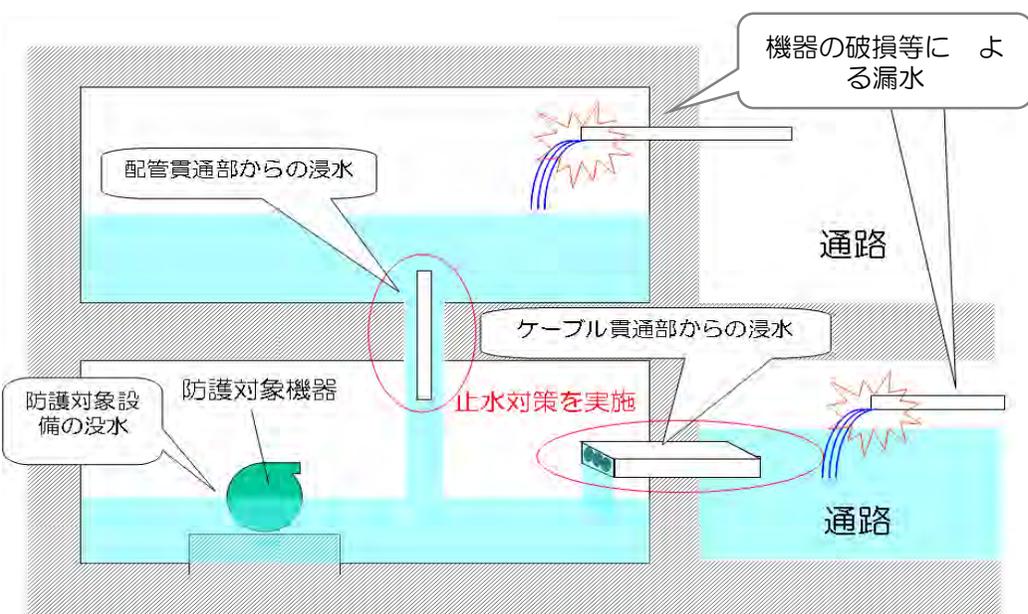
影響評価

○安全上重要な設備を有する建屋(原子炉建屋, コントロール建屋等)

➡ **竜巻(風圧, 気圧差, 飛来物)により建屋の健全性が損なわれない事を確認**

V-2.方針1: 深層防護の強化(異常発生防止/事故への拡大防止: 内部溢水対策)

- 潜在的溢水源を特定し, 強化等による信頼性向上や安全上重要な機器の設置区域への浸水経路の止水対策(貫通部止水, 水密扉化等)を実施



内部溢水のイメージ



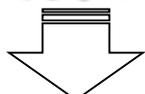
配管, ケーブルの壁貫通部の止水施工例

V-2.方針1:深層防護の強化(異常発生防止/事故への拡大防止:火災防護)

【発生を防止】

- 燃えにくい材料を使う(柏崎刈羽では建設時から難燃ケーブルを使用)
- 潤滑油や作業時に持ち込む可燃物は、必要最小限にして徹底管理

火災が発生してしまった場合には、



【速やかに検知, 消火】

- 煙感知, 熱感知など複数原理の火災検知器を付けて, 迅速かつ確実に火災を検知
- 常設の遠隔消火設備, 24時間現場待機の自衛消防隊による消火活動

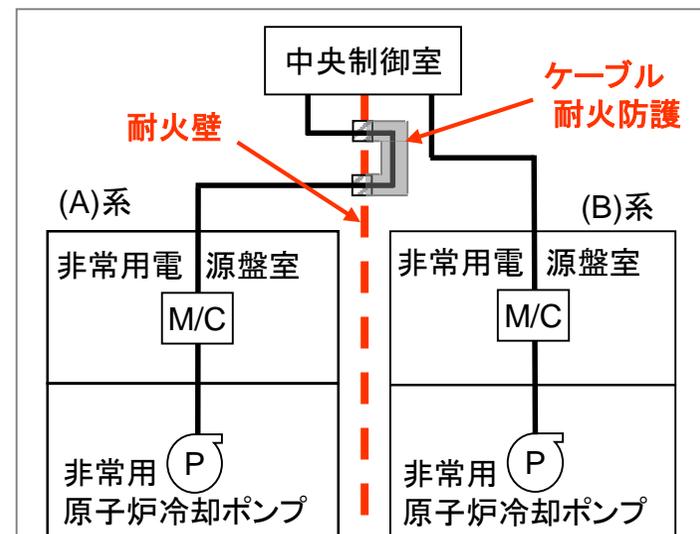
一般の産業施設はこのレベルで十分かもしれないが, 原子力発電所では更に,

速やかに消火できなかつた場合に備えて,

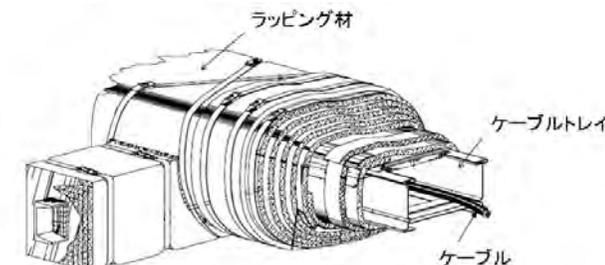


【耐火障壁で安全設備への延焼を防止】

- 耐火障壁で延焼を防止し, 原子炉の停止と冷却に必要な設備が必ず1系統は機能の維持ができるようにする



(A)(B)系のどちらかで火災が起きても, 反対側を耐火障壁で防護

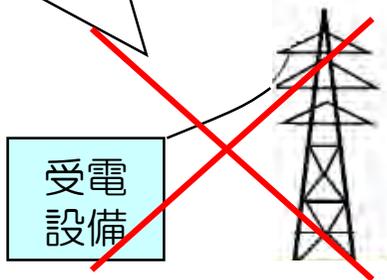


耐火材巻き付けによるケーブル防護の例

V-2.方針1: 深層防護の強化(事故への拡大防止/炉心損傷防止: 電源対策)

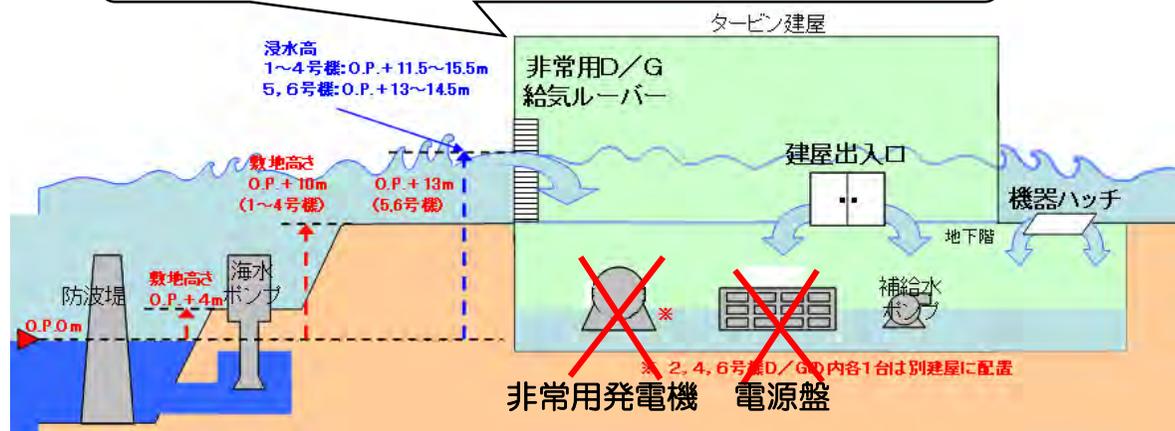
【福島事故の要因と直接的な対策】

福島第一事故では地震で外部電源を失う



外部電源受電システムの耐震性強化

その後の津波で非常用電源設備も機能損失



非常用電源の浸水対策を強化

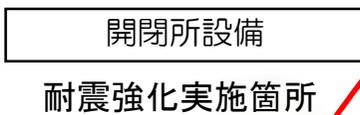
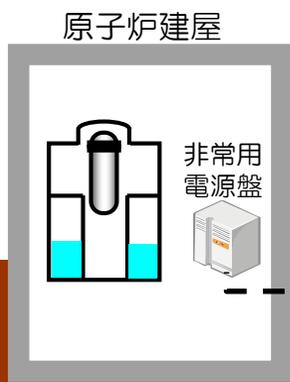
【深層防護の観点から更に行う対策のポイント】

- 強化したこれらの既設電源が仮に使えなくなっても、代替の発電手段で、安全上重要な設備の電力を迅速に確保します。
- また、安全上重要な設備の制御やプラントの監視に必要な直流電源については、浸水被害を受けない高所に、十分な容量の蓄電池を追加します。

V-2.方針1:深層防護の強化(事故への拡大防止/炉心損傷防止:外部電源強化)

■ 外部からの受電系統強化で、地震・津波時にも外部電源からの受電が可能

- 受電経路を3ルート5回線確保し、一度に全てが失われないようにする
- 緊急用電源盤を新設し、受電後の所内電源回路を多重化
- 外部電源の受電に必要な開閉所機器、変圧器の耐震性確保
- 開閉所は津波に対して十分高い敷地に位置
(事業者独自の取組として防潮壁を設置し、15m程度の津波からも防護)



引留鉄構の耐震強化



拡大



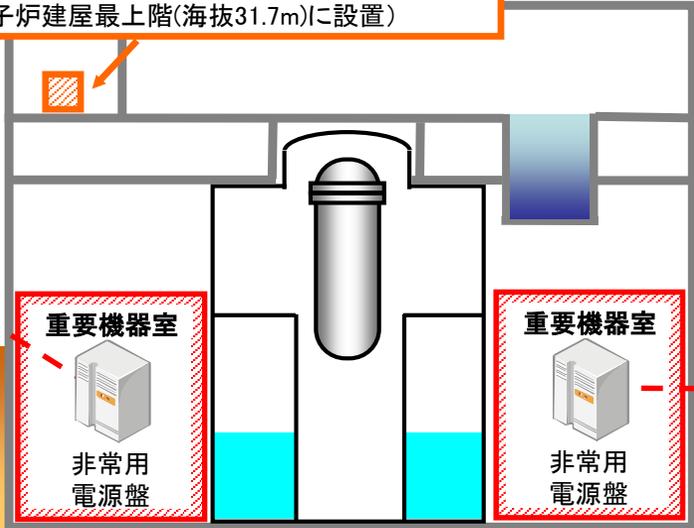
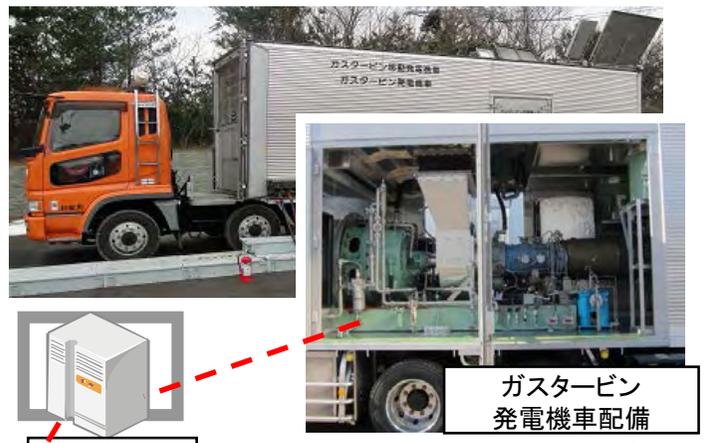
V-2.方針1:深層防護の強化(事故への拡大防止/炉心損傷防止:非常時の電源確保)

■ 安全上重要な機器の電力を迅速に確保する手段

- 大容量のガスタービン発電機車及び電源車を高台に配備
- 迅速な電力供給の為に、緊急用電源盤を高台に設置し、常設ケーブルを各号機へ敷設

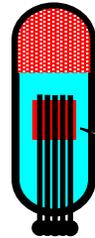
■ 安全上重要な機器の制御やプラントの監視に用いる直流電源の強化

- 原子炉建屋最上階に蓄電池を追加配備し、24時間使用可能にするとともに充電用発電機も設置



V-2.方針1：深層防護の強化(炉心損傷防止：事故時の注水・除熱手段の確保)

原子炉停止（制御棒挿入）に成功



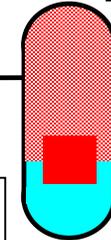
停止後も崩壊熱が発生するため冷却要



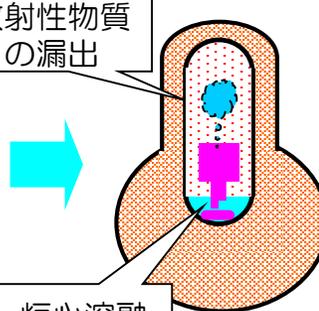
停止後、注水除熱手段を喪失し、炉心溶融



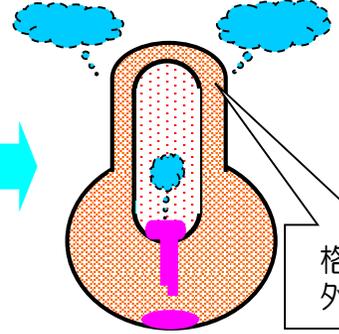
注水・除熱手段を喪失



炉心溶融



放射性物質の漏出



格納容器外へ放出

- 既設の注水設備は電源を強化したものの、仮にそれらが全て使えなくなったとしても、多種・多様な代替手段で注水・除熱できるようにすることが重要なポイント
- 具体的には、既設の非常用炉心冷却系に加え、電源を失っても使える注水・除熱手段を確保し、炉心の溶融を防止して放射性物質を閉じ込め続ける。

【多種・多様な代替手段で注水・除熱を継続】

高圧注水：原子炉圧力が高い時に注水できる代替手段の確保

減圧：原子炉の蒸気を格納容器内に逃がし、圧力を下げる手段の信頼性の向上

低圧注水：原子炉圧力が下がった後の代替注水手段の確保

予備水源への切替え：注水用の予備水源の増強

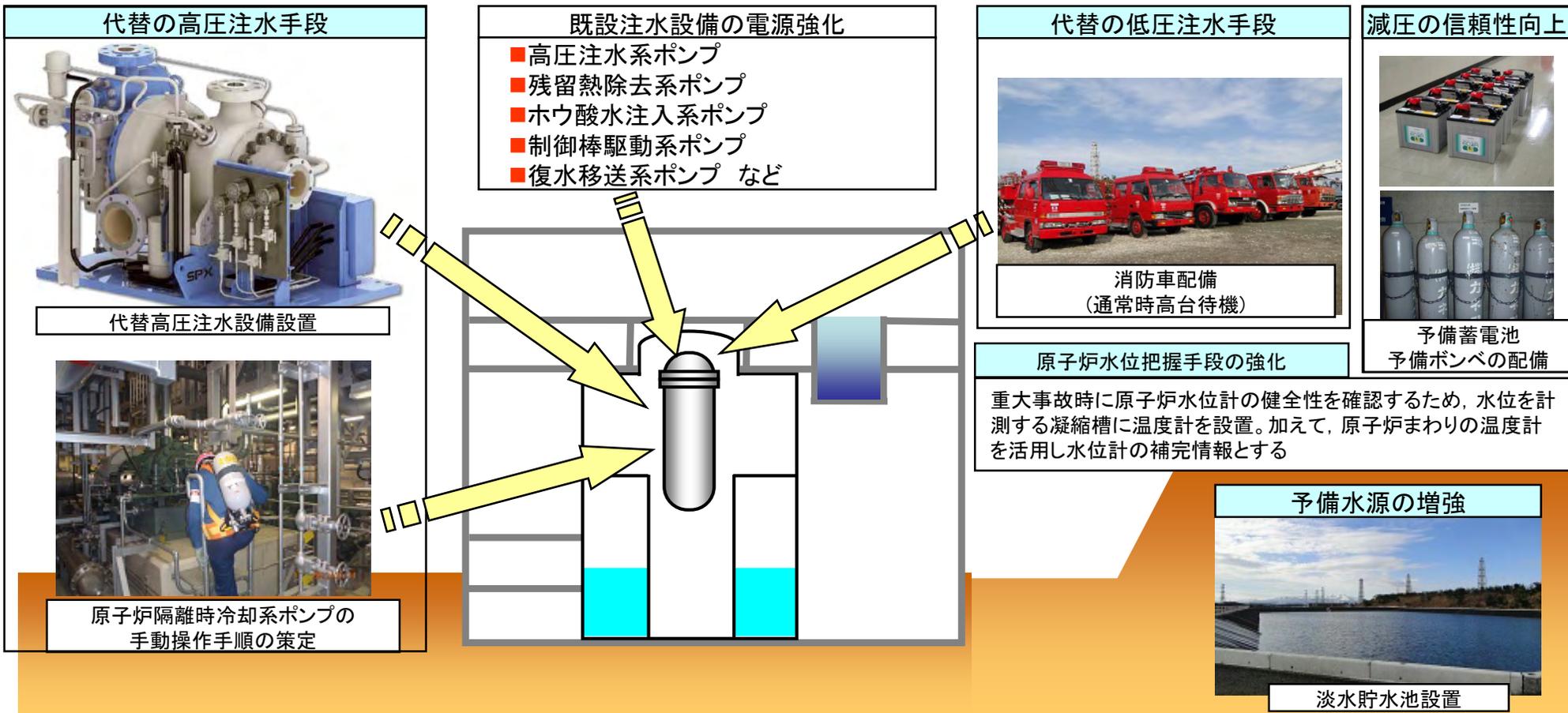
安定除熱：安定冷却を継続する代替除熱手段の確保

水位確認：原子炉内の水位を把握する手段の強化

→ 時間の経過

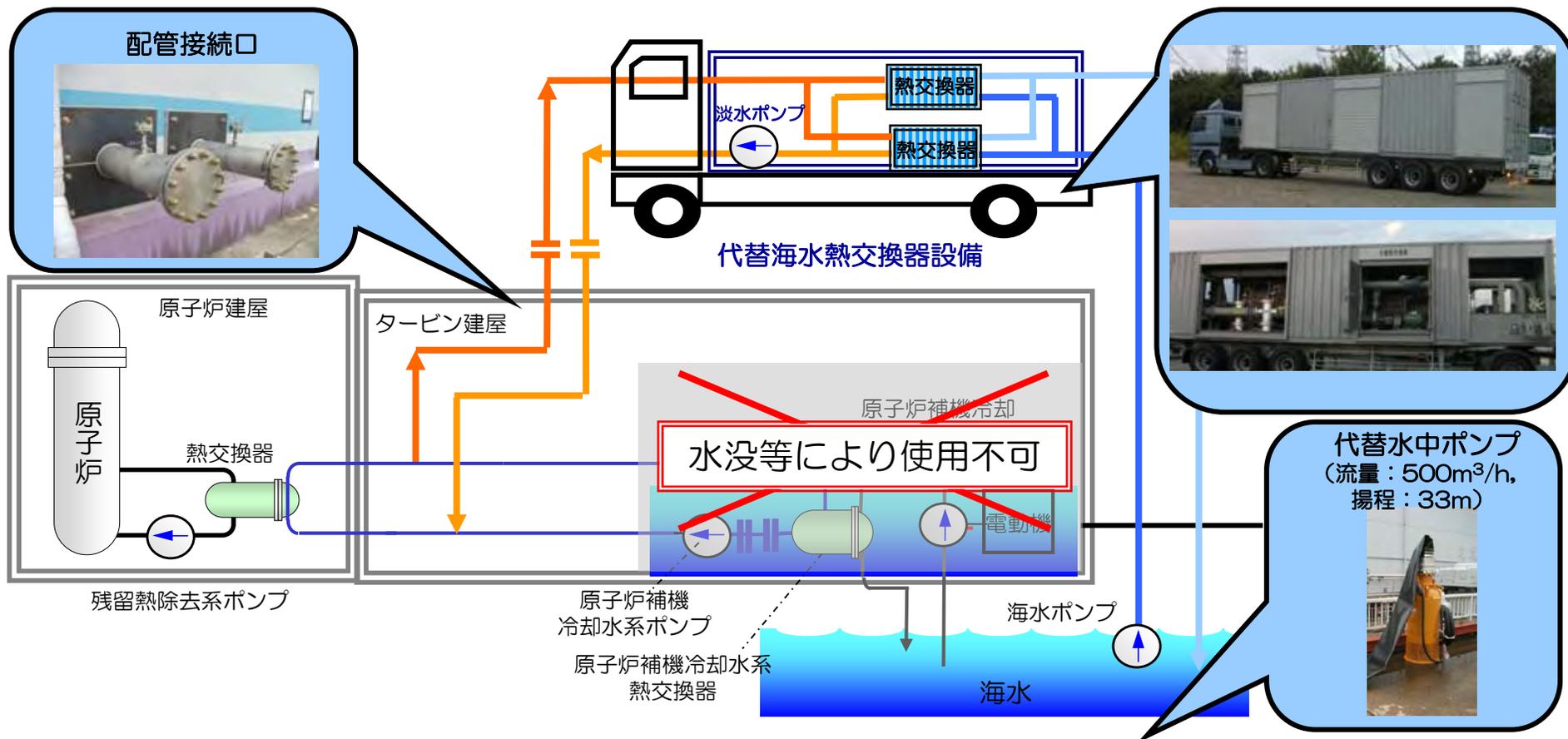
V-2.方針1: 深層防護の強化(炉心損傷防止: 注水手段の確保)

- 高圧注水: 原子炉隔離時冷却系(RCIC)の現場手動起動, 代替高圧注水設備(規制基準以上の独自対策)
- 減圧: 予備蓄電池, 予備ポンペ配備による信頼性向上
- 低圧注水: 消防車の配備
- 注水水源: 既存の水タンクの予備として淡水貯水池設置



V-2.方針1: 深層防護の強化(炉心損傷防止: 除熱手段の確保)

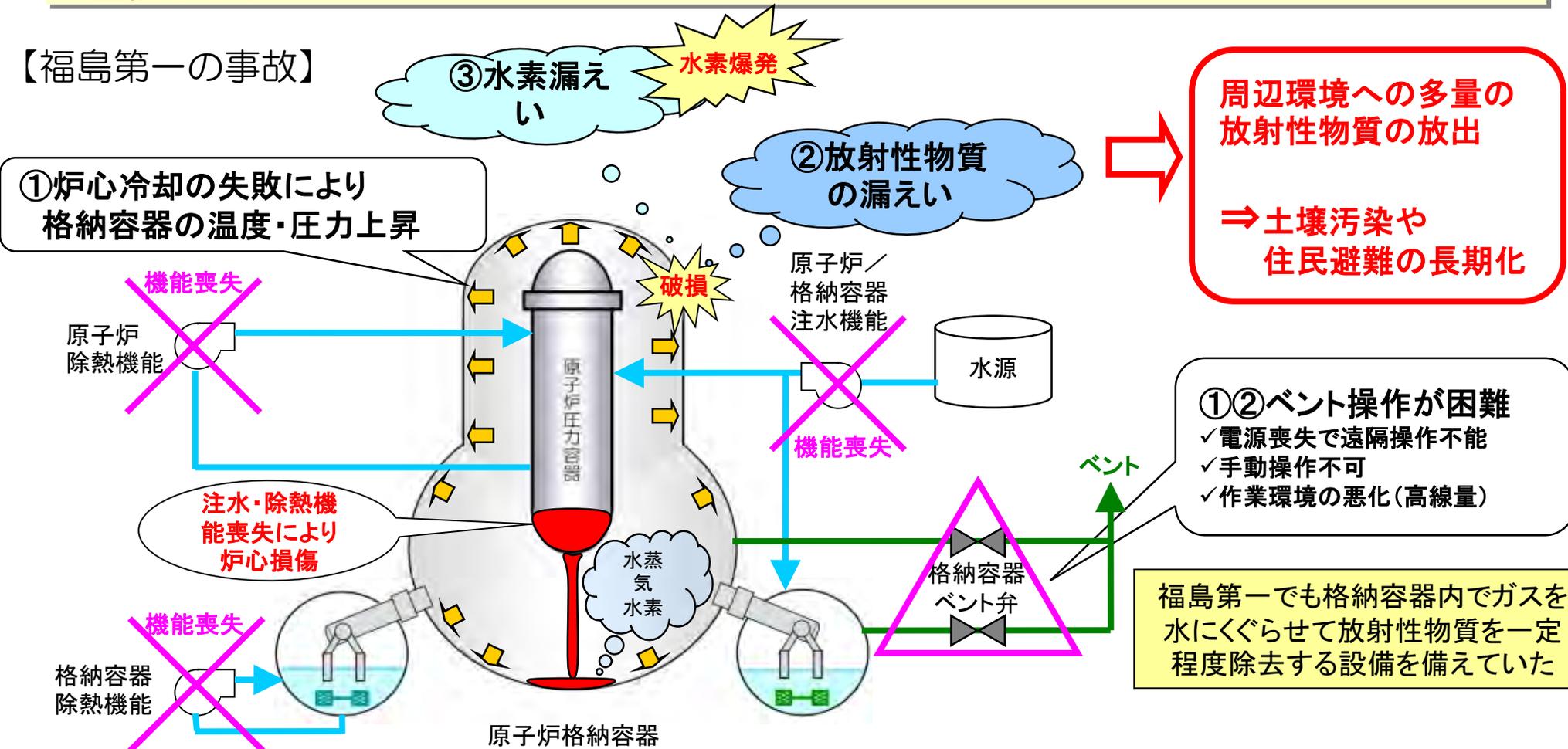
- 注水後の安定冷却についても, 既設設備が使えない場合に備えて, 代替の除熱設備を配備



V-2.方針1: 深層防護の強化(炉心損傷後の影響緩和, 放出抑制)

- 炉心冷却手段を強化しているが, 炉心損傷を想定した備えを追加
- 福島第一事故の教訓として, ①格納容器の温度・圧力上昇を抑えること, ②放射性物質(特にセシウム)を除去する装置を追設して放出を抑制すること, ③水素を的確に処理することが重要なポイント

【福島第一の事故】



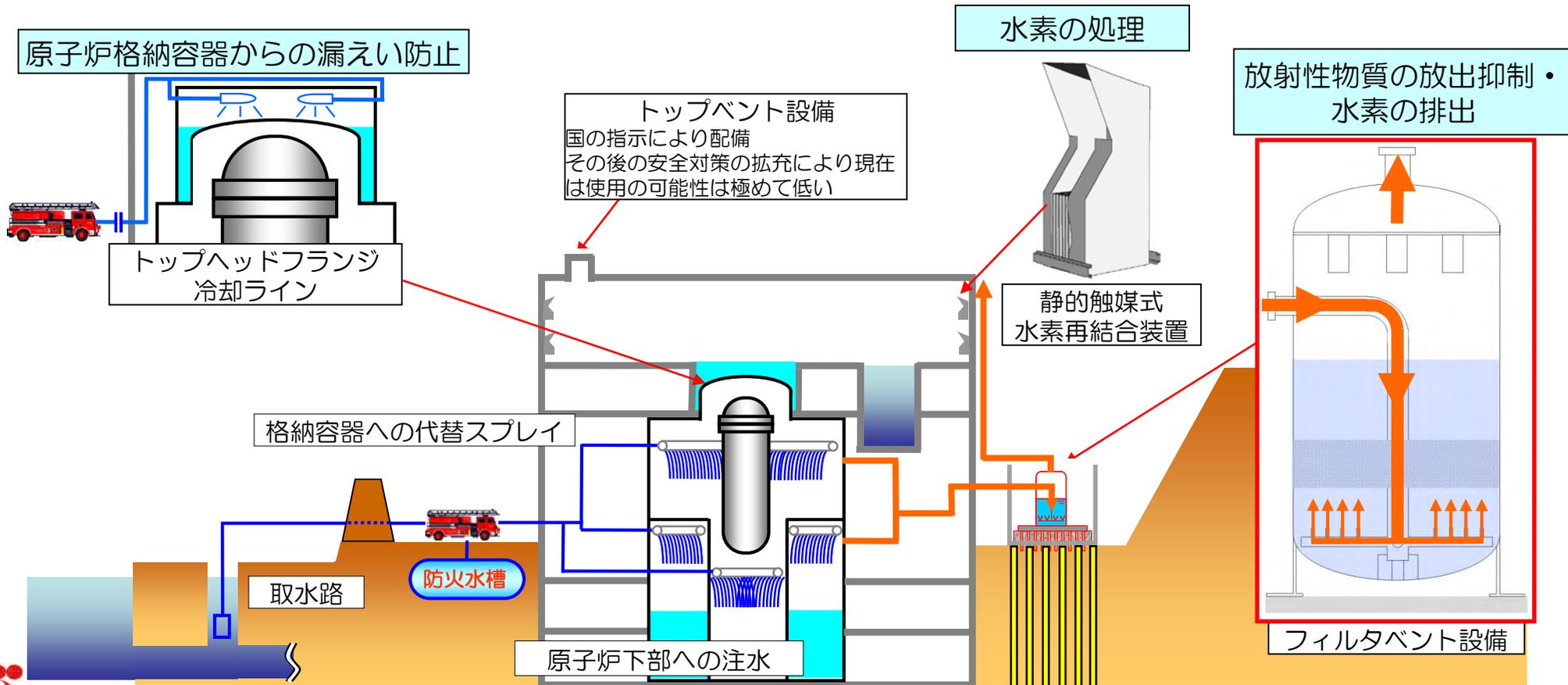
周辺環境への多量の放射性物質の放出
⇒ 土壤汚染や住民避難の長期化

①②ベント操作が困難
✓ 電源喪失で遠隔操作不能
✓ 手動操作不可
✓ 作業環境の悪化(高線量)

福島第一でも格納容器内でガスを水にくぐらせて放射性物質を一定程度除去する設備を備えていた

V-2.方針1: 深層防護の強化(炉心損傷後の影響緩和, 放出抑制)

- ①温度・圧力上昇抑制による格納容器漏えい防止: 格納容器への代替スプレイ手段, 原子炉下部への注水, フィルタベントによる圧力低下, トップヘッドの冷却
- ②放射性物質(特に長期的影響の大きいセシウム)の放出抑制: フィルタベント設備
- ③水素爆発防止: フィルタベント設備による排出, 触媒式再結合装置, トップベント設備



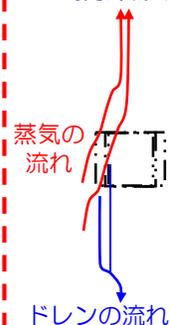
V-2.補足:フィルタベント設備

■ 設置の背景

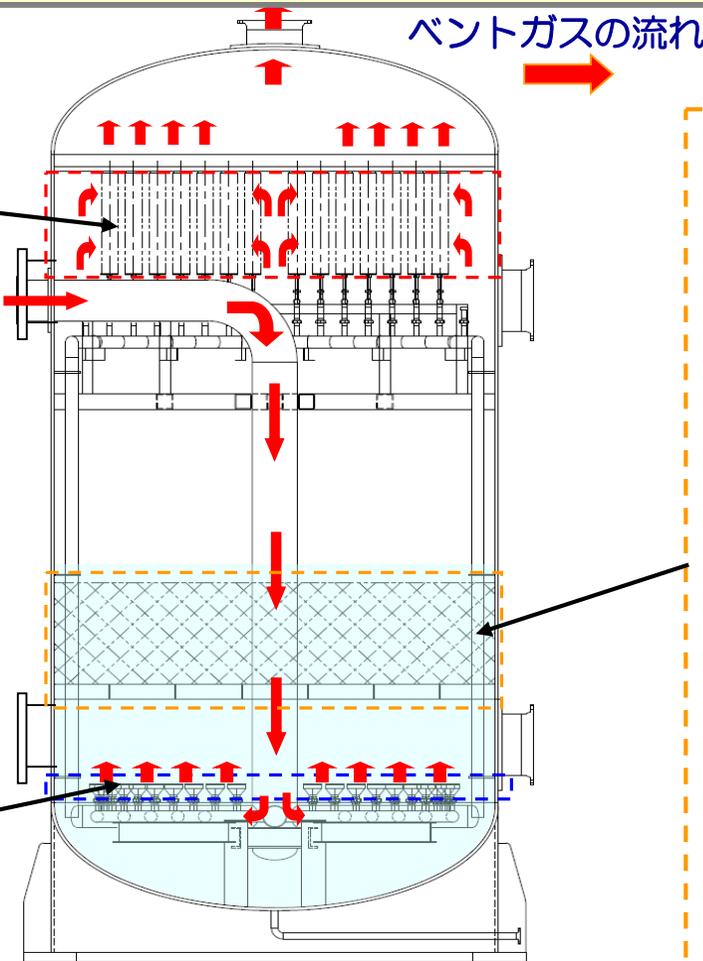
- ・炉心損傷後に格納容器が損傷し、放射性セシウムによる長期・広範囲な汚染が発生
- 格納容器内スプレイと格納容器ベントを組み合わせて、格納容器の損傷を防止
- ベントに設けるフィルタ設備で、セシウム等の粒子状放射性物質を99.9%以上除去

金属フィルタ/ミストセパレータ

ベントガス中の粒子状放射性物質の捕集及びスクラバ水ミストの分離



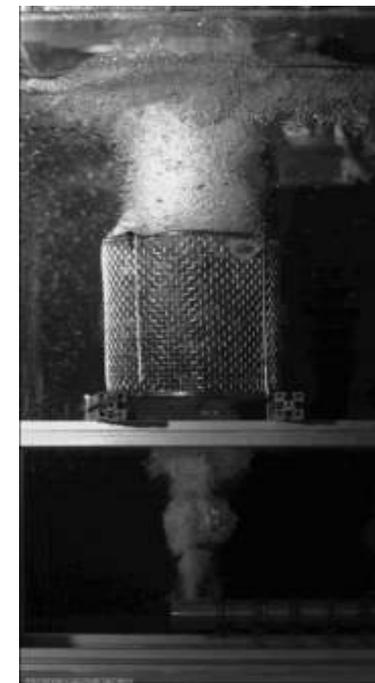
スクラバノズル



フィルタ設備本体概要図

気泡細分化装置

ベントガスの気泡を細分化し、粒子状放射性物質捕集効率を向上



気泡細分化試験の様子

V-3.方針2:想定を超える事象に対する柔軟な対応力

■ 恒設と可搬の設備を組み合わせた柔軟な対応力が必要

事故初期: 人的リソースが限定・現場アクセス困難の可能性

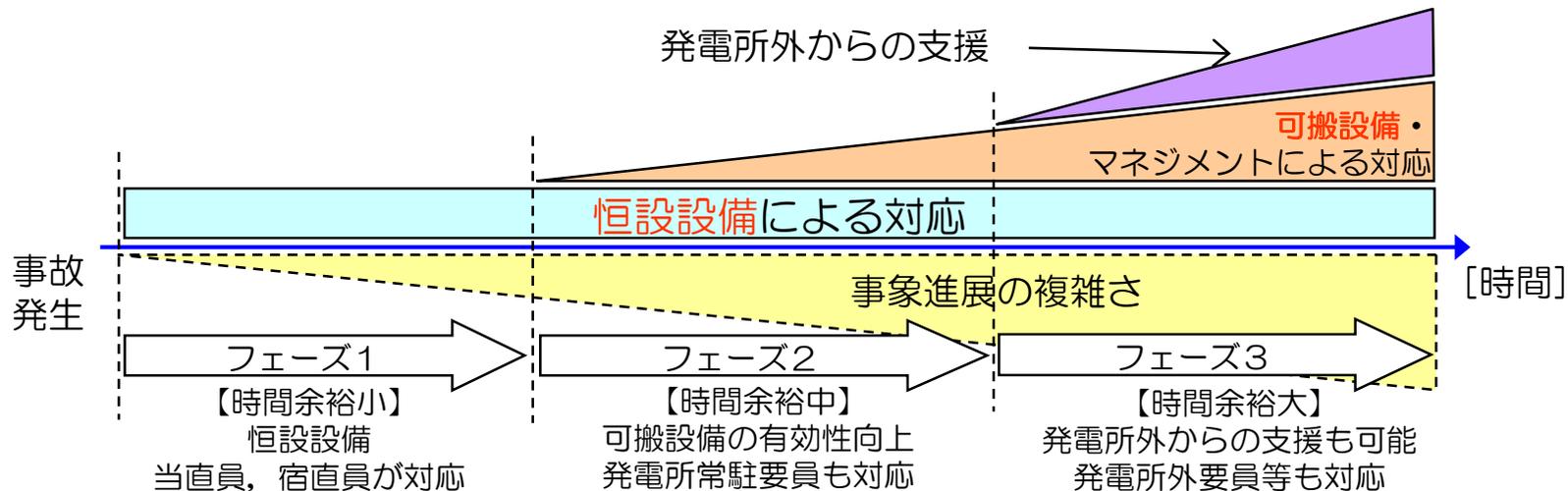
→ 恒設設備だけでも初期対応ができるように設計することが適切

事故後期: 状況が輻輳・特定の条件で設計した恒設設備では対応できなくなるおそれ

→ 可搬設備も選択肢に加え、対応の多様性や代替可能性を高めることが重要

■ 事象進展の複雑さ増加に応じて対応の代替可能性を高め、柔軟な対応力を確保 = フェーズドアプローチ

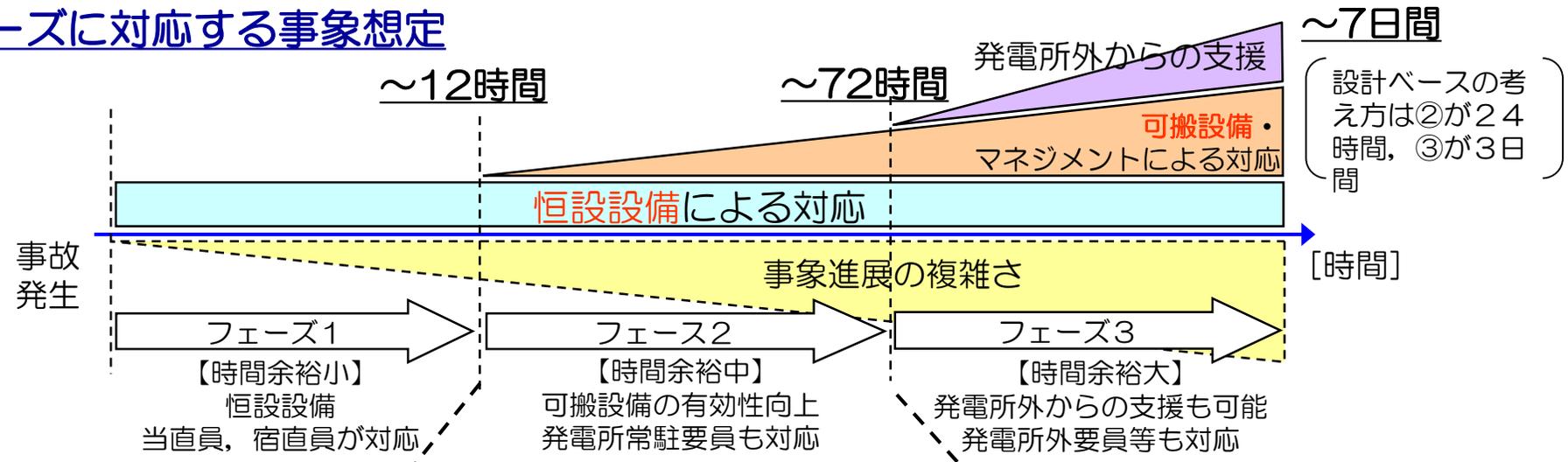
■ 訓練の充実:運用力の強化とともに、事前の備えに対するフィードバック



《フェーズドアプローチによる対応のイメージ》

V-3.方針2: 想定を超える事象に対する柔軟な対応力

■ 各フェーズに対応する事象想定



■ 炉心損傷, 圧力容器破損, 格納容器破損を防止するための措置を実行する

恒設設備の機能強化 (電源, 注水機能等)

- ・ガスタービン発電機車設置, 直流バッテリーの強化
- ・RCICの現場手動起動
- ・代替高圧注水系 (HPAC)
- ・格納容器耐圧強化バント (フィルタバント含む)

■ 冷温停止に向けて, ここまで実施している冷却・除熱措置を継続するための機能強化

可搬設備・マネジメント対応強化

- ・消防車による注水 (炉心, 格納容器, 使用済燃料プール等)
- ・電源車による電源供給
- ・代替熱交換器車による除熱
- ・貯水池 (水源確保)
- ・コンクリートポンプ車による注水 (原子炉建屋破損を想定)

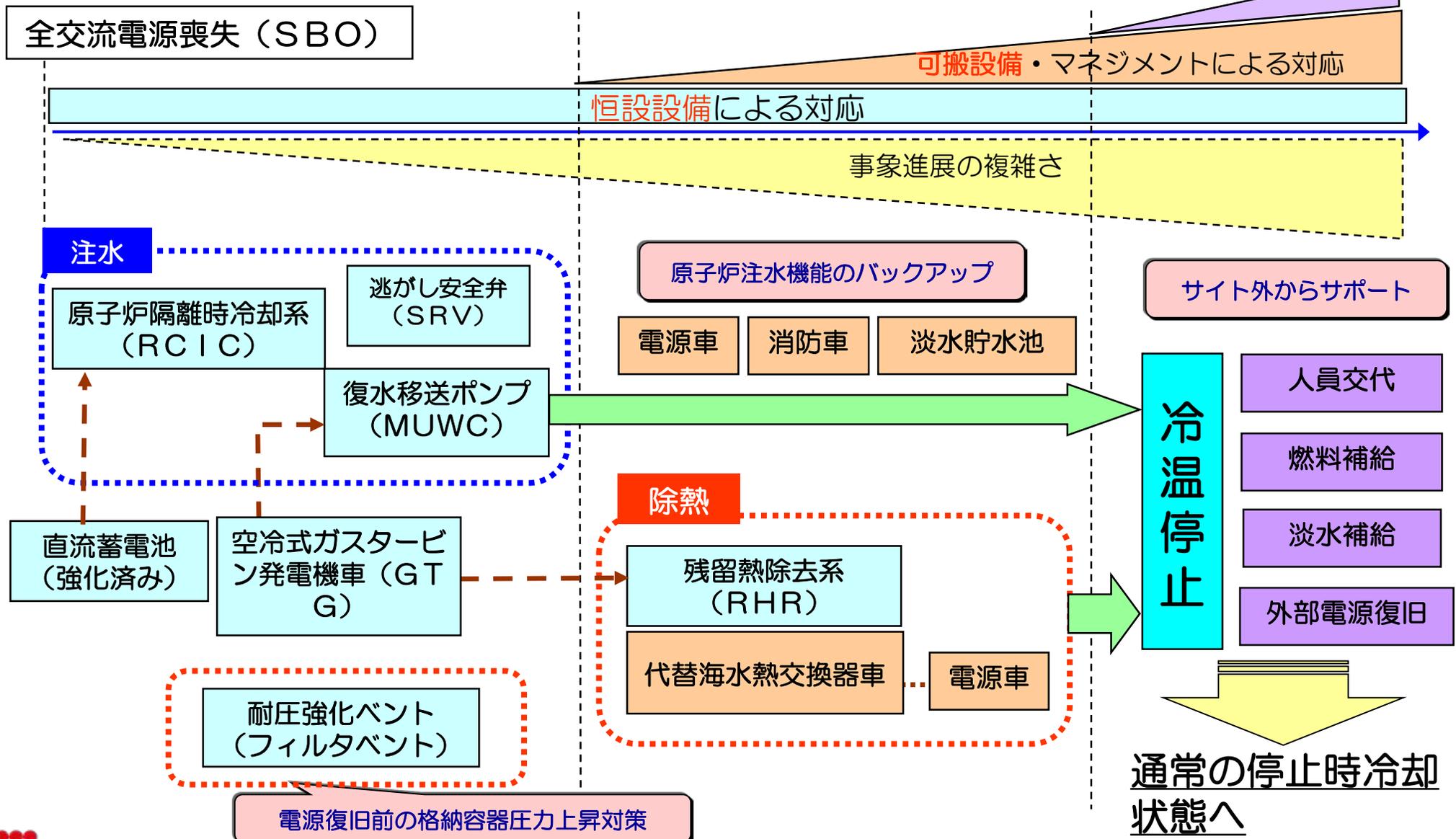
■ 継続的な冷却・除熱を実行しつつ, サイト外から支援 (燃料, 水源, 人員等) を行い, 事象の収束を達成する

サイト外からの支援強化

- ・外部からの燃料調達
- ・外部からの淡水調達
- ・交代要員の派遣
- ・追加消防車等の配備等

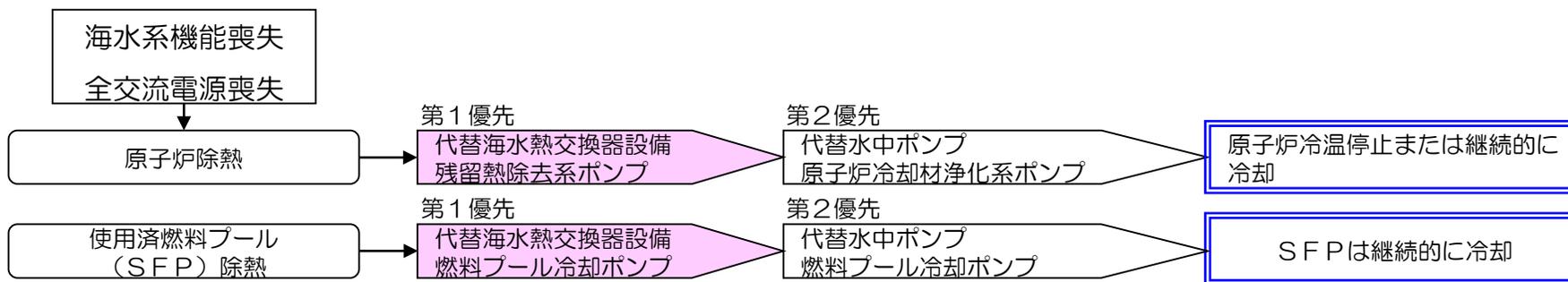
V-3.方針2: 想定を超える事象に対する柔軟な対応力

■ 具体的な対応例



V-3.方針2:柔軟な対応力の強化(例:原子炉の除熱ができない場合の機動的対応)

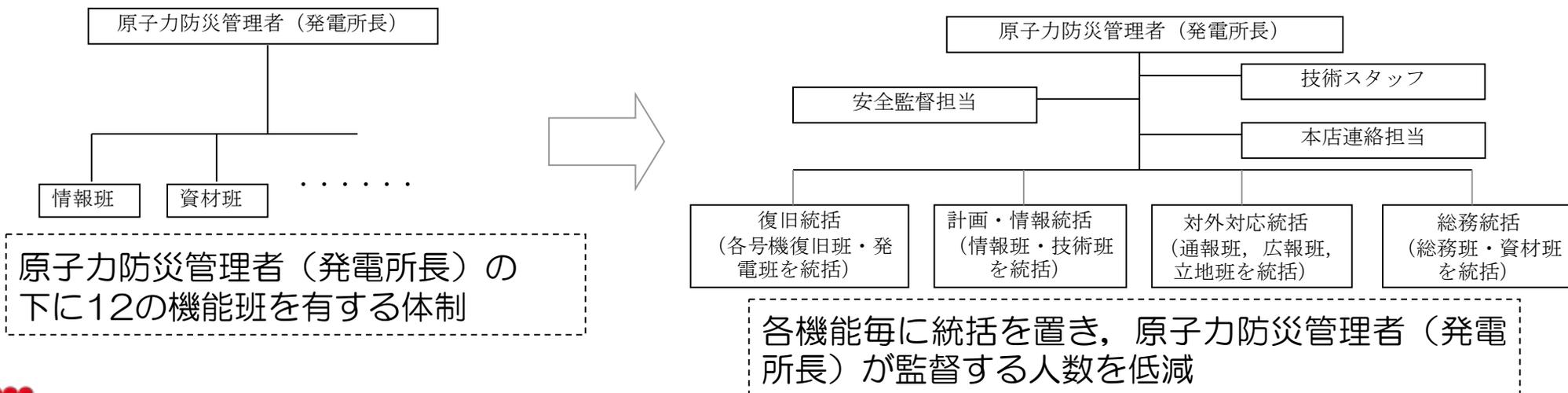
- 代替海水熱交換器車, 可搬式水中ポンプ, 電源車等を用いて原子炉を除熱
- 訓練を繰り返し, 手順・体制の実効性確認と継続的改善を実施



主な訓練内容	訓練の様子
<p>電源車, 変圧器, 代替海水熱交換器設備他資機材を設置し, ケーブルを布設, 接続して電源車から電源供給する。注水用のホースを布設し, 配管接続口へホースを接続する。</p> <p>代替海水熱交換器設備による原子炉除熱, SFP除熱訓練の他, 以下のような個別訓練を実施</p> <ul style="list-style-type: none"> ・代替海水熱交換器設備の電源供給 ・淡水用ホース布設, 接続 他 	<p style="text-align: center;">＜代替海水熱交換器接続訓練＞</p>

V-4.方針3:事故対応のマネジメントと組織力

- 事故の同時多発, 急速な事故進展下で, 「指揮命令系統が不明確」, 「情報共有が不十分」等, 現場対応が混乱した
- 米国緊急時組織が標準的に採用する ICS (Incident Command System) を導入
 - 一人の監督者の管理する人数を, 最大7名以下に制限
 - 指揮命令系統の明確化 (直属の上司の命令にのみ従う)
 - 役割分担の明確化 (決定権を現場指揮官に与えること)
 - 災害規模に応じて縮小, 拡張可能な柔軟な組織構造 (複数プラント同時災害時にも対応)
 - 全組織で情報共有を効率的に行うための様式やツールの準備と活用
 - 技量や要件の明確化と教育訓練の徹底



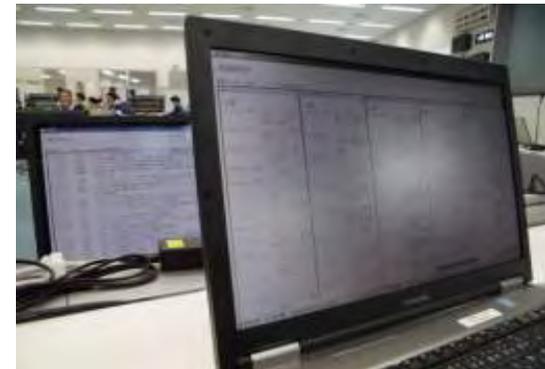
V-4.方針3:事故対応のマネジメントと組織力(ICS体制での訓練)

■ 柏崎刈羽原子力発電所における ICSを採用した防災訓練

- 平成25年1月からICSを取り込んだ緊急時体制で訓練を開始
- 平成26年4月末現在で計15回, 至近の訓練は4月24日に実施



所長の指揮



情報共有システム



本店の
訓練風景

復旧統括によるブリーフィング

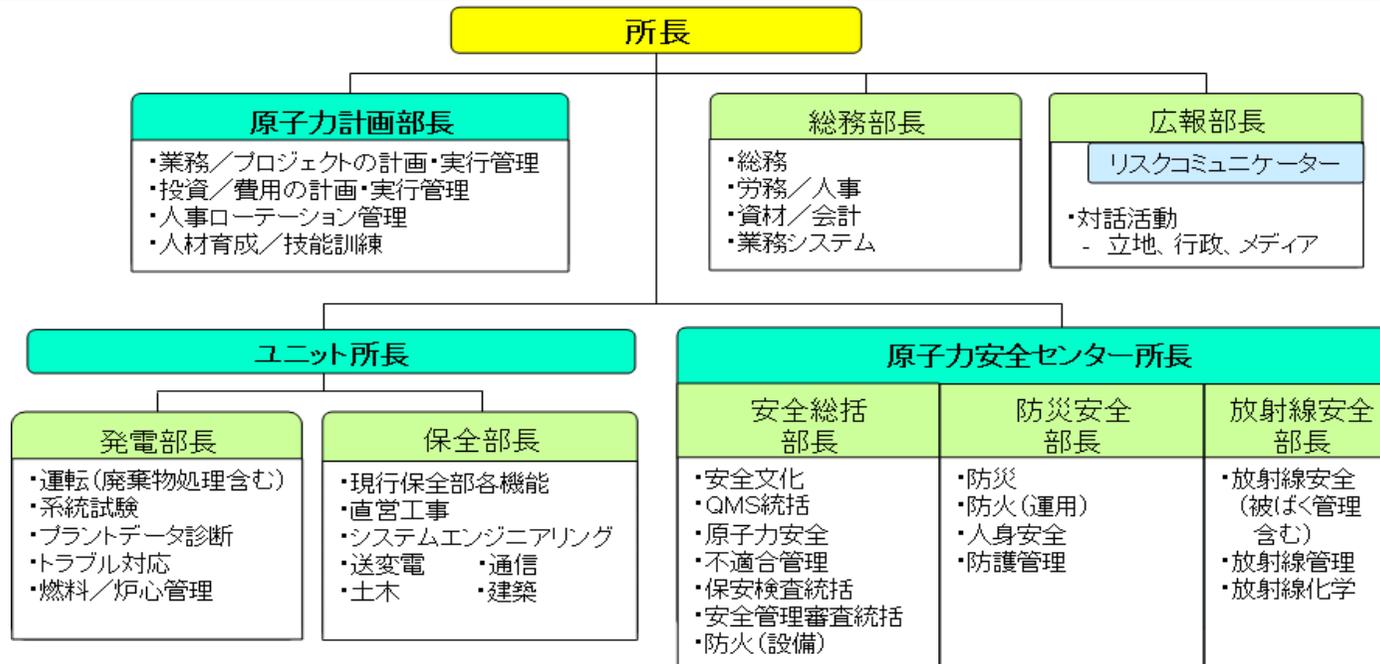
V-4.方針3:事故対応のマネジメントと組織力(平時業務の改善)

■ 平時の組織と事故時の組織の親和性を高める

- 従来の緊急時組織の各班は、様々な部署の要員によるクロスファンクショナルなチーム
- 事故直後に指揮命令系統を平時から事故時に切り替え、要員構成も変えたことから混乱を招きやすかった

■ 平時に直営保全を行う組織編成や業務内容追加で、想定外に対する応用力養成

- 運転: 日常保守と設備診断を業務に追加するとともに、電源車接続訓練も実施
- 保全: 直営工事チームを核に、事故時の仮設機器設置や機器取替ができる能力を育成



見直し後の発電所組織体制

V. まとめ

■ 事故時に経験した主要な問題点を踏まえた安全対策

- 設計ベースの強化+DECを考慮した多様化: 多様性重視の対策で、深層防護の各層における対応力の厚みを増す
- フェーズドアプローチ: 事象の進展, 事態の複雑さ増加により, 特定条件で設計した恒設設備では対応できなくなる事態に対し, 時間とともに対応の代替可能性を高めて柔軟に対応
- マネジメント: 事故の同時多発, 急速な進展でも, 指揮命令系統を維持しつつ, 対応力の拡張・縮小を柔軟に行えるコマンドシステムと組織体制の確立と, それを有効にする平常時業務のあり方
(Incident Command System等)

■ 今後の継続的な改善

- 訓練を通じて実効性を高める為の改善点抽出
- 継続的に国内外の経験, 知見の導入
- 事故の教訓を踏まえた, オフサイト活動での関係機関との連携強化