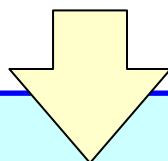

安全性向上に係る事業者の取組み

2012年3月7日
電気事業連合会

1. 事業者の基本的スタンス

東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の
技術的知見について(中間取りまとめ)



シビアアクシデント対策等の新しい安全規制



事業者の取組み



規制要件を満たすだけでなく、世界トップレベルの安全性を
目指し、組織的取組みと継続的な設備・運用面の改善を実施

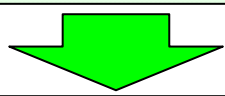
2. 事業者の取組み

これまでの取組み

～ 緊急安全対策による安全確保 ～

対策の視点

決して二度と「福島事故」を起こさない



「多重化」と「多様化」

電源確保

〔 電源車等の配備による中央制御室等の電源の確保 〕

冷却確保

〔 消防ポンプ等の配備による原子炉や蒸気発生器等への供給水の確保 〕

浸水対策

〔 配電盤、蓄電池、ポンプの浸水対策 〕

発電所の安全性を確保



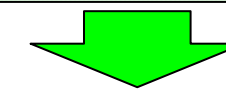
ストレステストで評価・確認
(再起動に向け、大飯3、4号機は原子力安全委員会で審議中)

さらなる取組み

～ 世界トップレベルの安全性を目指して～

目指すべき目標

世界トップレベルの安全性を確保



組織的取組み

- ・安全性向上対策を継続的に推進するための仕組みとして新組織を設立

継続的な設備・運用面の改善

- ・電源設備対策
- ・冷却設備対策
- ・格納容器対策(閉込機能対策)
- ・計装設備対策

3. 組織的取組み

安全性向上対策を継続的に推進するための仕組みとして、
2012年内に新組織を設立

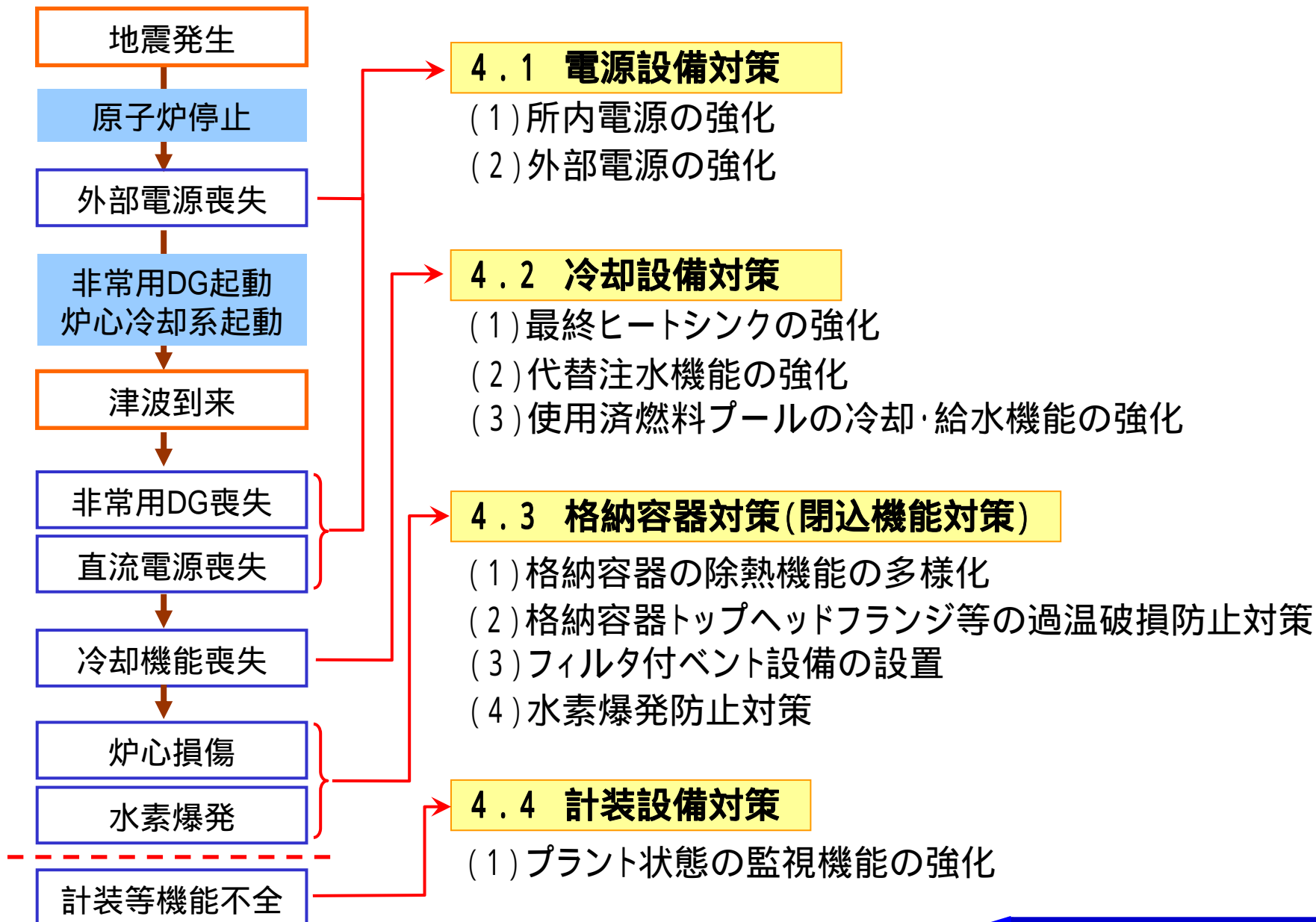
新組織の概要

- ◆ 諸外国の動向も踏まえた最先端の安全対策の推進
 - 海外機関(INPO¹、WANO²等)との密接な連携
 - 諸外国の情報等を収集・分析し、最新知見を各発電所の安全性向上へ展開
- ◆ 各事業者トップのコミットメントに基づく体制
 - 独立性と強い権限を有し、事業者に提言、指導、勧告
- ◆ 高度な技術力を有する人材を確保
 - 産業界の技術力を結集

1: 米国の原子力発電運転協会: Institute of Nuclear Power Operations

2: 世界原子力発電事業者協会: World Association of Nuclear Operators

4 . 継続的な設備・運用面の改善



4.1(1) 所内電源の強化

外部電源喪失を想定し、外部電源が復旧するまでの間、所内電源のみで対応できるようにするため、所内電源を強化

このシート以降の「対策」との表記は、「中間取りまとめ」の対策番号に対応

対策8

充電用小型発電機の設置
直接給電ルート
(高所への配置)

対策7

恒設の空冷式大容量電源設備
(高所への配置)

対策5

炉心及び使用済燃料の損傷防止に必要な負荷を選定し、それらに給電するための電源設備を分散設置(高所への配置)
【課題】設置スペース、負荷の選定

対策11

資機材倉庫に予備品を保管

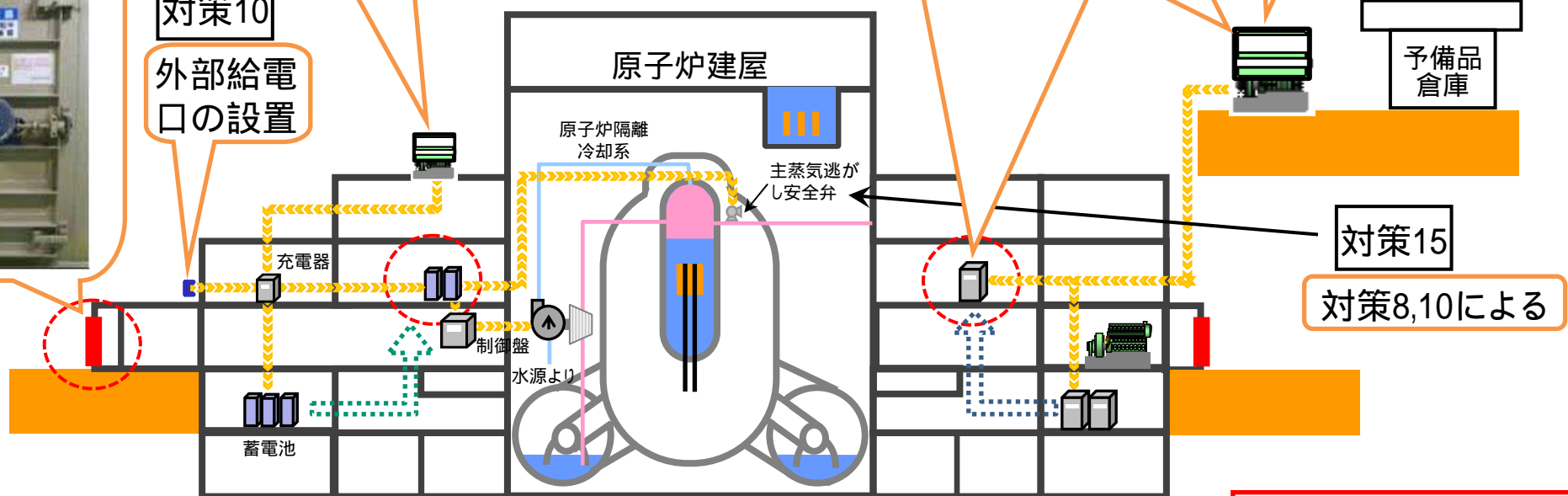
対策6

「建屋内浸水防止」



対策10

外部給電口
の設置



対策15

対策8,10による

(注) 本頁に記載の対策は例示

4.1(1) 所内電源の強化(非常用直流電源の強化) 対策8

6

全交流電源喪失状態の継続により、直流電源が枯渇することがないように、直流電源の充電システムを含めた直流電源を強化

【福島事象以前】 **早期に外部電源が復旧すると想定**したバッテリー容量(負荷切離しを考慮)
安全系2系統各5時間(PWR)、RCIC系8時間(BWR)



対応	具体的内容	課題
蓄電池の容量増強	<ul style="list-style-type: none"> ・常用系蓄電池からの<u>繋ぎこみルート</u>の設置 ・予備蓄電池の新設 ・既設安全系蓄電池のリプレイス(増強) 	<ul style="list-style-type: none"> ・設置スペース ・負荷までの距離(電圧降下を考慮するとケーブルサイズが大となる)
充電手段の強化	<ul style="list-style-type: none"> ・空冷非常用発電機等からの<u>充電ルート</u>設置 ・充電用小型発電機からの<u>直接充電ルート</u>設置 	<ul style="list-style-type: none"> ・蓄電池が枯渇するまでの間に空冷非常用発電機等から確実に充電できることの検証 ・必要な燃料量の評価

との組合せによって、直流電源系の強化を図ることが重要

【参考】NRC福島事故タスクフォース提言では最低8時間の対処能力(確立された手順・訓練に基づく操作は許容される)を要求、72時間は外部の資源を利用できるまでの時間として設定

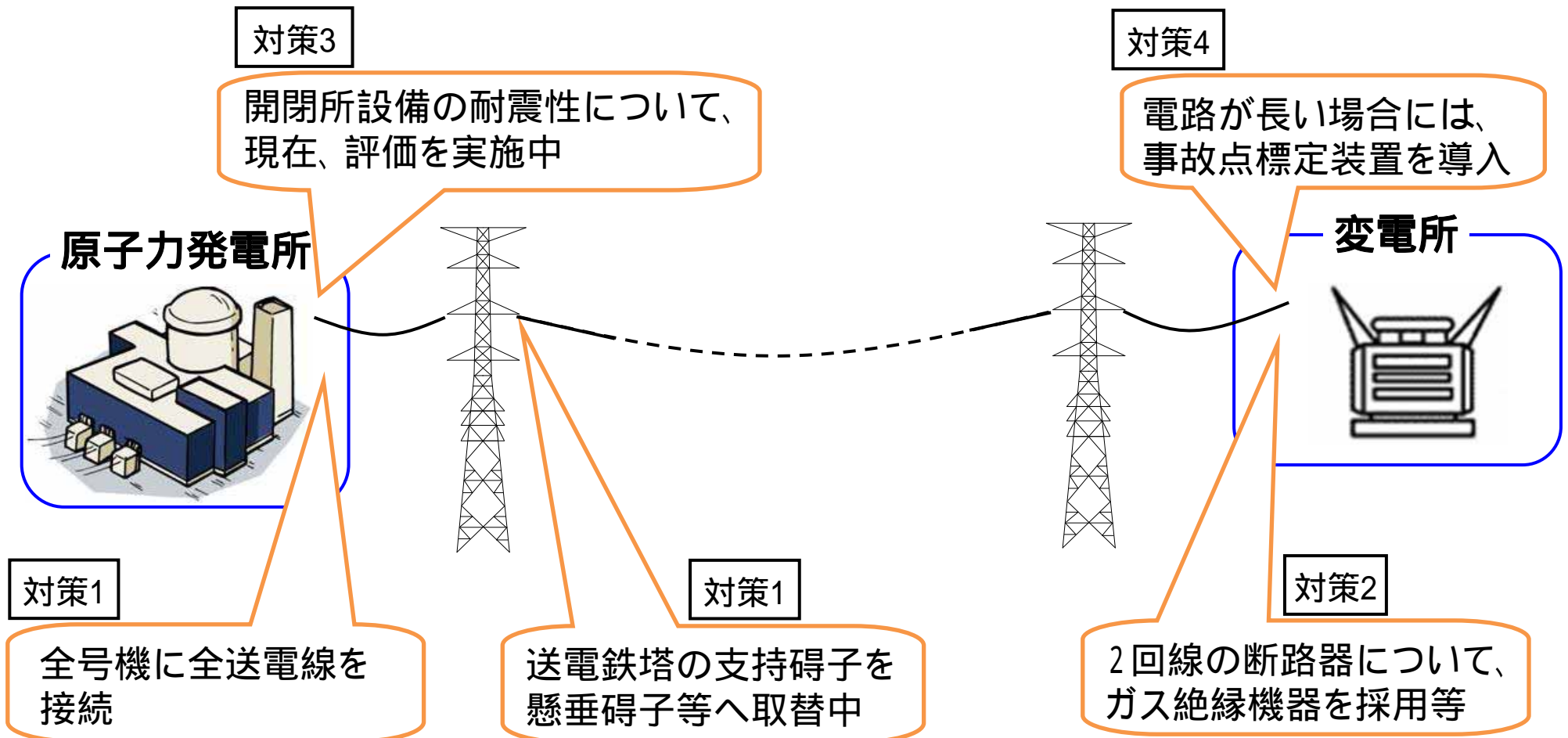
(注)本頁に記載の対策は例示

原子力学会にて全交流電源喪失に係るシビアアクシデント基準を策定中

1. 適用範囲	発電用軽水型原子炉施設に適用
2. 定義	全交流動力電源喪失(SBO)等の用語の定義を実施
3. SBO発生防止対策について	SBOの発生頻度を合理的に達成できる限り低いものとするを目的として、電源供給システム全体の信頼性を向上させる規定を記載
4. SBO発生時の冷却確保について	SBO時において必要な原子炉及び燃料プールの冷却能力とこれを維持するのに必要な電源供給機能についての規定を記載
5. SBO発生に伴うSA防止及び影響緩和策について	・AM策整備にあたり、PSA結果等を参照し、合理的に実行可能な対策を継続的に講じる規定を記載 ・格納容器破損防止設備、水素対策設備等をAM策として整備する規定を記載
6. SBO対策設備の有効性評価について	・AM策により原子炉設備の健全性が維持されることを要求し、その具体的な評価方法、基準を記載 ・SBO時のサイト内対応時間、復旧までの時間が、それぞれ、SBO時のプラント設備の耐久時間、代替電源給電時のプラント設備の耐久時間に対して余裕が確保されていることを確認する
7. SBO対策設備に対する要求	代替電源設備の設計要件について記載 (原子炉及び燃料プールの冷却に必要な容量を有し、外部からの支援まで必要な燃料等の資源を確保、耐震はSクラス相当(免震技術も適用可能))
8. 手順書の整備	電源確保手順の整備、発電所内外からの支援策の整備と手順の確立、訓練の実施等に係る規定を記載
(解説) SBO後の想定時間の考え方について	SBO発生後の耐久時間を初期(代替電源で給電されるまで)及び長期(外部からの支援が期待できるまで)に区分。耐久時間の目標として、初期は8時間程度、長期は72時間を例示。

4.1(2) 外部電源の強化

所内電源の信頼性強化に加え、更なる信頼性向上の観点から、外部電源を強化



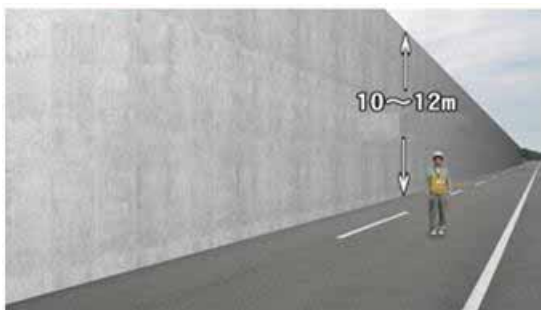
(注) 本頁に記載の対策は例示

冷却設備の共通要因故障による機能喪失の防止

1. 津波への耐性強化(浸水対策) () 対策13,14

() [課題] 位置的分散が困難なものは耐浸水性を強化

防潮堤、防波壁の設置や建屋の浸水防止対策、海水取水ポンプエリアの防水壁設置等により津波による浸水を防止

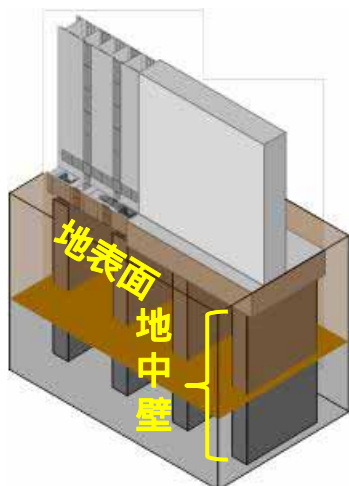


防波壁

建屋防水扉の強化



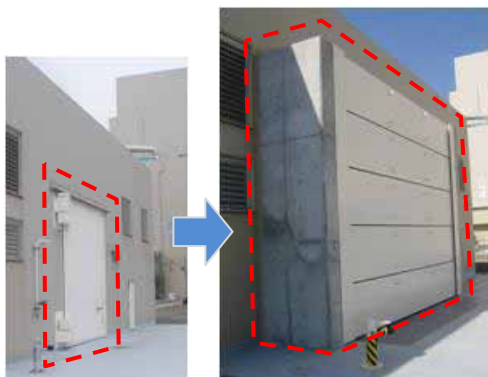
給排気口の改造



防波壁 構造図

岩盤に根入れ

建屋機器搬入口への鋼製パネルの設置



海水取水ポンプ

海水取水ポンプエリアの防水壁

防水壁(金属製パネル)

(注) 本頁に記載の対策は例示

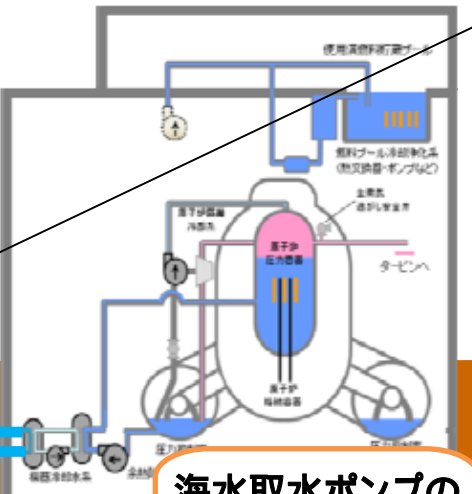
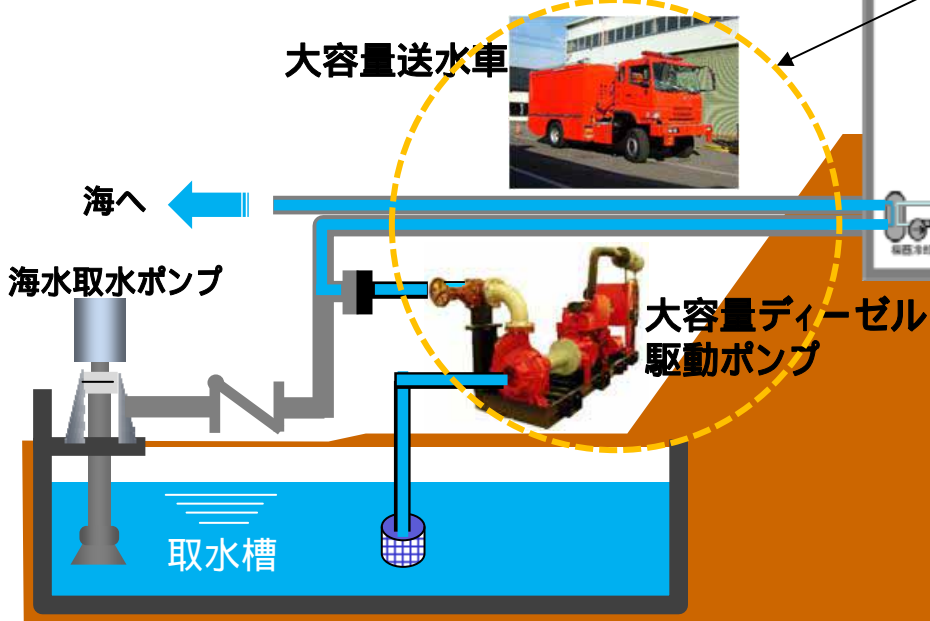
2. 最終ヒートシンクの多重性及び多様性確保 () 対策14

海水取水ポンプの機能喪失に備え、ポンプのモータ(予備品)や資機材を事前準備するとともに、海水取水ポンプの代替機器(大容量ディーゼル駆動ポンプ等)や代替海水熱交換器設備の配備、さらに手順の整備により機動的な機器冷却系の復旧手段を確保

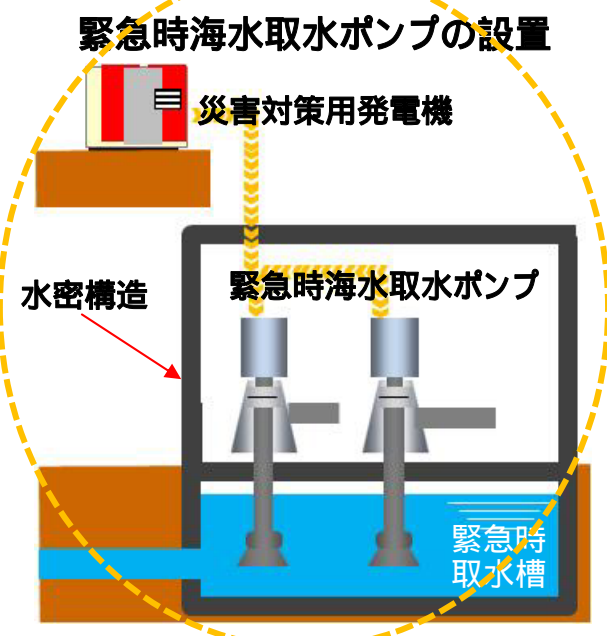
() 【課題】空冷式熱交換器を設置する場合、水冷方式に比べて大型となる。

〔110万kWプラントでの計算例によれば、原子炉停止後の崩壊熱を除去するための設備には50m×10m程度の設置スペースを要する。〕

海水取水ポンプの代替機器の配備

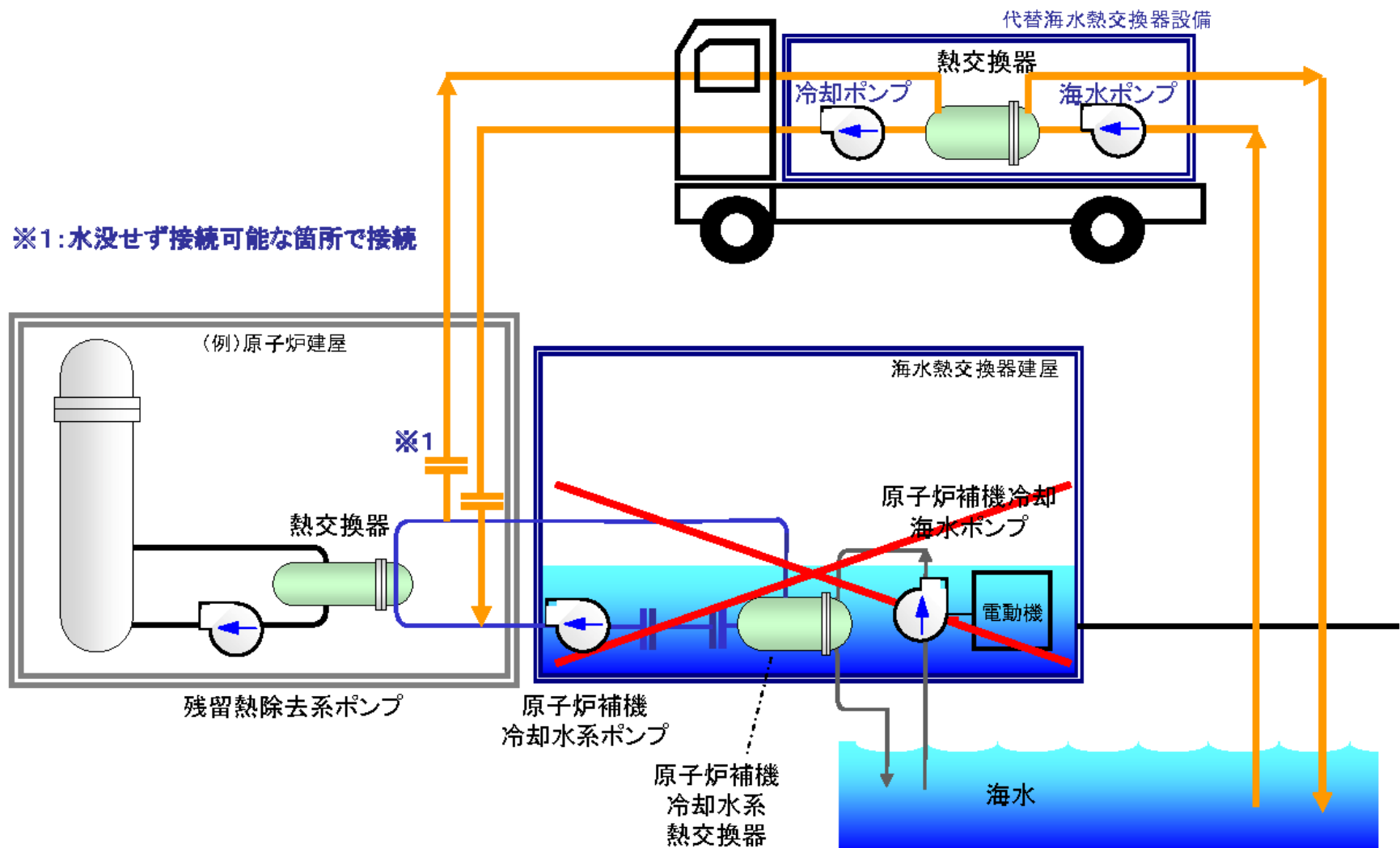


海水取水ポンプのモータ(予備品)・資機材の準備



(注) 本頁に記載の対策は例示

2. 最終ヒートシンクの多重性及び多様性確保 対策14

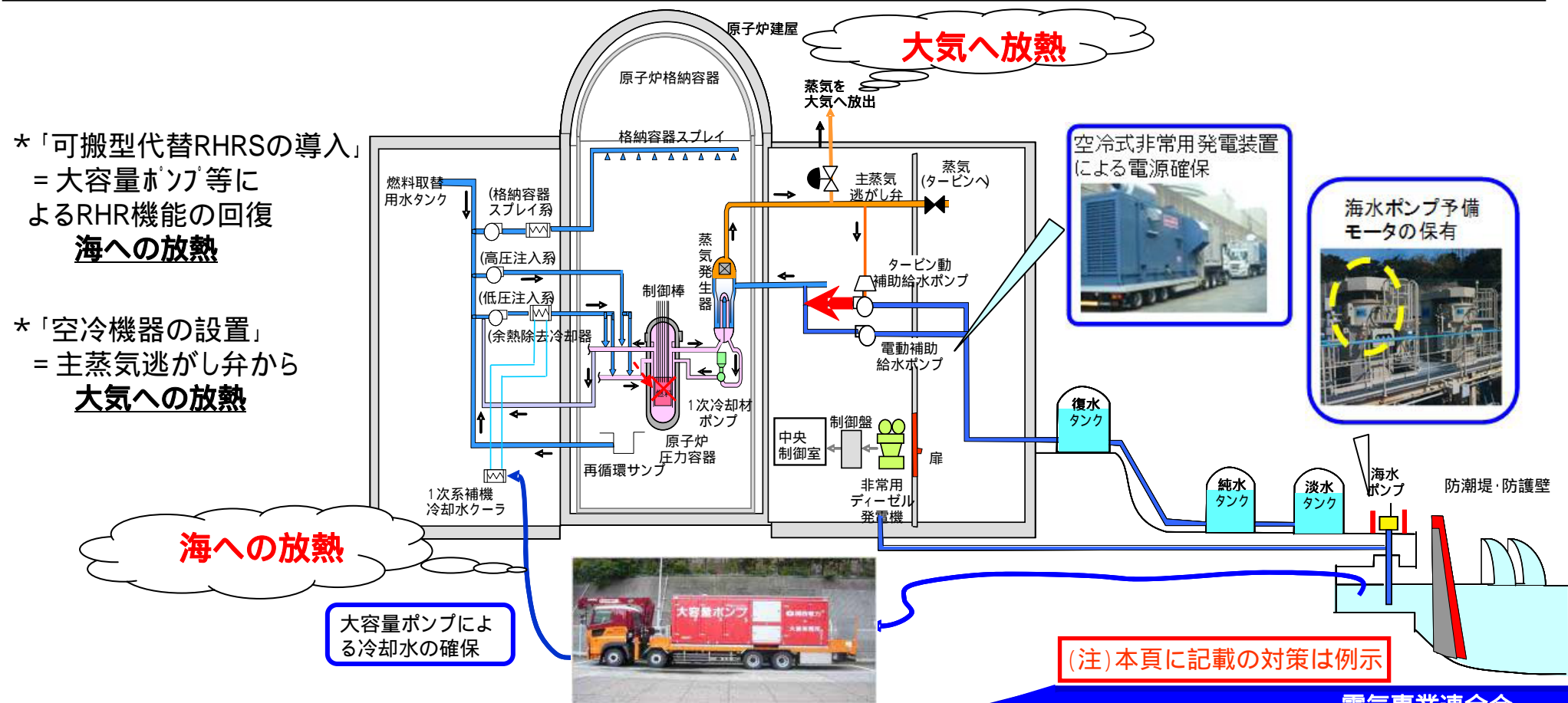


代替海水熱交換器設備の例

(注)本頁に記載の対策は例示

4.2(1) 最終ヒートシンクの強化(PWR)

- 1. 津波への耐性強化
防潮堤、海水ポンプの防護壁により津波への耐性を強化
- 2. 最終ヒートシンクの多重性及び多様性確保
大容量ポンプまたは海水ポンプ予備モータによるRHR機能回復(海への放熱手段)
主蒸気逃がし弁による大気への放熱手段の信頼性向上



**全交流電源喪失時においても原子炉への注水を確実に
行うため注水手段を多様化(位置的分散の確保)**

1. 駆動源の異なる注水設備の配備

対策16

交流電源なしで駆動できる代替注水ポンプを配備

既設設備を活用する場合には注水配管の耐震性を向上

2. 水源の多様化

対策16

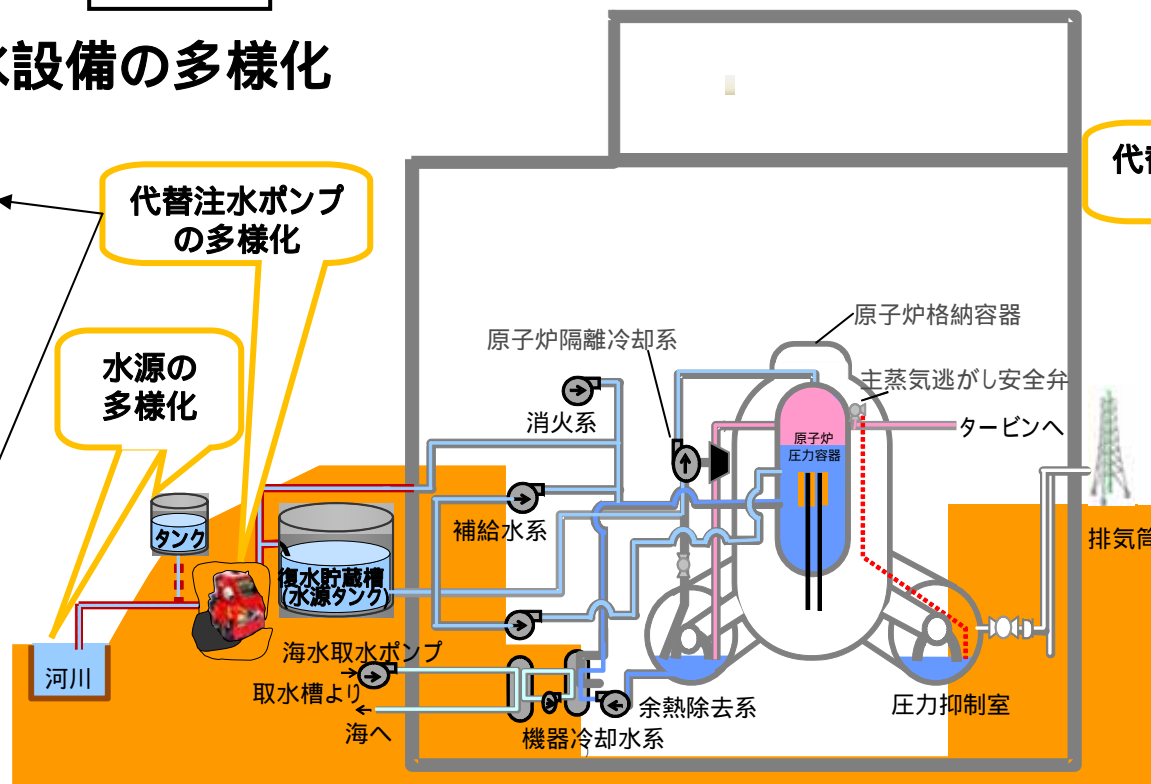
代替注水設備の多様化



可搬式動力ポンプ
(エンジン駆動)



大容量送水車



代替注水ポンプ
の多様化

水源の
多様化

代替注水ポンプ
の多様化



補給水ポンプ
(高台に設置された空冷式
発電機からの電源供給)



高圧注水ポンプ
(空冷式熱交換器を用いたモータ
冷却/高台に設置された空冷式
発電機からの電源供給)

(注) 本頁に記載の対策は例示

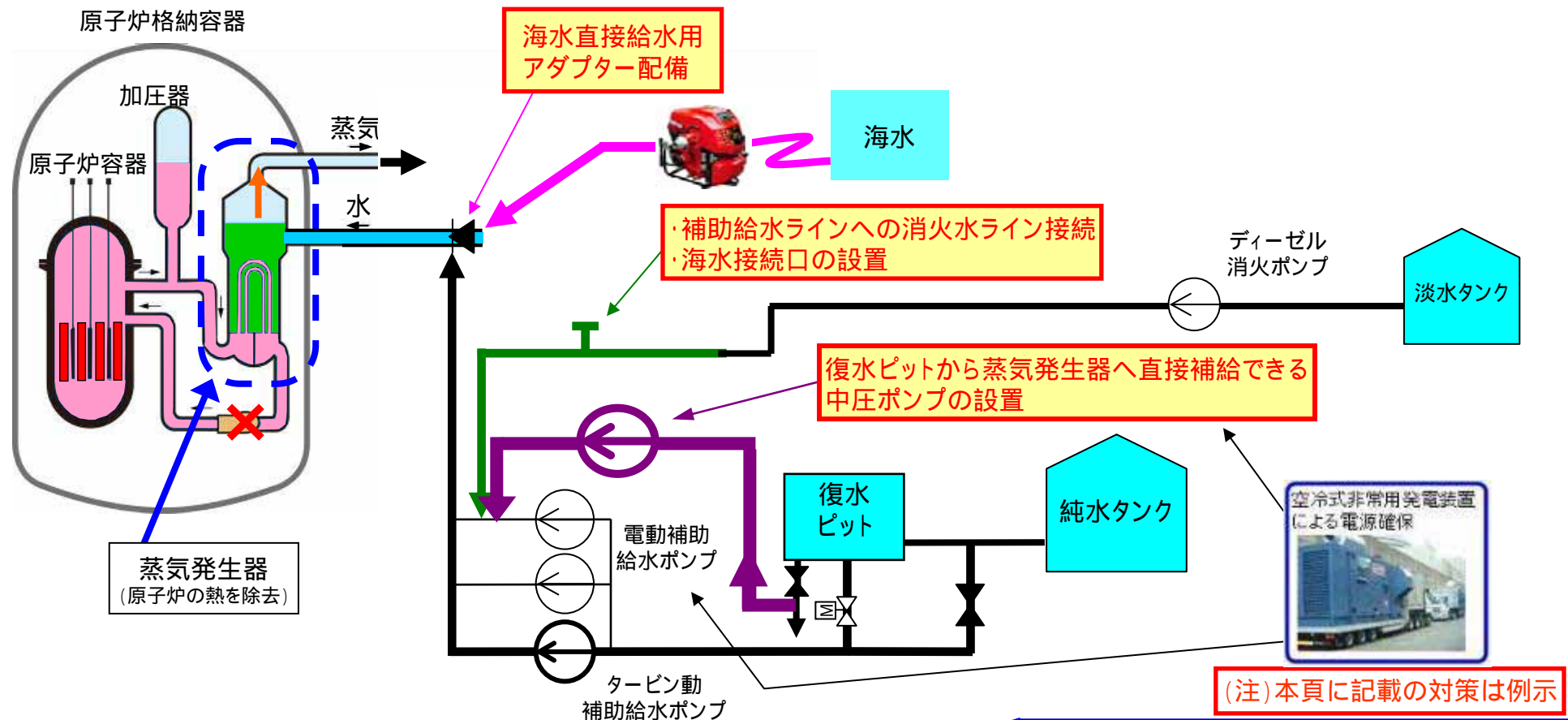
4.2(2) 代替注水機能の強化(PWR)

1. 駆動源の異なる蒸気発生器注水設備

- ・可搬式エンジンポンプ、ディーゼル消火ポンプ、中圧ポンプ
- ・耐震性のある空冷式非常用電源からの給電による空冷電動補助給水ポンプ

2. 水源の多様化

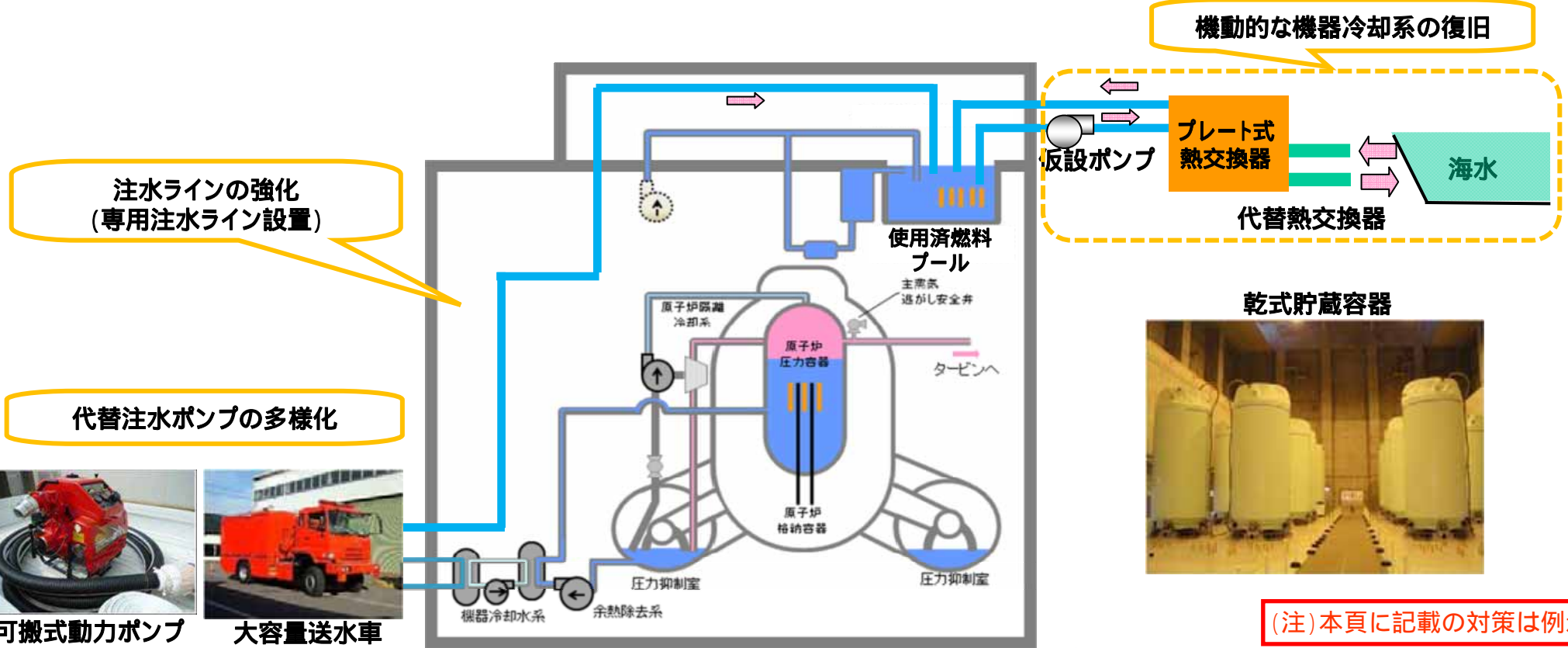
復水ピット、純水タンク、淡水タンク、海水等多様な水源



(注) 本頁に記載の対策は例示

使用済燃料プールの注水・冷却機能の多様化、貯蔵の分散化

駆動源の異なる注水設備の配備及び注水ラインの強化(配管の耐震化または専用注水ライン設置)、代替冷却機器(代替海水取水ポンプまたは代替熱交換器)の配備と手順の整備による機動的な機器冷却系の復旧手段の確保
乾式貯蔵容器の採用等による使用済燃料の分散化を検討



(注) 本頁に記載の対策は例示

全交流電源喪失時においても、格納容器破損等を防止

有効と考えられる対策

過圧・過温破損防止対策

格納容器の除熱機能の多様化

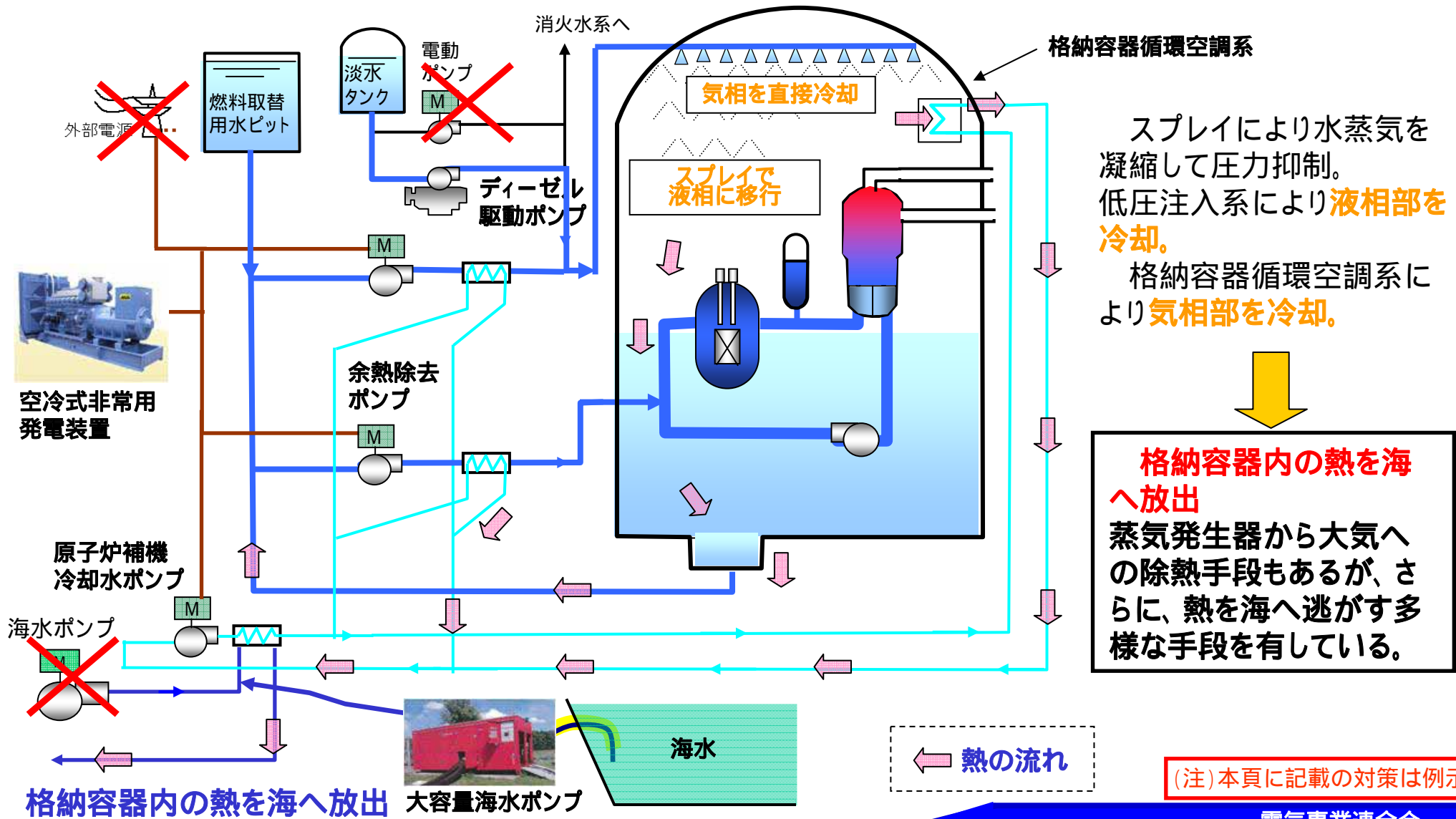
格納容器トップヘッドフランジ等の過温破損防止対策

フィルタ付ベント設備の設置

水素爆発防止対策

確率論的安全評価による事故シーケンスの頻度及び事象進展の解析等によって格納容器破損防止対策の有効性を評価することが重要

全交流電源喪失時においても、格納容器破損等を防止



スプレーにより水蒸気を凝縮して圧力抑制。
 低圧注入系により液相部を冷却。
 格納容器循環空調系により気相部を冷却。

格納容器内の熱を海へ放出
 蒸気発生器から大気への除熱手段もあるが、さらに、熱を海へ逃がす多様な手段を有している。

(注) 本頁に記載の対策は例示

全交流電源喪失時においても、炉心損傷による格納容器過温破損を防止

◆原子炉ウェル注水策の検討

既設ポンプまたは注水車等により原子炉ウェルに注水し、トップヘッドフランジを冷却

【課題】既存の安全機能への影響評価

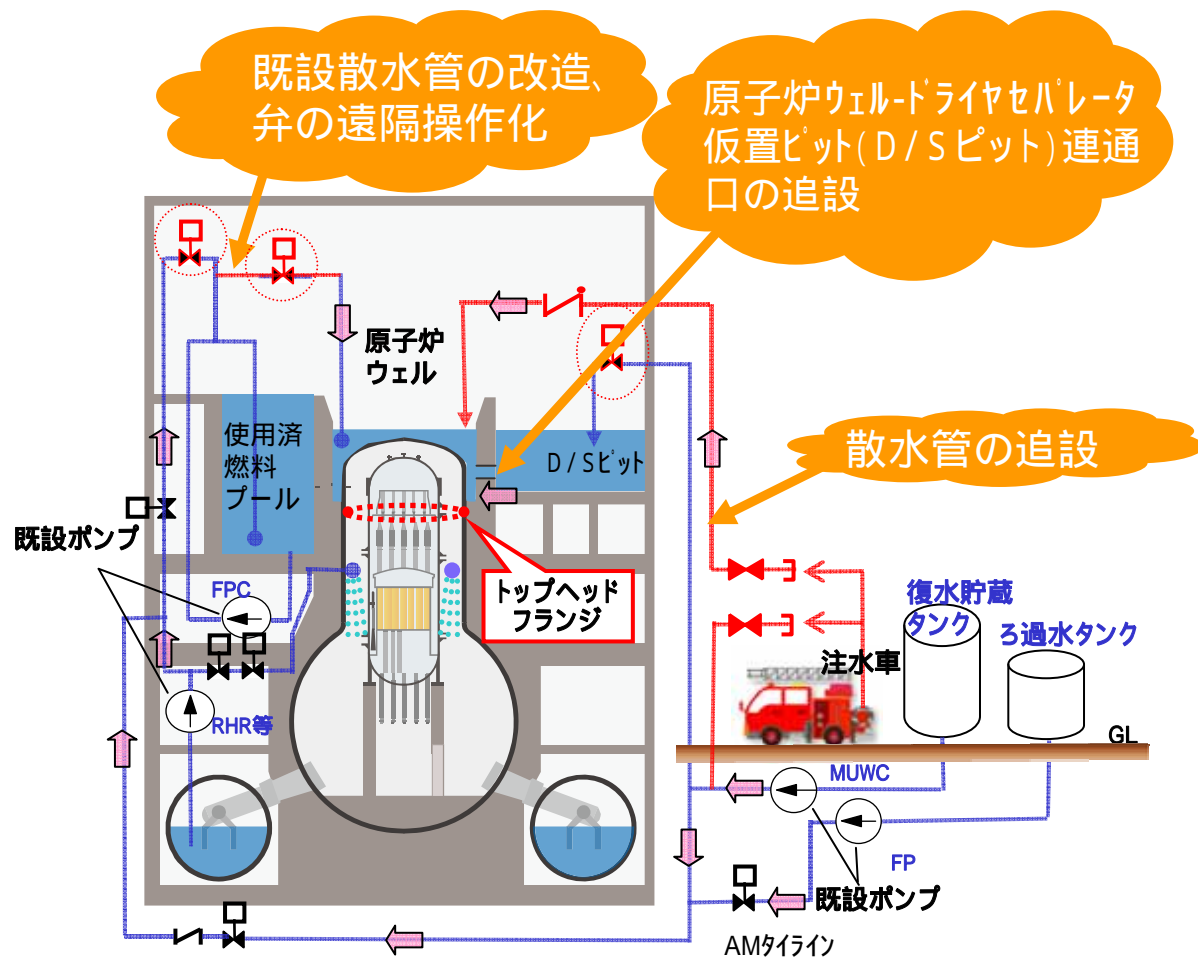
◆トップヘッドフランジシール材の強化

トップヘッドフランジ及びその他のシール部に苛酷な環境に耐え得るシール材を採用

【課題】研究開発

◆格納容器スプレイ

代替ポンプを使用した格納容器スプレイ

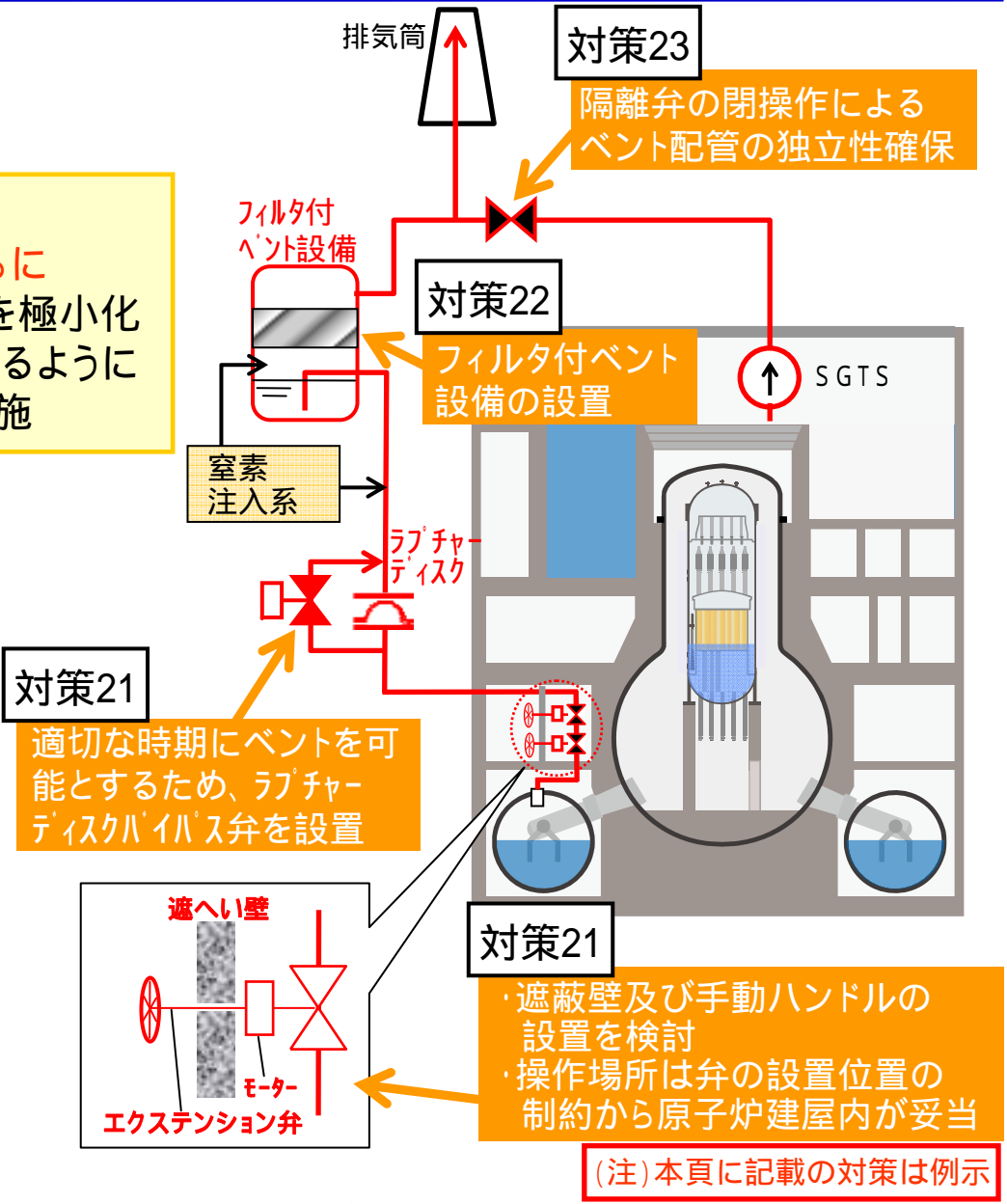
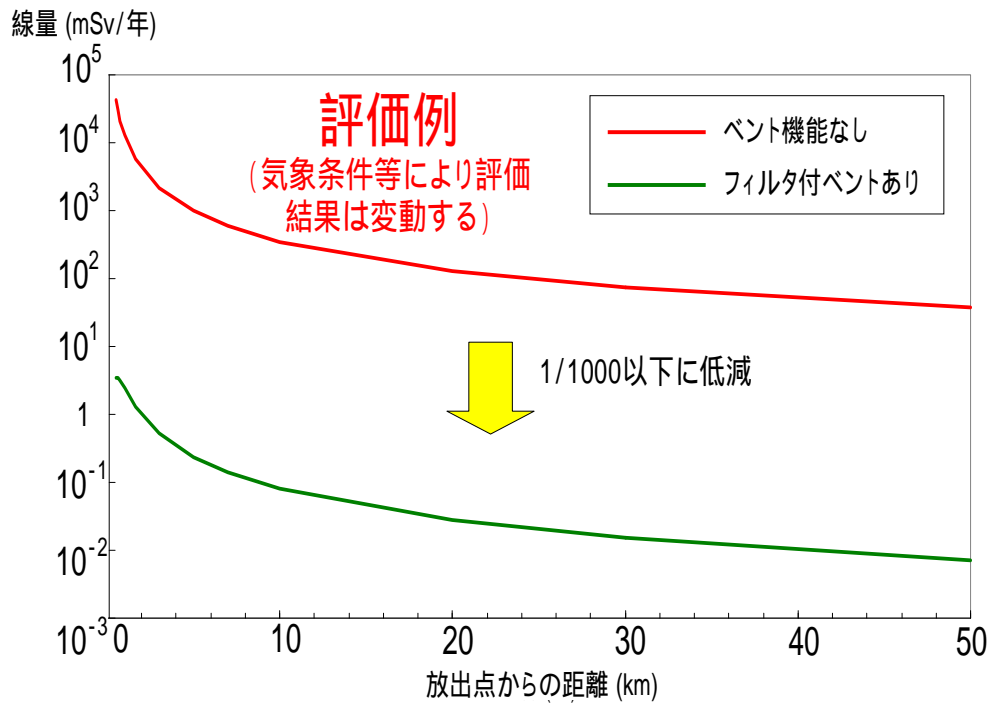


(注) 本頁に記載の対策は例示

4.3(3) フィルタ付ベント設備の設置

格納容器の過圧破損を防止

- W/Wベントにより放出量を1/100以下に低減可能
- フィルタ付ベント設備の設置により、放出量を劇的(さらに1/1000以下)に低減し、土地汚染による長期避難区域を極小化
- 駆動源喪失等様々な状況においても確実にベントできるようにするとともに、ベント時の水素逆流を防止する対策を実施

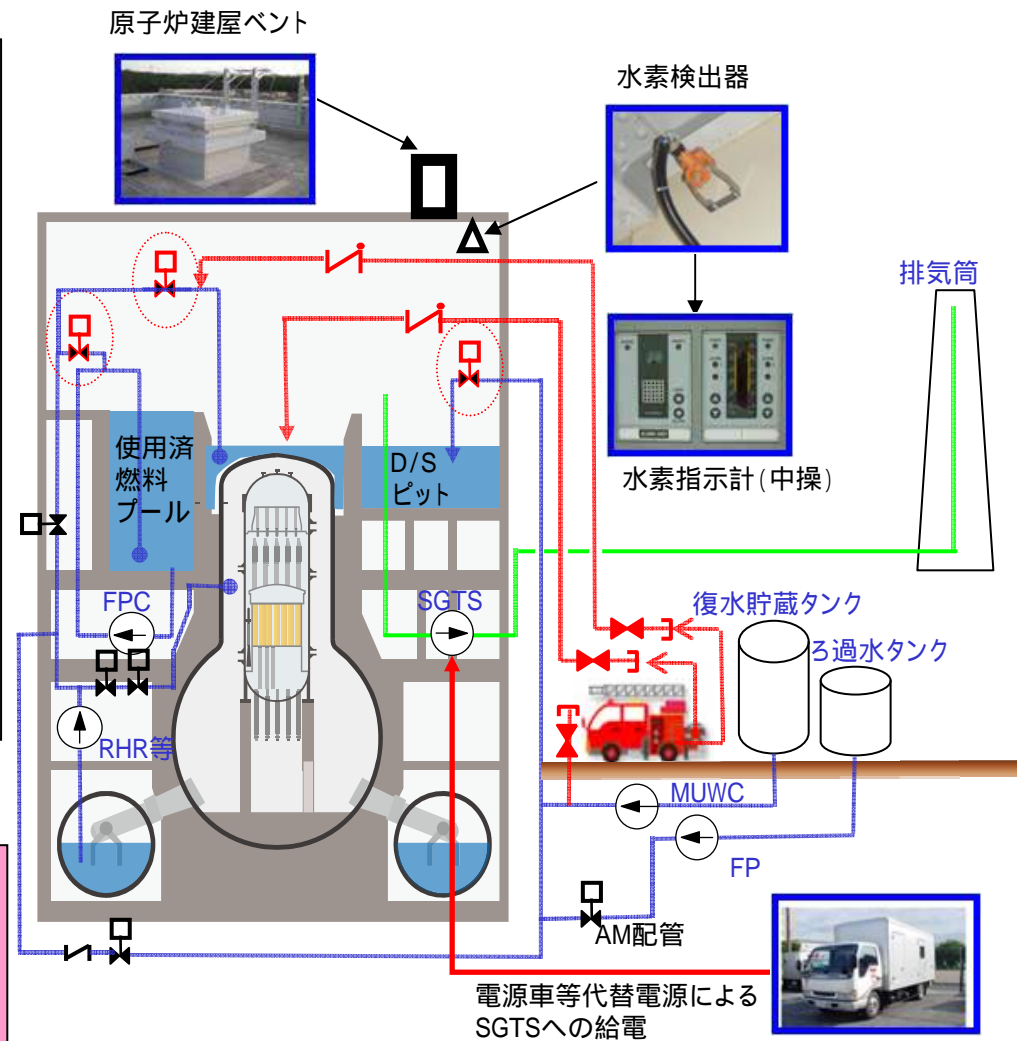


建屋内に漏えいした水素を放射性物質の放出を抑制しつつ処理し、建屋内での爆発を防止

- (1) **水素の発生防止**
 原子炉への注水機能の強化による炉心損傷防止
 (水素発生抑制)
- (2) **格納容器からの水素の漏えい抑制**
 ・過温破損防止: シール材の強化、格納容器トップヘッド水張り等
 ・過圧破損防止: 格納容器フィルタベント(放射性物質を低減)等
- (3) **原子炉建屋からの水素の排出**
 水素検出器で原子炉建屋内の水素を検出するとともに、SGTSに代替電源からの給電を可能とし、粒子状核種の放出を抑制しつつ水素を排出



- ・ 以上のとおり、水素の発生から放出抑制に至るまでの一連の対策を検討中
 【課題】想定する事故シーケンスと対策の有効性評価
- ・ 原子炉建屋からのベントは、これらの対策にさらに加えて実施する対策との位置づけ



(注) 本頁に記載の対策は例示

シビアアクシデント時にもプラント状態の監視を可能とする

- 福島事故を念頭においてシビアアクシデント対応への要求仕様を整理し、シビアアクシデントが発生した場合においても、原子炉水位や圧力等のプラント重要パラメータの計測を可能とするシステムの開発・実用化に向けた検討に着手
- 今年度、計装システムの要求条件定義(要求レンジとその根拠、環境条件等)までの検討を行う
- 来年度以降、具体的な計装システムの開発(設計・試作・試験)を進める予定

- 二度と「福島事故」を起こさないという強い決意のもと、種々の安全対策を実施し、発電所の安全性を確保
- 世界トップレベルの安全性を確保
 - 組織的取組み(新組織の設立)
 - 継続的な設備・運用面の改善
 - 福島事故から得られる知見、諸外国の動向、今後実施する確率論的安全評価等から得られる知見を活用して、継続的な改善を実施
 - 研究開発の成果、最新知見を速やかに反映
- 事業者による継続的な改善を促進するため、シビアアクシデント対策の規制化にあたっては、性能規定化、許認可・届出手続きの最適化、予見性が重要

【参考】中間とりまとめ30項目の対策

外部電源設備について		対策16	代替注水機能の強化
対策1	外部電源系統の信頼性向上	対策17	使用済燃料プールの冷却・給水機能の信頼性向上
対策2	変電所設備の耐震性向上	閉込機能に関する設備について	
対策3	開閉所設備の耐震性向上	対策18	格納容器の除熱機能の多様化
対策4	外部電源設備の迅速な復旧	対策19	格納容器トップヘッドフランジの過温破損防止対策
所内電気設備について		対策20	低圧代替注水への確実な移行
対策5	所内電気設備の位置的な分散	対策21	ベントの確実性・操作性の向上
対策6	浸水対策の強化	対策22	ベントによる外部環境への影響の低減
対策7	非常用交流電源の多重性と多様性の強化	対策23	ベント配管の独立性確保
対策8	非常用直流電源の強化	対策24	水素爆発の防止(濃度管理及び適切な放出)
対策9	個別専用電源の設置	指揮・通信・計装制御設備及び非常事態への対応体制について	
対策10	外部からの給電の容易化	対策25	事故時の指揮所の確保・整備
対策11	電気設備関係予備品の備蓄	対策26	事故時の通信機能確保
冷却設備について		対策27	事故時における計装設備の信頼性確保
対策12	事故時の判断能力の向上	対策28	プラント状態の監視機能の強化
対策13	冷却設備の耐浸水性確保・位置的分散	対策29	事故時モニタリング機能の強化
対策14	事故後の最終ヒートシンクの強化	対策30	非常事態への対応体制の構築・訓練の実施
対策15	隔離弁・SRVの動作確実性の向上	下線の対策については主にBWRのみを想定	

「東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の技術的知見について(中間とりまとめ)(平成24年2月原子力・安全保安院)」