



大飯発電所の現場確認(10/23)における 委員からのご質問に対する回答について

平成29年11月8日

- 設備対応（電源、冷却機能の確保など） 2 ～ 7
- インシデントコマンドシステム（ICS）の導入 8 ～ 9
- 火山灰対策 10 ～ 15
- 運転シミュレータ訓練の充実 16 ～ 17

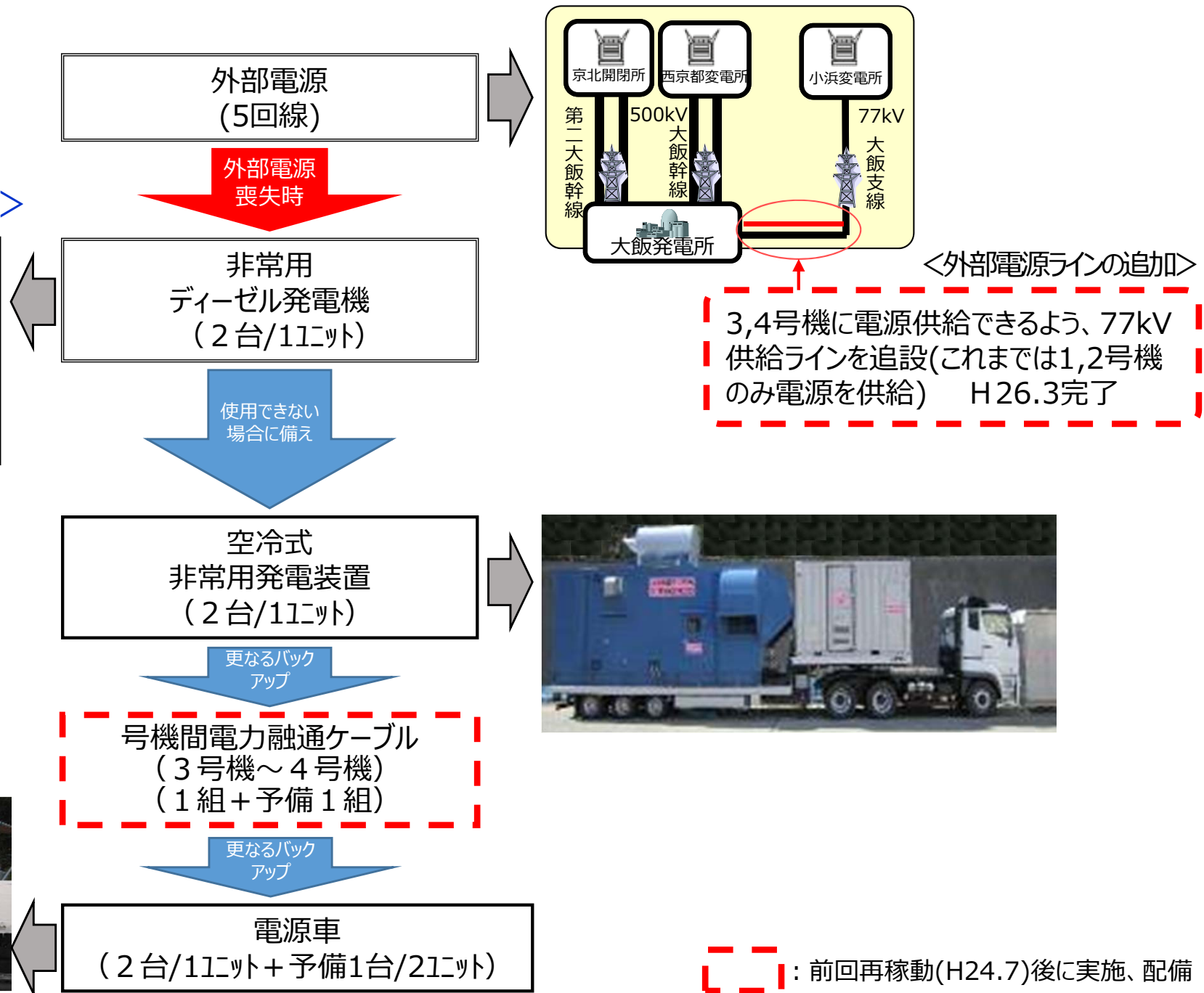
大飯3, 4号機 外部電源喪失時の電源確保 (交流電源)

2

<設計基準事故対処設備>

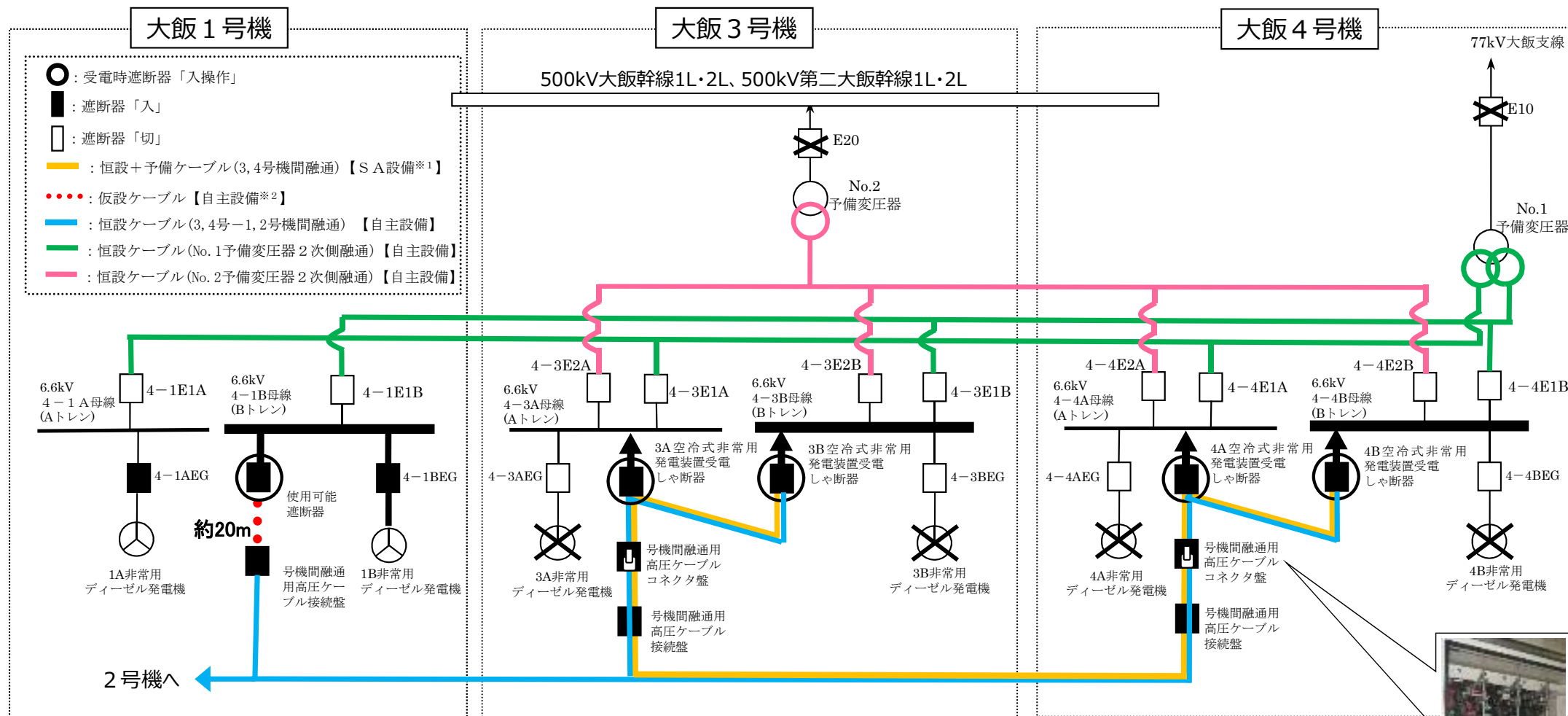


<重大事故等対処設備>



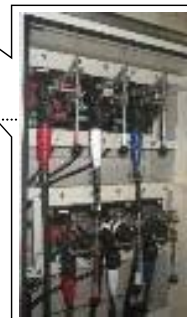
大飯3, 4号機 号機間融通ケーブル

外部電源が喪失し、自号機の非常用ディーゼル発電機が使用できない場合に備え、他号機の非常用ディーゼル発電機から電力を融通できるよう、号機間融通用高圧ケーブル接続盤、コネクタ盤を設置、号機間融通ケーブルを敷設した。



※1: SA設備…重大事故等対処設備

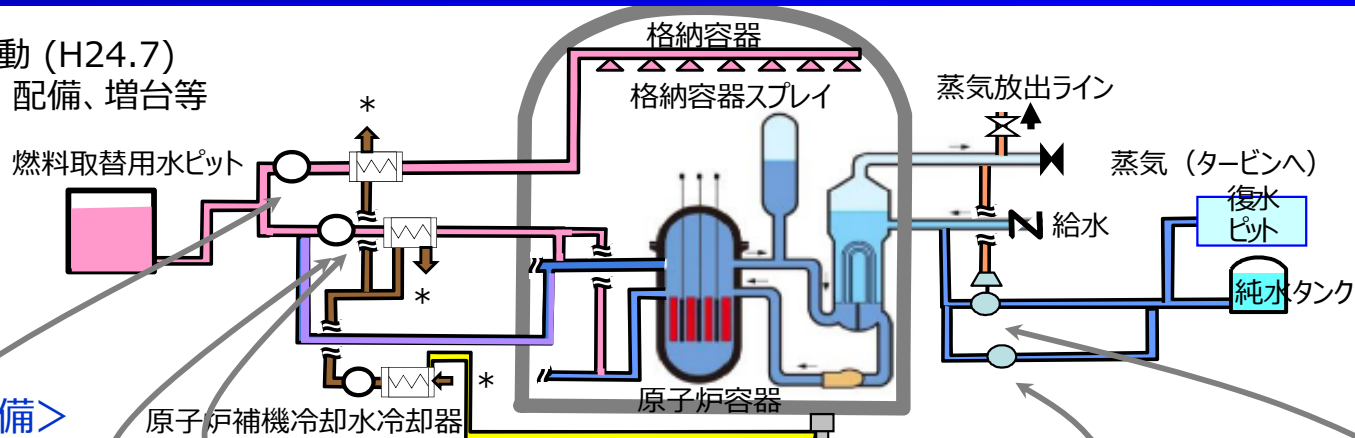
※2: 自主設備…多様性拡張設備 (定義: 技術基準上のすべての要求事項を満たすことや、すべてのプラント状況において使用することは困難であるが、プラントの運転状況によっては、事故対応に有効な設備)



大飯3, 4号機 重大事故等発生時の原子炉容器等への注水設備

4

---: 前回再稼動 (H24.7)
後に実施、配備、増台等



※: 技術基準上の全ての要求事項を満たすことや全てのプラント状況において使用することは困難であるが、プラントの状況によっては事故対応に有効な設備

<設計基準事故対応設備>

格納容器スプレイポンプ	高圧注入ポンプ	余熱除去ポンプ
1200m ³ /h 【2台/1ユニット】	320m ³ /h 【2台/1ユニット】	1020m ³ /h 【2台/1ユニット】

海水ポンプ
5300m ³ /h【3台/1ユニット】

電動補助給水ポンプ	タービン補助給水ポンプ
140m ³ /h【2台/1ユニット】	250m ³ /h【1台/1ユニット】

<重大事故等対応設備>

使用できない
場合に備え

恒設代替低圧注水ポンプ
150m ³ /h 【1台/1ユニット】
更なるバックアップ
可搬式代替低圧注水ポンプ (+送水車)
150m ³ /h 【2台/1ユニット + 予備1台/2ユニット】

使用できない
場合に備え

大容量ポンプ
1800m ³ /h 【2台/2ユニット + 予備1台/2ユニット】 前回再稼動後に2台追加
海水ポンプ予備モータ
【1台/1ユニット】

使用できない
場合に備え

中圧ポンプ	<多様性拡張設備※>
	50m ³ /h 【1台/1ユニット】
更なるバックアップ	
送水車	
	300m ³ /h 【2台/1ユニット + 予備1台/2ユニット】

大飯3, 4号機 代替低圧注水ポンプの接続先

恒設および可搬式代替低圧注水ポンプは、非常用炉心冷却設備（ECCS）である余熱除去ポンプまたは格納容器スプレイポンプが故障した際に、燃料取替用水ピットや復水ピット等を水源として代替炉心注水または代替格納容器スプレイを実施するために設置（配備）している。

【使用時期】

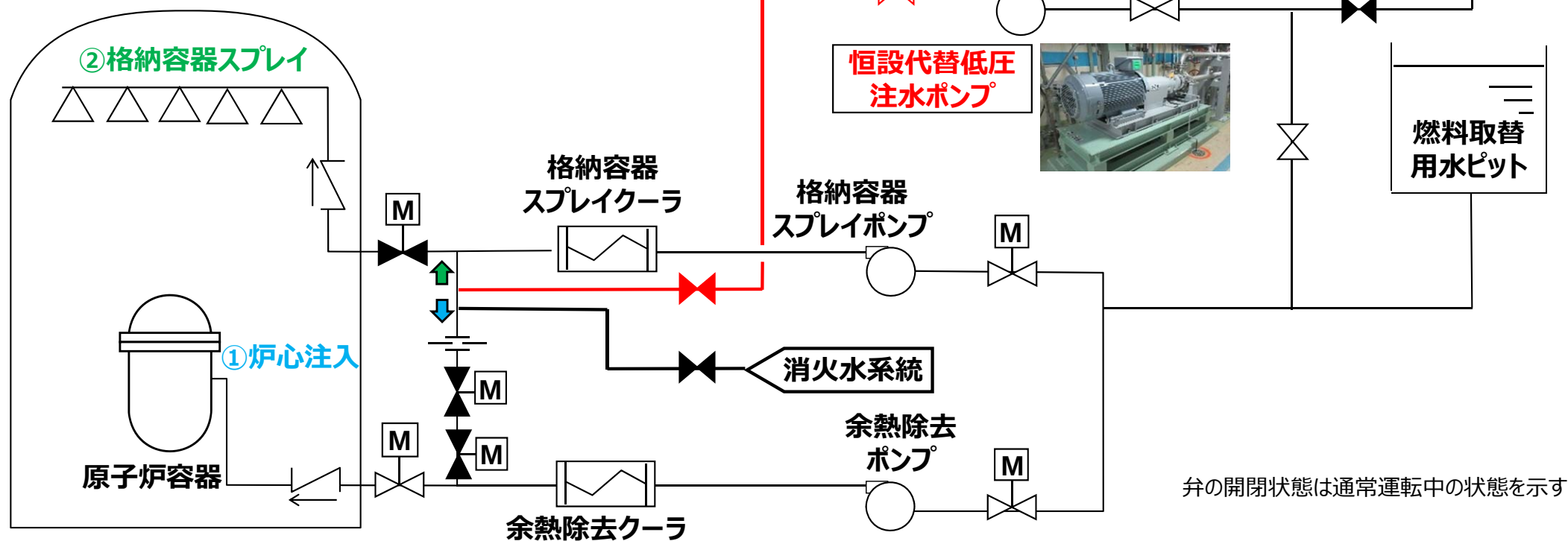
①代替炉心注水

- 1 次冷却材喪失事故（LOCA）が発生した際に
- ・ECCSが故障した場合
 - ・全交流電源又は原子炉補機冷却機能が喪失した場合

②代替格納容器スプレイ

LOCAが発生し、格納容器内圧力がスプレイ作動設定値に到達した際に

- ・格納容器スプレイポンプが故障した場合
- ・全交流電源又は原子炉補機冷却機能が喪失した場合



大飯3, 4号機 モックアップ訓練設備の運用改善

重大事故等発生時において実施する操作訓練については、実機で行うことが困難であるため、実機と同等の訓練用設備（モックアップ設備）を設置し、改善を図りながら訓練の実効性を向上。

モックアップ設備の設置

訓練名称	設置年月
タービン動補助給水ポンプ手動起動	平成27年6月
ディスタンスピース取替え	平成27年2月
可搬式代替低圧注水ポンプ出口配管接続	平成28年3月
可搬式使用済燃料ピット水位計設置	平成27年3月
主蒸気逃がし弁操作	平成27年3月
補機冷却水配管海水通水時排水ライン接続	平成28年3月
中央制御室空調ダンパ操作	平成27年4月
可搬型計測器によるパラメータ採取	平成24年6月

モックアップ設備の改善例

壁、保温等の障害物を設置し、可能な限り現場の狭隘な操作環境を模擬。



更に

遮光カーテンの設置

モックアップ設備の設置場所にある全ての窓に遮光カーテンを設置し、電源喪失時の操作環境を模擬。(H29.3)



モックアップ設備による訓練実績(平成28年度)

訓練回数：270回（のべ約1700人）

受講対象者：ディスタンスピース取替え（給水要員）、タービン動補助給水ポンプ手動起動（運転支援要員）、可搬式代替低圧注水ポンプ出口配管接続（運転支援要員、設備要員）、可搬式使用済燃料ピット水位計設置（設備要員）他

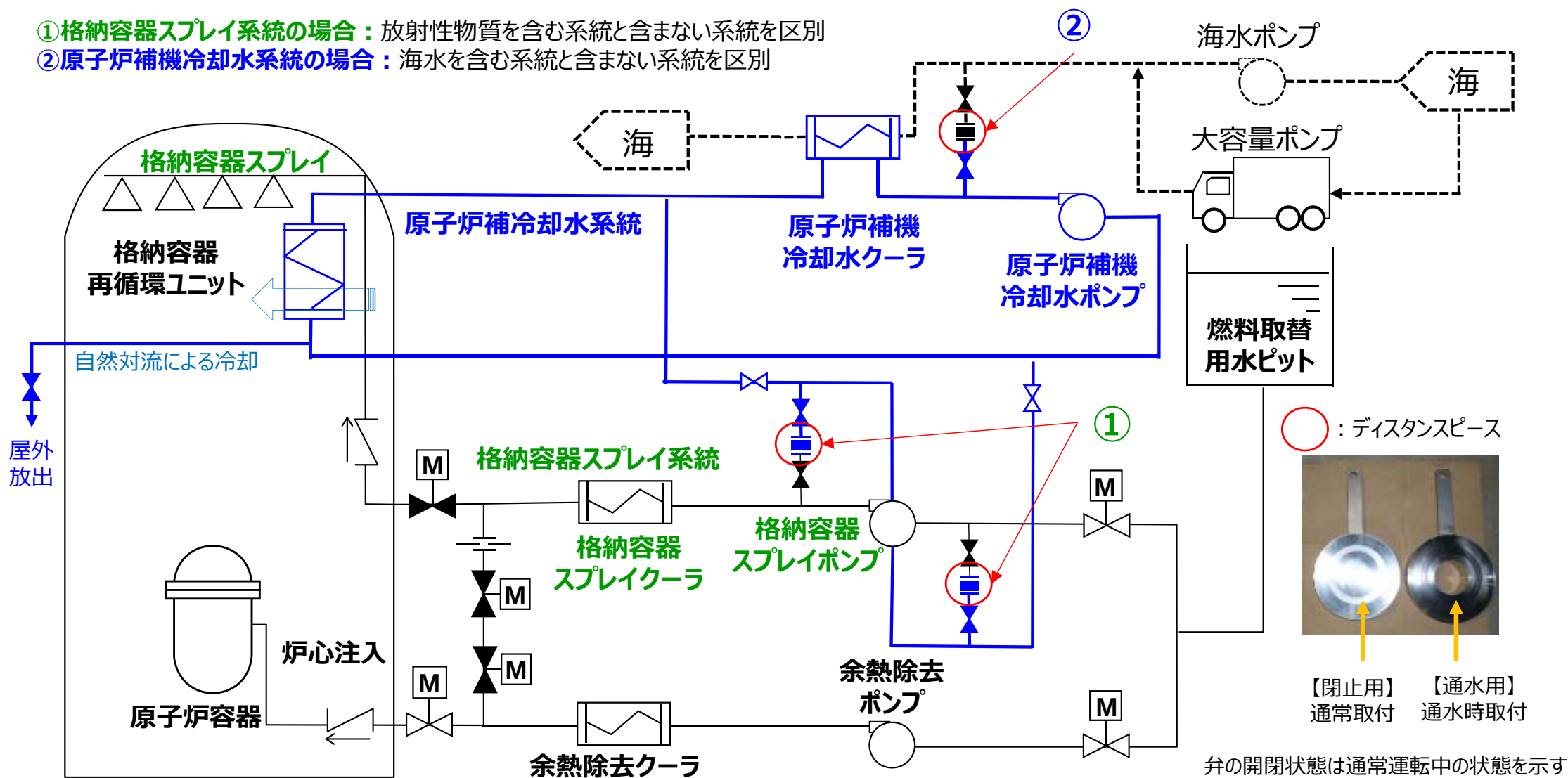
原子炉および格納容器冷却手段の多様化（ディスタンスピース）

重大事故時に炉心や格納容器を冷却するための注水系統において、冷却手段の多様化を図るために、放射性物質や海水など、異なる流体を内包する系統と接続する対策を行っている。

放射性物質または海水を含む系統と含まない系統を接続する箇所には、通常運転中に他の設備に悪影響を及ぼさないよう、その境界にディスタンスピースを設置。通常は円盤状の「閉止用」が取り付けられており、事故時等の通水時には中央に穴が開いている「通水用」に取り替える運用となる。

① 格納容器スプレイ系統の場合：放射性物質を含む系統と含まない系統を区別

② 原子炉補機冷却水系統の場合：海水を含む系統と含まない系統を区別



○ I C Sとは

指揮命令系統の明確化、監督限界の設定、専門用語の共通化等の危機対応活動を定めた緊急時のマネジメントシステム。

I C S 導入の経緯

○平成27年 5月

国の総合資源エネルギー調査会傘下のワーキンググループでの検討を踏まえ、国のみならず、事業者も含めた導入検討の期待が示されたことから I C S 導入の検討を開始した。

○平成27年11月

当社として「I C Sの原則を踏まえた改善検討を進めていき、組織としての対応能力の強化を図っていく」こととした。

○平成28年3月

I C Sの原則を踏まえ、緊急時対応能力向上に向けた中期的な進め方について方針をまとめ、平成28年度の原子力防災訓練から試行することとした。

- ・指揮命令系統の明確化（事業本部）
- ・インシデントコマンダー制の採用（事業本部）
- ・C O P（共通運用図）の運用（事業本部・発電所）

I C S 導入の実績

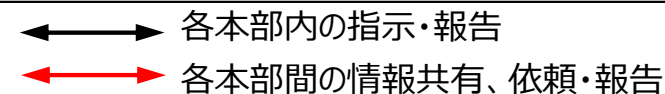
○原子力事業本部

- ・指揮命令系統の明確化等を平成28年度訓練から試行
- ・平成29年9月の訓練において、発電所が複数発災した場合を想定し、緊急時対策本部内の情報輻輳等による混乱を防ぐため、発災発電所毎に担当統括（サイト統括）を配置

○発電所

- ・原子力事業本部の方針に基づき、C O P（共通運用図）の運用を平成28年度の原子力防災訓練から試行

I C Sの導入にあたり、数ヶ月ほどの期間をかけて議論を重ね導入した。今後も訓練等を通じた改善を積み重ね、事故対応の実効性を高めていく。



大飯 3 , 4 号機 非常用ディーゼル発電機の火山灰対策に係る評価の比較 10

既許可では既往観測最大濃度に対して非常用ディーゼル発電機が運転可能なことを確認、規則改正案の濃度に対しては設備対策により運転可能なことを確認している。

	現行規制 (大飯 3 , 4 号機 設置許可)	規則改正案への対応評価 (カートリッジ式の分割フィルタ)
火山灰の想定	・既往観測最大濃度 セントヘレンズ火山 ($0.033\text{g}/\text{m}^3$)	・設置許可にて確認された堆積量から推定する 手法による濃度 ($\text{約}1.5\text{g}/\text{m}^3$)
設備 (フィルタによる 火山灰対策)	・吸気口にフィルタをボルトで固定 (5分割)	・格子状のフレームにカートリッジフィルタを挿入 (8 段 $\times$ 3 分割)
	・非常用ディーゼル発電機を停止せず に取替可能 (2 台を同時に運転)	・閉止板を挿入し非常用ディーゼル 発電機を停止せず に取替可能 (2 台を同時に運転) (フィルタの性能、非常用ディーゼル 発電機の吸気量は現行と同様)
体制 (フィルタ取替など)	・12 名 / 2 台必要	・8 名 / 2 台必要
フィルタ取替時間	・約 20 分	・約 20 分
評価	・ $0.033\text{g}/\text{m}^3$ の濃度に対し運転可能※1	・ $1.5\text{g}/\text{m}^3$ の濃度に対し運転可能※2

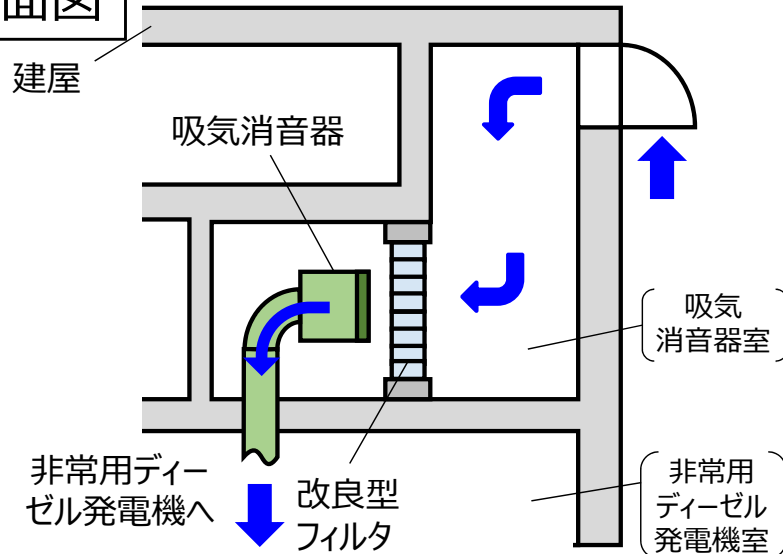
※ 1 : 保守的にフィルタ表層部分 (フィルタ体積の1%) のみで灰が捕集されると想定した場合の火山灰捕集量 ($1,000\text{g}/\text{m}^2$) を用いて評価。

※ 2 : 関西電力にて実機と同性能のフィルタを用い、実機での風速を模して実施した簡易試験データに基づく火山灰捕集量 ($20,000\text{g}/\text{m}^2$) を用いて評価。(原子力規制委員会 降下火砕物の影響評価に関する検討チームにて説明済み)

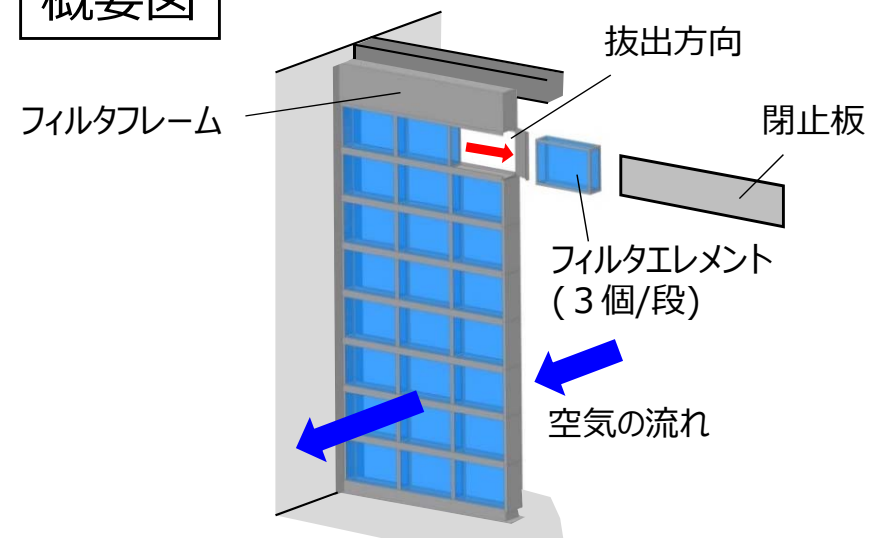
※H29.9.20配備完了

改良型フィルタ※イメージ図（A－吸気消音器室）

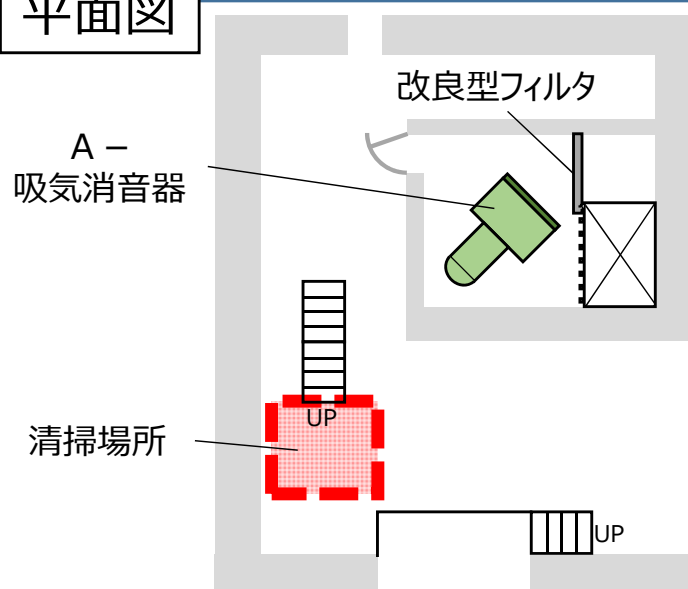
断面図



概要図



平面図



- 通常時は、保守や点検など管理面で優れる既存フィルタを使用
- 発電所への降灰時は、運転継続しつつフィルタ取替する観点から、既存フィルタを取り外し、専用設計した改良型フィルタを装着
- 改良型フィルタは、周辺機器の配置を考慮し、フィルタの取替えを効率的に実施できるよう、配置、形状に配慮
- 改良型フィルタの清掃は、取り除いた灰を吸い込まないように、吸気消音器室の外に出たエリアで実施
- 清掃で出た灰については、袋に収納し、清掃作業の妨げにならない場所に保管

- 降灰時、非常用ディーゼル発電機等の停止による全交流電源喪失（SBO）を想定
- 蒸気発生器による炉心冷却機能の維持のため、非常用ディーゼル発電機の代替電源設備として、仮設中圧ポンプの駆動用に、配備済みの電源車をタービン建屋内に移動
- タービン建屋内に電源車を配置することにより、火山灰の影響を受けないことを確認

【設備】

- ・仮設中圧ポンプ（1台/ユニット）
→ 多様性拡張設備※1を使用
外周建屋内に設置済み
吐出圧3MPa、電気容量75kW
- ・電源車（1台/ユニット）
→ 可搬型SA設備を使用
背面道路等に配備済み
電気容量488kW（5台保有※2）
- ・高圧ケーブル（約100m/ユニット）
→ 4号機タービン建屋内に配備済み

※1：事業者が自主的安全性向上の観点で設置した設備。新規規制基準への適合性審査でも、重大事故等対策としての有効性を原子力規制委員会が確認。

※2：直流専用の電源車を除く

【手順】

- ①：電源車移動
背面道路からタービン建屋内へ
- ②－1：高圧ケーブル敷設
電源車－メタクラ間
- ②－2：給電準備
メタクラ遮断器投入、
パワーセンタへの給電準備
- ③：給水準備
仮設中圧ポンプの供給ライン接続、
ポンプ起動



＜対応時期＞ ①：降灰予報（多量）後、直ちに開始
②、③：SBO発生後に開始

火山影響等発生時の体制整備等に係る規制要求への対応

○大飯3, 4号機の火山灰への対応について、改正規則案に基づき体制等を整備

改正規則案の主な内容とその対応

火山影響等発生時における発電用原子炉施設の保全のための活動を行うために必要な

計画を策定すること

→ 降灰時におけるフィルタ取付け・取替手順、配備済みの可搬型設備等による炉心冷却手順、全交流電源喪失後の手順等を整備

要員を配置すること

→ 降灰時における上記手順に必要な要員を配置

フィルターその他の資機材を備え付けること

→ 非常用ディーゼル発電機の着脱式フィルタの配置や配備済みの可搬型設備等により対応

その他、「要員に対する訓練に関する措置を講じること」等についての要求についても対応

改正規則の施行後、上記対策を反映した保安規定変更認可申請を行う予定

- 大飯発電所への火山灰の影響を評価するにあたり、活動性の認められる火山のうち、最も早く火山灰が到達すると想定される大山を前提に評価。
(発電所からの距離約200km)
- 大飯発電所の堆積量10cmから、気中降下火砕物濃度 $1.5\text{g}/\text{m}^3$ を算出し、対応可能な設備対策として、非常用ディーゼル発電機の改良型フィルタを配備。



図1 大飯発電所と大山の位置関係

- 噴火から約10分後に降灰予報を受信し、「降灰予報(多量)」がおおい町に発表された場合、原子炉を手動停止し、改良型フィルタの設置や仮設中圧ポンプ等の準備を開始する。
- 降灰開始後（噴火から約1時間後）、改良型フィルタの取替作業により、非常用ディーゼル発電機の機能を維持する。
- 非常用ディーゼル発電機が機能喪失した場合には、タービン動補助給水ポンプや仮設中圧ポンプにより炉心冷却機能を維持する。
- 改正規則の施行後、上記対策を反映した保安規定変更認可申請を行う予定。
- 定期的に火山に対する新知見の確認を行い、新知見が得られた場合に安全性を評価する運用としている。

外部ハザード（地震、津波、竜巻、火山等）時における原子炉停止判断

15

外部ハザード発生時における大飯3, 4号機の原子炉停止判断基準においては、「大飯発電所3, 4号機事故時操作所則」に、以下のとおり規定。
原子炉停止の判断は当直課長が行う。

外部ハザードの種類	原子炉停止の判断基準（判断時期）
地震	・系統、機器等に異常が発生し、プラント運転継続が困難と判断した場合 (参考) 保護用地震計が設定値を超える揺れを観測した場合、系統や機器等の異常有無に関わらず原子炉は自動停止
津波	・福井県と京都府のいずれかの津波予報区で大津波警報が発令された場合 ・潮位の異常低下により海水ポンプの運転継続ができない場合、または、循環水ポンプの翼開度を絞っても翼開度に見合った出口圧力を維持できない場合
竜巻	・格納容器排気筒が損傷し、原子炉保修課長が応急補修が困難と判断した場合 ・アニュラス区画構造物が損傷し、土木建築課長が応急補修が困難と判断した場合
火山 (降灰)	・おおい町に「降灰予報（多量）」が発表された場合
地滑り (大雨)	・発電所構内の大谷口で地滑りが発生し、土木建築課長が土砂撤去が困難と判断した場合

○福島第一原子力発電所事故以降、重大事故等対策設備を計画的にシミュレータに反映し、重大事故への対応訓練を実施。
○さらなる充実を図るため、炉心溶融モデルを使用した炉心損傷後における対応訓練を導入予定。

(1) 重大事故等への対応訓練の実施状況（平成30年度内には炉心損傷後の対応訓練を導入）

プラント	平成23～28年度	平成29年度		平成30年度	
		上期	下期	上期	下期
	▽H23 福島第一事故 ▽H25 新規制基準施行				
SA対策訓練の充実	SA対策設備のシミュレータへの反映（適宜実施） 継続的に反映（継続） ＜重大事故対応訓練＞ ▲H24 空冷式非常用発電装置 ▲H25 大容量ポンプ ▲H26 ATWS※2緩和設備 （改造例） 炉心溶融モデル※1導入・訓練シナリオ作成検証 ＜炉心損傷後の対応訓練＞ 訓練実施				
重大事故シーケンスに係る訓練	【福島第一事故以前から実施】 ①2次冷却系からの除熱機能喪失 ②原子炉格納容器の除熱機能喪失 ③原子炉停止機能喪失 ④ECCS注水機能喪失 ⑤ECCS再循環機能喪失 ⑥格納容器バイパス（IS-LOCA） ⑦格納容器バイパス（SGTR） ⑧全交流電源喪失（シールLOCAなし）				【炉心溶融モデル導入以降炉心損傷後の訓練 追加】 ⑩格納容器過圧破損 ⑪格納容器過温破損 ⑫水素燃焼 水素燃焼に係る具体的なシミュレータ訓練内容を次ページにて説明

(2) 炉心損傷後の対応訓練内容

- ・格納容器破損防止シーケンスを模擬した重大事故に対処するための訓練
- ・事故対応上必要となる重要な判断（炉心損傷判断など）に関する訓練

※1：軽水炉の炉心損傷、原子炉圧力容器破損、原子炉格納容器破損から、放射性物質の発生・移行・放出に至る事故シーケンス全般の現象解析に用いるプログラム

※2：原子炉停止機能喪失

水素燃焼シーケンスへの対応訓練

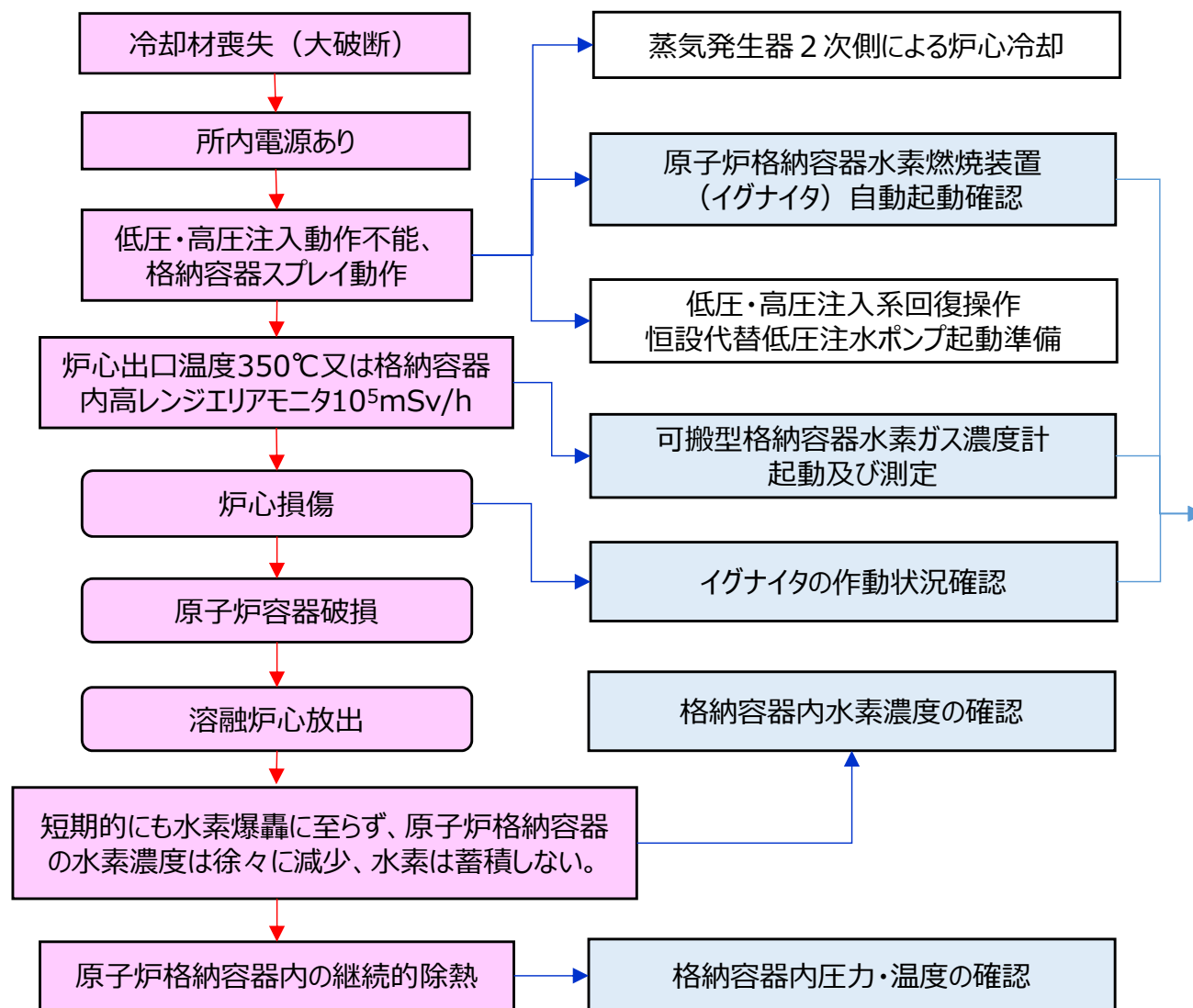
<水素燃焼シーケンス>

1次冷却材喪失事故（LOCA）と高圧・低圧注入機能喪失が重畳、格納容器スプレイが動作する状況においては、炉心露出・損傷により、断続的に発生する水素濃度の上昇が顕著となるため、水素濃度の挙動に留意した訓練を実施する。

【事象進展】

【対応手順】

【訓練内容】



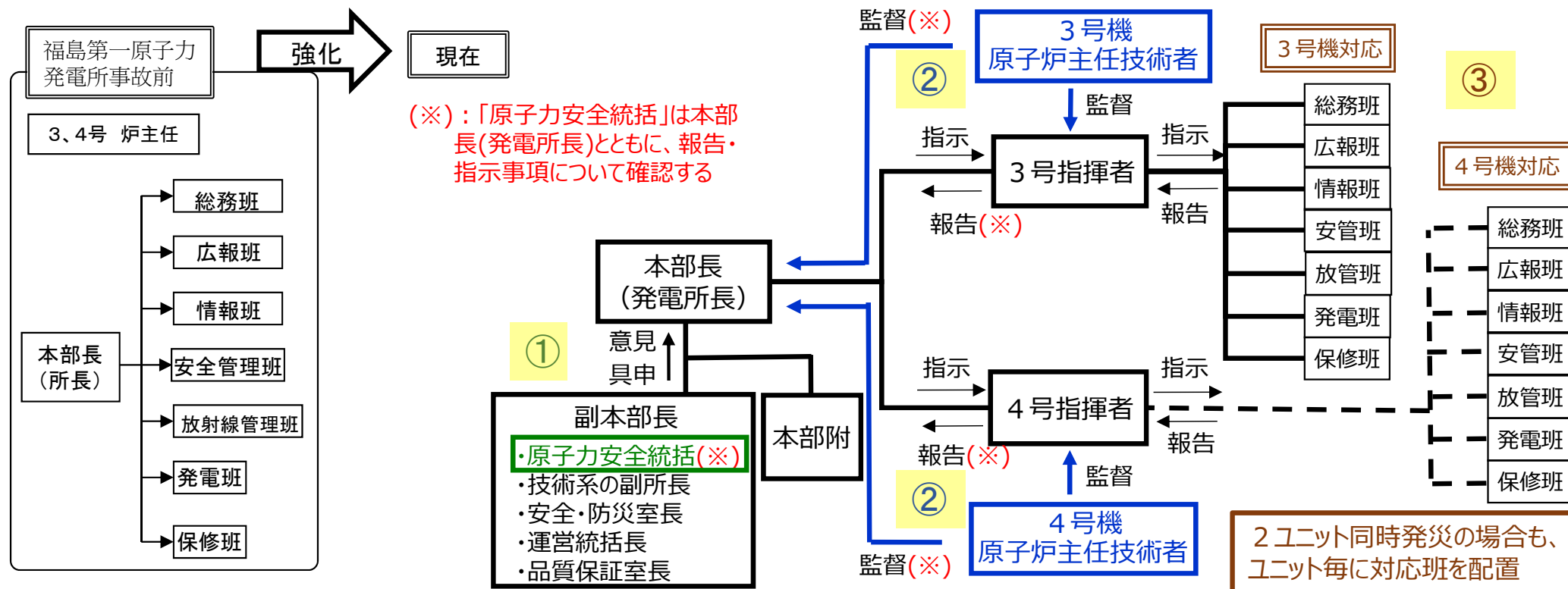
<水素燃焼シーケンスに着目した訓練項目>

左記の事象進展を模擬し、水素燃焼シーケンスのプラント挙動を確認するとともに、格納容器破損防止のための操作判断と正・負の影響評価、操作後のパラメータフォローによる効果の確認を実施する。

- ①イグナイタの起動確認（手動起動含む）
- ②格納容器内水素濃度の挙動確認
- ③格納容器内圧力・温度の挙動確認
- ④スプレイ作動による水素濃度上昇を考慮した一時的停止とスプレイ再開

参 考

発電所における緊急時対応体制の強化



①【原子力安全統括を配置】

- 発電所の体制に、所長に次ぐ職位として設置し、原子力安全システム全体を俯瞰する人材を配置。(平成26年6月)
- 発電所長の技術的判断のサポートを行う参謀。
- 各ユニット指揮者や各班長の報告、原子炉主任技術者の指示などを発電所長とともに確認、対応の方向性や対策の優先度、対策の有効性などについて助言・意見具申し、発電所長を支援。

②【ユニット毎に原子炉主任技術者を配置】

- 選任要件：①炉毎の選任、②実務従事期間等を考慮
- 同一型式の原子炉の兼任は認めないこととなった。(平成25年7月法改正)
- 独立した立場で監督を行い、重大事故等の拡大防止又は影響緩和を図る。
- 3、4号炉同時被災時でも、炉毎に選任された原子炉主任技術者により、炉毎に的確に指示。

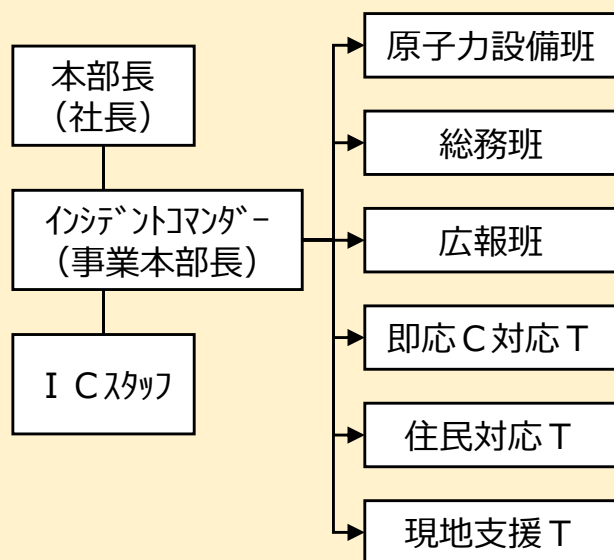
③【ユニット毎に対応班を明確化】

- 指揮者並びに各班の対応者を分別

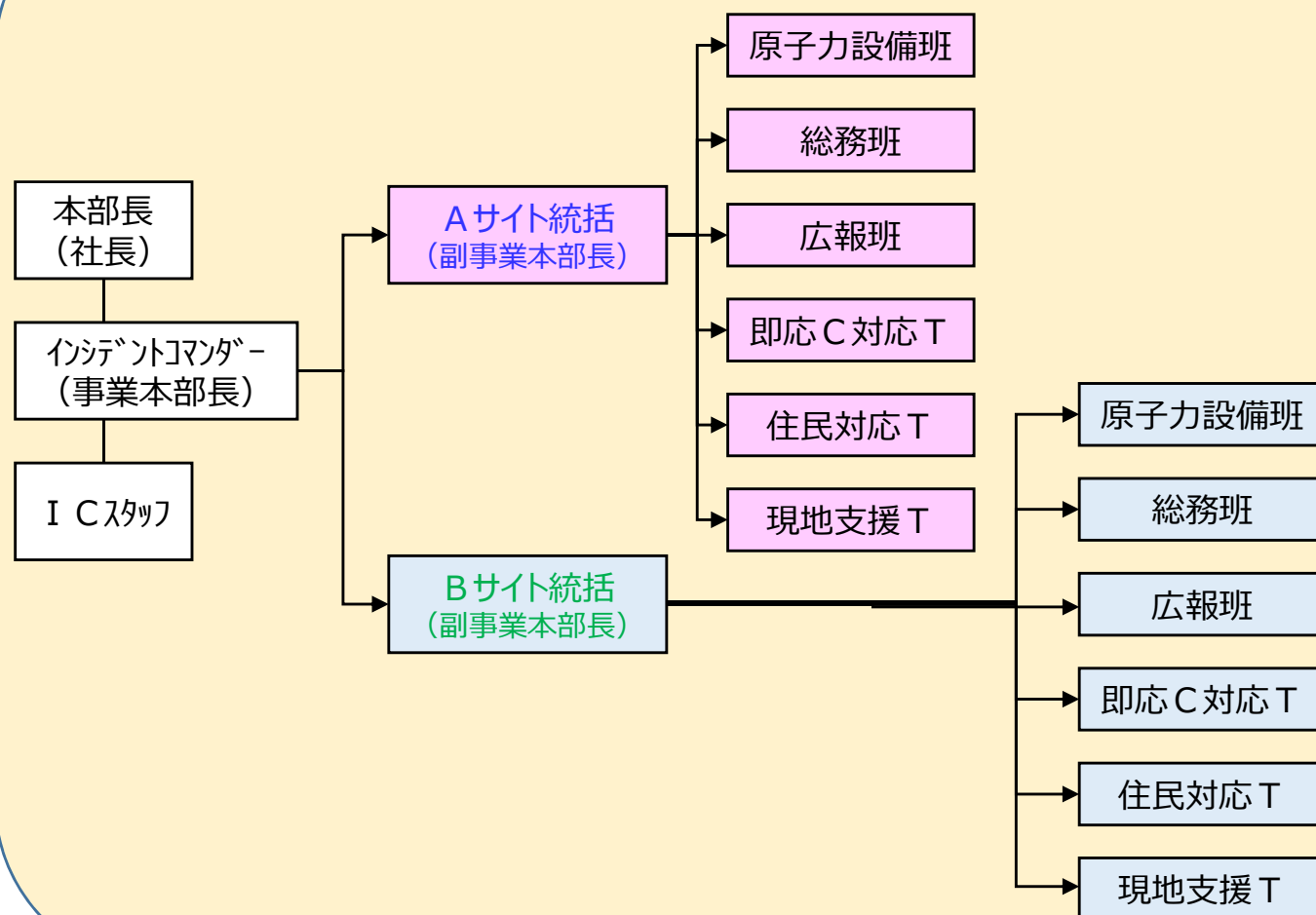
同時発災に備えた原子力事業本部の指揮命令系統の明確化

- 同時発災時は、情報輻輳による混乱を防止すると共に本部要員が的確に行動するため、副事業本部長クラス（3名）から発災サイト毎の統括を指名し、原則として担当統括の指揮の下で独立に対応。
- 本部長・I C（インシデントマンダリー）※ は、必要に応じ、担当統括に対して指示・指導・助言。

単独サイト発災時の体制



複数サイト発災時の体制

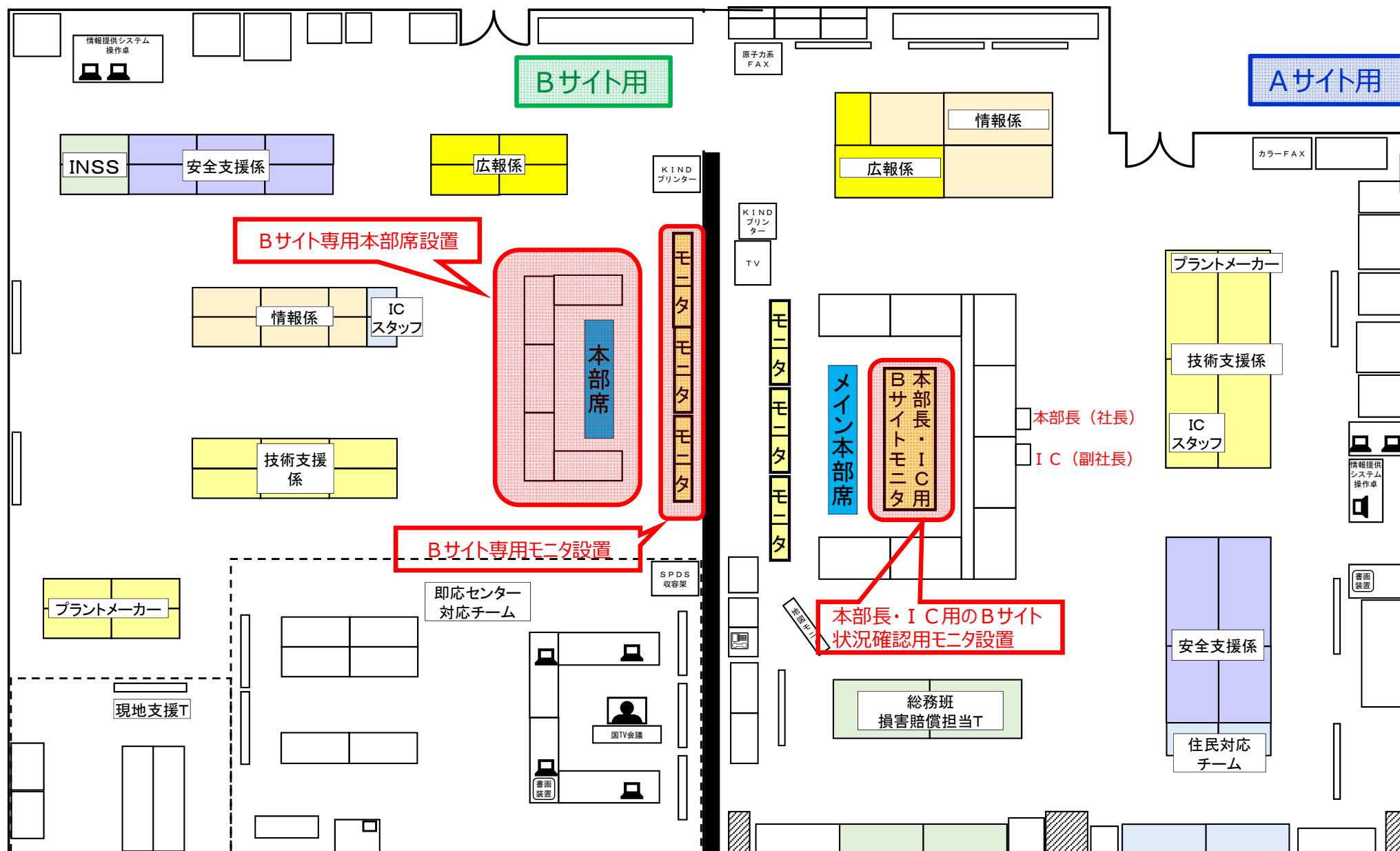


※現場指揮官。緊急時対応に係る全ての重要事項の報告を受け、本部内への指揮命令を一元的に発信する人物。

同時発災に備えた原子力事業本部緊急時対策本部のレイアウト変更・設備増強

- 前頁の組織の分離を有効に機能させるため、本店緊急時対策本部のレイアウトも発災サイト毎で分離して対応。
(本部長・I CはAサイト本部席で両サイトの対応を指揮することとし、本部長・I C用のBサイト状況確認モニタを設置。)
- また分離に際してBサイト専用の本部席・モニタを新たに設置。

=同時発災ハード対策



降灰予報で使用する降灰階級表

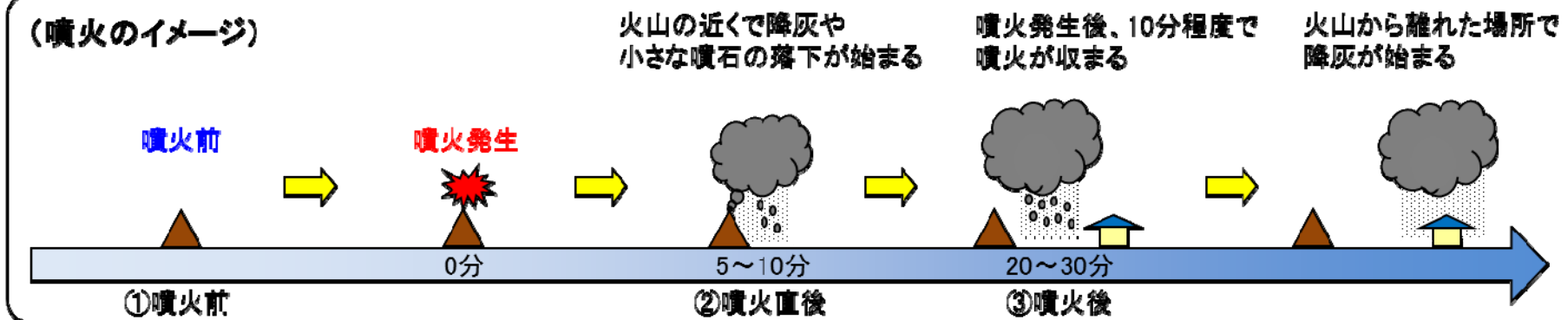
名称	表現例			影響ととるべき行動		その他の影響
	厚さ キーワード	イメージ※1		人	道路	
		路面	視界			
多量	1mm 以上 【外出を控える】	完全に覆われる 	視界不良となる 	<u>外出を控える</u> 慢性の喘息や慢性閉塞性肺疾患(肺気腫など)が悪化し健康な人でも目・鼻・のど・呼吸器などの異常を訴える人が出始める	<u>運転を控える</u> 降ってくる火山灰や積もった火山灰をまきあげて視界不良となり、通行規制や速度制限等の影響が生じる	がいしへの火山灰付着による停電発生や上水道の水質低下及び給水停止のおそれがある
やや多量	0.1mm≦厚さ<1mm 【注意】	白線が見えにくい 	明らかに降っている 	<u>マスク等で防護</u> 喘息患者や呼吸器疾患を持つ人は症状悪化のおそれがある	<u>徐行運転する</u> 短時間で強く降る場合は視界不良の恐れがある 道路の白線が見えなくなるおそれがある(およそ0.1～0.2mmで鹿児島市は除灰作業を開始)	稲などの農作物が収穫できなくなったり※2、鉄道のポイント故障等により運転見合わせのおそれがある
少量	0.1mm 未満	うっすら積もる 	降っているのがようやくわかる	<u>窓を閉める</u> 火山灰が衣服や身体に付着する 目に入ったときは痛みを伴う	<u>フロントガラスの除灰</u> 火山灰がフロントガラスなどに付着し、視界不良の原因となるおそれがある	航空機の運航不可※2

※1 掲載写真は気象庁、鹿児島市、(株)南日本新聞社による

※2 富士山ハザードマップ検討委員会(2004)による想定

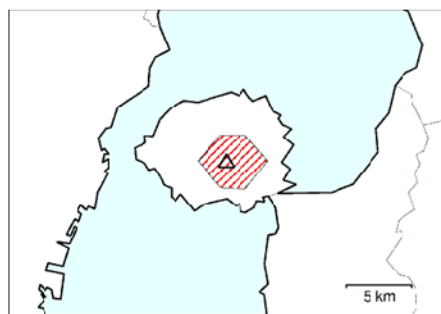
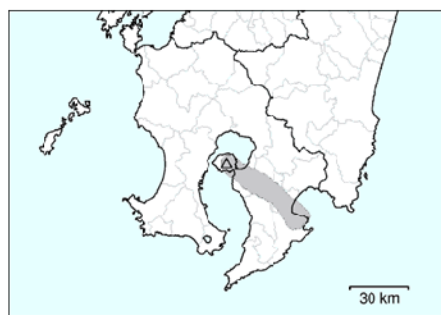
降灰予報について

(噴火のイメージ)



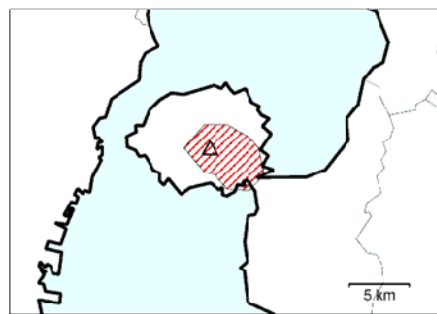
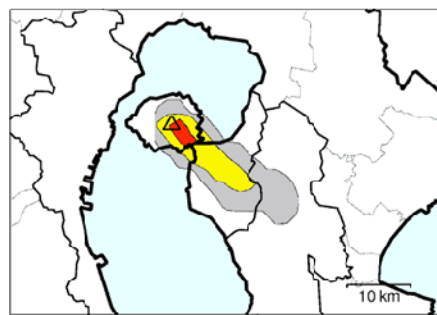
①降灰予報(定時)

噴火の可能性が高い火山に対して、想定した噴煙高を用いて、18時間先までに噴火が発生した場合の**降灰範囲**や**小さな噴石の落下範囲**を計算し、**定期的**に発表します



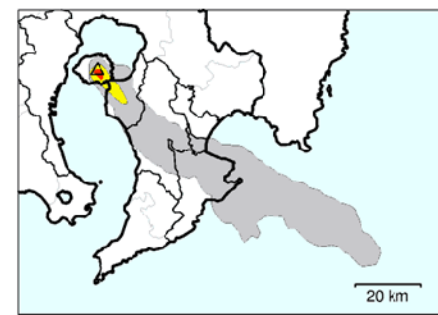
②降灰予報(速報)

噴火発生直後、事前に計算した想定噴火のうち最も適当なものを抽出し、1時間以内の**降灰量分布**や**小さな噴石の落下範囲**を、噴火後5～10分程度で**速やか**に発表します



③降灰予報(詳細)

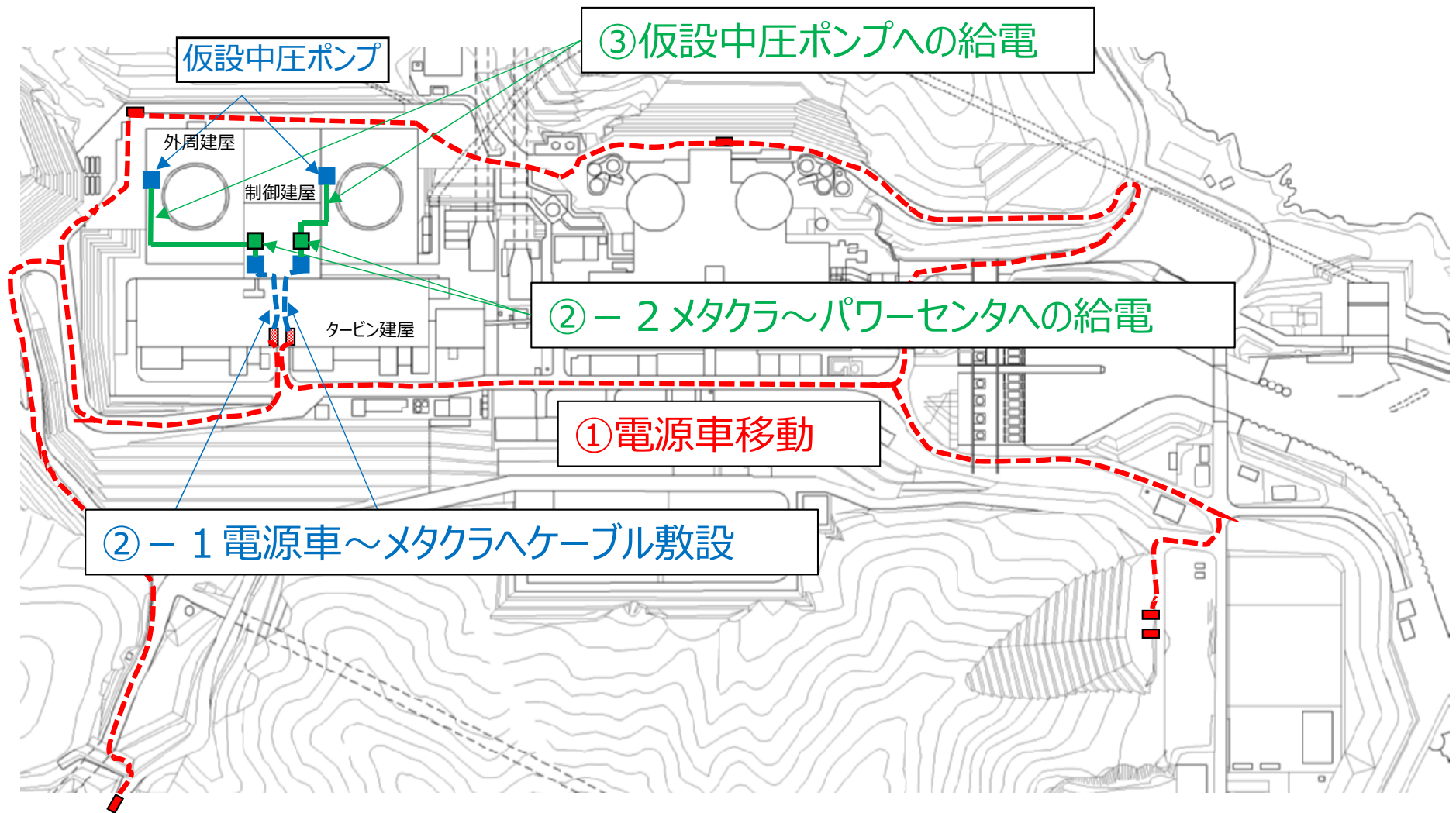
噴火発生後、観測した噴煙高を用いて、精度の良い**降灰量分布**や**降灰開始時刻**を計算し、6時間先までの**詳細**な予報を、噴火後20～30分程度で発表します



- : 多量の降灰範囲
- : やや多量の降灰範囲
- : 少量の降灰範囲(①は降灰ありの範囲)
- 太線 : 降灰が予想される市町村
- : 小さな噴石の落下範囲

大飯3, 4号機 降灰時の仮設中圧ポンプによる給水手段の配置

参考6

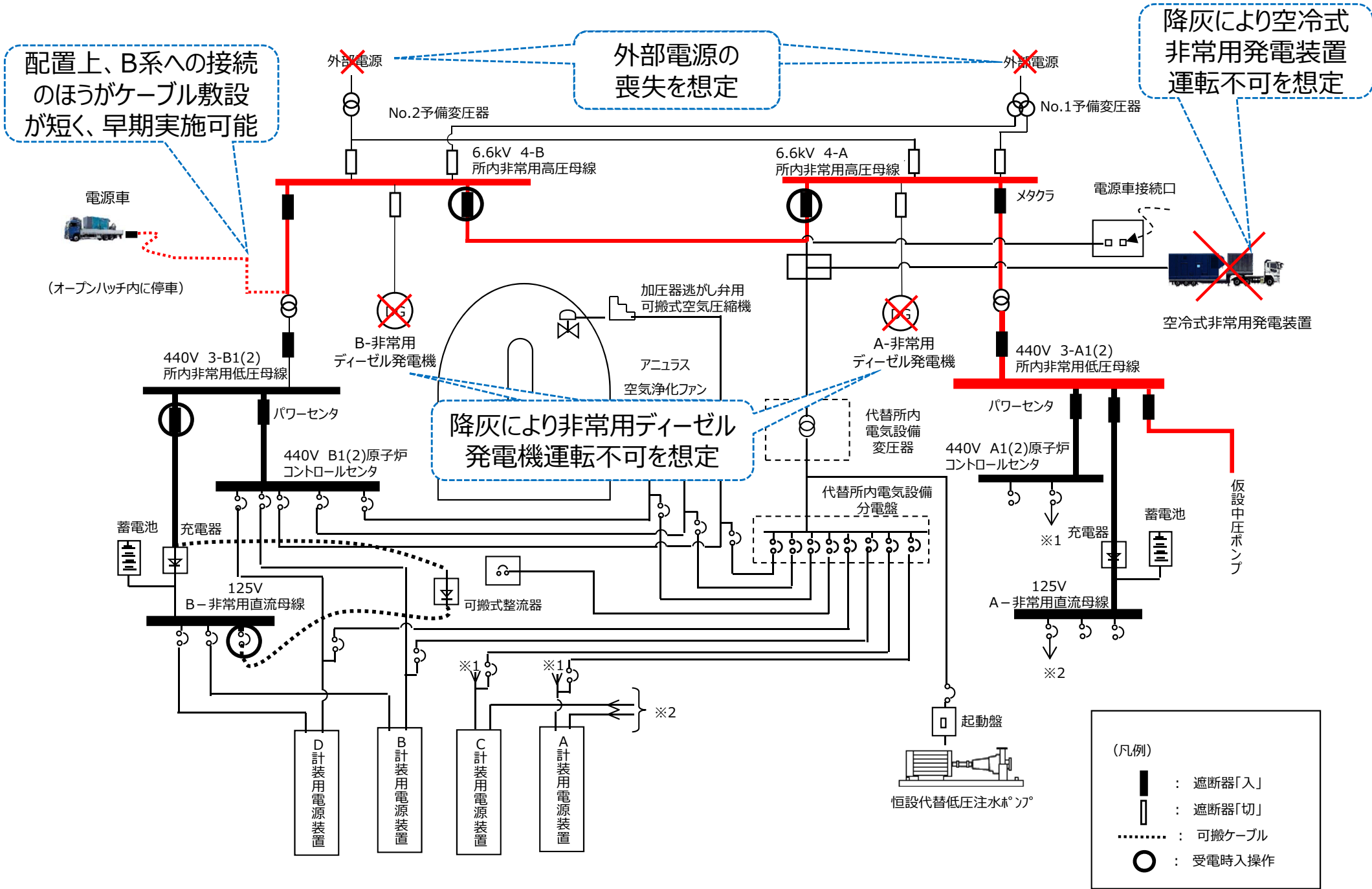


(凡例)

- ケーブル敷設ルート (恒設)
- - - ケーブル敷設ルート (可搬)
- - - 電源車移動ルート

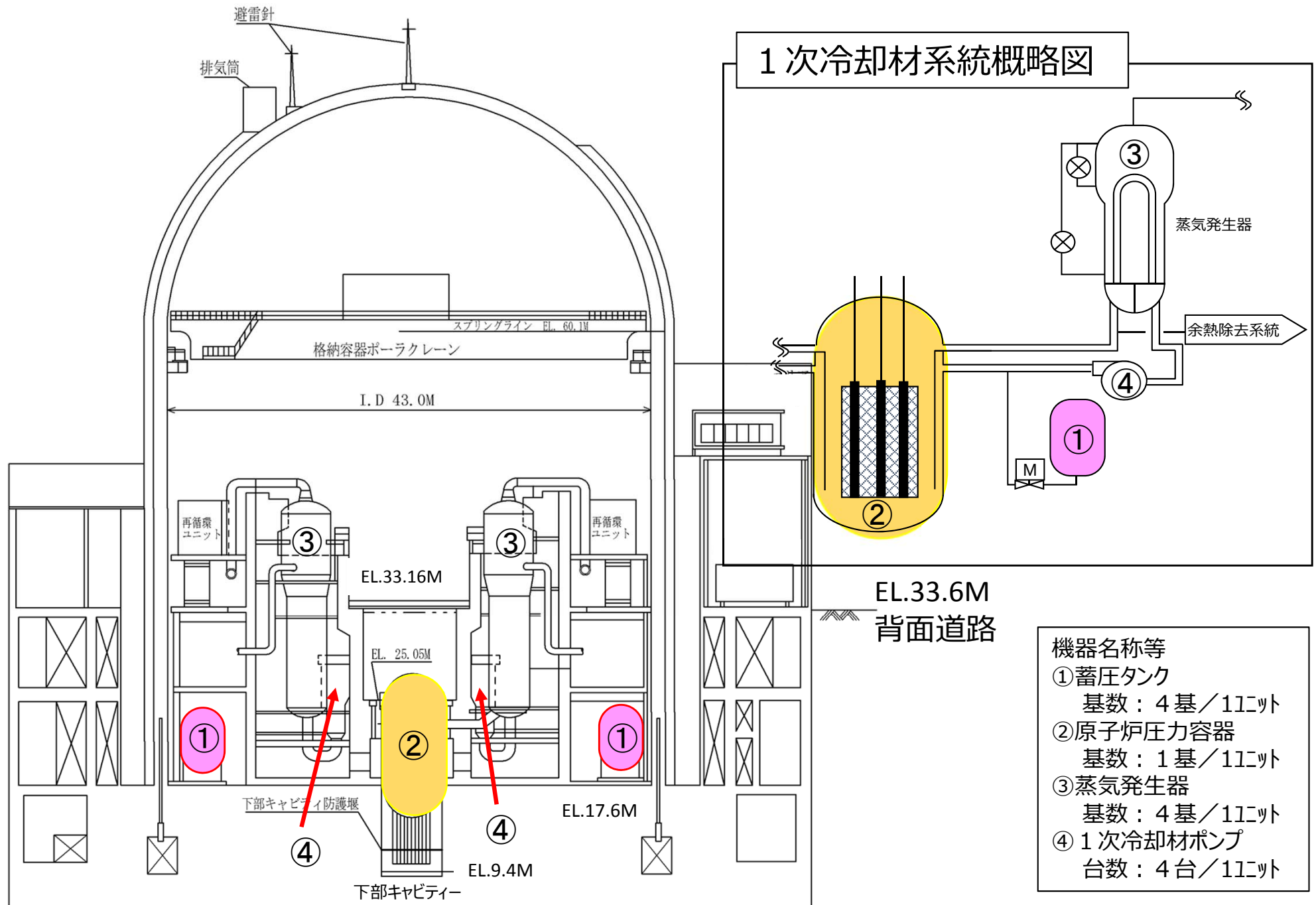
- 電源車保管場所
- 電源車移動場所

大飯3, 4号機 降灰時の仮設中圧ポンプへの電源供給系統



大飯3, 4号機 原子炉格納容器内機器配置

参考8



福島第一原子力
発電所事故発生以降

H24.9.21

福島第一原子力発電所事故に対応するための組織の設置

福島第一原子力発電所事故を踏まえ、原子力発電の自主的・継続的な安全性向上の取組みを推進する中で、原子力事業本部各グループ、本店土木建築室を横断的に活用する組織を立ち上げ、シビアアクシデント対策を遂行する推進力の更なる強化につなげることを目的に、「シビアアクシデント対策プロジェクトチーム（S A P T）」を平成24年9月21日に設置。

シビアアクシデント対策プロジェクトチームの主な業務内容

○新規制基準導入以前

- ・海外の規制状況の関連情報等を収集
- ・新規制基準（案）に対するシビアアクシデント（以下S A）対策についての基本戦略を策定。

H25.7.8

○新規制基準導入後

- ・S A対策に係る原子力事業本部、発電所の全体統括
- ・新規制基準の適合性審査取りまとめ（原子力規制庁の具体的要求事項）

現在

シビアアクシデント対策プロジェクトチームの現状

これまでの経験、ノウハウを蓄積を活かし、特定重大事故対処施設にかかる許認可対応を推進中。

S A対応を始めとする新規制基準対応業務については、今後の技術継承の観点から、海外情報等の新知見を収集する仕組みの構築や、組織対応（発電所への専門課の設置、原子力事業本部における設計所管箇所の明確化）により、通常組織における業務へと移行中。

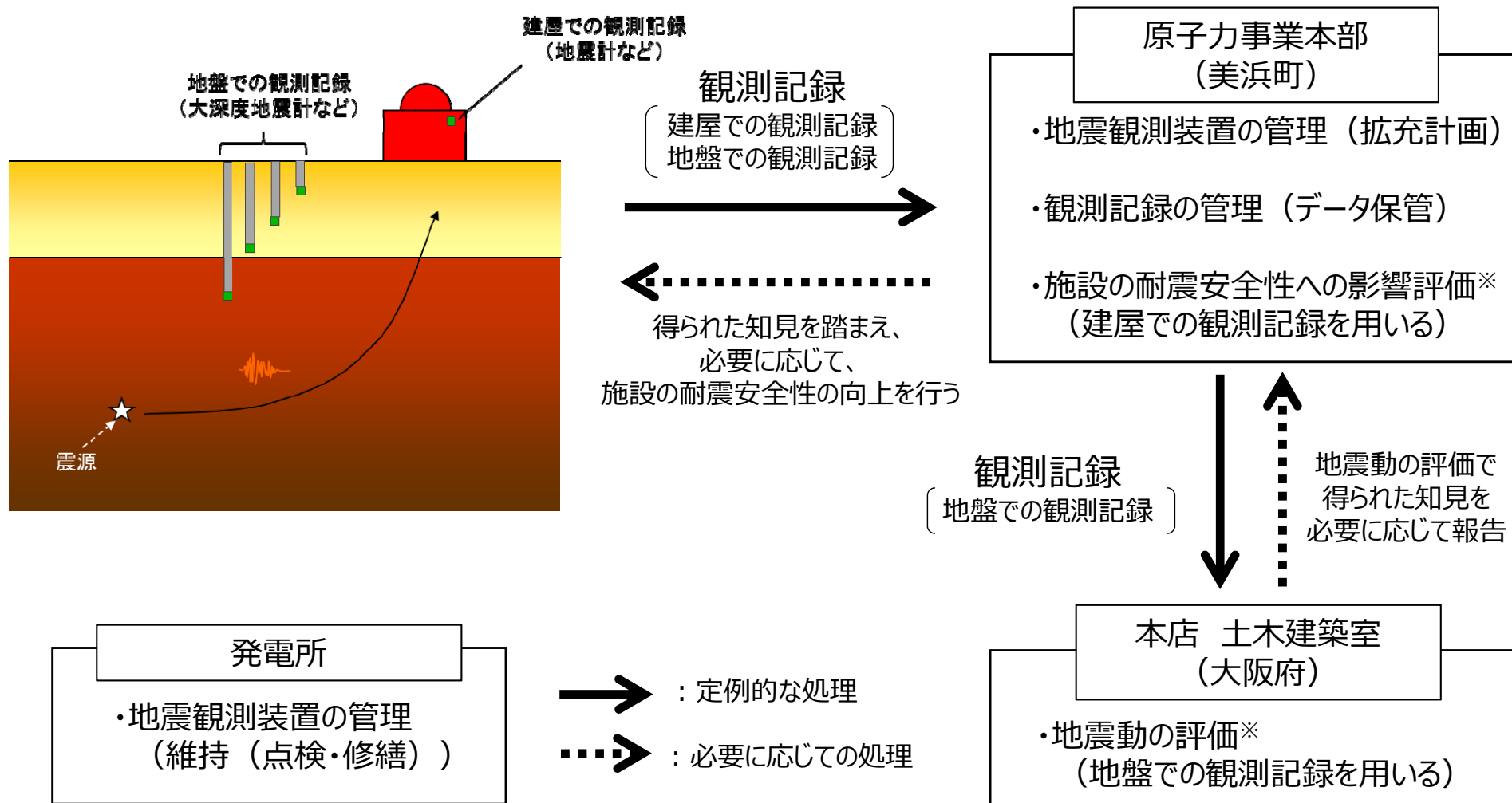
今後

業務移管および技術継承

- ・審査会合等の審査の場において具体化されたS Aに関する要求事項について、資料、議事録等を閲覧可能な状態に維持管理していく。
- ・S Aに関する技術情報、ノウハウに関し、設計所管箇所において必要なものについてマニュアルを作成し、組織的に継承していく。

○目的

観測記録の管理、解析等を行う体制の強化及び地震発生時の対応等を速やかに実施するため、地震観測および影響評価に関する各所の役割分担を整理。（平成28年3月）



※：今後、地震観測記録を蓄積した上で分析・評価を行っていくとともに、得られた知見を必要に応じて、地震動評価、施設の耐震性評価に反映していく。

水素燃焼に係る判断基準

○新規制基準

(実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則)

第37条 2 発電用原子炉施設は、重大事故が発生した場合において、原子炉格納容器の破損及び工場等外への放射性物質の異常な水準の放出を防止するために必要な措置を講じたものでなければならない。

(上記基準の解釈)

第37条 2-2 上記「原子炉格納容器の破損及び工場等外への放射性物質の異常な水準の放出を防止するために必要な措置を講じたもの」とは次に掲げる要件を満たすものであること。

(a) 想定する格納容器破損モードに対して、原子炉格納容器の破損を防止し、かつ、放射性物質が異常な水準で敷地外へ放出されることを防止する対策に有効性があることを確認する。

2-3 上記「有効性があることを確認する」とは、以下の評価項目を概ね満足することを確認することをいう。

(f) 原子炉格納容器が破損する可能性のある水素の爆轟を防止すること。

(g) 可燃性ガスの蓄積、燃焼が生じた場合においても、「原子炉格納容器バウダリにかかる圧力が最高使用圧力又は限界圧力を下回ること」の要件を満足すること

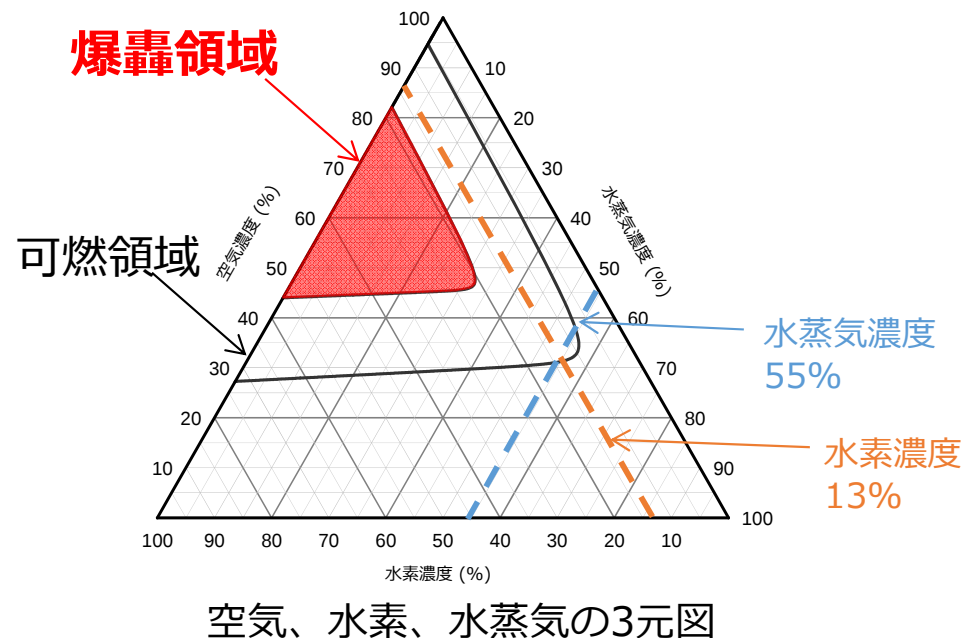
2-4 上記「原子炉格納容器が破損する可能性のある水素の爆轟を防止すること」とは、以下の要件を満たすこと。

(a) 原子炉格納容器内の水素濃度がドライ条件に換算して13vol%以下又は酸素濃度が5vol%以下であること

○事業者の自主基準

格納容器内局所水素濃度が13%以下、
もしくは水蒸気濃度が55%以上

出典：Z.M. Shapiro, T.R. Moffette, "HYDROGEN FLAMMABILITY DATA AND APPLICATION TO PWR LOSS-OF-COOLANT ACCIDENT", WAPD-SC-545, U.S. Atomic Energy Commission, Pittsburgh, PA, 1957, 13 pp.



炉心の著しい損傷発生時の水素濃度（GOTHICによる評価）

参考12

○概要

水素爆轟の観点で最も厳しい事象である、格納容器内への水素の放出速度が大きい「大LOCA+ECCS注入失敗」を選定し、解析コードGOTHICを用いて水素濃度分布推移を評価する。

○計算手法

格納容器をノード分割し、区画内で発生する水素分布・水蒸気分布の推移を計算する。

◆ 上部区画

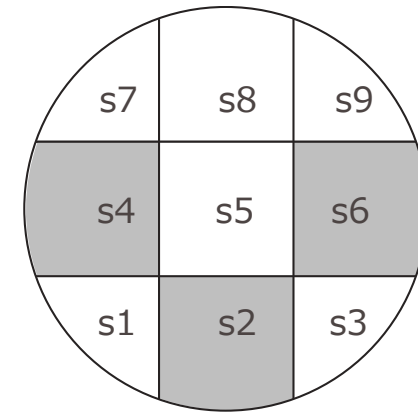
垂直方向に3Levelにノード分割、各Levelは9区画にノード分割（s2,s4,s6はP A R※1設置ノード）

◆ 下部区画

原子炉キャビティ、各ループ室※2外周等各区画ごとに分割

※1：静的触媒式水素再結合装置

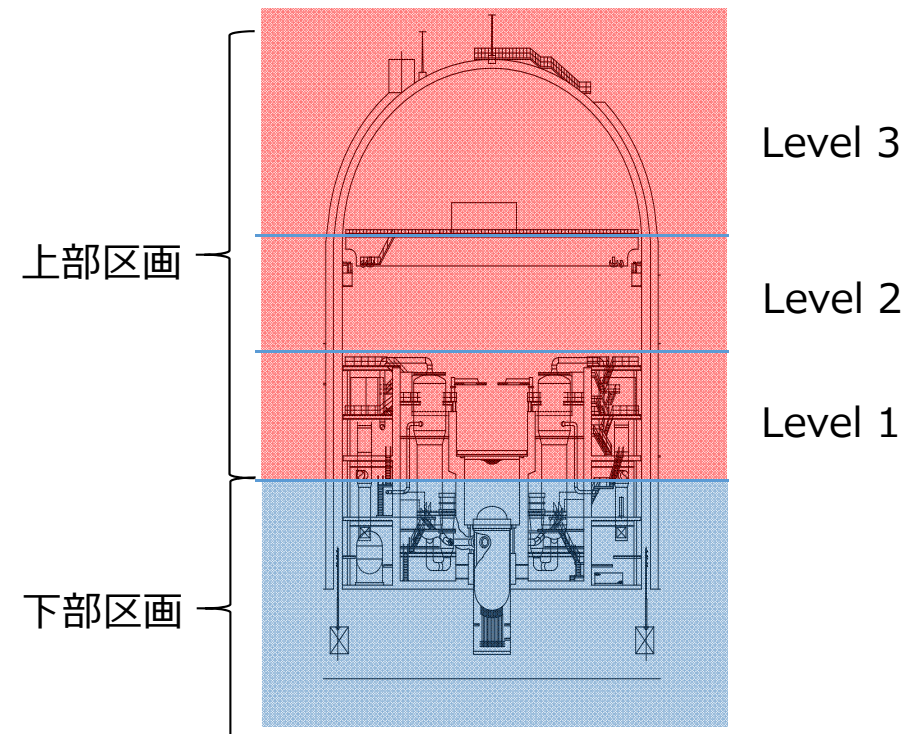
※2：1次冷却材配管等が敷設されている部屋



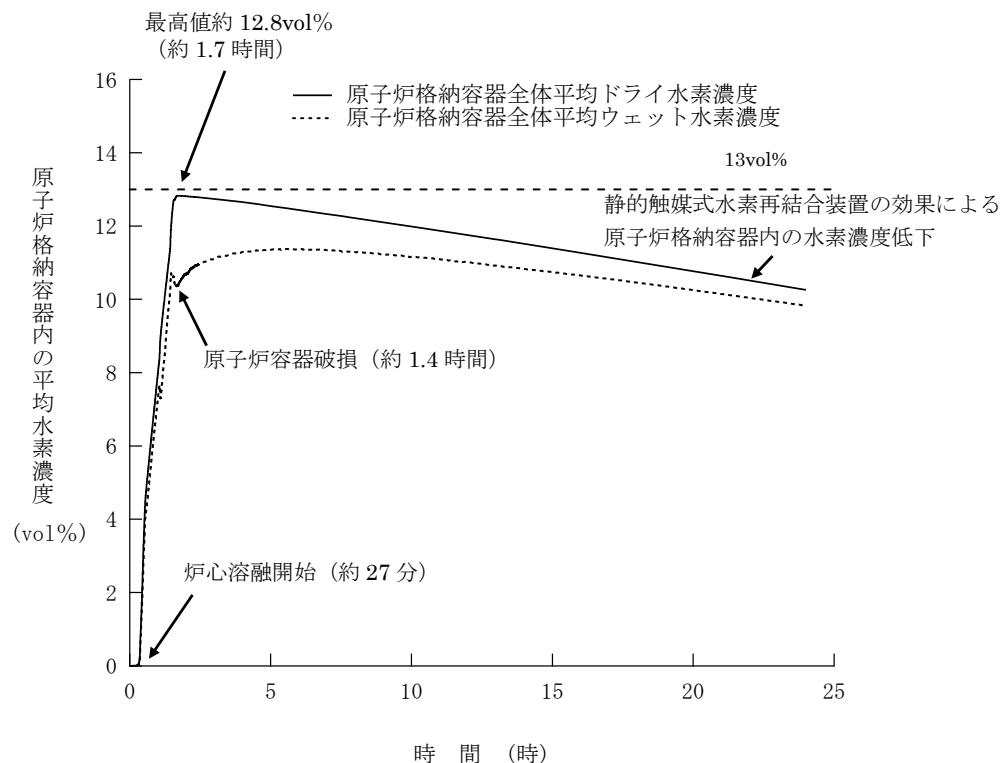
上部区画9分割イメージ（Level1）

Level2 : s10～s18

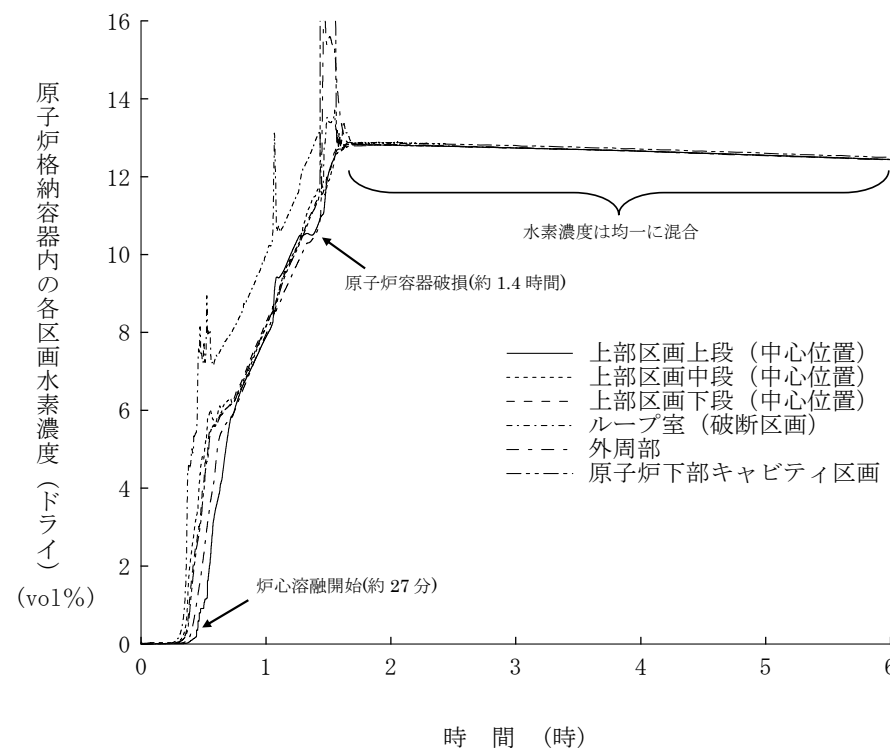
Level3 : s19～s27



上部・下部垂直方向分割イメージ



原子炉格納容器内平均水素濃度の推移



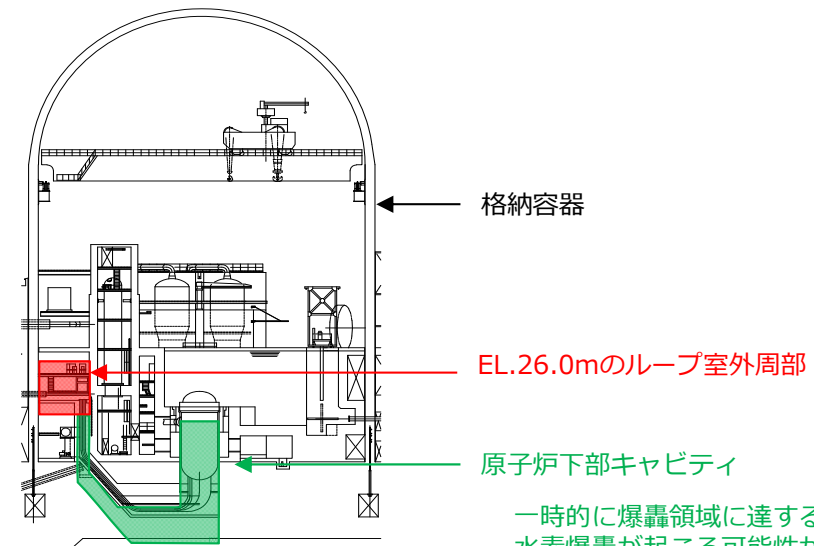
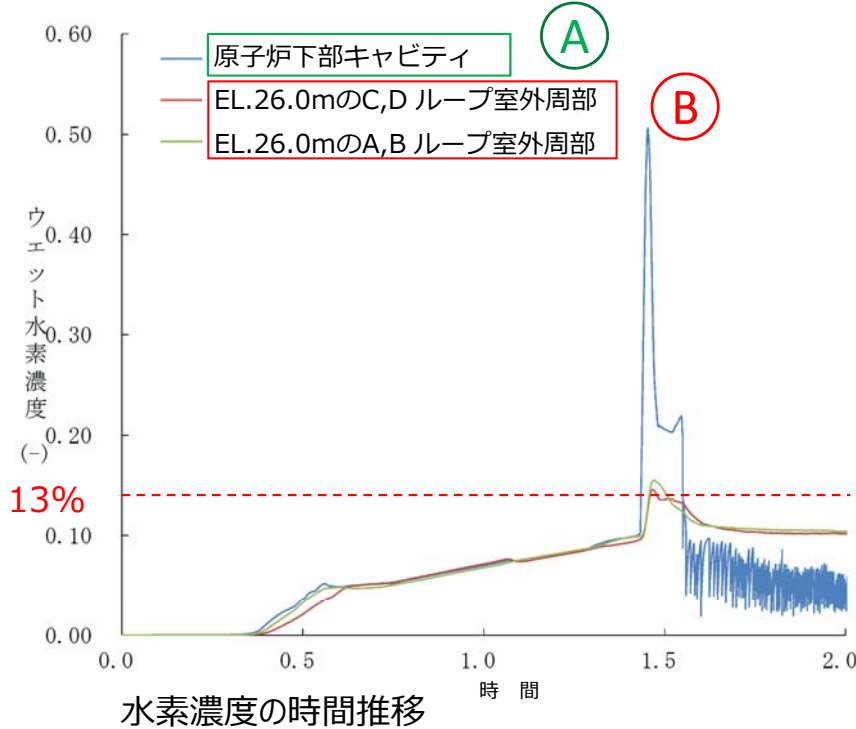
代表的な区画の水素濃度の推移

炉心溶融開始後から原子炉格納容器内の水素濃度は上昇するが、平均水素濃度（ドライ換算）は最大約12.8%であり、判断基準13vol%を下回る。発生した水素が全て燃焼に寄与することを想定した場合の圧力は約0.50MPaであり、最高使用圧力の2倍(0.78MPa)を下回る。

また、各区画の挙動では、炉心溶融後は破断口からの水素放出により破断区画での水素濃度が比較的高く推移するが、他区画の水素濃度も同程度の傾きで上昇している。さらに、原子炉容器破損直後は、原子炉下部キャビティに落下した溶融炉心と水との反応により、一時的に原子炉下部キャビティ区画及び外周部区画での水素濃度が高くなるが、速やかに混合し、原子炉格納容器内全体がほぼ均一な水素濃度挙動となっている。

格納容器内で水素が発生した場合に滞留する可能性のある箇所

水素爆轟の観点で最も厳しい事象である「大LOCA+ECCS注入失敗」のケースを選定し、発生する水素濃度推移を計算。結果、一時的に水素濃度が13%に達する箇所は3箇所あった。



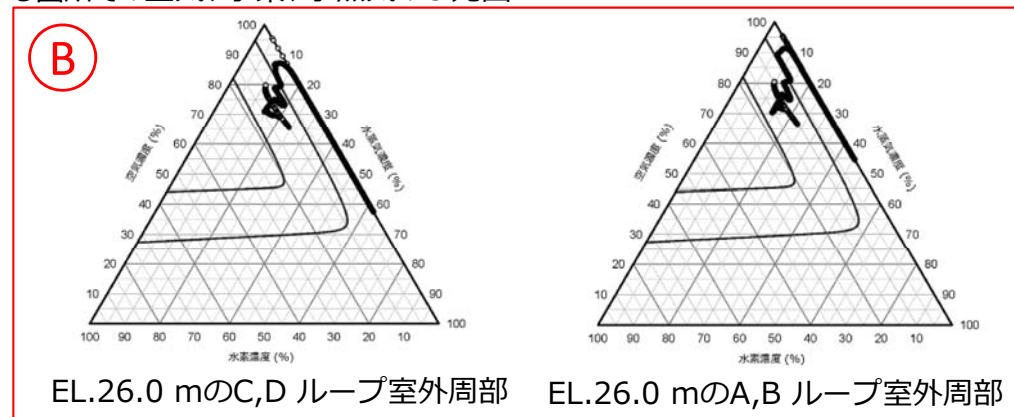
水素滞留箇所イメージ

一時的に爆轟領域に達するが、水素爆轟が起こる可能性があるのか、爆轟に至る知見から検討する。(次頁)

水素濃度が13%に達する箇所での空気、水素、水蒸気の三元図



水素濃度が13%を超えて爆轟領域に達する
(炉内計装管部も含めた空間気相部の平均濃度)



水素濃度が13%を超えるが、爆轟領域に達しない

原子炉下部キャビティにおける水素爆轟の可能性について

原子炉容器(RV)破損直後の水素生成に対して、最も通過しやすいと考えられるRVフランジ鉛直パスについて考察。

①高濃度水素の存在

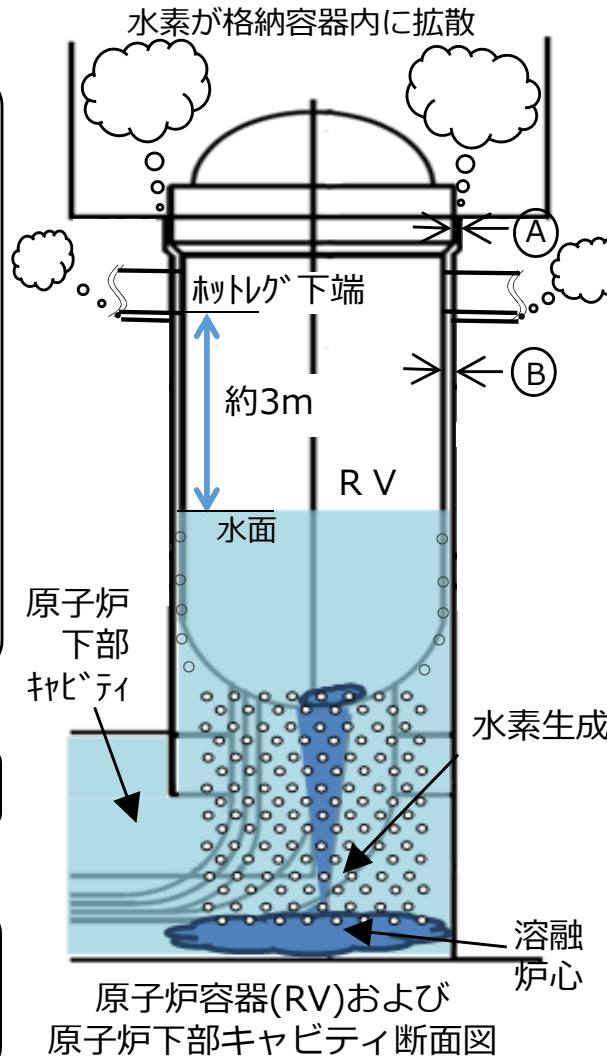
- ・原子炉下部キャビティで放出された水素は、RVフランジ鉛直パスを通過するが、狭い空間であるため、短時間に水素で満たされる
- ・鉛直パスでは大量に発生した水素が空気を上部へ押し出す状態となり、水素と空気が混合状態となる前に水素で満たされる(①-1「空気と水素が分離」に近い状態)
- ・仮に燃焼したとしてもキャビティ内圧は約0.5MPaであり、原子炉下部キャビティの健全性に影響しない

②体系

細長い閉空間ではない

③助走距離

キャビティ水面から高温側配管(ホットレグ)までは約3mであり助走距離としては不十分である



キャビティ気相部

- ① RVフランジ鉛直パス
(約5.1cmの隙間が円周に亘っており)
- ② RV胴部はキャビティ壁との隙間が約3~6cm

④環境

RV破損後に発生する水蒸気により、速やかにウェットな環境となる

⑤障害物の有無

障害物がない

原子炉下部キャビティ気相部では一時的に爆轟領域になる期間はあるものの、水素爆轟が起きにくい体系・状況であり、爆轟に至る可能性は非常に低いと考える。
 なお、水素燃焼挙動に関する知見については国の技術開発委託事業等で研究が進められている。