

福井県原子力安全専門委員会 高浜発電所現場確認

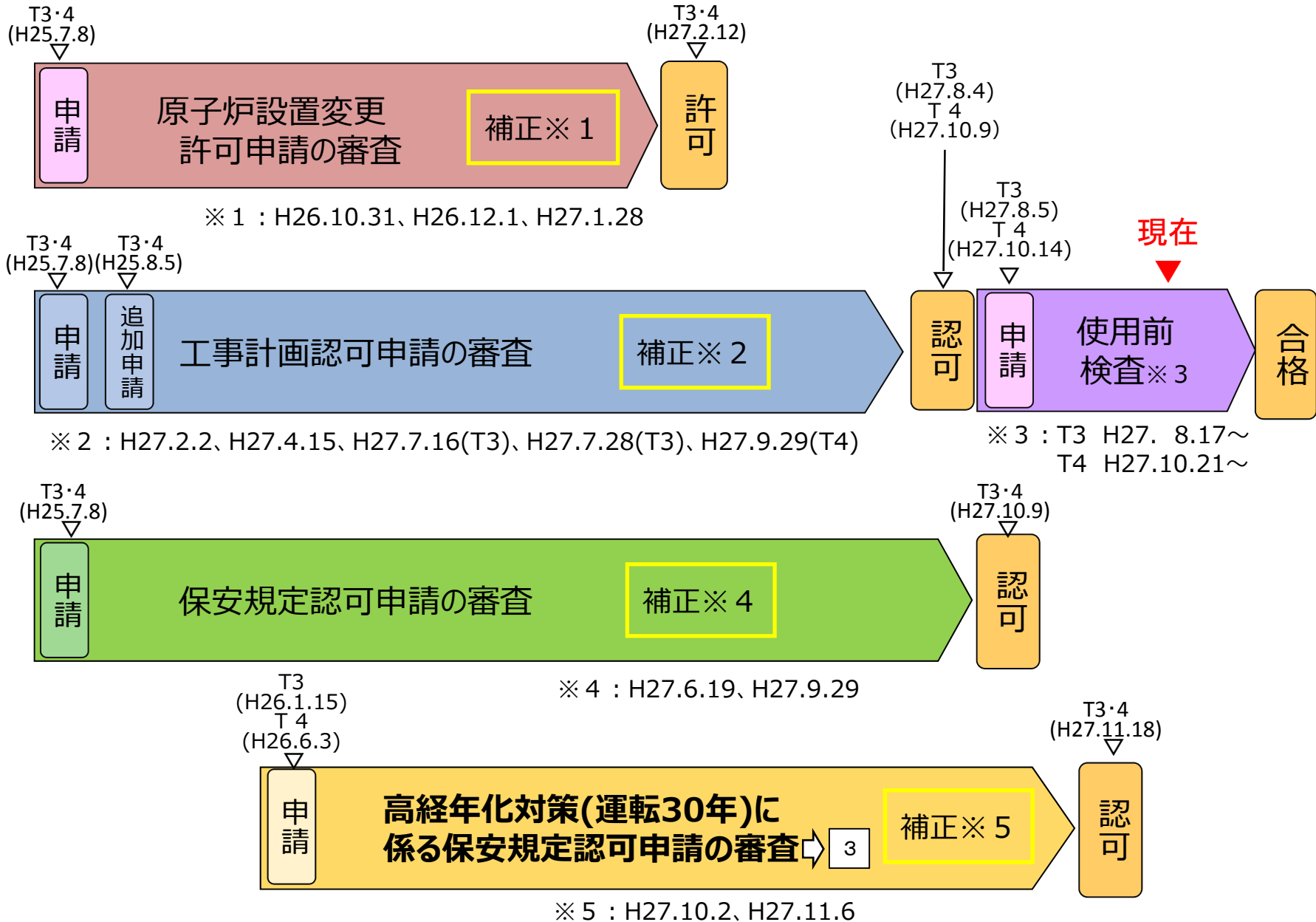
補足説明資料

関西電力株式会社
平成27年11月30日

目次

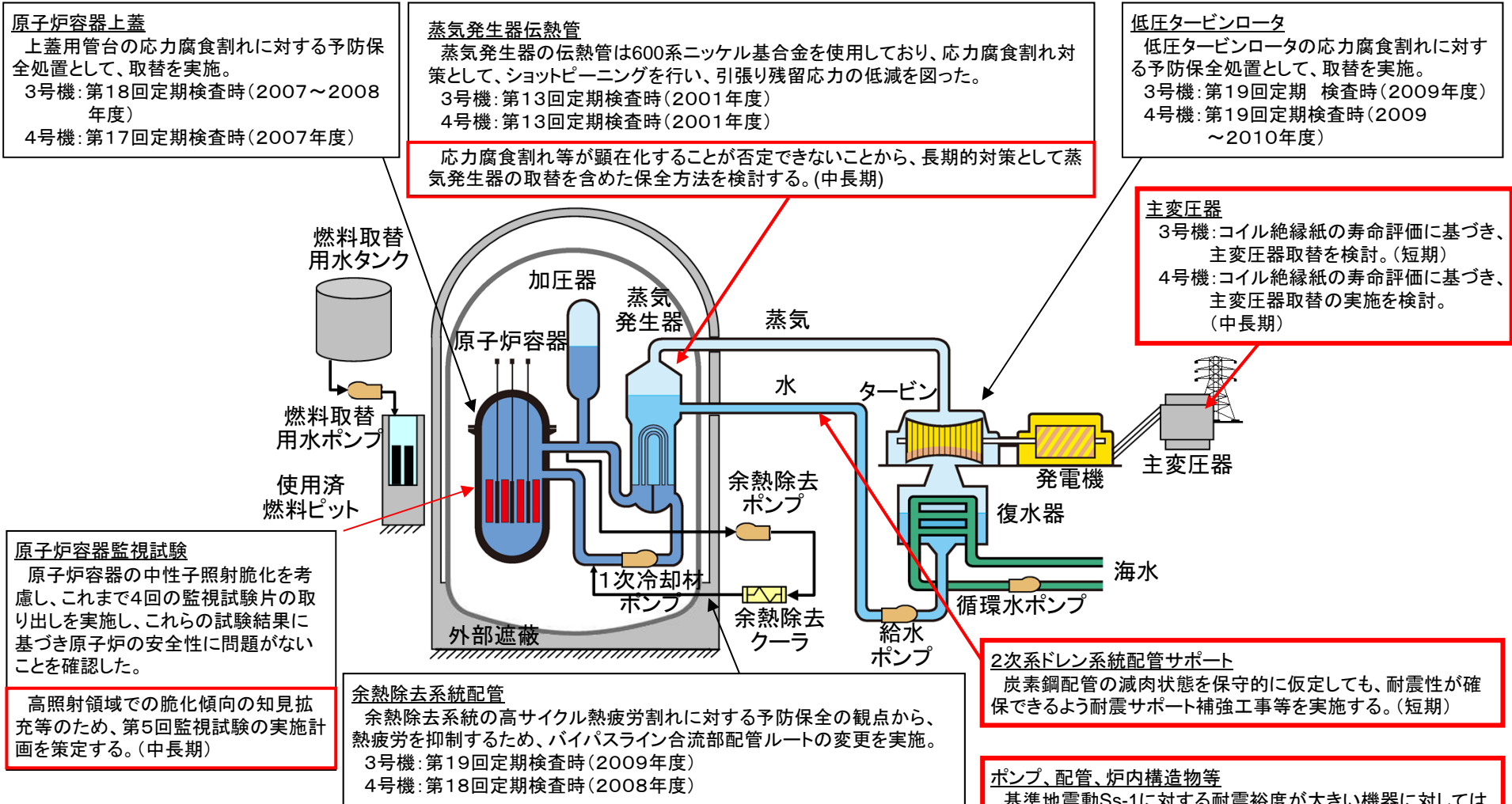
○許認可状況	2 ~ 3
①背面道路	
・ 電源確保対策	4 ~ 8
・ 炉心冷却・格納容器冷却対策	9 ~ 12
②汚染水処理対策	13 ~ 17
③④緊急時対策所他	18 ~ 25
⑤火災対策	26 ~ 29
⑥原子炉補助建屋・格納容器内設備	
・ MOX燃料	30 ~ 33
・ 使用済燃料ピット漏えい時対策	34 ~ 35
・ 格納容器内計装設備強化策	36 ~ 37

高浜3、4号機の許認可について



高浜 3、4号機 これまでの保全活動と長期保守管理方針の概要

<プラント概要図>



原子炉容器上蓋
 上蓋用管台の応力腐食割れに対する予防保全処置として、取替を実施。
 3号機: 第18回定期検査時(2007~2008年度)
 4号機: 第17回定期検査時(2007年度)

蒸気発生器伝熱管
 蒸気発生器の伝熱管は600系ニッケル基合金を使用しており、応力腐食割れ対策として、ショットピーニングを行い、引張り残留応力の低減を図った。
 3号機: 第13回定期検査時(2001年度)
 4号機: 第13回定期検査時(2001年度)

応力腐食割れ等が顕在化することが否定できないことから、長期的対策として蒸気発生器の取替を含めた保全方法を検討する。(中長期)

低圧タービンロータ
 低圧タービンロータの応力腐食割れに対する予防保全処置として、取替を実施。
 3号機: 第19回定期 検査時(2009年度)
 4号機: 第19回定期検査時(2009~2010年度)

主変圧器
 3号機: コイル絶縁紙の寿命評価に基づき、主変圧器取替を検討。(短期)
 4号機: コイル絶縁紙の寿命評価に基づき、主変圧器取替の実施を検討。(中長期)

原子炉容器監視試験
 原子炉容器の中性子照射脆化を考慮し、これまで4回の監視試験片の取り出しを実施し、これらの試験結果に基づき原子炉の安全性に問題がないことを確認した。

高照射領域での脆化傾向の知見拡充等のため、第5回監視試験の実施計画を策定する。(中長期)

余熱除去系統配管
 余熱除去系統の高サイクル熱疲労割れに対する予防保全の観点から、熱疲労を抑制するため、バイパスライン合流部配管ルートの変更を実施。
 3号機: 第19回定期検査時(2009年度)
 4号機: 第18回定期検査時(2008年度)

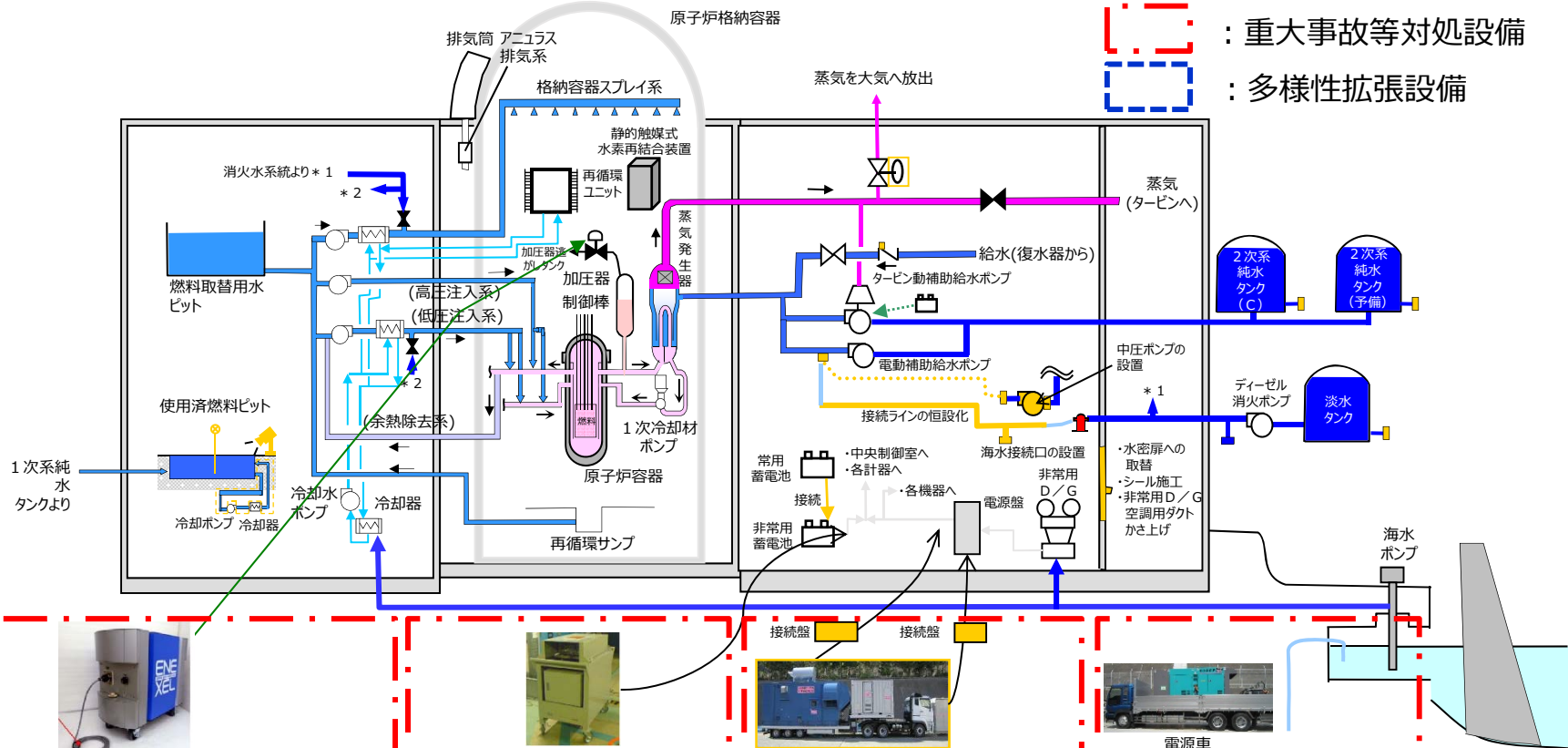
2次系ドレン系統配管サポート
 炭素鋼配管の減肉状態を保守的に仮定しても、耐震性が確保できるよう耐震サポート補強工事等を実施する。(短期)

ポンプ、配管、炉内構造物等
 基準地震動Ss-1に対する耐震裕度が大きい機器に対しては、基準地震動Ss-2~Ss-7による耐震安全性が確保されると評価しているが、耐震裕度を把握する観点から耐震安全性評価を継続実施する。(短期)

□ : これまでの主な保全活動を示す。
 □ : 長期保守管理方針を示す。

電源確保対策

高浜 3、4号機 電源確保対策



可搬式バッテリー

可搬式バッテリーの配備
 ・加圧器逃がし弁用電磁弁を作動させるための可搬式バッテリーを配備 (1台/ユニット)



可搬式整流器

可搬式整流器の配備 (1台/ユニット)
 ・可搬型代替電源 (直流)



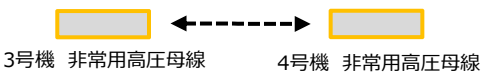
空冷式非常用発電装置

空冷式非常用発電装置の配備 (2台/ユニット)
 ・常設代替電源 (交流)

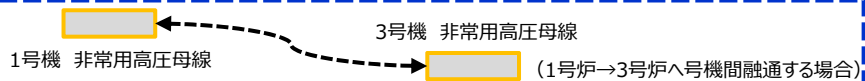


電源車

電源車の配備 (3台、合計5台/2ユニット)
 ・可搬型代替電源 (交流)



号機間電力融通ケーブルの配備
 ・他号炉の非常用ディーゼル発電機が健全な場合には、号機間電力融通恒設ケーブルまたは同予備ケーブルを接続し、給電



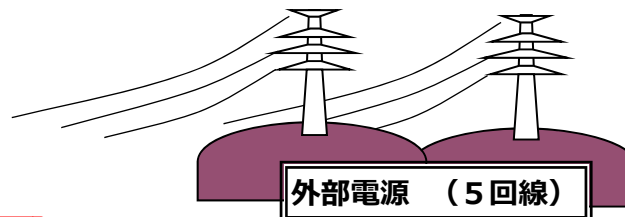
1,2~3,4号機間電力融通ケーブルの配備
 ・1,2号炉の非常用ディーゼル発電機が健全な場合には、3,4号炉へ号機間電力融通ケーブルを接続し、給電

⎓ : 重大事故等対処設備

⎓ : 多様性拡張設備

<DB設備>

外部電源



非常用
ディーゼル発電機



<SA設備>

空冷式
非常用発電設備



電源車



号機間電力融通ケーブル
(3号~4号)
(1組+予備1組)

《凡例》

: 既設設備

: 新規設備

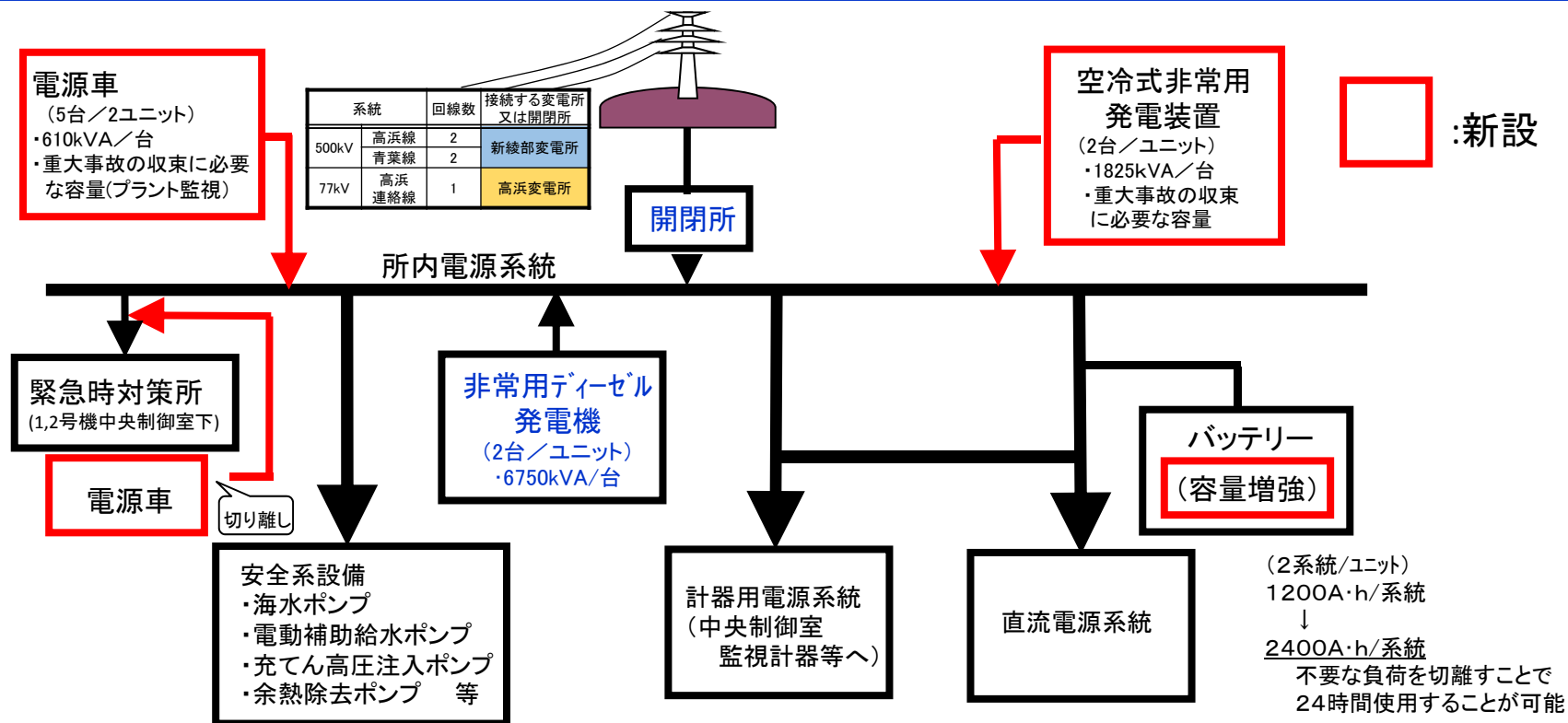
電源の確保(全交流動力電源喪失対策)(高浜3,4号機)

福島第一原子力発電所事故以前から、

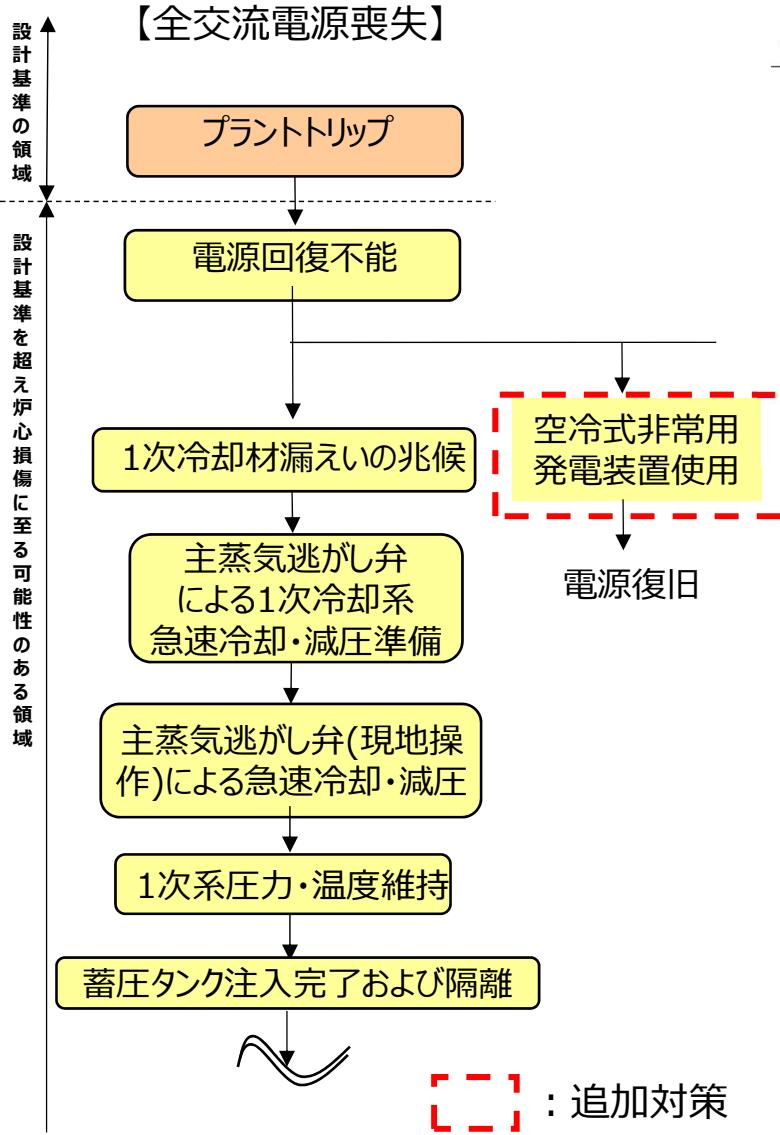
- 外部電源は、異なる接続先の送電系統5回線による多重化構成。
- 外部電源が喪失した場合でも、非常用ディーゼル発電機により電源を確保。

更に新規制基準対応として、

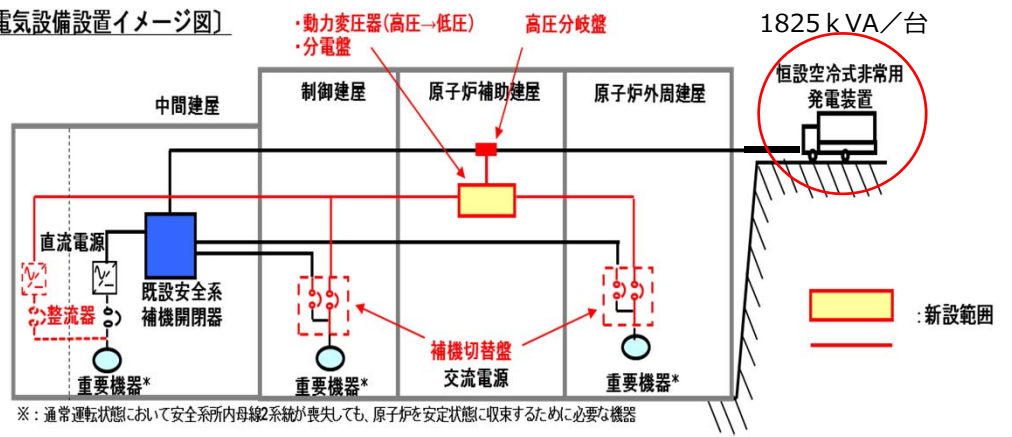
- 全交流動力電源の喪失を想定し、交流電源設備を確保。(空冷式非常用発電装置、電源車)
- これらの設備から交流の電力を供給するまでのために、直流電源(蓄電池)を増強。
- 開閉所については新規制基準を踏まえた評価を行い、問題のないことを確認。



事故シーケンス事例(全交流電源喪失時における1次冷却材喪失)



〔代替所内電気設備設置イメージ図〕



手順①については、事故時操作所則第2部に定めている。
空冷式DGを起動、運転状態の確認。続けて2台目の起動を実施。
中央制御室2人 現場1人で、約16分で実施。(設置許可)
訓練も継続的に実施。

【空冷式DGの操作】

・中央制御室からの起動



・電源復旧操作

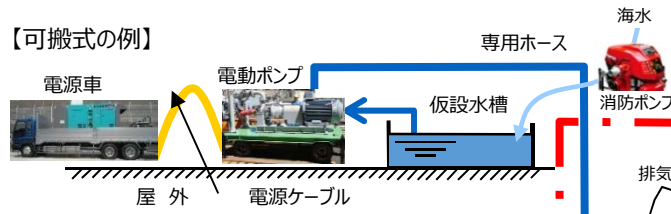


炉心冷却・格納容器冷却対策

高浜 3、4号機 炉心冷却・格納容器冷却機能の確保

恒設及び可搬式代替低圧注水ポンプの設置
 ・原子炉または格納容器に注水できるよう、専用ポンプ・電源を配備
 (恒設：1台/ユニット、可搬式：5台/2ユニット)

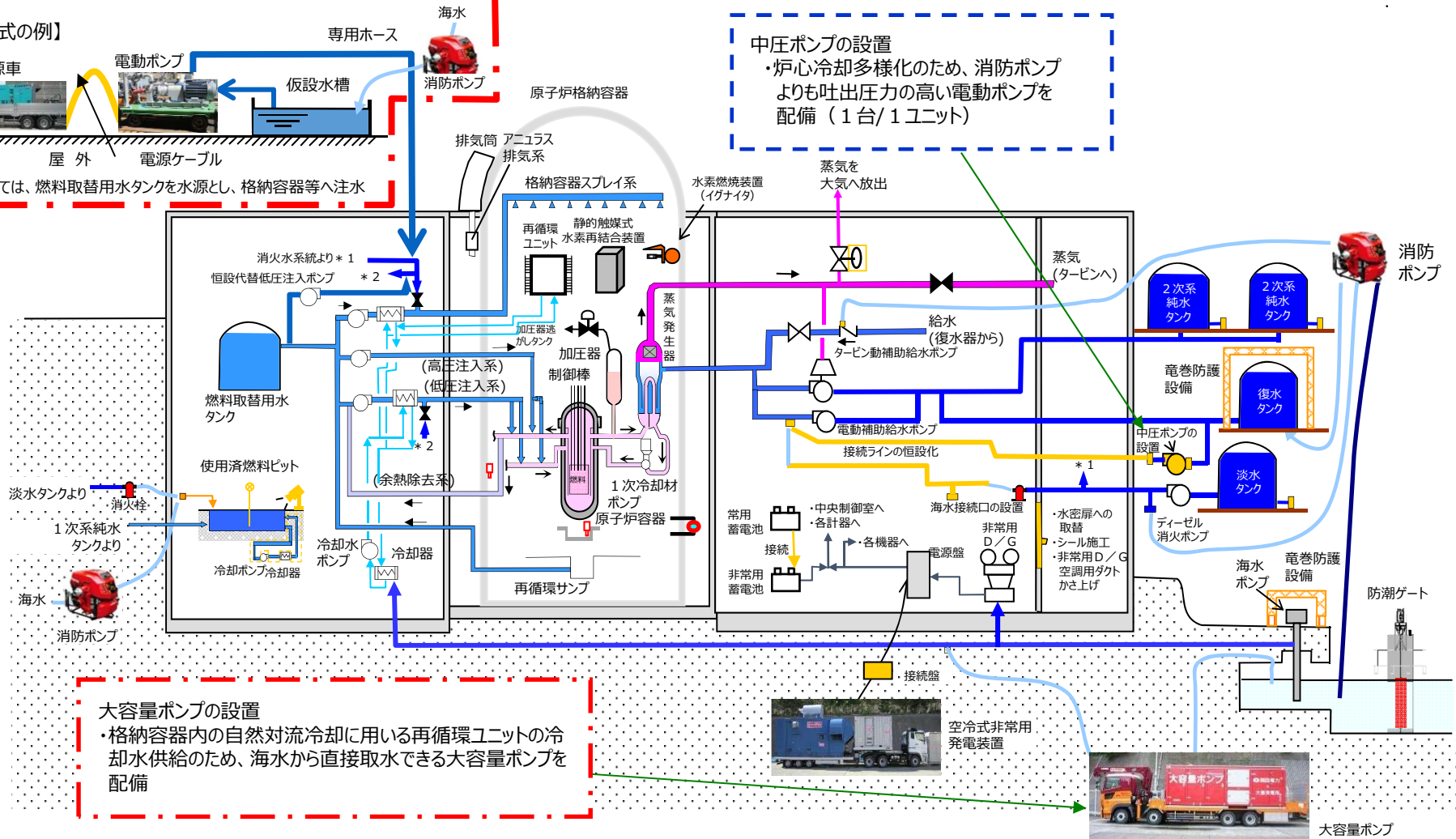
【可搬式の例】



恒設については、燃料取替用水タンクを水源とし、格納容器等へ注水

 : 重大事故等対処設備
 : 多様性拡張設備

中圧ポンプの設置
 ・炉心冷却多様化のため、消防ポンプよりも吐出圧力の高い電動ポンプを配備 (1台/1ユニット)



大容量ポンプの設置
 ・格納容器内の自然対流冷却に用いる再循環ユニットの冷却水供給のため、海水から直接取水できる大容量ポンプを配備



大容量ポンプ

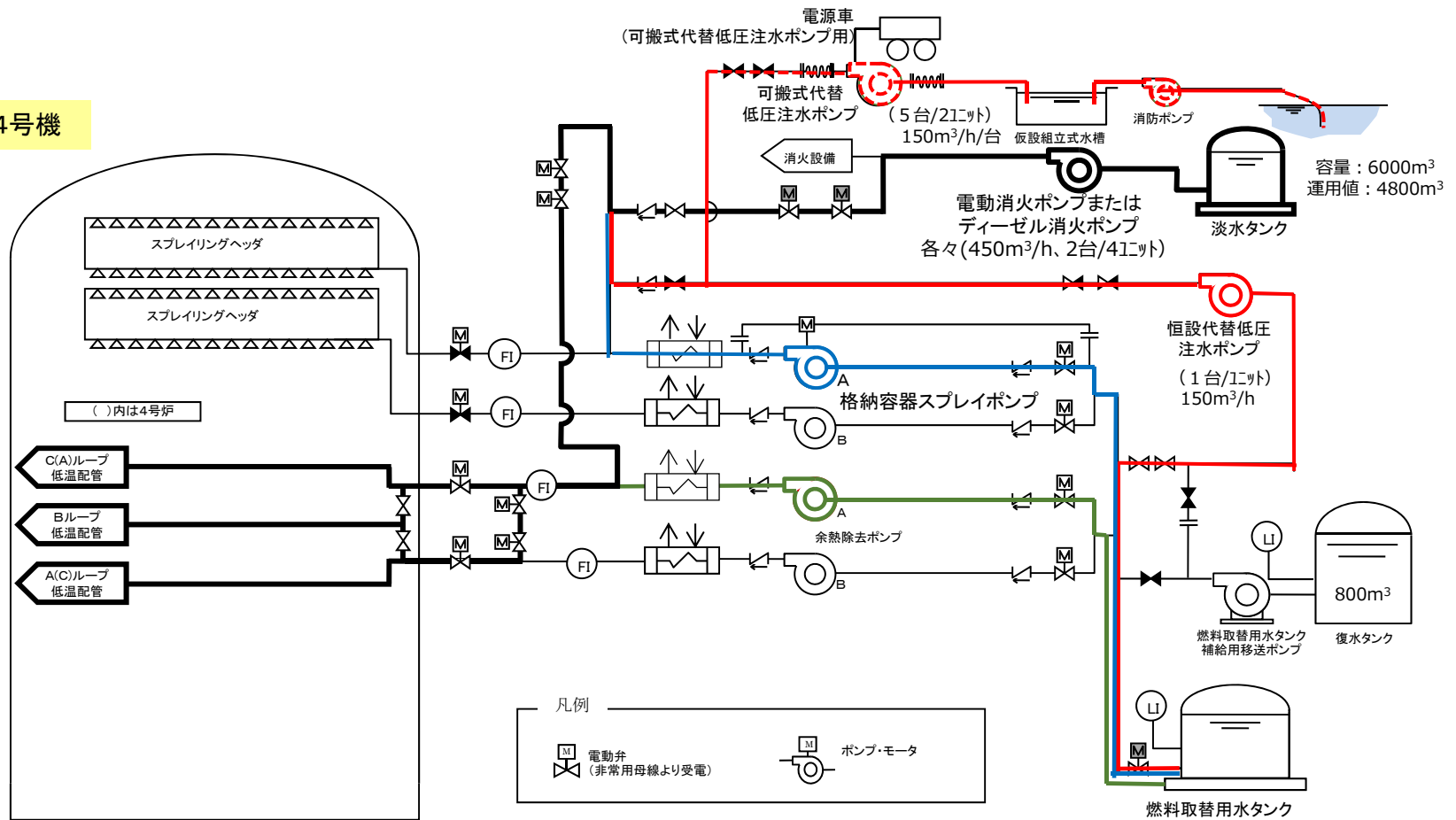
多様性拡張設備について

【多様性拡張設備による代替炉心注水の系統概要】

- 消火ポンプによる代替炉心注水ライン(多様性拡張設備)
- A格納容器スプレイポンプ(自己冷却)使用ライン(多様性拡張設備)
- 燃料取替用水タンクからの重力注入(多様性拡張設備)

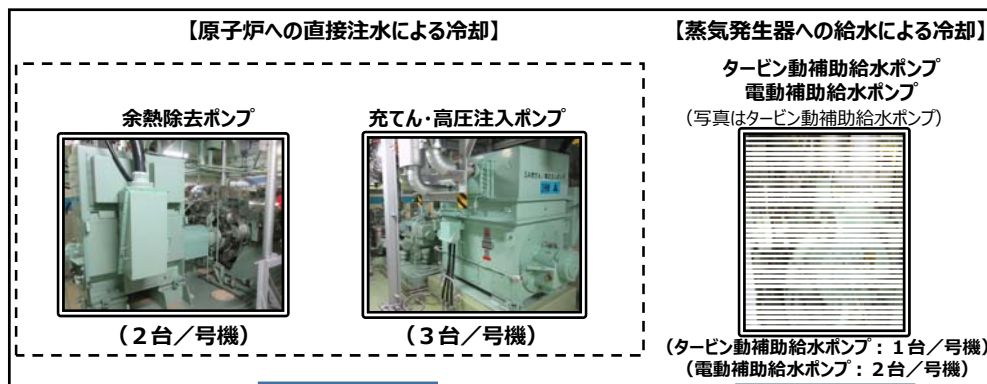
- 恒設代替低圧注水ポンプ使用ライン(重大事故等対処設備)
- 可搬式代替低圧注水ポンプ使用ライン(重大事故等対処設備)

高浜3, 4号機



高浜発電所の原子炉冷却設備の構成

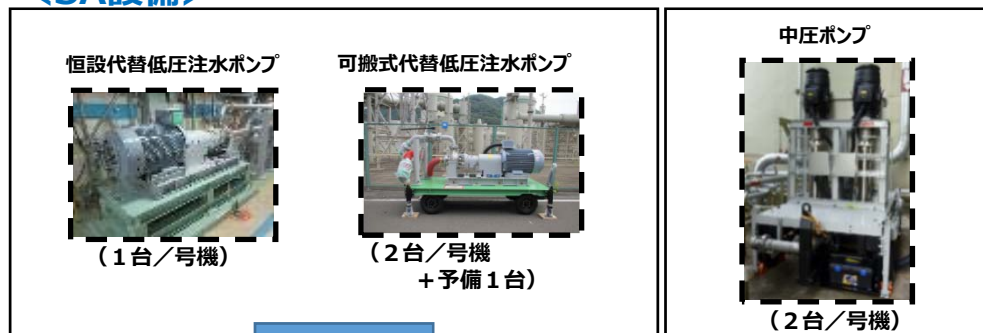
<DB設備>



使用できない
場合に備え

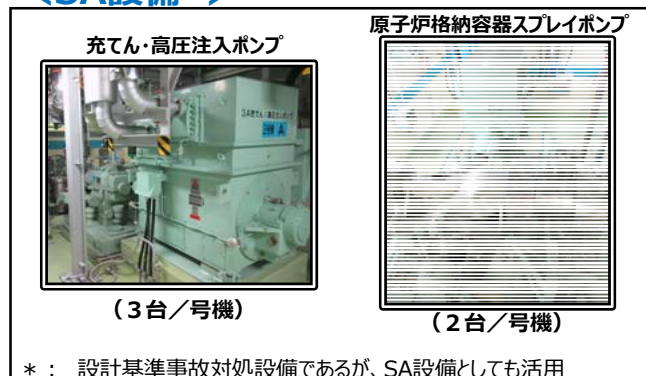
使用できない
場合に備え

<SA設備>





更なる
バックアップ

<SA設備*>



* : 設計基準事故対処設備であるが、SA設備としても活用

《凡例》

-  : 既設設備
-  : 新規設備

汚染水処理対策

◇ 福島第一原子力発電所での汚染水対策の状況

対策No.	拡散抑制対策	対策の内容	評価
①	シルトフェンス設置 (平成23年4月～)	1～4号機取水口付近など6箇所に放射性物質の拡散を抑制するためにシルトフェンスを設置	シルトフェンス内側に比べ外側の放射性物質濃度は高くない値。
②	ゼオライト入り土嚢袋をシルトフェンス内側に投入 (平成23年4月～)	放射性物質の沖合への拡散抑制の応急対策として、ゼオライト入りの土嚢袋(合計1,890kg)を設置したカゴを海中に投入	シルトフェンス内に合計1,890kgのゼオライトを投入。 6 × 10 ⁸ Bq程度のCsを吸着。
③	海水循環型浄化装置による港湾内の浄化 (平成23年6月～)	港湾内(シルトフェンス内側)の海水を水中ポンプで汲み上げ、Cs吸着剤(ゼオライト)を充填した吸着塔へ通水し、処理した海水を再び港湾内(シルトフェンス内側)へ戻すことによる浄化システム	海水中に含まれる油分や懸濁物質を前処理フィルタにより除去することで、50%程度のCs吸着率が期待できる。
④	港湾内海底土の被覆材による被覆 (平成24年2月～)	港湾内の海底土からは比較的高い濃度の放射性物質が検出されており、波浪等の影響による港湾外への拡散が考えられることから、海底土を固化土により被覆することにより、海洋汚染拡大防止を図るもの	公表された評価結果はないが、被覆により海底の放射性物質が巻き上がることを防止できるため一定の効果が期待できる。
⑤	繊維状吸着材浄化装置による港湾内の浄化 (平成25年6月～)	海水中でも選択的にCsを吸着する吸着材(フェロシアン化合物)を、接触面積を増やすためにモール上の繊維に付加した吸着材浄化装置を港湾内(シルトフェンス内側)に設置し浄化するシステム	福島第一原子力発電所において実機検証中。
⑥	汚染水処理対策技術事業 (平成26年度)	海水中のCs、Sr等の放射性各種を効率よく除去することができる新規捕集材と、海水を新規捕集材に供給する汚濁物質除去機構を組み合わせ、閉鎖海域での放射性物質回収システムに必要な技術を開発。	平成26年度実施の事業のため、評価結果については未公表。

◇ 福島第一原子力発電所での汚染水対策を踏まえた当社への反映検討

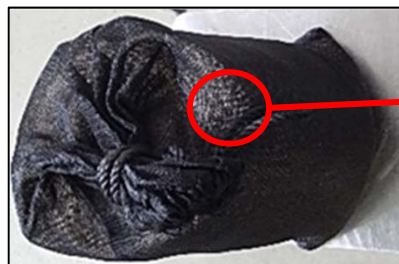
対策 No.	拡散抑制対策	検討結果	追加対策
①	シルトフェンス設置	配備済み。	—
②	ゼオライト入り土嚢袋	配備済み。	—
③	海水循環型浄化装置	海から汲み上げた海水をゼオライトに通水することで、放射性物質の低減が期待できる。 放水砲の使用段階からの実施が効果的であるため、事前に必要機材を配備する。	手配準備中
④	海底土の被覆材による被覆	海底に堆積した放射性物質を被覆することにより、巻き上げ等による拡散の防止が期待できるため、事象発生後の海底への放射性物質の堆積状況を確認後、実施について判断する。	継続調査
⑤	繊維状吸着材浄化装置	現在試験段階であるため現時点における効果は不明であり、実運用段階での効果について継続的に調査する。	継続調査
⑥	汚染水処理対策技術	評価結果が未公表のため、現時点での採否判断はできないが、今後、評価結果が公表され次第検討を実施する。	継続調査



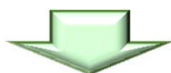
拡散抑制対策として、既に配備しているシルトフェンスおよびゼオライト土嚢袋に加え、追加対策として海水循環型浄化装置の必要機材を事前配備することで、更なる拡散抑制を図る。
また、今後の福島第一原子力発電所での汚染水対策状況等を注視し、更なる追加対策の可能性調査を継続的に実施する。

吸着剤（放射性物質拡散抑制対策）の保管状況

- 放射性物質拡散抑制対策として、側溝等に設置する吸着剤（ゼオライト）について、発電所に事前配備済み。（高浜3,4号機：10t）



ゼオライトを10kg単位で袋詰め



袋詰めしたゼオライトを40袋単位で
大袋に梱包



発電所構内に設置したコンテナに保管

- 汚染水対策として、事故後に浄化装置を組み立て、処理を行うべく調達に時間がかかる吸着剤(ゼオライト)について、初動段階で必要な量(10t)を事前配備済み。
- 発災発電所へ運搬する体制も整備済み。
⇒協力会社と事故収拾活動への協力に関する覚書の中で運搬を実施。
- 今後も東京電力が実施している汚染水対策や、研究・開発中の除染技術について継続的に注視し、効果的と判断できるものは積極的に反映していく。



ゼオライトの保管状況



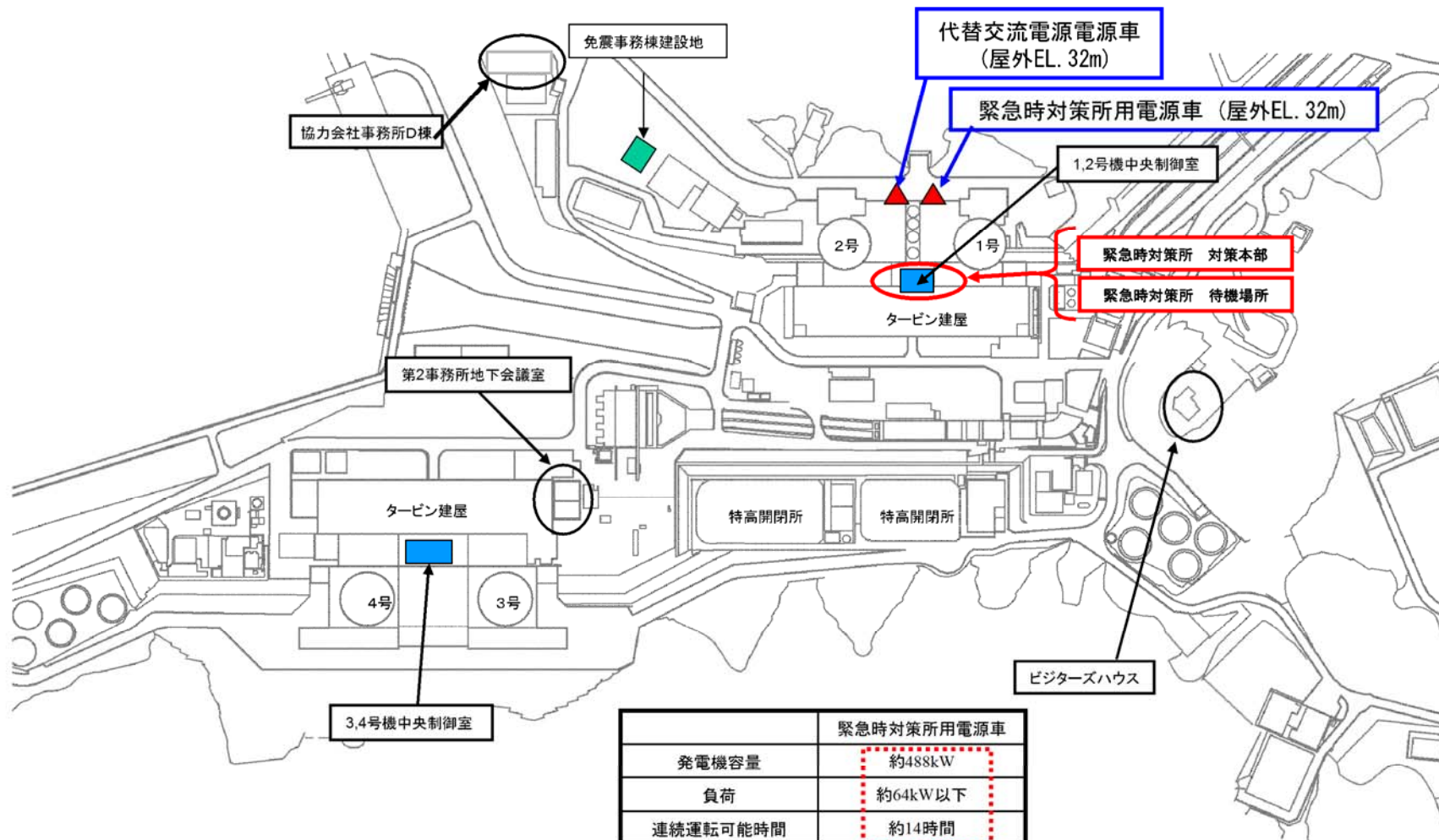
ドラム缶内の状況

緊急時対策所・免震事務棟

現状の高浜発電所3、4号機用緊急時対策所等の概要

	設置場所		仕様・機能等
緊急時対策所	1,2号機中央 制御室下の 会議室		<ul style="list-style-type: none"> ○耐震構造 ○有効面積約112m² ○収容想定人数86人(内2名はNRA) ○7日間の活動に必要な食料等保管 ○代替交流電源として電源車3台配備
緊急時対策所 除染エリア (チェン징エリア)	緊急時 対策所入口		<ul style="list-style-type: none"> ○平常時から設営 ○鋼製パイプ・ボード製 ○脱衣所、スクリーニングエリア、除染エリアから構成 ○サーベイメータによる測定 ○濡れティッシュによるふき取り除染 等
作業員の 待機場所	緊急時 対策所 下フロア		<ul style="list-style-type: none"> ○耐震構造 ○有効面積約33m² ○収容想定人数27人 ○7日間の活動に必要な食料等保管
作業員の 待機場所 除染エリア (チェン징エリア)	作業員の 待機場所 入口		<ul style="list-style-type: none"> ○平常時から設営 ○鋼製パイプ・ボード製 ○脱衣所、スクリーニングエリア、除染エリアから構成 ○サーベイメータによる測定 ○濡れティッシュによるふき取り除染 等

緊急時対策所用非常用発電装置の保管場所



※代替交流電源電源車は、緊急時対策所用電源車と同一仕様。

発電所

【構内の通信:電源喪失時等における通信手段確保】

○トランシーバー (震災前:0台)

美浜:15台、高浜72台、大飯33台配備済み



○携帯型通話装置 (震災前:0台)

- ・中央制御室と現場各所に専用通信線を敷設
- ・携帯型通話装置を配備

通信線: 敷設済み

通話装置: 美浜47台、高浜36台、大飯38台配備済み



【構外・構内との通信:携帯電話不通時等の通信手段確保】

○緊急時衛星通報システム (震災前:0台)

美浜3台、高浜5台、大飯4台配備済み



○衛星電話(固定)(屋外アンテナ付) (震災前:0台)

美浜10台、高浜20台、大飯20台配備済み



○衛星電話(携帯) (震災前:各発電所 1台)

美浜:21台、高浜39台、大飯38台配備済み



○社内LAN用衛星可搬局 (震災前:0台)

各発電所1台配備済み



【屋外アンテナ】



【衛星可搬局】

原子力事業本部

○緊急時衛星通報システム (震災前:0台)

1台配備済み



○衛星電話(震災前:2台)

13台配備済み

(屋外アンテナ付:12台)



○衛星電話(固定)(震災前:0台)

5台配備済み



○社内LAN用衛星可搬局

(震災前:0台)

2台配備済み



本店(大阪)

○衛星電話 (震災前:3台)

10台配備済み



国統合防災NW

○電話、FAX、TV会議 (地上系、衛星系)
発電所、原子力事業本部、本店(大阪)、オフサイトセンター等を結ぶ

オフサイトセンター

○衛星電話(屋外アンテナ付) (震災前:0台)

各オフサイトセンター6台配備済み



【衛星電話】



【屋外アンテナ】

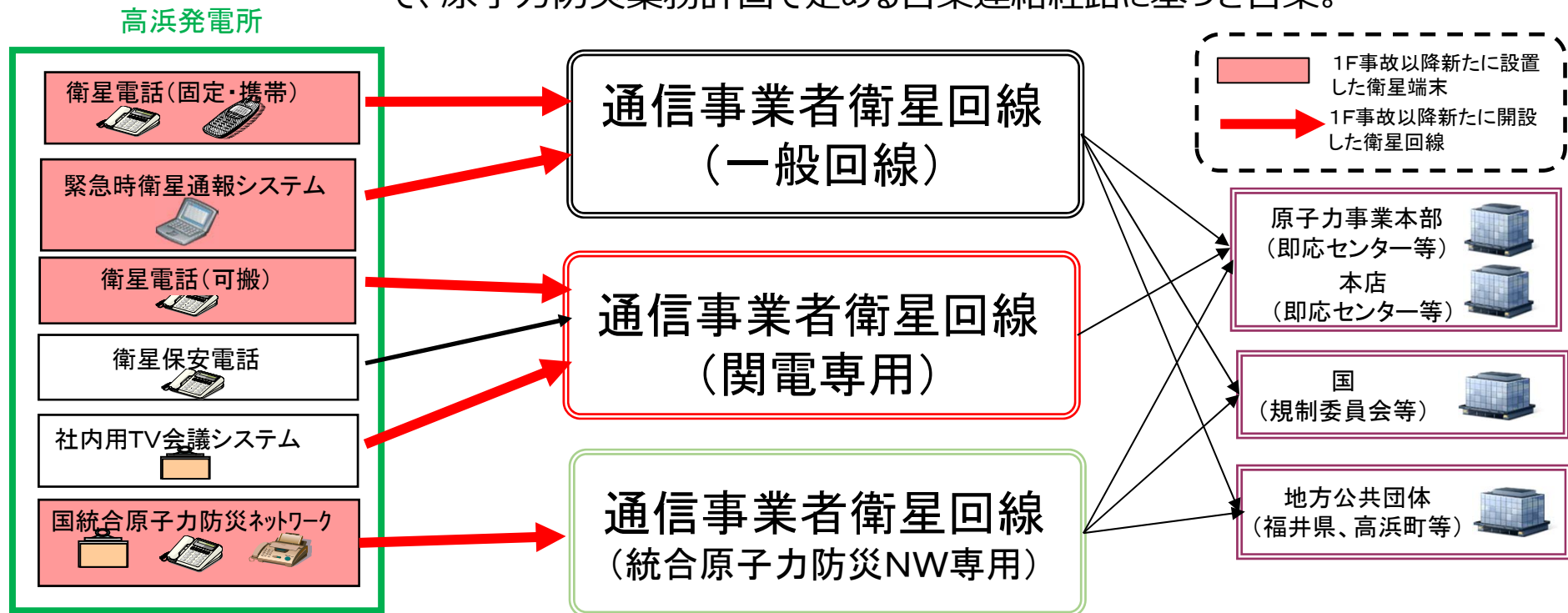
注)台数は、H27.3.31時点

通信手段の多様化、多重化・強化策について

- ・福島第一原子力発電所事故を踏まえて、発電所においては一般回線に加えて、耐震性を確保した衛星回線などを設置し、外部との通信手段の多重化・強化を実施。
- ・初動対応要員の召集については、社内ルールに基づき以下のとおりで召集。

＜地震発生時＞ 若狭地域で震度5弱以上の地震、又はM7.9以上の南海トラフ地震が発生した場合、社員は自動的に事業所へ出社。（個々の社員出社の可否は安否確認システムにより把握）

＜地震以外＞ 緊急呼出システムにより招集。
緊急呼出システムが利用できない場合は、災害優先電話や衛星携帯電話を用いて、原子力防災業務計画で定める召集連絡経路に基づき召集。

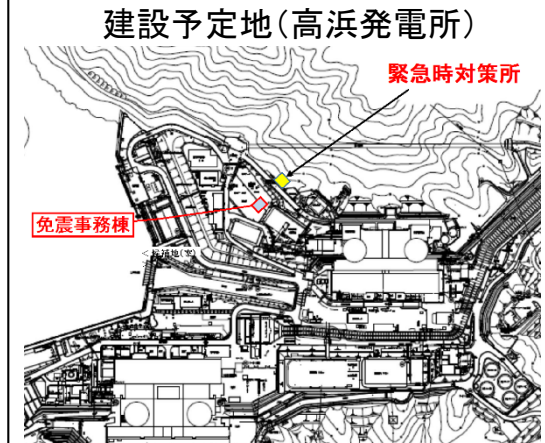


<当初計画:免震事務棟>

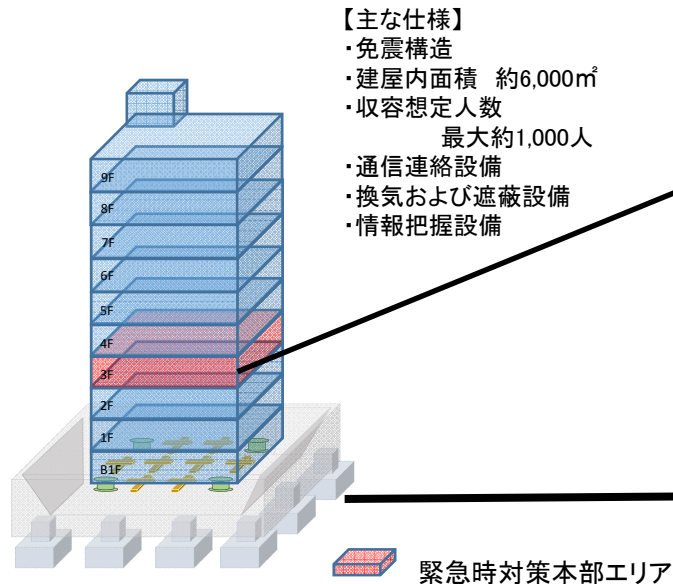
- 設置場所の地質調査を平成24年5月に開始し、平成24年7月末に免震事務棟の仕様を確定。
- 設置場所を美浜:3号機取水口横(EL.+6.0m)、高浜:北門横協力会社駐車場(EL.+17.0m)、大飯:グラント横(EL.+15.0m)に決定。
- 平成25年6月に建物工事を着工し、平成27年度上期運用開始に向け、ボーリング調査、敷地造成、基礎・地下工事等を進めてきたが、設計開始当初に想定していた基準地震動の見直し等を受け、基礎・地下・地上部躯体工事を中断。機器の仕様変更や免震装置の設計を再検討することとした。

<見直し後:緊急時対策所+免震事務棟>

- 緊急時対策所は、新規制基準において、中央制御室以外の場所で、かつ、中央制御室と共通要因により同時に機能喪失しないことが求められている。
- このことから、新規制基準を満足する緊急時対策所(耐震建屋)を設置する。(平成29年度運用開始)
- また、自主的取り組みとして、関係要員等をより多く收容するため免震事務棟(免震建屋)を設置する。

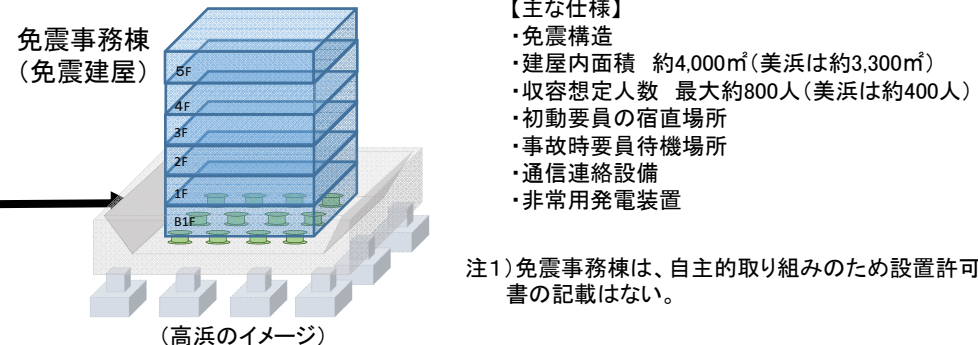
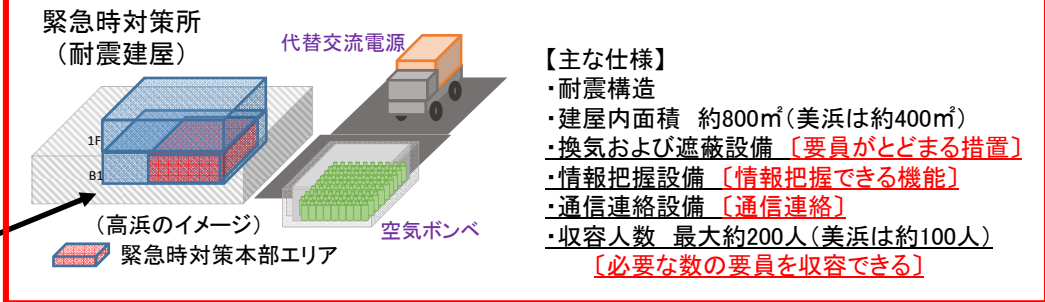


<当初計画:免震事務棟>



<見直し後:緊急時対策所+免震事務棟>

□:規制要求

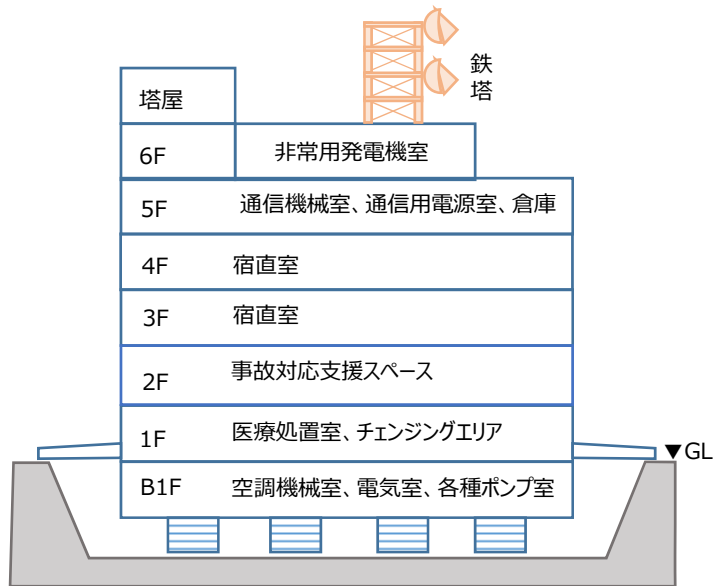


高浜・大飯・美浜発電所免震事務棟設計案

設計方針

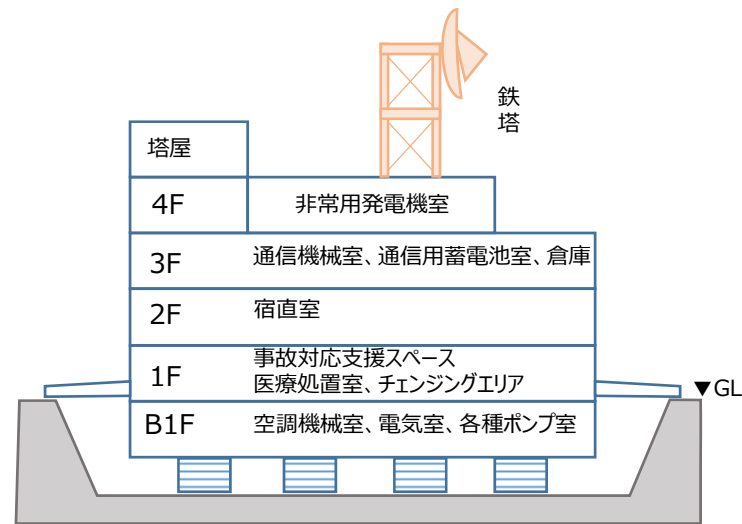
免震事務棟は長期事故支援を目的とし、主に、①初動要員の宿直場所、②要員待機場所、③資機材受入れ及び保管場所として活用するために、自主的な位置付けで設置。

【高浜・大飯発電所】



建屋床面積	約4,300㎡
収容想定人数	約800人

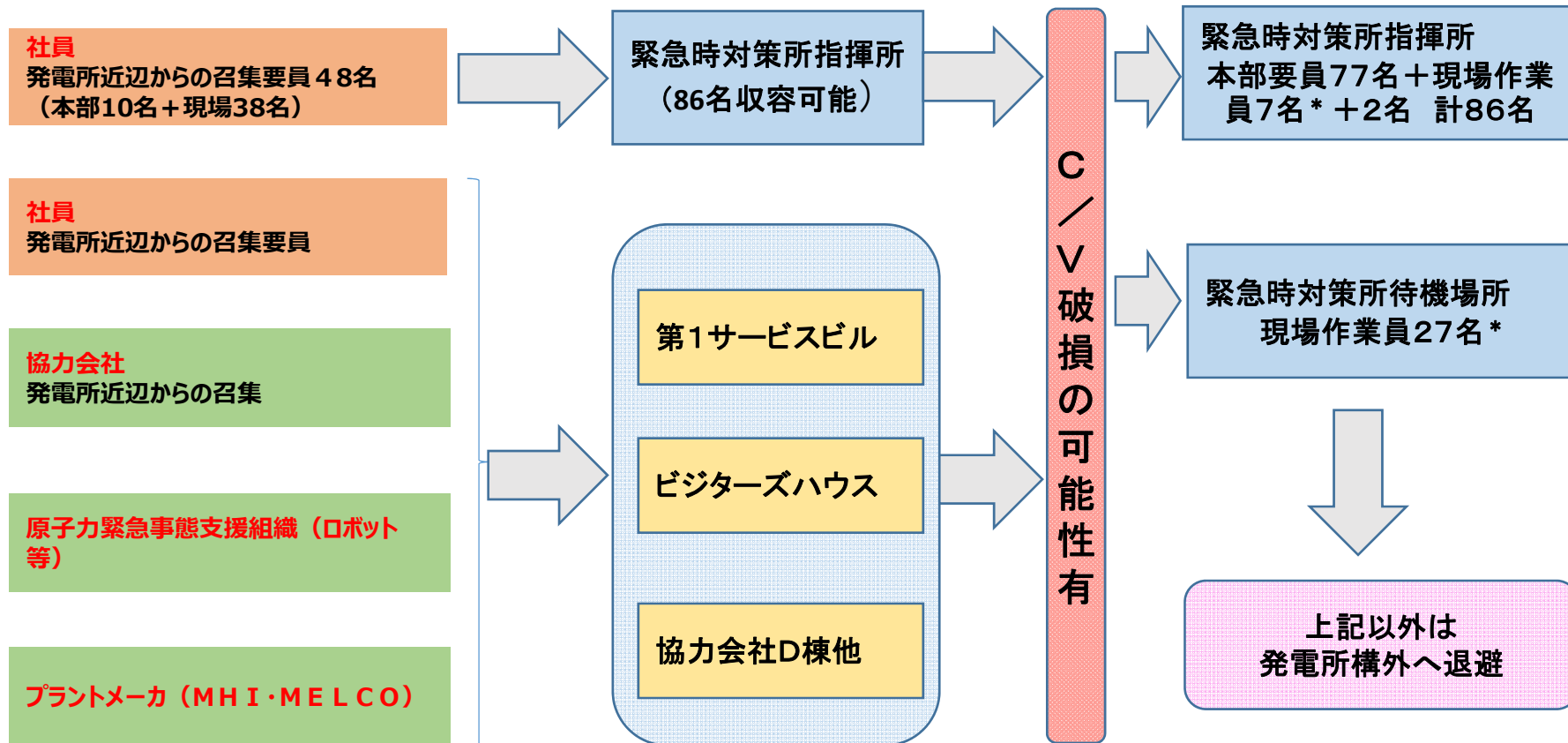
【美浜発電所】



建屋床面積	約3,000㎡
収容想定人数	約400人

召集要員（協力会社・メーカー含む）の待機場所について

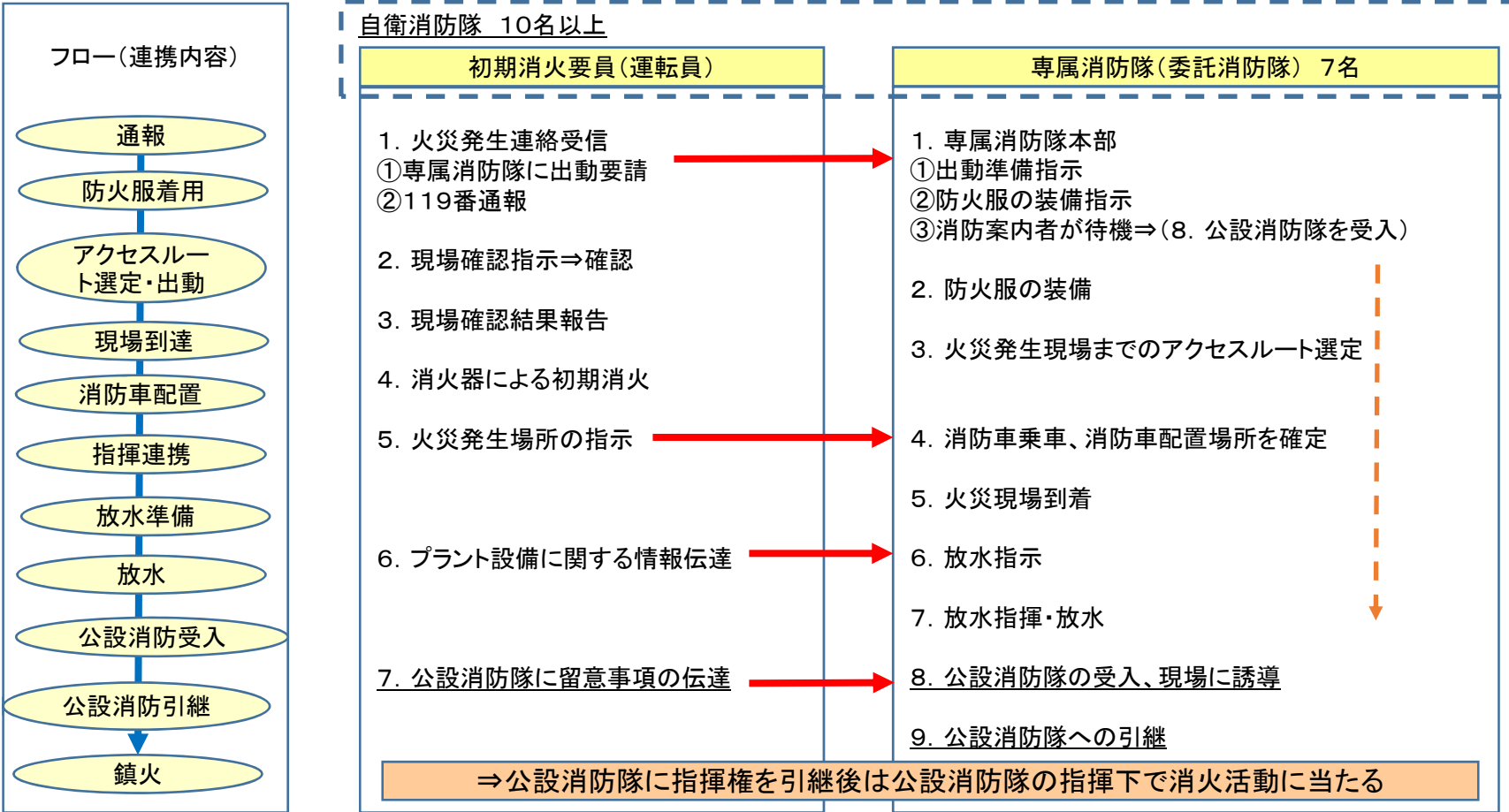
○召集要員（協力会社・メーカー含む）の発電所召集後の待機場所について



火災対策

火災発生時の対応について

【原子力発電所において火災が発生した場合の対応手順】 防火管理所達抜粋

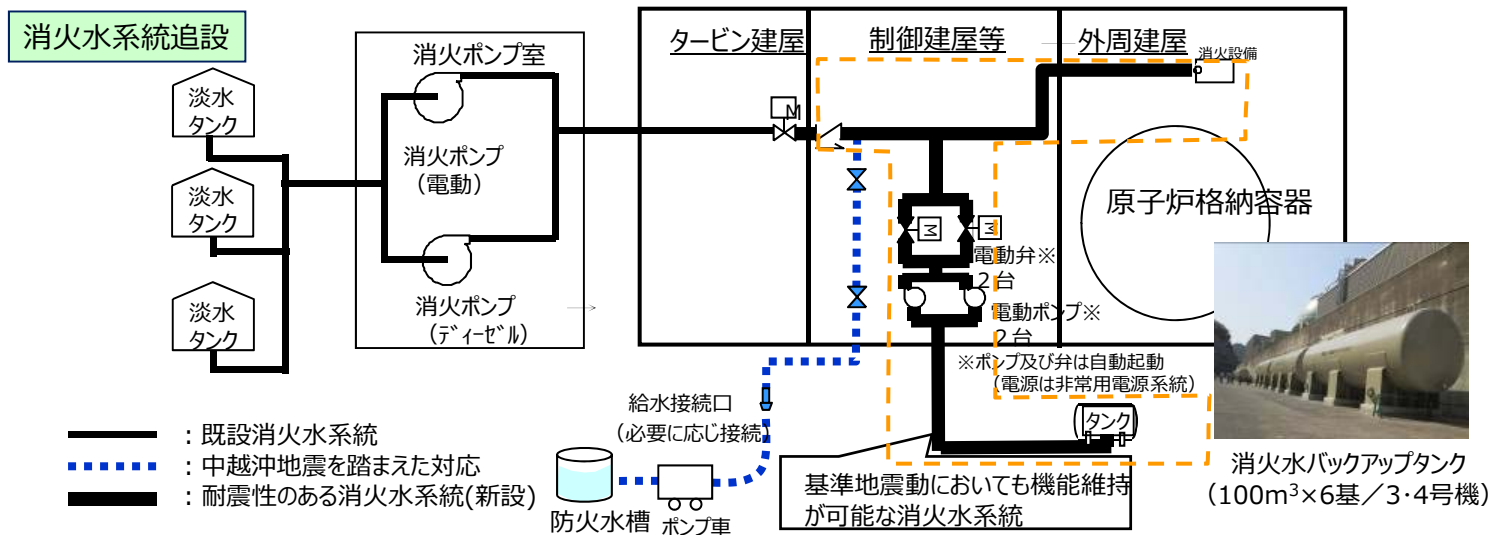


- 火災の規模や発生場所に関わらず、対応手順(公設消防との連携内容)や役割分担は同じ。
- 管理区域内の場合も基本的に同様であり、線量計等を携帯し、防火服のまま着替えることなく入域するとともに、放射線管理要員を派遣し、公設消防隊に対し、線量に応じた保護具の着用を指導するなど、放射線防護に関する必要な措置を講じることとしている。

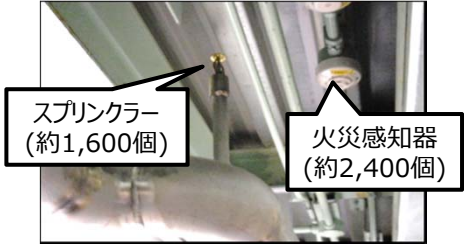
新規制基準対応について(内部火災対策)

原子炉を停止するために必要な機器等に対し、以下について強化。(例:高浜3, 4号機)

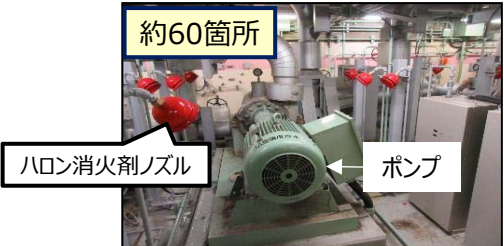
- 早期検知のため、異なる種類の火災感知器(煙、炎)を追加設置。(約1,200個→約2,400個)
- 可燃物(ポンプ等油内包機器、ケーブル、電気盤等)を対象にスプリンクラーやハロン消火設備を設置。
- 耐震性のあるタンクやポンプ等の消火水系統を追設。
- 影響軽減のため、ケーブルトレイに耐火シートや自動消火装置を設置。



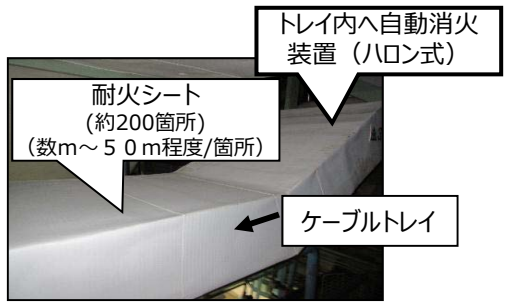
消火設備等設置



スプリンクラーの設置



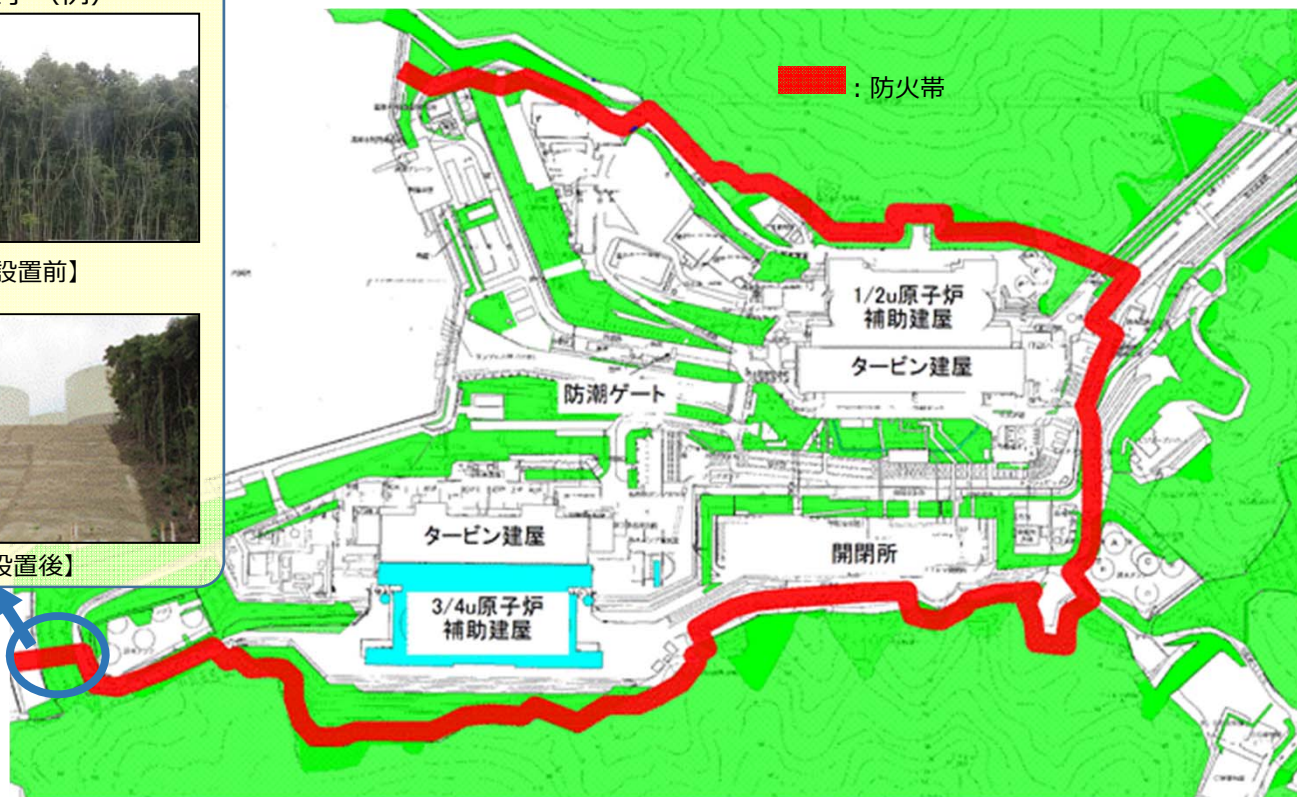
ハロン消火設備の設置



ケーブルトレイへの耐火シート巻付け

新規制基準対応について(外部火災対策)

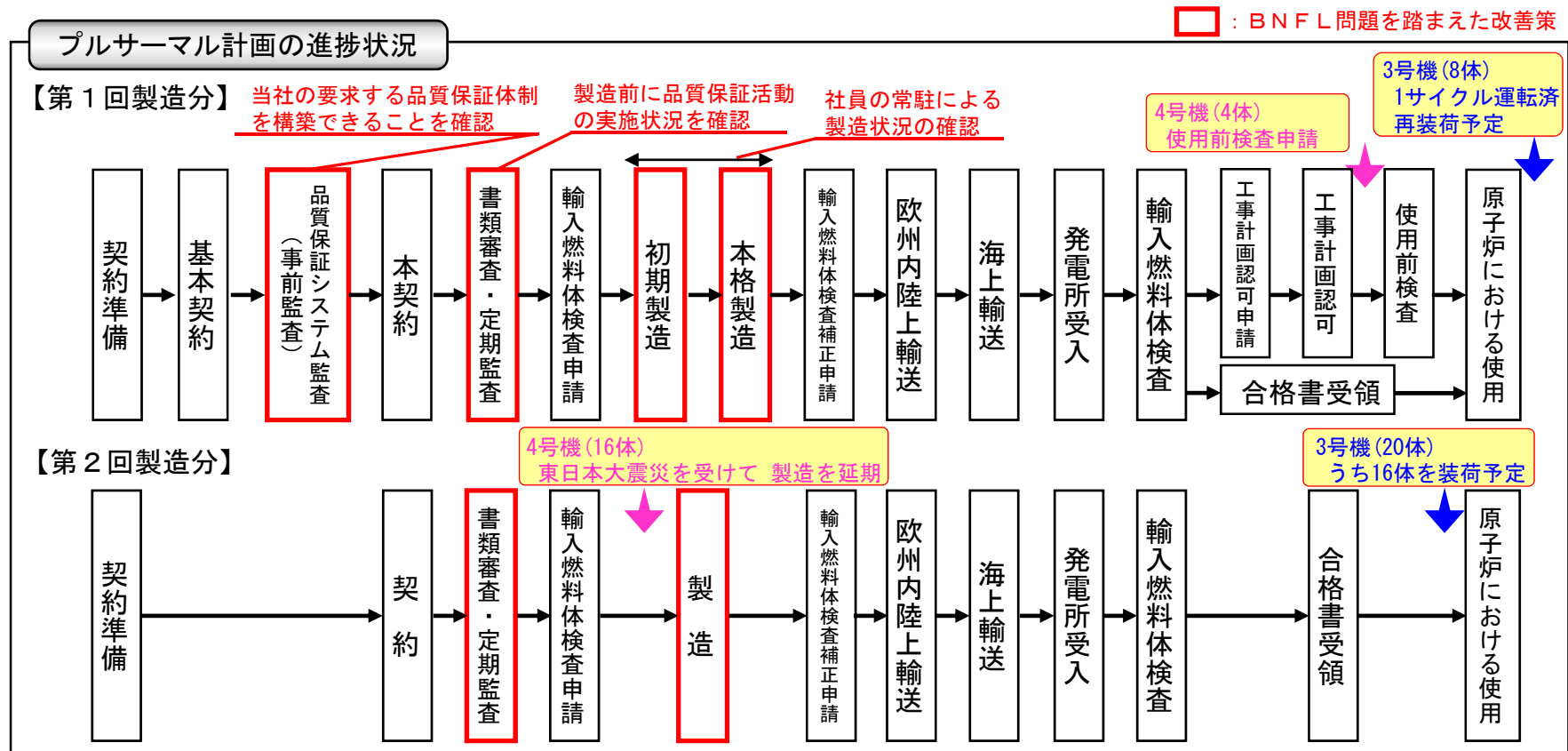
○森林火災による発電所施設への延焼を防止するために森林を伐採し、幅18mの防火帯を設置。



MOX燃料

高浜3、4号機再稼動時のMOX燃料装荷計画等について

○高浜3、4号機再稼動時MOX燃料を使用する計画(3号機：24体、4号機：4体)とし、必要な準備を進めていく。



○ 高浜3、4号機で使用するMOX燃料は炉心全体の約1/4であり、ウラン燃料と同等の安全性が確保できる。

(参考：H7年6月 原子力安全委員会報告書)

原子炉の中でのMOX燃料の振り舞いはウラン燃料と大差なく、MOX燃料の装荷割合が炉心全体の約1/3程度までの範囲であれば、現在と同じ安全設計、評価手法を使うことが可能

高浜3号機用MOX燃料20体(第2回製造分) の製造に係る品質保証活動の結果

<品質保証活動>

- ・製造期間を通じてメロックス工場に当社社員を派遣／当社の活動状況を第三者機関が確認
- ・異常事態発生時の連絡方法、体制を構築(製造開始前に連絡訓練実施)

	平成22年					
	4月	5月	6月	7月	8月	9月
ペレット製造 燃料棒製造 燃料集合体製造	4/6					9/29
	メロックス工場でのMOX製造					
立会検査 (抜取検査、 記録確認)	← 当社の立会検査を46回実施 → 全て合格であることを確認					
工程監査	← ペレット工程監査 → ← 燃料棒工程監査 → ← 燃料集合体工程監査 → } ペレット、燃料棒、集合体の工程ごとに工程監査を27日実施					
巡視	当社向けMOX燃料の製造・検査の工程を毎日巡視(休日を除く)					
現地駐在体制	・派遣体制: 2人~5人(延べ約380人・日) ・現地駐在責任者1名、検査・巡視員1~3名の体制。なお、工程監査時は監査チームが加わる。(重複有)					

<品質保証活動の結果>

適切な品質保証のもと、定められた仕様のMOX燃料が製造されたことを確認

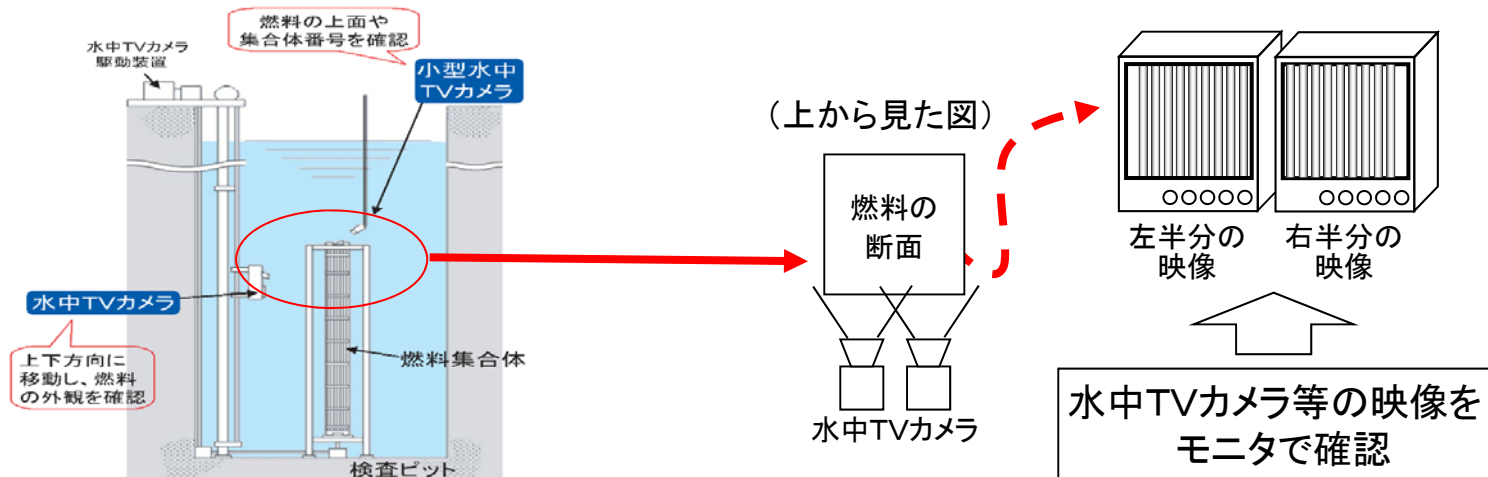
MOX燃料の輸入燃料体検査における外観確認検査

(高浜4号機用MOX燃料4体(第1回製造分)および高浜3号機用MOX燃料20体(第2回製造分))

平成23年2月1日(高浜4号機用MOX燃料4体)および平成25年12月10日~12日(高浜3号機用MOX燃料20体)に、国による輸入燃料体検査(外観確認検査)を受検

【検査の判定基準】:

- 割れ、傷等で有害なものがないこと
- 油脂、酸化物等で有害な付着物がないこと
- 部品の欠如がないこと。燃料集合体に燃料体識別番号が刻印されていること



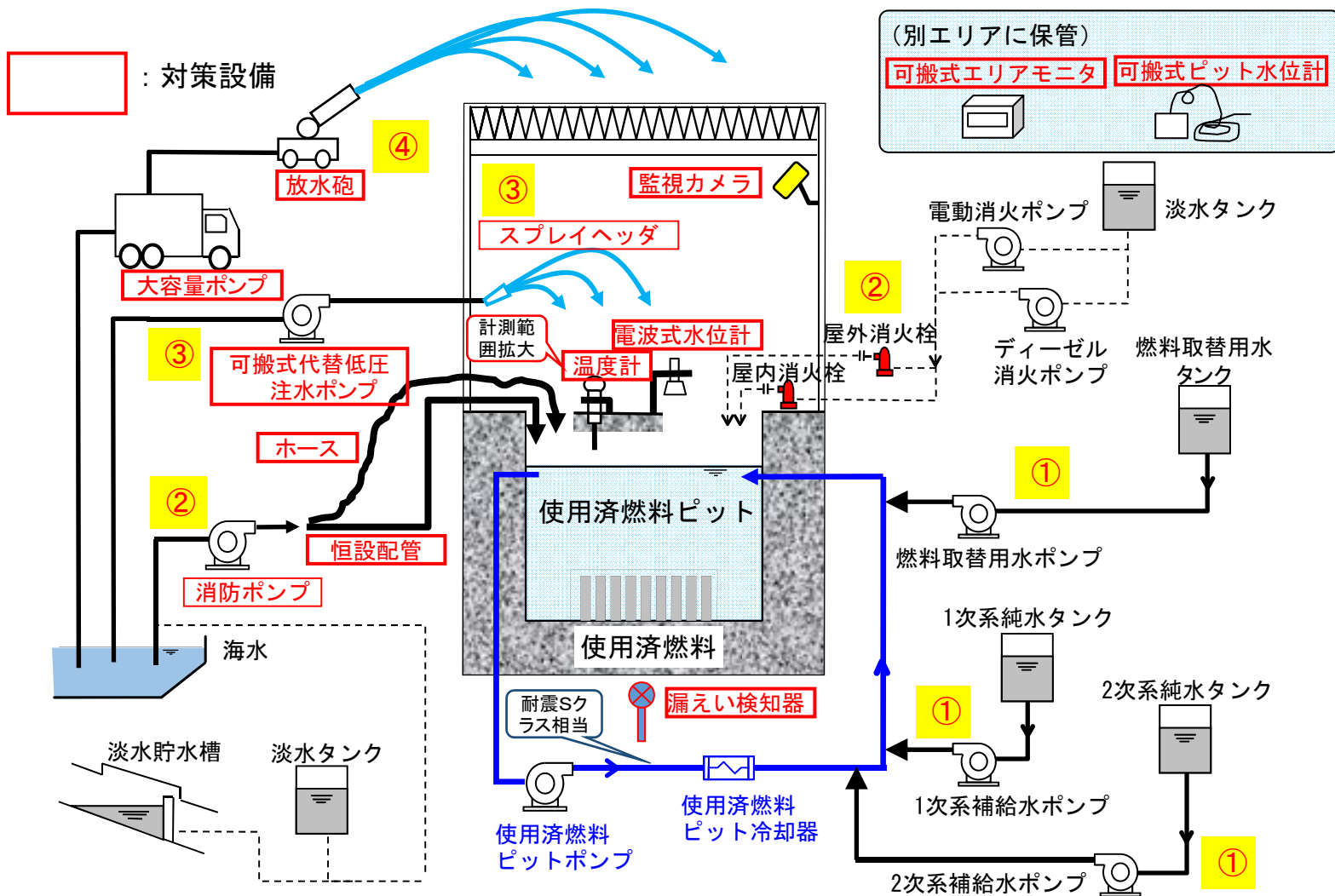
水中TVカメラによる外観確認方法の概略図

平成23年2月16日(高浜4号機用MOX燃料4体)および平成26年2月7日(高浜3号機用MOX燃料20体)に、国から輸入燃料体検査合格証を受領(現在、SFピットに保管中)

使用済燃料ピット漏えい時対策

高浜3, 4号機 使用済燃料ピット漏えい時の対応について

福島第一原子力発電所事故を踏まえ、使用済燃料ピットの漏えい時においても、給水機能や監視機能等の安全性向上対策を実施。



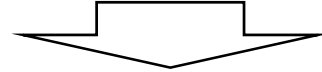
格納容器内計装設備強化策

重大事故対策(高浜3, 4号機の例)

規制要求(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の解釈)

第58条(計装設備)

- c) 原子炉格納容器内の温度、圧力、水位、水素濃度及び放射線量率など想定される重大事故等の対応に必要なパラメータが計測又は監視及び記録ができること。



【原子炉下部キャビティ水位計】

○溶融炉心冷却時における注水量を把握する手段として、注水量の積算や水源となるタンクの水位変化による確認としていたものに加え、原子炉下部キャビティ水位計を新設。

【格納容器水位計】

○格納容器スプレイ時の格納容器水位を把握する手段として、格納容器への注水量の積算による確認に加え、原子炉格納容器水位計を新設。

