

福島第一原子力発電所事故を踏まえた 安全性向上対策の実施状況について

(緊急時対応体制、手順の整備状況など)

平成27年 9月 3日
関西電力株式会社

組織、体制、手順、教育・訓練にかかる安全性向上対策の取り組み

福島第一原子力発電所事故を踏まえ緊急時対応を確実なものとするために、組織、体制、手順、教育・訓練の充実を図っており、引き続き安全性向上に向けた取り組みを継続的に実施している。

○組織

原子力事業本部に安全性向上に係る取組みを一元的に推進する原子力安全部門を新設。
また、各発電所に本部長（発電所長）を補佐する副本部長（原子力安全統括）を配置。

○体制

ひとつの発電所での複数ユニットの緊急時対応を想定した体制を構築するとともに、初動対応要員、参集要員を増員。

○手順

新たに配備した設備も含めて、重大事故等に対処するための手順整備を実施中。

○教育・訓練

指揮者、運転員、緊急安全対応要員それぞれに教育・訓練を実施。

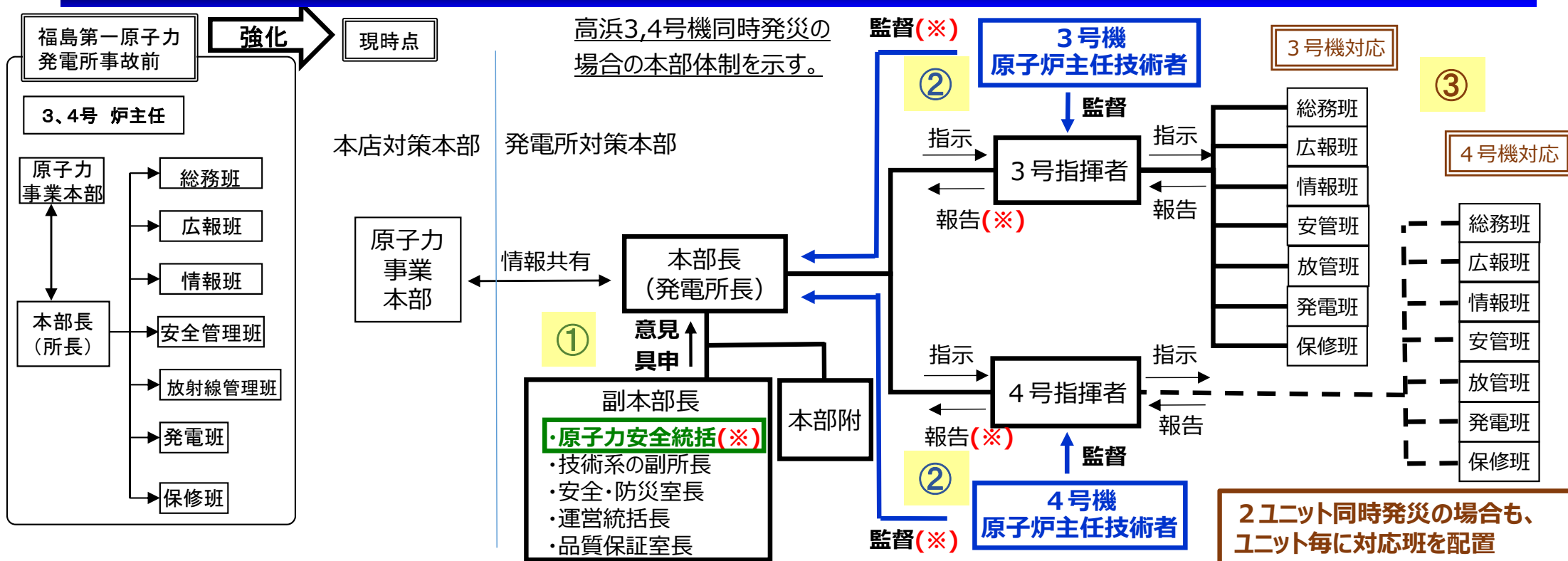
○その他

各種事故調査報告書（吉田調書他）教訓の反映。
更なる安全性向上に向けた取組みを継続的に実施。

○組織・体制の充実について	1	～	3
○重大事故等対応のための手順について ...	4	～	5
○事故シーケンス事例	6	～	9
○多様性拡張設備について	10	～	12
○使用済燃料ピット漏えい時の対応について...	13	～	15
○火災発生時の対応について	16	～	17
○事故時対応能力の向上について	18	～	20
○マニュアルの整備と訓練のまとめ	21		

組織・体制の充実について(1/3) ～発電所における緊急時対応体制の強化～

1



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

(※)：「原子力安全統括」は本部長(発電所長)とともに、報告・指示事項について確認する

組織・体制の充実について(2/3) ～初動および参集体制の強化～

2

○万が一に備え、発電所構内に初動対応要員として70名が24時間常駐。

また、緊急安全対策要員48名が事故発生から6時間以内に召集できる体制を構築。

○さらに、協力会社やプラントメーカーによる発電所支援により、合計700名以上が事故収束に注力。

福島第一原子力
発電所事故前

福島第一原子力
発電所事故以降
(新規制基準への対応等)

29人

本部要員： 2名
運転員： 22名
消防活動要員： 5名

70人

本部要員： 6名
運転員： 24名
緊急安全対策要員： 40名
(設備対応、消防活動要員等)

- ・ユニット毎に指揮者を配置したことによる増
- ・外部の支援なしでの原子炉等への給水、使用済燃料ピット損壊時の給水や状態監視設備の配備など、新たな役務の対応に伴う増
- ・大規模火災に備えた消防活動要員の増など

初動
(常駐)

要員召集ルート



参集

当社社員： 164人
協力会社： 約150人

プラントメーカーによる技術支援
若狭地区： 11名
神戸地区： 約400～500名

- ・必要な技量を持つ要員派遣を確実に受けられる派遣体制を構築
- ・大規模自然災害による交通手段の途絶を想定した場合でも、164人のうち48人は6時間以内に確実に参集できる体制を構築
本部要員(10名)、現地給水要員(38名)

○要員召集訓練実績：H25以降計8回実施。

天候や道路状況も訓練に考慮。

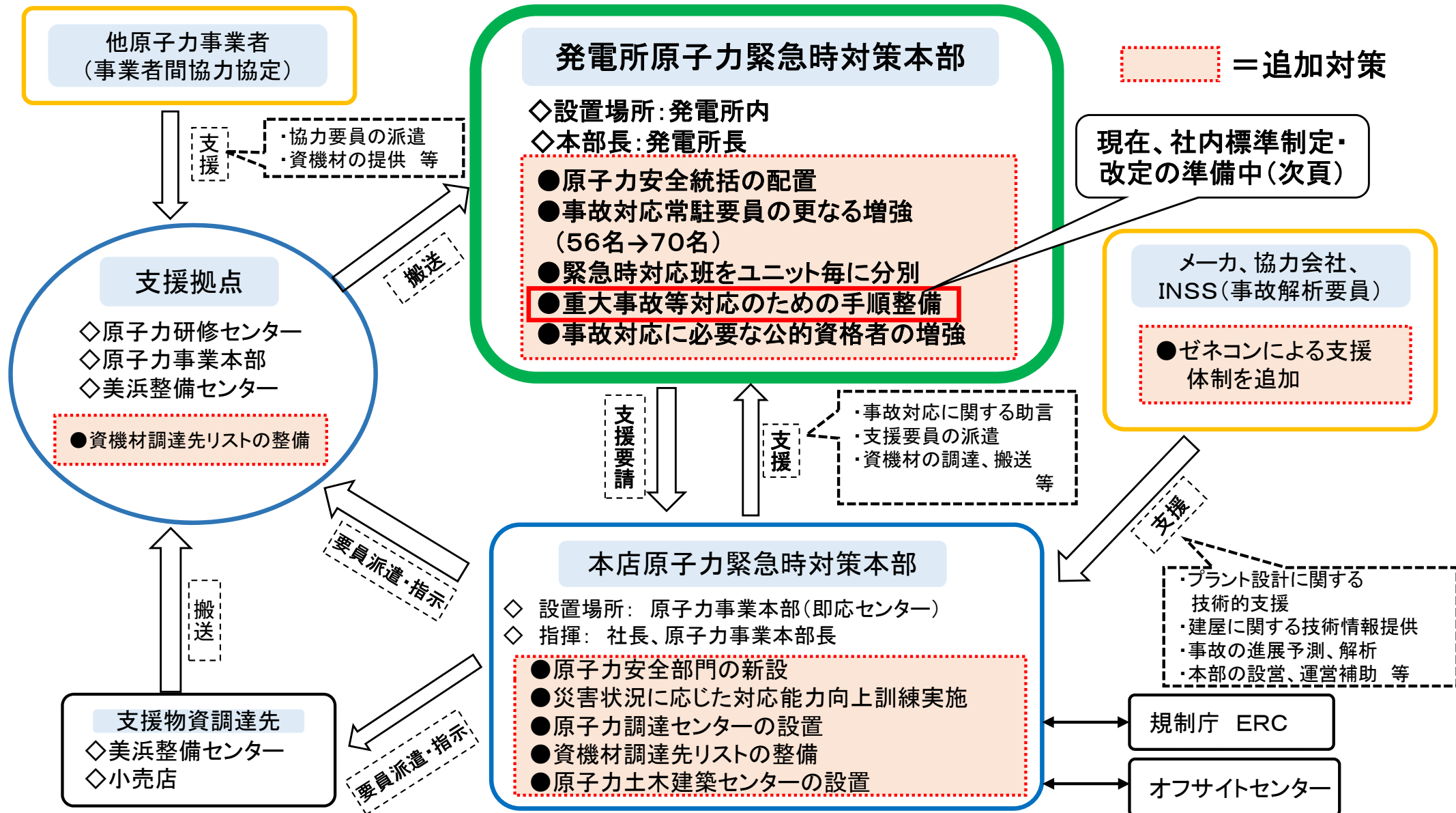
例)H27.1.8(冬季) 徒歩により、発電所長以下計17名参加

H27.8.27(早朝) 徒歩およびマウンテンバイクにより計12名参加



要員召集訓練の様子

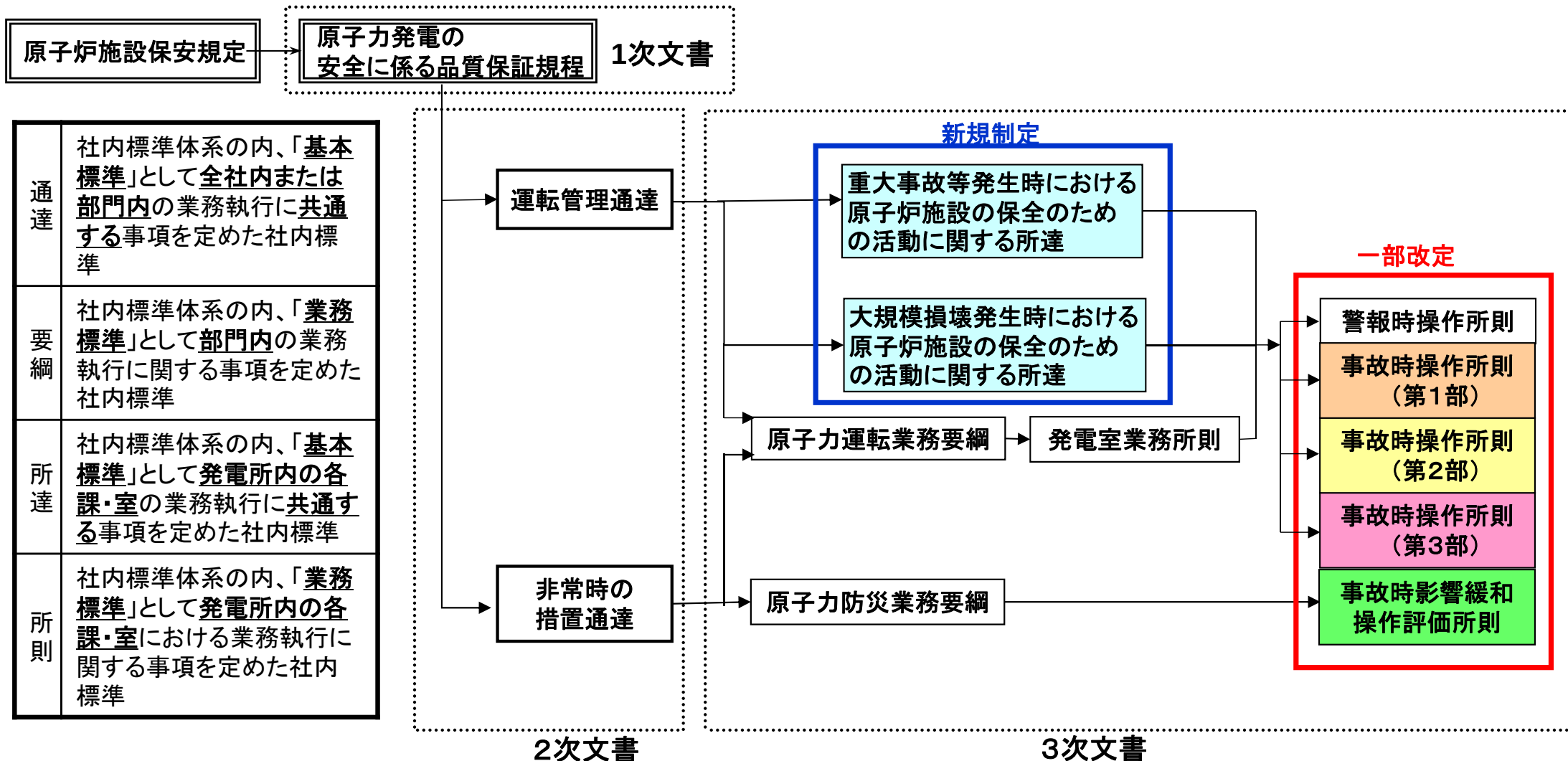
- 原子力発電所において緊急事態が発生した場合には、発電所に発電所対策本部、原子力事業本部に本店対策本部(即応センター)を設置。
- 発電所対策本部は、事故の制圧、拡大防止に向けた対応を実施。
- 本店対策本部は、発電所における事故対応活動を支援。



重大事故等対応のための手順について(1/2)

新規制基準において、設計基準を超える重大事故等の対応が要求されたことに伴い、社内標準にて定められている設計基準事故に加えて、重大事故等の対応も含めた手順について、保安規定改定にあわせて制定予定。

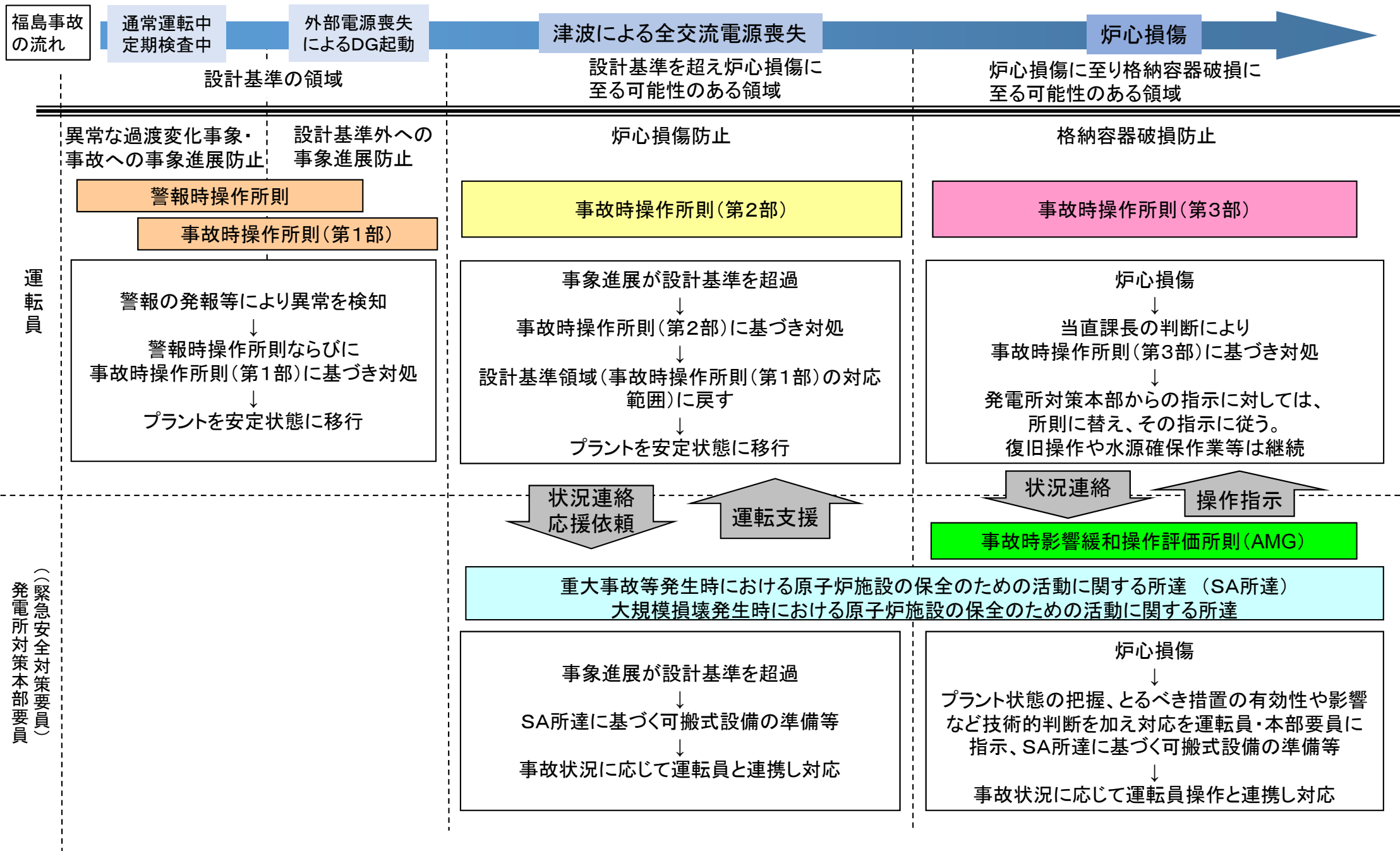
高浜発電所 社内標準体系(抜粋)



重大事故等対応のための手順について(2/2)

5

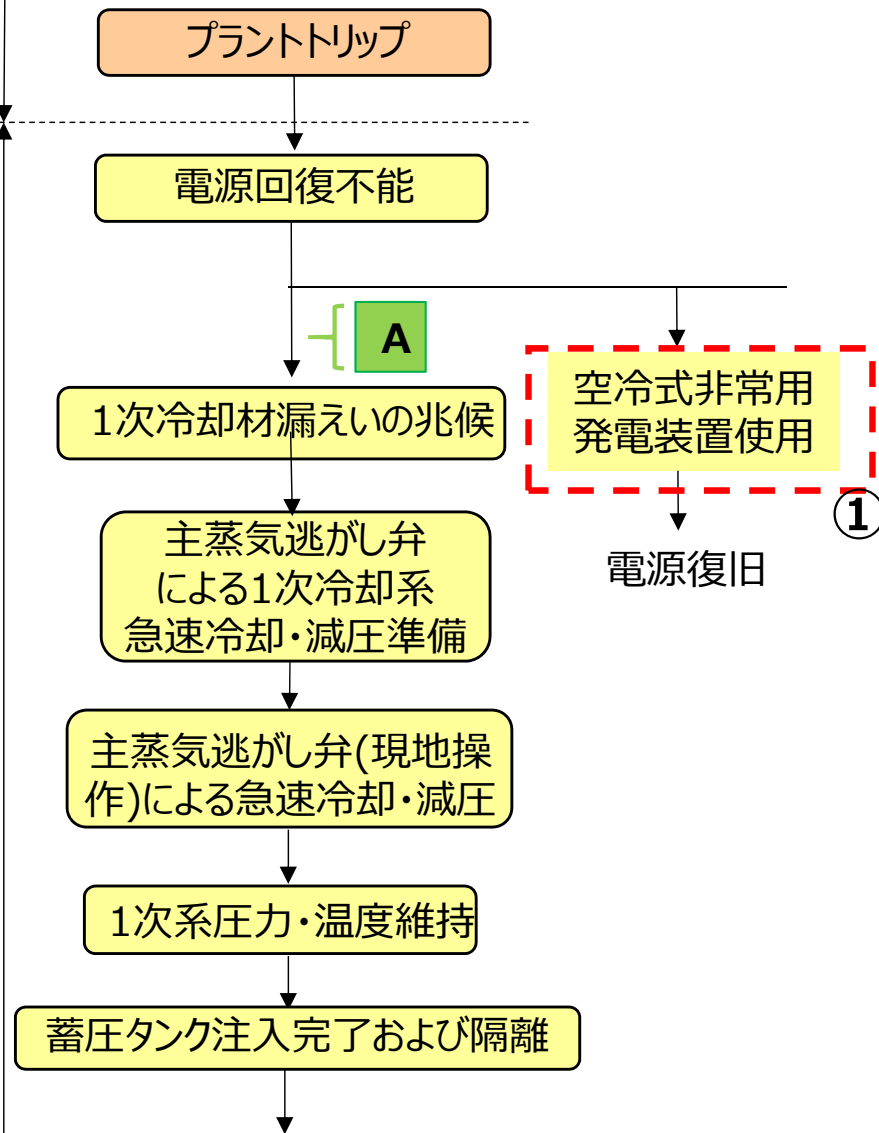
事故対応の手順は、プラントの状況に応じて活用する内容を定めている。



設計基準の領域

設計基準を超え炉心損傷に至る可能性のある領域

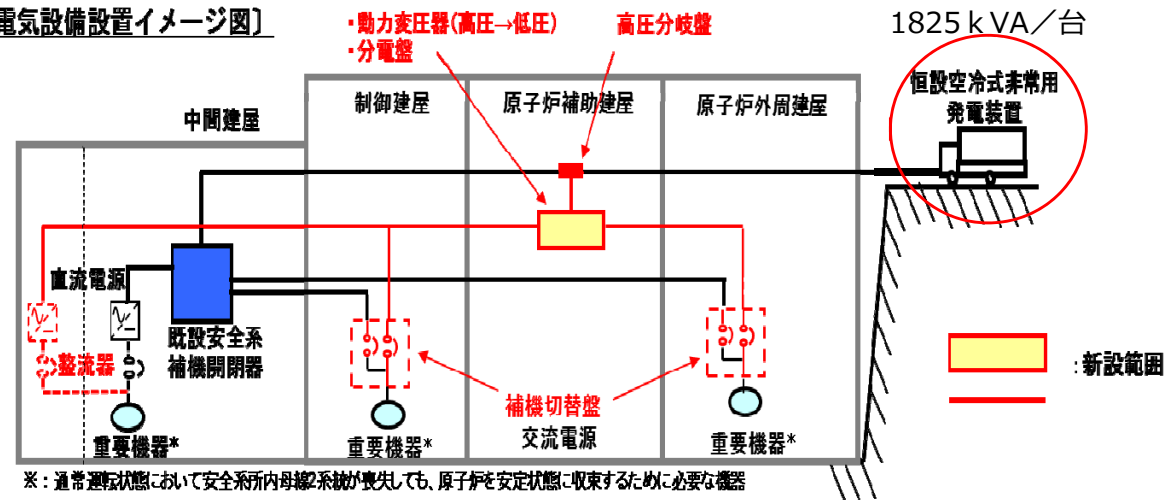
【全交流電源喪失】



次ページへ

: 追加対策

【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



前ページより

主蒸気逃がし弁(現地操作)による急速冷却・減圧

・蓄圧タンク注入確認
・1次系急速冷却・減圧

恒設代替低圧注水ポンプによる炉心への注入

②

1次系圧力・温度維持

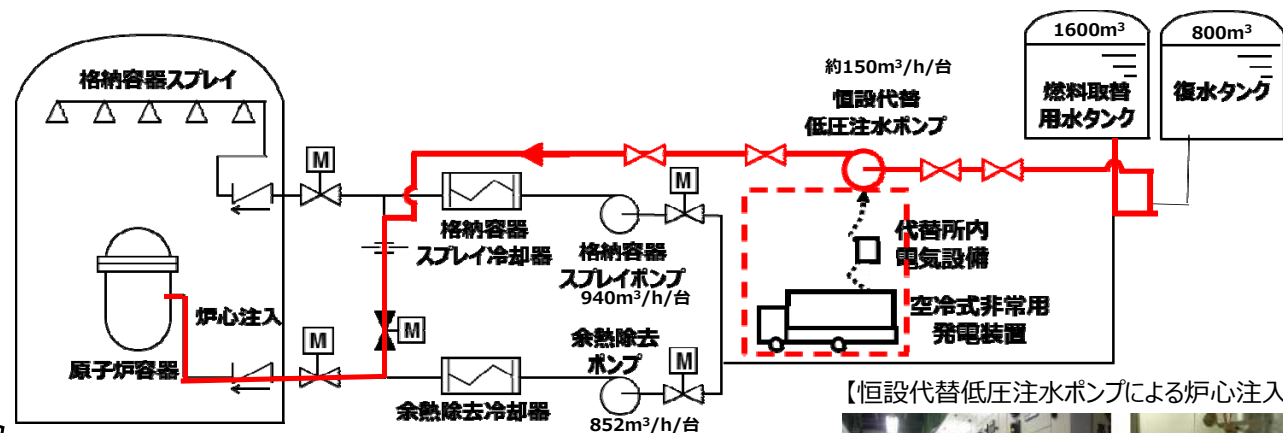
B

大容量ポンプによる格納容器内自然対流冷却および代替補機冷却による余熱除去ポンプでの長期的な冷却の維持

③

：追加対策

：新設範囲



手順②については、事故時操作所則(第2部)で定めている。恒設代替注水ポンプ起動、流量調整。ポンプ起動後原子炉水位の確認。
中央制御室1人 現場2人で、約26分で実施。



手順③については、事故時操作所則(第2部)およびSA所達で定めている。

(自然対流冷却)

大容量ポンプ起動、格納容器再循環ユニットへの海水通水、格納容器再循環ダクト開放機構の開放確認。

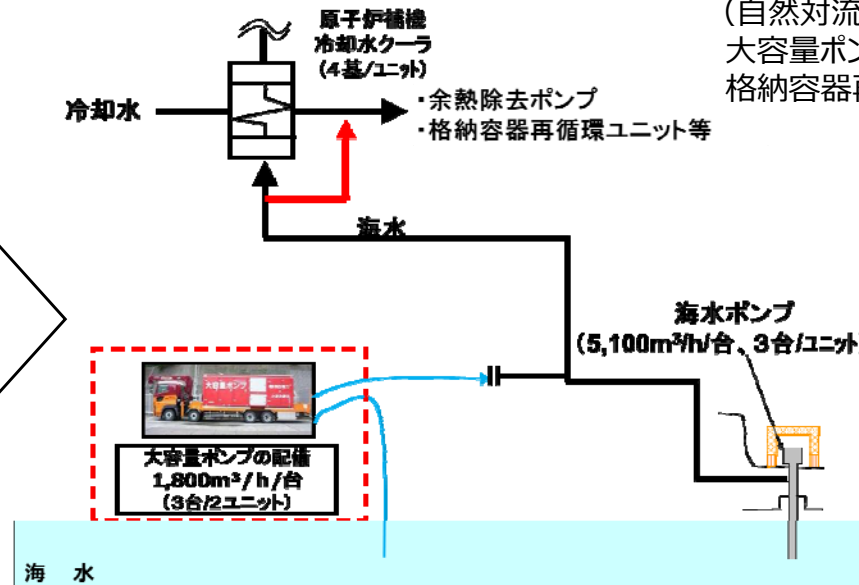
(代替補機冷却による余熱除去ポンプでの長期的な冷却の維持)

大容量ポンプ起動、B余熱除去ポンプへの海水通水。B余熱除去ポンプ起動。恒設代替低圧注水ポンプ停止。

自然対流冷却および余熱除去ポンプでの長期冷却については海水通水操作が共通であり、中央制御室2人、現場20人で、約7.5時間で実施。

【大容量ポンプの操作】

【海水通水の操作】



【全交流電源喪失】

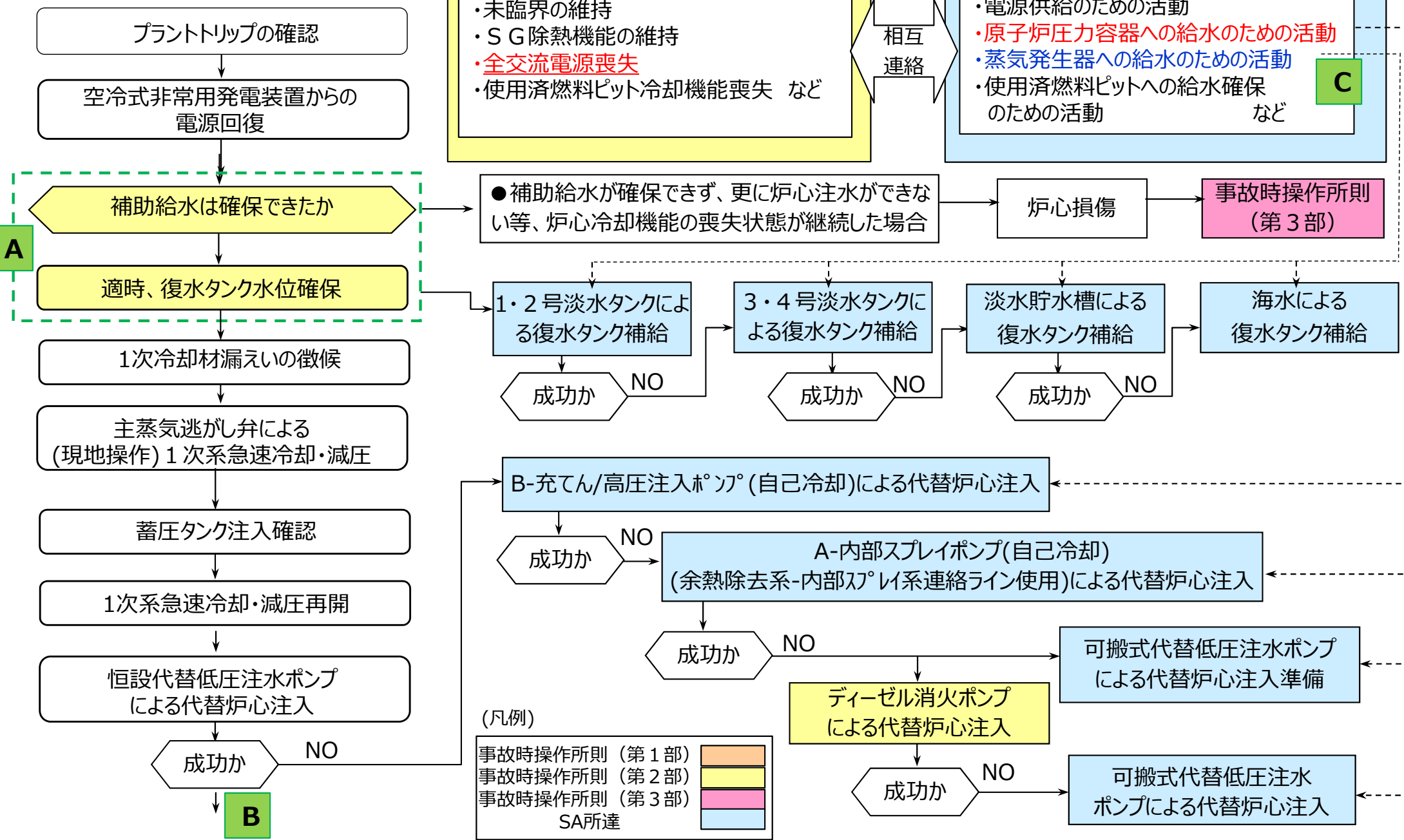
事故時操作所則 (第2部)

- ・未臨界の維持
- ・S G 除熱機能の維持
- ・**全交流電源喪失**
- ・使用済燃料ピット冷却機能喪失 など

SA所達

- ・電源供給のための活動
- ・**原子炉圧力容器への給水のための活動**
- ・**蒸気発生器への給水のための活動**
- ・使用済燃料ピットへの給水確保のための活動 など

C

相互
連絡


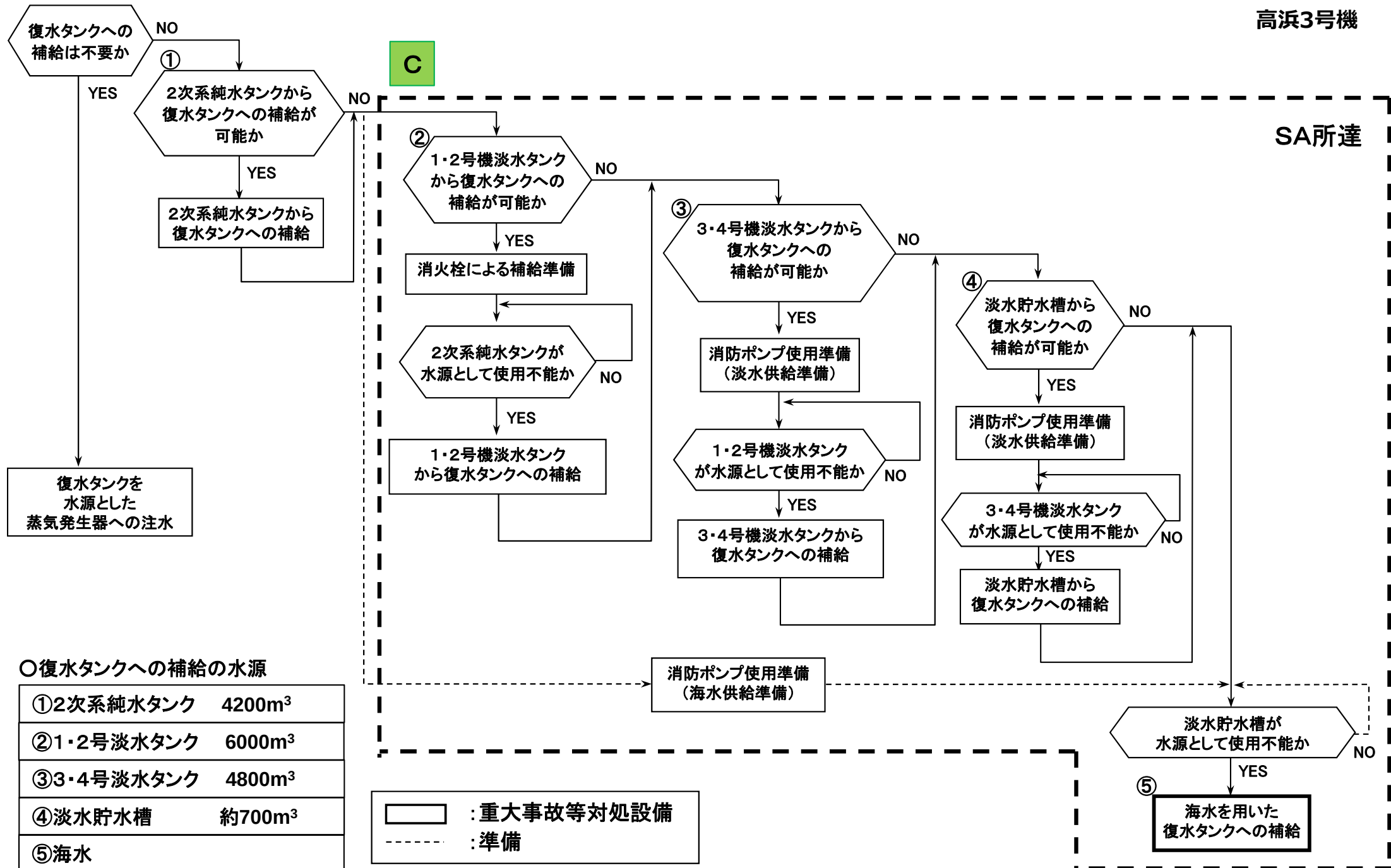
A

B

蒸気発生器2次側による炉心冷却(注水)のための水源確保

9

高浜3号機



多様性拡張設備とは、

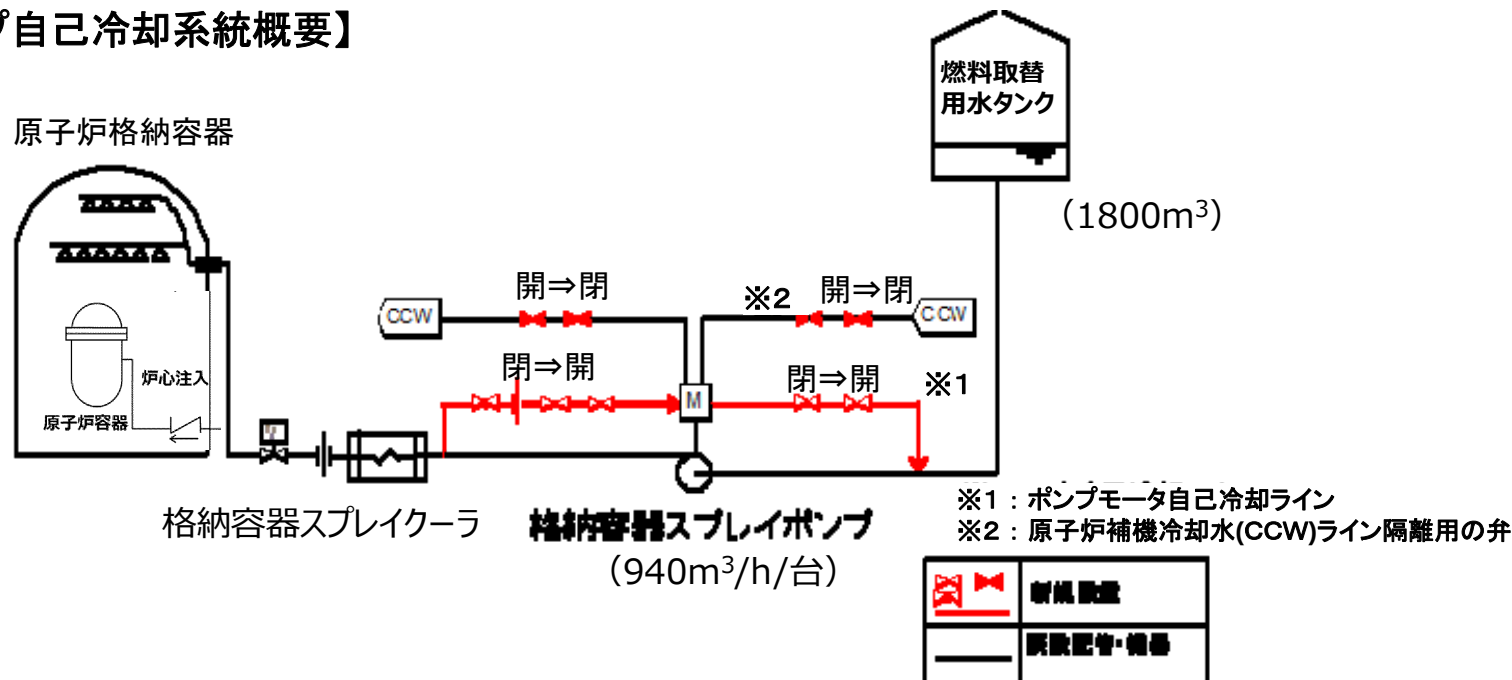
設備が事故の被害を受けず健全であったり、プラント状況によっては使用可能な場合、事故対応の代替手段として有効な設備のことであり、実施に当たっての手順を事故時操作所則に定めており、電源の有無、可能な範囲で現場説明のうえ、使用を判断することとしている。

【「全交流電源喪失」+「一次冷却材喪失」時における代替炉心冷却に関する使用事例】

【炉心注入設備】		重大事故等対策	多様性拡張設備	理 由
◎設計事象 ・充てん高圧注入ポンプ ・蓄圧タンク ・余熱除去ポンプ ◎重大事故等 ・代替炉心注入 → 代替炉心注水 ・恒設代替低圧注水ポンプ ・可搬型代替低圧注水ポンプ			電動消火ポンプ ディーゼル消火ポンプ 1.2u淡水タンク	消火目的として配備しているが、火災が発生していなければ代替手段として活用できる。
			格納容器スプレイポンプ （自己冷却）	系統構成に時間を要すること、また、再循環運転段階では使用できないが、流量が大きく代替手段としては有効。
			余熱除去ポンプ （空調用冷水）	冷却水の供給設備である空調用冷凍機が耐震性を有していないものの、空調用冷水系統が健全であれば代替手段として有効。
			燃料取替用水タンク （重力注入）	プラント状況により、水頭圧が1次冷却材圧力を下回る可能性があるものの、上回る場合は比較的早く準備ができるため、代替手段として有効。

【格納容器スプレイポンプ自己冷却系統概要】

高浜3, 4号機



【格納容器スプレイポンプ自己冷却運転】

- 系統構成に必要な要員は3名で1時間強を想定(実訓練では35分。移動を含む、常用照明切の条件で実施)、ディスタンスピースの設置など自己冷却運転を開始できるまでは105分を想定。
- アクセス性、作業環境、操作性、連絡手段などをもとに成立性の確認を実施。



CCW側
閉操作

- ① A格納容器スプレイポンプ
自己冷却運転系統構成
(原子炉補助建屋 EL. -2.0m)



自己冷却側
開操作

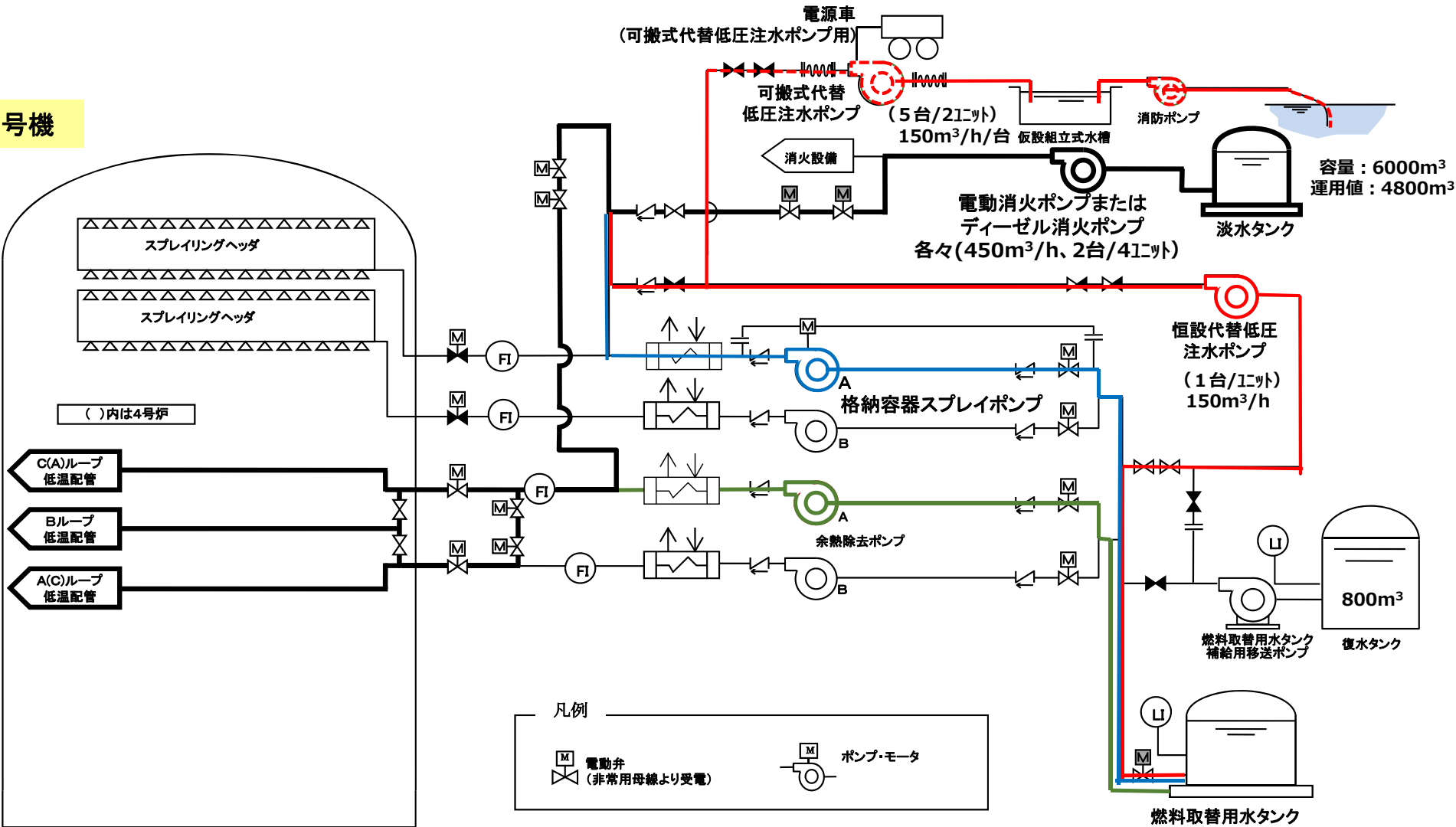
- ② A格納容器スプレイポンプ
自己冷却運転系統構成
(原子炉補助建屋 EL. 4.0m)

【多様性拡張設備による代替炉心注水の系統概要】

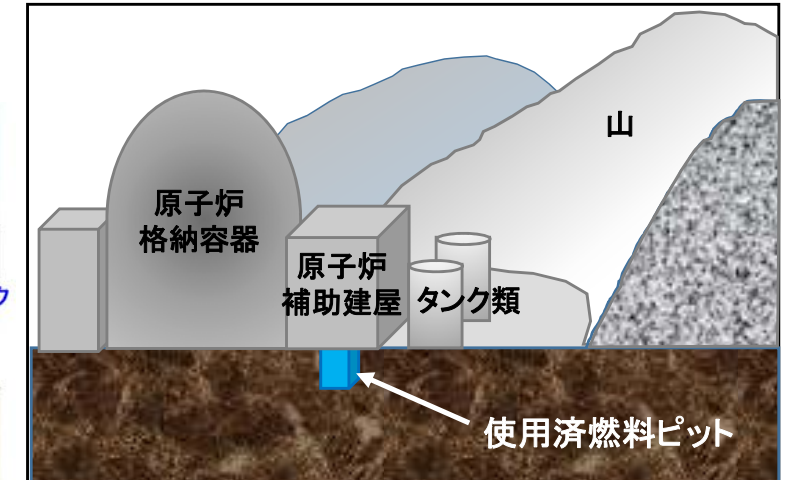
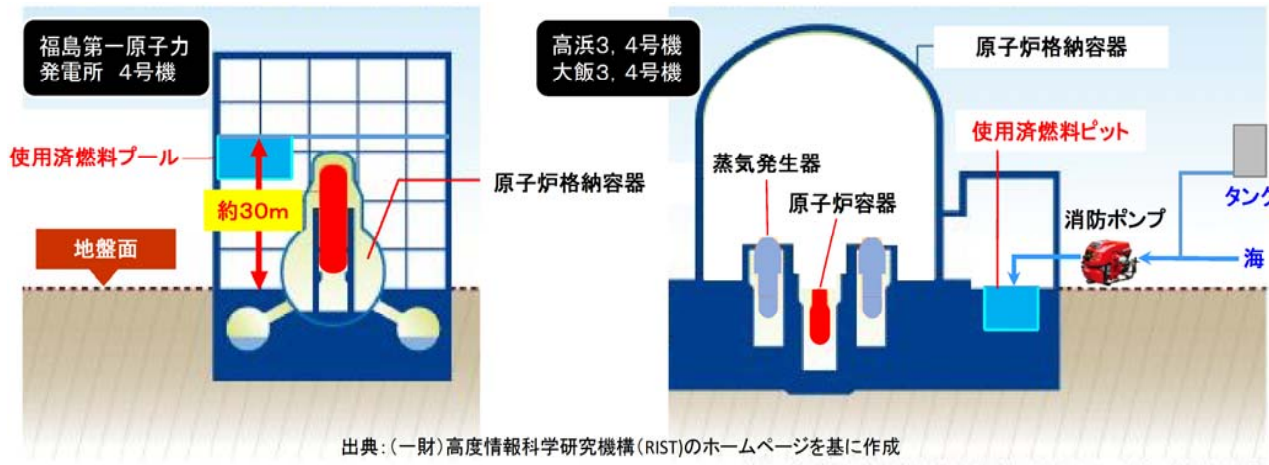
- 消火ポンプによる代替炉心注水ライン(多様性拡張設備)
- A格納容器スプレイポンプ(自己冷却)使用ライン(多様性拡張設備)
- 燃料取替用水タンクからの重力注入(多様性拡張設備)

- 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



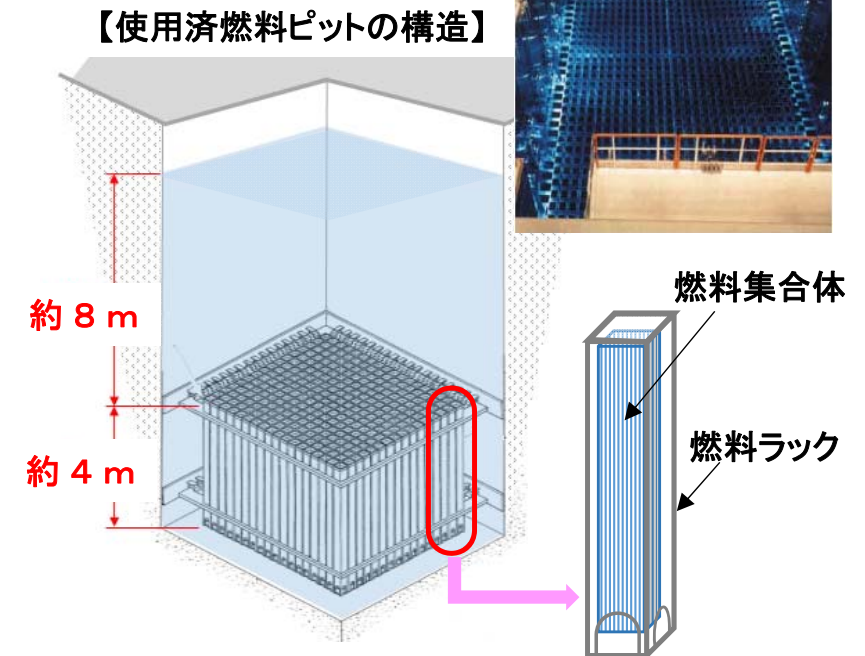
〔使用済燃料ピット(SFP)の構造的特徴〕



- 原子炉補助建屋内で地下掘り込み構造、基礎直上の地盤面近くに設置。壁面及び底部は厚さ約2～3mの鉄筋コンクリート造、内面にステンレス鋼板を内張りした強固な構造物。
- 極めて耐震性の高いSクラスの構造物。
- 燃料集合体は、全長の2倍(約8m)のほう酸水中に保管。
- 高さが約80mの原子炉格納容器の奥側、各種建造物(建屋やタンク等)間に配置。
- 後方は山に囲まれた配置。

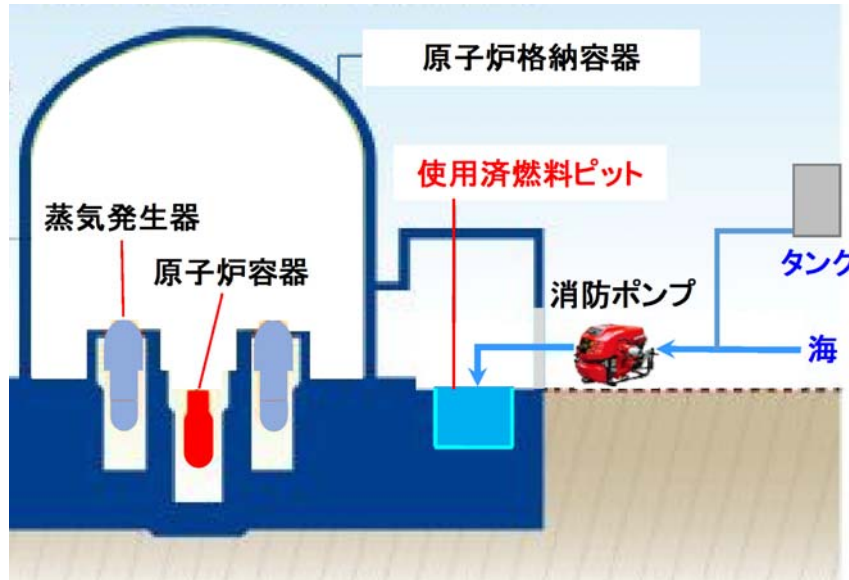
(参考)

福島第一原子力発電所4号機のSFPは地表から約30m上方に設置。事故時には高所放水車を使用。PWRの場合は地表面高さに設置されている為、アクセス性に優れ、SFPへの給水が容易。



使用済燃料ピット(SFP)の構造、強度および漏えい時の対応手順

○ 設置許可基準規則(第54条)に基づく想定事象に対応するための設備および手順を確保。



追加
対策

事故時操作所則(第1部)

想定事故1, 2

大規模漏えい

設置許可基準規則想定事象

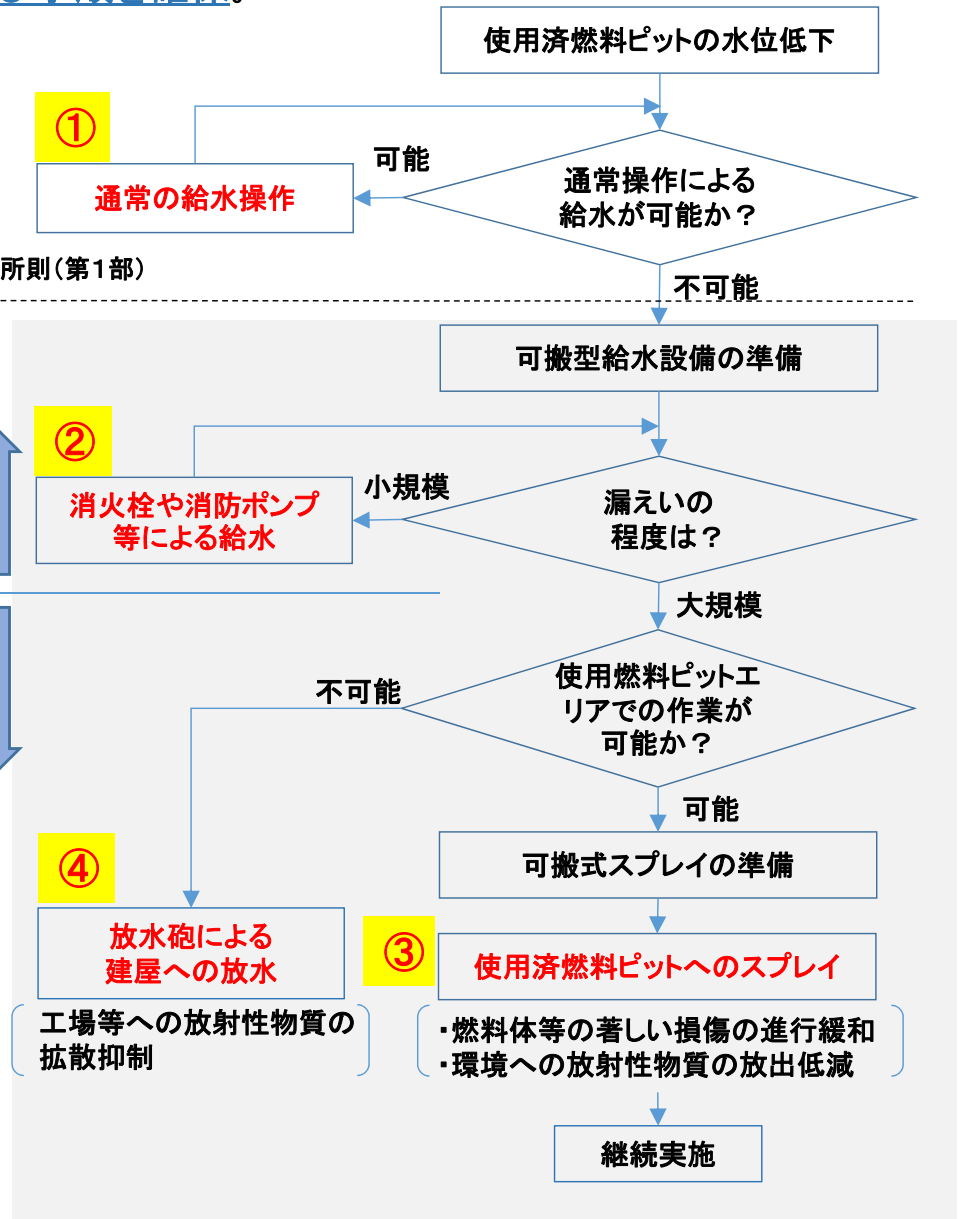
- (想定事故 1) SFPの冷却機能又は注水機能の喪失
- (想定事故 2) SFP冷却系配管の破断等による水位の低下
- (大規模漏えい) SFPからの大量の水の漏えい

対応方針 (右図対応フロー)

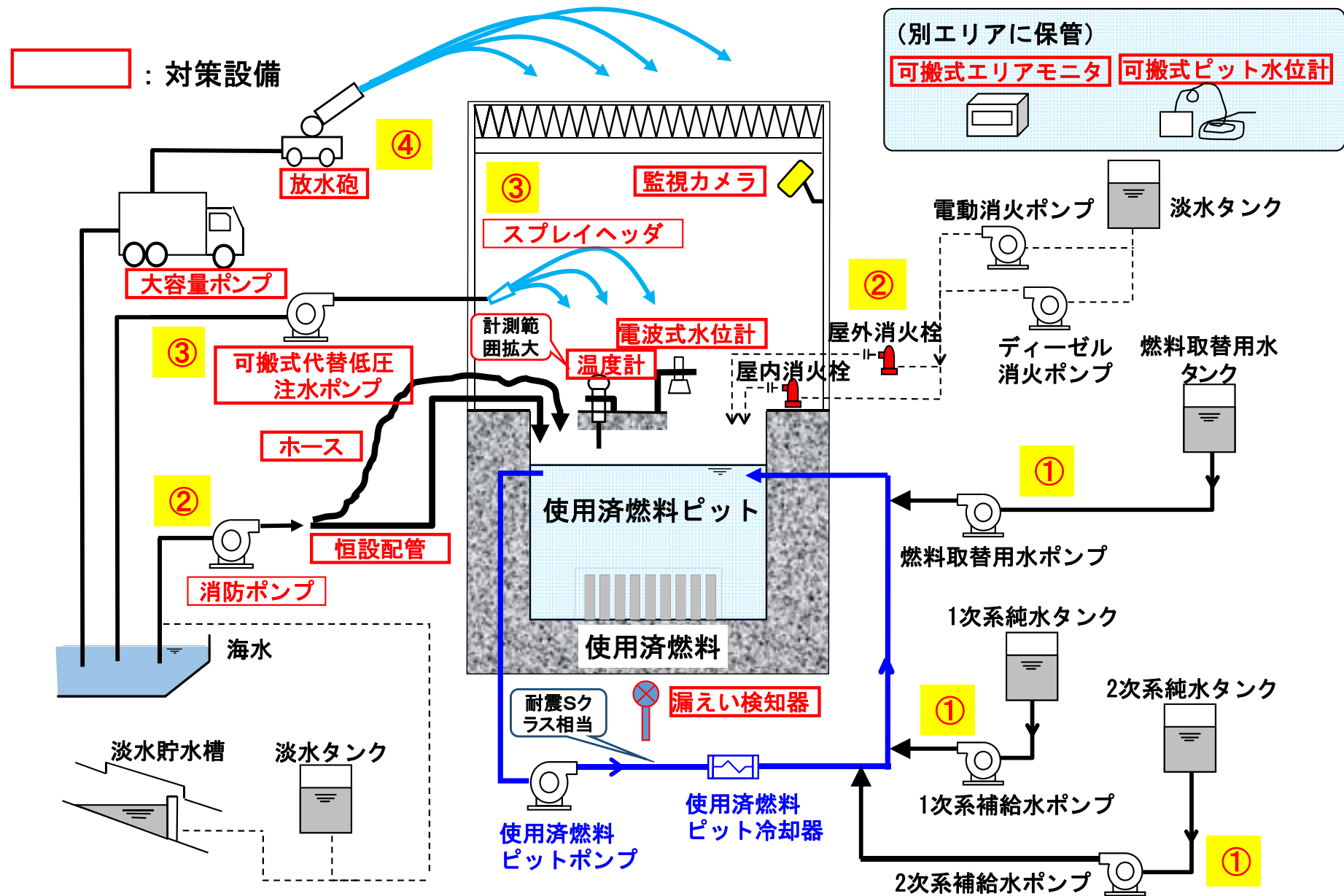
- ① 通常の操作手順による給水
- ② 可搬型給水設備による給水(消防ポンプ容量: $35\text{m}^3/\text{h}$ 以上)

水位維持が困難な場合

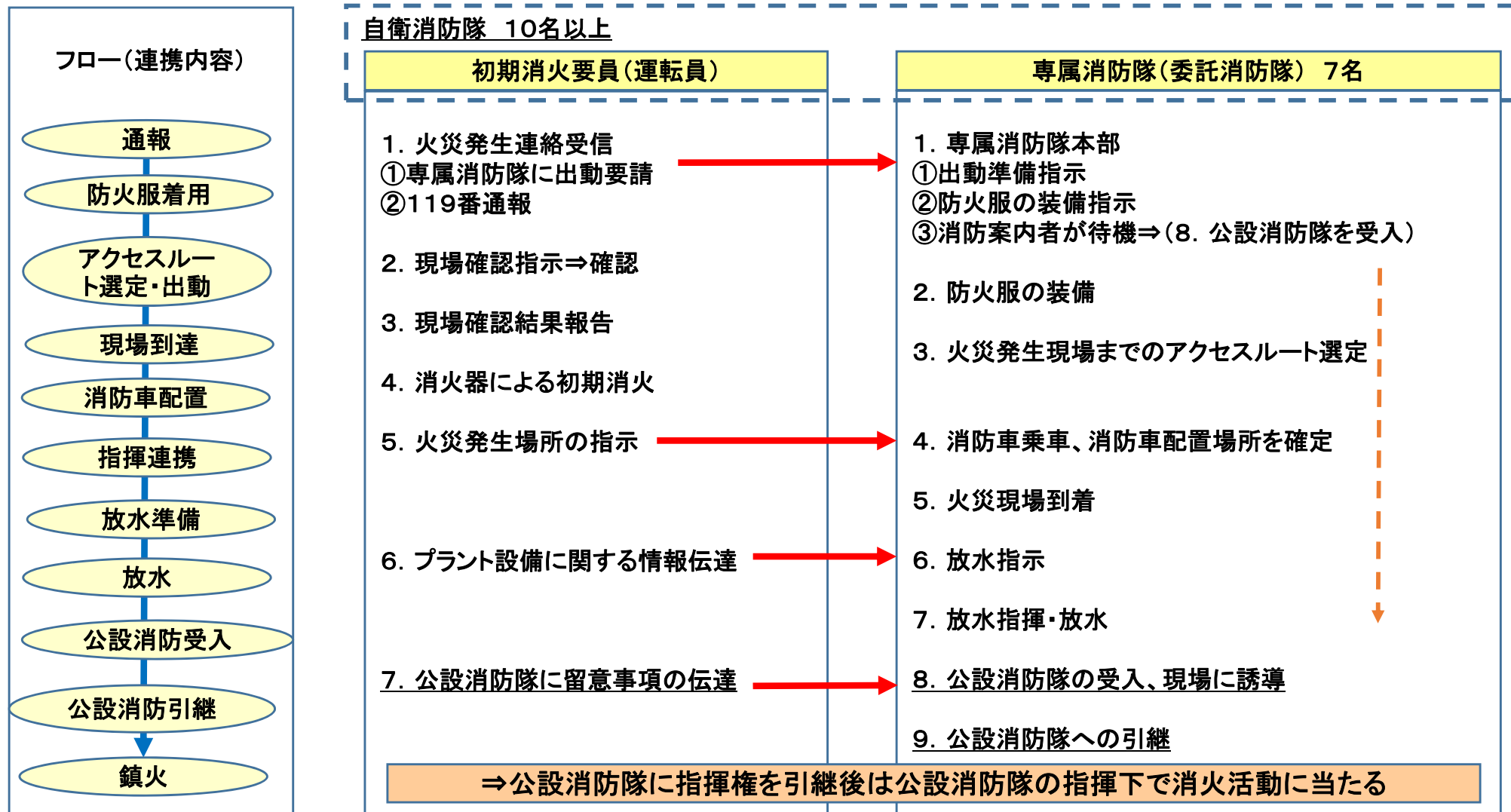
- ③ 注水ポンプによるSFP全面へのスプレイ(注水ポンプ容量: $120\text{m}^3/\text{h}$ 以上)
- ④ 放水砲による建屋外からの散水



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。



【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。

○原子力発電所における警防活動に関する協定書

名 称	内 容
原子力発電所における警防活動に関する協定書 ○若狭消防組合消防本部・高浜発電所 （平成14年3月26日締結） ○若狭消防組合消防本部・大飯発電所 （平成14年3月26日締結） ○敦賀三方消防組合・美浜発電所 （平成14年3月12日締結）	発電所構内における火災発生時に相互協力し円滑に警防活動を実施すると共に、消防隊員の放射線による被ばくの防止を図ること等を目的に協定を締結（理由） もんじゅのナトリウム漏えい火災や東海村のアスファルト固化処理施設の火災爆発事故等の発生による、原子力災害対策特別措置法の施行を受け、消火設備や消火活動体制等に万全を期すことが必要となった。 これをうけ、平成13年3月に総務省消防庁が「原子力施設等における消防活動対策マニュアル」を示し、協定モデルを提示。 本協定モデルに基づき、敦賀美方消防組合、若狭消防組合から警防活動に関する協定締結の申し入れにより、消防・事業者間での協定を締結。

○協定書の主な内容

○通報事項

自衛消防隊は、構内において火災等を発見した場合は、消防機関へ速やかに通報。（前ページ1－②）

○消防部隊への報告

自衛消防隊は公設消防隊の先着最高指揮者に火災等の状況を報告。（前ページ7）

○警防活動の相互協力

自衛消防隊は公設消防隊の誘導を行い、警防活動上の必要な助言実施。（前ページ8）

○現場指揮本部への参加

自衛消防隊は、公設消防隊が現場指揮本部を設置した場合は、施設および放射線管理に関する専門的知識を有するものを参加させ、消火等について必要な助言実施。（前ページ9）

○公設消防との更なる連携について

- ・公設消防による視察や消防検査に合わせ、消防資機材の状況や管理区域への入域方法等について確認いただき、積極的に現場の状況を把握いただくよう努めている。
- ・発電所消防総合訓練では、公設消防とも連携し、入域訓練や自衛消防との連携訓練を実施している。

○発電所の重大事故対策要員の対応能力向上を図るため、その役割に応じた教育・訓練を充実・強化。

①指揮者（事故時に指揮者となる所長、原子力安全統括、運営統括長他が対象）

- ・知識ベースの教育（事故対策への習熟）

研修会、自学自習用の資料の整備、専門家による講義、研修ツールを用いた学習 など

- ・実践的な訓練（対応能力向上）

机上訓練

訓練シナリオを参加者に事前に通知せず、実動を含む原子力防災訓練

②運転員

- ・シミュレータ訓練の内容に、長時間の全交流電源喪失を想定した訓練を追加実施
- ・シビアアクシデント発生時のプラント挙動を可視化するツールを用いた教育の実施
- ・メーカ等専門家による理論研修の実施



可搬式代替低圧注水ポンプの訓練

③緊急安全対策要員

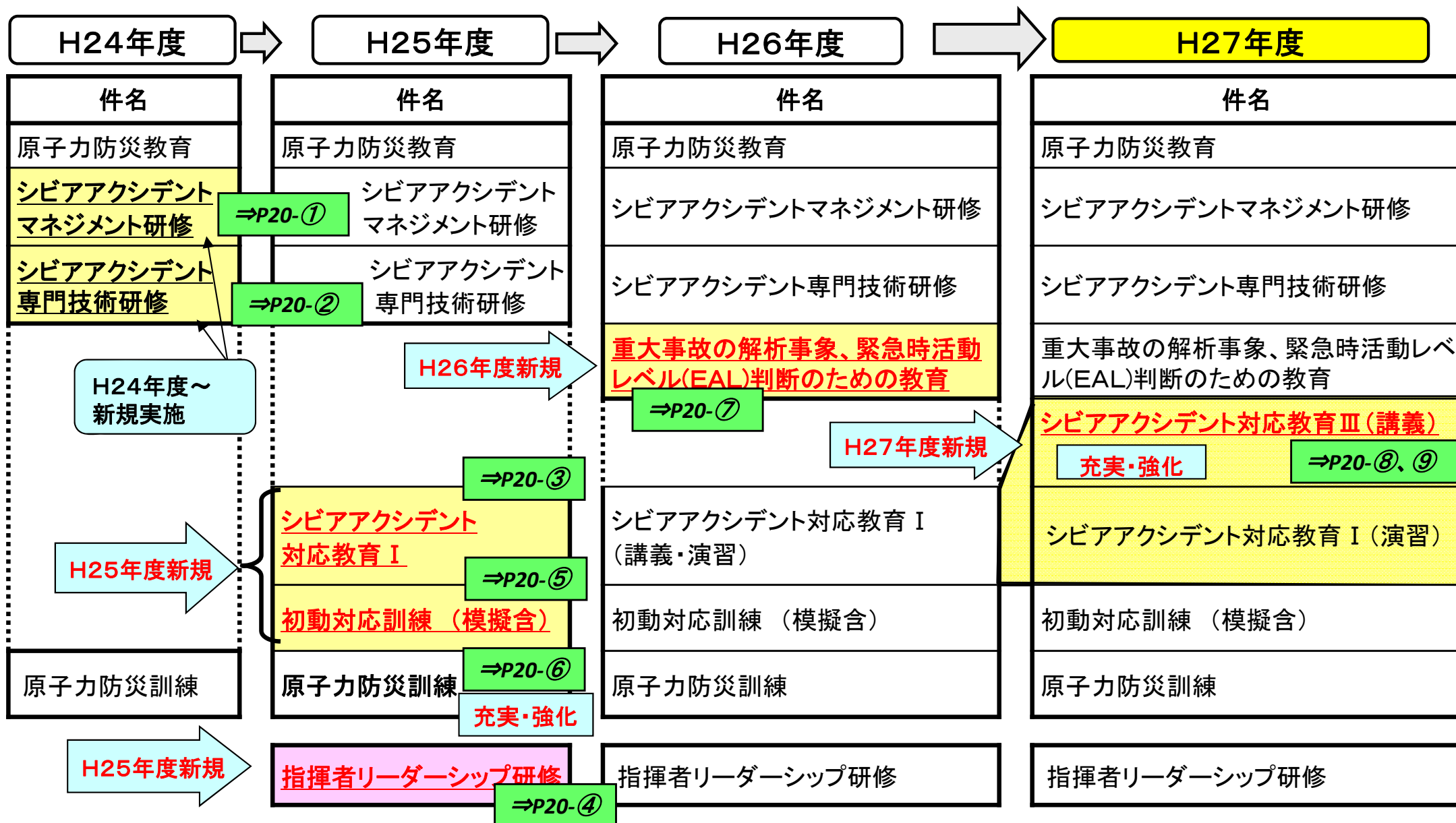
- ・協力会社社員を含め、電源供給、給水活動等の手順の教育を実施
- ・重大事故等発生時を想定した訓練を実施

高浜発電所実績

	H 2 3 年度	H 2 4 年度	H 2 5 年度	H 2 6 年度	H 2 7 年度
教育・演習受講者人数 (延べ人数)	約 4 8 0 人	約 1, 3 0 0 人	約 1, 2 0 0 人	約 1, 6 0 0 人	約 2, 0 0 0 人 (予定)
訓練回数	約 2 8 0 回	約 4 0 0 回	約 8 0 0 回	約 1, 5 0 0 回	約 6 0 0 回(※)

※：8月末実績

○事故時に指揮者となる要員に対して、教育・訓練実施結果の評価を行い充実・強化を図っている。



H 2 4 年度

【評価】

福島第一原子力発電所事故の原因と教訓を継続的に学ぶ必要があること、シビアアクシデントとその対応策に関する専門的知識、国内外の最新の知識を学んでいく必要があると評価し、以下の教育を追加

【改善】

①「シビアアクシデント マネジメント研修」

1 F 事故の事象・教訓を学ぶ教育

②「シビアアクシデント専門技術 研修」

PWRプラントの設計思想を踏まえたシビアアクシデント事象の専門教育

H 2 5 年度

【評価】

福島第一原子力発電所事故を踏まえ、指揮者の重要性和、事故時に的確に統率できるための指揮能力向上のための専門教育が必要と評価し、以下の教育を追加、充実・強化

【改善】

③「シビアアクシデント対応 教育Ⅰ」

指揮者を対象に可視化ツールを用いたSA挙動理解と、SA対応を模擬する実践的な演習を含む教育

④「指揮者リーダーシップ研修」

緊急時のリーダーシップを学ぶ指揮者対象の教育

⑤「初動対応訓練（模擬含）」

初動対応習熟のため、対策本部召集までの初動訓練

⑥「原子力防災訓練」

指揮者に対するブラインド要素も取り入れた訓練に充実・強化

H 2 6 年度

【評価】

EAL通報基準の法令改正等を踏まえ、知識の充実が必要と評価し、以下の教育を追加

【改善】

⑦「重大事故の解析事象、緊急時活動レベル(EAL)判断のための教育」

事故シーケンス事例のプラント挙動を理解し、事故対応やEAL判断等の知識を深めるための教育
(テキストを用いた講義形式)

H 2 7 年度

【評価】

「③シビアアクシデント対応教育Ⅰ」の実施実績を踏まえ、カリキュラム分割による基礎知識と対応演習それぞれの教育内容の充実が必要と評価し、以下の教育を充実・強化

【改善】

⑧シビアアクシデント対応 教育Ⅲ（講義）

新たに指揮者の役割に就く者にも理解が深まるように、事故シーケンス等基礎知識を習得するための教育を新設（従来の教育Ⅰから分割）

⑨シビアアクシデント対応 教育Ⅰ（演習）

指揮能力向上を目的に、従来よりも演習時間を拡大するため、演習単独の教育に強化
・グループ形式で本部要員の役割を決め、事故事例を用いた模擬演習

今後も実施結果を踏まえ、充実・強化を図り、対応能力の向上に努めていく。

○整備したマニュアルに基づき継続して訓練を行うことで習熟を図るとともに、マニュアルの改善事項を抽出し、より良いマニュアルをつくりあげていく。

（具体的事項）

- ・夜間や積雪時等の多様な訓練条件を想定し、訓練を実施することによる新たな改善、工夫
- ・シビアアクシデント対策等で新たな知見が得られた場合のマニュアルへの反映、訓練

○全ユニット同時発災対応や福島第一原子力発電所の事故を反映した原子力防災訓練等の充実を図る。

（具体的事項）

- ・国、自治体が行う原子力防災訓練との連携
- ・本店（中之島、原子力事業本部）を含む原子力防災訓練の実施
- ・訓練の体系化ならびに継続的な改善