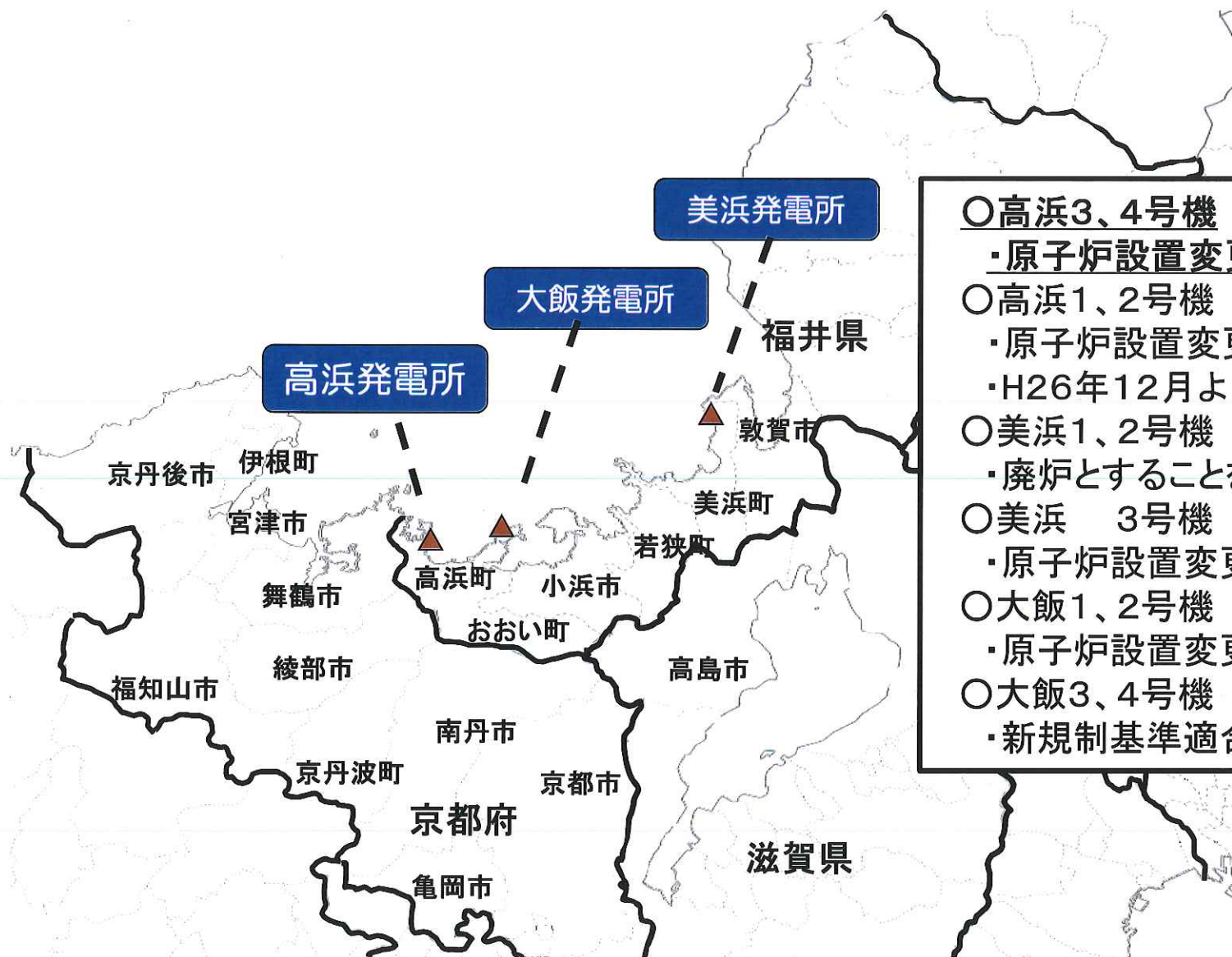


関西電力高浜3, 4号機の  
安全性向上対策の取り組みについて

平成27年3月26日  
関西電力株式会社

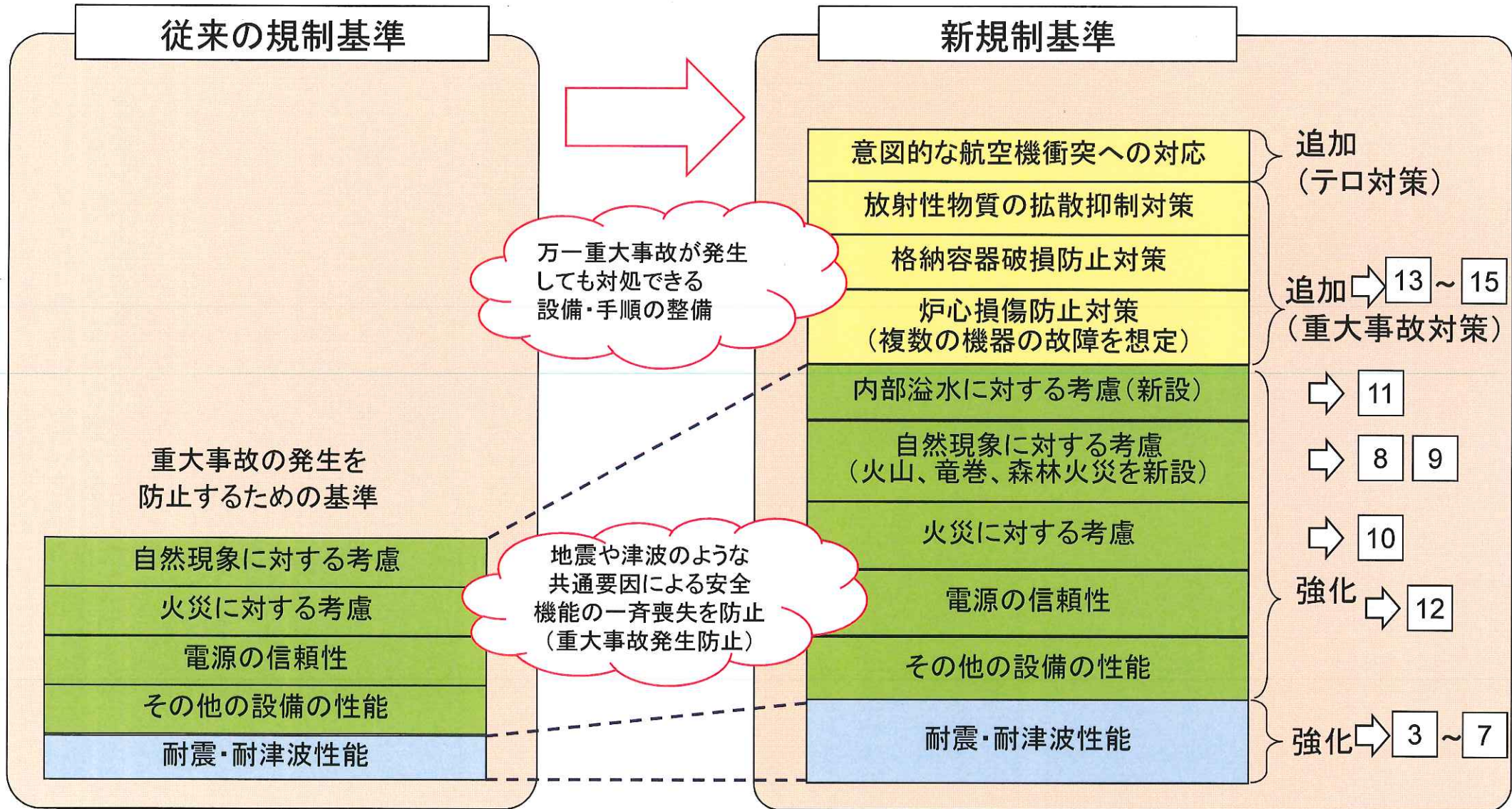
○関西電力11プラントの状況	.....	1	
○設備面での安全性向上対策について	.....	2	~ 15
○運用面での安全性向上対策について	.....	16	~ 25
○安全性向上に向けた継続的な取り組みについて	...	26	~ 29
○まとめ	.....	30	



- 高浜3、4号機
  - ・原子炉設置変更許可を受領(2月12日)
- 高浜1、2号機
  - ・原子炉設置変更許可申請を実施(3月17日)
  - ・H26年12月より特別点検実施中
- 美浜1、2号機
  - ・廃炉とすることを決定(3月17日)
- 美浜 3号機
  - ・原子炉設置変更許可申請を実施(3月17日)
- 大飯1、2号機
  - ・原子炉設置変更許可申請の準備中
- 大飯3、4号機
  - ・新規制基準適合性審査対応中

# 規制基準見直しの概要

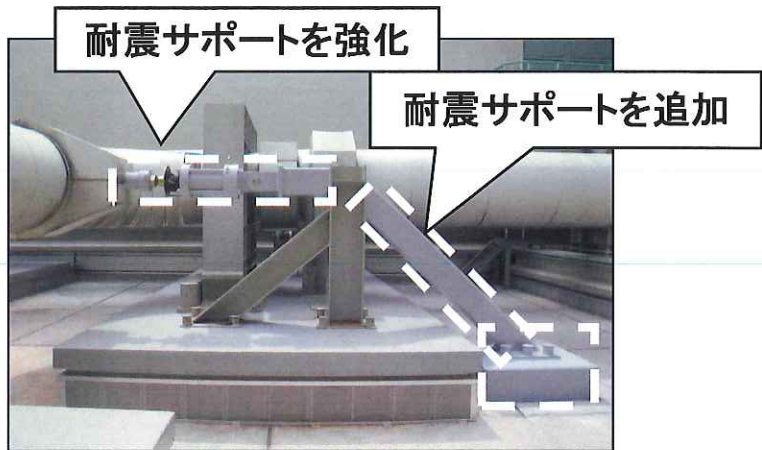
○重大事故の発生を防止するための基準を強化するとともに、万一重大事故やテロが発生した場合に対処するための基準が新設された。



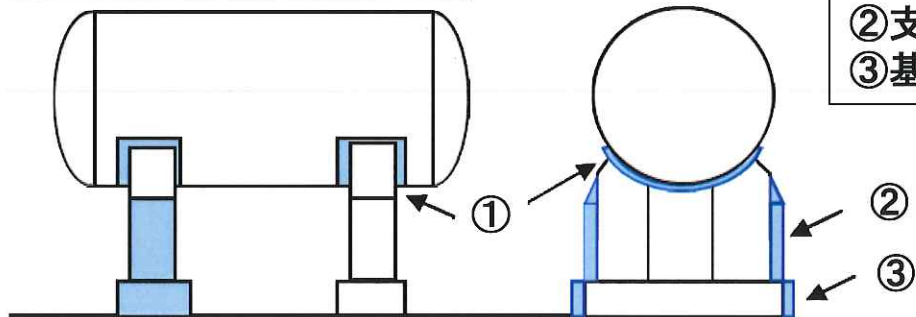
○新規規制基準を踏まえた基準地震動(550ガル→700ガル)および耐震クラスの見直しに伴い、設備の耐震性向上対策を実施。(約830箇所)

- ・主蒸気系統等の配管や余熱除去系統等の電動弁のサポート補強。(大型化、追加)
- ・冷却器の支持脚の補強。(追加、基礎部拡張)
- ・タンクの基礎ボルトの補強。(追設) 等々

配管サポートの耐震性補強(例)



冷却器支持脚の耐震性補強(例)



- ①当板補強(鋼材)
- ②支持脚追加(鋼材)
- ③基礎コンクリート部の拡張

主な対象機器

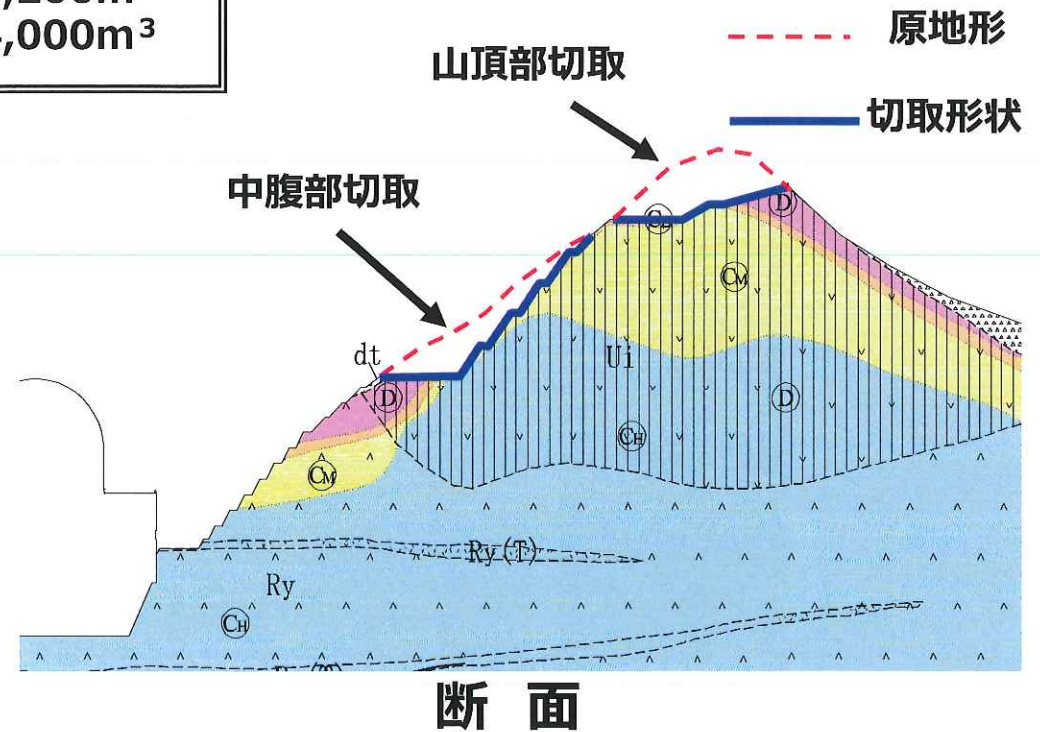
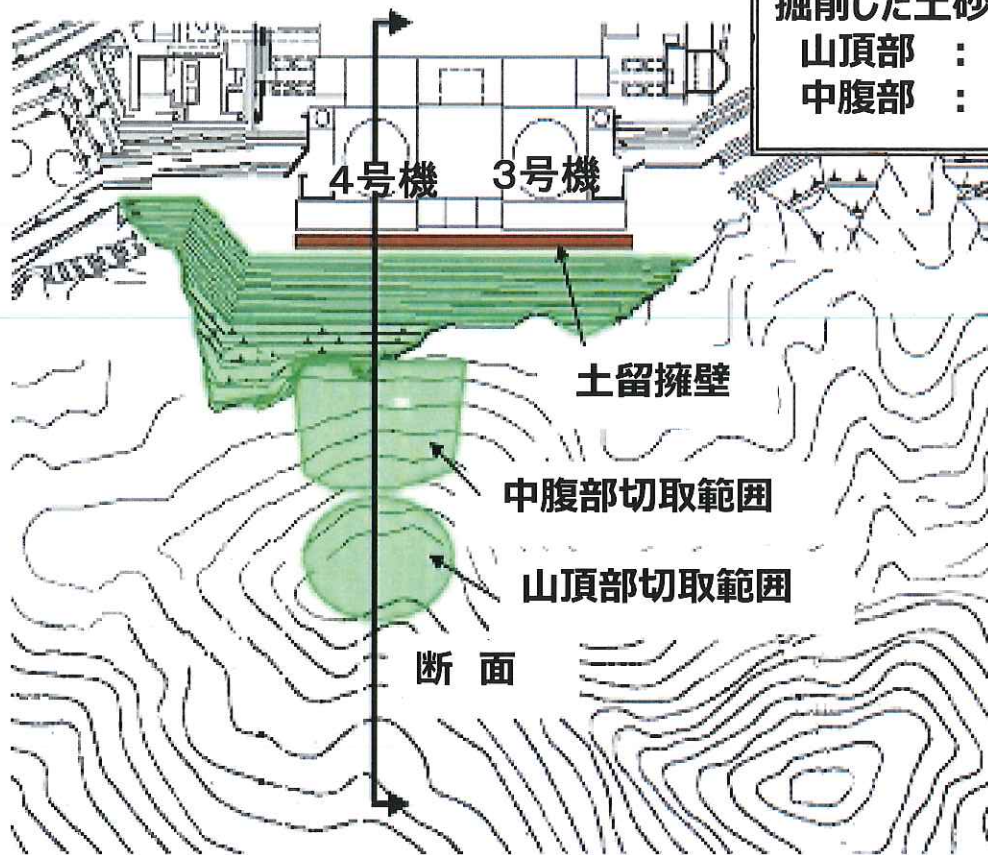
- ・原子炉補機冷却水クーラ
- ・格納容器スプレイクーラ
- ・余熱除去クーラ など

○原子炉施設の周辺斜面(3,4号機 背面)の安定性を確保するために、山頂部および中腹部の土砂の掘削を実施。

掘削した土砂の量

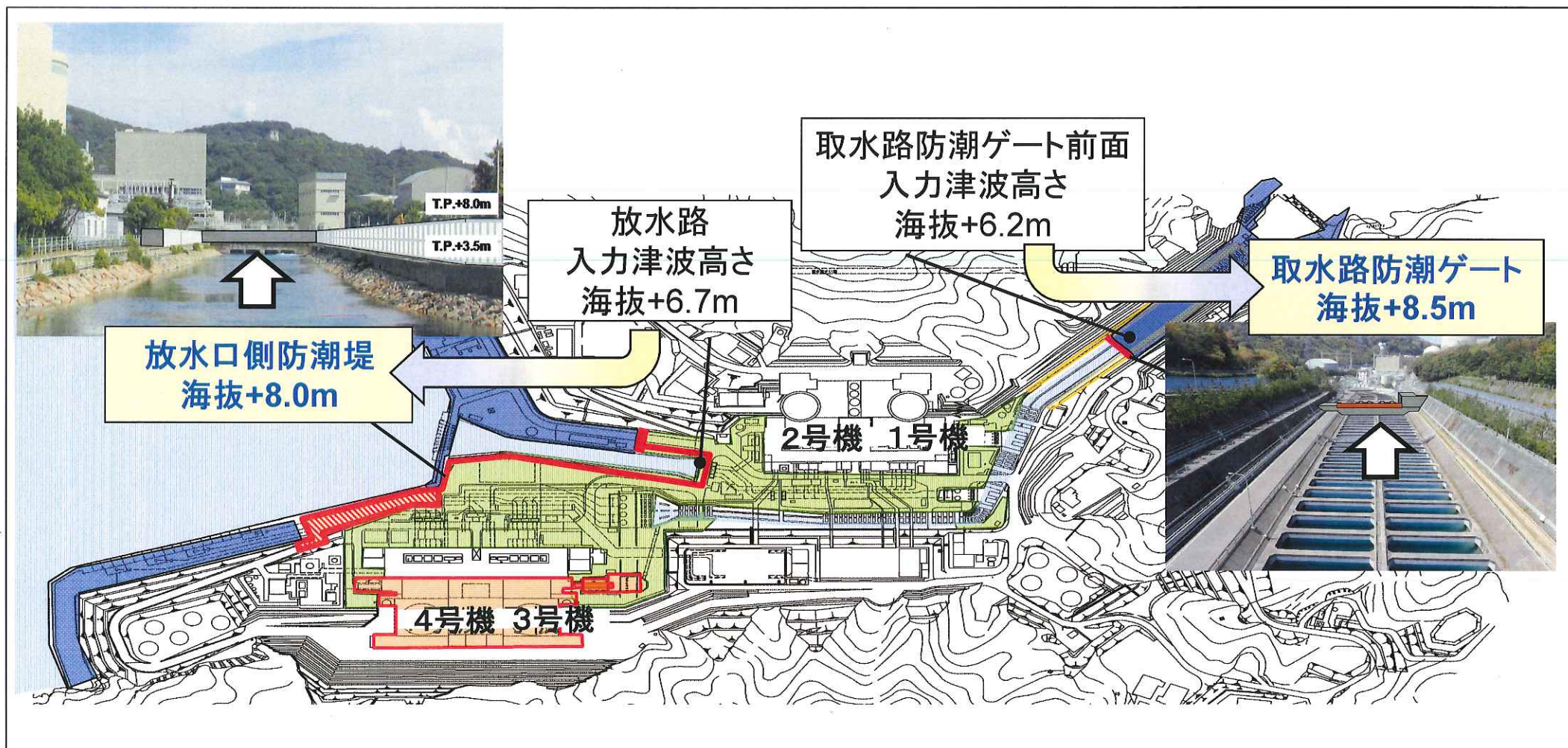
山頂部 : 60,200m<sup>3</sup>

中腹部 : 34,000m<sup>3</sup>



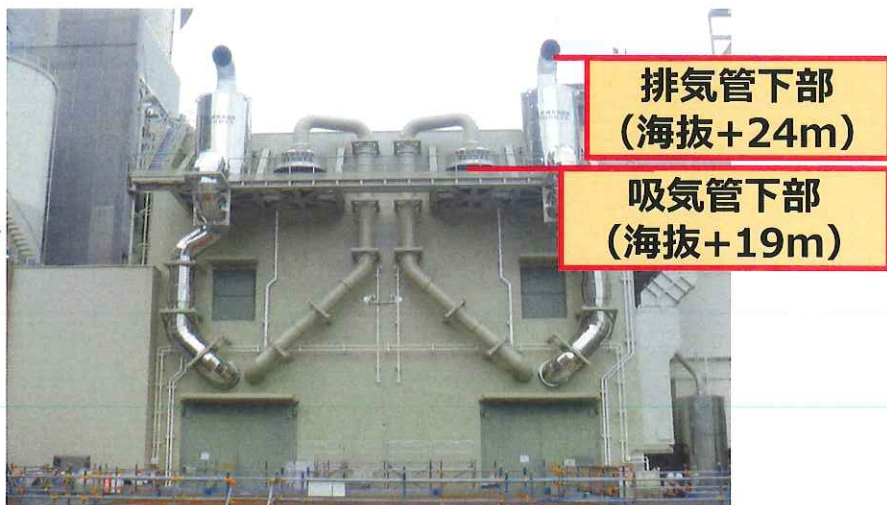
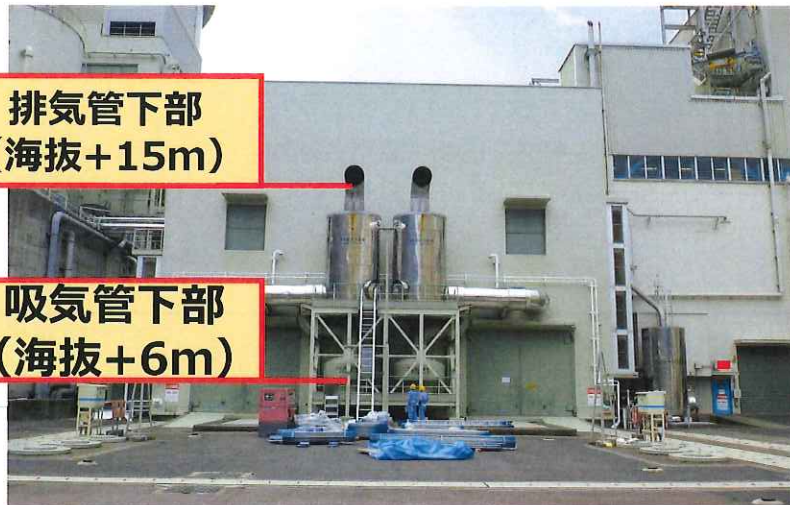
- 敷地内への津波の浸入を防止するために、放水口側防潮堤および取水路防潮ゲートを設置。
- 入力津波高さ(最高: 海拔6.7m)に裕度をもたせた高さで設計。
- ゲートについては、確実に作動するための多重性やフェイルセーフを考慮。

基準津波高さ: 発電所施設に大きな影響を与える可能性のある最大津波水位(海拔+1.3m→+5.5m)  
入力津波高さ: 基準津波高さに潮位のばらつきを考慮したもの



○防潮堤等の対策に加え、非常用ディーゼル発電機給排気口のかさ上げ、海水ポンプ周りの防護壁の設置、配管貫通部のシール施工および水密扉への取替えを実施。

## 非常用ディーゼル発電機室の給排気口のかさ上げ



## 海水ポンプ周りの防護壁



## 配管貫通部のシール施工

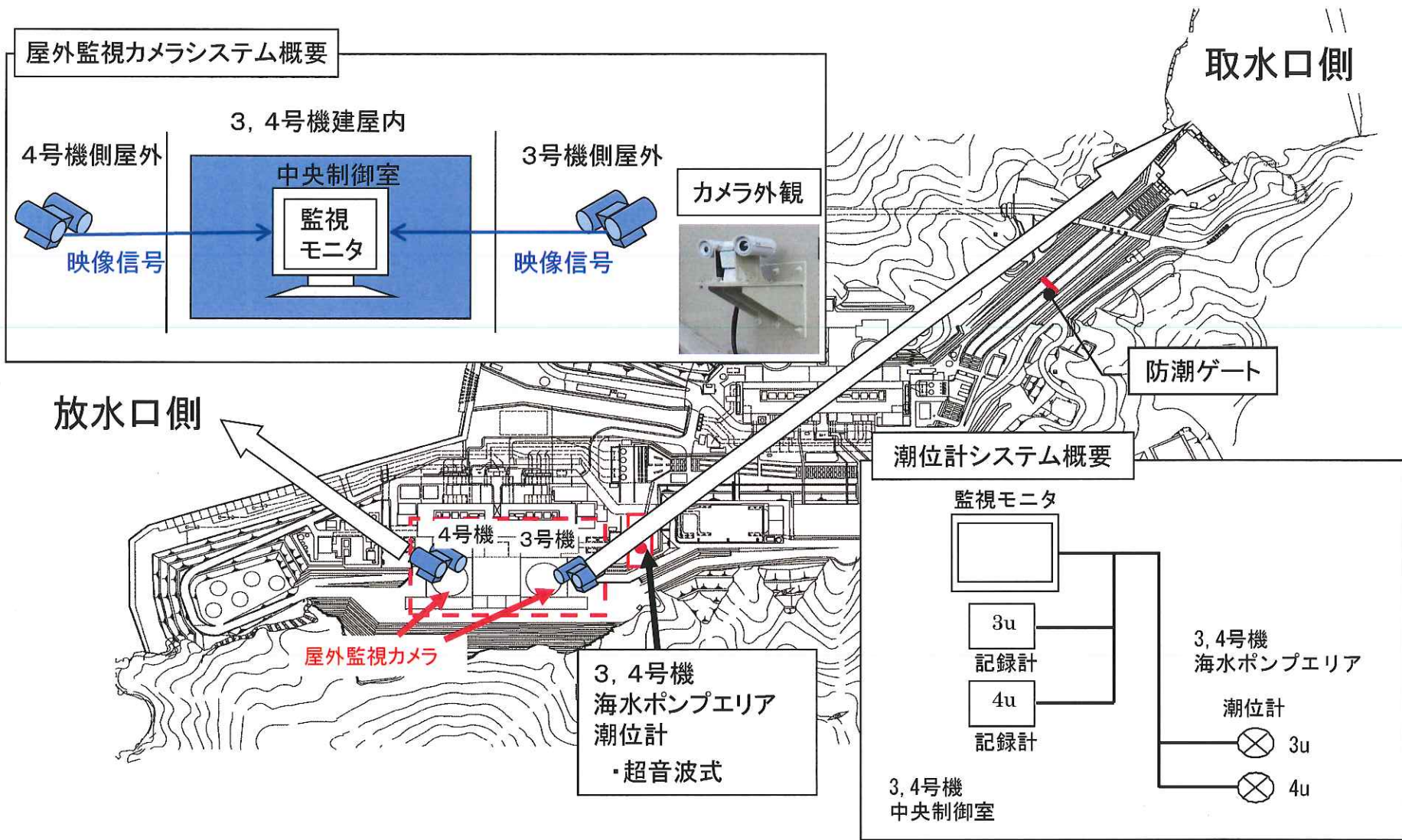


## 水密扉への取替え (37箇所/3・4号機)





- 大津波警報が発令された場合、原則として防潮ゲートを閉止する手順を整備。
- 津波の襲来を早期に察知するため、放水口及び取水口を監視できる屋外監視カメラを設置。
- 潮位変動の兆候を把握可能とするため、3, 4号機取水口エリアに潮位計を設置。



- 重要な発電設備を竜巻による飛来物から保護するため、飛来物防護対策を実施。
- 風速100m/sで飛来物となり得る物品の飛散防止対策(飛散防止、移動、収納)を実施。

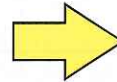
## 飛来物防護対策

〔竜巻飛来物対策設備設置前〕

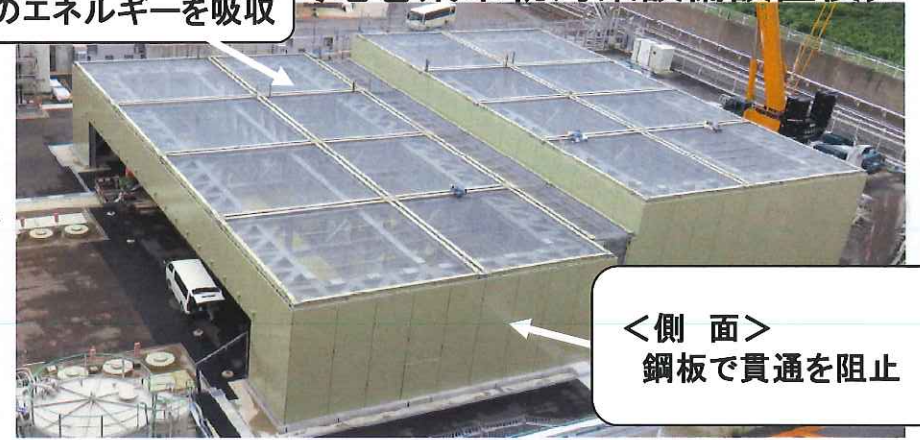


＜上面＞

鋼鉄製の金網で飛来物のエネルギーを吸収



〔竜巻飛来物対策設備設置後〕



＜側面＞

鋼板で貫通を阻止

## 飛散防止対策

- 飛散防止対策：飛散対象物をアンカー、ウエイト等にて飛散しないよう固縛する。(約260箇所※)
- 対象物：ユニットハウス、定検工具保管庫、運転・保守に必要な仮置資機材、定検テント他

※：1～4号機



○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。

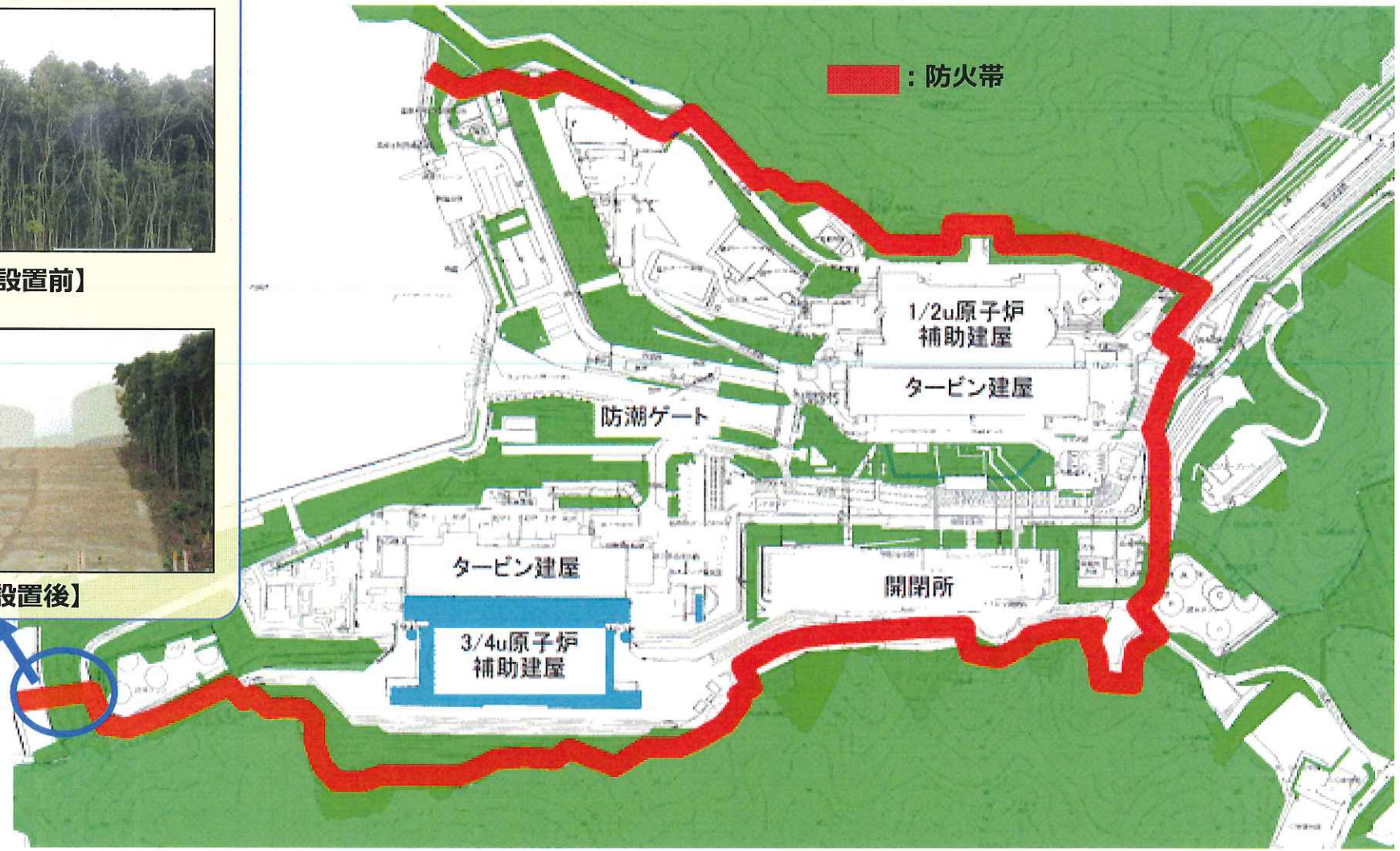
**防火帯の工事（例）**



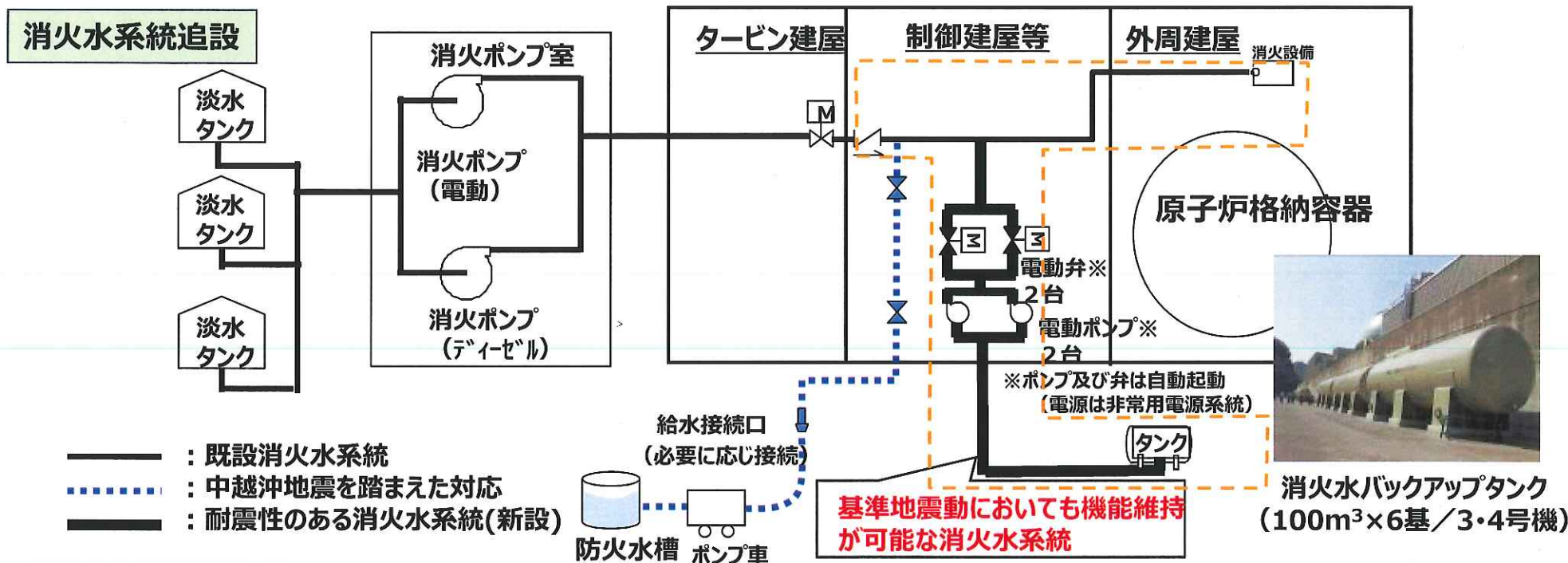
【防火帯設置前】



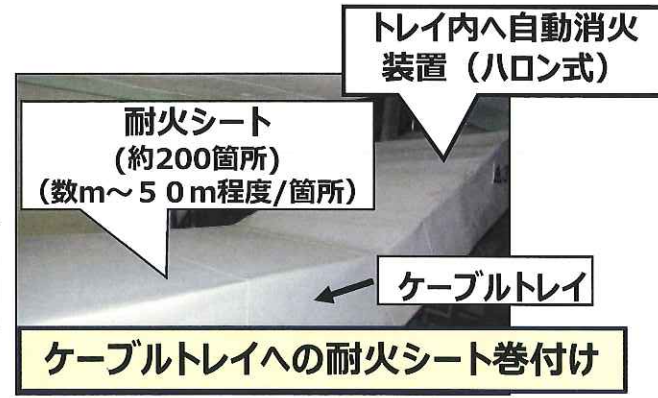
【防火帯設置後】



- 耐震性のあるタンク、ポンプおよび配管等の消火水システムを追加設置。
- 火災の早期検知のため、多様な火災感知器を追加設置。(約1,200個→約2,400個)
- ポンプ等へのハロン消火設備、可燃物へのスプリンクラーおよびケーブルトレイ消火設備を設置。
- 火災の影響を軽減するためのケーブルトレイへの耐火シートの巻付け。

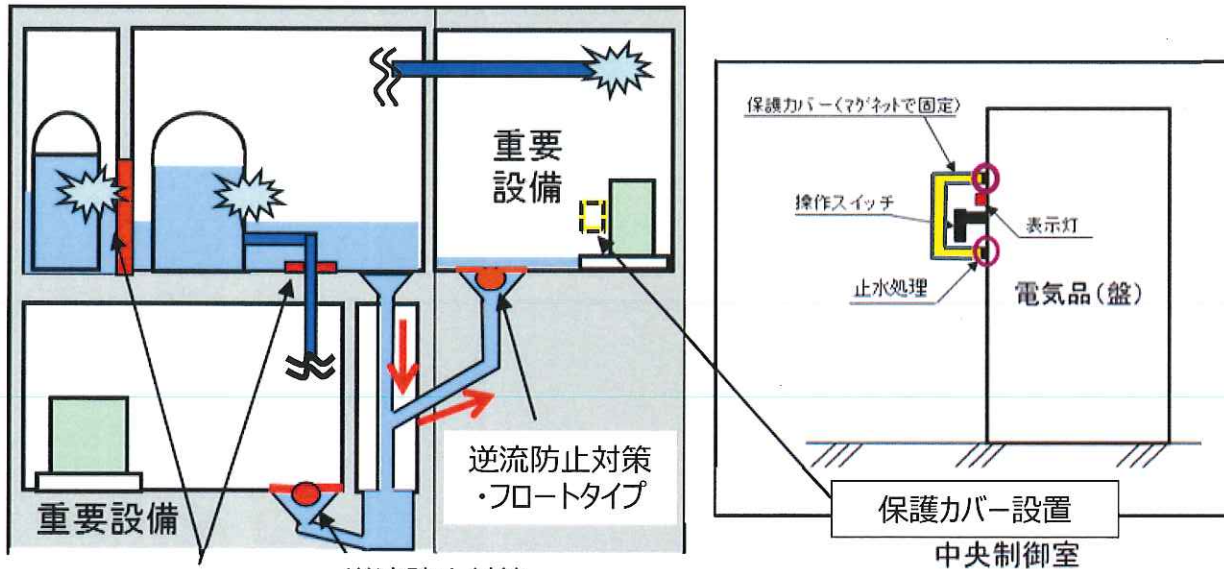


## 消火設備等設置

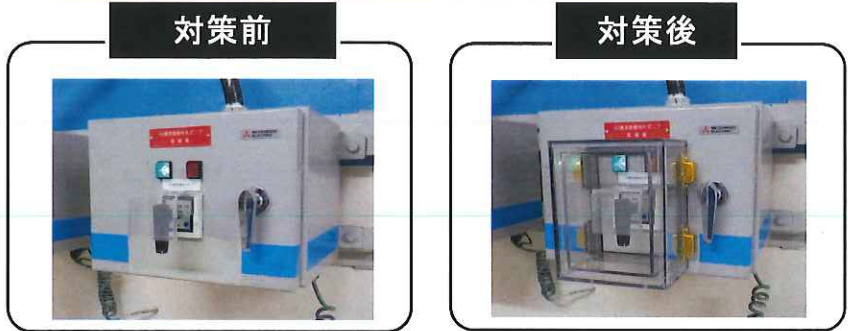


# 内部漏水対策

- 建屋内に設置されたタンク等から水漏れを想定した場合に、重要な設備が浸水の影響を受けないように止水対策および逆流防止対策を実施。
- 配管の破損またはスプリンクラーにより、重要な設備が被水の影響を受けないように保護カバーを設置。
- 高エネルギー配管からの蒸気漏えい対策として、漏えい検知・隔離システムを設置。



## 操作スイッチへの保護カバーの設置

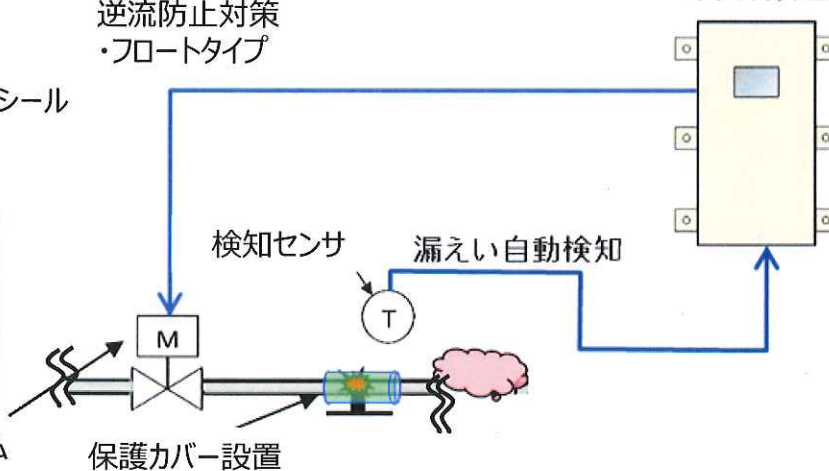


- 止水対策
  - ・水密扉、堰
  - ・配管貫通部シール
- 逆流防止対策
  - ・フロートタイプ

## 水密扉



隔離システム

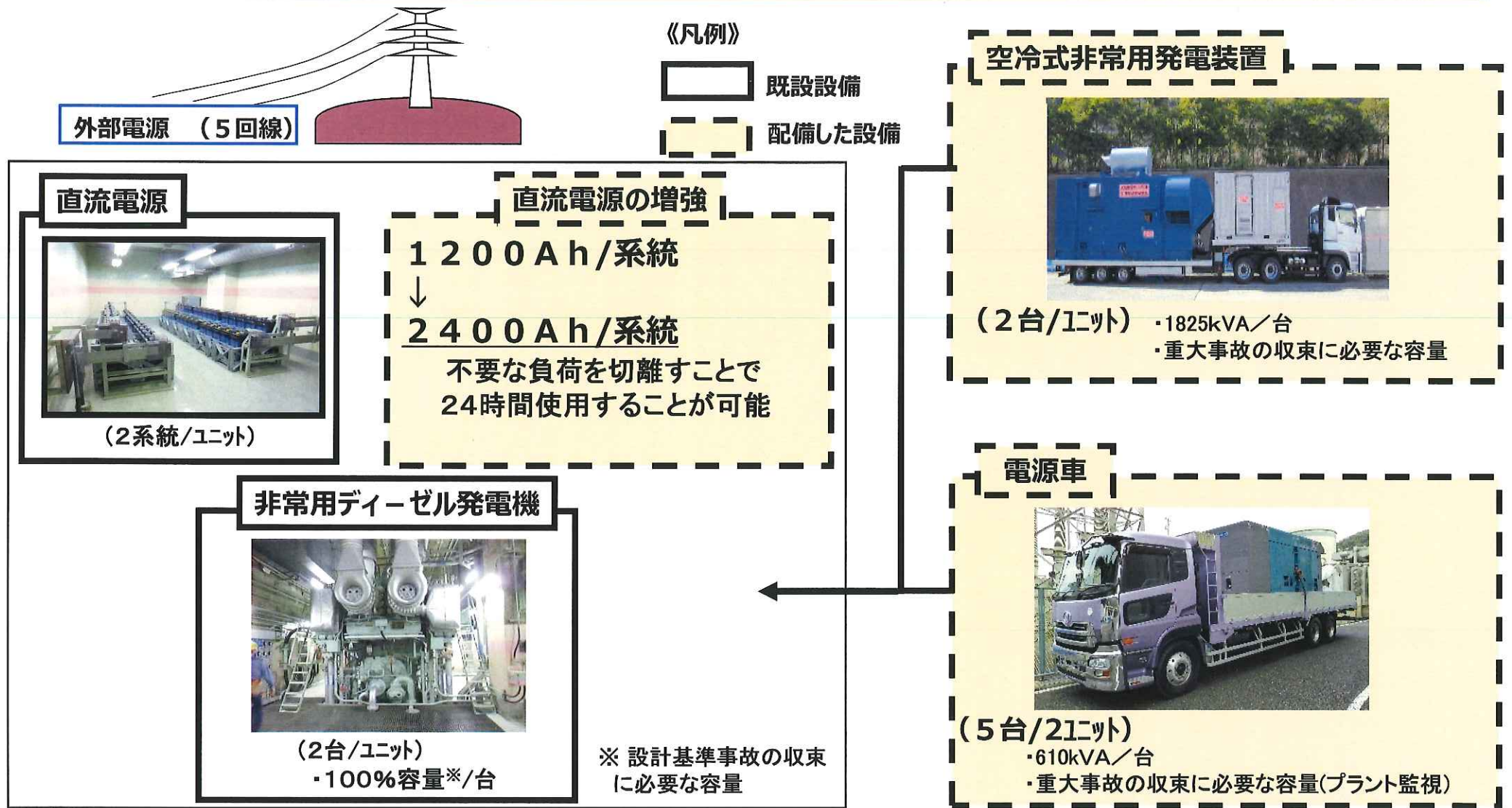


## 扉への堰の設置



# 電源の確保(全交流動力電源喪失対策)

- 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。
- 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。



## 炉心への給水手段

### <従来>

- ・充てん/高圧注入ポンプ<sup>°</sup> (3台/1ユニット)  
… 100% ※1容量/台
- ・蓄圧タンク (3基/1ユニット)
- ・余熱除去ポンプ<sup>°</sup> (2台/1ユニット)  
… 100% ※1容量/台
- ・格納容器スプレイポンプ<sup>°</sup> (2台/1ユニット)  
… 100% ※1容量/台



### 恒設代替低圧注水ポンプ<sup>°</sup>



(1台/1ユニット)  
・100%容量※2/台

### 可搬式代替低圧注水ポンプ<sup>°</sup>



(5台/2ユニット)  
・100%容量※2 /台

## 蒸気発生器への給水手段

### <従来>

- ・電動補助給水ポンプ<sup>°</sup> (2台/1ユニット)  
… 100% ※1容量/台
- ・タービン動補助給水ポンプ<sup>°</sup> (1台/1ユニット)  
… 200% ※1容量/台



中圧ポンプ<sup>°</sup>  
(2台/1ユニット)



消防ポンプ<sup>°</sup>  
(143台/2ユニット)

(消防ポンプについては蒸気発生器以外の供給も可能)

## その他の冷却手段の充実



### 大容量ポンプの追加配備

- (5台/2ユニット)
- ・1800m<sup>3</sup>/h (1台あたり)
- ・100%容量※1 /台

(放水砲専用の大容量ポンプ1320m<sup>3</sup>/hを含む)



海水ポンプ予備モータ  
の追加配備  
(1台/1ユニット)

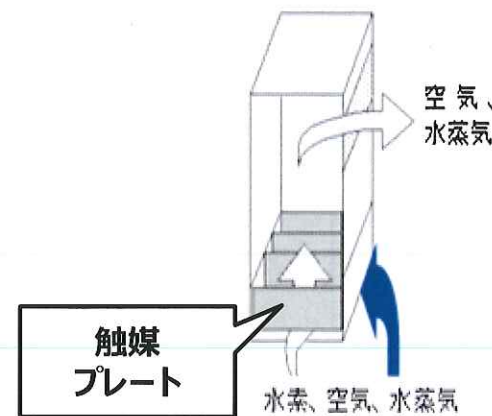
※1 設計基準事故の収束に必要な容量    ※2 重大事故の収束に必要な容量

- PWRプラントは原子炉格納容器が大きく、炉心が損傷しても水素爆発(爆轟)の可能性は極めて小さい。
- 福島第一原子力発電所事故に鑑み、炉心溶融時に原子炉格納容器内に発生する水素の濃度を低減させる装置として、格納容器内にPAR(静的触媒式水素再結合装置)およびイグナイタを設置。

## PAR(静的触媒式水素再結合装置)による水素濃度の低減

触媒をコーティングしたプレートの反応により、水素と気中の酸素から水蒸気が生成することで、水素を低減させる。

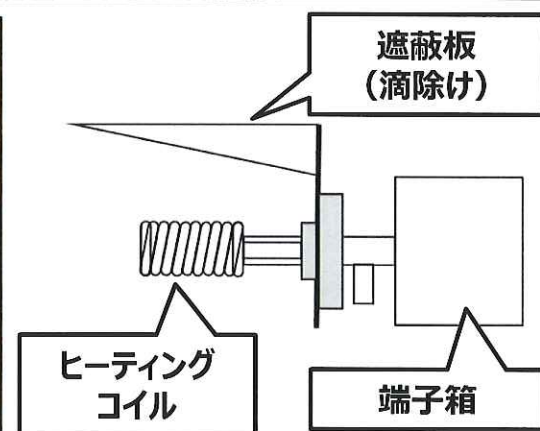
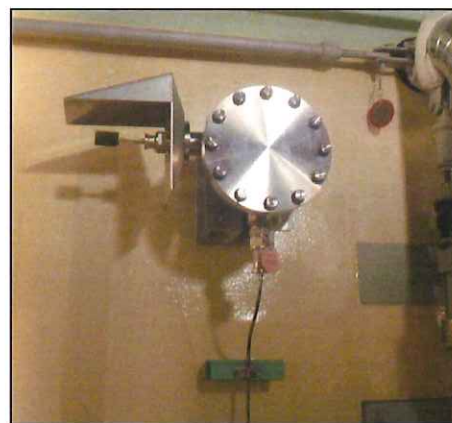
(水素処理能力:1.20kg/h 個数:5台/ユニット)



## イグナイタによる低濃度での計画的燃焼

ヒーティングコイルの働きにより、水素を計画的に燃焼させ、原子炉格納容器内の水素濃度を低減させる。

(個数:12個/ユニット+予備1個(格納容器内頂部))

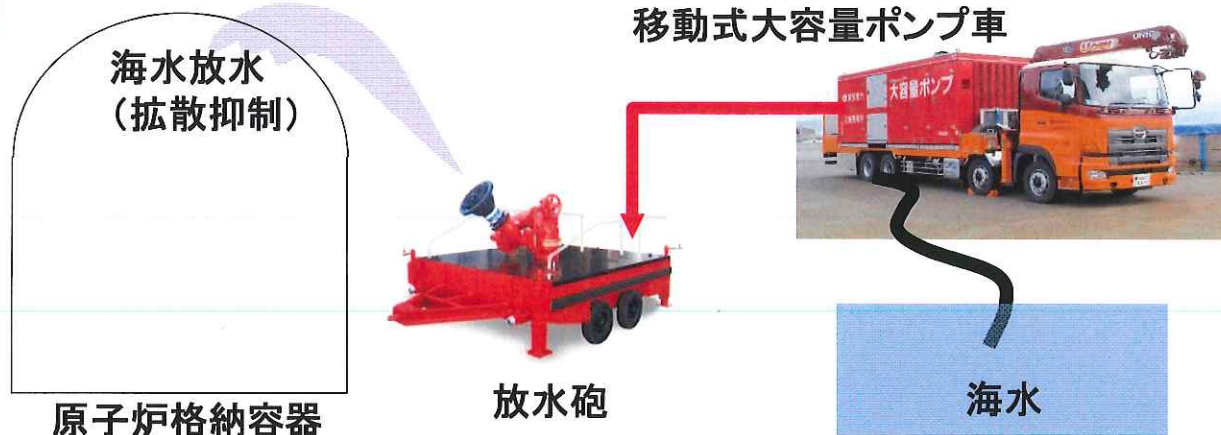




- 炉心が損傷したり、格納容器の閉じ込め機能が働かず、放射性物質が放出されてしまうような場合に、原子炉格納容器または原子炉補助建屋に放水する設備として、放水砲、移動式大容量ポンプ車等の配備、及び手順等を整備。
- 汚染水の海洋への拡散を抑制するための設備としてシルトフェンスの配備及び手順等を整備。
- これらにより、周辺への放射性物質の拡散を抑える。

## 放水砲の配備

- ・放水砲: 3台/2ユニット
- ・移動式大容量ポンプ車(放水砲用)  
: 2台/2ユニット



## シルトフェンスの配備

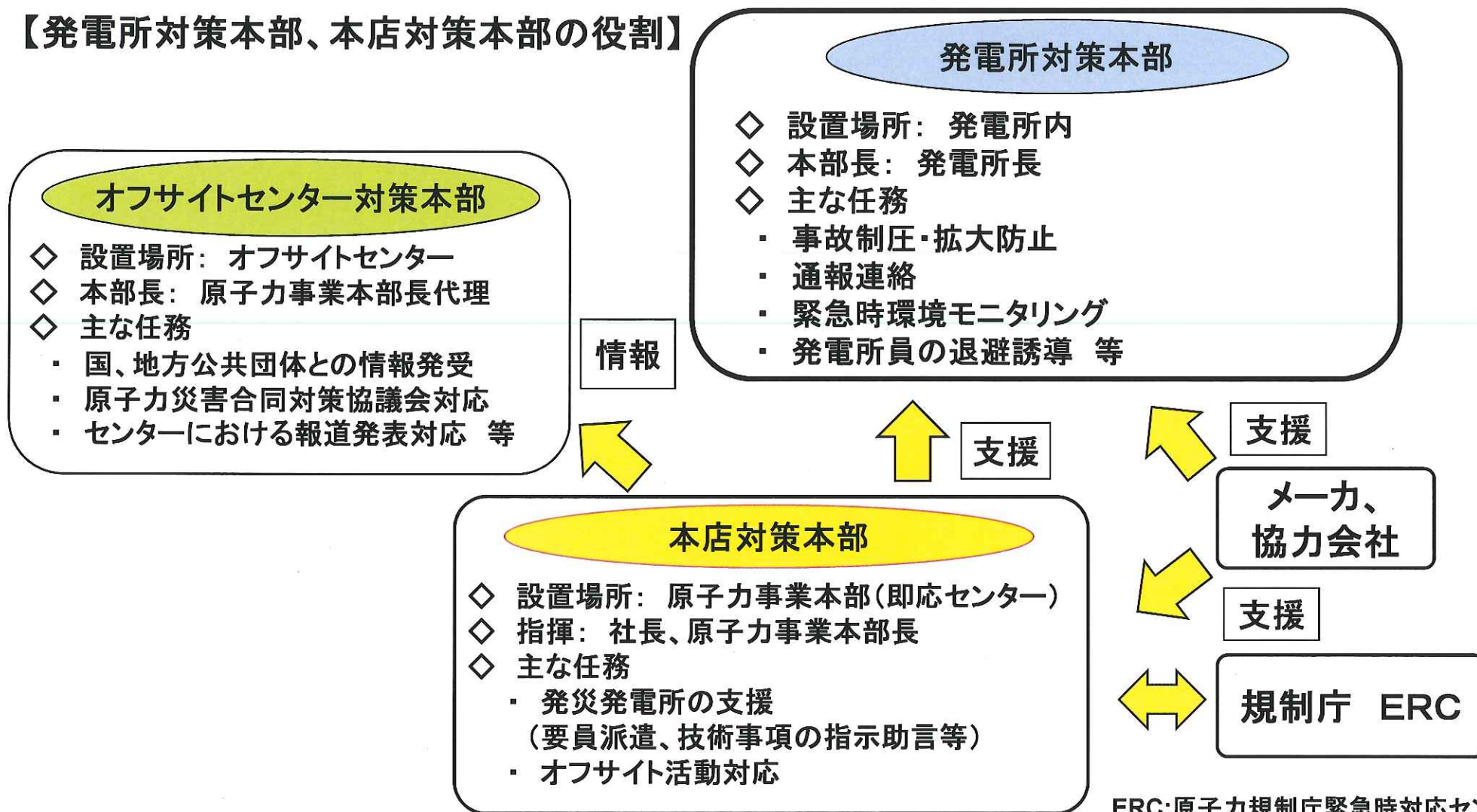
水中に張られたカーテンによって放射性物質の海洋への拡散を抑制する「シルトフェンス」を配備。(11組)



- 組織・体制の充実 ..... [17] ~ [20]
- 事故時対応能力の向上～教育・訓練～ ... [21] ~ [25]

- 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。

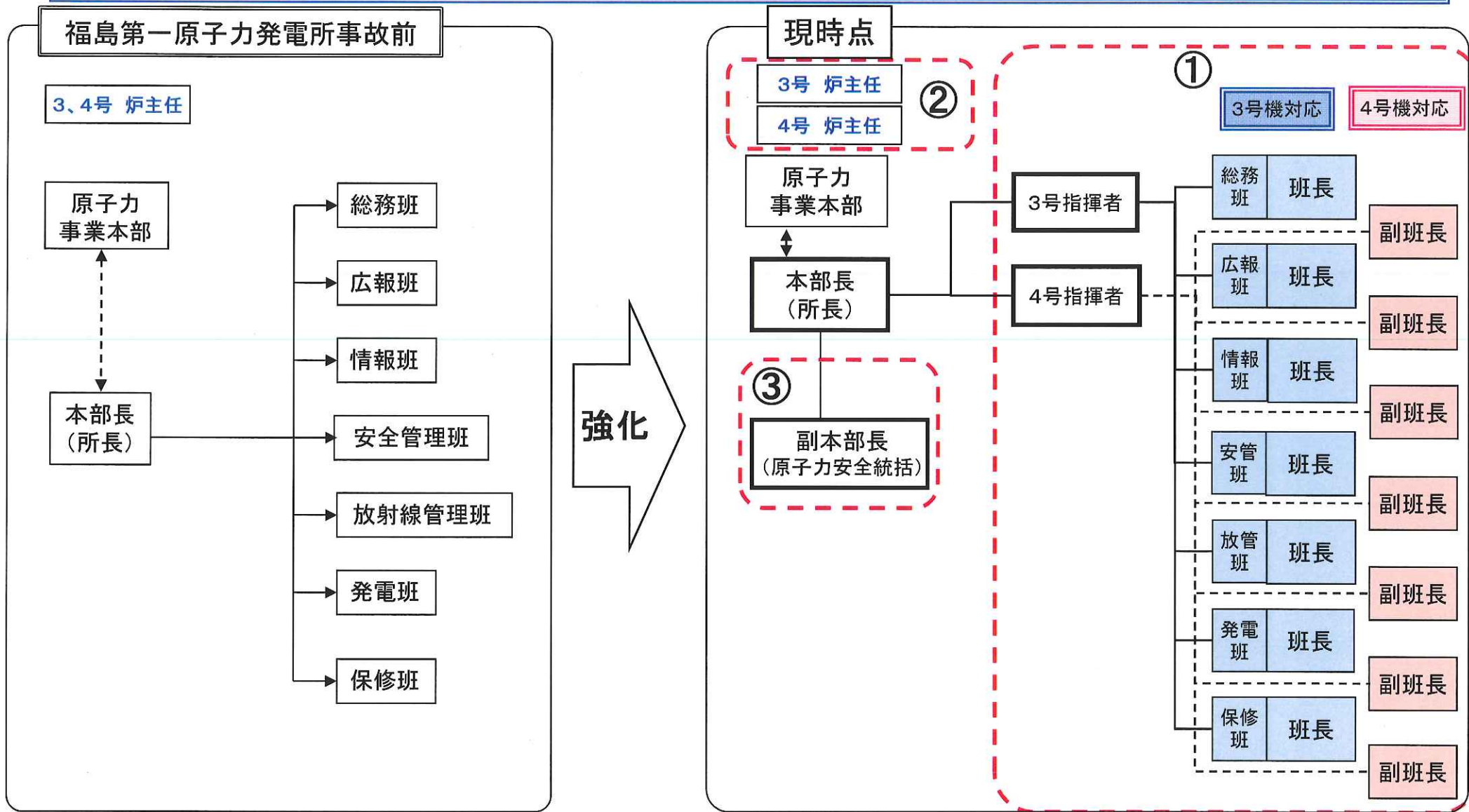
## 【発電所対策本部、本店対策本部の役割】



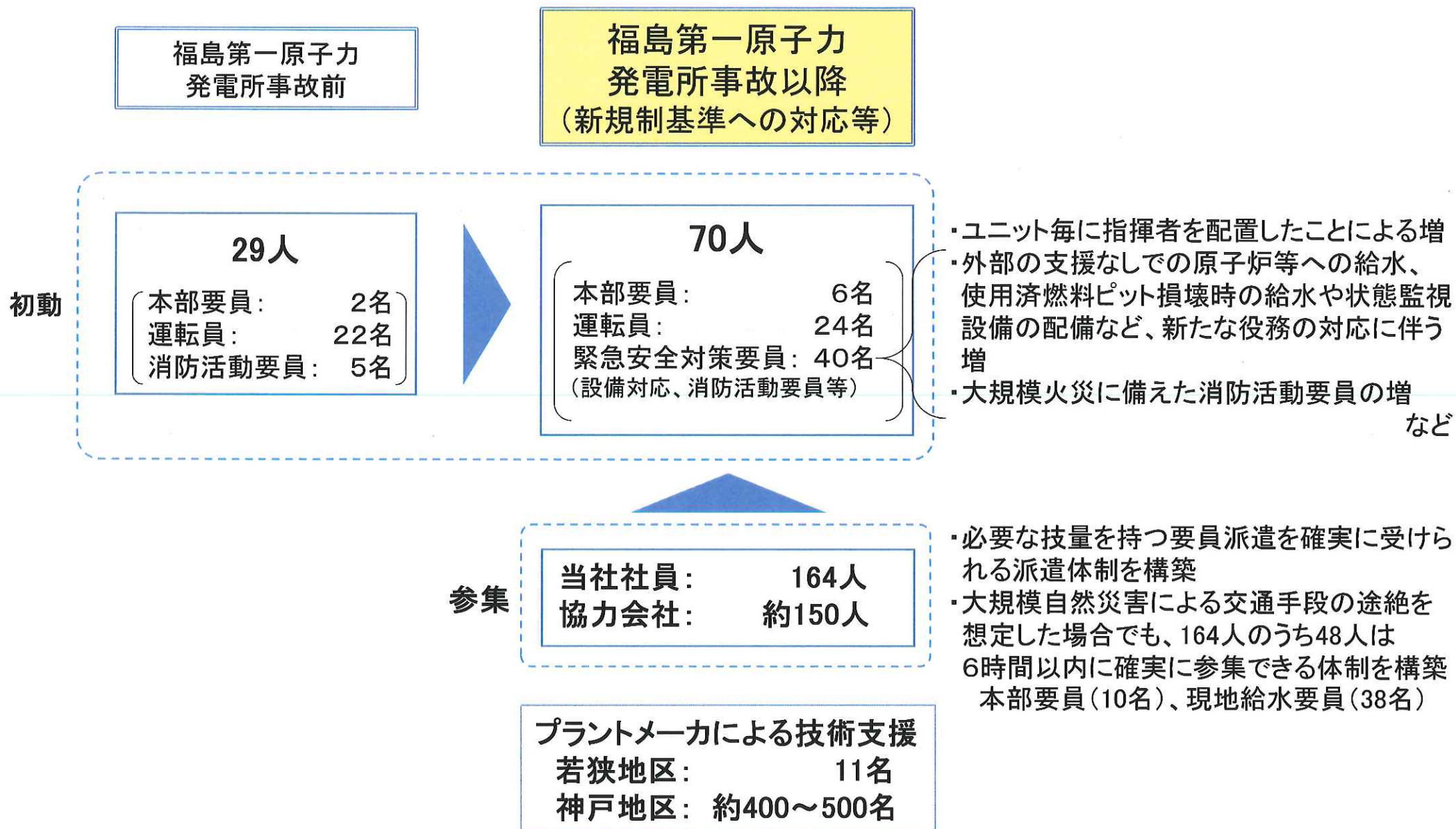
ERC:原子力規制庁緊急時対応センター

○福島第一原子力発電所における事故以降、発電所の緊急時対応体制を強化。

- ①ユニット毎に対応班を明確化
- ②ユニット毎に原子炉主任技術者を配置
- ③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



○福島第一原子力発電所事故の知見等を踏まえ、初動・参集体制を強化。



○原子力事業本部は、組織・体制を充実するとともに、即応センターとしての機能として、電源の確保、地震への対応、放射線管理の充実、および通信機能の確保を実施。

## ◇組織・体制の充実

- ・「原子力安全」と「核セキュリティ」に関する機能を集約し、安全性向上に係る取り組みを一元的に推進する
- ・「原子力安全部門」を新設(H26.6)

## ◇電源確保

- ・外部電源33kVの2回線からの引き込み
- ・非常用ディーゼル発電機1台(1250kVA)がフル負荷で24時間連続運転可
- ・電源車(600kVA)1台を配備

## ◇地震対応

- ・建築基準法に基づき十分な耐震強度を有した建物
- ・SPDS※計算機は2重化+固縛等、および通報システムは免震台上に設置
- ・即応センターの天井落下防止、窓ガラスに飛散防止フィルムを貼付

## ◇放射線管理の充実

- ・避難所に指定される公共施設程度の天井コンクリート厚さ(10cm～15cm)
- ・マスク・線量計・ヨウ素剤の配備、近隣の環境モニタリングセンターに必要な資機材を保有
- ・即応センターに放射線対策設備(空気浄化装置)を設置

## ◇通信機能の確保

- ・衛星通信回線の充実(衛星電話の種類、台数の追加)

※SPDS: 安全パラメータ表示システム



○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、副所長、運営統括長、品質保証室長他が対象)

- ・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
- ・メーカー等専門家による理論研修の実施

③緊急安全対策要員

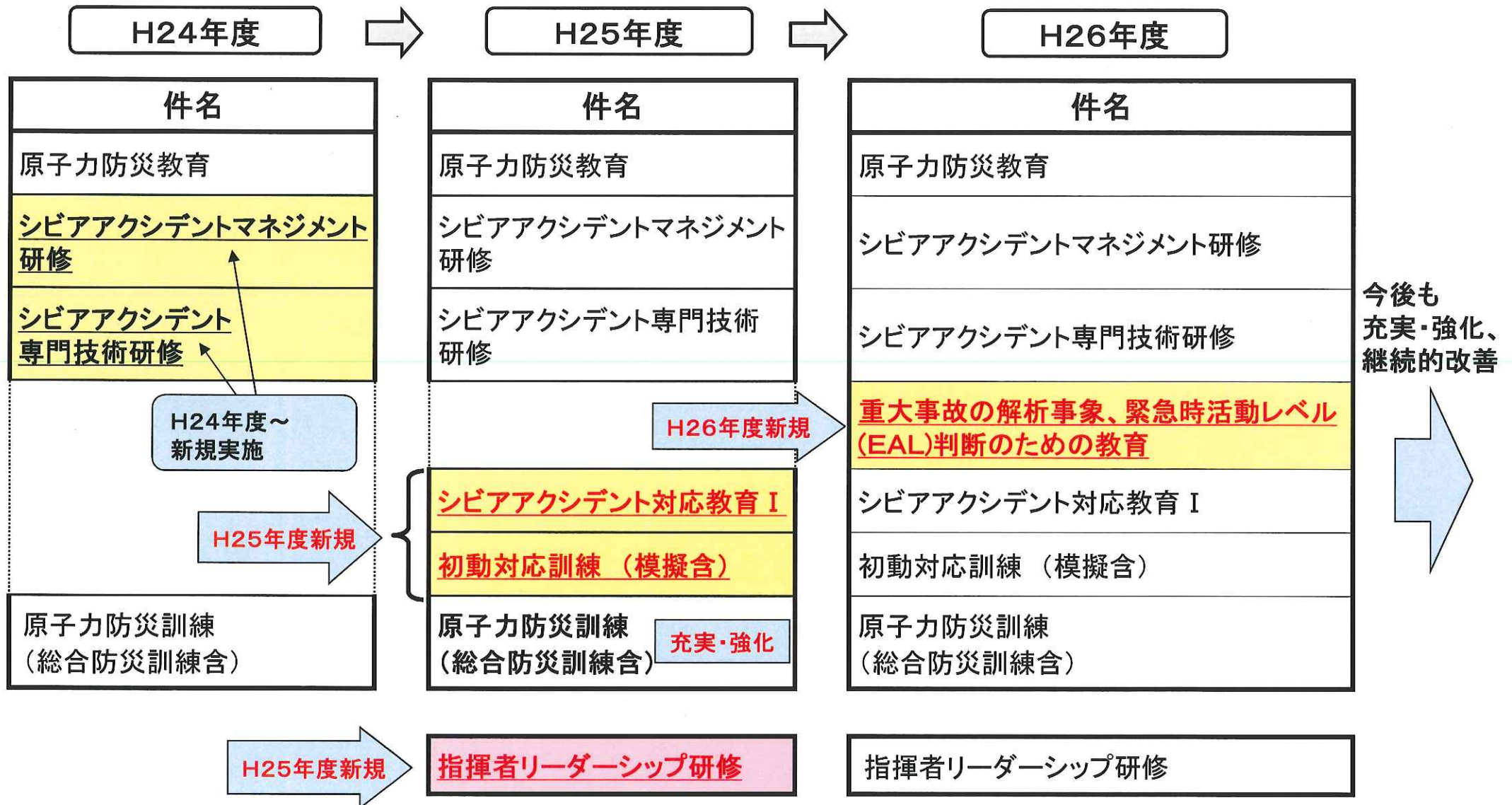
- ・協力会社社員を含め、電源供給、給水活動等の手順の教育を実施
- ・重大事故等発生時を想定した訓練を実施

	H23年度	H24年度	H25年度	H26年度※
教育・演習受講者人数 (延べ人数)	約480人	約1,300人	約1,200人	約1,600人
訓練回数	約280回	約400回	約800回	約1,400回

※ H26年度は集約中の値

# 事故時対応能力の向上(2/5) ~指揮者の教育・訓練~

- 事故時に指揮者となる要員に対して、下記の通り、教育・訓練の充実・強化を図っている。
- 今後も実施結果を踏まえ、内容、頻度等を含めさらなる充実・強化を図り、対応能力の向上に努めていく。





○当直運転員を対象として、運転シミュレータを活用して、各種訓練を実施し、対応操作の習熟を図っている。

## ◎重大事故に関する訓練(例)

- ・長時間に渡る全交流電源喪失事故対応訓練
- ・地震、津波を想定した訓練
- ・緊急安全対策要員との連携を想定した訓練(下記参照)

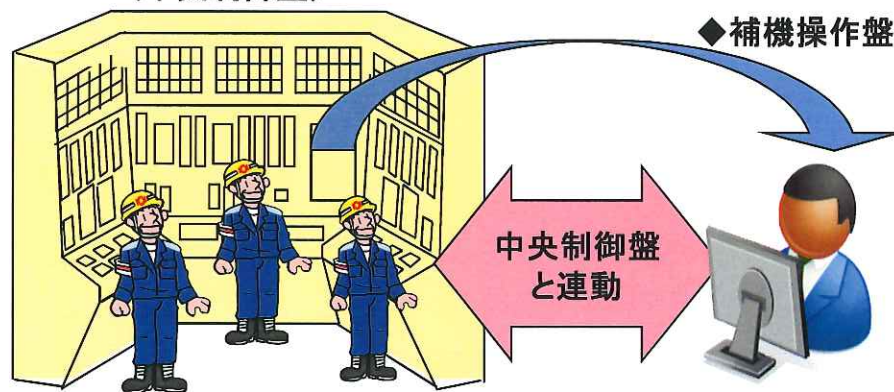
## ◎事故時の環境を想定した訓練(例)

- ・非常灯照明下での訓練(下記参照)
- ・半面マスクを装着した訓練(※)

※ 海外事例より得られた情報をもとに訓練の追加を検討中

### ●緊急安全対策要員との連携を模擬

◆運転訓練シミュレータ  
(中央制御盤)



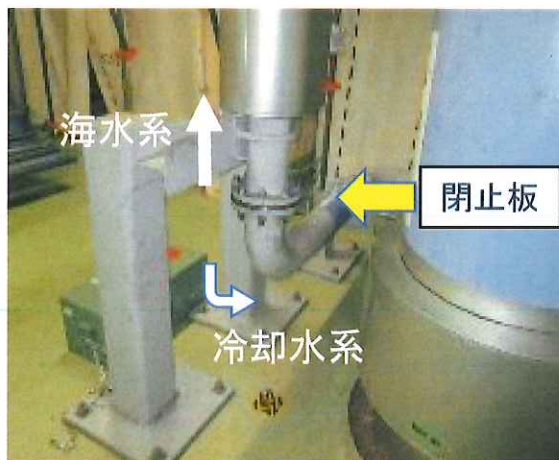
- ・中央制御室とは別室に設置された補機操作盤にて現地対応を模擬
- ・中央制御室運転員は、緊急安全対策要員と連携し操作を実施

### ●非常灯照明下での訓練風景



○緊急安全対策要員を対象として、新たに配備された設備・資機材や設備変更を踏まえ、技術的習熟が必要となる手順について、訓練設備(モックアップ)を用いて、繰り返し訓練を実施することで、対応能力の習熟を図っている。

○通常運転時系統分離のため閉止板を設置している箇所を事故時迅速に接続するための訓練用モックアップ導入

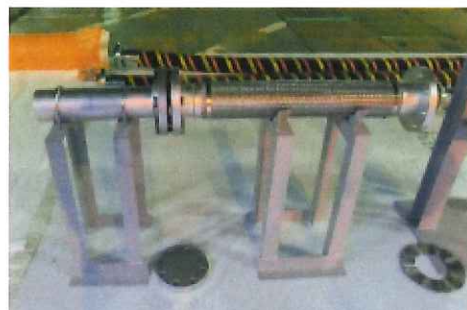


大容量ポンプ海水系統～冷却水系統  
接続ディスタンスピース入替訓練設備



モックアップを用いた訓練風景

○主な訓練設備(モックアップ)



可搬式代替低圧注水ポンプ  
吐出配管フランジ接続訓練設備



消防ポンプ起動手順訓練設備



送電線切断訓練設備

# 事故時対応能力の向上(5/5) ~原子力総合防災訓練について~

○全社原子力総合防災訓練を実施し、事故時対応能力の向上などのソフト対策の強化・充実を図っている。

【当社で実施している総合防災訓練】

- ・総合防災訓練(1回/年・各発電所) ・全社総合防災訓練(1回/年・当社)
- ・福井県・国等が参加した全社総合防災訓練(美浜、高浜、大飯、敦賀(原電)で毎年持ち回り)

## 全社原子力総合防災訓練の様子 (H26年8月31日)



<原子力事業本部> (美浜町)



<指揮を執る高浜発電所所長>



<福井県高浜原子力防災センター>  
(緊急時対応対策等拠点施設)



<代替設備による冷却訓練>

- 自主的な安全性向上への取り組み(ロードマップ) …… 27
- 社達の制定 …………… 28
- 諸外国の最新知見の収集及び反映の仕組み …… 29

# 自主的な安全性向上への取り組み(ロードマップ)

○福島第一原子力発電所事故の反省と教訓等を踏まえ、原子力固有のリスクに対する認識や向き合う姿勢に関する取り組みを充実させるため、自主的、継続的な安全性向上にかかるロードマップを取りまとめ(H26年6月20日公表)。

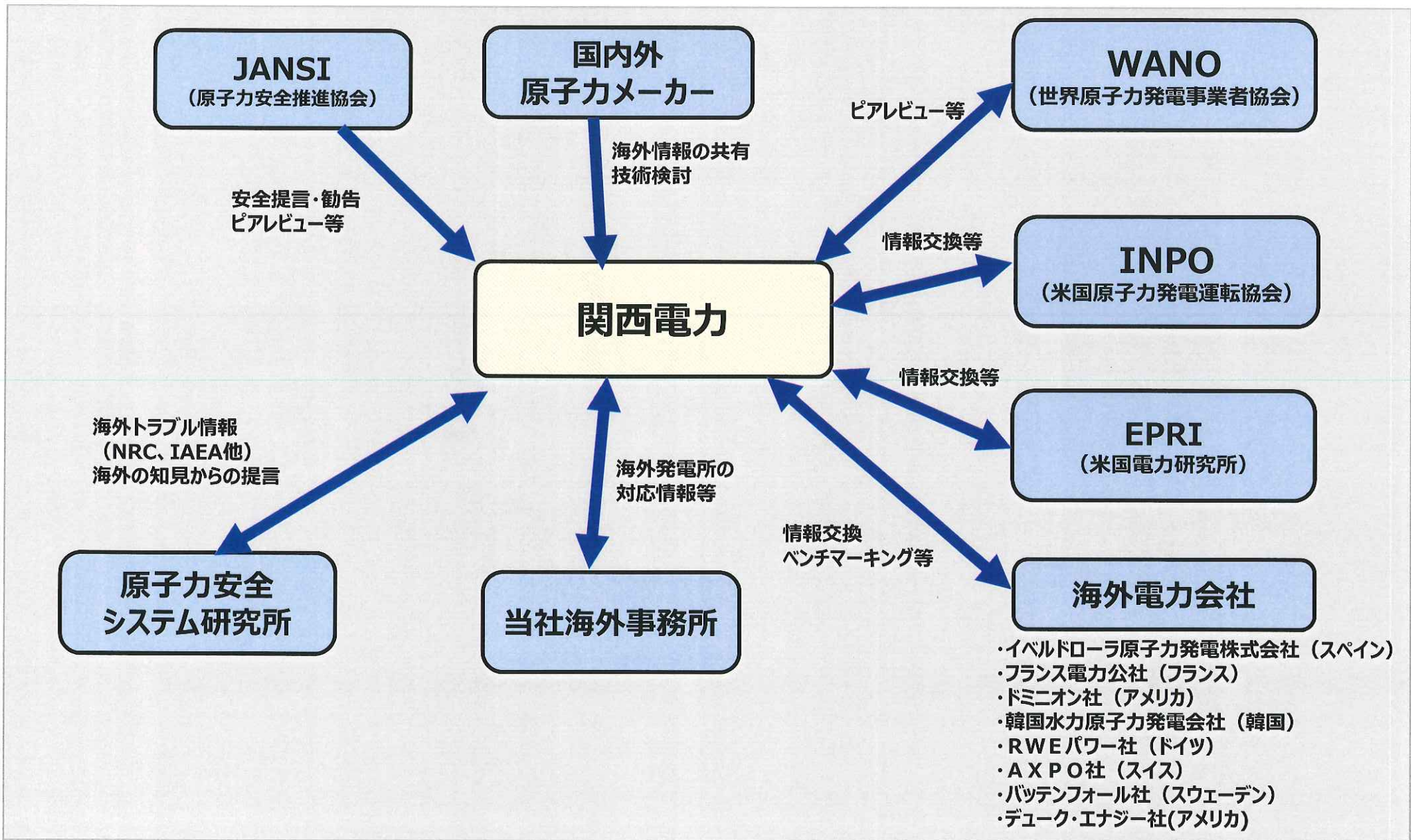
ロードマップ				
項目	H25年度以前	H26年度	H27年度	H28年度以降
(1)原子力安全の理念の明文化と共有	社長宣言	社達制定	全社員への浸透	
(2)リスクマネジメントの充実		評価見直し	部会設置	継続的改善
○経営トップのガバナンスの強化	世界に学ぶ活動	継続的改善		
○リスクマネジメントの充実	PRAの停止時プラントへの活用	活用の推進		
○リスクコミュニケーションの充実	地域に根ざした事業運営	外部ステークホルダーとのリスクコミュニケーションの実施		
	避難計画への協力/リスクコミュニケーション結果の反映			
(3)安全性向上に向けた基盤整備	安全性向上対策の推進(深層防護による安全確保/規制の枠組みにとどまらない安全性向上)			
○事故時対応能力の向上	初動体制の整備	対応能力向上と人材育成		
○体制の充実	原子力安全部門および原子力安全統括の新設等		継続的改善	
(4)安全文化の発展	福島第一原子力事故を踏まえた安全文化醸成活動の充実		継続的改善	

- 将来世代まで永続的に引き継いでいく「原子力安全に係る理念」を明文化し公表。(H26.8.1に社達制定)
- 社長のリーダーシップの下、全社一丸となり、たゆまぬ安全性向上に取り組むこととしている。

## 社達の構成と要旨

<p><b>【はじめに】</b> (福島第一原子力事故を踏まえた反省と決意)</p>	<p>事故から得た教訓を胸に刻み、立地地域をはじめ社会の皆さまの安全を守り、環境を守るため、原子力発電の安全性のたゆまぬ向上に取り組む。</p>
<p><b>【原子力発電の特性、リスクの認識】</b></p>	<p>大量の放射性物質を扱い、被ばくや環境汚染のリスクがあるという、原子力発電の特性、リスクを十分認識し、重大な事故を起こせば甚大な被害を与えうることを片時も忘れない。</p>
<p><b>【リスクの継続的な除去・低減】</b></p>	<p>「ここまでやれば安全である」と過信せず、リスクの継続的な除去・低減に取り組む。</p>
<p><b>【安全文化の発展】</b></p>	<p>リスクの継続的な除去・低減に取り組む基盤は安全文化。これまで以上に問いかけ、学び、社会の声に耳を傾ける姿勢等を徹底し、安全文化を高める。</p>
<p><b>【安全性向上への決意】</b></p>	<p>社長のリーダーシップのもと、当社経営の最優先課題である原子力発電の安全性向上に全社一丸となり、取り組む。</p>

○諸外国の先進事例や最新知見を反映していく仕組みを構築し、諸外国の情報等を収集・分析し、最新知見を迅速に発電所へ展開する取り組みを進めている。



○原子力発電所における安全性向上への取り組みとして、設備面における充実を図るとともに、新たに配備した設備を含め、緊急時にそれらの設備を活用できるよう、教育・訓練を繰り返し実施するなど、運用面での改善も図ってまいりました。

○安全に対する取り組みに終わりはなく、海外の知見や国内外情報をより幅広く収集するとともに、様々な方々のご意見を伺いながら、今後とも、安全性の向上を継続的に進めてまいります。