

電気事業における 発電技術の重要性と展望

平成25年10月30日

東京電力株式会社
相 澤 善 吾

本日申し上げること

- I. 震災・事故後のわが国における電力の安定供給
- II. 原子力発電の安全対策強化の取り組み
- III. 福島第一原子力発電所における汚染水問題
- IV. 火力発電の新技術への取り組み

I. 震災・地震後のわが国における電力の安定供給

1. 震災・事故後の電力業界の動向

2. わが国における電力安定供給の視点

3. 電力安定供給に向けた今後の取り組み

I-1. 震災・事故後の電力業界の動向

- 3.11以降、エネルギーミックス見直し(原子力依存度低減, 再生可能エネルギー推進)と電力システム改革(小売全面自由化, 発送電分離等)を巡る議論が加速。

○ 電源別の情勢変化

【火力】

- 原子力停止により依存度上昇(現在9割が火力)
- シェールガス開発等, 燃料調達を巡る状況も変化

【原子力】

- 現在, 稼働ゼロ
- 規制庁設置や新規制基準の施行等, 安全確保体制・安全基準を抜本的に見直し

【再生可能エネ】

- 固定価格買取制度(FIT)導入により, 国内導入量が大幅に増加
(認定済み設備の総出力は現在約2,200万kW)

【省エネ】

- 節電・エネルギー利用のスマート化の意識が醸成
- 新たな料金メニューやスマートメーター等の導入拡大の動き

⇒ エネルギー基本計画の改定(年内目途に取りまとめ予定)

- 今後追求すべきエネルギーミックスとそれを実現するための政策手法について

○ 電力システム改革への期待

【震災後の問題意識に基づく改革の方向性】

- 需要家への多様な選択肢の提供
- 再生可能エネ等, 分散型電源の最大限の活用
- 送配電ネットワークの広域化と中立化確保

⇒ 電力システム改革の段階的实施

- 広域的運営推進機関の設立(2015年目途)
- 小売全面自由化(2016年目途)
- 法的分離(2018~2020年目途)

I-2.わが国における電力安定供給の視点

- 各電源は一長一短であり、わが国の電力安定供給のためにはS+3Eの視点が重要。
- 震災・事故後に改めてそれぞれの視点に課題が顕在化。

①安全性(Security)

- ・特に原子力において、事業者がどのように安全対策を強化し、社会・住民の不安にどうこたえるか。

②経済性(Economy)

- ・再生可能エネルギーはFITにより参入は容易になったが、国民的な費用負担増に課題。
- ・事故後に原子力停止分を火力で補った結果、燃料費が国全体で年間3.8兆円増加。

③CO2排出量(Environmental conservation)

- ・石油・石炭・LNGともにCO2排出量が多く、原子力依存比率の低下によりCO2削減目標達成が困難化。

④安全保障(Energy security)・量的確保

- ・火力は燃料の大部分を輸入に依存。
- ・再生可能エネルギーはエネルギー密度が小さく、発電電力量の確保に限界。
- ・太陽光・風力の発電量は天候により変動するため、電力品質の安定が課題。

(参考)再生可能エネルギー電源は大規模電源を代替可能？

- 再エネ電源で大規模電源を代替する場合，エネルギー密度が低いため大規模な導入が必要。
- 予測不能で出力変動の激しい再エネ電源（太陽光・風力）については，導入が進むほど大規模電源による需給調整機能が不可欠となる。

		原発1基分 (発電電力量の比較)	規模感 (イメージ)	投資額※ (原子力1基分との比較)	稼働年数
住宅太陽光		175万戸	東京都の戸建の ほぼ全て (169万戸:2008年時点)	1.6兆～3.3兆円 (4～8倍)	20年 (2030モデル は35年)
メガソーラー		5,800ヶ所	国内導入量 の73倍 (80ヶ所:2012年時点)	1.6兆～2.9兆円 (4～7倍)	20年
小水力		7,000ヶ所	国内市区町村数 の4倍 (1,719:2012年時点)	1.3兆円 (3倍)	40年
風力※※ (陸上の場合)		210地点 (2,100基)	国内導入基数 の1.2倍 (1,814基:2010年時点)	0.9兆～1.2兆円 (2～3倍)	20年
地熱		35地点	国内地点数 の2.3倍 (15地点:2012年時点)	0.8兆円 (2倍)	40年
火力 (石炭火力の例)		1.4基	—	0.2兆円 (0.6倍)	40年
原子力		1基	—	0.4兆円 (1倍)	40年

※ 系統費用は含まず。投資額は建設費のみ。幅があるものはコスト等検証委員会報告書で、建設費のコスト低減を見込んでいるもの。

※※ 特に風力については、電力系統の整備がない場合、上記の導入基数の達成は不可能。(平成23年12月19日 コスト等検証委員会報告書より作成)

I-3.電力安定供給に向けた今後の取り組み

- 総合的にみれば、再生可能エネルギーのみに頼ることは出来ず、原子力・大型火力電源に今後も頼らざるを得ない。
- 原子力の安全性向上、火力の技術開発をしっかりと実施していくことが不可欠。

	特長と課題	今後の取り組み
再生可能 エネルギー	○エネルギー自給率の向上・環境面でメリット ●太陽光・風力は経済面・安定供給面で課題 ●発電コストは大規模電源に比べて割高 ●出力が不安定であるため、大量導入には他の需給調整電源(火力発電等)が必要	一層のコスト削減を目指し、前向きに活用
原子力発電 →II章	○経済性があり、ベース電源として高い安定性 ●廃棄物処分、廃炉については今後の検討課題 ●事故時の影響は広範囲に及ぶため、更なる安全性向上が不可欠	安全最優先で活用できるプラントは最大限活用
火力発電 →IV章	○経済性があり(石炭・LNG)、発電量の調整力が高い ●石油は中東依存度が高い ●CO2排出を伴うため、環境面はマイナス	環境性に配慮し高い技術力で効率を向上させて積極的に活用

Ⅱ．原子力発電の安全対策強化の取り組み

1. 事故時に経験した主要な問題点と対策の基本方針

2. 方針1：深層防護の強化

3. 方針2：想定を超える事象に対する柔軟な対応力

4. 方針3：事故対応のマネジメントと組織力

Ⅱ-1.事故時に経験した主要な問題点と対策の基本方針

① 深層防護の強化

【問題点】津波防護の不備（深層防護第1層が不十分）により、後段（第3層、第4層）が広範囲に機能喪失

【基本方針】多様性重視の対策で深層防護の各層を充実

② 想定を超える事象に対する柔軟な対応力

【問題点】臨機応変な対応における、手段と時間余裕の確保の困難さ

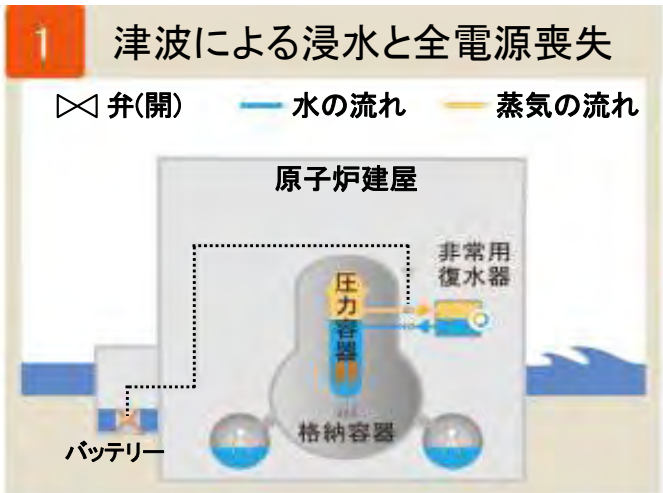
【基本方針】代替可能性や時間余裕を考慮した対応オプション確保、訓練の充実

③ 事故対応のマネジメントと組織力

【問題点】事故の同時多発、急速な事故進展下での指揮命令系統維持の困難さ

【基本方針】状況変化への対応力、意志決定の迅速性、命令の明確性を確保するコマンドシステムの導入と、平時業務の改善

(参考)福島第一原子力発電所1～3号機の事故の経過 (図は1号機をイメージ)



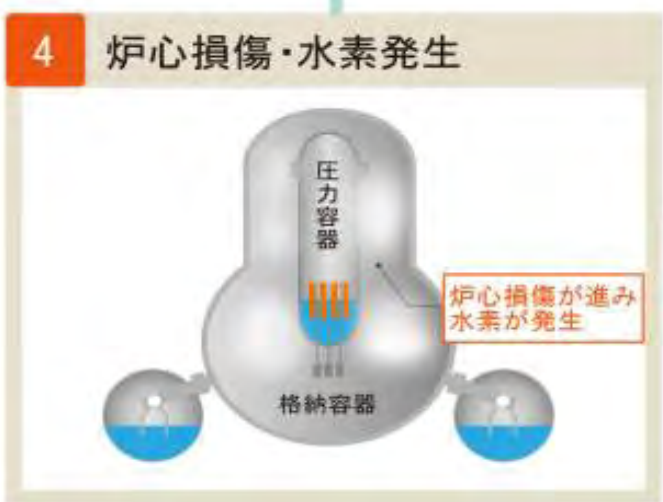
建屋内に浸水 《第1層の喪失》、
多重化された非常用電源が全喪失



全電源喪失に伴い、多重化された
冷却機能が全喪失 《第3層の喪失》



冷却できないため、
原子炉の水位が低下



炉心が露出し損傷、
水-ジルカロイ反応により
水素が大量に発生



圧力容器、格納容器が損傷し、
水素や放射性物質が
建屋内外に漏洩 《第4層の喪失》



1、3、4号機で水素爆発、
2号機も格納容器ベントが期待通り
できず、多量の放射性物質を放出

II-2.方針1：深層防護の強化

○設計ベース：高圧注水と減圧機能強化の観点から、従来の設計基準に全交流電源喪失を追加

- ・《高圧注水》動的機器の単一故障 → 原子炉隔離時冷却系のバックアップが必要
- ・《減 圧》使命時間の長期化 → 必要とされる期間に逃がし安全弁の継続的な機能維持が必要

○設計拡張状態(Design Extension Condition)：設計ベースを超える領域として設定

- ・多重(共通要因)故障が発生しても、各層の重要な機能を一定程度維持させる
- ・多重性よりも、**多様性、位置的分散を重視**した対策が必要

《深層防護各層の設計要件(津波等の外的事象中心)》

■ 新たにDECとして追加した領域
■ 欧州では従来からDECとしていた領域

層	目的	設計ベース	機能強化の方向	設計ベースを超える状態（DEC）
第1層	異常発生防止	津波の例：設計津波に対する多重の防護で、異常の発生を防止し、 後段各層の安全機能の喪失を防ぐ		津波の例：多重防護の同時喪失により、 ある程度の建屋内浸水があっても、重要区画内の設備の機能喪失を防ぐ、重要区画からの排水を行う
第2層	事故への拡大防止	従来の設計ベース		従来のアクシデントマネジメントで整備済み
第3層	炉心損傷防止	冷却： } 全交流電源喪失＋動的機器 減圧： } の単一故障		冷却： } 長期全交流電源喪失に対し、 減圧： } 多様又は多重の設備で対応
第4層	炉心損傷後の影響緩和、放出抑制	格納容器と格納容器を防護する設備の機能とを併せて、 長期にわたる土地汚染及び制御できない放射性物質放出を防ぐ		

※設備の設計条件なので第1層～第4層を記載

Ⅱ-2.方針1：深層防護の強化（異常発生防止：津波対策）

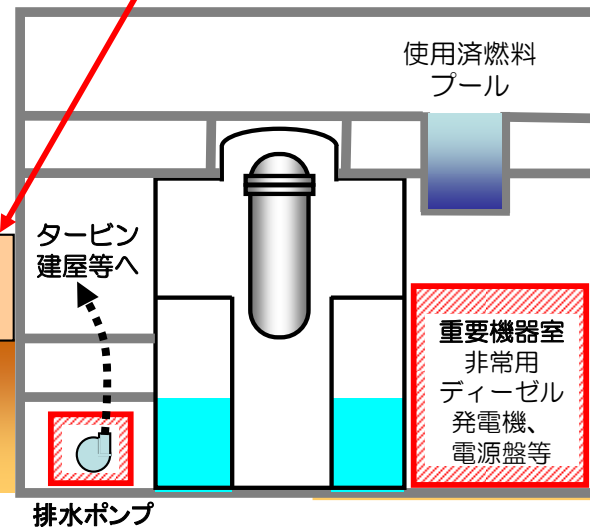
- 津波に対して敷地高さ、もしくは防潮堤で浸水を防止
- 仮に敷地が浸水しても、建屋外壁で防護
- 仮に建屋内に浸水しても、重要機器室は止水処理で個別に防護



防潮堤：敷地内への浸水を防止

防潮壁：建屋内への浸水を防止

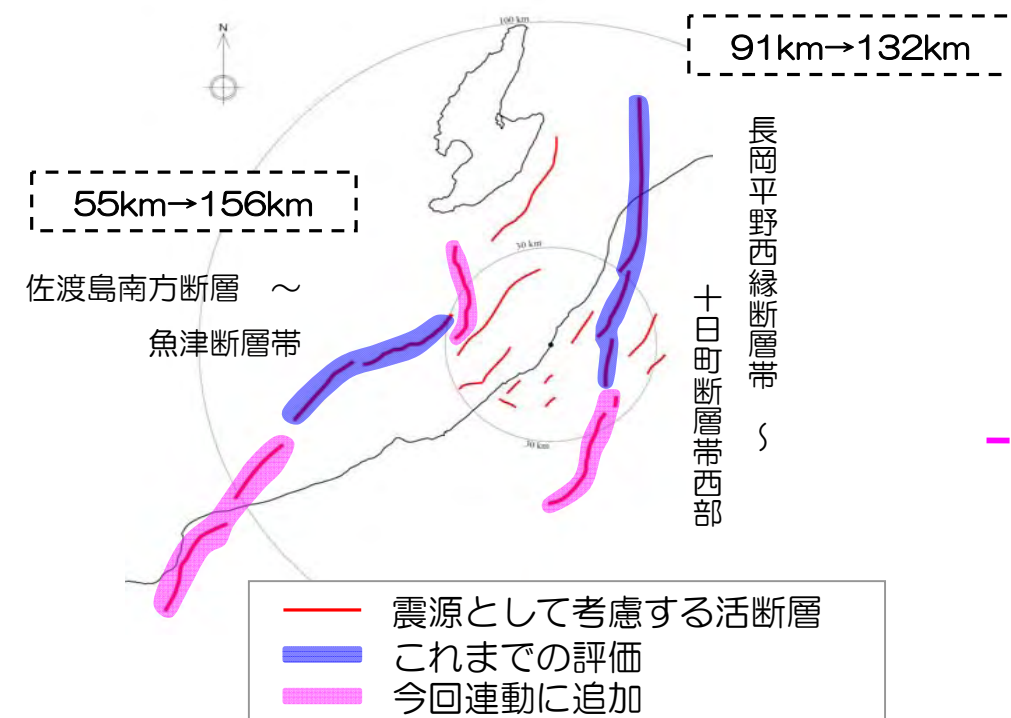
水密扉：重要機器室への浸水を防止



止水処理：重要機器室への浸水防止

Ⅱ-2.方針1：深層防護の強化（異常発生防止：地震対策）

- 発電所周辺の複数の断層が連動した場合の評価で、安全上重要な設備に影響がないことを確認
- 敷地内の断層について、約20万年前以降の活動がないことを地質調査等で確認



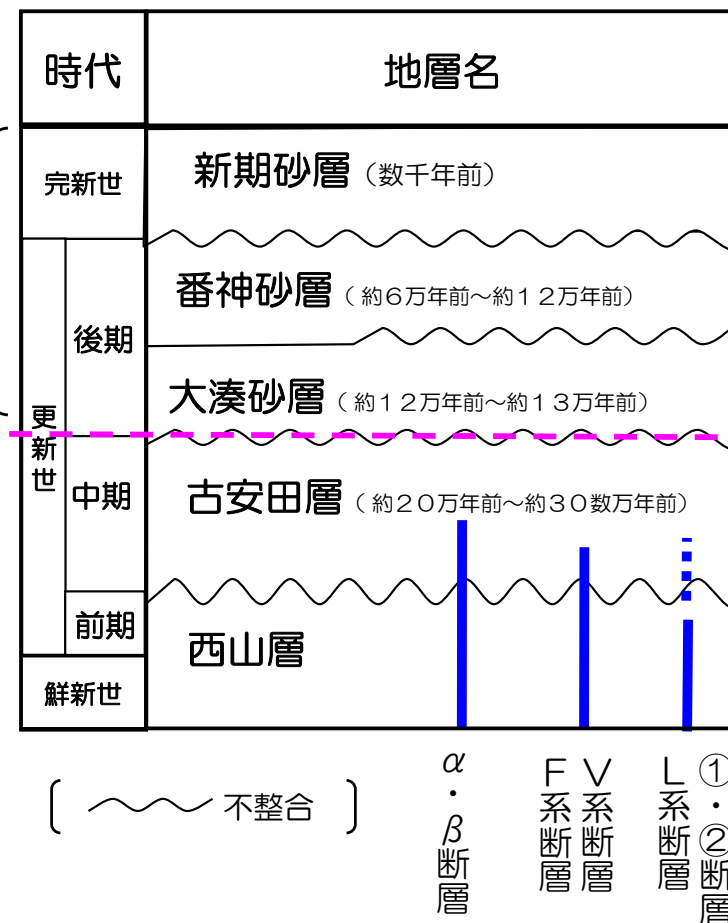
断層の離隔(5kmルール)や地質構造の観点から連動を考慮

より幅の広い専門家の意見等も踏まえ、5km以上離れていても安全側に考慮

発電所周辺の断層の連動に関する評価

大湊砂層より上層にズレが認められる場合

↓
活断層と評価する



発電所敷地内の断層に関する評価

Ⅱ-2.方針1：深層防護の強化（異常発生防止：その他の自然現象）

■安全設計で**考慮すべき自然現象を、国際原子力機関の基準等も参考に選定**しました。

➢ 竜巻、強風、落雷、積雪、低温、火山、森林火災等

■各自然現象について設計基準を設定し、発電所の安全性を評価しました。

➢ 以下の3つの観点から**安全設計で考慮すべき最も苛酷な条件を総合的に判断**しました。

①法令・規格基準等に基づく設計要求

②発電所及びその周辺における過去の観測記録の最大値

③1万年～10万年に1回、発生することが考えられる条件

○自然現象に対する安全性評価の一例（竜巻）

設計基準の設定

➡ 原子力規制委員会・竜巻影響評価ガイドに沿って、**設計基準竜巻は藤田スケール2（最大瞬間風速を69m/s）**に設定しました。

藤田スケール

竜巻により発生した被害の状況から風速を大まかに推定する指標。
(F0～F5の6段階評価)

参照項目		竜巻規模（風速範囲）
観測実績 (統計期間：1961～2012.6)	新潟県最大 本州日本海側最大	藤田スケール1 (33～49m/s) 藤田スケール2 (50～69m/s)
年超過確率	10 ⁻⁵ /年値 (10万年に1回)	藤田スケール2 (50～69m/s)

■ 柏崎市及び刈羽村での竜巻発生状況

・ 気象庁の記録(1961～2012.6)によると、発電所敷地内での竜巻発生実績は無く、
柏崎市及び刈羽村では、それぞれ1個のみ発生。（柏崎市：藤田スケール1，刈羽村：藤田スケール不明）

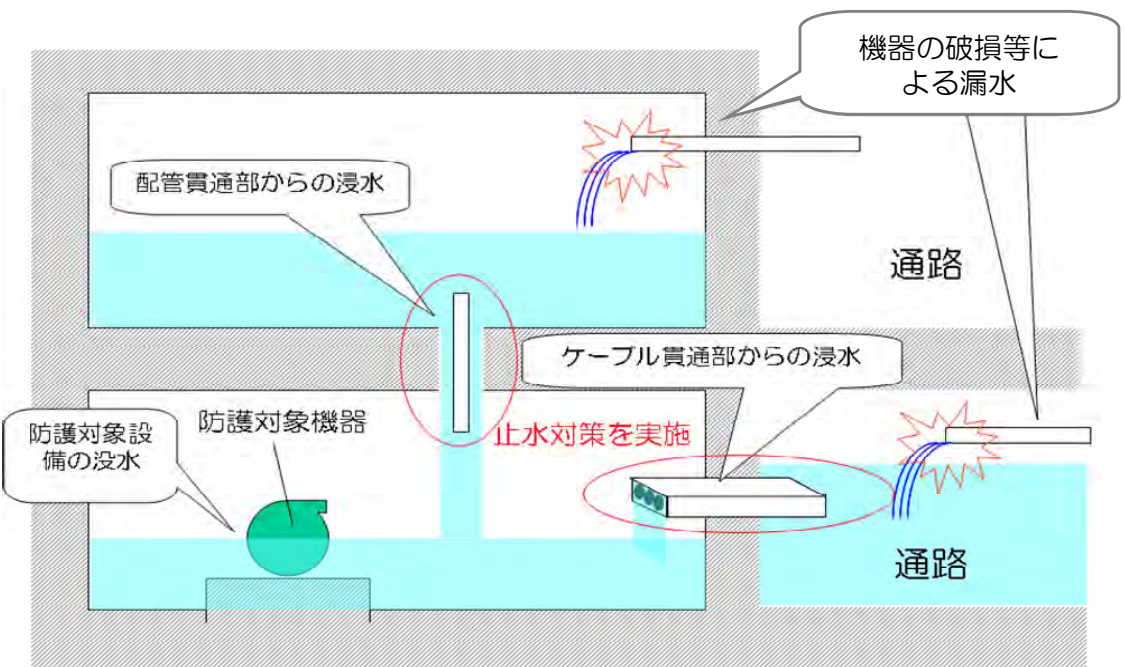
影響評価

○安全上重要な設備を有する建屋（原子炉建屋，コントロール建屋等）

➡ **竜巻（風圧，気圧差，飛来物）により建屋の健全性が損なわれない事を確認**しました。

Ⅱ-2.方針1:深層防護の強化(異常発生防止／事故への拡大防止:内部溢水対策)

- 潜在的溢水源を特定し、強化等による信頼性向上や安全上重要な機器の設置区域への浸水経路の止水対策(貫通部止水、水密扉化等)を実施



内部溢水のイメージ

対策前



対策後



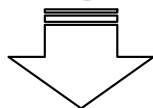
配管、ケーブルの壁貫通部の止水施工例

Ⅱ-2.方針1:深層防護の強化(異常発生防止／事故への拡大防止:火災防護)

【発生を防止】

- 燃えにくい材料を使う（柏崎刈羽では建設時から難燃ケーブルを使用）
- 潤滑油や作業時に持ち込む可燃物は、必要最小限にして徹底管理

火災が発生してしまった場合には、

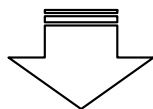


【速やかに検知, 消火】

- 煙感知, 熱感知など複数原理の火災検知器を付けて, 迅速かつ確実に火災を検知
- 常設の遠隔消火設備, 24時間現場待機の自衛消防隊による消火活動

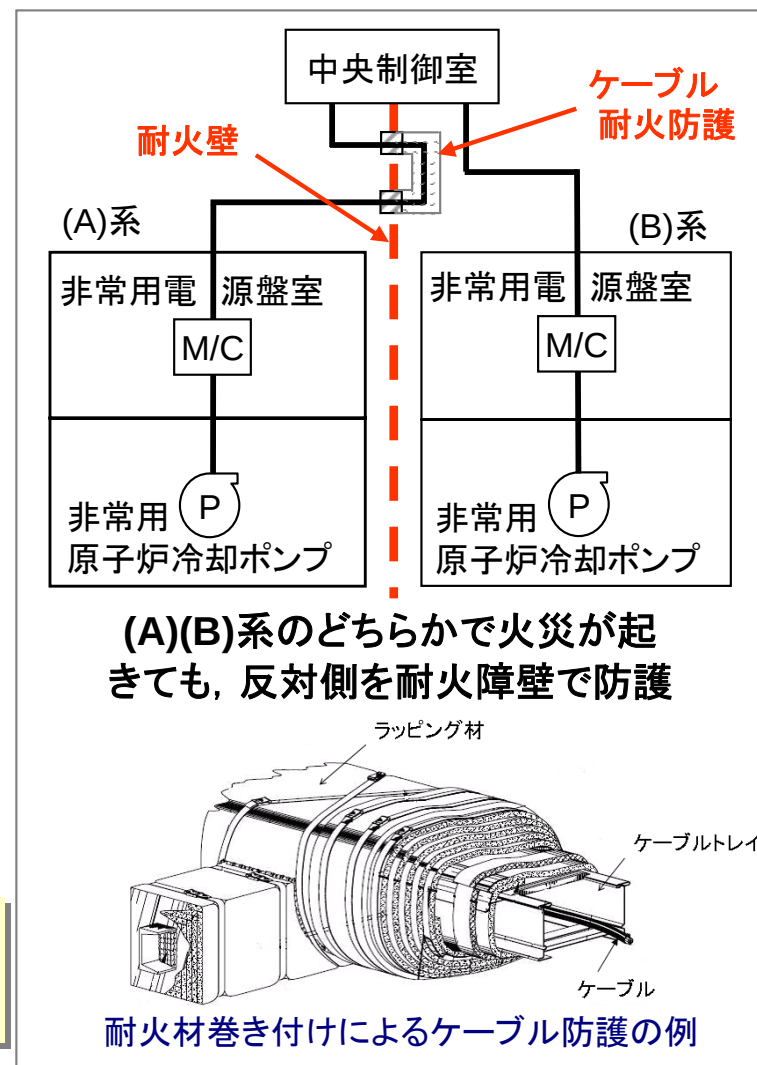
一般の産業施設はこのレベルで十分かもしれないが,
原子力発電所では更に、

速やかに消火できなかった場合に備えて、



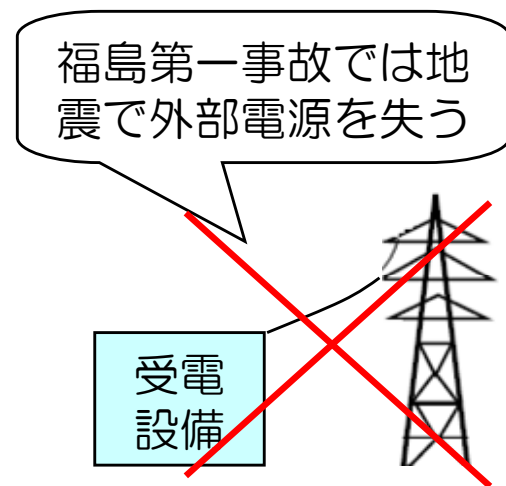
【耐火障壁で安全設備への延焼を防止】

- 耐火障壁で延焼を防止し, 原子炉の停止と冷却に必要な設備が必ず1セットは火災から生き残るようにする

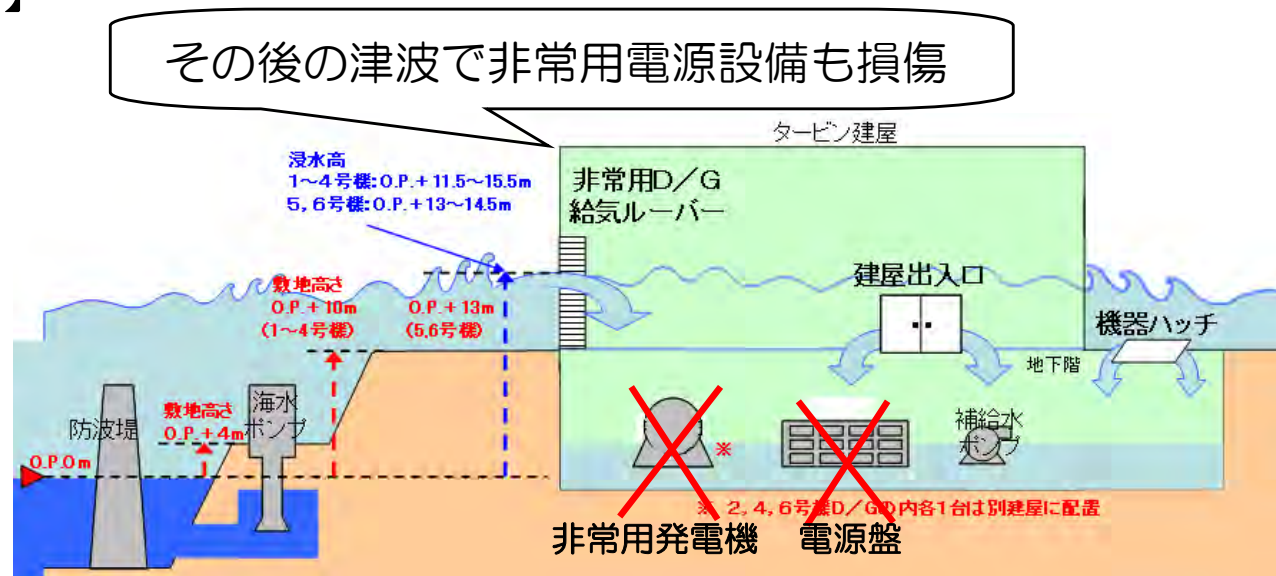


Ⅱ-2.方針1:深層防護の強化(事故への拡大防止／炉心損傷防止:電源対策)

【福島事故の要因と直接的な対策】



外部電源受電系統の
耐震性強化



非常用電源の
耐津波性強化

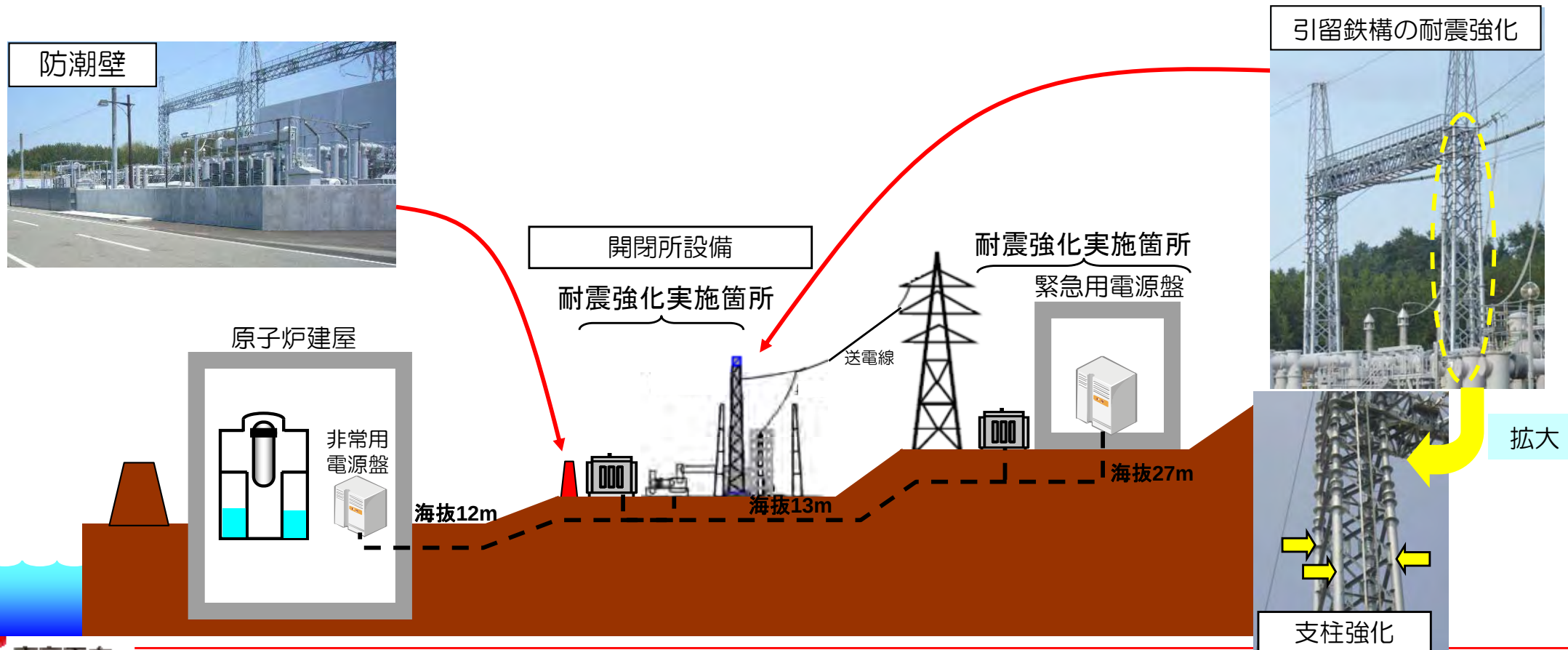
【深層防護の観点から更に行う対策のポイント】

- 強化したこれらの既設電源が仮に使えなくなっても、代替の発電手段で、安全上重要な設備の動力を迅速に確保します。
- また、安全上重要な設備の制御やプラントの監視に必要な直流電源については、浸水被害を受けない高所に、十分な容量の蓄電池を追加します。

Ⅱ-2.方針1:深層防護の強化(事故への拡大防止／炉心損傷防止:外部電源強化)

■ 外部からの受電系統強化で、地震・津波時にも外部電源を受電できるようにします。

- 受電経路を3ルート5回線確保し、一度に全てが失われないようにする
- 緊急用電源盤を新設し、受電後の所内電源回路を多重化
- 外部電源の受電に必要な開閉所機器、変圧器の耐震性確保
- 開閉所は津波に対して十分高い敷地に位置
(事業者独自の取組として防潮壁を設置し、15m程度の津波からも防護)



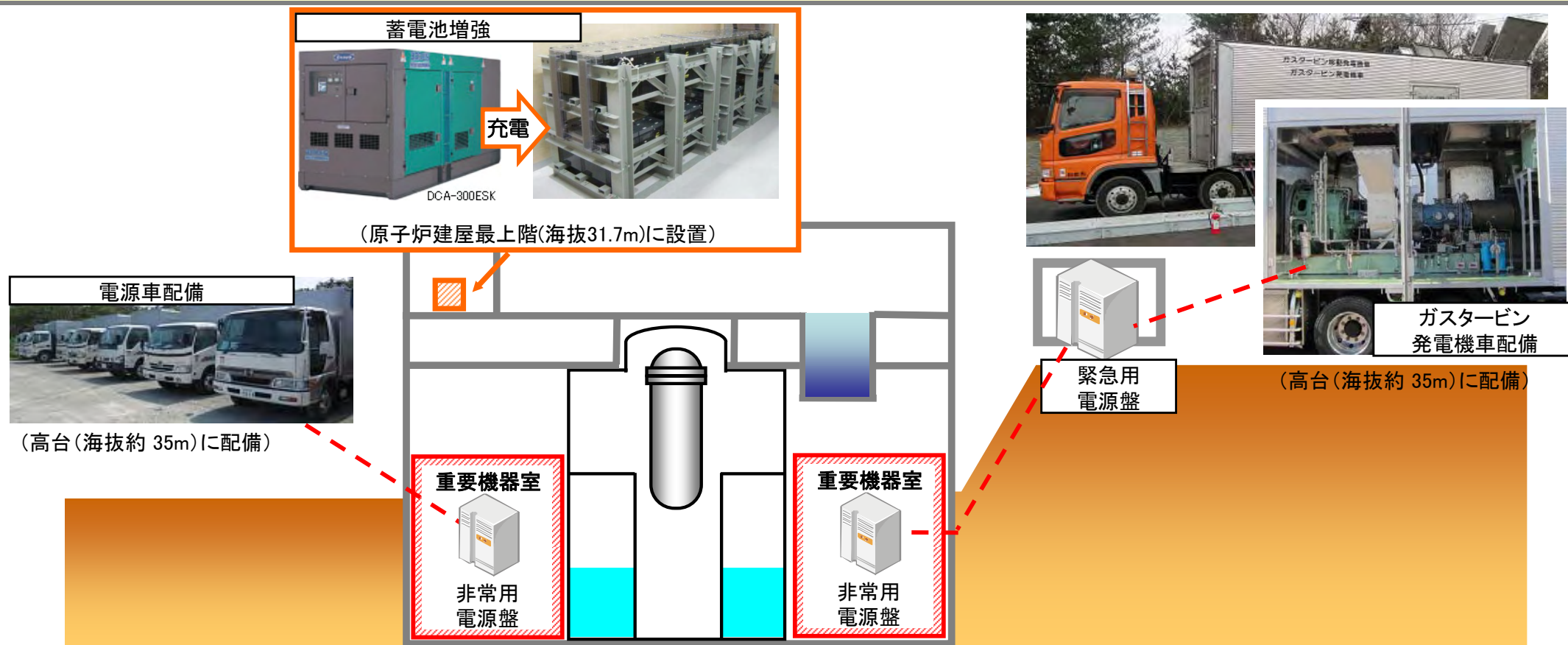
Ⅱ-2.方針1：深層防護の強化（事故への拡大防止／炉心損傷防止：非常時の電源確保）

■ 安全上重要な機器の動力を迅速に確保する手段

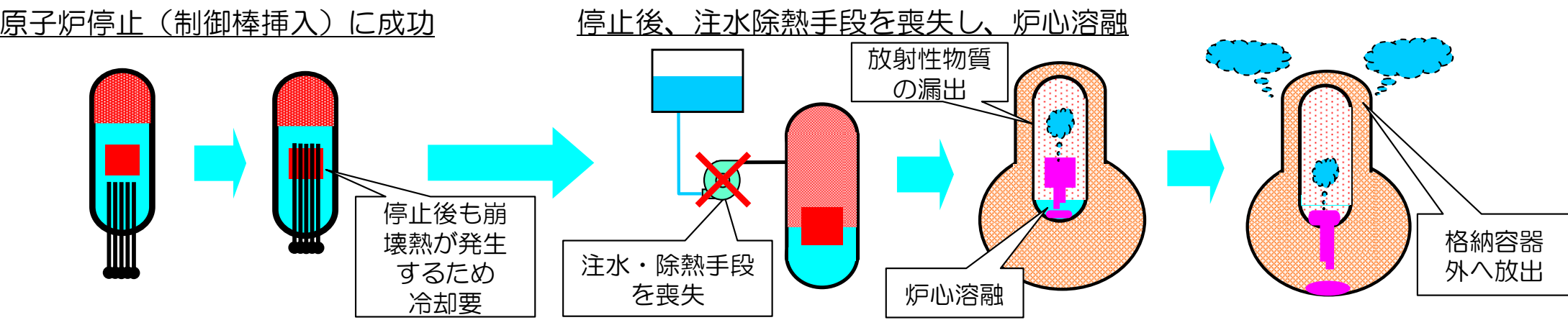
- 大容量のガスタービン発電機車及び電源車を高台に配備
- 迅速な電力供給の為に，緊急用電源盤を高台に設置し，常設ケーブルを各号機へ布設

■ 安全上重要な機器の制御やプラントの監視に用いる直流電源の強化

- 原子炉建屋最上階に蓄電池を追加配備し，24時間使用可能にするとともに充電用発電機も設置



II-2.方針1：深層防護の強化（炉心損傷防止：事故時の注水・除熱手段の確保）



- 既設の注水設備は電源を強化しましたが、仮にそれらが全て使えなくなったとしても、多種・多様な代替手段で注水・除熱ができるようにすることが重要なポイントです。
- 具体的には、既設の非常用炉心冷却系に加え、電源を失っても使える注水・除熱手段を確保し、炉心の溶融を防止して放射性物質を閉じ込め続けます。

【多種・多様な代替手段で注水・除熱を継続】

高压注水：原子炉圧力が高い時に注水できる代替手段の確保

減圧：原子炉の蒸気を格納容器内に逃がし、圧力を下げる手段の信頼性の向上

低压注水：原子炉圧力が下がった後の代替注水手段の確保

予備水源への切替え：注水用の予備水源の増強

安定除熱：安定冷却を継続する代替除熱手段の確保

水位確認：原子炉内の水位を把握する手段の強化

→ 時間の経過

Ⅱ-2.方針1：深層防護の強化（炉心損傷防止：注水手段の確保）

- 高圧注水：原子炉隔離時冷却系（RCIC）の現場手動起動，代替高圧注水設備（規制基準以上の独自対策）
- 減圧：予備蓄電池，予備ポンペ配備による信頼性向上
- 低圧注水：消防車の配備
- 注水水源：既存の水タンクの予備として淡水貯水池設置

代替の高圧注水手段



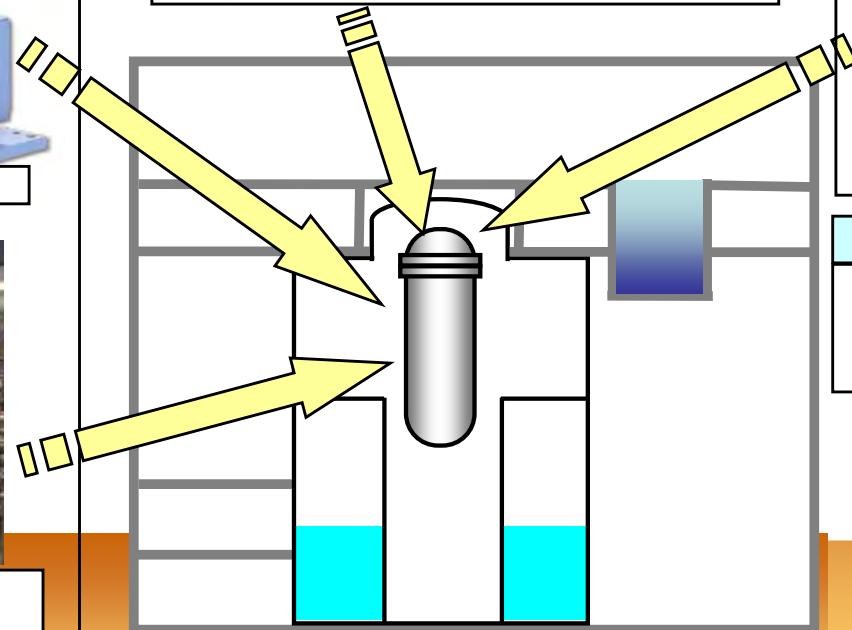
代替高圧注水設備設置



原子炉隔離時冷却系ポンプの
手動操作手順の策定

既設注水設備の電源強化

- 高圧注水系ポンプ
- 残留熱除去系ポンプ
- ホウ酸水注入系ポンプ
- 制御棒駆動系ポンプ
- 復水移送系ポンプ など



代替の低圧注水手段



消防車配備
（通常時高台待機）

原子炉水位把握手段の強化

重大事故時に原子炉水位計の健全性を確認するため，水位を計測する凝縮槽に温度計を設置。加えて，原子炉まわりの温度計を活用し水位計の補完情報とする

減圧の信頼性向上



予備蓄電池
予備ポンペの配備

予備水源の増強



淡水貯水池設置

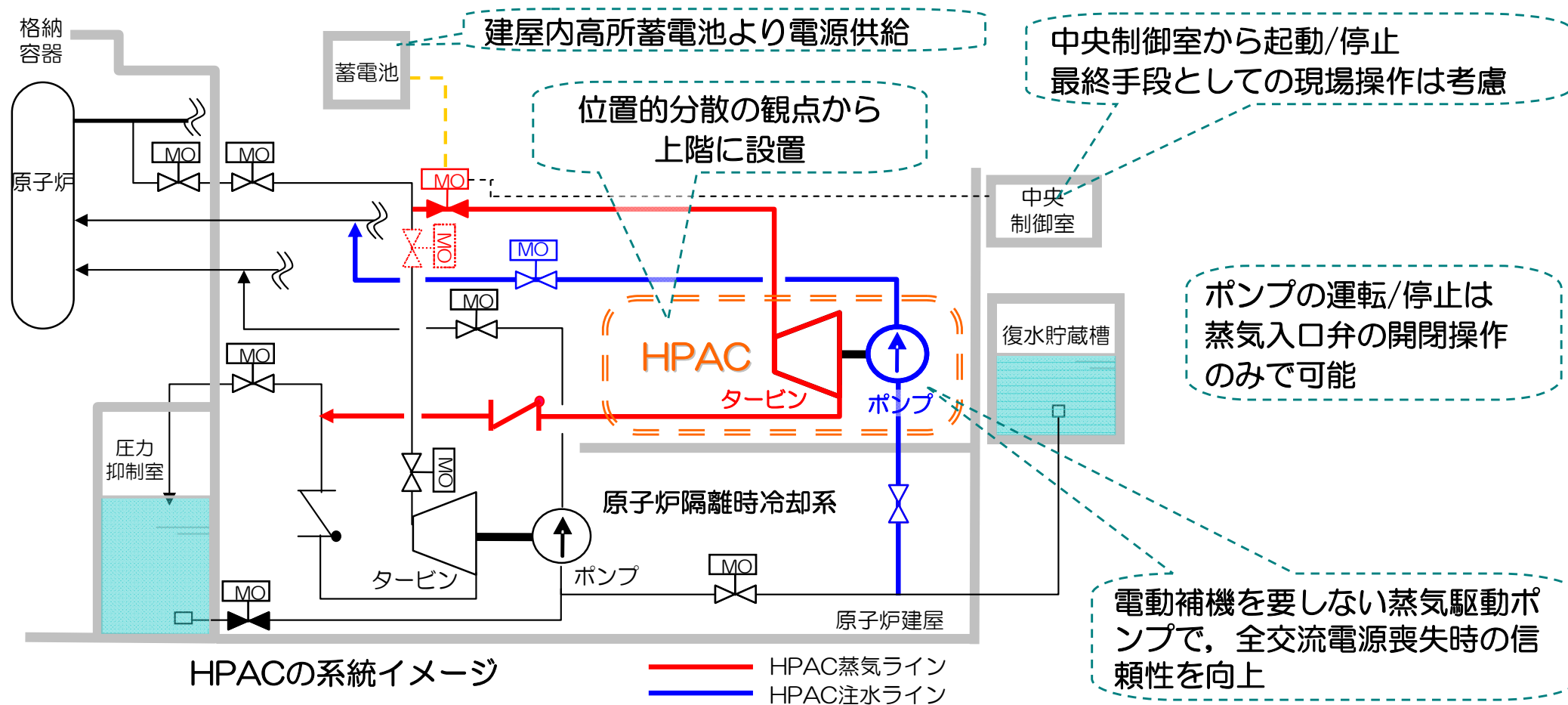
Ⅱ-2.補足：代替高压注水系（全交流電源喪失時の高压注水の信頼性確保）

■ 設置の背景

- ・事故後直ちに必要となる高压注水機能について，全交流電源喪失を前提とした強化が重要
 - 全交流電源喪失を設計ベースの事故に位置付け，動的機器の単一故障も考慮して設計
 - 従来の原子炉隔離時冷却系のバックアップ設備として，

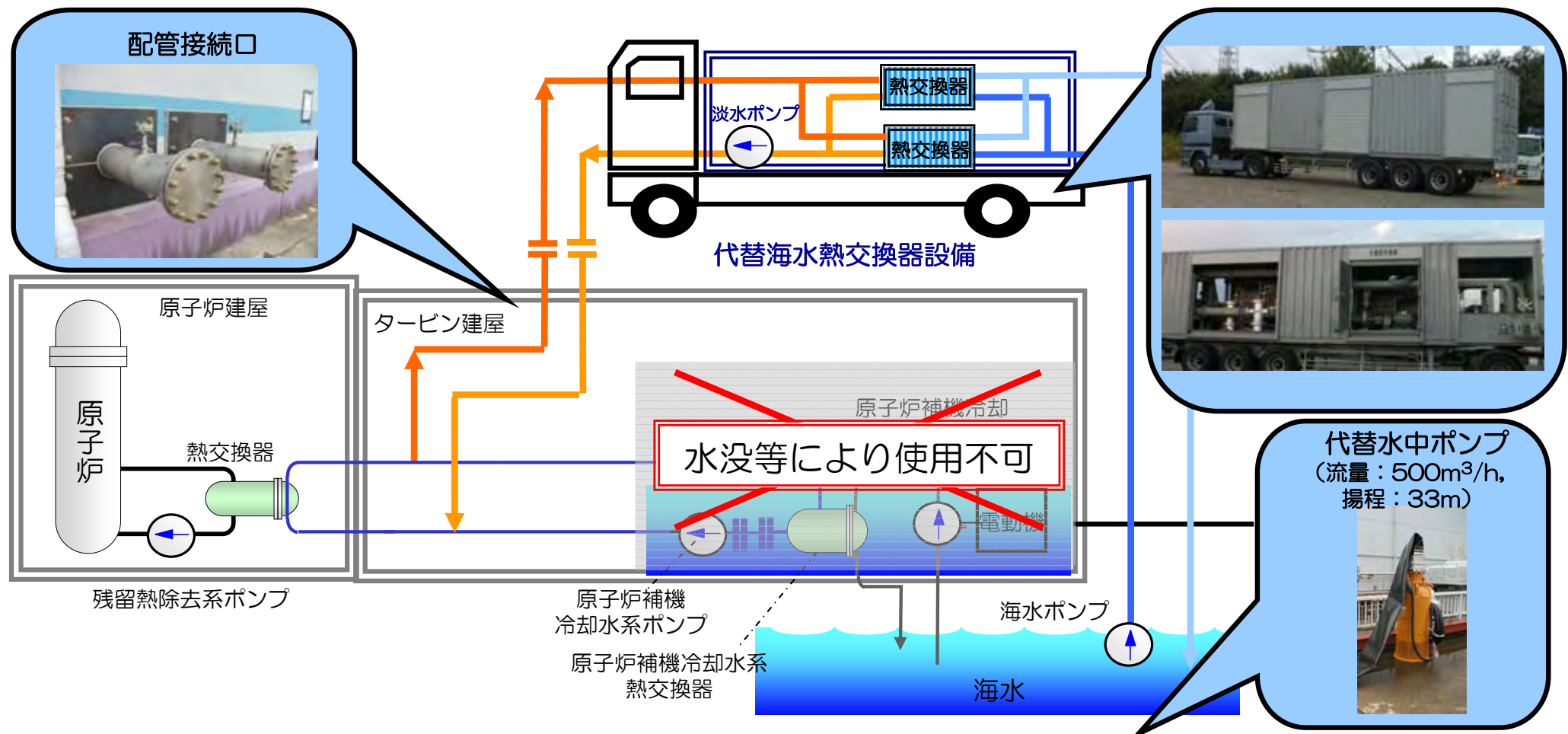
代替高压注水系(HPAC※)を設置 (※ High Pressure Alternate Cooling System)

○ 系統設計のポイント



Ⅱ-2.方針1：深層防護の強化（炉心損傷防止：除熱手段の確保）

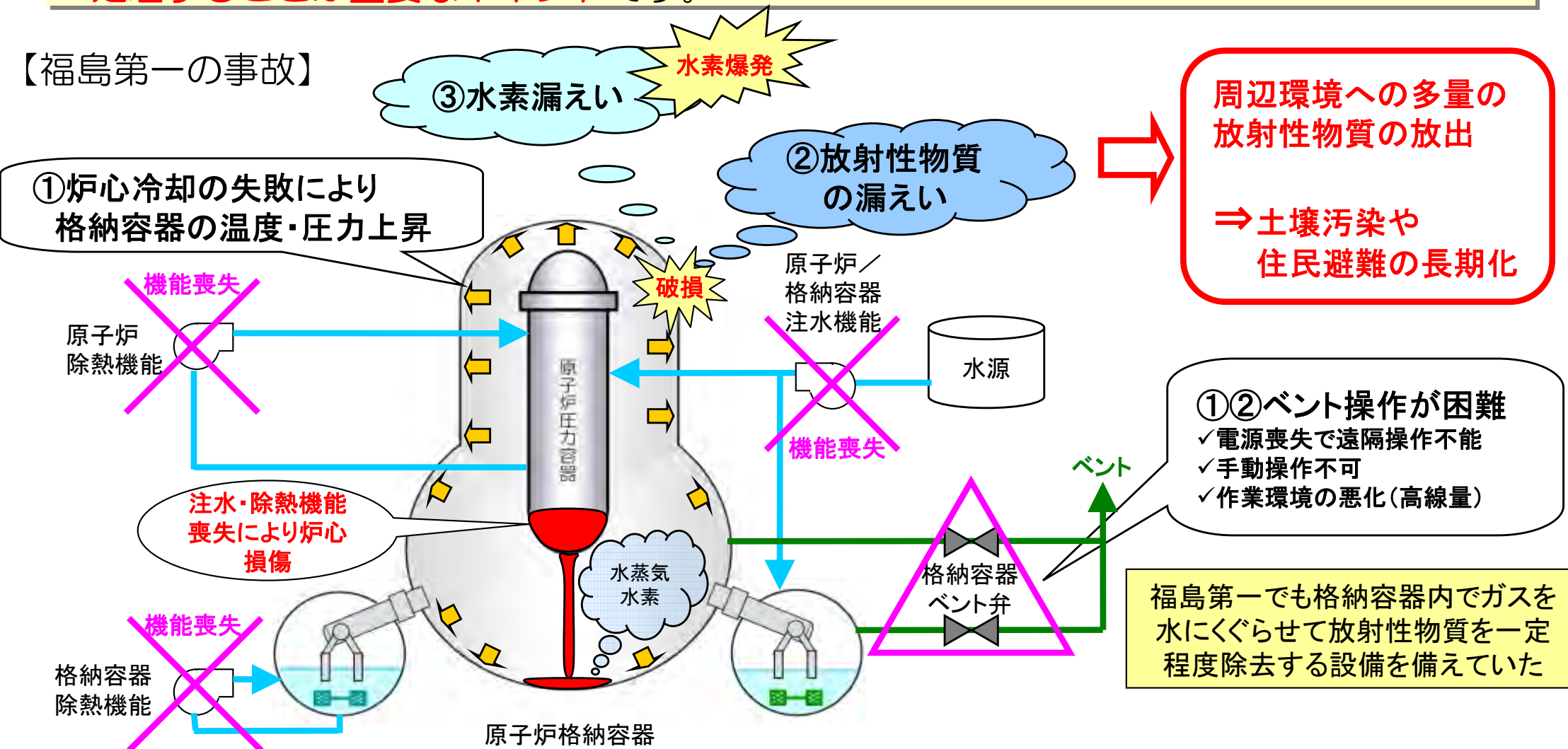
- 注水後の安定冷却についても、既設設備が使えない場合に備えて、代替の除熱設備を配備



Ⅱ-2.方針1：深層防護の強化（炉心損傷後の影響緩和，放出抑制）

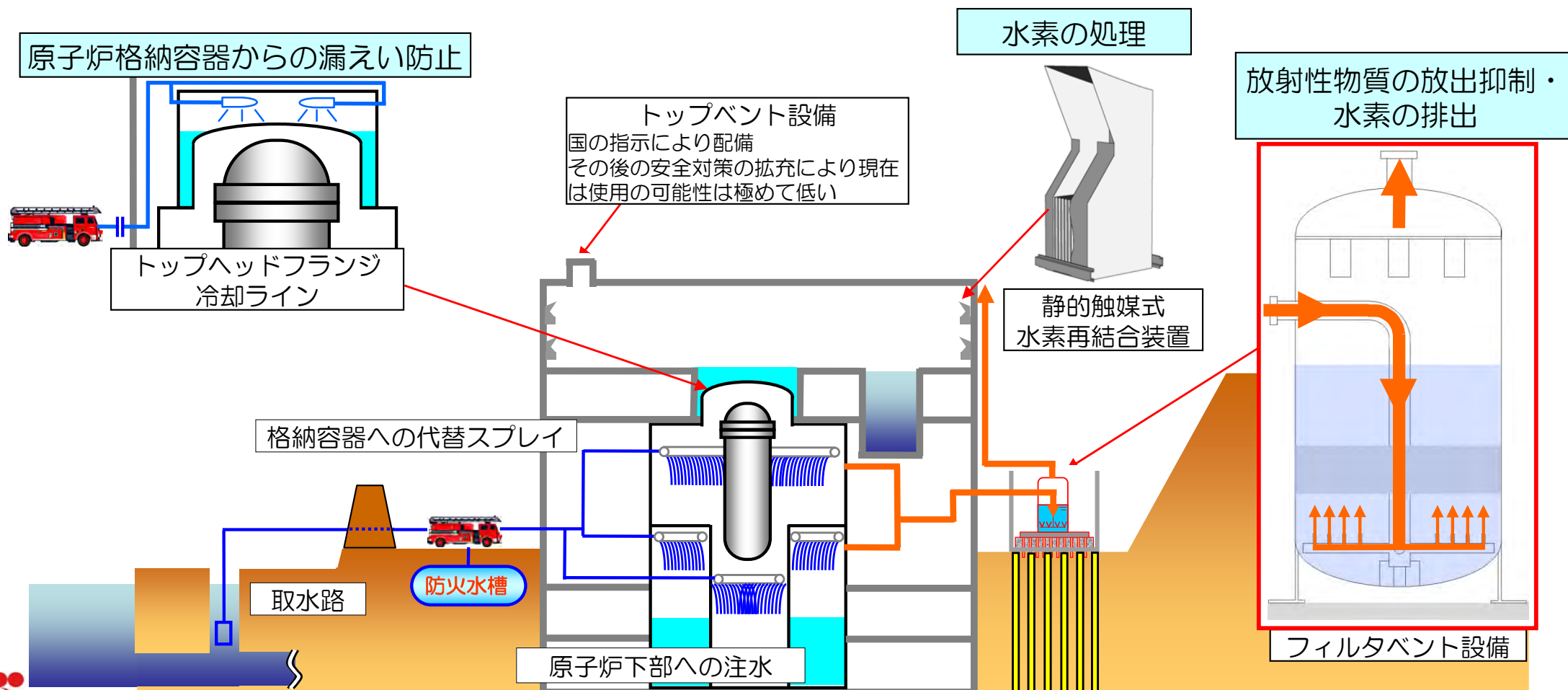
- 炉心冷却手段を強化していますが，それでも炉心損傷を想定した備えを行います。
- 福島第一事故の教訓として，①格納容器の温度・圧力上昇を抑えること，②放射性物質（特にセシウム）を除去する装置を追設して放出を抑制すること，③水素を的確に処理することが重要なポイントです。

【福島第一の事故】



Ⅱ-2.方針1：深層防護の強化（炉心損傷後の影響緩和，放出抑制）

- ①温度・圧力上昇抑制による格納容器漏えい防止： 格納容器への代替スプレイ手段，原子炉下部への注水，フィルタバントによる圧力低下，トップヘッドの冷却
- ②放射性物質（特に長期的影響の大きいセシウム）の放出抑制： フィルタバント設備
- ③水素爆発防止： フィルタバントによる排出，触媒式再結合装置



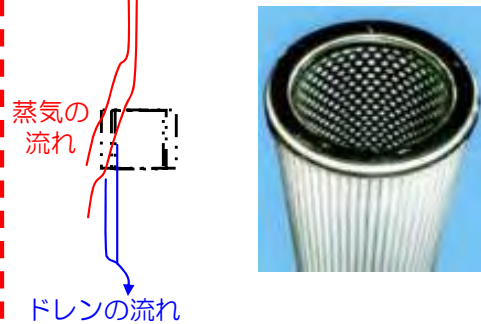
Ⅱ-2.補足:フィルタベント設備

■ 設置の背景

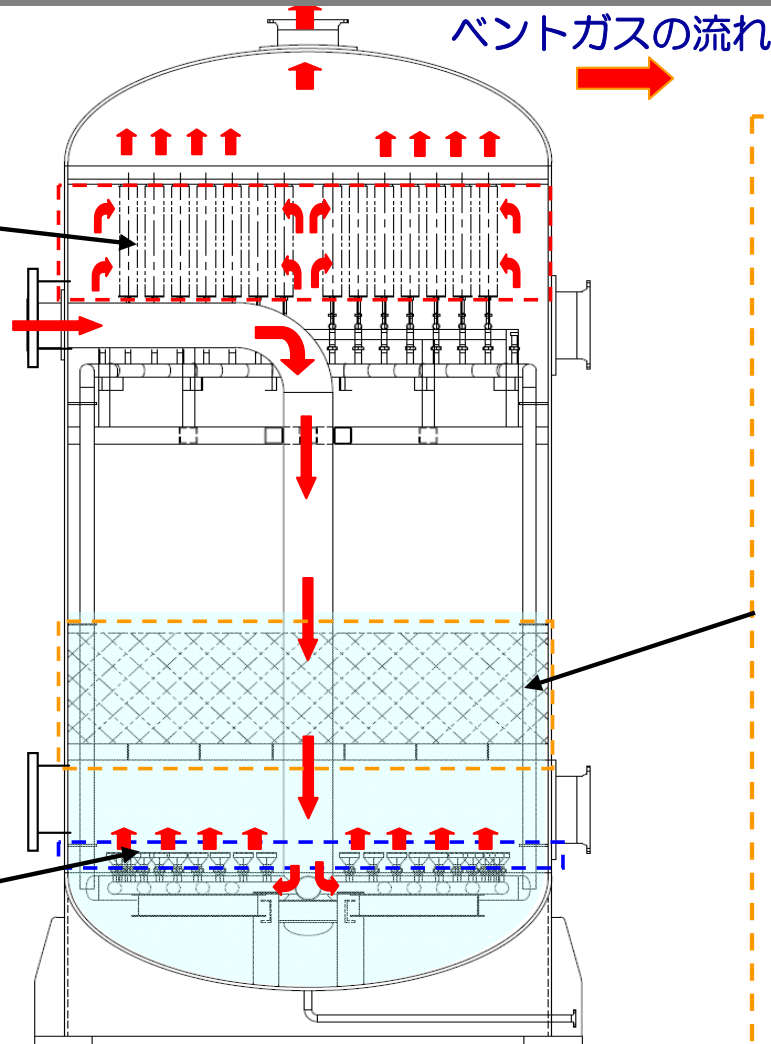
- ・ 炉心損傷後に格納容器が損傷し，放射性セシウムによる長期・広範囲な汚染が発生
- 格納容器内スプレーと格納容器ベントを組み合わせることで，格納容器の損傷を防止
- ベントに設けるフィルタ設備で，セシウム等の粒子状放射性物質を99.9%以上除去

金属フィルタ/ミストセパレータ

ベントガス中の粒子状放射性物質の
捕集及びスクラバ水ミストの分離



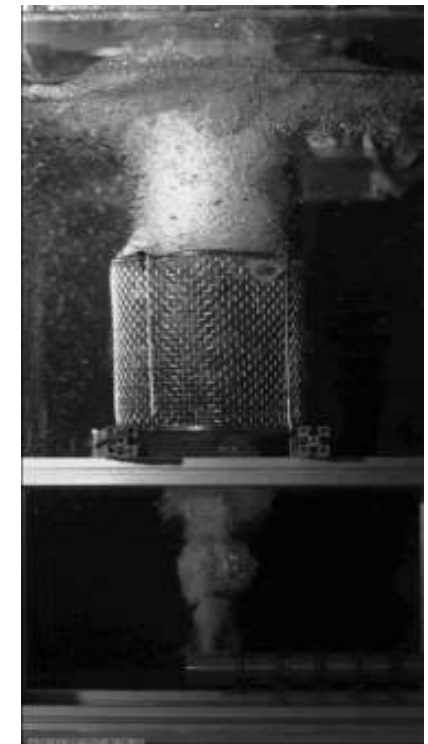
スクラバノズル



フィルタ設備本体概要図

気泡細分化装置

ベントガスの気泡を細分化し、
粒子状放射性物質捕集効率を向上



気泡細分化試験の様子

Ⅱ-3.方針2:想定を超える事象に対する柔軟な対応力

○ 恒設と可搬の設備を組み合わせた柔軟な対応力が必要

事故初期：人的リソースが限定・現場アクセス困難の可能性

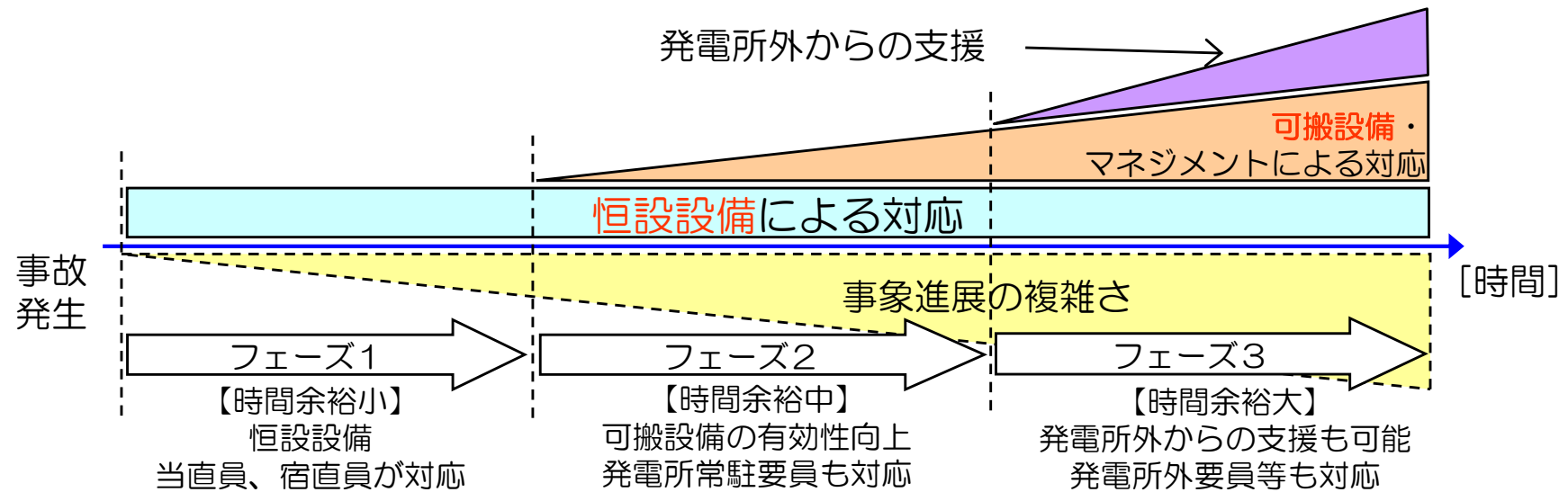
→ 恒設設備だけでも初期対応ができるように設計することが適切

事故後期：状況が輻輳・特定の条件で設計した恒設設備では対応できなくなるおそれ

→ 可搬設備も選択肢に加え、対応の多様性や代替可能性を高めることが重要

○ 事象進展の複雑さ増加に応じて対応の代替可能性を高め、柔軟な対応力を確保 ＝フェーズドアプローチ

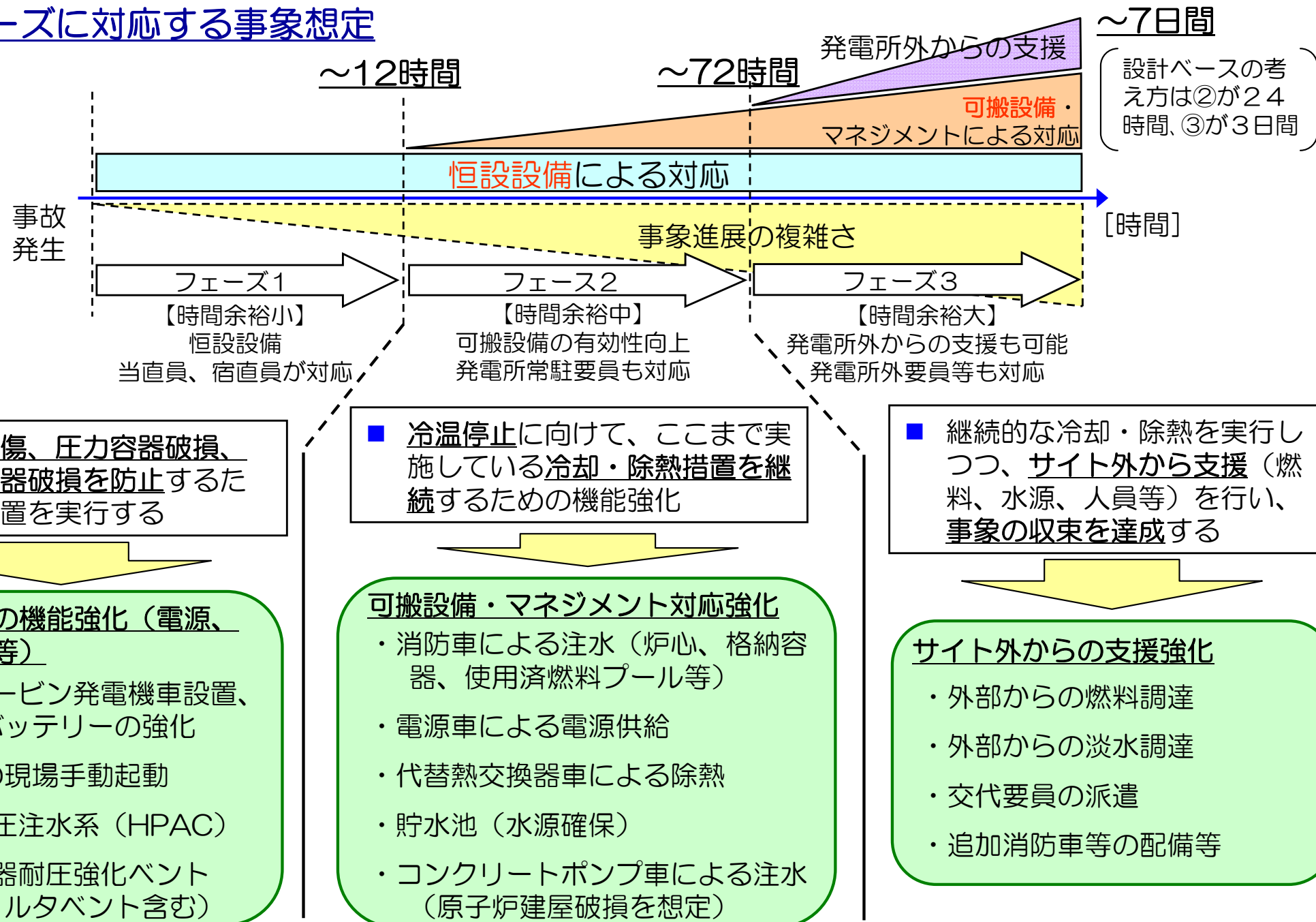
○ 訓練の充実：運用力の強化とともに、事前の備えに対するフィードバック



《フェーズドアプローチによる対応のイメージ》

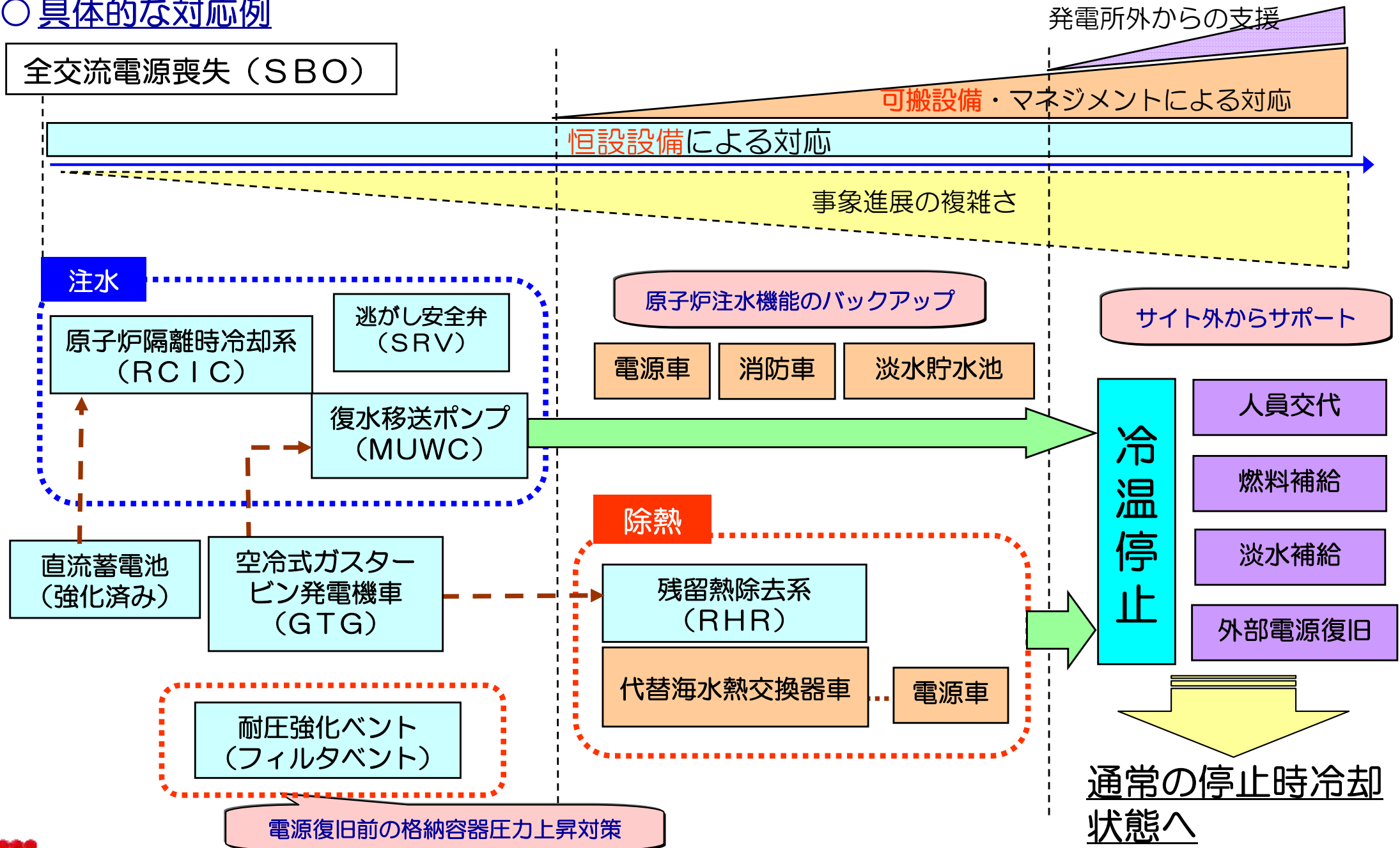
Ⅱ-3.方針2:想定を超える事象に対する柔軟な対応力

○各フェーズに対応する事象想定



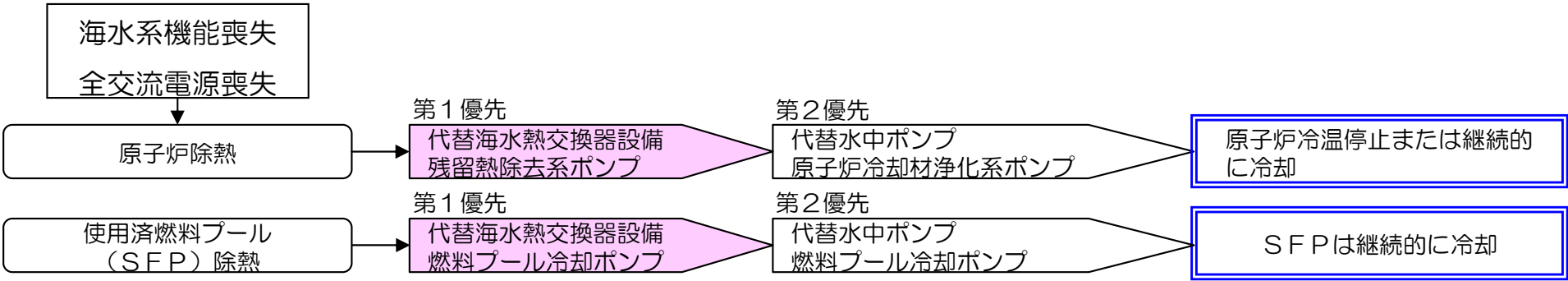
Ⅱ-3.方針2：想定を超える事象に対する柔軟な対応力

○ 具体的な対応例



Ⅱ-3.方針2:柔軟な対応力の強化(例:原子炉の除熱ができない場合の機動的対応)

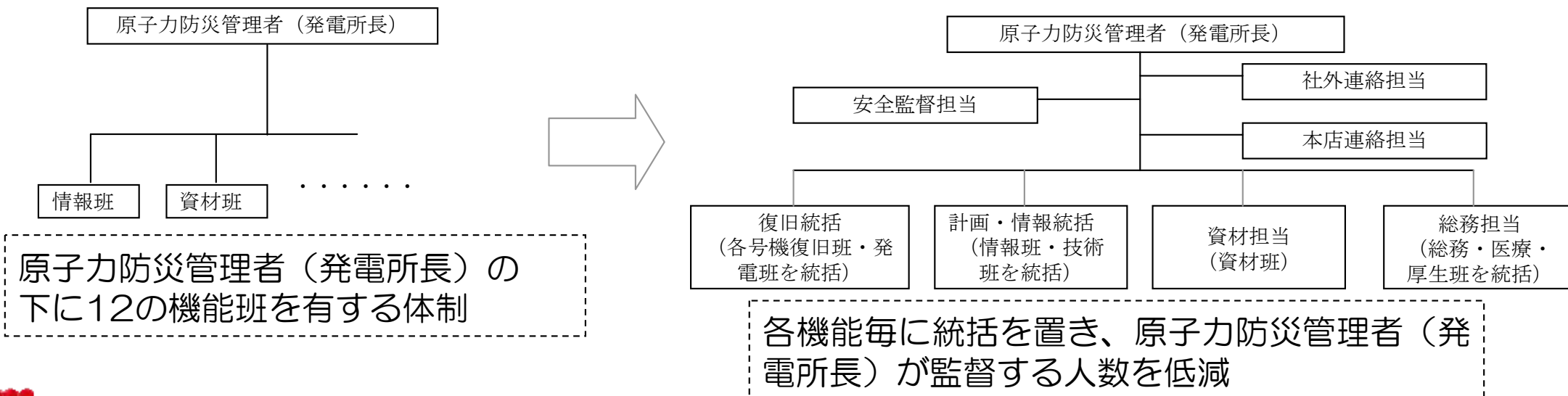
- 代替海水熱交換器車，可搬式水中ポンプ，電源車等を用いて原子炉を除熱
- 訓練を繰り返し，手順・体制の実効性確認と継続的改善を実施



主な訓練内容	訓練の様子
電源車、変圧器、代替海水熱交換器設備他資機材を設置し、ケーブルを布設、接続して電源車から電源供給する。注水用のホースを布設し、配管接続口へホースを接続する。 代替海水熱交換器設備による原子炉除熱、SFP除熱訓練の他、以下のような個別訓練を実施 ・ 代替海水熱交換器設備の電源供給 ・ 淡水用ホース布設、接続 他	＜代替海水熱交換器接続訓練＞ 

Ⅱ-4.方針3: 事故対応のマネジメントと組織力

- 事故の同時多発、急速な事故進展下で、「指揮命令系統が不明確」、「情報共有が不十分」等、現場対応が混乱した
- 米国緊急時組織が標準的に採用する ICS（Incident Command System）を導入
 - ・ 一人の監督者の管理する人数を、最大7名以下に制限
 - ・ 指揮命令系統の明確化（直属の上司の命令にのみ従う）
 - ・ 役割分担の明確化（決定権を現場指揮官に与えること）
 - ・ 災害規模に応じて縮小、拡張可能な柔軟な組織構造（複数プラント同時災害時にも対応）
 - ・ 全組織で情報共有を効率的に行うための様式やツールの準備と活用
 - ・ 技量や要件の明確化と教育訓練の徹底



Ⅱ-4.方針3:事故対応のマネジメントと組織力(ICS体制での訓練)

■ 柏崎刈羽原子力発電所における ICSを採用した防災訓練

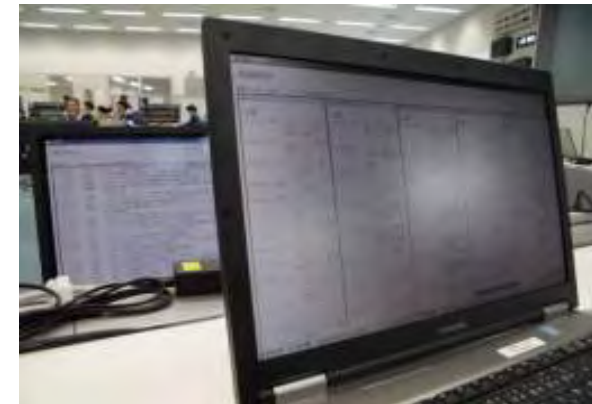
- ・ 平成25年1月からICSを取り込んだ緊急時体制で訓練を開始
- ・ 平成25年9月末現在で計11回、至近の訓練は9月27日に実施



所長の指揮



復旧統括によるブリーフィング



情報共有システム

本店の
訓練風景



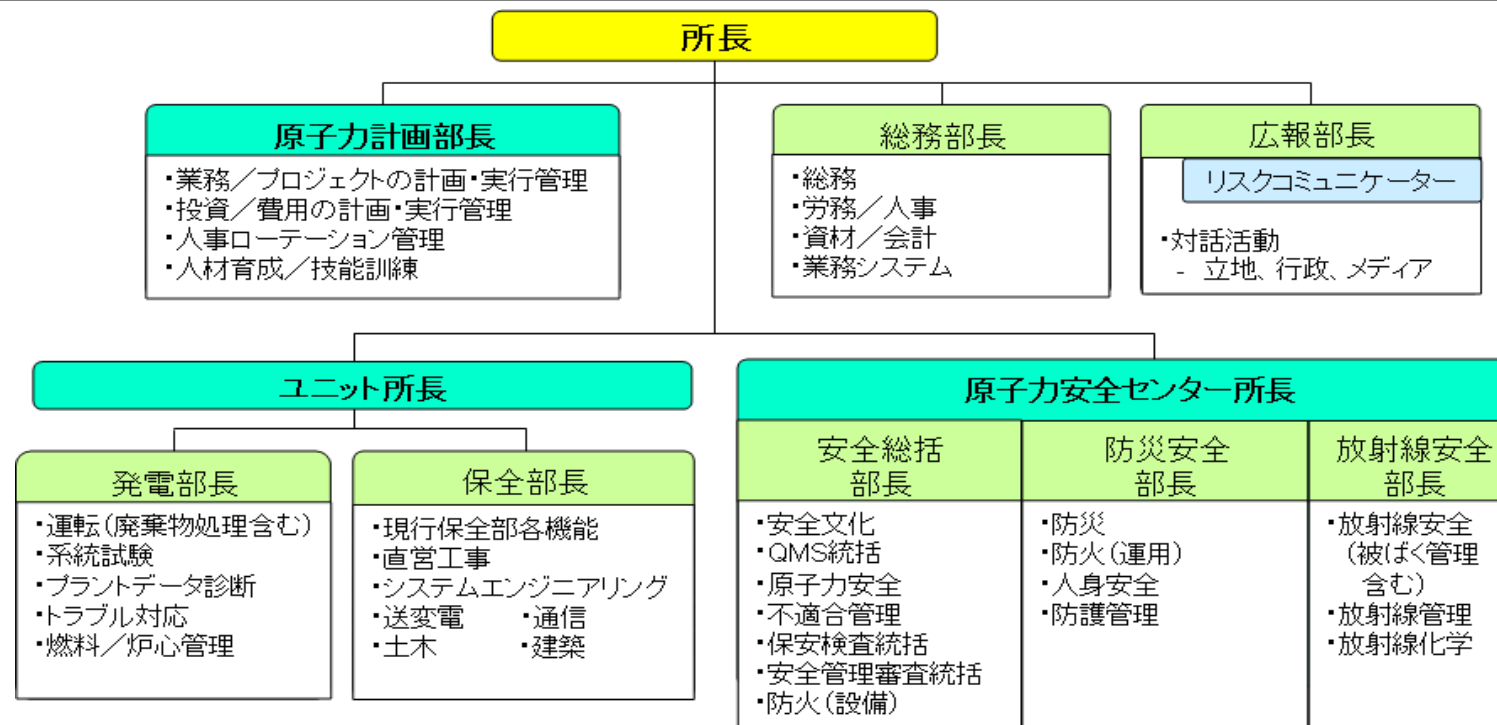
Ⅱ-4.方針3:事故対応のマネジメントと組織力(平時業務の改善)

■ 平時の組織と事故時の組織の親和性を高める

- ・ 従来の緊急時組織の各班は、様々な部署の要員によるクロスファンクショナルなチーム
- ・ 事故直後に指揮命令系統を平時から事故時に切り替え、要員構成も変えたことから混乱を招きやすかった

■ 平時に直営保全を行う組織編成や業務内容追加で、想定外に対する応用力養成

- ・ 運転：日常保守と設備診断を業務に追加するとともに、電源車接続訓練も実施
- ・ 保全：直営工事チームを核に、事故時の仮設機器設置や機器取替ができる能力を育成



見直し後の発電所組織体制

Ⅱ. まとめ

○事故時に経験した主要な問題点を踏まえた安全対策

- 設計ベースの強化＋DECを考慮した多様化: 多様性重視の対策で、深層防護の各層における対応力の厚みを増す
- フェーズドアプローチ: 事象の進展, 事態の複雑さ増加により, 特定条件で設計した恒設設備では対応できなくなる事態に対し, 時間とともに対応の代替可能性を高めて柔軟に対応
- マネジメント: 事故の同時多発, 急速な進展でも, 指揮命令系統を維持しつつ, 対応力の拡張・縮小を柔軟に行えるコマンドシステムと組織体制の確立と, それを有効にする平常時業務のあり方
(Incident Command System等)

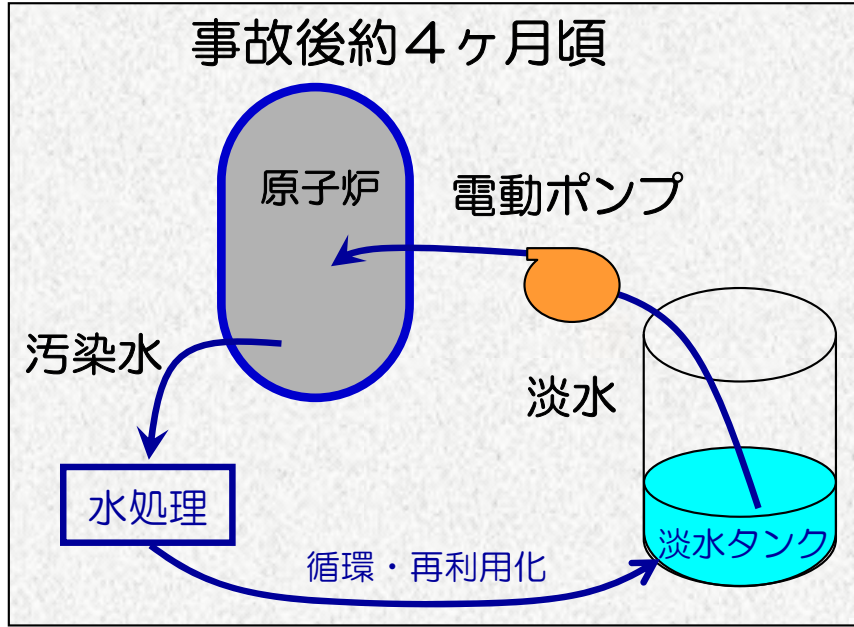
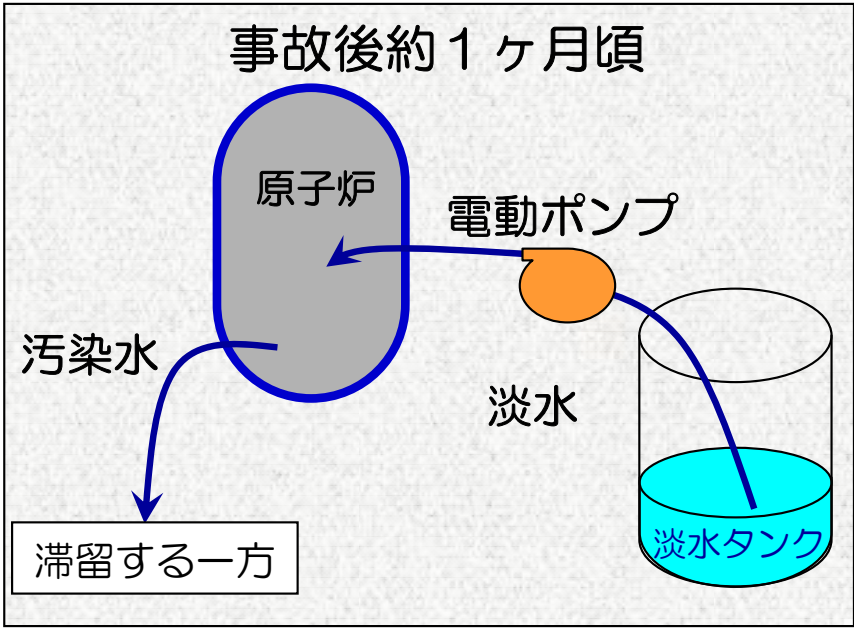
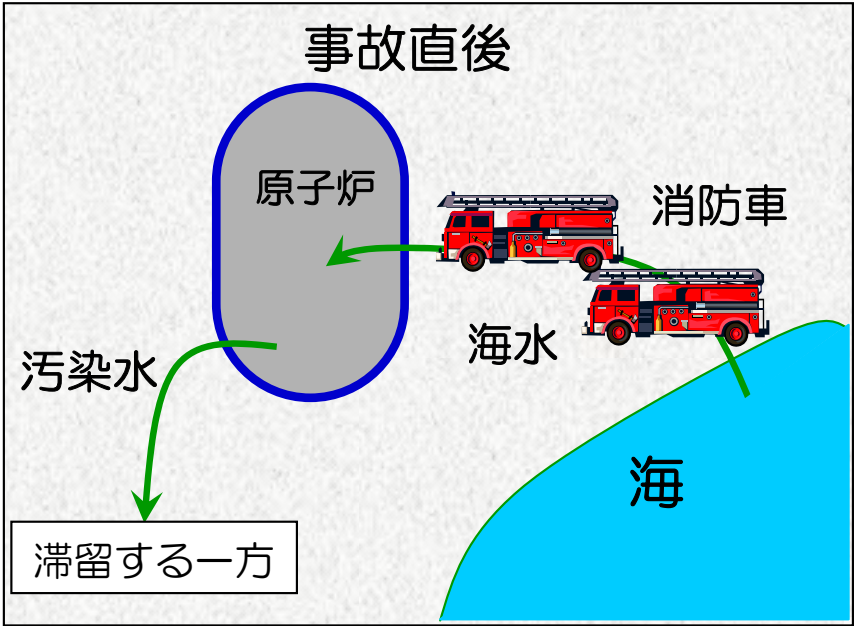
○今後の継続的な改善

- 訓練を通じて実効性を高める為の改善点抽出
- 継続的に国内外の経験, 知見の導入
- 事故の教訓を踏まえた, オフサイト活動での関係機関との連携強化

Ⅲ. 福島第一原子力発電所における汚染水問題

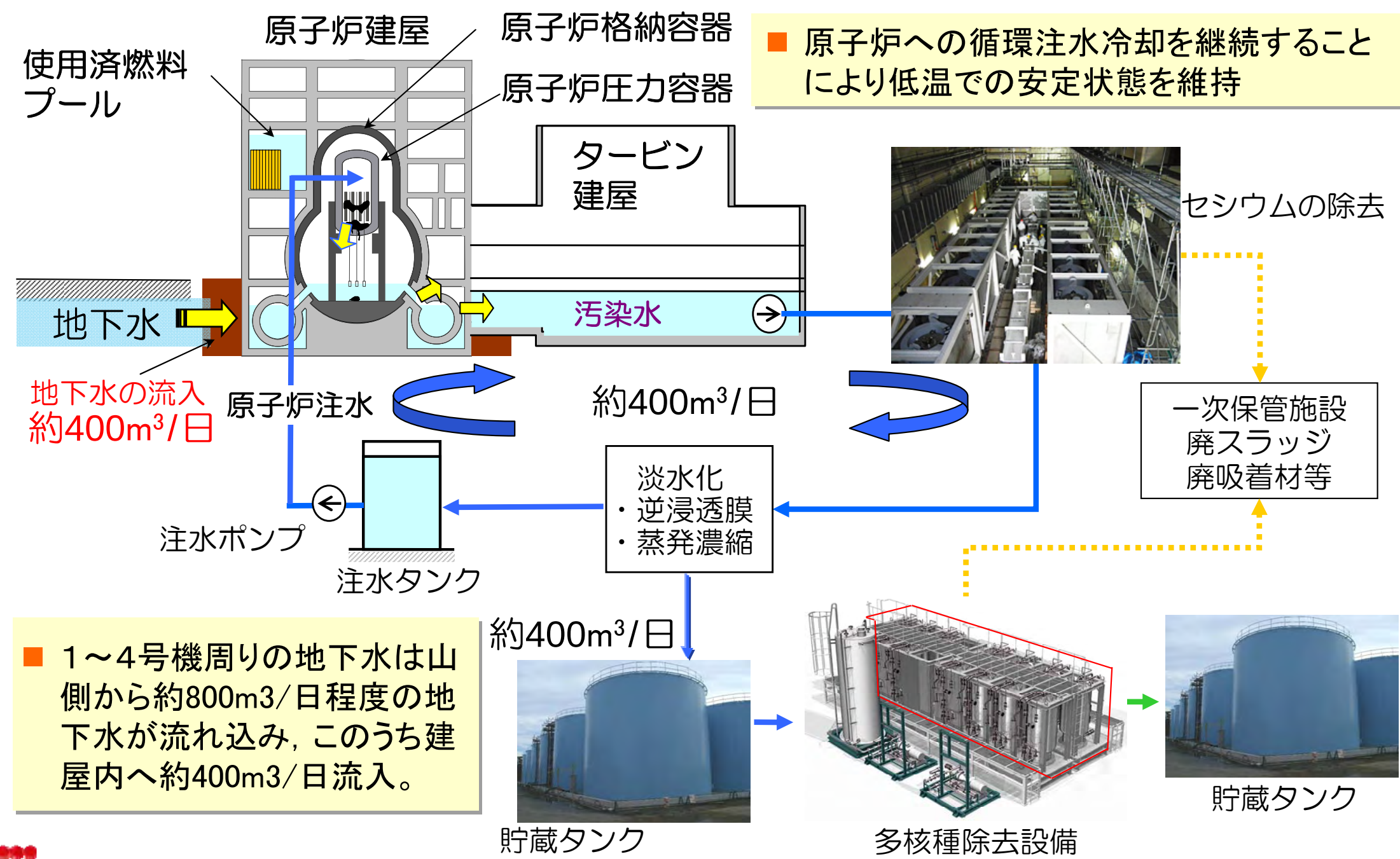
1. 発電所および周辺の状況
2. 地下水汚染への対策
3. 汚染水の貯蔵

Ⅲ-1. 事故後の炉心冷却の変遷



- その後
- ポンプや送水管の多重化
 - 送水管を耐久性の高い素材に取替
 - 水浄化装置の改良増設
 - 貯蔵タンクの増設
- 等々を進めてきたところ。

Ⅲ-1. 現在の原子炉の冷却状況

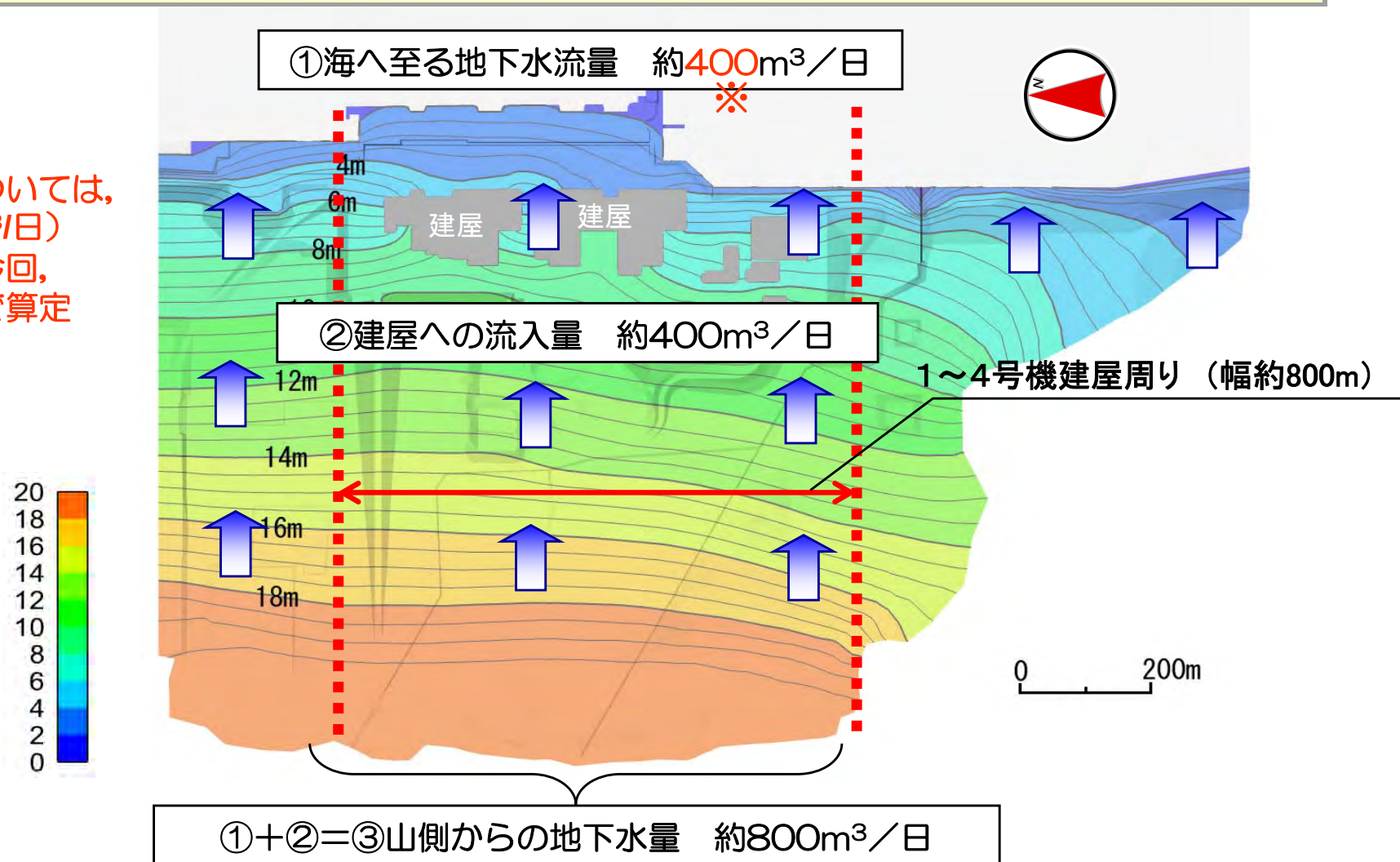


Ⅲ-1. 汚染水の港湾への流出 発電所に流入する地下水の流れ

<地下水の流れのイメージ>

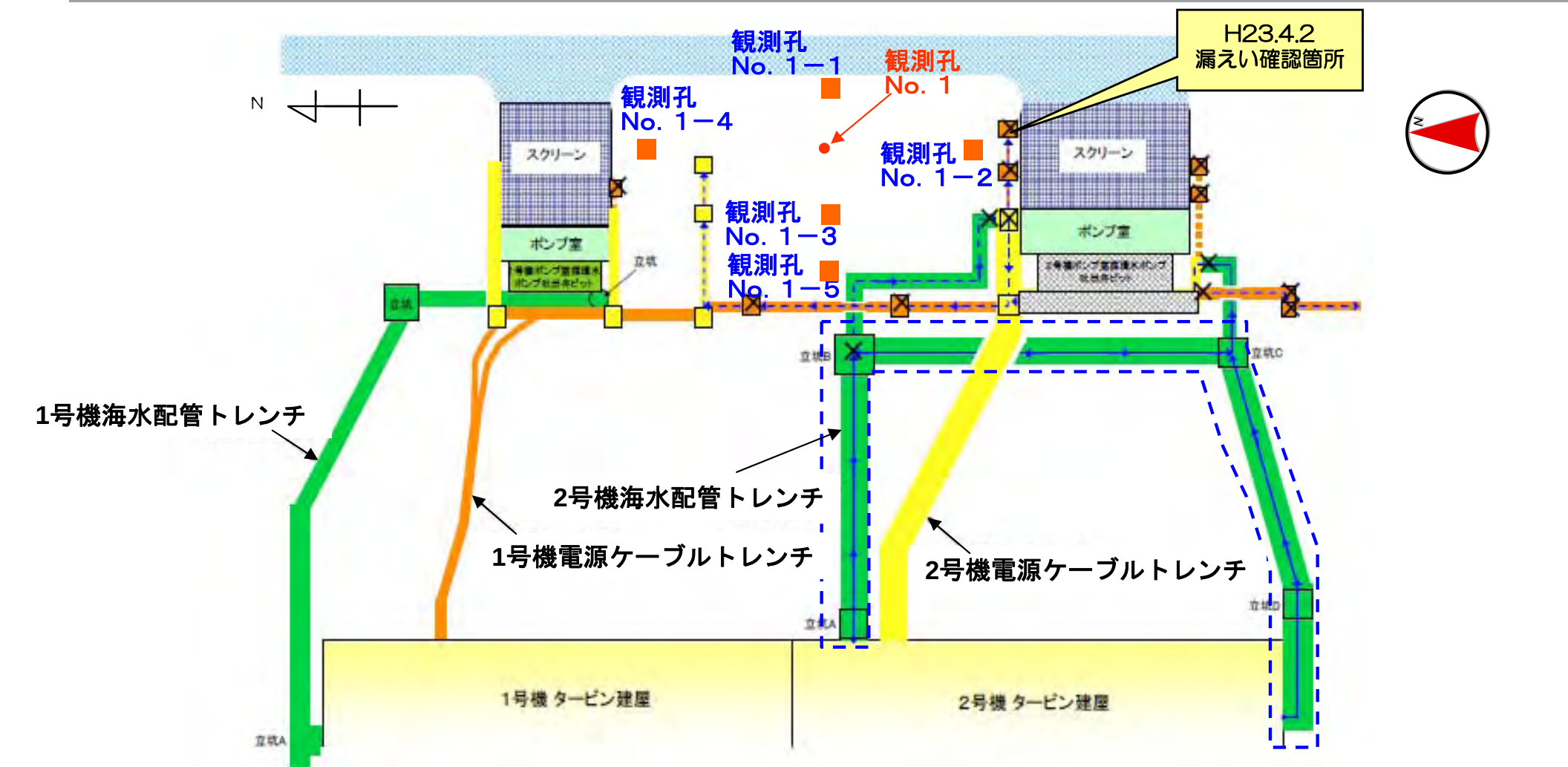
- 1～4号機建屋周りの地下水は、山側から約800m³/日程度の地下水が流れ込み、このうち建屋内へ約400m³/日流入し、残りの約400m³/日が海域へ流出しているものと想定される

※海へ至る地下水流量については、過去の解析結果（600m³/日）を参考にしていたが、今回、再現性を高めたモデルで算定し直した。



Ⅲ-1. 汚染水の港湾への流出 事故発生直後における汚染水の海への流出

■ 事故発生直後にタービン建屋地下の高濃度汚染水が地下トレンチを經由して港湾内へ流出した経緯あり



■ 事故直後に建屋内に溜まった汚染水がトレンチ等を通じて取水口から海に流出
➤ 流出部は止水済だが汚染水は地下構造物中に残留

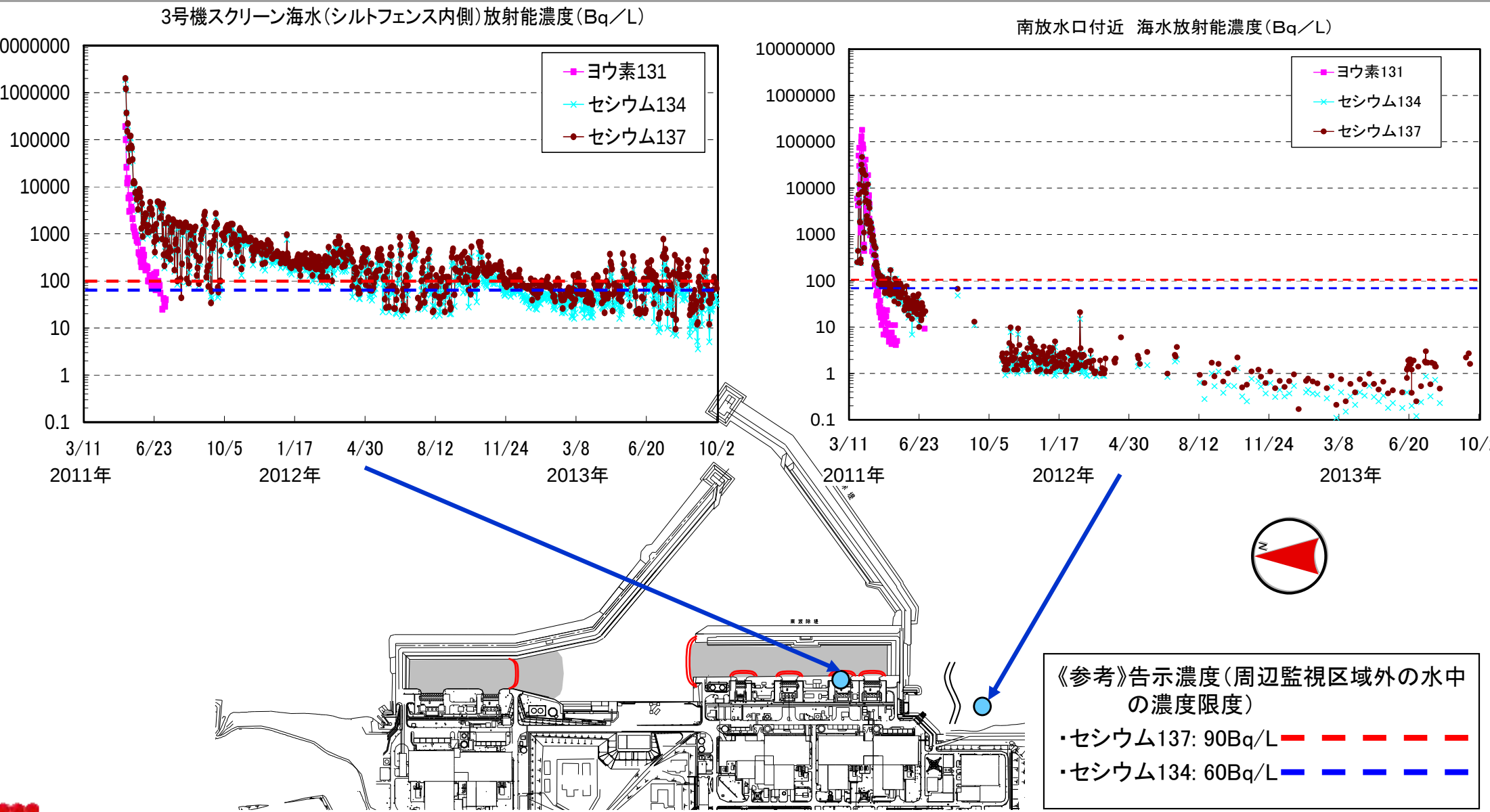
Ⅲ-1. 汚染水の港湾への流出 公表までの経緯

■ 汚染水の発電所港湾内への拡散公表までの経緯

2012年12月17日	➤ 観測孔No.1～3の地下水調査結果が3箇所ともセシウムは検出限界値未満, トリチウムは告示濃度未満
2013年5月24日	➤ 観測孔No.1～3の地下水サンプリング
2013年6月19日	➤ 観測孔No.1の高濃度トリチウム, スロンチウムの観測を公表 ➤ 海への流出については, これを示す明確なデータが無いことから断定できず
2013年6月29日	➤ 新たな観測孔を設置しデータを公表 (以降, 観測孔を増やし, データを公表)
2013年7月8日	➤ 1-2号機取水口間の護岸における地盤改良工事を開始
2013年7月19日	➤ 地下水位と潮位が連動しているデータの確認・整理を実施した後, 7/23～24の漁業関係者説明会までに公表することを決定
2013年7月22日	➤ 汚染水の発電所港湾内への拡散を公表

Ⅲ-1. 汚染水の港湾への流出 事故後の港湾内外における放射能濃度の変化

- 港湾内の海水を継続的にサンプリング，事故後，徐々に濃度が低下するも横ばい
- 1～4号機の取水口付近では現在も100Bq/Lを超えるセシウム137が観測されている



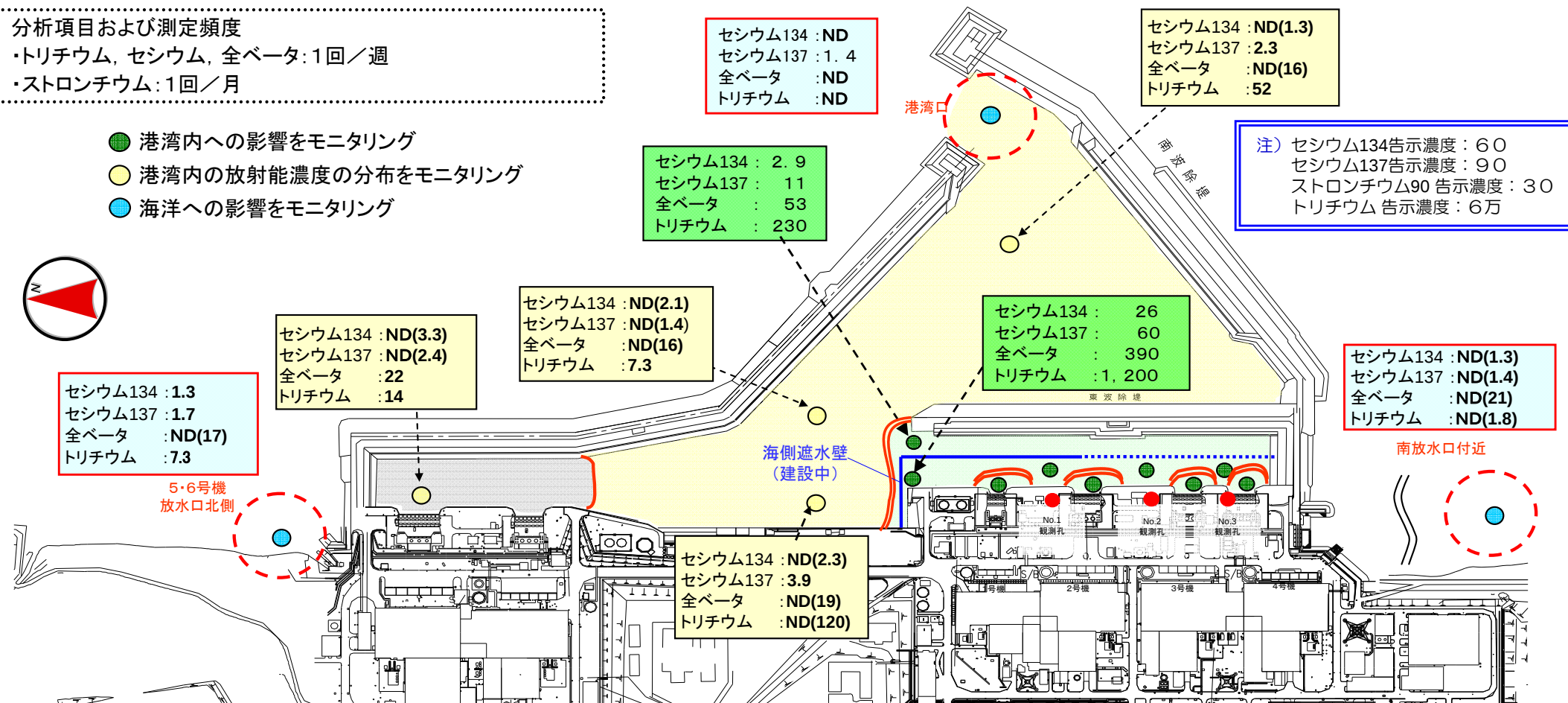
Ⅲ-1. 汚染水の港湾への流出 港湾内・外の直近の放射能濃度測定結果

- 1～4号機取水口前面(●)では、海水中の全ベータ、トリチウム濃度は上昇下降を繰り返し
- 港湾内(○)では、海水中濃度は**ほぼ検出限界値未満(ND)**
- 港湾の境界付近(●)では、**港湾内と同等かそれ以下のレベル**
- 発電所沖合3km・15km、請戸川沖合3km地点等では、セシウム・トリチウム・全ベータの値は**事故前と同等**

分析項目および測定頻度

- ・トリチウム、セシウム、全ベータ:1回/週
- ・ストロンチウム:1回/月

- 港湾内への影響をモニタリング
- 港湾内の放射能濃度の分布をモニタリング
- 海洋への影響をモニタリング



<水質測定結果:10/3～10/13採取分(10月15日公表資料抜粋)>(単位:Bq/L) ※NDは検出限界値未満を示し、()内に検出限界値を示す。

Ⅲ-2. 地下水汚染への重層的対策

●政府と協議しながら、緊急対策と抜本対策を重層的に進めているところ。

汚染水対策の三原則

1. 汚染源を取り除く
2. 汚染源に水を近づけない
3. 汚染水を漏らさない



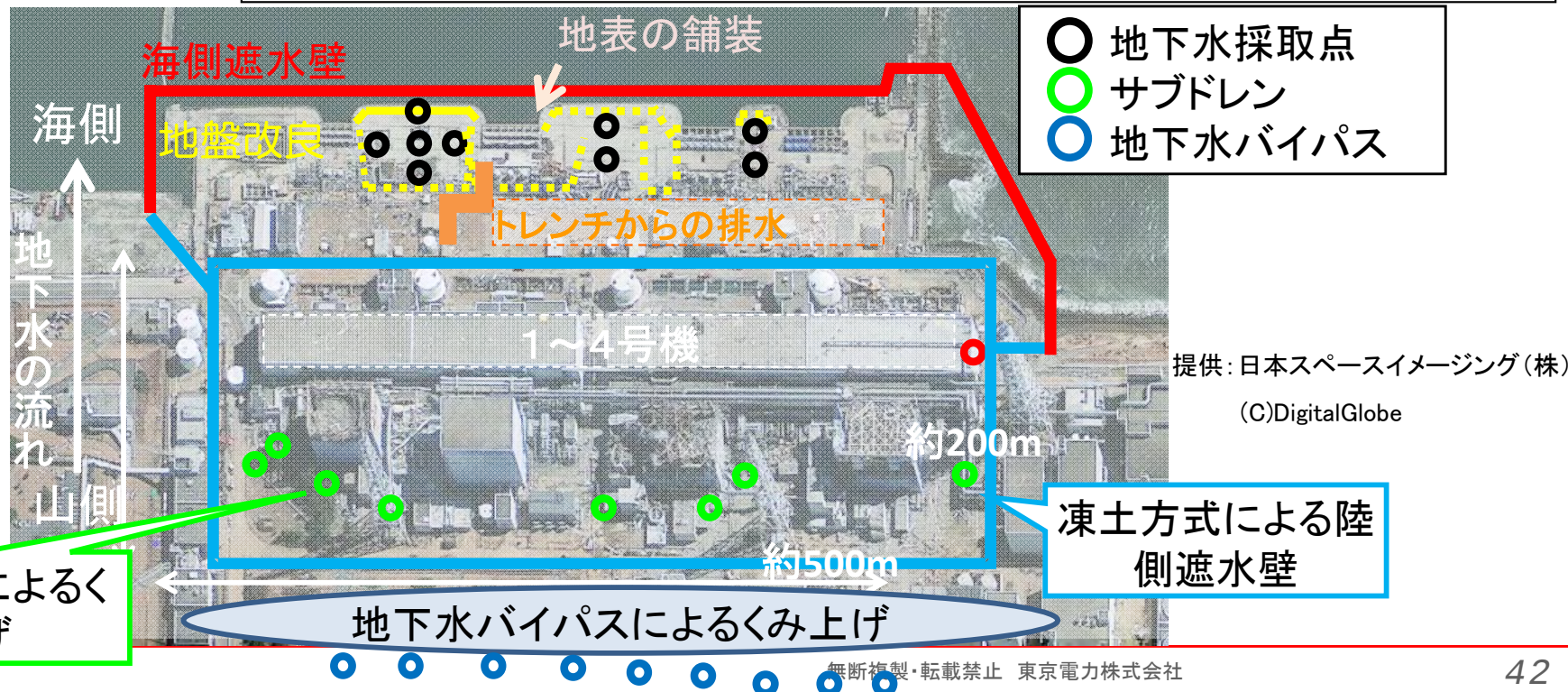
緊急対策

1. トレンチ内の高濃度汚染水の除去【**取り除く**】
2. 地盤改良, 地表の舗装等【**近づけない**】【**漏らさない**】
3. 地下水バイパス【**近づけない**】

抜本対策(今後1~2年)

1. 海側遮水壁の設置【**漏らさない**】
2. 凍土方式による陸側遮水壁の設置【**近づけない**】【**漏らさない**】
3. サブドレン(建屋近傍の井戸)による地下水くみ上げ【**近づけない**】

対策の全体図



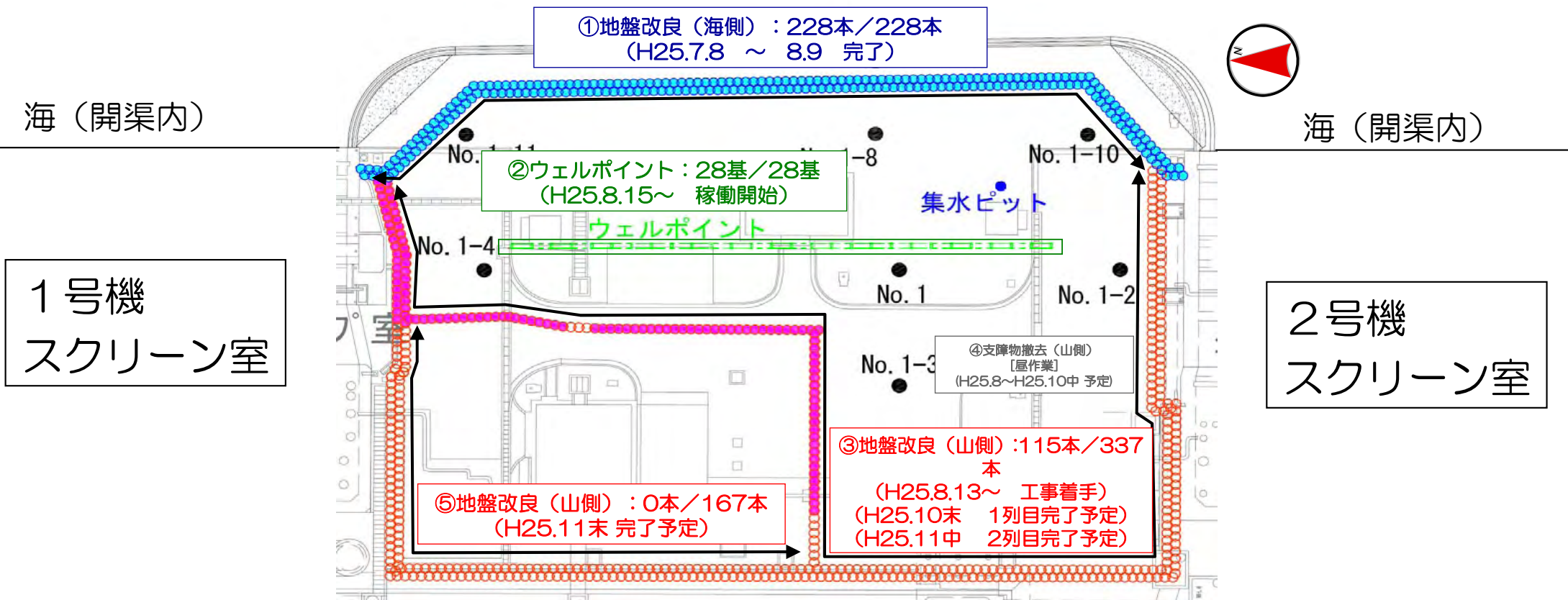
Ⅲ-2. 汚染水流出への対策 緊急対策

対策①

港湾への流出防止……

汚染エリアの地盤改良・地下水くみ上げ・地表舗装【漏らさない】【近づけない】

- 地盤改良を実施し汚染している地下水の流出を抑制
(地盤改良は1/2号機間:7月8日～, 2/3号機間:8月29日～, 3/4号機間:8月23日～開始し, 継続実施中)
- 地盤改良し, ポンプで地下水を汲み上げる
- 上部をフェーシング

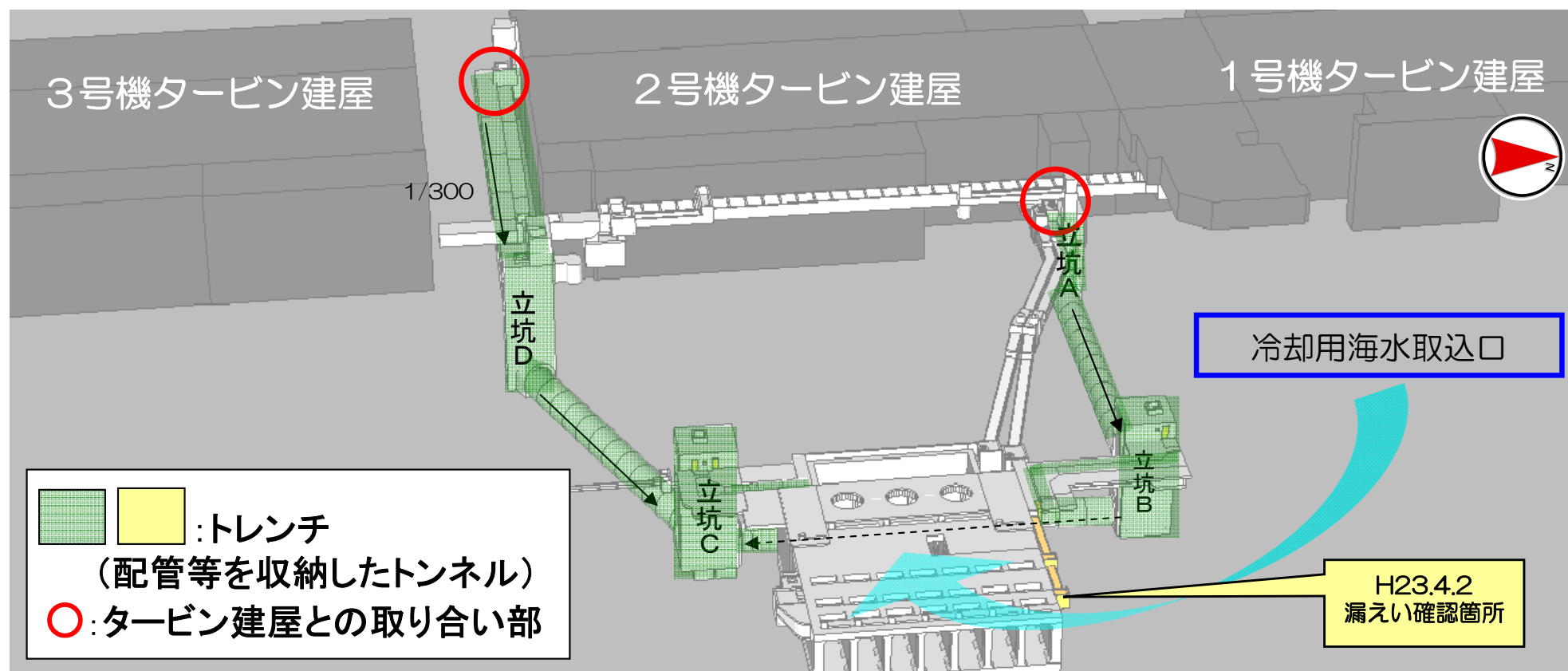


1 / 2号機間の地盤改良・地下水くみ上げ状況（2013年9月25日現在）

Ⅲ-2. 汚染水流出への対策 緊急対策

対策② 汚染源除去 …… トレンチ内高濃度汚染水の除去【取り除く】

- 事故直後、汚染水がトレンチ等を通じて取水口から海に流出した
- 流出箇所は止水したが汚染水は地下構造物中に残留
- 残留汚染水を抜き取り閉塞させる



タービン建屋東側（海側）地下構造物立体図

Ⅲ-2. 汚染水流出への対策 緊急対策

対策③

汚染水増加の抑制・・・

建屋山側の地下水くみ上げ(地下水バイパス)【近づけない】

- 山側から流れてきた地下水を，建屋の上流で揚水・バイパスすることで建屋内への地下水流入量を減らす
- 揚水井から汲み上げた地下水の水質確認，ならびにその水を貯蔵する一時貯留タンクの水質確認を実施するも，いずれも検出限界値未満または十分に低いことを確認



揚水井は密閉構造を採用



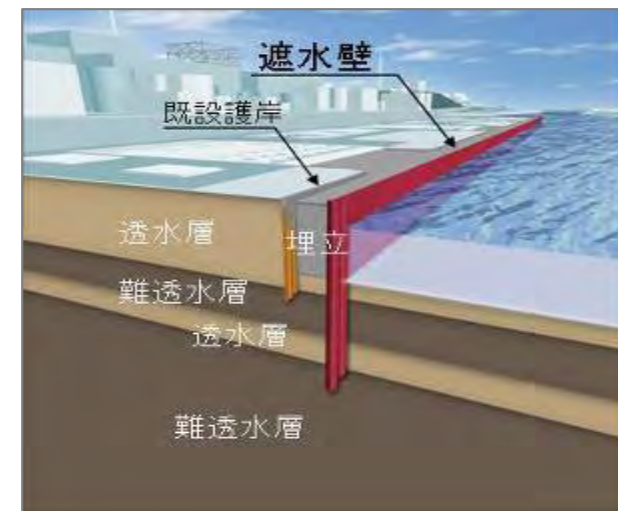
専用の配管・タンクを設置



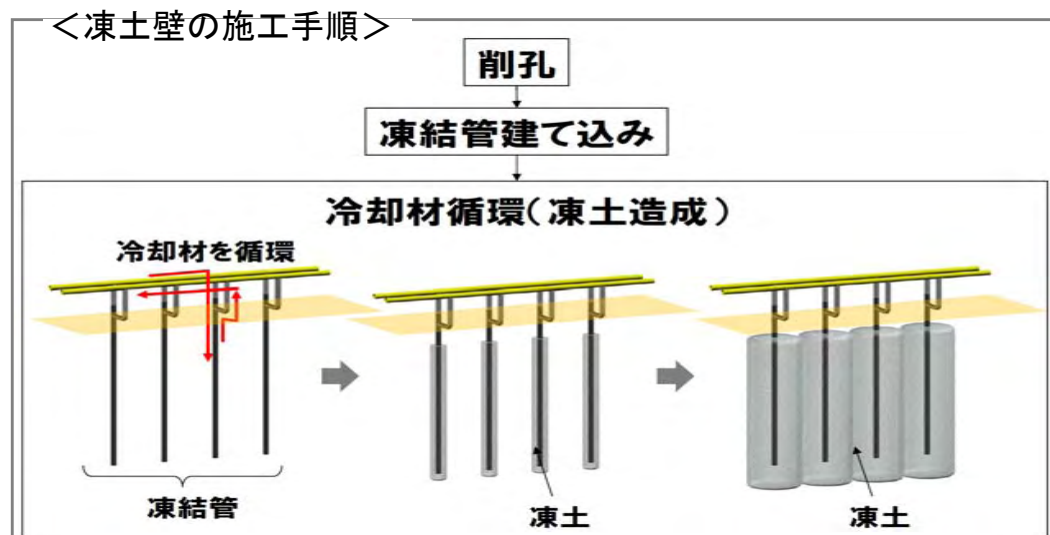
Ⅲ-2. 汚染水流出への対策 抜本対策

対策① 海洋流出の阻止…… 海側遮水壁の設置【漏らさない】

- 建屋の海側に遮水壁を設置し、護岸からの地下水流出を抑制
- 現在2号機取水路付近まで設置完了
- 来年9月完成目途



対策② 汚染水増加抑制・港湾流出の防止 …… 陸側遮水壁の設置【近づけない】【漏らさない】



- 建屋の山側に遮水壁を設置し、建屋内への地下水流入による汚染水増加を抑制
(今年度末迄にフィージビリティ・スタディを実施。2015年度上期の運用開始を目指す)[経済産業省補助事業]

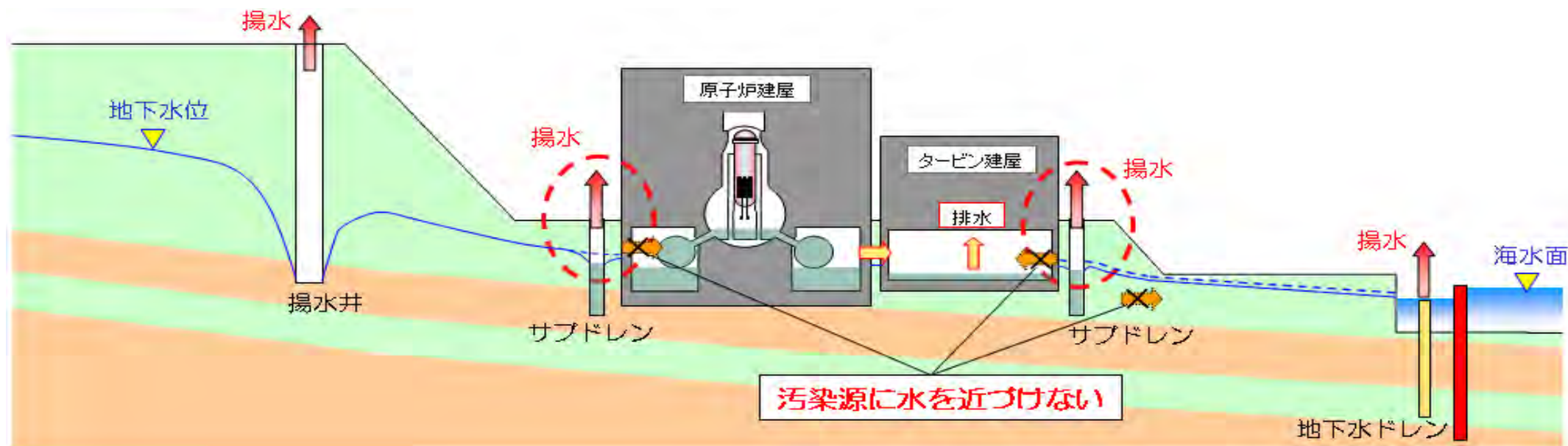
Ⅲ-2. 汚染水流出への対策 抜本対策

対策③

原子炉建屋等への地下水流入抑制

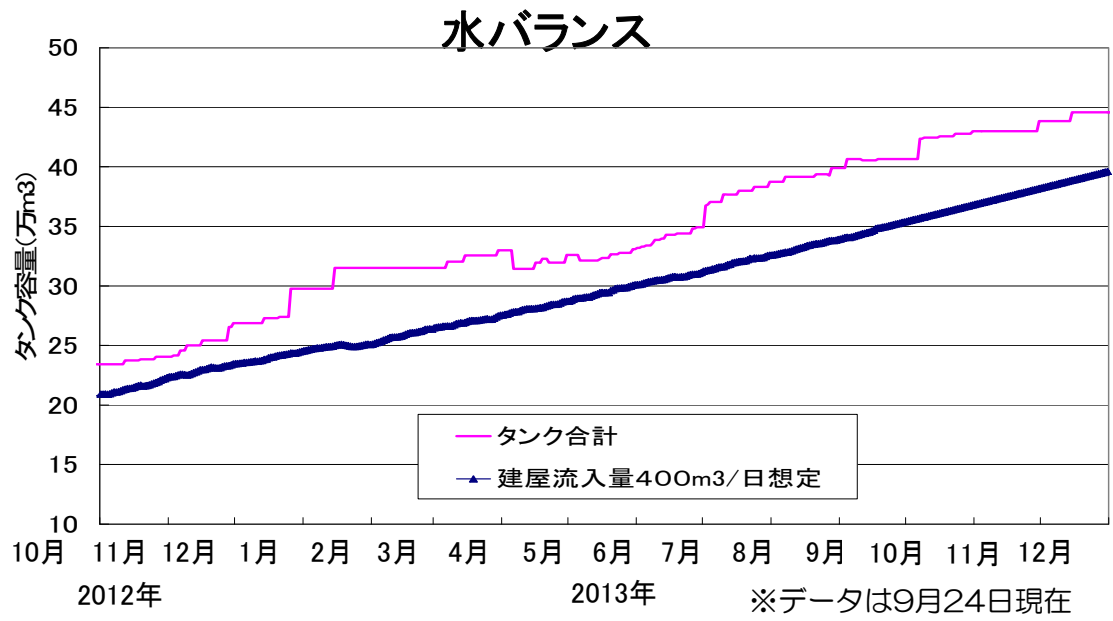
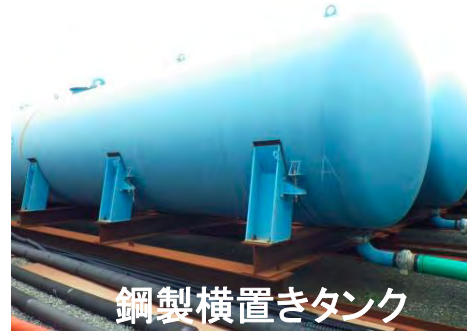
… サブドレンからの地下水くみ上げ【近づけない】

- サブドレンを復旧させて、建屋周辺の地下水をくみ上げることにより、建屋内への地下水の流入を抑制
- 汚染された護岸部へ流れ込む地下水量を低減させる上でも、より山側の建屋周辺のサブドレン復旧による地下水の揚水が有効な対策



Ⅲ-3. 汚染水の貯蔵

- 総貯蔵容量は約41万m³
- 総貯蔵量は約35万m³
- 80万m³までの増設計画



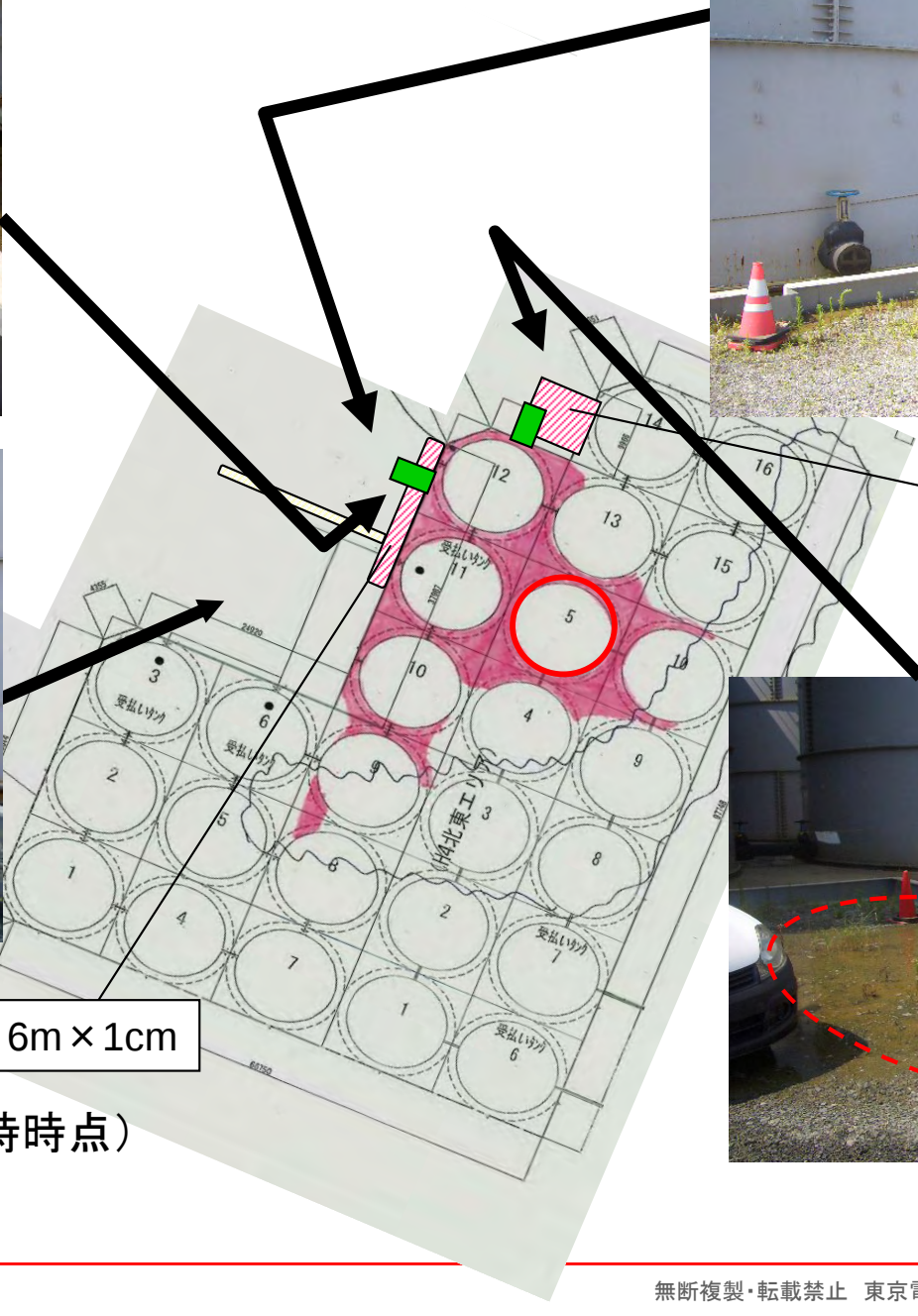
Ⅲ-3. 汚染水のタンクからの漏えい 漏えい発生場所

- 8月19日 コンクリート基礎, 堰ドレン弁外側2箇所に水漏れ発見
- 8月20日 No.5タンクの約3mの水位低下を確認
- 水位低下分の水量は約300m³
- 堰内の水の回収と汚染土壌の回収を実施し, 広がりの範囲を調査



漏えいした
No.5タンク

Ⅲ-3. 汚染水のタンクからの漏えい 漏えい発生状況



約3m × 3m × 1cm

水たまり

水の流れ痕

約0.5m × 6m × 1cm

■ ■ : 水たまりエリア (8月19日16時時点)

■ : 集水枡



東京電力

無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

50

【参考】発電所内外の放射性物質濃度

単位[Bq/L]

	集中RW 地下高汚染水 (滞留水)		タンク内			タンク堰内		港湾		外洋		炉規則 告示濃度 限度※2	WHO 飲料水 水質ガイ ドライン
	当初 (H23.11.2 9採取)	現在 (H25.10.8 採取)	RO 濃塩水	RO 淡水	ALPS 処理水	リーク 有り (H25.10.2 0採取)	リーク 無し (H25.10.2 0採取)	1-4号機 取水路 (H25.10.2 1~24採 取)	港湾内 (H25.10.3 ~13採 取)	1F敷地 沖合3km (H25.9.3 採取)	1F敷地 沖合15km (H25.9.6 採取)		
Cs-134	1.7×10^8 [1.7億]	2.8×10^7 [0.28億]	Cs-137 の約半分 程度	ND Cs-137 の約半分 程度	ND Cs-137 の約半分 程度	18	ND(7.6)	4.4~74	ND(3.3)	5.2×10^{-3}	ND (9.8×10^{-4})	60	10
Cs-137	2.1×10^8 [2.1億]	6.4×10^7 [0.64億]	$10^3 \sim 10^4$ 程度	ND 10^2 程度 以下	ND 10^{-1} 程度 以下	44	ND(10)	9.6~200	ND(2.4) ~3.9	1.2×10^{-2}	2.7×10^{-3}	90	10
Sr-90			$10^7 \sim 10^8$ [0.1 ~1億] 程度	$10^4 \sim 10^5$ [1万 ~10万] 程度	ND 10^{-1} 程度 以下	12,000	2.7			ND (9×10^{-3})	ND (9×10^{-3})	30	10
全β								82~760	ND(17)	ND (17)	ND (17)		
H-3			10^6 [100万] 程度	10^6 [100万] 程度※1	10^6 [100万] 程度			ND(120) ~ 1.5×10^3	4.7~12	0.94	ND (0.34)	6×10^4	1×10^4

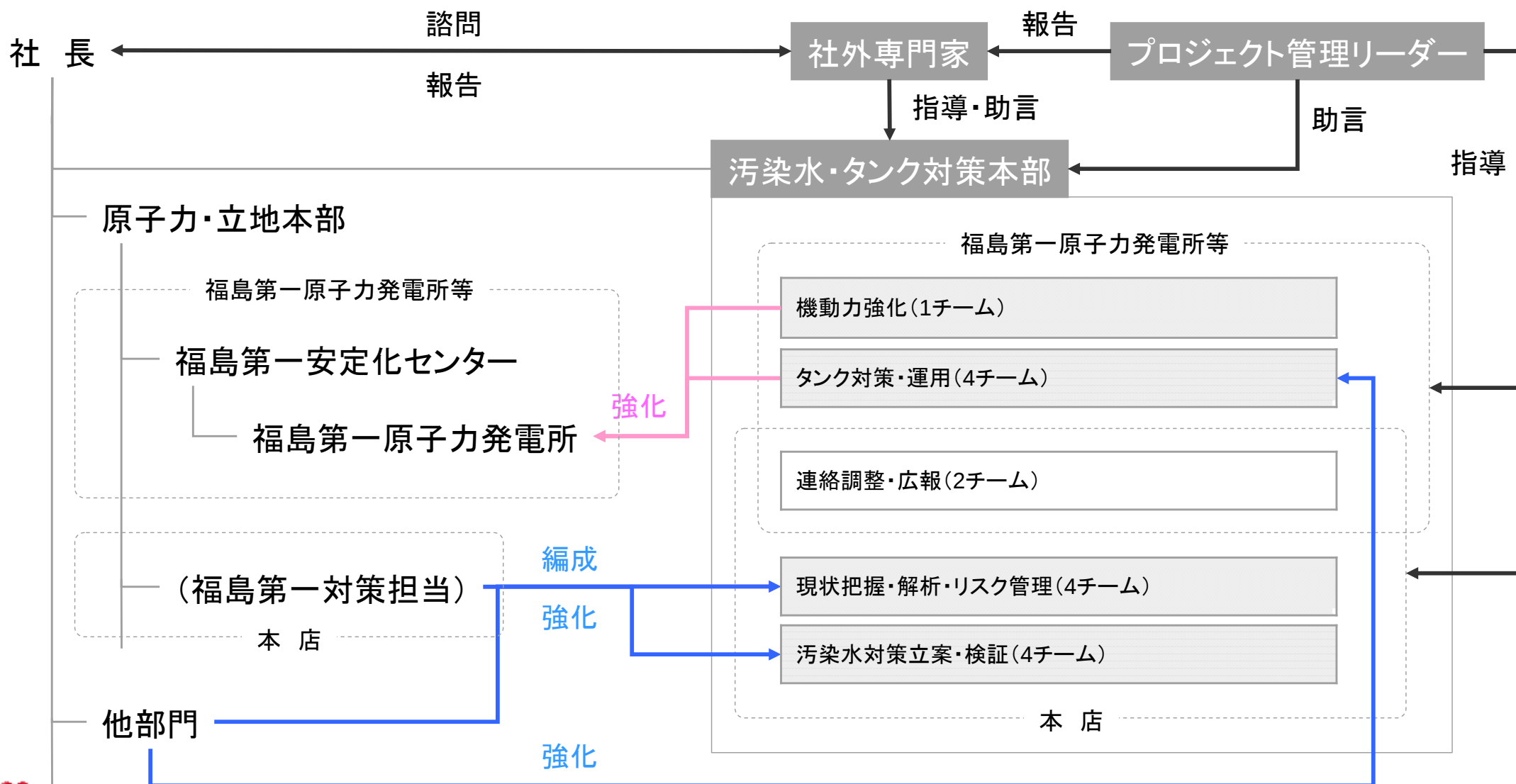
※1 RO濃塩水の濃度から想定

※2 別表第2第六欄周辺監視区域外の水中の濃度限度

NDは検出限界未満を表し、()内に検出限界値を示す。

【参考】汚染水・タンク対策本部の設置

- 8月26日に、「汚染水・タンク対策本部」を設置し、喫緊かつ抜本的な対策・管理を強化。
- 社内リソースの集中投入に加え、国内外の知見・提案・ノウハウを積極的に導入。



IV. 火力発電の新技术への取り組み

1. 火力発電燃料の現状と今後

2. ガスタービン技術の高度化

3. 石炭火力発電技術の開発

IV-1.火力発電燃料の現状

- 石油は可採年数が短く、約5割が**中東に集中**。
- 天然ガスは「**シェールガス革命**」により、分布・可採年数の激変が予想される。
- 石炭は**世界中に広く分布**し、産炭国の大半は政情が安定している。**可採年数も長い**。

	石油	天然ガス		石炭
		在来型	シェールガス	
確認埋蔵量	1兆6,689億bbl 可採年数：52.9年	187兆m ³ 可採年数：55.7年	207兆m ³ ※ 可採年数 61.6年	8,609億トン 可採年数：109年
確認埋蔵量の分布 (%)	2.5 7.8 48.4 8.4 19.7 13.2 アジア・太平洋 アフリカ 中東 欧州・ロシア 中南米 北米	8.2 7.7 43.0 31.2 4.1 5.8 アジア・太平洋 アフリカ 中東 欧州・ロシア 中南米 北米	24.8 18.7 0.4 12.1 27.1 17.0 アジア・太平洋 アフリカ 中東 欧州・ロシア 中南米 北米	30.9 3.7 0.1 35.4 1.5 28.5 アジア・太平洋 アフリカ 中東 欧州・ロシア 中南米 北米

※シェールガスの埋蔵量は技術的回収可能量

出典 確認埋蔵量，確認埋蔵量の分布（BP統計2013）
世界のシェールガス・オイルの資源量評価を考察する（JOGMEC）より作成

IV-1.シェールガス

- シェールガスとは、頁岩(けつがん)内の微細な割れ目に閉じこめられた天然ガス
- 在来型ガス田で生産される天然ガスと性状は異ならず、既存のパイプライン網に繋ぎ込む。
- シェールガス層は、一般的な在来型油ガス田の規模(数km～数十km)に比べ、遙かに広域(数十km～数百km)に分布
- 従来からその莫大な資源量は認識されていたが、生産性が低かったため、商業化されていなかった。

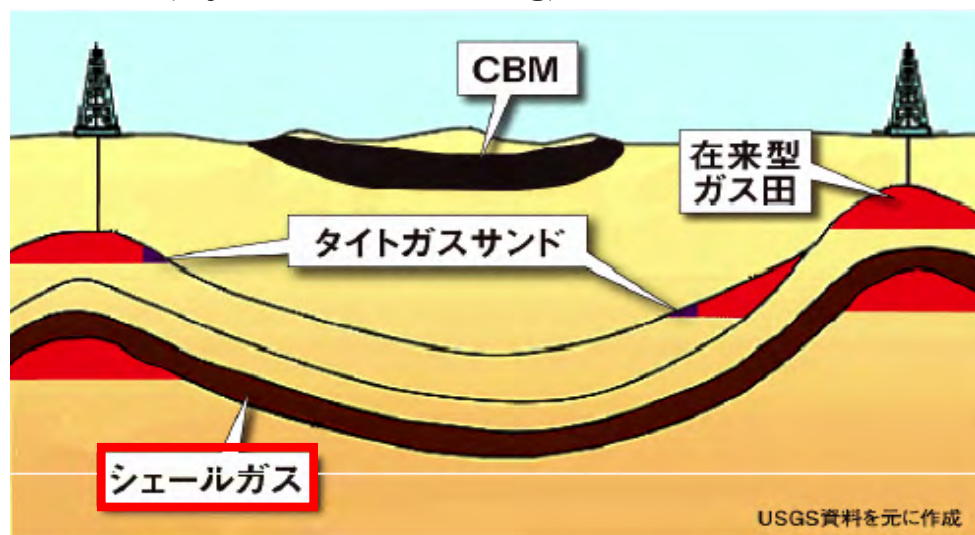
【掘削技術の革新】

- ・ 水平抗井(Horizontal Well)
- ・ 水圧破碎(Hydraulic Fracturing)

北米において、
大規模商業化された

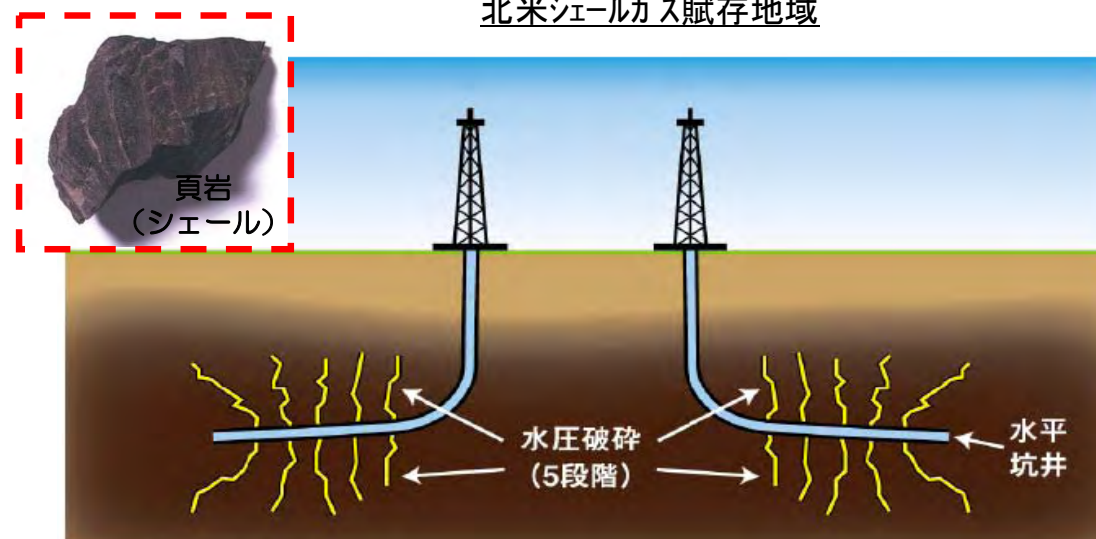


北米シェールガス賦存地域



シェールガスの賦存イメージ

USGS資料を元に作成



出所:SPE 107053 を基に作成

「水平抗井」と多段階「水圧破碎」のイメージ

IV-1.北米からのLNG輸出計画背景

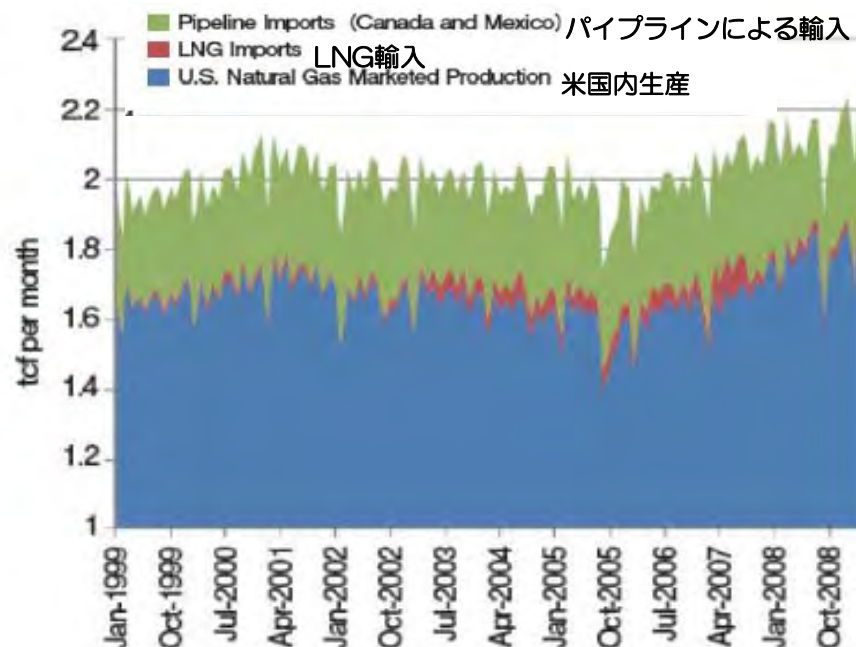
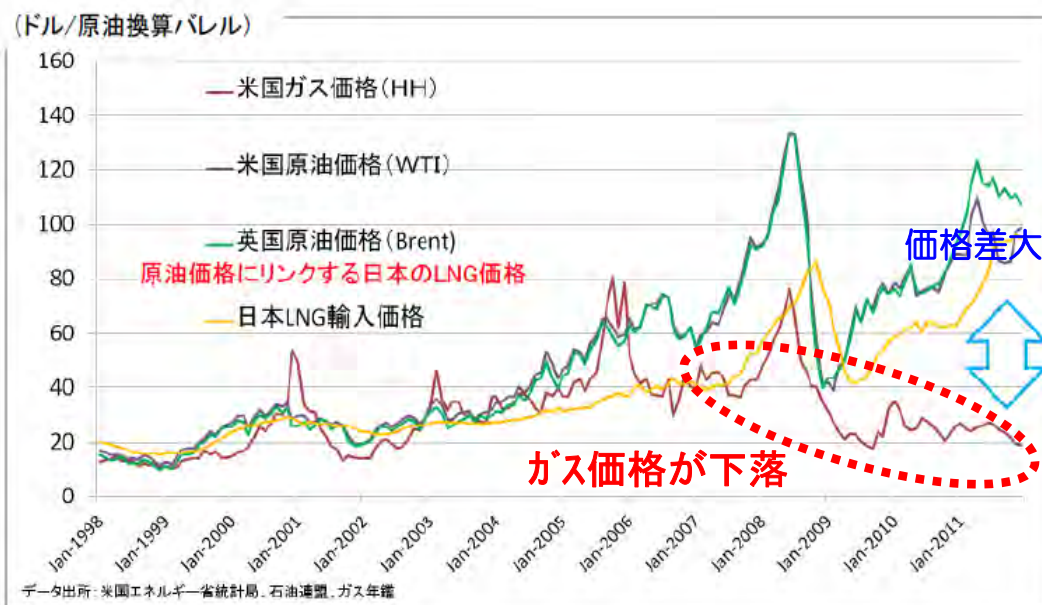
- シェールガス等の非在来ガスの開発が堅調に伸び、ガス価格の低下につながらり、北米におけるLNGの競争力が低下。
- LNG輸入量が激減→LNG受入基地が閉店休業状態。(2008年:設備容量の10%以下)
- 液化コスト・輸送コストを勘案しても、ビジネスとして成立の可能性。

日本LNG輸入価格 16.5ドル/Btu > シェールガス価格+液化+輸送 10ドル/Btu ~

(2013.5.20 資源エネルギー庁 資源・燃料部試算)

LNG受入基地がLNGの輸出計画に転じた

シェールガスを含む軽質LNG
の利用拡大が必要

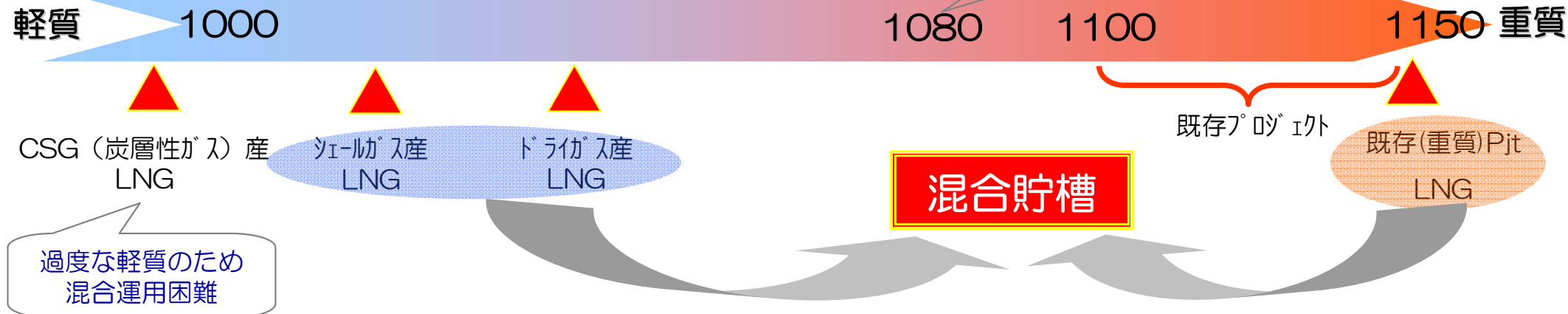


米国内におけるガス需要

*1: ヘンリーハブ取引価格

IV-1.軽質LNGの受入対応

Gross Heating Value (Btu/scf=容積当たりの熱量)



- LNG貯槽の効率的な運用を目指し、従来より混合貯蔵を実施。
- 更なる運用幅拡大に向けた運用の検討ならびに設備対策を実行。

他社: 単一液種ごとにタンクを運用(タンク数: 増)

当社: 少ないタンク数で効率的に運用するため、
従来より『異種混合受入』を実施してきた。

【実績: アラスカ産(契約終了)1020 ~ 西豪州産1140[Btu/scf]】

- ・ミキシングノズルの設置(貯槽内部)
- ・ロールオーバー現象回避のため、シミュレーション等による限界初期液位曲線を開発(受入ノウハウ)



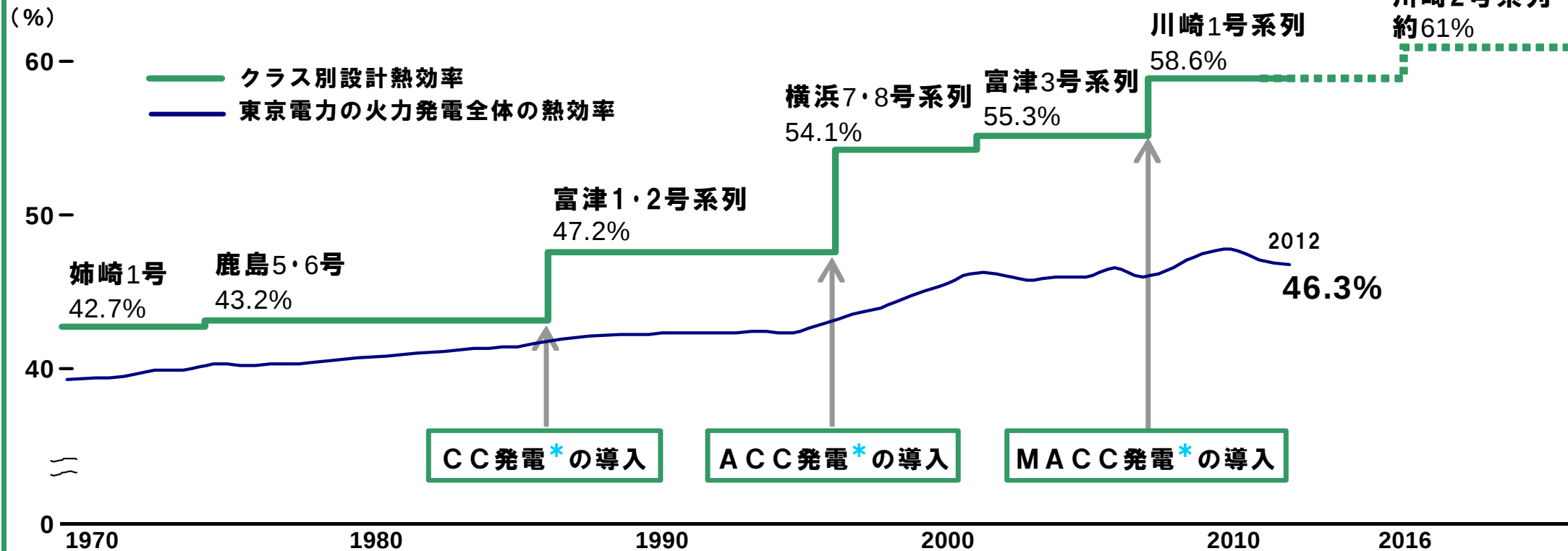
富津LNG基地

IV-2.火力発電所の熱効率向上(東京電力)

- 1980年代からLNG焚きコンバインドサイクル発電を導入することで、大幅に平均熱効率が向上。

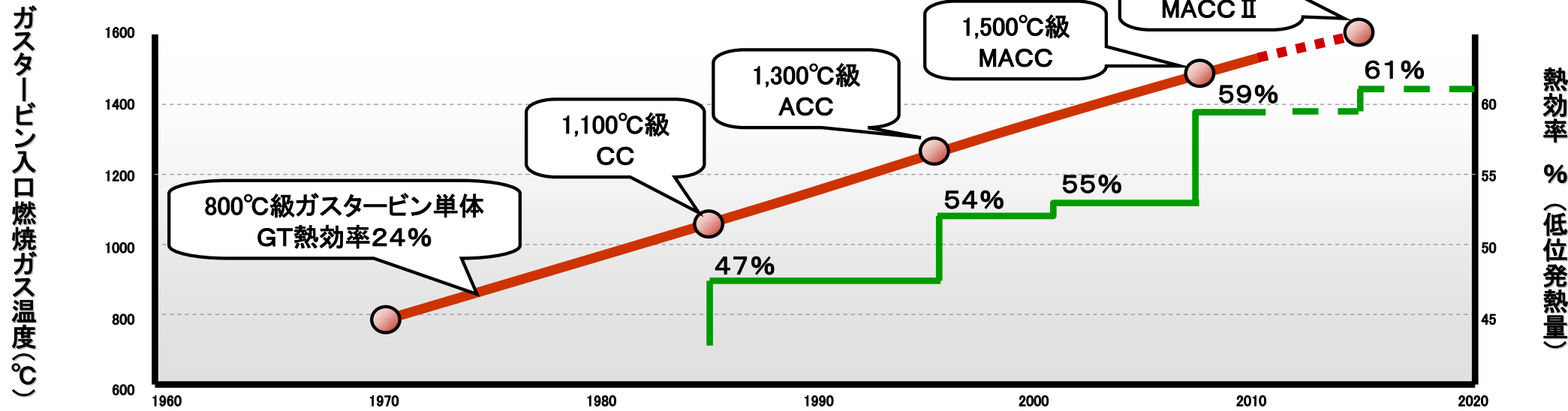
- ・2007年には1,500°C級「MACC」(熱効率約59%)を導入
- ・2016年には1,600°C級「MACC II」(熱効率約61%)を導入予定

火力発電熱効率の推移



* 低位発熱量 [LHV] 換算。総合エネルギー統計 (2004年度版) の換算係数を用いて高位発熱量 [HHV] 実績より推定。

IV-2.ガスタービン高温化技術の変遷

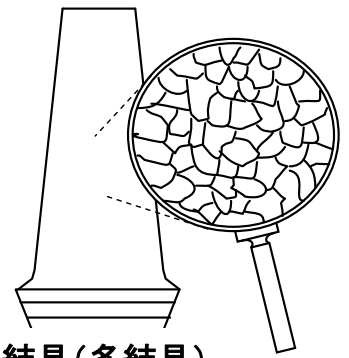


	導入以前	CC	ACC	MACC	MACC II
翼材質(結晶)	従来の結晶		一方向凝固材		
翼冷却	無冷却	単純孔通路	迷路状通路		
	無冷却	空気冷却			蒸気冷却
翼コーティング	コーティングなし	耐酸化コーティング		遮熱コーティング(TBC)	

IV-2.ガスタービン高温化技術(翼材質と冷却方法)の改良

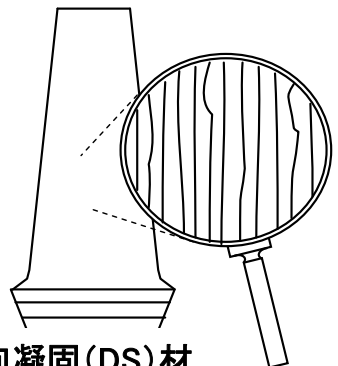
第1段
動翼
材料

1100℃級CC



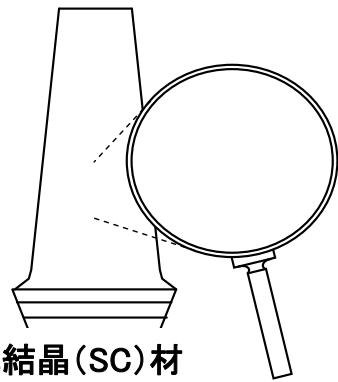
従来の結晶(多結晶)
耐酸化コーティング

1300℃級ACC



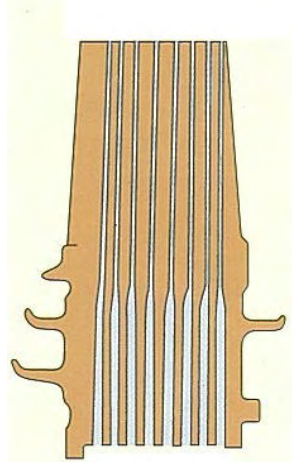
一方向凝固(DS)材
耐酸化→遮熱コーティング

1500℃級MACC



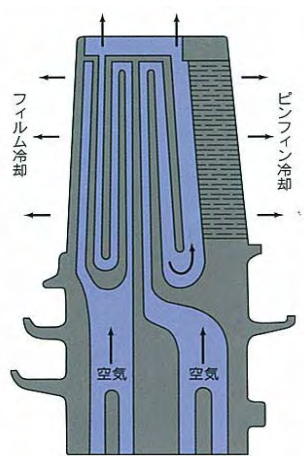
単結晶(SC)材
遮熱コーティング

動翼
冷却
方法



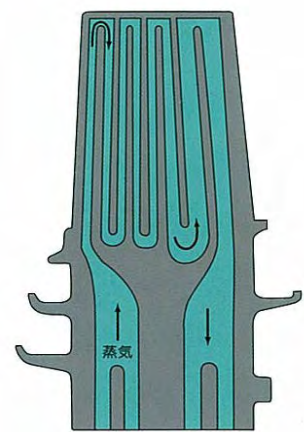
空気冷却

※ 単純な冷却通路



空気冷却

※ リターンフローやフィルム冷却など
様々な方法の組み合わせ



蒸気冷却

※ 冷却の熱エネルギーは
蒸気サイクルに回収

IV-2.MACC II 発電の導入(東京電力)

- ガスタービン入口燃焼ガス温度を1,600℃まで高温化, **世界最高水準の熱効率約61%を実現**。(2013年3月**着工済**, 2016年運転開始予定)
- 従来型LNG火力と比較して約4割熱効率が向上, **燃料の使用量およびCO₂排出量を約30%抑制**。

川崎火力発電所

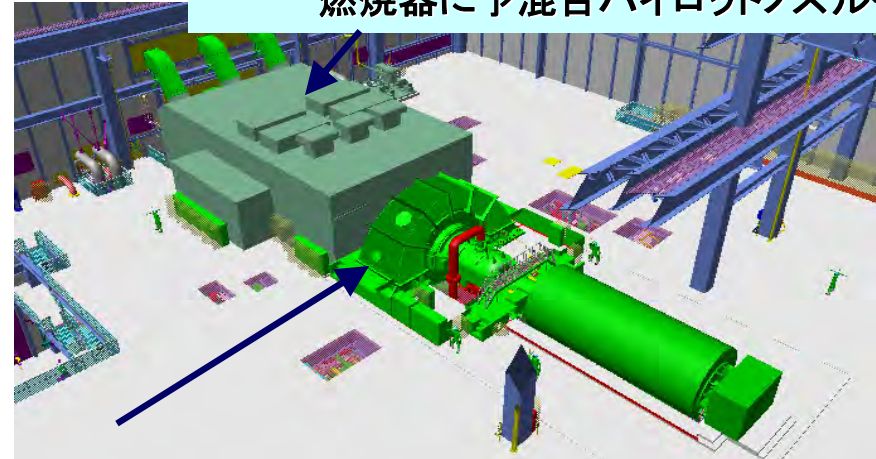
【MACC】

出力 : 50万kW×4軸
熱効率 : 59%(LHV)
着工 : 1999年10月
初軸運転開始 : 2007年6月

【MACC II】

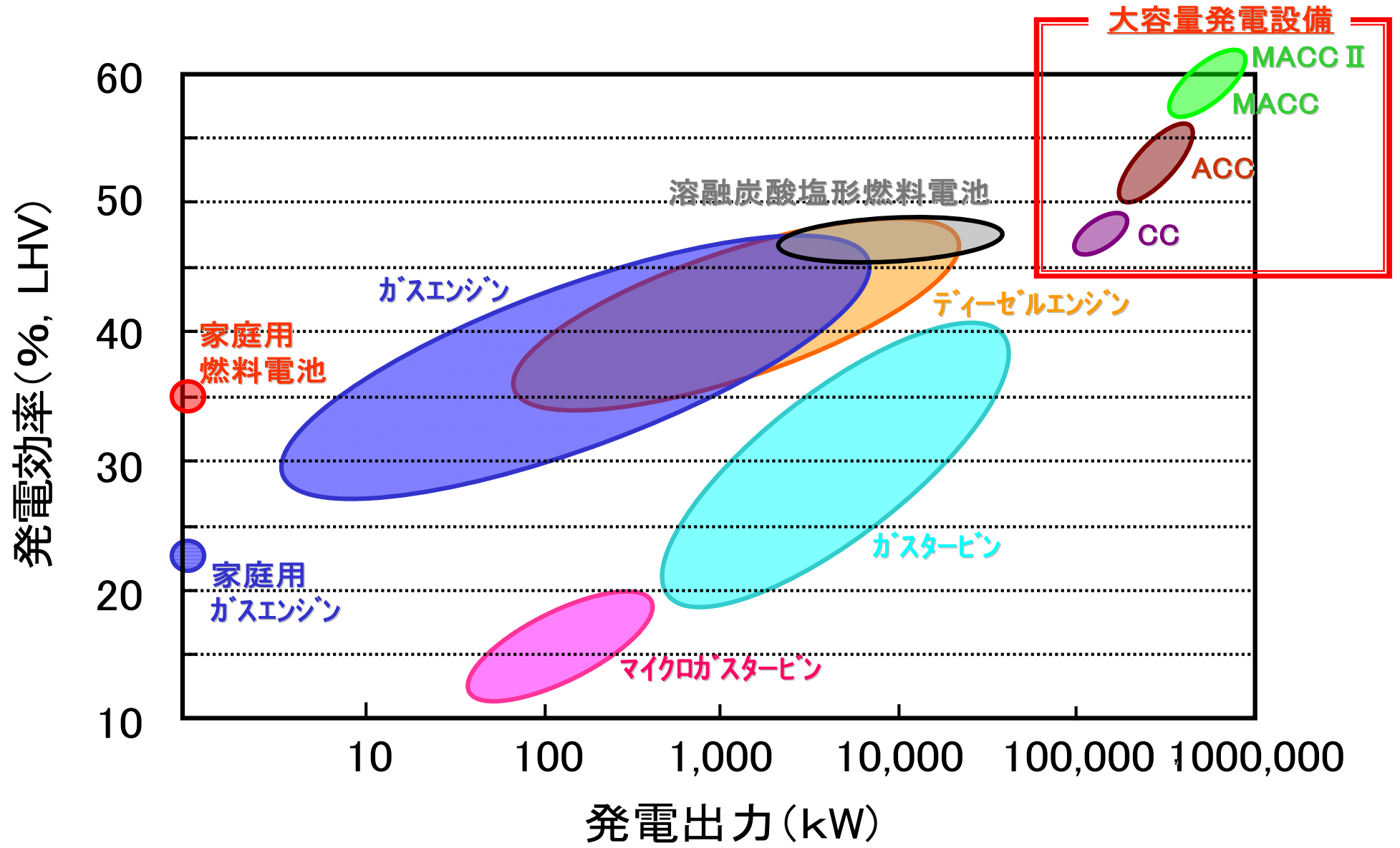
出力 : **71万kW×2軸**
熱効率 : **約61%(LHV)**
着工 : **2013年3月**
初軸運転開始 : **2016年度予定**

1,600℃級 最新型ガスタービン (50Hz用)
長翼(3段動翼):DS材採用
高性能フィルム冷却
低熱伝導TBC
タービン3次元空力設計
燃焼器に予混合パイロットノズルを採用



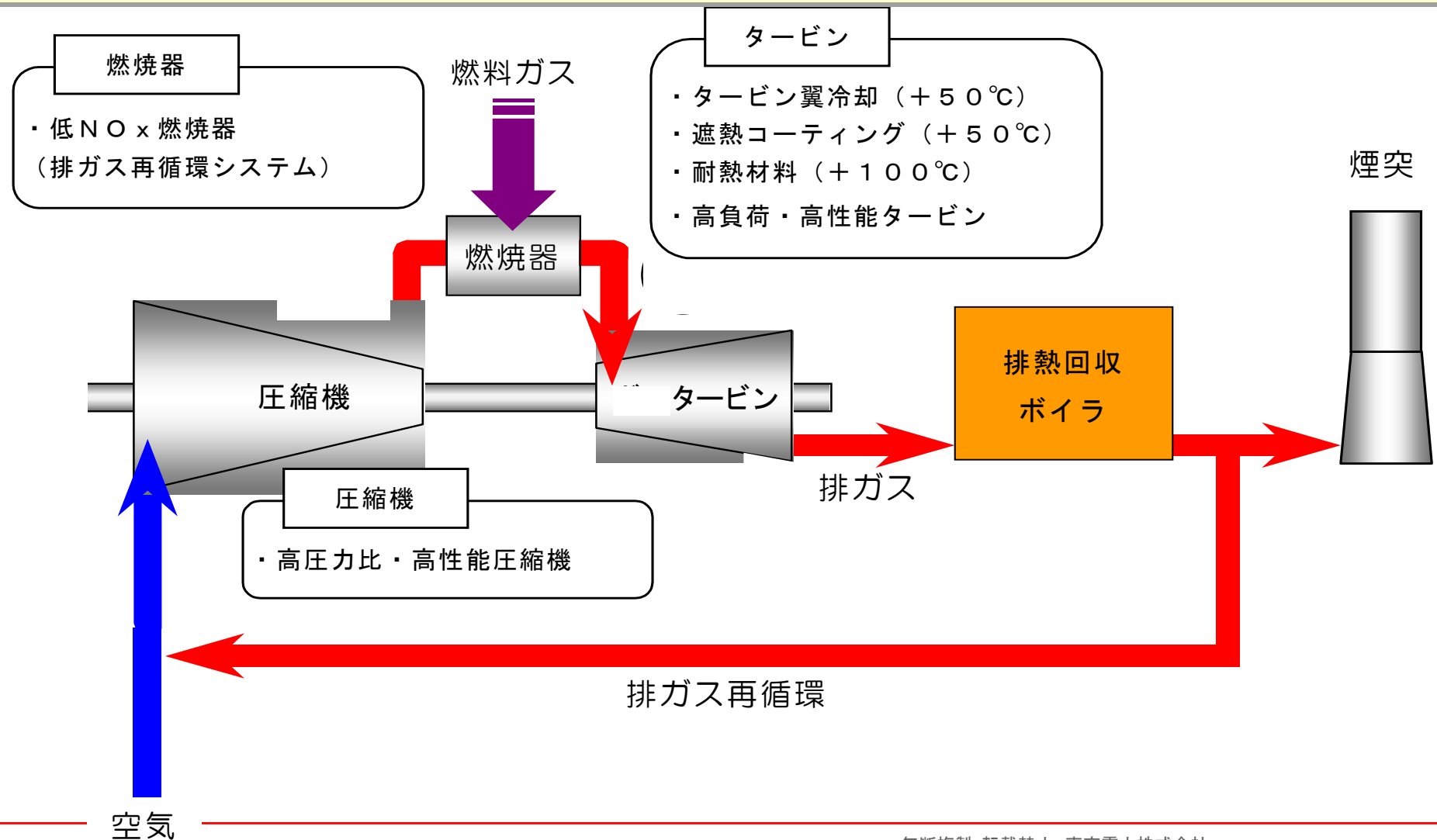
MACC II 向け 蒸気タービン
最終段翼長60インチ採用
高中低圧一体溶接ローター/単車室単流排気採用

IV-2.発電出力と発電効率の関係



IV-2.コンバインドサイクルの技術開発(1700℃級GT)

- ガスタービン入口燃焼ガス温度を1700℃級まで高めた, 高効率ガスタービンを国家プロジェクトで開発中。コンバインドサイクルに適用し, 目標は熱効率は約63%。
- 高温に耐えるための材料, 遮熱, 冷却技術の開発とNO_xの低減が課題。



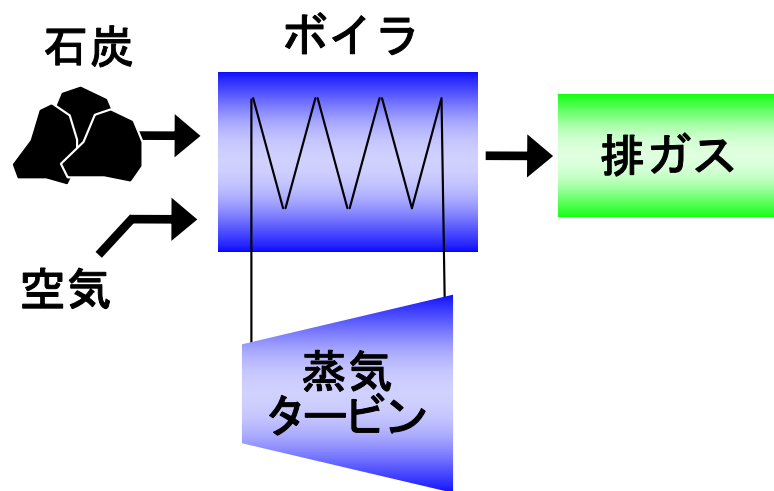
IV-3.石炭火力の方式(汽力発電とIGCC)

■ 石炭火力の主な発電方式には大きく分けて

微粉炭焚き**汽力発電**と石炭ガス化複合発電(IGCC)の2方式がある。

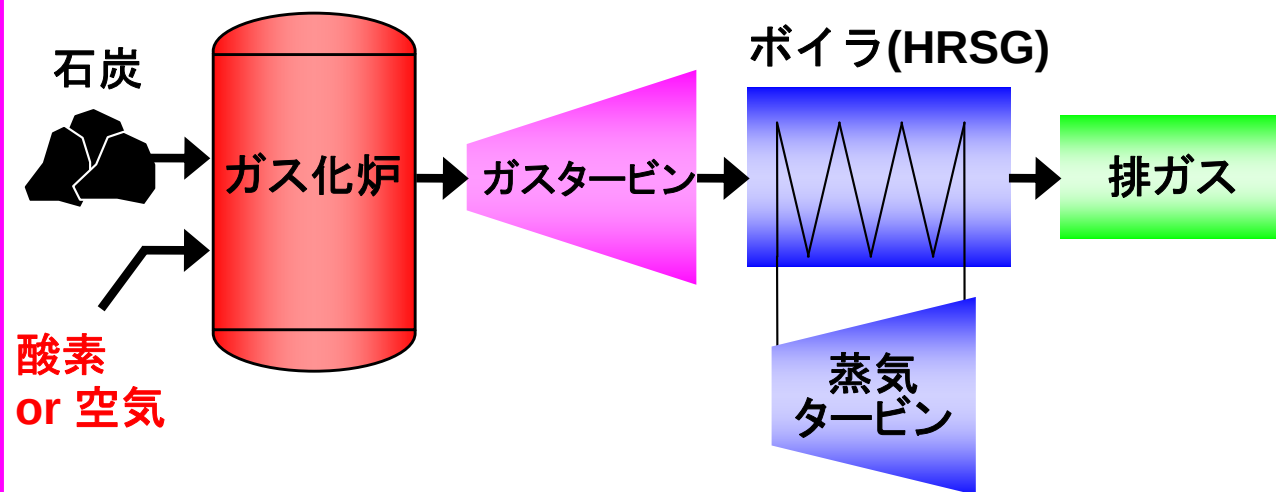
微粉炭焚き汽力発電

ボイラ+蒸気タービン



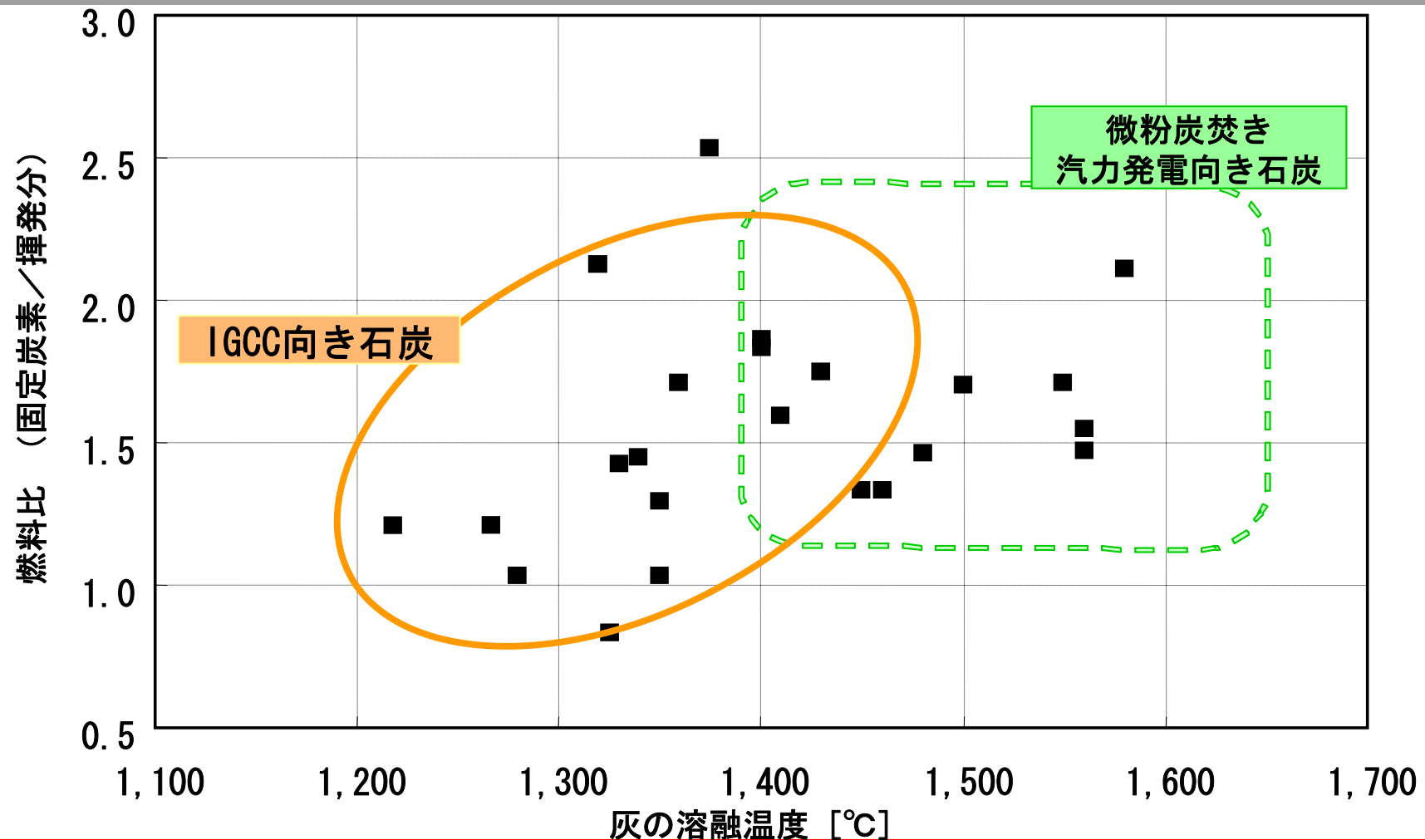
石炭ガス化複合発電(IGCC)

ボイラ+蒸気タービン+ガス化炉+ガスタービン



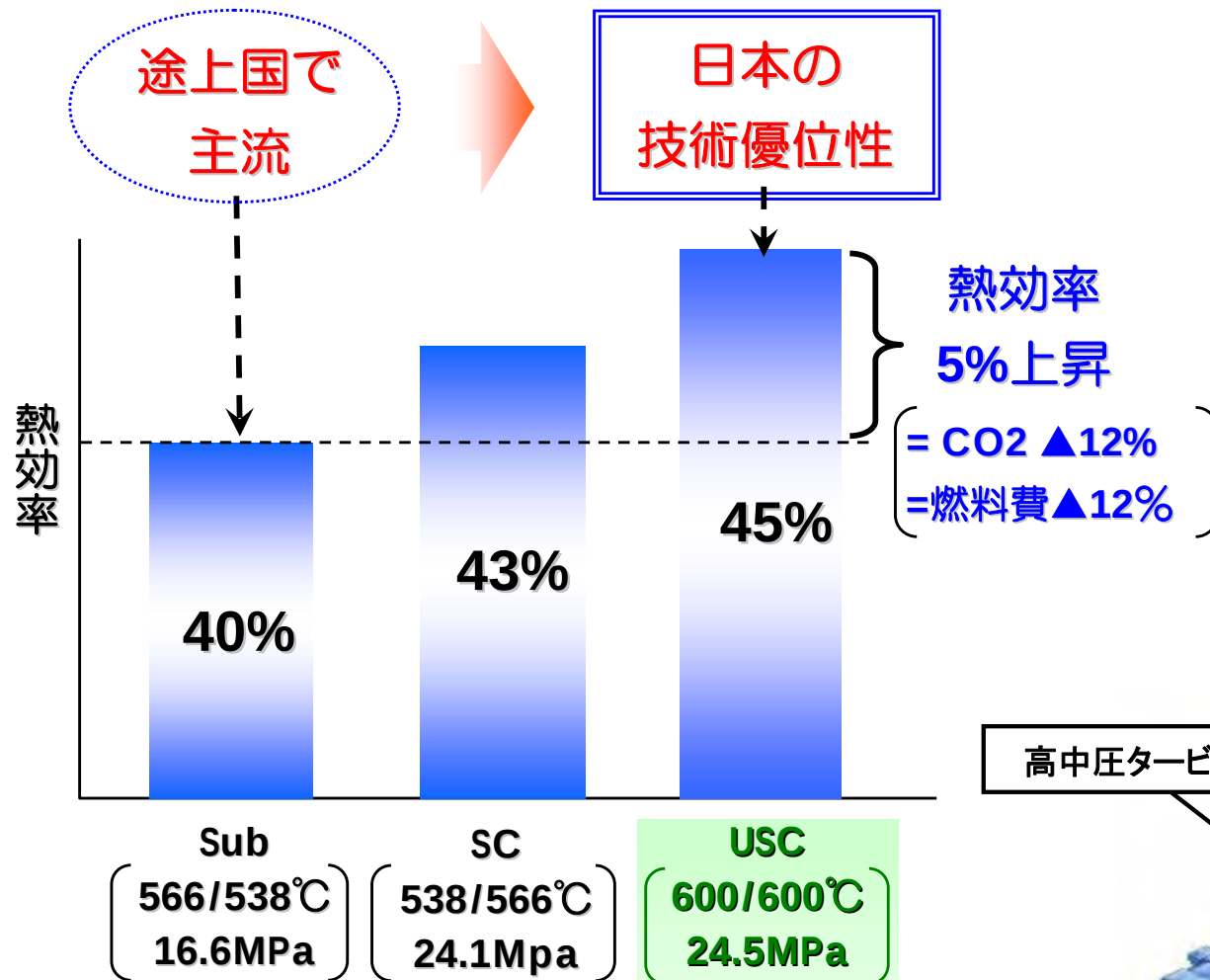
IV-3. 汽力発電とIGCCの双方を活用する意義

- 微粉炭焚き汽力発電とIGCCに向いている炭種は異なる。
 - 汽力発電向き石炭 : 灰融点が高い石炭
 - IGCC向き石炭 : 灰融点が高い石炭(低品炭が使用可能)
- 汽力発電・IGCCの双方を活用することにより日本全体で使用可能な炭種が拡大でき、燃料調達面でメリットとなる。



IV-3. 汽力発電(USC)の導入(東京電力)

- 蒸気タービン入口蒸気条件を600℃まで高めた超々臨界圧型(USC)を石炭火力に採用。亜臨界圧石炭火力と比べて、**燃料の使用量およびCO₂排出量を約1割抑制**。



熱効率 : 45%(LHV)
燃料 : 石炭
蒸気条件 : 24.5MPa
600℃/600℃

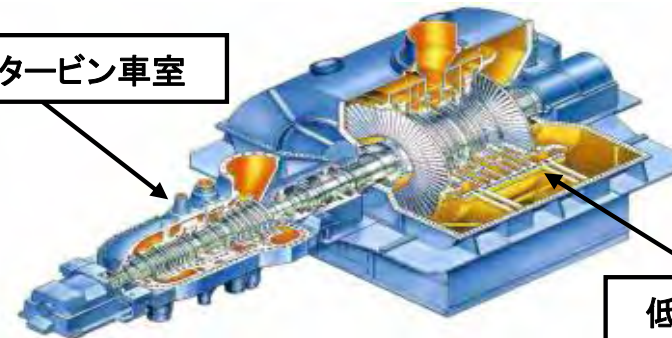
常陸那珂火力発電所

出力: 100万kW × 2ユニット
1号機: 2003年12月営業運転開始
2号機: 2013年12月運転予定

広野火力発電所

出力: 60万kW × 2ユニット
5号機: 2004年7月営業運転開始
6号機: 2013年12月運転予定

高中圧タービン車室



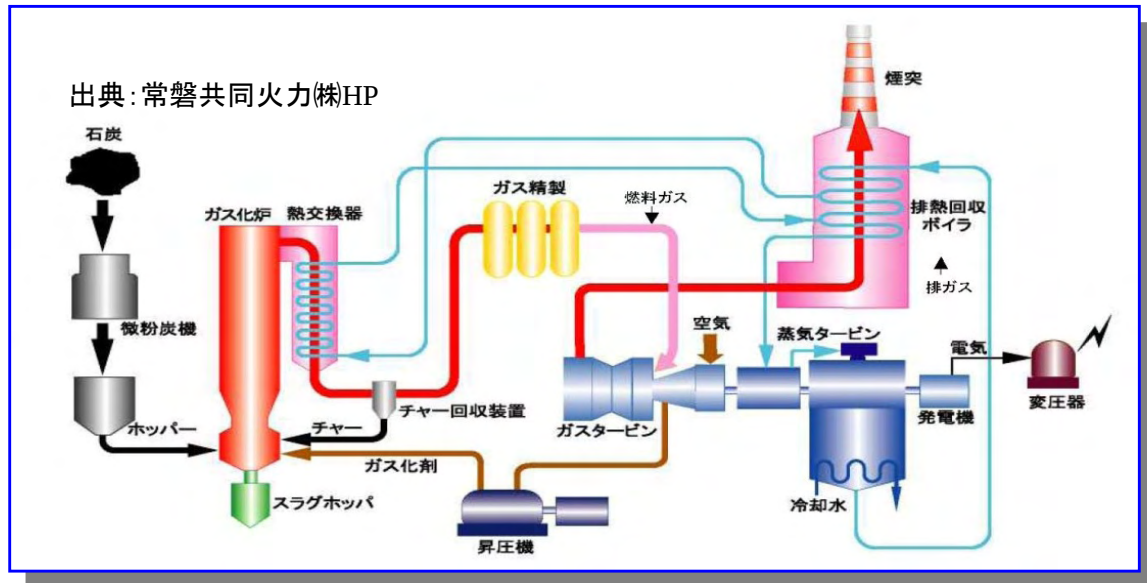
広野火力
5号機 蒸気タービン

低圧タービン車室

IV-3. IGCCの導入

- クリーンコールパワー研究所(勿来)にて、実証機(25万kW)による実証試験を2007年9月から2013年3月まで実施。2010年6月に**耐久性確認試験が目標の5,000時間に到達**等の貴重な成果が得られた。
- IGCC実証機は2013年4月から常磐共同火力(株)にて勿来10号機として運転管理され、2013年6月から**営業運転を開始**している。

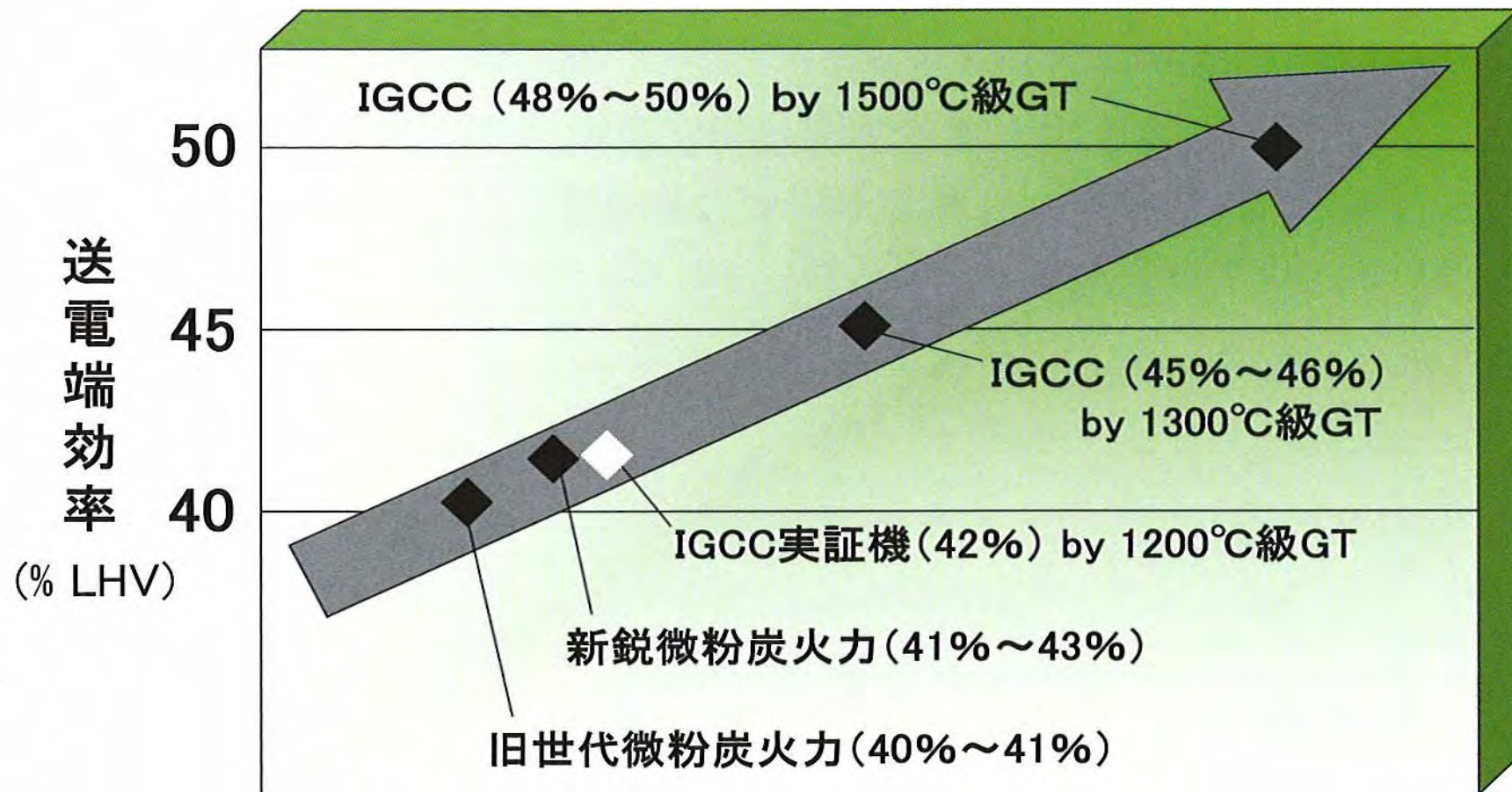
勿来10号機(IGCC)



出典: 常磐共同火力(株)HP

IV-3. 近い将来のIGCC

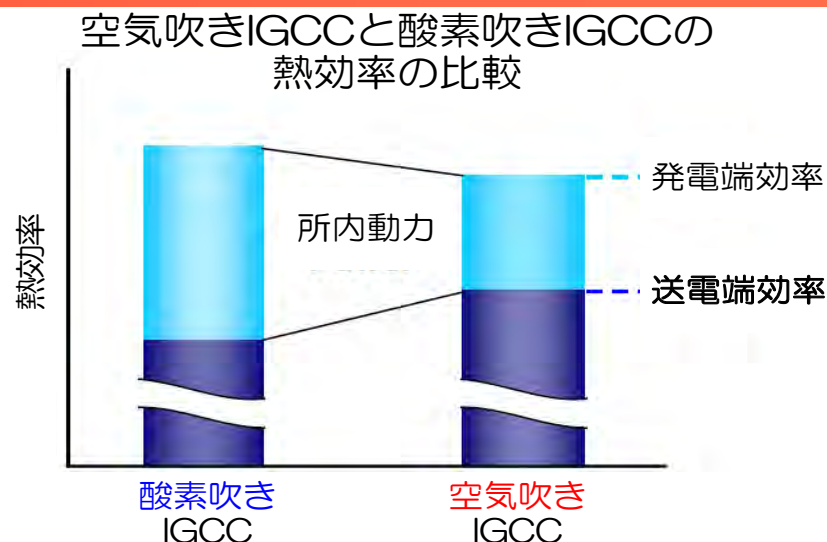
- 常磐共火にて商用運転中のIGCCは1200℃級GTを用いており、熱効率42%。
- IGCCはガスタービンの高温化技術を適用し、さらに熱効率を向上可能。
- LNG焚きとしてすでに実績のある1500℃級GT適用時には熱効率48～50%。



*発電効率は、燃料の低位発熱量(LHV)基準を示す。

IV-3. IGCCの方式(空気吹きと酸素吹き)

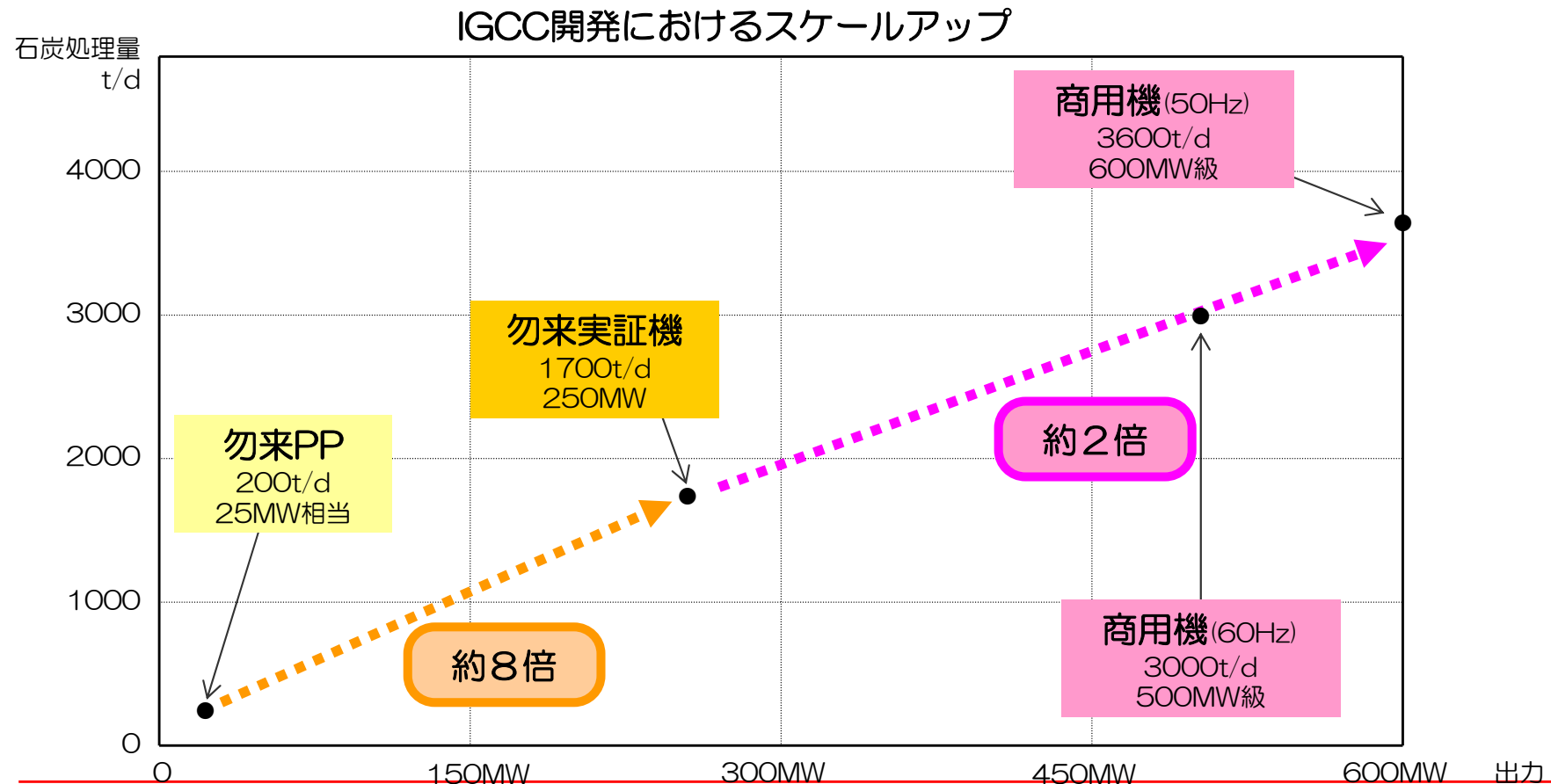
- IGCCには空気吹き・酸素吹き**の2つの方式**がある。
- 送電端効率は**空気吹きの方が高い**。
- 国内メーカーの両方式の開発状況には違いがある。
 - ・ **空気吹きIGCCは実証が完了し、商用運転中。**
 - ・ **酸素吹きIGCCは現在、実証試験設備を建設中。**



年度(平成)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
空気吹き IGCC																																
	パイロット試験 (勿来パイロットプラント)																				実証試験 (勿来実証機)					商用運転 (勿来10号機)						
	〔 200t/d 〕																				〔 1700t/d 25万kW 〕											
国内メーカーの 酸素吹き IGCC																																
											パイロット試験 (EAGLE)															実証試験 (大崎CG)						
											〔 150t/d 〕															〔 1180t/d 約17万kW 〕						

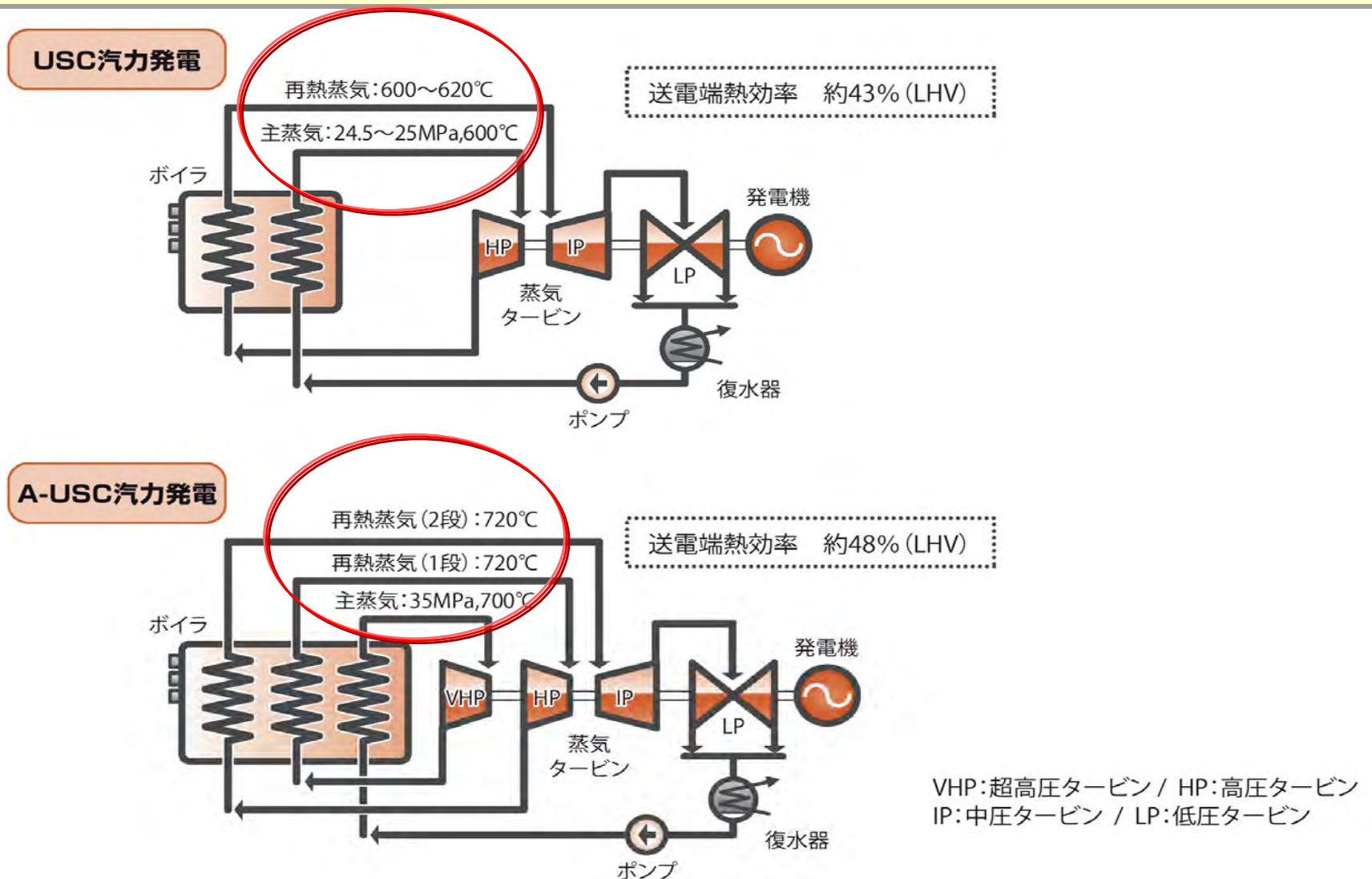
IV-3. IGCC(空気吹き)のスケールアップ技術

- IGCCのガス化炉には「石炭のガス化」の他に「石炭灰(スラグ)の溶融排出」という重要な機能がある。
- スケールアップ技術が確立されていないと「石炭灰(スラグ)の溶融排出」が困難となり、運転が継続できなくなる。
- そのようにIGCCのスケールアップ技術は重要であるが、勿来IGCC実証機(現勿来10号機)にて**空気吹きIGCCのスケールアップ技術は既に確立済み**。



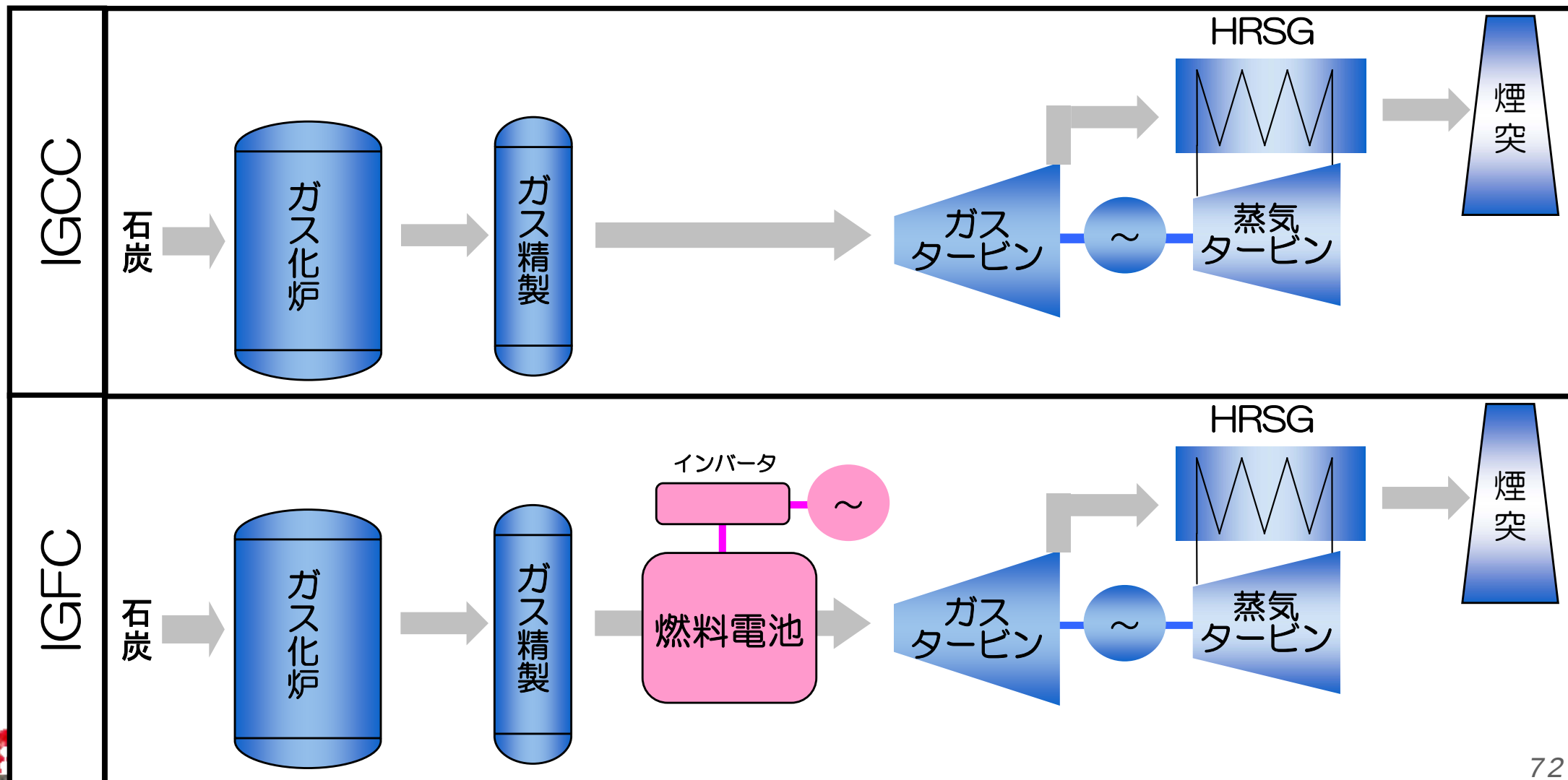
IV-3. 汽力発電の技術開発 (A-USC)

- 蒸気タービン入口蒸気条件を 700°C まで高めることで、熱効率は**約48%**に向上。
(A-USC: Advanced-Ultra Super Critical)
- 高温・高圧に耐え、製造・補修が容易な**材料の開発が課題**。



IV-3. IGCCの技術開発(IGFC)

- IGCCの次の技術としてIGCCに燃料電池を組み合わせたIGFC(石炭ガス化燃料電池複合発電)がある。熱効率は約57%まで向上。
- 燃料電池の大容量化・低コスト化・石炭ガス中の微量成分の影響等が課題。



IV. まとめ

電気事業者の取り組み

- 世界最高水準の熱効率向上や環境性を追求
- 安定供給や系統信頼度のための機動性を保有
- 経済性・環境性・セキュリティを考慮した燃料調達
- 高効率発電技術の開発・導入

- 熱効率向上・環境性・機動性を更に追求
- 日本の優れた火力技術で世界規模のCO₂削減にも貢献

【全体まとめ】 原子力と火力の特長・課題と活用の方向性

- 原子力と大型火力電源は、エネルギーの安定供給上、ともに重要電源
- 原子力：深層防護の徹底による一段上の安全性の確保
火 力：ガスタービンの高温化、石炭ガス化技術の追求と円熟化による
高効率・環境性の確保

	原子力	大型火力
短期的な 特長・課題	◇ 高いエネルギーセキュリティ ◇ ベース電源としての高い経済性 ◆ 更なる安全対策強化	◇ ベース・ミドル・ピーク電源としての経済性と機動性 ◇ 多様な火力燃料に対応（石炭・LNG・石油） ◆ 安定供給の確保と需給調整への対応
中長期的な 特長・課題	◆ 燃料サイクルの確立 ◆ 廃棄物処分、廃炉への取組み ◆ 国際動向、次世代技術開発	◆ 安定的な資源確保（経済性・環境性・セキュリティ） ◆ 再生可能エネルギー拡大時の需給調整対応 ◆ 更なる熱効率向上、環境負荷軽減（次世代技術）
電源活用の 方向性	①安全・安心の確保が大前提 ②活用できるプラントは最大限活用 ③各種課題への官民あがての取組	①需給バランスと経済性を追求した最経済運用 ②より経済的で中長期的に安定的な燃料調達に努める必要 ③電気事業者として技術の発展に貢献