

平成29年12月7日
第13回再処理・リサイクル部会セミナー

テーマⅠ：新規制基準に係る適合性審査について

六ヶ所再処理施設の新規制基準に係る
適合性審査における説明状況



日本原燃株式会社

再処理事業部 副事業部長(新規制基準)
越智 英治

1. 六ヶ所再処理施設の概要

2. 六ヶ所再処理施設の安全性確保

- 2. 1 福島第一原子力発電所事故以前の対応
- 2. 2 福島第一原子力発電所事故を踏まえた規制とその対応
- 2. 3 緊急安全対策の概要
- 2. 4 ストレステストの概要
- 2. 5 新規制基準を受けての対応
- 2. 6 六ヶ所再処理施設の適合性審査の経緯
- 2. 7 安全性向上のための活動

3. 安全設計における想定への対処

- 3. 1 溢水
- 3. 2 内部火災
- 3. 3 竜巻
- 3. 4 外部火災
- 3. 5 落雷
- 3. 6 火山
- 3. 7 航空機落下

4. 重大事故等への対処

4. 1 重大事故等への対処方針

4. 1. 1 基本概念

4. 1. 2 対処の基本方針

4. 1. 3 使用済燃料の条件変更

4. 2 臨界事故への具体的対処

4. 3 蒸発乾固への具体的対処

4. 4 水素爆発への具体的対処

4. 5 有機溶解火災への具体的対処

4. 6 TBP等の錯体の急激な分解反応への具体的対処

4. 7 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷防止に係る具体的対処

4. 8 放射性物質の漏えいへの具体的対処

4. 9 水源の確保

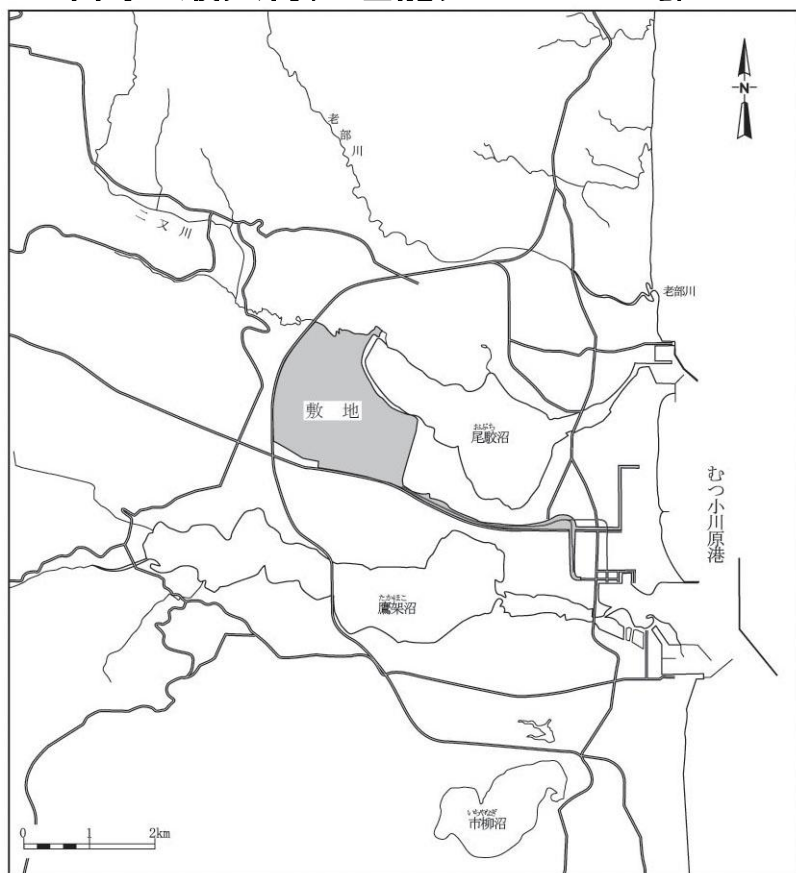
4. 10 体制

4. 11 緊急時対策所

4. 12 訓練

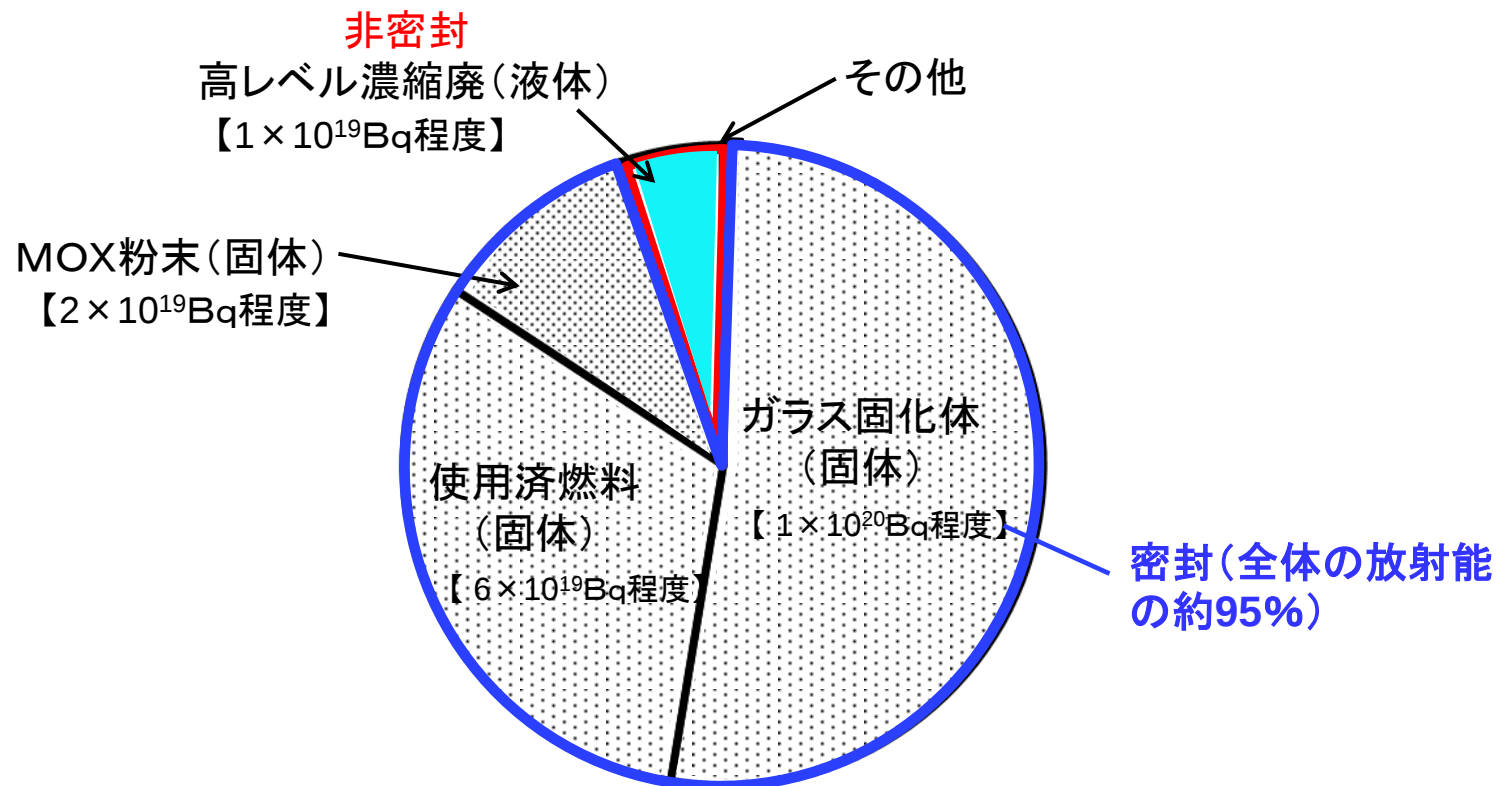
1. 六ヶ所再処理施設の概要(1/5)

- 再処理施設は、青森県上北郡六ヶ所村に位置し、標高約55m、海岸から約5km離れた場所に整地造成して設置している。
- 北東部が尾駁沼に面している。
- 再処理事業所の敷地の総面積は約390万 m^2 である。
- 年間の最大再処理能力: 800t・U_D



1. 六ヶ所再処理施設の概要(2/5)

- 再処理施設全体の放射能の95%程度が、密封された固体の放射性物質
- 密封されていない液体の放射性物質で放射能が最も大きいのは、高レベル濃縮廃液であり、貯槽に貯蔵
- 再処理施設全体の放射能の5%程度が高レベル濃縮廃液

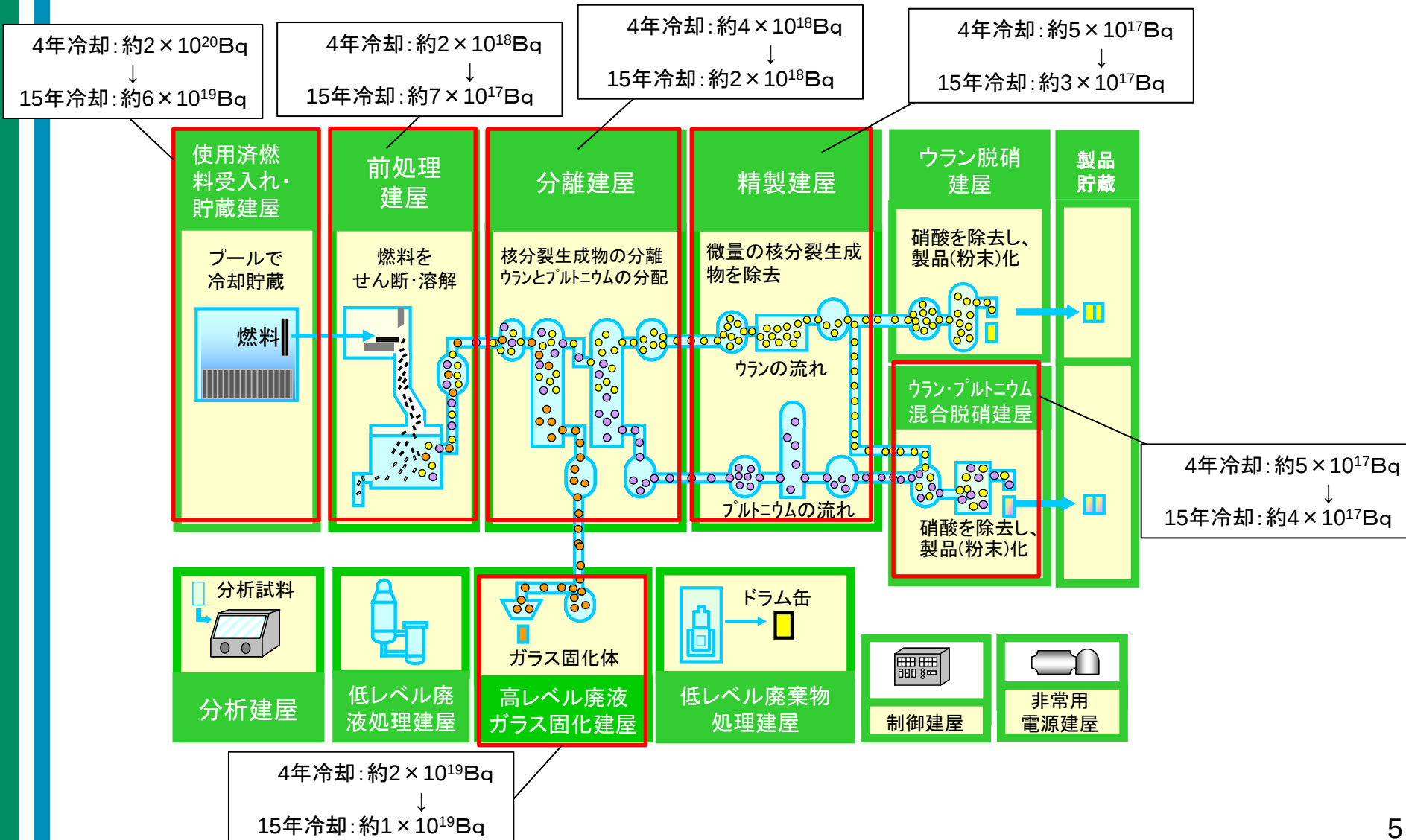


再処理施設全体の放射能分布イメージ図(受入れ及び再処理する燃料を制限した場合)

1. 六ヶ所再処理施設の概要(3/5)

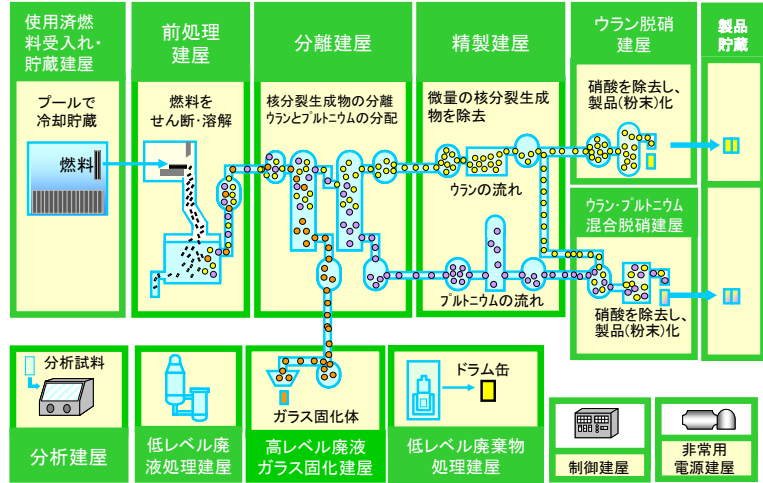
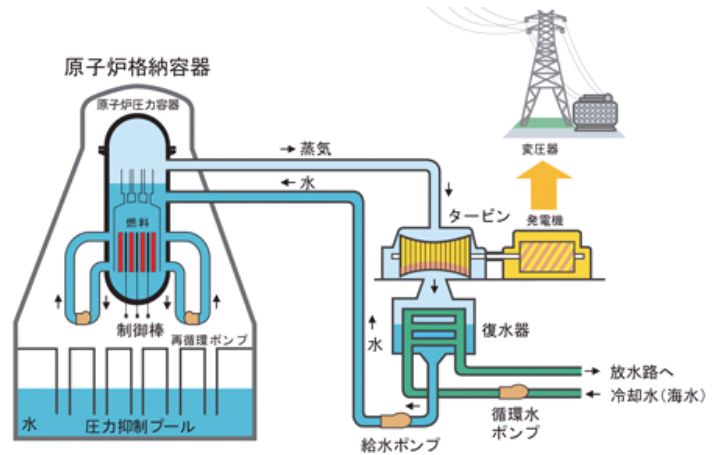
【重大事故を想定する建屋の放射能】

 : 重大事故を想定する建屋



1. 六ヶ所再処理施設の概要(4/5)

- 原子力発電所のように、大量の放射性物質が一か所に集中して存在するのではなく、取り扱う核燃料物質の種類、量、その状態等が様々で複数の工程に広く分布している。
- 原子力発電所のような高温・高圧環境下にはないことから、压力容器のような圧力障壁はない。
- 再処理施設は温度、圧力等の変化が緩やかである。このため、臨界事故や突発的な爆発事故(例:TBP(りん酸三ブチル)等の錯体の急激な分解反応)を除けば事故進展は比較的緩やかである。

項 目	再処理施設	(参考)原子力発電所
設備の概要	 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋 燃料をプールで冷却貯蔵 前処理建屋 燃料をせん断・溶解 分離建屋 核分裂生成物の分離 ウランとプルトニウムの分配 精製建屋 微量の核分裂生成物を除去 ウランの流れ プルトニウムの流れ ウラン脱硝建屋 硝酸を除去し、製品(粉末)化 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋 硝酸を除去し、製品(粉末)化 製品貯蔵 分析試料 分析建屋 ガラス固化体 高レベル廃液ガラス固化建屋 ドラム缶 低レベル廃棄物処理建屋 制御建屋 非常用電源建屋 低レベル廃液処理建屋	 原子炉格納容器 原子炉圧力容器 燃料 制御棒 再循環ポンプ 蒸気 水 タービン 発電機 復水器 放水路へ 冷却水(海水) 循環水ポンプ 給水ポンプ 圧力抑制プール
放射性物質の形態	➤ 非密封(高レベル廃液、プルトニウム溶液等) ➤ 密封(使用済燃料、ガラス固化体等)	➤ 密封(燃料ペレット及び燃料被覆管)
放射性物質の種類	➤ 主に長半減期核種	➤ 短半減期核種あり
放射性物質の分布	➤ 多数の機器に分散(多数の工程で処理)	➤ 炉心に集中

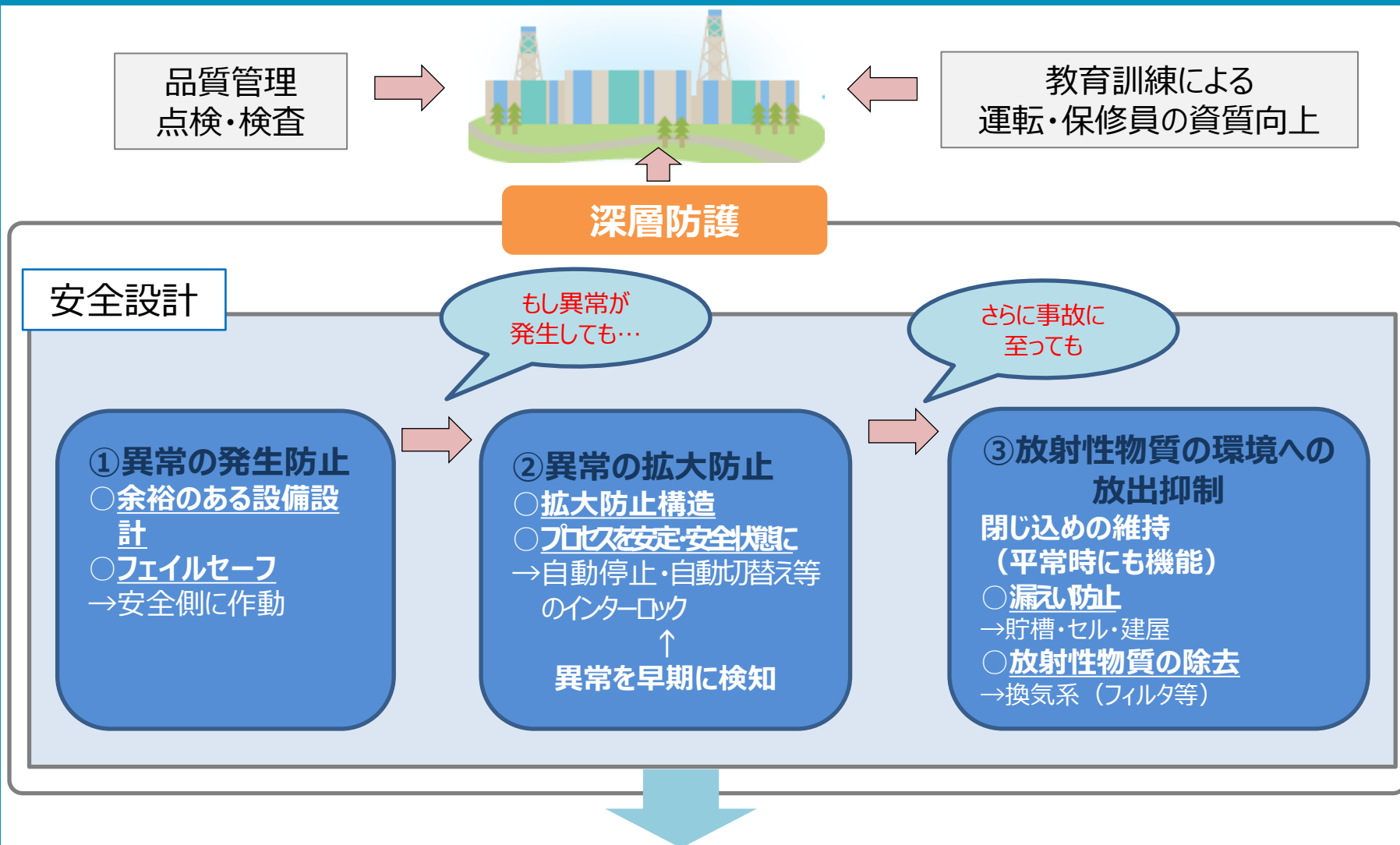
1. 六ヶ所再処理施設の概要(5/5)



項 目	再処理施設	(参考)原子力発電所
運転条件	➤ 常温、常圧、未臨界 ・基本的に100℃以下 ・セル内は大気圧(微負圧)	➤ 高温、高圧、臨界 ・PWR ≒ 150atm 300℃ ・BWR ≒ 70atm 300℃
施設に存在するエネルギーの量	➤ 臨界にならないように管理。核分裂反応させることでエネルギーを取り出す設備ではない(通常状態では大きなエネルギーは発生しない)。 ➤ 放射能として、大きいのはガラス固化体、使用済燃料といった固体の放射性物質(密封されている)。 ➤ 再処理の特徴として、使用済燃料を硝酸に溶かして処理を行うことから非密封状態の溶液を取り扱うこと。溶液の放射性物質の中で最も放射能が大きいのは高レベル濃縮廃液。 ➤ 全インベントリ: 2×10^{20}Bq程度 ※重大事故に係る主なインベントリは、 高レベル濃縮廃液 : 1×10^{19}Bq程度 プルトニウム濃縮液: 7×10^{17}Bq程度	➤ 核分裂反応で大きなエネルギーを発生させて、そのエネルギーを取り出す設備(運転状態で大きなエネルギーが発生)。 ➤ 使用済燃料の放射能は、再処理の固体の放射性物質と同程度。 ➤ 原子力発電所の特徴として、原子炉圧力容器内(炉心)に大量のエネルギーを内包し、原子炉を停止しても停止直後の崩壊熱は大きい。 ➤ 全インベントリ: 2×10^{20}Bq程度

2. 六ヶ所再処理施設の安全性確保

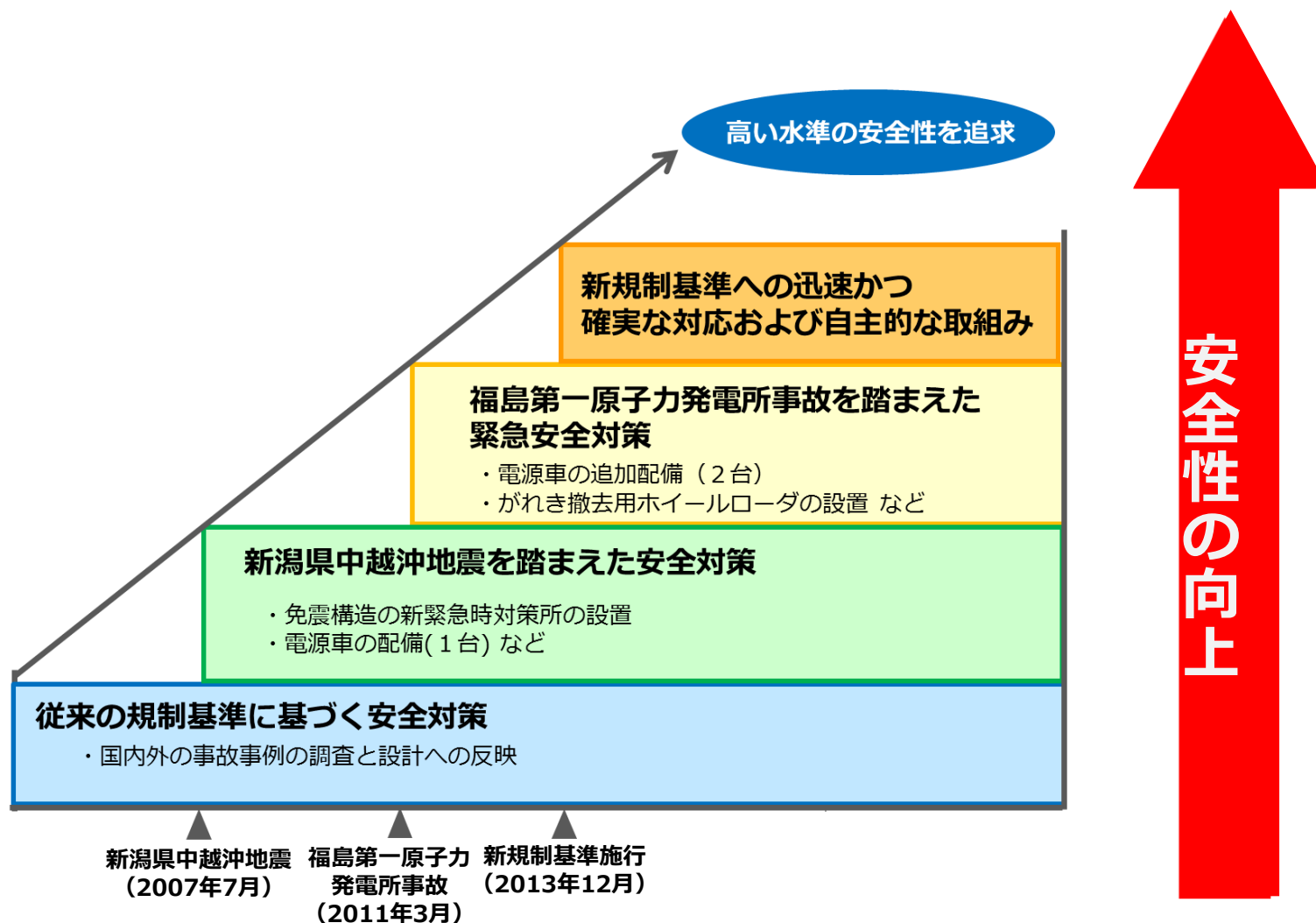
2. 1 福島第一原子力発電所事故以前の対応



安全設計での想定を超えた場合の対応を準備していなかった

2. 六ヶ所再処理施設の安全性確保

2. 2 福島第一原子力発電所事故を踏まえた規制とその対応



2. 六ヶ所再処理施設の安全性確保

2. 3 緊急安全対策の概要



緊急安全対策では、全交流電源供給機能等が喪失した場合、高レベル廃液の温度上昇等が懸念されることを踏まえ、電源車の追加配備に加え、崩壊熱除去等に必要な設備対応を行った。

○設備の点検

- ・電源車
- ・消防車
- ・貯水槽
- ・可搬型消防ポンプ 等

○緊急時対応手順の具体化

- ・ホース布設ルート
- ・電源車からの給電順序 等

○緊急時対応の訓練

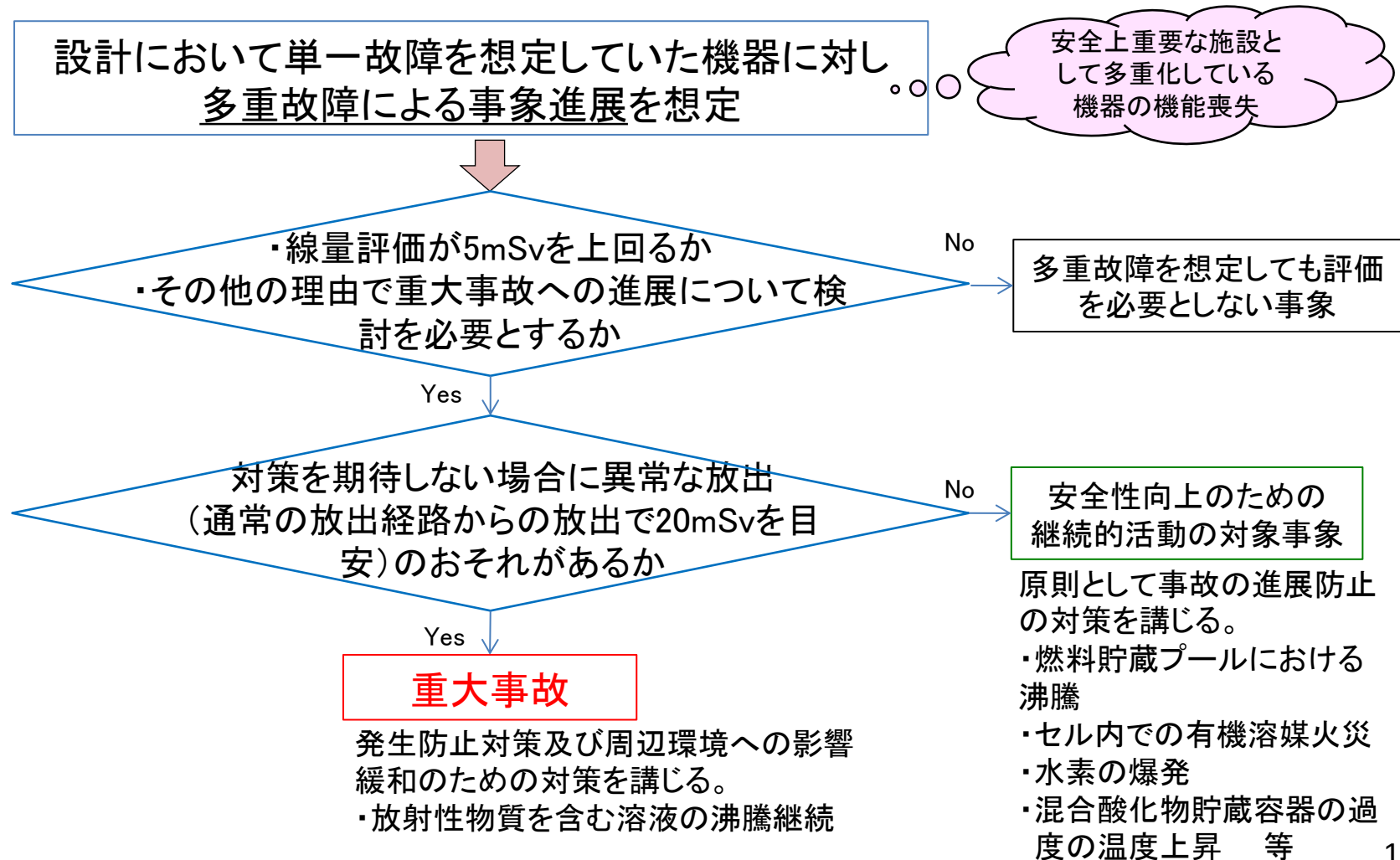
- ・電源車の接続
- ・可搬型消防ポンプによる燃料貯蔵プールへの注水

2. 六ヶ所再処理施設の安全性確保

2.4 ストレステストの概要

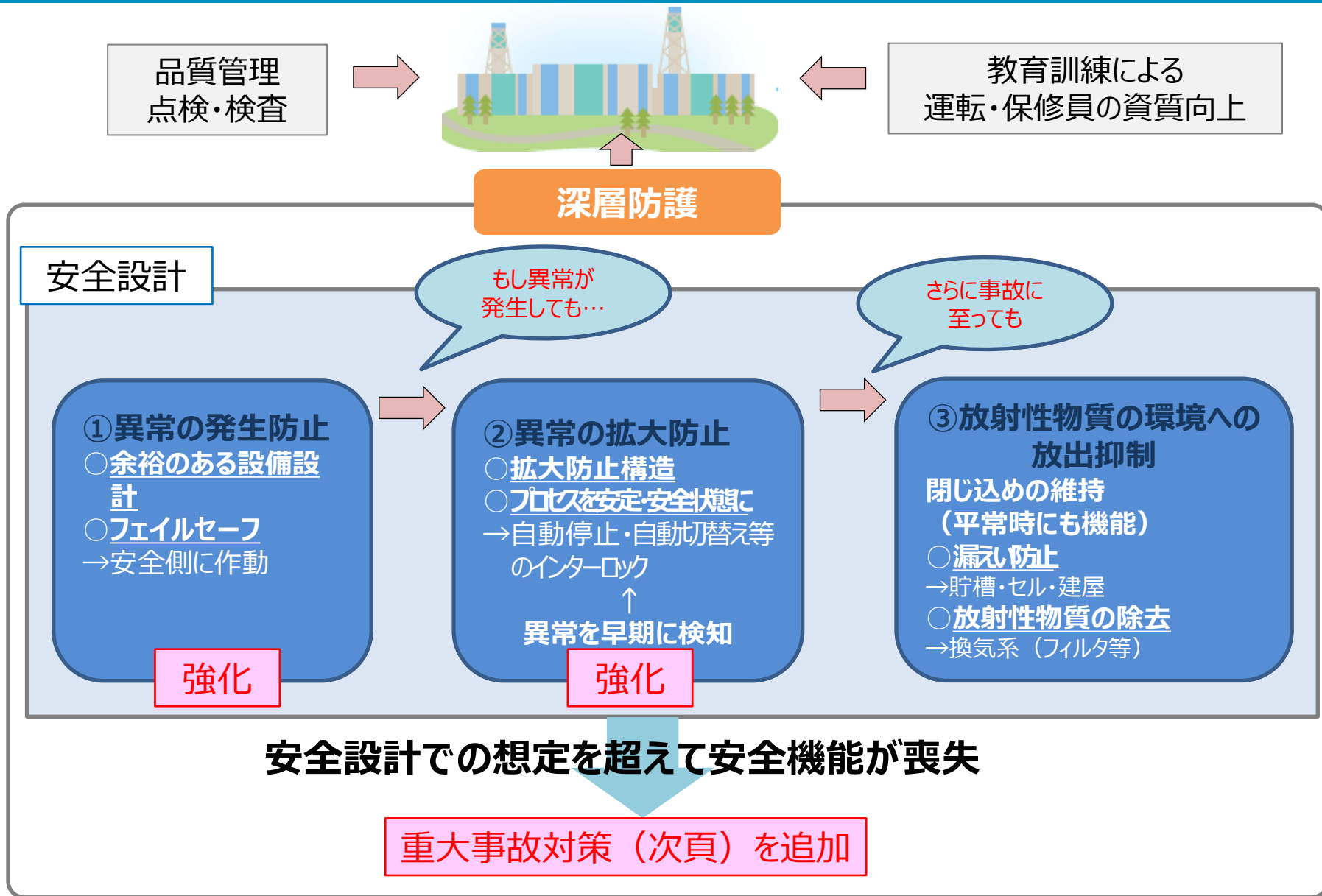


ストレステスト(東京電力株式会社福島第一原子力発電所における事故を踏まえた再処理施設の安全性に関する総合的評価)においては、重大事故を選定し、重大事故への対策を検討した。



2. 六ヶ所再処理施設の安全性確保

2. 5 新規制基準を受けての対応(1/2)



2. 六ヶ所再処理施設の安全性確保

2. 5 新規制基準を受けての対応(2/2)



深層防護

安全設計での想定を超えて安全機能が喪失

重大事故対策

もし重大事故が発生しても…

①重大事故の 発生防止

喪失した 安全機能の回復

- ・冷却機能喪失
⇒可搬型の移送
ポンプで回復
- ・水素掃気機能喪失
⇒可搬型空気圧縮
機で回復

②重大事故の 拡大防止

事故の進展・ 拡大を防止

- ・沸騰⇒可搬型の移送ポンプで
貯槽へ注水

事故の収束

- ・臨界事故⇒可搬型の設備により
薬剤を供給（未臨界への移行と
維持）

③重大事故の 影響緩和

施設内への 閉じ込めの維持

- ・セルへの導出（配管遮断、水封）
- ・セル内への滞留
- ・建屋内への滞留

放射性物質の 捕集・除去

- ・凝縮による除去（凝縮器、セル）
- ・フィルタによる捕集

従来の基準

新規制基準

新たに追加された規制基準

従来の基準の強化・明確化

地震・津波に対する考慮

自然現象に対する考慮

火災に対する考慮

その他設備性能

重大事故対策

施設内で水が溢れた場合への考慮

不法侵入に対する考慮

化学薬品の漏えいに対する考慮

地震・津波に対する考慮

自然現象に対する考慮
(竜巻・火山・落雷)

火災に対する考慮

その他設備性能

参考:事業指定基準規則



設計基準	第2条	核燃料物質の臨界防止	基準の明確化
	第3条	遮蔽等	基準の明確化
	第4条	閉じ込めの機能	基準の強化
	第5条	火災等による損傷の防止	基準の強化
	第6条	安全機能を有する施設の地盤	基準の強化
	第7条	地震による損傷の防止	基準の強化
	第8条	津波による損傷の防止	基準の強化
	第9条	外部からの衝撃による損傷の防止	基準の強化
	第10条	再処理施設への人の不法な侵入等の防止	新規追加（「使用済燃料の再処理の事業に関する規則」により対策済）
	第11条	溢水による損傷の防止	新規追加
	第12条	化学薬品の漏えいによる損傷の防止	新規追加
	第13条	誤操作の防止	基準の明確化
	第14条	安全避難通路等	基準の明確化
	第15条	安全機能を有する施設	基準の強化
	第16条	運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止	基準の明確化
	第17条	使用済燃料の貯蔵施設等	基準の明確化
	第18条	計測制御系統施設	基準の強化
	第19条	安全保護回路	基準の強化
	第20条	制御室等	基準の強化

参考:事業指定基準規則



設計基準	第21条	廃棄施設	基準の明確化
	第22条	保管廃棄施設	基準の明確化
	第23条	放射線管理施設	基準の強化
	第24条	監視設備	基準の強化
	第25条	保安電源設備	基準の強化
	第26条	緊急時対策所	基準の明確化
	第27条	通信連絡設備	基準の強化
重大事故	第28条	重大事故等の拡大の防止等	新規追加
	第29条	火災等による損傷の防止	
	第30条	重大事故等対処施設の地盤	
	第31条	地震による損傷の防止	
	第32条	津波による損傷の防止	
	第33条	重大事故等対処設備	
	第34条	臨界事故の拡大を防止するための設備	
	第35条	冷却機能の喪失による蒸発乾固に対処するための設備	
	第36条	放射線分解により発生する水素による爆発に対処するための設備	
	第37条	有機溶媒等による火災又は爆発に対処するための設備	
	第38条	使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備	
	第39条	放射性物質の漏えいに対処するための設備	

参考:事業指定基準規則



重大 事故	第40条	工場等外への放射性物質等の放出を抑制するための設備	新規追加
	第41条	重大事故等への対処に必要な水の供給設備	
	第42条	電源設備	
	第43条	計装設備	
	第44条	制御室	
	第45条	監視測定設備	
	第46条	緊急時対策所	
	第47条	通信連絡を行うために必要な設備	

2. 六ヶ所再処理施設の安全性確保

2. 6 六ヶ所再処理施設の適合性審査の経緯

- 福島事故を教訓として、再処理施設で仮に重大事故が起こった場合に、公衆を放射線被ばくのリスクから守ることを最大の目的として事業変更許可申請をした。
- 更なる安全性向上を目的として、事業変更許可申請書の補正をした。
- また、新規制基準の適合性審査として79回の審査会合と3回の現地調査を実施した。



2. 六ヶ所再処理施設の安全性確保

2. 7 安全性向上のための活動



＜教育・訓練の継続＞

それぞれの措置・対策を確実に実施できるよう、教育・訓練を継続して実施する。

＜さらなる安全性向上のために＞

大規模な自然現象や事故の挙動等、現象として未解明の部分が残っている。
今後は、これらに関し継続して新たな知見の収集に努め、さらなる安全性の向上に資する。

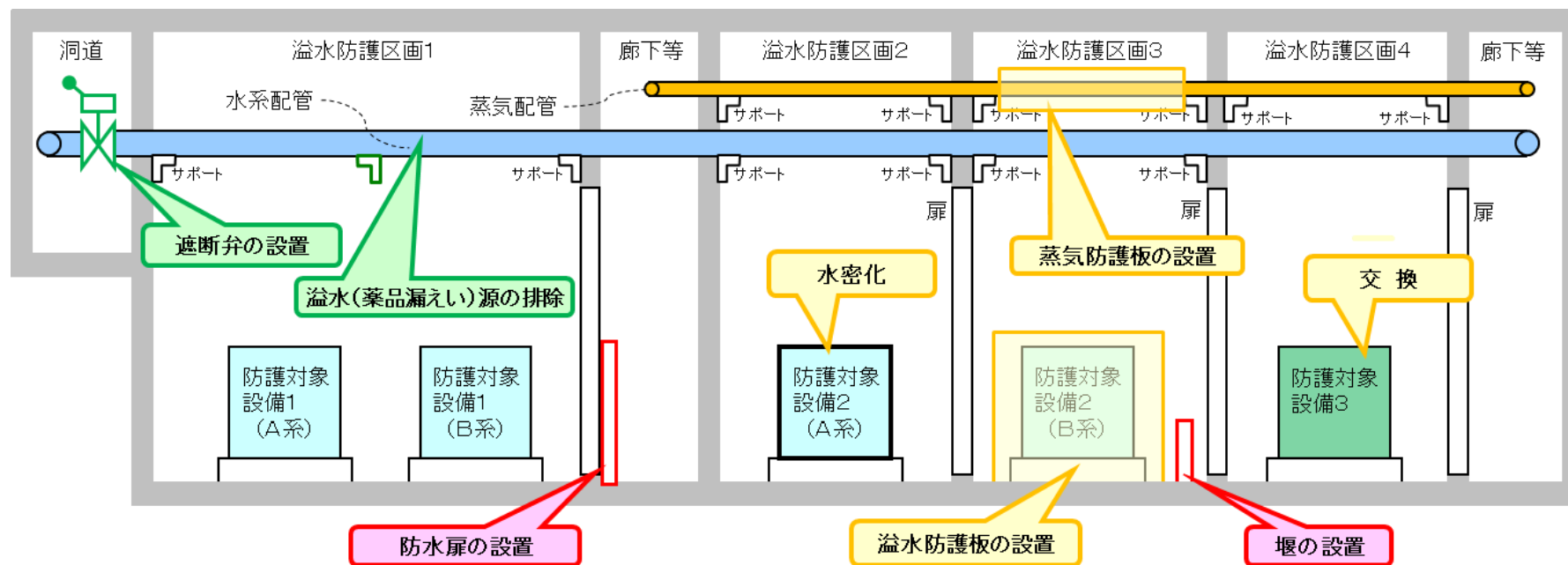
3. 安全設計における想定への対処 (設計基準：第2条～第27条)

- ※ 地盤、地震、津波、火山の評価については、「六ヶ所再処理施設の新規制基準に係る適合性審査における説明状況について－地盤、地震等の評価－」に示す。

3. 安全設計における想定への対処

3. 1 溢水(1/3)

影響を評価する建屋内に保有する水量に加え、溢水源となる機器・配管に接続される他建屋及び洞道が保有する水量を加えて溢水量を算出し、溢水源の排除、遮断弁の設置、堰・防水扉の設置等により、溢水から防護対象設備の防護を実施。

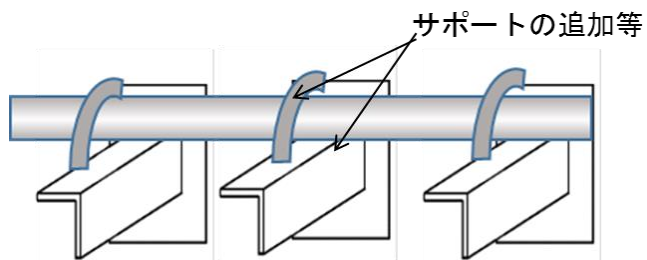


3. 安全設計における想定への対処

3.1 溢水(2/3)

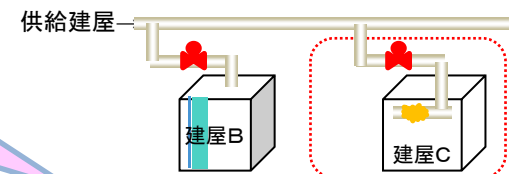
漏えい量の低減

【耐震性の強化】



【緊急遮断弁の設置】

一定以上の規模の地震を検知した場合緊急遮断弁を閉じることで漏えい量を最小限に抑える

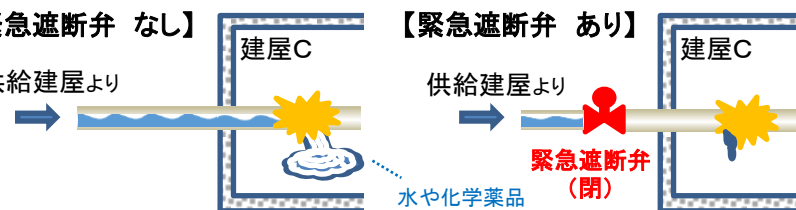


【緊急遮断弁 なし】

供給建屋より

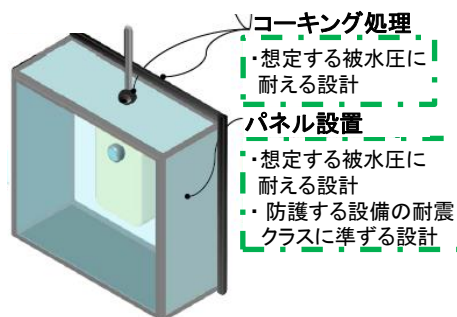
【緊急遮断弁 あり】

供給建屋より



機器への被水防止

【パネルの設置】



パッキン交換

・想定する被水圧に耐える設計

【防水性の強化】



3. 安全設計における想定への対処

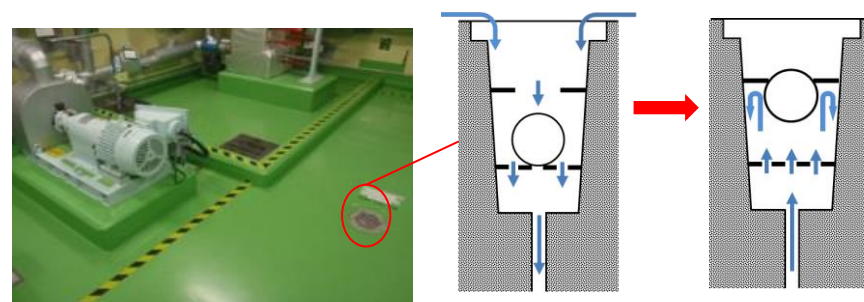
3. 1 溢水(3/3)

機器のある部屋への流入防止

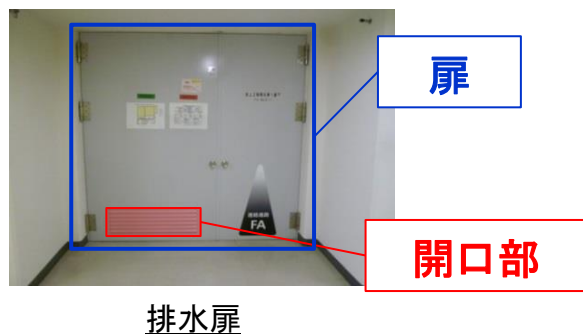
【堰や防水扉の設置】



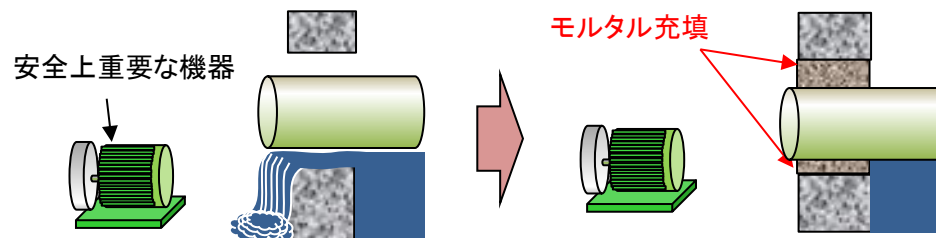
【逆流防止措置の設置】



【排水扉の設置】



【配管貫通部の充填】



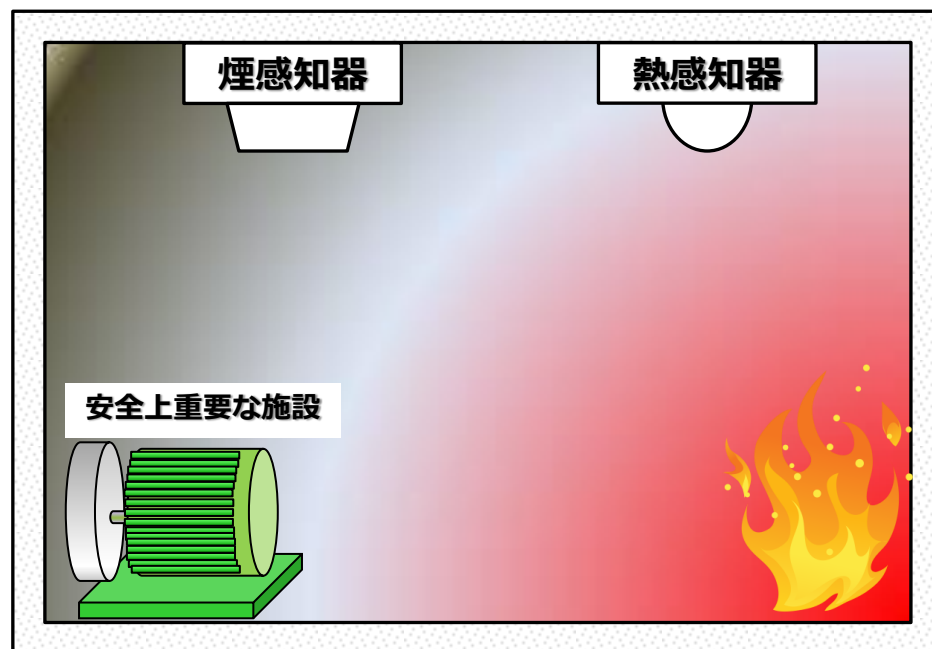
3. 安全設計における想定への対処

3. 2 内部火災(1/2)

再処理施設特有の火災に加え、電気火災等の一般火災の発生に対しても、安全上重要な施設の安全機能が損なわれないよう、異なる原理の感知器の追加設置による火災感知器の多様化、耐火壁(防火ダンパ、貫通部シール等)による3時間耐火対策、内部火災影響評価を実施。

火災感知器の多様化

安全上重要な施設が設置されている場所には、煙感知器、熱感知器等の種類の異なる感知器を組み合わせることで、安全上重要な施設周辺で発生した火災を早期に検知する。



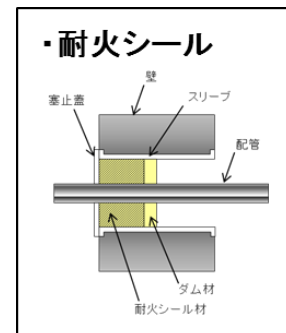
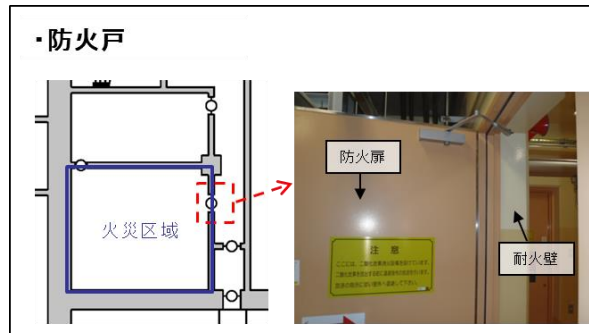
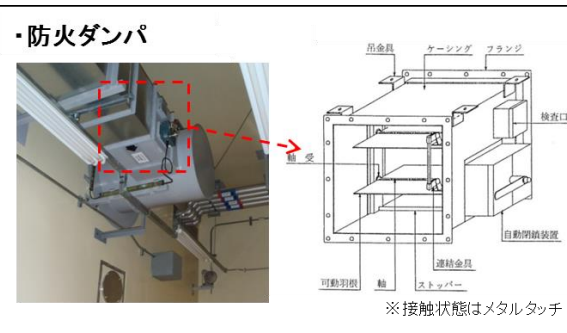
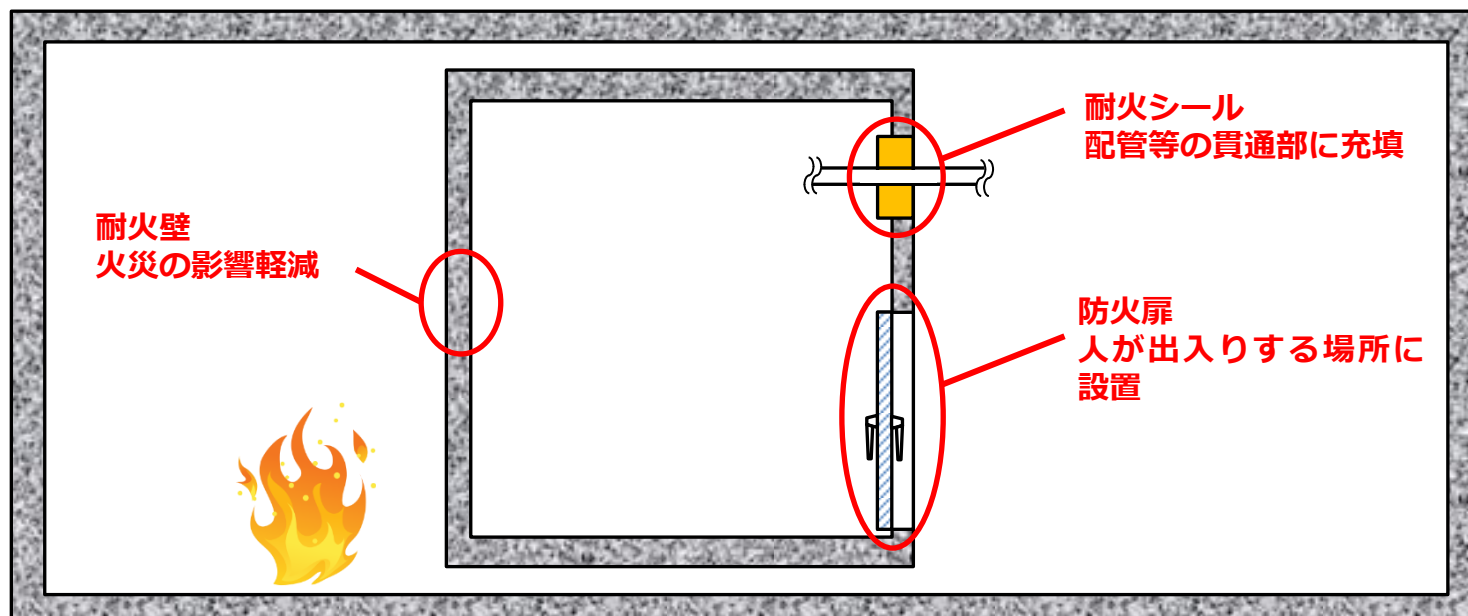
煙感知器



熱感知器

火災による影響軽減対策

火災が発生してもその影響が及ばないよう、耐火壁(防火扉、耐火シール等を含む)により分離する。

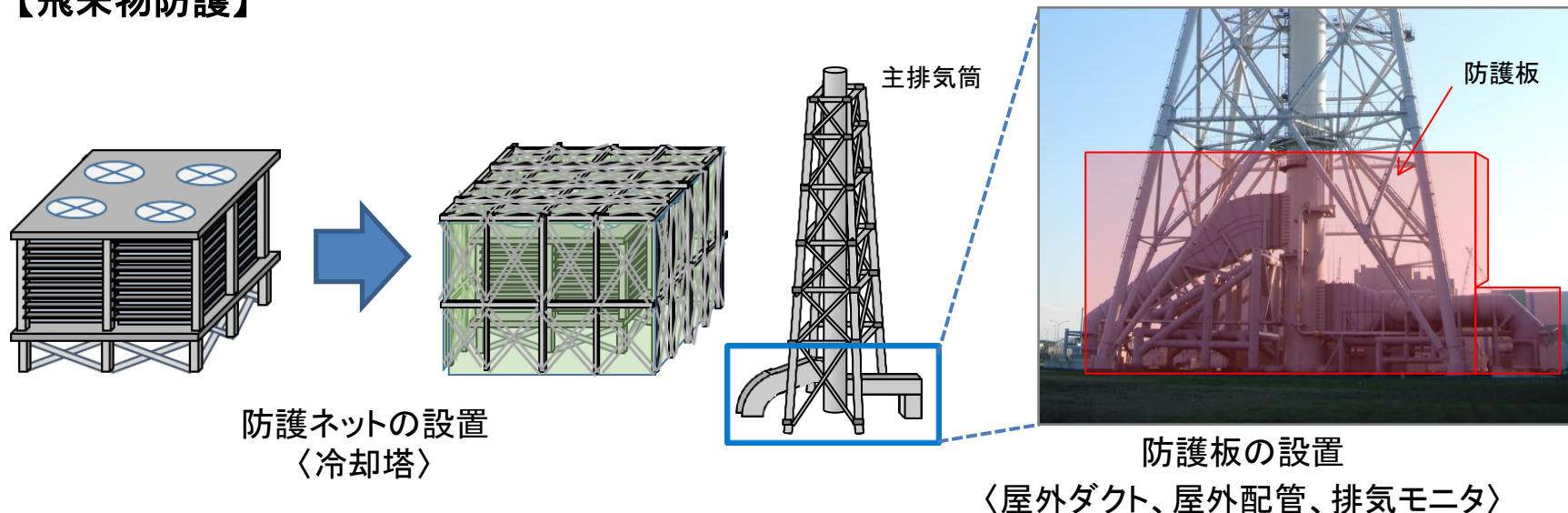


3. 安全設計における想定への対処

3.3 竜巻(1/9)

国内最大の規模の竜巻を考慮して、最大風速100m/sの竜巻を想定し、竜巻防護施設を建物で防護することを基本とし、開口部及び屋外施設には防護対策(飛来物防護ネット又は飛来物防護板)を実施。

【飛来物防護】



【車両の飛来防止】

車庫の設置



車両の固縛



3. 安全設計における想定への対処

3.3 竜巻(2/9)【当初変更申請と安全審査の経緯】



	当初の変更申請	安全審査を踏まえた変更申請(見込み)
設計竜巻の想定	気象条件、竜巻発生傾向の類似性等に基づき、設計上想定する竜巻の規模をF2(最大風速69m/s)と想定した。	将来発生するおそれのある竜巻の不確実性を補うため、過去に国内で発生した最大級の竜巻を念頭に置き、保守的に最大風速100m/sの竜巻を設計の前提とした。
竜巻に対する防護対象	再処理施設のうち耐震Sクラスの施設	再処理施設のうち安全上重要な施設
多重化された施設の防護方針	- 多重化されかつ1系統で安全機能が維持できる施設については、原則としてA系統を竜巻に対して防護する設計とした。 - A系統保守中における竜巻の襲来を想定し、B系統破損時の手順を確立することとした。	左記に加え、B系統についても一定の防護対策を施す設計とした。
公衆に過度な放射線被ばくを及ぼさない施設の防護方針	- 主排気筒は、破損を想定しても、速やかに使用済燃料の再処理を停止する等の措置を行うことにより、公衆に及ぼす放射線被ばくを通常程度に抑えることができるため、防護対象から除外した。 - 主排気筒の排気筒モニタは、破損しても公衆の放射線被ばくに及ぼす影響はないため、防護対象から除外した。	主排気筒及び主排気筒の排気筒モニタについても防護対策を施す設計とした。
設計竜巻の特性値(竜巻風速場モデルの選定)	- ランキン渦モデルによって算出される竜巻特性値を前提とした防護対策を施すこととした。 - 車両の飛来距離だけは、フジタモデルを適用して算出することとした。	左記のとおり申請内容とした(ただし、他の発電炉では、すべての竜巻特性値の算出にフジタモデルの適用が認められているケースがある)。

3. 安全設計における想定への対処

3. 3 竜巻(3/9)【設計竜巻の想定の経緯】

- 竜巻検討地域で過去に発生した竜巻の最大規模はF2(最大風速69m/s)である。
- 国内で発生した最大規模の竜巻の規模はF3(最大風速92m/s)である。
- 突風関連指数※¹による解析により、竜巻検討地域においてF3以上の竜巻は極めて発生し難い傾向が観察されている。

※1 突風関連指数

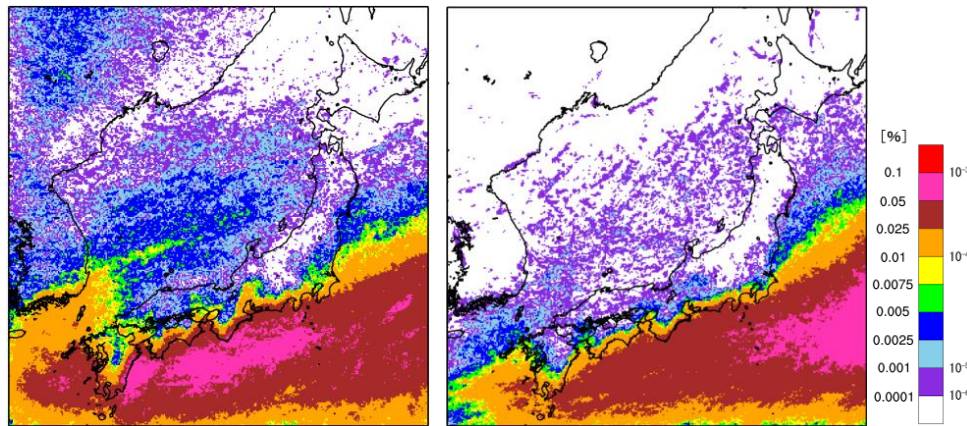
CAPE(Convective Available Potential Energy: 対流有効位置エネルギー)

積乱雲を発生させる上昇流の強さの目安

SReH(Storm Relative Helicity: ストームの動きに相対的なヘリシティ)

積乱雲がスーパーセルに発達しやすいかどうかの指標

解析は1961年から2010年までの50年間について上記の両指数が同時に閾値を超過する頻度を計算している。



暖候期(5月-10月)における
CAPE $\geq$ 1200 J/kg かつ SReH $\geq$ 350 m²/s²

寒候期(11月-4月)における
CAPE $\geq$ 500 J/kg かつ SReH $\geq$ 350 m²/s²

CAPE、SReHの同時超過頻度分布の算出結果



再処理施設の竜巻検討地域

竜巻検討地域における過去最大竜巻の一覧
(1961年~2013年12月)

発生日時	発生場所		藤田 スケール
	都道府県	市町村	
1965年09月05日11時40分	青森県	むつ市	(F2)
1980年10月31日09時30分	北海道日高支庁	門別町	(F1~F2)
1994年10月05日06時35分	北海道日高支庁	門別町	F1~F2
2004年10月22日16時50分	北海道日高支庁	門別町	F2

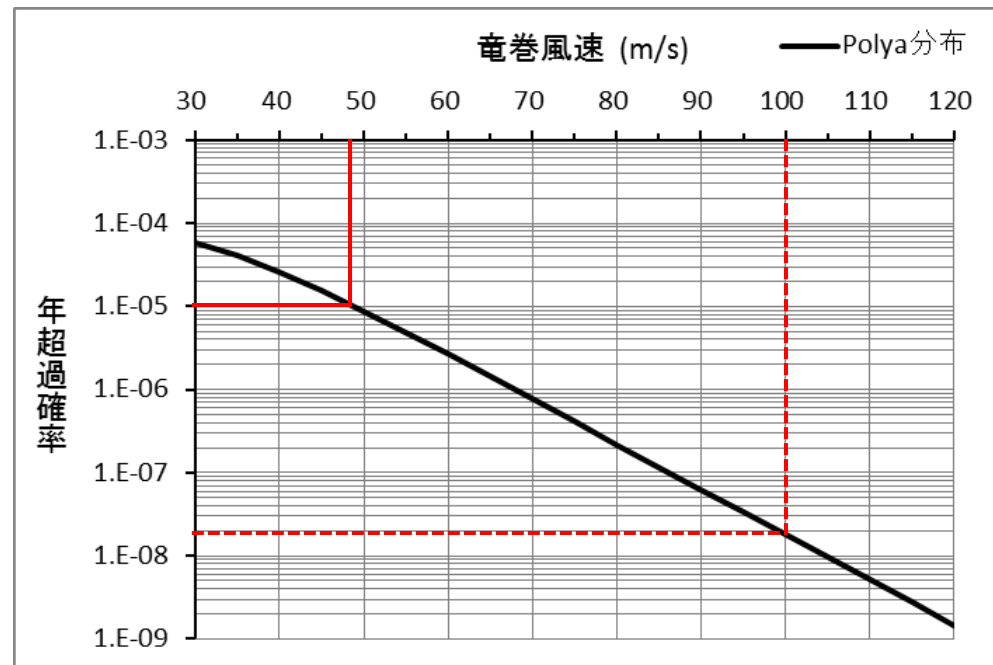
日本全国における過去最大竜巻の一覧
(1961年~2013年12月)

発生日時	発生場所		藤田 スケール
	都道府県	市町村	
1971年07月07日 07時50分	埼玉県	浦和市	(F3)
1990年12月11日19時13分	千葉県	茂原市	F3
1999年09月24日11時07分	愛知県	豊橋市	F3
2006年11月07日13時23分	北海道網走支庁	佐呂間町	F3
2012年05月06日12時35分	茨城県	常総市	F3

3. 安全設計における想定への対処

3.3 竜巻(4/9)【設計竜巻の想定の経緯】

- 「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」(以下、「竜巻ガイド」)に示される手法に準拠して、竜巻最大風速のハザード曲線(T年以内にいずれかの竜巻に遭遇し、かつ竜巻風速が V_0 以上となる確率)を求めている。
- 設計竜巻の目安として竜巻ガイドに示される年超過確率 10^{-5} に対して、風速100m/sに相当する年超過確率は 1.79×10^{-8} となっており、極めて保守的な想定となっている。



竜巻最大風速のハザード曲線

3. 安全設計における想定への対処

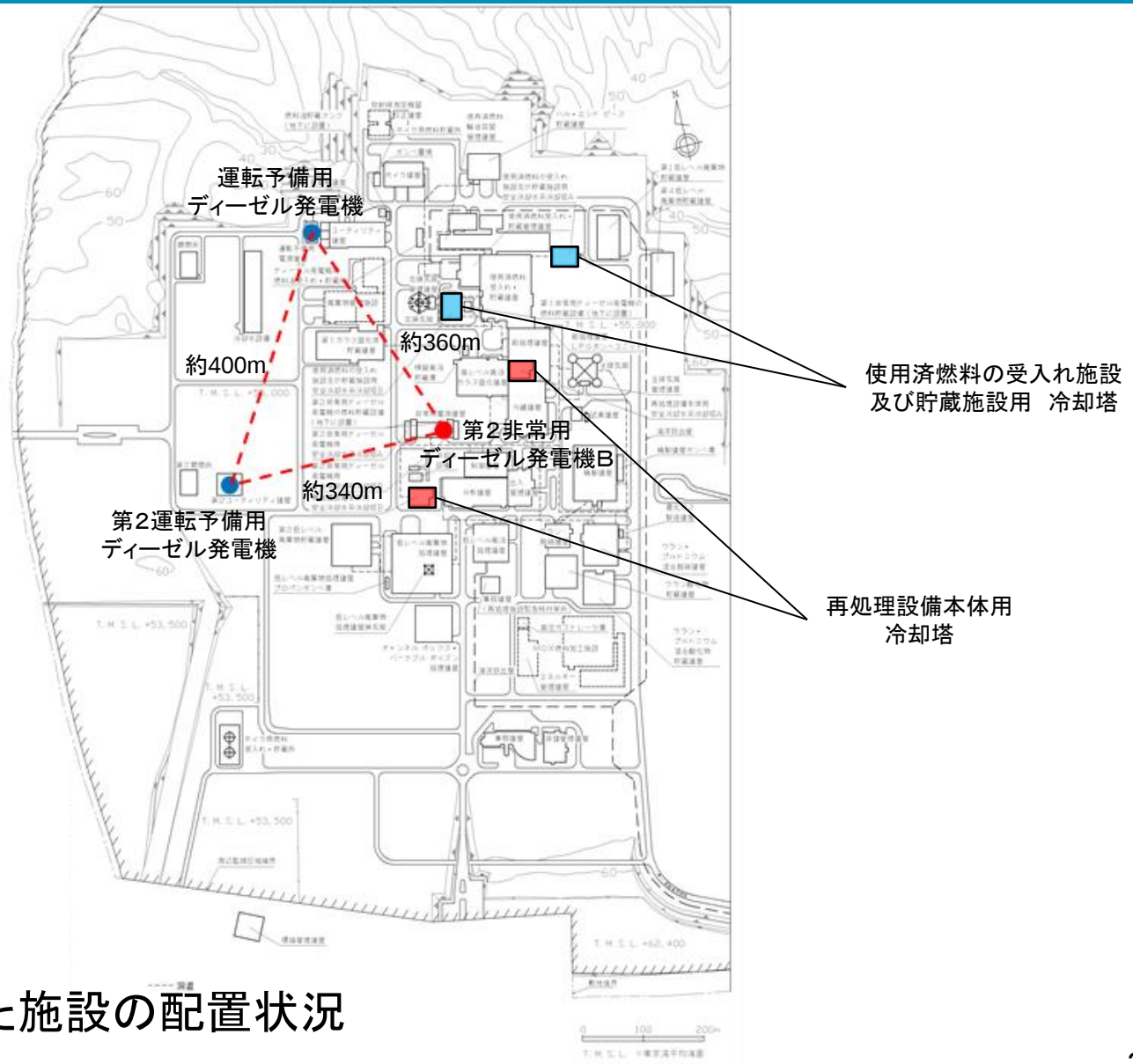
3.3 竜巻(5/9)【多重化された施設の防護方針】



	多重化・分離配置	A系統の防護措置	A系統保守中の考慮	B系統の防護措置
使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用冷却塔	- 十分な離隔距離を取って配置し、2系列を同時に破損し難い設計とする。 - 冷却塔1系列の運転でもプール水温度を65℃以下に維持できる設計とする。	飛来物防護ネット設置し、飛来物の衝突による機能喪失を防止する。	- 冷却塔は10ベイで構成し、各ベイを隔離可能な構造とし、隔離弁は地下に設置する。 - 冷却塔の保守は、冷却塔の冷却性能に余裕がある冬季に行う。	飛来物が飛来するおそれのある方向に飛来物緩衝ネットを設置する。
再処理設備本体用冷却塔	- 十分な離隔距離を取って配置し、2系列を同時に破損し難い設計とする。 1系統は竜巻による飛来物の影響を受け難い高所(地上約20m)に設置する。 - 冷却塔1系列の運転でも溶液の沸騰を防止できる設計とする。	飛来物防護ネット設置し、飛来物の衝突による機能喪失を防止する。	- 冷却塔は9ベイで構成し、各ベイを隔離可能な構造とする。 - 冷却塔の保守は、冷却塔の冷却性能に余裕がある冬季に行う。	飛来物が飛来するおそれのある方向に飛来物緩衝ネットを設置する。
第2非常用DG	2系列の非常用ディーゼル発電設備は、それぞれ独立した部屋に設置する。 1系列の運転で安全上重要な施設の安全機能は確保できる容量を有する設計とする。	A系列を設置する室の外壁に飛来物防護板を設置し、飛来物の貫通を防止する。	- A系列を保守する場合には、仮にB系列が竜巻によって破損した場合でも、安全上重要な負荷に給電できるよう運転予備用ディーゼル発電機及び第2運転予備用ディーゼル発電機でバックアップする。 - B系列、運転予備用ディーゼル発電機及び第2運転予備用ディーゼル発電機は、竜巻によって3つを同時に破損しないように配置する。	それぞれ防護を行うことにより、飛来物の衝突による損傷の防止又は抑制を図り、竜巻襲来時における第2非常用ディーゼル発電機の機能喪失を防止する

3. 安全設計における想定への対処

3. 3 竜巻(6/9)【多重化された施設の防護方針】



多重化された施設の配置状況

3. 安全設計における想定への対処

3.3 竜巻(7/9)【設計竜巻の特性値】

ランキン渦モデルとフジタモデルによる最大風速100m/sの竜巻の特性値等を比較すると、ランキン渦モデルによって算出される特性値等はフジタモデルに比べて極度に保守的である。

	ランキン渦モデル	フジタモデル
最大風速 V_D (m/s)	100	100
移動速度 V_T (m/s)	15	15
最大接線風速 V_{Rm} (m/s)	85	85
最大接線風速半径 R_m (m)	30	30
最大気圧低下量 Δp_{max} (hPa)	89	76
最大気圧低下率 $(dp/dt)_{max}$ (hPa/s)	45	53
設計飛来物の水平最大速度※ (m/s)	51	45(12)
設計飛来物の最大鉛直速度※ (m/s)	34	26(1)
設計飛来物の最大飛散距離※ (m)	340	174(7)
設計飛来物の最大飛散高さ※ (m)	47	2(1)

※()内は設計飛来物の初期高さ0m、()外は設計飛来物の初期高さ40mとし、TONBOS ver.3.6を用いて算出した値。

3. 安全設計における想定への対処

3.3 竜巻(8/9)【設計竜巻の特性値】

<竜巻の風速場モデルの比較>

- ・ 竜巻ガイドでは、米国NRCの基準類を参考に、竜巻の風速場モデルとしてランキン渦モデルの適用を推奨している。
- ・ フジタモデルは、米国NRCの要請により藤田博士が開発した竜巻風速場の工学モデルである。
- ・ フジタモデルの詳細な報告は、DOE向けにまとめられており、NRCガイドにも引用されている。NRCは両モデルを比較し、より単純なランキン渦モデルを選択している。
- ・ ランキン渦モデルは、地表面付近で非現実的な風速場となっている一方、フジタモデルは地表面で渦の中心に向かう水平方向の流れがモデル化されており、実現象をよく再現している。

飛来物評価モデルの比較

モデル名	メリット	問題点	評価
ランキン渦モデル	・非常に簡単な式で風速場を記述することができる。 ・NRCガイドで採用されており、利用実績が高い。	・上昇流が全領域に存在し、飛来物が落下しにくい。 ・風速場が高さに依存しないため、<u>地面付近では非現実的な風速場となる。</u>	○
フジタモデル	・<u>観測に基づき考案されたモデルであり、実際の風速場に近い。</u> ・比較的簡単な代数式で風速場を表現しうる。 ・NRCガイドでもランキン渦モデルと並列に参照されている。	・ランキン渦モデルと比較して、風況をモデル化する上で解析プログラムが複雑。(近年の計算機能力向上と竜巻評価コードの高度化により、問題点は解決された)	◎
非定常乱流渦モデル(LES)	・風速の時間的な変動(乱れ)をある程度模擬している。	・人為的な計算条件を用いるため<u>実際の竜巻を必ずしも再現していない。</u> ・膨大な計算機資源が必要であり、実務での評価には不向きである。	△

出典：原子力発電所の竜巻影響評価について
 ー設計風速および飛来物速度の評価ー 改定4
 2014年9月9日 日本保全学会 原子力規制関連事項検討会

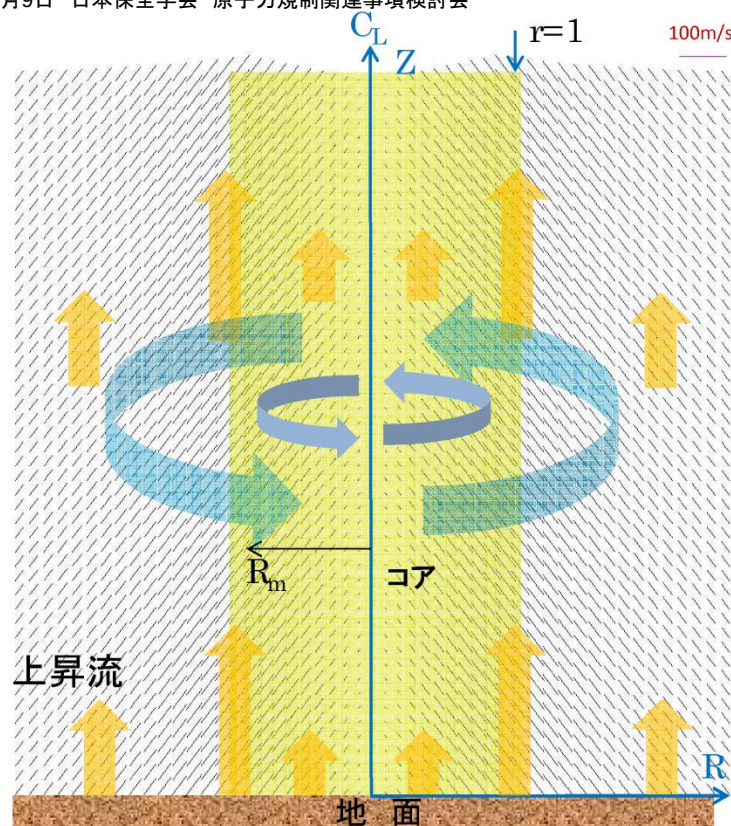
3. 安全設計における想定への対処

3.3 竜巻(9/9)【設計竜巻の特性値】

＜ランキン渦モデルとフジタモデルの風速場の比較＞

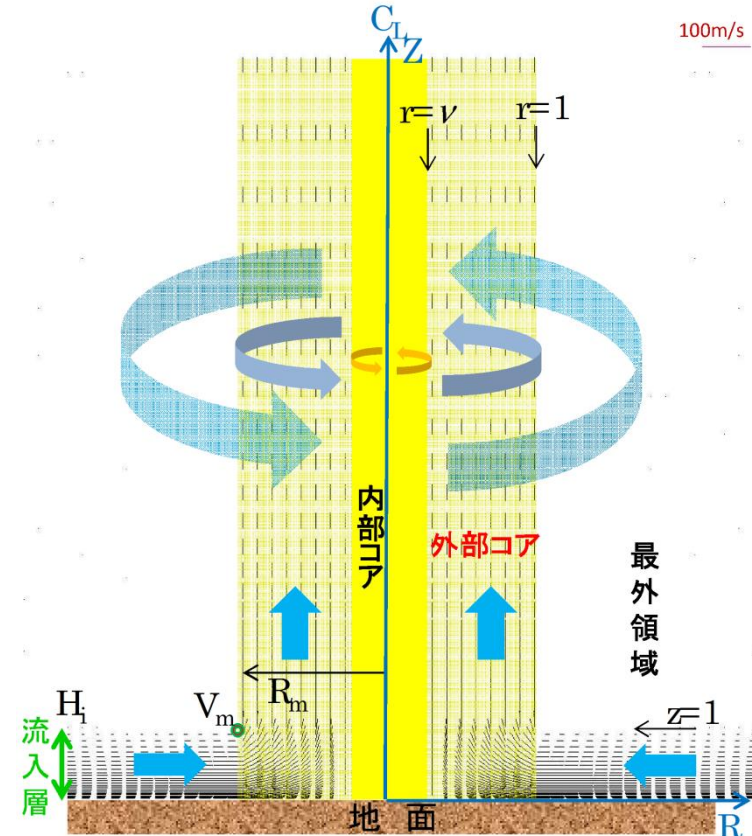
出典:原子力発電所の竜巻影響評価について
—設計風速および飛来物速度の評価— 改定4
2014年9月9日 日本保全学会 原子力規制関連事項検討会

無次元座標 $r = R / R_m$, $z = Z / H_i$



ランキン渦モデル

- 地面からも上昇流が発生するモデルとなっており、実現象と乖離している。
- 風速分布は高さに依存せず、竜巻全域に上昇流が存在する。



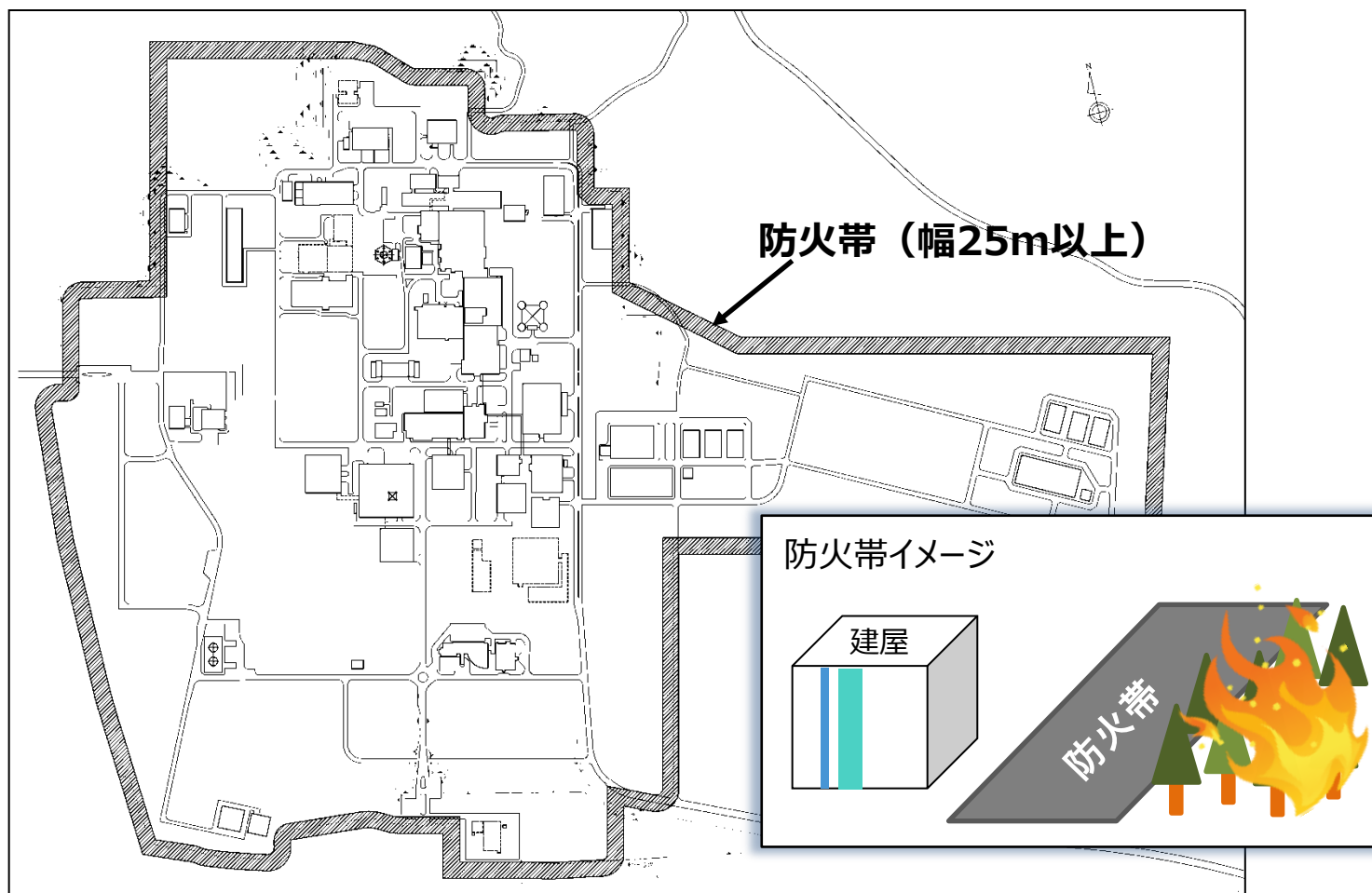
フジタモデル

- 地表面で渦の中心に向かう水平方向の流れがモデル化されており、実現象をよく再現している。
- 接線風速は高さ依存性があり、上昇流は外部コアのみに存在する。

3. 安全設計における想定への対処

3.4 外部火災(1/3)

再処理施設から12kmの範囲内での可燃物(植生)および風向き等の気象条件を基に森林火災を想定し、再処理施設への延焼を防止するため、幅25m以上の防火帯を再処理施設周辺に設置。

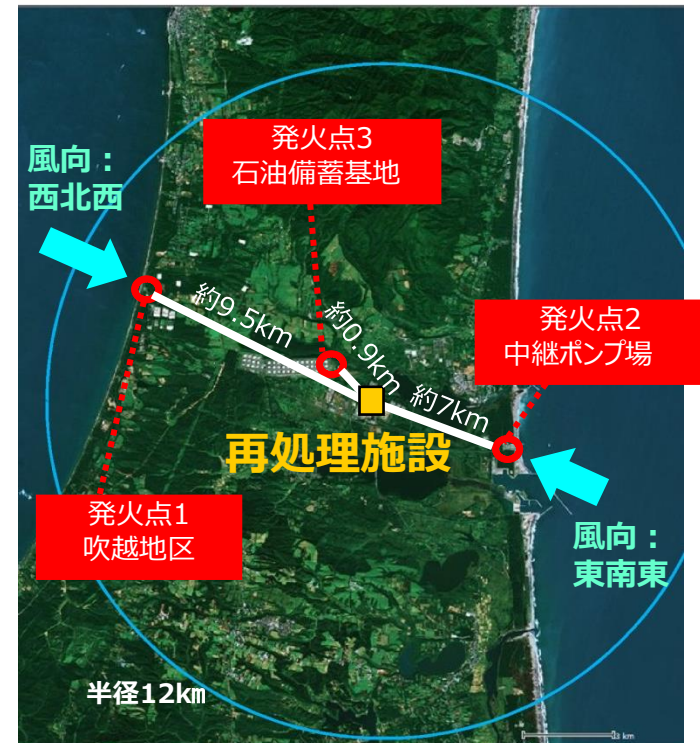


防火帯の配置図

3. 安全設計における想定への対処

3. 4 外部火災(2/3)

- 「外部火災影響評価ガイド」(平成25年6月19日 原子力規制委員会制定)に基づき、居住地域や人の立ち入りがある作業エリア(工場等)を発火点1~3として選定した上で、再処理施設から12kmの範囲内での可燃物(植生)、風向きを考慮して火災を想定し、防火帯の幅を算出。
- 外部火災による熱の影響がないことを評価により確認。
- 敷地内に設置している重油タンクの火災や可燃性ガスボンベの爆発に対しても影響がないことも評価により確認。



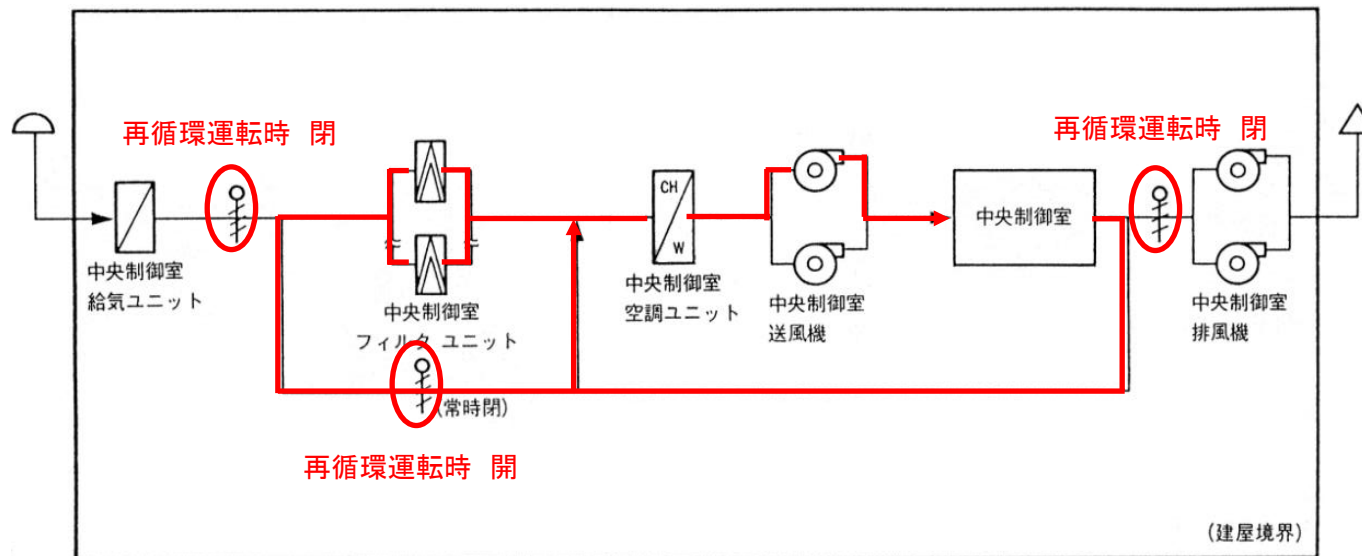
3. 安全設計における想定への対処

3.4 外部火災(3/3)

外部火災(備蓄基地火災、再処理施設敷地内の重油タンク)により発生する有毒ガス(CO_2 、 CO 、 SO_2 、 NO_2)に対して、空気中の有毒ガス濃度を測定し、必要により再循環運転を行うことで制御室の居住性を確保する。

＜制御建屋中央制御室換気設備の再循環運転の手順＞

- (1) 外部火災の発生が覚知された場合には、火災規模、発生箇所の方向、風向、ばい煙の流れ等をカメラ等にて確認し、火災により発生する有毒ガスを中央制御室換気設備に取り込む可能性がある場合は、中央制御室内の外気取入口において、炭酸ガス濃度計、 NO_x 検知器によって中央制御室内に取り込まれる空気中の有毒ガス濃度を測定する。
- (2) 有毒ガス濃度の測定値が居住性に影響を与えると判断された場合には、中央制御室換気設備の外気との連絡口を遮断し、再循環運転とすることにより、居住性を確保する。



制御建屋中央制御室換気設備の系統概要図



NO_x 検知器の例



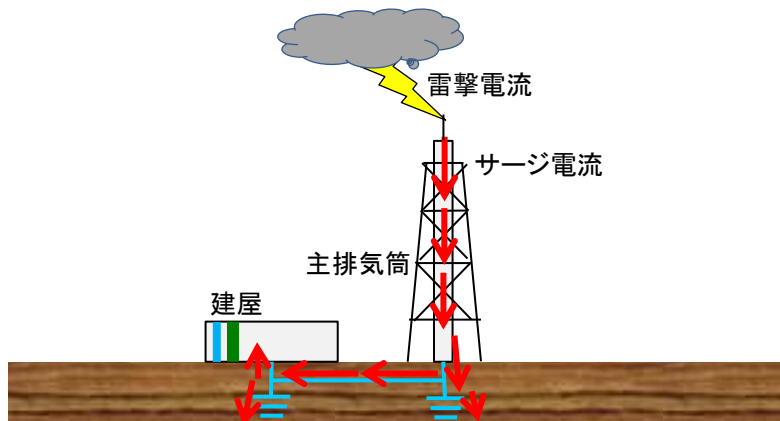
炭酸ガス濃度計の例

3. 安全設計における想定への対処

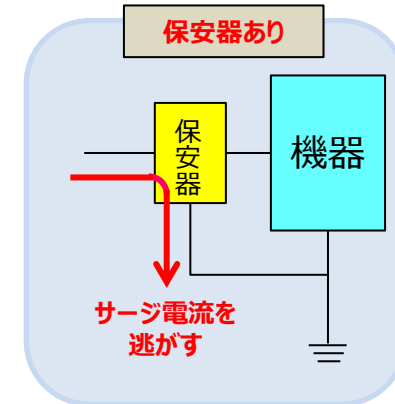
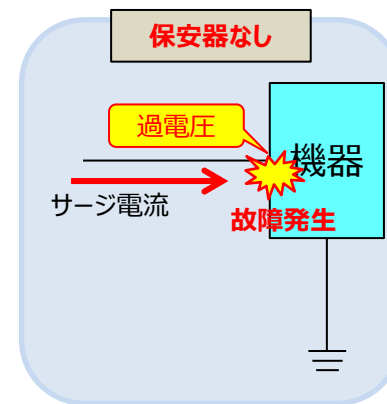
3.5 落雷(1/2)

想定雷撃電流270kAの落雷を想定(従来は150kA)し、保安器の設置、使用済燃料の再処理の停止等の措置等の安全対策を実施。

- ① 雷が落ちるポイント及びサージ電流の侵入経路を絞り込む。



- ② 安全上重要な施設の計測制御設備等に保護装置(保安器)等を設置し、サージ電流による機器の故障を防止する。



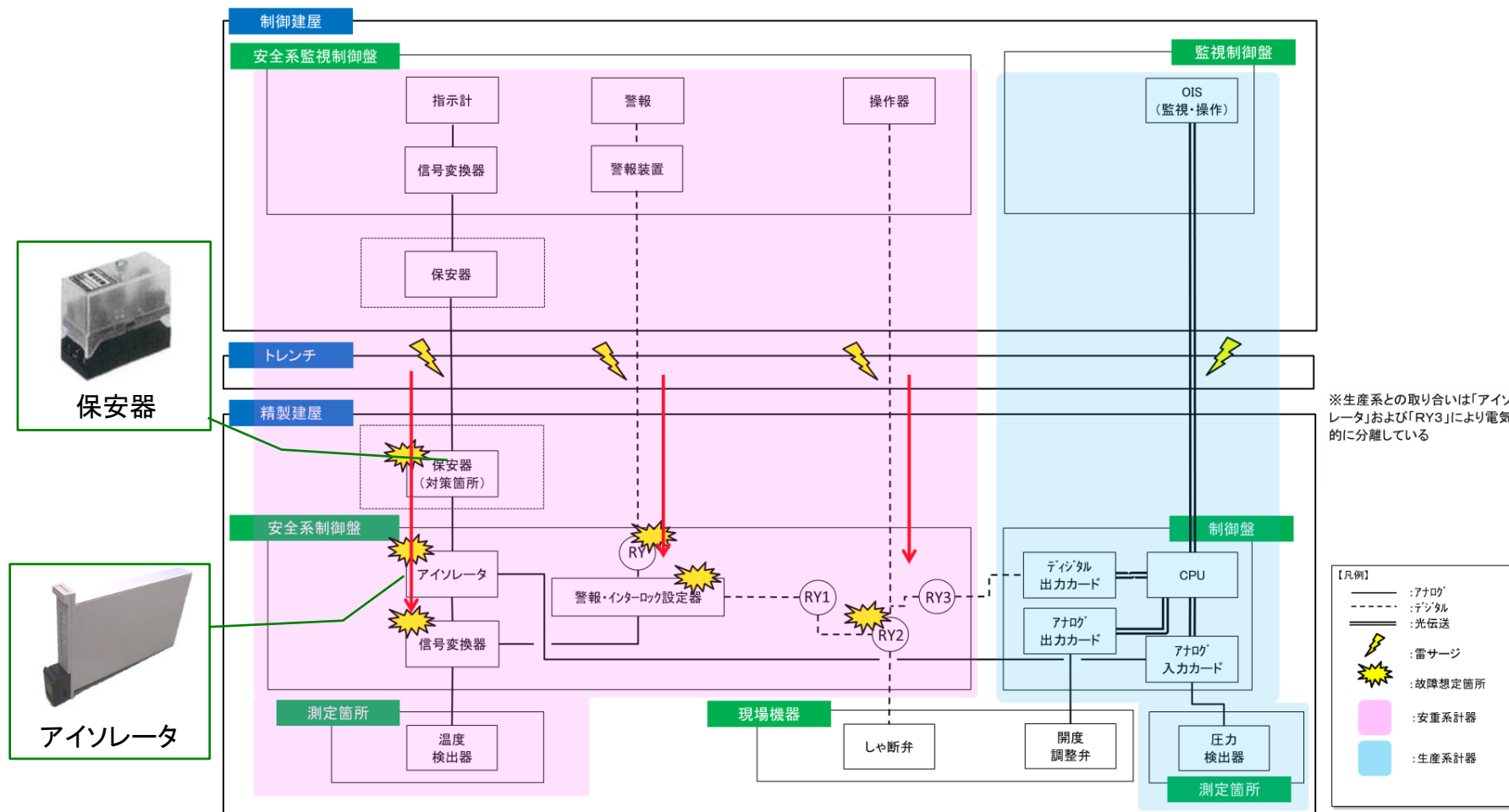
保安器



アイソレータ

3. 安全設計における想定への対処

3.5 落雷(2/2)



3. 安全設計における想定への対処

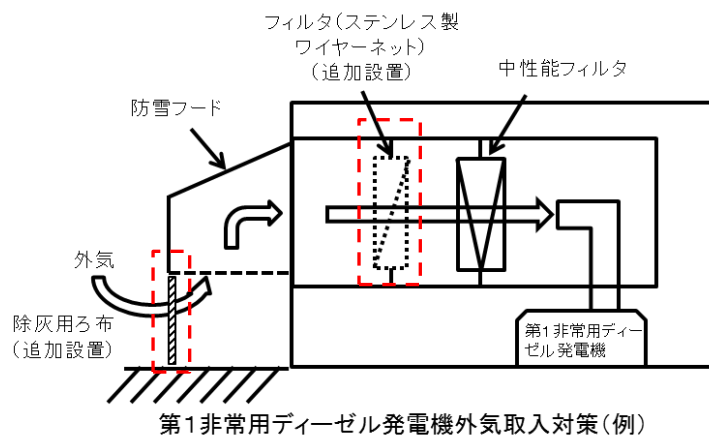
3. 6 火山(1/2)

降下火砕物の設計条件として層厚36cm、 $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ (湿潤状態の密度)を想定し、堆積荷重等の直接的影響及び外部電源喪失等の間接的影響により安全機能を損なわないよう防護対策(吸気側への粒子フィルタの追加設置、降下火砕物の除去)を実施。

火山の噴火に伴う降灰による設備の故障防止

- ① 外気取入口※1への除灰用ろ布の取り付けにより、フィルタの目詰まりを防止。
また、フィルタ(ステンレス製ワイヤーネット)の追加設置等により、目詰まりした際でも、フィルタの清掃や交換を実施。

※1 第1非常用DG、第2非常用DG、運転予備用、安全圧縮空気系空気圧縮機の外気取入口



フィルタ交換のイメージ

3. 安全設計における想定への対処

3. 6 火山(2/2)

② 屋外での使用を想定している設備※2を屋内へ移動させて使用

※2 電源車、可搬型空気圧縮機、可搬型中型移送ポンプ

【電源車の使用済燃料輸送容器管理建屋トレーラエリアへの配備例】

- ①外部電源喪失を想定し、電源車を使用済燃料輸送容器管理建屋トレーラエリアへ移動させる。
- ②隣の部屋から外気を取り入れるとともに、外気取入口には、火山灰が侵入し難いよう、除灰用ろ布、フィルタ(ステンレス製ワイヤーネット)を設置する。



使用済燃料輸送容器管理建屋における電源車配備状況

火山活動のモニタリング

カルデラ形成を伴う大規模噴火が発生する可能性は十分小さいが、モニタリングの結果、万が一、その可能性があるとは判断された場合

- ・使用済燃料の受入れを停止、新たなせん断処理を停止
- ・再処理している途中の核燃料物質等については製品化(ウラン酸化物粉末、ウラン・プルトニウム混合酸化物粉末やガラス固化体に)
- ・使用済燃料やガラス固化体等の搬出

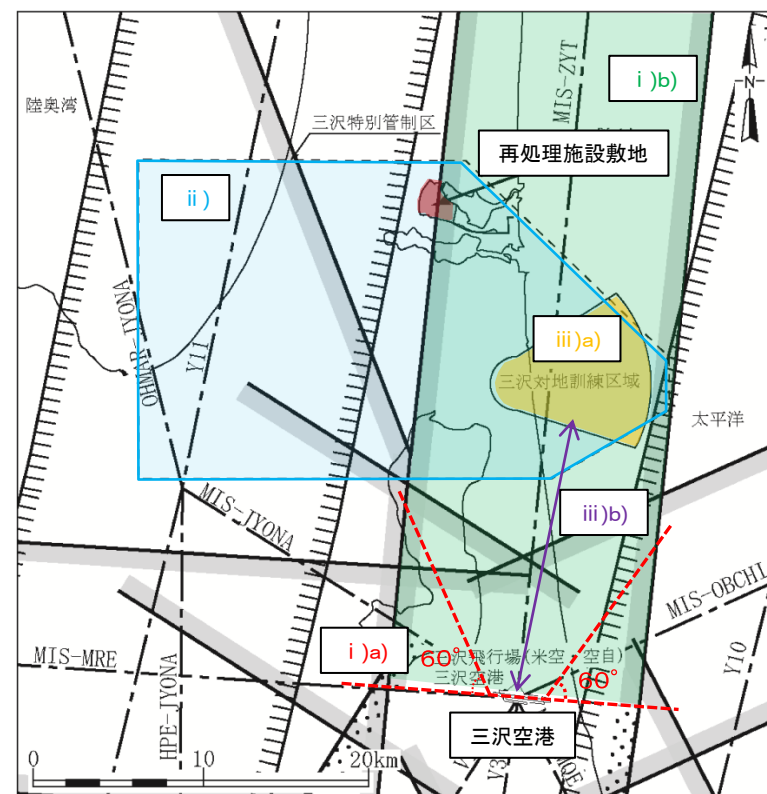
3. 安全設計における想定への対処

3. 7 航空機落下(1/2)

航空機落下では、航空機落下事故を分類し、各事故について落下確率評価を要否を確認。

落下確率評価が必要となる航空機落下事故について評価を実施。

落下事故の種類		落下確率評価の要否
i)計器飛行方式民間航空機の落下事故	a)飛行場での離着陸時における落下事故	評価対象外 再処理施設は、三沢空港の滑走路端から滑走路方向に対して±60°の扇型区域から外れるため評価不要。
	b)航空路を巡航中の落下事故	評価対象 再処理施設上空に民間航空機は飛行しないと推察される直行経路(三沢VORTAC一千歳TACAN)が存在している。保守的に民間航空機が飛行することを想定し評価対象とする。
ii)有視界飛行方式民間航空機の落下事故		評価対象外 再処理施設上空の三沢特別管制区は、航空法により有視界飛行方式民間航空機の飛行が制限されていることから、落下確率評価の対象から除外する。
iii)自衛隊機又は米軍機の落下事故	a)訓練空域内を訓練中及び訓練空域周辺を飛行中の落下事故	評価対象 (訓練空域周辺を飛行中の落下事故の評価が必要)
	b)基地ー訓練空域間を往復時の落下事故	評価対象外 再処理施設は、基地ー訓練空域間の往復の想定飛行範囲内に位置しないため評価不要。



再処理施設周辺の航空路等図

3. 安全設計における想定への対処

3. 7 航空機落下(2/2)



再処理施設への航空機落下確率は、ガイド※に示される「想定される外部人為事象」として考慮すべきか否かの判断基準である 10^{-7} 回／年未満であることを確認。

航空機落下確率評価の結果

落下事故の種類		落下確率 (回／年)	落下確率の総和 (回／年)	判断基準 (回／年)
計器飛行方式 民間航空機の 落下事故	飛行場での離着陸時 における落下事故	—	7.5×10^{-8}	1×10^{-7}
	航空路を巡航中の落下事故	2.6×10^{-10}		
有視界飛行方式民間航空機の落下事故		—		
自衛隊機又は 米軍機の落下 事故	訓練空域内を訓練中及び 訓練空域周辺を飛行中の落下	7.5×10^{-8}		
	基地－訓練空域間を 往復時の落下事故	—		

※「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について」
(平成14. 07. 29原院第4号 (平成14年 7月30日原子力安全・保安院制定))

4. 重大事故等への対処 (第28条～第47条)

4. 重大事故等への対処

4. 1 重大事故等への対処方針

4. 1. 1 基本概念(1/2)



深層防護の考え方に基づき、重大事故等の発生を防止するとともに、重大事故等による影響を低減するため重大事故等への対処の基本概念を以下のとおり定める。

- ①安全機能が喪失したとしても、放射性物質を放出する事故に至ることを防止する
- ②放射性物質を放出する事故に至ったとしても、事故の拡大を防止する
- ③放射性物質を放出する事故に至ったとしても、可能な限り放射性物質を再処理施設内に閉じ込める

4. 重大事故等への対処

4. 1 重大事故等への対処方針

4. 1. 1 基本概念(2/2)



重大事故等への対処として、基本概念に沿った以下の3つの対策及び放出抑制の措置、並びにこれらを継続するための支援を実施する。

➤ 発生防止対策

安全機能が喪失したとしても、放射性物質を放出する事故に至ることを防止するための措置として実施する。

➤ 拡大防止対策

放射性物質を放出する事故に至ったとしても、事故の拡大を防止するための措置として実施する。

➤ 異常な水準の放出防止対策

放射性物質を放出する事故に至ったとしても、放射性物質を再処理施設内に閉じ込めるための措置として実施する。

➤ 放射性物質及び放射線の放出抑制

事業所外への放射性物質又は放射線の放出のおそれがある場合に、その放出を抑制するための措置として実施する。

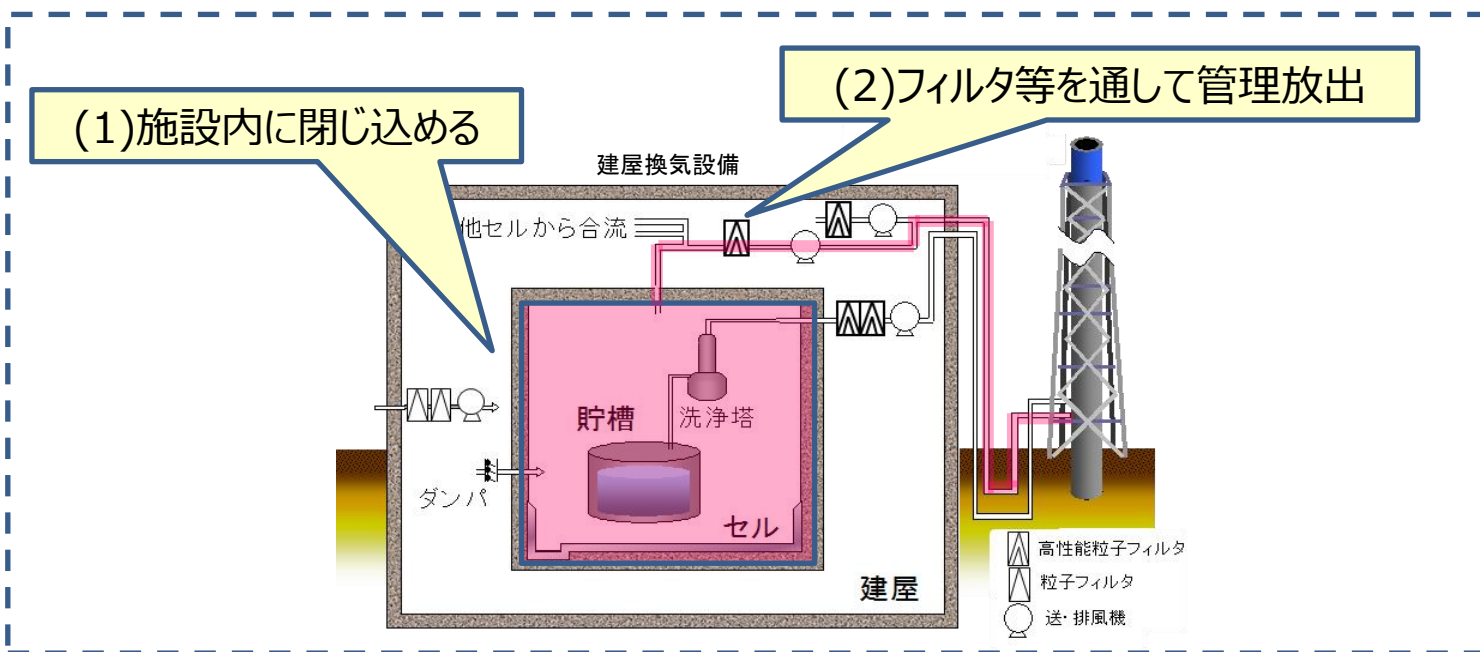
4. 重大事故等への対処

4. 1 重大事故等への対処方針

4. 1. 2 対処の基本方針(1/3)

①放射性物質を施設内に閉じ込める。放出する場合は管理放出する。

- 対処においては、放射性物質を再処理施設内に閉じ込めることが最も重要な安全機能であると位置づけ、発生する放射性物質を構造に一定の頑健性のある大容量を有したセルを活用して、放射性物質の減衰、沈着等の効果を期待し、可能な限り再処理施設内に閉じ込める。
- セルの内圧上昇等の二次的リスクが発生する可能性がある場合に限り、フィルタ等を通し管理放出することにより、重大事故等の発生による公衆への影響を低減する。



4. 重大事故等への対処

4. 1 重大事故等への対処方針

4. 1. 2 対処の基本方針(2/3)

②可搬型の設備を用いて対処する。

・地震により常設の設備が使用できなくなる可能性を踏まえて、主に可搬型の設備を用いて対処を行う。

<可搬型設備の一例>

<冷却機能の喪失による蒸発乾固>



中型移送ポンプ



大型移送ポンプ車

<電源の喪失>



電源車



可搬型発電機

<臨界>



可搬型中性子吸収材供給器

<放射線分解による水素爆発>



可搬型空気圧縮機

4. 重大事故等への対処

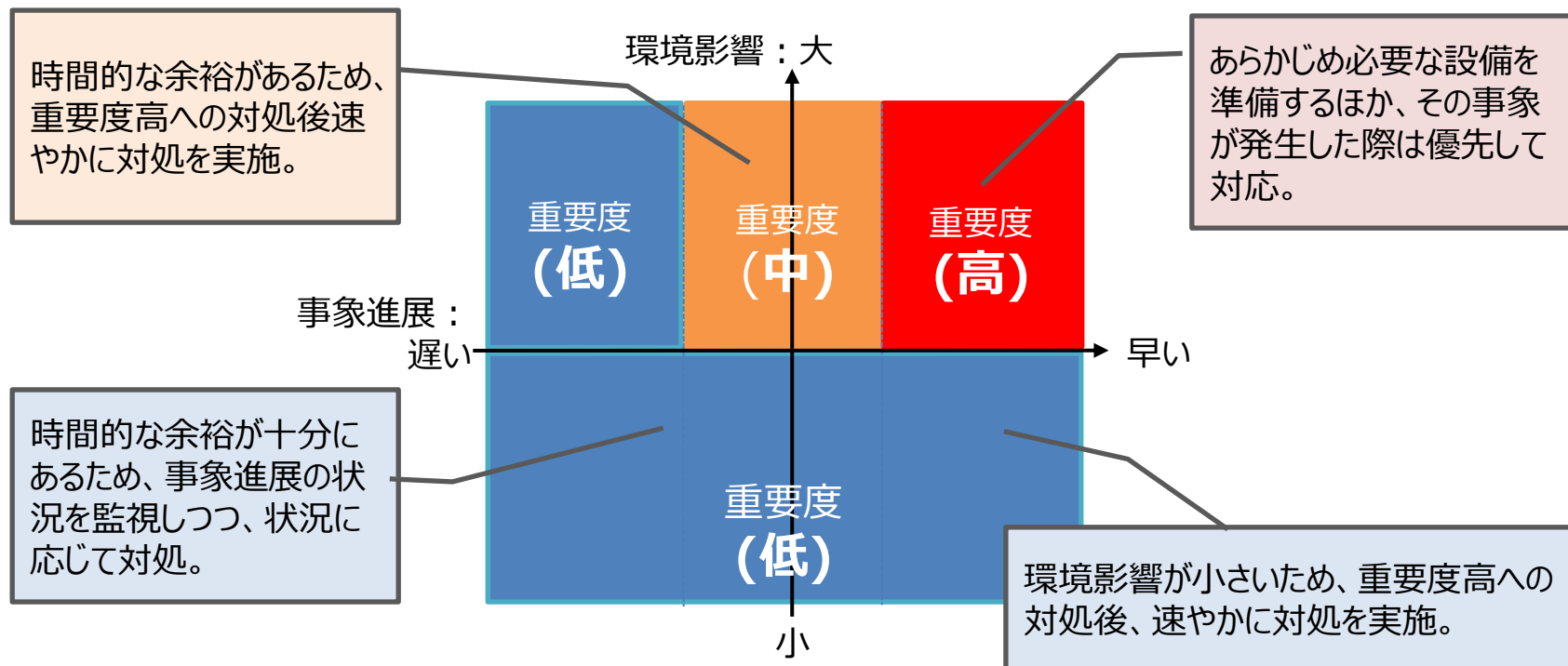
4. 1 重大事故等への対処方針

4. 1. 2 対処の基本方針(3/3)



③優先順位を定めて対処する。

- ・再処理工場では、全交流動力電源の喪失等により複数の事故が同時に発生する可能性がある。
- ・そのため、安全機能の喪失から放射性物質放出に至るまでの「事象進展の早さ」と放出される放射性物質の量による「環境影響の大きさ」の観点から事故を分類し、その重要度に応じ、優先順位を定めて対処を実施する。



4. 重大事故等への対処

4. 1 重大事故等への対処方針

4. 1. 3 使用済燃料の条件変更(1/2)

- 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の燃料貯蔵プールの容量3,000tUのうち、冷却期間4年以上12年未満の使用済燃料の貯蔵量が600tU未満であり、それ以外は冷却期間12年以上の使用済燃料となるように、新たに受け入れる使用済燃料の冷却期間を制限する。
- せん断処理するまでの冷却期間が15年以上となるように計画し管理する。



- 重大事故等の対処に要する時間を確保し、重大事故等の対処の実施を確実にする。
- 重大事故等が発生した際の一般公衆及び放射線業務従事者等への放射性物質等による影響を低減する効果を期待する。

4. 重大事故等への対処

4. 1 重大事故等への対処方針

4. 1. 3 使用済燃料の条件変更(2/2)

①各種溶液の代表的な崩壊熱密度

溶液の種類	崩壊熱密度	
	4年	15年
溶解液	1500W/m ³	600W/m ³
抽出廃液	790W/m ³	290W/m ³
Pu濃縮液	8800W/m ³	8600W/m ³
不溶解残渣廃液	6200W/m ³	4W/m ³
高レベル濃縮廃液	10000W/m ³	3600W/m ³

②放射能量の観点

- ・蒸発乾固の特徴的核種であるルテニウム(半減期約1年)の放射能量:約1/2000
- ・セシウム、ストロンチウム(半減期約30年)の放射能量:約2割低減

		冷却年数4年 (標準燃料条件)	冷却年数15年
R u 1 0 6	高レベル濃縮廃液中の Ru106総量	$3.0 \times 10^6 \text{TBq}$	$1.5 \times 10^3 \text{TBq}$

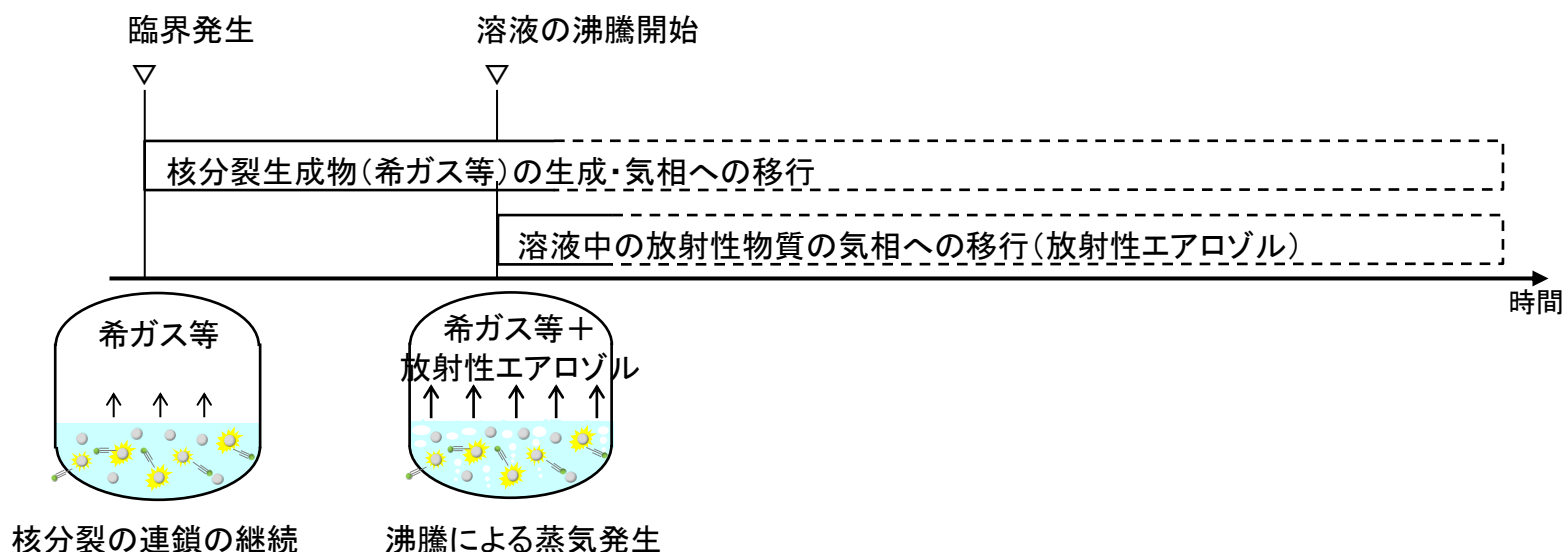
4. 重大事故等への対処

4. 2 臨界事故への具体的対処(1/4)

【臨界事故の特徴】



- 重大事故として想定する臨界事故では、プロセス変動を放置することによるプルトニウム濃度等の未臨界限度の超過、誤移送又はプルトニウムの沈殿の生成により臨界事故が発生することを想定する。
- 臨界事故においては、ウラン及びプルトニウムの核分裂の連鎖反応により、新たな核分裂生成物が生成するとともに、核分裂により放出される熱エネルギーによって溶液の温度が上昇する。新たに生成する核分裂生成物のうち希ガス、よう素等が気相中に放出される。また、溶液の温度が上昇し沸点に至ると、溶液の蒸発に伴う放射性物質が気相中に放出される。



臨界については、十分な裕度をもった核的制限値の設定や単一故障基準の要求があり、これを厳格に適用した安全設計と安全管理により事故の発生の可能性は極めて低いが、再処理施設の特徴を考慮し、臨界事故を重大事故として、対策を整備した。

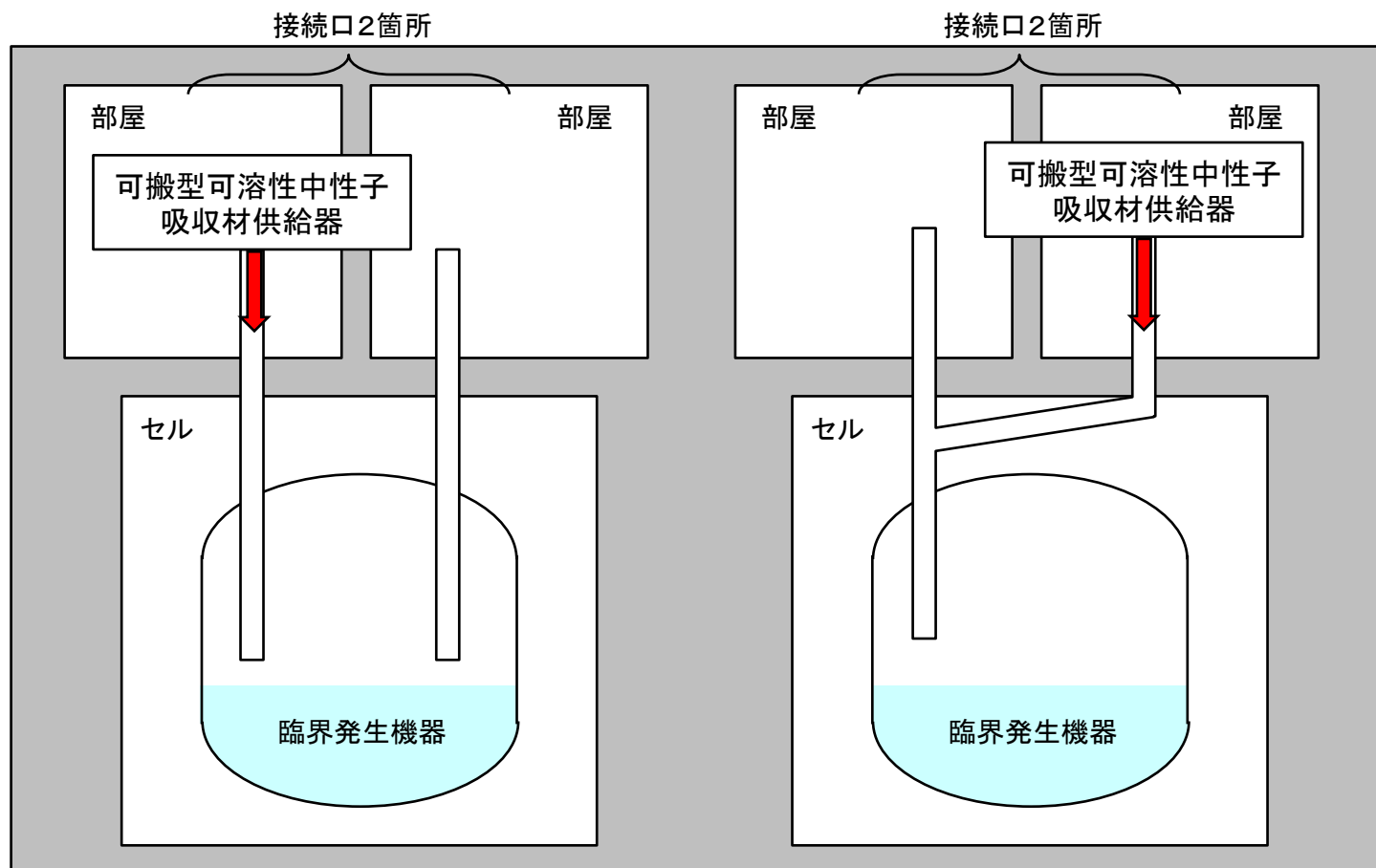
4. 重大事故等への対処

4. 2 臨界事故への具体的対処(2/4)

【拡大防止対策】



臨界事故が発生している貯槽等に、可搬型可溶性中性子吸収材供給器(手動供給ポンプ、供給ホース及び供給容器)を接続し、可溶性中性子吸収材を供給する。



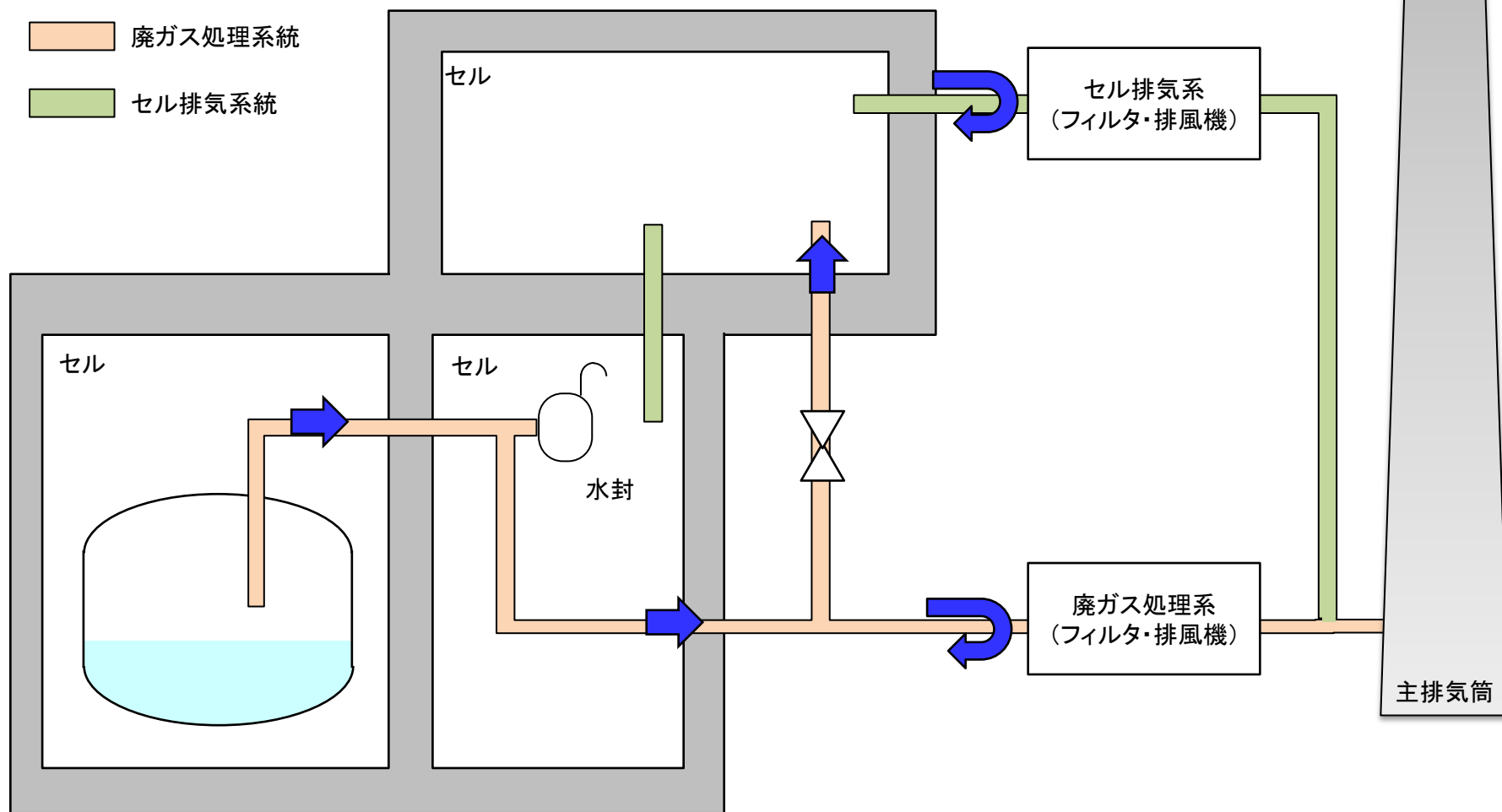
拡大防止対策の概要図

4. 重大事故等への対処

4. 2 臨界事故への具体的対処(3/4)

【異常な水準の放出防止対策(セルへの導出及び滞留)】

臨界事故が発生した場合に放出される放射性物質をセルに導出し、セルに閉じ込めることで放射性エアロゾルの沈着、短半減期核種の減衰等を図る。また、放射性物質がセル内から建屋内へ漏れいしているおそれが確認された場合には、建屋内に閉じ込める。

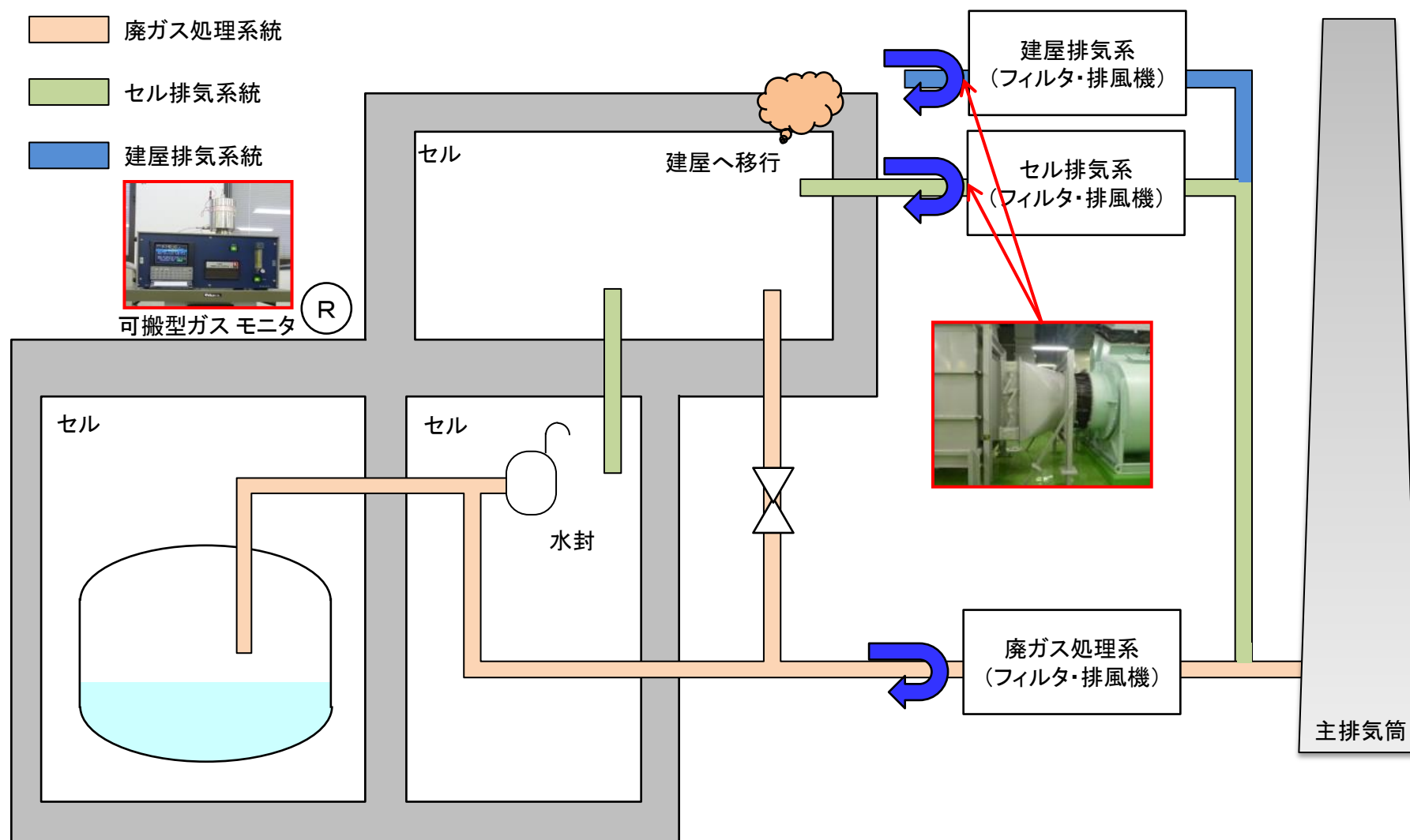


異常な水準の放出防止対策の概要図(セルへの導出及び滞留)

4. 重大事故等への対処

4. 2 臨界事故への具体的対処(4/4)

【異常な水準の放出防止対策(建屋での滞留)】

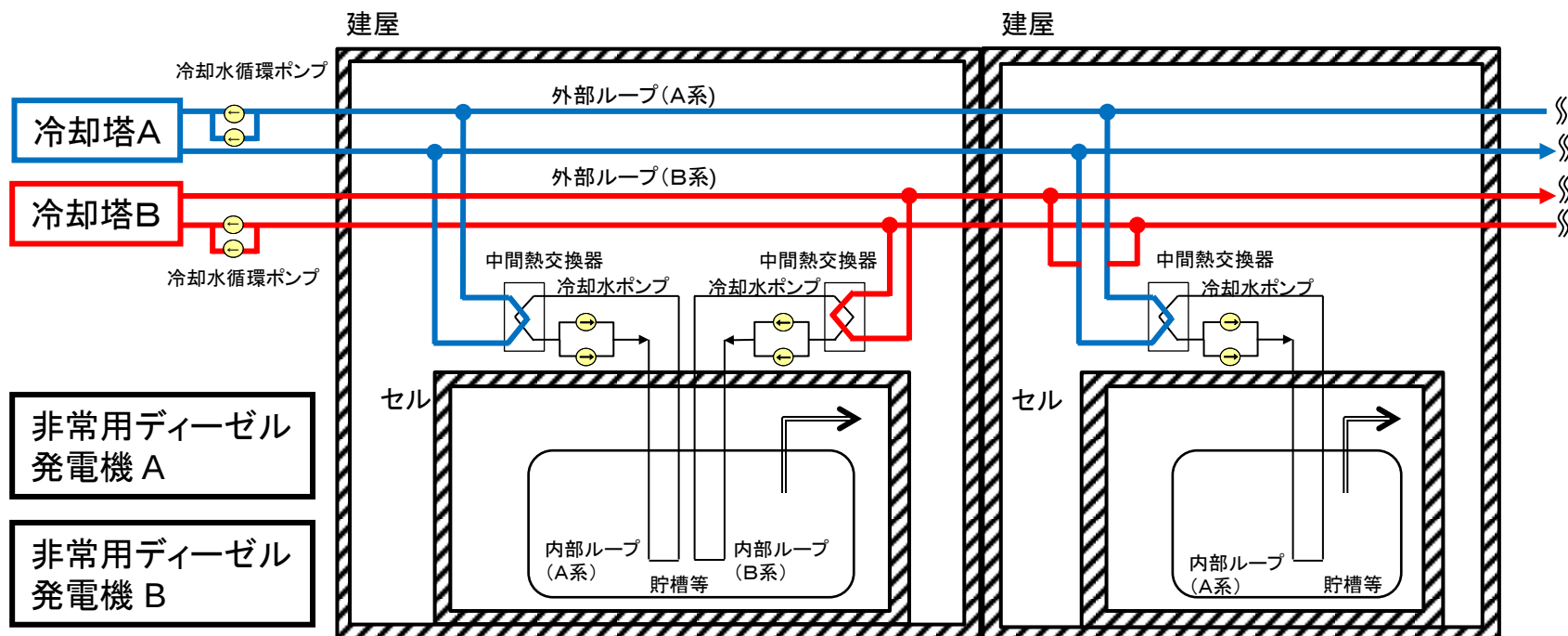


異常な水準の放出防止対策の概要図(建屋での滞留)

4. 重大事故等への対処

4. 3 蒸発乾固への具体的対処(1/6)

【安全冷却水系の特徴】



- (1)貯槽等で発生する崩壊熱を除去する内部ループと、除去した熱を外部へ排出するための外部ループで構成する。
- (2)外部ループは独立した2系列により構成し、1系列の運転でも崩壊熱除去に必要な容量を有する。また、各系列の冷却水循環ポンプ等の動的機器は多重化している。
- (3)冷却機能が喪失してから沸騰に至るまでの時間が比較的長い貯槽等の内部ループは、1系列で構成される。冷却機能が喪失してから沸騰に至るまでの時間が短い貯槽等の内部ループは2系列により構成され、1系列の運転でも崩壊熱除去に必要な容量を有する。
- (4)動的機器は、外部電源が喪失した場合でも機能を期待できるよう、非常用所内電源系統に接続する。

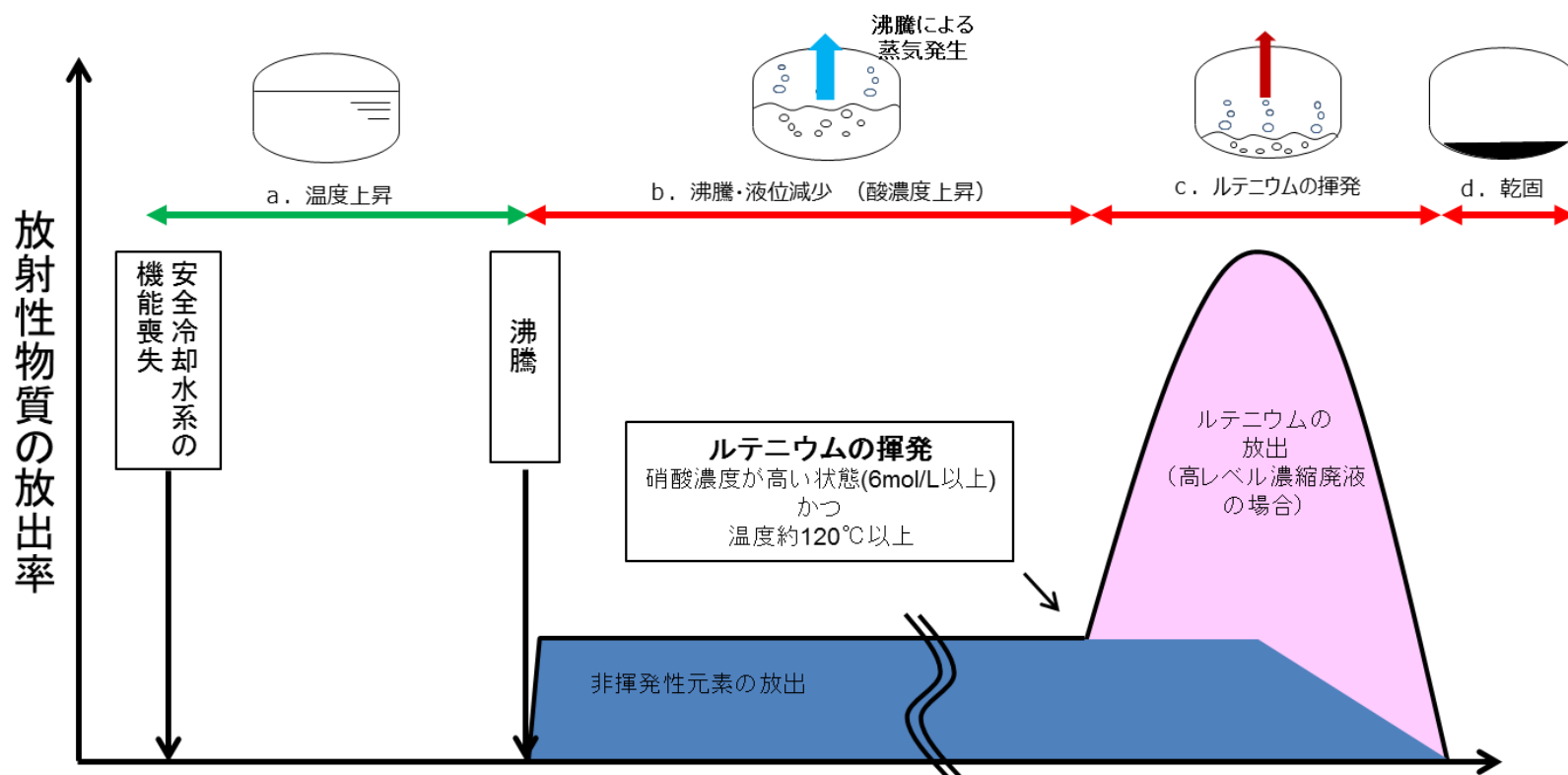
4. 重大事故等への対処

4. 3 蒸発乾固への具体的対処(2/6)

【蒸発乾固の特徴】



- 蒸発乾固は、溶液の温度上昇を経た後、沸騰に至ることで環境への放出量が増大し、さらに、沸騰継続による溶液中のRuの化学形態の変化による放出量のさらなる増大という特徴を有する(放出挙動の変化が2回ある)。
- 沸騰に至るまでの時間、沸騰状態における放射性物質の放出率は、溶液が有する崩壊熱(溶液の放射性物質の濃度)に依存する。

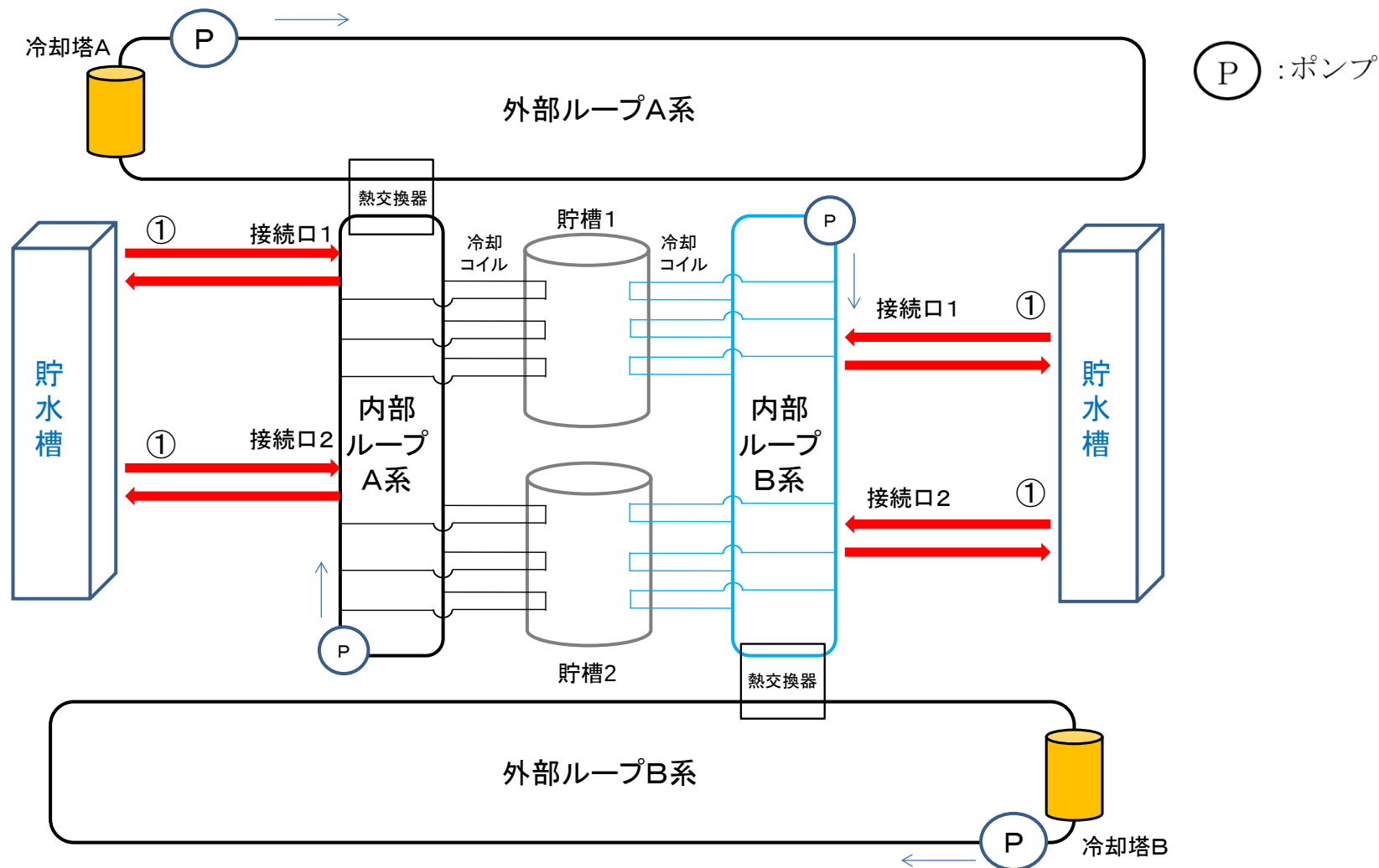


4. 重大事故等への対処

4. 3 蒸発乾固への具体的対処(3/6)

【発生防止対策(内部ループへの注水)】

内部ループに注水することにより貯槽等を冷却する。注水に使用する水は、敷地内の貯水槽から移送するほか、敷地外の水源として二又川及び尾駁沼から取水する。



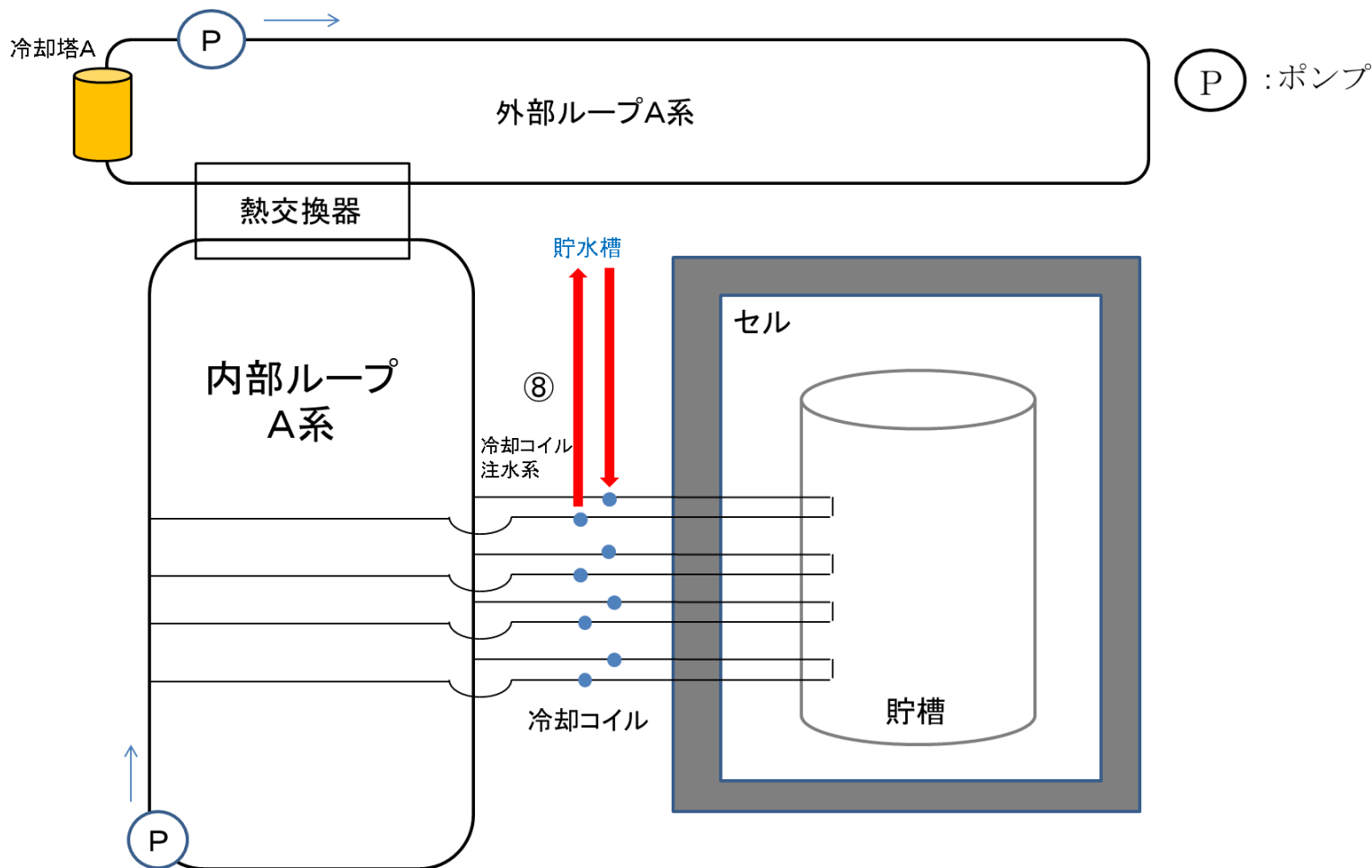
内部ループへの注水の概要図

4. 重大事故等への対処

4. 3 蒸発乾固への具体的対処(4/6)

【発生防止対策(冷却コイル等へのへの注水)】

内部ループの健全性が確保できず、内部ループへの注水が実施できない場合には、貯槽ごとに冷却コイル等への注水を行う。



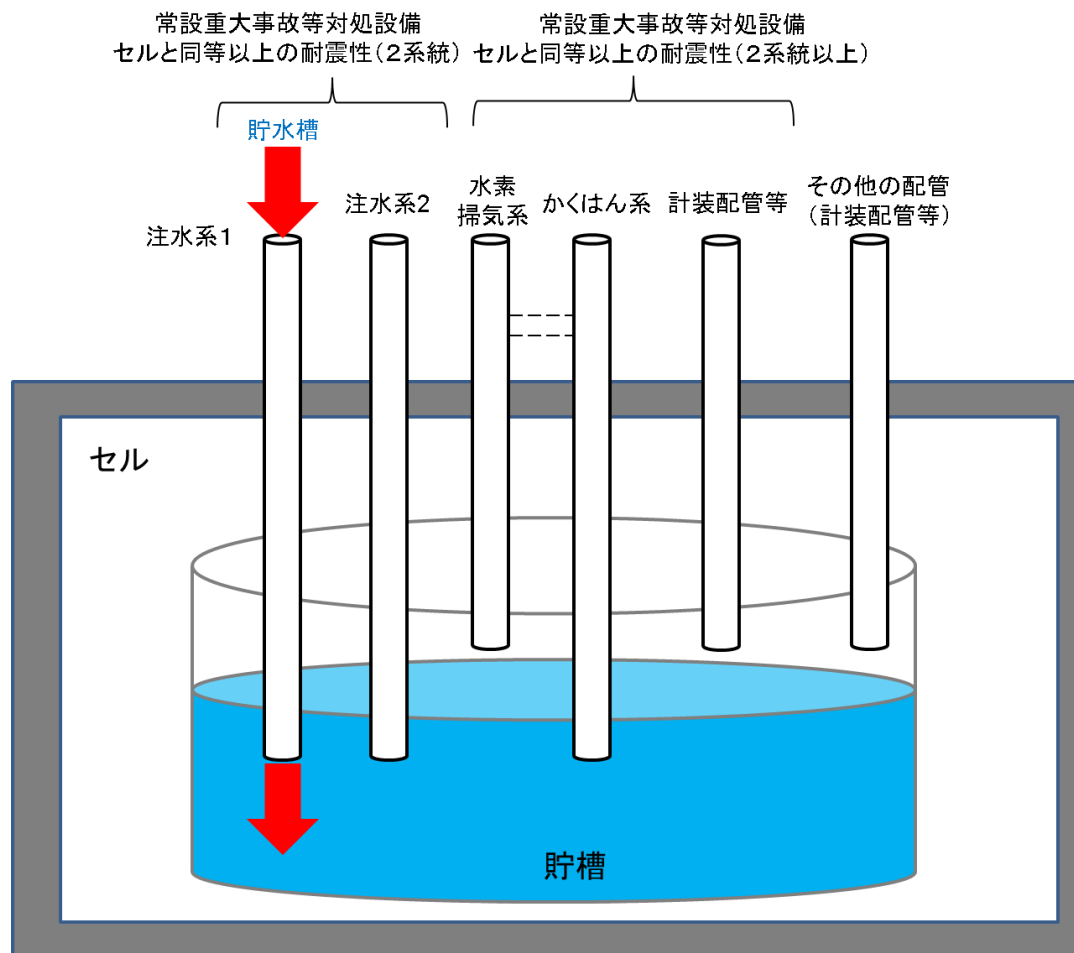
冷却コイル等への注水の概要図

4. 重大事故等への対処

4. 3 蒸発乾固への具体的対処(5/6)

【拡大防止対策(貯槽への直接注水)】

未然防止対策(内部ループへの注水)を失敗した場合、放射性物質の発生抑制及び蒸発乾固の進行緩和対策として、貯槽への直接注水により事象の進展防止を図る。



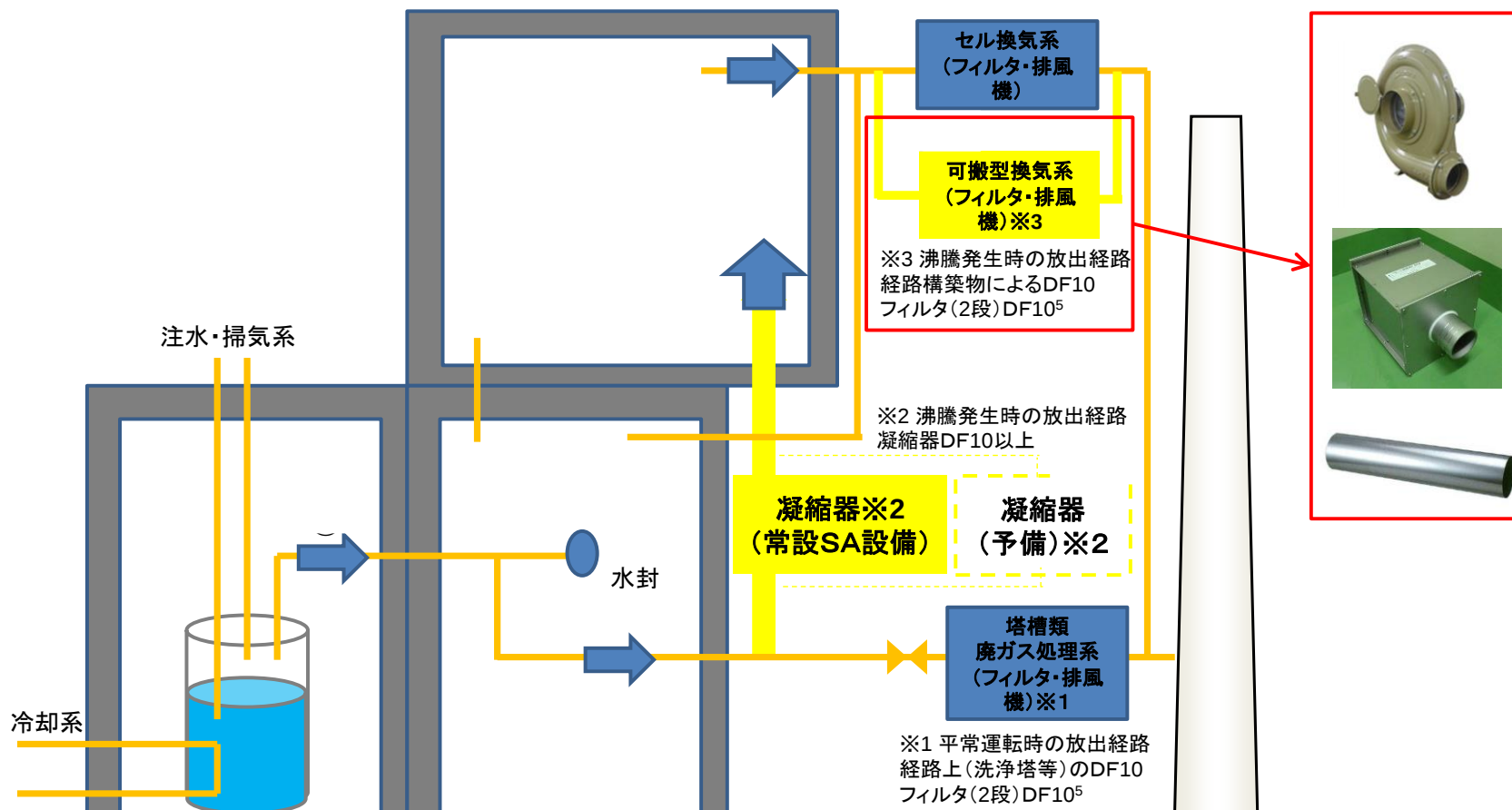
拡大防止対策の概要図

4. 重大事故等への対処

4. 3 蒸発乾固への具体的対処(6/6)

【異常な水準の放出防止対策】

貯槽内の溶液が沸騰した場合に放出される放射性物質をセルに導出し、セルに閉じ込めることで放射性エアロゾルの沈着を図るとともに、セルの内圧が上昇し、経路外放出の可能性が高まった場合には、必要に応じて高性能粒子フィルタを有した代替換気設備を通じて排気筒から管理放出する。



異常な水準の放出防止対策の概要図

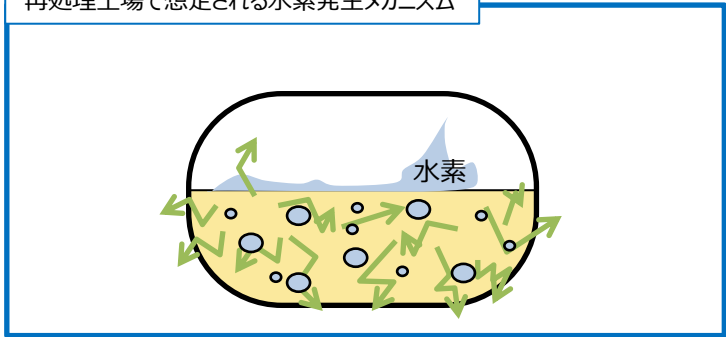
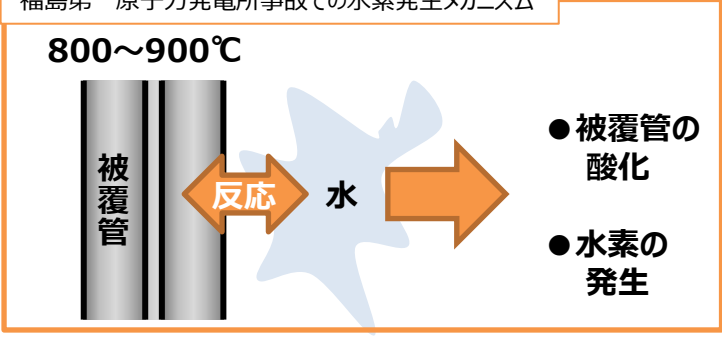
4. 重大事故等への対処

4. 4 水素爆発への具体的対処(1/5)

【水素爆発の特徴】



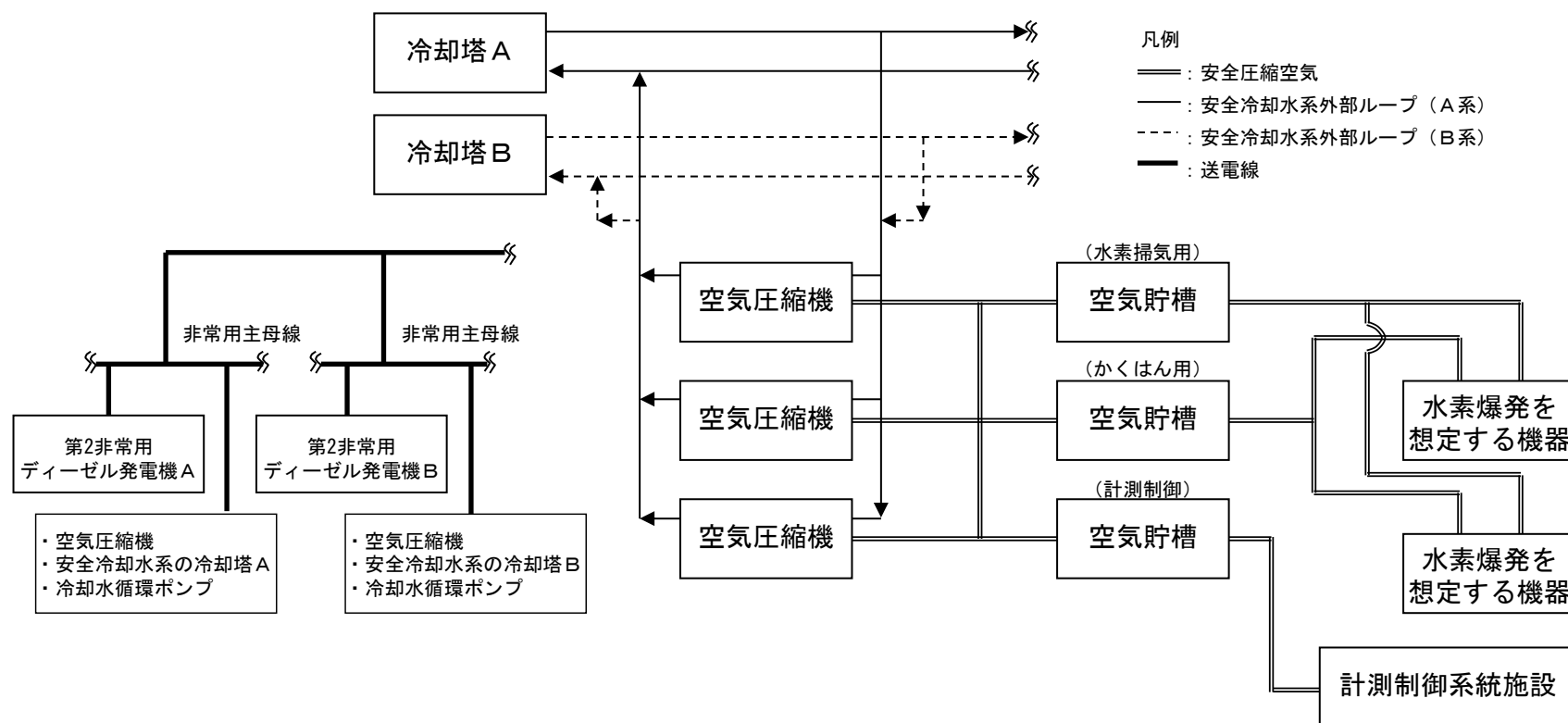
- 再処理工場では放射性物質の多くは溶液の形態で貯蔵され、溶液内で放出された放射線により溶媒が分解されることで発生する水素(放射線分解により発生する水素)が蓄積することが想定される。
- そのため、機器内の水素濃度が水素の可燃限界濃度である4vol%に短時間で達するおそれのある機器に対し、常に空気圧縮機から空気を供給している。

再処理工場	福島第一原子力発電所事故
水素の発生速度($\sim 3 \times 10^{-2}$ kg/h)は、水-ジルカロイ反応による水素発生速度($\sim 4 \times 10^2$ kg/h)よりも極めて遅く、かつ水素が存在する環境が500℃程度の高温になることは想定し難い。⇒福島第一原子力発電所事故のような規模の水素爆発は発生し難い。	高温になった被覆管と水の急激な化学反応(水-ジルカロイ反応)により水素が発生し、可燃濃度領域の水素が高温環境にさらされることで発火点の約500℃に達し、着火・爆発に至ったと考えられる。
再処理工場で想定される水素発生メカニズム 	福島第一原子力発電所事故での水素発生メカニズム 800～900℃ 

4. 重大事故等への対処

4. 4 水素爆発への具体的対処(2/5)

【安全圧縮空気系の特徴】



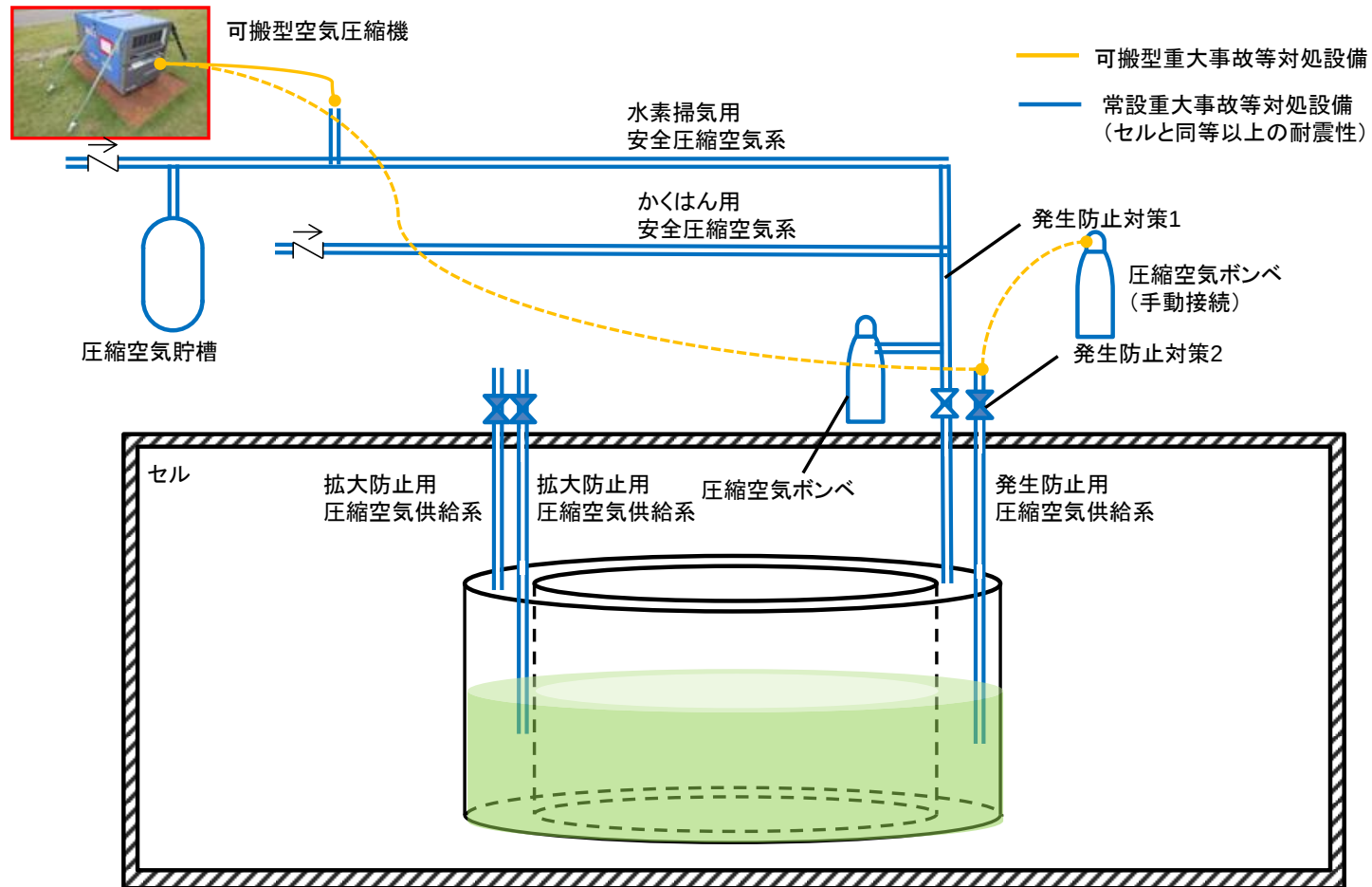
- (1) 3台の空気圧縮機及び水素掃気用、計測制御用、かくはん用の3基の空気貯槽等で構成し、各施設に圧縮空気を供給する。
- (2) 空気圧縮機は、1台でも必要な圧縮空気量を供給する容量を有する。
- (3) 空気圧縮機の運転に必要な冷却水は、安全冷却水系から供給する。
- (4) 空気圧縮機等の動的機器の単一故障を仮定しても、その安全機能が確保できるように多重化されている。
- (5) 空気圧縮機等は、非常用所内電源系統に接続することにより、外部電源が喪失した場合でも、その安全機能を確保できる設計としている。
- (6) 水素掃気用の空気貯槽は、短時間の全交流動力電源の喪失時においても、その安全機能を確保できる容量としている。

4. 重大事故等への対処

4. 4 水素爆発への具体的対処(3/5)

【発生防止対策】

代替圧縮空気供給設備による水素掃気用安全圧縮空気系等(2系統以上)への圧縮空気の供給を実施し、事故を収束させる。なお、前記対策の時間確保の観点から、水素掃気機能喪失から24時間は、多重化した常設の圧縮空気貯槽等から自動又は手動で水素掃気用安全圧縮空気系等へ圧縮空気の供給を実施する。

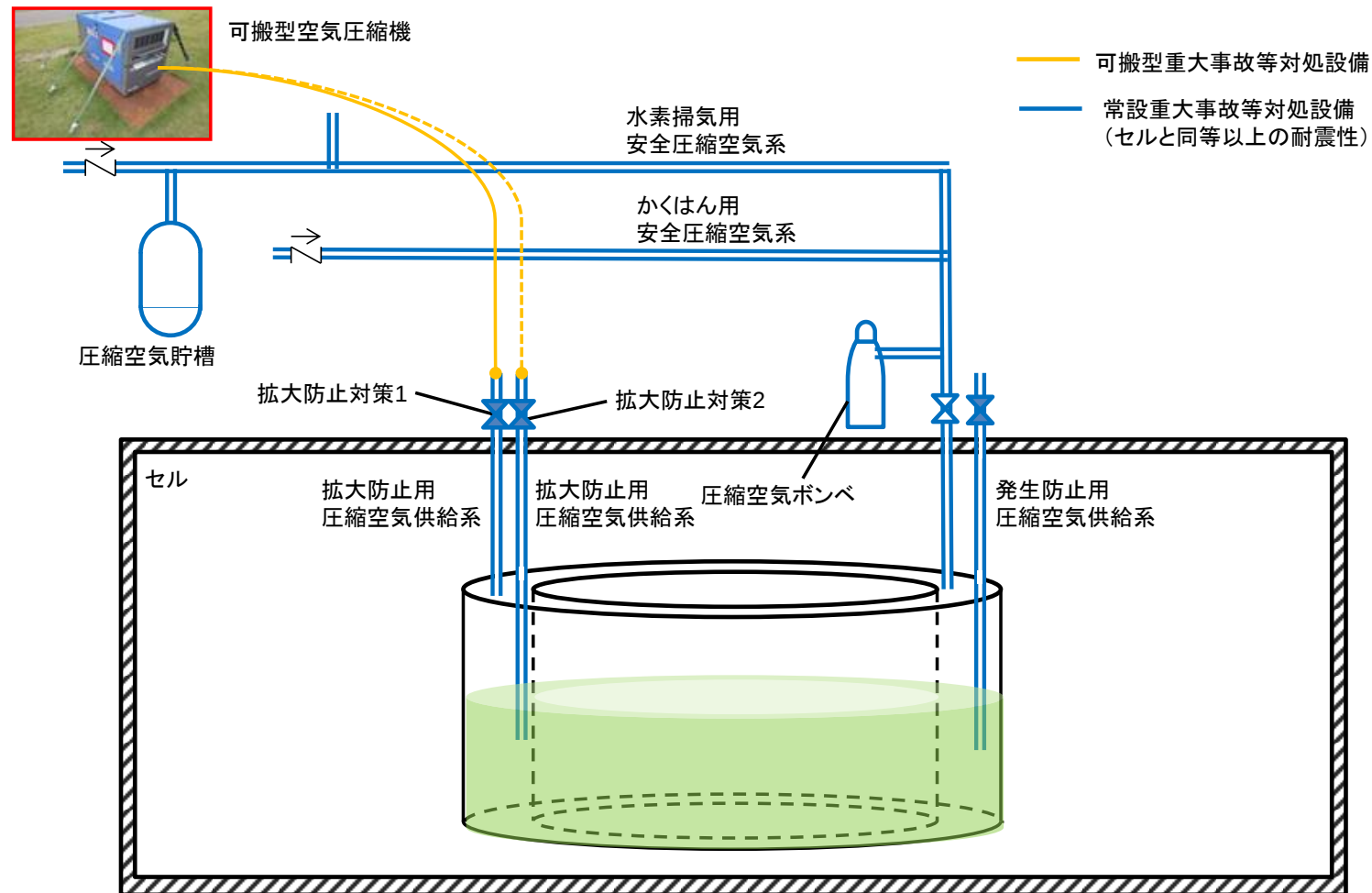


4. 重大事故等への対処

4. 4 水素爆発への具体的対処(4/5)

【拡大防止対策】

発生防止対策として水素掃気用安全圧縮空気系等への圧縮空気の供給が失敗した場合は、別の空気供給配管(2系統以上)のうち、いずれかの1系統から圧縮空気の供給を実施する。



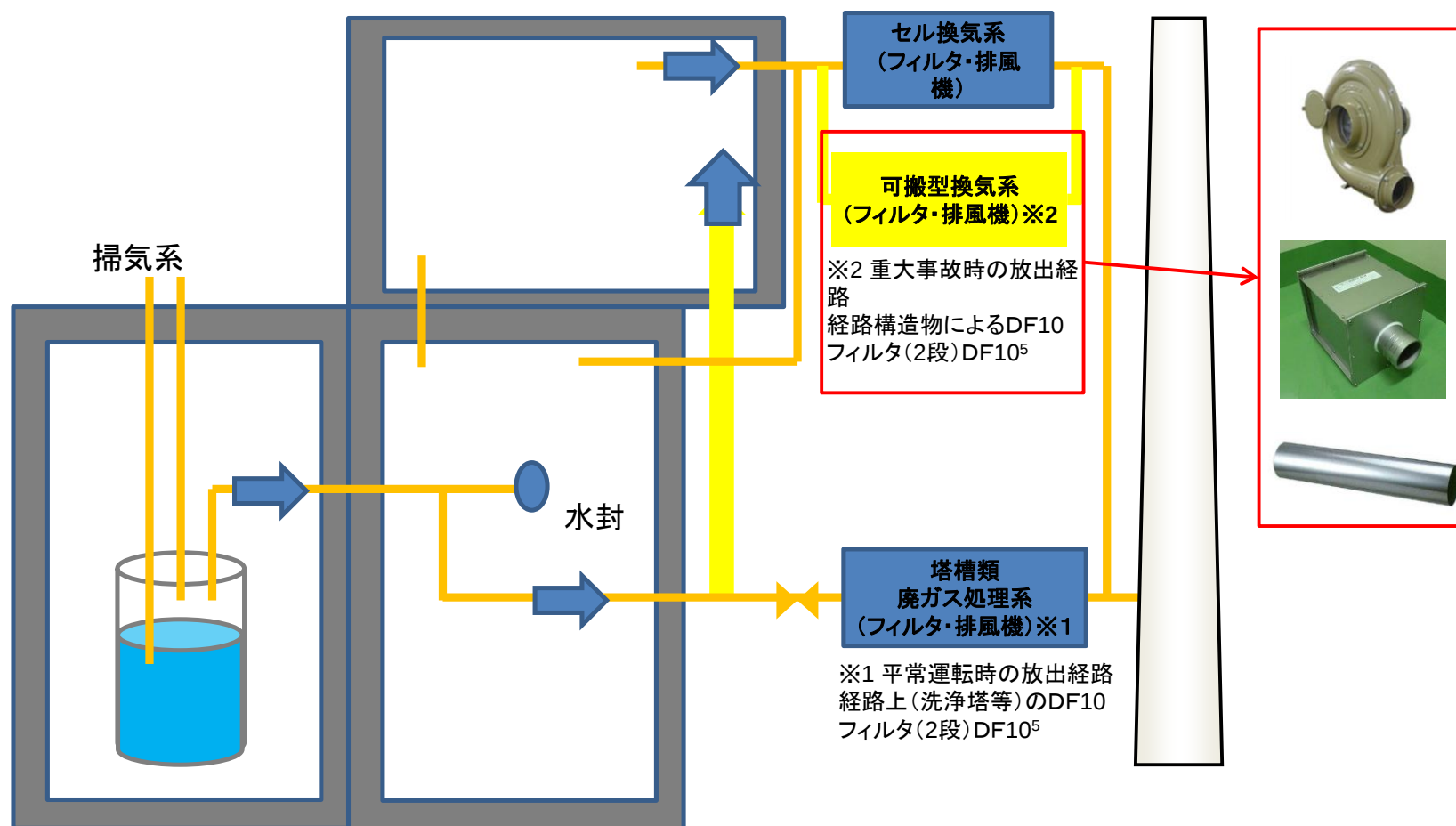
拡大防止対策の概要図

4. 重大事故等への対処

4. 4 水素爆発への具体的対処(5/5)

【異常な水準の放出防止対策】

水素掃気時の気体に含む放射性エアロゾルについては、セルに導出し、セルに閉じ込めることで放射性エアロゾルの沈着を図るとともに、セルの内圧が上昇し、経路外放出の可能性が高まった場合には、必要に応じて高性能粒子フィルタを有した代替換気設備を通じて主排気筒から管理放出する。



異常な水準の放出防止対策の概要図

4. 重大事故等への対処

4. 5 有機溶解火災への具体的対処(1/4)

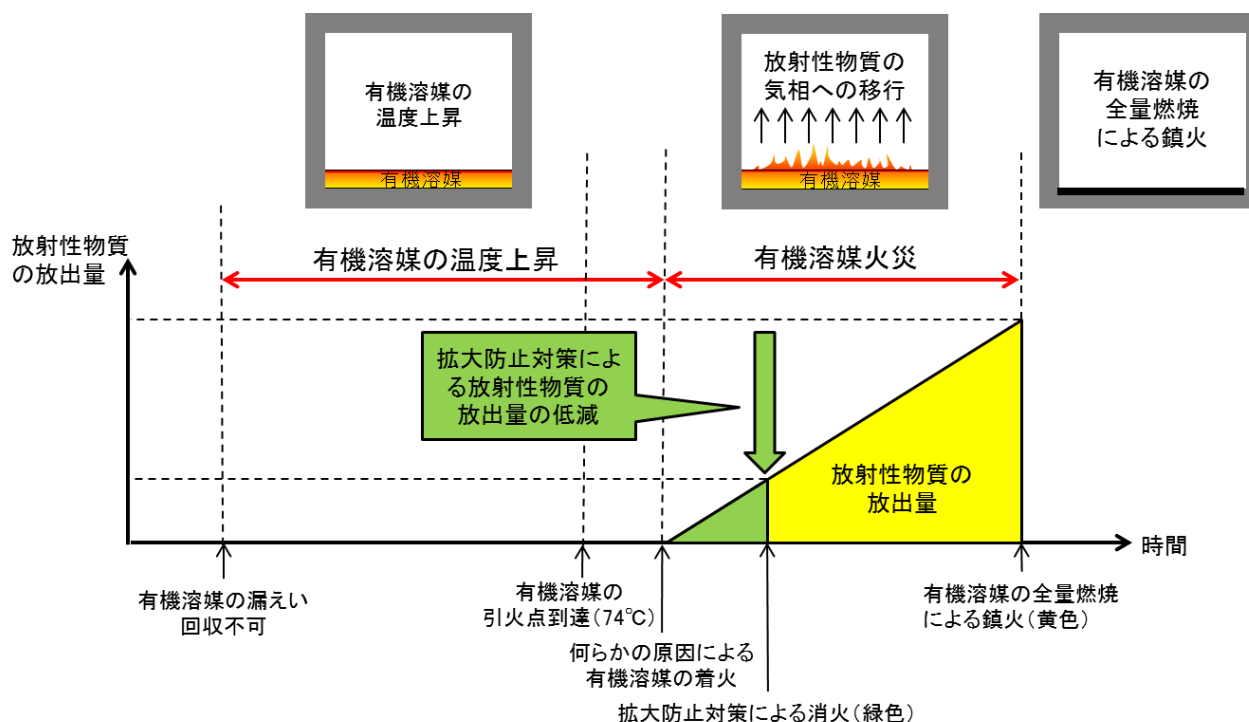
【有機溶媒火災の特徴】



セル内での有機溶媒火災を想定するセルにおいて、有機溶媒が漏えいし、漏えいした有機溶媒を回収する機能が喪失した状態で、有機溶媒が引火点以上に加熱され、着火することにより火災が発生することを想定する。

有機溶媒火災が発生した場合は、火災防護設備の固定式消火設備の起動により消火を行う設計となっているが、固定式消火設備による消火が失敗した場合は、火災が継続し、有機溶媒に含まれる放射性物質が気相に移行する。気相に移行した放射性物質は、建屋換気設備のセルからの排気系に移行する。

最終的には、漏えいした有機溶媒が全量燃え尽きることで有機溶媒火災は収束する。



4. 重大事故等への対処

4. 5 有機溶解火災への具体的対処(2/4)

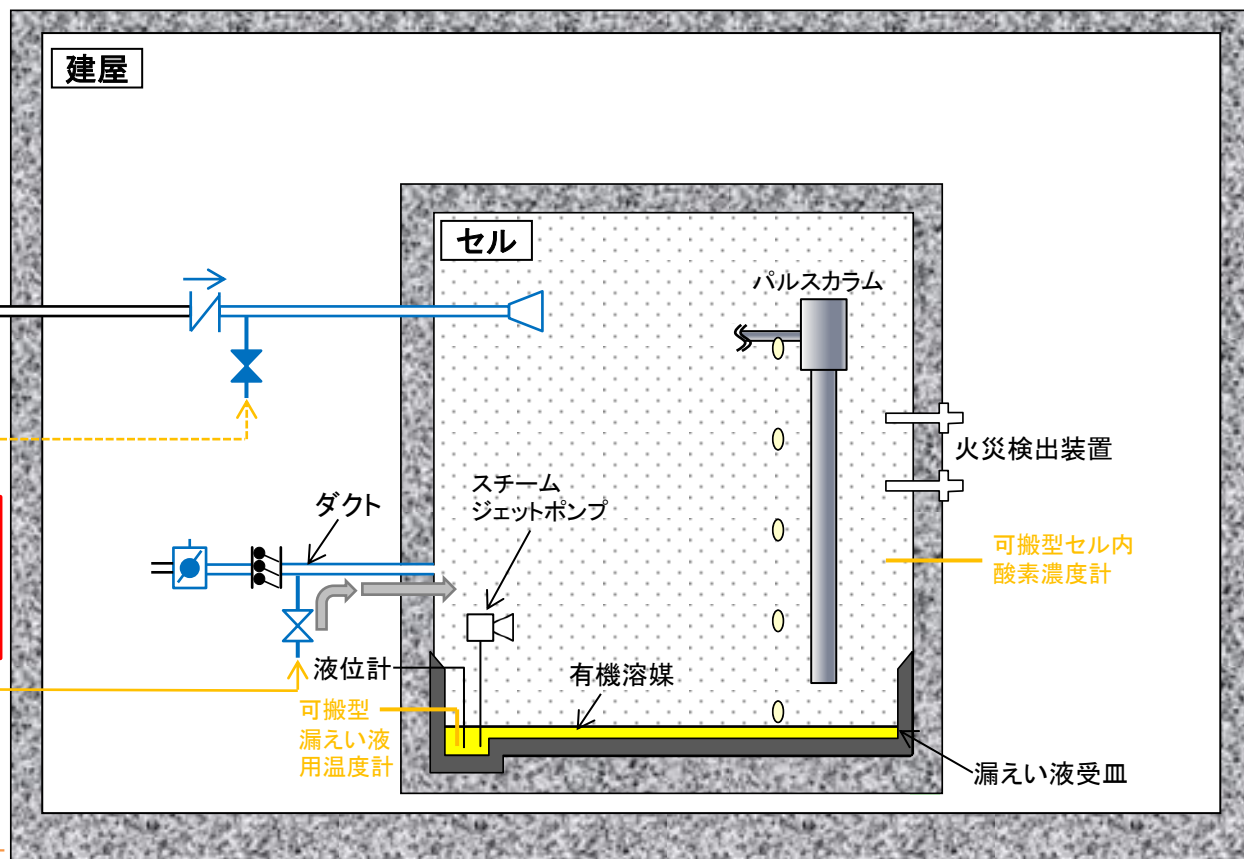
【未然防止対策】

漏えい液の温度を監視し、状態を監視するとともに、窒素濃縮空気供給装置より窒素濃縮空気をセルへ供給し、セル内の酸素濃度を消炎濃度まで低下させ、それを維持する。



可搬型窒素
濃縮空気
供給装置※

※可搬型窒素濃縮空気供給装置は、窒素分離膜ユニット、窒素濃縮空気供給装置用空気圧縮機、接続金具、窒素濃縮空気流量計及び供給用ホースで構成する。



水色: 対策で使用する系統(常設)
橙: 可搬型設備

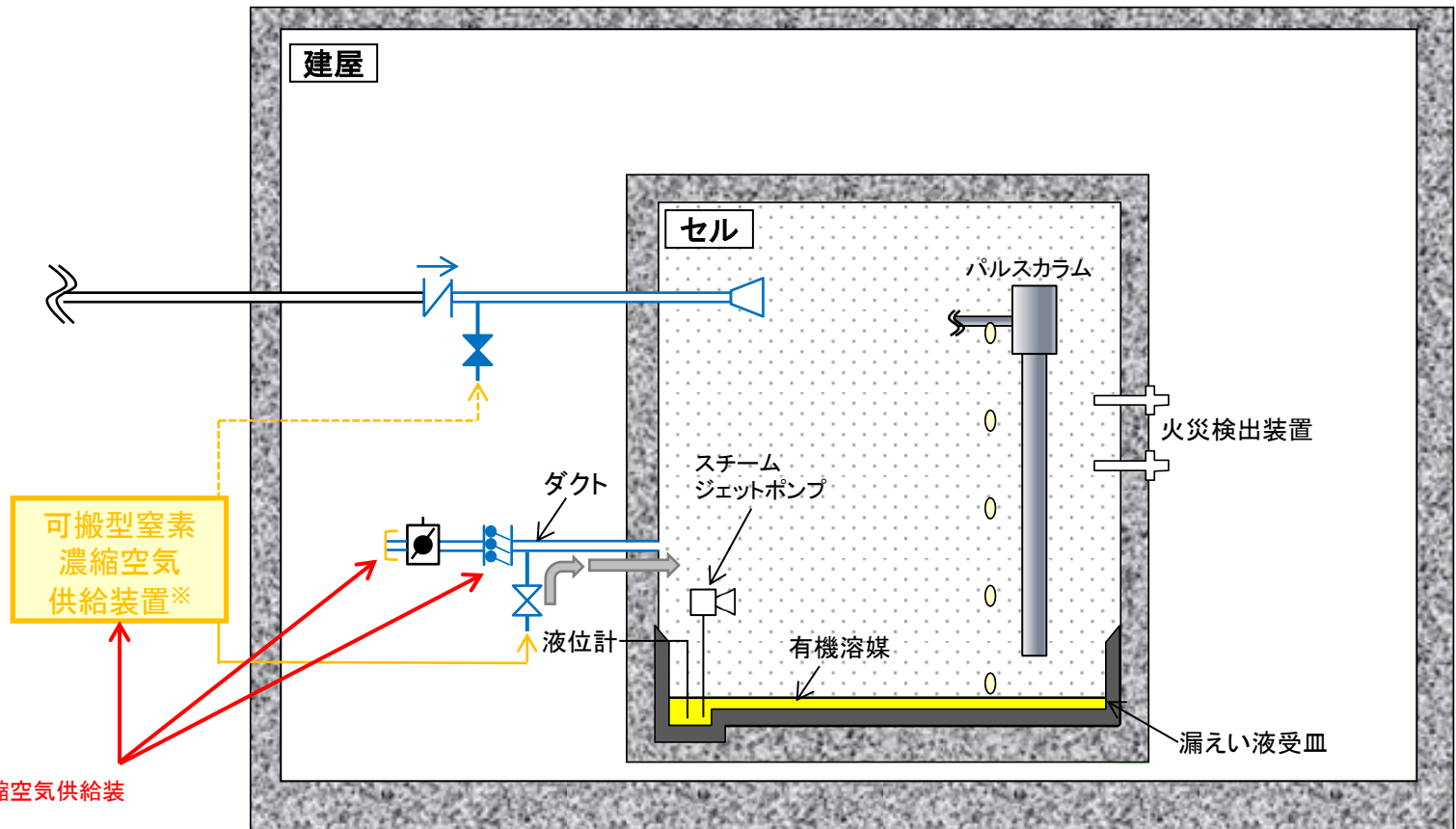
未然防止対策の概要図

4. 重大事故等への対処

4. 5 有機溶解火災への具体的対処(3/4)

【拡大防止対策】

防火ダンパの閉止及び閉止板の設置によりセルへの給気を遮断する。また、発生防止対策が機能しなかったとして、窒素濃縮空気供給装置を停止する。



可搬型窒素濃縮空気供給装置を停止する。
防火ダンパを閉止し、可搬型閉止板を設置する。

水色: 対策で使用する系統(常設)
橙: 可搬型設備

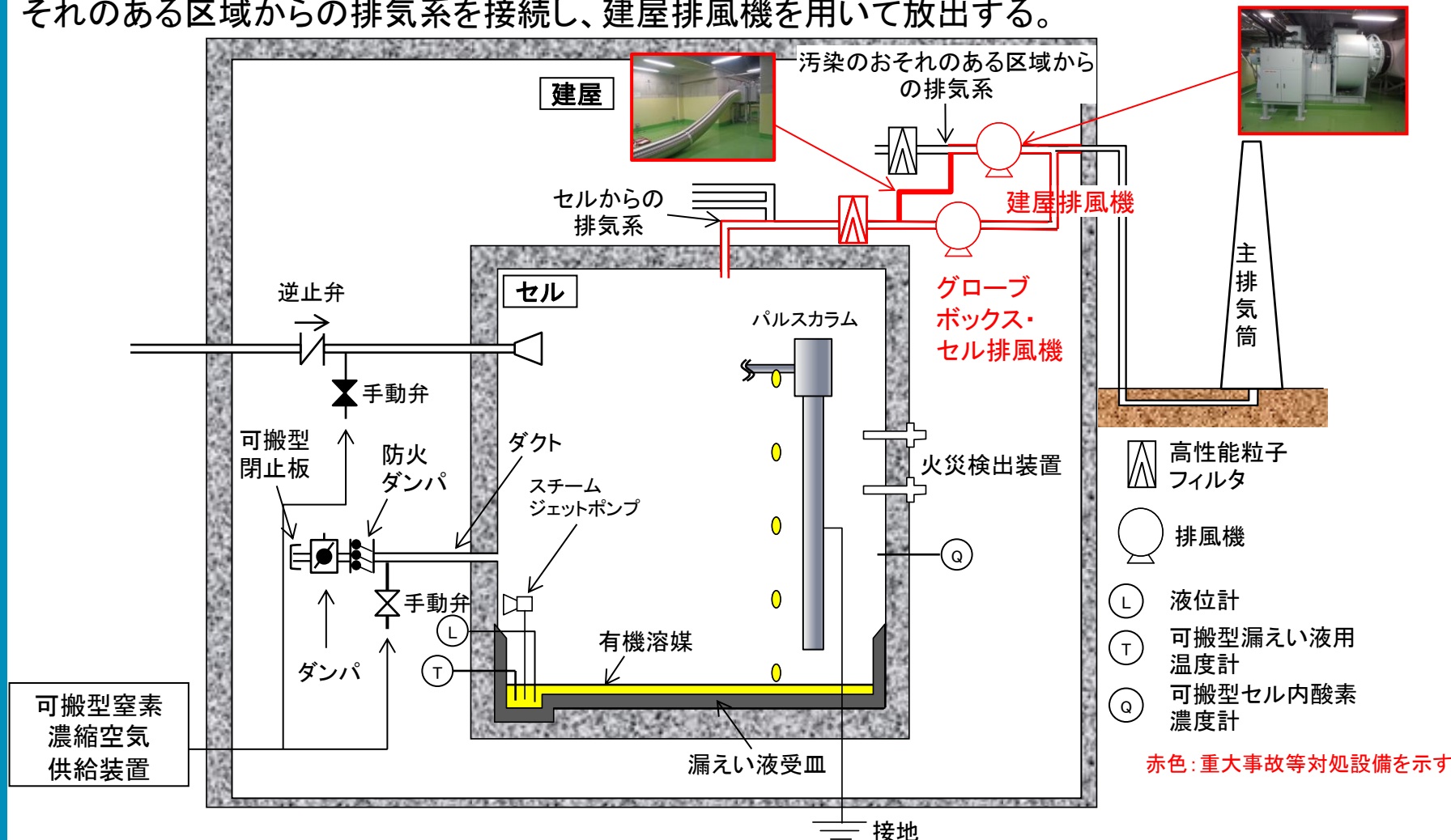
拡大防止対策の概要図

4. 重大事故等への対処

4. 5 有機溶解火災への具体的対処(4/4)

【異常な水準の放出防止対策】

セル排気フィルタユニットにより放射性物質を除去した後、セルからの排気系より放出する。グローブボックス・セル排風機に異常が生じた場合には、可搬型ダクトを用いてセルからの排気系と汚染のおそれのある区域からの排気系を接続し、建屋排風機を用いて放出する。

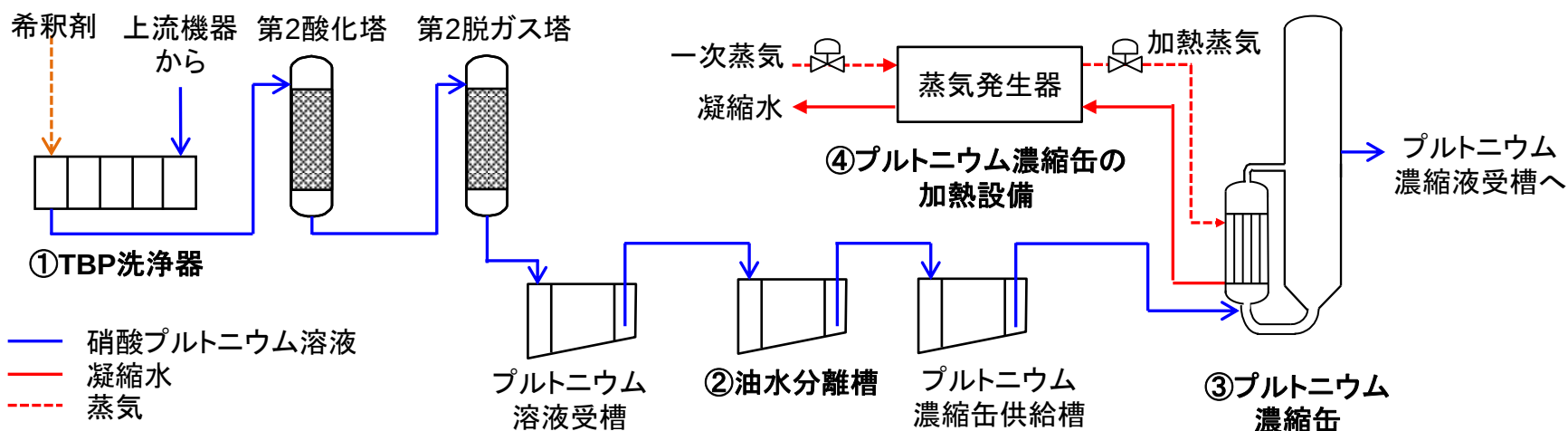


工場等外への放射性物質の異常な水準の放出防止対策の概要図

4. 重大事故等への対処

4. 6 TBP等の錯体の急激な分解反応への具体的対処(1/5)

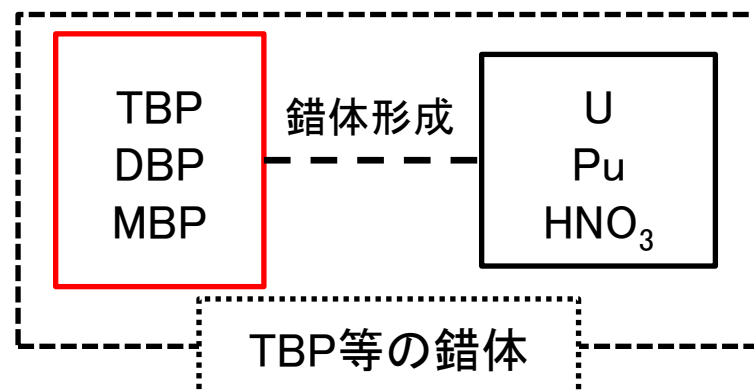
【TBP等の錯体の急激な分解反応の特徴】



- 再処理プロセスにおいては、硝酸溶液中のウラン、プルトニウムを抽出するための抽出剤としてTBPを使用している。
- TBP及びその分解生成物であるDBP、MBP(これらを総称してTBP等という)は、ウラン、プルトニウム等と錯体を形成する。
- 濃縮缶により加熱され、135度を超えると急激な分解反応に至る可能性がある。

そのため、溶液と希釈剤を接触させて溶液中のTBPを除去したり、貯槽上部から有機相を抜き出す等の措置により、TBP等が濃縮缶に混入しないようにしている。

＜TBP等の錯体の主成分＞



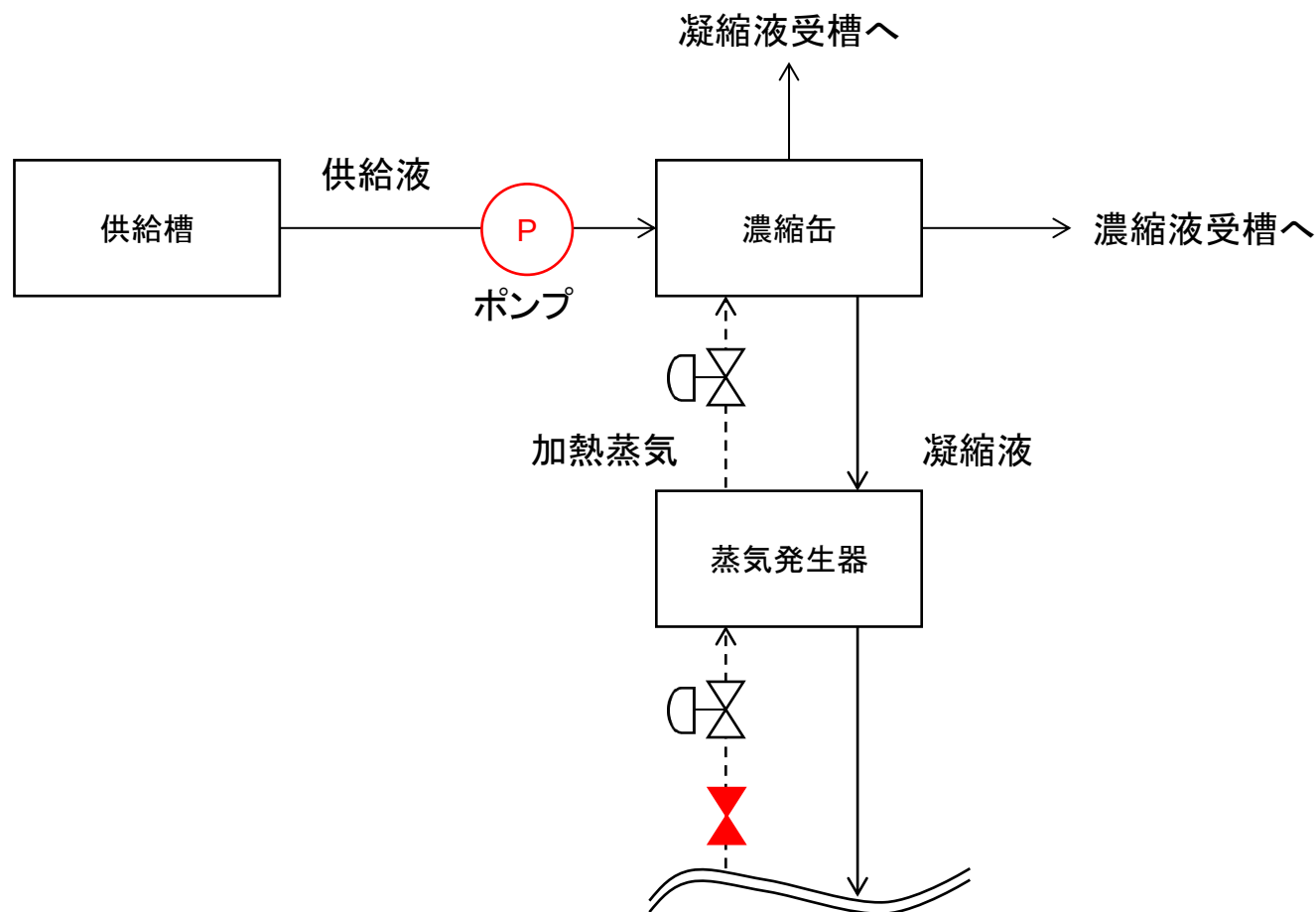
4. 重大事故等への対処

4. 6 TBP等の錯体の急激な分解反応への具体的対処(2/5)

【拡大防止対策】



濃縮缶への供給液の供給を停止し、濃縮缶加熱設備を停止することにより、TBP等の錯体の急激な分解反応の再発を防止する。



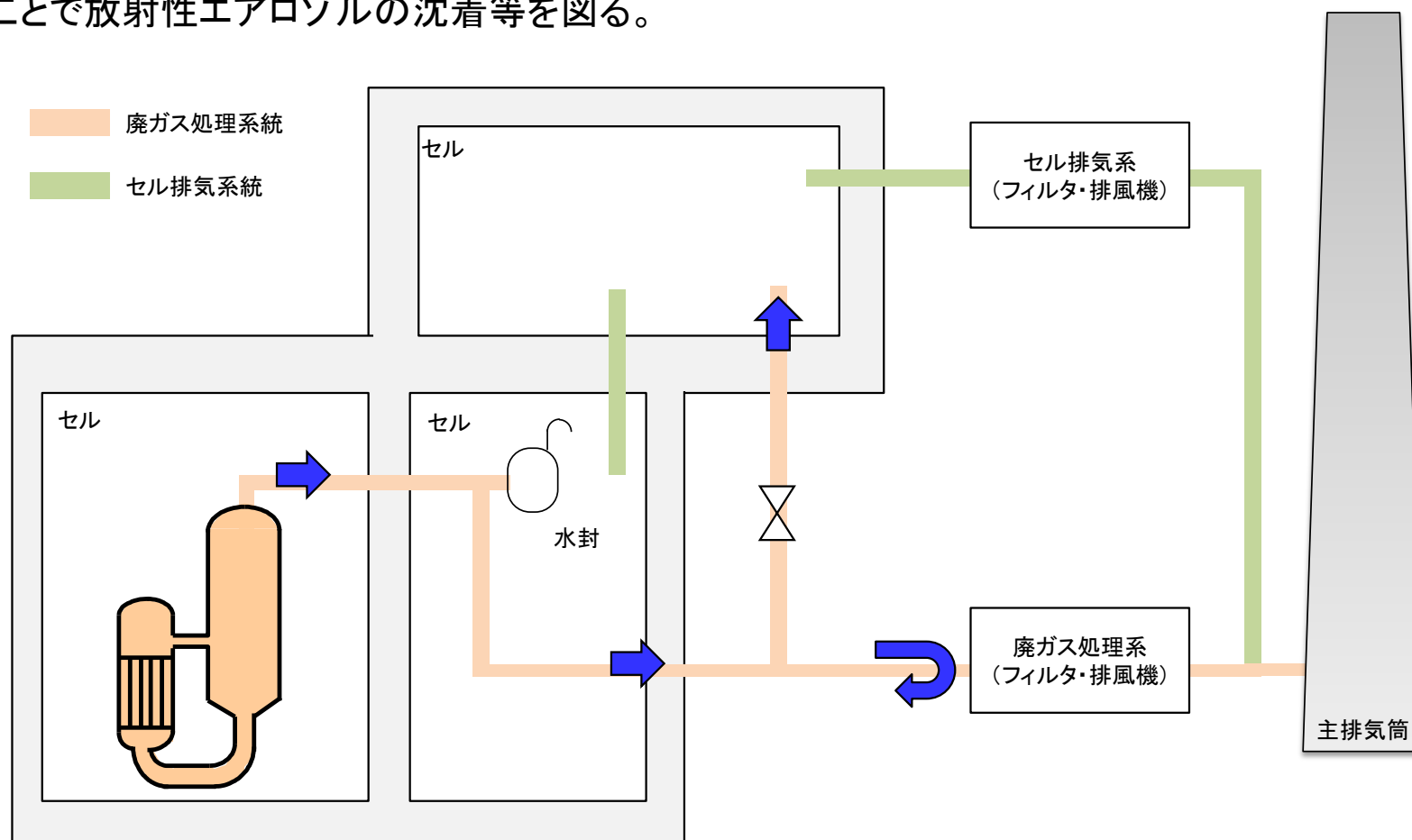
拡大防止対策の概要図

4. 重大事故等への対処

4. 6 TBP等の錯体の急激な分解反応への具体的対処(3/5)

【異常な水準の放出防止対策(セルへの導出及び滞留)】

機器に接続する重大事故等対処施設のTBP等の錯体の急激な分解反応に対処するための設備の換気系統遮断・セル導出設備の常設重大事故等対処設備の気体廃棄物の廃棄施設の塔槽類廃ガス処理設備の配管の流路を遮断すること等により、放射性物質等をセルに導出し、セルに閉じ込めることで放射性エアロゾルの沈着等を図る。

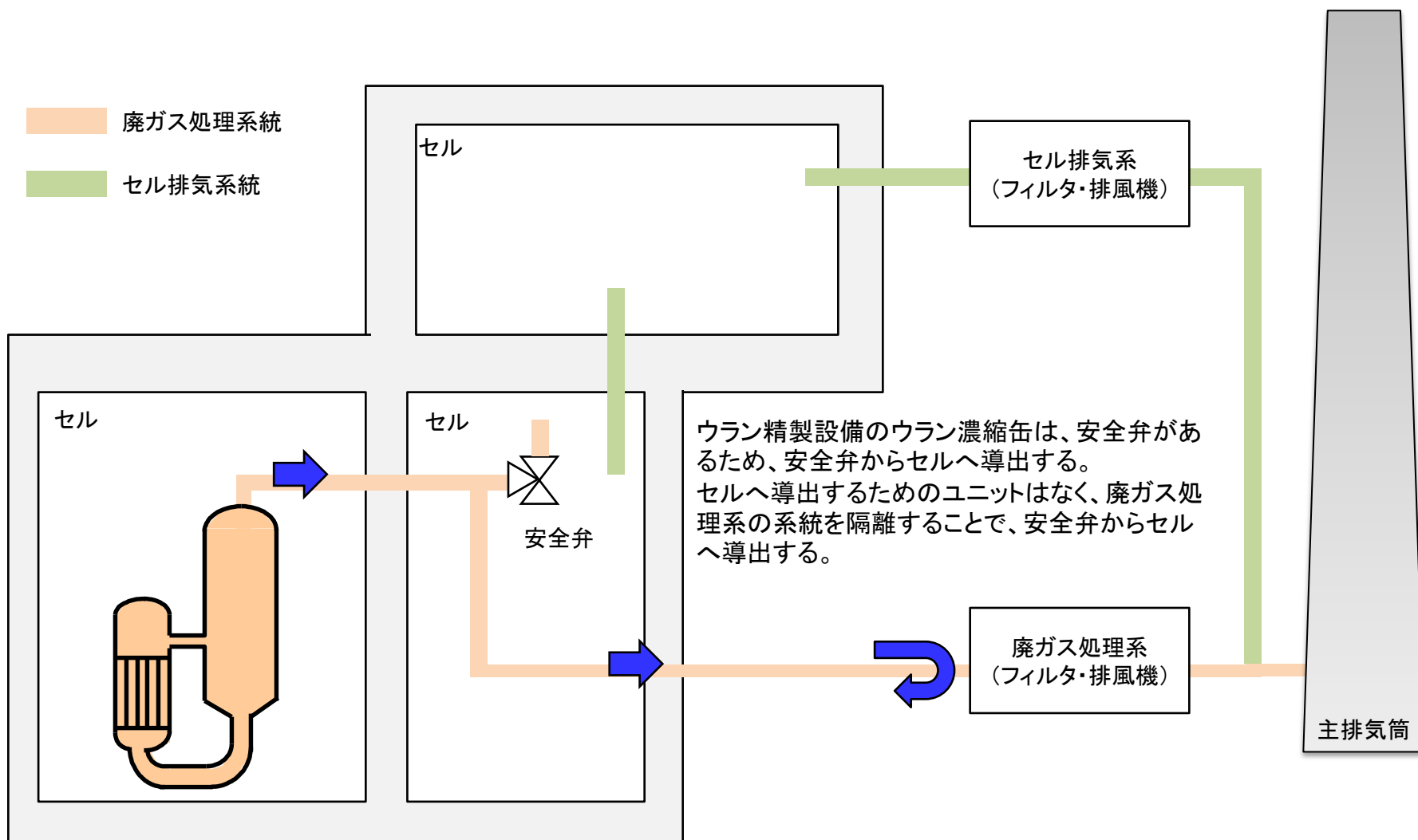


異常な水準の放出防止対策の概要図(セルへの導出及び滞留)(分離施設の分配設備のウラン濃縮缶及び精製施設のプルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶)

4. 重大事故等への対処

4. 6 TBP等の錯体の急激な分解反応への具体的対処(4/5)

【異常な水準の放出防止対策(セルへの導出及び滞留)】

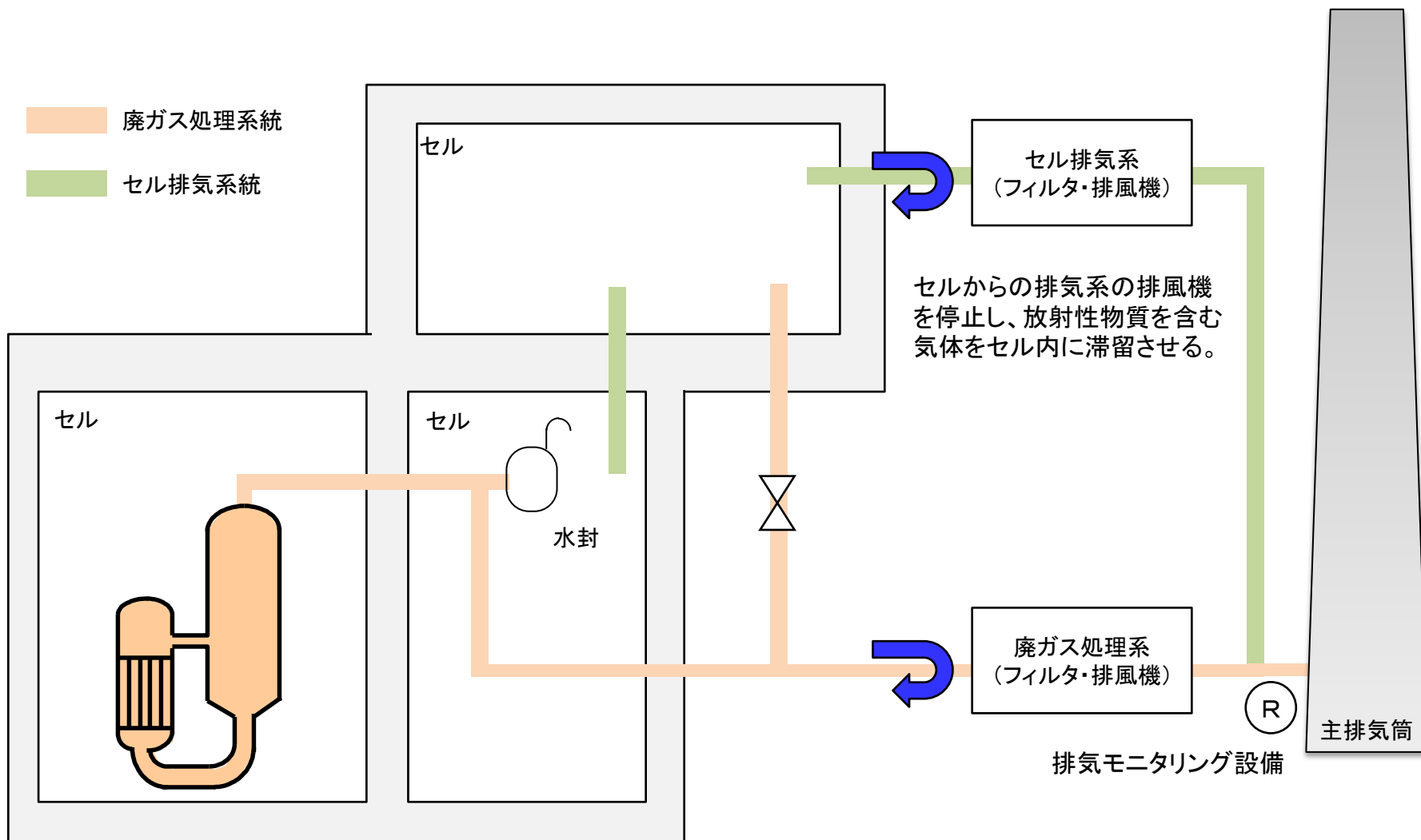


異常な水準の放出防止対策の概要図(セルへの導出及び滞留)
(精製施設のウラン精製設備のウラン濃縮缶)

4. 重大事故等への対処

4. 6 TBP等の錯体の急激な分解反応への具体的対処(5/5)

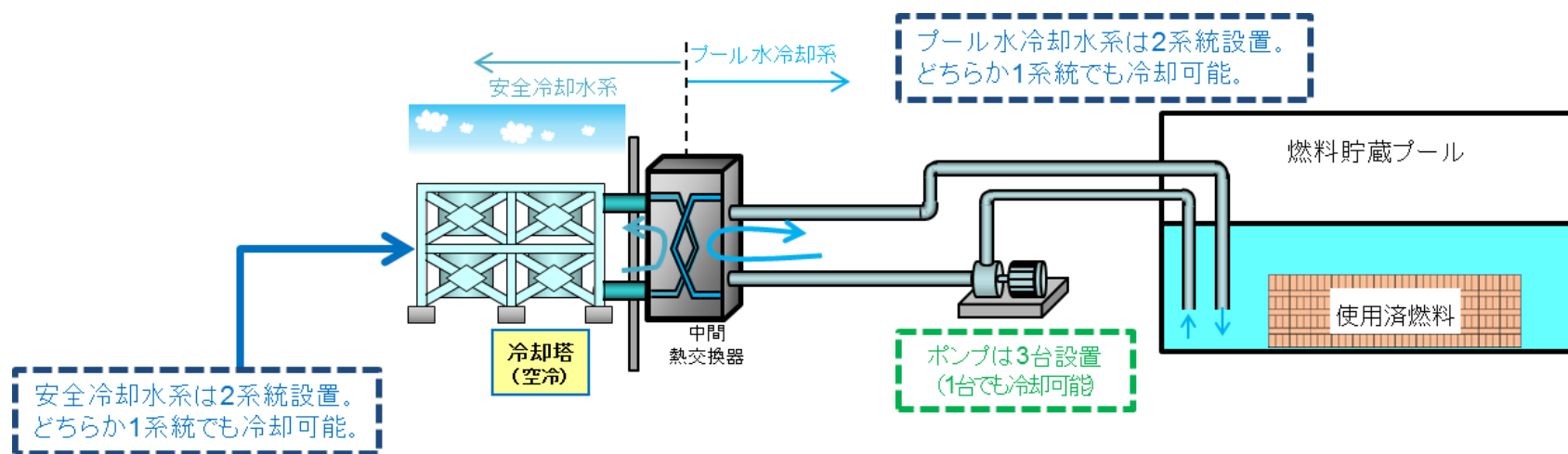
【異常な水準の放出防止対策(建屋での滞留)】



異常な水準の放出防止対策の概要図(建屋での滞留)

4. 重大事故等への対処

4. 7 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷防止に係る具体的対処(1/4) 【プール水冷却系及び安全冷却水系の特徴】



- (1)燃料貯蔵プールのプール水を循環させるプール水冷却系と、除去した熱を外部へ排出するための安全冷却水系で構成する。
- (2)プール水冷却系及び安全冷却水系は独立した2系列により構成し、1系列の運転でも崩壊熱除去に必要な容量を有する。また、各系統のポンプは多重化している。

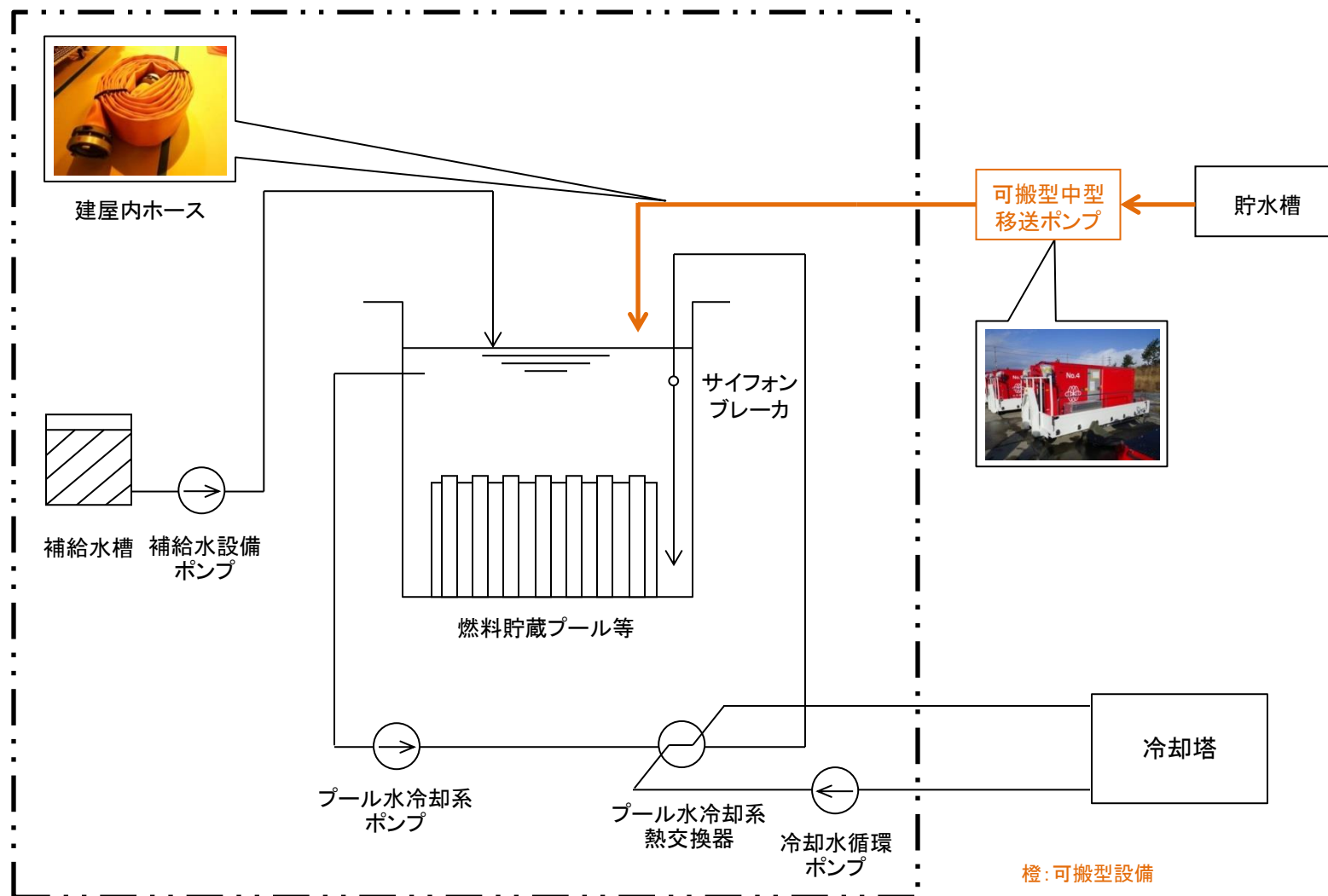
4. 重大事故等への対処

4. 7 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷防止に係る具体的対処(2/4)

【燃料貯蔵プールへの代替注水】



燃料貯蔵プール等内の使用済燃料の著しい損傷を防止するため、可搬型代替注水設備による燃料貯蔵プール等への注水手段を整備する。



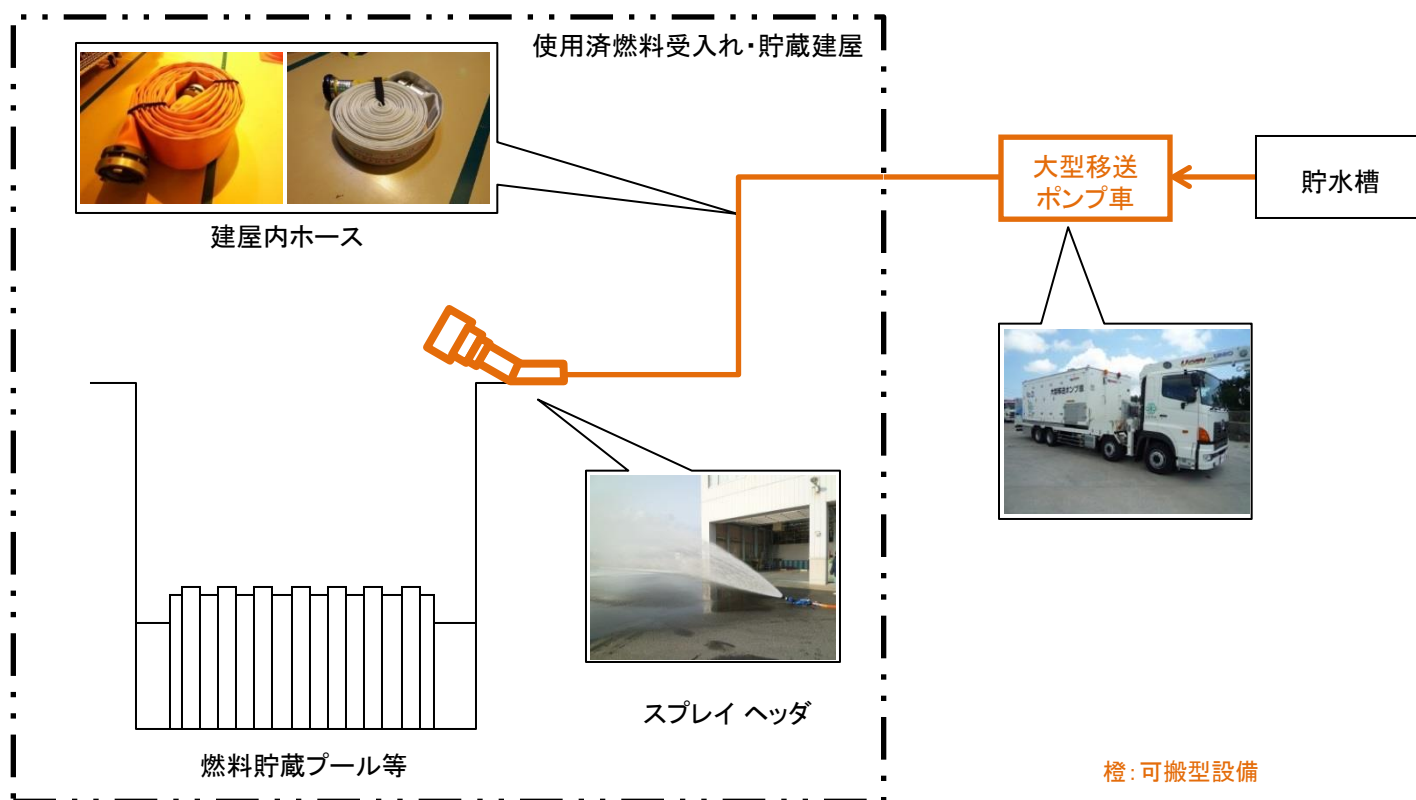
燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失に対処するための設備の系統概要図(代替注水設備)

4. 重大事故等への対処

4. 7 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷防止に係る具体的対処(3/4) 【使用済燃料へのスプレイ】



大型移送ポンプ車により燃料貯蔵プール等へスプレイを行い、燃料の損傷緩和を図る。



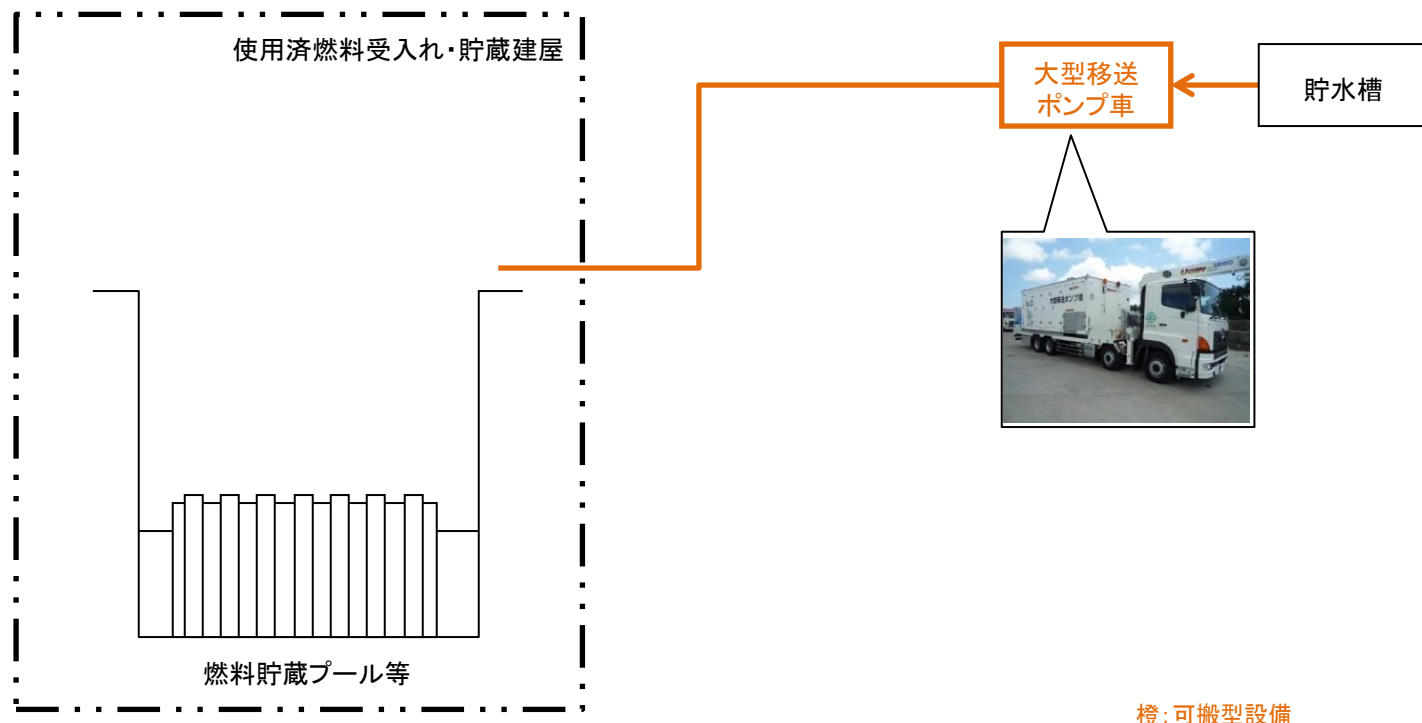
燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失に対処するための設備の系統概要図(スプレイ設備)

4. 重大事故等への対処

4. 7 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷防止に係る具体的対処(4/4) 【建屋内注水】



大型移送ポンプ車により使用済燃料受入れ・貯蔵建屋へ注水を行い、燃料の損傷緩和を図る。

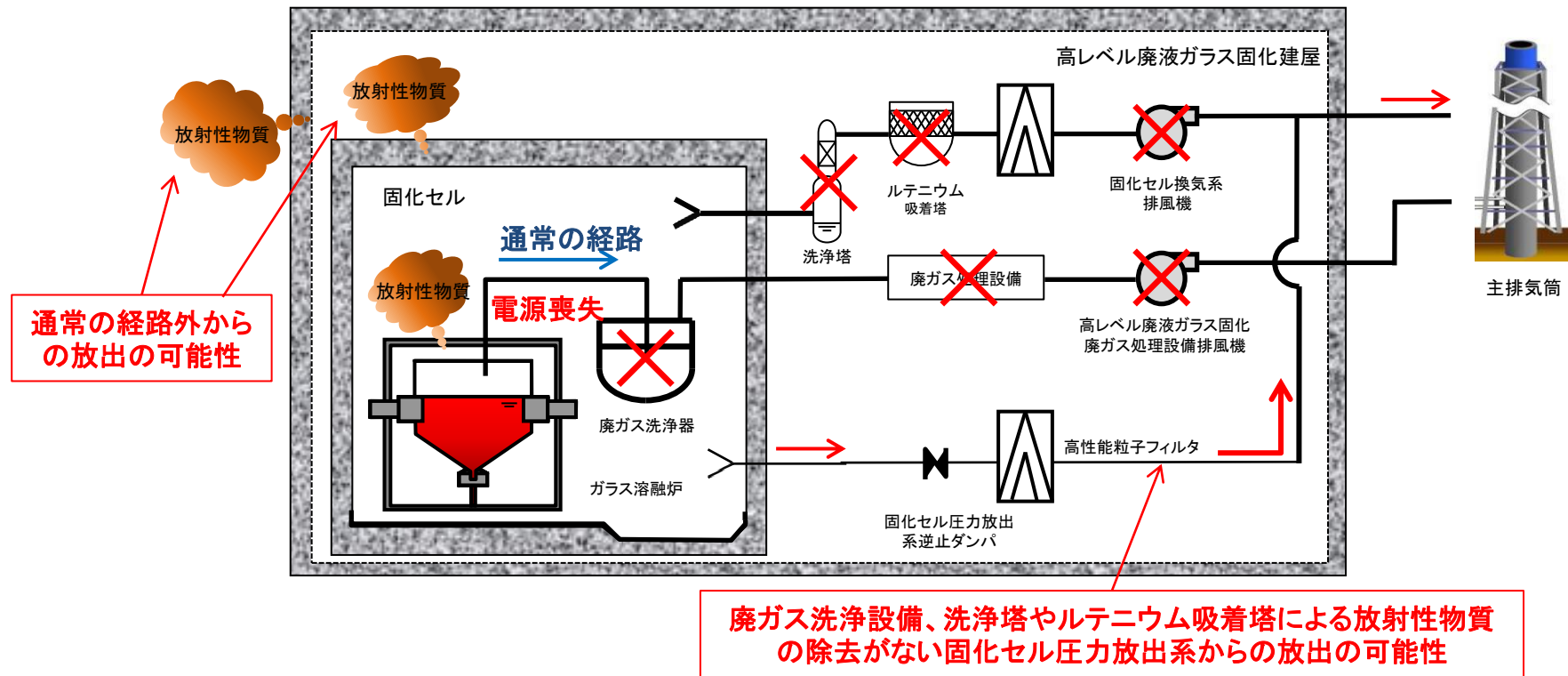


燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失に対処するための設備の
系統概要図(建屋内注水設備)

4. 重大事故等への対処

4. 8 放射性物質の漏えいへの具体的対処(1/5)

【放射性物質の漏えいの特徴】



- ・高温に加熱しているガラス熔融炉では、常に放射性物質が発生しており、これを廃ガス洗浄器等で浄化した上で主排気筒から放出している。
- ・全交流動力電源の喪失により、ガラス熔融炉の加熱は停止するものの、冷却までには時間がかかるため、それまでは同様に放射性物質が発生し続け、セル内に放出する。
- ・同時に浄化機能が喪失し、さらに排風機が停止することで、通常の放出経路以外(固化セル圧力放出系、セル外から建屋外)から放射性物質が外部に放出される可能性がある。

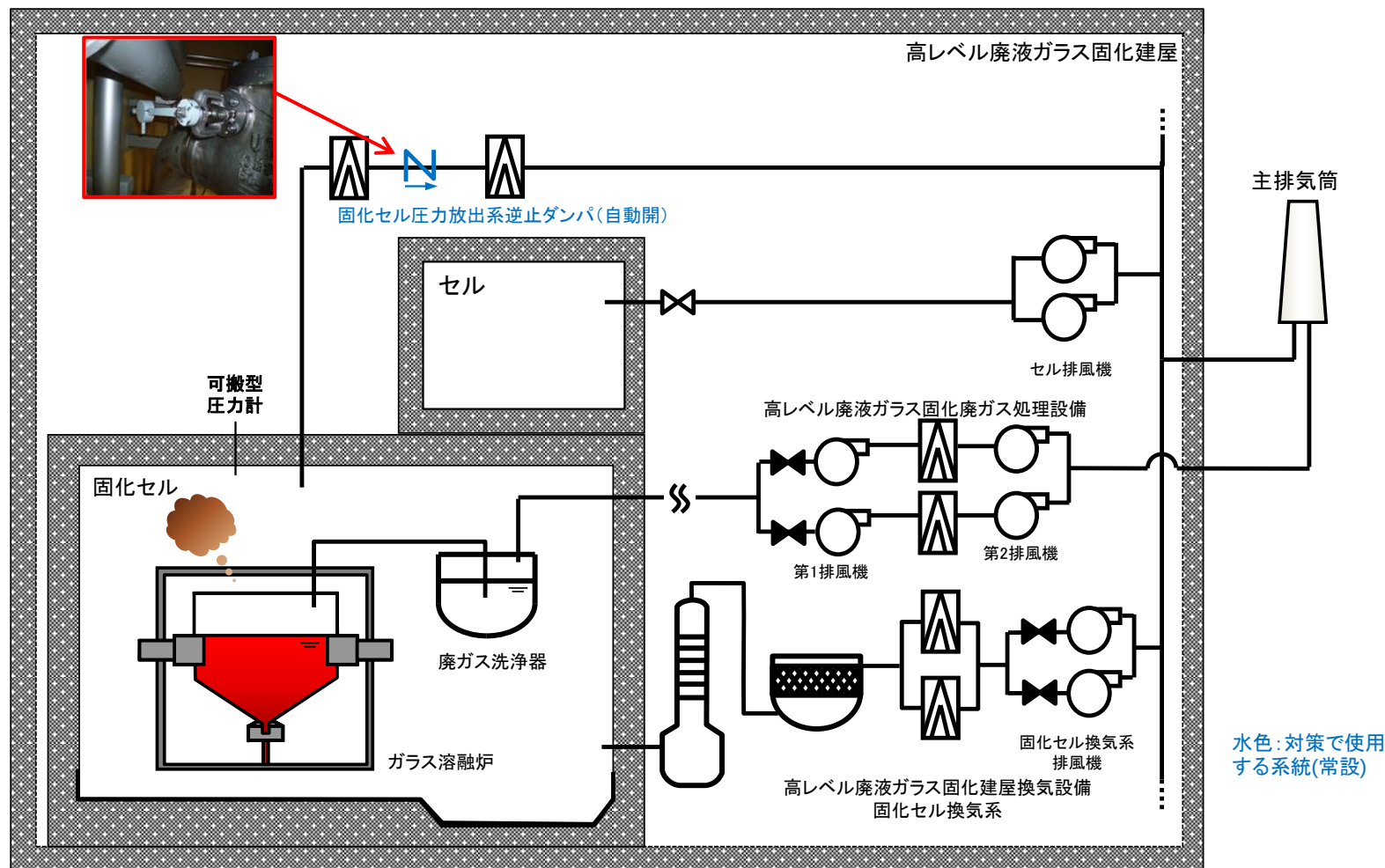
4. 重大事故等への対処

4. 8 放射性物質の漏えいへの具体的対処(2/5)

【未然防止対策】



ガラス溶融炉は運転停止後も余熱により、設備及び固化セル内の温度を上昇させ、固化セル内空気の体積膨張による圧力上昇、それに伴う経路外放出を発生させるおそれがあることから、固化セル内の圧力が上昇した場合には、固化セル圧力放出系により、自動で固化セル内圧力を放出する。



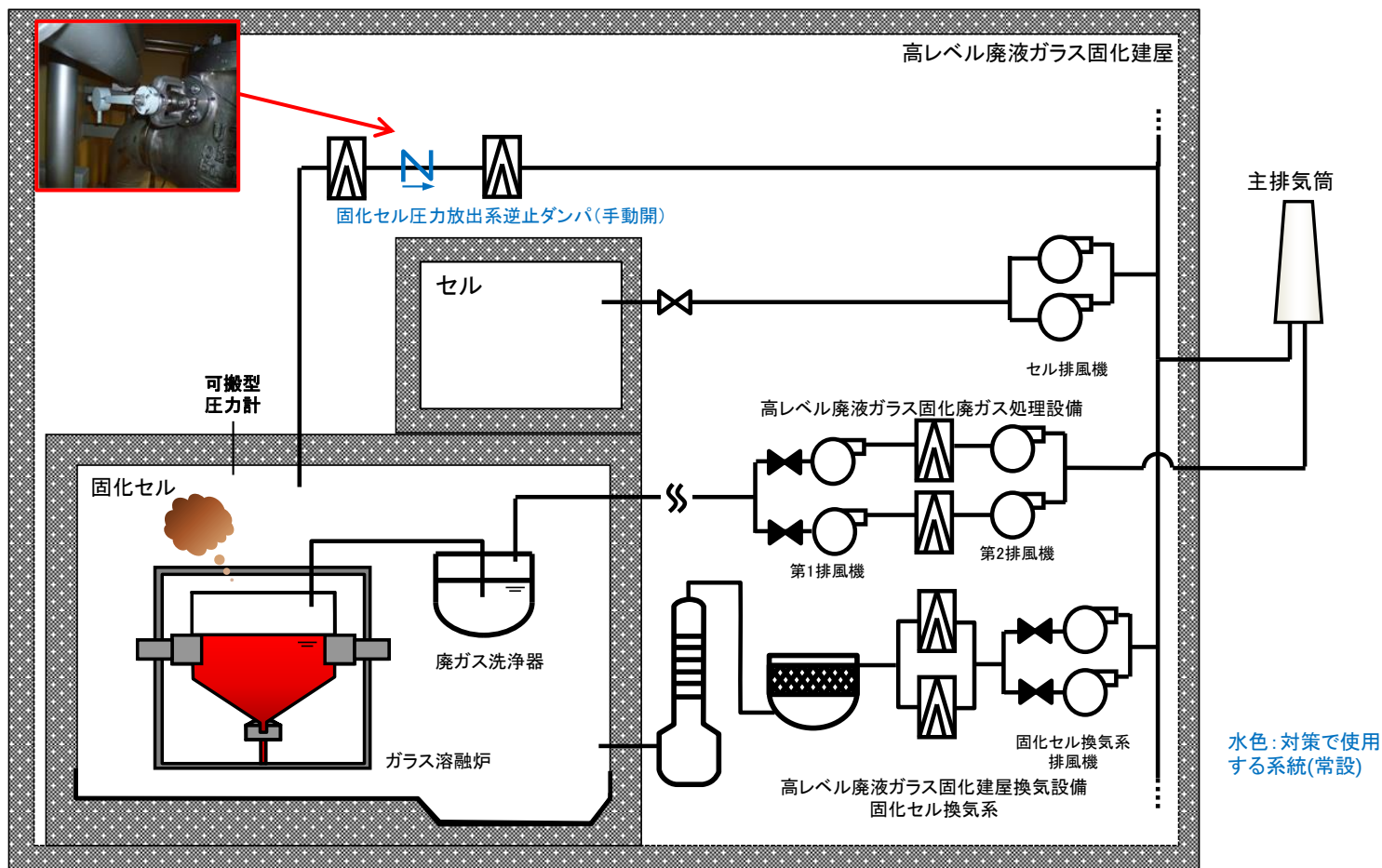
放射性物質の漏えいに対処するための設備の系統概要図(未然防止設備)

4. 重大事故等への対処

4. 8 放射性物質の漏えいへの具体的対処(3/5)

【拡大防止対策】

固化セル圧力放出系の逆止ダンパが自動で開放されない場合には、放射性物質の漏えいが拡大することを防止するため、手動で固化セル圧力放出系の逆止ダンパを開放する。



放射性物質の漏えいに対処するための設備の系統概要図(拡大防止設備)

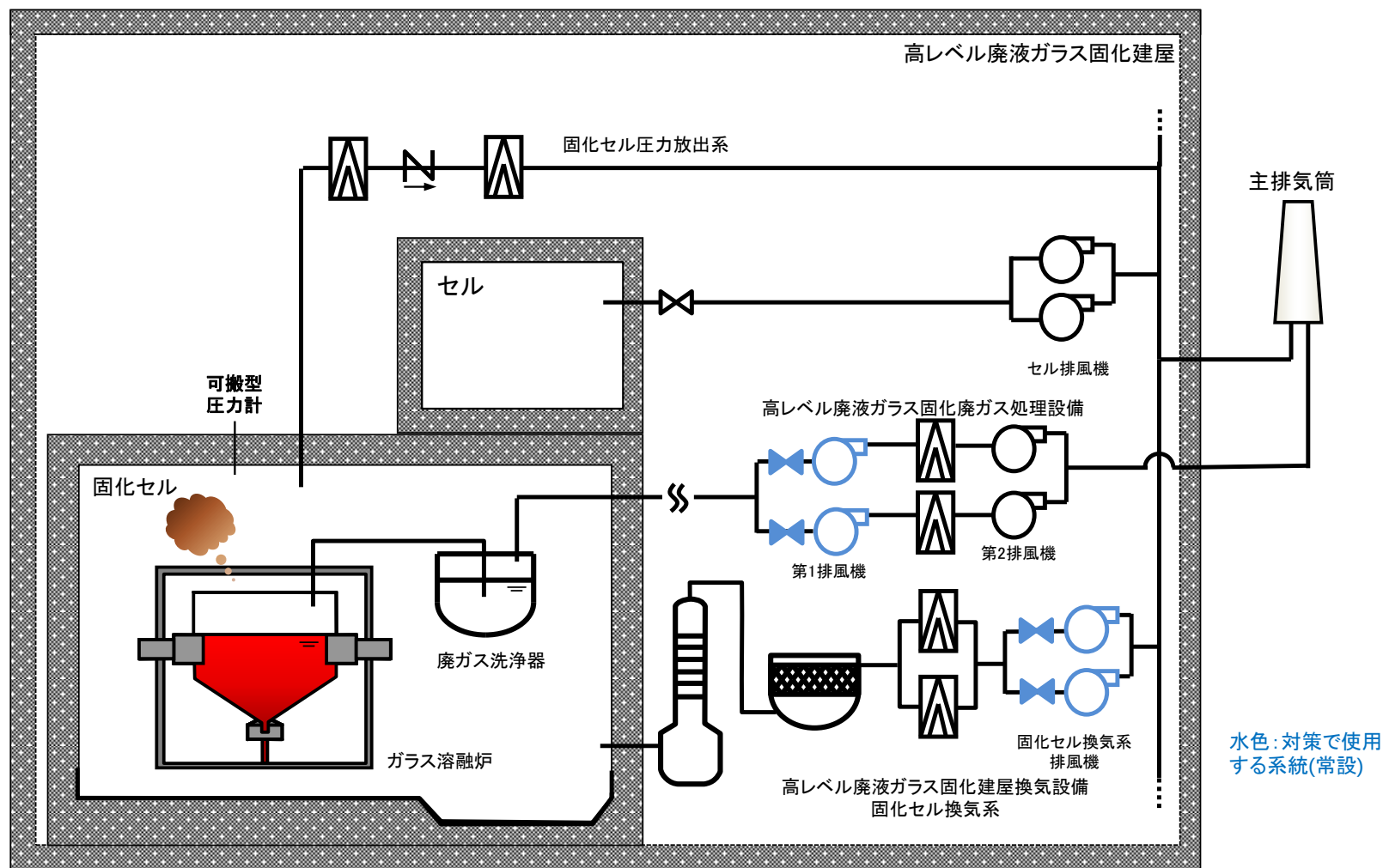
4. 重大事故等への対処

4. 8 放射性物質の漏えいへの具体的対処(4/5)

【異常な水準の放出防止対策(換気系統遮断・セル内導出設備)】



高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備の隔離弁及び固化セル換気系排風機の入口弁を閉止することで、流路を確実に遮断する。

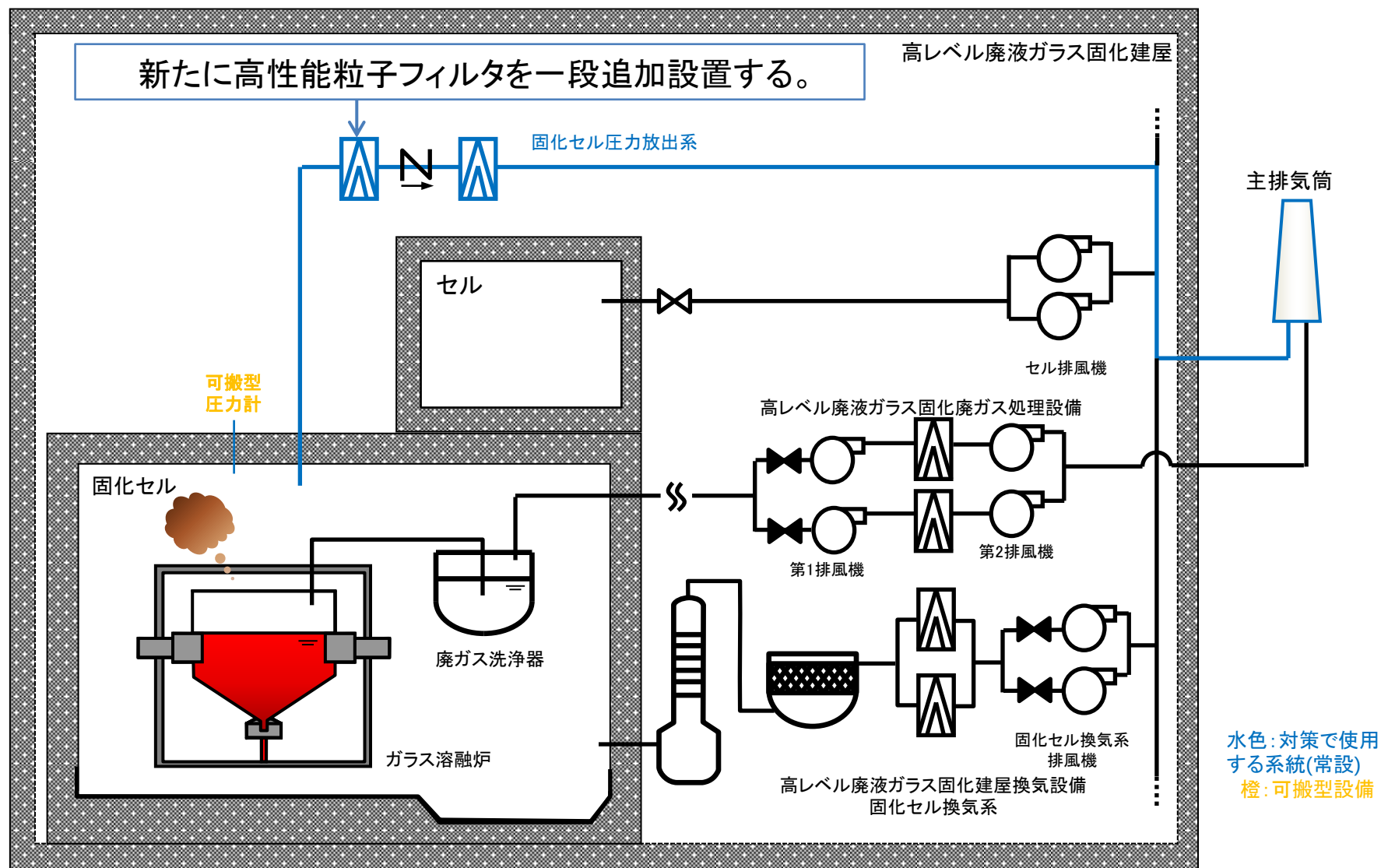


放射性物質の漏えいに対処するための設備の系統概要図(換気系統遮断・セル内導出設備)

4. 重大事故等への対処

4. 8 放射性物質の漏えいへの具体的対処(5/5)

【異常な水準の放出防止対策(放出影響緩和設備)】

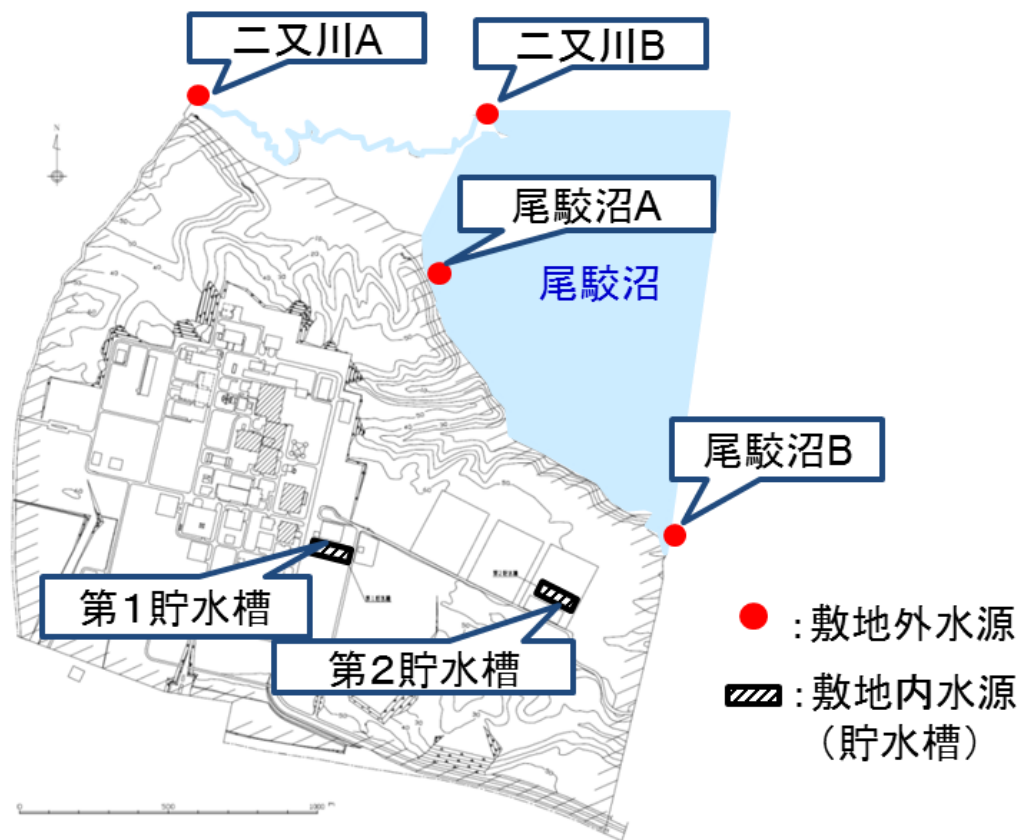


放射性物質の漏えいに対処するための設備の系統概要図(放出影響緩和設備)

4. 重大事故等への対処

4. 9 水源の確保(1/2)

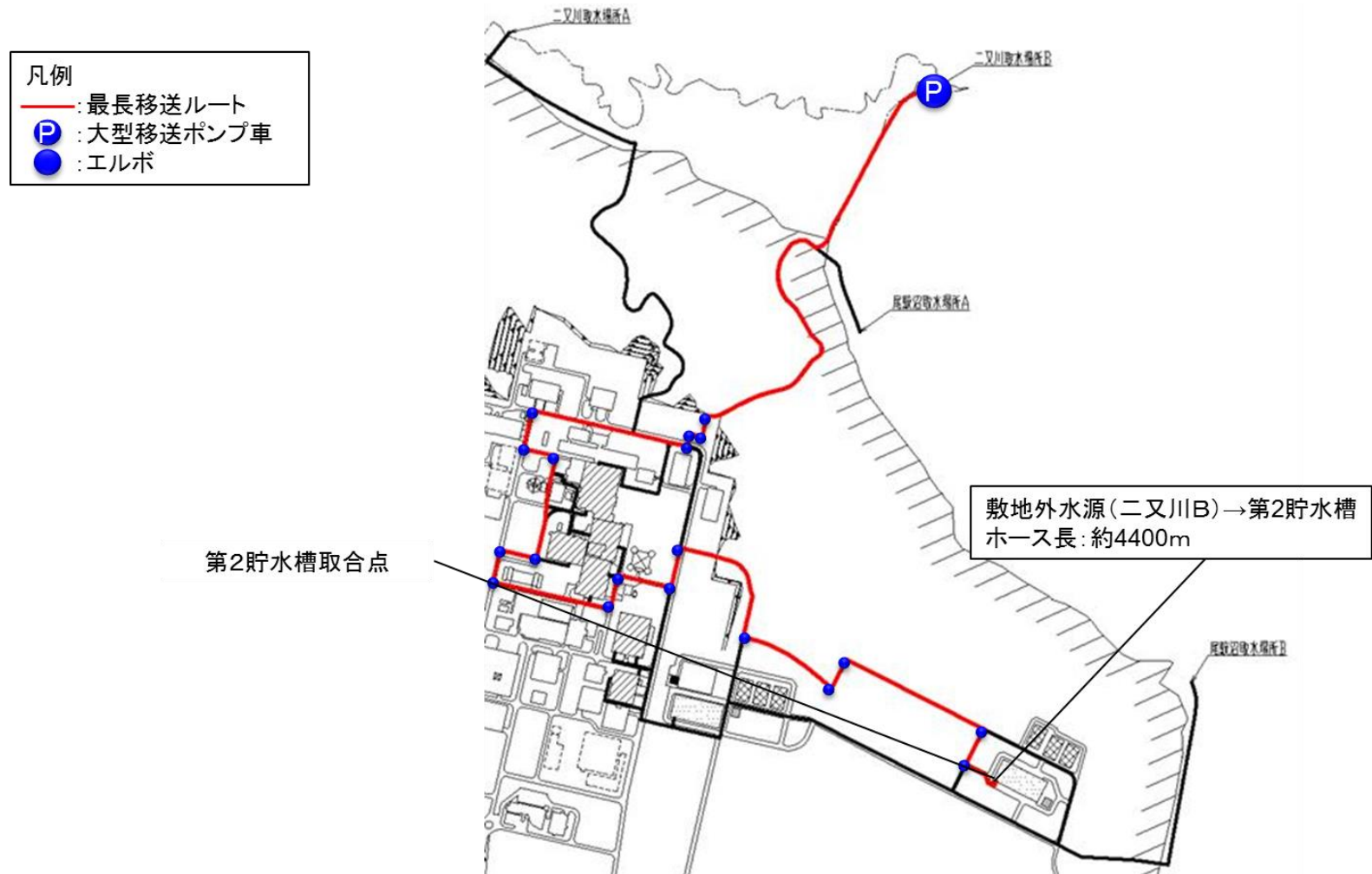
- 重大事故等に迅速に対処するための敷地内水源の確保のために、敷地内に重大事故等対処設備として貯水槽(20,000m³)を2基新たに設置する。
- 重大事故等に継続して対処するための敷地外水源として二又川及び尾駁沼を確保し、貯水槽へ取水するための設備を整備する。



敷地外水源(尾駁沼、二又川)及び敷地内水源(貯水槽)

4. 重大事故等への対処

4.9 水源の確保(2/2)



敷地外水源から敷地内水源(貯水槽)への水の移送ルート

4. 重大事故等への対処

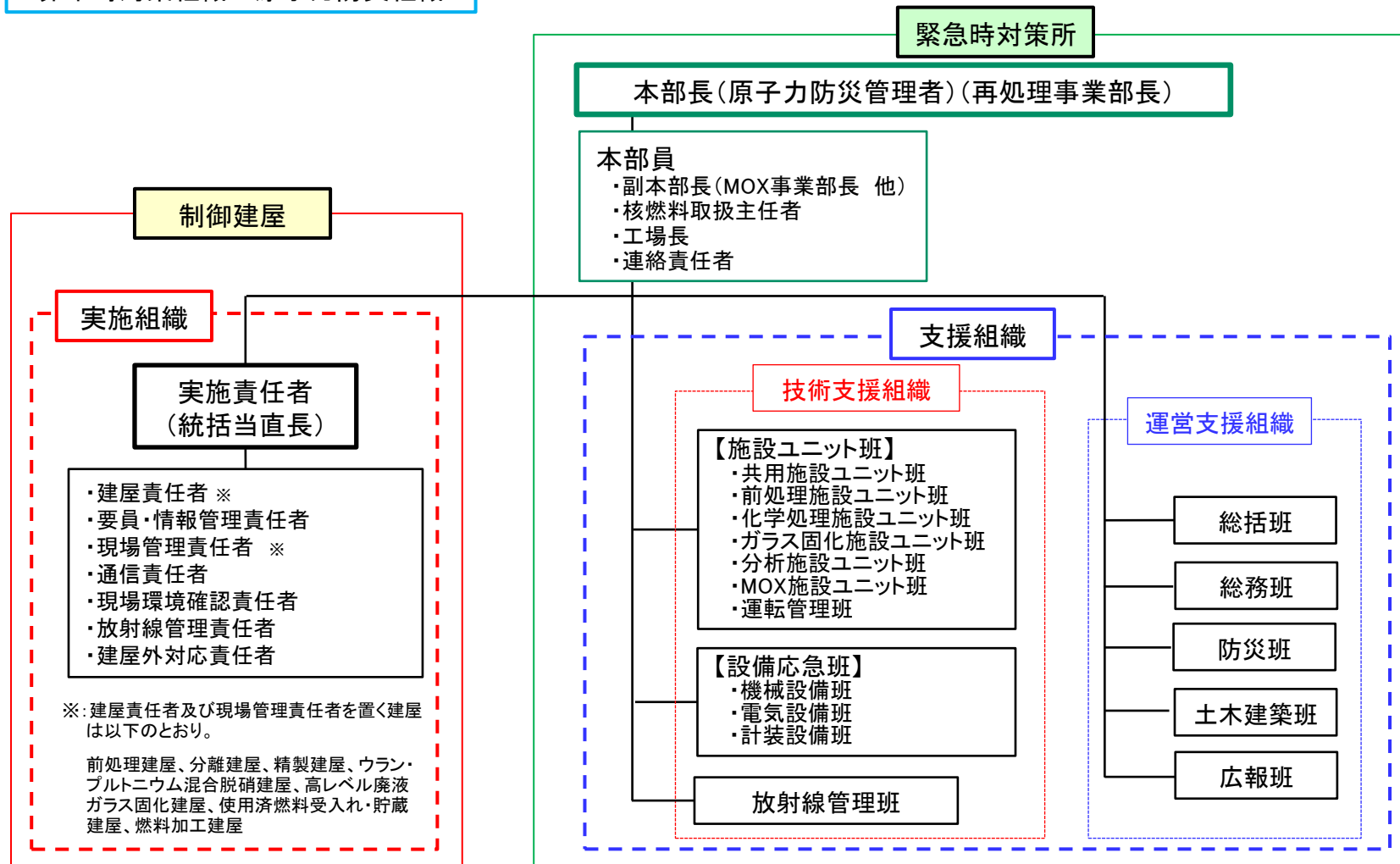
4. 10 体制(1/2)



- 再処理事業部長を本部長とし、再処理事業所として、再処理施設とMOX燃料加工施設の重大事故等への対処及び大規模損壊の対応を実施するための対策組織として対策活動を行う。

実施組織は制御建屋を活動拠点とし、支援組織は緊急時対策所を活動拠点とする。

非常時対策組織／原子力防災組織



4. 重大事故等への対処

4. 10 体制(2/2)



➤ 実施組織の対応要員

- ・実施組織の要員は、原則として当直員で構成するため、常に実施組織として活動するために必要な要員が整っている
- ・実施組織の交代要員は、社員寮・社宅が密集する六ヶ所村 尾駁地区から参集できる体制を構築

➤ 支援組織の対応要員

- ・支援組織の初動対応に係る要員は、夜間・休祭日にも速やかに対処できるよう、緊急時対策所内に宿直待機
- ・宿直者以外の支援組織の要員は、社員寮・社宅が密集する六ヶ所村 尾駁地区から参集できる体制を構築(大規模な地震(震度6弱以上)が発生した場合には、自主的に参集)

➤ 六ヶ所村 尾駁地区からの出社

- ・尾駁地区から再処理事業所までのアクセスルートは3つ異なるルートがあるが、最も長距離となる二又ルート(約13km)について、厳冬期を想定した歩行訓練を実施した結果、3時間30分程度で到着できることを確認

➤ 周辺市町村からの出社

- ・利用可能な交通手段をもって近隣まで移動し、必要に応じて徒歩にて再処理事業所まで移動



4. 重大事故等への対処

4. 11 緊急時対策所

	現在の緊急時対策所	新たな緊急時対策所
構造	・鉄骨造＋鉄骨鉄筋コンクリート造 ・約27m(南北) × 約31m(東西) × 約12m(地上高さ) (地上2階、一部3階、地下1階) ・基準地震動を600galとした場合でも建屋の健全性を維持できると評価により確認	・鉄筋コンクリート造(一部鉄骨鉄筋コンクリート造) ・約60m(南北) × 約79m(東西) × 約17m(地上高さ) (地上1階、一部2階、地下1階) ・基準地震動700galに対して建屋の健全性を維持できる設計
	 事務建屋(再処理施設緊急時対策所)	 緊急時対策所 完成イメージ

4. 重大事故等への対処

4. 12 訓練(1/2)



4. 重大事故等への対処

4. 12 訓練(2/2)

