

六ヶ所再処理施設の 安全性に関する総合的評価に係る報告 【概要】

(六ヶ所再処理工場の重大事故に対する考え方と対策)

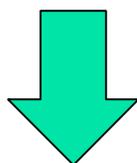


日本原燃株式会社

平成25年6月11日

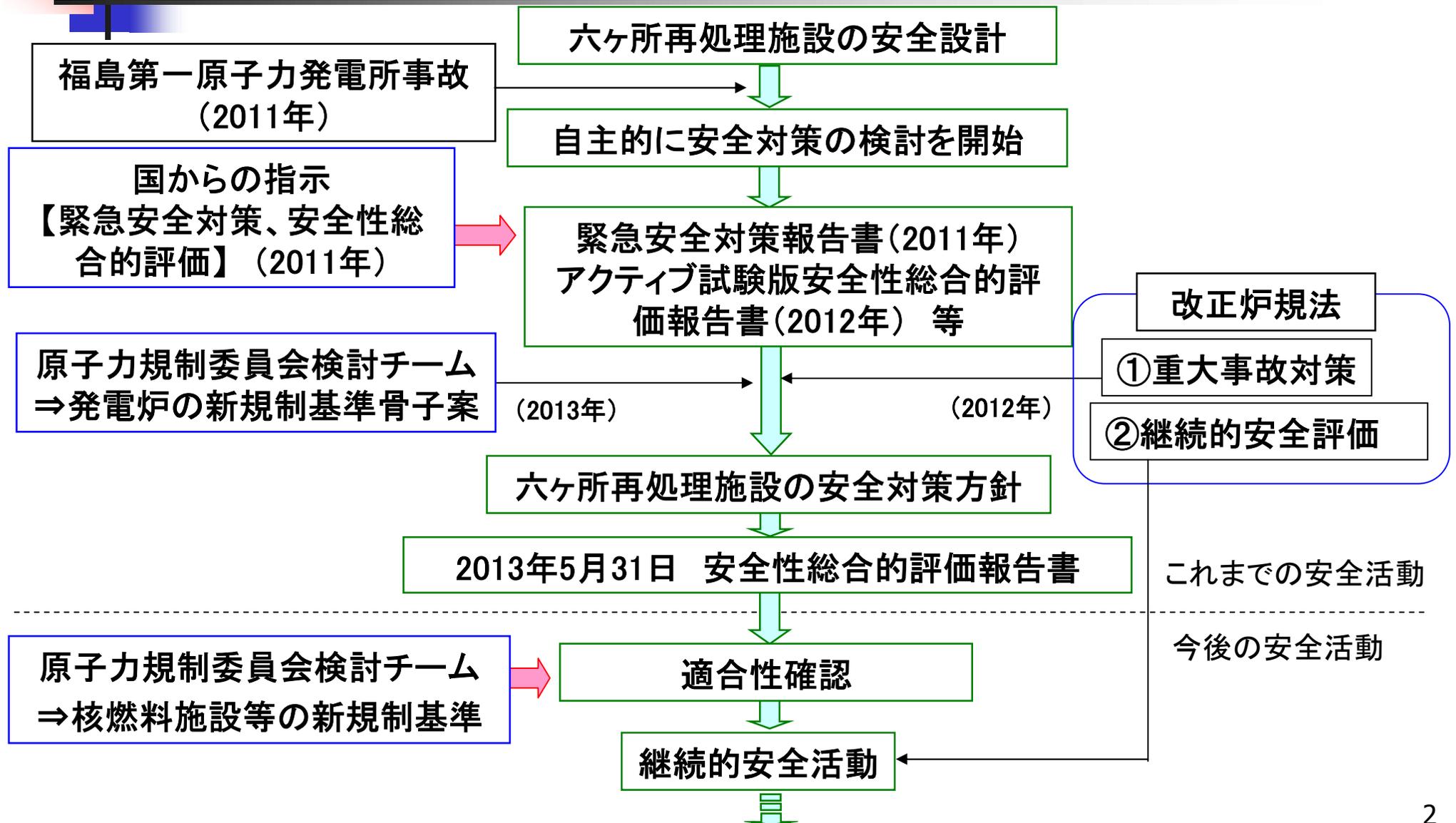
説明の主旨

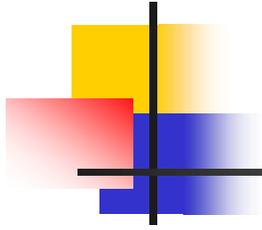
- 「東京電力株式会社福島第一原子力発電所における事故を踏まえた核燃料サイクル施設の安全性に関する総合的評価の実施について(指示)」(2011年11月25日付け)を踏まえ、使用済燃料のせん断・溶解等を行う場合の状態を対象を広げ、六ヶ所再処理施設の安全性に関する総合的評価として取りまとめ報告(2013年5月31日)。
- 報告書において、再処理施設においても原子力発電所におけるシビアアクシデントに相当する重大事故への対策が求められたことを受け、重大事故への対策としては、指示事項を踏まえながらも、改正炉規法の趣旨を踏まえて評価を実施。



「六ヶ所再処理施設の安全性に関する総合的評価」報告書に示した、再処理施設の重大事故の選定、重大事故に対する拡大防止・影響緩和対策の検討及び有効性評価の結果などについて説明

六ヶ所再処理施設の安全活動





安全対策方針の策定

- ・基本的考え方
- ・重大事故の定義
- ・対策方針のアウトライン

安全対策方針策定の基本的考え方

○これまでの六ヶ所再処理施設の安全設計思想との連続性、並びに、海外検討事例及び原子炉施設の安全性確保の考え方との整合性を図る。

○改正炉規法の目的に沿い、放射性物質が異常な水準で再処理施設の外へ放出される「重大事故」を特定し、その発生防止及び拡大防止・影響緩和措置を実現する。

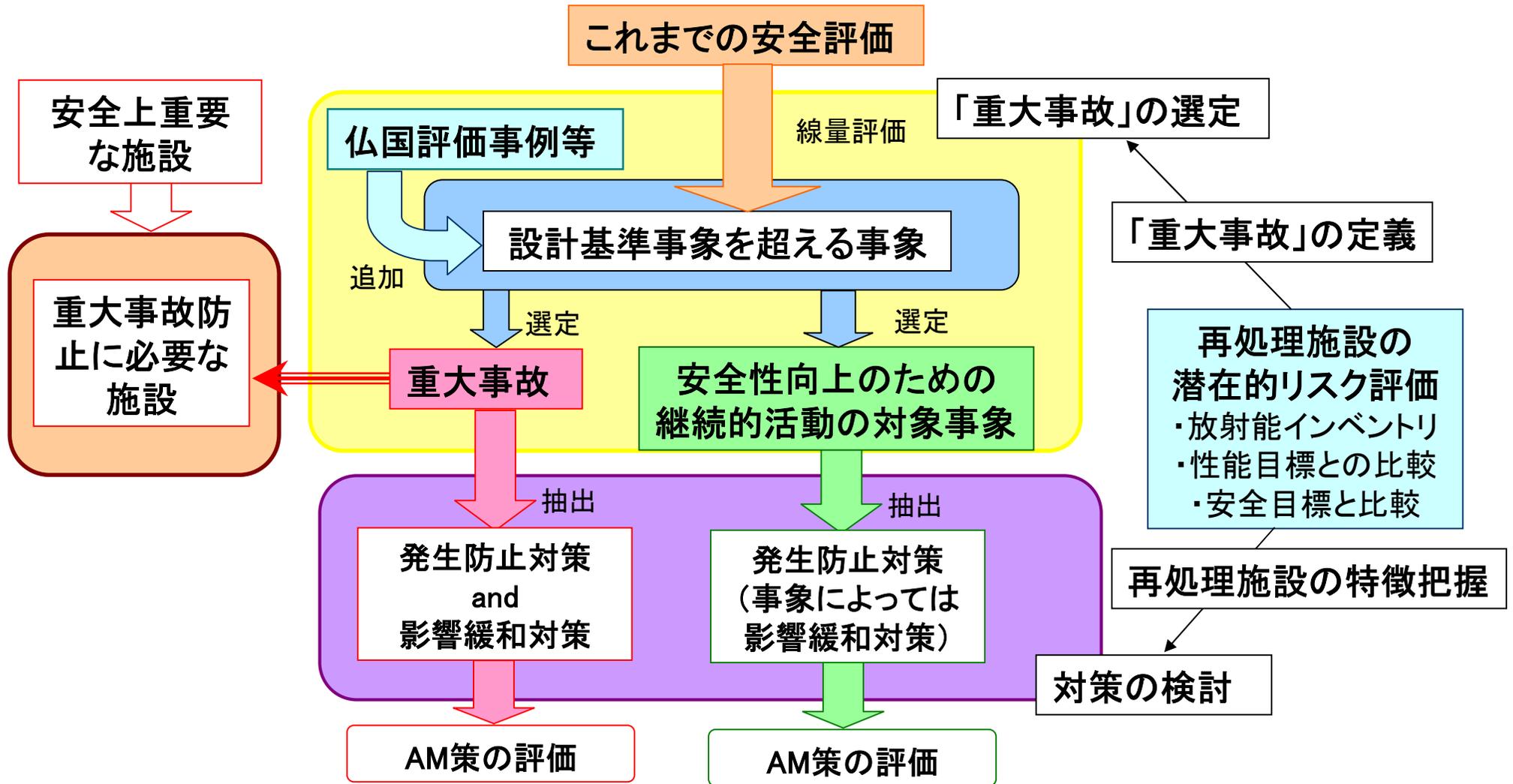
- ・これまで設計基準事故の影響緩和を目的とした深層防護の第3レベルに、新たに再処理施設に係る重大事故の発生防止対策を追加する
- ・深層防護の第4レベルを新たに追加し、再処理施設に係る「重大事故」の拡大防止・影響緩和対策を講じる

○個々の具体的事項の改善については、原子炉施設の新基準骨子案を参考に、施設の違いによる潜在的リスク等を考慮し、再処理施設の「重大事故」に対する安全性向上に実質的に寄与する内容とする。



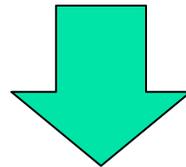
「重大事故とは、設計基準事象を大幅に超える事象であって、安全設計の評価上想定された手段では対応できない状態であり、その結果、放射性物質が異常な水準で事業所外に放出される事故」

安全対策方針のアウトライン



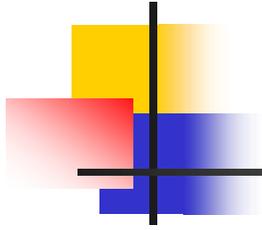
重大事故防止に必要な施設

機能喪失によって再処理施設からの異常な放射性物質の放出を伴う重大事故を引き起こすおそれのある既存の設計基準設備
⇒ 重大事故防止に必要な施設



「重大事故防止に必要な施設」に対して、以下の設計対応を検討。

- ・新たな内部溢水への対応
 - ・新たな基準地震動・基準津波への対応
- 評価結果から、必要に応じて耐震強化策を講じる
耐震強化が現実的に困難な場合は、その機能喪失に対して地震耐性を考慮したレベル4に相当する影響緩和対策を講じる



再処理施設の潜在的リスク評価

- ・放射能インベントリ
- ・性能目標との比較
- ・安全目標との比較

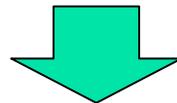
再処理施設の潜在的リスク評価 【性能目標との比較】

現在有しているリスク情報に基づき事故リスクを試算し、再処理施設の潜在的リスクがどの程度のレベルでどこに存在するかを把握することを目的として性能目標との比較を実施

- ・再処理施設の性能目標はわが国では設定されていない
- ・英国では、再処理施設を含む原子力施設に対し、安全評価原則(SAP:Safety Assessment Principle)で設定した目安レベルにしたがって事故リスク(事故影響と発生頻度の組合せ)を判断している⇒リスクを比較する目安としてSAPを使用

＜SAPにおける性能目標＞

- ・基本安全レベル(BSL:Basic Safety Level)
許認可で満足すべき基準
- ・基本安全目標(BSO:Basic Safety Objective)
規制者はこれ以上リスク低減を要求しない基準
- ・BSLとBSOの間の事象は、合理的に実行可能な限り出来るだけ低くしなければならぬというALARP(As low as reasonably practicable)による安全性向上の対象

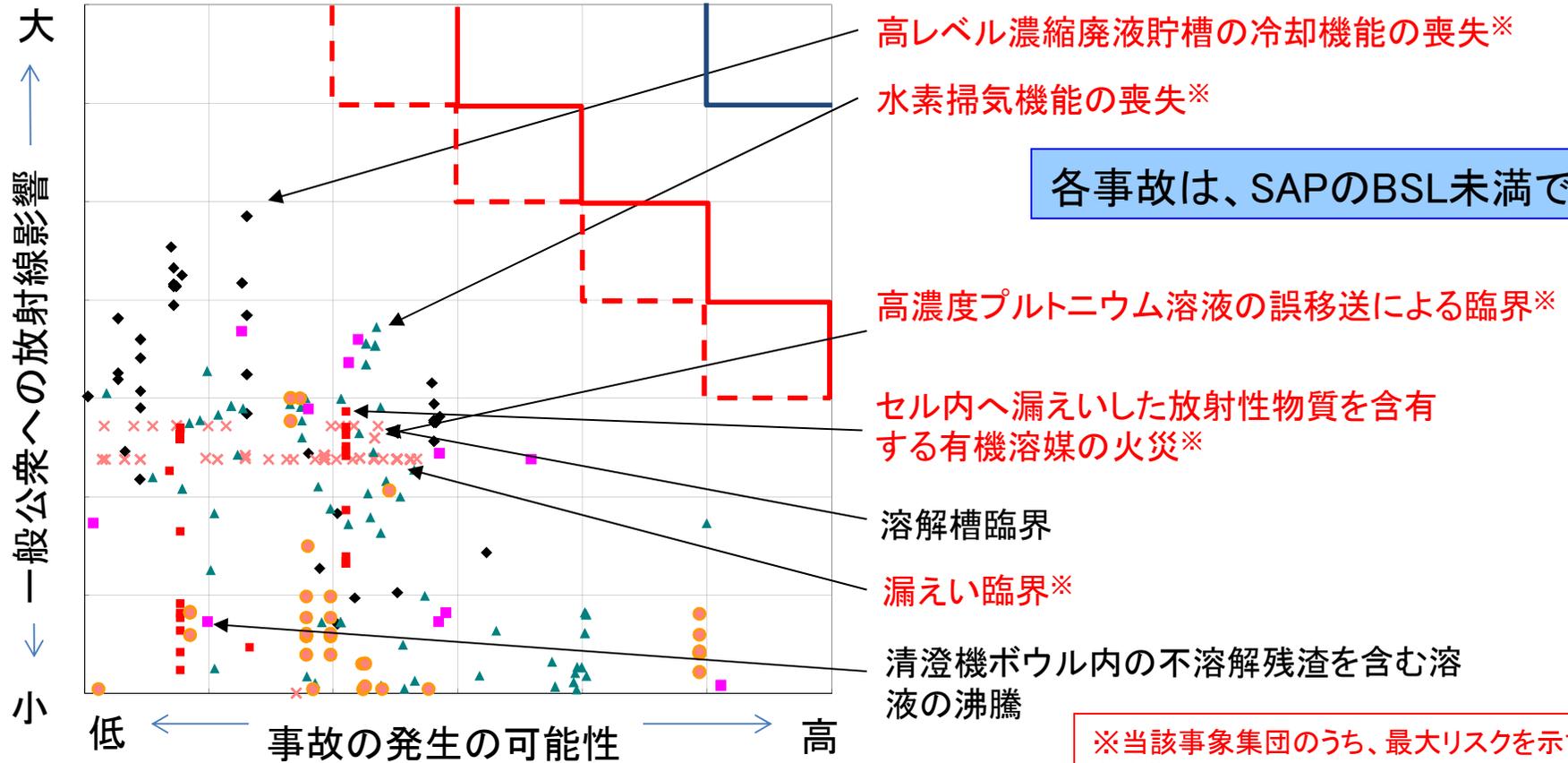


機器毎の地震起因事象(臨界、漏えい、爆発等)及び内的事象の被ばく影響と発生頻度を求めるリスクプロファイルで代表事象に対する評価を行いSAPの性能目標と比較

再処理施設の潜在的リスク評価

(1) 性能目標との比較(内的事象のケース)

内的事象リスクプロファイル(暫定版)における各事象のリスク



各事故は、SAPのBSL未満である

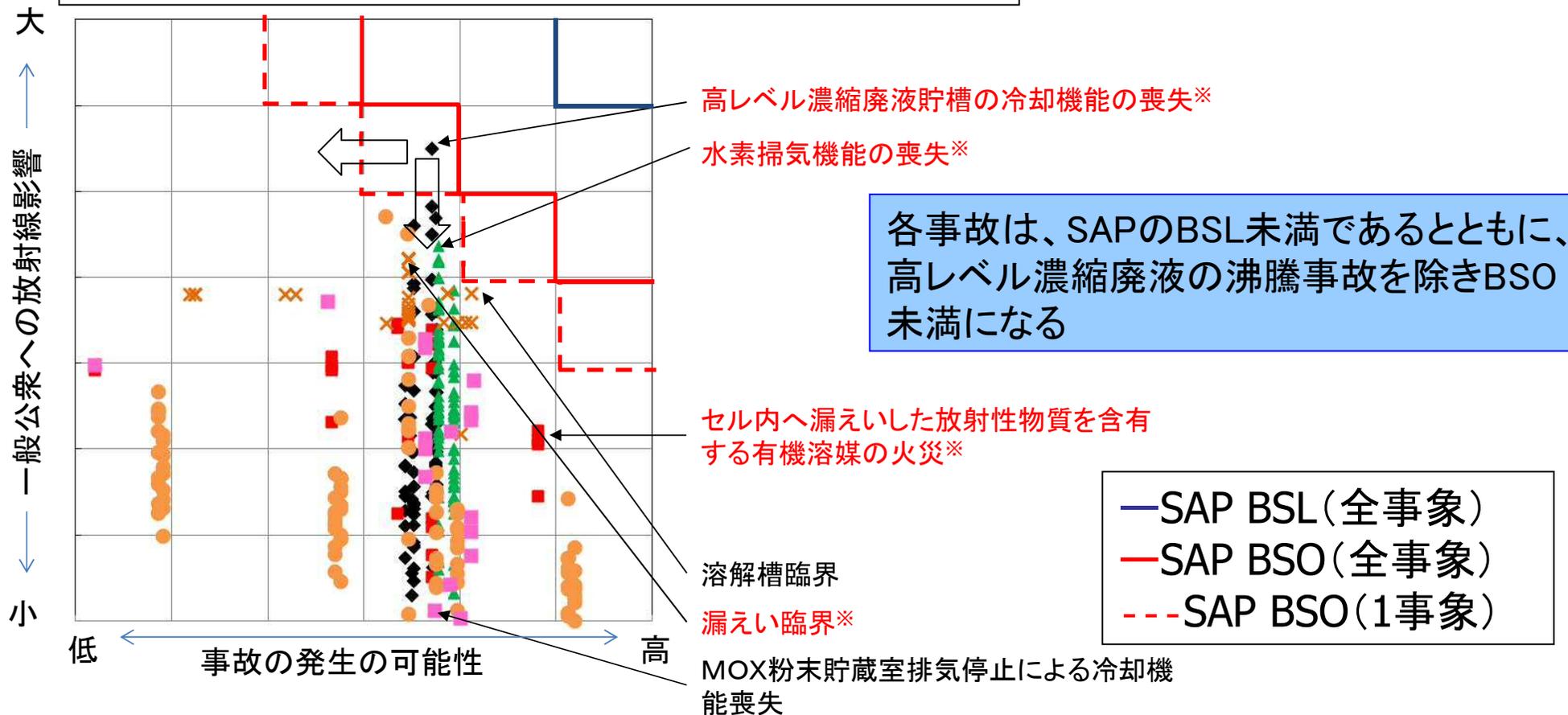
※当該事象集団のうち、最大リスクを示す1事象を指し示している。

—SAP BSL(全事象)
—SAP BSO(全事象)
---SAP BSO(1事象)

◆機能喪失(冷却) ■火災 ▲爆発
×臨界 ●漏えい ■機能喪失(その他)

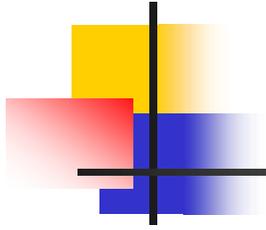
再処理施設の潜在的リスク評価 (2) 性能目標との比較(地震起因のケース)

地震リスクプロファイル(開発中)における各事象のリスク



※当該事象集団のうち、最大リスクを示す1事象を指し示している。

- ◆ 機能喪失(冷却)
- 火災
- ▲ 爆発
- × 臨界
- 漏えい
- 機能喪失(その他)



重大事故の選定

- ・選定方法
- ・選定結果
- ・重大事故防止に必要な施設

「重大事故」の選定方法

設計基準事象の選定の考え方に基づいて網羅的に実施

○安全設計においては
・「設計基準事象とする必要のない事象」
・「設計基準事象」
の二つのグループに大別される。

それぞれに対して、多重故障による安全対策の機能喪失を仮定し、その際に5mSvを上回る可能性がある事象を抽出

追加

AT版安全性総合的評価報告書、
仏国評価事例(ストレステスト及び
緊急時の社内対応計画
(PUI))での対象事象

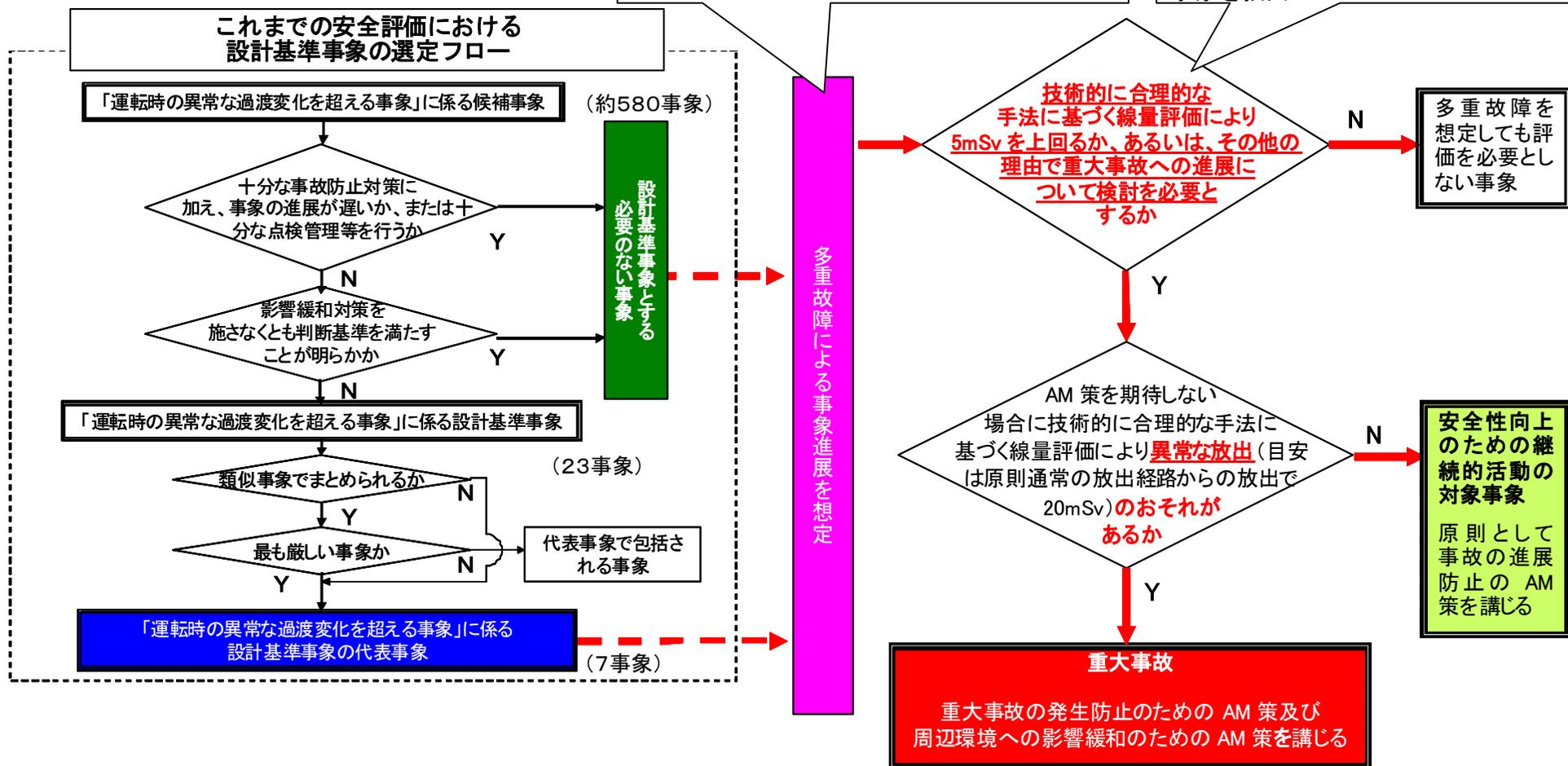
AM策を期待しない場合に、技術的合理的な線量評価により異常な放出(原則通常の放出経路からの放出で20mSv)に至るおそれのある事象を「重大事故」として選定

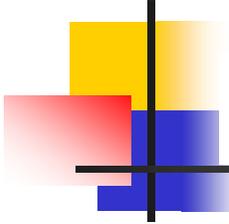
AM策を期待しない場合に、異常な放出(原則通常の放出経路からの放出で20mSv)に至るおそれのない事象を「安全性向上のための継続的活動の対象事象」として位置付け

「重大事故」の選定フロー

安全上重要な施設として多重化していること
によって発生の可能性との関連で設計基準事
象とする必要のない候補事象としていた安全
冷却水系による冷却機能の喪失等が、重大事
故の評価事象として挙げられる

設計基準事象の判断基準 (5mSv) を超
えるおそれのない事象であっても、再
処理施設の安全性をより向上させると
いう観点で、幅広くAM策を講じる対象
事象を抽出





「重大事故」の選定結果

「Ⅰ. 重大事故」として

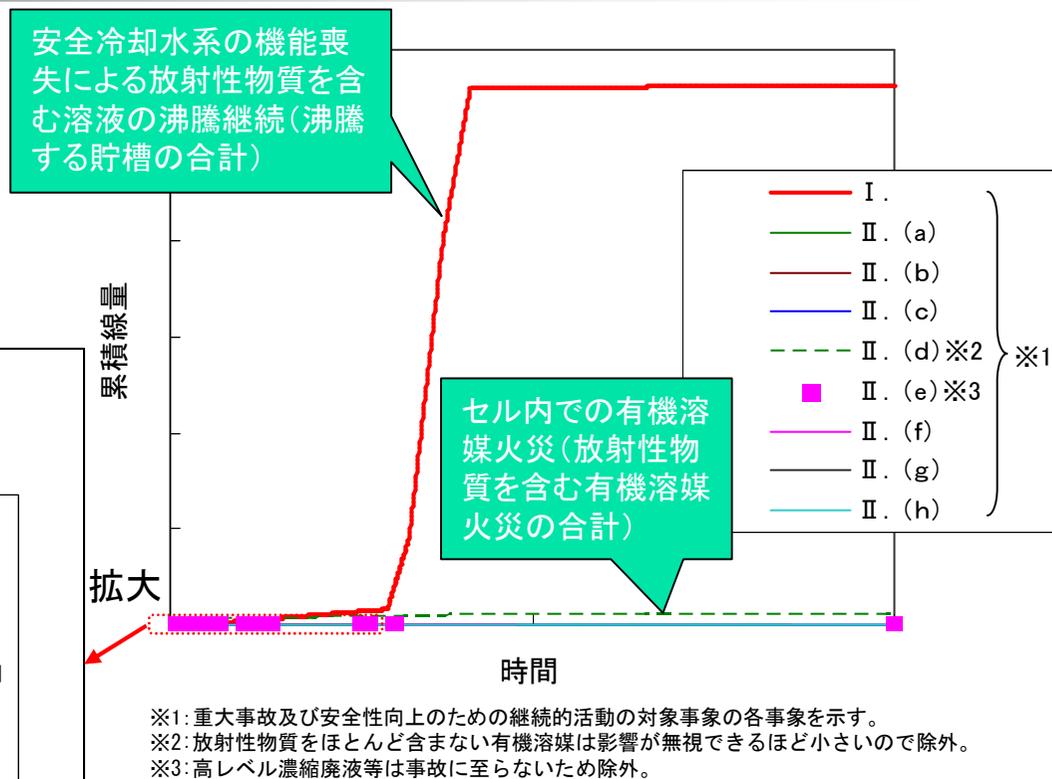
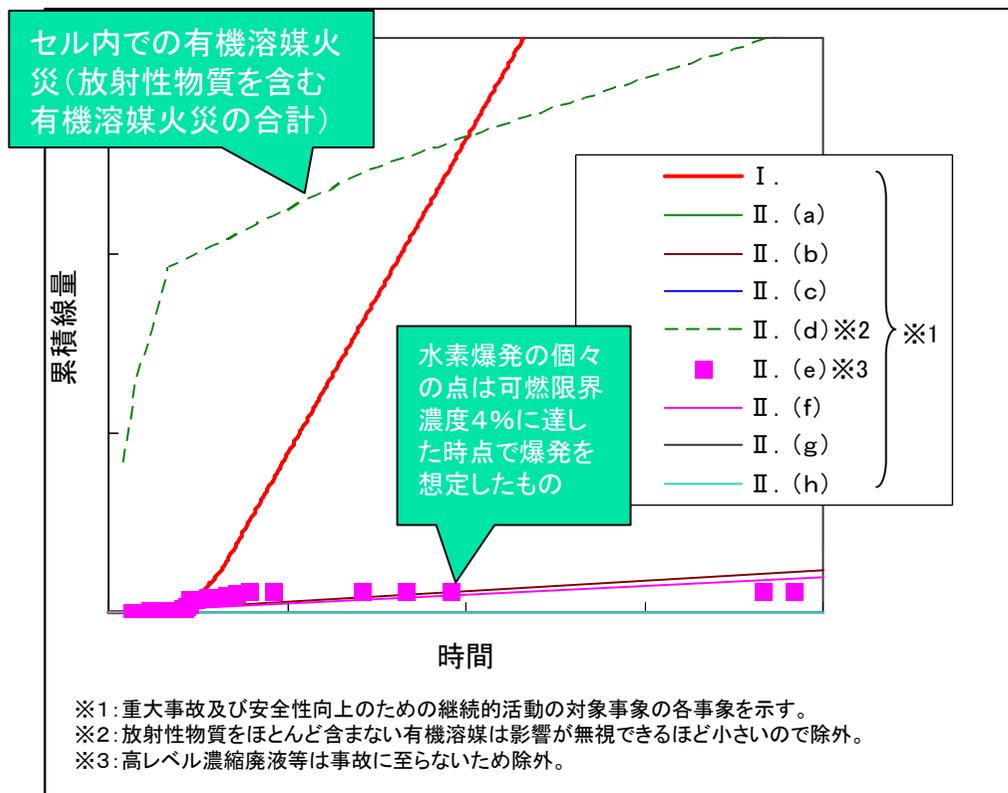
安全冷却水系の機能喪失による放射性物質を含む溶液の沸騰継続
⇒安全冷却水系が「重大事故防止に必要な施設」に該当

「Ⅱ. 安全性向上のための継続的活動の対象事象」として

- (a) 放射性物質を含む溶液の漏えいによる沸騰
- (b) 溶解槽における臨界
- (c) 安全冷却水系(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設)及びプール水冷却系の機能喪失による燃料貯蔵プールにおける沸騰
- (d) セル内での有機溶媒火災
- (e) 安全圧縮空気系の機能喪失による水素の爆発
- (f) プルトニウム溶液の漏えいに伴う臨界
- (g) ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋における貯蔵室からの排気系の機能喪失による混合酸化物貯蔵容器の過度の温度上昇
- (h) 清澄機ボウル内の不溶解残渣を含む溶液の沸騰

参考：周辺環境への影響の比較

事象進展に伴う放出放射能による累積線量の推移から、「重大事故」と「安全性向上のための継続的活動の対象事象」の周辺影響への違いを比較する



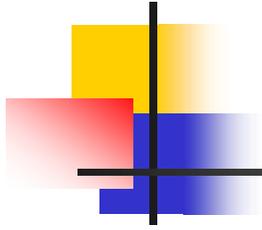
重大事故で選定した「安全冷却水系の機能喪失による放射性物質を含む溶液の沸騰継続」が、再処理施設のリスク要因として大部分を占めている

「重大事故」及び「安全性向上のための継続的活動の対象事象」の各AM策(1/2)

事象項目		深層防護レベル	
		レベル3-2	レベル4
重大事故	安全冷却水系の機能喪失による放射性物質を含む溶液の沸騰継続	<ul style="list-style-type: none"> ・ 運転予備用ディーゼル発電機からの給電 ・ 一般冷却水系からの給水 ・ 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の安全冷却水系からの給水 ・ 中間熱交換器バイパスによる冷却水供給 ・ 電源車からの安全冷却水系への給電 ・ 消防ポンプ等による冷却コイルへの直接注水 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ショ糖水注入によるルテニウム揮発抑制
安全性向上のための継続的活動の対象事象	放射性物質を含む溶液の漏えいによる沸騰	—	<ul style="list-style-type: none"> ・ ショ糖水注入によるルテニウム揮発抑制
	溶解槽における臨界	—	<ul style="list-style-type: none"> ・ 硝酸ガドリニウム溶液の供給（設計上考慮している可溶性中性子緊急供給系とは異なる系統からの供給）
	安全冷却水系及びプール水冷却系の機能喪失による燃料貯蔵プールにおける沸騰	<ul style="list-style-type: none"> ・ 消防ポンプ等による注水 ・ 電源車からの給電 ・ 補給水設備からの給水 	<p>—</p> <p>（左記AM策を継続）</p>
	セル内での有機溶媒火災	—	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現場起動でのCO₂消火ガスの供給及びセル給気側防火ダンパの手動閉止による消火 ・ 空気の流入抑制による消火 ・ セル排気フィルタ目詰まりの防止による放射性物質の放出量の低減 ・ 建屋換気設備の全停止及び建屋給気閉止ダンパの閉止による消火

「重大事故」及び「安全性向上のための継続的活動の対象事象」の各AM策(2/2)

事象項目		深層防護レベル	
		レベル3-2	レベル4
安全性向上のための継続的活動の対象事象	安全圧縮空気系の機能喪失による水素の爆発	<ul style="list-style-type: none"> ・ 運転予備用ディーゼル発電機からの給電 ・ 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の安全冷却水系からの給水による空気圧縮機の復旧 ・ 電源車からの安全圧縮空気系への給電 ・ エンジン付き空気コンプレッサーからの圧縮空気供給 	<p>—</p> <p>(左記AM策を継続)</p>
	プルトニウム溶液の漏えいに伴う臨界	—	<ul style="list-style-type: none"> ・ 硝酸ガドリニウム溶液の供給
	ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋における貯蔵室からの排気系の機能喪失による混合酸化物貯蔵容器の過度の温度上昇	<ul style="list-style-type: none"> ・ 運転予備用ディーゼル発電機からの貯蔵室排風機への給電 ・ 電源車からの貯蔵室排風機への給電 ・ 可搬式送風機による貯蔵室の換気 	<p>—</p> <p>(左記AM策を継続)</p>
	清澄機ボウル内の不溶解残渣を含む溶液の沸騰	<ul style="list-style-type: none"> ・ 自動弁の手動強制開操作による不溶解残渣排出（沸騰までの時間を延長することが可能、沸騰後に実施しても、事象収束には有効） 	<p>—</p> <p>(左記AM策を継続)</p>



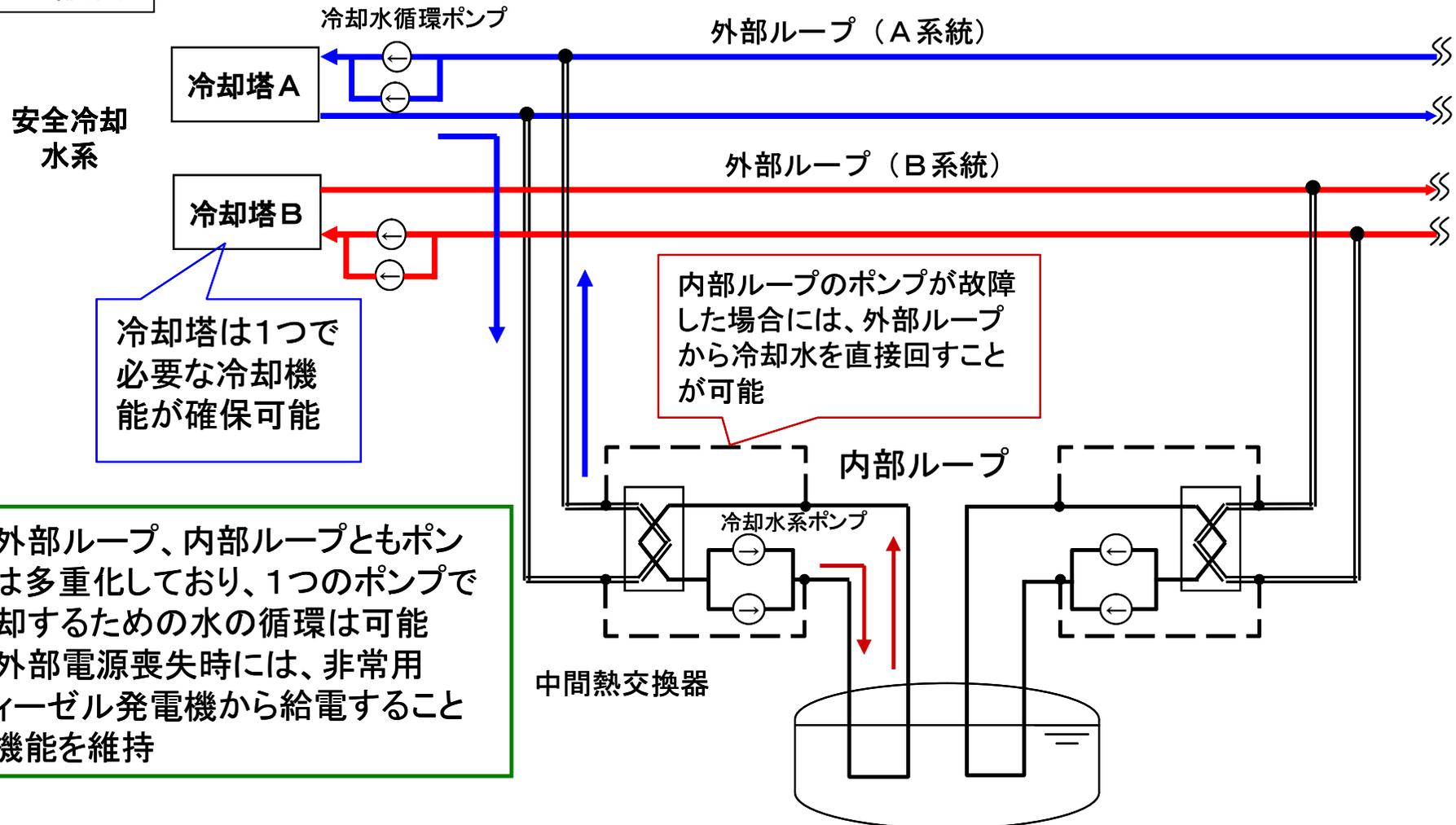
I. 重大事故の評価

- ・安全設計
- ・AM策を講じない場合の事象進展
- ・AM策の抽出
- ・AM策の評価
- ・今後有効性、実現性等について検討を行うAM策(案)

I. 重大事故の評価

安全冷却水系の機能喪失による放射性物質を含む溶液の沸騰継続

安全設計



冷却塔は1つで必要な冷却機能が確保可能

内部ループのポンプが故障した場合には、外部ループから冷却水を直接回すことが可能

○外部ループ、内部ループともポンプは多重化しており、1つのポンプで冷却するための水の循環は可能
○外部電源喪失時には、非常用ディーゼル発電機から給電することで機能を維持

高レベル濃縮廃液貯槽等

I. 重大事故の評価

安全冷却水系の機能喪失による放射性物質を含む溶液の沸騰継続

安全冷却水系の機能喪失により、放射性物質を含む溶液の沸騰が継続し重大事故に至るおそれのある機器は以下のとおり。

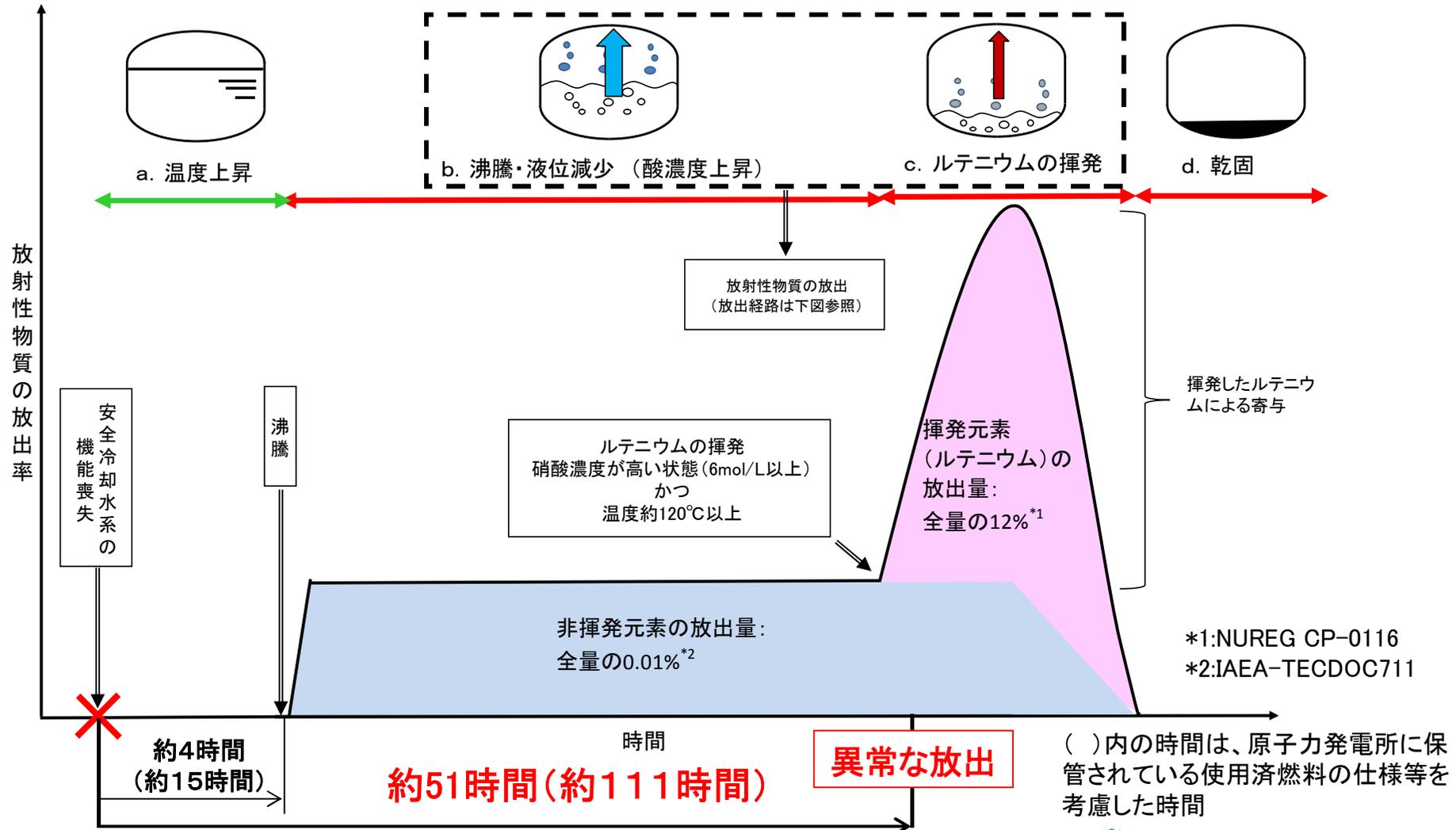
建屋	対象機器
分離建屋	高レベル廃液濃縮缶A
高レベル廃液ガラス固化 建屋	第1高レベル濃縮廃液貯槽
	第2高レベル濃縮廃液貯槽
	第1高レベル濃縮廃液一時貯槽
	第2高レベル濃縮廃液一時貯槽
	高レベル廃液混合槽A
	高レベル廃液混合槽B

※上記以外の安全冷却水系で冷却を必要とする機器は、安全冷却水系の機能喪失により放射性物質を含む溶液の沸騰が継続した場合でも重大事故にはならないが、溶液の沸騰を防止するAM策は重大事故と同様であるため、安全冷却水系で冷却する全ての機器に対し、重大事故と同様のAM策を準備した。

I. 重大事故の評価

安全冷却水系の機能喪失による放射性物質を含む溶液の沸騰継続

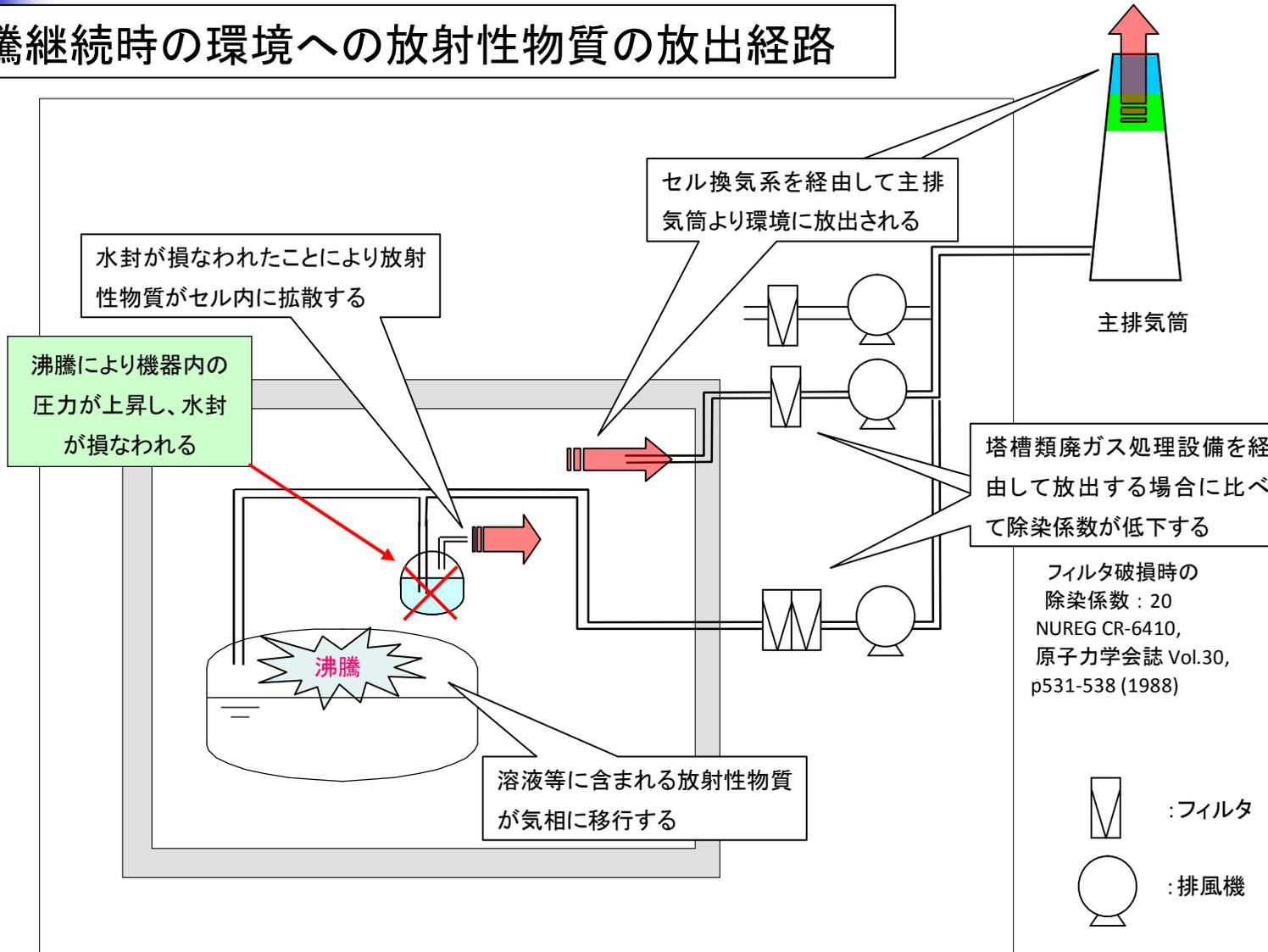
AM策を講じない場合の事象進展



I. 重大事故の評価

安全冷却水系の機能喪失による放射性物質を含む溶液の沸騰継続

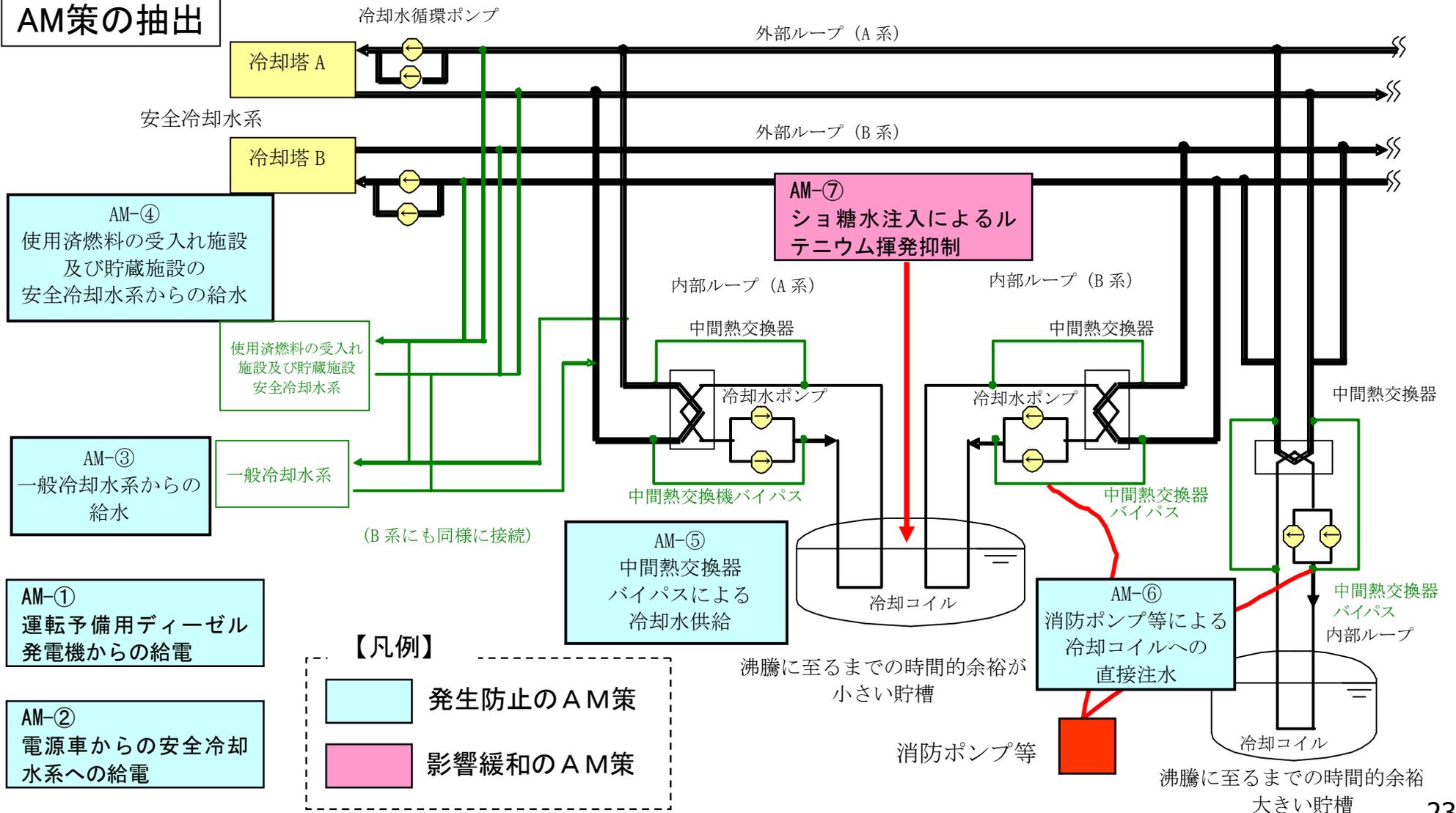
沸騰継続時の環境への放射性物質の放出経路



I. 重大事故の評価

安全冷却水系の機能喪失による放射性物質を含む溶液の沸騰継続

AM策の抽出

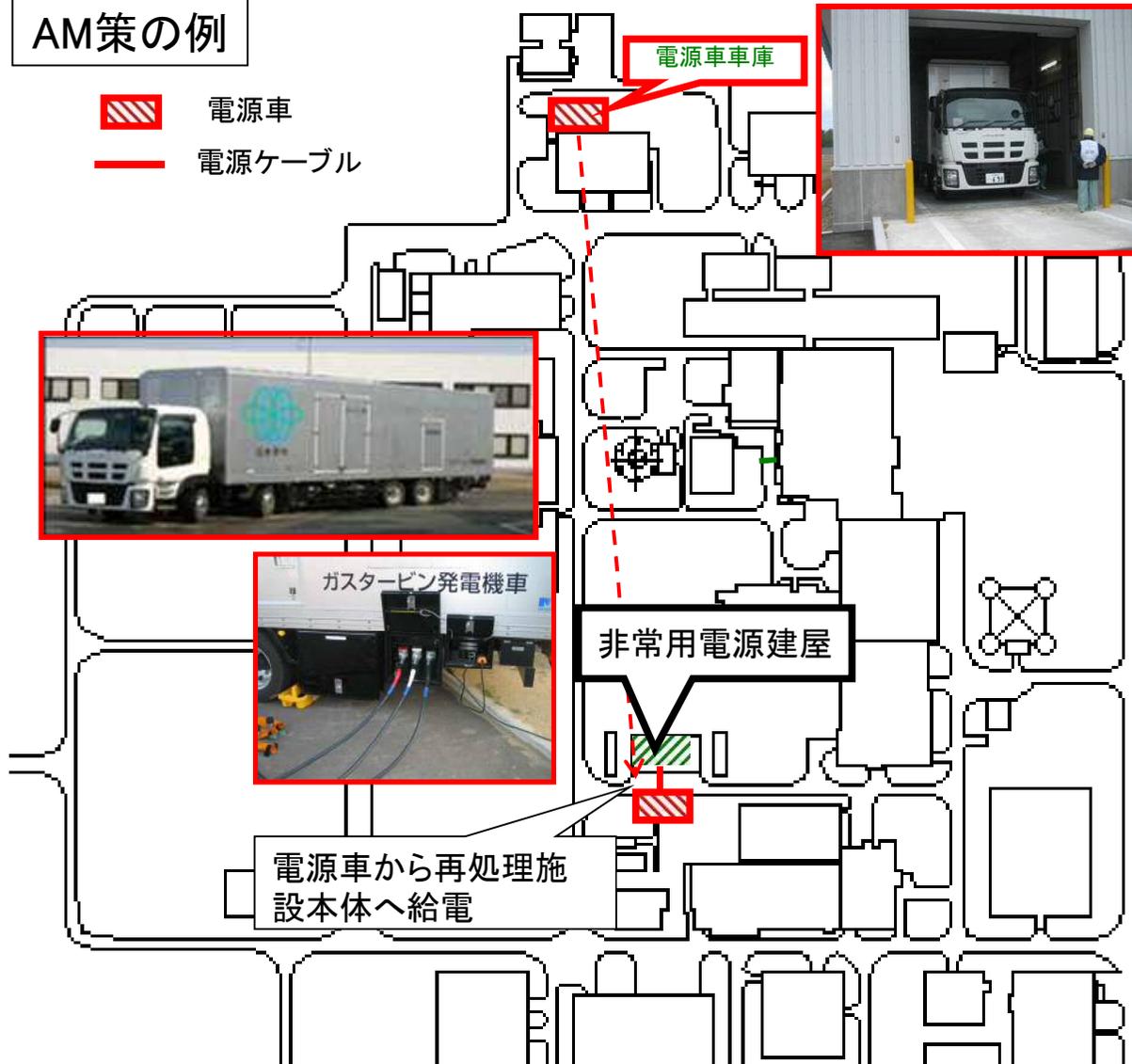


I. 重大事故の評価

安全冷却水系の機能喪失による放射性物質を含む溶液の沸騰継続

AM策の例

-  電源車
-  電源ケーブル



電源車による給電については、厳冬期も含め訓練を実施
(2012年度:10回以上実施)



4時間以内に給電が可能



「沸騰に至ることを防止するまたは沸騰状態を収束させ再度沸騰に至ることを防止することが可能」

異常な放出に至るまでの時間を延長可能

I. 重大事故の評価

安全冷却水系の機能喪失による放射性物質を含む溶液の沸騰継続

放出量評価

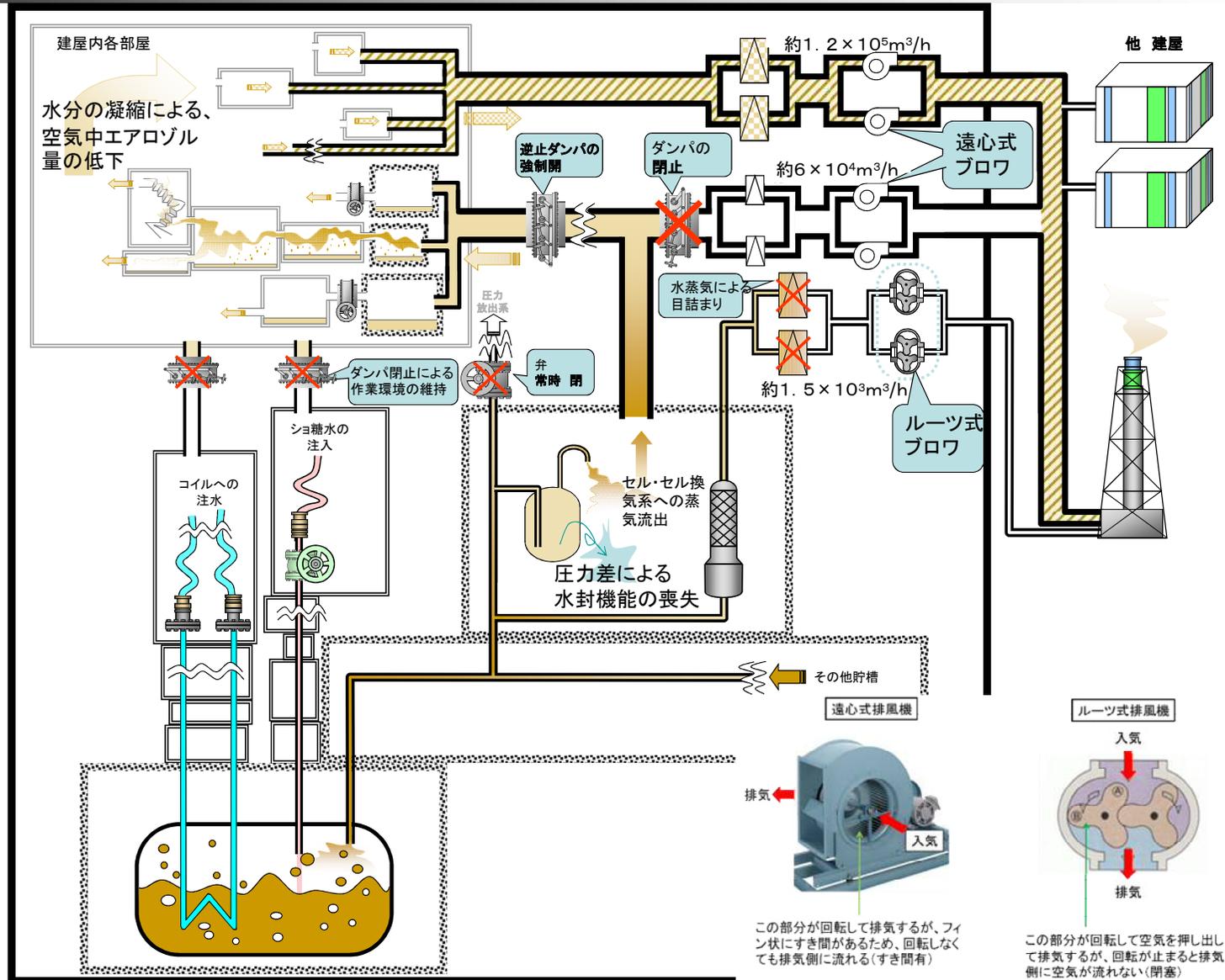
「AM-⑦:シヨ糖水注入によるルテニウム揮発抑制」の実施により、硝酸を分解することができルテニウムの揮発を抑制可能である。そのため、ルテニウムの揮発が始まるまでにシヨ糖水を注入することで、ルテニウムの揮発を抑制でき、ルテニウムの放出量を約100分の1以下に低減できる。

⇒「放射性物質の異常な放出に対する放出量低減するAM策」を実施することで、異常な放出に至ることを防止し、周辺環境への放射性物質の放出量を低減できる

※周辺環境への影響については、揮発したルテニウムの寄与によるものが大きく、仮に機器内の溶液が沸騰したとしても沸騰が継続せずルテニウムが揮発しない場合、放射性物質の異常な放出に至ることはない。

更なる安全性の向上を目的として、個々の冷却対象設備についてより効果的な冷却及び影響緩和対策、並びに、再処理施設全体に有効な冷却方法を今後も継続して検討する。
また、事故時の影響緩和対策として、セル及び建屋の換気設備を用いた放射性物質の異常な放出を抑制する対策も継続して検討する。

事象発生時の換気設備の管理方法の例



事故時の計測

- 外部電源喪失時の監視については、**運転予備用ディーゼル発電機**または**第2非常用ディーゼル発電機**からの給電により、**運転監視制御盤**及び**安全監視制御盤**が使用出来る間は**運転監視制御盤**及び**安全監視制御盤**により監視を行う。
- 上記電源が確保できない場合には、3台保有している電源車のうち、2台を使用し、以下の負荷先に給電。
 - ・崩壊熱除去機能(安全冷却水系の冷却塔、ポンプ、MOX粉末貯蔵室の排風機)
 - ・水素滞留防止機能(安全圧縮空気系の空気圧縮機、塔槽類廃ガス処理系排風機)
 - ・閉じ込め機能(セル換気系排風機等)
 - ・運転員の居住性(中央制御室換気設備)
 - ・監視制御(各種電源盤、制御盤等、放射線監視設備(排気モニタ、臨界警報装置等))
 - ・作業環境(通信設備、照明設備)
- **運転監視制御盤**が使用不可となった場合は**代替措置も含めた現場確認**により監視を行う。

事故時の計測(セル内の監視)

沸騰までの時間余裕が小さい機器において、温度等の特に重要なパラメータを監視できるように、電源供給ができる予備の可搬式計測器を手配。

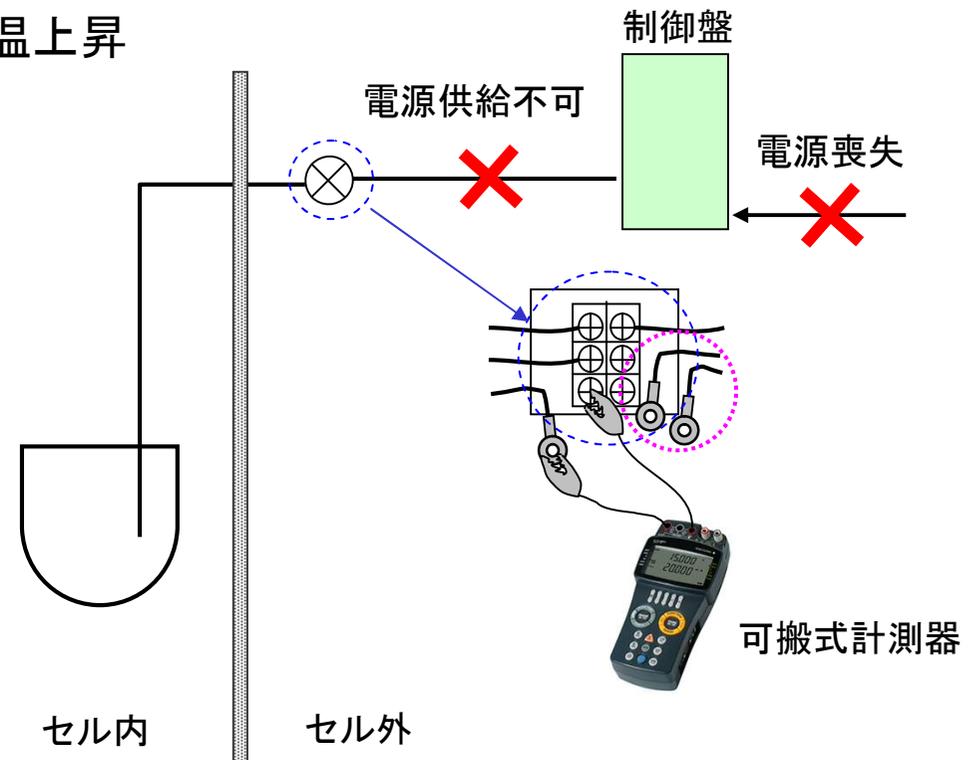
以下のポイントの測定が必要。

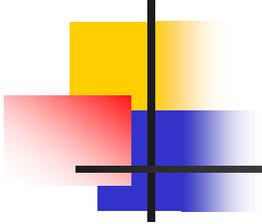
- (1) 冷却が必要な溶液を内蔵する機器の液温上昇
- (2) 安全冷却水系の膨張槽の水位確保

可搬式計測器で電流を測定する。
可搬式計測器のバッテリーを電源とすることから、外部バッテリーは不要。

他に事象についても、

既設の電源供給不要な他の計器で貯槽内圧力を測定、可搬式温度計により温度測定を行なうなど事象発生時に必要となる監視機能を可搬式計測器により補うことは可能





Ⅱ. 安全性向上のための継続的活動 の対象事象の評価

- ・安全設計
- ・AM策を講じない場合の事象進展
- ・AM策の抽出
- ・AM策の評価

【例】

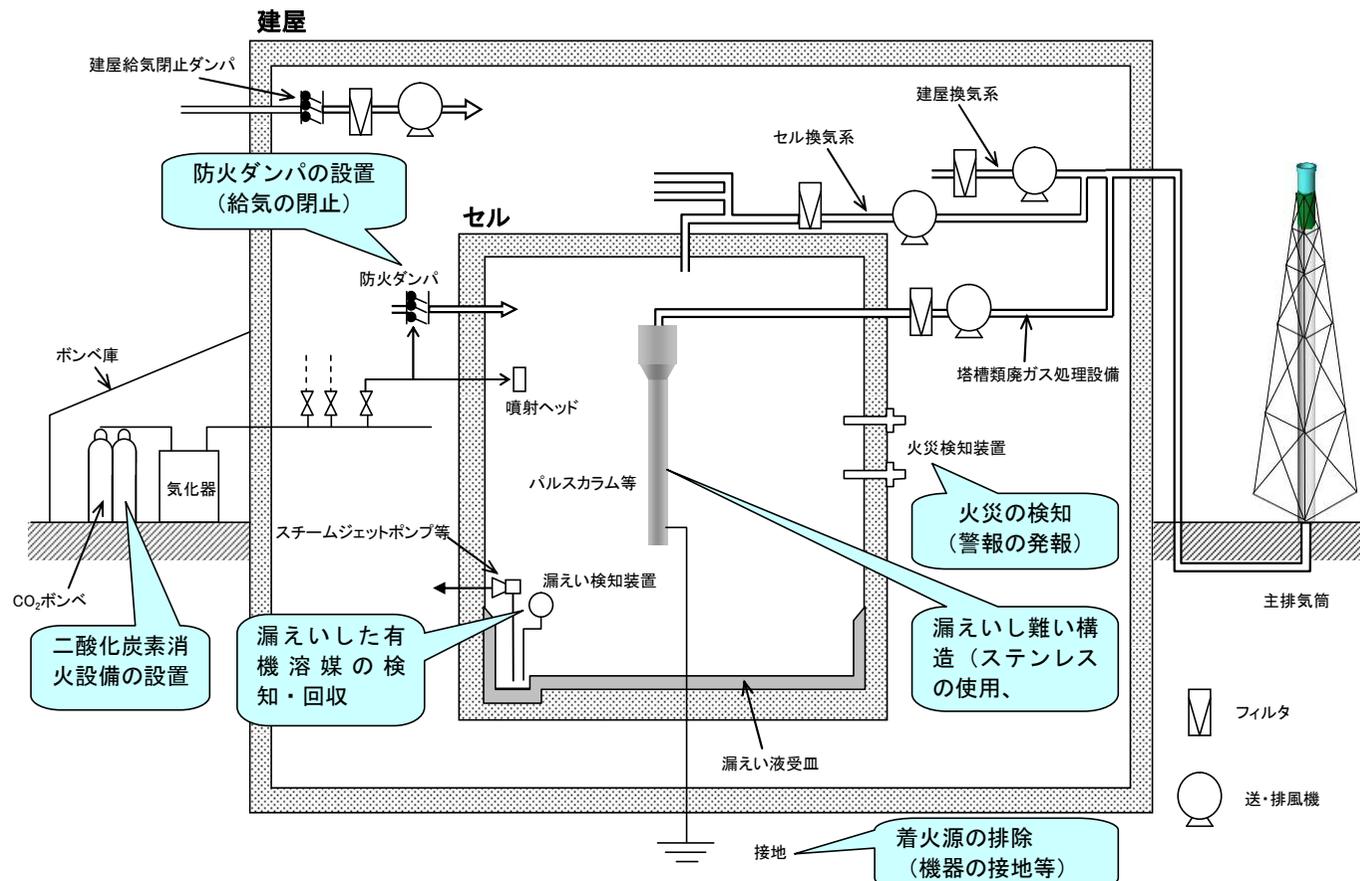
- ・セル内での有機溶媒火災
- ・安全圧縮空気系の機能喪失による水素の爆発

Ⅱ. 安全性向上のための継続的活動の対象事象の評価

④セル内での有機溶媒火災

安全対策

再処理施設では、可燃性物質である有機溶媒を用いていることから、有機溶媒のセル内への漏えい及び火災に対して、法令や指針に基づく以下の発生防止対策、拡大防止対策及び影響緩和対策を講じている。



Ⅱ. 安全性向上のための継続的活動の対象事象の評価

④セル内での有機溶媒火災

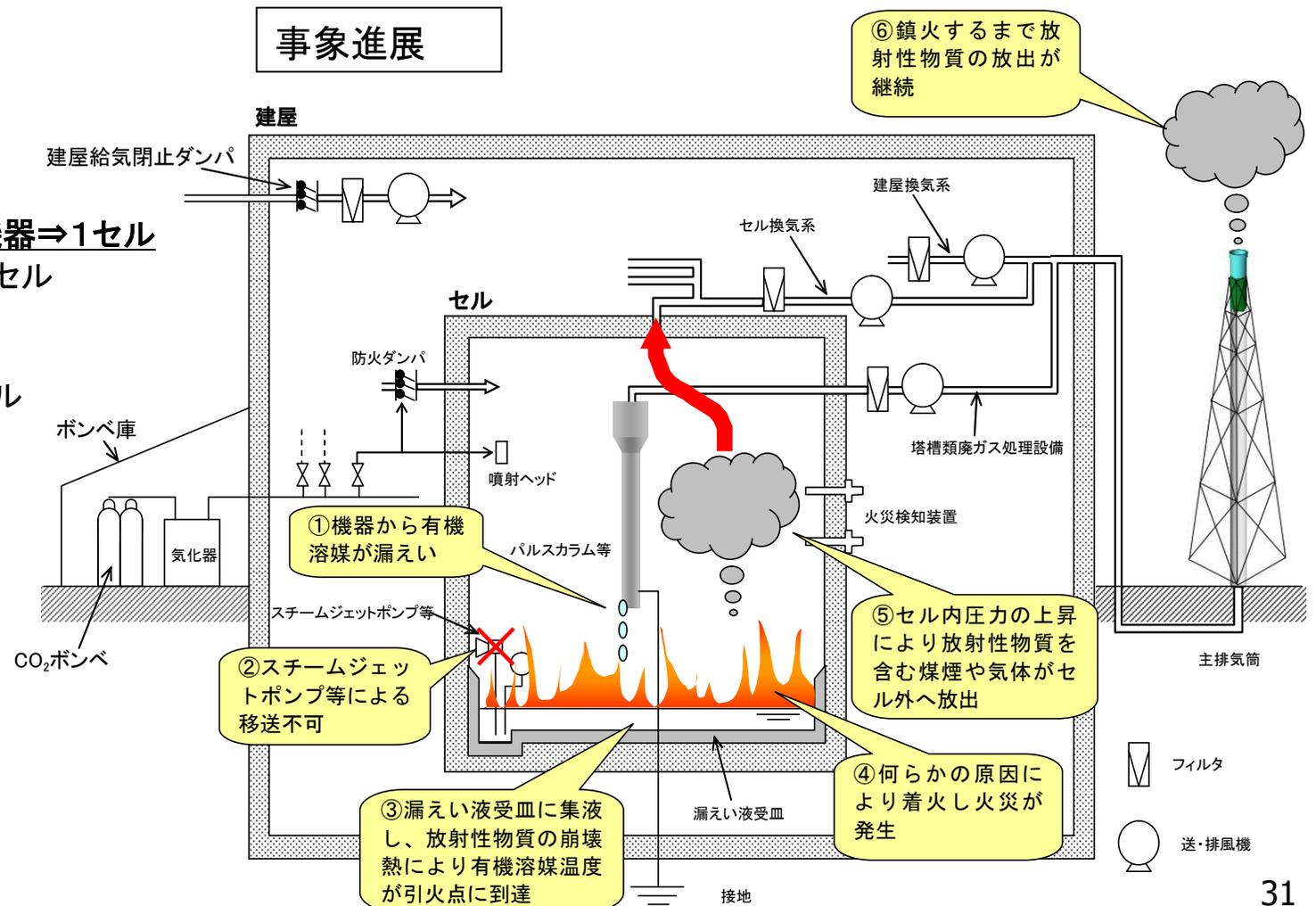
有機溶媒火災事象評価の対象機器

【分離建屋】

- ・主要設備: 13機器⇒3セル
- ・一時貯留設備: 6機器⇒3セル
- ・溶媒再生系設備: 4機器⇒2セル

【精製建屋】

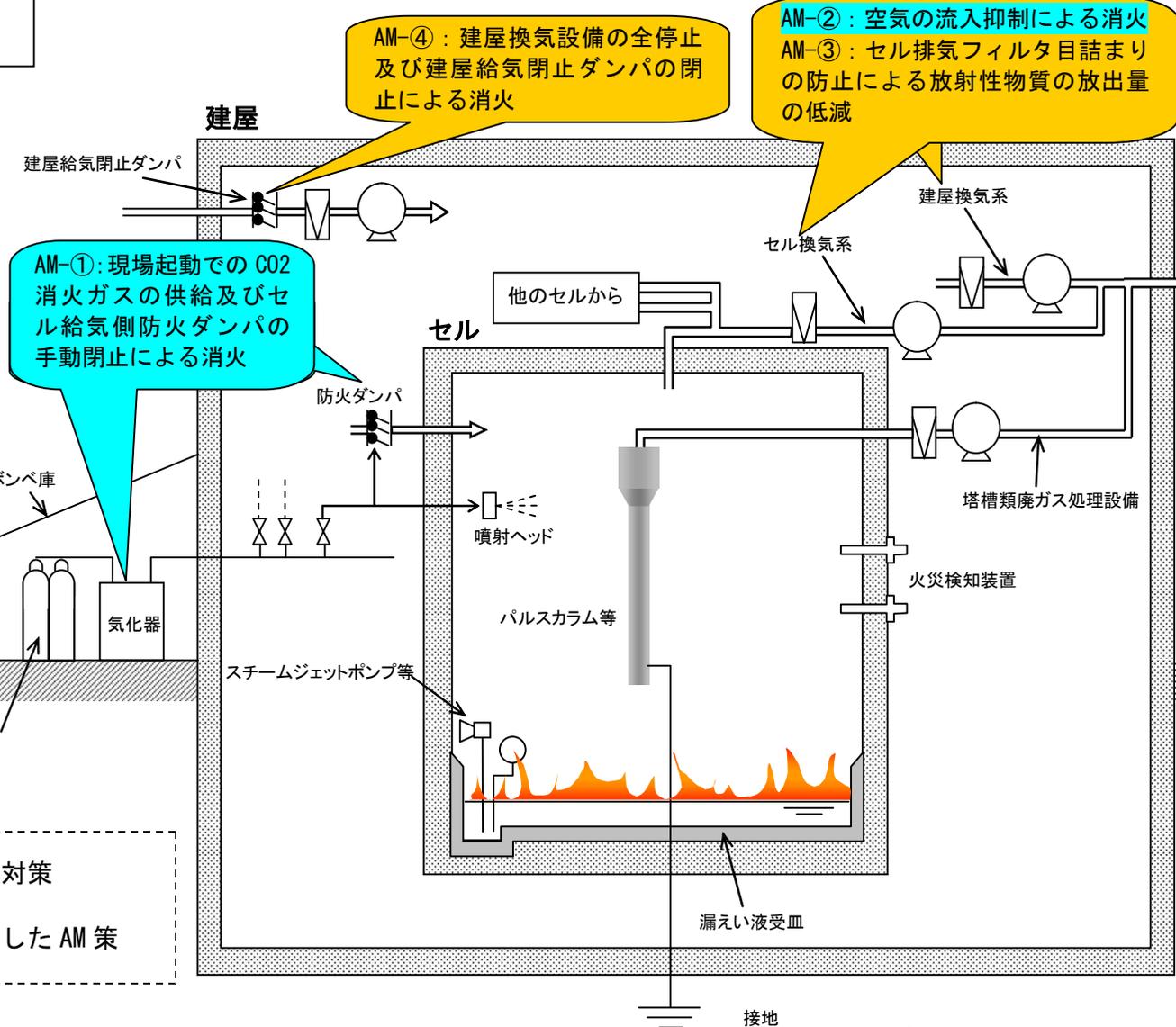
- ・プルトニウム精製主要設備: 5機器⇒1セル
- ・ウラン精製主要機器: 9機器⇒4セル
- ・一時貯留設備: 5機器⇒2セル
- ・溶媒再生系機器: 8機器⇒6セル
- ・溶媒処理系機器: 10機器⇒3セル



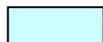
Ⅱ. 安全性向上のための継続的活動の対象事象の評価

④セル内での有機溶媒火災

対応可能なAM策



【凡例】



設計段階等に対応した対策



本報告書で対応を検討したAM策



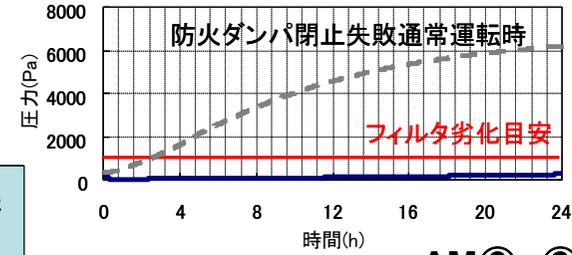
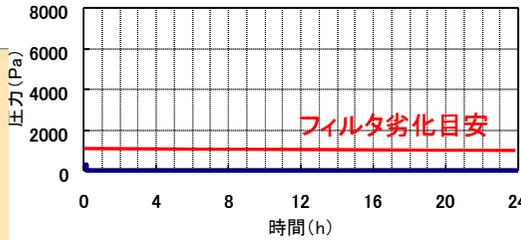
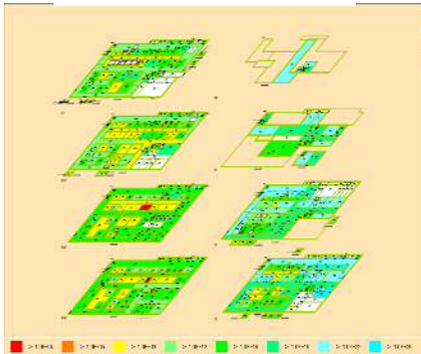
フィルタ



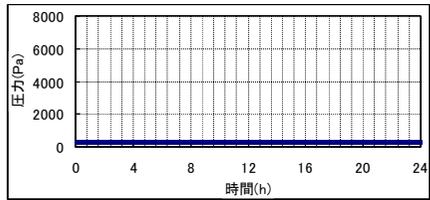
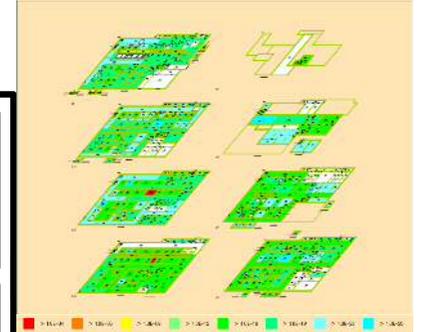
送・排風機

事象発生時の換気設備の管理方法の例

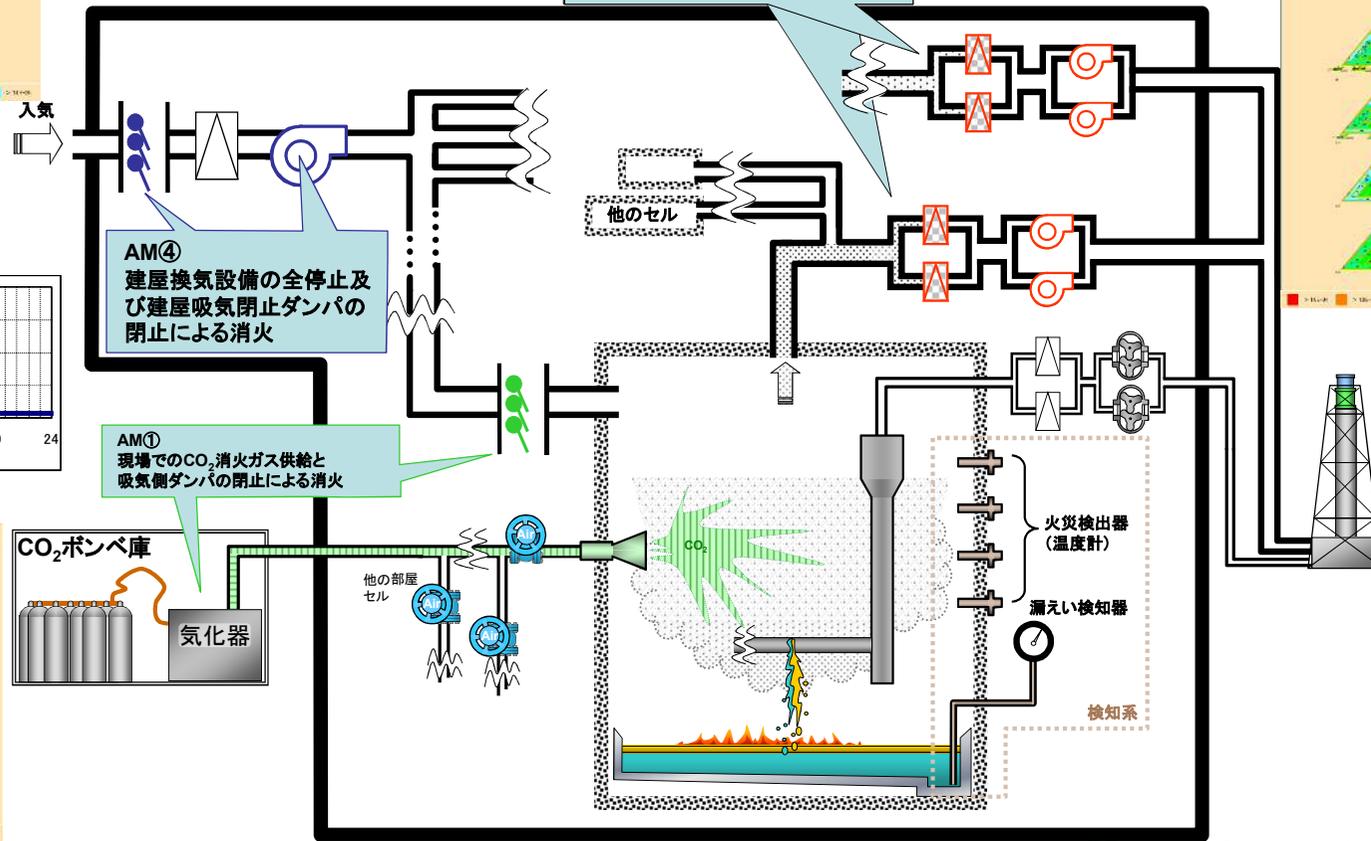
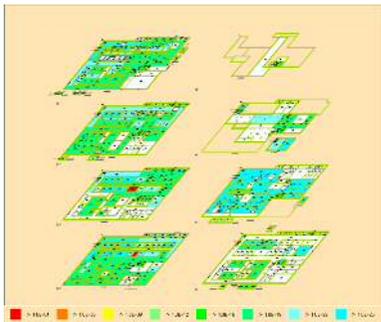
AM④ 成功時



AM②、③ 成功時



AM① 成功時

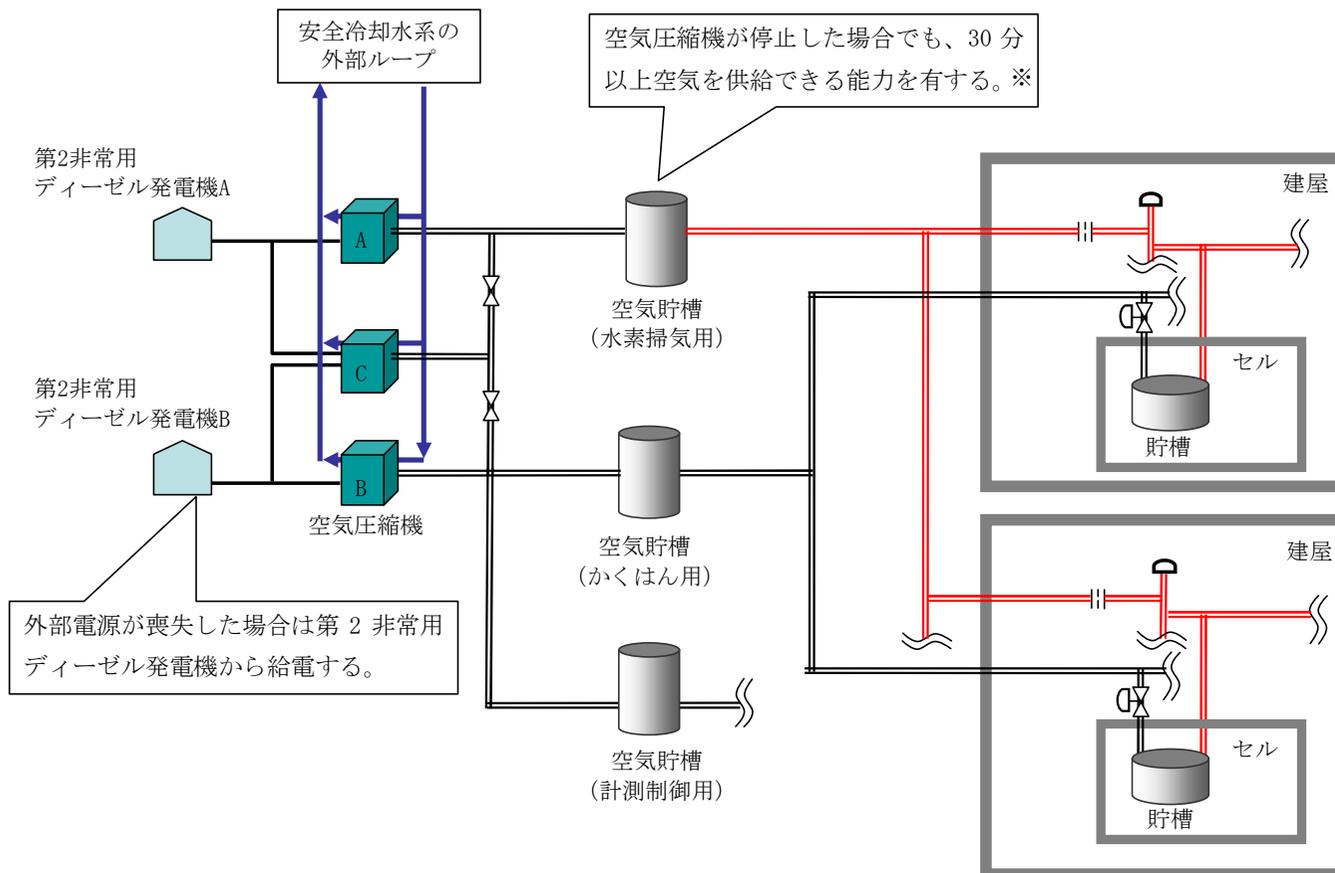


Ⅱ. 安全性向上のための継続的活動の対象事象の評価

⑤安全圧縮空気系の機能喪失による水素の爆発

安全設計

- ・塔槽類廃ガス処理設備等に接続し、適切に換気する等の手段により発生した水素が滞留しない設計
- ・溶液及び有機溶媒の放射線分解により発生する水素の濃度が可燃限界濃度(4vol%)に達するまでの時間的余裕が小さい機器は、安全圧縮空気系から空気を供給し、発生する水素の濃度を可燃限界濃度未満に抑制



※「安全圧縮空気喪失試験」において、空気圧縮機の停止から約1時間後まで空気貯槽からの空気供給が期待できることを確認している。

Ⅱ. 安全性向上のための継続的活動の対象事象の評価

⑤安全圧縮空気系の機能喪失による水素の爆発

【放射線分解により発生する水素に対する知見】

- 放射線分解による水素の発生量については、国内外において実際の高レベル廃液によるデータ取得が行われ、設計時に想定していた水素の発生量よりも少なくなることが確認されている。
- 高レベル廃液から放射線分解により放出される水素については、実際のプラントでは設計で算出した水素発生量と比べ少ないことが1970年代頃から指摘され、独仏日等各国の研究により、水素放出G値(崩壊熱100eVあたりの水素放出量)が定量化され極めて小さい(G値に対し1/100未満)ことを確認。
- 水素放出G値が極めて小さいのは、パラジウムイオンの触媒効果であることを確認。
⇒フランスで実施されたストレステストでは、「高レベル廃液貯槽の水素爆発事象」はシビアアクシデントから除外されている。



核分裂生成物と硝酸を含む溶解液、抽出廃液、高レベル廃液、高レベル濃縮廃液などは、安全圧縮空気系の機能喪失による水素の爆発事象の評価対象とならない

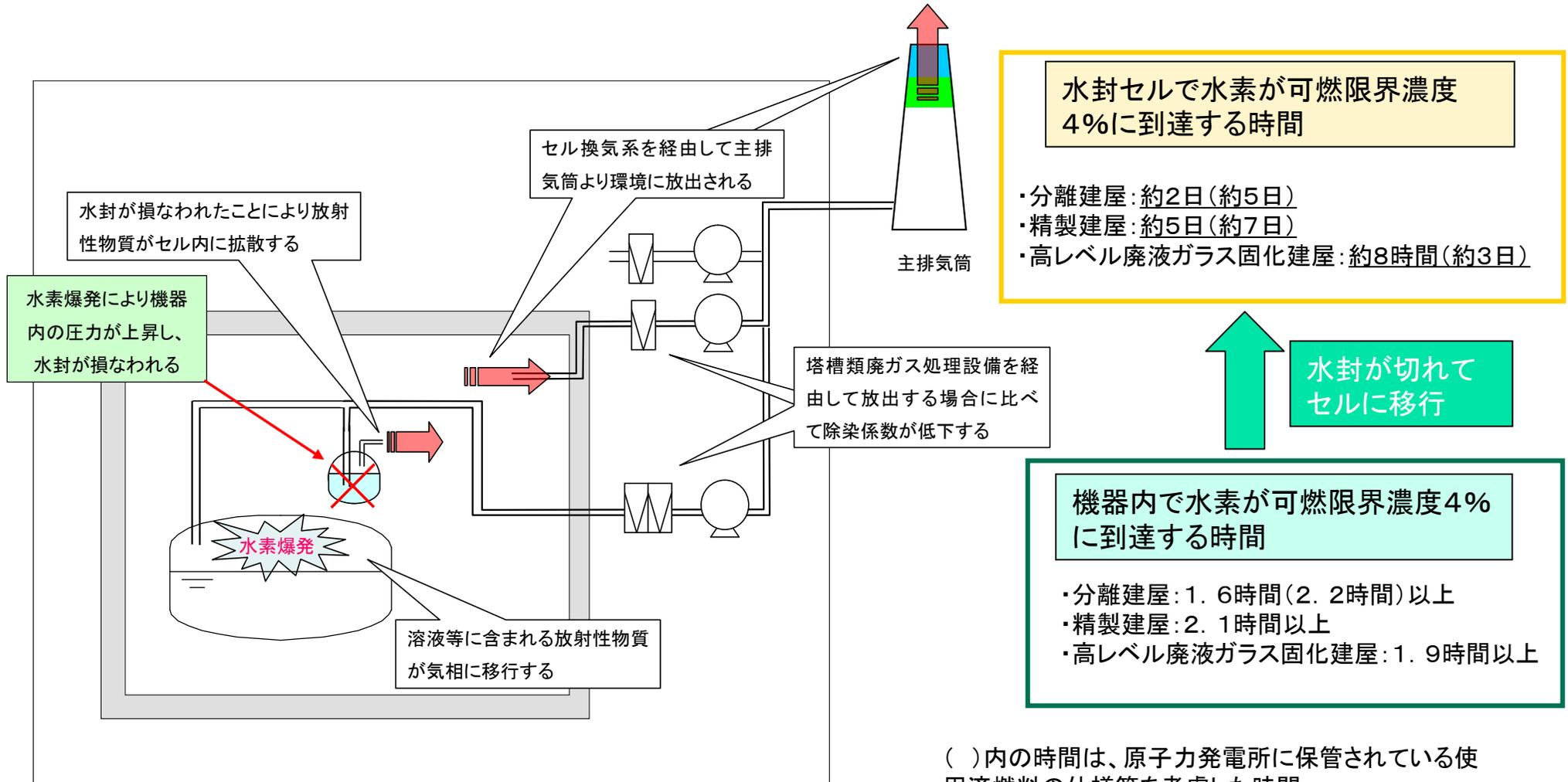
【水素爆発が発生した場合の機器への影響に対する知見】

- 解析により爆発が発生する際の水素濃度と爆発によって機器に加わる応力を算出。
- 30%程度の水素濃度までは水素爆発が発生しても機器に加わる応力が機器の材料の降伏応力を上回るものの、破断には至らないことを確認している。
⇒水素の可燃限界濃度程度で水素爆発が発生したとしても機器に影響を及ぼすことがないといえる。

Ⅱ. 安全性向上のための継続的活動の対象事象の評価

⑤安全圧縮空気系の機能喪失による水素の爆発

水素爆発による環境への放射性物質の放出経路



()内の時間は、原子力発電所に保管されている使用済燃料の仕様等を考慮した時間

Ⅱ. 安全性向上のための継続的活動の対象事象の評価

⑤安全圧縮空気系の機能喪失による水素の爆発

AM策の抽出

水素滞留防止機能を回復することにより、水素濃度が可燃限界濃度に到達し水素爆発に至ることを防止できるため、以下の対策が有効である。

- AM-①: 運転予備用ディーゼル発電機からの給電
- AM-②: 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の安全冷却水系からの給水による空気圧縮機の復旧
- AM-③: 電源車からの安全圧縮空気系への給電
- AM-④: エンジン付き空気コンプレッサーからの圧縮空気供給

AM策の例

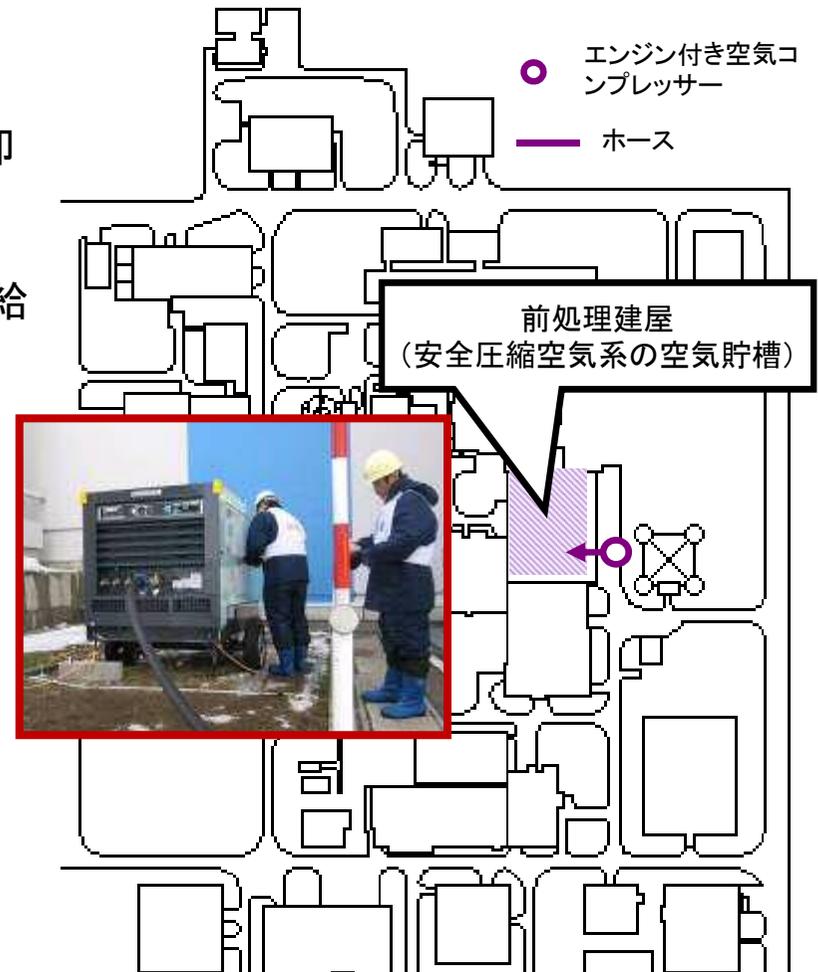
電源車による給電については、厳冬期も含め訓練を実施(2012年度: 10回以上実施)



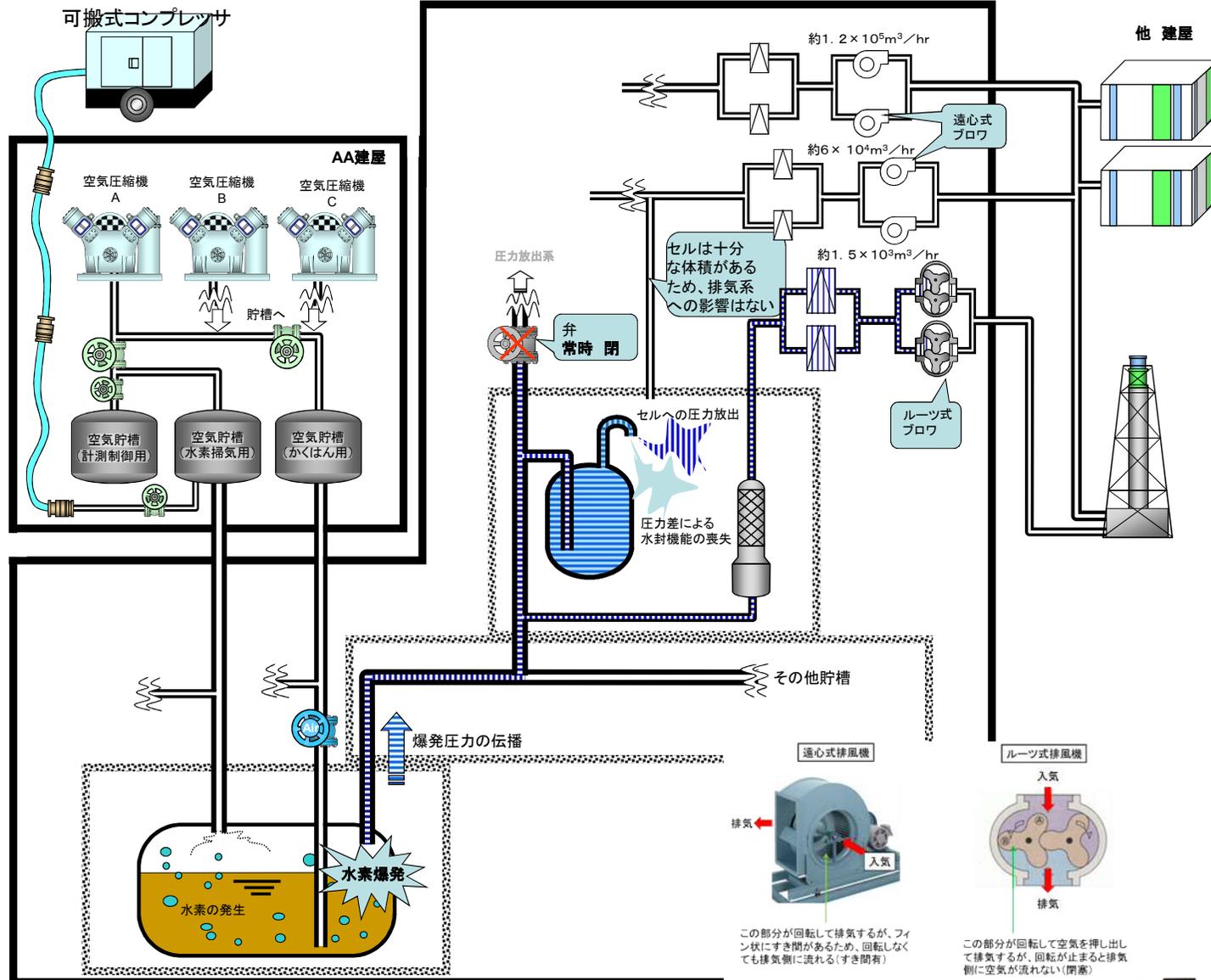
1時間程度で圧縮空気の供給が可能

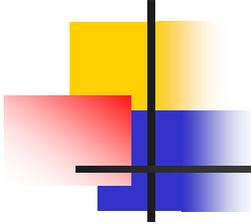


可燃限界濃度に達するまでに水素掃気機能を回復することが可能



事象発生時の換気設備の管理方法の例





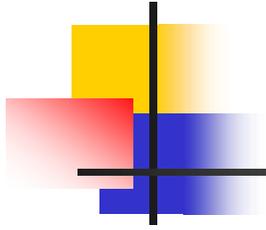
まとめ

○福島第一原子力発電所事故以降、自主的な安全性向上として、六ヶ所再処理施設の重大事故を選定するとともに、重大事故に対する発生防止対策、影響緩和対策を検討、評価した。

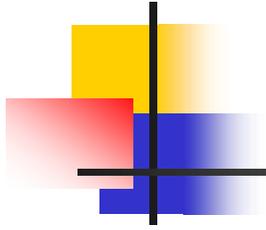
⇒重大事故として「安全冷却水系の機能喪失による放射性物質を含む溶液の沸騰継続」を選定し、重大事故に対するAM策を抽出するとともに、その有効性について評価

○AM策を期待しない場合に異常な放出に至る可能性がないとして、重大事故に選定されなかった事象についても、「安全性向上のための継続的活動の対象事象」と位置付け、事象の発生防止のためのAM策を基本として必要な対策等を評価した。

今後、継続的に訓練を行うことで、より迅速かつ確実にそれぞれのAM策を実施できるよう努めるとともに、新たに策定される新規制基準を適切に反映しながら、さらなる安全性の向上への取り組みを継続していく。



(補足資料)

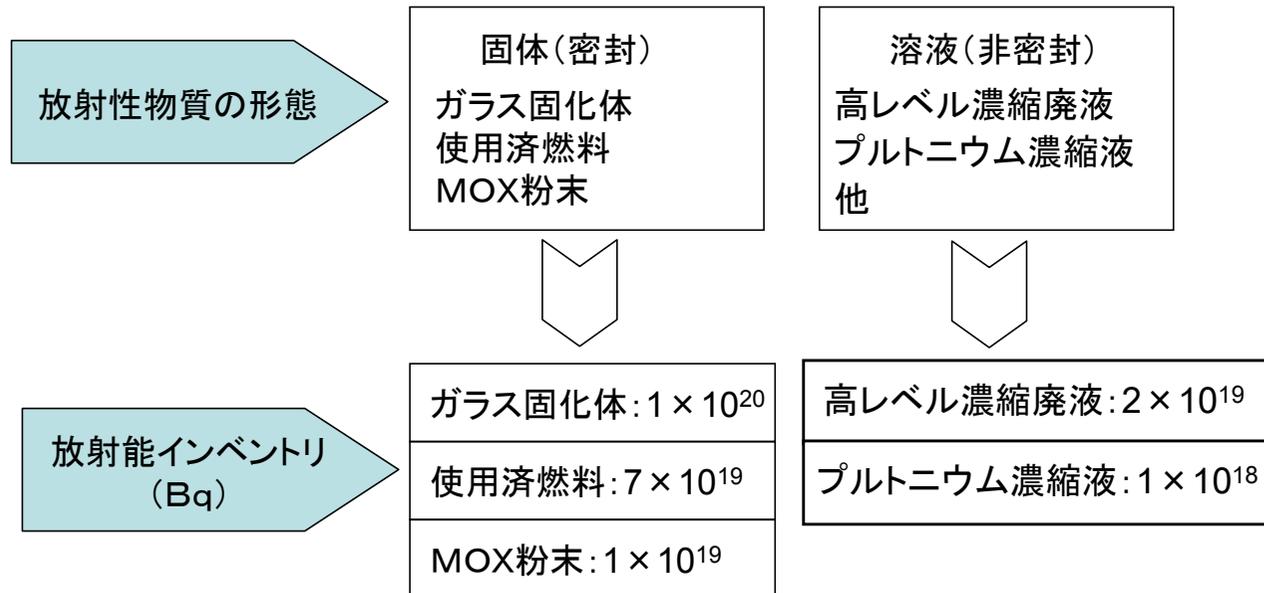


再処理施設の潜在的リスク評価

- ・放射能インベントリ
- ・性能目標との比較
- ・安全目標との比較

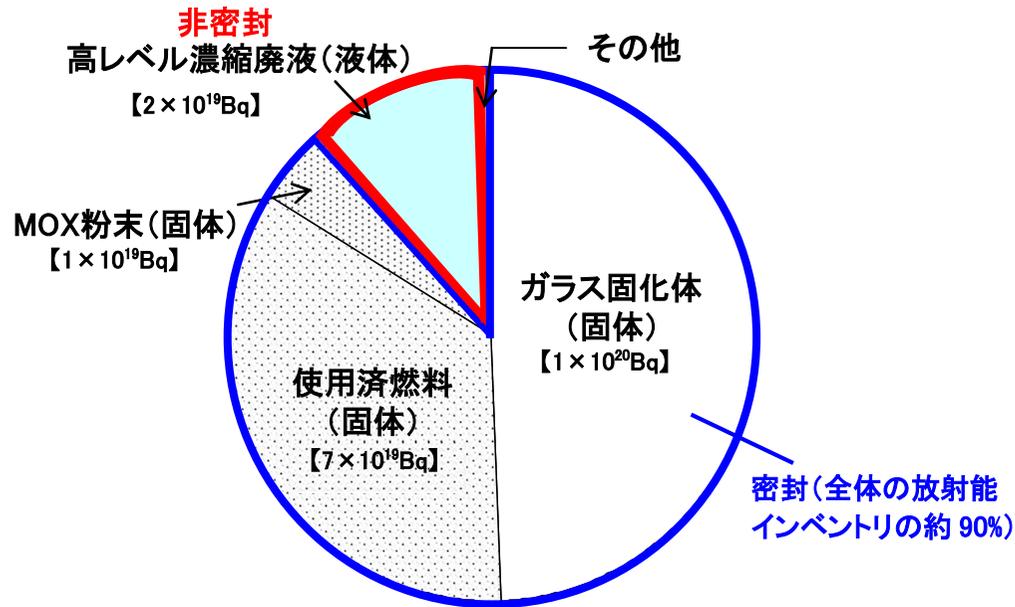
再処理施設の潜在的リスク評価 放射能インベントリ

- 再処理施設の放射能インベントリは、固体の放射性物質で 2×10^{20} Bq程度、液体の放射性物質で 2×10^{19} Bq程度である。
- 再処理施設全体で放射能インベントリが大きいのは
 - ・燃料貯蔵プールの使用済燃料
 - ・ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵工程のウラン・プルトニウム混合酸化物(MOX)
 - ・ガラス固化体貯蔵工程のガラス固化体



再処理施設の潜在的リスク評価 放射能インベントリ

- ・再処理施設全体の放射能インベントリの90%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インベントリが最も大きいのは、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インベントリの10%程度が高レベル濃縮廃液



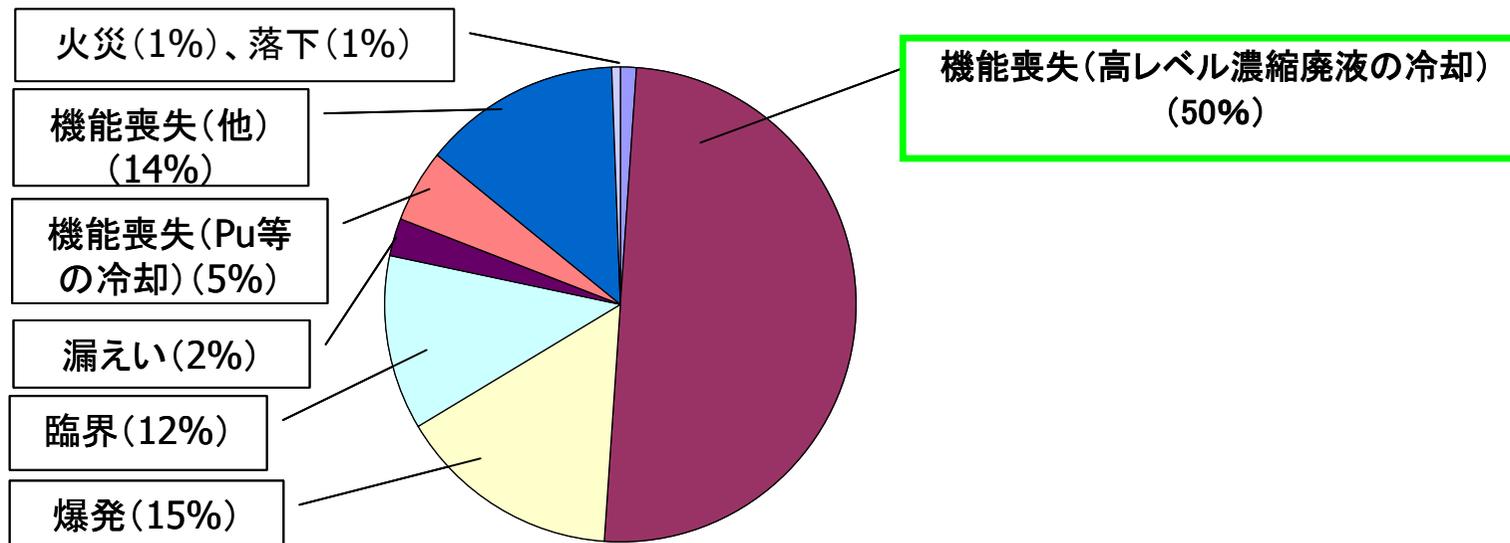
周辺環境への影響の大きさに最も寄与するベースは、放射能インベントリであるが、密封されている固体の放射性物質は非密封である液体の放射性物質と比較して周辺環境へ放出されにくいことから、高レベル濃縮廃液が最も影響が大きいと想定される。

再処理施設の潜在的リスク評価 安全目標との比較

再処理施設の事故に係る周辺公衆の潜在的リスクを評価し、原子力施設の安全目標（公衆の平均的個人の死亡リスクである、 10^{-6} /年）と比較する。

①再処理施設の事故リスク

事故リスク（発生頻度×被ばく線量）の内訳をみると、高レベル濃縮廃液の冷却機能喪失による寄与が約50%になる。

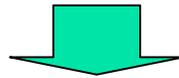


再処理施設の潜在的リスク評価 安全目標との比較

②再処理全体の平均的個人の死亡リスク算出

高レベル濃縮廃液冷却機能喪失による公衆の平均的個人の死亡リスク
= 高レベル濃縮廃液冷却機能喪失の発生頻度
× 沸騰事故時の被ばく線量から求められる周辺公衆の平均的個人の死亡確率

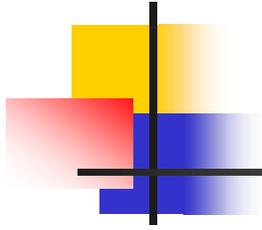
⇒これを2倍することで再処理全体の平均的個人の死亡リスク(がんによる)を算出



③安全目標との比較

再処理全体の平均的個人の死亡リスク(がんによる)は約 3×10^{-9} ~ 8×10^{-9} /年
⇒安全目標 10^{-6} /年と比べ十分小さい

六ヶ所再処理施設において想定される事故により、周辺公衆に対し潜在的に与えるリスクは十分小さいことが確認されたと考えるが、施設の安全性向上に向けた取り組みを継続することにより、更なるリスク低減に努めることが事業者としての責務である



これまでの安全評価内容

これまでの安全評価の内容

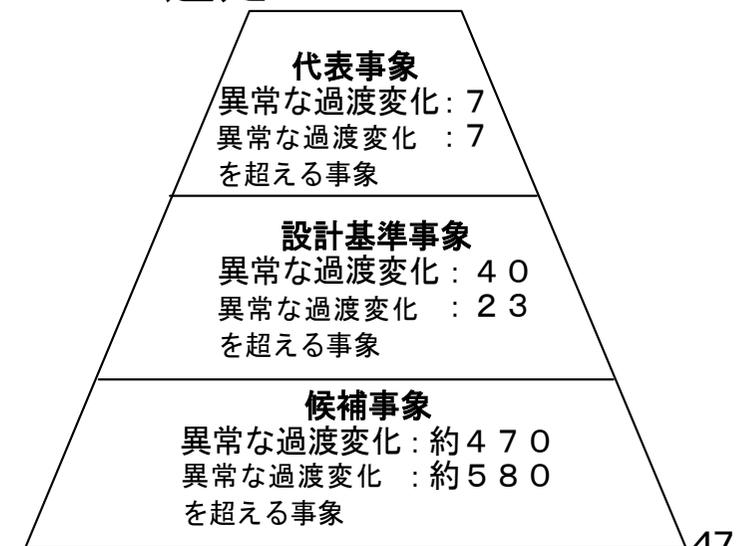
六ヶ所再処理施設の安全評価においては、再処理指針に基づき、安全設計の妥当性を確認するための設計基準事象及び一般公衆との離隔距離を評価する立地評価事故を評価

設計基準事象とは

○「運転時の異常な過渡変化」(AT: Anticipated Transient): 多重防護のうち拡大防止対策の妥当性を確認するために選定

○「運転時の異常な過渡変化」を超える事象(BAT: Beyond Anticipated Transient): 影響緩和対策の妥当性を確認するために選定

○評価に当たっては、再処理施設の全ての機器について、流量、温度、核燃料物質濃度等の変動等を網羅的に検討し、約1,050の候補事象から、発生の可能性が小さい事象等を除いたものを設計基準事象として選定。さらに、事象の類似性等を考慮し、AT、BATそれぞれ7事象を代表事象として選定・評価した。

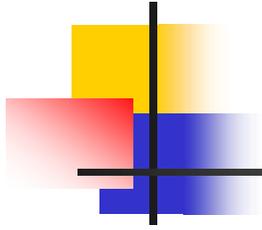


これまでの安全評価の結果

「運転時の異常な過渡変化」を超える事象(BAT)の評価結果一覧

分類項目	内 容	公衆影響 (mSv)
火災	プルトニウム精製設備のセル内での有機溶媒火災	0.022
爆発	プルトニウム濃縮缶でのTBP等の錯体の急激な分解反応	0.000031
臨界	溶解槽における臨界	0.57
漏えい	高レベル廃液貯蔵設備の配管からセルへの漏えい	0.0062
	高レベル廃液ガラス固化設備での熔融ガラスの漏えい	0.041
落下破損	使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設での使用済燃料集合体の落下	0.00023
電源喪失	短時間の全交流動力電源の喪失	0.49

いずれの事象も「再処理指針」で定める判断基準5mSvを下回り、影響緩和対策の妥当性を確認



I. 重大事故の評価

- ・安全設計
- ・AM策を講じない場合の事象進展
- ・AM策の抽出
- ・AM策の評価
- ・今後有効性、実現性等について検討を行うAM策(案)

I. 重大事故の評価

安全冷却水系の機能喪失による放射性物質を含む溶液の沸騰継続

AM策の抽出

事象進展を踏まえると

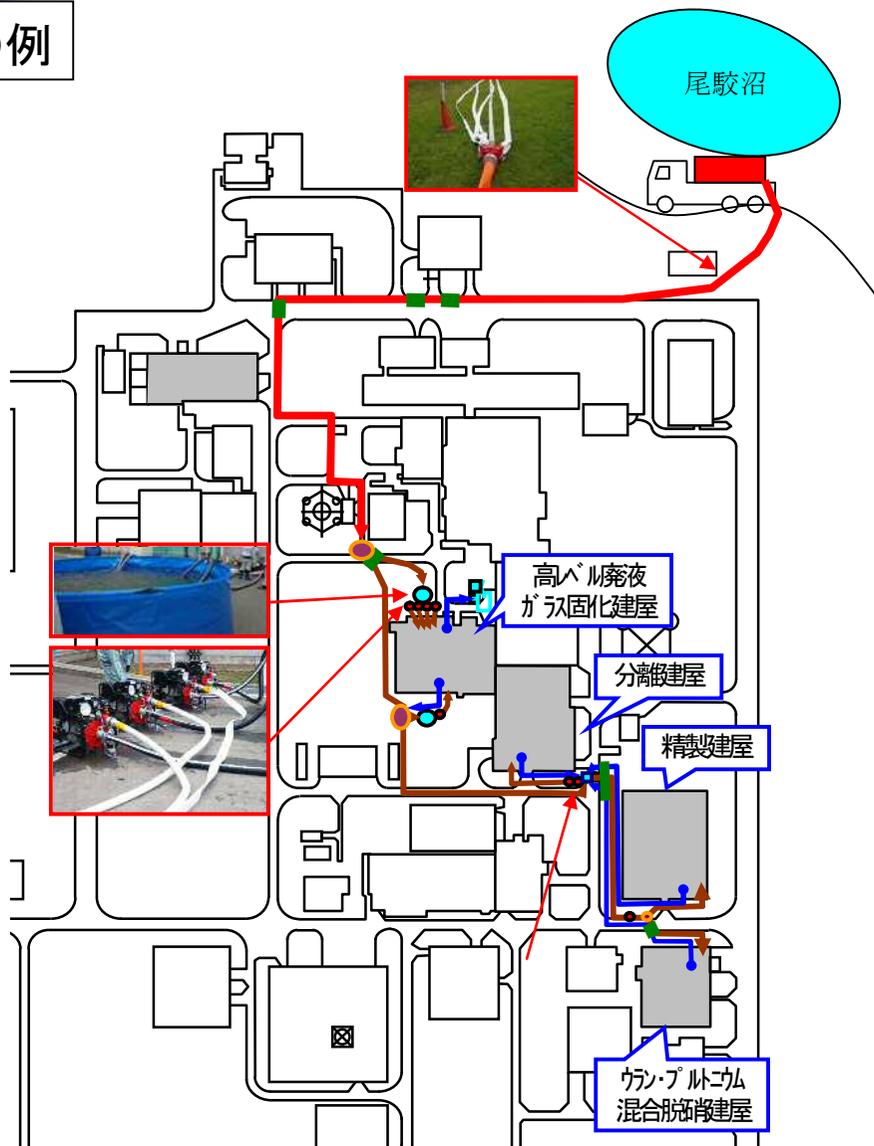
- 1) 沸騰に至ることを防止するまたは沸騰状態を収束させ再度沸騰に至ることを防止する対策
- 2) 放射性物質の異常な放出に対する放出量低減対策が有効な対策となり得る。

AM策		安全冷却水系の機能喪失から沸騰まで	沸騰からルテニウム揮発まで
AM-①	運転予備用ディーゼル発電機からの給電	AM策を実施している期間、沸騰に至ることを防止する	AM策を実施している期間、沸騰状態を収束させ再度沸騰に至ることを防止する
AM-②	電源車からの安全冷却水系への給電		
AM-③	一般冷却水系からの給水		
AM-④	使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の安全冷却水系からの給水		
AM-⑤	中間熱交換器バイパスによる冷却水供給		
AM-⑥	消防ポンプ等による冷却コイルへの直接注水	AM策を実施している期間、沸騰に至ることを防止する、または沸騰状態を収束させ再度沸騰に至ることを防止する	
AM-⑦	シヨ糖水注入によるルテニウム揮発抑制	—	AM策を実施した結果、放射性物質の放出量を低減する

I. 重大事故の評価

安全冷却水系の機能喪失による放射性物質を含む溶液の沸騰継続

AM策の例

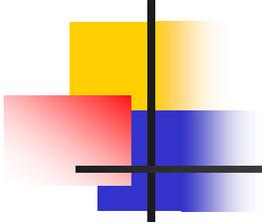


- 沸騰するまでの間に実施することは時間的に難しいが異常な放出に至るまでに実施することは可能
- 沸騰したとしても冷却コイルに直接注水することにより冷却機能の回復を図ることができる



「沸騰状態を収束させ再度沸騰に至ること防止することが可能」

異常な放出に至るまでの時間を延長可能



Ⅱ. 安全性向上のための継続的活動 の対象事象の評価

- 安全設計
- AM策を講じない場合の事象進展
- AM策の抽出
- AM策の評価

Ⅱ. 安全性向上のための継続的活動の対象事象の評価

①放射性物質を含む溶液の漏えいによる沸騰

安全対策

○放射性物質を含む溶液のセル内への漏えいに対して、以下の発生防止対策及び拡大防止対策を講じている。

- a. ステンレス鋼等の腐食し難い材料を使用し、溶接構造等により放射性物質が漏えいし難い設計(特に高レベル廃液、プルトニウム溶液を内蔵する機器は最高位の耐震クラス)
- b. 機器等の雰囲気は常時負圧に保ち、発生する廃ガスは放射性物質を除去した後、排気筒から放出
- c. 機器等は、原則としてセルに収納
- d. セルにはステンレス鋼製の漏えい液受皿を設置
- e. セルに漏えいした場合は、漏えい検知装置により漏えいを検知するとともに、液の性状に応じて定めた移送先に移送し処理
- f. 漏えい液から発生する廃ガスは、高性能粒子フィルタで放射性物質を除去した後、排気筒から放出
- g. 建物・構築物からの排気は高性能粒子フィルタで放射性物質を除去した後、排気筒から放出
- h. 常時負圧は、建物・構築物、セル、機器等の順で深くすることにより閉じ込め機能を維持

Ⅱ. 安全性向上のための継続的活動の対象事象の評価

①放射性物質を含む溶液の漏えいによる沸騰

AM策の評価

スチームジェットポンプ等による液移送が実施できず、漏えいした放射性物質を含む溶液が沸騰した場合には、硝酸濃度上昇によりルテニウムが揮発することから、ルテニウムの揮発を抑制するための以下の対策が有効である。

AM-①: ショ糖水注入によるルテニウム揮発抑制

⇒ルテニウムの揮発を抑制するための対策を実施することで、周辺環境への放射性物質の放出量を低減できる

Ⅱ. 安全性向上のための継続的活動の対象事象の評価

②溶解槽における臨界

安全対策

六ヶ所再処理施設の臨界安全管理を要する機器は、想定されるいかなる場合でも、

- ・[形状寸法管理](#)
- ・[濃度管理](#)
- ・[質量管理](#)
- ・[同位体組成管理](#)
- ・[中性子吸収材管理](#)
- ・[これらの組合せ](#)

により、[単一ユニットとして臨界を防止できる設計](#)としている。

また、プルトニウム溶液を内蔵する機器では、[原則として全濃度安全形状寸法管理及び必要に応じて中性子吸収材の併用による臨界安全設計](#)を行っている。さらに、臨界安全管理対象機器から臨界安全管理対象外の機器への移送は、[分析を伴う回分操作による管理](#)を原則とし、分析を伴う回分操作で臨界安全管理を行う場合には[施錠管理](#)等を行うこととしている。

複数ユニットについては、[単一ユニット相互間の適切な配置の維持、単一ユニット相互間における中性子吸収材の使用等及びこれらの組合せ](#)により、臨界を防止できる設計としている。

Ⅱ. 安全性向上のための継続的活動の対象事象の評価

②溶解槽における臨界

安全対策

さらに、株式会社ジェー・シー・オーにおける臨界事故を受けた対応として、

- ・全濃度安全形状寸法管理機器から臨界安全管理対象外の機器への誤移送による臨界
- ・臨界警報装置にて臨界を監視している機器

での臨界について、

臨界発生機器近傍のエリアモニタにより臨界発生の検知が可能であることを確認するとともに臨界を収束させるための措置(硝酸ガドリニウム溶液の注入、全濃度安全形状寸法管理機器への移送)を準備した。

Ⅱ. 安全性向上のための継続的活動の対象事象の評価

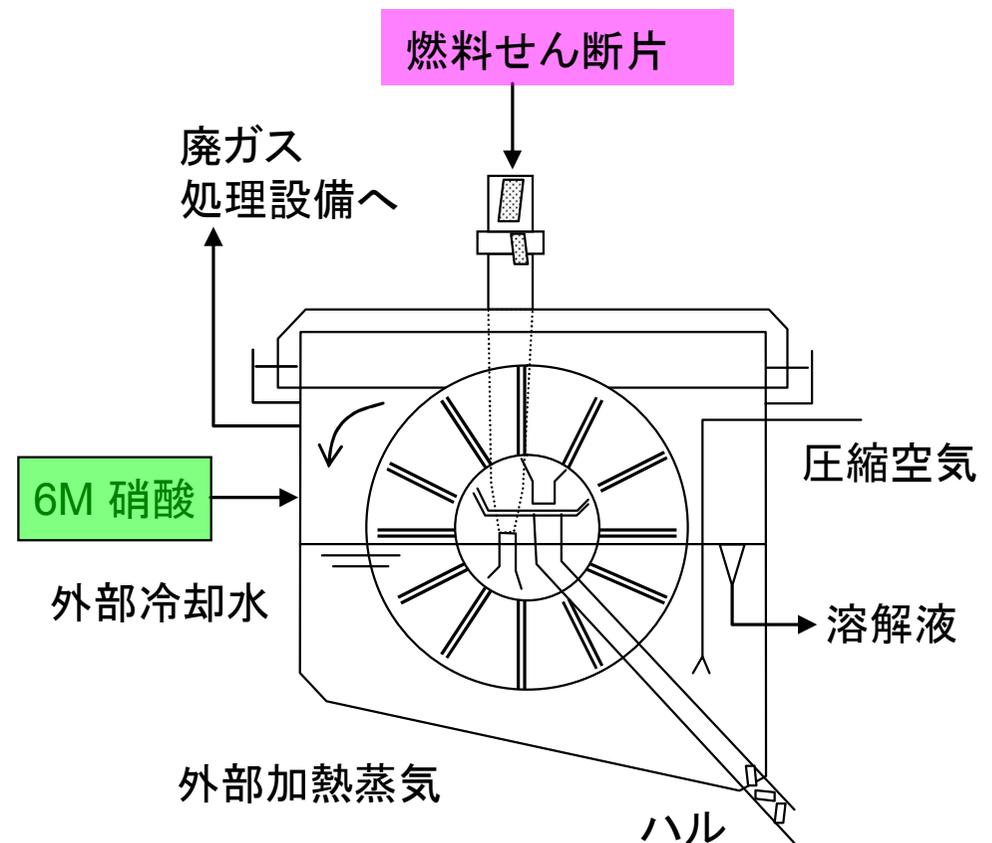
②溶解槽における臨界

溶解槽・・・使用済燃料集合体のせん断片を硝酸で溶解する機器

・形状寸法管理、濃度管理及び質量管理を組み合わせることで臨界を防止する設計とし、せん断片質量、溶解液中の核燃料物質等のパラメータについては制限値を設けるとともに常時監視

・使用済燃料集合体の燃焼度が、初期濃縮度に応じた所定の燃焼度未満の使用済燃料集合体を溶解する場合は、可溶性中性子吸収材(硝酸ガドリニウム溶液)を加えた硝酸を使用して臨界安全性を確保

・万一、臨界が発生した場合の影響緩和措置として、放射線レベル高の信号により自動的に硝酸ガドリニウム溶液を供給する可溶性中性子吸収材緊急供給回路を設置



Ⅱ. 安全性向上のための継続的活動の対象事象の評価

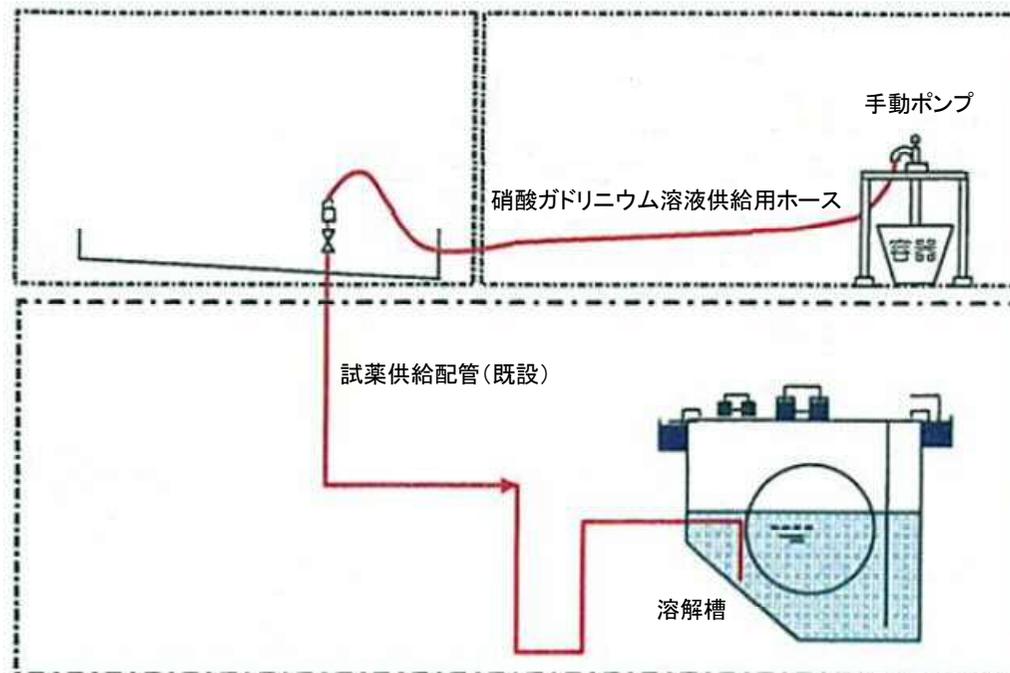
②溶解槽における臨界

AM策の評価

溶解槽において臨界が発生した場合には、臨界を収束させる以下の対策が有効である。

AM-①:硝酸ガドリニウム溶液の供給

⇒臨界が継続している間にAM策を速やかに講じることで、臨界が自然に収束した場合と比較して、放射性物質の放出量が低減できる。

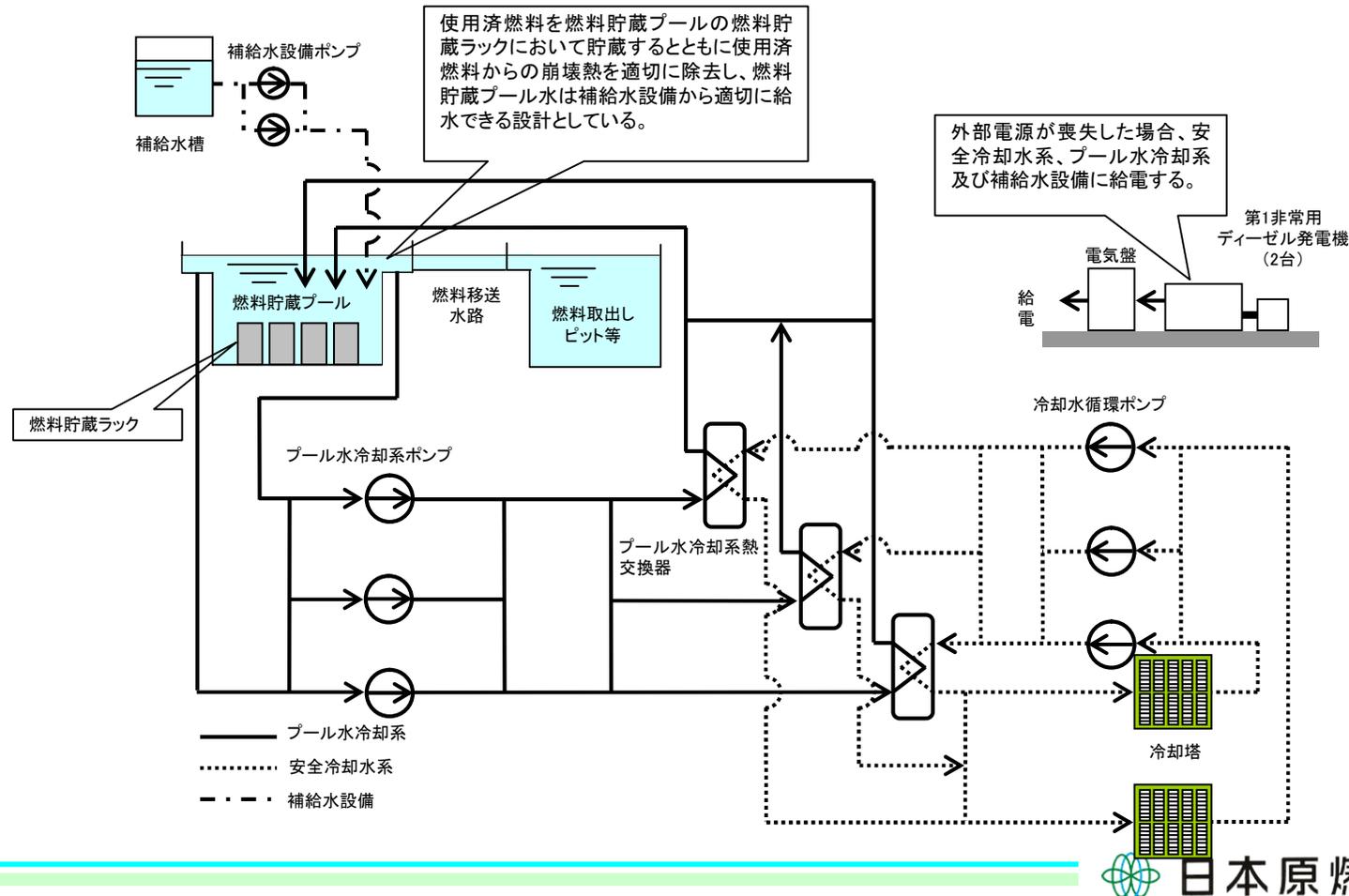


II. 安全性向上のための継続的活動の対象事象の評価

③安全冷却水系(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設)及びプール水冷却系の機能喪失による燃料貯蔵プールにおける沸騰

安全設計

使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設は、使用済燃料を燃料貯蔵プールにおいて貯蔵するとともに使用済燃料からの崩壊熱を適切に除去し、燃料貯蔵プール水は補給水設備から適切に給水できる設計としている。



II. 安全性向上のための継続的活動の対象事象の評価

③安全冷却水系(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設)及びプール水冷却系の機能喪失による燃料貯蔵プールにおける沸騰

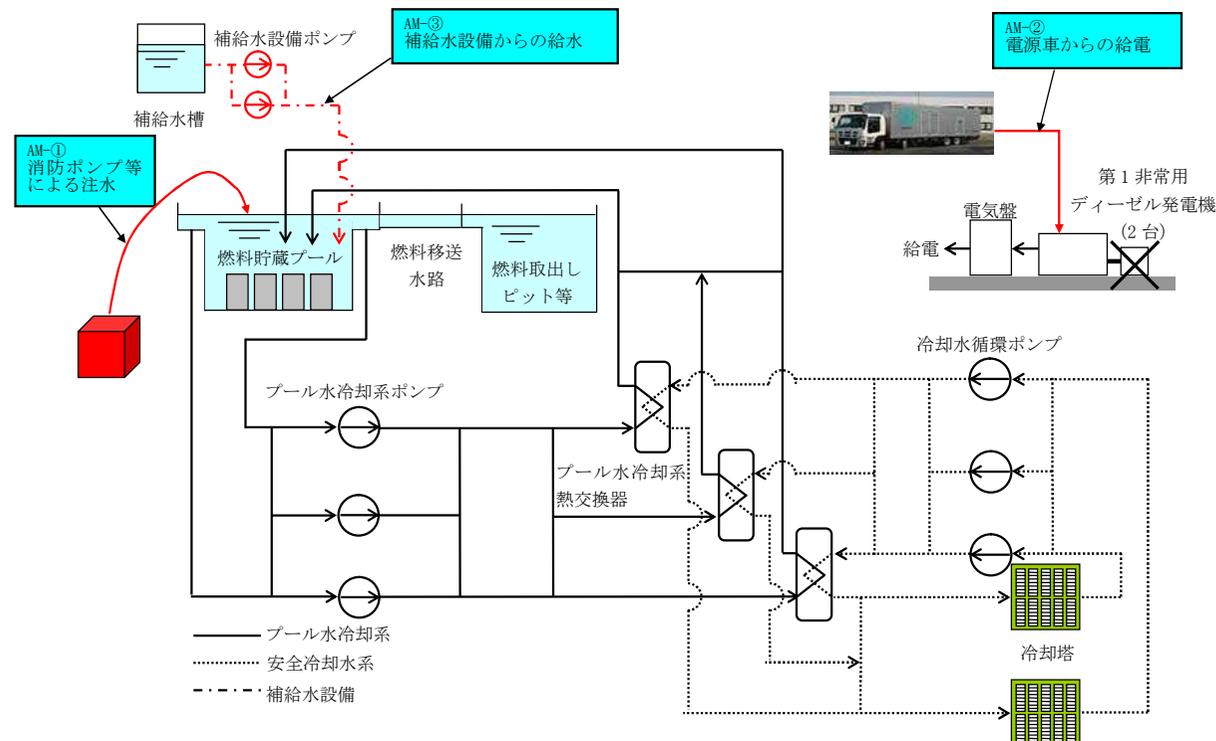
AM策の抽出

燃料貯蔵プールの水位は、崩壊熱除去機能を回復することにより、または燃料貯蔵プールへの注水により維持できるため、以下の対策が有効である。

AM-①:消防ポンプ等による注水

AM-②:電源車からの給電

AM-③:補給水設備からの給水



II. 安全性向上のための継続的活動の対象事象の評価

③安全冷却水系(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設)及びプール水冷却系の機能喪失による燃料貯蔵プールにおける沸騰

時間評価

安全冷却水系(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設)及びプール水冷却系の機能喪失から

- ・燃料貯蔵プールにおける沸騰に至るまでの時間は約66時間
- ・燃料貯蔵プール周辺が作業目安線量率*に達するまでの時間は約15日(約372時間)

⇒AM策の実施により、安全冷却水系及びプール水冷却系の機能喪失から燃料貯蔵プール周辺が作業目安線量率に達するまでの時間を延長することが可能である

*:作業目安線量率を2mSv/hに設定する。燃料貯蔵プール周辺で作業する作業員毎の総被ばく線量の目標値は、非常事態における作業員の許容被ばく線量100mSvに基づき、作業内容及び時間に応じて設定する。

Ⅱ. 安全性向上のための継続的活動の対象事象の評価

⑥プルトニウム溶液の漏えいに伴う臨界

安全設計

六ヶ所再処理施設では、未臨界濃度以上のプルトニウム溶液のセル内への漏えい及び漏えいに伴う臨界に対して、以下の発生防止対策及び拡大防止対策を講じている。

a. プルトニウム溶液を内蔵する機器は、ステンレス鋼、ジルコニウム等の腐食し難い材料を使用し、溶接構造、異材継手等により接続し漏えいし難い設計としている。また、これらの機器は、最高位の耐震クラスとして堅牢な設計を行っている。

b. 未臨界濃度以上のプルトニウム溶液を内蔵する機器を設置するセルには、漏えい液受皿を設置しており、当該漏えい液受皿は、セル内の未臨界濃度以上のプルトニウム溶液を内蔵する最大容量の機器(1基)から内蔵する溶液が全量漏えいした場合でも、臨界とならない設計としている。

Ⅱ. 安全性向上のための継続的活動の対象事象の評価

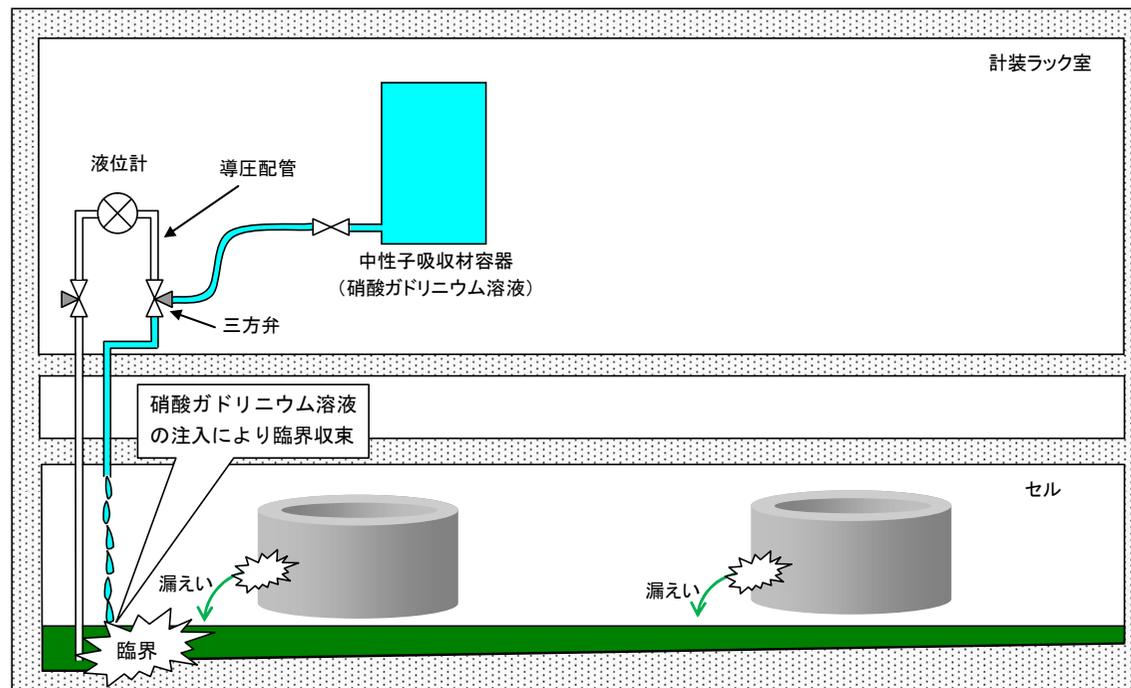
⑥プルトニウム溶液の漏えいに伴う臨界

AM策の評価

未臨界濃度以上のプルトニウム溶液の漏えいにより臨界が発生した場合には、臨界を収束させる以下の対策が有効である。

AM-①:硝酸ガドリニウム溶液の供給

⇒臨界が継続している間にAM策を速やかに講じることで、臨界が自然に収束した場合と比較して、放射性物質の放出量が低減できる。

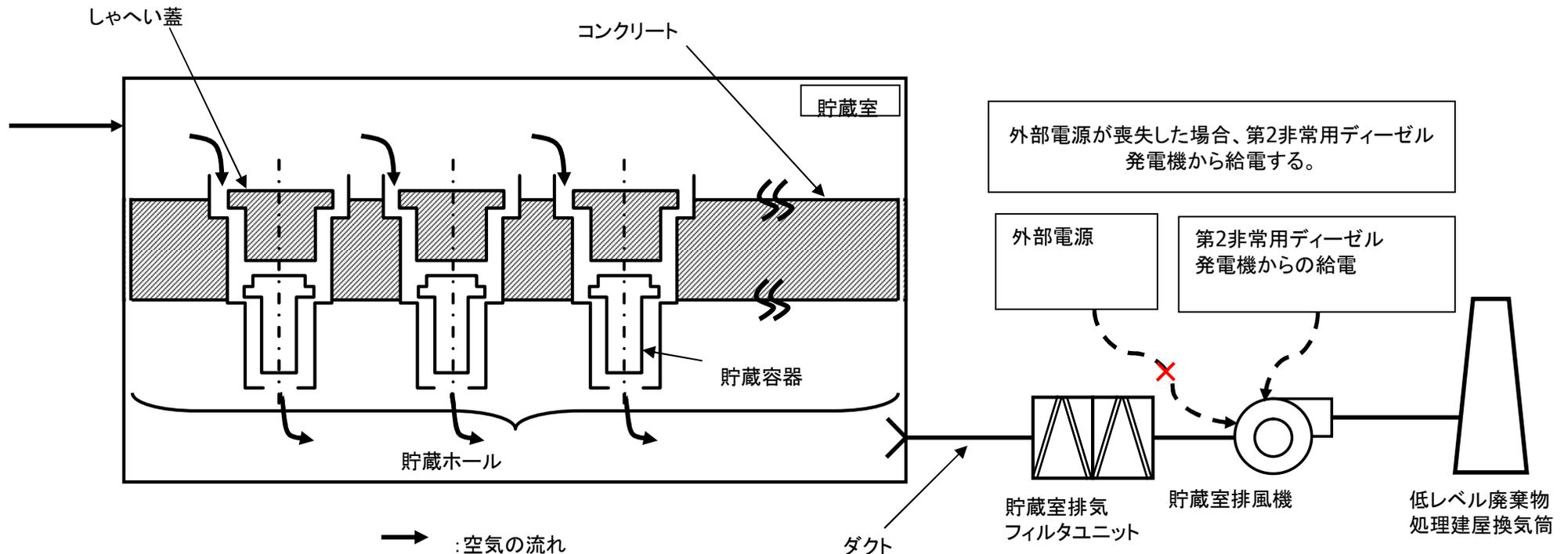


Ⅱ. 安全性向上のための継続的活動の対象事象の評価

⑦ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋における貯蔵室からの排気系の機能喪失による混合酸化物貯蔵容器の過度の温度上昇

安全設計

ウラン・プルトニウム混合酸化物粉末から発生する崩壊熱により、過度の温度上昇のおそれのある混合酸化物貯蔵容器（以下「貯蔵容器」）については、ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋における貯蔵室からの排気系（以下「貯蔵室排気系」）による換気により、崩壊熱を適切に除去できる設計としている。



II. 安全性向上のための継続的活動の対象事象の評価

⑦ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋における貯蔵室からの排気系の機能喪失による混合酸化物貯蔵容器の過度の温度上昇

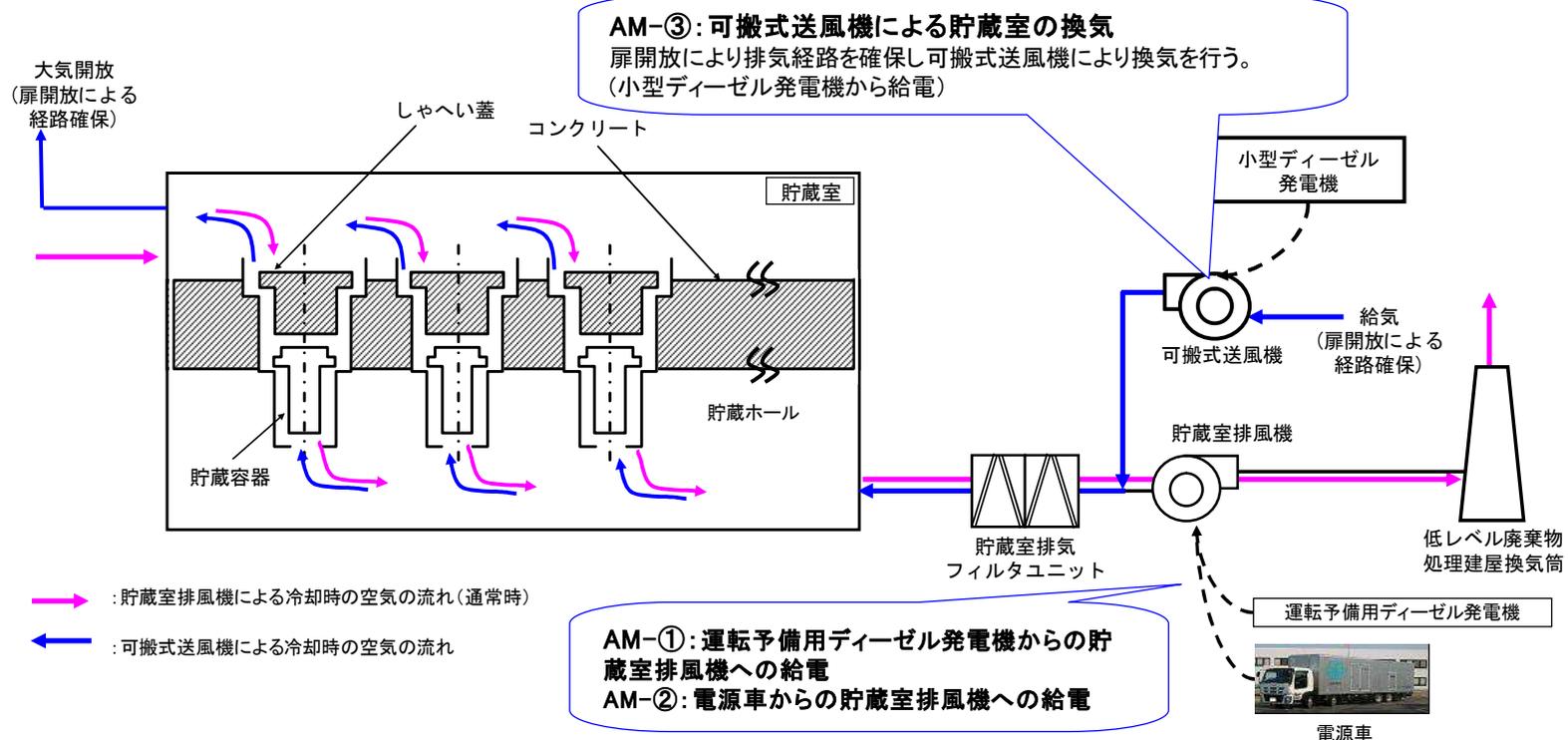
AM策の抽出

崩壊熱除去機能を回復することにより貯蔵容器が過度の温度上昇に至ることを防止できるため、以下の対策が有効である。

AM-①: 運転予備用ディーゼル発電機からの貯蔵室排風機への給電

AM-②: 電源車からの貯蔵室排風機への給電

AM-③: 可搬式送風機による貯蔵室の換気



Ⅱ. 安全性向上のための継続的活動の対象事象の評価

⑦ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋における貯蔵室からの排気系の機能喪失による混合酸化物貯蔵容器の過度の温度上昇

時間評価

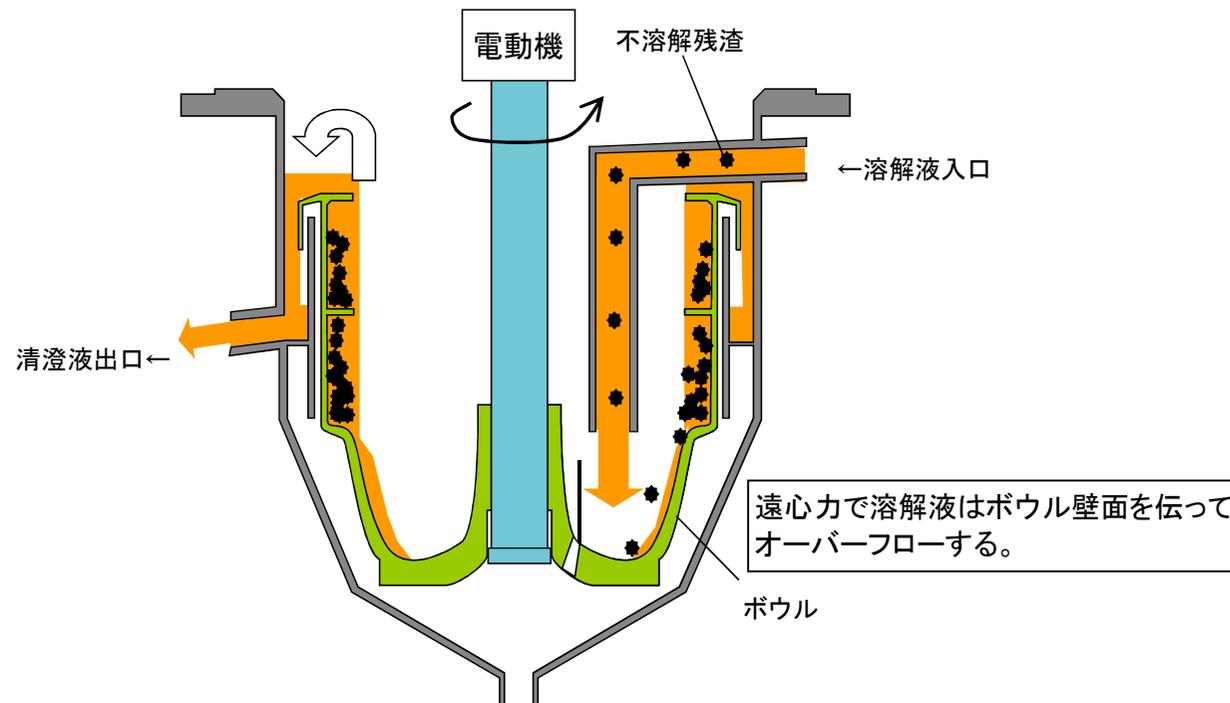
AM策を講じない場合、貯蔵室排気系の機能喪失から、貯蔵容器の過度の温度上昇に至るまでの時間は約42時間である。(貯蔵容器の設計上の最高使用温度に達した時点で貯蔵容器の過度の温度上昇に至ったものとする。)

⇒ AM策を実施することで、貯蔵室排気系の機能喪失から、貯蔵容器の過度の温度上昇に至るまでの時間を延長できる

Ⅱ. 安全性向上のための継続的活動の対象事象の評価

⑧清澄機ボウル内の不溶解残渣を含む溶液の沸騰

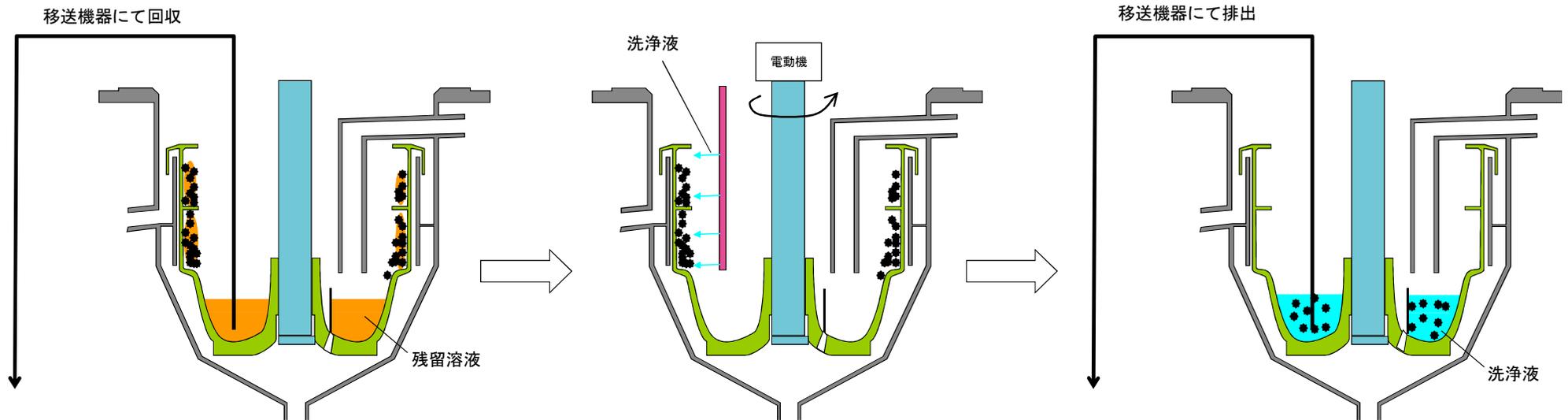
前処理建屋の清澄機は、溶解液中の不溶解残渣を遠心力により捕集する遠心式装置であり、内部に高速回転するボウルを有する機器である。



Ⅱ. 安全性向上のための継続的活動の対象事象の評価

⑧清澄機ボウル内の不溶解残渣を含む溶液の沸騰

所定量の溶解液を清澄処理し、ボウル内面に不溶解残渣を捕集した清澄機は、ボウルを低速回転させながら硝酸及び水を用いてボウル内面を洗浄することで、捕集した不溶解残渣を排出する設計としている。



除去した不溶解残渣が洗浄液と一緒にオーバーフローするのを防ぐため、ボウルに残留した溶液を抜き出す。

モータを低速回転させながら、ポンプにて高圧洗浄水を噴射し、壁面に捕集されている不溶解残渣を除去する。

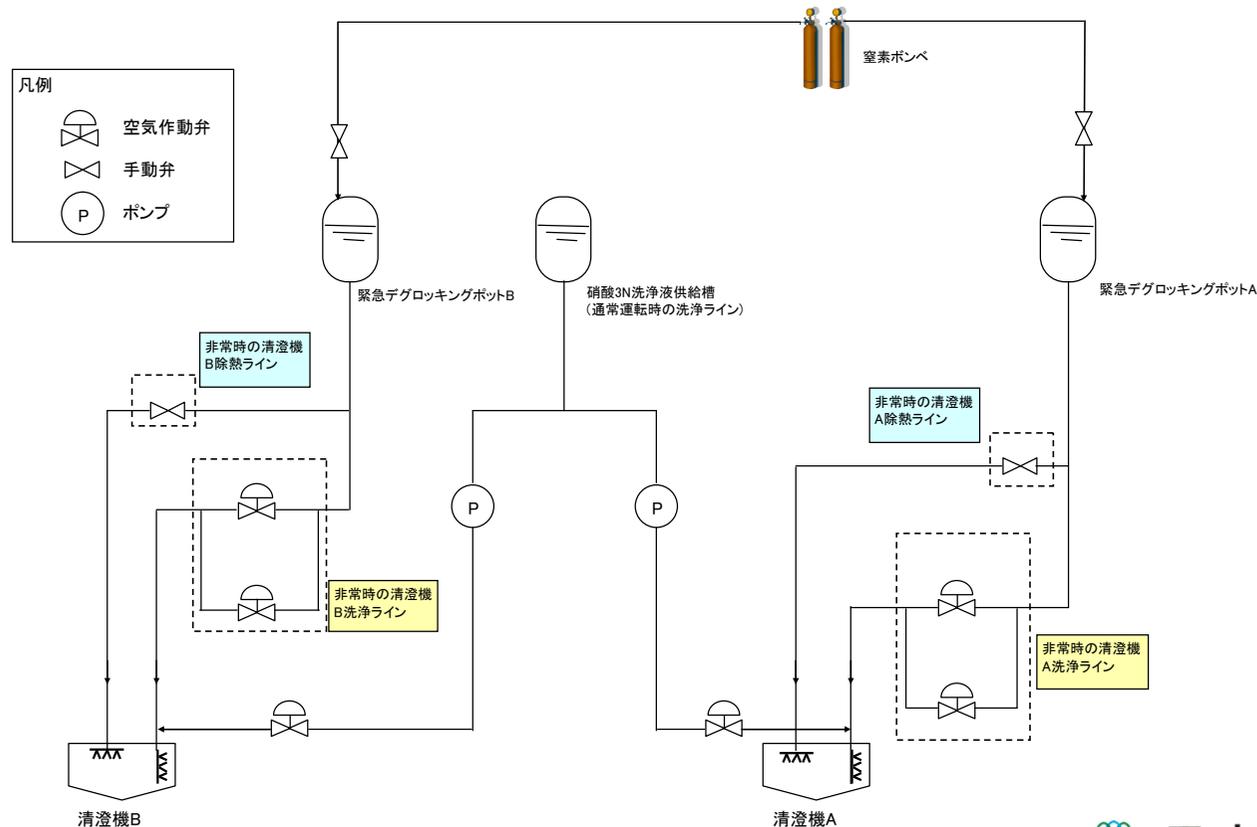
洗浄水ごと下流槽に不溶解残渣を排出する。

Ⅱ. 安全性向上のための継続的活動の対象事象の評価

⑧清澄機ボウル内の不溶解残渣を含む溶液の沸騰

安全設計

洗浄用の硝酸及び水が使用不能の場合においても、遅滞なくボウル内面に捕集された不溶解残渣を排出できるよう、予備のタンクから硝酸を供給できる設計としている。また、予備のタンクからの硝酸供給用遠隔操作弁は2系列あり、それぞれ異なる電源から給電することで、電源が1系統故障した場合でも排出できる設計としている。



Ⅱ. 安全性向上のための継続的活動の対象事象の評価

⑧清澄機ボウル内の不溶解残渣を含む溶液の沸騰

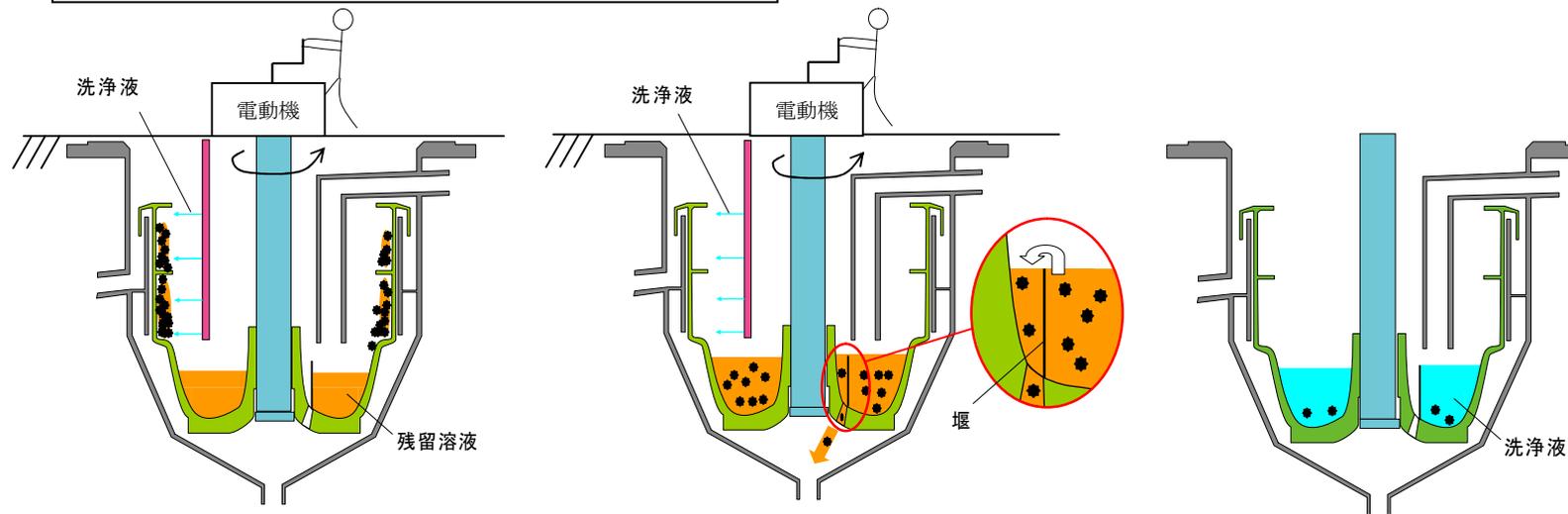
安全設計

- ボウル回転時に地震の揺れ等、異常振動を検知した場合は、清澄機の運転(ボウルの回転等)が自動で停止する設計としている。
- また、ボウル内に捕集された不溶解残渣は崩壊熱により温度上昇、沸騰に至る可能性があることから、不溶解残渣を含む溶液が沸騰に至る事象を防止する設計上の対策を以下に示す。
- ・任意のタイミングで不溶解残渣を排出する運転が可能
 - ・ポンプにより硝酸または水を供給できない場合は、窒素により加圧した硝酸を用いてボウル内面を洗浄することで、不溶解残渣を排出することが可能
 - ・電動機に給電できない場合に、手動により清澄機内のボウルを回転させることが可能

Ⅱ. 安全性向上のための継続的活動の対象事象の評価

⑧清澄機ボウル内の不溶解残渣を含む溶液の沸騰

緊急不溶解残渣排出運転の概要



①不溶解残渣の洗浄
加圧された洗浄液を噴射し、ボウル壁面に捕集されている不溶解残渣を洗浄する。電動機の使用不能時は、電動機上部を治具にて手動で回転することができる設計としている。

②不溶解残渣の排出
ボウル壁面から洗浄された不溶解残渣は、洗浄液ごとボウル内の堰を超えオーバーフローし、排出される。

③不溶解残渣排出後の状態
緊急時の不溶解残渣排出終了後、一部の不溶解残渣は排出されずにボウル内に残留するが、発熱量は小さい。

Ⅱ. 安全性向上のための継続的活動の対象事象の評価

⑧清澄機ボウル内の不溶解残渣を含む溶液の沸騰

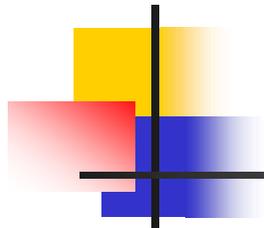
AM策の抽出

沸騰に至ることを防止するためには不溶解残渣の排出または冷却が必要であるため、以下の対策が有効である。

AM-①:自動弁の手動強制開操作による不溶解残渣排出

- ・清澄機手動回転治具を用いて清澄機を手動で回転させた状態で、排出用硝酸供給ラインの遠隔操作弁(空気作動)を[手動により強制的に開動作](#)
⇒緊急デグロッキングポットから窒素により加圧した硝酸をボウルに供給し、ボウルから不溶解残渣を排出
- ・不溶解残渣排出操作に時間がかかる場合は、緊急デグロッキングポットの硝酸を、[排出用硝酸供給ラインとは異なる散水ラインから供給\(濡らし運転\)](#)
⇒ボウル内の不溶解残渣の冷却を行い沸騰までの時間延長を実施

[⇒ AM策を実施することで清澄機ボウル内の不溶解残渣を含む溶液の沸騰を防止できる](#)



(その他)

水素濃度が可燃限界濃度に達するまでの時間評価一覧

建屋	対象機器	可燃限界濃度に達するまでの時間 (h)	水封セルで水素が可燃限界濃度4%に到達する時間
前処理 建屋	リサイクル槽A	17	約22日 (約180日)
	不溶解残渣回収槽A	1.8	
	リサイクル槽B	17	
	不溶解残渣回収槽B	1.7	

建屋	対象機器	可燃限界濃度に達するまでの時間 (h)	水封セルで水素が可燃限界濃度4%に到達する時間
分離建屋	抽出塔	2.1	約2日 (約5日)
	第1洗浄塔	3.5	
	第2洗浄塔	4.2	
	TBP洗浄塔	1.6	
	プルトニウム洗浄器	168以上	
	プルトニウム溶液受槽	8.0	
	プルトニウム溶液中間貯槽	8.3	
	プルトニウム分配塔	5.7	
	ウラン洗浄塔	7.9	
	第1洗浄器	52	
	第1一時貯留処理槽	1.6	
	第2一時貯留処理槽	6.6	
	第3一時貯留処理槽	5.9	
	第4一時貯留処理槽	5.9	
	第5一時貯留処理槽	5.2	
	第6一時貯留処理槽	2.7	
	第7一時貯留処理槽	11	
第8一時貯留処理槽	4.4		
第9一時貯留処理槽	11		
第10一時貯留処理槽	168以上		

()内の時間は、原子力発電所に保管されている使用済燃料の仕様等を考慮した時間

水素濃度が可燃限界濃度に達するまでの時間評価一覧

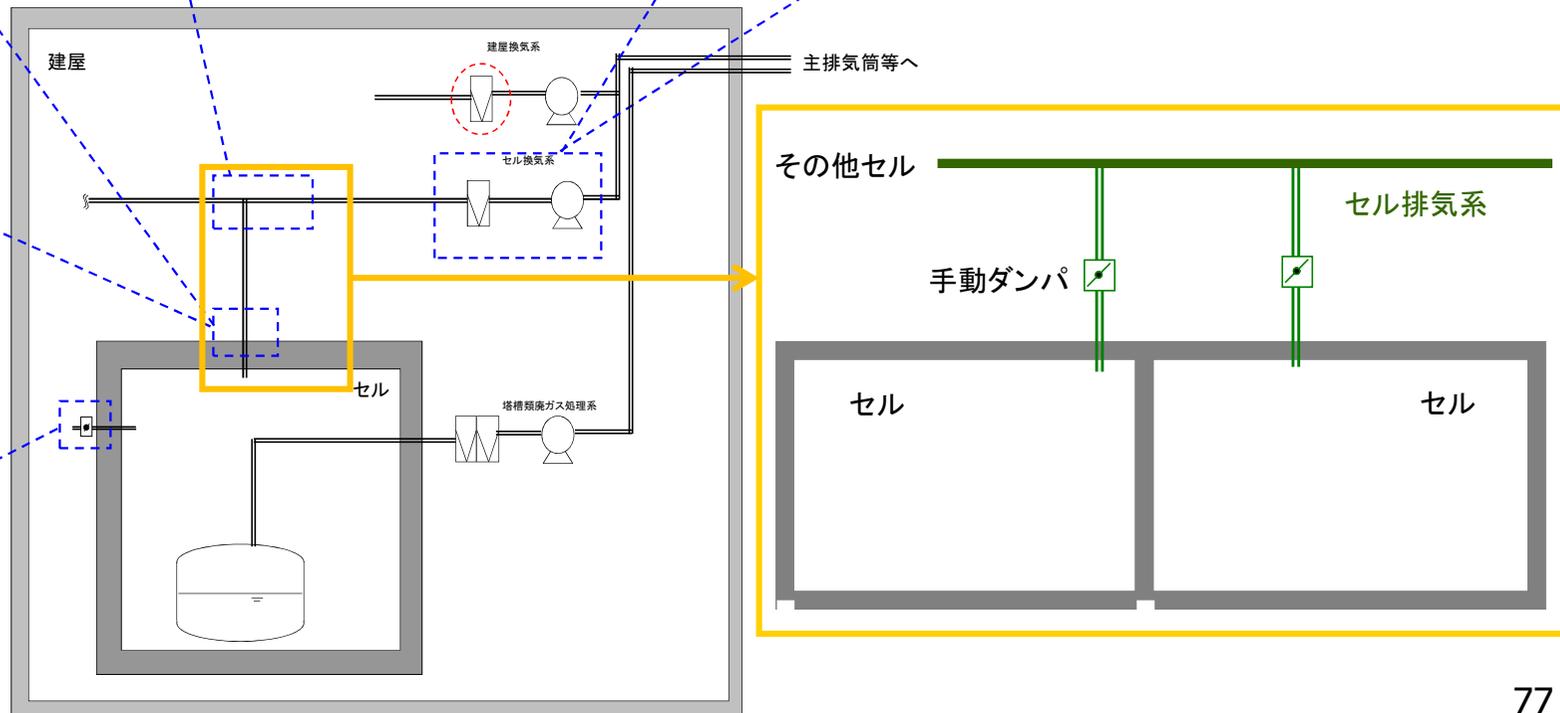
建屋	対象機器	可燃限界濃度に達するまでの時間 (h)	水封セルで水素が可燃限界濃度4%に到達する時間
精製建屋	第1一時貯留処理槽	3.4	約5日 (約7日) ()内の時間は、原子力発電所に保管されている使用済燃料の仕様等を考慮した時間
	第2一時貯留処理槽	4.7	
	第3一時貯留処理槽	4.4	
	第4一時貯留処理槽	46	
	第7一時貯留処理槽	23	
	抽出塔	2.7	
	核分裂生成物洗浄塔	2.7	
	逆抽出塔	2.1	
	ウラン洗浄塔	3.2	
	TBP洗浄器	44	
	プルトニウム溶液供給槽	6.9	
	補助油水分離槽	2.1	
	プルトニウム溶液受槽	5.1	
	油水分離槽	4.9	
	プルトニウム濃縮缶	20	
	プルトニウム濃縮缶供給槽	2.9	
	プルトニウム溶液一時貯槽	3.0	
	プルトニウム濃縮液受槽	5.4	
	リサイクル槽	5.5	
	希釈槽	4.9	
プルトニウム濃縮液一時貯槽	5.2		
プルトニウム濃縮液計量槽	5.5		
プルトニウム濃縮液中間貯槽	5.4		

水素濃度が可燃限界濃度に達するまでの時間評価一覧

建 屋	対象機器	可燃限界濃度に達するまでの時間 (h)	水封セルで水素が可燃限界濃度4%に到達する時間
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	硝酸プルトニウム貯槽	7.9	約8日～約220日 (約10日～約290日)
	混合槽	8.1	
	混合槽B	9.5	
	一時貯槽	8.5	
高レベル廃液ガラス固化建屋	第1不溶解残渣廃液一時貯槽	2.0	約8時間 (約3日)
	第2不溶解残渣廃液一時貯槽	2.0	
	第1不溶解残渣廃液貯槽	1.9	
	第2不溶解残渣廃液貯槽	1.9	
	高レベル廃液共用貯槽	3.7	

()内の時間は、原子力発電所に保管されている使用済燃料の仕様等を考慮した時間

換気システムイメージ



事象発生時の監視対応

事象名	事象発生時に必要となる監視機能	対応手段
安全冷却水系の機能喪失による放射性物質を含む溶液の沸騰継続	<ul style="list-style-type: none"> ・対象貯槽の液相温度 ・冷却水系の膨張槽液位 	<ul style="list-style-type: none"> ・可搬式測定器により現場の端子台で熱電対(測温抵抗体)を測定する。 ・現場の液位指示計により液位を測定する。
安全冷却水系(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設)及びプール水冷却系の機能喪失による燃料貯蔵プールにおける沸騰	<ul style="list-style-type: none"> ・プール液位 ・プール温度 ・安全冷却水膨張槽液位 	<ul style="list-style-type: none"> ・レーダー距離計により液位を測定する。 ・投げ込み式温度計により温度を測定する。 ・電源供給可能な可搬式測定器により液位を測定する。 ・中操でプール液位、安全冷却水系の警報、パラメータを監視する。
セル内での有機溶媒火災	火災検出器(セル内温度検出器)	<ul style="list-style-type: none"> ・建屋内の現場制御盤で温度推移を確認し、AM策の有効性を確認する。
安全圧縮空気系の機能喪失による水素の爆発	水素掃気用圧縮空気貯槽の圧力	<ul style="list-style-type: none"> ・現場の圧力指示計により測定する。 ・中操で水素掃気用圧縮空気貯槽圧力を監視する。
ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋における貯蔵室からの排気系の機能喪失による混合酸化物貯蔵容器の過度の温度上昇	動力電源喪失時～排風機起動 <ul style="list-style-type: none"> ・室内温度の測定 ・貯蔵容器の温度(排風機復旧時は以下も測定可能) ・排気温度の測定 	<ul style="list-style-type: none"> ・仮設温度計により測定する。 ・仮設温度計により代表の貯蔵容器の温度を測定する。 ・仮設温度計により測定する。
清澄機ボウル内の不溶解残渣を含む溶液の沸騰	不溶解残さ冷却のための硝酸による散水を確認するため、緊急デグロッキングポットの液位を測定する。	現場対応時に電源供給可能な可搬式測定器で液位を確認する。

更なる安全性の向上対応検討イメージ

