

# 再処理工場の安全確保への取り組み

---

日本原燃株式会社



<b>1. はじめに</b>	2
<b>2. 再処理工場の概要</b>	4
<b>3. 安全確保への取り組み</b>	6
3-1. これまでの安全性向上への経緯	7
3-2. 安全確保の基本的な考え方	9
3-3. 安全設計の具体例	16
3-4. 重大事故対策の考え方	37
3-5. 重大事故対策の具体例	40
3-6. 先行施設のトラブル等の反映	76

# 1. はじめに

---

# 1. はじめに

当社は、福島第一原子力発電所の事故を決して忘れることなく、このような事故を絶対に起こしてはならないという強い決意のもと、安全を最優先し、世界トップレベルの安全性を有する原子燃料サイクル施設をつくりあげていくための取り組みを、全社一丸となって進めています。

福島第一原子力発電所の事故の教訓を反映して定められた“新規制基準（2013年12月施行）”を踏まえ、再処理工場ではこれまでの想定より厳しい地震、竜巻等の災害が発生するような場合であっても、必要な安全機能を確保出来るよう対策を強化することで、重大事故に至る可能性は極めて小さくなると考えています。

しかし、安全に「絶対」はなく、リスクはどうしてもゼロにはなりません。したがって、当社は、安全設計で講じた対策が何らかの要因で機能しない事態になった場合に備え、周辺に放射性物質が放出されるような重大事故への対策を準備しています。

本書では、これまでの安全確保への取り組みに加え、新規制基準を踏まえ強化または追加した取り組みについて、重大事故対策と共に取りまとめました。

当社では、地域の皆さまのご安心につながるよう、住民説明会、訪問活動、視察会・勉強会等の機会を通じて、本資料をご説明するとともに、社員やグループ会社、協力会社への教育に活用してまいります。

これからも、当社は安全確保に向け、たゆまず努力してまいります。

2020年11月



## 2. 再処理工場の概要

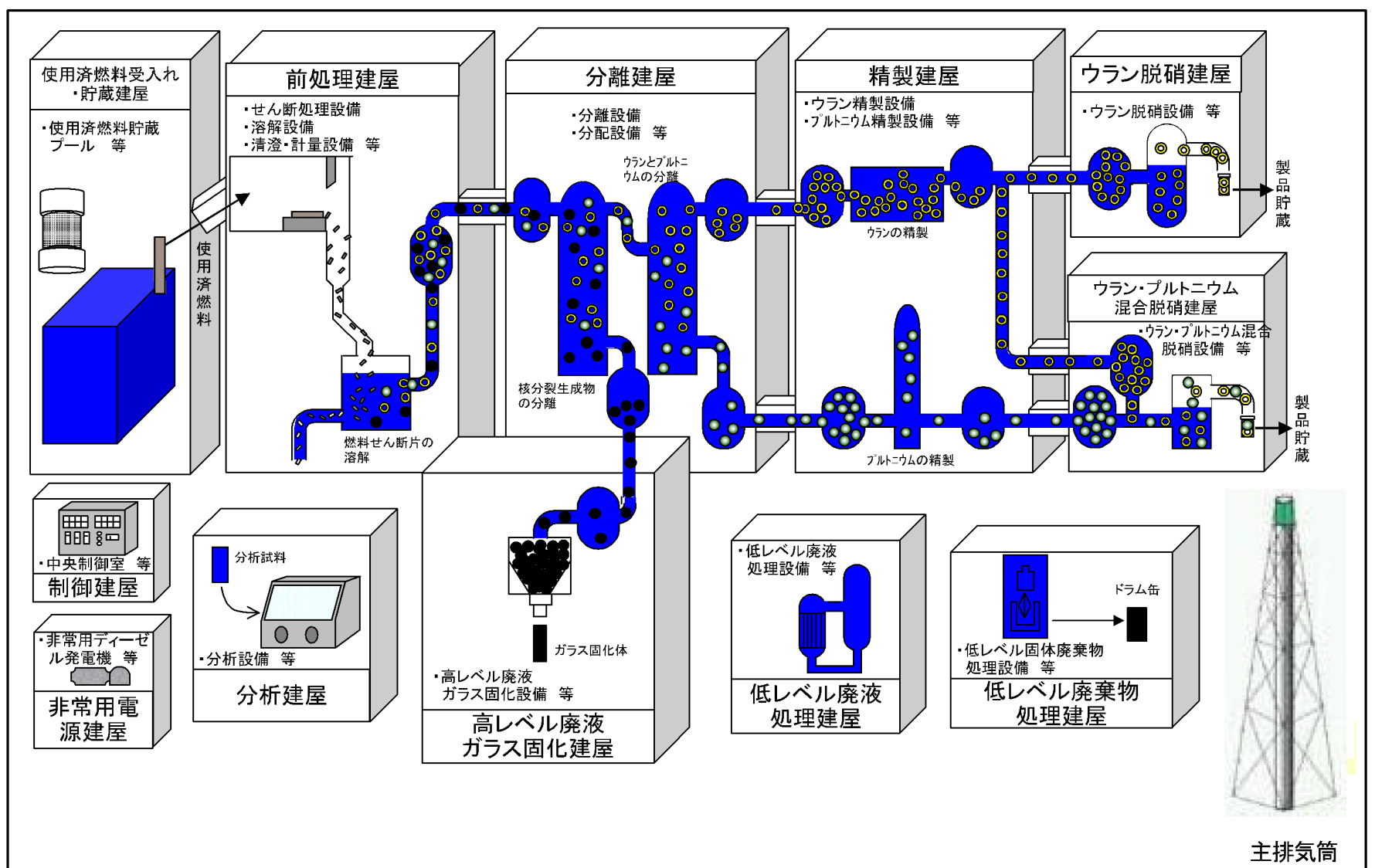
---

## 2. 再処理工場の概要

再処理工場は、全国の原子力発電所で発電のために使用されたウラン燃料（使用済燃料）から、化学薬品等を用いてウラン、プルトニウムを回収するための施設です。

使用済燃料は、頑丈な使用済燃料輸送容器（キャスク）に入れられ、全国の原子力発電所から再処理工場に運ばれます。再処理工場に運ばれた使用済燃料は、放射能を弱めるため貯蔵プールで貯蔵します。その後、約3～4センチの長さに細かく切断（せん断）し、燃料の部分を硝酸で溶かした後、ウラン、プルトニウム、核分裂生成物とに分離します。さらにウラン溶液とプルトニウム溶液を精製（不純物を取り除き純度を高める）、脱硝（硝酸を取り除き、粉末化する）して、ウラン酸化物とウラン・プルトニウム混合酸化物の2種類の製品を作ります。

再処理工程で生じる核分裂生成物を含む高レベル廃液は強い放射能を帯びているため、高レベル放射性廃棄物と呼ばれます。この廃液はガラス原料と混ぜ合わせて溶融し、ステンレス製容器（キャニスター）に流し込み、冷やし固め（ガラス固化体）安全に管理します。



### 3. 安全確保への取り組み

---

## 3. 安全確保への取り組み

### 3-1. これまでの安全性向上への経緯

私たちはこれまで、新潟県中越沖地震や福島第一原子力発電所事故を契機として、施設の安全対策を強化してきました。

そして、福島第一原子力発電所事故の教訓および海外の知見などを反映して定められた“新規規制基準(2013年12月施行)”を踏まえ、さらなる安全性向上のための取組みを強化しています。

私たちは、安全最優先の原点を忘れず、安全性向上に取り組み続けます。

#### 【安全対策強化の変遷】

#### 高い水準の安全性を追求

新規規制基準への迅速かつ  
確実な対応および自主的な取組み

福島第一原子力発電所事故を踏まえた  
緊急安全対策

・電源車の追加配備(2台) ・がれき撤去用ホイールローダの設置 など

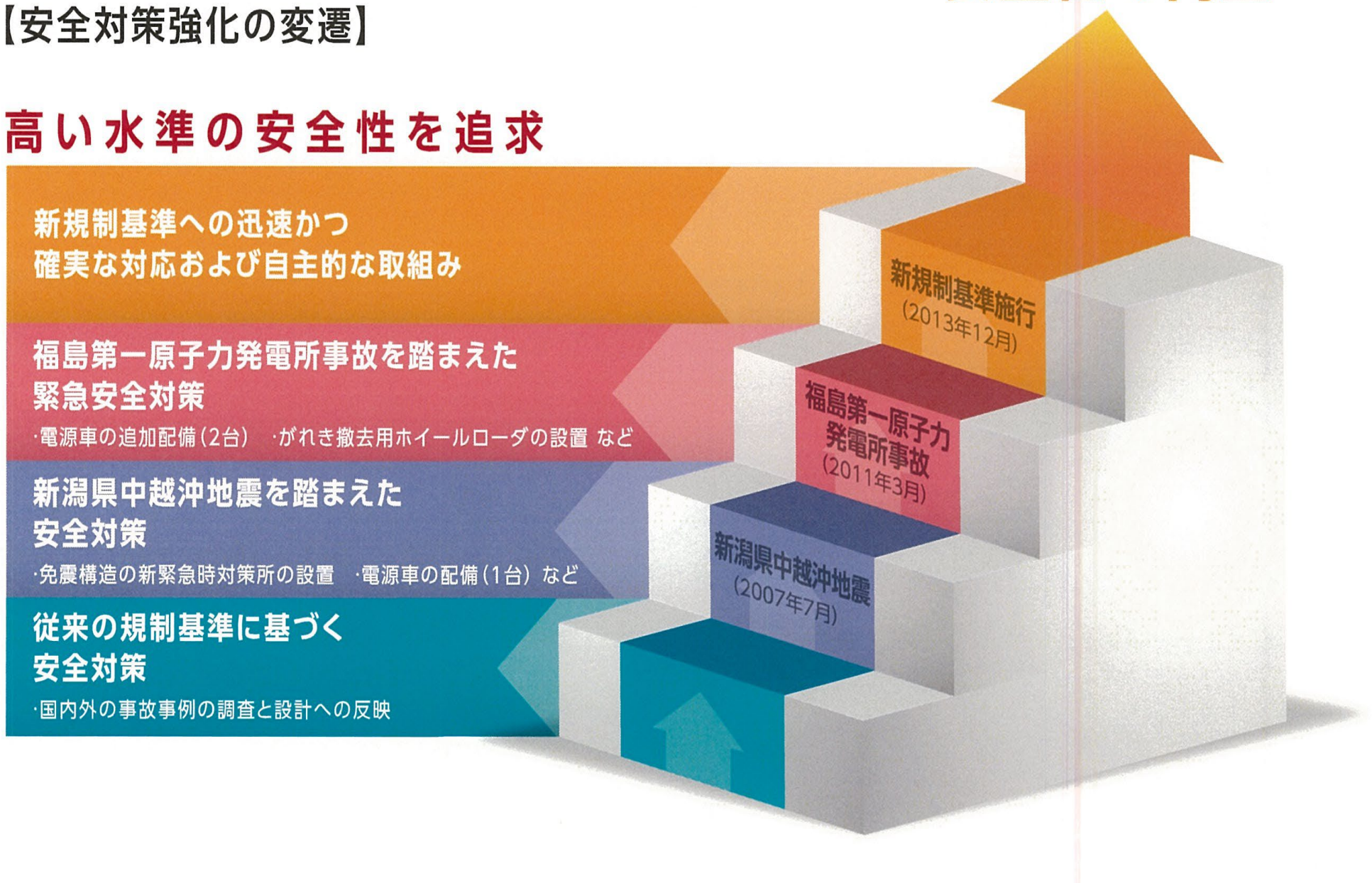
新潟県中越沖地震を踏まえた  
安全対策

・免震構造の新緊急時対策所の設置 ・電源車の配備(1台) など

従来の規制基準に基づく  
安全対策

・国内外の事故事例の調査と設計への反映

#### 安全性の向上





# 再処理工場における新規規制基準の全体像

従来の基準

新規規制基準

<重大事故対策> → P-40~49参照

- ・臨界事故
- ・冷却機能喪失による蒸発乾固
- ・放射線分解により発生する水素による爆発
- ・有機溶媒等による火災又は爆発
- ・使用済燃料の著しい損傷 他

【新たに追加した対策】 → P-32~36参照

竜巻対策

火山対策

不法侵入対策

溢水対策

化学薬品漏えい対策

<設計基準対策>

【強化した対策】 → P-24~31参照

火災・爆発の対策

地震・津波対策

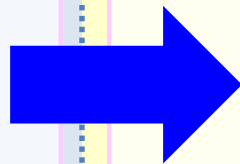
落雷対策

航空機落下対策

外部火災対策

電源喪失対策

強化



火災・爆発の対策

- ⇒火災感知器の多様化
- ⇒固定式消火器設備の設置
- ⇒影響軽減対策

地震・津波対策

- ⇒基準地震動の引き上げ

落雷対策

- ⇒保安器の追加

航空機落下対策

- ⇒落下確率の評価

外部火災対策

- ⇒防火帯の追加設置

電源喪失対策

- ⇒送電システムの追加

【従来から考慮している対策】 → P-17~23参照

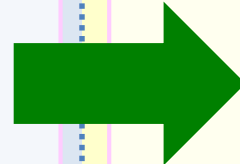
臨界対策

漏えい対策

その他の対策

- ・落下防止 ・崩壊熱除去
- ・放射線遮へい 等

変更なし



臨界対策

漏えい対策

その他の対策

- ・落下防止 ・崩壊熱除去
- ・放射線遮へい 等

### 3. 安全確保への取り組み

#### 3-2. 安全確保の基本的な考え方

##### (1) 安全確保のための設計の考え方

再処理工場では、放射性物質を取り扱うことから、原子力発電所と同様に、いくつかの障壁（防護レベル）を用意して、あるレベルの防護に失敗したら次のレベルで防護するという深層防護の考え方を取り入れた安全設計を行っています。

#### 深層防護に基づく安全設計

##### 安全設計

###### ①異常の発生防止

- ・余裕のある設備設計
- ・フェイルセーフ（安全側に作動）

もし異常が発生しても…

###### ②異常の拡大防止

- ・拡大防止構造
- ・プロセスを安定・安全状態に（自動停止・自動切替え等のインターロック）

異常を早期に検知

さらに事故に至っても

###### ③放射性物質の環境への放出抑制

- 閉じ込めの維持（平常時も機能）
- ・漏えい防止（貯槽・セル・建屋）
- ・放射性物質の除去（換気系（フィルタなど））

#### 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

###### 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

もし重大事故が発生しても…

事故の進展・拡大を防止

###### ②重大事故の拡大防止

- ・沸騰 ⇒ 可搬型の移送ポンプで貯槽へ注水 ⇒ 発生防止とは別系統から可搬型のポンプで回復
- ・臨界事故 ⇒ 発生を検知し自動で薬剤を供給（未臨界への移行と維持）

事故の収束

###### ③重大事故の影響緩和

施設内への閉じ込めの維持

- ・貯留槽での滞留

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

巡視点検  
検査・補修



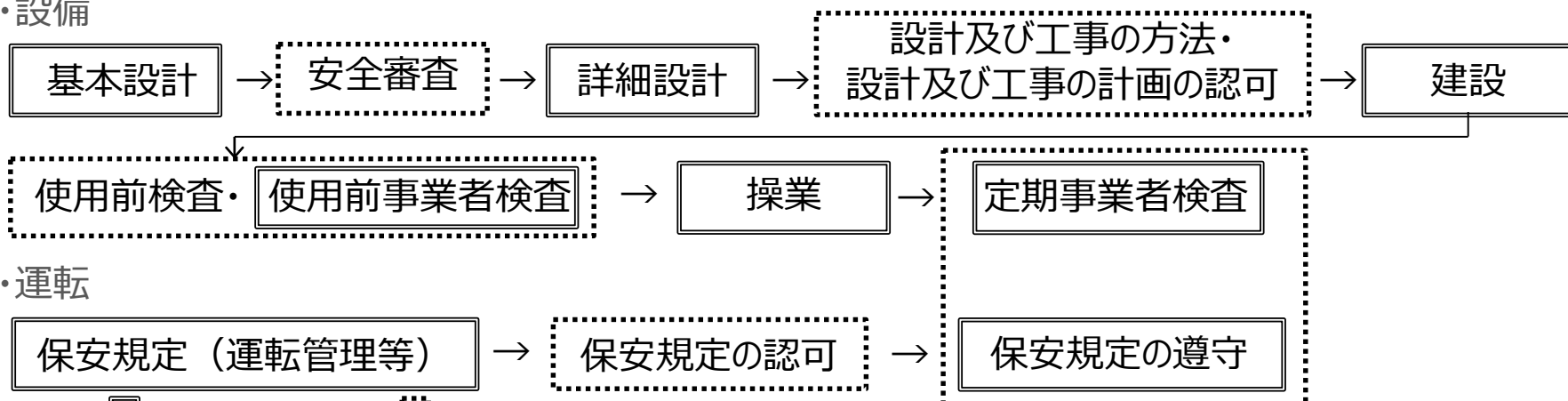
教育訓練による  
運転員の資質向上

また、定期的な巡視点検や検査・補修により設備の性能を維持・管理するとともに、教育訓練により運転員の資質を向上させることで、ハード・ソフトの両面から安全確保に努めます。

## (2) 原子力規制委員会による段階的な安全確認

設備の設計や建設および運転の準備にあたっては、法令に基づき関連する許認可申請を行い、原子力規制委員会による審査を受けます。また、原子力規制検査により事業者の定期事業者検査の実施状況や保安規定の遵守状況等について原子力規制委員会の確認を受けます。

・設備



(注) □ 当社の活動    ▭ 国による確認

原子力規制検査

## (3) 先行施設のトラブル情報等の反映

旧COGEMA社（現 オラノ社）、旧BNFL社（現 英国原子力グループ・セラフィールド）、旧核燃料サイクル開発機構（現 日本原子力研究開発機構）等でのトラブル等の情報を入手し、安全性、安定操業の観点から、設備、運転手順に継続的に反映しています。（3 - 6章参照）

入手情報 約1530件  
 ・旧COGEMA社  
 ・旧BNFL社  
 ・旧核燃料サイクル開発機構 など



設備・運転手順へ反映  
 （六ヶ所再処理工場に該当設備がないもの等を除き、可能な限り反映）

## (4) 保守管理

再処理工場のしゅん工および安定操業に向けて、設備の保守管理や不適合等の管理を確実にを行うため以下の活動に取り組んでいます。

- ① 2017年度第保安検査での指摘事項を踏まえて事業者対応方針を策定し、これまで設備の全数把握や保守管理計画の策定などの保守管理の改善活動に取り組んでいます。（次ページの参考1参照）
- ② 2020年4月から新たな検査制度が施行され、新たな検査制度においては事業者自らが責任をもって施設の安全を確認し、問題を把握し、改善を進めていく必要があるため、当社は、現場パトロールや点検等におけるわずかな気づきを収集し、管理・改善を進める改善措置活動（CAP）に取り組んでいます。（次ページの参考2参照）
- ③ トラブル等が発生した場合は、速やかに復旧するとともに、原因究明、再発防止対策等を検討し、適切に対処します。また、現場パトロールや点検で得られた気づきおよび不具合等を管理する改善措置活動（CAP）を継続し、より良い施設・設備とすることで品質の向上に努めます。（次ページの参考3参照）  
 また、内部監査および第三者監査機関による監査を受け、適切な不適合等管理がなされていることを確認しています。

## (5) 運転員の教育訓練および重大事故対応訓練

再処理工場の運転を長期間実施していないことから、しゅん工前の試験やその後の安定運転を確実に実施するため、運転員の技術力の維持・向上を目的としてオラノ社の技術者による教育訓練や日本原子力研究開発機構のモックアップ溶融炉を用いた運転員の教育訓練を実施しています。（次ページの参考4参照）

また、重大事故対応として実施すべき手順や力量等を定め、総合訓練（防災訓練、非常時訓練など）や個別訓練（要員や各班の現場操作など）を実施することで、重大事故対応に関する知識・技能の習熟を図っています。（次ページの参考5参照）

# (参考1) 保全活動の改善への取組み

## <2017年度第2回保安検査での指摘事項などを踏まえた事業者対応方針に基づく活動>

### 経緯

2017年度第2回保安検査などで確認された「再処理工場の非常用電源建屋への雨水浸入事象」や「ウラン濃縮工場の分析室天井裏のダクト損傷事象」について、現場の設備の状況を把握できておらず、点検をしていなかったなどの問題に対し、2017年9月26日に以下に示す事業者対応方針を策定し、これまで設備の全数把握や保守管理計画の策定などの活動に全社一丸となって取り組んできました。

### 事業者対応方針の活動内容

#### (1) 保全の見直し・改善などの改善

現場に設置されている全ての設備・機器を把握するとともに、定期的な点検などを行うための点検計画の策定等を実施しています。また、巡視点検での見るべき視点の明確化や教育の実施、各電力会社の保全技術者の当社への出向によるノウハウ継承・保全技術力の向上などの改善も実施しています。

<現場確認の実施状況（再処理）> 写真は活動の一例



<精製建屋>  
設備の隅々まで現場確認を実施している状況（計器を収納するラックを確認している）



<使用済燃料輸送容器管理建屋>  
マンホールを含めた閉止箇所を開放し、内部確認を実施している状況

#### (2) 日本原子力研究開発機構大洗内部被ばく事故に対する水平展開

MOX粉末や化学物質などの事故(飛散・漏えい等)が、万が一、発生した場合においても確実に対応できるよう資機材などを準備し、それらを使って訓練を実施しています。(年1回程度)

<MOX粉末の大規模な飛散を想定した訓練の実施状況（再処理）> 写真は活動の一例



<作業員の身体汚染検査>  
作業員一人ひとりをサーベイし、身体汚染の有無を確認。汚染があった場合は、直ちに除染を実施



<肺モニタによる測定>  
肺モニタにより、体内に取り込まれた放射性物質を測定。放射性物質の取り込みが確認された場合は、被ばく線量などの情報を医療機関に提供するとともに、対象者を医療機関へ搬送

#### (3) 全社としての改善の取り組みの強化

マネジメントオブザベーション※やセルフチェックの強化など、業務の基本的な進め方に係る改善を全社の活動として実施しています。

※:管理職が現場を観察し、助言を与えることで、現場の意識・ふるまいのレベルを高める活動

<マネジメントオブザベーション（MO）の実施状況（濃縮）> 写真は活動の一例



<作業員の行動観察>  
現場の状況、作業員の行動を観察し、ムリ・ムダがないかなど、改善ポイント（目標とする行動とのギャップ）を抽出



<気づきのフィードバック>  
作業員との対話により、改善ポイントに気づきかけを与え、何を取り組んでいか引き出す

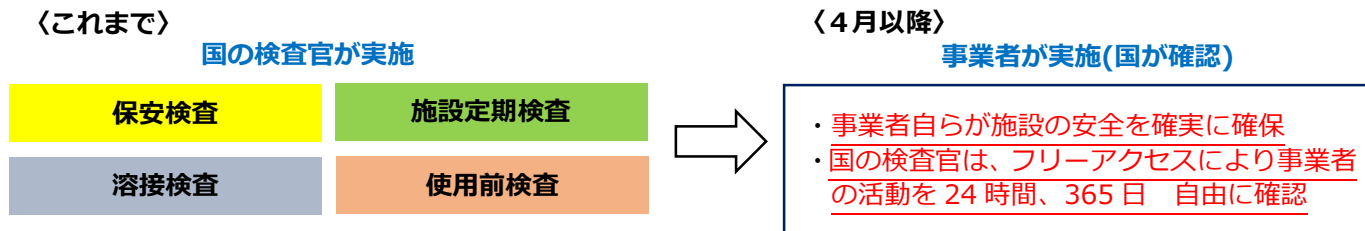
### 今後の活動

- 設備保全については、全設備の把握や状態を確認するなどの活動は完了し、現在は「原子力発電所の保守管理規程（JEAC4209）」に基づく保守管理計画を策定し、日常の業務として点検・補修などを行い設備の健全性を継続的に維持・管理しています。
- マネジメントオブザベーションなどの気づきを促し、よりレベルアップを目指す活動については、品質目標として管理し、進めています。
- また、今後も改善が必要と判断した活動については、改善計画の策定などを行い、各事業部長自らが管理することにより、引き続き、改善活動を進めていきます。

# (参考2) 新検査制度に向けた活動

## 新検査制度とは

2020年4月から国による新たな検査制度が施行されました。これまでは施設の安全を国が実施する検査（保安検査、施設定期検査、溶接検査、使用前検査）で確認していましたが、新たな検査制度では、事業者自らが責任を持って施設の安全を確認し、問題を把握し、改善を進めます。その事業者の日頃の活動状況を国が確認することになります。



## 当社の取り組み

当社は、日々、現場のパトロールや点検、作業などにおける、設備や機器の“不具合”やわずかな変化などの“気づき”を収集し、管理・改善しています。



聴診棒で送風機の異音を確認  
(再処理工場)



ボイラ日常点検の作業を確認  
(再処理工場ボイラ建屋)



設備・機器把握のための現場確認  
(再処理工場)

新たな検査制度においては、これまで以上に事業者自らが「問題を特定し、解決する力」が必要になることから、現場のパトロールや点検で得られた気づき、不具合などを管理する「改善措置活動（CAP）」の充実や、「パフォーマンス指標（PI）」を、可視化して評価するなど、これまでの改善活動を強化し、現場の作業環境の改善、品質向上、トラブルの未然防止に努めています。

### ○【改善措置活動：（CAP：Corrective action program）】

当社社員による日々の現場パトロールや点検、作業などにおける「気づき」や「通常または期待と異なる何らかの対応が必要であると感じたこと」などを、コンディションレポート（CR※1）としてデータベースに登録し、そのデータを活用してトラブルの未然防止などの改善措置活動を実施しています。現在は、当社社員だけでなく、グループ会社や協力会社の社員など、現場で働くすべての仲間がCRをデータベースに登録することを可能にし、関係者一丸となってトラブルの未然防止に努めています。

### ○【パフォーマンス指標（PI：Performance Indicator）の活用】

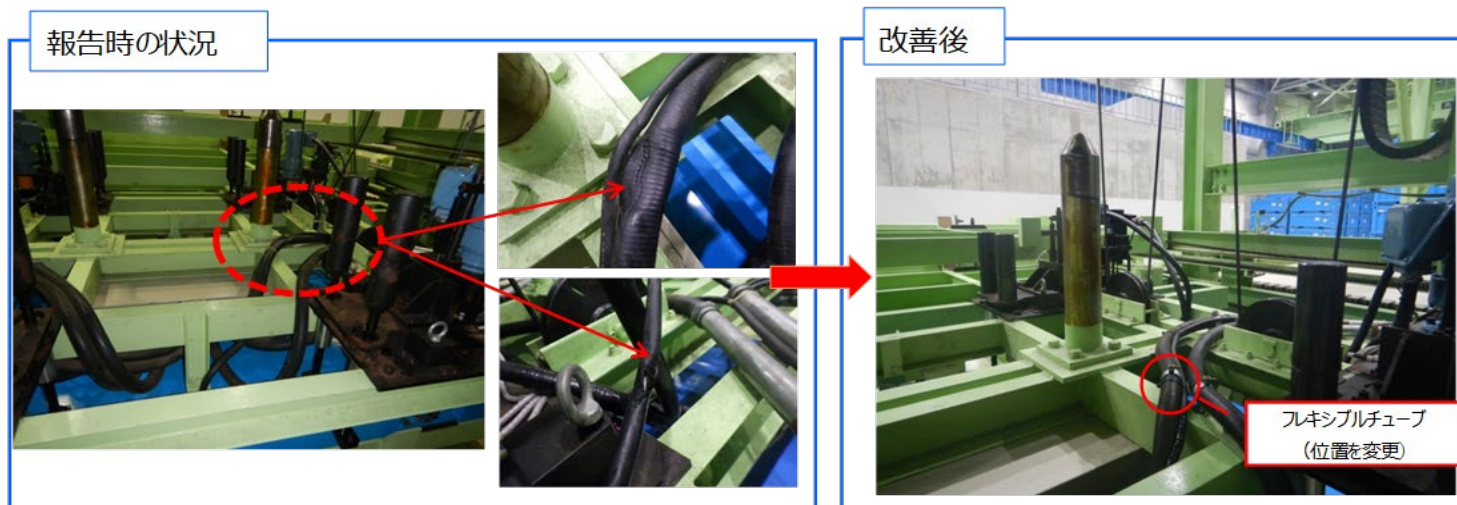
定期的に得られるCAPなどの活動の情報を指標として可視化し、「不具合の予兆は見られないか」、「対策はこれでよいのか」、「他にもこの対策を展開すべき課題があるのではないかな」などの傾向分析を行うとともに、目標に対する実績について自己評価を行い、強みや弱みを見極め、業務における「正しいふるまい」を含めた改善活動に活用しています。

### ※1 コンディションレポート（CR：Condition Report）

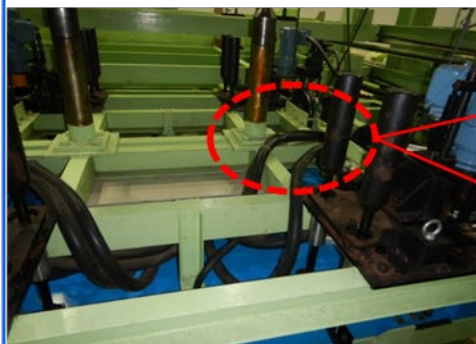
本来あるべき状態とは異なる状態、すべき行動から外れた行動や結果、気付いた問題、要改善点などが提案、もしくは記載された報告のことです。

### 《CAP登録事例》

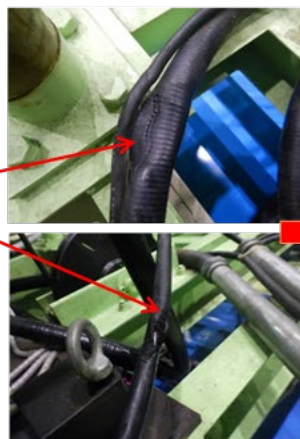
現場パトロールで発見した「何らかの対応が必要と感じてCRに登録したデータ」を活用し、トラブルの未然防止を図った事例です。



報告時の状況



フレキシブルチューブのつぶれを発見  
(低レベル廃棄物管理建屋)



改善後



フレキシブルチューブ  
(位置を変更)

廃棄物を収納する輸送容器を取り扱う設備が移動しても接触しないように、フレキシブルチューブの位置を変更  
(チューブの損傷を未然防止)

# (参考3) 不適合等管理

品質保証上のトラブル等が発生した場合は、以下の流れに基づき適切に処理します。

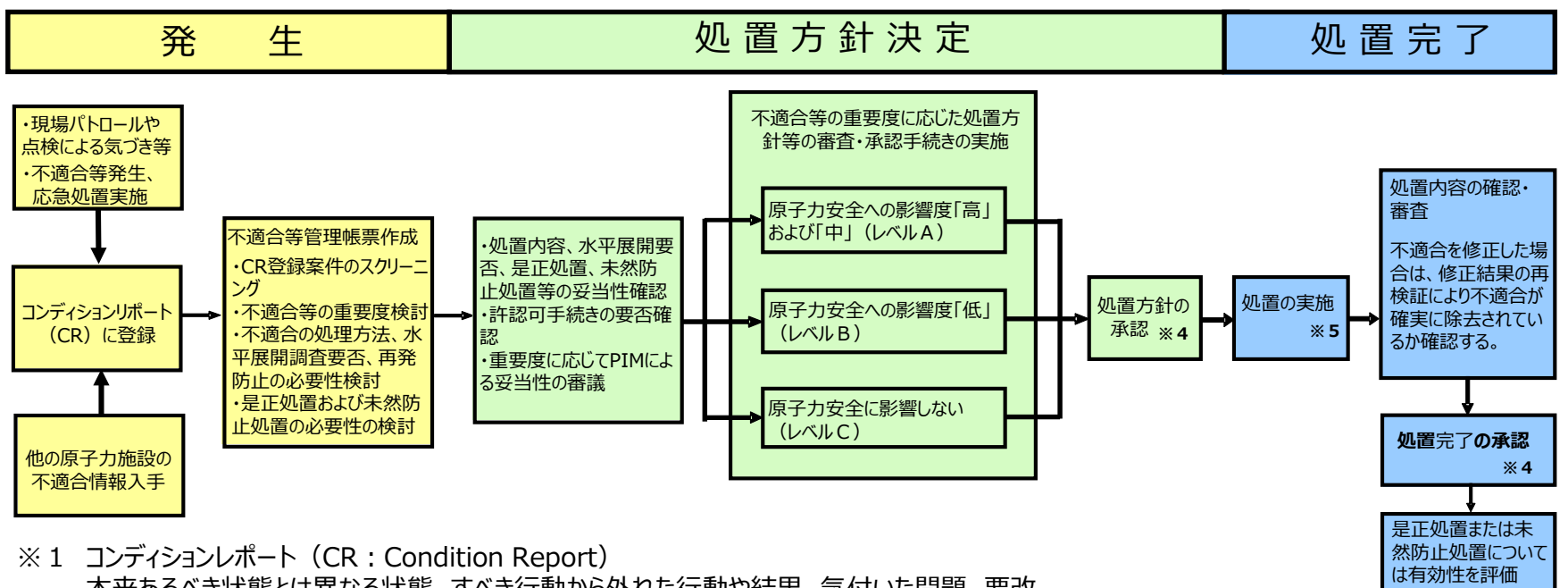
## 不適合等管理とは

業務や施設に対する要求事項に適合しない不適合な状態が放置されないよう、それらを識別し、管理しながら要求事項に適合させるために不適合を除去する等の処理を行い、必要に応じて不適合の再発防止のために発生した原因を除去する是正処置を行い、さらに他の原子力施設等で発生した不適合と同様のトラブルの発生防止のための未然防止処置を行う仕組みのことです。

※「不適合等」とは、不適合管理、是正処置、未然防止処置の総称をいう。

## 不適合等管理の進め方

- 現場パトロールや点検による気づき等や発生した不適合等をCR ※ 1 に登録し、登録案件のスクリーニングにより原子力安全への影響度等を評価した上で、不適合等を管理するための重要度（レベル） ※ 2 を検討します。
- 不適合を除去する等のための処置方針や、同様の不適合が他に発生していないか水平展開調査の要否等を検討し、それらの妥当性を確認します。また、再発防止の必要性を検討し、必要であれば原因を明確にし是正処置を行います。  
なお、原子力安全への影響が考えられる不適合等の処置内容の妥当性については、事業部長が主催する事業部幹部によるパフォーマンス会議（PIM） ※ 3 の審議を受けることとしています。
- 不適合等の重要度に応じた審査・承認手続きを行った上で処置（補修や交換等）を行います。また、処置にあたって許認可手続きが必要な場合は、手続きをとった上で行います。
- 他の原子力施設等で発生した不適合等の情報から、同様の不適合が発生する可能性があるかと判断した場合は、不適合が発生前に同様の原因を除去する等、必要な未然防止処置を行います。
- 是正処置および未然防止処置の実施後は、処置の有効性を評価します。



- ※ 1 コンディションレポート (CR : Condition Report)  
本来あるべき状態とは異なる状態、すべき行動から外れた行動や結果、気付いた問題、要改善点等が提案、もしくは記載された報告のことです。
- ※ 2 不適合等の重要度とレベルは以下の3段階に分類します。  
①原子力安全への影響度「高」および「中」(レベルA)  
②原子力安全への影響度「低」(レベルB)  
③原子力安全に影響しない(レベルC)
- ※ 3 パフォーマンス改善会議 (PIM : Performance Improvement Meeting)  
CR登録された案件について、重要性の高い問題の特定と処置計画の審議、実施管理、評価を行う会議体のことです。
- ※ 4 レベルAは事業部長が承認、レベルBは部長が承認、レベルCは課長またはG Lが承認
- ※ 5 処置にあたって許認可手続きを必要とする場合は、必要な手続きを実施した後に処置を実施。

## (参考4) 運転員の教育訓練

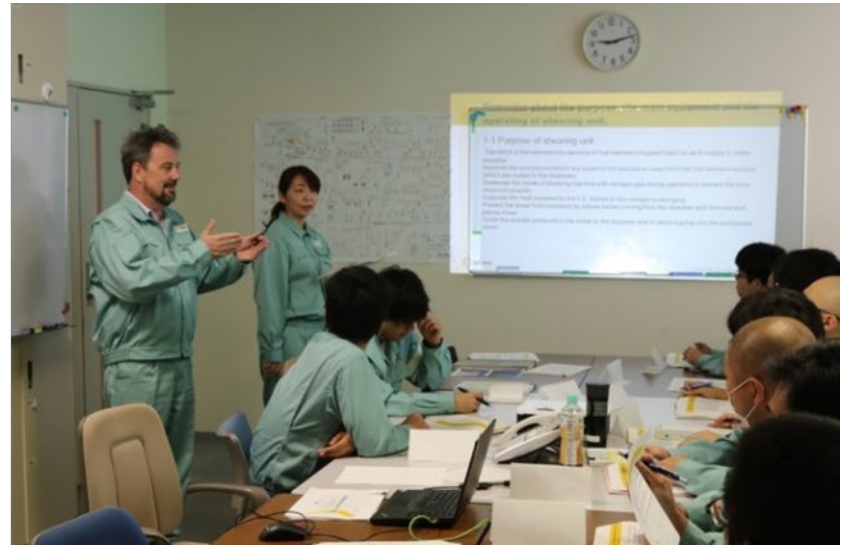
### 教育訓練<運転員の技術力維持・向上 -オラノ技術者による教育訓練>

2008年のせん断・溶解などの設備の稼働停止以降、本格的な運転を長期間実施していないことから、しゅん工前の試験やその後の安定運転を確実に実施するため、これまでの技術の蓄積に加えて、あらためて運転員の技術力の維持・向上に取り組んでおります。

再処理工場の「前処理」「分離」「精製」工程は、フランスの技術を導入しているため、フランスのオラノ社<sup>※</sup>から、ラ・アーク再処理工場の運転に関する知見を持つ技術者に再処理事業所内に常駐して、当社の運転員を対象に、ラ・アーク再処理工場の運転を題材にした教育を行っています。

※オラノ社：フランスのパリを拠点とする原子燃料サイクル施設を運営する企業

#### ■ オラノ技術者による教育訓練の様子



### 教育訓練<運転員の技術力維持・向上 - ガラス固化技術の習熟訓練>

再処理工場のガラス固化試験は2013年に終了し、当社としてはガラス固化技術を確立することができましたが、2013年以降はガラス溶融炉の運転を行っておらず、運転経験のない社員が多くなっています。そのため、ガラス固化施設や再処理工場の安定運転に向け、東海村の日本原子力研究開発機構のモックアップ溶融炉<sup>※1</sup>で模擬廃液<sup>※2</sup>を用いて、若手・中堅社員を中心に習熟訓練を実施しています。

※1 ガラス溶融炉の機能確認のための各種試験を行う実規模大の溶融炉

※2 高レベル廃液の溶解成分を非放射性核種で模擬した溶液

#### ■ モックアップ溶融炉の訓練の様子



制御室における運転操作訓練



溶融炉内の確認

## (参考5) 重大事故対応に係る訓練

### 重大事故対応訓練

さまざまな事態の発生を想定した訓練を日々積み重ね、万が一の際にも適切に対応出来るよう、事故対応に関する知識・技能の向上に努めています。



蒸発乾固対策におけるホース展張



使用済燃料貯蔵プール用ホース展張



沼からの取水（厳冬期）



大型移送ポンプ用ホース展張



ホイールローダによる  
アクセスルートの整地（除雪）



訓練状況（支援組織）



## 3. 安全確保への取り組み

### 3-3. 安全設計の具体例

#### (1) 従来から考慮している対策

これまでの安全設計において、事故に至る可能性を考慮した対策に取り組んでいます。

これらの事例についてご紹介します。

- ①放射性物質の漏えい対策
- ②臨界事故対策
- ③使用済燃料等の落下対策
- ④放射線遮へい
- ⑤崩壊熱除去
  - ⑤-1 燃料貯蔵プールの崩壊熱除去
  - ⑤-2 高レベル放射性廃液等の崩壊熱除去対策
  - ⑤-3 ガラス固化体の崩壊熱除去対策
  - ⑤-4 MOX粉末の崩壊熱除去対策

# ①放射性物質の漏えい対策

## 漏えいの発生防止対策

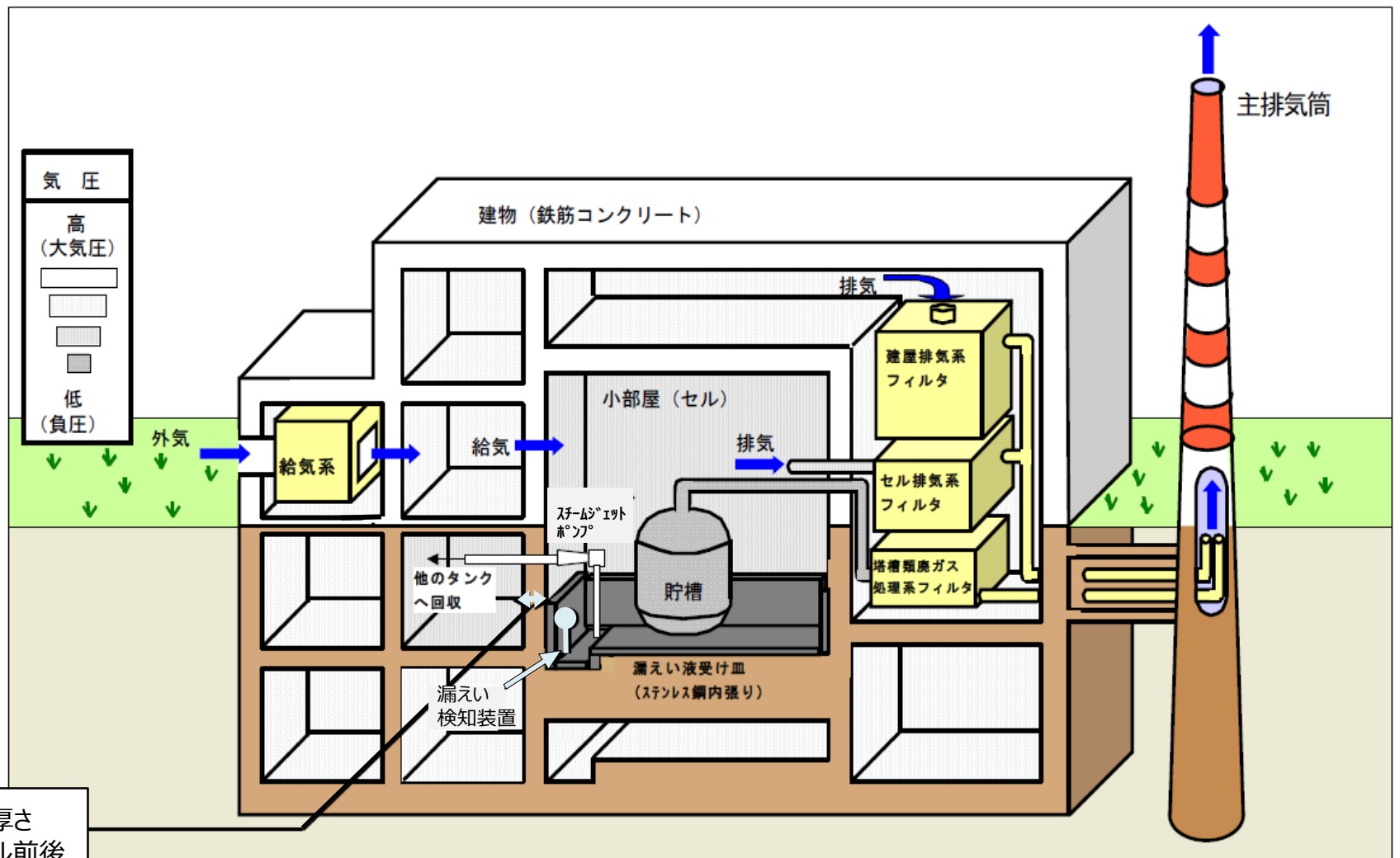
- 放射性物質を取り扱う機器（貯槽、配管等）は、腐食しにくいステンレス鋼やジルコニウム等の材料を使用するとともに、腐食に対する余裕を考慮した厚さとしています。
- 放射性溶液を取り扱う配管は、溶接構造にする等、漏えいしにくい設計としています。

## 漏えいの拡大防止対策

- 漏えいが発生した場合でも、施設内に漏えい液を確実に閉じ込められるよう、以下の設計としています。
  - ・プルトニウムや高レベル放射性廃液を取り扱う機器（貯槽、配管等）は、床面をステンレス鋼で内張りした厚い頑丈な鉄筋コンクリートの壁（1メートル程度）に囲まれた小部屋（セル）に設置しています。
  - ・万一の漏えいに備え、漏えい検知装置、漏えい液を回収するための設備を設置しています。

## 漏えいの影響緩和対策

- 漏えいの発生に伴い、空気中に放射性物質が移行します。これを施設外に放出しないように、以下の設計としています。
  - ・建物内部の気圧を「建物」、「小部屋（セル）」、「機器（貯槽、配管等）」の順に低くし、気体状の放射性物質を建物の内側に閉じ込めます。
  - ・「建物」、「小部屋（セル）」、「機器（貯槽、配管等）」内の空気は、フィルタ（排気処理系）により放射性物質を除去した後に、主排気筒から放出します。



壁の厚さ  
1メートル前後

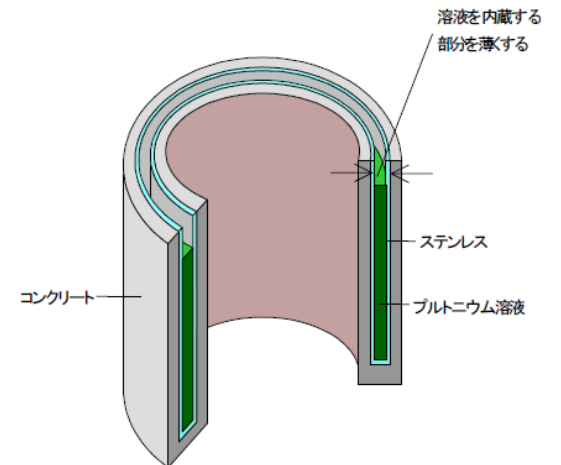
## ② 臨界事故対策

### 臨界に係る異常の発生防止対策

ウラン、プルトニウムが多量に集まることを防ぐとともに、核分裂を引き起こす中性子を取り除いたり、中性子を機器の外に逃がしやすくすることで、臨界の発生の防止を図っています。

#### <主な対策>

- ・形状寸法管理 : ウラン、プルトニウムを取り扱う機器溶液を内蔵する部分を薄くすることで中性子を機器の外に逃がしやすくします。
- ・濃度管理、質量管理 : 核分裂を起こすウラン、プルトニウムの量（重さや溶液の濃さ）を制限します。
- ・中性子吸収材管理 : 中性子を吸収しやすい物質（ホウ素等）を機器の材料に加えることにより、中性子を取り除きます。



【形状寸法管理の例(環状タンク等)】

### 臨界に係る異常の拡大防止対策

- 溶解槽に供給する硝酸の「流量低」、「密度低」等によりインターロックで自動的にせん断機を停止。
- 粉末缶のMOX粉末の重量が所定量以内であることを確認し、粉末缶払出装を起動。
- プルトニウム洗浄器のアルファ線検出器の「計数率高」により警報を発報（運転員が工程を停止）。

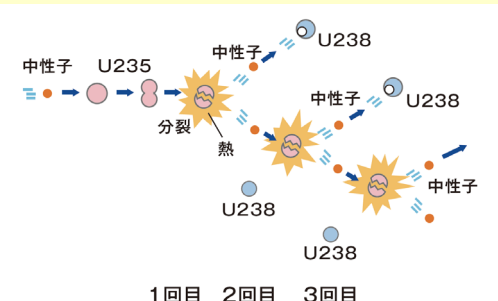
### 臨界事故の影響緩和対策

- 臨界管理上重要な施設（溶解槽）においては、仮に臨界が発生したとしても、中性子吸収材（硝酸ガドリニウム）を自動的に注入することにより、速やかに未臨界にする（核分裂連鎖反応を止める）措置を講ずることが出来ます。
- 臨界の発生に伴い、空気中に放射性物質が移行します。これを施設外に放出しないように、以下の設計としています。
  - ・建物内部の気圧を「建物」、「小部屋（セル）」、「機器（貯槽、配管等）」の順に低くし、気体状の放射性物質を建物の内側に閉じ込めます。
  - ・「建物」、「小部屋（セル）」、「機器（貯槽、配管等）」内の空気は、フィルタ（排気処理系）により放射性物質を除去した後に、主排気筒から放出します。
- 厚いコンクリート（1メートル程度）の壁により、放射線を遮へいし、一般公衆、作業員の被ばくを最小限に抑えます。

#### 《解説》 臨界

中性子がウラン235やプルトニウム239等の核分裂性物質にあると核分裂が起きます。核分裂に伴い、新たな中性子とともに熱エネルギーが発生します。

新たに発生した中性子が別の核分裂性物質にあたることで、再び核分裂が起きます。このように核分裂が連鎖的に継続することを臨界といいます。



### ③使用済燃料等の落下対策

#### 落下の発生防止対策

- 使用済燃料集合体、ガラス固化体を取り扱う設備では、吊りワイヤを二重化、駆動電源の喪失時にも落下しない機械的な保持機能（フェイルセーフ）を採用しています。

#### 落下の拡大防止対策

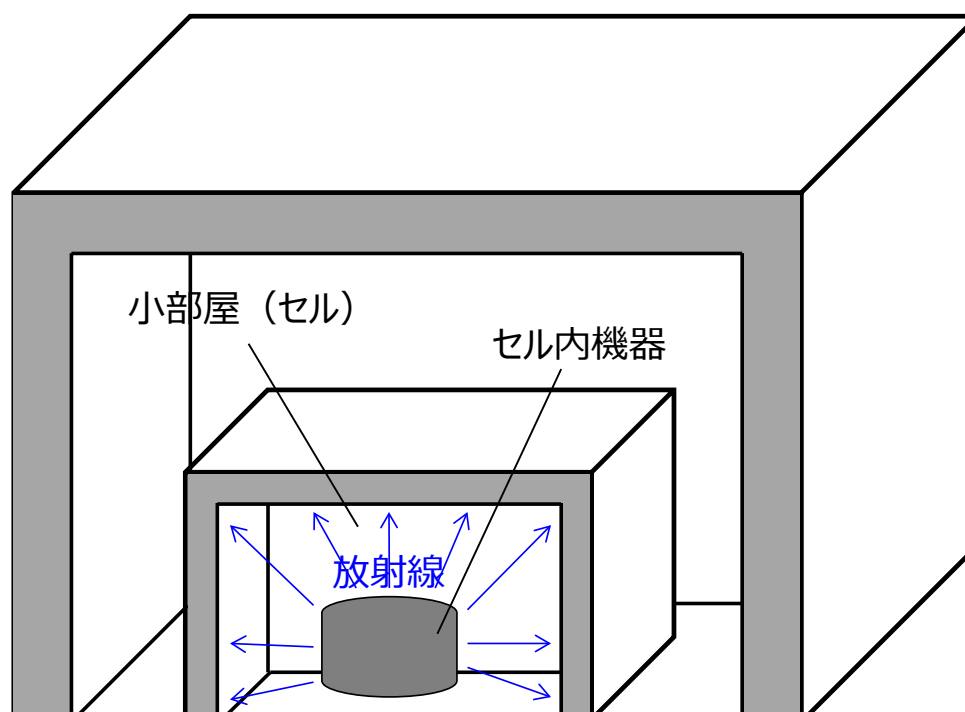
- 使用済燃料集合体、ガラス固化体を取り扱う設備は、吊り上げ高さを制限することにより、万一の落下においても使用済燃料集合体、ガラス固化体が破損することがないようにしています。

#### 落下の影響緩和対策

- 落下により使用済燃料集合体が破損した場合には、集合体内の放射性物質が空気中に移行します。これを施設外に放出しないように、フィルタにより放射性物質を除去した後に、換気筒から放出します。
- 燃料貯蔵プールの内面には、漏水を防止するためにステンレス鋼の内張りをしています。これは、使用済燃料集合体の落下によっても機能を喪失することがなく、燃料貯蔵プールの水を保持し続けられるようにしています。

### ④放射線遮へい

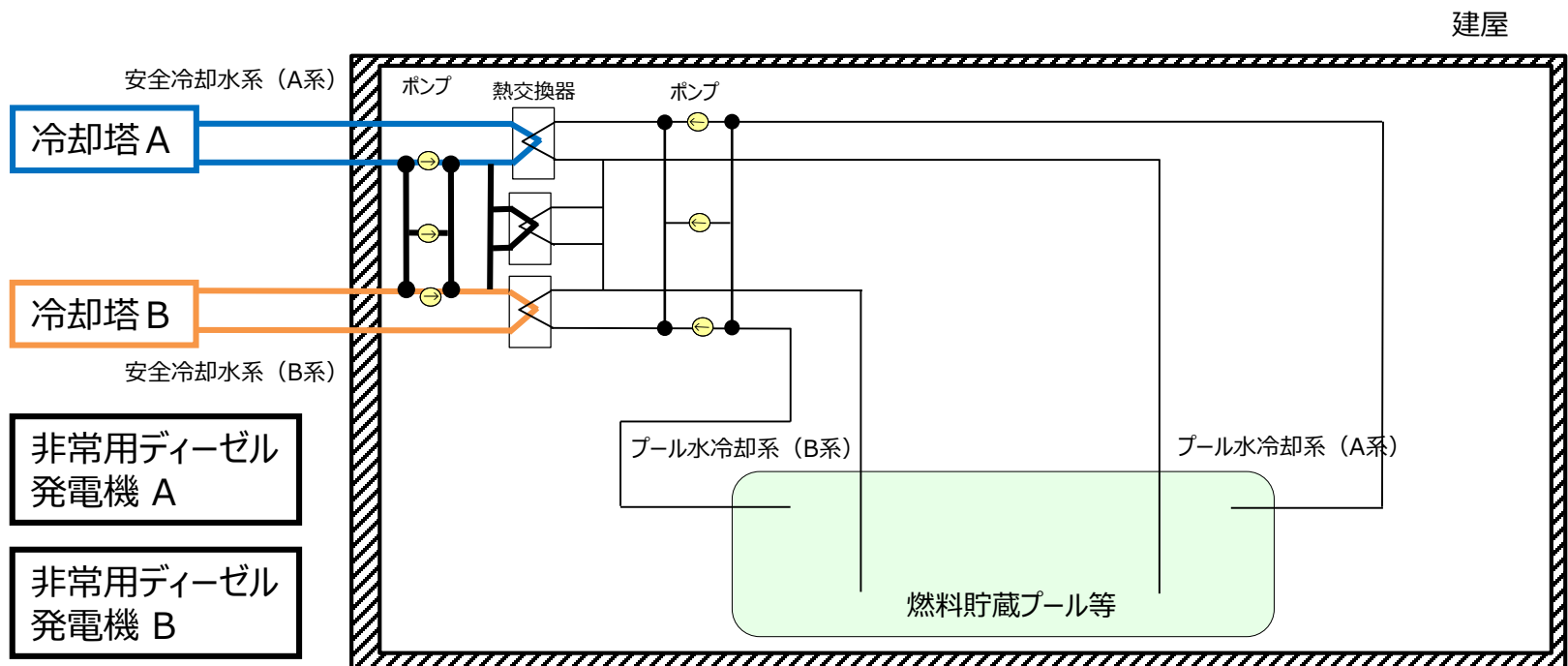
- 厚い頑丈な鉄筋コンクリートの壁（1メートル程度）や鉛板等で作られた小部屋（セル）により、放射線を遮へいします。



## ⑤ 崩壊熱除去

### ⑤-1 燃料貯蔵プールの崩壊熱除去

燃料貯蔵プール等では、使用済燃料の崩壊熱を除去するため、冷却システムを二重化しています。

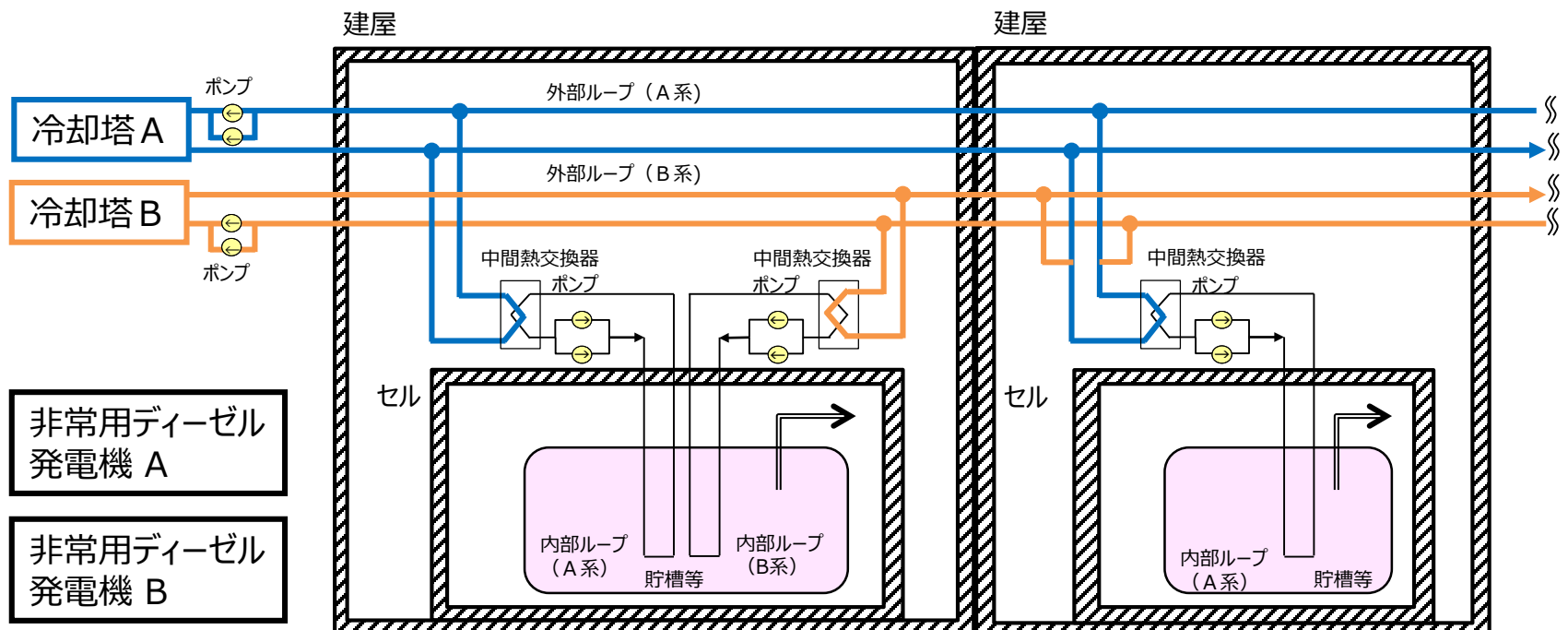


- 冷却水の系統は、燃料貯蔵プール等で発生する崩壊熱を除去するプール水冷却系と、除去した熱を外部へ排出するための安全冷却水系により構成されています。
- 安全冷却水系は独立した2系列により構成し、1系列の運転でも各燃料貯蔵プール等の崩壊熱除去に必要な容量を有する設計としています。また、各系列の冷却塔およびポンプは多重化することにより信頼性を向上させています。
- プール水冷却系は冷却機能が喪失してから燃料の露出に至るまでの時間が長く、1系列でも冷却機能を有しており、ポンプおよび熱交換器は多重化することにより信頼性を向上させています。
- 冷却塔およびポンプは、外部電源が喪失した場合には、非常用所内電源系統にて冷却を維持します。

## ⑤ 崩壊熱除去

### ⑤-2 高レベル放射性廃液等の崩壊熱除去対策

高レベル放射性廃液等を取り扱う設備では、高レベル放射性廃液等の崩壊熱を除去するため、冷却システムを二重化等しています。

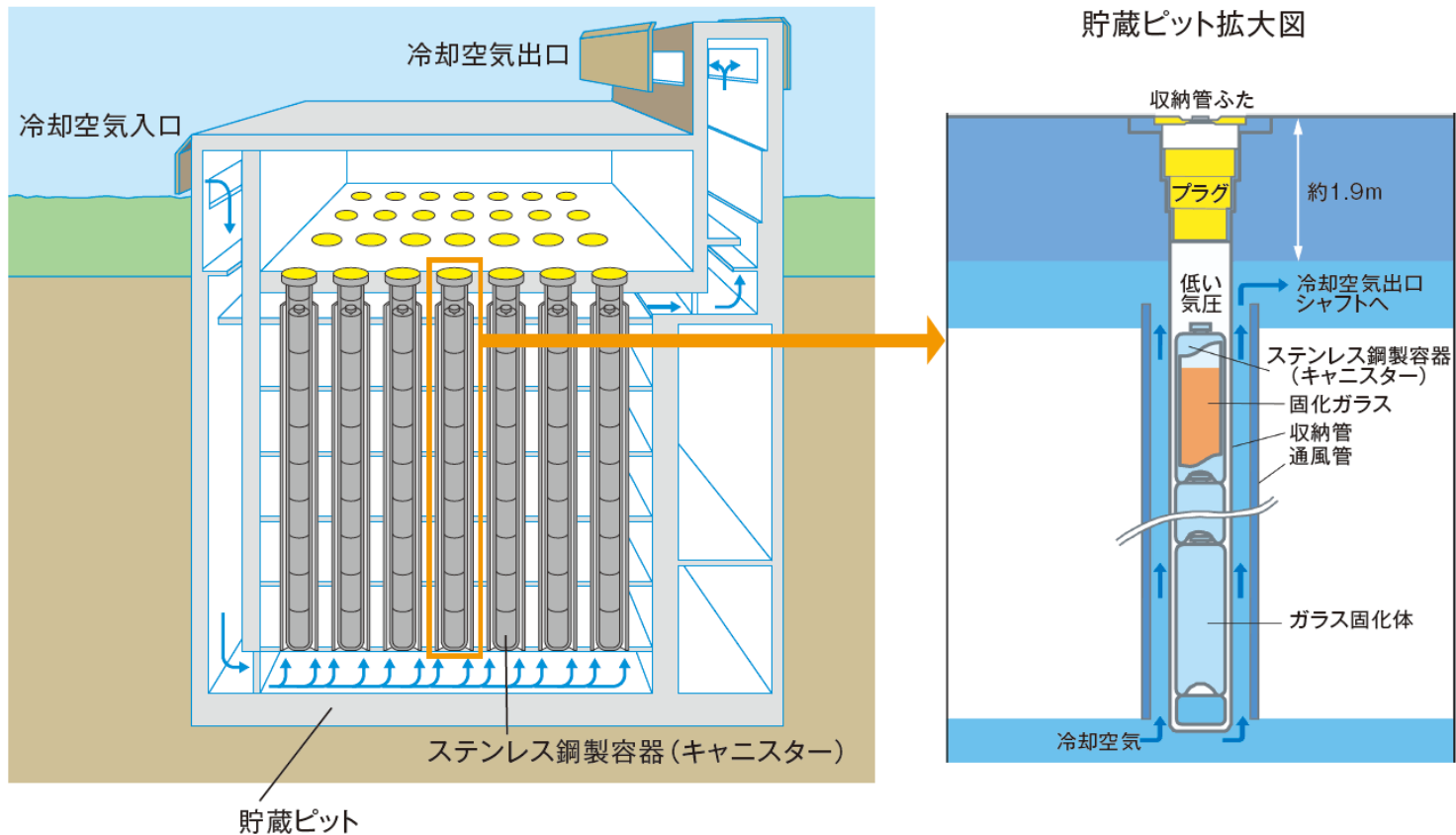


- 冷却水の系統は、貯槽等で発生する崩壊熱を除去する内部ループと、除去した熱を外部へ排出するための外部ループにより構成されています。
- 外部ループは独立した2系列により構成し、1系列の運転でも各貯槽等の崩壊熱除去に必要な容量を有する設計としています。また、各系列の冷却塔およびポンプは多重化することにより信頼性を向上させています。
- 内部ループは冷却機能が喪失してから沸騰に至るまでの時間が比較的長い貯槽等については1系列で構成し、ポンプは多重化することにより信頼性を向上させています。一方、冷却機能が喪失してから沸騰に至るまでの時間が短い貯槽等については2系列により構成し、1系列の運転でも貯槽等の崩壊熱除去に必要な容量を有する設計としています。また、ポンプは多重化することにより信頼性を向上させています。
- 冷却塔およびポンプは、外部電源が喪失した場合でも機能を期待出来るよう、非常用所内電源系統に接続しています。

## ⑤ 崩壊熱除去

### ⑤-3 ガラス固化体の崩壊熱除去対策

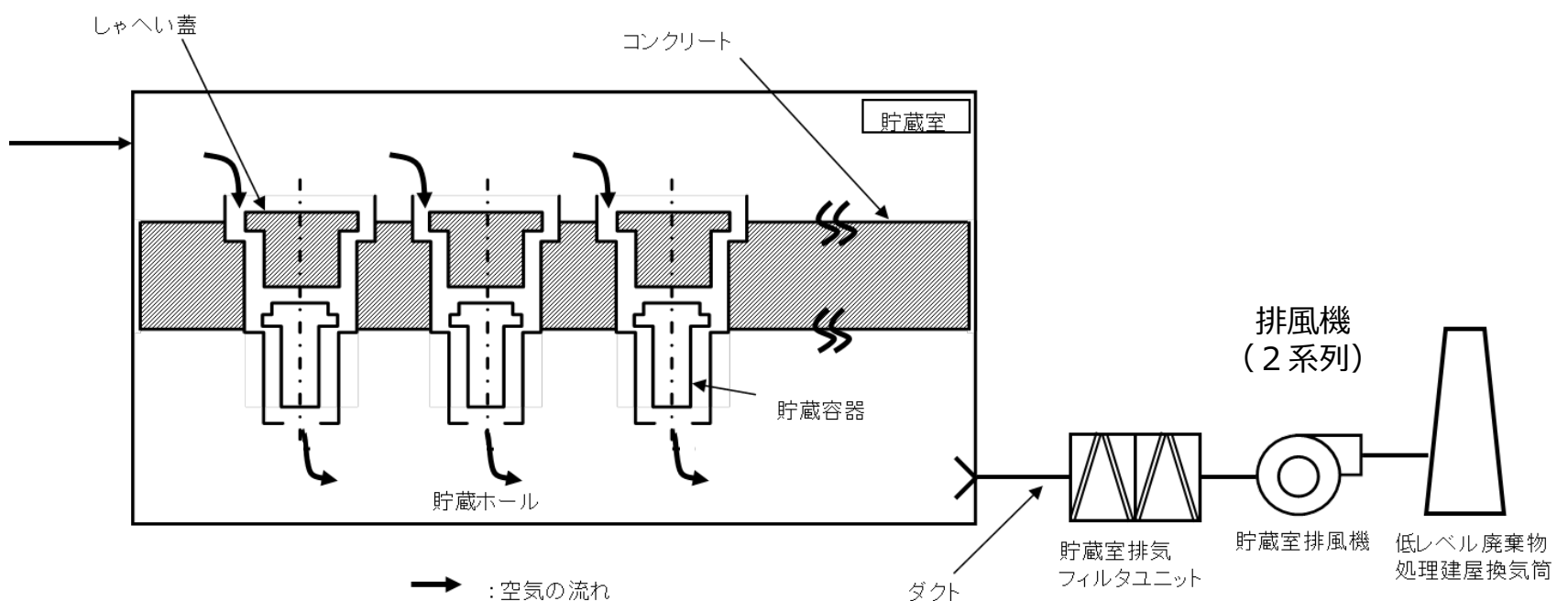
ガラス固化体を貯蔵するピットは、ガラス固化体から発生する崩壊熱により自然に空気の流れが発生する設計とすることで、ガラス固化体の崩壊熱を適切に除去する設計としています。



〔出典〕日本原子力文化財団/原子力・エネルギー図面集

### ⑤-4 MOX粉末の崩壊熱除去対策

ウラン・プルトニウム混合酸化物粉末（MOX粉末）から発生する崩壊熱は、貯蔵室からの換気（排気）により適切に除去出来る設計としています。







### 3. 安全確保への取り組み

#### 3-3. 安全設計の具体例

## (2) 強化した対策

これまでの安全設計に加え、新規制基準を踏まえて安全設計を強化しました。

これらの事例についてご紹介します。

注) 以下（以降のページも同様）、括弧内の条文番号は参考資料(p50)に示す「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」（再処理施設の新規制基準として施行）の各対策の条文番号を意味する

- ①火災等による損傷の防止（第5条）
- ②地震・津波による損傷の防止（第7条、第8条）
- ③外部からの衝撃による損傷の防止（第9条）  
【落雷】
- ④外部からの衝撃による損傷の防止（第9条）  
【航空機落下】
- ⑤外部からの衝撃による損傷の防止（第9条）  
【外部火災】
- ⑥電源の確保（第25条）

# ①火災等による損傷の防止（第5条）

火災等により、再処理施設の安全上重要な施設の機能が損なわれないようにします。



## 従来から考慮している対策

### 火災・爆発の発生防止対策

- ・再処理工場では、火災・爆発が発生する条件（燃えるものがあること、空気（酸素）があること、着火源（火）があること）を取り除くことで、火災・爆発の発生防止を図っています。
- ・重要な設備には、不燃性または難燃性材料を使用しています。
- ・静電気が発生するおそれがある機器には、接地（アース）をしています。
- ・油を取り扱う機器は、温度を適切に管理します。
- ・小部屋（セル）内に油が漏れいた場合には、漏れいを検知して直ちに回収します。
- ・機器の中に水素ガスが溜まらないよう、空気を流して水素ガスを追い出します。

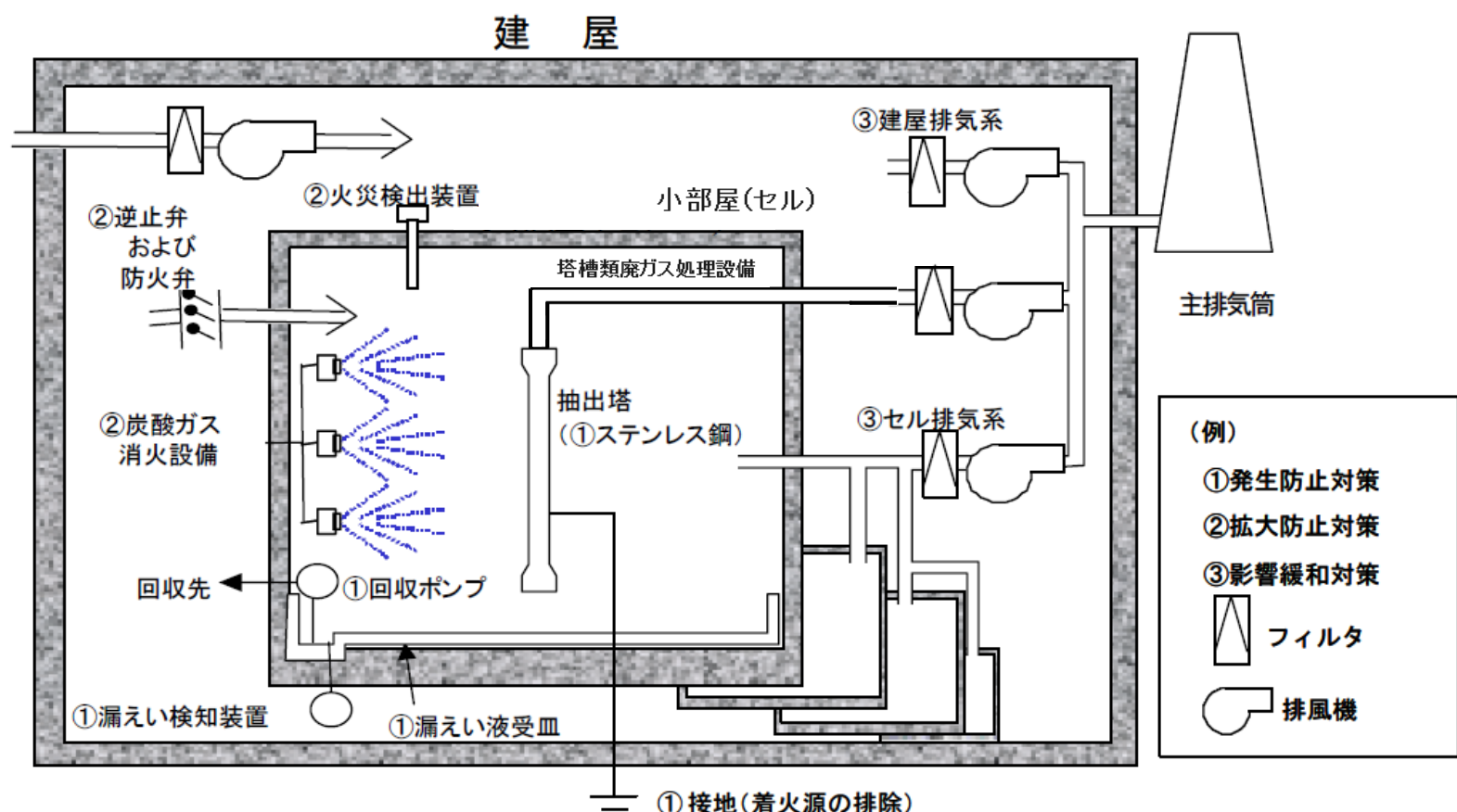
### それでも、発生した場合の拡大防止対策

- ・万一の火災に備えて、火災感知設備、消火設備を設置し、火災を検知した場合には速やかに消火を行います。
- ・適切に設置された耐火壁により、延焼を防止します。

### それでも、発生した場合の影響緩和対策

火災により、放射性物質を含むばい煙が発生します。これを施設外に出さないように、以下の設計としています。

- ・機器または小部屋（セル）内を負圧（屋外よりも気圧が低い状態）に維持して、放射性物質を小部屋（セル）の内側に閉じ込めます。
- ・機器または小部屋（セル）内の空気は、フィルタ（排気処理系）を通し、出来る限り除去した後、主排気筒から放出します。

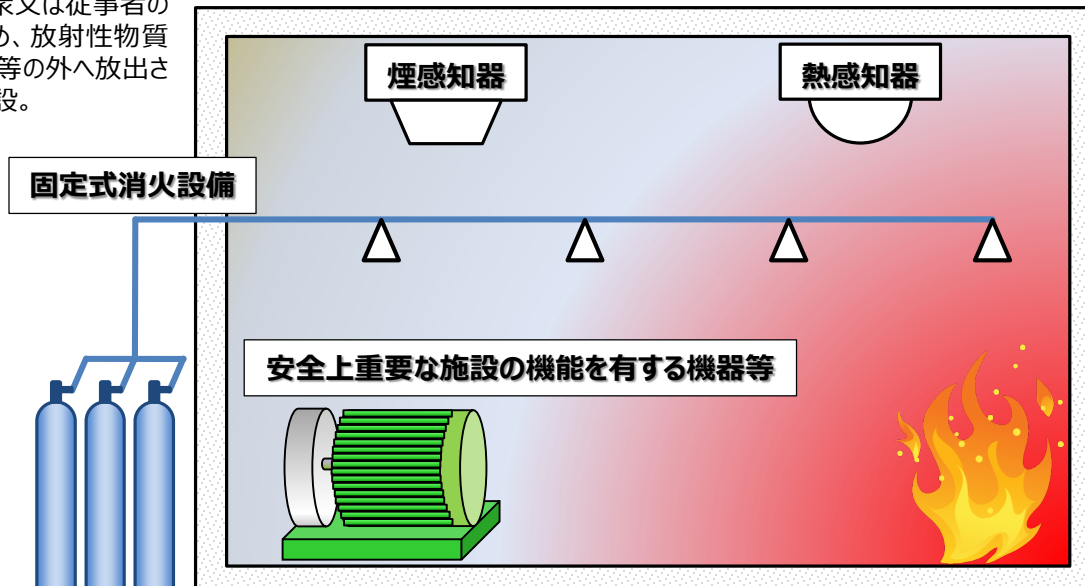


## 強化した 対策（新規制基準を踏まえた対策）

### 火災感知器の多様化により、火災を早期に感知し、固定式消火設備により消火します。

- ・安全上重要な施設※および放射性物質貯蔵等の機能を有する機器が設置される場所には、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、当該機器周辺で発生した火災を早期に感知します。
- ・さらに、人による消火活動が困難な場所には、固定式消火設備を設置することで、火災を消火します。

※安全機能の喪失による公衆又は従事者の放射線障害を防止するため、放射性物質又は放射線が再処理施設等の外へ放出されることを抑制・防止する施設。



煙感知器

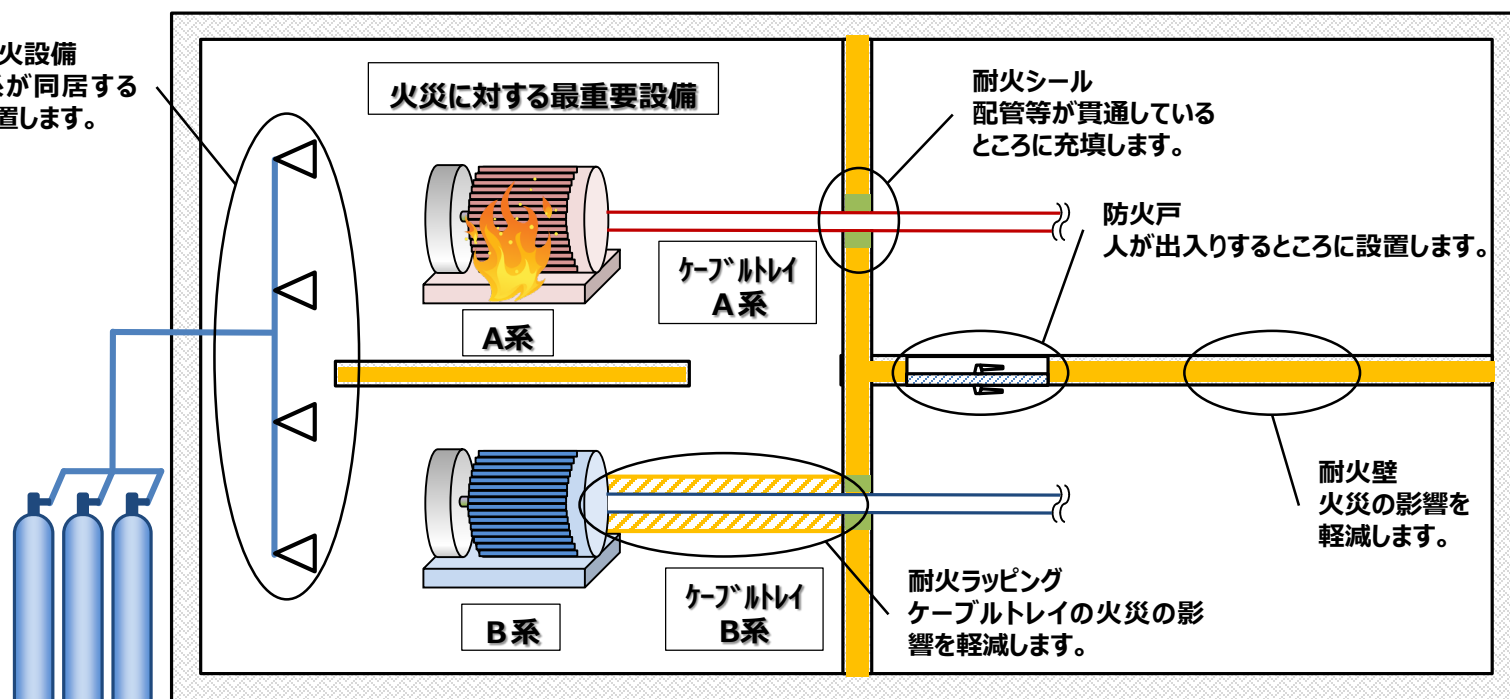


熱感知器

### 火災による影響軽減対策を行います。

- ・火災が発生してもその影響が及ばないように、耐火壁（防火戸、耐火シール等を含む）により分離します。
- ・安全上重要な施設のうち、特に火災対策が必要な設備については、多重化した系統（A系、B系）の一方で火災が発生しても、互いに火災影響を受けないように分離します。

固定式消火設備  
A系B系が同居する  
部屋に設置します。



※異なる原理の感知器の設置については図中では省略する。

## ②地震・津波による損傷の防止（第7条、8条）

地震・津波により、機器等が損傷し、再処理施設の安全上重要な施設の機能が損なわれないようにします。



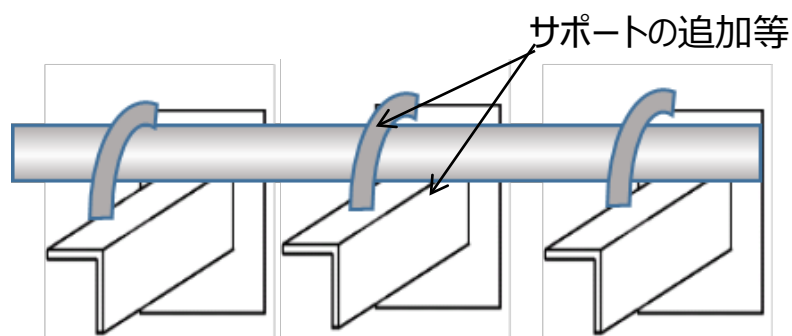
### 従来から考慮している対策（地震）

基準地震動を450ガルと設定し、それに耐えられるよう必要な対策を行ってきました。

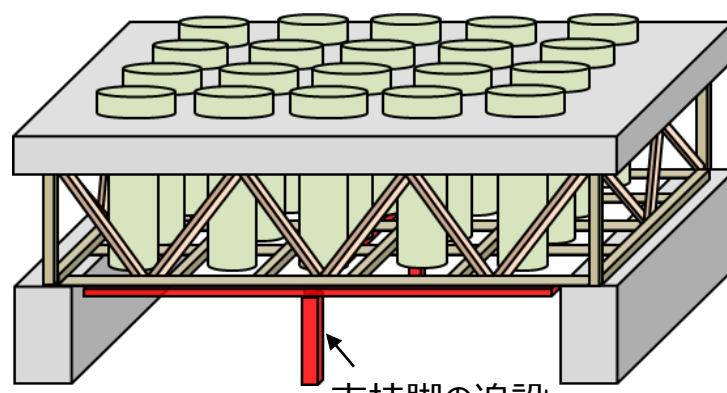
### 強化した対策（新規基準を踏まえた対策）

基準地震動を700ガルに引き上げ、それに耐えられる補強工事を行います。

#### 【補強工事の例】



配管耐震補強工事

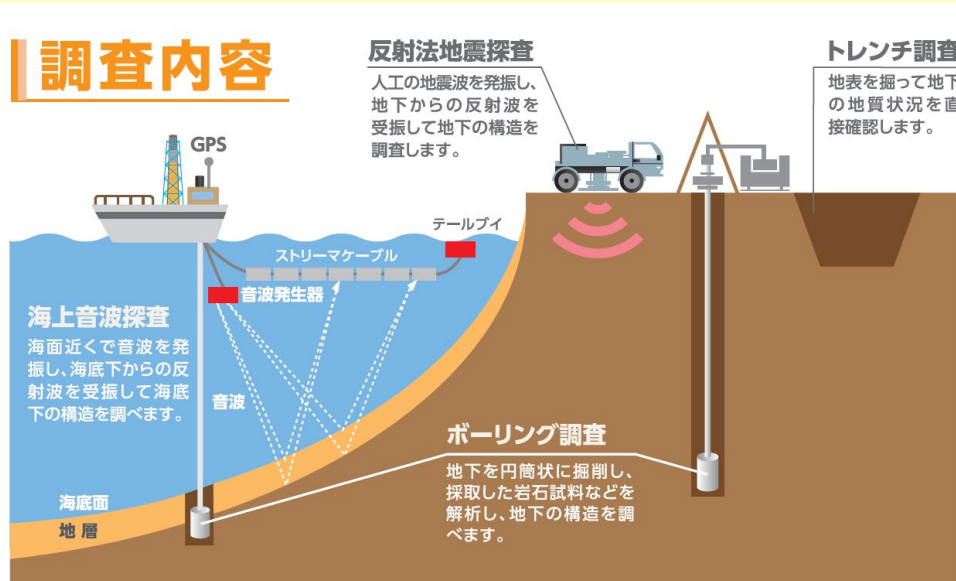


MOX粉末貯蔵建屋の耐震性向上工事

#### 《解説》 基準地震動とは？

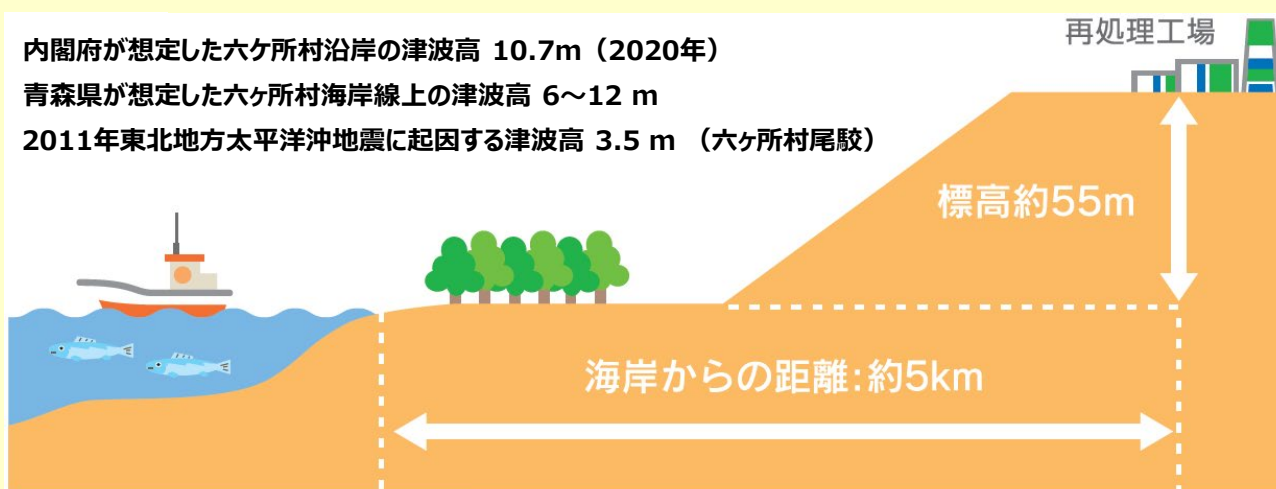
敷地周辺で発生する可能性のある最大の地震を想定し、設定した地震の揺れの強さです。『ガル』という単位であらわします。

基準地震動の再評価では、様々な調査を行うとともに、2011年東北地方太平洋沖地震等の最新の知見を踏まえて、700ガルを含む地震波形10ケースを基準地震動に設定しています。

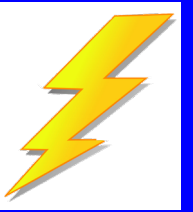


#### 《解説》 津波対策は大丈夫？

2011年東北地方太平洋沖地震に起因する津波や最新知見を踏まえて評価した結果、再処理工場は想定される津波の高さに対して十分高く立地していることを確認しました。



### ③外部からの衝撃による損傷の防止（第9条）【落雷】



非常に大きな雷が落ちた際、計器や機器が損傷し、正常な動作が損なわれないようにします。

#### 従来から考慮している対策

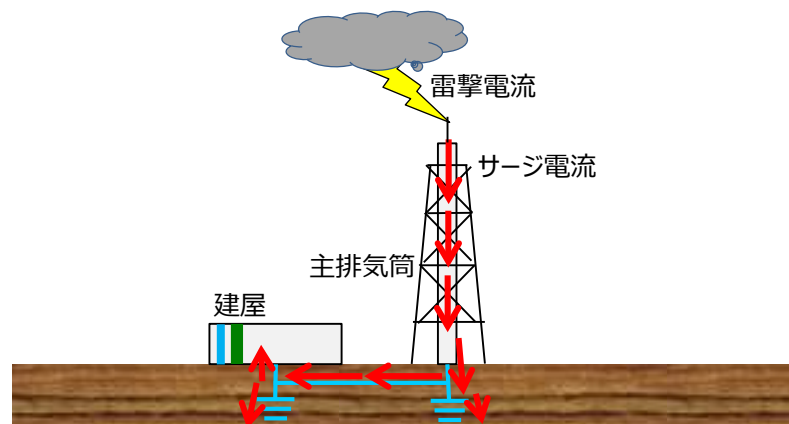
避雷設備（避雷針）を設置することで、落雷による機器の損傷を防止しています。

#### 強化した対策（新規基準を踏まえた対策）

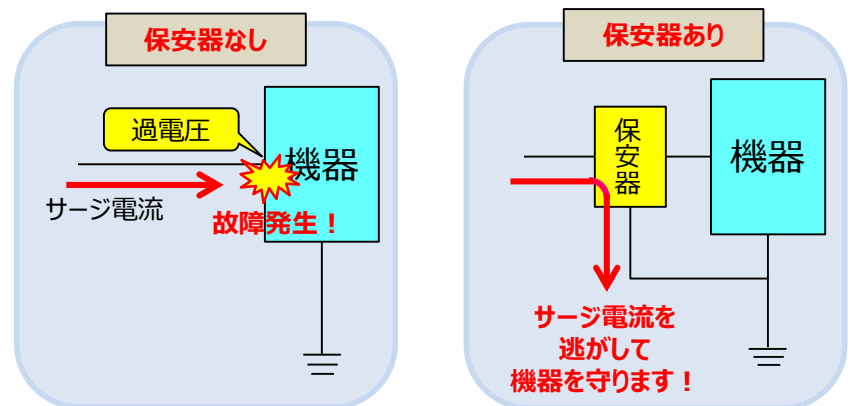
さらに大きな落雷（安全上重要な施設には雷撃電流270kA）を想定し、それに耐えられる対策を行います。

#### 【対策の例】

- 雷が落ちるポイントおよびサージ電流の侵入経路を絞り込みます。



- 安全上重要な施設の計測制御設備等に保安器を設置し、落雷により発生するサージ電流から機器を守ります。



#### 《解説》 さらに大きな雷の想定方法は？

再処理工場の敷地で過去に観測された最大規模の落雷211kA（キロアンペア）を参考に、余裕をもった値として、安全上重要な施設に対する雷撃電流を150kA（キロアンペア）から270kA（キロアンペア）としました。

※1kA（キロアンペア） = 1,000A（アンペア）

#### 《解説》 雷はどういうところに落ちやすいの？

雷は、高いところに落ちやすい性質があります。再処理工場では主排気筒が最も高く、高さが約150mもあるため、一番雷が落ちやすいと言えます。

#### 《解説》 雷撃電流とは？

落雷によって生じる大電流のことをいいます。この値が大きいほど、大きな落雷とすることができます。

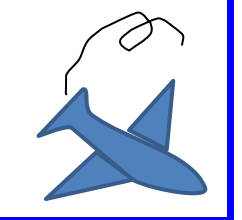
#### 《解説》 避雷針があっても建屋内に電流が入り込むことある？

落雷による雷撃電流は、避雷針、接地導線等を通して拡散していく過程で、建屋内に設置されている機器に対して影響を与えることがあります。

#### 《解説》 サージ電流とは？

避雷針等に落雷すると雷撃電流は接地線を通して拡散し、最終的に大地に放流されます。雷撃電流が拡散する過程では、その一部がサージ電流となって建物や機器に流れ、一時的に過電圧が発生する場合があります。

## ④外部からの衝撃による損傷の防止（第9条）【航空機落下】

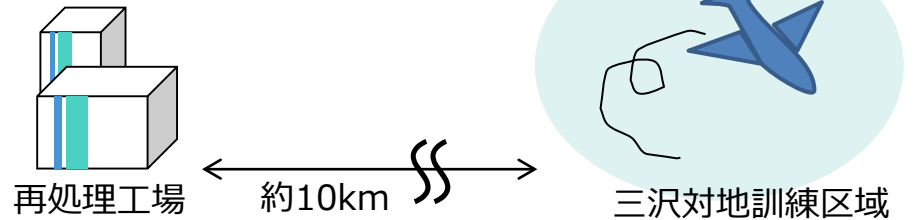


自衛隊機、米軍機などの航空機落下により安全機能が損なわれないようにします。

### 従来から考慮している対策

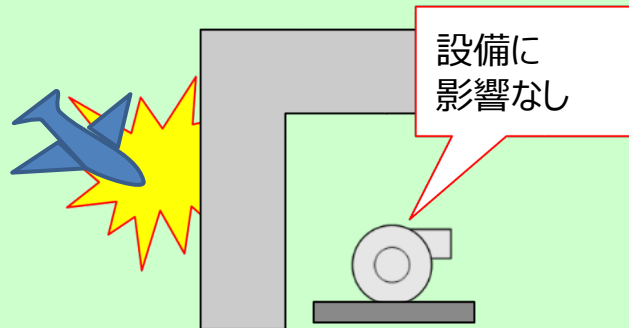
航空機が再処理工場に落下する可能性は極めて小さいものの、万が一に備えた対策をとっています。

- ・再処理工場は、三沢空港、民間定期航空路および三沢対地訓練区域から離れています。
- ・また、航空機は原則として原子力関係施設上空を飛行しないよう規制されています。

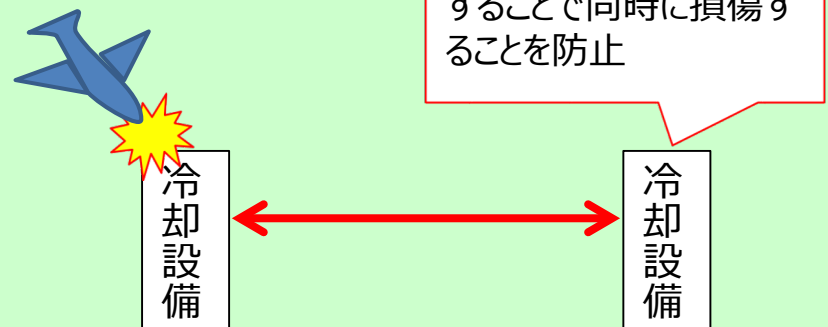


#### 【航空機の落下対策】

##### ● 堅固な構築物による保護

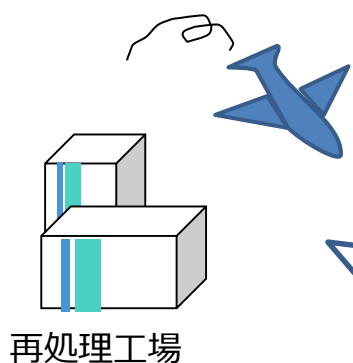


##### ● 離隔距離の確保



### 強化した 対策（新規制基準を踏まえた対策）

航空機が再処理工場に落下する確率を評価し、必要な安全性が確保されていることを確認しました。



航空機の落下確率  
0.000000046回/年  
( $4.6 \times 10^{-8}$ 回/年)

国の定めた防護設計の要否判断基準（ $10^{-7}$ 回/年）を超えないことから、航空機落下に対する追加の対策は必要ないと評価しています。

それでも・・・

訓練飛行中の自衛隊機、米軍機が再処理工場に落下したとしても、従来からの対策によって、再処理工場の安全機能が損なわれることはありません。

#### 《解説》 落下確率はどのように評価しているの？

- ・落下確率は、「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））に基づき、航空機の飛行回数や落下事故のデータなどから評価しています。

# ⑤外部からの衝撃による損傷の防止（第9条）【外部火災】

森林火災や近隣工場の火災等が発生した際、その熱により安全機能が損なわれないようにします。



## 従来から考慮している対策

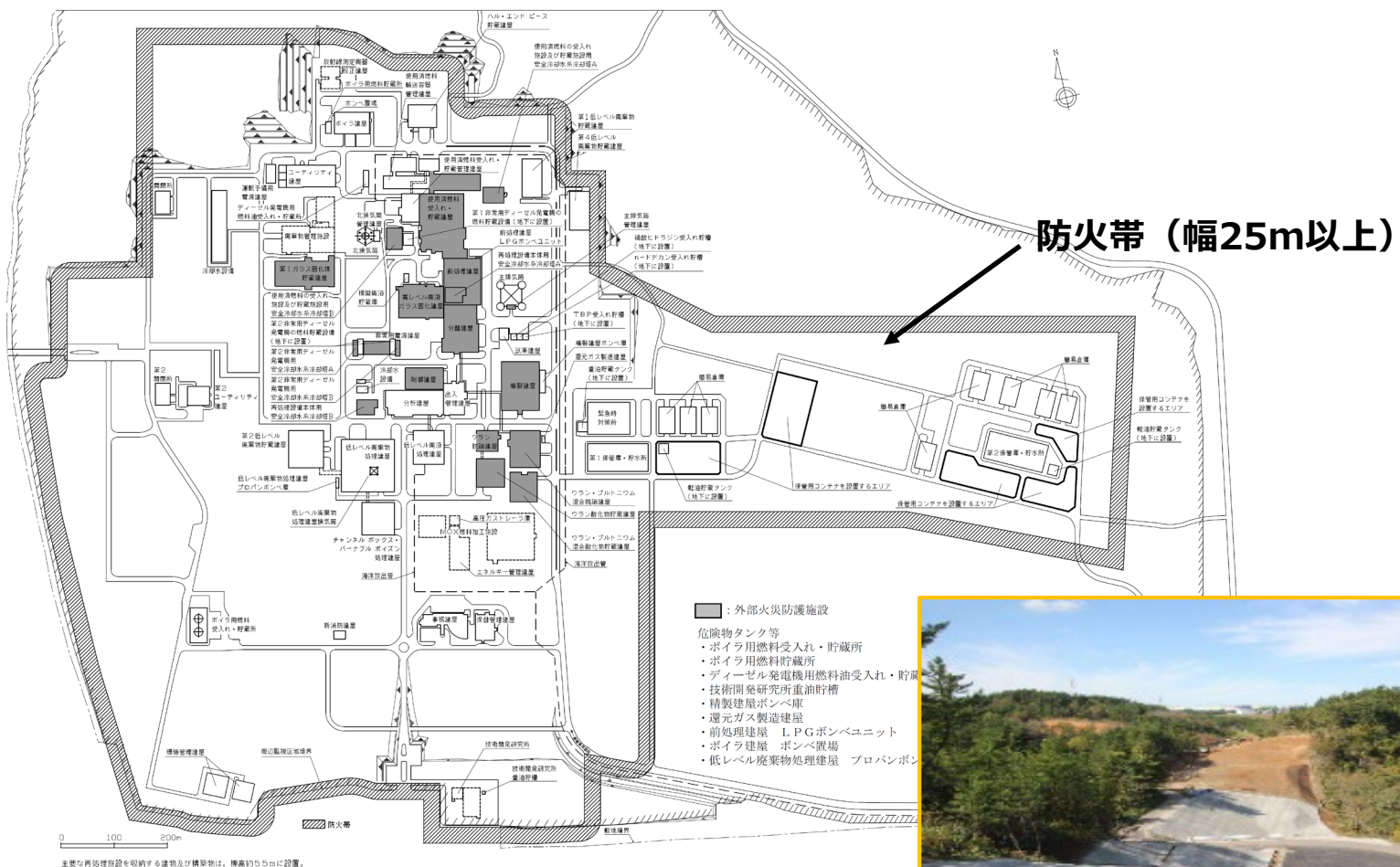
外部火災対策の必要がないことを確認しています。

## 強化した対策（新規基準を踏まえた対策）

### 《解説》 外部火災

再処理施設敷地内外で発生する火災であり、敷地内は危険物タンクの火災等をいい、敷地外は森林火災、近隣の工場火災等をいいます。

## 外部火災（敷地外）により施設の安全機能が損なわれないよう防火帯を設置します。



防火帯（外部火災対策）

## 外部火災（敷地内）により施設の安全機能が損なわれないことを評価・確認しました。

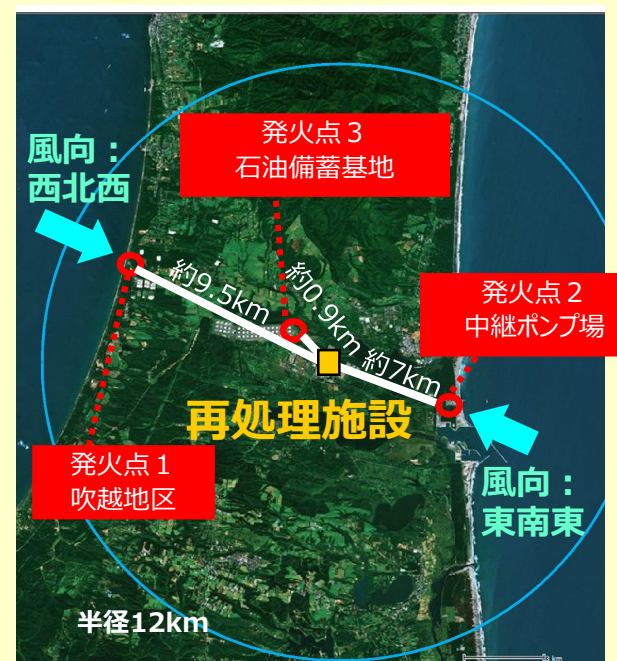
### 《解説》 防火帯とは？

外部火災からの延焼被害を食い止めるために設置する、可燃物が無い帯状の地域のことです。

### 《解説》 防火帯幅はどうやって決めたの？

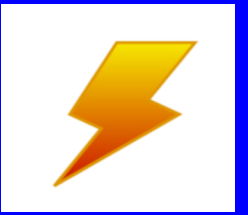
「外部火災影響評価ガイド」（平成25年6月19日 原子力規制委員会制定）に基づき、再処理施設から10kmの範囲内の居住地域や人の立ち入りがある作業エリア（工場等）を発火点1～3として選定した上で、再処理施設から12kmの範囲内での可燃物（植生）、風向きを考慮して火災を想定し、防火帯の幅を算出しました。

また、外部火災による熱の影響がないことを評価により確認しています。



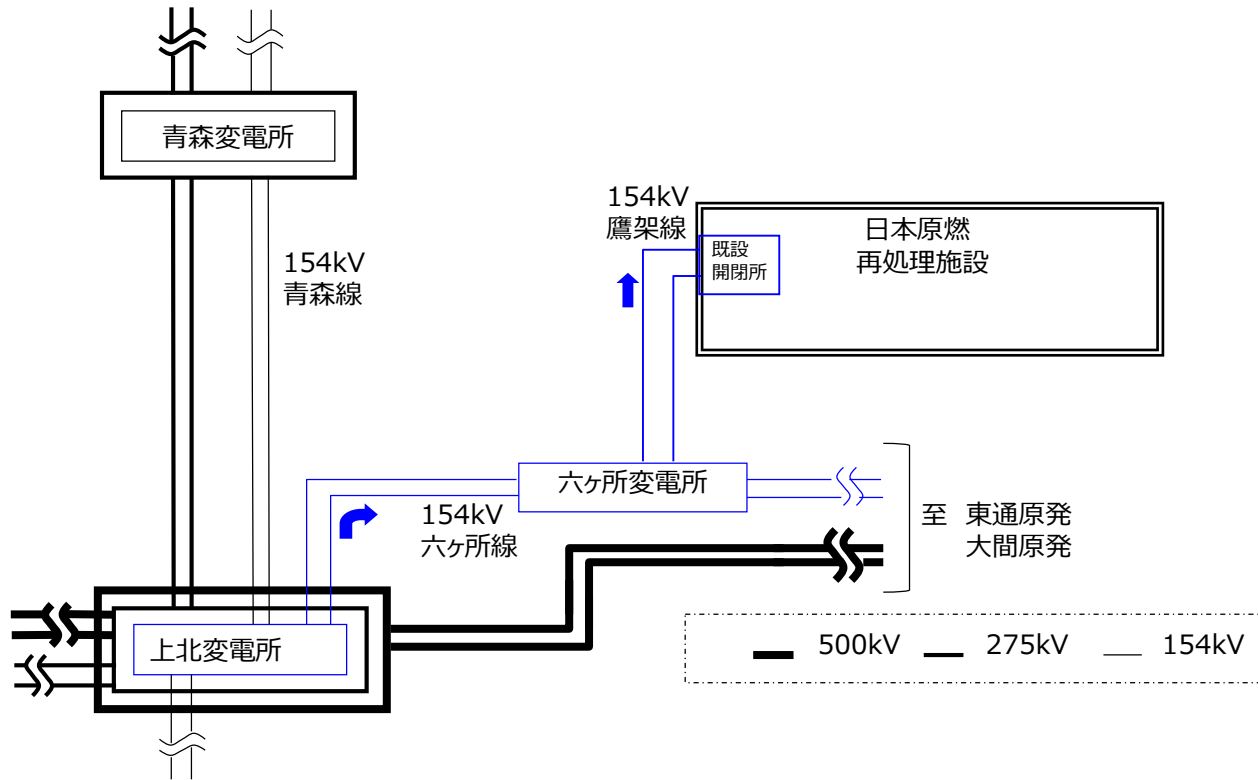
## ⑥電源の確保（第25条）

外部電源が喪失すると、施設内の機器が停止するため、必要な安全機能を損なわれないようにします。



### 従来から考慮している対策

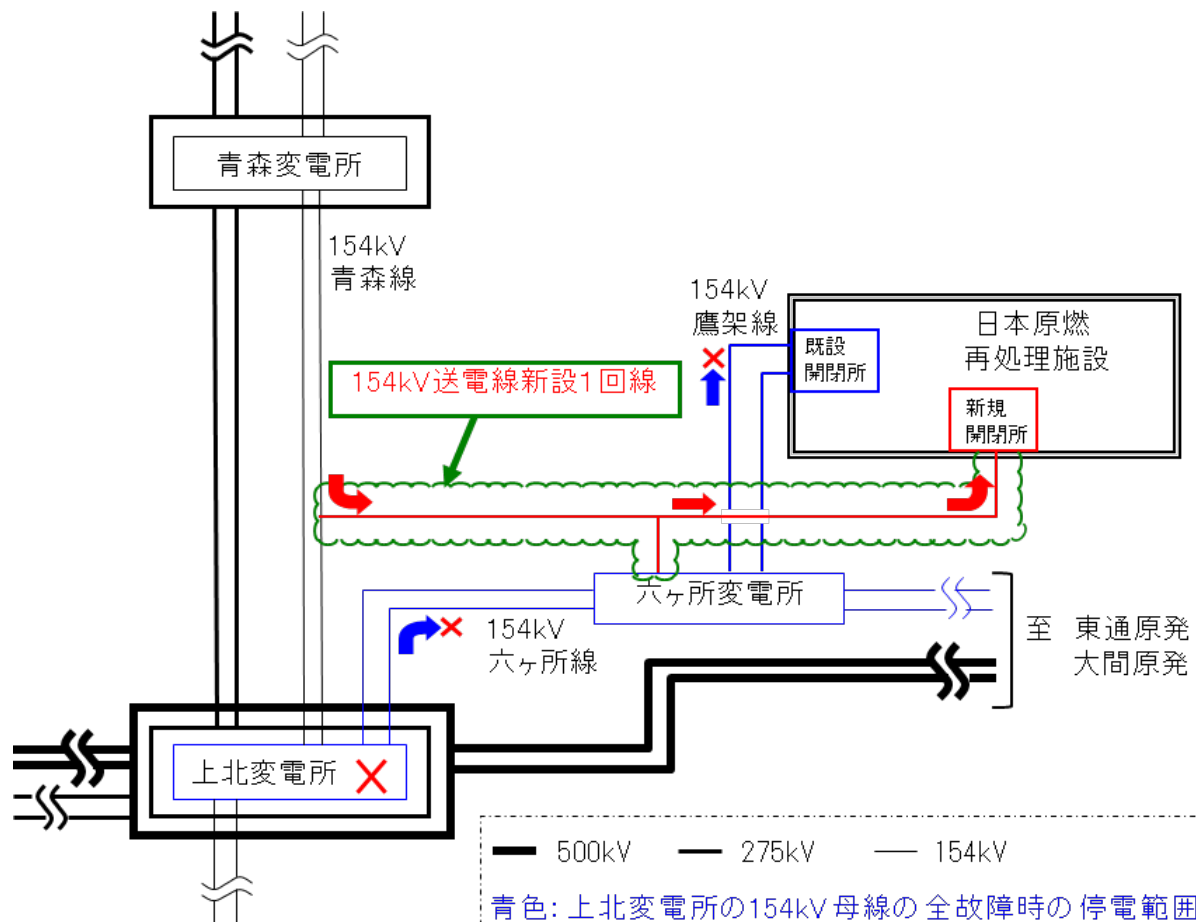
- ・上北変電所や六ヶ所変電所からの独立した異なる2つの送電線から、必要な電力を受電出来ます。



### 強化した 対策

#### 外部電源の信頼性を向上します。

- ・上北変電所や六ヶ所変電所からの送電が停止した場合でも、他のルートで受電出来るよう、これらの変電所を経由しない新たな送電線を設置しています。（自主対策設備）





## 3. 安全確保への取り組み

### 3-3. 安全設計の具体例

#### (3) 新たに追加した対策

新規制基準を踏まえて、安全設計の強化として新たに追加した対策の事例についてご紹介します。

- ①外部からの衝撃による損傷の防止（第9条）【竜巻】
- ②外部からの衝撃による損傷の防止（第9条）【火山】
- ③再処理施設への人の不法な侵入等の防止（第10条）
- ④溢水による損傷の防止（第11条）
- ⑤化学薬品の漏えいによる損傷の防止（第12条）

# ①外部からの衝撃による損傷の防止（第9条）【竜巻】



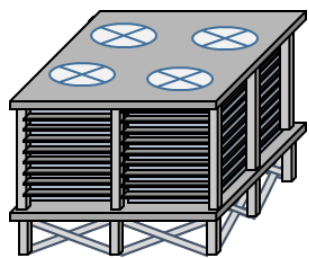
竜巻による風圧や竜巻により発生する飛来物等によって、再処理施設の安全上重要な施設の機能が損なわれないようにします。

## 追加した対策（新規基準を踏まえた対策）

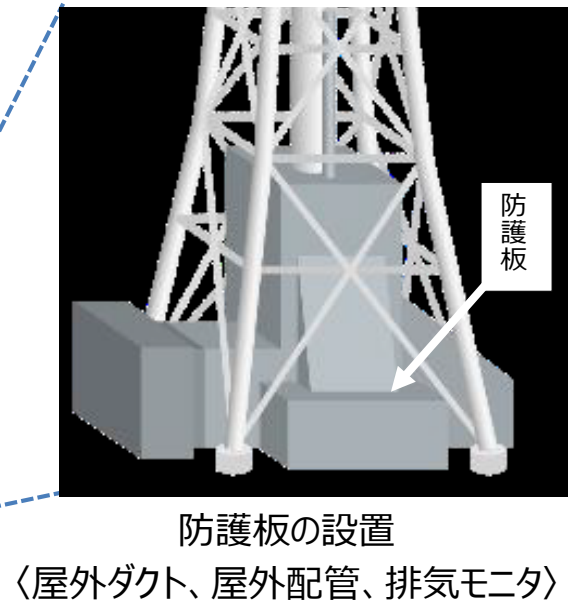
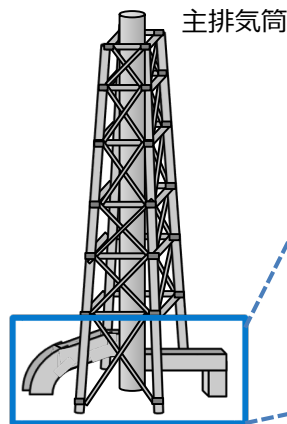
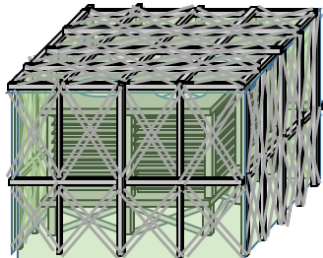
竜巻の最大風速を100m/秒と設定し、それに耐えられる対策を行います。

### 【対策の例】

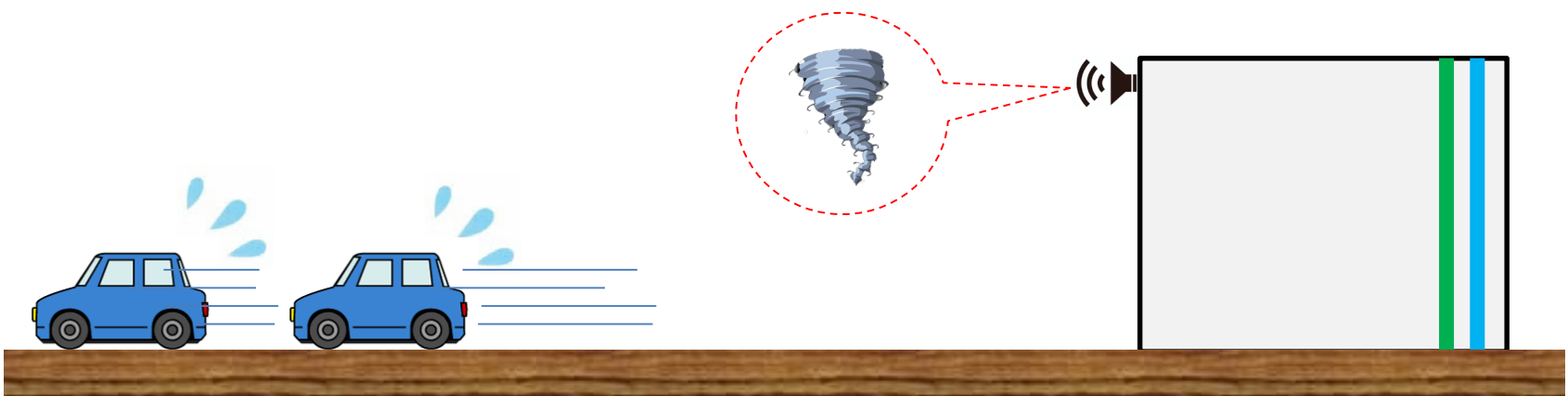
- 防護ネットや防護板を設置し、竜巻による飛来物から守ります。



防護ネットの設置  
〈冷却塔〉



- 竜巻の発生のおそれがある場合には、施設から車両を遠ざけます。



### 《解説》 竜巻の最大風速の設定方法は？

再処理工場が立地する地域と気象条件が類似する地域での過去最大規模の竜巻（最大風速69m/秒）および日本全国で発生した過去最大規模の竜巻（最大風速92m/秒）をもとに余裕を持った値に設定しています。

### 《解説》 最大風速100m/秒の竜巻の強さは？

鉄骨系プレハブ住宅や鉄骨造の倉庫の上部構造の著しい変形や倒壊が生じたりします。また、車両が強風で飛ばされます。

## ②外部からの衝撃による損傷の防止（第9条）【火山】

火山の噴火により、安全機能が損なわれないようにします。



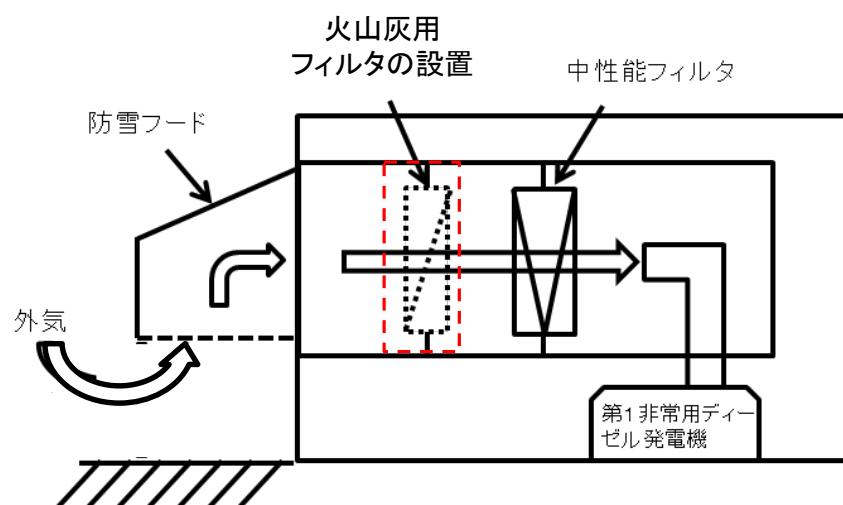
### 追加した 対策（新規基準を踏まえた対策）

**火山の噴火に伴う降灰による設備の故障を防ぎます。**

#### 【対策の例】

- 外気取入口※1への火山灰用フィルタの取り付けにより、火山灰を取り込まないようにします。

※1 第1非常用ディーゼル発電機、第2非常用ディーゼル発電機、安全圧縮空気系空気圧縮機の外気取入口



第1非常用ディーゼル発電機外気取入対策(例)



フィルタ交換のイメージ

**火山活動をモニタリングします。**

巨大噴火の可能性は十分小さいですが、モニタリングの結果、観測データに有意な変化があった場合は、火山専門家の助言を踏まえ、当社が総合判断を行い対処内容を決定します。

(対処例)

- ・使用済燃料の受入れを停止、新たなせん断処理を停止します。
- ・再処理している途中の核燃料物質等については、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します。

《解説》 どのくらいの火山灰が降ると想定していますか？

約20万年前の八甲田火山の噴火を参考に、最大55cmの火山灰が降ることを想定しています。

### ③再処理施設への人の不法な侵入等の防止（第10条）

人の不法な侵入、不正な物品の持ち込みまたは不正アクセス行為により、安全機能が損なわれるおそれがあります。



**追加した 対策**（新規制基準では安全確保の観点から不法な侵入等の防止を求めています。これらの対策は従来から「使用済燃料の再処理の事業に関する規則」に従い実施していますので、実質的に追加する対策はありません。）

#### 人の不法な侵入等を防止します。

- ・再処理施設への人の不法な侵入等を防止するため、区域の設定、人の容易な侵入を防止できる柵、鉄筋コンクリート造りの壁等の障壁による防護、巡視、監視をしています。
- ・区域の出入口で身分確認をした上で立入りさせています。

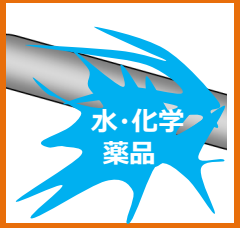
#### 不正な物品の持ち込みを防止します。

再処理施設への不正な爆発性物件等の持ち込みを防止するため、持ち込み点検を行っています。

#### 不正なアクセスを防止します。

外部からの不正アクセス行為を防止するため、情報システムに対する外部からの不正アクセスを遮断する措置等を講じます。

# ④ 溢水(第11条) ⑤ 化学薬品の漏えいによる損傷の防止(第12条)



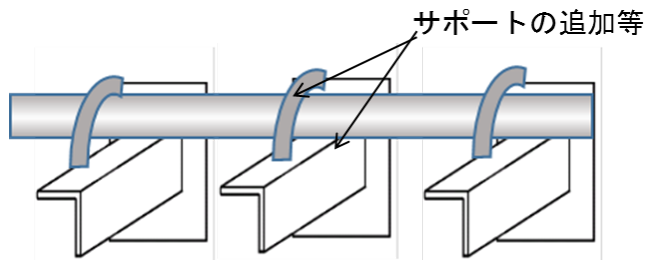
地震による機器や配管の破損等で、施設内に水や化学薬品が溢れ出し、安全機能が損なわれないようにします。

## 追加した 対策 (新規基準を踏まえた対策)

### 水や化学薬品の漏えい量を減らします。

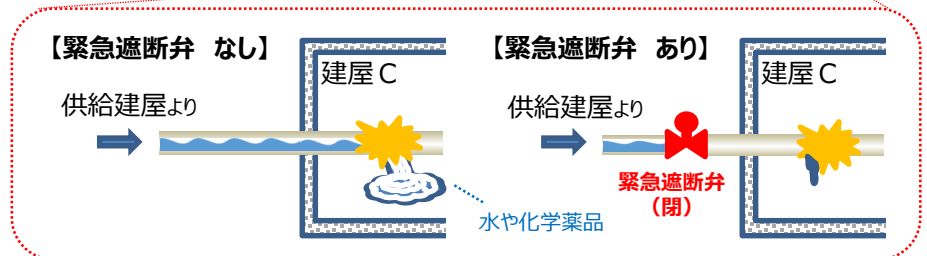
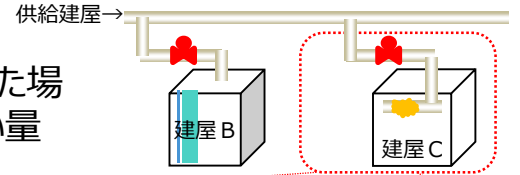
#### 【耐震性の強化】

水や化学薬品が通る配管や機器の耐震性を強化します。



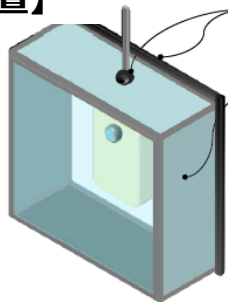
#### 【緊急遮断弁の設置】

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ます。

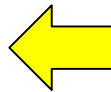


### 機器に水や化学薬品が被らないようにします。

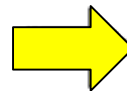
#### 【パネルの設置】



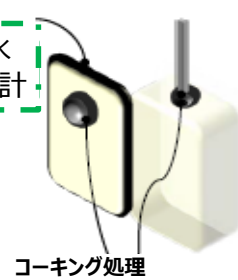
- コーキング処理**
  - ・想定する被水圧に耐える設計
- パネル設置**
  - ・想定する被水圧に耐える設計
  - ・防護する設備の耐震クラスに準ずる設計



- 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】



### 機器のある部屋に水や化学薬品が流入しないようにします。

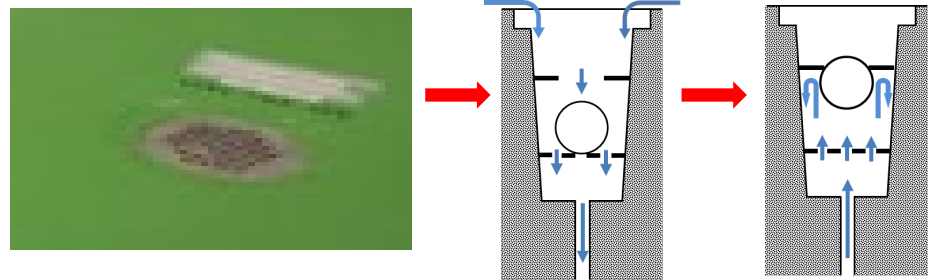
#### 【堰や防水扉の設置】

水等を堰き止めます。



#### 【逆流防止の設置】

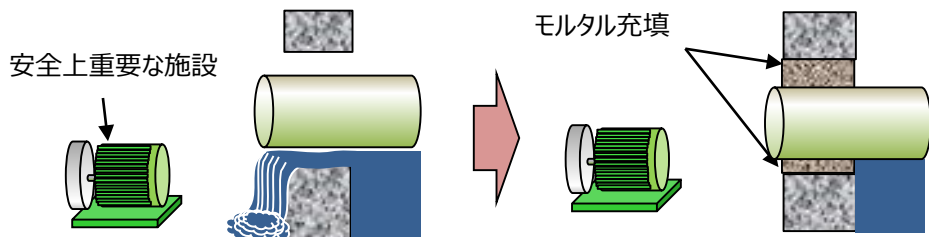
床排水口からの逆流を防ぎます。



**逆流防止**

#### 【配管貫通部の充填】

配管貫通部の隙間をなくします。



### 《解説》 溢水 (いっすい) とは？

地震による機器・配管の破損などにより、施設内に水や化学薬品が溢れ出すことをいいます。

### 3. 安全確保への取り組み

#### 3-4. 重大事故対策の考え方

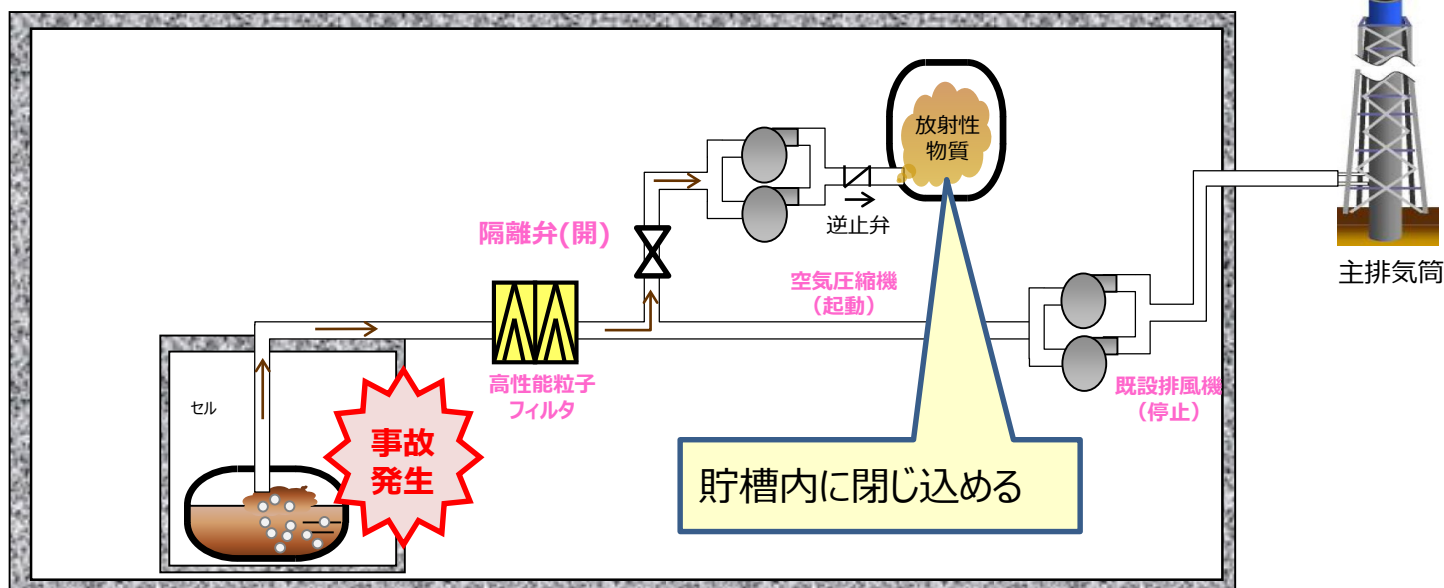
安全設計において、安全機能が喪失しないような対策を講ずることで、重大事故に至る可能性は極めて小さくなります。しかしながら、安全設計で講じた対策が、何らかの要因で機能しない事態になった場合に備え、さらなる対策を準備しています。

#### (1) 重大事故への対策の基本方針

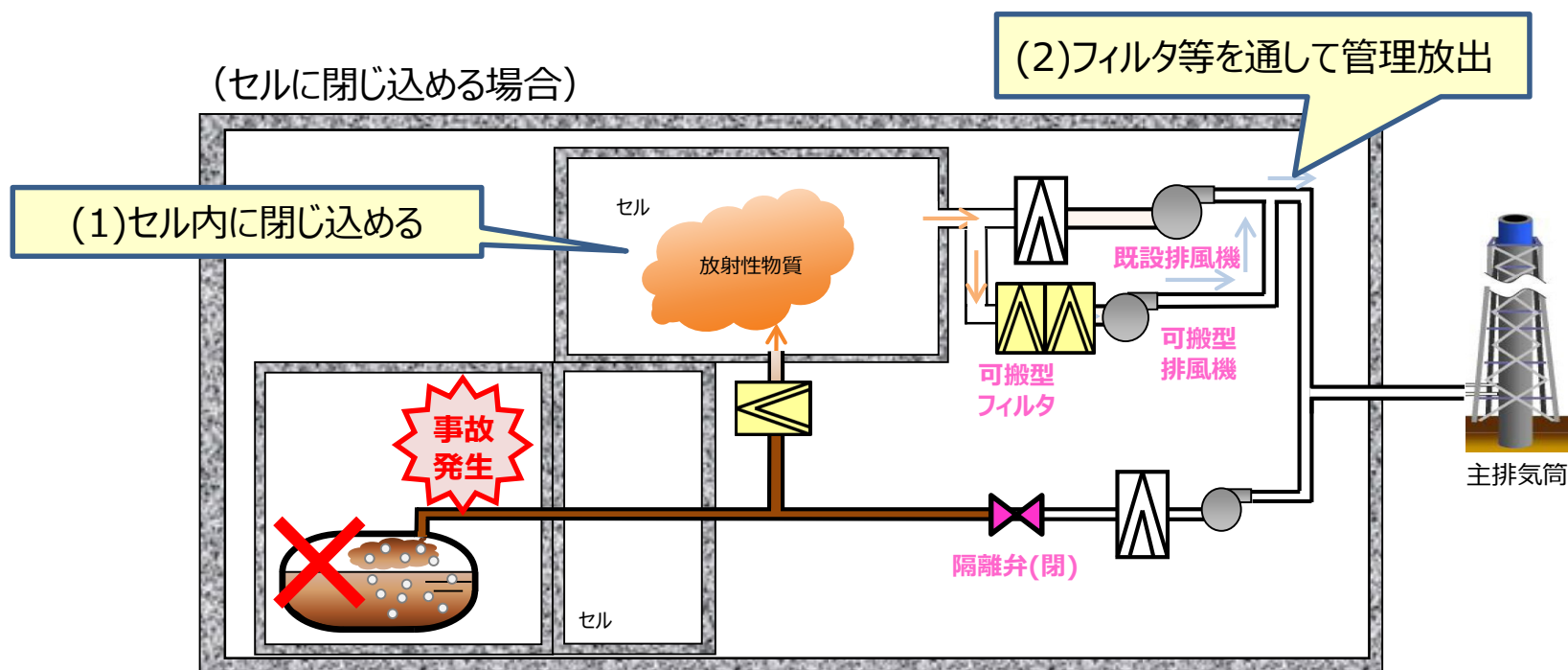
##### ① 放射性物質を施設内に閉じ込めます。放出する場合は管理放出します。

- ・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（セル・貯槽）に閉じ込めます。
- ・閉じ込めによりセルの内圧上昇等のリスクが発生する可能性がある場合は、フィルタ等を通して放射性物質を除去して管理放出することにより、公衆への影響を低減します。

(貯槽に閉じ込める場合)



(セルに閉じ込める場合)



#### 《解説》

セル：床面をステンレス鋼で内張りした厚い頑丈な鉄筋コンクリートの壁（1メートル程度）に囲まれた小部屋のことです。

高性能粒子フィルタ：空気あるいは排気中に含まれる微粒子を除去するフィルタで、原子力施設の排気設備等で使用。

## ②使用済燃料の放射能レベルをあらかじめ低減させます。

- ・処理する使用済燃料の冷却年数を**4年から15年**に変更し、使用済燃料中の放射能レベルを低減させることで、施設全体の放射能レベルを低減させます。
- ・それにより、重大事故に至るまでの時間が延びることから、重大事故への対策の作業に充てることができる時間を多く確保できます。また、万一放射性物質を放出する事故に至ったとしても、放射性物質の影響をより低減することが可能です。

### <放射能レベル低減の一例>

	冷却年数4年 の場合	変更により → 約4倍 に増加	冷却年数15年 の場合
高レベル濃縮廃液 (冷却機能喪失から崩壊熱により沸騰 に至るまでの時間)	約6時間		約23時間
不溶解残渣廃液 (掃気機能喪失から、放射線分解により発生 する水素の濃度が8%に至るまでの時間)	約2時間	約3000倍 に増加	約6,100時間

#### 《解説》

##### 高レベル濃縮廃液

分離・分配の工程から発生する抽出廃液等を加熱により濃縮したものを高レベル濃縮廃液といいます。

ざんば

##### 不溶解残渣廃液

使用済燃料の溶解の際に溶けずに残るものを不溶解残渣といい、これらを含む廃液を不溶解残渣廃液といいます。

##### 水素濃度

水素は、空気中で4%になると燃えるようになり、さらに8%以上になると爆発により比較的高い圧力が発生するおそれがあります。そのため、事故時の対策は水素濃度が8%になる前までに実施します。

## ③可搬型の設備を用いて対策を実施します。

- ・地震などにより常設の設備が使用出来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策を行います。
- ・可搬型設備は、常設設備と共通の原因によって同時にその機能が損なわれるおそれのないよう、可能な限り多様性、独立性、位置的分散を考慮した設計としています。

### <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>



可搬型発電機

#### <放射線分解による水素爆発>



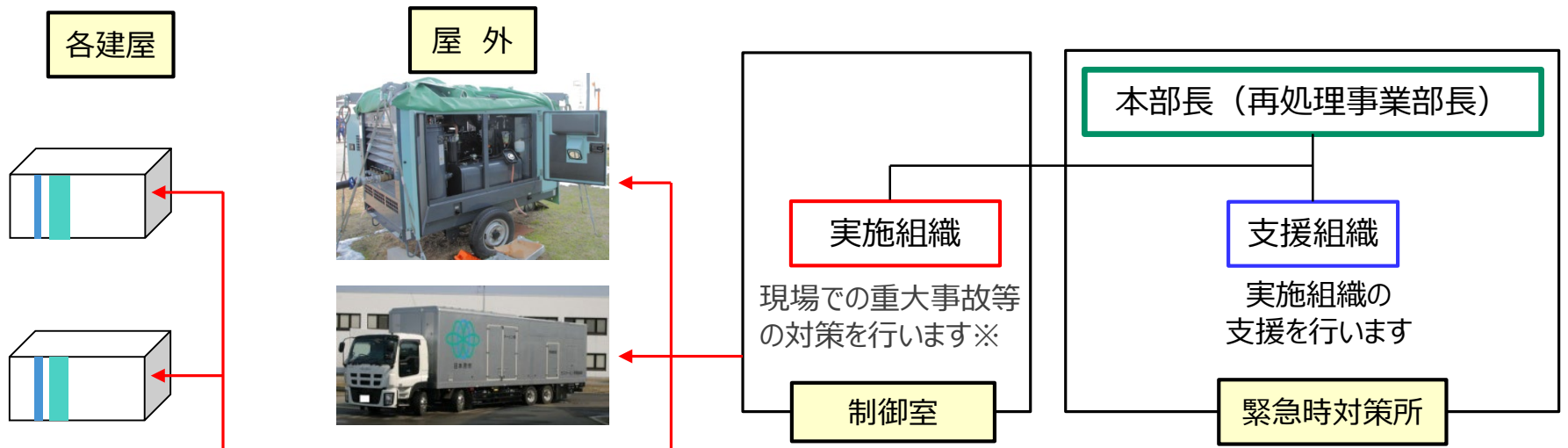
可搬型空気圧縮機

## (2) 重大事故への対応体制

重大事故等が発生した場合は、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策を行います。

対策組織は、現場での重大事故等の対策を行う「実施組織」と、実施組織の支援を行う「支援組織」の大きく2つの組織からなります。

実施組織は主に中央制御室（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します。



※実施組織の一部の要員（屋外で水の供給等を行う要員）は緊急時対策所を活動拠点とします。

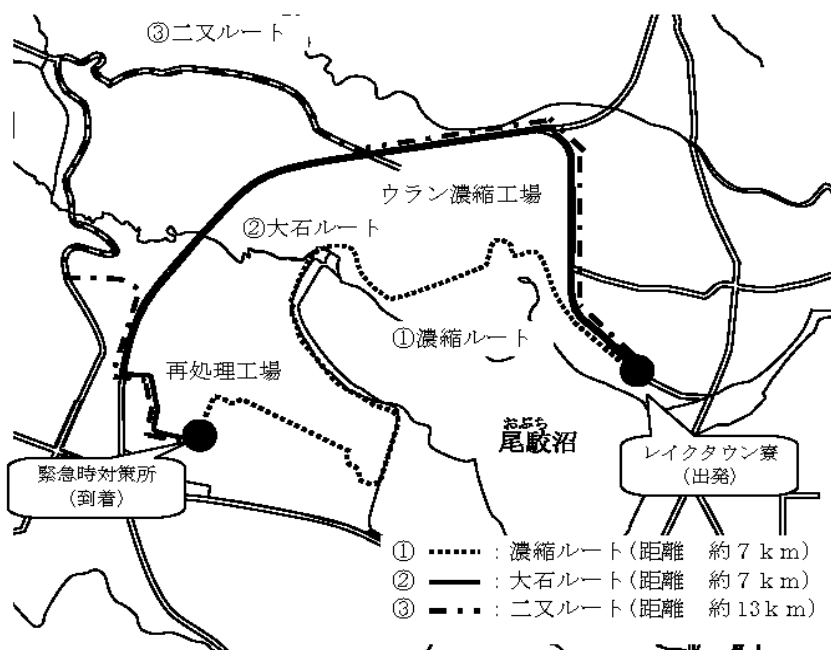
### 《解説》休祭日や夜間の対応体制は？

- ・実施組織の初動対応に係る要員は、工場の運転要員（3交替24時間体制）が対応します。
- ・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策を実施出来よう、緊急時対策所内に宿直待機します。
- ・宿直者以外の支援組織の要員は、社員寮・社宅が密集し、要員の中心となる六ヶ所村 尾駈地区から参集出来る体制を構築します。

**（震度6弱以上の地震が発生した場合には、自主的に参集）**

### ➤ 社員寮・社宅地区（六ヶ所村 尾駈レイクタウン地区）からの出社

尾駈レイクタウン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りますが、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分程度で到着出来ることを確認しています。



厳冬期夜間歩行訓練の様子



## 3. 安全確保への取り組み

### 3-5. 重大事故対策の具体例

安全設計において、安全機能が喪失しないような対策を講じていますが、それでも安全機能の喪失に至った場合を想定して、放射性物質の放出に至る事故を網羅的に抽出し、それぞれの事故の特徴を踏まえた対策を準備しています。

以下に、重大事故への対策事例をご紹介します。

なお、放射性物質の漏えいへの対策（第39条）については、該当する重大事故はありません。

- ① 臨界事故への対策（第34条）
- ② 冷却機能喪失による蒸発乾固への対策（第35条）
- ③ 放射線分解により発生する水素による爆発への対策（第36条）
- ④ 有機溶媒等による火災または爆発への対策（第37条）
- ⑤ 使用済燃料の著しい損傷への対策（第38条）

また、それぞれの重大事故対策に共通して必要となる事項についてもご紹介します。

- ⑥ 重大事故対策に必要な付帯機能の確保（第43条、第45条、第47条）
- ⑦ 重大事故対策のための拠点の確保（第44条、第46条）
- ⑧ 重大事故対策のための「水源・電源（燃料）」の確保（第41,42条）
- ⑨ それでも放射性物質を放出する事故が発生したら（第40条）

# ① 臨界事故への対策（第34条）

臨界事故が発生すると、新たに核分裂生成物（主に放射性物質）が生成され、外部に放出される可能性があります。また、臨界に伴い発生する熱エネルギーにより溶液が沸騰することで、溶液中の放射性物質が外部に放出される可能性があります。

従来から考慮している対策 ～臨界にならないための対策～  
 ～万一、臨界になっても速やかに収束させるための対策～

- ・工場内の機器は、「質量管理」「濃度管理」「形状管理」等を行うことで、臨界を防ぎます。
- ・万一に備え、溶解槽に臨界を収束させるための薬剤（中性子吸収材）を自動的に供給出来るようにします。
- ・薬剤供給設備を多重化することで、万が一の機器故障時でも薬剤を供給可能です。

## 重大事故対策（新規基準を踏まえた対策）

～臨界防止に係る機器が多数故障した場合などを想定し、臨界事故が起こりうる設備を検討～  
 ～臨界を収束させるだけでなく、放射性物質の放出を低減する対策を追加～

### 臨界事故の発生を検知して、自動で薬剤（中性子吸収材）を供給します。

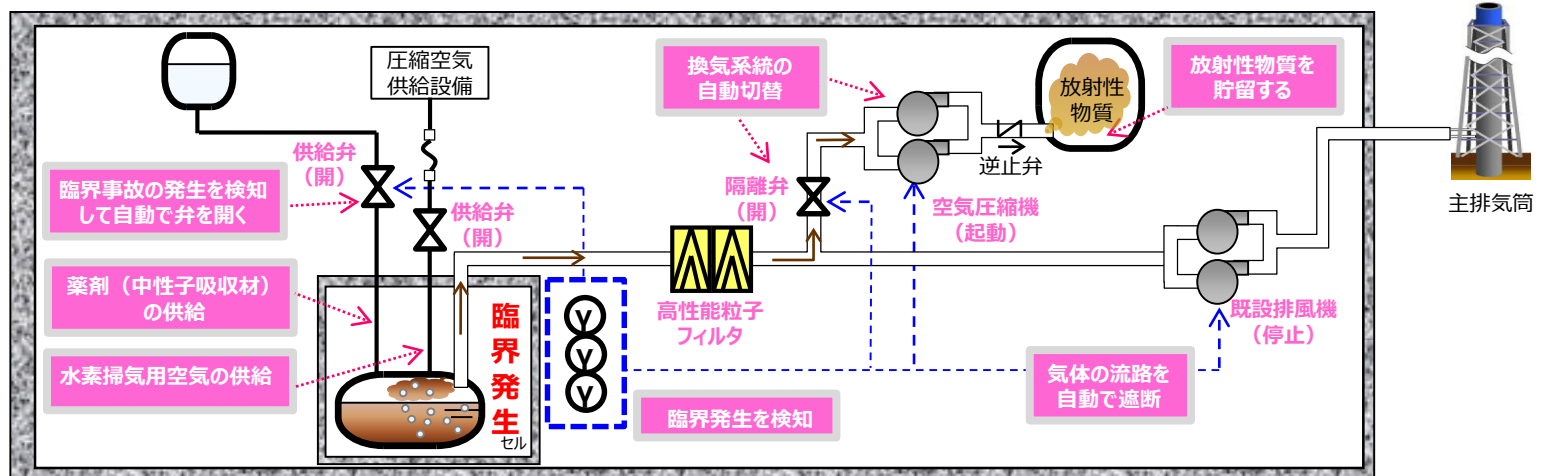
- 8つの機器に対し、臨界事故への対策が可能となるよう準備します。（これまでは2つの機器）
- 臨界事故の発生を検知し、薬剤（中性子吸収材）を自動で供給します。

### 機器内の水素濃度を低下させるため、空気を手動で供給します。

- 放射線分解により発生する水素を機器外に追い出すため、手動で空気を供給します。

### 換気システムを自動で切り替えることで、発生した放射性物質を貯留します

- 換気システムを自動で切り替え、新たに設置する貯槽に放射性物質を貯留することで、半減期の短い放射性物質を減衰させます。



#### 《解説》 半減期

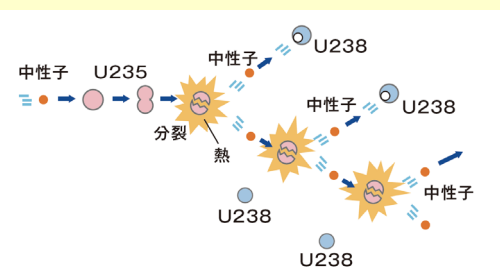
放射性物質の量（放射能）が半分になるまでの時間。臨界事故で生成される放射性物質のうち、被ばく影響が大きい核種の多くが短半減期（5分以下）である。

#### 《解説》 臨界

中性子がウラン235、プルトニウム239等の核分裂性物質にあたると核分裂が起きます。核分裂に伴い、新たな中性子とともに熱エネルギーが発生します。

新たに発生した中性子が別の核分裂性物質にあたることで、再び核分裂が起きます。このように核分裂が連鎖的に継続することを臨界といいます。

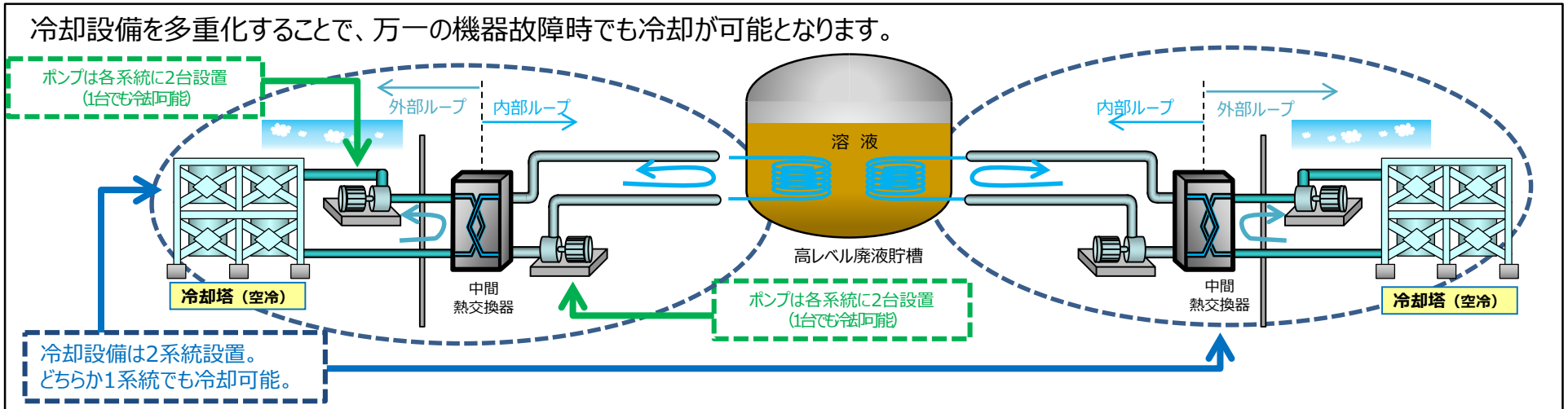
臨界を収束させるためには、発生した中性子が核分裂性物質にあたらないよう、中性子を除去（薬剤にて吸収）する必要があります。



## ②冷却機能喪失による蒸発乾固への対策（第35条）

冷却機能が失われると、高レベル放射性廃液の沸騰・蒸発が進み、沸騰した蒸気に乗って、放射性物質が外部に放出される可能性があります。

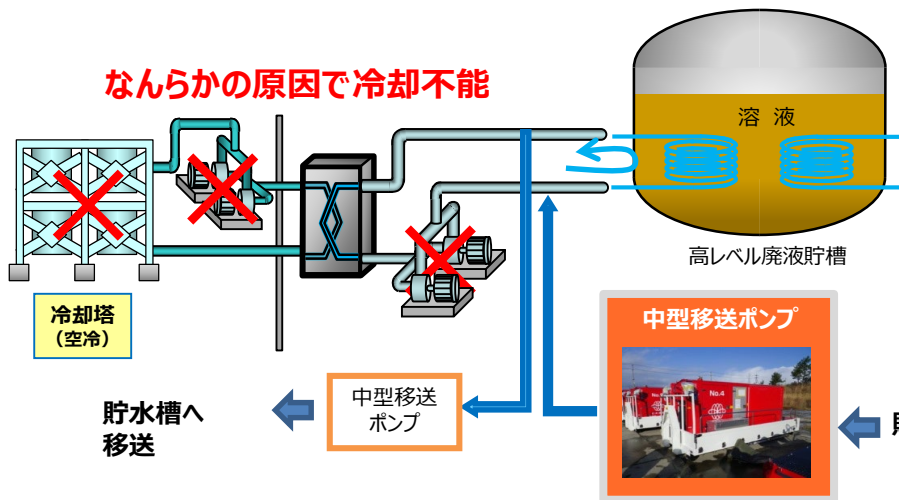
### 従来から考慮している対策 ～冷却機能を失わないための対策～



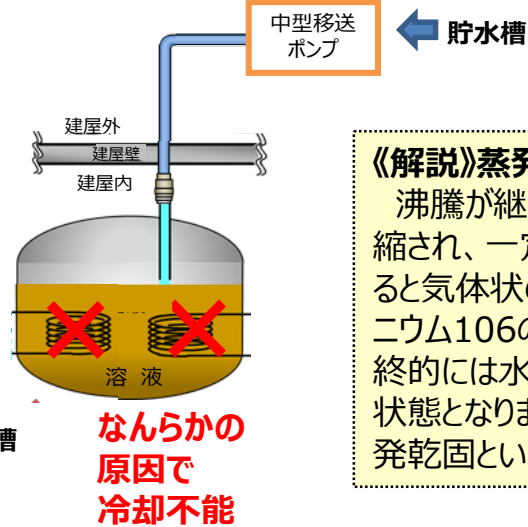
### 重大事故対策 ～従来の冷却設備が全て故障した場合の対策～（新規基準を踏まえた対策）

#### 可搬型の中型移送ポンプを使って、冷却または希釈します。

- 冷却設備に中型移送ポンプを接続し冷却を維持します。



- 中型移送ポンプを使って、貯槽に直接注水し、蒸発乾固が進行することを防止します。



#### 《解説》蒸発乾固

沸騰が継続すると廃液が蒸発し濃縮され、一定濃度・一定温度に達すると気体状の放射性物質であるルテニウム106の放出量が増大します。最終的には水がなくなり乾いて固まった状態となります。この一連の現象を蒸発乾固といいます。

#### 冷却出来なくても、外部への放射性物質の放出量を低減します。

- 沸騰した蒸気を凝縮器で凝縮し、セルへ導出することにより、放射性物質の放出量を低減します。
- フィルタを通すことにより、放射性物質の放出量を低減します。

#### 《解説》

##### 凝縮

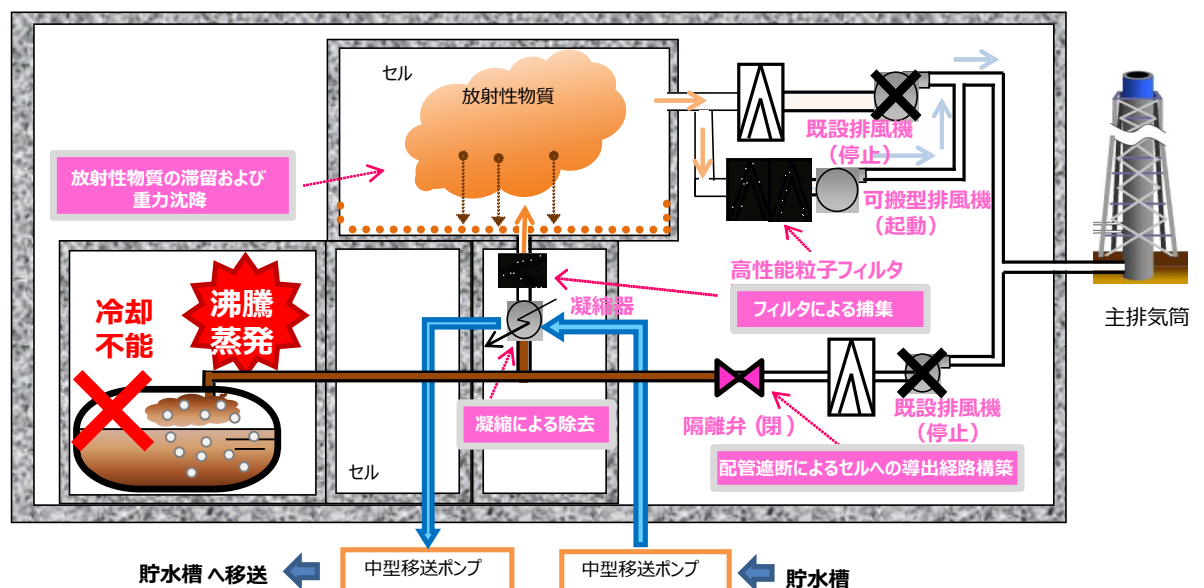
蒸気は冷やされると液体になります（凝縮）。放射性物質を含む蒸気は、凝縮により液体として回収が可能です。

##### 凝縮器

冷却水により冷却することで、蒸気を凝縮し液体にして回収する設備です。

##### セルにおける放射性物質の除去

大空間のセルにおける放射性物質の滞留および重力沈降等により放射性物質が除去されます。

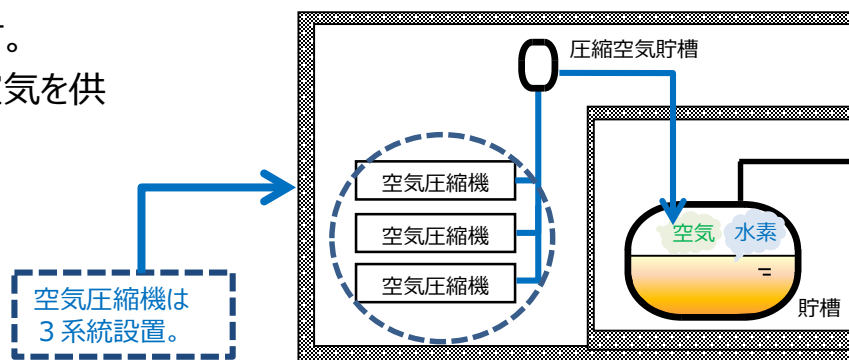


### ③放射線分解により発生する水素による爆発への対策（第36条）

貯槽内の水素濃度が上昇し、万が一着火すると爆発を起こし、放射性物質が外部に放出される可能性があります。

#### 従来から考慮している対策 ～水素濃度を高めないための対策～

- ・空気圧縮機で常時空気を供給し、水素濃度を低く保ちます。
- ・空気圧縮機を多重化することで、万一の機器故障時でも空気を供給可能です。

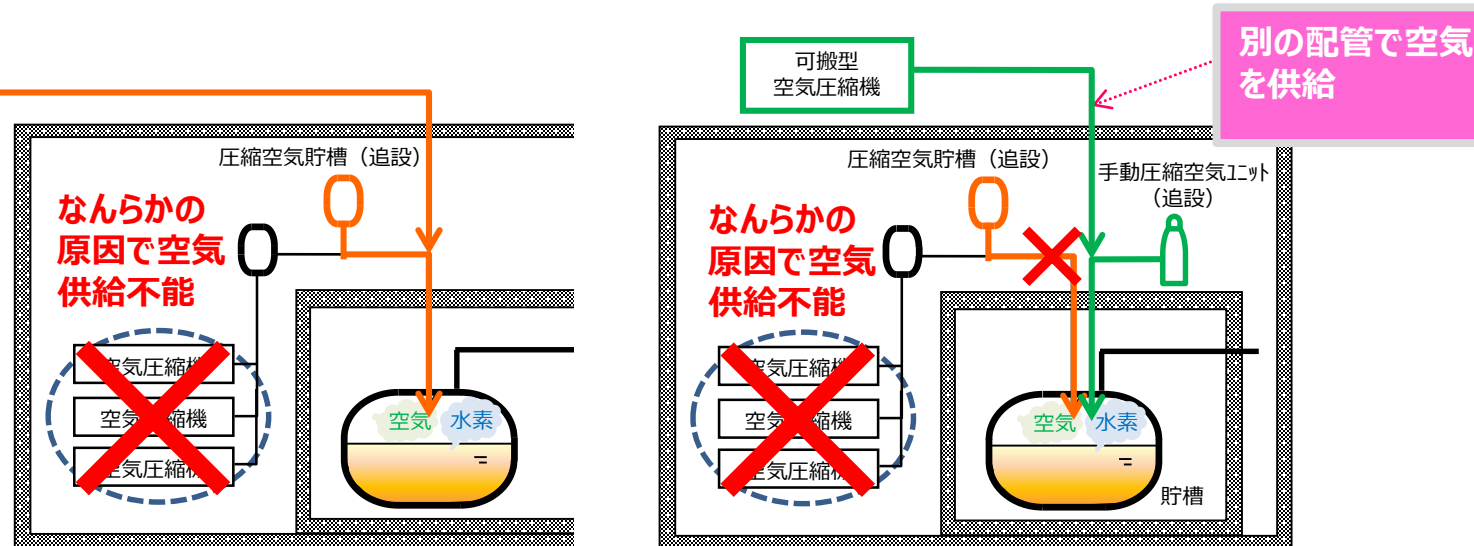


#### 重大事故対策 ～従来の空気圧縮機が全て故障した場合の対策～（新規基準を踏まえた対策）

##### 可搬型の空気圧縮機を使って、空気を供給します。

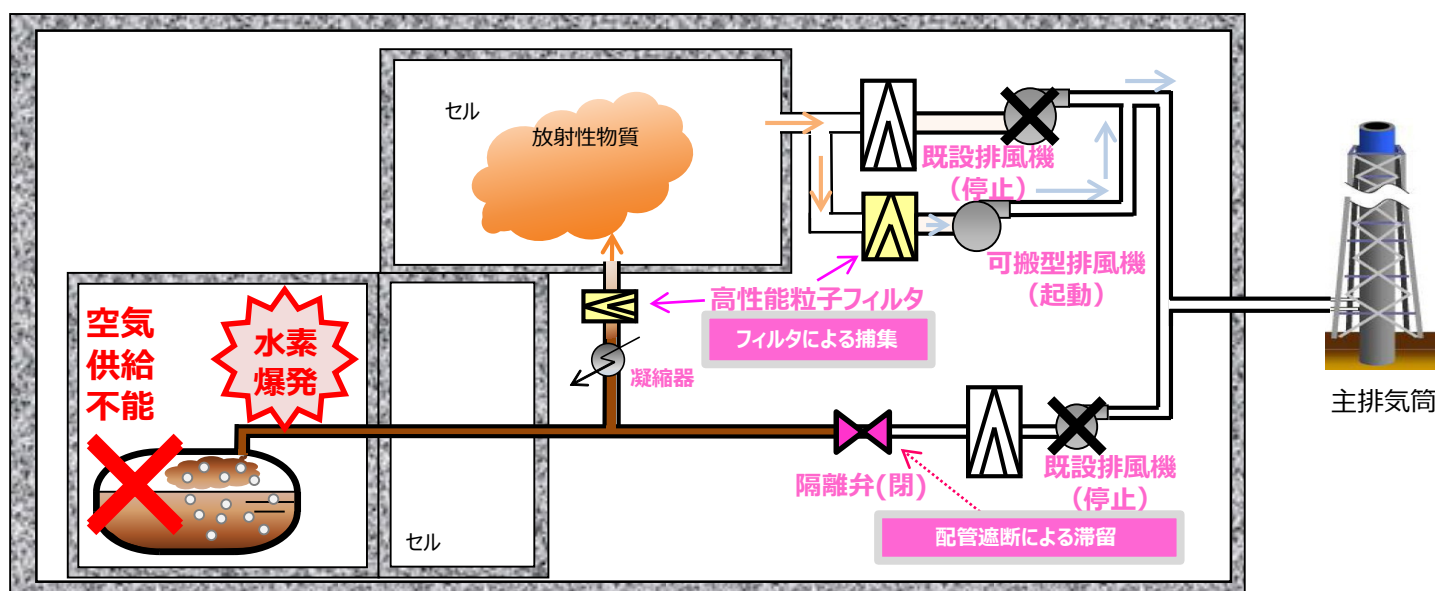
- 配管に可搬型空気圧縮機をつなぎ空気を供給します。（可搬型空気圧縮機の接続までは、追設する圧縮空気貯槽から空気を供給します。）
- 左記対策で空気が供給できない時には別の配管に可搬型空気圧縮機をつなぎ空気を供給します。（可搬型空気圧縮機の接続までは、追設する手動圧縮空気ユニットから空気を供給します。）

##### 可搬型空気圧縮機



##### 水素爆発が起こっても、外部への放射性物質の放出量を低減します。

- 配管を遮断し、建屋内のセルに放射性物質を滞留させます。
- フィルタを通すことにより、放射性物質の放出量を低減します。



## ④有機溶媒等による火災または爆発への対策（第37条）

＜TBP等の錯体の急激な分解反応＞

濃縮缶にTBP等が混入した状態で、通常運転温度を超えて一定温度まで加熱されると急激な分解反応が発生し、放射性物質が外部に放出される可能性があります。

### 従来から考慮している対策 ～急激な分解反応が発生させないための対策～

- ・濃縮缶内にTBPが混入しないよう、手前の工程においてTBP洗浄器により除去します。
- ・油水分離槽では、下部から溶液を抜き出すことにより、TBP等が濃縮缶に混入しないようにします。
- ・運転中は、濃縮缶の加熱蒸気の温度を監視し、温度が高くなった場合はインターロックにより加熱蒸気の供給を停止することで、濃縮缶内をTBP等の錯体の急激な分解反応が発生しない温度に維持します。

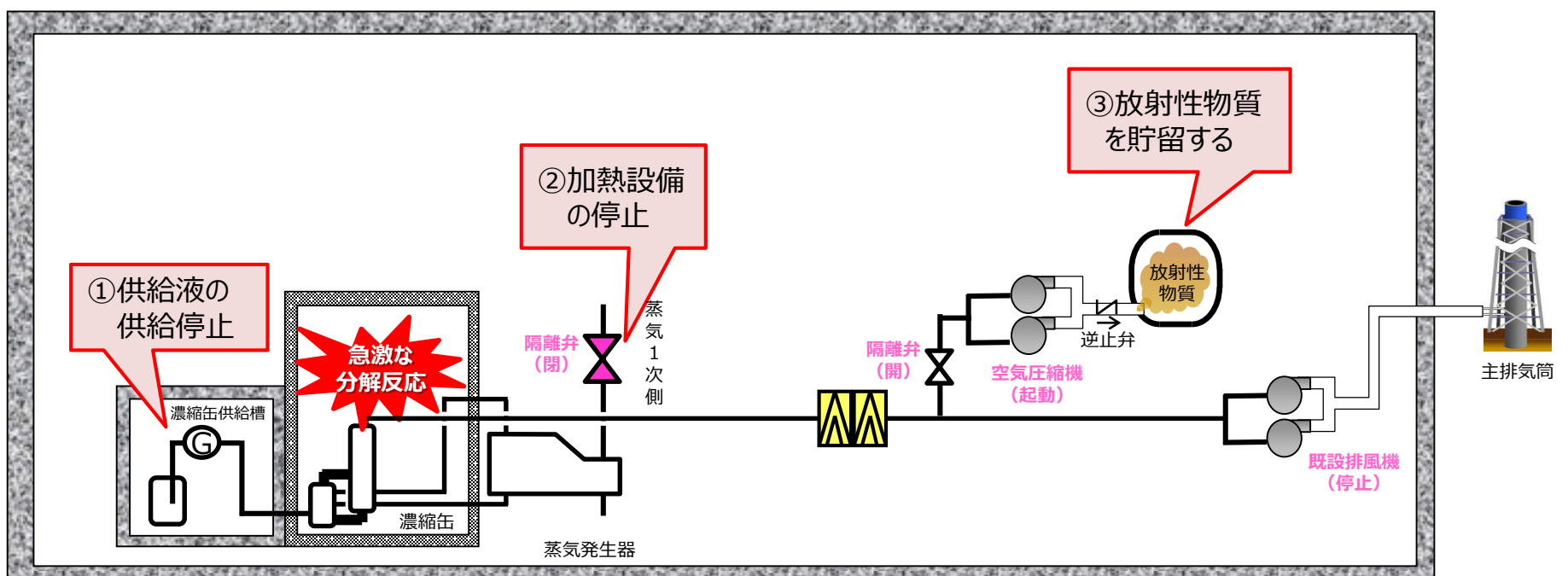
### 重大事故対策 ～従来の事故防止対策が全て故障した場合の対策～（新規基準を踏まえた対策）

**TBP等の錯体の急激な分解反応の発生を検知して、自動による供給液の供給停止と現場操作による加熱停止によりTBP等の錯体の急激な分解反応の再発を防止します。**

- 急激な分解反応の発生後、濃縮缶への供給液の供給を停止することにより再発を防止します。
- 急激な分解反応の発生後、濃縮缶の加熱を停止することにより再発を防止します。

**急激な分解反応が発生しても、外部への放射性物質の放出量を低減します。**

- 換気システムを自動で切り替え、急激な分解反応の発生により廃ガス中に移行する放射性物質を新たに設置する貯槽に貯留します。



#### 《解説》

##### ・TBP

Tri-butyl phosphateの略で、りん酸トリブチルのことです。TBPは再処理の中心プロセスである硝酸溶液中のウラン、プルトニウムを溶媒抽出するために使用される抽出剤の一種です。また、TBPおよびその分解生成物を総称してTBP等といいます。

##### ・濃縮缶

ウラン溶液、プルトニウム溶液を製品（ウラン酸化物粉末、ウラン・プルトニウム混合酸化物粉末）化に適した濃度にするため、加熱により溶液を濃縮する設備です。

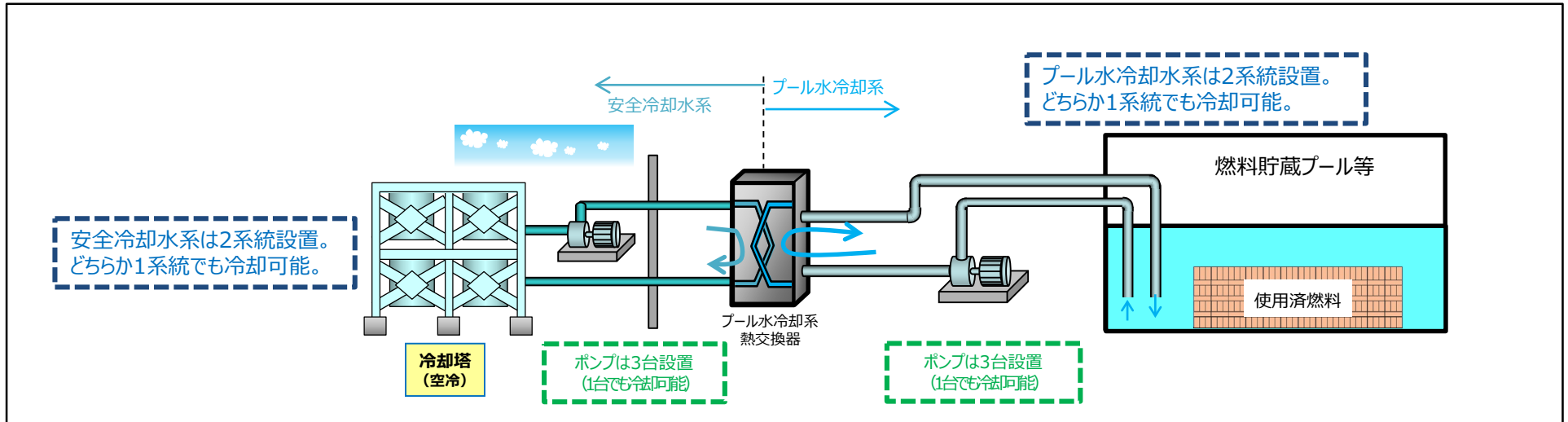
##### ・急激な分解反応とは？

TBP等の錯体は、135℃を超えると急激に分解して気体と熱を発生するため、体積が急激に膨張し、機器の圧力が急上昇します。

## ⑤使用済燃料の著しい損傷への対策（第38条）

燃料貯蔵プール等の冷却機能および注水機能が喪失すると、水位が低下し、使用済燃料の著しい損傷により放射性物質が外部に放出される可能性があります。

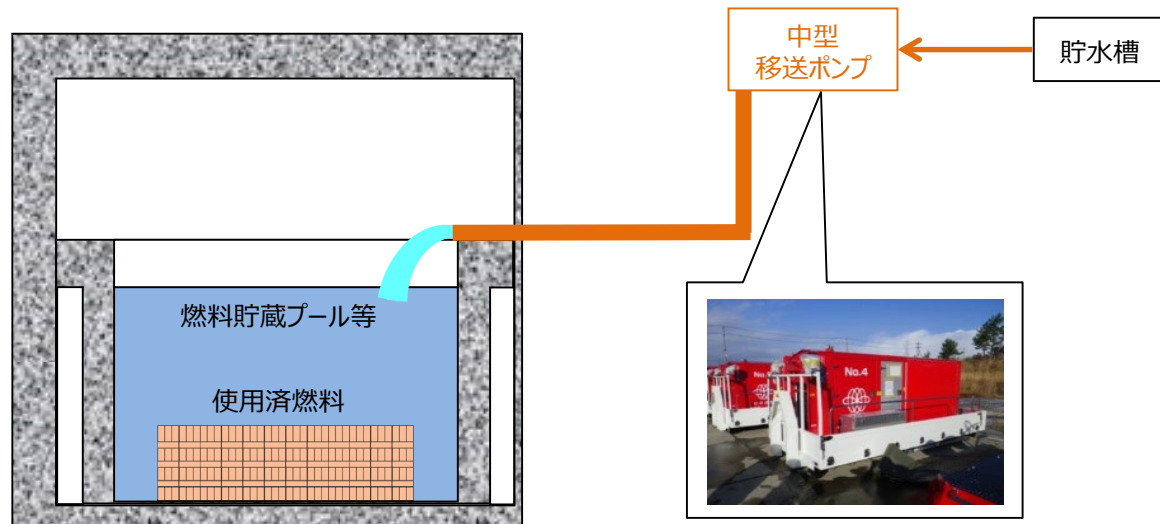
### 従来から考慮している対策 ～冷却機能を失わないための対策～



### 重大事故対策 ～従来の冷却設備が全て故障した場合の対策～（新規基準を踏まえた対策）

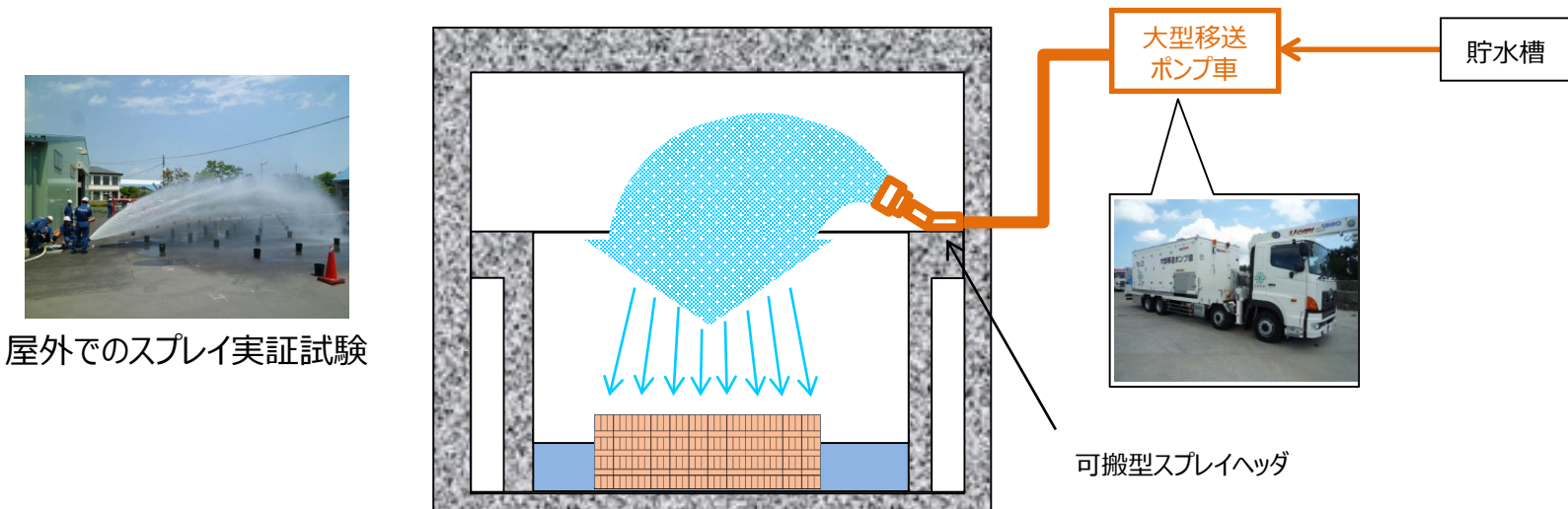
**可搬型のポンプを使って燃料貯蔵プール等の水位を維持します。**

- 中型移送ポンプから燃料貯蔵プール等に直接注水し、水位を維持します。



**水位が維持出来ない場合であっても、使用済燃料の損傷の進行を緩和します。**

- 大型移送ポンプ車をつなぎ、可搬型スプレイヘッドから使用済燃料にスプレーします。



屋外でのスプレイ実証試験

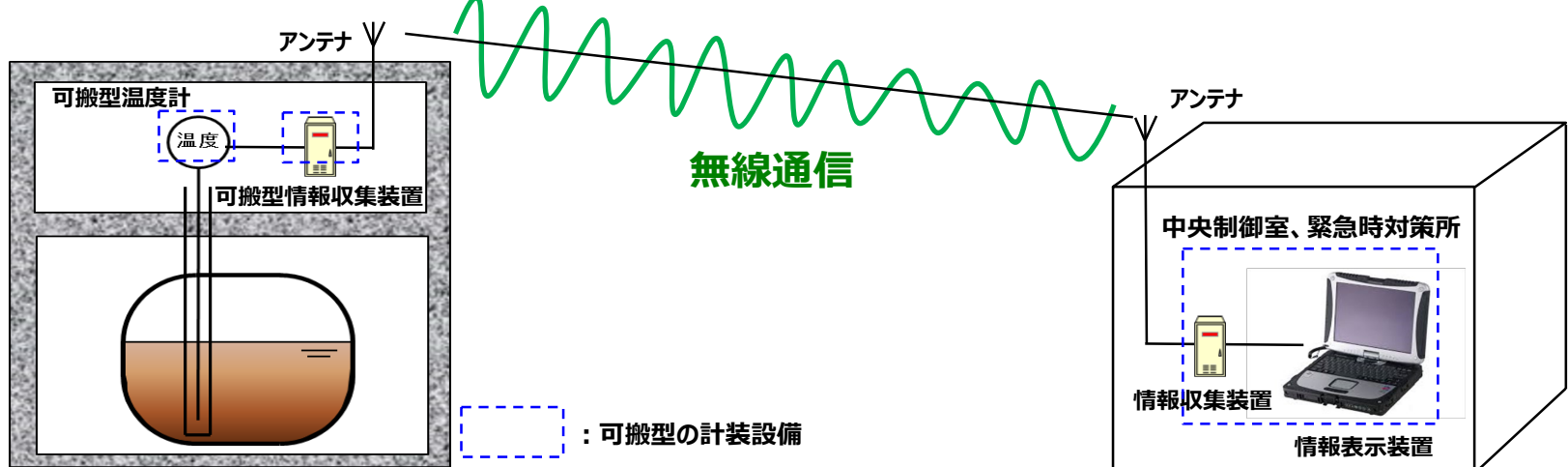
## ⑥重大事故対策に必要な付帯機能の確保（第43条,45条,47条）

重大事故対策に必要な付帯機能は、常設の設備が使用出来ない場合を想定して、可搬型の設備を確保します。

### 第43条 計装設備（運転管理等のための計器類やセンサー、制御装置を組み合わせた設備）

- 重大事故等の対策を成功させるために把握することが必要なパラメータ（貯槽温度、液位等）を測定するとともに、測定した結果を中央制御室、緊急時対策所等に伝送します。

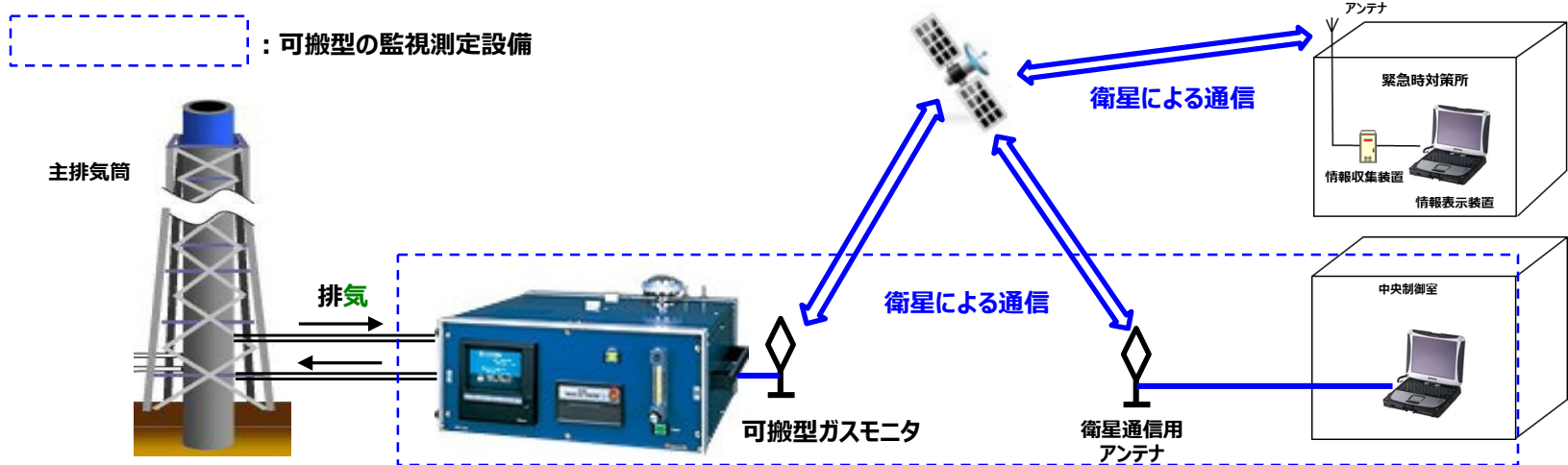
これらの測定および伝送は、常設の設備が使用出来ない場合を想定して、可搬型の計装設備を確保します。また、可搬型情報収集装置が設置されるまでの間は、「第47条 通信連絡を行うために必要な設備」の通信連絡設備を用いて、測定結果を中央制御室、緊急時対策所等に伝達します。



### 第45条 監視測定設備

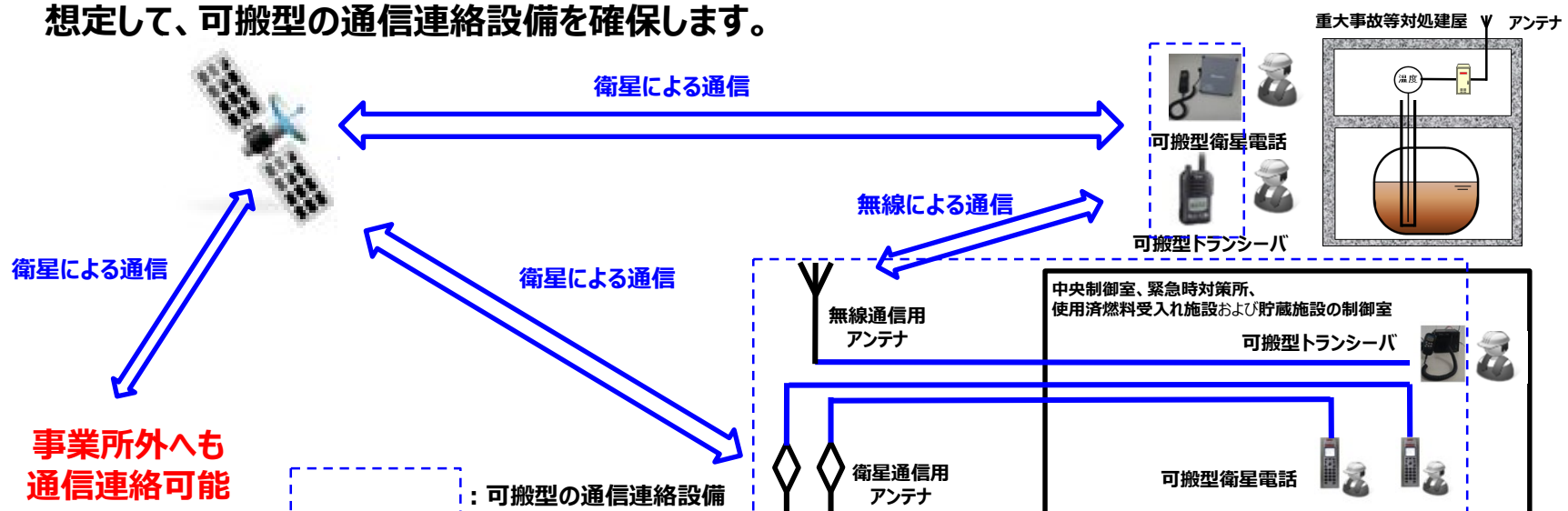
- 重大事故等が発生した場合、再処理施設から放出される放射性物質の濃度、周辺監視区域の放射性物質の濃度及び線量を監視及び測定するとともに、気象条件も測定し、測定した結果を中央制御室および緊急時対策所に伝送します。

常設の設備が使用出来ない場合を想定して、可搬型の監視測定設備も確保します。



### 第47条 通信連絡を行うために必要な設備

- 重大事故等が発生した場合の、事業所内および事業所外への通信連絡は、常設の設備が使用出来ない場合を想定して、可搬型の通信連絡設備を確保します。



# ⑦ 重大事故対策のための拠点の確保（第44,46条）

制御室および緊急時対策所は、重大事故等の対策を行う要員がとどまることが出来るよう、居住性を確保します。

## 第44条 制御室、第46条 緊急時対策所

- ・重大事故等の発生時に、実施組織および支援組織の要員が制御室や緊急時対策所を拠点に活動します。
- ・制御室や緊急時対策所は、ディーゼル発電機等により電源を確保するとともに、可搬型の照明設備を確保します。
- ・重大事故等の発生時には、制御室は可搬型の代替換気設備等により外部からの放射性物質等の取り込みを低減します。また、緊急時対策所は建屋換気設備を循環運転等に切り替えることにより、外部からの放射性物質等の取り込みを低減します。
- ・対策要員の身体に付着した放射性物質による制御室および緊急時対策所内の汚染防止のため、身体サーベイ等を行う出入管理区画を設置し、汚染管理を行います。



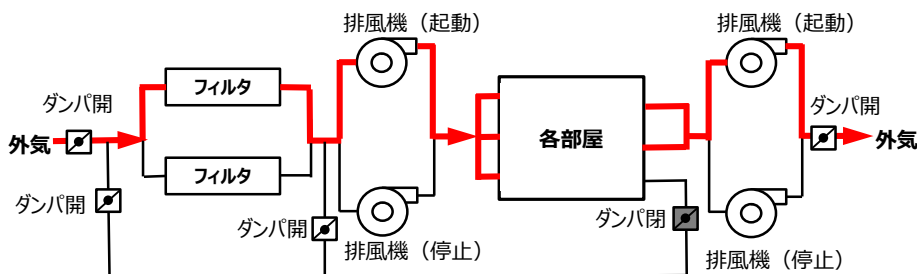
活動拠点（中央制御室）



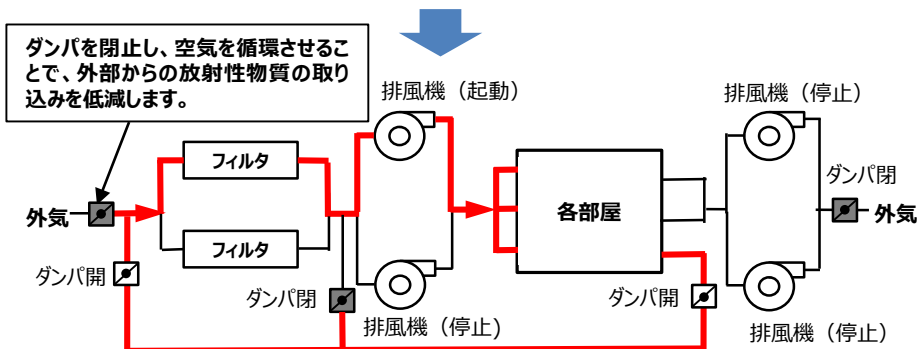
活動拠点（緊急時対策所（イメージ））※

※既存の施設を使用することとしていましたが、重大事故等の対策要員の活動性や耐震性向上のため、新規に建設します。

(既存)	(新設)
免震構造	耐震構造
収容人数 約200名	約360名
建築面積 約1,000㎡	約4,900㎡



換気の状態（通常運転時）



換気の状態（循環運転時）

### （例）緊急時対策所の換気設備の運転状態



出入管理区画

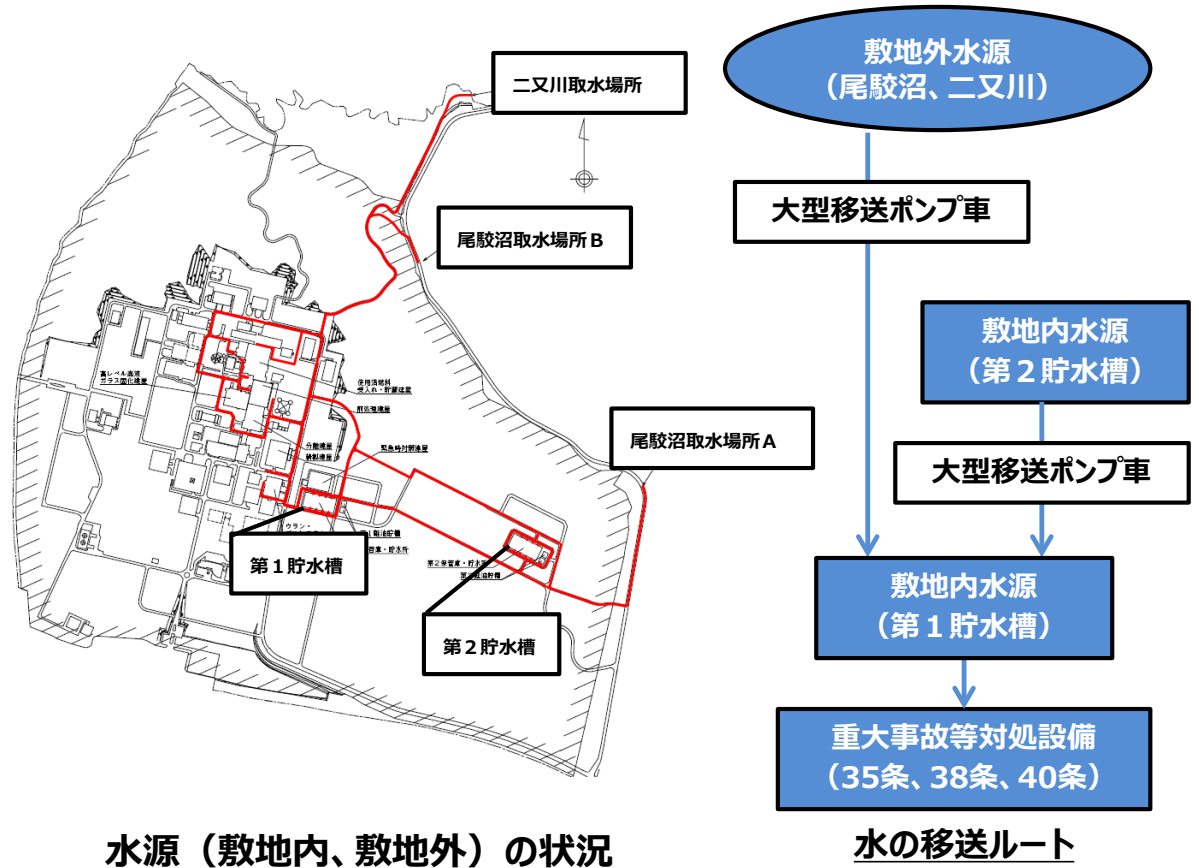
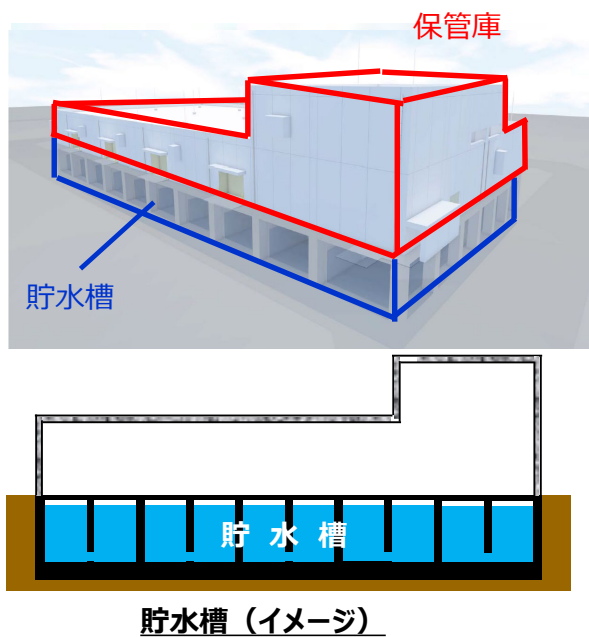


# ⑧ 重大事故対策のための「水源・電源（燃料）」の確保（第41,42条）

外部からの支援がないことを想定し、重大事故等の対策に必要な水および電源（燃料）を確保します。

## 第41条 重大事故等への対策に必要な水の供給設備

- ・重大事故等への対策に必要な水を確保するため、敷地内水源として貯水槽（20,000m<sup>3</sup>×2基）を整備します。
- ・敷地外水源の尾駸沼または二又川から大型移送ポンプ車により貯水槽へ水を移送します。
- ・これにより、外部からの支援がない場合でも、重大事故等への対策に必要な水を確保します。



水源（敷地内、敷地外）の状況

水の移送ルート

## 第42条 電源設備（燃料）

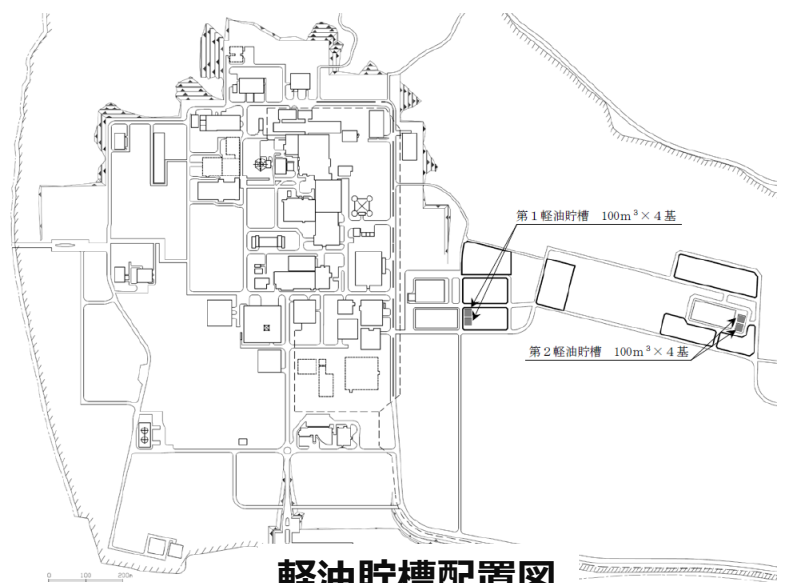
- ・外部からの電源及び非常用DGからの電源供給ができない場合は、可搬型発電機等で電力を供給します。ただし、設計基準事故に対処する設備が使用できる場合は、共通電源車（自主対策設備）により電力を供給します。
- ・重大事故等の対処に用いる可搬型発電機等に対する給油は、軽油貯槽及び軽油用タンクローリを使用します。



可搬型発電機



共通電源車



軽油貯槽配置図

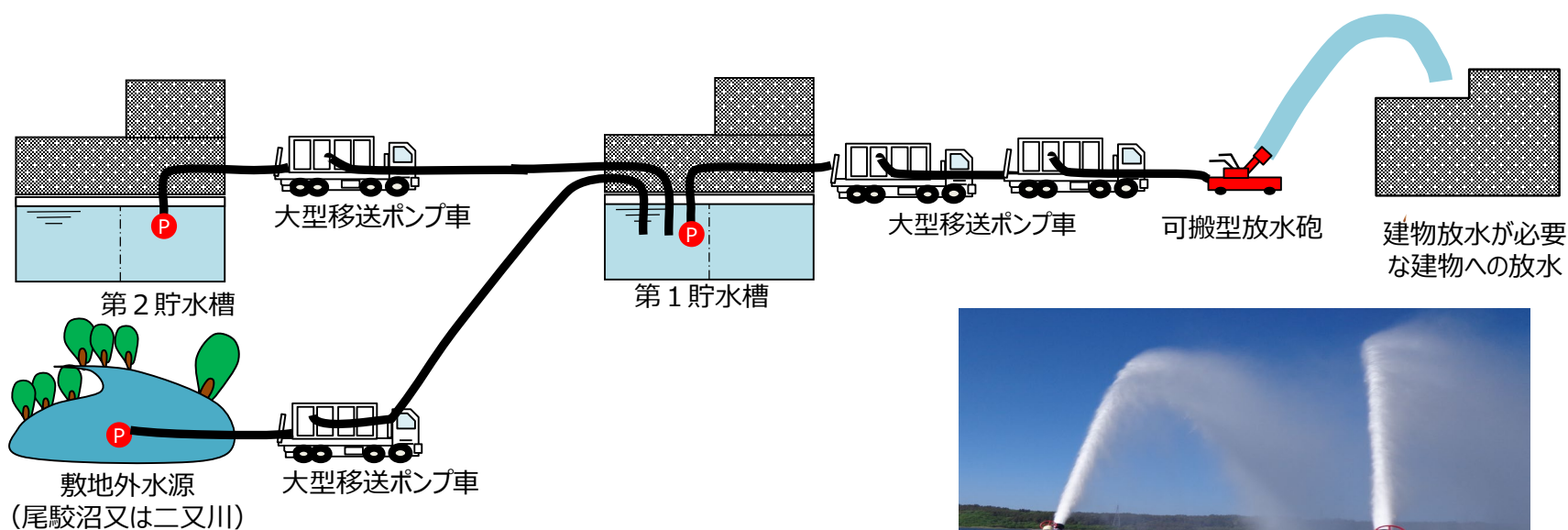
※軽油の貯油量 800m<sup>3</sup>

## ⑨それでも放射性物質を放出する事故が発生したら（第40条）

これまで紹介したように、再処理工場では、もしも事故が起きても、放射性物質および放射線が外部へ放出されることがないように対策を講じています。

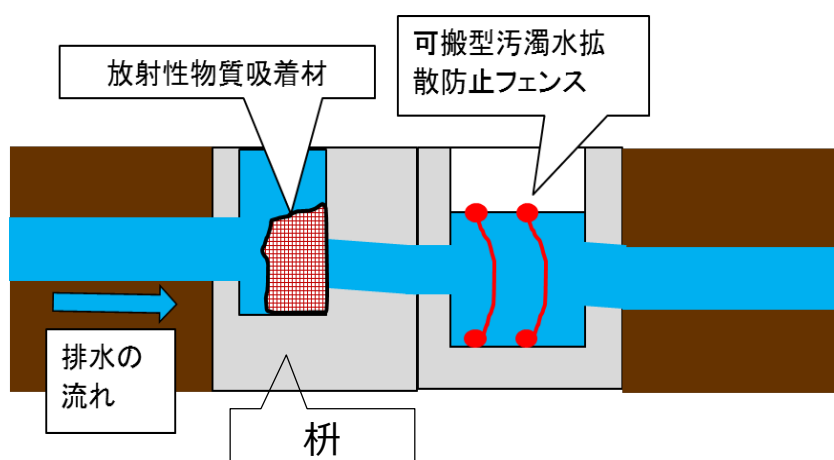
その上で、万が一放射性物質を放出してしまう事態が発生した場合に備え、可能な限り敷地外への放射性物質および放射線の放出を抑制するためのさらなる対策を準備します。

- 建物から放射性物質が放出される場合、可搬型放水砲で建物へ放水することにより、外部への放射性物質の放出を抑制します。



可搬型放水砲（放水訓練の様子）

- 放水した水に含まれる放射性物質が敷地外に流出しないよう、排水経路上の柵に放射性物質吸着材と可搬型汚濁水拡散防止フェンスを設置します。



### 《解説》放水

排気中に含まれる放射性物質は、放水の水によって洗い流されます。それにより、大気中への放出量を減らすことができます。

# 参考：再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則

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
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
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	
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	
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	

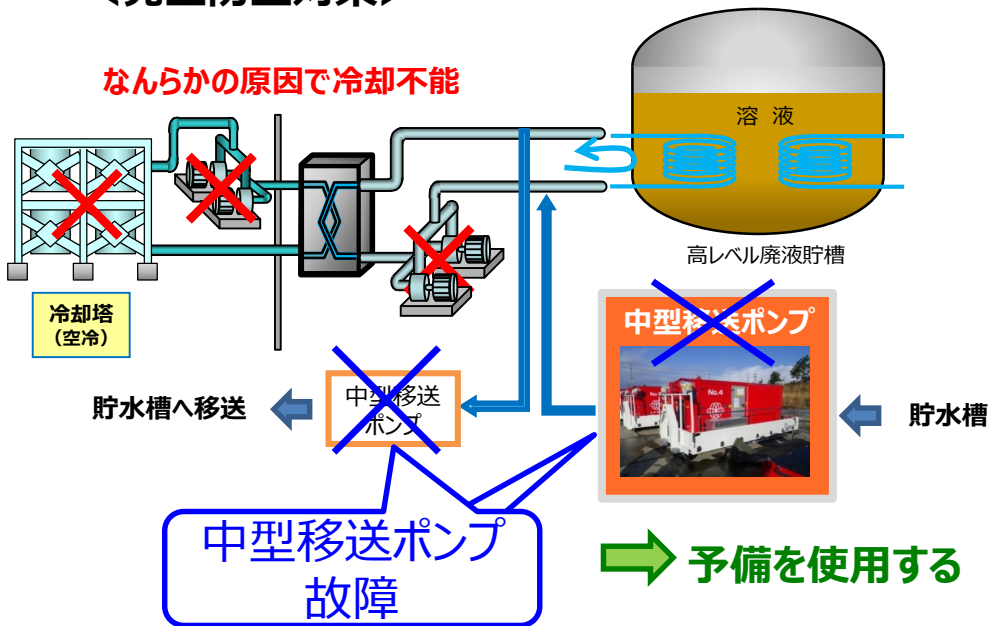


重大事故対策に使用する設備に故障等不具合が生じた場合の対応例

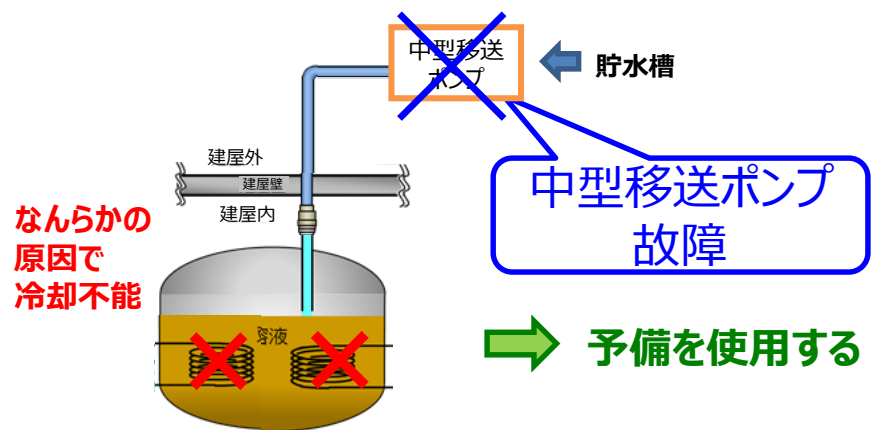
重大事故対策	件名	No.
冷却機能喪失による蒸発乾固への対策	・中型移送ポンプの故障	1-1
	・可搬型建屋外ホース、可搬型建屋内ホースの損傷	1-2
	・冷却設備へ冷却水を供給するための接続口の使用不可	1-3
	・機器へ注水するための接続口の使用不可	1-4
	・凝縮器へ通水するための接続口の使用不可	1-5
放射線分解により発生する水素による爆発への対策	・可搬型空気圧縮機の故障	2-1
	・可搬型建屋外ホース、可搬型建屋内ホースの損傷	2-2
	・圧縮空気を供給するための接続口の使用不可	2-3
冷却機能喪失による蒸発乾固および放射線分解により発生する水素による爆発への対策	・可搬型発電機の故障	3-1
	・可搬型排風機の故障	3-2
	・可搬型フィルタの損傷	3-3
使用済燃料の著しい損傷への対策	・スプレイ設備の動作不良	4-1
共通（建屋内）	・計装設備（温度計、圧力計等の可搬型重要計器）の故障	5-1
	・可搬型通話装置の故障	5-2
	・制御室の使用不可	5-3
	・建屋内アクセスルートの使用不可	5-4
共通（建屋外）	・大型移送ポンプ車の故障	6-1
	・可搬型モニタリング設備の故障	6-2
	・タンクローリの故障	6-3
	・敷地外水源（尾駁沼、二又川）からの取水不可	6-4
	・保管場所（保管庫）の使用不可	6-5
	・建屋外アクセスルートの使用不可	6-6

重大事故対策	冷却機能喪失による蒸発乾固への対策
件名	(1-1) 中型移送ポンプの故障
設備の概要	冷却機能喪失による蒸発乾固への対策に必要な水を貯水槽から各建屋に供給するとともに、対策に使用した後の水を尾駁沼に排水または貯水槽に移送するための、可搬型の重大事故対策設備
トラブル発生時の対応概要	<p>中型移送ポンプは、冷却機能喪失による蒸発乾固への対策を実施するために必要な台数に加えて、故障等により使用できない場合を想定して予備を用意する。</p> <p>⇒中型移送ポンプが使用できない場合には、予備の中型移送ポンプを使用して、冷却機能喪失による蒸発乾固への対策を実施する。</p>

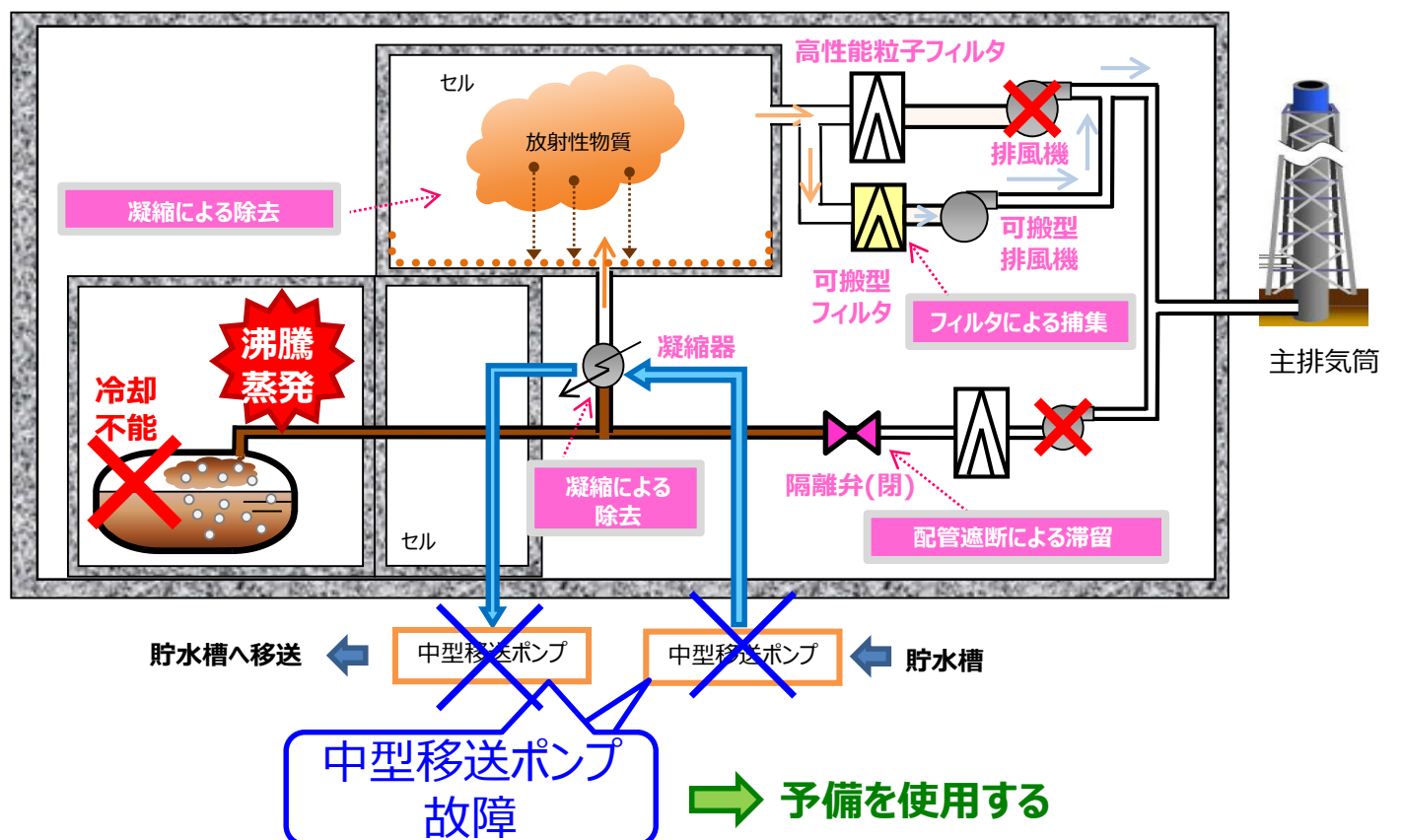
<発生防止対策>



<拡大防止対策>

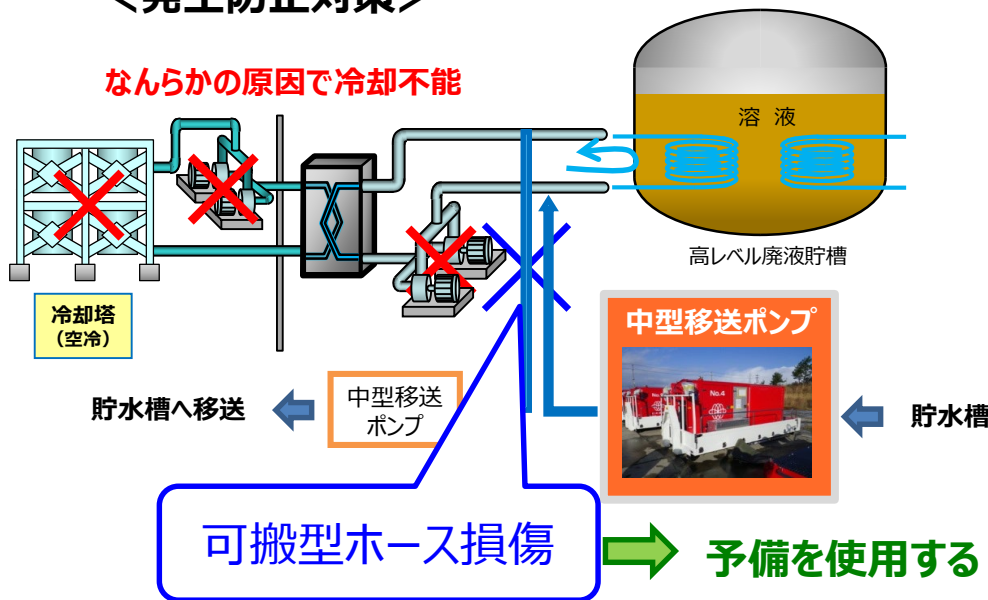


<放出抑制対策>

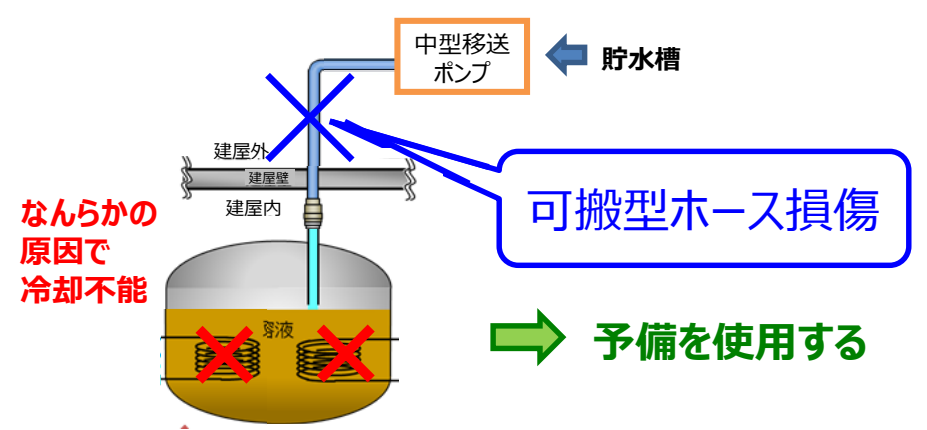


重大事故対策	冷却機能喪失による蒸発乾固への対策
件名	(1-2) 可搬型建屋外ホース、可搬型建屋内ホースの損傷
設備の概要	冷却機能喪失による蒸発乾固への対策に必要な水を、貯水槽から移送するための可搬型の重大事故対策設備
トラブル発生時の対応概要	<p>可搬型建屋外ホース・可搬型建屋内ホースは、冷却機能喪失による蒸発乾固への対策を実施するために必要な個数に加えて、故障等により使用出来ない場合を想定して予備を用意する。</p> <p>⇒可搬型建屋外ホース・可搬型建屋内ホースが使用出来ない場合には、予備の可搬型建屋外ホース・可搬型建屋内ホースを使用して、冷却機能喪失による蒸発乾固への対策を実施する。</p>

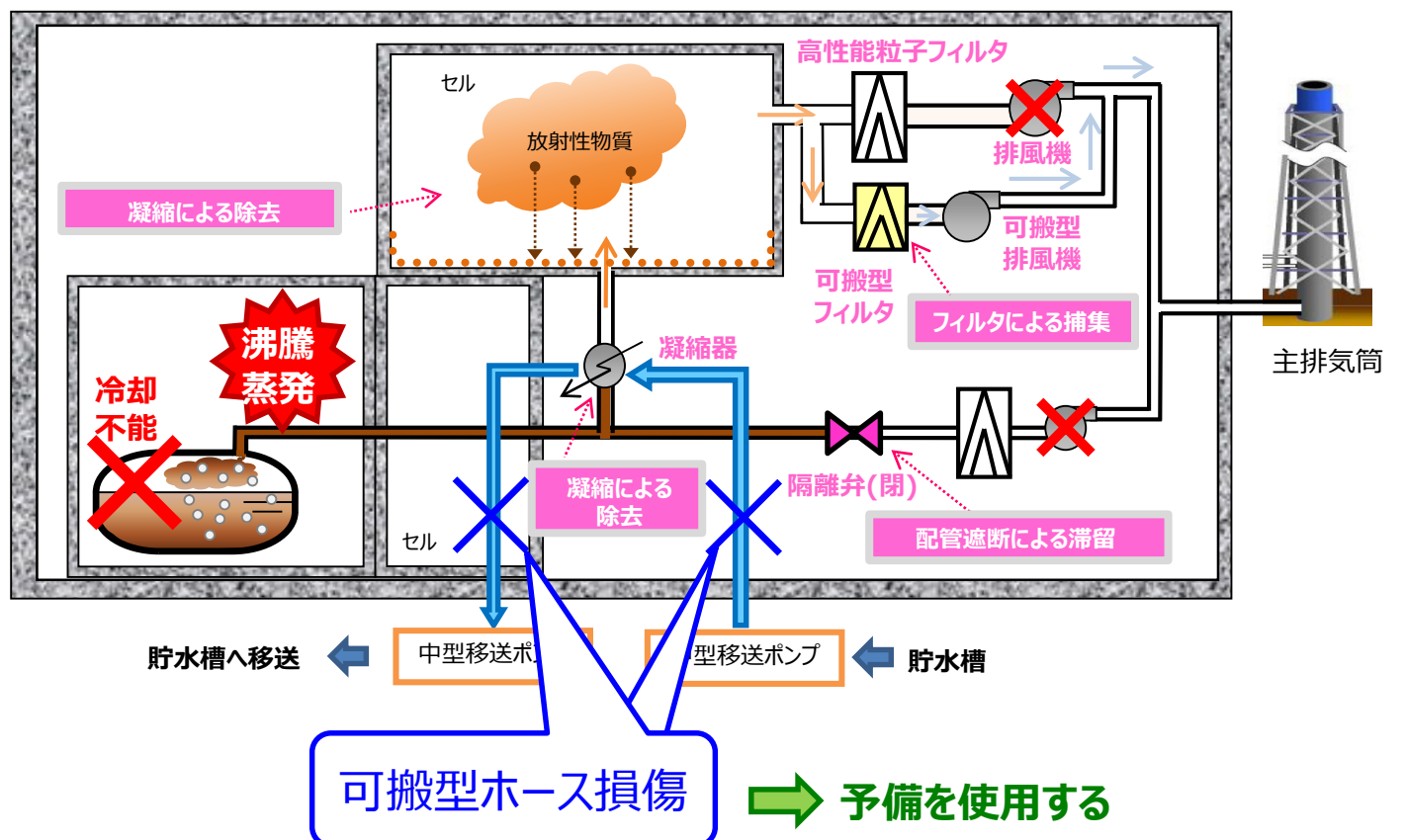
<発生防止対策>



<拡大防止対策>

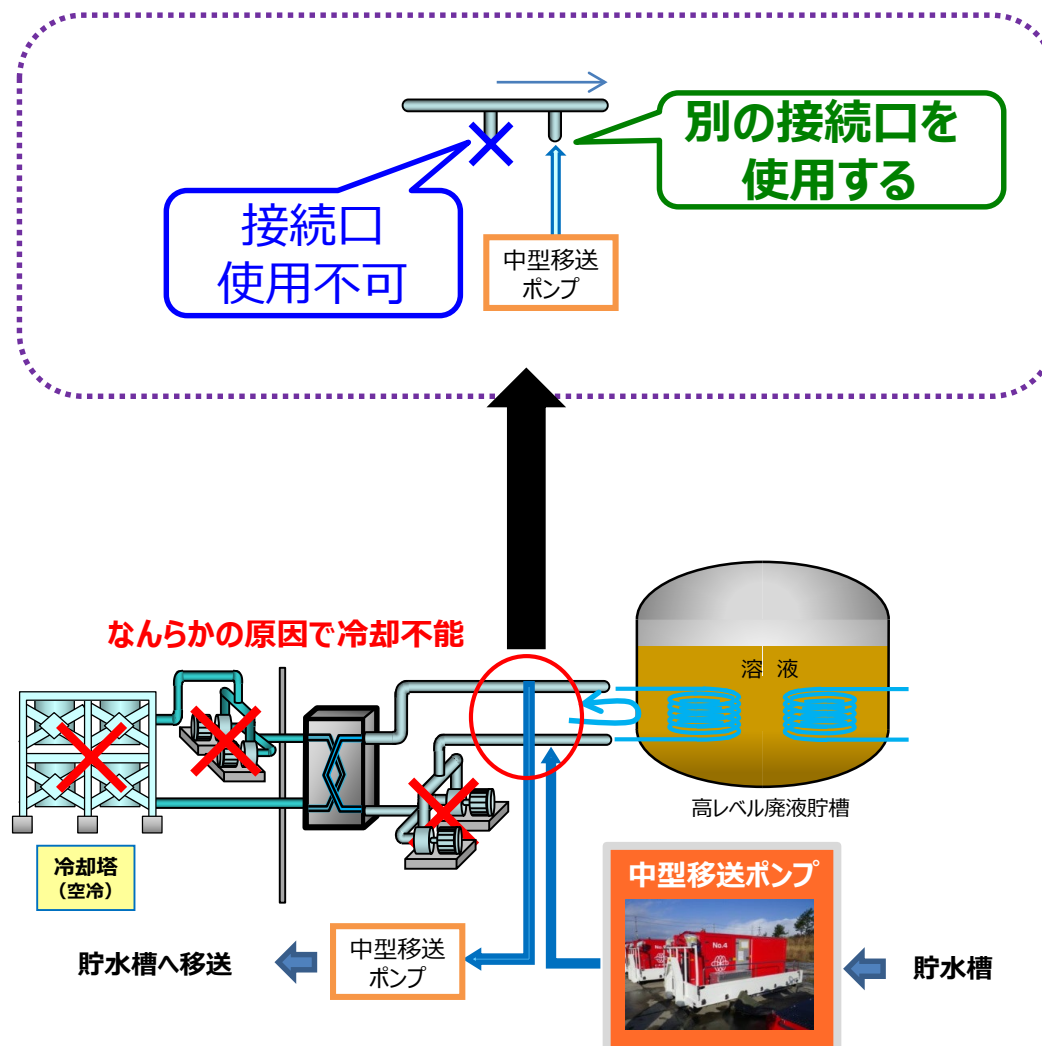


<放出抑制対策>

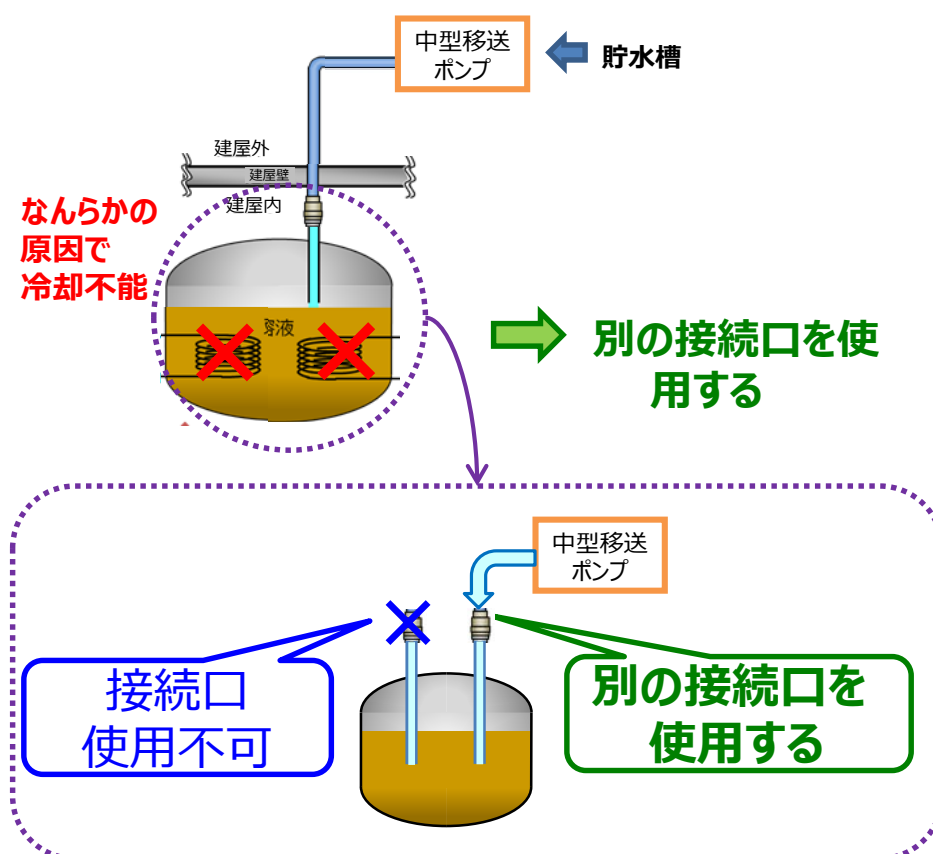




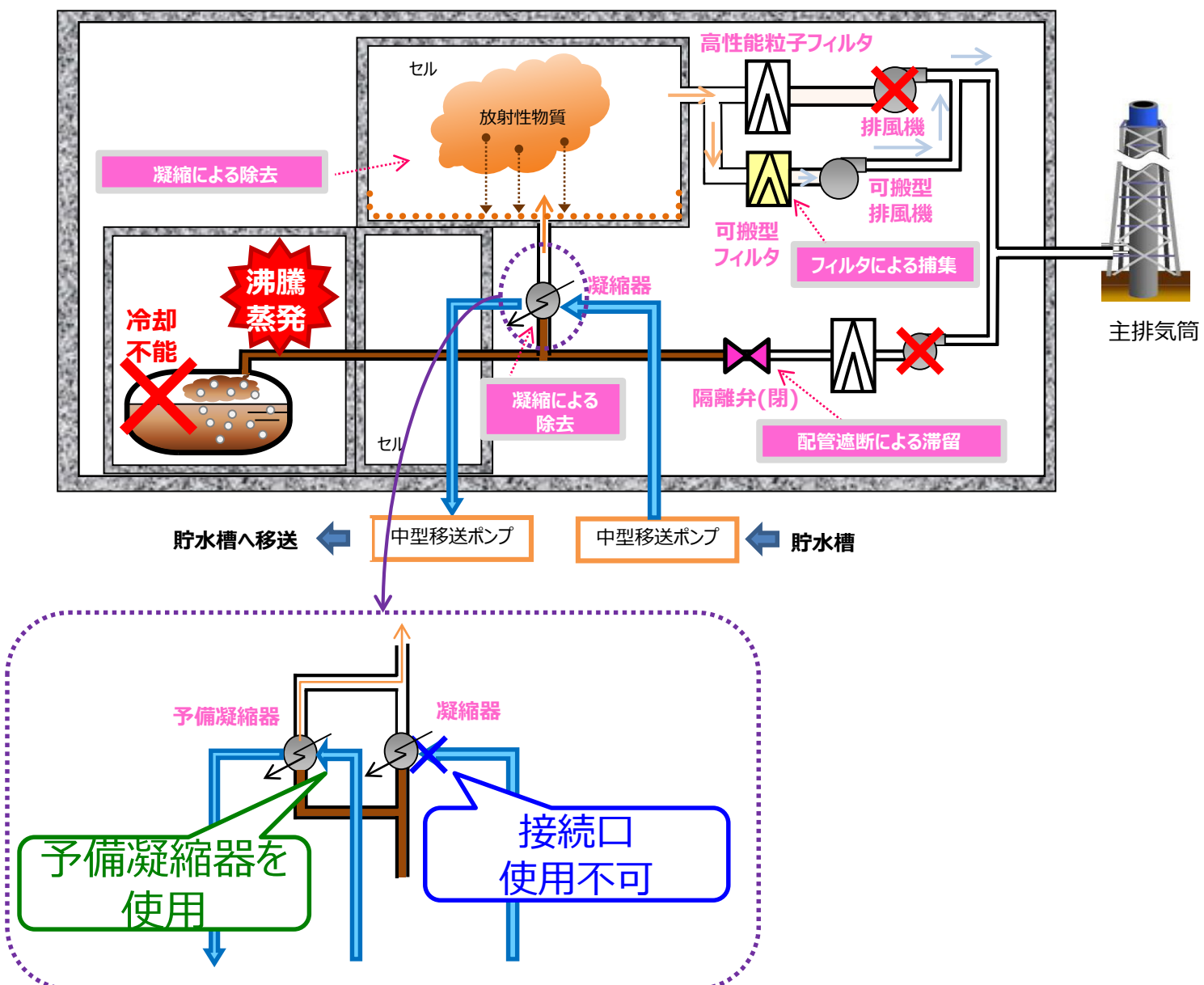
重大事故対策	冷却機能喪失による蒸発乾固への対策
件名	(1 - 3) 冷却設備へ冷却水を供給するための接続口の使用不可 (可搬型建屋内ホースの接続不可)
設備の概要	可搬型建屋内ホースと接続し、蒸発乾固の発生防止対策（冷却設備への冷却水供給）に必要な水の供給を受ける常設の重大事故対策設備
トラブル発生時の対応概要	<p>冷却設備には、対策に必要な水の供給を受けるための接続口を複数用意する。</p> <p>さらに、いずれの接続口も使用出来るよう、接続部の規格を統一する、または接続治具を用意する。</p> <p>⇒接続口が使用出来ない場合には、別の接続口を使用して発生防止対策（冷却設備への冷却水供給）を実施する。</p>



重大事故対策	冷却機能喪失による蒸発乾固への対策
件名	(1 - 4) 機器へ注水するための接続口の使用不可 (可搬型建屋内ホースの接続不可)
設備の概要	可搬型建屋内ホースと接続し、蒸発乾固の拡大防止対策（機器への注水）に必要な水の供給を受ける常設の重大事故対策設備
トラブル発生時の対応概要	<p>機器につながっている配管を複数用意し、それぞれに接続口を用意する。さらに、いずれの接続口も使用出来るよう、接続部の規格を統一する、または接続治具を用意する。</p> <p>⇒接続口が使用出来ない場合には、別の配管および接続口を使用して、拡大防止対策（機器への注水）を実施する。</p>



重大事故対策	冷却機能喪失による蒸発乾固への対策
件名	(1 - 5) 凝縮器へ通水するための接続口の使用不可 (可搬型建屋内ホースの接続不可)
設備の概要	可搬型建屋内ホースと接続し、蒸発乾固の放出抑制対策（凝縮器への通水による放射性物質の除去）に必要な水の供給を受ける常設の重大事故対策設備
トラブル発生時の対応概要	<p>凝縮器が使用出来ない場合に備え、予備凝縮器を用意し、それぞれに接続口を用意する。</p> <p>さらに、いずれの接続口も使用出来るよう、接続部の規格を統一する、または接続治具を用意する。</p> <p>⇒接続口が使用出来ない場合には、予備凝縮器および接続口を使用して、放出抑制対策（凝縮器への通水による放射性物質の除去）を実施する。</p>

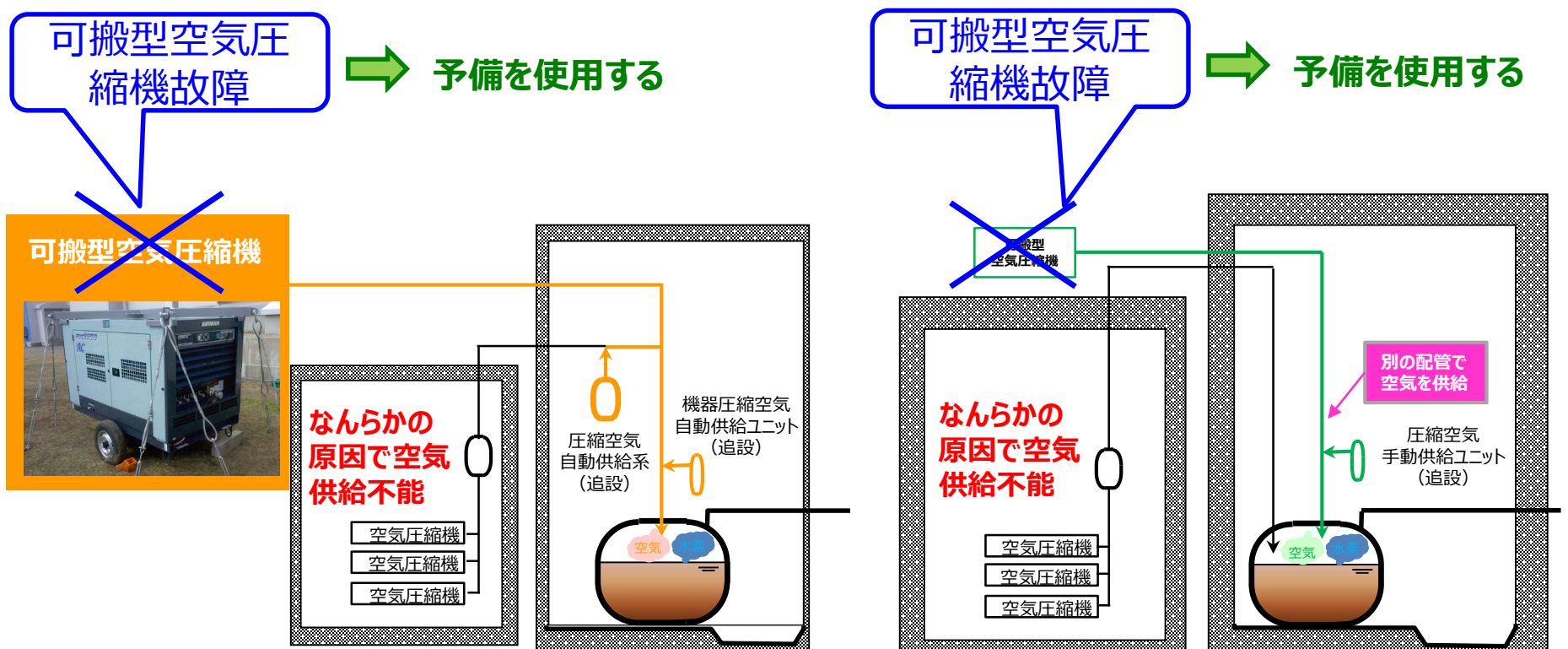


重大事故対策	放射線分解により発生する水素による爆発への対策
件名	(2-1) 可搬型空気圧縮機の故障
設備の概要	放射線分解により発生する水素による爆発への対策に必要な圧縮空気を供給するための可搬型の重大事故対策設備
トラブル発生時の対応概要	<p>可搬型空気圧縮機は、放射線分解により発生する水素による爆発への対策を実施するために必要な台数に加えて、故障等により使用出来ない場合を想定して予備を用意する。</p> <p>⇒可搬型空気圧縮機が使用出来ない場合には、予備の可搬型空気圧縮機を使用して、放射線分解により発生する水素による爆発への対策を実施する。</p>

### 可搬型空気圧縮機の接続

### 配管損傷時

(別の配管に可搬型空気圧縮機を接続)

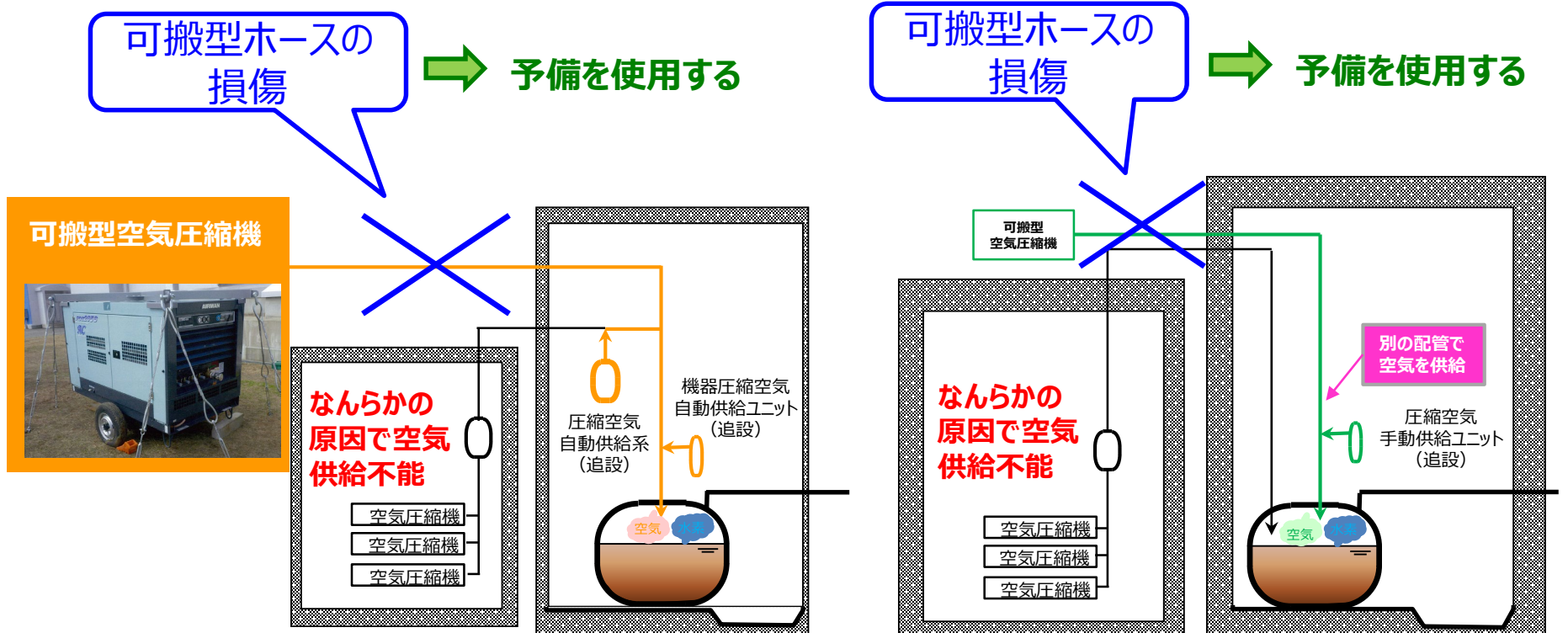


重大事故対策	放射線分解により発生する水素による爆発への対策
件名	(2-2) 可搬型建屋外ホース、可搬型建屋内ホースの損傷
設備の概要	放射線分解により発生する水素による爆発への対策に必要な圧縮空気を供給するための可搬型の重大事故対策設備
トラブル発生時の対応概要	<p>可搬型建屋外ホース・可搬型建屋内ホースは、放射線分解により発生する水素による爆発への対策を実施するために必要な個数に加えて、故障等により使用出来ない場合を想定して予備を用意する。</p> <p>⇒可搬型建屋外ホース・可搬型建屋内ホースが使用出来ない場合には、予備の可搬型建屋外ホース・可搬型建屋内ホースを使用して、放射線分解により発生する水素による爆発への対策を実施する。</p>

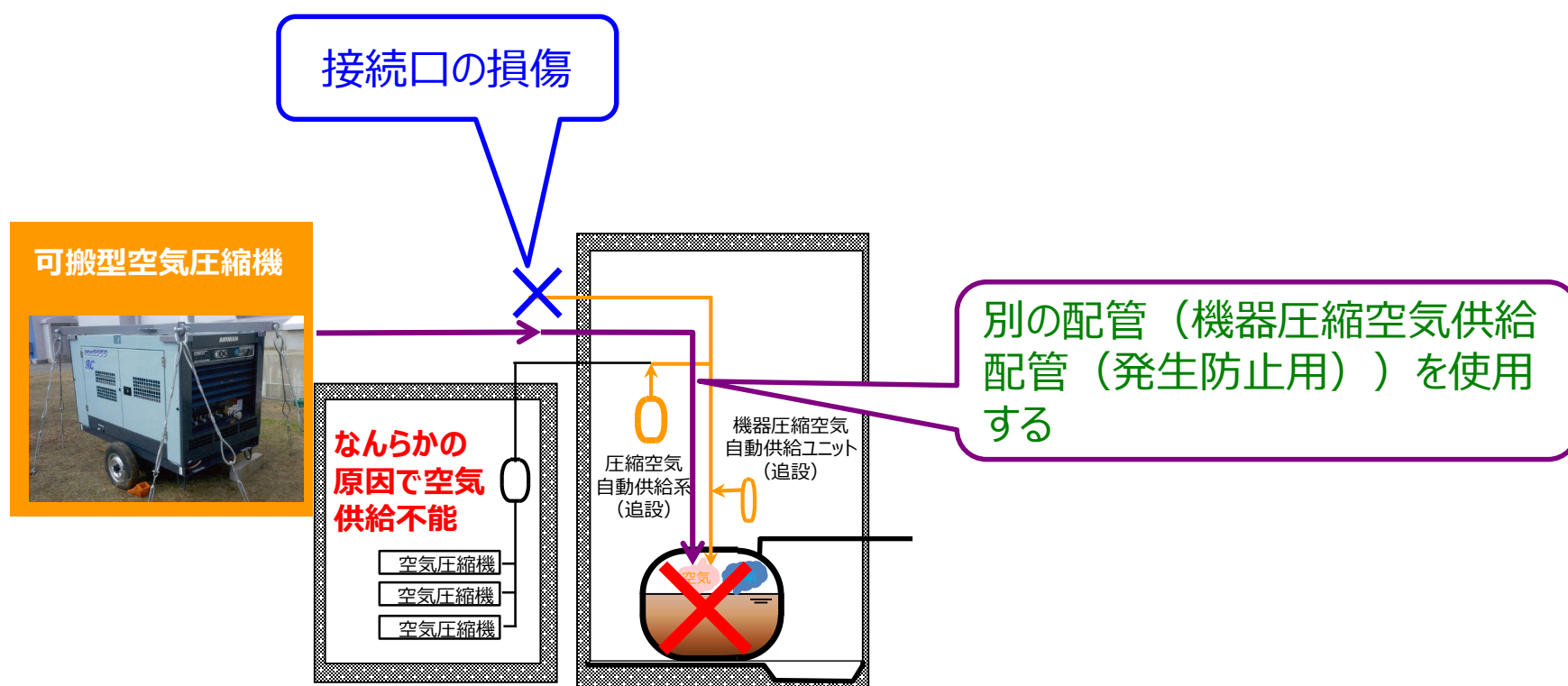
### 可搬型空気圧縮機の接続

### 配管損傷時

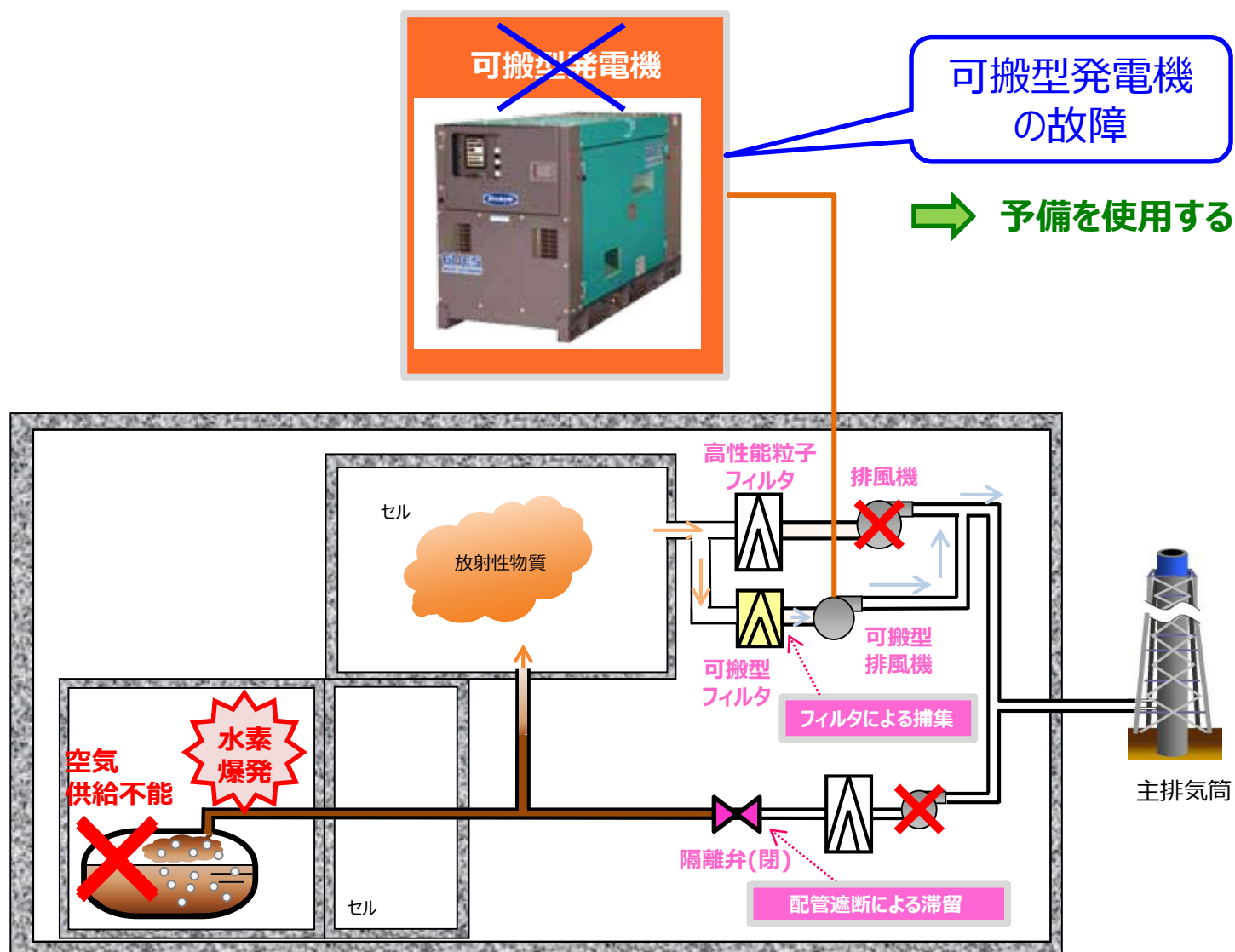
(別の配管に可搬型空気圧縮機を接続)



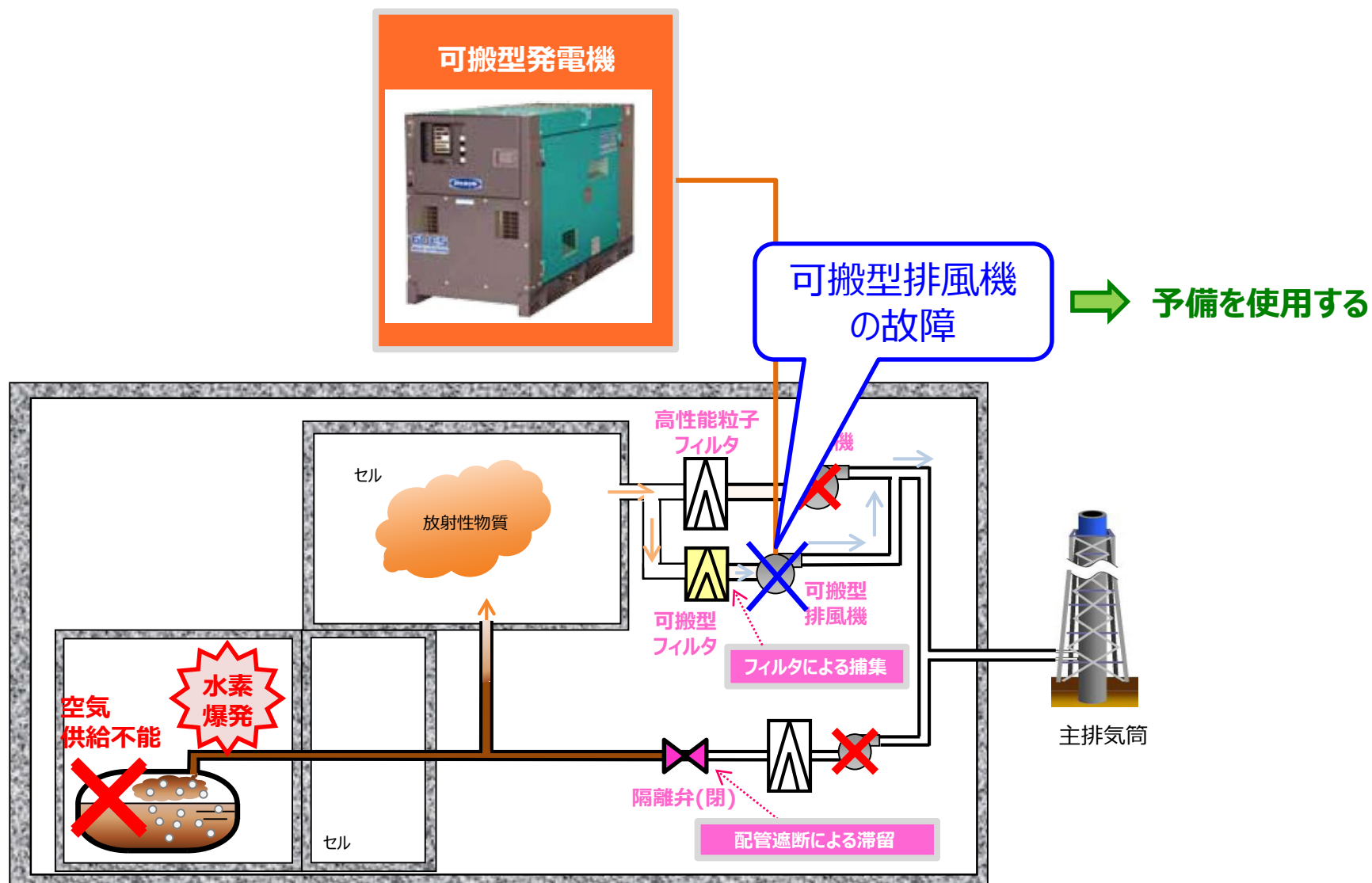
重大事故対策	放射線分解により発生する水素による爆発への対策
件名	(2-3) 圧縮空気を供給するための接続口の使用不可
設備の概要	<p>可搬型建屋内ホースと接続し、放射線分解により発生する水素による爆発の発生防止対策である</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・水素掃気配管からの圧縮空気の供給</li> <li>・機器圧縮空気供給配管（発生防止用）からの圧縮空気の供給に必要な圧縮空気の供給を受ける常設の重大事故対策設備</li> </ul>
トラブル発生時の対応概要	<p>水素掃気配管および機器圧縮空気供給配管（発生防止用）には、放射線分解により発生する水素による爆発への対策に必要な圧縮空気の供給を受けるための接続口をそれぞれ用意する。</p> <p>さらに、いずれの接続口も使用出来るよう、接続部の規格を統一する、または接続治具を用意する。</p> <p>⇒水素掃気配管の接続口が使用出来ない場合には、機器圧縮空気供給配管（発生防止用）およびその接続口を使用して発生防止対策を実施する。</p>



重大事故対策	冷却機能喪失による蒸発乾固および放射線分解により発生する水素による爆発への対策
件名	(3-1) 可搬型発電機の故障
設備の概要	可搬型排風機に対して電力を供給するための可搬型の重大事故対策設備
トラブル発生時の対応概要	<p>可搬型発電機は、冷却機能喪失による蒸発乾固および放射線分解により発生する水素による爆発への対策を実施するために必要な台数に加えて、故障等により使用出来ない場合を想定して予備を用意する。</p> <p>⇒可搬型発電機が使用出来ない場合には、予備の可搬型発電機を使用して、冷却機能喪失による蒸発乾固および放射線分解により発生する水素による爆発への対策を実施する。</p>

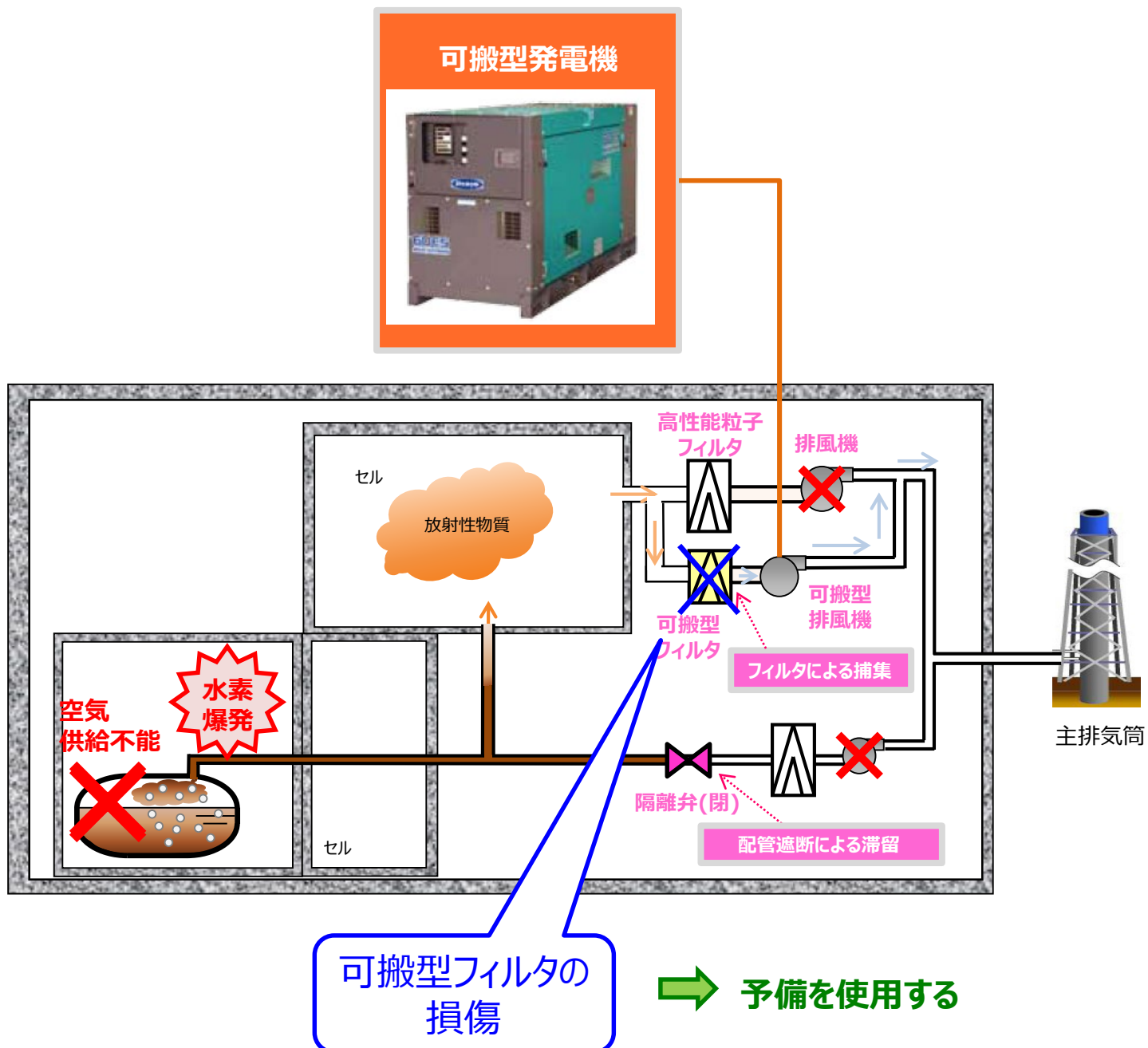


重大事故対策	冷却機能喪失による蒸発乾固および放射線分解により発生する水素による爆発への対策
件名	(3-2) 可搬型排風機の故障
設備の概要	可搬型フィルタにより放射性物質の放出量を低減した上で、通常の経路外から放出することなく主排気筒から放出するための可搬型の重大事故対策設備
トラブル発生時の対応概要	可搬型排風機は、冷却機能喪失による蒸発乾固および放射線分解により発生する水素による爆発への対策を実施するために必要な台数に加えて、故障等により使用出来ない場合を想定して予備を用意する。 ⇒可搬型排風機が使用出来ない場合には、予備の可搬型排風機を使用して、冷却機能喪失による蒸発乾固および放射線分解により発生する水素による爆発への対策を実施する。

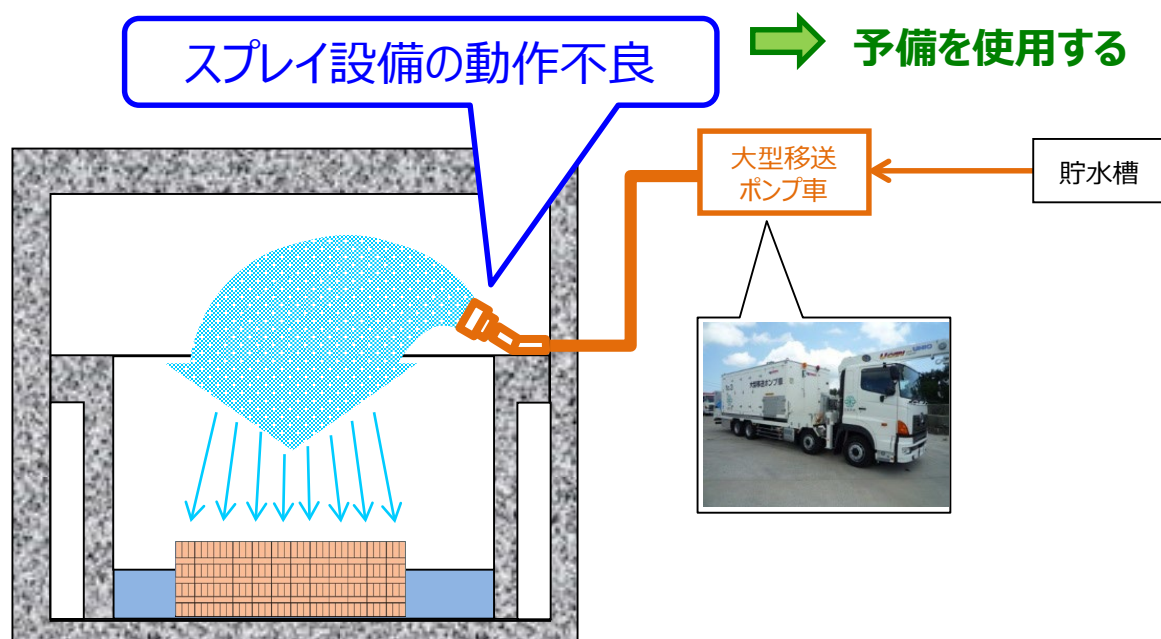




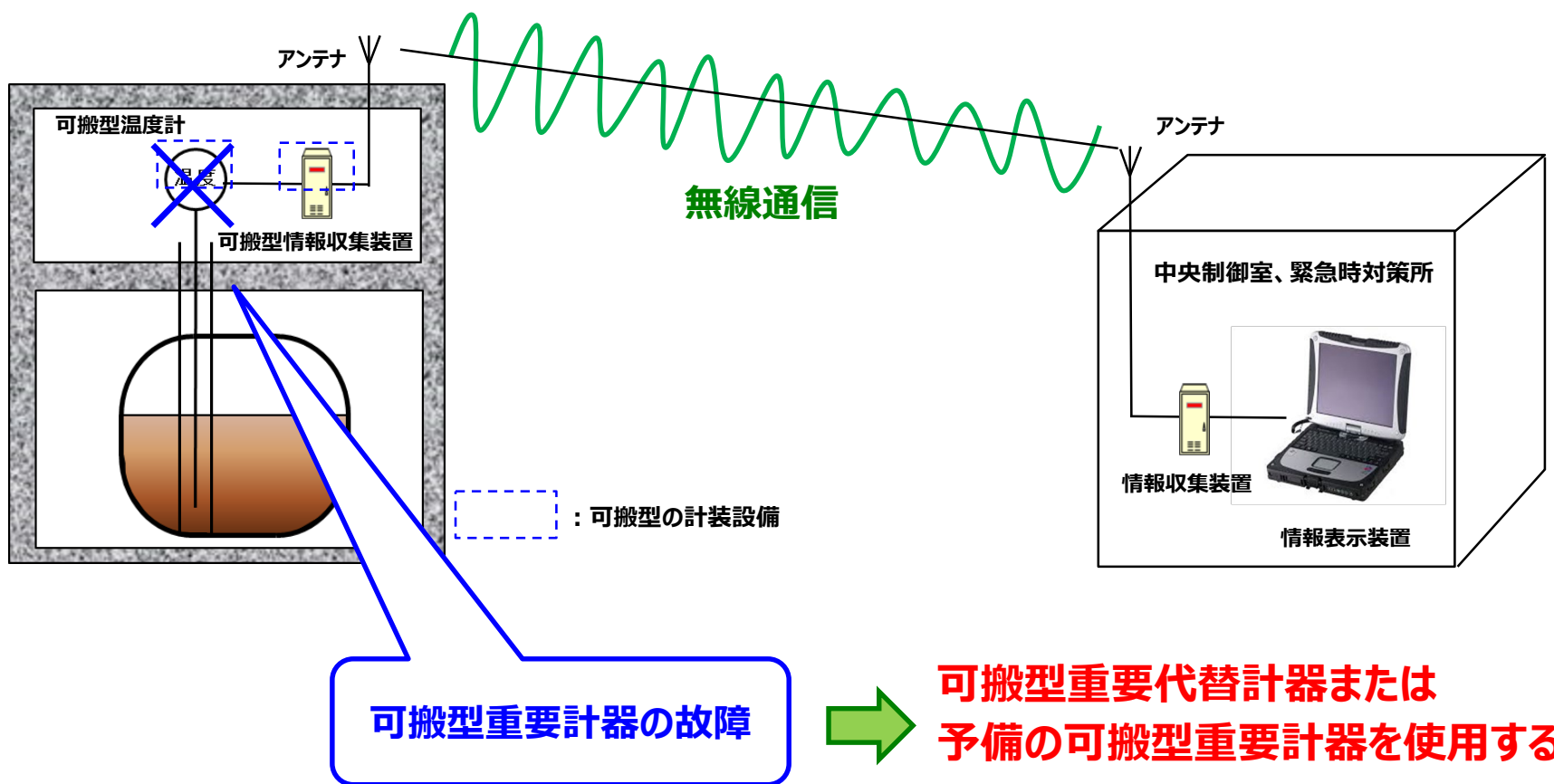
重大事故対策	冷却機能喪失による蒸発乾固および放射線分解により発生する水素による爆発への対策
件名	(3-3) 可搬型フィルタの損傷
設備の概要	放射性物質の放出量を低減するための可搬型の重大事故対策設備
トラブル発生時の対応概要	<p>可搬型フィルタは、冷却機能喪失による蒸発乾固および放射線分解により発生する水素による爆発への対策を実施するために必要な個数に加えて、損傷等により使用出来ない場合を想定して予備を用意する。  ⇒可搬型フィルタが使用出来ない場合には、予備の可搬型フィルタを使用して、冷却機能喪失による蒸発乾固および放射線分解により発生する水素による爆発への対策を実施する。</p>



重大事故対策	使用済燃料の著しい損傷への対策
件名	(4-1) スプレイ設備の動作不良
設備の概要	燃料貯蔵プールの大量漏えい時に、使用済燃料の損傷の進行を緩和するための可搬型の重大事故対策設備
トラブル発生時の対応概要	<p>スプレイ設備は、使用済燃料の損傷の進行を緩和するために必要な個数に加えて、動作不良等により使用出来ない場合を想定して予備を用意する。</p> <p>⇒スプレイ設備が使用出来ない場合には、予備のスプレイ設備を使用して、使用済燃料の損傷の進行を緩和する。</p>



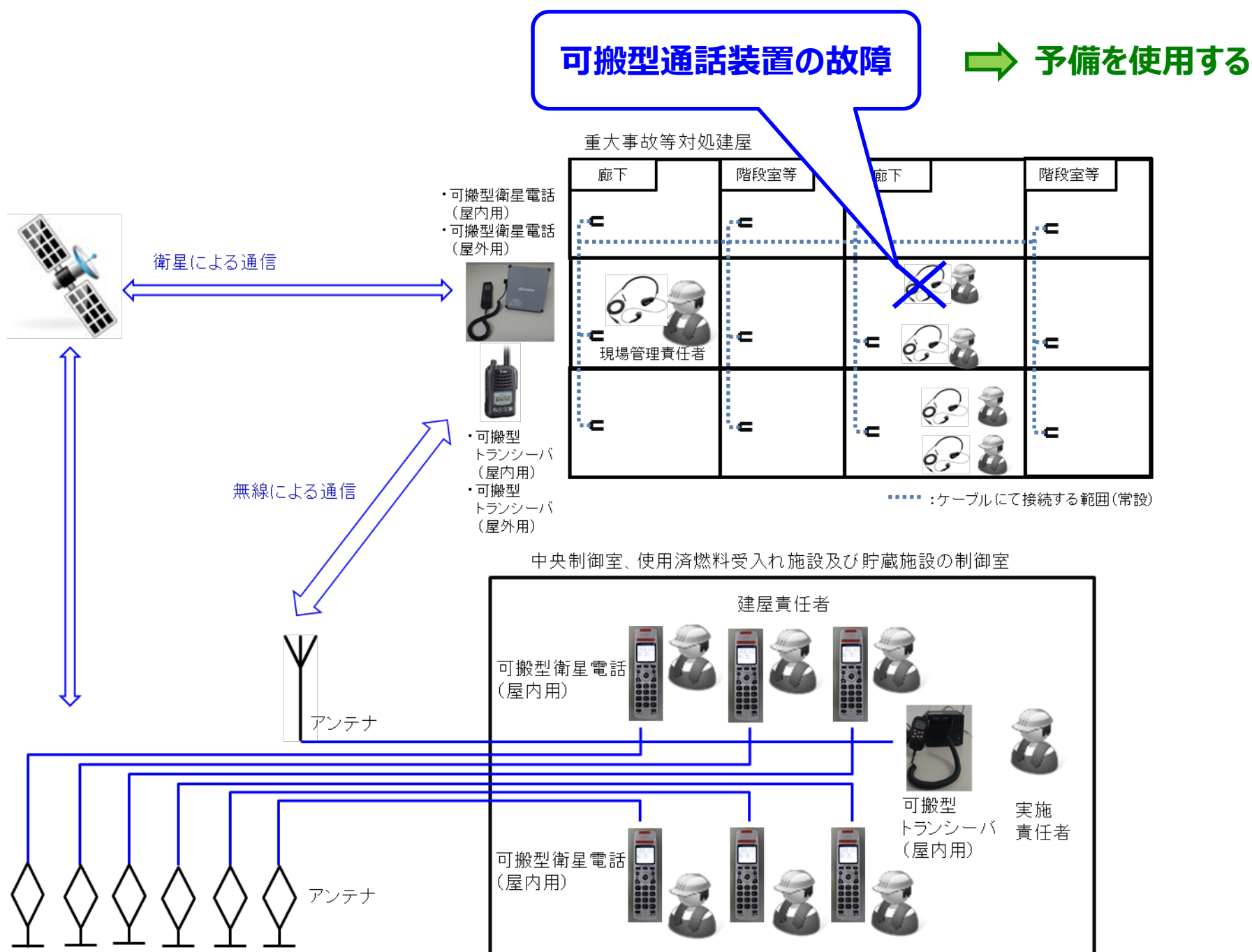
重大事故対策	共通（建屋内）
件名	（５－１）計装設備（温度計、圧力計等の可搬型重要計器※ <sup>1</sup> ）の故障
設備の概要	各対策の手順に用いるパラメータを測定するための可搬型重要計器
トラブル発生時の対応概要	可搬型重要計器は、故障等により使用出来ない場合を想定して、可搬型重要代替計器※ <sup>2</sup> または予備の可搬型重要計器を用意する。 ⇒可搬型重要計器が使用出来ない場合には、可搬型重要代替計器又は予備の可搬型重要計器を使用して、各対策を実施する。



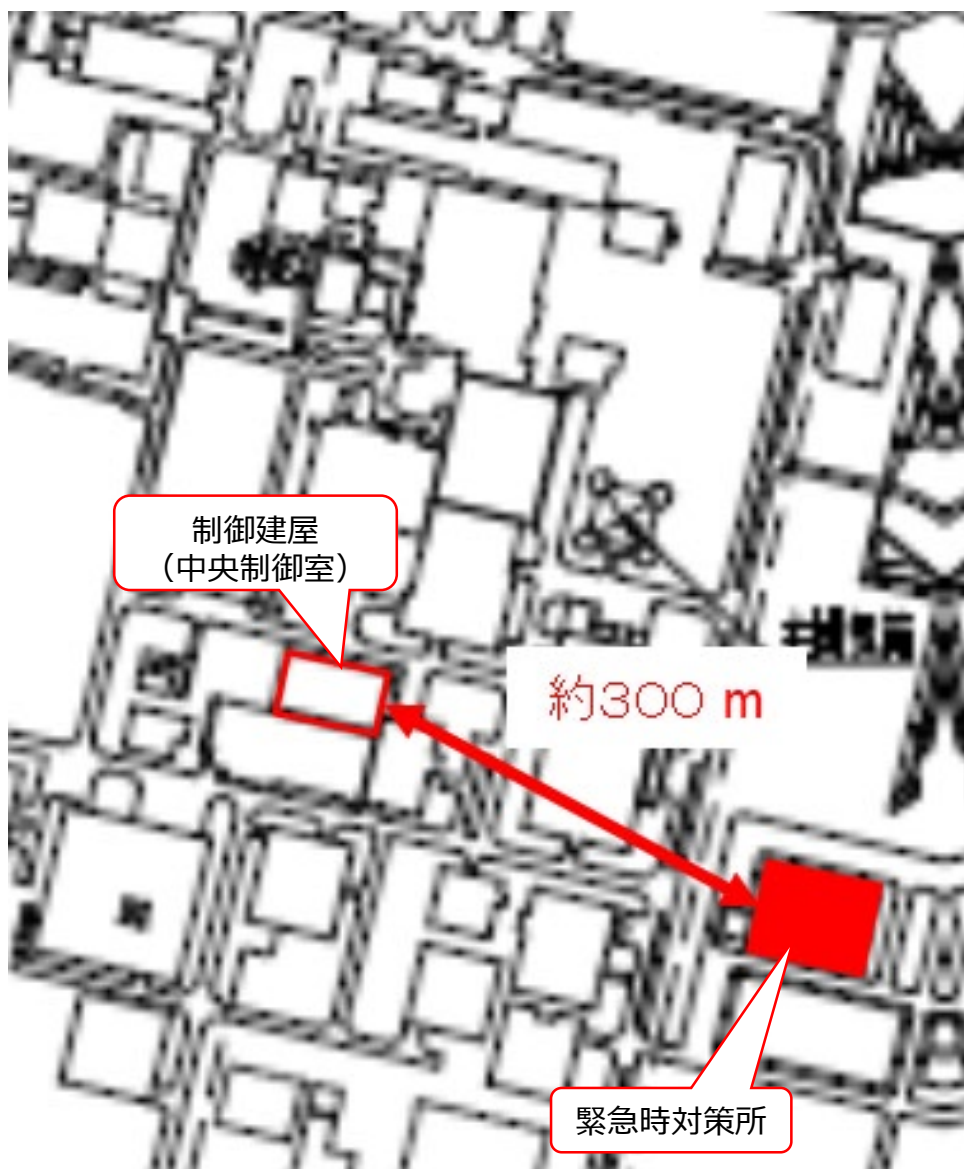
《解説》

- ※<sup>1</sup> 可搬型重要計器・・・重大事故等の際に再処理施設の状態を直接監視するために必要なパラメータ(温度、圧力等)を測定する可搬型計器
- ※<sup>2</sup> 可搬型重要代替計器・・・可搬型重要計器で測定するデータを推定、又は推測することが可能なパラメータを測定する可搬型計器

重大事故対策	共通（建屋内）
件名	（５－２）可搬型通話装置の故障
設備の概要	対策の実施にあたり、建屋内作業者と現場管理責任者との間で通話を行うための可搬型通話装置
トラブル発生時の対応概要	<p>可搬型通話装置は、各対策を実施するために必要な台数に加えて、故障等により使用出来ない場合を想定して予備を用意する。</p> <p>⇒可搬型通話装置が使用出来ない場合には、予備の可搬型通話装置を使用して、各対策を実施する。</p>



重大事故対策	共通（建屋内）
件名	（５－３）制御室の使用不可
設備の概要	各対策を実施する実施組織の要員の活動拠点
トラブル発生時の対応概要	<p>緊急時対策所と制御建屋は、離隔距離を確保するとともに、必要な情報を把握出来る設備を備えること等によって、共通要因により同時に機能喪失しない設計とする。</p> <p>⇒活動拠点として中央制御室が使用出来ない場合には、緊急時対策所を活動拠点として対策を継続する。</p>



~~活動拠点（中央制御室）~~

制御室の使用不可

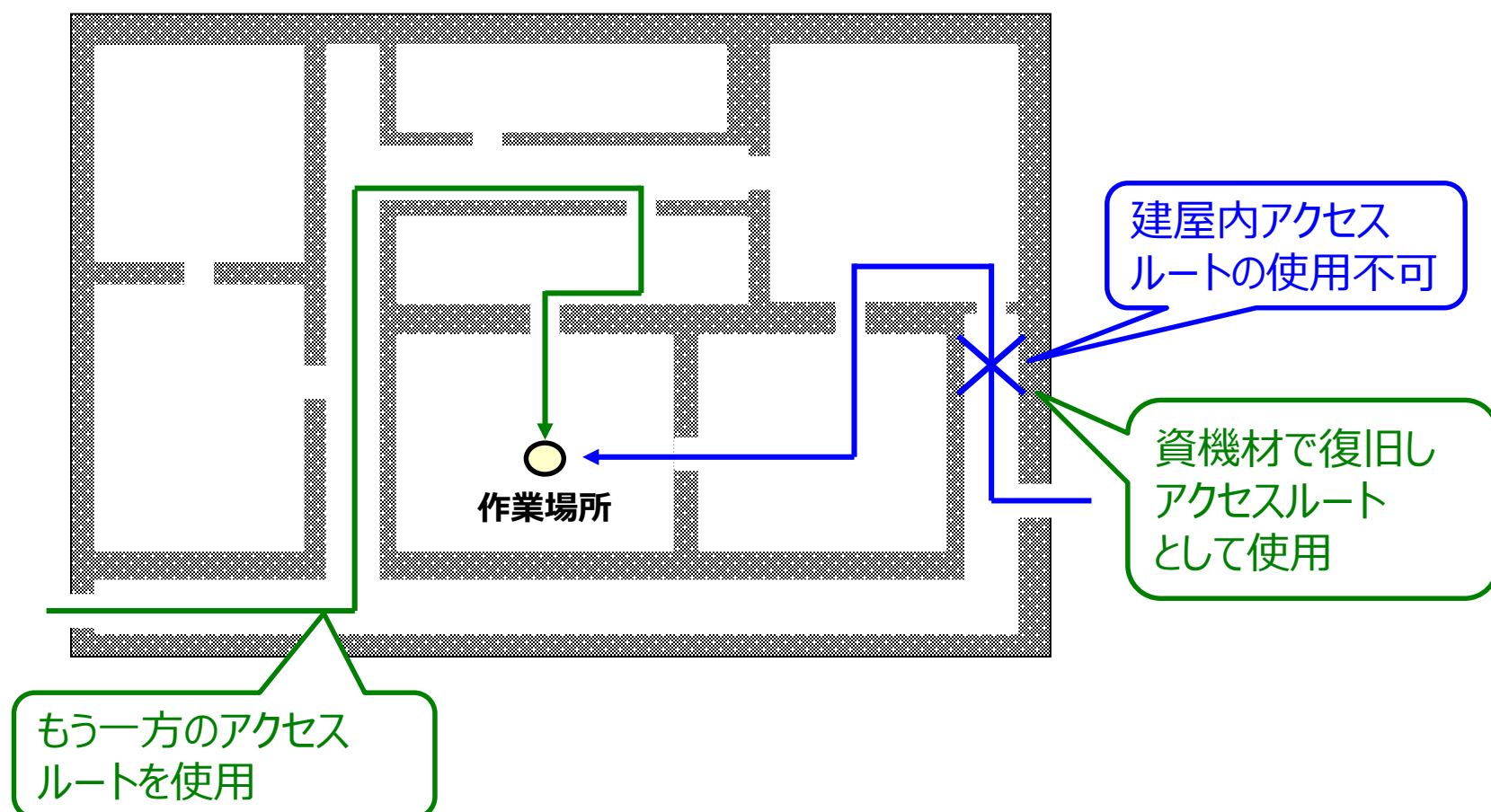


緊急時対策所を使用して対策を継続

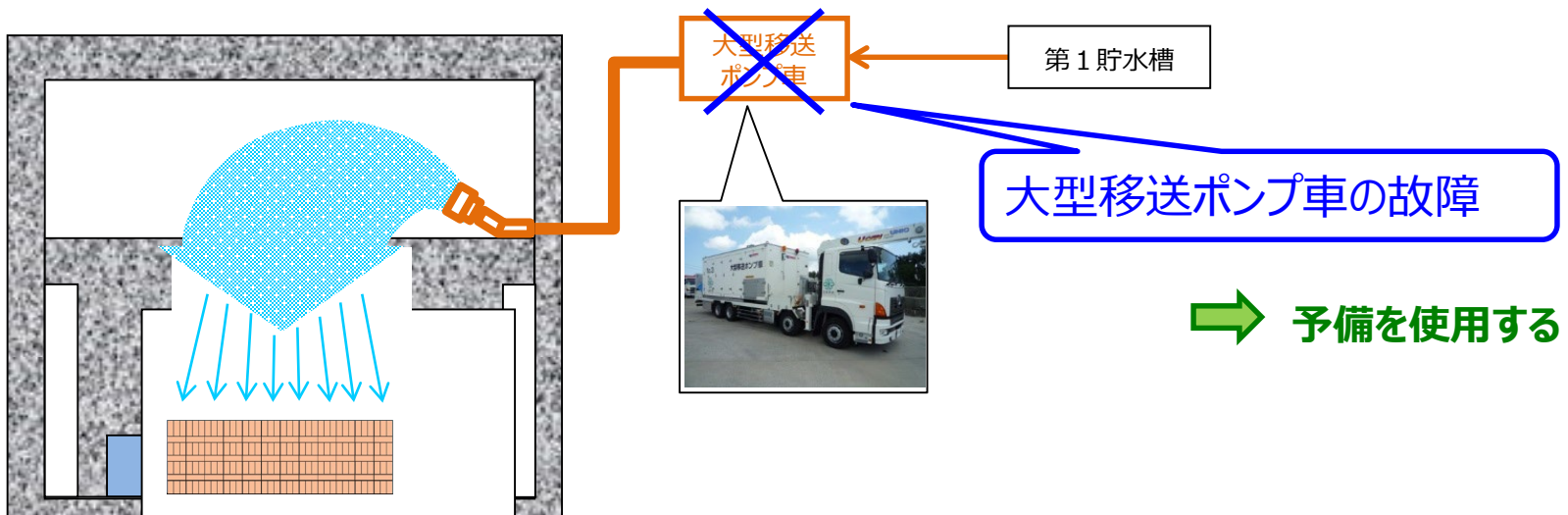
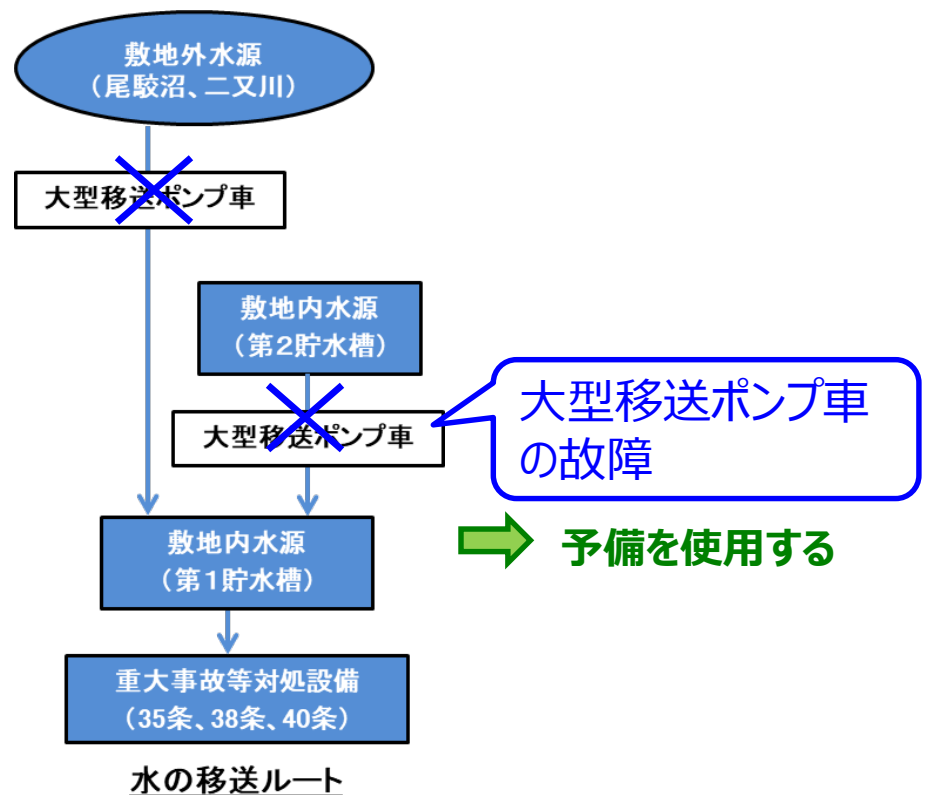
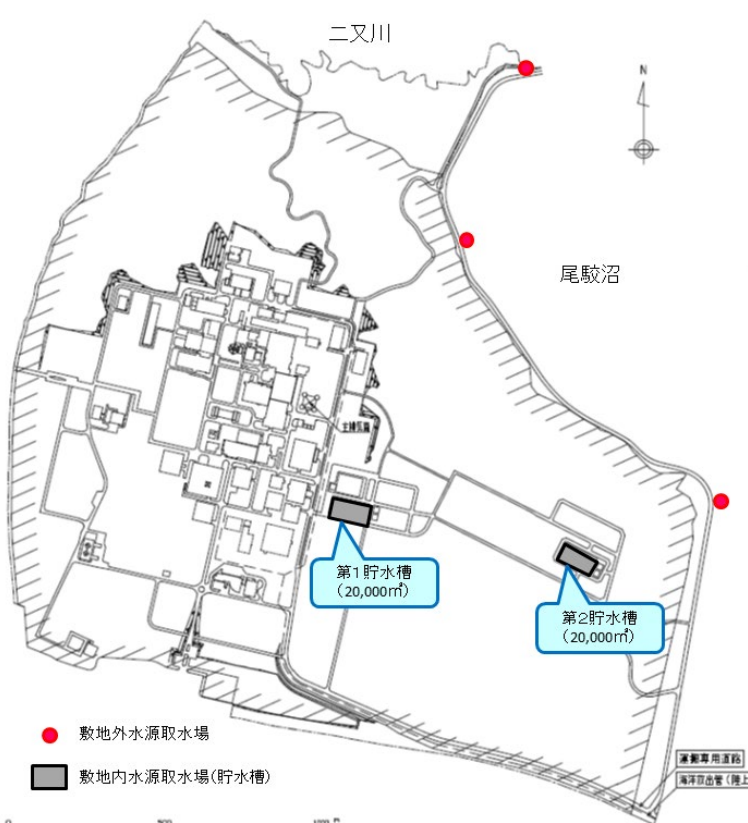


活動拠点（緊急時対策所（イメージ））

重大事故対策	共通（建屋内）
件名	（５－４）建屋内アクセスルートの使用不可
設備の概要	各対策を実施において、要員の移動、可搬型の重大事故対策設備の運搬、布設に使用する通路等
トラブル発生時の対応概要	<p>可能な限り複数のアクセスルートを準備するとともに、アクセスルート復旧のための資機材（せん断装置類）を用意する。</p> <p>⇒建屋内のアクセスルートが使用出来ない場合には、速やかに他のアクセスルートを使用することで対策を実施する。</p> <p>また、落下物によりアクセスルートを使用出来ない場合には、資機材（せん断装置類）により除去し、アクセスルートを復旧することで対策を実施する。</p>

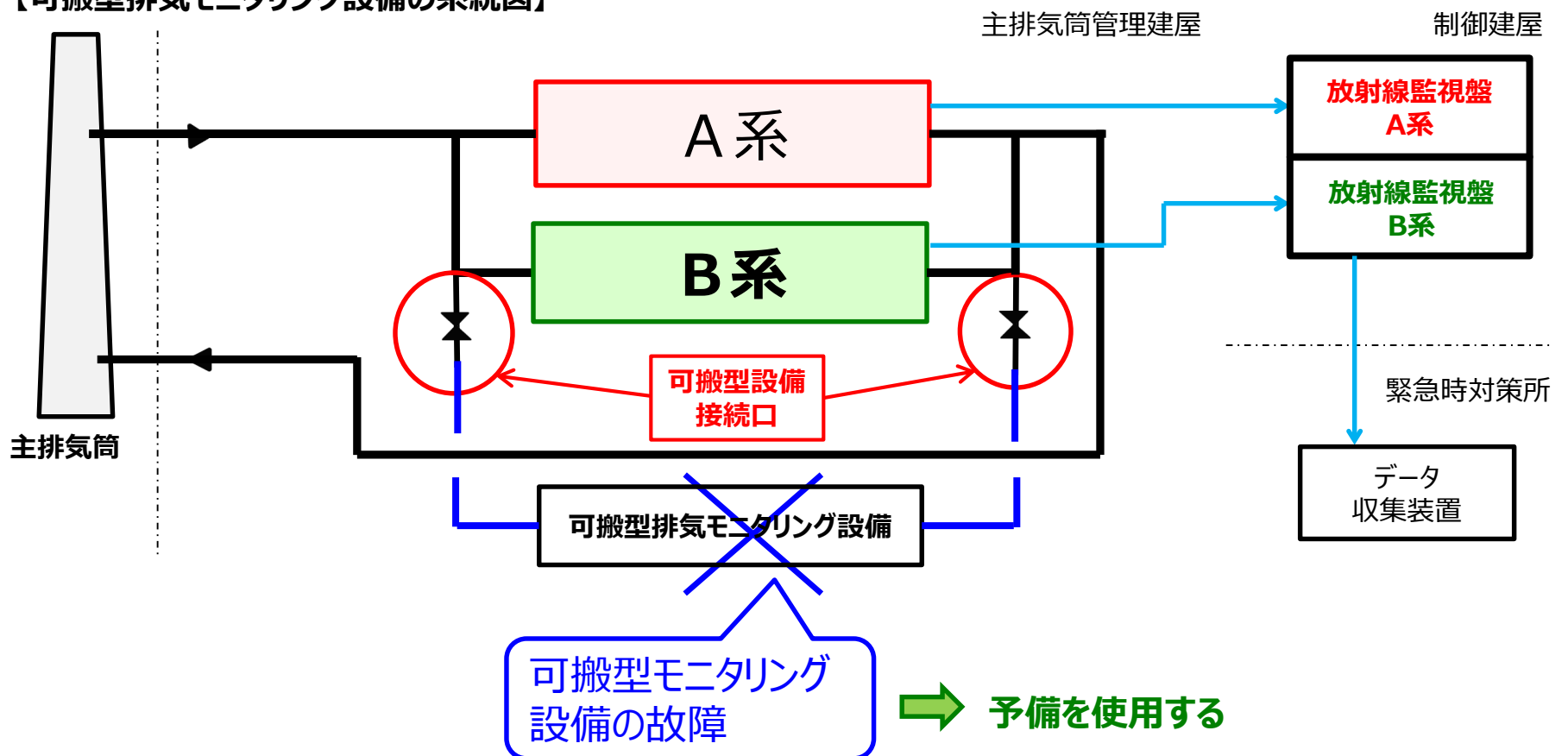


重大事故対策	共通（建屋内）
件名	（6－1）大型移送ポンプ車の故障
設備の概要	燃料貯蔵プールが水位が維持出来ない場合において、使用済燃料へのスプレイを実施するために貯水槽から使用済燃料受入れ・貯蔵建屋に水を移送するとともに、敷地外水源（尾駱沼、二又川）から取水し貯水槽に水を移送するための可搬型の重大事故対策設備
トラブル発生時の対応概要	<p>大型移送ポンプ車は、使用済燃料へのスプレイを実施するとともに、敷地外水源（尾駱沼、二又川）から取水し貯水槽に水を移送するために必要な台数に加えて、故障等により使用出来ない場合を想定して予備を用意する。</p> <p>⇒大型移送ポンプ車が使用出来ない場合には、予備の大型移送ポンプ車を使用して、使用済燃料へのスプレイおよび敷地外水源（尾駱沼、二又川）から貯水槽への水の移送を実施する。</p>



重大事故対策	共通（建屋内）
件名	（6－2）可搬型モニタリング設備の故障
設備の概要	主排気筒ガスモニタが使用出来ない場合に、主排気筒に接続して、主排気筒から放出される放射性物質量を測定するための可搬型の重大事故対策設備
トラブル発生時の対応概要	可搬型モニタリング設備は、必要な台数に加えて、故障等により使用出来ない場合を想定して予備を用意する。 ⇒可搬型モニタリング設備が使用出来ない場合には、予備の可搬型モニタリング設備を使用して、主排気筒から放出される放射性物質量の測定を実施する。

【可搬型排気モニタリング設備の系統図】





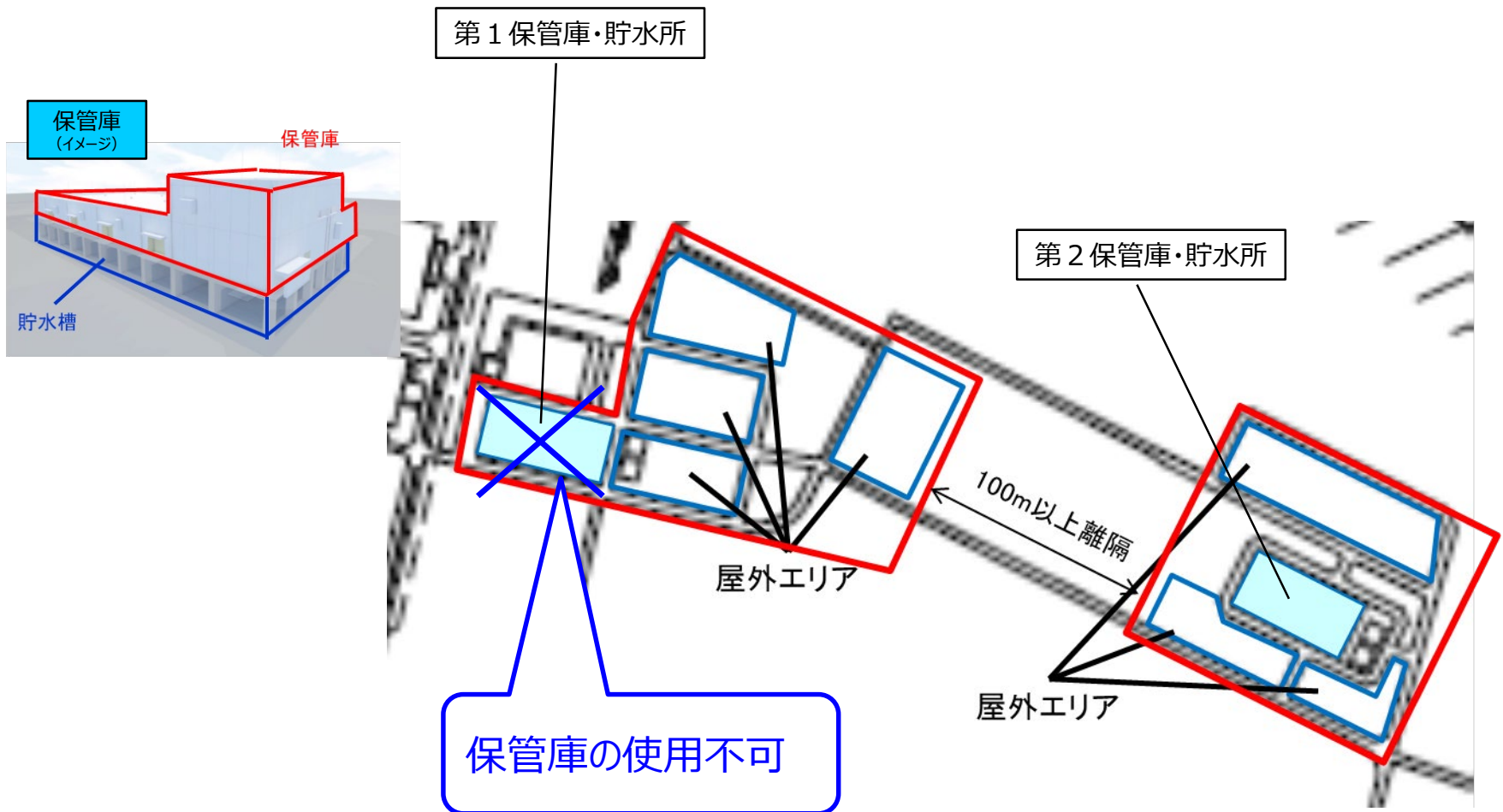
重大事故対策	共通（建屋内）
件名	（6－3）タンクローリーの故障
設備の概要	燃料貯蔵設備から、燃料（重油、軽油）を必要とする重大事故対策設備に対して燃料を運搬するための可搬型の重大事故対策設備
トラブル発生時の対応概要	<p>タンクローリーは、燃料を必要とする重大事故対策設備に対して燃料を運搬するための必要な台数に加えて、故障等により使用出来ない場合を想定して予備を用意する。</p> <p>⇒タンクローリーが使用出来ない場合には、予備のタンクローリーを使用して、燃料を必要とする重大事故対策設備への燃料の運搬を実施する。</p>



重大事故対策	共通（建屋内）
件名	（6－4）敷地外水源（尾駁沼、二又川）からの取水不可
設備の概要	重大事故対策に必要な水を継続的に供給するための取水箇所
トラブル発生時の対応概要	<p>敷地外水源として、尾駁沼に二ヶ所、二又川に一ヶ所を確保し、いずれの水源からでも取水および貯水槽への水の移送が可能な設備（ポンプ、ホース等）を用意する。</p> <p>⇒敷地外水源が使用出来ない場合であっても、他の敷地外水源を使用することで、重大事故対策に必要な水を取水する。</p>

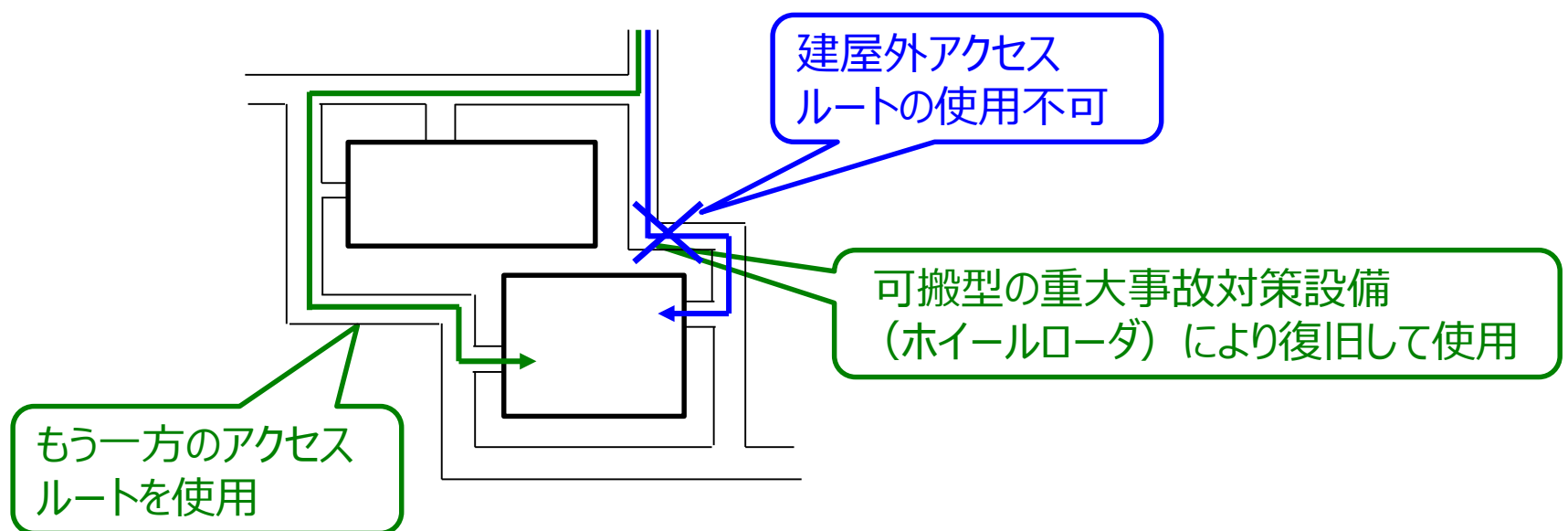


重大事故対策	共通（建屋内）
件名	（6－5）保管場所（保管庫）の使用不可
設備の概要	可搬型の重大事故対策設備を保管するエリア
トラブル発生時の対応概要	<p>屋外に保管する可搬型の重大事故対策設備は、複数の保管場所に保管する。</p> <p>⇒保管場所が使用出来ない場合であっても、他の場所に保管している可搬型の重大事故対策設備を使用することで、重大事故対策を実施する。</p>



➡ **他の保管場所に保管する可搬型の重大事故対策設備を使用する**

重大事故対策	共通（建屋内）
件名	（6－6）建屋外アクセスルートの使用不可
設備の概要	各対策を実施において、要員の移動、可搬型の重大事故対処設備の運搬、布設に使用する道路等
トラブル発生時の対応概要	<p>可能な限り複数のアクセスルートを準備するとともに、アクセスルート復旧のための可搬型の重大事故対策設備（ホイールローダ）を用意する。</p> <p>⇒建屋外のアクセスルートが使用出来ない場合には、速やかに他のアクセスルートを使用することで対策を実施する。</p> <p>また、ガレキの散乱や不等沈下によりアクセスルートを使用出来ない場合には、可搬型の重大事故対策設備（ホイールローダ）により復旧し、アクセスルートを復旧することで対策を実施する。</p>



### 3. 安全確保への取り組み

#### 3-6. 先行施設のトラブル等の反映

## (1) 原子力施設等の事故・故障等に係る事象の国際原子力事象評価尺度 (INES)

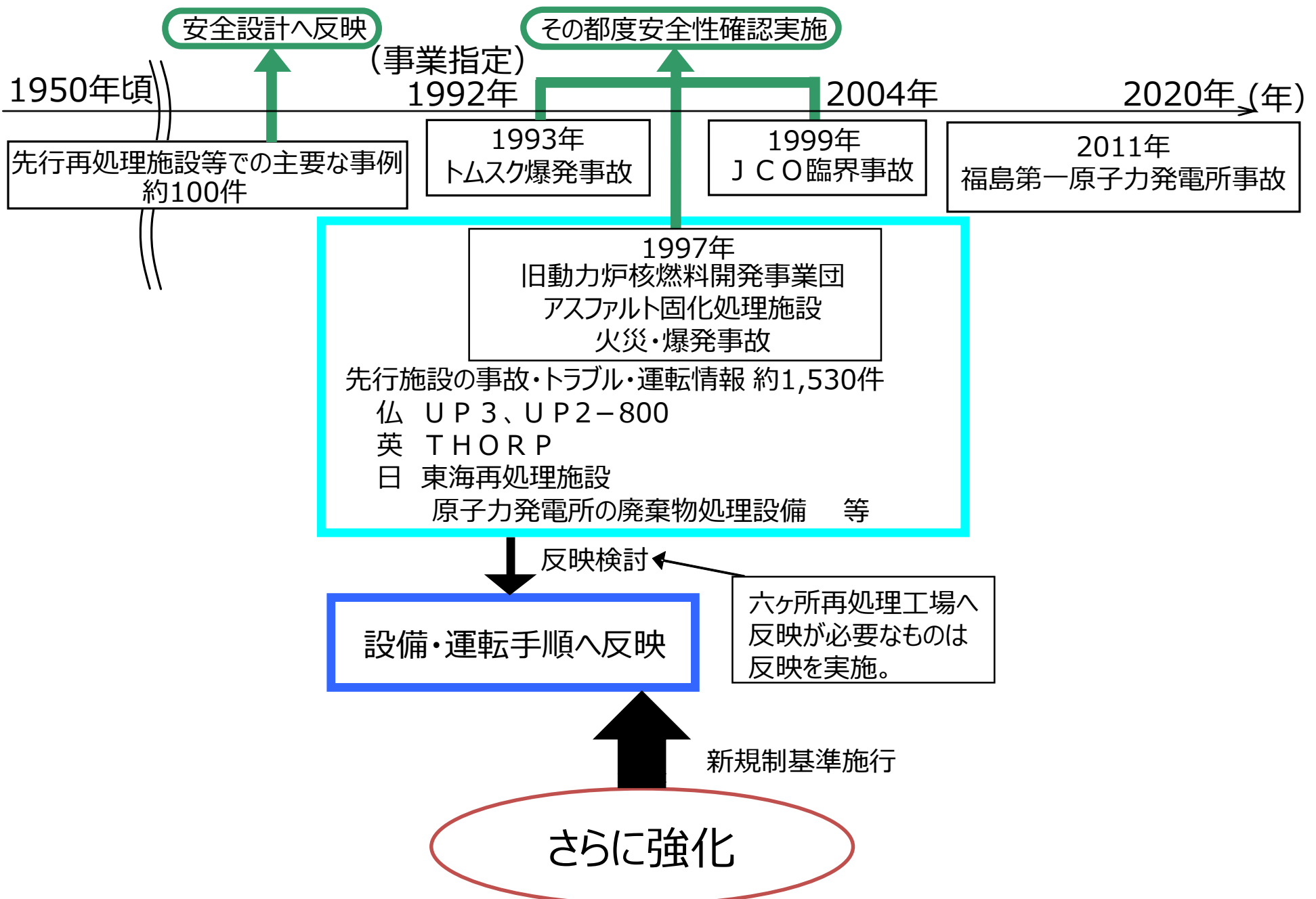
トラブル等の影響度合い(重大性)は、国際原子力機関 (IAEA) と経済協力開発機構の原子力機関 (OECD/NEA) が策定した国際的に共通な評価尺度 (INES) で評価されます。

	レベル	影響の範囲 (3つの基準のうち最も高いレベルが当該事象の評価結果となる)			参考事例	
		基準 1	基準 2	基準 3		
		人と環境	施設における放射線バリアと管理	深層防護		
(アクシデント) 事故 ↑ ↓ (インシデント) 異常な事象 ↑ ↓ (サブエーション) 尺度以下	7	深刻な事故	● 広範囲におよぶ健康と環境への影響を伴った放射性物質の深刻な放出(計画的、広域封鎖が必要)		● 旧ソ連 チェルノブイリ発電所 火災・爆発事故 (1986年) (注) ● (暫定評価) 東北地方太平洋沖地震による福島第一原子力発電所事故 (2011年)	
	6	重大な事故	● 計画的な封鎖が必要となる相当量の放射性物質の放出		● 旧ソ連 キシュチム再処理施設 (軍事施設)爆発事故 (1957年) (注)	
	5	広範囲への影響を伴う事故	● 計画的封鎖が必要な限られた量の放射性物質の放出	● 公衆が著しい被ばくを受ける可能性の高い施設内の放射性物質の大量放出		● アメリカ シーマライト発電所 放射性物質の異常放出 (1979年) (注)
	4	局所的な影響を伴う事故	● 地域の食品制限以外には計画的封鎖等を必要としない軽微な放射性物質の放出	● 公衆が著しい大規模被ばくを受ける可能性の高い相当量の放射性物質の放出		● JCO燃料加工工場臨界事故 (1999年)
	3	重大な異常事象	● 従事者が年間許容量の10倍を被ばく ● 放射線からの非致死の確定的影響	● 運転区域内での1Sv(シーベルト)/時を超える被ばく線量率 ● 公衆が著しい被ばくを受ける可能性は低い設計で予想していない区域での重大な汚染	● 安全設備が残されていない原子力施設における事故寸前の状態 ● 高放射能密封源の紛失または盗難	● 旧動力炉核燃料開発事業団 (現日本原子力研究開発機構) 再処理工場 アスファルト固化処理施設火災・爆発事故 (1997年)
	2	異常事象	● 10mSv(ミリシーベルト)を超える公衆の被ばく ● 放射線作業従事者の被ばく限度 (1年間)超過	● 50mSv(ミリシーベルト)/時を超える運転区域での放射線レベル ● 設計で予想していない施設内の域内の相当量の汚染	● 実際の影響を伴わない安全設備の重大な欠陥	● フランス 再処理工場 所内電源装置喪失 (1989年) (注) ● 美浜発電所 2号機 蒸気発生器伝熱管損傷事故 (1991年) ● 大洗研究開発センター 燃料研究棟作業員被ばく事故(2017年)
	1	逸脱			● 法令による限度を超えた公衆の過大被ばく ● 低放射能の線源の紛失または盗難	● 当社 高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備排風機の一部停止(No.10-2) (2008年5月14日) ● 旧動力炉核燃料開発事業団 もんじゅ 二次系ナトリウム漏えい (1995年)
0	尺度未満	安全上重要ではない事象			● 当社 エンドピース酸洗浄槽におけるバスケットの一部変形(No.10-1) (2007年10月11日) ● 当社 ガラス溶融炉運転性能確認試験の停止(No.10-3) (2008年7月3日)	
	評価対象外	安全に関係しない事象				

※注記のトラブル事例は、INESが正式に適用される以前に発生したものであり、公式に評価されたものではありません。INESの基準で評価すればこのようになるであろうと推定したものです。

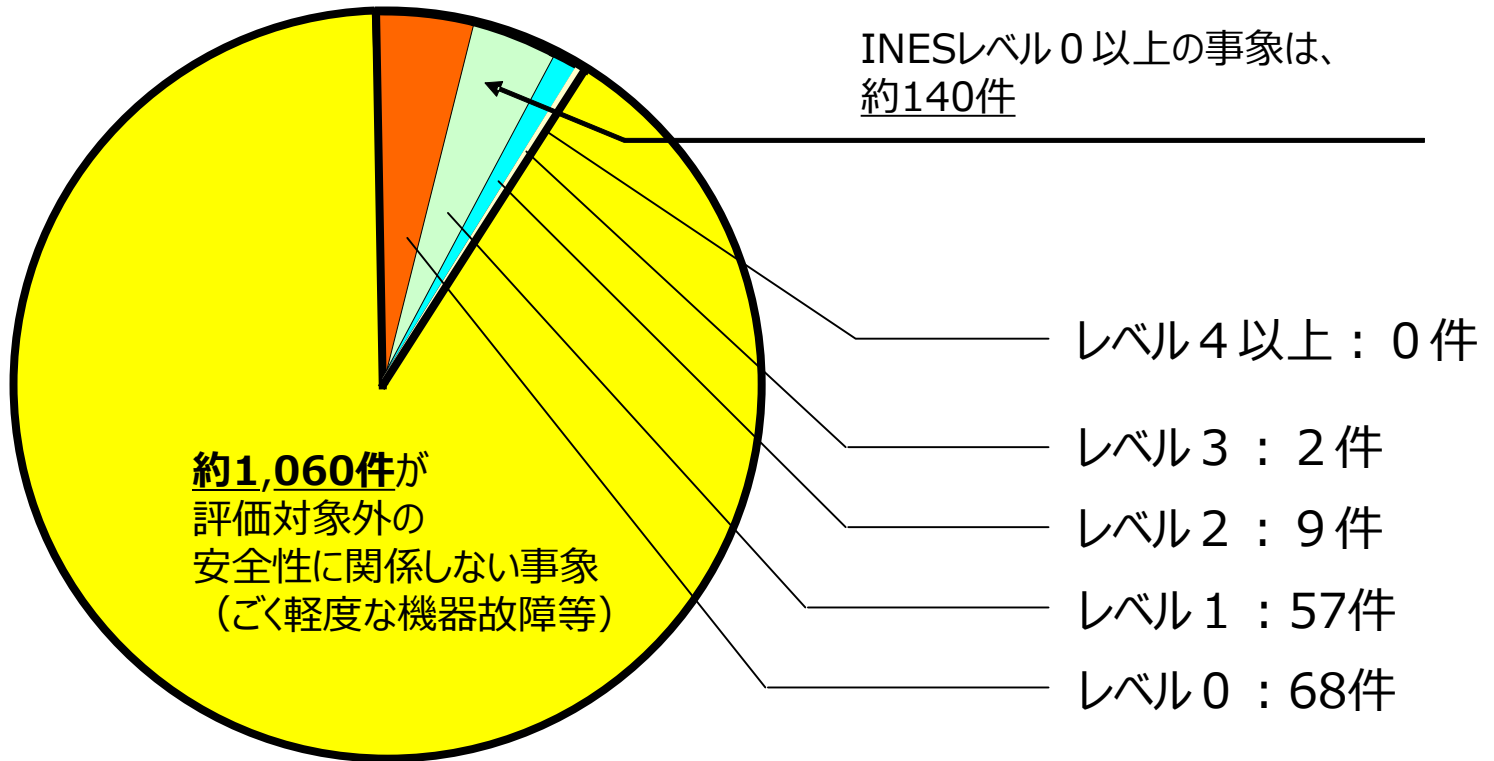
## (2) 先行施設におけるトラブル情報等の反映検討実績

- 1) 基本設計段階において、設備および運転手順への反映について検討が必要な先行再処理施設等でのトラブル等の情報約100件を収集・分析し、必要な事項の安全設計への反映を実施しました。その安全設計の妥当性については、再処理事業指定申請における安全審査により国の安全性確認がなされました。
- 2) 事業指定後に発生した、トムスク爆発事故、旧動力炉核燃料開発事業団アスファルト固化処理施設火災・爆発事故、JCO臨界事故については、同様の事故に対する防止対策の再確認および追加措置の検討等を実施し、安全性を確認しました。
- 3) 1990年以降は、旧COGEMA社、旧BNFL社、旧核燃料サイクル開発機構と技術提携を行い、事故・トラブル情報、運転情報約1,530件を入手し、安全面はもとより、商業施設としての安定操業の観点からも設備、運転手順への反映事項の整理・洗い出しを行い、それらの事項の反映を行っています。
- 4) 福島第一原子力発電所事故の教訓および海外の知見などを反映して定められた“新規制基準(2013年12月施行)”を踏まえ、さらなる安全性向上のための取組みを強化します。



### (3) 先行施設におけるトラブル等の国際原子力事象評価尺度 (INES) レベル0以上の事象

旧COGEMA社、旧BNFL社、旧核燃料サイクル開発機構から入手したトラブルや故障等の情報収集総件数：**約1,300件**



対象期間：1989年～2003年

※ 上図は前述の入手情報約1,530件のうち、旧COGEMA社、旧BNFL社、旧核燃料サイクル開発機構の情報で、かつ、INESによる評価適用以降の情報をとりまとめたものです。

先行施設のトラブル等を分析すると、INESの評価対象外もしくは、規制当局への報告義務のない、ごく軽度な機器故障等であり、安全に影響をおよぼさないものが大半です。

(なお、事象を評価する際の正確な国際的整合性を確保することが困難であることから、INESを各国間の安全達成状況の比較に使用することは出来ません。)

