

# 東海再処理施設の廃止措置計画

— 東海再処理施設の安全対策に係る変更 —

令和3年5月20日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構  
核燃料サイクル工学研究所

# 目次

はじめに

## 1. 東海再処理施設の廃止措置計画の概要

- 1.1 東海再処理施設の概要
- 1.2 廃止措置における安全上の留意事項
- 1.3 廃止措置の主な方針
- 1.4 廃止措置の工程
- 1.5 東海再処理施設の廃止措置計画

## 2. 東海再処理施設(HAW・TVF)の安全対策

- 2.1 基本方針
- 2.2 安全対策の進め方

- 2.3 事故対処
- 2.4 竜巻対策
- 2.5 火山事象対策
- 2.6 外部火災対策(森林火災を含む)
- 2.7 制御室の安全対策

## 3. HAW・TVFにおける事故対処の有効性評価

- 3.1 HAW・TVFにおける事故対処
- 3.2 事故の選定
- 3.3 事故対処の方法
- 3.4 事故対処の有効性評価
- 3.5 事故対処の有効性評価の結果

## 4. 安全対策に係る今後の予定

おわりに

## これまでに報告した範囲:

- ✓ 平成30年度第1回茨城県原子力安全対策委員会  
(平成30年8月22日)  
「国立研究開発法人日本原子力研究開発機構  
核燃料サイクル工学研究所再処理施設  
(東海再処理施設)の廃止措置計画について」
- ✓ 令和2年度第2回茨城県原子力安全対策委員会  
(令和2年7月22日)  
「国立研究開発法人日本原子力研究開発機構  
核燃料サイクル工学研究所再処理施設  
(東海再処理施設)の廃止措置計画について」

## 今回の報告範囲

HAW: 高放射性廃液貯蔵場  
TVF: ガラス固化技術開発棟

# はじめに

- 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核燃料サイクル工学研究所 再処理施設（以下「**東海再処理施設**」という。）は、原子力規制委員会に対して、平成29年6月30日に**東海再処理施設の廃止措置計画**を認可申請し、**平成30年6月13日に認可**を受けた。
- また、「**原子力施設周辺の安全確保及び環境保全に関する協定**」に基づき、茨城県及び東海村に対して、平成29年6月30日に東海再処理施設の廃止措置計画を提出し、茨城県原子力審議会（平成30年1月31日，3月29日），茨城県原子力安全対策委員会（8月22日）における審議を経て、**平成30年10月4日に同計画への同意**を受けた。
- その後、前回（令和2年7月22日）の茨城県原子力安全対策委員会では、原子力規制委員会より**変更認可を受けた廃止措置計画**の詳細（「安全対策の検討に用いる地震動，津波，竜巻及び火山事象」，「東海再処理施設（HAW・TVF）の安全対策」）を報告し、**令和2年8月3日及び7日に同計画への同意**を受けた。
- 今回は、前回以降、**原子力規制委員会より変更認可を受け詳細な工程や方法等が具体化した廃止措置計画**について報告する。
  - (1) **東海再処理施設（HAW・TVF）の安全対策**  
（変更申請：令和2年8月7日※，認可：令和2年9月25日，同意：令和2年10月29日）
  - (2) **HAW・TVFにおける事故対処の有効性評価**  
（変更申請：令和2年10月30日※，認可：令和3年1月14日，同意：令和3年1月27日）  
（変更申請：令和3年2月10日※，認可：令和3年4月27日）

※「原子力施設周辺の安全確保及び環境保全に関する協定」に基づく廃止措置計画書は、東海再処理施設の廃止措置計画の変更申請と同日に提出している。

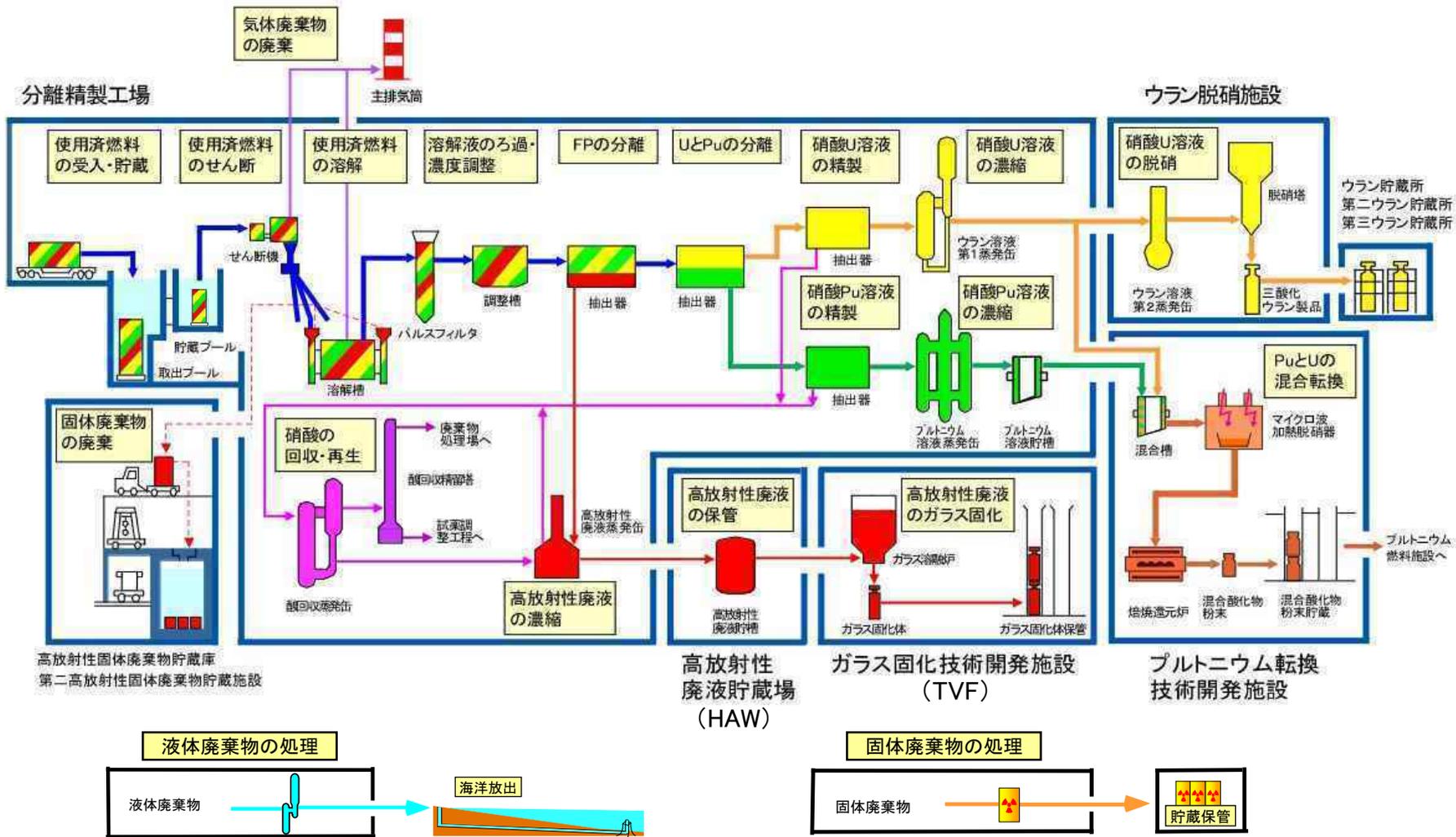
# 1. 東海再処理施設の廃止措置計画の概要

# 1.1 東海再処理施設の概要 — 施設の位置 —



# 1.1 東海再処理施設の概要

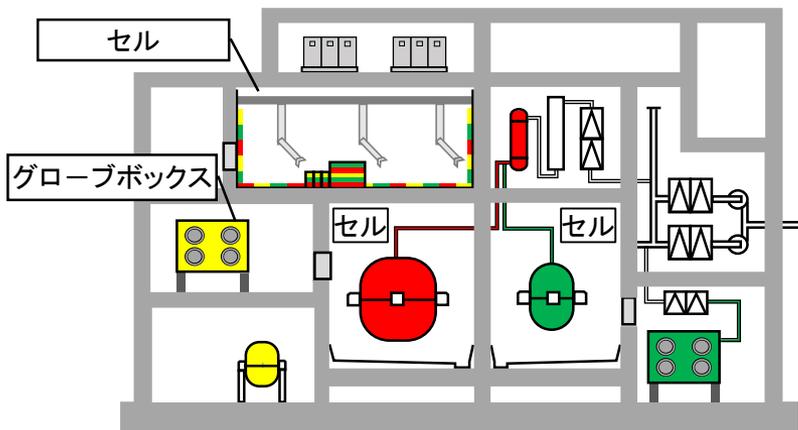
## — 工程概要 —



※廃止措置段階であることから、新たな使用済燃料の持込/再処理は行わない。

### 再処理施設

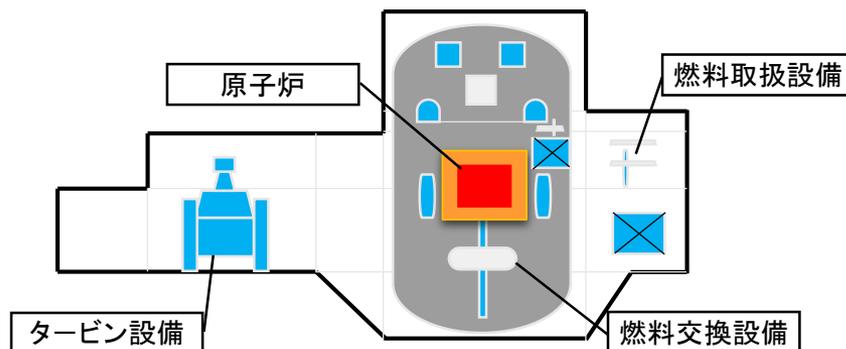
- : FP/TRU系 (放射線量が比較的高い)
- : Pu系 (放射線量が比較的低い)
- : U系 (放射線量が極めて低い)



- **放射性物質を扱う機器, 配管が広範囲に汚染** (放射性物質が付着)。
- セル内, グローブボックス内等広い面積が汚染。
- 核分裂生成物(FP), 長半減期のウラン(U)・プルトニウム(Pu)が混在または分離しており, 工程毎に組成が異なる。

### 原子力発電所

- : 放射線量が比較的高い (主に放射化)
- : 放射線量が比較的低い (主に放射化)
- : 放射線量が極めて低い



- **大部分の放射性物質は使用済燃料の中に密封** (燃料を取り出せば大幅に減少)。
- 炉心に放射化物が集中。
- 大型の機器や配管が多い。
- 短半減期の放射性核種も存在 (冷却期間を設ける)。

# 1.2 廃止措置における安全上の留意事項

## — 東海再処理施設の廃止措置の特徴 —

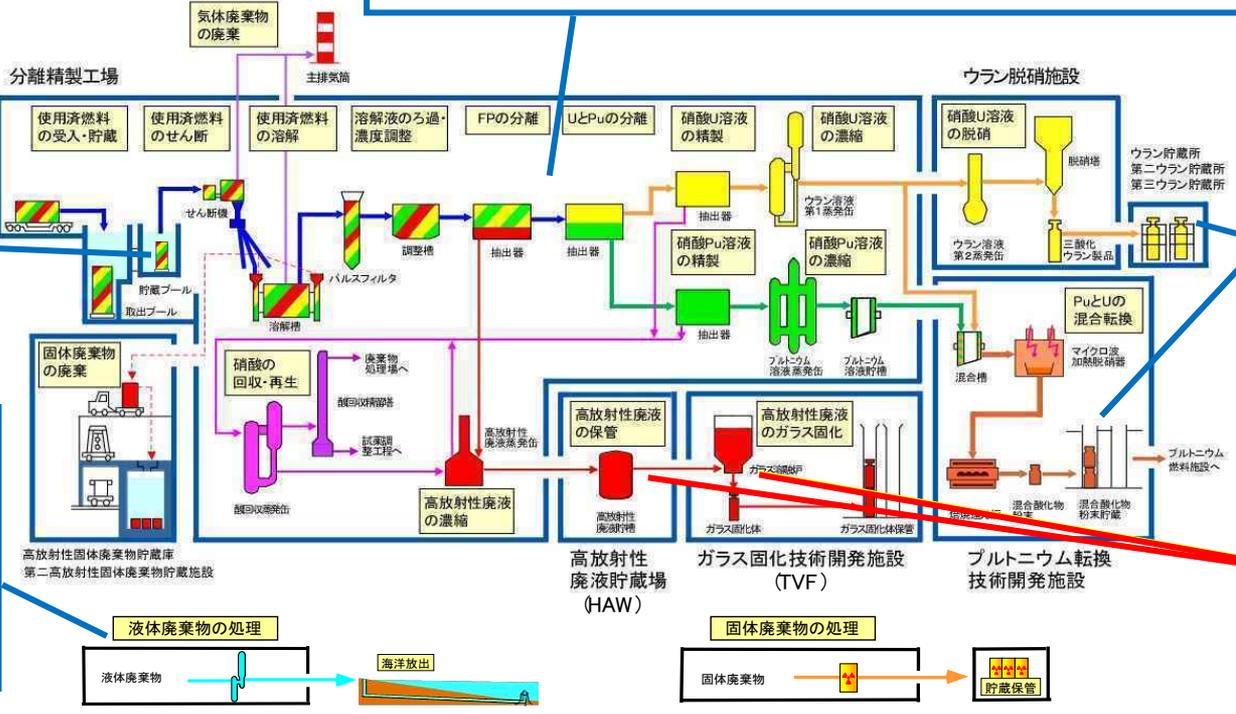
工程内に残留した核燃料物質等の回収, 系統除染が必要

使用済燃料の搬出が必要

廃止措置と並行し, 再処理に伴い発生した放射性廃棄物の処理が必要

核燃料物質の譲渡が必要

特にリスクの高い高放射性廃液の処理が必要



- 上記の他,
- ・約30の管理区域を有する施設に対して順次廃止措置を進めることが必要
  - ・施設の高経年化対策が必要
  - ・新規制基準を踏まえた安全性向上対策が必要
  - ・機器解体後のスペースを活用し, 解体廃棄物の保管が必要

## 1.3 廃止措置の主な方針(平成30年6月13日に認可を受けた内容)

### － 主な方針 －

- 廃止措置においては、保有する放射性廃棄物に伴うリスクの早期低減を当面の最優先課題とし、これを安全・確実に進めるため、施設の高経年化対策と新規制基準を踏まえた安全性向上対策を重要事項として実施する。
- 廃止措置期間中においても使用済燃料の貯蔵、放射性廃棄物の処理・貯蔵、核燃料物質の保管を継続して行う必要があることから、これらの施設及び緊急安全対策等として整備した設備については性能維持施設とし、再処理運転時と同様に性能を維持する。
- 機器の解体等の廃止措置における安全対策は、過去のトラブル等の経験を十分踏まえた上で、放射性物質の施設内外への漏えい防止及び拡散防止対策、被ばく低減対策並びに事故防止対策を講じる。
- 低レベル放射性廃棄物については、必要な処理を行い、貯蔵の安全を確保するとともに、廃棄体化施設を整備し廃棄体化を進め、処分施設の操業開始後随時搬出する。
- 再処理施設の廃止措置は、施設内に保有する廃棄物の処理を行いつつ所期の目的が終了した建家ごとに段階的に進める。
- 再処理施設の廃止措置は、全期間の全工程について詳細に定めることが困難であることから、今後詳細を定め、逐次廃止措置計画の変更申請を行う。

## － リスクの早期低減 －

- 東海再処理施設においては、今後リスクを大幅に増加させる活動である新たな使用済燃料のせん断、溶解等を行わず、廃止措置へ移行している。
- このことから、各施設の今後の使用計画を明確にした上で、施設が保有する放射性物質によるリスクに応じて安全上の重要度を見直すこととしている。
- 廃止措置においては、保有する放射性廃棄物に伴うリスクの早期低減を当面の最優先課題とし、これを安全・確実に進めるため、施設の高経年化対策と再処理施設の技術基準に関する規則(技術基準規則)を踏まえた安全性向上対策を重要事項として実施する。
- 具体的に、当面は、リスクを速やかに低減させるため、
  - ①高放射性廃液を貯蔵している高放射性廃液貯蔵場(HAW)の安全確保
  - ②高放射性廃液のガラス固化技術開発施設(TVF)におけるガラス固化
  - ③高放射性固体廃棄物貯蔵庫(HASWS)の貯蔵状態の改善
  - ④低放射性廃棄物処理技術開発施設(LWTF)における低放射性廃液のセメント固化を最優先で進めている。

- こうした中、令和元年7月に②TVFにおいて高放射性廃液のガラス固化処理が停止し、運転再開に向けた対応とともに、①高放射性廃液を貯蔵するHAWの安全確保が極めて重要となっている。
- TVFに関しては、早期の運転再開に向けて準備を進めている。

# 1.4 廃止措置の工程 — 進め方 —

平成30年    約10年後    約20年後    約30年後    約40年後    約50年後    約60年後    約70年後

高放射性廃液の処理等の  
リスク低減の取組み

主要施設の廃止

廃棄物処理・廃棄物貯蔵施設の廃止

廃止措置に要する期間(見通し)	
東海再処理施設	約70年
英国の再処理施設(THORP)	約85年

ガラス固化処理

ガラス固化完了

主要施設の廃止

主要施設の管理区域解除

ガラス固化施設の廃止

ガラス固化施設の管理区域解除

施設整備  
□□□□

低レベル廃棄物処理(焼却/セメント固化)

廃棄物処理完了

低レベル廃棄物関連施設の廃止

利活用/解体へ

全施設の管理区域解除

廃棄体化のための  
施設整備  
□□□□

廃棄物

廃棄体化処理(廃棄物管理事業を想定)

処分へ

- : 廃止する施設
- : ガラス固化処理施設
- : 廃棄物関連施設
- : 管理区域を解除した施設

➤ 廃止措置を進めると同時に、廃棄物の処分についても重要課題として取り組んでいく。

# 1.5 東海再処理施設の廃止措置計画 — 廃止措置計画の変更 —

年度 (H:平成, R:令和)				
H29	H30	H31/R元	R2	R3
<p><b>廃止措置計画(原申請)</b></p> <p>▼申請:H29.6.30 ▼補正:H30.2.28</p> <p>▼補正:H30.6.5</p> <p>▼認可:H30.6.13</p> <p>▼同意:H30.10.4</p>		<p>「原子力施設周辺の安全確保及び環境保全に関する協定」に基づく廃止措置計画書又は変更は、東海再処理施設の廃止措置計画の申請(変更申請)又は補正と同日に提出している。</p>		
		<p><b>安全対策の検討に用いる設計地震動, 設計津波, 竜巻及び火山事象</b></p> <p>▼変更申請:H30.11.9 ▼補正:R元.9.26</p> <p>▼認可:R2.2.10</p> <p>▼同意:R2.8.3</p>		
		<p><b>安全対策</b></p> <p>▼変更申請:R元.12.19</p> <p>▼補正:R2.5.29</p> <p>▼認可:R2.7.10</p> <p>▼廃止措置計画の変更:R2.8.4</p> <p>▼同意:R2.8.7</p>		
<p><b>【審査中の廃止措置計画】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○TVFのガラス固化体の保管能力増強 (変更申請:H30.11.9(新增設等計画書:H30.11.7))</li> <li>○低放射性廃棄物処理技術開発施設(LWTF)における硝酸根分解設備・セメント固化設備の設置 (変更申請:H31.3.20)</li> <li>○再処理事業規則の改正に伴う廃止措置に係る品質マネジメントシステムの追加 (変更申請:R2.6.18, 補正:R2.12.24, R3.2.10)</li> </ul>		<p><b>今回の報告範囲</b></p> <p>▼変更申請:R2.8.7</p> <p>▼認可:R2.9.25</p> <p>▼同意:R2.10.29</p> <p>▼変更申請:R2.10.30</p> <p>▼認可:R3.1.14</p> <p>▼同意:R3.1.27</p> <p>▼変更申請:R3.2.10</p> <p>▼認可:R3.4.27</p>		

## 2. 東海再処理施設 (HAW・TVF) の安全対策

## 2.1 基本方針

廃止措置段階にある東海再処理施設の安全対策の基本方針は、以下の通り。

- 廃止措置段階にある東海再処理施設においては、各施設の今後の使用計画を踏まえた上で、施設が保有する放射性物質によるリスクに応じて新規規制基準を踏まえた必要な安全対策を行う。
- 再処理施設においては、高放射性廃液に伴うリスクが集中するHAWとTVFについて最優先で安全対策を進める。
- 設計地震動及び設計津波に対して、両施設の健全性評価を実施するとともに必要な安全対策を実施する。
- 両施設に関連する施設として、両施設の重要な安全機能(閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能)を維持するために、事故対処設備(電源車、可搬ポンプ等)を用いて必要な電力やユーティリティ(冷却に使用する水や動力源として用いる蒸気)を確保することとし、それらの有効性の確保に必要な対策(保管場所及びアクセスルートの信頼性確保、人員の確保等)を実施する。
- 竜巻、火山等の外部事象に対しても両施設の重要な安全機能(閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能)を維持するために必要な対策を実施する。
- 上記以外の施設については、リスクに応じた安全対策の実施内容及び工程を定め、その後、必要な安全対策を実施する。

## 2.2 安全対策の進め方

### － 優先度に基づく計画 －

令和2年7月22日茨城県原子力安全対策委員会にて報告済み

- 対策を行う施設の優先度 ⇒ 高放射性廃液の貯蔵や処理を行うHAW・TVFを最優先
- 対策を講じる事象の優先度 ⇒ 立地環境を考慮し、地震及びそれに伴う津波を最優先

施設・事象		優先度	対応
HAW ・ TVF	地震・津波	I	設計地震動及び設計津波を想定し、両施設の健全性評価を速やかに実施するとともに重要な安全機能(閉じ込め機能, 崩壊熱除去機能)を維持するために必要な電力やユーティリティ喪失に備えて、必要な安全対策を実施する。
	事故対処	II	事故対処設備により施設の重要な安全機能(閉じ込め機能, 崩壊熱除去機能)の維持を図ることとし、必要な対策を実施する。
	その他事象	III	立地や周辺環境を踏まえた主な自然事象(竜巻, 森林火災, 火山)等の外部事象に対して、施設の重要な安全機能(閉じ込め機能, 崩壊熱除去機能)を守るために必要な対策を実施する。 内部火災, 溢水等の内部事象に対して、施設の重要な安全機能(閉じ込め機能, 崩壊熱除去機能)を守るために必要な対策を実施する。
その他施設		IV	HAW・TVF以外の施設については、リスクに応じた安全対策の実施内容及び工程を定め、その後必要な安全対策を実施する。

□ : これまでに報告した範囲
 □ : 今回の報告範囲
 □ : 今後、廃止措置計画の変更申請を予定

# 2.3 事故対処

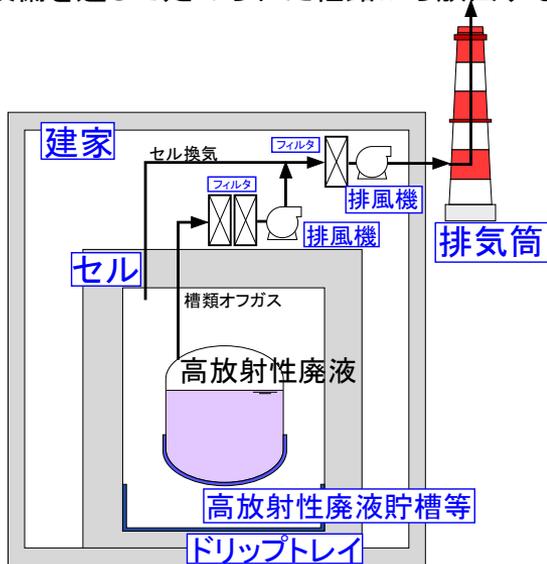
## － 基本的考え方 －

- 事故対処では、必要な電力やユーティリティ(冷却に使用する水や動力源として用いる蒸気)を確保するため、現状配備している可搬型設備等により、HAW・TVFの重要な安全機能(閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能)を回復させる。
- 津波漂流物の影響等を考慮した作業環境を想定して、訓練を通じて具体的な操作手順に要する時間、体制、対策に要する資源(水源・燃料)等を確認し、その有効性を評価する。

P.20以降  
でご説明

### 閉じ込め機能

- ◆ 高放射性廃液が外部に漏えいしないように閉じ込める機能。
- ◆ 高放射性廃液と接触する気体(オフガス)については、適切な除染設備を通して定められた経路から放出する機能。

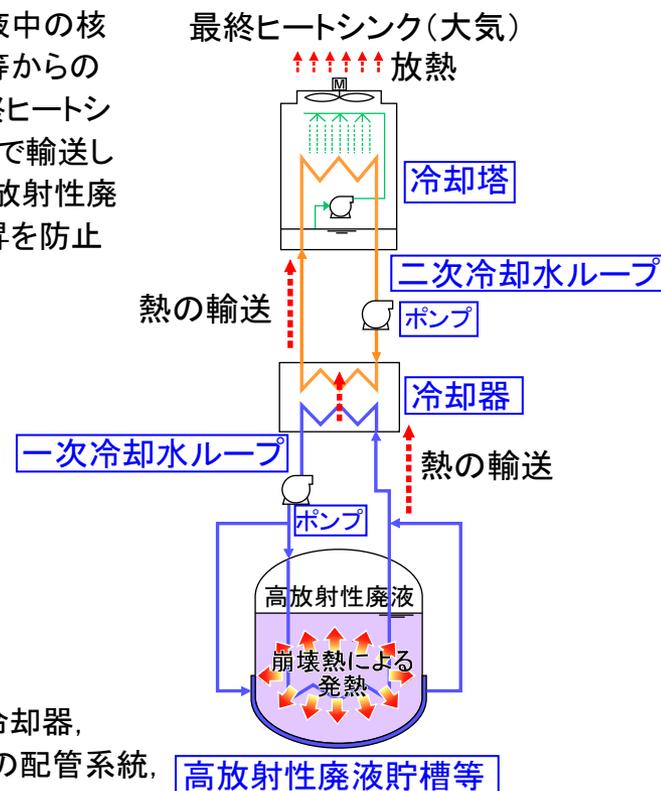


#### 【代表的な設備】

貯槽、セル、ドリフトレイ、建家、排風機、フィルタ、排気筒、計測制御設備、電源系統

### 崩壊熱除去機能

- ◆ 高放射性廃液中の核分裂生成物等からの崩壊熱を最終ヒートシンク(大気)まで輸送して放熱し、高放射性廃液の温度上昇を防止する機能。



#### 【代表的な設備】

冷却水ポンプ、冷却器、冷却塔、冷却水の配管系統、計測制御設備、電源系統

高放射性廃液貯槽等

# 2.4 竜巻対策

## － 基本的考え方 －

### 竜巻対策の評価条件

- ◆ 「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」に従い、廃止措置計画用設計竜巻(以下「**設計竜巻**」という。)を**100 m/秒**に設定する。(R2.7.22ご報告済み)
- ◆ **設計竜巻**によって発生を想定する**飛来物**(設計飛来物)として、プラントウォークダウン(現場調査)で飛来物となりうるものを選定し、それらの形状、剛性、飛来時の運動エネルギーを包絡することができる設計用の飛来物として、ガイドに記載された**135 kgの鋼製材**を選定する。

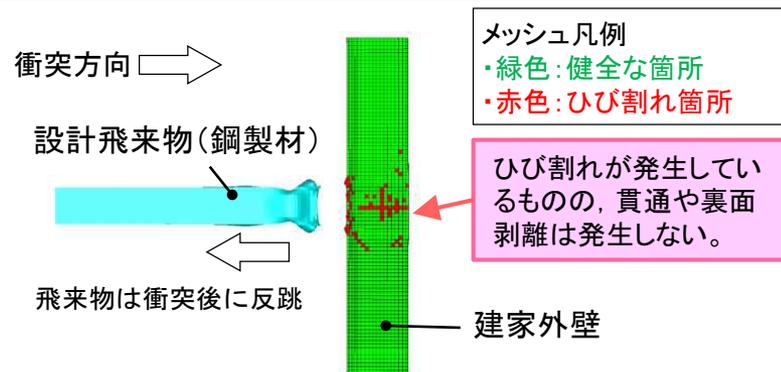
### 影響評価結果

- ◆ **建家及び第二付属排気筒**は、設計竜巻の風圧及び設計飛来物に対して**健全性は維持**できる(右図の3次元解析に示す通りコンクリートに一部ひび割れが生じるもののコンクリート片の飛散や飛来物の貫通は生じない)ことを確認した。
- ◆ **建屋屋上に配置されている設備**(二次冷却系の冷却塔、換気ダクト等)は、設計竜巻の風圧には**耐ええるもの**、設計飛来物の衝突時には**機能喪失するおそれがある**。

### 新たに講じる対策

- ◆ 既存の窓・扉等の開口部は、設計飛来物の衝突に**耐え得る強度を持った防護板等を新たに設置**する。
- ◆ 建家屋上には設計飛来物から防護するための設備が設置できないこと、事故の事象進展が緩慢であること等から、応急措置を行うとともに、**事故対処設備により重要な安全機能(閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能)を代替**する。(P.20以降でご説明)

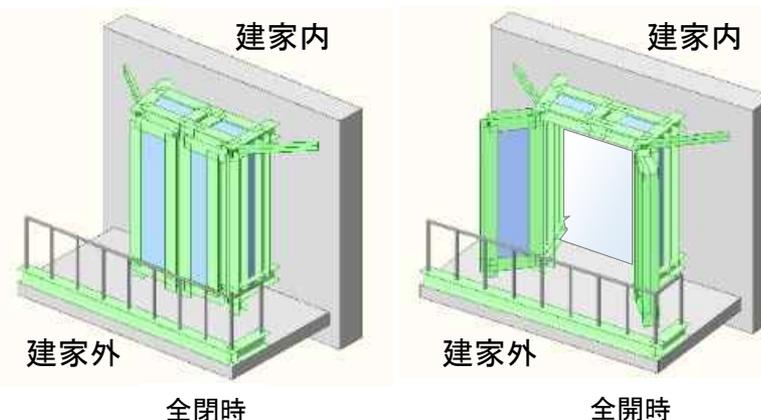
### HAWの建家外壁に対する設計飛来物衝突時の3次元解析結果



(3次元有限要素法による時刻歴シミュレーション)

### 開口部に対する閉止措置のイメージ図

○竜巻防護対策  
 開口部(窓・扉等)に鋼製防護板等を設置



# 2.5 火山事象対策

## － 基本的考え方 －

### 火山事象対策の評価条件

- ◆ 「原子力発電所の火山影響評価ガイド」に従い、廃止措置計画用設計火山事象として考慮すべき条件は、**降下火砕物(火山灰)**の影響であり、**粒径8 mm以下、湿潤密度1.5 g/cm<sup>3</sup>の降下火砕物が50cmの厚さで堆積すると想定する。(R2.7.22ご報告済み)**
- ◆ **積雪との重畳**(建築基準法に基づく平均的な積雪量として10.5 cmの積雪)も考慮する。

### 影響評価結果

- ◆ 降下火砕物の堆積荷重(8540 N/m<sup>2</sup>)に積雪荷重(210 N/m<sup>2</sup>)を重畳した保守的な荷重に対して、**建家の屋根スラブは短期許容応力度(弾性設計)の範囲(最も厳しい位置の結果として、HAWの塔屋階屋根の2.82 × 10<sup>4</sup> Nに対して2.55 × 10<sup>4</sup> N、TVFの屋上階の1.84 × 10<sup>4</sup> Nに対して1.80 × 10<sup>4</sup> N)で耐えうることを確認した。**
- ◆ 屋上に設置されている設備(冷却塔, ポンプ, 配管等)は形状的に多量の降下火砕物の堆積は生じない。

### 新たに講じる対策

- ◆ 堆積した**降下火砕物を除去するための資機材(シャベル, 箒, エアーダスター, 除灰ポリ袋, ゴーグル, 防塵マスク等)を新たに配備する。**
- ◆ 入気ガラのフィルタ閉塞に備え、火山事象対策のための**交換フィルタの予備を準備する。**
- ◆ 屋外に保管する事故対処設備は、降下火砕物の影響を受けないようカバー等を設ける。
- ◆ HAW・TVFに電力やユーティリティ(水, 蒸気)を供給する施設が被害を受けた場合には、**事故対処設備によりその機能を維持する。(P.20以降でご説明)**

### 降下火砕物に対応するための運用管理フロー

#### (1)通常時の対応

- ↓ ・資機材の配備

#### (2)近隣火山に噴火兆候がある場合 (噴火警戒レベル「レベル4」以上)

- ↓ ・火山情報等の収集

#### (3)気象庁により降灰予報が発表された場合※<sup>1</sup> (再処理施設への「やや多量」※<sup>2</sup>又は「多量」※<sup>3</sup>の降灰予報発表時)

- ↓ ・移送中の高放射性廃液を高放射性廃液貯槽に集中
- ↓ ・ガラス固化工程の流下停止操作等
- ↓ ・降下火砕物の除去準備
- ↓ ・入気ガラリへのフィルタ設置及びホワイト区域換気停止(高放射性廃液貯蔵場(HAW))
- ↓ ・対応要員の確保

#### (4)降下火砕物の降灰が確認された場合

- ↓ ・フィルタ差圧の監視
  - ↓ ・除灰, 清掃作業
  - ↓ ・冷却塔排水量の調整
- ※<sup>1</sup> 降灰予報の情報に係らず、再処理施設に影響を及ぼす降灰が認められた場合は、状況に応じた対応を行う。
- ※<sup>2</sup> 降灰時の厚さ0.1 mm以上 1.0 mm未満
- ※<sup>3</sup> 降灰時の厚さ1.0 mm以上

# 2.6 外部火災対策(森林火災を含む)

## — 基本的考え方 —

### 外部火災対策の評価条件

- ◆ 「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」に従い、外部火災対策の検討において、**森林火災**、**近隣工場の火災爆発**、**敷地内への航空機落下**を想定する。

### 影響評価結果

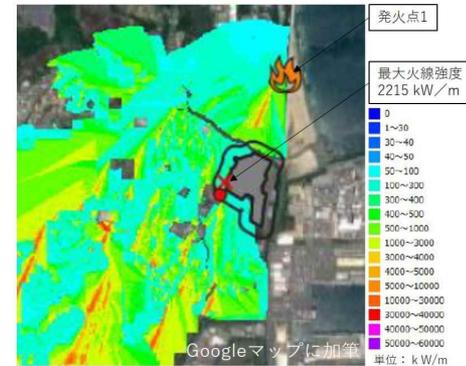
- ◆ **近隣工場の火災爆発**については、**危険距離(57m)**に対し**十分な離隔距離(600 m以上)**があることから**熱的影響を受けない**ことを確認した。
- ◆ 施設周辺での航空機の運航状況に基づき、**落下確率が $10^{-7}$ 年/回以上**となる墜落範囲を求めて、最も厳しくなる位置に墜落したと想定しても、**建家外壁の熱的影響は許容温度以下**(HAW及びTVF建家については**コンクリートの制限温度 $200^{\circ}\text{C}$** に対して **$77.9^{\circ}\text{C}$** 、第二付属排気筒については**鋼材の制限温度 $350^{\circ}\text{C}$** に対して **$82.5^{\circ}\text{C}$** )となることを確認した。

### 新たに講じる対策

- ◆ 森林火災の延焼を防止し、建家外壁の熱的影響(制限温度 $200^{\circ}\text{C}$ )を防止するために、**HAW, TVFの周囲に防火帯**を設け、**離隔距離**を確保する。
- ◆ 外部火災により、**HAW・TVFにユーティリティ(水, 蒸気)や電力を供給する施設が被害を受けた場合には、事故対処設備によりその機能を維持する。**(P.20以降でご説明)
- ◆ 上記で使用する事故対処設備は、**航空機落下によって全てが同時に被害を受けないよう分散配置**する。また、分散配置する設備の一部は防火帯の内側に配置して森林火災の影響を受けないようにする。

### 森林火災シミュレーションの結果

米国農務省森林局が開発した森林火災シミュレーションコード FARSITEを用いて、再処理施設周辺の植生分布や地理情報に基づいた森林火災の延焼を解析。



### HAW・TVFの防護のために新たに設置する防火帯



# 2.7 制御室の安全対策

## — 基本的考え方 —

### 制御室の評価条件

- ◆ 地震・津波・竜巻・外部火災等の**外部事象の発生を想定**する。
- ◆ 上記事象で生じるおそれのある**有毒ガスの影響を考慮**する。

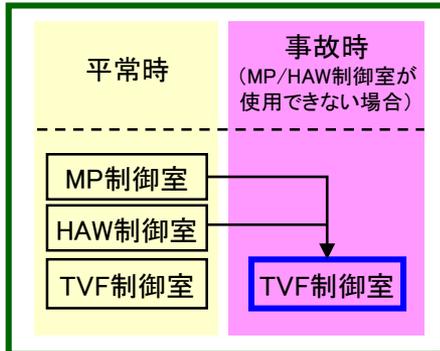
### 影響評価結果

- ◆ 敷地内及び施設周辺の**有毒ガス(アンモニア, メタノール, ガソリン等※)**の所在を調査し、これらが漏えいして拡散したとしても制御室の居住性に影響を与えることはない(**十分な離隔距離(施設周辺の有毒ガス源に対して1.5 km以上)がある**)ことを確認した。

※東海再処理施設内で有毒ガス源となりうるホルマリン(屋外タンクに貯蔵)は、廃止措置段階で使用しないことから廃棄した(R3.3に完了)。

### 新たに講じる対策

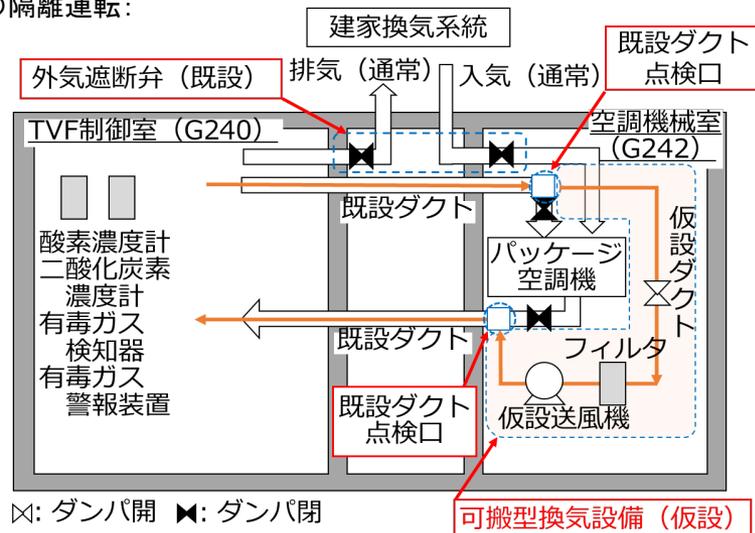
- ◆ 分離精製工場(MP)中央制御室, HAW制御室及びTVF制御室が**機能する間は監視等を継続**するが、運転員がとどまることが困難となった場合は、**居住性の確保が確実なTVF制御室において他の2つの制御室の機能を代替できるようにパラメータを監視**するための機器を設置する。



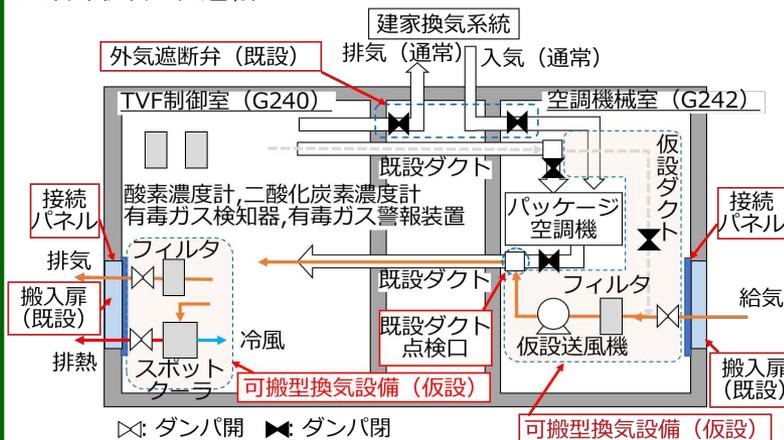
- ◆ TVF制御室に外部火災によるばい煙や有毒ガスへの対策として、**環境測定用機器(酸素濃度計, 二酸化炭素濃度計, 有毒ガス検知器・警報装置)**, **可搬型の換気設備(排風機, フィルタ, ダクト)等**を配備する。

### TVF制御室の隔離用の可搬型換気設備

○ 隔離運転:



○ 外気取り入れ運転:



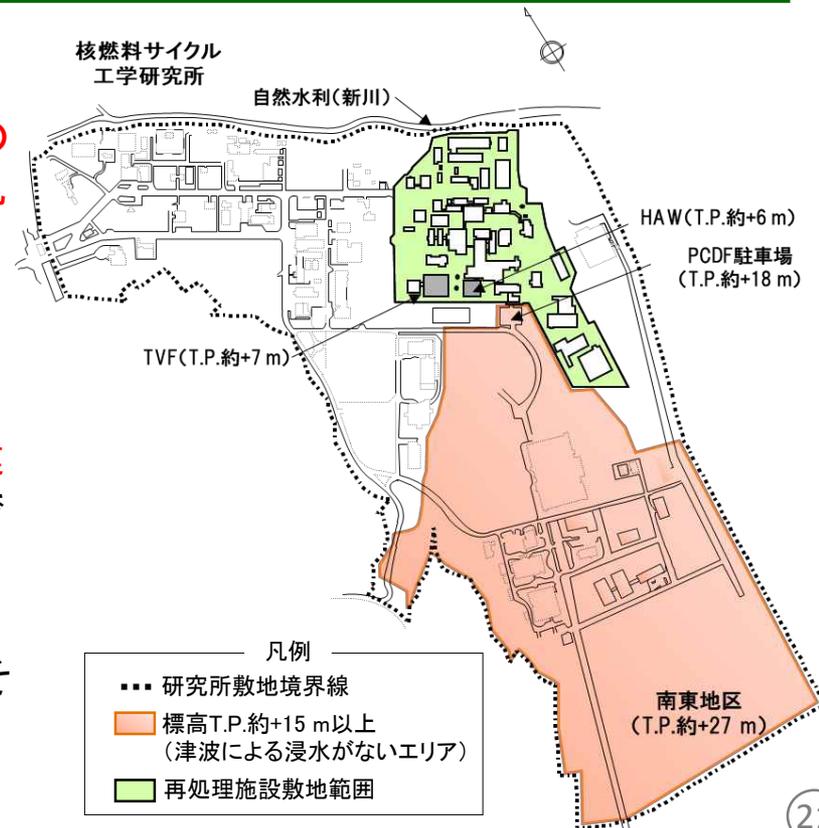
### 3. HAW・TVFにおける事故対処の有効性評価

# 3.1 HAW・TVFにおける事故対処 — 基本的考え方 —

- 再処理施設においては、高放射性廃液に伴うリスクが集中するHAWとTVFの重要な安全機能(閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能)を維持するために、事故対処設備を用いて必要な電力やユーティリティ(冷却に使用する水や動力源として用いる蒸気)を確保することとし、それらの**有効性の確保に必要な対策(保管場所及びアクセスルートの信頼性確保, 人員の確保等)**を実施する。
- 事故対処においては、**過酷な状況が想定される地震及び津波の重畳を起因事象とし事象進展とその対策について有効性を評価**する。その他の事象については、地震及び津波を起因とした事象進展に包含されることを確認する。

## 【事故対処の特徴】

- ◆ 設計津波(T.P.約+14 m)が襲来した際は、**再処理施設の敷地内は浸水し、漂流物による瓦礫等が敷地内に散乱しウェットサイトになることが想定されるが、HAW及びTVFの建家内は、設計津波から浸水を防止する対策を施しており、建家内は事故対処が可能である。**
- ◆ 事故対処に使用するエンジン付きポンプ、組立水槽等の崩壊熱除去を行う**可搬型設備は、HAW及びTVFの建家内に保管し設計津波及び設計竜巻に対しても防護できるよう対策を講じる。**
- ◆ 移動式発電機等の**大型の事故対処設備**については、設計地震動及び設計津波により機能が損なわれるおそれのない**高台に分散配備**する。



## 3.2 事故の選定

### － 再処理施設の事故 －

廃止措置段階の再処理施設においては、高放射性廃液に伴うリスクがHAW及びTVFに集中していることから、その特徴を踏まえて安全対策の対象として発生防止を考慮すべき事象を選定した。

事象	評価結果
臨界	高放射性廃液の主成分は核分裂生成物であり、臨界事故に至るウラン及びプルトニウムを含まないことから事故は発生しない。
蒸発乾固※1	<u>高放射性廃液を保有する設備の冷却機能が喪失した場合は、蒸発乾固事象に至る可能性を否めない。</u>
水素爆発※2	高放射性廃液を貯蔵する施設は、実設備での測定結果より水素濃度が4%に至る時間は年単位であるため水素爆発事象として選定しない。
溶媒火災	高放射性廃液には火災又は爆発に至るような有機溶媒を含まないことから事故は発生することはなく、事故として選定しない。
使用済燃料の損傷	HAW及びTVFでは使用済燃料を取り扱わないことから対象外とする。
放射性物質の漏えい	高放射性廃液を内蔵する貯槽は設計地震動に対し耐震性を有するとともに、貯槽の液量制限による耐震性の裕度を向上させていることから、地震起因での放射性物質の漏えいは考え難く、事故として選定しない。

廃止措置段階において想定される事故は、  
高放射性廃液を保有する設備における『蒸発乾固』に限定される。

※1 高放射性廃液貯槽(272V31～V35)において、崩壊熱除去機能の喪失が7日間継続し、各貯槽の高放射性廃液が沸騰に至った場合の放射性物質の放出量(セシウム-137換算)は、約0.008 TBqと評価している。

※2 水素4%到達時間は、実設備での測定結果を基に高放射性廃液の崩壊熱が全て水素発生に寄与するものとして評価した結果、最短でも679日間と評価している(詳細はP.68参照)。

## 3.2 事故の選定

### － 蒸発乾固が想定される機器 －

- ◆ 蒸発乾固が想定される機器は、高放射性廃液を貯蔵するHAWの高放射性廃液貯槽(5基)、中間貯槽(2基)と、ガラス固化処理運転時に高放射性廃液を一時貯留する4基の貯槽と濃縮器とする。

#### ■ HAW

(令和2年8月31日時点)

対象となる貯槽	貯槽番号	設計容量 [m <sup>3</sup> ]	高放射性廃液の 液量 [m <sup>3</sup> ]	放射エネルギー [TBq] ※2	発熱密度 [W/m <sup>3</sup> ]	備考
高放射性廃液貯槽	272V31	120※1	55.0	4.6 × 10 <sup>5</sup>	694	
	272V32	120※1	65.6	6.4 × 10 <sup>5</sup>	872	
	272V33	120※1	69.2	5.0 × 10 <sup>5</sup>	605	
	272V34	120※1	74.9	7.4 × 10 <sup>5</sup>	834	
	272V35	120※1	71.6	8.2 × 10 <sup>5</sup>	958	
中間貯槽	272V37	10	—	—	—	高放射性廃液貯槽からの移送時、TVFからの返送時以外は存在しない。
	272V38	10	—	—	—	

※1 貯槽の耐震裕度確保のため、貯留可能な液量を90 m<sup>3</sup>以下に制限している。

※2 各核種の放射エネルギーの和(廃止措置計画変更認可申請書(令和3年2月10日申請)に記載)

#### ■ TVF

(令和2年8月31日時点)

対象となる貯槽	貯槽番号	設計容量 [m <sup>3</sup> ]	高放射性廃液の 液量 [m <sup>3</sup> ]	放射エネルギー [TBq]	発熱密度 [W/m <sup>3</sup> ]	備考
受入槽	G11V10	11※3	5.5	6.3 × 10 <sup>4</sup>	958	TVFでガラス固化する予定の高放射性廃液のうち、最も発熱密度の高い272V35の値を基準とした。
回収液槽	G11V20	11※3	5.5	9.5 × 10 <sup>4</sup> ※4	1437 ※4	
濃縮液槽	G12V12	1.5	1.38	2.4 × 10 <sup>4</sup> ※4	1437 ※4	
濃縮液供給槽	G12V14	0.9	0.84	1.5 × 10 <sup>4</sup> ※4	1437 ※4	
濃縮器	G12E10	1.4※3	0.36	6.2 × 10 <sup>3</sup> ※4	1437 ※4	

※3 貯槽等の耐震裕度確保のため、貯留可能な液量をG11V10とG11V20は運転時5.5 m<sup>3</sup>以下・回収時4 m<sup>3</sup>以下、G12E10は1 m<sup>3</sup>以下に制限している。

※4 濃縮液を取り扱う槽については、高放射性廃液を1.5倍に濃縮することを考慮した。

# 3.2 事故の選定

## — 蒸発乾固に至るまでの時間 —

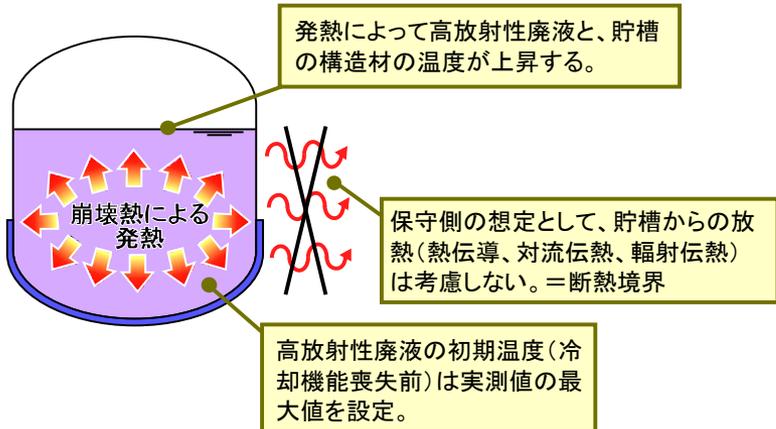
- ◆ 事故対処(冷却機能の回復)の完了は、高放射性廃液が沸騰に至るまでに達成しなければならない。沸騰から蒸発乾固までの時間は、対策の時間制約の中に含めないことで保守的な検討する。

### 高放射性廃液が沸騰に至るまでに要する時間の評価

高放射性廃液と貯槽構造物の温度を初期温度(35℃)から沸点(102℃)\*1まで上昇させるのに必要な熱量が、崩壊熱によって何時間で発生するか、を求めた。

$$t = \frac{(\rho V C_1 + M C_2) \times (T_a - T_0)}{QV}$$

- $t$  : 沸騰までの時間 [hr]
- $\rho$  : 高放射性廃液の密度 [kg/m<sup>3</sup>]
- $V$  : 高放射性廃液の液量 [m<sup>3</sup>]
- $M$  : 貯槽構造材の質量 [kg]
- $C_1$  : 高放射性廃液の比熱 [J/kg-K]
- $C_2$  : 貯槽構造材の比熱 [J/kg-K]
- $T_a$  : 沸点 [°C]
- $T_0$  : 高放射性廃液の初期温度 [°C]
- $Q$  : 高放射性廃液の崩壊熱の発熱密度 [W/m<sup>3</sup>]



#### ■ HAW

対象となる貯槽	貯槽番号	沸騰到達時間 [hr]
高放射性廃液貯槽	272V31	107
	272V32	84
	272V33	124
	272V34	88
	272V35	77

HAWにおける時間制限は【77時間】(3日と5時間)

#### ■ TVF

対象となる貯槽	貯槽番号	沸騰到達時間 [hr]
受入槽	G11V10	86
回収液槽	G11V20	57
濃縮液槽	G12V12	56
濃縮液供給槽	G12V14	56
濃縮器	G12E10	128 (26*2)

TVFにおける時間制限は【56時間】(2日と8時間)

\*1高放射性廃液の通常の酸濃度(2 mol/L)における沸点として102 °Cとした。  
【出典】再処理プロセス・化学ハンドブック 第2版, JAEA-Review 2008-037, 日本原子力研究開発機構

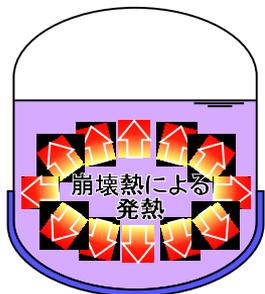
\*2 濃縮器(G12E10)は、通常運転操作として加熱することで沸騰状態にしており、沸騰しても問題が無い設計となっているが、ここでは電源喪失直後の濃縮プロセスの停止操作(0.2 m<sup>3</sup>の水を注入)後、再度沸騰状態になるまでの時間を評価した。

# 3.3 事故対処の方法

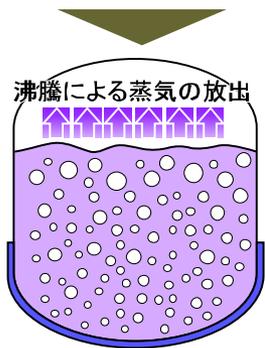
## － 蒸発乾固の発生防止に必要な対応 －

### 高放射性廃液の蒸発乾固

◆高放射性廃液貯槽の冷却機能が喪失すると…



- 高放射性廃液中の放射性物質（核分裂性物質・アクチニド）の崩壊熱により溶液温度が上昇する。
- この段階では顕著な放射性物質の放出は起きない。



- 溶液温度が沸点に達すると、蒸気や気泡によるミストが多量に放出される。
- これらの蒸気中には放射性物質が含まれている。
- 蒸気は施設外に放出されるまでの経路で、凝縮等により部分的に除去される。



- すべての水分が蒸発して無くなると、溶液中の放射性物質等が析出し、固体となって貯槽底に固まる（蒸発乾固）。
- この段階では放射性ルテニウムが気体状に変化して放出される。
- 気体状ルテニウムを放出経路の途中で除去することは難しく、大部分が施設外へ放出される。

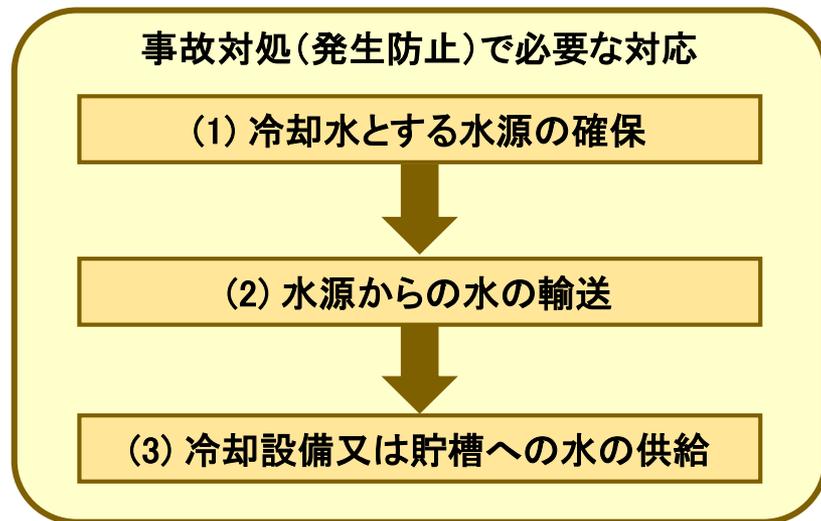
- ◆HAW・TVFの高放射性廃液の冷却機能を担う建家内の設備は地震・津波等から防護する。
- ◆ただし、施設外から供給される電力やユーティリティ（冷却に使用する水や動力源として用いる蒸気）は、供給がストップする可能性がある。



- ◆その際、冷却水を建家内の冷却機能を担う設備に送水できれば、高放射性廃液の冷却が可能となる。



- ◆事故対処では、以下の3つの対応を地震・津波等を被災した後の状態においても確実にを行い、蒸発乾固の発生を防止する。



# 3.3 事故対処の方法

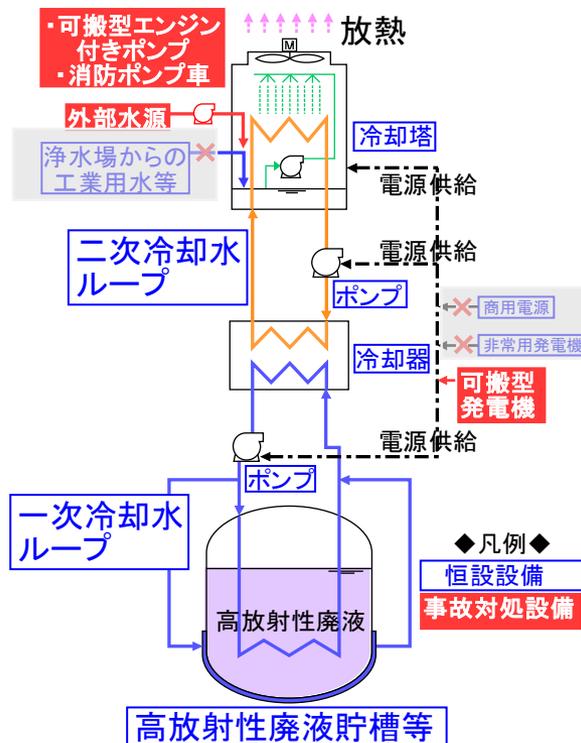
## — 未然防止対策 —

### 事故対処における崩壊熱除去(高放射性廃液貯槽等の冷却)の方法

#### 既設冷却ループによる冷却

##### 未然防止対策 ①

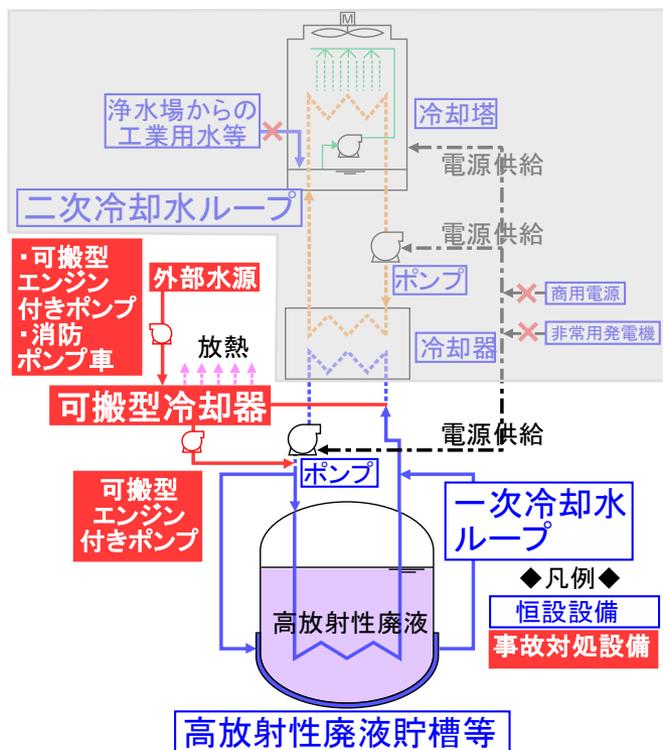
- ◆ 恒設の冷却設備を可能な限り使用することで、安定的な冷却システムを構成する。
- ◆ 電源が必要。使用水量は少ない。



#### 既設冷却ループへの可搬型冷却設備の接続

##### 未然防止対策 ②

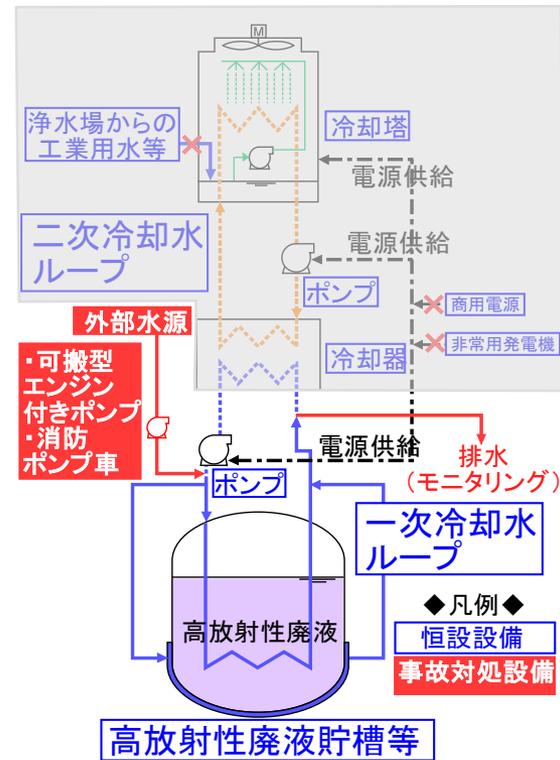
- ◆ 動力付きのポンプ、可搬型冷却器により冷却システムを構成。
- ◆ 電源は不要。使用水量も少ない。



#### 既設冷却ループへの直接給水

##### 未然防止対策 ③

- ◆ 動力付きのポンプのみで可能。
- ◆ 電源は不要。使用水量は多い。



# 3.3 事故対処の方法

## － 遅延対策 －

未然防止対策により、蒸発乾固の発生防止の確実性を確保

未然防止対策の実行に必要な水源やエンジン付きポンプ等の燃料の確保に時間がかかる可能性もあり得ると想定

時間余裕を確保するため、高放射性廃液が沸騰に至るまでの時間を遅延させる対策も準備

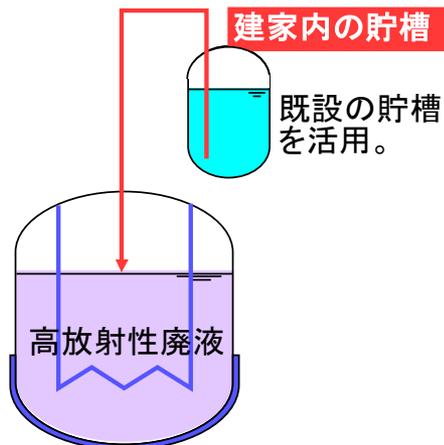
- 高放射性廃液に注水する。
- 注水により液温は直ちに低下する。
- 注水後、発熱量は変わらず、液量が増加することにより温度上昇の速度も遅くなる。

### 蒸発乾固に至る時間を遅延させる方法

予め建家内に確保した水を貯槽に注入

#### 遅延対策①

- ◆ 沸騰する前に高放射性廃液に注水し、温度を低下させる。
- ◆ 地震・津波に耐える建家内の貯槽に確保した水を使用。
- ◆ 確保可能な量は限られている。

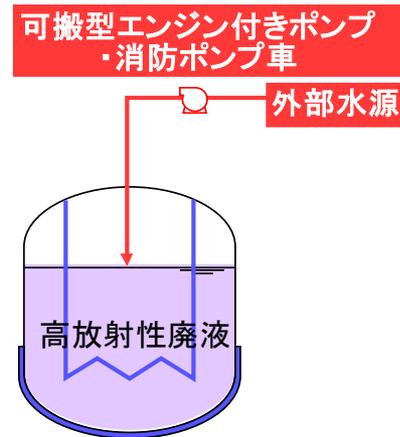


高放射性廃液貯槽等

建家外の外部水源の水を貯槽に注入

#### 遅延対策②

- ◆ 沸騰する前に高放射性廃液に注水し、温度を低下させる。
- ◆ 外部水源から動力付きのポンプを用いて水を供給。
- ◆ 候補となる水源や貯水量は多いが、実際にどの程度確保できるかは不確実。



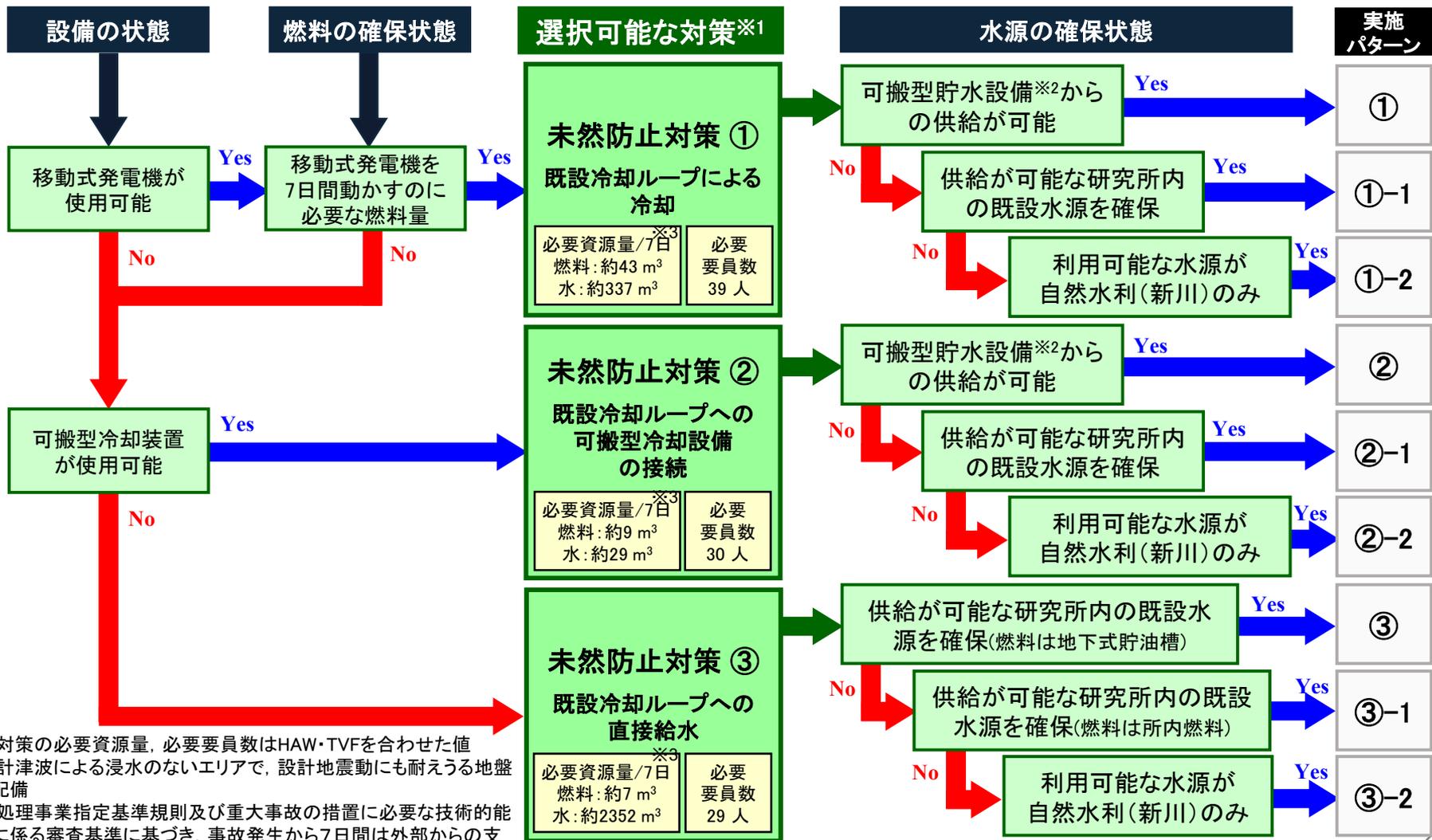
高放射性廃液貯槽等

外部水源：可搬型貯水設備、所内の既設貯水設備、自然水利(新川)

# 3.4 事故対処の有効性評価

## — 事故対処の基本フロー —

- ◆ 未然防止対策は、系統構成が最も堅牢な未然防止①を優先するが、必要な資源量が多いため、状況に応じて未然防止②を実行する。
- ◆ 遅延対策は、未然防止対策の作業時間の裕度や、資源の残存状態等に応じて、適時実施を判断する。



※1 各対策の必要資源量, 必要要員数はHAW・TVFを合わせた値  
 ※2 設計津波による浸水のないエリアで, 設計地震動にも耐えうる地盤に配備  
 ※3 再処理事業指定基準規則及び重大事故の措置に必要な技術的能力に係る審査基準に基づき, 事故発生から7日間は外部からの支援が無い状態を仮定。

# 3.4 事故対処の有効性評価

## － 未然防止対策に要する資源の一覧 －

◆ HAW・TVFにおける未然防止対策の燃料、冷却水・補給水の必要量は、事故対処設備の構成により異なる。7日間の間、高放射性廃液を沸騰させないように対策の継続に必要な量を確保する。

事故対処			冷却機能の回復に必要な事故対処設備	燃料		冷却水・補給水		作業要員数
対策	方法	パターン		供給元	必要量※1	供給元	必要量※2	
未然防止 ①	電気を供給して恒設の冷却システムを動かす。電源は移動式発電機から供給する。冷却塔の散水用に外部から水を供給する。水の供給にはエンジン付きポンプ等を用いる。	①	<ul style="list-style-type: none"> <li>・移動式発電機(1000kVA)×1</li> <li>・エンジン付きポンプ×5</li> <li>・水中ポンプ×1</li> <li>・消防ポンプ車×2</li> <li>・組立水槽×4</li> </ul>	事故対処用地 下式貯油槽 (80 m <sup>3</sup> )	43 m <sup>3</sup>	可搬型貯水設備 (357 m <sup>3</sup> )	337 m <sup>3</sup>	39人
		①-1		所内の 既設燃料貯蔵 施設(450 m <sup>3</sup> )	42 m <sup>3</sup>	所内の既設貯水 設備(11630 m <sup>3</sup> )		
		①-2			41 m <sup>3</sup>	自然水利 (新川)		
未然防止 ②	可搬型冷却設備を恒設の冷却システムに接続して冷却する。	②	<ul style="list-style-type: none"> <li>・可搬型冷却設備(HAW用)×1</li> <li>・可搬型チラー(TVF用)×2</li> <li>・可搬型コンプレッサー×1</li> <li>・エンジン付きポンプ×7</li> <li>・消防ポンプ車×2</li> <li>・組立水槽×6</li> <li>・可搬型発電機×4</li> </ul>	事故対処用地 下式貯油槽 (80 m <sup>3</sup> )	9 m <sup>3</sup>	可搬型貯水設備 (357 m <sup>3</sup> )	29 m <sup>3</sup>	30人
		②-1		所内の 既設燃料貯蔵 施設(450 m <sup>3</sup> )	9 m <sup>3</sup>	所内の既設貯水 設備(11630 m <sup>3</sup> )		
		②-2			8 m <sup>3</sup>	自然水利 (新川)		
未然防止 ③	外部から供給する水を直接冷却系統配管に通水し、ワンスルーで排水する。	③	<ul style="list-style-type: none"> <li>・エンジン付きポンプ×6</li> <li>・消防ポンプ車×1</li> <li>・組立水槽×6</li> </ul>	事故対処用地 下式貯油槽 (80 m <sup>3</sup> )	7 m <sup>3</sup>	所内の既設貯水 設備(11630 m <sup>3</sup> )	2352 m <sup>3</sup>	29人
		③-1		所内の 既設燃料貯蔵 施設(450 m <sup>3</sup> )	7 m <sup>3</sup>	所内の既設貯水 設備(11630 m <sup>3</sup> )		
		③-2			5 m <sup>3</sup>	自然水利 (新川)		

※1 未然防止①は、移動式発電機(1000kVA)を常時運転して電気を供給するため、燃料の必要量が他の対策に比べ多い。

※2 未然防止②は可搬型冷却設備を一次冷却系に接続し、一次冷却系の仮設循環ループを構築することにより、崩壊熱除去機能を復旧するため、他の対策に比べ冷却水・補給水の必要量が少ない。未然防止③は、一次冷却系の供給水を循環せずにワンスルー方式で使用するため、他の対策に比べ冷却水・補給水の必要量が多い。

# 3.4 事故対処の有効性評価 — 未然防止対策① —

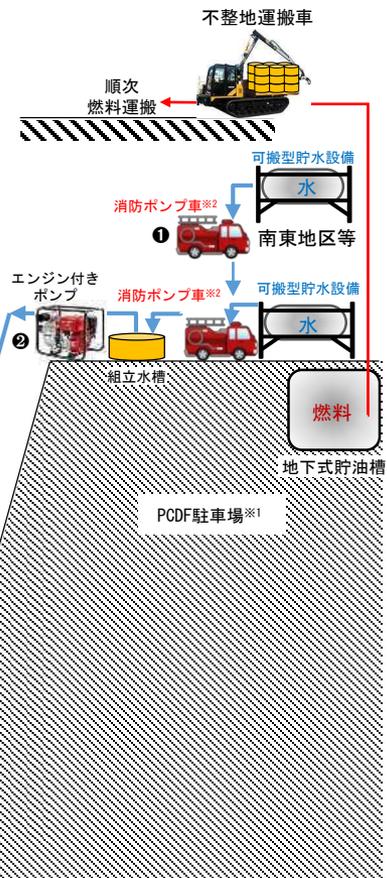
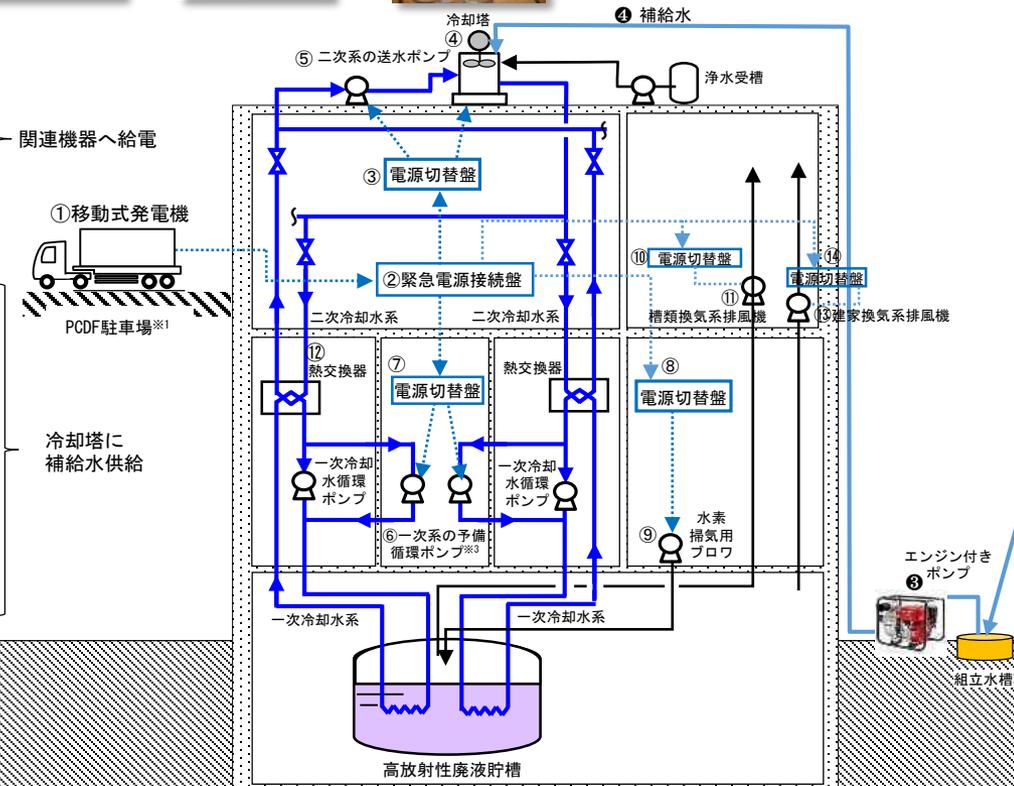
## 実施パターン① (HAW未然防止対策①)

- ①移動式発電機 ②緊急電源接続盤 ③電源切替盤 ④冷却塔 ⑤二次系の送水ポンプ ⑥一次系の予備循環ポンプ ⑦⑧⑩電源切替盤

- 凡例
- : 一次・二次冷却水
  - : 移動式発電機からの給電
  - : 消防ポンプ車、エンジン付きポンプからの給水
  - : 燃料



- ①移動式発電機より電源供給
- ↓
- ②緊急電源接続盤へ電源供給
- ↓
- ③⑦⑧⑩⑭電源切替盤へ給電
- ↓
- ④⑤⑥⑨⑪⑬運転開始
- ↓
- ①消防ポンプ車よりPCDF駐車場※1へ給水
- ↓
- ②PCDF駐車場※1よりエンジン付きポンプでHAW施設近傍へ給水する。
- ↓
- ③HAW施設近傍よりエンジン付きポンプでHAW屋上へ給水する。
- ↓
- ④HAW屋上に設置している冷却塔へ給水する。



※1 PCDF駐車場：プルトニウム転換技術開発施設 (PCDF) 管理棟駐車場  
 ※2 消防ポンプ車又はエンジン付きポンプを使用する。  
 ※3 一次系の予備循環ポンプは、HAW貯槽 (272V31~V36) で共用

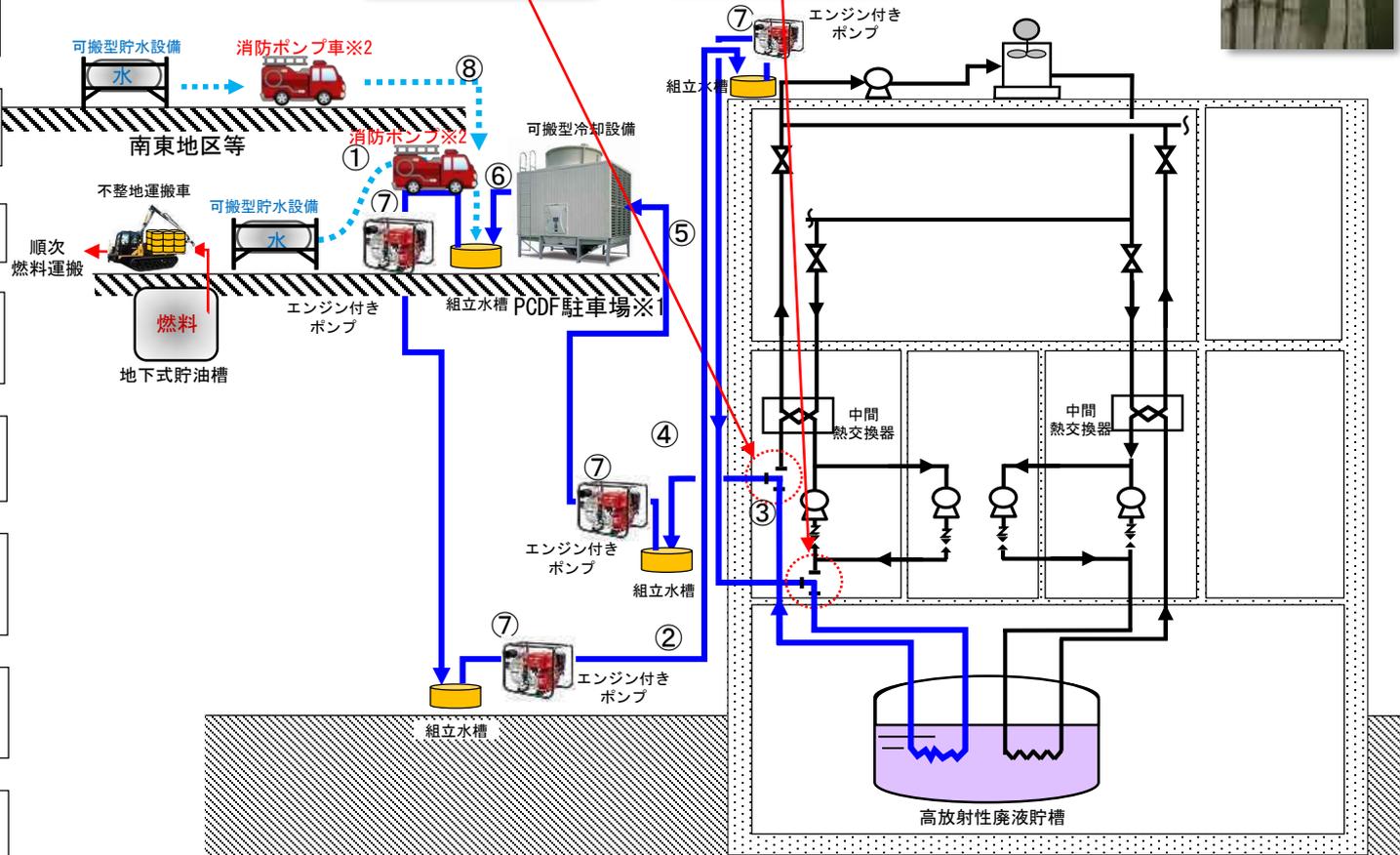
# 3.4 事故対処の有効性評価 — 未然防止対策② —

## 実施パターン② (HAW未然防止対策②)

- 凡例
- : 一次・二次冷却水
  - (Red) : 燃料運搬・供給
  - (Blue) : 可搬型冷却塔循環
  - (Dotted Blue) : ポンプ車, エンジン付きポンプからの給水

- ① PCDF駐車場※<sup>1</sup>の可搬型貯水設備等より組立水槽を介して消防ポンプ車等でHAW施設近傍の組立水槽に送水する。
- ② HAW施設近傍の組立水槽からHAW屋上の組立水槽を介してHAW施設屋内の分岐管に消防ホースを繋ぐ。
- ③ HAW施設屋内の分岐管から各貯槽へ消防ホースを繋ぐ。
- ④ HAW施設から排出された冷却水をHAW施設屋外の組立水槽に受け入れるためのホースを敷設する。
- ⑤ HAW施設屋外の組立水槽からPCDF駐車場※<sup>1</sup>の可搬型冷却設備へホースを敷設する。
- ⑥ 可搬型冷却設備で冷やされた水を受け取る組立水槽を設置しホースとエンジン付きポンプを設置する。
- ⑦ エンジン付きポンプを運転し可搬型冷却設備に水を送水する。
- ⑧ 組立水槽の液量が減少した場合、可搬型貯水設備等から水を補給する。

消防ポンプ車      ③水供給箇所 (OUT)      ③水供給箇所 (IN)      ③分岐管      ③水供給用ホース



※1 PCDF駐車場：プルトニウム転換技術開発施設 (PCDF) 管理棟駐車場  
 ※2 消防ポンプ車又はエンジン付きポンプを使用する。

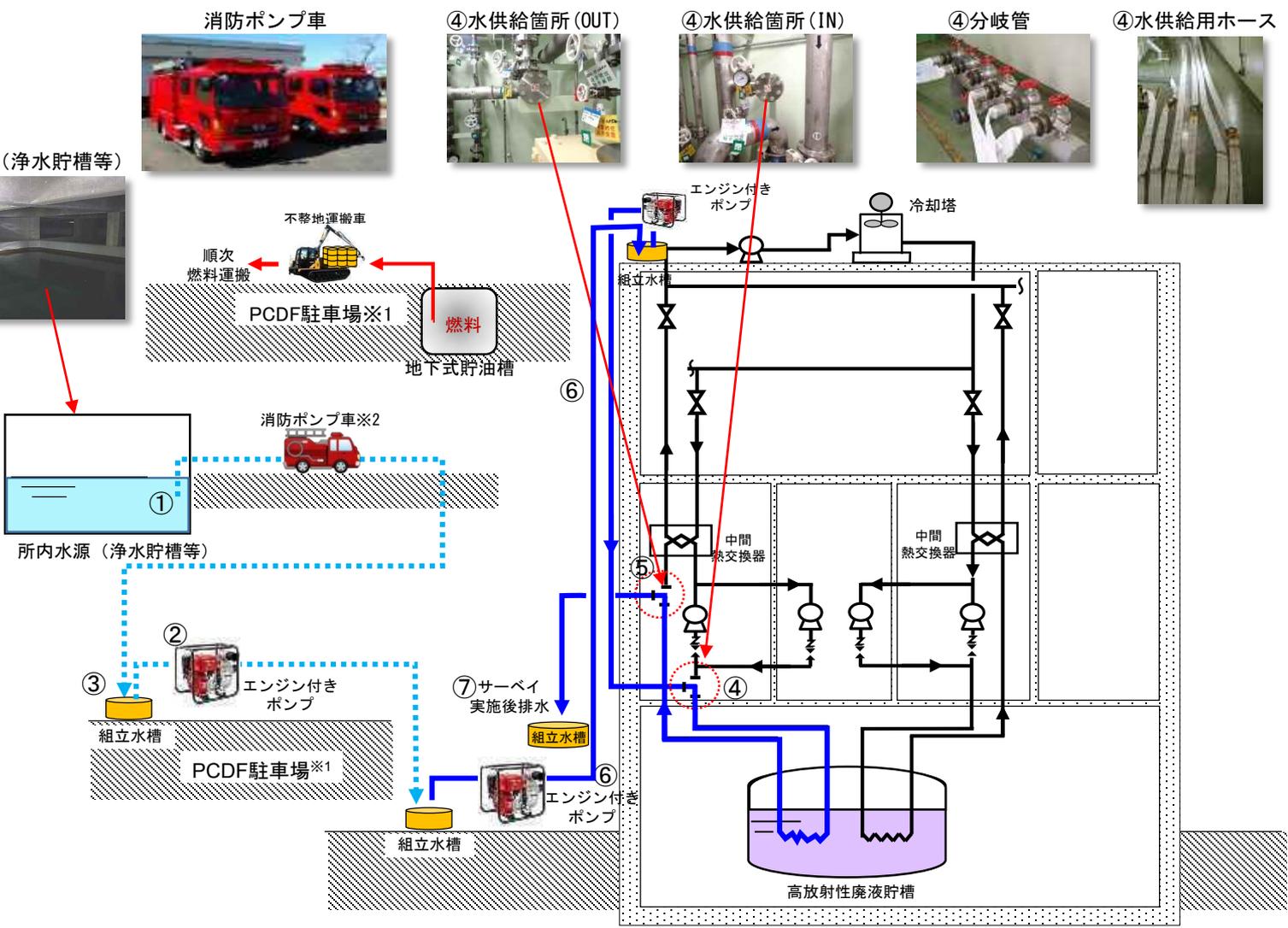
# 3.4 事故対処の有効性評価 — 未然防止対策③ —

## 実施パターン③ (HAW未然防止対策③)

- 凡例
- : 一次・二次冷却水
  - (with blue arrow) : 消防ポンプ車・エンジン付きポンプからの給水
  - (with blue arrow) : 冷却コイルワンスルー
  - (with red arrow) : 燃料



- ① 所内水源 (浄水貯槽等) から消防ポンプ車等で取水する。
- ↓
- ② 消防ポンプ車・エンジン付きポンプを配置しホースを接続する。
- ↓
- ③ 組立水槽を設置する。
- ↓
- ④ HAW施設近傍の組立水槽からHAW屋上の組立水槽を介してHAW施設屋内の分岐管にホースを繋ぐ。
- ↓
- ⑤ HAW屋内の分岐管から各貯槽へホースを繋ぐ。
- ↓
- ⑥ エンジン付きポンプから貯槽コイルに水を供給する。
- ↓
- ⑦ HAW施設から排出された冷却水はサーベイ実施後、施設外へ排水する。



※1 PCDF駐車場：プルトニウム転換技術開発施設 (PCDF) 管理棟駐車場  
 ※2 消防ポンプ車又はエンジン付きポンプを使用する。

# 3.4 事故対処の有効性評価

## － 遅延対策に要する資源の一覧 －

- ◆ 遅延対策①は、予め施設内の貯槽に確保した水を、高放射性廃液貯槽等に注水する。
- ◆ 遅延対策②では、対策に必要な水量が遅延対策①で確保した量を超える場合に、建家外の水源から注水する。
- ◆ HAWでは、可搬型蒸気供給設備が使用できない場合、遅延対策②を行う。
- ◆ 燃料、冷却水の必要量は、対策毎に違いのある使用設備に影響する。

事故対処			遅延対策に必要な 事故対処設備	燃料※1		蒸気用水※1		作業 要員数
対策	方法	パターン		供給元	必要量	供給元	必要量	
遅延 ①	建家内の貯槽に確保した水を高放射性廃液貯槽等へ注水して、液温を低下させるとともに、液量を増やして温度上昇速度を遅くする。 <ul style="list-style-type: none"> <li>• HAWでは、高放射性廃液貯槽の予備貯槽に120 m<sup>3</sup>の水を確保し、スチームジェットにより各貯槽へ注水する。</li> <li>• TVFでは、純水貯槽に17 m<sup>3</sup>の水を確保し、水中ポンプにより各貯槽へ注水する。</li> </ul>	①	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 可搬型蒸気供給設備 × 1</li> <li>• エンジン付きポンプ × 1</li> <li>• 給水ポンプ × 1</li> <li>• 可搬型コンプレッサー × 1</li> <li>• 可搬型発電機 × 1</li> <li>• 消防ポンプ車 × 1</li> <li>• 組立水槽 × 2</li> </ul>	事故対処用 地下式貯油 槽 (80 m <sup>3</sup> )	5 m <sup>3</sup>	可搬型貯 水設備 (357 m <sup>3</sup> )	12 m <sup>3</sup>	31人
		①-1		所内の既設 燃料貯蔵施 設 (450 m <sup>3</sup> )		所内の 既設貯水 設備 (1000 m <sup>3</sup> )		

※1 燃料及び蒸気用水は、HAWでの遅延①のみで使用する。高放射性廃液の貯槽への注水は建家内の既設貯槽にある水のみを利用するため、上記の水の必要量に含めていない。

事故対処			遅延対策に必要な 事故対処設備	燃料		補給水		作業 要員数
対策	方法	パターン		供給元	必要量	供給元	必要量※2	
遅延 ②	建家外の水源から高放射性廃液貯槽等へ注水して、液温を低下させるとともに、液量を増やして温度上昇速度を遅くする。	②	<ul style="list-style-type: none"> <li>• エンジン付きポンプ × 4</li> <li>• 水中ポンプ × 1</li> <li>• 可搬型コンプレッサー × 1</li> <li>• 消防ポンプ車 × 1</li> <li>• 組立水槽 × 4</li> </ul>	事故対処用 地下式貯油 槽 (80 m <sup>3</sup> )	4 m <sup>3</sup>	可搬型貯 水設備 (357 m <sup>3</sup> )	283 m <sup>3</sup>	29人
				所内の既設 燃料貯蔵施 設 (450 m <sup>3</sup> )		所内の 既設貯水 設備 (1000 m <sup>3</sup> )		

※2 遅延②では高放射性廃液の貯槽への注水の水を施設外の水源から調達することから、そのための水量を示す。なお、必要量としては高放射性廃液の貯槽の空き容量分(注水可能な最大量)を積算した。

# 3.4 事故対応の有効性評価 — 遅延対策① —

## 実施パターン① (HAW遅延対策①)

凡例

- ➡: 蒸気供給ホース敷設
- ➡: 可搬型貯蔵設備等より水供給
- ➡: 予備貯槽からHAW貯槽へ水を供給

①TVFトラックエリアより可搬型蒸気供給設備及び蒸気供給用ホースを搬出しHAW近傍へ設置する。



②蒸気供給用ホースの敷設を行う。



③可搬型貯蔵設備等からエンジン付きポンプでスチームジェットの駆動用蒸気を供給するために可搬型蒸気供給設備へ水を供給する。  
(蒸気設備作動用)



④予備貯槽の送液用ジェットに蒸気供給用ホースを繋ぐ。



⑤分配器で送液先にレバーを設定する。



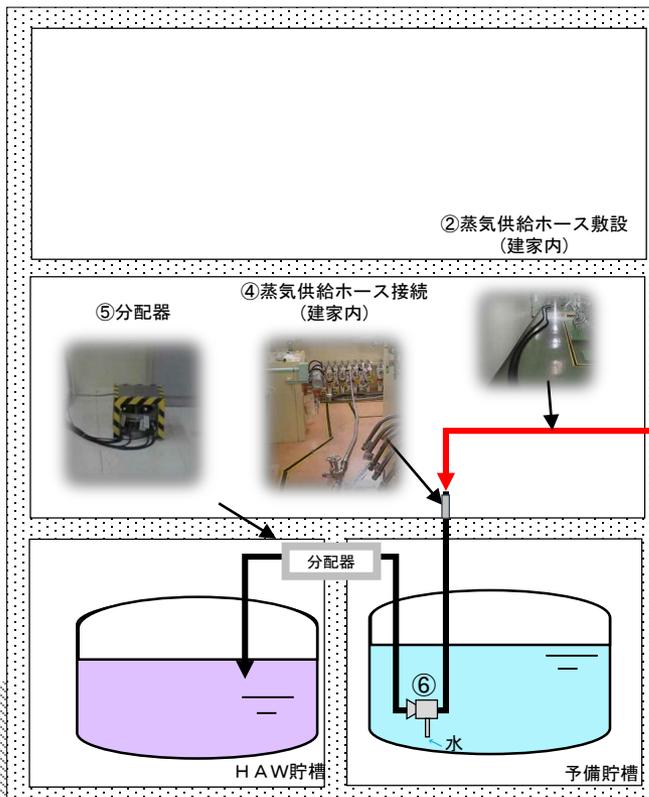
⑥水を移送させるためのスチームジェットに駆動用蒸気を供給することで、予備貯槽の水が吸い込まれHAW貯槽へ送液される。



可搬型蒸気供給設備運搬



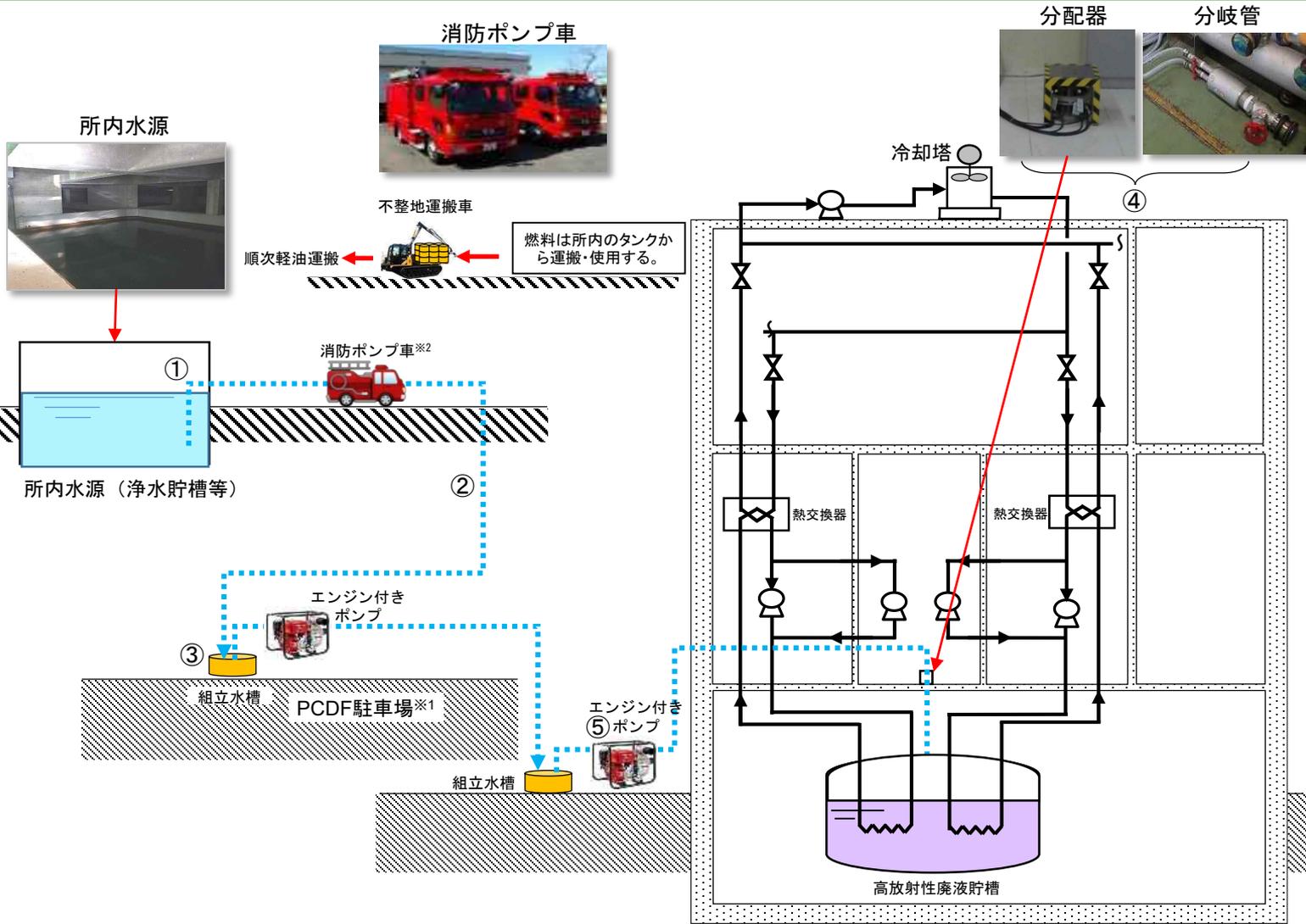
①TVFより可搬型蒸気供給設備を搬出しHAW施設近傍へ設置  
PCDF駐車場※1より水を供給



# 3.4 事故対処の有効性評価 — 遅延対策② —

## 実施パターン② (HAW遅延対策②)

- 凡例
- : 一次・二次冷却水
  - (blue) : 消防ポンプ車、エンジン付きポンプからの給水
  - (red) : 燃料



- ① 所内水源（浄水貯槽等）から消防ポンプ車で取水する。
- ② 消防ポンプ車・エンジン付きポンプを配置し消防ホースを接続する。
- ③ 組立水槽を設置する。
- ④ HAW施設屋内の分岐管から分配器を介し各貯槽へ消防ホースを繋ぐ。
- ⑤ エンジン付きポンプから貯槽に水を直接供給する。



燃料は所内のタンクから運搬・使用する。

※1 PCDF駐車場：プルトニウム転換技術開発施設（PCDF）管理棟駐車場  
 ※2 消防ポンプ車又はエンジン付きポンプを使用する

# 3.4 事故対処の有効性評価

## — 事故対処設備を用いた訓練 —

◆ 実際の訓練により、実行可能な手順となっていることの確認や、各操作に必要な時間を測定。

### 移動式発電機からの給電操作

ケーブル敷設



移動式発電機起動操作



端子接続, 絶縁抵抗測定



### エンジン付きポンプを用いた外部からの給水操作

エンジン付きポンプによる送水



エンジン付きポンプ運搬



エンジン付きポンプ運搬



### その他の訓練



不整地運搬車による燃料運搬



ホイールローダによるがれき撤去(夜間)



消防ポンプ車の展開



自然水利からの取水

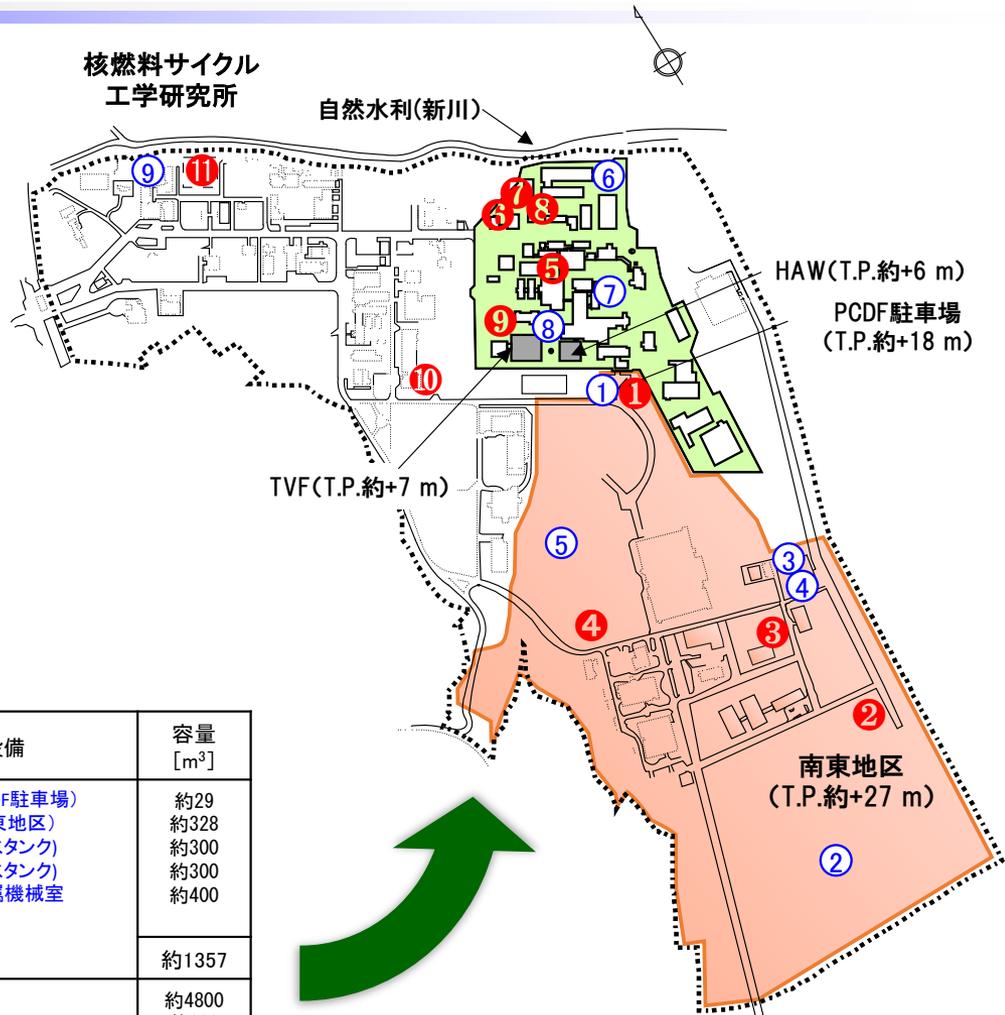
# 3.4 事故対処の有効性評価

## — 事故対処に必要な資源(燃料・水) —

- ◆ 令和4年度末までに、津波が遡上しない高さにある、PCDF駐車場に耐震性を確保した地下式貯油槽を設けて、燃料の確保を確実にする。
- ◆ 同様に、可搬型貯水設備(タンクコンテナ)をPCDF駐車場及び南東地区に設置して必要な水を確実に確保する。



これらの設備が整備されるまでの間、あるいは万一これらの設備も使用できなくなった場合を想定し、予め所内の利用可能な資源を調査し、アクセスルートや搬送手順についても検討しておくことで、事故対処を迅速に行う。



	燃料の貯蔵設備	容量 [m <sup>3</sup> ]	水の貯蔵設備	容量 [m <sup>3</sup> ]
T.P. 約+15m 以上	<ul style="list-style-type: none"> <li>①地下式貯油槽</li> <li>②南東地区(燃料タンク)</li> <li>③地層処分放射化学研究施設(クオリティ)地下タンク</li> <li>④プルトニウム燃料技術開発センターユーティリティ棟</li> </ul>	約80 約390 約10 約50	<ul style="list-style-type: none"> <li>①可搬型貯水設備(PCDF駐車場)</li> <li>②可搬型貯水設備(南東地区)</li> <li>③中央運転管理室(給水タンク)</li> <li>④中央運転管理室(受水タンク)</li> <li>⑤プルトニウム燃料付属機械室(蓄熱槽)</li> </ul>	約29 約328 約300 約300 約400
		約530		約1357
T.P. 約+15m 以下	⑤(再処理施設)ユーティリティ施設地下貯油槽	約114	⑥浄水貯槽	約4800
	⑥中間閉閉所燃料地下貯油槽	約30	⑦屋外冷却水設備	約800
	⑦第二中間閉閉所燃料地下貯油槽	約45	⑧散水貯槽	約30
	⑧低放射性廃棄物処理技術開発施設(LWTF)地下貯油槽	約30	⑨工業用水受水槽	約5000
	⑨ガラス固化技術開発施設(TVF)地下貯油槽	約25		
	⑩高レベル放射性物質研究施設(CPF)地下埋設オイルタンク	約9		
	⑪非常用予備発電棟地下燃料タンク貯油槽	約25		
		約278		約10630

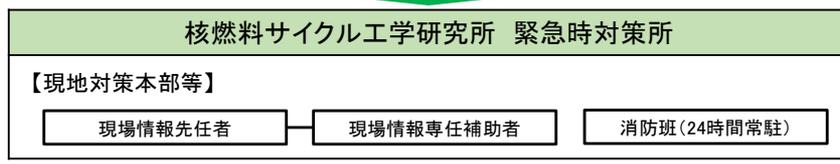
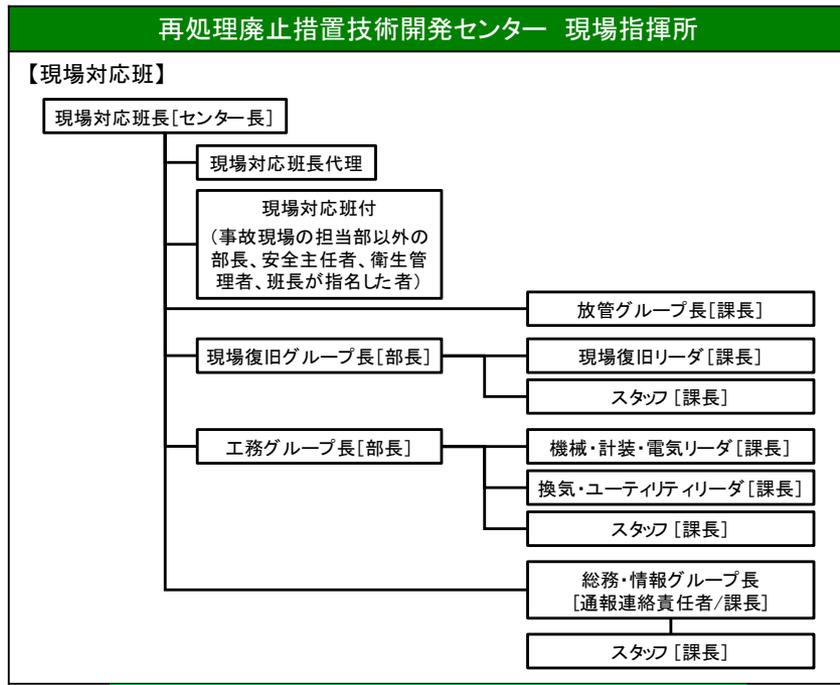
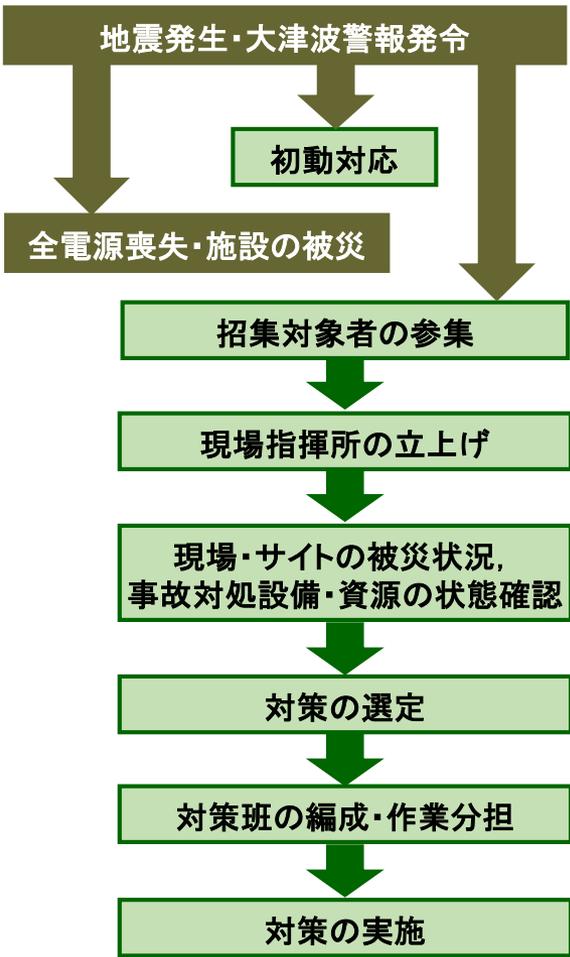
凡例

- 研究所敷地境界線
- 標高T.P.約+15 m以上 (津波による浸水がないエリア)
- 再処理施設敷地範囲

# 3.4 事故対処の有効性評価

## — 事故対処の指揮・体制 —

- ◆ 事象発生直後の初動対応は、24時間常駐している当直長，保安要員，消防班が行う。
- ◆ 招集対象者は連絡がなくとも報道等に基づき研究所 南東地区に集合し，直ちに再処理廃止措置技術開発センターの現場指揮所を立ち上げる。
- ◆ 現場指揮所は，制御室や研究所緊急時対策所からの情報を集約し，被災状況を把握した上で，事故対処の実施方法を判断し，指揮する。



# 3.4 事故対処の有効性評価 — 事故対処要員 —

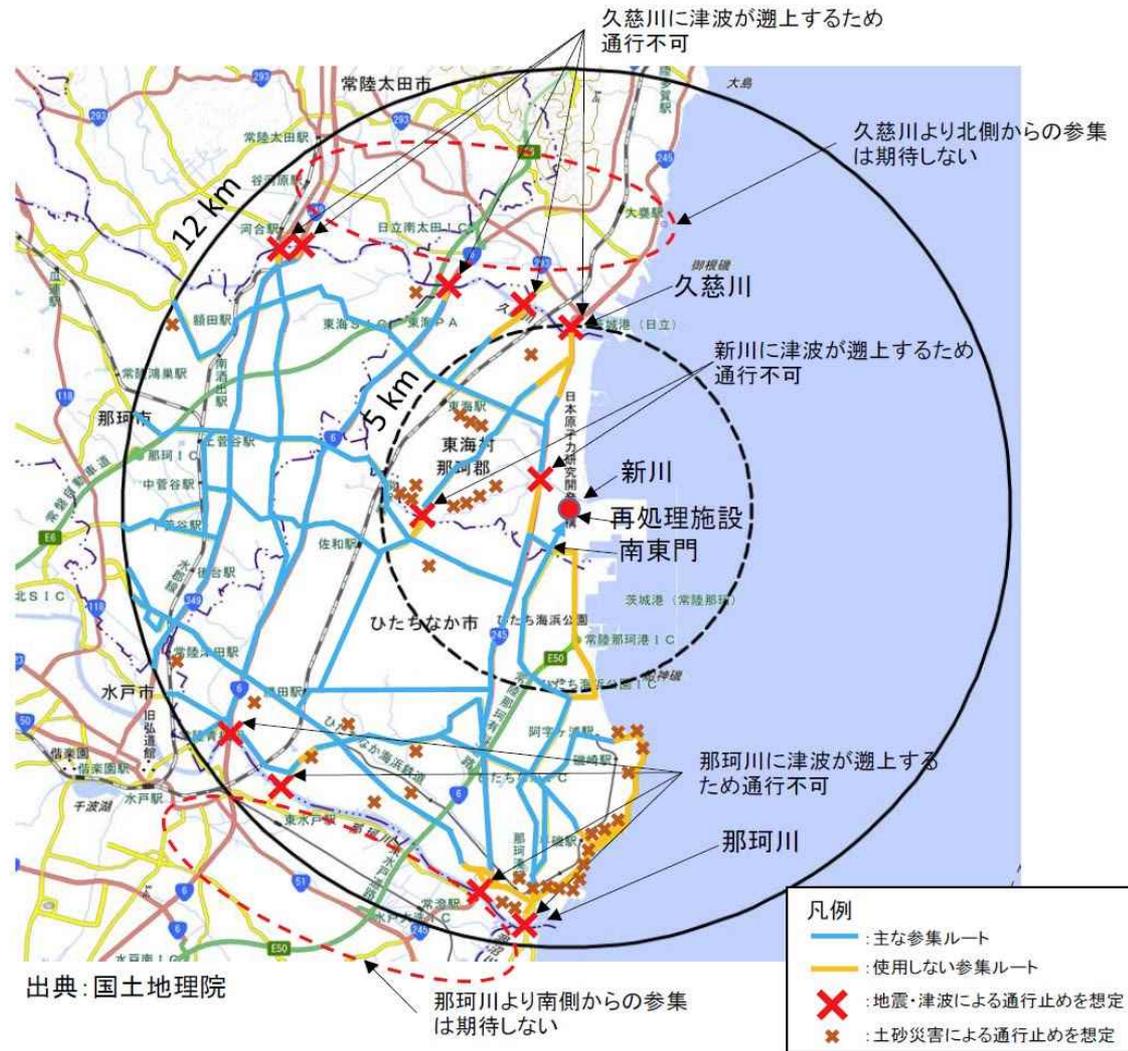
- ◆ 事故対処要員は、徒歩での参集が可能  
なように再処理施設から12 km圏内で、那珂川以北～久慈川以南の居住者を割り  
当てる。
- ◆ 自治体のハザードマップを参考に、地震・  
津波・土砂災害の危険性のあるルートは  
参集ルートから除外した。
- ◆ 有効性評価では、事象の発生から招集者  
が集合し、事故対処作業の準備完了まで  
に要する時間を、10時間と推定した。



- 招集対象者は**108名**。
- 実際の招集訓練(早朝の事象発生を想定)  
における実績として、**4時間程度で研究所  
南東門に到達可能**であった(途中休憩時間  
含む)。



招集訓練の様子



# 3.4 事故対処の有効性評価 — 事故対処設備(配備済み) —

## ◆ 配備済みの主要な事故対処設備

名称	設備	仕様	配備数	配備場所	名称	設備	仕様	配備数	配備場所
移動式発電機		発電能力: 1000 kVA	2基	PCDF駐車場 南東地区	消防ポンプ車		圧力: >0.187 MPa 揚程:>18.7 m 流量: >200 L/min	2台	正門車庫
可搬型発電機		発電能力: 100 kVA (可搬型蒸気供給設備用)	1基	PCDF駐車場	可搬型蒸気供給設備		使用圧力範囲: 0.49~0.88 MPa	1基	TVF建家内
不整地運搬車		最大積載量: 200Lドラム缶 9本	1台	南東地区	エンジン付きポンプ		最大揚程: 30 m 最大流量: 60 m <sup>3</sup> /h	6基	HAW建家内 TVF建家内
ホイールローダー		定格出力: 22 kW バケット容積: 0.4 m <sup>3</sup>	1台	PCDF駐車場	組立水槽		容積:5 m <sup>3</sup> 容積:1 m <sup>3</sup>	7槽 1槽	HAW建家内 TVF建家内 PCDF駐車場
油圧ショベル		定格出力: 22 kW バケット容積: 0.09 m <sup>3</sup>	1台	PCDF駐車場	可搬型圧縮空気設備		最高圧力: 0.8MPa	3基	HAW建家内 TVF建家内

# 3.4 事故対処の有効性評価

## － 事故対処設備(今後配備予定) －

### ◆ 今後配備予定の主要な事故対処設備

名称	設備	仕様	配備数	配備場所	配備時期
移動式 発電機		発電能力: 1000 kVA	2基追加配備	PCDF駐車場 南東地区	R3年度末
可搬型 発電機		発電能力: 100 kVA 他 (可搬型冷却設備用他)	5基追加配備	PCDF駐車場 南東地区	R4年度末
可搬型 冷却設備	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>HAW</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>TVF</p>  </div> </div>	HAW交換熱量: 約270 kW	2基配備	PCDF駐車場 南東地区	R4年度末
		TVF交換熱量: 約12.5 kW	2基配備	PCDF駐車場 南東地区	R3年度末
可搬型蒸気 供給設備		使用圧力範囲: 0.49～0.88 MPa	1基追加配備	南東地区	R3年度末
エンジン付き ポンプ		最大揚程:30 m 最大流量:60 m <sup>3</sup> /h	2基追加配備	HAW建家内 TVF建家内	R3年度末
可搬型 貯水設備		貯水量:26 m <sup>3</sup> /基	15基配備	PCDF駐車場 南東地区	R4年度末
可搬型 ダスト・ヨウ 素サンプラ		測定対象核種: $\alpha$ , $\beta$ , <sup>131</sup> I, <sup>129</sup> I	2基配備	HAW建家内 TVF建家内	R3年度末

# 3.4 事故対処の有効性評価

## — 事故対処時の監視・測定 —

- ◆ 地震・津波等の事象発生時においても、事故の進展状況や現場の状況を把握し、適切な対応を判断するために監視・測定が可能な対策を講じる。
- ◆ プロセス系パラメータについては電源喪失を考慮し、現場に持ち込んで仮設可能な可搬型測定設備とデータ収集装置を準備し、測定値は無線等で連絡する体制とする。
- ◆ 蒸発乾固の発生防止に注力するものの、放射性物質の放出が起きていないことを確認するために、可搬型設備等により環境放射線監視を行う。

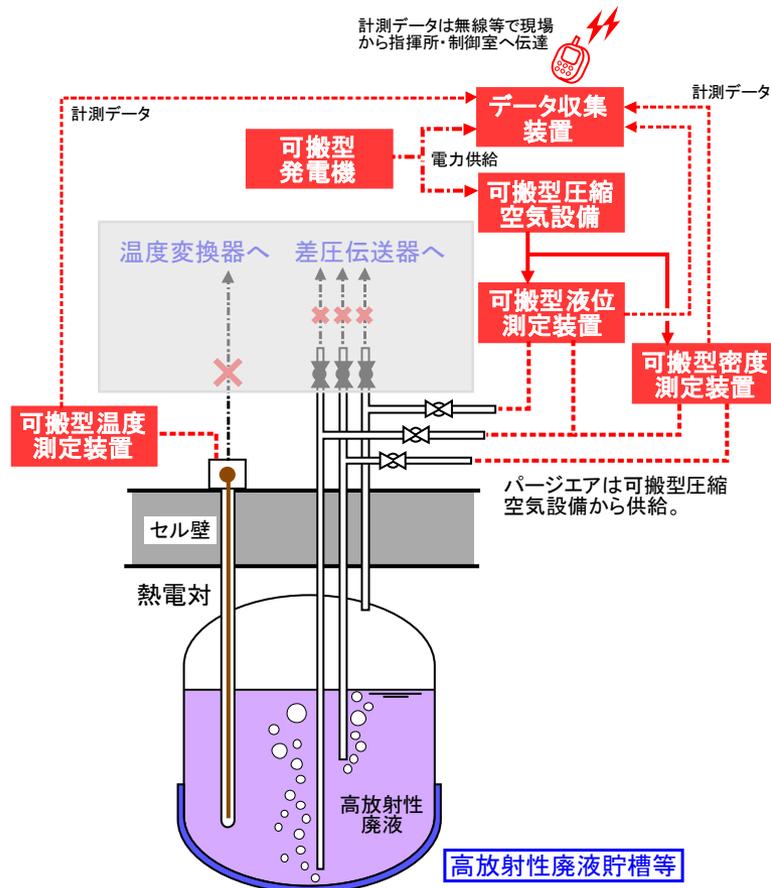
### 高放射性廃液の温度・液位等の監視・測定

重要な安全機能(閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能)に係る監視パラメータ(プロセス系)

- HAW :
  - ・ 高放射性廃液貯槽等の液温, 液位, 圧力
  - ・ 高放射性廃液貯槽等の冷却水の流量, 温度
  - ・ 高放射性廃液貯槽等の設置されたセルの漏えい検知
  - ・ 建家及びセル換気系の差圧
- TVF :
  - ・ 受入槽等の液温, 液位
  - ・ 受入槽等の冷却水の流量, 温度
  - ・ 固化セルの漏えい検知, 圧力
  - ・ 建家及びセル換気系の差圧

### 放射線等の監視・測定

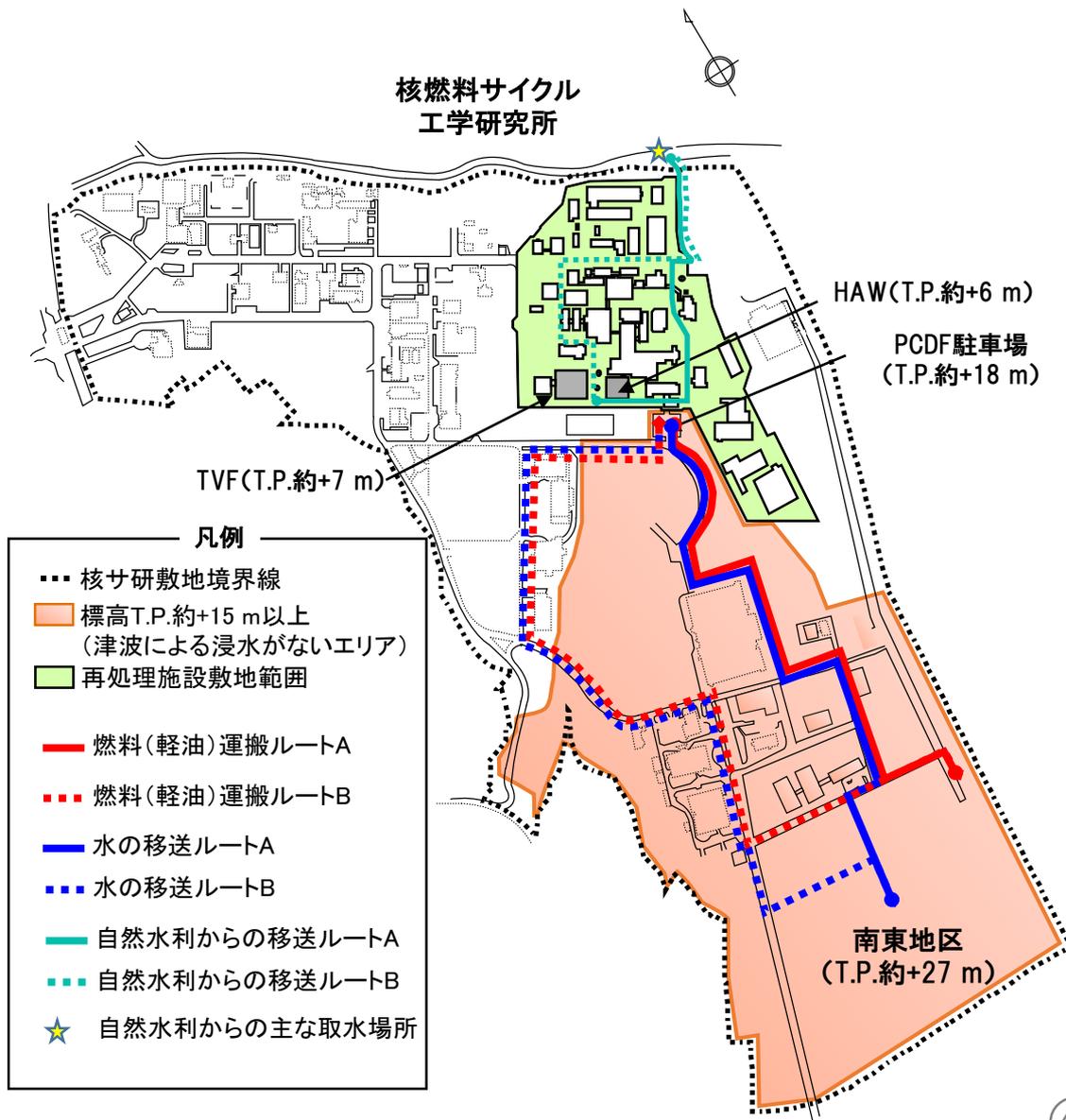
- HAW :
  - ・ 可搬型排気モニタリング設備 (主排気筒)
- TVF :
  - ・ 可搬型排気筒モニタリング設備 (第二付属排気筒)
- 環境モニタリング
  - ・ 可搬型モニタリングポスト
  - ・ 可搬型ダスト・ヨウ素サンプラ
  - ・ モニタリングカー



# 3.4 事故対処の有効性評価

## － アクセスルート(必要な資源の確保) －

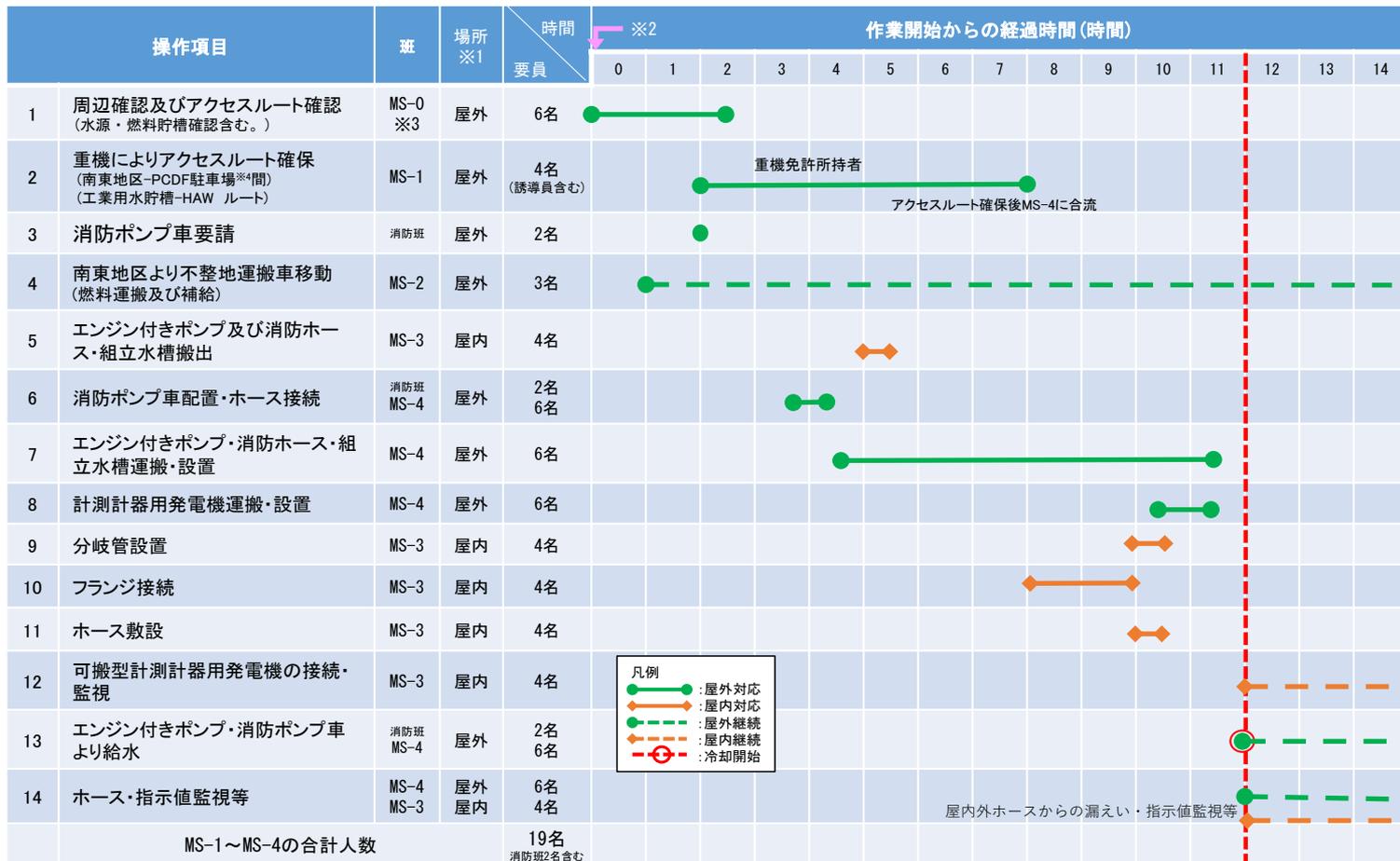
- ◆ アクセスルートの確認においては、HAW・TVFから最も遠い場所の資源からも搬送できることを確認する。
- ◆ 道路等が自然災害の被害を受けたり、漂流物等のガレキが散乱することが想定されることから、**車両移動を期待せず、人力により送水ホースの敷設等**を行う。
- ◆ 燃料搬送も、燃料缶を用いて、人力もしくは不整地走行車によって行う。
- ◆ 複数ルートでのアクセスが可能ないように予め調査を行い、実行可能であることを確認する。



# 3.4 事故対処の有効性評価 ー タイムチャートを用いた分析 ー

- ◆ 実施時間については、対策の各段階の操作を時系列(タイムチャート)に並べて、それぞれの作業に要する時間を積算して評価し、事故対処が有効であることを確認する。
- ◆ 各作業に要する時間は、これまでの運転・保守作業実績や事故対処訓練での実測値を基に設定する。

例：HAWの未然防止対策③：タイムチャート分析結果



※1 制御室における復旧活動はない。  
 ※2 事象発生後、移動準備(1時間)、居住地からの徒歩移動(6時間(訓練結果の1.5倍))、人員点呼・班編成等(3時間(訓練結果の1.5倍))の合計約10時間を要する想定  
 ※3 MS-1, MS-4より各3名  
 ※4 PCDF駐車場：プルトニウム転換技術開発施設(PCDF)管理棟駐車場

冷却開始  
(事象発生から約22時間)

HAWにおける沸騰到達時間(77時間)

# 3.4 事故対処の有効性評価 — HAWにおける分析結果 —

- ◆ 全ての事故対処に対してタイムチャート分析を行い、事故対処は高放射性廃液の沸騰までの時間以内で実施できることを確認した。

事故対処			【A】 事象発生から 招集～準備完了まで に要する時間	【B】 作業着手から冷 却機能回復まで の作業時間	【A】 + 【B】 事象発生から冷 却機能回復まで の合計時間	高放射性廃液 が沸騰に至る までの時間	有効性の 判定
対策	方法	パターン					
未然 防止 ①	電源を供給して恒設の冷却システムを動かす。電源は移動式発電機から供給する。冷却塔の散水用に外部から水を供給する。水の供給にはエンジン付きポンプ等を用いる。	①	10時間	11時間	21時間	77時間	○
		①-1		11時間	21時間		○
		①-2		13時間	23時間		○
未然 防止 ②	可搬型冷却設備を恒設の冷却システムに接続して冷却する。	②		17時間	27時間		○
		②-1		16時間	26時間		○
		②-2		17.5時間	27.5時間		○
未然 防止 ③	外部から供給する水を直接冷却系統配管に通水し、ワンスルーで排水する。	③		12時間	22時間		○
		③-1		12時間	22時間		○
		③-2		12時間	22時間		○

# 3.4 事故対処の有効性評価

## － TVFにおける分析結果 －

- ◆ 全ての事故対処に対してタイムチャート分析を行い、事故対処は高放射性廃液の沸騰までの時間以内で実施できることを確認した。

事故対処			【A】 事象発生から 招集～準備完了まで に要する時間	【B】 作業着手から冷 却機能回復まで の作業時間	【A】 + 【B】 事象発生から冷 却機能回復まで の合計時間	高放射性廃液 が沸騰に至る までの時間	有効性の 判定
対策	方法	パターン					
未然 防止 ①	電源を供給して恒設の冷却システムを動かす。電源は移動式発電機から供給する。冷却塔の散水用に外部から水を供給する。水の供給にはエンジン付きポンプ等を用いる。	①	10時間	11時間	21時間	56時間	○
		①-1		11時間	21時間		○
		①-2		12時間	22時間		○
未然 防止 ②	可搬型冷却設備を恒設の冷却システムに接続して冷却する。	②		15時間	25時間		○
		②-1		15時間	25時間		○
		②-2		15時間	25時間		○
未然 防止 ③	外部から供給する水を直接冷却系統配管に通水し、ワンスルーで排水する。	③		15時間	25時間		○
		③-1		15時間	25時間		○
		③-2		15時間	25時間		○

## 3.5 事故対処の有効性評価の結果

### － 評価結果 －

- 未然防止対策及び遅延対策では、必要となる操作手順毎に所要要員及び所要時間を積み上げタイムチャートに示し、一連の操作が**高放射性廃液の沸騰に至る前に完了できることを確認**した。
- 各操作項目については、過去の訓練実績に基づき評価するとともに、新たな操作項目に対しては、要素訓練の実施により操作手順、所要要員、所要時間の妥当性を確認した。
- 総合訓練では、**HAW及びTVFの両施設が設計津波の遡上により同時に全交流電源喪失に至ることを想定し**、TVFにおいては運転中の濃縮器の停止操作等を含む初動対応を確認した。また、実施可能な対策の選択に際しては、設備の被災状況、所内の資源確保の状況等に基づき、採るべき対策の判断が行えることを確認した。
- 事故対処の確実性を増すため、**可搬型貯水設備、地下式貯油槽、可搬型冷却設備等を今後配備する計画**であり、新規の事故対処設備の配備等の施設設備の状況変化に応じて事故対処の実効性を検証するとともに、事故対処に関連する**保守点検活動を通して実務経験を積むこと等**により、事故対処に使用する再処理施設の恒設設備及び予備品等についての**知識の習熟を図る**。
- また、保守点検活動を通じた恒設設備、事故対処の資機材等に関する情報及びマニュアルの整備、事故時の対策の選定に必要な資料の整備、整備したマニュアル等を即時利用できるようにするための事故対応訓練、夜間、悪天候等の厳しい環境条件を想定した事故対応訓練等、**継続的な訓練により習熟を図る**。
- さらに、事故対処の有効性評価に伴い、その結果を踏まえ今後関連する規則類への反映を行う。



HAW及びTVFにおける事故の同時発生においても、事故対処設備を用いて、高放射性廃液の沸騰を防止することができ、**事故対処が有効であることを確認**した。

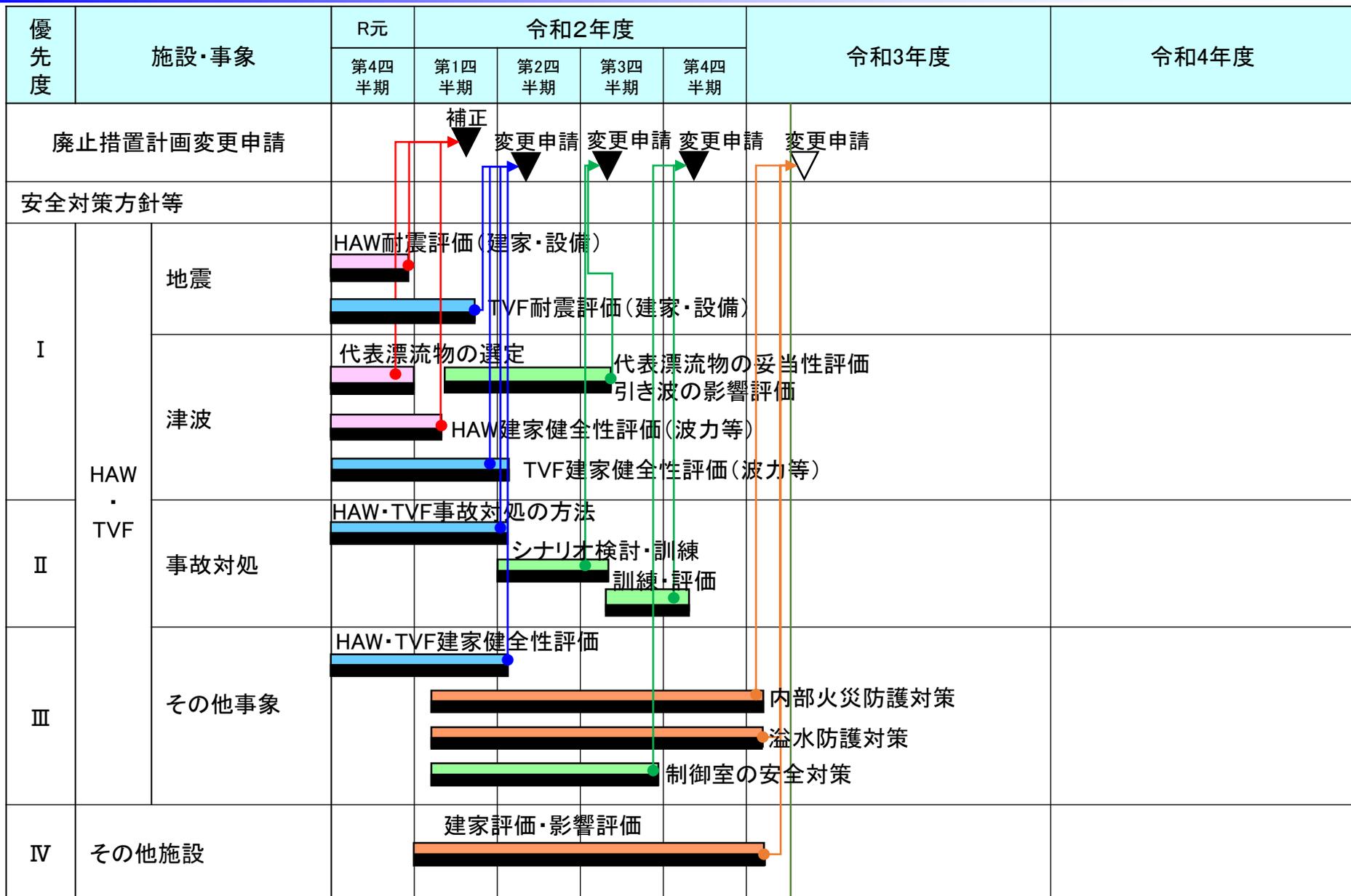
## 4. 安全対策に係る今後の予定

## 4. 安全対策に係る今後の予定

- 廃止措置段階にある再処理施設においては、リスクが特定の施設に集中しており、**高放射性廃液に伴うリスクが集中するHAW**と、これに付随して廃止措置全体の長期間ではないものの分離精製工場(MP)等の工程洗浄や系統除染に伴う廃液処理も含めて一定期間使用する**TVF**については、その重要性を踏まえた安全対策を最優先で講じる。
- このため、HAW及びTVFについては、重要な安全機能(閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能)が損なわれることのないよう、令和20年頃までの維持期間を想定し対策を講じる。
- 上記以外の施設については、今後とも安全かつ継続して施設を運用し計画的に廃止措置を進めることができるよう、リスクに応じた対策を講じる。
- 事故対処の有効性評価に伴い、その結果を踏まえ今後関連する規則類への反映を行う。
- 基本方針・スケジュールに従い、**令和4年度までを目途に東海再処理施設の安全対策を行う**とともに、その後の廃止措置を着実に進めていく。

# 4. 安全対策に係る今後の予定

## ー 安全対策方針等のスケジュール ー



# 4. 安全対策に係る今後の予定

## ー 安全対策の設計及び工事のスケジュール(1/2) ー

優先度	施設・事象	R元年度	令和2年度				令和3年度	令和4年度		
		第4四半期	第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期				
	廃止措置計画変更申請		補正	変更申請	変更申請	変更申請	変更申請	変更申請		
	安全対策設計・工事		補正				HAW周辺地盤改良工事			
I	地震		補正				準備/工事			
			変更申請	設計	準備/工事			第二付属排気筒耐震補強工事		
			変更申請	設計	準備/工事			主排気筒耐震補強工事		
			変更申請	設計	準備/工事			準備/工事		
			変更申請	設計	準備/工事			準備/工事		
	HAW・TVF	津波		変更申請	準備					
				設計	準備				HAW一部外壁補強工事	
				設計					準備/工事	
				設計					準備/工事	
				設計					準備/工事	
						変更申請 (TVF一部外壁補強)				
						変更申請 (TVF浸水防止扉)※				
						設計				
						準備/工事				
						準備/工事				

※:申請時期調整中

# 4. 安全対策に係る今後の予定

## ー 安全対策の設計及び工事のスケジュール(2/2) ー

優先度	施設・事象	R元年度	令和2年度				令和3年度	令和4年度
		第4四半期	第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期		
	廃止措置計画変更申請		補正 変更申請	変更申請	変更申請	変更申請	変更申請	
	安全対策設計・工事							
II	事故対処  HAW・TVF	HAW事故に係る対策			変更申請			
		設計	準備/工事					
		TVF事故に係る対策	設計	準備/工事				
		TVF制御室の換気対策工事	設計		変更申請			
		準備/工事						
事故対処設備配備場所地盤補強工事	設計			変更申請(地盤)	変更申請(貯油槽等)※			
準備/工事								
						保安林解除・PP設備対応		
III	その他事象 (竜巻・火山・外部火災等)	HAW竜巻対策工事	設計		変更申請			準備/工事
		TVF竜巻対策工事	設計				変更申請	準備/工事
		HAW/TVF内部火災対策工事				設計	変更申請※	準備/工事
		HAW/TVF溢水対策工事				設計	変更申請※	準備/工事

※: 申請時期調整中

# おわりに

東海再処理施設の廃止措置は、数世代に跨る長期の大型プロジェクトであり、国内外の英知を結集し、施設に保有する放射性廃棄物に伴うリスクの低減に向け、施設の高経年化や新規規制基準等を考慮した安全対策に取り組むとともに、適切な工程管理の下で施設の廃止を着実に進めていく。

廃止措置の実施にあたっては、地域社会との共生を図りながら、過去のトラブル等の経験を十分に踏まえた上で、安全確保を最優先に安全対策を進めるとともに、関係省庁とも調整し、廃止措置に必要な予算と人材を確保することで、着実に工程管理を行っていく。

# 補足説明資料

# 周辺公衆の被ばく低減対策

令和2年度第2回茨城県原子力安全対策委員会(R2.7.22)資料

- 廃止措置段階における放射性廃棄物の放出管理に当たっては、**放射性物質に起因する被ばく線量を低くするための措置を合理的に、かつ、可能な限り講ずる観点から**、廃止措置計画に放出の基準を定め、廃止措置の進捗に応じて、適宜、これを見直す。放出の基準は、まずは**工程洗浄が終了した段階に定め、廃止措置計画の変更**を行う。
- 一方、放出の基準を定める間の当面の放出管理として、クリプトン-85(<sup>85</sup>Kr)、トリチウム(<sup>3</sup>H)については、**これまでの放出実績等から放出管理目標値を定め、これを保安規定にて管理**する。また、工程洗浄に係る廃止措置計画の変更時においても工程洗浄に伴う放出管理目標値を定め、これを保安規定にて管理する。
- 設定した放射性気体廃棄物及び放射性液体廃棄物の放出管理目標値は、**現行の保安規定に定める値の約1/50**である。

## 放射性気体廃棄物の放出の基準

(主排気筒、第一付属排気筒及び第二付属排気筒の合計)

核種	1年間の最大放出量	1年間の放出管理目標値
<sup>85</sup> Kr	$8.9 \times 10^{16}$ Bq	$2.0 \times 10^{15}$ Bq
<sup>3</sup> H	$5.6 \times 10^{14}$ Bq	$1.0 \times 10^{13}$ Bq

約1/50

## 放射性液体廃棄物の放出の基準

(海洋に放出する処理済廃液)

核種	1年間の最大放出量	1年間の放出管理目標値
<sup>3</sup> H	$1.9 \times 10^{15}$ Bq	$4.0 \times 10^{13}$ Bq

約1/50

# 放射性廃棄物の取扱い(処理施設の新設等)

令和2年度第2回茨城県原子力安全対策委員会(R2.7.22)資料



- 過去の運転で発生した廃棄物 (約22,700トン)
  - 今後の廃止措置で発生する廃棄物 (約48,600トン)
- (合計 約71,000トン)



処理方法変更のため改造

施設の活用

廃止措置のために新設

## 廃棄物の処理

## 廃棄物の貯蔵

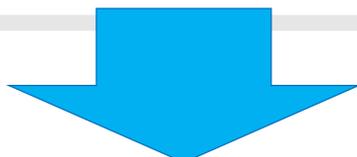
処分事業の進捗と平仄を合わせて進める



廃棄物処理施設 (LWTF)



廃棄体化処理施設 (HWTF-2, TWTF-1,2)



## 廃棄物の処分



地層処分施設



中深度処分施設



浅地中処分施設

放射性廃棄物の発生量を合理的に可能な限り低減するように努めるとともに、発生した放射性廃棄物を適切に処理する。

## ➤ 放射性気体廃棄物

放射性気体廃棄物は、洗浄塔、フィルタ等で洗浄、ろ過したのち、排気筒を通じて大気に放出する。放出に当たっては、排気筒において放射性物質濃度を常時測定監視し、保安規定の値を超えないように管理する。

## ➤ 放射性液体廃棄物

放射性液体廃棄物は、放射能レベルの区分や性状に応じて蒸発処理、中和処理及び油分除去を行い、海中放出設備の放出管を通じて海中に放出する。放出に当たっては、放射性液体廃棄物の放出量が保安規定の値を超えないように管理する。

## ➤ 放射性固体廃棄物

放射性固体廃棄物のうち可燃性廃棄物及び難燃性廃棄物は、焼却したのち放射性廃棄物の貯蔵施設に貯蔵する。不燃性廃棄物は、放射能レベルの区分や性状に応じて放射性廃棄物の貯蔵施設に貯蔵する。これらの廃棄物は、廃棄体化施設の整備が整い次第廃棄体化施設に搬出し、処分施設の要件に見合うよう廃棄体化処理する。ガラス固化体及び廃棄体は処分施設の操業開始後随時搬出する。

なお、最終処分は、バックエンド対策にとって必要不可欠であり、早期に処分が可能となるよう立地推進等の所要の取り組みを継続する所存である。最終処分の開始がやむを得ず遅れる場合は、各施設及び廃棄物の安全な管理が損なわれないよう廃止措置や廃棄物処理・保管の計画の調整により対応を図っていく。

# 核燃料物質の譲渡し

令和2年度第2回茨城県原子力安全対策委員会(R2.7.22)資料

- **新型転換炉原型炉「ふげん」の使用済燃料約41トン**(分離精製工場の貯蔵プールに貯蔵中)は、専用の使用済燃料輸送容器に収納し、専用の輸送船により、**令和8年度までに国内又は我が国と原子力の平和利用に関する協力のための協定を締結している国の再処理事業者の再処理施設へ全量を搬出する。**
- ウラン製品(ウラン貯蔵所等に貯蔵中)は、施設の管理区域解除までに廃止対象施設外の施設に搬出する。
- ウラン・プルトニウム混合酸化物(MOX)粉末(プルトニウム転換技術開発施設に貯蔵中)は、施設の管理区域解除までに廃止対象施設外の施設に搬出する。
- 核燃料物質について引き続き取り扱うことから、核物質防護規定に基づく、核セキュリティ対策を適切に実施していく。



使用済燃料貯蔵プール



ウラン製品の容器



ウラン・プルトニウム混合酸化物(MOX)

# 地震対策 — 基本的考え方 —

令和2年度第2回茨城県原子力  
安全対策委員会(R2.7.22)資料

- 廃止措置段階にある東海再処理施設の地震に対する安全対策は、高放射性廃液に伴うリスクが集中するHAWと、これに付随して廃止措置全体の長期間ではないものの分離精製工場(MP)等の工程洗浄や系統除染に伴う廃液処理も含めて一定期間使用するTVFについて、最優先で取り組むことを基本方針とした。
- 地震に対しては、HAWとTVFの高放射性廃液を取り扱う上で重要な安全機能(閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能)を担う設備※<sup>1</sup>について、設計地震動に対してそれらの機能が損なわれることのないように耐震性を確保する。
- HAW建家及び配管トレンチの耐震性向上を目的として、HAW周辺地盤の改良工事を行う。
- 地震時における耐震性向上のため、TVFからの廃気を排出する第二付属排気筒の耐震補強工事を行う。
- HAWとTVFに電力やユーティリティを供給する既設の恒設設備(外部電源及び非常用発電機、蒸気及び工業用水の供給施設)は、設計地震動に耐えるようにすることが困難※<sup>2</sup>であるが、安全機能喪失後の事故の事象進展が緩慢であることを踏まえ、事故対処可能な可搬型設備(電源車、可搬ポンプ)等を現状配備している。これらの代替策としての有効性を確認した上で事故対処設備として配備する設備(電源車、可搬ポンプ)等が使用できるよう必要な対策を実施する。今後、廃止措置計画の変更申請を予定している。

※<sup>1</sup> 令和2年5月29日に行った廃止措置計画の補正における耐震評価及び対策の対象は、HAWの建家、閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能を担う設備及びHAWとTVFを結ぶ配管トレンチとした。

※<sup>2</sup> 既設の恒設設備(外部電源及び非常用発電機、蒸気及び工業用水の供給施設)は、一般施設として建設されたものや、建設当時の設計で耐震重要施設とはなっていない(既認可上でB類、C類)ことから、設計地震動や設計津波から守ることが困難である。当該設備の大規模改修や新規設置等の期間は数年にわたることが想定され、HAWやTVFの令和20年頃までの維持期間を踏まえると対策の完了に時間を要することから、代替策で対応することが合理的であると考えている。

# 津波対策 — 基本的考え方 —

令和2年度第2回茨城県原子力  
安全対策委員会 (R2.7.22) 資料

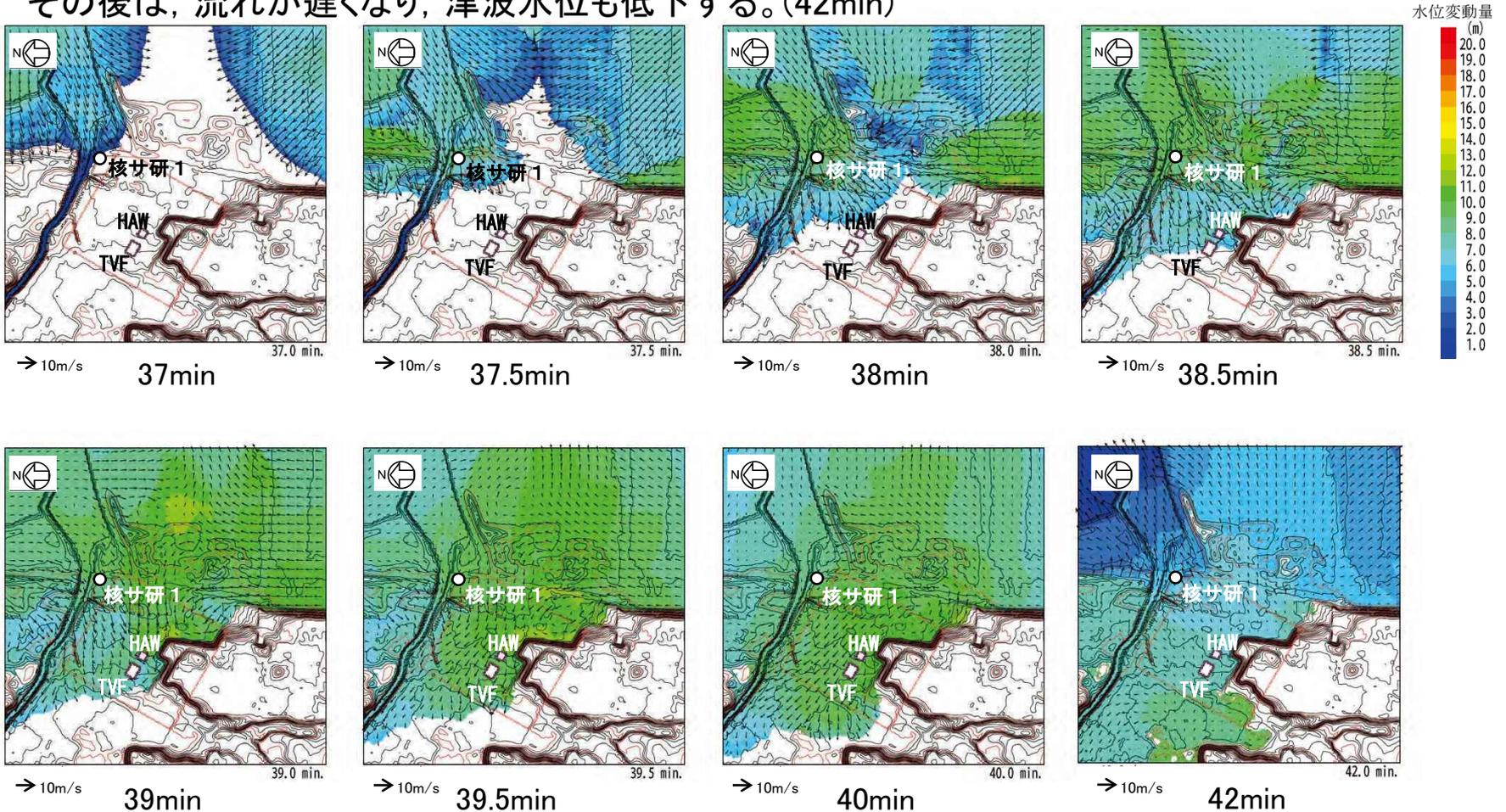
- 廃止措置段階にある東海再処理施設の津波に対する安全対策は、高放射性廃液に伴うリスクが集中するHAW及び一定期間使用するTVFについて、最優先で取り組むことを基本方針とした。
- 津波に対しては、HAWとTVFの高放射性廃液を取り扱う上で重要な安全機能(閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能)を担う設備についてそれらの機能が損なわれることのないように、設計津波に対してHAW及びTVFの建家内を浸水させないよう対策を行う。
- 設計津波に対する建家等の強度評価に必要な条件として最大水位，進入角度，流速について遡上解析により算出する。
- プラントウォークダウン等により漂流物となりえるものを洗い出し，スクリーニングにより代表漂流物を選定する。
- 設計津波の波力に加え，津波漂流物防護柵をすり抜けて建家に衝突する代表漂流物に対して建家が損傷しないよう建家の耐力評価を行い，不足している部位に対して補強を行う。HAW建家の外壁強度の補強を目的として，HAW建家の開口部周辺の増打ちによる外壁補強工事を行う。
- 衝突エネルギーの大きい漂流物は，建家に到達する前に捕捉できるよう津波漂流物防護柵を建設する。
- HAW及びTVFの全交流電源喪失時※に備えて配備している緊急安全対策関連の設備(電源車，可搬ポンプ)等を事故対処設備として位置づけ，これらの有効性を確認した上で必要な安全機能の維持を図る。

※HAWとTVFに電力やユーティリティを供給する既設の恒設設備(外部電源及び非常用発電機，蒸気及び工業用水の供給施設)は，設計地震動及び設計津波に耐えることが困難であることから，その機能を維持することができなくなった状態。

# 津波対策 — 津波遡上解析結果 —

令和2年度第2回茨城県原子力安全対策委員会(R2.7.22)資料

- 津波遡上における流向・流速ベクトルの経時変化は、以下のとおり。
- 津波は、北東方向及び南東方向から遡上する(37~38min)。その後、2方向の津波が合流し、HAWに到達する(38.5min)。HAW到達後、流向は、ほぼ西方向になり最高津波高さとなる(39.5~40min)。その後は、流れが遅くなり、津波水位も低下する。(42min)



港湾構造物なし、再処理施設はモデル化していない【HAW,TVFモデル化】による解析結果

# 津波対策 — 建家位置における水位・流速 —

令和2年度第2回茨城県原子力安全対策委員会(R2.7.22)資料

- 建家によるせり上がりを除くため、建家がないもとして評価した進行波の浸水深さ及び流速（流速出力位置は建家中央位置）の時刻歴波形は、以下のとおり。
- HAW付近では、津波到達時の流速が最大5.2m/sであり、津波高さが最大時(11.9m)の流速は3.2m/sである。最大津波高さ確認後、緩やかに津波高さ及び流速ともに減衰している。

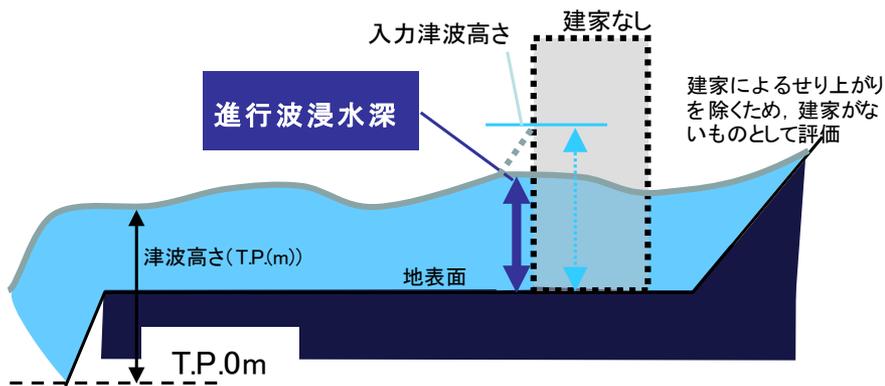


図1 進行波の概略

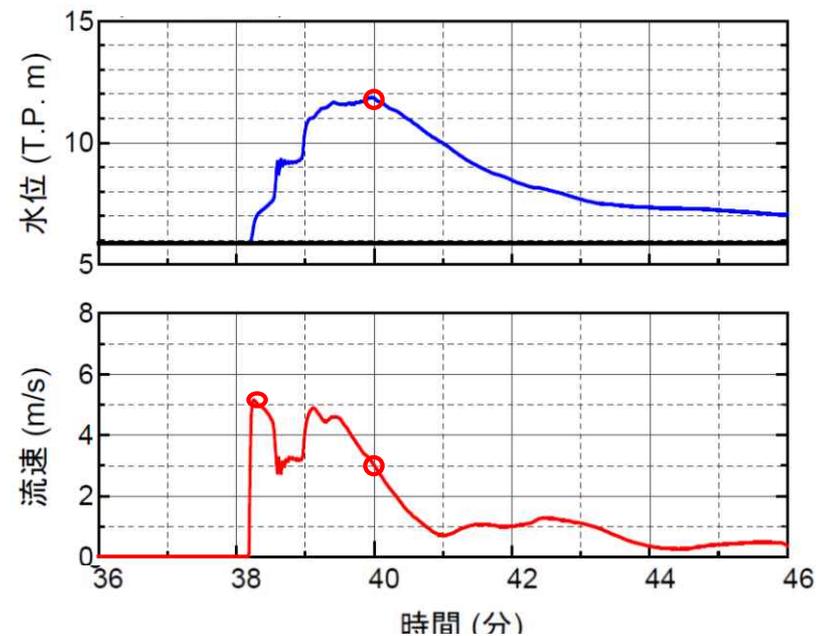


図2 HAWの進行波浸水深さ及び流速の時刻歴波形

## ～ 地震対策 ～

令和2年度第2回茨城県原子力安全対策委員会(R2.7.22)資料

### HAW周辺地盤改良工事と第二付属排気筒耐震補強工事

◆ 高放射性廃液貯蔵場(HAW)建家及び配管トレンチ(T21)の耐震性能向上のため、建家の地下部側面を押さえている周辺地盤を改良して建家の横揺れを低減させる対策工事に着手(令和2年8月着工, 令和3年度末完工予定)。

【HAW周辺地盤改良工事状況(掘削工事)】



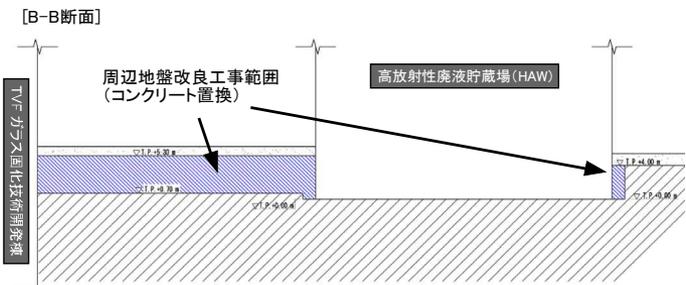
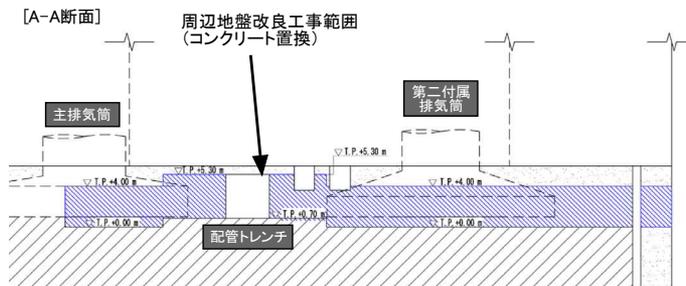
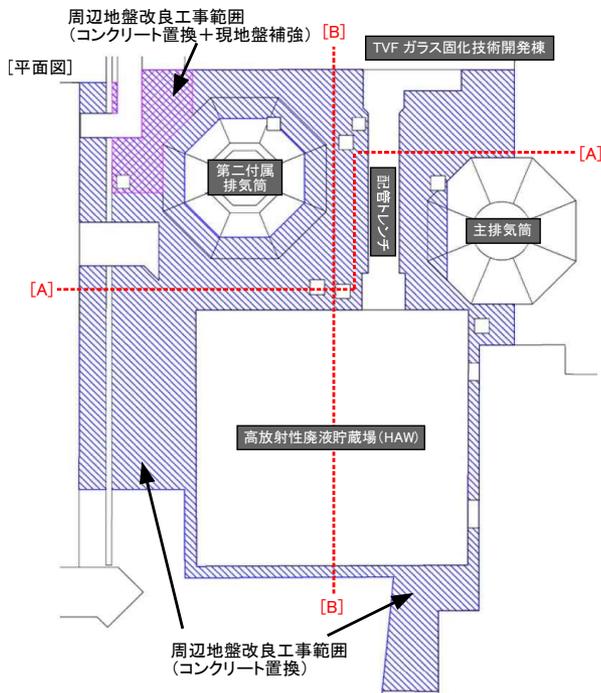
【第二付属排気筒耐震補強工事状況(基礎部の鉄筋工事)】



【工事現場のプレス公開時の様子(令和2年8月27日)】



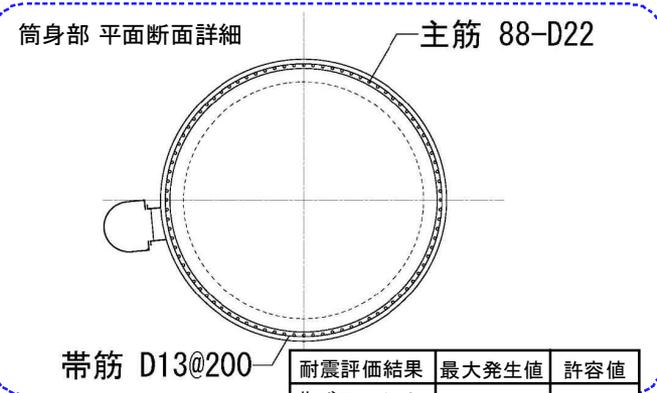
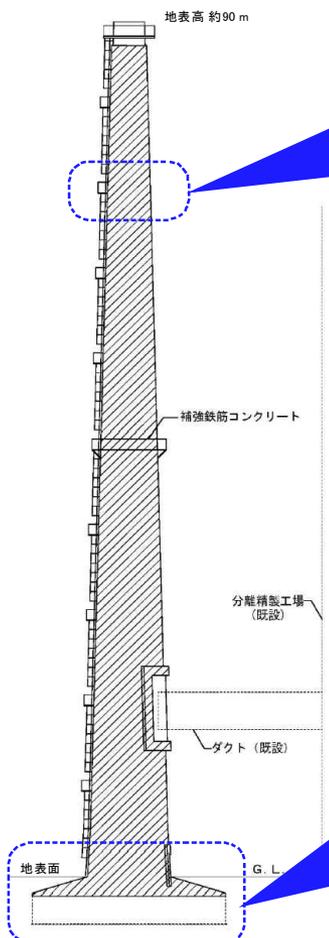
◆ 第二付属排気筒(鋼製)の耐震補強のため、排気筒下部外周を鉄筋コンクリートで補強する工事に着手(令和2年12月着工, 令和3年度第一四半期完工予定)。



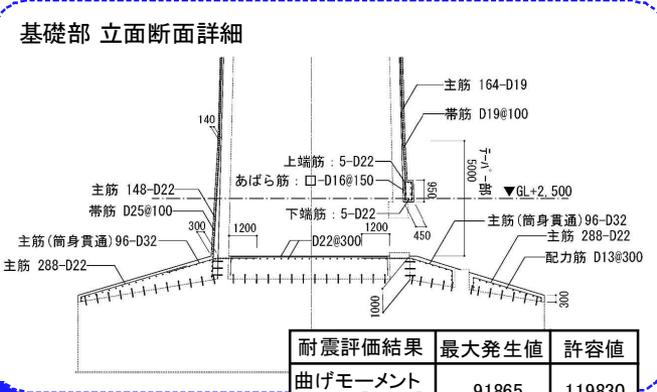
# HAW・TVFの安全対策の取組(今後実施する工事) ～ 地震対策 ～

## 主排気筒の耐震補強工事

- ◆ HAW・TVFの近傍に設置されている主排気筒(地上高さ90 m, 筒身中央の外径約5.9 m, 鉄筋コンクリート造)は設計地震動によって倒壊した場合, HAW・TVFへの衝突等の波及的影響を与えるおそれがあることから, 設計地震動に耐えるように補強工事を行う。
- ◆ 工事の方法は, 筒身全体の外周全体を140mm厚(基礎部は300 mm)の鉄筋コンクリートで補強する。
- ◆ 令和3年度より工事開始予定。



耐震評価結果	最大発生値	許容値
曲げモーメント [kN-m]	51532.9	66250.0
せん断力 [kN]	1843.4	2357.5

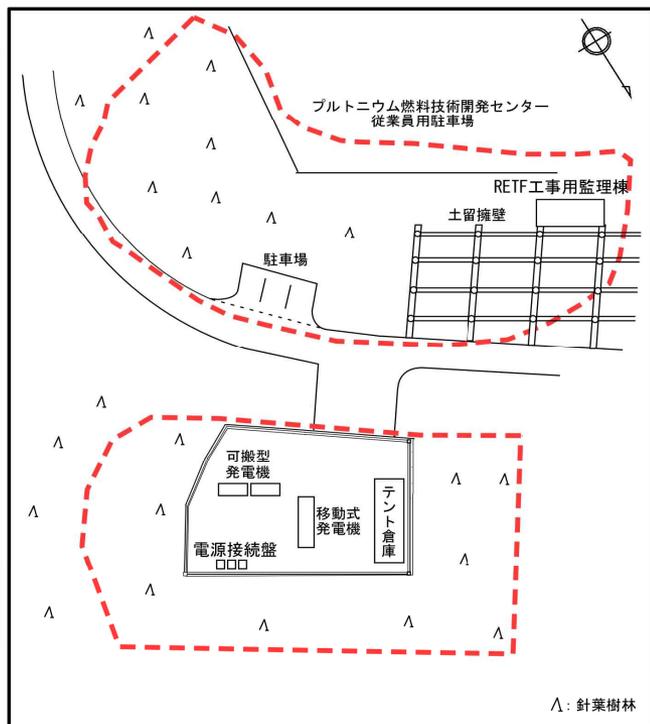


耐震評価結果	最大発生値	許容値
曲げモーメント [kN-m]	91865	119830
せん断力 [kN]	27990	86041

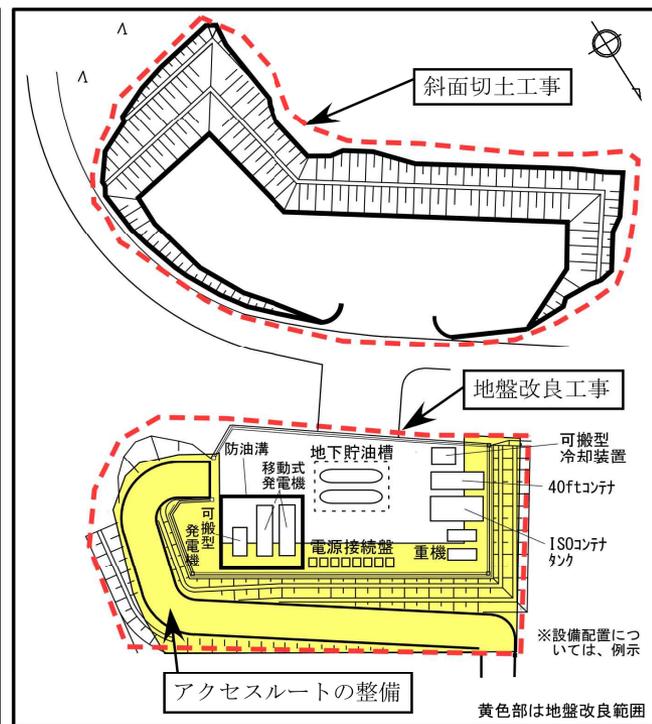
## ～ 地震対策 ～

### 事故対応設備の保管場所の整備

- ◆ 事故対応設備の保管場所のうち、PCDF管理棟駐車場の耐震性を確保するために地盤改良工事を行うとともに、事故対応設備を使用場所まで運搬する経路の健全性を確保するものである。南東地区の地盤については、設計地震動に対し十分な地盤支持力があることを評価において確認する。
- ◆ PCDF管理棟駐車場については、周辺斜面の崩壊の影響を無くすために切土工事を行うとともに、地盤改良を行い事故対応設備の保管場所として耐震性を確保しPCDF管理棟駐車場から事故対応設備の使用場所までの地盤改良したアクセスルートを設置する。
- ◆ 本工事では、周辺斜面の崩壊の影響を無くすために切土工事を行ったのち、現在PCDF管理棟駐車場に配備している事故対応設備を移動する。その後、PCDF管理棟駐車場の地盤改良を行うとともに、地下式貯油槽の設置、電源ケーブル及び電源盤の設置、並びに危険物一般取扱所の防油溝等の消防設備の設置を行う。



工事前 (現状)



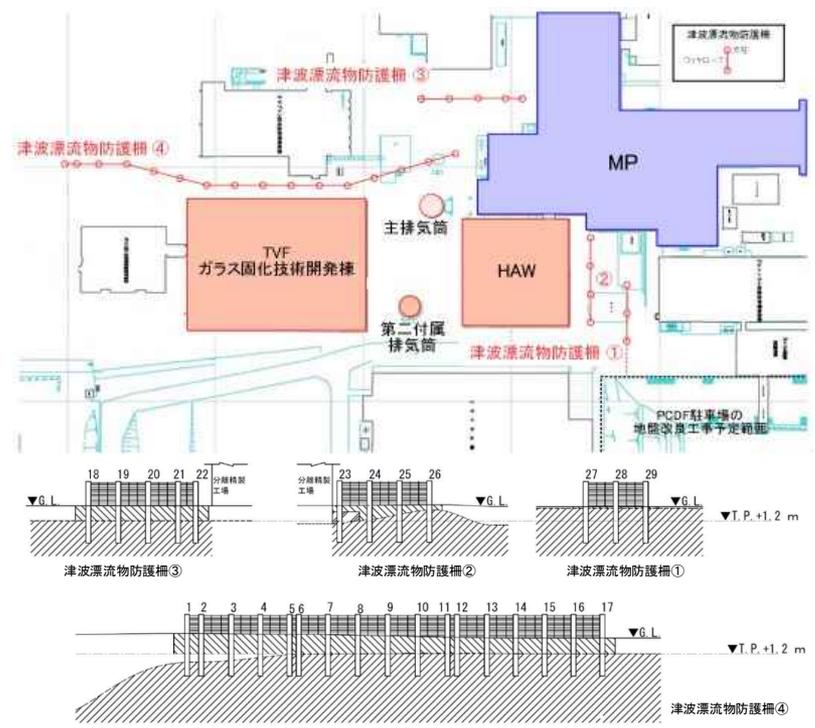
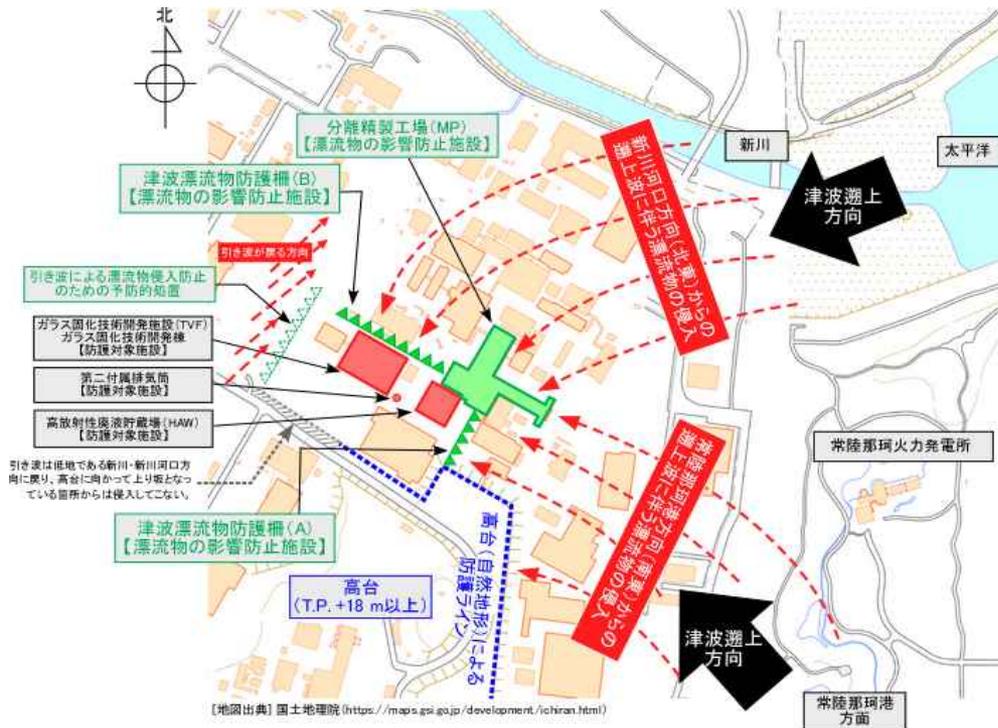
工事後 (イメージ)

# HAW・TVFの安全対策の取組(今後実施する工事)

## ～ 津波対策 ～

### 津波漂流物防護柵の設置工事

- ◆ 設計津波によって侵入するおそれのある漂流物が、HAW・TVFの建家外壁に衝突しないように、漂流物の侵入経路上に漂流物を捕捉するための防護柵(津波漂流物防護柵)を設置する。
- ◆ 設計上考慮する漂流物(代表漂流物)については、詳細な津波遡上シミュレーション解析及び漂流物の軌跡解析と周辺地形の調査に基づいて改めて妥当性検証を行い、敷地内にある還水タンク(横置の円筒型タンク、約14 t)を設定。敷地内にあった漂流物になりうる最大のもの(約30 tの水素タンク)は今後の廃止措置において使用しないことから撤去した。
- ◆ 代表漂流物を捕捉するために、外径1.6 m、地上高さ約8 mの鋼管(支柱)を9.5 m程度の間隔で配列し、支柱間に外径25 mmの構造用ワイヤーロープを高さ方向に300 mm間隔で張り渡して防護柵を形成する。
- ◆ 津波遡上シミュレーションにより引き波時に西側(陸側)から漂流してHAW・TVFに到達する漂流物はないことは確認したが、漂流物による津波防護対策に万全を期する観点から、HAW・TVFの西側にも引き波による漂流物の侵入を防止する対策を行う。



# HAW・TVFの安全対策の取組(今後実施する工事)

## ～ 制御室の安全対策 ～

### 制御室パラメータ監視・津波監視システムの設置

- ◆ TVF制御室からHAWの重要な安全機能(閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能)に係る監視パラメータの監視が可能となるように、HAW-TVF間に信号伝送システムを設置する。
- ◆ 信号経路は多様化・多重化のために、地下埋設ケーブルと無線による2系統の伝送経路とする。
- ◆ 津波襲来時の新川河口～沖合の監視も可能となるように、MP屋上に設置されている屋外監視カメラの映像も伝送する。

#### 重要な安全機能(閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能)に係る監視パラメータ

- HAW :
  - ・ 高放射性廃液貯槽等の液温, 液位, 圧力
  - ・ 高放射性廃液貯槽等の冷却水の流量, 温度
  - ・ 高放射性廃液貯槽等の設置されたセルの漏えい検知
  - ・ 建家及びセル換気系の差圧
- TVF :
  - ・ 受入槽等の液温, 液位
  - ・ 受入槽等の冷却水の流量, 温度
  - ・ 固化セルの漏えい検知, 圧力
  - ・ 建家及びセル換気系の差圧

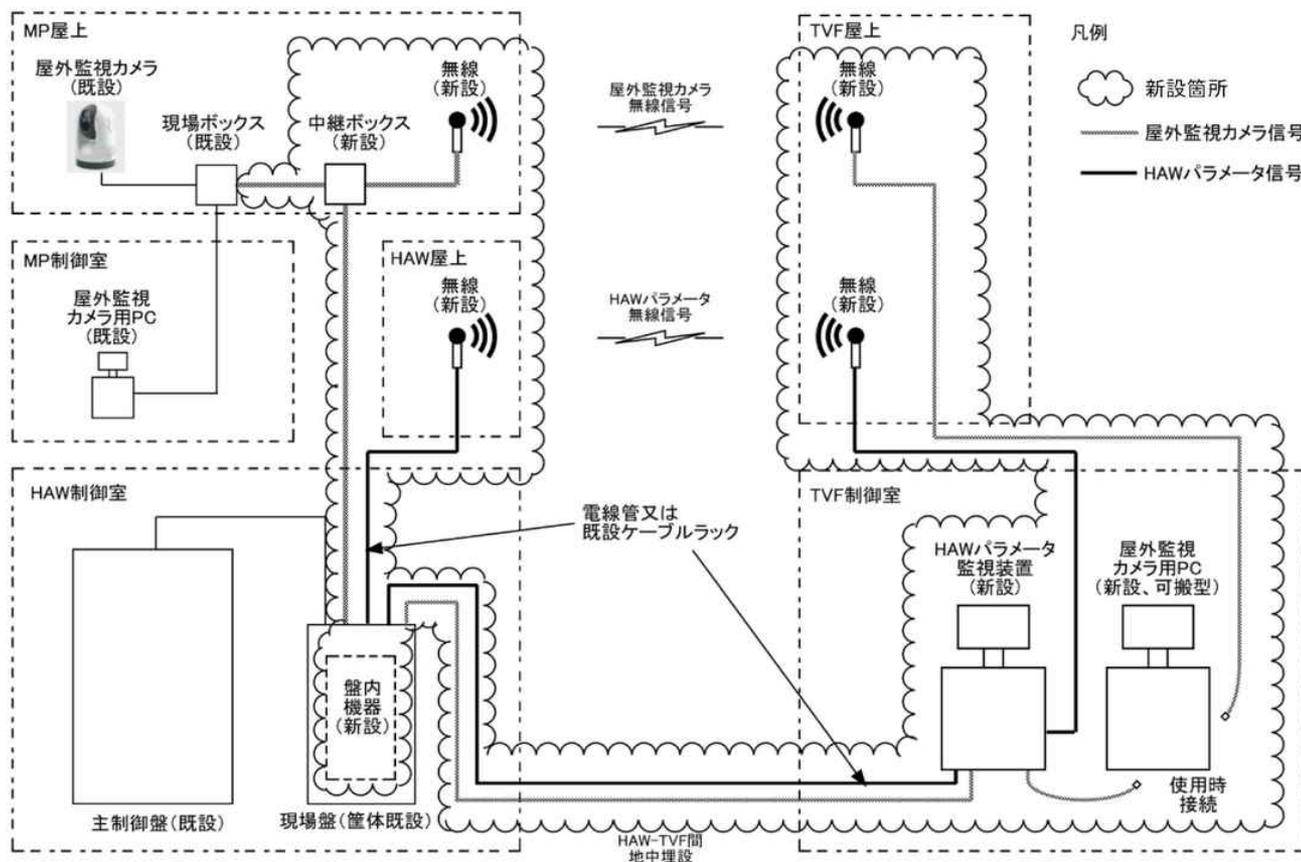
#### 屋外監視カメラの映像



(赤外線映像)



(可視光映像)



# HAWの高放射性廃液の貯蔵状況 (R3.1.14に認可を受けた内容の詳細)

(令和2年8月31日時点)

貯槽	272V31	272V32	272V33	272V34	272V35	合計*1
貯蔵量(m <sup>3</sup> )	55.0	65.6	69.2	74.9	71.6	336
発熱量(kW)	38	57	42	62	69	268
内蔵放射能量(TBq)	$4.6 \times 10^5$	$6.4 \times 10^5$	$5.0 \times 10^5$	$7.4 \times 10^5$	$8.2 \times 10^5$	$3.2 \times 10^4$
沸騰到達時間(hr)	107	84	124	88	77	—
水素4%到達時間*2(hr)	115	66	87	53	50	—
実測値に基づく 水素4%到達時間*3(d)	7,621	4,439	5,770	3,552	3,399	—
沸騰状態における 水素4%到達時間*4(d)	1,524	887	1,153	710	679	—

\*1 端数処理のため、各貯槽の発熱量の和と合計値は異なる

\*2 水素掃気機能停止時の水素4%到達時間は、高放射性廃液の崩壊熱が全て水素発生に寄与するものとして、安全側の条件で評価(G値:0.091)

\*3 高放射性廃液貯蔵場で実施した高放射性廃液のオフガス中に含まれる水素濃度の測定結果から水素発生G値を算出した条件で評価(G値: $6.0 \times 10^{-5}$ )  
冷却機能停止時の沸騰到達時間は、貯槽を断熱モデルとし、高放射性廃液の崩壊熱が全て液の温度上昇に寄与するものとして、安全側の条件で評価  
【出典】高放射性廃液から発生する水素の測定及び解析(1) 高放射性廃液貯槽のオフガス中の水素濃度測定と評価(2013 日本原子力学会春の年会)

\*4 沸騰状態におけるG値は静止状態の5倍として評価 (G値: $3.0 \times 10^{-4}$ )しても、時間裕度は十分ある

【出典】日本原燃(株) R2.2.7 公開会合資料「資料3-2 放射線分解により発生する水素による爆発への対処」

## 【貯蔵量(m<sup>3</sup>)】

各貯槽の液位と密度の測定値から槽容量校正式に基づき液量を算出

## 【発熱量(W)】

製品に移行するウラン、プルトニウム及びオフガスに移行する希ガス、ヨウ素を除く主要核種が、高放射性廃液に全量移行するものとして、内蔵放射能量をORIGEN計算により算出(廃液の分析においても主要な核種の放射能量を確認)。発熱量は、その主要核種の内蔵放射能量と崩壊熱から算出

## 【内蔵放射能量(Bq)】

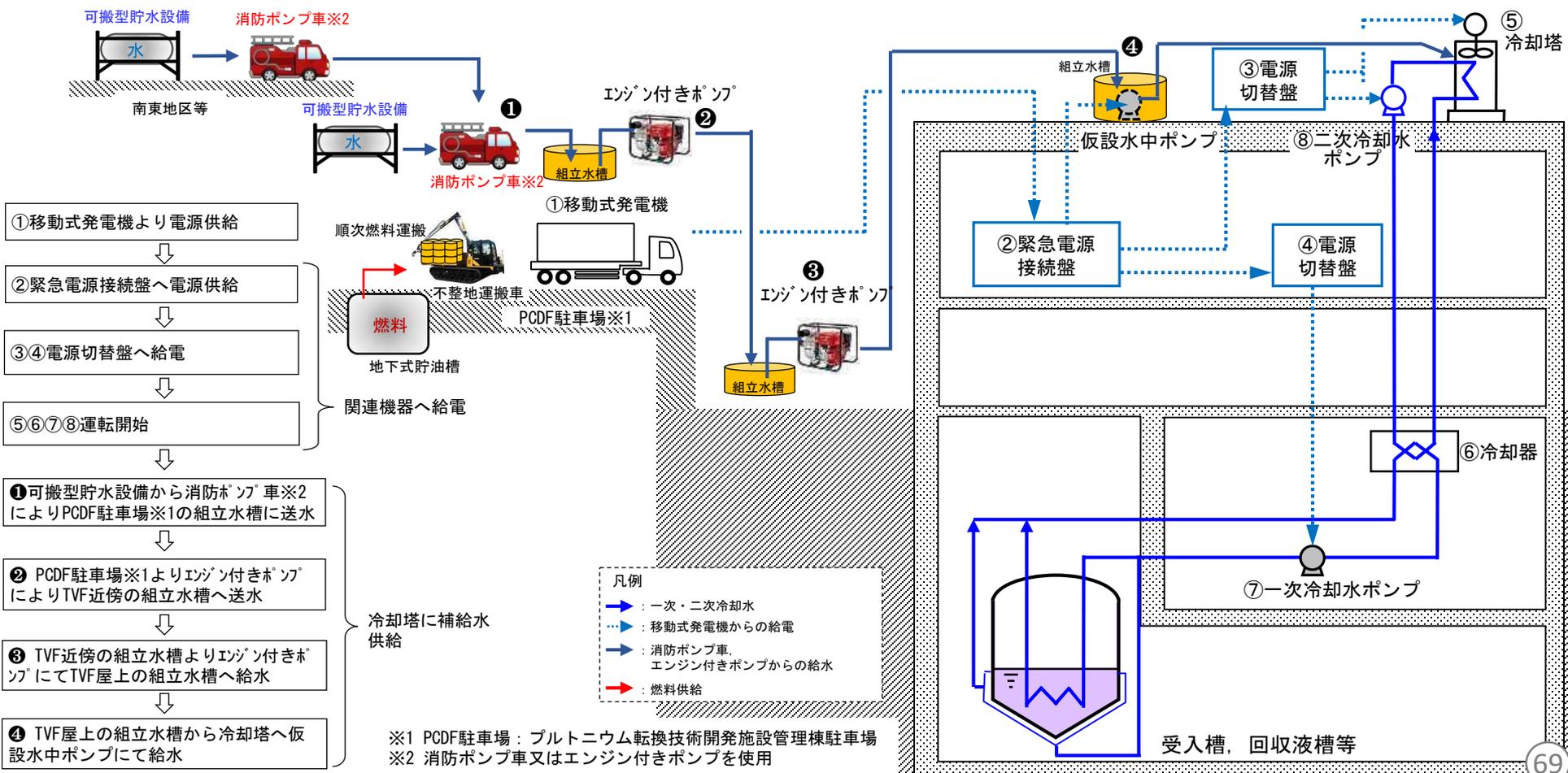
上記発熱量の算出に用いた主要核種の内蔵放射能量に、分析値から求めた高放射性廃液中に微量に含まれるウラン、プルトニウムの内蔵放射能量を加えて算出

○ 内蔵放射能量が多い主な核種: Cs-137, Ba-137m, Sr-90, Y-90

○ 放出を考慮した場合の実効線量に寄与する割合の大きい主な核種: Am-241, Cm-244, (Ru-106: 溶融炉での事故評価時)

# 3.4 事故対処の有効性評価 — TVFにおける未然防止対策① —

## 実施パターン① (TVF未然防止対策①)



# 3.4 事故対処の有効性評価

## — TVFにおける未然防止対策②(1/2) —

### 実施パターン② (TVF未然防止対策②(1/2))

④組立水槽



⑤補給用水用ホース接続



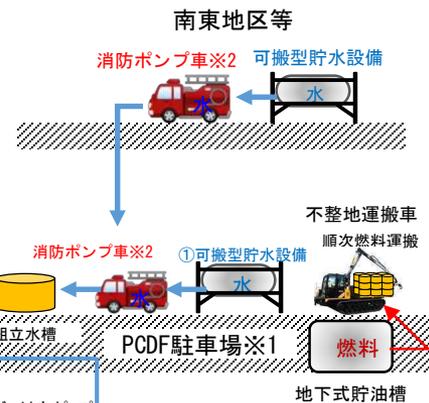
⑥仮設ホース接続



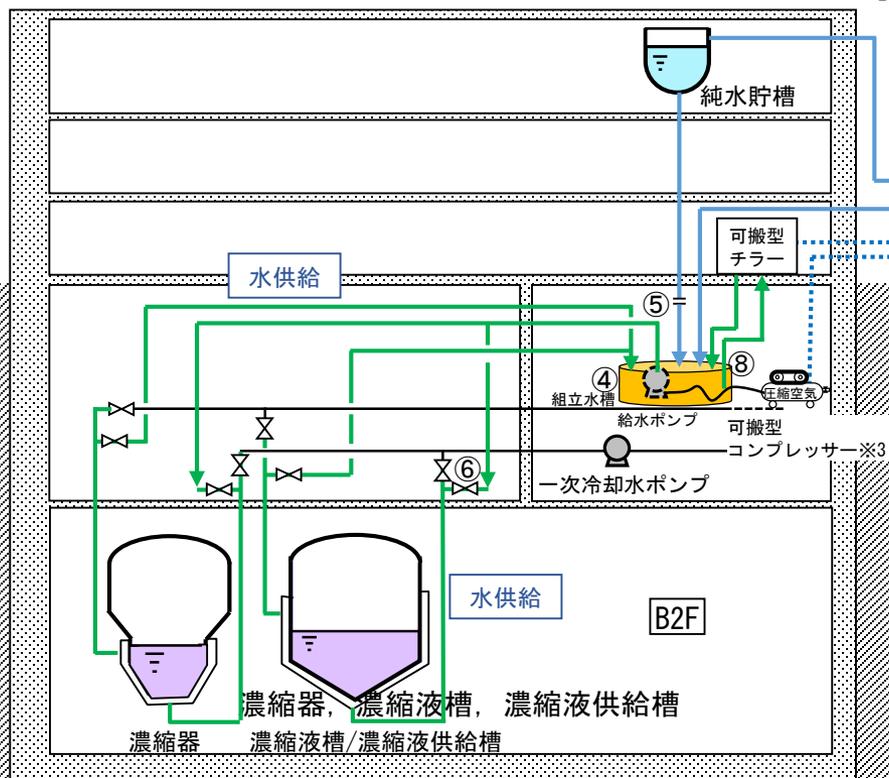
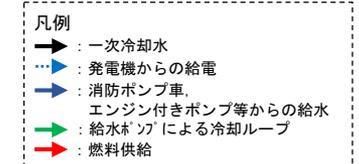
⑦可搬型発電機



⑧給水作業



- ①可搬型貯水設備等からエンジン付きポンプを介して組立水槽に送水
- ↓
- ②PCDF駐車場※1よりエンジン付きポンプによりTVF施設屋外の組立水槽へ送水
- ↓
- ③TVF施設屋外の組立水槽からエンジン付きポンプを介してTVF屋内にホースを敷設
- ↓
- ④⑤TVF施設内に組立水槽、可搬型チラー、給水ポンプ及びホース等を配置
- ↓
- ⑥各槽の冷却ジャケットのドレン用バルブにホースを接続
- ↓
- ⑦⑧TVF施設屋外のエンジン付きポンプ、発電機及び施設内の給水ポンプを起動し、水を供給



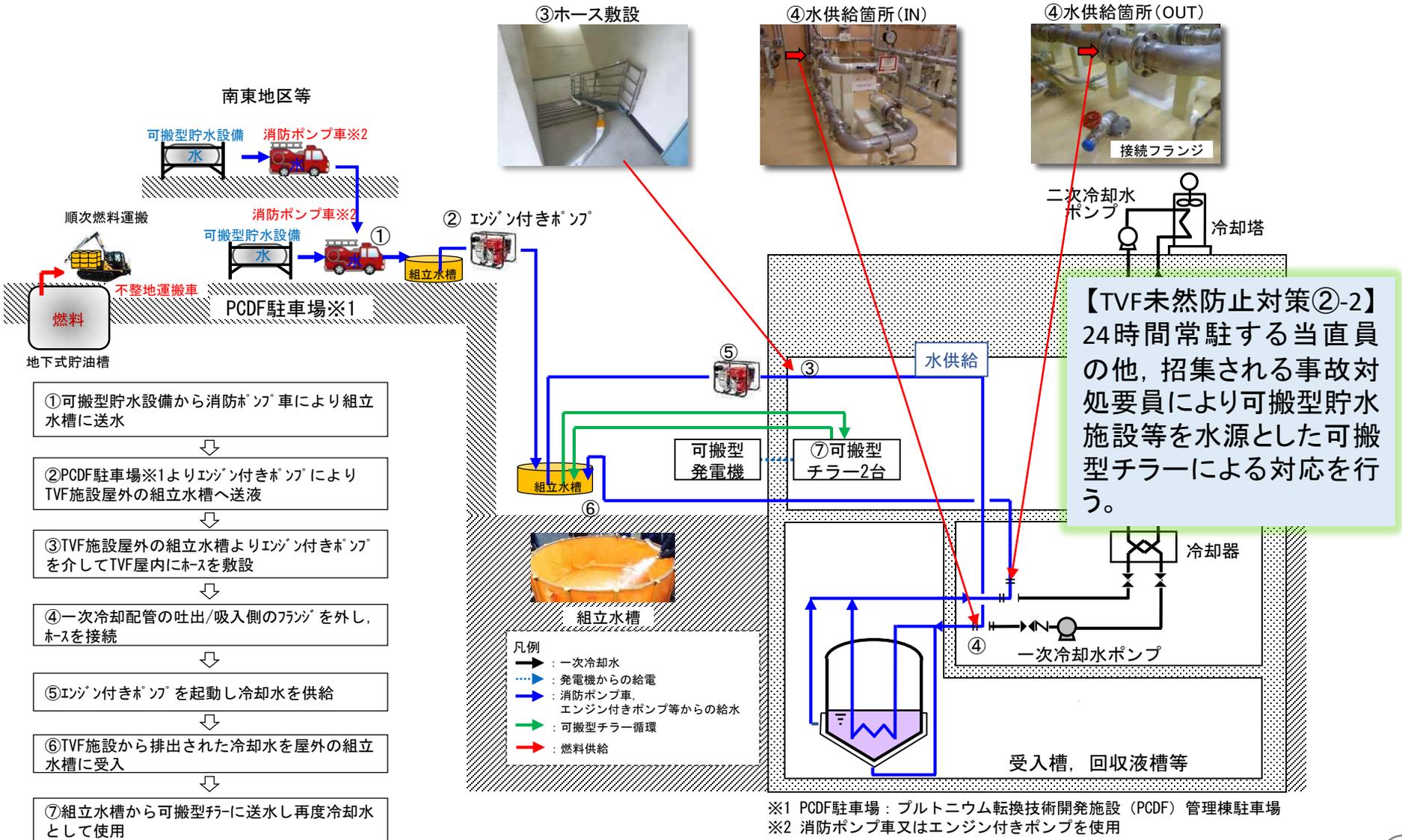
**【TVF未然防止対策②-1】**  
 24時間常駐する当直員により施設内水源を使用した対応を行う。招集される事故対処要員を待たずに対策を行うことが可能であるが対象機器は濃縮器、濃縮液槽/濃縮液供給槽である。

※1 PCDF駐車場: プルトニウム転換技術開発施設(PCDF)管理棟駐車場  
 ※2 消防ポンプ車又はエンジン付きポンプを使用  
 ※3 給水ポンプの駆動用圧空として使用

# 3.4 事故対処の有効性評価

## — TVFにおける未然防止対策②(2/2) —

### 実施パターン② (TVF未然防止対策②(2/2))





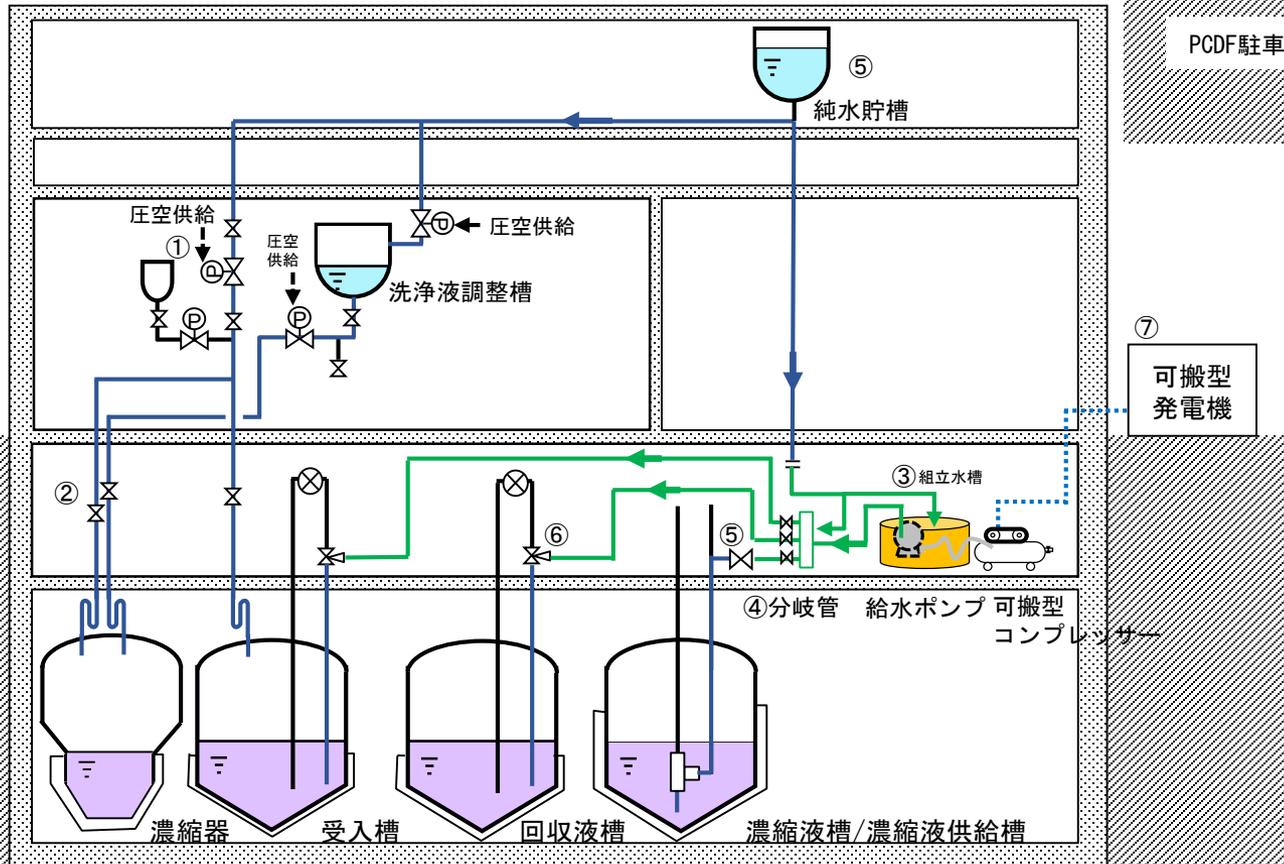
# 3.4 事故対処の有効性評価 — TVFにおける遅延対策① —

## 実施パターン① (TVF遅延対策①)

- ①組立水槽
- ②分岐管
- ③給水用ホース接続
- ④給水用ホース接続



- ①純水貯槽から、受入槽及び濃縮器へ注水するために、手動バルブを開操作及び圧空供給設備により圧空バルブを開操作
- ②地下1階のセル外第1手動バルブを開操作し、TVF施設内の純水貯槽の恒設ラインから水を注水
- ③④TVF施設内に組立水槽、分岐管、給水ポンプ及びホース等を配置
- ⑤⑥各槽の既設配管に給水用ホースを接続
- ⑦純水貯槽からの恒設ラインを使用した注水ができない回収液槽等は、TVF施設外の可搬型発電機から施設内の可搬型コンプレッサを起動し給水ポンプを使用して注水

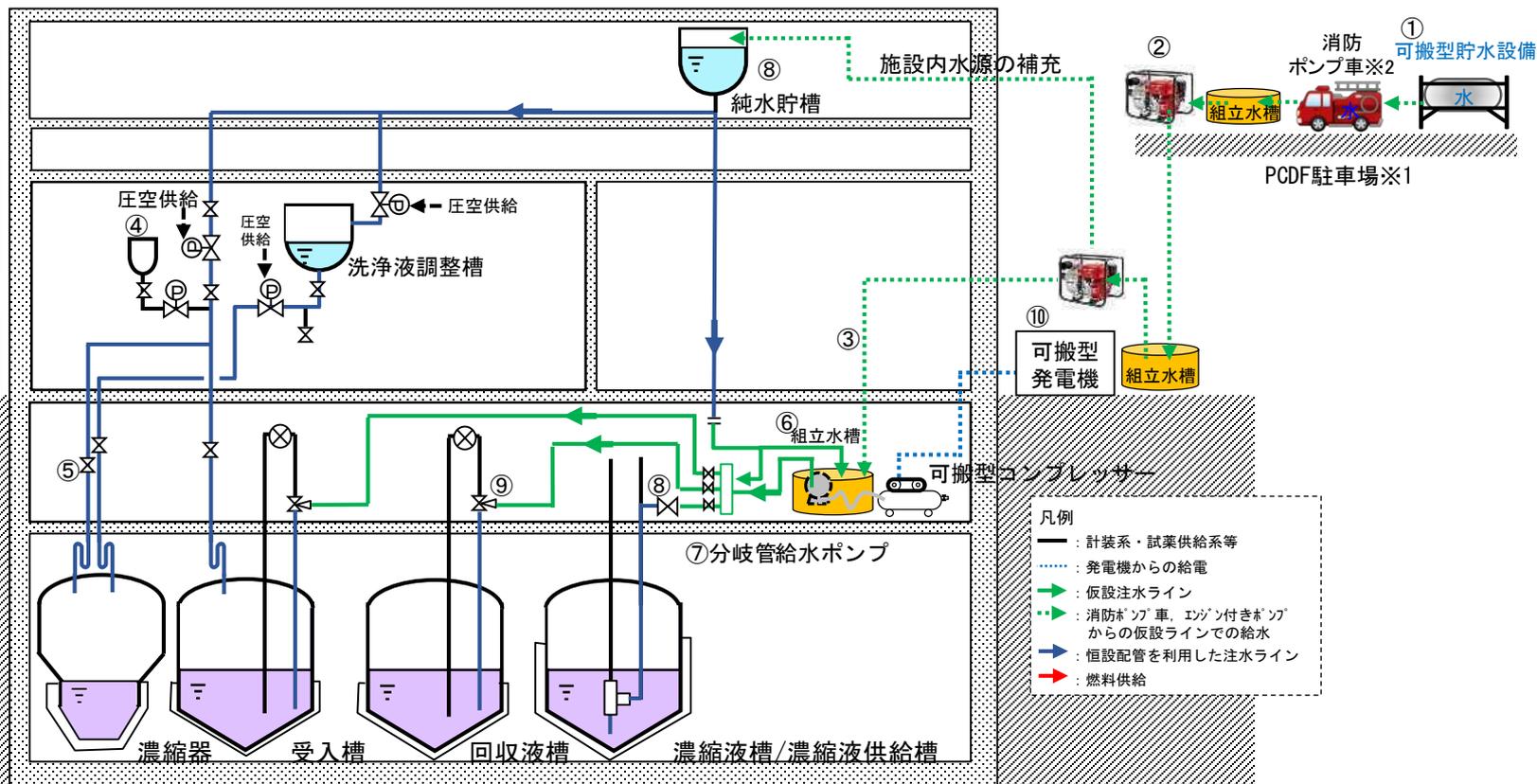
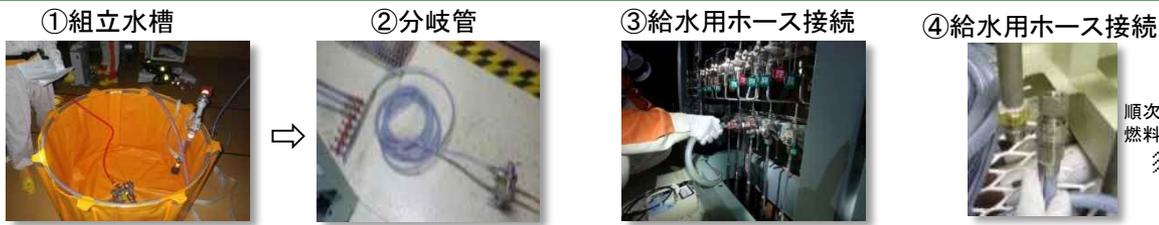


- 凡例
- : 計装系・試薬供給系等
  - ▶ : 発電機からの給電
  - ▶ : 仮設注水ライン
  - ▶ : 恒設配管を利用した注水ライン

# 3.4 事故対処の有効性評価 - TVFにおける遅延対策② -

## 実施パターン② (TVF遅延対策②)

- ① 可搬型貯水設備から消防ポンプ車又はエンジン付きポンプにより組立水槽に送水
- ② PCDF駐車場※1よりエンジン付きポンプによりTVF施設屋外の組立水槽へ送水
- ③ TVF施設屋外の組立水槽からエンジン付きポンプを介してTVF屋内にホスを敷設
- ④ 純水貯槽から、受入槽及び濃縮器へ注水するために、手動バルブを開操作及び圧空供給設備により圧空バルブを開操作
- ⑤ 地下1階のセル外第1手動バルブを開操作し、TVF施設内の純水貯槽の恒設ラインから水を注水
- ⑥ ⑦ TVF施設内に組立水槽、分岐管、給水ポンプ及びホスを配置
- ⑧ ⑨ 各槽の既設配管に給水用ホスを接続
- ⑩ 純水貯槽からの恒設ラインを使用した注水ができない回収液槽等は、TVF施設外の可搬型発電機から施設内の可搬型コンプレッサーを起動し給水ポンプを使用して注水



※1 PCDF駐車場：プルトニウム転換技術開発施設（PCDF）管理棟駐車場  
 ※2 消防ポンプ車又はエンジン付きポンプを使用

# 3.4 事故対処の有効性評価

## － 燃料及び水の必要量に係る評価の一例 －

未然防止対策①(移動式発電機＋既設冷却塔への散水による冷却)に必要な水と燃料の算出

用途	設備	燃料の必要量				水の必要量
		①燃費 [m <sup>3</sup> /h/台]	②使用時間 [h]	③台数 [台]	必要量 <sup>※</sup> [m <sup>3</sup> ] (①×②×③)	必要量 <sup>※</sup> [m <sup>3</sup> ]
燃料の運搬	不整地運搬車	0.0094	82 (計算値)	1	0.78	<b>【HAW】</b> 既設の冷却塔への 補給水量(0.9m <sup>3</sup> /h) × 補給時間(168h)  補給水量は実績値 (約0.8m <sup>3</sup> /54分⇒約 0.889m <sup>3</sup> /hを切り上 げ)  <b>【TVF】</b> 計算値(1.1m <sup>3</sup> /h×補 給時間(168h)  蒸発量:0.019m <sup>3</sup> /h 飛散水量:0.54m <sup>3</sup> /h ブロウダウン量: 0.54m <sup>3</sup> /h
冷却水の供給	消防ポンプ車	0.005	168 (7日間の使用を想定)	2	1.68	
冷却水の供給	エンジン付きポンプ	0.0014	168 (7日間の使用を想定)	5	1.19	
水の冷却	移動式発電機(既設の冷却塔等への給電)	0.21	168 (7日間の使用を想定)	1	35.28	
アクセスルートの確保	ホイールローダ	0.0043	6 (訓練実績を反映したタイムチャート 設定時間)	1	0.03	
	不整地運搬車	0.0094	6 (訓練実績を反映したタイムチャート 設定時間)	1	0.06	
	油圧ショベル	0.0034	6 (訓練実績を反映したタイムチャート 設定時間)	1	0.03	
	津波によるウェットサイトを想定した場合のがれき撤去などの作業時間は不確実性が大きいので 1 m <sup>3</sup> に設定 (訓練実績を反映したタイムチャート設定時間での上記3台の重機の合計必要量は0.12 m <sup>3</sup> 程度)				1	
作業用の照明	エンジン付きライト	0.0008	84 (夜間での使用(12時間/日×7日))	6	0.41	
通信機器の充電	通信機器の充電用発電機	0.0017	168 (7日間の使用を想定)	2	0.58	
計測系の監視機器の充電	可搬型発電機(可搬型コンプレッサー用)	0.0017	168 (7日間の使用を想定)	1	0.29	
	可搬型発電機(可搬型モニタリング設備用)	0.0017	168 (7日間の使用を想定)	2	0.58	
				合計 <sup>※</sup>	43	337

※ 各欄毎に端数処理を行っているため、各欄の和と合計は一致しない。

# 3.4 事故対処の有効性評価

## － 燃料及び水の必要量に係る評価の一例 －

未然防止対策②(可搬型冷却器により冷却系統を構成)に必要な水と燃料の算出

用途	設備	燃料の必要量				水の必要量
		①燃費 [m <sup>3</sup> /h/台]	②使用時間 [h]	③台数 [台]	必要量 <sup>※</sup> [m <sup>3</sup> ] (①×②×③)	必要量 <sup>※</sup> [m <sup>3</sup> ]
燃料の運搬	不整地運搬車	0.0094	17 (計算値)	1	0.16	<b>【HAW】</b> (組立水槽の容量 17m <sup>3</sup> (5m <sup>3</sup> /基×3基 +2m <sup>3</sup> /基×屋上1基) + ホース15本の内容量 1.2m <sup>3</sup> (ホース内径 65mm・長さ20m/本、 総延長300m))  <b>【TVF】</b> (組立水槽の容量 10m <sup>3</sup> (5m <sup>3</sup> /基×2基) ※受入槽/回収液槽 分、濃縮器等分
冷却水の供給	消防ポンプ車	0.005	168 (7日間の使用を想定)	2	1.68	
冷却水の供給	エンジン付きポンプ	0.0014	168 (7日間の使用を想定)	7	1.65	
水の冷却	可搬型発電機(可搬型冷却設備への給電)	0.0048	168 (7日間の使用を想定)	1	0.81	
	可搬型発電機(可搬型チラーへの給電)	0.004	168 (7日間の使用を想定)	1	0.68	
	可搬型発電機 (可搬型コンプレッサー用:ダイヤフラムポンプ用)	0.0017	168 (7日間の使用を想定)	2	0.58	
アクセスルートの確保	ホイールローダ	0.0043	6 (訓練実績を反映したタイムチャート 設定時間)	1	0.03	
	不整地運搬車	0.0094	6 (訓練実績を反映したタイムチャート 設定時間)	1	0.06	
	油圧ショベル	0.0034	6 (訓練実績を反映したタイムチャート 設定時間)	1	0.03	
津波によるウェットサイトを想定した場合のがれき撤去などの作業時間は不確実性が大きいので1 m <sup>3</sup> に設定 (訓練実績を反映したタイムチャート設定時間での上記3台の重機の合計必要量は0.12 m <sup>3</sup> 程度)					1	
作業用の照明	エンジン付きライト	0.0008	84 (夜間での使用(12時間/日×7日))	6	0.41	
通信機器の充電	通信機器の充電用発電機	0.0017	168 (7日間の使用を想定)	2	0.58	
計測系の監視機器の充電	可搬型発電機(可搬型コンプレッサー用)	0.0017	168 (7日間の使用を想定)	1	0.29	
	可搬型発電機(可搬型モニタリング設備用)	0.0017	168 (7日間の使用を想定)	2	0.58	
				合計 <sup>※</sup>	9	

※ 各欄毎に端数処理を行っているため、各欄の和と合計は一致しない。

# 3.4 事故対処の有効性評価

## － 燃料及び水の必要量に係る評価の一例 －

未然防止対策③ (ワンスルーによる冷却系統への供給)に必要な水と燃料の算出

用途	設備	燃料の必要量				水の必要量	
		①燃費 [m <sup>3</sup> /h/台]	②使用時間 [h]	③台数 [台]	必要量※ [m <sup>3</sup> ] (①×②×③)	必要量※ [m <sup>3</sup> ]	
燃料の運搬	不整地運搬車	0.0094	14 (計算値)	1	0.14	<b>【HAW】</b> (冷却コイルへの給水量(12m <sup>3</sup> /h)×補給時間(168h))  <b>【TVF】</b> (冷却コイルへの給水量(2m <sup>3</sup> /h)×補給時間(168h))	
冷却水の供給	消防ポンプ車	0.005	168 (7日間の使用を想定)	1	0.84		
冷却水の供給	エンジン付きポンプ	0.0014	168 (7日間の使用を想定)	6	1.42		
アクセスルートの確保	ホイールローダ	0.0043	6 (訓練実績を反映したタイムチャート設定時間)	1	0.03		
	不整地運搬車	0.0094	6 (訓練実績を反映したタイムチャート設定時間)	1	0.06		
	油圧ショベル	0.0034	6 (訓練実績を反映したタイムチャート設定時間)	1	0.03		
	津波によるウェットサイトを想定した場合のがれき撤去などの作業時間は不確実性が大きいので 1 m <sup>3</sup> に設定(訓練実績を反映したタイムチャート設定時間での上記3台の重機の合計必要量は0.12 m <sup>3</sup> 程度)				1		
作業用の照明	エンジン付きライト	0.0008	84 (夜間での使用(12時間/日×7日))	7	0.48		
通信機器の充電	通信機器の充電用発電機	0.0017	168 (7日間の使用を想定)	2	0.58		
計測系の監視機器の充電	可搬型発電機(可搬型コンプレッサー用)	0.0017	168 (7日間の使用を想定)	1	0.29		
	可搬型発電機(可搬型モニタリング設備用)	0.0017	168 (7日間の使用を想定)	2	0.58		
				合計※	7		2352

※ 各欄毎に端数処理を行っているため、各欄の和と合計は一致しない。

# 3.4 事故対処の有効性評価

## － 燃料及び水の必要量に係る評価の一例 －

遅延対策①(建家内水源使用による沸騰到達時間の遅延)に必要な水と燃料の算出

用途	設備	燃料の必要量				水の必要量	
		①燃費 [m <sup>3</sup> /h/台]	②使用時間 [h]	③台数 [台]	必要量 <sup>※</sup> [m <sup>3</sup> ] (①×②×③)	必要量 <sup>※</sup> [m <sup>3</sup> ]	
燃料の運搬	不整地運搬車	0.0094	14 (計算値)	1	0.14	【HAW】 送液量(120m <sup>3</sup> (V36からの送液量))の1割(実績値)	
蒸気の供給	可搬型蒸気供給設備	0.072	13 (V36貯留水120 m3送液時間(12時間)+暖機運転時間(1時間))	1	0.94		
	可搬型発電機(可搬型蒸気供給設備への給電)	0.0039	13 (V36貯留水120 m3送液時間(12時間)+暖機運転時間(1時間))	1	0.06		
蒸気発生用水の供給	エンジン付きポンプ	0.0014	13 (7日間の使用を想定)	1	0.02		【TVF】 TVFにおける遅延対策①は各貯槽等への注水を建家内の既設貯槽にある水を利用するため、水の必要量に含めていない。
水の供給	供給ポンプ駆動用コンプレッサー(TVF)	0.0017	24	1	0.05		
アクセスルートの確保	津波によるウェットサイトを想定した場合のがれき撤去などの作業時間は不確実性が大きいので1 m <sup>3</sup> に設定(訓練実績を反映したタイムチャート設定時間での上記3台の重機の合計必要量は0.12 m <sup>3</sup> 程度)				1		
作業用の照明	エンジン付きライト	0.0008	84 (夜間での使用(12時間/日×7日))	5	0.34		
通信機器の充電	通信機器の充電用発電機	0.0017	168 (7日間の使用を想定)	2	0.58		
計測系の監視機器の充電	可搬型発電機(可搬型コンプレッサー用)	0.0017	168 (7日間の使用を想定)	1	0.29		
	可搬型発電機(可搬型モニタリング設備用)	0.0017	168 (7日間の使用を想定)	2	0.58		
				合計 <sup>※</sup>	5	12	

※ 各欄毎に端数処理を行っているため、各欄の和と合計は一致しない。

# 3.4 事故対処の有効性評価

## － 燃料及び水の必要量に係る評価の一例 －

遅延対策②(建家外水源使用による沸騰到達時間の遅延)に必要な水と燃料の算出

用途	設備	燃料の必要量				水の必要量	
		①燃費 [m <sup>3</sup> /h/台]	②使用時間 [h]	③台数 [台]	必要量 <sup>※</sup> [m <sup>3</sup> ] (①×②×③)	必要量 <sup>※</sup> [m <sup>3</sup> ]	
燃料の運搬	不整地運搬車	0.0094	11 (計算値)	1	0.11	【HAW】 (R2.8.31時点のHAW貯槽5基の総量約330m <sup>3</sup> (336.3m <sup>3</sup> を切り下げ)から満水600m <sup>3</sup> (120m <sup>3</sup> ×5基)までの注水量)	
冷却水の供給	消防ポンプ車	0.005	1.7 (168 m <sup>3</sup> /h送水流量で注水量270 m <sup>3</sup> を注水する時間)	1	0.01		
	エンジン付きポンプ	0.0014	1.7 (7日間の使用を想定)	4	0.01		
水の供給	供給ポンプ駆動用コンプレッサー(TVF)	0.0017	20	1	0.04		
アクセスルートの確保	津波によるウェットサイトを想定した場合のがれき撤去などの作業時間は不確実性が大きいので1 m <sup>3</sup> に設定(訓練実績を反映したタイムチャート設定時間での上記3台の重機の合計必要量は0.12 m <sup>3</sup> 程度)				1		【TVF】 以下の貯槽に満水まで注水する。 受入槽5.5m <sup>3</sup> +回収液槽5.5m <sup>3</sup> =11m <sup>3</sup> 濃縮器+濃縮液槽 +濃縮液供給槽=2m <sup>3</sup>
作業用の照明	エンジン付きライト	0.0008	84 (夜間での使用(12時間/日×7日))	7	0.48		
通信機器の充電	通信機器の充電用発電機	0.0017	168 (7日間の使用を想定)	2	0.58		
計測系の監視機器の充電	可搬型発電機(可搬型コンプレッサー用)	0.0017	168 (7日間の使用を想定)	1	0.29		
	可搬型発電機(可搬型モニタリング設備用)	0.0017	168 (7日間の使用を想定)	2	0.58		
				合計 <sup>※</sup>	4	283	

※ 各欄毎に端数処理を行っているため、各欄の和と合計は一致しない。

# 3.3事故対処の有効性評価

## －除熱に必要な冷却水流量－

### 事故対処における崩壊熱除去(高放射性廃液貯槽等の冷却)の方法

#### 【前提条件】

冷却水出口温度は、ホースの使用条件の上限値60 °Cに対して余裕を見込んだ55 °C以下となるようにする。また、内包液温度は、設計上の運転温度の60 °C以下となるようにする。

#### 【評価条件】

高放射性廃液貯槽が内包する溶液の発熱量から対数平均温度差及び総括伝熱係数の計算に用いる物性値を表1に示す。冷却水の比熱，冷却水の密度，冷却水の熱伝導率及び冷却水の粘度は，冷却水の平均温度(=(冷却水入口温度+冷却水出口温度)/2)又は冷却水の壁面温度における「伝熱工学資料 改訂第5版，日本機械学会，1980」に示す値の線形近似値とする。

#### 【評価方法】

冷却水出口温度及び内包液温度を満足するとともに，必要伝熱面積A[m<sup>2</sup>]と実際の伝熱面積Ar[m<sup>2</sup>]が等しくなる定常状態での冷却水流量W[m<sup>3</sup>/h]を算出する。この際に使用する対数平均温度差Δt<sub>L</sub>[K]及び総括伝熱係数U[W/m<sup>2</sup>K]の評価式を以下に示す。

#### a.冷却水流量W[m<sup>3</sup>/h]の算出

$$W = Q / (C_i \times \rho_i (t_2 - t_1))$$

#### b.対数平均温度差Δt<sub>L</sub>[°C]の算出

$$\Delta t_L = \frac{(T - t_1) - (T - t_2)}{\ln \frac{(T - t_1)}{(T - t_2)}}$$

対数平均温度差の算出に用いるパラメータ		
Q	[J/h]	発熱量
T	[°C]	内包液温度
t <sub>1</sub>	[°C]	冷却水入口温度
t <sub>2</sub>	[°C]	冷却水出口温度 (= t <sub>1</sub> + Q / (C <sub>i</sub> × ρ <sub>i</sub> × W) )
W	[m <sup>3</sup> /h]	冷却水流量
C <sub>i</sub>	[J/kgK]	冷却水の比熱
ρ <sub>i</sub>	[kg/m <sup>3</sup> ]	冷却水の密度

# 3.3事故対処の有効性評価

## －除熱に必要な冷却水流量－

### 事故対処における崩壊熱除去(高放射性廃液貯槽等の冷却)の方法

c.総括伝熱係数 $U$ [W/m<sup>2</sup>K]の算出

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_o} + \frac{1}{h_{so}} + \frac{2 \times L \times d'}{\lambda \times (d + d')} + \frac{d'}{(d \times h_{si})} + \frac{d'}{d \times h_i}$$

・冷却コイル外面(内包液側)の熱伝達率 $h_o$   
[W/m<sup>2</sup>K]は下式で表される。

$$h_o = \frac{\lambda_o \times Nu_o}{d'}$$

・冷却コイル外面(内包液側)のヌセルト数 $Nu_o$ は以下のとおり求める(1)。

( $Gr_o \times Pr_o = 10^4 \sim 10^9$ の場合)

$$Nu_o = 0.53 \times (Gr_o \times Pr_o)^{\frac{1}{4}}$$

( $Gr_o \times Pr_o > 10^9$ の場合)

$$Nu_o = 0.13 \times (Gr_o \times Pr_o)^{1/3}$$

総括伝熱係数の算出に用いるパラメータ		
$h_o$	[W/m <sup>2</sup> K]	冷却コイル外面(内包液側)の熱伝達率
$h_i$	[W/m <sup>2</sup> K]	冷却コイル内面(冷却水側)の熱伝達率
$L$	[m]	冷却コイル厚さ
$\lambda$	[W/mK]	冷却コイルの熱伝導率
$h_{so}$	[W/m <sup>2</sup> K]	冷却コイル外面(内包液側)の汚れ係数
$h_{si}$	[W/m <sup>2</sup> K]	冷却コイル内面(冷却水側)の汚れ係数
$d'$	[m]	冷却コイル外径
$d$	[m]	冷却コイル内径

内包液側のヌセルト数の算出に用いるパラメータ		
$Pr_o$	—	内包液のプラントル数 ( $= C_o \times \mu_o / \lambda_o$ )
$Gr_o$	—	内包液のグラスホフ数 ( $= g \times d'^3 \times \rho_o^2 \times \beta \times (T - T_w) / \mu_o^2$ )
$g$	[m/s <sup>2</sup> ]	重力加速度 (=9.8)
$\beta$	[K <sup>-1</sup> ]	内包液の体膨張係数
$T_w$	[°C]	内包液のコイル壁面温度
$\mu_o$	[kg/ms]	内包液の粘度
$\lambda_o$	[W/mK]	内包液の熱伝導率
$\rho_o$	[kg/m <sup>3</sup> ]	内包液の密度
$C_o$	[J/kgK]	内包液の比熱
$d$	[m]	冷却コイル内径

# 3.3事故対処の有効性評価

## －除熱に必要な冷却水流量－

### 事故対処における崩壊熱除去(高放射性廃液貯槽等の冷却)の方法

・冷却コイル内面(冷却水側)の熱伝達率 $h_i$ [W/m<sup>2</sup>K]は下式で表される。

$$h_i = \frac{\lambda_i \times Nu_i}{d}$$

・冷却コイル内面(冷却水側)のヌセルト数 $Nu_i$ は以下のとおり求める。

( $Re_i = 10^4 \sim 1.2 \times 10^5$ の場合)

$$Nu_i = 0.023 \times Re_i^{0.8} \times Pr_i^{0.4}$$

( $Re_i = 2320 \sim 10^4$ の場合)

$$Nu_i = 0.116 \times (Re_i^{\frac{2}{3}} - 125) \times Pr_i^{\frac{1}{3}} \times \left[ 1 + \left( \frac{d}{L_c} \right)^{\frac{2}{3}} \right] \times \left( \frac{\mu_i}{\mu_{wi}} \right)^{0.14}$$

冷却水側のヌセルト数の算出に用いるパラメータ		
$L_c$	[m]	コイル長さ
$Re_i$	—	冷却水のレイノルズ数 (= $d \times u \times \rho_i / \mu_i$ )
$Pr_i$	—	冷却水のプラントル数 (平均温度における値) (= $C_i \times \mu_i / \lambda_i$ )
$u$	[m/s]	冷却水の流速
$\mu_i$	[kg/ms]	冷却水の粘度 (平均温度における値)
$\mu_{wi}$	[kg/ms]	冷却水の粘度 (壁面温度における値)
$\lambda_i$	[W/mK]	冷却水の熱伝導率 (平均温度における値)
$C_i$	[J/kgK]	冷却水の比熱

# 3.3事故対処の有効性評価

## －除熱に必要な冷却水流量－

事故対処における崩壊熱除去(高放射性廃液貯槽等の冷却)の方法

対数平均温度差及び総括伝熱係数の計算に用いる物性値 (HAW)

No.	パラメータ	記号	単位	272V31	272V32	272V33	272V34	272V35	備考
1	発熱密度	P	W/m <sup>3</sup>	694	872	605	834	958	計算値
2	内包液量	V	m <sup>3</sup>	55.0	65.6	69.2	74.9	71.6	実測値
3	冷却水入口温度	t <sub>i</sub>	°C	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	設定値
4	内包液の比熱	C <sub>o</sub>	J/kg K	2930	2930	2930	2930	2930	計算値
5	内包液の密度	ρ <sub>o</sub>	kg/m <sub>3</sub>	1203	1211	1249	1228	1244	実測値
6	内包液の粘度	μ <sub>o</sub>	kg/m s	9.44E-04	9.44E-04	9.44E-04	9.44E-04	9.44E-04	計算値
7	内包液の体膨張係数	β	K <sup>-1</sup>	3.84E-04	3.84E-04	3.84E-04	3.84E-04	3.84E-04	計算値
8	冷却コイル厚さ	L	m	5.20E-03	5.20E-03	5.20E-03	5.20E-03	5.20E-03	設計値
9	冷却コイルの熱伝導率	d	W/m K	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	設計値
10	冷却コイル外径	d'	m	7.63E-02	7.63E-02	7.63E-02	7.63E-02	7.63E-02	設計値
11	冷却コイル内径	d	m	6.59E-02	6.59E-02	6.59E-02	6.59E-02	6.59E-02	設計値
12	冷却コイル外面(内包液側)の汚れ係数	h <sub>so</sub>	W/m <sup>2</sup> K	1860	1860	1860	1860	1860	設計値
13	冷却コイル内面(冷却水側)の汚れ係数	h <sub>si</sub>	W/m <sup>2</sup> K	3488	3488	3488	3488	3488	設計値

# 3.3事故対処の有効性評価

## －除熱に必要な冷却水流量－

事故対処における崩壊熱除去(高放射性廃液貯槽等の冷却)の方法

冷却水の通水による除熱に関する評価結果 (HAW)

No	パラメータ	記号	単位	272V31	272V32	272V33	272V34	272V35
1	発熱量	Q	kW	38.1	57.2	41.9	62.5	68.6
2	内包液温度	T	°C	57.0	56.6	56.2	56.3	56.6
3	冷却水出口温度	$t_2$	°C	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0
4	対数平均温度差	$\Delta t_l$	°C	8.37	7.73	6.89	7.17	7.68
5	冷却水流量	W	m <sup>3</sup> /h	1.7	2.5	1.8	2.7	3.0
6	総括伝熱係数	U	W/m <sup>2</sup> K	77	105	81	108	116
7	内包液のコイル壁面温度	$T_w$	°C	55.5	55.2	55.2	55.1	55.1
8	内包液のプラントル数	$Pr_o$	-	5.17	5.17	5.17	5.17	5.17
9	内包液のグラスホフ数	$Gr_o$	-	4.04E+06	4.06E+06	2.91E+06	3.50E+06	4.36E+06
10	プラントル数とグラスホフ数の積	$Gr_o \times Pr_o$	-	2.09E+07	2.10E+07	1.51E+07	1.81E+07	2.26E+07
11	冷却コイル外面(内包液側)のヌセルト数	$Nu_o$	-	35.8	35.9	33.0	34.6	36.5
12	冷却コイル外面(内包液側)の熱伝達率	$h_o$	W/m <sup>2</sup> K	251	252	231	242	256
13	冷却水のレイノルズ数	$Re_i$	-	2.94E+03	4.41E+03	3.23E+03	4.81E+03	5.29E+03

# 3.3事故対処の有効性評価

## －除熱に必要な冷却水流量－

事故対処における崩壊熱除去(高放射性廃液貯槽等の冷却)の方法

対数平均温度差及び総括伝熱係数の計算に用いる物性値 (TVF)

No	パラメータ	記号	単位	G11V10	G11V20	G12E10	G12V12	G12V14	備考
1	発熱密度	P	W/m <sup>3</sup>	958.0	1437.0	1437.0	1437.0	1437.0	計算値
2	内包液量	V	m <sup>3</sup>	11.0	11.0	1.4	1.5	0.9	設計値
3	冷却水入口温度	t <sub>i</sub>	°C	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	設定値
4	内包液の比熱	C <sub>o</sub>	J/kg K	2931	2931	2931	2931	2931	計算値
5	内包液の密度	ρ <sub>o</sub>	kg/m <sub>3</sub>	1244	1244	1244	1244	1244	実測値
6	内包液の粘度	μ <sub>o</sub>	kg/m s	9.44E-04	9.44E-04	9.44E-04	9.44E-04	9.44E-04	計算値
7	内包液の体膨張係数	β	K <sup>-1</sup>	3.84E-04	3.84E-04	3.84E-04	3.84E-04	3.84E-04	計算値
8	冷却コイル厚さ*1	L	m	0.0037	0.0037	0.012	0.012	0.012	設計値
9	冷却コイルの熱伝導率*1	d	W/m K	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	設計値
10	冷却コイル外径*2	d'	m	4.86E-02	4.86E-02	1.02E+00	1.33E+00	8.74E-01	設計値
11	冷却コイル内径*2	d	m	4.12E-02	4.12E-02	9.24E-01	1.23E+00	7.74E-01	設計値
12	冷却コイル外面(内包液側)の汚れ係数*3	h <sub>so</sub> *3	W/m <sup>2</sup> K	1860	1860	1860	1860	1860	設計値
13	冷却コイル内面(冷却水側)の汚れ係数*4	h <sub>si</sub> *4	W/m <sup>2</sup> K	3488	3488	3488	3488	3488	設計値

\*1: G12E10, G12V12及びG12V14については貯槽の厚さ/熱伝導率

\*2: G12E10, G12V12及びG12V14については冷却ジャケットの外径/内径

\*3: G12E10, G12V12及びG12V14については冷却ジャケット外面(内包液側)の汚れ係数の逆数(1/ro)

\*4: G12E10, G12V12及びG12V14については冷却ジャケット内面(冷却水側)の汚れ係数の逆数(1/ri)

# 3.3事故対処の有効性評価

## －除熱に必要な冷却水流量－

事故対処における崩壊熱除去(高放射性廃液貯槽等の冷却)の方法

冷却水の通水による除熱に関する評価結果 (TVF)

No.	パラメータ	記号	単位	G11V10	G11V20	G12E10	G12V12	G12V14
1	発熱量	Q	kW	10.5	15.8	2.0	2.2	1.3
2	内包液温度	T	°C	55.6	55.9	53.1	43.0	42.1
3	冷却水出口温度	t <sub>2</sub>	°C	55.0	55.0	40.6	40.6	40.6
4	対数平均温度差	$\Delta t_l$	°C	5.6	6.4	15.1	4.6	3.5
5	冷却水流量	W	m <sup>3</sup> /h	0.46	0.69	0.31	0.34	0.20
6	総括伝熱係数	U	W/m <sup>2</sup> K	99.9	130.6	104.1	81.5	80.0
7	内包液のコイル壁面温度 *1	T <sub>w</sub>	°C	53.5	53.0	48.3	41.5	41.0
8	内包液のプラントル数	Pr <sub>o</sub>	-	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2
9	内包液のグラスホフ数	Gr <sub>o</sub>	-	4.2E+05	6.75E+05	2.16E+09	1.98E+10	2.87E+10
10	プラントル数とグラスホフ数の積	Gr <sub>o</sub> ×Pr <sub>o</sub>	-	4.20E+05	6.75E+05	1.12E+10	1.03E+11	1.48E+11
11	冷却コイル外面(内包液側)のヌセルト数*2	Nu <sub>o</sub>	-	20.3	22.9	290.5	608.5	688.2
12	冷却コイル外面(内包液側)の熱伝達率*3	h <sub>o</sub>	W/m <sup>2</sup> K	224.0	252.2	378.2	253.9	228.5
13	冷却水のレイノルズ数	Re <sub>i</sub>	-	3.25E+03	4.87E+03	6.48E+03	5.28E+03	5.28E+03

\*1: G12E10, G12V12及びG12V14については冷却ジャケット外面(内包液側)温度

\*2: G12E10, G12V12及びG12V14については冷却ジャケット外面(内包液側)のヌセルト数

\*3: G12E10, G12V12及びG12V14については冷却ジャケット外面(内包液側)の熱伝達率

# 3.3 事故対処の有効性評価

## － 除熱に必要な冷却水流量 －

### 事故対処における崩壊熱除去(高放射性廃液貯槽等の冷却)の方法

高放射性廃液貯槽の冷却コイルへの通水に必要な冷却水の合計流量は約12 m<sup>3</sup>/hであった。  
 また、受入槽等の冷却コイル又は冷却ジャケットへの通水に必要な冷却水の合計流量は約2.0 m<sup>3</sup>/hであった。

各貯槽に必要な流量 (HAW)

貯槽	必要流量 m <sup>3</sup> /h
高放射性廃液貯槽(272V31)	約1.7
高放射性廃液貯槽(272V32)	約2.5
高放射性廃液貯槽(272V33)	約1.8
高放射性廃液貯槽(272V34)	約2.7
高放射性廃液貯槽(272V35)	約3.0
合計	約12

各貯槽に必要な流量 (TVF)

貯槽	必要流量 m <sup>3</sup> /h
受入槽(G11V10)	約0.46
回収液槽(G11V20)	約0.69
濃縮器(G12E10)	約0.31
濃縮液槽(G12V12)	約0.34
濃縮液供給槽(G12V14)	約0.20
合計	約2