

事故対処の有効性評価について  
－ 有効性評価の前提条件及び評価の検討状況 －

【概要】

- 事故対処の有効性評価の前提条件及びウエットサイト環境下で、可搬型設備等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)を回復させるための具体的な操作手順等の考え方について示す。
- 事故対処においては、津波を起因事象とした場合、設計津波の遡上に伴いユーティリティー関連施設等を含め機能喪失範囲が広範に及ぶことに加え、津波がれき等が広く散乱し屋外での復旧活動の障害となる。また、随伴する地震による影響も加わり、最も厳しい事象となることから、高放射性廃液貯蔵場における地震、津波を起因とした対策フローの具体化及び現在計画中の各対策において想定するタイムチャートを示す。  
なお、今後、ウエットサイトを模擬した訓練での実績に基づき、タイムチャートに反映していく。

令和2年9月15日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

## 有効性評価の前提条件及び評価の検討状況

事故対処の有効性評価においては、可搬型設備等により、高放射性廃液貯蔵場(HAW)及びガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の重要な安全機能(閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能)を回復させるものであり、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、燃料及び電源)等を確認する。事故の選定について別紙-1に示す。

なお、現在、HAW、TVFの耐震性確保及び耐津波性確保に必要となる各安全対策工事を実施中または実施を計画しており、令和4年度末までに順次完成させる計画であり、これまでの廃止措置計画の申請範囲に含む安全対策については、安全機能の維持を前提として有効性評価を実施する。竜巻については、建家開口部の閉止措置を実施する計画であるが、屋外設備等は竜巻飛来物の影響を受けるため、機能喪失を伴うことを前提として有効性評価を実施する。

令和2年10月申請においてはHAWに係る事故対処の有効性評価の考え方、事故対処の基本フロー及び関連する設備について示し、令和3年1月にHAW、TVFに係る事故対処の有効性評価を示す。

HAWに係る事故対処の有効性評価の考え方、事故対処の基本フロー及び関連する設備について以下に示す。

### 1. 事故の抽出

事故の起回事象は、自然現象を起因とする外的事象及び機器故障等による内的事象とし、崩壊熱除去機能及び閉じ込め機能を維持するための設備に対する機能喪失を想定する。想定する起回事象を以下に示す。

#### 【外的事象】

##### ○津波(地震との重畳含む)

事故の復旧活動に要する時間、要員数、設備等の規模は、安全機能の喪失範囲に応じて大きくなる。特に、津波を起回事象とした場合、設計津波の遡上に伴いユーティリティー関連施設等を含め機能喪失範囲が広範に及ぶことに加え、津波がれき等が広く散乱し屋外での復旧活動の障害となる。随伴する地震による影響も加わり、最も厳しい事象となる。

##### ○地震

設計地震動に対する耐震性を有さない建物、構築物、機器等は機能喪失することから、ユーティリティー関連施設や構内道路等を含め機能喪失範囲が広範に及ぶ。倒壊した建物等により復旧活動の障害となり津波に次いで影響の大きな事象となる。

#### ○竜巻

設計竜巻に対する防護が行えない屋外冷却塔等の設備は機能喪失するが、竜巻による機能喪失範囲は、津波、地震と比べ限定的となる。

#### ○火山

降下火砕物の影響に対しては、除灰やフィルタ交換作業等の措置により対応するが、ユーティリティー関連施設等が機能喪失した場合には、その影響を考慮する。

### 【内的事象】

#### ○内部火災、内部溢水等

HAW、TVF 建家内で行う事故の復旧活動において必要となる設備及びアクセスルートを防護する必要がある。復旧活動に影響を受ける場合には、その影響を考慮する。

設計津波の遡上に伴いユーティリティー関連施設等を含め機能喪失範囲が広範に及ぶことに加え、津波によるがれき等が広く散乱し屋外での復旧活動の妨げになることから、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。

## 2. 事象進展

想定する起因事象に対し、崩壊熱除去機能及び閉じ込め機能を構成する建家、構築物、機器等の健全性が確保される範囲を特定する。崩壊熱除去機能を有する常設設備、高放射性廃液を閉じ込める機能を有する常設設備、津波に対する防護を担う常設設備及び事故対処設備のリストについて表-1 及び図-1 に例示する。

事故対処に用いる設備については、対策用途に応じ以下の通り分類する。

#### ○HAW 貯槽の冷却水系統への通水に用いる設備

- ・施設内水源を使用する場合に用いる設備
- ・自然水利等を使用する場合に用いる設備

○HAW 貯槽への直接注水に用いる設備

・施設内水源を使用する場合に用いる設備

また、事故対処までの時間余裕を評価し事象進展を明らかにする。

事故対処までの時間余裕については、以下に示す事項を時間余裕に反映し、保守性を保ちつつ現実的な評価となるように設定する。

○先行施設の評価を参考に、沸騰到達時間の評価にHAW 貯槽を構成するステンレス材料の熱容量を見込む。また、高放射性廃液の初期温度を現実的な運転温度とする。

○分離精製工場に貯蔵中の希釈廃液等を用い HAW 施設に貯蔵する高放射性廃液を希釈し発熱密度を低下させることを検討している。また、HAW 貯槽は耐震裕度の更なる確保を目的として貯蔵量を 90 m<sup>3</sup>に制限する。

○上記対策により、沸騰に至るまでの十分な時間余裕を確保するが、事象進展によりさらに冷却を必要とする場合に備え、予備の HAW 貯槽等に予め水を溜め水源を確保する。HAW, TVF 以外の施設の水源については、起因事象による被害状況に応じて判断するものとし、機能喪失範囲が限定的な竜巻の場合には既存の浄水貯槽等を利用する。なお、HAW, TVF 施設内部の水源及び施設外部の水源がともに利用できない場合であっても沸騰に至るまでに、十分な時間余裕を確保することができるため、その後は外部支援要請または自然水利を用いる対策を行うことを検討している。

○HAW 貯槽については冷却水供給を停止して、温度上昇挙動を確認する取り組みを実施しており、今後、取得データを拡張し現実的な時間余裕の評価に反映することを検討する。

### 3. 対策手順の概要

起因事象の発生から事故対処が完了するまでの事象進展を整理し、対策を行う判断とタイミングを明確にした。事象進展及び対応フローを図-1 に、実施する対策の判断フローを図-2 にそれぞれ示す。また、実施する各対策の概要とタイムチャートを図-3, 図-4 にそれぞれ示す。

地震、津波の場合、耐震性を有さない建物、構築物、機器等の機能喪失及び津波漂流物等により、屋外活動の障害となるため、屋内での復旧活動を優先して行う。

#### 3.1 実施対策判断フロー

高放射性廃液貯蔵場における各安全対策の実施の流れについて考え方を示

すとともに、対策が分岐する場合の判断基準を明示する。

- ① 沸騰の未然防止対策は、冷却コイルへの給水により崩壊熱除去機能の回復が可能であり、持続的な対策効果が期待できる。遅延対策は、沸騰に至るまでに十分な時間余裕の確保が可能であるが、崩壊熱除去機能の回復は別途必要となる。このため、沸騰の未然防止対策の完了までを実施対策判断フローとして整理した。

(対策の効果に係る考え方)

- ・優先度1:沸騰の未然防止対策
- ・優先度2:沸騰の遅延対策

- ② 未然防止対策の実施に必要となる水源については、地震・津波を起因事象とした場合、既存水源の利用が困難となることから、自然水利又は外部支援による水源を確保する必要がある。

このため、現在 HAW 施設に貯蔵中の高放射性廃液を希釈して発熱密度を低下させる対応を事前に行うとともに、事象発生後は施設内水源による沸騰の遅延対策によって、沸騰に至るまでの十分な時間余裕を確保することを検討し、この間に自然水利又は外部支援による水源の確保を可能とする。

(水源確保に係る考え方)

- ・優先度1:施設内水源
- ・優先度2:外部支援水源
- ・優先度3:自然水利

- ③ 起因事象の発生後速やかに各対策の準備を進め、準備が整った対策から順次実行して安全裕度を確保する。

(対策準備時間に係る考え方)

- ・準備時間が短い対策を優先
  - 屋外復旧活動に要する時間を考慮(津波瓦礫等の除去範囲, 事故対処設備の運搬配置)
  - 資源確保に要する時間を考慮(要員, 水源, 燃料)

#### 4. 有効性評価

事故の進展状況に応じて、対策の実施に必要な時間、組織体制(技術支援組織及び運営支援組織)、対応要員数、要員の招集方法、使用機材、資源(水源、燃料及び電源)、アクセスルートの確保手段等の有効性を訓練により確認する。

事故対処設備の保管場所は地震、津波の影響を受けにくい場所に位置的分散等を考慮して保管されていることを確認する。

#### 4.1 事故時の招集、体制

設計津波襲来時は、核サ研のみならず周辺河川、道路にも被害が及ぶことを想定し、事故時に招集できる人数、役割、体制等について、より現実的なものとする。また、津波の襲来時においては、招集ルートへの被害が想定されることから、津波被害を考慮した事故対処要員の居住地からの招集訓練を行う。

夜間休日での体制構築を目的に、作業員の招集時間を調査し、役割毎に作業体制の成立時間を把握する。また、集合場所での作業員の確認、役割分担のための具体的体制(現場責任者、作業責任者、放射線監視)を構築する。

#### 4.2 ウェットサイトを考慮した訓練

津波を起因事象としウェットサイトを考慮した訓練を実施する。

屋外での復旧活動においては、サイト内外でウォークダウンにより調査した津波漂流物(数量の多い車両、コンテナ、防砂林等)を想定して行う。また、重機等により、散乱した津波がれきの除去作業を模擬したがれき撤去訓練を行う。

### 5. その他の安全機能維持への対応

事故対処として実施する上記対応のほか、以下の項目に対し安全機能維持を図る。

#### [津波に対する安全機能維持]

- ・ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟建家外壁貫通配管損傷時のバルブ閉止操作を行うための手順等を整備し訓練により実効性を確認する。
- ・屋外監視カメラの監視機能維持のための構成部品の交換等の操作について、手順等を整備し訓練により実効性を確認する。

#### [漏えいに対する安全機能維持]

- ・漏えい液の回収等の操作を行うための手順等を整備し、操作の実効性を訓練により確認する。

#### [水素掃気(換気を含む)に対する安全機能維持]

- ・水素掃気を行うための設備の回復操作においては、排風機を起動し換気機能の回復が可能であり、手順等を整備し、操作の実効性を訓練により確認する。

#### [ガラス固化体保管ピットの強制換気のための対応]

- ・ガラス固化体保管ピットの強制換気を行うための手順等を整備し、操作の実効性を訓練により確認する。

#### 6. 今後の安全対策工事に伴う設備状況の反映

今後計画している主な安全対策工事を以下に示す。これらの対策工事を含め設備状況の変化を踏まえ、事故対処の操作手順、作業環境条件等へ反映する。特に、可搬型設備の保管場所として運用しているプルトニウム転換技術開発施設管理棟駐車場の地盤改良工事の完了後に、一連の安全対策工事の結果を踏まえタイムチャートを含めた最終的な有効性評価を実施する。

- ・崩壊熱除去機能の喪失に係る対策(施設内対策工事(高放射性廃液貯蔵場(HAW)及びガラス固化技術開発施設(TVF)))
- ・ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟ガラス固化体保管ピットの強制換気のための対策工事
- ・津波漂流物防護柵の設置工事
- ・プルトニウム転換技術開発施設管理棟駐車場の地盤改良工事

#### 7. 崩壊熱除去機能の回復操作に失敗した場合の放出量

- ・崩壊熱除去機能の回復操作に失敗し放射性物質が外部放出に至った場合の放出量を評価する。
- ・放出される放射性物質の濃度及び放射線量を監視、測定、記録するための必要な手順を整備する。

以上

## 事故の選定について

廃止措置段階にある東海再処理施設においては、リスクが特定の施設（高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟）に集中しており、そのリスクは高放射性廃液に伴うものであることから、事故対処の有効性評価の対象施設は高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟とする。また、再処理施設全体の事故への対応については、その他施設の対応※の中で行う。

両施設のリスクは高放射性廃液に伴うものであるため、「使用済燃料の再処理の事業に関する規則」に定められている以下の事象のうち、高放射性廃液の特徴を踏まえ事故選定を行う。

- 1)セル内において発生する臨界事故
- 2)使用済燃料から分離されたものであって液体状のもの又は液体状の放射性廃棄物を冷却する機能が喪失した場合にセル内において発生する蒸発乾固
- 3)放射線分解によって発生する水素が再処理設備の内部に滞留することを防止する機能が喪失した場合にセル内において発生する水素による爆発
- 4)セル内において発生する有機溶媒その他の物質による火災又は爆発
- 5)使用済燃料貯蔵プールの冷却等の機能喪失による使用済燃料の著しい損傷
- 6)放射性物質の漏えい

高放射性廃液は、抽出工程において使用済燃料の溶解液から殆どのウラン及びプルトニウムを取り除いた抽出廃液であり、放射性物質の崩壊による発熱を伴うため冷却機能を必要とする。このため、冷却機能が喪失した場合、高放射性廃液が沸騰に至り、外部へ放出される放射性物質が増加するおそれが生じる。

よって、高放射性廃液については、冷却機能を維持することが重要であり、この特徴を踏まえ、事故として以下を選定する。

- 2)使用済燃料から分離されたものであって液体状のもの又は液体状の放射性廃棄物を冷却する機能が喪失した場合にセル内において発生する蒸発乾固

1), 3)～6)については、高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟において事故は発生しない、又は、事故に至るまでに長時間を要することから事故として選定しない。

- 1)セル内において発生する臨界事故

高放射性廃液の主成分は核分裂生成物であり、臨界事故に至るような有意



量の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。

- 3)放射線分解によって発生する水素が再処理設備の内部に滞留することを防止する機能が喪失した場合にセル内において発生する水素による爆発

放射線分解によって高放射性廃液から発生する水素の濃度が低いことを実測により確認しており、水素濃度が爆発濃度の下限值に至るまでの時間余裕は年オーダーであることから事故に選定しない。

- 4)セル内において発生する有機溶媒その他の物質による火災又は爆発

高放射性廃液には火災又は爆発に至るような有意量の有機溶媒を含まないことから事故は発生しない。

- 5)使用済燃料貯蔵プールの冷却等の機能喪失による使用済燃料の著しい損傷

高放射性廃液貯蔵場(HAW)及びガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟では使用済燃料を取り扱わないことから対象外とする。

- 6)放射性物質の漏えい

高放射性廃液を保持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<sup>注1)</sup>による耐震性の裕度を確保していることから、地震起因での放射性物質の漏えいは考え難く事故は選定しない。万一、漏えいした場合は、高放射性廃液をスチームジェットにより冷却機能を有する貯槽に回収する。

注1) 令和2年7月10日付け原規規発第2007104号をもって認可を受けた廃止措置計画認可申請書、令和2年8月7日付け廃止措置計画変更認可申請書

また、有効性評価の実施においては、上記2)に加え、その他の安全機能維持への対応として、津波、漏えい、水素掃気(換気を含む)、ガラス固化体保管ピットの強制換気について有効性評価の対象として安全機能の維持を図る。

※その他施設については、有意に放射性物質を建家外に流出させないことを基本とし、津波、地震、その他外部事象等に対してリスクに応じた安全対策を実施することとし、順次、対策を進める。

以上

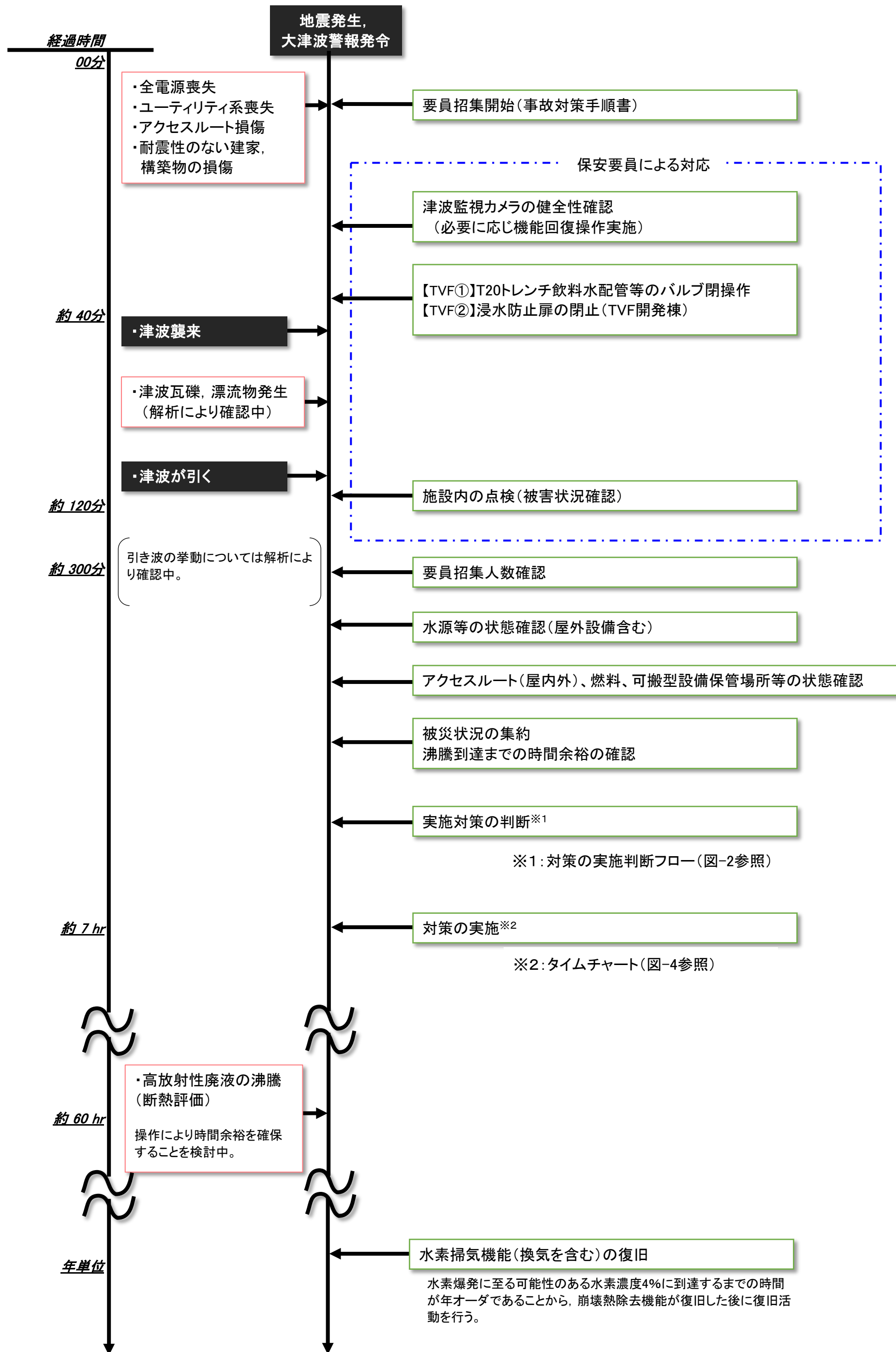
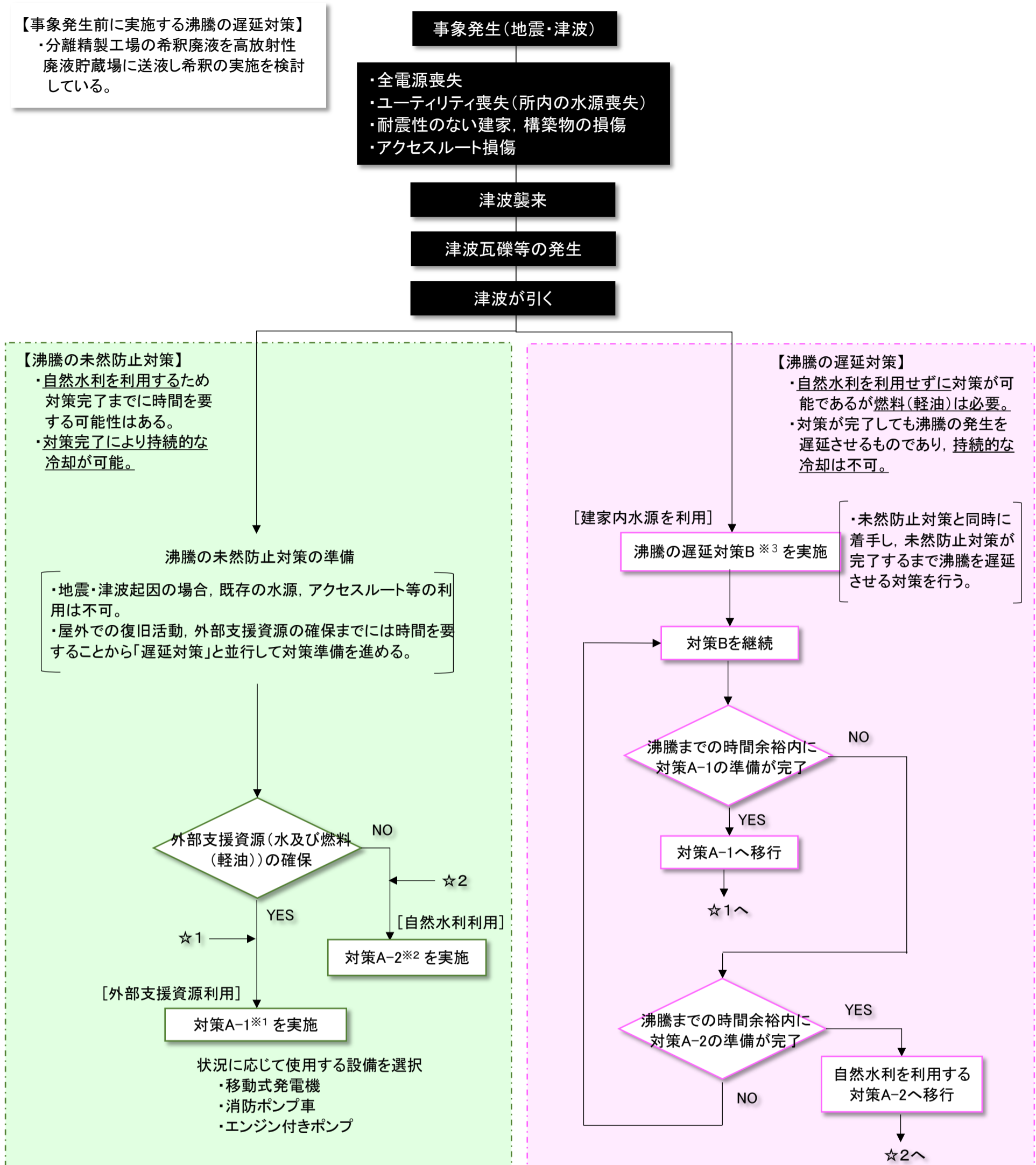


図-1 事象進展及び対応フロー



※1: 対策A-1  
 ・外部支援の水及び燃料を用いて, 軽油を燃料とする移動式発電機, 消防ポンプ車, エンジン付きポンプにより各貯槽の冷却コイルへ給水する。

**【対策A-1に用いる資源が使用できる理由】**  
 ・エンジン付きポンプは, 設計地震動及び設計津波に対して健全であるHAW建家内に保管するため使用できる。消防ポンプ車は津波襲来時は高台に避難するため使用できる。移動式発電機についても常時, 高台に配備している。

※2: 対策A-2  
 ・自然水利を用いて, 軽油を燃料とするエンジン付きポンプにより各貯槽の冷却コイルへ給水する。

**【対策A-2に用いる資源が使用できる理由】**  
 ・エンジン付きポンプは, 設計地震動及び設計津波に対して健全であるHAW建家内に保管するため使用できる。  
 ・エンジン付きポンプに使用する軽油は, 地盤改良を実施し高台のプルトニウム転換技術開発施設管理棟駐車場に保管するため使用できる。

※3: 対策B  
 ・建家内水源(予備貯槽等)に予め貯留していた水をスチームジェットにより各貯槽へ供給。  
 ・スチームジェットの蒸気は可搬型ボイラーを利用。

**【対策Bに用いる資源が使用できる理由】**  
 ・HAW建家は設計地震動及び設計津波に対して健全であるため, 施設内の予備貯槽等に予め貯留していた水は使用できる。  
 ・可搬型ボイラーは, 設計地震動及び設計津波に対して健全である建家内に保管するため使用できる。  
 ・可搬型ボイラーに使用する燃料及び水は, 地盤改良を実施し高台のプルトニウム転換技術開発施設管理棟駐車場に保管するため使用できる。

図-2 実施対策判断フロー

X : バルブ(閉) X : バルブ(開)  
 O : 一次冷却水循環ポンプ  
 [ ] : 中間熱交換器

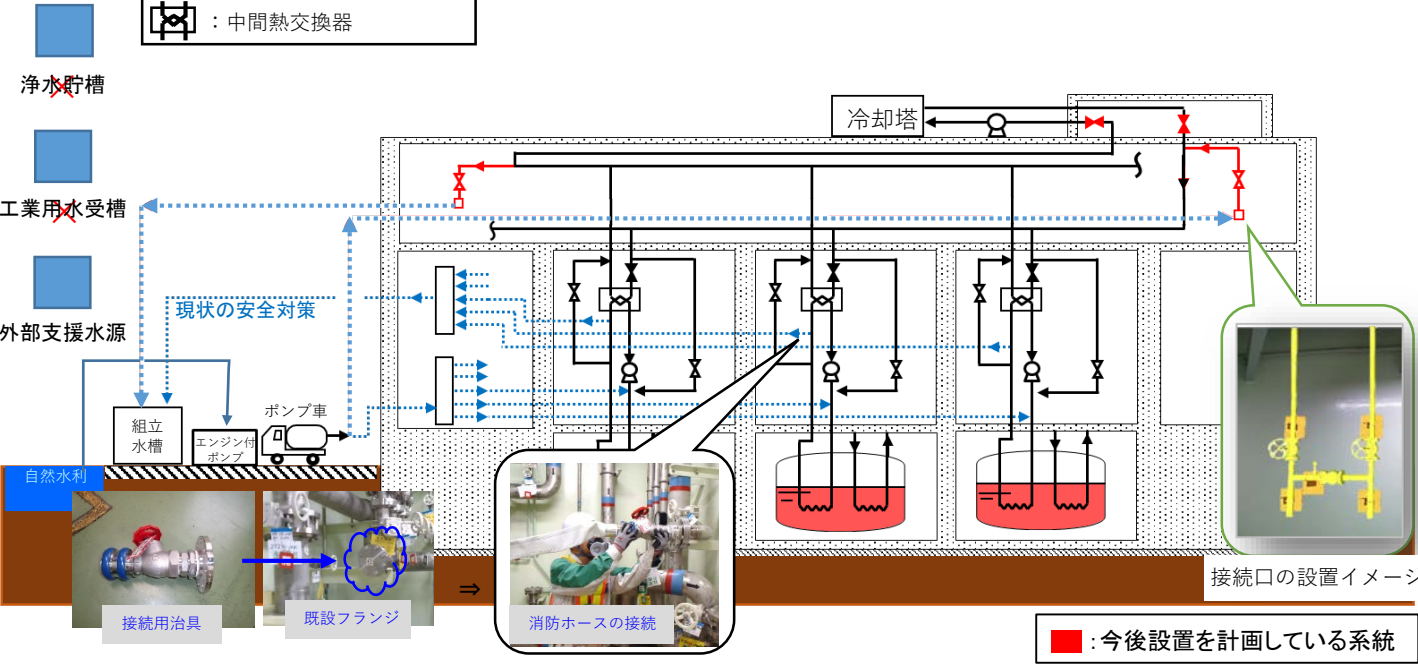


図-3 対策(A-1, A-2)の概要(1/2)

X : バルブ(閉) X : バルブ(開)  
 O : 一次冷却水循環ポンプ  
 [ ] : 中間熱交換器

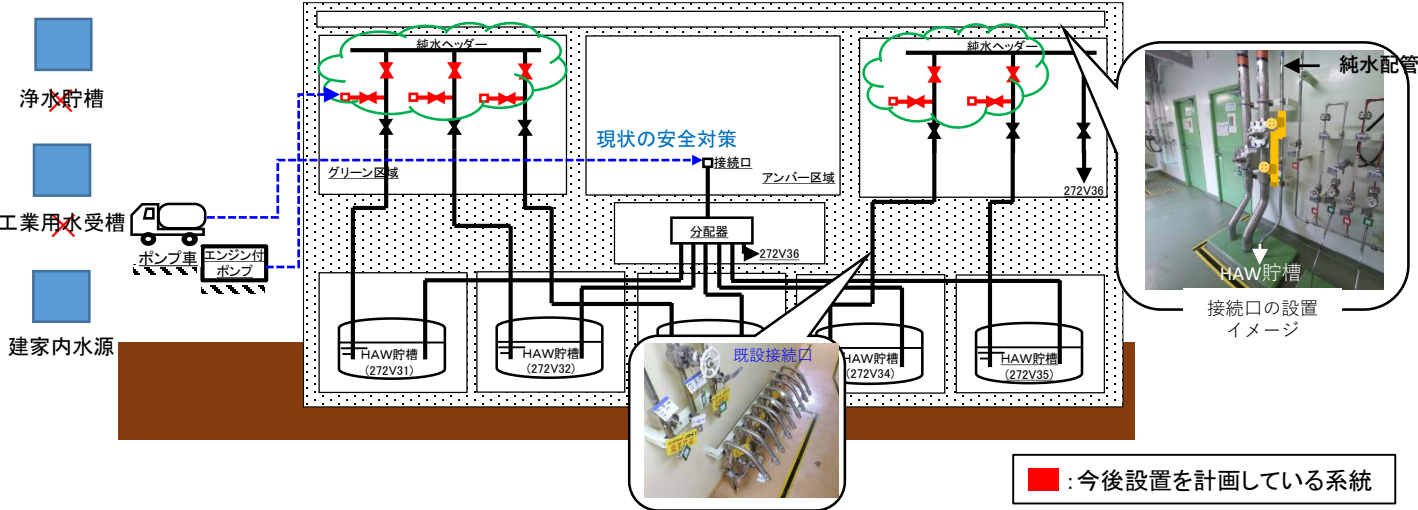


図-3 対策Bの概要 (2/2)

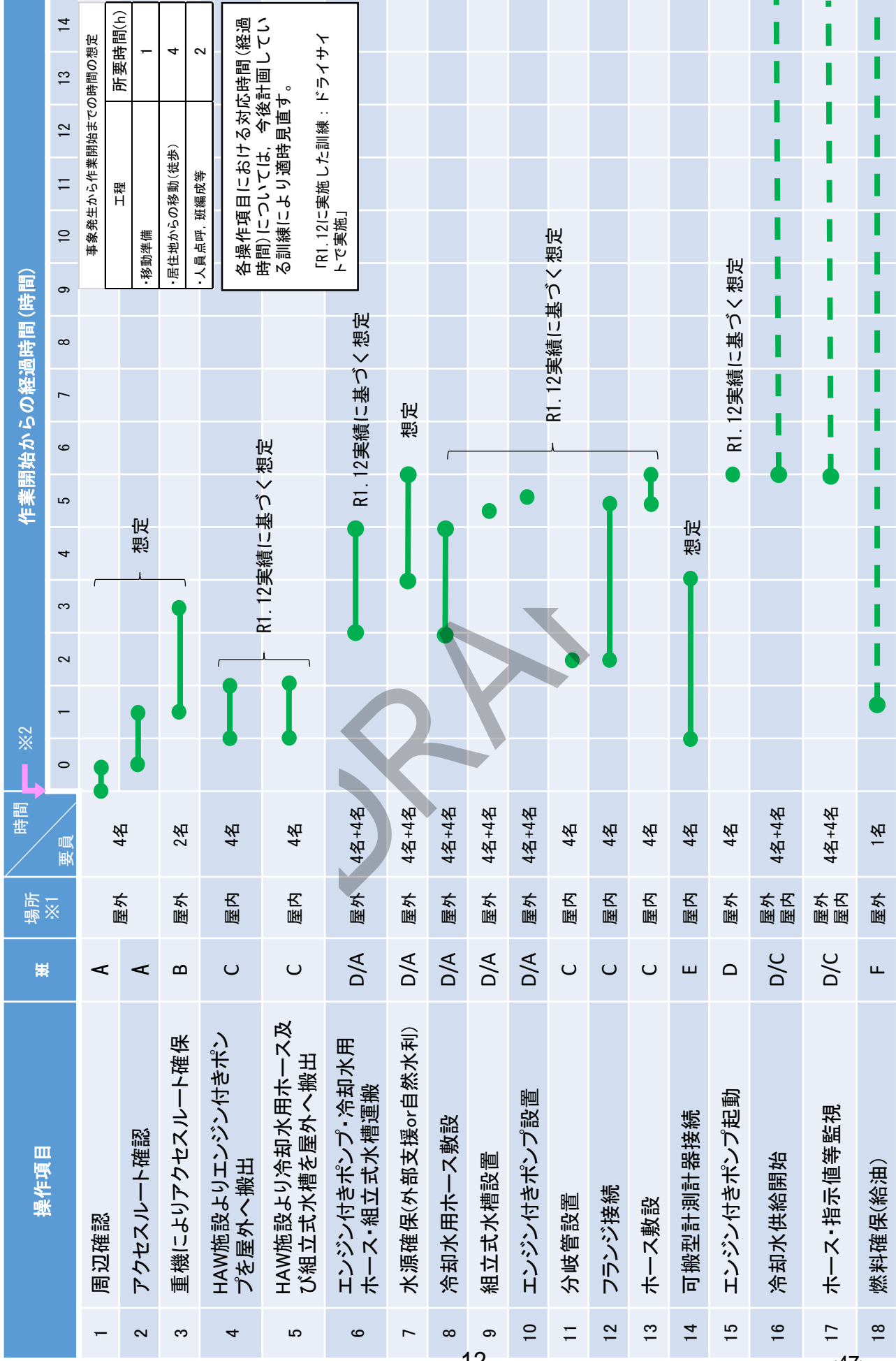
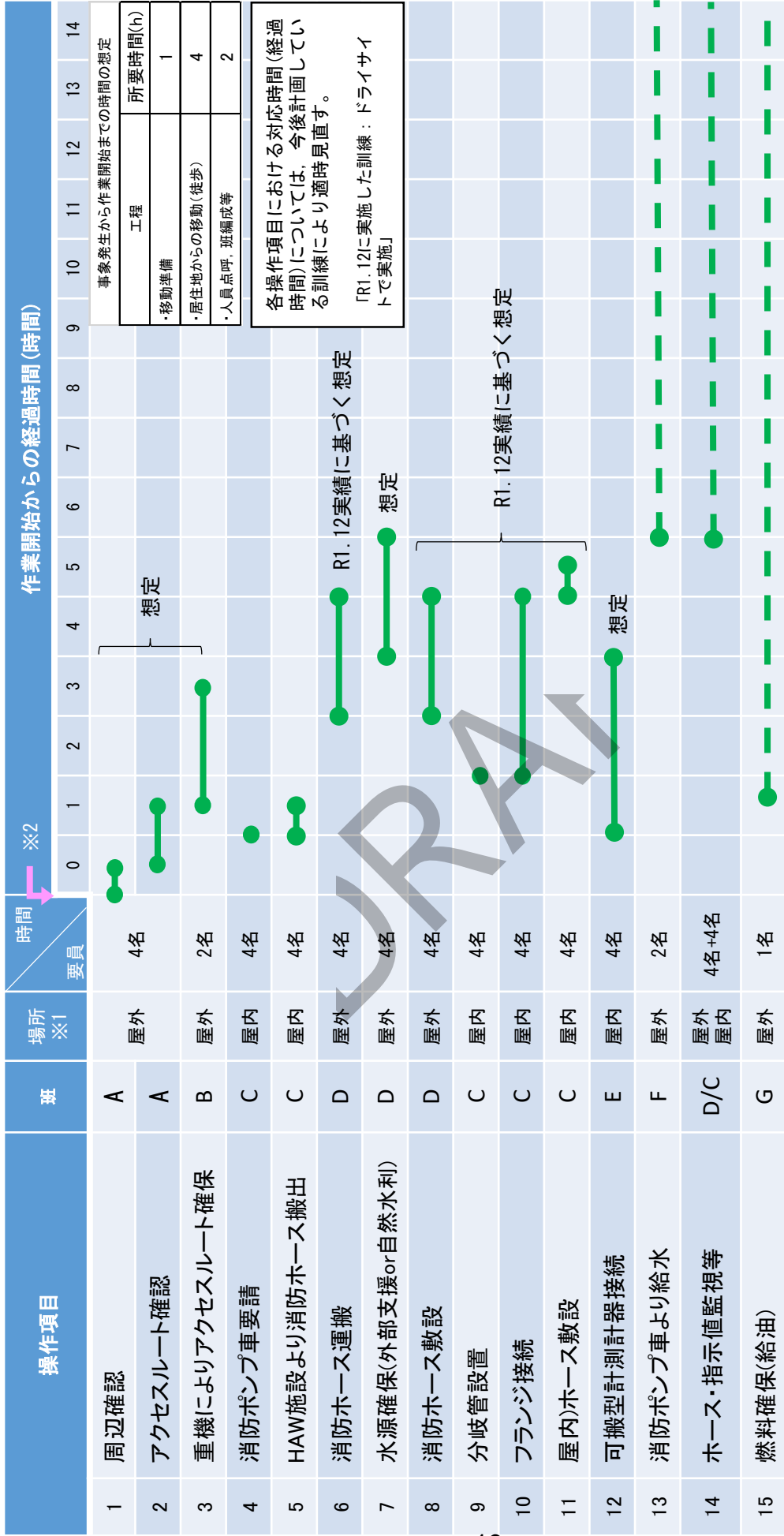


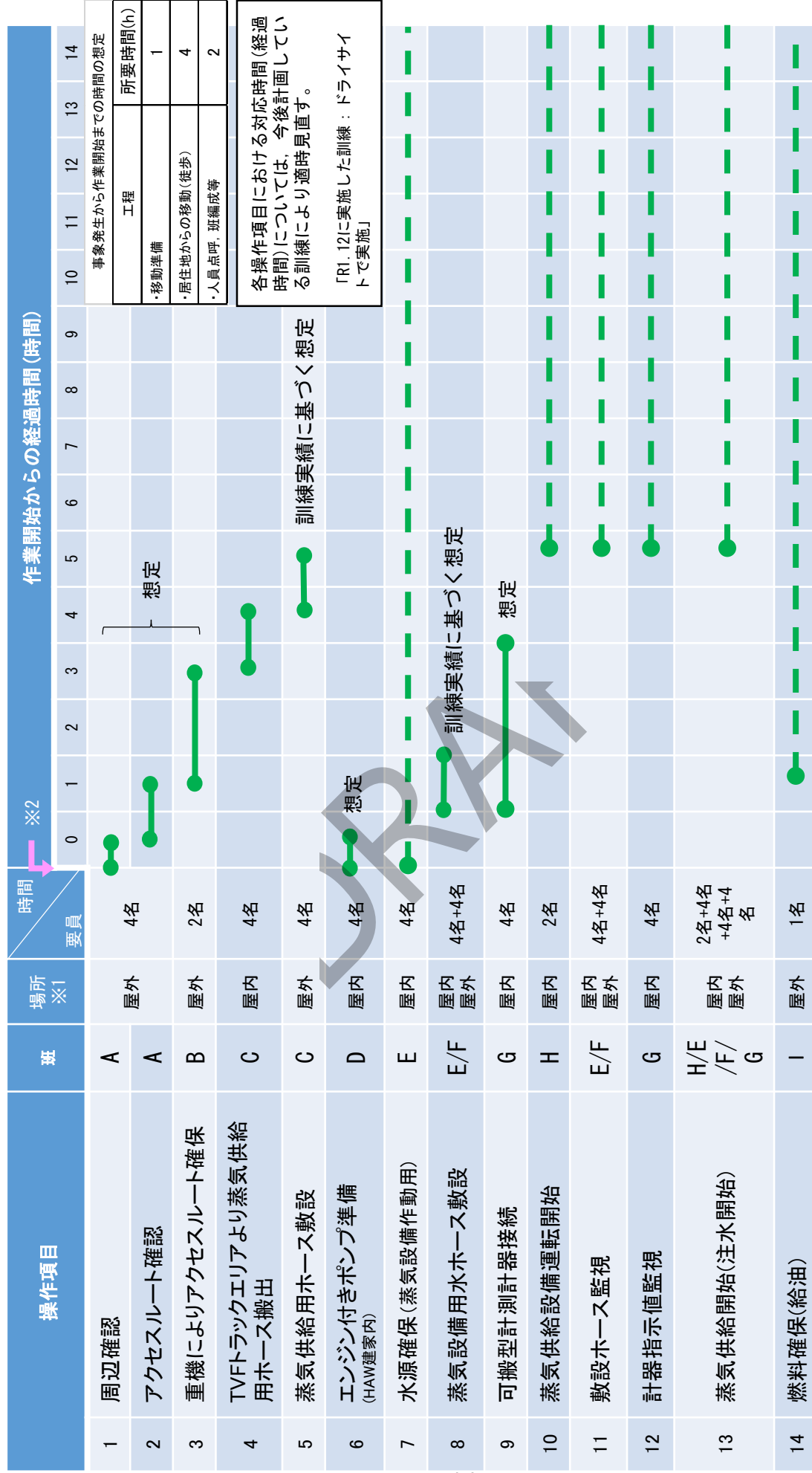
図-4 対策A-1 エンジン付きポンプによる冷却コイルへの注水(タイムチャート)

※1 制御室における復旧活動はない  
 ※2 事象発生後、約7時間後を想定



※1 制御室における復旧活動はしない  
 ※2 事象発生後、約7時間後を想定

図-4 対策A-2 消防ポンプ車による冷却コイルへの注水(タイムチャート)



※1 制御室における復旧活動はない  
 ※2 事象発生後、約7時間後を想定

図-4 対策B 貯槽への直接注水(タイムチャート)

設備・系統	電気・計装制御等	支持構造物
崩壊熱除去機能を有する常設設備 一次系冷却水系統及び機器 熱交換器 一次系の送水ポンプ 一次系の予備循環ポンプ ガンマボット 二次系冷却水系統及び機器 二次系の送水ポンプ 冷却塔 浄水ポンプ 浄水槽	H314, H315, H324, H325, H334, H335, H344, H345, H354, H355, H364, H365 P3161, P3162, P3261, P3262, P3361, P3362, P3461, P3462, P3561, P3562, P3661, P3662 P3061, P3062 V3191, V3192, V3291, V3292, V3391, V3392, V3491, V3492, V3591, V3592, V3691, V3692 P8160, P8161, P8162, P8163 H81, H82, H83 P761, P762 V76	機器等の支持構造物 高放射性廃液貯蔵場建家
津波に対する防護を担う設備※1 漂流物防護柵 浸水防止扉	HAW-1, HAW-2, HAW-3, HAW-4, HAW-5	機器等の支持構造物 高放射性廃液貯蔵場建家
事故対処設備※1 緊急放出系統 水封槽 緊急放出系フィルタユニット 二次系冷却水ヘッダ接続口 純水ヘッダ接続口	V41, V42 F480 設置計画 設置計画	機器等の支持構造物 高放射性廃液貯蔵場建家
高放射性廃液を閉じ込める機能 高放射性廃液を内蔵する系統及び機器 高放射性廃液貯蔵槽 中間貯槽 分配器 水封槽 ドリフットレイ 高放射性廃液を内蔵する系統及び機器を設置するセル 高放射性廃液貯蔵セル 中間貯蔵セル 分配器セル 槽類換気系統及び機器 洗浄塔 除湿器 電気加熱器 フィルタ よう素フィルタ 冷却器 排風機 セル換気系統及び機器 セル換気系フィルタユニット セル換気系排風機	スチームジェット 漏えい検知装置 トランスミッターラック 主制御盤 高圧受電盤 (第6変電所) 低圧配電盤 (第6変電所) 動力分電盤 (第6変電所)	機器等の支持構造物 高放射性廃液貯蔵場建家

※1 津波に対する防護を担う設備、事故対処設備については、今後の当該設備の具体化に応じて詳細化する。



図-5 高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 高放射性廃液の閉じ込めを担う設備の概略系統図の例 (高放射性廃液を内蔵する設備)

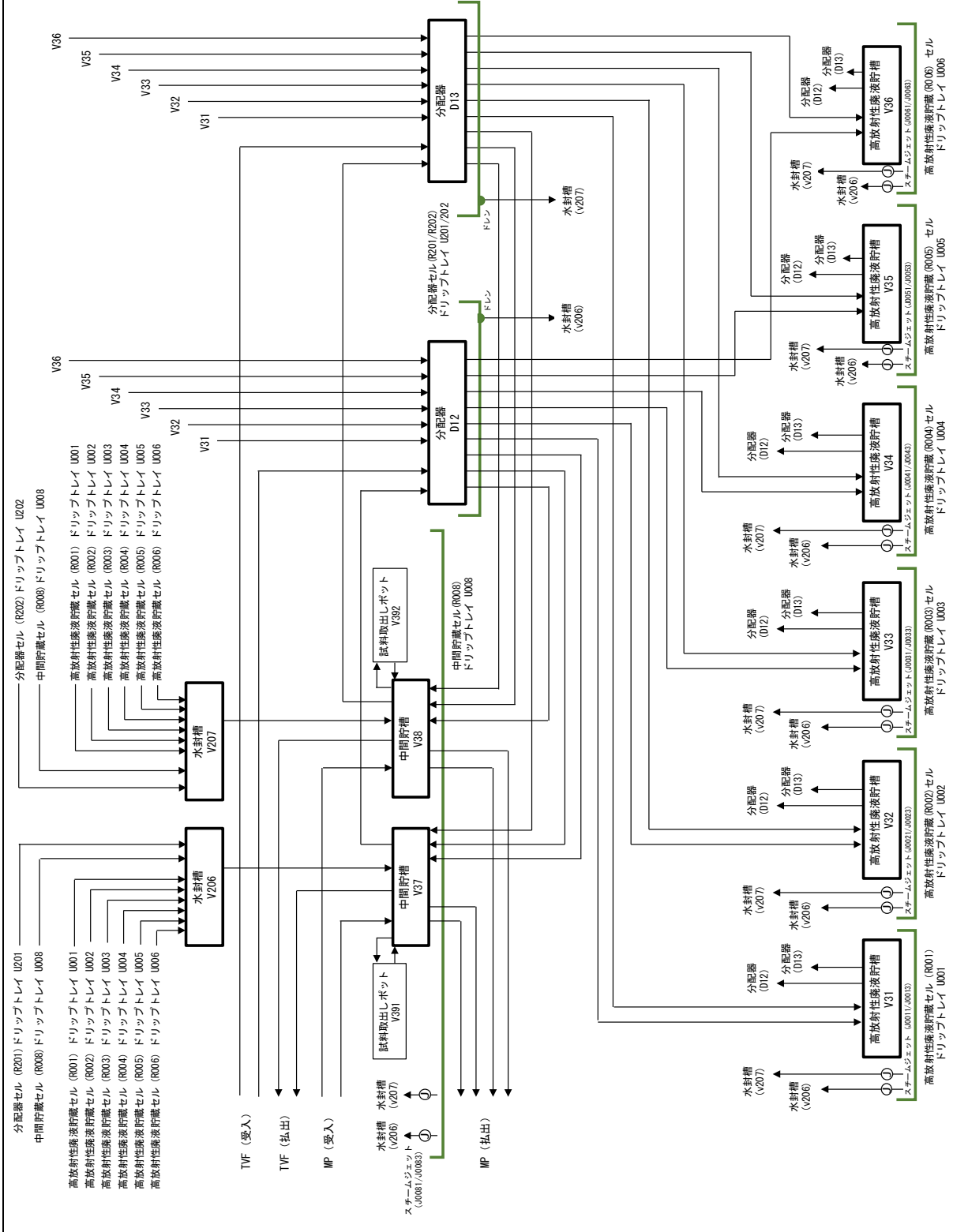


図-5 高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 高放射性廃液の閉じ込めを担う設備の概略系統図の例 (放射性物質の放出経路の維持のための設備)

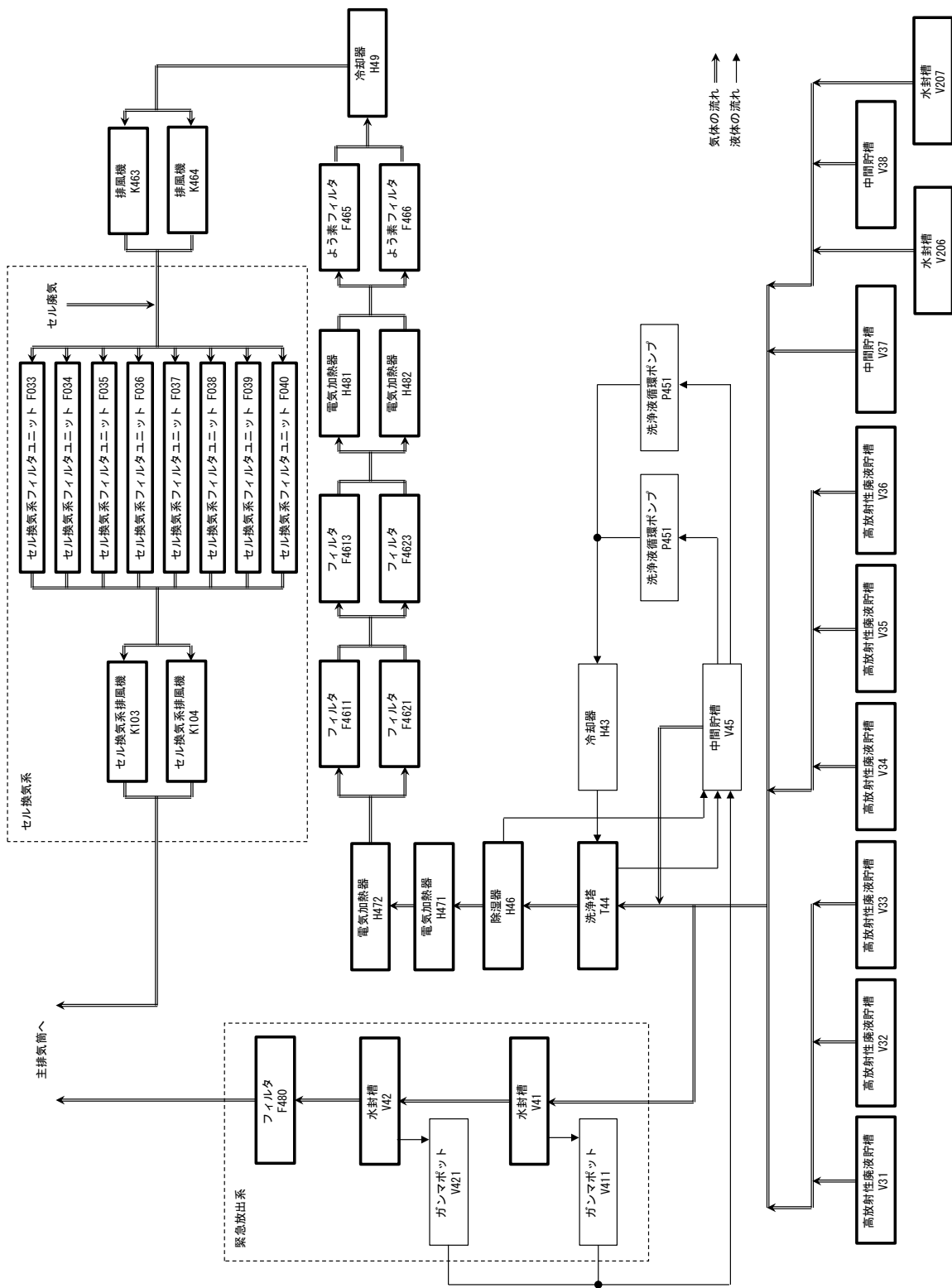


図-5 高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 高放射性廃液の崩壊熱除去機能を担う設備の概略系統図の例 (一次系冷却水系統)

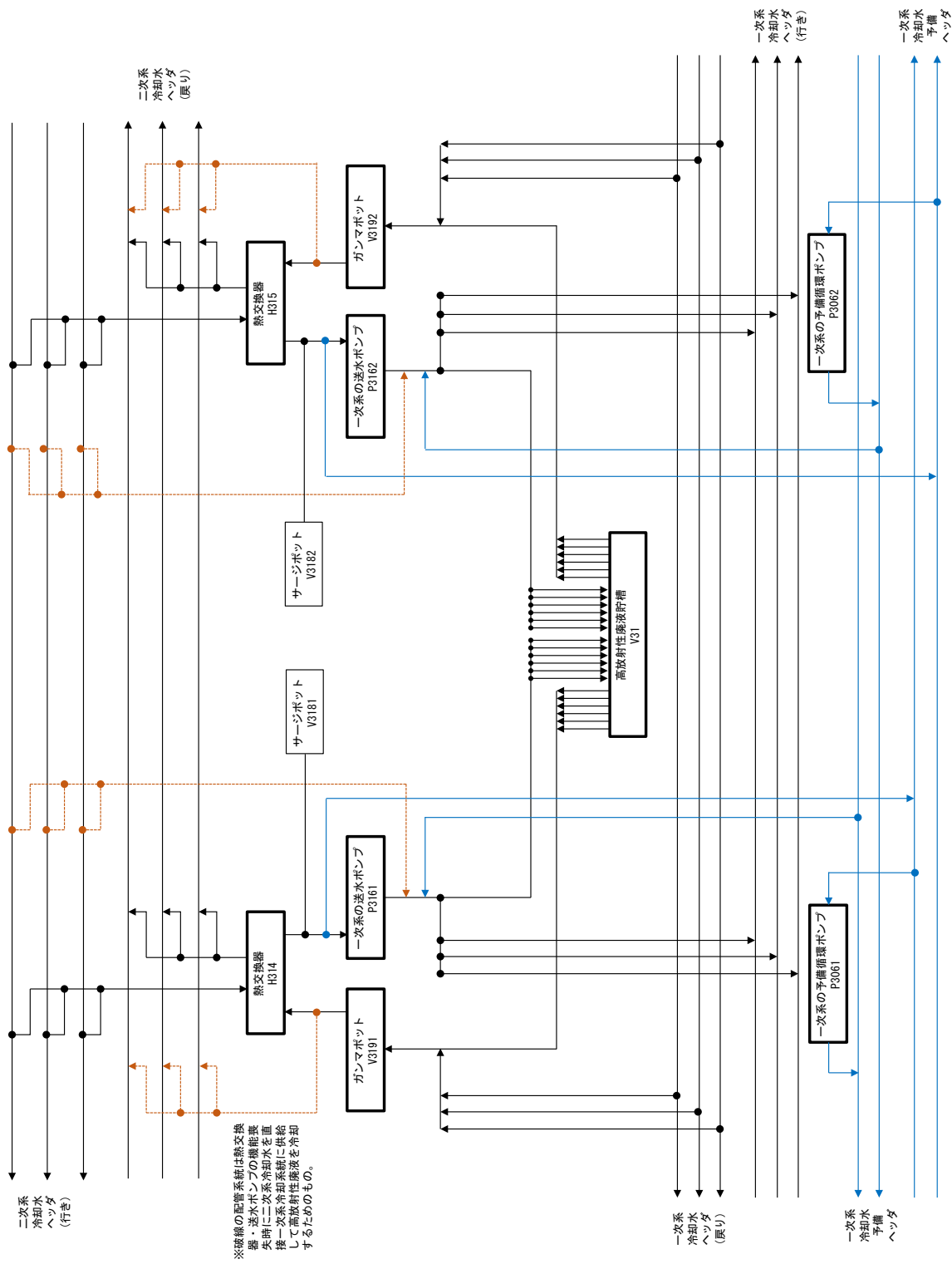


図-5 高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 高放射性廃液の崩壊熱除去機能を担う設備の概略系統図の例 (一次系冷却水系統)

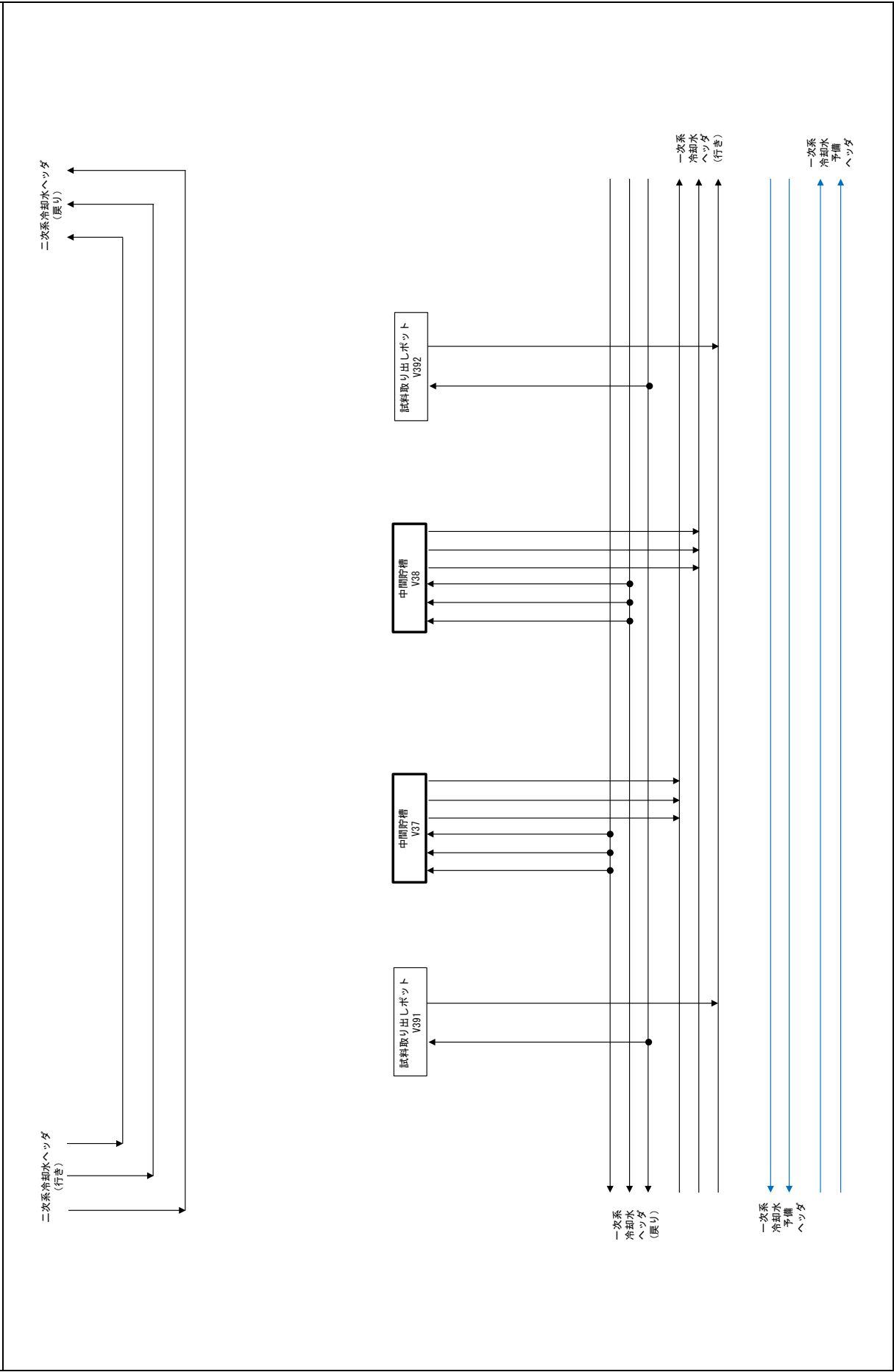


図-5 高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 高放射性廃液の崩壊熱除去機能を担う設備の概略系統図の例 (二次系冷却水系統)

