

表 1-4-2-3-12 未然防止対策③-1 において使用する主な可搬型設備

設備		保管場所	使用場所	数量	仕様
1	不整地運搬車 (ドラム缶運搬用)	南東地区	PCDF駐車場 ～燃料貯槽	1	最大積載本数：9本
2	消防ポンプ車	消防車庫	>T.P.+15 m	1	圧力：>0.187 MPa 揚程：>18.7 m 流量：>200 L/min
3	エンジン付きポンプ	TVF 2F	PCDF駐車場	1	最大揚程：30 m 揚程：約22 m @流量：6.1 m <sup>3</sup> /h (流速は実測値)
4	エンジン付きポンプ	TVF 2F	TVF外廻り	1	最大流量：60 m <sup>3</sup> /h (TVF屋上 EL22.0 m)
5	組立水槽	TVF 3F	PCDF駐車場	1	容量：5 m <sup>3</sup>
6	組立水槽	TVF 3F	TVF外廻り	1	容量：5 m <sup>3</sup>
7	消防ホース (屋外用)	TVF 2F	PCDF駐車場～TVF屋外 (最長約1280 m)	64	65A 20 m
8	消防ホース (屋内用)	TVF 2F	TVF 屋外～1F～B1F (約120 m×2)	12	65A 20 m
9	既設配管接続用フランジ (IN)	TVF B2F	TVF B1F	1	ホース接続側：40A町野式オスカプラ 既設配管側：40Aフランジ
10	既設配管接続用フランジ (OUT)	TVF B2F	TVF B1F	1	ホース接続側：40A町野式オスカプラ 既設配管側：40Aフランジ

下線部は HAW と共有部

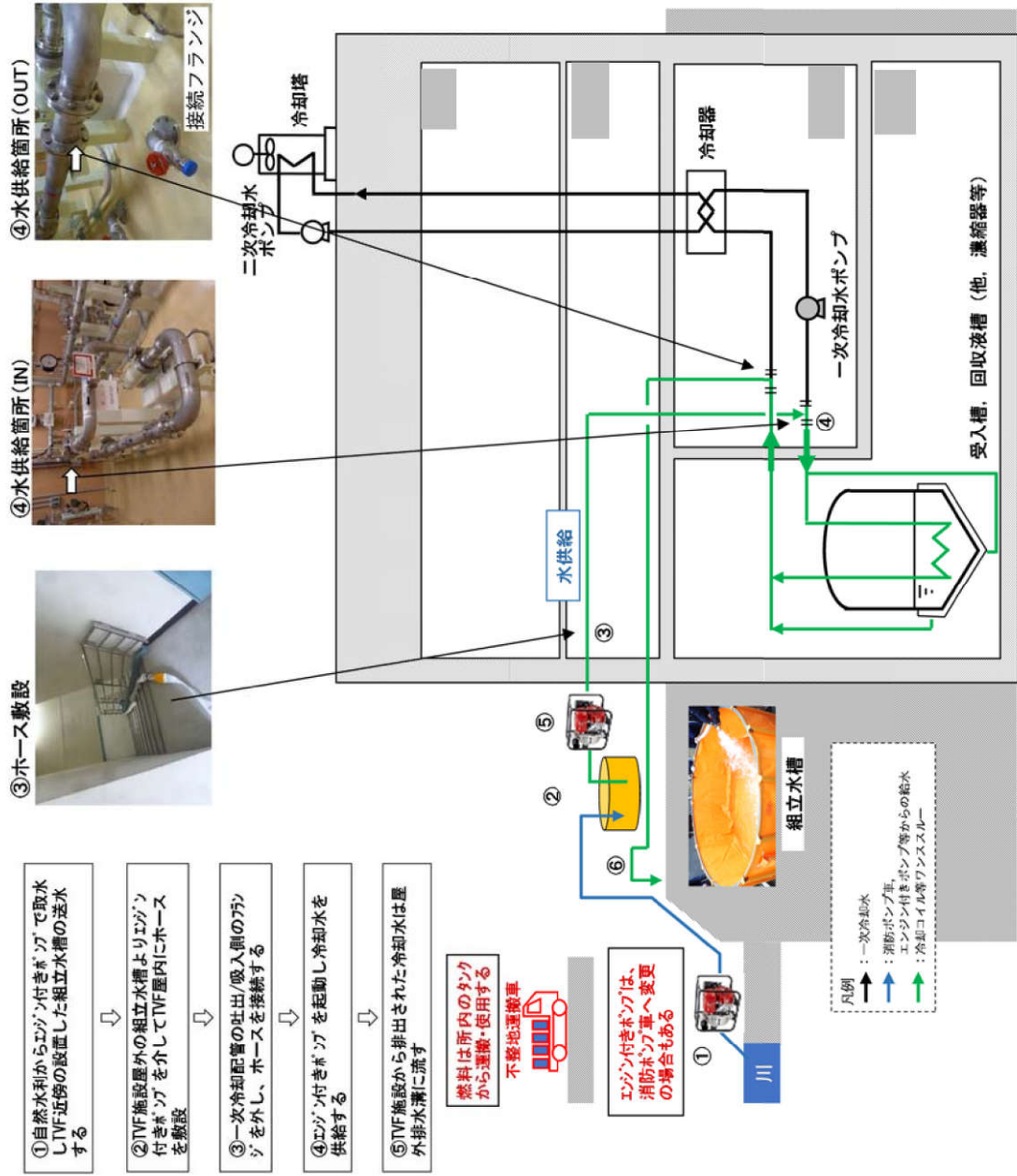


図 1-4-2-3-12 TVF 未然防止対策③-2：消防ポンプ車＋エンジン付きポンプによるワンスルー式冷却（1/2）  
（受入槽等）（自然水利と所内燃料を利用する場合）



表 1-4-2-3-13 未然防止対策③-2 において使用する主な可搬型設備

設備		保管場所	使用場所	数量	仕様
1	不整地運搬車 (ドラム缶運搬用)	南東地区	PCDF駐車場 ～燃料貯槽	1	最大積載本数：9本
2	エンジン付きポンプ	TVF 2F	自然水利取水場所	1	最大揚程：30 m 揚程：約22 m @流量：6.1 m <sup>3</sup> /h (流速は実測値)
3	エンジン付きポンプ	TVF 2F	TVF外廻り	1	最大流量：60 m <sup>3</sup> /h (TVF屋上 EL22.0 m)
4	組立水槽	TVF 3F	TVF外廻り	1	容量：5 m <sup>3</sup>
5	消防ホース (屋外用)	TVF 2F	自然水利～TVF屋外 (最長約1360 m)	68	65A 20 m
6	消防ホース (屋内用)	TVF 2F	TVF 屋外～1F～B1F (約120 m×2)	12	65A 20 m
7	既設配管接続用フランジ (IN)	TVF B2F	TVF B1F	1	ホース接続側：40A町野式オスカプラ 既設配管側：40Aフランジ
8	既設配管接続用フランジ (OUT)	TVF B2F	TVF B1F	1	ホース接続側：40A町野式オスカプラ 既設配管側：40Aフランジ

下線部は HAW と共有部



TVF 遅延対策①：受入槽等への直接注水作業（タイムチャート）

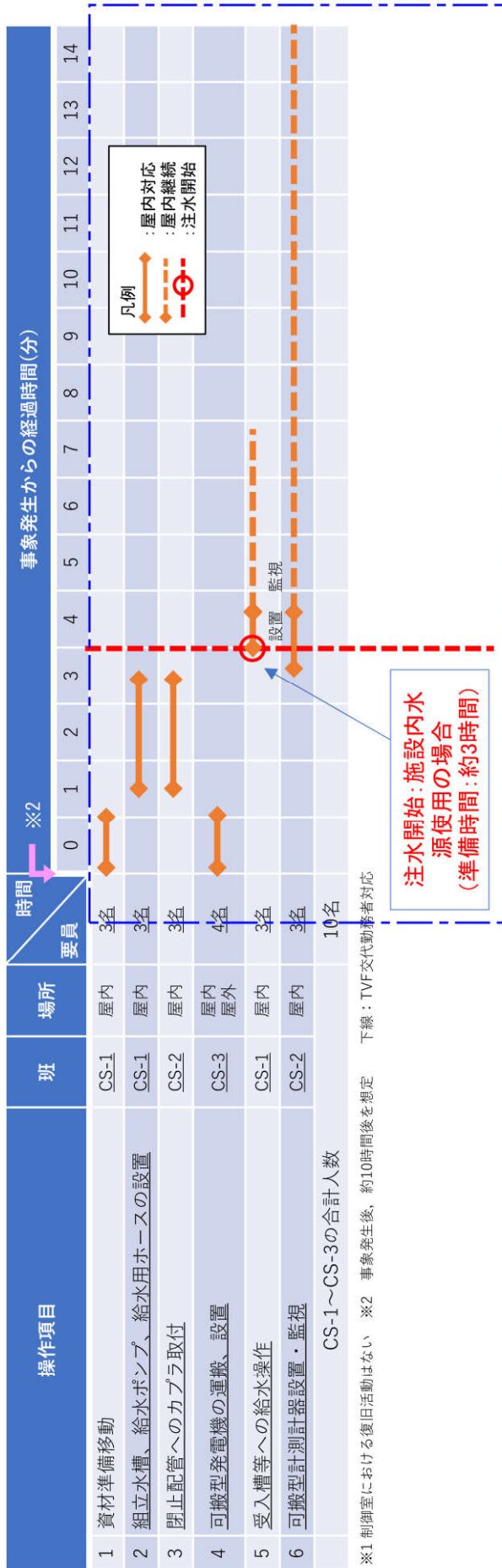


図 1-4-2-3-13 TVF 遅延対策①：受入槽等への直接注水作業（2/2）

表 1-4-2-3-14 遅延対策①において使用する主な可搬型設備

設備		保管場所	使用場所	数量	仕様
1	給水ポンプ	TVF B2F	TVF B1F	1	最高吐出圧力：0.7 MPa 揚程：3 m@流量：0.7 m <sup>3</sup> /h (流量及び揚程は実測値)
2	組立水槽	TVF B1F	TVF B1F	1	容量：1 m <sup>3</sup>
3	給水用ホース（屋内用）	TVF B1F	TVF B1F	10	15A 20 m（約200 m）
4	分岐付ヘッダー	TVF B2F	TVF B1F	1	入口側：スカフ <sup>ラ</sup> ×1 出口側：ボールバルブ×7 15Aスカフ <sup>ラ</sup> ×7
5	コンプレッサー	TVF B2F	TVF B1F	1	電源：AC100 V 使用最高圧力：約0.8 MPa
6	コンプレッサー用発電機	TVF 1F	TVF 屋外	1	定格出力：3.0 KVA 定格電圧：100 V







表 1-4-2-3-15 遅延対策②において使用する主な可搬型設備

設備	保管場所	使用場所	数量	仕様
1 不整地運搬車 (ドラム缶運搬用)	南東地区	PCDF駐車場 ～燃料貯槽	1	最大積載本数：9本
2 消防ポンプ車	消防車庫	>I.P.+15 m	1	圧力：>0.187 MPa 揚程：>18.7 m 流量：>200 L/min
3 エンジン付きポンプ	TVF 2F	PCDF駐車場	1	最大揚程：30 m 揚程：約22 m @流量：6.1 m <sup>3</sup> /h (流速は実測値) 最大流量：60 m <sup>3</sup> /h (TVF屋上 EL22.0 m)
4 エンジン付きポンプ	TVF 2F	TVF外廻り	1	
5 給水ポンプ	TVF B2F	TVF B1F	1	最高吐出圧力：0.7 MPa 揚程：3 m @流量：0.7 m <sup>3</sup> /h (流量及び揚程は実測値)
6 組立水槽	TVF 3F	PCDF駐車場	1	容量：5 m <sup>3</sup>
7 組立水槽	TVF 3F	TVF外廻り	1	容量：5 m <sup>3</sup>
8 組立水槽	TVF B1F	TVF B1F	1	容量：1 m <sup>3</sup>
9 消防ホース (屋外用)	TVF 2F	PCDF駐車場～TVF屋外 (約200 m)	10	65A 20 m
10 消防ホース (屋内用)	TVF 2F	TVF 屋外～1F～B1F (約80 m)	4	65A 20 m
11 給水用ホース (屋内用)	TVF B1F	TVF B1F (約200 m)	10	15A 20 m
12 分岐付ヘッド	TVF B2F	TVF B1F	1	入口側：ミカプ <sup>®</sup> ラ×1 出口側：ポ-ルバル <sup>®</sup> ×7 15Aミカプ <sup>®</sup> ラ×7
13 コンプレッサー	TVF B2F	TVF B1F	1	電源：AC100 V 使用最高圧力：約0.8 MPa
14 コンプレッサー用発電機	TVF 1F	TVF 屋外	1	定格出力：3.0 KVA 定格電圧：100 V

下線部は HAW と共有部

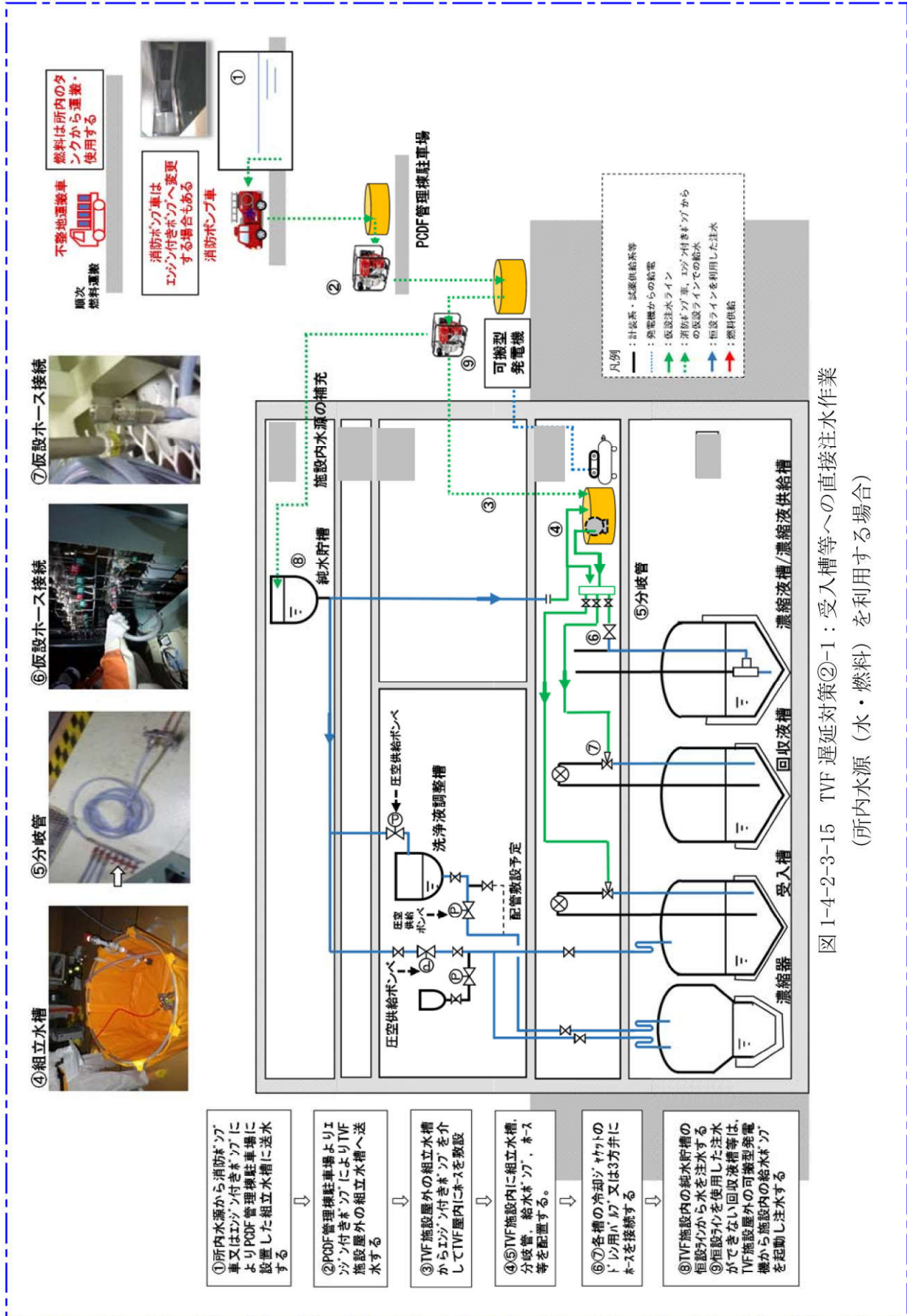
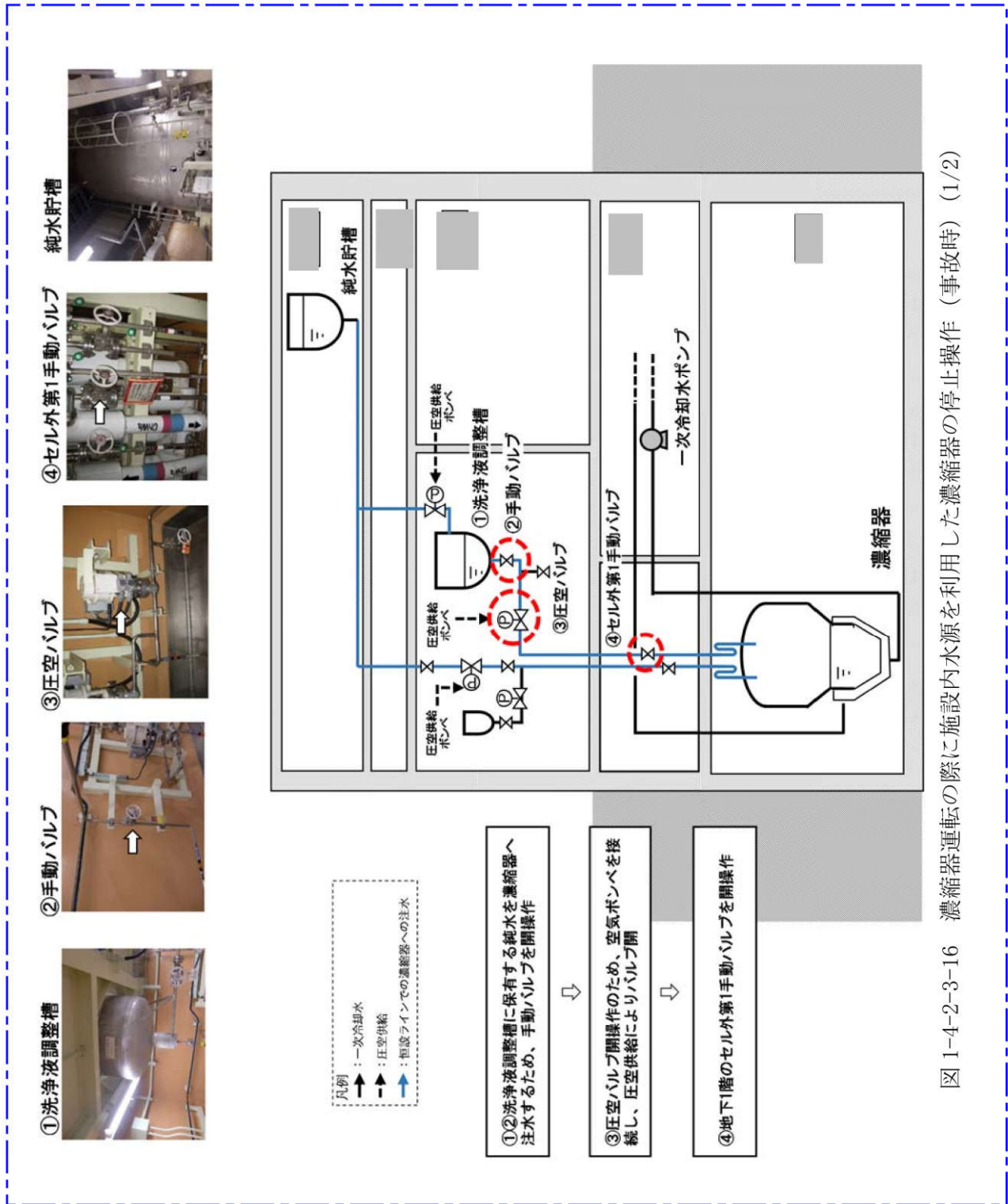


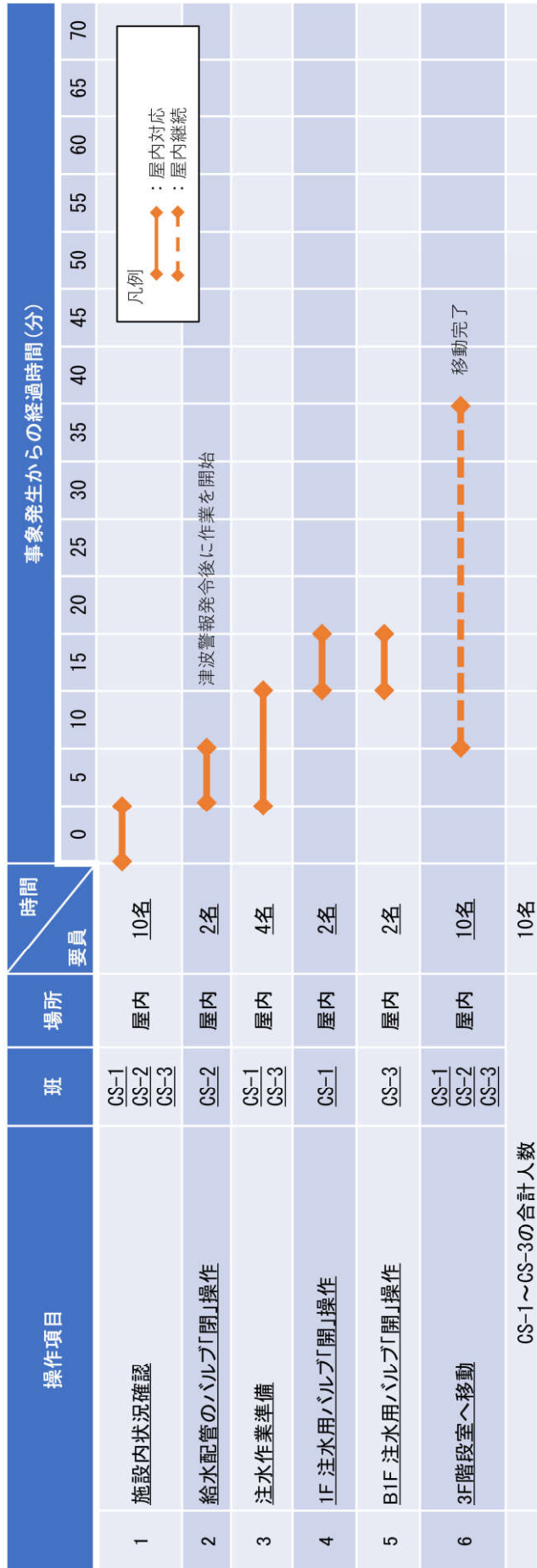
表 1-4-2-3-16 遅延対策②-1 において使用する主な可搬型設備

設備	保管場所	使用場所	数量	仕様
1 不整地運搬車 (ドラム缶運搬用)	南東地区	PCDF駐車場 ～燃料貯槽	1	最大積載本数：9本
2 消防ポンプ車	消防車庫	>I.P.+15 m	1	圧力：>0.187 MPa 揚程：>18.7 m 流量：>200 L/min
3 エンジン付きポンプ	TVF 2F	PCDF駐車場	1	最大揚程：30 m 揚程：約22 m @流量：6.1 m <sup>3</sup> /h (流速は実測値)
4 エンジン付きポンプ	TVF 2F	TVF外廻り	1	最大流量：60 m <sup>3</sup> /h (TVF屋上 EL22.0 m)
5 給水ポンプ	TVF B2F	TVF B1F	1	最高吐出圧力：0.7 MPa 揚程：3 m @流量：0.7 m <sup>3</sup> /h (流量及び揚程は実測値)
6 組立水槽	TVF 3F	PCDF駐車場	1	容量：5 m <sup>3</sup>
7 組立水槽	TVF 3F	TVF外廻り	1	容量：5 m <sup>3</sup>
8 組立水槽	TVF B1F	TVF B1F	1	容量：1 m <sup>3</sup>
9 消防ホース (屋外用)	TVF 2F	所内水源～TVF屋外 (最長約1280 m)	64	65A 20 m
10 消防ホース (屋内用)	TVF 2F	TVF 屋外～1F～B1F (約80 m)	4	65A 20 m
11 給水用ホース (屋内用)	TVF B1F	TVF B1F (約200 m)	10	15A 20 m
12 分岐付ヘッダー	TVF B2F	TVF B1F	1	入口側：メカアラ×1 出口側：ボールバルブ×7 15Aメカアラ×7
13 コンプレッサー	TVF B2F	TVF B1F	1	電源：AC100 V 使用最高圧力：約0.8 MPa
14 コンプレッサー用発電機	TVF 1F	TVF 屋外	1	定格出力：3.0 kVA 定格電圧：100 V

下線部は HAW と共有部



濃縮器運転の際に施設内水源を利用した濃縮器の停止操作（事故時）（タイムチャート）



※1 当直の運転員10名を想定 下線はTVF交代勤務者

図 1-4-2-3-16 濃縮器運転の際に施設内水源を利用した濃縮器の停止操作（事故時）（2/2）

表 1-4-2-3-17 各対策において共通的に使用する設備リスト（燃料，水，重機，通信設備等）

設備	保管場所	使用場所	基数	仕様
1 可搬型貯水設備（燃料）	PCDF駐車場 南東地区	PCDF駐車場	2	油種：軽油 積載量：26kL
2 可搬型貯水設備（水）	PCDF駐車場 南東地区	PCDF駐車場	7	積載量：22kL
3 トラクター	PCDF駐車場 南東地区	PCDF駐車場	1	26kL用ヘッド
4 ホイールローダ	PCDF駐車場	<T. P. +15 m	1	エンジン定格出力：22kW (29.9PS) 標準バケット容量：0.09 m <sup>3</sup>
5 油圧シヨベル	PCDF駐車場	<T. P. +15 m	1	エンジン定格出力：22kW (30PS) 標準バケット容量：0.4 m <sup>3</sup>
6 エンジン付きライト	PCDF駐車場	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ PCDF駐車場</li> <li>・ 南東地区</li> <li>・ HAW外廻り</li> <li>・ 所内水源</li> <li>・ 所内燃料</li> <li>・ 現場指揮所近傍</li> </ul>	7	ヤンマー LB1130FBD-1 単相100V ランプ電力 1000[W] ランプ：メタルハライド 110,000ルーメン
7 可搬型発電機 （通信機器の充電用）	TVF 1F	所内	1	約3kVA
8 MCA 携帯型無線機	TVF 2F	所内	1	送信出力：2 W
9 衛星電話	TVF 3F	所内	1	—
10 簡易無線機	TVF 2F	所内	4	送信出力：5 W
11 トランシーバ	TVF 2F	所内	6	—

下線部は HAW と共有部

#### 1.4.2.4 蒸発乾固の未然防止対策及び遅延対策の有効性評価の方法及び成否判断

##### (a) 代表事例

添四別紙 1-1 事故対処の有効性評価 1.1.3 (1) に示すとおり、津波（地震との重畳を含む。）が、厳しい結果を与えることから、津波（地震との重畳を含む。）を代表として有効性評価を実施する。

##### (b) 有効性評価の考え方

高放射性廃液の沸騰を未然に防止できることを確認するため、高放射性廃液の温度の推移を評価する。

高放射性廃液の温度の推移の評価に当たっては、各貯槽からセルへの放熱を考慮せず、断熱条件にて評価する。

沸騰に至るまでの時間算出の前提となる高放射性廃液の沸点は、沸騰に至るまでの時間を安全側に評価するため、溶質によるモル沸点上昇を考慮せず、溶液の硝酸濃度のみを考慮することとし、高放射性廃液では 102℃とする。

高放射性廃液の温度の推移の評価は、解析コードを用いず、簡便な計算により算出する。

高放射性廃液の温度上昇推移に係る有効性評価の主要評価条件を表 1-4-2-4-1 に示す。

##### (c) 有効性評価の評価単位

有効性評価は、ガラス固化技術開発施設(TVF)に対して行う。

##### (d) 機能喪失の条件

外的事象の「地震」及び「津波」を要因とした場合の安全機能の喪失の想定は、外部電源も含め全ての電源喪失を想定していることから、更なる安全機能の喪失は想定しない。

##### (e) 機器の条件

主要な機器の機器条件を以下に示す。

##### イ. エンジン付きポンプ及び消防ポンプ車

エンジン付きポンプは、1台当たり約 60 m<sup>3</sup>/h の送水能力を有し、冷却コイルへの通水を実施する場合、受入槽等の冷却に必要な約 2 m<sup>3</sup>/h の送水が可能



となる設計としている。

消防ポンプ車は1台当たり約168 m<sup>3</sup>/hの送水能力を有し、高放射性廃液貯槽の冷却に必要な水量を供給できる。

各貯槽に必要な冷却水量は下記のとおり。なお、除熱量評価の詳細を参考資料4 高放射性廃液の除熱に必要な冷却水流量の計算書に示す。

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

#### ロ. 高放射性廃液の核種組成等

2020年8月31日時点における高放射性廃液の核種組成等を使用する。

#### ハ. 高放射性廃液の保有量

ガラス固化技術開発施設 (TVF) の受入槽等の各貯槽が内包する溶液について、現時点 (R2. 11. 30 時点) において TVF では高放射性廃液を保有していないことから、ガラス固化処理運転中の液量 (実績: 令和2年8月6日廃止措置計画変更認可申請 添付資料 6-1-2-4-1 「ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟 受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) の据付ボルトのせん断強度と安全裕度の向上に関する検討について」に記載した受入槽及び回収液槽の液量制限値、濃縮器等は、ガラス固化処理の基本的なタイムチャートに基づく工程内最大液量として下記に示す。

受入槽 (G11V10)	約 5.5 m <sup>3</sup>
回収液槽 (G11V20)	約 5.5 m <sup>3</sup>
濃縮器 (G12E10)	約 0.36 m <sup>3</sup>
濃縮液槽 (G12V12)	約 1.38 m <sup>3</sup>
濃縮液供給槽 (G12V14)	約 0.84 m <sup>3</sup>

#### (f) 操作の条件

冷却コイルへの通水は、沸騰に至るまでの時間が最も短い濃縮液槽 (G12V12) 及び濃縮液供給槽 (G12V14) が沸騰に至る時間 (約 56 時間) までに冷却コイルへの通水を開始する。崩壊熱除去機能の喪失から受入槽等が沸騰に至るまでの

時間を参考資料 3 に示す。また、未然防止対策及び遅延対策実施時の受入槽等の温度及び液量傾向の例を図 1-4-2-4-1～図 1-4-2-4-3 に示す。

(g) 成否判断基準

未然防止対策及び遅延対策の有効性評価の判断基準は以下のとおりとする。

イ. 未然防止対策

高放射性廃液が崩壊熱により温度上昇し、沸騰に至る前に、既設冷却系統を稼働できること、または、冷却コイルに冷却水を通水できること。

ロ. 遅延対策

高放射性廃液が崩壊熱により、沸騰に至る前に、受入槽等に注水できること。

1.4.2.5 蒸発乾固の未然防止対策及び遅延対策の有効性評価の結果

c. 同時発生又は連鎖

(a) 同時発生

蒸発乾固が同時に発生する場合については、機器の条件に示すとおり、5 基の貯槽で同時に発生する可能性があることから、本評価は同時発生するものとして評価した。

(b) 連鎖

未然防止対策及び遅延対策を実施する際の環境については、高放射性廃液の状態が平常運転時と大きく変わるものではないため、他の事故事象が連鎖して発生することはない。

イ. 温度

高放射性廃液は沸騰に至らないことから、機器の材質の強度が大きく低下することはなく、各貯槽に接続する機器が損傷又は機能劣化することはない。

ロ. 圧力

溶液が沸騰していない状態であり大きな圧力上昇はなく、安全機能を有す

る機器が損傷又は機能劣化することはない。

#### ハ. 湿度

溶液の温度上昇に伴い多湿環境下となるが、各貯槽自体及び各貯槽に接続する機器が損傷することはない。

#### ニ. 放射線

各貯槽内の放射線環境は通常環境下から変化することはない、機器が損傷又は機能劣化することはない。

#### ホ. 物質（水素、煤煙、放射性物質及びその他）及びエネルギーの発生

新たな物質及びエネルギーが発生することはない、機器が損傷又は機能劣化することはない。

#### ヘ. 落下・転倒による荷重

高放射性廃液の温度が上昇したとしても、各貯槽の材質の強度が大きく低下することはない、各貯槽が落下・転倒することはない。

#### ト. 腐食環境

ハ.と同様である。

### d. 成否判断基準への適合性の検討

#### (a) 未然防止対策

蒸発乾固の発生を未然に防止することを目的として、既設冷却系統の稼働手段及び冷却コイルへの注水手段を整備しており、これらの対策について、外的事象の「地震」及び「津波」を要因として有効性評価を行った。

沸騰開始までに既設冷却系統を稼働、または、冷却コイルへ水を供給することで高放射性廃液の温度を沸点未満に維持し、高放射性廃液が沸騰に至ることを防止している。

津波襲来によるがれき撤去の対応及び今後設置する津波漂流物防護柵等による可搬型設備への影響等、評価条件の不確かさについて確認した結果、事故対処要員の操作時間に与える影響及び評価結果に与える影響がないことを確認し

た。なお、その他の外的事象については、「地震」及び「津波」の有効性評価に包含される。

上述のとおり、事故対処の有効性を確認すると共に、想定される事故時環境において、蒸発乾固の発生を仮定する貯槽等に接続する安全機能を有する機器が損傷または機能喪失することはないことを確認した。

以上のことから、沸騰に至る前に、既設冷却系統の稼働、または、冷却コイルへの水の供給により蒸発乾固を未然に防止できることから、成否判断基準を満足する。

#### (b) 遅延対策

蒸発乾固の発生を遅延させることを目的として、各貯槽への直接注水手段を整備しており、これらの対策について、外的事象の「地震」及び「津波」を要因として有効性評価を行った。

沸騰開始前までに各貯槽へ水を供給することで高放射性廃液の温度が沸点に達するまでの時間余裕を確保している。

津波襲来によるがれき撤去の対応及び今後設置する津波漂流物防護柵等による可搬型設備への影響等、評価条件の不確かさについて確認した結果、事故対処要員の操作時間に与える影響及び評価結果に与える影響がないことを確認した。なお、その他の外的事象については、「地震」及び「津波」の有効性評価に包含される。

上述のとおり、事故対処の有効性を確認すると共に、想定される事故時環境において、蒸発乾固の発生を仮定する貯槽等に接続する安全機能を有する機器が損傷または機能喪失することはないことを確認した。

以上のことから、沸騰に至る前に、受入槽等への直接注水により蒸発乾固を未然に防止できることから、成否判断基準を満足する。

表 1-4-2-4-1 高放射性廃液の温度上昇推移に係る有効性評価の主要評価条件(令和 2 年 8 月 31 日時点)

高放射性 廃液貯槽	貯槽の 材質	発熱密度	液量 V	貯槽の質 量 M	貯槽の比 熱 C	高放射性 廃液の密 度 $\rho$	高放射性廃 液の比熱 C'	高放射性 廃液の硝 酸濃度	高放射性 廃液の沸 点 $T_1$	高放射性 廃液の初 期温度 $T_0$
		Q [W/m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[kg]	[J/kg/K]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[J/kg/K]	[mol/L]	[°C]	[°C]
		計算値	設定値	設計値	文献値	設定値	計算値	設計値	計算値	設定値
G11V10	ステンレ ス鋼	958	5.5	9130	499	1244	2930	5.4	102	35
G11V20	ステンレ ス鋼	1437*	5.5	9090	499	1244	2930	5.8*	102	35
G12V12	ステンレ ス鋼	1437	1.38	2055	499	1244	2930	5.8	102	35
G12V14	ステンレ ス鋼	1437	0.84	1260	499	1244	2930	5.8	102	35
G12E10	チタン	1437	0.36	820	528	1244	2930	5.7	102	35

※G12V12, G12V14 からの回収液を想定し, G12V12 と同値とした。

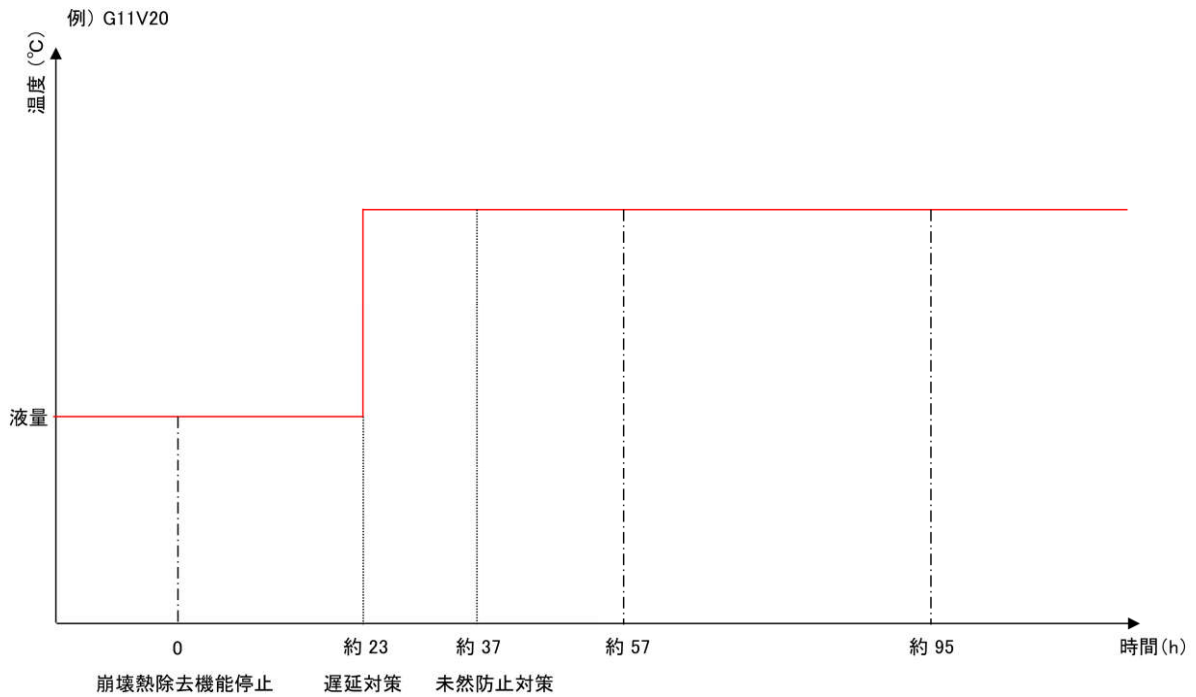
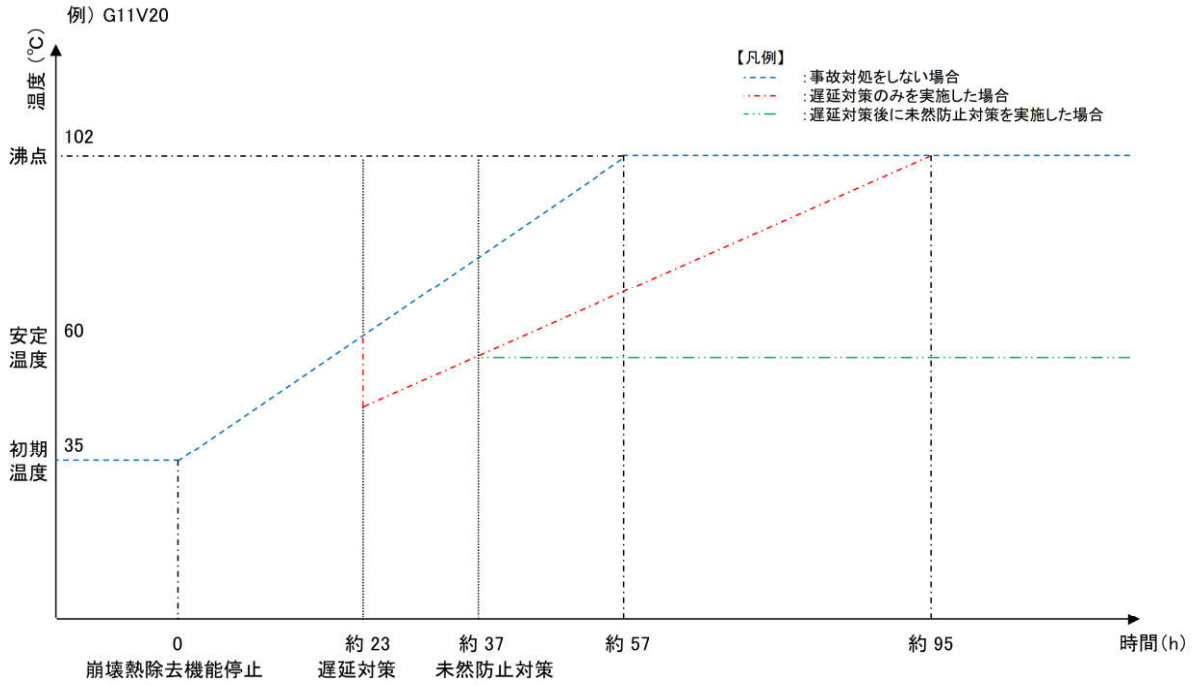


図 1-4-2-4-1 遅延対策②及び未然防止②B 実施時の回収液槽の温度及び液量傾向の例

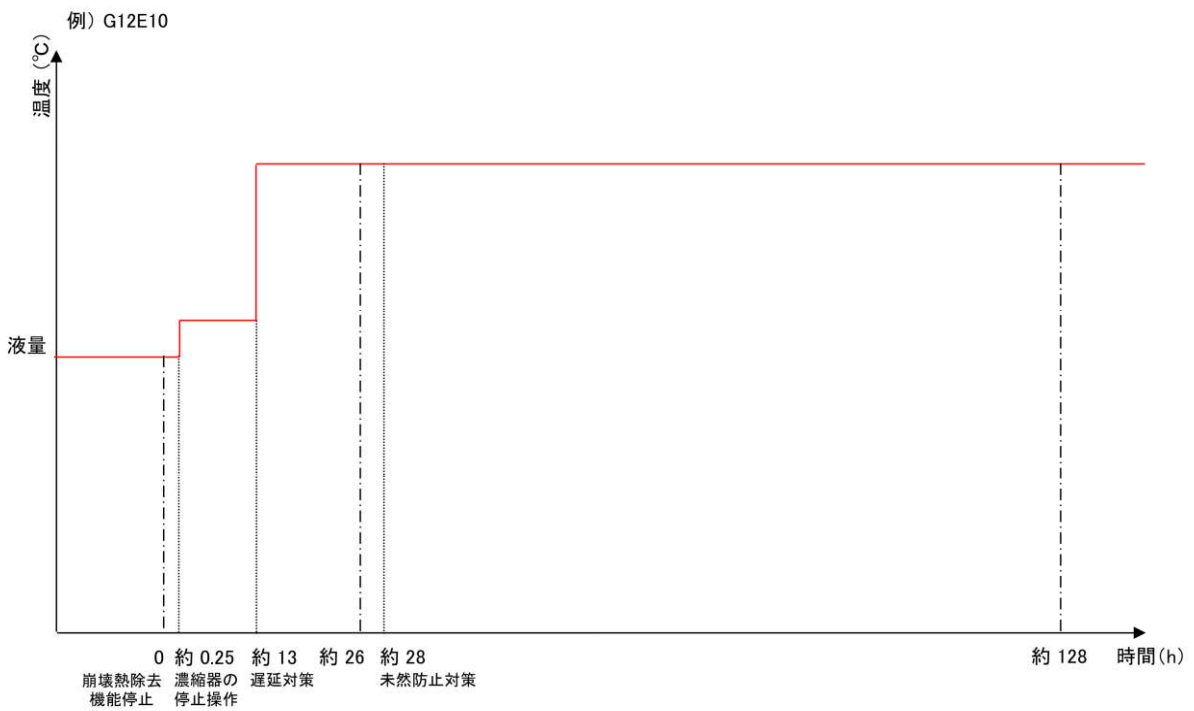
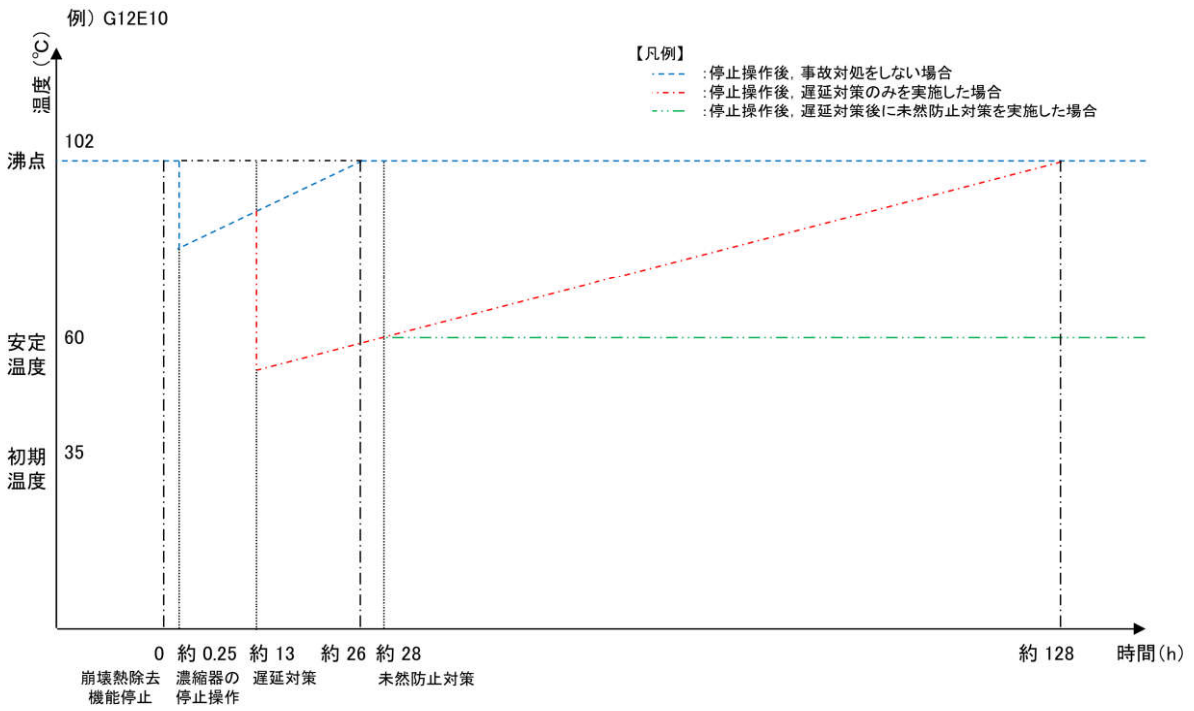


図 1-4-2-4-2 停止操作後、遅延対策①及び未然防止対策②A 実施時の濃縮器の温度及び液量傾向の例

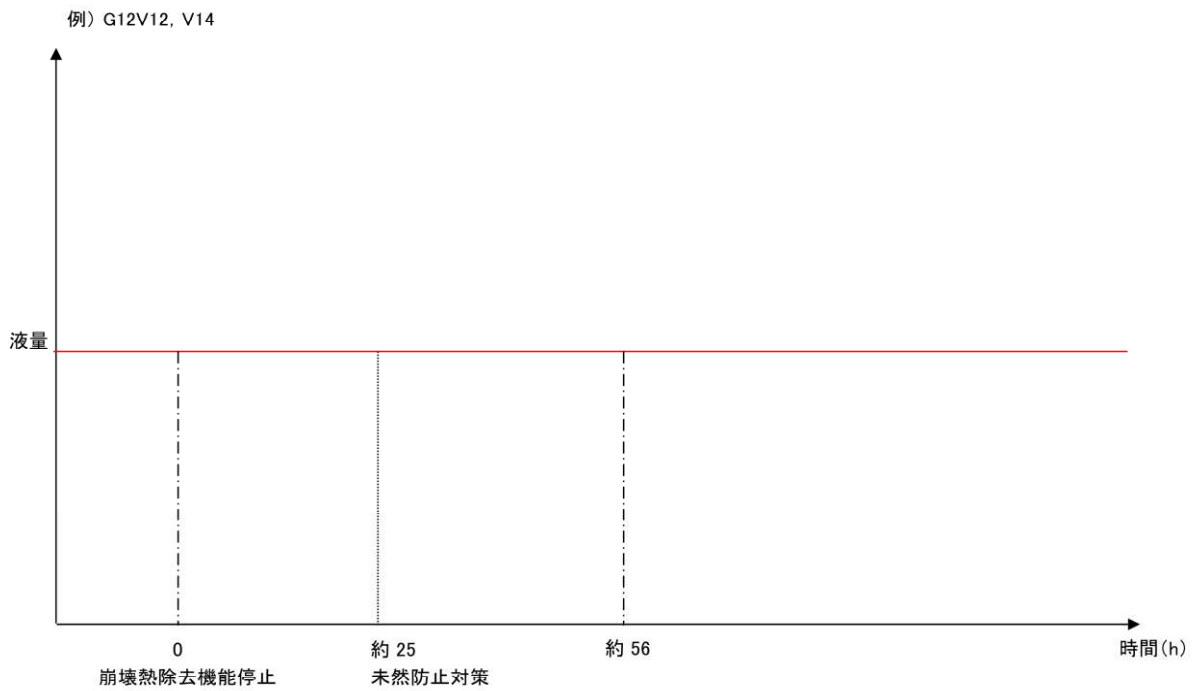
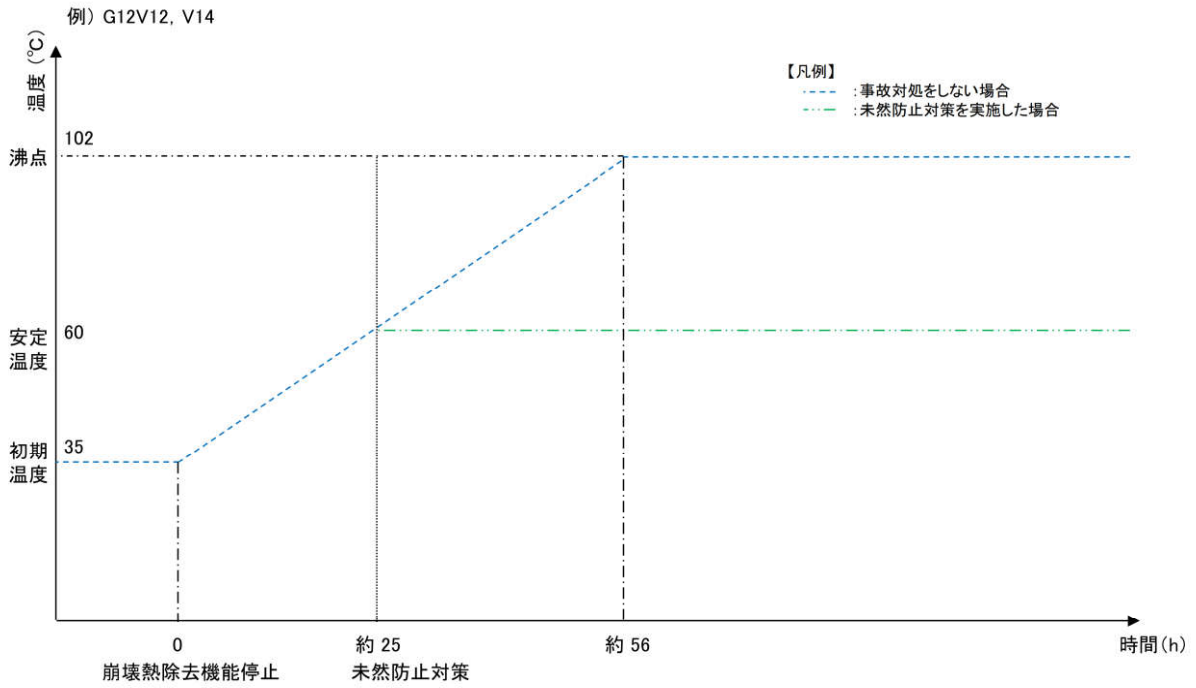


図 1-4-2-4-3 未然防止対策②A 実施時の  
濃縮液槽，濃縮液供給槽の温度及び液量傾向の例



#### 1.4.3 蒸発乾固の未然防止対策及び遅延対策に必要な要員、資源、設備等の確保

##### 1.4.3.1 蒸発乾固の未然防止対策及び遅延対策に必要な要員

蒸発乾固の未然防止対策及び遅延対策において、外的事象の「地震」及び「津波」を要因とした場合の蒸発乾固の未然防止対策及び遅延対策に必要な要員は、共通部分の建家外における事故対処と高放射性廃液貯蔵場（HAW）の施設内での対処を合わせて 29 名である。また、ガラス固化技術開発施設（TVF）の施設内での必要な要員は、10 名である。

要員の確保は、「1.3.1 事故対処に必要な要員招集」に示すとおりである。

なお、ガラス固化技術開発施設（TVF）の施設内は、事故対処に必要な要員である 10 名が夜間及び休日においても常駐していることから、事故対処が可能である。

##### 1.4.3.2 蒸発乾固の未然防止対策及び遅延対策に必要な資源

蒸発乾固の未然防止対策及び遅延対策に必要な水源、燃料及び電源を以下に示す。

###### a. 水源

事故時に確実に使用できる水については、可搬型貯水設備で保管する。

可搬型貯水設備は、タンクコンテナ式とし、設置場所はプルトニウム転換技術開発施設（PCDF）管理棟駐車場と南東地区に分けて配置する。PCDF 駐車場については、地盤改良及びアクセスルートの設置を行う計画であること及び南東地区と比較し高放射性廃液貯蔵場（HAW）、ガラス固化技術開発施設（TVF）の近傍に位置することから、より確実に迅速な対応が可能である。このため、プルトニウム転換技術開発施設（PCDF）管理棟駐車場では、少なくとも未然防止対策②の実施に必要な量の水を可搬型貯水設備で確保することとし、残量は南東地区に保管する。

水・燃料の必要量は、事故対処に必要な 7 日間分を所内に確保することとし、7 日以降は外部支援を受けることができるものとする。

###### b. 燃料

事故対処で使用する燃料については、地盤改良を計画しているプルトニウム転換技術開発施設（PCDF）管理棟駐車場に地下式貯油槽を建造して必要全量を確保する。地下式貯油槽の設置場所であるプルトニウム転換技術開発施設（PCDF）管理棟駐車場は、設計津波の遡上による浸水がない高台かつ安定した地盤に改良すること及び当該建家とのアクセス上の観点でも利点がある。また、外部火災及び竜巻からの防護がなされるとともにプルトニウム転換技術開発施設（PCDF）管理棟駐車場内の面積を有効に活用することが可能である。

### 1.4.3.3 蒸発乾固の未然防止対策及び遅延対策に必要な可搬型設備

事故対処に使用する可搬型設備の保管場所，使用場所及び予備品を除いた必要数量を表 1-4-3-3-1 に示す。また，緊急時対策所との通信に使用する通信設備を表 1-4-3-3-2 に示す。

表 1-4-3-3-1 事故対処に使用する可搬型設備の保管場所及び使用場所

No.	設備	保管場所	使用場所	数量	備考
1	不整地運搬車 (ドラム缶運搬用)	南東地区	PCDF 駐車場 ～燃料貯槽	1	
2	消防ポンプ車	消防車庫	>T. P. +15 m	1	
3	消防ポンプ車	正門車庫	>T. P. +15 m	1	
4	エンジン付きポンプ	HAW 4F	HAW 外廻り HAW 屋上 PCDF 駐車場 自然水利取水場所	3	
5	エンジン付きポンプ	PCDF 駐車場	PCDF 駐車場 自然水利取水場所	2	令和 3 年 7 月に配備予定 (HAW 未然防止対策②-2 で使用)
6	組立水槽	HAW 4F	HAW 外廻り	1	
7	組立水槽	PCDF 駐車場	HAW 外廻り HAW 屋上 PCDF 駐車場	3	
8	移動式発電機	PCDF 駐車場	PCDF 駐車場	1	
9	消防ホース (屋外用)	PCDF 駐車場	自然水利～HAW 施設内	66	
10	消防ホース (屋内用)	HAW 4F	HAW 施設内	25	
11	可搬型冷却塔	TVF 1F	PCDF 駐車場	1	令和 4 年度中に配備予定 (HAW 未然防止対策②, ②-1, ②-2 で使用)
12	可搬型冷却塔専用発電機	TVF 1F	PCDF 駐車場	1	令和 4 年度中に配備予定 (HAW 未然防止対策②, ②-1, ②-2 で使用)
13	分岐管 (IN)	HAW 3F	HAW 3F	1	
14	分岐管 (OUT)	HAW 3F	HAW 3F	1	
15	切換えバルブ (IN)	HAW 3F	HAW 3F	1	
16	切換えバルブ (out)	HAW 3F	HAW 3F	1	
17	可搬型蒸気供給設備	TVF 1F	HAW 外回り	1	
18	ディーゼル発電機	TVF 1F	HAW 外回り	1	
19	蒸気用ホース	HAW 3F TVF 1F	HAW 外回り ～HAW 施設内	4	

表 1-4-3-3-1 事故対処に使用する可搬型設備の保管場所及び使用場所

No.	設備	保管場所	使用場所	数量	備考
20	給水用ホース (消防ホース)	TVF 1F	PCDF 駐車場 ～HAW 外回り	5	
21	フレキシブルホース (燃料供給用)	TVF 1F	HAW 外回り	1	
22	フレキシブルホース (アルカリ液ドレン用)	TVF 1F	HAW 外回り	1	
23	二又分岐管	HAW 3F	HAW 3F	1	
24	可搬型貯水設備	PCDF 駐車場	PCDF 駐車場	1	令和 4 年度中に配備予定 (HAW 未然防止対策①, ②, 遅延対策①及び TVF 未然防止対策①, ②A, ②B, 遅延対策②で使用)
25	可搬型貯水設備	南東地区	南東地区	14	令和 4 年度中に配備予定 (HAW 未然防止対策①, ②, 遅延対策①及び TVF 未然防止対策①, ②A, ②B, 遅延対策②で使用)
26	ホイールローダ	PCDF 駐車場	<T.P. +15 m	1	
27	油圧ショベル	PCDF 駐車場	<T.P. +15 m	1	
28	エンジン付きライト	PCDF 駐車場	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ PCDF 駐車場</li> <li>・ 南東地区</li> <li>・ HAW 外廻り</li> <li>・ 所内水源</li> <li>・ 所内燃料</li> <li>・ 現場指揮所近傍</li> </ul>	7	
29	可搬型発電機 (通信機器の充電用)	PCDF 駐車場 南東地区	所内	1	
30	簡易無線機	PCDF 駐車場 南東地区	所内	16	
31	可搬型温度測定設備	HAW 1F	HAW 1F	13	令和 3 年度中に配備予定
32	可搬型液位測定設備 (V31～V36)	HAW 4F	HAW 4F	6	令和 3 年度中に配備予定
33	可搬型液位測定設備 (V37～V38)	HAW 4F	HAW 4F	2	令和 3 年度中に配備予定
34	可搬型液位測定設備 (V31～V35) 部分液位計	HAW 4F	HAW 4F	5	令和 3 年度中に配備予定
35	可搬型セル内漏えい検知設備	HAW 4F	HAW 4F	1	令和 3 年度中に配備予定
36	可搬型密度測定設備 (V31～V35)	HAW 4F	HAW 4F	5	令和 3 年度中に配備予定
37	可搬型密度測定設備 (V37, V38)	HAW 4F	HAW 4F	2	令和 3 年度中に配備予定

表 1-4-3-3-1 事故対処に使用する可搬型設備の保管場所及び使用場所

No.	設備	保管場所	使用場所	数量	備考
38	計装設備用可搬型発電機	HAW 4F	HAW 4F	1	令和3年度中に配備予定
39	計装設備用可搬型圧縮空気設備	HAW 4F	HAW 4F	1	
40	ペーパーレスレコーダー	HAW 4F	HAW 4F	1	令和3年度中に配備予定
41	ノートPC	HAW 4F	HAW 4F	1	
42	可搬型トリチウムカーボンサンプラ	HAW 4F	HAW 4F	1	令和3年度中に配備予定
43	可搬型ガスモニタ	HAW 4F	HAW 4F	1	令和3年度中に配備予定
44	可搬型ダスト・ヨウ素サンプラ	HAW 4F	HAW 4F	1	令和3年度中に配備予定
45	放射線管理設備用可搬型発電機	HAW 1F	HAW 1F	1	令和3年度中に配備予定
46	可搬型トリチウムカーボンサンプラ	TVF 2F 又は 3F	TVF 2F 又は 3F	1	令和3年度中に配備予定
47	可搬型ガスモニタ	TVF 2F 又は 3F	TVF 2F 又は 3F	1	令和3年度中に配備予定
48	可搬型ダスト・ヨウ素サンプラ	TVF 2F 又は 3F	TVF 2F 又は 3F	1	令和3年度中に配備予定
49	放射線管理設備用可搬型発電機	TVF 2F 又は 3F	TVF 2F 又は 3F	1	令和3年度中に配備予定
50	可搬型温度測定設備	TVF	TVF BF1	2	令和3年度中に配備予定
51	可搬型液位測定設備 (G11V10, V20)	TVF	TVF BF1	2	令和3年度中に配備予定
52	可搬型液位測定設備 (G12E10)	TVF	TVF BF1	1	令和3年度中に配備予定
53	可搬型液位測定設備 (G12V12, V14)	TVF	TVF BF1	2	令和3年度中に配備予定
54	可搬型密度測定設備	TVF	TVF BF1	2	令和3年度中に配備予定
55	エンジン付きポンプ	TVF 2F	PCDF 駐車場 外回り	6	3台は令和3年度中に配備予定
56	水中ポンプ	TVF 3F	TVF 屋上	2	
57	組立水槽	TVF 3F	PCDF 駐車場 TVF 外廻り TVF 屋上	4	2槽は令和3年度中に配備予定
58	組立水槽	TVF B1F	TVF B1F	3	1槽は令和3年度中に配備予定
59	消防ホース (屋外用)	TVF 2F	所内水源～TVF 内	73	
60	給水用ホース (屋内用)	TVF B1F	TVF B1F	10	

表 1-4-3-3-1 事故対処に使用する可搬型設備の保管場所及び使用場所

No.	設備	保管場所	使用場所	数量	備考
61	可搬型冷却チラー	TVF 1F	TVF 1F	2	令和3年度中に配備予定 (TVF 未然防止対策②A, ②A-1, ②A-2, ②B, ②B-1, ②B-2 で使用)
62	可搬型冷却チラー専用発電機	TVF 1F	TVF 1F	1	令和3年度中に配備予定 (TVF 未然防止対策②A, ②A-1, ②A-2, ②B, ②B-1, ②B-2 で使用)
63	給水ポンプ	TVF B2F	TVF B1F	1	
64	分岐付ヘッダー	TVF B2F	TVF B1F	1	
65	コンプレッサー	TVF B2F	TVF B1F	1	
66	コンプレッサー用発電機	TVF 1F	TVF 屋外	1	
67	既設配管接続用フランジ (IN)	TVF B2F	TVF B1F	1	
68	既設配管接続用フランジ (OUT)	TVF B2F	TVF B1F	1	
69	可搬型発電機 (通信機器の充電用)	TVF 1F	所内	1	
70	簡易無線機	TVF 2F	所内	4	
71	トランシーバ	TVF 2F	所内	6	

表 1-4-3-3-2 緊急時対策所との通信に使用する通信設備

	設備	保管場所	使用場所	数量	備考
1	MCA 携帯型無線機	PCDF 駐車場南東地区	所内	1 式	
2	衛星電話	PCDF 駐車場南東地区	所内	1 式	
3	MCA 携帯型無線機	TVF 2F	所内	1 式	
4	衛星電話	TVF 3F	所内	1 式	

#### 1.4.3.4 事故時の計装に関する手順等

電源喪失により、高放射性廃液が蒸発乾固に至るおそれが発生し、事故等に対処するために監視することが必要なパラメータを計測することが困難となった場合に、当該パラメータの推定に有効な情報を把握するため、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 及びガラス固化技術開発施設 (TVF) に可搬型計装設備を配備する。なお、当該可搬型計装設備はその後の事故対処において、対策の成否を確認するためにも用いる。

また、恒設の放射線監視機能が喪失した場合に備え、事故時に高放射性廃液貯蔵場 (HAW)

及びガラス固化技術開発施設（TVF）から放出される放射性物質の濃度の測定及び監視を行うことができるように可搬型モニタリング設備を配備する。

(1) 可搬型計装設備

a. 設備の概要（図 1-4-3-4-1, 図 1-4-3-4-2）

可搬型計装設備には、液位や密度の計測設備と温度の計測設備とがある。液位や密度の計測設備は、既設伝送器の導圧管との差圧を計測するための差圧伝送器やパージメータなどの計器類を使用する。温度計測設備は、端子箱内の端子と可搬式計装設備を補償導線で接続し測定する。なお、高放射性廃液貯蔵場（HAW）の可搬型計装設備は、ガラス固化技術開発施設（TVF）制御室からの監視を想定し、無線及び有線にてデータ収集装置へ伝送する機器類を一式用意する。

また、保管場所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）のそれぞれにおいて、当該設備の使用場所の隣接区域或いは当該室に保管することとする。

b. 可搬型計装設備の測定対象及び測定方法

(a) 測定対象

高放射性廃液貯蔵場（HAW）

- ・高放射性廃液貯槽（272V31～272VH35）：液位、密度及び液位
- ・中間貯槽（272V37, V38）：液位、密度、及び液温度
- ・セル（R011～R006, R008）：液位

ガラス固化技術開発施設（TVF）

- ・受入槽（G11V10）：液位、密度、液温度
- ・回収液槽（G11V20）：液位、密度、液温度
- ・濃縮器（G12E10）：液位、密度、液温度
- ・濃縮液槽（G12V12）：液位、密度、液温度
- ・濃縮液供給槽（G12V14）：液位、液温度
- ・固化セル（R001）：液位

(b) 測定方法

- ・液位及び密度（エアパージ方式）

測定は既設導圧管を用いることから、既設計装ラックの閉止プラグと可搬型

計装設備を仮設ホースで接続し測定を行う。測定に必要な空気は、空気ポンベや可搬型空気圧縮機から供給を行う。

- ・温度（熱電対方式）

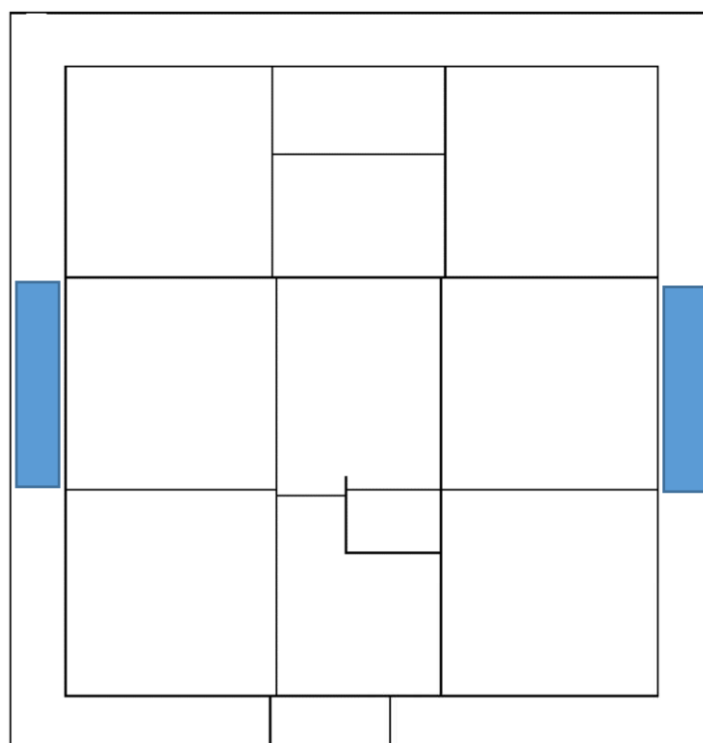
温度の測定は既設熱電対を用い、既設の熱電対端子箱内の端子と可搬式計装設備を補償導線で接続し測定を行う。なお、既設熱電対に断線や絶縁不良があった場合は、高放射性廃液貯蔵場（HAW）では、予備の熱電対と交換したうえで測定を行う。ガラス固化技術開発施設（TVF）では、予備の系統にて測定を行う。

(2) 可搬型排気モニタリング設備

高放射性廃液貯蔵場（HAW）から放出する放射性気体廃棄物中の主要核種（放射性希ガス（Kr-85）、粒子状放射性物質、トリチウム、炭素 - 14 及び放射性ヨウ素）は分離精製工場（MP）内の主排気筒排気モニタリング設備及び高放射性廃液貯蔵場（HAW）内の排気モニタリング設備（放射性希ガス（Kr-85）、炭素-14 及びトリチウムは除く）で測定・監視している。また、ガラス固化技術開発施設（TVF）から放出する放射性気体廃棄物中の主要核種（放射性希ガス（Kr-85）、粒子状放射性物質、トリチウム、炭素 - 14、放射性ヨウ素）はガラス固化技術開発施設（TVF）内の第二付属排気筒排気モニタリング設備で測定・監視している。電源喪失により、恒設の放射線監視機能が喪失した場合に備え、可搬型排気モニタリング設備を配備し、測定・監視等ができるようにする。

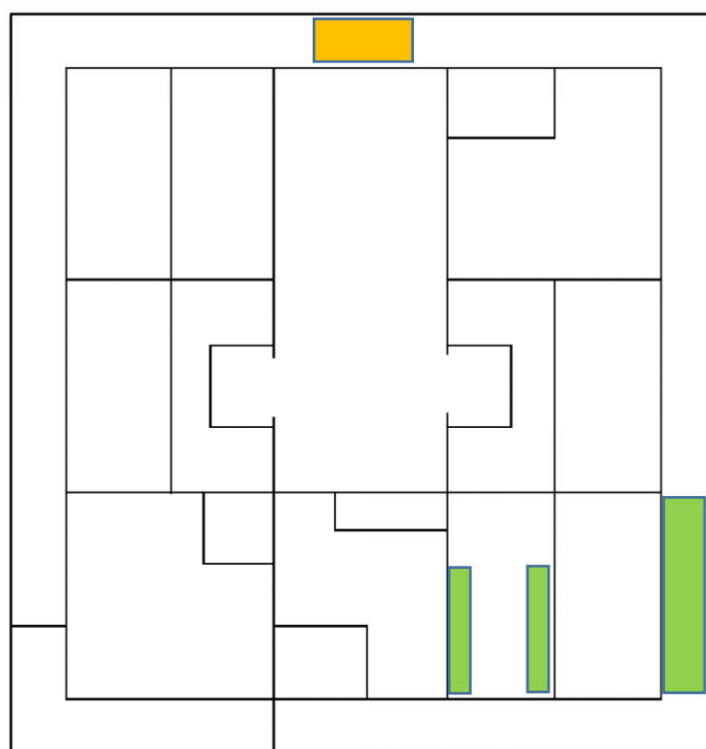
可搬型排気モニタリング設備は、ガスモニタ（Kr-85）、ダスト・ヨウ素サンプラ、トリチウム・カーボンサンプラから構成され、これらを仮設ホースで既設配管の接続口に接続し測定等を行う。

これらは、保管場所から測定場所まで容易に運搬できる形状と重量とした。また、保管場所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）のそれぞれにおいて、当該設備の使用場所の隣接区域等に保管する。



：可搬型計装設備（温度）

高放射性廃液貯蔵場（HAW） 1階



：可搬型計装設備  
（液位、密度）

：可搬型計装設備  
（データ収集、転送）

高放射性廃液貯蔵場（HAW） 4階

図 1-4-3-4-1 可搬型計装設備の保管・配備場所（高放射性廃液貯蔵場（HAW））



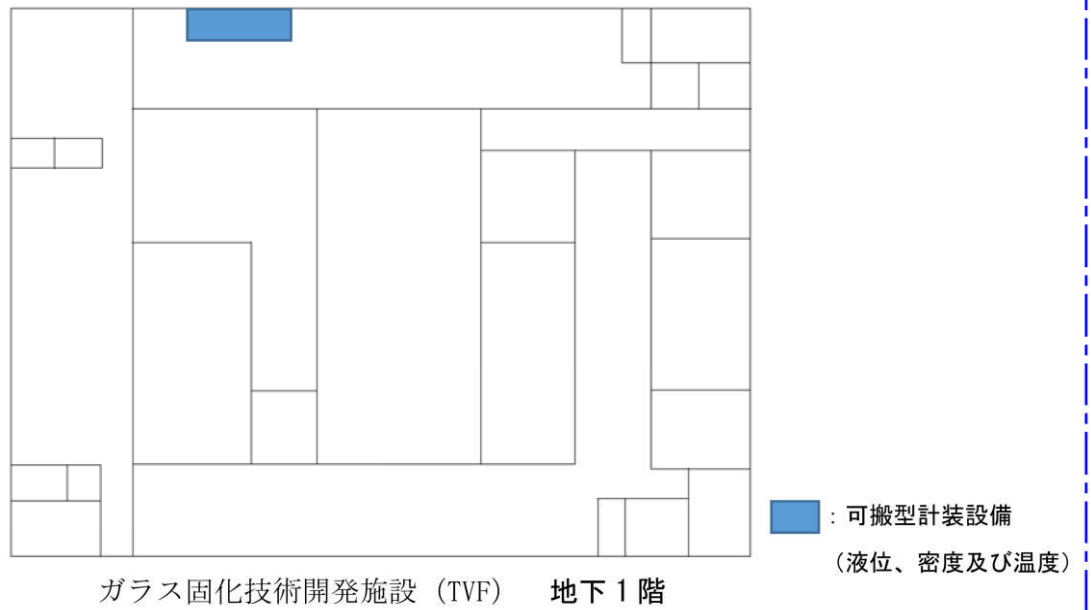


図 1-4-3-4-2 可搬型計装設備の保管・配備場所 (ガラス固化技術開発施設 (TVF))

#### 1.4.3.5 監視測定等に関する手順等

事故が発生した場合に再処理施設から大気中へ放出される放射性物質の濃度及び線量を監視、測定し、並びにその結果を記録するための手順を整備する。また、風向、風速その他の気象条件を測定し、その結果を記録するための手順を整備する。

また、以下の設備を事故の対処に用いる。

##### 【放射線監視設備】

- ・主排気筒の排気モニタリング設備（排気筒モニタ及び排気サンプリング設備）
- ・高放射性廃液貯蔵場（HAW）の排気モニタリング設備（排気サンプリング設備）
- ・第二付属排気筒の排気モニタリング設備（排気筒モニタ及び排気サンプリング設備）
- ・環境モニタリング設備：モニタリングポスト及びダスト・ヨウ素サンプラ
- ・気象観測設備
- ・モニタリングカー

##### 【試料分析関係設備】

- ・放出管理分析設備：液体シンチレーション放射能測定装置及び核種分析装置
- ・環境試料分析測定設備：全 $\alpha$ 放射能測定装置、全 $\beta$ 放射能測定装置及び核種分析装置

#### (1) 放射性物質の濃度及び線量の測定の手順等

##### a. 排気モニタリング設備による高放射性廃液貯蔵場から放出される放射性物質の濃度の測定

主排気筒の排気モニタリング設備は平常運転時から排気筒モニタにより放射性希ガスの連続監視及び排気サンプリング設備により放射性物質を連続的に捕集している。また、高放射性廃液貯蔵場の排気モニタリング設備は平常運転時から放射性物質を連続的に捕集している。

事故時に主排気筒及び高放射性廃液貯蔵場（HAW）の排気モニタリング設備の機能が維持されていると判断した場合、手順に着手する。

具体的には、継続して排気筒モニタにより放射性希ガスを連続監視するとともに、主排気筒及び高放射性廃液貯蔵場（HAW）の排気サンプリング設備により放射性物質を連続的に捕集する。排気筒モニタの測定値は、分析所安全管理室において指示及び記録し、あらかじめ設定した値を超えたときは、警報を発する。

排気筒モニタによる放射性希ガスの測定及び主排気筒及び高放射性廃液貯蔵

場 (HAW) の排気サンプリング設備による放射性物質の捕集は継続されているため、排気筒モニタにより監視及び測定並びにその結果の記録を継続し、排気サンプリング設備により連続的に捕集する。

b. 可搬型排気モニタリング設備による高放射性廃液貯蔵場 (HAW) から放出される放射性物質の濃度の代替測定

事故時に主排気筒及び高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の排気モニタリング設備が機能喪失したと判断した場合、手順に着手する。

具体的には、可搬型排気モニタリング設備 (可搬型ガスモニタ及び可搬型排気サンプリング設備) を高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の排気モニタリング設備の接続口に接続し、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) から大気中へ放出される放射性ヨウ素、粒子状放射性物質、トリチウム及び炭素-14 を連続的に捕集するとともに、放射性希ガスの濃度を連続測定し、記録する。

なお、主排気筒の排気モニタリング設備が機能喪失したものの、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の排気モニタリング設備の機能が維持されていると判断した場合、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の排気サンプリング設備により放射性物質を連続的に捕集するとともに、可搬型排気モニタリング設備 (可搬型ガスモニタ及び一部の可搬型排気サンプリング設備) を高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の排気モニタリング設備の接続口に接続する。

可搬型排気モニタリング用発電機により可搬型排気モニタリング設備及び可搬型排気モニタリング用データ伝送装置への給電を行い、放射性物質の濃度の測定を行う。

c. 放出管理分析設備による主排気筒から放出される放射性物質の濃度の測定

放出管理分析設備 (液体シンチレーション測定装置及び核種分析装置) は、平常運転時から主排気筒の排気サンプリング設備により捕集した放射性物質の濃度を測定している。事故時に放出管理分析設備の機能が維持されていると判断した場合、手順に着手する。

具体的には、継続して放出管理分析設備により、主排気筒の排気サンプリング設備又は可搬型排気サンプリング設備で捕集した放射性物質の濃度を測定する。

主排気筒の排気サンプリング設備又は可搬型排気サンプリング設備で捕集した試料は、定期的又は大気中への放射性物質の放出のおそれがある場合に回収し、放出管理分析設備により放射性物質の濃度を測定し、主排気筒から大気中へ放出

される放射性物質の濃度を評価し、記録する。

d. 代替の放出管理分析設備による主排気筒から放出される放射性物質の濃度の測定

事故時に放出管理分析設備が機能喪失したと判断した場合、手順に着手する。  
具体的には、令和3年度中に検討する。

e. 排気モニタリング設備による第二付属排気筒から放出される放射性物質の濃度の測定

第二付属排気筒の排気モニタリング設備は平常運転時から排気筒モニタにより放射性希ガスの連続監視及び排気サンプリング設備により放射性物質を連続的に捕集している。事故時に第二付属排気筒の排気モニタリング設備の機能が維持されていると判断した場合、手順に着手する。

具体的には、継続して排気筒モニタにより放射性希ガスを連続監視するとともに、排気サンプリング設備により放射性物質を連続的に捕集する。排気筒モニタの測定値は、分析所安全管理室において指示及び記録し、放射能レベルがあらかじめ設定した値を超えたときは、警報を発する。

排気筒モニタによる放射性希ガスの測定及び排気サンプリング設備による放射性物質の捕集は継続されているため、排気筒モニタにより監視及び測定並びにその結果の記録を継続し、排気サンプリング設備により連続的に捕集する。

f. 可搬型排気モニタリング設備による第二付属排気筒から放出される放射性物質の濃度の代替測定

事故時に第二付属排気筒の排気モニタリング設備が機能喪失したと判断した場合、手順に着手する。

具体的には、可搬型排気モニタリング設備（可搬型ガスモニタ及び可搬型排気サンプリング設備）を第二付属排気筒の排気モニタリング設備の接続口に接続し、第二付属排気筒から大気中へ放出される放射性ヨウ素、粒子状放射性物質、トリチウム及び炭素-14 を連続的に捕集するとともに、放射性希ガスの濃度を連続測定し、記録する。

可搬型排気モニタリング用発電機により可搬型排気モニタリング設備及び可搬型破棄モニタリング用データ伝送装置への給電を行い、放射性物質の濃度の測定を行う。

g. 放出管理分析設備による第二付属排気筒から放出される放射性物質の濃度の測定

放出管理分析設備（液体シンチレーション測定装置及び核種分析装置）は、平常運転時から第二付属排気筒の排気サンプリング設備により捕集した放射性物質の濃度を測定している。事故時に放出管理分析設備の機能が維持されていると判断した場合、手順に着手する。

具体的には、継続して放出管理分析設備により、第二付属排気筒の排気サンプリング設備又は可搬型排気サンプリング設備で捕集した放射性物質の濃度を測定する。

第二付属排気筒の排気サンプリング設備又は可搬型排気サンプリング設備で捕集した試料は、定期的又は大気中への放射性物質の放出のおそれがある場合に回収し、放出管理分析設備により放射性物質の濃度を測定し、第二付属排気筒から大気中へ放出される放射性物質の濃度を評価し、記録する。

h. 代替の放出管理分析設備による第二付属排気筒から放出される放射性物質の濃度の測定

事故時に放出管理分析設備が機能喪失したと判断した場合、手順に着手する。具体的には、令和3年度中に検討する。

i. 環境モニタリング設備による空気中の放射性物質の濃度及び線量の測定

モニタリングポストは、平常運転時から周辺監視区域境界付近にて、空間放射線量率の連続監視を行っている。また、ダスト・ヨウ素サンプラは、平常運転時から空気中の放射性物質の濃度を監視するため、粒子状放射性物質を連続的に捕集し、環境試料分析測定設備により測定している。事故時に環境モニタリング設備の機能が維持されていると判断した場合、手順に着手する。

具体的には、モニタリングポストにより空間放射線量率を連続監視するとともに、ダスト・ヨウ素サンプラにより空気中の放射性物質を連続的に捕集し、環境試料分析測定設備により測定する。環境モニタリング設備（モニタリングポスト）の測定値は、安全管理棟において指示及び記録し、空間放射線量率があらかじめ設定した値を超えたときは、警報を発する。

モニタリングポストによる空間放射線量率の測定、ダスト・ヨウ素サンプラによる空気中の放射性物質の捕集及び環境試料分析測定設備による測定は継続されている。

j. 代替の環境モニタリング設備による空気中の放射性物質の濃度及び線量の測定  
事故時に環境モニタリング設備が機能喪失したと判断した場合、手順に着手する。

具体的には、代替の環境モニタリング設備（モニタリングポストの代替として可搬型モニタリングポスト、ダスト・ヨウ素サンプラの代替として可搬型ダスト・ヨウ素サンプラ）により、周辺監視区域境界付近において、空間放射線量率を測定するとともに、空気中の粒子状放射性物質を連続的に捕集する。

可搬型環境モニタリング用発電機により代替の環境モニタリング設備への給電を行う。

k. モニタリングカーによる空気中の放射性物質の濃度及び線量の測定

モニタリングカーは、事故時に、周辺監視区域境界付近の空間放射線量率及び空気中の放射性物質の濃度を捕集するため、空間放射線量率測定器、中性子線用サーベイメータ及びダスト・ヨウ素サンプラを備えている。事故時にモニタリングカーの機能が維持されていると判断した場合、手順に着手する。

具体的には、モニタリングカーにより、周辺監視区域境界付近の空間放射線量率を測定するとともに空気中の放射性物質を捕集する。

モニタリングカーによる測定結果は、通信連絡設備により安全管理棟に連絡する。

l. 代替の設備による空気中の放射性物質の濃度及び線量の測定

事故時にモニタリングカーが機能喪失（搭載機器の測定機能又は車両の走行機能）したと判断した場合、手順に着手する。

具体的には、代替の環境モニタリング設備（可搬型モニタリングポスト、または、サーベイメータ及び可搬型ダスト・ヨウ素サンプラ）により、周辺監視区域境界付近において、空間放射線量率を測定するとともに、空気中の粒子状放射性物質を連続的に捕集する。

m. 環境試料分析測定設備による空気中の放射性物質の濃度の測定

環境試料分析測定設備は、平常運転時から再処理施設及びその周辺における環境試料の分析、放射性物質の濃度を測定している。事故時に環境試料測定設備の機能が維持されていると判断した場合、手順に着手する。

具体的には、継続して環境試料分析測定設備により、ダスト・ヨウ素サンプラ

で捕集した粒子状放射性物質の濃度を測定する。

ダスト・ヨウ素サンプラで捕集した試料は、定期的又は大気中への放射性物質の放出のおそれがある場合に回収し、環境試料分析測定設備により放射性物質の濃度を測定し、空気中の放射性物質の濃度を評価する。

n. 代替の環境試料分析測定設備による空気中の放射性物質の濃度の測定

事故時に環境試料測定設備が機能喪失したと判断した場合、手順に着手する。

具体的には、代替の環境試料分析測定設備（全 $\alpha$ 放射能測定装置及び全 $\beta$ 放射能測定装置）により、可搬型ダスト・ヨウ素サンプラで捕集した粒子状放射性物質の濃度を測定する。代替の環境試料分析測定設備（核種分析装置）については、令和3年度中に検討する。

可搬型発電機による代替の環境試料分析測定設備への給電を行い、放射性物質の濃度の測定を行う。

(2) 風向，風速その他の気象条件の測定の手順等

a. 気象観測設備による気象観測項目の測定

気象観測設備は、敷地内において、風向，風速，日射量，放射収支量及び雨量を観測している。事故時に気象観測設備の機能が維持されていると判断した場合、手順に着手する。

具体的には、継続して気象観測設備により風向，風速，日射量，放射収支量及び雨量を観測し，その観測値を安全管理棟に伝送する。

気象観測設備による気象観測項目の測定は継続されているため，測定及びその結果の記録を継続する。

b. 代替の気象観測設備による気象観測項目の測定

事故時に気象観測設備（風向風速計，日射計，放射収支計及び雨量計）が機能喪失したと判断した場合，手順に着手する。

具体的には，令和3年度中に検討する。

c. 可搬型発電機による環境モニタリング設備への給電

事故時に，非常用所内電源系統から環境モニタリング設備への給電が喪失し，無停電電源装置（モニタリングポスト）により給電され，環境モニタリング設備の機能が維持されていると判断した場合，手順に着手する。

具体的には，モニタリングポストについては，自家発電装置により給電する。

また、ダスト・ヨウ素サンプラについては、可搬型発電機により、給電する。

d. モニタリングポストのバックグラウンド低減対策

事故時に、再処理施設から大気中への放射性物質の放出により、モニタリングポストのバックグラウンドが上昇するおそれがあると判断した場合、手順に着手する。

具体的には、事故後の周辺汚染により、モニタリングポストによる測定ができなくなることを避けるため、モニタリングポストの検出器カバーに養生シートを被せ、養生する。検出器カバーの養生シートは、必要に応じて交換する。

また、バックグラウンドが通常より高い場合には、必要に応じてモニタリングポスト局舎の除染、周辺土壌の撤去及び樹木の伐採を行いバックグラウンドの低減を図る。

e. 代替の環境モニタリング設備のバックグラウンド低減対策

事故時に、再処理施設から大気中への放射性物質の放出により、代替の環境モニタリング設備のバックグラウンドが上昇するおそれがあると判断した場合、手順に着手する。

具体的には、事故後の周辺汚染により、代替の環境モニタリング設備による測定ができなくなることを避けるため、あらかじめ検出器カバーに養生シートを被せた後、設置する。検出器カバーの養生シートは、必要に応じて交換する。

また、バックグラウンドが通常より高い場合には、必要に応じて代替の環境モニタリング設備の除染、周辺土壌の撤去及び樹木の伐採を行いバックグラウンドの低減を図る。

f. 代替の試料分析関係設備のバックグラウンド低減対策

事故時に代替の試料分析関係設備による試料の測定場所は、令和3年度中に検討する。



#### 1.4.3.6 緊急時対策所の居住性等に関する手順等

緊急時対策所は、既設又は津波の浸水影響がない代替の緊急時対策所を使用することを基本とする。

大津波警報が発表された場合は、緊急時対策所を防災管理棟から高台にある建家の会議室に設置する。さらに可搬型設備として情報通信車を配備する。地震等により既設及び代替の緊急時対策所が使用不可となった状態で、重大事故等が発生した場合においても、情報通信車の通信設備により緊急時対策所としての機能を確保する。当該事故対処するために必要な指示を行う要員が少なくとも外部からの支援がない状況においても7日間、活動するために必要な飲料水、食料を備蓄している。

現場指揮所構成員(再処理施設 現場対応要員)は、勤務時間外に東海村において震度5弱以上の地震が発生し、茨城県に大津波警報が発表された場合、召集の指示の有無に関わらず、自らの安全を確保し核燃料サイクル工学研究所の南東地区に参集する。この際、正門及び田向門は津波により浸水している可能性があることから、南東門を使用する。

現場との通信、情報集約及び作業指揮するための現場指揮所については現地対策本部の近傍の会議室等に拠点を構築する。このため、現場指揮所と現地対策本部間との通信機器は不要となる。

再処理施設の現場対応要員は、核燃料サイクル工学研究所の南東地区に集合した時点から人員点呼を行い、高放射性廃液貯蔵場(HAW)及びガラス固化技術開発施設(TVF)の蒸発乾固に係る事故対処を行う。現場対応要員は、高台に位置する資源(水、燃料)の被災状況を確認し、現場指揮所に情報を集約する。その後、津波の収束を踏まえ事故対処を行うため、プルトニウム転換技術開発施設駐車場に現場対応要員を配置し、事故対処を行う。

現場指揮所においては、外部からの支援がない状況においても7日間、活動するために必要な飲料水、食料を備蓄する。

#### 1.4.3.7 通信連絡に関する手順等

事故時の通信連絡手段を確保するため、高放射性廃液貯蔵場(HAW)の監視要員が常駐する分離精製工場(MP)制御室(G549)、ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟制御室(G240)、事故対処設備の保管エリア(プルトニウム転換技術開発施設(PCDF)管理棟駐車場(以下「PCDF 駐車場」という。))に可搬型通信設備(簡易無線機、衛星電話等)を配備している。それら可搬型通信設備については、性能維持施設として維持管理している。

可搬型通信設備を用いた通信連絡は、可搬型通信設備を使用する通信エリアを設定す

ることで相互通信可能である。なお、相互通信できない場合には、通信可能なエリアに移動するなどして通信可能である。

(1) 事故対処を行う建家内での通信

a. 高放射性廃液貯蔵場（HAW）建家内の通信

事故時には、制御室（G441）と事故対処を行うエリア（以下「事故対処エリア」という。）及び事故対処設備の保管エリアの通信連絡を行う必要がある。

事故対処エリアは、高放射性廃液貯蔵場（HAW）の屋上、廊下（G449）、排気機械室（A422）、操作室（A421）、放管機械室（A425）、電気室（W461）、圧空製造室（G353）、操作室（A321）、伝送器室（G444）及び廊下（A124）である。また、事故対処設備の保管エリアは、エアロック室（G356）、廊下（G358）、トラックエアロック室（A122）である（図 1-4-3-7-1 参照）。

制御室（G441）と事故対処エリア及び事故対処設備の保管エリアは、可搬型通信設備（簡易無線）を用いることにより通信が可能であり、廃止措置計画用設計地震動（以下「設計地震動」という。）及び廃止措置計画用設計津波（以下「設計津波」という。）が重畳した場合における事故対処に必要な通信手段を確保している。

b. ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟建家内の通信

事故時には、制御室（G240）と事故対処を行うエリア（以下「事故対処エリア」という。）及び事故対処設備の保管エリアの通信連絡を行う必要がある。

事故対処エリアは、ガラス固化技術開発施設（TVF）の屋上、廃気処理室（A011）、階段室（W060）、廃棄処理室（A012）、配管分岐室（A024、A025）、保守区域（A028）、ユーティリティ室（A022）、原料倉庫（W161）、試薬調整室（A123）、搬送室（A221）、排気フィルタ室（A211）、放射線計測室（A212）、排気機械室（A311）、給気室（W360）及びユーティリティ室（W362）である。また、事故対処設備の保管エリアは、トラックロック（W164）、給気室（W360）、通路（W262）、階段室（A021）、階段室（W060）、保守区域（A028）である（図 1-4-3-7-2 参照）。

制御室（G240）及び隣接する通路（G243）、階段室（G147）と事故対処エリア及び事故対処設備の保管エリアは、可搬型通信設備（簡易無線）及びトランシーバを用いることにより通信が可能であり、設計地震動及び設計津波が重畳した場合における事故対処に必要な通信手段を確保している。

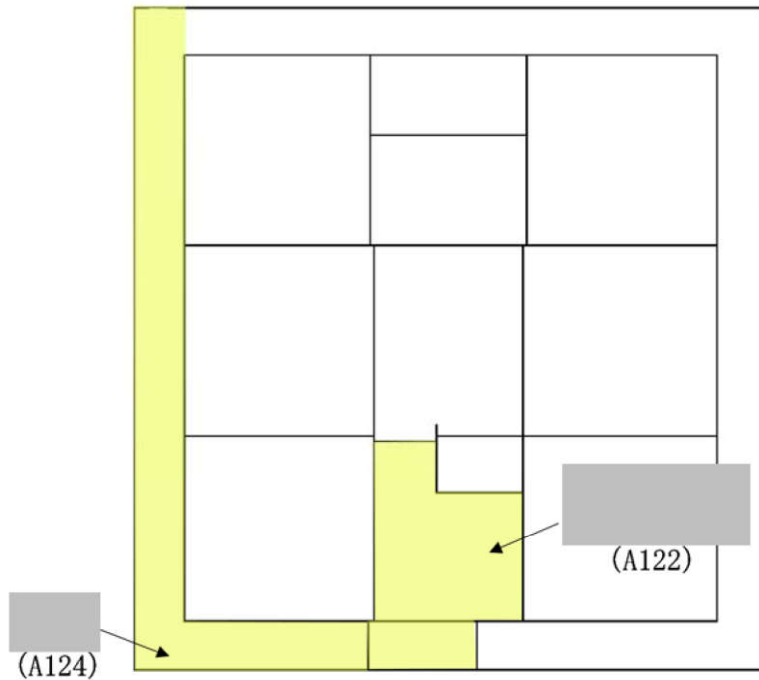
(2) 事故対処に伴う屋外との通信


a. 高放射性廃液貯蔵場（HAW）制御室と屋外の事故対処エリアの通信

事故時には、可搬型通信設備（簡易無線機）を用いることにより、高放射性廃液貯蔵場（HAW）制御室（G441）に隣接する廊下（G449）を通信エリアとすることで、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟制御室（G240）、技術管理棟4階（仮設現場指揮所）、事故対処エリア（PCDF 駐車場）、事故対処設備の保管エリア（核燃料サイクル工学研究所の南東地区駐車場（以下「南東地区駐車場」という。）、事故時に用いる核燃料サイクル工学研究所の燃料及び水の貯蔵箇所（運搬経路を含む。）及び核燃料サイクル工学研究所南東地区に仮設する緊急時対策所（以下「仮設緊急時対策所」という。）との通信が可能であり、設計地震動及び設計津波が重畳した場合における事故対処に必要な通信手段を確保しており、事故対処が可能である（図 1-4-3-7-3 参照）。

b. ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟制御室と屋外の事故対処エリアの通信

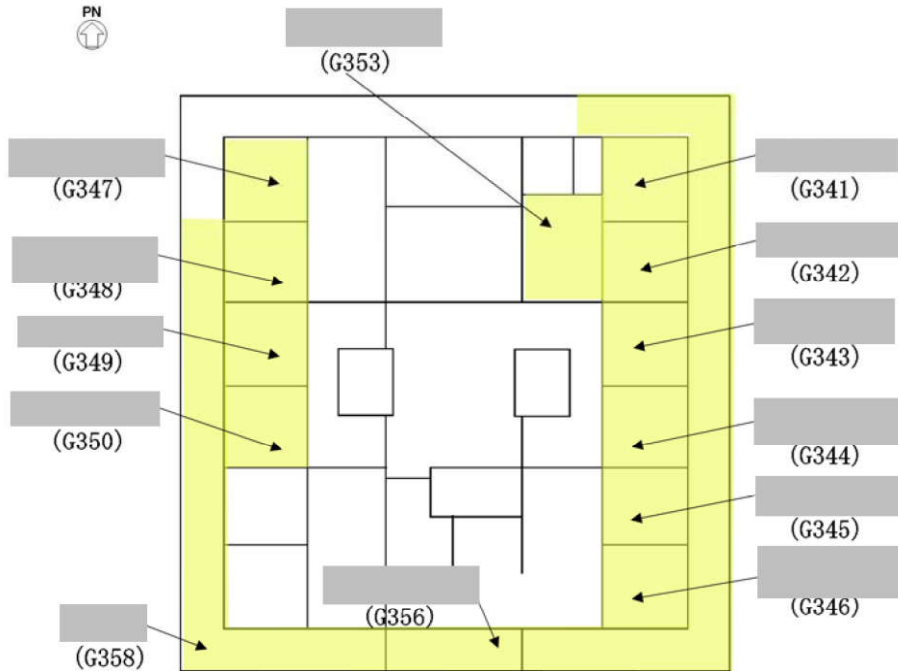
事故時には、可搬型通信設備（簡易無線機）を用いることにより、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟制御室（G240）を通信エリアとすることで、高放射性廃液貯蔵場（HAW）制御室（G441）、技術管理棟4階（仮設現場指揮所）、事故対処エリア（PCDF 駐車場）という。）との通信が可能であり、設計地震動及び設計津波が重畳した場合における事故対処に必要な通信手段を確保しており、事故対処が可能である（図 1-4-3-7-4 参照）。




 : 事故対処エリア  
または保管エリア

高放射性廃液貯蔵場 1階

図 1-4-3-7-1 未然防止対策及び遅延対策に係る事故対処エリアまたは保管エリア 屋内 (1/4)



 : 事故対処エリア  
または保管エリア

高放射性廃液貯蔵場 3階

図 1-4-3-7-1 未然防止対策及び遅延対策に係る事故対処エリアまたは保管エリア 屋内 (2/4)

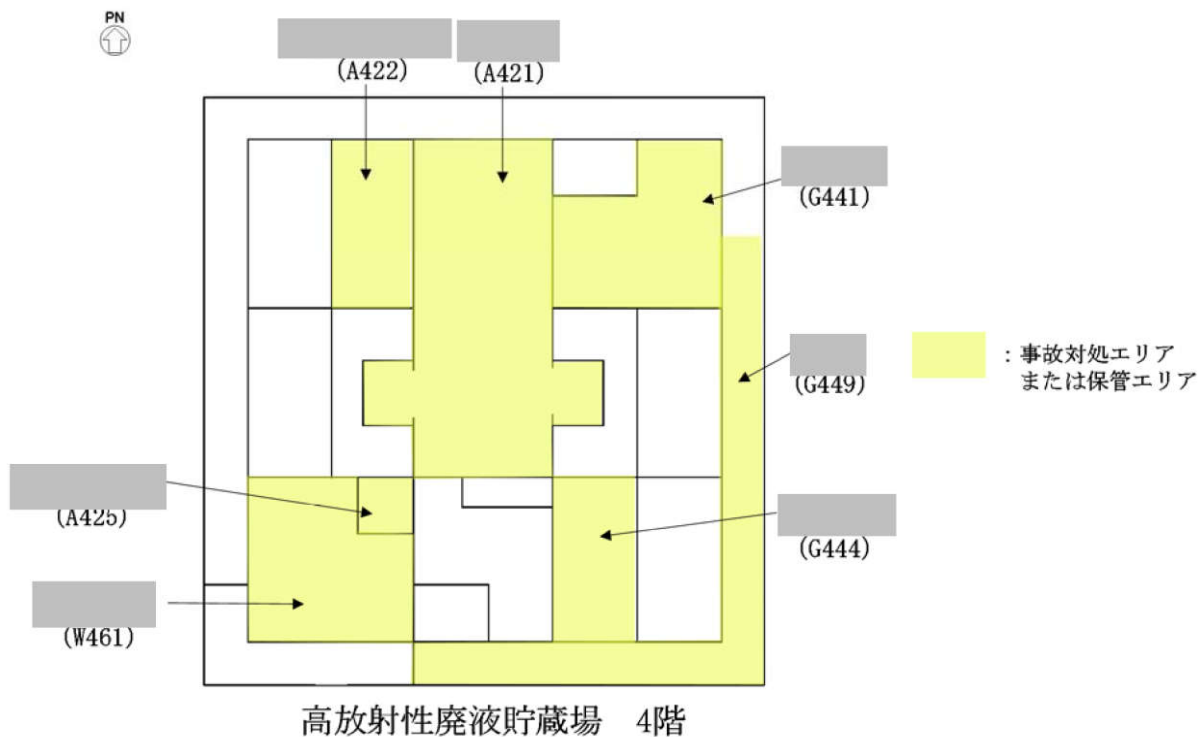


図 1-4-3-7-1 未然防止対策及び遅延対策に係る事故対処エリアまたは保管エリア 屋内  
(3/4)

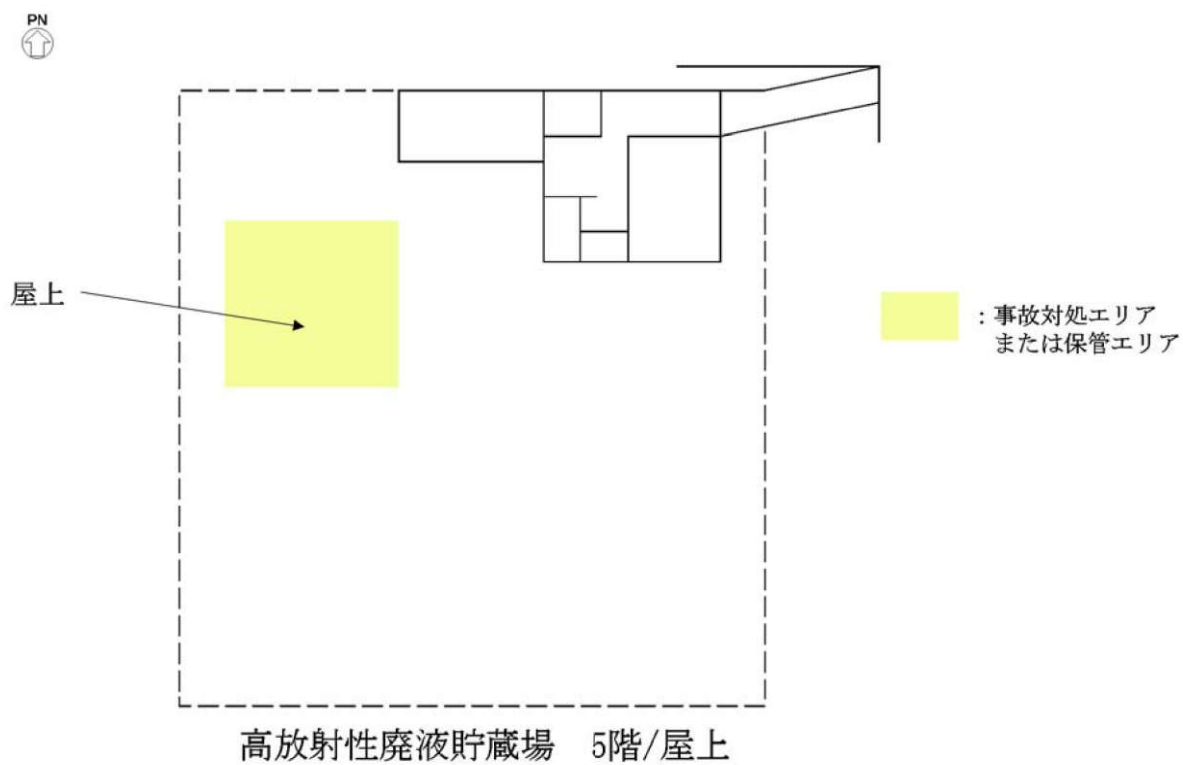
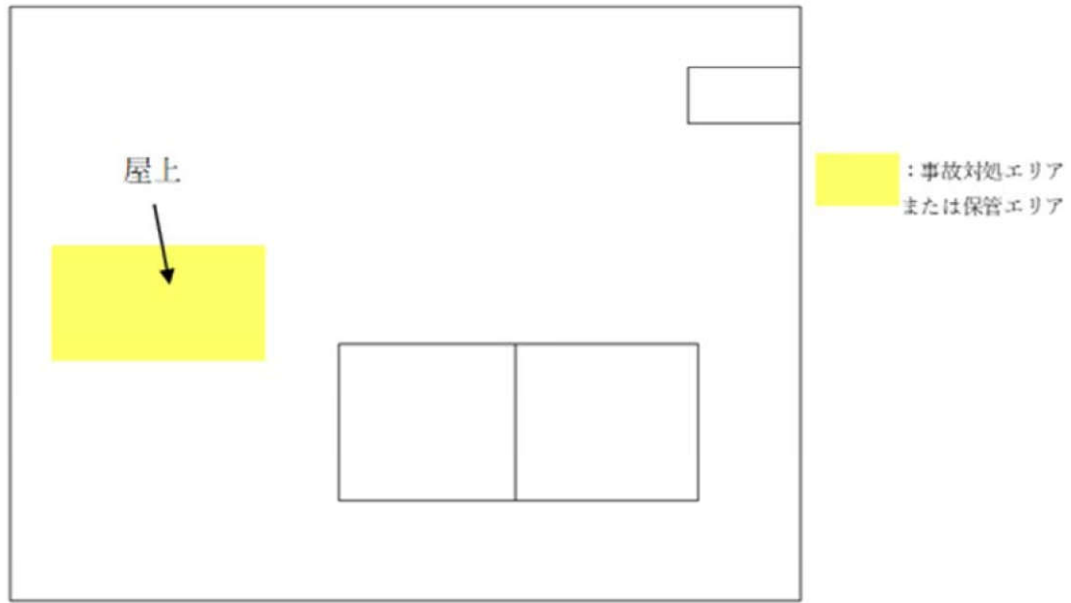
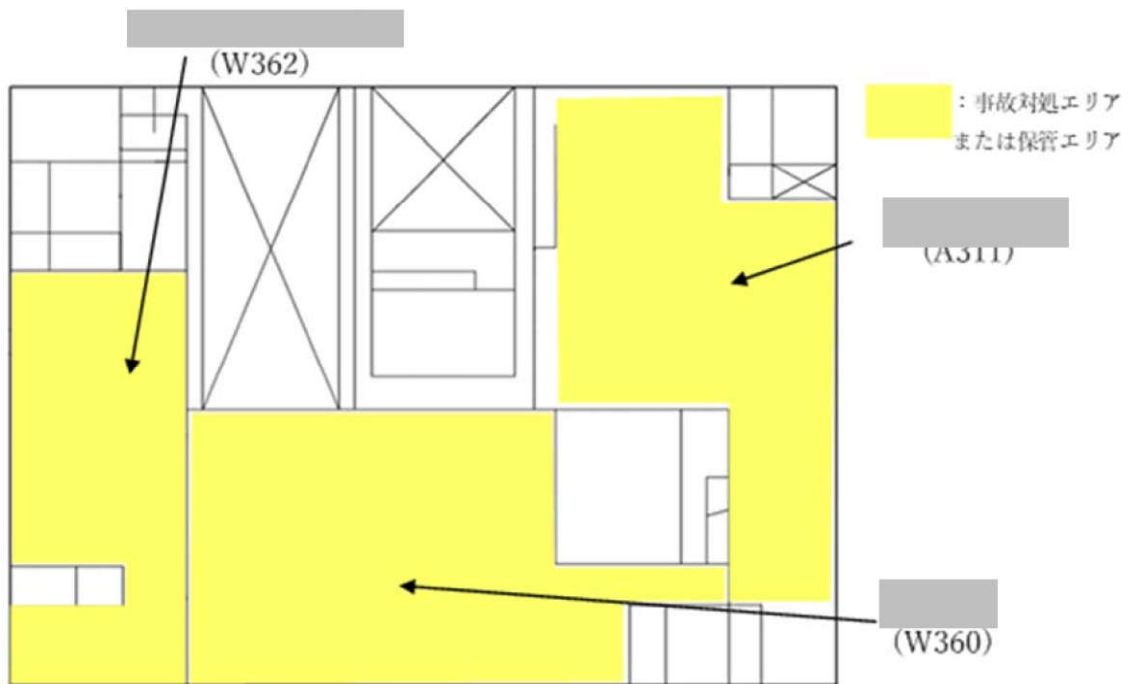


図 1-4-3-7-1 未然防止対策及び遅延対策に係る事故対処エリアまたは保管エリア 屋内  
(4/4)



ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟屋上

図 1-4-3-7-2 未然防止対策及び遅延対策に係る事故対処エリアまたは保管エリア 屋内 (1/6)



ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟 3階

図 1-4-3-7-2 未然防止対策及び遅延対策に係る事故対処エリアまたは保管エリア 屋内 (2/6)

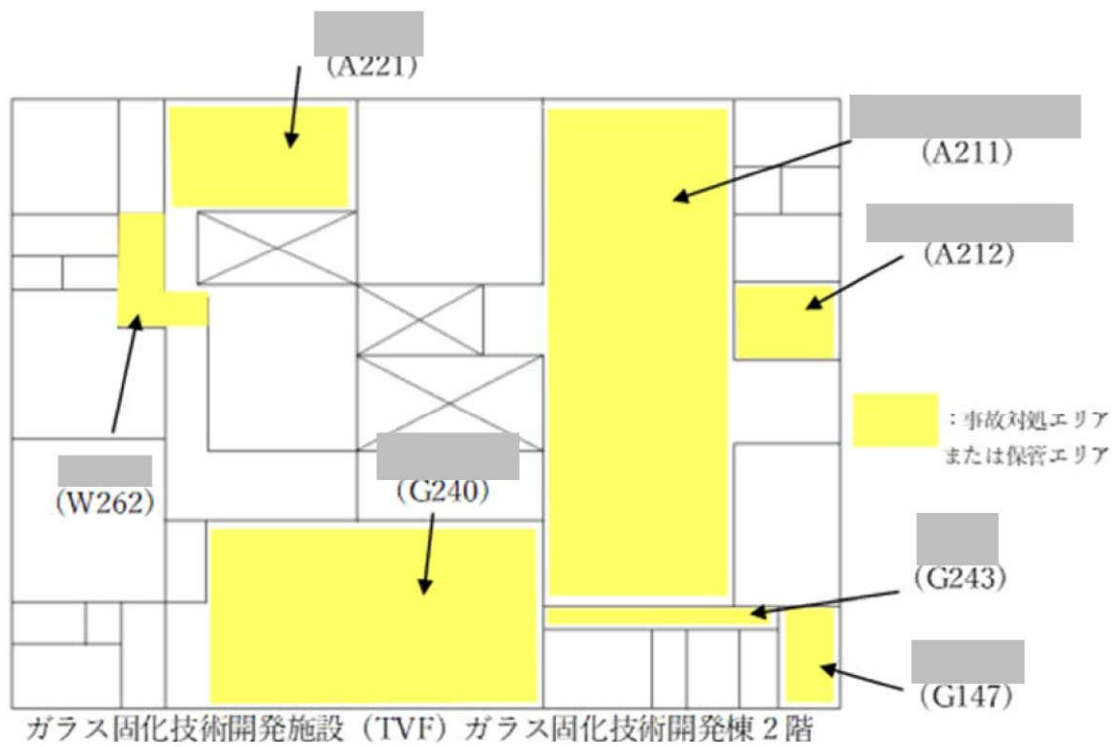


図 1-4-3-7-2 未然防止対策及び遅延対策に係る事故対処エリアまたは保管エリア 屋内 (3/6)

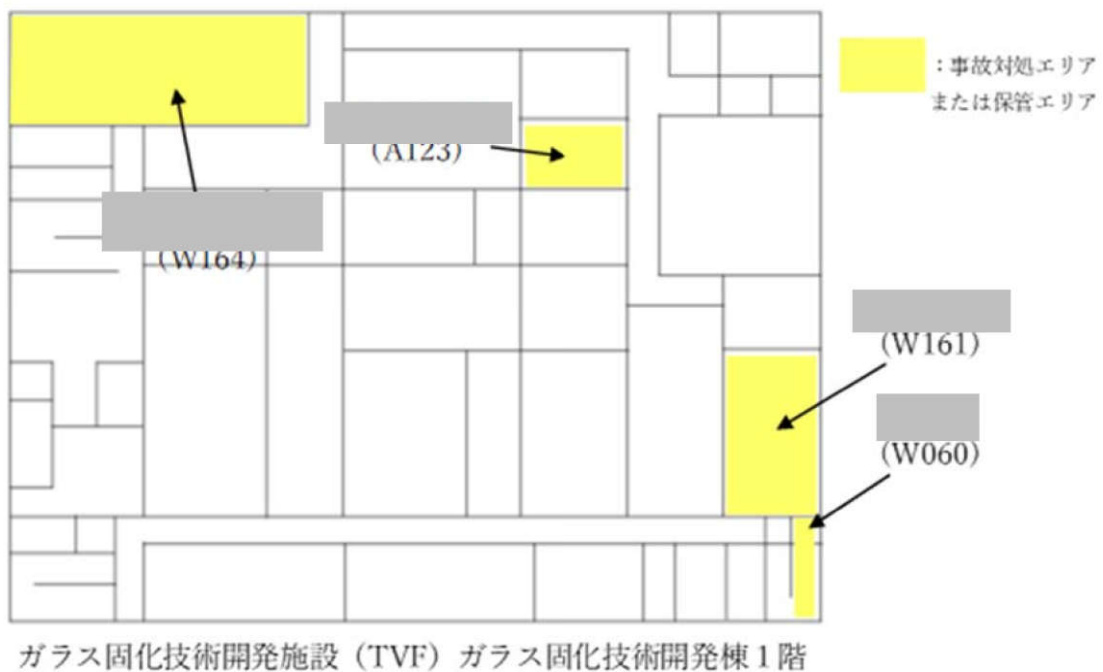
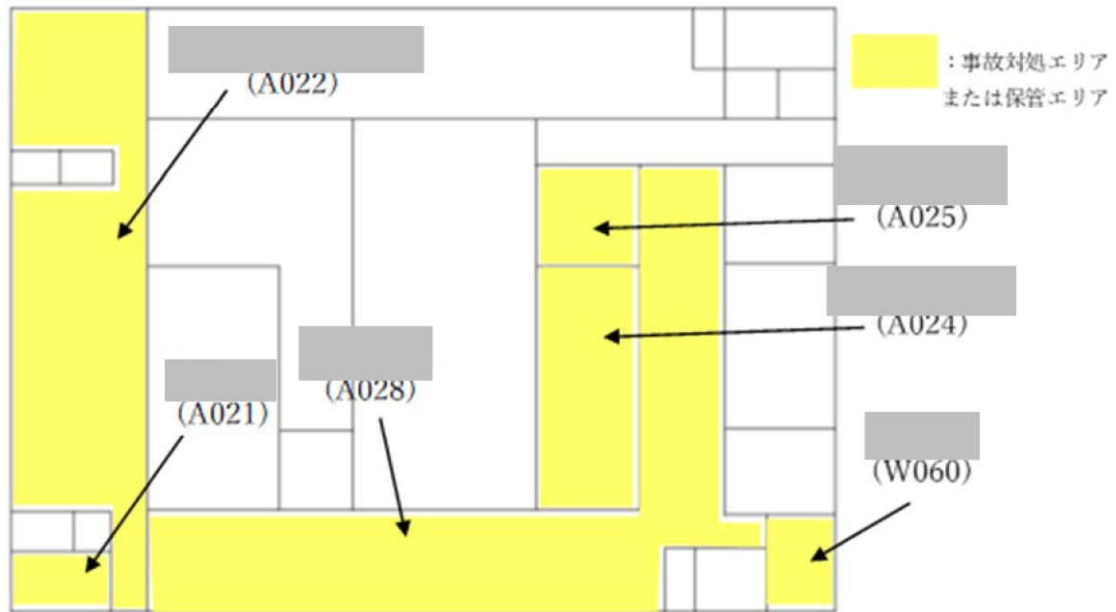
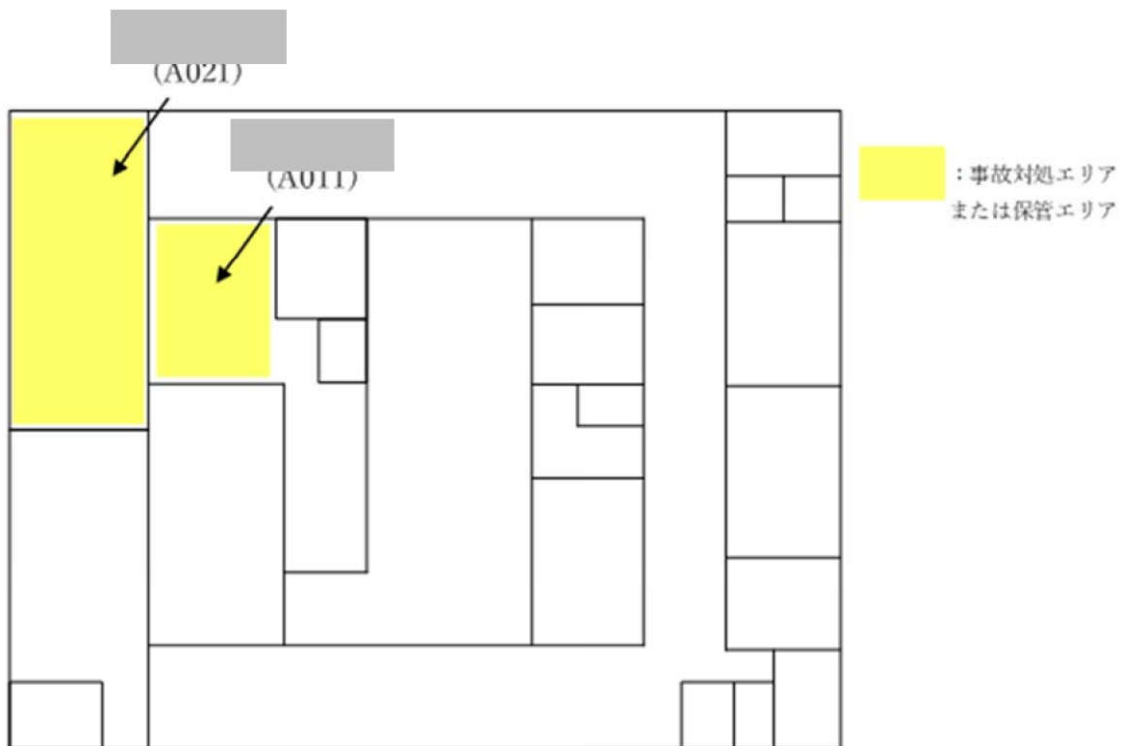


図 1-4-3-7-2 未然防止対策及び遅延対策に係る事故対処エリアまたは保管エリア 屋内 (4/6)



ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟地下1階

図 1-4-3-7-2 未然防止対策及び遅延対策に係る事故対応エリアまたは保管エリア 屋内  
(5/6)



ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟地下2階

図 1-4-3-7-2 未然防止対策及び遅延対策に係る事故対応エリアまたは保管エリア 屋内  
(6/6)



燃料	水	関連施設
<b>燃料</b> ①燃料タンク ②地層処分放射化学研究施設(クオリティ) 地下タンク ③プルトニウム燃料技術開発センター ユーティリティ棟 ④(再処理施設) ユーティリティ施設 地下貯油槽 ⑤中間閉鎖所燃料地下貯油槽 ⑥第二中間閉鎖所燃料地下貯油槽 ⑦低放射性廃棄物処理技術開発施設(LWTF) 地下貯油槽 ⑧ガラス固化技術開発施設(TVF) 貯油槽 ⑨高レベル放射性物質研究施設(CPF) 地下埋設オイルタンク ⑩非常用予備発電機 地下燃料タンク貯油槽	<b>水</b> ④中央運転管理室(給水タンク) ⑤中央運転管理室(受入タンク) ⑥プルトニウム燃料付属機械室(蓄熱槽) ⑦浄水貯槽 ⑧屋外冷却水設備 ⑨散水貯槽 ⑩工業用水受水槽 ⑪上水受水槽 ⑫自然水利(新川)	<b>関連施設</b> ⑦分離精製工場(MP) 制御室 ⑧高放射性廃液貯蔵場(HAW) 制御室 ⑨ガラス固化技術開発施設(TVF) ガラス固化技術開発制御室 ⑩プルトニウム転換技術開発施設(PCDF) 管理棟駐車場 ⑪現場指揮所 ⑫南東門駐車場 ⑬仮設緊急時対策所

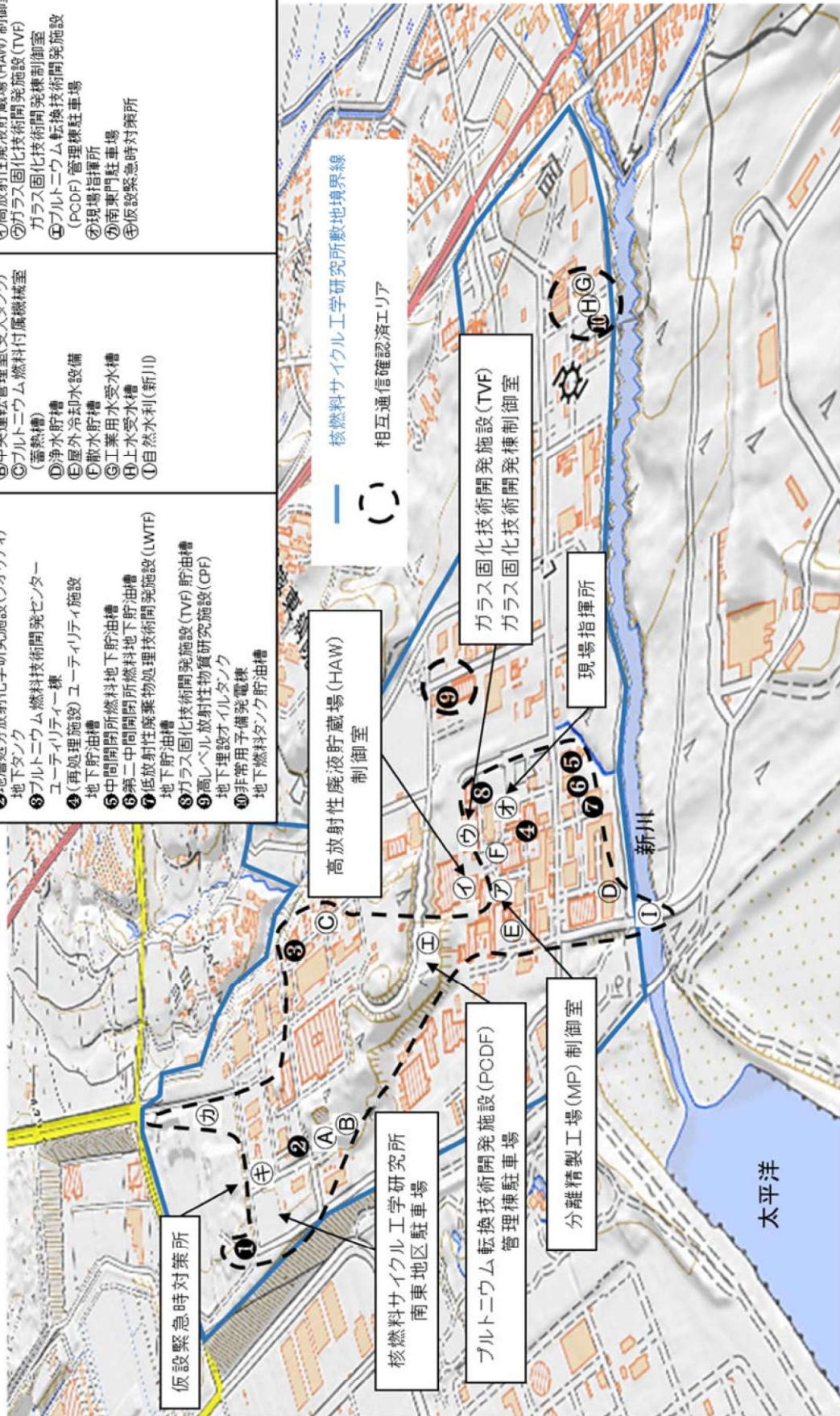


図 1-4-3-7-3 可搬型通信設備 (簡易無線) の高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 制御室との通信範囲

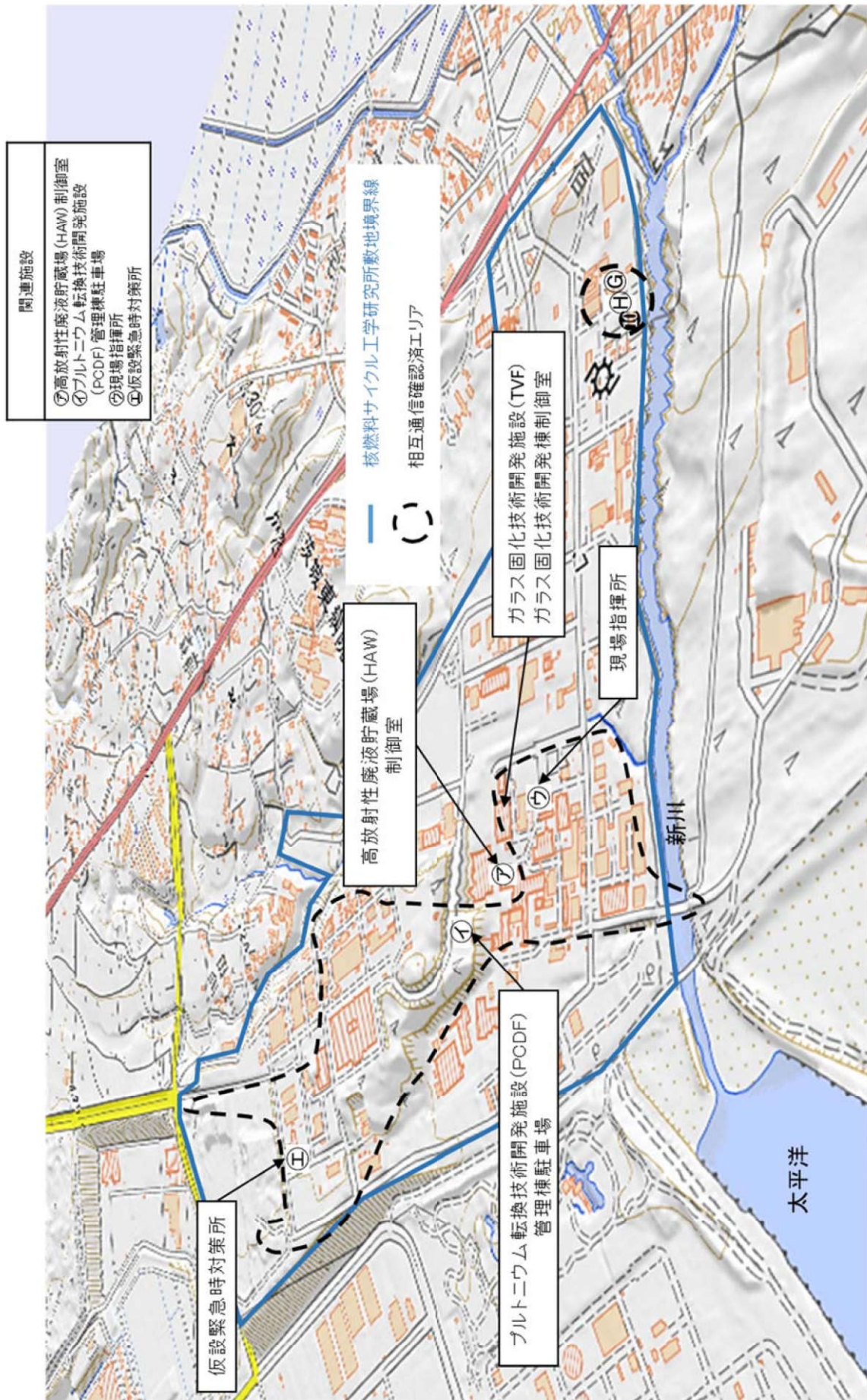


図 1-4-3-7-4 可搬型通信備 (簡易無線) のガラス固化技術開発施設 (TVF) 制御室との通信範囲

#### 1.4.4 高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）における事故の同時発生に係る有効性評価

##### 1.4.4.1 成否判断基準

高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）における事故の同時発生を想定した場合、沸騰に至る前に対策を実施することができ、沸騰を防止する。

##### 1.4.4.2 有効性評価の結果

高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）において、各々、現状及び今後において事故対処が有効であることを確認している。また、両施設の事故対処に使用する資源、人員及び設備は確保されることを確認している。

これらのことから、現状及び今後において、高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）における事故の同時発生を想定しても、沸騰に至る前に対策を実施し、沸騰を防止できる。

##### 1.4.5 まとめ

沸騰の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らない範囲において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、高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（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、判断分岐を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、新規対策設備の配備など施設設備の状況の変化に応じて事故対処の実効性を検証するとともに、継続的な訓練により習熟を図る。

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。以上のことから、高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）における事故の同時発生においても、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。

## 2. その他事象への対応

その他事象への対応として、1.「事故対処の有効性評価」において、2項に示すとした以下の事項に係る対応及びガラス固化技術開発施設（TVF）におけるガラス固化体保管ピットの強制換気のための対応について、必要な設備の配備時期を明確にするとともに、各対応について有効性を確認した。また、大型航空機の衝突等により大規模な火災が発生した場合における消火活動等に係る対応について、必要な設備の配備時期を明確にするとともに、必要な手順書を整備する方針を記載した。

今後、必要に応じて訓練等にて対応の実効性を高めていくとともに、必要な設備を配備した際には、その有効性について適宜検証していく。

- ・ 起回事象として選定した地震及び津波以外の事象に対する事故対処に係る対応  
(1.1.3「事故の抽出」)
- ・ 事故として選定した蒸発乾固以外の事象への対応  
(1.1.4「選定の理由」)
- ・ 起回事象として選定した地震及び津波以外の事象に対する事故対処設備の健全性  
(添四別紙 1-1-8-4「その他の安全対策」),

### 2.1 起回事象として選定した地震及び津波以外の事象に対する事故対処に係る対応

「1.1.4 選定の理由」で示した、設計竜巻により発生する設計飛来物の衝突に対する屋外設備（放出経路）の機能維持への対応、森林火災に対して高放射性廃液貯蔵場（HAW）、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟等を防護するための防火帯の設置に係る対応及び森林火災等の外部火災を起因としたばい煙や有毒ガスの発生に対して制御室の居住性を確保するための対応について、安全対策を実施する。安全対策の詳細について、「添四別紙 1-1-8-4 その他の安全対策」に示す。

### 2.2 事故として選定した蒸発乾固以外の事象への対応

「1.1.4 選定の理由」で示した、高放射性廃液の水素掃気（換気を含む。）及び漏えいに対する安全機能維持への対応について、安全対策を実施する。安全対策の詳細について、「添四別紙 1-1-8-4 その他の安全対策」に示す。

### 2.3 起回事象として選定した地震及び津波以外の事象に対する事故対処設備の健全性

「添四別紙 1-1-8-4 その他の安全対策」に示す。

2.4 ガラス固化技術開発施設（TVF）におけるガラス固化体保管ピットの強制換気のための対応  
ガラス固化技術開発施設（TVF）におけるガラス固化体保管ピットの強制換気のための対応について、安全対策を実施する。安全対策の詳細について、「添四別紙 1-1-8-4 その他の安全対策」に示す。

2.5 大型航空機の衝突等により大規模な火災が発生した場合における消火活動等に係る対応

大型航空機の衝突等により、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施設管理棟の大規模な損壊が発生した場合に備え、大規模な火災等が発生した場合における、次の項目に関する手順書を整備し、当該手順書に従って活動を行うための資機材を配備する（令和5年3月）。

- ・大規模な火災が発生した場合における消火活動に関すること
- ・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管理棟が大規模に損壊した場合の、放射性物質の放出を低減するための対策に関すること

事故の起回事象となりうる外部事象の選定について

1. 考慮する外部事象の抽出

再処理施設の安全を確保する上で設計上考慮すべき外部事象の抽出にあたっては、国内で発生しうる事象に加え、欧米の基準等で示されている事象を用い網羅的に収集し、以下の表1-1に示す外部事象を抽出した。

表 1-1 考慮する外部事象の抽出 (1/2)

No	外部事象	外部事象を抽出した文献等						
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
1-1	凍結	○	○	○	○	○	○	○
1-2	隕石	○		○		○	○	○
1-3	降水	○	○	○	○	○	○	○
1-4	河川の迂回	○				○	○	○
1-5	砂嵐	○		○		○	○	○
1-6	静振	○				○	○	○
1-7	地震	○	○	○	○	○	○	○
1-8	積雪	○	○	○	○	○	○	○
1-9	土壌の収縮又は膨張	○	○			○	○	○
1-10	高潮	○	○			○	○	○
1-11	津波	○	○	○	○	○	○	○
1-12	火山	○	○	○	○	○	○	○
1-13	波浪・高波	○	○			○	○	○
1-14	雪崩	○	○	○		○	○	○
1-15	生物学的事象	○			○		○	○
1-16	海岸侵食	○		○		○	○	○
1-17	干ばつ	○	○	○		○	○	○
1-18	洪水	○	○	○	○	○	○	○
1-19	風	○	○	○	○	○	○	○
1-20	竜巻	○	○	○	○	○	○	○
1-21	濃霧	○				○	○	○
1-22	森林火災	○	○	○	○	○	○	○
1-23	霜	○	○	○		○	○	○
1-24	草原火災	○						○
1-25	ひょう・あられ	○	○	○		○	○	○
1-26	高温	○	○	○		○	○	○
1-27	満潮	○				○	○	○
1-28	ハリケーン	○				○	○	
1-29	氷結	○		○		○	○	○
1-30	氷晶			○				○
1-31	氷壁			○				○
1-32	土砂崩れ		○					
1-33	落雷	○	○	○	○	○	○	○
1-34	湖又は河川の水位低下	○		○		○	○	○
1-35	湖又は河川の水位上昇			○		○		

表 1-1 考慮する外部事象の抽出 (2/2)

No	外部事象	外部事象を抽出した文献						
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
1-36	陥没・地盤沈下・地割れ	○	○					○
1-37	極限的な圧力 (気圧高低)			○				○
1-38	もや			○				
1-39	塩害, 塩雲			○				○
1-40	地面の隆起		○	○				○
1-41	動物			○				○
1-42	地すべり	○	○	○	○	○	○	○
1-43	カルスト			○				○
1-44	地下水による浸食			○				
1-45	海水面低			○				○
1-46	海水面高		○	○				○
1-47	地下水による地滑り			○				
1-48	水中の有機物			○				
1-49	太陽フレア, 磁気嵐	○						○
1-50	高温水 (海水温高)			○				○
1-51	低温水 (海水温低)			○				○
1-52	泥湧出		○					
1-53	土石流		○					○
1-54	水蒸気		○					○
1-55	毒性ガス	○	○			○	○	○

[文献]

- ① NEI, DIVERSE AND FLEXIBLE COPING STRATEGIES (FLEX) IMPLEMENTATION GUIDE, 2012, NEI-12-06
- ② 国会資料編纂会, 日本の自然災害, 国会資料編纂会, 1998,
- ③ IAEA, Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants, 2010, Specific Safety Guide-3
- ④ 「再処理施設の位置, 構造及び設備の基準に関する規則の解釈」(制定:平成 25 年 11 月 27 日)
- ⑤ NRC, NUREG/CR-2300: PRA Procedures Guide, 1983
- ⑥ ASME/ANS, "Addenda to ASME/ANS RA-S-2008 Standard for Level 1/ Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications", ASME/ANS-RA-Sa-2009, 2009
- ⑦ 日本原子力学会, 外部ハザードに対するリスク評価方法の選定に関する実施基準: 2014



## 2. 想定される外部事象の選定

1. 項で網羅的に抽出した外部事象について、自然現象として凍結、降水、地震、積雪、高潮、津波、火山、生物学的事象、洪水、風、竜巻、森林火災、高温、落雷及び地すべり等を考慮し、再処理施設で想定される外部事象を選定した。選定結果を表 2-1 に示す。

その結果、「想定される外部事象」として、以下の事象を選定した。

- ・ 地震、津波、火山、竜巻、森林火災

表 2-1 想定される外部事象の選定結果 (1/5)

No	外部事象	選定結果*1	
1-1	凍結	×	再処理施設周辺から最寄りの気象官署である水戸地方気象台（水戸市）の観測記録（統計期間 1897 年 1 月～2018 年 10 月）より、観測史上 1 位の最低気温は-12.7℃（1952 年 2 月 5 日）である。安全上重要な施設に属する構築物、系統及び機器若しくはそれらを内包する建家等のうち、屋内に設置されている設備については、常に換気空調系を運転し温度を制御しているため、極端な低温にさらされることはなく、安全機能は維持可能である。また、屋外に設置されている設備については、保温材による凍結防止対策若しくは循環運転等による凍結防止措置等が施工されている。このため、想定される外部事象には選定しない。
1-2	隕石	×	再処理施設の敷地内に隕石が落下する可能性は*2、極めて低いことから、選定しない。
1-3	降水	×	降水による影響は、津波に包絡されることから選定しない。
1-4	河川の迂回	×	河川の迂回事象は、進展が遅いことから選定しない。
1-5	砂嵐	×	再処理施設周辺にて発生する可能性は極めて低いことから選定しない。大陸からの黄砂の影響は、火山（火山活動・降灰）に包絡される。
1-6	静振	×	再処理施設周辺に湖等がないことから、選定しない。
1-7	地震	○	再処理施設周辺の地域の特性を踏まえて選定する。

表 2-1 想定される外部事象の選定結果 (2/5)

No	外部事象	選定結果*1	
1-8	積雪	×	建築基準法施行令にて定められた東海村の垂直積雪量は 30 cm である。また、再処理施設周辺から最寄りの気象官署である水戸地方気象台(水戸市)の観測記録(統計期間 1897 年 1 月～2018 年 10 月)より、観測史上 1 位の月最深積雪は 32 cm (1945 年) であり、東海村の垂直積雪量を上回る。しかし、積雪事象は気象予報により事前に予測可能であり、進展も緩やかであるため、建家屋上等の除雪を行うことで積雪荷重の低減及び給排気口の閉塞防止、構内道路の除雪を行うことでプラント運営に支障をきたさない措置が可能である。このため、想定される外部事象には選定しない。
1-9	土壌の収縮又は膨張	×	地震に包絡されることから選定しない。
1-10	高潮	×	津波に包絡されることから選定しない。
1-11	津波	○	再処理施設周辺の地域の特性を踏まえて選定する。
1-12	火山	○	再処理施設周辺の地域の特性を踏まえて選定する。
1-13	波浪・高波	×	津波に包絡されることから選定しない。
1-14	雪崩	×	再処理施設周辺の地形に急傾斜はなく、雪崩が起きる可能性はないことから選定しない。
1-15	生物学的事象	×	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屋内設備については、小動物の侵入が想定され得る経路に防虫網を設置しており、小動物の侵入は発生しないことから、選定しない。
1-16	海岸侵食	×	海岸侵食の事象進展は極めて遅いことから、選定しない。
1-17	干ばつ	×	再処理施設は那珂川水系から取水しているものの、淡水については所内の貯水タンクに保管しており、干ばつが発生しても施設の安全機能に影響を及ぼすことはないことから、選定しない。
1-18	洪水	×	津波に包絡されることから選定しない。
1-19	風	×	竜巻に包絡されることから選定しない。
1-20	竜巻	○	再処理施設周辺の地域の特性を踏まえて選定する。
1-21	濃霧	×	本事象が発生した場合でも安全機能に影響を及ぼす可能性は極めて低いことから、選定しない。
1-22	森林火災	○	再処理施設周辺の地域の特性を踏まえて選定する。

表 2-1 想定される外部事象の選定結果 (3/5)

No	外部事象	選定結果*1	
1-23	霜	×	本事象が発生した場合でも安全機能に影響を及ぼす可能性は極めて低いことから、選定しない。
1-24	草原火災	×	再処理施設周辺に草原は存在しないことから選定しない。
1-25	ひょう・あられ	×	竜巻（飛来物）に包絡されることから選定しない。
1-26	高温	×	再処理施設周辺から最寄りの気象官署である水戸地方気象台（水戸市）の観測記録（統計期間 1897 年 1 月～2018 年 10 月）より、観測史上 1 位最高気温は 38.4℃（1997 年 7 月 5 日）である。外気温度が上昇しても高放射性廃液の冷却能力への影響は軽微である。また、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建家において重油、軽油は貯蔵していないため、外部温度上昇による燃料への引火などは考慮不要である。このため、想定される外部事象には選定しない。
1-27	満潮	×	津波に包絡されることから選定しない。
1-28	ハリケーン	×	日本の地理的特性を踏まえ、ハリケーンの影響を受けることはないことから選定しない。
1-29	氷結	×	凍結に包絡されることから選定しない。
1-30	氷晶	×	凍結に包絡されることから選定しない。
1-31	氷壁	×	再処理施設周辺に氷河や氷山はないことから選定しない。
1-32	土砂崩れ	×	再処理施設周辺に山、がけはないことから選定しない。
1-33	落雷	×	雷撃に対して保護する必要がある安全上重要な屋外設備はない。また、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建家は、避雷針の保護角（60°）の範囲内に入っており直撃雷を受ける可能性は極力低減されており、万一、建家が直撃雷を受けたとしても建家は鉄筋コンクリート造であるため火災に至ることはなく、施設の安全性に影響を及ぼすことはない。誘導雷サージに対しては、機器が絶縁破壊に至る可能性があるものの、構内接地網との接続によりその可能性は極力低減されている。このため、想定される外部事象には選定しない。

表 2-1 想定される外部事象の選定結果 (4/5)

No	外部事象	選定結果*1	
1-34	湖又は河川の水位低下	×	再処理施設は那珂川水系から取水しているものの、淡水については所内の貯水タンクに保管しているおり、河川の水位低下が発生しても施設の安全機能に影響を及ぼすことはないことから、選定しない。
1-35	湖又は河川の水位上昇	×	洪水に包絡されることから選定しない。
1-36	陥没・地盤沈下・地割れ	×	地震に包絡されることから選定しない。
1-37	極限的な圧力（気圧高低）	×	竜巻に包絡されることから選定しない。
1-38	もや	×	本事象が発生した場合でも安全機能に影響を及ぼす可能性は極めて低いことから、選定しない。
1-39	塩害、塩雲	×	再処理施設では、プレフィルタ等により潮風を直接受けない設計となっていることから選定しない。
1-40	地面の隆起	×	地震に包絡されることから選定しない。
1-41	動物	×	生物学的事象に包絡されることから選定しない。
1-42	地すべり	×	再処理施設の敷地及びその近傍には地すべりを起こすような地形は存在しないことから選定しない。
1-43	カルスト	×	再処理施設周辺はカルスト地形ではないことから選定しない。
1-44	地下水による浸食	×	地震に包絡されることから選定しない。
1-45	海水面低	×	再処理施設は海から取水しておらず、安全機能に影響を及ぼすことはないため、選定しない。
1-46	海水面高	×	津波に包絡されることから選定しない。
1-47	地下水による地滑り	×	地すべりに包絡されることから選定しない。
1-48	水中の有機物	×	再処理施設は海から取水しておらず、安全機能に影響を及ぼすことはないため、選定しない。
1-49	太陽フレア、磁気嵐	×	磁気嵐により誘導電流が発生する可能性があるものの、その影響は外部の電源系に限定されると考えられるため、選定しない。
1-50	高温水（海水温高）	×	再処理施設は海から取水しておらず、安全機能に影響を及ぼすことはないため、選定しない。
1-51	低温水（海水温低）	×	再処理施設は海から取水しておらず、安全機能に影響を及ぼすことはないため、選定しない。
1-52	泥湧出	×	地盤の脆弱性に係る影響であり、地震に包絡されることから選定しない。
1-53	土石流	×	再処理施設周辺に谷や溪流はなく、発生する可能性は極めて低いことから選定しない。
1-54	水蒸気	×	火山事象により発生する事象であるものの、再処理施設周辺に火山はないことから、選定しない。

表 2-1 想定される外部事象の選定結果 (5/5)

No	外部事象	選定結果*1	
1-55	毒性ガス	×	火山事象，外部火災事象により発生する事象であるものの，再処理施設周辺に火山はなくかつ森林火災に包絡されることから，選定しない。

\*1 ○：想定される外部事象に選定，×：想定される外部事象に選定しない

\*2 NASA の報告では，今後 100 年間で地球と衝突する可能性がある天体として，小惑星“2007VK184”が挙げられている。当該惑星の地球への衝突確率は「1750 分の 1」である。地球の表面積は約 510,072,000 km<sup>2</sup>，再処理施設の敷地面積は約 1.1 km<sup>2</sup>であることから，当該惑星が隕石として再処理施設に落下する確率は以下のとおりとなる。

$$1/1750 \times (1.1/510,072,000) = 1.24 \times 10^{-12}$$

高放射性廃液貯蔵場 (HAW) における  
高放射性廃液の沸騰到達時間の計算書

## 1. 高放射性廃液の沸騰到達時間

### 1.1 評価条件

高放射性廃液貯蔵場（HAW）の高放射性廃液貯槽が内包する溶液の液量，発熱量及び密度を表 1-1-1 に示す。

表 1-1-1 高放射性廃液貯槽の液量，発熱量及び密度（2020 年 8 月 31 日時点）

貯槽	液量 [m <sup>3</sup> ]	発熱量		密度 [kg/m <sup>3</sup> ]
		[kW]	[kcal/hr]	
272V31	55.0	38.1	3.28×10 <sup>4</sup>	1203
272V32	65.6	57.2	4.92×10 <sup>4</sup>	1211
272V33	69.2	41.9	3.60×10 <sup>4</sup>	1249
272V34	74.9	62.5	5.37×10 <sup>4</sup>	1228
272V35	71.6	68.6	5.90×10 <sup>4</sup>	1244

### 1.2 評価方法

高放射性廃液貯槽における沸騰到達時間は，断熱条件（高放射性廃液の崩壊熱が全て溶液及び構造材の温度上昇に寄与）により，沸点に達するのに必要とする熱量を時間当たりの発熱量で除して求めた。沸騰到達時間の算出式を以下に示す。

$$t = (\rho \cdot V \cdot C_1 + M \cdot C_2) \times (T_a - T_o) / Q$$

t[h]：沸騰到達時間

$\rho$  [kg/m<sup>3</sup>]：溶液の密度

V[m<sup>3</sup>]：貯蔵量

$C_1$ [kcal/kg/°C]：溶液の比熱

M[kg]：構造材の質量

$C_2$ [J/kg/°C]：構造材の比熱

$T_a$ [°C]：溶液の沸点

$T_o$ [°C]：溶液の初期温度

Q[kcal/h]：溶液の発熱量

① 比熱の設定

高放射性廃液の比熱は以下の式<sup>1)</sup>を用いて算出し、0.7 kcal/kg/°Cとした。

$$C = 0.998 - 9.630 \times 10^{-4} \times C_U - 4.850 \times 10^{-2} \times C_N$$

C[kcal/kg/°C] : 比熱

C<sub>U</sub>[g/L] : ウラン濃度

C<sub>N</sub>[mol/L] : 硝酸濃度

上式のウラン濃度を核分裂生成物濃度で置き換えて算出した。核分裂生成物濃度は、高放射性廃液中の酸化物量の定量分析結果の過去最大値(128 g/L)を用いた。また、硝酸濃度は保守的に管理値(1~3 mol/L)の最大値である3 mol/Lを設定した。

構造材の材質はステンレス鋼であることから、構造材の比熱は499 J/kg/Kを設定した。

② 沸点の設定

高放射性廃液の沸点の設定には以下の式<sup>2)</sup>を用いた。高放射性廃液の通常の酸濃度(2 mol/L)の沸点上昇を考慮し、沸点を102 °Cに設定した。

$$\Delta \theta_b = K_b \times \frac{n}{m}$$

$\Delta \theta_b$  : 沸点上昇程度

K<sub>b</sub> : モル沸点上昇 (0.515)

m[kg] : 溶媒の質量

n[mol] : 溶質の物質量

③ 高放射性廃液の初期温度の設定

高放射性廃液の初期温度は、直近3年間(2018~2020年)の最高温度(2020年8月11日の34.1 °C)を基に35 °Cに設定した。

④ 溶液の発熱量の設定

a. 溶液の放射エネルギーの算出

これまでに再処理した使用済燃料1体ごとの核分裂生成物及びマイナーアクチノイドの放射エネルギーをORIGEN計算(Ver.79)により各核種の減衰計算を実施した。この際、使用済燃料中の核分裂生成物及びマイナーアクチノイドの核種は保守的に高放射性廃液側へ全量移行し高放射性廃液に含まれるものとした。



U-234, U-235, U-236, U-238, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-241 及び Pu-242 の放射エネルギーについては、直近の分析結果を基に算定した。

Am-241 の放射エネルギーについては、直近の放射能濃度の分析結果を基に算定し、さらに直近の分析日から評価日までの Pu-241 の減衰量を Am-241 に加算した（保守的に Pu-241 は減じていない）。なお、分析後に貯蔵量の増減があった高放射性廃液貯槽は、増減に伴う Am, U 及び Pu の放射エネルギーの変化を考慮して算出した。

高放射性廃液貯槽の Am-241 の放射能濃度の分析値を表 1-2-1, U 及び Pu 濃度の分析値を表 1-2-2, U 及び Pu の同位体組成比の分析値を表 1-2-3 に示す。また、算出した各核種の放射エネルギーを表 1-2-4 に示す。

#### b. 発熱量の算出

算出した放射エネルギーに、各核種の崩壊時に発生するエネルギー（ORIGEN 核データ）を乗じて発熱量を算出し、各核種の発熱量を合算することにより、発熱量を算出した。ORIGEN 核データを表 1-2-5 に示す。

### 1.3 評価結果

上記の方法により、崩壊熱除去機能の喪失状態が継続した場合に高放射性廃液が沸騰に至るまでの時間を求めた。その結果を表 1-3-1 に示す。

#### 参考文献

- 1) JAERI-Tech 2003-045 熱流動解析コード PHOENICS を組み込んだ燃料溶液体系の動特性解析コードの開発及び TRACY の自然冷却特性実験の解析, 日本原子力研究所
- 2) JAEA-Review 2008-037 再処理プロセス・化学ハンドブック 第2版, 日本原子力研究開発機構

表 1-2-1 Am-241 の放射能濃度の分析値

貯槽	分析日	分析時点の液量 [m <sup>3</sup> ]	放射能濃度 [Bq/mL]
272V31	H27. 10. 19	77. 7	4. 8E+07
272V32	H31. 4. 8	74. 7	1. 2E+08
272V33	H29. 12. 11	70. 6	5. 5E+07
272V34	H31. 4. 10	78. 1	6. 8E+07
272V35	H29. 12. 12	75. 9	7. 2E+07

表 1-2-2 U 及び Pu 濃度の分析値

貯槽	分析日	分析時点の液量 [m <sup>3</sup> ]	U 濃度 [g/L]	Pu 濃度 [mg/L]
272V31	H27. 10. 19	77. 7		
272V32	H31. 4. 9	74. 7		
272V33	H25. 11. 18	82. 1		
272V34	H31. 4. 10	78. 1		
272V35	H29. 12. 12	75. 9		

表 1-2-3 U 及び Pu の同位体組成の分析値

貯槽	分析日	同位体組成 [%]								
		U-234	U-235	U-236	U-238	Pu-238	Pu-239	Pu-240	Pu-241	Pu-242
272V31	H27. 10. 19									
272V32	H31. 4. 9									
272V33	H25. 11. 18									
272V34	H31. 4. 10									
272V35	H29. 12. 12									

表 1-2-4 各核種の放射能量 (2020 年 8 月 31 日時点)

核種	272V31	272V32	272V33	272V34	272V35
Sr-89	6.90E-22	1.54E-21	2.93E-22	7.52E-22	4.86E-22
Sr-90	9.61E+16	1.27E+17	1.02E+17	1.50E+17	1.65E+17
Y-90	9.61E+16	1.27E+17	1.02E+17	1.50E+17	1.65E+17
Zr-95	5.11E-14	1.14E-13	2.17E-14	5.56E-14	3.59E-14
Nb-95	1.11E-13	2.48E-13	4.70E-14	1.21E-13	7.79E-14
Ru-103	3.32E-33	7.43E-33	1.41E-33	3.62E-33	2.34E-33
Ru-106	6.07E+10	1.10E+11	2.60E+10	5.25E+10	3.20E+10
Rh-103m	3.32E-33	7.43E-33	1.41E-33	3.62E-33	2.34E-33
Rh-106	6.07E+10	1.10E+11	2.60E+10	5.25E+10	3.20E+10
Sb-125	1.52E+13	2.02E+13	8.11E+12	1.65E+13	1.87E+13
Te-125m	3.50E+12	4.65E+12	1.86E+12	3.80E+12	4.31E+12
Cs-134	5.19E+13	5.77E+13	2.46E+13	4.42E+13	3.95E+13
Cs-137	1.32E+17	1.92E+17	1.46E+17	2.19E+17	2.41E+17
Ba-137m	1.25E+17	1.81E+17	1.38E+17	2.07E+17	2.28E+17
Ce-141	1.06E-43	2.37E-43	4.50E-44	1.16E-43	7.47E-44
Ce-144	2.73E+09	5.41E+09	1.16E+09	2.54E+09	1.54E+09
Pr-144	2.73E+09	5.41E+09	1.16E+09	2.54E+09	1.54E+09
Pm-147	1.60E+14	2.21E+14	8.47E+13	1.72E+14	1.88E+14
Sm-151	2.53E+15	3.60E+15	3.37E+15	4.28E+15	4.47E+15
Eu-154	1.91E+15	2.57E+15	1.45E+15	2.92E+15	3.59E+15
Eu-155	9.95E+13	8.84E+13	4.60E+13	9.05E+13	1.13E+14
U-234 <sup>※1</sup>					
U-235 <sup>※1</sup>					
U-236 <sup>※1</sup>					
U-238 <sup>※1</sup>					
Np-237	6.91E+11	9.84E+11	8.39E+11	1.20E+12	1.29E+12
Pu-238 <sup>※1</sup>					
Pu-239 <sup>※1</sup>					
Pu-240 <sup>※1</sup>					
Pu-241 <sup>※1</sup>					
Pu-242 <sup>※1</sup>					
Am-241 <sup>※2</sup>	2.49E+15	8.23E+15	3.89E+15	5.31E+15	5.48E+15
Cm-242	1.10E+03	5.62E+03	1.88E+02	2.18E+03	4.84E+02
Cm-244	1.03E+15	1.46E+15	8.77E+14	1.66E+15	1.89E+15

※1:U, Pu の各種同位体の放射能量は、直近の分析結果を基に算定。[単位：Bq]

※2:Am-241 の放射能量は Pu-241 の減衰を考慮し、直近の分析日から評価日までの減衰量を Am-241 に加算した計算値（保守的に Pu-241 は減じていない）。

表 1-2-5 ORIGEN 核データ

核種	1 Bq 当たりの発熱量 [kcal/hr/Bq]	核種	1 Bq 当たりの発熱量 [kcal/h/Bq]
Sr-89	8.02E-14	Pm-147	8.68E-15
Sr-90	2.73E-14	Sm-151	2.75E-15
Y-90	1.28E-13	Eu-154	2.06E-13
Zr-95	1.17E-13	Eu-155	1.96E-14
Nb-95	1.11E-13	Np-237	6.83E-13
Rh-103m	5.51E-15	Am-241	7.76E-13
Ru-103	7.69E-14	Cm-242	8.56E-13
Ru-106	1.38E-15	Cm-244	8.13E-13
Rh-106	2.27E-13	U-234	6.69E-13
Te-125m	1.98E-14	U-235	6.09E-13
Sb-125	7.42E-14	U-236	6.29E-13
Cs-134	2.40E-13	U-238	5.90E-13
Ba-137m	9.12E-14	Pu-238	7.70E-13
Cs-137	2.40E-14	Pu-239	7.16E-13
Ce-141	3.18E-14	Pu-240	7.24E-13
Ce-144	1.54E-14	Pu-241	7.20E-16
Pr-144	1.78E-13	Pu-242	6.86E-13

表 1-3-1 高放射性廃液貯槽の沸騰到達時間 (2020 年 8 月 31 日時点)

貯槽	沸騰到達時間[h]
272V31	107
272V32	84
272V33	124
272V34	88
272V35	77

ガラス固化技術開発施設（TVF）における  
高放射性廃液の沸騰到達時間の計算書

## 1. ガラス固化技術開発施設（TVF）における高放射性廃液の沸騰到達時間

### 1.1 評価条件

ガラス固化技術開発施設（TVF）の受入槽等の各貯槽が内包する溶液について、現時点（R2. 11. 30 時点）においてガラス固化技術開発施設（TVF）では高放射性廃液を保有していないことから、ガラス固化処理運転中の液量（実績：令和2年8月6日廃止措置計画変更認可申請 添付資料 6-1-2-4-1 「ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟 受入槽（G11V10）及び回収液槽（G11V20）の据付ボルトのせん断強度と安全裕度の向上に関する検討について」に記載した受入槽及び回収液槽の液量制限値及び濃縮器等は、ガラス固化処理の基本的なタイムチャートに基づく工程内最大液量，発熱量，密度（今後 TVF に受入予定の高放射性廃液貯槽で最も発熱密度の高い 272V35 の値（2020 年 8 月 31 日時点））を表 1-1-1 に示す。

表 1-1-1 各貯槽の液量，発熱量，密度

貯槽	液量 [m <sup>3</sup> ]	発熱量		密度 [kg/m <sup>3</sup> ]
		[kW]	[kcal/hr]	
G11V10	5.50	5.27	4.53×10 <sup>3</sup>	1244(272V35)
G11V20	5.50	7.90	6.80×10 <sup>3</sup>	1244(同上)
G12E10	0.36(濃縮後)	0.52	4.45×10 <sup>2</sup>	1244(同上)
G12V12	1.38	2.04	1.75×10 <sup>3</sup>	1244(同上)
G12V14	0.84	1.21	1.04×10 <sup>3</sup>	1244(同上)

### 1.2 評価方法

高放射性廃液貯槽における沸騰到達時間は、断熱条件（高放射性廃液の崩壊熱が全て溶液及び構造材の温度上昇に寄与）により、沸点に達するのに必要とする熱量を時間当たりの発熱量で除して求めた。沸騰到達時間の算出式を以下に示す。

$$t = (\rho \cdot V \cdot C_1 + M \cdot C_2) \times (T_a - T_o) / Q$$

- t[h]：沸騰到達時間
- ρ [kg/m<sup>3</sup>]：溶液の密度
- V[m<sup>3</sup>]：貯蔵量
- C<sub>1</sub>[kcal/kg/°C]：溶液の比熱
- M[kg]：構造材の質量
- C<sub>2</sub>[J/kg/°C]：構造材の比熱
- T<sub>a</sub>[°C]：溶液の沸点
- T<sub>o</sub>[°C]：溶液の初期温度
- Q[kcal/h]：溶液の発熱量

### ① 比熱の設定

高放射性廃液の比熱は以下の式<sup>1)</sup>を用いて算出し、0.7 kcal/kg/°Cとした。

$$C = 0.998 - 9.630 \times 10^{-4} \times C_U - 4.850 \times 10^{-2} \times C_N$$

C[kcal/kg/°C] : 比熱  
C<sub>U</sub>[g/L] : ウラン濃度  
C<sub>N</sub>[mol/L] : 硝酸濃度

上式のウラン濃度を核分裂生成物濃度で置き換えて算出した。核分裂生成物濃度は、高放射性廃液中の酸化物量の定量分析結果の過去最大値(128 g/L)を用いた。また、硝酸濃度は保守的に管理値(1~3 mol/L)の最大値である3 mol/Lを設定した。

構造材の材質は、濃縮器以外はステンレス鋼であることから、濃縮器以外の構造材の比熱は499 J/kg/Kを設定した。濃縮器はチタンであることから、構造材の比熱は519 J/kg/Kを設定した。

### ② 沸点の設定

高放射性廃液の沸点の設定には以下の式<sup>2)</sup>を用いた。高放射性廃液の通常の酸濃度(2 mol/L)の沸点上昇を考慮し、沸点を102 °Cに設定した。

$$\Delta \theta_b = K_b \times \frac{n}{m}$$

Δθ<sub>b</sub> : 沸点上昇程度  
K<sub>b</sub> : モル沸点上昇 (0.515)  
m[kg] : 溶媒の質量  
n[mol] : 溶質の物質質量

### ③ 高放射性廃液の初期温度の設定

高放射性廃液の初期温度は、管理目標(10 °C~35 °C)の最大値35 °Cに設定した。

### ④ 溶液の発熱量の設定

受入槽及び回収液槽の発熱密度は、「添四別紙 1-1-2 高放射性廃液貯蔵場(HAW)における高放射性廃液の沸騰到達時間の計算書」より、今後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高放射性廃液貯槽272V35の値を用いた。

濃縮器、濃縮液槽及び濃縮液供給槽の発熱密度は、04~07CP、16-1CP、17-1CP、19-1CPの受入実績から平均濃縮倍率(1.5倍)を272V35の発熱密度に乗じた値とした。

密度については、04~07CP、16-1CP、17-1CP、19-1CPの実績より、今回設定した高放射性廃液貯槽272V35の値と同等として評価した。

## 1.3 評価結果

上記の方法により、崩壊熱除去機能の喪失状態が継続した場合に高放射性廃液が沸騰に至るまでの時間を求めた。その結果を表1-3-1に示す。

参考文献

- 1) JAERI-Tech 2003-045 熱流動解析コード PHOENICS を組み込んだ燃料溶液体系の動特性解析コードの開発及び TRACY の自然冷却特性実験の解析, 日本原子力研究所
- 2) JAEA-Review 2008-037 再処理プロセス・化学ハンドブック 第2版, 日本原子力研究開発機構

表 1-3-1 高放射性廃液貯槽の沸騰到達時間(ガラス固化処理運転中想定)

貯槽	沸騰到達時間[hr]
G11V10	86
G11V20	57 <sup>※1</sup>
G12E10	27 <sup>※2</sup>
G12V12	56
G12V14	56

※1 濃縮器, 濃縮液槽, 濃縮液供給槽からの回収液を保有している場合

※2 濃縮操作中に全電源喪失が起こった場合, 濃縮器停止操作として  
0.2 m<sup>3</sup> 給水後の再沸騰到達時間



高放射性廃液貯蔵場（HAW）における  
高放射性廃液の除熱に必要な冷却水流量の計算書

## 1. 高放射性廃液貯蔵場（HAW）における高放射性廃液の除熱に必要な冷却水流量の評価

### 1.1 評価内容

高放射性廃液貯蔵場（HAW）高放射性廃液を保有する高放射性廃液貯槽（272V31～272V35）について、高放射性廃液の除熱に必要な冷却水流量の評価を行う。

### 1.2 前提条件

評価の前提として、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。

### 1.3 評価条件

高放射性廃液貯槽が内包する溶液の発熱量を表 1-3-1 に示す。

高放射性廃液貯槽における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 1-3-2 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表 1-3-3 に示す値の線形近似値とする。

### 1.4 評価方法

本評価では、1.2 項で示した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 A<sub>r</sub> [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. 対数平均温度差の算出

対数平均温度差 Δt<sub>L</sub>[°C]は以下のとおり求める。

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

対数平均温度差の算出に用いるパラメータ		
Q	[kcal/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

b. 総括伝熱係数の算出

総括伝熱係数 U [W/m<sup>2</sup>K] は以下のとおり求める。

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

総括伝熱係数の算出に用いるパラメータ		
h <sub>o</sub>	[W/m <sup>2</sup> K]	冷却コイル外面（内包液側）の熱伝達率
h <sub>i</sub>	[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
λ	[W/mK]	冷却コイルの熱伝導率
h <sub>so</sub>	[W/m <sup>2</sup> K]	冷却コイル外面（内包液側）の汚れ係数
h <sub>si</sub>	[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

ここで、冷却コイル外面（内包液側）の熱伝達率 h<sub>o</sub> [W/m<sup>2</sup>K] は下式であらわされる。

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

冷却コイル外面（内包液側）のヌセルト数 Nu<sub>o</sub> は以下のとおり求める<sup>(1)</sup>。

(Gr<sub>o</sub>×Pr<sub>o</sub>=10<sup>4</sup>~10<sup>9</sup> 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)

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

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 ( $= C_o \times \mu_o \times 3600 / \lambda_o$ )
$Gr_o$	—	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

また、冷却コイル内面（冷却水側）の熱伝達率  $h_i$  [W/m<sup>2</sup>K] は下式であらわされる。

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

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)

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

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) ( $=C_i \times \mu_i \times 3600 / \lambda_i$ )
$u$	[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

### c. 冷却水流量の算出

冷却水流量の評価フローを図 1-4-1 に示す。

## 1.5 評価結果

評価結果を表 1-5-1 に示す。

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。各貯槽に必要な流量は以下のとおり。

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

## 2. 参考文献

- (1) 尾花 英明, 「熱交換器設計ハンドブック」, 工学図書, 1974
- (2) 化学工学協会 「化学工学便覧 改訂 7 版」, 丸善出版, 2011
- (3) 伝熱工学資料 改訂第 5 版, 日本機械学会, 1980

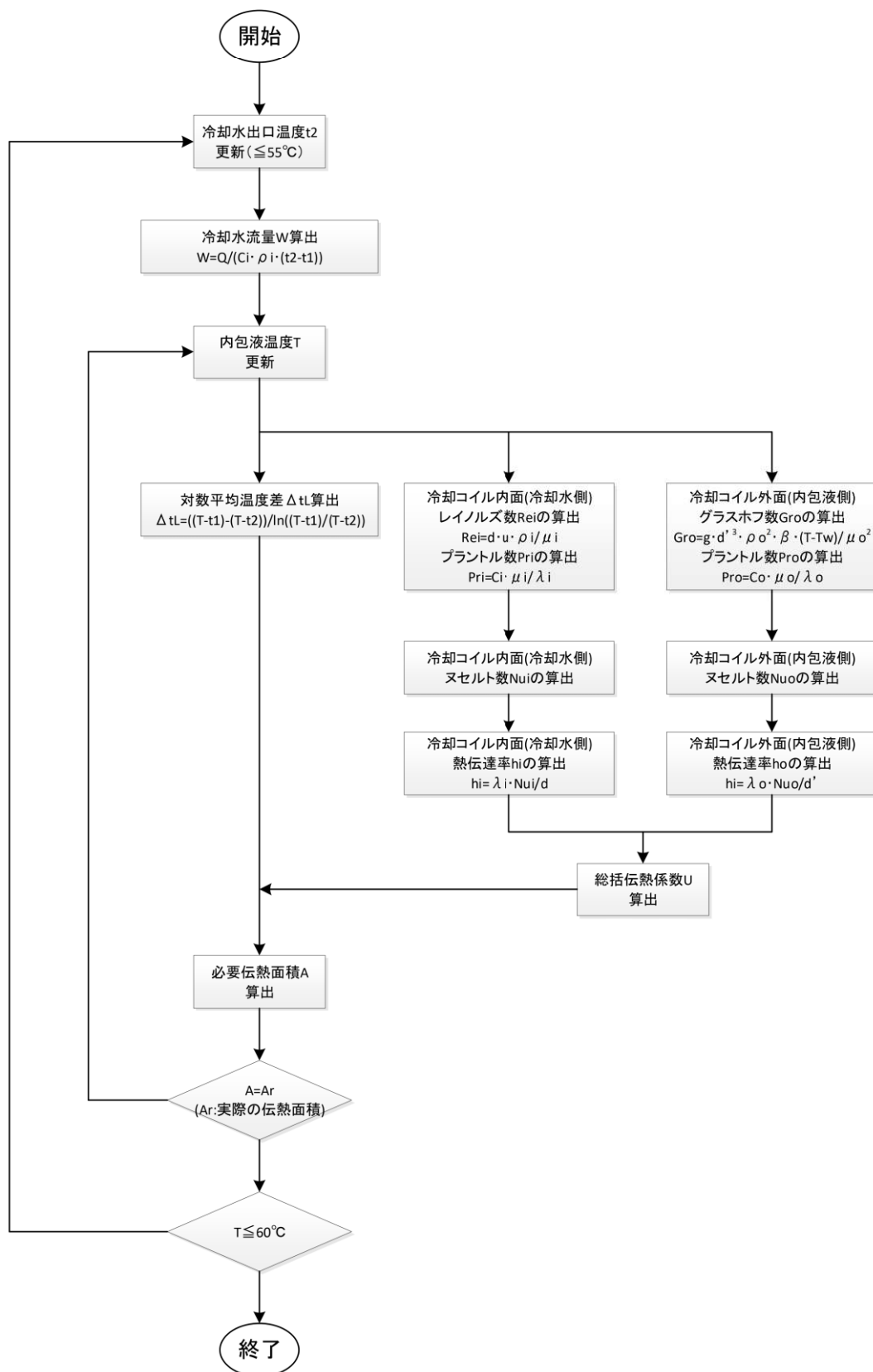


図 1-4-1 冷却水流量の評価フロー

表 1-3-1 HAW 貯槽の発熱量(2020 年 8 月 31 日時点)

貯槽	貯蔵量[m <sup>3</sup> ]	発熱密度[W/m <sup>3</sup> ]	発熱量[kW]
	実測値	計算値	計算値
272V31	55.0	694	38.1
272V32	65.6	872	57.2
272V33	69.2	605	41.9
272V34	74.9	834	62.5
272V35	71.6	958	68.6

表 1-3-2 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

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>1</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/kgK	2930	2930	2930	2930	2930	計算値
5	内包液の密度	ρ <sub>o</sub>	kg/m <sup>3</sup>	1203	1211	1249	1228	1244	実測値
6	内包液の粘度	μ <sub>o</sub>	kg/ms	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/mK	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



表 1-3-3 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

No.	冷却水の温度 [°C]	伝熱工学資料 改訂第 5 版 <sup>(3)</sup>			
		比熱 $C_i$ [kcal/kg°C]	密度 $\rho_i$ [kg/m <sup>3</sup> ]	熱伝導率 $\lambda_i$ [kcal/mh°C]	粘度 $\mu_i$ [Pa·s]
1	20	0.9996	998.2	0.5155	1.002E-03
2	25	0.9990	996.9	0.5221	8.997E-04
3	30	0.9984	995.6	0.5288	7.974E-04
4	35	0.9983	993.9	0.5347	7.252E-04
5	40	0.9981	992.2	0.5405	6.530E-04
6	45	0.9983	990.1	0.5456	5.999E-04
7	50	0.9984	988.0	0.5507	5.468E-04
8	55	0.9987	985.6	0.5552	5.066E-04
9	60	0.9991	983.2	0.5596	4.664E-04
10	65	0.9997	980.5	0.5634	4.352E-04
11	70	1.0003	977.7	0.5672	4.039E-04
12	75	1.0012	974.8	0.5703	3.791E-04
13	80	1.0022	971.8	0.5735	3.543E-04
14	85	1.0033	968.6	0.5761	3.344E-04
15	90	1.0043	965.3	0.5787	3.144E-04
16	95	1.0058	961.9	0.5807	2.981E-04
17	100	1.0072	958.4	0.5828	2.817E-04

表 1-5-1 冷却水の通水による除熱に関する評価結果

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 <sub>2</sub>	°C	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0
4	対数平均温度差	Δt <sub>L</sub>	°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 <sub>w</sub>	°C	55.5	55.2	55.2	55.1	55.1
8	内包液のプラントル数	Pr <sub>o</sub>	-	5.17	5.17	5.17	5.17	5.17
9	内包液のグラスホフ数	Gr <sub>o</sub>	-	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 <sub>o</sub> ×Pr <sub>o</sub>	-	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 <sub>o</sub>	-	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 <sub>o</sub>	W/m <sup>2</sup> K	251	252	231	242	256
13	冷却水のレイノルズ数	Re <sub>i</sub>	-	2.94E+03	4.41E+03	3.23E+03	4.81E+03	5.29E+03

ガラス固化技術開発施設（TVF）における高放射性  
廃液の除熱に必要な冷却水流量の計算書

## 1. ガラス固化技術開発施設 (TVF) における高放射性廃液の除熱に必要な冷却水流量の評価

### 1.1 評価内容

ガラス固化技術開発施設 (TVF) で高放射性廃液を保有する受入槽 (G11V10)、回収液槽 (G11V20)、濃縮器 (G12E10)、濃縮液槽 (G12V12) 及び濃縮液供給槽 (G12V14) について、高放射性廃液の除熱に必要な冷却水流量の評価を行う。

### 1.2 前提条件

評価の前提として、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。

### 1.3 評価条件

受入槽等が内包する溶液の発熱量を表 1-3-1 に示す。

受入槽等における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 1-3-2 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) または冷却水の壁面温度における表 1-3-3 に示す値の線形近似値とする。

### 1.4 評価方法

#### 1.4.1 冷却コイル (受入槽, 回収液槽)

本評価では、1.2 項で示した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  $A_r$  [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  $\Delta t_L$  [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. 対数平均温度差の算出

対数平均温度差  $\Delta t_L$  [°C] は以下のとおり求める。

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

対数平均温度差の算出に用いるパラメータ		
Q	[kcal/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

b. 総括伝熱係数の算出

総括伝熱係数 U [W/m<sup>2</sup>K] は以下のとおり求める。

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

総括伝熱係数の算出に用いるパラメータ		
h <sub>o</sub>	[W/m <sup>2</sup> K]	冷却コイル外面（内包液側）の熱伝達率
h <sub>i</sub>	[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
λ	[W/mK]	冷却コイルの熱伝導率
h <sub>so</sub>	[W/m <sup>2</sup> K]	冷却コイル外面（内包液側）の汚れ係数
h <sub>si</sub>	[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

ここで、冷却コイル外面（内包液側）の熱伝達率 h<sub>o</sub> [W/m<sup>2</sup>K] は下式であらわされる。

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

冷却コイル外面（内包液側）のヌセルト数 Nu<sub>o</sub> は以下のとおり求める<sup>(1)</sup>。

(Gr<sub>o</sub>×Pr<sub>o</sub>=10<sup>4</sup>~10<sup>9</sup> 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)

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

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 ( $= C_o \times \mu_o \times 3600 / \lambda_o$ )
$Gr_o$	—	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
$T$	[°C]	内包液の温度
$\mu_o$	[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]	冷却コイル外径

また、冷却コイル内面（冷却水側）の熱伝達率  $h_i$  [W/m<sup>2</sup>K] は下式であらわされる。

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

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)

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

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) ( $=C_i \times \mu_i \times 3600 / \lambda_i$ )
$u$	[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

c. 冷却水流量の算出

冷却水流量の評価フローを図 1-4-1 に示す。

1.4.2 冷却ジャケット (濃縮器, 濃縮液槽及び濃縮液供給槽)

本評価では, 1.2 項で示した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  $A$  [ $m^2$ ] と実際の伝熱面積  $A_r$  [ $m^2$ ] が等しくなる定常状態での冷却水流量  $W$  [ $m^3/h$ ] を算出する。この際に使用する対数平均温度差  $\Delta t_L$  [K] 及び総括伝熱係数  $U$  [ $W/m^2K$ ] の評価式を以下に示す。

a. 対数平均温度差の算出

対数平均温度差  $\Delta t_L$  [ $^{\circ}C$ ] は以下のとおり求める。

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

対数平均温度差の算出に用いるパラメータ		
Q	[kcal/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

b. 総括伝熱係数の算出

総括伝熱係数 U [W/m<sup>2</sup>K] は以下のとおり求める。

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_i} + r_i + \frac{ts}{\lambda} + r_o + \frac{1}{h_o}$$

総括伝熱係数の算出に用いるパラメータ		
H <sub>o</sub>	[W/m <sup>2</sup> K]	冷却ジャケット外面 (内包液側) の熱伝達率
H <sub>i</sub>	[W/m <sup>2</sup> K]	冷却ジャケット内面 (冷却水側) の熱伝達率
ts	[m]	貯槽厚さ
λ	[W/mK]	冷却コイルの熱伝導率
r <sub>o</sub>	[m <sup>2</sup> K/W]	冷却ジャケット外面 (内包液側) の汚れ係数
r <sub>i</sub>	[m <sup>2</sup> K/W]	冷却ジャケット内面 (冷却水側) の汚れ係数



ここで、冷却ジャケット外面（内包液側）の熱伝達率  $h_o$  [W/m<sup>2</sup>K] は下式であらわされる。

$$h_o = \frac{\lambda_o \times Nu_o}{l}$$

冷却ジャケット外面（内包液側）のヌセルト数  $Nu_o$  は以下のとおり求める<sup>(1)</sup>。

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

$$Nu_o = 0.59 \times (Gr_o \times Pr_o)^{\frac{1}{4}}$$

( $Gr_o \times Pr_o > 10^9$  の場合)

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

冷却ジャケット外面内包液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 ( $= C_o \times \mu_o \times 3600 / \lambda_o$ )
$Gr_o$	—	内包液のグラスホフ数 ( $= g \times l^3 \times \rho_o^2 \times \beta \times (T - T_w) / \mu_o^2$ )
$g$	[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
$T$	[°C]	内包液の温度
$\mu_o$	[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]	冷却コイル外径
$l$	[m]	ジャケット長さ

また、冷却ジャケット内面（冷却水側）の熱伝達率  $h_i$  [W/m<sup>2</sup>K] は下式であらわされる。

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

$$Nu_i = \frac{0.03(Re)^{0.75}(Pr)}{1 + 1.74(Re)^{-\frac{1}{8}}(Pr - 1)}$$

冷却水側のヌセルト数の算出に用いるパラメータ		
Re	—	冷却ジャケットのレイノルズ数 (= $(D_e \times \rho / \mu) \times (VA + VB)$ )
Pr	—	冷却水のプラントル数（平均温度における値） (= $C_p \times \mu_i \times 3600 / \lambda_i$ )
$\mu_i$	[kg/ms]	冷却水の粘度（平均温度における値）
$\lambda_i$	[W/mK]	冷却水の熱伝導率（平均温度における値）
$\rho_i$	[kg/m <sup>3</sup> ]	冷却水の密度
$C_p$	[J/kgK]	冷却水の比熱
VA	[m/h]	ジャケット内の流速
VB	[m/h]	ジャケット流体の温度上昇による流速の平均値
$D_e$	[m]	ジャケット相当径

c. 冷却水流量の算出

冷却水流量の評価フローを図 1-4-1 に示す。

## 1.5 評価結果

評価結果を表 1-5-1 に示す。

受入槽等の冷却コイルもしく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は以下の通り。

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

## 2. 参考文献

- (1)尾花 英明,「熱交換器設計ハンドブック」, 工学図書, 1974
- (2)化学工学協会 「化学工学便覧 改訂7版」, 丸善出版, 2011
- (3)伝熱工学資料 改訂第5版, 日本機械学会, 1980

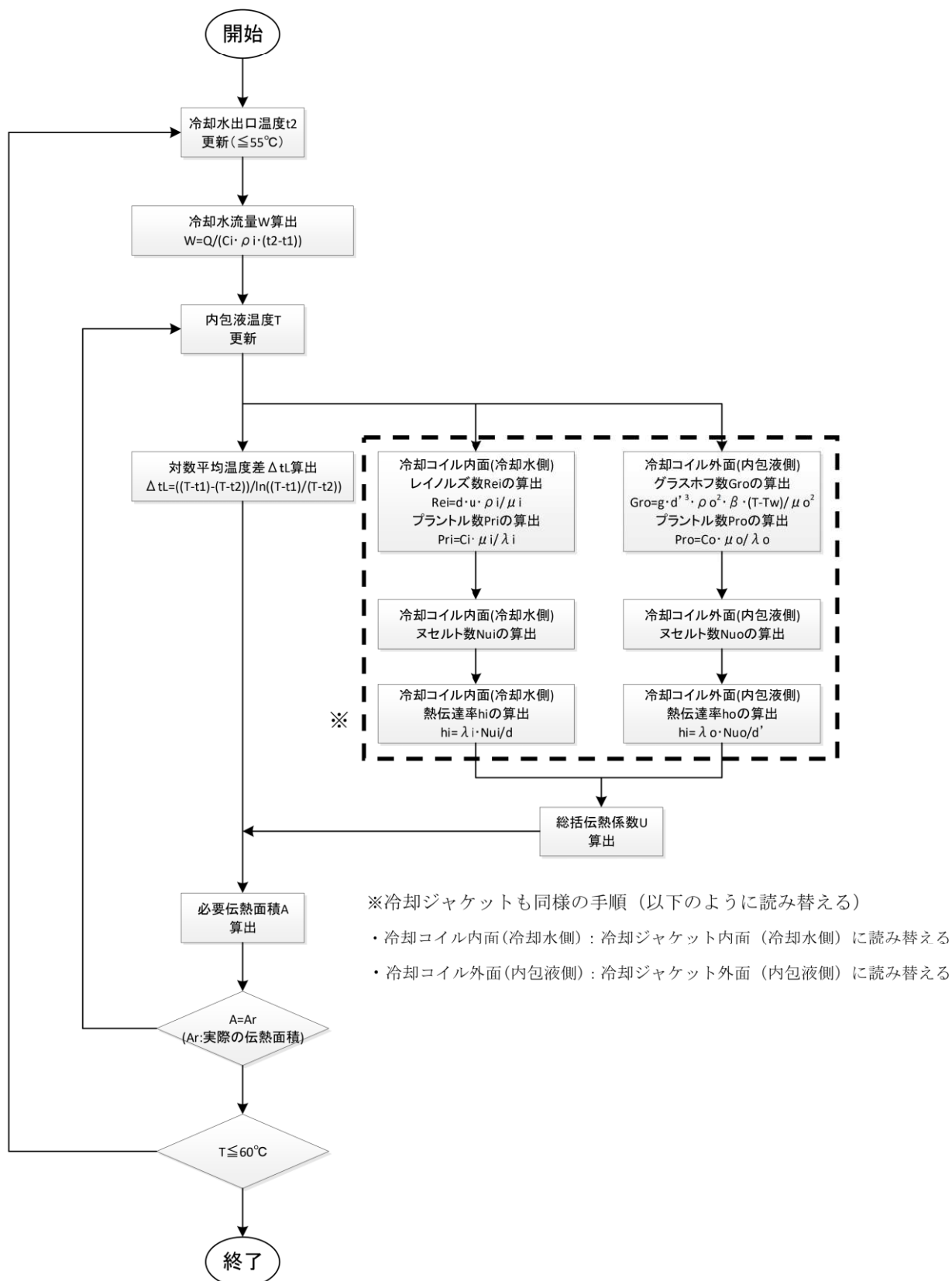


図 1-4-1 冷却水流量の評価フロー(冷却コイルの場合)

表 1-3-1 受入槽等の発熱量(設計容量)

貯槽	保有量[m <sup>3</sup> ]	発熱密度[W/m <sup>3</sup> ]	発熱量[kW]
	設計値	計算値	計算値
G11V10	11.0	958.0	10.5
G11V20	11.0	1437.0	15.8
G12E10	1.4	1437.0	2.0
G12V12	1.5	1437.0	2.2
G12V14	0.9	1437.0	1.3

表 1-3-2 対象平均温度差及び総括伝熱係数の計算に用いる物性値

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>1</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/kgK	2931	2931	2931	2931	2931	計算値
5	内包液の密度	ρ <sub>o</sub>	kg/m <sup>3</sup>	1244	1244	1244	1244	1244	実測値
6	内包液の粘度	μ <sub>o</sub>	kg/ms	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/mK	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)

表 1-3-3 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

No.	冷却水の温度 [°C]	伝熱工学資料 改訂第5版 <sup>(3)</sup>			
		比熱 $C_i$ [kcal/kg°C]	密度 $\rho_i$ [kg/m <sup>3</sup> ]	熱伝導率 $\lambda_i$ [kcal/mh°C]	粘度 $\mu_i$ [Pa·s]
1	20	0.9996	998.2	0.5155	1.002E-03
2	25	0.9990	996.9	0.5221	8.997E-04
3	30	0.9984	995.6	0.5288	7.974E-04
4	35	0.9983	993.9	0.5347	7.252E-04
5	40	0.9981	992.2	0.5405	6.530E-04
6	45	0.9983	990.1	0.5456	5.999E-04
7	50	0.9984	988.0	0.5507	5.468E-04
8	55	0.9987	985.6	0.5552	5.066E-04
9	60	0.9991	983.2	0.5596	4.664E-04
10	65	0.9997	980.5	0.5634	4.352E-04
11	70	1.0003	977.7	0.5672	4.039E-04
12	75	1.0012	974.8	0.5703	3.791E-04
13	80	1.0022	971.8	0.5735	3.543E-04
14	85	1.0033	968.6	0.5761	3.344E-04
15	90	1.0043	965.3	0.5787	3.144E-04
16	95	1.0058	961.9	0.5807	2.981E-04
17	100	1.0072	958.4	0.5828	2.817E-04

表 1-5-1 冷却水の通水による除熱に関する評価結果

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	△t <sub>L</sub>	°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



事故対処に必要な資源

## 1. 事故対処に必要な資源

高放射性廃液貯蔵場(HAW)及びガラス固化処理技術開発施設(TVF)の各対策に必要な7日間(外部支援に期待しない期間)の資源(水, 燃料)を算出した。

### 1.1 高放射性廃液貯蔵場(HAW)における必要な資源

#### 1.1.1 水の必要量

##### 1.1.1.1 未然防止対策①, ①-1及び①-2

既設の冷却塔への補給水量(約0.9 m<sup>3</sup>/h(実測値))に補給時間(1週間)を掛けて算出した。

$$0.9 \text{ m}^3/\text{h} \times 168 \text{ h} = 152 \text{ m}^3$$

##### 1.1.1.2 未然防止対策②, ②-1及び②-2

当該対策では, 可搬型冷却設備により冷却した水を冷却コイルに供給し崩壊熱を除去した水を可搬型冷却設備にて再度冷却する。この循環冷却に必要な水は, 循環ループを構成する3基の組立水槽(容量: 約5 m<sup>3</sup>/基)及び15本のホース(容量: 約0.077 m<sup>3</sup>/本)から算出した。

$$3 \text{ 基} \times 5 \text{ m}^3/\text{基} + 15 \text{ 本} \times 0.77 \text{ m}^3/\text{本} = 17 \text{ m}^3$$

##### 1.1.1.3 未然防止対策③, ③-1及び③-2

ワンスルーによる冷却コイルへの給水量(約12 m<sup>3</sup>/h)に補給時間(1週間)を掛けて算出した。

$$12 \text{ m}^3/\text{h} \times 168 \text{ h} = 2016 \text{ m}^3$$

##### 1.1.1.4 遅延対策①, ①-1

予備貯槽(272V36)に予め貯留する120 m<sup>3</sup>の水を可搬型蒸気供給設備により各貯槽(272V31~V35)に移送する。この移送に必要な水は蒸気供給設備で製造する蒸気用の水であり, この水量は, 移送実績より, 移送量の1割程度である。また, 蒸気を製造する前に1時間(流量約10 m<sup>3</sup>/h)の暖機運転を行うため, その水量も加算した。

$$(120 \text{ m}^3 + 10 \text{ m}^3/\text{h} \times 1 \text{ h}) \times 0.1 = 13 \text{ m}^3$$

##### 1.1.1.5 遅延対策②

当該対策に必要な水は高放射性廃液貯槽(272V31~V35)の空き容量である。5貯槽の貯蔵量の合計約330 m<sup>3</sup>(2020年8月31日時点)と, 5貯槽の容量は600 m<sup>3</sup>(120 m<sup>3</sup>/基)との差分が必要な水量である。

$$600 \text{ m}^3 - 330 \text{ m}^3 = 270 \text{ m}^3$$

1.1.2 燃料の必要量

1.1.2.1 事故対処設備の燃費

事故対処設備の燃費を表 1-1-2-1-1 に示す。

表 1-1-2-1-1 事故対処設備の燃費

	燃費[L/h]	備考
移動式発電機	約 210	カタログ値
エンジン付きポンプ	約 1.4	「カタログ定格出力 (4.3 kW) × 燃料消費量 <sup>※1</sup> (0.323 L/kW-h)」より算出
消防ポンプ車	約 5.0	実測値
ホイールローダ	約 4.3	「カタログ定格出力 (28 kW) × 燃料消費量 <sup>※1</sup> (0.153 L/kW-h)」より算出
油圧ショベル	約 3.4	「カタログ定格出力 (22 kW) × 燃料消費量 <sup>※1</sup> (0.153 L/kW-h)」より算出
不整地運搬車	約 9.4	「カタログ定格出力 (70 kW) × 燃料消費量 <sup>※1</sup> (0.134 L/kW-h)」より算出
可搬型蒸気供給設備	約 72	カタログ値
エンジン付きライト	約 0.8	カタログ値
可搬型発電機 (可搬型蒸気供給設備用)	約 3.9	カタログ値
可搬型発電機 (可搬型冷却設備用)	約 4.8	「設計定格出力 (33 kW) × 燃料消費量 <sup>※1</sup> (0.145 L/kW-h)」より算出
可搬型発電機 (通信設備用)	約 1.7	カタログ値
可搬型発電機 (可搬型コンプレッサー用)	約 1.7	カタログ値
可搬型発電機 (可搬型モニタリング設備用)	約 1.7	カタログ値

※1：建設工事標準歩掛 改訂 56 版（一般財団法人 建設物価調査会）より引用。

#### 1.1.2.2 各対策における燃料の必要量

燃料の必要量は、燃費に使用時間及び台数を掛けて算出した。なお、使用時間の説明を数値の下段に記した。

不整地運搬車の使用時間は、不整地運搬車を除いた設備の合計必要量を運搬する時間とし、ドラム缶の積み下ろし時間、給油時間、運搬時間を合算して算出した。

燃料の必要量を表 1-1-2-2-1～表 1-1-2-2-10 に示す。