

HAW 及び TVF における事故対処の方法、  
設備及びその有効性評価について

【概要】

高放射性廃液貯蔵場(HAW)及びガラス固化技術開発施設(TVF)における事故対処の有効性評価として、事象進展に応じた防護策を検討し、津波襲来後の事故対処の実効性の観点から、津波漂流物の影響等を考慮した作業環境を想定して評価を行う計画であり、その方針について示す(令和2年7月変更申請予定)。

両施設における事故対処は、地震、津波等により電源、ユーティリティを供給する安全系関連施設の機能が喪失した場合に、恒設設備の代替として緊急安全対策を含む可搬型設備等により必要な冷却機能及び閉じ込め機能を回復させる対応を行うものであり、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、電源)等を確認する。

また、今後、予定している安全対策(HAW 周辺の地盤改良、津波漂流物防護柵の設置、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等)の実施状況に応じた有効性評価を行う。

令和2年7月16日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

HAW 及び TVF における事故対処の方法, 設備  
及びその有効性について【評価の代表例】

地震や津波等により全交流電源が喪失し、崩壊熱除去機能及び閉じ込め機能が喪失することから、事故対処設備を用いて機能回復を図る。

HAW 及び TVF の事故対処においては、必要な崩壊熱除去機能及び閉じ込め機能を回復させる対応として、アクセスルートの確保、事故対処設備及び予備品等の確保、手順書の整備、訓練の実施及び体制の整備を順次行う計画であり、以下の①～③の項目を計画的に実施し別図-1 に示す対応フローに基づき有効性を評価する。

令和2年7月段階では、下記①～③の工事は終了していないものの、④の可搬型設備の分散配備を行い、PCDF 管理棟駐車場に配備した移動式発電機や可搬型エンジンポンプを用いた事故対処が可能であり、現状の安全機能の確保に係る対応状況について別表-1 に示す。また、代表例として HAW の崩壊熱除去機能喪失時の対応として、地震津波等の外部事象を起因とした全電源喪失に伴う対応について別添-1 に示す。

現段階での事故対処は、ウェットサイトを想定した対応が十分とは言えないことから、津波軌跡解析に基づく津波漂流物の妥当性を確認し(10月末予定)、津波漂流物等による影響を考慮したウェットサイトを想定した訓練等を実施した上で有効性評価を行い、HAW 及び TVF の事故対処の有効性について変更申請を行う(令和3年1月予定)。

<今後実施する安全対策>

①商用及び非常用発電機からの給電を行う既存の電源建家が地震又は津波により機能喪失した場合に、津波の影響を受けない高台で耐震性を確保した地盤(PCDF 管理棟駐車場)に設置もしくは保管している移動式発電機、電源接続盤、可搬型設備等により電源を確保する。

【令和3年4月変更申請, 令和5年3月工事完了予定】

②可搬型設備の保管場所からのアクセスルート(PCDF 管理棟駐車場)は、耐震性を確保し、事故対処が確実にできるようにする。

【令和3年4月変更申請, 令和5年3月工事完了予定】

③事故対処時の津波漂流物の影響を低減するため、津波漂流物防護柵等を設置し事故対処が確実にできるようアクセスルートを確保する。

【令和3年1月変更申請, 令和4年6月工事完了予定】

④事故対処設備は、可搬型設備の予備機を分散配備するなど事故対処の信頼性を確保する。

【HAW について実施済み】

また、以下の工事についても上記の有効性評価を行う際に考慮するものとする。

○HAW の崩壊熱除去機能に係る対策(可搬型設備の分散配置, 冷却水コイル及び HAW 貯槽への直接注水に係る接続口の追加設置等)

【令和2年10月変更申請, 令和3年6月工事完了予定】

○TVF の崩壊熱除去機能に係る対策(可搬設備の分散配置, 冷却水コイル及び受入槽, 濃縮液槽等への直接注水に係る接続口の設置, 影響緩和策としてセルへの導出にかかるインテーク弁の改造)

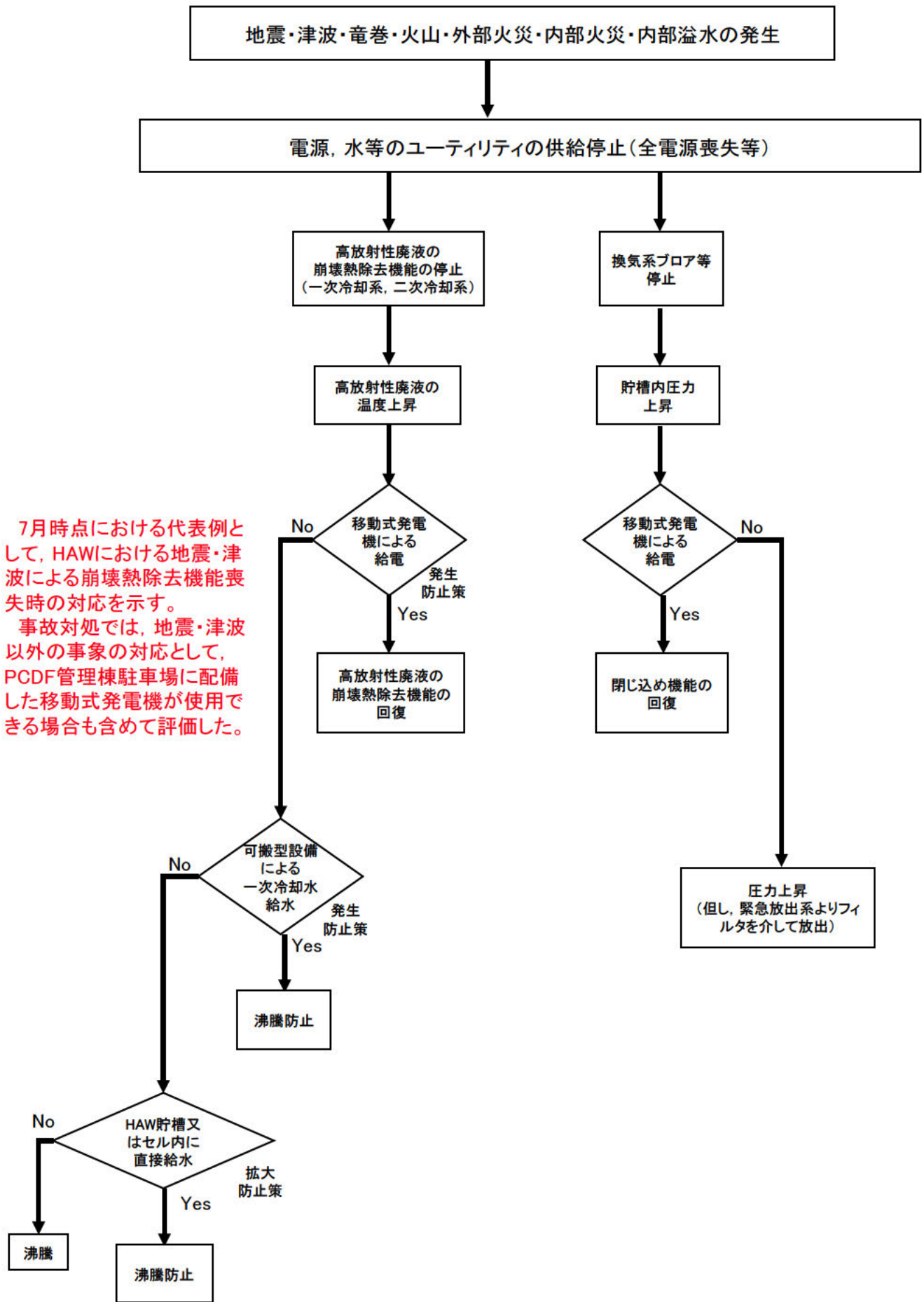
【令和2年10月変更申請, 令和3年5月工事完了予定】

○TVF 制御室の換気対策工事(全電源喪失時の可搬型設備(ブロワ, フィルタ)による制御室の換気対策)

【令和2年10月変更申請, 令和3年12月工事完了予定】

○TVF のガラス固化体保管に係る安全対策

以上



7月時点における代表例として、HAWにおける地震・津波による崩壊熱除去機能喪失時の対応を示す。  
 事故対処では、地震・津波以外の事象の対応として、PCDF管理棟駐車場に配備した移動式発電機が使用できる場合も含めて評価した。

別図-1 HAW, TVFにおける崩壊熱除去機能, 閉じ込め機能の確保に係る対応フロー <199>

別表-1 HAWにおける崩壊熱除去機能の確保に係る対応状況

評価項目				HAW 対応状況	
HAWにおける崩壊熱除去機能喪失時の事故対処の基本方針					
	崩壊熱除去機能喪失事故時の発生防止策			○	
	崩壊熱除去機能喪失事故時の拡大防止策			○	
有効性評価					
沸騰に至るまでの時間算出					
	評価のシナリオ			○	
	評価条件（初期温度，発熱量）			○	
	沸騰に至るまでの時間			○	
事象進展（事故条件，機能喪失する範囲）					
	起因事象			○	
	安全機能の喪失する範囲			○	
事故対処設備に関連する機器の条件（性能及び保管場所）					
可搬型エンジンポンプ	能力			○	
	配備場所	位置的分散		○	
		健全性(耐震性、耐津波等)		△	
移動式発電機	能力			○	
	配備場所	位置的分散		○	
		健全性(耐震性、耐津波等)		△	
事故対処設備に関連する操作条件					
作業の所要時間	屋内	訓練項目	想定	作業環境の想定（夜間・休日等）	△
			移動式発電機からの給電	○	
			一次冷却水ポンプの起動	○	
			冷却塔の起動	○	
			二次冷却水ポンプの起動	○	
			可搬型エンジンポンプからの水供給（ホース敷設、分岐管接続を含む）	○	
	屋内アクセスルート	状況の想定及びルート確保			○
		アクセスルート確保の時間			○
	屋外	訓練項目	想定	作業環境の想定（夜間・休日等）	△
			移動式発電機(転換駐車場)からの給電	○	
			移動式発電機(南東地区)を移動しての給電	△	
			可搬型エンジンポンプからの水供給（水槽組立、ホース敷設を含む）	○	
	屋外アクセスルート	状況の想定及びルート確保			○
		アクセスルートの地盤（地盤補強，複数ルート）			△
		ウェットサイト、漂流物対策（重機，津波防護柵）			△
		アクセスルート確保の時間			○
有効性評価の判断基準					
	沸騰に至るまでの時間と通水に要する時間			○	
	通水に必要な要員数			○	
評価条件の不確かさ					
要員の操作の時間余裕	要員配置			○	
	作業環境	地震，津波，竜巻，火災，火山の降灰等		△	
必要な要員及び資源の評価					
	事故が同時又は連鎖して発生した場合を想定			△	
判断基準への適合性					
	有効性評価の判断			△	



# HAW及びTVFにおける事故対処の方法、設備及びその有効性について

## 1. 事故対処の方針

東海再処理施設では、福島第一原子力発電所の事故を踏まえ、高放射性廃液及 プルトニウム溶液を保有している施設に対し、冷却機能及び水素掃気機能<sup>\*</sup>を確保するための安全対策を実施してきた。今後も高放射性廃液に伴うリスクが継続することから、これらの緊急安全対策関連の設備等の有効性を確認した上で、事故対処設備とし、位置づけ、高放射性廃液を保有する高放射性廃液貯蔵場(HAW)及びガラス固化技術開発施設(TVF)における重要な安全機能 崩壊熱除去機能、閉じ込め機能の維持を図ることとする。

HAW及びTVFにおける事故対処の有効性評価として、事象進展に応じた防護策を検討し、津波襲来後の事故対処の実効性の観点から、津波漂流物の影響等を考慮した作業環境を想定して評価を行う計画であり、両施設における事故対処は、地震、津波等により電源、ユーティリティを供給する安全系関連施設の機能が喪失した場合に、恒設設備の代替として緊急安全対策を含む可搬型設備等により必要な冷却機能及び閉じ込め機能を回復させる対応を行うものであり、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、電源)を確認する。

7月の変更申請では、その方針を示すとともに代表例とし、HAWにおける崩壊熱除去機能喪失時の事故対処について示す。また、今後、予定している安全対策(HAW周辺の地盤改良、津波漂流物防護柵の設置、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等)の実施状況に応じた有効 評価を行う。

\*1: 高放射性廃液の水素掃気機能を維持するため、対策により 動式発電機からの給電により圧縮空気を貯槽内に送り込むとともに換気系統の排風機(仮設を含む)を起動することができ、閉じ込め機を確保することがある。なお、水素発生については、東海再処理施設での実際の水素測定結果により、設計よりも十分低く事象進展が緩やかであることを確認している。

HAW貯槽の沸騰到達時間  
 ○各HAW貯槽における沸騰 達時間は、貯槽への伝熱等を考慮せず、断熱条件(HAWの崩壊熱が全て液の温度上昇に寄与)として求めた。  
 ○HAWの温度は、通常30°C前後であるが、ここでは保守的に管理目標値の最大値45°Cから液温度が上昇するものとした。

表-1 HAW貯槽の液量、発熱量及び沸騰到達時間(R2.6.30時点)

HAW貯槽	液量 (m <sup>3</sup> )	発熱量		沸騰到達時間 (hr)
		(kW)	(hr)	
272V31	55.4	39.4		78
272V32	66.0	58.0		63
272V33	69.6	42.0		95
272V34	75.6	62.6		68
272V35	72.2	68.9		60

## 2. 事象進展(機能喪失する範囲)

### 1) 高放射性廃液の崩壊熱除去機能

高放射性廃液貯蔵場(HAW)における崩壊熱除去は、各貯槽毎に独立した2系統の一次系冷却水系統、一次冷却系統で除去した熱を最終ヒートシンクとして大気に放熱する二次系冷却水系統及び冷却塔に散水を行う浄水設備より構成される。

2つの一次冷却系統にはそれぞれ各貯槽共通の予備ポンプが設置されている。二次系冷却水系統は独立した3系統があり、二次冷却水循環ポンプは予備を含めて4基あり、任意の組み合わせで接続することができる。

現有の高放射性廃液では、各貯槽とも一次系冷却系統及び二次冷却系統とも1系統のみで崩壊熱除去が可能である。

### 2) 事象進展(機能喪失する範囲)

○高放射性廃液を内包する高放射性廃液貯槽(V31～V36)、一次系冷却水系統、二次系冷却水系統及び浄水設備は、設計地震動に対して耐震性を確保する。

○HAW建家内に津波を浸入させない対策を実施することにより、上記崩壊熱除去機能は維持される。

○電源を供給する第二中間閉閉所及び冷却塔の散水用に浄水を供給する浄水貯槽(資材庫地下)は、設計地震動及び設計津波に耐えうる事が困難であり、地震、津波襲来時には電源及び冷却水の供給ができなくなり、崩壊熱除去機能が喪失する。

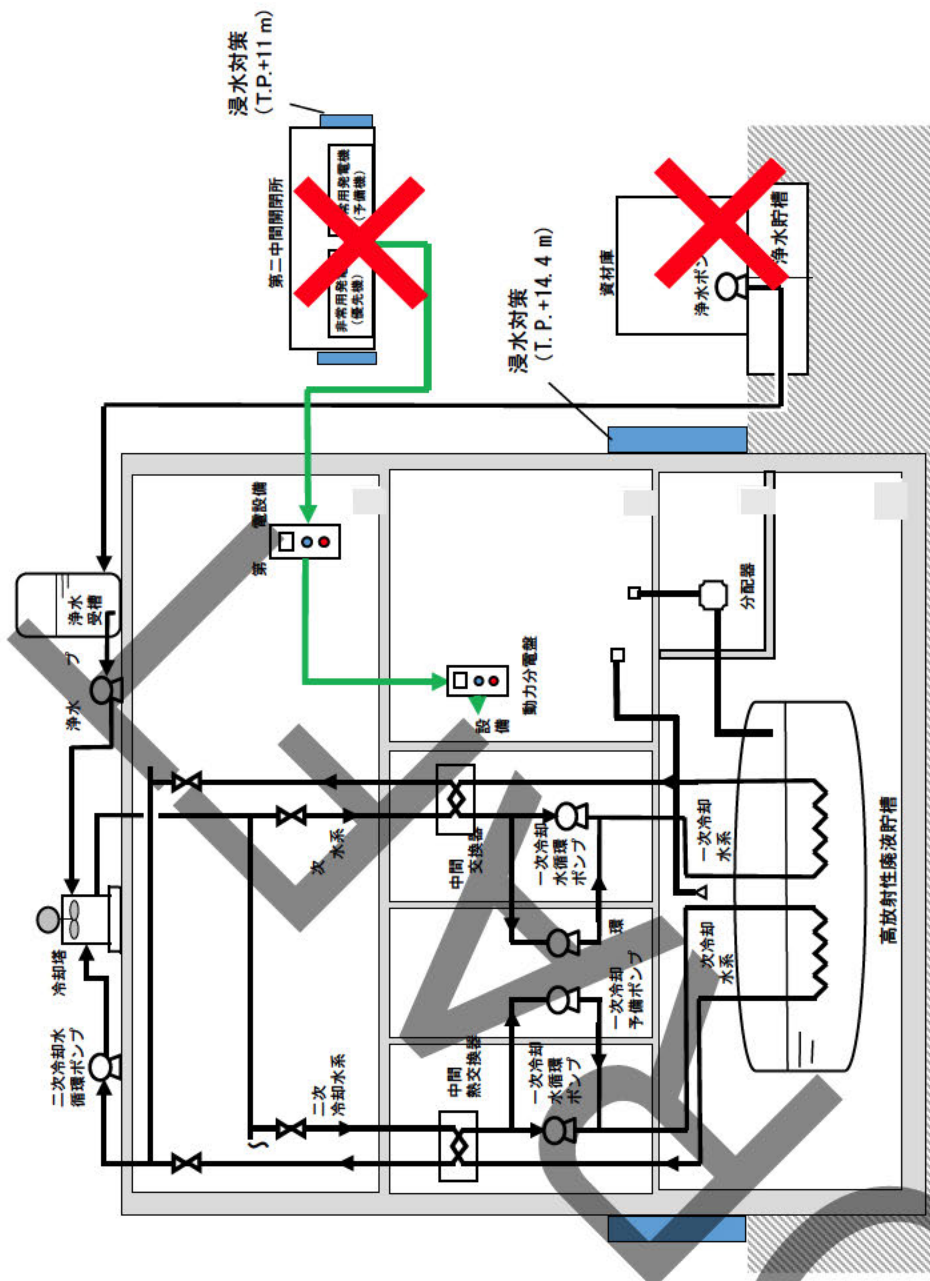


図-1 高放射廃液貯蔵場における崩壊熱除去機能系統図



### 3. 崩壊熱除去機能喪失事故時の発生防止策及び拡大防止策の具体的方法

#### 1) 事故対処の具体的方法

① PCDF管理棟駐車場において移動式発電機と接続端子盤を電源ケーブルで接続し、PCDF、MP及びHAWの屋上に敷設済の電源ケーブルを用いて、HAWの緊急電源接続盤に給電した後、電源切替盤を介して、一次冷却水予備循環ポンプ、二次冷却水循環ポンプ及び冷却塔を起動する。  
【発生防止策】

② 水源(再処理貯水槽、工水受槽、自然水利)からエンジン付ポンプ(又はポンプ車)及び消火ホースを用いて、HAW近傍の組立水槽まで水を送る。組立水槽より別のエンジン付ポンプ(又はポンプ車)により一次冷却系へ給水を行う。  
【発生防止策】

③ 上記②の方法において、クイツクアラホースを用いて分配器を経由し高放射性廃液貯槽に直接給水を行う。分配器の洗浄ラインが使用できない場合には、HAW貯槽の除染ラインからセル内へ直接注水し冷却する。  
【拡大防止策】

④ 上記の冷却に係る対策に失敗した場合、廃気は緊急系の水封槽、フィルタを経由し緊急放出系統から主排気筒へ放出される。

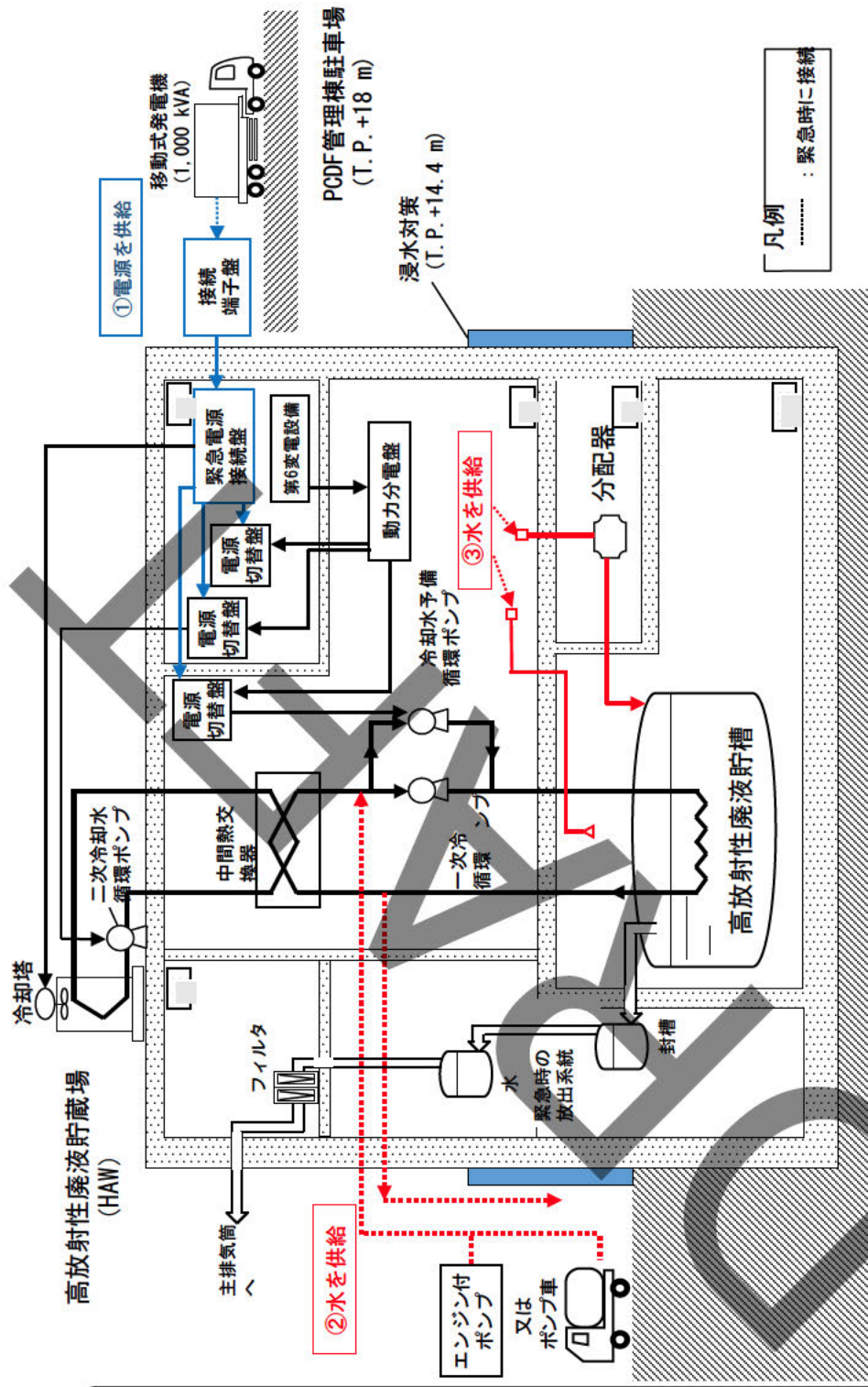


図-2 崩壊熱除去機能維持のための対応



## 4. 事故対処に係る有効性評価

### 4.1 電源供給手順及び操作訓練

電源供給に係る具体的操作内容と  
要員数及び時間

対策の具体的内容	作業内容	要員	所要時間
移動式発電機(PCDF管理棟駐車場)からの給電	作業場所への移動 移動式発電機の起動及び給電開始	5	約 60 分
1次冷却水ポンプ電源系統切替	外部電源切替盤の給電系統切替 1次冷却水ポンプの運転開始	5	約 90 分
冷却塔の電源系統切替	外部電源切替盤の給電系統切替 冷却塔の運転開始	5	約 90 分
2次冷却水循環ポンプの電源系統切替	外部電源切替盤の給電系統切替 2次冷却水循環ポンプの運転開始	5	約 90 分

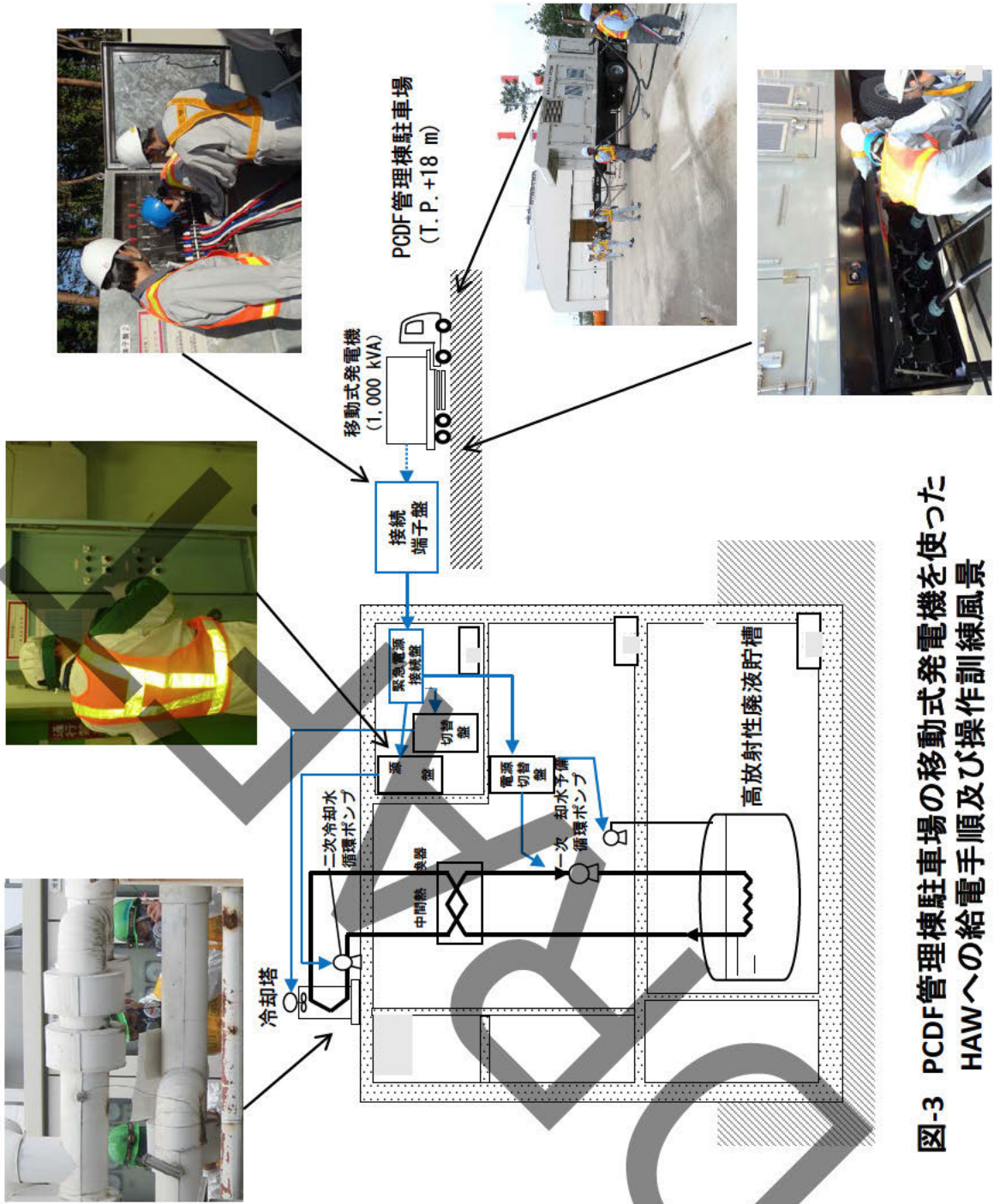


図-3 PCDF管理棟駐車場の移動式発電機を使った  
HAWへの給電手順及び操作訓練風景

## 4. 事故対処に係る有効性評価

### 4.2 冷却水供給手順及び操作訓練

冷却水供給に要する具体的操作内容と  
要員数及び時間

対策の具 体的内容	作業内容	要員	所要時 間
エンジン ポンプを 用いて1次 冷却水系 へ水を供 給	資機材準備・運搬	7	約150 分
	(必要に応じアクセスル ー ト確保)		
水を直接、 貯槽内へ 注水	分岐管及びホース敷設及 び接続	7	約255 分
	貯水槽からの給水	7	約45分
水を直接、 セル内へ 注水	配管・ホース敷設及び接 続	3	約30分
	可搬型エンジンポンプか らの給水	3	
水を直接、 セル内へ 注水	配管・ホース敷設及び接 続	3	約30分
	消防ポンプ車又は可搬型 エンジンポンプからの給 水	3	

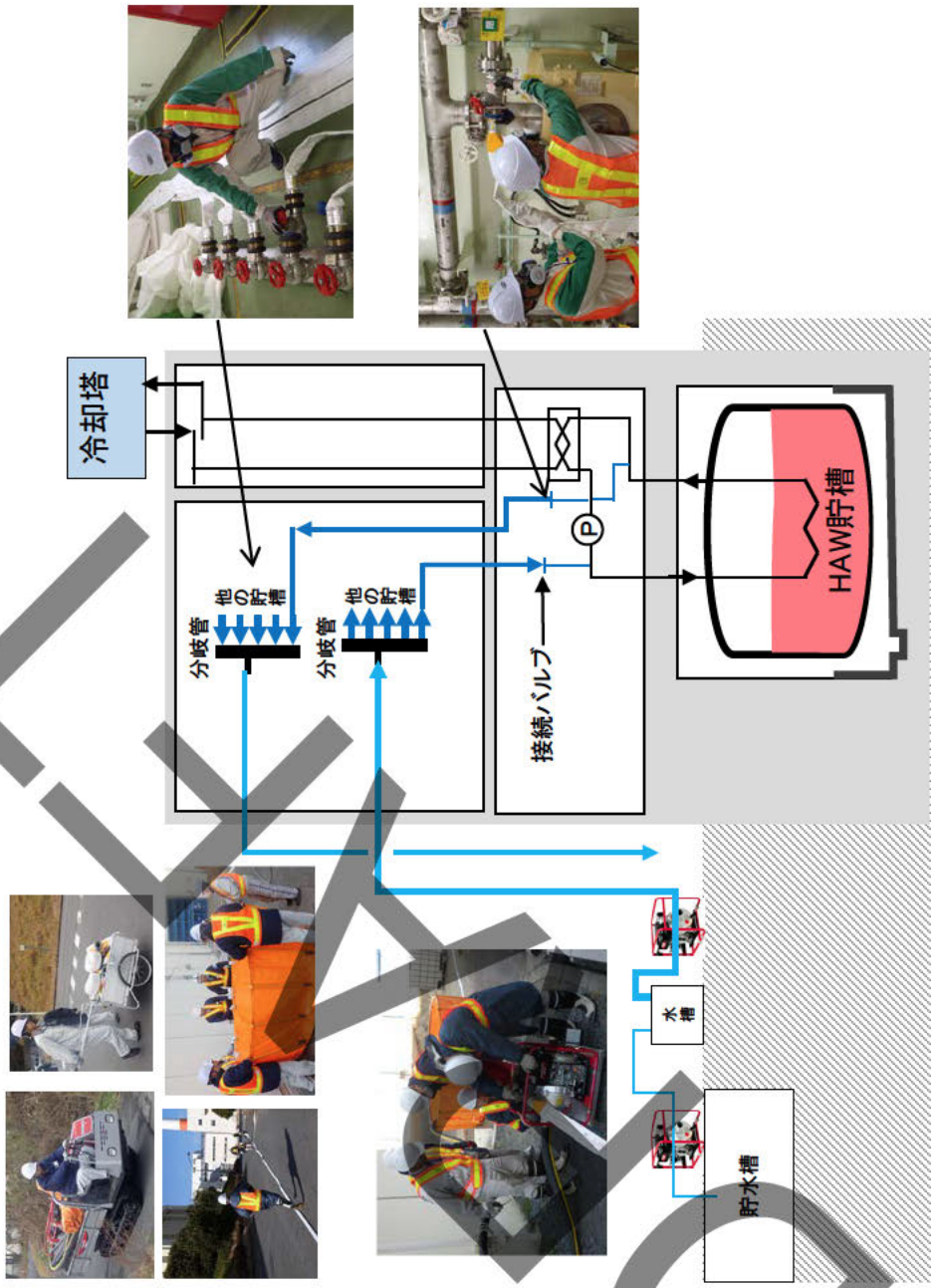


図4 エンジンポンプを使った冷却水供給手順及び操作訓練風景



## 4. 事故対処に係る有効性評価

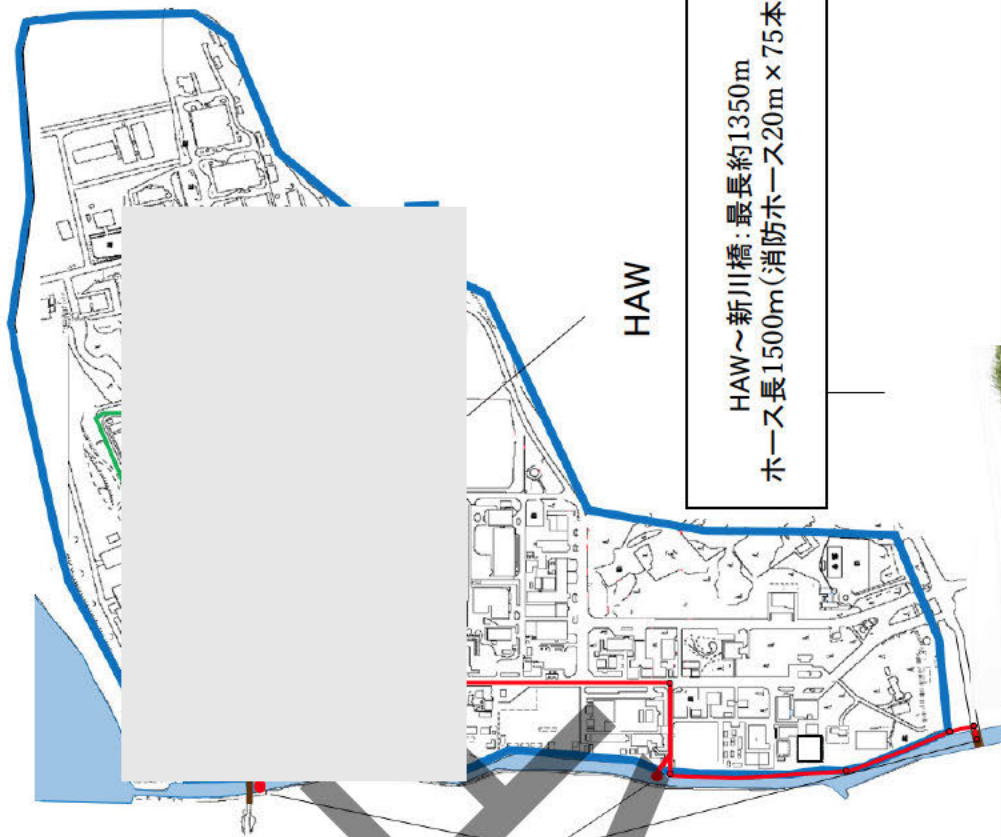
### 4.3 アクセスルートの確保

事故時の冷却水の取水は、浄水貯槽及び研究所内の工業用水貯槽からの取水を基本とするが、地震、津波及びその重量により設備が損傷し使用できない場合を想定し、新川から取水するルートについても想定する。

新川からの取水については、津波漂流物及び津波襲来後の取水場所の状態が大きく変化することを想定し、真砂橋付近から新川橋付近まで複数箇所設け、その中から早期に復旧可能なルートを使用する。ルート上に障害物等がある場合には、ホイローダ等の重機を使用する。



自然水利(新川)からの取水  
及び放水



がれき撤去等の重機の操作訓練

図-5 事故対処に係る操作訓練



## 4. 事故対処に係る有効性評価

### 4.4 崩壊熱除去機能喪失時の対策時間の確認結果(1/2)

【必要な操作時間及び要員数】

○OPCDF駐車場の移動式発電機からの給電で対応する場合は、13名(化施課5名・保全1課3名・保全2課5名)必要である。また、冷却水(補給水)供給時の必要人数は7名である。

○移動式発電機起動の準備から冷却水(冷却塔の補給水)供給までにかかる時間は、**約1時間**なる。

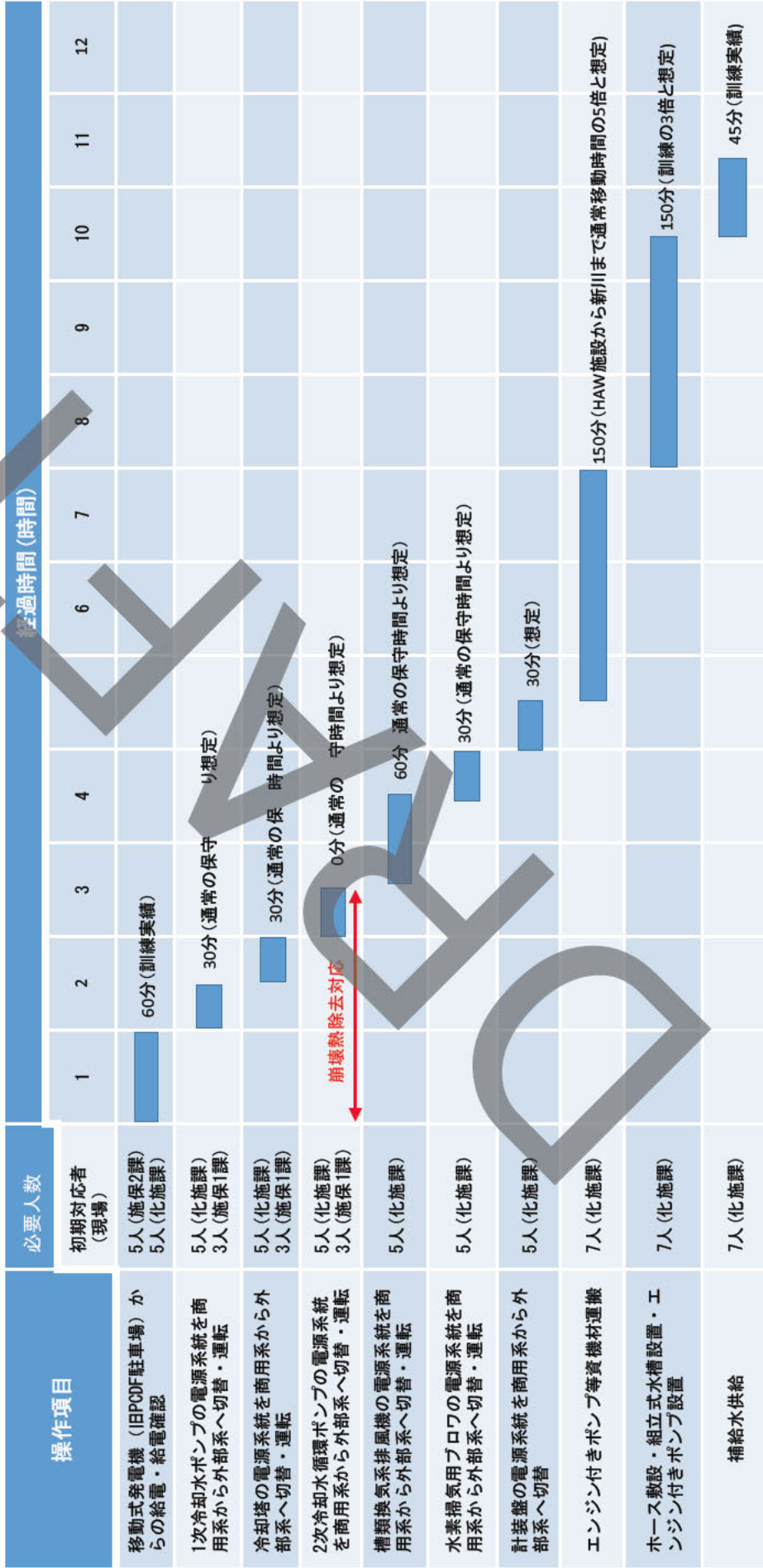


図-6 崩壊熱除去機能喪失時の対策時間  
(移動式発電機を使った場合のタイムチャート)

## 4. 事故対処に係る有効性評価

### 4.4 崩壊熱除去機能喪失時の対策時間の確認結果(2/2)

【必要な操作時間及び要員数】

- 移動式発電機からの給電ができず、エンジン付きポンプで一次冷却水系へ供給する場合、7名必要である。
- 一次冷却水系が使用できず、貯槽又はセル内へ直接給水する場合、7名必要である。
- 津波漂流物等の影響を考慮し、作業時間は保守的に設定する（作業環境の想定について5項示す）。
- 一次冷却水系に冷却水を供給するまにかかる時間は、約10時間となり、その後貯槽内及びセル内への直接給水を行っても約11時間で終了する。

操作項目	必要人数	経過時間(時間)														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
エンジン付きポンプ等 資機材運搬	初期対応者 (現場) 7人(化施課)							150分(HAW施設が 新川までの通常移動時間 5倍と想定)								
アクセスルート確保	2人 (重機運転有 資格者)								敷地内がれ 撤去 分と想定							
ホース敷設・組立式水 槽設置・エンジン付き ポンプ設置	4人(化施課)									150分(訓練時の3倍と想定)						
1次冷却水系フレンジ 取外し・冷却水供給プ ラグ接続・ホース敷設	3人(化施課)										255分(訓練時の3倍と想定)					
冷却水供給	7人(化施課)														45分(訓練実績)	
貯槽内へ直接給水	7人(化施課)														30分(想定)	
セル内へ直接注水	7人(化施課)															30分(想定)

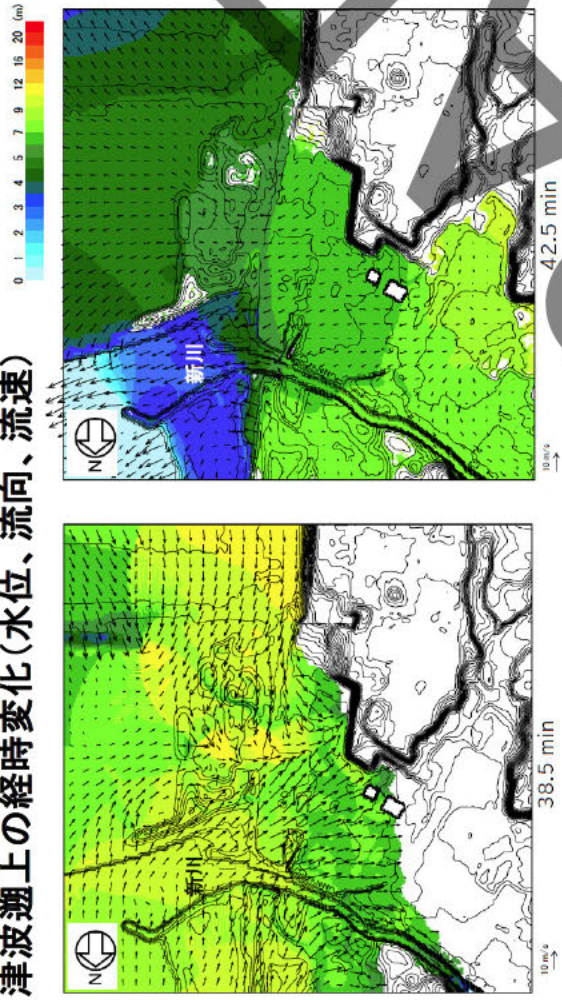
図-7 崩壊熱除去機能喪失時の対策時間  
(エンジンポンプを使って一次冷却水を供給した場合のタイムチャート)



## 4. 事故対処に係る有効性評価

### 4.5 事故対処における津波漂流物に対する考慮について

津波遡上の経時変化(水位、流向、流速)



【津波湖上】  
最大津波流速発生時刻

【引き波】  
最大津波流速発生時刻

### 東日本大震災におけるコンテナ、車両 被害状況の例



引用) 塩谷茂明: “東日本大震災による宮城県主要港湾施設及び船舶の津波被害復旧の実態調査”, 日本航海学会誌 NAVIGATION, 183号, 79 (2012).

- 津波漂流物調査では再処理施設東(海側)に位置する茨城港常陸那珂港区に約6000台の車両、約2100基のコンテナを確認しており、核燃料サイクル工学研究所内にも約1200台の車両を確認している。その他、防砂林等の植生が存在している。
- 数量が多く漂流物になり得るこれらの車両等が、HAW及びTVF周辺に漂流した場合を考慮し、事故対処を行うための作業環境を想定する。
- 津波漂流物を考慮した作業環境として、障害物を撤去又は迂回するための作業時間、消防ホース等の敷設ルートの延長、送水時の圧力損失の増加等を考慮し、作業の有効性を評価する。
- 設計津波の遡上解析の結果及び軌跡解析(実施中)の結果を踏まえ、津波漂流物の妥当性を確認する。(R2年10月末目途に実施)



## 4. 事故対処に係る有効性評価

### 4.6 有効性評価結果のまとめ

崩壊熱除去機能の喪失後、高放射性廃液貯槽の高放射性廃液の崩壊熱が全て液温の上昇に寄与する案件において沸騰に至るまでの時間(約60時間)に対し、事故対処は15時間 内で講じることができる。

津波遡上解析の結果から津波襲来後、再処理敷地より津波が引く約2時間経過後には、事故対処作業が可能となることから、高放射性廃液が沸騰に至る時間前に十分な時間余裕をもって崩壊熱除去機能の回復が行えることを確認した。

なお、必要な事故対処機材については、PCDF管理棟駐車場の保管場所の他に、竜巻等の影響を防ぐためHAW建家内高所または南東地区に固縛して保管する(分散配置) また、移動式発電機と可搬型のエンジンポンプの燃料は、南東地区にある燃料タンクで約90日間燃料の供給可能である。

今後、夜間の招集訓練、対応訓練等を行うとともに、津波を遡上解析結果をもとに津波襲来時のウェットサイトを想定した訓練を行い事故対処の信頼性向上を図る

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の  
廃止措置計画用設計津波に対する津波影響評価に関する説明書

【概要】

- ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟(以下、「TVF 開発棟」という。)について、廃止措置計画用設計津波(以下、「設計津波」という。)に対する建家外壁の強度評価について、波力及び余震との重畳を踏まえた津波荷重に対し構造強度を維持していることを示す。
- TVF 開発棟における浸水の可能性のある経路について確認結果を示す。また、接続するトレンチ(T20、T21)が浸水した場合においても建家内が浸水しないよう、トレンチの内壁とスラブの構造強度を維持していることを強度評価により示す。
- 建家外壁の強度評価の結果、浸水防止扉を設置している外壁の補強を要することから、当該外壁の補強方法と合わせて令和3年1月までに浸水防止扉の強度評価を示す。

令和2年7月16日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

#### 4.2 浸水防止設備（浸水防止扉）

浸水防止設備（浸水防止扉）は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.2 浸水防止設備（3）性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。

機能設計上の性能目標を達成するため、浸水防止扉は十分な支持性能を有する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外壁に設置する扉枠との境界に水密ゴムを挟んで鋼製の扉を固定する構造とし、設計津波の最大水位に参照する裕度を考慮した高さ（T.P.+12.8 m）を超える高さ（T.P.+14.4 m）まで健全性を保持する設計とする。

浸水防止扉は、構造強度設計上の性能目標を達成するため、建家外壁と浸水防止扉の扉枠との接続部は、設計津波の最大水位に参照する裕度を考慮した高さ（T.P.+12.8 m）を超える高さ（T.P.+14.4 m）までシール材等での止水処置により健全性を有する設計とする。また、設計津波の遡上波（波力算定用津波高さ：T.P.+12.3 m）に対して耐津波性を有する設計とし、繰り返し襲来する遡上波による波圧を考慮し健全性を保持する設計とする。

構造強度設計上の性能目標を達成するため、設計津波の遡上波（波力算定用津波高さ：T.P.+12.3 m）に対して耐津波性を有する設計とし、浸水防止扉が、設計津波の遡上波による波圧を考慮し健全性を保持する設計であることを TVF 開発棟の外壁補強と合わせて令和3年1月までに確認する。

#### 4.3 漂流物の影響防止施設

令02原機（再）020にて補正の別添6-1-3-2「I 高放射性廃液貯蔵場（HAW）の津波防護に関する施設の設計方針 4.3 漂流物の影響防止施設」と同様とする。

#### 4.4 津波監視設備

令02原機（再）020にて補正の別添6-1-3-2「I 高放射性廃液貯蔵場（HAW）の津波防護に関する施設の設計方針 4.4 津波監視設備」と同様とする。



#### 5.4 評価のまとめ

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟は、ケース1（浮力＋余震＋水圧）、ケース2（波力＋余震）、ケース3（波力＋漂流物衝突荷重）の荷重条件に対して、保有水平耐力の検定比は最大0.36、接地圧の検定比は最大0.25であり、許容限界（終局耐力）以下であることを確認した。また、建家外壁のうち9通り（東面）外壁及びA通り（南面）外壁についても検定比は最大0.891であり、許容限界（短期許容応力）以下であることを確認した。

建家外壁の評価に用いた応力（曲げモーメント、せん断力）は、表4-1-1～表4-3-1に示すとおり、水圧や余震、漂流物による応力に比べて波力による応力が大きい。波力算定に用いる津波高さについては「港湾構造物なし、周辺建家なし」とし、潮位変動に基づき潮位のばらつきを考慮した値とする等、安全側となる荷重の設定をしており、9通り（東面）外壁及びA通り（南面）外壁は、耐津波設計上の裕度を有している。

一方、1通り（西面）外壁の応力は、ケース1、2、3いずれにおいても許容限界を超えるため、補強を実施する。また、H通り（北面）外壁の応力はケース2において耐津波設計上の裕度を有していないため、補強を実施する。具体的な補強方法については、令和3年1月までに示す。