

3.1.4 津波対策

－ 基本的考え方 －

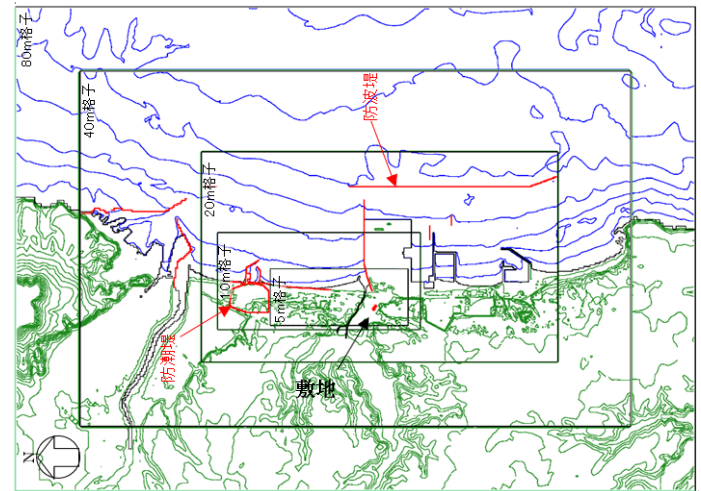
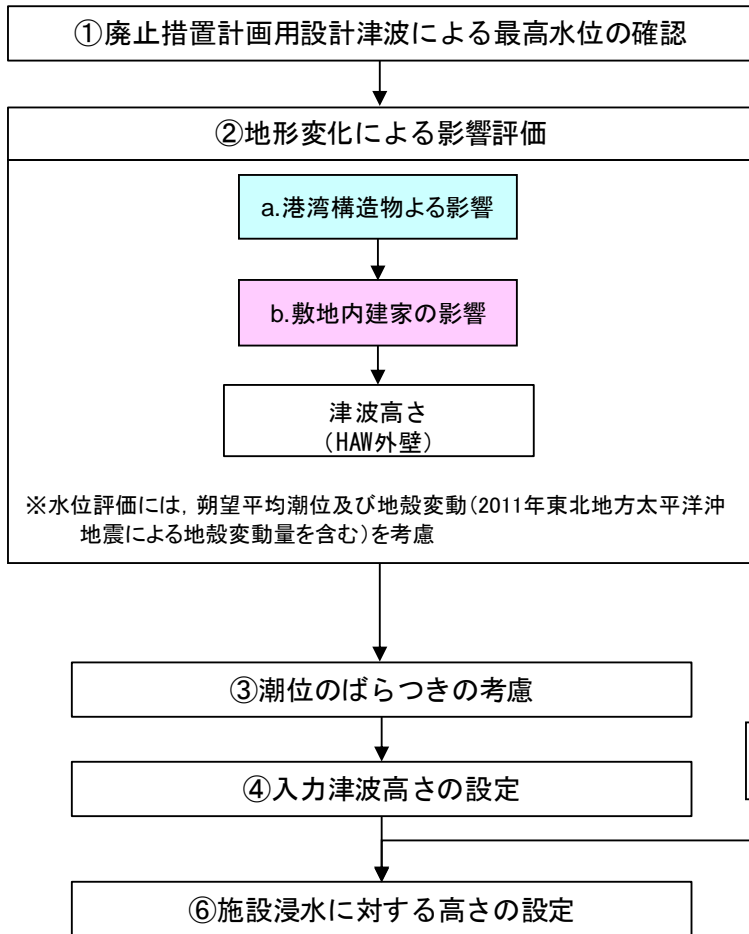
- 廃止措置段階にある東海再処理施設の津波に対する安全対策は、高放射性廃液に伴うリスクが集中するHAW及び一定期間使用するTVFについて、最優先で取り組むことを基本方針とした。
- 津波に対しては、HAWとTVFの高放射性廃液を取り扱う上で重要な安全機能(閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能)を担う設備についてそれらの機能が損なわれることのないように、設計津波に対してHAW及びTVFの建家内を浸水させないよう対策を行う。
- 設計津波に対する建家等の強度評価に必要な条件として最大水位、進入角度、流速について遡上解析により算出する。
- プラントウォークダウン等により漂流物となりえるものを洗い出し、ス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。

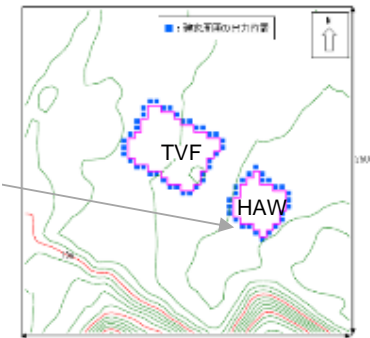
3.1.4 津波対策

－ 入力津波の検討(1/4) －

- 設計津波の遡上によるHAWへの影響評価に用いる入力津波の津波高さは、以下の不確かさ要因を考慮して評価した。
- このうち、「②地形変化による影響評価」については、敷地内に津波が遡上することを踏まえ、**遡上評価においては、敷地内の建家の有無を考慮し、保守側に設定した。**



【津波評価モデル(港湾構造物有り)】



建家外周の津波水位が最も高い位置で設定

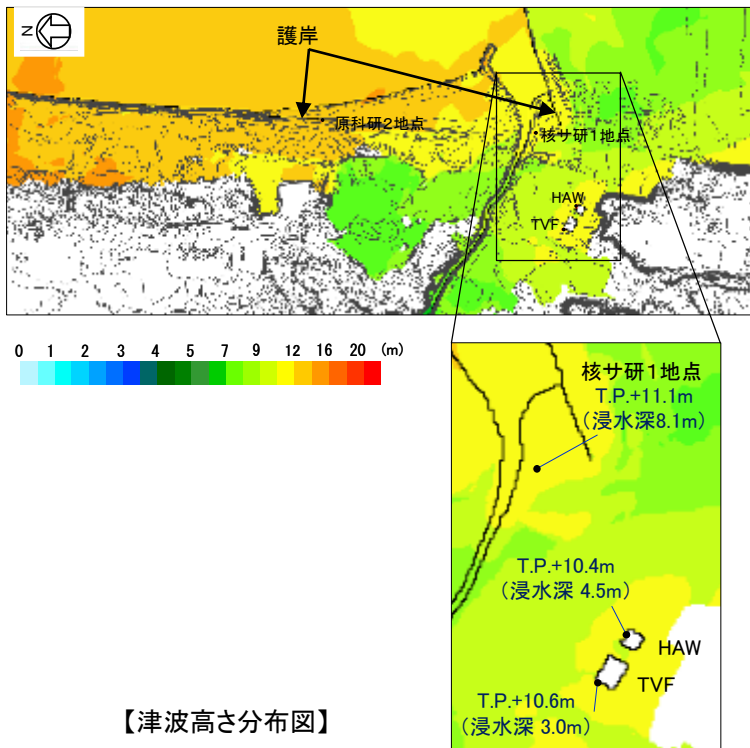
【建家の水位出力位置】

3.1.4 津波対策

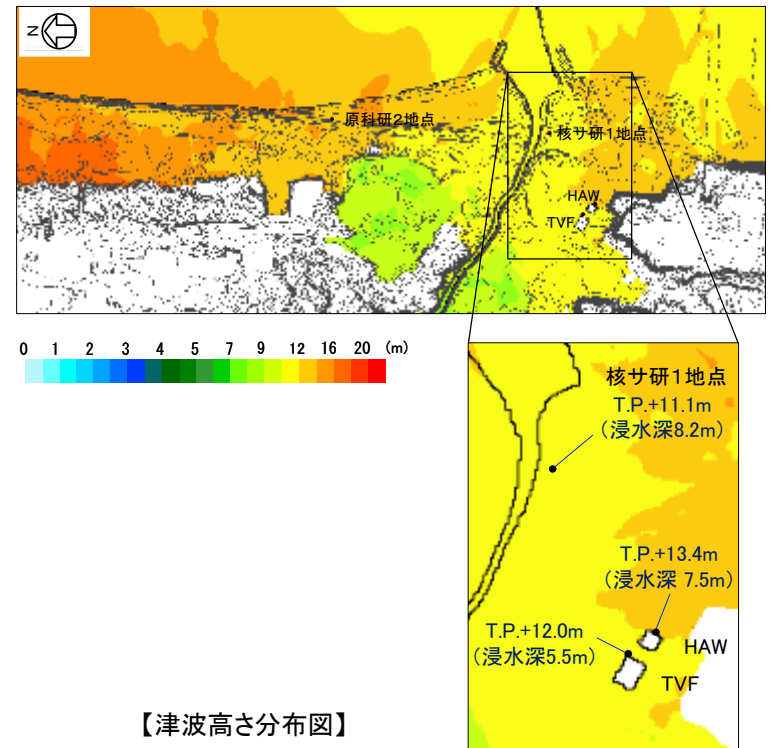
－ 入力津波の検討(2/4) －

- 港湾構造物の有無により、敷地全体に水位変動が見られ、港湾構造物無しの場合に高放射性廃液貯蔵場(HAW)の最大水位は、3 m程度水位が上昇することを確認し、**保守的となるよう「港湾構造物無し」のモデルで評価した。**

港湾構造物有り



港湾構造物無し



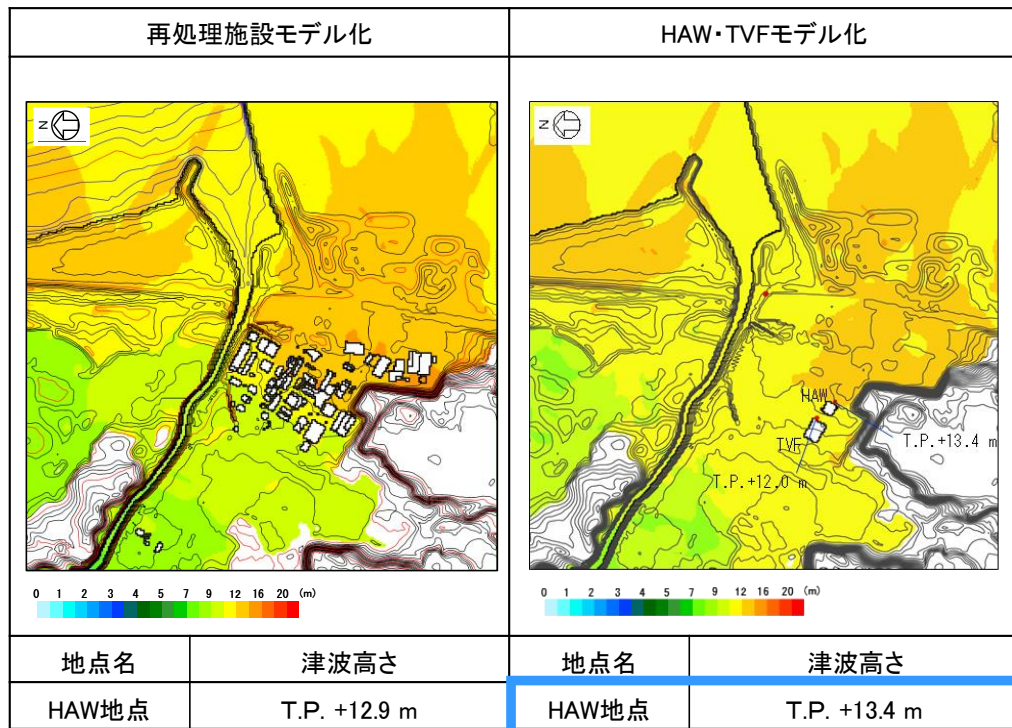
名称	港湾構造物有り	港湾構造物無し
津波高さ(HAW地点)	T.P.+10.4 m	T.P.+13.4 m

※再処理施設敷地内の建家について、HAW及びTVFのみをモデル化した「HAW・TVFモデル化」での検討結果

3.1.4 津波対策

－ 入力津波の検討(3/4) －

- 再処理施設内の主な建物(鉄筋コンクリート造(RC造)または鉄骨鉄筋コンクリート造(SRC造)、一部建家の屋根または上屋は鉄骨造(S造))については残存すると考えられるが、建家への影響を考え下記の評価を行い、津波高さが高くなるモデルを評価に用いた。
- 再処理敷地内建家について、HAW及びTVFのみモデル化した「HAW・TVFモデル化」と再処理施設内の建家をモデル化した「再処理施設モデル化」を比較し、建家の有無による津波高さへの影響確認を実施した。両者を比較した結果、「HAW・TVFモデル化」の方が、約0.5m浸水高さが高いことを確認し、**建物による津波の低減効果が見られる。**
- **入力津波の設定にあたっては、保守的となるよう「HAW・TVFモデル化」を選定した。**

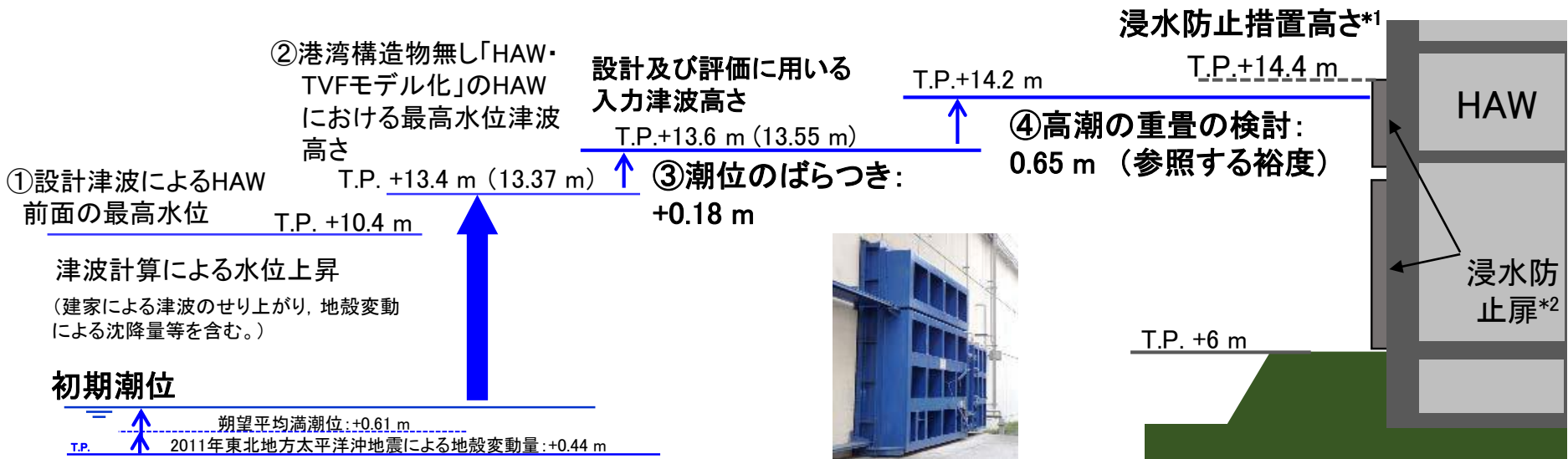


※建家高さは地形高さ(固定値)として入力。港湾構造無しモデルでの検討結果。

3.1.4 津波対策

－ 入力津波の検討(4/4) －

➤ 入力津波の設定における影響要因を踏まえて、HAW建家の入力津波高さは以下のとおり。



HAW建家外側の浸水防止扉

*1 浸水防止措置高さT.P.+14.4m

- ・東北地方太平洋沖地震において、福島第一原子力発電所では、15mの津波が襲来。これは、土木学会の津波高さの評価値5.5mを9.5m上回る値であった。これを踏まえ、緊急安全対策として東海再処理施設の主要な施設に浸水防止扉を設置することとし、その際、土木学会の津波高さ評価値4.9mに9.5mを加えた津波高さ14.4mを浸水防止措置高さに設定した。
- ・建家外壁開口部は設計津波の最大浸水深T.P.14.2mを上回るT.P.15mに設置されており、建家による津波のせり上がりに伴い浸水したとしても、影響は限定的であり、HAWの安全は確保できる。また、当該部位は、竜巻対策として閉止予定であり、安全対策の詳細については、今後、廃止措置計画の変更申請を予定している。

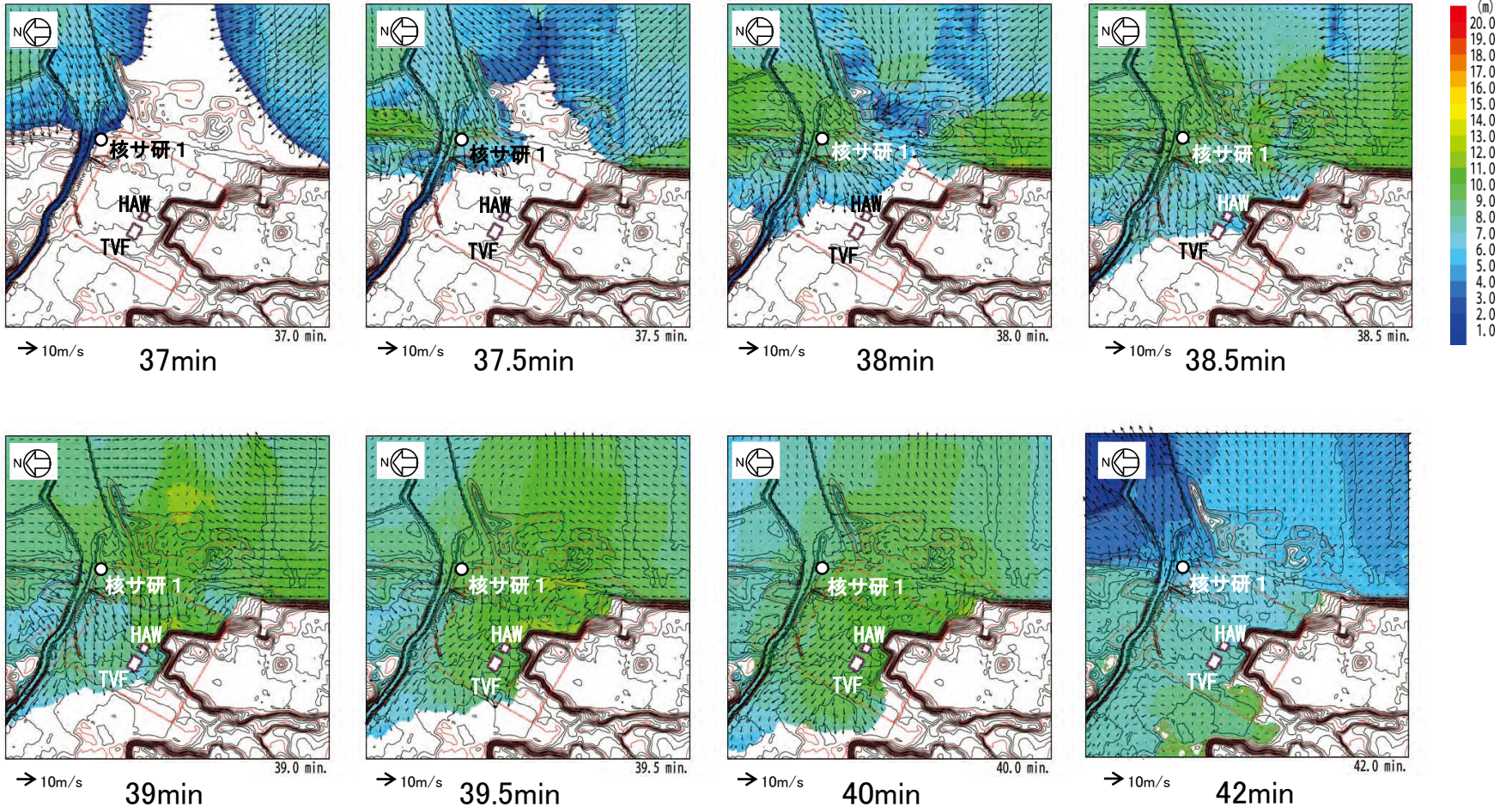
*2 浸水防止扉

- ・HAW及びTVFに設置している浸水防止扉は、TVF入口に設置している扉を除き通常扉を閉じる運用としている。(TVF入口は、休日夜間のみ扉を閉じている。)
- ・今後、HAW及びTVFの浸水防止扉の強度評価を行い、地震発生後に閉止できることを確認する計画である。

3.1.4 津波対策

— 津波遡上解析結果 —

- ▶ 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

3.1.4 津波対策

ー 建家位置における水位・流速 ー

- 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。

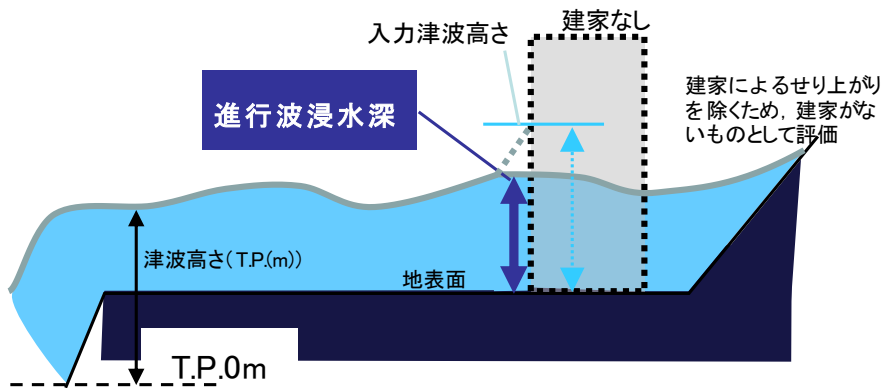


図1 進行波の概略

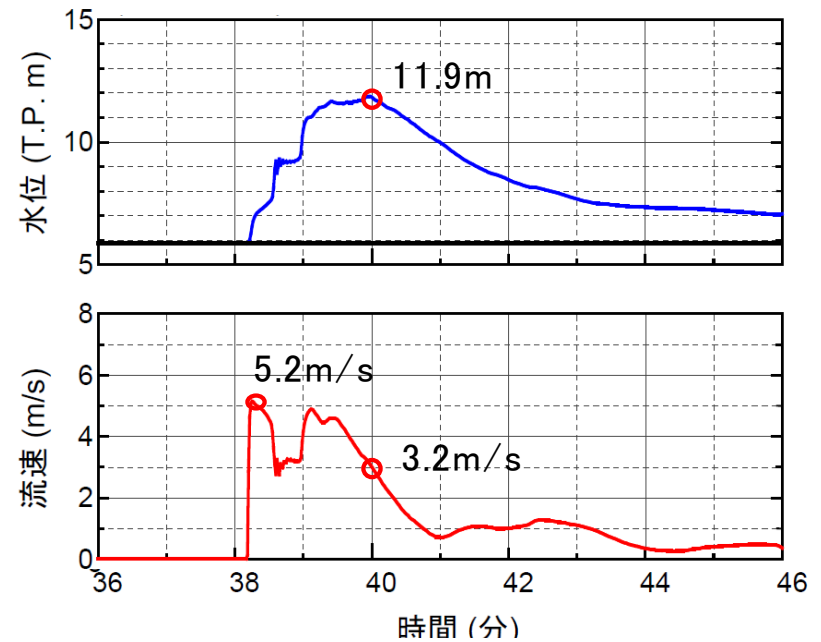


図2 HAWの進行波浸水深さ及び流速の時刻歴波形

3.1.4 津波対策

— 代表漂流物の選定(1/2) —

- 津波防護対策の設計に用いる代表漂流物を選定するため、設計津波が襲来した際に、漂流物となり得る可能性のある建物・設備等について、以下の調査を行った。
- 東海第二発電所の津波漂流物調査方法を参考に、再処理施設周辺が設計津波により浸水することを考慮して、研究所内外の調査範囲に存在する建物・設備等の洗い出した。
- 洗い出しは、ウォークダウンや設計図書等により行った。
- 代表漂流物のスクリーニング判定では、各分類毎に最も重いものを選定し、保守的に、設計津波の流況、漂流物の軌跡解析及び周辺の障害物等によらず、判定した漂流物は再処理施設に到達するものとした。
- 調査範囲は、再処理施設から半径5 km以内で設計津波が遡上するエリア(右図参照)とした。

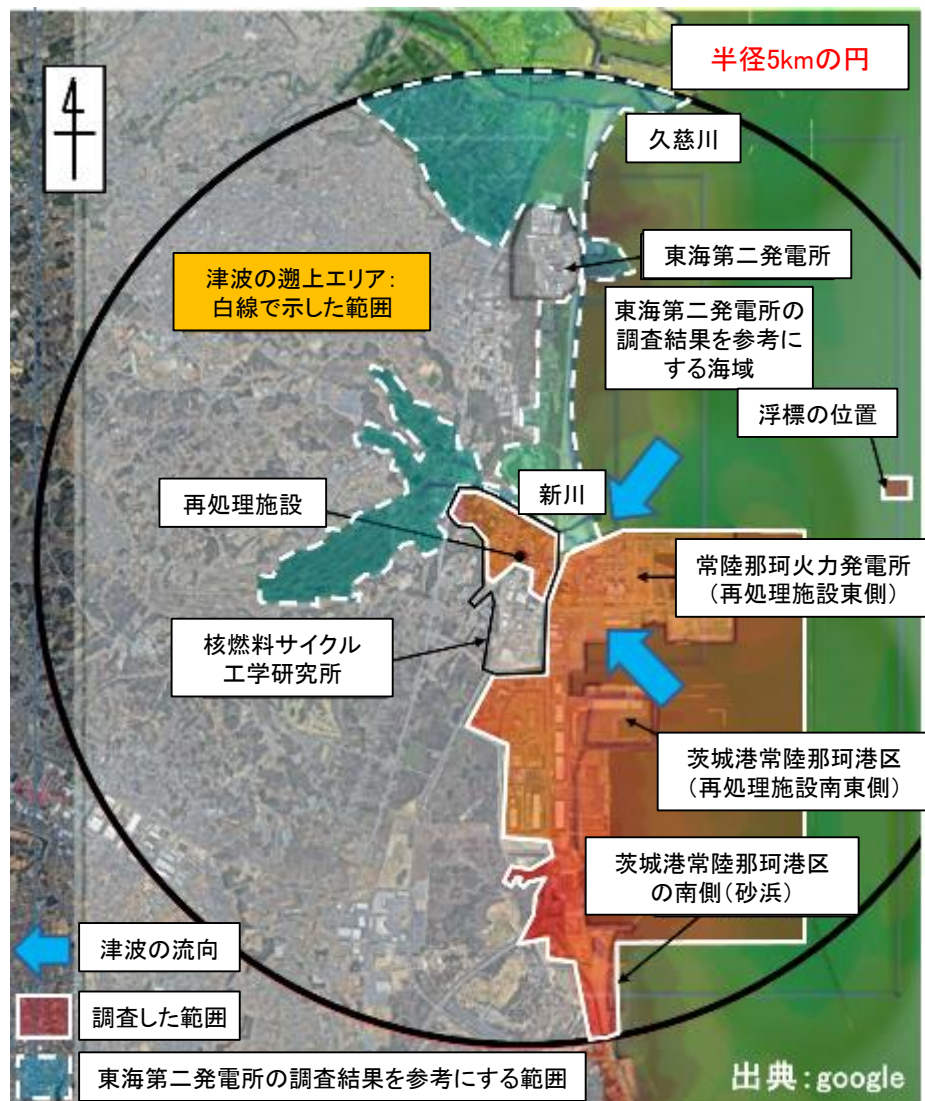


図 漂流物の調査範囲

3.1.4 津波対策

— HAW建家の健全性評価(1/2) —

➤ HAW建家の健全性評価に用いる荷重を以下に示す。荷重の組合せは、検討項目を考慮して設定する。

浸水深

施設への水の流入を確実に防ぐため、算定した入力津波高さに参照する裕度(0.65 m)※を加えた浸水深さ(T.P.+14.2 m)に対して、浸水防止措置の確認を行う。

浮力

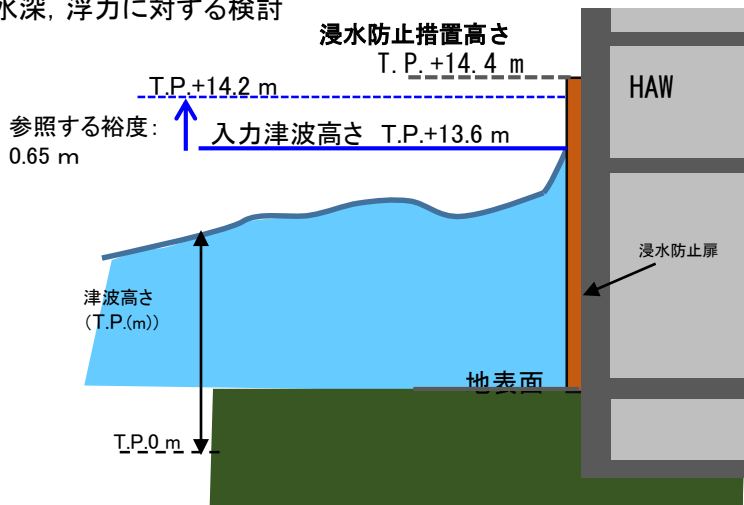
最大浸水深(潮位のばらつき0.18mを考慮した入力津波(T.P.+13.6 m))まで津波に浸かるとして、施設健全性の検討を行う。

波力(津波荷重)

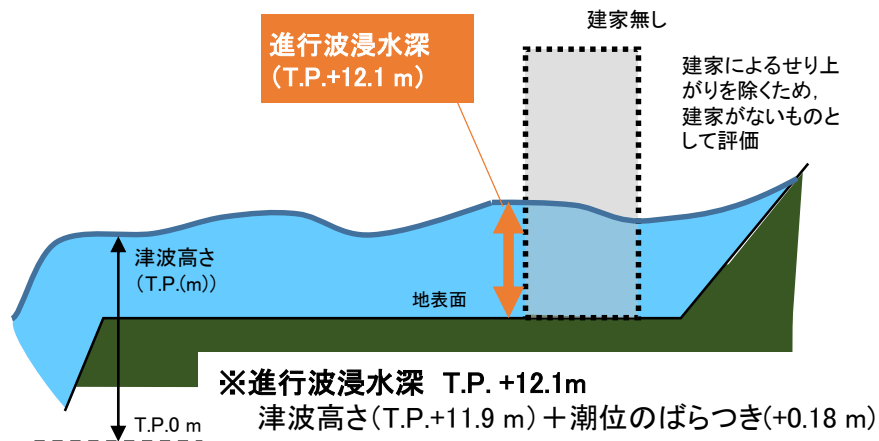
- ・波力(津波荷重)は、津波高さに水深係数 α 倍を考慮した津波荷重とする。
水深係数の設定にあたっては、 $\alpha=3$ を基本とする。ただし、津波の軽減が見込まれる場合には、それらを考慮して設定する。
- ・波力を算出する津波高さは、進行波(建家部分のせり上がりは除く)に潮位のばらつきを考慮した津波高さ(T.P.+12.1※ m)に対して、建家健全性の検討を行う。

※参照する裕度:高潮ハザードの再現期間100年の期待値より算出した裕度

・浸水深, 浮力に対する検討



・波力に対する検討



3.1.4 津波対策

－ HAW建家の健全性評価(2/2) －

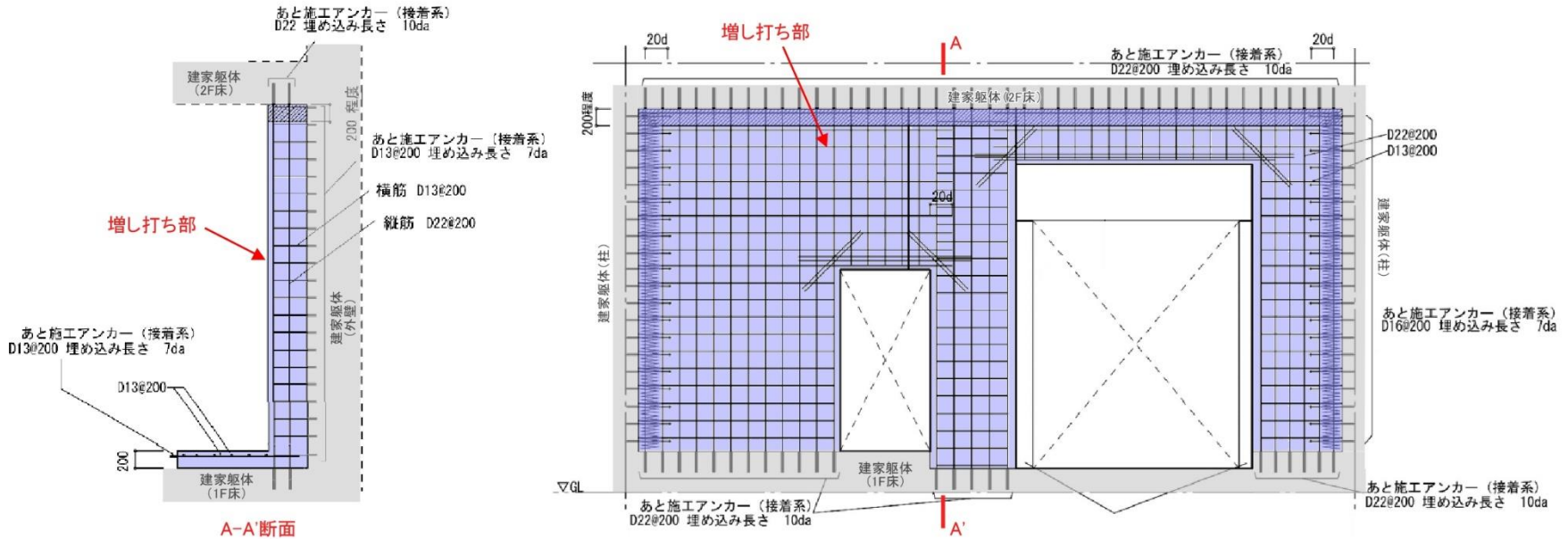
検討項目	対象	評価項目	評価条件	対策
浸水深に対するHAW建家の健全性を確認する。	浸水防止扉	・設置位置	・浸水深	浸水防止措置を高さ(T.P.+14.4m)まで実施済みであり、 新たな対策は不要 (強度確認を実施)。
浸水時の津波非先端部の浮力に対する余震の重畳を考慮して、HAW建家の健全性を確認する。	HAW建家	・保有水平耐力に対する検討 ・接地圧・接地率 ・部材の検討	・浮力 ・余震 ($S_d=1/2S_s$)	・浮力と余震の重畳による評価において、接地率が低下する。 ・ 接地率を改善させるため、HAW周辺の地盤補強工事を実施する。
浸水時の津波先端部の波圧に対する余震の重畳を考慮して、HAW建家の健全性を確認する。	HAW建家	・保有水平耐力に対する検討 ・接地圧・接地率 ・部材の検討	・波力 ・余震 ($S_d=1/2S_s$)	・波力に外壁の評価において、開口部を有する一部の外壁の強度が不足する。 ・ 建家開口部周りの補強(壁の増打ち)を実施する。
津波漂流物に対する防護対策の健全性を確認する。	HAW建家	・衝突に対する健全性	・漂流物衝突荷重 ・流速	・漂流物の衝突に対して、外壁の強度が不足する。 ・ 建家に漂流物が到達しないように建家周辺に防護柵を設置する。

3.1.4 津波対策

— HAW一部外壁補強工事 —

○工事概要

廃止措置計画用設計津波の波力に対して、高放射性廃液貯蔵場(HAW)の一部の開口部を有する外壁の強度を確保するために外壁内側に300 mm厚程度*の鉄筋コンクリートを増し打ちする。
管理区域内工事。(※ 増し打ちの厚みは場所ごとに異なる。)



(令和2年8月7日申請 廃止措置計画変更認可申請書 別冊1-14)

○作業状況



[工事エリア周辺の電線管等の移設作業]



[壁のコア抜き調査]



[アスベスト除去作業]

これまでに工事エリア周辺の既設物の移設を完了し、既設の壁にアスベストが使用されていたことから、その除去作業を進めているところである。
アスベスト除去が完了した後、あと施工アンカーの打設、鉄筋組立、コンクリート打設を行う。

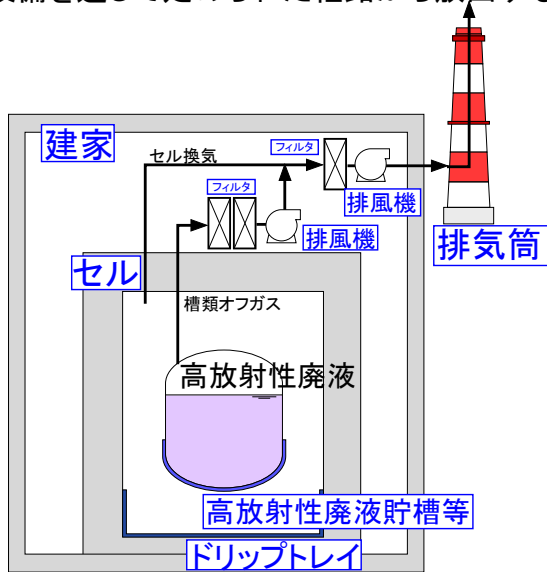
－ 基本的考え方 －

- 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.85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。

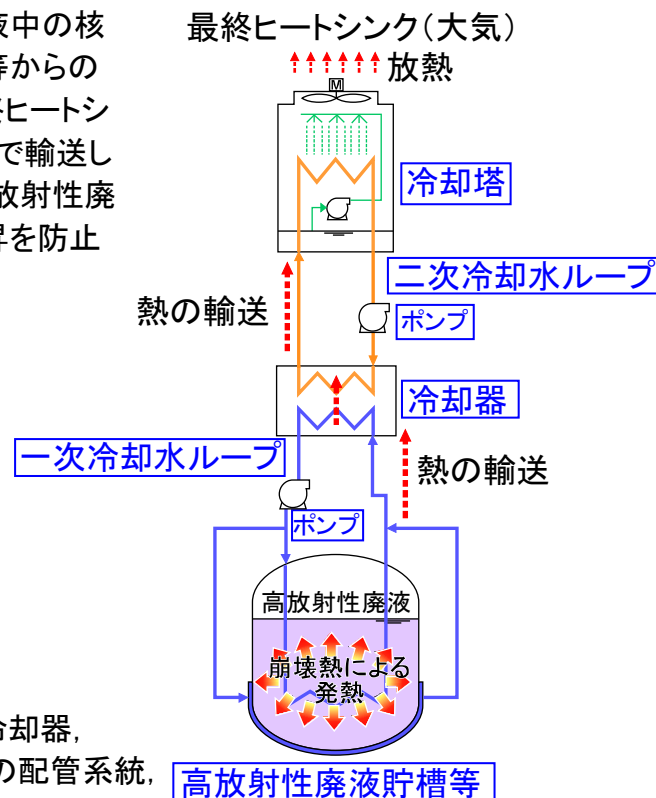


【代表的な設備】

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

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。
- ◆ **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。

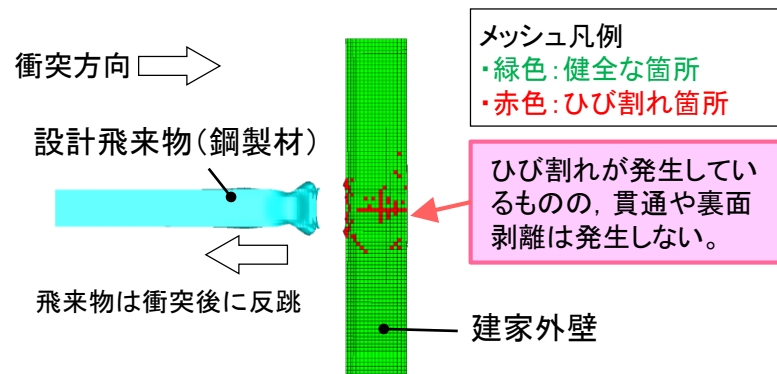
影響評価結果

- ◆ **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**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.85以降でご説明]**

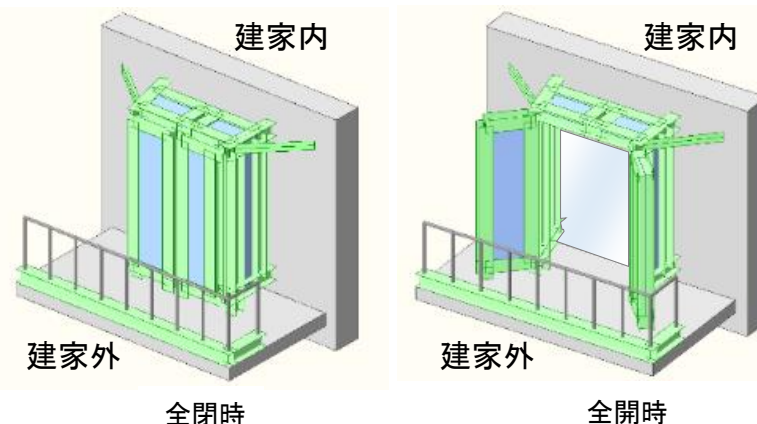
HAWの建家外壁に対する設計飛来物衝突時の3次元解析結果



(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



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/cm³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。

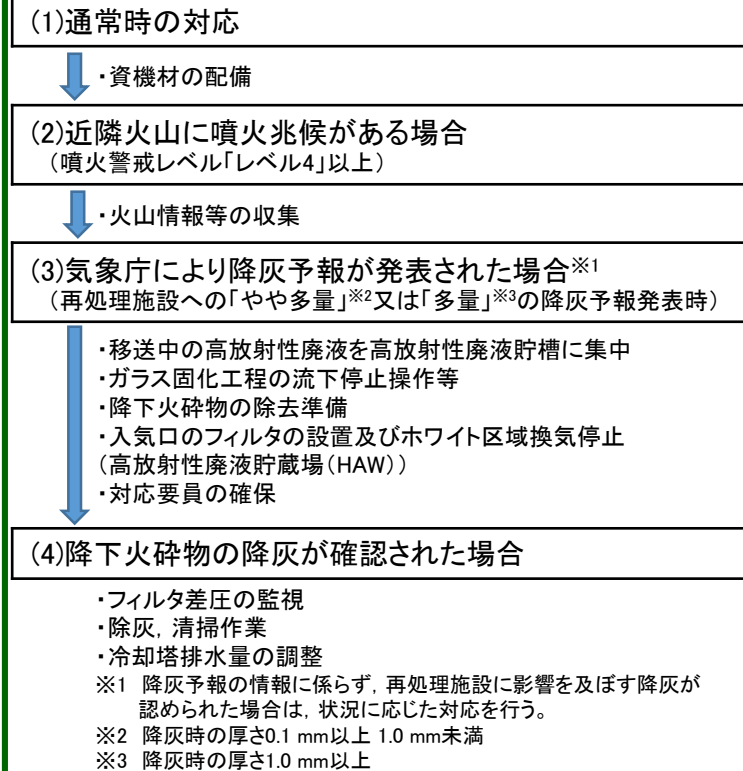
影響評価結果

- ◆ 降下火砕物の堆積荷重(8540 N/m²)に積雪荷重(210 N/m²)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 × 10⁴ Nに対して2.55 × 10⁴ N、TVFの屋上階の1.84 × 10⁴ Nに対して1.80 × 10⁴ 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。**
- ◆ 入気口のフィルタの閉塞に備え、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.85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



3.1.8 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

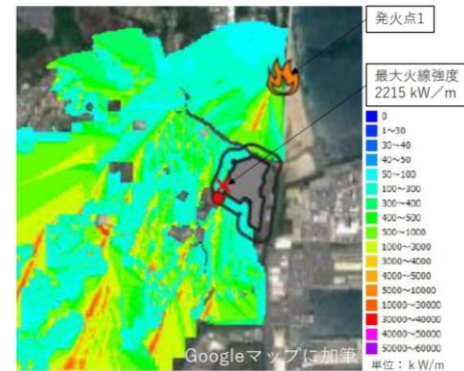
- ◆ **近隣工場の火災爆発**については、**危険距離(57m)**に対し**十分な離隔距離(600 m以上)**があることから**熱的影響を受けない**ことを確認した。
- ◆ 施設周辺での航空機の運航状況に基づき、**落下確率が 10^{-7} 年/回以上**となる墜落範囲を求めて、最も厳しくなる位置に墜落したと想定しても、**建家外壁の熱的影響は許容温度以下**(HAW及びTVF建家については**コンクリートの制限温度 200°C に対して 77.9°C** 、第二付属排気筒については**鋼材の制限温度 350°C に対して 82.5°C**)となることを確認した。

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°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.85]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



3.1.9 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。

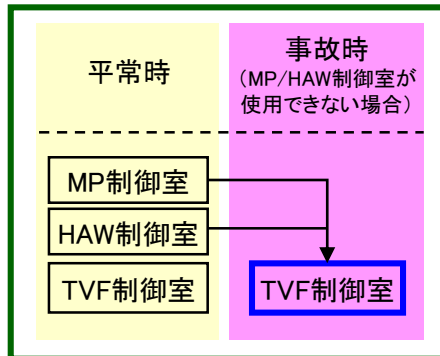
影響評価結果

- ◆ 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

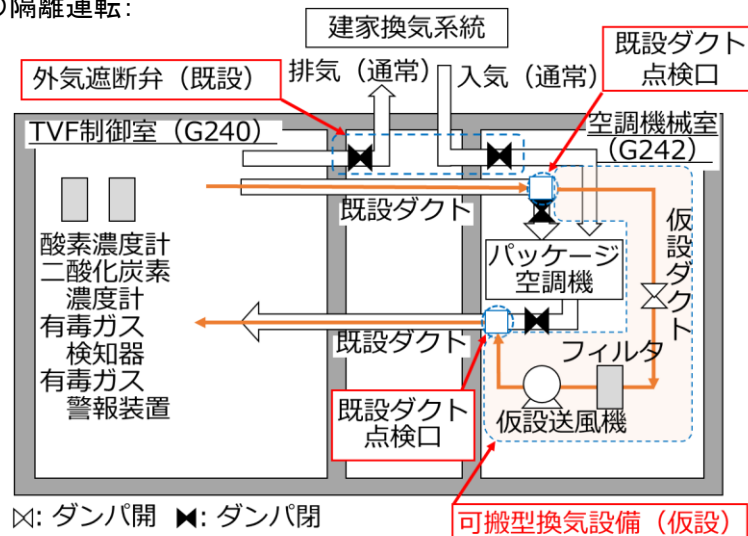
- ◆ 分離精製工場(MP)中央制御室, HAW制御室及びTVF制御室が**機能する間は監視等を継続**するが, 運転員がとどまることが困難となった場合は, **居住性の確保が確実なTVF制御室において他の2つの制御室の機能を代替できるようにパラメータを監視**するための機器を設置する。



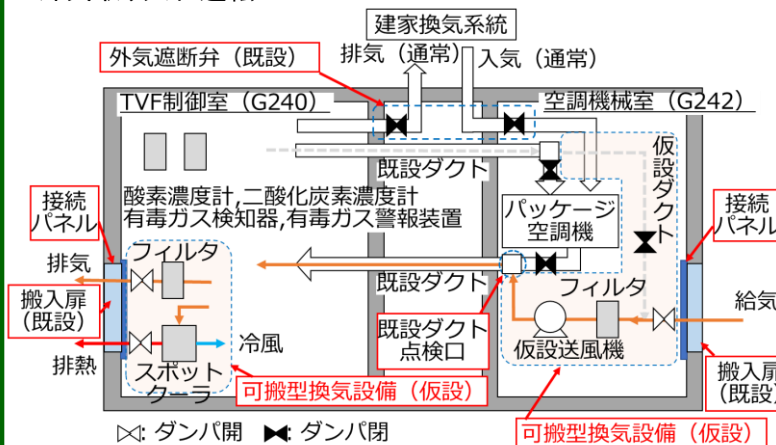
- ◆ TVF制御室に外部火災によるばい煙や有毒ガスへの対策として, **環境測定用機器(酸素濃度計, 二酸化炭素濃度計, 有毒ガス検知器・警報装置)**, **可搬型の換気設備(排風機, フィルタ, ダクト)等**を配備する。

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:



3.1.9 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 —

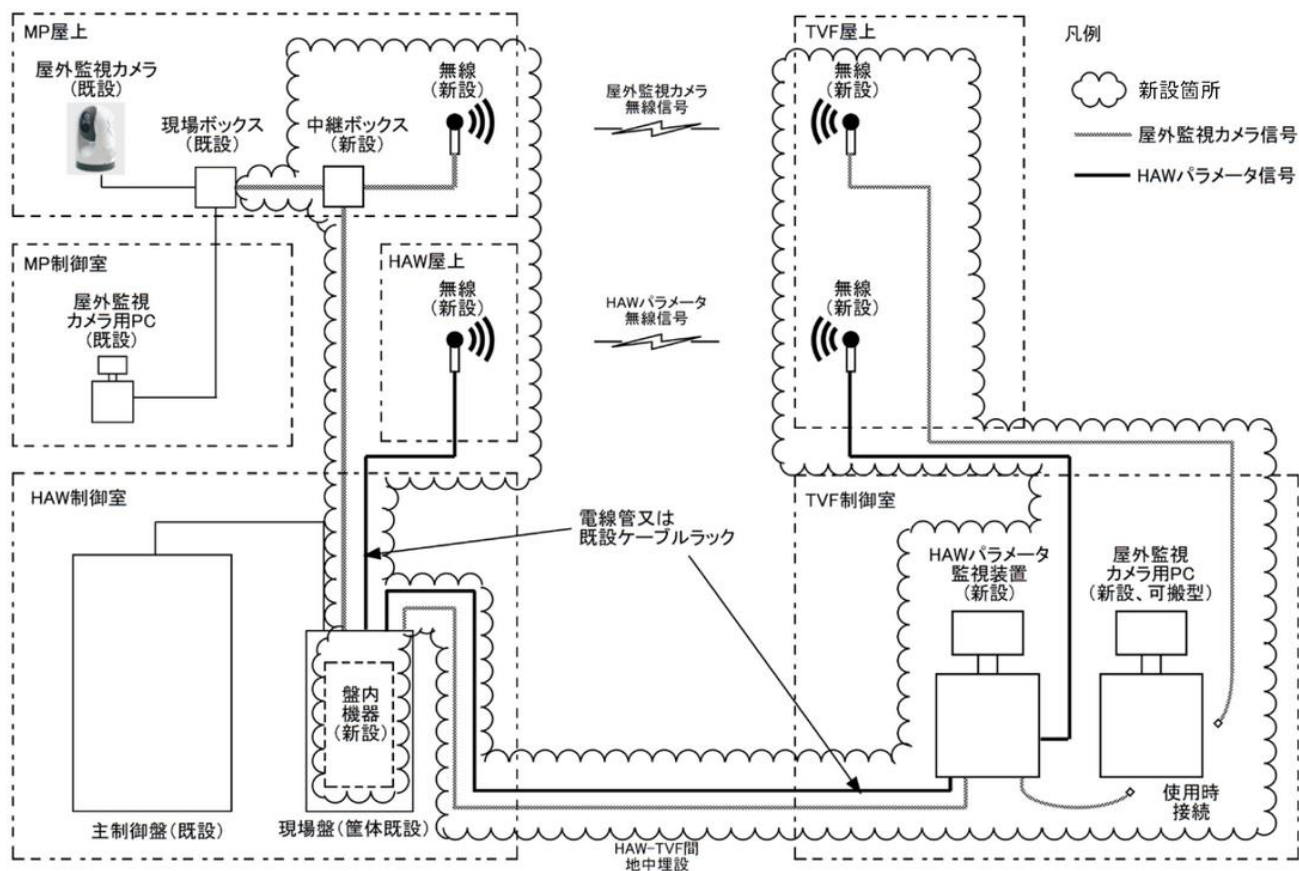
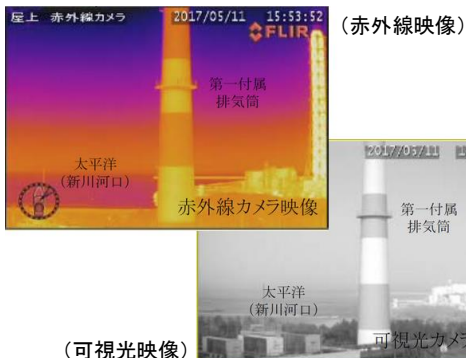
制御室パラメータ監視・津波監視システムの設置

- ◆ 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～沖合の監視も可能なように、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】



凡例
 新設箇所
 屋外監視カメラ信号
 HAWパラメータ信号

3.1.10 内部火災防護 — 基本的考え方 —

➤ 内部火災でHAW・TVFの重要な安全機能*1を損なわないよう、**火災防護審査基準*2**に基づく**火災防護対策**を講じる。

➤ 火災防護対策：**3つの深層防護の概念**

⇒ ①**火災の発生防止**，②**火災の感知及び消火**，③**火災の影響軽減**

既設の火災防護設備で不足する項目に対して対応

①**火災の発生防止** : **オイルパン**の設置，**鋼製キャビネット**での保管(可燃性物質)等

②**火災の感知及び消火** : 固有の信号を発する異なる感知方式の**感知器**を追加設置。

③**火災の影響軽減** : **ケーブルルートの変更**による離隔，**耐火被覆材**による防護，**局所自動消火設備**の設置等。

➤ 可能な限り対策を講じるものの、**火災防護審査基準*2通りのハード対策を講じることが困難な機器がある。**

⇒ 万が一、火災によって重要な安全機能を担う機器が損傷した場合であっても、

廃止措置上想定される事故である**蒸発乾固の発生を防止する**ために予め準備する**代替策**により、

再処理技術基準規則に照らして**十分な水準の保安を確保*3**する。

系統分離が求められる一部の電源設備や動的機器(ポンプ・排風機等)は同一の区画に2系統が近接。

③**火災影響軽減のため求められる離隔距離や耐火壁を設けるためのスペースが確保できない。**

◆ハード対策の代替策として、**予備電源ケーブル等による仮設系統の速やかな構築**や、**事故対処**により**蒸発乾固に至るまでに重要な安全機能を回復させる。**

*1「閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能」

*2「実用発電用原子炉及びその付属施設の火災防護に係る審査基準」

*3原子力規制委員会内規「核燃料サイクル工学研究所(再処理施設)の廃止措置計画の認可の審査に関する考え方」に従い、より難しい特別な事情を踏まえ、再処理施設の現況や技術上の基準等に照らし適切な方法及び水準により性能維持施設を維持する方法等を定めるものである。

施設内の発火性物質・引火性物質が原因となる火災の発生防止

オイルパンを設置する機器

◆ 潤滑油等を多量(10 L以上)に内包する機器

□ HAW

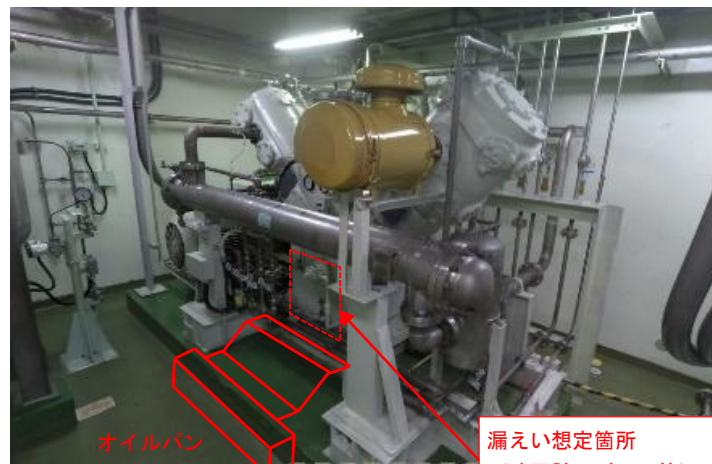
対象機器	潤滑油量
空気圧縮機	53 L
チラーユニット	14 L

※ 潤滑油内包量は10 L未満であるが、周囲に他の機器等が近接して多数配置されていることから特別にオイルパンを設けることとした。

□ TVF

対象機器	潤滑油量
溶融炉換気系排風機	14.4 L
貯槽換気系排風機	14.4 L
工程換気系排風機	1.4 L*
ポンプ	60 L
冷凍機	94 L
空気圧縮機	35 L
冷凍機	50 L

□ HAW 空気圧縮機の例



オイルパン

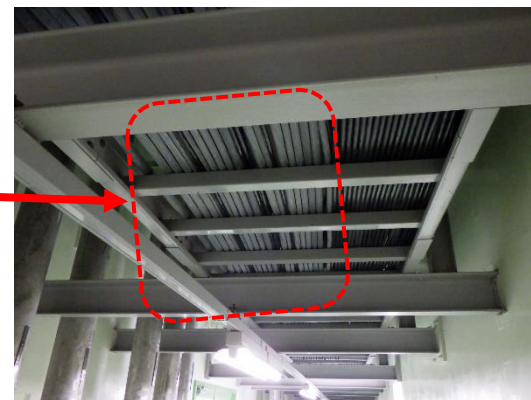
漏えい想定箇所
(油圧計, ドレン等)

不燃性材料又は難燃性材料を使用した設計

◆ HAW・TVFとも電源ケーブルには難燃性材料ケーブルを使用。

◆ 火災防護審査基準の実証試験*のデータは取得していなかった。

⇒ 今後、現物の一部を切り出して上記実証試験を行い、延焼性及び自己消火性を確認する。十分な性能を有することが確認できなかった場合は、別途対策を検討し、必要に応じて変更申請を行う。



*延焼性及び自己消火性の実証試験 (UL垂直燃焼試験, IEEE383又はIEEE1202)

3.1.10 内部火災防護

－火災の感知及び消火のために講じる対策－

火災の感知

- ◆ 消防法に基づき設置した感知器に加えて、**固有の信号を発する異なる感知方式の感知器等を新設※**。
 - 温度・煙濃度を常時監視、状況変化を検出。
 - 熱感知器、煙感知器、炎感知器、熱感知カメラから選択。
 - 分離精製工場(MP)制御室、TVF制御室から監視可能とする。
- ◆ 高線量のため人が立ち入れないHAW・TVFのセル内には感知器を設置できないが、以下の手段により火災を感知。
 - HAWのセル内(可燃性物質はないが万一火災が発生した場合)
 - 既設温度計の変化を監視することで検知。
 - TVFの固化セル内
 - 10基のITVカメラと10点のセル内温度計で検知。

消火に係る対応

- ◆ HAW及びTVFの施設内(セル外)で火災が発生した場合は、消防法に基づき設置している消火設備(消火器、屋内消火栓)により消火を行う。
- ◆ 早期消火活動を行えるよう、消火用資機材(消火器、防火服等)の追加配備、消火活動に係る訓練の充実を図る。(77～78ページで説明)
- ◆ 高線量のため人が立ち入れないHAW・TVFのセル内の消火について考え方は以下のとおり。
 - HAWのセル内
 - 可燃性物質がなく火災の発生のおそれがないため消火設備は設けない。
 - TVFの固化セル内
 - 可燃性物質(潤滑油)を扱うことから、万一、火災が発生した場合には自然鎮火を待つ。固化セル内で火災が発生した場合でも重要な安全機能(閉じ込め機能)に影響はない。火災防護をより確実にするという観点から、万一の火災の際にもセル内の遠隔操作設備を用いて遠隔操作で消火する等の対策が行える体制を整備する。

◆ 設置場所の特徴を考慮し選択する。



- 熱感知器
 - 一般的な屋内での火災検知。



- 煙感知器
 - 吹き抜け部分等の火災源と感知器に距離があり、熱感知器に適さない屋内での火災検知。



- 炎感知器
 - 煙の拡散が起きやすい大きな空間のある部屋等、煙や熱での感知が難しい場所での火災検知。



- 熱感知カメラ
 - 屋外等の天井のない場所での火災検知。

□ HAWの高放射性廃液貯蔵セルの内部

- 金属製の貯槽や配管、サポートとコンクリート壁のみ。
- 計装ケーブルも鋼管内に収められている。



※火災防護審査基準で要求される火災の感知及び消火のための火災防護対策として、既設の火災防護設備で不足する項目に対して、固有の信号を発する異なる感知方式の感知を追加設置する代替策を講じる。

3.1.10 内部火災防護

— 火災の影響軽減のために講じる対策 —

系統分離(延焼防止)による影響軽減

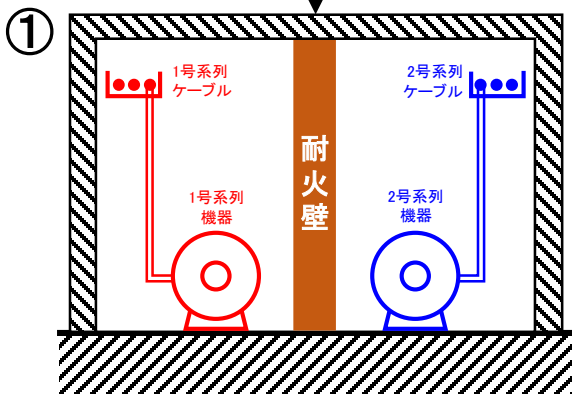
◆ 火災防護審査基準^{※1}に基づき、火災の延焼により両系統が同時に損傷しない(延焼させない)対策を講じる。
(重要な安全機能の維持のため冗長性を持たせて設置されている設備を対象)

「火災防護審査基準^{※1}」における系統分離の要件は以下の何れかを満たすこと。

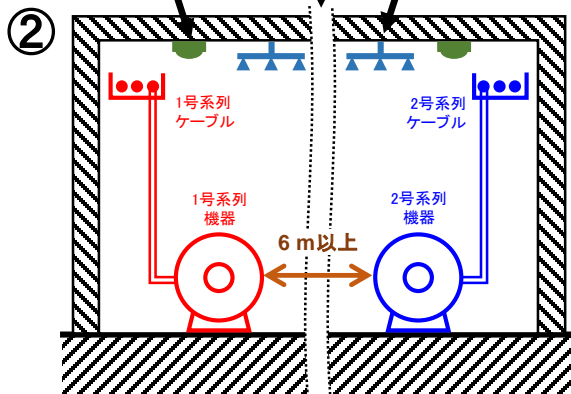
- ① 系統の機器及びケーブルの系列間を、3時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離。
- ② 系統の機器及びケーブルの系列間の水平距離を6 m以上確保するとともに、当該区画に火災感知器及び自動消火設備を設置する。
- ③ 系統の機器及びケーブルの系列間を、1時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離するとともに、当該区画に火災感知器及び自動消火設備を設置する。

火災防護審査基準^{※1}の要求を完全に満たすことが困難な部分への対応については、火災防護計画を策定し、火災防護対策、運営管理のための手順、機器組織体制等を定め、その詳細について要領書等を整備する。また、定期的に教育・訓練を実施し、対応の習熟を図る。

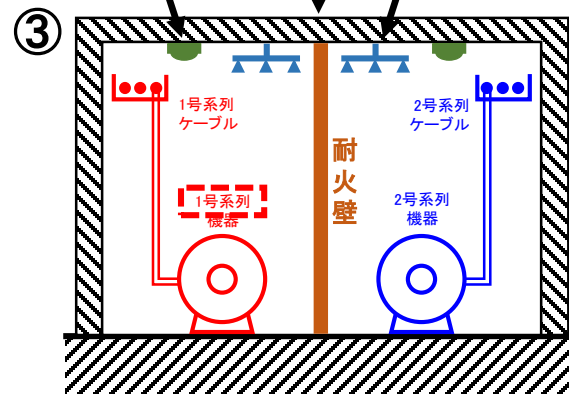
3時間以上の耐火性能を有する耐火壁
(コンクリートで150 mm以上)



6 m以上の離隔距離
(間に可燃物質を置かない)
自動消火設備
火災感知器



1時間以上の耐火性能を有する耐火壁等^{※2}
自動消火設備
火災感知器



※1 「実用発電用原子炉及びその付属施設の火災防護に係る審査基準」

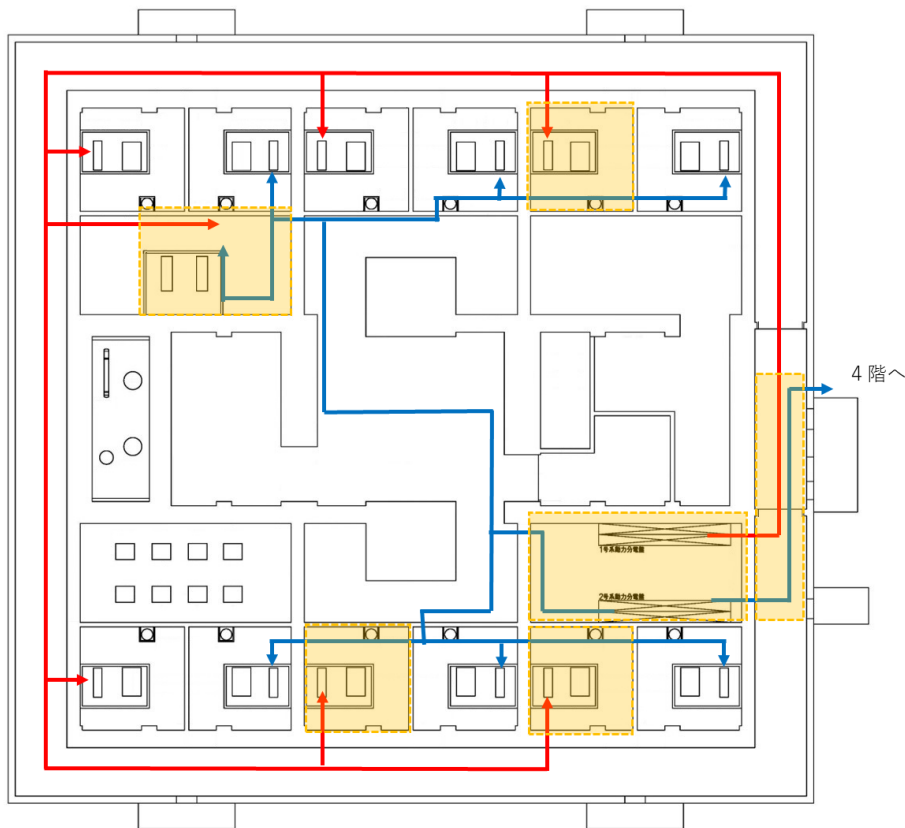
※2 電源盤については筐体を建設省告示による厚さ(1.5mm以上の鋼板)で構成する、ケーブルについては鋼製の厚鋼電線管に収納する、又は耐火性を有する障壁材でラッピングすることで1時間耐火性能を確保する。

3.1.10 内部火災防護

－「火災防護審査基準」の要求を完全に満たすことが困難な部分への対応－

系統分離(延焼防止)による影響軽減

□ HAW 3階の電源ケーブルの敷設状況



- ← 1号系(既設)
- ← 2号系(新規敷設案)
- ケーブルが混在する区画

※ 現状では2号系も1号系と同じルートに敷設されている。

HAWでの系統分離対策

- ◆ 動力分電盤や一部の2系統の機器は近接。
⇒ 十分な離隔距離や耐火壁を設ける空間が無い。
- ◆ 2系統の電源ケーブルが同一ケーブルラック上に敷設。
↓
- 2号系ケーブルを1号系ケーブルと分離して、異なる防火区画を通るように敷設し直す。
- 動力分電盤内部に消火剤を自動噴射するパッケージ型自動消火設備を設置する。

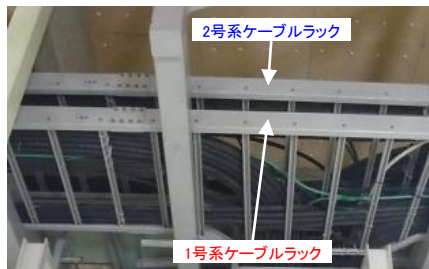
- ◆ 動力分電盤のある区画や2系統の給電対象機器のある区画では十分な距離による2系統ケーブルの分離ができず、同一区画に混在状態のまま。
- ◆ 動力分電盤と給電対象機器との間に設置されている電源切替盤(仮設電源を接続するための盤)は、2系統が同じ筐体内に共存。
↓
- 混在区画では2号系ケーブルを火災防護審査基準で要求される1時間耐火性能を持つ電線管に収納する。
- 電源切替盤は、系統毎に新設して一定の距離を確保するとともに筐体は建設省告示による1時間耐火性能を持つ厚さの鋼板で構成する。
- 既設の感知器に加えて新たに火災感知器を追加設置する。
- 予備ケーブルによる仮設給電システムの構築が可能なように対応する。

3.1.10 内部火災防護

－「火災防護審査基準」の要求を完全に満たすことが困難な部分への対応－

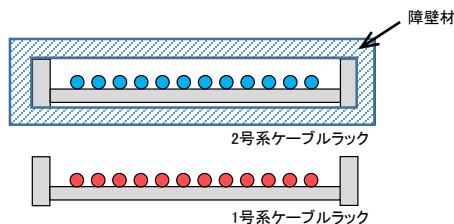
系統分離(延焼防止)による影響軽減

● 離隔距離が不足しているケーブルラックの例



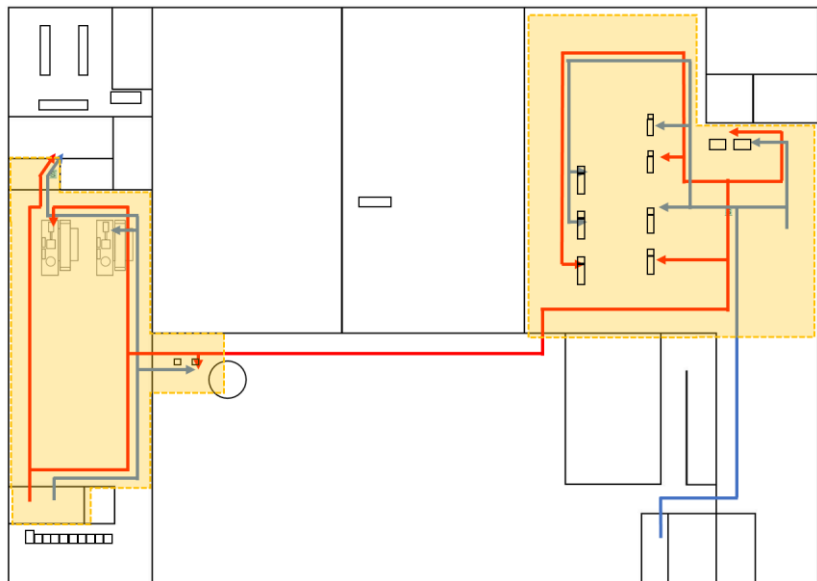
ラック間距離
約150mm

- 系統分離対策として2号系ラックを障壁材でラッピング。



断面図(系統分離対策の例)

□ TVF 3階の電源ケーブルの敷設状況



← 1号系(既設)

← 2号系(既設)

--- ケーブルが混在する区画

TVFでの系統分離対策

- ◆ 2系統の機器が近接。
⇒ 十分な離隔距離や耐火壁を設ける空間が無い。
(電源盤は1時間耐火性能の鋼板で分離されている。)
- ◆ 電源盤や給電対象機器の近傍では、2系統のケーブルラック間の距離が十分でない。



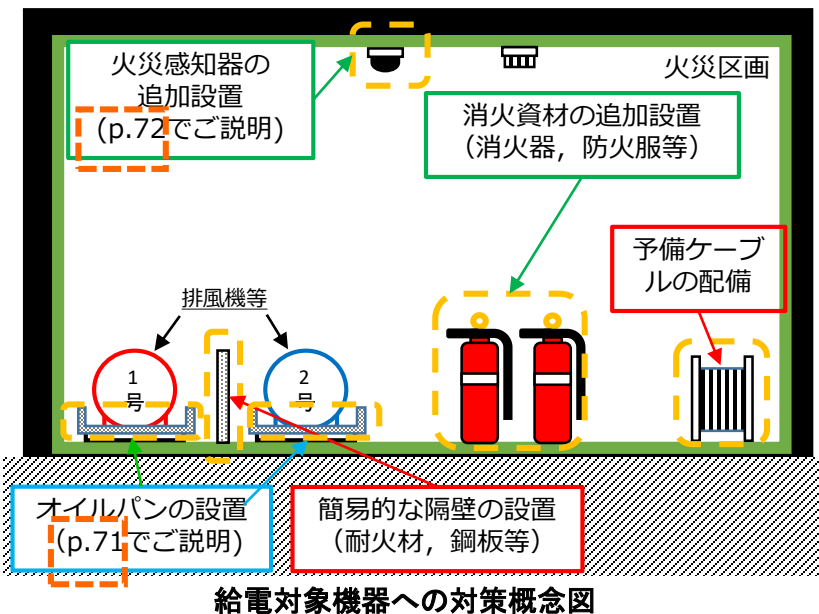
- 片側のケーブルラックを「火災防護審査基準」で要求される1時間耐火性能をもつ障壁材でラッピングする※。
- 電源盤内部に消火剤を自動噴射するパッケージ型自動消火設備を設置する。
- 既設の感知器に加えて新たに火災感知器を追加設置する。
- 予備ケーブルによる仮設給電システムの構築が可能なように対応する。

※ ラッピングの耐火性能については、今後、実証試験を行い確認する。

3.1.10 内部火災防護

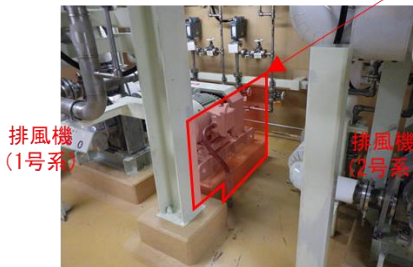
－「火災防護審査基準」の要求を完全に満たすことが困難な部分への対応－

系統分離(延焼防止)による影響軽減

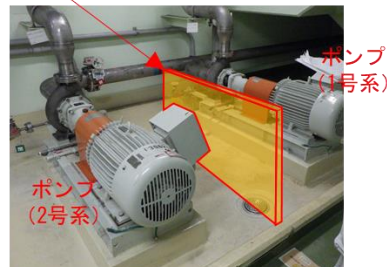


□ 簡易的な隔壁の設置例

現場の状況を踏まえ機器の保守管理への影響がない範囲で簡易的な耐火隔壁(鉄板や耐火材等で構成)を設置



排風機の例



ポンプの例

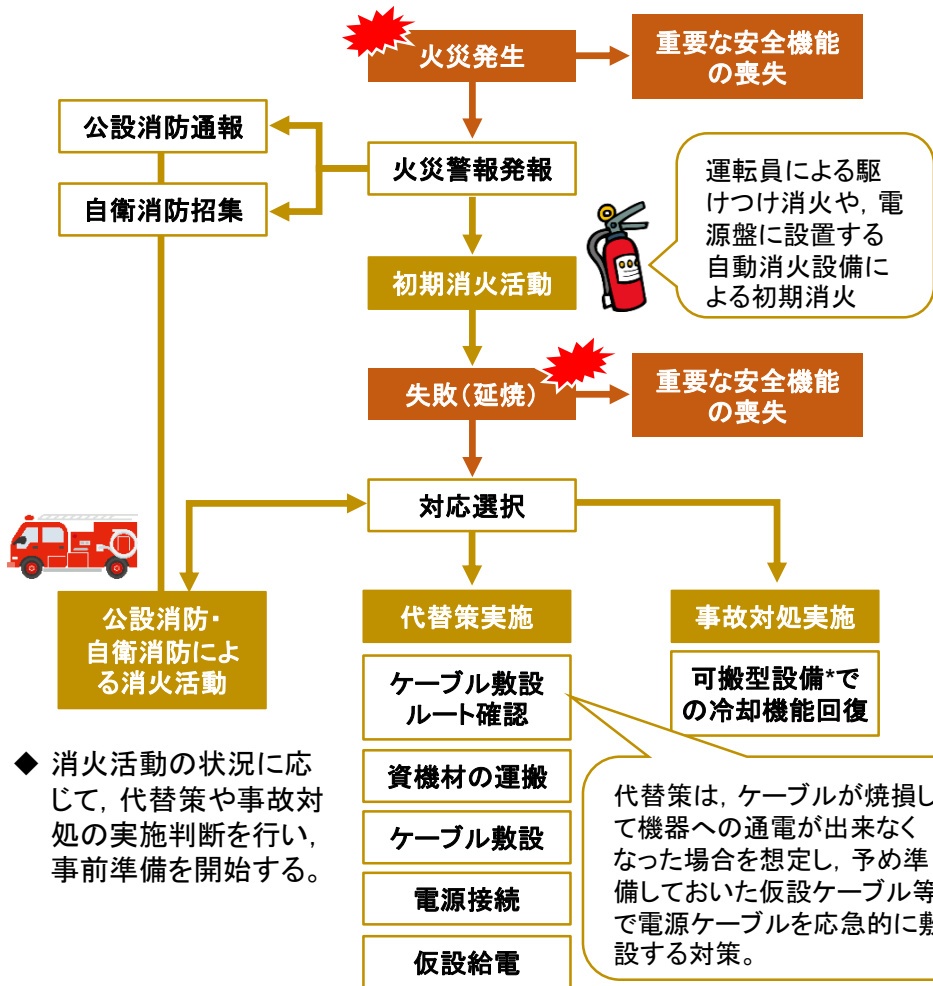
HAW・TVFでの系統分離対策

- ◆ 一部の機器(排風機, ポンプ等)が近接。
⇒ 十分な離隔距離や耐火壁を設ける空間が無い。
- 機器の保守管理への影響がない設置可能な範囲で簡易的な隔壁を設置する。
- 運転員による初期消火をより確実に出来るよう消火用資機材(消火器, 防火服等)の充実や訓練の拡充を行う(p.78でご説明)。
- 万一、複数系統が火災により同時損傷した場合は、可搬型設備や予備電源ケーブル等を使用した事故対処により蒸発乾固事象に至るまでに高放射性廃液の崩壊熱除去に必要な機能を復旧させる(p.77でご説明)。

3.1.10 内部火災防護

－ 代替策について(1/2) －

- ◆ HAW・TVFの施設状況から「火災防護審査基準」の要求を完全に満たすことが困難な部分があった。(74～76ページで説明)
- ◆ そのため、火災によって安全上重要な機能を担う機器への電源供給が失われた場合においても、高放射性廃液の蒸発乾固に至らないよう代替策(予備ケーブルによる仮設の給電システムを構築する等)を準備する。



◆ 消火活動の状況に応じて、代替策や事故対処の実施判断を行い、事前準備を開始する。

□ 初期消火用資機材・予備ケーブル敷設用資材の配備



代替策用資機材	機能
保護具	防火服, 手袋, ヘルメット, マスク
空気呼吸器	煙充滿時・ガス消火器使用時に使用
放射線測定機器	αサーベイメータ, GM管式サーベイメータ
消火器	ABC消火器, 高所用消火器, 二酸化炭素消火器
可搬型排煙機	火災区画の排煙用
サーモグラフィ	煙充滿時の熱源探知
可搬型照明機器	室内照明喪失時に使用
予備ケーブル	仮設給電経路構築用
ドラムローラー, ケーブルコロ	予備ケーブル展開用

◆ これらの資機材も火災により喪失しないよう、適切に分散配置等を行う。

* 安全機能の重要度分類や耐震重要度分類は実施していない。

3.1.11 内部溢水対策 — 基本的考え方 —

- 内部溢水でHAW・TVFの重要な安全機能*1を損なわないよう、内部溢水ガイド*2に基づく評価及び対策を講じる。
- 内部溢水ガイドに基づく対象事象
 - ⇒ 「通常運転時に想定される機器の破損(想定破損)」, 「消火活動による放水」, 「地震で想定される機器の破損」
- 内部溢水の影響
 - ⇒ 「没水影響」, 「被水影響」, 「蒸気影響」

- ◆ 没水影響: 溢水が床上に溜まることで対象機器が浸水することによる影響。
- ◆ 被水影響: 対象機器の上部にある配管等からの溢水による被水の影響。
- ◆ 蒸気影響: 漏えいした蒸気による熱的影響及び凝縮水による被水の影響。

- 可能な限り対策を講じるものの、内部溢水ガイド*2通りのハード対策を講じることが困難な機器がある。
 - ⇒ 万が一、溢水によって重要な安全機能を担う機器が損傷した場合であっても、廃止措置の上で想定される事故である蒸発乾固の発生を防止するために予め準備する代替策により、再処理技術基準規則に照らして十分な水準の保安を確保*3する。

TVFの計装トランスミッタの配置区画で、蒸気漏えいの可能性があり、ハード対策*4により蒸気影響を防止することが物理的に困難な状況。

注)トランスミッタ:送信機

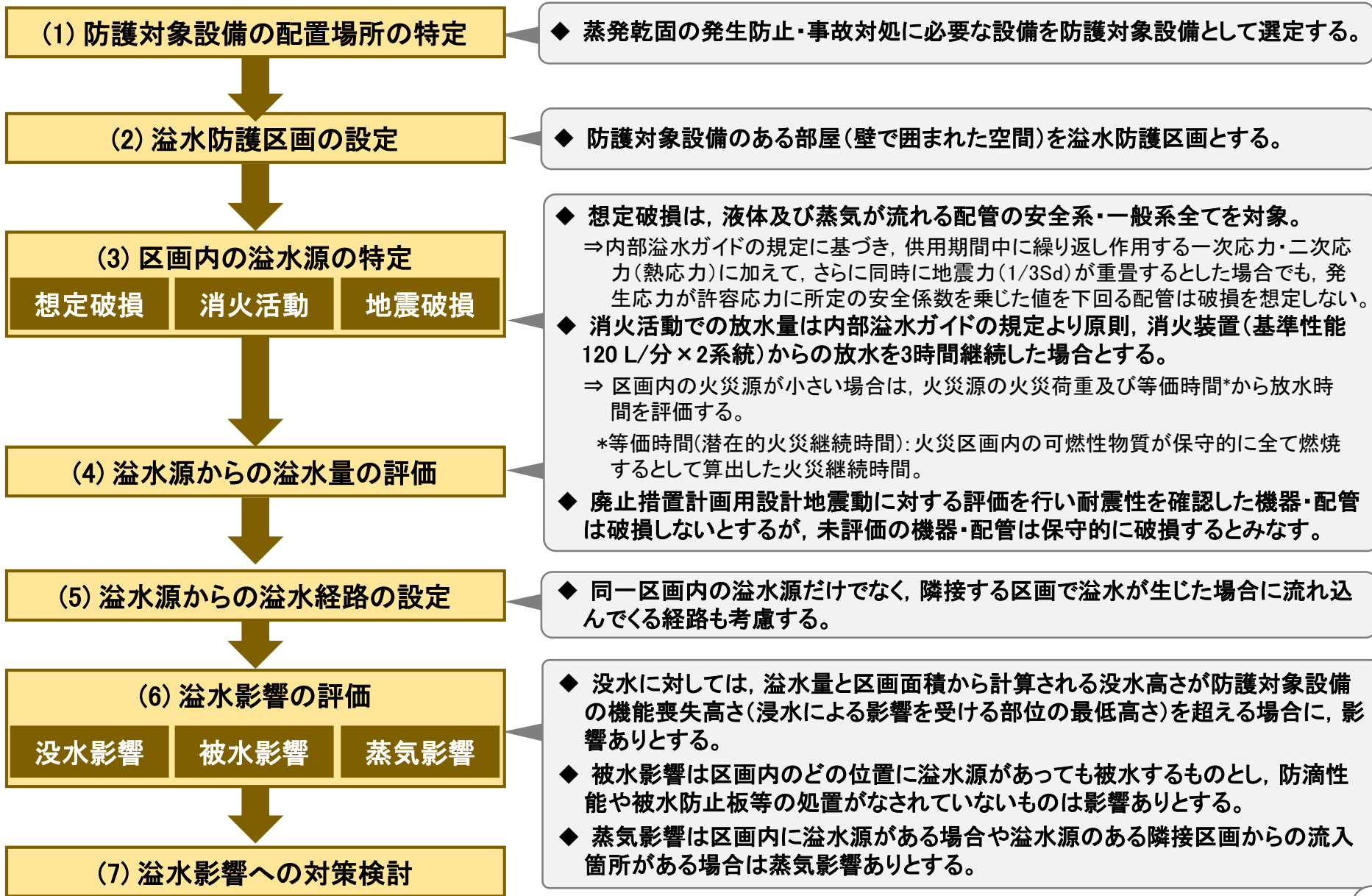
- ◆ ハード対策の代替策として、可搬型計測装置による仮設復旧や予備部品の交換等を速やかに実施し、事故対処により蒸発乾固に至るまでに重要な安全機能を回復させる。

*1「閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能」 *2「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド」

*3 原子力規制委員会内規「核燃料サイクル工学研究所(再処理施設)の廃止措置計画の認可の審査に関する考え方」に従い、より難しい特別な事情を踏まえ、再処理施設の現況や技術上の基準等に照らし適切な方法及び水準により性能維持施設を維持する方法等を定めるものである。

*4 蒸気遮断弁による漏えい時閉止対策、防護カバーの設置、蒸気配管の移設、トランスミッタの移設

3.1.11 内部溢水対策 — 影響評価の方法 —



3.1.11 内部溢水対策

－ 溢水による影響を防止するために講じる対策 －

没水・被水・蒸気影響への共通的な対策

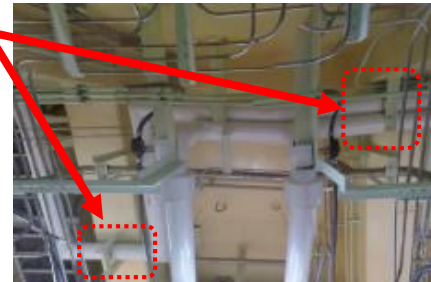
溢水源の排除・溢水量の抑制

想定破損が考慮される配管の補強

- 配管サポートの追加等により内部溢水ガイドで規定された強度を確保する。
対象配管（浄水、純水、消火水及び飲料水）

配管の使用停止（物理的な閉止措置）

- 使用しない配管の切断＋フランジ止め等で通水できないようにする。



没水影響への対策

没水高さの低減

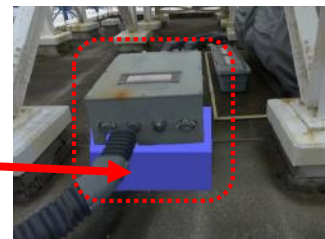
防護対象設備のない隣接区画への排水ルートの設置

- 当該区画に水が滞留しないように隣接区画へ流れ出るような経路を設ける。

地下スラブへの排水ルートの設置

- 多量の消火用放水を保持できる容量を持つ地下スラブへのドレン配管を設置する。

速やかな送液停止措置を可能とするための漏えい検知器の設置



没水の回避

防護対象設備の設置位置の嵩上げ

- 台座等を設けて没水高さ以上の位置に移動させる。

防護対象設備周辺への止水堰の設置



隣接区画からの浸水の防止

区画境界への止水堰の設置

- 出入口扉の前に止水堰等を設置する。

3.1.11 内部溢水対策

－ 溢水による影響を防止するために講じる対策 －

被水影響への対策

被水の防止

防護対象設備への**被水防止板・被水防止シート**の設置

- 設備上部に屋根やフードのような構造の**被水防止板**を設置する。

被水への耐性向上

防護対象設備を**防滴性能のあるもの**に交換

- **防水等級 (IPX)** 等の防滴・防水規格に適合している**互換品**に交換する。

電気盤の開閉部・隙間等への**コーキング**

- 電気盤の扉やケーブルが貫通する場所等の隙間から水が浸入しないように**コーキング**をする。



蒸気影響への対策

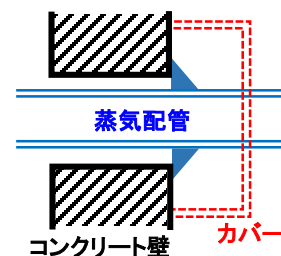
漏えい蒸気量の抑制

蒸気漏えい検知及び**蒸気遮断弁**の設置

- 蒸気の漏えいを速やかに検知して、供給元の自動弁(蒸気遮断弁)を閉止できるようにする。

蒸気配管の破断予想箇所(ターミナルエンド)への**カバー**の設置

- 蒸気配管の破断の可能性が高いターミナルエンド部(熱膨張を拘束する配管固定部で、壁を貫通する箇所等)の周りに噴出した蒸気が漏えいしにくくなるような**カバー**を設置する。



3.1.11 内部溢水対策

－ 代替策について(1/2) －

➤ TVFの配管分岐室についてはハード対策が困難であったことから、漏えい後に喪失した機能を速やかに復旧させるための代替策を講じる。

- 配管分岐室には、計装設備(圧力計トランスミッタ)が設置されている。(高放射性廃液貯槽の液位・圧力を計測)
- 多数の蒸気配管がまとまって壁面を貫通している場所(ターミナルエンド)がある。

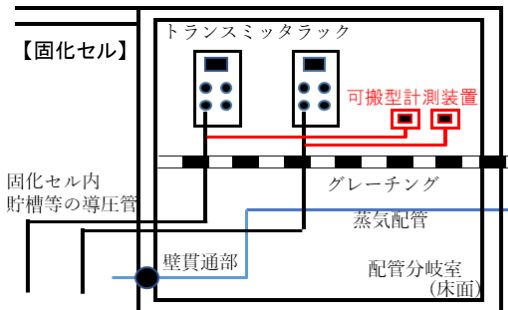
破断時の蒸気漏えい量の抑制対策を検討

- ◆ 貫通部が狭隘で、ターミナルエンドカバーが設置できない。
注)トランスミッタ:送信機
- ◆ 漏えい検知後、遮断弁閉止までの漏えい蒸気量でトランスミッタ機能が喪失する可能性。

防護対象設備の移設を検討

- ◆ トランスミッタラック移設に適した移設場所がない。
(配置位置・面積や移設後の計装用導圧管の配管ルートの成立性の観点から、適した移設場所がない。)

トランスミッタが溢水により損傷したとしても、可搬型計測装置による仮設復旧や予備部品の交換等を速やかに実施することで機能を回復させる。



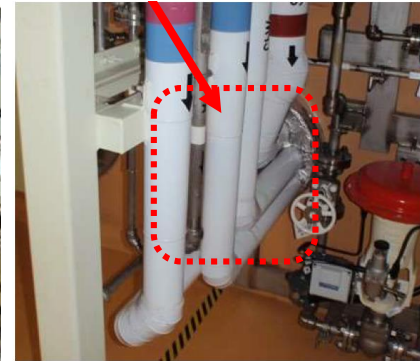
- ・ 遮断弁が停止したことを確認した後、現場確認を実施。
- ・ 損傷したトランスミッタに可搬型計測装置を接続。

遮断弁が自動閉止し、蒸気漏洩が停止。

トランスミッタが設置されているラック

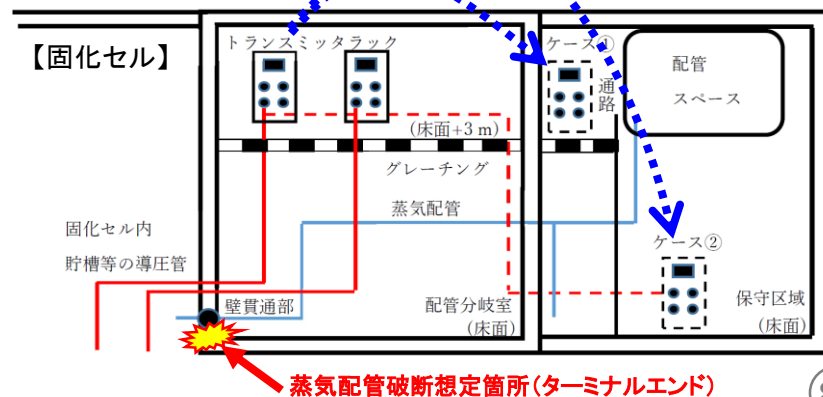


複数本の蒸気配管の壁貫通部



ケース①の移設先はグレーチングの通路でラックは設置できない。

ケース②の移設先には導圧管に所定の勾配/高低差を設けられない。

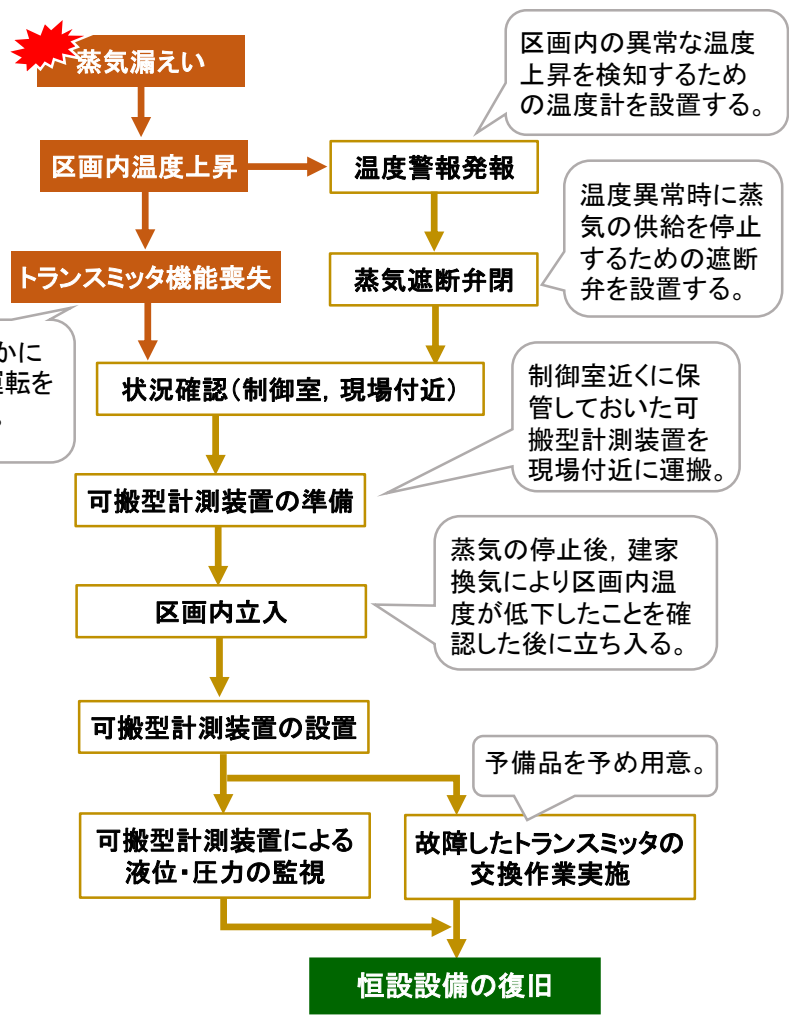


3.1.11 内部溢水対策

— 代替策について(2/2) —

➤ TVFの配管分岐室で蒸気が漏えいし、トランスミッタが機能喪失した場合には、予め配備した可搬型計装装置を設置して液位を監視。故障したトランスミッタの予備品への交換を速やかに実施。

- ◆ 事故対処と同様に**体制整備・資機材の配備**を進め、作業の詳細要領に基づいた**タイムチャート分析・アクセスルート確認**により**実行可能性を確認**した。
- ◆ 可搬型計測装置による**貯槽の液位・圧力の監視再開**までは**2時間程度**であり、常駐運転員で作業可能。
(高放射性廃液の沸騰までは最短で26時間)



□ タイムチャート分析

操作項目	場所	要員	事象発生からの経過時間(分)														
			0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120		
① 異常発生を検知	制御室	2名	●														
② 運転停止操作	制御室	2名		●													
③ 現場の状況確認	保守区域	2名		●	●												
④ 機能喪失箇所の特定	制御室	2名		●	●	●	●										
⑤ 配管分岐室の換気(建家換気による)	配管分岐室	-		●	●	●	●	●	●								
⑥ 可搬型設備の準備	保守区域	3名			●	●	●	●	●	●							
⑦ 現場の状況確認	配管分岐室	2名									●	●	●				
⑧ 可搬型設備の接続及び計測	配管分岐室	3名												●	●	●	
⑨ 部品交換による復旧	配管分岐室	4名															●

可搬型設備による計測(約2時間以内)

※ 当該トランスミッタは異常検知のために必要な監視設備であるが、当該トランスミッタの機能喪失が起因となって高放射性廃液の蒸発乾固が引き起こされることはない。

※ TVFの配管分岐室の空間線量率は、平常時は1.0 μSv/h未満であり、蒸気漏えい(非放射性)に伴い室内の空間線量率が上昇し、事故対処において作業員が有意に被ばくすることは想定していない。