

再処理施設の溢水に対する防護について

【概要】

- 再処理施設の溢水防護対策の基本的考え方について、令和2年8月に廃止措置計画変更認可申請を行った。
- 高放射性廃液貯蔵場(HAW)とガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟について、溢水に対して重要な安全機能(閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能)が損なわれないようにするため、「溢水影響評価ガイド」に基づく溢水影響評価の方法、これに基づくHAW についての影響評価結果、及び必要となる対策を示す。
- TVF については、溢水影響評価の継続中であるが、今回、対策の概要を示し、詳細な評価結果については次回の会合で示す。

令和3年3月9日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

再処理施設の内部溢水の影響評価について

目 次

1. 概要
 - 1.1 溢水防護に関する基本方針
2. 溢水源及び溢水量の設定
 - 2.1 想定破損による溢水
 - 2.2 消火水等の放水による溢水
 - 2.3 地震起因による溢水
 - 2.4 その他の溢水
3. 防護対象設備について
4. 溢水防護区画及び溢水経路の設定
 - 4.1 溢水防護区画の設定
 - 4.2 溢水経路の設定
5. 溢水影響評価
 - 5.1 評価に用いる各項目の算出
 - (1) 機能喪失高さの設定
 - (2) 滞留面積の設定
 - (3) 没水高さの算出
 - 5.2 影響評価
 - (1) 没水影響
 - (2) 被水影響
 - (3) 蒸気影響
6. 溢水防護対策について

表 目 次

- 表-1 溢水防護対象設備
- 表-2 没水の影響評価結果
- 表-3 被水の影響評価結果
- 表-4 蒸気の影響評価結果
- 表-5 溢水影響評価結果の整理表
- 表-6 溢水防護対策の整理表

図 目 次

- 図-1 溢水防護区画図
- 図-2 溢水伝播図
- ・
- ・
- ・

補足説明資料

- 補足説明資料 1 ポンプ等における機能喪失高さの設定根拠について
- 補足説明資料 2 電気ケーブルの溢水影響評価に係る敷設状況調査
- 補足説明資料 3 溢水影響評価における床勾配及びゆらぎの考え方について
- 補足説明資料 4 一次冷却水ポンプの溢水影響評価について
- ・
- ・
- ・

1. 概要

1.1 溢水防護に関する基本方針

高放射性廃液貯蔵場(HAW)及びガラス固化技術開発施設(TVF)は「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド」(以下、「ガイド」という)に従い、HAW及びTVFの施設内に設置された配管の想定破損、火災時の消火水の放水、地震による機器及び配管の破損により発生する溢水により、重要な安全機能(閉じ込め及び崩壊熱除去)に係る設備が安全性を損なうことのないよう防護措置その他適切な措置を講じる設計とする。

2. 溢水源及び溢水量の設定

溢水影響評価に係る溢水源として、内部溢水ガイドに基づき、以下の溢水源を想定している。

- (1) 想定する機器の破損により生じる溢水(想定破損による溢水)
- (2) 拡大防止のために設置される系統からの放水による溢水(消火水等の放水による溢水)
- (3) 地震に起因する機器の破損等により生じる溢水(地震起因による溢水)
- (4) その他の要因(竜巻飛来物の影響)により生じる溢水(その他の溢水)

2.1 想定破損による溢水

(1) 想定破損における溢水源の想定

想定破損による溢水は、内部溢水ガイドを参考に、一系統における単一の機器の破損を想定し、溢水源となり得る機器は流体を内包する配管とし、配管の破損箇所を溢水源として想定する。

(2) 想定破損における溢水量の設定

想定する破損箇所は溢水防護対象設備への溢水影響が最も大きくなる位置とし、溢水量は、保守的に系統の保有水量での評価を実施する。

2.2 消火水等の放水による溢水

(1) 消火水等の放水による溢水源の想定

評価対象となる溢水防護対象設備が設置されている建家内において、水を使用する消火設備として、消火栓を溢水源として考慮する。また、TVFにおいては消火活動に使用する設備として連結散水栓があるため、これらについて放水による溢水影響を評価する。

ただし、電気室においては、電気設備に溢水影響を及ぼすことがないように、消火器等の水を用いない消火手段で消火活動を行う。

(2) 消火水等の放水による溢水量の設定

消火設備等からの単位時間当たりの放水量と放水時間から溢水量を設定する。消火設備等のうち、消火栓からの放水量については、130L/分での2系統の放水量を考慮する。連結散水栓はTVFの地下階に設置されているが、260L/分の散水量と散水ヘッドの個数を考慮し、各フロアで散水量が最も多い1系統を考慮する。

また、消火時間については、原則3時間の放水により想定される放水量を溢水量として設定する。ただし、火災源が小さい場合は、日本電気協会電気技術指針「原子力発電所の火災防護指針(JEAG4607-2010)」解説-4-5(1)の規定による「火災荷重」及び「等価火災時間」を用いて放水量を算定し、溢水量を設定する。この場合、等価火災時間は、保守的に30分単位で切り上げて評価する。

2. 3 地震起因による溢水

(1) 地震起因による溢水源の想定

地震起因による溢水については、廃止措置計画用設計地震動によって損傷しないと評価しているものについては、地震起因による溢水源から除外する。具体的には、HAW施設及びTVFの高放射性廃液を内包する機器、配管、冷却水配管等が該当する。

一方で、廃止措置計画用設計地震動による地震力に対する耐震性が確認されていない系統の配管は破損するものとし、溢水源として想定する。

ただし、廃止措置計画用設計地震動に対する耐震性が確認されていない機器等についても、耐震評価により耐震性が確保されると確認できたものについては、溢水源から除外できるものとする。

(2) 地震起因による溢水量の設定

溢水量の算出に当たっては、溢水が生じるとした機器について、溢水防護対象設備への溢水の影響が最も大きくなるように評価する。溢水源となる系統については全保有水量を考慮した上で、流体を内包する機器のうち、基準地震動によって破損が生じる可能性のある機器及び配管について破損を想定し、溢水量を評価する。

2. 4 その他の溢水

地震起因による機器、配管の損傷以外にも竜巻飛来物による施設への影響において、TVFの屋上スラブは竜巻飛来物により貫通までには至らないが亀裂が発生するおそれがあることを考慮し、施設内への溢水を想定する。

3. 防護対象設備について

高放射性廃液貯蔵場(HAW)及びガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟については、内部溢水に対しても、重要な安全機能(閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能)が損なわれることのないよう対策を講ずることとしている。内部溢水に対して安全機能を維持すべき対象設備は、別添6-1-2-1「再処理施設の廃止措置を進めていく上での地

震対策の基本的考え方」で示した崩壊熱除去機能および閉じ込め機能を担う設備とする。

4. 溢水防護区画及び溢水経路の設定

4. 1 溢水防護区画の設定

溢水防護に対する評価対象区画を溢水防護区画として設定する。評価対象区画は溢水防護対象設備が設置されている部屋を単位としている。溢水防護区画の設定例を図-1に示す。

溢水防護区画は、壁、扉等によって他の区画と分離される区画として設定し、溢水防護区画を構成する壁、扉等については、現場の設備等の設置状況を踏まえ、溢水影響評価において溢水の伝播を考慮する。

4. 2 溢水経路の設定

溢水影響評価において考慮する溢水経路は、溢水防護区画とその他の区画との間における伝播経路となる扉及び壁等の開口部及び貫通部等を考慮し、溢水防護区画内の水位が最も高くなるよう評価する。

(1) 溢水防護区画内での溢水

溢水防護区画内で発生する溢水に対しては、開口部、扉等から他区画への流出は想定せず、より厳しい結果を与える条件で溢水経路を設定し、溢水防護区画内の溢水水位を算出する。

ただし、以下の場合には当該扉から他区画への流出を考慮する。

- ・扉等に明確な開口部がある、または明確な開口部を設ける場合は、対策として開口部からの流出を考慮できるものとする。
- ・消火活動において防護区画内に消火栓がなく、区画外の消火栓を用いて当該区画の扉を開放して消火活動を行う場合

(2) 溢水防護区画外での溢水

溢水防護区画外で発生する溢水に対しては、開口部、扉等を通じた溢水防護区画内への流入が最も多くなるよう（溢水経路において防護区画へ至るまでの分岐する経路への流出は考慮しない）、溢水経路を設定し、溢水防護区画内の溢水水位を算出する。なお、上層階から下層階への伝播に関しては、階段等を経由して、全量が伝播するものとする。

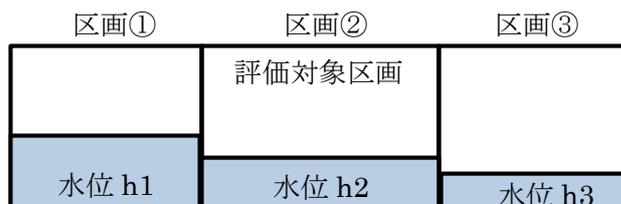
なお、消火活動により区画の扉を開放する場合は、開放した扉からの消火水の伝播を考慮する。

(3) 地震時の溢水伝播評価

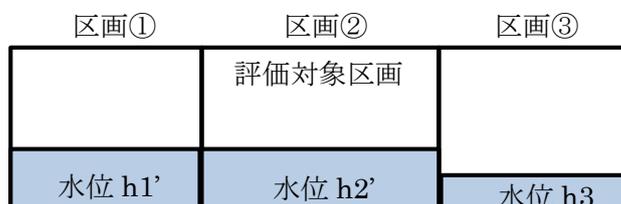
流体を内包する機器のうち、廃止措置計画用設計地震動によって破損が生じる可能性のある機器について破損を想定し、その影響を評価する。地震時においては複数系統・複数箇所の同時破損を想定し、伝播も考慮した上で各区画における最大の溢水量を算出

し、溢水防護対象設備への影響を評価する。

評価対象区画及び隣接区画での溢水高さを評価する。このとき、溢水量を保守的に評価するため、区画に滞留した溢水は隣接する他の区画へ流出しないものとする。また、評価対象区画内の溢水源は当該区画内で破損するものとし、他の区画で同時に破損し溢水することは考えない。



評価対象区画②の溢水水位 h_2 と扉等の開口部で接続される隣接区画①、③の溢水水位 h_1, h_2, h_3 を比較し、 h_1, h_3 が h_2 より低い場合は、評価対象区画内の溢水が最大水位となるため h_2 を評価に用いる溢水水位とする。 h_1, h_3 が h_2 より水位が高い場合には他の区画からの流入（伝播）を想定する。この場合、区画①②の伝播経路上の溢水量の合計と伝播経路の有効床面積の和から溢水水位を求める。



5. 溢水影響評価

5. 1 評価に用いる各項目の算出

(1) 機能喪失高さの設定

機能喪失高さについては、溢水防護対象設備の設置状況を踏まえ、没水によって安全機能を損なうおそれのある高さを設定する。

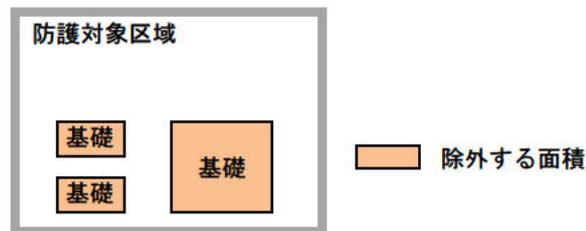
また、容器、熱交換機等の静的機器については、没水することで直ちに機能喪失しないものの、没水した場合に、その没水高さによる影響について評価する必要がある場合を考慮し、影響評価の基準となる高さとして設定することとした。機能喪失高さの設定を以下の表に示す。

機能喪失高さの設定

機器	機能喪失高さ
容器、熱交換機等の静的機器	当該機器の下端
ポンプ	電動機の下端
排風機	電動機の下端、またはファン接続部等下端の低い方
自動弁	弁本体の下端
漏えい検知装置	圧カスイッチの下端
フィルタ類	ポート下端
盤(床置き)	下部枠材の上端
盤(壁掛け)	ケーシング下端
ケーブル	ケーブルコネクタ、端子箱等のケーブル接続箇所

(2) 滞留面積の設定

防護対象区域の没水高さの算出に必要な防護対象区域の滞留面積は、保守的に区画面積から区画内の基礎面積を減じた面積とする。



(3) 没水高さの算出

発生した溢水による没水高さ(H)は、以下の式に基づき算出する。なお、溢水評価区画に床勾配がある場合には、溢水水位の算出は床勾配高さの半分を嵩上げて評価する。

$$H=Q/A+(1/2)h1$$

H：没水高さ (m)

Q：溢水量 (m³)

A：滞留面積 (m²) (除外面積を考慮した面積)

h1：床勾配高さ (m) (溢水評価区画に床勾配がある場合には床勾配を考慮)

没水評価の判定は、ゆらぎ高さ(0.03m)を考慮し、以下のとおり。

$$(\text{機能喪失高さ}) - (\text{ゆらぎ高さ}) > \text{没水高さ H}$$

5. 2 影響評価

防護対象設備に対する没水、被水、蒸気の各溢水影響について、以下のとおり評価する。

(1) 没水影響

- ・没水影響については、没水高さが機能喪失高さを上回る場合に防護対象設備に没水影響があるものと評価する。
- ・その場合の没水影響について、没水高さに基づく影響評価により、防護対象設備に影響が無いと評価できるものは、没水した場合でも没水影響を受けないと評価する。

(2) 被水影響

- ・被水影響については、溢水源と防護対象機器の間に被水防止板等の障害物が無ければ距離によらず被水するものとする。
- ・防護対象設備が被水した場合の影響について、防滴仕様（水の飛沫による影響を受けない保護等級(IP コード) 4以上相当）である設備は被水により損傷しないと評価する。また、水の飛沫による影響を受けるおそれのない鋼製の容器、熱交換機等についても被水による影響はないと評価する。

(3) 蒸気影響

- ・蒸気影響については、防護対象設備がある区画内に蒸気配管がある場合、または隣接区域から開口部を通じた蒸気の流入が想定される場合には想定破損、地震起因の破損による蒸気漏えいにより防護対象設備に蒸気影響があるものと評価する。
- ・その場合の蒸気影響について、蒸気漏えい量に基づく評価により、防護対象設備に影響が無いと評価できるものは、蒸気配管がある場合でも蒸気影響を受けないと評価する。

- ・蒸気漏えいの影響評価において、高エネルギー配管である蒸気配管の破損形態を考慮した蒸気漏えい量に基づき影響評価を行う。配管破損の想定に当たっては、発生応力 S_n と許容応力 S_a の比により、以下で示した破損形状を想定する。

0.4 S_a < S_n ≤ 0.8 S_a : 貫通クラック

0.8 S_a < S_n : 完全全周破断

6. 溢水防護対策について

保守的な溢水量の想定において、防護対象設備に溢水影響があると評価された項目について、安全機能（閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能）が損なわれることを防止するため、溢水源、もしくは防護対象機器に対して以下のいずれかの対策を講じる。

- ・ 2系統が共に機能喪失に至ると評価された溢水源に対して、ガイドに基づく想定破損の応力評価、または基準地震動に対する応力評価を実施し、溢水源から除外できるかを評価する。許容応力を満足できないものについては補強対策により溢水源とならないよう対策を行う。
- ・ 被水影響により機能喪失に至るおそれのあるものは、被水防止板、被水防止カバー、被水防止シートの設置、もしくは耐候仕様とする等の対策を行う。なお、電気盤等の電気設備の消火には水を用いない手段で消火活動を行う。
- ・ 没水影響により機能喪失に至るおそれのあるものは、堰を設置する等の対策を実施する。没水高さによっては、堰の設置が困難となる状況も想定されることから、隣接区画との境界の扉等に明確な開口部を設けることにより、没水高さを低減する対策も考慮する。
- ・ 蒸気影響等、建家外からの供給が継続することでの溢水影響により機能喪失に至るおそれがあるものは、供給停止操作を行うよう対策する。また、必要に応じて供給停止操作に必要な手動弁、遮断弁を設置する。

なお、安全機能（閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能）を担う施設のうち、溢水影響に耐えるように対策することが困難又は合理的でない場合においては、代替策としての有効性を確認した上で事故対処設備等により閉じ込め及び崩壊熱除去に必要な安全機能が維持できるようにする。

表-1 (1/2) 高放射性廃液貯蔵場 (HAW) における溢水防護対象

系統等		閉じ込め機能 及び崩壊熱除去機能を有する施設	機器番号	設置場所	
高放射性廃液を閉じ込める機能	設備・系統	高放射性廃液を内蔵する系統及び機器	高放射性廃液貯槽	V31～V36	R001～R006
			中間貯槽	V37、V38	R008
			分配器	D12、D13	R201、R202
			水封槽	V206、V207	R008
			ドリフトレイ	U001～U006 U008、U201、U202	R001～R006 R008、R201、R202
		高放射性廃液を内蔵する系統及び機器を設置するセル	高放射性廃液貯蔵セル	R001～R006	—
			中間貯蔵セル	R008	—
			分配器セル	R201、R202	—
		槽類換気系統及び機器	洗浄塔	T44	R007
			除湿器	H46	R007
	電気加熱器		H471、H472 H481、H482	A421	
	フィルタ		F4611、F4621 F4613、F4623	A421	
	よう素フィルタ		F465、F466	A421	
	冷却器		H49	A421	
	排風機		K463、K464	A421	
	セル換気系統及び機器	セル換気系フィルタ	F033～F040	A322	
		セル換気系排風機	K103、K104	A422	
	電気・計装制御等	スチームジェット		J0011、J0013、J0021、 J0023、J0031、J0033、 J0041、J0043、J0051、 J0053、J0061、J0063、 J0081、J0083	—
		漏えい検知装置		LA+001～006、LA+008 FA+201、FA+202	G444
		電磁弁		W503、W504	A422
トランスミッタラック		LA+001～006、LA+008 FA+201、FA+202	G444		
主制御盤		No. 1～5	G441		
高圧受電盤 (第6変電所)		DX	W461		
低圧配電盤 (第6変電所)		DY	W461		
動力分電盤		HM-1、HM-2	G355		
ケーブル					

系統等		閉じ込め機能 及び崩壊熱除去機能を有する施設		機器番号	設置場所
崩壊熱除去機能	設備・系統等	一次系冷却水系統及び機器	熱交換器	H314, H315～H364, H365	G341～G352
			一次系の送水ポンプ	P3161, P3162～P3661, P3662	G341～G352
			一次系の予備循環ポンプ	P3061、P3062	G353
			ガンマポット	V3191, V3192～V3691, V3692	G341～G352
		二次系冷却水系統及び機器	二次系の送水ポンプ	P8160～P8163	屋上
			冷却塔	H81, H82, H83	屋上
			浄水ポンプ	P761、P762	屋上
			浄水貯槽	V76	屋上
	電気・計装制御等	主制御盤		No. 1～4	G441
		高圧受電盤（第6変電所）		DX	W461
		低圧配電盤（第6変電所）		DY	W461
		動力分電盤		HM-1, HM-2	G355
		ケーブル			
	事故対処設備	緊急放出系	水封槽	V41、V42	R007
緊急放出系フィルタ			F480	A421	
電源供給系		緊急電源接続盤		G449	

表-1 (2/2) ガラス固化技術開発施設 (TVF) における溢水防護対象

系統等		閉じ込め機能 及び崩壊熱除去機能を有する施設	機器番号	設置場所	
高放射性廃液を閉じ込める機能	設備・系統	高放射性廃液を内蔵する系統及び機器	受入槽	G11V10	R001
			回収液槽	G11V20	R001
			水封槽	G11V30	R001
			濃縮器	G12E10	R001
			濃縮液槽	G12V12	R001
			濃縮液供給槽	G12V14	R001
			気液分離器	G12D1442	R001
			溶融炉	G21ME10	R001
			ポンプ	G11P1021	R001
			ドリフトトレイ (固化セル)	G04U001	R001
	高放射性廃液を内蔵する系統及び機器を設置するセル	固化セル	R001	-	
	溶融ガラスを閉じ込める機能	A 台車	G51M118A	R001	
	高放射性廃液を閉じ込める機能	設備・系統	槽類換気系統及び機器	冷却器	G11H11, G11H21 G12H13, G41H20 G41H22, G41H30 G41H32
冷却器				G41H70, G41H93	A011
凝縮器				G12H11	R001
デミスタ				G12D1141, G41D23 G41D33, G41D43	R001
スクラッパ				G41T10	R001
ベンチュリスクラッパ				G41T11	R001
吸収塔				G41T21	R001
洗浄塔				G41T31	R001
加熱器				G41H24, G41H34 G41H44	R001
加熱器				G41H80, G41H81 G41H84, G41H85	A012
ルテニウム吸着塔				G41T25, G41T35 G41T45 G41T82, G41T83,	R001, A012

系統等		閉じ込め機能 及び崩壊熱除去機能を有する施設		機器番号	設置場所		
			よう素吸着塔	G41T86, G41T87	A012		
			フィルタ	G41F26, G41F36 G41F46, G41F27 G41F37, G41F47 G41F88, G41F89	R001 R001 R001 A012		
			排風機	G41K50, G41K51 G41K60, G41K61 G41K90, G41K91 G41K92	A011		
		セル換気系 統及び機器	フィルタ	G07F80.1~F80.10 G07F81.1~F81.10 G07F82.1~F82.4 G07F83.1, G07F83.2 G07F84.1~G07F84.4 G07F86, G07F87 G07F88, G07F89 G07F90 G07F91, G07F93 G07F92	A211 A211 A211 A211 A211 A018 A012 A211 A110 R103		
			排風機	G07K50, G07K51 G07K52, G07K54 G07K55, G07K56 G07K57, G07K58 G07K59	A311		
			第二付属排気筒		屋外		
		高放射 性廃液を閉 じ込める機 能	設備・系 統	セル冷却系 統・冷却水 系統及び機 器	インセルクーラー	G43H10~G43H19	R001
					冷凍機	G84H10, G84H20	W362
					冷却器	G84H30, G84H40	A022
					ポンプ	G84P32, G84P42	A022
膨張水槽	G84V31, G84V41				A211		
電気・計 装制御等			スチームジェット	G04J0011, G04J0012 G04J0013, G04J0014	R001		
			安全保護回路	G43PP+001.7	A011		
			セル内ドリフトレイ液面上限警報	G04LA+001a, G04LA+001b	A024		
			トランスミッタラック	TR21 TR11.1, TR11.2 TR12.1, TR12.2 TR12.3, TR12.4 TR43.2	A024 A025 A024 A024		
			工程制御盤	DC	G240		
			工程監視盤(1)~(3)	CP	G240		
			変換器盤	TX1, TX2	G241		

系統等		閉じ込め機能 及び崩壊熱除去機能を有する施設		機器番号	設置場所
		計装設備分電盤		DP6 DP8	W363 G142
		重要系動力分電盤		VFP1	A018
		一般系動力分電盤		VFP2 VFP3	A028 W362
		電磁弁分電盤		SP2	G142
高放射性廃液を閉じ込める機能	電気・計装制御等	高圧受電盤（第11変電所）			W260, W261
		低圧動力配電盤（第11変電所）			W260, W261
		無停電電源装置			W363
		低圧照明配電盤（第11変電所）			W260, W261
		直流電源装置（第11変電所）			W260, W261
		ガラス固化体取扱設備操作盤		LP22.1	G240
		重量計盤		LP22.3, LP22.3-1	A018
		流加ノズル加熱停止回路		G21P0-10.5	A018
		A台車の定位置操作装置		G51Z0+118.1, Z0+118.2	A018
		A台車の重量上限操作装置		G51W0+118	A018
		換気用動力分電盤		VFV1	A311
		純水貯槽		G85V20	W360
		ポンプ（純水設備）		G85P21, G85P22	W360
崩壊熱除去機能	設備・系統	冷却水（重要系）系統 及び機器	冷却器	G83H30, G83H40	A022
			ポンプ	G83P12, G83P22 G83P32, G83P42	屋上 A022
			冷却塔	G83H10, G83H20	屋上
			膨張水槽	G83V11, G83V21 G83V31, G83V41	屋上 A211
崩壊熱除去機能	電気・計装制御等	高圧受電盤（第11変電所）			W260, W261
		低圧動力配電盤（第11変電所）			W260, W261
		無停電電源装置			W363
		低圧照明配電盤（第11変電所）			W260, W261
		直流電源装置（第11変電所）			W260, W261
		重要系動力分電盤		VFP1	A018
		一般系動力分電盤		VFP2 VFP3	A028 W362
		工程制御盤		DC	G240
		操作盤		LP22.1	G240
		現場制御盤		LP22.3, LP22.3-1	A018

系統等		閉じ込め機能 及び崩壊熱除去機能を有する施設	機器番号	設置場所
		電磁弁分電盤 (2)	SP2	G142
		工程監視盤 (1) ~ (3)	CP	G240
		計装設備分電盤	DP6 DP8	W363 G142
事故 対 処 設 備	固化セル 換気系	排風機	G43K35, G43K36	A012
		フィルタ	G43F30, G43F31 G43F32 G43F33, G43F34	A023 R001 A011
	電源供給 系	緊急電源接続盤		A221

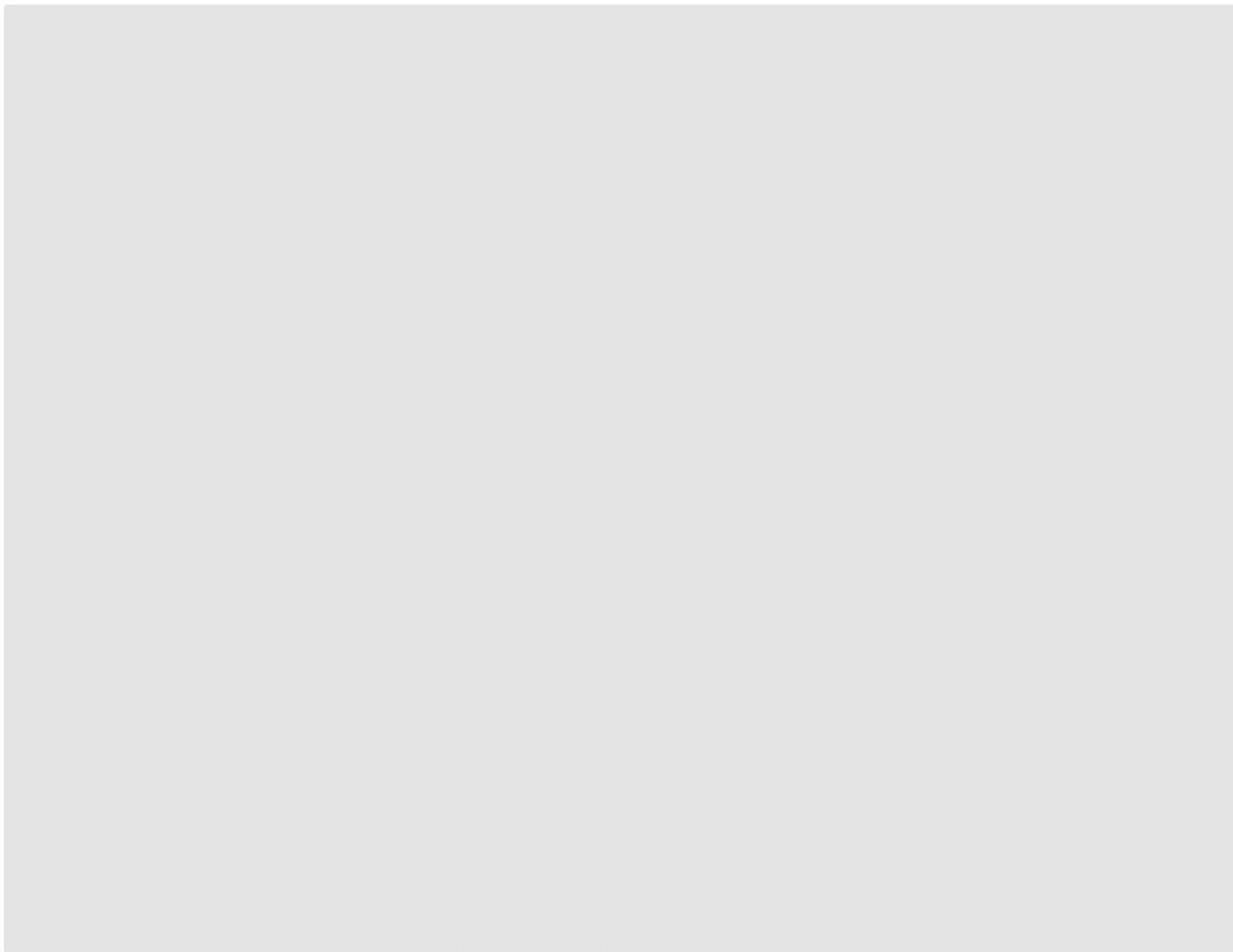


図-1-1 溢水防護区画の設定 (HAW 施設 5階、屋上)

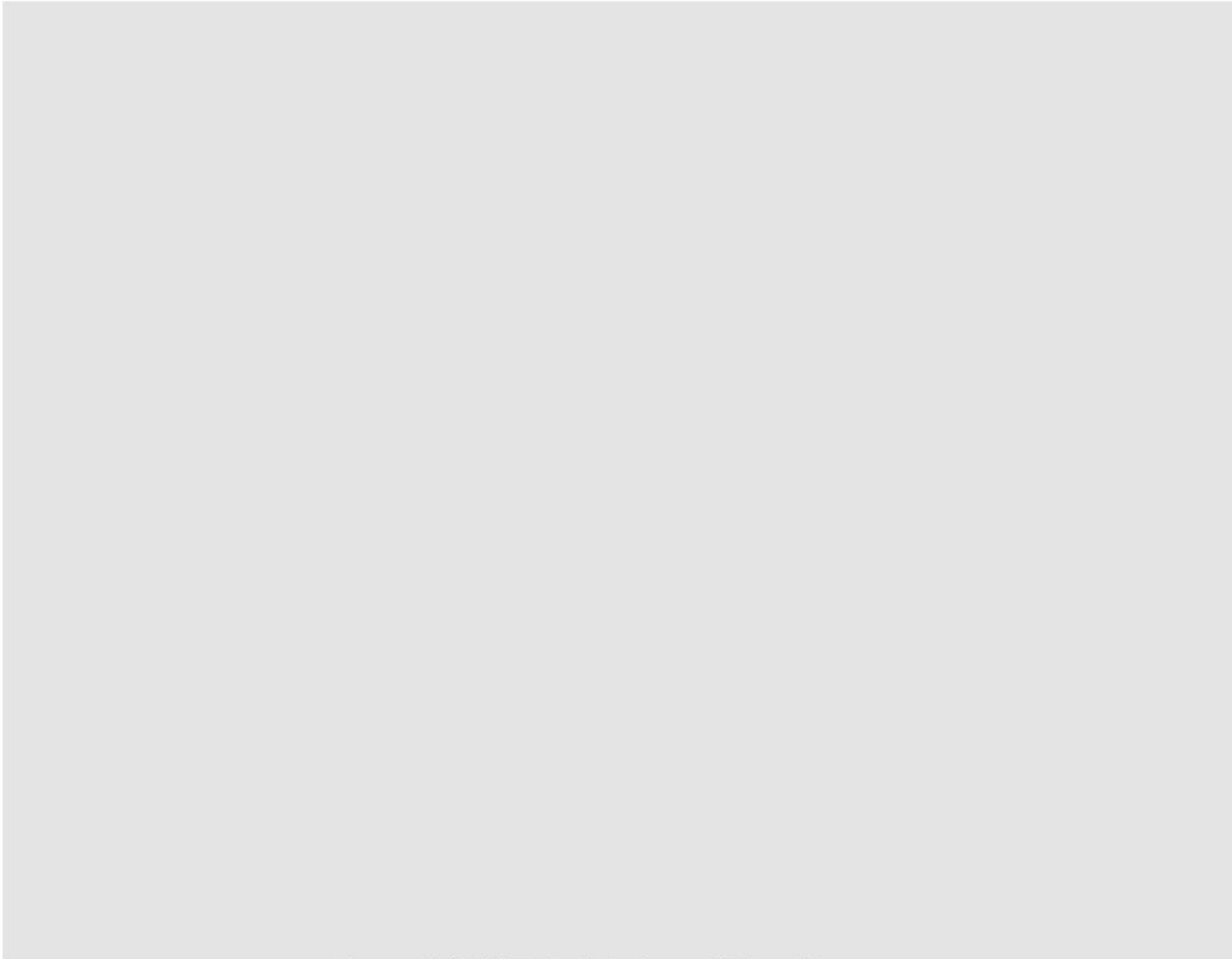


図-1-2 溢水防護区画の設定 (HAW 施設 4 階)

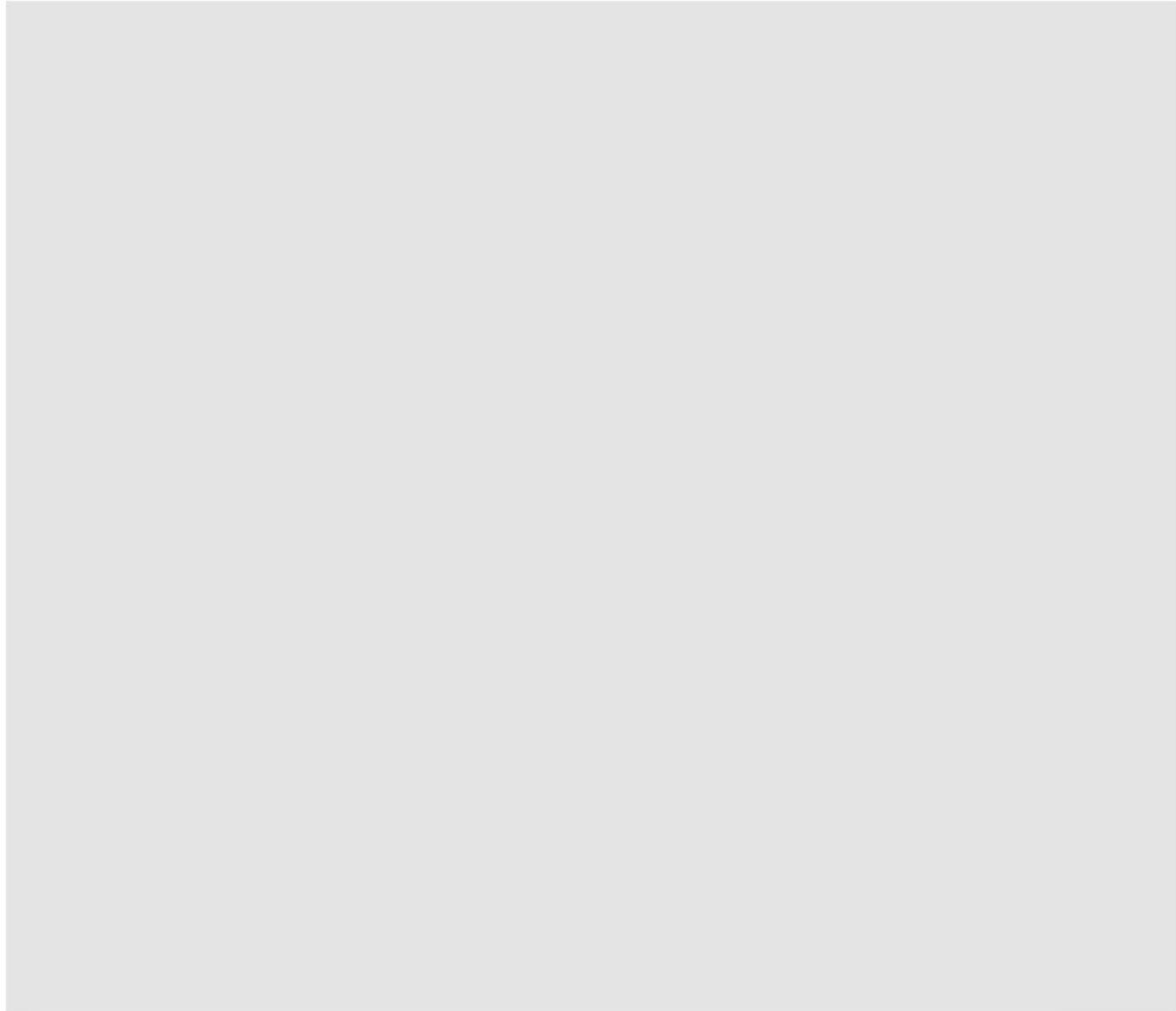


図-1-3 溢水防護区画の設定 (HAW 施設 3 階)

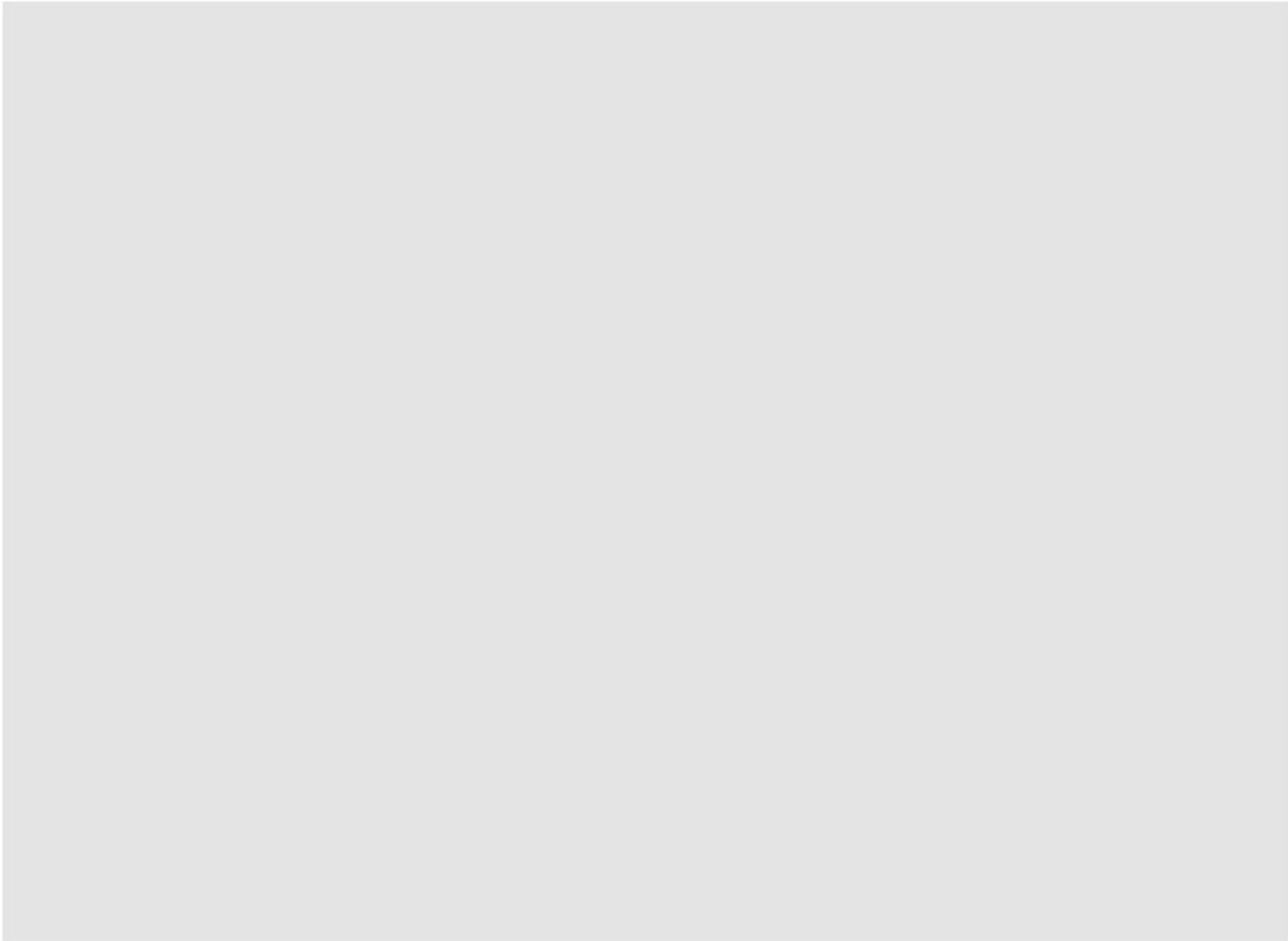


図-1-4 溢水防護区画の設定 (HAW 施設 2 階)

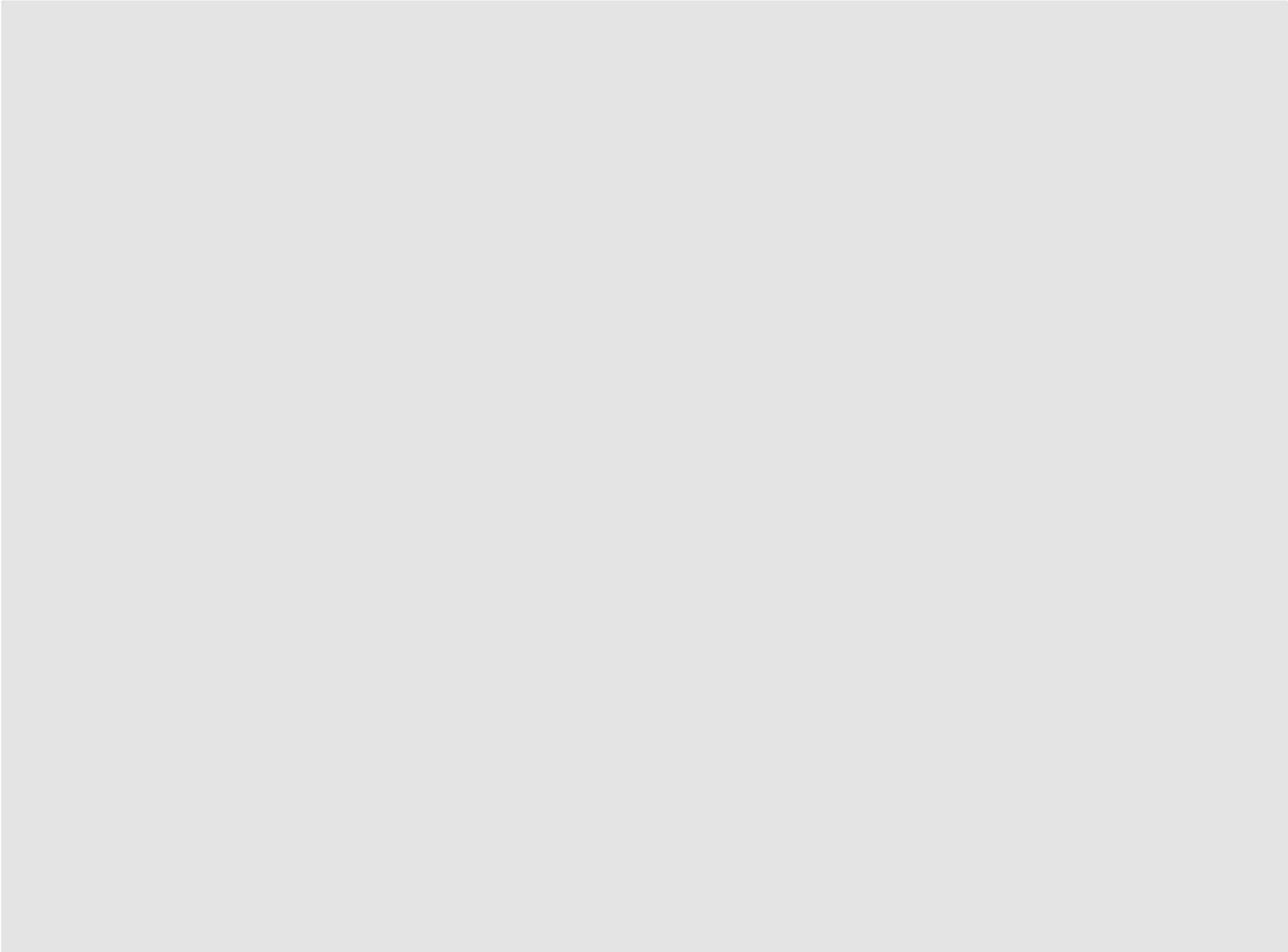


図-1-5 溢水防護区画の設定 (HAW 施設 1 階)

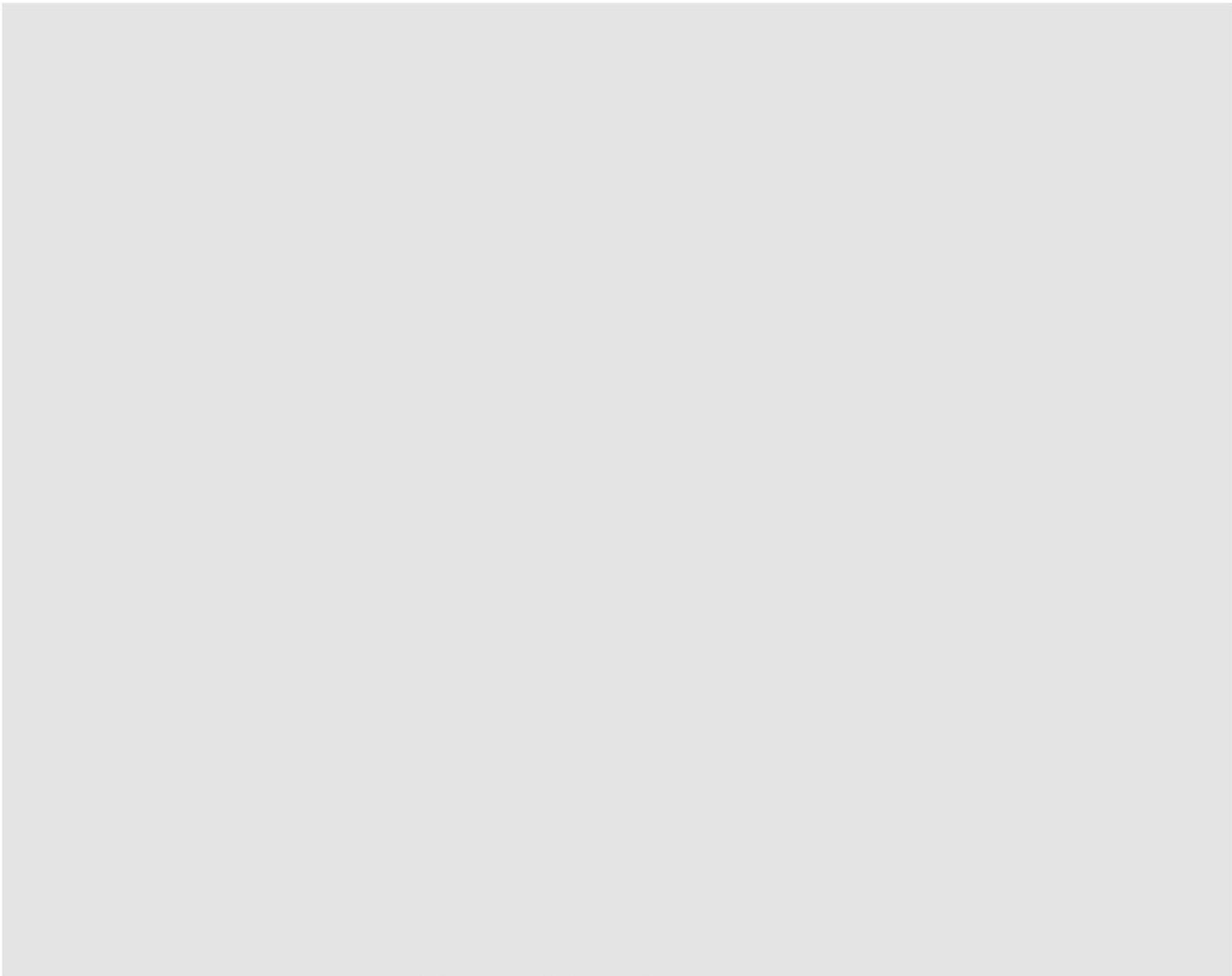


図-1-6 溢水防護区画の設定 (HAW 施設 地下1階)

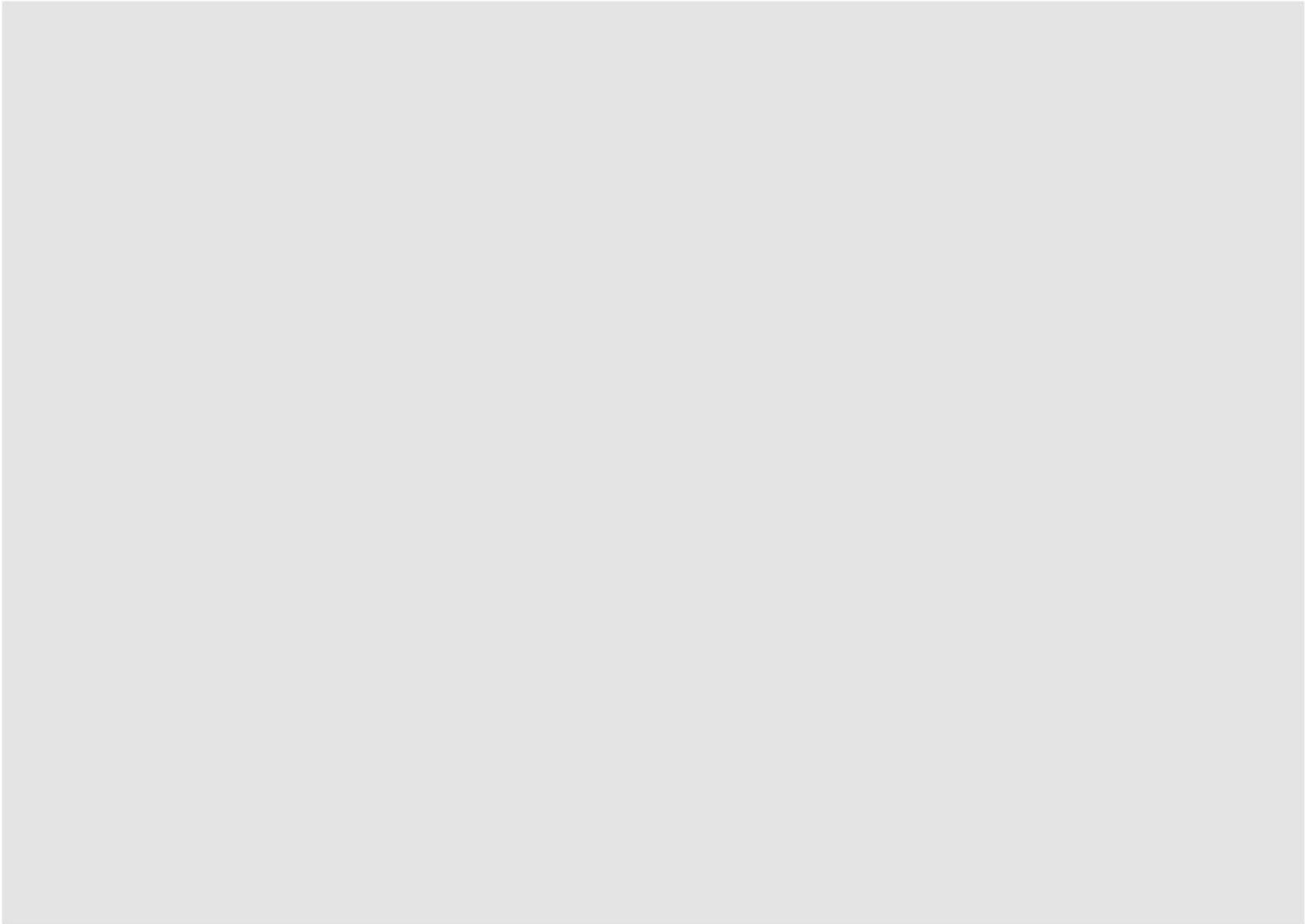


図-2-1 溢水伝播図：想定破損（HAW 施設 4階 A421）

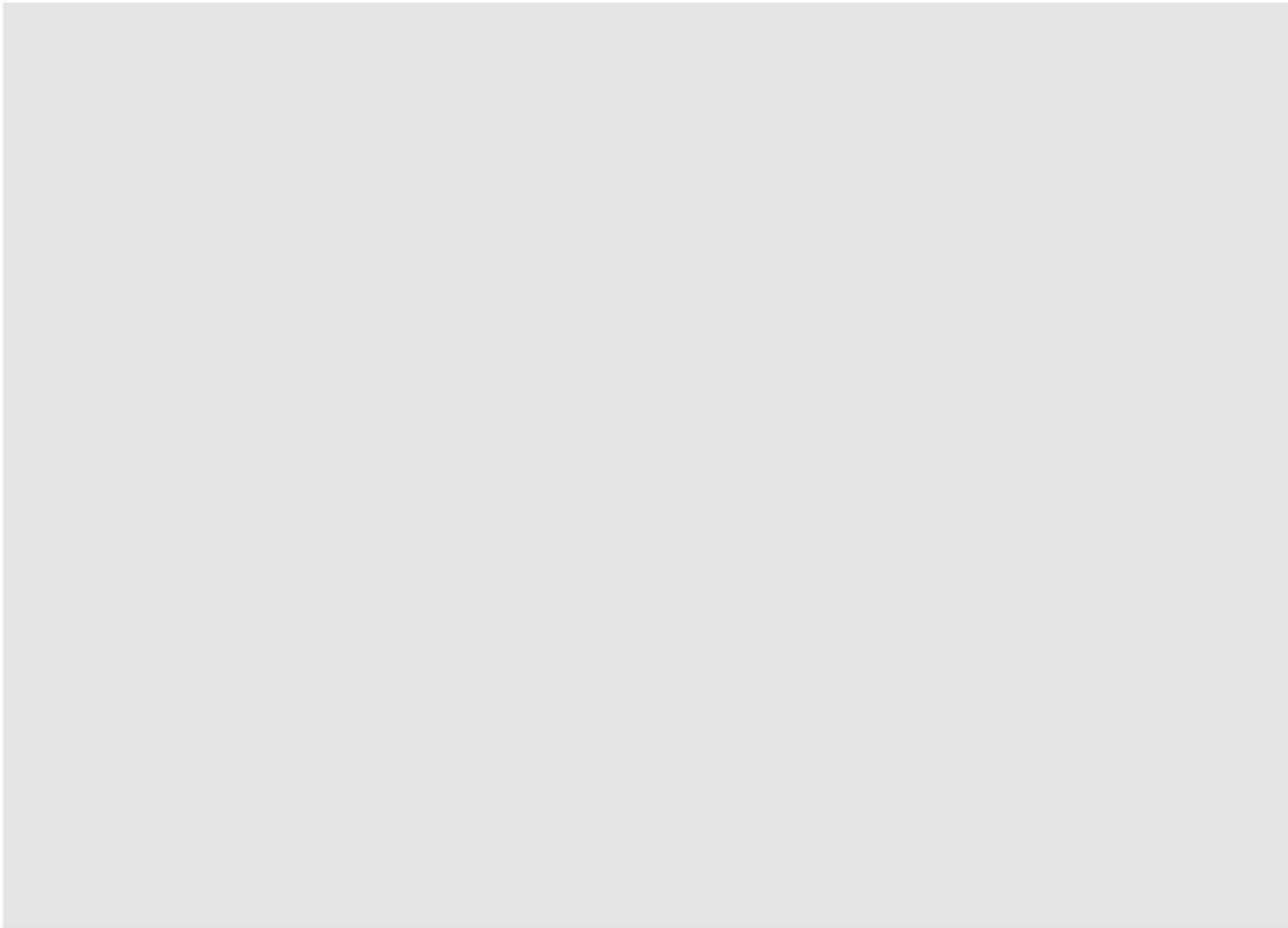


図-2-2 溢水伝播図：消火活動（HAW施設 4階 A421）



図-2-3 溢水伝播図：地震起因（HAW 施設 4階 A421）

表-2-1 没水の影響評価結果 (HAW 施設 4階 A421)

①想定破損

区画内				区画外			
溢水箇所	溢水源	溢水量(m3)	評価面積(m2)	溢水箇所	溢水源	溢水量(m3)	評価面積
A421	純水配管	14.7	169.4	A423	二次冷却水配管	28.4	219.4

②消火活動

区画内				区画外			
溢水箇所	溢水源	溢水量(m3)	評価面積(m2)	溢水箇所	溢水源	溢水量(m3)	評価面積
A421	放水3時間	46.8	467	A425	放水3時間	46.8	500

③地震起因

区画内				区画外				
溢水箇所	溢水源	溢水量(m3)	評価面積(m2)	溢水箇所	溢水源	溢水量(m3)	評価面積(m2)	
A421	純水配管	14.7	32.12	169.4	G445→G442	浄水	18.59	63.4
	試薬	10.9			区画内水位：0.19m			
	冷水	1.2			区画外水位：0.30m			
	冷水(空調)	5.3			区画内水位<区画外水位につき、A442からA421へ流入			

溢水の影響判定

機能喪失高さ (m)	想定破損		消火活動		地震起因		判定
	没水高さ(m)		没水高さ(m)		没水高さ(m)		
0.29	区画内	区画外	区画内	区画外	区画内	区画外	OK
	0.09	0.13	0.10	0.09	0.19	0.22	

表-3 被水の影響評価結果

防護対象設備	設置区画	被水源の有無	影響評価	安全機能への影響
槽類換気系排風機	A421	有り	防滴仕様(JPW44)であることから、影響なし	無

表-4 蒸気の影響評価結果

防護対象設備	設置区画	蒸気源の有無		安全機能への影響	評価結果
		防護対象区画	隣接区画		
槽類換気系排風機	A421	蒸気配管あり	蒸気配管あり (開口部なし)	有り	当該区画での蒸気配管の破損を想定した場合に、機能喪失のおそれがある。

熱交換器	G347 熱交換器室	0.37	1.47	0.13 (※1)	(有)	0.78	0.09 (※1)	(有)	0.44	0.06 (※1)	(有)	OK (静的機器:SUS管体)	無	蒸気源なし	蒸気源なし	無		
熱交換器	G348 熱交換器室	0.37	1.47			0.78			0.44			OK (静的機器:SUS管体)	無	蒸気源なし	蒸気源なし	無		
熱交換器	G349 熱交換器室	0.37	1.47	0.13 (※1)	(有)	0.78	0.09 (※1)	(有)	0.44	0.06 (※1)	(有)	OK (静的機器:SUS管体)	無	蒸気源なし	蒸気源なし	無		
熱交換器	G350 熱交換器室	0.37	1.47			0.78			0.44			OK (静的機器:SUS管体)	無	蒸気源なし	蒸気源なし	無		
熱交換器	G351 熱交換器室	0.37	1.47	0.13 (※1)	(有)	0.78	0.09 (※1)	(有)	0.44	0.06 (※1)	(有)	OK (静的機器:SUS管体)	無	蒸気源なし	蒸気源なし	無		
熱交換器	G352 熱交換器室	0.37	1.47			0.78			0.44			OK (静的機器:SUS管体)	無	蒸気源なし	蒸気源なし	無		
1次系予備送水ポンプ (272P3061)	G353 圧空製造室	0.24	0.19	0.13	無	破損配管なし	0.17	無	0.05	0.22	無	OK (防滴仕様)	無	蒸気源なし	蒸気源あり (境界扉に 開口部無し)	無		
1次系予備送水ポンプ (272P3161)												OK (防滴仕様)	無	蒸気源なし	蒸気源あり (境界扉に 開口部無し)	無		
ガンマボット	G341~G352 熱交換器室	0.70	1.47	0.13 (※1)	(有)	0.78	0.09 (※1)	(有)	0.44	0.06 (※1)	無	OK (静的機器:SUS容器)	無	蒸気源なし	蒸気源なし	無	※1:2系統の同時機能喪失を評価する上で、隣接区画(G342)及び扉に開口部があるG358への流出を考慮し評価している。	G358(廊下)へ積極的に流出させるための境界扉の改造
二次冷却水ポンプ	屋上	0.49	0.09	0.09	無	0.11	0.11	無	0.1	0.06	無	OK (防滴仕様)	無	蒸気配管あり (境界扉に 開口部無し)	蒸気源あり (境界扉に 開口部無し)	有	保守的に、蒸気漏えいによる安全機能への影響が想定される。	空調系の蒸気は使用しない対策で、溢水源から除外する。
			0.09	0.09	無	0.11	0.11	無	0.1	0.06	無							
			0.09	0.09	無	0.11	0.11	無	0.1	0.06	無							
			0.09	0.09	無	0.11	0.11	無	0.1	0.06	無							
冷却塔	屋上	0.29	0.09	0.09	無	0.11	0.11	無	0.1	0.06	無	OK (防滴仕様)	無	蒸気配管あり (境界扉に 開口部無し)	蒸気源あり (境界扉に 開口部無し)	有		
浄水ポンプ	屋上	0.43	0.09	0.09	無	0.11	0.11	無	0.1	0.06	無	OK (防滴仕様)	無	蒸気配管あり (境界扉に 開口部無し)	蒸気源あり (境界扉に 開口部無し)	有		
浄水貯槽	屋上	0.29	0.09	0.09	無	0.11	0.11	無	0.1	0.06	無	無 (静的機器:SUS容器)	無	蒸気配管あり (境界扉に 開口部無し)	蒸気源あり (境界扉に 開口部無し)	無 (静的機器:SUS容器)		

電源設備	高圧受電盤(第6変電所)	W461 電氣室	0.03	溢水源なし	0.24	有	溢水源なし	0.29	有	※1	0.12	有	OK (溢水源なし)	無	蒸気源なし	蒸気源なし	無	・隣接区域での想定破損、地震起因による破損、消火活動による溢水(浸水)により、機能喪失のおそれがある。 ※1:電氣設備の消火には、水を用いない手段により消火活動を行う。	・電氣盤、又は境界扉周辺での堰の設置対策。 ・破損を想定する配管について、溢水量を低減するための応力評価及び補強対策。
	低圧配電盤(第6変電所)												OK (溢水源なし)	無					
	動力分電盤(HM1)	G355 電氣室	0.03	溢水源なし	0.13	有	溢水源なし	0.22	有	※1	0.21	有	OK (溢水源なし)	無	蒸気源なし	蒸気源あり (境界扉に 開口部無し)	無	・隣接区域での想定破損、地震起因による破損、消火活動による溢水(浸水)により、機能喪失のおそれがある。 ※1:電氣設備の消火には、水を用いない手段により消火活動を行う。	・電氣盤、又は境界扉周辺での堰の設置対策。 ・破損を想定する配管について、溢水量を低減するための応力評価及び補強対策。
	動力分電盤(HM2)												OK (溢水源なし)	無					
電氣・計装	制御室内設置盤 (プロセスNo.1~5)	G441 制御室	0.05	溢水源なし	0.26	有	溢水源なし	0.73	有	※1	0.2	有	OK (溢水源なし)	無	蒸気源なし	蒸気源あり (境界扉に 開口部無し)	無	・隣接区域での想定破損、地震起因による破損、消火活動による溢水(浸水)により、機能喪失のおそれがある。 ※1:電氣設備の消火には、水を用いない手段により消火活動を行う。	・電氣盤、又は境界扉周辺での堰の設置対策。 ・破損を想定する配管について、溢水量を低減するための応力評価及び補強対策。
事故対処	水封槽	R007	9.07	0.75	セル内への 流入なし	無	0.92	セル内への 流入なし	無	消火放水なし (セル内)	セル内への 流入なし	無	OK (静的機器:SUS管体)	無	蒸気配管あり (流入なし)	蒸気配管あり (静的機器:SUS容器)	無		
	水封槽	R007	10.47	0.75		無	0.92		無			OK (静的機器:SUS管体)	無	蒸気配管あり (流入なし)	蒸気配管あり (静的機器:SUS容器)	無			
	緊急放出系フィルタ	操作室 A421	0.67	0.09	0.13	無	0.19	0.25	無	0.1	0.09	無	OK (静的機器:SUS管体)	無	蒸気配管あり (A421壁貫通)	蒸気配管あり (静的機器:SUS管体)	無		
	緊急電源接続盤	G449 廊下	0.27 (堰の設置)	0.11	0.1	無	0.18	0.17	無	※1	0.16	無	OK (被水防止板)	無	蒸気配管あり (A421壁貫通)	蒸気配管あり (A421壁貫通)	有	・当該区域での蒸気配管の破損を想定した場合に、機能喪失のおそれがある。 ・蒸気配管(液移送)は想定破損、耐震の応力評価、 ・応力評価、影響評価結果に基づき、補強対策、応力低減対策、また、蒸気漏えいする場合、影響評価により時間裕度に応じて蒸気遮断弁による対策。	・電氣配管(空調、温水の用途)については使用しない対策。 ・蒸気配管(液移送)は想定破損、耐震の応力評価、 ・応力評価、影響評価結果に基づき、補強対策、応力低減対策、また、蒸気漏えいする場合、影響評価により時間裕度に応じて蒸気遮断弁による対策。
	緊急電源接続盤 (端子箱)	屋上	0	0.09	0.09	有	0.11	0.11	有	0.1	0.06	有	OK (静的機器:銅製管体)	無	蒸気配管あり (境界扉に 開口部無し)	蒸気源あり (境界扉に 開口部無し)	OK (静的機器:銅製管体)	・床に設置されていることから想定破損、地震起因による破損、消火活動による溢水(浸水)により、機能喪失のおそれがある。	・床等による端子箱の嵩上げ

表-6 HAW施設の溢水防護対策の整理表

防護対象設備	設置区画	溢水影響	対策	
高圧受電盤 低圧配電盤	電気室 W461	<ul style="list-style-type: none"> ・当該室に溢水源はない。 ・隣接区域での想定破損、地震起因による破損、消火活動による溢水(没水)により機能喪失のおそれがある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・電気盤、又は境界扉周辺での堰の設置対策。 ・破損を想定する配管について、溢水量を低減するための補強対策。 	 <p>堰設置のイメージ</p>
動力分電盤	電気室 G355			
制御室内設置盤	制御室 G441			
緊急電源(端子箱) (HAW→TVFルート)	屋上	屋上での想定破損、地震起因による破損、消火活動による溢水(没水)により機能喪失のおそれがある。	架台等による端子箱の嵩上げ	 <p>架台設置のイメージ</p>
1次冷却水ポンプ 熱交換器 ガンマポット	熱交換器室 G341～G352	<ul style="list-style-type: none"> ・当該区域での想定破損、地震起因による破損、消火活動による溢水(没水)により機能喪失のおそれがある。 ・隣接区画(G358)へ流出させることで、2系統は同時機能喪失しない。 	隣接区画に積極的に流出させるための扉の改造	 <p>開口部設置のイメージ</p>
安全対策資機材	通路(G358)等	<ul style="list-style-type: none"> ・当該区域での想定破損、地震起因による破損、消火活動による溢水の没水。 	安全対策資機材の没水対策(嵩上げ等)	
槽類換気系排風機	操作室 A421	当該区域(A421)における蒸気配管からの蒸気影響を保守的に想定した場合に、機能喪失のおそれがある。	<ul style="list-style-type: none"> ・A421の蒸気配管について、評価応力が許容応力を上回ることから補強対策を行う。 ・配管補強でも漏えいする配管について、影響評価により時間裕度に応じて遮断弁による対策。 	-
セル換気系排風機	排気機械室 A422	隣接区域(A421)における蒸気配管からの蒸気影響を保守的に想定した場合に、機能喪失のおそれがある。		
電磁弁	排気機械室 A422	<ul style="list-style-type: none"> ・隣接区域(A421)における蒸気配管からの蒸気影響を保守的に想定した場合に、機能喪失のおそれがある。 ・当該区域(A422)における冷水配管からの被水影響を想定した場合に、機能喪失のおそれがある。 		
緊急電源接続盤	廊下 G449	当該区域(G449)における蒸気配管からの蒸気影響を保守的に想定した場合に、機能喪失のおそれがある。	<ul style="list-style-type: none"> ・蒸気配管(空調、温水の用途)については使用しない対策。 ・蒸気配管(液移送)は評価応力が許容応力を上回ることから補強対策を行う。 ・配管補強でも漏えいする配管について、影響評価により時間裕度に応じて遮断弁による対策。 	-
2次冷却水ポンプ 冷却塔 浄水ポンプ	屋上 屋上 屋上	屋上における蒸気配管からの蒸気影響を保守的に想定した場合に、機能喪失のおそれがある。	空調系の蒸気配管は使用しない対策	-

ポンプ等における機能喪失高さの設定根拠について

1. ポンプの機能喪失高さについて

一次冷却水ポンプ、二次冷却水ポンプ等の直動式のポンプについては、駆動軸等のシール部は電動機下端よりも高い位置にある。

また、ポンプ側にフランジ等の接続部がある場合においても、内部の冷却水等が漏れないように水密された構造であることから、没水影響によりポンプ本体が機能喪失することは想定されない。よって、ポンプの機能喪失高さとして、電動機下端を選定する。



一次冷却水ポンプ



一次冷却水予備ポンプ



二次冷却水ポンプ



浄水ポンプ

2. 排風機の機能喪失高さについて

排風機については、ファンケーシングの接続部等について、当該箇所が電動機下端よりも低い位置にある場合は、最も低い位置にある箇所の下端を機能喪失高さとして評価する。

なお、コーキング処置等の水密処理を対策として行う場合については、その効果を期待できるものとする。



建家換気系排風機



槽類換気系排風機

電気ケーブルの溢水影響評価に係る敷設状況調査例

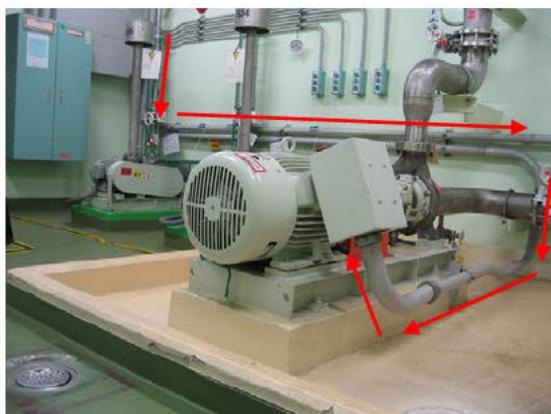
○一次冷却水ポンプ

G358 通路のケーブルトレイ(高さ約 2.5m)から一次冷却水ポンプがある熱交換機室に電線管を通じてケーブルが敷設されており、電動機下端よりも高い位置にある一次冷却水ポンプの端子箱に給電されている。



○一次冷却水予備ポンプ

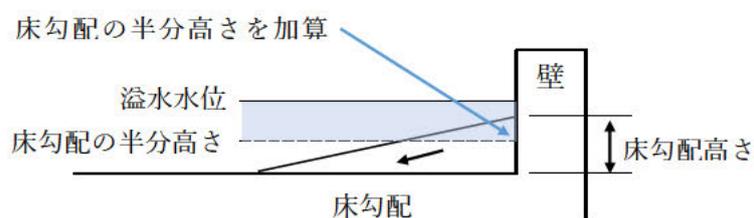
G358 通路のケーブルトレイ(高さ約 2.5m)から一次冷却水予備ポンプがある圧縮空気製造室 G353 に電線管を通じてケーブルが敷設されている。一部、電線管および可とう電線管内のケーブルが電動機下端よりも低い位置にあるが、没水のおそれがある部分にケーブル接続部はなく、一次冷却水予備ポンプの端子箱に給電されている。



溢水影響評価における床勾配及びゆらぎの考え方について

1. 床勾配の考え方

床勾配がある区画については、床勾配分を考慮する。溢水水位の評価において、床勾配高さの半分を評価区画全体の溢水水位に付加することで、保守的となるよう評価する。



2. ゆらぎ影響の考慮について

溢水水位の評価において、溢水の流入、人のアクセス等により一時的な水位変動（ゆらぎ）が生じることが考えられる。このため、溢水水位と溢水防護対象設備の機能喪失高さとの比較においては、ゆらぎ影響の考慮として算出した溢水水位に対して一律 3cm の裕度を確保する。

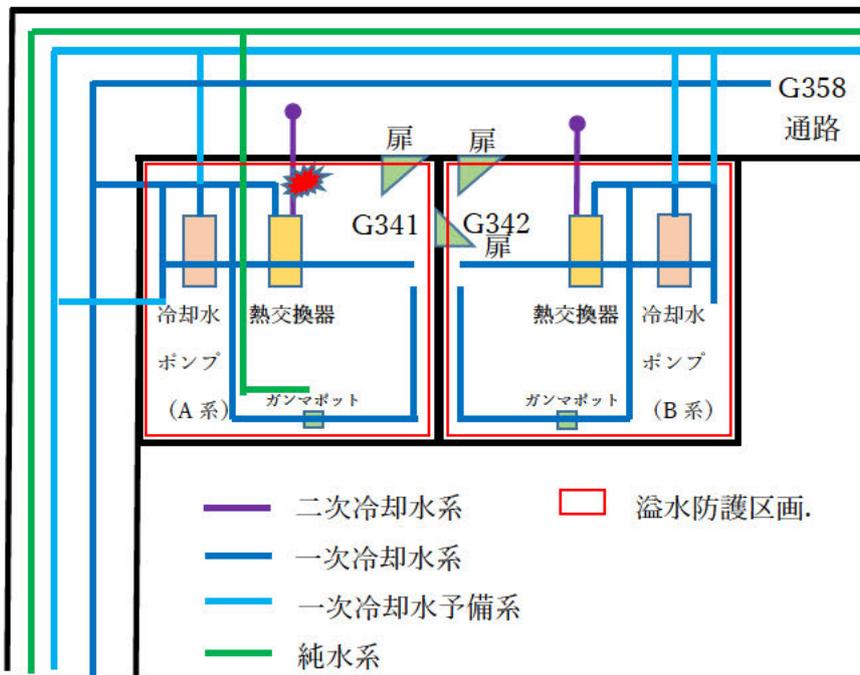
- ・機能喪失高さ－ゆらぎ影響(3cm)≧溢水水位

一次冷却水ポンプの溢水影響評価について

HAW施設の崩壊熱除去機能に係る防護対象設備である一次冷却水ポンプについて、配管の想定破損を溢水源とした一次冷却水ポンプへの溢水影響評価を以下に示す。

1. 溢水防護区画の設定

一次冷却水ポンプに対する防護区画を以下のとおり設定している。防護区画は溢水防護対象設備が設置されている部屋を単位としている。



2. 想定破損による溢水影響について

2. 1 防護区画内(G341)での溢水

① 溢水源及び溢水量の設定

一次冷却水ポンプ(P3161)が設置されている熱交換器室(G341)において、溢水源となり得る配管は、以下の4種類である。各システムの保有水量については、配管の寸法と長さから算出した値に10%の裕度を見込んで評価している。

二次冷却水系については、3ループ中の1ループを常時使用している。単一の破損を想定する想定破損において、1ループの破損を想定した溢水量で評価している。

熱交換機室(G341)における溢水源となる配管

系統	保有水量(m ³)
一次冷却水系	23.4
一次冷却水予備系	13.1
二次冷却水系	28.4
純水系	14.7

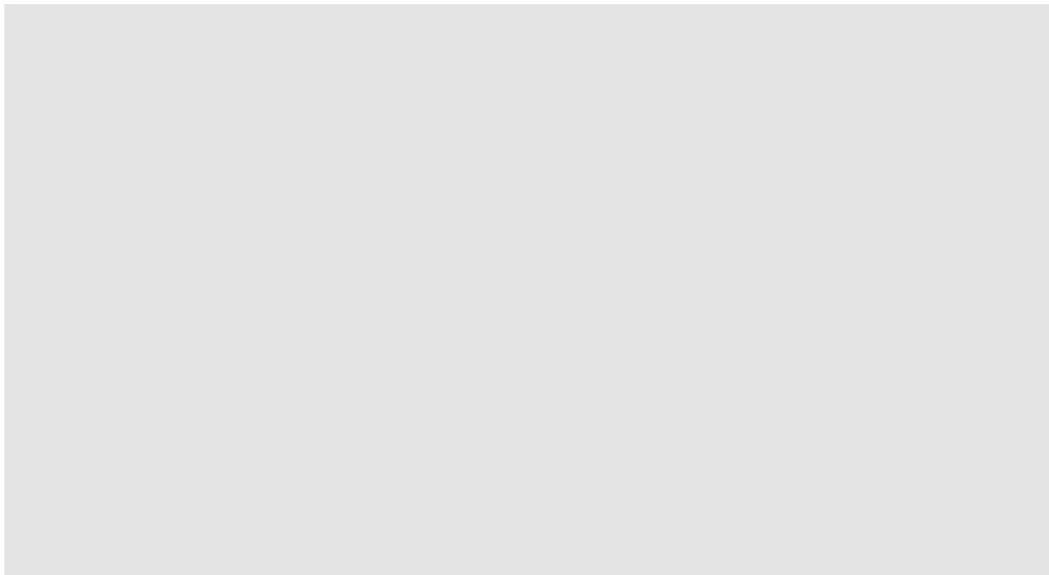
② 防護区画内(G341)での溢水影響評価

熱交換器室(G341)での溢水量(28.4 m³)に対して、防護区画の滞留面積(19.85 m²)(区画面積(22.2 m²)から基礎面積(2.35 m²)を除いた値)に床勾配を考慮して評価した G341 での没水高さは 1.47 m と評価され、ポンプの電動機下端位置で測定した値にゆらぎ影響を考慮した機能喪失高さ(0.27 m)を上回ることから、2 系統あるポンプの 1 系統が機能喪失すると評価する。

③ 2 系統の同時機能喪失に係る溢水影響評価

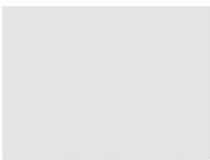
一次冷却水ポンプについては、2 系統が別々の防護区画に設置されていることから、2 系統が同時に機能喪失するおそれがあるか評価する上で、G341 から隣接する区画(G342)への流出を考慮し影響評価する。

G341 から G342 への流出を考慮する他、ここでは G341 と隣接する G358(通路)の境界扉には開口部(通気口)があることから、G358(通路)への流出を考慮し評価を行っている。熱交換器室(G341)での溢水量(28.4 m³)に対して、G341、G342 及び G358 を合わせた区画の滞留面積(317.5 m²) に床勾配を考慮して評価した没水高さは 0.13 m と評価され、G358 への流出を考慮することで機能喪失には至らないと評価できる。



TVFの溢水対策の概要

別添-1-1

防護対象設備	設置場所	溢水影響	対策
無停電電源装置 計装設備分電盤(DP6)	 電気室(3階) W363	【没水影響】 ・隣接区画(W362)での消火活動による放水 ・隣接区画(W362)での冷却水、純水配管等による溢水	・電気室入口扉での堰の設置 ・破損を想定する配管については、溢水源となる配管について応力評価。 ・隣接区画での溢水を早期に検知するための対策(漏えい検知等)。  堰設置箇所のイメージ
高圧受電盤 低圧配電盤 低圧照明配電盤 直流電源装置	 電気室(2階) W260, W261	【没水影響】 ・隣接区画(G244、W262)での消火活動による放水 ・隣接区画(G244、DS)での浄水配管等による溢水	・電気室入口扉への堰の設置 (電気室の床はピット構造のため、電気室周辺の堰設置は困難) ・破損を想定する配管については、溢水源となる配管について応力評価。 ・隣接区画での溢水を早期に検知するための対策(漏えい検知等)。  堰設置箇所のイメージ
工程監視盤 工程制御装置 ガラス固化体取扱設備操作盤	 制御室 G240	【没水影響】 ・隣接区画(G243)等での消火活動による放水 ・隣接区画(G244、DS)での浄水配管等による溢水	可燃物は金属キャビネットに収納し、電気設備は水によらない消火手段。 (制御室周辺エリアの床はフリーアクセス構造のため、堰設置は困難)
		【蒸気影響】 隣接区画(DS)での蒸気漏えい	・蒸気配管について、想定破損、耐震に係る応力評価 ・応力評価、影響評価結果に基づき、配管補強、応力低減対策。 ・また、蒸気漏えいする場合、影響評価により時間裕度に応じて遮断弁による対策。
計装設備分電盤(DP8) 電磁弁分電盤(SP2)	 倉庫(1階) G142	【没水影響】 ・隣接区画(G145)での消火活動による放水 ・隣接区画(G145)での純水配管等による溢水	・入口扉での堰の設置 ・破損を想定する配管については、溢水源となる配管について応力評価。 ・隣接区画での溢水を早期に検知するための対策(漏えい検知等)。  堰設置箇所のイメージ
動力分電盤(VFP1) (プロセス系)	 保守区域 A018(地下2階)	【没水影響】 連結散水栓からの放水量が多く、堰の設置で対応することが困難 (保守的に、3時間の放水を想定した場合、約450m ³)	・地下スラブに排水し、盤が没水しない対策 (A018のマンホールから地下スラブに排水)  マンホールのイメージ
		【被水影響】 連結散水栓からの放水による被水	被水防止板の設置
		【蒸気影響】 当該区画での蒸気漏えいにより機能喪失のおそれがある。	・A018の蒸気配管について、想定破損、耐震に係る応力評価 ・応力評価、影響評価結果に基づき、配管補強、応力低減対策。 ・また、蒸気漏えいする場合、影響評価により時間裕度に応じて遮断弁による対策。
動力分電盤 (建家換気系)	 排気機械室 A311	【没水影響】 隣接区画(W362)からの流入に対して、没水による機能喪失のおそれがある。	・境界扉への堰設置または盤下端部の止水処置(コーキング等) ・隣接区画での溢水を早期に検知するための対策(漏えい検知等)。

トランスミッタラック (液位等の計装)		配管分岐室 A024、A025	【蒸気影響】 蒸気漏えい(ターミナルエンド)により計装設備が機能喪失のおそれがある。	・貫通プラグにターミナルエンドが複数あり、カバー等の設置困難 ・導圧管には蒸気影響がないことから、端子箱の密封処理、可搬型設備による対応及び伝送器等は予備品との交換で対応。		—
インセルクーラー		固化セル R001	【蒸気影響】 固化セル内での蒸気漏えいを想定	・固化セル温度計による検知 ・遮断弁による停止操作 ・圧力上昇に対しては、圧力放出系排風機の作動		—
1次冷却水ポンプ		ユーティリティ室 A022(地下1階)	【蒸気影響】 当該区画での蒸気漏えいにより機能喪失のおそれがある。	・A022の蒸気配管について、想定破損、耐震に係る応力評価 ・応力評価、影響評価結果に基づき、配管補強、応力低減対策。 ・また、蒸気漏えいする場合、影響評価により時間裕度に応じて遮断弁による対策。		—
ポンプ(純水設備)		給気室 W360	【蒸気影響】 当該区画での蒸気漏えいにより機能喪失のおそれがある。	・W360の蒸気配管について、想定破損、耐震に係る応力評価 ・応力評価、影響評価結果に基づき、配管補強、応力低減対策。 ・また、蒸気漏えいする場合、影響評価により時間裕度に応じて遮断弁による対策。		—
冷凍機		ユーティリティ室 W362(3階)	【被水影響】 冷却水配管等の損傷することによる溢水	冷凍機の操作盤への被水防止板の設置		—
			【蒸気影響】 当該区画での蒸気漏えいにより機能喪失のおそれがある。	・W362の蒸気配管について、想定破損、耐震に係る応力評価 ・応力評価、影響評価結果に基づき、配管補強、応力低減対策。 ・また、蒸気漏えいする場合、影響評価により時間裕度に応じて遮断弁による対策。		—
固化セル換気系排風機		廃気処理室 A012	【蒸気影響】 当該区画での蒸気漏えいにより機能喪失のおそれがある。	・A012の蒸気配管について、想定破損、耐震に係る応力評価 ・応力評価、影響評価結果に基づき、配管補強、応力低減対策。 ・また、蒸気漏えいする場合、影響評価により時間裕度に応じて遮断弁による対策。		—
制御盤・操作盤等		A022 W360 等	【被水影響】 純水配管等による被水影響	接続部等のシール処置		—
緊急電源接続盤		A221 搬送室	【没水・被水影響】 ・当該区画(W362)での消火活動による放水	・盤下端部の止水処置(コーキング等) ・被水防止シートの設置		—
安全対策資機材		屋上等	【没水影響】 想定破損、地震起因による破損、消火活動による溢水	安全対策資機材の没水対策(嵩上げ等)		—

TVF 配管分岐室(A024, A025)のトランスミッタラックに係る蒸気漏えい対策について

1. 概要

配管分岐室(A024, A025)には、固化セルに蒸気を供給するために複数の蒸気配管が敷設されており、これらの蒸気配管と貫通プラグを接続している壁貫通部がターミナルエンドに該当すると考えることから、「内部溢水影響評価ガイド」の考え方にに基づき、当該区画（配管分岐室(A024, A025)）で蒸気配管が破損し蒸気が区画内部に充満する事象を想定した。

その場合、各区画内に設置されている防護対象設備（A025 のトランスミッタラックに据え付けられている受入槽・回収液槽の液位及び圧力測定に係る伝送器、A024 のトランスミッタラックに据え付けられている濃縮器・濃縮液槽・濃縮液供給槽の液位及び圧力測定に係る伝送器）が漏えいした蒸気の影響（温度上昇及び被水による影響）を受けることになる。そのため、蒸気の漏えいに対してこれらの防護対象設備を蒸気影響から防護するための対策として、遮断弁及びカバー設置による蒸気漏えいの低減対策、設置エリアの隔離対策、漏えい蒸気温度に耐える仕様への変更、また、設置区画内での蒸気影響が避けられない場合において設備を移設する対策についても検討した結果、いずれも物理的・技術的に困難であった。

このことから、機能喪失した場合の影響について検討した結果、本機能の喪失は事故（蒸発乾固）の起因とはならないこと、また、本機能の喪失時において、仮に他の要因により蒸発乾固の起因となる事象が重畳するような事態を想定したとしても、蒸発乾固に至るまでの時間裕度のなかで、損傷した防護対象設備の交換または事故対処設備として配備している可搬型測定装置により機能回復が可能であることから、予め確保した予備品による迅速な交換作業を行い機能回復が可能な体制を確保するとともに、事故対処設備として配備した可搬型設備で必要な計測が維持できるようにすることが、実現性の観点から妥当な代替策と考えた。

2. 対策の検討

- ・第一の方策として、蒸気遮断弁による隔離を検討した。
- ・配管分岐室(A024, A025)の蒸気配管（0.7MPa(165°C)）には、ターミナルエンドがあることから「内部溢水影響評価ガイド」に基づき全周破断を想定し、短時間に多量の蒸気漏えい（1.6kg/sec）が生じるとした。
- ・配管分岐室(A024, A025)の容積は小さく（約 600 m³）、当該区画で上記のような規模の漏えいが生じた場合には急激に室内温度が上昇し、0.5 分程度で防護対象設備の機能の維持が困難な温度（40°C）まで上昇すると評価された。（添付-1 参照）
- ・そのため、時間的に人的操作による対応は困難であることから、自動操作（蒸気遮断弁）による蒸気漏えい量の低減方策について検討した。この対策により漏えい発生と同時に蒸気漏えいを検知できると仮定しても、蒸気遮断弁の作動による隔離には 0.5 分程度の時間は

要することから、自動操作による漏えい量低減方策は効果的でないと判断した。

- ・第二の方策として、破断想定箇所（ターミナルエンド）周囲にカバーを設置する等の影響緩和を検討した。しかしながら、当該箇所はガラス固化セルの遠隔保守の観点から1か所の貫通プラグを通して多数本の蒸気配管を集束した構造となっており、ターミナルエンドカバー等の構造体を設置するために必要なクリアランスが確保できず、施工が困難である。（図-1 参照）
- ・破断想定箇所（ターミナルエンド）と防護対象設備（トランスミッタラック上の伝送器）の間に仕切り等を設けて区画を分割することも考えられたが、蒸気が漏えいするエリアとトランスミッタラックの設置エリア間には他の既設配管が多数敷設されており、気密性を確保できる仕切りの設置は困難であった。（図-2 参照）
- ・また、防護対象設備を蒸気漏えい時に想定される温度に耐えうる性能を持ったものに交換することを検討したが、調査の結果、想定される蒸気漏えい温度に耐える仕様で相当品となる機種はなかった。
- ・以上の検討から、蒸気の漏えい量を抑制すること、蒸気が防護対象設備に到達しないようにする対策は現実的でないため、さらなる代替の対策として、防護対象設備を区画外の場所へ移設する対策について検討を行った。
- ・防護対象設備を移設する対策において、配管分岐室の隣接エリアは空間容積が大きい保守区域（A028）であることから、移設先の候補として、配管分岐室（A024, A025）外側にある保守区域の通路（グレーチング）と、保守区域（A028）の床を選定した。なお、配管分岐室（A024, A025）は地下中1階にあり、その外側の通路は地下1階の保守区域（A028）の床から架構で組み上げたグレーチングで構築されている。
- ・配管分岐室（A024, A025）を出た外側の通路については、設置可能面積が少なく、周りに他の配管等も存在することからトランスミッタラックを設置する物理的な空間が確保できないことが分かった。
- ・一方、外側通路の下階の通路（保守区域（A028）の床位置）には移設可能な空間があるものの、導圧管の経路を検討した結果、導圧管の閉塞防止のために定期的に行う通水及び加湿パージエアの通気により導圧管内に水を滞留させないための勾配が確保できず、性能維持に必要な保全が出来なくなることが分かった。（添付-2 参照）
- ・以上の検討の結果、防護対象設備（トランスミッタラック上の伝送器）を蒸気配管からの蒸気の漏えいから防護するために考えられる対策はいずれも物理的・技術的に困難であることが分かった。
- ・そのため、万が一、防護対象設備（トランスミッタラック上の伝送器）が蒸気の漏えいにより機能喪失した場合の影響について検討した。当該事象において喪失する機能は、A025

のトランスミッタラックについてはガラス固化運転時に高放射性廃液を貯蔵する受入槽・回収液槽の液位及び圧力の測定（監視）、A024 については濃縮器・濃縮液槽・濃縮液供給槽の液位及び圧力の測定（監視）である。したがって、本機能の喪失自体は事故（蒸発乾固）の起因とはならない。

- ・また、本機能の喪失時に、他の要因により蒸発乾固の起因となる事象が重畳するような事態を想定したとしても、蒸発乾固に至るまでの時間は最短で 56 時間であることから、蒸気配管の供給元の遮断弁を閉止して蒸気の漏えいを停止し、配管分岐室(A024, A025)の扉の開放や建家換気による室内温度低下を待って、損傷した防護対象設備の交換または事故対処設備として配備している可搬型測定装置による機能回復を実施するために十分な時間余裕がある。
- ・以上のことから、防護対象設備（トランスミッタラック上の伝送器）を蒸気漏えいから防護するための対策の代替として、蒸気漏えいにより防護対象設備（トランスミッタラック上の伝送器）が機能喪失した場合には、予め確保した予備品による迅速な交換作業を行い機能回復するとともに、並行して事故対処設備として配備した可搬型設備で必要な計測が維持できるようにすることが、実現性の観点から妥当と考えた。

3. 当該トランスミッタラックに係る対策

当該機能により高放射性廃液の閉じ込め及び崩壊熱除去機能に影響がないことを考慮し、蒸気漏えいした場合において、以下の対策を講じる。

- ・導圧管については、蒸気漏えいにより機能喪失しない。
- ・トランスミッタラックの端子箱については、「溢水影響評価ガイド」に記載のある蒸気防護措置として、密封処理(パッキン等)を行う。
- ・伝送器等の計測設備については、予備品を拡充して配備し、部品交換で対応する。

なお、伝送器等の計測設備が機能喪失した場合においても、可搬型設備で必要な計測が維持できるよう対策する。



図-1 配管分岐室におけるセル貫通部の蒸気配管等の設置状況

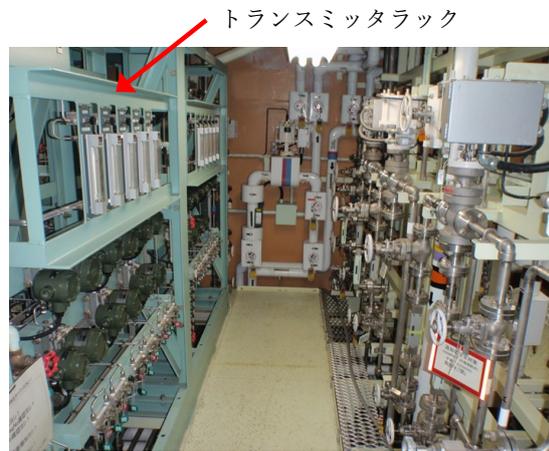
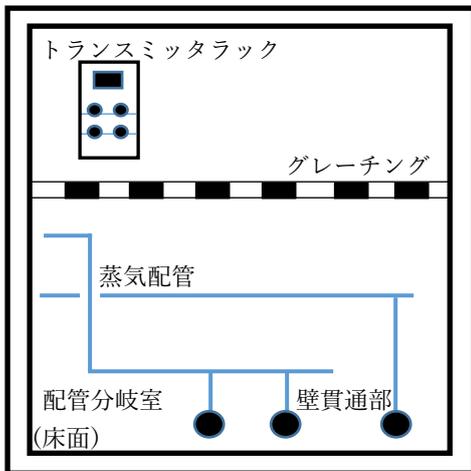


図-2 配管分岐室におけるトランスミッタラック等の設置状

トランスミッタラックに係る安全機能について

配管分岐室(A025)のトランスミッタラックには、高放射性廃液を保有する受入槽、回収液槽等の液位、圧力に係る計測機能、配管分岐室(A024)のトランスミッタラックには、同じく高放射性廃液を保有する濃縮器・濃縮液槽・濃縮液供給槽の液位、圧力に係る計測機能がある。配管分岐室の計装設備が蒸気漏えいにより機能喪失した場合においても以下の理由により、閉じ込め、及び崩壊熱除去に係る安全機能に影響しないことから、高放射性廃液の閉じ込め、及び崩壊熱除去に係る安全機能が機能喪失に至ることはない。

・高放射性廃液の閉じ込めに係る槽類換気系設備は、排風機が A011（地下 2 階）及び電源設備となる動力分電盤が A018（地下 2 階）に設置されており、配管分岐室(A024, A025)とは別区画にあることから、当該区画での蒸気漏えいにより機能喪失に至ることはない。

・高放射性廃液の崩壊熱除去に係る一次冷却水系設備は、一次冷却水ポンプが A022（地下 1 階）及び電源設備となる動力分電盤が A018（地下 2 階）に設置されており、配管分岐室(A024, A025)とは別区画にあることから、当該区画での蒸気漏えいにより機能喪失に至ることはない。

配管分岐室で蒸気漏えいを想定した場合の時間裕度について

○蒸気漏えい量の評価

配管分岐室(A024, A025)にある蒸気圧力 0.7MPa の蒸気配管(40A)がターミナルエンドで全周破断する想定で、蒸気漏えい量を評価した。

蒸気の流出流量は、蒸気単相臨界流として Murdock-Bauman 相関式により、配管断面積を流出面積として算出した。

○温度評価

配管分岐室(A024, A025)の容積に基づく空気の熱容量に対して、蒸気 0.7MPa(165°C)が漏えいした場合の温度上昇について、初期温度を 25 °Cとし、電気計装設備の使用温度として保守的に 40°Cに到達するまでの時間を蒸気漏えいによる熱量と部屋の空気の熱容量との関係から評価した。評価結果を以下に示す。

	容積	評価温度	到達時間
配管分岐室 (A024)	約 600 m ³	40 °C※1	0.5 分
配管分岐室 (A025)	約 250 m ³	40 °C※1	0.2 分

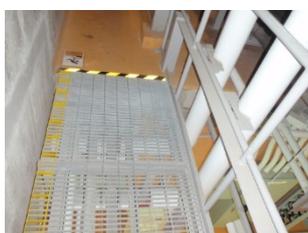
※1：計装設備として圧力検知装置の使用温度

トランスミッタラックの移設に係る検討について

配管分岐室のトランスミッタラックについて、配管分岐室の外にある保守区域の通路(グレーチング)に移設するケース①、保守区域の床面に移設するケース②について検討した結果、設置スペースが確保できない、また、メンテナンス上で支障をきたす等の理由から、現状設置されている区画以外に移設することは困難と判断した。

○ケース①

配管分岐室に隣接する保守区域にはグレーチングの通路があるが、配管スペース横のグレーチングのエリアが狭いことから、ラックの設置スペースが確保できず、移設不可能である。



配管分岐室横のグレーチング通路



グレーチング通路横の配管スペース

○ケース②

貯槽からの導圧管については閉塞解除のために水を流下する等のメンテナンスを行う必要があることから、導圧管内に水を滞留させないためには、現状の設置レベルと同等の高さに設置する必要がある。

導圧管の経路を検討した結果、配管の位置関係的に導圧管の閉塞防止のために定期的に行う通水及び加湿パージエアの通気により導圧管内に水を滞留させないための勾配が確保できず、性能維持に必要な保全が出来なくなることから、トランスミッタラックの設置エリアとして適切ではない。

