

泊発電所3号機
審査会合における指摘事項への
回答について
【設計基準関連】

平成26年2月18日
北海道電力株式会社

1. 保安電源

番号	項目	審査 会合日	備考
0813-01	ディーゼル発電機および直流電源設備の負荷と電源設備の容量策定の考え方について資料を作成して説明すること。	8/13	平成 25 年 10 月 8 日 資料 1-6 P. 1-1~1-6
0813-02	塩害対策について資料にまとめて詳細に説明すること。	8/13	平成 25 年 10 月 8 日 資料 1-6 P. 2-1~2-3
0813-03	後志幹線と泊幹線が近接する箇所について詳細な位置関係を図面で示し、共通要因故障について説明すること。泊幹線と 6.6kV 回線が交差する箇所も同様とする。	8/13	平成 25 年 10 月 8 日 資料 1-6 P. 3-1~3-10
0813-04	ディーゼル発電機燃料油の補給の運用について説明すること。	8/13	平成 25 年 10 月 8 日 資料 1-6 P. 4-1
0813-05	ディーゼル発電機のタンク、ポンプについて、単一故障を想定した場合の評価について説明すること。	8/13	平成 25 年 10 月 8 日 資料 1-6 P. 4-2

2. 緊急時対策所

番号	項目	審査 会合日	備考
0912-01	緊急時対策所が実際に運用可能か、チェンジングエリアが適切かについて、現場調査で確認する。	9/12	
0912-02	ブルーム通過時の被ばく低減は、モニタリングも含め、ハード面、ソフト面の対応が重要であり継続して検討すること。また、有効性評価のシーケンスを PRA の評価を踏まえて整理する際に、緊急時対策所の運用もあわせて整理すること。	9/12	
0912-03	加圧試験は人の出入を十分考慮して条件を設定すること。試験の結果について報告すること。	9/12	平成 26 年 1 月 21 日 資料 1-3

0912-04	建屋内拡散を考慮して評価について、時間平均を使用することの妥当性について説明すること。	9/12	
0912-05	1・2号機が燃料取出しの状態を維持することの法的担保について、事業者としてどう手続きするか検討すること。	9/12	

3. モニタリング設備

番号	項目	審査 会合日	備考
0912-06	発電所の陸域・海域を囲むモニタリング体制や設備について説明すること。また、可搬型設備を用いた敷地内の空間線量率、風向・風速の計測についても充実を検討すること。	9/12	平成25年10月22日 資料1-4, 1-5
1022-03	可搬式モニタリングの具体的な運用について今後の審査で確認する。	10/22	平成26年1月28日 資料3-2

4. 外部火災

番号	項目	審査 会合日	備考
1008-01	開閉所と防火帯の位置関係について現地調査で確認する。	10/8	平成25年10月18日 現地調査で確認
1008-02	森林火災を想定した消火活動およびモニタリングポストに対する放水が適切に行なえるよう保安規定の下部要領に対応手順を定めること。	10/8	本日回答
1008-03	断熱材の設置等について工事計画の審査のなかで確認する。	10/8	本日回答

5. 中央制御室

番号	項目	審査 会合日	備考
1022-01	監視カメラの詳細設計について工事計画の審査において確認する。	10/22	
1022-02	中央制御室へのチェンジングエリアの設定時間について今後の審査で確認する。	10/22	平成 26 年 1 月 28 日 資料 3-2

6. 誤操作防止

番号	項目	審査 会合日	備考
1029-06	V & V の検証について説明すること。	10/29	平成 25 年 11 月 19 日 資料 1-3 P. 6 資料 1-4 P. 5~8
1029-07	新たに追加する計装を既設の制御盤に統合するか別盤とするかの検討を提示すること。	10/29	検討の結果別盤とした

7. 竜巻影響評価

番号	項目	審査 会合日	備考
1119-01	竜巻の地形効果に関する数値シミュレーション結果を別途報告すること。	11/19	平成 25 年 12 月 24 日 資料 1-4 補足 9
1119-02	運転時荷重の組み合わせを考慮していない理由の一つにファンの停止が挙げられているが、どのような状況になればファンを停止するのか説明すること。	11/19	平成 25 年 12 月 24 日 資料 1-4 P. 13-2
1119-03	クラス 1・2 に属する構築物, 系統および機器も含め, 竜巻防護施設を抽出した結果を示すこと。	11/19	平成 25 年 12 月 24 日 資料 1-3 P. 20, 資料 1-4 補足 10
1119-04	対象設備の機能に影響を与えないことを含め, 飛来物防護対策の詳細について説明すること。	11/19	平成 25 年 12 月 24 日 資料 1-4 P. 26-9~26-29
1224-07	気圧差による影響評価における対象施設の網羅性について説明すること。	12/24	本日回答

1224-08	気圧差による非常用ディーゼル発電機の運転影響について改めて説明すること。	12/24	本日回答
1224-09	防護対象設備のメンテナンス性への影響について再整理すること。	12/24	
1224-10	作業中の業務車両の退避については訓練も含めて実効性を確認すること。	12/24	本日回答

8. 内部火災

番号	項目	審査 会合日	備考
1219-01	防護対象設備の選定において、接続部（パッキン類）を除外する考え方について整理すること。	12/19	
1219-02	原子炉格納容器内の火災に対して、誰がどのように対応するかに加え設備対応も検討すること。	12/19	
1219-03	難燃ケーブルの最新規格への適合性について整理すること。	12/19	

9. 火山

番号	項目	審査 会合日	備考
1219-04	安全施設が屋内にあることを含め、火山灰による金属腐食の影響についてまとめること。	12/19	平成 26 年 1 月 28 日 資料 3-2
1219-05	電気盤、計装盤への影響について、火山灰が建屋内へ侵入することに備えた対応手順を整備すること。	12/19	平成 26 年 1 月 28 日 資料 3-2

10. 静的機器

番号	項目	審査 会合日	備考
1219-06	格納容器スプレイについて基準適合の考え方を再整理すること。	12/19	平成 26 年 2 月 4 日 資料 1-1

1 1. 耐震

番号	項 目	審査 会合日	備 考
0114-01	床応答への影響を踏まえた土木構築物の断面選定の考え方について整理すること。	1/14	
0114-02	波及的影響の評価方針について、今後整理して示すこと。	1/14	

1 2. 耐津波

番号	項 目	審査 会合日	備 考
0114-03	モニタリングポストについて、津波による漂流影響、防潮堤設置による計測への影響について整理すること。	1/14	
0114-04	高潮に対する考慮の程度について示すこと。	1/14	
0114-05	防波堤に対する漂流物の状況を踏まえた評価を行なうこと。	1/14	
0114-06	防波堤洗掘に対する検討を行なうこと。	1/14	
0114-07	建物・家屋など漂流物となりうるものを調査し評価すること。	1/14	
0114-08	防波堤の沈下の程度を考慮し、入力津波への影響について検討すること。	1/14	

1 3. 内部溢水

番号	項 目	審査 会合日	備 考
1126-01	防護対象設備の選定と機能喪失高さの考え方について改めて整理して示すこと。	11/26	平成 25 年 12 月 24 日 資料 1-2 P. 1-2
1126-02	溢水防護区画内外での溢水評価についてガイドどおりであることを改めて整理して示すこと。	11/26	平成 25 年 12 月 24 日 資料 1-2 補足 3, 12, 14
1126-03	耐震評価対象機器の抽出における保有水量の目安値(10m ³ 以上)の考え方について示すこと。	11/26	平成 25 年 12 月 24 日 資料 1-2 P. 4-1

1126-04	大間原子力発電所の工認に関する意見聴取会の例を適用できるとする考え方を示すこと。	11/26	平成 25 年 12 月 24 日 資料 1-2 P. 4-23~4-28
1126-05	補足 3 について評価における保守性の考え方を整理のうえ改めて説明すること。	11/26	平成 25 年 12 月 24 日 資料 1-2 P. 3-3, 3-14, 3-25~ 27, P. 2-3
1126-06	使用済燃料ピットのスロッシングによる最大 溢水量について、今後の解析結果を踏まえ、評 価の妥当性・保守性を示すこと。	11/26	本日回答
1126-07	貫通部及び電線管のシール対策において水面 の揺らぎ等を考慮した保守性のある溢水高さ を設定していることについて説明すること。	11/26	平成 25 年 12 月 24 日 資料 1-2 P. 3-16
1126-08	水密扉について、基準地震動に対する詳細な評 価を示すこと。	11/26	本日回答
1126-09	止水板の運用の規定方法について考え方を示 すこと。	11/26	本日回答
1224-01	高エネルギー配管のうち蒸気発生器ブローダ ウン系統に破損が生じないとする評価につい て、配管ルート図を含め、結果を示すこと。	12/24	本日回答
1224-02	耐蒸気性能試験における評価対象設備の網羅 性について説明すること。	12/24	本日回答
1224-03	配管破断による噴流の影響評価について別途 説明すること。	12/24	本日回答
1224-04	止水板の運用に関するマニュアルの規定内容 について別途説明すること。	12/24	本日回答
1224-05	蒸気影響評価に置ける格防護対照設備の機能 維持温度が、何を根拠にきめられているか資料 に追記すること。(耐蒸気性能試験、機器仕様 等)	12/24	
1224-06	管理区域⇒非管理区域への放射性流体の流出 が発生しないことを説明すること。	12/24	

【指摘事項】

4. 外部火災

1008-02	森林火災を想定した消火活動およびモニタリングポストに対する放水が適切に行なえるよう保安規定の下部要領に対応手順を定めること。
1008-03	断熱材の設置等について工事計画の審査のなかで確認する。

原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合における指摘事項に対する回答

No	指摘事項
1008-02	森林火災を想定した消火活動およびモニタリングポストに対する放水が適切に行なえるよう保安規定の下部要領に対応手順を定めること。

1. 回答

森林火災を想定した消火活動およびモニタリングポストに対する放水について、保安規定に基づく「泊発電所重大事故等発生時および大規模損壊発生時対応要領」の下部マニュアルに対応手順を定めた。

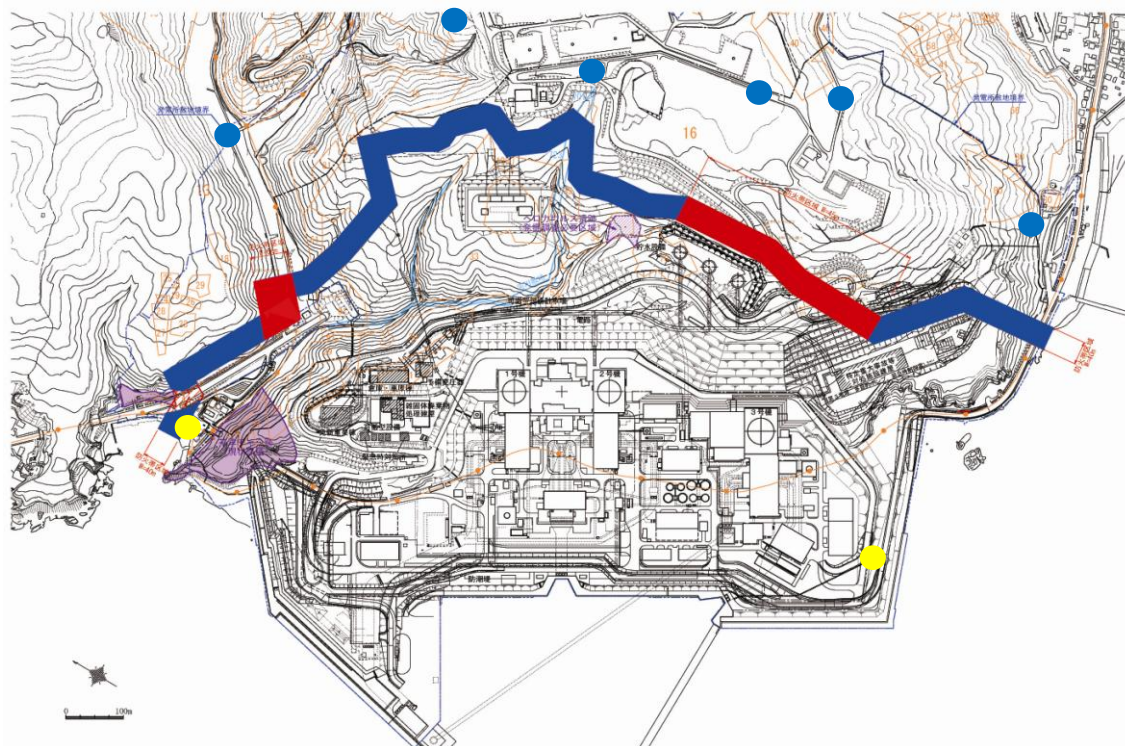
具体的には、体制、森林火災発生受信時における対応、森林火災発生時における対応（発電所敷地周辺まで延焼が広がるおそれがある場合）、森林火災発生時における対応（防火帯内にまで延焼が広がるおそれがある場合）、教育および訓練について定めている。

手順においては、自治体の防災無線で森林火災発生を受信した場合、初期消火要員が、ポンプ車および化学消防車により放水し、火災が防火帯を超えないようにすることを定めている。（別紙及び下記手順参照）

また、モニタリングポストに対する放水についても火災到達前に放水する手順が定めている。これによりモニタリングポストの機能を可能な限り防護するが、モニタリングポストが外部火災により機能喪失した場合においても、可搬型のモニタリングポストを設置することで監視を実施することが可能である。可搬型のモニタリングポストは常設のモニタリングポスト設置位置をカバーするように設置する。（図1参照）

森林火災発生時の概略対応手順（夜間・休日）

- ①自治体の防災無線で森林火災発生を警備所で受信し、発電課長（当直）に連絡する。
- ②火災発生連絡を受けた発電課長（当直）は副警備長に連絡する。（図2参照）
- ③副警備長は初期消火要員に連絡する。
- ④初期消火要員は、消防車にて延焼範囲にモニタリングポストが含まれる可能性がある場合、モニタリングポストの周辺に放水する。
- ⑤初期消火要員は、消防車にて防火帯外側に放水する。
- ⑥初期消火要員は、消防車の水槽が空になった場合、開閉所で給水する。
- ⑦以降⑤の放水と⑥の給水を繰り返す。

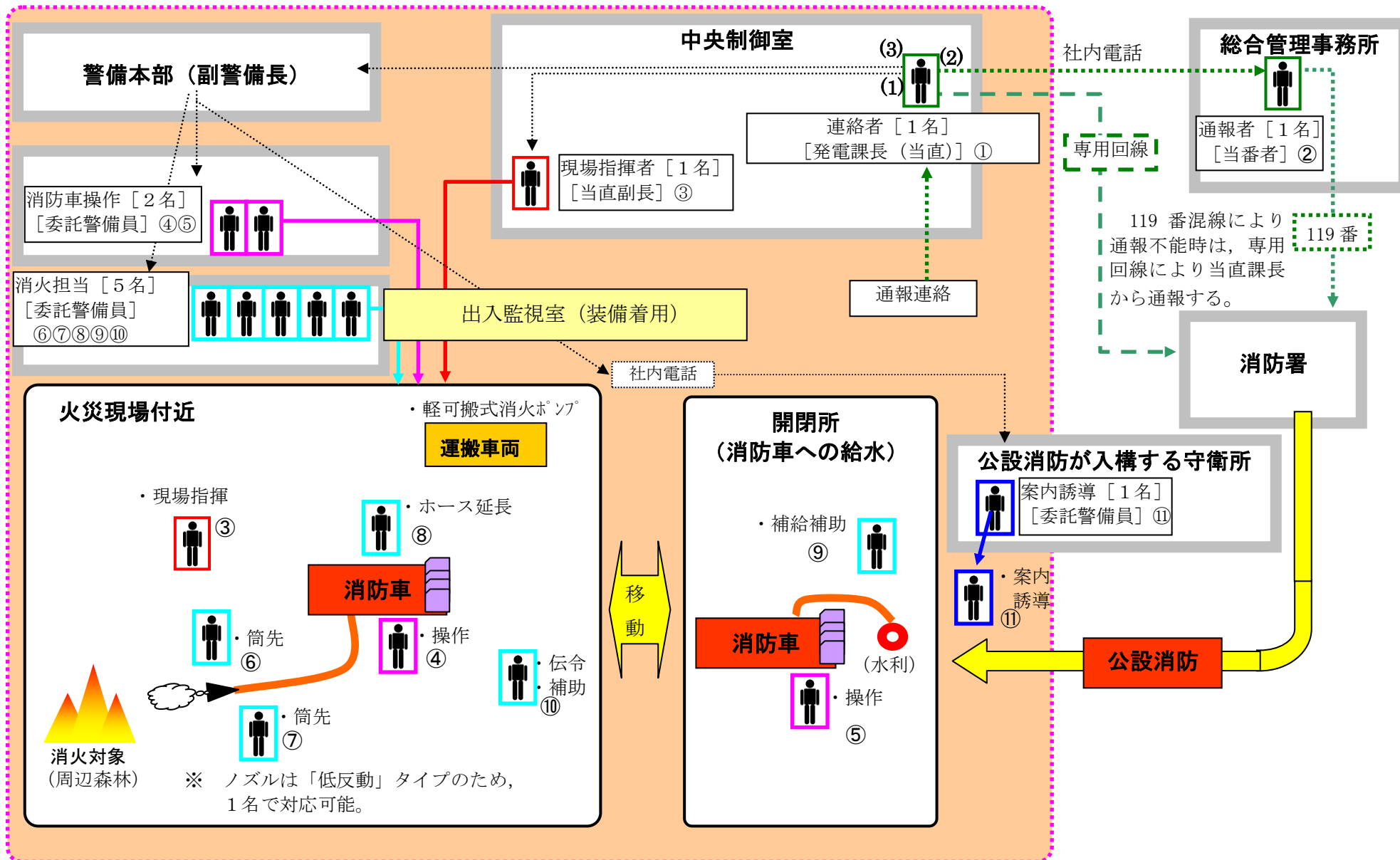


● モニタリングポスト及びステーション

● 防火帯内に設置される
モニタリングポスト

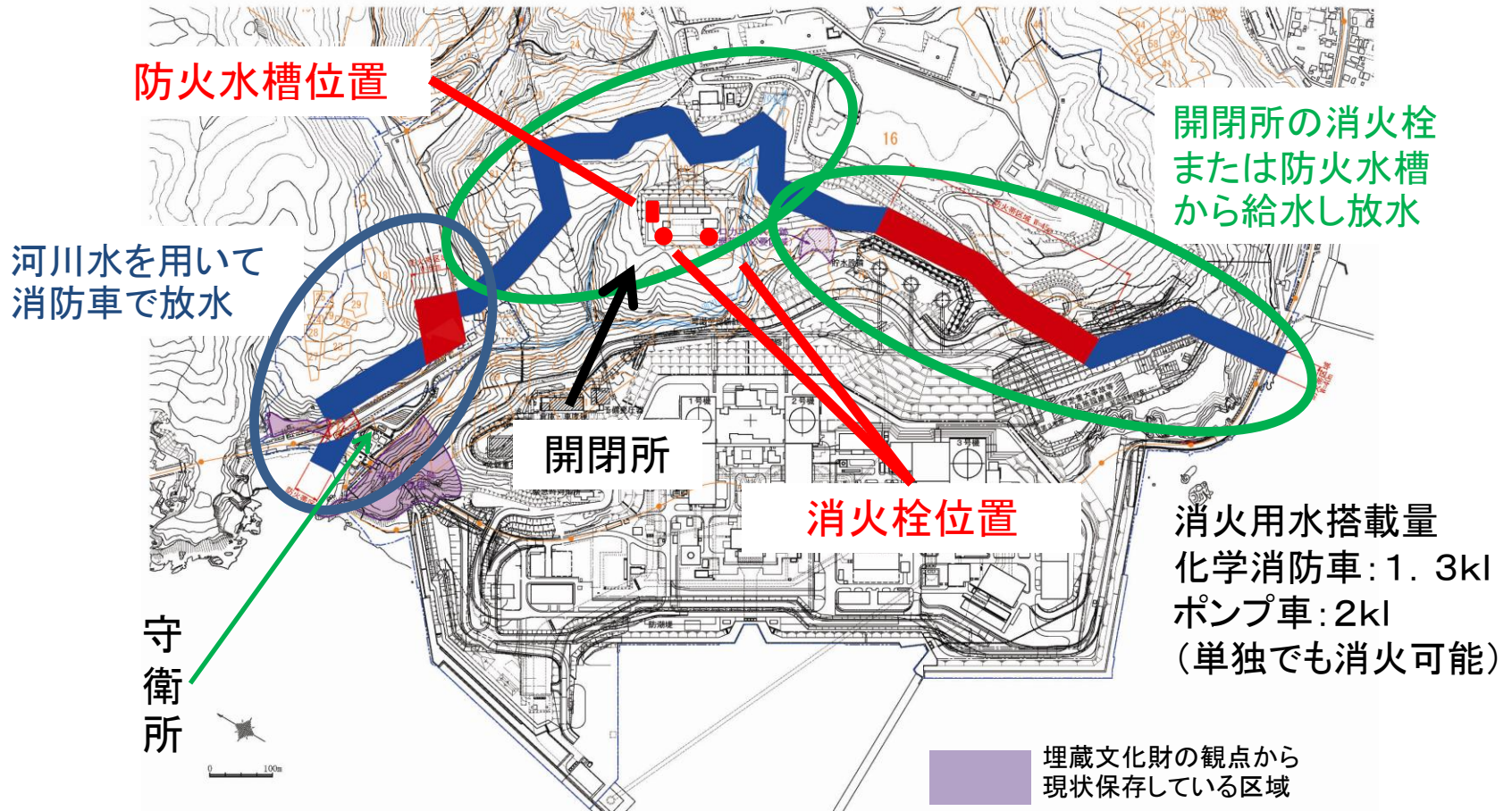
図1 モニタリングポストに対する放水

図2 森林火災時の初期消火要員の役割 【夜間・休日】



初期消火隊による延焼の防止

- ・自治体の防災無線により、森林火災発生を受信する。
- ・発電所に到達することが予想される場合は、初期消火要員による消火活動を実施する。
- ・訓練では森林火災発生受信から約20分程度で放水を開始できている。
- ・河川水を使用しない場合は、開閉所の消火栓を使用し、給水及び放水を繰り返すことにより消火する。



原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合における指摘事項に対する回答

No	指摘事項
1008-03	断熱材の設置等について工事計画の審査のなかで確認する。

1. 回答

ディーゼル発電機建屋外壁および屋根スラブの一部については、補助ボイラー燃料タンク火災時等の評価温度が 200℃を超えている。

したがって、評価温度が 200℃を超えた外壁部分については断熱材、屋根部分についてはコンクリート板を設置することによりディーゼル発電機建屋外壁および屋根スラブを防護する計画である。

ディーゼル発電機建屋の防護措置実施範囲および断熱材設置イメージを添付-1に示す。

断熱材およびコンクリート板は地震時に他の設備に影響を与えないように設計する。また、断熱材およびコンクリート板の断熱性能の確保に必要な事項は以下のとおりである。

断熱材

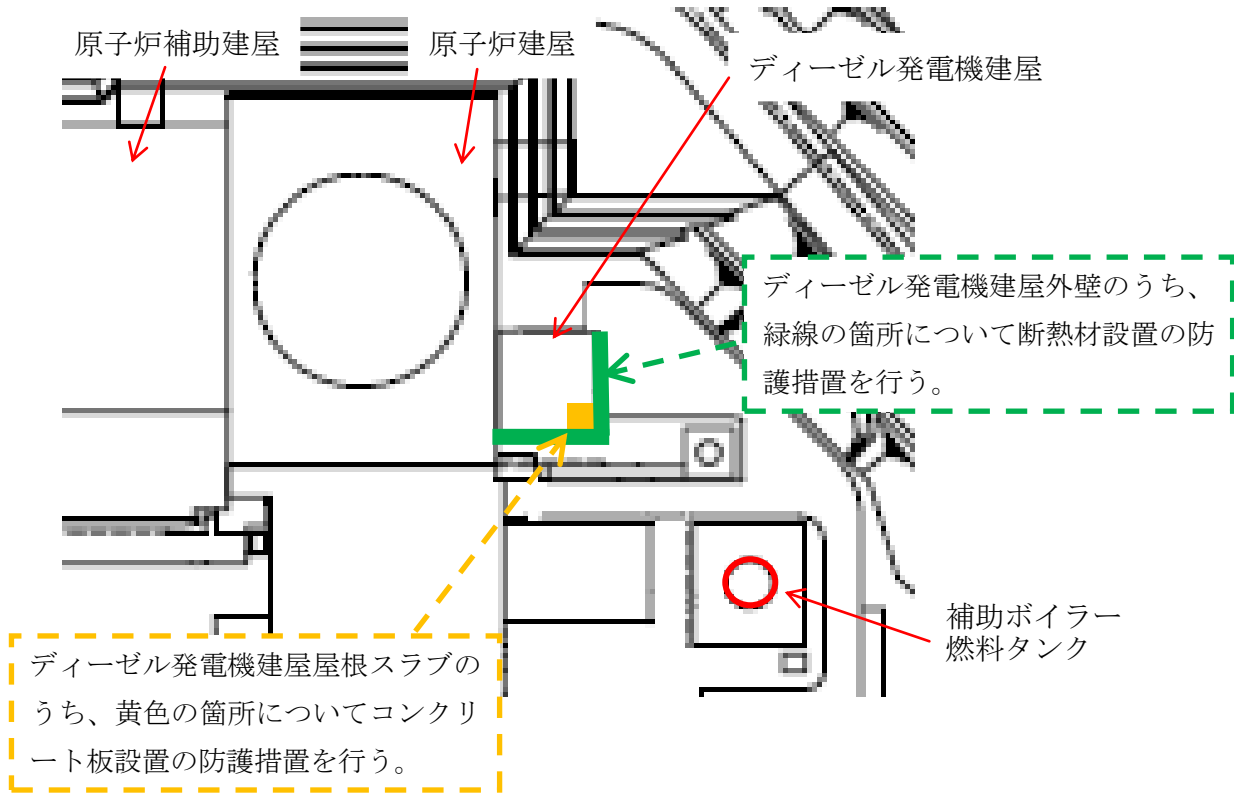
- ・断熱材厚さ
- ・断熱材-建屋間間隙長さ

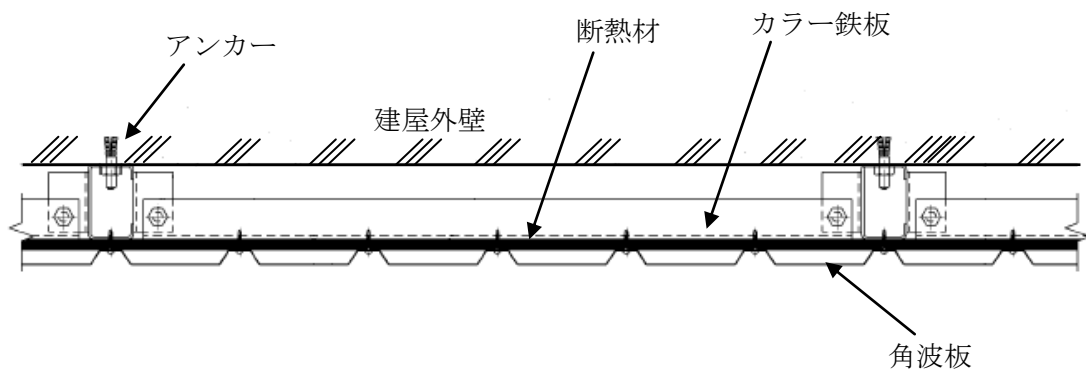
コンクリート板

- ・コンクリート板厚さ

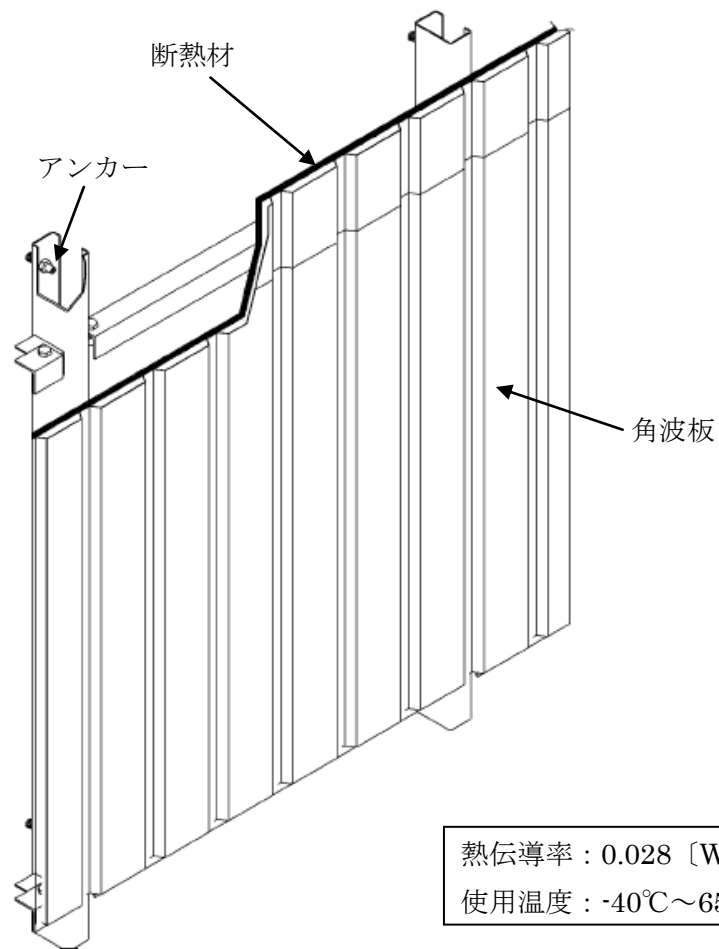
添付-1

ディーゼル発電機建屋の防護措置実施範囲および断熱材設置イメージ





断熱材設置イメージ図 (断面図)



断熱材設置イメージ図 (鳥瞰図)


【指摘事項】

7. 竜巻影響評価

1224-07	気圧差による影響評価における対象施設の網羅性について説明すること。
1224-08	気圧差による非常用ディーゼル発電機の運転影響について改めて説明すること。
1224-10	作業中の業務車両の退避については訓練も含めて実効性を確認すること。

泊発電所 3 号機
竜巻影響評価結果
補足説明資料

平成 26 年 2 月 18 日
北海道電力株式会社

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

目 次

I. 竜巻影響評価について

1. 基準竜巻の設定について
2. 相関係数の算出及び検定方法について
3. 総観係数の分布図
4. 襟裳岬から東側の海岸線等における竜巻発生数
5. 円形構造物に対する竜巻移動方向の依存性について
6. 竜巻発生個数の補正方法の妥当性について
7. 竜巻集中地域の評価について
8. ポアソン分布を用いたハザード曲線の評価
9. 地形効果による竜巻風速の増幅について
10. 竜巻防護施設の評価対象施設の抽出について
11. 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設の抽出について
12. 想定飛来物の抽出及び設計飛来物の設定について
13. 運転時荷重の組み合わせを考慮していない理由について
14. 雹を飛来物として想定した場合の影響評価について
15. 設計基準事故時荷重の組み合わせを考慮していない理由について
16. 建物・構築物等の構造健全性の確認内容について
17. 評価式の妥当性及び評価方法について
18. デッキプレート等によるコンクリート片の飛散防止について
19. 評価対象施設の評価実施項目および考え方について
20. 評価対象施設の評価方法について
21. BRL 式の妥当性および評価内容について
22. 使用済燃料ピット内へ設計飛来物が進入した場合の影響評価に係る評価条件および評価式について
23. 新燃料貯蔵庫内へ設計飛来物が進入した場合の影響評価に係る評価条件等について
24. 燃料移送装置および使用済燃料ピットクレーンへの設計飛来物による影響評価について
25. 評価対象施設の評価結果について
26. 飛来物対策について
- 添付資料-1 作業中の業務車両退避訓練の状況について
27. 竜巻襲来時において排気筒に求められる機能について
28. 気圧差の影響を受けることが想定される設備の影響評価について

II. 原子力発電所の竜巻影響評価ガイドへの適合状況について

 は今回ご説明資料を示す（今回追加）

I. 竜巻影響評価について

添付資料-1

作業中の業務車両退避訓練の状況について

1. はじめに

作業中の業務車両については、竜巻防護施設の安全機能維持に影響を与えないよう、竜巻が襲来する恐れが生じた場合に速やかに竜巻防護施設から 350m の範囲外に退避することとしている。

作業員（運転手）への退避指示については、ページングにより行うこととしていることから、速やかな退避が可能か訓練にて確認した。

2. 訓練実施日

平成 26 年 2 月 13 日

3. 訓練内容

中央制御室にて竜巻が襲来する恐れが高い状況を検知した想定で、ページングにより車両の退避指示を行うとともに、今回の訓練で想定した作業場所等から退避場所まで車両を退避する訓練を実施した。

今回の訓練で想定した作業場所等および退避場所を第 1 図に示す。

< 今回の訓練で想定した作業場所等 >

今回の訓練で想定した作業場所等は以下のとおり。

- ①作業場所 A：屋外 T.P. 31m 盤での作業を模擬
- ②作業場所 B：屋外 T.P. 10m 盤での作業を模擬
- ③総合管理事務所前駐車場：作業を伴わない車両による事務所間の往來を模擬

通常、屋外作業は T.P. 31m 盤と T.P. 10m 盤で行われることが多く、車両の退避に時間を要すると考えられる場所として作業場所 A, B を選定。また、作業場所 B については、スピーカーとの位置関係からページングが聞き取り難いと想定される場所とした。

4. 訓練結果

想定作業場所等	退避指示を受けてからの 車両退避時間※		ページングの聞き 取り状況
	350m 範囲外まで	退避場所まで	
①作業場所 A	2分	7分	聞こえた。
②作業場所 B	3分	4分	微かに聞こえた。
③総合管理事務所前駐車場	4分	5分	明瞭に聞こえた。

※：作業場所 A, B は、ページング後に構内 PHS により、ページングの聞き取り状況確認を実施。作業場所 A では、ページングは聞こえたものの、指示内容は明瞭に聞き取れなかったこと、作業場所 B では、ページングは微かに聞こえたが指示内容は分からなかったことを確認した。退避は上記構内 PHS による聞き取り状況確認後に開始し、この時点から退避時間を計測した。

総合管理事務所前駐車場は、ページングによる退避指示と同時に総合管理事務所内の要員が退避開始。作業場所 A, B と比較すると屋内移動に時間を要している。

5. 考察

(1) 車両の退避について

今回の訓練では上記に記載したとおり、退避指示を受けてから車両の退避完了まで作業場所 A では 7 分、作業場所 B では 4 分、総合管理事務所前駐車場では 5 分であった。

冬季間であり、一部路面の凍結など道路状況が悪い部分もあったが、特に問題なく退避が可能であった。

また、第 1 図に示したとおり、今回の訓練では車両退避場所として保修事務所駐車場を想定した。この付近には協力会社作業員の常駐する建物として保修事務所および新保修事務所があることから、運転手は降車後、速やかに屋内退避が可能である。

今後、複数の退避場所を選定するなど、退避車両が多く混雑が予想される場合でも速やかな退避が可能となるよう検討を進める。

(2) ページングについて

今回の訓練では、ページングにより車両の退避指示を行った。

総合管理事務所内ではページングが明瞭に聞き取れたため、ページングによる退避指示と同時に、総合管理事務所前駐車場からの車両の退避を開始した。

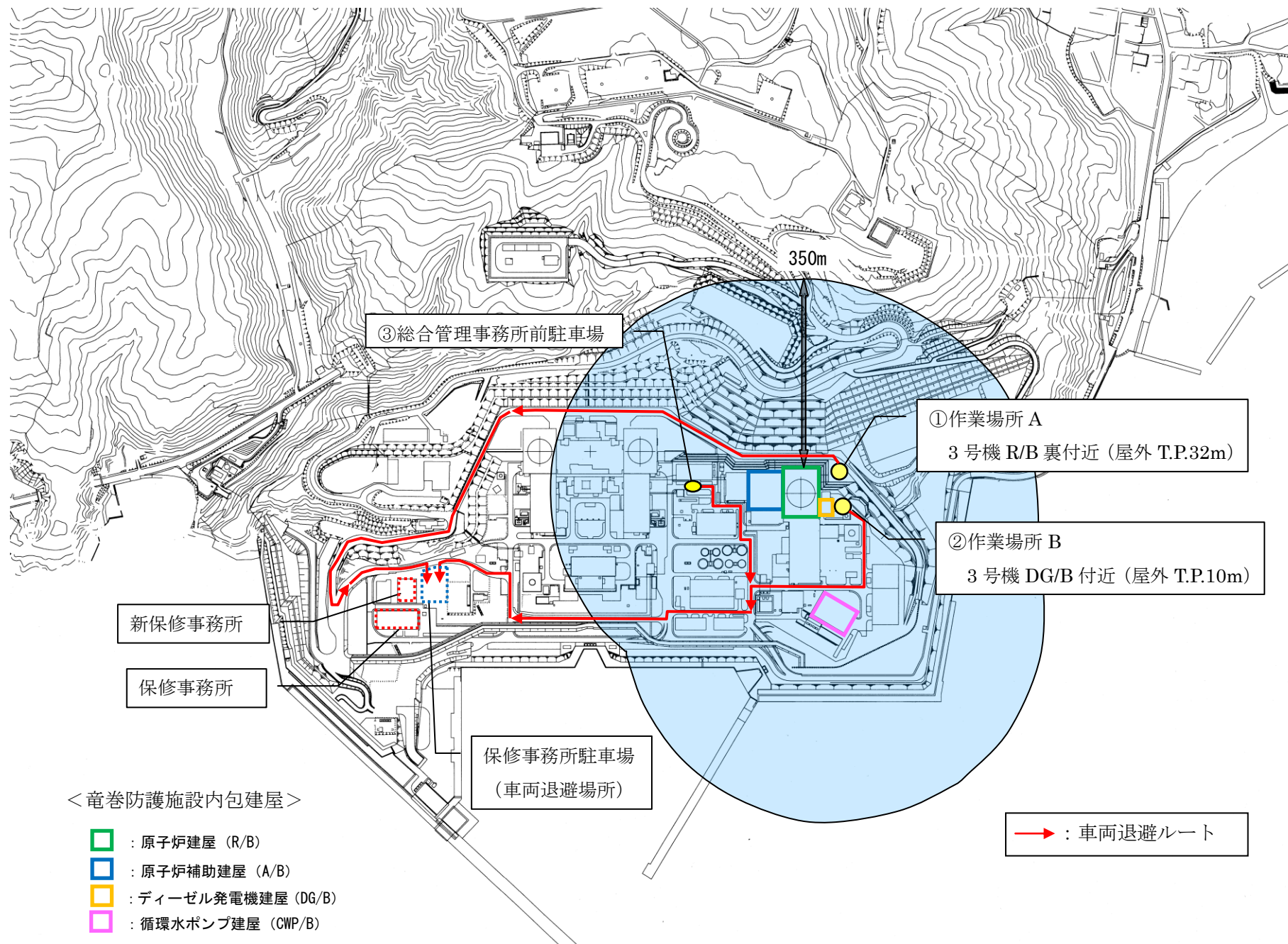
作業場所 A では、ページングは聞こえたものの、指示内容が明瞭には聞き取れなかった。また、作業場所 B では、ページングは微かに聞こえたが指示内容は分からなかった(構内 PHS によるページングの聞き取り状況確認後に車両退避を開始した)。

ページングが聞こえ難かった要因としては、作業場所 A, B 共に付近で重機を使用した作業が実施されていたこと、建屋の陰になる位置でありスピーカーからの音が届き難いこと等、が考えられる。

重機を使用した作業は安全対策工事の一環であり、今後、工事の終了に伴い騒音の発生源は少なくなると考えられるが、対策を検討する中で工事等に伴う騒音の発生について考慮する。

ページングについては、その他の自然災害等発生時においても、構内作業員等への連絡手段として有効であると考えており、現在、ページングの聞こえ難さの改善

を行っているところであるが、今後さらにページングの増強等を含めて検討する。
また、構内 PHS の使用も含め連絡体制などの運用面も併せて検討し、複数の手段でより効率的に退避指示を行うことが出来るよう検討する。



第1図 訓練で想定した作業場所等および退避ルート

28. 気圧差の影響を受けることが想定される設備の影響評価について

1. はじめに

「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」において、気圧差による圧力の影響を受けることが想定される設備については、気圧差による圧力の影響について検討を行い、当該設備が破損した場合の安全機能維持への影響についても確認を行う旨記載されている。

設備は基本的に建屋内に設置されているため、建屋の防護機能によって気圧差の影響は受けないと考えられるが、設計竜巻により外壁（外装材等）の損傷が考えられる鉄骨造建屋内に設置されている計器等、気圧差の影響を受けることが想定される設備が存在する。

また、竜巻は長期間停滞することではなく短時間（数秒～数十秒のオーダー）で通過すると考えられる。

以上を踏まえ、気圧差の影響を受けることが想定される設備として下記を抽出し、気圧差の影響を評価した。

- ①設計竜巻により外壁の損傷が考えられる鉄骨造建屋内に設置されている計器
- ②外気に繋がっている換気空調設備（排気筒含む）
- ③外気を吸入して運転する非常用ディーゼル発電機

2. 評価結果

(1) 設計竜巻により外壁の損傷が考えられる鉄骨造建屋内に設置されている計器

設計竜巻により外壁の損傷が考えられる鉄骨造建屋は循環水ポンプ建屋（CWP/B）とタービン建屋（T/B）である。また、T/Bと併設する原子炉建屋（R/B）の壁にはT/B側に開放するブローアウトパネルが設置されており、当該パネルはT/B内の気圧低下により開放されることから、CWP/B、T/Bおよび当該パネルに繋がる区画（主蒸気管室）（以下「当該エリア」という）内に設置されている計器について気圧差の影響を評価した。

気圧差が計測に影響を与えるものとしては、①圧力計、②水位計、③流量計が考えられるが、以下のとおり気圧差による安全機能維持への影響はないことを確認した。

①圧力計

圧力計の高圧側（プロセス圧）は変化せず、低圧側（大気）のみ変化することとなり、圧力計測信号が見かけ上高めを示すこととなるが、一般に圧力計の計測範囲はMPaオーダーであり、気圧差のhPaオーダーよりも非常に大きいことから、安全機能維持への影響はない。

②水位計

＜開放タンクの場合＞

差圧計の高圧側（タンク内圧）、低圧側（大気）共に圧力が低下するため、気圧差の影響は受けないことから、安全機能維持への影響はない。

＜密閉タンクの場合（高圧側、低圧側ともにタンク内圧を受圧）＞

差圧計の高圧側、低圧側ともに外気の影響を受けず、気圧差の影響は受けないことから、安全機能維持への影響はない。

③流量計

差圧計の高圧側、低圧側共にプロセス配管に接続されており、気圧差の影響は受けないことから、安全機能維持への影響はない。

なお、当該エリア内に設置されている耐震Sクラスおよびクラス1, 2に属する計器（竜巻防護施設）の評価結果を表-1に示す。

表-1 当該エリア内に設置されている計器（竜巻防護施設）の気圧差影響評価

計器名称	設置場所	評価結果
3 A - 原子炉補機冷却海水供給母管圧力	CWP/B	圧力計の高圧側（プロセス圧）は変化せず、低圧側（大気）のみ変化することとなり、圧力計測信号が見かけ上高めを示すこととなるが、計測範囲に対しては微小な値であり（通常指示値0.5MPa（計測レンジ0~1.0MPa）に対し、設計竜巻による気圧差（気圧低下）は89hPa）、計測への影響はほとんどない。
3 B - 原子炉補機冷却海水供給母管圧力	CWP/B	

(2) 外気に繋がっている換気空調設備（排気筒含む）

竜巻防護施設および竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設として抽出した換気空調設備（ダンパ、バタフライ弁、ダクト、ファン、空調ユニット）および排気筒について、気圧差に対する健全性を評価した結果、構造健全性が維持され安全機能が維持できることを確認した（補足説明資料25.（2）項参照）。

(3) 外気を吸入して運転する非常用ディーゼル発電機

非常用ディーゼル発電機（D/G）の吸排気口に気圧差の影響（気圧低下）が生じた場合、D/Gの運転に影響を与える可能性が考えられる。

以下のとおり①吸気口側、②排気口側、③吸気口側および排気口側の双方が気圧低下した場合に想定される現象について評価を行い、D/Gの安全機能に影響を与えないことを確認した。

①吸気口側が気圧低下した場合に想定される現象

吸気口側が気圧低下した場合は吸入空気の密度が低くなるため、過給機により送気される空気量が減少する。過給機により送気される空気は燃料油の燃焼と燃焼後の燃焼室廻りの冷却に用いられており、空気量が減少したとしても燃料油の燃焼は健全に行われるが、燃焼室廻りの冷却に必要な空気量は減少するため、徐々に排気ガス温度が上昇することになる。排気ガス温度が許容限界温度（520℃（通常運転時は400℃前後））となった場合は出力制限となるが、竜巻は長期間停滞することではなく短時間（数秒～数十秒のオーダー）で通過すると考えられるため、この程度であれば排気ガス温度が上昇したとしても許容限界温度に達することはない。また燃焼用空気は失われないため、機関の失火は発生しないことから、D/Gの運転に支障をきたすことはない。

②排気口側が気圧低下した場合に想定される現象

排気口側が気圧低下した場合は排気がし易くなると共に、吸気口側と排気口側は構造上繋がっているため吸気もし易くなるため、吸気口側と排気口側で気圧差は生じないことから、吸気と排気のバランスが崩れることはなく、D/Gの運転に支障をきたすことはない。

③吸気口側および排気口側の双方が気圧低下した場合に想定される現象

吸・排気口側の双方が気圧低下した場合は双方の気圧差は生じないが、吸気側が気圧

低下することから、上記①と同じ結果となる。

なお、竜巻による風が排気系統に流入した場合、系統内の背圧（抵抗）が増加することによって過給気による送気がし難くなるため、上記①同様に吸入空気量が減少して、徐々に排気ガス温度が上昇することが考えられるが、竜巻は短時間で通過すると考えられるため、D/Gの運転に支障をきたすことはない。

【指摘事項】

13. 内部溢水

1126-06	使用済燃料ピットのスロッシングによる最大溢水量について、今後の解析結果を踏まえ、評価の妥当性・保守性を示すこと。
1126-08	水密扉について、基準地震動に対する詳細な評価を示すこと。
1126-09	止水板の運用の規定方法について考え方を示すこと。
1224-01	高エネルギー配管のうち蒸気発生器ブローダウン系統に破損が生じないとする評価について、配管ルート図を含め、結果を示すこと。
1224-02	耐蒸気性能試験における評価対象設備の網羅性について説明すること。
1224-03	配管破断による噴流の影響評価について別途説明すること。
1224-04	止水板の運用に関するマニュアルの規定内容について別途説明すること。

泊発電所3号機
内部溢水影響評価について
補足説明資料

平成26年2月18日
北海道電力株式会社

補足説明資料 目次

1.	防護対象設備の選定及び溢水防護区画の設定について	
2.	防護対象設備の機能喪失高さ及び没水評価において 確保すべき裕度の考え方を踏まえた評価結果と対策について	
3.	地震時における溢水による没水影響評価について	
4.	耐震B、Cクラス機器の耐震評価について	
5.	使用済燃料ピットのスロッシングによる溢水量評価	・・・P13-4 ～ 13-18
6.	地震時における溢水量算出の考え方と算出結果について	
7.	循環水ポンプ建屋における溢水影響評価について	
8.	屋外タンクからの溢水影響について	
9.	低耐震建屋からの溢水影響について 別紙1 溢水伝播防止対策の基本仕様等について	
	別紙1 添付2 水密扉の設計方針について	・・・P13-19 ～ 13-24
10.	湧水による溢水防護対策について	
11.	津波による溢水影響について	
12.	消火活動による放水に伴う溢水影響評価について	
13.	高エネルギー配管と低エネルギー配管の分類について	
14.	高エネルギー配管からの溢水に伴う没水影響評価について	
15.	低エネルギー配管の強度評価について	
16.	高エネルギー配管等の溢水に伴う蒸気影響評価について	
	別紙2 補助蒸気配管および蒸気発生器ブローダウン配管の強度評価について	・・・P13-25 ～ 13-34
	別紙4 GOTHIC コードによる蒸気拡散解析について	
	別紙4 添付2 破損配管からの蒸気噴流の影響等について	・・・P13-35 ～ 13-47
	別紙7 防護対象設備の耐蒸気性能について	・・・P13-48 ～ 13-62
17.	想定破損における溢水量算出の考え方と算出結果について	
18.	代替屋外給水タンクの想定破損時の影響について	
19.	被水影響評価について	
20.	「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド」に対する適合確認	
21.	管理区域から非管理区域への溢水伝播防護について	
22.	配管減肉状況を考慮した想定破損評価について	
23.	止水板の運用に関する規定内容について	・・・P13-63

は今回ご説明資料を示す

5. 使用済燃料ピットのスロッシングによる溢水量評価

1. はじめに

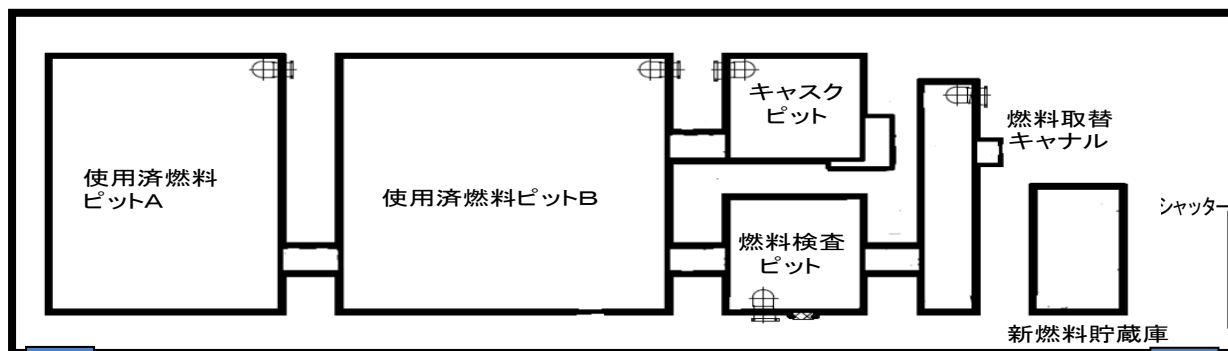
- 本資料では、基準地震動による使用済燃料ピット水のスロッシングについて、以下の2項目を説明する。
 - スロッシングによる溢水量の算定。
 - スロッシングによる溢水により使用済燃料ピットの水位低下が生じた場合であっても、使用済燃料ピットの冷却および燃料の放射線遮へいに必要な水位が確保できること。

2. 評価の考え方

- スロッシングによる溢水量の算定
 - 「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド」(以下、評価ガイドという)、2. 1. 3 (2) 項(使用済燃料貯蔵プールのスロッシングによる溢水)において、「使用済燃料貯蔵プール水が基準地震動による地震力によって生じるスロッシングによってプール外へ漏水する可能性がある場合は、溢水源として想定する。」ことを要求している。
 - 基準地震動 S_s による使用済燃料ピットスロッシングによる溢水量について、使用済燃料ピット等をモデル化し、3次元流動解析により求める。
- 溢水が発生した事による使用済燃料ピットの冷却および遮蔽機能への影響
 - 評価ガイド 3. 2. 1 項(使用済燃料貯蔵プール(使用済燃料ピット)に対する溢水影響評価)において、以下の要求がある。
 - 溢水の影響評価にあたっては、発電所内で発生した溢水に対して、使用済燃料プール(使用済燃料ピット)設備が、「プール冷却」及び「プールへの給水」ができることを確認する。
 - プールの冷却機能の確認評価方法
 - スロッシングによる溢水後の使用済燃料ピット水位がピット冷却系の運転可能水位を維持していることを確認する。
 - プールへの給水機能の確認方法
 - スロッシングによる溢水後、燃料の放射線遮へいに必要な水位を維持していることを確認する。

3. 評価内容

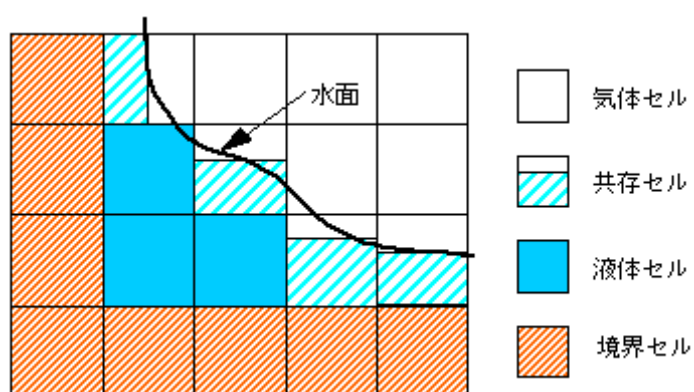
- 3次元流動解析により溢水量を解析するモデル化の範囲は、使用済燃料ピットのある燃料取扱棟とし、使用済燃料ピット、燃料取替キャナル、キャスクピット、燃料検査ピットの全てが水張りされた状態とする。
- モデル化の範囲およびモデル化の条件については下図および下表参照のこと。



モデル化範囲	使用済燃料ピットのあるフロアレベル全体（上図参照）
境界条件	シャッター位置の出入口からは水が流出するものとする。 また、建屋上部は開放とし、他は壁からの跳ね返りを考慮する。
水位	T. P. 32.73m (溢水を多めに算出するため高水位警報レベルを初期条件とする。)
評価用地震波	燃料取扱棟 T. P. 33.1mにおける地震波を使用
解析コード	FLOW-3D（流体解析ソフトウェア）：3次元流動現象を精度良く計算することの特徴としている。一般産業施設の主要な解析実績としては、液体燃料やLNGタンクのスロッシング解析、インクジェット解析、鑄造湯流れ凝固解析などが挙げられる。検証結果を5-別紙1に示す。
その他	使用済燃料ラックは考慮せず、ピット内の水が全て揺動するとした。また、ピット周りに設置されているフェンスは考慮しない。

■ FLOW-3Dで採用しているVOF法は、以下のような手順で液面の移動を解析する。

- ① 各計算格子を液体充填率 F (0から1の間の値をとる) 及び周囲のセルの状況により、下図に示すように、気体、共存、液体、境界セルに分類する。
- ② 共存セル内の液体位置を (液体と気体の境界面がいずれかの座標軸に垂直になるように) 決定する。
- ③ 各計算セルの F 値を運動方程式等で計算された流速場に従って移流させる。
- ④ 時間を進めて計算を繰り返す。



■ モデル図

➤ 作成したモデルの諸元を表1に示す。また、モデル図を図1～5に示す。

解析領域	
X方向	-0.5～58.9 [m]
Y方向	-20.5～2.8 [m]
Z方向	19.9～36.1 [m]

表1 モデル諸元

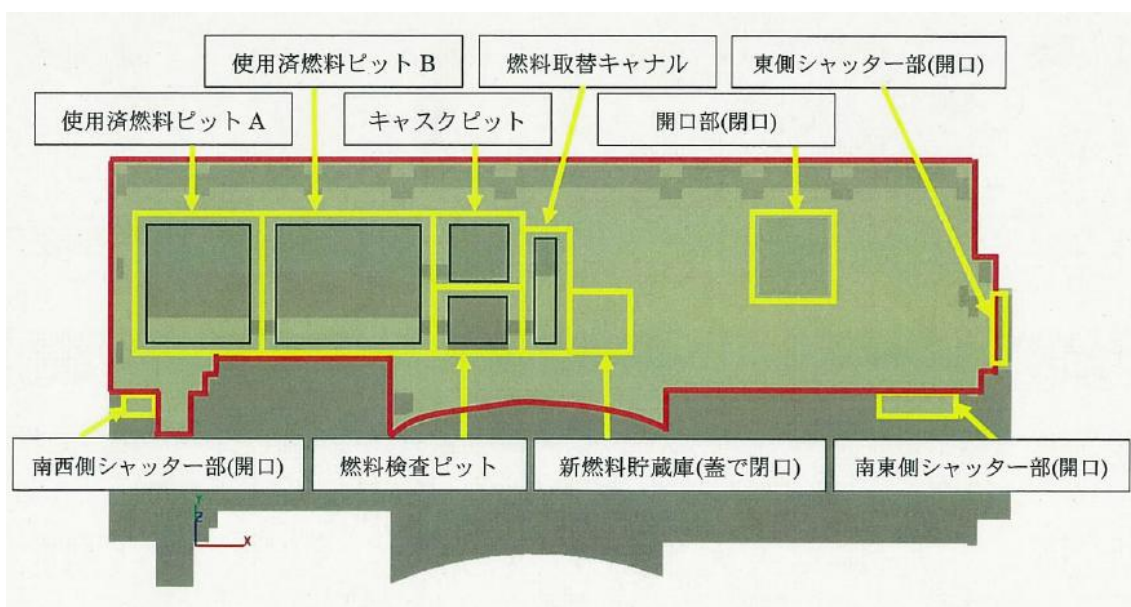


図1 解析領域（赤線）と名称

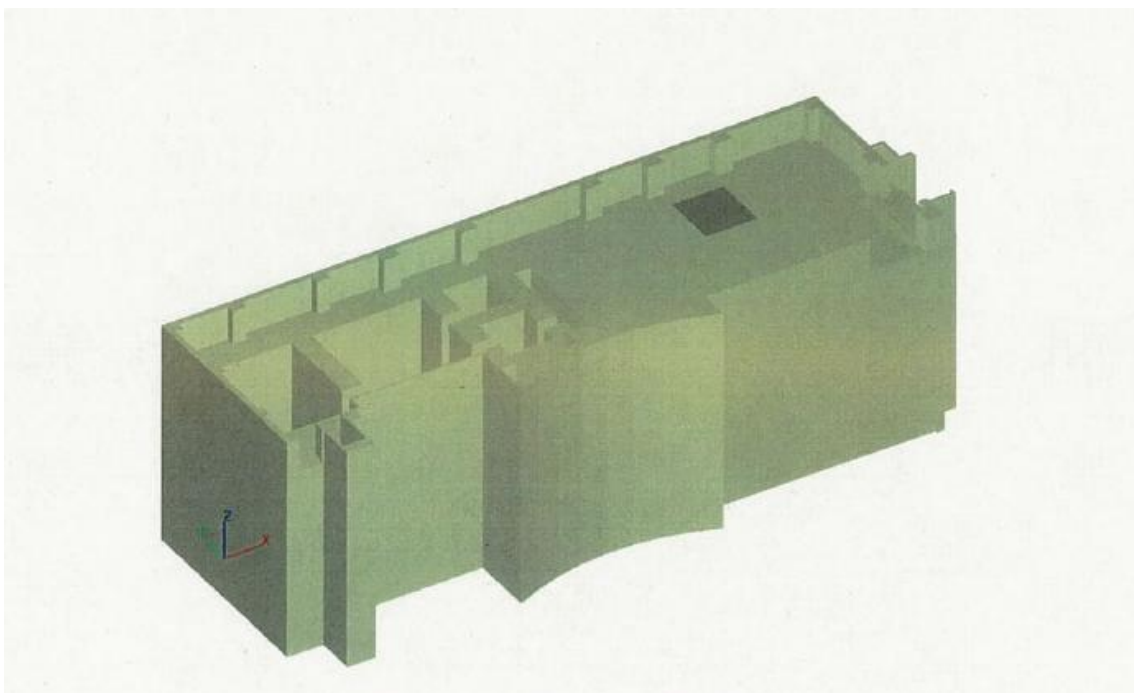


図2 解析モデルの概要図

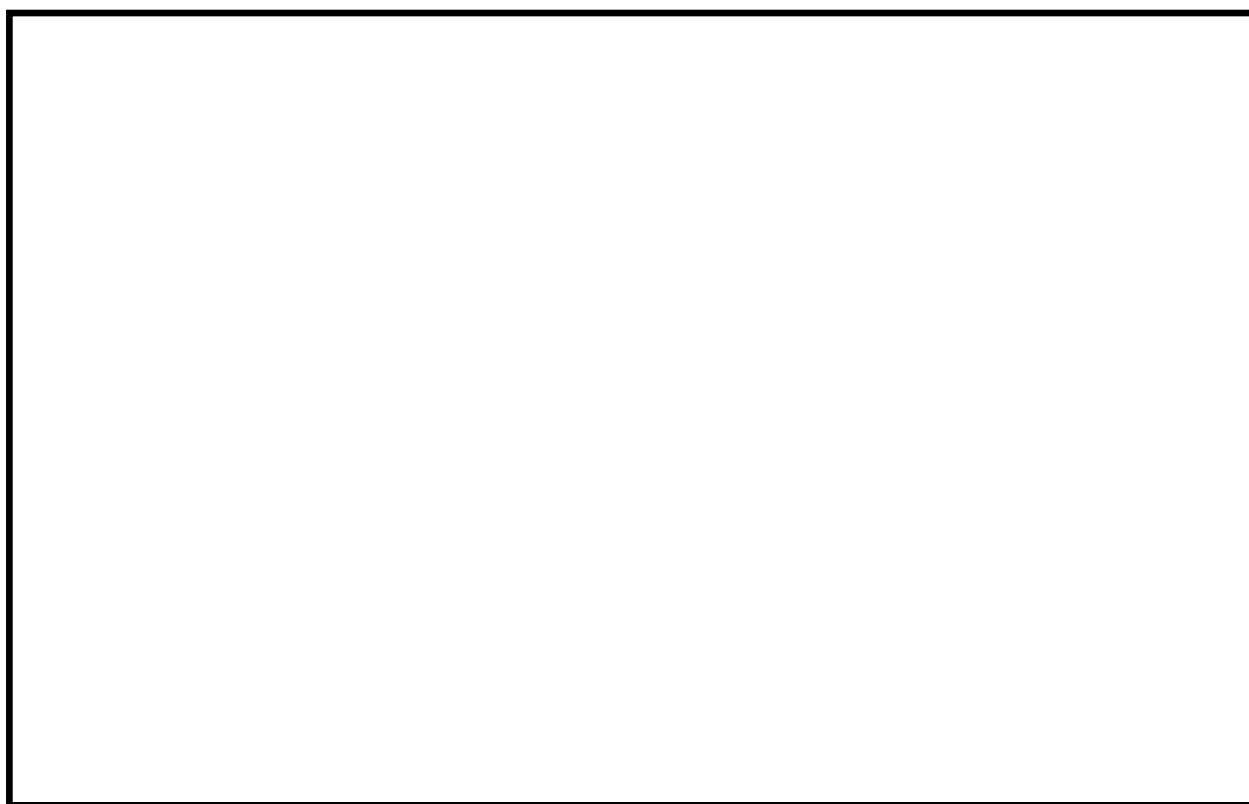


図3 3次元メッシュ図

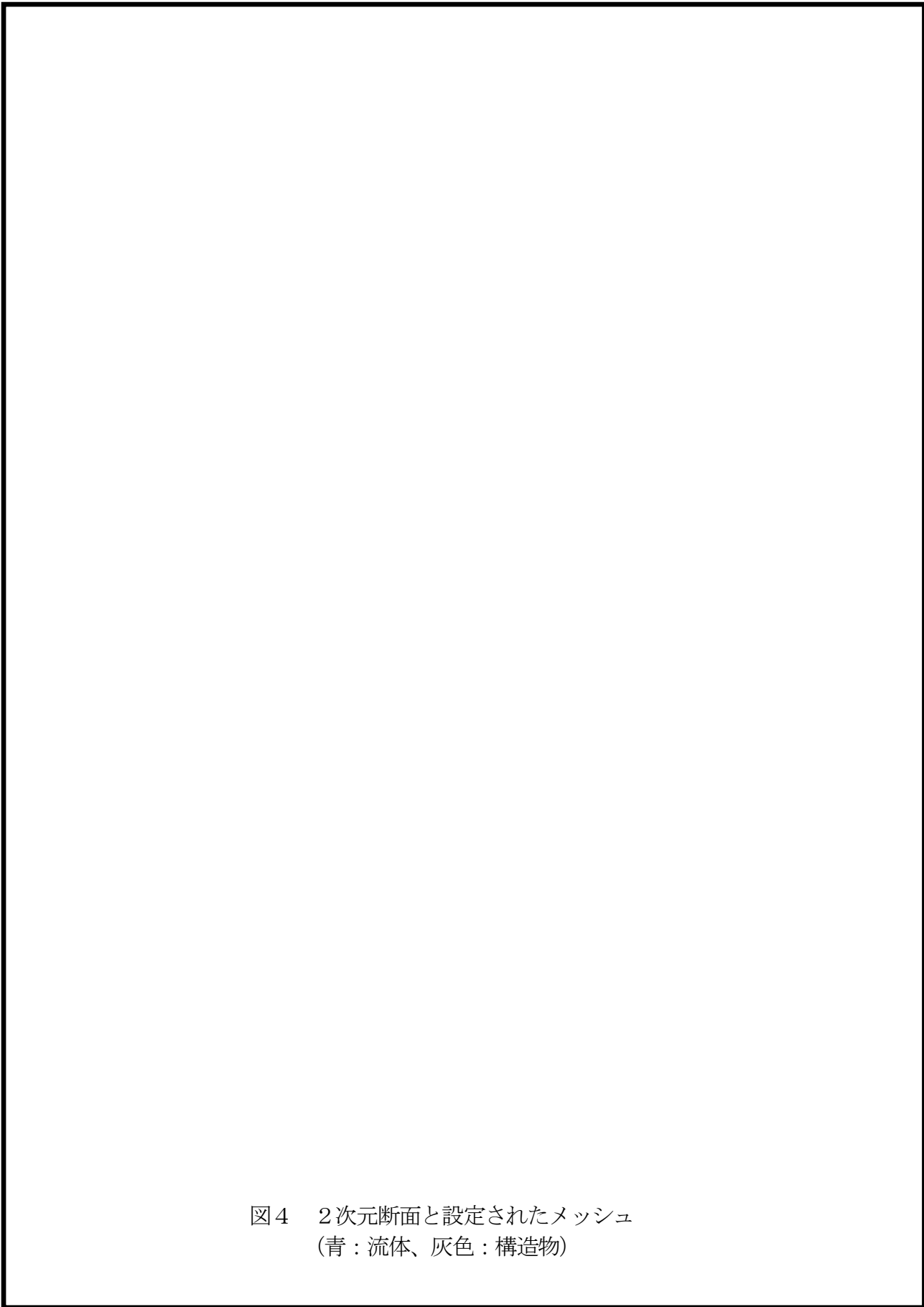


図4 2次元断面と設定されたメッシュ
(青：流体、灰色：構造物)

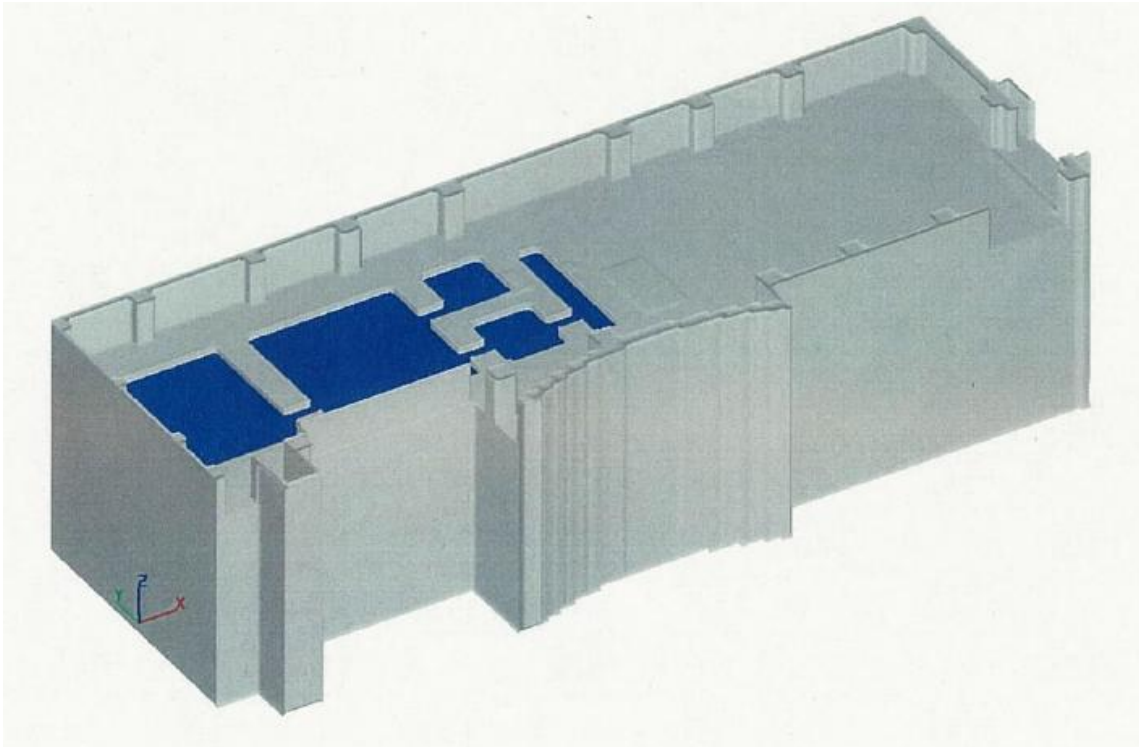


図5 使用済燃料ピットの透視図（青：流体、灰色：構造物）

■ 評価用地震波

地震波は Ss 地震（スペクトルベース波：Ss-1、RC 減衰 5%）とし、燃料取扱棟 TP. 33.1mを用いた。

適用入力地震波を図 6 に示す。

加振する方向成分	Case 名
X 方向(EW)、Z 方向	Case1
Y 方向(NS)、Z 方向	Case2

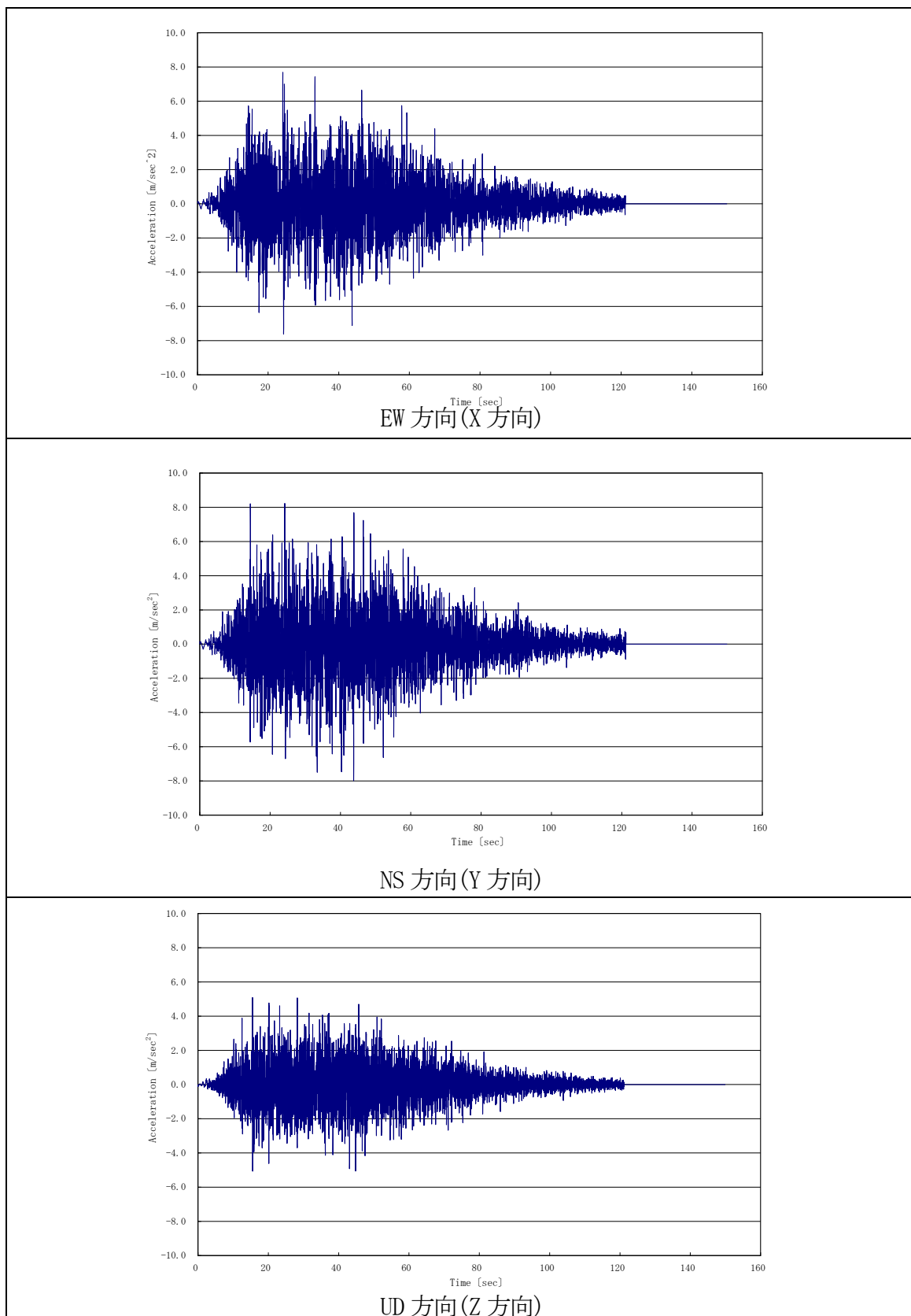


図6 評価用地震波 (燃料取扱棟 TP. 33. 1m)

■ 解析結果

- 各Caseにおける使用済燃料ピット内の流体の様子を図7・8に示す。
また、流体の最高到達高さを図9に示す。

- 解析終了時点（評価用地震波の継続時間約120秒に対し、溢水量が安定する180秒まで解析を実施）での使用済燃料ピットからの溢水量は下表のとおりである。

使用済燃料ピットからの溢水量

解析ケース	溢水量
Case1	9.12[m ³]
Case2	13.09[m ³]

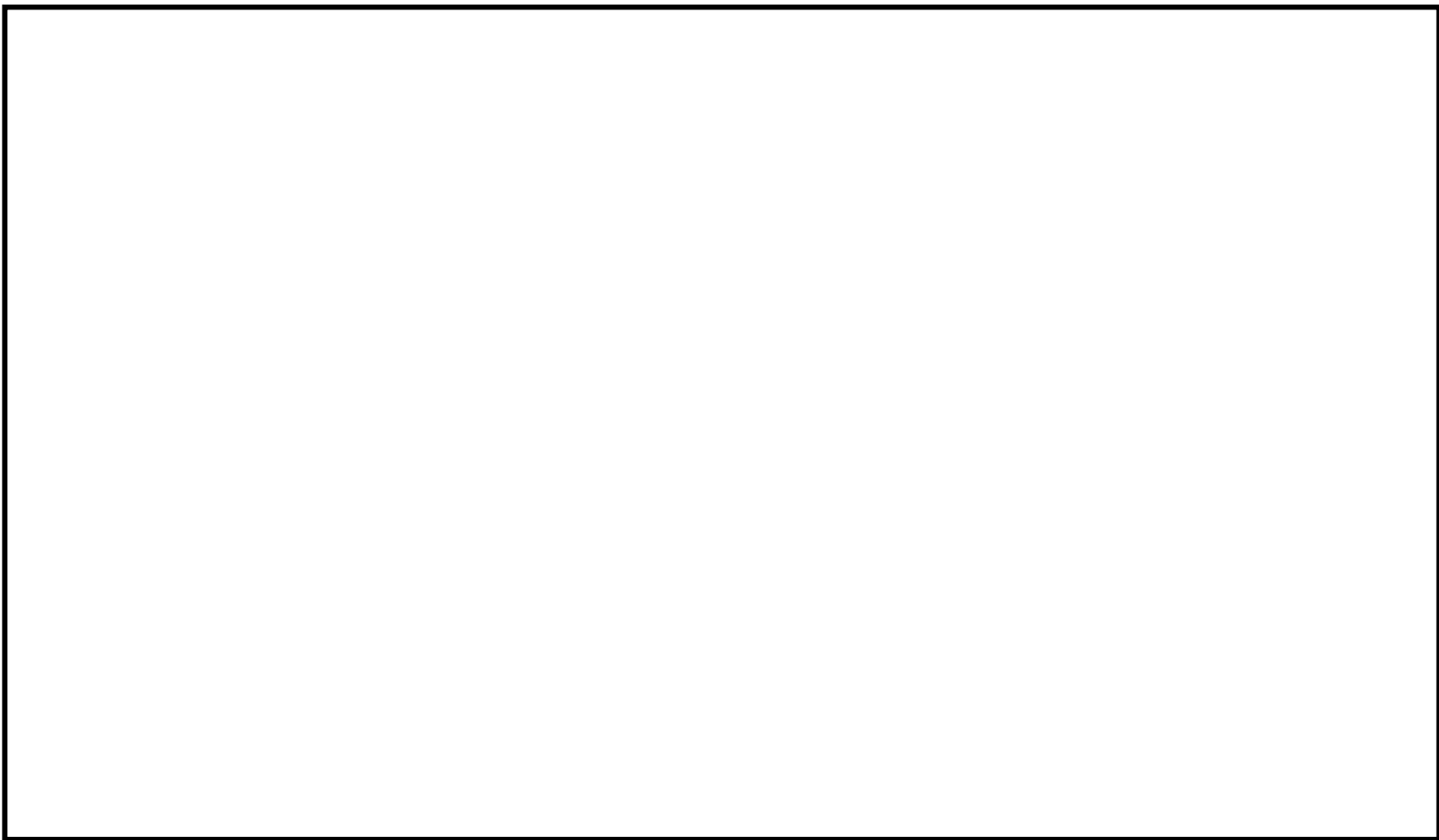


図7 燃料ピットの溢水量[m³] : Case1

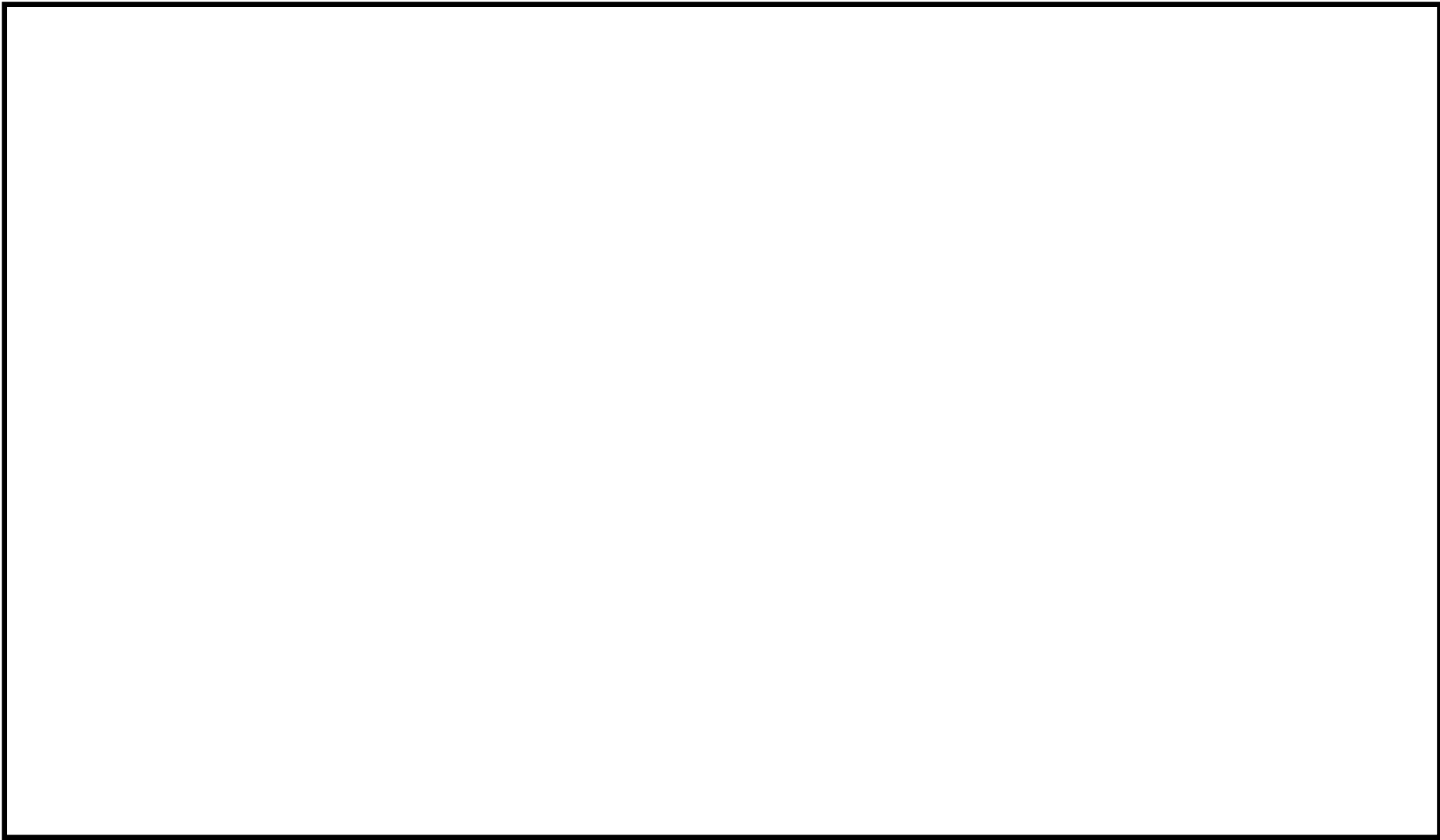


図8 燃料ピットの溢水量[m³] : Case2

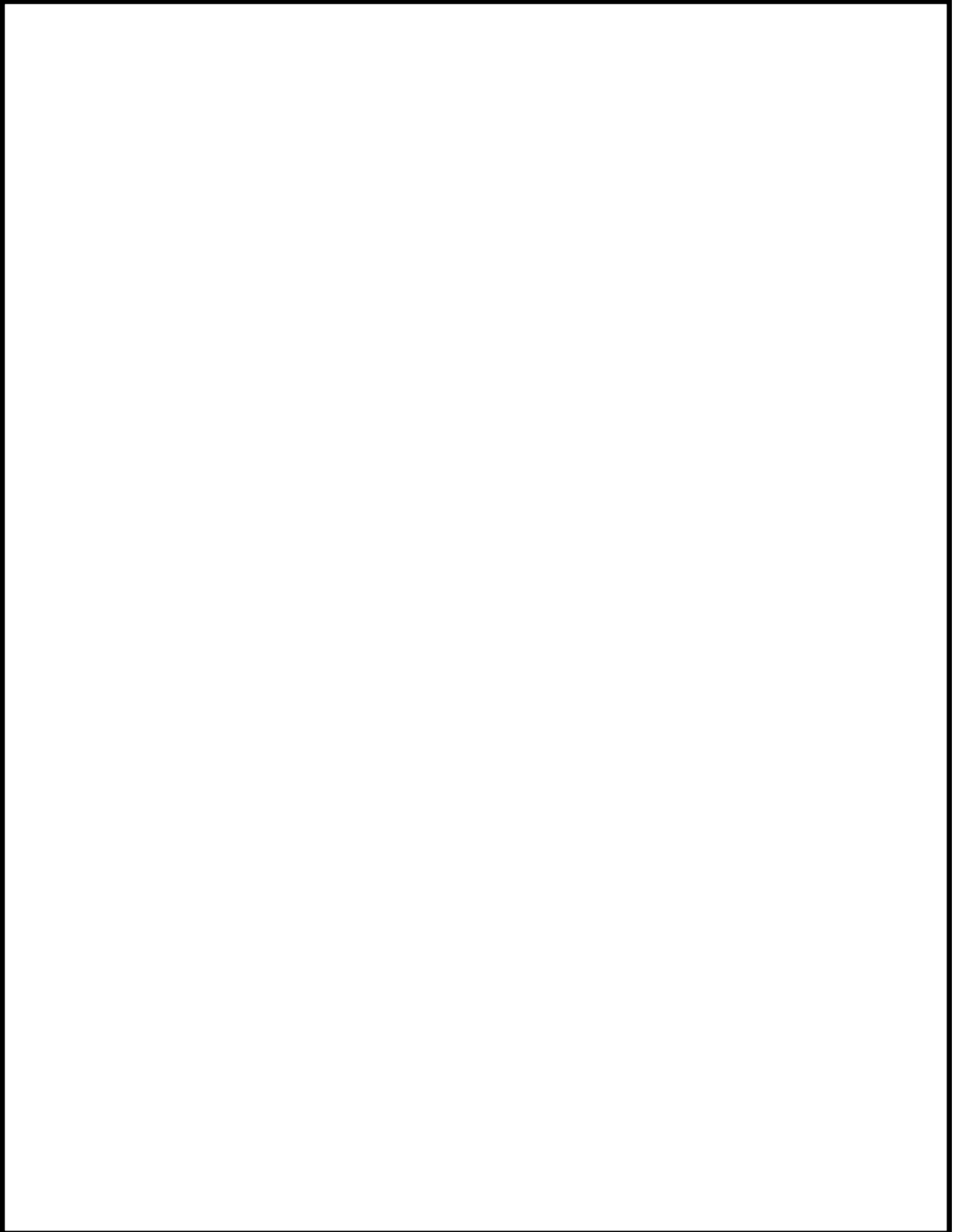


図9 流体の最高到達高さ [m]

4. 評価結果

(1) 溢水源の想定

- 3. 項の解析の結果から、Case 2の180秒時点の溢水量13.09 m³を超えるピーク値13.35 m³を溢水源として想定する。
- 解析に際しては、溢水を多めに算出するために下記の考慮を行っていることから、13.35 m³を溢水源として想定することは妥当である。
 - ①高水位警報レベルを初期条件としていること。
 - ②溢水量を解析するモデル化の範囲として、使用済燃料ピット、燃料取替チャンネル、キャスクピット、燃料検査ピットの全てが水張りされた状態としていること。
 - ③使用済燃料ピット周りに設置されているフェンスを考慮していないこと。
 - ④使用済燃料ピット内に設置されている使用済燃料ラックを考慮せず、ピット内の全ての水が揺動する条件としていること。

(2) 使用済燃料ピットの冷却および放射線遮へい可能水位の維持確認

- 3. 項の解析の結果から、流体の最高到達高さは、Case 1の1.20 mを想定する。
- 使用済燃料ピットの堰の上端高さはT. P. 33.15 mであることから、この高さから流体の最高到達高さを減じた位置より使用済燃料ピット水位が低ければ、使用済燃料ピット外に水は流出しない。
- 従って、この水位が、冷却系の運転可能水位および遮へいに必要な水位より高ければ、スロッシングによるピットからの溢水により、ピットの冷却機能及び放射線遮へい機能が損なわれることはない。
- 評価の結果は下表のとおりであり、制限値（下限水位）を満足していることから、ピットの冷却機能及び放射線遮へい機能は確保される。

	スロッシングによる溢水が生じない上限水位 (T. P.)	制限値 (T. P.)
冷却系の運転可能水位	31.95 m	31.46 m
遮へいに必要な水位	(= 33.15 m - 1.20 m)	29.74 m

以上

水密扉の設計方針について

溢水伝播防止対策のうち水密扉の設計方針について以下に示す。

1. 水密扉の設計方針

1.1 水密扉の構成部材

水密扉は、板材及びそれを支持する主桁等で構成される水密性を有した扉である。

1.2 設計概要

水密扉の強度設計は、水密扉を構成する主要な構造部材である主桁及び板材に対して実施する。浸水による水圧荷重は、想定浸水高さに対して三角形分布の静水圧荷重を仮定する。水圧荷重の概念図を図1に示す。

主桁については、部材の最大曲げ応力度が「建築基準法」及び「建築基準法施行令」に定められた許容曲げ応力度以下となるとともに、最大たわみが「水門鉄管技術基準 水門扉編一付解説一」（2007年水門鉄管協会）に定められた許容たわみ以下となるように設計を行う。

板材については、部材の最大曲げ応力度が「建築基準法」及び「建築基準法施行令」に定められた許容曲げ応力度以下となるように設計を行う。

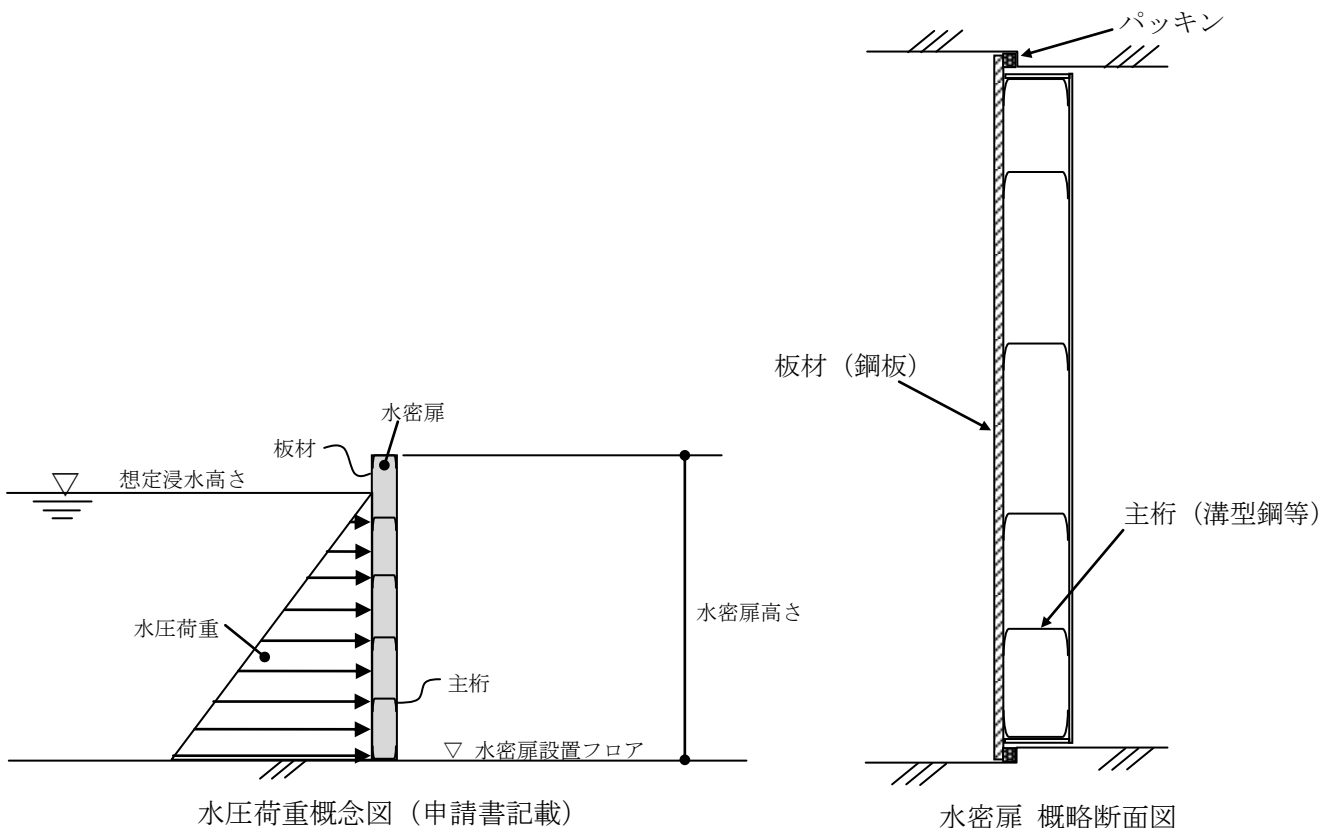


図1 水圧荷重の概念と水密扉断面図

1.3 許容値

許容曲げ応力度及び許容たわみを表1に示す。

表1 許容値

	許容値	備考
許容曲げ応力度	235N/mm ²	SS400 t40以下
許容たわみ	1/800	

2. 水密扉の部材設計について

2.1 算定概要

(1) 主桁

主桁1本あたりに作用する荷重に対する最大曲げ応力度及び最大たわみを次式により求める。

最大曲げ応力度

$$\sigma = M/Z$$

$$M = \omega l^2/8$$

ここに、 σ : 最大曲げ応力度 (N/mm²)

M : 最大曲げモーメント (N・mm)

Z : 断面係数 (mm³)

ω : 等分布荷重 (N/mm)

l : 支点間距離 (mm)

最大たわみ

$$\delta = 5\omega l^4/384EI$$

ここに、 δ : 最大たわみ (mm)

ω : 等分布荷重 (N/mm)

l : 支点間距離 (mm)

E : ヤング係数 (N/mm²)

I : 断面二次モーメント (mm⁴)

(2) 板材

板材に作用する荷重に対する最大曲げ応力度は「水門鉄管技術基準 水門扉編一付解説一」(2007年水門鉄管協会)に基づき、次式により求める。

最大曲げ応力度

$$\sigma = 1/100 \times k \times a^2 \times P/t^2$$

ここに、 σ : 最大曲げ応力度 (N/mm²)

k : 辺長比 (b/a) による係数

a : 区画の短辺 (mm)

b : 区画の長辺 (mm)

P : 水圧 (N/mm²)

t : 板厚 (mm)

2.2 算定結果

算定結果の1例として、図2に示す原子炉建屋に設置する水密扉 No. 107 (T.P. 10.3m) の想定浸水高さ (T.P. 15.0m) に対する算定結果を表2に示す。

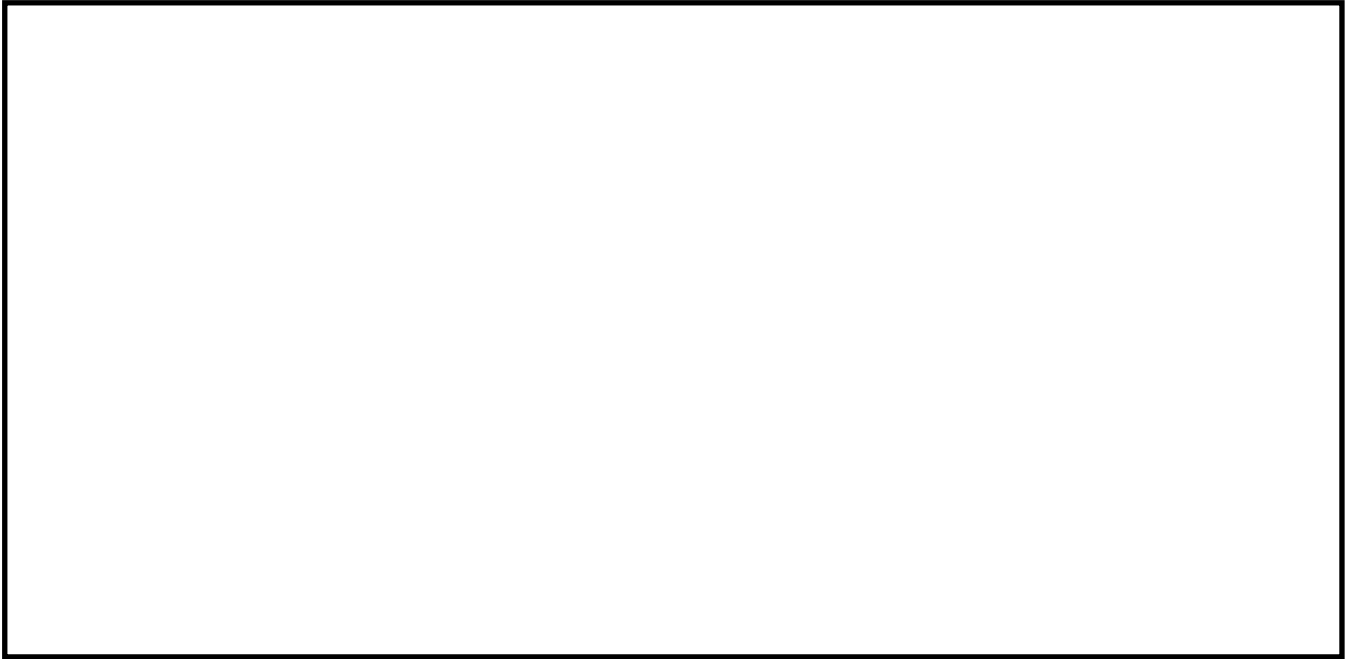


図2 水密扉 No. 107 の構造図

表2 算定結果

A large, empty rectangular box representing the calculation results table.

3. 水密扉の耐震性について

水密扉は、基準地震動 S_s による地震力に対して、浸水防止機能が保持できる設計とする。

3.1 設計概要

水密扉は、扉の状態（閉鎖、開放）を考慮して、基準地震動 S_s により部材に生じる応力に対して、許容応力度以下となるように設計を行う。

また、基準地震動 S_s による扉枠の変形（＝建屋の変形）に対して、扉本体と扉枠のクリアランスを設けることで、耐震性を確保する設計を行う。

水密扉の概略図を図3に示す。

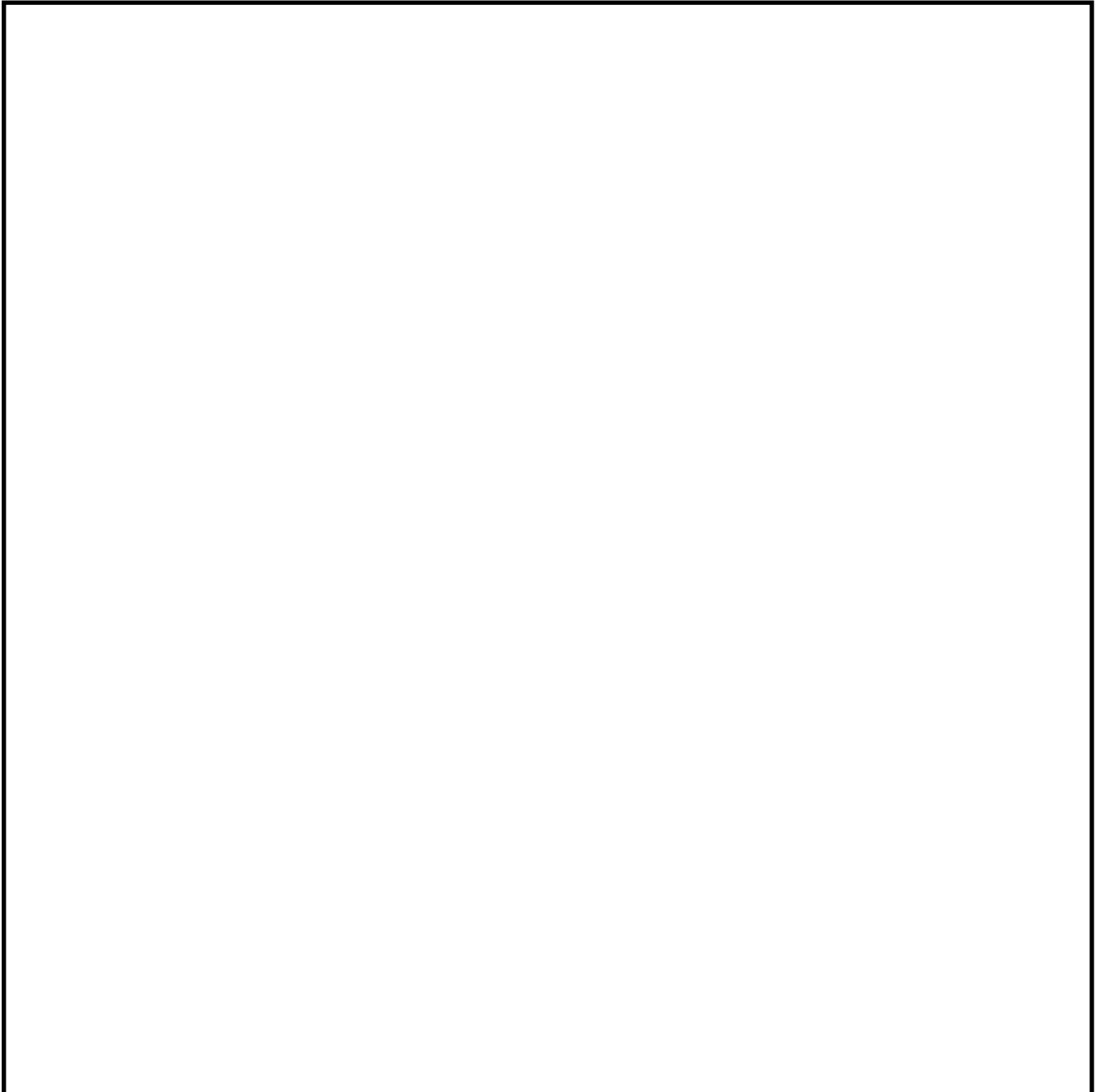


図3 水密扉の概略図

3.2 評価概要

(1) 支持部材の評価概要

地震時に水密扉はヒンジ及び締付金具（カンヌキ）で支持されることから、このヒンジ及び締付金具（カンヌキ）を評価対象部位とし、基準地震動 S_s により部材に生じる応力度が、「建築基準法」及び「建築基準法施行令」等に定める許容応力度以下であることを確認する。

地震荷重は、水密扉が設置されるレベルとその直上の質点において、基準地震動 S_s による最大応答加速度が大きい方から求まる設計震度に基づいて算出する。なお、水平震度はEW及びNS方向の最大値とする。

(2) 水密扉本体と扉枠のクリアランスの評価概要

水密扉枠の変形量は、水密扉が設置されるレベルの質点及びその直上の質点の基準地震動 S_s による応答変位の差から水密扉の高さ相当に補間し算出する。

3.3 評価結果

評価結果の1例として、水密扉 No. 107 の結果を以下に示す。

(1) 支持部材の評価結果

支持部材の評価に用いた設計震度を表3に示す。

ヒンジ及び締付金具（カンヌキ）に生じる地震荷重は下式により求めるものとし、評価結果を表4に示す。

表3 設計震度

扉 No.	設置建屋	設計震度	
		No. 107	原子炉建屋
		鉛直震度	0.44

・ヒンジ

$$F = a \times w / n + \{ (w + b \times w) \times L1 \} / L2$$

ここに、F : 地震時荷重 (kN)

w : 水密扉の質量 (kN)

a : 水平震度

b : 鉛直震度

L1 : ヒンジ芯と重心の距離 (mm)

L2 : ヒンジ芯間距離 (mm)

n : ヒンジの数

・締付金具（カンヌキ）

$$F = \sqrt{ \{ (a \times w)^2 + (w + b \times w)^2 \} \times L1 / (L3 \times n)}$$

ここに、F : 地震時荷重 (kN)

w : 水密扉の質量 (kN)

a : 水平震度

b : 鉛直震度

L1 : ヒンジ芯と重心の距離 (mm)

L3 : ヒンジ芯とカンヌキ受間の距離 (mm)

n : 締付金具（カンヌキ）の数

表4 支持部材（ヒンジ及び締付金具（カンヌキ））の評価結果

--

(2) 水密扉本体と扉枠のクリアランスの評価結果

水密扉本体と扉枠のクリアランスの評価結果を表5に示す。

表5 扉本体と扉枠のクリアランスの評価結果

--

補助蒸気配管および蒸気発生器ブローダウン配管の強度評価について

1. 概要

- 原子炉建屋、原子炉補助建屋に敷設されている補助蒸気配管および蒸気発生器ブローダウン配管（高エネルギー配管）による溢水（蒸気）影響評価においては、「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド 附属書A 流体を内包する配管の破損による溢水の詳細評価手法について」（以下「ガイド附属書A」という。）に従い配管の応力評価を実施し、その評価結果に基づき想定する破損形状を設定して評価をしている。
- 本資料は、応力評価の手法、結果についてとりまとめたものである。

2. 破損形状の設定フロー

- 破損形状の設定フローについて図1に示す。

※1: 補助蒸気配管および蒸気発生器ブローダウン配管以外の高エネルギー配管（抽出系統）については完全全周破断を想定する。

※2: C/V内および主蒸気管室内の防護対象設備は蒸気影響に対して機能維持が図れるよう設計および実証試験を実施。

※3: 配管減肉管理が必要な配管については、肉厚測定結果に基づき、余寿命評価を行い、次回検査時期の設定や必要に応じて取替計画を行うこととしている。

※4: 小口径(25A以下)の配管については、完全全周破断を想定する。

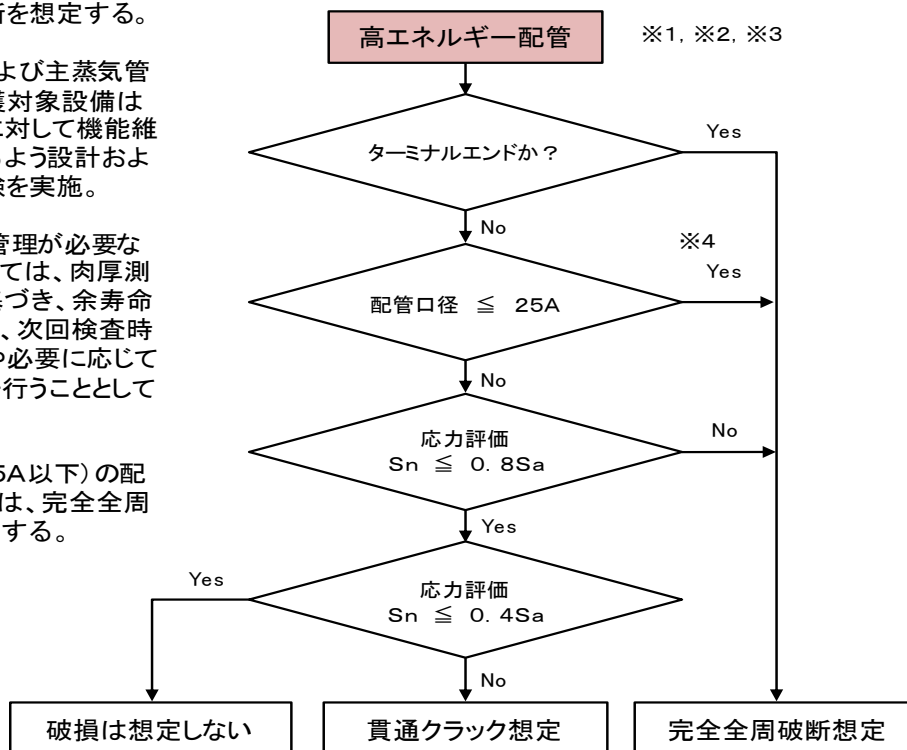


図1 破損形状の設定フロー

3. 応力評価

(1) 評価方法

- ガイド附属書Aに従い、供用状態A, B及び(1/3)Sd 地震荷重に対して設計・建設規格PPC-3530(1)b. の計算式によりSn (一次応力+二次応力)を算出し、設計・建設規格PPC-3530(1) d. の計算式により求めたSa (許容応力) の0.8倍および0.4倍との比較により破損形状を設定する。
- 一次応力の算出については、基本は、定ピッチスパン法によるものとし、二次応力である熱応力については、保守的な値として建設工認時における限度値の10kg/mm²(100MPa)を一律に用いる。

$$b. \quad S_n = \frac{P_m D_0}{4t} + \frac{0.75i_1(M_a + M_b) + i_2 M_c}{Z}$$

Sn:一次応力と二次応力を加えて求めた応力(MPa)

i_1, i_2 :応力係数

M_c :管の熱による支持点の変位および熱膨張により生ずるモーメント(N・mm)

P_m :内面に受ける最高の圧力(MPa)

M_b :管の機械的荷重(逃がし弁または安全弁の吹出し反力その他の短期的荷重に限る)により生ずるモーメント(N・mm)

D_0 :管の外形(mm)

T:管の厚さ(mm)

M_a :管の機械的荷重(自重その他の長期荷重に限る)により生ずるモーメント(N・mm)

$$d. \quad S_a = 1.25fS_c + (1.2 + 0.25f) S_h$$

Sa:許容応力(MPa)

f:許容応力低減係数

S_c :室温における材料の許容引張応力(MPa)

S_h :使用温度における材料の許容引張応力(MPa)

設計・建設規格 PPC-3530(1) 抜粋

(2) 実評価の流れ

- 補助蒸気配管は、耐震Cクラスではあるが、波及影響の観点より建設時よりAsクラスの標準支持間隔を用いた設計がなされており、今回の評価においては、建設時のAsクラスの標準支持間隔（最大スパン長L）等を用いて、以下のとおり評価を実施した。なお、実評価のイメージ図について図2に示す。
 - 配管（蒸気影響評価範囲）の配管仕様（配管口径、板厚、材質）を全て抽出する。
 - 抽出した配管仕様に対応するように、建設工認に記載されたAsクラス配管の標準支持間隔を選出し、定ピッチスパン法により供用状態A, Bおよび1/3Sd地震荷重に対する一次応力を算出する。
 - 算出した応力に熱応力(100MPa)を足しあわせて一次+二次応力を算出する。
 - なお、補助蒸気配管は蒸気配管と復水配管があるため、各々の単位重量は内包流体に応じた配管重量となるよう見直しを実施した。
 - また、曲がり部、集中質量部および分岐部については、当該部の発生モーメントが直管部標準支持間隔での発生モーメント以下になるよう「支持間隔グラフ」の許容領域内で支持していることから、曲がり部等の発生応力は定ピッチスパン法（直管部）で評価した応力以下である。（添付参照）
- 蒸気発生器ブローダウン配管は、供用状態A, Bおよび1/3Sd地震荷重に対する応力を3次元梁モデルで算出し、破損想定が不要である許容値0.4Saと比較する。

(3) 評価結果

- 表1に蒸気配管および復水配管、表2、図3に蒸気発生器ブローダウン配管の評価結果をそれぞれ示す。
- 表1から、供用状態A, Bおよび1/3Sd地震荷重に対して最大となる発生応力は、許容値0.8Saを下回っており、ターミナルエンド以外の配管口径1B超の補助蒸気配管については、1/4Dt貫通クラック相当の破損形状を想定し防護対象設備に対する蒸気影響評価を実施する。
- 図3から、供用状態A, Bおよび1/3Sd地震荷重に対して最大となる発生応力は、許容値0.4Saを下回っており、蒸気発生器ブローダウン配管については、非破損を想定し防護対象設備に対する蒸気影響評価を実施しない。

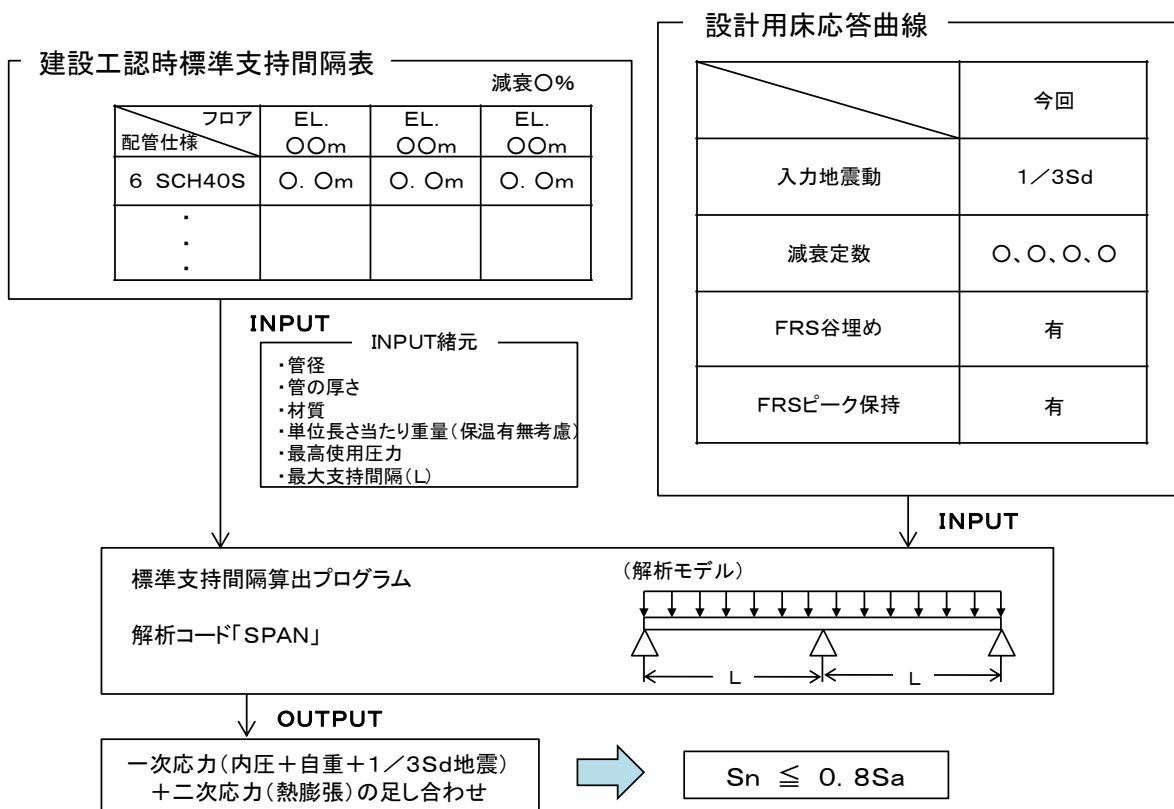


図2 評価イメージ図

配管・電線管耐震支持間隔
復水配管

支持間隔 [m]
(固有振動数 [Hz])
(応力 [N/mm²])

材質	呼称 [インチ]	建屋 階高	A/B	A/B	A/B	A/B	許容値 0.8Sa(MPa)
			TP.10.3~1.1M	TP.17.8~10.3M	TP.24.8~17.8M	TP.33.1~24.8M	
炭素鋼	1・1/2B Sch40		3.5 (9.8 / 160)	3.1 (12.0 / 156)	3.1 (12.0 / 158)	3.1 (12.0 / 158)	170
	2B Sch40		3.7 (10.5 / 158)	3.4 (12.0 / 158)	3.4 (12.0 / 160)	3.4 (12.0 / 160)	170
	2・1/2B Sch40		4.5 (9.8 / 158)	4.0 (11.9 / 155)	4.0 (11.9 / 156)	4.0 (11.9 / 157)	170
	3B Sch40		4.9 (9.8 / 158)	4.4 (11.7 / 155)	4.4 (11.7 / 157)	4.4 (11.7 / 157)	170
	4B Sch40		6.1 (8.2 / 170)	5.5 (9.9 / 168)	5.5 (9.9 / 170)	5.5 (9.9 / 171)	170
	5B Sch40		6.8 (8.2 / 170)	6.1 (9.9 / 168)	6.1 (9.9 / 170)	6.1 (9.9 / 170)	170
	6B Sch40		7.4 (8.2 / 171)	6.6 (10.0 / 167)	6.6 (10.0 / 169)	6.6 (10.0 / 170)	200
	8B Sch40		8.4 (8.3 / 171)	7.5 (10.1 / 167)	7.5 (10.1 / 169)	7.5 (10.1 / 170)	200

※太枠部分は実在配管

配管・電線管耐震支持間隔
蒸気配管

支持間隔 [m]
(固有振動数 [Hz])
(応力 [N/mm²])

材質	呼称 [インチ]	建屋 階高	A/B	A/B	A/B	A/B	許容値 0.8Sa(MPa)
			TP.10.3~1.1M	TP.17.8~10.3M	TP.24.8~17.8M	TP.33.1~24.8M	
炭素鋼	1・1/2B Sch40		3.8 (9.2 / 150)	3.4 (11.1 / 146)	3.4 (11.1 / 148)	3.4 (11.1 / 149)	170
	2B Sch40		4.0 (10.0 / 147)	3.6 (11.8 / 145)	3.6 (11.8 / 146)	3.6 (11.8 / 147)	170
	2・1/2B Sch40		5.0 (8.9 / 149)	4.5 (10.7 / 146)	4.5 (10.7 / 148)	4.5 (10.7 / 148)	170
	3B Sch40		5.5 (8.9 / 148)	4.9 (10.8 / 145)	4.9 (10.8 / 146)	4.9 (10.8 / 147)	170
	4B Sch40		7.0 (7.3 / 158)	6.4 (8.6 / 157)	6.4 (8.6 / 158)	6.4 (8.6 / 159)	170
	5B Sch40		7.9 (7.3 / 157)	7.3 (8.4 / 157)	7.3 (8.4 / 158)	7.3 (8.4 / 159)	170
	6B Sch40		8.7 (7.3 / 156)	8.1 (8.3 / 157)	8.1 (8.3 / 158)	8.1 (8.3 / 159)	200
	8B Sch40		10.1 (7.3 / 155)	9.4 (8.3 / 155)	9.4 (8.3 / 157)	9.4 (8.3 / 158)	200

※太枠部分は実在配管

表1(1/2)

配管・電線管耐震支持間隔
蒸気配管

支持間隔 [m]
(固有振動数 [Hz])
(応力 [N/mm²])

材質	建屋		R/B	R/B	許容値 0.8Sa(MPa)
	呼称 [インチ]	階高	TP.17.8~6.91M	TP.33.1~17.8M	
炭素鋼	1・1/2B Sch40		3.7 { 9.3 145 }	3.4 { 10.5 150 }	170
	2B Sch40		4.0 { 9.5 144 }	3.7 { 10.7 150 }	170
	2・1/2B Sch40		4.7 { 9.5 141 }	4.4 { 10.5 148 }	170
	3B Sch40		5.2 { 9.4 141 }	4.9 { 10.3 148 }	170
	4B Sch40		6.0 { 9.3 142 }	6.0 { 9.3 155 }	170
	5B Sch40		6.8 { 9.2 142 }	6.8 { 9.2 155 }	170
	6B Sch40		7.5 { 9.1 142 }	7.5 { 9.1 154 }	200
	8B Sch40		8.7 { 9.2 141 }	8.7 { 9.2 153 }	200

※太枠部分は実在配管

配管・電線管耐震支持間隔
復水配管

支持間隔 [m]
(固有振動数 [Hz])
(応力 [N/mm²])

材質	建屋		R/B	R/B	許容値 0.8Sa(MPa)
	呼称 [インチ]	階高	TP.17.8~6.91M	TP.33.1~17.8M	
炭素鋼	1・1/2B Sch40		3.5 { 9.4 154 }	3.2 { 10.8 161 }	170
	2B Sch40		3.8 { 9.6 153 }	3.5 { 10.8 163 }	170
	2・1/2B Sch40		4.5 { 9.4 154 }	4.2 { 10.4 163 }	170
	3B Sch40		4.9 { 9.4 153 }	4.5 { 10.7 159 }	170
	4B Sch40		5.6 { 9.2 157 }	5.4 { 9.7 172 }	170
	5B Sch40		6.2 { 9.3 156 }	6.0 { 9.7 172 }	170
	6B Sch40		6.8 { 9.1 158 }	6.6 { 9.6 174 }	200
	8B Sch40		7.7 { 9.3 157 }	7.5 { 9.7 174 }	200

※太枠部分は実在配管

表1(2/2)

表2 蒸気発生器ブローダウン配管の評価結果

	許容値 (0.4Sa)	改造後最大応力※
A-SGBD 配管	100MPa	73MPa
B-SGBD 配管	100MPa	72MPa
C-SGBD 配管	100MPa	79MPa

※ 耐圧区画外での最大応力

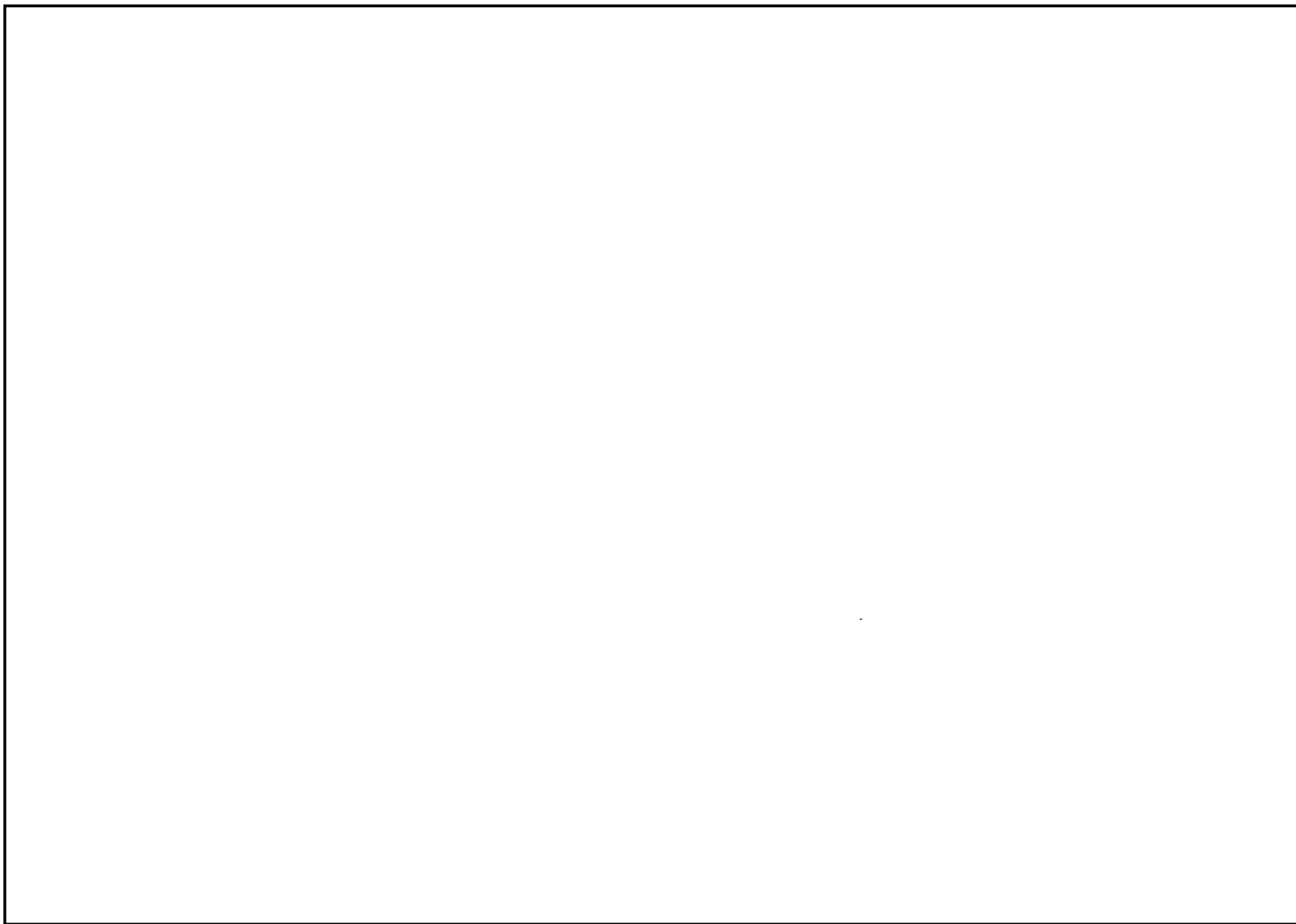


図3 蒸気発生器ブローダウン配管の評価結果 (1/3)

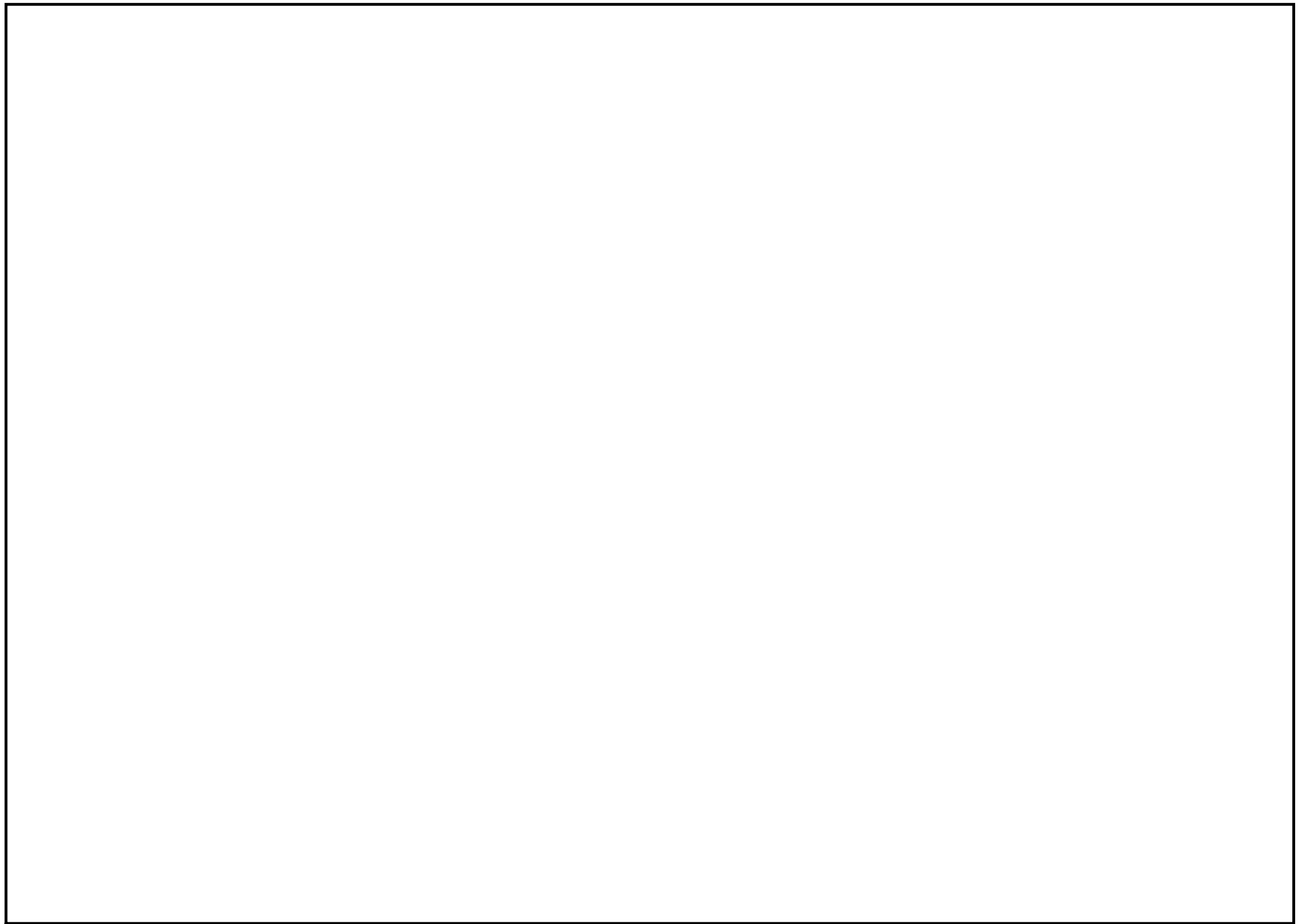


図3 蒸気発生器ブローダウン配管の評価結果 (2/3)

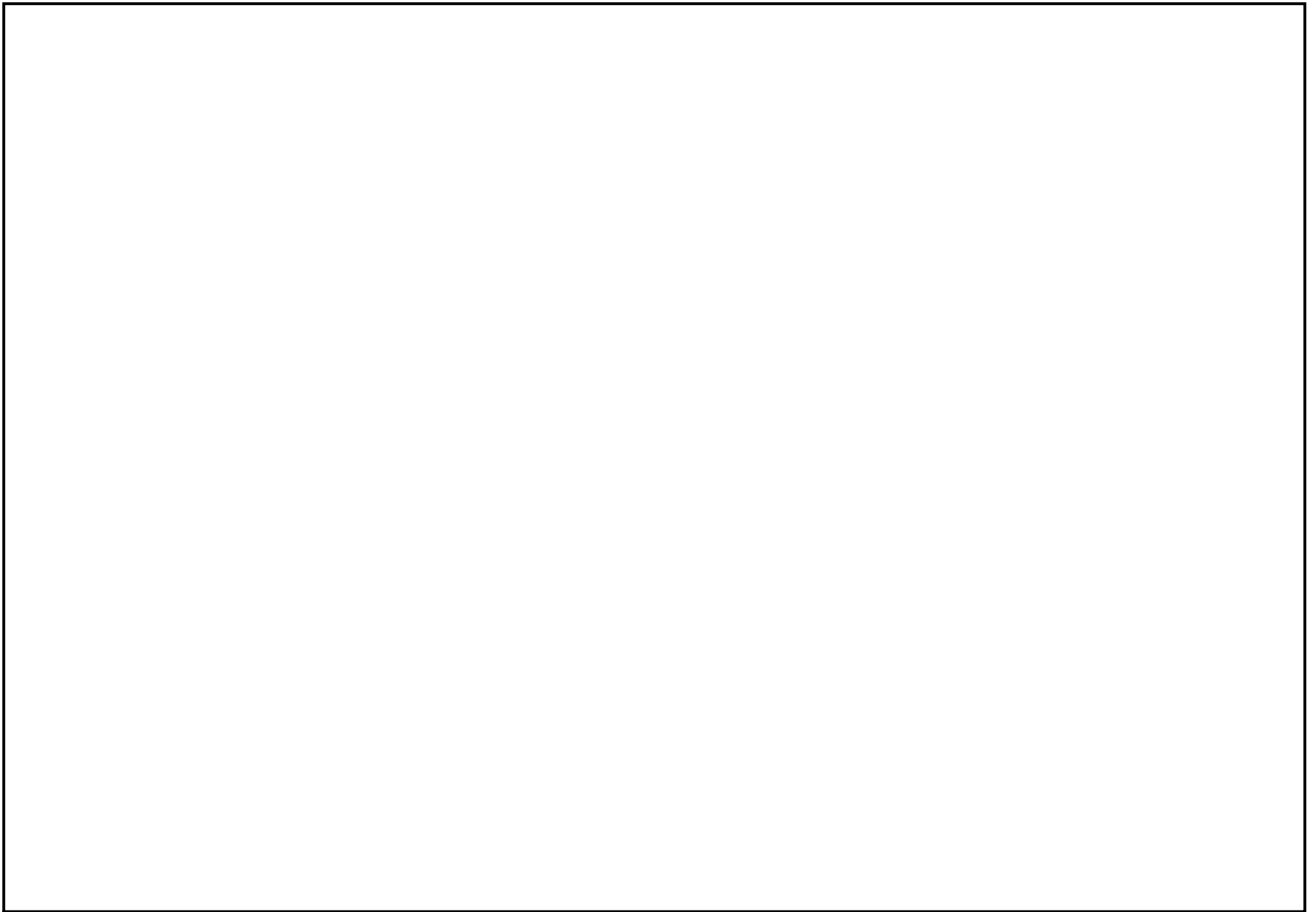


図3 蒸気発生器ブローダウン配管の評価結果 (3/3)

指摘事項 1224-03	配管破断による噴流の影響評価について別途説明すること。
--------------	-----------------------------

《回答》

1. はじめに

GOTHIC コードを用いた蒸気拡散解析では、蒸気影響範囲を複数の解析区画に分割してパスで接続された区画間の蒸気拡散を評価することで雰囲気温度を算出しており、この解析区画の設定においては、蒸気拡散への影響が大きいと考えられる空調の分岐を考慮している。

しかしながら、破損点のごく近傍に防護対象設備がある場合の直接蒸気噴流が当たる効果については、GOTHIC による蒸気影響評価では考慮できないことから、配管と防護対象設備の位置関係等を考慮した蒸気噴流影響評価を別途実施しており、その評価手法および結果を以下に示す。

2. 評価手法

漏えい蒸気の直接噴射による影響を評価するため、噴流工学^{※1}における乱流/軸対称円形噴流のフローモデルを参考に、配管破損位置からの距離と衝突荷重および蒸気温度の関係を算出した。

具体的には、下図のように蒸気が配管破損口から 10° の拡がり角度をもって円錐状に噴出するものとし、配管破損口からの距離における衝突荷重に対応する飽和温度を算出した。また、保守的に蒸気漏えい時の配管から放出されるエネルギーが周囲空気の界面でも減衰せずに伝播することとした。

上記の手法は、蒸気が漏えい箇所から離れるにつれ冷えることによる凝縮、または、サブクール水が大気圧下へ放出される際の蒸発といった事象を含む場合に対しても問題なく使用できることから、単相、二相流に関係なく評価ができる。

なお、原則として系統毎に最も評価条件が厳しくなる配管口径及び破損形態で代表させて評価しているが、許容温度が低い防護対象設備の評価に当たっては、破損区画に実在する配管の中で最も評価条件が厳しくなる配管口径および破損形態を想定して評価している。

※1 参考文献：噴流工学（森北出版株式会社）

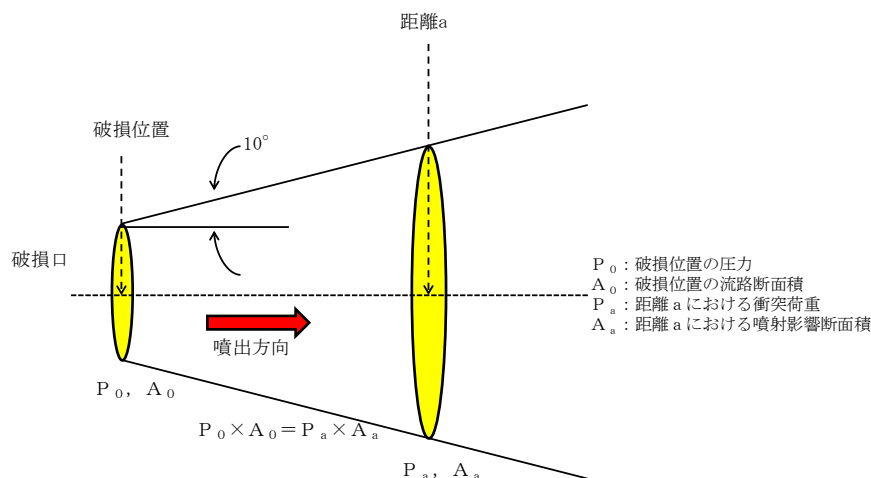


図1 直接噴射による影響評価図

3. 評価結果

環境温度の許容値が 120℃以上の防護対象設備に対する評価結果を 16-別紙 4 添付 2 「表 3」(p16-51)に、環境温度の許容値が 120℃未満の防護対象設備に対する評価結果を 16-別紙 4 添付 2 別添「表 1」(p16-56)に示す。

評価の結果、別添「表 1」の「非管理区域空調機器室電気ヒータ」および「燃料取替用水ポンプ」が、噴流影響評価において許容値を超える環境温度となっていることから、4 項で個別に蒸気影響および防護対策の必要性を評価する。

4. 詳細評価

①「非管理区域空調機器室電気ヒータ」について

非管理区域空調器室電気ヒータについては、補助蒸気系統の想定破損における G O T H I C の蒸気影響評価では環境温度は 79℃と評価され許容温度 80℃を下回る結果であったが、蒸気噴流影響評価の結果では環境温度は 101～106℃と評価され、許容温度を上回ることから想定破損時に機能維持できることを確認できなかった。

空調機器室は、冬季には原子炉補助建屋給気系の給気ユニットに内蔵されている補助蒸気ヒータにて暖房しているが、外部電源喪失時には原子炉補助建屋給気系が使用できないことから、非管理区域空調機器室電気ヒータで空調機器室を 1℃以上に維持し、室内機器の内包水凍結を防止することとしている。

一方、外部電源からの受電機能を確保するために必要な遮断器等の電気設備が設置されている電気建屋、安全補機開閉器室およびタービン建屋については、電気建屋および安全補機開閉器室は防火区画のため蒸気の侵入防止が図られていること、タービン建屋は空調機器室との距離が充分離れていることから、空調機器室内の想定破損により外部電源からの受電機能に影響が及ぶことはない。

従って、空調機器室内の補助蒸気系統に想定破損が生じて当該ヒータの機能が喪失したとしても、上記の通り同じ噴流（蒸気）影響によって外部電源喪失に至ることがないことから、発電所の安全機能に影響はない。

しかしながら、電気設備の近傍に補助蒸気配管が設置され影響を及ぼす可能性がある状況は望ましくないことから、補助蒸気配管破損による蒸気影響から非管理区域空調機器室電気ヒータを防護する対策を実施することとする。

②「燃料取替用水ポンプ」について

燃料取替用水ポンプのモーター軸受の蒸気影響評価では、G O T H I C による環境温度の評価値 91℃に、摩擦熱による温度上昇として、軸受表面の環境温度からの温度上昇の実測値 30.5℃および工場試験データ等の軸受表面と軸受内部の最大温度差に余裕を見込んだ値として 20℃を加算して軸受温度を 141.5℃と評価して、軸受の許容温度 150℃以下であることを確認している。

$$\underbrace{\text{環境温度} + \text{軸受表面の温度上昇} (30.5^\circ\text{C}) + \text{軸受表面と軸受内部の温度差} (20^\circ\text{C})}_{50.5^\circ\text{C}} < \text{軸受許容温度} (150^\circ\text{C})$$

一方、蒸気噴流影響評価では環境温度が 101℃と評価され、軸受温度は同様の手法により 151.5℃となって許容温度 150℃をわずかではあるが超過することから、補助蒸気系統の想定破損時の機能維持を確認することが出来ない結果となった。

高エネルギー配管の破損による水蒸気によって急激に軸受部の周囲温度が上昇する場合は、飽和蒸気と金属との間の熱伝達率が空気に対するよりも非常に大きいことから、軸受ハウジングの表面温度は環境温度まで上昇し、軸受内部の温度は軸受ハウジングからの加熱と軸受内部で発生する熱により上昇することとなる。

従って、軸受が外部から蒸気で加熱される場合においては、軸受表面の環境温度からの温度上昇は、前述の評価で用いている工場試験における空気環境下での30.5℃に比べ非常に小さく、軸受温度の評価に環境温度からの軸受表面温度の上昇分30.5℃を見込む必要はほとんどないと考えられることから、燃料取替用水ポンプの軸受温度は許容温度150℃を十分下回るものと評価できる。

以上から、補助蒸気系統の想定破損時の噴流直接影響評価における軸受評価温度は、許容温度150℃未満と評価できることから、燃料取替用水ポンプの機能は維持できると評価できる。

以上

破損配管からの蒸気噴流の影響等について

1. はじめに

GOTHIC コードを用いた蒸気拡散解析では、蒸気影響範囲を複数の解析区画に分割して雰囲気温度を算出している。この解析区画の設定においては、蒸気拡散への影響が大きいと考えられる空調の分岐を考慮している。

しかしながら、防護対象設備が破損配管から直接蒸気噴流の影響を受ける場合や防護対象設備が設置されている区画に隣接区画から蒸気が拡散してくる場合には、当該の解析区画を更に細かく分割すれば温度分布が生じると考えられる。本資料は、直接蒸気噴流の防護対象設備への影響や隣接区画からの蒸気拡散による温度分布の影響等について検討したものである。

なお、評価対象とする防護対象設備は、120℃以上の環境温度の許容値を耐蒸気性能試験または機器仕様により確認した設備とし、これ以外の設備は、別添にて検討する。

2. 影響評価

防護対象設備が設置されている区画に注目して、蒸気噴流の影響や解析区画の分割程度の影響を評価する。具体的には、防護対象設備が設置されている区画と破損区画との関係や隣接区画の状況から、以下の3パターンに分類が可能である。パターンの具体的なイメージを図1に示す。図2のフローに従い、各パターンへ分類することで影響評価を行った。

【パターン1】 噴流直接影響による評価

破損点のごく近傍に防護対象設備がある場合の直接蒸気噴流が当たる効果については、GOTHIC による蒸気影響評価では考慮できないことから、配管と防護対象設備の位置関係等を考慮した蒸気噴流影響評価を実施して問題ないことを確認している。

【パターン2】 防護対象設備設置区画が120℃を超えないため評価終了

防護対象設備設置区画が破損区画ではない場合、パスで接続された隣接区画の雰囲気温度が120℃以下であれば、防護対象設備の設置された区画が120℃を超えることはないため問題ない。

【パターン3】 防護対象設備設置区画の分割感度を感度解析により評価

防護対象設備設置区画が破損区画ではない場合、パスで接続された隣接区画の雰囲気温度が120℃を超えていると、防護対象設備設置区画の分割を細かくしたときに隣接区画に近い箇所において120℃を超過する可能性があるため、分割感度を感度解析によって確認する。

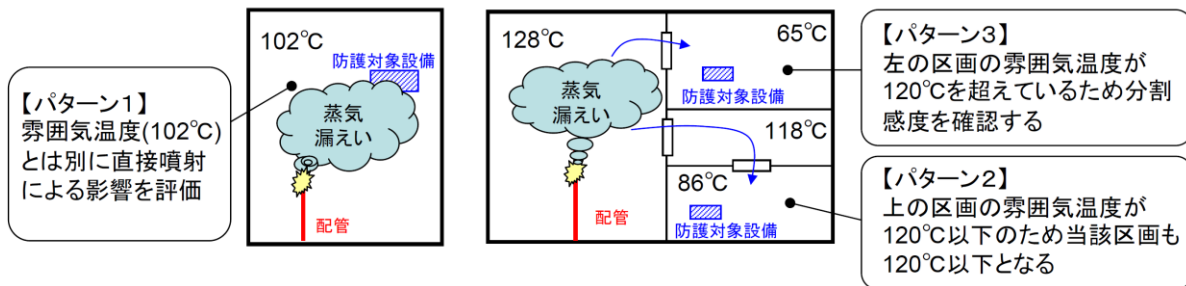


図1 評価パターンのイメージ

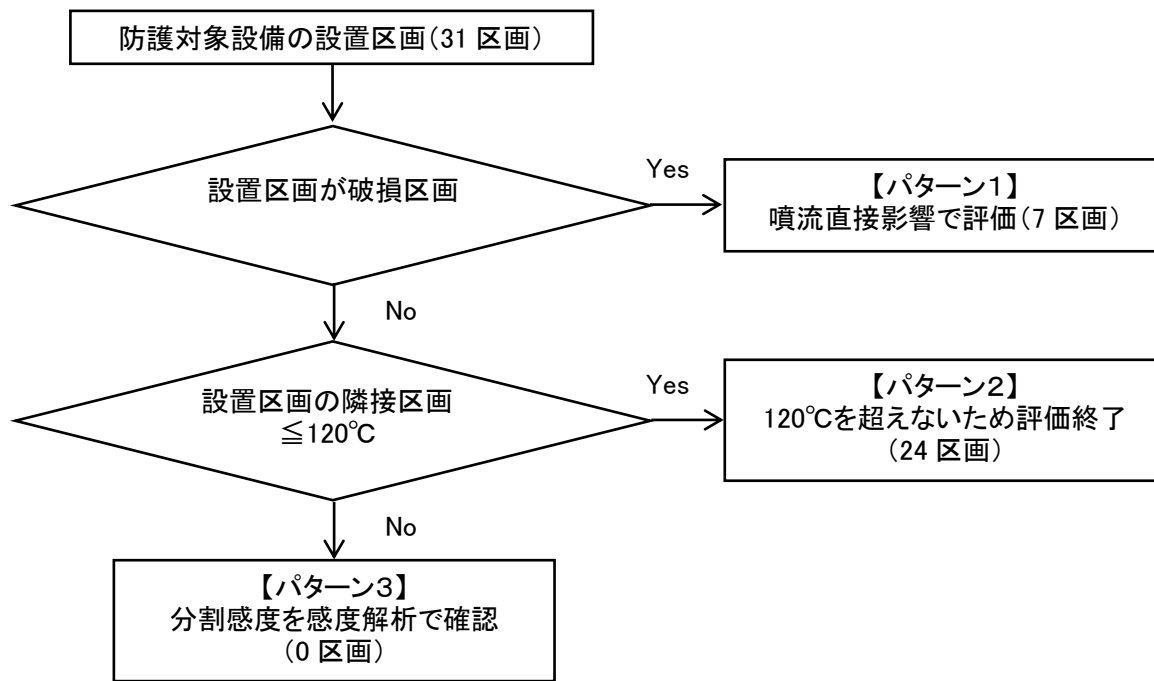


図2 蒸気噴流等の影響評価フロー

3. 影響評価結果の確認

【パターン1】 噴流直接影響による評価結果

(1) 評価対象

想定破損における蒸気影響評価にて評価対象としている高エネルギー配管のうち、耐圧区画外での破損を想定している抽出系統と補助蒸気系統からの噴流影響を評価する。評価対象とする防護対象設備は、GOTHIC コードを用いた蒸気拡散解析において破損区画内に存在する防護対象設備とする。

表1に評価対象となる防護対象設備を破損区画毎に示す。

なお、「3A, B, C, D-非管理区域空調機器室電気ヒータ (3VSE2A, B, C, D) 出口空気温度 (2)」の環境温度の許容値は230℃ (機器仕様) であり、その他の設備は耐蒸気性能試験で120℃の環境温度の許容値を確認している。

表1 蒸気評価配管と配管最近傍の防護対象設備との距離

系統 (高エネルギー配管)	破損 区画	防護対象設備名称	機器番号	防護対象設備 との離隔距離
抽出系統	C-31	充てんラインC/V外側止め弁	3V-CS-175	3.5m
		充てんラインC/V外側隔離弁	3V-CS-177	1.9m
補助蒸気系統	F-8	燃料取替用水ピット水位	3LT-1400	3.4m
			3LT-1401	1.4m
	C-9	3-B A, WDおよびLDエバポ補機冷却水戻りライン第1止め弁	3V-CC-351	3.3m
		3-B A, WDおよびLDエバポ補機冷却水戻りライン第2止め弁	3V-CC-352	3.3m
	E-2	3 A・3 B-蓄電池室排気ファン	3VSF31A, B	1.4m
		3 A-中央制御室給気ファン出口ダンパ	3D-VS-603A	1.7m
		3 B-中央制御室給気ファン出口ダンパ	3D-VS-603B	1.3m
		3 A-中央制御室給気ファン	3VSF21A	3.9m
		3 B-中央制御室給気ファン	3VSF21B	2.3m
		3 A-非管理区域空調機器室室内空気温度 (1)	3TS-2930	0.4m
		3 A-非管理区域空調機器室室内空気温度 (2)	3TS-2931	0.8m
		3 B-非管理区域空調機器室室内空気温度 (1)	3TS-2934	1.2m
		3 B-非管理区域空調機器室室内空気温度 (2)	3TS-2935	1.6m
3 C-非管理区域空調機器室室内空気温度 (1)	3TS-2950	5m以上		

系統 (高エネルギー配管)	破損 区画	防護対象設備名称	機器番号	防護対象設備 との離隔距離
補助蒸気系統	E-3	3 A - 中央制御室循環風量調節ダンパ流量設定器	3HC-2836	5m 以上
		3 B - 中央制御室循環風量調節ダンパ流量設定器	3HC-2837	5m 以上
		3 A - 中央制御室循環ファン	3VSF20A	2.2m
		3 B - 中央制御室循環ファン	3VSF20B	5m 以上
		3 A - 中央制御室循環ファン入口ダンパ	3D-VS-604A	2.2m
		3 B - 中央制御室循環ファン入口ダンパ	3D-VS-604B	3.9m
		3 A - 中央制御室循環風量調節ダンパ	3HCD-2836	0.7m
		3 B - 中央制御室循環風量調節ダンパ	3HCD-2837	5m 以上
	E-4	3 A - 安全補機開閉器室給気ファン	3VSF27A	3.5m
		3 B - 安全補機開閉器室給気ファン	3VSF27B	2.9m
		3 C - 非管理区域空調機器室室内空気温度 (2)	3TS-2951	5m 以上
		3 D - 非管理区域空調機器室室内空気温度 (1)	3TS-2954	5m 以上
		3 A - 非管理区域空調機器室電気ヒータ (3VSE2A) 出口空気温度 (2)	3TS-2933	0.1m
		3 B - 非管理区域空調機器室電気ヒータ (3VSE2B) 出口空気温度 (2)	3TS-2937	3.6m
		3 C - 非管理区域空調機器室電気ヒータ (3VSE2C) 出口空気温度 (2)	3TS-2953	0.2m
		3 D - 非管理区域空調機器室電気ヒータ (3VSE2D) 出口空気温度 (2)	3TS-2957	3.5m
	E-5	3 A - 安全補機開閉器室給気ユニット冷水温度制御弁	3TCV-2774	2.0m
		3 B - 安全補機開閉器室給気ユニット冷水温度制御弁	3TCV-2775	4.7m
		3 D - 非管理区域空調機器室室内空気温度 (2)	3TS-2955	5m 以上

(2) 評価手法

漏えい蒸気の直接噴射による影響を評価するため、噴流工学^{※1}における乱流/軸対称円形噴流のフローモデルを参考に、配管破損位置からの距離と衝突荷重および蒸気温度の関係を算出した。

具体的には、図3のように蒸気が配管破損口から10°の拡がり角度をもって円錐状に噴出するものとし、配管破損口からの距離における衝突荷重に対応する飽和温度を算出した。また、保守的に蒸気漏えい時の配管から放出されるエネルギーが周囲空気の界面でも減衰せずに伝播することとした。

上記の手法は、蒸気が漏えい箇所から離れるにつれ冷えることによる凝縮、または、サブクール水が大気圧下へ放出される際の蒸発といった事象を含む場合に対しても問題なく使用できることから、単相、二相流に関係なく評価ができる。

なお、評価では系統毎に最も評価条件が厳しくなる表2の配管口径及び破損形態の配管が破損する条件で代表させて評価を行っている。

※1 参考文献：噴流工学（森北出版株式会社）

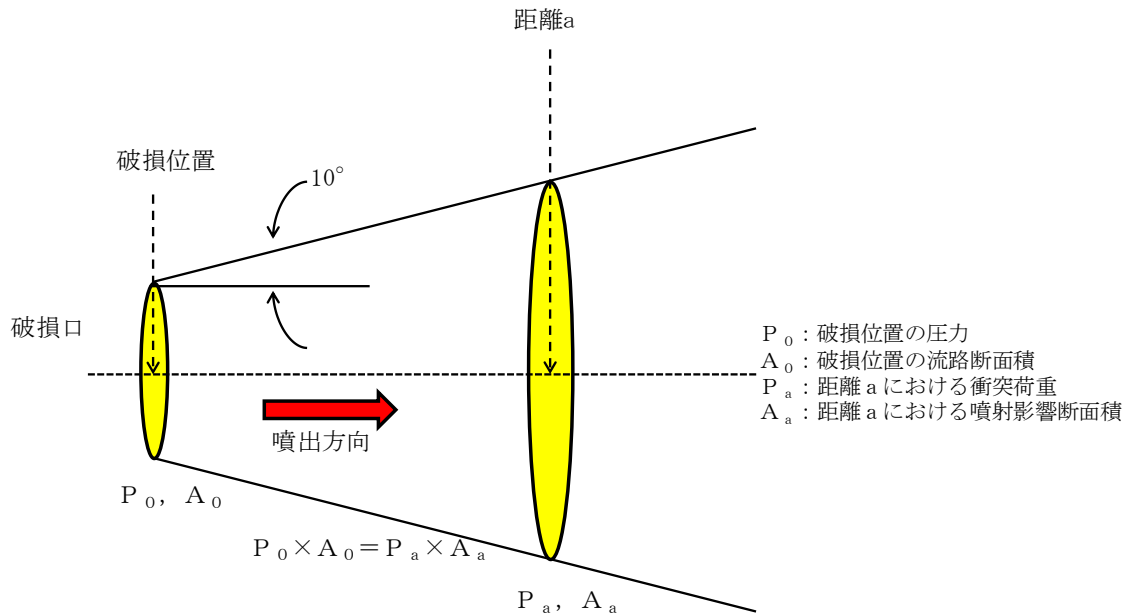


図3 直接噴射による影響評価図

表2 噴流評価条件が最も厳しい配管口径と破損形態

系統	口径	破損形態	圧力[MPa]	温度[°C]
抽出系統	3B	全周破断	2.40	146
補助蒸気系統	1・1/2B	全周破断	0.69	170

(3) 評価結果

評価結果を表3に示す。

表3 噴流影響の評価結果一覧表

系統	破損区画	防護対象設備名称	機器番号	離隔距離	荷重(MPa)	温度 ^{※2} (°C)	環境温度の許容値(°C)
抽出系統	C-31	充てんラインC/V外側止め弁	3V-CS-175	3.5m	0.009	103	120
		充てんラインC/V外側隔離弁	3V-CS-177	1.9m	0.027	107	
補助蒸気系統	F-8	燃料取替用水ピット水位	3LT-1400	3.4m	0.001	101	
			3LT-1401	1.4m	0.004	102	
	C-9	3-B A, WDおよびLDエバが補機冷却水戻りライン第1止め弁	3V-CC-351	3.3m	0.001	101	
			3V-CC-352	3.3m	0.001	101	

系統	破損 区画	防護対象設備名称	機器番号	離隔 距離	荷重 (MPa)	温度* (°C)	環境温度 の許容値 (°C)
補助蒸気系統	E-2	3A・3B-蓄電池室排気ファン	3VSF31A, B	1.4m	0.004	102	120
		3A-中央制御室給気ファン出口ダンパ	3D-VS-603A	1.7m	0.003	101	
		3B-中央制御室給気ファン出口ダンパ	3D-VS-603B	1.3m	0.005	102	
		3A-中央制御室給気ファン	3VSF21A	3.9m	0.001	101	
		3B-中央制御室給気ファン	3VSF21B	2.3m	0.002	101	
		3A-非管理区域空調機器室室内空気温度(1)	3TS-2930	0.4m	0.035	109	
		3A-非管理区域空調機器室室内空気温度(2)	3TS-2931	0.8m	0.012	104	
		3B-非管理区域空調機器室室内空気温度(1)	3TS-2934	1.2m	0.006	102	
		3B-非管理区域空調機器室室内空気温度(2)	3TS-2935	1.6m	0.006	102	
		3C-非管理区域空調機器室室内空気温度(1)	3TS-2950	5m以上	0.001	101	
	E-3	3A-中央制御室給気ユニット冷水温度制御弁	3TCV-2827	2.1m	0.002	101	
		3B-中央制御室給気ユニット冷水温度制御弁	3TCV-2828	5m以上	0.001	101	
		3A-中央制御室循環風量調節ダンパ流量設定器	3HC-2836	5m以上	0.001	101	
		3B-中央制御室循環風量調節ダンパ流量設定器	3HC-2837	5m以上	0.001	101	
		3A-中央制御室循環ファン	3VSF20A	2.2m	0.002	101	
		3B-中央制御室循環ファン	3VSF20B	5m以上	0.001	101	
		3A-中央制御室循環ファン入口ダンパ	3D-VS-604A	2.2m	0.002	101	
		3B-中央制御室循環ファン入口ダンパ	3D-VS-604B	3.9m	0.001	101	
		3A-中央制御室循環風量調節ダンパ	3HCD-2836	0.7m	0.014	104	
		3B-中央制御室循環風量調節ダンパ	3HCD-2837	5m以上	0.001	101	
	E-4	3A-安全補機開閉器室給気ファン	3VSF27A	3.5m	0.001	101	
		3B-安全補機開閉器室給気ファン	3VSF27B	2.9m	0.001	101	
		3C-非管理区域空調機器室室内空気温度(2)	3TS-2951	5m以上	0.001	101	
		3D-非管理区域空調機器室室内空気温度(1)	3TS-2954	5m以上	0.001	101	
		3A-非管理区域空調機器室電気ヒータ(3VSE2A) 出口空気温度(2)	3TS-2933	0.1m	0.200	134	
		3B-非管理区域空調機器室電気ヒータ(3VSE2B) 出口空気温度(2)	3TS-2937	3.6m	0.001	101	
		3C-非管理区域空調機器室電気ヒータ(3VSE2C) 出口空気温度(2)	3TS-2953	0.2m	0.100	121	
		3D-非管理区域空調機器室電気ヒータ(3VSE2D) 出口空気温度(2)	3TS-2957	3.5m	0.001	101	
	E-5	3A-安全補機開閉器室給気ユニット冷水温度制御弁	3TCV-2774	2.0m	0.002	101	
		3B-安全補機開閉器室給気ユニット冷水温度制御弁	3TCV-2775	4.7m	0.001	101	
		3D-非管理区域空調機器室室内空気温度(2)	3TS-2955	5m以上	0.001	101	

※2 温度は荷重に対する飽和温度とした

以上より、表1で整理した破損区画内の防護対象設備に対する噴流影響評価は、表3のとおり、環境温度の許容値を下回っており、漏えい蒸気の直接噴射による防護対象設備への影響はないことを確認した。

【パターン2】 防護対象設備設置区画が120℃を超えないため評価終了

防護対象設備設置区画が破損区画ではない24区画について、パスで接続された隣接区画の雰囲気温度が120℃以下であり、防護対象設備の設置された区画が120℃を超えることがないことを確認した。

【パターン3】 防護対象設備設置区画の分割感度を感度解析により評価

パターン3に分類された区画は無いため感度解析による確認は不要である。

4. まとめ

環境温度の許容値が120℃以上であることを確認した設備について、直接蒸気噴流の影響を受ける防護対象設備に対する蒸気温度は許容温度以下であることを確認した。また、防護対象設備が破損区画にない場合について、隣接区画の蒸気温度は許容温度以下であるため、防護対象設備が設置されている区画内で隣接区画からの蒸気拡散により温度分布が生じたとしても区画内で許容温度を超えないことを確認した。以上から、区画内の温度分布を考慮しても、防護対象設備への蒸気影響がないことを確認できた。

別添

環境温度の許容値が 120℃未満の防護対象設備に対する評価について

1. 概要

環境温度の許容値が 120℃未満の防護対象設備について、前述のパターン 1、2 の評価結果を表 1 に整理した。パターン 1（破損区画にある設備）は離隔距離と噴流影響評価結果を、パターン 2（破損区画にない設備）の場合は隣接区画温度が環境温度の許容値以下であるか否かを記載している。

パターン 1 の評価では、「非管理区域空調機器室電気ヒータ」および「燃料取替用水ポンプ」が、噴流影響評価において許容値を超える環境温度となっているため、2 項で詳細評価を実施する。

なお、環境温度の許容値が 120℃未満の防護対象設備に対する噴流影響評価においては、許容温度が 120℃以上の設備の評価で適用した、評価対象系統の中で最も評価条件が厳しくなる配管の破損を想定する評価条件ではなく、評価対象設備がある破損区画に実在する対象系統配管の中で、最も評価条件が厳しくなる配管の破損を想定した評価条件を用いている。

パターン 2 については、隣接区画温度が環境温度の許容値を超えている設備はないことを確認している。

2. 「非管理区域空調機器室電気ヒータ」について

非管理区域空調機器室電気ヒータについては、補助蒸気系統の想定破損における GOTHIC の蒸気影響評価では環境温度は 79℃と評価され許容温度 80℃を下回る結果であったが、蒸気噴流影響評価の結果では環境温度は 101～106℃と評価され、許容温度を上回ることから想定破損時に機能維持できることを確認できなかった。

空調機器室は、冬季には原子炉補助建屋給気系の給気ユニットに内蔵されている補助蒸気ヒータにて暖房しているが、外部電源喪失時には原子炉補助建屋給気系が使用できないことから、非管理区域空調機器室電気ヒータで空調機器室を 1℃以上に維持し、室内機器の内包水凍結を防止することとしている。

一方、外部電源からの受電機能を確保するために必要な遮断器等の電気設備が設置されている電気建屋、安全補機開閉器室およびタービン建屋については、電気建屋および安全補機開閉器室は防火区画のため蒸気の侵入防止が図られていること、タービン建屋は空調機器室との距離が充分離れていることから、空調機器室内の想定破損により外部電源からの受電機能に影響が及ぶことはない。

従って、空調機器室内の補助蒸気系統に想定破損が生じて当該ヒータの機能が喪失したとしても、上記の通り同じ噴流（蒸気）影響によって外部電源喪失に至ることがないことから、発電所の安全機能に影響はない。

しかしながら、電気設備の近傍に補助蒸気配管が設置され影響を及ぼす可能性がある状況は望ましくないことから、補助蒸気配管破損による蒸気影響から非管理区域空調機器室電気ヒータを防護する対策を実施することとする。

3. 「燃料取替用水ポンプ」について

燃料取替用水ポンプのモーター軸受の蒸気影響評価では、GOTHICによる環境温度の評価値91℃に、摩擦熱による温度上昇として、軸受表面の環境温度からの温度上昇の実測値30.5℃および工場試験データ等の軸受表面と軸受内部の最大温度差に余裕を見込んだ値として20℃を加算して軸受温度を141.5℃と評価して、軸受の許容温度150℃以下であることを確認している。

$$\underbrace{\text{環境温度} + \text{軸受表面の温度上昇 (30.5℃)} + \text{軸受表面と軸受内部の温度差 (20℃)}}_{50.5℃} < \text{軸受許容温度 (150℃)}$$

一方、蒸気噴流影響評価では環境温度が101℃と評価され、軸受温度は同様の手法により151.5℃となって許容温度150℃をわずかではあるが超過することから、補助蒸気系統の想定破損時の機能維持を確認することが出来ない結果となった。

高エネルギー配管の破損による水蒸気によって急激に軸受部の周囲温度が上昇する場合は、飽和蒸気と金属との間の熱伝達率が空気に対するよりも非常に大きいことから、軸受ハウジングの表面温度は環境温度まで上昇し、軸受内部の温度は軸受ハウジングからの加熱と軸受内部で発生する熱により上昇することとなる。

従って、軸受が外部から蒸気で加熱される場合においては、軸受表面の環境温度からの温度上昇は、前述の評価で用いている工場試験における空気環境下での30.5℃に比べ非常に小さく、軸受温度の評価に環境温度からの軸受表面温度の上昇分30.5℃を見込む必要はほとんどないと考えられることから、燃料取替用水ポンプの軸受温度は許容温度150℃を十分下回るものと評価できる。

以上から、補助蒸気系統の想定破損時の噴流直接影響評価における軸受評価温度は、許容温度150℃未満と評価できることから、燃料取替用水ポンプの機能は維持できると評価できる。

表1 環境温度の許容値が120℃未満の防護対象設備に対する評価結果（パターン1、パターン2）

設備名称	環境温度の許容値*	根拠	離隔距離	パターン1	パターン2
				噴流影響評価	隣接区画温度
ディーゼル発電機	50℃	機器仕様	—	—	環境温度の許容値以下
ディーゼル機関	50℃	机上評価	—	—	環境温度の許容値以下
3A-非管理区域空調機器室電気ヒータ	80℃	機器仕様	0.1m	106℃	—
3B-非管理区域空調機器室電気ヒータ	80℃	機器仕様	3.6m	101℃	—
3C-非管理区域空調機器室電気ヒータ	80℃	機器仕様	0.2m	103℃	—
3D-非管理区域空調機器室電気ヒータ	80℃	機器仕様	3.5m	101℃	—
充てんポンプ	109℃	机上評価	—	—	環境温度の許容値以下
使用済燃料ピットポンプ	102℃	机上評価	—	—	環境温度の許容値以下
3A-安全補機開閉器室給気ファン	101℃	机上評価	3.5m	101℃	—
3B-安全補機開閉器室給気ファン	101℃	机上評価	2.9m	101℃	—
ほう酸ポンプ	102℃	机上評価	—	—	環境温度の許容値以下
ディーゼル発電機室給気ファン	111℃	机上評価	—	—	環境温度の許容値以下
3A-蓄電池室排気ファン	104℃	机上評価	1.4m	102℃	—
3B-蓄電池室排気ファン	104℃	机上評価	1.4m	102℃	—
3A-中央制御室給気ファン	109℃	机上評価	3.9m	101℃	—
3B-中央制御室給気ファン	109℃	机上評価	2.3m	101℃	—
3A-中央制御室循環ファン	106℃	机上評価	2.2m	101℃	—
3B-中央制御室循環ファン	106℃	机上評価	5m以上	101℃	—
3A-燃料取替用水ポンプ	99℃	机上評価	1.6m	101℃	—
3B-燃料取替用水ポンプ	99℃	机上評価	0.9m	101℃	—

※ ポンプ・ファンの環境温度の許容値はモーター軸受（環境温度の許容値の最小値）の値を示している。

指摘事項 1224-02

耐蒸気性能試験における評価対象設備の網羅性について説明すること。

《回答》

防護対象設備の蒸気影響評価で判定に用いる環境温度の許容値については、基本的には、以下のステップで確認を行っている。

- ① 防護対象設備の全てについて、機器仕様としての許容温度を確認した。
- ② 機器仕様としての許容温度が充分高くないものについては、耐蒸気性能試験を実施することとした。
- ③ また、試験設備の制約から寸法の大きいポンプ・ファンのモーター等は試験を実施できないため、個別の机上評価によって耐環境性を確認した。

また、耐蒸気性能試験を基に環境温度の許容値を決定した防護対象設備については、耐蒸気性能試験の結果が実機使用品に適用可能であることを確認しており、具体的には、試験供試体と実機使用品が同型式であること、または、試験供試体と実機使用品が同型式でないものについては、試験供試体と実機使用品の仕様の相違について整理し、耐蒸気性能の観点で相違のないことを確認している。

以上より、耐蒸気性能試験により環境温度の許容値を確認していないものについても、機器仕様又は机上評価により環境温度の許容値を確認していること、耐蒸気性能試験結果の実機使用品への適用性を確認していることから、全ての防護対象設備について環境温度の許容値を、網羅的に確認できているものと考えている。

防護対象設備の耐蒸気性能について

1. はじめに

- 防護対象設備のうち、電気計装品については、漏えい蒸気に曝露されることを想定した「耐蒸気性能試験」を実施し、120℃の蒸気環境下に曝された場合においても機能維持することを確認した。
- また、ファン・ポンプモータは、蒸気曝露試験装置に入らないため、ファン・ポンプモータの機能喪失要因である熱による固定子コイルおよび軸受への影響について、それぞれのファン・ポンプモータごとに評価を行い、GOTHIC コードの解析温度に対し耐蒸気性能を有していることを確認した。

2. 耐蒸気性能試験

- 試験条件の考え方
 - 一次系補助蒸気の漏えいに対する影響緩和対策では、温度検知＋自動隔離により早期に漏えいを停止させることで、防護対象設備の存在する解析区画の温度上昇は、概ね100℃以内となっている。このことから120℃の耐蒸気性能試験を実施し、蒸気漏えい時においても防護対象設備が機能維持可能であることを確認する。
- 試験概要
 - 図1の試験温度プロファイルで、防護対象設備（供試体）を蒸気曝露させ、試験後に機能維持していることを確認する。
 - 【プロファイルの考え方】
 - 手動隔離も想定して、隔離40分＋隔離後の温度低下20分を考慮し、計60分の上図プロファイルとしている。



図1 試験温度プロファイル

図2 蒸気曝露試験装置

■ 試験結果

- 蒸気影響のある区画に設置されている評価対象の防護対象設備（電気計装品）について、仕様温度以上の影響を受けるものについて耐蒸気性能試験を実施した結果、耐蒸気性能を有しており、蒸気漏えい時においても機能維持することを確認した。

表1 防護対象設備耐蒸気性能試験 結果一覧表（1/2）

防護対象設備		評価項目	試験結果
電動弁	モータおよび駆動部	<ul style="list-style-type: none"> ■ 操作通りに作動し、LS接点が入正しく機能すること。 ■ 絶縁抵抗値。 	○
空気作動弁	リミットスイッチ	<ul style="list-style-type: none"> ■ 正しく作動すること。 	○
	電磁弁	<ul style="list-style-type: none"> ■ 本体並びに接続部から漏えいがないこと。 ■ DC125Vで電磁弁が作動すること。 ■ 絶縁抵抗値。 	○
	減圧弁	<ul style="list-style-type: none"> ■ 本体並びに接続部から漏えいがないこと。 ■ 設定値に減圧できること。 	○
	ダイヤフラム	<ul style="list-style-type: none"> ■ ダイヤフラム膜に割れ、変形がないこと。 	○
ダンパ	ダンパオペレータ、ポジション	<ul style="list-style-type: none"> ■ 信号空気圧力とダンパオペレータロッド動作寸法の関係。 	○
	ポジションスイッチ	<ul style="list-style-type: none"> ■ ポジションスイッチ軸位置と位置信号の関係。 ■ 絶縁抵抗値。 	○
	電磁弁	<ul style="list-style-type: none"> ■ 3方電磁弁が切替ること。 	○
	減圧弁	<ul style="list-style-type: none"> ■ 設定出力（圧力）。 ■ 入出力特性試験にて設定が可能であること。 	○

表1 防護対象設備耐蒸気性能試験 結果一覧表 (2/2)

防護対象設備		評価項目	試験結果
計器	伝送器	<ul style="list-style-type: none"> ■ゼロ点（静圧特性試験）。 ■最大誤差、ゼロ点、スパン、直線性、ヒステリシス（入出力特性試験）。 	○
	流量設定器	<ul style="list-style-type: none"> ■設定出力（圧力）。 ■入出力特性試験にて設定が可能であること。 	○
	温度スイッチ	<ul style="list-style-type: none"> ■動作、再現性（入出力特性試験）。 	○
現場盤	スイッチ、表示灯、端子台など	<ul style="list-style-type: none"> ■絶縁健全性。 ■短絡・地絡。 ■スイッチ、表示灯の回路健全性。 	○
モータケーブル接続部	高圧ケーブル接続部	<ul style="list-style-type: none"> ■絶縁抵抗値。 ■絶縁健全性。 	○
	低圧ケーブル接続部	<ul style="list-style-type: none"> ■絶縁抵抗値。 ■短絡・地絡。 	○
中継端子箱	(端子台)	<ul style="list-style-type: none"> ■絶縁抵抗値。 ■短絡・地絡。 ■漏れ電流。 	○
レジ詰端子箱	(端子台)	<ul style="list-style-type: none"> ■短絡・地絡。 ■回路健全性。 	○

3. ポンプ・ファンモータ評価

- 防護対象設備のうちポンプ・ファンモータについては、外形寸法の大きさから試験による確認が困難であるため、想定される蒸気環境下で機能維持することを個別評価で確認した。
- 評価対象部位は、熱的影響により機能維持に問題が生じる可能性のある以下の部位であり、この部位に対する評価結果は表2～4に示す。
 1. 固定子コイル：熱的影響により絶縁破壊の可能性がある。
 2. 軸受：熱的影響により荷重支持性能を損なう可能性がある。
 3. 潤滑油・グリース：熱的影響により潤滑性能を損なう可能性がある。

- 軸受、潤滑油・グリースの摩擦熱による温度上昇は、実測値（軸受表面温度）に20℃の余裕を見込んだ値を評価に使用している。この20℃は、これまでの工場試験データの軸受表面と軸受内部の最大温度差である約11℃などから決めた値であり、軸受内部温度として実測値（軸受表面温度）に20℃を加算した値で評価している。

表2 固定子コイルの評価

名称	絶縁種別	環境温度 (解析値) [°C]	通電による温度上昇 (評価に用いる値) [°C] ^{※1}	評価温度 [°C]	許容温度 [°C] ^{※2}	判定
	—	(A)	(B)	(C) = (A) + (B)	(D)	(C) ≤ (D) か?
充てんポンプ	F種	61	100	161	250	○
使用済燃料ピットポンプ	F種	62	100	162	250	○
安全補機開閉器室給気ファン	F種	79	100	179	250	○
ほう酸ポンプ	F種	61	100	161	250	○
ディーゼル発電機室給気ファンモータ	F種	86	100	186	250	○
蓄電池室排気ファンモータ	F種	81	100	181	250	○
中央制御室給気ファンモータ	F種	81	100	181	250	○
中央制御室循環ファンモータ	F種	95	100	195	250	○
燃料取替用水ポンプモータ	F種	91	100	191	250	○

※1 通電による温度上昇は設計上の温度上昇限度値。

※2 許容値はメーカーの試験により絶縁機能が確認されている短時間耐熱温度。

表3 軸受の評価

名称	軸受種類	環境温度 (解析値) [°C]	摩擦熱による温度上昇 (実測値) [°C] ^{※1}	摩擦熱による温度上昇 (評価に用いる値) [°C] ^{※1}	評価温度 [°C]	許容温度 [°C] ^{※2}	判定
		(A)	—	(B)	(C)=(A)+(B)	(D)	
充てんポンプ	転がり軸受	61	20.3	40.3	101.3	150	○
使用済燃料ピットポンプ	転がり軸受	62	28	48	110	150	○
安全補機開閉器室給気ファン	転がり軸受	79	29	49	128	150	○
ほう酸ポンプ	転がり軸受	61	28	48	109	150	○
ディーゼル発電機室給気ファンモータ	転がり軸受	86	19	39	125	150	○
蓄電池室排気ファンモータ	転がり軸受	81	26	46	127	150	○
中央制御室給気ファンモータ	転がり軸受	81	20.5	40.5	121.5	150	○
中央制御室循環ファンモータ	転がり軸受	95	23.5	43.5	138.5	150	○
燃料取替用水ポンプモータ	転がり軸受	91	30.5	50.5	141.5	150	○

※1 摩擦熱による温度上昇は実測値に20°Cの余裕を見込んだ値。

※2 許容値は、基本定格荷重を支持して定格寿命まで使用できるメーカー設計値。

<注1 実測値については工場試験（温度上昇試験）における軸受温度上昇値の最大値を適用した。>

表4 潤滑油・グリースの評価

名称	種類	環境温度 (解析値) [°C]	摩擦熱による温度上昇 (実測値) [°C] ^{※1}	摩擦熱による温度上昇 (評価に用いる値) [°C] ^{※1}	評価温度 [°C]	許容温度 [°C] ^{※2}	判定
		(A)	—	(B)	(C)=(A)+(B)	(D)	
充てんポンプ	潤滑油	61	20.3	40.3	101.3	150	○
使用済燃料ピットポンプ	グリス	62	28	48	110	185	○
安全補機開閉器室給気ファン	グリス	79	29	49	128	185	○
ほう酸ポンプ	グリス	61	28	48	109	185	○
ディーゼル発電機室給気ファンモータ	グリス	86	19	39	125	185	○
蓄電池室排気ファンモータ	グリス	81	26	46	127	185	○
中央制御室給気ファンモータ	グリス	81	20.5	40.5	121.5	185	○
中央制御室循環ファンモータ	グリス	95	23.5	43.5	138.5	185	○
燃料取替用水ポンプモータ	グリス	91	30.5	50.5	141.5	185	○

※1 摩擦熱による温度上昇は実測値に20°Cの余裕を見込んだ値。

※2 許容温度の考えは以下のとおり。

グリス：粘性を維持できる（グリスが流動状態とならない）温度。
潤滑油：短時間劣化を生じないことが試験で確認されている温度。

<注1 実測値については工場試験（温度上昇試験）における軸受温度上昇値の最大値を適用した。>

4. 耐蒸気性能試験の評価対象設備の網羅性等について

防護対象設備の蒸気影響評価で判定に用いる環境温度の許容値については、基本的には、以下のステップで確認を行っている。

- ① 防護対象設備の全てについて、機器仕様としての許容温度を確認した。
- ② 機器仕様としての許容温度が充分高くないものについては、耐蒸気性能試験を実施することとした。
- ③ また、試験設備の制約から寸法の大きいポンプ・ファンのモーター等は試験を実施できないため、個別の机上評価によって耐環境性を確認した。

また、耐蒸気性能試験を基に環境温度の許容値を決定した防護対象設備については、耐蒸気性能試験の結果が実機使用品に適用可能であることを確認しており、具体的には、試験供試体と実機使用品が同型式であること、または、試験供試体と実機使用品が同型式でないものについては、試験供試体と実機使用品の仕様の相違について整理し、耐蒸気性能の観点で相違のないことを確認している。

以上より、耐蒸気性能試験により環境温度の許容値を確認していないものについても、機器仕様又は机上評価により環境温度の許容値を確認していること、耐蒸気性能試験結果の実機使用品への適用性を確認していることから、全ての防護対象設備について環境温度の許容値を、網羅的に確認できているものと考えている。

上記の確認結果を整理したものを表5に示す。

表5 評価に使用した環境温度の許容値および試験での代表性

防護対象設備		仕様温度 (°C) (設計値)	評価に 使用した 環境温度の 許容値 (°C)	評価に使用した 環境温度の 許容値(°C) の出处	試験	当該試験結果で 代表可能な根拠	備考
名称	番号						
制御用空気 ヘッド圧力	3PT -1810	85	120	耐蒸気性能 試験	伝送器	同型式	
制御用空気 ヘッド圧力	3PT -1800	85	120	耐蒸気性能 試験	伝送器	同型式	
充てんラインC/V 外側止め弁	3V-CS -175	45	120	耐蒸気性能 試験	モータ及び駆動部	同シリーズ	試験供試体との相違 は血ばね付*である ことであるが、これ により蒸気影響に差 が生じるものではない。 ※システム頭部に組み 込まれており、膨張 によるスラスト荷重 や弁開閉時の弁体等 に作用する荷重を吸 収するもの。
充てんラインC/V 外側隔離弁	3V-CS -177	45					
ほう酸注入 タンク出口C/V 外側隔離弁	3V-SI -036A	45	120	耐蒸気性能 試験	モータ及び駆動部	同シリーズ	試験供試体との相違 は血ばね付*である ことであるが、これ により蒸気影響に差 が生じるものではない。 ※システム頭部に組み 込まれており、膨張 によるスラスト荷重 や弁開閉時の弁体等 に作用する荷重を吸 収するもの。
ほう酸注入 タンク出口C/V 外側隔離弁	3V-SI -036B	45					
補助高压注入 ラインC/V 外側隔離弁	3V-SI -051	45					
余熱除去冷却器 補機冷却水 出口弁	3V-CC -117A	45	120	耐蒸気性能 試験	モータ及び駆動部	同シリーズ	試験供試体との相違 は血ばね付*である ことであるが、これ により蒸気影響に差 が生じるものではない。 ※システム頭部に組み 込まれており、膨張 によるスラスト荷重 や弁開閉時の弁体等 に作用する荷重を吸 収するもの。
余熱除去冷却器 補機冷却水 出口弁	3V-CC -117B	45					
格納容器 スプレイ冷却器 補機冷却水 出口弁	3V-CC -177A	45					
格納容器 スプレイ冷却器 補機冷却水 出口弁	3V-CC -177B	45					
余熱除去 ポンプ出口 流量計	3FT -601	85	120	耐蒸気性能 試験	伝送器	同型式	
余熱除去 ポンプ出口 流量計	3FT -611						
充てんポンプ	3CS PAA	40	120	耐蒸気性能 試験	高压ケーブル接続部 端子台 モータ本体:蒸気試験対象外	同型式 同型式 モータ本体:蒸気試 験対象外	モータ本体は机上評 価で検討した。

表5 評価に使用した環境温度の許容値および試験での代表性

防護対象設備		仕様温度 (°C) (設計値)	評価に 使用した 環境温度の 許容値 (°C)	評価に使用した 環境温度の 許容値(°C) の出处	試験	当該試験結果で 代表可能な根拠	備考
名称	番号						
充てんポンプ	3CS PAB	40	120	耐蒸気性能 試験	高圧ケーブル接続部 端子台 モータ本体:蒸気試験対象外	同型式 同型式 モータ本体:蒸気試 験対象外	モータ本体は机上評 価で検討した。
充てんポンプ	3CS PAC	40	120	耐蒸気性能 試験	高圧ケーブル接続部 端子台 モータ本体:蒸気試験対象外	同型式 同型式 モータ本体:蒸気試 験対象外	モータ本体は机上評 価で検討した。
使用済燃料 ピット冷却器 補機冷却水 入口弁	3V-CC -151A	45	120	耐蒸気性能 試験	モータ及び駆動部	同シリーズ	試験供試体との相違 は皿ばね付*である ことであるが、これ により蒸気影響に差 が生じるものではな い。 ※システム頭部に組み 込まれており、膨張 によるスラスト荷重 や弁開閉時の弁体等 に作用する荷重を吸 収するもの。
使用済燃料 ピット冷却器 補機冷却水 入口弁	3V-CC -151B	45					
使用済燃料 ピット冷却器 補機冷却水 出口弁	3V-CC -159A	45					
使用済燃料 ピット冷却器 補機冷却水 出口弁	3V-CC -159B	45					
使用済燃料 ピットポンプ	3SFP 1A	40	120	耐蒸気性能 試験	低圧ケーブル接続部 端子台 モータ本体:蒸気試験対象外	同型式 同型式 モータ本体:蒸気試 験対象外	モータ本体は机上評 価で検討した。
使用済燃料 ピットポンプ	3SFP 1B						
体積制御タンク 出口第1止め弁	3LCV -121B	45	120	耐蒸気性能 試験	モータ及び駆動部	同型式	
緊急ほう酸 注入弁	3V-CS -541	45					
体積制御タンク 出口第2止め弁	3LCV -121C	45					
充てんポンプ 入口燃料取替用 ピット側入口弁	3LCV -121D	45					
充てんポンプ 入口燃料取替用 ピット側入口弁	3LCV -121E	45					
3-BA, WD および LDエバポ補機冷却 水戻りライン 第1止め弁	3V-CC -351	45	120	耐蒸気性能 試験	モータ及び駆動部	同シリーズ	試験供試体との相違 は皿ばね付*である ことであるが、これ により蒸気影響に差 が生じるものではな い。 ※システム頭部に組み 込まれており、膨張 によるスラスト荷重 や弁開閉時の弁体等 に作用する荷重を吸 収するもの。
3-BA, WD および LDエバポ補機冷却 水戻りライン 第2止め弁	3V-CC -352	45					

表5 評価に使用した環境温度の許容値および試験での代表性

防護対象設備		仕様温度 (°C) (設計値)	評価に 使用した 環境温度の 許容値 (°C)	評価に使用した 環境温度の 許容値(°C) の出处	試験	当該試験結果で 代表可能な根拠	備考
名称	番号						
ほう酸注入 タンク入口弁	3V-SI -032A	45	120	耐蒸気性能 試験	モータ及び駆動部	同シリーズ	試験供試体との相違 は血ばね付*である ことであるが、これ により蒸気影響に差 が生じるものではない。 ※システム頭部に組み 込まれており、膨張 によるスラスト荷重 や弁開閉時の弁体等 に作用する荷重を吸 収するもの。
ほう酸注入 タンク入口弁	3V-SI -032B	45					
ほう酸ポンプ	3CSP 2A	40	120	耐蒸気性能 試験	低圧ケーブル接続部 端子台 モータ本体:蒸気試験対象外	同型式 同型式 モータ本体:蒸気試 験対象外	モータ本体は机上評 価で検討した。
ほう酸ポンプ	3CSP 2B						
ほう酸タンク 水位	3LT -206	85	120	耐蒸気性能 試験	伝送器	同型式	
ほう酸タンク 水位	3LT -208						
ディーゼル 発電機	3DGE 2A	50	50	仕様温度	—	—	
ディーゼル機関	3DGE 1A	—	50	机上評価	—	—	環境温度が50°Cとな った場合でも、待機 中及び運転中の適切 な冷却水温度(60～ 70°C程度)を維持す ることができるため、 問題ないと判断 する。
ディーゼル 発電機室室内 空気温度	3TS -2747	50	120	耐蒸気性能 試験	温度スイッチ	同型式	
ディーゼル 発電機室室内 空気温度	3TS -2748						
ディーゼル 発電機室室内 空気温度	3TS -2751						
ディーゼル 発電機室室内 空気温度	3TS -2752						
ディーゼル 発電機	3DGE 2B	50	50	仕様温度	—	—	
ディーゼル機関	3DGE 1B	—	50	机上評価	—	—	環境温度が50°Cとな った場合でも、待機 中及び運転中の適切 な冷却水温度(60～ 70°C程度)を維持す ることができるため、 問題ないと判断 する。

表5 評価に使用した環境温度の許容値および試験での代表性

防護対象設備		仕様温度 (°C) (設計値)	評価に 使用した 環境温度の 許容値 (°C)	評価に使用した 環境温度の 許容値(°C) の出处	試験	当該試験結果で 代表可能な根拠	備考
名称	番号						
ディーゼル 発電機室内 空気温度	3TS -2749	50	120	耐蒸気性能 試験	温度スイッチ	同型式	
ディーゼル 発電機室内 空気温度	3TS -2750						
ディーゼル 発電機室内 空気温度	3TS -2753						
ディーゼル 発電機室内 空気温度	3TS -2754						
ディーゼル 発電機室 給気ファン	3VSF 39A	40	120	耐蒸気性能 試験	低圧ケーブル接続部 端子台 モータ本体:蒸気試験対象外	同型式 同型式 モータ本体:蒸気試 験対象外	モータ本体は机上評 価で検討した。
ディーゼル 発電機室 給気ファン	3VSF 39B	40	120	耐蒸気性能 試験	低圧ケーブル接続部 端子台 モータ本体:蒸気試験対象外	同型式 同型式 モータ本体:蒸気試 験対象外	モータ本体は机上評 価で検討した。
ディーゼル 発電機室 外気取入風量 調節ダンパ	3HCD -2741	<ul style="list-style-type: none"> ・オペレータ: 80 ・ポジションナ: 60 ・ポジションスイッチ: 70 ・電磁弁: 40 	<ul style="list-style-type: none"> ・オペレータ/ポジションナ: 120 ・ポジションスイッチ: 120 ・電磁弁: 120 	耐蒸気性能 試験	オペレータ, ポジショナ ポジションスイッチ 電磁弁	同型式 同型式 同シリーズ	ダンパ電磁弁は、同一シリーズ*の電磁弁の耐蒸気試験に基づく環境温度の許容値(温度 120°C)を用いている。 ※コイルの絶縁等級(H種)、防水構造が同等(保護等級NEMA4相当)である。
ディーゼル 発電機室 外気取入風量 調節ダンパ 流量設定器	3HC -2741	60	120	耐蒸気性能 試験	流量設定器	同型式	
ディーゼル 発電機室 給気ファン	3VSF 39C	40	120	耐蒸気性能 試験	低圧ケーブル接続部 端子台 モータ本体:蒸気試験対象外	同型式 同型式 モータ本体:蒸気試 験対象外	モータ本体は机上評 価で検討した。
ディーゼル 発電機室 給気ファン	3VSF 39D	40	120	耐蒸気性能 試験	低圧ケーブル接続部 端子台 モータ本体:蒸気試験対象外	同型式 同型式 モータ本体:蒸気試 験対象外	モータ本体は机上評 価で検討した。

表5 評価に使用した環境温度の許容値および試験での代表性

防護対象設備		仕様温度 (°C) (設計値)	評価に 使用した 環境温度の 許容値 (°C)	評価に使用した 環境温度の 許容値(°C) の出处	試験	当該試験結果で 代表可能な根拠	備考
名称	番号						
ディーゼル 発電機室 外気取入風量 調節ダンパ	3HCD -2742	<ul style="list-style-type: none"> ・オペレータ：80 ・ポジションナ：60 ・ポジションスイッチ：70 ・電磁弁：40 	<ul style="list-style-type: none"> ・オペレータ/ポジションナ：120 ・ポジションスイッチ：120 ・電磁弁：120 	耐蒸気性能試験	オペレータ, ポジションスイッチ 電磁弁	同型式 同型式 同シリーズ	ダンパ電磁弁は、同一シリーズ*の電磁弁の耐蒸気試験に基づく環境温度の許容値(温度 120°C)を用いている。 ※コイルの絶縁等級(H種)、防水構造が同等(保護等級NEMA4相当)である。
ディーゼル 発電機室 外気取入風量 調節ダンパ流量 設定器	3HC -2742	60	120	耐蒸気性能試験	流量設定器	同型式	
3A-蓄電池室 排気ファン	3VSF 31A	40	120	耐蒸気性能試験	低圧ケーブル接続部 端子台 モータ本体:蒸気試験対象外	同型式 同型式 モータ本体:蒸気試験対象外	モータ本体は机上評価で検討した。
3B-蓄電池室 排気ファン	3VSF 31B						
3A-中央制御室 給気ファン	3VSF 21A	40	120	耐蒸気性能試験	低圧ケーブル接続部 端子台 モータ本体:蒸気試験対象外	同型式 同型式 モータ本体:蒸気試験対象外	モータ本体は机上評価で検討した。
3B-中央制御室 給気ファン	3VSF 21B						
3A-非管理区域 空調機器室内 空気温度(1)	3TS -2930	50	120	耐蒸気性能試験	温度スイッチ	同型式	
3A-非管理区域 空調機器室内 空気温度(2)	3TS -2931						
3B-非管理区域 空調機器室内 空気温度(1)	3TS -2934						
3B-非管理区域 空調機器室内 空気温度(2)	3TS -2935						
3C-非管理区域 空調機器室内 空気温度(1)	3TS -2950						
3A-中央制御室 給気ファン 出口ダンパ	3D-VS -603A	<ul style="list-style-type: none"> ・オペレータ：80 ・ポジションスイッチ：70 ・電磁弁：40 	<ul style="list-style-type: none"> ・オペレータ：120 ・ポジションスイッチ：120 ・電磁弁：120 	耐蒸気性能試験	オペレータ ポジションスイッチ 電磁弁	同型式 同型式 同シリーズ	ダンパ電磁弁は、同一シリーズ*の電磁弁の耐蒸気試験に基づく環境温度の許容値(温度 120°C)を用いている。 ※コイルの絶縁等級(H種)、防水構造が同等(保護等級NEMA4相当)である。
3B-中央制御室 給気ファン 出口ダンパ	3D-VS -603B						

表5 評価に使用した環境温度の許容値および試験での代表性

防護対象設備		仕様温度 (°C) (設計値)	評価に 使用した 環境温度の 許容値 (°C)	評価に使用した 環境温度の 許容値(°C) の出处	試験	当該試験結果で 代表可能な根拠	備考
名称	番号						
3A-中央制御室 循環風量調節 ダンパ流量 設定器	3HC -2836	60	120	耐蒸気性能 試験	流量設定器	同型式	
3B-中央制御室 循環風量調節 ダンパ流量 設定器	3HC -2837						
3A-中央制御室 給気ユニット 冷水温度制御弁	3TCV -2827	40	120	耐蒸気性能 試験	減圧弁 (SMC AW411) ダイヤフラム ポジショナ	同型式 同材質・同形状 同シリーズ	ポジショナ (IP320) は、同一シリーズ※を ダンパの付属品とし て蒸気試験を行い、 温度 120°Cの条件で 作動した。 ※主要構成部材(ク リティカル部材のゴ ム)として、同じ材料 を使用している。
3B-中央制御室 給気ユニット 冷水温度制御弁	3TCV -2828						
3A-中央制御室 循環ファン	3VSF 20A	40	120	耐蒸気性能 試験	低圧ケーブル接続部 端子台 モータ本体:蒸気試験対象外	同型式 同型式 モータ本体:蒸気試 験対象外	モータ本体は机上評 価で検討した。
3B-中央制御室 循環ファン	3VSF 20B						
3A-中央制御室 循環ファン 入口ダンパ	3D-VS -604A	<ul style="list-style-type: none"> ・オペレータ: 80 ・ポジシ ョンス イッ チ: 70 ・電磁 弁: 40 	<ul style="list-style-type: none"> ・オペレー タ: 120 ・ポジシ ョン スイッ チ: 120 ・電磁弁: 120 	耐蒸気性能 試験	オペレータ ポジシ ョンス イッ チ 電磁弁	同型式 同型式 同シリーズ	ダンパ電磁弁は、同 一シリーズ※の電磁 弁の耐蒸気試験に基 づく環境温度の許容 値(温度 120°C)を用 いている。 ※コイルの絶縁等級 (H種)、防水構造が同 等(保護等級NEMA4相 当)である。
3B-中央制御室 循環ファン 入口ダンパ	3D-VS -604B						
3A-中央制御室 循環風量 調節ダンパ	3HCD -2836	<ul style="list-style-type: none"> ・オペレー タ: 80 ・ポジシ ョナ: 60 ・ポジシ ョン スイッ チ: 70 ・電磁 弁: 40 	<ul style="list-style-type: none"> ・オペレータ /ポジシ ョナ: 120 ・ポジシ ョン スイッ チ: 120 ・電磁弁: 120 	耐蒸気性能 試験	オペレータ, ポジシ ョナ ポジシ ョン スイッ チ 電磁弁	同型式 同型式 同シリーズ	ダンパ電磁弁は、同 一シリーズ※の電磁 弁の耐蒸気試験に基 づく環境温度の許容 値(温度 120°C)を用 いている。 ※コイルの絶縁等級 (H種)、防水構造が同 等(保護等級NEMA4相 当)である。
3B-中央制御室 循環風量 調節ダンパ	3HCD -2837						

表5 評価に使用した環境温度の許容値および試験での代表性

防護対象設備		仕様温度 (°C) (設計値)	評価に 使用した 環境温度の 許容値 (°C)	評価に使用した 環境温度の 許容値(°C) の出处	試験	当該試験結果で 代表可能な根拠	備考
名称	番号						
3A-非管理区域 空調機器室 電気ヒータ(3VSE2A) 出口空気温度 (2)	3TS -2933	230	230	仕様温度	—	—	
3B-非管理区域 空調機器室 電気ヒータ(3VSE2B) 出口空気温度 (2)	3TS -2937						
3C-非管理区域 空調機器室室内 空気温度(2)	3TS -2951	50	120	耐蒸気性能 試験	温度スイッチ	同型式	
3C-非管理区域 空調機器室 電気ヒータ(3VSE2C) 出口空気温度 (2)	3TS -2953	230	230	仕様温度	—	—	
3D-非管理区域 空調機器室室内 空気温度(1)	3TS -2954	50	120	耐蒸気性能 試験	温度スイッチ	同型式	
3D-非管理区域 空調機器室 電気ヒータ(3VSE2D) 出口空気温度 (2)	3TS -2957	230	230	仕様温度	—	—	
3A-安全補機 開閉器室 給気ファン	3VSF 27A	40	120	耐蒸気性能 試験	低圧ケーブル接続部 端子台 モータ本体:蒸気試験対象外	同型式 同型式 モータ本体:蒸気試 験対象外	モータ本体は机上評 価で検討した。
3B-安全補機 開閉器室 給気ファン	3VSF 27B						
3A-非管理区域 空調機器室 電気ヒータ	3VSE 2A	80	80	仕様温度	—	—	送風機用電動機の最 高周囲温度 80°C
3B-非管理区域 空調機器室 電気ヒータ	3VSE 2B						
3C-非管理区域 空調機器室 電気ヒータ	3VSE 2C						
3D-非管理区域 空調機器室 電気ヒータ	3VSE 2D						
3D-非管理区域 空調機器室室内 空気温度(2)	3TS -2955	50	120	耐蒸気性能 試験	温度スイッチ	同型式	
3A-安全補機開 閉器室給気 ユニット 冷水温度制御弁	3TCV -2774	40	120	耐蒸気性能 試験	減圧弁 (SMC AW411) ダイヤフラム ダンパオペレータ, ポジシ ョナ	同型式 同材質・同形状 同シリーズ	ポジションナ(IP320) は、同一シリーズ※を ダンパの付属品とし て蒸気試験を行い、 温度 120°Cの条件で 作動した。 ※主要構成部材(ク リティカル部材のゴ ム)として、同じ材料 を使用している。
3B-安全補機開 閉器室給気 ユニット 冷水温度制御弁	3TCV -2775						

表5 評価に使用した環境温度の許容値および試験での代表性

防護対象設備		仕様温度 (°C) (設計値)	評価に 使用した 環境温度の 許容値 (°C)	評価に使用した 環境温度の 許容値(°C) の出处	試験	当該試験結果で 代表可能な根拠	備考
名称	番号						
3A-燃料取替用 水ポンプ	3RFP 1A	40	120	耐蒸気性能 試験	低圧ケーブル接続部 端子台 モータ本体:蒸気試験対象外	同型式 同型式 モータ本体:蒸気試 験対象外	モータ本体は机上評 価で検討した。
3B-燃料取替用 水ポンプ	3RFP 1B	40	120	耐蒸気性能 試験	低圧ケーブル接続部 端子台 モータ本体:蒸気試験対象外	同型式 同型式 モータ本体:蒸気試 験対象外	モータ本体は机上評 価で検討した。
燃料取替用水 ピット水位	3LT -1400	85	120	耐蒸気性能 試験	伝送器	同型式	
燃料取替用水 ピット水位	3LT -1401						

以上

2.3. 止水板の運用に関する規定内容について

1. はじめに

- 泊発電所3号機の内部溢水影響評価のうち「地震時の溢水」、「消火活動の放水に伴う溢水」、「想定破損による溢水」に対する没水評価は、一部止水板に期待して評価を行っている箇所がある。
- 止水板は防護対象設備の周囲や、防護対象設備のある部屋の入口扉前に設置しており、機器メンテナンス時や物品の搬出入等で取外しが必要となるため、着脱可能な構造となっている。

2. 止水板の運用管理を規定する社内マニュアルと規定内容について

止水板の運用管理については、以下の内容を保安規定下の「泊発電所内部溢水対応要領」、「泊発電所火災防護計画」、「泊発電所保守要領」等に規定することとしており、内部溢水が発生した場合における原子炉施設の保全のための体制整備を含め、規定内容の詳細については、保安規定の審査の中で御説明していく予定である。

- 止水板はプラントの通常運転時には常時設置とする。
- 機器メンテナンス時や物品の搬出入等では、止水板を取外し、作業完了後には速やかに止水板を復旧する運用とする。
- 防護対象設備が設置される区画での消火活動時には止水板を取外し、区画外への溢水排出を阻害しないよう考慮する。
- 消火活動時に必要な止水板の取付け、取外しについては、定期的に訓練を実施することとし、訓練計画を策定する。

3. 止水板設置リスト

(1) 3号 原子炉建屋

設置レベル	溢水	高さ [cm]	材質	止水板設置部位
T. P. 10.3m	消火・想定	24	アルミ	1次系冷却材ポンプ母線計測盤室入口扉前
T. P. 17.8m	消火	24	アルミ	原子炉トリップ遮断器盤室入口扉前

(2) 3号 原子炉補助建屋

設置レベル	溢水	高さ [cm]	材質	止水板設置部位
T. P. -1.7m	地震	60	鋼材	A-高圧注入ポンプ室内補助油ポンプ廻り
	地震	60	鋼材	B-高圧注入ポンプ室内補助油ポンプ廻り
T. P. 2.8m	地震	24	アルミ	A-F 階段室 管理区域境界扉前(管理区域側)
T. P. 10.3m	消火	24	アルミ	A-安全補機開閉器室入口扉前
	消火	24	アルミ	B-安全補機開閉器室入口扉前

以上