

新規制基準適合性審査申請

<(4)内部火災>

平成27年8月20日
東北電力株式会社

枠囲いの内容は、商業機密または防護上の観点から公開できません。



目次

- 1 内部火災対策の概要
- 2 発生防止
 - 2-1 ケーブルの難燃性について①②
 - 2-2 蓄電池室の水素漏えい対策
 - 2-3 油漏えい拡大防止対策
- 3 感知・消火
 - 3-1 火災感知設備
 - 3-2 全域ガス自動消火設備の概要
 - 3-3 ケーブルトレイの泡自動消火設備の概要
 - 3-4 泡消火設備のケーブルトレイ消火試験の例
 - 3-5 消火用水系の多重化・多様化
- 4 影響軽減
 - 4-1 系統分離対策の概要
 - 4-2 貫通部施工の耐火試験の例
 - 4-3 扉の耐火試験の例
 - 4-4 3時間耐火壁に設置する扉の対策例
- 5 原子炉格納容器内の火災防護について①～③
- 6 適合性審査状況

1 内部火災対策の概要

原子炉規制委員会(以下, NRA)が制定した「**实用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準**」に従い, 原子炉施設内の安全機能を有する構築物, 系統および機器を火災から防護することを目的として, 火災発生防止, 火災感知および消火, 火災影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じる。

各対策	概要	具体的な対策
発生防止	原子炉施設内での火災の発生を防止する	<ul style="list-style-type: none">・難燃性ケーブルの使用・蓄電池室の水素漏えい対策・油漏えい拡大防止対策
感知・消火	火災の影響を限定し, 早期火災感知および消火を行う	<ul style="list-style-type: none">・異なる種類の火災感知器設置・全域ガス自動消火設備の設置・消火用水供給系の多重化
影響軽減	火災による影響に対し, 影響軽減のための対策を講じる	<ul style="list-style-type: none">・系統分離対策

2 発生防止

2-1 ケーブルの難燃性について①

➤ 要求事項

安全機能を有する構築物，系統および機器に使用するケーブルは，NRAが制定した「実用発電用原子炉及びその付属設備の火災防護に係る審査基準」に基づき，難燃ケーブルを使用すること。

➤ 使用ケーブルの難燃性について，以下の点を実証試験（自己消火性および延焼性）にて確認

- 火災により着火し難く，
- 著しい燃焼をせず，
- 加熱源を除去した場合はその燃焼部が広がらない性質を有していること

(1) 自己消火性を確認する実証試験

プラントに使用されているケーブルについて，UL※垂直燃焼試験を新たに実施し問題ないことを確認

※UL: Underwriters Laboratories（機能や安全性に関する標準化を目的とした製品安全規格を策定し，同時に評価方法を設定，実際の評価試験を実施する米国の企業。）

(2) 延焼性を確認する実証試験

米国電気学会の試験方法を基礎とした，国内電気学会推奨の試験方法に基づき燃焼試験を実施し問題ないことを確認（ただし，核計装ケーブルおよび放射線モニタ用ケーブルを除く）

- 核計装ケーブルおよび放射線モニタ用ケーブルの措置
 - 微弱電流・微弱パルスを扱うため，耐ノイズ性確保のために，絶縁体に誘電率の低い架橋ポリエチレンを使用しているため延焼性の試験が満足しない
 - 火災を想定した場合にも他のケーブルからの延焼や他ケーブルへの延焼が発生しないよう，専用の電線管内に布設し，電線管両端を耐熱シール材で処置を実施

2 発生防止

2-1 ケーブルの難燃性について②

	ケーブルのUL垂直燃焼試験の概要	日本電気学会推奨の試験の概要
試験装置概要		
試験内容	<p>表示旗を取付けた試料を垂直に保持し、20度の角度でチリルバーナの炎をあてる 15秒着火、15秒休止を5回繰り返す、試料の燃焼の程度を調べる</p>	<p>バーナを点火し、20分経過後バーナの燃焼を停止し、そのまま放置してケーブルの燃焼が自然に停止したならば試験を終了する。</p>
燃焼源	チリルバーナ	リボンバーナ
バーナ熱量	2.14 MJ/h	73.3MJ/h (70,000BTU/h)
使用燃料	工業用メタンガス	天然ガスもしくはプロパンガス
判定基準	<ol style="list-style-type: none"> ① 残炎による燃焼が60秒を超えないこと。 ② 表示旗が25%以上焼損しないこと。 ③ 落下物によって底部の外科用綿が燃焼しないこと。 	<ol style="list-style-type: none"> ① バーナを消火後、自己消火したときのケーブルのシースおよび絶縁体の最大損傷長が1800mm未満であること。 ② 3回の試験いずれにおいても、上記を満たすこと。

2 発生防止

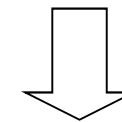
2-2 蓄電池室の水素漏えい対策

➤ 蓄電池室には水素対策を実施

- ①水素漏えいの可能性がある鉛蓄電池を設置する蓄電池室には、新たに水素濃度検知器を設置し、異常時に中央制御室に警報を発生させる。
- ②空調設備による機械換気を行う。



水素濃度検知器(例)



中央制御室へ警報を発生

枠囲いの内容は、商業機密または防護上の観点から公開できません。

2 発生防止

2-3 油漏えい拡大防止対策

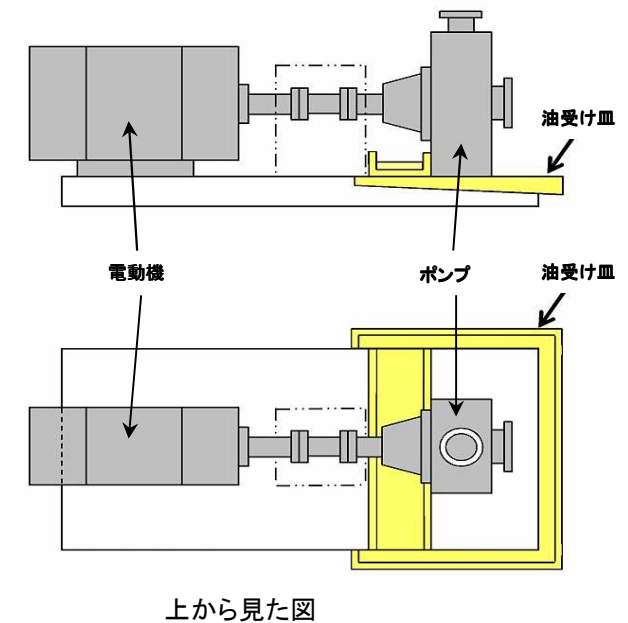
➤ 油の漏えい拡大を防止する対策

- ① 区画ごとに堰による拡大防止
- ② 必要に応じて機器単位で油受け皿を追加設置

① 堰の例






② 油受け皿の例



3 感知・消火

3-1 火災感知設備

- ▶ 安全上重要な設備を設置してあるエリアには、以下の感知器を新たに設置する。
- 火災現象(急激な温度や煙の濃度の上昇)を把握することができるアナログ式感知器
- 火災を早期に感知できるよう固有の信号を発する異なる種類の組合せ
- 早期感知, 誤動作防止が図られる審査基準と同等と判断される非アナログ式感知器

【煙】 感知器	【熱】 感知器
 <ul style="list-style-type: none">・光電式スポット型・アナログ式・設定値:10%・作動感知器毎の特定可能※・自動試験機能あり	 <ul style="list-style-type: none">・定温式スポット型・アナログ式・設定値:65℃・作動感知器毎の特定可能※・自動試験機能あり
 <ul style="list-style-type: none">・赤外線式炎感知器・非アナログ式・作動感知器毎の特定可能※・自動試験機能あり	<p>※感知器毎に信号線の割振りまたは中継器付設により、作動感知器毎の特定が可能</p> <p>◆感知器種別の選定 「消防予第240号 自動火災報知設備の感知器の設置に関する選択基準について(通知)」等に準拠</p> <p>◆感知器の設定値 「火災報知設備の感知器及び発信機に係る技術上の規格を定める省令」等に準拠</p>

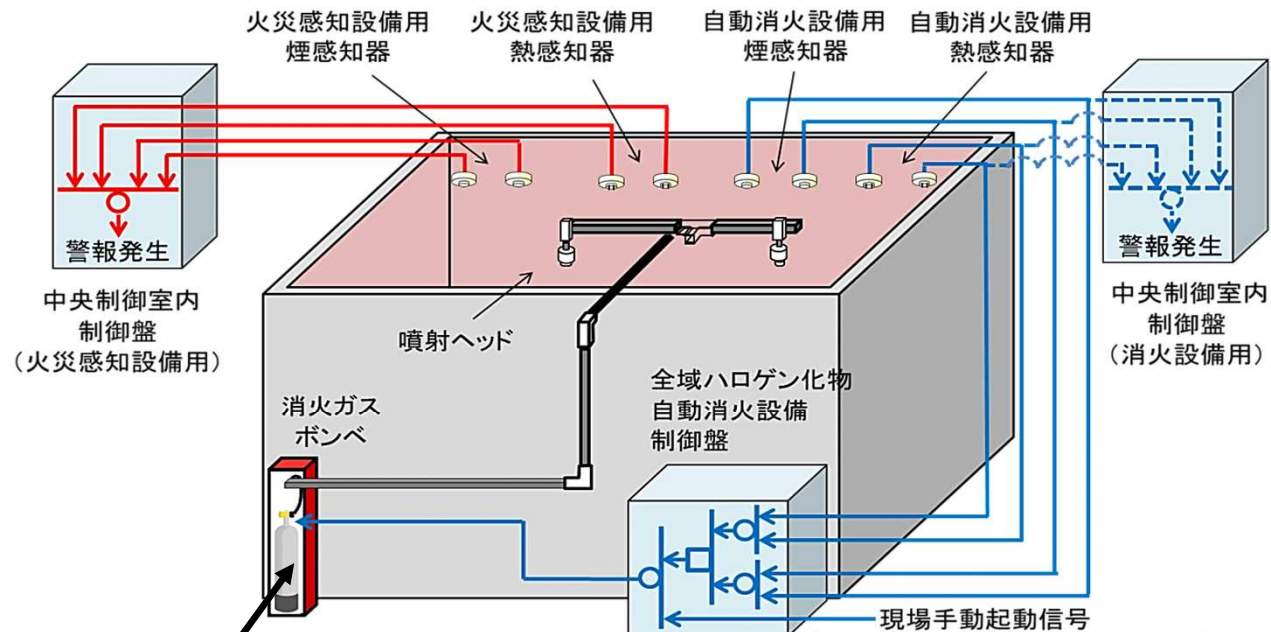
3 感知・消火

3-2 全域ガス自動消火設備の概要

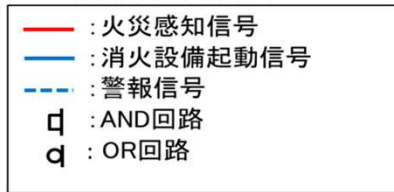
- 煙が充満すると想定される，原子炉の高温・冷温停止に必要な設備のうち，油内包機器または高圧電源盤等が設置されている部屋全体に消火ガスを放出する全域ガス自動消火設備を新たに設置(3.11震災経験の反映)

(原子炉隔離時冷却系ポンプ室，残留熱除去系ポンプ室，ディーゼル発電機室等)

- ①火災感知設備用と消火設備用感知器をそれぞれ設置
- ②火災を確実に感知できるように，異なる種類の感知器を適切に複数配置



機器の耐震クラスに応じた設計とし，サポート等で機能維持できる設計とする

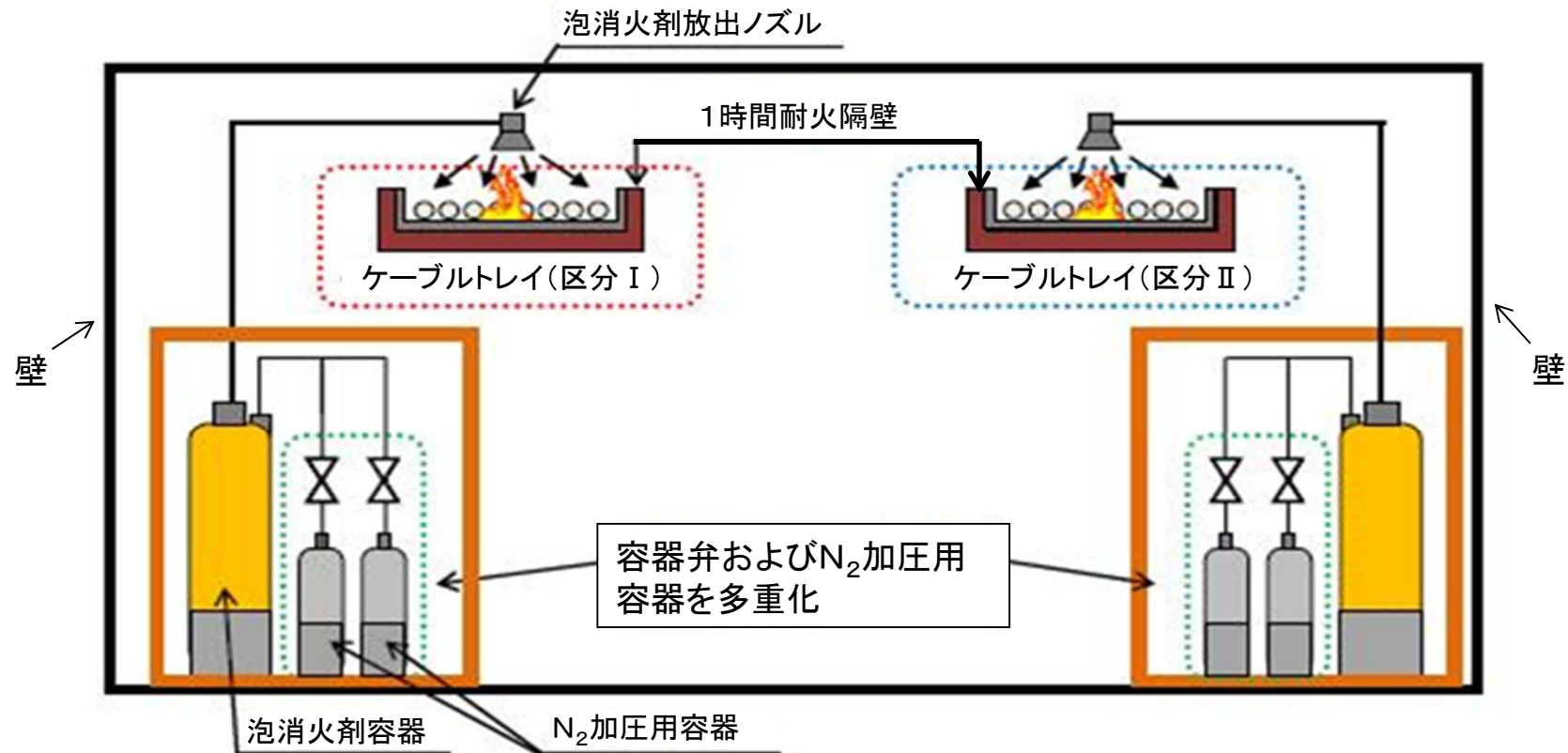


【使用するガス】
ハロン1301
(特徴)
雰囲気中の酸素濃度を低下させる濃度ではないことから，酸欠になることはない。

3 感知・消火

3-3 ケーブルトレイの泡自動消火設備の概要

- 近接している異区分ケーブルトレイの分離対策として新たに粘度の高い泡を放出する自動消火設備を設置する。



自動泡消火設備を用いた系統分離の概要図



3 感知・消火

3-4 泡消火設備のケーブルトレイ消火試験の例



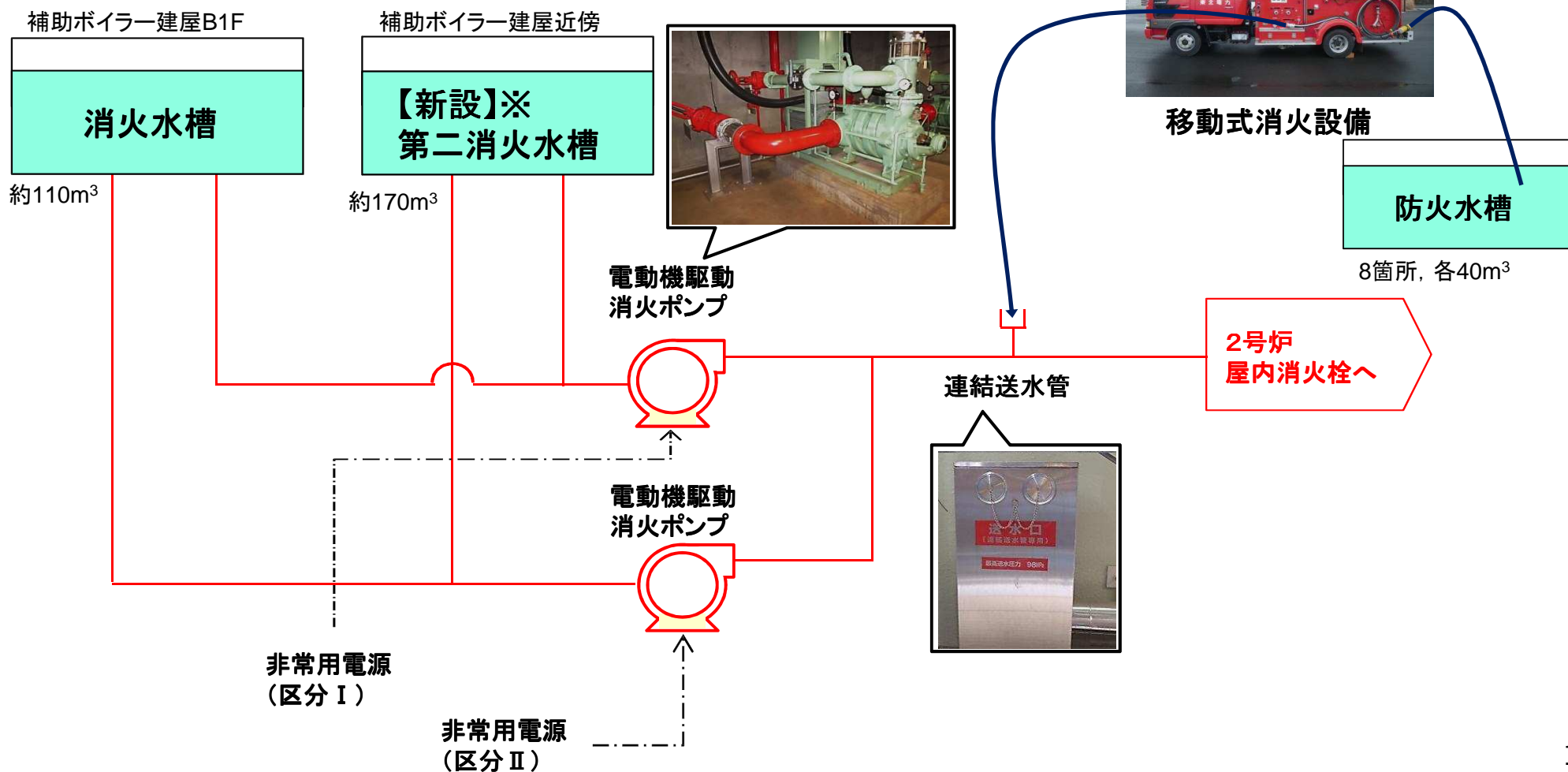
枠囲いの内容は、商業機密または防護上の観点から公開できません。

3 感知・消火

3-5 消火用水系の多重化・多様化

- 消火用水系の多重化・多様化として、消火水槽を新たに設置し、さらに屋外に連結送水管により、屋内消火栓に移動式消火設備で供給する。

※審査基準に基づき、水源を二重化



4 影響軽減

4-1 系統分離対策の概要

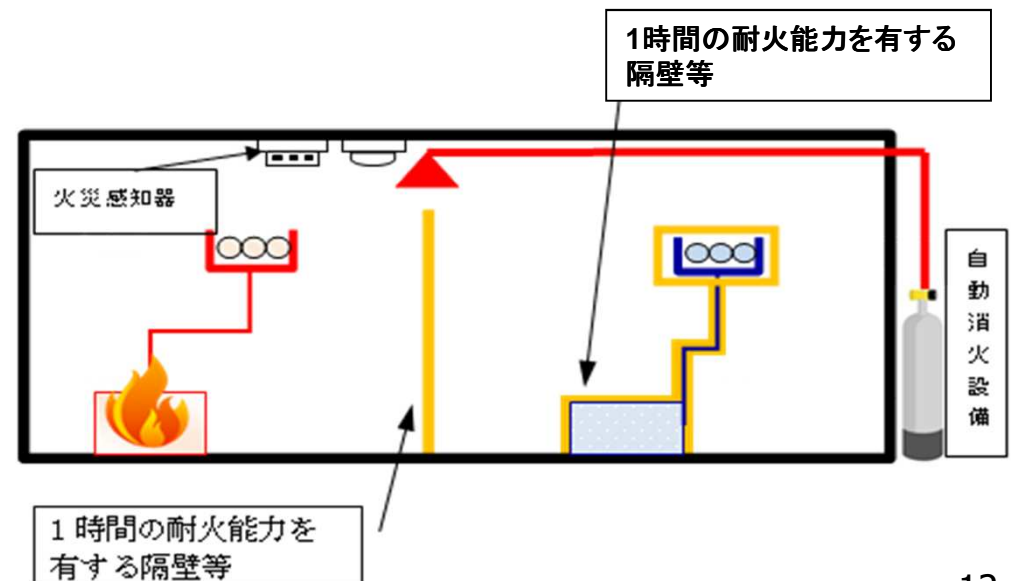
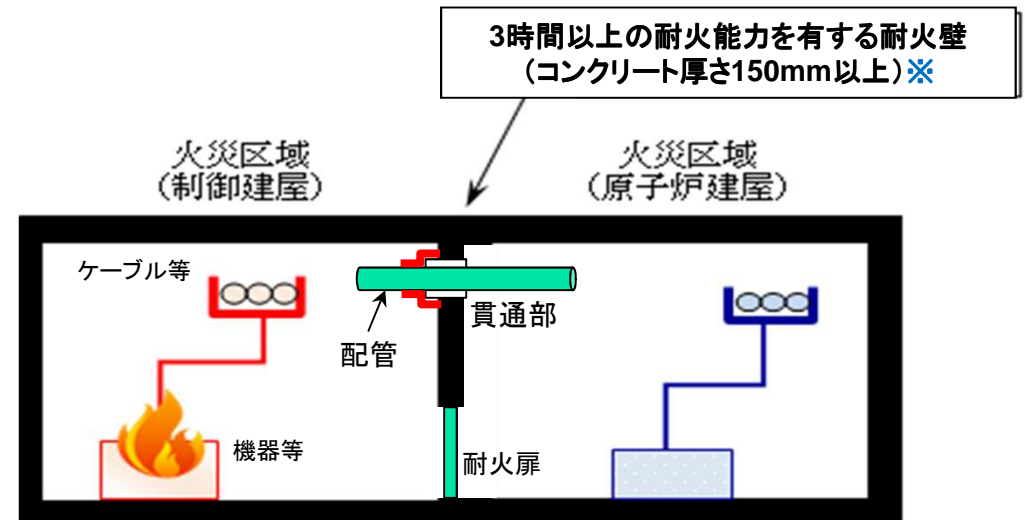
➤ 火災区域の分離

原子炉の安全停止に必要な機器等を設置する火災区域は、審査基準に基づき、3時間以上の耐火能力を有することを確認した耐火壁によって、他の火災区域から分離する。

※「2001年版耐火性能検証法の解説及び計算例とその解説」（「建設省告示第1433号耐火性能検証方法に関する算出方法を定める件」講習会テキスト）の算定方法により算出された必要コンクリート厚さは123mm

➤ 1時間耐火隔壁等，火災感知および自動消火設備による分離

異なる安全区分の火災防護対象機器等は、審査基準に基づき、1時間の耐火能力を確認した耐火隔壁，火災感知および自動消火設備を設置する。



4 影響軽減

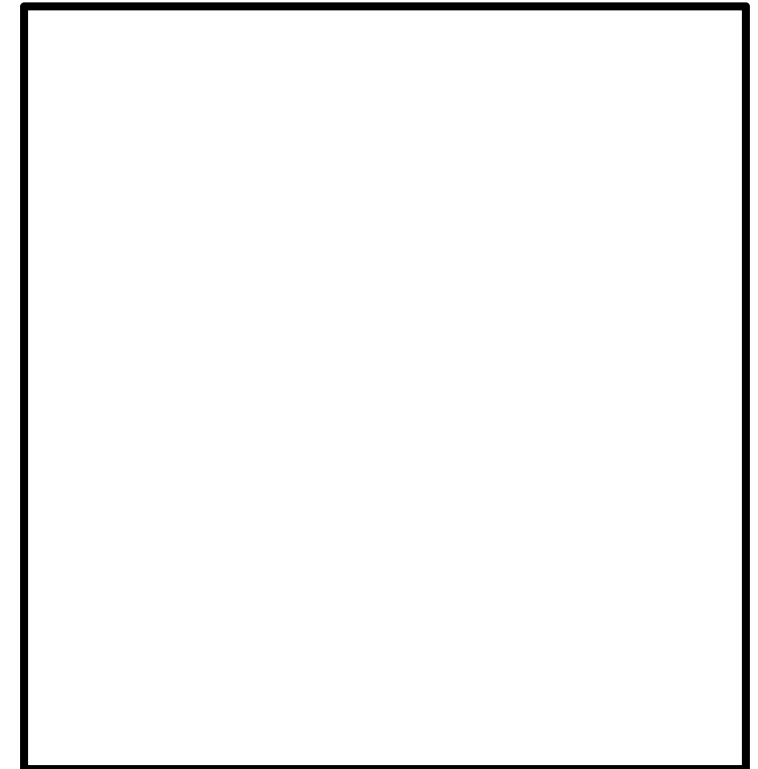
4-2 貫通部施工の耐火試験の例

試験体仕様	配管貫通部[壁] (非加熱側)	配管貫通部[床] (非加熱側)
耐火材	ファインフレックス	ロスリムボード, ファインフレックス
開始前		
3時間試験終了後		

判定基準	<ul style="list-style-type: none"> •非加熱面側に達する隙間や亀裂などが生じないこと •非加熱面側に10秒を超えて発炎を生じないこと •非加熱面側に10秒を超えて火炎が噴出しないこと
試験結果	判定基準を満足していることを確認した

◆耐火試験方法

耐火材施工側・非施工側の両面について、片面ずつ試験炉で耐火試験を実施



配管貫通部耐火試験イメージ図

枠囲いの内容は、商業機密または防護上の観点から公開できません。

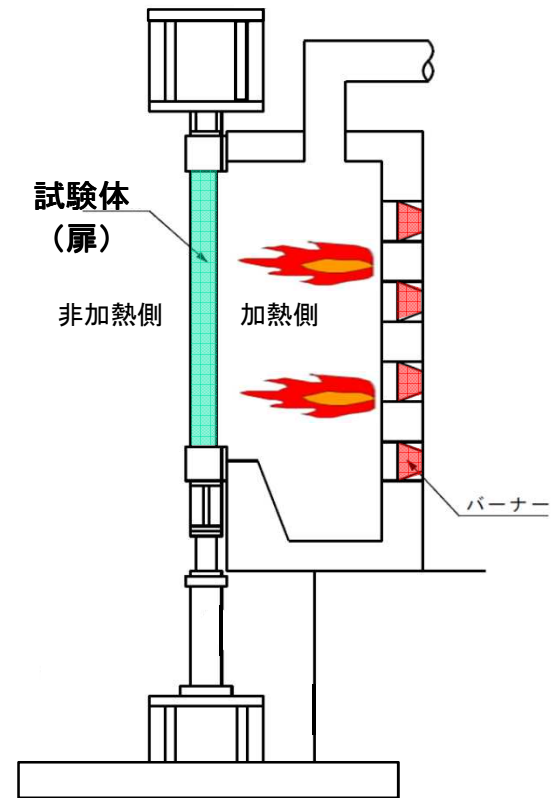
4 影響軽減

4-3 扉の耐火試験の例

	室内側加熱 (写真は非加熱側)	室外側加熱 (写真は非加熱側)
開始前		
3時間後		
判定基準	<ul style="list-style-type: none">•非加熱面側に達する隙間や亀裂などが生じないこと•非加熱面側に10秒を超えて発炎を生じないこと•非加熱面側に10秒を超えて火炎が噴出しなこと	
試験結果	判定基準を満足していることを確認した	

◆耐火試験方法

室内外の両面について、片面ずつバーナーにより加熱し、耐火試験を実施



扉耐火試験イメージ図

4 影響軽減

4-4 3時間耐火壁に設置する扉の対策例

- 扉に設置するドアクローザーについては、3時間耐火性能を有する改良型のものを設置する。

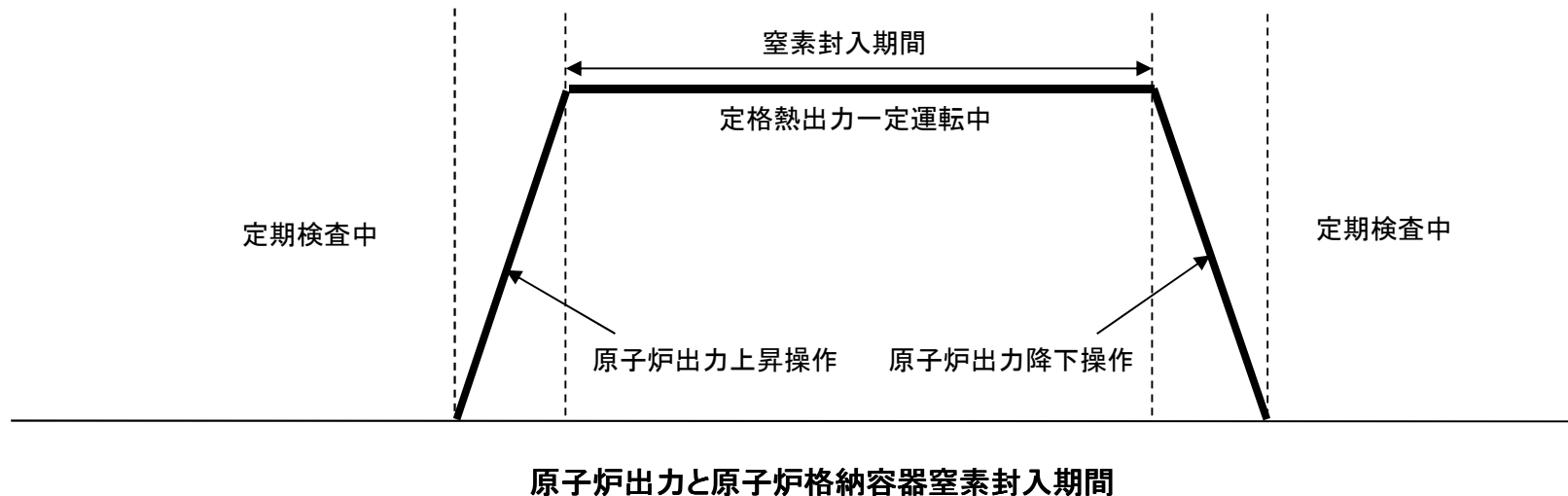


5 原子炉格納容器内の火災防護について①

- 格納容器内は、プラント運転中は窒素が封入され火災の発生は想定されない。
- それに対し、定期検査中等は空気置換を行い作業を行っていることから対策を行う。

1. 火災の感知・消火

- 火災防護に係る審査基準では、火災防護の目的として「原子炉の高温停止及び低温停止」の達成、維持を挙げている。
- これを踏まえ、原子炉出力上昇操作時や原子炉出力降下時および定期検査中等に原子炉格納容器内に窒素が封入されていない期間は原子炉格納容器の特性を考慮し、感知・消火を行う。
(P.17参照)





5 原子炉格納容器内の火災防護について②

(1) 火災の感知

- a. 火災の可能性が否定できない定期検査等の空気置換されている期間
 - アナログ式の煙感知器を設置
 - 原子炉再循環ポンプや格納容器サンプポンプには炎感知器を設置
- b. 定期検査前後の火災感知器を設置していない期間
 - 機器故障警報, パラメータ変化等による異常確認により火災可能性を判断

(2) 消火設備

- a. 消火器, 屋内消火栓による消火
 - 火災の可能性があると判断した後, 原子炉を停止し, 消火器または屋内消火栓にて消火活動を行う。
- b. 窒息効果による消火
 - 機器ハッチ閉止状態で火災が発生し, 煙充満や酸素濃度低下により格納容器内への入域が危険と判断した場合, 密閉された格納容器の窒息消火を行う。(P.18参照)

5 原子炉格納容器内の火災防護について③(窒息消火の評価)

- 燃焼限界酸素濃度15%*より保守的な評価として2%低くした酸素濃度13%で評価
※東京消防庁消防技術安全所(S60)「密閉室内の燃焼性状に関する研究(第1報)」に基づく濃度
- 再循環ポンプの潤滑油が油受け皿に漏えいし火炎が継続して燃焼した場合, 4時間程度で消火

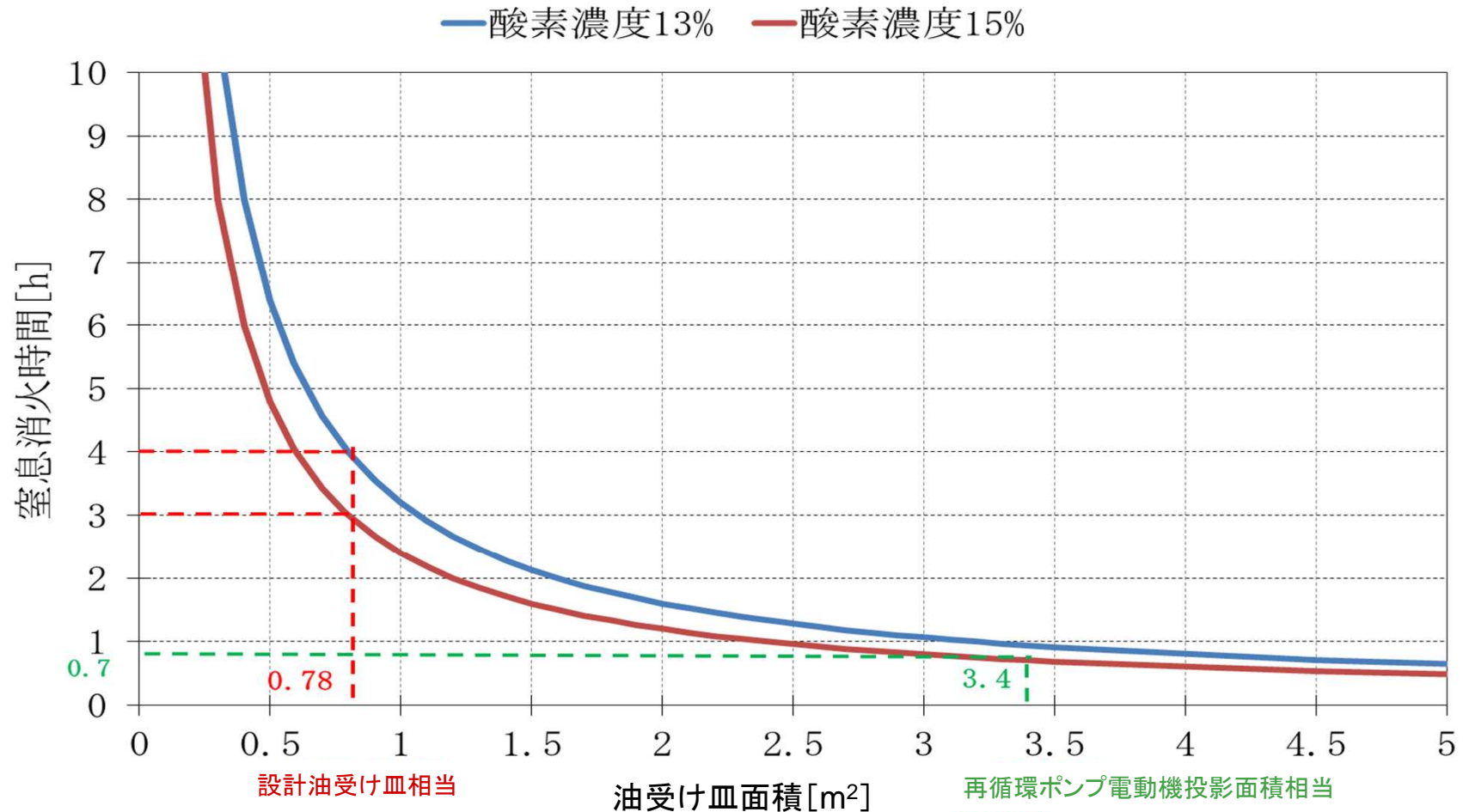


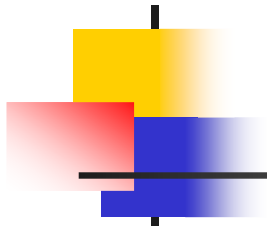
図 原子炉格納容器内火災の窒息消火時間

6 適合性審査状況

内部火災について、当社はこれまでに3回、審査会合において説明している。審査会合で指摘を受けた項目について、現在は残件コメントの対応を行っている。

質問・指摘事項	回答状況
原子炉格納容器内の火災防護対策について、定期検査中を含めて説明すること	<ul style="list-style-type: none"> • プラント運転中は格納容器内に窒素が封入されているため、火災は発生しない • 定期検査中は空気に置換されるため、異なる種類の火災感知器を設置 • 仮に火災が発生した際には、感知器動作後に格納容器内に入域し消火を行う • ハッチが閉止している状態で入域が困難な場合には「窒息消火」する
難燃性ケーブルを使用できない場合の、電線管端部のパテ埋め施工の必要性について説明すること	<ul style="list-style-type: none"> • 女川2号炉では建設当初より難燃性ケーブルを採用 • ただし、核計装用ケーブルは微弱電流・微弱パルスを扱うが、耐ノイズ性能を有する使用材料が難燃性を確保できない • よって、火災が発生した場合にも延焼しないよう専用電線管に収納 • 電線管への酸素供給防止のための耐熱シール材を電線管の両端に施工
二酸化炭素消火設備について中央制御室から起動出来ない設計の妥当性について説明すること	<ul style="list-style-type: none"> • 二酸化炭素消火設備は、人体に対し非常に危険であるため、消火設備噴射エリアに人がいないことを現場で確認後に起動させることが必要 • 二酸化炭素消火設備の自動消火や中央制御室からの遠隔起動は困難である • よって、非常用ディーゼル発電機室等の消火設備を二酸化炭素消火設備からハロゲン化物自動消火設備に変更する

女川2号に関する質問・指摘事項の残件分は20件（平成27年8月6日審査会合時点）。



參考資料

参考①: 中央制御室制御盤内の火災感知

- 原子炉の安全停止に必要な機能を有する制御盤内には, 新たに高感度の煙感知器を設置
- 中央制御室に新たに設置する火災防護設備状態監視盤に警報発報

盤内感知器



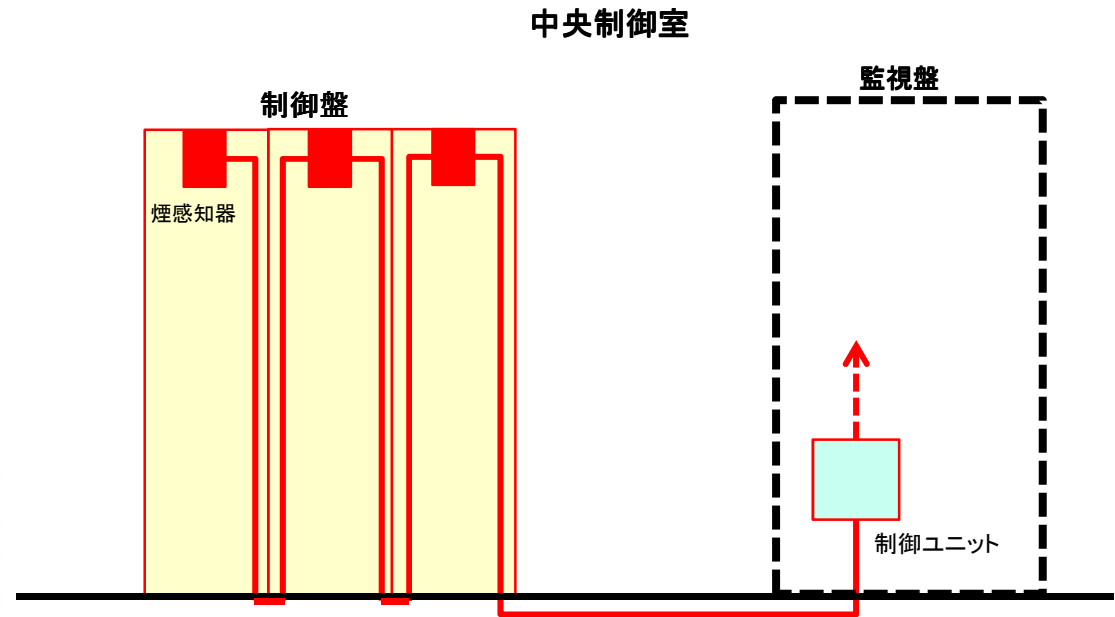
煙感知器



制御盤内

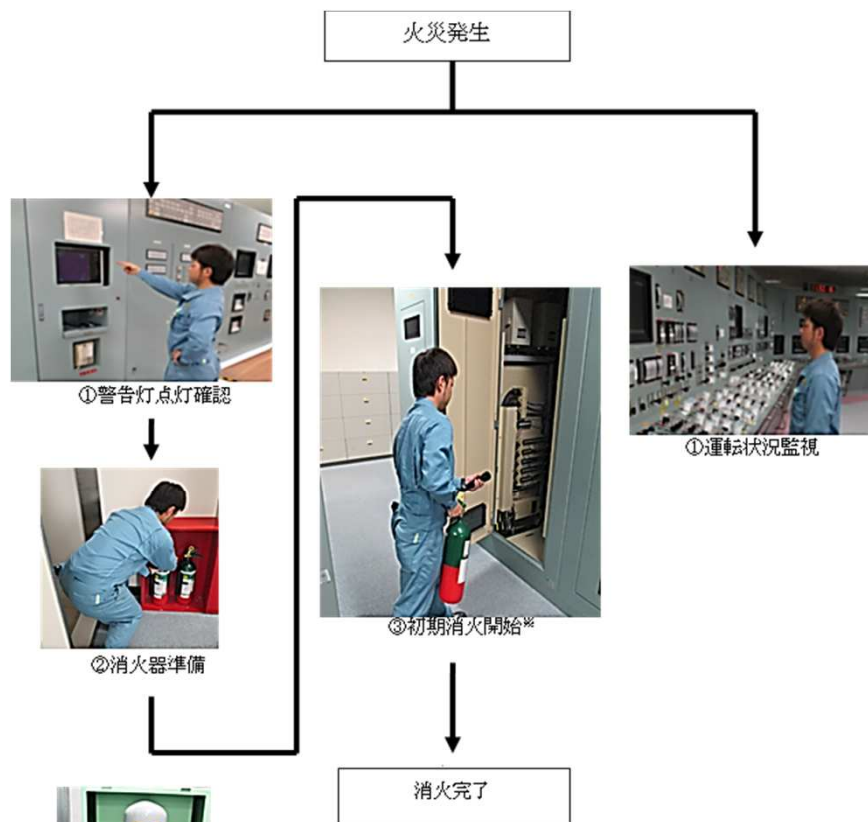


制御盤(分離壁区分)毎に高感度煙感知器を盤内天井面に設置



参考②: 中央制御室盤内火災の消火について

- 中央制御室盤内の器具は、不燃、難燃性材料を使用しており、火災発生の可能性は低い。
- 火災発生の可能性は低いものの、早期感知の観点から念のため、高感度煙感知器を設置。
- 感知器動作後、警報発生している盤を特定し、運転員が速やかに移動し消火を行う。



空気呼吸器
(消火の際に装着)



中央制御室内盤面配置(平面図)

枠囲いの内容は、商業機密または防護上の観点から公開できません。

参考③: ハロン系ガスの種類および影響について

1. 使用するハロン系ガスの種類

(1) 全域ハロゲン化物自動消火設備

①ハロン1301(一臭化三フッ化メタン: CF_3Br)

②HFC-227ea(1,1,1,2,3,3,3-ヘプタフルオロプロパン: $\text{CF}_3\text{CHF}_2\text{CF}_3$)

2. ハロン系ガスの影響

(1) 消火後の影響

①人体への影響

消火後に発生するガスは、フッ化水素(HF)やフッ化カルボニル(COF_2)、臭化水素(HBr)等有毒なものがあるが、ハロン消火後の入出時には、ガス濃度の確認および防護具を着用するため、人体への影響はない。

②設備への影響

電氣的絶縁性が大きいことから電気品への直接的な影響は小さい。

沸点が低く揮発性が高いため腐食性のフッ素の機器等への残留は少なく機器等への影響も少ない。

表面に水分のある場合は腐食性のフッ化水素酸の生成が予想されるため洗浄等の措置が必要。

(2) 誤動作による影響

①人体への影響

ハロン1301誤動作の場合の濃度は5%程度であり、これは無毒性最高濃度と同等である。

HFC-227ea誤動作の場合の濃度は7%程度であり、これは無毒性最高濃度より低い値である。

いずれも雰囲気中の酸素濃度を低下させる濃度でないことから酸欠にはならない。

②設備への影響

(1)消火後の影響の②に同じ