

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構  
大洗研究所（南地区）高速実験炉原子炉施設（「常陽」）

第8条（火災による損傷の防止）

2023年7月14日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構  
大洗研究所高速実験炉部

## 第 8 条：火災による損傷の防止

### 目 次

1. 要求事項の整理
2. 設置許可申請書における記載
3. 設置許可申請書の添付書類における記載
  - 3.1 安全設計方針
  - 3.2 気象等
  - 3.3 設備等
4. 要求事項への適合性
  - 4.1 基本方針
  - 4.2 火災防護対象機器
  - 4.3 火災区域及び火災区画の設定
  - 4.4 ナトリウム燃焼に対する火災防護対策
    - 4.4.1 ナトリウム漏えいの発生防止
    - 4.4.2 ナトリウム漏えいの検知・ナトリウム燃焼の感知及びナトリウム燃焼の消火
    - 4.4.3 ナトリウム燃焼の影響軽減
    - 4.4.4 ナトリウム燃焼の影響評価
  - 4.5 一般火災に対する火災防護対策
    - 4.5.1 一般火災の発生防止
    - 4.5.2 一般火災の感知及び消火
    - 4.5.3 一般火災の影響軽減
    - 4.5.4 個別の火災区域又は火災区画における留意事項
    - 4.5.5 一般火災の影響評価
  - 4.6 手順等
  - 4.7 要求事項（試験炉設置許可基準規則第 8 条）への適合性説明

(別紙)

別紙 1 : ナトリウム燃焼と一般火災における火災防護対策の検討方針について

別紙 2 : 火災防護に係る機器の選定及び火災防護対策の考え方について

別添 1-1 : 安全施設と原子炉の安全停止に係る機器等、放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等、使用済燃料の冠水等に係る機器等の関係

別添 1-2 : 原子炉の安全停止に係る機器等に対する火災による機能への影響

添付 1 : 原子炉冷却材バウンダリに属する主要な機器の構造等

添付 2 : 制御棒駆動機構の構造等

添付 3 : 1次予熱室素ガス系仕切弁の構造等

添付 4 : 原子炉保護系（スクラム）及び関連する計装の構造等

添付 5 : 冷却材バウンダリに属する主要な機器の構造等

添付 6 : 原子炉冷却材温度制御系の構造等

添付 7 : 事故時監視計器（MS-2に属するものを除く。）の構造等

別添 1-3 : 放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等に対する火災による機能への影響

別添 1-4 : 使用済燃料の冠水等に係る機器等に対する火災による機能への影響

添付 1 : 使用済燃料貯蔵設備の構造等

別添 1-5 : 多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止のための資機材に対する火災による機能への影響

別添 2 : 一般火災と運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の起因となる異常事象の関係

別紙 3 : 原子炉施設の建物（原子炉建物、原子炉附属建物、主冷却機建物、第一使用済燃料貯蔵建物、第二使用済燃料貯蔵建物、廃棄物処理建物、旧廃棄物処理建物及びメンテナンス建物）における火災区域・火災区画の設定について

別添 1 : 原子炉建物並びに原子炉附属建物における火災区域及び火災区画の設定

別添 2 : 主冷却機建物における火災区域及び火災区画の設定

別紙 4 : ナトリウム燃焼に対する火災防護対策及び影響評価について

別添 1 : ナトリウム燃焼の特徴について

別添 2 : ナトリウム燃焼に係る要求事項及び対応概要について

別添 3 : ナトリウムを内包する配管及び機器の耐震設計について

別添 4 : 冷却材のバウンダリの肉厚管理の考え方について

添付 1 : 「ナトリウム環境における腐食」、「流動による浸食 (エロージョン)」及び「大気環境における腐食」に起因する減肉に対する肉厚管理の考え方

添付 2 : 1 次冷却系の冷却材のバウンダリの外観確認

添付 3 : 2 次冷却系の冷却材のバウンダリの外観確認

添付 4 : 主冷却器伝熱管外観 (令和 5 年 1 月時点)

別添 5 : ナトリウム漏えいの検知及びナトリウム燃焼の感知について

添付 1 : 「常陽」安全対策における温度計ウエルの流力振動評価について

添付 2 : 一般火災とナトリウム燃焼の識別

別添 6 : 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器について

別添 7 : 1 次冷却材漏えい時の対応について

別添 8 : 2 次冷却材漏えい時の対応について

別添 9 : ナトリウムとコンクリートが直接接触することを防止するための措置について

別添 10 : ナトリウム燃焼環境下における材料腐食について

別添 11 : 緊急ドレンについて

別添 12 : 窒素ガス供給について

別添 13 : ナトリウム溜について

別添 14 : ナトリウムエアロゾルの拡散を防止するための措置について

別添 15 : ナトリウム燃焼の影響評価について

添付 1 : 落下高さに対するスプレイ燃焼とプール燃焼の影響の考え方

添付 2 : 配管室において窒素ガス供給を考慮しない場合の影響

別添 16 : SPHINCS のモデル及び妥当性確認について

別紙 5 : 一般火災に対する火災防護対策及び影響評価について

別添 1 : 発火性又は引火性物質への対策について

別添 2 : 発火源への対策について

別添 3 : 水素漏えいへの対策について

別添 4 : 過電流による過熱防止対策について

別添 5 : 不燃性材料又は難燃性材料の使用について

添付 1 : ケーブル難燃化の代替措置（電線管内への敷設）の効果

添付 2 : シール材の主な仕様

別添 6 : 自然現象による火災の発生防止について

別添 7 : 火災感知設備について

添付 1 : 火災による原子炉の停止の判断

添付 2 : 格納容器（床上）の高天井エリアにおける火災感知器の設置方法

添付 3 : アニュラス部の高天井エリアにおける火災感知器の設置方法

添付 4 : 「炉容器ピット」における火災感知器の取扱い

添付 5 : 「燃料洗浄室」及び「缶詰室」における火災感知器の取扱い

添付 6 : 廃棄物処理建物の「濃縮液タンク室等の高濃度廃液収納タンク設置室」及び「固化処理室（B）及び固体廃棄物B貯蔵庫B」における火災感知器の取扱い

別添 8 : 一般火災に対する消火設備について

添付 1 : ABC 消火剤の保有量

添付 2 : 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器の一般火災に対する消火試験報告書

添付 3 : ナトリウムと固定式消火設備（ハロン消火設備）の消火剤の反応について

別添 9 : 一般火災の影響軽減について

添付 1 : 原子炉建物の格納容器（床上）における消火活動

別添 10 : ケーブル室に対する火災の影響軽減について

添付 1 : 光ファイバ温度センサ

添付 2 : 耐火シート及び耐火テープのイメージ

別添 11 : 中央制御室に対する火災の影響軽減について

別添 12 : 個別の火災区域又は火災区画における留意事項について

別添 13 : 一般火災の影響評価について

添付 1 : 一般火災の影響評価の代表例

(添付)

添付 1 : 設置許可申請書における記載

添付 2 : 設置許可申請書の添付書類における記載 (安全設計)

添付 3 : 設置許可申請書の添付書類における記載 (適合性)

添付 4 : 設置許可申請書の添付書類における記載 (設備等)

< 概 要 >

試験研究用等原子炉施設の設置許可基準規則の要求事項を明確化するとともに、それら要求に対する高速実験炉原子炉施設の適合性を示す。

## 1. 要求事項の整理

試験炉設置許可基準規則第8条における要求事項等を第1.1表に示す。本要求事項は、新規制基準における追加要求事項に該当する。

第1.1表 試験炉設置許可基準規則第8条における要求事項  
及び本申請における変更の有無

要求事項	変更の有無
<p>1 試験研究用等原子炉施設は、火災により当該試験研究用等原子炉施設の安全性が損なわれないよう、必要に応じて、火災の発生を防止することができ、かつ、早期に火災発生を感知する設備及び消火を行う設備（以下「消火設備」という。）並びに火災の影響を軽減する機能を有するものでなければならない。</p> <p>【解釈】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>第8条については、設計基準において想定される火災により、試験研究用等原子炉施設の安全性が損なわれないようにするため、試験研究用等原子炉施設の安全上の特徴に応じて必要な機能（火災の発生防止、感知及び消火並びに火災による影響の軽減）を有することを求めている。</li> </ul> <p>また、上記の「試験研究用等原子炉施設の安全性が損なわれない」とは、安全施設が安全機能を損なわないことを求めている。</p> <p>ここでいう「安全機能を損なわない」とは、試験研究用等原子炉を停止でき、放射性物質の閉じ込め機能を維持できること、また、停止状態にある場合は、引き続きその状態を維持できることをいう。さらに、使用済燃料貯蔵槽においては、プール冷却機能及びプールへの給水機能を維持できることをいう。したがって、安全施設の安全機能が損なわれるおそれがある火災に対して、試験研究用等原子炉施設に対して必要な措置が求められる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>第61条で準用するナトリウム冷却型高速炉については、化学的に活性なナトリウムが漏えいした場合に生じるナトリウムの燃焼を考慮する必要がある。</li> </ul>	有
<p>2 消火設備は、破損、誤作動又は誤操作が起きた場合においても試験研究用等原子炉を安全に停止させるための機能を損なわないものでなければならない。</p> <p>【解釈】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>第2項の規定について、消火設備の破損、誤作動又は誤操作が起きた場合のほか、火災感知設備の破損、誤作動又は誤操作が起きたことにより消火設備が作動した場合においても、試験研究用等原子炉を安全に停止させるための機能を損なわないものであること。</li> </ul>	有



2. 設置許可申請書における記載

添付 1 参照

3. 設置許可申請書の添付書類における記載

3.1 安全設計方針

(1) 設計方針

添付 2 参照

(2) 適合性

添付 3 参照

3.2 気象等

該当なし

3.3 設備等

添付 4 参照

#### 4. 要求事項への適合性

##### 4.1 基本方針

【ナトリウム燃焼と一般火災における火災防護対策の検討方針について：別紙1参照】

原子炉施設は、原子炉の運転に影響を及ぼすおそれのある火災（ナトリウムが漏えいした場合に生じるナトリウムの燃焼（以下「ナトリウム燃焼」という。）を含む。以下同じ。）が発生し、当該火災の発生又はナトリウムの漏えいを確認した場合において、原子炉を停止する（手動スクラム）。

原子炉施設は、設計基準において想定される火災によっても、原子炉を停止でき、放射性物質の閉じ込め機能を維持できるように、また、停止状態にある場合は、引き続きその状態を維持できるように、さらに、使用済燃料貯蔵設備の水冷却池においては、使用済燃料の冠水を確保し、冷却機能を維持できるように設計する。ナトリウム燃焼に対しては、ナトリウム燃焼により原子炉施設の安全性が損なわれないよう、ナトリウム燃焼の特徴を考慮し、「ナトリウム漏えいの発生防止」、「ナトリウム漏えいの検知・ナトリウム燃焼の感知及びナトリウム燃焼の消火」並びに「ナトリウム燃焼の影響軽減」の三方策のそれぞれを講じる設計とする。一般火災（ナトリウム燃焼を除く火災をいう。以下同じ。）に対しては、一般火災により原子炉施設の安全性が損なわれないよう、本原子炉施設の安全上の特徴を考慮し、必要に応じて、「実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（以下「火災防護基準」という。）」及び「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」を参考に、「一般火災の発生防止」、「一般火災の感知及び消火」並びに「一般火災の影響軽減」の三方策を適切に組み合わせる設計とする。

また、消火設備は、破損、誤作動又は誤操作が起きた場合においても原子炉を安全に停止させるための機能を損なわないように設計する。

火災が発生した場合は、速やかに初期消火活動を行うとともに、大洗研究所内通報連絡系統に従って通報し、火災の消火、拡大防止のための活動を行う。

## 4.2 火災防護対象機器

【火災防護に係る機器の選定及び火災防護対策の考え方について：別紙2参照】

原子炉施設は、安全機能の重要度分類がクラス1、2、3に属する構築物、系統及び機器に対して、適切な火災防護対策を講じる設計とする。

安全機能の重要度分類から以下の(1)～(3)の構築物、系統及び機器を火災防護対象機器(火災防護対象機器を駆動又は制御するケーブル(以下「火災防護対象ケーブル」という。))を含む。火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルを以下「火災防護対象機器等」という。)として選定する。

なお、ここで火災防護対象機器等として抽出しなかった構築物、系統及び機器に対しては、設備や環境条件に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

(1)原子炉を停止し、また、停止状態にある場合は引き続きその状態を維持するための構築物、系統及び機器(関連する補機を含む。)(以下「原子炉の安全停止に係る機器等」という。)

原子炉の安全停止に係る機器等は、安全機能の重要度分類から以下の機能を有する構築物、系統及び機器とする。

- ① 原子炉の緊急停止及び未臨界維持機能(MS-1)に属する構築物系統及び機器
- ② 炉心形状の維持機能(PS-1)に属する構築物、系統及び機器
- ③ 工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能(MS-1)に属する構築物、系統及び機器の一部
- ④ 原子炉停止後の除熱機能(MS-1)に属する構築物、系統及び機器
- ⑤ 原子炉冷却材バウンダリ機能(PS-1)に属する構築物、系統及び機器
- ⑥ 2次冷却材を内蔵する機能(通常運転時の炉心の冷却に関連するもの)(PS-3)に属する構築物、系統及び機器
- ⑦ 1次冷却材漏えい量の低減機能(MS-1)に属する構築物、系統及び機器の一部
- ⑧ 事故時のプラント状態の把握機能(MS-2)に属する構築物、系統及び機器
- ⑨ 緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能(MS-3)に属する構築物、系統及び機器の一部
- ⑩ 制御室外からの安全停止機能(MS-3)に属する構築物、系統及び機器
- ⑪ 通常運転時の冷却材の循環機能(PS-3)に属する構築物、系統及び機器の一部
- ⑫ プラント計測・制御機能(安全保護機能を除く。)(PS-3)に属する構築物、系統及び機器
- ⑬ 安全上特に重要な関連機能(MS-1)及び安全上重要な関連機能(MS-2)に属する構築物、系統及び機器の一部

(2)放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器(関連する補機を含む。)(以下「放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等」という。)

放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等は、安全機能の重要度分類から以下の機能を有する構築物、系統及び機器とする。

- ① 工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能(MS-1)に属する構築物、系統及び機器の一部

- ② 放射性物質の閉じ込め機能（MS－1）に属する構築物、系統及び機器
- ③ 放射線の遮蔽及び放出低減機能（MS－2）に属する構築物、系統及び機器の一部
- ④ 安全上特に重要な関連機能（MS－1）及び安全上重要な関連機能（MS－2）に属する構築物、系統及び機器の一部
- ⑤ 原子炉カバーガスバウンダリ等のバウンダリ機能（PS－2）に属する構築物、系統及び機器
- ⑥ 原子炉冷却材バウンダリに直接接続されていないものであって、放射性物質を貯蔵する機能（PS－2）に属する構築物、系統及び機器
- ⑦ 燃料を安全に取り扱う機能（PS－2）に属する構築物、系統及び機器
- ⑧ 放射性物質の貯蔵機能（PS－3）に属する構築物、系統及び機器
- ⑨ 核分裂生成物の原子炉冷却材中への放散防止機能（PS－3）に属する構築物、系統及び機器

(3) 使用済燃料貯蔵設備において、使用済燃料の冠水を確保し、冷却機能を維持するための構築物、系統及び機器（関連する補機を含む。）（以下「使用済燃料の冠水等に係る機器等」という。）

使用済燃料の冠水等に係る機器等は、安全機能の重要度分類から以下の機能を有する構築物、系統及び機器とする。

- ① 燃料プール水の保持機能（MS－2）に属する構築物、系統及び機器
- ② 燃料プール水の補給機能（MS－3）に属する構築物、系統及び機器

一般火災に対する火災防護対策は、火災防護基準による「火災の発生防止」、「火災の感知及び消火」並びに「火災の影響軽減」の三方策を適切に組み合わせる設計とする。当該組合せは、本原子炉施設の安全上の特徴、火災防護対象機器が有する安全機能並びに火災防護対象機器等の配置、構造及び動作原理に係る以下の4つの観点を考慮することを基本とし、火災による機能への影響を判断して決定する。以下の4つの観点のいずれにも該当しない場合は、火災防護基準による「火災の発生防止」、「火災の感知及び消火」並びに「火災の影響軽減」の三方策のそれぞれを講じることを基本とする。以下のiii)又はiv)に該当する場合は、火災防護基準による「火災の感知及び消火」を講じることを基本とし、加えて、火災による機能への影響を判断して、火災防護基準による「火災の発生防止」又は「火災の影響軽減」を講じる。以下のi)又はii)に該当する場合は、設備や環境条件に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する。

なお、ここで火災防護基準による対策を適用しなかった火災防護対象機器等は、設備や環境条件に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

- i) 不燃性材料で構成されるため、火災によって、火災防護対象機器が有する安全機能が影響を受けない。
- ii) 環境条件から火災が発生しないため、火災によって、火災防護対象機器が有する安全機能が影響を受けない。
- iii) フェイルセーフ設計のため、火災によって、火災防護対象機器が有する安全機能を喪失しない。
- iv) 代替手段により機能を達成できるため、火災によって、火災防護対象機器が有する安全機能を喪失しない。

ナトリウム燃焼に対する火災防護対策は、ナトリウム燃焼の特徴を考慮し、「ナトリウム漏えいの発生防止」、「ナトリウム漏えいの検知・ナトリウム燃焼の感知及びナトリウム燃焼の消火」並びに「ナトリウム燃焼の影響軽減」の三方策のそれぞれを講じる設計とする。

#### 4.3 火災区域及び火災区画の設定

【原子炉施設の建物（原子炉建物、原子炉附属建物、主冷却機建物、第一使用済燃料貯蔵建物、第二使用済燃料貯蔵建物、廃棄物処理建物、旧廃棄物処理建物及びメンテナンス建物）における火災区域・火災区画の設定について：別紙3参照】

設計基準において想定される火災から火災防護対象機器等を防護することを目的とし、火災区域及び火災区画を設定し、適切な火災防護対策を講じる設計とする。

原子炉施設の建物として、原子炉建物、原子炉附属建物、主冷却機建物、第一使用済燃料貯蔵建物、第二使用済燃料貯蔵建物、廃棄物処理建物、旧廃棄物処理建物及びメンテナンス建物ごとに建物内の全体を火災区域として設定する。また、建物外に火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置する場合は、当該火災防護対象機器等を設置する区域を火災区域として設定する。

火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区域は、当該火災防護対象機器等の配置、ナトリウムを内包する配管又は機器の配置、耐火壁の配置、消火設備の配置を考慮し、火災区域を細分化した火災区画を設定する。

一般火災に対して、火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画は、火災防護基準による「火災の発生防止」、「火災の感知及び消火」並びに「火災の影響軽減」の三方策を適切に組み合わせる設計とする。火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置しない火災区域又は火災区画は、設備や環境条件に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

ナトリウム燃焼に対して、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画は、「ナトリウム漏えいの発生防止」、「ナトリウム漏えいの検知・ナトリウム燃焼の感知及びナトリウム燃焼の消火」並びに「ナトリウム燃焼の影響軽減」の三方策のそれぞれを講じる設計とする。また、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画にあっては、ナトリウム燃焼を起因に一般火災が発生するおそれがあることを考慮する。

#### 4.4 ナトリウム燃焼に対する火災防護対策

【ナトリウム燃焼に対する火災防護対策及び影響評価について：別紙4参照】

##### 4.4.1 ナトリウム漏えいの発生防止

設計基準において想定されるナトリウム燃焼により、原子炉施設の安全性が損なわれることを防止するため、ナトリウム漏えいの発生防止について、以下のとおり設計する。

なお、1次冷却材を内包する配管及び機器については、高温強度とナトリウム環境効果に対する適合性が良好なステンレス鋼を、2次冷却材を内包する配管及び機器については、低合金鋼を使用する。

- (i) ナトリウムを内包する配管及び機器の設計、製作等は、関連する規格、基準に準拠するとともに、品質管理や工程管理を十分に行う。
- (ii) ナトリウムを内包する配管は、エルボを引き回し、十分な撓性を備えたものとする。
- (iii) ナトリウムを内包する配管及び機器は、冷却材温度変化による熱応力、設計地震力等に十分耐えるように設計する。

なお、ナトリウムを内包する配管及び機器は、内包するナトリウムを固化することによるナトリウム漏えい防止措置を講じるか、ナトリウムを内包する配管又は機器が破損した場合に想定される漏えい量が少ないものを除き、基準地震動による地震力に対して、ナトリウムが漏えいすることがないように設計する。このうち、2次冷却材ダンプタンクについては、2次冷却材の漏えいに伴う緊急ドレン後に長期間ナトリウムを保有するため、弾性設計用地震動による地震力に対して、おおむね弾性状態に留まる範囲で耐えるように設計する。

- (iv) ナトリウムを内包する配管及び機器は、腐食を防止するため、冷却材の純度を適切に管理するとともに、減肉に対する肉厚管理を適切に行う。

##### 4.4.2 ナトリウム漏えいの検知・ナトリウム燃焼の感知及びナトリウム燃焼の消火

設計基準において想定されるナトリウム燃焼により、原子炉施設の安全性が損なわれることを防止するため、早期にナトリウム漏えいの検知・ナトリウム燃焼の感知及びナトリウム燃焼の消火ができるように、以下のとおり設計する。

###### (1) ナトリウム漏えいの検知

ナトリウム漏えいの検知には、ナトリウム漏えい検出器を用いる。原子炉冷却材バウンダリ及び冷却材バウンダリ等を構成する配管及び機器（主冷却器及び補助冷却器を除く。）には、通電式のナトリウム漏えい検出器を設ける。主冷却器及び補助冷却器については、主冷却器及び補助冷却器の構造に鑑み、光学式のナトリウム漏えい検出器を使用する。

なお、原子炉冷却材バウンダリにあっては、二重構造を有しており、ナトリウム漏えい検出器を二重構造の間隙部に設置するため、原子炉冷却材バウンダリの破損に伴うナトリウム漏えいは、当該ナトリウムが二重構造の外に漏えいすることなく検知される。

ナトリウム漏えい検出器は、誤作動を防止するための方策を講じたものとする。ナトリウム漏えい検出器は、外部電源喪失時に、機能を喪失することがないように、非常用電源設備（非常用ディーゼル電源系及び蓄電池）より電源を供給する。

ナトリウム漏えい検出器は、想定される自然現象によっても、機能、性能が維持できるもの

とする。

原子炉施設において、設計上の考慮を要する自然現象としては、地震、津波、洪水、降水、風（台風）、凍結、積雪、落雷、地滑り、生物学的事象、竜巻、火山の影響、森林火災を選定した。

津波、洪水、地滑り、生物学的事象のうち、海生生物の影響については、立地的要因等により、ナトリウム漏えい検出器の機能、性能に影響を及ぼすことはない。

生物学的事象のうち、微生物の影響については、ナトリウム漏えい検出器の機能、性能に影響を及ぼす自然現象ではない。

降水、風（台風）、凍結、積雪、竜巻、火山の影響、森林火災について、ナトリウム漏えい検出器は、当該自然現象に対して、性能が著しく阻害されないように建物内に設置するものとする。

生物学的事象のうち、小動物の影響について、ナトリウム漏えい検出器は、当該自然現象に対して、性能が著しく阻害されないように小動物の侵入を防止するものとする。

落雷について、ナトリウム漏えい検出器は、落雷に対して、性能が著しく阻害されないように「4.5.1（7）」に示すとおり、避雷設備を設けるものとする。

地震について、ナトリウム漏えい検出器は、基準地震動による地震力に対して機能を喪失しないものとするを基本とする。ただし、ナトリウム漏えい検出器の構造上、基準地震動による地震力に対して機能を喪失しない設計とすることが困難な場合は、地震により、ナトリウム漏えい検出器に異常が生じた場合に、当該異常を検知して復旧することにより、ナトリウム漏えい検出器の機能を維持するものとする。

ナトリウム漏えい検出器が作動した場合には、中央制御室に警報を発し、かつ、ナトリウムが漏えいした場所を特定できるものとする。

なお、2次冷却材を内包する配管又は機器が設置される場所（格納容器（床下）を除く。）には、監視用 ITV を設置し、中央制御室のモニタにより、状況を確認できるものとする。

## （2）ナトリウム燃焼の感知

ナトリウム燃焼を早期に感知するため、当該感知については、ナトリウム漏えいの検知を起点とするものとし、ナトリウム漏えい検出器で兼用する。ナトリウム漏えい検出器は、外部電源喪失時に、機能を喪失することがないように、非常用電源設備（非常用ディーゼル電源系及び蓄電池）より電源を供給するものとし、十分な信頼性を確保する。さらに、一般火災に適用する煙感知器又は熱感知器は、動作原理（煙感知器：ナトリウムエアロゾルに反応、熱感知器：ナトリウム燃焼に伴い発生する熱に反応）より、ナトリウム燃焼にも適用できることを考慮し、ナトリウム燃焼を確実に感知するため、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画には、煙感知器又は熱感知器を設置する。

## （3）ナトリウム燃焼の消火

ナトリウム燃焼の消火には、特殊化学消火剤を使用する。

原子炉施設には、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器及び防護具（防護服、防護マスク、携帯用空気ボンベ等）を設置する。

なお、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画に配置する。



現場操作が必要となる場所については、バッテリー内蔵型又は非常用ディーゼル電源系より給電できる照明を常設する。また、中央制御室には、バッテリー内蔵型の可搬型照明を配備し、必要に応じて持参できるものとする。

特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器及び防護具について、定期的に装備装着訓練や消火訓練を実施することで、これらの資機材の使用に係る習熟度の向上を図る。

(i) 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器等の設置

- a. 原子炉施設で保有する特殊化学消火剤の量は、一系統における単一の配管又は機器の破損を想定し、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画の構造を考慮して十分な量を備えるものとする。
- b. 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画ごとに1から2本程度を分散して設置する。ただし、格納容器（床下）については、格納容器（床下）の雰囲気（窒素雰囲気）から空気雰囲気とした場合に設置する。
- c. 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器及び防護具は、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画に至る経路に設置し、必要に応じて、持参できるものとする。

(ii) 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器の自然現象に対する機能、性能の維持

特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、想定される自然現象によっても、機能、性能が維持できるものとする。

原子炉施設において、設計上の考慮を要する自然現象としては、地震、津波、洪水、降水、風（台風）、凍結、積雪、落雷、地滑り、生物学的事象、竜巻、火山の影響、森林火災を選定した。

津波、洪水、地滑り、生物学的事象のうち、海生生物の影響については、立地的要因等により、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器の機能、性能に影響を及ぼすことはない。

落雷、生物学的事象のうち、微生物の影響については、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器の機能、性能に影響を及ぼす自然現象ではない。

地震、降水、風（台風）、凍結、積雪、生物学的事象のうち、小動物の影響、竜巻、火山の影響、森林火災については、以下のとおり設計する。

- a. 敷地付近の水戸地方気象台での記録（1897年～2013年）によれば、最低気温は $-12.7^{\circ}\text{C}$ であり、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、使用温度範囲が当該最低気温に適切な余裕を考慮したものを使用することにより凍結を防止する。
- b. 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、降水、風（台風）、積雪、竜巻、火山の影響、森林火災に対して、性能が著しく阻害されないように建物内に設置する。
- c. 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、生物学的事象のうち、小動物の影響に対して、性能が著しく阻害されないように定期的に外形を点検する。
- d. 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、地震や振動により転倒しないように転倒防止措置を講じる。

なお、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、屋外と連結する消火配管を有しないため、地盤変異対策を必要としない。

(iii) 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器の破損、誤作動又は誤操作による影響

特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器が破損した場合には、電気機器へ悪影響を及ぼすおそれがあることから、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、転倒・落下し破損又は誤作動しないように転倒防止措置を講じる。

また、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、誤操作を防止するため、訓練を受けた運転員等が使用するものとする。

(iv) 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器に対する二次的影響の考慮

特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、火災の火炎及び熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体等による二次的影響も考慮して、火災区画内に分散して設置する。また、万一、当該火災区画内の特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器が使用できない場合には、当該火災区画と異なる場所から特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器を持参できるように特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器を設置する。

(4) ナトリウム燃焼と一般火災の識別

ナトリウム燃焼は、ナトリウムを内包する配管又は機器が破損し、ナトリウムが漏えいした場合に空気雰囲気下において生じるものであり、一般火災を起因にナトリウム燃焼が生じるおそれはないことから、ナトリウム燃焼と一般火災の識別は、ナトリウム漏えい検出器の作動の有無、ナトリウムエアロゾルの発生の有無、ナトリウムエアロゾル特有の刺激臭の有無等により行う。

特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、一般火災にも使用できるものの、ABC消火器と比べて放射距離が短い。このため、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画において、一般火災のみが生じていることが確認できた場合には、ABC消火器を使用する。

ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画は、油やケーブル等の可燃性物質の量を少なく管理するか、ナトリウム燃焼に伴い可燃性物質に延焼しないように距離を確保することを基本とし、ナトリウム燃焼に伴い可燃性物質に延焼するおそれがある場合（可燃性物質の量が少なく影響が小さい場合を除く。）には、当該可燃性物質を耐火能力を有する隔壁で覆い延焼を防止する。

4.4.3 ナトリウム燃焼の影響軽減

設計基準において想定されるナトリウム燃焼により、原子炉施設の安全性が損なわれることを防止するため、ナトリウム燃焼の影響軽減について、以下のとおり設計する。

(1) ナトリウム漏えい発生時の燃焼抑制

ナトリウム漏えい発生時に、空気雰囲気でのナトリウム燃焼を抑制するため、以下の対策を講じる。

(i) 原子炉冷却材バウンダリを構成し、1次冷却材を内包する配管及び機器は、二重構造とするとともに、当該間隙を窒素雰囲気で維持し、万一、当該配管又は機器から1次冷却材が漏えいした場合であっても、漏えいしたナトリウムを当該間隙で保持することによりナトリウム燃焼を抑制する。

なお、ナトリウムが漏えいし、二重構造の間隙に漏えいしたナトリウムが保持される状態に至った場合、ドレンした後でなければ、格納容器（床下）を空気雰囲気に置換しないものとする。

(ii) (i) を除き格納容器 (床下) に設置するナトリウムを内包する配管及び機器について、原子炉運転中においては、格納容器 (床下) を窒素雰囲気で維持し、万一、当該配管又は機器からナトリウムが漏えいした場合であっても、漏えいしたナトリウムを格納容器 (床下) で保持することによりナトリウム燃焼を抑制する。

なお、ナトリウムが漏えいし、格納容器 (床下) に漏えいしたナトリウムが保持される状態に至った場合、漏えいしたナトリウムの温度が十分に低下した後でなければ、格納容器 (床下) を空気雰囲気に置換しないものとする。

(iii) (ii) を除き 2 次冷却材を内包する配管及び機器について、万一、当該配管又は機器から 2 次冷却材が漏えいした場合には、漏えいの発生した系統内に残存する冷却材を 2 次冷却材ダンプタンクに緊急ドレンし、ナトリウムの漏えい量を低減することによりナトリウム燃焼を抑制する。

#### (2) ナトリウム燃焼の影響軽減

(i) ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画 (原子炉運転中に窒素雰囲気で維持する格納容器 (床下) を除く。) は、耐火能力を有する耐火壁又は隔壁により、他の火災区画と分離する。

(ii) ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画の床面に設置する鋼製のライナは、堰を設け、漏えい拡散面積を抑制することにより、ナトリウムと空気の接触面積を低減し、ナトリウム燃焼の影響を軽減する。

(iii) ナトリウムと湿分等の反応に伴い発生した水素が蓄積するおそれのある火災区画については、当該火災区画に窒素ガスを供給し、水素の濃度を燃焼限界濃度以下に抑制できるものとする。

(iv) 主冷却機建物においては、漏えいしたナトリウムを鋼製の床ライナ又は受樋を介して、ナトリウム溜に導き、ナトリウム溜で漏えいしたナトリウムを保持する。

(v) 主冷却機建物及び原子炉附属建物においては、多量のナトリウムエアロゾルの発生を想定し、ナトリウムエアロゾルの拡散を防止するため、空調換気設備を停止し、防煙ダンパを閉止できるものとし、他の火災区画への影響を軽減する。

#### (3) ナトリウムと構造材との反応防止

高温のナトリウムとコンクリートが直接接触することを防止するため、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画には、耐火能力を有する鋼製のライナ又は受樋を設置する。

なお、当該ライナ及び受樋については、ナトリウム燃焼に伴い鋼製材料の腐食が生じることを考慮した厚さを有するものとする。

#### 4.4.4 ナトリウム燃焼の影響評価

設計基準において想定されるナトリウム燃焼に対して、ナトリウムが漏えいした場合のナトリウムの漏えい量及び漏えいしたナトリウムの燃焼による影響を以下により評価する。

(i) 一系統の単一の配管の破損 (他の系統及び機器は健全なものと仮定) を想定する。

なお、二重構造を有する配管及び機器については、内管の破損により漏えいしたナトリウムは外管により保持されることを踏まえて評価する。原子炉運転中、窒素雰囲気下で維持す

- る格納容器（床下）に設置する配管又は機器が破損した場合については、ナトリウム燃焼を抑制できるため、格納容器（床下）を空気雰囲気置換した場合の影響を評価する。
- (ii) 配管直径の 1/2 の長さと同配管肉厚の 1/2 の幅を有する貫通クラックからの漏えいを想定する。
  - (iii) ナトリウム漏えい量の評価に当たっては、漏えい停止機能（緊急ドレン）による漏えい停止までの漏えい継続時間を考慮する。
  - (iv) 漏えいしたナトリウムが鋼製の床ライナ又は受樋を介して、ナトリウム溜に導かれることを考慮する。
  - (v) ナトリウム燃焼に伴い火災区画内の酸素濃度が低下してナトリウム燃焼が抑制されることを考慮する。
  - (vi) ナトリウム燃焼の影響評価に当たっては、以下の判断基準に基づき、原子炉の安全停止が達成できることを確認する。
    - a. 火災区画の境界を構成する構造材（コンクリート）の温度が許容値を満足し、隣接する火災区画に設置している健全な系統の機能を喪失させないこと。
    - b. ナトリウム燃焼に伴い発生する水素が蓄積・燃焼に至らないこと。
    - c. 鋼製のライナ又は受樋が腐食により損傷し、ナトリウムと構造材（コンクリート）との反応が生じないこと。
  - (vii) ナトリウム燃焼の影響評価に当たっては、ナトリウム燃焼に伴う一般火災との重量を考慮するものとし、ナトリウム燃焼に伴い延焼するおそれがある可燃性物質が同時に燃焼するものとして評価を行い、(vi) の判断基準に基づき、原子炉の安全停止が達成できることを確認する。火災区画内でのナトリウム燃焼量は、想定されるナトリウム漏えい量に対して、漏えいしたナトリウムが鋼製の床ライナ又は受樋を介してナトリウム溜に導かれること、ナトリウム燃焼に伴い火災区画内の酸素濃度が低下してナトリウム燃焼が抑制されることを考慮する。



において、可燃性の蒸気又は可燃性の微粉が発生するおそれがある場合には、換気、通風又は拡散の措置により、可燃性の蒸気又は可燃性の微粉の滞留を防止する。

また、火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画のうち、「工場電気設備防爆指針（ガス蒸気防爆 2006 又は国際整合技術指針 2020）」で要求される爆発性雰囲気に至るおそれのある火災区画には、防爆型の電気・計装品を使用するとともに、着火源となるような静電気が溜まるおそれのある設備を設置する場合には、静電気を除去する装置を設けるものとする。ただし、燃料油（重油）及び潤滑油の引火点が室内温度や機器運転温度に比べて高く、可燃性蒸気が燃焼範囲の下限の濃度となることがない場合には、燃料油（重油）及び潤滑油を内包する設備を設置する火災区画に設置する電気・計装品は、防爆型とする必要はないものとする。

また、火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画には、金属粉や布による研磨機のように静電気が溜まるおそれのある設備を設置しないものとする。

### （3）発火源への対策

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画における火花が発生するおそれのある設備は、金属製の筐体に収納するなどの対策を行い、設備の外部に火花が出ることを防止する。

また、火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画における高温の設備は、高温部分を保温材で被覆し、可燃性物質との接触や可燃性物質の過熱を防止する。

### （4）水素漏えいへの対策

交流無停電電源系及び直流無停電電源系の蓄電池を設置する火災区画には、充電時において蓄電池から発生する水素が滞留することがないように、換気設備を設けるとともに、水素の検知器を設置し、水素濃度が警報設定値に達した場合には、中央制御室に警報を発するものとする。当該換気設備は、外部電源喪失時に、機能を喪失することがないように、非常用電源設備より電源を供給する。

当該換気設備は、社団法人日本電池工業会「蓄電池室に関する設計指針」（SBA G 0603-2001）に基づき、必要な換気容量を有したものとする。

換気設備が何らかの異常により停止した場合には、中央制御室に警報を発するものとする。

また、換気設備（換気扇）の故障に備え、可搬式局所排気装置を配備し、水素濃度が 2% に達するまでに可搬式局所排気装置による換気運転を行うことにより、水素濃度が燃焼限界濃度を超えないものとする。

交流無停電電源系及び直流無停電電源系の蓄電池を設置する火災区画には、直流開閉装置やインバータを設置しないものとする。

### （5）過電流による過熱防止対策

動力ケーブルについて、保護継電器、遮断器、ヒューズ等の組合せ等により、地絡や短絡等に起因するケーブルの過熱及び焼損を防止する。

### （6）不燃性材料又は難燃性材料の使用

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等は、以下のとおり、不燃

性材料又は難燃性材料を使用した設計とする。ただし、不燃性材料又は難燃性材料が使用できない場合は、不燃性材料又は難燃性材料と同等の性能を有する代替材料を使用するものとし、代替材料の使用が技術上困難な場合には、金属製の筐体や電線管への格納等により、他の機能を有する火災防護対象機器等において火災が発生することを防止するための措置を講じる。

(i) 主要な構造材に対する不燃性材料の使用

火災防護対象機器について、機器、配管、ダクト、トレイ、電線管、盤の筐体及びこれらの支持構造物のうち、主要な構造材は、金属材料、コンクリート等の不燃性材料を使用する。ただし、配管等のパッキン類は、金属に覆われた狭隘部に設置し直接火炎にさらされることはなく、他の火災防護対象機器等において火災が発生するおそれはないため、不燃性材料又は難燃性材料ではない材料を使用する場合がある。また、金属に覆われたポンプや弁等の駆動部の潤滑油及び機器躯体内部の電気配線は、発火、引火、着火等した場合でも他の火災防護対象機器等に延焼するおそれはないため、不燃性材料又は難燃性材料ではない材料を使用する場合がある。

(ii) 変圧器及び遮断器に対する絶縁油等の内包

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する建物内の変圧器及び遮断器は、絶縁油等の可燃性物質を内包していないものを使用する。

(iii) 難燃ケーブルの使用

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象ケーブルは、以下に示す自己消火性及び延焼性の実証試験又は当該試験に示される同等の性能を確認した難燃ケーブルを使用する。ただし、核計装等のケーブルは、難燃ケーブルを使用するか、又は耐ノイズ性を確保するため、難燃ケーブルの使用が困難な場合は、ケーブルを電線管内に敷設するとともに、電線管の開口部を熱膨張性及び耐火性を有したシール材で閉塞させ、電線管内への酸素の供給を防止することにより、難燃ケーブルと同等の自己消火性及び延焼性を確保する。

- ・ 自己消火性の実証試験：UL 規格又は ICEA 規格に基づく垂直燃焼試験
- ・ 延焼性の実証試験：米国電気電子工学会（IEEE）規格 383 又は電気学会技術報告（Ⅱ部）第 139 号に基づく垂直トレイ試験

(iv) 換気設備のフィルタに対する不燃性材料又は難燃性材料の使用

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器のうち、空調換気設備のフィルタは、チャコールフィルタを除き、「JIS L 1091（繊維製品の燃焼性試験方法）」又は「JACA No. 11A（空気清浄装置用ろ材燃焼性試験方法指針（公益社団法人 日本空気清浄協会）」を満足する難燃性材料を使用する。

(v) 保温材に対する不燃性材料の使用

火災防護対象機器に対する保温材は、ロックウールやケイ酸カルシウム等、建設省告示第 1400 号に定められたもの又は建築基準法で不燃性材料として認められたものを使用する。

(vi) 建物内装材に対する不燃性材料の使用

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する建物の主要な内装材には、建設省告示第 1400 号に定められたもの又は建築基準法で不燃性材料として認められたものを使用する。ただし、管理区域の床及び天井については、耐放射線性、除染性及び耐腐食性の確保を目的とし、旧建設省告示第 1231 号第 2 試験に基づく難燃性が確

認されたコーティング剤を使用する。当該コーティング剤は、不燃性材料であるコンクリートに塗布されるものであり、当該コーティング剤が発火した場合でも、他の火災防護対象機器等において火災を生じさせるおそれは小さい。

また、中央制御室等の床のカーペットは、消防法施行令第4条の3に基づく防火性能を有するものとする。

#### (7) 自然現象による火災の発生防止対策

想定される自然現象によって、原子炉施設内の火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等に火災が発生することを防止するものとする。

原子炉施設において、設計上の考慮を要する自然現象としては、地震、津波、洪水、降水、風（台風）、凍結、積雪、落雷、地滑り、生物学的事象、竜巻、火山の影響、森林火災を選定した。

津波、洪水、地滑り、生物学的事象のうち、海生生物の影響については、立地的要因等により、火災が発生することはない。

降水、凍結、積雪、生物学的事象のうち、微生物の影響については、火災が発生する自然現象ではない。また、火山の影響については、火山灰等が火山から原子炉施設に到達するまでに冷却されることを考慮すると火災が発生する自然現象ではない。

風（台風）、竜巻、森林火災については、原子炉施設内の火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を当該自然現象に対して防護することにより、火災の発生を防止する。

生物学的事象のうち、小動物の影響については、原子炉施設内の火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器に対して、小動物の侵入を防止することにより、火災の発生を防止する。

落雷については、落雷による火災の発生防止対策として、避雷設備を設ける。

地震については、地震による火災の発生防止対策として、火災防護対象機器は、耐震重要度分類に応じて、十分な支持性能をもつ地盤に設置するとともに、自らが破壊又は倒壊することによる火災の発生を防止する。

#### 4.5.2 一般火災の感知及び消火

設計基準において想定される一般火災により、原子炉施設の安全性が損なわれることを防止するため、早期に一般火災の感知及び消火ができるように、以下のとおり設計する。

##### (1) 一般火災の感知

火災防護基準による火災の感知を考慮する火災防護対象機器等に対する火災の影響を限定するため、早期に火災の感知を行えるように、火災感知器（感知器及び検知装置を合せて「火災感知器」という。以下同じ。）と受信機から構成される火災感知設備を設置する。

ここで、感知器とは、火災により生じる熱、煙又は炎を利用して火災の発生を感知し、火災信号等を発生するものであり、かつ、消防法に定められた型式適合検定に合格したもの（以下「検定品」という。）をいい、検知装置とは、感知器と同等の機能を有するが、検定品ではないものをいう。

火災感知器について、感知器は、消防法施行規則第23条第4項に基づき設置することを基



本とし、検知装置は、監視範囲に死角がないように設置する。

火災防護基準による火災の感知を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画は、各火災区画における放射線、取付面高さ、温度、空気流等の環境条件や炎が生じる前に発煙すること等、予想される火災の性質を考慮して、固有の信号を発する異なる感知方式の火災感知器を設置する。当該火災区画のうち、建物内における固有の信号を発する異なる感知方式の火災感知器の組合せとしては、誤作動を防止するため、平常時の状況（温度、煙の濃度）を監視し、かつ、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の煙感知器とアナログ式の熱感知器の組合せを基本とする（アナログ式の煙感知器とアナログ式の熱感知器の組合せを適用するエリアを以下「一般エリア」という。）。ただし、環境条件等から当該組合せを適用できないエリアについては、感知方式として、煙感知器、熱感知器、炎感知器の優先順で組合せを設定する。建物外は、非アナログ式の炎感知器と赤外線感知機能等を備えた監視カメラを設置する。

なお、火災防護基準による火災の感知を考慮する火災防護対象機器等を設置しない火災区画における火災の感知は、設備や環境条件に応じて、消防法で求められる対策で機能への影響を低減することを基本とする。

以下に、一般エリア以外の火災感知器の設置について示す。

#### (a) 防爆エリア

防爆エリアは、蓄電池又は燃料油を貯蔵する機器を有するエリアである。当該エリアは、万一の爆発を考慮し、消防法施行規則第 23 条第 4 項に基づき、防爆型の非アナログ式の煙感知器と防爆型の非アナログ式の熱感知器を設置する。

防爆型の非アナログ式の煙感知器及び防爆型の非アナログ式の熱感知器は、以下により誤作動を防止する。

- ・ 防爆型の非アナログ式の煙感知器については、設置する場所に誤作動の要因となる蒸気を生じる設備を設置しないものとする。
- ・ 防爆型の非アナログ式の熱感知器については、作動温度が周囲温度よりも高いものを使用する。

#### (b) 中天井エリア

中天井エリアは、火災感知器の取付面高さが 8m 以上で 20m 未満であり、消防法施行規則第 23 条第 4 項における熱感知器の取付面高さに係る適用範囲を超えるエリアである。当該エリアは、消防法施行規則第 23 条第 4 項に基づき、アナログ式の煙感知器と非アナログ式の炎感知器を設置する。

非アナログ式の炎感知器は、以下により誤作動を防止する。

- ・ 非アナログ式の炎感知器は、炎特有の性質を検出することにより、誤作動の少ない赤外線方式を使用する。

#### (c) 高天井エリア

高天井エリアは、火災感知器の取付面高さが 20m 以上であり、消防法施行規則第 23 条第 4 項における煙感知器及び熱感知器の取付面高さに係る適用範囲を超えるエリアである。当該エリアは、消防法施行規則第 23 条第 4 項に基づき、非アナログ式の炎感知器と消防法施行規則第 23 条第 4 項の適用範囲は超えるが、空調換気設備の運転状態に応じた空気の流れ

及び火災の規模に応じた煙の流動を踏まえて煙を有効に感知できるようにアナログ式の煙感知器を設置する。

(d) 屋外エリア

屋外エリアは、火災防護基準による火災の感知を考慮する火災防護対象機器等を設置する屋外のエリアである。当該エリアは、火災による煙や熱が周囲に拡散するため、アナログ式の煙感知器及びアナログ式の熱感知器による火災の感知が困難である。当該エリアには、非アナログ式の炎感知器と赤外線感知機能等を備えた監視カメラを火災防護基準による火災の感知を考慮する火災防護対象機器等を全体的に監視できるように設置する。検知装置である赤外線感知機能等を備えた監視カメラは、適切な温度分解能及び観測範囲を有するものを使用することで、感知器と同等の機能を確保できる。

(e) 火災防護基準による火災の感知を考慮する火災防護対象機器等を設置しないエリア

火災防護基準による火災の感知を考慮する火災防護対象機器等を設置しないエリアは、煙感知器を設置することを基本とする。ただし、多量の燃料油等による火災が想定される場所、正常時に煙が滞留する場所又は水蒸気が多量に発生する場所等には、熱感知器を設置する。また、放射線量が高く、かつ、火災感知器の設置ができないか、又は火災感知器を設置した場合に火災感知器の保守点検ができない場所には、火災感知器を設置しないものとする。火災感知器を設置しない場所を以下に示す。火災感知器を設置しない場所については、可燃性物質の管理や窒素雰囲気維持することや作業時以外に装置電源を切るなどの対策を講じることにより、十分な保安水準を確保できるものとする。

- ・ 原子炉建物内の「炉容器ピット」
- ・ 原子炉附属建物内の「燃料洗浄室」及び「缶詰室」
- ・ 廃棄物処理建物内の「濃縮液タンク室等の高濃度廃液収納タンク設置室」及び「固化処理室（B）及び固体廃棄物B貯蔵庫B」

火災感知器の作動状況を中央制御室で監視するため、赤外線感知機能等を備えた監視カメラ以外の火災感知器用の受信機（以下「防災監視盤」という。）及び赤外線感知機能等を備えた監視カメラ用の受信機を中央制御室に設置する。防災監視盤は、火災感知器が作動した場合に警報を発し、かつ、火災感知器の設置場所を一つずつ特定することにより、火災の発生場所を特定できるものとする。赤外線感知機能等を備えた監視カメラ用の受信機は、赤外線感知機能等を備えた監視カメラが作動した場合に警報を発し、かつ、赤外線感知機能等を備えた監視カメラの監視画像を一つずつ確認することにより、火災の発生場所を特定できるものとする。

火災感知設備は、外部電源喪失時に、機能を喪失することがないように、非常用電源設備（非常用ディーゼル電源系及び蓄電池）より電源を供給する。

火災感知設備は、想定される自然現象によっても、機能、性能が維持できるものとする。

原子炉施設において、設計上の考慮を要する自然現象としては、地震、津波、洪水、降水、風（台風）、凍結、積雪、落雷、地滑り、生物学的事象、竜巻、火山の影響、森林火災を選定した。

津波、洪水、地滑り、生物学的事象のうち、海生生物の影響については、立地的要因等により、火災感知設備の機能、性能に影響を及ぼすことはない。

生物学的事象のうち、微生物の影響については、火災感知設備の機能、性能に影響を及ぼす

自然現象ではない。

降水、風（台風）、凍結、積雪、竜巻、火山の影響、森林火災について、火災感知設備は、当該自然現象に対して、性能が著しく阻害されないように建物内に設置するものとする。ただし、建物外に設置する火災感知器については、予備の火災感知器を確保し、降水、風（台風）、凍結、積雪、竜巻、火山の影響、森林火災の影響を受けた場合には、早期に取替えを行い復旧するものとする。

生物学的事象のうち、小動物の影響について、火災感知設備は、当該自然現象に対して、性能が著しく阻害されないように小動物の侵入を防止するものとする。

落雷について、火災感知設備は、落雷に対して、性能が著しく阻害されないように「4.5.1（7）」に示すとおり、避雷設備を設けるものとする。

地震について、火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画の火災感知器及び当該火災感知器用の受信機は、基準地震動による地震力に対して機能を喪失しないものとする。

火災感知設備は、自動試験及び遠隔試験等により、機能に異常がないことを確認する。

なお、燃料油（重油）を貯蔵するエリア及び現場電源盤が設置されるエリアにおいては、監視用 ITV を設置し、中央制御室のモニタにより、状況を確認できるものとする。

また、原子炉運転中、格納容器（床下）は、高温・高放射線環境となるため、火災感知器が故障するおそれがある。このため、格納容器（床下）に設置する火災感知器は、格納容器（床下）を窒素雰囲気で維持し、火災が発生するおそれがない期間については、火災感知器を事前に撤去又は作動信号を除外し、原子炉停止後に空気雰囲気に置換した後、速やかに交換又は復旧する運用とする。

## （2）一般火災の消火

原子炉施設は、ナトリウムを取り扱うことを踏まえ、原子炉建物、原子炉附属建物、主冷却機建物及びメンテナンス建物には、水を用いた消火設備を設置しないものとする。第一使用済燃料貯蔵建物及び第二使用済燃料貯蔵建物については、ナトリウムを取り扱わないこと、また、火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置しないことから、消防法に基づく屋内消火ポンプ式消火栓を設置する。

原子炉建物、原子炉附属建物及び主冷却機建物において、火災時に煙の充満、放射線の影響等により消火活動が困難とならない火災区画は、運転員等により ABC 消火器・二酸化炭素消火器（以下「可搬式消火器」という。）で消火を行い、火災時に煙の充満、放射線の影響等により消火活動が困難となる火災区画には、固定式消火設備として、ハロン消火設備を設置する。

現場操作が必要となる場所については、バッテリー内蔵型又は非常用ディーゼル電源系より給電できる照明を常設する。また、中央制御室には、バッテリー内蔵型の可搬型照明を配備し、必要に応じて持参できるものとする。

原子炉施設には、消火活動に必要な防護具を設置するとともに、定期的に装備装着訓練や消火訓練を実施することで、これらの機材の使用に係る習熟度向上を図る。

中央制御室から各火災区画（原子炉運転中に窒素雰囲気維持する格納容器（床下）を除く。）には、20 分未満でアクセスすることができる。

### （a）可搬式消火器

火災時に煙の充満により消火活動が困難とならない火災区画は、基本的に、火災の等価時間が 20 分未満となる火災区画とする。ただし、可燃性物質（ケーブル等）が多く火災の等価時間が 20 分を超えるものの、格納容器（床上）等、体積が大きく火災時に煙の充満により消火活動が困難となるおそれがない火災区画は、可搬式消火器で消火を行う。

火災時に煙の充満により消火活動が困難とならない火災区画にあっては、可能な限り、機器等を金属製の筐体・金属製の可とう電線管に収納すること又は使用時以外は通電しない運用とすることにより、当該機器の火災に起因して、他の機器等で火災が発生することを防止するとともに、消火活動が困難とならないように、可燃性物質の量を少なく管理することにより、煙の発生を抑えるものとする。

火災感知器を設置しない場所のうち、原子炉建物内の「炉容器ピット」については、常時、窒素雰囲気維持するなどにより、火災の発生を防止し、消火に係る措置を講じなくとも、十分な保安水準を確保できるものとする。原子炉附属建物内の「燃料洗浄室」及び「缶詰室」については、可燃性物質の量を少なく管理すること、また、設備の運転時において、作業員が監視することで、火災を感知し、随時の消火活動を行うことなどにより、十分な保安水準を確保できるものとする。廃棄物処理建物内の「濃縮液タンク室等の高濃度廃液収納タンク設置室」及び「固化処理室（B）及び固体廃棄物 B 貯蔵庫 B」については、設備の運転時において、作業員が監視することで、火災を感知し、随時の消火活動を行うことなどにより、十分な保安水準を確保できるものとする。

（i）可搬式消火器の設置

- a. 原子炉施設で保有する A B C 消火剤の量は、火災区画の可燃性物質の量に対して、初期消火の成否を考慮した上で十分な量を備えるものとする。
- b. 中央制御室には、A B C 消火器に加えて、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る系列の異なる火災防護対象ケーブルを接続する制御盤等の電気機器を設置することから、当該電気機器へ悪影響を与えない二酸化炭素消火器を設置する。
- c. ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画には、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器を設置する。
- d. 可搬式消火器は、各火災区画において、それぞれの可搬式消火器に至る歩行距離が 20m（大型消火器の場合は 30m）以下となるように各階ごとに設置する。特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器を設置する火災区画は、可搬式消火器（A B C 消火器）を当該火災区画の入口から歩行距離が 20m（大型消火器の場合は 30m）以下となる場所に設置する。

（ii）可搬式消火器の自然現象に対する機能、性能の維持

可搬式消火器は、想定される自然現象によっても、機能、性能が維持できるものとする。

原子炉施設において、設計上の考慮を要する自然現象としては、地震、津波、洪水、降水、風（台風）、凍結、積雪、落雷、地滑り、生物学的事象、竜巻、火山の影響、森林火災を選定した。

津波、洪水、地滑り、生物学的事象のうち、海生生物の影響については、立地的要因等により、可搬式消火器の機能、性能に影響を及ぼすことはない。

落雷、生物学的事象のうち、微生物の影響については、可搬式消火器の機能、性能に影響を及ぼす自然現象ではない。

地震、降水、風（台風）、凍結、積雪、生物学的事象のうち、小動物の影響、竜巻、火山の影響、森林火災については、以下のとおり設計する。

- a. 敷地付近の水戸地方気象台での記録（1897年～2013年）によれば、最低気温は-12.7℃であり、可搬式消火器は、使用温度範囲が当該最低気温に適切な余裕を考慮したものを使用することにより凍結を防止する。
- b. 可搬式消火器は、降水、風（台風）、積雪、竜巻、火山の影響、森林火災に対して、性能が著しく阻害されないように建物内に設置する。可搬式消火器を建物外に設置する場合は、降水、風（台風）、積雪、竜巻、火山の影響、森林火災に対して、性能が著しく阻害されないように、格納箱等に収納する等の対策を講じる。
- c. 可搬式消火器は、生物学的事象のうち、小動物の影響に対して、性能が著しく阻害されないように定期的に外形を点検する。
- d. 可搬式消火器は、地震や振動により転倒しないように転倒防止措置を講じる。

(iii) 可搬式消火器の破損、誤作動又は誤操作による影響

可搬式消火器（二酸化炭素消火器）については、消火剤の性状により、設置場所で破損した場合であっても、機器等に影響を及ぼすことはない。可搬式消火器（ABC消火器）が破損した場合には、電気機器へ悪影響を及ぼすおそれがあることから、可搬式消火器（ABC消火器）については、転倒・落下し破損又は誤作動しないように転倒防止措置を講じる。

また、可搬式消火器は、誤操作を防止するため、訓練を受けた運転員等が使用するものとする。

(iv) 可搬式消火器に対する二次的影響の考慮

可搬式消火器は、火災の火炎及び熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体等による二次的影響も考慮して、火災区画内に分散して設置する。また、万一、当該火災区画内の可搬式消火器が使用できない場合には、当該火災区画と異なる場所から可搬式消火器を持参できるように可搬式消火器を設置する。

(b) 固定式消火設備（ハロン消火設備）

固定式消火設備（ハロン消火設備）を設置する火災時に煙の充満により消火活動困難となる火災区画は、基本的に、火災の等価時間が20分以上となる火災区画とする。

(i) 固定式消火設備（ハロン消火設備）の主な仕様

- a. 固定式消火設備（ハロン消火設備）の消火剤には、ハロン1301を使用する。
- b. 固定式消火設備（ハロン消火設備）の消火剤の量は、消防法に基づくものとする。
- c. 中央制御室から固定式消火設備（ハロン消火設備）の起動装置の設置場所に20分未満でアクセスすることができる場合、固定式消火設備（ハロン消火設備）の起動方式は、現場（火災範囲外）に設置した起動装置による手動起動とすることを基本とする。ただし、原子炉附属建物のケーブル室は、多くのケーブルを有すること、狭い（部屋の体積が小さい）こと、及びケーブル室に設置する中央制御室の制御盤等のケーブルについて、当該制御盤等は、運転員の操作性及び視認性を確保することを目的に近

接して設置するため、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る系列の異なる火災防護対象ケーブルが近接することから、火災の影響を軽減できるように、当該室の固定式消火設備（ハロン消火設備）の起動方式は、自動起動とする。

- d. 固定式消火設備（ハロン消火設備）は、外部電源喪失時に、機能を喪失することがないように、非常用電源設備より電源を供給するものとする。
- e. 固定式消火設備（ハロン消火設備）が故障した場合には、中央制御室に故障警報を吹鳴するものとする。
- f. 固定式消火設備（ハロン消火設備）は、作動前に運転員等の退出ができるように警報を吹鳴するものとする。
- g. 火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等を設置する火災区画の消火を行うための固定式消火設備（ハロン消火設備）は、火災区画ごとに設置する。ただし、系列の異なる火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等を設置する火災区画に対して、1つの固定式消火設備（ハロン消火設備）で消火を行う場合には、当該固定式消火設備（ハロン消火設備）の動的機器である選択弁及び容器弁について、単一故障を仮定しても、機能を喪失しないものとする。

(ii) 固定式消火設備（ハロン消火設備）の自然現象に対する機能、性能の維持

固定式消火設備（ハロン消火設備）は、想定される自然現象によっても、機能、性能が維持できるものとする。

原子炉施設において、設計上の考慮を要する自然現象としては、地震、津波、洪水、降水、風（台風）、凍結、積雪、落雷、地滑り、生物学的事象、竜巻、火山の影響、森林火災を選定した。

津波、洪水、地滑り、生物学的事象のうち、海生生物の影響については、立地的要因等により、固定式消火設備（ハロン消火設備）の機能、性能に影響を及ぼすことはない。

生物学的事象のうち、微生物の影響については、固定式消火設備（ハロン消火設備）の機能、性能に影響を及ぼす自然現象ではない。

地震、降水、風（台風）、凍結、積雪、落雷、生物学的事象のうち、小動物の影響、竜巻、火山の影響、森林火災については、以下のとおり設計する。

- a. 固定式消火設備（ハロン消火設備）に使用する消火剤（ハロン 1301）の凝固点（約  $-168^{\circ}\text{C}$ ）は低く、凍結するおそれはない。
- b. 固定式消火設備（ハロン消火設備）は、降水、風（台風）、積雪、竜巻、火山の影響、森林火災に対して、性能が著しく阻害されないように、建物内に設置する。
- c. 固定式消火設備（ハロン消火設備）は、生物学的事象のうち、小動物の影響に対して、性能が著しく阻害されないように小動物の侵入を防止する。
- d. 固定式消火設備（ハロン消火設備）は、落雷に対して、性能が著しく阻害されないように「4.5.1（7）」に示すとおり、避雷設備を設ける。
- e. 火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画における固定式消火設備（ハロン消火設備）は、基準地震動による地震力に対して機能を喪

失しないものとする。固定式消火設備（ハロン消火設備）は、地震における地盤変位対策として、屋外と連結する配管を設置しないものとする。

(iii) 固定式消火設備（ハロン消火設備）の破損、誤作動又は誤操作による影響

固定式消火設備（ハロン消火設備）に使用する消火剤（ハロン 1301）は、電気絶縁性が高いため、金属への直接影響は小さい。また、沸点が低く揮発性が高く腐食生成物であるフッ素等の機器等への残留は少ないため、機器への影響も小さい。

固定式消火設備（ハロン消火設備）が破損、誤作動又は誤操作した場合の濃度は、ハロン 1301 の無毒性濃度と同等の濃度である。当該濃度は、雰囲気中の酸素濃度を低下させる濃度ではないため、酸欠に至ることもない。

(iv) 固定式消火設備（ハロン消火設備）に対する二次的影響の考慮

固定式消火設備（ハロン消火設備）は、火災の火炎、熱、煙等の直接的な影響又は二次的影響を考慮して、消火対象とする火災区画と異なる火災区画に固定式消火設備（ハロン消火設備）のボンベ及び制御盤を設置する。

#### 4.5.3 一般火災の影響軽減

設計基準において想定される一般火災により、原子炉施設の安全性が損なわれることを防止するため、一般火災の影響軽減について、以下のとおり設計する。

- (1) 火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等を設置する火災区域と隣接する他の火災区域との境界の耐火壁は、3 時間以上の耐火能力を有するものとする。
- (2) 火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等について、系列の異なる当該火災防護対象機器等は、異なる火災区画に設置することを基本とする。当該火災防護対象機器等を設置する火災区画の耐火壁の耐火能力は、当該火災防護対象機器等の配置及び火災の等価時間を考慮して設定する。当該火災防護対象機器等を設置する火災区画の火災の等価時間が 3 時間を超え、かつ、隣接する火災区画に系列の異なる当該火災防護対象機器等を設置する場合は、火災区画間の耐火壁を 3 時間以上の耐火能力を有するものとするか、隣接する火災区画の系列の異なる当該火災防護対象機器等に対して耐火能力を有する隔壁を設置し、当該隔壁と耐火壁を合わせて 3 時間以上の耐火能力を有するものとする。
- (3) 系列の異なる火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等を同一の火災区画内に設置する場合は、中央制御室及びケーブル室を除き、相互の系統分離を以下のいずれかにより行う設計とする。
  - a. 系列の異なる火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等について、互いの系列間を 3 時間以上の耐火能力を有する隔壁等により分離する。
  - b. 系列の異なる火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等について、互いの系列間を 1 時間の耐火能力を有する隔壁等で分離し、かつ、火災感知設備及び自動消火設備を設置する。ただし、中央制御室から手動起動装置の設置場所まで 20 分未満で移動し、固定式消火設備（ハロン消火設備）を起

動できる場合は、自動消火設備の設置に代えて、手動操作による固定式消火設備（ハロン消火設備）を設置する。また、火災時に煙の充満により消火活動が困難とならず、かつ、中央制御室から火災の発生した火災区画まで 20 分未満で移動し、消火活動を行うことができる火災区画は、自動消火設備の設置に代えて、可搬式消火器による消火を行うものとする。

(4) 系列の異なる火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等を同一の火災区画内に設置する格納容器（床上）の火災区画（操作床等）については、当該火災防護対象機器等の間を 1 時間の耐火能力を有する隔壁で分離し、かつ、当該火災区画は、可燃性物質（ケーブル等）が多く火災の等価時間が 20 分を超えるものの、体積が大きく火災時に煙の充満により消火活動が困難とならないため、自動消火設備の設置に代えて、可搬式消火器（ABC 消火器）による消火を行うものとする。当該消火活動に当たっては、1 時間以内に消火ができるように、火災時の放射等による影響を考慮して以下の措置を講じる。

- ・ 消火活動を行う際には、必要に応じて、防護具（防護服、防護マスク、携帯用空気ボンベ等）を装備する。当該防護具は、格納容器の入口に設置する。
- ・ 格納容器には、2 箇所の入口（所員用エアロックと非常用エアロック）を設置し、また、中 2 階には、2 箇所のアクセスルートを設置し、火災の状況に応じて、アクセスルートを選定する。
- ・ 火元から離れた位置で消火活動が行えるよう、放射距離の長い大型の可搬式消火器（ABC 消火器）を設置する。
- ・ 機器等が密集する場所においては、局所的に煙が滞留するおそれがあることから、煙により消火活動が阻害されないよう、可搬型の排煙装置を準備し、必要に応じて、排煙できるものとする。

可搬式消火器（ABC 消火器）による消火活動を行ったにもかかわらず、火災が拡大して 1 時間以内に消火ができないと判断した場合には、運転員等の人命を最優先に考え格納容器内からの退避を行うとともに、格納容器（床上）の空調換気設備を停止し、当該空調換気設備のダンパを閉止して格納容器（床上）を密閉状態として内部の窒息消火を行うものとする。当該窒息消火に当たっては、中央制御室において、酸素濃度により密閉状態を確認し、格納容器（床上）の温度により火災の状況の監視を行うものとする。

(5) 中央制御室及びケーブル室における火災の影響軽減については、以下のとおり設計する。

(i) 中央制御室に対する火災の影響軽減

中央制御室の制御盤等は、運転員の操作性及び視認性を確保することを目的に近接して設置することから、一つの制御盤等に火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る系列の異なる火災防護対象ケーブルが接続されることを踏まえて、以下により火災の影響軽減を行う設計とする。

① ケーブルに対する火災の影響軽減

火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象ケーブルについて、盤内は狭く耐火壁により 1 時間の耐火能力を確保することはできないものの、可能な限り耐火テープを敷設し、火災の影響を軽減する。当該耐火テープにつ



いては、30分の耐火能力を有するものを使用する。

また、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象ケーブルの周囲のケーブルについても、可能な限り耐火テープを敷設し、火災の影響を軽減する。当該耐火テープについても、30分の耐火能力を有するものを使用する。

② 火災の早期感知

中央制御室には、固有の信号を発する異なる感知方式の火災感知器として、煙感知器と熱感知器を設置する。

常駐する運転員による火災の早期感知に努めるとともに、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る系列の異なる火災防護対象ケーブルを接続する制御盤等は、早期に火災を感知し、火災の影響を軽減するため、盤に煙感知器を設置する。当該煙感知器は、中央制御室に設置する煙感知器よりも早期に火災を感知できるものとする。

③ 火災の早期消火

中央制御室内には、可搬式消火器として、ABC消火器に加えて、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る系列の異なる火災防護対象ケーブルを接続する制御盤等の電気機器を設置することから、電気機器へ悪影響を与えない二酸化炭素消火器を設置する。

常駐する運転員は、火災を感知した場合、火災の影響を軽減するため、1～2本の二酸化炭素消火器による消火を行う。当該消火活動の際には、二酸化炭素が局所的に滞留することによる人体への影響を考慮して、中央制御室に設置する二酸化炭素濃度計を携帯する。常駐する運転員による火災の早期感知及び消火を図るため、消火活動の手順を定めて、定期的に訓練を実施する。

また、中央制御室には、煙の充満により消火活動に支障を来さないように、排煙設備を設置する。

(ii) ケーブル室に対する火災の影響軽減

中央制御室の下方に位置するケーブル室においては、多くのケーブルを有すること、狭い(部屋の体積が小さい)こと、及びケーブル室に有する中央制御室の制御盤等のケーブルについて、当該制御盤等は、運転員の操作性及び視認性を確保することを目的に近接して設置することから、中央制御室の制御盤等に接続する箇所では火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る系列の異なる火災防護対象ケーブルが近接することを踏まえて、以下により火災の影響軽減を行う設計とする。

① ケーブルに対する火災の影響軽減

火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象ケーブルは、施工に必要な隙間を確保できる範囲において、1時間の耐火能力を有する耐火シートを敷設した電線管内に敷設する。当該耐火シートを敷設した電線管を敷設することができない中央制御室の制御盤等に接続する狭隘部には、1時間の耐火能力を確保することはできないものの、耐火能力を有する耐火テープを敷設し、火災の影響を軽減する。当該耐火テープについては、30分の耐火能力を有するものを使用する。

② 火災の早期感知

ケーブル室には、固有の信号を発する異なる感知方式の火災感知器として、煙感知器と熱感知器を設置する。

ケーブルの火災を早期に検知し、火災の影響を軽減できるよう、検知装置として光ファイバ温度センサを設置する。

なお、光ファイバ温度センサは、消火後の状況を確認することにも使用することができる。

### ③ 火災の早期消火

ケーブル室には、自動起動又は現場（火災範囲外）において、運転員が手動で起動することができる固定式消火設備（ハロン消火設備）を設置する。

当該固定式消火設備（ハロン消火設備）は、光ファイバ温度センサが作動し、中央制御室に警報が発せられた場合、現場（火災範囲外）において、運転員が手動で起動するものとする。当該固定式消火設備（ハロン消火設備）の手動起動は、ケーブル室の火災感知器が作動する前に行う操作であり、その際には、ケーブル室内において、光ファイバ温度センサが誤作動したものではないことを確認するため、中央制御室には、手動起動装置を設置しないものとする。

また、当該固定式消火設備（ハロン消火設備）は、複数の感知器が作動した場合に自動起動するものとする。万一、自動起動しなかった場合には、現場（火災範囲外）において、運転員が手動で起動するものとする。

### ④ 火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象ケーブルを敷設する電線管内での火災

火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象ケーブルを敷設する電線管内の火災については、電線管内で窒息消火されるよう当該電線管の開口部を熱膨張性及び耐火性を有したシール材で閉塞する。

また、上記電線管内で火災が発生した場合には、当該電線管内のケーブルが断線、地絡又は短絡するため、警報や指示値の異常が発生する。当該警報や指示値の異常を確認し、原子炉の停止を行い、その後、火災の発生場所を特定して復旧することとし、上記電線管内には光ファイバケーブルを敷設しないものとする。万一、上記電線管内で窒息消火されず、電線管の外部に延焼した場合には、「4.5.3（3）（ii）①～③」の対策により、火災の影響を軽減することができる。

(6) 換気設備は、他の火災区画の火、熱又は煙が、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画に悪影響を及ぼさないように、防火ダンパを設置する。当該防火ダンパを設置する換気設備のフィルタには、フィルタの延焼を防護するため、チャコールフィルタを除き、「JIS L 1091（繊維製品の燃焼性試験方法）」又は「JACA No. 11A（空気清浄装置用ろ材燃焼性試験方法指針（公益社団法人 日本空気清浄協会）」を満足する難燃性材料を使用する。

(7) 運転員が常駐する中央制御室には、火災時の煙を排気できるように、建築基準法が定める構造方法に準じた排煙設備を設置する。

なお、当該排煙設備は、中央制御室専用であるため、排気に伴う放射性物質の環境への放出を考慮する必要はない。

- (8) 地下階に設置する燃料油（重油）の貯蔵タンク内のベーパーが建物内に滞留しないよう、当該タンクにはベント管を設け、ベーパーを屋外に排気できるものとする。
- (9) 火災区画で可燃性物質を保管する場合は、原則として、建設省告示第 1360 号において定められた構造方法に準拠した防火性能を有する鋼製のキャビネットに収納する。鋼製のキャビネット以外で保管する場合は、「4.5.5 一般火災の影響評価」に基づき実施する一般火災の影響評価において設定する可燃性物質の制限量を超えないように、管理するとともに、発火源や火災防護対象機器等と適切に分離されるように、米国電気電子工学会（IEEE）規格 384 の分離距離を準用し、可燃性物質の位置を管理する。さらに、当該可燃性物質は、不燃シートで覆うことによる火災予防措置を講じる。

#### 4.5.4 個別の火災区域又は火災区画における留意事項

以下に示す原子炉建物、原子炉附属建物及び主冷却機建物における火災区域又は火災区画は、それぞれの特徴を考慮した火災防護対策を講じる。

##### (1) ケーブル処理室

ケーブル処理室には、原子炉附属建物中 2 階のケーブル室が該当する。

ケーブル室は、1 箇所の入口を設置する設計とするとともに、ケーブルトレイ間は、幅 0.9m、高さ 1.5m 未満の分離となる設計とするが、ケーブル室内に消防隊員が入室しなくとも消火が行えるよう、自動起動の固定式消火設備（ハロン消火設備）を設置する設計とする。

また、ケーブルトレイ間は、幅 0.9m、高さ 1.5m 未満の分離となる設計とするが、「4.5.3 (5) (ii)」に示す対策を講じることにより火災の影響を軽減する設計とする。

##### (2) 電気室

電気室は、電源供給のみに使用する設計とする。

##### (3) 蓄電池室

蓄電池室には、直流開閉装置やインバータを設置しない設計とする。

蓄電池室の換気設備は、一般社団法人電池工業会「蓄電池に関する設計指針（SBA G 0603-2001）」による水素の排気に必要な換気量以上とし、蓄電池室の水素濃度が 2%を十分下回るように維持できるように設計する。当該換気設備が故障した場合は、中央制御室に警報を発する設計とする。

##### (4) ポンプ室

火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器のうち、ポンプの設置場所は、体積が大きい等、火災時に煙の充満により消火活動が困難となるおそれは小さい。当該ポンプ室における消火に当たっては、空気呼吸器等を装備するものとし、運転員等の安全には十分留意するとともに、可搬型の排煙装置を準備し、必要な場合には、扉の開放や当該装置により換気し、呼吸具の装備及び酸素濃度の測定をし安全確認後に入室する設計とする。

##### (5) 中央制御室等

中央制御室等（中央制御室空調再循環運転時に閉回路を構成する範囲）と他の火災区画の空調換気設備の貫通部には、防火ダンパを設置する設計とする。

中央制御室等の床のカーペットは、消防法施行令第 4 条の 3 に基づく防火性能を有するものを使用する設計とする。

#### (6) 使用済燃料貯蔵設備、新燃料貯蔵設備

原子炉附属建物において、使用済燃料貯蔵設備の貯蔵ラックは、水冷却池において、水中に設置されている。当該貯蔵ラック内の使用済燃料等が臨界に達するおそれがないように、適切な間隔を確保する設計とする。

原子炉附属建物において、新燃料貯蔵設備では、床面で吊り下げられた収納管に新燃料等を収納する。新燃料等が臨界に達するおそれがないように、収納管を適切な間隔を有するように配列した設計とするとともに、新燃料を貯蔵能力最大に収納した状態で万一当該設備が水で満たされるといふ厳しい状態を仮定しても、実効増倍率は0.95以下に保つことができるように設計する。

#### (7) 放射性廃棄物処理設備及び放射性廃棄物貯蔵設備

原子炉附属建物において、廃ガス処理室、廃液タンク室、アルコール廃液タンク室の火災区画に関連する空調換気設備は、当該火災区画の空気を排気ラインに設けたフィルタを介して、主排気筒に導入し、外部に放出するものとし、環境への放射性物質の放出を防ぐことができる設計とする。また、当該空調換気設備は、空調換気設備を停止し、ダンパを閉止して隔離できるものとする。

なお、廃ガス処理室、廃液タンク室、アルコール廃液タンク室の火災区画は、水を用いた消火設備を設置しない原子炉附属建物内にあることから、水による消火活動を実施しない。

気体廃棄物処理設備、液体廃棄物処理設備、固体廃棄物処理設備は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成されるため、火災によって機能が影響を受けることはない。

使用済イオン交換樹脂は、ステンレス鋼製容器に、チャコールフィルタ及びHEPAフィルタは、金属製容器又は金属製保管庫に貯蔵する。

放射性廃棄物処理設備及び放射性廃棄物貯蔵設備においては、冷却が必要な崩壊熱が発生し、火災事象に至るような放射性廃棄物を貯蔵しない。金属ナトリウムが付着している、若しくは付着しているおそれのある固体廃棄物については、メンテナンス建物に設けた脱金属ナトリウム設備により、固体廃棄物を直接洗浄するか、又は除去用の治具類(スクレーパー、ヘラ等)を用いて、金属ナトリウムを除去する。除去した金属ナトリウムは、脱金属ナトリウム設備により安定化するものとし、また、金属ナトリウムが付着している治具類についても同様に安定化し、貯蔵中の火災の発生を防止する。

#### 4.5.5 一般火災の影響評価

設計基準において想定される一般火災(ナトリウム燃焼に伴う一般火災の重量を含む。)に対して、「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」を参考に以下により火災の影響を評価し、原子炉の安全停止が達成できることを確認する。

- (i) 火災区画内における火災源の火災荷重及び燃焼率から、当該火災区画内の火災の等価時間を算出する。
- (ii) 火災区画内で想定される火災に対して、当該火災区画に設置されている火災感知設備の種類及び消火設備を確認し、火災の感知及び消火方法が適切であること、並びに隣接する火災区画への火災の伝播を評価する。
- (iii) 設計基準において想定される火災による火災防護基準による火災の影響軽減を考慮す

る原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等への影響を確認する。

- (iv) ナトリウム燃焼を考慮する火災区画の影響評価に当たっては、ナトリウム燃焼と一般火災との重畳を考慮するものとし、ナトリウム燃焼に伴い延焼するおそれがある可燃性物質が同時に燃焼するものとして評価を行う。火災区画内でのナトリウム燃焼量は、想定されるナトリウム漏えい量に対して、漏えいしたナトリウムが鋼製の床ライナ又は受樋を介してナトリウム溜に導かれること、ナトリウム燃焼に伴い火災区画内の酸素濃度が低下してナトリウム燃焼が抑制されることを考慮する。

#### 4.6 手順等

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づき、原子炉施設保安規定を定める。原子炉施設保安規定には、火災について、以下の内容を含む手順を定め、適切な管理を行う。

- ・ 運転要領（運転管理、保守管理、事故発生時の措置）の作成に関すること
- ・ 消防機関への通報に関すること
- ・ 消火又は延焼の防止その他公設消防隊が火災の現場に到着するまでに行う活動に関すること
- ・ 必要な要員の配置に関すること
- ・ 教育及び訓練に関すること
- ・ 必要な資機材の配備に関すること
- ・ 可燃性物質の管理（ナトリウムの漏えいが想定される火災区画において、可燃性物質の設置を可能な限り低減すること、また、火災区画において、可燃性物質の設置及び持込みを所定の範囲に管理すること）に関すること

#### 4.7 要求事項（試験炉設置許可基準規則第8条）への適合性説明

（火災による損傷の防止）

第八条 試験研究用等原子炉施設は、火災により当該試験研究用等原子炉施設の安全性が損なわれないよう、必要に応じて、火災の発生を防止することができ、かつ、早期に火災発生を感知する設備及び消火を行う設備（以下「消火設備」という。）並びに火災の影響を軽減する機能を有するものでなければならない。

2 消火設備は、破損、誤作動又は誤操作が起きた場合においても試験研究用等原子炉を安全に停止させるための機能を損なわないものでなければならない。

#### 適合のための設計方針

##### 1 について

原子炉施設は、原子炉の運転に影響を及ぼすおそれのある火災が発生し、当該火災の発生又はナトリウムの漏えいを確認した場合において、原子炉を停止する（手動スクラム）。

原子炉施設は、設計基準において想定される火災によっても、原子炉を停止でき、放射性物質の閉じ込め機能を維持できるように、また、停止状態にある場合は、引き続きその状態を維持できるように、さらに、使用済燃料貯蔵設備の水冷却池においては、使用済燃料の冠水を確保し、冷却機能を維持できるように設計する。ナトリウム燃焼に対しては、「ナトリウム漏えいの発生防止」、「ナトリウム漏えいの検知・ナトリウム燃焼の感知及びナトリウム燃焼の消火」並びに「ナトリウム燃焼の影響軽減」の三方策のそれぞれを講じる設計とする。一般火災に対しては、火災防護基準による「火災の発生防止」、「火災の感知及び消火」並びに「火災の影響軽減」の三方策を適切に組み合わせる設計とする。

なお、火災防護基準による火災防護対策を適用しない安全機能の重要度分類がクラス1、2、3に属する構築物、系統及び機器に対しては、設備や環境条件に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

##### （1）ナトリウム燃焼に対する火災防護対策

###### a. ナトリウム漏えいの発生防止

ナトリウム漏えいの発生防止について、以下のとおり設計する。

ナトリウムを内包する配管及び機器の設計、製作等は、関連する規格、基準に準拠するとともに、品質管理や工程管理を十分に行う。

ナトリウムを内包する配管は、エルボを引き回し、十分な撓性を備えたものとする。

ナトリウムを内包する配管及び機器は、冷却材温度変化による熱応力、設計地震力等に十分耐えるように設計する。地震に対して、ナトリウムを内包する配管及び機器は、内包するナトリウムを固化するか、ナトリウムを内包する配管又は機器が破損した場合に想定される漏えい量が少ないものを除き、基準地震動による地震力に対して、ナトリウムが漏えいすることがないように設計する。このうち、2次冷却材ダンプタンクについては、2次冷却材の漏えいに伴う緊急ドレン後に長期間ナトリウムを保有するため、弾性設計用地震動による地震力に対して、おおむね弾性状態に留まる範囲で耐えるように設計する。

ナトリウムを内包する配管及び機器は、腐食を防止するため、冷却材の純度を適切に管理するとともに、減肉に対する肉厚管理を行う。

b. ナトリウム漏えいの検知・ナトリウム燃焼の感知及びナトリウム燃焼の消火

ナトリウム漏えいの検知・ナトリウム燃焼の感知及びナトリウム燃焼の消火について、以下のとおり設計する。

(i) ナトリウム漏えいの検知

ナトリウム漏えいの検知には、ナトリウム漏えい検出器を用いる。

ナトリウム漏えい検出器は、誤作動を防止するための方策を講じ、外部電源喪失時に、機能を喪失することがないように、非常用電源設備（非常用ディーゼル電源系及び蓄電池）より電源を供給する。

ナトリウム漏えい検出器は、想定される自然現象（地震、降水、風（台風）、凍結、積雪、落雷、生物学的事象のうち、小動物の影響、竜巻、火山の影響、森林火災）によっても、機能、性能が維持できるものとする。ナトリウム漏えい検出器は、降水、風（台風）、凍結、積雪、竜巻、火山の影響、森林火災に対して、性能が著しく阻害されないように建物内に設置するものとする。ナトリウム漏えい検出器は、生物学的事象のうち、小動物の影響に対して、性能が著しく阻害されないように小動物の侵入を防止するものとする。ナトリウム漏えい検出器は、落雷に対して、性能が著しく阻害されないように避雷設備を設けるものとする。ナトリウム漏えい検出器は、基準地震動による地震力に対して機能を喪失しないものとする。ただし、ナトリウム漏えい検出器の構造上、基準地震動による地震力に対して機能を喪失しない設計とすることが困難な場合は、地震により、ナトリウム漏えい検出器に異常が生じた場合に、当該異常を検知して復旧することにより、ナトリウム漏えい検出器の機能を維持するものとする。

ナトリウム漏えい検出器が作動した場合には、中央制御室に警報を発し、かつ、ナトリウムが漏えいした場所を特定できるものとする。

(ii) ナトリウム燃焼の感知

ナトリウム燃焼を早期に感知するため、ナトリウム燃焼の感知は、ナトリウム漏えいの検知を起点とするものとし、ナトリウム漏えい検出器で兼用する。さらに、ナトリウム燃焼を確実に感知するため、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画には、一般火災に適用する煙感知器又は熱感知器を設置する。

(iii) ナトリウム燃焼の消火

ナトリウム燃焼の消火には、特殊化学消火剤を使用する。

原子炉施設には、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器及び防護具を設置する。

現場操作が必要となる場所については、バッテリー内蔵型又は非常用ディーゼル電源系より給電できる照明を常設する。また、中央制御室には、バッテリー内蔵型の可搬型照明を配備し、必要に応じて持参できるものとする。

原子炉施設に保有する特殊化学消火剤の量は、一系統における単一の配管又は機器の破損を想定し、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画の構造を考慮して十分な量を備えるものとする。

ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画には、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器を1から2本程度分散して設置し、当該火災区画に至る経路には、特殊化学消火剤を



装填した可搬式消火器及び防護具を設置し、必要に応じて持参できるものとする。

特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、想定される自然現象（地震、降水、風（台風）、凍結、積雪、生物学的事象のうち、小動物の影響、竜巻、火山の影響、森林火災）によっても、機能、性能が維持できるものとする。敷地付近の水戸地方気象台での記録（1897年～2013年）によれば、最低気温は-12.7℃であり、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、使用温度範囲が当該最低気温に適切な余裕を考慮したものを使用することにより凍結を防止するものとする。特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、降水、風（台風）、積雪、竜巻、火山の影響、森林火災に対して、性能が著しく阻害されないように建物内に設置するものとする。特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、生物学的事象のうち、小動物の影響に対して、性能が著しく阻害されないように定期的に外形を点検するものとする。特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、地震や振動により転倒しないように転倒防止措置を講じるものとする。

特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、火災の火炎及び熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体等による二次的影響も考慮して、火災区画内に分散して設置する。また、万一、当該火災区画内の特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器が使用できない場合には、当該火災区画と異なる場所から特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器を持参できるように特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器を設置する。

特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、一般火災にも使用できるが、放射距離が短いことから、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画において、ナトリウム燃焼と一般火災をナトリウム漏えい検出器の作動の有無、ナトリウムエアロゾルの発生の有無、ナトリウムエアロゾル特有の刺激臭の有無等により識別し、一般火災のみが生じていることを確認した場合には、ABC消火器を使用する。

#### c. ナトリウム燃焼の影響軽減

ナトリウム燃焼の影響軽減について、以下のとおり設計する。

##### (i) ナトリウム漏えい発生時の燃焼抑制

原子炉冷却材バウンダリを構成し、1次冷却材を内包する配管及び機器は、窒素雰囲気で維持する二重構造の間隙に漏えいしたナトリウムを保持することによりナトリウム燃焼を抑制する。

上記以外で1次冷却材を内包する配管及び機器並びに格納容器（床下）に設置する2次冷却材を内包する配管及び機器は、原子炉運転中に窒素雰囲気で維持する格納容器（床下）に漏えいしたナトリウムを保持することによりナトリウム燃焼を抑制する。

上記以外で2次冷却材を内包する配管及び機器は、漏えいの発生した系統内に残存する冷却材を2次冷却材ダンプタンクに緊急ドレンし、ナトリウムの漏えい量を低減することによりナトリウム燃焼を抑制する。

##### (ii) ナトリウム燃焼の影響軽減

ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画（原子炉運転中に窒素雰囲気で維持する格納容器（床下）を除く。）は、耐火能力を有する耐火壁又は隔壁により、他の火災区画と分離する。

ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画の床面に設置する鋼製のライナは、堰を設け、漏えい拡散面積を抑制することにより、ナトリウムと空気の接触面積を低減する。

ナトリウムと湿分等との反応に伴い発生した水素が蓄積するおそれがある火災区画について

は、窒素ガスを供給し、水素の濃度を燃焼限界濃度以下に抑制できるものとする。

主冷却機建物においては、漏えいしたナトリウムを鋼製の床ライナ又は受樋を介して、ナトリウム溜に導き、ナトリウム溜で漏えいしたナトリウムを保持する。

主冷却機建物及び原子炉附属建物においては、多量のナトリウムエアロゾルの発生を想定し、ナトリウムエアロゾルの拡散を防止するため、空調換気設備を停止し、防煙ダンパを閉止できるものとし、他の火災区画への影響を軽減する。

### (iii) ナトリウムと構造材との反応防止

高温のナトリウムとコンクリートが直接接触することを防止するため、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画には、ナトリウム燃焼に伴う材料の腐食を考慮した厚さを有する鋼製のライナ又は受樋を設置する。

## (2) 一般火災に対する火災防護対策

### a. 一般火災の発生防止

一般火災の発生防止について、以下のとおり設計する。

#### (i) 発火性物質又は引火性物質への対策

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画における発火性又は引火性物質（液体）を内包する設備は、ベローズシール、パッキン、Oリング等を用いることによる漏えい防止対策を講じる。万一の漏えいに備え、発火性又は引火性物質（液体）の保有量に応じて、堰を設けて漏えい拡散面積を制限することによる拡大防止措置を講じる。

#### (ii) 可燃性蒸気又は可燃性の微粉への対策

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画は、可燃性の蒸気又は可燃性の微粉が発生するおそれがある場合には、換気、通風又は拡散の措置により、可燃性の蒸気又は可燃性の微粉の滞留を防止する設計とする。当該火災区画のうち、爆発性雰囲気に至るおそれのある火災区画には、防爆型の電気・計装品を使用するとともに、着火源となるような静電気が溜まるおそれのある設備を設置する場合は、静電気を除去する装置を設けるものとする。当該火災区画には、金属粉や布による研磨機のように静電気が溜まるおそれのある設備を設置しないものとする。

#### (iii) 発火源への対策

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画における火花が発生するおそれのある設備は、金属製の筐体に収納する等の対策を行い、設備の外部に火花が出ることを防止する。当該火災区画における高温の設備は、高温部分を保温材で被覆し、可燃性物質との接触や可燃性物質の過熱を防止する。

#### (iv) 水素漏えいへの対策

交流無停電電源系及び直流無停電電源系の蓄電池を設置する火災区画には、必要な換気容量を有する換気設備を設けるとともに、水素の検知器を設置する。当該換気設備は、非常用電源設備より電源を供給するものとする。当該換気設備が停止した場合又は水素濃度が警報設定値に達した場合には、中央制御室に警報を発するものとする。当該火災区画には、直流開閉装置やインバータを設置しないものとする。

#### (v) 過電流による過熱防止対策

動力ケーブルは、保護継電器、遮断器、ヒューズ等の組合せ等により、地絡や短絡等に起因す

るケーブルの過熱及び焼損を防止する。

(vi) 不燃性材料又は難燃性材料の使用

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等は、主要な構造材、ケーブル、チャコールフィルタを除く空調換気設備のフィルタ、保温材及び建物内装材は、不燃性材料又は難燃性材料を使用する設計とする。ただし、不燃性材料又は難燃性材料が使用できない場合は、不燃性材料又は難燃性材料と同等の性能を有する代替材料を使用する設計とするか、又は代替材料の使用が技術上困難な場合には、金属製の筐体や電線管への格納等により、他の機能を有する火災防護対象機器等において火災が発生することを防止するための措置を講じる設計とする。

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象ケーブルは、実証試験又は当該試験に示される同等の性能を確認した難燃ケーブルを使用する。ただし、核計装等のケーブルは、難燃ケーブルを使用するか、耐ノイズ性を確保するため、難燃ケーブルの使用が困難な場合は、ケーブルを電線管に収納するとともに、電線管の開口部を熱膨張性及び耐火性を有したシール材で閉塞させ、電線管内への酸素の供給を防止することにより、難燃ケーブルと同等の自己消火性及び延焼性を確保する。

(vii) 自然現象による火災の発生防止対策

想定される自然現象（地震、風（台風）、落雷、生物学的事象のうち、小動物の影響、竜巻、森林火災）によって、原子炉施設内の火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等に火災が発生することを防止するものとする。

風（台風）、竜巻、森林火災については、原子炉施設内の火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を当該自然現象に対して防護することにより、火災の発生を防止する。

生物学的事象のうち、小動物の影響については、原子炉施設内の火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器に対して、小動物の侵入を防止することにより、火災の発生を防止する。

落雷については、落雷による火災の発生防止対策として、避雷設備を設ける。

地震については、地震による火災の発生防止対策として、火災防護対象機器は、耐震重要度分類に応じて、十分な支持性能をもつ地盤に設置するとともに、自らが破壊又は倒壊することによる火災の発生を防止する。

b. 一般火災の感知及び消火

一般火災の感知及び消火について、以下のとおり設計する。

(i) 一般火災の感知

一般火災を早期に感知できるよう、火災感知器と受信機から構成される火災感知設備を設置する。

火災防護基準による火災の感知及び消火を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画には、固有の信号を発する異なる感知方式の火災感知器を設置する。固有の信号を発する異なる感知方式の火災感知器の組合せは、誤作動を防止するため、アナログ式の煙感知器とアナログ式の熱感知器の組合せを基本とする。ただし、環境条件等から当該組合せを適用できないエリアにおける火災感知器の組合せについては、防爆型の非アナログ式の煙感知器と防爆型の非アナロ

グ式の熱感知器、アナログ式の煙感知器と非アナログ式の炎感知器、非アナログ式の炎感知器と赤外線感知機能等を備えた監視カメラの組合せとする。

火災感知器の設置に当たって、感知器については、消防法施行規則第 23 条第 4 項に基づき設置することを基本とし、検知装置については、監視範囲に死角がないように設置する。ただし、感知器のうち、煙感知器を消防法施行規則第 23 条第 4 項の取付面高さに係る適用範囲を超えるエリアに設置する場合は、空調換気設備の運転状態に応じた空気の流れ及び火災の規模に応じた煙の流動を踏まえて煙を有効に感知できるように設置する。

火災防護基準による火災の感知及び消火を考慮する火災防護対象機器等を設置しないエリアにおける火災の感知は、設備や環境条件に応じて、消防法で求められる対策で機能への影響を低減する。当該エリアには、煙感知器を設置することを基本とする。ただし、多量の燃料油等による火災が想定される場所、正常時に煙が滞留する場所又は水蒸気が多量に発生する場所等には、熱感知器を設置する。また、放射線量が高く、かつ、火災感知器の設置ができないか、又は火災感知器を設置した場合に火災感知器の保守点検ができない場所には、火災感知器を設置しないものとする（原子炉建物内の「炉容器ピット」、原子炉附属建物内の「燃料洗浄室」及び「缶詰室」、廃棄物処理建物内の「濃縮液タンク室等の高濃度廃液収納タンク設置室」及び「固化処理室（B）」及び固体廃棄物 B 貯蔵庫 B」が該当）。

受信機については、火災感知器が作動した場合に警報を発し、かつ、火災の発生場所を特定できるものとする。

火災感知設備は、外部電源喪失時に、機能を喪失することがないように、非常用電源設備（非常用ディーゼル電源系及び蓄電池）より電源を供給する。

火災感知設備は、想定される自然現象（地震、降水、風（台風）、凍結、積雪、落雷、生物学的事象のうち、小動物の影響、竜巻、火山の影響、森林火災）によっても、機能、性能が維持できるものとする。火災感知設備は、降水、風（台風）、凍結、積雪、竜巻、火山の影響、森林火災に対して、性能が著しく阻害されないように建物内に設置するものとする。ただし、建物外に設置する火災感知器については、予備の火災感知器を確保し、降水、風（台風）、凍結、積雪、竜巻、火山の影響、森林火災の影響を受けた場合には、早期に取替えを行い復旧するものとする。火災感知設備は、生物学的事象のうち、小動物の影響に対して、性能が著しく阻害されないように小動物の侵入を防止するものとする。火災感知設備は、落雷に対して、性能が著しく阻害されないように避雷設備を設けるものとする。火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画の火災感知器及び当該火災感知器用の受信機は、基準地震動による地震力に対して機能を喪失しないものとする。

火災感知設備は、自動試験及び遠隔試験等により、機能に異常がないことを確認する。

#### (ii) 一般火災の消火

原子炉施設は、ナトリウムを取り扱うことを踏まえ、原子炉建物、原子炉附属建物、主冷却機建物及びメンテナンス建物には、水を用いた消火設備を設置しないものとする。第一使用済燃料貯蔵建物及び第二使用済燃料貯蔵建物については、ナトリウムを取り扱わないこと、また、火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置しないことから、消防法に基づく屋内消火ポンプ式消火栓を設置する。

原子炉建物、原子炉附属建物及び主冷却機建物において、火災時に煙の充満、放射線の影響等

により消火活動が困難とならない火災区画は、可搬式消火器で消火を行い、火災時に煙の充満、放射線の影響等により消火活動が困難となる火災区画には、固定式消火設備（ハロン消火設備）を設置する。

現場操作が必要となる場所については、バッテリー内蔵型又は非常用ディーゼル電源系より給電できる照明を常設する。また、中央制御室には、バッテリー内蔵型の可搬型照明を配備し、必要に応じて持参できるものとする。

#### ① 可搬式消火器

原子炉施設に保有するABC消火剤の量は、火災区画の可燃性物質の量に対して、初期消火の成否を考慮した上で十分な量を備えるものとする。

中央制御室には、ABC消火器に加えて、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る系列の異なる火災防護対象ケーブルを接続する制御盤等の電気機器を設置することから、二酸化炭素消火器を設置する。

ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画には、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器を設置する。

可搬式消火器（ABC消火器）は、各火災区画において、それぞれの消火器に至る歩行経路が20m（大型消火器の場合は30m）以下となるように各階ごとに設置する。特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器を設置する火災区画は、可搬式消火器（ABC消火器）を当該火災区画の入口から歩行距離が20m（大型消火器の場合は30m）以下となる場所に設置する。

可搬式消火器は、想定される自然現象（地震、降水、風（台風）、凍結、積雪、生物学的事象のうち、小動物の影響、竜巻、火山の影響、森林火災）によっても、機能、性能が維持できるものとする。敷地付近の水戸地方気象台での記録（1897年～2013年）によれば、最低気温は-12.7℃であり、可搬式消火器は、使用温度範囲が当該最低気温に適切な余裕を考慮したものを使用することにより凍結を防止するものとする。可搬式消火器は、降水、風（台風）、積雪、竜巻、火山の影響、森林火災に対して、性能が著しく阻害されないように建物内に設置するものとする。ただし、可搬式消火器を建物外に設置する場合は、降水、風（台風）、積雪、竜巻、火山の影響、森林火災に対して、性能が著しく阻害されないように、格納箱等に収納する等の対策を講じるものとする。可搬式消火器は、生物学的事象のうち、小動物の影響に対して、性能が著しく阻害されないように定期的に外形を点検するものとする。可搬式消火器は、地震や振動により転倒しないように転倒防止措置を講じるものとする。

可搬式消火器は、火災の火炎及び熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体等による二次的影響も考慮して、火災区画内に分散して設置する。また、万一、当該火災区画内の可搬式消火器が使用できない場合には、当該火災区画と異なる場所から可搬式消火器を持参できるものとする。

#### ② 固定式消火設備（ハロン消火設備）

固定式消火設備（ハロン消火設備）の消火剤には、ハロン1301を使用し、当該消火剤の量は、消防法に基づくものとする。

固定式消火設備（ハロン消火設備）の起動方式は、中央制御室から起動装置の設置場所に20分未満でアクセスできる場合、手動起動によるものとする。ただし、ケーブル室には、火災の影響を軽減できるように自動起動による固定式消火設備（ハロン消火設備）を設置する。

火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等を設置する火災区画の消火を行うための固定式消火設備（ハロン消火設備）は、火災区画ごとに設置する。ただし、系列の異なる火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等を設置する火災区画に対して、1つの固定式消火設備（ハロン消火設備）で消火を行う場合には、当該固定式消火設備（ハロン消火設備）の動的機器である選択弁及び容器弁について、単一故障を仮定しても、機能を喪失しないものとする。

固定式消火設備（ハロン消火設備）は、想定される自然現象（地震、降水、風（台風）、凍結、積雪、落雷、生物学的事象のうち、小動物の影響、竜巻、火山の影響、森林火災）によっても、機能、性能が維持できるものとする。固定式消火設備（ハロン消火設備）に使用する消火剤（ハロン 1301）の凝固点（約-168℃）は低く、凍結するおそれがないものとする。固定式消火設備（ハロン消火設備）は、降水、風（台風）、積雪、竜巻、火山の影響、森林火災に対して、性能が著しく阻害されないように、建物内に設置するものとする。固定式消火設備（ハロン消火設備）は、生物学的事象のうち、小動物の影響に対して、性能が著しく阻害されないように小動物の侵入を防止するものとする。固定式消火設備（ハロン消火設備）は、落雷に対して、性能が著しく阻害されないように避雷設備を設けるものとする。火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画における固定式消火設備（ハロン消火設備）は、基準地震動による地震力に対して、機能を喪失しないように設計する。

固定式消火設備（ハロン消火設備）は、火災の火炎、熱、煙等の直接的な影響又は二次的影響を考慮して、消火対象とする火災区画と異なる火災区画に固定式消火設備（ハロン消火設備）のボンベ及び制御盤を設置する。

#### c. 一般火災の影響軽減

一般火災の影響軽減について、以下のとおり設計する。

火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等を設置する火災区域と隣接する他の火災区域との境界の耐火壁は、3時間以上の耐火能力を有するものとする。

火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等について、系列の異なる当該火災防護対象機器等は、異なる火災区画に設置することを基本とする。当該火災防護対象機器等を設置する火災区画の耐火壁の耐火能力は、当該火災防護対象機器等の配置及び火災の等価時間を考慮して設定する。当該火災防護対象機器等を設置する火災区画の火災の等価時間が3時間を超え、かつ、隣接する火災区画に系列の異なる当該火災防護対象機器等を設置する場合は、火災区画間の耐火壁を3時間以上の耐火能力を有するものとするか、隣接する火災区画の系列の異なる当該火災防護対象機器等に対して耐火能力を有する隔壁を設置し、当該隔壁と耐火壁を合わせて3時間以上の耐火能力を有するものとする。

系列の異なる火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等を同一の火災区画内に設置する場合は、中央制御室及びケーブル室を除き、相互の系統分離を以下のいずれかにより行う設計とする。

- a. 系列の異なる火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等について、互いの系列間を3時間以上の耐火能力を有する隔壁等により分離する。

- b. 系列の異なる火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等について、互いの系列間を1時間の耐火能力を有する隔壁等で分離し、かつ、火災感知設備及び自動消火設備を設置する。ただし、中央制御室から手動起動装置の設置場所まで20分未満で移動し、固定式消火設備（ハロン消火設備）を起動できる場合は、自動消火設備の設置に代えて、手動操作による固定式消火設備（ハロン消火設備）を設置する。また、火災時に煙の充満により消火活動が困難とならず、かつ、中央制御室から火災の発生した火災区画まで20分未満で移動し、消火活動を行うことができる火災区画は、自動消火設備の設置に代えて、可搬式消火器による消火を行うものとする。

中央制御室に対する火災の影響軽減については、以下のとおり設計する。

① ケーブルに対する火災の影響軽減

火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象ケーブルについて、盤内は狭く耐火壁により1時間の耐火能力を確保することはできないものの、可能な限り耐火テープを敷設し、火災の影響を軽減する。当該耐火テープについては、30分の耐火能力を有するものを使用する。

また、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象ケーブルの周囲のケーブルについても、可能な限り耐火テープを敷設し、火災の影響を軽減する。当該耐火テープについても、30分の耐火能力を有するものを使用する。

② 火災の早期感知

中央制御室には、固有の信号を発する異なる感知方式の火災感知器として、煙感知器と熱感知器を設置する。

常駐する運転員による火災の早期感知に努めるとともに、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る系列の異なる火災防護対象ケーブルを接続する制御盤等は、早期に火災を感知し、火災の影響を軽減するため、盤に煙感知器を設置する。当該煙感知器は、中央制御室に設置する煙感知器よりも早期に火災を感知できるものとする。

③ 火災の早期消火

中央制御室内には、可搬式消火器として、ABC消火器に加えて、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る系列の異なる火災防護対象ケーブルを接続する制御盤等の電気機器を設置することから、電気機器へ悪影響を与えない二酸化炭素消火器を設置する。

常駐する運転員は、火災を感知した場合、火災の影響を軽減するため、1～2本の二酸化炭素消火器による消火を行う。当該消火活動の際には、二酸化炭素が局所的に滞留することによる人体への影響を考慮して、中央制御室に設置する二酸化炭素濃度計を携帯する。

また、中央制御室には、煙の充満により消火活動に支障を来さないように、排煙設備を設置する。

ケーブル室に対する火災の影響軽減については、以下のとおり設計する。

① ケーブルに対する火災の影響軽減

火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象ケーブルは、施工に必要な隙間を確保できる範囲において、1時間の耐火能力を有する耐火シートを敷設した電線管内に敷設する。当該耐火シートを敷設した電線管を敷設することができな

い中央制御室の制御盤等に接続する狭隘部には、1時間の耐火能力を確保することはできないものの、耐火能力を有する耐火テープを敷設し、火災の影響を軽減する。当該耐火テープについては、30分の耐火能力を有するものを使用する。

## ② 火災の早期感知

ケーブル室には、固有の信号を発する異なる感知方式の火災感知器として、煙感知器と熱感知器を設置する。

ケーブルの火災を早期に検知し、火災の影響を軽減できるよう、検知装置として光ファイバ温度センサを設置する。

## ③ 火災の早期消火

ケーブル室には、自動起動又は現場（火災範囲外）において、運転員が手動で起動することができる固定式消火設備（ハロン消火設備）を設置する。

## 2 について

消火設備は、破損、誤作動又は誤操作が起きた場合においても、消火設備の消火方法、消火設備の破損防止措置等を行うことにより、原子炉を安全に停止させるための機能を損なわないように設計する。



ナトリウム燃焼と一般火災における火災防護対策の  
検討方針について

「常陽」において想定する火災は、ナトリウム燃焼と一般火災に大別される。ナトリウム燃焼と一般火災に対する防護措置は、第 408 回核燃料施設等の新規性基準適合性に係る審査会合（令和 3 年 7 月 26 日）における「国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所（南地区）高速実験炉原子炉施設「常陽」の新規性基準適合性に係る設置変更許可申請に対する当面の審査の進め方（資料 3）」の下記の内容を満足するように検討する。

【第 408 回核燃料施設等の新規性基準適合性に係る審査会合 資料 3 の抜粋】

3. 火災による損傷の防止（第 8 条関係）

（1）一般火災に対する防護措置

一般火災については、火災の発生防止、火災の感知及び消火、並びに火災の影響軽減の 3 つの防護措置を、それぞれ「必要に応じて」組み合わせるという設計対応を許容することとし、設計基準において想定する火災により、以下の安全機能を損なわないことを確認する。

- 原子炉を停止でき、放射性物質の閉じ込め機能を維持できること
- 停止状態にある場合は、引き続きその状態を維持できること
- 使用済燃料貯蔵槽においては、プール冷却機能及びプールへの給水機能を維持できること

（2）ナトリウム燃焼に対する防護措置

ナトリウム燃焼については、その特有の危険性を考慮し、火災の発生防止、火災の感知及び消火、並びに火災の影響軽減の 3 つの防護措置全てを必要とする。具体的には、3 つの防護措置が妥当であることを、以下の 8 項目により確認する。

- ①ナトリウム漏えいの防止
- ②ナトリウム漏えいの検知
- ③ナトリウム漏えい発生時の燃焼抑制
- ④ナトリウム燃焼の感知
- ⑤ナトリウム燃焼の消火
- ⑥ナトリウム漏えい時の燃焼影響評価
- ⑦ナトリウム燃焼の影響軽減
- ⑧ナトリウムと構造材との反応の防止

火災防護に係る機器の選定及び火災防護対策の考え方について

## 1. 第8条（火災による損傷の防止）

### 1.1 概要

試験研究用等原子炉施設の設置許可基準規則の第8条（火災による損傷の防止）に係る火災防護の基本方針等を示す。

### 1.2. 基本方針

原子炉施設は、安全機能の重要度分類がクラス1、2、3に属する構築物、系統及び機器に対して、適切な火災防護対策を講じる設計とする。

その上で、試験研究用等原子炉施設の設置許可基準規則の解釈より、原子炉施設は、設計基準において想定される火災により、原子炉施設の安全性が損なわれないように、原子炉を停止でき、放射性物質の閉じ込め機能を維持でき、また、停止状態にある場合は、引き続きその状態を維持でき、さらに、使用済燃料貯蔵設備においては、水冷却池の冷却機能及び水冷却池への給水機能を維持できるように必要な措置を講じる設計とする。

具体的には、設計基準において想定される火災が発生した場合に、安全機能の重要度分類がクラス1、2、3に属する構築物、系統及び機器の中から、以下を火災防護対象機器（火災防護対象機器を駆動又は制御するケーブル（以下「火災防護対象ケーブル」という。）を含む。火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルを以下「火災防護対象機器等」という。）として抽出する。抽出した火災防護対象機器等（関連する補機を含む。）に対して、本原子炉施設の安全上の特徴を踏まえ、一般火災については、実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（以下「火災防護基準」という。）の三方策を適切に組み合わせることを基本とし、ナトリウム燃焼については、三方策のそれぞれを講じる設計とする。

- ・ 設計基準において想定される火災が発生した場合に、原子炉を停止し、また、停止状態にある場合は、引き続きその状態を維持するための構築物、系統及び機器（以下「原子炉の安全停止に係る機器等」という。）
- ・ 放射性物質の貯蔵機能を有する機器等及び設計基準において想定される火災が発生した場合に、放射性物質の閉じ込め機能を維持するための構築物、系統及び機器（以下「放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等」という。）

なお、ここでは、火災防護基準を踏まえ、放射性物質の貯蔵機能を有する構築物、系統及び機器も選定するものとした。

- ・ 設計基準において想定される火災が発生した場合に、使用済燃料貯蔵設備において、水冷却池の冷却機能及び水冷却池への給水機能を維持するための構築物、系統及び機器（以下「使用済燃料の冠水等に係る機器等」という。）

なお、ここで抽出されなかった構築物、系統及び機器については、設備や環境条件に応じて、消防火法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

火災防護対策を講じるに当たって、ナトリウム燃焼の発生が想定される火災区画については、ナトリウム燃焼を起点とし、一般火災が発生するおそれがあることを考慮する。

### 1.3. 原子炉の安全停止に係る機器等、放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等、使用済燃料の冠水等に係る機器等の抽出

火災防護対策を講じるに当たって、原子炉の安全停止に係る機器等、放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等、使用済燃料の冠水等に係る機器等を安全機能の重要度分類がクラス1、2、3に属する構築物、系統及び機器（関連する補機を含む。）の中から抽出する。安全施設と原子炉の安全停止に係る機器等、放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等、使用済燃料の冠水等に係る機器等の関係を別添1-1に示す。

#### 1.3.1 原子炉の安全停止に係る機器等の抽出

原子炉施設において、原子炉の運転に影響を及ぼすおそれのある火災が発生し、当該火災の発生又はナトリウムの漏えいを確認した場合、運転員が手動スクラム操作により原子炉を停止する。原子炉を手動スクラムした後の、原子炉の冷却は、1次主冷却系の強制循環（1次主循環ポンプポニーモータを使用）、2次主冷却系の自然循環及び主冷却機の自然通風で行われる。

一般火災により原子炉保護系（スクラム）の作動を伴う運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の起因となる異常事象が発生するおそれがあり、この場合、当該事象に対応する原子炉トリップ信号により原子炉はスクラムされ、原子炉スクラム後の原子炉の冷却は、手動スクラムした場合に同じとなる。一般火災と運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の起因となる異常事象の関係を別添2に示す。

1次冷却材漏えい事故時には、原子炉は原子炉トリップ信号によりスクラムされ、原子炉スクラム後の原子炉の冷却は、1次冷却材漏えい量低減機能により1次主冷却系の循環に必要な液位が確保され、手動スクラムした場合に同じとなる。

2次冷却材漏えい事故時には、原子炉は原子炉トリップ信号によりスクラムされ、原子炉スクラム後の原子炉の冷却は、漏えいの発生したループの2次主冷却系と主冷却機を除く、1次主冷却系の強制循環（1次主循環ポンプポニーモータを使用）、健全側の2次主冷却系の自然循環及び主冷却機の自然通風で行われる。

以上より、原子炉の安全停止に係る機器等は、安全機能の重要度分類がクラス1、2、3に属する構築物、系統及び機器の中から、以下のとおり抽出する。

#### ① 原子炉の緊急停止及び未臨界維持機能（MS-1）に属する構築物、系統及び機器

手動スクラム又は原子炉保護系（スクラム）が作動した場合、制御棒及び後備炉停止制御棒が自重及びスプリング力により、炉心に急速に挿入され、原子炉は停止する。したがって、制御棒及び後備炉停止制御棒等を含む「原子炉の緊急停止及び未臨界維持機能（MS-1）」に属する構築物、系統及び機器を原子炉の安全停止に係る機器等として抽出する。

#### ② 炉心形状の維持機能（PS-1）に属する機器等

「炉心形状の維持機能（PS-1）」に属する構築物、系統及び機器は、「原子炉の緊急停止及び未臨界維持機能（MS-1）」の関連系として、原子炉の安全停止に係る機器等として抽出する。

③ 工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能（MS－1）に属する構築物、系統及び機器の一部

「工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能（MS－1）」に属する構築物、系統及び機器のうち、手動スクラム又は原子炉保護系（スクラム）の作動に関連する核計装、プロセス計装を原子炉の安全停止に係る機器等として抽出する。

また、一般火災により発生するおそれがある運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の起因となる異常事象、1次冷却材漏えい事故、2次冷却材漏えい事故に対応する以下の原子炉トリップ信号に関連する計装を原子炉の安全停止に係る機器等として抽出する。

- ・ 1次冷却材流量低
- ・ 2次冷却材流量低
- ・ 電源喪失
- ・ 原子炉入口冷却材温度高
- ・ 中性子束高（出力領域）
- ・ 炉内ナトリウム液面低

④ 原子炉停止後の除熱機能（MS－1）に属する構築物、系統及び機器

「原子炉停止後の除熱機能（MS－1）」に属する構築物、系統及び機器を原子炉の安全停止に係る機器等として抽出する。

なお、「原子炉停止後の除熱機能（MS－1）」に属する1次主冷却系逆止弁<sup>\*1</sup>は、1次主冷却系の冷却材の流路を確保する観点で、原子炉の安全停止に係る機器等として抽出する。

\*1：1次主冷却系の逆止弁（逆止機能）については、1ループの1次主循環ポンプで冷却材を循環させる事象（1次主循環ポンプ軸固着）が発生した場合に、1次主循環ポンプが停止しているループに、冷却材が逆流し、炉心流量が大きく低下することを防止する機能を有しているが、火災により当該機能が必要となる事象は発生しない。

⑤ 原子炉冷却材バウンダリ機能（PS－1）に属する構築物、系統及び機器

「原子炉冷却材バウンダリ機能（PS－1）」に属する構築物、系統及び機器は、「原子炉停止後の除熱機能（MS－1）」の関連系として、原子炉の安全停止に係る機器等として抽出する。

⑥ 2次冷却材を内蔵する機能（通常運転時の炉心の冷却に関連するもの）（PS－3）に属する構築物、系統及び機器

「2次冷却材を内蔵する機能（通常運転時の炉心の冷却に関連するもの）（PS－3）」に属する構築物、系統及び機器は、「原子炉停止後の除熱機能（MS－1）」の関連系として、原子炉の安全停止に係る機器等として抽出する。

⑦ 1次冷却材漏えい量の低減機能（MS－1）に属する構築物、系統及び機器の一部

1次冷却材漏えい事故時には、1次主冷却系の逆止弁及び1次補助冷却系のサイフォンブレーク弁に依らず、原子炉容器のリークジャケット、原子炉冷却材バウンダリの配管（外管）、容器、

ポンプ、弁のリークジャケット、1次予熱室素ガス系の仕切弁により、1次主冷却系の循環に必要な液位が確保される設計としている。したがって、1次主冷却系の逆止弁及び1次補助冷却系のサイフォンブレイク弁を除く「1次冷却材漏えい量の低減機能（MS-1）」に属する構築物、系統及び機器を原子炉の安全停止に係る機器等として抽出する。

⑧ 事故時のプラント状態の把握機能（MS-2）に属する構築物、系統及び機器

原子炉停止後に、炉心の崩壊熱を除去し、停止状態を引き続き維持することにより、放射性物質が系統外に放出されることはないが、状況を監視する観点で、「事故時のプラント状態の把握機能（MS-2）」に属する構築物、系統及び機器を原子炉の安全停止に係る機器等として抽出する。

⑨ 緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能（MS-3）に属する構築物、系統及び機器の一部

「緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能（MS-3）」に属する構築物、系統及び機器のうち、原子炉の安全停止状態を監視する観点で、以下の計装を原子炉の安全停止に係る機器等として抽出する。

- ・ 核計装（線形出力系）
- ・ 原子炉入口冷却材温度
- ・ 原子炉出口冷却材温度
- ・ 1次主冷却系冷却材流量
- ・ 2次主冷却系冷却材流量

⑩ 制御室外からの安全停止機能（MS-3）に属する構築物、系統及び機器

中央制御室が使用できない場合、中央制御室以外の場所から原子炉を停止させ、必要なパラメータを監視するための機能を有する観点で、「制御室外からの安全停止機能（MS-3）」に属する構築物、系統及び機器を原子炉の安全停止に係る機器等として抽出する。

⑪ 通常運転時の冷却材の循環機能（PS-3）に属する構築物、系統及び機器の一部

原子炉停止後の除熱は、1次主冷却系の強制循環（1次主循環ポンプポニーモータを使用）、2次主冷却系の自然循環で行うことから、「通常運転時の冷却材の循環機能（PS-3）」のうち、1次主循環ポンプ本体（循環機能）を原子炉の安全停止に係る機器等として抽出する。

⑫ プラント計測・制御機能（安全保護機能を除く。）に属する構築物、系統及び機器

原子炉停止後の除熱を制御する観点で、原子炉冷却材温度制御系（「プラント計測・制御機能（PS-3）」に該当する機器）\*2を原子炉の安全停止に係る機器等として抽出する。

\*2：関連するプロセス計装（主冷却器出口冷却材温度）及び制御用圧縮空気供給設備（アキュムレータタンクより下流）を含む。

⑬ 安全上特に重要な関連機能（MS-1）、安全上重要な関連機能（MS-2）に属する構築物、

系統及び機器の一部

「安全上特に重要な関連機能（MS－1）」及び「安全上重要な関連機能（MS－2）」に属する構築物、系統及び機器については、中央制御室及び非常用電源設備のうち、①～⑫に関連するものを原子炉の安全停止に係る機器等として抽出する。

なお、非常用電源設備の一部（非常用ディーゼル発電機等）は、放射性物質の閉じ込め又は使用済燃料の冠水等に係る機器等と重畳するものがある。重畳する場合は、原子炉の安全停止に係る機器等であることを優先して火災防護対策を講じるものとする。

### 1.3.2 放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等の抽出

放射性物質の閉じ込めについて、一般火災にあつては、原子炉の安全停止に係る機器等に対して火災防護対策を講じることにより、一般火災が発生した場合にあつても、原子炉の安全停止が可能であり放射性物質が放出するおそれはない。

一方、1次冷却材漏えい事故時には、原子炉停止後に格納容器（床下）を窒素雰囲気から空気雰囲気に置換した場合に、漏えいしたナトリウムが燃焼し、それに伴う放射性物質の放出を抑制するため、放射性物質の閉じ込め機能が必要となる。

以上より、1次冷却材漏えい事故時に放射性物質の閉じ込めに必要な機器等を安全機能の重要度分類がクラス1、2、3に属する構築物、系統及び機器の中から、以下のとおり抽出する。

#### ① 工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能（MS－1）に属する構築物、系統及び機器の一部

格納容器（床下）において、ナトリウムが燃焼した場合に、格納容器外への放射性物質の放出量を抑制するため、「工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能（MS－1）」に属する構築物、系統及び機器のうち、原子炉保護系（アイソレーション）と原子炉保護系（アイソレーション）の作動に関連するプロセス計装を抽出する。

#### ② 放射性物質の閉じ込め機能（MS－1）に属する機器等

格納容器（床下）において、ナトリウムが燃焼した場合に、格納容器外への放射性物質の放出量を抑制するため、「放射性物質の閉じ込め機能（MS－1）」に属する構築物、系統及び機器を抽出する。

#### ③ 放射線の遮蔽及び放出低減機能（MS－2）に属する機器等の一部

格納容器（床下）において、ナトリウムが燃焼した場合に、格納容器外への放射性物質の放出量を抑制するため、「放射線の遮蔽及び放出低減機能（MS－2）」に属する構築物、系統及び機器のうち、アニユラス部排気系及び非常用ガス処理装置を抽出する。

#### ④ 安全上特に重要な関連機能（MS－1）、安全上重要な関連機能（MS－2）に属する構築物、系統及び機器の一部

「安全上特に重要な関連機能（MS－1）」及び「安全上重要な関連機能（MS－2）」に属す



る構築物、系統及び機器については、放射性物質の閉じ込めを達成するための①～③に係る非常用電源設備を抽出する。

放射性物質の貯蔵について、放射性物質を貯蔵する機能を有する構築物、系統及び機器を安全機能の重要度分類がクラス1、2、3に属する構築物、系統及び機器の中から、以下のとおり抽出する。

- ⑤ 原子炉カバーガス等のバウンダリ機能（PS-2）に属する構築物、系統及び機器
- ⑥ 原子炉冷却材バウンダリに直接接続されていないものであって、放射性物質を貯蔵する機能（PS-2）に属する構築物、系統及び機器
- ⑦ 燃料を安全に取り扱う機能（PS-2）に属する構築物、系統及び機器
- ⑧ 放射性物質の貯蔵機能（PS-3）に属する構築物、系統及び機器
- ⑨ 核分裂生成物の原子炉冷却材中への放散防止機能（PS-3）に属する構築物、系統及び機器

#### 1.3.3 使用済燃料の冠水等に係る機器等の抽出

使用済燃料の冠水等に係る機器等は、安全機能の重要度分類がクラス1、2、3に属する構築物、系統及び機器の中から、以下のとおり抽出する。

- ① 燃料プール水の保持機能（MS-2）に属する構築物、系統及び機器
- ② 燃料プール水の補給機能（MS-3）に属する構築物、系統及び機器

#### 1.4. 原子炉の安全停止に係る機器等、放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等、使用済燃料の冠水等に係る機器等に対する火災防護対策の考え方

原子炉の安全停止に係る機器等、放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等、使用済燃料の冠水等に係る機器等について、本原子炉施設の安全上の特徴を考慮した上で適切な火災防護対策を講じることを基本とする。

なお、火災防護対策を講じるに当たって、ナトリウム燃焼の発生が想定される火災区画については、ナトリウム燃焼を起点とし、一般火災が発生するおそれがあることを考慮する。また、ナトリウム燃焼を確実に感知することを目的に、一般火災に適用する火災感知器を兼用する。

##### 1.4.1 一般火災に対する火災防護対策の考え方

一般火災については、火災防護基準の「火災の発生防止」、「火災の感知及び消火」、「火災の影響軽減」の三方策を適切に組み合わせる設計とする。

火災防護基準の三方策の組合せについては、本原子炉施設の安全上の特徴並びに原子炉の安全停止に係る機器等、放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等、使用済燃料の冠水等に係る機器等有する安全機能、配置、構造及び動作原理に係る以下の4つの観点を検討することを基本とし、火災による機能への影響を判断して決定する。以下の4つの観定のいずれにも該当しない場合は、火災防護基準による「火災の発生防止」、「火災の感知及び消火」並びに「火災の影響軽減」の三方策のそれぞれを講じることを基本とする。以下のiii)又はiv)に該当する場合は、火災防護基準に

よる「火災の感知及び消火」を講じることを基本とし、加えて、火災による機能への影響を判断して、火災防護基準による「火災の発生防止」又は「火災の影響軽減」を考慮する。以下の i) 又は ii) に該当する場合は、設備や環境条件に応じて、消防法、建築基準法等で定められる対策で機能への影響を低減する。

i) 不燃性材料で構成されるため、火災によって、火災防護対象機器が有する機能が影響を受けない。

※ 不燃性材料で構成される金属製の配管、容器、弁及びコンクリート製の構造物は、その外部で火災が発生した場合にあっても火災により機能が影響を受けない。

なお、配管、容器、弁には、内包する流体の漏れ、外部からの異物の混入を防止するため、不燃性ではないパッキン類を使用する場合があるが、パッキン類は、内部に取り付けられるものであり、外部からの火災により直接加熱されることはなく、また、仮にパッキン類が長時間高温になってシート性能が低下しても、シート部からの漏えいが発生する程度で、配管、容器、弁の機能を喪失することはない、他の機器等へ影響を及ぼすことはない。

ii) 環境条件から火災が発生しないため、火災によって、火災防護対象機器が有する機能が影響を受けない。

※ 火災が発生しない環境条件は、水中又は窒素雰囲気（格納容器（床下））が該当する。

格納容器（床下）にあつては、原子炉運転中は、窒素雰囲気で維持されるが、原子炉停止後に空気雰囲気に置換する必要があることを考慮する。

iii) フェイルセーフ設計のため、火災によって、火災防護対象機器が有する機能を喪失しない。

iv) 代替手段により機能を達成できるため、火災によって、火災防護対象機器が有する機能を喪失しない。

#### 1.4.1.1 原子炉の安全停止に係る機器等に対する火災による機能への影響

原子炉の安全停止に係る機器等に対する火災による機能への影響の概要を別添 1-2 に示す。

#### 1.4.1.2 放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等に対する火災による機能への影響

放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等に対する火災による機能への影響の概要を別添 1-3 に示す。

#### 1.4.1.3 使用済燃料の冠水等に係る機器等に対する火災による機能への影響

使用済燃料の冠水等に係る機器等に対する火災による機能への影響の概要を別添 1-4 に示す。

#### 1.4.2 ナトリウム燃焼に対する火災防護対策の考え方

ナトリウム燃焼に対する火災防護対策は、本原子炉施設の安全上の特徴を考慮し、ナトリウム燃焼の発生が想定される火災区画において「ナトリウム漏えいの発生防止」、「ナトリウム漏えいの検知・ナトリウム燃焼の感知及びナトリウム燃焼の消火」、「ナトリウム燃焼の影響軽減」の三方策のそれぞれを講じるものとする。

なお、ナトリウム燃焼については、一般火災と異なり、消火活動に水を使用することができず、

窒息消火と窒素消火後のナトリウムの冷却が基本となるため、三方策をそれぞれ講じた上で、特にナトリウム漏えいの発生防止に重点を置いて対策を講じる。

## 2. 第 53 条（多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止）

### 2.1 概要

試験研究用等原子炉施設の設置許可基準規則の第 53 条（多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止）に係る資機材の火災防護の基本方針等を示す。

### 2.2 基本方針

原子炉施設は、以下に示す「燃料体の損傷が想定される事故」に係る資機材及び「使用済燃料貯蔵設備の冷却機能が失われ、使用済燃料の損傷が想定される事故」に係る資機材（以下「資機材」という。）に対して適切な火災防護対策を講じる設計とする。

火災防護対策は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」の「第三章 重大事故等対処施設」の第 41 条（火災による損傷の防止）を参考にするものとし、一般火災について、火災防護基準の「火災の発生防止」、「火災の感知及び消火」の二方策を適切に組み合わせる設計とする。

なお、ここで火災防護基準による対策を適用しなかった資機材については、設備や環境条件に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で、機能への影響を低減する設計とする。

原子炉施設において、原子炉の運転に影響を及ぼすおそれのある火災が発生し、当該火災の発生又はナトリウムの漏えいを確認した場合は、運転員が手動スクラム操作により原子炉を停止する。

### 2.3 火災防護対策を講じる資機材

#### (1) 「燃料体の損傷が想定される事故」に係る資機材

- a. 制御棒及び制御棒駆動系
- b. 後備炉停止制御棒及び後備炉停止制御棒駆動系
- c. 制御棒連続引抜き阻止インターロック
- d. 原子炉保護系（スクラム）（手動スクラムを含む。）
- e. 原子炉保護系（アイソレーション）
- f. 後備炉停止系用論理回路
- g. 原子炉冷却材バウンダリ
- h. 冷却材バウンダリ
- i. 原子炉容器リークジャケット
- j. 原子炉カバーガス等のバウンダリ（安全板を含む。）
- k. 格納容器バウンダリ
- l. 1 次主冷却系サイフォンブレイク配管
- m. 1 次補助冷却系サイフォンブレイク弁
- n. 非常用冷却設備及び補助冷却設備
- o. 安全容器（コンクリート遮へい体冷却系を含む。）
- p. 断熱材、ヒートシンク材及びライナ
- q. 関連する核計装
  - ・ 線形出力系

r. 関連するプロセス計装

- ・ 原子炉入口冷却材温度
- ・ 原子炉出口冷却材温度
- ・ 1次主冷却系冷却材流量
- ・ 2次主冷却系冷却材流量
- ・ 主冷却器出口冷却材温度
- ・ 1次補助冷却系出口冷却材温度
- ・ 1次補助冷却系冷却材流量
- ・ 補助冷却器出口冷却材温度
- ・ 2次補助冷却系冷却材流量
- ・ コンクリート遮へい体冷却系窒素ガス温度
- ・ コンクリート遮へい体窒素ガス冷却器の冷却水流量
- ・ 原子炉容器ナトリウム液位
- ・ 燃料集合体出口ナトリウム温度

s. 遅発中性子法燃料破損検出設備

t. 仮設電源設備（燃料油運搬設備を含む。）

u. 仮設計器

(2) 「使用済燃料貯蔵設備の冷却機能が失われ、使用済燃料の損傷が想定される事故」に係る資機材

- a. 可搬式ポンプ及びホース
- b. 水冷却池
- c. 水冷却浄化設備サイフォンブレーカー

## 2.4 資機材に対する火災防護対策の考え方

資機材については、一般火災に対して、火災防護基準による「火災の発生防止」、「火災の感知及び消火」の二方策を適切に組み合わせる設計とする。

火災防護基準による二方策の組合せについては、資機材が有する機能、配置、構造及び動作原理に係る以下の7つの観点を検討することを基本とし、資機材を構成する機器ごとに火災による機能への影響を判断して決定する。以下のいずれにも該当しない場合は、火災防護基準による「火災の発生防止」及び「火災の感知及び消火」をそれぞれ講じることを基本とする。ii)、vi)又はvii)に該当する場合は、火災防護基準による「火災の感知及び消火」を講じることを基本とし、i)、iii)、iv)、v)に該当する場合は、設備や環境条件に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する。資機材に対する火災による機能への影響の概要を別添1-5に示す。

- i) 可搬式の機器であり、原子炉運転時には、隔離して保管されるため、火災によって、資機材が有する機能を喪失しない。
- ii) 事象発生前から動作し、かつ、事象発生後も引き続き動作するものであり、火災によって、機能を喪失した場合には、原子炉を停止するものとするため、多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止に係る資機材として、機能を必要としない。

- iii) 不燃性材料で構成されるため、火災によって、資機材が有する機能が影響を受けない。
- ※ 不燃性材料で構成される金属製の配管、容器、弁及びコンクリート製の構造物は、外部で火災が発生した場合にあっても火災により機能が影響を受けない。
- なお、配管、容器、弁には、内包する流体の漏れ、外部からの異物の混入を防止するため、不燃性ではないパッキン類を使用する場合があるが、パッキン類は、内部に取り付けられるものであり、外部からの火災により直接加熱されることはなく、また、仮にパッキン類が長時間高温になってシート性能が低下しても、シート部からの漏えいが発生する程度で、配管、容器、弁の機能を喪失することはない、他の機器等へ影響を及ぼすことはない。
- iv) 環境条件から火災が発生しないため、火災によって、資機材が有する機能が影響を受けない。
- ※ 火災が発生しない環境条件は、水中又は窒素雰囲気（格納容器（床下））が該当する。
- 格納容器（床下）にあっては、原子炉運転中は、窒素雰囲気維持される。
- v) フェイルセーフ設計のため、火災によって、資機材が有する機能を喪失しない。
- vi) 代替手段により機能を達成できるため、火災によって、資機材が有する機能を喪失しない。
- vii) 計測制御用の微小電流であり、かつ、事象発生前から通電状態にあることから事象発生後に当該機器ケーブルから火災が発生するおそれがない。

安全施設と原子炉の安全停止に係る機器等、放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等、  
使用済燃料の冠水等に係る機器等の関係

安全機能の重要度分類がクラス1、クラス2及びクラス3に属する構築物、系統及び機器と原子炉の安全停止に係る機器等、放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等、使用済燃料の冠水等に係る機器等の関係を第1表に示す。

第1表 安全施設と原子炉の安全停止に係る機器等、放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等、使用済燃料の冠水等に係る機器等の関係 (1/7)

A：原子炉の安全停止に係る機器等、B：放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等、C：使用済燃料の冠水等に係る機器等

分類	定義	安全機能の重要度分類		抽出結果 (○：該当)			備考 (A～Cに抽出されなかった機器等は、設備や環境に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。)	
		機能	構築物、系統又は機器	A	B	C		
PS-1	その損傷又は故障により発生する事象によって燃料の多量の破損を引き起こすおそれがあり、敷地外への著しい放射性物質の放出のおそれのある構築物、系統及び機器	原子炉冷却材バウンダリ機能	① 原子炉容器	1) 本体	○	/	/	原子炉停止後の除熱機能の関連系として、原子炉の安全停止に係る機器等に抽出
			② 1次主冷却系、1次補助冷却系及び1次ナトリウム充填・ドレン系	2) 原子炉冷却材バウンダリに属する容器・配管・ポンプ・弁（ただし、計装等の小口径のものを除く。）	○	/	/	
		炉心形状の維持機能	① 炉心支持構造物	1) 炉心支持板	○	/	/	原子炉の緊急停止及び未臨界維持機能の関連系として、原子炉の安全停止に係る機器等に抽出
				2) 支持構造物	○	/	/	
			② 炉心バレル構造物	1) バレル構造体	○	/	/	
				③ 炉心構成要素	1) 炉心燃料集合体	○	/	
			2) 照射燃料集合体		○	/	/	
			3) 内側反射体		○	/	/	
			4) 外側反射体（A）		○	/	/	
			5) 材料照射用反射体		○	/	/	
6) 遮へい集合体	○	/	/					
7) 計測線付実験装置	○	/	/					
8) 照射用実験装置	○	/	/					
MS-1	異常状態発生時に、敷地周辺公衆への過度の放射線の影響を防止する構築物、系統及び機器	原子炉の緊急停止及び未臨界維持機能*1	① 制御棒		○	/	/	原子炉の安全停止に係る機器等に抽出
			② 制御棒駆動系	1) 駆動機構	○	/	/	
				2) 上部案内管	○	/	/	
		3) 下部案内管		○	/	/		
		③ 後備炉停止制御棒		○	/	/		
		④ 後備炉停止制御棒駆動系	1) 駆動機構	○	/	/		
2) 上部案内管	○		/	/				
3) 下部案内管	○		/	/				

\*1：【特記すべき関連系】 炉心支持構造物（炉心支持板、支持構造物）、炉心バレル構造物（バレル構造体）、炉心構成要素（炉心燃料集合体、照射燃料集合体他）



第1表 安全施設と原子炉の安全停止に係る機器等、放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等、使用済燃料の冠水等に係る機器等の関係 (2/7)

A：原子炉の安全停止に係る機器等、B：放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等、C：使用済燃料の冠水等に係る機器等

分類	定義	機能	安全機能の重要度分類		抽出結果 (○：該当)			備考 (A～Cに抽出されなかった機器等は、設備や環境に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。)	
			構築物、系統又は機器		A	B	C		
MS-1	異常状態発生時に、敷地周辺公衆への過度の放射線の影響を防止する構築物、系統及び機器	1次冷却材漏えい量の低減機能*1	① 原子炉容器	1) リークジャケット	○	/	/	1次冷却材漏えい事故時に1次主冷却系による原子炉停止後の除熱を行う観点で、原子炉の安全停止に係る機器等に抽出	
			② 1次主冷却系、1次補助冷却系及び1次ナトリウム充填・ドレン系のうち、原子炉冷却材バウンダリに属する容器・配管・ポンプ・弁の配管(外側)又はリークジャケット		○	/	/		
			③ 1次主冷却系	1) 逆止弁	/	/	/		1次冷却材漏えい事故時に1次主冷却系による原子炉停止後の除熱に係わらない。
			④ 1次補助冷却系	1) サイフォンブレイク弁	/	/	/		
			⑤ 1次予熱室素ガス系		1) 仕切弁	○	/		/
	原子炉停止後の除熱機能*2	① 1次主冷却系		1) 1次主循環ポンプポニーモータ	○	/	/	原子炉の安全停止に係る機器等に抽出	
				2) 逆止弁	○	/	/	1次主冷却系の冷却材の流路を確保する観点で、原子炉の安全停止に係る機器等に抽出	
		② 2次主冷却系		1) 主冷却機(主送風機を除く。)*3	○	/	/	原子炉の安全停止に係る機器等に抽出	
	放射性物質の閉じ込め機能	① 格納容器		/	○	/	1次冷却材漏えい事故時にナトリウム燃焼に伴う放射性物質の放出を抑制する観点で、放射性物質の閉じ込めに係る機器等として抽出		
		② 格納容器バウンダリに属する配管・弁		/	○	/			
安全上必須なその他の構築物、系統及び機器	工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能*4	① 原子炉保護系(スクラム)		○	/	/	原子炉の安全停止に係る機器等に抽出(なお、関連する計装は、火災時に必要なものを抽出)		
		② 原子炉保護系(アイソレーション)		/	○	/	1次冷却材漏えい事故時にナトリウム燃焼に伴う放射性物質の放出を抑制する観点で、放射性物質の閉じ込めに係る機器等として抽出		

\*1：【特記すべき関連系】関連するプロセス計装(ナトリウム漏えい検出器)

\*2：【特記すべき関連系】原子炉容器(本体)、原子炉冷却材バウンダリに属する容器・配管他、冷却材バウンダリに属する容器・配管他

\*3：原子炉冷却材温度制御系を含む。

\*4：【特記すべき関連系】関連する核計装、関連するプロセス計装

第1表 安全施設と原子炉の安全停止に係る機器等、放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等、使用済燃料の冠水等に係る機器等の関係 (3/7)

A：原子炉の安全停止に係る機器等、B：放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等、C：使用済燃料の冠水等に係る機器等

分類	定義	安全機能の重要度分類		抽出結果 (○：該当)			備考 (A～Cに抽出されなかった機器等は、設備や環境に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。)	
		機能	構築物、系統又は機器	A	B	C		
MS-1	安全上必須なその他の構築物、系統及び機器	安全上特に重要な関連機能*1	① 中央制御室				原子炉の安全停止に係る機器等に抽出	
			② 非常用ディーゼル電源系 (MS-1に関連するもの)		○ (一部)			原子炉の安全停止、放射性物質の貯蔵又は閉じ込め又は使用済燃料の冠水等に係る機器等に電源を供給するために必要な機器等を抽出 (なお、重畳するものは (非常用ディーゼル発電機等)、原子炉の安全停止に係る機器等であることを優先して対策を講じる。)
			③ 交流無停電電源系 (MS-1に関連するもの)		○ (一部)			
			④ 直流無停電電源系 (MS-1に関連するもの)		○ (一部)			
PS-2	その損傷又は故障により発生する事象によって、燃料の多量の破損を直ちに引き起こすおそれはないが、敷地外への過度の放射性物質の放出のおそれのある構築物、系統及び機器	原子炉カバーガス等のバウンダリ機能	① 1次アルゴンガス系 1) 原子炉カバーガスバウンダリに属する容器・配管・弁 (ただし、計装等の小口径のものを除く。)		○		放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等に抽出	
			② 原子炉容器 1) 本体 (原子炉冷却材バウンダリに属するもの及び計装等の小口径のものを除く。)		○			
			③ 1次主冷却系 1) 原子炉カバーガスバウンダリに属する容器・配管・弁 (ただし、計装等の小口径のものを除く。)		○			
			④ 1次オーバフロー系 1) 原子炉カバーガスバウンダリに属する容器・配管・弁 (ただし、計装等の小口径のものを除く。)		○			
			⑤ 1次ナトリウム充填・ドレン系 1) 原子炉カバーガスバウンダリに属する容器・配管・弁 (ただし、計装等の小口径のものを除く。)		○			
			⑥ 回転プラグ (ただし、計装等の小口径のものを除く。)		○			
	燃料を安全に取り扱う機能	① 核燃料物質取扱設備		○				

\*1：【特記すべき関連系】 関連する補機冷却設備

第1表 安全施設と原子炉の安全停止に係る機器等、放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等、使用済燃料の冠水等に係る機器等の関係 (4/7)

A：原子炉の安全停止に係る機器等、B：放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等、C：使用済燃料の冠水等に係る機器等

分類	定義	安全機能の重要度分類		抽出結果 (○：該当)			備考 (A～Cに抽出されなかった機器等は、設備や環境に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。)	
		機能	構築物、系統又は機器	A	B	C		
PS-2	その損傷又は故障により発生する事象によって、燃料の多量の破損を直ちに引き起こすおそれはないが、敷地外への過度の放射性物質の放出のおそれのある構築物、系統及び機器	原子炉冷却材バウンダリに直接接続されていないものであって、放射性物質を貯蔵する機能	① 原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備	1) 貯蔵ラック	/	○	/	放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等に抽出
				2) 水冷却池	/	○	/	
			② 第一使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備	1) 貯蔵ラック	/	○	/	
				2) 水冷却池	/	○	/	
		③ 第二使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備	1) 貯蔵ラック	/	○	/		
			2) 水冷却池	/	○	/		
		④ 気体廃棄物処理設備	1) アルゴン廃ガス処理系	/	○	/		
MS-2	PS-2の構築物、系統及び機器の損傷又は故障が及ぼす敷地周辺公衆への放射線の影響を十分小さくするようにする構築物、系統及び機器	燃料プール水の保持機能	① 原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備	1) 水冷却池	/	/	○	使用済燃料の冠水等に係る機器等に抽出
				2) 水冷却浄化設備のうち、サイフォンブレーク弁	/	/	○	
			② 第一使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備	1) 水冷却池	/	/	○	
				2) 水冷却浄化設備のうち、サイフォンブレーク弁	/	/	○	
			③ 第二使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備	1) 水冷却池	/	/	○	
				2) 水冷却浄化設備のうち、サイフォンブレーク弁	/	/	○	
		放射線の遮蔽及び放出低減機能	① 外周コンクリート壁	/	○	/	1次冷却材漏えい事故時にナトリウム燃焼に伴う放射性物質の放出を抑制する観点で、放射性物質の閉じ込めに係る機器等として抽出	
			② アニュラス部排気系	1) アニュラス部排気系(アニュラス部常用排気フィルタを除く。)	/	○		/
			③ 非常用ガス処理装置	/	○	/		
			④ 主排気筒	/	○	/		
		⑤ 放射線低減効果の大きい遮蔽(安全容器及びコンクリート遮へい体冷却系を含む。)	/	/	/	1次冷却材漏えい事故時にナトリウム燃焼に伴う放射性物質の放出を抑制に係わらない。		

8条-別紙2-別添1-1-5

第1表 安全施設と原子炉の安全停止に係る機器等、放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等、使用済燃料の冠水等に係る機器等の関係 (5/7)

A：原子炉の安全停止に係る機器等、B：放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等、C：使用済燃料の冠水等に係る機器等

分類	定義	安全機能の重要度分類		抽出結果 (○：該当)			備考 (A～Cに抽出されなかった機器等は、設備や環境に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。)	
		機能	構築物、系統又は機器	A	B	C		
MS-2	異常状態への対応上特に重要な構築物、系統及び機器	事故時のプラント状態の把握機能	① 事故時監視計器の一部	○	/	/	原子炉の安全停止に係る機器等に抽出	
		安全上特に重要なその他の構築物、系統及び機器	安全上重要な関連機能	① 非常用ディーゼル電源系 (MS-1に属するものを除く。)	○ (一部)			原子炉の安全停止、放射性物質の貯蔵又は閉じ込め又は使用済燃料の冠水等に係る機器等に電源を供給するために必要な機器等を抽出 (なお、重畳するものは (非常用ディーゼル発電機等)、原子炉の安全停止に係る機器等であることを優先して対策を講じる。)
				② 交流無停電電源系 (MS-1に属するものを除く。)	○ (一部)			
③ 直流無停電電源系 (MS-1に属するものを除く。)	○ (一部)							
PS-3	異常状態の起因事象となるものであってPS-1、PS-2以外の構築物、系統及び機器	1次冷却材を内蔵する機能 (PS-1以外のもの)	① 1次ナトリウム純化系のうち、1次冷却材を内蔵しているか、又は内蔵し得る容器・配管・ポンプ・弁 (ただし、計装等の小口径のものを除く。)	/	○	/	放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等に抽出	
			② 1次オーバフロー系のうち、1次冷却材を内蔵しているか、又は内蔵し得る容器・配管・ポンプ・弁 (ただし、計装等の小口径のものを除く。)	/	○	/		
			③ 1次ナトリウム充填・ドレン系のうち、1次冷却材を内蔵しているか、又は内蔵し得る容器・配管・弁 (ただし、PS-1に属するもの及び計装等の小口径のものを除く。)	/	○	/		
		2次冷却材を内蔵する機能 (通常運転時の炉心の冷却に関連するもの)	① 2次主冷却系、2次補助冷却系、2次ナトリウム純化系及び2次ナトリウム充填・ドレン系	○	/	/	原子炉停止後の除熱機能の関連系として、原子炉の安全停止に係る機器等に抽出	
		放射性物質の貯蔵機能	① 液体廃棄物処理設備	/	○	/	放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等に抽出	
② 固体廃棄物処理設備	/	○	/					

8条-別紙2-別添1-1-6

第1表 安全施設と原子炉の安全停止に係る機器等、放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等、使用済燃料の冠水等に係る機器等の関係 (6/7)

A：原子炉の安全停止に係る機器等、B：放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等、C：使用済燃料の冠水等に係る機器等

分類	定義	安全機能の重要度分類		抽出結果 (○：該当)			備考 (A～Cに抽出されなかった機器等は、設備や環境に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。)		
		機能	構築物、系統又は機器	A	B	C			
PS-3	異常状態の起回事象となるものであってPS-1、PS-2以外の構築物、系統及び機器	通常運転時の冷却材の循環機能	① 1次主冷却系 1) 1次主循環ポンプ	i) 1次主循環ポンプ本体 (循環機能)	○	/	原子炉停止後の除熱は、1次主冷却系の強制循環(1次主循環ポンプポニーモータを使用)、2次主冷却系の自然循環で行われることから、1次主循環ポンプ本体(循環機能)を原子炉の安全停止に係る機器等に抽出		
				ii) 主電動機*1	/	/			
		② 2次主冷却系 1) 2次主循環ポンプ	i) 2次主循環ポンプ本体 (循環機能)	/	/	/			
			ii) 電動機	/	/	/			
		通常運転時の最終ヒートシンクへの熱輸送機能	① 2次主冷却系 1) 主送風機	i) 電動機	/	/		/	原子炉停止後の除熱は、主冷却機の自然通風であり、原子炉の安全停止に係わらない。
				ii) 電磁ブレーキ*2	/	/		/	
電源供給機能 (非常用を除く。)	① 一般電源系 (受電エリア)	/	/	/	原子炉の安全停止、放射性物質の閉じ込め、使用済燃料の冠水等に係る機器への電源は、非常用電源設備より給電されるため、原子炉の安全停止、放射性物質の閉じ込め、使用済燃料の冠水等に係わらない。				
プラント計測・制御機能 (安全保護機能を除く。)	① 原子炉冷却材温度制御系 (関連するプロセス計装及び制御用圧縮空気供給設備を含む。)	○	/	/	原子炉停止後の除熱を制御する観点で、原子炉の安全停止に係わる機器等に抽出				
原子炉冷却材中放射性物質濃度を通常運転に支障のない程度に低く抑える構築物、系統及び機器	核分裂生成物の原子炉冷却材中への放散防止機能	① 炉心構成要素	1) 炉心燃料集合体 i) 被覆管	/	○	/	放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等に抽出		
			2) 照射燃料集合体 i) 被覆管	/	○	/			
MS-3	運転時の異常な過渡変化があってもMS-1、MS-2とあいまって、事象を緩和する構築物、系統及び機器	制御室外からの安全停止機能	① 中央制御室外原子炉停止盤 (安全停止に関連するもの)	○	/	/	中央制御室が火災等により使用できない場合に使用するものであることを考慮し、原子炉の安全停止に係わる機器等に抽出		

8条-別紙2-別添1-1-7

\*1：1次主循環ポンプの主電動機が停止した場合には、主電動機の慣性と1次冷却材の流体慣性により、1次冷却材流量は緩慢に減少する(フローコストダウン)。1次主循環ポンプの軸は、1次主循環ポンプの内部に設置していることから、火災によって軸の固着が生じることはなく、フローコストダウン特性は、火災によって影響を受けることはない。

\*2：電磁ブレーキは、主送風機の停止を迅速に行うために設けられる。これは、原子炉停止直後に2次冷却材の温度低下による熱衝撃を緩和することを目的としたものであり、原子炉の冷却の観点では、万一、電磁ブレーキが動作しなかったとしても影響を及ぼすことはない。

第1表 安全施設と原子炉の安全停止に係る機器等、放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等、使用済燃料の冠水等に係る機器等の関係 (7/7)

A：原子炉の安全停止に係る機器等、B：放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等、C：使用済燃料の冠水等に係る機器等

安全機能の重要度分類				抽出結果 (○：該当)			備考 (A～Cに抽出されなかった機器等は、設備や環境に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。)	
分類	定義	機能	構築物、系統又は機器	A	B	C		
MS-3	運転時の異常な過渡変化があってもMS-1、MS-2とあいまって、事象を緩和する構築物、系統及び機器	燃料プール水の補給機能	① 原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備	1) 水冷却浄化設備 (MS-2に属するものを除く。)	/	/	○	使用済燃料の冠水等に係る機器等に抽出
			② 第一使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備	1) 水冷却浄化設備 (MS-2に属するものを除く。)	/	/	○	
			③ 第二使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備	1) 水冷却浄化設備 (MS-2に属するものを除く。)	/	/	○	
		出力上昇の抑制機能	① インターロック系	1) 制御棒引抜きインターロック系	/	/	/	火災により当該機能の必要となる事象が発生するおそれはなく、原子炉の安全停止に係わらない。
			異常状態への対応上必要な構築物、系統及び機器	緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能	① 事故時監視計器 (MS-2に属するものを除く。)		○	/
	② 放射線管理施設 (MS-2に属するものを除く。)				/	/	/	原子炉の安全停止、放射性物質の貯蔵又は閉じ込め、使用済燃料の冠水等に係わらない。
	③ 通信連絡設備				/	/	/	
	④ 消火設備				/	/	/	
	⑤ 安全避難通路				/	/	/	
⑥ 非常用照明		/			/	/		

8条-別紙2-別添1-1-8

原子炉の安全停止に係る機器等に対する火災による機能への影響

安全機能の重要度分類から抽出した原子炉の安全停止に係る機器等に対する火災による機能への影響の概要を第 1 表に示す。

第1表 原子炉の安全停止に係る機器等に対する火災による機能への影響の概要 (1/6)

分類	定義	安全機能の重要度分類		原子炉の安全停止に係る機器等 (○：該当、－：非該当)	火災による機能影響の概要 (可能性あり：◎*1/○*2、可能性なし：－*3)	
		機能	構築物、系統又は機器			
PS-1	その損傷又は故障により発生する事象によって燃料の多量の破損を引き起こすおそれがあり、敷地外への著しい放射性物質の放出のおそれのある構築物、系統及び機器	原子炉冷却材バウンダリ機能	① 原子炉容器	1) 本体	○*1	(左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。また、左記を設置する炉容器ピットの安全容器内は、窒素雰囲気で維持するため、火災が発生するおそれはない。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることはない。)
			② 1次主冷却系、1次補助冷却系及び1次ナトリウム充填・ドレン系	1) 原子炉冷却材バウンダリに属する容器・配管・ポンプ・弁(ただし、計装等の小口径のものを除く。)	○*1	(左記の本体は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。また、左記を設置する格納容器(床下)は、原子炉運転中にあっては、窒素雰囲気で維持するため、火災が発生するおそれはない。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることはない。左記のうち、原子炉冷却材バウンダリを構成する境界となる弁の一部(電動弁)は、通常運転時及び原子炉停止時ともに「閉」であり、関連するケーブル等が損傷した場合であっても「閉」状態が維持される。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることはない。原子炉冷却材バウンダリに属する主要な機器の構造等を添付1に示す。)
		炉心形状の維持機能	① 炉心支持構造物	1) 炉心支持板	○*2	(左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。また、左記を設置する原子炉容器内では、火災が発生するおそれはない。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることはない。)
				2) 支持構造物	○*2	
			② 炉心パレル構造物	1) パレル構造体	○*2	
				③ 炉心構成要素	1) 炉心燃料集合体	
			2) 照射燃料集合体		○*2	
			3) 内側反射体		○*2	
			4) 外側反射体(A)		○*2	
			5) 材料照射用反射体		○*2	
6) 遮へい集合体	○*2					
	7) 計測線付実験装置	○*2				
	8) 照射用実験装置	○*2				

※1：火災防護基準による三方策のそれぞれを講じることを基本とする。

※2：火災防護基準による三方策を組み合わせることを基本とする。

※3：設備や環境に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

\*1：原子炉停止後の除熱機能の関連系として、原子炉の安全停止に係る機器等に抽出

\*2：原子炉の緊急停止及び未臨界維持機能の関連系として、原子炉の安全停止に係る機器等に抽出



第1表 原子炉の安全停止に係る機器等に対する火災による機能への影響の概要 (2/6)

分類	定義	安全機能の重要度分類		原子炉の安全停止に係る機器等 (○：該当、－：非該当)	火災による機能影響の概要 (可能性あり：◎ <sup>*1</sup> ／○ <sup>*2</sup> 、可能性なし：－ <sup>*3</sup> )		
		機能	構築物、系統又は機器				
MS-1	異常状態発生時に、敷地周辺公衆への過度の放射線の影響を防止する構築物、系統及び機器	原子炉の緊急停止及び未臨界維持機能 <sup>*1</sup>	① 制御棒		○	(左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。また、左記を設置する原子炉容器内では、火災が発生するおそれはない。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることはない。)	
			② 制御棒駆動系	1) 駆動機構		○	(駆動機構の駆動電動機が火災によって損傷した場合であっても、制御棒を炉心に急速に挿入する機能が影響を受けることはない。また、駆動機構の制御棒保持電磁石のケーブルが損傷した場合、保持電磁石が無励磁となり制御棒は、炉心に急速に挿入される。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることはない。制御棒駆動機構の構造等を添付2に示す。)
				2) 上部案内管		○	(左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。また、左記を設置する原子炉容器内では、火災が発生するおそれはない。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることはない。)
				3) 下部案内管		○	
			③ 後備炉停止制御棒		○	(制御棒と同様)	
			④ 後備炉停止制御棒駆動系	1) 駆動機構		○	(制御棒駆動系(駆動機構)と同様)
		2) 上部案内管			○	(制御棒駆動系(上部案内管、下部案内管)と同様)	
		3) 下部案内管			○		
		1次冷却材漏えい量の低減機能 <sup>*2</sup>	① 原子炉容器	1) リークジャケット		○	(左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。また、左記を設置する炉容器ピットの安全容器内は、窒素雰囲気で維持するため、火災が発生するおそれはない。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることはない。)
			② 1次主冷却系、1次補助冷却系及び1次ナトリウム充填・ドレン系のうち、原子炉冷却材バウンダリに属する容器・配管・ポンプ・弁の配管(外側)又はリークジャケット			○	(左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する(添付1参照)。また、左記を設置する格納容器(床下)は、原子炉運転中においては、窒素雰囲気で維持するため、火災が発生するおそれはない。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることはない。)
			③ 1次主冷却系	1) 逆止弁		－	
			④ 1次補助冷却系	1) サイフォンブレイク弁		－	
			⑤ 1次予熱窒素ガス系	1) 仕切弁		○	(1次予熱窒素ガス系の仕切弁は、通常運転時及び機能要求時(1次冷却材漏えい事故時)ともに「閉」の電動弁であり、通常運転時と機能要求時で状態が変わらない。また、本体は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることはない。1次予熱窒素ガス系の仕切弁の構造等を添付3に示す。)

※1：火災防護基準による三方策のそれぞれを講じることを基本とする。

※2：火災防護基準による三方策を組み合わせることを基本とする。

※3：設備や環境に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

\*1：【特記すべき関連系】炉心支持構造物(炉心支持板、支持構造物)、炉心バレル構造物(バレル構造体)、炉心構成要素(炉心燃料集合体、照射燃料集合体他)

\*2：【特記すべき関連系】関連するプロセス計装(ナトリウム漏えい検出器)

第1表 原子炉の安全停止に係る機器等に対する火災による機能への影響の概要 (3/6)

分類	定義	安全機能の重要度分類		原子炉の安全停止に係る機器等 (○：該当、－：非該当)	火災による機能影響の概要 (可能性あり：◎ <sup>*1</sup> ／○ <sup>*2</sup> 、可能性なし：－ <sup>*3</sup> )	
		機能	構築物、系統又は機器			
MS-1	異常状態発生時に、敷地周辺公衆への過度の放射線の影響を防止する構築物、系統及び機器	原子炉停止後の除熱機能 <sup>*1</sup>	① 1次主冷却系	1) 1次主循環ポンプポニーモータ	○	◎
				2) 逆止弁	○	－ (左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する(添付1参照)。また、左記を設置する格納容器(床下)は、原子炉運転中においては、窒素雰囲気で維持するため、火災が発生するおそれはない。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることはない。)
		② 2次主冷却系	1) 主冷却機(主送風機を除く。)	○	－ (左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることはない。)	
		放射性物質の閉じ込め機能	① 格納容器	－	－	
	② 格納容器バウンダリに属する配管・弁		－	－		
	安全上必要なその他の構築物、系統及び機器	工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能 <sup>*2</sup>	① 原子炉保護系(スクラム)	○	◎(核計装)/○(核計装を除く。) (原子炉保護系(スクラム)及び関連する計装は、核計装を除いてフェイルセーフ設計であることから、火災によって、左記の機能が影響を受けることはない。核計装を除く計装については、火災防護基準による三方策を組み合わせる。原子炉保護系(スクラム)及び関連する計装の構造等を添付4に示す。)	
			② 原子炉保護系(アイソレーション)	－	－	
		安全上特に重要な関連機能 <sup>*3</sup>	① 中央制御室	○	◎	
			② 非常用ディーゼル電源系(MS-1に関連するもの)	○	◎	
			③ 交流無停電電源系(MS-1に関連するもの)	○	◎	
④ 直流無停電電源系(MS-1に関連するもの)			○	◎		
その損傷又は故障により発生する事象によって、燃料の多量の破損を直ちに引き起こすおそれはないが、敷地外への過度の放射性物質の放出のおそれのある構築物、系統及び機器	原子炉カバーガス等のバウンダリ機能	① 1次アルゴンガス系	1) 原子炉カバーガスバウンダリに属する容器・配管・弁(ただし、計装等の小口径のものを除く。)	－	－	
		② 原子炉容器	1) 本体(原子炉冷却材バウンダリに属するもの及び計装等の小口径のものを除く。)	－	－	
		③ 1次主冷却系	1) 原子炉カバーガスバウンダリに属する容器・配管・弁(ただし、計装等の小口径のものを除く。)	－	－	
		④ 1次オーバーフロー系	1) 原子炉カバーガスバウンダリに属する容器・配管・弁(ただし、計装等の小口径のものを除く。)	－	－	
		⑤ 1次ナトリウム充填・ドレン系	1) 原子炉カバーガスバウンダリに属する容器・配管・弁(ただし、計装等の小口径のものを除く。)	－	－	
		⑥ 回転プラグ(ただし、計装等の小口径のものを除く。)	－	－	－	

※1：火災防護基準による三方策のそれぞれを講じることを基本とする。

※2：火災防護基準による三方策を組み合わせることを基本とする。

※3：設備や環境に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

\*1：【特記すべき関連系】原子炉容器(本体)、原子炉冷却材バウンダリに属する容器・配管他、冷却材バウンダリに属する容器・配管他

\*2：【特記すべき関連系】関連する核計装、関連するプロセス計装

\*3：【特記すべき関連系】関連する補機冷却設備

第1表 原子炉の安全停止に係る機器等に対する火災による機能への影響の概要 (4/6)

分類	定義	安全機能の重要度分類		原子炉の安全停止に係る機器等 (○：該当、－：非該当)	火災による機能影響の概要 (可能性あり：◎ <sup>※1</sup> ／○ <sup>※2</sup> 、可能性なし：－ <sup>※3</sup> )	
		機能	構築物、系統又は機器			
PS-2	その損傷又は故障により発生する事象によって、燃料の多量の破損を直ちに引き起こすおそれはないが、敷地外への過度の放射性物質の放出のおそれのある構築物、系統及び機器	燃料を安全に取り扱う機能	① 核燃料物質取扱設備	－		
		原子炉冷却材バウンダリに直接接続されていないものであって、放射性物質を貯蔵する機能	① 原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備	1) 貯蔵ラック 2) 水冷却池	－	
			② 第一使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備	1) 貯蔵ラック 2) 水冷却池	－	
			③ 第二使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備	1) 貯蔵ラック 2) 水冷却池	－	
			④ 気体廃棄物処理設備	1) アルゴン廃ガス処理系	－	
MS-2	PS-2の構築物、系統及び機器の損傷又は故障が及ぼす敷地周辺公衆への放射線の影響を十分小さくするようにする構築物、系統及び機器	燃料プール水の保持機能	① 原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備	1) 水冷却池 2) 水冷却浄化設備のうち、サイフォンブレイク弁	－	
			② 第一使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備	1) 水冷却池 2) 水冷却浄化設備のうち、サイフォンブレイク弁	－	
			③ 第二使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備	1) 水冷却池 2) 水冷却浄化設備のうち、サイフォンブレイク弁	－	
		放射線の遮蔽及び放出低減機能	① 外周コンクリート壁		－	
			② アニュラス部排気系	1) アニュラス部排気系 (アニュラス部常用排気フィルタを除く。)	－	
	③ 非常用ガス処理装置			－		
	異常状態への対応上特に重要な構築物、系統及び機器	事故時のプラント状態の把握機能	① 事故時監視計器の一部		○	◎
			安全上特に重要なその他の構築物、系統及び機器	① 非常用ディーゼル電源系 (MS-1に属するものを除く。)	○	◎
	② 交流無停電電源系 (MS-1に属するものを除く。)	○		◎		
	③ 直流無停電電源系 (MS-1に属するものを除く。)	○		◎		

※1：火災防護基準による三方策のそれぞれを講じることを基本とする。  
 ※2：火災防護基準による三方策を組み合わせることを基本とする。  
 ※3：設備や環境に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

第1表 原子炉の安全停止に係る機器等に対する火災による機能への影響の概要 (5/6)

分類	定義	安全機能の重要度分類		原子炉の安全停止に係る機器等 (○：該当、－：非該当)	火災による機能影響の概要 (可能性あり：◎ <sup>※1</sup> ／○ <sup>※2</sup> 、可能性なし：－ <sup>※3</sup> )	
		機能	構築物、系統又は機器			
PS-3	異常状態の起因事象となるものであってPS-1、PS-2以外の構築物、系統及び機器	1次冷却材を内蔵する機能 (PS-1以外のもの)	① 1次ナトリウム純化系のうち、1次冷却材を内蔵しているか、又は内蔵し得る容器・配管・ポンプ・弁 (ただし、計装等の小口径のものを除く。)	－		
			② 1次オーバフロー系のうち、1次冷却材を内蔵しているか、又は内蔵し得る容器・配管・ポンプ・弁 (ただし、計装等の小口径のものを除く。)	－		
			③ 1次ナトリウム充填・ドレン系のうち、1次冷却材を内蔵しているか、又は内蔵し得る容器・配管・弁 (ただし、PS-1に属するもの及び計装等の小口径のものを除く。)	－		
		2次冷却材を内蔵する機能 (通常運転時の炉心の冷却に関連するもの)	① 2次主冷却系、2次補助冷却系、2次ナトリウム純化系及び2次ナトリウム充填・ドレン系 1) 冷却材バウンダリに属する容器・配管・ポンプ・弁 (ただし、計装等の小口径のものを除く。)	○	(左記の本体は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることはない。また、左記のうち、冷却材バウンダリの境界となる弁の一部は、フェイルクローズ設計であることから、火災によって、左記の機能が影響を受けることはない。冷却材バウンダリに属する主要な機器の構造等を添付5に示す。)	
		放射性物質の貯蔵機能	① 液体廃棄物処理設備	－		
			② 固体廃棄物処理設備	－		
		通常運転時の冷却材の循環機能	① 1次主冷却系 1) 1次主循環ポンプ	i) 1次主循環ポンプ本体(循環機能)	○	(左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。また、左記を設置する原子炉冷却材バウンダリ内では、火災が発生するおそれはない。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることはない。)
				ii) 主電動機	－	
			② 2次主冷却系 1) 2次主循環ポンプ	i) 2次主循環ポンプ本体(循環機能)	－	
				ii) 電動機	－	
通常運転時の最終ヒートシンクへの熱輸送機能	① 2次主冷却系 1) 主送風機	i) 電動機	－			
		ii) 電磁ブレーキ	－			
電源供給機能 (非常用を除く。)	① 一般電源系 (受電エリア)	－				
プラント計測・制御機能 (安全保護機能を除く。)	① 原子炉冷却材温度制御系 (関連するプロセス計装及び制御用圧縮空気供給設備を含む。)	○	◎ (原子炉冷却材温度制御系の構造等を添付6に示す。)			

※1：火災防護基準による三方策のそれぞれを講じることを基本とする。

※2：火災防護基準による三方策を組み合わせることを基本とする。

※3：設備や環境に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

第1表 原子炉の安全停止に係る機器等に対する火災による機能への影響の概要 (6/6)

分類	定義	安全機能の重要度分類		原子炉の安全停止に係る機器等 (○：該当、－：非該当)	火災による機能影響の概要 (可能性あり：◎ <sup>※1</sup> ／○ <sup>※2</sup> 、可能性なし：－ <sup>※3</sup> )	
		機能	構築物、系統又は機器			
PS-3	原子炉冷却材中放射性物質濃度を通常運転に支障のない程度に低く抑える構築物、系統及び機器	核分裂生成物の原子炉冷却材中への放散防止機能	① 炉心構成要素	1) 炉心燃料集合体 i) 被覆管	－	
				2) 照射燃料集合体 i) 被覆管	－	
MS-3	運転時の異常な過渡変化があってもMS-1、MS-2とあいまって、事象を緩和する構築物、系統及び機器	制御室外からの安全停止機能	① 中央制御室外原子炉停止盤 (安全停止に関連するもの)		○	－ (左記は、フェイルセーフ設計であることから、火災によって、左記の機能が影響を受けることはない。)
		燃料プール水の補給機能	① 原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備	1) 水冷却浄化設備 (MS-2に属するものを除く。)	－	
			② 第一使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備	1) 水冷却浄化設備 (MS-2に属するものを除く。)	－	
			③ 第二使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備	1) 水冷却浄化設備 (MS-2に属するものを除く。)	－	
	出力上昇の抑制機能	① インターロック系	1) 制御棒引抜きインターロック系	－		
	異常状態への対応上必要な構築物、系統及び機器	緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能	① 事故時監視計器 (MS-2に属するものを除く。)		○	◎(核計装及び原子炉出入口冷却材温度)／ ○(1次・2次主冷却系冷却材流量) (1次・2次主冷却系冷却材流量に係るプロセス計装は、原子炉出入口冷却材温度により、機能を代替でき、火災によって、左記の機能が影響を受けることはない。1次・2次主冷却系冷却材流量に係るプロセス計装については、火災防護基準による三方策を組み合わせる。事故時監視計器 (MS-2に属するものを除く。) の構造等を添付7に示す。)
② 放射線管理施設 (MS-2に属するものを除く。)				－		
③ 通信連絡設備				－		
④ 消火設備				－		
⑤ 安全避難通路				－		
⑥ 非常用照明				－		

※1：火災防護基準による三方策のそれぞれを講じることを基本とする。

※2：火災防護基準による三方策を組み合わせることを基本とする。

※3：設備や環境に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

原子炉冷却材バウンダリに属する主要な機器の構造等
--------------------------

## 1. 概要

原子炉冷却材バウンダリ\*1に属する主要な機器の構造等について示す。

\*1: 原子炉冷却材バウンダリとは、運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故時において冷却材障壁を形成するもので、かつ、それが破壊することにより一次冷却材漏えい事故となる部分をいう。

## 2. 原子炉冷却材バウンダリ

原子炉冷却材バウンダリには、1次主冷却系、1次補助冷却系及び1次ナトリウム充填・ドレン系の一部が該当する。原子炉冷却材バウンダリの概要を第2.1図に示す。

## 3. 原子炉冷却材バウンダリに属する主要な機器の構造

原子炉冷却材バウンダリに属する機器のうち、以下の機器の構造を示す。

- ・ 1次主循環ポンプ（第3.1図）
- ・ 1次補助冷却系の循環ポンプ（第3.2図）
- ・ 主中間熱交換器（第3.3図）
- ・ オーバフローカラム（第3.4図）
- ・ 1次主冷却系の逆止弁（第3.5図）
- ・ 1次主冷却系圧力計止弁（第3.6図）

第3.1図から第3.6図に示すとおり、冷却材障壁を形成する部分は、不燃性材料（鉄鋼又は金属板）で構成することから、火災によって原子炉冷却材バウンダリ機能が影響を受けることはない。

## 4. 原子炉冷却材バウンダリの境界となる弁

原子炉冷却材バウンダリの境界を構成する弁には、「① 1次主・補助冷却系と1次ナトリウム充填・ドレン系の弁（手動弁）」、「② 1次主・補助冷却系の圧力計の止弁（手動弁）」、「③ 1次補助冷却系と1次アルゴンガス系の弁（電動弁）」が該当する。

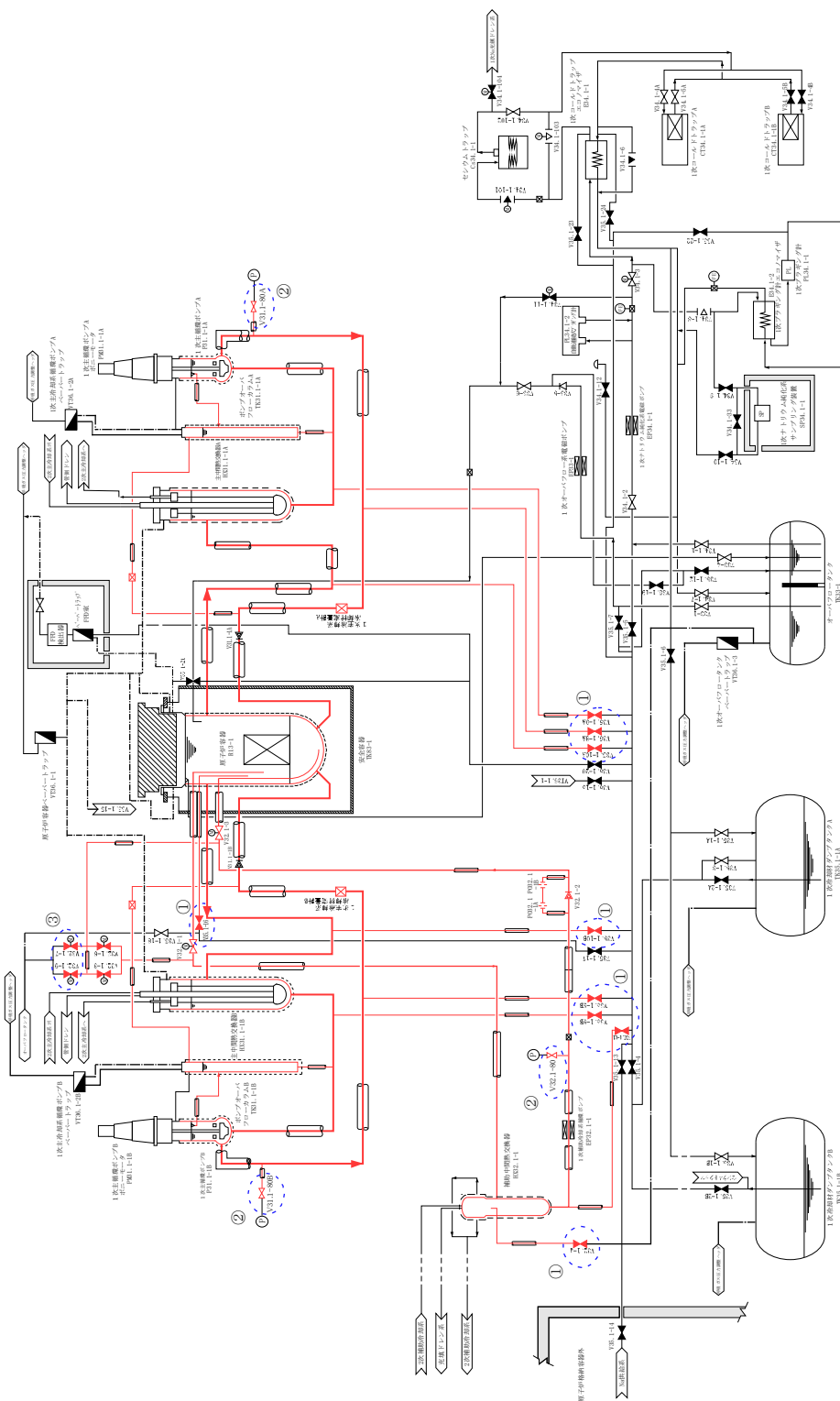
①及び②については、手動弁であり、本体は不燃性材料（鉄鋼又は金属板）で構成され、原子炉運転中、窒素雰囲気中で維持する格納容器（床下）に設置する。

③については、通常運転時及び原子炉停止時ともに「閉」の電動弁であり、関連するケーブルが火災により損傷した場合にあっても「閉」状態が維持される。当該弁の本体は、不燃性材料（鉄鋼又は金属板）で構成し、原子炉運転中、窒素雰囲気中で維持する格納容器（床下）に設置する。

以上より、①～③について、火災によって原子炉冷却材バウンダリ機能が影響を受けることはない。

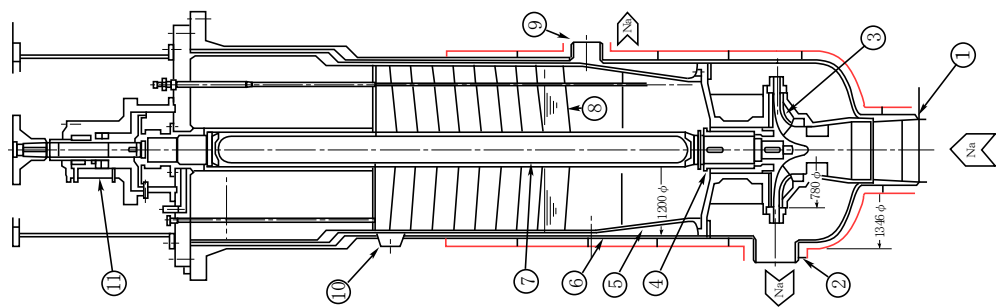
なお、上記の弁は、フレキシブルシャフトにより延長することによって、格納容器（床下）とは別の場所で操作することができる。

赤線：原子炉冷却材バウンダリ



- ①：原子炉冷却材バウンダリを構成する1次ナトリウム充填・ドレン系の弁（手動弁）
- ②：原子炉冷却材バウンダリを構成する1次主・補助冷却系の圧力計の止弁（手動弁）
- ③：原子炉冷却材バウンダリを構成する1次補助冷却系の弁（電動弁）

第 2.1 図 原子炉冷却材バウンダリの概要



11	上部軸封部
10	Ar ガスノズル
9	オーバフローローノズル
8	熱遮へい板
7	シャフト
6	アウトターケーシング
5	インターケーシング
4	ナトリウムベアリング
3	インベラ
2	吐出ノズル
1	吸入ノズル

【原子炉冷却材ハウンドリ機能】

1次主循環ポンプにおいて原子炉冷却材ハウンドリ機能を有するのは、1次冷却材と接液し、外部との境界となる図中の①、②及び⑥である。  
上記は、不燃性材料（鉄鋼又は金属板）で構成し、また、格納容器（床下）に設置する。

【1次冷却材漏えい量の低減機能】

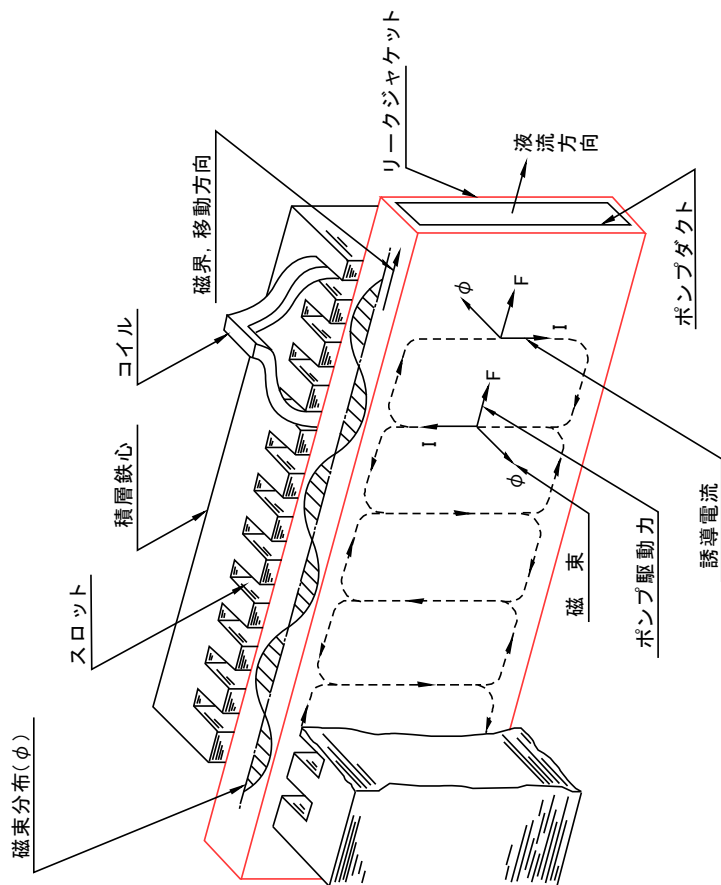
1次主循環ポンプにおいて1次冷却材漏えい量の低減機能を有するのは、リークジャケット（図中の朱書き部）である。  
リークジャケットは、不燃性材料（鉄鋼又は金属板）で構成し、また、格納容器（床下）に設置する。

【通常運転時の冷却材の循環機能】

1次主循環ポンプにおいて通常運転時の冷却材の循環機能を有するのは、③、④及び⑦である。  
上記は、不燃性材料（鉄鋼又は金属板）で構成し、また、原子炉冷却材ハウンドリ内に設置する。

第3.1 図 1次主循環ポンプ





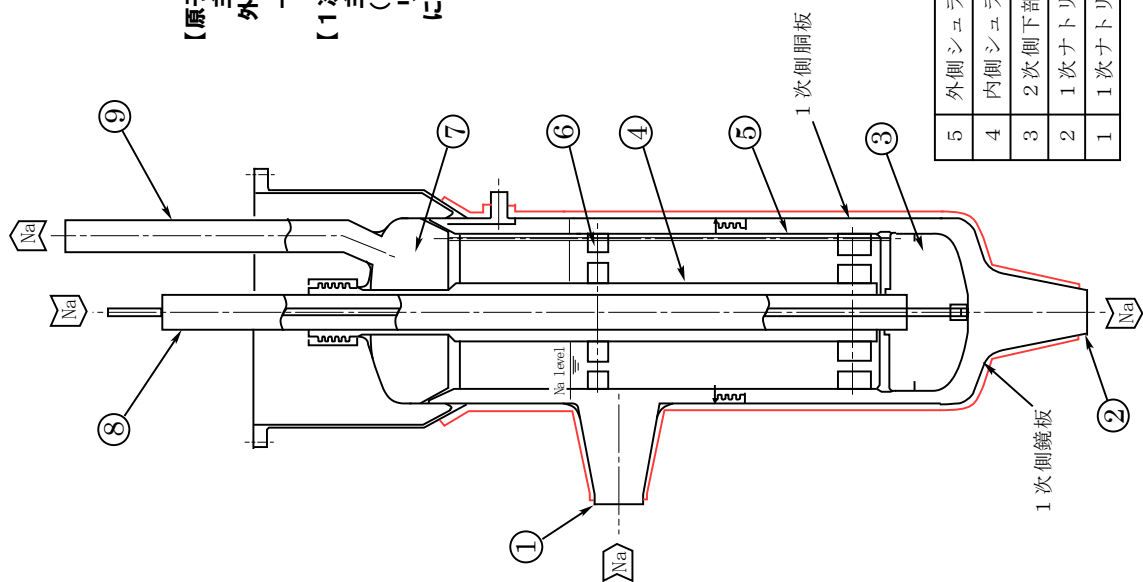
【原子炉冷却材ハウジング機能】  
 1次補助冷却系の循環ポンプにおいて原子炉冷却材ハウジング機能をもつのは、1次冷却材と接液し、外部との境界となる図中のポンプダクトである。

上記は、不燃性材料（鉄鋼又は金属板）で構成し、また、格納容器（床下）に設置する。

【1次冷却材漏えい量の低減機能】

1次補助冷却系の循環ポンプにおいて1次冷却材漏えい量の低減機能をもつのは、リークジャケット（図中の朱書き部）である。リークジャケットは、不燃性材料（鉄鋼又は金属板）で構成し、また、格納容器（床下）に設置する。

第 3.2 図 1 次補助冷却系の循環ポンプ

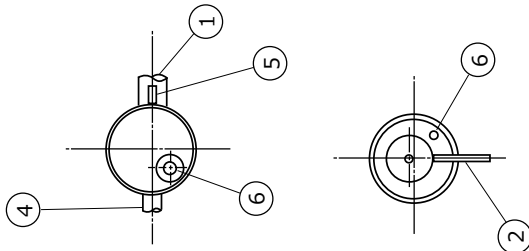
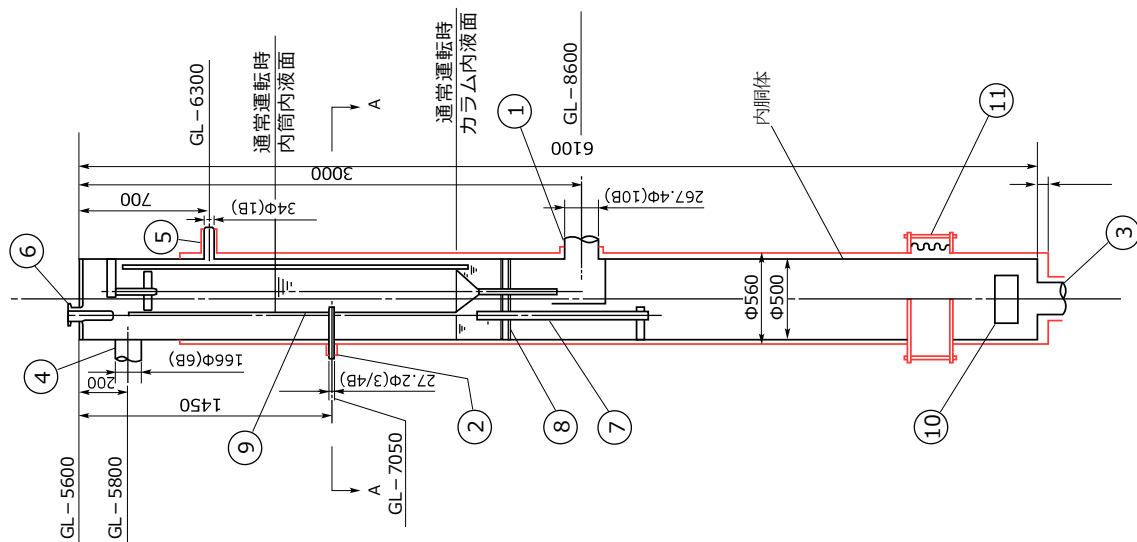


【原子炉冷却材ハウンドリ機能】  
 主中間熱交換器において原子炉冷却材ハウンドリ機能を有するのは、1次冷却材と接液し、外部との境界となる図中の①、②、1次側胴板及び1次側鏡板である。  
 上記は、不燃性材料（鉄鋼又は金属板）で構成し、また、格納容器（床下）に設置する。

【1次冷却材漏えい量の低減機能】  
 主中間熱交換器において1次冷却材漏えい量の低減機能を有するのは、リークジャケット（図中の朱書き部）である。  
 リークジャケットは、不燃性材料（鉄鋼又は金属板）で構成し、また、格納容器（床下）に設置する。

5	外側シェラウド	
4	内側シェラウド	9 2次ナトリウム出口ノズル
3	2次側下部ブレンラム	8 2次ナトリウム入口ノズル
2	1次ナトリウム出口ノズル	7 2次側上部ブレンラム
1	1次ナトリウム入口ノズル	6 内 胴 窓

第 3.3 図 主中間熱交換器



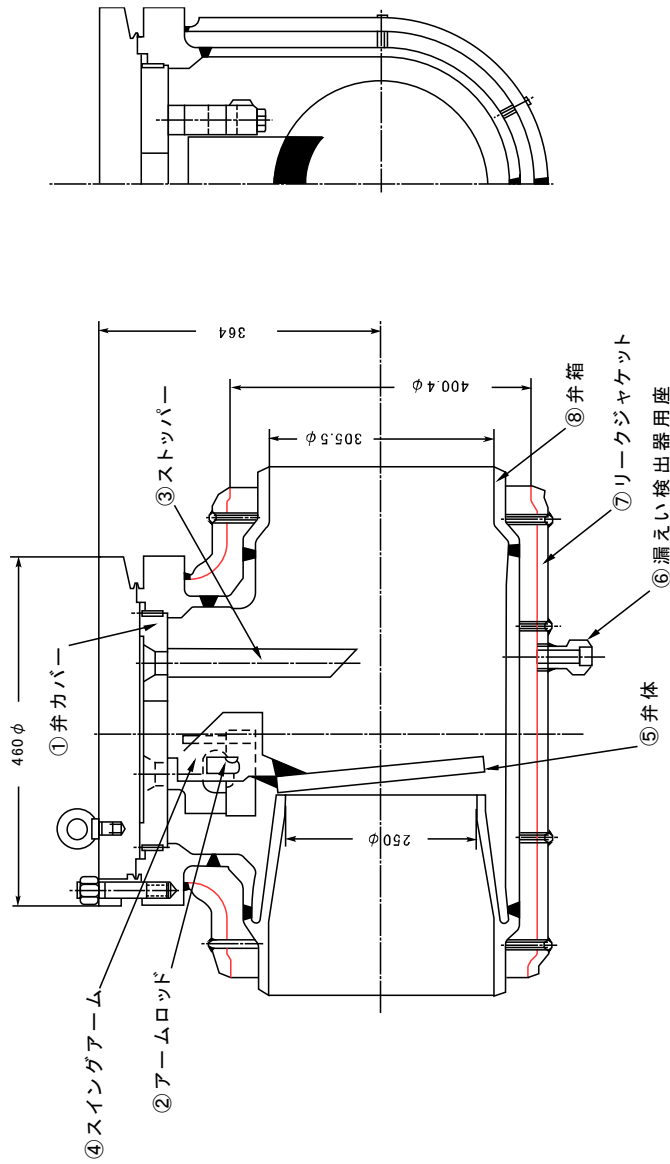
A-A 断面図

11	ペロローズ
10	ボルトテックスプレーカ
9	内筒
8	バツフル板
7	液面計保護管
6	液面計
5	ペーパーラップ張りノズル
4	カバーガス出口ノズル
3	カラム出口ノズル
2	サイフォンブレイク戻りノズル
1	ポンプオーバーフローノズル

【原子炉冷却材バウンダリ機能】  
 オーバーフローカラムにおいて原子炉冷却材バウンダリ機能を有するのは、1次冷却材と接液し、外部との境界となる図中の①、②、③及び内胴体である。  
 上記は、不燃性材料（鉄鋼又は金属板）で構成し、また、格納容器（床下）に設置する。

【1次冷却材漏えい量の低減機能】  
 オーバーフローカラムにおいて1次冷却材漏えい量の低減機能を有するのは、リークジャケット（図中の朱書き部）である。  
 リークジャケットは、不燃性材料（鉄鋼又は金属板）で構成し、また、格納容器（床下）に設置する。

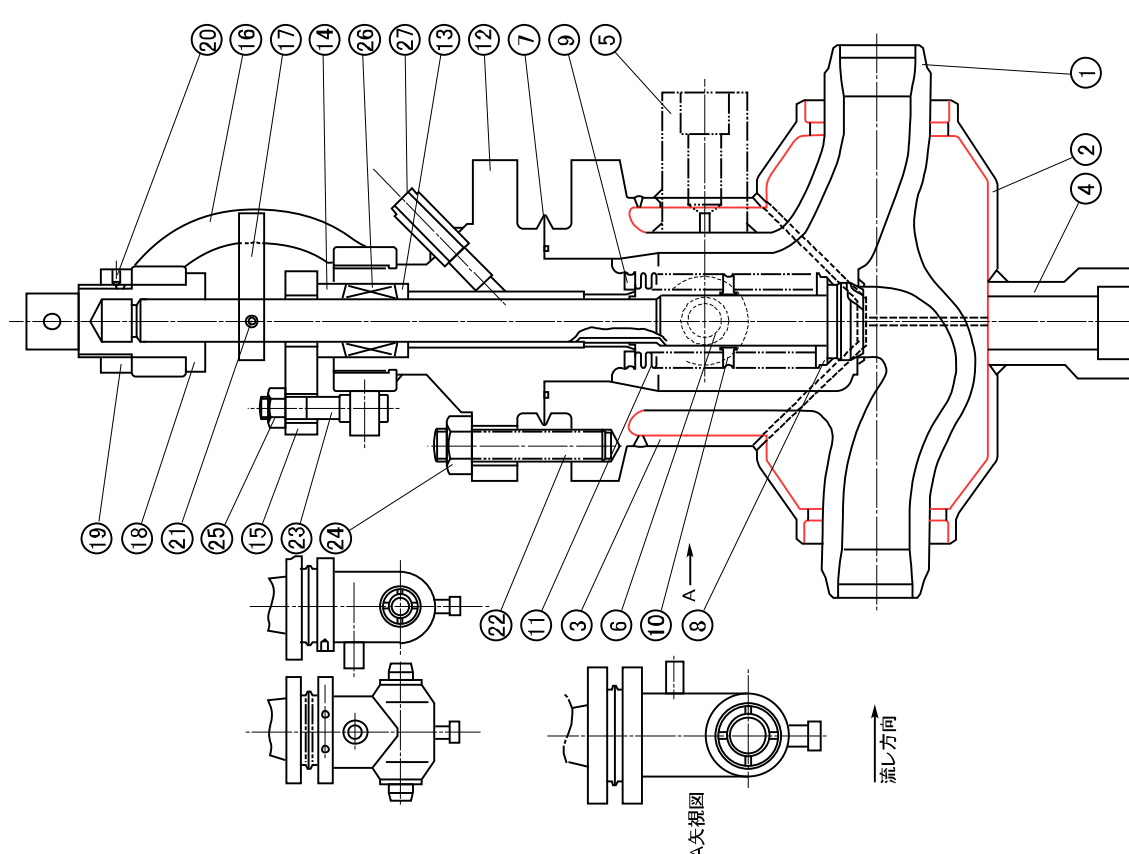
第3.4図 オーバーフローカラム



【原子炉冷却材ハウンドリ機能】  
 1次主冷却系の逆止弁において原子炉冷却材ハウンドリ機能を有するのは、1次冷却材と接液し、外部との境界となる図中①及び⑧である。  
 上記は、不燃性材料（鉄鋼又は金属板）で構成し、また、格納容器（床下）に設置する。

【1次冷却材漏えい量の低減機能】  
 1次主冷却系の逆止弁において1次冷却材漏えい量の低減機能を有するのは、リークジャケット（図中の朱書き部）である。リークジャケットは、不燃性材料（鉄鋼又は金属板）で構成し、また、格納容器（床下）に設置する。

第 3.5 図 1 次主冷却系の逆止弁



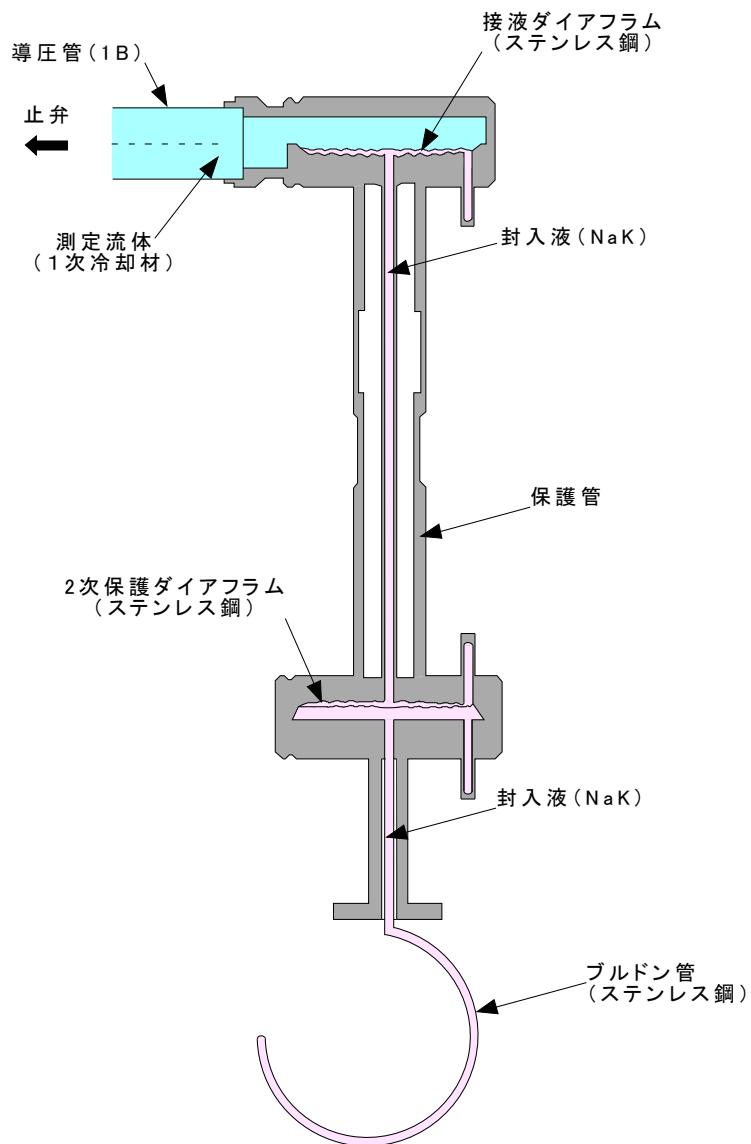
27	案内管
26	ハツキン
25	ナット
24	ナット
23	調整ボルト
22	スタット
21	テーパピン
20	正ネジ
19	ナット
18	ヨークスリーブ
17	廻り止め
16	ヨーク
15	ハツキン押エフランジ
14	グラブ
13	ハツキン翼
12	フタ
11	ベローズ
10	ベローズ
9	ベローズ(2)
8	ベローズ(1)
7	Oリング
6	弁核
5	温度計用座
4	潤滑油出器用座
3	シヤック
2	シヤック
1	シヤック
図番：部品名	

【原子炉冷却材バウンダリ機能】  
 1次主冷却系圧力計止弁において原子炉冷却材バウンダリ機能を有するのは、1次冷却材と接液し、外部との境界となる図中の①、②、③、④、⑤、⑥、⑦、⑧、⑨、⑩及び⑪である。上記は、不燃性材料（鉄鋼又は金属板）で構成し、また、格納容器（床下）に設置する。

【1次冷却材漏えい量の低減機能】  
 1次主冷却系圧力計止弁において1次冷却材漏えい量の低減機能を有するのは、リークジャケット（図中の朱書き部）である。リークジャケットは、不燃性材料（鉄鋼又は金属板）で構成し、また、格納容器（床下）に設置する。

※：1次主冷却系圧力計止弁以外の原子炉冷却材バウンダリに属する弁は、同様の構造を有する。  
 ※：冷却材（ナトリウム）を内包する弁は、ハツキン類等の接液する部分も不燃性材料（鉄鋼又は金属板）で構成する。  
 ※：1次冷却材の圧力計の概念図を第3.7図に示す。

第 3.6 図 1 次主冷却系圧力計止弁



第 3.7 図 1 次冷却材の圧力計の概念図

制御棒駆動機構の構造等
-------------

## 1. 概要

制御棒駆動機構の構造等について示す。

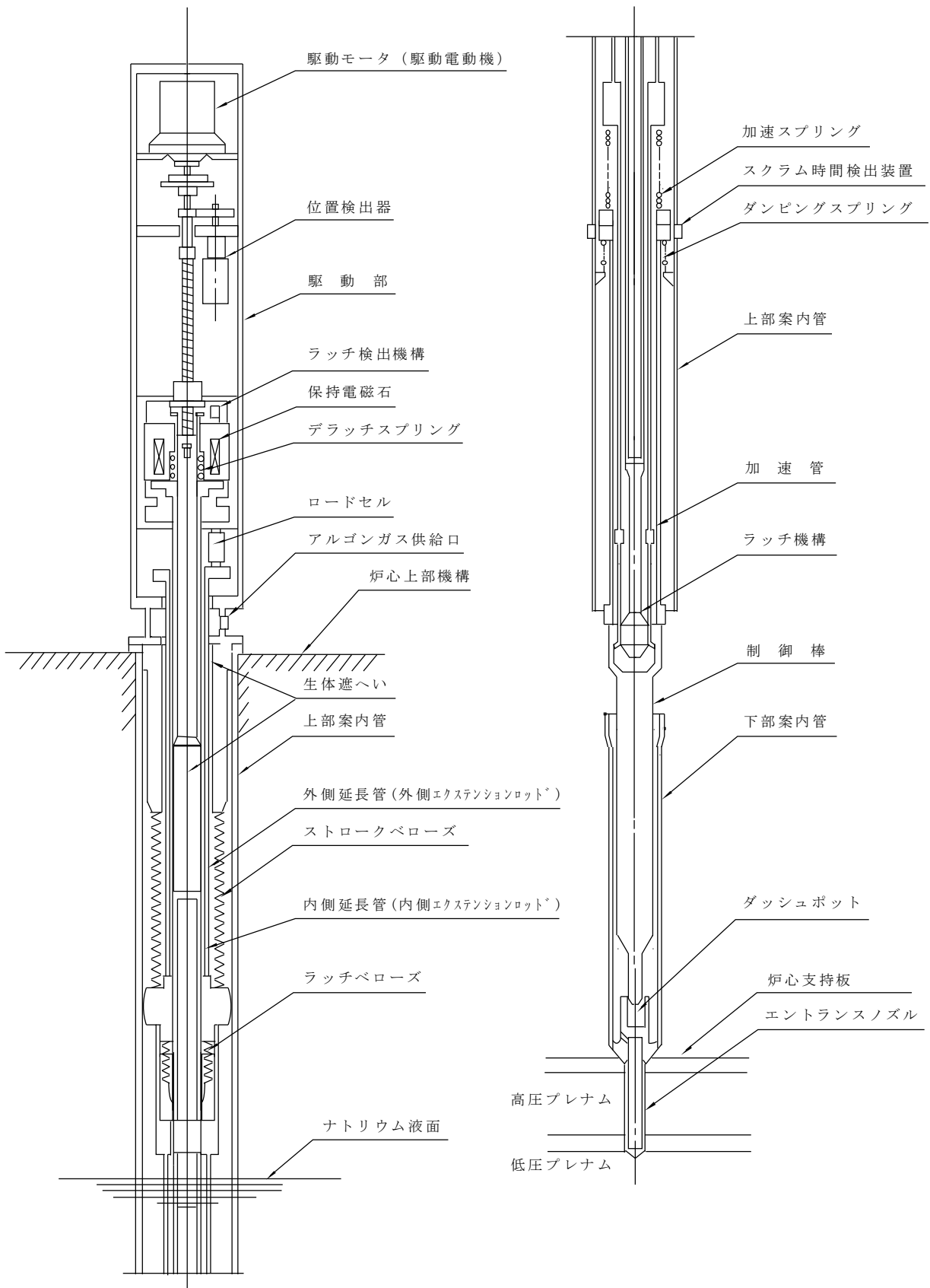
## 2. 制御棒駆動機構の構造等

制御棒駆動機構は、制御棒駆動機構上部案内管と組み合わせて、通常運転時において炉心の直上に位置する炉心上部機構に設置する。制御棒駆動機構の概要を第 2.1 図に示す。

炉心上部機構の制御棒駆動機構のケーシング内には、駆動電動機が収納しており、火災によって、駆動電動機が損傷した場合、炉心の反応度（原子炉の出力）を制御するために使用する機能（ボールナットスクリュ方式）を喪失するおそれがある。当該機能を喪失した場合においても、制御棒保持電磁石の励磁を切ることにより、自重及びスプリングにより制御棒を炉心に落下・挿入する原子炉スクラムに必要な機能（バネ加速重力落下方式）を喪失することはない。

また、制御棒駆動機構の制御棒保持電磁石のケーブルが火災によって損傷した場合、制御棒は、自重及びスプリングにより制御棒を炉心に落下・挿入される。

以上より、制御棒駆動機構について、火災によって原子炉の緊急停止機能が影響を受けることはない。



第 2.1 図 制御棒駆動機構の概要

8 条-別紙 2-別添 1-2-添付 2-2



1 次予熱窒素ガス系仕切弁の構造等
-------------------

## 1. 概要

1 次予熱窒素ガス系の仕切弁の構造等について示す。

## 2. 1 次予熱窒素ガス系仕切弁の構造等

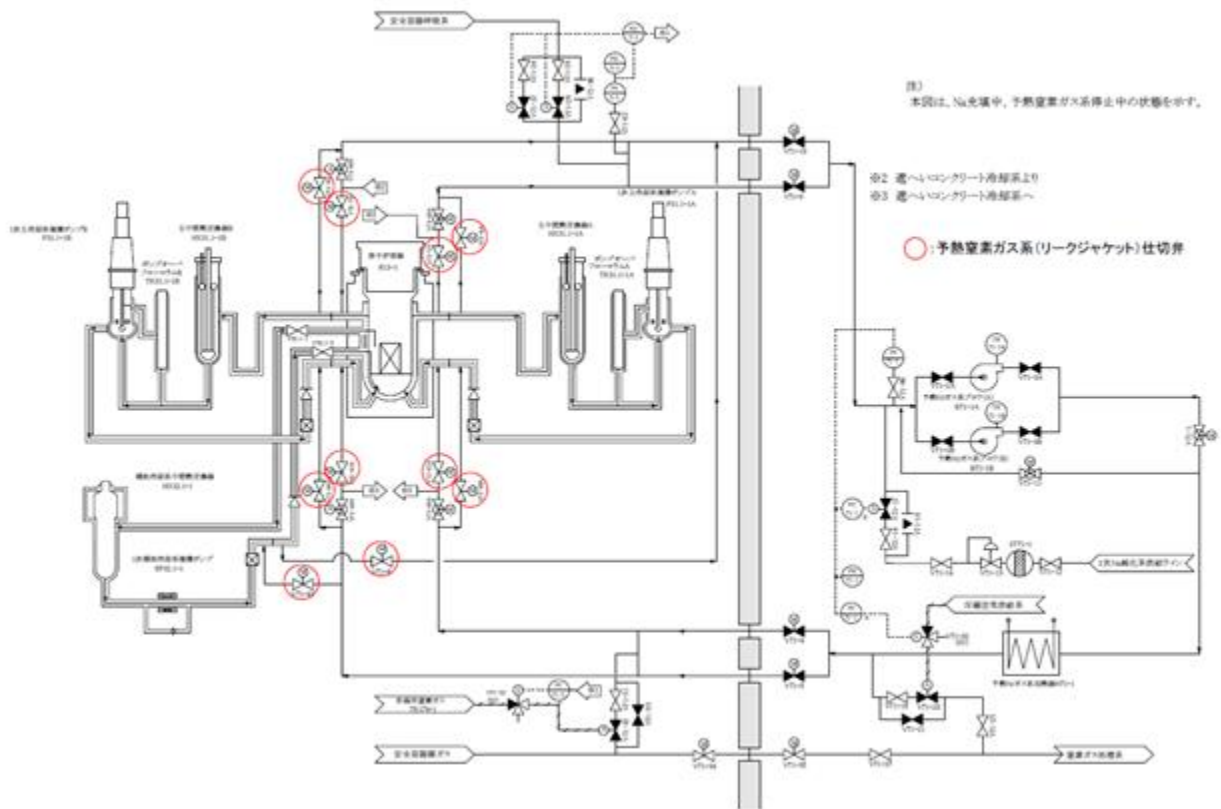
1 次予熱窒素ガス系の仕切弁は、原子炉冷却材バウンダリの破損が生じた場合にあっては、ナトリウム漏えいの拡大を防止し、1 次冷却材の液位を必要な高さに保持できるよう、原子炉冷却材バウンダリを構成する 1 次主冷却系、1 次補助冷却系の配管及び機器の二重構造の間隙に接続する窒素ガス通気用の配管に設置するものである。1 次予熱窒素ガス系の仕切弁の概要を第 2.1 図に示す。

1 次予熱窒素ガス系の仕切弁は、通常運転時及び機能要求時（1 次冷却材漏えい時）ともに「閉」の電動弁であり、関連するケーブルが火災により損傷した場合にあっては「閉」状態が維持される。

また、当該弁の本体（パッキン類を含む。）は、不燃性材料（鉄鋼又は金属板）で構成し、原子炉運転中、窒素雰囲気中で維持する格納容器（床下）に設置する。

以上より、1 次予熱窒素ガス系の仕切弁について、火災によって 1 次冷却材漏えい量の低減機能が影響を受けることはない。

なお、当該弁は、フレキシブルシャフトにより延長することによって、格納容器（床下）とは別の場所で操作することもできる。



第 2.1 図 1 次予熱窒素ガス系の仕切弁の概要

原子炉保護系(スクラム)及び関連する計装の構造等
--------------------------

## 1. 概要

原子炉保護系（スクラム）及び関連する計装の構造等について示す。

## 2. 原子炉保護系（スクラム）の構造等

安全保護回路のうち、原子炉保護系（スクラム）は、論理回路、補助継電器回路、制御棒保持電磁石電源装置及び後備炉停止制御棒保持電磁石電源装置から構成する。

関連する計装において作動設定値を超える信号を検出し、論理回路においてスクラム信号が発生した場合には、制御棒保持電磁石電源装置及び後備炉停止制御棒保持電磁石電源装置からの保持電磁石電流を遮断し、制御棒及び後備炉停止制御棒を切り離すことで、原子炉は停止される。

論理回路、補助継電器盤又は関連するケーブルが火災によって損傷した場合、リレーが無励磁となり制御棒保持電磁石電源装置及び後備炉停止制御棒保持電磁石電源装置からの保持電磁石電流が遮断、制御棒及び後備炉停止制御棒が切り離され、原子炉は停止する。

制御棒保持電磁石電源装置、後備炉停止制御棒保持電磁石電源装置又は関連するケーブルが火災によって損傷した場合、制御棒保持電磁石電源装置及び後備炉停止制御棒保持電磁石電源装置からの保持電磁石電流が遮断、制御棒及び後備炉停止制御棒が切り離され、原子炉は停止する。

論理回路、補助継電器回路、制御棒保持電磁石電源装置及び後備炉停止制御棒保持電磁石電源装置に対する火災防護対策は、早期の火災感知及び消火を行うことにより火災の影響を限定できるように、火災防護基準による火災の感知及び消火を行うものとする。

## 3. 関連する計装の構造等

原子炉の安全停止に関連する計装としては、一般火災により発生するおそれがある運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の起因となる異常状態、1次冷却材漏えい事故及び2次冷却材漏えい事故に対応する以下の原子炉トリップ信号に関連する計装である。

- ・ 中性子束高（出力領域）
- ・ 1次冷却材流量低
- ・ 2次冷却材流量低
- ・ 電源喪失
- ・ 原子炉入口冷却材温度高
- ・ 炉内ナトリウム液面低

関連する計装を除く計装の構造等を以下に示す。

中性子束高（出力領域）を除く計装について、(2)～(6)に対する火災防護対策は、早期の火災感知及び消火を行うことにより火災の影響を限定できるように、火災防護基準による火災の感知及び消火を行うものとする。

(1) 中性子束高（出力領域）

中性子束高(出力領域)に関連する計装については、原子炉の安全停止状態の監視の観点を含め、火災防護基準による三方策のそれぞれを考慮する。

(2) 1次冷却材流量低

1次冷却材流量低に関連する計装は、1次主冷却系冷却材流量計である。1次主冷却系冷却材流量計において1次冷却材流量低の原子炉保護系作動設定値に達した場合には、論理回路においてスクラム信号が発信される。

1次主冷却系冷却材流量計及び関連するケーブルが火災によって損傷しスケールアウトすると論理回路においてスクラム信号が発信される。

なお、1次主冷却系冷却材流量計は、原子炉の安全停止状態を監視する観点でも原子炉の安全停止に係る機器等として抽出しており、原子炉の安全停止状態を監視する観点での火災防護の考え方については添付7に示す。

(3) 2次冷却材流量低

2次冷却材流量低に関連する計装は、2次主冷却系冷却材流量計である。2次主冷却系冷却材流量計において2次冷却材流量低の原子炉保護系作動設定値に達した場合には、論理回路においてスクラム信号が発信される。

2次主冷却系冷却材流量計及び関連するケーブルが火災によって損傷しスケールアウトすると論理回路においてスクラム信号が発信される。

なお、2次主冷却系冷却材流量計は、原子炉の安全停止状態を監視する観点でも原子炉の安全停止に係る機器等として抽出しており、原子炉の安全停止状態を監視する観点での火災防護の考え方については添付7に示す。

(4) 電源喪失

電源喪失に関連する計装は、一般系電源（1A又は1B母線）の交流不足電圧継電器である。一般系電源（1A又は1B母線）が喪失し、交流不足電圧継電器が作動した場合には、論理回路においてスクラム信号が発信される。

交流不足電圧継電器及び関連するケーブルが火災によって損傷した場合、リレーが無励磁となり論理回路においてスクラム信号が発信される。

(5) 原子炉入口冷却材温度高

原子炉入口冷却材温度高に関連する計装は、原子炉入口冷却材温度計である。原子炉入口冷却材温度計において原子炉入口冷却材温度高の原子炉保護系作動設定値に達した場合には、論理回路においてスクラム信号が発信される。

原子炉入口冷却材温度計及び関連するケーブルが火災によって損傷しスケールアウト（バーンアウト検出回路により信号は温度高側に振り切れる。）すると論理回路においてスクラム信号が発信される。

(6) 炉内ナトリウム液面低

炉内ナトリウム液面低に関連する計装は、炉内ナトリウム液面計である。炉内ナトリウム液面計において炉内ナトリウム液面低の原子炉保護系作動設定値に達した場合には、論理回路においてスクラム信号が発信される。

炉内ナトリウム液面計及び関連するケーブルが火災によって損傷しスケールアウトすると論理回路においてスクラム信号が発信される。

冷却材バウンダリに属する主要な機器の構造等
-----------------------

## 1. 概要

冷却材バウンダリに属する主要な機器の構造等について示す。

## 2. 原子炉保護系（スクラム）の構造等

冷却材バウンダリには、2次主冷却系、2次補助冷却系の一部、2次ナトリウム純化系の一部及び2次ナトリウム充填・ドレン系の一部が該当する。冷却材バウンダリの概要を第 2.1 図に示す。

## 3. 冷却材バウンダリに属する機器の構造等

冷却材バウンダリに属する機器は、二重構造を有していないことを除き、原子炉冷却材バウンダリを構成する機器と同様に、不燃性材料（鉄鋼又は金属板）で構成する。

したがって、冷却材バウンダリに属する機器について、火災によって冷却材バウンダリ機能が影響を受けることはない。

## 4. 冷却材バウンダリの境界となる弁

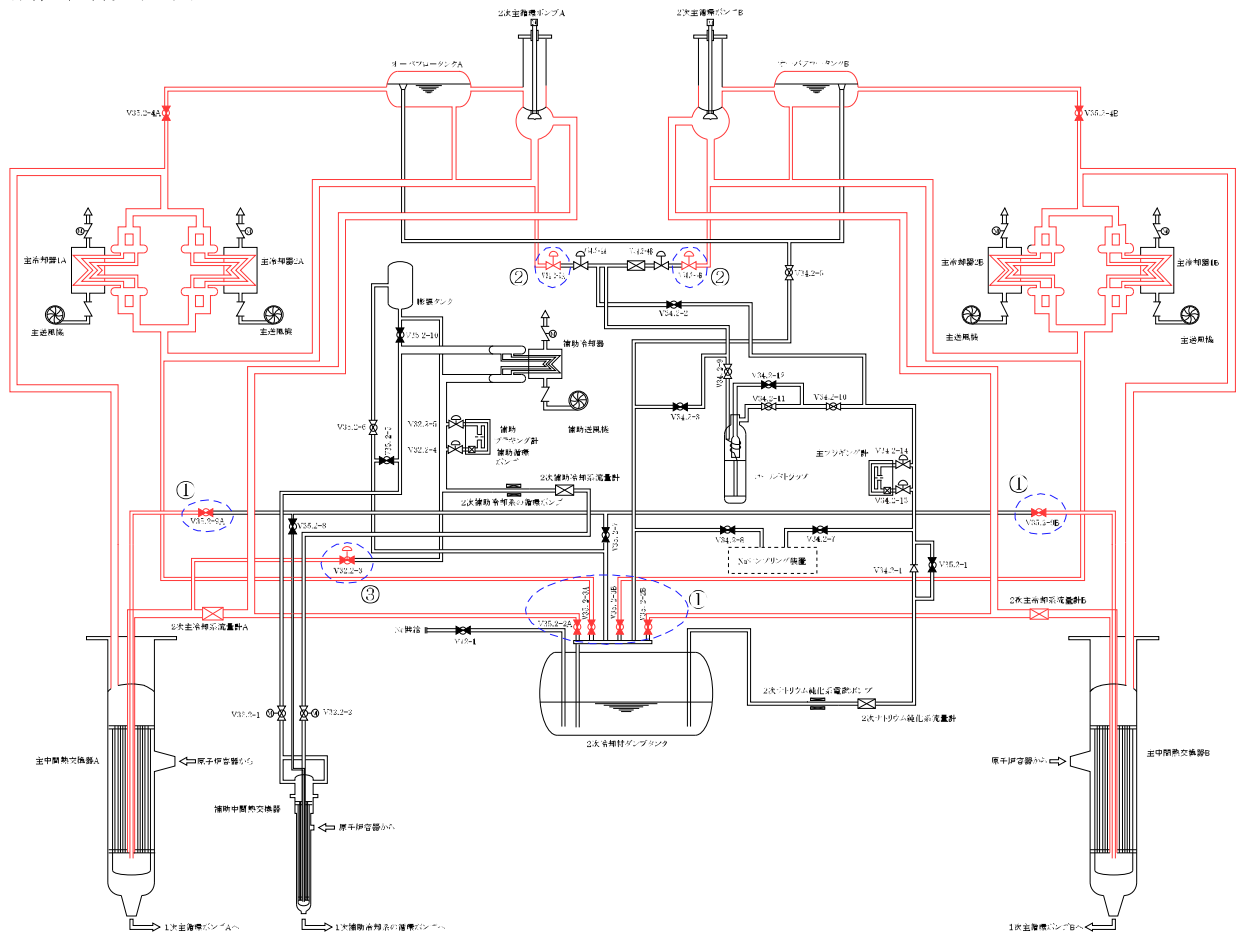
冷却材バウンダリの境界となる弁には、「① 2次主冷却系と2次ナトリウム充填・ドレン系の弁（手動弁）」、「② 2次主冷却系と2次ナトリウム純化系の弁（空気作動弁）」、「③ 2次主冷却系と2次補助冷却系の弁（空気作動弁）」が該当する。

①については、通常運転時及び原子炉停止時ともに「閉」の手動弁であり、本体は不燃性材料（鉄鋼又は金属板）で構成する。

②及び③については、火災によって関連するケーブル等が損傷した場合、フェイルクローズ設計であり、本体は不燃性材料（鉄鋼又は金属板）で構成する。

以上より、①～③について、火災によって冷却材バウンダリ機能が影響を受けることはない。

赤線: 冷却材バウンダリ



- ①: 冷却材バウンダリの境界を構成する2次ナトリウム充填・ドレン系の弁(手動弁)
- ②: 冷却材バウンダリの境界を構成する2次ナトリウム純化系の弁(空気作動弁)
- ③: 冷却材バウンダリの境界を構成する2次補助冷却系の弁(空気作動弁)

第 2.1 図 冷却材バウンダリの概要

原子炉冷却材温度制御系の構造等
-----------------

## 1. 概要

原子炉冷却材温度制御系の構造等について示す。

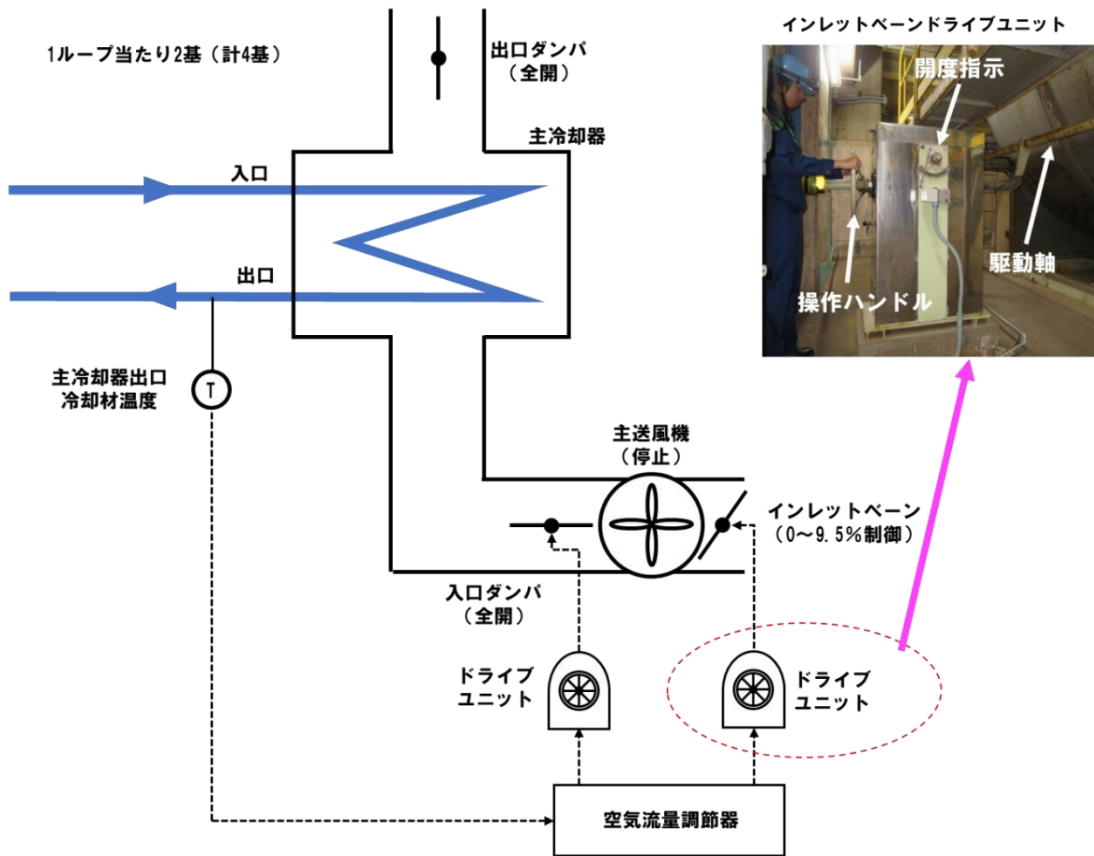
## 2. 原子炉冷却材温度制御系の構造等

原子炉がスクラムした場合、主冷却機のインレットベーン（空気作動ベーン）が「全閉」、入口ダンパ（空気作動ダンパ）が「全開」となった後、原子炉冷却材温度は、原子炉冷却材温度制御系の空気流量調節器が主冷却器出口冷却材温度の信号を受けて、インレットベーンを自動で調整（0～9.5%の開度で調整（ほぼ全閉状態））し、空気流量を変化させて制御する。原子炉冷却材温度制御系の概要を第2.1図に、原子炉冷却材温度制御系に係る圧縮空気供給設備の概要を第2.2図に示す。

原子炉冷却材温度制御系については、火災防護基準による三方策のそれぞれを考慮する。

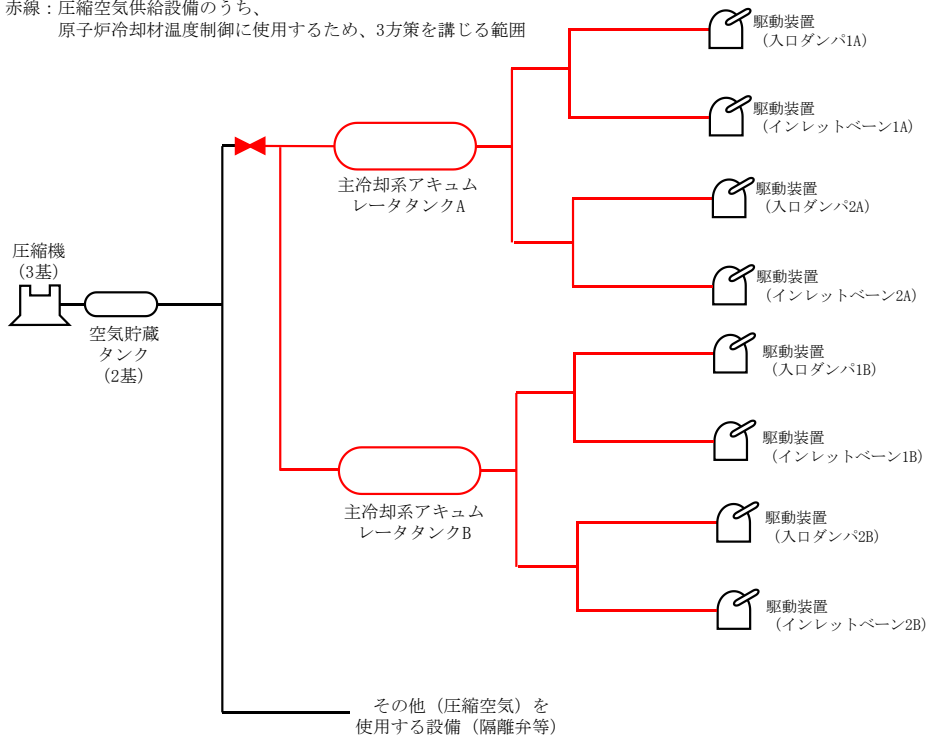
なお、4基の主冷却機の原子炉冷却材温度制御系の空気流量調節器が火災によって、機能を同時に喪失した場合、原子炉冷却材温度制御系の機能は、運転員が現場のインレットベンドライブユニットを手動操作することで代替できる。原子炉スクラム時における2次主冷却系は、自然循環状態にあり、流量が低いことから、温度制御は緩慢に実施する（数分～数十分に1回程度）。





第 2.1 図 原子炉冷却材温度制御系の概要

赤線：圧縮空気供給設備のうち、  
原子炉冷却材温度制御に使用するため、3方策を講じる範囲



第 2.2 図 原子炉冷却材温度制御系に係る圧縮空気供給設備の概要

### 3. アキュムレータタンクの蓄圧による崩壊熱除去

何らかの理由により圧縮空気供給設備による圧縮空気の供給が停止した場合におけるアキュムレータタンクの蓄圧による崩壊熱除去について以下に示す。

#### 3.1 圧縮空気供給設備による圧縮空気の供給停止時の事象推移

- (1) 何らかの理由により圧縮空気供給設備による圧縮空気の供給が停止した場合においても、アキュムレータタンクの蓄圧により圧縮空気の圧力が所定の値まで低下するまでの期間（圧縮空気供給設備による供給停止から約 100 分後）、原子炉停止後の崩壊熱除去に係る温度制御を継続できる。
- (2) 主冷却器入口冷却材温度が 365℃を下回った時点（MK-Ⅲ性能試験実績：原子炉停止の約 80 分後（第 3.1 図にMK-Ⅲの外部電源喪失試験時の原子炉容器出入口冷却材温度及び主冷却器出口冷却材温度の推移を示す。)) で、主冷却機のインレットベーン及び入口ダンパを全閉にした後はプラントの温度に異常がないことの監視を継続する。

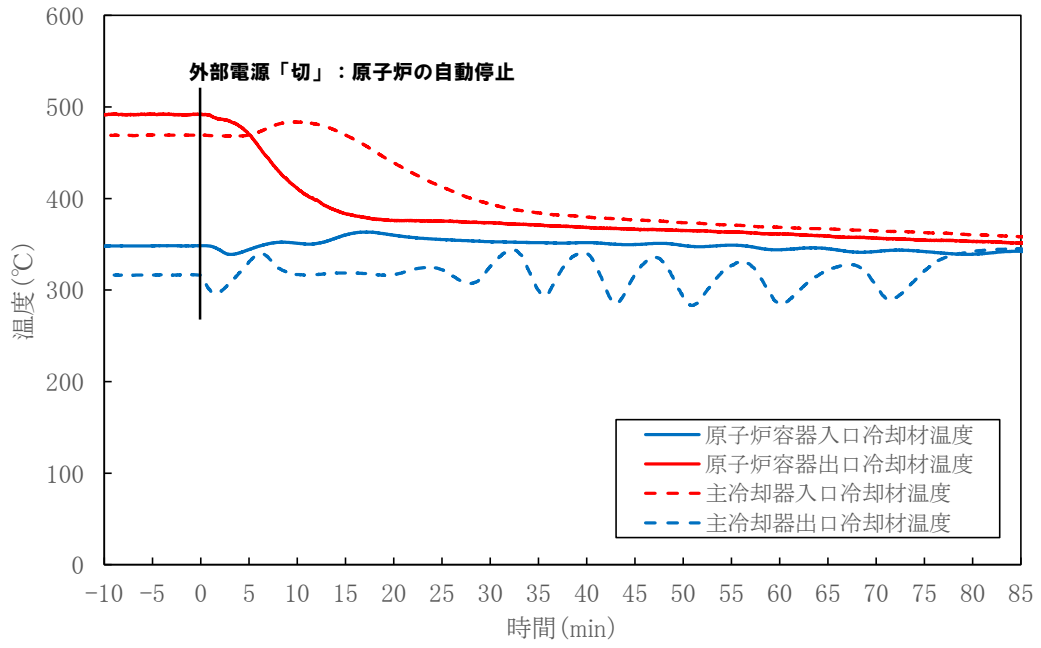
万一、アキュムレータタンクの圧縮空気の圧力が所定の値まで低下（圧縮空気供給設備による供給停止から約 100 分後）した場合は、中央制御室からの指示により、現場（主冷却機室）で主冷却機のインレットベーン及び入口ダンパを手動操作して崩壊熱除去を行うことができる。

火災その他の異常な事態により、圧縮空気供給設備による圧縮空気供給機能を喪失した場合は、中央制御室の手動スクラムボタンを押して、原子炉保護系（スクラム）を作動させ、原子炉を停止する。原子炉保護系動作後の温度制御系による崩壊熱除去が必要な期間は約 2 時間であり、アキュムレータタンクの蓄圧による温度制御により、概ね主冷却機のインレットベーン及び入口ダンパ全閉状態まで移行できる。また、移行できない場合においても、約 100 分の自動制御後は、十分な時間余裕をもって運転員操作による崩壊熱除去が可能である。

#### 3.2 圧縮空気供給系の火災防護対策

原子炉冷却材温度制御系のインレットベーン及び入口ダンパ操作について、概ねアキュムレータタンクの蓄圧で終息可能である。また、終息まで移行しない場合も、十分な時間余裕を確保した運転員操作により、代替が可能である。

以上のことから、圧縮空気供給設備については、アキュムレータタンクより下流を防護対象とする。



第 3.1 図 原子炉容器出入口冷却材温度及び主冷却器出口冷却材温度の推移  
(MK-III 外部電源喪失試験時)

事故時監視計器（MS-2に属するものを除く。）の構造等
-----------------------------

## 1. 概要

原子炉の安全停止状態の監視に係る以下の事故時監視計器の構造等について示す。

- ・ 核計装（線形出力系）
- ・ 原子炉入口冷却材温度
- ・ 原子炉出口冷却材温度
- ・ 1次主冷却系冷却材流量
- ・ 2次主冷却系冷却材流量

## 2. 事故時監視計器の構造等

## (1) 核計装（線形出力系）

核計装（線形出力系）は、火災防護基準による三方策のそれぞれを考慮する。

なお、線形出力系により原子炉が停止したこと及び原子炉の停止状態が維持されていることが確認できる。

## (2) 原子炉入口冷却材温度及び原子炉出口冷却材温度

原子炉入口冷却材温度及び原子炉出口冷却材温度に係るプロセス計装は、火災防護基準による三方策のそれぞれを考慮する。

ただし、火災の発生防止（ケーブルの難燃化）については、以下により格納容器（床下）を除く部分を対象とする。

- ・ 原子炉入口冷却材温度及び原子炉出口冷却材温度の検出器は、K（CA）熱電対であり、当該検出器のケーブルに印加する電圧は、起電力によるもので低く（約 20mV）設定しており、火災の発生するおそれが小さいこと
- ・ 格納容器（床下）は、原子炉運転中に窒素雰囲気中で維持するため、火災の発生を防止できること

## (3) 1次主冷却系冷却材流量及び2次主冷却系冷却材流量

原子炉停止後、1次主冷却系は強制循環（1次主循環ポンプポニーモータを使用）、2次主冷却系は自然循環となる。

1次主冷却系冷却材流量及び2次主冷却系冷却材流量の検出器は、鞍型空心コイル式電磁流量計である。当該電磁流量計の較正は、系統から取り外して行う必要があるが、電磁流量計は、冷却材のバウンダリを形成しているため、取り外しが困難である。

主冷却系冷却材流量に異常がないことは、原子炉出入口冷却材温度により監視することができるため、万一、1次主冷却系冷却材流量及び2次主冷却系冷却材流量の計測が不能となった場合でも、主冷却系冷却材流量は、上述のとおり火災防護基準による三方策のそれぞれを考慮する原子炉出入口冷却材温度により1次主循環ポンプポニーモータによる強制循環状態にあることを監視す

ることが可能である。2次主冷却系冷却材流量については、原子炉スクラム後、2次主冷却系は自然循環状態となるため、自然循環の状態を監視するものとなる。自然循環は、原子炉の温度により変動し、崩壊熱の除熱不足が生じた場合の変動は、上述のとおり火災防護基準による三方策のそれぞれを考慮する原子炉出入口冷却材温度を監視することで可能であること、また、何らかの変動をきっかけに、運転員の操作を行うものではない。

なお、1次主冷却系冷却材流量の検出器及びケーブルの一部は、原子炉運転中、窒素雰囲気下で維持し火災の発生するおそれのない格納容器（床下）に設置し、また、格納容器（床下）においてAループとBループ用で異なる火災区画に設置している。

1次主冷却系冷却材流量及び2次主冷却系冷却材流量に対する火災防護対策は、早期の火災感知及び消火を行うことにより火災の影響を限定できるように、火災防護基準による火災の感知及び消火を行うものとする。

### 3. 核計装（線形出力系）による原子炉停止及び原子炉停止状態維持の確認

原子炉施設には、炉心の中性子束密度を監視するため、核計装として、起動系、中間出力系及び線形出力系の3系統を設けている。

原子炉の定格出力運転から原子炉を停止<sup>\*1</sup>した場合、原子炉が停止したこと及び原子炉の停止状態が維持されていることは核計装（線形出力系）により確認できる。

核計装（起動系）及び核計装（中間出力系）は、原子炉停止時において、以下のように運用するものであり、監視計器として使用する用途はない。なお、起動時の事故に係る安全解析においても、核計装（起動系）及び核計装（中間出力系）による原子炉トリップ信号には期待しておらず、核計装（線形出力系）の原子炉トリップ信号を使用している。

- ・ 核計装（起動系）及び核計装（中間出力系）は、原子炉運転中において、炉心中心高さから引き抜いた状態にあり、監視計器として使用していない。
- ・ 原子炉スクラム後、原子炉冷却材温度が約300℃～約350℃で安定したことを確認して、低温停止状態（約250℃）に移行するための降温操作を行う。降温操作の際には、原子炉運転モードを「高出力」から「停止」<sup>\*2</sup>に切り替える。核計装（起動系）は、「停止」に切り替えるタイミングで、当該モードにおける所定の位置である炉心中心高さに挿入する運用としている。ただし、原子炉の停止は、核計装（線形出力系）の指示値低下により判断しており、これまでの運転において、核計装（起動系）を監視計器としたことはない。

\*1： 火災が発生し、これを検知した場合において、原子炉を停止する（手動スクラム）。

\*2： 停止モードは、原子炉停止中に使用するものであり、全ての制御棒保持電磁石及び後備炉停止制御棒保持電磁石の励磁回路を遮断するため、全ての制御棒及び後備炉停止制御棒は、制御棒駆動系及び後備炉停止制御棒駆動系と切り離された状態となる。

放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等に対する火災による機能への影響

安全機能の重要度分類から抽出した放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等に対する火災による機能への影響の概要を第1表に示す。

第1表 放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等に対する火災による機能への影響の概要 (1/7)

分類	定義	安全機能の重要度分類		放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等 (○：該当、－：非該当)	火災による機能影響の概要 (可能性あり：◎ <sup>*1</sup> ／○ <sup>*2</sup> 、可能性なし：－ <sup>*3</sup> )	
		機能	構築物、系統又は機器			
PS-1	その損傷又は故障により発生する事象によって燃料の多量の破損を引き起こすおそれがあり、敷地外への著しい放射性物質の放出のおそれのある構築物、系統及び機器	原子炉冷却材バウンダリ機能	① 原子炉容器	1) 本体	－	
			② 1次主冷却系、1次補助冷却系及び1次ナトリウム充填・ドレン系	2) 原子炉冷却材バウンダリに属する容器・配管・ポンプ・弁（ただし、計装等の小口径のものを除く。）	－	
		炉心形状の維持機能	① 炉心支持構造物	1) 炉心支持板 2) 支持構造物	－	
			② 炉心バレル構造物	1) バレル構造体	－	
			③ 炉心構成要素	1) 炉心燃料集合体	－	
				2) 照射燃料集合体	－	
				3) 内側反射体	－	
				4) 外側反射体 (A)	－	
5) 材料照射用反射体	－					
6) 遮へい集合体	－					
7) 計測線付実験装置	－					
8) 照射用実験装置	－					
MS-1	異常状態発生時に、敷地周辺公衆への過度の放射線の影響を防止する構築物、系統及び機器	原子炉の緊急停止及び未臨界維持機能 <sup>*1</sup>	① 制御棒		－	
			② 制御棒駆動系	1) 駆動機構	－	
				2) 上部案内管 3) 下部案内管	－	
			③ 後備炉停止制御棒		－	
		④ 後備炉停止制御棒駆動系	1) 駆動機構	－		
			2) 上部案内管	－		
			3) 下部案内管	－		
		1次冷却材漏えい量の低減機能 <sup>*2</sup>	① 原子炉容器	1) リークジャケット	－	
			② 1次主冷却系、1次補助冷却系及び1次ナトリウム充填・ドレン系のうち、原子炉冷却材バウンダリに属する容器・配管・ポンプ・弁の配管（外側）又はリークジャケット		－	
			③ 1次主冷却系	1) 逆止弁	－	
			④ 1次補助冷却系	1) サイフォンブレイク弁	－	
			⑤ 1次予熱窒素ガス系	1) 仕切弁	－	
原子炉停止後の除熱機能 <sup>*3</sup>	① 1次主冷却系	1) 1次主循環ポンプポニーモータ	－			
		2) 逆止弁	－			
② 2次主冷却系	1) 主冷却機（主送風機を除く。） <sup>*3</sup>	－				

※1：火災防護基準による三方策のそれぞれを講じることを基本とする。

※2：火災防護基準による三方策を組み合わせることを基本とする。

※3：設備や環境に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

\*1：【特記すべき関連系】炉心支持構造物（炉心支持板、支持構造物）、炉心バレル構造物（バレル構造体）、炉心構成要素（炉心燃料集合体、照射燃料集合体他）

\*2：【特記すべき関連系】関連するプロセス計装（ナトリウム漏えい検出器）

\*3：【特記すべき関連系】原子炉容器（本体）、原子炉冷却材バウンダリに属する容器・配管他、冷却材バウンダリに属する容器・配管他

第1表 放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等に対する火災による機能への影響の概要 (2/7)

分類	定義	安全機能の重要度分類		放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等 (○：該当、－：非該当)	火災による機能影響の概要 (可能性あり：◎ <sup>*1</sup> ／○ <sup>*2</sup> 、可能性なし：－ <sup>*3</sup> )
		機能	構築物、系統又は機器		
MS-1	異常状態発生時に、敷地周辺公衆への過度の放射線の影響を防止する構築物、系統及び機器	放射性物質の閉じ込め機能	① 格納容器	○	－ (火災によって原子炉容器内に設置する燃料集合体等の被覆管が影響を受けることはなく、また、原子炉の安全停止に係る機器等に火災防護対策を講じることにより、火災が発生した場合であっても原子炉の安全停止が達成できることから、左記の機能は火災発生時に要求されない。 なお、左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成され、火災によってその機能が影響を受けることもない。)
			② 格納容器バウンダリに属する配管・弁	○	－ (火災によって原子炉容器内に設置する燃料集合体等の被覆管が影響を受けることはなく、また、原子炉の安全停止に係る機器等に火災防護対策を講じることにより、火災が発生した場合であっても原子炉の安全停止が達成できることから、左記の機能は火災発生時に要求されない。 なお、左記の本体(弁のパッキン類は、不燃性材料ではない材料を使用する場合があるが、当該パッキン類は、弁の内部に設置され、外部の火災によって直接加熱されることはなく、シート性能を喪失するおそれはない。)は、不燃性材料で構成する。また、原子炉保護系(アイソレーション)動作時に動作を期待するものについては、格納容器の内外で二重化しており、代替手段により機能を達成できる。さらに、ケーブル等が損傷した場合に「閉」とすることが適切なものについては、フェイルクローズ設計としている。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることもない。)
	安全上必要なその他の構築物、系統及び機器	工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能 <sup>*1</sup>	① 原子炉保護系(スクラム)	－	－
			② 原子炉保護系(アイソレーション)	○	－ (火災によって原子炉容器内に設置する燃料集合体等の被覆管が影響を受けることはなく、また、原子炉の安全停止に係る機器等に火災防護対策を講じることにより、火災が発生した場合であっても原子炉の安全停止が達成できることから、左記の機能は火災発生時に要求されない。 なお、左記は、代替手段により機能を達成できる。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることもない。)
		安全上特に重要な関連機能 <sup>*2</sup>	① 中央制御室	－	○
			② 非常用ディーゼル電源系(MS-1に関連するもの) ③ 交流無停電電源系(MS-1に関連するもの) ④ 直流無停電電源系(MS-1に関連するもの)	○ ○ ○	○ ○ ○

※1：火災防護基準による三方策のそれぞれを講じることが基本とする。  
 ※2：火災防護基準による三方策を組み合わせることを基本とする。  
 ※3：設備や環境に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。  
 \*1：【特記すべき関連系】関連する核計装、関連するプロセス計装  
 \*2：【特記すべき関連系】関連する補機冷却設備



第1表 放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等に対する火災による機能への影響の概要 (3/7)

分類	定義	安全機能の重要度分類		放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等 (○：該当、－：非該当)	火災による機能影響の概要 (可能性あり：◎ <sup>*1</sup> ／○ <sup>*2</sup> 、可能性なし：－ <sup>*3</sup> )	
		機能	構築物、系統又は機器			
PS-2	その損傷又は故障により発生する事象によって、燃料の多量の破損を直ちに引き起こすおそれはないが、敷地外への過度の放射性物質の放出のおそれのある構築物、系統及び機器	原子炉カバーガス等のバウンダリ機能	① 1次アルゴンガス系	1) 原子炉カバーガスバウンダリに属する容器・配管・弁(ただし、計装等の小口径のものを除く。)	○	(火災によって原子炉容器内に設置する燃料集合体等の被覆管が影響を受けることはなく、また、原子炉の安全停止に係る機器等に火災防護対策を講じることにより、火災が発生した場合であっても原子炉の安全停止が達成できることから、左記の破損に伴い過度の放射性物質が放出されることはない。なお、左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。また、左記を設置する格納容器(床下)は、原子炉運転中、窒素雰囲気で維持するため、火災が発生するおそれはない。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることもない。)
			② 原子炉容器	1) 本体(原子炉冷却材バウンダリに属するもの及び計装等の小口径のものを除く。)	○	(火災によって原子炉容器内に設置する燃料集合体等の被覆管が影響を受けることはなく、また、原子炉の安全停止に係る機器等に火災防護対策を講じることにより、火災が発生した場合であっても原子炉の安全停止が達成できることから、左記の破損に伴い過度の放射性物質が放出されることはない。なお、左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。また、原子炉容器の本体を設置する炉容器ピットの安全容器内は、窒素雰囲気で維持するため、火災が発生するおそれはない。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることもない。)
			③ 1次主冷却系	1) 原子炉カバーガスバウンダリに属する容器・配管・弁(ただし、計装等の小口径のものを除く。)	○	(火災によって原子炉容器内に設置する燃料集合体等の被覆管が影響を受けることはなく、また、原子炉の安全停止に係る機器等に火災防護対策を講じることにより、火災が発生した場合であっても原子炉の安全停止が達成できることから、左記の破損に伴い過度の放射性物質が放出されることはない。なお、左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。また、左記を設置する格納容器(床下)は、原子炉運転中、窒素雰囲気で維持するため、火災が発生するおそれはない。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることもない。)
			④ 1次オーバフロー系	1) 原子炉カバーガスバウンダリに属する容器・配管・弁(ただし、計装等の小口径のものを除く。)	○	(1次主冷却系に同じ。)
			⑤ 1次ナトリウム充填・ドレン系	1) 原子炉カバーガスバウンダリに属する容器・配管・弁(ただし、計装等の小口径のものを除く。)	○	(1次主冷却系に同じ。)
			⑥ 回転プラグ(ただし、計装等の小口径のものを除く。)		○	(1次アルゴンガス系に同じ。)
		燃料を安全に取り扱う機能	① 核燃料物質取扱設備		○	(左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることはない。)

※1：火災防護基準による三方策のそれぞれを講じることが基本とする。

※2：火災防護基準による三方策を組み合わせることが基本とする。

※3：設備や環境に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

第1表 放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等に対する火災による機能への影響の概要 (4/7)

分類	定義	安全機能の重要度分類		放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等 (○：該当、－：非該当)	火災による機能影響の概要 (可能性あり：◎ <sup>※1</sup> ／○ <sup>※2</sup> 、可能性なし：－ <sup>※3</sup> )	
		機能	構築物、系統又は機器			
PS-2	その損傷又は故障により発生する事象によって、燃料の多量の破損を直ちに引き起こすおそれはないが、敷地外への過度の放射性物質の放出のおそれのある構築物、系統及び機器	原子炉冷却材バウンダリに直接接続されていないものであって、放射性物質を貯蔵する機能	① 原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備	1) 貯蔵ラック	○	－ (左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。また、火災の発生するおそれのない水中に設置する。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることはない。)
				2) 水冷却池	○	－ (左記は、不燃性材料(コンクリート、鉄鋼又は金属板)で構成する。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることはない。)
			② 第一使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備	1) 貯蔵ラック	○	－ (原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備に同様)
				2) 水冷却池	○	－ (原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備に同様)
			③ 第二使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備	1) 貯蔵ラック	○	－ (原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備に同様)
2) 水冷却池	○	－ (原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備に同様)				
④ 気体廃棄物処理設備	1) アルゴン廃ガス処理系	○	－ (左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることはない。)			
MS-2	PS-2の構築物、系統及び機器の損傷又は故障が及ぼす敷地周辺公衆への放射線の影響を十分小さくするようにする構築物、系統及び機器	燃料プール水の保持機能	① 原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備	1) 水冷却池	－	－ (火災によって原子炉容器内に設置する燃料集合体等の被覆管が影響を受けることはなく、また、原子炉の安全停止に係る機器等に火災防護対策を講じることにより、火災が発生した場合であっても原子炉の安全停止が達成できることから、左記の機能は火災発生時に要求されない。 なお、左記は、不燃性材料(コンクリート、鉄鋼又は金属板)で構成する。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることもない。)
				2) 水冷却浄化設備のうち、サイフォンブレイク弁	－	
			② 第一使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備	1) 水冷却池	－	
		2) 水冷却浄化設備のうち、サイフォンブレイク弁		－		
		③ 第二使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備	1) 水冷却池	－		
2) 水冷却浄化設備のうち、サイフォンブレイク弁	－					
① 外周コンクリート壁		○				

※1：火災防護基準による三方策のそれぞれを講じることを基本とする。  
 ※2：火災防護基準による三方策を組み合わせることを基本とする。  
 ※3：設備や環境に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

第1表 放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等に対する火災による機能への影響の概要 (5/7)

分類	定義	安全機能の重要度分類		放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等 (○：該当、－：非該当)	火災による機能影響の概要 (可能性あり：◎ <sup>※1</sup> ／○ <sup>※2</sup> 、可能性なし：－ <sup>※3</sup> )	
		機能	構築物、系統又は機器			
MS-2	PS-2の構築物、系統及び機器の損傷又は故障が及ぼす敷地周辺公衆への放射線の影響を十分小さくするようにする構築物、系統及び機器	放射線の遮蔽及び放出低減機能	② アニュラス部排気系	1) アニュラス部排気系 (アニュラス部常用排気フィルタを除く。)	○	○ (火災によって原子炉容器内に設置する燃料集合体等の被覆管が影響を受けることはなく、また、原子炉の安全停止に係る機器等に火災防護対策を講じることにより、火災が発生した場合であっても原子炉の安全停止が達成できることから、左記の機能は火災発生時に要求されない。 なお、左記は、代替手段により機能を達成できる。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることもない。一方、アニュラス部排気系は、通常運転時にアニュラス部を負圧に維持している。アニュラス部の負圧維持は、原子炉の運転上の条件としており、通常運転時に負圧を維持できなくなった場合に原子炉を早期に停止する観点で、火災防護基準による火災の感知及び消火の対策として、異なる2種類の感知器を設けることで、火災の早期感知に努める。)
			③ 非常用ガス処理装置		○	－ (火災によって原子炉容器内に設置する燃料集合体等の被覆管が影響を受けることはなく、また、原子炉の安全停止に係る機器等に火災防護対策を講じることにより、火災が発生した場合であっても原子炉の安全停止が達成できることから、左記の機能は火災発生時に要求されない。 なお、左記は、代替手段により機能を達成できる。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることもない。)
			④ 主排気筒		○	－ (火災によって原子炉容器内に設置する燃料集合体等の被覆管が影響を受けることはなく、また、原子炉の安全停止に係る機器等に火災防護対策を講じることにより、火災が発生した場合であっても原子炉の安全停止が達成できることから、左記の機能は火災発生時に要求されない。 なお、左記は、不燃性材料(コンクリート、鉄鋼又は金属板)で構成する。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることもない。)
			⑤ 放射線低減効果の大きい遮蔽 (安全容器及びコンクリート遮へい体冷却系を含む。)		－	

※1：火災防護基準による三方策のそれぞれを講じることを基本とする。  
 ※2：火災防護基準による三方策を組み合わせることを基本とする。  
 ※3：設備や環境に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

第1表 放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等に対する火災による機能への影響の概要 (6/7)

分類	定義	安全機能の重要度分類		放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等 (○：該当、－：非該当)	火災による機能影響の概要 (可能性あり：◎ <sup>※1</sup> ／○ <sup>※2</sup> 、可能性なし：－ <sup>※3</sup> )	
		機能	構築物、系統又は機器			
MS-2	異常状態への対応上特に重要な構築物、系統及び機器	事故時のプラント状態の把握機能	① 事故時監視計器の一部	－		
		安全上重要な関連機能	① 非常用ディーゼル電源系 (MS-1に属するものを除く。)	○	○	
			② 交流無停電電源系 (MS-1に属するものを除く。)	○	○	
PS-3	異常状態の起因事象となるものであってPS-1、PS-2以外の構築物、系統及び機器	1次冷却材を内蔵する機能 (PS-1以外のもの)	① 1次ナトリウム純化系のうち、1次冷却材を内蔵しているか、又は内蔵し得る容器・配管・ポンプ・弁 (ただし、計装等の小口径のものを除く。)	○	(火災によって原子炉容器内に設置する燃料集合体等の被覆管が影響を受けることはなく、また、原子炉の安全停止に係る機器等に火災防護対策を講じることにより、火災が発生した場合にあっても原子炉の安全停止が達成できることから、左記の破損に伴い過度の放射性物質が放出されることはない。なお、左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。また、左記を設置する格納容器(床下)は、原子炉運転中、窒素雰囲気で維持するため、火災が発生するおそれはない。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることもない。)	
			② 1次オーバフロー系のうち、1次冷却材を内蔵しているか、又は内蔵し得る容器・配管・ポンプ・弁 (ただし、計装等の小口径のものを除く。)	○	－ (同上)	
			③ 1次ナトリウム充填・ドレン系のうち、1次冷却材を内蔵しているか、又は内蔵し得る容器・配管・弁 (ただし、PS-1に属するもの及び計装等の小口径のものを除く。)	○	－ (同上)	
		2次冷却材を内蔵する機能 (通常運転時の炉心の冷却に関連するもの)	① 2次主冷却系、2次補助冷却系、2次ナトリウム純化系及び2次ナトリウム充填・ドレン系	1) 冷却材バウンダリに属する容器・配管・ポンプ・弁 (ただし、計装等の小口径のものを除く。)	－	
		放射性物質の貯蔵機能	① 液体廃棄物処理設備		○	(左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることはない。)
			② 固体廃棄物処理設備		○	(左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることはない。)

※1：火災防護基準による三方策のそれぞれを講じることが基本とする。

※2：火災防護基準による三方策を組み合わせることが基本とする。

※3：設備や環境に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

第1表 放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等に対する火災による機能への影響の概要 (7/7)

分類	定義	安全機能の重要度分類		放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等 (○：該当、－：非該当)	火災による機能影響の概要 (可能性あり：○ <sup>※1</sup> /△ <sup>※2</sup> 、可能性なし：－ <sup>※3</sup> )	
		機能	構築物、系統又は機器			
PS-3	異常状態の起因事象となるものであってPS-1、PS-2以外の構築物、系統及び機器	通常運転時の冷却材の循環機能	① 1次主冷却系 1) 1次主循環ポンプ	i) 1次主循環ポンプ本体(循環機能) ii) 主電動機	—	—  (左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。また、左記を設置する原子炉容器内では、火災が発生するおそれはない。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることはない。)
			② 2次主冷却系 1) 2次主循環ポンプ	i) 2次主循環ポンプ本体(循環機能) ii) 電動機	—	
		通常運転時の最終ヒートシンクへの熱輸送機能	① 2次主冷却系 1) 主送風機	i) 電動機 ii) 電磁ブレーキ	—	
			① 一般電源系(受電エリア)	—		
		電源供給機能(非常用を除く。)	① 原子炉冷却材温度制御系(関連するプロセス計装及び制御用圧縮空気供給設備を含む。)	—		
	プラント計測・制御機能(安全保護機能を除く。)	—	—			
原子炉冷却材中放射性物質濃度を通常運転に支障のない程度に低く抑える構築物、系統及び機器	核分裂生成物の原子炉冷却材中への放散防止機能	① 炉心構成要素	1) 炉心燃料集合体 i) 被覆管	○		
			2) 照射燃料集合体 i) 被覆管	○		
MS-3	運転時の異常な過渡変化があってもMS-1、MS-2とあいまって、事象を緩和する構築物、系統及び機器	制御室外からの安全停止機能	① 中央制御室外原子炉停止盤(安全停止に関連するもの)	—		
		燃料プール水の補給機能	① 原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備	1) 水冷却浄化設備(MS-2に属するものを除く。)	—	
			② 第一使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備	1) 水冷却浄化設備(MS-2に属するものを除く。)	—	
			③ 第二使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備	1) 水冷却浄化設備(MS-2に属するものを除く。)	—	
	出力上昇の抑制機能	① インターロック系	1) 制御棒引抜きインターロック系	—		
	異常状態への対応上必要な構築物、系統及び機器	緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能	① 事故時監視計器(MS-2に属するものを除く。)	—		
			② 放射線管理施設(MS-2に属するものを除く。)	—		
③ 通信連絡設備			—			
④ 消火設備			—			
⑤ 安全避難通路			—			
		⑥ 非常用照明	—			

※1：火災防護基準による三方策のそれぞれを講じることを基本とする。

※2：火災防護基準による三方策を組み合わせることを基本とする。

※3：設備や環境に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

使用済燃料の冠水等に係る機器等に対する火災による機能への影響

安全機能の重要度分類から抽出した使用済燃料の冠水等に係る機器等に対する火災による機能への影響の概要を第 1 表に示す。

第1表 使用済燃料の冠水等に係る機器等に対する火災による機能への影響の概要 (1/4)

分類	定義	安全機能の重要度分類		使用済燃料の冠水等に係る機器等 (○：該当、－：非該当)	火災による機能影響の概要 (可能性あり：◎ <sup>*1</sup> 、可能性なし：－ <sup>*2</sup> )	
		機能	構築物、系統又は機器			
PS-1	その損傷又は故障により発生する事象によって燃料の多量の破損を引き起こすおそれがあり、敷地外への著しい放射性物質の放出のおそれのある構築物、系統及び機器	原子炉冷却材バウンダリ機能	① 原子炉容器	1) 本体	－	
			② 1次主冷却系、1次補助冷却系及び1次ナトリウム充填・ドレン系	2) 原子炉冷却材バウンダリに属する容器・配管・ポンプ・弁(ただし、計装等の小口径のものを除く。)	－	
		炉心形状の維持機能	① 炉心支持構造物	1) 炉心支持板 2) 支持構造物	－	
			② 炉心バレル構造物	1) バレル構造体	－	
			③ 炉心構成要素	1) 炉心燃料集合体	－	
				2) 照射燃料集合体	－	
				3) 内側反射体	－	
				4) 外側反射体(A)	－	
				5) 材料照射用反射体	－	
				6) 遮へい集合体	－	
7) 計測線付実験装置	－					
8) 照射用実験装置	－					
MS-1	異常状態発生時に、敷地周辺公衆への過度の放射線の影響を防止する構築物、系統及び機器	原子炉の緊急停止及び未臨界維持機能 <sup>*1</sup>	① 制御棒	1) 駆動機構	－	
			② 制御棒駆動系	2) 上部案内管 3) 下部案内管	－	
			③ 後備炉停止制御棒		－	
			④ 後備炉停止制御棒駆動系	1) 駆動機構 2) 上部案内管 3) 下部案内管	－	
		1次冷却材漏えい量の低減機能 <sup>*2</sup>	① 原子炉容器	1) リークジャケット	－	
			② 1次主冷却系、1次補助冷却系及び1次ナトリウム充填・ドレン系のうち、原子炉冷却材バウンダリに属する容器・配管・ポンプ・弁の配管(外側)又はリークジャケット		－	
			③ 1次主冷却系	1) 逆止弁	－	
			④ 1次補助冷却系	1) サイフォンブレイク弁	－	
			⑤ 1次予熱室素ガス系	1) 仕切弁	－	
		原子炉停止後の除熱機能 <sup>*3</sup>	① 1次主冷却系	1) 1次主循環ポンプポニーモータ 2) 逆止弁	－	
	② 2次主冷却系		1) 主冷却機(主送風機を除く。) <sup>*3</sup>	－		
	放射性物質の閉じ込め機能	① 格納容器		－		
		② 格納容器バウンダリに属する配管・弁		－		
	安全上必要なその他の構築物、系統及び機器	工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能 <sup>*4</sup>	① 原子炉保護系(スクラム)		－	
			② 原子炉保護系(アイソレーション)		－	
		安全上特に重要な関連機能 <sup>*5</sup>	① 中央制御室		－	
			② 非常用ディーゼル電源系(MS-1に関連するもの)		○	○
			③ 交流無停電電源系(MS-1に関連するもの)		○	○
			④ 直流無停電電源系(MS-1に関連するもの)		○	○

※1：火災防護基準による三方策のそれぞれを講じることを基本とする。

※2：設備や環境に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

\*1：【特記すべき関連系】炉心支持構造物(炉心支持板、支持構造物)、炉心バレル構造物(バレル構造体)、炉心構成要素(炉心燃料集合体、照射燃料集合体他)

\*2：【特記すべき関連系】関連するプロセス計装(ナトリウム漏えい検出器)

\*3：【特記すべき関連系】原子炉容器(本体)、原子炉冷却材バウンダリに属する容器・配管他、冷却材バウンダリに属する容器・配管他

\*4：【特記すべき関連系】関連する核計装、関連するプロセス計装

\*5：【特記すべき関連系】関連する補機冷却設備

第1表 使用済燃料の冠水等に係る機器等に対する火災による機能への影響の概要 (2/4)

分類	定義	安全機能の重要度分類		使用済燃料の冠水等に係る機器等 (○：該当、－：非該当)	火災による機能影響の概要 (可能性あり：◎ <sup>※1</sup> 、可能性なし：－ <sup>※2</sup> )	
		機能	構築物、系統又は機器			
PS-2	その損傷又は故障により発生する事象によって、燃料の多量の破損を直ちに引き起こすおそれはないが、敷地外への過度の放射性物質の放出のおそれのある構築物、系統及び機器	原子炉カバーガス等のバウンダリ機能	① 1次アルゴンガス系	1) 原子炉カバーガスバウンダリに属する容器・配管・弁(ただし、計装等の小口径のものを除く。)	－	
			② 原子炉容器	1) 本体(原子炉冷却材バウンダリに属するもの及び計装等の小口径のものを除く。)	－	
			③ 1次主冷却系	1) 原子炉カバーガスバウンダリに属する容器・配管・弁(ただし、計装等の小口径のものを除く。)	－	
			④ 1次オーバーフロー系	1) 原子炉カバーガスバウンダリに属する容器・配管・弁(ただし、計装等の小口径のものを除く。)	－	
			⑤ 1次ナトリウム充填・ドレン系	1) 原子炉カバーガスバウンダリに属する容器・配管・弁(ただし、計装等の小口径のものを除く。)	－	
			⑥ 回転プラグ(ただし、計装等の小口径のものを除く。)		－	
		燃料を安全に取り扱う機能	① 核燃料物質取扱設備		－	
		原子炉冷却材バウンダリに直接接続されていないものであって、放射性物質を貯蔵する機能	① 原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備	1) 貯蔵ラック 2) 水冷却池	－ －	
			② 第一使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備	1) 貯蔵ラック 2) 水冷却池	－ －	
			③ 第二使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備	1) 貯蔵ラック 2) 水冷却池	－ －	
			④ 気体廃棄物処理設備	1) アルゴン廃ガス処理系	－	

※1：火災防護基準による三方策のそれぞれを講じることを基本とする。

※2：設備や環境に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。



第1表 使用済燃料の冠水等に係る機器等に対する火災による機能への影響の概要 (3/4)

分類	定義	安全機能の重要度分類		使用済燃料の冠水等に係る機器等 (○：該当、－：非該当)	火災による機能影響の概要 (可能性あり：◎ <sup>※1</sup> 、可能性なし：－ <sup>※2</sup> )	
		機能	構築物、系統又は機器			
MS-2	PS-2の構築物、系統及び機器の損傷又は故障が及ぼす敷地周辺公衆への放射線の影響を十分小さくするようにする構築物、系統及び機器	燃料プール水の保持機能	1) 水冷却池	○	(左記は、不燃性材料(コンクリート、鉄鋼又は金属板)で構成する。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることはない。使用済燃料貯蔵設備の構造等を添付1に示す。)	
			① 原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備	2) 水冷却浄化設備のうち、サイフォンブレイク弁	○	(左記は、水冷却浄化設備の配管破断が生じた場合に開放されサイフォン現象等により、使用済燃料等の冠水が維持できない状況に至ることがないように設置するものである。火災によって、水冷却浄化設備の配管破断が生じることはないため、左記の機能は、火災時に要求されない。 なお、左記に関連するケーブル等が損傷した場合には、左記は自動的に開放される設計としている。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることもない。)
				② 第一使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備	1) 水冷却池	○
			2) 水冷却浄化設備のうち、サイフォンブレイク弁		○	(原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備に同じ。)
			③ 第二使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備	1) 水冷却池	○	(原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備に同じ。)
				2) 水冷却浄化設備のうち、サイフォンブレイク弁	○	(原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備に同じ。)
		放射線の遮蔽及び放出低減機能	① 外周コンクリート壁	－		
			② アニュラス部排気系	1) アニュラス部排気系 (アニュラス部常用排気フィルタを除く。)	－	
			③ 非常用ガス処理装置	－		
			④ 主排気筒	－		
			⑤ 放射線低減効果の大きい遮蔽 (安全容器及びコンクリート遮へい体冷却系を含む。)	－		
		異常状態への対応上特に重要な構築物、系統及び機器	事故時のプラント状態の把握機能	① 事故時監視計器の一部	－	
				安全上重要な関連機能	① 非常用ディーゼル電源系 (MS-1に属するものを除く。)	－
			② 交流無停電電源系 (MS-1に属するものを除く。)		－	
③ 直流無停電電源系 (MS-1に属するものを除く。)	－					
PS-3	異常状態の起因事象となるものであってPS-1、PS-2以外の構築物、系統及び機器	1次冷却材を内蔵する機能 (PS-1以外のもの)	① 1次ナトリウム純化系のうち、1次冷却材を内蔵しているか、又は内蔵し得る容器・配管・ポンプ・弁 (ただし、計装等の小口径のものを除く。)	－		
			② 1次オーバフロー系のうち、1次冷却材を内蔵しているか、又は内蔵し得る容器・配管・ポンプ・弁 (ただし、計装等の小口径のものを除く。)	－		
			③ 1次ナトリウム充填・ドレン系のうち、1次冷却材を内蔵しているか、又は内蔵し得る容器・配管・弁 (ただし、PS-1に属するもの及び計装等の小口径のものを除く。)	－		

※1：火災防護基準による三方策のそれぞれを講じることを基本とする。

※2：設備や環境に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

第1表 使用済燃料の冠水等に係る機器等に対する火災による機能への影響の概要 (4/4)

分類	定義	安全機能の重要度分類		使用済燃料の冠水等に係る機器等 (○：該当、－：非該当)	火災による機能影響の概要 (可能性あり：◎ <sup>*1</sup> 、可能性なし：－ <sup>*2</sup> )			
		機能	構築物、系統又は機器					
PS-3	異常状態の起因事象となるものであってPS-1、PS-2以外の構築物、系統及び機器	2次冷却材を内蔵する機能（通常運転時の炉心の冷却に関連するもの）	① 2次主冷却系、2次補助冷却系、2次ナトリウム純化系及び2次ナトリウム充填・ドレン系	1) 冷却材バウンダリに属する容器・配管・ポンプ・弁（ただし、計装等の小口径のものを除く。）	－	-		
		放射性物質の貯蔵機能	① 液体廃棄物処理設備 ② 固体廃棄物処理設備		－			
		通常運転時の冷却材の循環機能	① 1次主冷却系 1) 1次主循環ポンプ	i) 1次主循環ポンプ本体(循環機能) ii) 主電動機	－			
			② 2次主冷却系 1) 2次主循環ポンプ	i) 2次主循環ポンプ本体(循環機能) ii) 電動機	－			
		通常運転時の最終ヒートシンクへの熱輸送機能	① 2次主冷却系 1) 主送風機	i) 電動機 ii) 電磁ブレーキ	－			
		電源供給機能（非常用を除く。）	① 一般電源系（受電エリア）		－			
	プラント計測・制御機能（安全保護機能を除く。）	① 原子炉冷却材温度制御系（関連するプロセス計装及び制御用圧縮空気供給設備を含む。）		－				
原子炉冷却材中放射性物質濃度を通常運転に支障のない程度に低く抑える構築物、系統及び機器	核分裂生成物の原子炉冷却材中への放射防止機能	① 炉心構成要素	1) 炉心燃料集合体 i) 被覆管	－	-			
			2) 照射燃料集合体 i) 被覆管	－				
MS-3	運転時の異常な過渡変化があってもMS-1、MS-2とあいまって、事象を緩和する構築物、系統及び機器	制御室外からの安全停止機能	① 中央制御室外原子炉停止盤（安全停止に関連するもの）	－	-			
		燃料プール水の補給機能	① 原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備	1) 水冷却浄化設備（MS-2に属するものを除く。）		○	(火災によって水冷却浄化設備の機能を喪失しても、使用済燃料貯蔵設備の水冷却池に貯蔵される使用済燃料の崩壊熱は小さく、かつ、水冷却池に多量の冷却水を保有しているため、冷却水の蒸発により、水冷却池の水位が遮蔽に必要な水位を下回るまでに十分な猶予期間（約2カ月） <sup>*1</sup> があり、遮蔽に必要な水位を下回るまでの間に復旧又は仮設ホース等により給水することができる。したがって、火災によって、左記の機能が影響を受けることはない。)	
			② 第一使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備	1) 水冷却浄化設備（MS-2に属するものを除く。）		○		－ (原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備に同じ。)
			③ 第二使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備	1) 水冷却浄化設備（MS-2に属するものを除く。）		○		－ (原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備に同じ。)
	出力上昇の抑制機能	① インターロック系	1) 制御棒引き抜きインターロック系	－				
異常状態への対応上必要な構築物、系統及び機器	緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能	① 事故時監視計器（MS-2に属するものを除く。）		－				
		② 放射線管理施設（MS-2に属するものを除く。）		－				
		③ 通信連絡設備		－				
		④ 消火設備		－				
		⑤ 安全避難通路		－				
		⑥ 非常用照明		－				

※1：火災防護基準による三方策のそれぞれを講じることを基本とする。

※2：設備や環境に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

\*1：国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所（南地区）高速実験炉原子炉施設（「常陽」） 第12条（安全施設） 別紙7 別添1（「燃料プール水の補給機能」喪失時の燃料プールの液位評価）参照

使用済燃料貯蔵設備の構造等
---------------

## 1. 概要

使用済燃料貯蔵設備の構造等について示す。

## 2. 使用済燃料貯蔵設備の構造等

使用済燃料を貯蔵するため、原子炉附属建物、第一使用済燃料貯蔵建物及び第二使用済燃料貯蔵建物に、使用済燃料貯蔵設備を設置する。

使用済燃料貯蔵設備は、それぞれ水冷却池、貯蔵ラック、水冷却浄化設備等から構成する。使用済燃料貯蔵設備の概要を第 2.1 図に示す。

使用済燃料貯蔵設備の水冷却池及び水冷却浄化設備のサイフォンブレイク弁が燃料プール水の保持機能を有し、水冷却浄化設備（サイフォンブレイク弁を除く。）が燃料プール水の補給機能を有する。

## (1) 水冷却池

水冷却池は、不燃性材料（コンクリート、鉄鋼又は金属板）で構成する（コンクリート壁をステンレス鋼で内張した構造）。

したがって、水冷却池について、火災によって燃料プール水の保持機能が影響を受けることはない。

## (2) 水冷却浄化設備（サイフォンブレイク弁）

水冷却浄化設備のサイフォンブレイク弁は、水冷却浄化設備の配管破断が生じた場合に開放され、サイフォン現象等により、使用済燃料の冠水が維持できない状況に至ることを防止するため設置する。

火災によって不燃性材料（鉄鋼又は金属板）で構成する水冷却浄化設備の配管の破断が生じることはなく、火災時にサイフォンブレイク弁の機能は要求されない。

なお、サイフォンブレイク弁は、当該弁に関連するケーブル等が損傷した場合、自動的に開放される。

したがって、サイフォンブレイク弁について、火災によって燃料プール水の保持機能が影響を受けることもない。

## (3) 水冷却浄化設備（サイフォンブレイク弁を除く。）

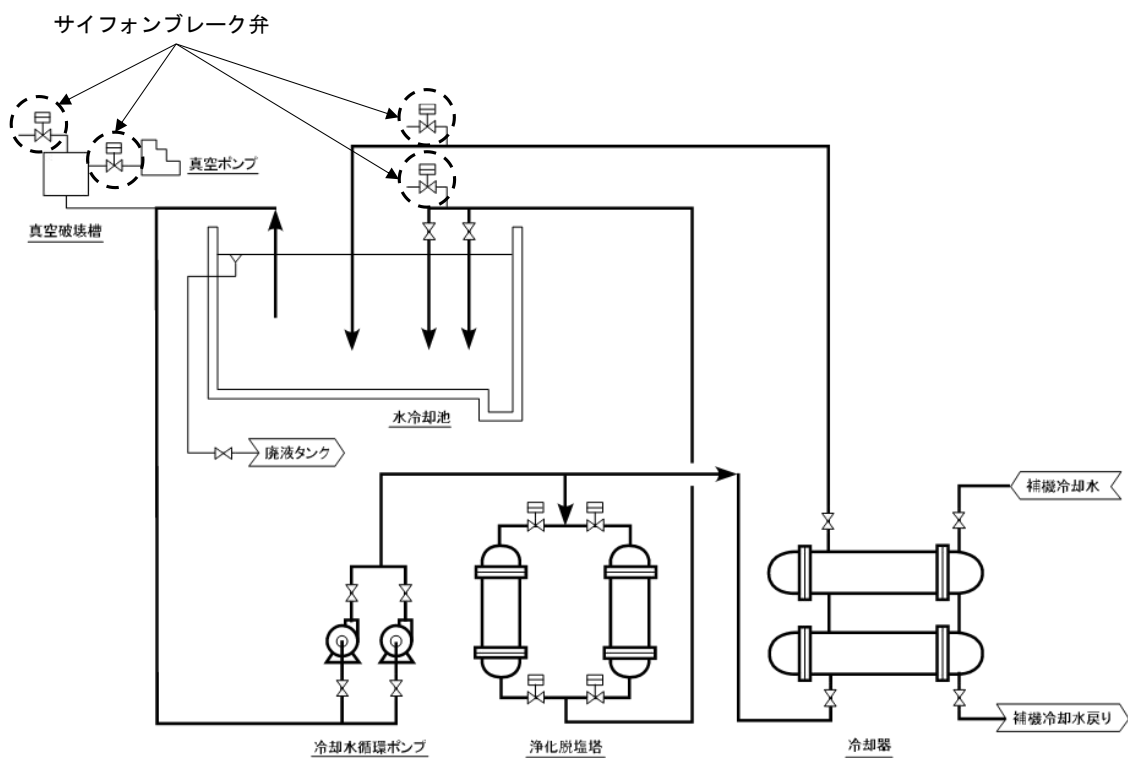
水冷却浄化設備（サイフォンブレイク弁を除く。）は、配管、冷却水循環ポンプ、浄化脱塩塔、冷却器等から構成する。

配管、浄化脱塩塔、冷却水循環ポンプの本体及び冷却器は、不燃性材料（鉄鋼又は金属板）で構成する。

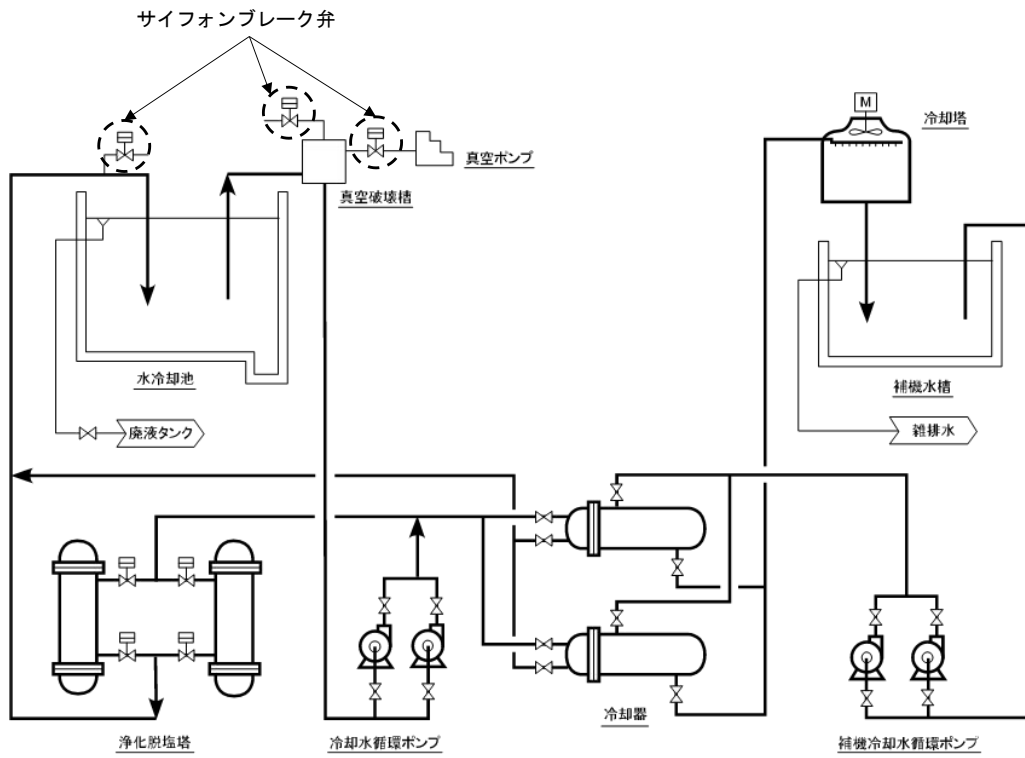
冷却水循環ポンプの電動機又は関連するケーブル等が損傷した場合、使用済燃料貯蔵設備の水

冷却池に貯蔵する使用済燃料の崩壊熱は小さく、かつ、水冷却池に多量の冷却水を保有しているため、冷却水の蒸発により、水冷却池の水位が遮蔽に必要な水位を下回るまでに十分な猶予期間（約2カ月）があり、遮蔽に必要な水位を下回るまでに復旧又は仮設ホース等により給水することができる。

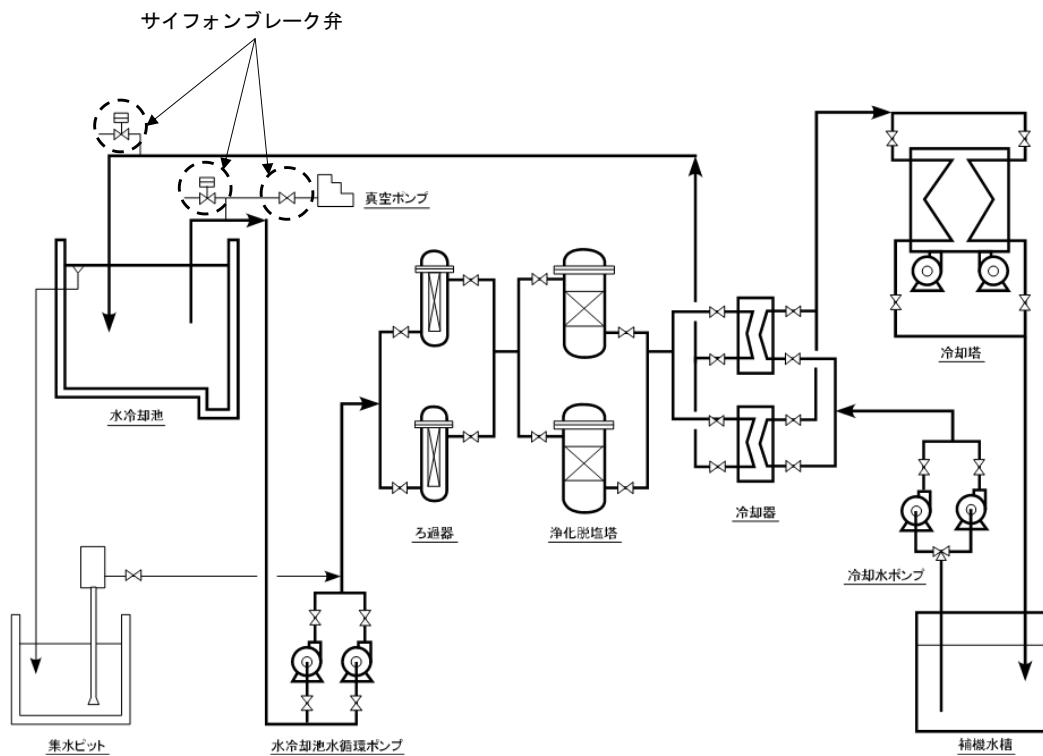
以上より、水冷却浄化設備（サイフォンブレイク弁を除く。）について、火災によって燃料プール水の保持機能が影響を受けることはない。



第 2.1 図 使用済燃料貯蔵設備の概要（原子炉附属建物）



第 2.1 図 使用済燃料貯蔵設備の概要（第一使用済燃料貯蔵建物）



第 2.1 図 使用済燃料貯蔵設備の概要（第二使用済燃料貯蔵建物）

多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止のための資機材  
に対する火災による機能への影響

多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止のための資機材に対する火災による機能への影響の概要を第1表に示す。

第1表 多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止のための資機材に対する火災による機能への影響の概要 (1/8)

多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止のための資機材		火災による機能影響の概要 (可能性あり：◎ <sup>※1</sup> ／○ <sup>※2</sup> 、可能性なし：－ <sup>※3</sup> )	
制御棒及び制御棒駆動系	① 制御棒		－ (左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。また、左記を設置する原子炉容器内では、火災が発生するおそれはない。したがって、左記は、火災によって、機能が影響を受けることはない。)
	② 制御棒駆動系	1) 駆動機構	○ (駆動機構の駆動電動機が火災によって損傷した場合であっても、制御棒を炉心に急速に挿入する機能が影響を受けることはない。また、駆動機構の制御棒保持電磁石のケーブルが損傷した場合、当該保持電磁石が無励磁となり制御棒は、炉心に急速に挿入される。したがって、左記は、火災によって、機能が影響を受けることはない。ただし、駆動機構による操作を原子炉の停止に係る自主対策としていることを踏まえ、早期に火災の感知及び消火を行うことにより、機能への影響を低減できるように、火災防護基準による火災の感知及び消火を行うものとする。)
		2) 上部案内管	－ (左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。また、左記を設置する原子炉容器内では、火災が発生するおそれはない。したがって、左記は、火災によって、機能が影響を受けることはない。)
		3) 下部案内管	－ (制御棒駆動系(上部案内管)に同様)
後備炉停止制御棒及び後備炉停止制御棒駆動系	① 後備炉停止制御棒		－ (制御棒に同様)
	② 後備炉停止制御棒駆動系	1) 駆動機構	○ (制御棒駆動系(駆動機構)に同様)
		2) 上部案内管	－ (制御棒駆動系(上部案内管)に同様)
		3) 下部案内管	－ (制御棒駆動系(下部案内管)に同様)
制御棒連続引抜き阻止インターロック			◎
原子炉保護系(スクラム)(手動スクラムを含む。)			－ (原子炉保護系(スクラム)及び手動スクラムは、フェイルセーフ設計であることから、火災によって、機能が影響を受けることはない。)

※1：火災防護基準による「火災の発生防止」及び「火災の感知及び消火」のそれぞれを講じることを基本とする。

※2：火災防護基準による「火災の感知及び消火」を講じることを基本とする。

※3：設備や環境条件に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

第1表 多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止のための資機材に対する火災による機能への影響の概要 (2/8)

多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止のための資機材			火災による機能影響の概要 (可能性あり：◎ <sup>※1</sup> ／○ <sup>※2</sup> 、可能性なし：－ <sup>※3</sup> )
原子炉保護系 (アイソレーション)			○ (左記は、手動アイソレーション又は手動隔離操作による代替手段により機能を達成できる。ただし、早期に火災の感知及び消火を行うことにより、機能への影響を低減できるように、火災防護基準による火災の感知及び消火を行うものとする。)
後備炉停止系用論理回路			◎(代替トリップ信号を除く。)/－(代替原子炉トリップ信号) (代替トリップ信号(原子炉出口冷却材温度高・1次主循環ポンプトリップ)は、フェイルセーフ設計であることから、火災によって、機能が影響を受けることはない。)
原子炉冷却材バウンダリ	① 原子炉容器	1) 本体	－ (左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。また、左記を設置する炉容器ピットの安全容器内は、窒素雰囲気で維持するため、火災が発生するおそれはない。したがって、左記は、火災によって、機能が影響を受けることはない。)
	② 1次主冷却系、1次補助冷却系及び1次ナトリウム充填・ドレン系	1) 原子炉冷却材バウンダリに属する容器・配管・ポンプ・弁 (ただし、計装等の小口径のものを除く。)	－ (左記の本体は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。また、左記を設置する格納容器(床下)は、原子炉運転中にあつては、窒素雰囲気で維持するため、火災が発生するおそれはない。左記のうち、原子炉冷却材バウンダリを構成する境界となる弁の一部(電動弁)は、通常運転時及び原子炉停止時ともに「閉」であり、関連するケーブル等が損傷した場合にあつても「閉」状態が維持される。したがって、左記は、火災によって、機能が影響を受けることはない。)
冷却材バウンダリ	① 2次主冷却系、2次補助冷却系、2次ナトリウム純化系及び2次ナトリウム充填・ドレン系	1) 冷却材バウンダリに属する容器・配管・ポンプ・弁 (ただし、計装等の小口径のものを除く。)	－ (左記の本体は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。左記のうち、冷却材バウンダリの境界となる弁の一部は、フェイルクローズ設計である。したがって、左記は、火災によって、機能が影響を受けることはない。)
原子炉容器リークジャケット	① 原子炉容器	1) リークジャケット	－ (左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。また、左記を設置する炉容器ピットの安全容器内は、窒素雰囲気で維持するため、火災が発生するおそれはない。したがって、左記は、火災によって、機能が影響を受けることはない。)

※1：火災防護基準による「火災の発生防止」及び「火災の感知及び消火」のそれぞれを講じることを基本とする。

※2：火災防護基準による「火災の感知及び消火」を講じることを基本とする。

※3：設備や環境条件に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。



第1表 多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止のための資機材に対する火災による機能への影響の概要 (3/8)

多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止のための資機材			火災による機能影響の概要 (可能性あり：◎ <sup>※1</sup> ／○ <sup>※2</sup> 、可能性なし：－ <sup>※3</sup> )
原子炉容器リークジャケット	② 1次予熱窒素ガス系	1) 仕切弁等	○(コンクリート遮へい体冷却系による原子炉容器外面冷却に操作が必要な弁(不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する部分及び格納容器(床下)に設置する部分を除く。) (左記の本体(弁のパッキン類は、不燃性材料ではない材料を使用する場合があるが、当該パッキン類は、弁の内部に設置され、外部の火災によって直接加熱されることはなく、シート性能を喪失するおそれはない。))は、不燃性材料で構成する。また、左記の一部を設置する格納容器(床下)は、原子炉運転中において、窒素雰囲気中で維持するため、火災が発生するおそれはない。したがって、左記の本体及び格納容器(床下)に設置する部分は、火災によって、機能が影響を受けることはない。ただし、左記の本体を除き格納容器(床下)以外の空気雰囲気中に設置する部分については、早期に火災の感知及び消火を行うことにより、機能への影響を低減できるように、火災防護基準による火災の感知及び消火を行うものとする。また、事故発生前には通電状態にないこと及び原子炉起動前ごとに、絶縁抵抗測定により機器及びケーブルの健全性を確認することにより火災の発生を抑制する。)
原子炉カバーガス等のバウンダリ (安全板を含む。)	① 1次アルゴンガス系(安全板を含む。)	1) 原子炉カバーガスバウンダリに属する容器・配管・弁(ただし、計装等の小口径のものを除く。)	－ (左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。また、左記を設置する格納容器(床下)は、原子炉運転中、窒素雰囲気中で維持するため、火災が発生するおそれはない。したがって、左記は、火災によって、機能が影響を受けることはない。)
	② 原子炉容器	1) 本体(原子炉冷却材バウンダリに属するもの及び、計装等の小口径のものを除く。)	－ (左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。また、原子炉容器の本体を設置する炉容器ピットの安全容器内は、窒素雰囲気中で維持するため、火災が発生するおそれはない。したがって、左記は、火災によって、機能が影響を受けることはない。)
	③ 1次主冷却系	1) 原子炉カバーガスバウンダリに属する容器・配管・弁(ただし、計装等の小口径のものを除く。)	－ (1次アルゴンガス系に同じ。)
	④ 1次オーバフロー系	1) 原子炉カバーガスバウンダリに属する容器・配管・弁(ただし、計装等の小口径のものを除く。)	－ (1次アルゴンガス系に同じ。)
	⑤ 1次ナトリウム充填・ドレン系	1) 原子炉カバーガスバウンダリに属する容器・配管・弁(ただし、計装等の小口径のものを除く。)	－ (1次アルゴンガス系に同じ。)
	⑥ 回転プラグ(ただし、計装等の小口径のものを除く。)		－ (左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。また、左記を設置する原子炉容器内では、火災が発生するおそれはない。したがって、左記は、火災によって、機能が影響を受けることはない。)

※1：火災防護基準による「火災の発生防止」及び「火災の感知及び消火」のそれぞれを講じることを基本とする。

※2：火災防護基準による「火災の感知及び消火」を講じることを基本とする。

※3：設備や環境条件に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

第1表 多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止のための資機材に対する火災による機能への影響の概要 (4/8)

多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止のための資機材		火災による機能影響の概要 (可能性あり：◎ <sup>※1</sup> ／○ <sup>※2</sup> 、可能性なし：－ <sup>※3</sup> )
格納容器バウンダリ	① 格納容器	－ (左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。したがって、左記は、火災によって、機能が影響を受けることはない。)
	② 格納容器バウンダリに属する配管・弁	－ (左記の本体(弁のパッキン類は、不燃性材料ではない材料を使用する可能性があるが、当該パッキン類は、弁の内部に設置され、外部の火災によって直接加熱されることはなく、シート性能を喪失するおそれはない。)は、不燃性材料で構成する。また、原子炉保護系(アイソレーション)動作時に動作を期待するものについては、格納容器の内外で二重化しており、代替手段により機能を達成できる。さらに、ケーブル等が損傷した場合に「閉」とすることが適切なものについては、フェイルクローズ設計としている。したがって、左記は、火災によって、機能が影響を受けることはない。)
1次主冷却系サイフォンブレイク配管		－ (左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。また、左記を設置する格納容器(床下)は、原子炉運転中にある場合は、窒素雰囲気で維持するため、火災が発生するおそれはない。したがって、左記は、火災によって、機能が影響を受けることはない。)
1次補助冷却系サイフォンブレイク弁		○(不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する部分及び格納容器(床下)に設置する部分を除く。) (左記の本体(弁のパッキン類は、不燃性材料ではない材料を使用する可能性があるが、当該パッキン類は、弁の内部に設置され、外部の火災によって直接加熱されることはなく、シート性能を喪失するおそれはない。)は、不燃性材料で構成する。また、左記の一部を設置する格納容器(床下)は、原子炉運転中にある場合は、窒素雰囲気で維持するため、火災が発生するおそれはない。したがって、左記の本体及び格納容器(床下)に設置する部分は、火災によって、機能が影響を受けることはない。ただし、左記の本体を除き格納容器(床下)以外の空気雰囲気に設置する部分については、早期に火災の感知及び消火を行うことにより、機能への影響を低減できるように、火災防護基準による火災の感知及び消火を行うものとする。また、事故発生前には通電状態にないこと及び原子炉起動前ごとに、絶縁抵抗測定により機器及びケーブルの健全性を確認することにより火災の発生を抑制する。)

※1：火災防護基準による「火災の発生防止」及び「火災の感知及び消火」のそれぞれを講じることを基本とする。

※2：火災防護基準による「火災の感知及び消火」を講じることを基本とする。

※3：設備や環境条件に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

第1表 多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止のための資機材に対する火災による機能への影響の概要 (5/8)

多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止のための資機材			火災による機能影響の概要 (可能性あり：◎ <sup>※1</sup> ／○ <sup>※2</sup> 、可能性なし：－ <sup>※3</sup> )
非常用冷却設備及び補助冷却設備	① 非常用冷却設備	1) 1次主循環ポンプポニーモータ	◎
	② 補助冷却設備	1) 1次補助冷却系循環ポンプ	○(格納容器(床下)に配置する部分を除く。) (左記の一部を設置する格納容器(床下)は、原子炉運転中においては、窒素雰囲気で維持するため、火災が発生するおそれはない。したがって、格納容器(床下)に設置する部分は、火災によって、機能が影響を受けることはない。格納容器(床下)以外の空気雰囲気に配置する部分については、早期に火災の感知及び消火を行うことにより、機能への影響を低減できるように、火災防護基準による火災の感知及び消火を行うものとする。また、事故発生前には通電状態に無いこと及び原子炉起動前ごとに、絶縁抵抗測定により機器及びケーブルの健全性を確認することにより火災の発生を抑制する。)
		2) 2次補助冷却系補助冷却機	○ (左記は、早期に火災の感知及び消火を行うことにより、機能への影響を低減できるように、火災防護基準による火災の感知及び消火を行うものとする。また、事故発生前には通電状態にないこと及び原子炉起動前ごとに、絶縁抵抗測定により機器及びケーブルの健全性を確認することにより火災の発生を抑制する。)
		3) 2次補助冷却系循環ポンプ	○ (左記は、事象発生前から動作し、かつ、事象発生後も引き続き動作するものであり、火災によって、機能を喪失した場合には、原子炉を停止するものとするため、多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止に係る資機材として、機能を必要としない。ただし、早期に火災の感知及び消火を行うことにより、機能への影響を低減できるように、火災防護基準による火災の感知及び消火を行うものとする。)
安全容器 (コンクリート遮へい体冷却系を含む。)	① 安全容器	1) 本体	－ (左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。また、左記を設置する格納容器(床下)は、原子炉運転中、窒素雰囲気で維持するため、火災が発生するおそれはない。したがって、左記は、火災によって、機能が影響を受けることはない。)

※1：火災防護基準による「火災の発生防止」及び「火災の感知及び消火」のそれぞれを講じることを基本とする。

※2：火災防護基準による「火災の感知及び消火」を講じることを基本とする。

※3：設備や環境条件に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

第1表 多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止のための資機材に対する火災による機能への影響の概要 (6/8)

多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止のための資機材			火災による機能影響の概要 (可能性あり：◎ <sup>※1</sup> ／○ <sup>※2</sup> 、可能性なし：－ <sup>※3</sup> )
安全容器（コンクリート遮へい体冷却系を含む。）	② コンクリート遮へい体冷却系(関連する補機冷却設備を含む。)	1) 窒素ガスブロウ	○(格納容器(床下)に配置するものを除く。) (左記の一部を設置する格納容器(床下)は、原子炉運転中においては、窒素雰囲気で維持するため、火災が発生するおそれはない。したがって、格納容器(床下)に設置する部分は、火災によって、機能が影響を受けることはない。左記は、事象発生前から動作し、かつ、事象発生後も引き続き動作するものであり、火災によって、機能を喪失した場合には、原子炉を停止するものとするため、多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止に係る資機材として、機能を必要としない。ただし、格納容器(床下)以外の空気雰囲気に配置する部分については、早期に火災感知及び消火を行うことにより、機能への影響を低減できるように、火災防護基準による火災の感知及び消火を行うものとする。)
		2) 窒素ガス冷却器	－ (左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。したがって、左記は、火災によって、機能が影響を受けることはない。)
		3) ペDESTALブースタブロウ	○(格納容器(床下)に配置するものを除く。) (窒素ガスブロウに同じ。)
		4) 窒素ガスダクト	－ (窒素ガス冷却器に同じ。)
断熱材、ヒートシンク材及びライナ(格納容器(床下)のダンプタンク室に設置)	① 断熱材	－ (左記は、不燃性材料で構成する。また、左記を設置する格納容器(床下)は、原子炉運転中、窒素雰囲気中で維持するため、火災が発生するおそれはない。したがって、左記は、火災によって、機能が影響を受けることはない。)	
	② ヒートシンク材	－ (左記は、不燃性材料(アルミナ)で構成する。また、左記を設置する格納容器(床下)は、原子炉運転中、窒素雰囲気中で維持するため、火災が発生するおそれはない。したがって、左記は、火災によって、機能が影響を受けることはない。)	
	③ ライナ	－ (左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。また、左記を設置する格納容器(床下)は、原子炉運転中、窒素雰囲気中で維持するため、火災が発生するおそれはない。したがって、左記は、火災によって、機能が影響を受けることはない。)	
関連する核計装		◎(線形出力系) (関連する核計装においては、原子炉の安全停止状態の監視の観点を含め線形出力系について、火災防護基準による火災の発生防止、火災の感知及び消火のそれぞれを講じる。なお、線形出力系により原子炉が停止したこと及び原子炉の停止状態が維持されていることが確認できる。)	

※1：火災防護基準による「火災の発生防止」及び「火災の感知及び消火」のそれぞれを講じることを基本とする。

※2：火災防護基準による「火災の感知及び消火」を講じることを基本とする。

※3：設備や環境条件に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

第1表 多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止のための資機材に対する火災による機能への影響の概要 (7/8)

多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止のための資機材		火災による機能影響の概要 (可能性あり：◎ <sup>※1</sup> ／○ <sup>※2</sup> 、可能性なし：－ <sup>※3</sup> )
関連するプロセス計装		○ (左記について、計測制御用の機器、ケーブル類の電流は微小であり、かつ、事象発生前から通電状態にあることから、当該機器・ケーブルから火災が発生するおそれはない。また、左記は、事象発生前から動作し、かつ、事象発生後も引き続き動作するものであり、火災によって、機能を喪失した場合には、原子炉を停止するものとするため、多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止に係る資機材として、機能を必要としない。ただし、早期に火災の感知及び消火を行うことにより、機能への影響を低減できるように、火災防護基準による火災の感知及び消火を行うものとする。)
遅発中性子法燃料破損検出設備		○(格納容器(床下)に配置するものを除く。) (左記の一部を設置する格納容器(床下)は、原子炉運転中、窒素雰囲気で維持するため、火災が発生するおそれはない。したがって、格納容器(床下)に設置する部分は、火災によって、機能が影響を受けることはない。左記は、事象発生前から動作し、かつ、事象発生後も引き続き動作するものであり、火災によって、機能を喪失した場合には、原子炉を停止するものとするため、多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止に係る資機材として、機能を必要としない。ただし、格納容器(床下)以外の空気雰囲気に配置する部分については、早期に火災の感知及び消火を行うことにより、機能への影響を低減できるように、火災防護基準による火災の感知及び消火を行うものとする。)
仮設電源設備(燃料油運搬設備を含む。)	① 可搬型発電機	－ (可搬型発電機と燃料油は別々に保管する。2台の可搬型発電機は、隔離距離をとって別々に保管するものとし、1台は、可燃性物質を排除した保管庫にて保管するため、火災の影響を受けることはない。可搬型発電機は、機能への影響を低減できるように、消防法に基づく火災の感知を行うものとする。)
	② 燃料油及び可搬式タンク(燃料運搬用)	－ (左記は、消防法規に則って防火対策をとった危険物倉庫にて保管する。緊急時の給油に支障はないと考えているが、使用できない場合であっても、必要負荷である原子炉出口温度、主冷却器出口温度の監視用計装については、復電までの間、仮設計器による監視が可能であり、燃料を外部調達することも可能なため影響はない。)
	③ 仮設電源ケーブル	－ (左記は、金属製保管庫に収納するため、火災の影響を受けることはない。左記は、機能への影響を低減できるように、消防法に基づく火災の感知を行うものとする。)

※1：火災防護基準による「火災の発生防止」及び「火災の感知及び消火」のそれぞれを講じることを基本とする。

※2：火災防護基準による「火災の感知及び消火」を講じることを基本とする。

※3：設備や環境条件に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

第1表 多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止のための資機材に対する火災による機能への影響の概要 (8/8)

多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止のための資機材		火災による機能影響の概要 (可能性あり：◎ <sup>※1</sup> ／○ <sup>※2</sup> 、可能性なし：－ <sup>※3</sup> )
仮設計器	① 可搬型電圧計測器	－ (左記は、金属製保管庫に収納するため、火災の影響を受けることはない。左記は、機能への影響を低減できるように、消防法に基づく火災の感知を行うものとする。)
可搬式ポンプ及びホース	① 可搬式ポンプ	－ (可搬式ポンプと燃料油とは別々に保管する。また、2台の可搬式ポンプは、隔離距離をとって別々に保管するものとし、1台は、金属製保管庫に収納するため、火災の影響を受けることはない。可搬式ポンプは、機能への影響を低減できるように、消防法に基づく火災の感知を行うものとする。)
	② 燃料油	－ (左記は、消防法規に則って防火対策をとった危険物倉庫にて保管する。緊急時の給油に支障はないと考えているが、使用できない場合であっても、使用済燃料貯蔵設備水冷却池の水位低下までに長時間の猶予があり、燃料を外部調達することも可能なため影響はない。)
	③ ホース	－ (左記は、金属製保管庫に収納するため、火災の影響を受けることはない。左記は、機能への影響を低減できるように、消防法に基づく火災の感知を行うものとする。)
水冷却池		－ (左記は、不燃性材料(コンクリート、鉄鋼又は金属板)で構成する。したがって、左記は、火災によって、機能が影響を受けることはない。)
水冷却浄化設備 サイフォンブレイカー	① サイフォンブレイク孔	－ (左記は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成する。また、左記は、通常、水中に位置するため、火災が発生するおそれはない。したがって、左記は、火災によって、機能が影響を受けることはない。)

※1：火災防護基準による「火災の発生防止」及び「火災の感知及び消火」のそれぞれを講じることを基本とする。

※2：火災防護基準による「火災の感知及び消火」を講じることを基本とする。

※3：設備や環境条件に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

一般火災と運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の起因となる異常事象の関係

一般火災により発生が想定される運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の起因となる異常事象の関係を第 1 表に示す。

第1表 一般火災により発生が想定される運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の起因となる異常事象の整理 (1/3)

事象		左記事象の起因となる機能等	一般火災による発生の有無 (一般火災による発生の可能性 ○:あり、-:なし)	
運転時の異常な過渡変化	未臨界状態からの制御棒の異常な引抜き	なし(運転員の制御棒の誤操作(引抜き)に伴い発生する事象)	-	運転員の誤操作により発生する事象であり、一般火災により発生しない。
	出力運転中の制御棒の異常な引抜き		-	
	1次冷却材流量増大	通常運転時の冷却材の循環機能(P S - 3)(1次主循環ポンプ(主電動機))	-	1次主循環ポンプの速度制御盤に隣接して、1次主循環ポンプの電源盤があり、一般火災により1次主循環ポンプの回転数のみ増大することは考え難い。
	1次冷却材流量減少		○	一般火災により1次主循環ポンプ主電動機のケーブル等が焼損し発生する可能性がある。
	2次冷却材流量増大	通常運転時の冷却材の循環機能(P S - 3)(2次主循環ポンプ(電動機))	-	2次主循環ポンプの速度制御盤が一般火災により影響を受けたとしても、2次主循環ポンプの二次抵抗が変化することは考え難い。
	2次冷却材流量減少		○	一般火災により2次主循環ポンプ電動機のケーブル等が焼損し発生する可能性がある。
	主冷却器空気流量の増大	プラント計測・制御機能(安全保護機能を除く。)(P S - 3)	○	原子炉冷却材温度制御系が一般火災により影響を受けた場合に発生する可能性がある(インレットベーンの開度を「増」側で制御中に、機能喪失することを想定)。
	主冷却器空気流量の減少	通常運転時の最終ヒートシンクへの熱輸送機能(P S - 3)(主送風機(電動機))	○	一般火災により主送風機電動機のケーブル等が焼損し発生する可能性がある。
	外部電源喪失	電源供給機能(非常用を除く。)(P S - 3)	○	一般火災により電源供給機能(非常用を除く。)のケーブル等が焼損し発生する可能性がある。



第1表 一般火災により発生が想定される運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の起因となる異常事象の整理 (2/3)

事象		左記事象の起因となる機能等	一般火災による発生の有無 (一般火災による発生の可能性 ○:あり、-:なし)	
設計基準事故	燃料スランピング事故	炉心形状の維持機能 (PS-1) (炉心構成要素)	-	不燃性材料 (鉄鋼又は金属板) で構成される炉心構成要素は、一般火災により破損することはない。
	1次主循環ポンプ軸固着事故	通常運転時の冷却材の循環機能 (PS-3) (1次主循環ポンプ (循環機能))	-	1次主循環ポンプの回転軸は原子炉冷却材バウンダリ内に設置されており、一般火災の影響により機械的に固着することはない。
	1次冷却材漏えい事故	原子炉冷却材バウンダリ機能 (PS-1)	-	不燃性材料 (鉄鋼又は金属板) で構成される原子炉冷却材バウンダリは、一般火災により破損することはない。
	冷却材流路閉塞事故	炉心形状の維持機能 (PS-1) (炉心構成要素)	-	子炉冷却材バウンダリ内に存在する異物が起因となって生じる事象であり、一般火災により発生しない。
	2次主循環ポンプ軸固着事故	通常運転時の冷却材の循環機能 (PS-3) (2次主循環ポンプ (循環機能))	-	2次主循環ポンプの回転軸は冷却材バウンダリ内に設置されており、一般火災の影響により機械的に固着することはない。
	2次冷却材漏えい事故	2次冷却材を内蔵する機能 (通常運転時の炉心の冷却に関連するもの) (PS-3)	-	不燃性材料 (鉄鋼又は金属板) で構成される冷却材バウンダリは、一般火災により破損することはない。
	主送風機風量瞬時低下事故	通常運転時の最終ヒートシンクへの熱輸送機能 (PS-3) (主送風機 (電磁ブレーキ))	○	主送風機 (電磁ブレーキ) のケーブル等が焼損し発生する可能性がある。

第1表 一般火災により発生が想定される運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の起因となる異常事象の整理 (3/3)

事象		左記事象の起因となる機能等	一般火災による発生の有無 (一般火災による発生の可能性 ○:あり、-:なし)	
設計基準事故	燃料取替取扱事故	燃料を安全に取り扱う機能 (P S - 2)	-	燃料取替取扱作業中において、燃料集合体等は機械的な落下防止措置を講じており、一般火災により、燃料集合体等の落下が生じることはない。
	気体廃棄物処理設備破損事故	原子炉冷却材バウンダリに直接接続されていないものであって、放射性物質を貯蔵する機能 (P S - 2) (気体廃棄物処理設備)	-	不燃性材料 (鉄鋼又は金属板) で構成される気体廃棄物処理設備のバウンダリは、一般火災により破損することはない。
	1次アルゴンガス漏えい事故	原子炉カバーガス等のバウンダリ機能 (P S - 2)	-	不燃性材料で構成される原子炉カバーガス等のバウンダリは、一般火災により破損することはない。

原子炉施設の建物（原子炉建物、原子炉附属建物、主冷却機建物、第一使用済燃料貯蔵建物、第二使用済燃料貯蔵建物、廃棄物処理建物、旧廃棄物処理建物及びメンテナンス建物）における  
火災区域・火災区画の設定について

## 1. 概要

火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置する建物は、当該機器等を想定される火災から防護することを目的として、火災区域・火災区画を設定し、適切な火災防護対策を講じる。

ここでは、火災区域・火災区画の設定について示す。

## 2. 火災区域・火災区画の設定の考え方

原子炉施設の建物として、原子炉建物、原子炉附属建物、主冷却機建物、第一使用済燃料貯蔵建物、第二使用済燃料貯蔵建物、廃棄物処理建物、旧廃棄物処理建物、メンテナンス建物ごとに建物内の全体を火災区域として設定する。

また、建物外に火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置する場合は、当該機器等を有する区域(原子炉附属建物の屋上及び主冷却機建物の屋上)を火災区域として設定する。

火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区域(原子炉建物、原子炉附属建物及び主冷却機建物が該当)は、当該機器等の配置、ナトリウムを内包する機器の配置、耐火壁の配置、消火設備の配置を考慮し、火災区域を細分化した火災区画を設定し、3. に示す対策を講じる。

なお、火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置しない火災区域(第一使用済燃料貯蔵建物、第二使用済燃料貯蔵建物、廃棄物処理建物、旧廃棄物処理建物及びメンテナンス建物)については、設備や環境に応じて消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する。

原子炉建物並びに原子炉附属建物の火災区域及び火災区画を別添 1 に、主冷却機建物の火災区域及び火災区画を別添 2 に示す。

## 3. 火災区画に対する対策の基本的な考え方

### 3.1 ナトリウム燃焼に対する対策

ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画は、「ナトリウム漏えいの発生防止」、「ナトリウム漏えいの検知・ナトリウム燃焼の感知」並びに「ナトリウム燃焼の影響軽減」の三方策のそれぞれを講じる(別紙 4 ナトリウム燃焼に対する火災防護対策及び影響評価について 参照)。当該火災区画については、ナトリウム燃焼を起点とし、一般火災が発生するおそれがあることを考慮する。

### 3.2 一般火災に対する対策

一般火災に対する対策は、火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等の配置に応じて適切な火災防護対策を講じる。

#### (1) 火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画

火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画については、火災防護基準による「火災の発生防止」、「火災の感知及び消火」並びに「火災の影響軽減」の三方策を

適切に組み合わせた火災防護対策を講じる（別紙5 一般火災に対する火災防護対策及び影響評価について 参照）。

## (2) 火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置しない火災区画

火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置しない火災区画については、設備や環境に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する。

上記火災区画に対する火災の感知については、以下のとおりである。

- ・ 基本的に煙感知器を設置（ただし、原子炉運転中に窒素雰囲気で維持する原子炉建物の格納容器（床下）については、原子炉停止後に空気雰囲気に置換した際に、速やかに交換又は復旧）
- ・ 多量の燃料油等による火災が想定される場所、正常時に煙が滞留する場所、水蒸気が多量に発生する場所については熱感知器を設置
  - ※：多量の燃料油等による火災が想定される場所には、原子炉附属建物地下2階のアルコール廃液タンクを有する AB-106、主冷却機建物地下1階のボイラの燃料貯蔵タンクを有する SB-225、SB-226、SB-227、SB-228 が該当する。
  - ※：正常時に煙が滞留する場所には、原子炉附属建物2階の運転員の控室である AB-711 が該当する。
  - ※：水蒸気が多量に発生する場所には、原子炉附属建物1階の除染室である AB-520、主冷却機建物地下2階の浴室である SB-114 が該当する。
- ・ 放射線量が高く、かつ、火災感知器の設置ができない、又は火災感知器を設置した場合にその保守点検ができない場所については、火災感知器を設置しない。
  - ※：放射線量が高く、かつ、火災感知器の設置ができない場所には、原子炉建物地下中2階から地下中1階の原子炉容器等を有する RB-RP（炉容器ピット）が該当する（別紙5 別添7 添付4 「炉容器ピット」における火災感知器の取扱い 参照）。
  - ※：放射線量が高く、かつ、火災感知器を設置した場合にその保守点検ができない場所には、原子炉附属建物地下1階から地下中1階の AB-308（燃料洗浄室）、1階から中2階の AB-512A（缶詰室）が該当する（別紙5 別添7 添付5 「燃料洗浄室」及び「缶詰室」における火災感知器の取扱い 参照）。また、火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置しない火災区域（廃棄物処理建物）内の一部も該当する。（別紙5 別添7 添付6 廃棄物処理建物の「濃縮液タンク室等の高濃度廃液収納タンク設置室」及び「固化処理室（B）」及び固体廃棄物B貯蔵庫B」における火災感知器の取扱い 参照）

上記の炉容器ピットを除く火災区画に対する火災の消火については、以下のとおりである。

- ・ 多量の燃料油等による火災が想定される場所については、固定式消火設備（ハロン消火設備）を設置
- ・ 上記以外の場所については、可搬式消火器により消火（ナトリウムを内包する機器を有する場所については、基本的に、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器を使用）

上記火災区画に対する火災の影響軽減については、当該火災区画に隣接する火災区画内の火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等の設置状況に応じて、以下のとおりとする。

上記火災区画の隣接火災区画のいずれかに系列の異なる上記機器等を設置する場合、当該火災区画の火災が隣接火災区画に伝播して、系列の異なる上記機器等が同時に機能を喪失することがないように、火災の影響軽減を行う。火災の影響軽減のための対策としては、当該火災区画と系列の異なる上記機器等を有する隣接火災区画間について、3時間の耐火能力を有する耐火壁等で分離するか、又は1時間の耐火能力を有する耐火壁等で分離し、かつ、火災感知設備及び消火設備を設置する。

なお、上記の消火設備については、当該火災区画の可燃性物質の量、中央制御室から当該火災区画への移動時間等を考慮する。

以下に、上記火災区画における火災の影響軽減について、主冷却機建物地下2階のSB-129を対象に示す。

#### 【SB-129における火災の影響軽減】

SB-129の位置する主冷却機建物地下2階の火災区画を第3.2.1図に示す。

SB-129の隣接火災区画のうち、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等の配置は以下のとおりである。

(系列①の機器等を有する火災区画)

南側：SB-125（非常用ディーゼル発電機（1号機）等）

東側：SB-127（ディーゼル発電機燃料主貯油槽 No. 1 等）

(系列②の機器等を有する火災区画)

北側：SB-130（非常用ディーゼル発電機（2号機）等）

東側：SB-128（ディーゼル発電機燃料主貯油槽 No. 2）

したがって、SB-129で火災が発生し、上記の隣接火災区画に火災が伝播した場合、系列の異なる機器等が同時に機能を喪失するおそれがある。

このため、SB-129の火災により系列の異なる機器等が同時に機能を喪失しないように、以下のとおり火災の影響軽減の対策を講じる。

SB-129の東側に隣接するSB-127とSB-128については、3時間の耐火能力を有する耐火壁（コンクリート壁：厚さ150mm以上）で分離する。

SB-129の南側に隣接するSB-125と北側に隣接するSB-130については、3時間の耐火能力を有する耐火壁（コンクリート壁：厚さ150mm以上）及び1時間の耐火能力を有する耐火壁（扉）で分離する。1時間の耐火能力を有する耐火壁（扉）で分離するに当たって、SB-129は、以下により可搬式消火器（ABC消火器）による消火活動を行うことにより延焼を防止できる。

- ・ SB-129内の主な可燃性物質は照明器具等であり、その保有量は少なく、火災が発生した

場合にあっても、煙等の充満により消火活動が困難となることはなく、可搬式消火器（A B C 消火器）による消火活動が可能

- 中央制御室から SB-129 への移動時間（防護具の装備時間を含む。）は 20 分未満であり、1 時間の耐火能力を有する耐火壁を介して隣接する火災区画へ火災が伝播するまでの間に消火活動を開始することが可能

・火災区域及び火災区画の境界の凡例

- : 火災区域の境界
- : 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策をそれぞれ考慮する原子炉の安全停止に係る機器等を有する火災区画)
- - - : 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策の組合せを考慮する機器等を有する火災区画)
- : 火災区画の境界(一般火災に対して、消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画)
- : ナトリウムを内包する機器を有するエリア(当該火災区画は、ナトリウム燃焼に対する三方策のそれぞれを講じる。)
- : コンクリート壁

火災区域番号: S-XXX

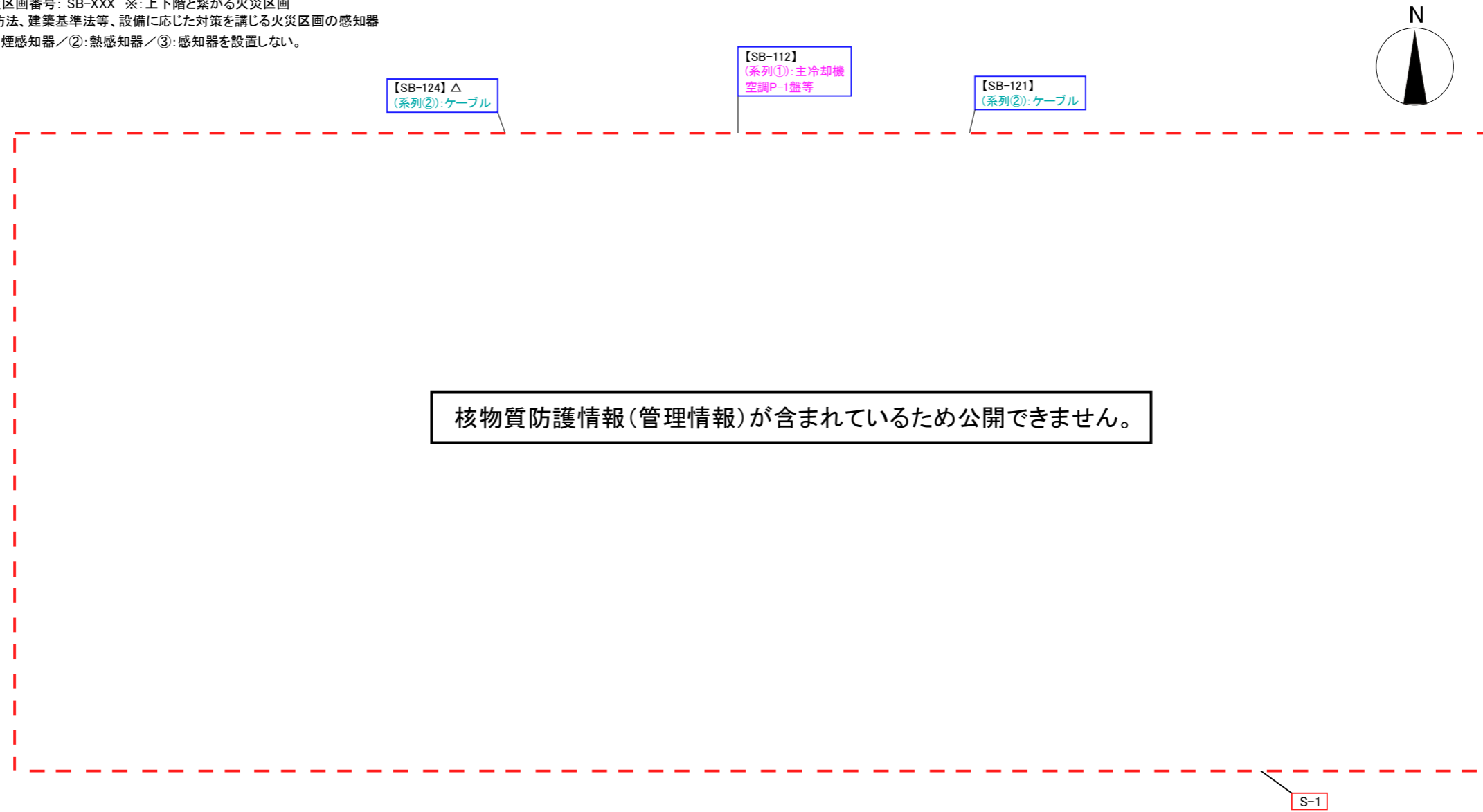
火災区画番号: SB-XXX ※: 上下階と繋がる火災区画

・消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画の感知器

①: 煙感知器 / ②: 熱感知器 / ③: 感知器を設置しない。

ケーブルの凡例

- : 系列①の機器に関連するケーブル
  - : 系列②の機器に関連するケーブル
- ○      下階へ    上階へ



○: 燃料油を内包する機器を有する火災区画

△: 潤滑油を内包する機器を有する火災区画

主冷却機建物地下2階







第 3.2.1 図 主冷却機建物地下 2 階の火災区域及び火災区画



原子炉建物並びに原子炉附属建物における火災区域及び火災区画の設定

原子炉建物並びに原子炉附属建物における火災区域及び火災区画を第 1 図に示す。

・火災区域及び火災区画の境界の凡例

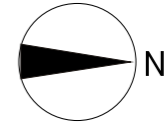
	: 火災区域の境界
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策をそれぞれ考慮する原子炉の安全停止に係る機器等を有する火災区画)
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策の組合せを考慮する機器等を有する火災区画)
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画)
	: ナトリウムを内包する機器を有するエリア(当該火災区画は、ナトリウム燃焼に対する三方策のそれぞれを講じる。)
	: コンクリート壁

火災区域番号: 原子炉建物(R-XXX) / 原子炉附属建物(A-XXX)

火災区画番号: 原子炉建物(RB-XXX)/原子炉附属建物(AB-XXX) ※: 上下階と繋がる火災区画

・消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画の感知器

①: 煙感知器 / ②: 熱感知器 / ③: 感知器を設置しない。



【AB-208】※/△  
(系列②): ケーブル

核物質防護情報(管理情報)が含まれているため公開できません。

△: 潤滑油を内包する機器を有する火災区画

◇: アルコールを内包する機器を有する火災区画

■: 格納容器(床下)に該当する火災区画(原子炉運転中において窒素雰囲気維持)

原子炉建物及び原子炉附属建物地下2階

第 1 図 原子炉建物並びに原子炉附属建物における火災区域及び火災区画 (1/8)

・火災区域及び火災区画の境界の凡例

	: 火災区域の境界
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策をそれぞれ考慮する原子炉の安全停止に係る機器等を有する火災区画)
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策の組合せを考慮する機器等を有する火災区画)
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画)
	: ナトリウムを内包する機器を有するエリア(当該火災区画は、ナトリウム燃焼に対する三方策のそれぞれを講じる。)
	: コンクリート壁

火災区域番号: 原子炉建物(R-XXX) / 原子炉附属建物(A-XXX)

火災区画番号: 原子炉建物(RB-XXX) / 原子炉附属建物(AB-XXX) ※: 上下階と繋がる火災区画

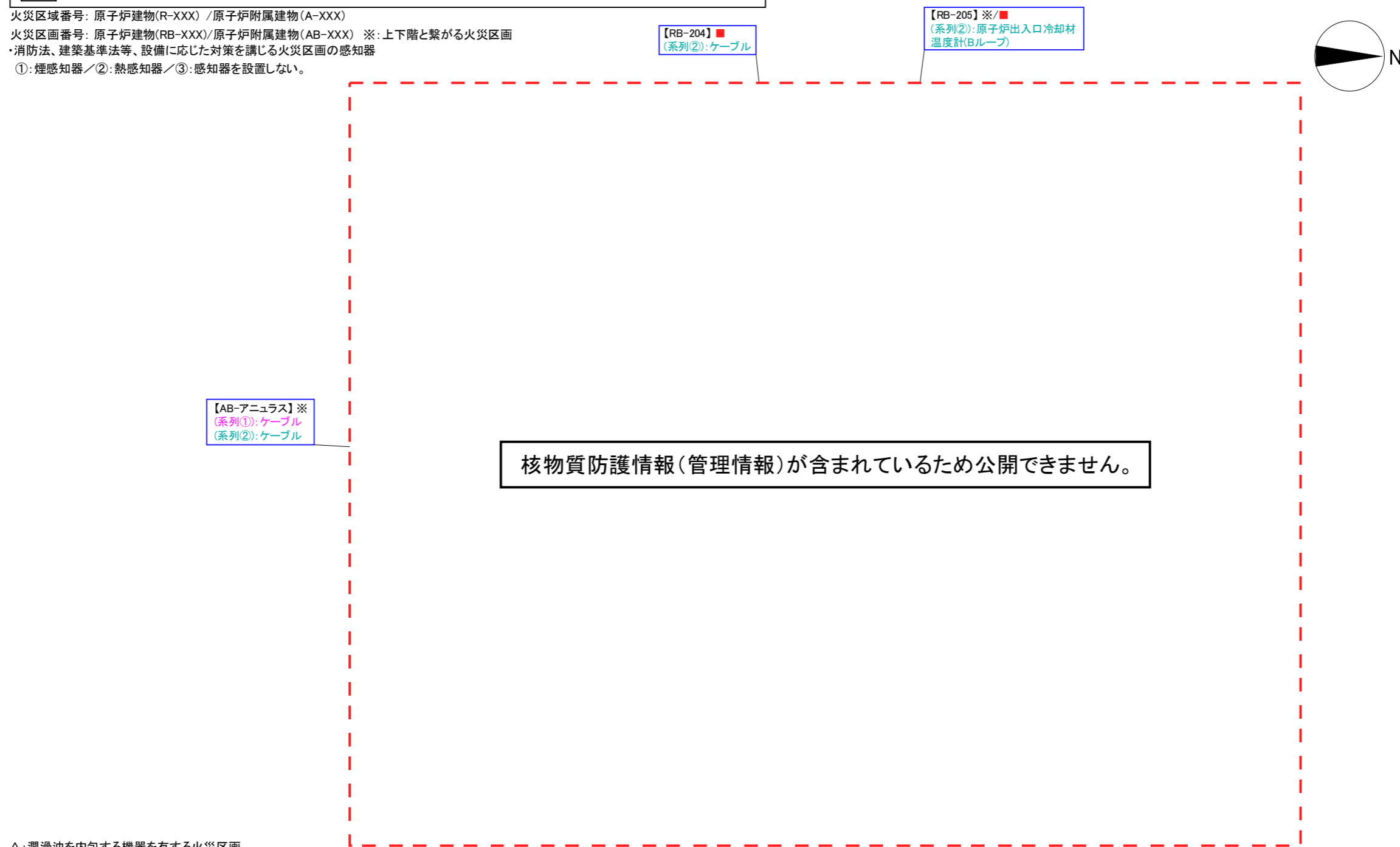
・消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画の感知器

①: 煙感知器 / ②: 熱感知器 / ③: 感知器を設置しない。

ケーブルの凡例

	: 系列①の機器に関連するケーブル		下階へ 上階へ
	: 系列②の機器に関連するケーブル		

PK: ケーブルペネトレーション



△: 潤滑油を内包する機器を有する火災区画

■: 格納容器(床下)に該当する火災区画(原子炉運転中において窒素雰囲気維持)

原子炉建物及び原子炉附属建物地下中2階

第1図 原子炉建物並びに原子炉附属建物における火災区域及び火災区画 (2/8)

・火災区域及び火災区画の境界の凡例

- : 火災区域の境界
- : 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策をそれぞれ考慮する原子炉の安全停止に係る機器等を有する火災区画)
- - - : 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策の組合せを考慮する機器等を有する火災区画)
- : 火災区画の境界(一般火災に対して、消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画)
- : ナトリウムを内包する機器を有するエリア(当該火災区画は、ナトリウム燃焼に対する三方策のそれぞれを講じる。)
- : コンクリート壁

火災区域番号: 原子炉建物(R-XXX) / 原子炉附属建物(A-XXX)

火災区画番号: 原子炉建物(RB-XXX)/原子炉附属建物(AB-XXX) ※: 上下階と繋がる火災区画

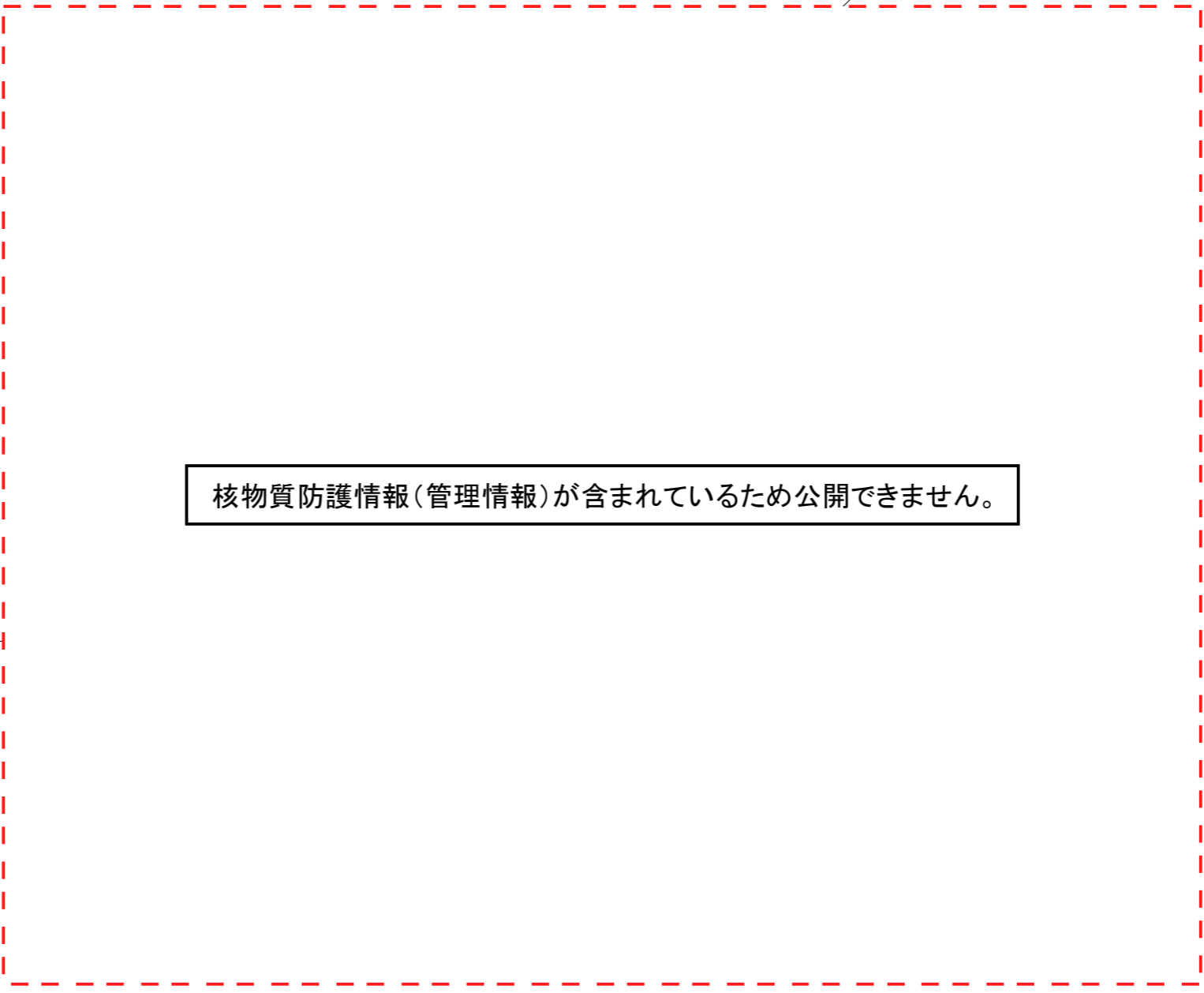
・消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画の感知器

①: 煙感知器 / ②: 熱感知器 / ③: 感知器を設置しない。

ケーブルの凡例

- : 系列①の機器に関連するケーブル
  - : 系列②の機器に関連するケーブル
- 下階へ 上階へ

【RB-205】※/■  
(系列②): 原子炉出入口冷却材  
温度計(Bループ)



【AB-アニュラス】※  
(系列①): ケーブル  
(系列②): ケーブル

△: 潤滑油を内包する機器を有する火災区画

■: 格納容器(床下)に該当する火災区画(原子炉運転中において窒素雰囲気に維持)

原子炉建物及び原子炉附属建物地下1階

第1図 原子炉建物並びに原子炉附属建物における火災区域及び火災区画 (3/8)

・火災区域及び火災区画の境界の凡例

	: 火災区域の境界
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策をそれぞれ考慮する原子炉の安全停止に係る機器等を有する火災区画)
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策の組合せを考慮する機器等を有する火災区画)
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画)
	: ナトリウムを内包する機器を有するエリア(当該火災区画は、ナトリウム燃焼に対する三方策のそれぞれを講じる。)
	: コンクリート壁

火災区域番号: 原子炉建物(R-XXX) / 原子炉附属建物(A-XXX)

火災区画番号: 原子炉建物(RB-XXX) / 原子炉附属建物(AB-XXX) ※: 上下階と繋がる火災区画

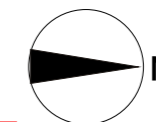
・消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画の感知器

①: 煙感知器 / ②: 熱感知器 / ③: 感知器を設置しない。

ケーブルの凡例

	: 系列①の機器に関連するケーブル		下階へ
	: 系列②の機器に関連するケーブル		上階へ

PK: ケーブルペネトレーション



【RB-407】  
・1次主冷却系冷却材流量計装に  
関連する機器等(ケーブル)

【RB-410】※/△  
(系列②): 1次主循環ポンプ潤滑  
油ポンプ(Bループ)等

【RB-501】※/△  
(系列①): 核計装等  
(系列②): 核計装等

【AB-アニュラス】※  
(系列①): ケーブル  
(系列②): ケーブル

核物質防護情報(管理情報)が含まれているため公開できません。

△: 潤滑油を内包する機器を有する火災区画

■: 格納容器(床下)に該当する火災区画(原子炉運転中において窒素雰囲気維持)

原子炉建物及び原子炉附属建物地下中1階

第1図 原子炉建物並びに原子炉附属建物における火災区域及び火災区画 (4/8)

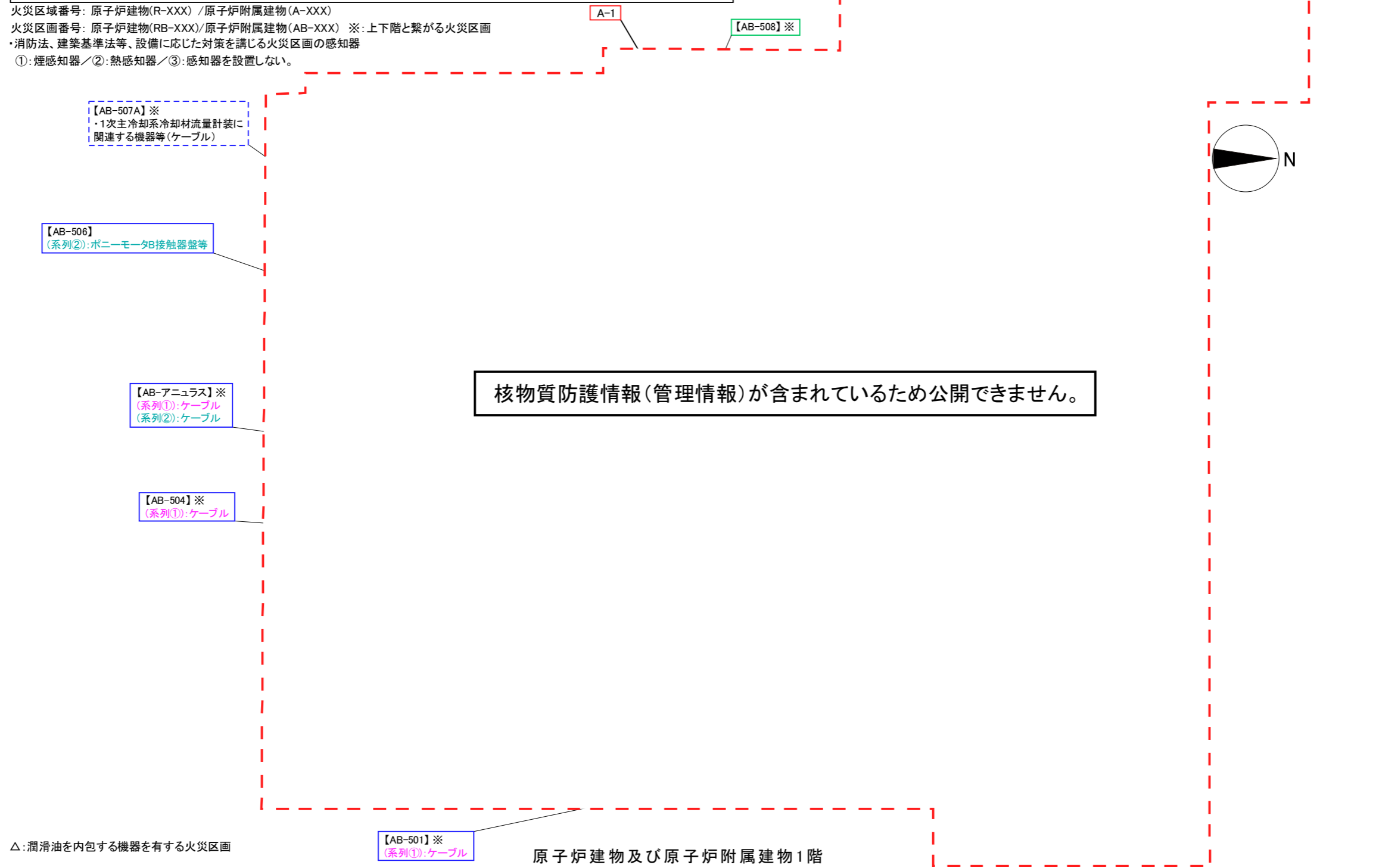
・火災区域及び火災区画の凡例

- : 火災区域の境界
- : 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策をそれぞれ考慮する原子炉の安全停止に係る機器等を有する火災区画)
- - - : 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策の組合せを考慮する機器等を有する火災区画)
- : 火災区画の境界(一般火災に対して、消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画)
- : ナトリウムを内包する機器を有するエリア(当該火災区画は、ナトリウム燃焼に対する三方策のそれぞれを講じる。)
- : コンクリート壁

火災区域番号: 原子炉建物(R-XXX) / 原子炉附属建物(A-XXX)  
 火災区画番号: 原子炉建物(RB-XXX)/原子炉附属建物(AB-XXX) ※: 上下階と繋がる火災区画  
 ・消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画の感知器  
 ①: 煙感知器 / ②: 熱感知器 / ③: 感知器を設置しない。

ケーブルの凡例

- : 系列①の機器に関連するケーブル
- : 系列②の機器に関連するケーブル
- : 下階へ 上階へ
- PK: ケーブルペネトレーション



第1図 原子炉建物並びに原子炉附属建物における火災区域及び火災区画 (5/8)

・火災区域及び火災区画の境界の凡例

- : 火災区域の境界
- : 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策をそれぞれ考慮する原子炉の安全停止に係る機器等を有する火災区画)
- - - : 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策の組合せを考慮する機器等を有する火災区画)
- : 火災区画の境界(一般火災に対して、消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画)
- : ナトリウムを内包する機器を有するエリア(当該火災区画は、ナトリウム燃焼に対する三方策のそれぞれを講じる。)
- : コンクリート壁

火災区域番号: 原子炉建物(R-XXX) / 原子炉附属建物(A-XXX)

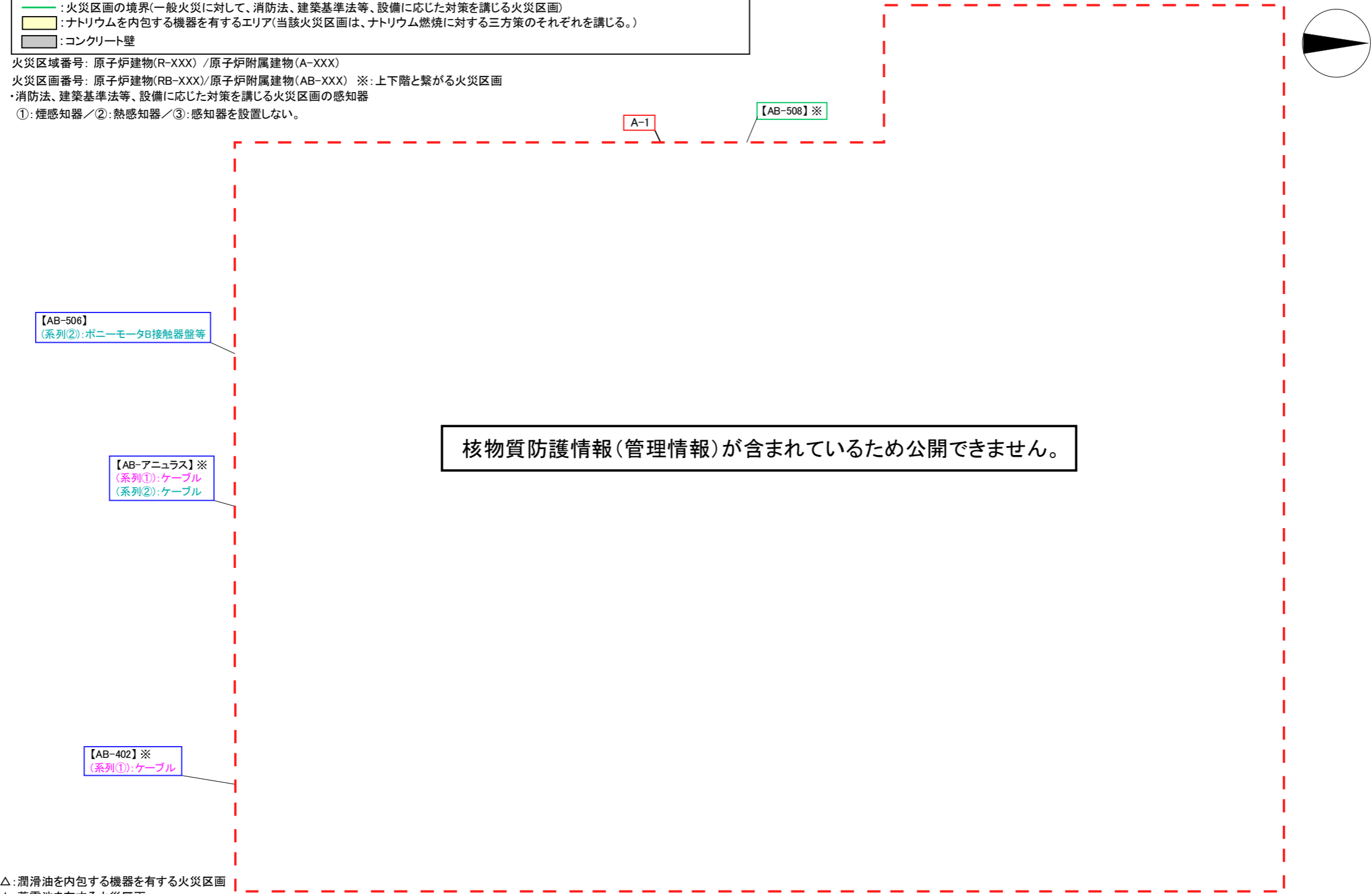
火災区画番号: 原子炉建物(RB-XXX) / 原子炉附属建物(AB-XXX) ※: 上下階と繋がる火災区画

・消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画の感知器

①: 煙感知器 / ②: 熱感知器 / ③: 感知器を設置しない。

ケーブルの凡例

- : 系列①の機器に関連するケーブル
  - : 系列②の機器に関連するケーブル
- ○ : 下階へ 上階へ



△: 潤滑油を内包する機器を有する火災区画  
 ☆: 蓄電池を有する火災区画

原子炉建物及び原子炉附属建物中2階

第1図 原子炉建物並びに原子炉附属建物における火災区域及び火災区画 (6/8)

・火災区域及び火災区画の境界の凡例

- : 火災区域の境界
- : 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策をそれぞれ考慮する原子炉の安全停止に係る機器等を有する火災区画)
- - - : 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策の組合せを考慮する機器等を有する火災区画)
- : 火災区画の境界(一般火災に対して、消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画)
- : ナトリウムを内包する機器を有するエリア(当該火災区画は、ナトリウム燃焼に対する三方策のそれぞれを講じる。)
- : コンクリート壁

火災区域番号: 原子炉建物(R-XXX) / 原子炉附属建物(A-XXX)

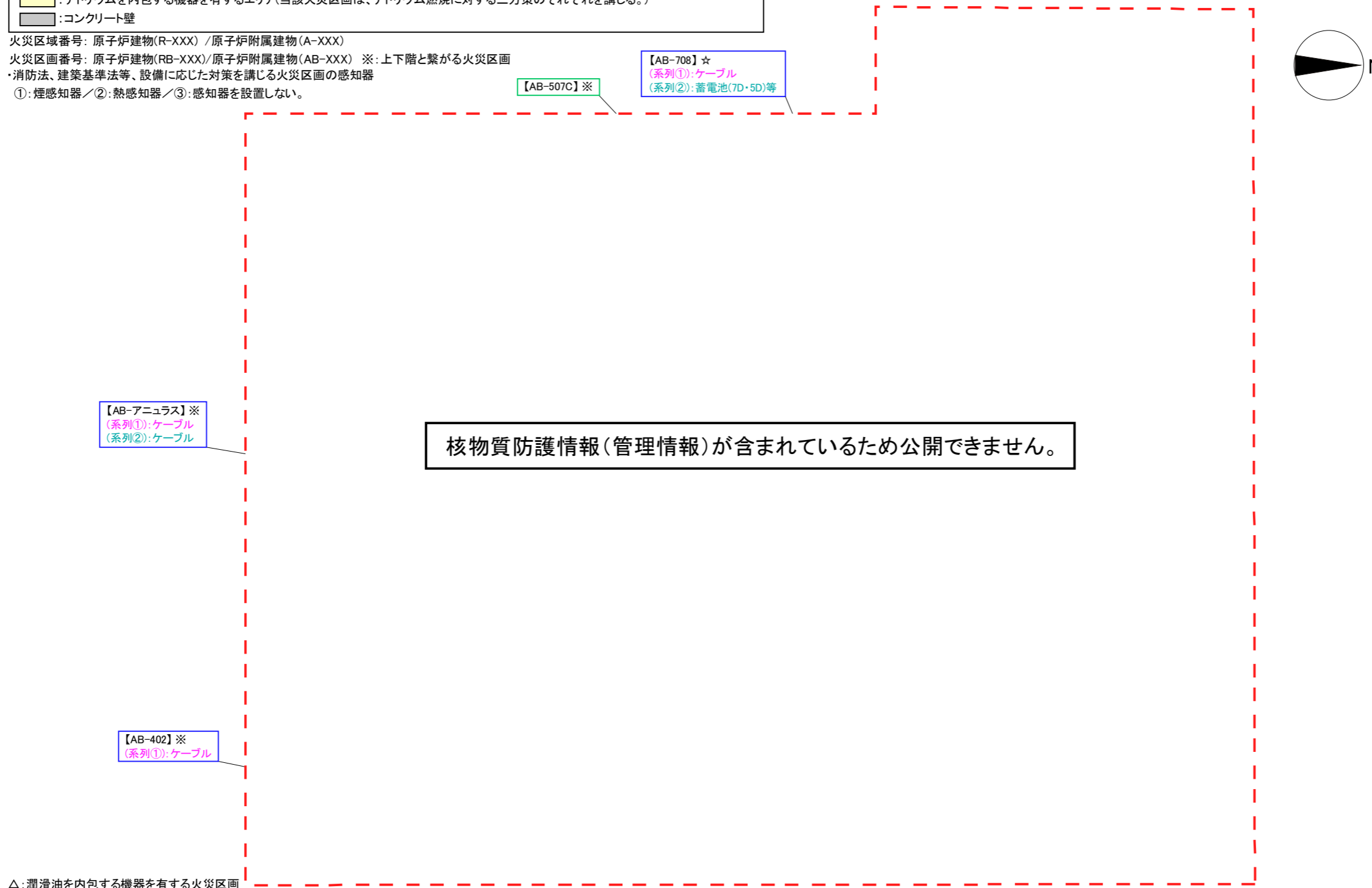
火災区画番号: 原子炉建物(RB-XXX)/原子炉附属建物(AB-XXX) ※: 上下階と繋がる火災区画

・消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画の感知器

①: 煙感知器 / ②: 熱感知器 / ③: 感知器を設置しない。

ケーブルの凡例

- : 系列①の機器に関連するケーブル
  - : 系列②の機器に関連するケーブル
- 下階へ 上階へ



△: 潤滑油を内包する機器を有する火災区画





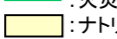

☆: 蓄電池を有する火災区画

原子炉建物及び原子炉附属建物2階

第1図 原子炉建物並びに原子炉附属建物における火災区域及び火災区画 (7/8)



・火災区域及び火災区画の境界の凡例

	: 火災区域の境界
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策をそれぞれ考慮する原子炉の安全停止に係る機器等を有する火災区画)
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策の組合せを考慮する機器等を有する火災区画)
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画)
	: ナトリウムを内包する機器を有するエリア(当該火災区画は、ナトリウム燃焼に対する三方策のそれぞれを講じる。)
	: コンクリート壁

火災区域番号: 原子炉建物(R-XXX) / 原子炉附属建物(A-XXX)

火災区画番号: 原子炉建物(RB-XXX)/ 原子炉附属建物(AB-XXX) ※: 上下階と繋がる火災区画

・消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画の感知器

①: 煙感知器 / ②: 熱感知器 / ③: 感知器を設置しない。



核物質防護情報(管理情報)が含まれているため公開できません。

△: 潤滑油を内包する機器を有する火災区画

原子炉建物及び原子炉附属建物屋上

第 1 図 原子炉建物並びに原子炉附属建物における火災区域及び火災区画 (8/8)

主冷却機建物における火災区域及び火災区画の設定

主冷却機建物における火災区域及び火災区画を第 1 図に示す。

・火災区域及び火災区画の境界の凡例

	: 火災区域の境界
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策をそれぞれ考慮する原子炉の安全停止に係る機器等を有する火災区画)
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策の組合せを考慮する機器等を有する火災区画)
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画)
	: ナトリウムを内包する機器を有するエリア(当該火災区画は、ナトリウム燃焼に対する三方策のそれぞれを講じる。)
	: コンクリート壁

火災区域番号: S-XXX

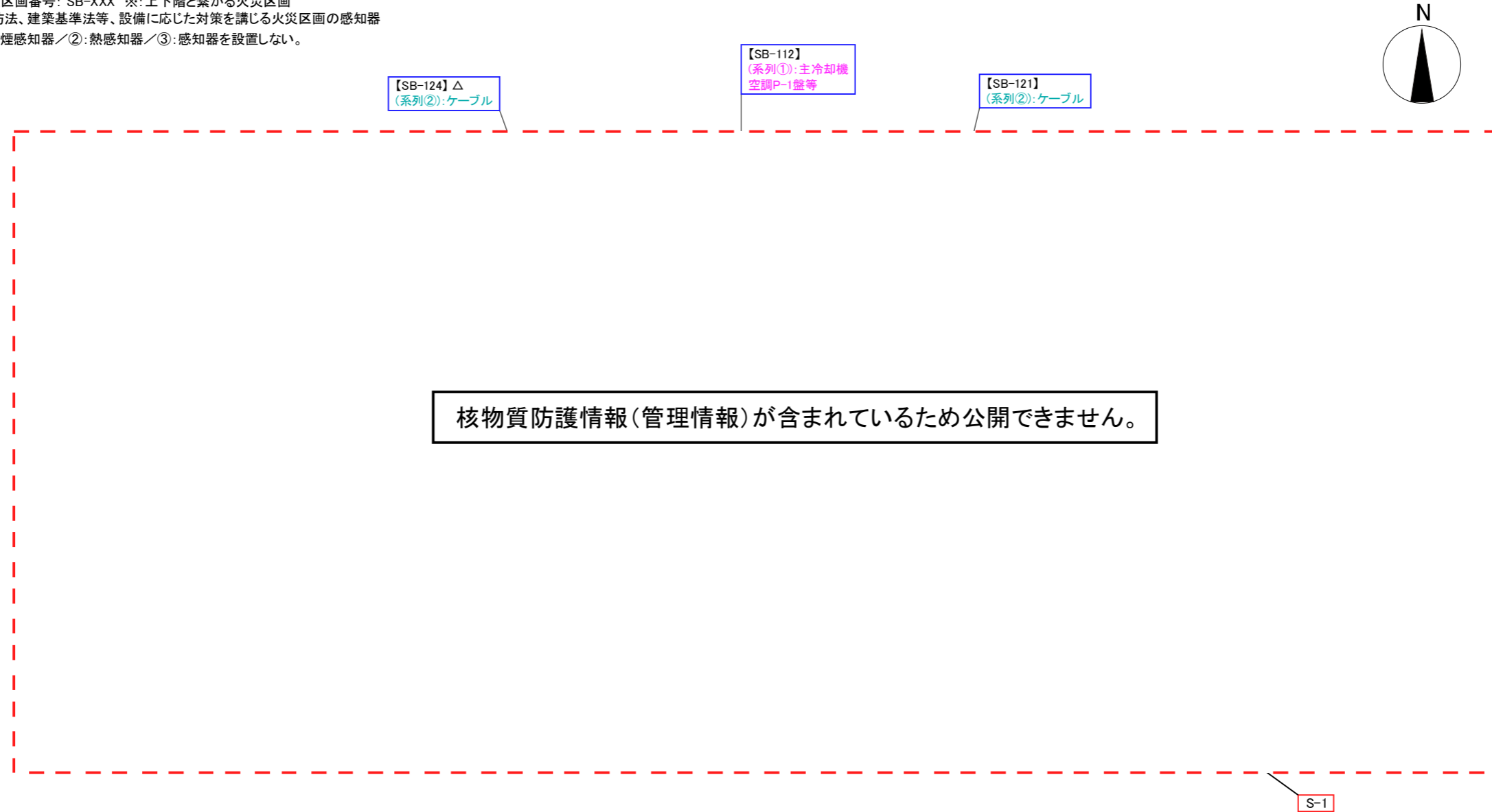
火災区画番号: SB-XXX ※: 上下階と繋がる火災区画

・消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画の感知器

①: 煙感知器 / ②: 熱感知器 / ③: 感知器を設置しない。

ケーブルの凡例

	: 系列①の機器に関連するケーブル	
	: 系列②の機器に関連するケーブル	下階へ 上階へ



○: 燃料油を内包する機器を有する火災区画  
△: 潤滑油を内包する機器を有する火災区画

主冷却機建物地下2階

第1図 主冷却機建物における火災区域及び火災区画 (1/7)

・火災区域及び火災区画の境界の凡例

	: 火災区域の境界
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策をそれぞれ考慮する原子炉の安全停止に係る機器等を有する火災区画)
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策の組合せを考慮する機器等を有する火災区画)
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画)
	: ナトリウムを内包する機器を有するエリア(当該火災区画は、ナトリウム燃焼に対する三方策のそれぞれを講じる。)
	: コンクリート壁

火災区域番号: S-XXX

火災区画番号: SB-XXX ※: 上下階と繋がる火災区画

・消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画の感知器

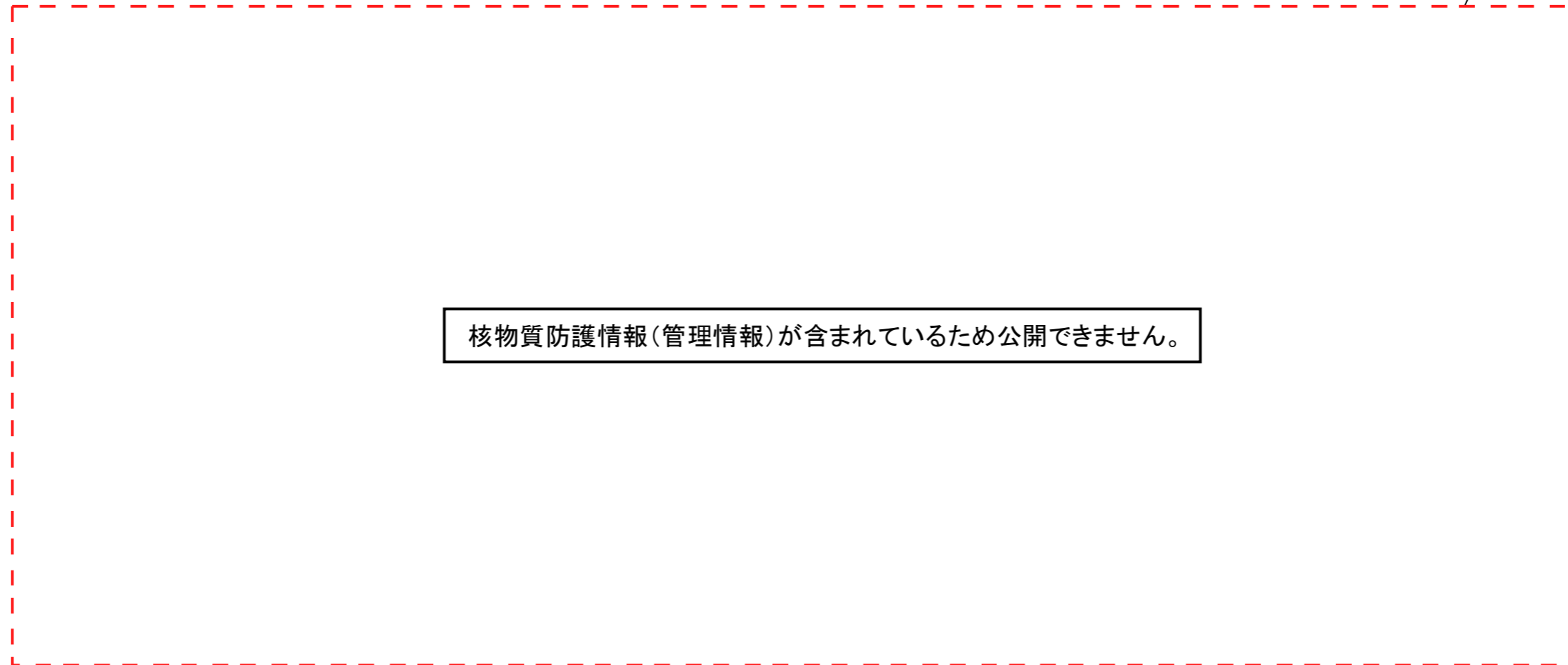
①: 煙感知器 / ②: 熱感知器 / ③: 感知器を設置しない。

ケーブルの凡例

	: 系列①の機器に関連するケーブル		下階へ
	: 系列②の機器に関連するケーブル		上階へ



S-1



○: 燃料油を内包する機器を有する火災区画  
 △: 潤滑油を内包する機器を有する火災区画

主冷却機建物地下1階

第1図 主冷却機建物における火災区域及び火災区画 (2/7)

・火災区域及び火災区画の境界の凡例

	: 火災区域の境界
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策をそれぞれ考慮する原子炉の安全停止に係る機器等を有する火災区画)
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策の組合せを考慮する機器等を有する火災区画)
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画)
	: ナトリウムを内包する機器を有するエリア(当該火災区画は、ナトリウム燃焼に対する三方策のそれぞれを講じる。)
	: コンクリート壁

火災区域番号: S-XXX

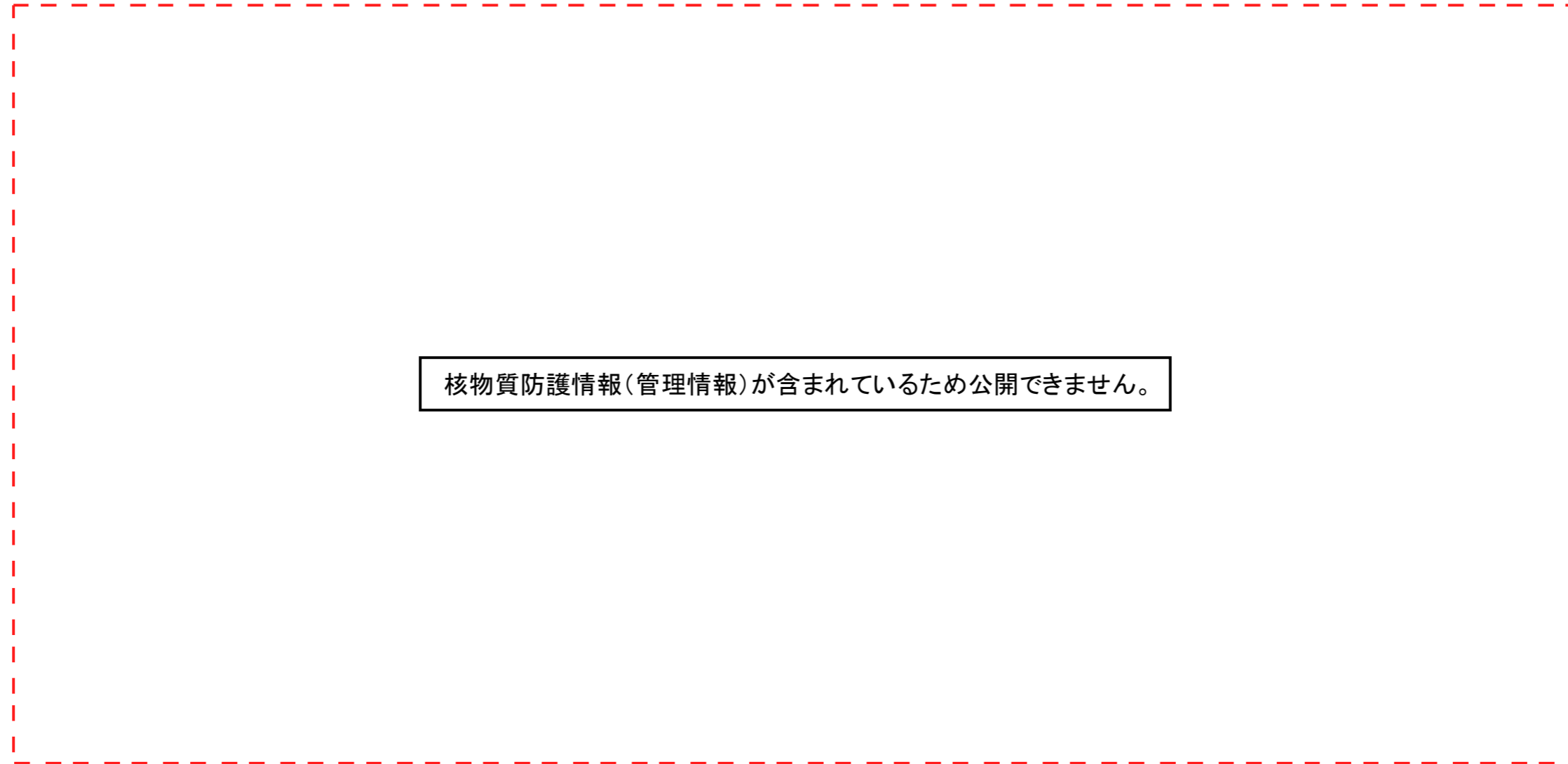
火災区画番号: SB-XXX ※: 上下階と繋がる火災区画

・消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画の感知器

①: 煙感知器 / ②: 熱感知器 / ③: 感知器を設置しない。

ケーブルの凡例

	: 系列①の機器に関連するケーブル		下階へ
	: 系列②の機器に関連するケーブル		上階へ



○: 燃料油を内包する機器を有する火災区画  
△: 潤滑油を内包する機器を有する火災区画

主冷却機建物地下中1階

第1図 主冷却機建物における火災区域及び火災区画 (3/7)

・火災区域及び火災区画の境界の凡例

	: 火災区域の境界
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策をそれぞれ考慮する原子炉の安全停止に係る機器等を有する火災区画)
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策の組合せを考慮する機器等を有する火災区画)
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画)
	: ナトリウムを内包する機器を有するエリア(当該火災区画は、ナトリウム燃焼に対する三方策のそれぞれを講じる。)
	: コンクリート壁

火災区域番号: S-XXX

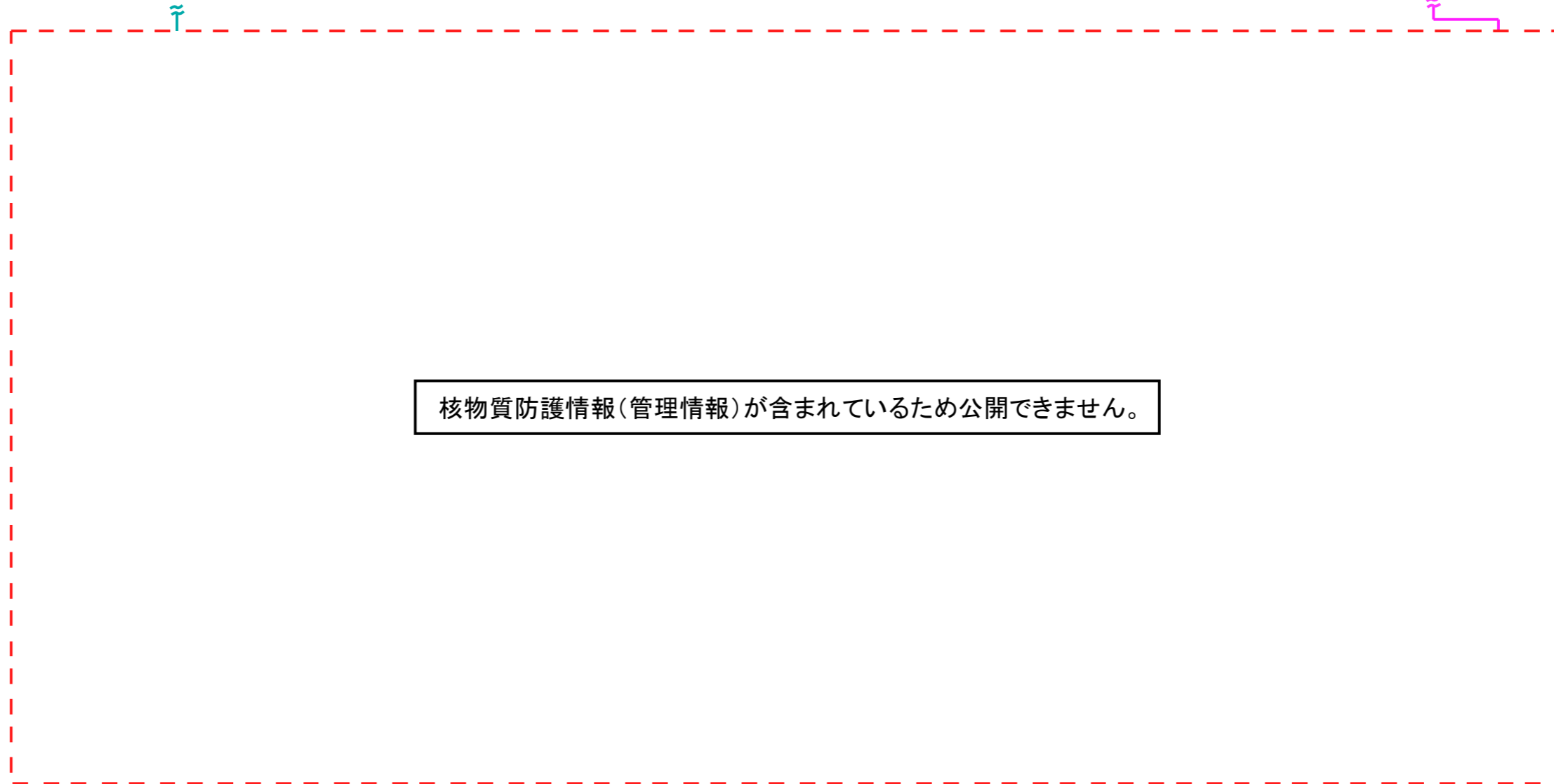
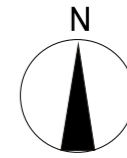
火災区画番号: SB-XXX ※: 上下階と繋がる火災区画

・消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画の感知器

①: 煙感知器/②: 熱感知器/③: 感知器を設置しない。

ケーブルの凡例

	: 系列①の機器に関連するケーブル		下階へ
	: 系列②の機器に関連するケーブル		上階へ



△: 潤滑油を内包する機器を有する火災区画

主冷却機建物1階

第1図 主冷却機建物における火災区域及び火災区画 (4/7)

・火災区域及び火災区画の境界の凡例

	: 火災区域の境界
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策をそれぞれ考慮する原子炉の安全停止に係る機器等を有する火災区画)
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策の組合せを考慮する機器等を有する火災区画)
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画)
	: ナトリウムを内包する機器を有するエリア(当該火災区画は、ナトリウム燃焼に対する三方策のそれぞれを講じる。)
	: コンクリート壁

火災区域番号: S-XXX

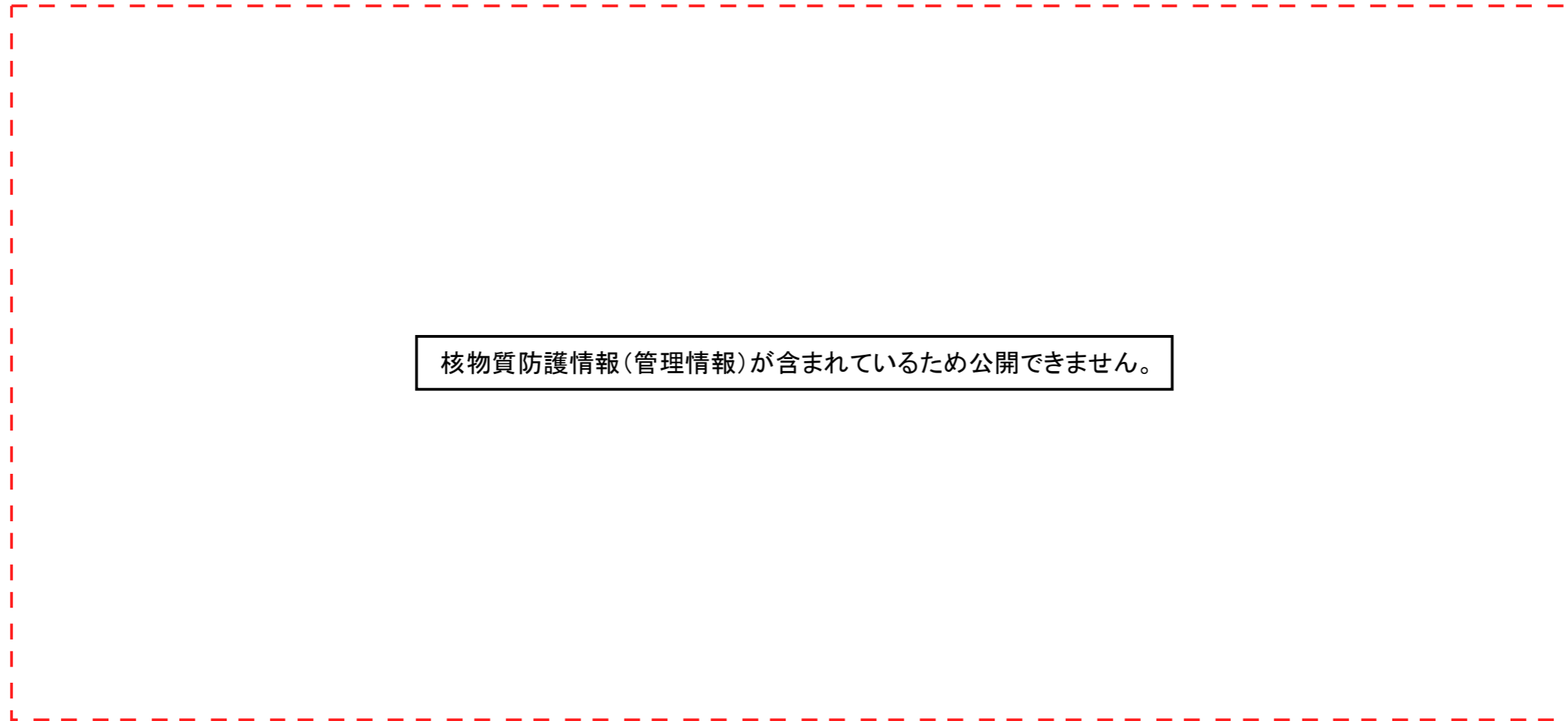
火災区画番号: SB-XXX ※: 上下階と繋がる火災区画

・消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画の感知器

①: 煙感知器 / ②: 熱感知器 / ③: 感知器を設置しない。

ケーブルの凡例

	: 系列①の機器に関連するケーブル		下階へ
	: 系列②の機器に関連するケーブル		上階へ









△: 潤滑油を内包する機器を有する火災区画

主冷却機建物2階

第1図 主冷却機建物における火災区域及び火災区画 (5/7)

・火災区域及び火災区画の境界の凡例

	: 火災区域の境界
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策をそれぞれ考慮する原子炉の安全停止に係る機器等を有する火災区画)
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策の組合せを考慮する機器等を有する火災区画)
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画)
	: ナトリウムを内包する機器を有するエリア(当該火災区画は、ナトリウム燃焼に対する三方策のそれぞれを講じる。)
	: コンクリート壁


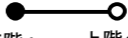

火災区域番号: S-XXX

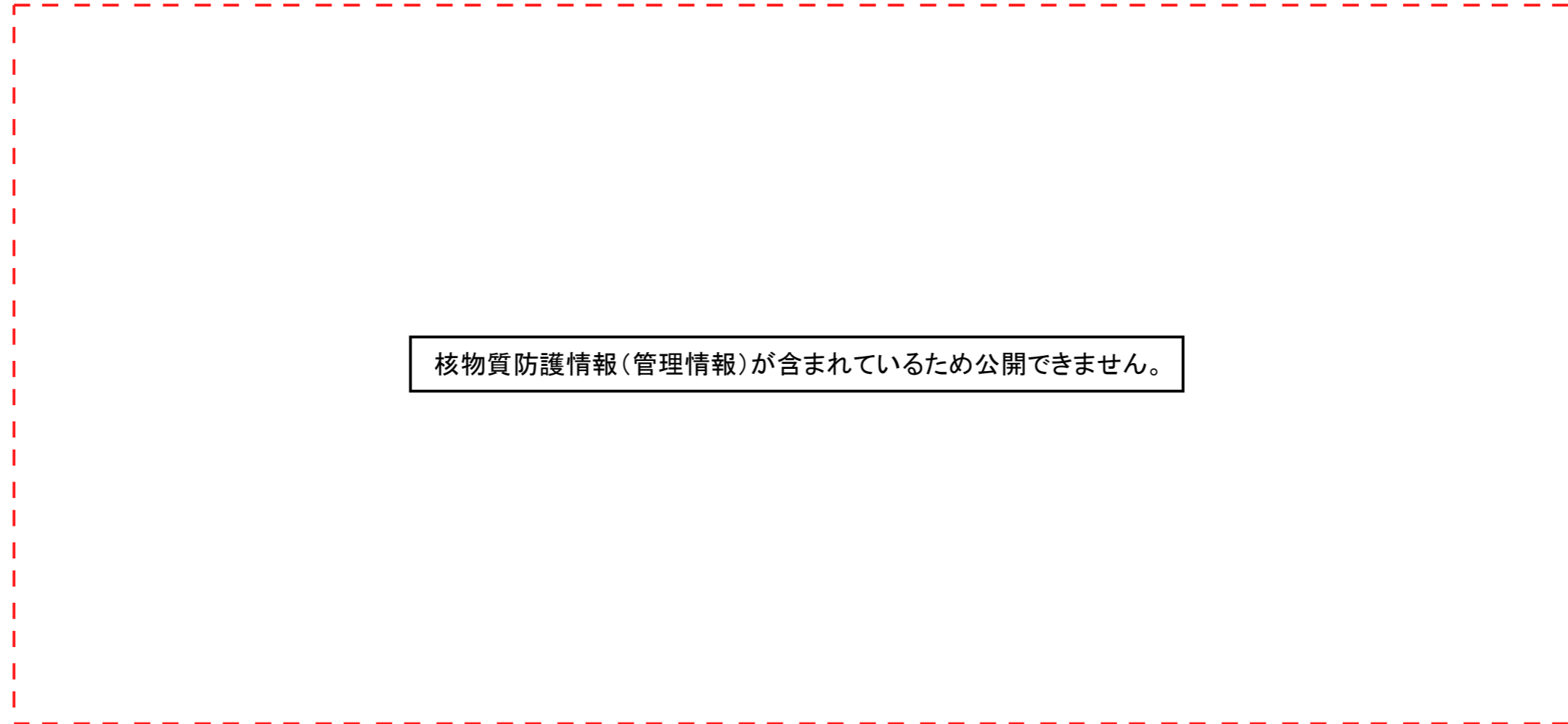
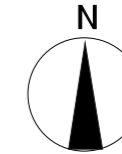
火災区画番号: SB-XXX ※: 上下階と繋がる火災区画

・消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画の感知器

①: 煙感知器 / ②: 熱感知器 / ③: 感知器を設置しない。

ケーブルの凡例

	: 系列①の機器に関連するケーブル	
	: 系列②の機器に関連するケーブル	下階へ 上階へ



△: 潤滑油を内包する機器を有する火災区画

主冷却機建物3階

第1図 主冷却機建物における火災区域及び火災区画 (6/7)



・火災区域及び火災区画の境界の凡例

	: 火災区域の境界
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策をそれぞれ考慮する原子炉の安全停止に係る機器等を有する火災区画)
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策の組合せを考慮する機器等を有する火災区画)
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画)
	: ナトリウムを内包する機器を有するエリア(当該火災区画は、ナトリウム燃焼に対する三方策のそれぞれを講じる。)
	: コンクリート壁

火災区域番号: S-XXX

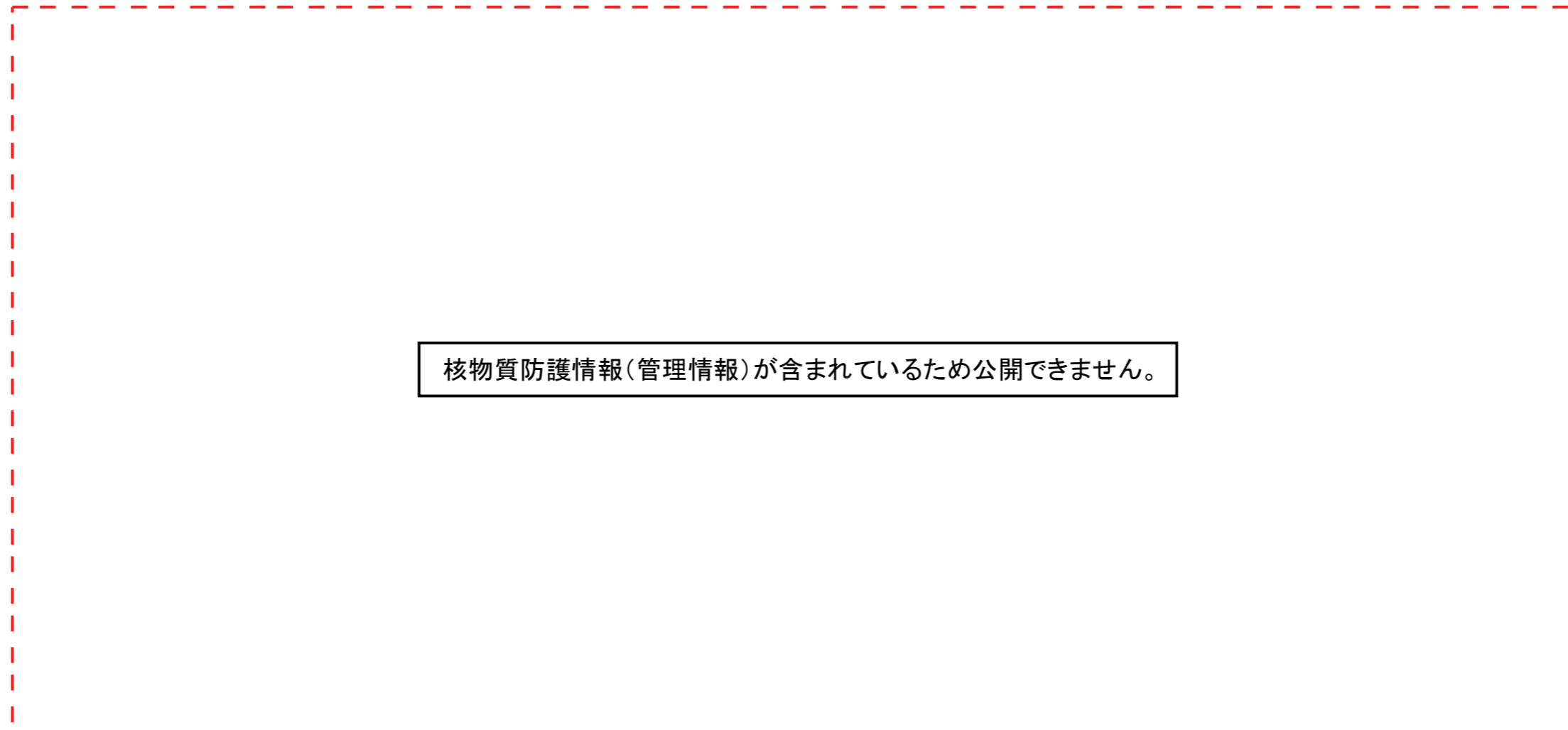
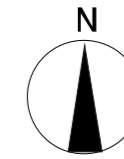
火災区画番号: SB-XXX ※: 上下階と繋がる火災区画

・消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画の感知器

①: 煙感知器 / ②: 熱感知器 / ③: 感知器を設置しない。

ケーブルの凡例

	: 系列①の機器に関連するケーブル		下階へ	上階へ
	: 系列②の機器に関連するケーブル			



【SB-208】※/△  
(系列①): ケーブル

【SB-103】※/△  
(系列②): ケーブル

△: 潤滑油を内包する機器を有する火災区画

主冷却機建物4階及び屋上

第1図 主冷却機建物における火災区域及び火災区画 (7/7)

ナトリウム燃焼に対する火災防護対策及び影響評価について

ナトリウム燃焼に対する火災防護対策及び影響評価について以下を示す。

別添 1 : ナトリウム燃焼の特徴について

別添 2 : ナトリウム燃焼に係る要求事項及び対応概要について

別添 3 : ナトリウムを内包する配管及び機器の耐震設計について

別添 4 : 冷却材のバウンダリの肉厚管理の考え方について

添付 1 : 「ナトリウム環境における腐食」、「流動による浸食（エロージョン）」及び「大気環境における腐食」に起因する減肉に対する肉厚管理の考え方

添付 2 : 1次冷却系の冷却材のバウンダリの外観確認

添付 3 : 2次冷却系の冷却材のバウンダリの外観確認

添付 4 : 主冷却器伝熱管外観（令和5年1月時点）

別添 5 : ナトリウム漏えいの検知及びナトリウム燃焼の感知について

添付 1 : 「常陽」安全対策における温度計ウェルの流力振動評価について

添付 2 : 一般火災とナトリウム燃焼の識別

別添 6 : 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器について

別添 7 : 1次冷却材漏えい時の対応について

別添 8 : 2次冷却材漏えい時の対応について

別添 9 : ナトリウムとコンクリートが直接接触することを防止するための措置について

別添 10 : ナトリウム燃焼環境下における材料腐食について

別添 11 : 緊急ドレンについて

別添 12 : 窒素ガス供給について

別添 13 : ナトリウム溜について

別添 14 : ナトリウムエアロゾルの拡散を防止するための措置について

別添 15 : ナトリウム燃焼の影響評価について

添付 1 : 落下高さに対するスプレイ燃焼とプール燃焼の影響の考え方

添付 2 : 配管室において窒素ガス供給を考慮しない場合の影響

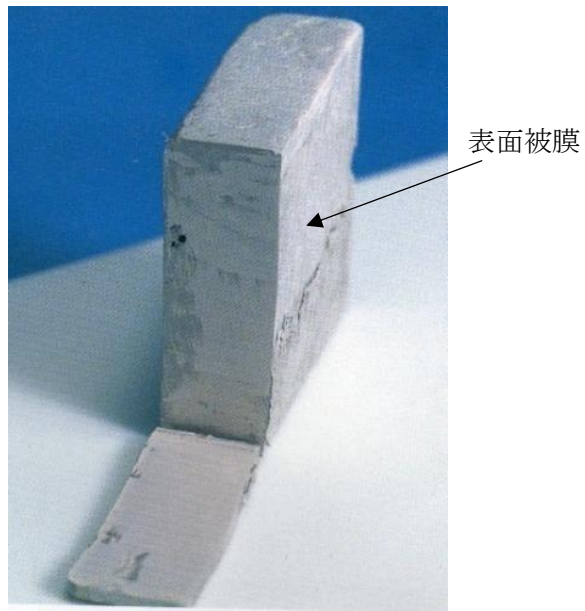
別添 16 : SPHINCS のモデル及び妥当性確認について

## ナトリウム燃焼の特徴について

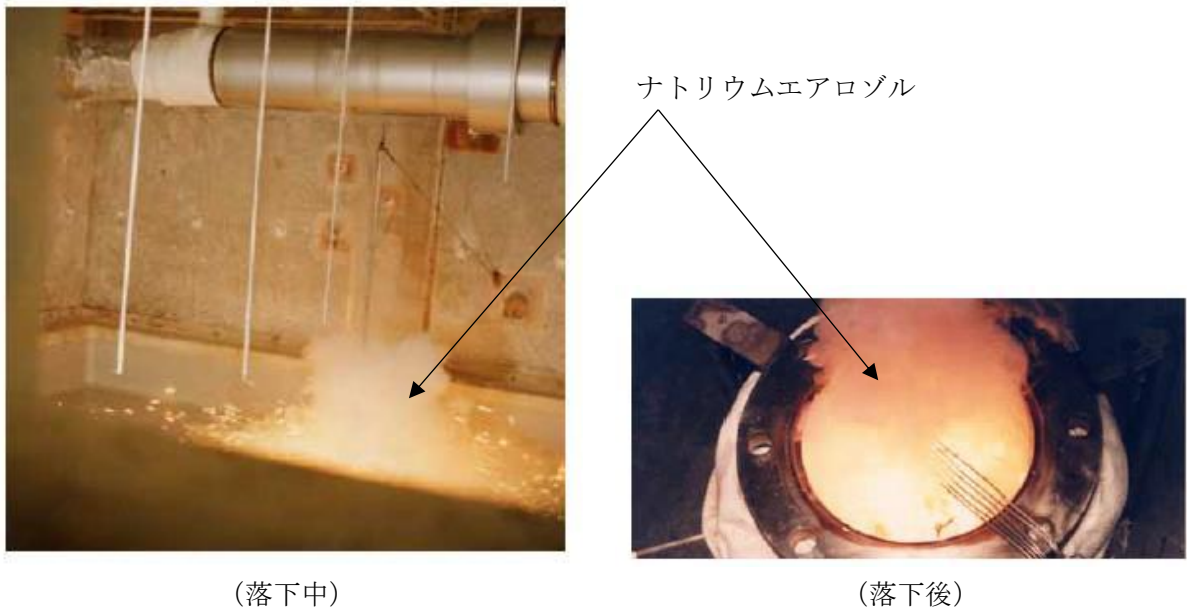
ナトリウム冷却型高速炉において冷却材として使用するナトリウムは、化学的に活性であり、空気中の酸素や湿分、水、ハロゲン等と反応する。ナトリウムは、配管及び機器に内包された状態で使用されるが、万一、当該配管又は機器が破損し、ナトリウムが漏えいした場合に生じるナトリウムの燃焼に係る主な特徴を以下に示す。

- ・ 固体状のナトリウム（融点：約 98℃）は、通常、空気中の酸素や湿分と反応し、酸化ナトリウムや水酸化ナトリウム等からなる暗灰色の表面被膜を形成する。当該被膜の内部のナトリウムは、当該被膜により空気と隔離されるため、常温において急激な反応が生じ、ナトリウムの発火、燃焼に至るおそれはない。ただし、当該被膜が除去されるとナトリウムが反応し、ナトリウムの温度が上昇して発火するおそれがある。空気雰囲気中における固体状のナトリウムを第 1 図に示す。
- ・ ナトリウムは、沸点が高く、蒸発熱が大きく、燃焼熱が小さいなどにより、油やアルコールの火災と異なり、火炎の高さが小さい。
- ・ ナトリウムは、基本的に、高温の液体状態で使用される。万一、配管又は機器からナトリウムが漏えいした場合は、落下する過程で空気中の酸素や湿分と反応する。落下したナトリウムは、床面にプール状に拡がり、プールの表面で空気中の酸素や湿分と反応する。ナトリウムは、空気中の酸素や湿分と反応し、反応熱及びナトリウムエアロゾル（反応生成物の白煙）を発生する。落下中及び落下後のナトリウム燃焼の様子を第 2 図に示す。
- ・ ナトリウムは、窒素と反応しないため、窒素雰囲気では、反応熱及びナトリウムエアロゾルの発生を防止することができる。
- ・ 高温のナトリウムとコンクリートが接触すると、ナトリウムとコンクリート中の水分、反応生成物とコンクリートの成分が反応する。このため、鋼製のライナ又は受樋により、ナトリウムとコンクリートの接触を防止する必要がある。
- ・ 鋼製のライナ又は受樋は、ナトリウム燃焼環境下において鋼製材料の腐食が生じることを考慮して設計する必要がある。
- ・ ナトリウムは、水、ハロゲン等と反応（ABC 消火器の消火剤（主成分：リン酸アンモニウム等）とも反応）するため、ナトリウム燃焼の消火には、特殊な化学消火剤（以下「特殊化学消火剤」という。）を使用する必要がある。特殊化学消火剤及び特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器を第 3 図に示す。
- ・ ナトリウムが直接皮膚に接触すると組織内の水分と反応し、水酸化ナトリウムを生成して、アルカリ火傷を生じる。また、ナトリウムエアロゾルは、特有の刺激臭を有し、人体に有害である。特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器による消火活動を行う場合など、燃焼するナトリウムに接近する際には、防護具（防護服、防護マスク、携帯用空気ボンベ等）の着用が必要である。防護服、防護マスク及び携帯用空気ボンベを第 4 図に示す。
- ・ ナトリウムが燃焼した後に残る燃焼残渣は、表面に反応生成物を有し、内部にナトリウムと

反応生成物が混在した状態で存在する。表面の反応生成物が除去されると内部に残存したナトリウムが反応し、ナトリウムの温度が上昇して発火するおそれがある。このため、燃焼残渣の処理は、再発火に留意し、燃焼残渣の温度が十分に低下していることを確認した上で、特殊化学消火剤を撒布しながら行う必要がある。



第1図 固体状のナトリウム



第2図 落下中及び落下後のナトリウム燃焼の様子



第3図 特殊化学消火剤及び特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器



第4図 防護服、防護マスク及び携帯用空気ボンベ

8条-別紙4-別添1-4



ナトリウム燃焼に係る要求事項及び対応概要について
--------------------------

ナトリウム燃焼に係る要求事項（令和 3 年 5 月 26 日 第 10 回原子力規制委員会 資料 2 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所（南地区）高速実験炉原子炉施設「常陽」の新規制基準適合性審査の状況及び今後の審査方針案について）及び当該要求事項に対する対応の概要を第 1 表に示す。

第1表 ナトリウム燃焼に係る要求事項及び対応概要 (1/4)

要求事項	対応概要
<p>(1) ナトリウム漏えいの防止</p> <p>ナトリウムを内包する配管及び機器については、耐震設計上の重要度分類Sクラス又は基準地震動による地震力によって破損を生じさせない設計であること。ここで「基準地震動による地震力によって破損を生じさせない設計」とは、耐震設計上の重要度分類B、Cクラスに分類される機器であっても、設計上の裕度を考慮することや設備の耐震補強等により、基準地震動による地震力に対して耐震性を有すると評価できるものをいう。</p>	<p>(1) について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ナトリウムを内包する配管及び機器の設計にあつては、配管及び機器の破損によるナトリウム漏えいを防止するため、以下の対策を講じる。 <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; ナトリウムを内包する配管及び機器の設計、製作等は、関連する規格、基準に準拠するとともに、品質管理や工程管理を十分に行う。</li> <li>&gt; ナトリウムを内包する配管は、エルボを引き回し、十分な撓性を備えたものとする。</li> <li>&gt; ナトリウムを内包する配管及び機器は、冷却材温度変化による熱応力、設計地震力等に十分耐えるように設計する。</li> </ul> </li> <li>なお、ナトリウムを内包する配管及び機器は、内包するナトリウムを固化することによるナトリウム漏えい防止措置を講じるか、ナトリウムを内包する配管又は機器の破損した場合に想定される漏えい量が少ないものを除き、基準地震動による地震力に対して、ナトリウムが漏えいすることがないように設計する。このうち、2次冷却材ダンプタンクにあつては、2次冷却材の漏えいに伴う緊急ドレン後に長期間ナトリウムを保有するため、弾性設計用地震動による地震力に対して、おおむね弾性状態に留まる範囲で耐えるように設計する。</li> <li>&gt; ナトリウムを内包する配管及び機器は、腐食を防止するため、冷却材の純度を適切に管理するとともに、減肉に対する肉厚管理を適切に行う。</li> </ul>
<p>(2) ナトリウム漏えいの検知</p> <p>ナトリウムを内包する配管及び機器の一系統における単一の機器の破損（他の系統及び機器は健全なものと仮定）を想定し、ナトリウムの漏えいを早期に検知できる検出器（以下「漏えい検出器」）を設置すること。また、その設置に当たっては、以下を含めること。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 漏えい検出器の誤作動を防止するための方策を講じること。</li> <li>② 外部電源喪失時に機能を失わないように、電源を確保する設計であること。</li> <li>③ 中央制御室で必要な監視ができる設計であること。</li> </ol>	<p>(2) について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ナトリウム漏えいの検知には、ナトリウム漏えい検出器を用いる。原子炉冷却材バウンダリ及び冷却材バウンダリを構成する配管及び機器（主冷却器及び補助冷却器を除く。）には、通電式のナトリウム漏えい検出器を用いる。主冷却器及び補助冷却器には、主冷却器及び補助冷却器の構造に鑑み、光学式のナトリウム漏えい検出器を用いる。</li> <li>・ ナトリウム漏えい検出器の誤作動を防止するための方策について、電極とシース保護管又はアースがナトリウムにより短絡されることを利用する通電式のナトリウム漏えい検出器は、二重構造の間隙や金属製シート等の中に検出素子を設置することにより金属片等の異物混入による誤作動の防止を図る。ナトリウム燃焼によって生じる白煙（ナトリウムエアロゾル）により、光の透過率が減少することを利用する光学式のナトリウム漏えい検出器は、埃や電氣的ノイズ等に応答しないように留意した回路の構成とすることにより誤作動の防止を図る。また、万一、単一のナトリウム漏えい検出器が誤作動した場合にあつても、ナトリウム漏えいの判断は、同一エリアの火災感知器の作動の有無、現場の確認（ナトリウムエアロゾルの発生の有無やナトリウムエアロゾル特有の刺激臭の有無）、冷却材の液位低下により行うものとする。</li> <li>・ ナトリウム漏えい検出器は、外部電源喪失時に、機能を喪失することがないように、非常用電源設備（非常用ディーゼル電源系及び蓄電池）より電源を供給する。</li> <li>・ ナトリウム漏えい検出器が作動した場合には、中央制御室に警報を発生し、かつ、ナトリウムが漏えいした場所を特定できるものとする。</li> <li>・ ナトリウム漏えい検出器は、想定される自然現象によっても、機能、性能が維持できるものとする。</li> </ul>

第1表 ナトリウム燃焼に係る要求事項及び対応概要 (2/4)

要求事項	対応概要
<p>(3) ナトリウム漏えい発生時の燃焼抑制</p> <p>ナトリウム漏えい発生時に、空気雰囲気でのナトリウム燃焼を抑制できる設計とすること。ここで、「ナトリウム燃焼を抑制できる設計」とは、例えば、配管を二重構造にして漏えいしたナトリウムをその間隙に保持すること、ナトリウム漏えいが発生する区画を窒素雰囲気で維持する等の不活性化を行うこと、ナトリウム漏えいが発生した系統のナトリウムを緊急ドレンにより早期に排出してナトリウムの漏えい量を低減すること等の設計である。</p>	<p>(3) について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 原子炉冷却材バウンダリを構成し、1次冷却材を内包する配管及び機器は、二重構造とするとともに、当該間隙を窒素雰囲気で維持し、万一、1次冷却材が漏えいした場合であっても、漏えいしたナトリウムを当該間隙で保持することによりナトリウム燃焼を抑制する。</li> <li>• 上記を除き格納容器（床下）に設置するナトリウムを内包する配管及び機器について、原子炉運転中においては、格納容器（床下）を窒素雰囲気で維持し、万一、ナトリウムが漏えいした場合であっても、漏えいしたナトリウムを格納容器（床下）で保持することによりナトリウム燃焼を抑制する。</li> <li>• 上記を除き2次冷却材を内包する配管及び機器について、万一、2次冷却材が漏えいした場合には、漏えいの発生した系統内に残存する冷却材を2次冷却材ダンプタンクに緊急ドレンし、ナトリウム漏えい量を低減することによりナトリウム燃焼を抑制する。</li> </ul>
<p>(4) ナトリウム燃焼の感知</p> <p>ナトリウムが漏えいした場合に生じるナトリウム燃焼を早期に感知できる設計とすること。ここで、「ナトリウム燃焼を早期に感知できる設計」とは、火災防護対象機器（火災防護対象ケーブルを含む。以下同じ。）を設置する火災区域又は火災区画において、「実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」（平成25年6月19日原規技発第1306195号原子力規制委員会決定。以下「火災防護基準」という。）の「火災感知設備」に要求される事項に適合する感知設備を設置することをいう。その際、当該感知設備は、(2)の漏えい検出器と兼用しても差し支えない。</p> <p>また、火災防護対象機器を設置しない区画におけるナトリウム燃焼を早期に感知できるように、火災防護基準の「火災感知設備」を参考とした感知設備を設置すること。</p>	<p>(4) について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ナトリウム燃焼を早期に感知するため、当該感知については、ナトリウム漏えいの検知を起点とするものとし、ナトリウム漏えい検出器で兼用する。</li> <li>• ナトリウム漏えい検出器は、以下により、火災防護基準の火災感知設備に要求される事項に適合する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 検出素子の配置（通電式）や回路の構成（光学式）により誤作動の防止を図ること。</li> <li>&gt; ナトリウム漏えい検出器が作動した場合には、中央制御室に警報を発生し、かつ、ナトリウムが漏えいした場所を特定することができること。</li> <li>&gt; 外部電源喪失時に、機能を喪失することがないように、非常用電源設備（非常用ディーゼル電源系及び蓄電池）より電源を供給すること。</li> <li>&gt; 想定される自然現象によっても、機能、性能が維持できるものとする。</li> </ul> </li> <li>• 一般火災に適用する煙感知器又は熱感知器は、動作原理（煙感知器：ナトリウムエアロゾルに反応、熱感知器：ナトリウム燃焼に伴い発生する熱に反応）より、ナトリウム燃焼にも適用できることを考慮し、ナトリウム燃焼を確実に感知するため、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画には、「火災防護基準」の「火災感知設備」に要求される事項に適合する煙感知器又は熱感知器（基本的に、光電アナログ式スポット型感知器又は熱アナログ式スポット型を使用）を設置する。</li> </ul>

第1表 ナトリウム燃焼に係る要求事項及び対応概要 (3/4)

要求事項	対応概要
<p>(5) ナトリウム燃焼の消火</p> <p>ナトリウムが漏えいした場合に生じるナトリウム燃焼を早期に消火できる設計とすること。ここで、「ナトリウム燃焼を早期に消火できる設計」とは、火災防護基準の「消火設備」に要求される事項（ただし、「消火剤に水を使用する消火設備」は除く。）に適合する設備を設置することをいう。また、要員による消火活動に期待する場合は、ナトリウム燃焼の特殊性を踏まえ、要員の安全確保に必要な防護服、防護マスク、携帯用空気ボンベ等必要な資機材の配備を行うこと。</p>	<p>(5) について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ナトリウム燃焼の消火には、特殊化学消火剤を使用する。原子炉施設には、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器、防護具（防護服、防護マスクや携帯用空気ボンベ等）を設置する。</li> <li>・ 原子炉施設保安規定に基づき年1回以上、消火訓練を実施し、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器及び防護具の使用に係る習熟度向上を図る。</li> <li>・ 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画に設置し、当該火災区画に至る経路には、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器及び防護具を設置し、必要に応じて持参できるものとする。 なお、原子炉運転中、窒素雰囲気で維持する格納容器（床下）にあつては、当該雰囲気を空気雰囲気とした場合に、特殊化学消火剤を充填した可搬式消火器を設置する。</li> <li>・ 原子炉施設に保有する特殊化学消火剤の量は、一系統における単一の配管又は機器の破損を想定し、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画の構造を考慮して十分な量を備えるものとする。</li> <li>・ 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、想定される自然現象に対して、機能、性能が維持できるものとする。</li> <li>・ 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、破損、誤作動又は誤操作による影響を考慮したものとする。</li> <li>・ 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、二次的影響を考慮したものとする。</li> </ul>
<p>(6) ナトリウム漏えい時の燃焼影響評価</p> <p>ナトリウムが漏えいした場合のナトリウムの漏えい量、及び漏えいしたナトリウム燃焼の影響を評価すること。評価に当たっては、以下によること。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 破損を想定する機器は、配管（容器の一部であつて、配管形状のものを含む。以下同じ。）とする。また、破損の想定に当たっては、一系統における単一の機器の破損（他の系統及び機器は健全なものと仮定）を想定する。</li> <li>② 常陽の冷却材であるナトリウムは、低圧でサブクール度が大きいため、配管の破損想定は低エネルギー配管相当と考え、配管内径の1/2の長さで配管肉厚の1/2の幅を有する貫通クラックからの漏えいとする。</li> <li>③ 漏えいを検出する機能が設置され、自動又は手動操作によって、漏えいを停止させることができる場合は、漏えい停止機能を考慮することができる。この漏えい停止機能を期待する場合は、停止までの漏えい継続時間を考慮してナトリウム漏えい量を求める。</li> <li>④ 配管が二重構造である場合は、内管の損傷によるナトリウム漏えいを外管により保持する機能に期待することができる。</li> <li>⑤ ナトリウムの漏えい区画が不活性ガス雰囲気である場合はナトリウムの燃焼を防止できるが、漏えいしたナトリウムの除去の際など、当該区画の不活性化環境を解除する場合も考慮し、ナトリウム燃焼の影響を評価する。</li> </ol>	<p>(6) について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 以下によりナトリウムが漏えいした場合の漏えい量及び漏えいしたナトリウム燃焼の影響を評価する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 一系統の単一の配管の破損（他の系統及び機器は健全なものと仮定）を想定する。 なお、二重構造を有する配管及び機器にあつては、内管の破損により漏えいしたナトリウムは外管により保持されることを踏まえて評価する。また、原子炉運転中に窒素雰囲気で維持する格納容器（床下）に位置するナトリウムを内包する配管及び機器が破損した場合にあつては、ナトリウム燃焼を抑制できるため、格納容器（床下）を空気置換した場合の影響を評価する。</li> <li>&gt; 配管直径の1/2の長さで配管肉厚の1/2の幅を有する貫通クラックからの漏えいを想定する。</li> <li>&gt; ナトリウム漏えい量の評価に当たっては、漏えい停止機能（緊急ドレン）による漏えい停止までの漏えい継続時間を考慮する。また、ナトリウム燃焼の影響評価に当たっては、漏えいしたナトリウムが鋼製の床ライナ又は受樋を介して、ナトリウム溜に導かれること、ナトリウム燃焼に伴い火災区画内の酸素濃度が低下してナトリウム燃焼が抑制されることを考慮する。</li> <li>&gt; ナトリウム燃焼の影響評価に当たっては、ナトリウム燃焼に伴う一般火災との重畳を考慮する。</li> </ul> </li> </ul>

第1表 ナトリウム燃焼に係る要求事項及び対応概要 (4/4)

要求事項	対応概要
<p>(7) ナトリウム燃焼の影響軽減</p> <p>上記(6)で評価したナトリウム燃焼の影響を考慮し、火災防護対象機器を設置する火災区域又は火災区画内の火災及び隣接する火災区域又は火災区画におけるナトリウム燃焼の影響に対し、火災の影響を軽減するための措置を講じた設計であること。ここで、「火災の影響軽減のための措置を講じた設計」とは、火災防護基準の「火災の影響軽減」に要求される事項に適合する設計であることをいう。</p>	<p>(7) について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 原子炉冷却材バウンダリを構成し、1次冷却材を内包する配管及び機器は、二重構造とするとともに、当該間隙を窒素雰囲気で維持し、万一、1次冷却材が漏えいした場合にあっても、漏えいしたナトリウムを当該間隙で保持することによりナトリウム燃焼を抑制する。</li> <li>・ 上記を除き格納容器(床下)に設置するナトリウムを内包する配管及び機器について、原子炉運転中においては、格納容器(床下)を窒素雰囲気で維持し、万一、ナトリウムが漏えいした場合にあっても、漏えいしたナトリウムを格納容器(床下)で保持することによりナトリウム燃焼を抑制する。</li> <li>・ 上記を除き2次冷却材を内包する配管及び機器について、万一、2次冷却材が漏えいした場合には、漏えいの発生した系統内に残存する冷却材を2次冷却材ダンプタンクに緊急ドレンし、ナトリウム漏えい量を低減することによりナトリウム燃焼を抑制する。</li> <li>・ ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画(原子炉運転中に窒素雰囲気で維持する格納容器(床下)を除く。)は、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画は、耐火能力を有する耐火壁又は隔壁により、他の火災区画と分離する。</li> <li>・ ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画の床面に設置する鋼製のライナには、堰を設け、漏えい拡散面積を抑制することにより、ナトリウムと空気の接触面積を低減し、ナトリウムの燃焼を軽減する。</li> <li>・ ナトリウムと湿分等の反応に伴い発生した水素が蓄積するおそれのある火災区画については、当該火災区画に窒素ガスを供給し、水素の濃度を燃焼限界濃度以下に抑制できるものとする。</li> <li>・ 主冷却機建物においては、漏えいしたナトリウムを鋼製の床ライナ又は受樋を介して、ナトリウム溜に導き、ナトリウム溜で漏えいしたナトリウムを保持する。</li> <li>・ 主冷却機建物及び原子炉附属建物においては、多量のナトリウムエアロゾルの発生を想定し、ナトリウムエアロゾルの拡散を防止するため、空調換気設備を停止し、防煙ダンパを閉止できるものとし、他の火災区画への影響を軽減する。</li> </ul>
<p>(8) ナトリウムと構造材との反応防止</p> <p>高温のナトリウムとコンクリートが接触すると、当該ナトリウムとコンクリート中の水分及び反応生成物とコンクリート成分の反応が生じるため、これを防止する設計とすること。ここで、「これを防止する設計」とは、例えば、コンクリート床面に鋼製のライナを敷設することや、配管周辺に受樋を設置することにより、ナトリウムとコンクリートの接触を防止すること等の設計であることをいう。その際、鋼製ライナや受樋の設計にあっては、ナトリウム燃焼に伴い鋼製材料の腐食が生じることを考慮した厚さとする。</p>	<p>(8) について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高温のナトリウムとコンクリートが直接接触することを防止するため、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画には、耐火能力を有する鋼製のライナ又は受樋を設置する。</li> <li>・ 鋼製のライナ及び受樋については、ナトリウム燃焼に伴い鋼製材料の腐食が生じることを考慮した厚さを有するものとする。</li> </ul>

ナトリウムを内包する配管及び機器の耐震設計について
---------------------------

## 1. 概要

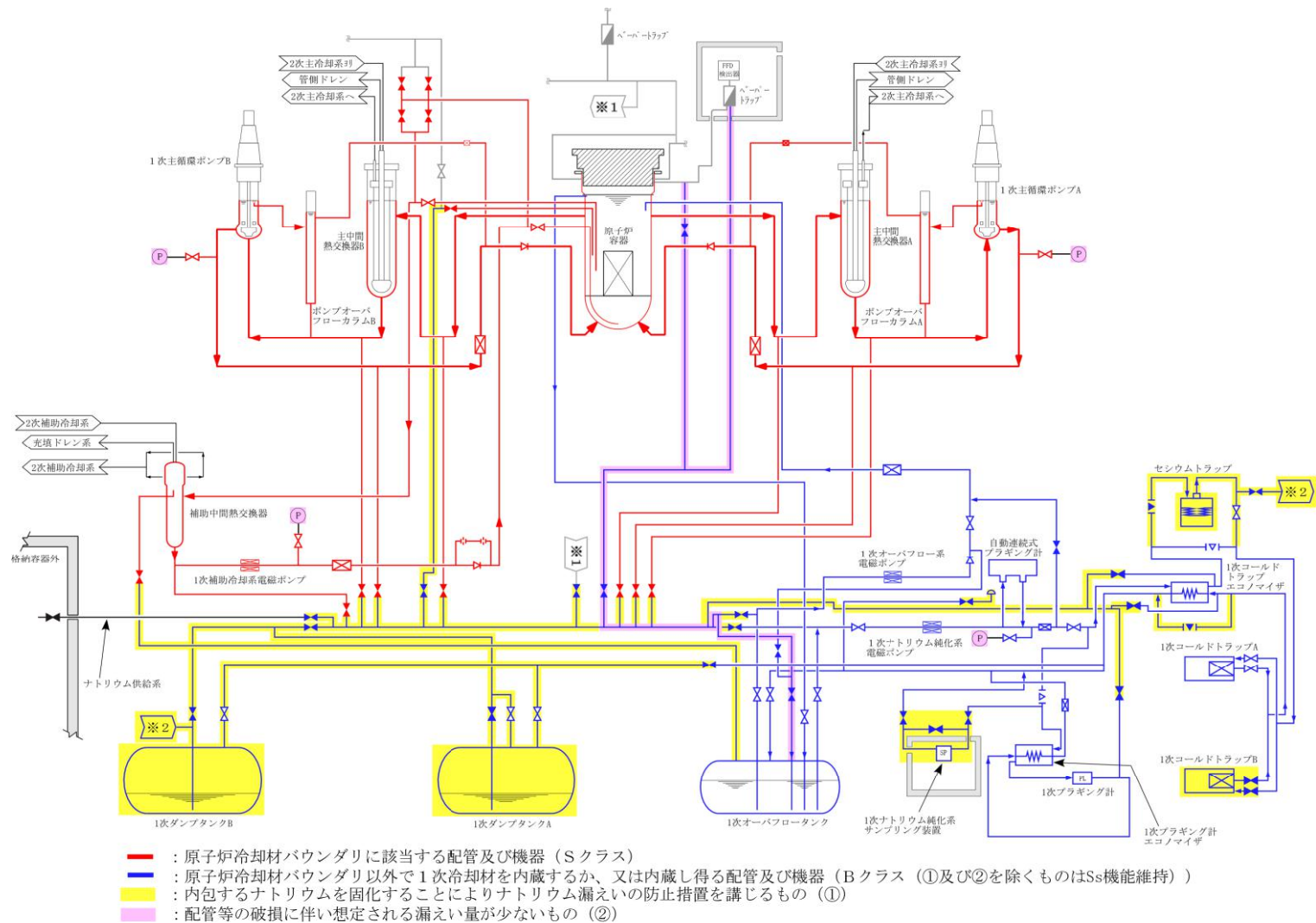
ナトリウム漏えいの発生防止に関し、ナトリウムを内包する配管及び機器の耐震設計について示す。

## 2. ナトリウムを内包する配管及び機器に対する耐震設計の考え方

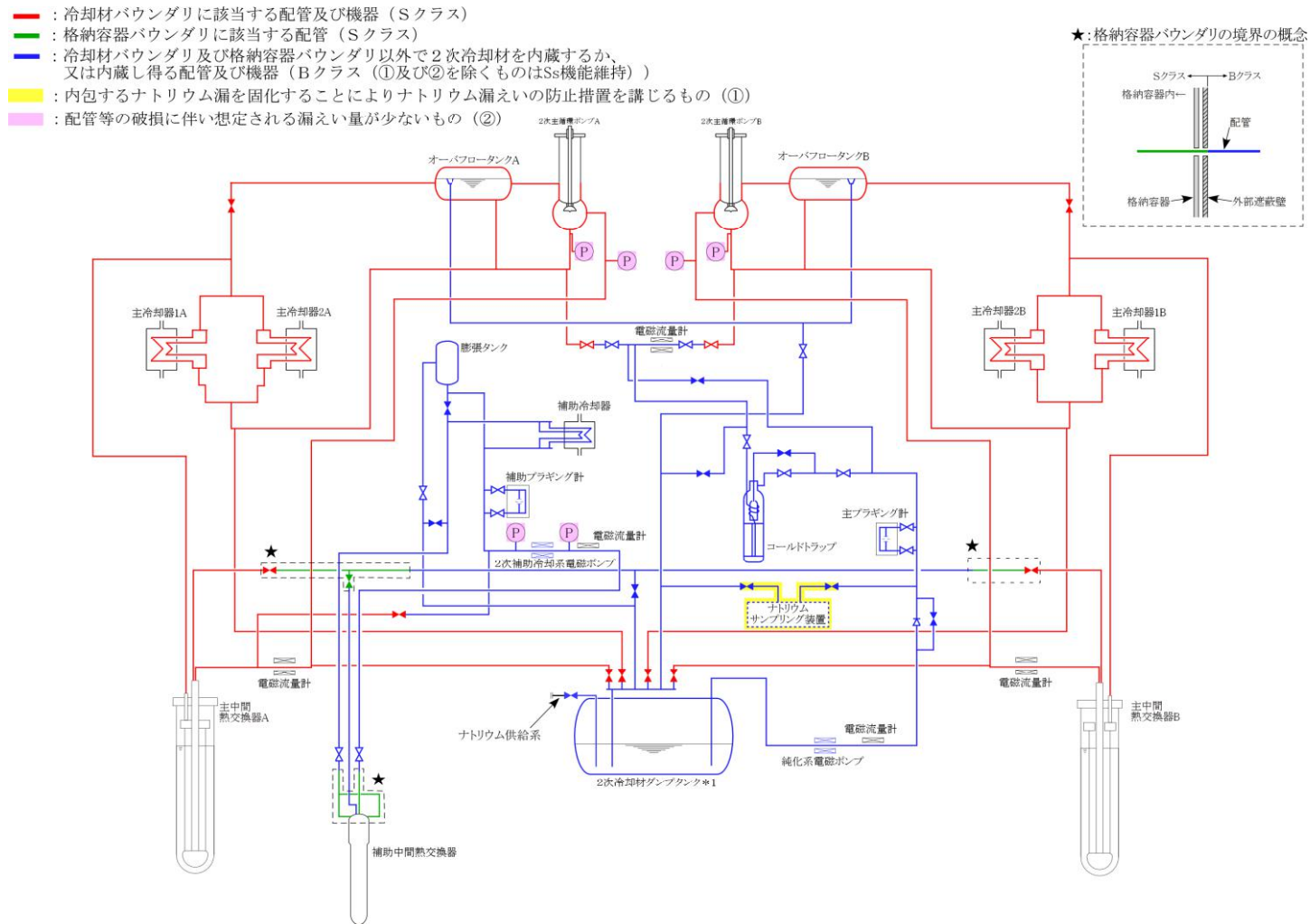
ナトリウムを内包する配管及び機器については、耐震重要度分類がSクラスとするか、又は基準地震動による地震力に対して破損を生じない設計とすることを基本とする。

ナトリウムを内包する配管及び機器のうち、耐震重要度分類がSクラス以外のものについては、内包するナトリウムを固化することによるナトリウム漏えい防止措置を講じるか、ナトリウムを内包する配管又は機器が破損した場合に想定される漏えい量が少ないものを除き、基準地震動による地震力に対して、ナトリウムが漏えいすることがないものとする。このうち、2次冷却材ダンプタンクについては、2次冷却材の漏えいに伴う緊急ドレン後に、長期間ナトリウムを保持することを考慮し、弾性設計用地震動による地震力に対して、おおむね弾性状態に留まる範囲で耐えるものとする。

ナトリウムを内包する配管及び機器の耐震設計の概念図を第 2.1 図に示す。



第 2.1 図 ナトリウムを内包する配管及び機器の耐震設計の概念図 (①: 1次冷却系)



第 2.1 図 ナトリウムを内包する配管及び機器の耐震設計の概念図 (②: 2次冷却系)



3. 内包するナトリウムを固化することによるナトリウム漏えい防止措置を講じるもの

ナトリウムを内包する配管又は機器のうち、内包するナトリウムを固化することによるナトリウム漏えい防止措置を講じるものを第 3.1 表に示す。

第 3.1 表 内包するナトリウムを固化することによるナトリウム漏えい防止措置を講じるもの

No.	機器	系統
1-1	1 次ナトリウム純化系サンプリング装置並びに関連する配管及び弁	1 次ナトリウム純化系
1-2	1 次コールドトラップ B 並びに関連する配管及び弁	
1-3	セシウムトラップ並びに関連する配管及び弁	
1-4	1 次コールドトラップエコノマイザのバイパス配管及び関連する弁	
1-5	第 4.1 表の No. 2-1 を除く配管、容器及び関連する弁	1 次ナトリウム充填・ドレン系
1-6	2 次ナトリウム純化系サンプリング装置並びに関連する配管及び弁	2 次ナトリウム純化系

4. ナトリウムを内包する配管又は機器が破損した場合に想定される漏えい量が少ないもの

ナトリウムを内包する配管又は機器が破損した場合に想定される漏えい量が少ないものに該当するものを第4.1表に示す。

第4.1表 ナトリウムを内包する配管又は機器が破損した場合に  
想定される想定される漏えい量が少ないもの

No.	機器	設置場所	系統
2-1	燃料破損検出系(カバーガス法燃料破損検出設備)* <sup>1</sup> のベーパートラップドレン弁からオーバーフロータンク間の配管及び関連する弁	R-103、R-104、 R-105、R-201、 R-202、R-204、 R-205、R-305、 R-407	1次ナトリウム 充填・ドレン系
2-2	圧力計の導圧管部* <sup>2</sup> (2カ所)	R-205、R-206	1次主冷却系
2-3	圧力計の導圧管部* <sup>2</sup> (1カ所)	R-204	1次補助冷却系
2-4	圧力計の導圧管部* <sup>2</sup> (1カ所)	R-203	1次ナトリウム純化系
2-5	圧力計の導圧管部* <sup>2</sup> (2カ所)	R-104、R-105	1次ナトリウム 充填・ドレン系
2-6	圧力計の導圧管部* <sup>2</sup> (1カ所)	R-302	1次アルゴンガス系
2-7	圧力計の導圧管部* <sup>2</sup> (2カ所×2)	S-601、S-602	2次主冷却系
2-8	圧力計の導圧管部* <sup>2</sup> (2カ所)	A-505	2次補助冷却系

\*1: 燃料破損検出系(カバーガス法燃料破損検出設備)の原子炉カバーガスのバウンダリの境界は、カバーガス入口用止弁までであり、ベーパートラップドレン弁等は、原子炉カバーガスバウンダリに該当しない。

\*2: 圧力計の導圧管部にナトリウム・カリウム合金(NaK)が封入されている。

ナトリウムを内包する配管又は機器が破損した場合の漏えいしたナトリウムの影響を以下に示す。

① 燃料破損検出系(カバーガス法燃料破損検出設備)のベーパートラップドレン弁からオーバーフロータンク間の配管又は関連する弁が破損した場合の影響

ベーパートラップに捕獲されたナトリウムが一定量(約 1,600cm<sup>3</sup>)溜まると、燃料破損検出系(カバーガス法燃料破損検出設備)のベーパートラップドレン弁を開けて、当該ナトリウムをオーバーフロータンクにドレンするため、燃料破損検出系(カバーガス法燃料破損検出設備)のベーパートラップドレン弁からオーバーフロータンク間の配管又は関連する弁が破損した場合、格納容器(床下)に当該ナトリウムが漏えいする。万一、当該ナトリウムが漏えいした場合の影響を以下により評価する。

- ・ 床面のライナはないものと仮定し、漏えいしたナトリウムの全量(1,600cm<sup>3</sup>)がコンクリートと反応して水素を生じるものとする。
- ・ 燃料破損検出系(カバーガス法燃料破損検出設備)のベーパートラップドレン弁からオー

バフロータンク間の配管又は関連する弁は、格納容器（床下）の複数の部屋に設置され、また、それらの部屋は、開口部を介して繋がっているが、ここでは、最も体積の小さい部屋（主中間熱交換器室：60m<sup>3</sup>）に、水素が留まるものと仮定する。

上記より、漏えいしたナトリウムにより発生する水素濃度は約 1.3%であり、燃焼限界濃度を超えない。また、格納容器（床下）は、原子炉運転中、窒素雰囲気中で維持しており、漏えいしたナトリウムが燃焼することもない。したがって、燃料破損検出系（カバーガス法燃料破損検出設備）のベーパートラップドレン弁からオーバフロータンク間の配管又は関連する弁が破損したとしても、その影響は小さい。

## ② 圧力計の導圧管部が破損した場合の影響

圧力計の導圧管部には、ナトリウム・カリウム合金（NaK）が封入されており、導圧管部が破損した場合、当該ナトリウムが漏えいする。万一、当該ナトリウムが漏えいした場合の影響を以下により評価する。

- ・ 床面のライナはないものと仮定し、漏えいしたナトリウムの全量（1,000cm<sup>3</sup>）がコンクリートと反応して水素を生じるものとする。
- ・ 格納容器（床下）に設置する圧力計の導圧管部が破損した場合の影響は、燃料破損検出系（カバーガス法燃料破損検出設備）のベーパートラップドレン弁（当該弁は含まない。）からオーバフロータンク間の配管又は関連する弁が破損した場合に包絡されるため、ここでは、圧力計を設置する部屋のうち、格納容器（床下）を除き、最も体積の小さい部屋（主冷却機建物 3 階の 2 次系オーバフロータンク室：約 75m<sup>3</sup>）の圧力計の導圧管部の破損を想定する。

上記より、漏えいしたナトリウムにより発生する水素濃度は約 0.6%であり、燃焼限界濃度を超えない。また、第 4.1 表の圧力計の機能を喪失したとしても、原子炉の安全停止状態の監視に影響を及ぼすことはない。したがって、圧力計の導圧管部が破損したとしても、その影響は小さい。

冷却材のバウンダリの肉厚管理の考え方について

## 1. 概要

ナトリウムの漏えいの発生防止に関し、冷却材のバウンダリの肉厚管理について示す。

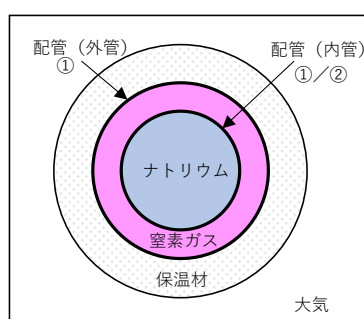
## 2. 冷却材のバウンダリの肉厚管理の考え方

冷却材のバウンダリの減肉の要因には、「ナトリウム環境における腐食」、「流動による浸食（エロージョン）」及び「大気環境における腐食」がある（これらの腐食に起因する肉厚管理の考え方を添付1に示す）。これらのうち、冷却材のバウンダリの減肉の主要因は、「ナトリウム環境における腐食」であり、冷却材のバウンダリの肉厚は、以下により管理する。冷却材のバウンダリが晒される環境と肉厚管理の対象部位を第2.1図に示す。

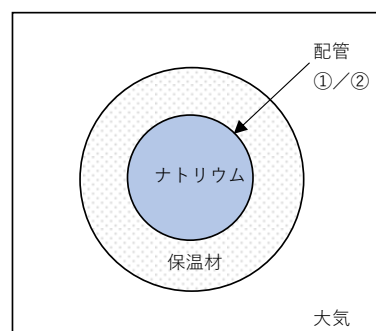
- ・ 腐食代の確保
- ・ ナトリウム中の溶存酸素濃度を十分に低く維持（腐食環境排除）

1次冷却系については、配管エルボ部の側面を代表点とし、外観を目視確認できる（1次冷却系の冷却材のバウンダリの外観確認の概要を添付2に示す。）。

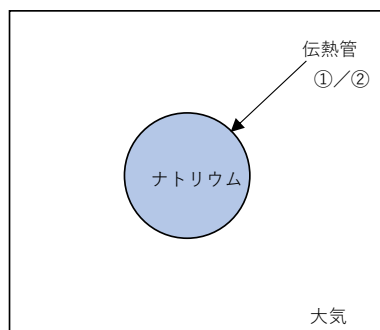
2次冷却系については、主冷却器の伝熱管を代表点とし、外観を目視確認できる（2次冷却系の冷却材のバウンダリの外観確認の概要を添付3に示す）。主冷却器の伝熱管については、「大気環境における腐食」を考慮し、定期的に肉厚を測定している。



(a) 1次冷却系（二重構造部）



(b) 1次冷却系の一部及び2次冷却系



(c) 2次冷却系主冷却器の伝熱管

- ① 腐食代の確保  
ナトリウムと配管の接触面、配管と大気の接触面（保温材の有無は考慮しない）及び伝熱管と大気の接触面が管理対象
- ② 腐食環境排除  
ナトリウムと配管の接触面が管理対象

第2.1図 冷却材のバウンダリが晒される環境と肉厚管理の対象部位の概念

### 3. 原子炉冷却材バウンダリの配管エルボ部の試験検査

【12条（安全施設）の別紙4の別添1に同じ】

原子炉冷却材バウンダリにおける試験又は検査に関し、ナトリウム漏えい検出器による常時監視を基本としている。原子炉冷却材バウンダリを構成する配管には、以下に示す対策を講じており、設計条件において、配管の破断が生じることはない。

また、配管エルボに代表される応力集中部における熱膨張応力や熱応力等による疲労（クリープ疲労）破損が、相対的に、最も注意すべき破損様式となるが、設計にあつては、当該破損様式も考慮しており、設計条件の下で配管の破損が生じることはなく、当該監視は、原子炉冷却材バウンダリの機能確保に十分な試験検査性を有する。

- (i) 1次主冷却系及び1次補助冷却系の配管・機器には、高温強度とナトリウム環境効果に対する適合性が良好なステンレス鋼を使用する。
- (ii) 1次主冷却系及び1次補助冷却系の配管は、エルボを用いて引き回し、十分な撓性を備えたものとする。
- (iii) 1次主冷却系及び1次補助冷却系の配管・機器は、冷却材温度変化による熱応力、設計地震力等に十分耐えるよう設計する。
- (iv) 1次主冷却系及び1次補助冷却系の配管・機器の腐食を防止するため、1次冷却材の純度を適切に管理する。

ただし、相対的に、最も注意すべき疲労破損の発生を想定した場合、当該破損は、疲労き裂が進展し、配管肉厚を貫通した形態となる。「常陽」の供用期間中検査にあつては、当該疲労破損に着目し、配管エルボの側面を代表点（ホットレグ：1点×2ループ、コールドレグ：1点×2ループ）とし、外観目視検査を実施している。

「ナトリウム環境における腐食」、「流動による浸食（エロージョン）」及び  
「大気環境における腐食」に起因する減肉に対する肉厚管理の考え方

## 1. ナトリウム環境における腐食

一般に液体金属中に固体材料を浸すと表面エネルギーが低下して成分元素が溶出し易くなる。また、元素の液体金属における溶解度は温度上昇に伴い大きくなることから、材料と液体金属との共存性を評価する上では対象元素の溶解度と温度が重要となる。ナトリウムのようなアルカリ系液体金属では、微量元素、特に酸素濃度が管理された環境は常に還元雰囲気となるため、水環境で見られる材料の直接的な酸化(腐食)は発生しない。しかし、酸素の存在により、主要な合金元素、鉄、ニッケルやクロムはナトリウムと複合酸化物を形成するため、酸素濃度上昇とともに見掛けの溶解度は増加する。

このため、ナトリウムを冷却材に用いるナトリウム冷却型高速炉では、軽水炉における水中の酸化膜の形成や剥離の繰り返しによる減肉の進行は発生し難く、系内の温度分布による質量移行が主要な腐食進行因子となる。質量移行は、ナトリウム中の溶存酸素濃度により加速されるが、「常陽」ではこれを抑制するため酸素濃度を十分に低く維持している（原子炉施設保安規定に定めるプラグイン温度に相当する酸素濃度 1次系：10ppm 以下、2次系：20ppm 以下）。

なお、設計及び工事の方法の認可申請では、設計温度における酸素濃度（1次系：15ppm、2次系：25ppm）での腐食速度に対する材料表面の変質層を腐食代として考慮した強度計算を行っており、運転管理において、これより十分に低い酸素濃度に管理しているため、設計時の腐食代を超えることはない。

## 2. 流動による浸食（エロージョン）

流動ナトリウムによる浸食（エロージョン）には、流速、溶存酸素、溶存水素(pH)、純度、温度及び材質等が影響する。これらの因子による影響は、複雑に干渉するが、最終的には材料の保護膜となる酸化被膜( $Fe_3O_4$ )の形成と安定化、あるいは剥離挙動への関与に帰着する。

典型的な浸食発生が報告された米国サリー原子力発電所 2 号炉給水配管の場合、水質(溶存酸素、水素、及び温度)の劣化が安定な酸化被膜形成を阻害し、流路の不適切さもあって、高速乱流及び局部蒸気相(高温高速 2 相流)の発生が密着性を損なった酸化被膜を剥離させ、浸食を促したと報告されている。平成 16 年 8 月 9 日に関西電力美浜発電所 3 号機において発生した 2 次系配管破損事故の場合、配管の材質は炭素鋼(SB42)で、配管破損は、偏流の発生しやすい復水流量を計測する流量計オリフィスの下流部で、浸食の発生しやすい温度の部位で発生したことが明らかにされている。なお、浸食は耐食性(耐酸化性)に劣る炭素鋼に多く発生することが明らかにされており、合金元素(クロム)の添加により著しく改善されることもわかっている。

ナトリウム冷却型高速炉の場合、溶存酸素は他の不純物元素と共に厳密に管理されており、環境は常に還元雰囲気にあることから、材料表面に酸化被膜は形成されない。このため、表面保護層の形成は期待できない半面、脆化した酸化被膜の剥離による減肉も生じない環境にある。したがって、2 次冷却系の配管材であるクロムが添加されたクロムモリブデン鋼である STPA24 (2・1/4Cr-1Mo

鋼)では、水環境等で観察される腐食(酸化)とエロージョンの繰り返しによる減肉進行は発生し難い。「常陽」では、平成12年～15年に実施したMK-Ⅲ冷却系改造工事において、主冷却器出入口配管直管部(24箇所×4点)及び主中間熱交換器2次側出口配管エルボ部(4個×5箇所×4点)の肉厚測定を実施し、減肉していないことを確認している。

なお、この時点での原子炉運転時間は約61,000時間、定格出力運転時間で約49,000時間であった。

また、ナトリウム流量の測定には、電磁流量計を用いており、配管内部に軽水炉のような流量を測定するオリフィスは設置していない。

### 3. 大気環境における腐食

大気環境では、湿気、水、塩素イオンが介在して、金属のプラスイオンと水や大気環境下で発生するマイナスイオンとの電位差によって腐食するが、大気中に含まれる海塩粒子が結晶して外面に付着し、表面に酸化被膜( $Fe_3O_4$ )が形成され、最終的には材料の保護膜となる。この保護膜の剥離によって減肉が生じる。

二重構造を有する1次主冷却系や1次補助冷却系の配管(内管)と配管(外管)との間隙は、不活性ガスである窒素ガス雰囲気維持される。さらに、配管の外側には、予熱状態を維持するために保温材を敷設しており、配管及び機器は、基本的に停止中も約200℃に保温されるため、配管(内管)と配管(外管)の外表面に形成された酸化被膜が剥離する環境にない。また、1次冷却系の配管及び機器のナトリウムを内包する構造材は、SUS304(オーステナイト系ステンレス鋼(18Cr-8Ni系))であり、2次冷却系に用いられているクロムモリブデン鋼よりも耐食性に優れている。

2次主冷却系の配管及び機器のナトリウムを内包する構造材は、外面が金属製の内装板で覆われ、内装板の上に保温材が設置された部分と、主冷却器の伝熱管のように流動を伴う空気と直接接触する部分がある。このうち、保温材が設置されている部分は、1次冷却系の配管及び機器と同様に、基本的に停止中も配管及び機器は約200℃に保温されるため、外表面に形成された酸化被膜が剥離する環境にない。これについては、MK-Ⅲ冷却系改造工事時において、当該部位の外観観察・肉厚測定により、有意な減肉がないことを確認している(添付3 2次冷却系の冷却材のバウンダリの外観確認 第2図 過去の主冷却器伝熱管の肉厚確認結果(一例)を参照)。一方、外面が直接空気に接触して減肉しやすく、肉厚が最も薄い(約2mm)配管である主冷却器の伝熱管については、使用環境に鑑み、自主検査として、定期的に肉厚を測定し、減肉を管理することで、必要肉厚(0.4mm)を確保できるものとしている。

### 【2次冷却系配管の肉厚測定結果】

MK-III冷却系改造工事では、配管（2次冷却系の配管のうち、外面が金属製の内装板で覆われ、内装板の上に保温材が設置された部分）について、24箇所×4点（合計96点）の肉厚の測定を実施した。以下に示すように、当該測定結果は、基準（JISにおける配管製作許容差（公称値±10%）の最小板厚）を上回る。

12B 配管：10.4～11.1mm ※ 基準：9.27mm

10B 配管：8.8～9.5mm ※ 基準：8.37mm

また、偏流が生じて流速が増加するエルボ部については、主中間熱交換器出入口配管の4箇所×20点（合計80点）を測定対象とした。以下に示すように、当該測定結果は、基準（JISにおけるエルボ製作許容差（公称値-12.5%以上）の最小板厚）を上回る。

12B エルボ：10.9～14.9mm ※ 基準：9.01mm

10B エルボ：9.5～12.8mm ※ 基準：8.14mm

なお、保温材が設置されている部分にあっては、原子炉運転時間約61,000時間の高温流動ナトリウム環境において、有意な減肉がなかったことから、「常陽」設計寿命期間中において、減肉条件が最も厳しい主冷却器の伝熱管を対象とした肉厚測定を実施する管理は妥当と判断できる。



主中間熱交換器入口配管エルボ（12B）



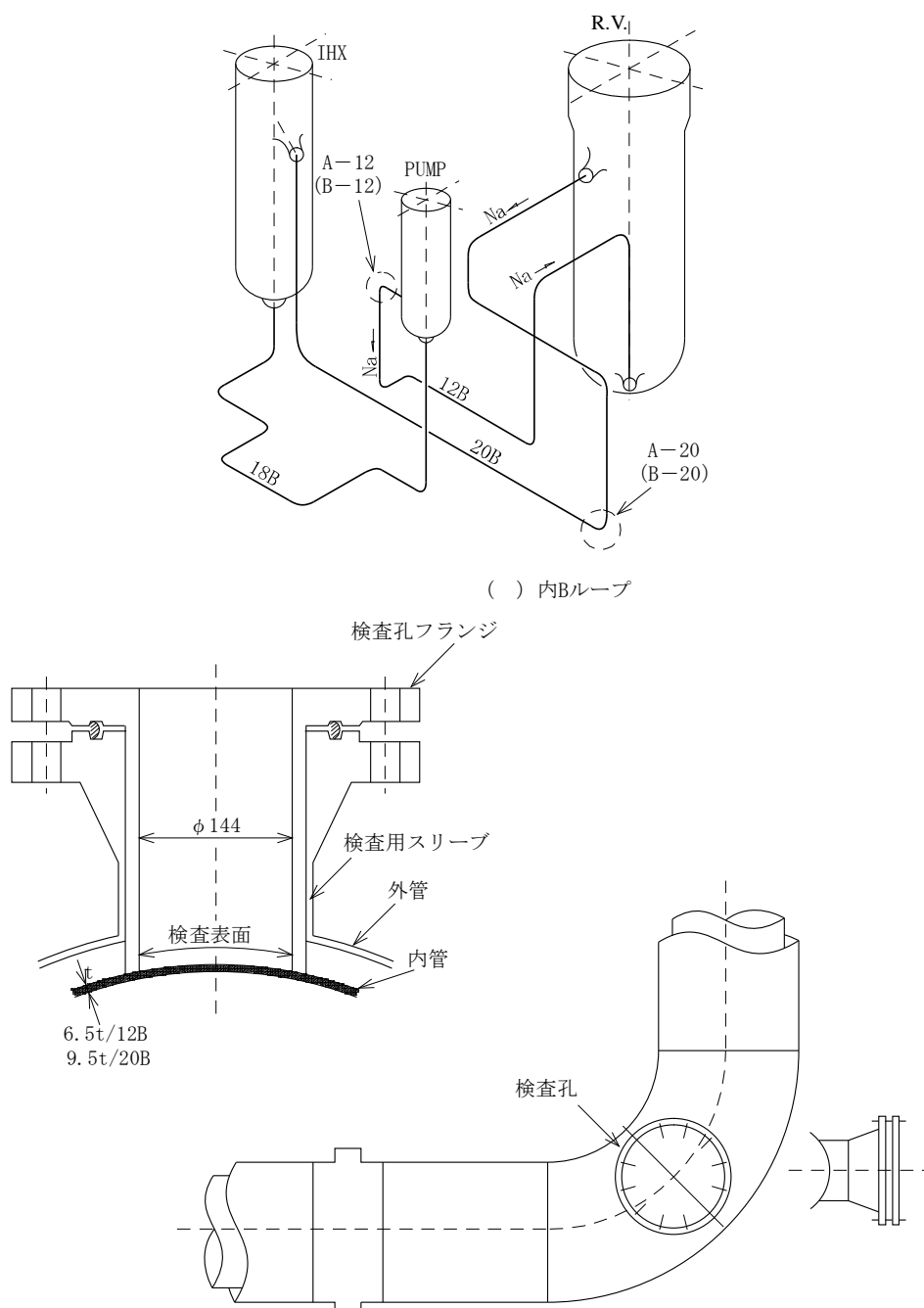
主中間熱交換器出口配管エルボ（12B）





1次冷却系の冷却材のバウンダリの外観確認

1次冷却系は、配管エルボの側面を代表点（ホットレグ：1点×2ループ、コールドレグ：1点×2ループ）とし、外観を目視確認できる。配管検査孔の構造を第1図に示す。定期検査ごとに、当該検査孔を用いて、配管表面にき裂、腐食、変形及びナトリウム漏れがないことを目視にて確認している（配管検査孔外観：第2図参照、配管表面写真：第3図参照）。



第1図 1次主冷却系配管検査孔の構造（検査用スリーブを取り付けた状態）

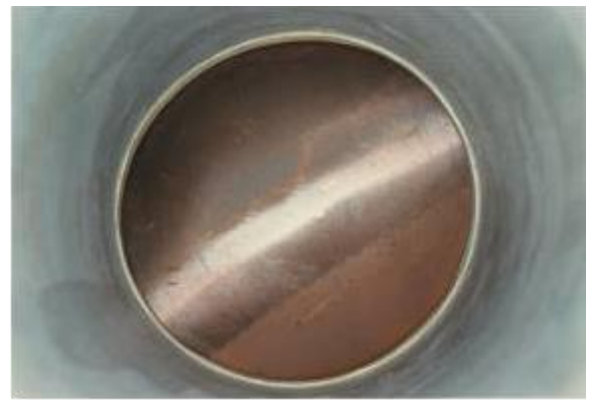
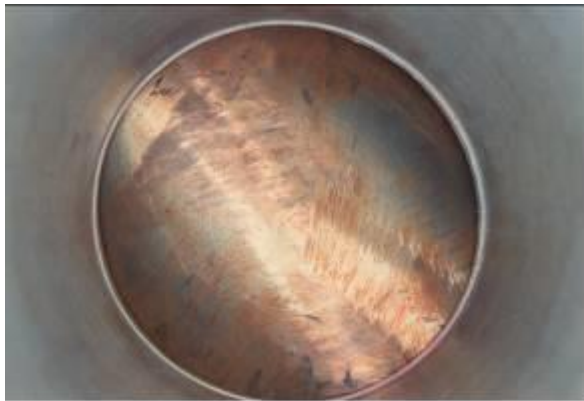


(通常時)



(検査時)

第2図 配管検査孔の外観 (一例)



昭和 55 年 12 月 1 日 (第 2 回施設定期検査)



平成 17 年 7 月 21 日 (第 14 回施設定期検査)

ホットレグ (例: Aループ)

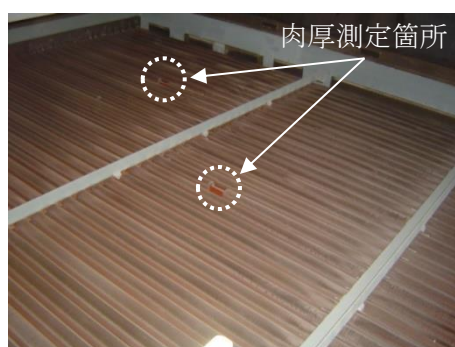
コールドレグ (例: Aループ)

第3図 配管表面の写真 (一例)

## 2次冷却系の冷却材のバウンダリの外観確認

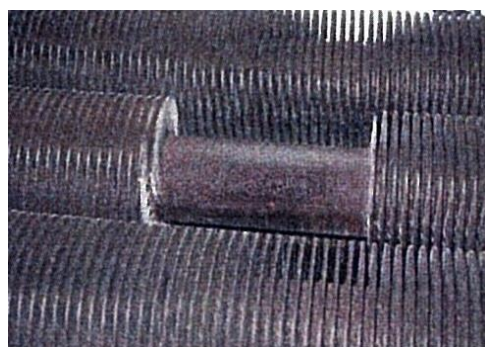
2次冷却系にあつては、主冷却器の伝熱管（第1図参照）を代表点とし、外観を目視確認できる。主冷却器の伝熱管にあつては、「大気環境における腐食」を考慮し、定期検査ごとに、肉厚測定を実施している。

なお、MK-Ⅲ冷却系改造工事では、主冷却機を更新している。旧主冷却器の伝熱管の肉厚測定等において、大気環境における腐食が生じているものの、想定した腐食代を下回り、必要な肉厚を有することを確認している（第2図参照）。

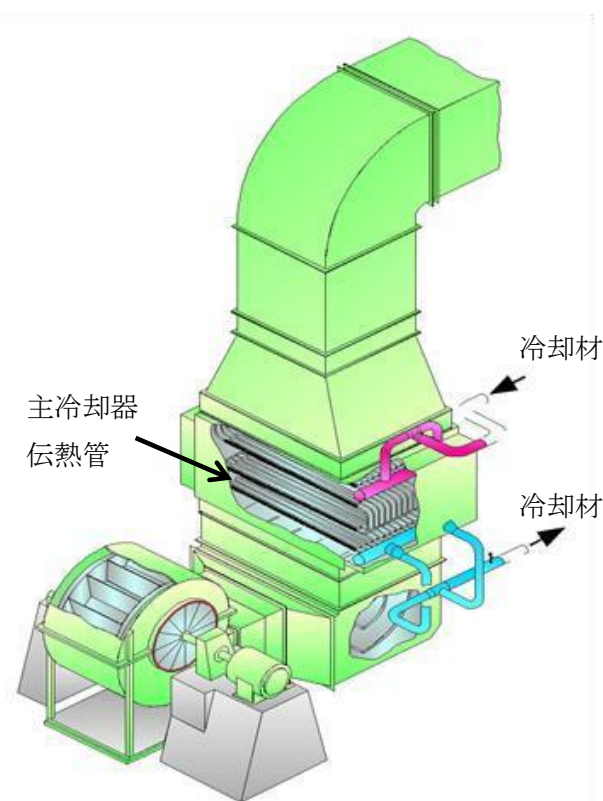


(主冷却器伝熱管外観)

※：令和5年1月時点の主冷却器伝熱管の外観を添付4に示す。



(肉厚測定箇所)



第1図 主冷却器伝熱管の構造概要



第2図 過去の主冷却器伝熱管の肉厚確認結果 (一例)

主冷却器伝熱管外観（令和5年1月時点）



ナトリウム漏えいの検知及びナトリウム燃焼の感知について
-----------------------------

## 1. 概要

原子炉施設には、ナトリウムを内包する配管又は機器の破損を想定し、ナトリウムの漏えいを早期に検知するため、ナトリウム漏えい検出器を設置する。

また、ナトリウム燃焼を早期に感知するため、当該感知については、ナトリウム漏えいの検知を起点とするものとし、ナトリウム漏えい検出器で兼用する。ナトリウム漏えい検出器は、外部電源喪失時に、機能を喪失することがないように、非常用電源設備（非常用ディーゼル電源系及び蓄電池）より電源を供給するものとし、十分な信頼性を確保する。さらに、一般火災に適用する煙感知器又は熱感知器は、動作原理（煙感知器：ナトリウムエアロゾルに反応、熱感知器：ナトリウム燃焼に伴い発生する熱に反応）より、ナトリウム燃焼の感知にも適用できることを考慮し、ナトリウム燃焼を確実に感知するため、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画には、煙感知器又は熱感知器を設置する。

ここでは、ナトリウム漏えいの検知及びナトリウム燃焼の感知について示す。

## 2. ナトリウム漏えいの検知

ナトリウム漏えいの検知には、ナトリウム漏えい検出器を用いる。

原子炉冷却材バウンダリ及び冷却材バウンダリ等を構成する配管及び機器（主冷却器及び補助冷却器を除く。）は、通電式のナトリウム漏えい検出器を設ける。

主冷却器及び補助冷却器については、主冷却器及び補助冷却器の構造に鑑み光学式のナトリウム漏えい検出器を使用する。

### 2.1 ナトリウム漏えい検出器の概要

#### (1) 通電式（プラグ型）のナトリウム漏えい検出器

##### a. 1次系に適用

1次系に適用する通電式（プラグ型）のナトリウム漏えい検出器は、検出器先端と電極シース保護管との間に直流電圧が印加されており、漏えいしたナトリウムが検出器に到達すると、電極とシース保護管がナトリウムによって短絡されることを利用したものである。1次系に適用する通電式（プラグ型）のナトリウム漏えい検出器の構造概要を第2.1.1図に示す。

##### b. 2次系の弁に適用

2次系の弁に適用する通電式（プラグ型）のナトリウム漏えい検出器は、検出素子とアース間に直流電圧が印加されており、漏えいしたナトリウムが検出器に到達すると、検出素子とアースが短絡されることを利用したものである。2次系の弁に適用する通電式（プラグ型）のナトリウム漏えい検出器の構造概要を第2.1.2図に示す。

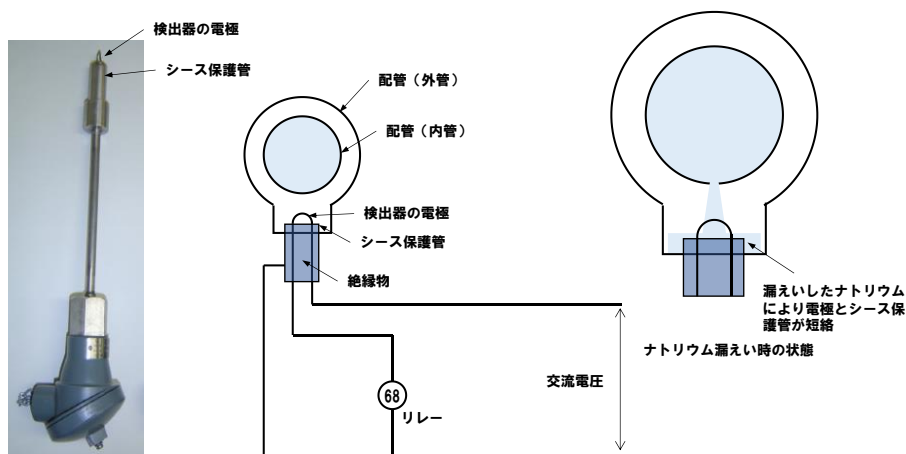
(2) 通電式（リボン型）のナトリウム漏えい検出器

通電式（リボン型）のナトリウム漏えい検出器は、2つの電極が絶縁物を間にして平行に配置され、各電極とアースとの間に直流電圧が印加されており、漏えいしたナトリウムが検出器に到達すると、電極とアースが短絡されることを利用したものである。通電式（リボン型）のナトリウム漏えい検出器の構造概要を第2.1.3図に示す。

(3) 光学式のナトリウム漏えい検出器

光学式のナトリウム漏えい検出器は、ナトリウム燃焼によって生じる白煙（ナトリウムエアロゾル）により、光の透過率が減少<sup>\*1</sup>することを利用したものである。光学式のナトリウム漏えい検出器は、主冷却器（2点×4式）と補助冷却器（2点×1式）に適用する。光学式のナトリウム漏えい検出器の構造概要を第2.1.4図に示す。

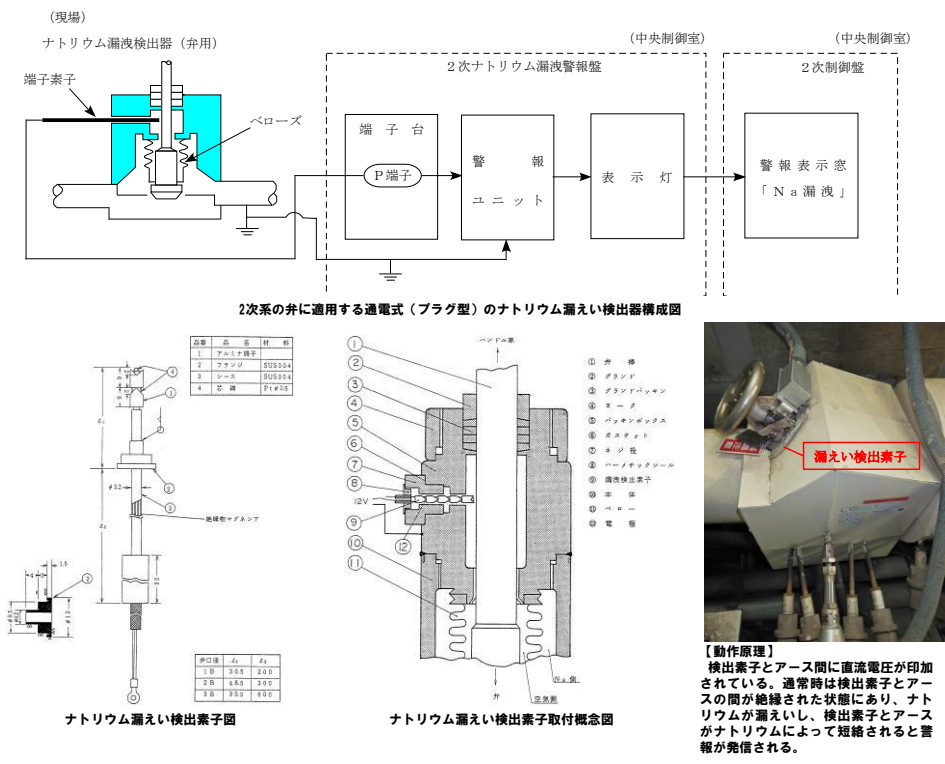
\*1：警報設定値は、光の減衰率で5%と設定している。当該設定値は、煙濃度に換算すると約0.035%に相当する。ダクト内の状況により異なるが、通常運転時の状態で煙濃度0.035%は、約30g/sのナトリウム漏えいに相当する。



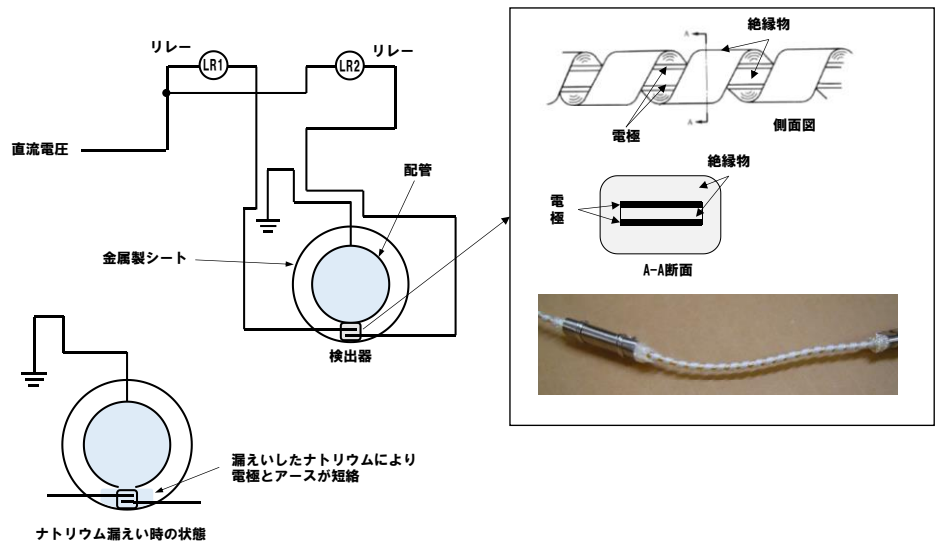
【動作原理】

検出器の電極とシース保護管との間に交流電圧が印加されており、通常時はリレー（68）が励磁されている。また、電極とシース保護管との間には絶縁物が入っている。ナトリウムが漏えいすると、電極とシース保護管がナトリウムによって短絡されて電位差がなくなり、リレー（68）が無励磁となることにより、警報が発信される。

第2.1.1図 1次系に適用する通電式（プラグ型）のナトリウム漏えい検出器の構造概要

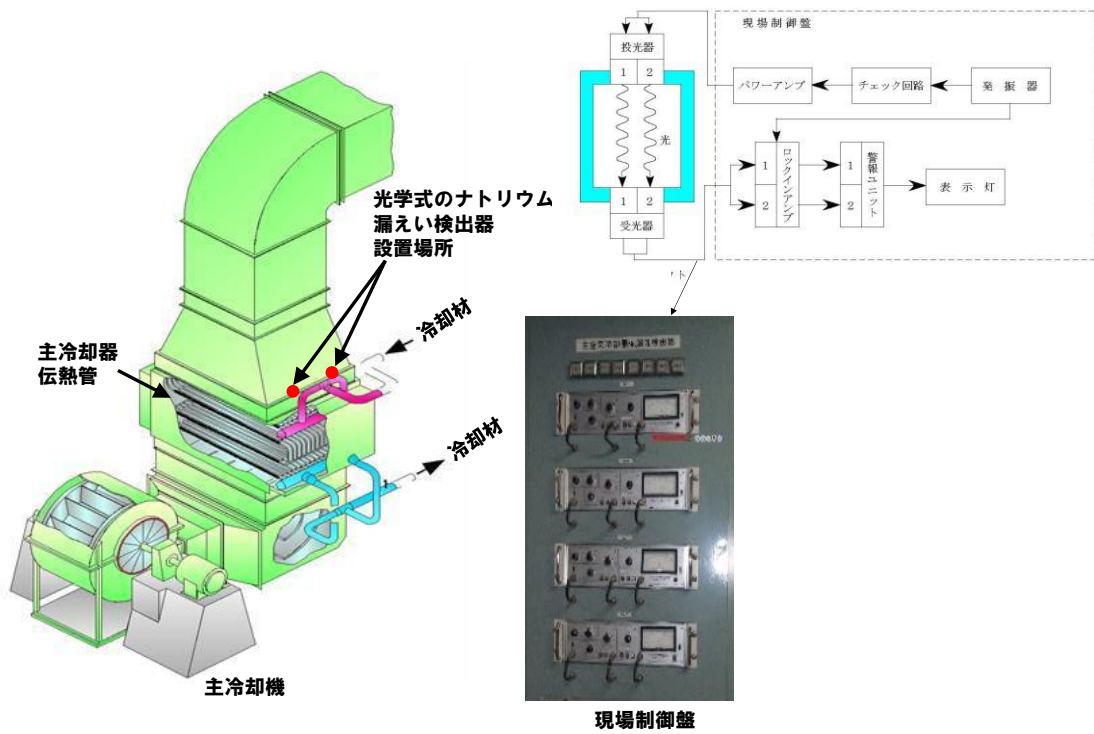


第 2. 1. 4 図 2 次系の弁に適用する通電式（プラグ型）のナトリウム漏えい検出器の構造概要



第 2. 1. 3 図 通電式（リボン型）のナトリウム漏えい検出器の構造概要





第 2.1.4 図 光学式のナトリウム漏えい検出器の構造概要

## 2.2 ナトリウム漏えい検出器の配置

ナトリウム漏えい検出器は、ナトリウムを内包する配管又は機器の破損に伴うナトリウム漏えいを検知できるように、ナトリウムを内包する配管及び機器の構造等（「常陽」安全対策における温度計ウェルの流力振動評価について添付1に示す。）を考慮して適切に設置する。ナトリウム漏えい検出器の配置を第2.2.1図に示す。

### (1) 1次系（原子炉冷却材バウンダリ）

原子炉冷却材バウンダリに該当する配管及び機器は、配管（内管）と配管（外管）で構成される二重構造を有する。当該構造を踏まえるとともに漏えいの可能性が相対的に高い配管のエルボ部の配置も考慮した上で、二重構造の間隙の水平部に通電式（プラグ型）のナトリウム漏えい検出器を設置する。また、構造上、漏えいの可能性が相対的に高いベローズ構造を有する弁のベローズ部には、通電式（プラグ型）のナトリウム漏えい検出器を設置する。第2.2.2図に原子炉冷却材バウンダリにおけるナトリウム漏えい検出器の設置の概念図を示す。

### (2) 1次系（原子炉冷却材バウンダリを除く。）

原子炉冷却材バウンダリを除き1次冷却材を内包する配管及び機器（容器、ポンプ及び弁）にあっては、配管部からの漏えいも検知できるように配管等の外側に金属製のシートを敷設し、金属製のシートの内側に通電式（プラグ型）のナトリウム漏えい検出器の検出部を設置する。

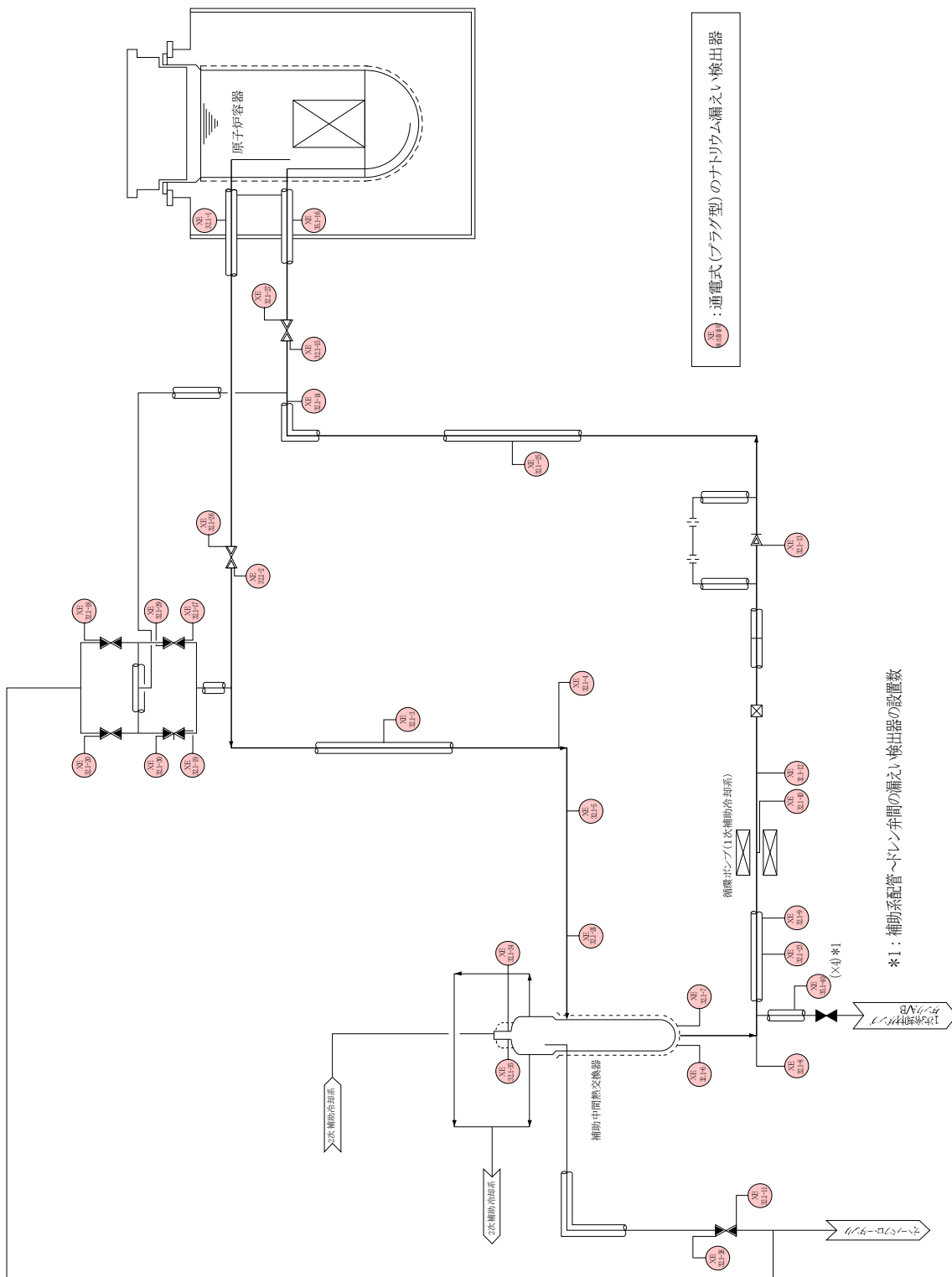
### (3) 2次系（主冷却器及び補助冷却器を除く。）

2次冷却材を内包する配管及び機器（主冷却器及び補助冷却器を除く。）にあっては、漏えいの可能性が相対的に高い配管のエルボ部の配置も考慮した上で、適切な間隔で配管と金属製のシートの間に通電式（リボン型）のナトリウム漏えい検出器を設置する。また、構造上、漏えいの可能性が相対的に高いベローズ構造を有する弁のベローズ部には、通電式（プラグ型）のナトリウム漏えい検出器を設置する。第2.2.3図に通電式（リボン型）のナトリウム漏えい検出器の設置の概念図を示す。

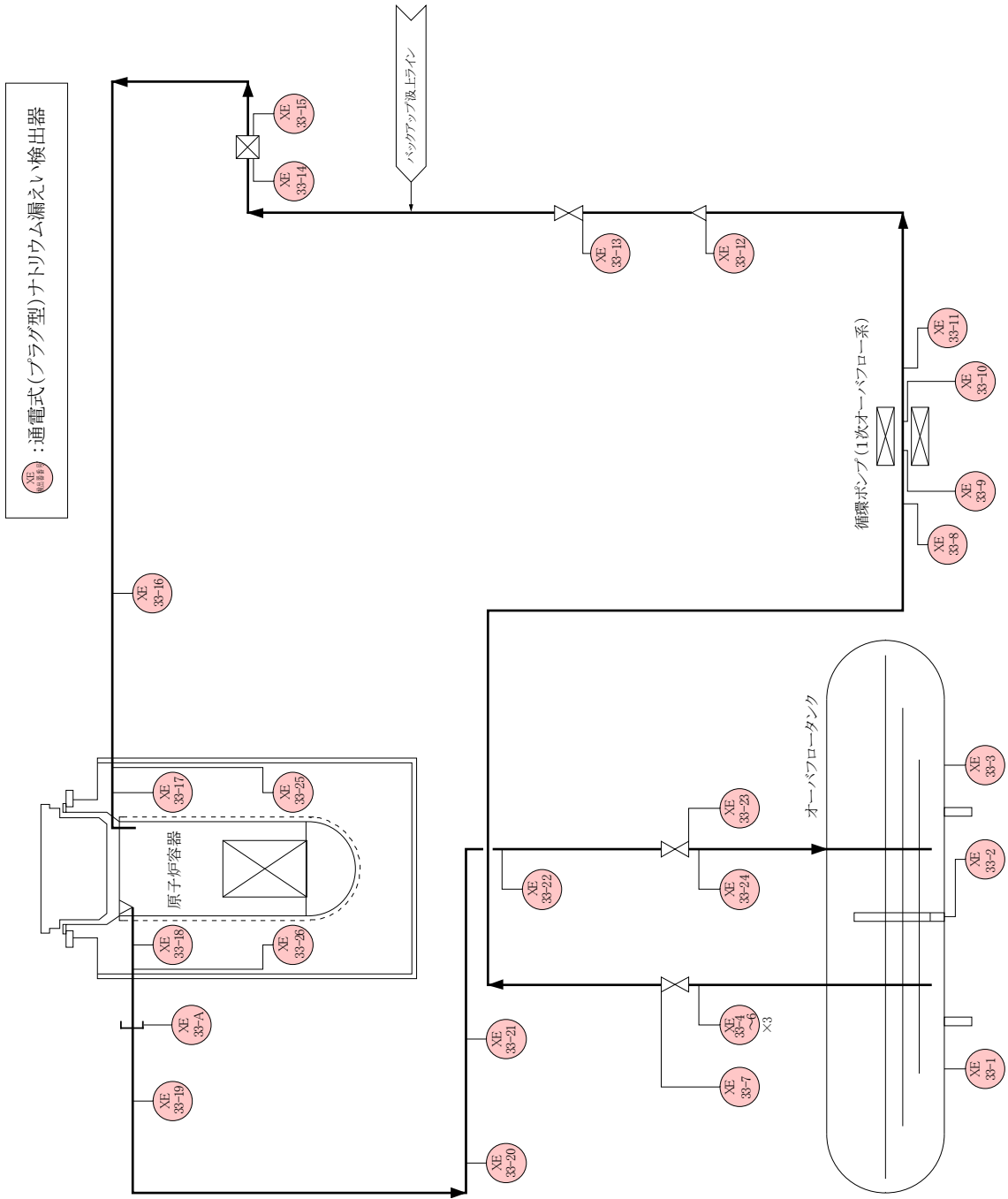
### (4) 2次系（主冷却器及び補助冷却器）

主冷却器及び補助冷却器の伝熱管は、機能上、外気と直接接触する。当該構造に鑑み、主冷却器及び補助冷却器の出口ダクトに光学式のナトリウム漏えい検出器を設置する。

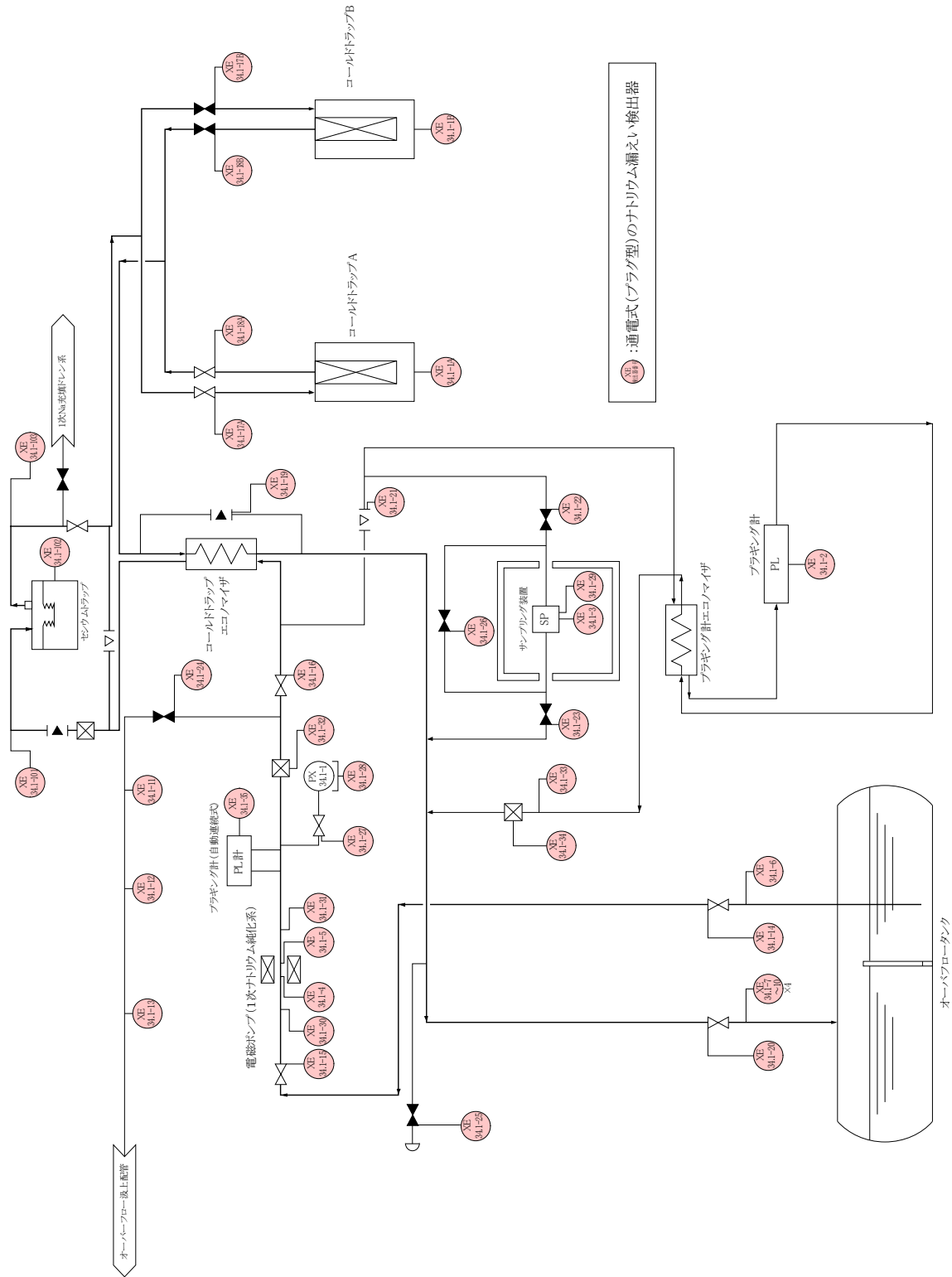




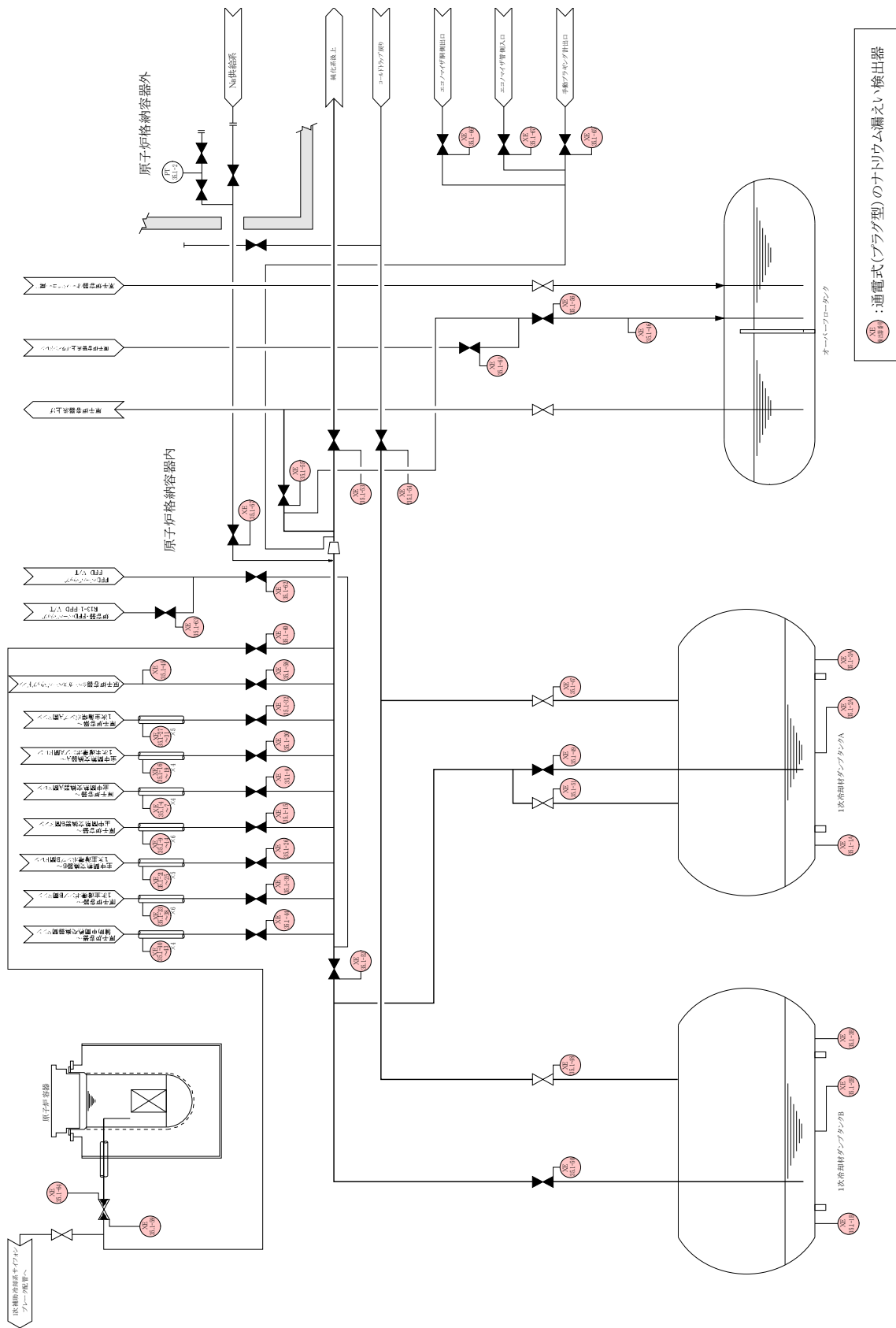
第2.2.1 図 ナトリウム漏えい検出器の配置 (2/9: 1次補助冷却系)



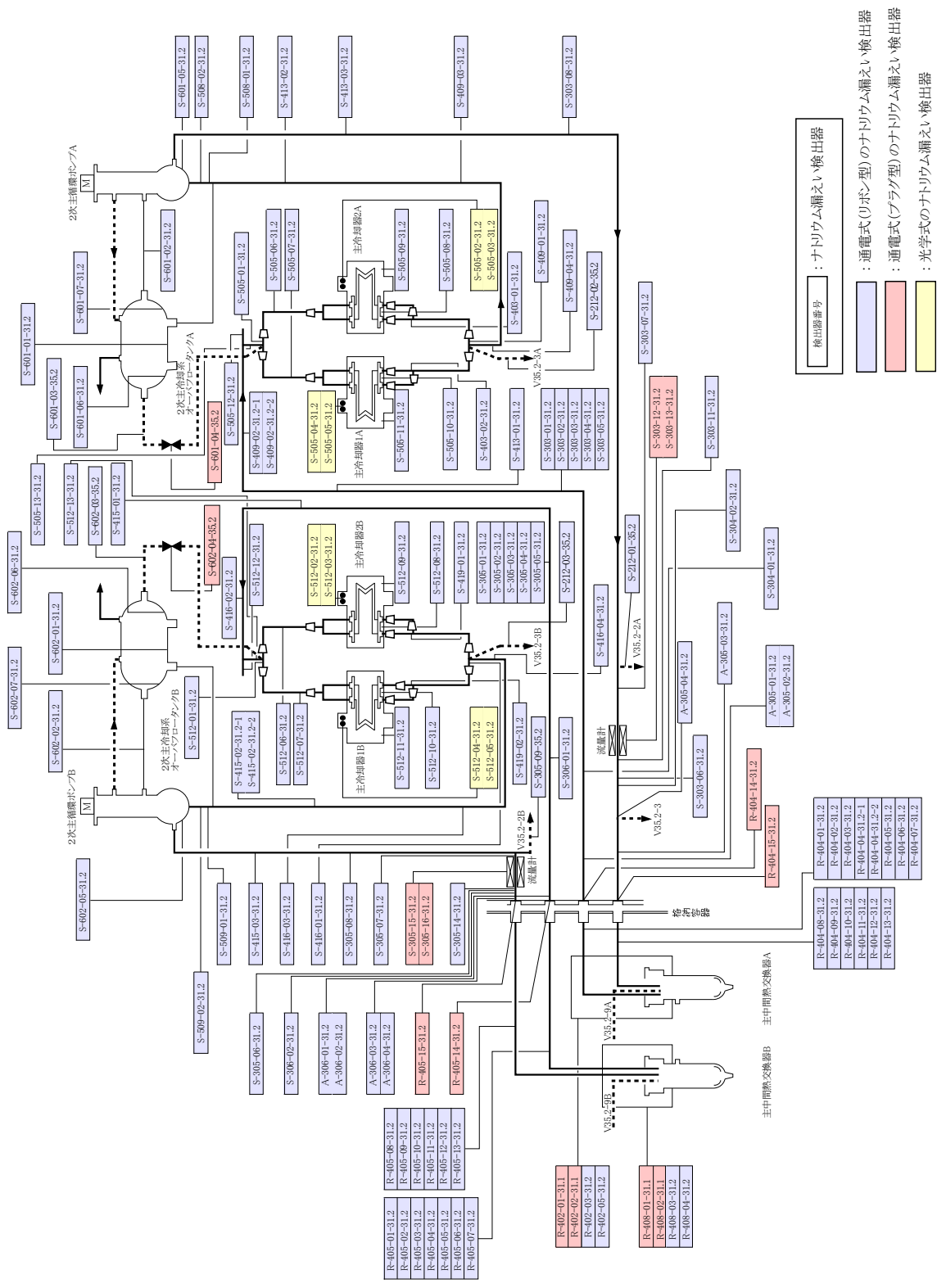
第 2.2.1 図 ナトリウム漏えい検出器の配置 (3/9 : 1 次オーバフロー系)



第 2.2.1 図 ナトリウム漏えい検出器の配置 (4/9：1 次ナトリウム純化系)



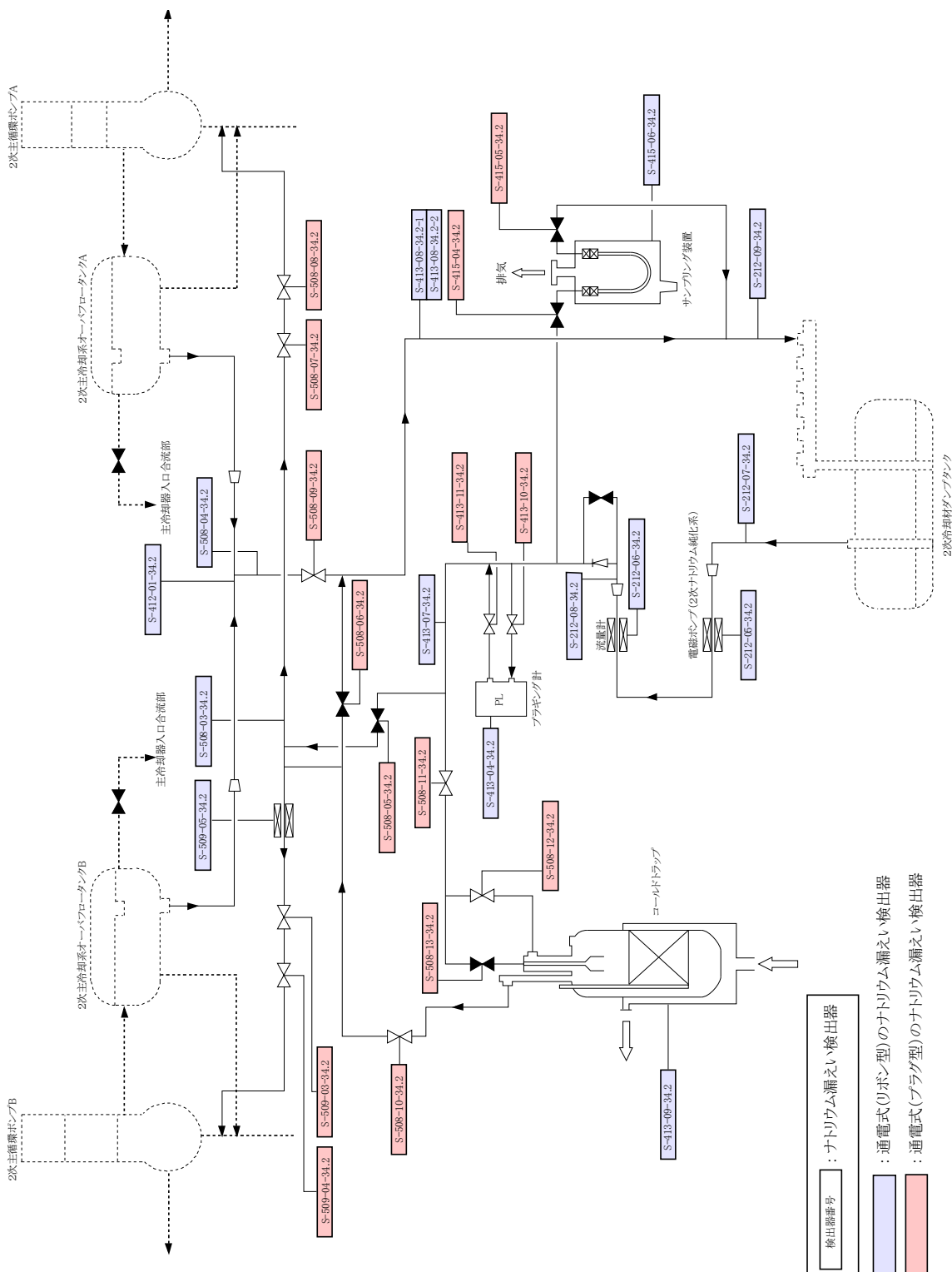
第 2.2.1 図 ナトリウム漏えい検出器の配置 (5/9: 1 次ナトリウム充填・ドレン系)



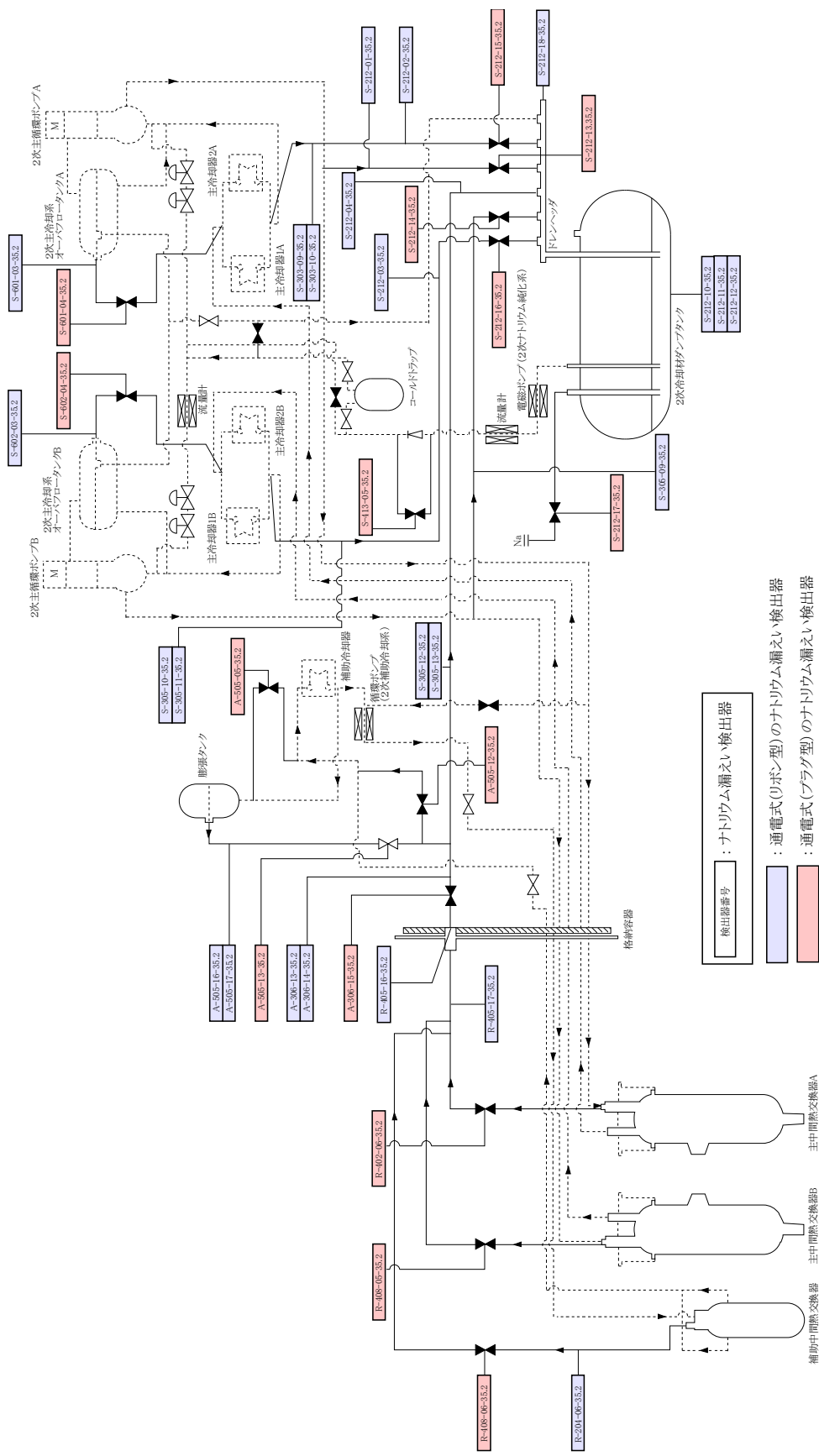
第 2.2.1 図 ナトリウム漏えい検出器の配置 (6/9 : 2次主冷却系)



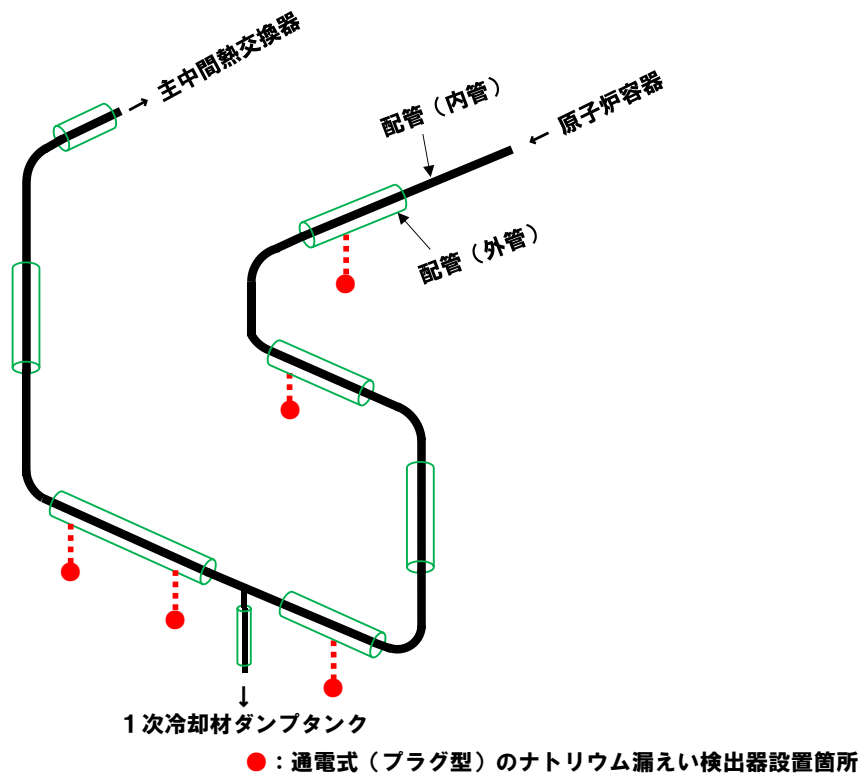




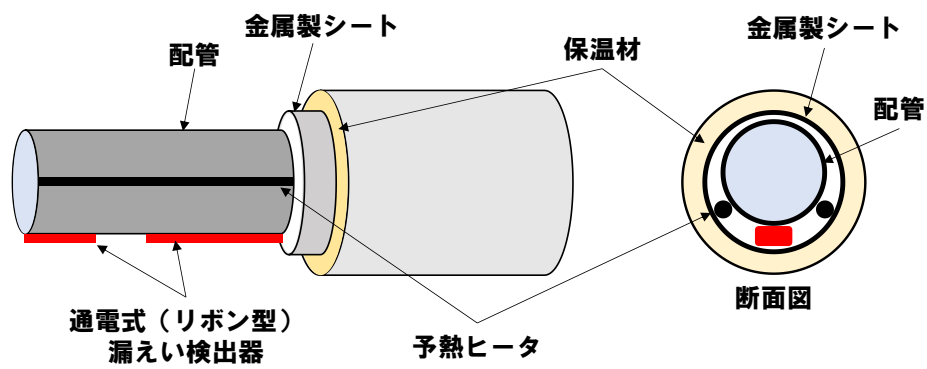
第 2.2.1 図 ナトリウム漏えい検出器の配置 (8/9 : 2 次ナトリウム純化系)



第 2.2.1 図 ナトリウム漏えい検出器の配置 (9/9：2次ナトリウム充填・ドレン系)



第 2. 2. 2 図 原子炉冷却材バウンダリにおけるナトリウム漏えい検出器の設置の概念図



第 2. 2. 3 図 通電式 (リボン型) のナトリウム漏えい検出器の設置の概念図

### 2.3 ナトリウム漏えい検出器の点検

ナトリウム漏えい検出器は、サイクル運転の開始前及び運転中に1回、検出回路の動作、検出器までの断線の有無を確認する。

なお、ナトリウム漏えいが生じ、当該漏えいを検知（作動）したナトリウム漏えい検出器は、破損の生じた配管又は機器の補修に併せて交換する。

#### ※ ナトリウム漏えい検出器の故障実績

ナトリウム漏えい検出器の故障実績を以下に示す。

- ・ 2次冷却系の通電式（リボン型）の漏えい検出器については、配管の熱変位、振動の影響により、当該検出器の外側に巻いている絶縁材が摩耗して切断され、電極がアースと接触し、電極とアースが短絡されて絶縁が低下する不具合が生じたことがある。当該事象に対して、1つの電極とアースが短絡されたことを中央制御室の監視盤にて確認できるものとする事により対応を図っている。
- ・ 2次冷却系の光学式の漏えい検出器については、投光器に取り付けているランプの消灯又はゆらぎによるものと推定される不具合による誤警報が生じたことがある。当該事象に対しては、巡視点検によりランプの状態を確認することにより対応を図っている。

### 2.4 ナトリウム漏えい検出器の自然現象に対する機能、性能の維持

ナトリウム漏えい検出器は、想定される自然現象（原子炉施設において、設計上の考慮を要する自然現象）によっても、機能、性能が維持できるものとする。

原子炉施設において、設計上の考慮を要する自然現象としては、地震、津波、洪水、降水、風（台風）、凍結、積雪、落雷、地滑り、生物学的事象、竜巻、火山の影響、森林火災を選定した。

津波、洪水、地滑り、生物学的事象のうち、海生生物の影響については、立地的要因等により、ナトリウム漏えい検出器の機能、性能に影響を及ぼすことはない\*1、\*2。

生物学的事象のうち、微生物の影響については、ナトリウム漏えい検出器の機能、性能に影響を及ぼす自然現象ではない。

\*1：津波については、【国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所（南地区）高速実験炉原子炉施設（「常陽」）「第5条（津波による損傷の防止）」】参照

\*2：洪水、地滑り及び生物学的事象のうち、海生生物の影響については、【国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所（南地区）高速実験炉原子炉施設（「常陽」）「第6条（外部からの衝撃による損傷の防止）（その1：耐竜巻設計、耐降下火砕物設計及び耐外部火災設計を除く。）】参照

地震、降水、風（台風）、凍結、積雪、落雷、生物学的事象のうち、小動物の影響、竜巻、火山の影響、森林火災については、以下のとおり設計する。

#### (1) 降水、風（台風）、凍結、積雪、火山の影響、森林火災に対する対策

ナトリウム漏えい検出器は、降水、風（台風）、凍結、積雪、火山の影響、森林火災に対して、性能が著しく阻害されないように、建物内に設置する。

## (2) 生物学的事象のうち、小動物の影響に対する対策

ナトリウム漏えい検出器は、生物学的事象のうち、小動物の影響に対して、性能が著しく阻害されないように、小動物の侵入を防止する。

## (3) 落雷に対する対策

ナトリウム漏えい検出器は、落雷に対して、性能が著しく阻害されないように、避雷設備を設ける。

## (4) 地震に対する対策

ナトリウム漏えい検出器は、基準地震動による地震力に対して、機能を喪失しないものとするを基本とする。ただし、ナトリウム漏えい検出器の構造上、基準地震動による地震力に対して、機能を喪失しない設計とすることが困難な場合は、地震により、ナトリウム漏えい検出器に異常が生じた場合に、当該異常を検知して復旧することにより、ナトリウム漏えい検出器の機能を維持する。原子炉の運転は、ナトリウム漏えい検出器の機能を復旧した上で行う。

ナトリウム漏えい検出器の構造上、基準地震動による地震力に対して、機能を喪失しない設計とすることが困難なものとしては、光学式のナトリウム漏えい検出器と通電式（リボン型）のナトリウム漏えい検出器がある。

### ① 光学式ナトリウム漏えい検出器の復旧

地震による光学式ナトリウム漏えい検出器に生じる異常は、投光器と受光器の軸がずれることが想定される。当該異常は、受光量の減少による警報の発報により確認できる。当該警報の発報を確認した場合、運転員等は、速やかに投光器と受光器の位置を調整して復旧する。当該異常が生じた場合の対応に係る手順を定める。

### ② 通電式（リボン型）のナトリウム漏えい検出器の復旧

通電式（リボン型）のナトリウム漏えい検出器は、配管等の下方の保温材の内側に敷設し、金属製のシート等で覆うことにより保持している（第 2.2.3 図参照）。また、電極は、金属製（厚さ：約 0.25mm）であり、端部は固定しておらず、フリーな状態で応力が生じる部位はない。当該構造から電極の破損が生じることはなく、地震による当該検出器の異常は、電極に巻いた絶縁材が振動・変位により偏り絶縁低下が生じることが想定される。当該異常は、中央制御室の監視盤にて警報の発報により確認できる。当該警報の発報を確認した場合、運転員等は、速やかに異常の生じた電極を同定し、ダブルエレメント（2本1組）の電極のうち、正常な電極へ接続を変えるなどにより、漏えい監視機能を復旧する。当該異常が生じた場合の対応に係る手順を定める。

なお、通電式（リボン型）のナトリウム漏えい検出器の絶縁低下の要因は、配管の熱変位等の長時間に渡り繰り返される変位によるものが主であり、短時間に激しく振動する地震により絶縁低下を生じた実績はない。また、ダブルエレメントの片側の電極の絶縁不良が確認された場合には、次回定期検査期間において、当該絶縁の補修を行い、全ての検出器の電極は、2本と

も健全な状態を維持することを基本としていることから、ダブルエレメントの2つの電極が同時に機能を喪失することはない。

## 2.5 ナトリウム漏えい検出器の誤作動防止の方策

ナトリウム漏えい検出器の誤作動を防止するため、以下の方策を講じる。

なお、万一、単一のナトリウム漏えい検出器が誤作動した場合にあっても、ナトリウム漏えいの判断は、同一エリアの火災感知器の作動の有無、現場の確認（ナトリウムエアロゾルの発生の有無やナトリウムエアロゾル特有の刺激臭の有無）又は冷却材の液位低下により行うものとする。

- ・ 電極とシース保護管又はアースがナトリウムにより短絡されることを利用する通電式のナトリウム漏えい検出器は、二重構造の間隙や金属製シート等の中に検出素子を設置することにより、金属片等の異物混入による誤作動の防止を図る。

なお、施工時にあっても、洗浄等の管理を十分に実施している。

- ・ ナトリウム燃焼によって生じる白煙（ナトリウムエアロゾル）により、光の透過率が減少することを利用する光学式のナトリウム漏えい検出器は、埃や電氣的ノイズ等に応答しないように留意した回路の構成とすることにより誤作動の防止を図る。

## 2.6 ナトリウム漏えい検出器の電源

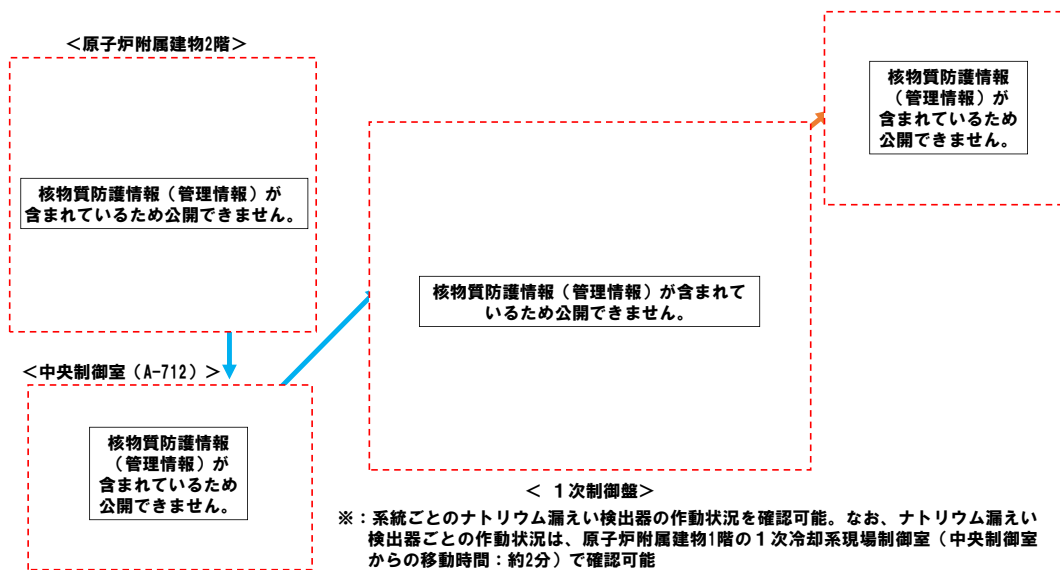
ナトリウム漏えい検出器は、外部電源喪失時に、機能を喪失しないように、非常用電源設備（非常用ディーゼル電源系及び蓄電池）より電源を供給する。

## 2.7 中央制御室における監視

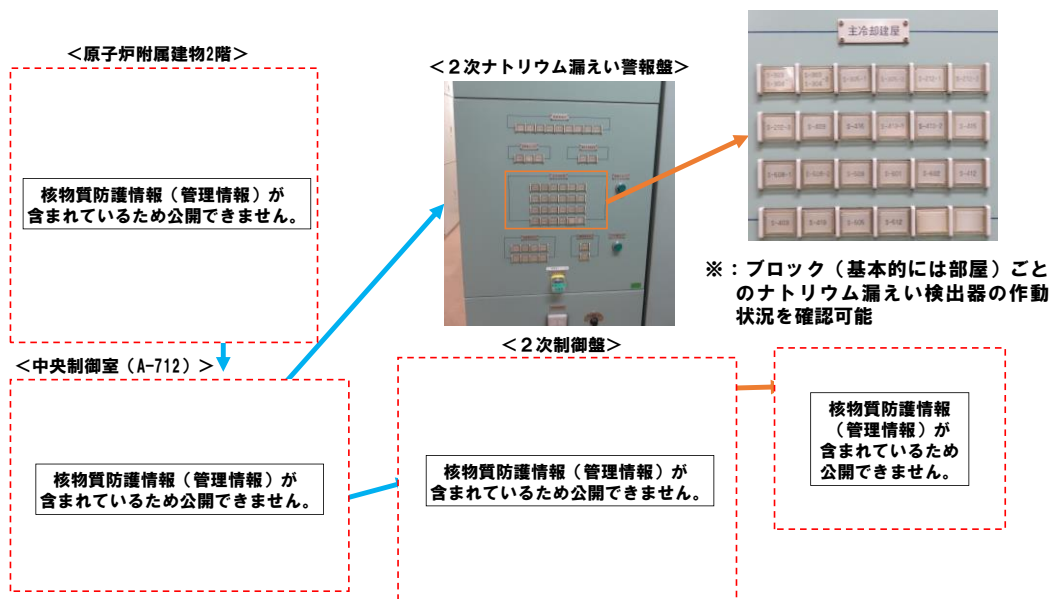
ナトリウム漏えい検出器が作動した場合は、中央制御室に警報を発する。運転員は、当該警報の発報により、中央制御室においてナトリウム漏えいを検知できる。

1次冷却材の漏えいが発生した場合には、中央制御室の「1次制御盤」において、警報の発生を確認した後、同盤により、ナトリウム漏えい検出器の作動した場所（系統）を確認できる。中央制御室における1次冷却材漏えいの監視の概要を第2.7.1図に示す。

2次冷却材の漏えいが発生した場合には、中央制御室の「2次制御盤」において、警報の発生を確認した後、同室の「2次ナトリウム漏えい警報盤」に移動し、ナトリウム漏えい検出器の作動した場所（ブロック（基本的には部屋ごと））を確認できる。中央制御室における2次冷却材漏えいの監視の概要を第2.7.2図に示す。



第 2.7.1 図 中央制御室における1次冷却材漏えいの監視の概要



第 2.7.2 図 中央制御室における2次冷却材漏えいの監視の概要



### 3. ナトリウム燃焼の感知

ナトリウム燃焼の感知は、ナトリウム漏えいの検知を起点とするものとし、ナトリウム漏えい検出器を使用する。

なお、ナトリウム漏えい検出器は、以下により、火災防護基準の火災感知設備に要求される事項に適合する。

- ・ ナトリウム漏えい検出器の配置や回路の構成により、誤作動の防止を図ること。
- ・ ナトリウム漏えい検出器が作動した場合は、中央制御室に警報を発し、かつ、ナトリウムが漏えいした場所を特定することができること。
- ・ 外部電源喪失時に、機能を喪失することがないように、非常用電源設備（非常用ディーゼル電源系及び蓄電池）より電源を供給すること。
- ・ ナトリウム漏えい検出器は、想定される自然現象によっても、機能、性能が維持できるものとする。

また、一般火災に適用する煙感知器又は熱感知器は、動作原理（煙感知器：ナトリウムエアロゾルに反応、熱感知器：ナトリウム燃焼に伴い発生する熱に反応）からナトリウム燃焼の感知にも適用できる（一般火災とナトリウム燃焼の識別について添付2に示す。）ことを考慮し、ナトリウム燃焼を確実に感知するため、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画には、火災防護基準の火災感知設備に要求される事項に適合する煙感知器又は熱感知器（基本的に、光電アナログ式スポット型感知器又は熱アナログ式スポット型を使用）を設置する。

「常陽」安全対策における温度計ウエルの流力振動評価について
-------------------------------

## 1. もんじゅナトリウム漏えい事故の原因

「もんじゅ」のナトリウム漏えい事故は、ナトリウムの流れによって温度計ウエルの後流に発生する対称渦による流力振動に伴う高サイクル疲労破損が原因であった。

「常陽」の2次系冷却系設備の設工認申請書では、当時の旧 ASME Power Test Code part 3 にしたがって交互渦に対する揚力方向のロックイン回避の判定を実施しているが、対称渦によるロックイン回避の規定はなかった。また1次系も、交互渦の流力振動評価を実施しているが、詳細は設工認申請書には記載されていない。

そこで当該事象を踏まえ、「常陽」では、温度計ウエルの流力振動評価を実施し、同様の破損が発生しないことを確認している<sup>[1]</sup>。

## 2. 渦励振に対する設計基準

ASME BPVC Section III Div.1 Appendix N<sup>[2]</sup>では、いくつかの励振メカニズムについて提示されており、N-1320 では渦放出について示されている。

直交する一様流れの中に鈍頭物体がある場合、第 2.1 図のように後流に渦が現れる。周期的に渦が放出されることで、物体に流れと直角の変動力が作用する。また、渦放出によって流れ方向にも抗力が作用するが、一般的に揚力方向よりも小さい。

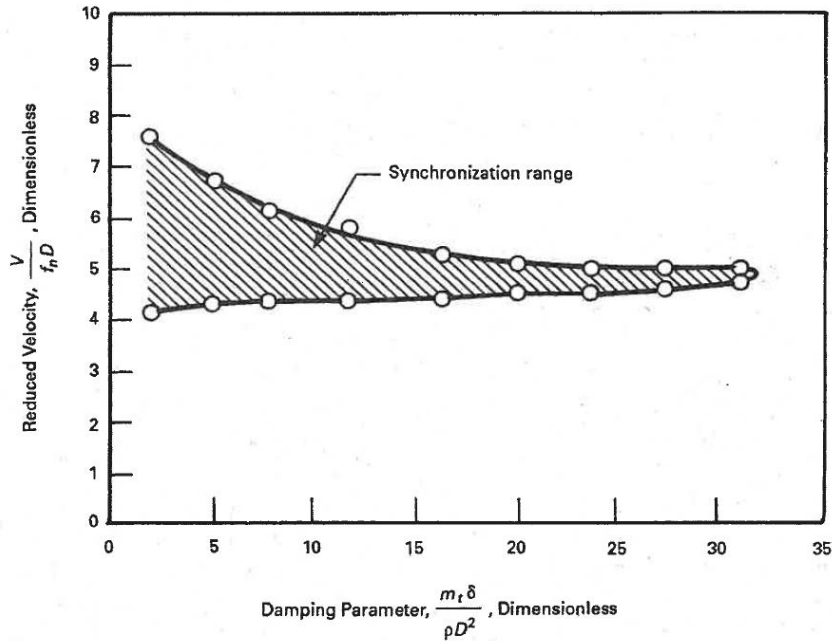
流速の増減があると、渦放出周波数が物体の固有振動数に近づく。その結果、渦放出周波数が物体の固有振動数にシフトする。すなわち、第 2.2 図に示す同期領域にあれば、流速や固有振動数が変わったとしても、固有振動数に同期する（ロックイン）。同期領域では、減衰の少ない物体では共鳴振動が起きる。

**Figure N-1321-1**  
**Vortices Shed From a Circular Cylinder**



第 2.1 図 円筒からの渦放出<sup>[2]</sup>

**Figure N-1323-1**  
**Synchronization of the Vortex Shedding Frequency and the Tube Natural Frequency for a Single, Flexibly-Mounted Circular Cylinder**



GENERAL NOTE: Synchronization occurs within the shaded region. (Ref. [106])

第 2.2 図 渦放出周波数と単一可撓支持円筒の固有振動数の同期<sup>[2]</sup>

ASME の N-1324.1 ではロックインを回避できるクライテリアが与えられており、単一円筒のロックインは次の 4 つの方法の 1 つで回避できるとされている。なお、運転状態を変えてもロックインの回避あるいは抑制できない場合は、共鳴渦誘起応答を計算しなければならない (N-1324.2) とされている。

- (a) 基本振動 (n=1) の無次元流速が以下を満足すれば、揚力方向及び抗力方向のロックインのどちらも回避できる。

$$V/f_1 D < 1$$

- (b) 与えられた振動モード (n 次) で、換算減衰係数が以下のように十分大きければ、ロックインは抑制される。

$$C_n > 64$$

- (c) 与えられた振動モード (n 次) で、以下を満たせば、揚力方向のロックインは回避され、抗力方向のロックインは抑制される。

$$V/f_n D < 3.3 \text{ and } C_n > 1.2$$

- (d) 固有振動数が以下の範囲にあれば、n 次モードで揚力方向のロックインは回避できる。

$$f_n < 0.7f_s \text{ or } f_n > 1.3f_s$$

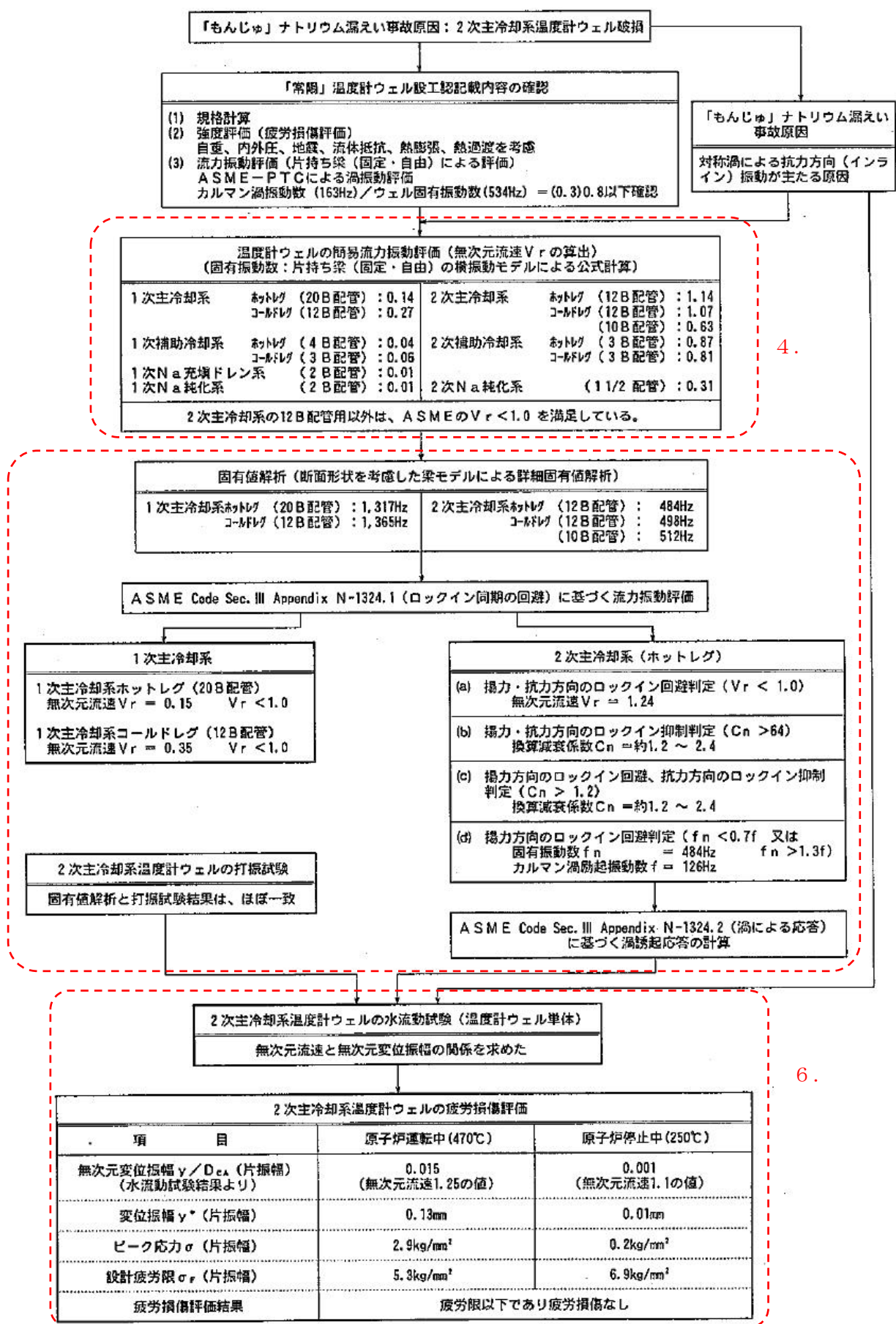
### 3. 「常陽」MK-II 炉心条件での評価の概要

前項の ASME の N-1324.1 のロックイン回避の基準にしたがい、まずは“温度計ウェルのうちナトリウム中に突き出した長さを片持ち梁とした固有振動数”により ASME のロックイン回避の基準の(a)項の揚力方向及び抗力方向のロックイン回避の判定（無次元流速  $V_r < 1.0$ ）に基づく簡易流力振動評価を行った（簡易流力振動評価）。

次に、簡易計算で(a)項を満足しない 2 次主冷却系のうち 12B 配管に取り付けられた温度計ウェルについては、温度計ウェルを詳細にモデル化した固有値計算及び打振試験により温度計ウェルの固有振動数を評価し、ロックイン回避を判定した（2 次主冷却系 12B 配管用温度計ウェルの詳細な振動特性評価）。ASME N-1324 では(a)～(d)項のいずれかを満足すればよいが、抗力方向のロックインを回避又は抑制するため、ここでは(a)～(c)のいずれかで判定した。詳細評価でも、2 次主冷却系温度計ウェルは(a)項を満足せず、減衰定数約 0.6%で(c)項を満足することから、抗力方向のロックインが抑制される下限近傍と考えられ、これより 2 次主冷却系温度計ウェルに対する渦誘起応答の計算を実施した。

渦誘起応答の計算では、水流動試験により、疲労損傷評価を行うための流力振動特性（無次元流速と無次元変位振幅）を把握し、調和加振解析によるウェル先端変位量-細管付根部応力の関係より、原子炉定格出力運転時の 100%流量運転状態で、ウェル細管付け根部発生ピーク応力が、保守的に設定された設計疲労限を下回ることを確認した。

評価の概要を第 1 図に示す。



第1図 温度計ウェル流力振動評価の概要<sup>[1]</sup>

#### 4. 簡易流力振動評価

1次主冷却系温度計ウエルの構造は第4.1図に、2次主冷却系温度計ウエルの構造は第4.2図に示すとおりであり、以下の評価条件で簡易流力振動評価を実施した。

- (1) 温度計ウエルの固有振動数を、配管内に突き出た長さを持つ片持ち梁として計算。断面2次モーメント及び単位長さ当たりの重量は、構造上一定断面でないため、等価断面2次モーメント及び等価単位長さ重量に置き換え。
- (2) レイノルズ数は、温度計ウエル壁面で算出。
- (3) ストローハル数は、温度計ウエルを単独円筒として算出。
- (4) 原子炉は100%流量運転とする。「常陽」は出力に応じて流量を変化させず、定格流量以外の振動に機器が長時間さらされないため)

$$\text{自励振動を回避できる条件} \quad Vr = \frac{V}{fn \cdot D_{CA}} < 1.0$$

V：ナトリウム流速

fn：ナトリウム中ウエル固有振動数

D<sub>CA</sub>：ナトリウム中ウエル細管部の外径

$$\text{固有振動数} \quad fn = \frac{\lambda^2}{2\pi \cdot l^2} (EIg/W)^{1/2}$$

λ<sup>2</sup>：振動係数

E：縦弾性係数

I：断面2次モーメント

g：重力加速度

W：ウエルの重量

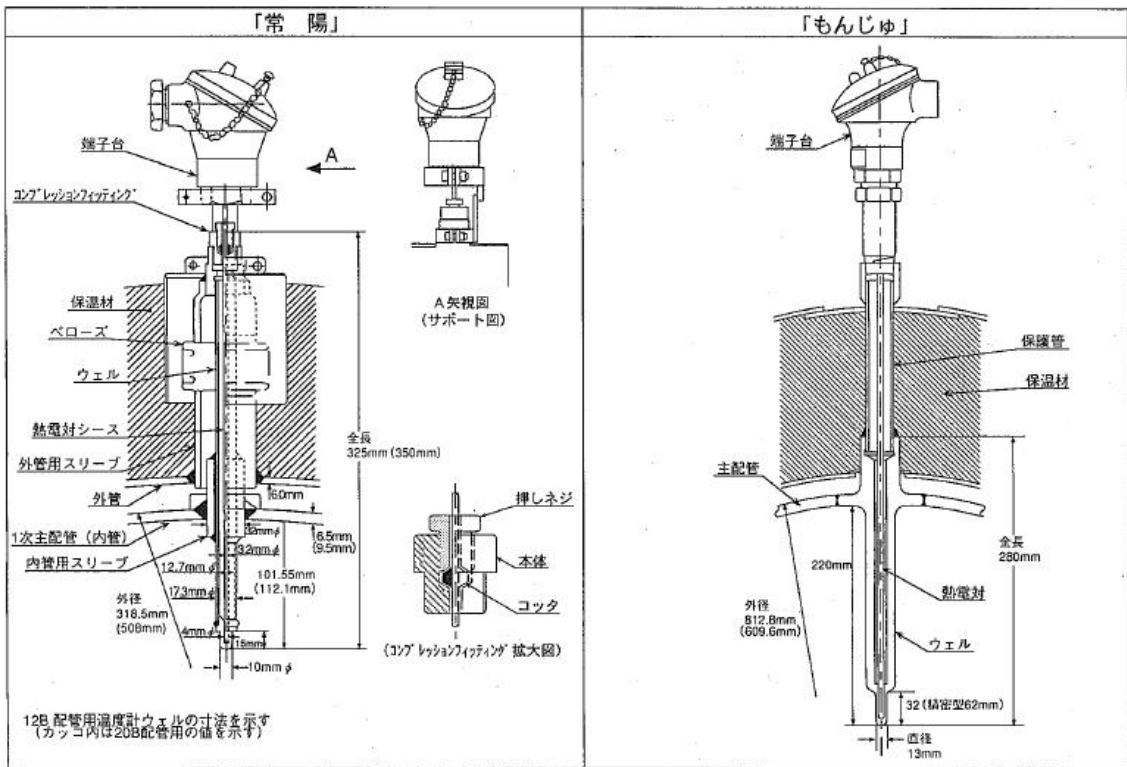
自励振動を回避できる条件の評価結果を第4.1表に、2次主冷却系配管の簡易流力振動評価を第4.2表に示す。2次主冷却系12B配管以外は自動振動を回避できる条件を満足しており、渦により共振することはない。2次主冷却系のうち12B配管に取り付けられている温度計ウエル（ナトリウム中長さ150mm）については、ロックイン回避の無次元流速  $Vr < 1.0$  を満足しないことから、詳細な流力振動評価（5.）を行った。

第 4.1 表 温度計ウェルの自励振動を回避できる条件

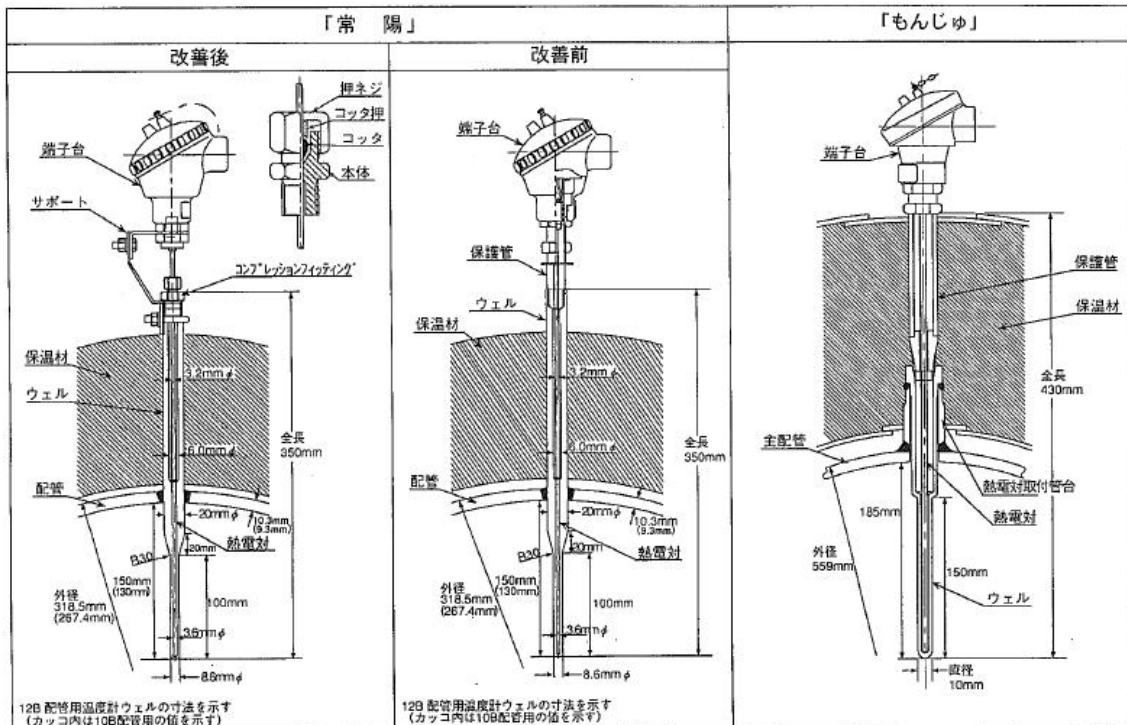
温度計ウェル			無次元流速 Vr
1 次主冷却系	ホットレグ	20B 配管	0.137
	コールドレグ	12B 配管	0.265
1 次補助冷却系	ホットレグ	4B 配管	0.033
	コールドレグ	3B 配管	0.053
1 次 Na 充填ドレン系		2B 配管	0.007
1 次 Na 純化系		2B 配管	0.010
2 次主冷却系	ホットレグ	12B 配管	<u>1.136</u>
	コールドレグ	12B 配管	<u>1.061</u>
		10B 配管	0.623
2 次補助冷却系	ホットレグ	3B 配管	0.866
	コールドレグ	3B 配管	0.807
2 次 Na 純化系		1 1/2 B 配管	0.305

第 4.2 表 2 次主冷却系温度計ウェルの簡易流力振動評価

	ホットレグ	コールドレグ	
		12B 配管	10B 配管
ナトリウム温度 (°C)	470	340	340
ナトリウム流量 (m³/s)	0.3589	0.3461	0.1731
配管外径 (m)	0.3185	0.3185	0.2674
配管内径 (m)	0.2979	0.2979	0.2488
配管内断面積 (m²)	$6.96997 \times 10^{-2}$	$6.96997 \times 10^{-2}$	$4.861728 \times 10^{-2}$
ナトリウム流速 (m/s)	5.15	4.97	3.56
動粘性係数 (m²/s)	$3.04976 \times 10^{-7}$	$3.64398 \times 10^{-7}$	$3.64398 \times 10^{-7}$
レイノルズ数	$1.45 \times 10^5$	$1.17 \times 10^5$	$8.40 \times 10^5$
ストローハル数	0.21	0.21	0.21
ウェル全長 (mm)	150.0	150.0	130.0
ウェル細幹部外径 (mm)	8.6	8.6	8.6
縦弾性係数 (kg/mm²)	$1.7876 \times 10^4$	$1.9047 \times 10^4$	$1.9047 \times 10^4$
断面 2 次モーメント (mm⁴)	2283	2283	1427
ウェル等価重量 (kg/mm)	$8.90 \times 10^{-4}$	$8.90 \times 10^{-4}$	$6.61 \times 10^{-4}$
重力加速度 (mm/s²)	9800	9800	9800
振動係数	3.516	3.516	3.516
ウェル固有振動数 (Hz)	527	544	665
カルマン渦による励振振動数 (Hz)	126	121	87
自励振動数を回避できる条件 <1.0	1.136	1.061	0.623



第 4.1 図 1 次主冷却系温度ウェルの構造比較<sup>[1]</sup>



第 4.2 図 2 次主冷却系温度ウェルの構造比較<sup>[1]</sup>



## 5. 2次主冷却系 12B 配管用温度計ウェルの詳細な振動特性評価

### 5.1 固有値解析及び打振試験

簡易流力振動評価で2次主冷却系 12B 配管用温度計ウェルについて、断面形状を詳細にモデル化した固有値解析、模擬試験体を用いた打振試験を実施した。

解析では、FINAS (ver. 12) を用いて2次主冷却系温度ウェルの断面形状を詳細にモデル化した。2次主冷却系 12B 配管用温度計ウェルの解析モデルを第 5.1.1 図に示す。固有値解析結果を第 5.1.1 表に示す。また、模擬試験体による打振試験を実施した結果を第 5.1.2 表に示す。打振試験では、模擬配管に溶接支持された温度計ウェルの上端及び先端をインパルスハンマで打振し、ウェル上端及び先端の変位又は加速度応答を計測した。

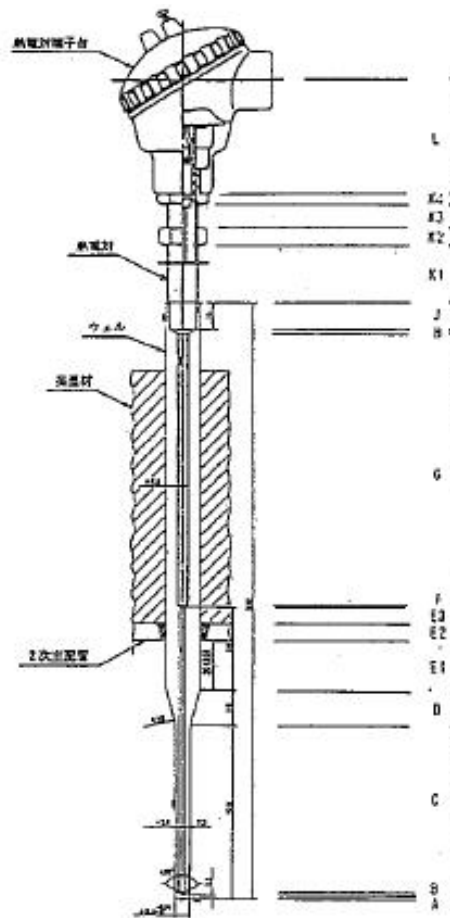
固有値解析結果と打振試験結果は一致しており、温度計ウェルの固有振動数は、1次：80Hz、2次：484Hz（原子炉運転中）、と判断した。

第 5.1.1 表 2次主冷却系温度計ウェルの固有値解析結果

ウェル タイプ	モード	Na 付加質量考慮		Na 付加質量なし（気中）		
		運転中 470℃	停止中 250℃	運転温度 470℃	停止温度 250℃	大気温度 20℃
タイプ A (150mm)	1次	80	81	80	81	82
	2次	484	507	512	538	555
タイプ B (130mm)	1次	73	74	73	74	75
	2次	497	521	526	553	570

第 5.1.2 表 2次主冷却系温度計ウェルの打振試験結果

ウェルタイプ	ウェル+熱電対 (シース付)	ウェル単体	ウェル+加速度計内挿	
	大気中	大気中	大気中	水中
タイプ A (150mm)	555.0	582.5	572.5	537.5
タイプ B (130mm)	572.5	602.5	590.0	550.0

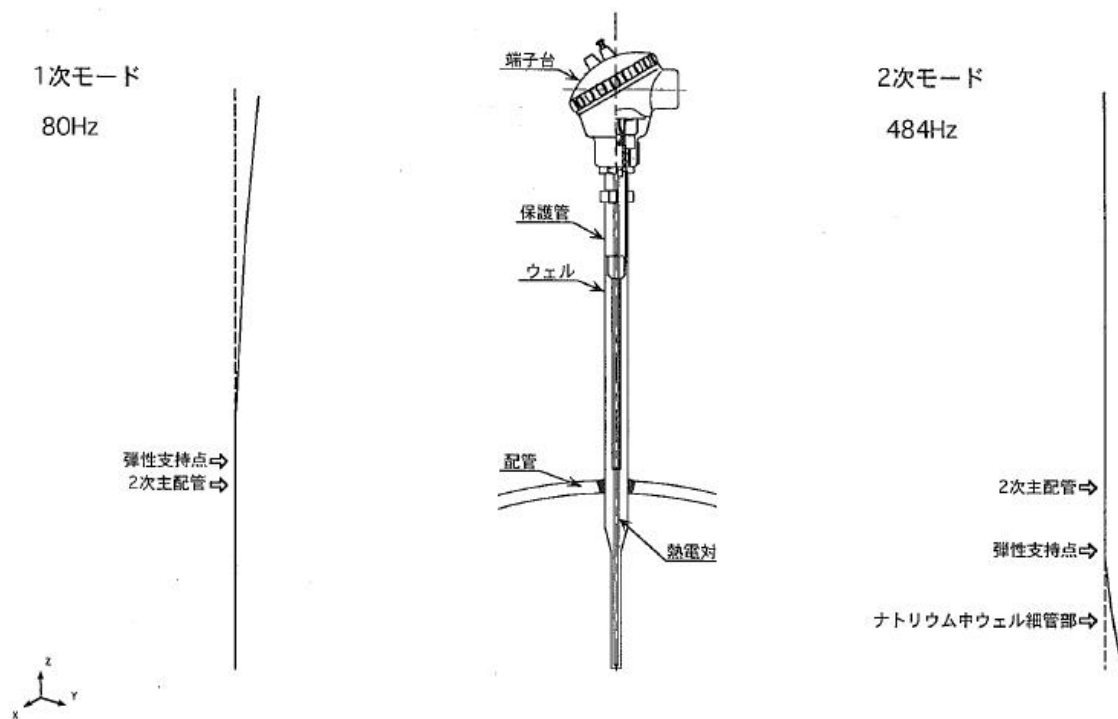


2次主冷却系ホットレグ温度計ウエルの解析条件（定格出力運転時）470℃

部材 記号	質点間 長さ (mm)	下端位置		上端位置		比重 (at 20℃) ( $\rho_g/\text{mm}^3$ )	温度 (℃)	線膨係数 ( $\alpha_L/\text{mm}^2$ )	#7/r比	備 考		
		内径 (mm)	外径 (mm)	内径 (mm)	外径 (mm)							
L	150~160	54.00	腐食染を想定							端子台重量0.425kgを算中質量として考慮		
K 4	145~150	10.00	12.7	17.3	同左		8.0273E-05	100	1.9429E+04 (SUS304)	0.272	ナット重量0.02kgを算中質量として考慮	
K 3	140~145	10.00	12.7	17.3	同左						ナット重量0.015kgを算中質量として考慮	
K 2	130~140	10.00	12.7	17.3	同左							
K 1	120~130	42.00	12.7	17.3	同左							
J	110~120	16.00	12.7	20.0	同左							
H	109~110	1.75	6.0	20.0	12.7	20.0						
G	91~109	161.55	6.0	20.0	同左		7.9064E-08	250	1.9794E+04 (S7PA24)	0.300		
F	90~91	0.70	3.6	20.0	6.0	20.0						
E 3	80~90	9.70	3.6	20.0	同左							
E 2	70~80	10.30	3.6	20.0	同左							
E 1	60~70	30.00	3.6	20.0	同左							
D	50~60	20.00	3.6	8.6	3.6	20.0					RX, Rf耐性(8.745E+06kg・mm/rad)	
C	14~50	96.00	3.6	8.6	同左					0.294	Na付加質量を考慮(Na比重量8.39473E-07kg/mm <sup>3</sup> )	
B	12~14	1.50	0.0	8.6	3.6	8.6					Na付加質量を考慮(Na比重量8.39473E-07kg/mm <sup>3</sup> )	
A	10~12	2.50	0.0	8.6	同左						Na付加質量を考慮(Na比重量8.39473E-07kg/mm <sup>3</sup> )	
合計		486.00										

部材記号C-K 4に熱電対シース重量を考慮(シース重量4.5E-05kg/mm)

第 5.1 図 2次主冷却系温度計ウエルの解析モデル及び解析条件（470℃）<sup>[1]</sup>



第 5.1 図 2 次主冷却系温度計ウェルの振動モード (スプリング式) [1]

## 5.2 揚力・抗力方向のロックイン回避及び抑制の判定

固有値解析及び打振試験で得られた固有振動数を用いて、ASME の揚力・抗力方向の渦による振動のロックイン回避及び抑制の評価を行った。

判定には以下の条件を用いた。

- (1) 原子炉運転中における 100%流量条件 (MK-II) を用いている。「常陽」は出力に応じて流量を変化させず、定格流量以外の振動に機器が長時間さらされないため)
- (2) レイノルズ数は、 $2 \times 10^5$  以下の領域であることから、ストローハル数は 0.21 一定としている。
- (3) 換算減衰係数は、ASME で示されている温度計ウェルの振動モード関数を考慮して算出している。
- (4) ウェルの減衰定数は、「もんじゅ」で得られたデータを参考に 0.5~1.0%を用いている。

ASME に基づく評価を第 5.2.1 表及び第 5.2.2 表に示す。ASME N-1324 では (a)~(d) 項のいずれかを満足すればよいが、抗力方向のロックインを回避又は抑制するため、ここでは (a)~(c) のいずれかで判定した。

2 次主冷却系の 12B 配管に取り付けられている温度計ウェルの判定を第 5.2.2 表に示す。揚力方向のロックインは回避できる。一方、抗力方向は (a) 項を満足せず、(c) 項である揚力方向のロックイン回避及び抗力方向のロックイン抑制の判定値 ( $V_r < 3.3$  かつ  $C_n > 1.2$ ) を減衰定数約 0.6% で満足することから、抗力方向のロックインが抑制される領域の下限界近傍であると考えられる。

なお、第 5.2.1 図に打振試験の模擬試験体で、スナップバック試験により測定した減衰定数を示す。温度計ウェルに熱電対シースが挿入されていた場合の減衰定数は、ほぼ一定値になっている約 3% 一定であれば、ASME の (c) 項、揚力方向ロックイン回避及び抗力方向ロックイン抑制を十分満足する。

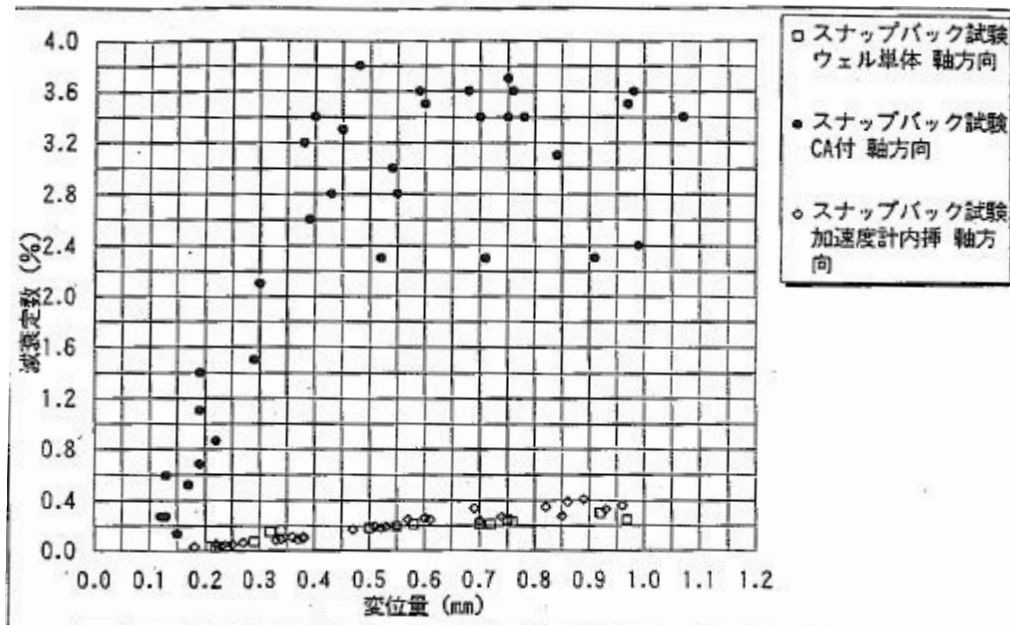
よって、抗力方向については、実機を模擬した水流動試験を行って応答特性を把握し、疲労損傷評価 (6.) を行うものとした。

第 5.2.1 表 2 次主冷却系温度計ウェル (12B 配管) のロックイン回避及び抑制の判定

項目	ホットレグ	コールドレグ
ナトリウム温度 (°C)	470	340
ナトリウム流量 (m <sup>3</sup> /s)	0.3589	0.3461
配管内断面積 (m <sup>2</sup> )	6.96997×10 <sup>-2</sup>	6.96997×10 <sup>-2</sup>
縦弾性係数 (kg/mm <sup>2</sup> )	1.7876×10 <sup>4</sup>	1.8962×10 <sup>4</sup>
ナトリウム流速 (m/s)	5.15	4.97
動粘性係数 (m <sup>2</sup> /s)	3.04976×10 <sup>-7</sup>	3.58357×10 <sup>-7</sup>
レイノルズ数	1.45×10 <sup>5</sup>	1.19×10 <sup>5</sup>
ストローハル数	0.21	0.21
渦放出周波数 (1/s)	126	121
温度計ウェル固有振動数 (1/s)	484	498
温度計ウェルの細莖部外径 (mm)	8.6	8.6
無次元流速 V <sub>r</sub>	1.24	1.16
ウェル減衰定数 (0.5%)	0.005	0.005
ウェル減衰定数 (1.0%)	0.010	0.010
温度計ウェルの一般化質量 (kg・s <sup>2</sup> /mm)	3.28519×10 <sup>-6</sup>	3.28519×10 <sup>-6</sup>
流体の質量密度 (kg・s <sup>2</sup> /mm <sup>4</sup> )	8.56605×10 <sup>-11</sup>	8.88281×10 <sup>-11</sup>
流れを受けるウェルの長さ (mm)	150	150
換算減衰係数 C <sub>n0.5</sub>	1.20	1.16
換算減衰係数 C <sub>n1.0</sub>	2.40	2.31
0.7f	88	85
1.3f	163	158

第 5.2.2 表 ロックイン回避及び抑制する条件

回避及び抑制の基準		無次元流速 $V_r$ 固有振動数 $f_n$	換算減衰係数 $C_n$	備考
(a)	揚力・抗力方向ロックイン回避	$V_r < 1.0$		倍調モードの共振を回避するように剛性を高めることを目的
(b)	揚力・抗力方向ロックインの抑制		$C_n < 64$	風にさらされるスタック、塔及びマスト等に関するもの
(c)	揚力方向ロックイン回避及び抗力方向ロックイン抑制	$V_r < 3.3$	$C_n > 1.2$	$C_n > 1.2$ は特に抗力方向のロックインを抑制する目的
(d)	揚力方向ロックイン回避	$f_n < 0.7f$ 又は $f_n > 1.3f$		



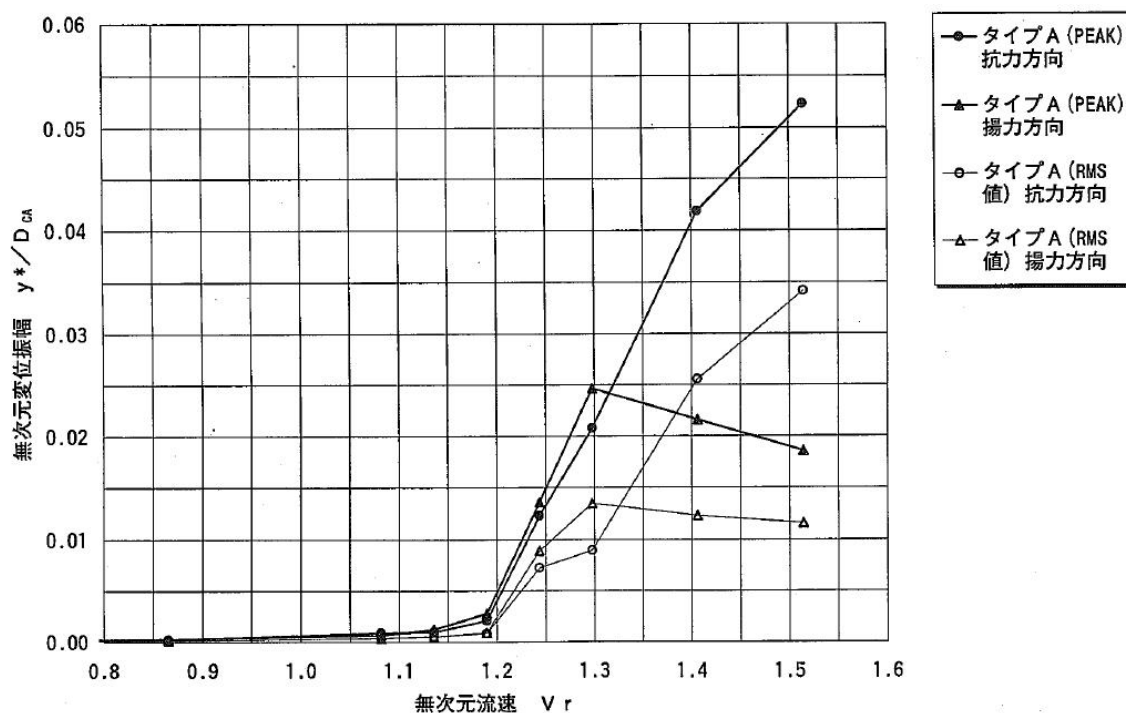
第 5.2.1 図 「常陽」 2 次主冷却系温度計ウェルの減衰定数<sup>[1]</sup>

## 6. 2次主冷却系 12B 配管用温度計ウェルの疲労損傷評価

### 6.1 水流動試験

水流動試験には、長さ 1m の 10B 配管に実機同様に配管上部から配管内に温度計ウェルを突き出し直接溶接支持された模擬試験体（配管内ウェル長さ 150mm（12B 配管用、タイプ A））を用いた。温度計ウェル先端に加速度計（2 方向）を設置し、振動挙動を計測した。また配管内の平均流速を超音波流速計で計測した。

水流動試験（常温水）から、ナトリウム温度 470°C 及び 250°C での評価に用いるため、2 次主冷却系温度ウェルの無次元流速と無次元変位振幅の関係を整理した。第 6.1.1 図にナトリウム中ウェル長さ 150mm（12B 配管用、タイプ A）における無次元流速と無次元変位振幅の関係を示す。原子炉運転中（MK-II 470°C）においては流速 5.15m/s で無次元流速 1.24（484Hz）で無次元変位振幅（ピーク値）は約 0.015（約 0.13mm（片振幅））、原子炉停止中 250°C においては流速 4.85m/s で無次元流速 1.11（507Hz）で無次元変位振幅（ピーク値）は約 0.001（約 0.01mm（片振幅））となる。



第 6.1.1 図 無次元流速と無次元変位振幅の関係（12B 配管用、タイプ A）<sup>[1]</sup>

## 6.2 疲労損傷評価

梁モデルによる調和加振解析の結果より応力を算出した（第 6.2.1 図）。なお、応力集中係数は、切り欠き棒の  $r/d$  より、1.04 とした（3次元ソリッドモデル解析から算出した応力集中係数とほぼ一致しており、解析結果より保守的な値）。評価結果を第 6.2.1 表にまとめる。

水流動試験結果から求めた無次元流速と無次元変位振幅との関係から求めた変位振幅より、原子炉運転中（MK-II 470°C）においては、最大変位振幅約 0.13mm（片振幅）、ピーク応力 2.9kg/mm<sup>2</sup>（片振幅、応力集中係数考慮）、原子炉停止中（250°C）においては、最大変位振幅は約 0.01mm（片振幅）、ピーク応力は約 0.2kg/mm<sup>2</sup>（片振幅、応力集中係数考慮）となる。設計疲労限  $\sigma_F$  は運転中 5.3kg/mm<sup>2</sup>、停止中 6.9kg/mm<sup>2</sup>（高速原型炉第 1 種機器の高温構造設計方針（BDS）より求めた疲労限（10<sup>11</sup> 回外挿値、第 6.2.2 表及び第 6.2.2 図参照）に 1/1.2 倍した値、10<sup>14</sup> 回疲労限）であり、原子炉運転中及び原子炉停止中とも設計疲労限以下で温度計ウェルが流力振動によって損傷することはない。

よって、「常陽」2 次主冷却系温度計ウェルが渦による振動によって損傷することはない、その構造健全性に問題ないことを確認した。

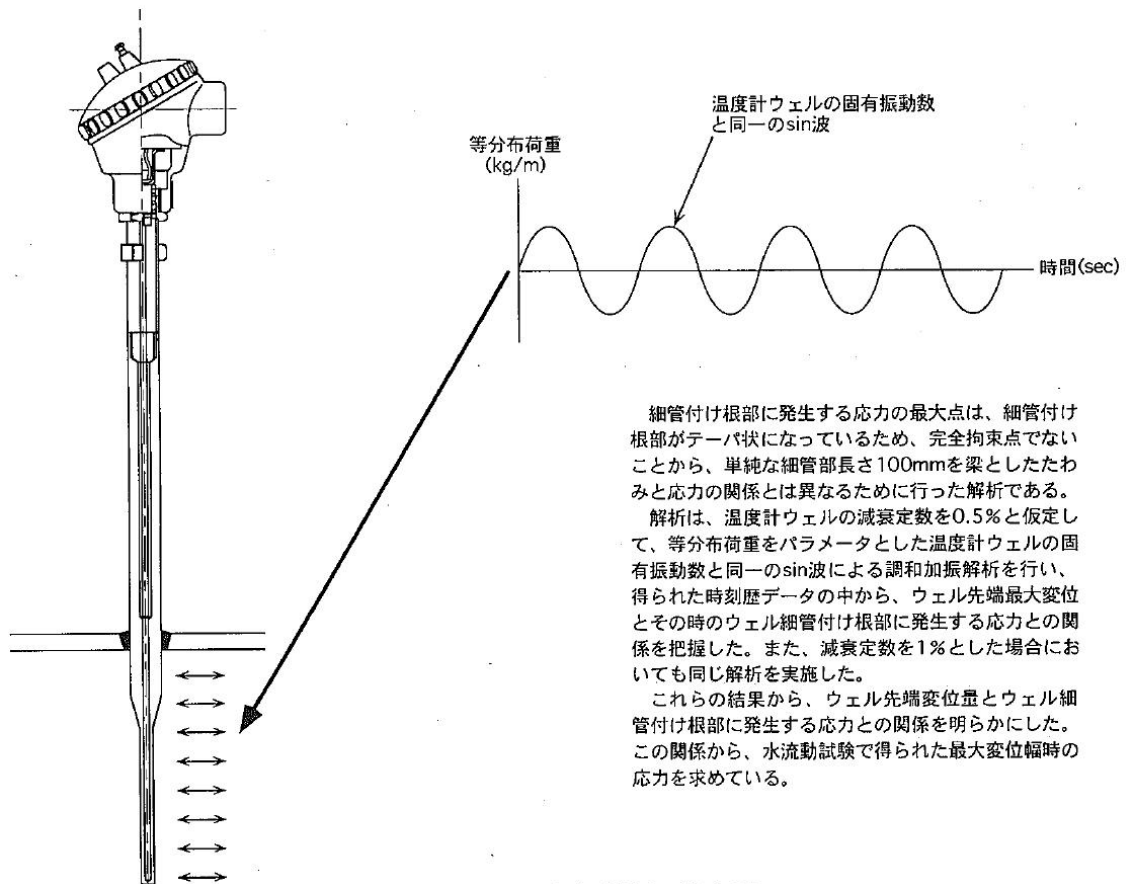


第 6. 2. 1 表 2 次主冷却系温度系ウェル細管付け根部応力及び疲労損傷評価

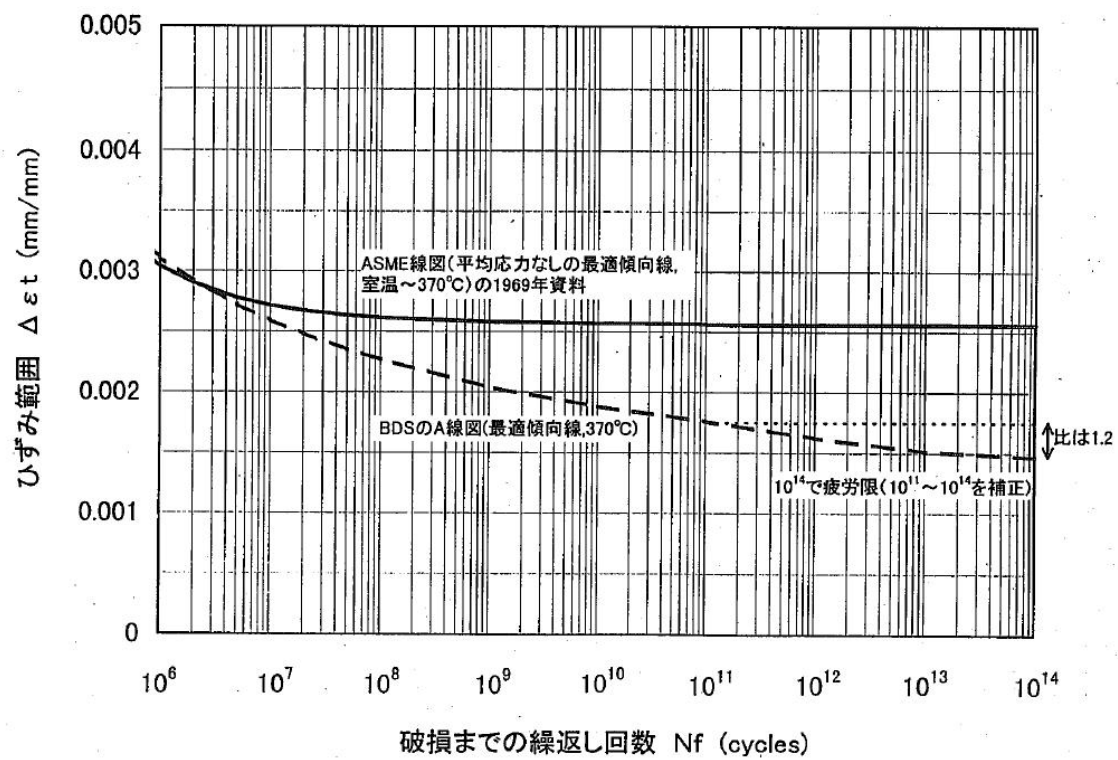
項目	備考	運転中 (MK-II 470℃)	停止中 (250℃)
流量 (100%流量)		0. 3589	0. 3378
流速 (100%流量) (m/s)		5. 15	4. 85
ウェル先端応答加速度	水流動試験結果	150	10
無次元変位振幅	水流動試験結果	0. 015	0. 001
最大変位振幅 (mm)		0. 13	0. 01
縦弾性係数 (kg/mm <sup>2</sup> )		1. 7876×10 <sup>4</sup>	1. 9764×10 <sup>4</sup>
断面 2 次モーメント (mm <sup>4</sup> )		260. 27	260. 27
細管部外径 (mm)		8. 60	8. 60
細管部長さ (mm)		100	100
断面係数 (mm <sup>3</sup> )		60. 53	60. 53
発生応力	調和加振解析結果	2. 79	0. 21
ピーク応力	応力集中係数考慮	2. 90	0. 21
100%流量実績運転時間 (s)		1. 8443×10 <sup>8</sup>	3. 1639×10 <sup>8</sup>
100%流量運転時間 (s)	予定を含めた運転時間	2. 1554×10 <sup>8</sup>	3. 7860×10 <sup>8</sup>
BDS による疲労限 (kg/mm <sup>2</sup> )		6. 4	8. 3
設計疲労限 $\sigma_F$ (kg/mm <sup>2</sup> )	BDS による疲労限/1. 2	5. 3	6. 9
疲労損傷評価結果		疲労損傷なし	疲労損傷なし

第 6. 2. 2 表 材料の疲労限 (BDS)

温度 (°C)	2 1/4Cr-1Mo 鋼
20	8. 8
⋮	
250	8. 3
⋮	
450	6. 8
475	6. 3
⋮	



第 6. 2. 1 図 調和加振解析による応力算出<sup>[1]</sup>



第 6. 2. 2 図 材料の疲労曲線<sup>[1]</sup>

## 7. MK-III炉心以降での対策

MK-III改造工事により、1次主冷却系(約1100t/h→1350t/h)、2次主冷却系(約1100t/h→約1200t/h)ともループ流量は増加しており、ナトリウム流速はわずかに増加するが、2次主冷却系12B配管用温度計ウェル以外は、片持ち梁の横振動モデルによる公式計算で(a)項の揚力及び抗力方向のロックイン回避の判定( $V_r < 1$ )を満足することに変わりはない。

2次主冷却系12B配管用温度計ウェルは、MK-III改造工事に、予防保全の観点で短尺化(ナトリウム中長さ:150mm→65mm)したものに交換している。短尺化により温度計ウェルの固有振動数は大きくなり、その結果無次元流速 $V_r$ も小さくなるため、片持ち梁の横振動モデルによる公式計算で(a)項の揚力及び抗力方向のロックイン回避の判定( $V_r < 1$ )を満足できる。短尺化後のMK-III条件での評価結果を第7.1表に示す<sup>[3]</sup>。第4.1表と比較すると、無次元流速 $V_r$ はホットレグでは1.14→0.16、コールドレグでは1.07→0.15と大きく低下している。

第7.1表 短尺化後の2次主冷却系12B配管用温度計ウェルの評価結果

項目	主冷却器入口側 温度計ウェル (ホットレグ)	主冷却器出口側 温度計ウェル (コールドレグ)
渦による励振振動数 f	123 Hz	117 Hz
温度計ウェル固有振動数 $f_n$	3598 Hz	3721 Hz
無次元流速 $V_r$	0.16	0.15
判定 ( $V_r < 1.0$ )	合格	合格

[1] 磯崎 和則、富田 直樹、高速実験炉「常陽」温度計ウェルの流力振動評価、PNC TN9410 97-062、1997。URI: <https://jopss.jaea.go.jp/search/servlet/search?4036149>。

[2] ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section III, BPVC-III.A-2021.

[3] 2次系冷却系配管の一部変更、設計及び工事の方法の認可申請書、平成11年8月。

一般火災とナトリウム燃焼の識別
-----------------

ナトリウム燃焼は、ナトリウムを内包する配管又は機器が破損し、ナトリウムが漏えいした場合に空気雰囲気下において生じるものであり、一般火災を起因にナトリウム燃焼が生じるおそれはないことから、ナトリウム燃焼と一般火災の識別は、ナトリウム漏えい検出器の作動の有無、ナトリウム燃焼により生じるナトリウムエアロゾルの発生の有無、ナトリウムエアロゾル特有の刺激臭の有無により行う。ナトリウム漏えい検出器は、外部電源喪失時においても機能を喪失しないよう、非常用電源設備（非常用ディーゼル電源系及び蓄電池）より電源を供給するものとし、十分な信頼性を確保する。

ナトリウムは、ABC消火剤（主成分：リン酸アンモニウム等）と反応するため、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画には、炭酸ナトリウム、炭酸カリウム、炭酸リチウム等からなる特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器を設置する。

特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、一般火災にも使用できるものの、ABC消火器と比べて放射距離が短い。このため、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画において、一般火災のみが生じていることが確認できた場合には、ABC消火器を使用する。

ナトリウム燃焼が生じた際に同時に生じるおそれのある一般火災についても、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器により消火ができるように、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画は、油やケーブル等の可燃性物質の量を少なく管理するか、ナトリウム燃焼に伴い可燃性物質に延焼しないように距離を確保することを基本とし、ナトリウム燃焼に伴い可燃性物質に延焼するおそれがある場合（可燃性物質の量が少なく影響が小さい場合を除く。）には、当該可燃性物質を耐火能力を有する隔壁で覆い延焼を防止する。

特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器について

## 1. 概要

ナトリウム燃焼の消火の際に使用する特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器及び防護具（防護服、防護マスク、携帯用空気ボンベ等）について示す。

## 2. 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器及び防護具の概要

ナトリウムは、ABC消火剤（主成分：リン酸アンモニウム等）と反応するため、ナトリウム燃焼の消火には、炭酸ナトリウム、炭酸カリウム、炭酸リチウム等からなる特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器を使用する。

また、ナトリウムは、直接皮膚に接触するとアルカリ火傷を生じ、ナトリウム燃焼に伴い発生するナトリウムエアロゾルは、人体に有害である。このため、ナトリウム燃焼の消火は、防護具（防護服、防護マスク、携帯用空気ボンベ等）を装備して行う。

特殊化学消火剤及び特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器を第 2.1 図に、防護具を第 2.2 図に示す。



第 2.1 図 特殊化学消火剤及び特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器



第 2.2 図 防護服、防護マスク及び携帯用空気ボンベ

### 3. 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器及び防護具の設置

特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器及び防護具は、以下のとおり設置する。

- ・ ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画ごとに1～2本程度を分散して設置する。ただし、原子炉運転中、窒素雰囲気で維持する格納容器（床下）については、原子炉停止後に保守等のために当該雰囲気を空気雰囲気とした場合に設置する。

なお、格納容器（床下）を空気雰囲気に置換している際にナトリウムが漏えいし、これを検知した場合には、空気雰囲気への置換を停止するとともに、再度、窒素を供給して、可能な限り酸素濃度を低下させることにより、ナトリウム燃焼を抑制するものとする。

- ・ ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画に加えて、当該火災区画に至る経路（主冷却機建物及び原子炉建物）に、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器及び防護具を設置し、必要に応じて、持参できるようにする。

特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器の設置に当たっては、以下の事項を遵守する。

- ・ 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、通行又は避難に支障がなく、必要時にすぐに持ち出せる場所に設置する。
- ・ 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、床面からの高さ1.5m以下に設置する。
- ・ 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、地震や振動により転倒しないように、消火器ケースを用いる等の転倒防止措置を講じる。
- ・ 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、「消火器」の標識を見やすい位置に付ける。
- ・ 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、6か月に1回以上、外形を点検する。

### 4. 特殊化学消火剤の保有量

原子炉施設で保有する特殊化学消火剤の量は、一系統における単一の配管又は機器の破損を想定し、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画の構造を考慮して、十分な容量を備えるものとする。具体的には、床面積の大きい主冷却機建物地下1階の2次系ダンプタンク室の床面積（約120m<sup>2</sup>）から1トン以上の特殊化学消火剤を保有するものとする。

### 5. 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器の自然現象に対する機能、性能の維持

特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、想定される自然現象（原子炉施設において、設計上の考慮を要する自然現象）によっても、機能、性能が維持できるものとする。

原子炉施設において、設計上の考慮を要する自然現象としては、地震、津波、洪水、降水、風（台風）、凍結、積雪、落雷、地滑り、生物学的事象、竜巻、火山の影響、森林火災を選定した。

津波、洪水、地滑り、生物学的事象のうち、海生生物の影響については、立地的要因等により、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器の機能、性能に影響を及ぼすことはない\*1、\*2。

落雷、生物学的事象のうち、微生物の影響については、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器の機能、性能に影響を及ぼす自然現象ではない。

\*1：津波については、【国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所（南地区）高速実験炉原子炉施設（「常陽」）「第5条（津波による損傷の防止）」】参照

\*2：洪水、地滑り及び生物学的事象のうち、海生生物の影響については、【国立研究開発法人日

本原子力研究開発機構大洗研究所（南地区）高速実験炉原子炉施設（「常陽」）「第6条（外部からの衝撃による損傷の防止）（その1：耐竜巻設計、耐降下火砕物設計及び耐外部火災設計を除く。）」】参照

地震、降水、風（台風）、凍結、積雪、生物学的事象のうち、小動物の影響、竜巻、火山の影響、森林火災については、以下のとおり設計する。

#### (1) 凍結に対する対策

敷地付近の水戸地方気象台での記録（1897年～2013年）によれば、最低気温は $-12.7^{\circ}\text{C}$ であり、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、使用温度範囲が当該最低気温に適切な余裕を考慮したものを使用することにより凍結を防止する。第5.1図に特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器の使用温度範囲を示す。



第 5.1 図 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器の使用温度範囲

#### (2) 降水、風（台風）、積雪、火山の影響、森林火災に対する対策

特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、降水、風（台風）、積雪、火山の影響、森林火災に対して、性能が著しく阻害されないように、建物内に設置する。

#### (3) 生物学的事象のうち、小動物の影響に対する対策

特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器の安全データシート (SDS) <sup>[1]</sup> によれば、避けるべき条件として、高温高湿度環境がある。特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、小動物の影響（排泄物）に対して、性能が著しく阻害されないように、定期的に外形を点検する。

[1]：特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器の SDS の一例：

[https://www.ndc-group.co.jp/products/fire\\_extinguisher/data/sds/dc\\_natn\\_001\\_3.pdf](https://www.ndc-group.co.jp/products/fire_extinguisher/data/sds/dc_natn_001_3.pdf)

#### (4) 地震に対する対策

特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、地震や振動により転倒しないように、消火器ケースを用いる等の転倒防止措置を講じる。

なお、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、建物外と連結する消火配管を有しないため、



地盤変位対策を必要としない。

6. 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器の破損、誤作動又は誤操作による影響

特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器が破損した場合には、電気機器へ悪影響を及ぼすおそれがあることから、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、転倒・落下し破損又は誤作動しないように、消火器ケースを用いる等の転倒防止措置を講じるものとする。

また、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、誤操作を防止するため、「8. 訓練」に示す訓練を受けた運転員等が使用するものとする。

7. 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器に対する二次的影響の考慮

特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、火災の火炎及び熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体等による二次的影響も考慮して、火災区画内に分散して設置する。また、万一、当該火災区画内の特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器が使用できない場合には、当該火災区画と異なる場所から特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器を持参できるように特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器を設置する。

8. 訓練

原子炉施設保安規定に基づき年1回以上、消火訓練を実施し、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器等の使用に係る習熟度向上を図る。当該訓練は、「試験研究の用に供する原子炉等の設置、運転等に関する規則」の第8条に基づく緊急作業従事者に対する訓練として実施している。消火訓練の様子を第8.1図に示す。

なお、下部規定において、対象者の範囲をナトリウム取扱作業者に広げ、ナトリウムを直接取り扱う全ての者に対しても実施している。



第 8.1 図 消火訓練の様子

## 1 次冷却材漏えい時の対応について

格納容器（床下）において、1 次冷却材の漏えいが発生した場合の主な対応を以下に示す。

- ① 格納容器（床下）における 1 次冷却材の漏えいの発生を「ナトリウム漏えい警報の発報」を起点として、「オーバフロータンクの有意な液面低下」又は「複数のナトリウム漏えい検出器の作動」により判断する。
- ② 1 次冷却材の漏えいが発生したと判断した場合、原子炉を手動スクラムにより停止（又は原子炉が自動停止したことを確認<sup>\*1</sup>）するとともに原子炉停止後の冷却系の状態を監視する。
- ③ 原子炉冷却材バウンダリ以外で 1 次冷却材を内包する配管及び機器の破損又は二重構造を有する原子炉冷却材バウンダリを構成し、1 次冷却材を内包する配管及び機器が破損し、かつ、当該二重構造の外管が破損した場合、格納容器（床下）にナトリウムが流出する。当該ナトリウムにより、格納容器内の温度、圧力又は線量率が原子炉保護系（アイソレーション）の作動設定値に達した場合、格納容器が自動で隔離されることを確認する。
- ④ 格納容器（床下）に保持されたナトリウムの温度は、構造物や雰囲気への熱移行に伴い低下する。ナトリウムの温度が十分に低下（発火点以下）したことを格納容器（床下）の雰囲気温度等により確認した後、漏えいしたナトリウムの回収作業<sup>\*2</sup>を実施する。当該作業は、漏えい量によって異なるが、基本的には以下のとおりである。

なお、ナトリウム中の放射化物に起因する被ばくの管理を除けば、1 次冷却系と 2 次冷却系のナトリウムの取扱いに大きな差異はない。

- (1) 格納容器（床下）に空気を徐々に導入し、窒素雰囲気から空気雰囲気に置換する。
- (2) 格納容器（床下）を空気雰囲気に置換した後、防護具（防護服及び防護マスク<sup>\*3</sup>）を装備した作業員は、金属製容器にナトリウムを回収し、密封して格納容器（床下）から搬出する。

なお、当該作業にあつては、作業員の過度な被ばくを防止するため、時間・距離・遮蔽に係る適切な措置を講じる。また、特殊化学消火剤を配備し、ナトリウムと空気との反応が生じた場合の随時の消火活動に備える<sup>\*4</sup>。

- (3) 回収したナトリウムは、メンテナンス建物に有するスチーム洗浄、水槽等から構成する脱金属ナトリウム設備【「国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所（南地区）高速実験炉原子炉施設（「常陽」）第 23 条（保管廃棄施設）に係る説明資料」参照】により安定化し、当該廃液は、放射性液体廃棄物として処理する。

\*1：漏えい箇所が原子炉冷却材バウンダリである場合、「炉内ナトリウム液面低低」信号等により原子炉は自動停止する場合がある。

\*2：高温のナトリウムは、粘性が低く、漏えいしたナトリウムは、床面に拡がるため、堆積高さは、1～2cm 程度（約 1,000kg（室温換算で 1m<sup>3</sup>に相当）の漏えいを想定）と推定できる。

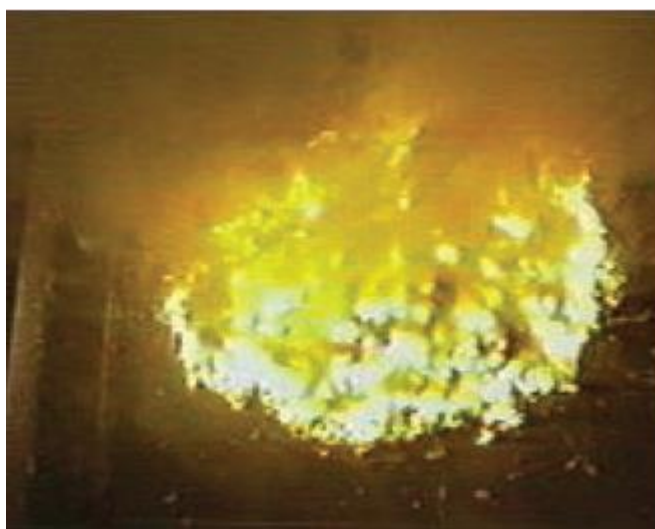
なお、MK-III 改造工事における 1 次主冷却系配管（内管）の切断部において、底部に残留していたナトリウム厚さ約 1.5～2cm を除去した実績がある。また、2 次冷却材ではあるが、「も

んじゅ」のナトリウム漏えい事故の際には、約 30cm の高さで床に堆積したナトリウムを回収した実績がある。

\*3：ナトリウムの回収作業は、漏えいしたナトリウムの温度が十分に低下してから行うため、空気呼吸器を装備しなくとも行うことができる。

\*4：高温のナトリウムにあつては、表面の不活性被膜が取り除かれると、ナトリウムと空気の反応（発熱）に伴う温度上昇により、発火温度を超え、発火するおそれがある（第 1 図参照）。ナトリウムの回収作業にあつては、「当該ナトリウムの温度が十分に低下していること」を確認し、「ナトリウムを削り取り、ナトリウムと空気が反応する範囲を小さくして当該発熱に伴う温度上昇を抑制する（蓄熱を小さくする。）こと」で、ナトリウムの発火を防止する。

- ・ 室温（固体ナトリウム）では、不活性被膜が表面に形成されるため、急激な反応は生じない。
- ・ 高温では、表面に形成された不活性被膜が壊れやすくなり、空気中の酸素との反応が著しくなり、黄色の小さな炎を上げ、白煙を出して燃える（右写真参照）。



第 1 図 ナトリウム燃焼状態の一例

## 2次冷却材漏えい時の対応について

原子炉附属建物又は主冷却機建物において、2次冷却材の漏えいが発生した場合の主な対応を以下に示す。

- ① 原子炉附属建物又は主冷却機建物における2次冷却材の漏えいの発生を「ナトリウム漏えい警報の発報」を起点とし、「火災感知器の作動」、「監視 ITV 等による白煙の確認」、「2次冷却材ダンプタンクの有意な液面低下」又は「複数のナトリウム漏えい検出器の作動」により判断する。
- ② 2次冷却材の漏えいが発生したと判断した場合、原子炉を手動スクラムにより停止（又は原子炉が自動停止したことを確認<sup>\*1</sup>）するとともに原子炉停止後の冷却系の状態を監視する。
- ③ 漏えいの発生したエリアの空調換気設備の停止及び当該空調換気設備の防煙ダンパの閉止を確認する。なお、2次冷却材中には、トリチウムが含まれる<sup>\*2</sup>が、当該対策により建物外に有意なナトリウムエアロゾルを放出することはなく、中央制御室の居住性に影響しない。
- ④ 漏えいの発生した系統内に残存する冷却材を2次冷却材ダンプタンクへ緊急ドレンする。
- ⑤ 漏えいの発生した部屋が2次系配管室及び2次系配管路である場合、窒素ガス供給設備から窒素ガスの供給を実施する。
- ⑥ 漏えいしたナトリウムの温度は、構造物や雰囲気への熱移行に伴い低下する。当該ナトリウムの温度が十分に低下（発火点以下）したことを遠隔式表面温度計等により確認した後、漏えいしたナトリウムの回収作業<sup>\*3</sup>を実施する。当該作業は、漏えい量によって異なるが、基本的には以下のとおりである。

(1) 防護具（防護服及び防護マスク<sup>\*4</sup>）を装備した作業員は、金属容器にナトリウムを回収し、密封して搬出する。また、特殊化学消火剤を配備し、ナトリウムと空気との反応が生じた場合の随時の消火活動に備える<sup>\*5</sup>。

なお、2次冷却材には、トリチウムが含まれるが、防護具により内部被ばくは防止される。

(2) 回収したナトリウムは、メンテナンス建物に有するスチーム洗浄、水槽等から構成する脱金属ナトリウム設備【「国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所（南地区）高速実験炉原子炉施設（「常陽」）第23条（保管廃棄施設）に係る説明資料」参照】により安定化し、当該廃液は、放射性液体廃棄物として処理する。

\*1：原子炉容器入口冷却材温度の上昇に伴う「原子炉容器入口冷却材温度高」信号等により原子炉は自動停止する場合がある。

\*2：MK-Ⅲ炉心の140MW運転中における2次冷却系ナトリウムに含まれるトリチウムは、約 $7 \times 10^2$  Bq/g<sub>Na</sub>（平成15年10月測定値）。

\*3：高温のナトリウムは、粘性が低く、漏えいしたナトリウムは、床面に拡がるため、堆積高さは、1～2cm程度（約1,000kg（室温換算で1m<sup>3</sup>に相当）の漏えいを想定）と推定できる。

なお、MK-Ⅲ改造工事における1次主冷却系配管（内管）の切断部において、底部に残留していたナトリウム厚さ約1.5～2cmを除去した実績がある。また、「もんじゅ」のナトリウム漏えい事故の際には、約30cmの高さで床に堆積したナトリウムを回収した実績がある。

- \*4：ナトリウムの回収作業は、漏えいしたナトリウムの温度が十分に低下してから行うため、空気呼吸器を装備しなくとも行うことができる。
- \*5：高温のナトリウムにあっては、表面の不活性被膜が取り除かれると、ナトリウムと空気の反応（発熱）に伴う温度上昇により、発火温度を超え、発火するおそれがある。ナトリウムの回収作業にあっては、「当該ナトリウムの温度が十分に低下していること」を確認し、「ナトリウムを削り取り、ナトリウムと空気が反応する範囲を小さくして当該発熱に伴う温度上昇を抑制する（蓄熱を小さくする。）こと」で、ナトリウムの発火を防止する。

ナトリウムとコンクリートが直接接触することを防止するための措置について

漏えいしたナトリウムがコンクリートと直接接触することを防止するため、1次冷却材については、鋼製のライナを、2次冷却材については、鋼製の床ライナ又は受樋を設置する。第1図に鋼製の床ライナ及び受樋の設置状況の一例を示す。



床ライナ厚さ：6mm／ 受樋厚さ：3.2mm

第1図 鋼製のライナ及び受樋の設置状況の一例（主冷却機建物）

## ナトリウム燃焼環境下における材料腐食について

## 1. 概要

ナトリウム燃焼環境下における金属材料（不燃性材料）の腐食は、ナトリウムが漏えい・燃焼し、当該材料の上にナトリウム化合物等を含んだ高温のプールが形成された場合に、材料中の鉄が酸化されること等により生じる。このため、ナトリウムが漏えいした場合に、ナトリウム化合物等を含んだ高温のプールが堆積する鋼製の床ライナ又は受樋にあつては、当該ナトリウム燃焼環境下における腐食を考慮し、ナトリウムとコンクリートが直接接触することを防止する機能を喪失しないように設計する。

なお、ナトリウムの燃焼の特徴として、ナトリウムは沸点が高く、蒸発熱が大きく、燃焼熱が小さい等により、ナトリウム化合物等を含んだ高温のプールを形成する可能性がないところに対する火熱による影響は、通常の火災による影響に包絡される。例えば、同じ環境条件下において、燃焼ナトリウムの表面から 1m の高さでの温度は、100°C 以下であり、一方、ガソリン火災の場合、表面から 2m の高さでの時間平均温度は、600°C 以上である<sup>[1]</sup>。

## 2. ナトリウム燃焼環境下における腐食機構の想定

ナトリウム燃焼環境下における腐食については、NaFe 複合酸化型腐食及び熔融塩型腐食の 2 種類の腐食機構がある。

## (1) NaFe 複合酸化型腐食

NaFe 複合酸化型腐食は、漏えいしたナトリウムとそれが燃焼した際に生じる酸化ナトリウム ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) がライナ等の上で共存し、極低酸素環境が生じ、酸化ナトリウム ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) と鉄が反応して複合酸化物が形成され、ライナ等が高温になると複合酸化物が溶出して腐食が進行するものである（第 2.1 図参照）。

## (2) 熔融塩型腐食

熔融塩型腐食は、漏えいしたナトリウムが燃焼した際に生じる過酸化ナトリウム ( $\text{Na}_2\text{O}_2$ ) と漏えいしたナトリウムと湿分が反応して生じる水酸化ナトリウム ( $\text{NaOH}$ ) の熔融プールがライナ等の上で形成され、過酸化ナトリウム ( $\text{Na}_2\text{O}_2$ ) からの過酸化イオンが強力な酸化材となり急速に腐食が進行（NaFe 複合酸化型腐食に比べ数倍程度速く進行）するものである（第 2.2 図参照）。

## (3) 腐食機構の想定

熔融塩型腐食は、「もんじゅ」の 2 次冷却材漏えい事故後の原因究明のために実施された燃焼実験の一つである「ナトリウム漏えい燃焼実験-II<sup>[2]</sup>」で確認されたものである。当該燃焼実験では、燃焼の様子を観察するに当たって、カメラの視界を確保するため、カメラ用の管台から燃焼面に直接、多量の空気が吹き付けられ、また、当該燃焼実験は、容量の小さいコンクリートセル内での実験であり、ナトリウム燃焼に伴う昇温によってコンクリートから多量の水分が放出された（セル内の水蒸気濃度は、ナトリウム漏えい中で約 3.5%、漏えい停止直前で約 7%まで上昇したと推定<sup>[3]</sup>）。このような特異な条件が重なって、多量の水酸化ナトリウム ( $\text{NaOH}$ ) や過酸化ナトリウム ( $\text{Na}_2\text{O}_2$ ) が生成され、当該燃焼実験においては、熔融塩型腐食が発生したと考えら

れる。

一方、「もんじゅ」の2次冷却材漏えい事故や「ナトリウム漏えい燃焼実験-II」の後に実施した高湿分条件（4.6～4.8%）を模擬したナトリウム漏えい燃焼実験<sup>[4]</sup>では、堆積物の組成や腐食減肉量の評価<sup>[5]、[6]</sup>より、NaFe 複合酸化型腐食が支配的であり溶融塩型腐食の発生は確認されていない。

上記の知見を踏まえ、溶融塩型腐食の発生を防止するため、漏えいが発生した場合、漏えいの発生したエリアの空調換気設備を停止することにより、燃焼部に空気が吹き付けられることを防止する。

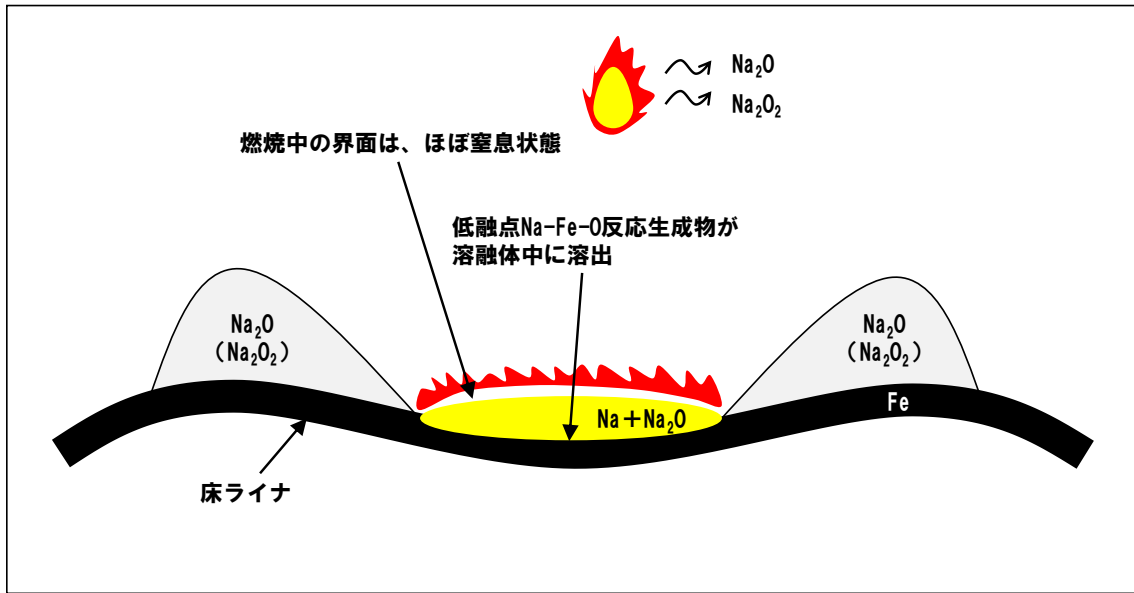
また、相対的に腐食量が大きくなる小漏えいにあつては、大きな空間体積を有するため、コンクリートの温度は大きく上昇せず、コンクリートからの水分の放出は抑制される。

以上のことから、ライナ等の腐食減肉量の評価に当たっては、NaFe 複合酸化型腐食を想定し、NaFe 複合酸化型腐食の腐食減肉速度式を適用する。

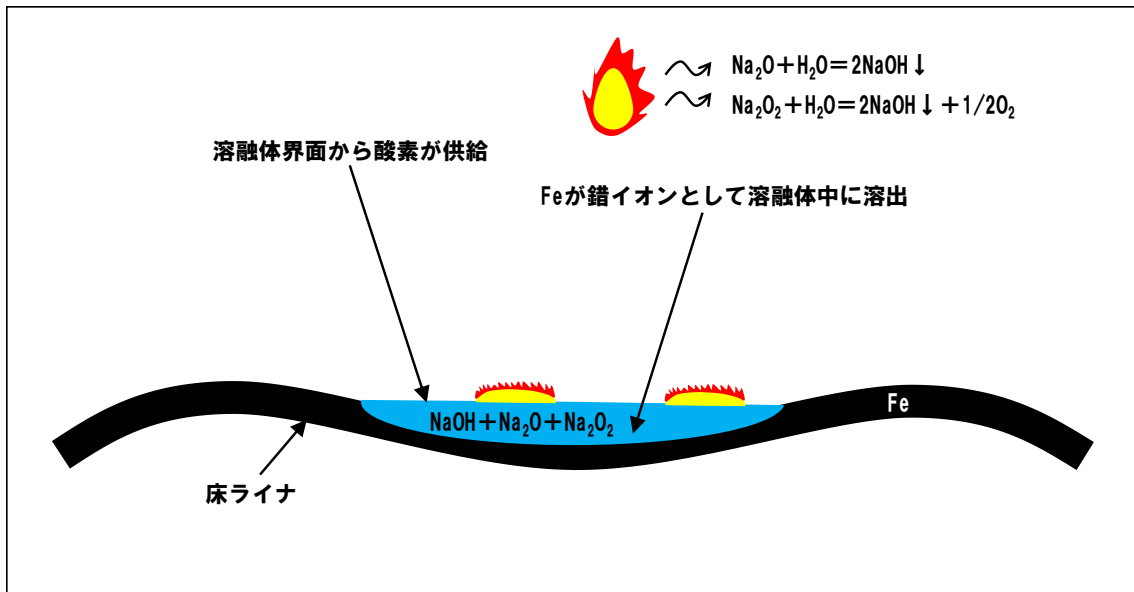
#### 参考文献

- [1] Waltar, Alan E. / Todd, Donald R. / Tsvetkov, Pavel V. (編著) 高木 直行 (監訳) “高速スペクトル原子炉” イーアールシー出版, 2016年11月
- [2] “もんじゅナトリウム漏えい事故の原因究明-ナトリウム漏えい燃焼実験-II-”, PNC TN9410 97-051
- [3] “ナトリウム漏えい燃焼実験-IIの水分移行挙動の評価”, JNC TN9400 2000-030
- [4] “小規模漏えいを対象としたナトリウムプール燃焼実験-Run-F7-4及びRun-F8-2-”, JNC TN9400 2003-067
- [5] “40%出力試験中における2次主冷却系ナトリウム漏えい事故について(第5報報告書)”, PNC TN2440 97-017
- [6] “小規模ナトリウム漏えい時におけるプール燃焼挙動”, サイクル機構技報 No. 27, JNC TN1340 2005-001





第 2.1 図 NaFe 複合酸化型腐食の概念図



第 2.2 図 溶融塩型腐食の概念図

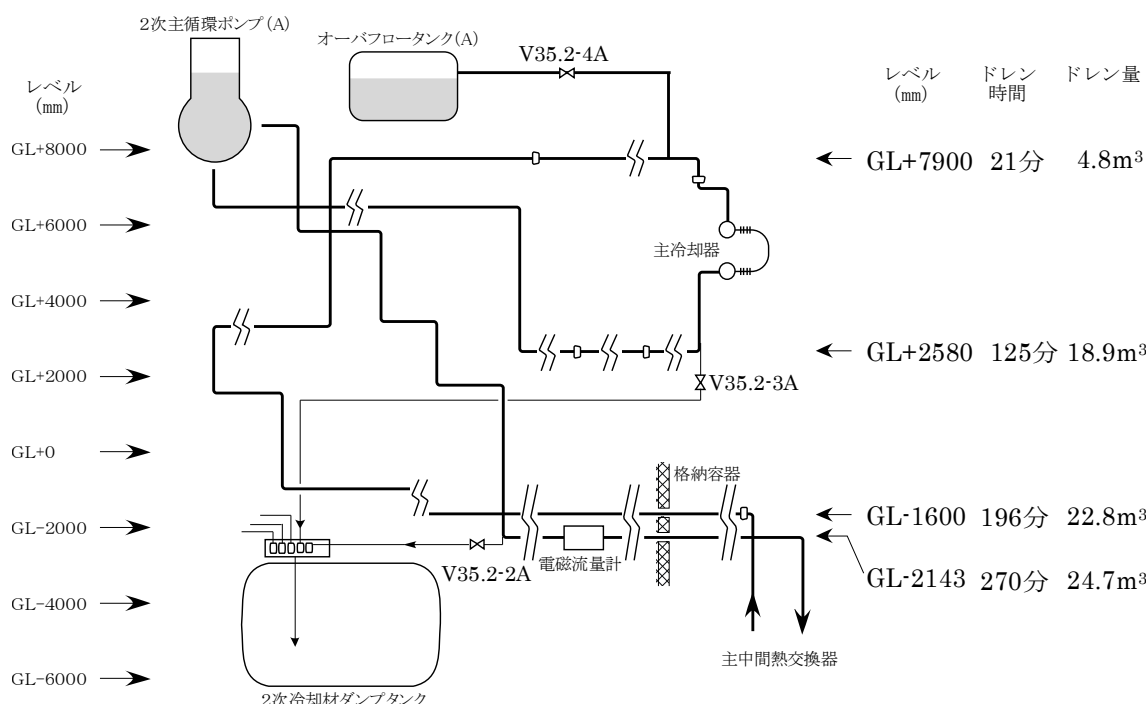
緊急ドレンについて

1. 概要

2次冷却材の漏えいが発生し、当該ナトリウム漏えいを検知した場合、ナトリウムの漏えい量を低減するため、運転員は、漏えいが発生した系統内に残存するナトリウムを2次冷却材ダンプタンクへ緊急ドレンする（高所に設置する配管又は機器でナトリウム漏えいが発生した場合には、短時間で漏えいの継続を防止可能）。当該緊急ドレンに要する時間は、必要とするドレンレベルによって異なるが、系統からほぼ全てのナトリウムをドレンする場合で約270分となる（第1.1図参照）。

なお、緊急ドレンにあつては、空気雰囲気中に設置するナトリウムを内包する配管及び機器内のナトリウムはドレンすることができるものの、配管及び機器の位置関係より、原子炉運転中、窒素雰囲気で維持する格納容器（床下）に設置する主中間熱交換器内及び近傍のドレン配管接続レベル以下の配管内のナトリウムについては、ドレンできずに系統内に残存する。当該部は、空気雰囲気中に設置するナトリウムを内包する配管及び機器よりも低所にあり、当該部にナトリウムが残存しても、空気雰囲気中へのナトリウム漏えい量を低減する観点からは影響を及ぼさない。

また、当該部が破損し、系統外にナトリウムが漏えいした場合、漏えいしたナトリウムは、窒素雰囲気で維持する格納容器（床下）に保持されるため、ナトリウム燃焼による影響を抑制することができる。



第 1.1 図 ドレンに要する時間（実績：2021年4月7日測定）

## 2. 緊急ドレン操作

緊急ドレンは、ナトリウムの漏えいが発生した系統（一系統の単一の機器の破損（他の系統及び機器は健全なものと仮定）を想定）のドレン弁（A ループ：V35. 2-2A、3A／B ループ：V35. 2-2B、3B）及びベント弁（A ループ：V35. 2-4A／B ループ：V35. 2-4B）を現場にて開けることにより行う。当該弁は、フレキシブルシャフトにより延長することによって、ナトリウムを内包する配管及び機器から離れた位置で操作が可能である。

また、当該弁の操作場所へのアクセスルートは多重化している（第 2.1 図参照）。ナトリウムの漏えいが発生した場合、中央制御室において、漏えいが発生した場所を確認することが可能であり、当該情報からアクセスルートを選定する。

緊急ドレン操作は、2次冷却材の漏えいの発生の判断や操作場所への移動時間を含めて、2次冷却材の漏えいが発生した後、30分以内で行うことができる。

核物質防護情報（管理情報）が含まれて  
いるため公開できません。

第 2.1 図 (a) ドレン弁等の操作場所へのアクセスルートの一例  
(中央制御室から原子炉附属建物 1 階を経由 (1/2))

8 条-別紙 4-別添 11-3

核物質防護情報（管理情報）が含まれて  
いるため公開できません。

第 2.1 図 (a) ドレン弁等の操作場所へのアクセスルートの一例  
(中央制御室から原子炉附属建物 1 階を経由 (2/2))

8 条-別紙 4-別添 11-4

核物質防護情報（管理情報）が含まれて  
いるため公開できません。

第 2.1 図 (b) ドレン弁等の操作場所へのアクセスルートの一例  
(中央制御室から原子炉附属建物屋上を経由 (1/2))

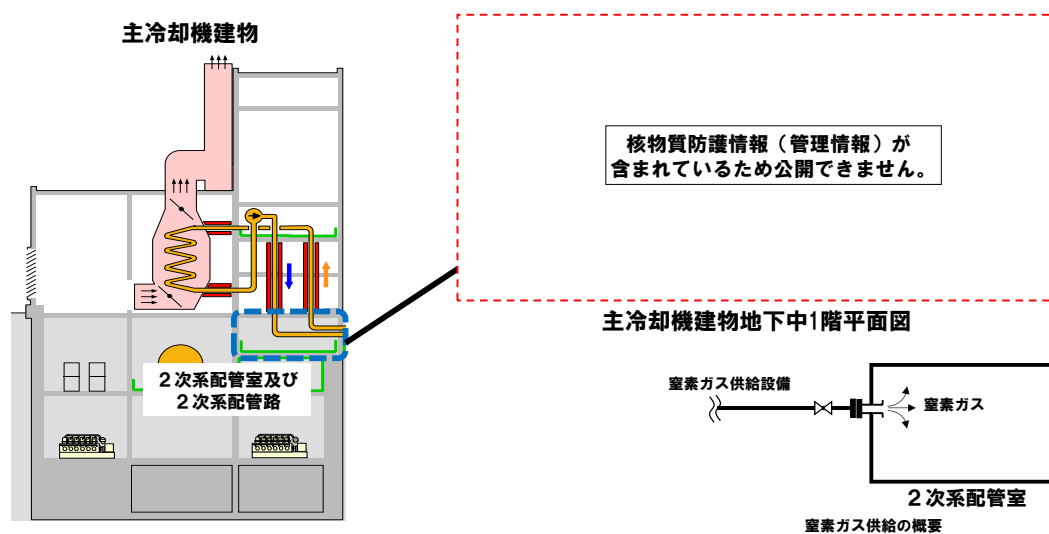
8 条-別紙 4-別添 11-5

核物質防護情報（管理情報）が含まれて  
いるため公開できません。

第 2.1 図 (b) ドレン弁等の操作場所へのアクセスルートの一例  
(中央制御室から原子炉附属建物屋上を経由 (2/2))

## 窒素ガス供給について

ナトリウムと湿分等の反応により発生した水素が蓄積するおそれがある（別紙 5 別添 15 添付 2 配管室において窒素ガス供給を考慮しない場合の影響 参照）主冷却機建物地下中 1 階の 2 次系配管室及び 2 次系配管路については、当該室で 2 次冷却材の漏えいが発生した場合、緊急ドレンによりナトリウム漏えい量を低減することに加えて、窒素ガスを供給することによってナトリウム燃焼の抑制を図ることにより水素の濃度を燃焼限界濃度以下に抑制できるものとする。窒素ガス供給の概要を第 1 図に示す。



第 1 図 窒素ガス供給の概要



ナトリウム溜について

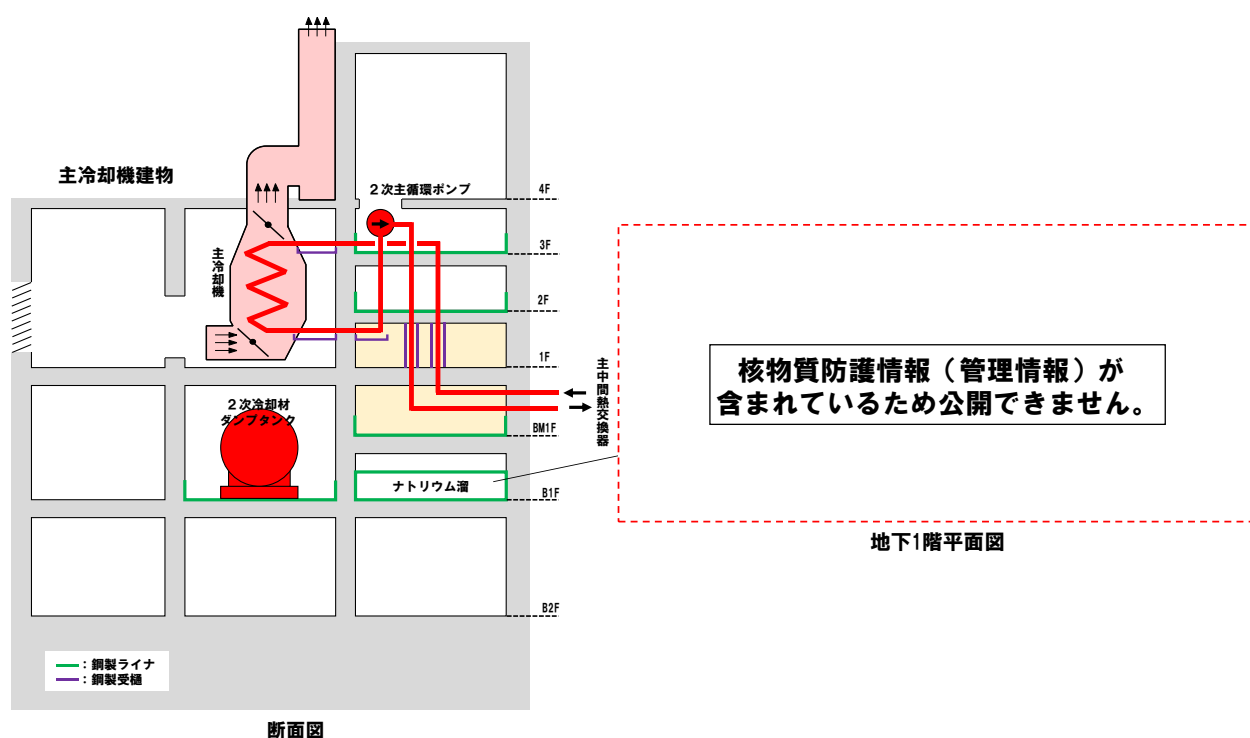
1. 概要

主冷却機建物においては、漏えいしたナトリウムを床面に設置する鋼製の床ライナ又は受樋を介して、ナトリウム溜に導き、ナトリウム溜で漏えいしたナトリウムを保持する。当該ナトリウム溜の構造等について示す。

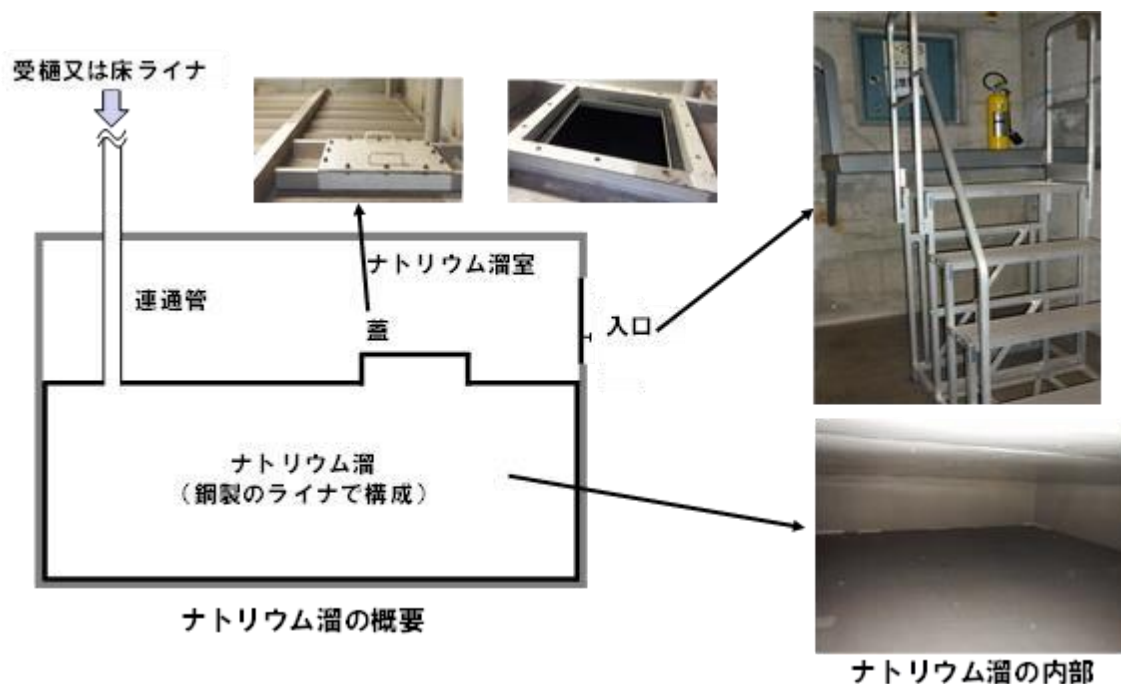
2. ナトリウム溜の構造

ナトリウム溜は、2次主冷却系のループごとに、主冷却機建物地下1階のナトリウム溜室内に位置する。ナトリウム溜の床、壁及び天井は、炭素鋼ライニング仕上げとしている。ナトリウム溜の配置を第2.1図に示す。

ナトリウム溜は、7.27m×6.22mの床を有し、高さ1.3mまでナトリウムを保持できる。1ループ当たりのナトリウムインベントリ（約30m<sup>3</sup>）に対して、ナトリウム溜の容積は約58m<sup>3</sup>であり、ナトリウム溜は、漏えいしたナトリウムを十分に保持できる容量を有している。ナトリウム溜の概念図を第2.2図に示す。



第2.1図 ナトリウム溜の配置



第 2.2 図 ナトリウム溜の概念図

### 3. ナトリウム溜に導く過程における受樋からの溢液等

受樋の深さは、漏えいしたナトリウムをナトリウム溜に導く過程において、漏えいしたナトリウムが受樋から溢液しない深さとする。具体的には、受樋の深さは、貫通クラックからの漏えいを想定した場合（漏えい率：約 80t/h）の液深（約 50mm）を上回るものとする（既設の受樋の深さ：約 450mm 以上）。

また、受樋の熱変形について、受樋は、MK-Ⅲの改造工事に伴い交換しており、交換前の受樋を対象に、保守的に 800℃の条件で変形評価を行い、漏えいしたナトリウムが保持できなくなるような変形は生じないことを確認<sup>[1]</sup>している。交換後の受樋については、側面高さを増しており、交換後においても、熱変形により漏えいしたナトリウムを保持できなくなることはない。

### 4. 床ライナの健全性

床ライナの健全性について、「もんじゅ」のナトリウム漏えい事故後に、保守的に 800℃の条件でひずみの評価を行い、健全性が確保されることを確認<sup>[1]</sup>している。

### 参考文献

[1]：“「常陽」の安全確保に係る報告”、PNC TN9440 97-008

ナトリウムエアロゾルの拡散を防止するための措置について

主冷却機建物及び原子炉附属建物において、ナトリウムの漏えいが発生した場合には、ナトリウム燃焼に伴い発生するナトリウムエアロゾルの拡散を防止するため、漏えいの発生したエリアの空調換気設備を停止するとともに、当該エリアの空調換気設備の防煙ダンパを閉止するものとする。当該空調換気設備の停止及び防煙ダンパの閉止は、火災感知器の作動に伴い自動で動作する。万一、空調換気設備及び防煙ダンパが自動で動作しなかった場合には、原子炉附属建物 2 階のディーゼルパワーセンタ室（中央制御室の近傍に位置）にある一括操作盤で手動による操作が可能である。防煙ダンパ及び一括操作盤の設置状況を第 1 図に示す。

また、ナトリウムエアロゾルによる防煙ダンパの腐食については、ナトリウムが燃焼している高温状態においても、ナトリウムエアロゾルによる腐食速度は小さく（ $1 \times 10^{-3} \text{mm/h}$  程度）、防煙ダンパが腐食により損傷することはない。万一、腐食により防煙ダンパに微小な開口が生じたとしても、多量のナトリウムエアロゾルが流出することはない。

<空調換気設備・防煙ダンパ一括操作盤>



第 1 図 防煙ダンパ及び一括操作盤の設置状況

## ナトリウム燃焼の影響評価について

## 1. 概要

ナトリウムが漏えいした場合のナトリウムの漏えい量及びナトリウム燃焼の影響を以下により評価する。

- ① 一系統の単一の配管の破損（他の系統及び機器は健全なものと仮定）を想定する。
- ② 二重構造を有する配管及び機器にあつては、内管の破損により漏えいしたナトリウムは外管により保持されることを踏まえて評価する。
- ③ 原子炉運転中に窒素雰囲気で維持する格納容器（床下）に位置するナトリウムを内包する配管及び機器が破損した場合にあつては、ナトリウム燃焼を抑制できるため、格納容器（床下）を空気置換した場合の影響を評価する。
- ④ 配管直径の 1/2 の長さで配管肉厚の 1/2 の幅を有する貫通クラックからの漏えいを想定する。
- ⑤ ナトリウム漏えい量の評価に当たっては、漏えい停止機能（緊急ドレン）による漏えい停止までの漏えい継続時間を考慮する。
- ⑥ 漏えいしたナトリウムが鋼製の床ライナ又は受樋を介して、ナトリウム溜に導かれることを考慮する。
- ⑦ ナトリウム燃焼に伴い火災区画内の酸素濃度が低下してナトリウム燃焼が抑制されることを考慮する。
- ⑧ ナトリウム燃焼の影響評価に当たっては、ナトリウム燃焼に伴う一般火災の重量を考慮するものとし、ナトリウム燃焼に伴い延焼するおそれがある可燃性物質が同時に燃焼するものとして評価を行い「2.1 判断基準」に基づき、原子炉の安全停止が達成できることを確認する。

なお、上記②及び③については、設置許可基準規則の第 13 条（運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止）において、設計基準事故の一つとして想定した「1 次冷却材漏えい事故」の熱的影響評価において、格納容器（床下）を窒素雰囲気から空気雰囲気に置換した場合のナトリウム燃焼による影響を評価している【国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所（南地区）高速実験炉原子炉施設（「常陽」）「第 13 条（運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止）」参照】。また、上記⑧については、今後、詳細設計において、火災区画内の可燃性物質の制限量を定め、当該制限量に基づき評価を行う。当該制限量は、設工認申請時に決定する。本資料では、空気雰囲気下での 2 次冷却材の漏えいを想定した場合の影響評価について示す。

## 2. 2 次冷却材漏えい時の燃焼影響評価

## 2.1 判断基準

2 次冷却材の漏えいが発生（一系統の単一の配管の破損を想定）した場合にあつても、適切なナトリウム燃焼の影響軽減の対策を講じることにより、ナトリウム燃焼による影響によって健全な系統（漏えいが発生した系統の機能は喪失するものとする。）の機能を喪失することがなく、原子炉の安全停止が達成できることを以下の判断基準に基づき確認する。

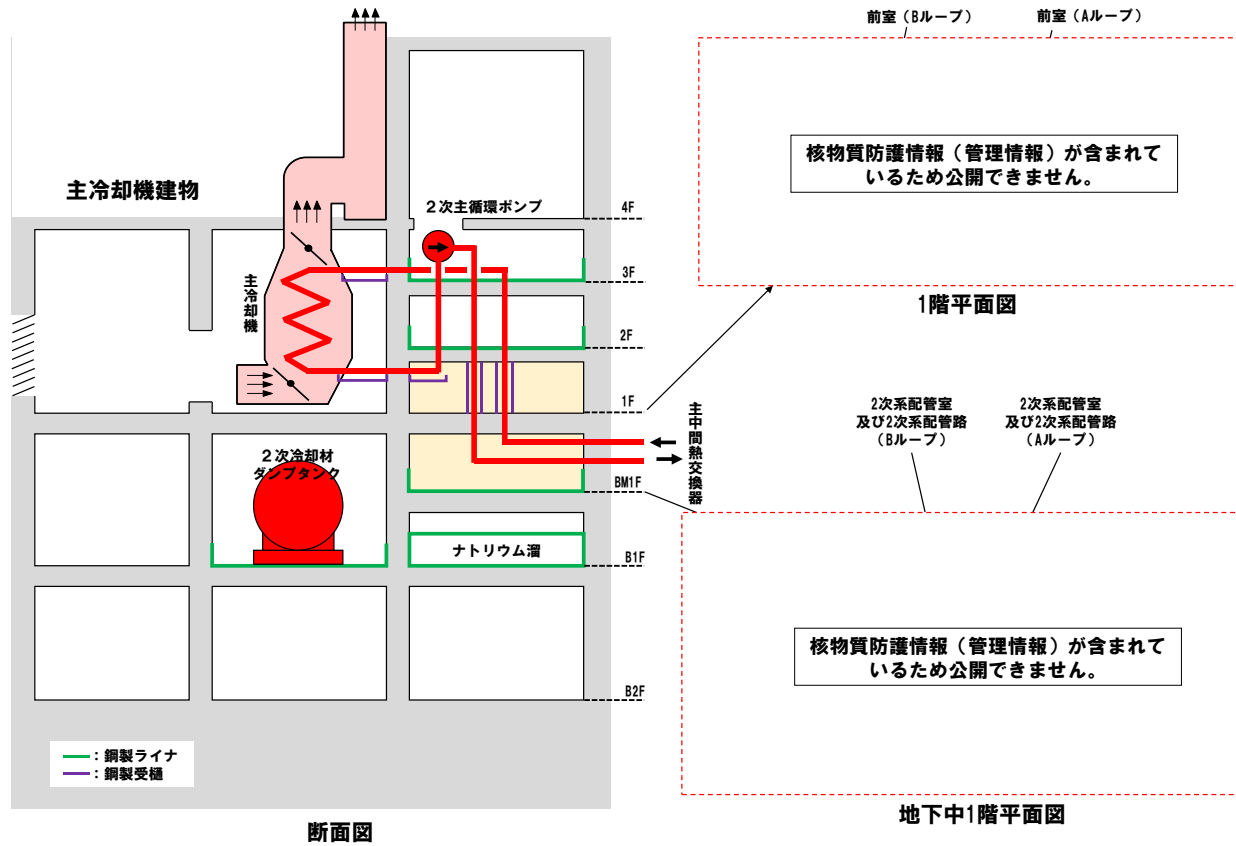
- (i) ナトリウム燃焼に伴い発生する水素が蓄積・燃焼に至らないこと（雰囲気中の水素濃度が4%以下であること。）。
- (ii) ナトリウム燃焼に伴う鋼製材料の腐食により、ナトリウムと構造材（コンクリート）との反応を防止するためのライナ又は受樋が損傷し、ナトリウムと構造材（コンクリート）との反応が生じないこと。
- (iii) ナトリウム燃焼に伴う温度上昇により、火災区画の境界を構成する構造材（コンクリート）が損傷せず（コンクリートの温度が200℃を超えないこと【国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所（南地区）高速実験炉原子炉施設（「常陽」）「第6条（外部からの衝撃による損傷の防止）（その2：耐外部火災設計）」参照】

## 2.2 評価対象

2次冷却材漏えい時の燃焼影響評価は、以下を考慮して代表的な漏えい場所を対象に実施する。

- ・ 低所に位置する配管が破損した場合、漏えい停止機能（緊急ドレン）を考慮した場合であっても、漏えい時間が相対的に長くなること。
- ・ 漏えいした部屋の容積が小さい場合、ナトリウム燃焼に伴い発生する水素の濃度が、相対的に高くなること。
- ・ 配管破損の特徴として、配管エルボ部に代表される応力集中部における熱膨張応力や熱応力等による疲労（クリープ疲労）破損が、相対的に最も注意すべき破損様式となること。

上記及びナトリウムと構造材との反応の防止のために鋼製のライナ又は受樋を用いることを考慮し、「主冷却機建物の地下中1階の2次系配管室及び2次系配管路（以下「配管室」という。）」及び「主冷却機建物の1階の前室（以下「前室」という。）」において、2次冷却材の漏えいが発生した場合のナトリウム燃焼による影響を評価する（第2.2.1図参照）。



**【前室】**

- 2次主冷却系の配管（エルボ部）を配置
- 受樋によりナトリウムと構造材の反応を防止
- 上記のうち、低所に位置するとともに、部屋の容積が小さい

**【配管室】**

- 2次主冷却系の配管（エルボ部）を配置
- ライナによりナトリウムと構造材の反応を防止
- 上記のうち、低所に位置するとともに、部屋の容積が小さい

第 2.2.1 図 評価対象の概要

## 2.3 配管室における評価

### (1) 手順及び所要時間

配管室において、2次冷却材の漏えいが発生した場合の主な手順を以下に示す。また、第2.3.1表に手順及び所要時間を示す。

- ① 当直長は、ナトリウム漏えい検出器の作動、火災感知器の作動、監視 ITV により、配管室において、2次冷却材の漏えいが発生したと判断した場合、運転員に原子炉の手動スクラムの実施及び影響軽減のための対策の実施を指示する。
- ② 運転員（中央制御室）1名は、原子炉の手動スクラムを実施する。
- ③ 運転員（現場）1名は、火災感知器の作動により空調換気設備の停止及び防煙ダンパの閉止を確認する。
- ④ 運転員（現場）2名は、緊急ドレン操作を実施する。その後、窒素ガス供給設備から窒素ガスの供給を開始する。

### (2) 影響評価

#### a. 解析条件

計算コード SPHINCS により解析する。主な解析条件を以下に示す。

- ① 解析体系を第2.3.1図に示す。解析体系は、配管室、ナトリウム溜及び外気領域で模擬する。
- ② 漏えい率を求めるに当たって、漏えい箇所は、配管室内の低所に位置する2次主冷却系の配管とし、漏えい口の大きさが  $Dt/4$  ( $D$ : 配管直径、 $t$ : 配管厚さ) の貫通クラックからの漏えいを想定する (約  $820\text{mm}^2$ )。当該貫通クラックからの漏えい率は、原子炉を停止するまでは、2次主循環ポンプの吐出圧、ナトリウムの水頭圧、2次主冷却系のカバーガスの圧力及び外気の圧力から求めた  $23.3\text{kg/s}$ 、原子炉を停止して以降は、ナトリウムの水頭圧及びカバーガスの圧力から求めた  $12.3\text{kg/s}$  とする。ここで、2次主循環ポンプの吐出圧は、2次主循環ポンプの定格揚程である約  $3.4 \times 10^4\text{kg/m}^2$  を、2次主冷却系のカバーガス圧力は、2次主冷却系のカバーガスの圧力制御範囲より約  $1.3 \times 10^4\text{kg/m}^2$  を、外気の圧力は、約  $1.0 \times 10^4\text{kg/m}^2$  を用いる。ナトリウムの水頭圧は、通常運転時の2次主冷却系の冷却材液位 (GL+9.52m) から配管室の低所に位置する配管位置 (GL-2.5m) として約  $1.0 \times 10^4\text{kg/m}^2$  を用いる。  
また、漏えい率が小さいと漏えい継続時間が長くなることを踏まえ、貫通クラックからの漏えいよりも小さい漏えい率の影響についても評価する。当該漏えい率は、 $0.003\text{kg/s}$  として漏えい中一定とする。
- ③ ナトリウムの燃焼形態として、スプレー燃焼及びプール燃焼を想定する。なお、液滴径 (体積平均直径) は  $4.6\text{mm}$  とする。当該値は、配管等の漏えい口から漏えいしたナトリウムが周囲の構造材等に衝突するものとして、ナトリウム試験<sup>[1]</sup>により得られたものである (実機では、配管及び機器の外側には、保温材及び金属製シートを有する)。  
また、液滴の落下高さは、配管とライナ間の高さより  $3\text{m}$  とする (落下高さに対するスプレー燃焼とプール燃焼の影響の考え方を添付1に示す。)

- ④ 水素の発生については、雰囲気中及びコンクリートから放出される水分との反応を考慮する。
- ⑤ 床ライナ上に漏えいしたナトリウムは、厚さ 1cm（ナトリウムの表面張力及び接触角より）で堆積し、最大で 40m<sup>2</sup> まで広がるものとする。当該面積まで広がって以降は、連通管を介して、ナトリウム溜に移行するものとする。
- ⑥ 漏えいナトリウムの温度は、保守的な評価とするため、通常運転時の 2 次主冷却系のホットレグの温度 440℃ で一定とする。
- ⑦ 雰囲気初期組成は、全て空気雰囲気（酸素濃度：21vol%、水蒸気濃度：5.8vol%）とする。
- ⑧ 雰囲気及び構造材の初期温度は、保守的な評価とするため、日の最高気温の観測結果（38.4℃）より 40℃ とする。
- ⑨ 空調換気設備が停止するまでの間は、当該設備による強制換気を考慮する。空調換気設備が停止して以降は、自然換気を考慮する。
- ⑩ 漏えい停止機能として、運転員による 2 次冷却材ダンプタンクへの緊急ドレンを考慮する。緊急ドレンは、運転員操作に要する時間を踏まえ、事象発生から 30 分後に開始する。
- ⑪ ナトリウム燃焼の抑制対策として、運転員による窒素ガスの供給を考慮する（窒素ガス供給を考慮しない場合の影響を添付 2 に示す。）。窒素ガス供給は、運転員操作に要する時間を踏まえ、事象発生から 35 分後に開始する。

## b. 解析結果

主要な解析結果を第 2.3.2 図から第 2.3.6 図に示す。

貫通クラックからの漏えいを想定した場合、緊急ドレンの開始までに貫通クラックより上方の冷却材が全て系統外に漏えいし、漏えいが約 23 分後に停止する。漏えい量は約 17,000kg となる。配管室及びナトリウム溜の水素濃度は、燃焼限界濃度を超えない（配管室にあっては、酸素濃度も燃焼限界濃度を下回る。）。配管室及びナトリウム溜のコンクリート温度は、200℃ を超えない。また、ライナの腐食減肉量は、ライナの厚さを超えない。

小漏えいを想定した場合、漏えい停止機能（緊急ドレン）により、漏えいが約 270 分後に停止する。漏えい量は約 50kg となる。配管室及びナトリウム溜の水素濃度は、燃焼限界濃度を超えない。配管室及びナトリウム溜のコンクリート温度は、200℃ を超えない。また、ライナの腐食減肉量は、ライナの厚さを超えない。

なお、プール燃焼について、ライナの中心部は、漏えい期間中、未燃焼のナトリウムが供給されることにより、その周辺よりも温度が低い状態で推移する。

以上より、配管室で 2 次冷却材の漏えいが発生しても、水素が蓄積・燃焼に至ることはなく、腐食によりライナが損傷することはなく、また、構造材（コンクリート）が損傷することはない。健全な系統に影響が伝播することはない。

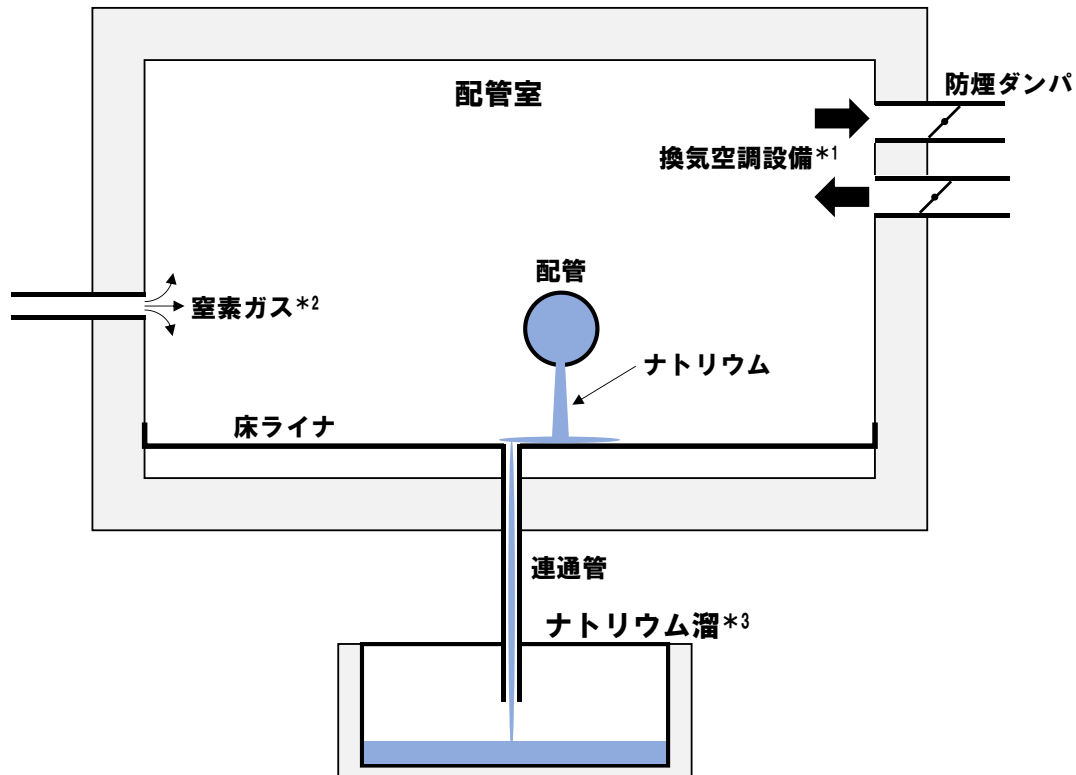


第 2.3.1 表 配管室で 2 次冷却材の漏えいが発生した場合の主な手順及び所要時間

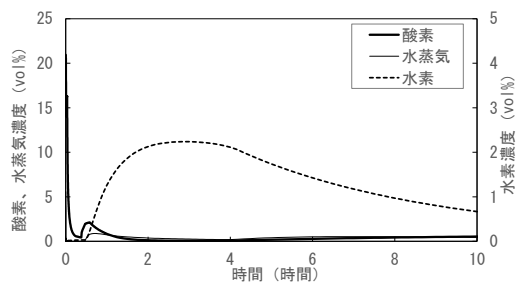
必要な要員と作業項目			経過時間 (分)																備考
手順の項目	要員 (名) (作業に必要な要員数)	手順の内容	5	10	15	20	25	30	35	120	180	240	300						
			▼2次冷却材漏えいの発生 ▼2次冷却材漏えい発生の判断 ▼漏えいエリアの隔離の確認 ▼緊急ドレン開始 ▼窒素ガス供給開始																
	当直長 【中央制御室】	・運転操作指揮	[Timeline bar]																
状況判断	運転員A 【中央制御室】	1 ・ナトリウム漏えい警報発報確認 ・火災感知器の作動による確認 ・監視ITVによる確認	[Timeline bar]																・「ナトリウム漏えい警報」、「火災感知器の作動」、「監視ITV」により2次冷却材漏えいの発生を確認する。
原子炉停止	運転員A 【中央制御室】	1 ・原子炉手動スクラム	[Timeline bar]																・原子炉を手動スクラムにより停止する。
漏えいエリアの隔離	運転員D 【現場】	1 ・換気空調設備の停止、防煙ダンパの閉止の確認	[Timeline bar]																・漏えいエリアの換気空調設備の停止及び防煙ダンパの閉止を確認する。
緊急ドレン	運転員B、C 【現場】	2 ・2次冷却材ダンプタンクへ緊急ドレン	[Timeline bar]																・漏えいの発生した系統の冷却材を2次冷却材ダンプタンクに緊急ドレンする。
窒素ガス供給	運転員B、C 【現場】	2 ・窒素ガスの供給	[Timeline bar]																・窒素ガスの供給を実施する。
監視	運転員A、E 【中央制御室】	2 ・原子炉停止後の除熱確認	[Timeline bar]																・健全ループの1次主冷却系（ボーンモータ低速運転）の運転状況を確認するとともに、2次主冷却系（自然循環）及び主冷却機（自然通風）に異常等がないことを確認する。

外部領域

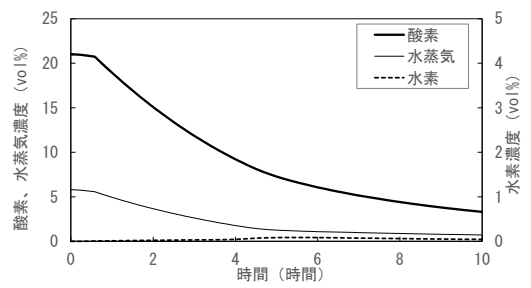
- \*1：換気空調設備が停止するまでの間は強制換気
- \*2：窒素ガス供給設備からの供給操作実施後に窒素ガスを供給
- \*3：床ライナ上に漏えいした冷却材のうち、床ライナから流出するナトリウムは、連通管を介してナトリウム溜に移行



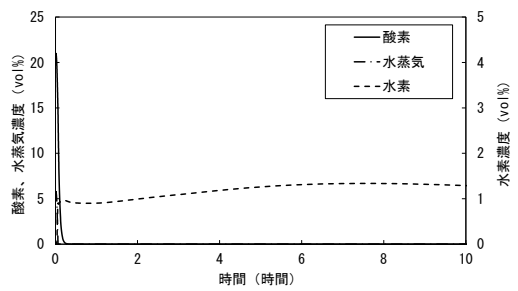
第 2.3.1 図 配管室における評価の解析体系の概念図



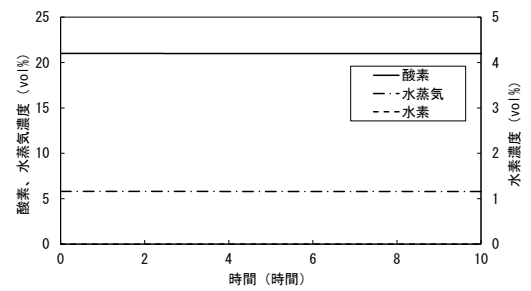
(配管室)



(配管室)

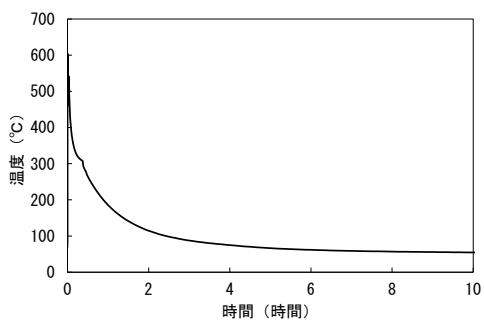


(ナトリウム溜)  
(a) 貫通クラック

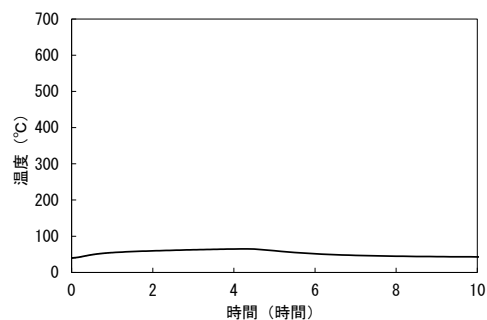


(ナトリウム溜)  
(b) 小漏えい

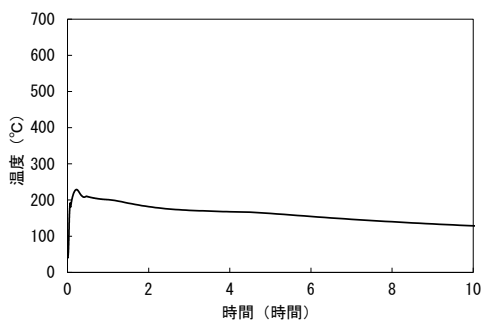
第 2.3.2 図 酸素、水蒸気及び水素濃度の時刻歴変化



(配管室)

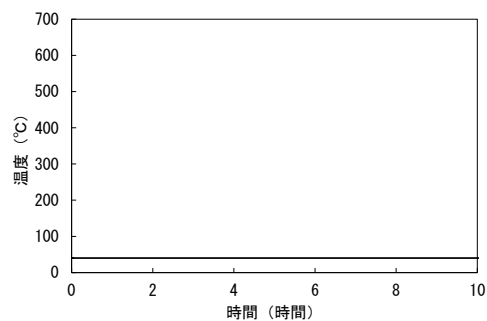


(配管室)



(ナトリウム溜)

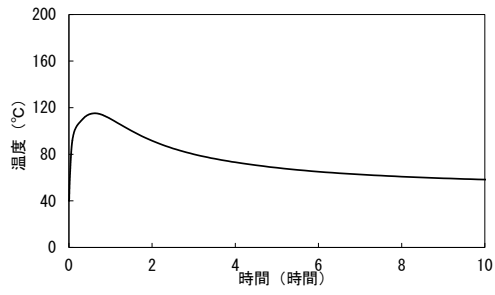
(a) 貫通クラック



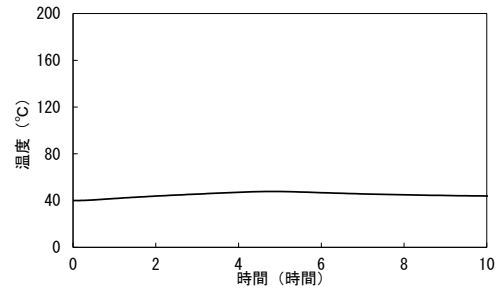
(ナトリウム溜)

(b) 小漏えい

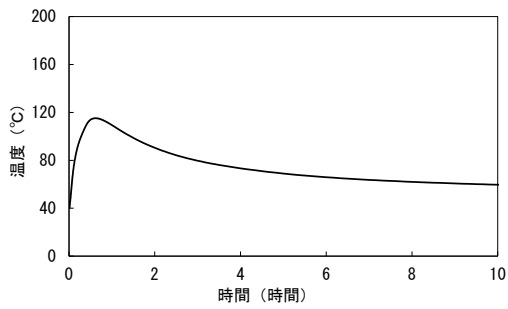
第 2.3.3 図 雰囲気温度の時刻歴変化



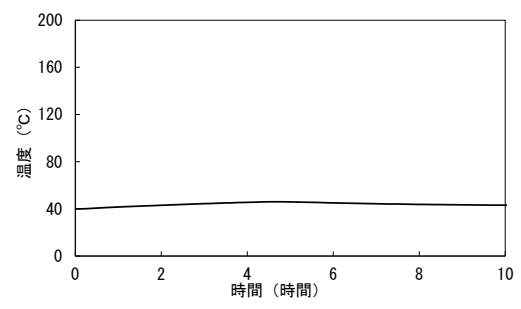
(配管室：壁)



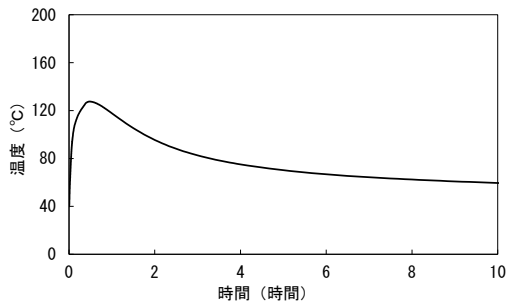
(配管室：壁)



(配管室：床)

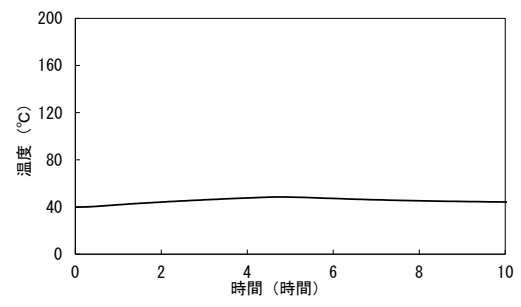


(配管室：床)



(配管室：天井)

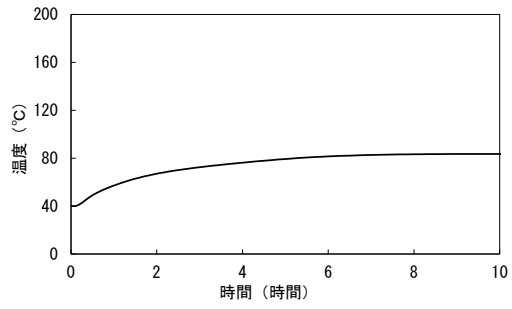
(a) 貫通クラック



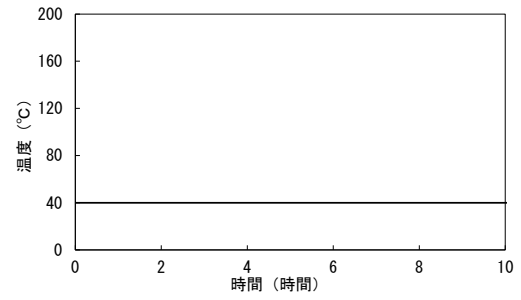
(配管室：天井)

(b) 小漏えい

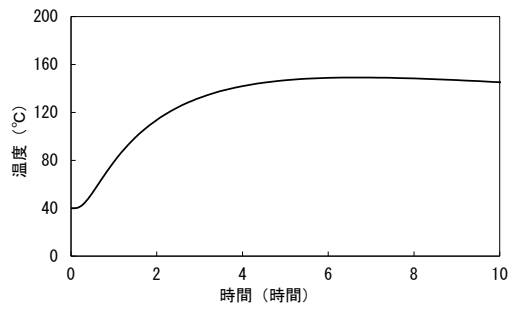
第 2.3.4 図 コンクリート温度の時刻歴変化 (1/2)



(ナトリウム溜：壁)

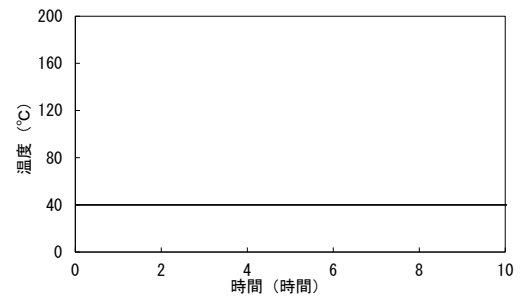


(ナトリウム溜：壁)



(ナトリウム溜：床)

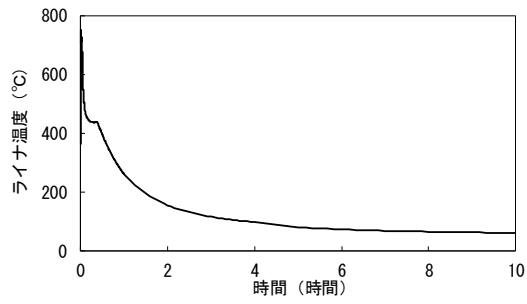
(a) 貫通クラック



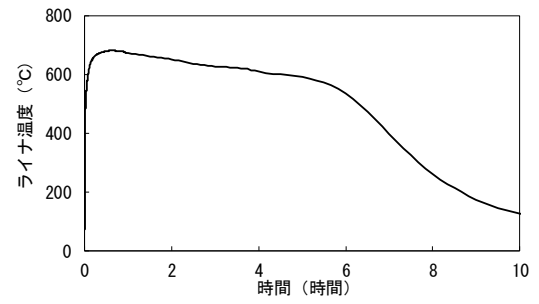
(ナトリウム溜：床)

(b) 小漏えい

第 2.3.4 図 コンクリート温度の時刻歴変化 (2/2)

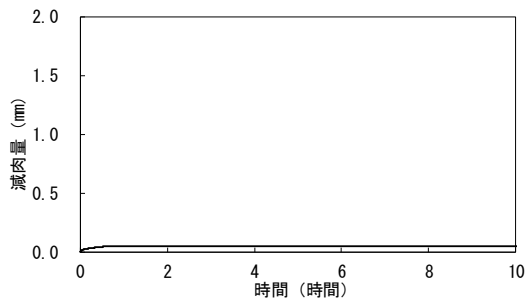


(配管室)  
(a) 貫通クラック

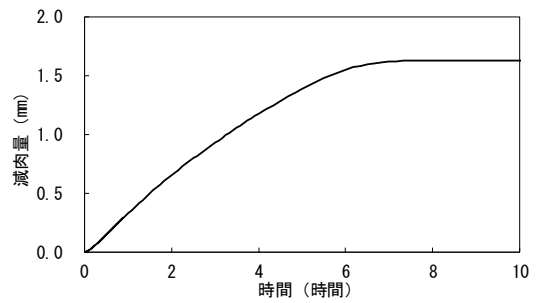


(配管室)  
(b) 小漏えい

第 2.3.5 図 ライナ温度の時刻歴変化



(配管室)  
(a) 貫通クラック



(配管室)  
(b) 小漏えい

第 2.3.6 図 ライナの腐食減肉量の時刻歴変化

## 2.4 前室における評価

### (1) 対策

前室において、2次冷却材の漏えいが発生した場合の主な手順を以下に示す。また、第2.4.1表に手順及び所要時間を示す。

- ① 当直長は、ナトリウム漏えい検出器の作動、火災感知器の作動、監視 ITV により、前室において、2次冷却材の漏えいが発生したと判断した場合、運転員に原子炉の手動スクラムの実施及び影響軽減のための対策の実施を指示する。
- ② 運転員（中央制御室）1名は、原子炉の手動スクラムを実施する。
- ③ 運転員（現場）1名は、火災感知器の作動により空調換気設備の停止及び防煙ダンパの閉止を確認する。
- ④ 運転員（現場）2名は、緊急ドレン操作を実施する。

### (2) 影響評価

#### a. 解析条件

計算コード SPHINCS により解析する。主な解析条件を以下に示す。

- ① 解析体系を第2.4.1図に示す。解析体系は、前室、ナトリウム溜及び外気領域で模擬する。
- ② 漏えい率を求めるに当たって、漏えい箇所は、前室内の低所に位置する2次主冷却系の配管とし、漏えい口の大きさが  $Dt/4$  ( $D$ : 配管直径、 $t$ : 配管厚さ) の貫通クラックからの漏えいを想定する (約  $820\text{mm}^2$ )。当該貫通クラックからの漏えい率は、原子炉を停止するまでは、2次主循環ポンプの吐出圧、ナトリウムの水頭圧、2次主冷却系のカバーガスの圧力及び外気の圧力から求めた  $22.2\text{kg/s}$ 、原子炉を停止して以降は、ナトリウムの水頭圧及びカバーガスの圧力から求めた  $9.99\text{kg/s}$  とする。ここで、2次主循環ポンプの吐出圧は、2次主循環ポンプの定格揚程である約  $3.4 \times 10^4\text{kg/m}^2$  を、2次主冷却系のカバーガス圧力は、2次主冷却系のカバーガスの圧力制御範囲より約  $1.3 \times 10^4\text{kg/m}^2$  を、外気の圧力は、約  $1.0 \times 10^4\text{kg/m}^2$  を用いる。ナトリウムの水頭圧は、通常運転時の2次主冷却系の冷却材液位 (GL+9.52m) から前室の低所に位置する配管位置 GL+2.5m として約  $6.0 \times 10^3\text{kg/m}^2$  を用いる。  
また、漏えい率が小さいと漏えい継続時間が長くなることを踏まえ、貫通クラックからの漏えいよりも小さい漏えい率の影響についても評価する。当該漏えい率は、 $0.002\text{kg/s}$  として漏えい中一定とする。
- ③ ナトリウムの燃焼形態として、スプレー燃焼及びプール燃焼を想定する。なお、液滴径 (体積平均) は  $4.6\text{mm}$  とする。当該値は、配管等の漏えい口から漏えいしたナトリウムが周囲の構造材等に衝突するものとして、ナトリウム試験<sup>[1]</sup>により得られたものである (実機では、配管及び機器の外側には、保温材及び金属製シートを有する。)  
また、液滴の落下高さは、配管と受樋間の高さより  $0.7\text{m}$  とする。
- ④ 水素の発生については、雰囲気中及びコンクリートから放出される水分との反応を考慮する。

- ⑤ 受樋上に漏えいしたナトリウムは、厚さ 1cm (ナトリウムの表面張力及び接触角より) で堆積し、最大で 3m<sup>2</sup> まで広がるものとする。当該面積まで広がって以降は、連通管を介して、ナトリウム溜に移行するものとする。
- ⑥ 漏えいナトリウムの温度は、保守的な評価とするため、通常運転時の 2 次主冷却系のホットレグの温度 440℃ で一定とする。
- ⑦ 雰囲気初期組成は、全て空気雰囲気 (酸素濃度 : 21vol%、水蒸気濃度 : 5.8vol%) とする。
- ⑧ 雰囲気及び構造材の初期温度は、保守的な評価とするため、日の最高気温の観測結果 (38.4℃) より 40℃ とする。
- ⑨ 空調換気設備が停止するまでの間は、当該設備による強制換気を考慮する。空調換気設備が停止して以降は、自然換気を考慮する。
- ⑩ 漏えい停止機能として、運転員による 2 次冷却材ダンプタンクへの緊急ドレンを考慮する。緊急ドレンは、運転員操作に要する時間を踏まえ、事象発生から 30 分後に開始する。

#### b. 解析結果

主要な解析結果を第 2.4.2 図から第 2.4.6 図に示す。

貫通クラックからの漏えいを想定した場合、緊急ドレンの開始までに貫通クラックより上方の冷却材が全て系統外に漏えいし、漏えいが約 19 分後に停止する。漏えい量は約 12,000kg となる。前室及びナトリウム溜の水素濃度は、燃焼限界濃度を超えない。前室及びナトリウム溜のコンクリート温度は、200℃ を超えない。また、受樋の腐食減肉量は、受樋の厚さを超えない。

小漏えいを想定した場合、漏えい停止機能 (緊急ドレン) により、漏えいが約 120 分後に停止する。漏えい量は約 15kg となる。前室及びナトリウム溜の水素濃度は、燃焼限界濃度を超えない。前室及びナトリウム溜のコンクリート温度は、200℃ を超えない。また、受樋の腐食減肉量は、受樋の厚さを超えない。

なお、プール燃焼について、受樋の中心部は、漏えい期間中、未燃焼のナトリウムが供給されることにより、その周辺よりも温度が低い状態で推移する。

以上より、前室で 2 次冷却材の漏えいが発生しても、水素が蓄積・燃焼に至ることはなく、腐食により受樋が損傷することはなく、また、構造材 (コンクリート) が損傷することはなく、健全な系統に影響が伝播することはない。

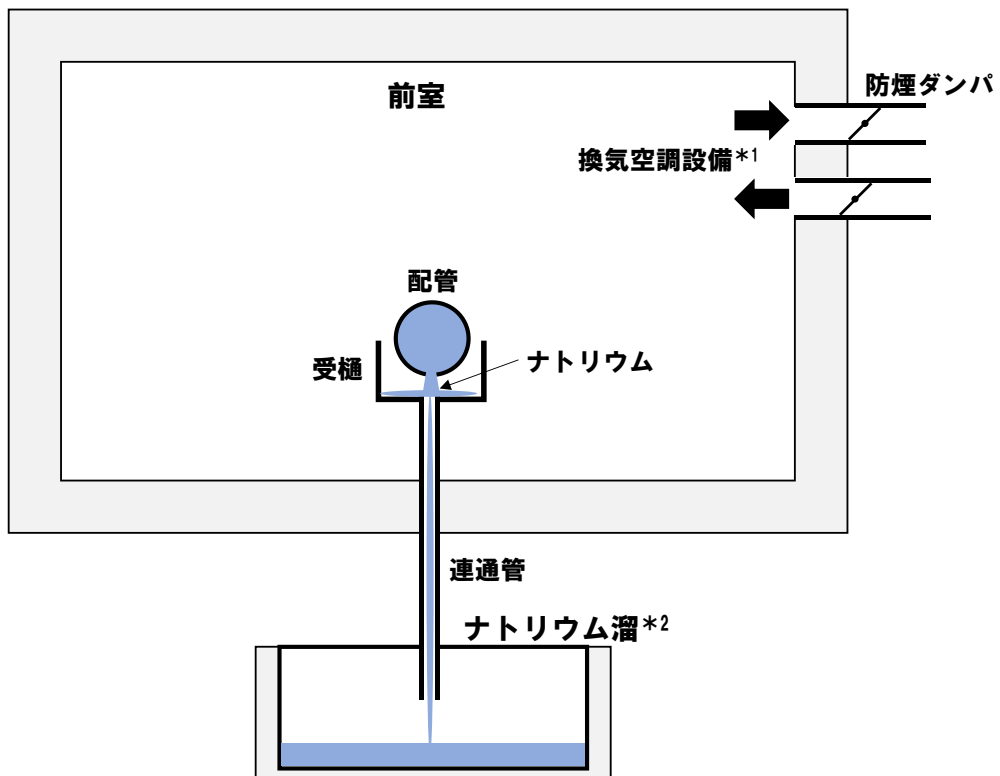


第 2. 4. 1 表 前室で 2 次冷却材の漏えいが発生した場合の主な手順及び所要時間

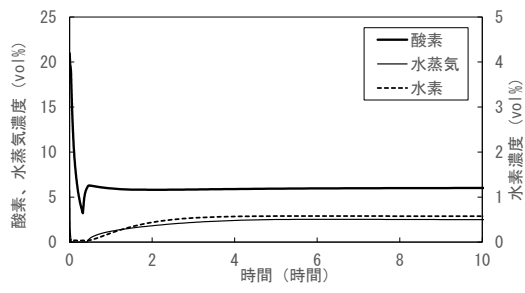
必要な要員と作業項目			経過時間 (分)																備考
手順の項目	要員 (名) (作業に必要な要員数)	手順の内容	5	10	15	20	25	30	35	60	120	180	240						
			▽2次冷却材漏えいの発生 ▽2次冷却材漏えい発生の判断 ▽漏えいエリアの隔離の確認  ▽緊急ドレン開始																
	当直長 【中央制御室】	・運転操作指揮	[Gantt chart bar]																
状況判断	運転員A 【中央制御室】	1 ・ナトリウム漏えい警報発報確認 ・火災感知器の作動による確認 ・監視ITVによる確認	[Gantt chart bar]															・「ナトリウム漏えい警報」、「火災感知器の作動」、「監視ITV」により2次冷却材漏えいの発生を確認する。	
原子炉停止	運転員A 【中央制御室】	1 ・原子炉手動スクラム	[Gantt chart bar]															・原子炉を手動スクラムにより停止する。	
漏えいエリアの隔離	運転員D 【現場】	1 ・換気空調設備の停止、防煙ダンパの閉止の確認	[Gantt chart bar]															・漏えいエリアの換気空調設備の停止及び防煙ダンパの閉止を確認する。	
緊急ドレン	運転員B、C 【現場】	2 ・2次冷却材ダンプタンクへ緊急ドレン	[Gantt chart bar]															・漏えいの発生した系統の冷却材を2次冷却材ダンプタンクに緊急ドレンする。	
監視	運転員A、E 【中央制御室】	2 ・原子炉停止後の除熱確認	[Gantt chart bar]															・健全ループの1次主冷却系（ボーンモータ低速運転）の運転状況を確認するとともに、2次主冷却系（自然循環）及び主冷却機（自然通風）に異常等がないことを確認する。	

外部領域

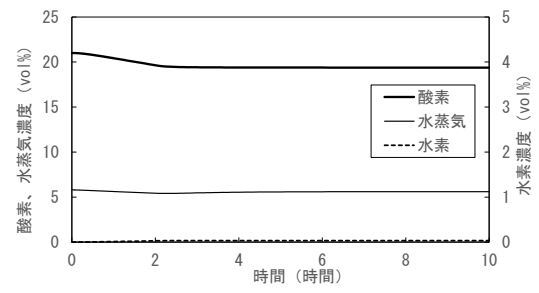
- \*1：換気空調設備が停止するまでの間は強制換気
- \*2：受樋上に漏えいした冷却材のうち、受樋から流出するナトリウムは、連通管を介してナトリウム溜に移行



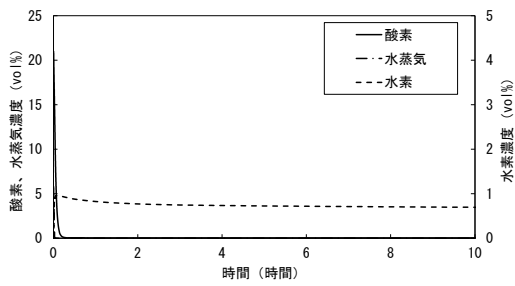
第 2. 4. 1 図 前室における評価の解析体系の概念図



(前室)

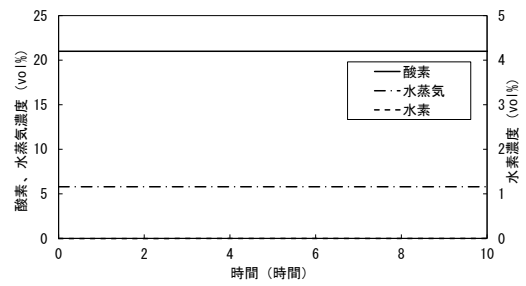


(前室)



(ナトリウム溜)

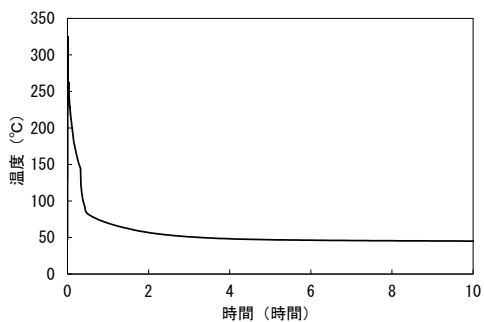
(a) 貫通クラック



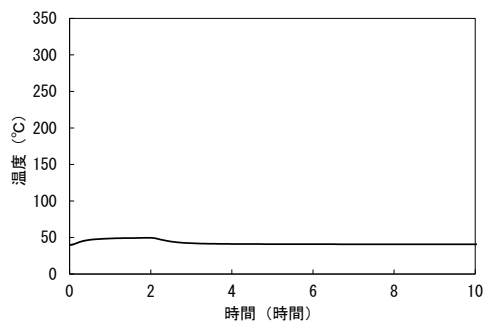
(ナトリウム溜)

(b) 小漏えい

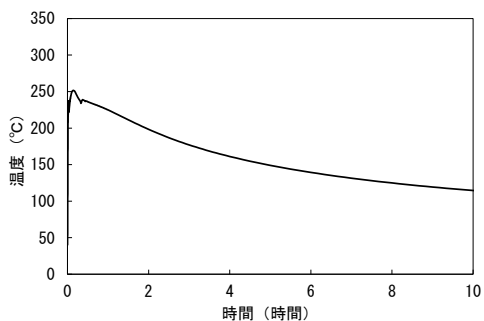
第 2.4.2 図 酸素、水蒸気及び水素濃度の時刻歴変化



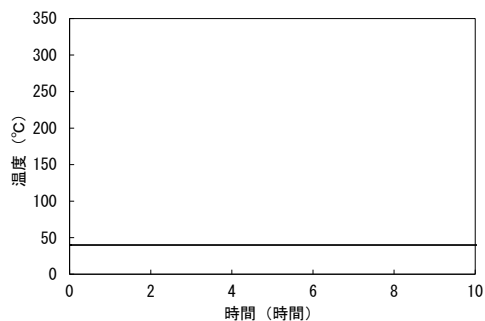
(前室)



(前室)

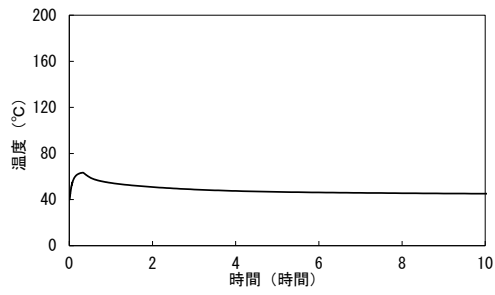


(ナトリウム溜)  
(a) 貫通クラック

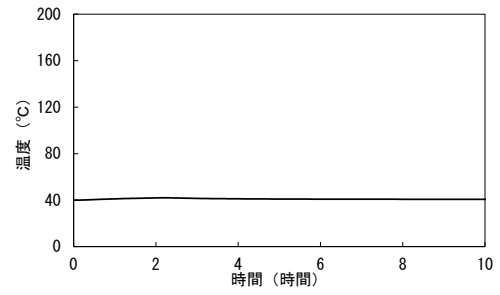


(ナトリウム溜)  
(b) 小漏えい

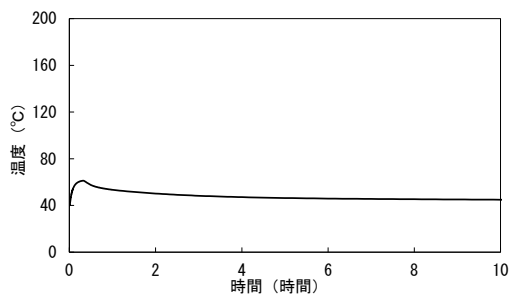
第 2. 4. 3 図 雰囲気温度の時刻歴変化



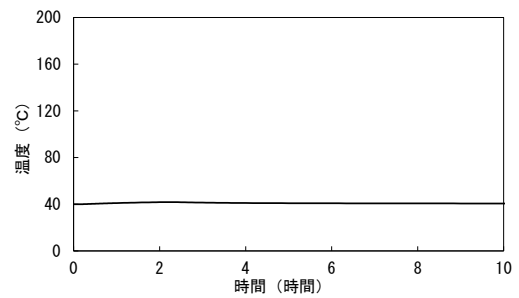
(前室：壁)



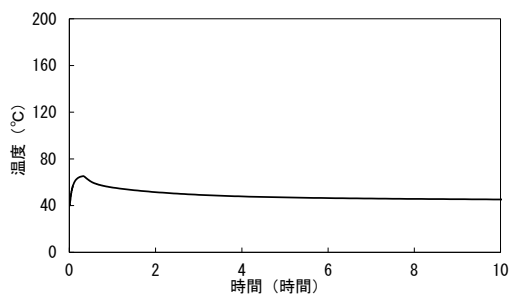
(前室：壁)



(前室：床)

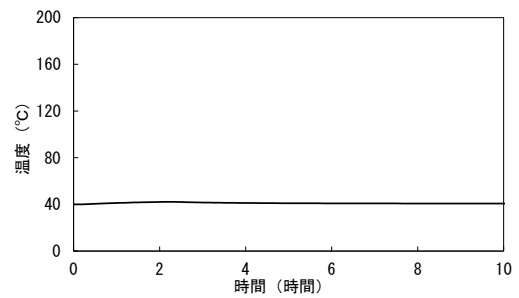


(前室：床)



(前室：天井)

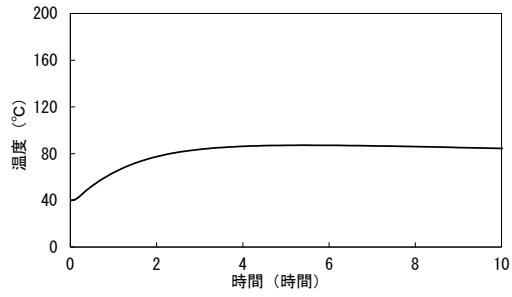
(a) 貫通クラック



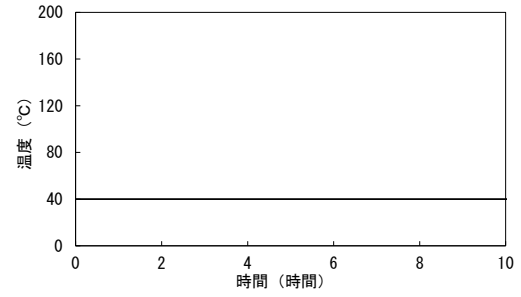
(前室：天井)

(b) 小漏えい

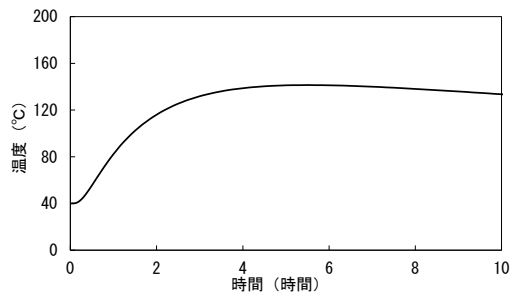
第 2.4.4 図 コンクリート温度の時刻歴変化 (1/2)



(ナトリウム溜：壁)

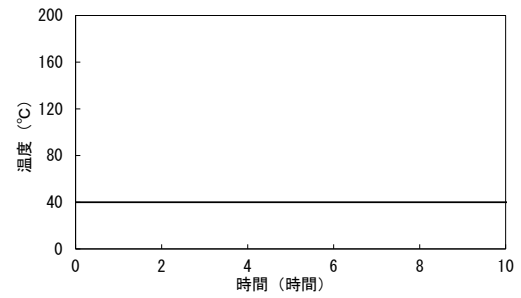


(ナトリウム溜：壁)



(ナトリウム溜：床)

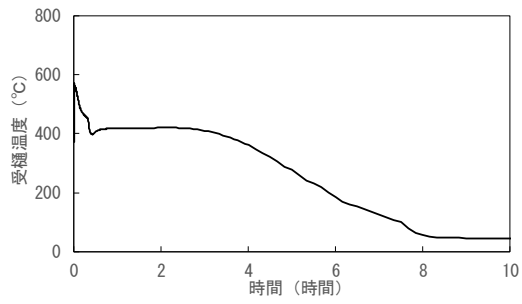
(a) 貫通クラック



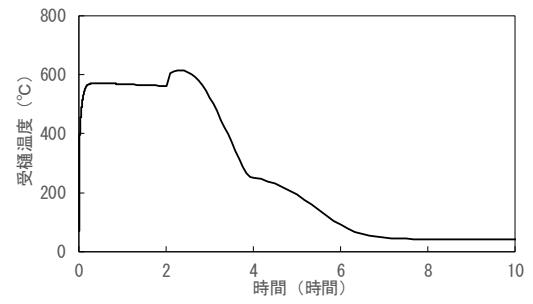
(ナトリウム溜：床)

(b) 小漏えい

第 2.4.4 図 コンクリート温度の時刻歴変化 (2/2)

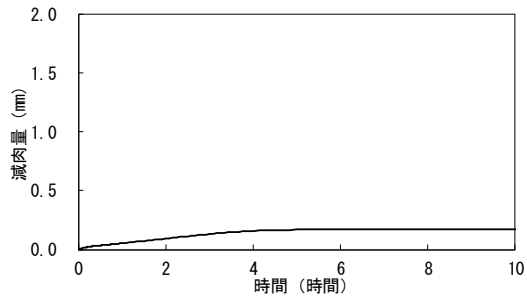


(前室)  
(a) 貫通クラック

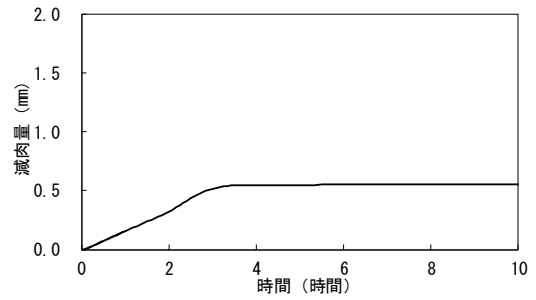


(前室)  
(b) 小漏えい

第 2.4.5 図 受樋温度の時刻歴変化



(前室)  
(a) 貫通クラック



(前室)  
(b) 小漏えい

第 2.4.6 図 受樋の腐食減肉量の時刻歴変化

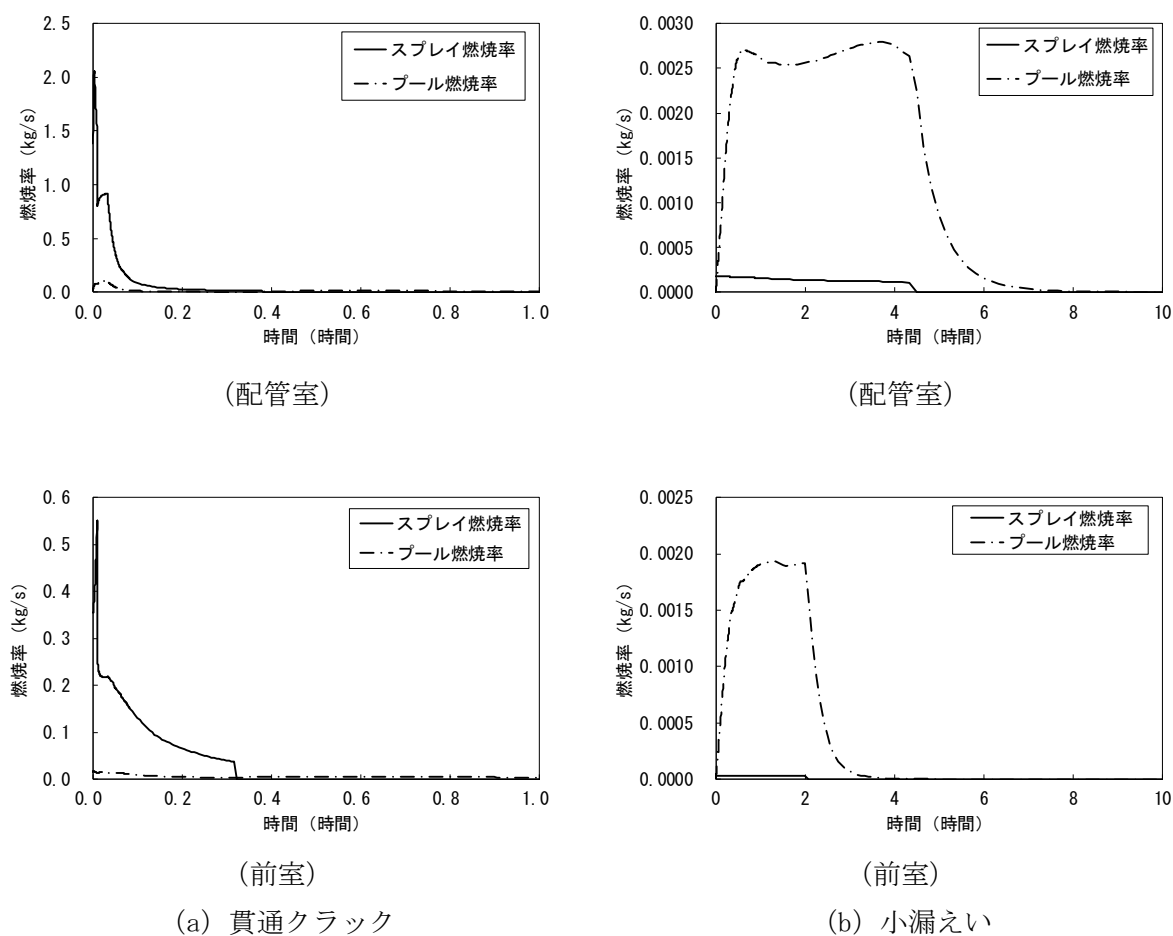
### 3 参考文献

[1]：“Quarterly Technical Progress Report LMFBR Safety Program”、AI-AEC-13014 (1971)

落下高さに対するスプレイ燃焼とプール燃焼の影響の考え方について

配管室及び前室における評価のスプレイ燃焼率とプール燃焼率の比較を第 1 図に示す。

第 1 図に示すとおり、配管室及び前室のいずれにおいても、(a) 貫通クラックを想定した場合にはスプレイ燃焼が、(b) 小漏えいを想定した場合にはプール燃焼がそれぞれ支配的となる。漏えい条件によって、支配的となる燃焼形態が異なるため、ナトリウム燃焼の影響評価に当たっては、両者の燃焼形態を同時に考慮した評価としている。



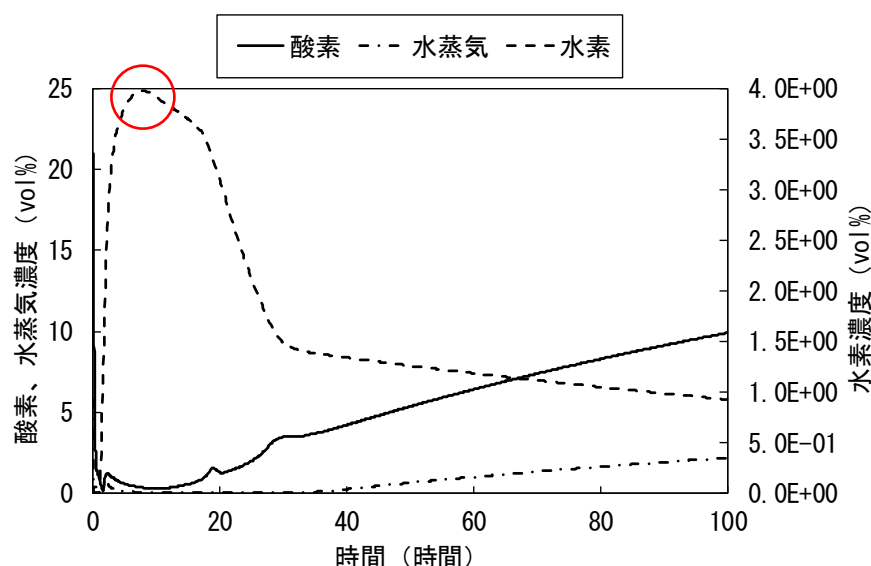
第 1 図 スプレイ及びプール燃焼率の時刻歴変化



配管室において窒素ガス供給を考慮しない場合の影響

主冷却機建物地下中 1 階の配管室においては、ナトリウムと湿分等の反応により発生した水素が蓄積するおそれがあるため、当該室では、2 次冷却材の漏えいが発生した場合、緊急ドレンによりナトリウム漏えい量を低減することに加えて、窒素ガスを供給することによってナトリウム燃焼の抑制を図ることにより水素の濃度を燃焼限界濃度以下に抑制する対策を講じるものとしている。当該室において、窒素ガス供給を考慮しない場合の酸素、水蒸気及び水素濃度の時刻歴変化を第 1 図に示す。

第 1 図に示すとおり、窒素ガス供給がない場合、水素濃度の最高値は、水素の燃焼限界濃度である 4vol% 近くまで上昇するおそれがある。



第 1 図 配管室において窒素ガス供給を考慮しない場合の酸素、水蒸気及び水素濃度の時刻歴変化

## S P H I N C S のモデル及び妥当性確認について

## 1. はじめに

本資料は、設置許可基準規則第 8 条（火災による損傷の防止）において、2 次系冷却材が漏えいした場合に生じる燃焼影響評価に適用する計算コード S P H I N C S について、

- ・燃焼影響評価において重要となる現象の特定
- ・解析モデルに関する説明
- ・妥当性確認

に関してまとめたものである。

## 2. 重要現象の特定

## 2.1 評価指標

S P H I N C S が適用されるナトリウムが漏えいした場合に生じるナトリウム燃焼における評価指標について記載する。

ナトリウム燃焼は、ナトリウム配管が何らかの原因で損傷し、漏えいしたナトリウムが空気中の酸素及び水蒸気と化学反応を起こす現象である。ナトリウムの漏えいが想定される場所としては、主冷却系に加え、補助冷却系、ナトリウム純化系等が挙げられる。

一般に、配管内ナトリウムは雰囲気より圧力が高いため、配管より漏えいしたナトリウムは、コラム状又はスプレー状に噴霧し、床面に落下するまでの間に、直接燃焼する。この燃焼をスプレー燃焼と呼ぶ。液滴状態でのスプレー燃焼は反応表面積が大きく、燃焼開始直後に雰囲気急激な圧力上昇、温度上昇を引き起こす可能性がある。

スプレー燃焼で燃え残ったナトリウムは、床面でプール状に蓄積、拡大され、その表面で燃焼が発生する。これをプール燃焼と呼ぶ。ナトリウムは高沸点のため一般的な火災源（油等）に比べ飽和蒸気圧が低く、結果としてプール燃焼に伴う火炎面はプール近傍のみに形成される特徴がある。また、スプレー燃焼、プール燃焼いずれにおいても、反応生成物がエアロゾルとして白煙状に雰囲気に放出され、換気や通気により周辺に移行する。

ナトリウム燃焼による反応熱に伴い、雰囲気圧力及び雰囲気温度は上昇する。同時に周辺構造物や建屋コンクリート等へ対流等により熱が輸送される。また、燃焼部周辺は高温となるため、輻射による周辺構造物等への熱輸送も行われる。建屋構造物であるコンクリートは水分を有しており、コンクリートの温度上昇に伴い水分を放出する。この水分とナトリウムとの反応により水素が発生する。発生した水素は雰囲気中の酸素と燃焼し、雰囲気の圧力や温度を上昇させる可能性がある。

ナトリウム燃焼が長期にわたり継続した場合には、建屋構造物であるコンクリートの機能劣化（熱的影響による材料劣化等）の影響（建屋健全性）、周辺に設置してある機器の機能喪失（熱的影響による損傷、エアロゾル付着による化学的損傷等）の影響（機器健全性）を考慮する必要がある。

建屋健全性では、構造部材であるコンクリートの損傷に伴う強度劣化が重要となる。熱的にはコンクリート温度上昇に伴う材料劣化が要因となる。また、ナトリウムと水分が反応することにより水素が発生するため、水素燃焼に伴う圧力上昇も建屋健全性に重要となる。さらに、ナトリウムの漏えい

が想定される場所には、コンクリートとナトリウムが直接接触しないように、ライナ又は受樋（以下「ライナ等」という。）が設置される。このライナ等が損傷した場合には、ナトリウム-コンクリート反応が発生する。ナトリウム-コンクリート反応では、コンクリートの侵食及び水素の発生が生じ、結果として建屋健全性に重要な影響を及ぼす。ライナ等の損傷は、ナトリウム及び燃焼生成物環境下での腐食・減肉に加え、高温による変形が考えられる。このため建屋健全性の評価指標としてライナ等の温度を抽出する。

機器健全性については、火災 PRA<sup>[1]</sup>では、火災源に隣接する機器の損傷として、熱的影響（雰囲気温度又は火災源からの熱流束）又は爆発的影響（熱的影響+衝撃波+飛来物）を評価指標としている。ナトリウム燃焼も一般火災と発生源は異なるものの、その後のシーケンスは同様であり、燃焼区画の機器健全性評価も重要となる。中でも、水素の急激な燃焼による影響は特に重要となる。加えてナトリウムや反応生成物（NaOH, Na<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub>）は化学的に活性であり、機器やケーブルに付着することで化学的に機能を喪失させる可能性がある。

以上より、ナトリウム燃焼時の建屋健全性に関する評価指標をコンクリート温度、水素濃度及びライナ温度、機器健全性に関する評価指標を、水素濃度及びエアロゾル濃度とする。

## 2.2 ランクの定義

S P H I N C Sで評価する事象において考慮すべき物理現象を対象に、**第1表**の定義に従って「H」、「M」、「L」のランクに分類し、「H」及び「M」に分類された物理現象を重要現象として抽出する。

## 2.3 物理現象に対するランク付け

2.1節で述べた評価指標に関連する物理現象に対して、2.2節のランクの定義に従い、評価指標への影響に応じてランク付けを行った。物理現象の抽出は、PIRT (Phenomena Identification Ranking Table) の作成プロセスにおいて広く行われているシステムの階層的分類に基づき実施し、関連する物理現象を過不足なく抽出し（**第1図**）、さらに評価指標を関連付けることで客観的な判断に基づく重要度評価を実施した。ランク付けは**第2表**のとおりとなり、「H」及び「M」に分類された物理現象を重要現象として抽出した。

ランク付けに当たっては、ライナ等の温度やコンクリート温度は床面で発生するプール燃焼からの影響を強く受けるため、関連する物理現象を相対的に高いランクとした。水素濃度、エアロゾル濃度に関しては、発生源である燃焼に加え、物質輸送の影響を強く受けるため、関連する物理現象を相対的に高いランクとした。

以下に、物理現象ごとに考え方を示す。

### (1) 液滴化 [スプレー燃焼]

液滴化（液滴径の平均及び分布）は、スプレー燃焼において反応面表面積を支配する物理現象である。雰囲気温度を上昇させ、コンクリート等の温度に影響する。また、反応生成物であるエアロゾル発生量にも強く影響を及ぼす。このため、建屋健全性に対するランクは「M」、機器健全性については「H」とする。なお、液滴径分布は解析では入力条件となる。

### (2) 燃焼(含水分との反応) [スプレー燃焼]

ナトリウムと酸素及び水蒸気との燃焼反応は、雰囲気温度やエアロゾル濃度に強い影響を与える。ただし、スプレー燃焼において、コンクリート等の温度への強い影響は比較的短時間とな

る。このため、建屋健全性に対するランクは「M」、機器健全性については「H」とする。なお、スプレイ燃焼が支配的となる燃焼初期においてはコンクリートからの水分放出は少なく、水素濃度への影響は比較的小さい。

(3) 反応熱移行 [スプレイ燃焼]

反応熱移行は、燃焼により発生した熱の雰囲気及び液滴への熱輸送割合を支配するが、コンクリート等の温度への直接的な影響は限定的である。このため、建屋健全性に対するランクを「M」とする。また、反応熱の熱移行現象は水素濃度やエアロゾル濃度との直接的な相関が小さいため、機器健全性のランクについては「L」とする。

(4) プール拡大挙動 [プール燃焼]

プール拡大挙動は、プール燃焼における反応面表面積を支配する物理現象であり、エアロゾル濃度に影響を及ぼす。また、プール領域下部のライナ等の温度及びコンクリート温度上昇に影響を与える。以上より、建屋健全性及び機器健全性いずれにおいてもランクは「M」とする。

(5) 燃焼(含水分との反応) [プール燃焼]

ナトリウムと酸素及び水蒸気との燃焼反応は、水素濃度やエアロゾル濃度に影響を与えるが、現象としては比較的緩やかであるといえる。ただし、プール燃焼直下にあるライナ等の温度及びコンクリート温度に対しては強い影響がある。したがって、建屋健全性に対するランクは「H」とし、機器健全性に対するランクは「M」とする。

(6) 反応熱移行 [プール燃焼]

反応熱移行は、燃焼により発生した熱の雰囲気及びプールへの熱輸送割合を支配する。プールへ輸送された熱は、熱伝導によりライナ及びコンクリートへ移行する。このため、反応熱移行では、ライナ等の温度及びコンクリート温度に強い影響を与える。したがって、建屋健全性に対するランクを「H」とする。また、反応熱の熱移行現象は水素濃度やエアロゾル濃度との直接的な相関は小さいため、機器健全性については「L」とする。

(7) 熱伝導 [雰囲気・構造物への熱移行]

熱伝導は、ライナ温度及びコンクリート温度の上昇に強い影響を与える。また、結果としてコンクリートからの水蒸気放出に影響を及ぼすことで、評価指標である水素濃度に影響を与える。以上より、建屋健全性に対するランクを「H」、機器健全性に対するランクを「M」とする。

(8) 対流熱移行 [雰囲気・構造物への熱移行]

対流熱移行は、部屋間の圧力差及び温度差に伴う浮力差による対流現象であり、部屋全体及び部屋（セル）間の熱輸送を支配する。このため、対流熱伝達により隣接する部屋のライナ等の温度及びコンクリートの温度に影響を与える。同様にエネルギー輸送に伴うセル間の浮力差の要因となるため、水素濃度及びエアロゾル濃度に対しても影響を与える。このため、建屋健全性及び機器健全性に対するランクはいずれも「M」とする。

(9) 輻射熱移行 [雰囲気・構造物への熱移行]

輻射熱移行は、燃焼面から輻射により周辺壁、天井及び床面に熱が移行される。このため、ライナ等の温度及びコンクリート温度に影響を与える。したがって、建屋健全性及び機器健全性に

対するランクはいずれも「M」とする。

(10) 質量・運動量移行 [雰囲気・構造物への質量・運動量移行]

セル間（部屋間）の質量・運動量移行は、圧力差及び温度差に伴う浮力差を駆動力とした部屋間の運動量輸送現象であり、隣接する部屋のエアロゾル濃度に強い影響を与える。また、運動量輸送の結果水素濃度に対しても影響を与える。したがって、建屋健全性に対するランクは「M」とし、機器健全性に対するランクを「H」とする。

(11) ガス成分濃度移行 [雰囲気・構造物への質量・運動量移行]

ガス成分濃度移行では、酸素の消費に加え水蒸気及び水素の発生、移行が重要な現象となる。ナトリウム燃焼ではコンクリートが昇温されることで水蒸気が放出する。水蒸気はナトリウムと反応することで水素を発生させるため、水素濃度に強い影響を与える。また、エアロゾルについても、酸素とナトリウムとの反応に加え、水蒸気との反応で水酸化物のエアロゾルが生成されるため、エアロゾル濃度にも影響を及ぼす。したがって、建屋健全性及び機器健全性に対するランクは「H」とする。

(12) エアロゾル移行 [雰囲気・構造物への質量・運動量移行]

エアロゾル移行は、エアロゾルの凝集や沈着による部屋内部での堆積及び流動による部屋間の移行であり、エアロゾル濃度に強い影響を与える。また、エアロゾルは雰囲気中の水蒸気と反応するため、水蒸気濃度の変化に伴う水素濃度変化に対し影響を与える。以上より、建屋健全性に対するランクは「M」とし、機器健全性に対するランクは「H」とする。

(13) 化学反応 [その他ナトリウム特有の物理現象]

雰囲気における化学反応は、雰囲気中の水分と反応生成物であるエアロゾルとの反応であり、燃焼熱に比べると雰囲気への温度や圧力に対する影響は比較的小さい。水分と反応生成物との反応では、ナトリウム酸化物が水酸化物に変化するため、水蒸気質量分の濃度変化（単位体積当たりのエアロゾル質量）に影響を及ぼす。また、水素は生成されないものの、水蒸気濃度の低下を伴い、結果として水素濃度に影響を及ぼす。以上より、建屋健全性、機器健全性のいずれにおいてもランクは「M」とする。

(14) ライナ等の腐食・減肉 [その他ナトリウム特有の物理現象]

ライナ等の腐食・減肉は、建屋健全性に影響を及ぼす現象であり、本来ライナ等の温度に対して従属的となるがライナ等の温度と強く結びついている。したがって、建屋健全性に対するランクは「H」とし、機器健全性に対するランクは「L」とする。なお、本現象は、燃焼解析結果より別途評価される。

(15) ナトリウムとコンクリートとの接触 [その他ナトリウム特有の物理現象]

ライナ等の損傷によりナトリウムがコンクリートと直接接触することによりナトリウム-コンクリート反応が発生し、コンクリートを浸食しながら水素を発生させる。このため、建屋健全性及び機器健全性に強い影響を及ぼす。本現象は、ナトリウム-コンクリート反応を伴うシビアアクシデント時の境界条件となる現象であり、ナトリウム燃焼評価の範疇外であるため、ランク付けは行わない。

### 3. 解析モデルについて

#### 3.1 コード概要

S P H I N C Sは、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構で開発されたコードであり<sup>[2]</sup>、プラント内の各部屋を任意の領域（セル）に分割し、各セルの代表値をもとに質点系でナトリウム燃焼にかかる支配方程式を解く、ゾーン（Zone）モデルを採用している。本コードは、高速炉の安全評価で実績のある計算コードCONTAIN-LMR<sup>[3]</sup>で用いられているモデルを参考としていることから、解析モデルには共通部分が多い。但し、CONTAIN-LMRは、ナトリウム燃焼やナトリウム-コンクリート反応による格納容器応答、カバーガスから格納容器を通じて環境へと放出される放射性物質の移行挙動を評価することが目的であることに対して、S P H I N C Sは、ナトリウム燃焼に特化し、各部屋の雰囲気や構造物の温度、雰囲気成分やエアロゾル成分を評価するための計算コードである。S P H I N C Sは、幅広いナトリウム漏えい条件に対応するため、漏えい規模が比較的小さい場合にプールが時間とともに拡大するモデルや、経験則を可能な限り排除した機構論的なプール燃焼モデルを有している点がCONTAIN-LMRとの差異である。

#### 3.2 重要現象に対する解析モデル

本資料の2章において重要現象に分類された物理現象について、その物理現象を評価するために必要となる解析モデルを**第3表**に示す。

#### 3.3 解析モデル

S P H I N C Sのモデルは大きく、多セル間の質量（ガス成分種含）、運動量及びエネルギー輸送を評価するフローネットワークモデル、輻射熱移行モデル、スプレー燃焼及びプール燃焼を評価する燃焼モデル並びにエアロゾル移行に関するモデルに大別される。

##### 3.3.1 スプレー燃焼

###### (1) 液滴化

S P H I N C Sでは、大きさの異なる液滴の燃焼による影響を考慮するため、液滴直径  $D$  の分布式として、以下に示す抜山-棚沢の分布関数<sup>[4]</sup>を用いている。

$$\frac{dF}{dD} = \left(\frac{3.915}{D}\right)^6 \frac{D^5}{120} \exp\left(-\frac{3.915D}{D}\right) \quad (1)$$

ここで  $F$  はその粒径における体積分率を、 $\bar{D}$  は体積平均直径を示す。解析では体積平均直径を入力で与え、(1)式より体積平均直径における体積分率の1%となる最小、最大直径を計算し、その間を多群（デフォルトでは11群）に分割する。

###### (2) 燃焼（含水分との反応）

各粒径群におけるスプレー（液滴）燃焼速度は、液滴温度と着火温度の関係により評価式を分けている<sup>[2]</sup>。液滴温度が着火温度以下の場合、燃焼速度は熱輸送と物質輸送のアナログを用い、酸素又は水蒸気の流入フラックスより以下の式で計算される<sup>[4]</sup>。

$$\dot{m}_f = \frac{\pi C D d}{i} (2 + 0.6 Re^{1/2} Sc^{1/3}) \quad (2)$$

ここで  $C$  は反応物（酸素又は水蒸気）の質量濃度、 $D$  は拡散係数、 $d$  は液滴直径、 $i$  は反応量論

比（反応により消費されるナトリウムと反応物の質量割合）である。反応量論比は、Gibbs 自由エネルギー極小化法により評価する（3.3.3 雰囲気・構造物への熱移行（4）化学反応で後述）。また、 $Re$ 、 $Sc$  はそれぞれレイノルズ数及びシュミット数である。

着火温度に達した後では、 $d^2$  則<sup>[4], [5]</sup>に基づき、

$$\dot{m} = \frac{\pi \rho K}{4} d, \quad d^2 = d_i^2 - Kt \quad (3)$$

$$K = \frac{8\lambda}{C_p \rho} \ln(1+B), \quad B \equiv \frac{1}{h_{fg}} \left\{ C_p (T_g - T_s) + \frac{H_c Y}{i} \right\}$$

で評価し、強制対流の効果<sup>[6]</sup>を考慮した以下の式を用いる。

$$\dot{m}_f = \dot{m}(1 + 0.3Re^{1/2}Pr^{1/3}) \quad (4)$$

ここで、 $\lambda$ 、 $C_p$ 及び $\rho$ はそれぞれ、ガス成分の熱伝導率、定圧比熱、密度であり、 $h_{fg}$ は蒸発潜熱、 $H_c$ は化学反応熱、 $Y$ は反応物の質量分率である。また、 $T_g$ 及び $T_s$ はそれぞれ周辺ガス温度、液滴温度である。

### (3) 反応熱移行

化学反応による発熱量は、

$$Q_{burn} = \sum_j \dot{m}_j H_{c_j} \quad (5)$$

で表される。ここで  $j$  は反応物を示す。液滴が沸点よりも低い場合(2)式で用いた相関式を用い、周辺ガスへの熱移行量を以下の式で評価する<sup>[7]</sup>。

$$Q_g = \pi d \lambda (2 + 0.6Re^{1/2}Pr^{1/3})(T_s - T_g) \quad (6)$$

残りの発熱は液滴の昇温に寄与する。液滴が沸点に到達すると、(5)式の全熱量からナトリウムの蒸発に必要な以下の熱量（顕熱+潜熱）を除いたものが周辺ガスに移行する。

$$Q_v = \sum_j \dot{m}_j \{ C_p (T_b - T_s) + h_{fg} \} \quad (7)$$

ここで  $T_b$  はナトリウムの沸点である。

## 3.3.2 プール燃焼

### (1) プール拡大挙動

S P H I N C S 独自の機構論的な取り扱いとして、小規模漏えい時のプール燃焼影響評価を詳細に解析するため、ナトリウムプールをプール中心から同心円状に分割し、プールの質量とエネルギーが保存するようにプール面積の過渡変化を計算する<sup>[8]</sup>。質量保存に関しては、スプレイから落下するナトリウム量、プール燃焼量、半径方向に移流する量の均衡と総量保存を満足する定式化がなされている。プール厚みは、ナトリウムの表面張力と床面（ライナ等）との接触角をもとに以下の式で計算される<sup>[2]</sup>。

$$\delta = \sqrt{\frac{2\sigma}{\rho g} (1 - \cos \varphi)} \quad (8)$$

ここで $\delta$ はプール厚み、 $\sigma$ 及び $\phi$ は表面張力及び接触角である。

エネルギー保存に関しては、スプレー燃焼で過熱されたナトリウムの流入エンタルピー、ナトリウムの蒸発によるエンタルピー、燃焼に伴う発熱によるエンタルピー、ナトリウムの移送に伴い輸送されるエンタルピーを考慮している。

分割された各セル（リング）におけるナトリウム燃焼に伴う質量及びエネルギー輸送は、後述するフレームシート燃焼モデルによりセル単位で評価される。

## (2) 燃焼（含水分との反応）及び反応熱移行

プール燃焼における燃焼及び反応熱移行は、フレームシート燃焼モデルにより一括して取り扱われる<sup>[2], [9]</sup>。これはSPHINCS独自の機構論的なモデルであり、高さ方向（一次的）に、ナトリウムプール、燃焼面（フレームシート）、雰囲気ガスの3つのレイヤーが存在する状況を想定し、それらのレイヤー間における質量及びエネルギーの輸送方程式を解くことで熱移行量を求める。経験的なパラメータ（燃焼面からプールと雰囲気へのエネルギー配分比等）は可能な限り排除し、物理的なメカニズムをコード内で計算することから、汎用性が高い。モデルの出発点として、厚さ無限小の燃焼面を仮定し、燃焼面に流入する物質と熱は、下方のナトリウムプール、及び上方の雰囲気から移行する物質と熱の量（それぞれマスフラックス、エネルギーフラックス）の合計で表されるという基本原理を取り入れる。この基本原理は、次式で表される。

$$N_{Na} = \sum_j \frac{N_j}{i_j} \quad (\text{for mass flux})$$

$$q_b = q_g + q_p \quad (\text{for energy flux})$$
(9)

ここで $N$ はマスフラックスであり、 $q$ はエネルギーフラックスである。下付添字 $b$ 、 $g$ 及び $p$ はそれぞれ燃焼、雰囲気ガス、ナトリウムプールを示す。ナトリウム及び反応物のマスフラックスは、

$$N_{Na} = \frac{C_{Na} D_{Na}}{l} \ln \frac{P}{P - P_{Na}^{sat}}$$

$$N_j = \left( \frac{x_j}{1 - x_j} \right) \frac{C_g D_j}{l} Sh_j$$
(10)

で表される。ここで、 $l$ はナトリウムプール表面からのフレーム高さであり、 $x$ は反応物のモル濃度である。 $Sh$ はシャーウッド数であり、水平平板における自然対流熱伝達<sup>[10]</sup>及び熱輸送と物質輸送のアナロジを用い、以下の式で評価する。

$$Sh_j = 0.14 (Gr \times Sc_j)^{1/3}$$
(11)

ナトリウムプールからフレーム及び雰囲気ガスからフレームへのエネルギーフラックスはそれぞれ、



$$q_g = q_g^{conv} + q_g^{rad} = \frac{Nu\lambda}{d}(T_f - T_g) + \sigma\epsilon_g(T_f^4 - T_g^4) \quad (12)$$

$$q_p = q_p^{cond} + q_p^{rad} = \lambda \left. \frac{dT}{dz} \right|_{flame} + \sigma\epsilon_p(T_f^4 - T_p^4)$$

となる。ここで、 $Nu$ はヌセルト数、 $\epsilon$ は輻射率、 $\sigma$ はStefan-Boltzmann定数である。輻射率は入力条件となる（これまでの知見より $\epsilon_g=0.65$ 、 $\epsilon_p=0.5$ ）。一方、SPHINCSでは、輻射率を内部で評価するオプションがあり、以下の式で評価される。

$$q_g = q_g^{conv} + q_g^{rad} = \frac{Nu\lambda}{d}(T_f - T_g) + (F_{fg}\alpha_g\epsilon_f\sigma T_f^4 - F_{gf}\epsilon_f\epsilon_g\sigma T_g^4)$$

$$q_p = q_p^{cond} + q_p^{rad} = \lambda \left. \frac{dT}{dz} \right|_{flame} + (F_{fp}\epsilon_p\epsilon_f\sigma T_f^4 - F_{pf}\epsilon_f\epsilon_p\sigma T_p^4) \quad (13)$$

ここで、 $F$ は形態係数、 $\alpha$ は吸収率であり、3.3.3(3)で後述する輻射モデルを用いる。

(12)式又は(13)式中の $Nu$ 数は(11)式を用いる（熱伝送と物質輸送のアナロジ）。なお、フレームからプールへのエネルギーフラックス( $q_p$ )における熱伝導評価（(12)式又は(13)式の右辺第1項）では、反応により生成されたエアロゾルのプール表面落下に伴うエネルギー輸送も考慮するため、生成されたエアロゾルのプール落下割合が別途必要となる（これまでの知見より落下割合は0.75としている。）。

最終的に(9)式はフレーム高さ $l$ 及びフレーム温度 $T_f$ の関数となり、Newton-Raphson法を用いてこれらを求める。

### 3.3.3 雰囲気・構造物への熱移行

#### (1) 熱伝導

SPHINCSでは、部屋の周囲の構造物（壁）、床面に敷設されたライナ等について以下の非定常熱伝導方程式を解くことで熱伝導をモデル化している。

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla \cdot \lambda \nabla T + S \quad (14)$$

ここで $S$ は生成項であるが、コンクリートからの水分放出等で用いられる。

部屋内のガス空間については質点系で代表温度は1点のみであるが、構造は別途多次元に詳細化して温度分布を評価することが可能である。

#### (2) 対流熱移行

部屋間の対流熱移行については、フローネットワークモデルとして質量・運動量とカップリングして評価される。なお、部屋間の温度差に起因する浮力差により発生する対流通気量（部屋間の交換通気量）もBrown等のモデル<sup>[11],[12]</sup>をもとに評価している。また、各部屋間の開口は1箇所のみであり、複数開口部の場合はBrown等のモデルより等価な代表開口部を設定する。

部屋内と周辺壁との対流熱伝達については、水平方向（床、天井）では周辺ガス温度( $T_{gas}$ )と壁面温度( $T_{wall}$ )との大小関係をもとに、以下の相関式により評価する。

$$\begin{aligned}
& T_{gas} > T_{wall} \\
& \quad Nu = 0.067 Ra^{1/3} \\
& T_{gas} < T_{wall} \\
& \quad Ra < 10^7 \\
& \quad \quad Nu = 0.54 Ra^{1/4} \\
& \quad Ra > 10^7 \\
& \quad \quad Nu = 0.14 Ra^{1/3}
\end{aligned} \tag{15}$$

ここで  $Ra$  はレイリー数である。また、鉛直方向（側壁等）については以下の式より熱伝達率を評価する<sup>[13]</sup>。

$$\begin{aligned}
& Ra < 10^{10} \\
& \quad Nu_x = \frac{3}{4} \left\{ \frac{Pr}{5Pr + 4.9\sqrt{Pr} + 2.4} \right\}^{1/4} Ra^{1/4} \square 0.502 \left( \frac{Pr}{Pr + \sqrt{Pr} + 0.5} Ra \right)^{1/4} \\
& \quad Nu = \frac{4}{3} Nu_x \\
& Ra > 10^{10} \\
& \quad Nu = 0.0185 Ra^{0.4}
\end{aligned} \tag{16}$$

ここで  $Pr$  はプラントル数である。

### (3) 輻射熱移行

雰囲気ガスと各壁面の輻射フラックスは輻射率を入力で与えた場合、以下の式で評価する。

$$q_{ri} = \sigma \varepsilon_{ri} (T_g^4 - T_i^4) \tag{17}$$

S P H I N C S 内部で輻射率を計算する場合<sup>[2]</sup>、(17)式の代わりに以下を用いる。

$$q_{ri} = \sigma \varepsilon_{si} (\varepsilon_m T_g^4 - \alpha_m T_i^4) \tag{18}$$

ここで、下付添字  $m$  はガス成分と反応生成物であるエアロゾルの両方の影響を加味した値である。また、(18)式中の  $\varepsilon_s$  は壁面での反射を考慮した等価輻射率であり、表面での輻射率  $\varepsilon_i$  をもとに以下のように計算される。

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_i + 1}{2} \tag{19}$$

本モデルでは、輻射率 ( $\varepsilon$ ) と吸収率 ( $\alpha$ ) は等価として扱う。壁面輻射率 ( $\varepsilon_i$ ) は入力値で与える。一方、ガス成分とエアロゾルの両方を考慮したガス輻射率 ( $\varepsilon_m$ ) は、以下の式で評価される<sup>[14]</sup>。

$$\begin{aligned}
\varepsilon_m &= \varepsilon_a + \varepsilon_g - \varepsilon_a \varepsilon_g \\
\alpha_m &= \alpha_a + \alpha_g - \alpha_a \alpha_g
\end{aligned} \tag{20}$$

ここで下付添字は  $a$  がエアロゾルを  $g$  がガス成分を指す。エアロゾルの輻射率は、以下に示す Felske and Tien のモデルを用いる<sup>[15]</sup>。

$$\begin{aligned}\varepsilon_a &= 1 - \frac{15}{\pi^4} \varphi^{(3)}(y), \quad y = 1 + \alpha_{\lambda_m} L T_g \frac{\lambda_m}{c_2} \\ \lambda_m &= 0.94 \mu m \\ \alpha_{\lambda_m} &= 4000 \rho_a f_v\end{aligned}\tag{21}$$

ここで $\varphi^{(3)}$ はペンタガンマ関数であり、 $L$ は等価長さとなる。また、 $\rho_a$ 及び $f_v$ はそれぞれエアロゾル密度、エアロゾルの体積分率であり、 $c_2$ は放射第二定数(the second radiation constant in Plank's radiation formula)と呼ばれる。

#### (4) 化学反応（雰囲気反応及び燃焼反応）

S P H I N C Sにおける雰囲気での化学反応、スプレイ燃焼及びプール燃焼での反応量論比の評価はB I S H O Pプログラム<sup>[16]</sup>によって行われる。B I S H O Pでは、Gibbs 自由エネルギー極小化法をもとに、定圧条件下でNa, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NaOH, Na<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub>の平衡状態を化学ポテンシャルである Gibbs 自由エネルギーが極小となる組成をラグランジュ未定定数法により求めている。ナトリウム化合物としては上記のほかNaHが存在するが、B I S H O Pでの評価により900K程度で完全に熱分解する<sup>[16]</sup>こと、雰囲気中の水素濃度を保守的に評価することを考慮し、NaHが存在しない状態での平衡としている。

水素(H<sub>2</sub>)は平衡状態では酸素(O<sub>2</sub>)と共存しない(化学ポテンシャルとしては水(H<sub>2</sub>O)の方が低い)が、反応に必要なエネルギー障壁が比較的高いため実現象では共存する。S P H I N C Sでは、水素再結合割合を入力変数にて指定することで、雰囲気内での水素と酸素の共存を模擬している。

雰囲気での化学反応については瞬時平衡を仮定し、平衡前後での変化量を数値計算内でのタイムステップで除すことで反応速度としている。なお、水素再結合割合を100%未満とした場合、雰囲気中では水素の酸素等との反応は考慮しない。また、燃焼モデル中では、前後での反応物変化量とナトリウム変化量をもとに量論比を計算している。

### 3.3.4 雰囲気・構造物への質量・運動量移行（ガス成分濃度移行含む。）

#### (1) フローネットワークモデル

フローネットワークモデルでは、セル内の質量保存及び運動量保存をもとに圧力方程式を構築し、セル間移流量の過渡変化を計算する。運動量保存はセル間の流量と圧力損失に加え、セル間温度差に起因する浮力差に伴う交換通気量もBrown等のモデル<sup>[11], [12]</sup>を用い支配方程式に組み込まれている。

質量保存における生成項は、燃焼に伴う質量変化、反応生成物であるエアロゾルの壁面付着に伴う質量変化及びコンクリートからの水分放出に伴う質量変化を考慮する。

各ガス成分種における支配方程式は、エネルギー保存と同様にセル間の移流に伴う成分種の輸送及び生成項として、燃焼及び雰囲気での化学反応、コンクリートからの水分放出を考慮している。なお、エネルギー保存と異なり、壁面でのガス成分種の放出、吸着は考慮しない(濃度勾配=0条件)。

#### (2) コンクリートからの水分放出モデル

コンクリートからの水放出量を自由水と結合水の組み合わせでモデル化し、S P H I N C S上

では、表形式により規定され、温度変化に伴う放出量変化より水分放出量（速度）が評価される。

### 3.3.5 エアロゾル移行

#### (1) フローネットワークモデル

エアロゾルのセル間移行については、ガス成分濃度移行と同様にセル間の移流及び周辺壁（天井、床含む。）への沈着を生成項としてフローネットワークモデル内で評価される。

#### (2) 凝集・沈着モデル

S P H I N C S では、エアロゾルのセル内での挙動として、粒径分布、ブラウン拡散、熱泳動、重力沈降、凝集、沈着及びナトリウム燃焼に伴うエアロゾルの生成を考慮するため、A B C - I N T G プログラム<sup>[17]</sup>を組み込んでいる。

各代表粒径におけるエアロゾルの数密度  $n(v, t)$  は Wen 等のモデル<sup>[18]</sup>を用い、以下の式で表される。

$$\begin{aligned} \frac{\partial n(v, t)}{\partial t} = & \frac{1}{2} \int_0^v n(v', t) n(v - v', t) \beta(v', v - v') dv' \\ & - n(v, t) \int_0^\infty n(v', t) \beta(v, v') dv' - R(v) n(v, t) + S(v, t) \end{aligned} \quad (22)$$

ここで、 $V$  は体積、 $\beta, R, S$  はそれぞれ凝集率、沈着率、生成項であり、Gelbard 等のモデルを用いる<sup>[19]</sup>。エアロゾルの粒径については OECD/NEA により推奨されている対数正規分布を用いる<sup>[20]</sup>。

## 4. コードの検証及び妥当性確認

### 4.1 重要現象に対する妥当性確認方法

S P H I N C S の評価マトリクスを第 4 表に示す。第 4 表はナトリウムが漏えいした場合に生じるナトリウム燃焼で評価する全事象を包絡するように、本資料の 2 章で重要現象に分類された物理現象を列挙している。各試験解析の内容について詳細を 4.2 節以降に示すが、それらの要約を 4.1.1 項から 4.1.6 項に示す。総合効果試験としては、実規模体系での大規模なナトリウム漏えい及び燃焼を直接模擬したものはないが、1995 年に「もんじゅ」で発生したナトリウム漏えい及び燃焼を模擬したナトリウム漏えい燃焼実験-II (RUN-D4) を対象とした試験解析を実施する。

ナトリウムが漏えいした場合に生じるナトリウム燃焼では、ライナ等の腐食・減肉及びライナ等の破損後のナトリウムとコンクリートとの接触は重要な物理現象となるが、S P H I N C S では、ライナ部周辺環境（ナトリウム温度、ライナ上のナトリウム及び反応生成物の質量等）を評価し、その評価結果をもとに別途上記物理現象が評価される。したがって、上記 2 つの物理現象を直接的に妥当性評価の対象とすることは不要とした。

#### 4.1.1 単一液滴燃焼実験

単一液滴燃焼実験<sup>[21]</sup>の解析により、S P H I N C S で採用されたスプレイ燃焼モデルの妥当性を確認する。

#### 4.1.2 スプレイ燃焼実験 (RUN-E1)

スプレイノズルから噴出されたナトリウム液滴群の燃焼実験<sup>[22]</sup>を解析し、液滴群としてのスプレ

イ燃焼モデル、実験装置内への熱移行の妥当性を確認する。

#### 4.1.3 プール燃焼実験 (RUN-D1)

試験装置内に設置されたナトリウムプールにおけるプール燃焼実験<sup>[23]</sup>の解析により、SPHINCSで採用されたプール燃焼モデル及び雰囲気への熱移行、物質（エアロゾル）移行の妥当性を確認する。

#### 4.1.4 小規模プール燃焼実験 (RUN-F7)

試験装置内で一定高さからコラム状に滴下させプール拡大挙動を伴ったプール燃焼実験<sup>[24]</sup>の解析を実施する。これによりプール拡大挙動の妥当性を確認するとともに、雰囲気への熱移行、物質・運動量移行の妥当性を確認する。

#### 4.1.5 マルチセルプール燃焼実験 (RUN-D3)

鉛直断面内に開口部を有した水平 2 室におけるプール燃焼実験<sup>[25]</sup>の解析を行い、SPHINCSにおける雰囲気への熱移行、物質・運動量移行（フローネットワークモデル）の妥当性を確認する。

#### 4.1.6 ナトリウム漏えい燃焼実験-II (RUN-D4)

総合試験解析として、「もんじゅ」におけるナトリウム漏えいを模擬した燃焼実験<sup>[26], [27]</sup>解析を行い、SPHINCSがナトリウム燃焼評価に適用できることを確認する。また、雰囲気中の水蒸気及びコンクリート加熱により生じる水蒸気の放出に伴う水素発生量の評価を行い、SPHINCSで採用された雰囲気における化学反応モデルの妥当性を確認する。

### 4.2 単一液滴燃焼実験解析

#### (1) 単一液滴燃焼実験の概要

本実験は、空気雰囲気におけるナトリウム単一液滴の落下燃焼実験<sup>[21]</sup>であり、ナトリウム燃焼解析コードの検証を目的として 1997 年に原子力機構（当時は動燃）にて実施したものである。

単一液滴燃焼実験装置の概要を第 2 図に示す<sup>[21]</sup>。液滴はベータアルミナ板に電位差を与えてナトリウムを一定速度で透過させ内径 0.2mm、外径 0.5mm のノズルより押し出すことで生成される。押し出しにより生成された液滴は試験容器内を自由落下しつつ燃焼し、2.68m 下方にある液滴回収容器中のパラフィン内に滴下する。落下前の液滴径は、供給ナトリウム量をベータアルミナ板の印加電荷量から求め、その真球換算から約 3.8mm となっている<sup>[21]</sup>。この評価に基づき、解析での液滴径を 3.8mm とした。実験での主な計測項目は、液滴質量変化、雰囲気酸素濃度及び高速度ビデオを用いた液滴落下速度である。実験では、1 ケース当たり 50 個滴下させ、その平均及びばらつきを評価するとともに、計測系の不確かさについても評価している。第 5 表に実験結果概要を示す。

#### (2) 単一液滴燃焼実験の解析結果

実験結果との比較として第 3 図に燃焼量を示す。化学反応による  $\text{Na}_2\text{O}_2$  と  $\text{Na}_2\text{O}$  の生成割合を入力値で変化させた場合、 $\text{Na}_2\text{O}_2$  との反応割合が大きくなると、より多くの酸素が反応に必要となるため、ナトリウムの燃焼量は低下している。反応割合の計算に量論比モデル BISHOP を用いると、ばらつきの範囲内で燃焼量の実験結果を再現している。第 4 図に落下速度を示す。落下速度も実験結果のばらつきの範囲で再現している。以上により、SPHINCS の単一液滴として

のスプレイ燃焼解析の妥当性が確認された。なお、以降の解析ではB I S H O Pを用いた。

#### 4.3 スプレイ燃焼実験(RUN-E1)解析

##### (1) スプレイ燃焼実験(RUN-E1)の概要

RUN-E1 は、空気雰囲気における大規模・長時間のナトリウムスプレイ燃焼実験<sup>[22]</sup>であり、ナトリウム燃焼解析コードの検証を目的として1985年に原子力機構(当時は動燃)にて実施したものである。

スプレイ燃焼実験装置を**第5図**に示す<sup>[22]</sup>。試験装置は直径3.6mの密閉容器であり、内径8.7mmのスプレイノズルが容器内に設置されている(高さ3.98m)。落下したナトリウムは、下端面での傾斜により燃焼抑制室に流入することで、プール燃焼の影響を除いている。ナトリウム液滴の平均径は体積平均で約2mm(水試験及び当該ノズル(遠心型加圧フルコーンノズル)の液滴径に関する実験式に基づいて決定)<sup>[22], [28]</sup>であり、漏えい温度は505℃、漏えい量は510g/s(1,800s)となっている。実験では、容器内圧力、温度、エアロゾル濃度が測定されている。

##### (2) スプレイ燃焼実験の解析結果

**第6図**に解析結果と実験結果との比較を示す。ガス温度(**第6図(a)**)に関しては、解析体系での平均値となるため、スプレイの内部や高温化した気体の上昇流の通過点で測定された実験結果に比べると低めの評価となっている。実験では熱電対にナトリウム液滴の付着の影響も考えられること、また、後述するガス圧力については概ね実験結果を再現しており、実験領域でのエネルギーの観点も含め実験結果と整合していることが確認された。なお、図中のスプレイノズル下方に設置した熱電対(TE2082)は600s以降で約400℃となっているが、これは未燃焼の滴下ナトリウム(ノズル出口温度505℃)の影響を受けているためと考えられる。

ガス圧力については**第6図(b)**に示すように、実験の後半で若干実験結果よりも低めに推移するものの、圧力の立ち上がり挙動及び最高圧力は実験結果と整合している。

**第6図(c)**に酸素濃度の実験結果との比較を示す。図中実験で測定された(B)及び(C)のデータは、実験装置から測定装置までのラインが長く、その間の時間遅れを考慮したものとなっている<sup>[22]</sup>。ただし、ライン中の酸素濃度の拡散までは考慮していない。図に示すように、解析ではセル全体での平均酸素濃度を評価しているため、酸素濃度の急激な減少は再現できないものの、全体としての減少傾向は実験と整合している。

**第7図**に壁面への熱流束の解析結果と実験結果との比較を示す。実験ではスプレイノズルと同じ高さ、2つの熱流束計を取り付け、一方を遮蔽体で覆うことで、対流に伴う熱流束(遮蔽体付)と対流に加え輻射による熱流束を測定している。**第7図**に示すように、実験では比較的対流による熱流束の割合が高くなるが、全体の熱流束のピーク値は実験結果と整合している。対流熱伝達による熱流束については、実験での考察においても想定される自然対流熱伝達に伴う熱流束(約4,000kcal/hr/m<sup>2</sup>(4,650W/m<sup>2</sup>))よりも測定値が高くなっていることが指摘されており<sup>[22]</sup>、解析結果の対流熱伝達による熱流束値が最大で約6,000W/m<sup>2</sup>であることを考慮すると、解析結果は妥当であるといえる。

以上より、S P H I N C Sのスプレイ燃焼解析の妥当性が確認された。

#### 4.4 プール燃焼実験(RUN-D1)解析

## (1) プール燃焼実験 (RUN-D1) の概要

RUN-D1 は、空気雰囲気における大規模・長時間のナトリウムプール燃焼実験<sup>[23]</sup>であり、ナトリウム燃焼解析コードの検証を目的として 1985 年に原子力機構（当時は動燃）にて実施したものである。

プール燃焼実験装置を第 8 図に示す<sup>[23]</sup>。実験装置は約 4m(W)×4m(D)×3m(H)の空間に 1.5m(W)×1.5m(D)×0.5m(H)のプール（燃焼皿）を設けた構造となっている。実験では、505°Cのナトリウムをプール下端から 2.56kg/s で 215s 間供給し、その後約 1hr 燃焼を継続させている（供給終了時のナトリウムプール高さは約 0.3m、総供給量は約 550kg である。）。また、実験中の酸素濃度の急激な低下を抑制するために、実験装置上部から酸素を約 200l/min で同様に約 1hr 継続して供給している。

実験では、雰囲気、ナトリウム、コンクリートの各温度履歴、圧力履歴、エアロゾル濃度を計測するとともに熱流束計を用い、直接計測ではないものの、輻射熱流束の評価を行っている。

## (2) プール燃焼実験の解析結果

解析結果と実験結果との比較を第 9 図に示す。ガス温度（第 9 図(a)）については、実験では測定高さ（第 8 図）により約 30°C 程度違いがあるものの、概ね体系内で同様な温度履歴となっており、解析結果は若干高めとなっているものの実験との整合性は高い。

一方、プール中ナトリウム温度（第 9 図(b)）及びプール下端でのライナ温度（第 9 図(c)）については解析結果では最大値でそれぞれ、約 40°C（ナトリウム温度）、約 20°C（ライナ温度）と実験よりも過小評価となっているが、概ね実験と整合している。

壁におけるライナ及びコンクリート温度については、第 9 図(d)及び(e)に示すように、ライナ温度はガス温度の影響で若干実験結果よりも高めに評価するものの、いずれも実験との整合性は高い。

酸素濃度の比較結果を第 9 図(f)に示す。実験では、酸素供給期間（3,600s(60min)）でほぼ一定値（約 17mol%）で推移し、酸素供給停止後酸素濃度が低下している。解析では、若干酸素の消費が多いものの、概ね実験結果と整合している。

第 9 図(g)にエアロゾル濃度分布の比較を示す。図に示すように、解析では実験に比べ約 4 倍の濃度となっており、エアロゾル濃度を過大評価している。RUN-D1 実験では、中心部に設置されたプール周囲壁の高さが約 500mm であり、ナトリウムプール液深（約 300mm）よりも周囲壁が高い構造となっている。また、実験体系全体の換気も弱く、プール燃焼で生成した反応生成物であるエアロゾルが比較的プールに落下しやすい体系のためと考えられる。

第 9 図(h)に壁面への熱流束の比較結果を示す。全体の熱流束としては、図中実線で示すように、初期の立ち上がりは実験との整合性は高いものの、約 600s 以降解析結果は実験結果に比べ約 30% 程度過大に評価している。なお実験では約 2,400s で熱流束計が破損している。

実験では高さ約 2,000mm の位置で 1 箇所計測されたものであること、また、壁ライナ及びコンクリート温度については実験と解析で概ね一致していることより、解析結果は妥当であると考えられる。実験における輻射熱流束（シールド付輻射系測定値との差分、図中点線）は測定期間で約 100W/m<sup>2</sup> であり、実験での考察<sup>[23]</sup>においても、輻射熱流束の過小評価の可能性が指摘されている。実験では、ガス温度から推定される自然対流熱流束を全体から差し引いた値（図中の一点鎖

線)を輻射熱流束値としており、全体に対する輻射熱流束の割合として約60%と評価している。解析では全体的に熱流束値が実験に比べ高いものの、輻射熱流束の割合は60~80%となっており、実験における考察と整合しており、輻射モデルの妥当性が確認された。

以上より、SPHINCSでは、エアロゾル濃度を実験結果に比べ高めに評価するものの、それ以外については実験を概ね再現しており、プール燃焼モデルの妥当性が確認された。

#### 4.5 小規模プール燃焼実験(RUN-F7)解析

##### (1) 小規模プール燃焼実験(RUN-F7)の概要

RUN-F7は、空気雰囲気における小規模のナトリウムプール燃焼実験<sup>[24]</sup>であり、ナトリウム燃焼解析コードの検証を目的として1998年に原子力機構(当時は動燃)にて実施したものである。

小規模プール燃焼実験装置の概要を**第10図**に示す<sup>[24]</sup>。実験装置は直径約1.3m、高さ約2.2mの円筒形の容器であり、内部にナトリウム漏えい用のノズルが設けられている。ノズルからはコラム状にナトリウムが滴下し、下端面にナトリウムプールを形成する。ナトリウムプールは漏えい時間とともに拡大する。実験では、漏えい高さを変化させている。

##### (2) 小規模プール燃焼実験の解析結果

解析結果と実験結果の比較を**第11図**に示す。ガス温度を**第11図(a)**に示す。測定点は床面から高さ0.5mの位置で、壁から0.05mm(ピーク温度の低い4点)及び0.3m(ピーク温度の高い4点)にて周方向90度毎に配置されている。実験後半で解析結果は実験結果よりも保守的(高温)となり、また、温度低下開始時刻も遅くなっている。本解析におけるナトリウムプール面積は約0.42m<sup>2</sup>となり、実験結果(約0.28m<sup>2</sup>)よりも約50%過大に評価する結果となっている(**第11図(b)**)。

**第12図**に実験開始後40min(2,400sec)でのプール表面を示す。図に示すように、プール表面にパンケーキ状に反応生成物が付着しており、実験では燃焼が抑制されたものと考えられる。またパンケーキ状の物質は比較的厚く堆積しており、ナトリウムがよりパンケーキ状の物質に捕捉されたと思われる。解析ではこれらの影響は無視しており、結果的にプール面積を過大に評価したものと考えられる。この燃焼抑制効果の影響評価として、単純にプール燃焼量が以下の形で抑制されるモデルを仮定し評価した。評価結果を**第13図**に示す。

$$N_{Na}^* = N_{Na} \frac{\text{計算セル中ナトリウム質量}}{\text{計算セル中プール全質量}} \quad (23)$$

ここで $N_{Na}$ は(9)式から計算される理想的燃焼量である。**第13図(a)**に示すように、燃焼抑制効果を考慮することで、ガス温度は実験への整合性が高くなることが確認された。ただし、実験で見られた燃焼抑制効果は小規模プールで顕著に表れる現象であり、保守性の観点を踏まえSPHINCSでは考慮しないこととする。

**第11図(c)~(h)**に漏えい中心( $r=0m$ )から各位置におけるプール下端(床面)ライナ温度の時刻歴変化を示す(中心以外は周方向90度毎の分布)。実験終了後でのプール半径は約0.3mであり、**第11図(c)~(g)**におけるライナ温度の急激な上昇はナトリウムの到達時刻となる。解析では $r=0.1m$ まではほぼ実験と同じ時刻に温度が上昇しているが、それ以降(**第11図(f)~(g)**)では実験よりも若干早い時刻でナトリウムが到達している。また、全体的に実験結果に比べ温度を保守的に評価している。**第13図(b)**に示すように、燃焼抑制効果を考慮すれば、ライナ温度は実験



結果と概ね整合する。なお、**第 11 図(c)～(e)**において 1500s 付近で温度上昇が顕著に見られているが、これは未燃焼ナトリウムの供給によりナトリウム温度の上昇が抑制されていたものが、供給停止 (1,505s) <sup>[24]</sup>により緩和されたためである。

雰囲気中の酸素及び水蒸気の濃度変化については、**第 11 図(i)及び(j)**にそれぞれ示すとおり、酸素濃度は実験後半で若干解析の方が低下しているものの、概ね実験結果と整合している。また、エアロゾル濃度の分布も同様に、実験後半で濃度を過大に評価する傾向があるものの、概ね実験と整合している (**第 11 図 (k)**)。

以上より、SPHINCSでは、小規模プールに見られるプール表面への反応生成物付着に伴う燃焼抑制効果を考慮していないため、ガス温度やナトリウムプールの拡がり (プール面積) を高めに評価する。この結果、ナトリウム燃焼量が増加しプール下端ライナ温度を保守的に評価するものの概ね実験結果を再現しており、ナトリウムプールの拡がりを含めたプール燃焼モデルの妥当性が確認された。

#### 4.6 マルチセルプール燃焼実験 (RUN-D3) 解析

##### (1) マルチセルプール燃焼実験 (RUN-D3) の概要

RUN-D3 は、ナトリウムプール燃焼の隣接する部屋への影響 (熱及び物質の移行挙動) を調べるための実験<sup>[25]</sup>であり、1994年に原子力機構 (当時は動燃) にて実施したものである。

マルチセルプール燃焼実験装置の概要を**第 14 図**及び**第 15 図**に示す<sup>[25]</sup>。実験装置はプール燃焼実験 (RUN-D1) と同じものを用い、装置内を図に示すように 2 枚の仕切り板で分離することで水平方向 2 セルとしている。プール燃焼も RUN-D1 実験と同様に 1.5m×1.5m のプール容器に 500℃のナトリウムを約 0.46kg/s で 2min (総量約 55kg) 供給している。

実験では、両セルの温度、酸素濃度並びにエアロゾル濃度を計測している。

##### (2) マルチセルプール燃焼実験の解析結果

実験結果とのガス温度の比較を**第 16 図**に示す。燃焼室に関しては、実験ではプールに近い位置では高い温度履歴 (図中○ (床面から約 0.4m)、△ (同約 1.3m)) となっているが、その他の位置では概ね解析結果と一致している。また、連通室についても燃焼室と同様に解析結果が、一部を除き実験結果と整合している。なお、連通室で一部温度の低い領域が見られているが、これは開口部よりも下方であり、温度成層化が見られていると考えられる。

**第 17 図**にコンクリート温度の実験結果との比較を示す。燃焼室に関しては、解析結果は実験結果の範囲にある。連通室に関しては若干実験結果よりも高めに推移するものの、ガス温度の解析結果と実験結果との整合性も考慮し、解析結果は妥当であるといえる。

**第 18 図**にナトリウムプール直下にある燃焼皿ライナ温度の比較結果を示す。実験ではナトリウムを 2min で充填するため、解析では受皿中心と周辺部での温度変化の時間遅れは概ね充填時間に相当しているものの、実験では温度上昇の時間遅れが大きくなっている。実験ではライナ変形等により下端部に傾斜が発生し、その影響で初期のプール拡がり及び燃焼が部分的となったことが考えられる。このためかこれまでの妥当性解析と比較すると、解析ではライナ温度を若干低めに評価する傾向が見られる。

**第 19 図**に解析における、浮力差に伴う対流通気量 (Buoyancy driven) 及び圧力差に伴う対流

通気量 (Pressure driven) の比較を示す。実験では通気量全体の測定は行われておらず、また、これらの通気量を分離して計測することは困難であり、直接的な妥当性評価はできないものの、部屋間の対流通気に占める浮力差起因の割合は高く、温度変化は実験結果と整合しており、対流通気モデルは妥当であるといえる。

**第 20 図**にそれぞれの部屋の酸素濃度並びにエアロゾル濃度の比較結果を示す。酸素濃度については 2,000s 以降で解析結果は若干濃度低下が遅くなる傾向があるものの、概ね実験結果と整合している。なお、解析では燃焼室の方が酸素濃度は低下しているものの、実験では、一部連通室側の酸素濃度の方が低下している傾向が見られるが、連通室側の酸素濃度は図に示すように位置により若干変化しており、明確な違いにはなっていないと考えられる。エアロゾル濃度については、燃焼室及び連通室における濃度上昇の時間遅れは解析と実験で一致しており、対流通気モデルが妥当であることがいえる。また、実験では約 500s～1,000s の間で解析結果よりも高い濃度推移を示しているが、これは受皿ライナ温度 (**第 18 図**)に見られるように、実験初期で比較的燃焼に乱れが生じていた可能性があり、燃焼生成物のプールへの落下割合が変化したことが予想される。また、解析では実験後半で連通室側の濃度の方が若干ではあるが上昇している。これは燃焼室側のガス温度が高く、熱拡散に伴う壁面付着量が増加したことと、若干ではあるが壁面、床面面積が連通室側で小さくなっているためである。

以上より、実験では特に初期において燃焼形態が不明な部分があり、SPHINCS では、燃焼皿ライナ温度やエアロゾル濃度に違いが見られるものの、ナトリウム燃焼を伴わない連通室でのガス温度、コンクリート温度、エアロゾル濃度は概ね実験結果と整合しており、複数部屋間の対流通気を含めた燃焼解析の妥当性が確認された。

#### 4.7 ナトリウム漏えい燃焼実験-II (RUN-D4) 解析

##### (1) ナトリウム漏えい燃焼実験-II (RUN-D4) の概要

本実験は 1995 年に発生した「もんじゅ」2 次系ナトリウム漏えい及び燃焼の原因究明の一環として、ダクトやグレーチング等の実際の構造物を模擬したモックアップ実験<sup>[26], [27]</sup>であり、1997 年に原子力機構 (当時は動燃) にて実施したものである。

ナトリウム漏えい燃焼実験-II 実験装置概要を**第 21 図**に示す<sup>[26], [27]</sup>。ナトリウムの漏えいは実際と同様に熱電対 (**第 21 図**中の温度計) より 480℃、約 40～50g/s で約 220 分間漏えいさせている (総漏えい量約 690kg)。

実験では、各位置での温度分布、水蒸気、水素濃度分布、エアロゾル分布が測定されている。なお、実験では約 3hr 後に床ライナが損傷し、ナトリウムが直接コンクリートと反応しており、本妥当性評価は実験開始後から 3hr 程度までを対象とする。

##### (2) ナトリウム漏えい燃焼実験-II の解析結果

**第 22 図**に解析結果と実験結果との比較を示す。ガス温度については**第 22 図 (a)**に示すように解析は室内平均のため実験結果に比べ若干低めの評価となっている。測定点は燃焼影響が比較的大きい箇所に配置されており、その中での代表点をプロットしているが、漏えい点付近でガス温度が高い傾向にある。コンクリート温度 (**第 22 図 (c)**) は概ね実験と整合している。以上より、解析結果は妥当であると考えられる。

床面におけるライナ温度については第 22 図(b)に示すように、平均値では立ち上がりが実験に比べ穏やかであるものの、漏えい中心では実験結果と同様な立ち上がりを示す一方で、全体的な温度は約 100℃程度実験よりも低い結果となっている。実験ではライナ最高温度が約 800℃程度まで上昇しているが、これは他のプール燃焼実験(第 9 図(c)、第 11 図(c)、第 18 図)と比較しても約 100℃以上高い結果となっている。実験では燃焼領域の可視化のためカメラが装置内に組み込まれており、視界を確保するため相当量の空気がカメラから流出している。このため、通常のプール燃焼で見られる自然対流による空気の供給ではなく、強制対流による空気の供給が起こったものと考えられる。

酸素濃度(第 22 図(d))については、解析では初期の酸素濃度低下傾向が緩やかなものの、低下幅は概ね実験結果と整合しており、解析結果は妥当であると考えられる。水蒸気濃度の時刻歴変化を第 22 図(e)に示す。実験では、計測ライン通過中の吸湿が指摘されており<sup>[27]</sup>、その影響を補正したデータ(図中△)を併せて示している。解析結果は図に示すように、補正したデータと概ね一致しており、解析は妥当であると考えられる。なお、実験結果では 3hr 以降で水蒸気濃度が上昇しているが、これはライナ破損によるナトリウムとコンクリートとの反応で周辺コンクリートが加熱され、コンクリートからの水分放出が増加したためと考えられる。

水素濃度については第 22 図(f)に示すように、再結合割合を 90%とすることで実験結果を概ね包絡しており、本モデルを用いた解析が妥当であるといえる。なお、3hr 以降で 1,000vol ppm を超える値が実験で計測されているが、これはナトリウム-コンクリート反応で水素が直接生成されたためと考えられる。

雰囲気におけるエアロゾル濃度については第 22 図(g)に示すように、初期時刻歴において解析結果は実験結果よりも若干低目となるが、1hr~3hr の範囲では概ね実験結果の範囲内となっており、本モデルが妥当であることが確認された。なお、初期については、実験では滴下したナトリウムの飛散が観察されており、液滴燃焼に伴うエアロゾル発生がより多くなったためと考えられる。

以上より、SPHINCSにより総合的なナトリウム燃焼現象としてナトリウム漏えい燃焼実験-II(RUN-D4)の解析を行った結果、ライナ温度については、実験装置特有の影響で過小評価となる傾向が見られたものの、その妥当性が確認された。

#### 4.8 重要現象に対する不確かさ

4.2 節から 4.7 節で実施した妥当性確認では別途不確かさ評価を行い、その感度を把握している。第 6 表に不確かさ評価結果概要を示す。

### 5. 実機解析への適用性

#### 5.1 重要現象への適用性

##### (1) 液滴化(スプレイ燃焼)

液滴化は入力条件となるため妥当性確認は不要であるが、スプレイ燃焼実験解析により、液滴形状が予測された条件での妥当性確認及び感度解析を実施した。SPHINCSでは、質点近似モデルを用いているため、ガス圧力値を比較することで実験との整合性を確認し、実験との整合性を確認した。

## (2) 燃焼及び反応熱移行（スプレー燃焼）

単一液滴燃焼実験解析により、液滴単体の燃焼量及び着火位置の観察結果について実験結果と整合することを確認した。また、スプレー燃焼実験解析により、スプレー状の燃焼及び周辺ガスへの熱移行について、体系内でのガス圧力挙動を比較することで、実験を精度良く予測することを確認した。

以上より、SPHINCSは、スプレー燃焼に伴うガス圧力増加等の現象を精度よく予測するため、スプレー燃焼に適用できる。

## (3) プール拡大挙動（プール燃焼）

小規模プール燃焼実験解析より、SPHINCSは、プール拡大挙動を実験よりも50%高めに評価する。また、実験の後半においても解析ではプール燃焼量を多く評価し、ガス温度、ライナ温度等を高めに評価する。

以上より、SPHINCSは、プール拡大挙動を過大に評価し、また、反応生成物による燃焼抑制効果を加味しないためプール燃焼量を高めに評価するため、プール燃焼に適用できる。

## (4) 燃焼及び反応熱移行（プール燃焼）

プール燃焼実験解析により、プール面積が一定の状態においてSPHINCSは、ガス温度や酸素濃度等の熱移行・物質移行を精度良く評価することを確認した。ただし、プール燃焼実験では燃焼皿側壁の影響でプール燃焼による反応生成物がより多くプール側に落下したことが考えられ、エアロゾル濃度は高めの評価となった。

また、同様に、小規模プール燃焼実験、マルチセルプール燃焼実験及びナトリウム漏えい燃焼実験-IIの解析を実施し、実験を精度良く予測できることを確認した。

以上より、SPHINCSは、プール燃焼に適用できる。

## (5) 熱伝導（雰囲気・構造物への熱移行）

プール燃焼実験、小規模プール燃焼実験、マルチセルプール燃焼実験及びナトリウム漏えい燃焼実験-IIの解析により、ライナ温度及びコンクリート温度の実験結果を精度良く予測できることを確認した。

以上より、SPHINCSは、構造の熱伝導に適用できる。

## (6) 対流熱移行（雰囲気・構造物への熱移行）

小規模プール燃焼実験、マルチセルプール燃焼実験及びナトリウム漏えい燃焼実験-IIの解析より、雰囲気ガス温度、周辺壁のライナ又はコンクリート温度の実験結果を精度良く予測できることを確認した。

以上より、SPHINCSは、対流熱移行に適用できる。

## (7) 輻射熱移行（雰囲気・構造物への熱移行）

スプレー燃焼実験解析により、実験で1箇所計測された全熱流束量と、解析で評価された平均量が概ね整合することを確認した。実験ではカバーをすることで輻射の影響を除いた計測値との比較により輻射と対流熱移行とを分離しているが、カバー経由又は雰囲気エアロゾルを介した輻射の影響が示唆されており、別途実験結果をもとに評価された対流熱移行量は解析と良い精度で一致している。また、プール燃焼実験解析により、解析では約30%程度実験結果よりも過大に全熱

流束を評価しているが、実験では同様に 1 箇所のみで解析では平均値であること、周辺熱流束をもとに評価されたコンクリート温度は実験結果を精度良く予測できることに加え、実験において推定された輻射熱流束の寄与率(約 60%)と解析結果は整合していることから、解析における輻射熱移行量は実験と整合している。

以上より、SPHINCSは、直接計測ではないものの周辺への輻射熱流束評価は実験と整合しており、輻射熱移行に適用できる。

#### (8) 質量・運動量移行及びガス成分濃度移行 (雰囲気・構造物への質量・運動量移行)

マルチセルプール燃焼実験解析により、開口部を介した酸素濃度及びエアロゾル濃度について実験結果を精度良く予測できることを確認した。また、ナトリウム漏えい燃焼実験-II 解析により、コンクリートからの水分放出を考慮した水蒸気濃度について実験結果を精度良く予測できることを確認した。

以上より、SPHINCSは、質量・運動量移行及びガス成分濃度移行に適用できる。

#### (9) エアロゾル移行 (雰囲気・構造物への質量・運動量移行)

プール燃焼実験、小規模プール燃焼実験、マルチセルプール燃焼実験及びナトリウム漏えい燃焼実験-II の解析により、プール面積を一定にするために燃焼皿を設置したプール燃焼実験では、実験に比べ過大にエアロゾル濃度を評価するものの、そのほかの実験解析では実験を精度よく予測することを確認した。

以上より、SPHINCSでは、実験特有の条件により一部実験結果よりもエアロゾル濃度が高めとなるが、それ以外では実験と整合しており、エアロゾル移行に適用できる。

#### (10) 化学反応 (その他ナトリウム特有の物理現象)

ナトリウム漏えい燃焼実験-II の解析より、水蒸気濃度及び水素濃度について実験を精度良く予測できることを確認した。

以上より、SPHINCSを用いた雰囲気中での化学反応により実験を精度良く予測するため化学反応に適用できる。

### 5.2 試験装置のスケーリング

#### (1) 単一液滴燃焼実験

スプレー燃焼の妥当性確認として実施している単一液滴燃焼実験では、滴下する液滴の燃焼特性を評価するものである。燃焼特性として着火前後の評価が可能な落下高さ及び実機と同程度の液滴径が重要であり、実験では約 2.7m の落下高さ、液滴直径約 4mm であり、本試験装置で得られた結論を実機に適用できる。

#### (2) スプレー燃焼実験

スプレー燃焼及び周辺への熱移行の妥当性確認として実施しているスプレー燃焼実験では、スプレー燃焼高さが約 4m であり、着火後の液滴燃焼が支配的となる十分な高さを有している。また、熱移行は輻射及び自然対流となり、輻射の観点では温度差が、自然対流の観点ではグラスホフ数 ( $Gr$ ) 及びプラントル数 ( $Pr$ ) がスケーリングとして重要となる。温度差及びプラントル数については、実機と同じナトリウムによる燃焼としており、本試験装置で得られた結論を実機に適用

できる。また、グラスホフ数で重要となる代表寸法（装置高さ）は実機に比べ約 1/2～同程度であり、グラスホフ数で最大 1 桁実機よりも小さくなるが、十分に発達した乱流自然対流領域であり、本試験装置で得られた結論を実機に適用できる。なお、実機に比べ容積が小さく、実験では密閉空間としているため、燃焼に伴う圧力上昇は実機に比べ大きく、また、急激に減衰するが、実験初期における最高圧力等を評価対象としているためその影響は比較的小さいといえる。

### (3) プール燃焼実験

プール燃焼、周辺への熱移行（輻射モデル）及びエアロゾル移行の妥当性確認として実施しているプール燃焼実験では、容器高さを約 3m、プール燃焼領域を 1.5m×1.5m としている。スプレイ燃焼実験装置と同様に、温度差、プラントル数及び実験装置高さの観点では本試験装置で得られた結論を実機に適用できる。また、プール燃焼における代表寸法である等価直径については、実機における大規模漏えいに対してはグラスホフ数が 2 桁以上小さくなるものの、十分に発達した乱流自然対流領域であり、本試験装置で得られた結論を実機に適用できる。

### (4) 小規模プール燃焼実験装置

プール燃焼（プール拡大挙動）、周辺への熱移行及びエアロゾル移行の妥当性確認として実施している小規模プール燃焼実験は、小規模漏えいを対象としており、漏えい条件が同じであれば実機と同様となる。したがって、本試験装置で得られた結論を実機に適用できる。

### (5) マルチセルプール燃焼実験装置

プール燃焼、周辺への熱、質量、運動量移行及びエアロゾル移行の妥当性確認として実施しているマルチセルプール燃焼実験装置はプール燃焼実験装置を改良したものであり、本試験装置で得られた結論を実機に適用できる。

### (6) ナトリウム漏えい燃焼実験-II 試験装置

総合的な妥当性確認として実施しているナトリウム漏えい燃焼実験-II 試験装置は、「もんじゅ」におけるナトリウム漏えい及び燃焼を模擬したものであり、全体容積は実機と異なるものの、漏えい部近傍としては実機と同条件となっている。したがって、本試験装置で得られた結論を実機に適用できる。

## 6. まとめ

以上より、ナトリウム燃焼に係る重要現象に関する SPHINCS の解析モデルは各試験の結果と比較して妥当であることを確認するとともに、各解析モデルの不確かさを把握した。把握した不確かさを考慮することにより SPHINCS は、ナトリウム燃焼の影響を適切に評価できる。

## 7. 参考文献

- [1] AESJ-SC-RK007 : 2014 原子力発電所の内部火災を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準 附属書 L.1 (NUREG/CR-6850 からの抜粋)
- [2] Yamaguchi, A., and Tajima Y., “Validation study of computer code SPHINCS for sodium fire safety evaluation of fast reactor”, Nuclear Engineering and Design, 219, p.19-34, 2003.
- [3] K. K. Murata, et al., “CONTAIN/1B-Mod.1, A Computer Code for Containment Analysis

- of Accidents in Liquid-Metal-Cooled Nuclear Reactors”, SAND91-1490・UC-610, Jan. 1993.
- [4] S. S. TSAI, “The NACOM Code for Analysis of Postulated Sodium Spray Fires in LMFBRs,” NUREG/CR-1405, U. S. Nuclear Regulatory Commission, 1980.
- [5] J. R. Richard, R. Delbourgo, P. Laffitte, “Spontaneous Ignition and Combustion of Sodium Droplets in Various Oxidizing Atmospheres at Atmospheric Pressure”, 12th Symposium (International) on Combustion, pp.39-48, (1968).
- [6] Ranz, W.E., and W.R., Marshall, “Evaporation from drops”, Chemical Engineering Progress, 48, 3, p.141-146, 1952.
- [7] 山口彰, 田嶋雄次, “SPHINCS コードのスプレイ燃焼モデルの開発と検証 液滴燃焼実験解析と技術課題の摘出”, JNC TN-9400 99-059, 1999.
- [8] 山口彰, 田嶋雄次, “SPHINCS コードによるナトリウムプール燃焼実験 (Run-F7) の検証解析”, PNC TN9410 98-070, 1998.
- [9] Akira Yamaguchi and Yuji Tajima, “A numerical study of radiation heat transfer in sodium pool combustion and response surface modeling of luminous flame emissivity”, Nuclear Engineering and Design, 236, p.1179-1191, 2006.
- [10] Fishenden, M., Saunders, O.A., “Introduction to Heat Transfer”, Clarendon Press, p.180, 1959.
- [11] W. G. Brown and K. L. Solvason, “Natural Convection through Rectangular Opening in Partitions-1 Vertical Partitions”, Int J. Heat Mass Transfer, 5, p.859-868, 1962.
- [12] W. G. Brown, “Natural Convection through Rectangular Opening in Partitions-2 Horizontal Partitions”, Int J. Heat Mass Transfer, 5, p.869-878, 1962.
- [13] 日本機化学会, “伝熱工学資料 改訂題 5 版”, ISBN-13: 978-4888981842, 日本機化学会, 2009.
- [14] Modak, A.T., “Radiation from products of combustion”, Fire Res. 1, p.339-361, 1979.
- [15] Felske, J.D. and Tien, C.L., “Calculation of the emissivity of luminous flames”, Combust. Sci. Technol. 7, p.25-31, 1973.
- [16] 岡野靖, “ナトリウム化学反応平衡解析手法の開発—Gibbs 自由エネルギー極小化法に基づく Na-O-H 系化学反応平衡解析プログラム (BISHOP) の開発と検証—”, JNC TN9400 99-071, 1999.
- [17] S. Miyahara, N. Mitsutuka and H. Obata, “Development and Validation of ABC-INTG code”, PNC TN943 84-08, 1984.
- [18] Wen, C.S., “The Fundamentals of Aerosol Dynamics”, World Scientific, p.228, 1996.
- [19] F. Gelbard and J. H. Seinfeld, “Simulation of Multicomponent Aerosol Dynamics”, J. of Colloid and Interface Science, 78, 2, p.485-501, 1980.
- [20] OECD/NEA, “Nuclear Aerosols in Reactor Safety”, CSNI/SOAR, 1979.
- [21] 宮原信哉, 荒邦章, “ナトリウム液滴落下燃焼実験—予備的実験の評価—”, PNC TN9410 98-065, 1998.
- [22] 森井正他, “大規模ナトリウム漏洩燃焼実験 (III)”, PNC TN9410 86-124, 1986.
- [23] 宮原信哉他, “大規模ナトリウム漏洩燃焼試験 (I) —空気雰囲気におけるナトリウムプール燃

- 焼試験, Run-D1”, PNC TN9410 87-081, 1987.
- [24] 二神敏他, “ナトリウムプール燃焼実験 Run-F7 (中間報告)”, PNC TN9410 98-074, 1998.
- [25] 大野修司, “2セル体系ナトリウム燃焼実験における熱影響の評価”, 日本機械学会 2015 年度年次大会予稿集, S0820105, 9.13-16, 札幌, 2015.
- [26] 内山尚基他, “もんじゅナトリウム漏えい事故の原因究明 -ナトリウム漏えい燃焼実験-II-”, PNC TN9410 97-051, 1997.
- [27] 中桐俊男, “ナトリウム漏えい燃焼実験-II の水分移行挙動の評価”, JNC TN9400 2000-030, 2000.
- [28] 森井正, 姫野嘉昭, “Na 燃焼解析コードの整備 (大規模空気雰囲気試験データを用いたスプレー燃焼モデルの検討) ”, PNC TN9410 87-006, 1987.



第1表 ランクの定義

ランク	ランクの定義	本資料での扱い
H	評価指標に対する影響が大きいと考えられる現象	物理現象に対する不確かさを実験との比較や感度解析等により求め、実機評価における評価指標への影響を評価する。
M	評価指標に対する影響が中程度と考えられる現象	事象推移を模擬する上で一定の役割を担うが、影響が「H」に比べて顕著でない物理現象であるため、必ずしも不確かさによる実機評価における評価指標を評価する必要はないが、本資料では、実機評価への影響を感度解析等により評価するか、「H」と同様に評価することとする。
L	評価指標に対する影響が小さいと考えられる現象	事象推移を模擬するためにモデル化は必要であるが、評価指標への影響が明らかに小さい物理現象であるため、検証/妥当性評価は記載しない。

第2表 SPHINCSにおける物理現象のランクテーブル

分類	評価指標 物理現象	建屋健全性	機器健全性
		コンクリート温度 水素濃度 ライナ温度	水素濃度 エアロゾル濃度
スプレー燃焼	(1) 液滴化	M	H
	(2) 燃焼(含水分との反応)	M	H
	(3) 反応熱移行	M	L
プール燃焼	(4) プール拡大挙動	M	M
	(5) 燃焼(含水分との反応)	H	M
	(6) 反応熱移行	H	L
雰囲気・構造物 への熱移行	(7) 熱伝導	H	M
	(8) 対流熱移行	M	M
	(9) 輻射熱移行	M	M
雰囲気・構造物への 質量・運動量移行	(10) 質量・運動量移行	M	H
	(11) ガス成分濃度移行	H	H
	(12) エアロゾル移行	M	H
その他ナトリウム特有 の物理現象	(13) 化学反応	M	M
	(14) ライナ腐食・減肉	H	L
	(15) Naとコンクリートとの接触	-	-

第3表 重要現象に対する解析モデル

分類	重要現象	必要な解析モデル
スプレイ燃焼	液滴化	抜山-棚沢分布モデル
	燃焼 (含水分との反応) 反応熱移行	液滴燃焼モデル
	プール燃焼	未燃焼ナトリウム質量保存則モデル
プール燃焼	燃焼 (含水分との反応) 反応熱移行	フレイムシート燃焼モデル
	熱伝導	非定常熱伝導方程式
	対流熱移行	フローネットワークモデル ・エネルギー保存 ・周辺構造物との(自然)対流熱伝達
雰囲気・構造物への 熱移行	輻射熱移行	輻射モデル
雰囲気・構造物への 質量・運動量移行	質量・運動量移行	フローネットワークモデル ・質量、運動量保存 ・ガス成分種質量保存 ・圧力勾配に伴う運動量交換 ・浮力差に伴う運動量交換 コンクリートからの水分放出モデル
	ガス成分濃度移行	
	エアロゾル移行	フローネットワークモデル 凝集・沈着モデル
その他ナトリウム 特有の物理現象	化学反応	化学平衡モデル
	ライナ腐食・減肉	NaFeO型/溶融塩型腐食速度モデル (コード上での直接評価は無)
	ナトリウムと コンクリートとの接触	—

第4表 重要現象に対する妥当性確認方法

分類	重要現象	必要な解析モデル	スプレイ燃焼		プール燃焼		マルチセル燃焼	総合実験
			単一液滴燃焼実験	スプレイ燃焼実験(RUN-E1)	プール燃焼実験(RUN-D1)	小規模プール燃焼実験(RUN-F7)		
スプレイ燃焼	液滴化	抜山-棚沢分布モデル	-	-	-	-	-	-
	燃焼(含水分との反応) 反応熱移行	液滴燃焼(INACOM)モデル	4.2	4.3	(4.5) <sup>1</sup>	(4.7) <sup>1</sup>	(4.7) <sup>1</sup>	(4.7) <sup>1</sup>
プール燃焼	プール拡大挙動	未燃焼ナトリウム質量保存則モデル		4.3	4.5	4.7	4.7	4.7
	燃焼(含水分との反応) 反応熱移行	フレームシート燃焼モデル		(4.3) <sup>1</sup>	4.4	4.6	4.7	4.7
雰囲気・構造物への熱移行	熱伝導	非定常熱伝導方程式		(4.3) <sup>1</sup>	4.4	4.6	4.7	4.7
	対流熱移行	フローネットワークモデル エネルギー保存		(4.3) <sup>2</sup>	4.4	4.6	4.7	4.7
	輻射熱移行	周辺構造物との(自然)対流熱伝達 輻射モデル		(4.3) <sup>2</sup>	(4.4) <sup>2</sup>	4.6	4.7	4.7
	質量・運動量移行	フローネットワークモデル 質量、運動量保存		4.3	4.4	(4.6) <sup>2</sup>	(4.7) <sup>2</sup>	(4.7) <sup>2</sup>
雰囲気・構造物への質量・運動量移行	ガス成分濃度移行	圧力勾配に伴う運動量交換 浮力差に伴う運動量交換 コンクリートからの水分放出モデル					4.6	4.7
	エアロゾル移行	フローネットワークモデル(同上) 凝集・沈着モデル プラウン拡散、熱流動、重力沈降、凝集、沈着			4.4	4.6	4.6	4.7
その他ナトリウム特有の物理現象	化学反応	瞬時平衡モデル						4.7
	ライナ腐食・減肉	NaFeO型/溶融塩型腐食速度モデル (コード上での直接評価は無)	-	-	-	-	-	-
	Naとコンクリートとの接触	-	-	-	-	-	-	-

-: 4.1に記載の理由により、妥当性確認が不要である重要現象  
 ( ): 現象としては実験に含まれるが影響が小さく妥当性確認の対象外  
 ( )<sup>2</sup>: 直接の計測値は無いが温度分布評価で総合的に検証可能

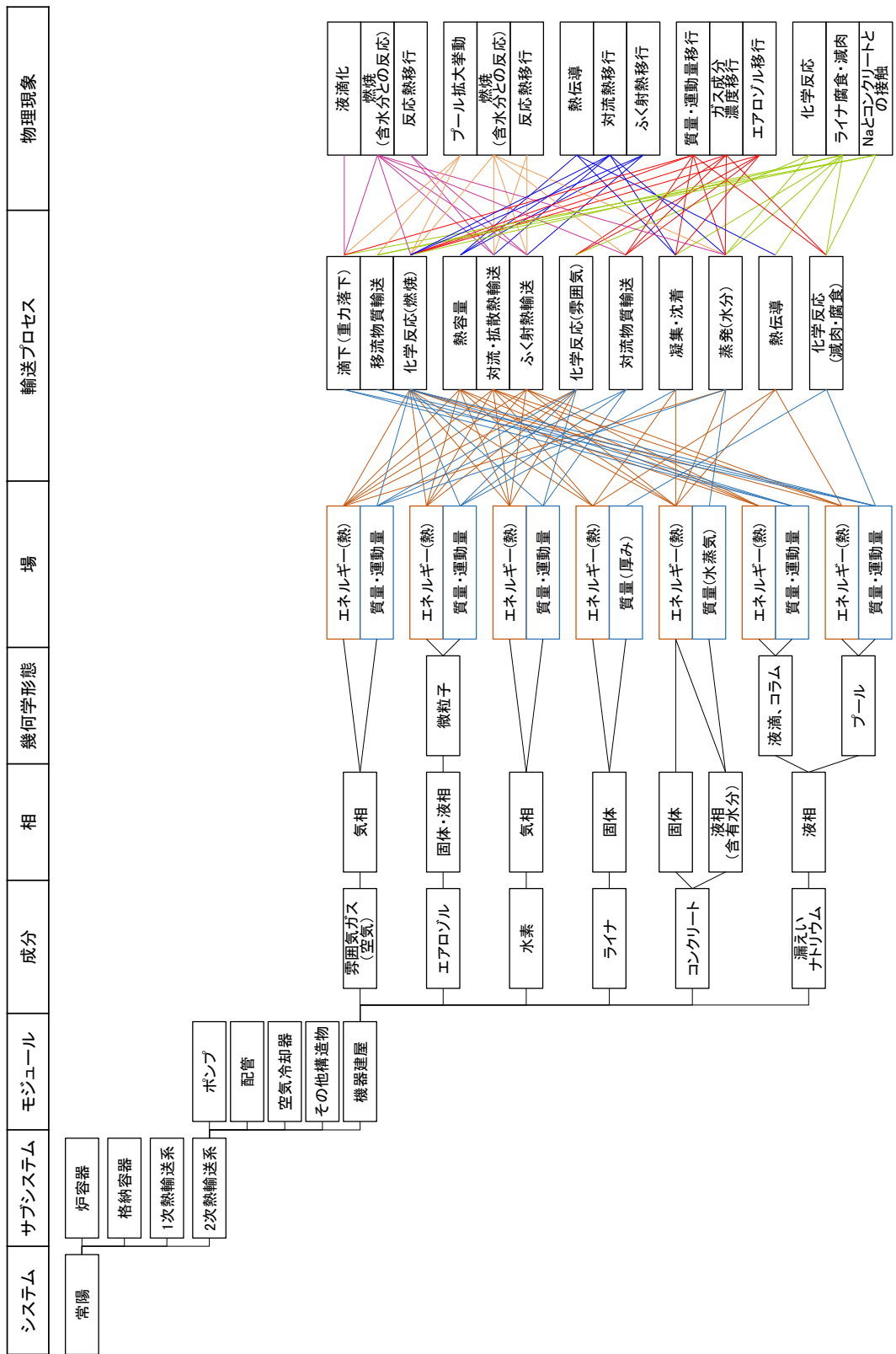
第5表 単一液滴燃焼実験結果概要

	単位	1回目		2回目		3回目	
		1	2	1	2	1	2
雰囲気酸素濃度	vol%	約21*1	18~15*1	約21*2			
雰囲気露点	℃	-3.5	-7.5	-0.5~-0.7		2~4.5	
滴下時の液滴温度	℃	493				502	
電荷量評価液滴質量 ( $m_c \pm \sigma_1$ )	mg/滴	24.80±0.75	24.37±0.45	27.53±0.42	26.44±0.66	26.26±0.92	24.87±0.46
ノズル部での蒸発量 ( $m_v \pm \sigma_2$ )	mg	1.88±0.58					
初期液滴質量 ( $m_c - m_v$ )	mg	22.92±0.95	22.49±0.73	25.65±0.72	24.56±0.88	24.38±1.09	22.99±0.74
初期液滴直径	mm	3.74	3.72	3.89	3.83	3.83	3.75
分析液滴質量 ( $m_a \pm \sigma_3$ )	mg/滴	20.65±0.24	21.40±0.27	22.35±0.32	21.50±0.31	20.02±0.34	20.22±0.31
分析評価液滴直径 (881℃仮定)	mm	3.76	3.81	3.86	3.81	3.72	3.74
液滴燃焼量 ( $m_b = m_c - m_v - m_a$ )	mg	(2.27)	(1.09)	3.30	3.06	4.36	2.77
標準偏差 ( $\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2}$ )	—	(±0.97)	(±0.78)	±0.78	±0.93	±1.14	±0.80
相対誤差 ((標準偏差/ $m_b$ )×100)	%	—	—	23.6	30.4	26.1	28.9
上部測定位置での平均落下速度	m/s	1.4±0.33	1.3±0.33	1.3±0.33	—	—	—
下部測定位置での平均落下速度	m/s	5.5±0.48	5.6±0.48	5.6±0.48		5.5±0.48	
液滴落下時間	s	—	—	—		0.81	
平均燃焼速度	g/s	—	—	—		5.38×10 <sup>-3</sup>	3.42×10 <sup>-3</sup>
平均蒸発係数	cm <sup>2</sup> /s	—	—	—		2.49×10 <sup>-2</sup>	1.57×10 <sup>-2</sup>

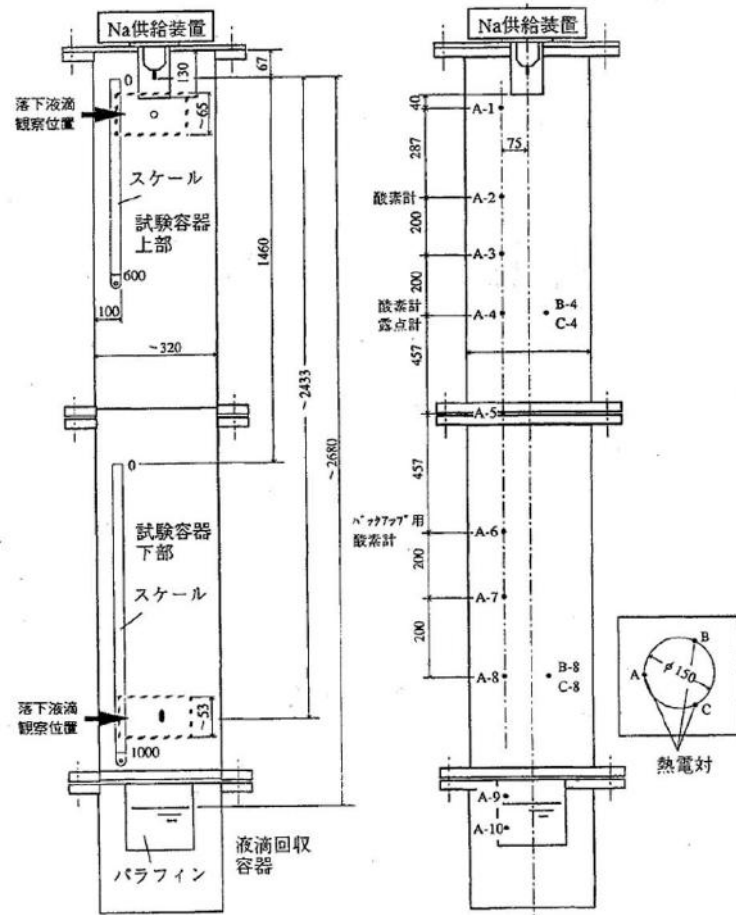
注) \*1: 試験容器下部の上部計測ポート位置、\*2: 試験容器上部の下部計測ポート位置  
 () 内数値は実験中に雰囲気酸素濃度が低下したため、参考値とする

第6表 重要現象に対する不確かさ

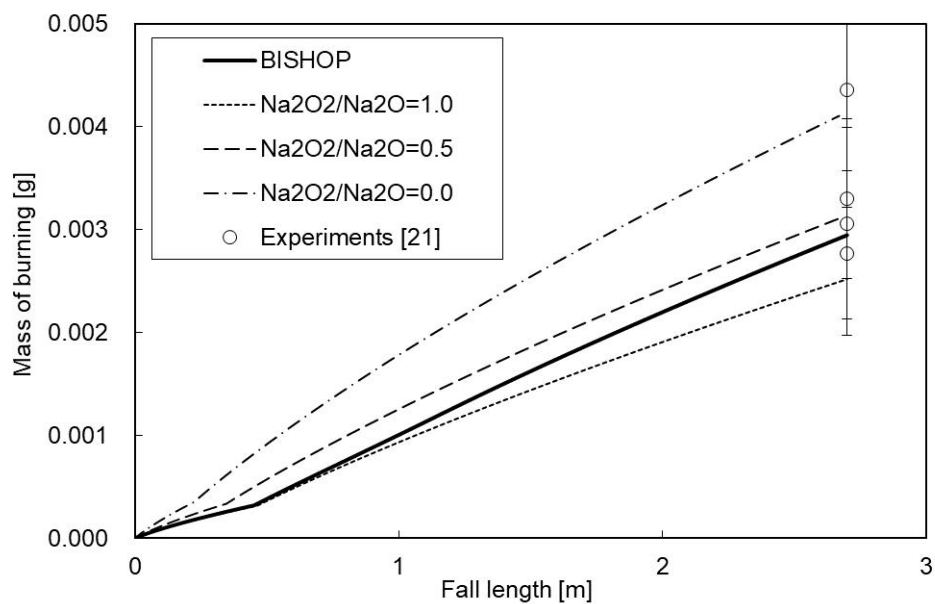
分類	重要現象	必要な解析モデル	妥当性確認	不確かさ	感度評価
スプレイ燃焼	液滴化	抜山-棚沢分布モデル	スプレイ燃焼実験	-	平均液滴径: -10%で最高圧力約+5%
	燃焼(含水分との反応)	液滴燃焼(NACOM)モデル	単一液滴燃焼実験 スプレイ燃焼実験	入力値に含まれる	着火温度: -100°C(500°C)で燃焼量約+20%
	反応熱移行	未燃焼ナトリウム質量保存則モデル	小規模プール燃焼実験	入力値に含まれる	プール高さ: 約+50%でプール面積約-20%
プール燃焼	燃焼(含水分との反応)	フレームシート燃焼モデル	プール燃焼実験 小規模プール燃焼実験 マルチセルプール燃焼実験 ナトリウム漏えい燃焼実験-II	入力値に含まれる	燃焼面~ガス輻射率: 約±20%でガス温度約±10°C、プール下端ライナ温度約-20°C~+30°C
	反応熱移行				
雰囲気・構造物への熱移行	熱伝導	非定常熱伝導方程式	プール燃焼実験 小規模プール燃焼実験 マルチセルプール燃焼実験 ナトリウム漏えい燃焼実験-II	入力値に含まれる	-
	対流熱移行	フローネットワークモデル エネルギー保存 周辺構造物との(自然)対流熱伝達	小規模プール燃焼実験 マルチセルプール燃焼実験 ナトリウム漏えい燃焼実験-II	入力値に含まれる	-
	輻射熱移行	輻射モデル	スプレイ燃焼実験 プール燃焼実験	入力値に含まれる	ガス~周辺壁輻射率: 約±30%で輻射熱流束約±10%、ガス温度約±10%、ガス圧力約±6%
	質量・運動量移行	フローネットワークモデル 質量・運動量保存 圧力勾配に伴う運動量交換 浮力差に伴う運動量交換 コンクリートからの水分放出モデル	ナトリウム漏えい燃焼実験-II	浮力差に伴う運動量交換 (定数C: -20%~+30%) その他入力値に含まれる	定数C: 約-20%~+30%で対流通気量約-18%~+22% コンクリート水分放出量: +10%で水蒸気濃度約+7%、水素濃度約+9%
	ガス成分濃度移行				
雰囲気・構造物への質量・運動量移行	エアロゾル移行	フローネットワークモデル(同上) 凝集・沈着モデル ブラウン拡散、熱泳動、重力沈降、凝集、沈着	プール燃焼実験 小規模プール燃焼実験 マルチセルプール燃焼実験 ナトリウム漏えい燃焼実験-II	入力値に含まれる	反応生成物エアロゾルのプール落下割合: 0.75→0.95で最大エアロゾル濃度約-60%
	化学反応	瞬時平衡モデル	ナトリウム漏えい燃焼実験-II	入力値に含まれる	水素再結合割合: 0.90→0.95で水素濃度約50%



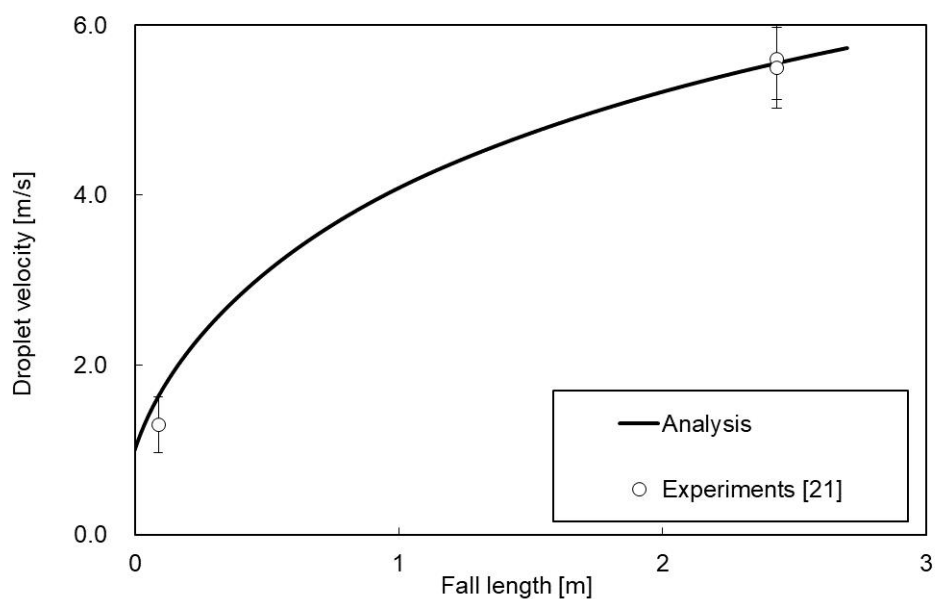
第1図 システムの階層的分類



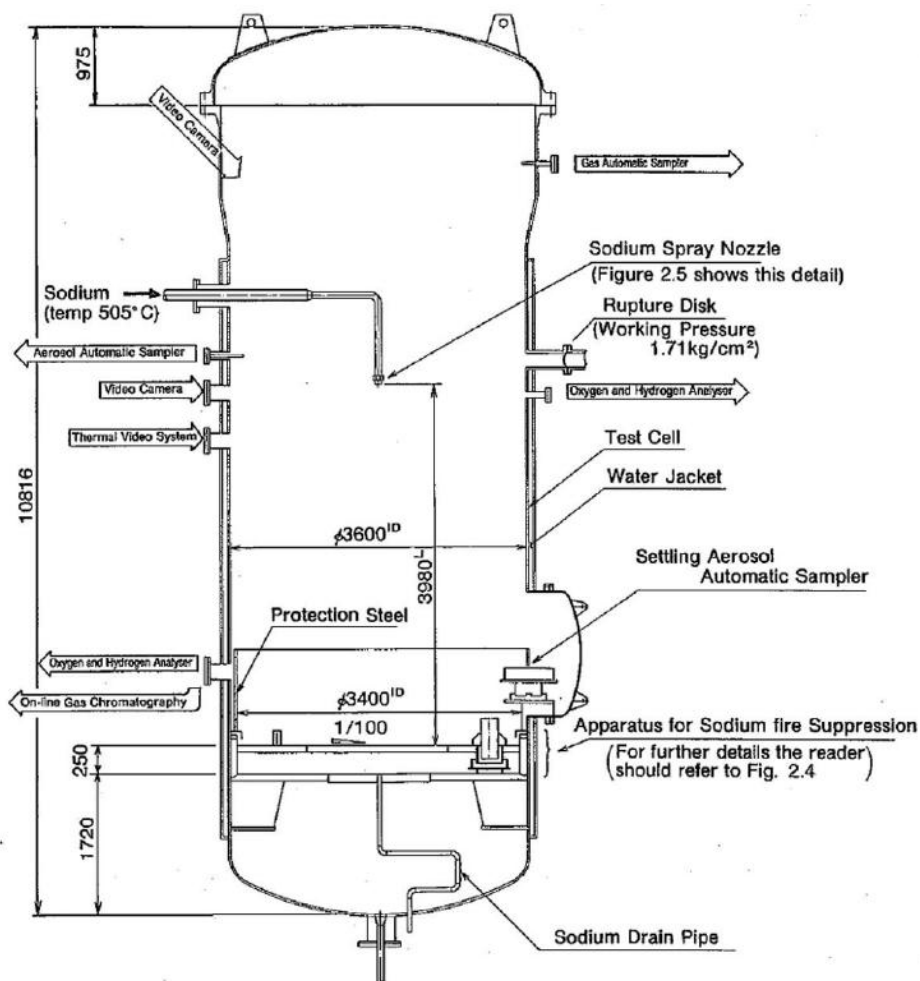
第2図 単一液滴燃焼実験装置



第3図 燃焼量の比較 (単一液滴燃焼実験)

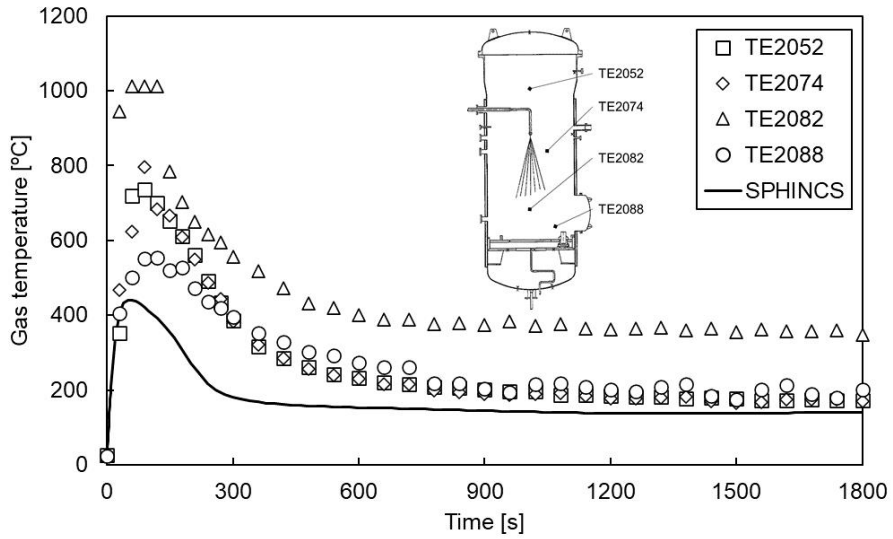


第4図 液滴落下速度の比較（単一液滴燃焼実験、化学反応モデル：B I S H O P）

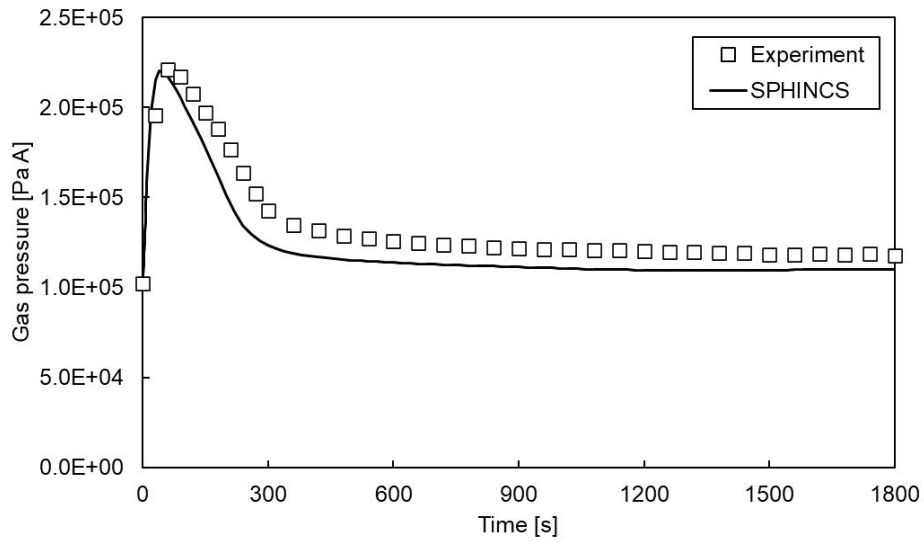


第5図 スpray燃焼実験装置

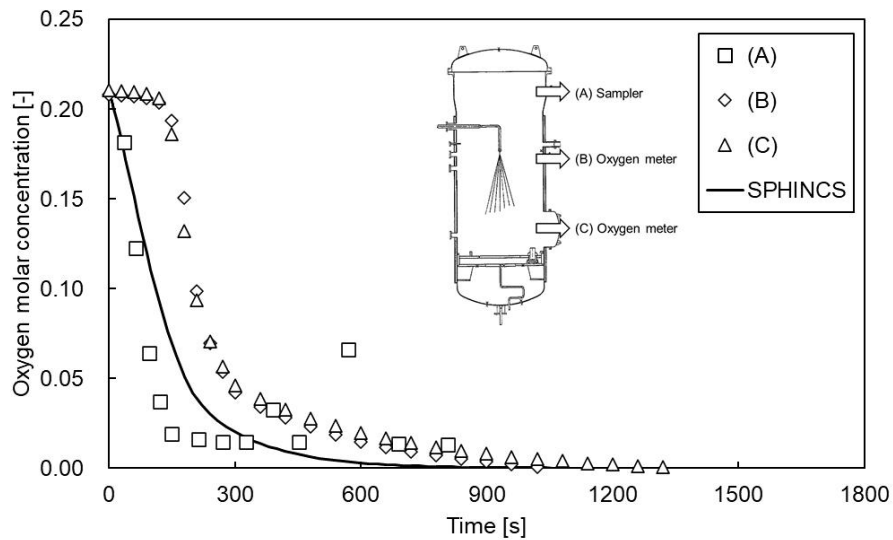




(a) ガス温度時刻歴変化



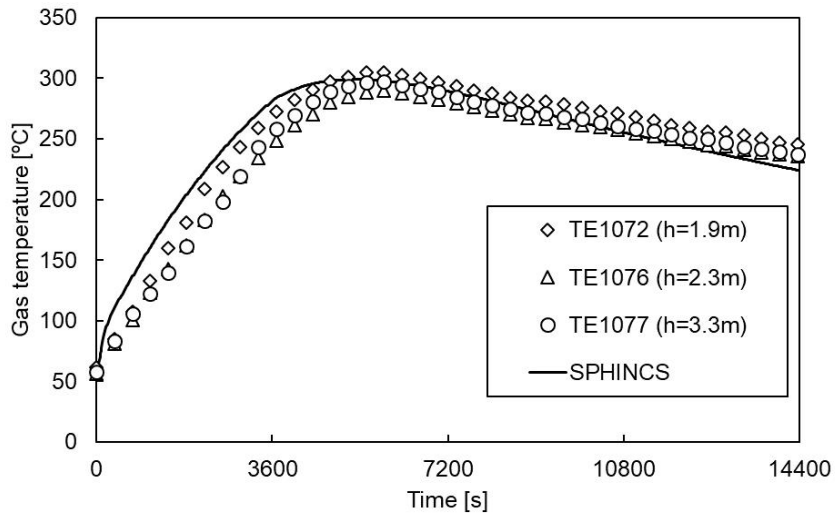
(b) ガス圧力時刻歴変化



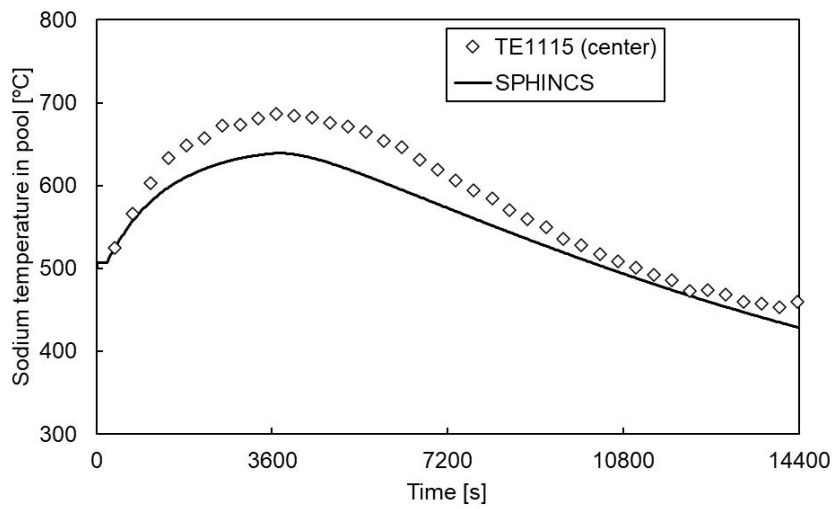
(c) 酸素濃度時刻歴変化

第6図 実験結果との比較 (RUN-E1)

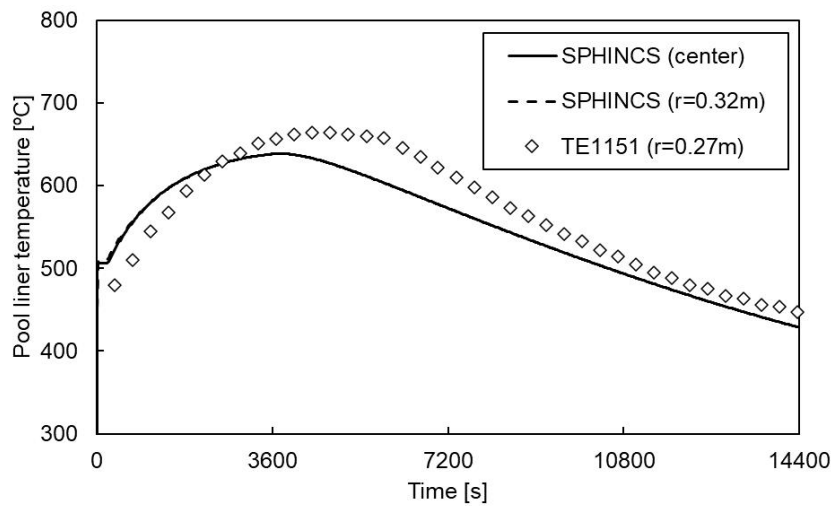




(a) ガス温度時刻歴変化

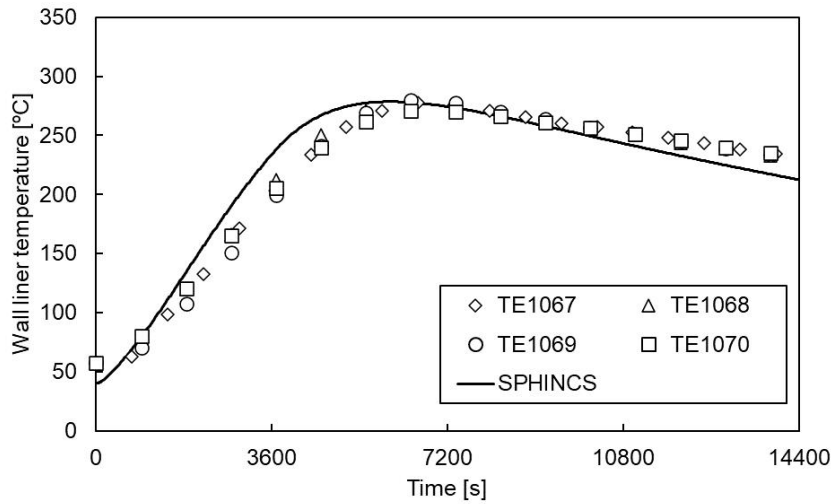


(b) ナトリウムプール温度時刻歴変化

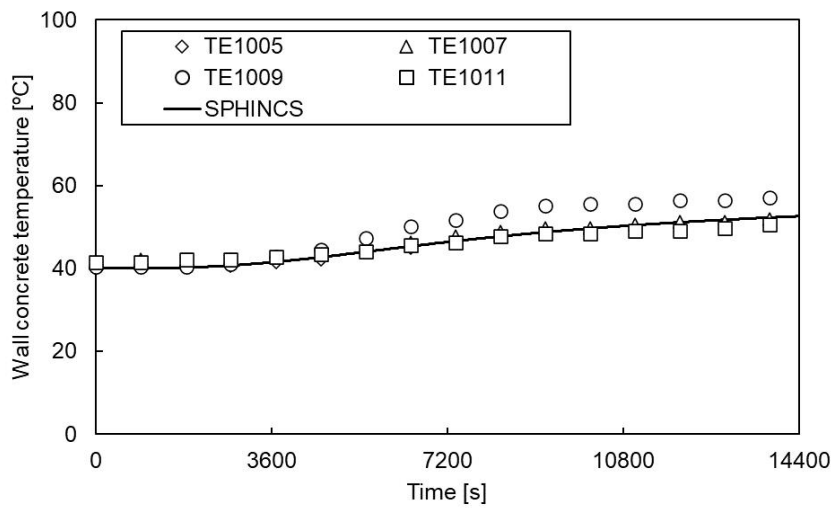


(c) プール下端ライナ温度時刻歴変化

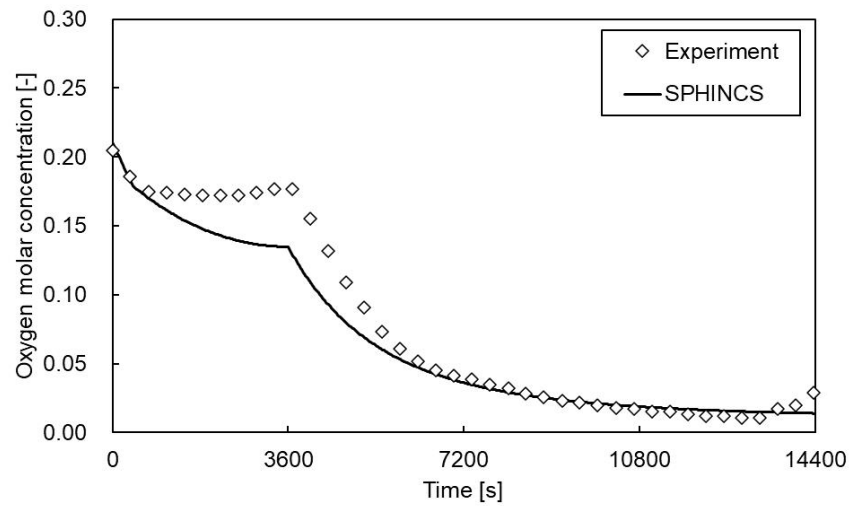
第9図 実験結果との比較 (RUN-D1) (1/3)



(d) 壁ライナ温度時刻歴変化

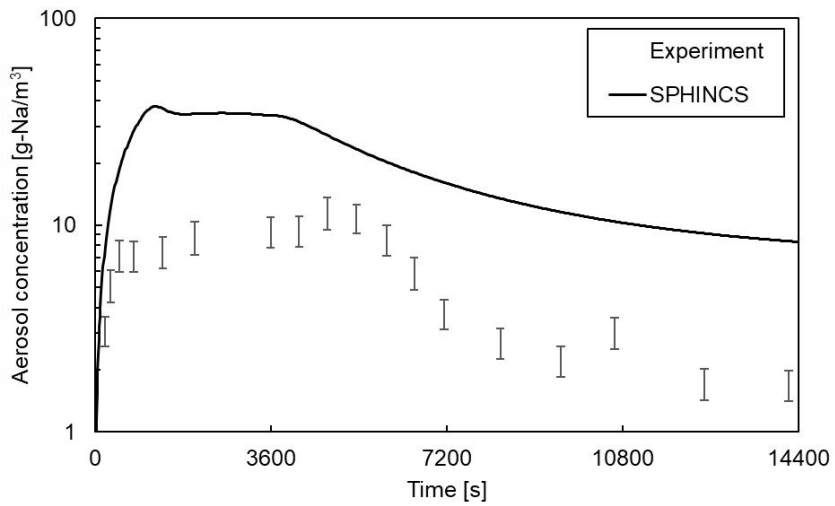


(e) 壁コンクリート温度時刻歴変化

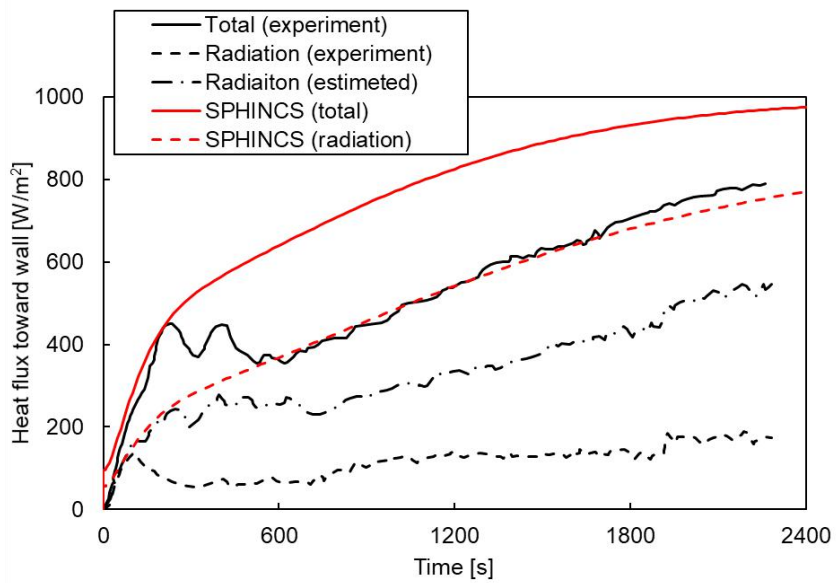


(f) 酸素濃度時刻歴変化

第9図 実験結果との比較 (RUN-D1) (2/3)



(g) エアロゾル濃度時刻歴変化

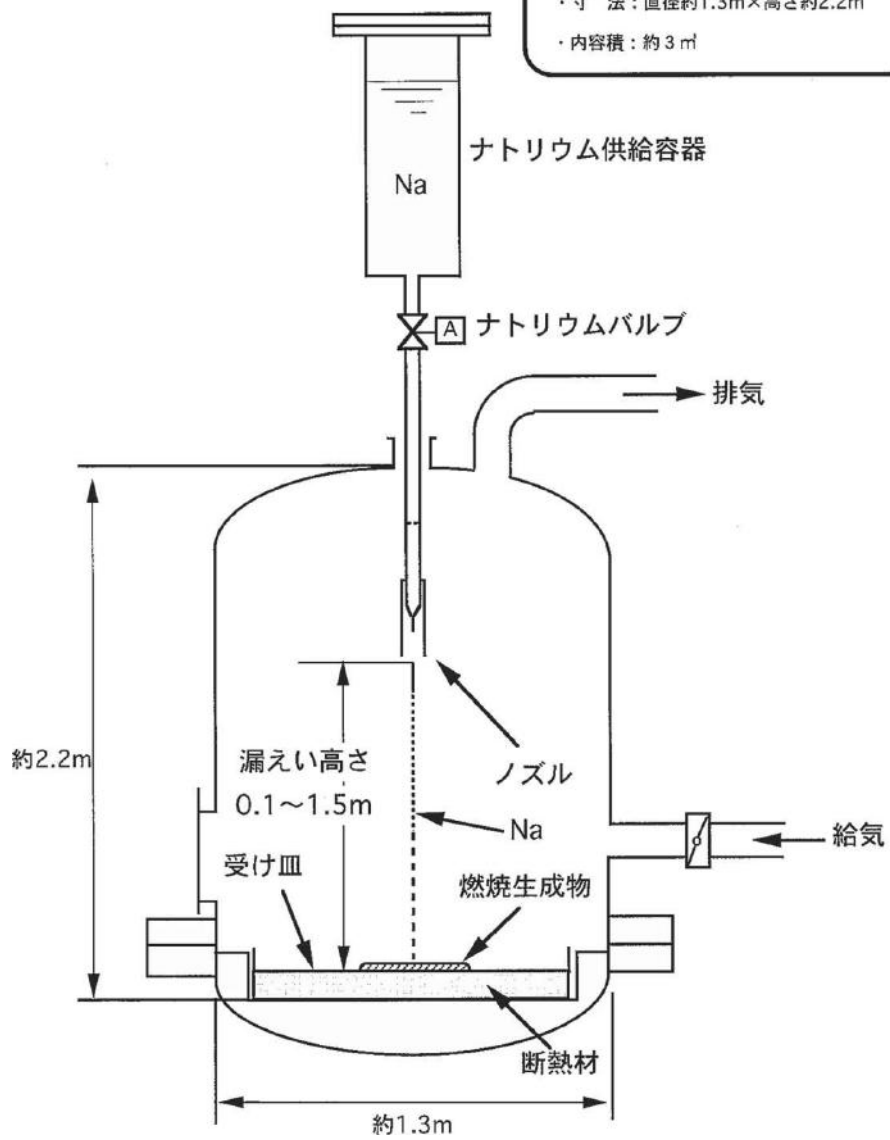


(h) 壁面熱流束時刻歴変化

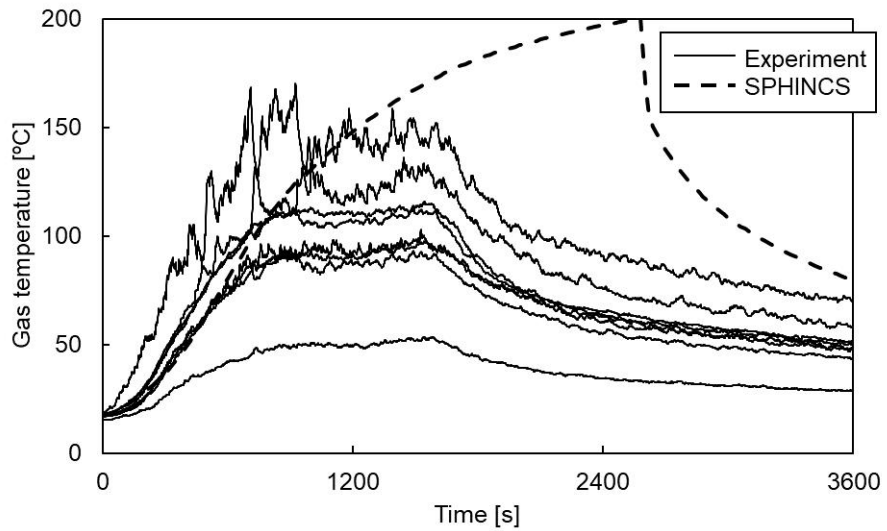
第9図 実験結果との比較 (RUN-D1) (3/3)

試験装置の仕様

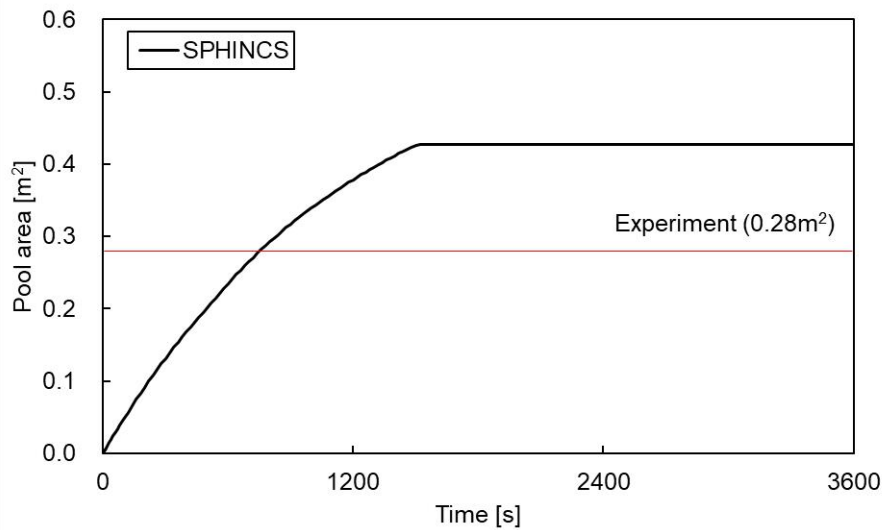
- ・試験装置名：小型密閉試験装置 (FRAT-1)
- ・寸法：直径約1.3m×高さ約2.2m
- ・内容積：約3m<sup>3</sup>



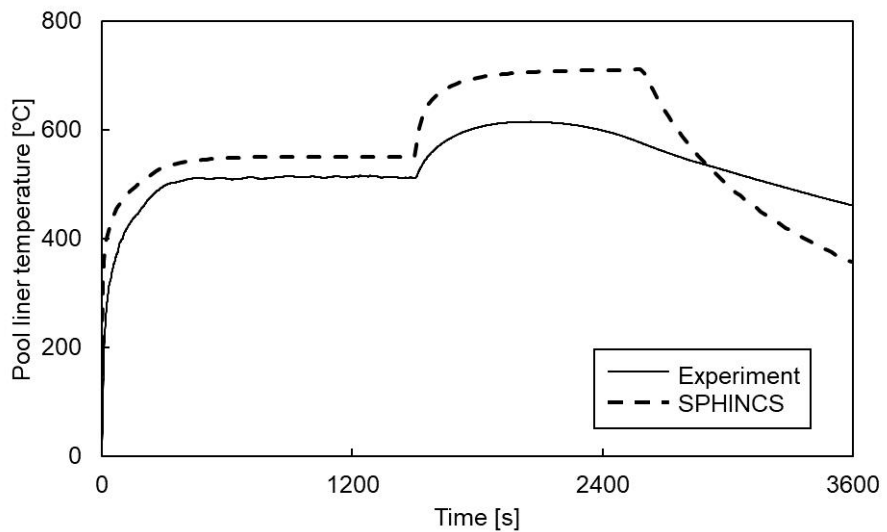
第10図 小規模プール燃焼実験装置



(a) ガス温度時刻歴変化

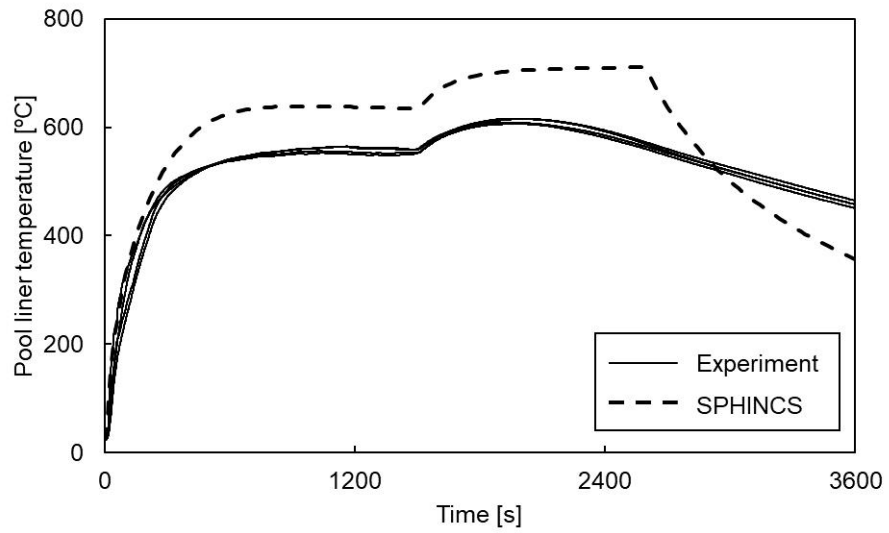


(b) ナトリウムプール面積時刻歴変化

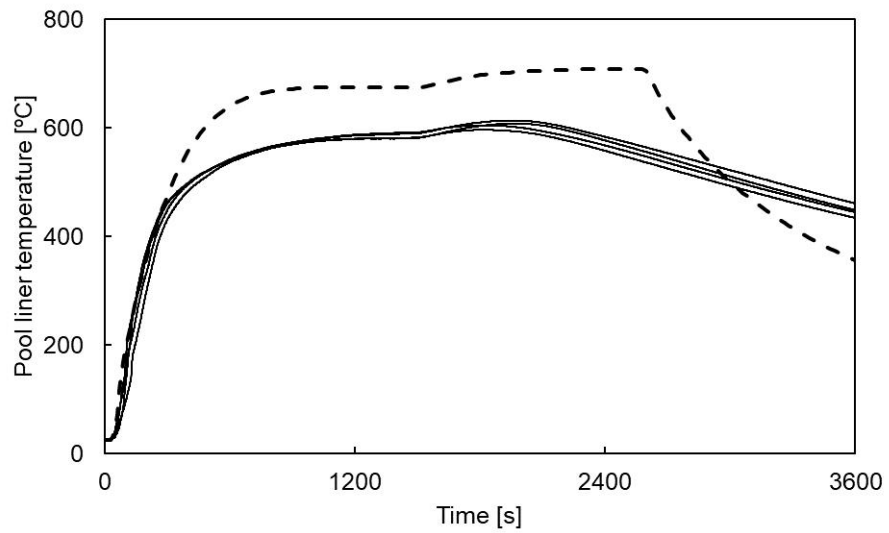


(c) プール下端ライナ温度時刻歴変化 ( $r=0.0\text{m}$  (center))

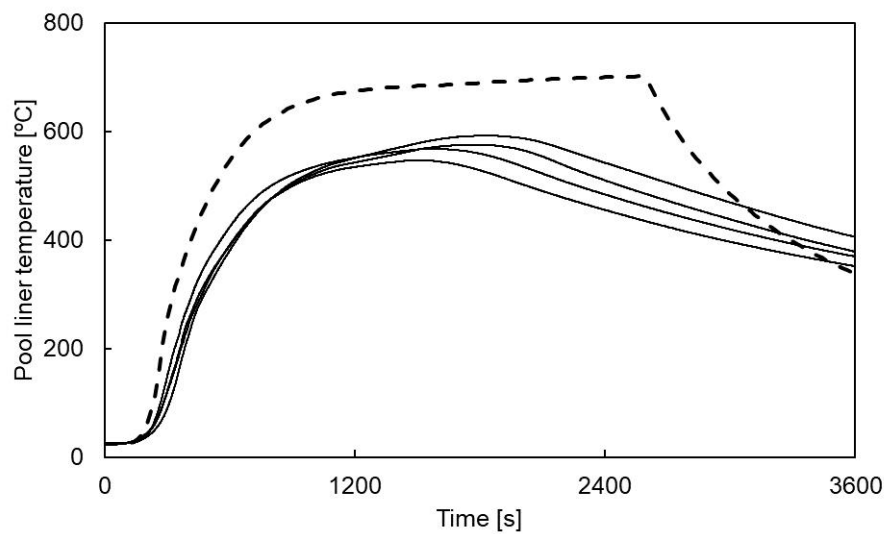
第 11 図 実験結果との比較 (RUN-F7-1) (1/4)



(d) プール下端ライナ温度時刻歴変化 ( $r=0.05\text{m}$ )



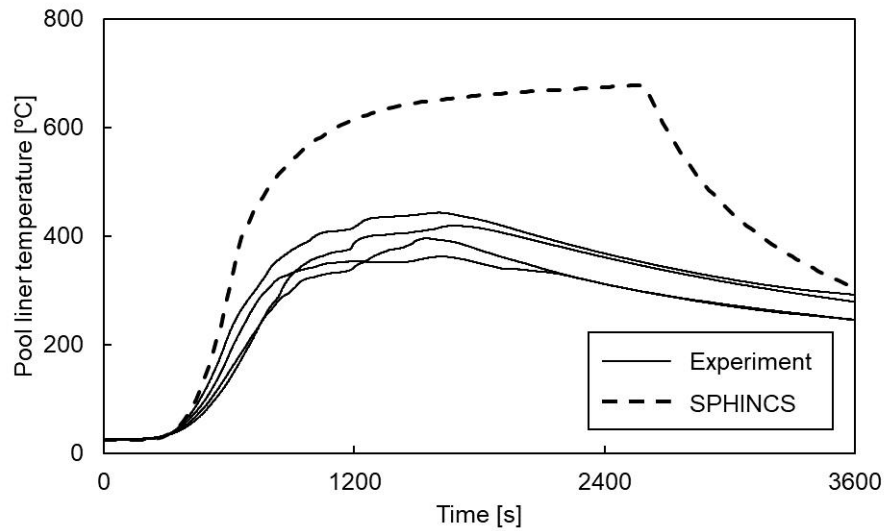
(e) プール下端ライナ温度時刻歴変化 ( $r=0.1\text{m}$ )



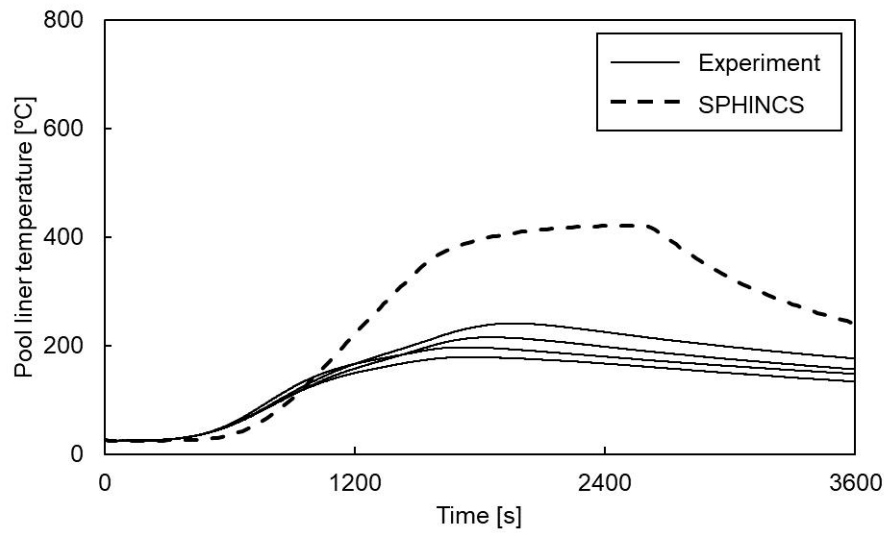
(f) プール下端ライナ温度時刻歴変化 ( $r=0.2\text{m}$ )

第 11 図 実験結果との比較 (RUN-F7-1) (2/4)

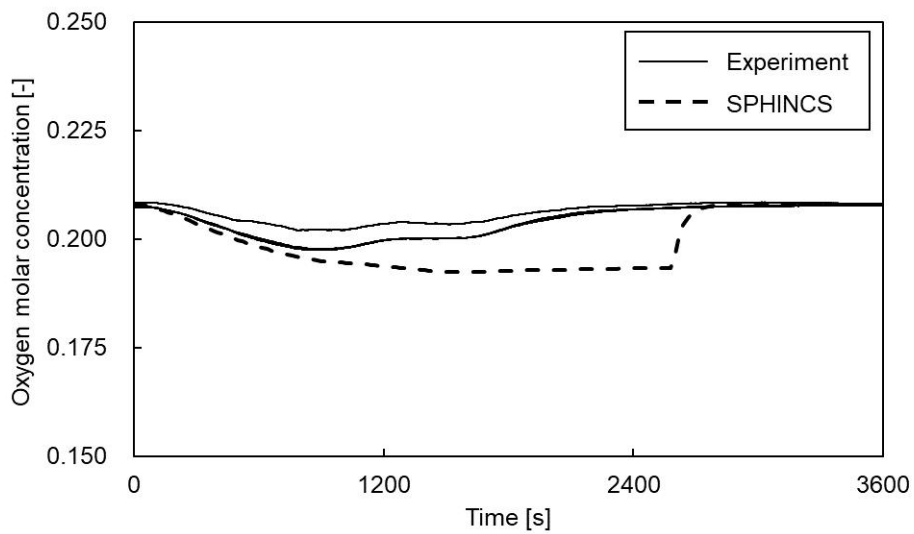




(g) プール下端ライナ温度時刻歴変化 (r=0.28m)

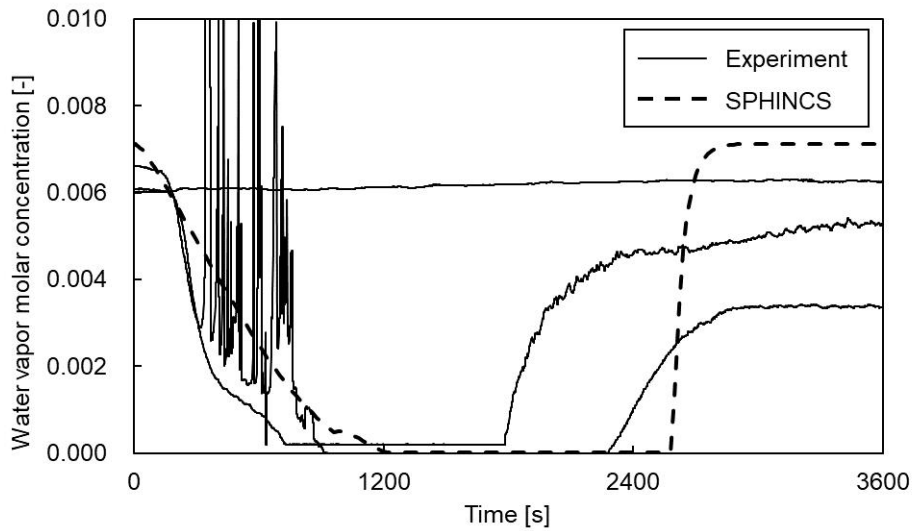


(h) プール下端ライナ温度時刻歴変化 (r=0.4m)

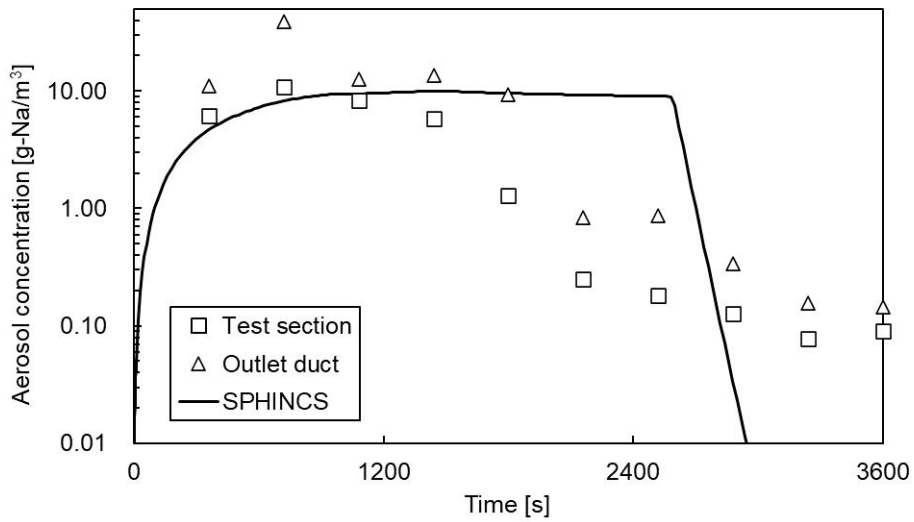


(i) 酸素濃度時刻歴変化

第 11 図 実験結果との比較 (RUN-F7-1) (3/4)

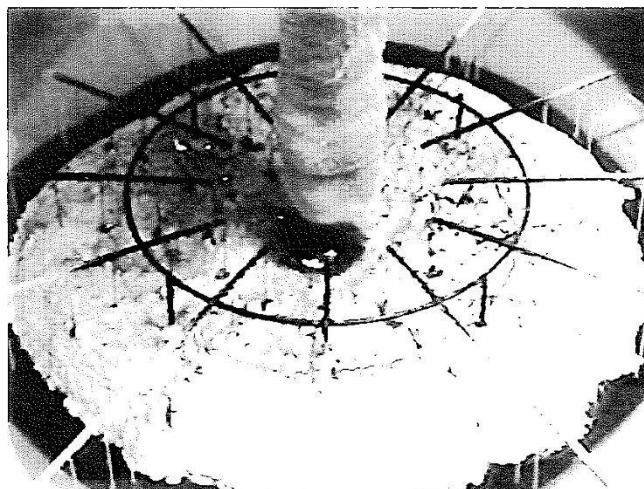


(j) 水蒸気濃度時刻歴変化



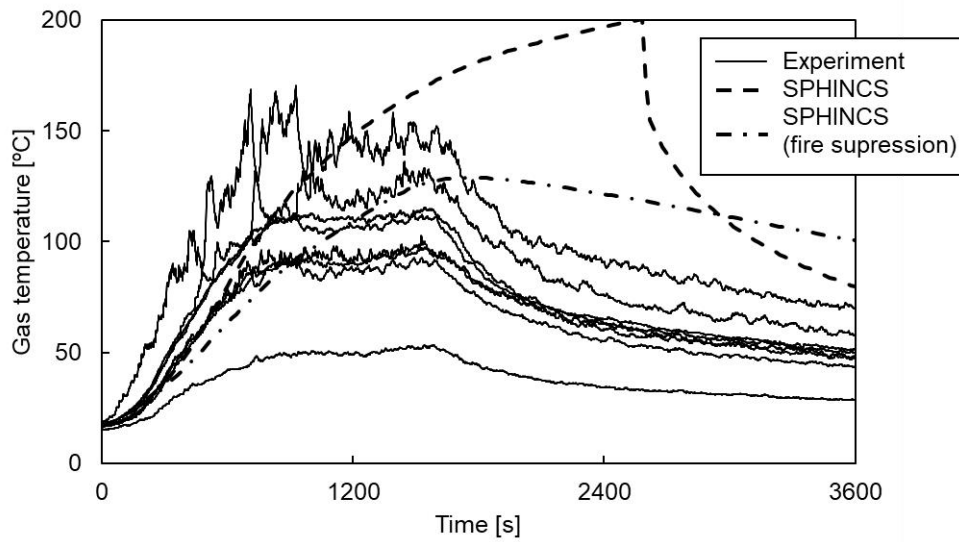
(k) エアロゾル濃度時刻歴変化

第 11 図 実験結果との比較 (RUN-F7-1) (4/4)

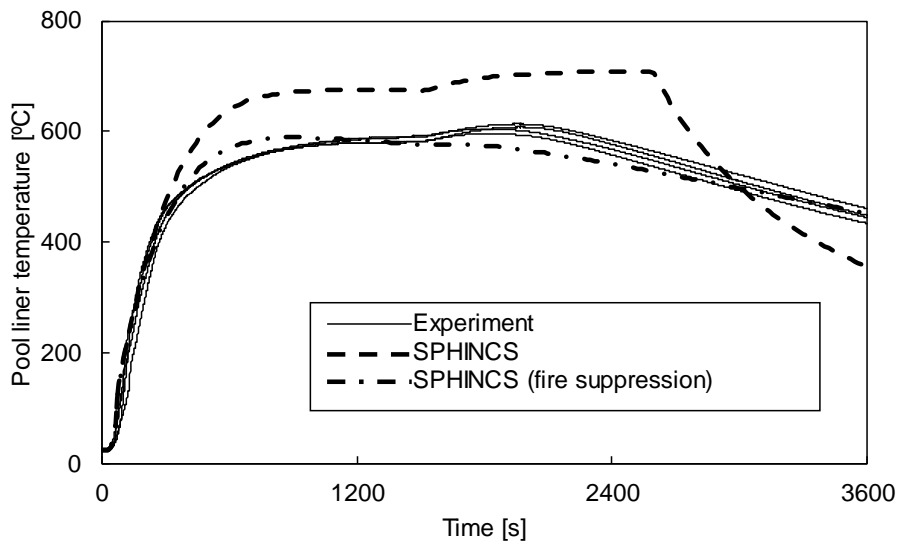


ナトリウム漏えい開始から 40 分後

第 12 図 漏えい終了後のプール表面 (RUN-F7-1) [24]

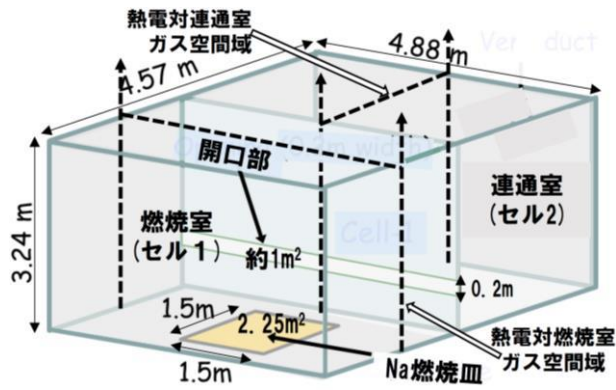


(a) ガス温度時刻歴変化

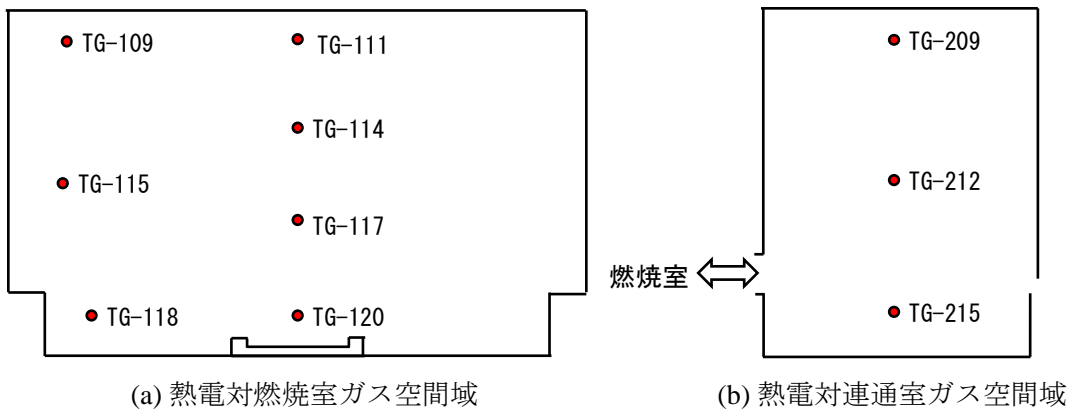


(b) プール下端ライナ温度時刻歴変化 (r=0.1m)

第 13 図 プール燃焼抑制効果 (RUN-F7-1)

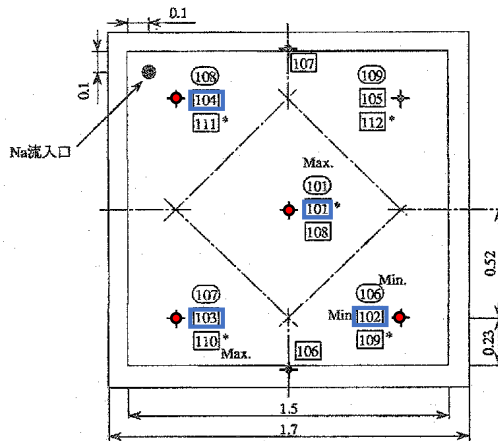


第14図 マルチセルプール燃焼実験装置



(a) 熱電対燃焼室ガス空間域

(b) 熱電対連通室ガス空間域



○ : 熱電対番号TN- ○

□ : 熱電対番号TP- □

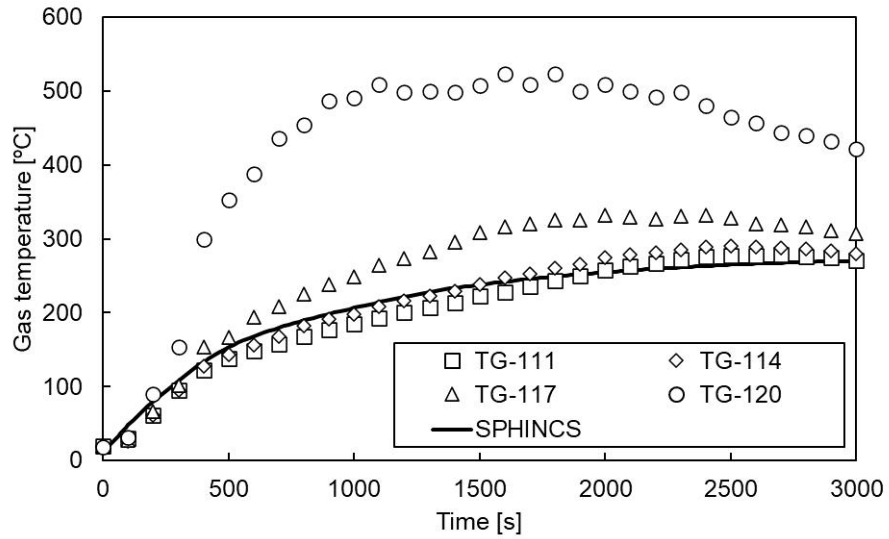
\* : Na燃焼皿裏側

寸法単位 : m

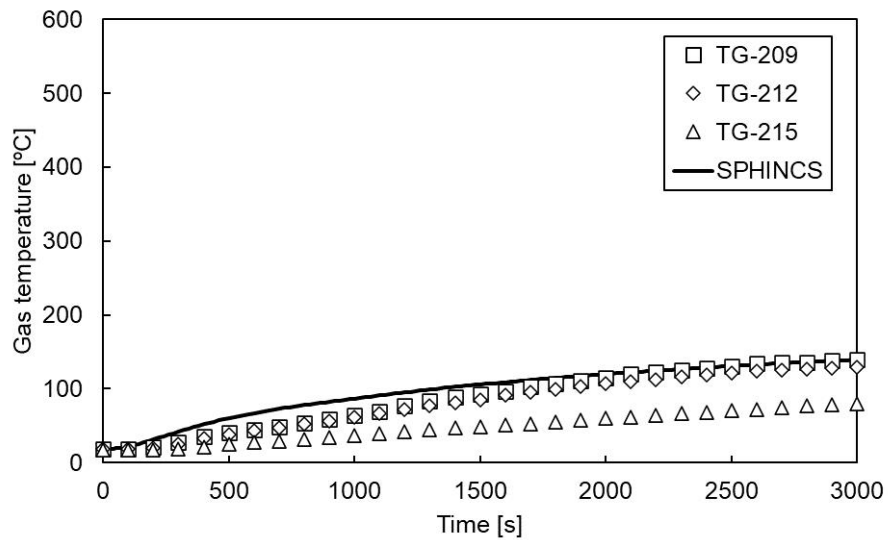
TP-101, TP-102, TP-103, TP-104

(c) Na燃焼皿各熱電対対象領域

第15図 マルチセルプール燃焼実験の熱電対計測点

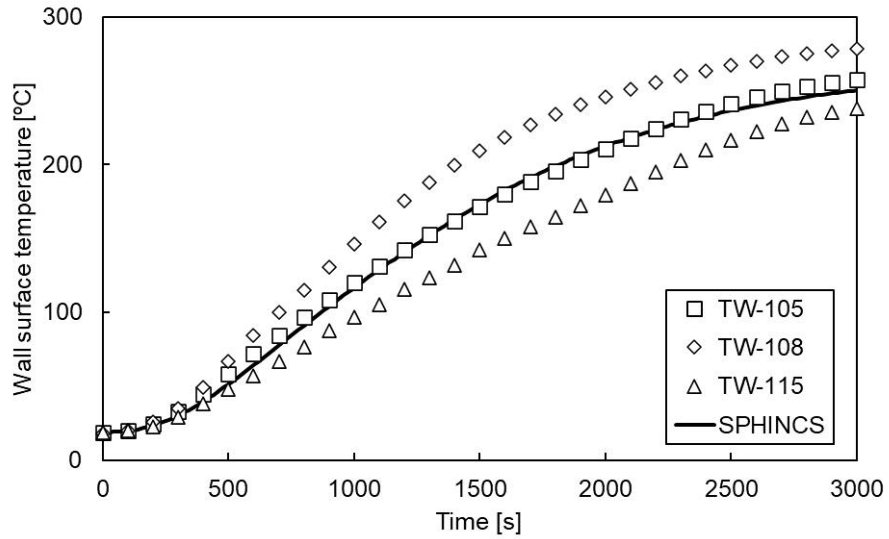


燃焼室 (combustion room)

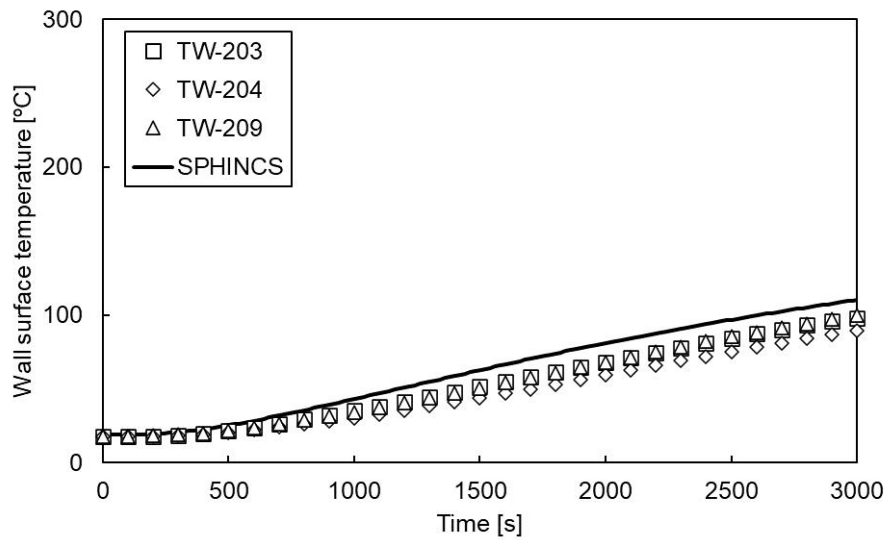


連通室 (adjacent room)

第 16 図 実験との比較 (ガス温度、マルチセルプール燃焼実験)

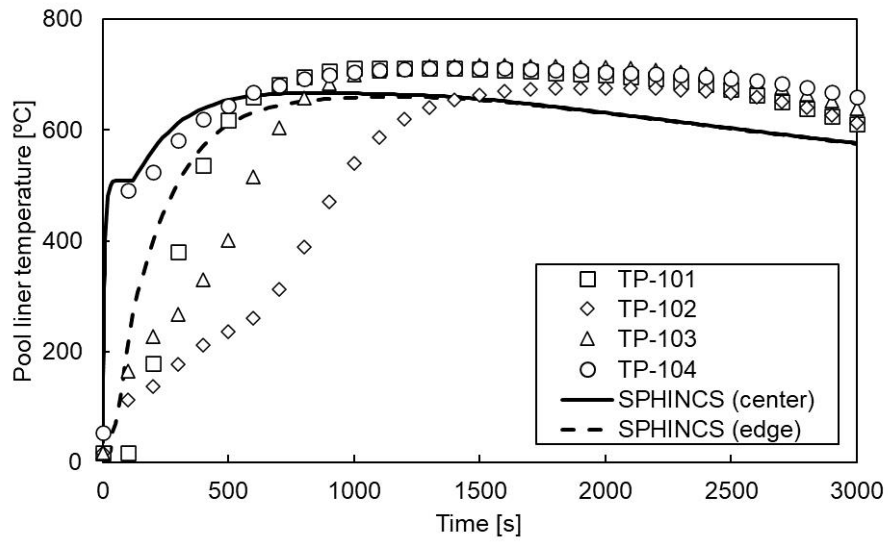


燃焼室 (combustion room)

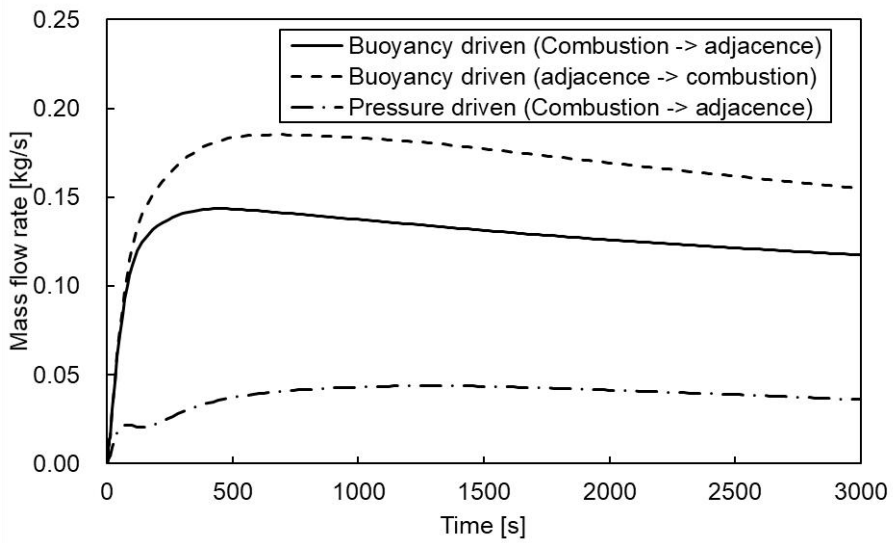


連通室 (adjacent room)

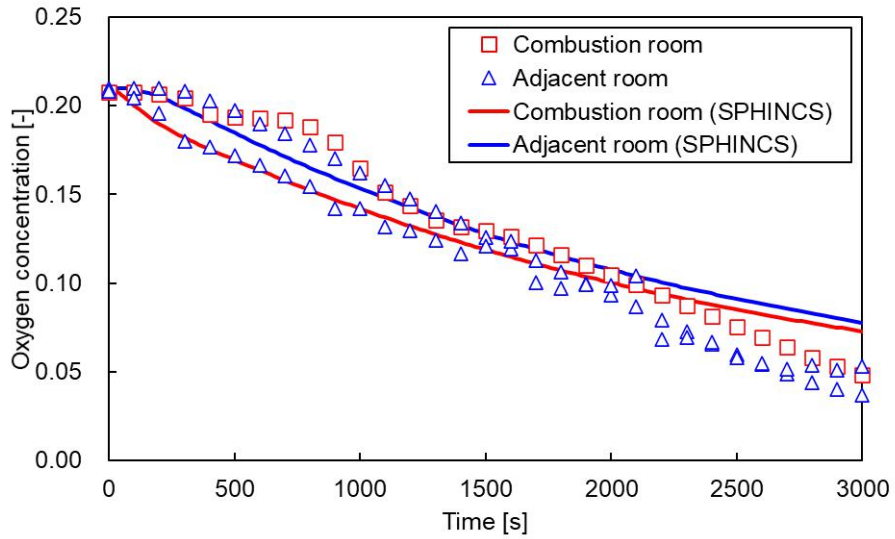
第 17 図 実験との比較 (コンクリート温度、マルチセルプール燃焼実験)



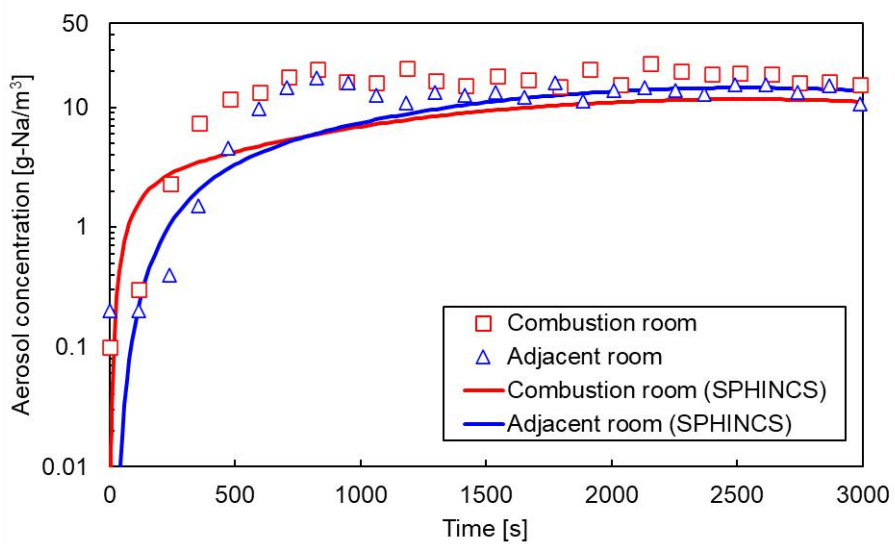
第 18 図 実験との比較 (燃焼皿ライナ温度、マルチセルプール燃焼実験)



第 19 図 部屋間通気量 (マルチセルプール燃焼実験)



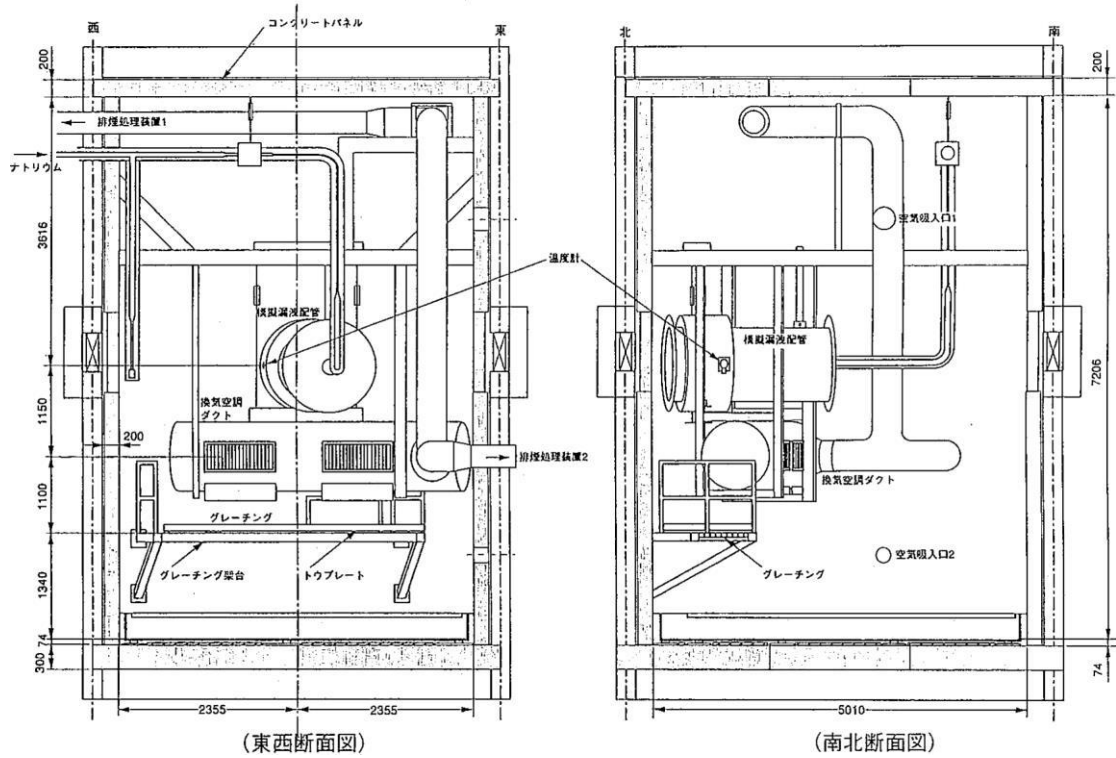
酸素濃度



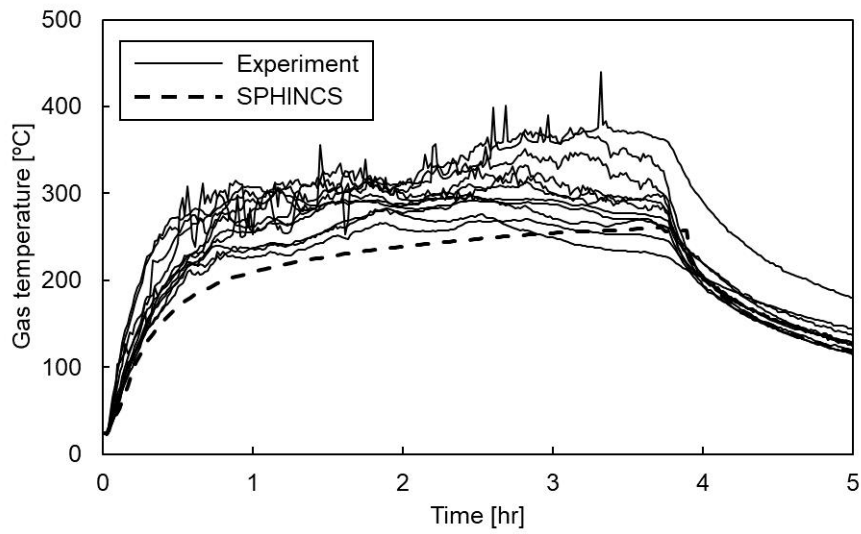
エアロゾル濃度

第 20 図 実験結果との比較 (酸素、エアロゾル濃度、マルチセルプール燃焼実験)



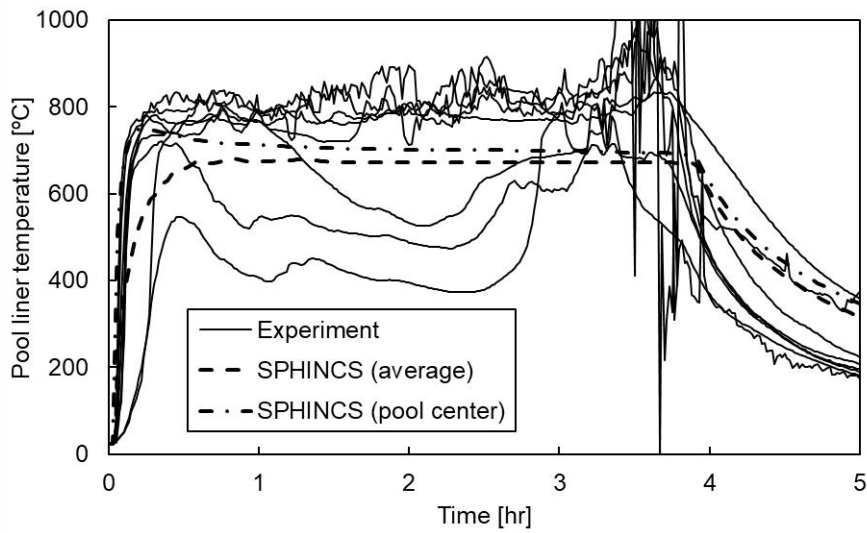


第 21 図 ナトリウム漏えい燃焼実験-II 実験装置

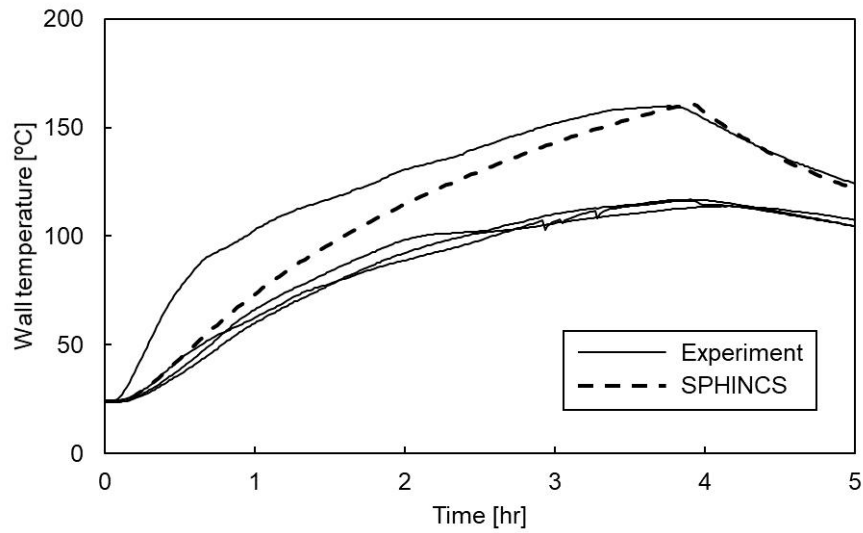


(a) ガス温度時刻歴変化

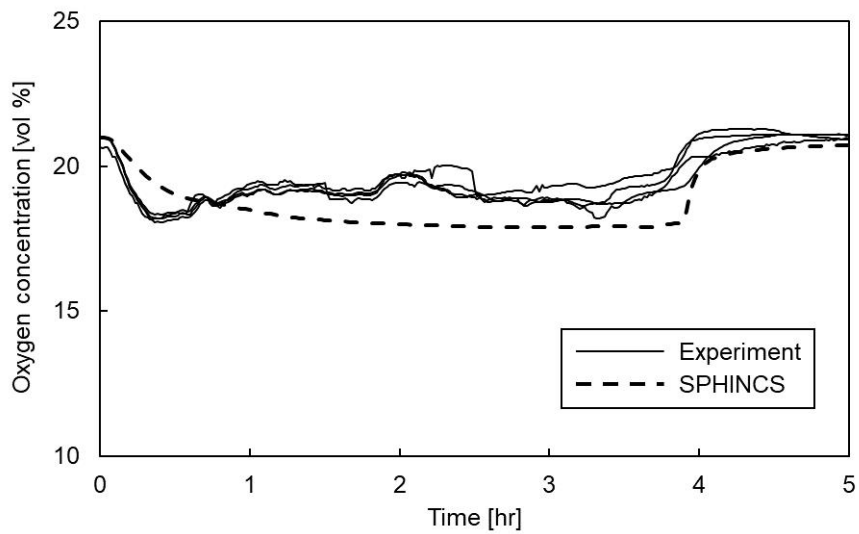
第 22 図 実験結果との比較 (ナトリウム漏えい燃焼実験-II) (1/3)



(b) 床面ライナ温度時刻歴変化

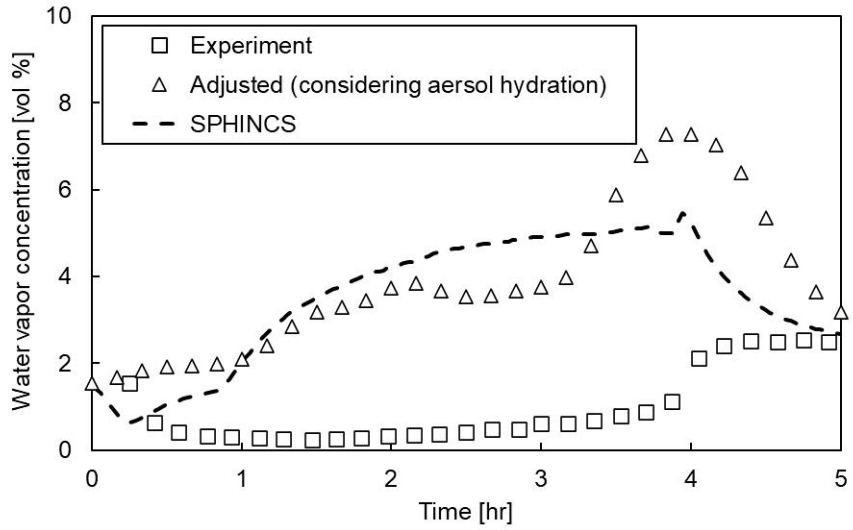


(c) コンクリート温度時刻歴変化 (表面から 15mm)

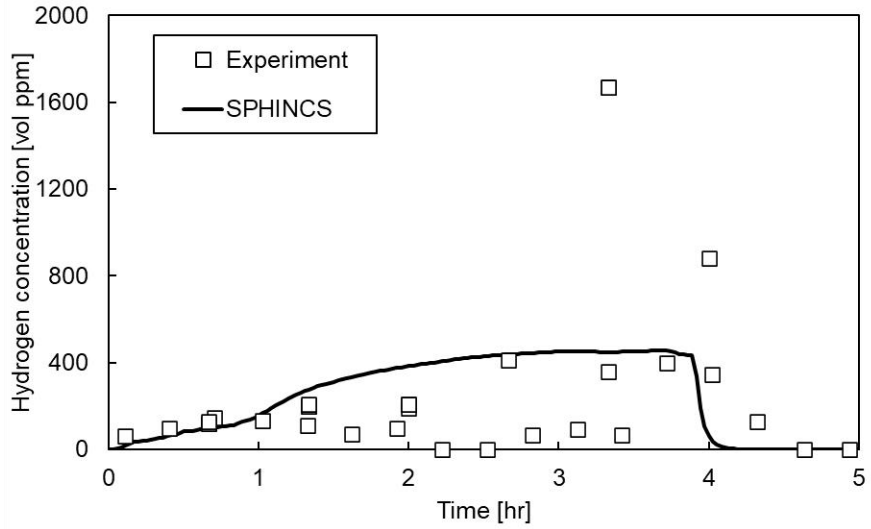


(d) 酸素濃度時刻歴変化

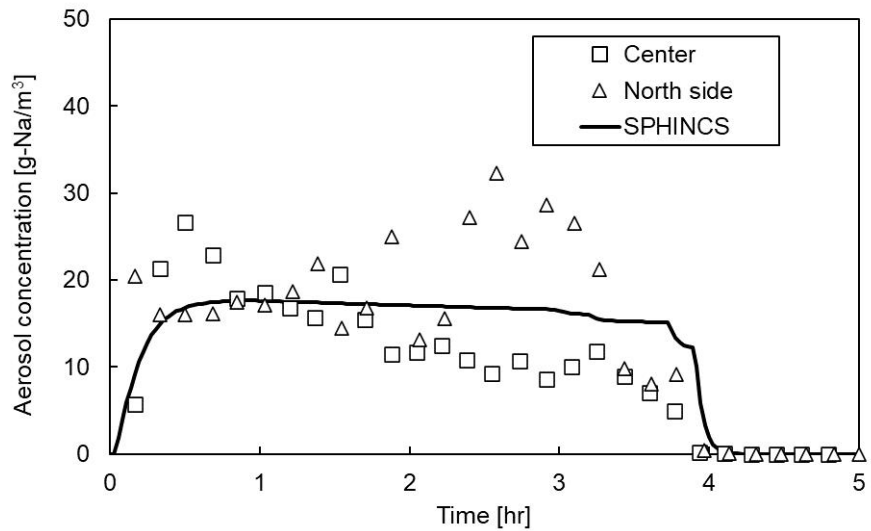
第 22 図 実験結果との比較 (ナトリウム漏えい燃焼実験-II) (2/3)



(e) 水蒸気濃度時刻歴変化



(f) 水素濃度時刻歴変化



(g) エアロゾル濃度時刻歴変化

第 22 図 実験結果との比較 (ナトリウム漏えい燃焼実験-II) (3/3)

一般火災に対する火災防護対策及び影響評価について

一般火災に対する火災防護対策及び影響評価について以下を示す。

別添 1 : 発火性又は引火性物質への対策について

別添 2 : 発火源への対策について

別添 3 : 水素漏えいへの対策について

別添 4 : 過電流による過熱防止対策について

別添 5 : 不燃性材料又は難燃性材料の使用について

添付 1 : ケーブル難燃化の代替措置（電線管内への敷設）の効果

添付 2 : シール材の主な仕様

別添 6 : 自然現象による火災の発生防止について

別添 7 : 火災感知設備について

添付 1 : 火災による原子炉の停止の判断

添付 2 : 格納容器（床上）の高天井エリアにおける火災感知器の設置方法

添付 3 : アニュラス部の高天井エリアにおける火災感知器の設置方法

添付 4 : 「炉容器ピット」における火災感知器の取扱い

添付 5 : 「燃料洗浄室」及び「缶詰室」における火災感知器の取扱い

添付 6 : 廃棄物処理建物の「濃縮液タンク室等の高濃度廃液収納タンク設置室」及び「固化処理室（B）及び固体廃棄物B貯蔵庫B」における火災感知器の取扱い

別添 8 : 一般火災に対する消火設備について

添付 1 : ABC 消火剤の保有量

添付 2 : 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器の一般火災に対する消火試験報告書

添付 3 : ナトリウムと固定式消火設備（ハロン消火設備）の消火剤の反応について

別添 9 : 一般火災の影響軽減について

添付 1 : 原子炉建物の格納容器（床上）における消火活動

別添 10 : ケーブル室に対する火災の影響軽減について

添付 1 : 光ファイバ温度センサ

添付 2 : 耐火シート及び耐火テープのイメージ

別添 11 : 中央制御室に対する火災の影響軽減について

別添 12 : 個別の火災区域又は火災区画における留意事項について

別添 13 : 一般火災の影響評価について

添付 1 : 一般火災の影響評価の代表例

発火性又は引火性物質への対策について
--------------------

発火性又は引火性物質への対策について、火災区画ごとに、燃料油、潤滑油又はアルコールを内包する設備におけるそれらの内包量等を第 1 表に（燃料油、潤滑油又はアルコール内包する設備の配置は、別紙 3 に示す。）、拡大防止対策の一例を第 1 図に示す。

第 1 表に示すとおり、燃料油（重油）の引火点は 60℃以上、アルコールの引火点は 11℃以上、潤滑油の引火点は 124℃以上である。

第1表 火災区画ごとの燃料油、潤滑油又はアルコールの内包量等（原子炉建物）（1/2）

火災区画番号	火災防護対策*1が必要な機器等の有無	床面積 (m <sup>2</sup> )	油等内包機器名称	種別	引火点 (°C)	内包量 (L)	漏えい量*2 (L)	堰の有無	漏えい面積*3 (m <sup>2</sup> )	堰容量 (L)	室内温度 (°C)	機器運転温度 (°C)
RB-101	無	93	窒素ガスブロワ(A)	FBK タービン#56	≥220	2	0.2	無	0.16		≤60	≤70
			窒素ガスブロワ(B)	FBK タービン#56	≥220	2	0.2	無	0.16		≤60	≤70
			ペDESTALブースタブロワ (A)	FBK タービン#56	≥220	2	0.2	無	0.16		≤60	≤70
			ペDESTALブースタブロワ (B)	FBK タービン#56	≥220	2	0.2	無	0.16		≤60	≤70
RB-303	無	67	機器冷却ファン(A)	FBK タービン#56	≥220	1	0.1	無	0.08		≤40	≤80
			機器冷却ファン(B)	FBK タービン#56	≥220	1	0.1	無	0.08		≤40	≤80
RB-305	無	22	配管支持装置ミニ	テコール 50	>300	0.13	0.013	無	0.0104		≤60	≤40
RB-402	無	20	配管支持装置	テコール 50	>300	1.2	0.12	無	0.096		≤40	≤40
RB-404	無	62	配管支持装置	テコール 50	>300	10.4	1.04	無	0.832		≤40	≤40
			配管支持装置ミニ	テコール 50	>300	0.1	0.01	無	0.008		≤40	≤40
RB-405	無	60	配管支持装置	テコール 50	>300	10.4	1.04	無	0.832		≤40	≤40
			配管支持装置ミニ	テコール 50	>300	0.28	0.028	無	0.0224		≤40	≤40
RB-407	無	17	FFD-CG 法コンプレッサ(クランク)	4 サイクルエンジンオイル 10W-30	224	1.2	0.12	無	0.096		≤40	≤60
			FFD-CG 法コンプレッサ(機器破損)	MR-200	≥250	4	0.4	無	0.32		≤40	≤60
RB-408	無	6.4	配管支持装置用	テコール 50	>300	0.4	0.04	無	0.032		≤40	≤40
			配管支持装置ミニ	テコール 50	>300	0.18	0.018	無	0.0144		≤40	≤40
RB-410	有	40	1次主循環ポンプB オイルプレッシャーユニット 潤滑油タンク	FBK タービン#32	≥210	220	22	無	17.6		≤40	≤75
			燃料交換機真空ポンプ (2台)	アルバックアルボ イル R-7	260	5	0.5	無	0.4		≤40	≤50
RB-412	有	97	1次主循環ポンプA オイルプレッシャーユニット 潤滑油タンク	FBK タービン#32	≥210	220	22	無	17.6		≤40	≤75

\*1：火災防護基準の火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器

\*2：潤滑油の漏えい量は、米国の確率論点リスク評価ガイド NUREG/CR-6850 の考え方に則り、内包量の10%と仮定

\*3：潤滑油の漏えい面積は、漏えい量が95L以下の漏えいでは、0.8m<sup>2</sup>/L、漏えい量が95Lを超える漏えいでは、0.05m<sup>2</sup>/Lとする。



第1表 火災区画ごとの燃料油、潤滑油又はアルコールの内包量等（原子炉建物）（2/2）

火災区画番号	火災防護 対策*1が必要な 機器等の有無	床面積 (m <sup>2</sup> )	油等内包機器名称	種別	引火点 (°C)	内包量 (L)	漏えい量*2 (L)	堰の 有無	漏えい 面積*3 (m <sup>2</sup> )	堰容量 (L)	室内温度 (°C)	機器 運転温度 (°C)	
RB-501	有	570	回転プラグ大回転プラグ 油圧ユニット	スーパーハイラン ドワイド 46	264	50	5	有		42	≦40	≦50	
			回転プラグ小回転プラグ 油圧ユニット	スーパーハイラン ドワイド 46	264	50	5	有		45	≦40	≦50	
			回転プラグ大回転プラグ駆動装置	マリン S30	268	90	9	無	7.2			≦40	≦40
			回転プラグ小回転プラグ駆動装置	マリン S30	268	90	9	無	7.2			≦40	≦40
			燃料出入機油圧ユニット	スーパーハイラン ドワイド 32	226	230	23	無	18.4			≦40	≦40
			燃料出入機走行横行減速機	ボンノック M220	242	18	1.8	無	1.44			≦40	≦40
			燃料出入機走行傘歯車減速機	ボンノック M220	242	40	4	無	3.2			≦40	≦40
			燃料出入機横行傘歯車減速機	ボンノック M68	220	3	0.3	無	0.24			≦40	≦40
			燃料出入機グリッパ駆動装置歯車箱	ボンノック M68	220	20	2	無	1.6			≦40	≦40
			燃料出入機グリッパ駆動装置カムクラッチバックア ップ歯車箱	ダフニーオイル CR10	158	40	4	無	3.2			≦40	≦40
			燃料出入機グリッパ駆動装置 A/D 変換器歯車箱	ボンノック M68	220	10	1	無	0.8			≦40	≦40
			燃料出入機ドアバルブ	FBK オイル R0150	276	1	0.1	無	0.08			≦40	≦40
			燃料出入機可動ブロック	FBK オイル R0220	284	1	0.1	無	0.08			≦40	≦40
			燃料出入機格納容器側ドアバルブ	FBK オイル R0150	276	1	0.1	無	0.08			≦40	≦40
			燃料出入機真空ポンプ	アルバックアルボ イル R-7	260	2.5	0.25	有			2	≦40	≦60
			燃料交換機グリッパ駆動装置	FBK オイル R0220	284	4.3	0.43	無	0.344			≦40	≦40
			燃料交換機交換機孔ドアバルブ	FBK オイル R0150	276	1	0.1	無	0.08			≦40	≦40
			回転プラグ冷却ファン(A)	FBK タービン#68	≧220	4.4	0.44	無	0.352			≦40	≦60
			回転プラグ冷却ファン(B)	FBK タービン#68	≧220	4.4	0.44	無	0.352			≦40	≦60
			格内圧縮空気コンプレッサ (A)	フェアコール A46	≧200	1.85	0.185	無	0.148			≦40	≦50
			格内圧縮空気コンプレッサ (B)	フェアコール A46	≧200	1.85	0.185	無	0.148			≦40	≦50
燃料交換機乾燥装置真空ポンプ	アルバックアルボ イル R-7	260	2	0.2	無	0.16			≦40	≦70			
プラグ等保守装置駆動装置	FBK オイル R0220	284	5	0.5	無	0.4			≦40	≦40			
旋回クレーン	ダフニー	258	58.07	5.087	無	4.0696			≦40	≦80			

\*1：火災防護基準の火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器

\*2：潤滑油の漏えい量は、米国の確率論点リスク評価ガイド NUREG/CR-6850 の考え方に則り、内包量の10%と仮定

\*3：潤滑油の漏えい面積は、漏えい量が95L以下の漏えいでは、0.8m<sup>2</sup>/L、漏えい量が95Lを超える漏えいでは、0.05m<sup>2</sup>/Lとする。

第1表 火災区画ごとの燃料油、潤滑油又はアルコールの内包量等（原子炉附属建物）（1/3）

火災区画番号	火災防護対策*1が必要な機器等の有無	床面積 (m <sup>2</sup> )	油等内包機器名称	種別	引火点 (°C)	内包量 (L)	漏えい量*2 (L)	堰の有無	漏えい面積*3 (m <sup>2</sup> )	堰容量 (L)	室内温度 (°C)	機器運転温度 (°C)
AB-117	無	360	補機系揚水ポンプ(A)	FBK タービン#46	≧220	2.8	0.28	無	0.224		≦40	≦70
			補機系揚水ポンプ(B)	FBK タービン#46	≧220	2.8	0.28	無	0.224		≦40	≦70
AB-102	無	280	フレオン冷凍機 (A)	FBK タービン#68	≧220	90	9	無	7.2		≦40	≦70
			フレオン冷凍機 (B)	FBK タービン#68	≧220	90	9	無	7.2		≦40	≦70
			格納容器常用排気ファン (A)	FBK タービン#56	≧220	1	0.1	無	0.08		≦40	≦70
			格納容器常用排気ファン (B)	FBK タービン#56	≧220	1	0.1	無	0.08		≦40	≦70
			アニュラス部排気ファン (A)	FBK タービン#56	≧220	1	0.1	無	0.08		≦40	≦70
			アニュラス部排気ファン (B)	FBK タービン#56	≧220	1	0.1	無	0.08		≦40	≦70
			ポンプアウトユニット	FBK タービン#56	≧220	2.4	0.24	無	0.192		≦40	≦70
AB-103	無	190	格納容器常用給気ファン (A)	FBK タービン#56	≧220	1	0.1	無	0.08		≦40	≦60
			格納容器常用給気ファン (B)	FBK タービン#56	≧220	1	0.1	無	0.08		≦40	≦60
			床上冷凍機 サーキット1	スニソ 3GS	≧164	15.7	1.57	無	1.256		≦40	≦50
			床上冷凍機 サーキット2	スニソ 3GS	≧164	15.7	1.57	無	1.256		≦40	≦50
			空調系循環ポンプ(A)	FBK タービン#46	≧220	3	0.3	無	0.24		≦40	≦80
			空調系循環ポンプ(B)	FBK タービン#46	≧220	3	0.3	無	0.24		≦40	≦80
AB-106	無	21	アルコール廃液タンク	アルコール	>11	9,000	9,000	有		11,500	≦40	≦40
AB-107	無	350	燃料洗浄設備非常用圧空コンプレッサ	フェアコール A46	≧200	2	0.2	無	0.16		≦40	≦80
		80.8	非常用廃ガス圧縮機	フェアコール A68	≧200	3	0.3	無	0.24		≦40	≦80
		7.6	Ar 廃ガス圧縮機 (A)	フェアコール A68	≧200	2.5	0.25	有		570	≦40	≦80
		7.6	Ar 廃ガス圧縮機 (B)	フェアコール A68	≧200	2.5	0.25	有		570	≦40	≦80
AB-204	有	160	1次 Ar ガス系真空ポンプ	ネオバック MR-100	≧200	54	5.4	無	4.32		≦40	≦80
AB-208	有	300	予熱室素ガス系プロア軸封潤滑油貯留タンク	FBK タービン#32	≧210	1,600	160	無	8		≦40	≦80
			予熱室素ガス系プロア軸封潤滑油系ヘッドタンク	FBK タービン#32	≧210	400	40	無	32		≦40	≦80

\*1：火災防護基準の火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器

\*2：潤滑油の漏えい量は、米国の確率論点リスク評価ガイド NUREG/CR-6850 を参考に、内包量の10%を想定

\*3：潤滑油の漏えい面積は、漏えい量が95L以下の漏えいでは、0.8m<sup>2</sup>/L、漏えい量が95Lを超える漏えいでは、0.05m<sup>2</sup>/Lとする。

第1表 火災区画ごとの燃料油、潤滑油又はアルコールの内包量等（原子炉附属建物）(2/3)

火災区画番号	火災防護対策*1が必要な機器等の有無	床面積 (m <sup>2</sup> )	油等内包機器名称	種別	引火点 (°C)	内包量 (L)	漏えい量*2 (L)	堰の有無	漏えい面積*3 (m <sup>2</sup> )	堰容量 (L)	室内温度 (°C)	機器運転温度 (°C)
AB-209	無	190	水冷却浄化設備冷却水循環ポンプ (2台)	FBK タービン#56	260	4	0.4	無	0.32		≤40	≤65
			燃料洗浄設備燃料洗浄循環ポンプ(2台)	FBK タービン#56	260	4	0.4	無	0.32		≤40	≤65
			燃料洗浄設備洗浄槽回転機構 (ギヤボックス)	DTE オイルベビーム ディラム	223	17.5	1.75	無	1.4		≤40	≤40
			燃料洗浄設備洗浄槽回転機構 (サイクロ減速機)	FBK オイル R0150	276	3.5	0.35	無	0.28		≤40	≤40
			燃料洗浄設備汚染廃ガス真空ポンプ	ULVOIL(真空オイル) R-7	260	6.5	0.65	無	0.52		≤40	≤70
			燃料洗浄設備アルゴンガス循環ブロワ(2台)	FBK オイル R0150	266	3	0.3	無	0.24		≤40	≤70
			燃料洗浄設備アルゴンガス循環ブロワ(2台)	ボンノック SP150	235	3	0.3	無	0.24		≤40	≤80
AB-305	無	34	配管支持装置	テコール 50	300>	0.8	0.08	無	0.064		≤40	≤40
			配管支持装置ミニ	テコール 50	300>	0.06	0.006	無	0.0048		≤40	≤40
AB-306	無	34	配管支持装置	テコール 50	300>	0.8	0.08	無	0.064		≤40	≤40
			配管支持装置ミニ	テコール 50	300>	0.66	0.066	無	0.0528		≤40	≤40
AB-405	有	310	空気圧縮機 (A)	フェアコール A-68	≥200	12	1.2	有	0.96	75,530	≤40	≤80
			空気圧縮機 (B)	フェアコール A-68	≥200	12	1.2	有	0.96	75,530	≤40	≤80
			空気圧縮機 (C)	フェアコール A-68	≥200	12	1.2	有	0.96	75,530	≤40	≤80
AB-アニュラス	有	140	トランスファロータ設備駆動装置(減速機)	ボンノック TS460	322	22.5	2.25	無	1.8		≤40	≤40
			トランスファロータ設備駆動装置(カサ歯車箱)	ボンノック TS220	280	0.4	0.04	無	0.032		≤40	≤40
AB-505	有	250	格納容器貫通部冷却系オイルタンク	KSK オイル#260	124	1,536	153.6	有	7.68	92	≤40	≤40
			配管支持装置ミニ	テコール 50	>300	0.8	0.08	無	0.064		≤40	≤40

\*1：火災防護基準の火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器

\*2：潤滑油の漏えい量は、米国の確率論点リスク評価ガイド NUREG/CR-6850 を参考に、内包量の 10%を想定

\*3：潤滑油の漏えい面積は、漏えい量が 95L 以下の漏えいでは、0.8m<sup>2</sup>/L、漏えい量が 95L を超える漏えいでは、0.05m<sup>2</sup>/L とする。

第1表 火災区画ごとの燃料油、潤滑油又はアルコールの内包量等（原子炉附属建物）(3/3)

火災区画番号	火災防護対策*1が必要な機器等の有無	床面積 (m <sup>2</sup> )	油等内包機器名称	種別	引火点 (°C)	内包量 (L)	漏えい量*2 (L)	堰の有無	漏えい面積*3 (m <sup>2</sup> )	堰容量 (L)	室内温度 (°C)	機器運転温度 (°C)
AB-510	有	280	新燃料貯蔵設備 真空ポンプ	ULVOIL R-7	252	4	0.4	無	0.32		≦40	≦60
			キャスクカー走行駆動減速機	FBK オイル R0150	276	36	3.6	無	2.88		≦40	≦40
			キャスクカードアバルブギヤードモータ	ボンノック M150	268	1.2	0.12	無	0.096		≦40	≦40
			キャスクカーケーブルリール減速機	FBK オイル R0150	276	5	0.5	無	0.4		≦40	≦40
			キャスクカーグリッパ巻上機構ウォーム減速機	ボンノック TS260	284	3.6	0.36	無	0.288		≦40	≦40
			キャスクカーグリッパ巻上機構ギヤードモータ	FBK オイル R0150	276	1	0.1	無	0.08		≦40	≦40
			キャスクカーグリッパ巻上機構ベベルギヤードボックス	ボンノック M320	292	0.95	0.095	無	0.076		≦40	≦40
			キャスクカー真空ポンプ	TSR-1200	≧250	3	0.3	無	0.24		≦40	≦70
			キャスクカー圧空コンプレッサ	TOCON オイル	238	0.35	0.035	無	0.028		≦40	≦60
			キャスクカー緩衝器 (2台)	ダフニスーパードロ A	218	60	6	無	4.8		≦40	≦40
天井クレーン	潤滑油種	278	97.6	9.76	無	7.808		≦40	≦80			
AB-511	無	170	水中台車駆動装置	FBK オイル	284	2.5	0.25	無	0.2		≦40	≦40
			使用済燃料移送機グリッパ駆動装置	日石スーパーハイランド 46	≧205	10	1	無	0.8		≦40	≦40
			使用済燃料移送機走行台車駆動装置	ボンノック M150	235	10	1	無	0.8		≦40	≦40
			使用済燃料移送機横行台車駆動装置	ボンノック M150	235	10	1	無	0.8		≦40	≦40
			水冷却浄化設備真空ポンプ	FBK タービン#56	260	0.5	0.05	無	0.04		≦40	≦40
			天井クレーン	工業用ギヤ油	250	259.8	25.98	無	20.784		≦40	≦80
AB-513	無	220	新燃料貯蔵設備新燃料移送台車駆動装置	モーターオイル No.20	≧200	1	0.1	無	0.08		≦40	≦40
AB-709	無	20	回転移送機回転駆動装置	ボンノック TS460	210	15	1.5	無	1.2		≦40	≦40
			回転移送機グリッパ駆動装	ボンノック TS460	210	15	1.5	無	1.2		≦40	≦40
AB-802	有	1,800	補機系冷却塔 (A) ブロア	ボンノック M150	244	3.5	0.35	無	0.28		≦40	≦80
			補機系冷却塔 (B) ブロア	ボンノック M150	244	3.5	0.35	無	0.28		≦40	≦80
			空調系冷却塔 (A) ブロア	ボンノック M150	244	3.5	0.35	無	0.28		≦40	≦80
			空調系冷却塔 (B) ブロア	ボンノック M150	244	3.5	0.35	無	0.28		≦40	≦80

\*1：火災防護基準の火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器

\*2：潤滑油の漏えい量は、米国の確率論点リスク評価ガイド NUREG/CR-6850 を参考に、内包量の10%を想定

\*3：潤滑油の漏えい面積は、漏えい量が95L以下の漏えいでは、0.8m<sup>2</sup>/L、漏えい量が95Lを超える漏えいでは、0.05m<sup>2</sup>/Lとする。

第1表 火災区画ごとの燃料油、潤滑油又はアルコールの内包量等（主冷却機建物）（1/4）

火災区画番号	火災防護対策*1が必要な機器等の有無	床面積 (m <sup>2</sup> )	油等内包機器名称	種別	引火点 (°C)	内包量 (L)	漏えい量*2 (L)	堰の有無	漏えい面積*3 (m <sup>2</sup> )	堰容量 (L)	室内温度 (°C)	機器運転温度 (°C)
SB-101	有	130	樹脂混合プロワ	ボンノック M460	244	0.32	0.032	無	0.0256		≦40	≦40
			再生ポンプ (A)	FBK タービン #56	≧220	0.60	0.060	無	0.048		≦40	≦40
			再生ポンプ (B)	FBK タービン #56	≧220	0.60	0.060	無	0.048		≦40	≦40
SB-102	有	300	B2 換気系送風機	FBK タービン #46	≧220	1	0.1	無	0.08		≦40	≦80
SB-103	無	12	Ar ガス供給室系送風機	FBK タービン #46	≧220	1	0.1	無	0.08		≦40	≦80
SB-105	有	94	ディーゼル No. 2 送風機	FBK タービン #46	≧220	1	0.1	無	0.08		≦40	≦80
			B2 換気系排風機	FBK タービン #46	≧220	1	0.1	無	0.08		≦40	≦80
SB-106	有	170	ディーゼル No. 1 送風機	FBK タービン #46	≧220	1	0.1	無	0.08		≦40	≦80
			ディーゼル No. 1 排風機	FBK タービン #46	≧220	1	0.1	無	0.08		≦40	≦80
SB-124	有	28	ディーゼル No. 2 排風機油	FBK タービン #46	≧220	1	0.1	無	0.08		≦40	≦80
SB-125	有	140	1号ディーゼル発電機燃料小出槽	A 重油	≧60	990	990	有		1,538	≦40	≦40
			1号ディーゼル発電機用空気圧縮機	コレナオイル P68	≧200	8	0.8	無	0.64		≦40	≦40
			1号ディーゼル発電機機関	ガデニヤ S340	>250	1,800	180	無	9		≦40	≦40
			1号ディーゼル発電機軸受	FBK タービン #46	≧220	20	2	無	1.6		≦40	≦60
			1号ディーゼル発電機ターニング装置	ダフニーメカニック クオイル	266	2	0.2	無	0.16		≦40	≦40
SB-127	有	27	1号ディーゼル発電機燃料主貯油槽	A 重油	≧60	6,000	6,000	有		7,800	≦40	≦40
SB-128	有	27	2号ディーゼル発電機燃料主貯油槽	A 重油	≧60	6,000	6,000	有		7,800	≦40	≦40
SB-130	有	140	1号ディーゼル発電機燃料小出槽	A 重油	≧60	990	990	有		1,538	≦40	≦40
			2号ディーゼル発電機用空気圧縮機	コレナオイル P68	≧200	8	0.8	無	0.64		≦40	≦40
			2号ディーゼル発電機機関	ガデニヤ S340	>250	1,800	180	無	9		≦40	≦40
			2号ディーゼル発電機軸受	FBK タービン #46	≧220	20	2	無	1.6		≦40	≦60
			2号ディーゼル発電機ターニング装置	ダフニーメカニック クオイル	266	2	0.2	無	0.16		≦40	≦40

\*1：火災防護基準の火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器

\*2：潤滑油の漏えい量は、米国の確率論点リスク評価ガイド NUREG/CR-6850 を参考に、内包量の10%を想定

\*3：潤滑油の漏えい面積は、漏えい量が95L以下の漏えいでは、0.8m<sup>2</sup>/L、漏えい量が95Lを超える漏えいでは、0.05m<sup>2</sup>/Lとする。

第1表 火災区画ごとの燃料油、潤滑油又はアルコールの内包量等（主冷却機建物）（2/4）

火災区画番号	火災防護 対策*1が必要な 機器等の有無	床面積 (m <sup>2</sup> )	油等内包機器名称	種別	引火点 (°C)	内包量 (L)	漏えい量*2 (L)	堰の 有無	漏えい 面積*3 (m <sup>2</sup> )	堰容量 (L)	室内温度 (°C)	機器 運転温度 (°C)
SB-206	無	84	Na 管路 (A) 送風機 P1	FBK タービン #46	≥220	1	0.1	無	0.08		≤40	≤80
			Na 管路 (A) 送風機 P2	FBK タービン #46	≥220	1	0.1	無	0.08		≤40	≤80
			Na 管路 (A) 排風機 P1	FBK タービン #46	≥220	1	0.1	無	0.08		≤40	≤80
			Na 管路 (A) 排風機 P2	FBK タービン #46	≥220	1	0.1	無	0.08		≤40	≤80
			Na 管路 (B) 送風機 P1	FBK タービン #46	≥220	1	0.1	無	0.08		≤40	≤80
			Na 管路 (B) 送風機 P2	FBK タービン #46	≥220	1	0.1	無	0.08		≤40	≤80
			Na 管路 (B) 排風機 P1	FBK タービン #46	≥220	1	0.1	無	0.08		≤40	≤80
			Na 管路 (B) 排風機 P2	FBK タービン #46	≥220	1	0.1	無	0.08		≤40	≤80
SB-207	無	67	ボイラー室送風機	FBK タービン #46	≥220	1	0.1	無	0.08		≤40	≤80
			ボイラー室排風機	FBK タービン #46	≥220	1	0.1	無	0.08		≤40	≤80
SB-208	無	21	手洗・浴室系排風機	FBK タービン #46	≥220	0.2	0.02	無	0.016		≤40	≤80
SB-212	無	120	配管支持装置ミニ	テコール 50	>300	0.31	0.031	無	0.0248		≤40	≤40
SB-220	無	150	ボイラー燃料サービスタンク	A 重油	≥60	760	760	有		2,300	≤40	≤40
			給水ポンプ	FBK タービン #46	≥220	0.3	0.03	無	0.024		≤40	≤80
SB-225	無	22	ボイラー燃料貯油槽 No. 1	A 重油	≥60	18,900	18,900	有		21,800	≤40	≤40
SB-226	無	22	ボイラー燃料貯油槽 No. 2	A 重油	≥60	18,900	18,900	有		21,800	≤40	≤40
SB-227	無	22	ボイラー燃料貯油槽 No. 3	A 重油	≥60	18,900	18,900	有		21,800	≤40	≤40
SB-228	無	22	ボイラー燃料貯油槽 No. 4	A 重油	≥60	18,900	18,900	有		21,800	≤40	≤40
SB-303	無	120	配管支持装置	テコール 50	>300	11.9	1.19	無	0.952		≤40	≤40
			配管支持装置ミニ	テコール 50	>300	0.41	0.041	無	0.0328		≤40	≤40
SB-305	無	120	配管支持装置	テコール 50	>300	11.9	1.19	無	0.952		≤40	≤40
			配管支持装置ミニ	テコール 50	>300	0.56	0.056	無	0.0448		≤40	≤40
SB-401	有	160	天井クレーン	ギヤオイル	278	10	1	無	0.8		≤40	≤80
SB-403	無	240	配管支持装置	テコール 50	>300	5.6	0.56	無	0.448		≤40	≤40
			配管支持装置ミニ	テコール 50	>300	0.16	0.016	無	0.0128		≤40	≤40
SB-409	無	87	配管支持装置	テコール 50	>300	3.6	0.36	無	0.288		≤40	≤40
			配管支持装置ミニ	テコール 50	>300	0.03	0.003	無	0.0024		≤40	≤40
SB-412	無	110	配管支持装置ミニ	テコール 50	>300	0.04	0.004	無	0.0032		≤40	≤40
SB-413	無	57	配管支持装置	テコール 50	>300	5.1	0.51	無	0.408		≤40	≤40
			2次系コールドトラップ送風機	FBK タービン #46	≥220	0.2	0.02	無	0.016		≤40	≤80

\*1：火災防護基準の火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器

\*2：潤滑油の漏えい量は、米国の確率論点リスク評価ガイド NUREG/CR-6850 を参考に、内包量の 10%を想定

\*3：潤滑油の漏えい面積は、漏えい量が 95L 以下の漏えいでは、0.8m<sup>2</sup>/L、漏えい量が 95L を超える漏えいでは、0.05m<sup>2</sup>/L とする。

第1表 火災区画ごとの燃料油、潤滑油又はアルコールの内包量等（主冷却機建物）（3/4）

火災区画番号	火災防護対策*1が必要な機器等の有無	床面積 (m <sup>2</sup> )	油等内包機器名称	種別	引火点 (°C)	内包量 (L)	漏えい量*2 (L)	堰の有無	漏えい面積*3 (m <sup>2</sup> )	堰容量 (L)	室内温度 (°C)	機器運転温度 (°C)
SB-415	無	57	配管支持装置	テコール 50	>300	5.1	0.51	無	0.408	/	≦40	≦40
SB-416	無	70	配管支持装置	テコール 50	>300	3.6	0.36	無	0.288	/	≦40	≦40
			配管支持装置ミニ	テコール 50	>300	0.03	0.003	無	0.0024	/	≦40	≦40
			2次Arガス系真空ポンプ	アルバックアルボイル R-7	256	20	2	有	1.6	520	≦40	≦80
SB-419	無	240	配管支持装置	テコール 50	>300	5.6	0.56	無	0.448	/	≦40	≦40
			配管支持装置ミニ	テコール 50	>300	0.16	0.016	無	0.0128	/	≦40	≦40
SB-420	有	160	天井クレーン	ダフニー	258	87.8	8.78	無	7.024	/	≦40	≦80
SB-508	無	64	配管支持装置	テコール 50	>300	3.2	0.32	無	0.256	/	≦40	≦40
			配管支持装置ミニ	テコール 50	>300	0.36	0.036	無	0.0288	/	≦40	≦40
SB-509	無	64	配管支持装置油	テコール 50	>300	3.2	0.32	無	0.256	/	≦40	≦40
			配管支持装置ミニ	テコール 50	>300	0.27	0.027	無	0.0216	/	≦40	≦40
			配管支持装置ミニ	テコール 50	>300	0.13	0.013	無	0.0104	/	≦40	≦40
SB-601	無	80	2次主循環ポンプ A オイルプレッシャーユニット 潤滑油タンク	FBK タービン#32	≧210	335	33.5	有	/	57	≦40	≦75
			配管支持装置	テコール 50	>300	0.8	0.08	無	0.064	/	≦40	≦40
			配管支持装置ミニ	テコール 50	>300	0.06	0.006	無	0.0048	/	≦40	≦40
SB-602	無	80	2次主循環ポンプ B オイルプレッシャーユニット 潤滑油タンク	FBK タービン#32	≧210	335	33.5	有	/	57	≦40	≦75
			配管支持装置	テコール 50	>300	0.8	0.08	無	0.064	/	≦40	≦40
			配管支持装置ミニ	テコール 50	>300	0.1	0.01	無	0.008	/	≦40	≦40

\*1：火災防護基準の火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器

\*2：潤滑油の漏えい量は、米国の確率論点リスク評価ガイド NUREG/CR-6850 を参考に、内包量の 10%を想定

\*3：潤滑油の漏えい面積は、漏えい量が 95L 以下の漏えいでは、0.8m<sup>2</sup>/L、漏えい量が 95L を超える漏えいでは、0.05m<sup>2</sup>/L とする。

第1表 火災区画ごとの燃料油、潤滑油又はアルコールの内包量等（主冷却機建物）（4/4）

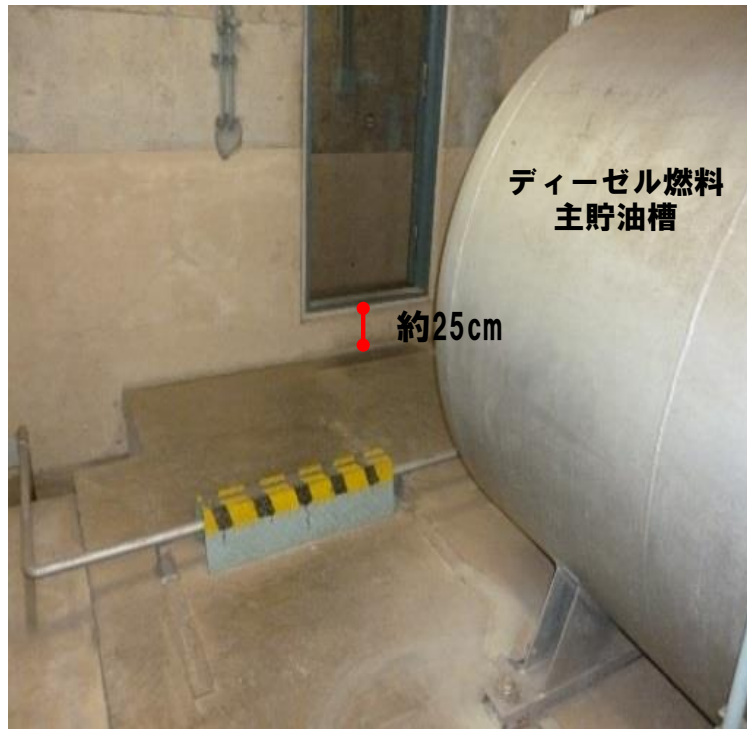
火災区画番号	火災防護対策*1が必要な機器等の有無	床面積 (m <sup>2</sup> )	油等内包機器名称	種別	引火点 (°C)	内包量 (L)	漏えい量*2 (L)	堰の有無	漏えい面積*3 (m <sup>2</sup> )	堰容量 (L)	室内温度 (°C)	機器運転温度 (°C)
SB-701	無	120	天井クレーン	ダフニー	278	57.85	5.785	無	4.628		≦40	≦40
			配管支持装置ミニ	テコール 50	>300	0.54	0.054	無	0.0432		≦40	≦40
			配管支持装置ミニ	テコール 50	>300	0.54	0.054	無	0.0432		≦40	≦40
SB-703	無	14	Na 機器 2F, 3F 系排風機 P2	FBK タービン#46	≧220	0.2	0.02	無	0.016		≦40	≦80
SB-704	無	14	Na 機器 2F, 3F 系排風機 P1	FBK タービン#46	≧220	0.2	0.02	無	0.016		≦40	≦80
SB-705	有	1,300	ディーゼル系冷却塔(A)ブロワ	ボンノック M150	244	2.5	0.25	無	0.2		≦40	≦40
			ディーゼル系冷却塔(B)ブロワ	ボンノック M150	244	2.5	0.25	無	0.2		≦40	≦40
SB-706	無	28	1FNa 配管換気系送風機 P1	FBK タービン#46	≧220	1	0.1	無	0.08		≦40	≦80
			1FNa 配管換気系送風機 P2	FBK タービン#46	≧220	1	0.1	無	0.08		≦40	≦80
SB-707	無	36	1FNa 配管換気系排風機 P1	FBK タービン#46	≧220	1	0.1	無	0.08		≦40	≦80
			1FNa 配管換気系排風機 P2	FBK タービン#46	≧220	1	0.1	無	0.08		≦40	≦80

\*1：火災防護基準の火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器

\*2：潤滑油の漏えい量は、米国の確率論点リスク評価ガイド NUREG/CR-6850 を参考に、内包量の10%を想定

\*3：潤滑油の漏えい面積は、漏えい量が95L以下の漏えいでは、0.8m<sup>2</sup>/L、漏えい量が95Lを超える漏えいでは、0.05m<sup>2</sup>/Lとする。





燃料油の漏えいが拡大しないように入口ドア部に約25cmの  
段差を有する構造  
(燃料主貯油槽内の保有量：6m<sup>3</sup>、堰の容積：7.8m<sup>3</sup>)

第1図 拡大防止対策の一例（ディーゼル燃料主貯油槽）

発火源への対策について
-------------

## 1. 概要

火災の発生防止に関し、火花を発生する設備や高温の設備等の発火源への対策について示す。

## 2. 発火源への対策

## ① 火花を発生する設備への対策

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画に、火花を発生するおそれのある設備を設置する場合は、金属製の筐体に収納するなどにより、火花が当該設備の外部に出ることを防止する。

ここで、火花を発生するおそれのある設備としては、直流電動機や非常用ディーゼル発電機等のブラシを想定する。直流電動機や非常用ディーゼル発電機の設置場所を第 2.1 表に示す。

第 2.1 表に示す火花を発生するおそれのあるブラシを有する設備は、金属製の筐体（本体）内に収納し、火花が外部に出ない構造とする。

第 2.1 表 直流電動機や非常用ディーゼル発電機の設置場所

火災区画		火花を発生するおそれのある設備
番号	名称	
RB-401* <sup>1</sup>	主循環ポンプ（A）上蓋室等	1 次主循環ポンプ A
RB-410* <sup>1</sup>	主循環ポンプ（B）上蓋室等	1 次主循環ポンプ B
SB-701	2 次系主循環ポンプ室	2 次主循環ポンプ A / 2 次主循環ポンプ B
SB-125* <sup>1</sup>	ディーゼル発電機室（No. 1）	非常用ディーゼル発電機 1 号機
SB-130* <sup>1</sup>	ディーゼル発電機室（No. 2）	非常用ディーゼル発電機 2 号機

\*1：火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画

## ② 高温設備への対策

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画に、高温となる設備を設置する場合は、高温部分を保温材で被覆し、可燃性物質との接触防止や可燃性物質の過熱防止を行う。

ここで、高温となる設備としては、設計上の最高使用温度が 60℃を超える設備を想定する。高温となる設備を第 2.2 表に、高温となる設備に対する保温材の設置例を第 2.1 図に示す。

第 2.2 表に示す設備は、保温材で被覆し、可燃性物質との接触や可燃性物質の過熱を防止する。

第 2.2 表 高温となる設備

高温となる設備 (最高使用温度が 60℃を超える設備)	過熱防止対策
ナトリウムを内包する配管及び機器	保温材設置
圧縮空気供給設備の空気圧縮機出口配管	保温材設置
非常用ディーゼル発電機の排気管	保温材設置
ボイラ蒸気配管	保温材設置



( 1 次主冷却系の配管 )



( 2 次主冷却系の配管 )

第 2.1 図 高温となる設備に対する保温材の設置例

## 水素漏えいへの対策について

## 1. 概要

火災の発生防止に関し、充電時に蓄電池から発生する水素への対策について示す。

なお、ナトリウム冷却高速中性子型炉である本原子炉施設では、放射線分解等により水素が発生、蓄積し、その急速な燃焼によって原子炉施設の安全性を損なうおそれのある設備は有しない。

## 2. 蓄電池の設置場所

交流無停電電源系及び直流無停電電源系の蓄電池は、原子炉附属建物 2 階及び中 2 階の蓄電池室に設置する。蓄電池室の場所を第 2.1 図に示す。

核物質防護情報（管理情報）が含まれているため公開できません。

第 2.1 図 蓄電池室の場所

## 3. 換気設備（換気扇）による換気

蓄電池室は、水素の濃度が燃焼限界濃度を超えないように、換気設備（換気扇）（以下「換気扇」という。）による機械換気を行うものとする。

換気扇の換気量は、一般社団法人電池工業会「蓄電池に関する設計指針（SBA G 0603-2001）」による水素の排気に必要な換気量以上となるものとし、蓄電池室の水素濃度が 2%を十分に下回るように維持できるものとする。

換気扇は、外部電源喪失時に、機能を喪失することがないように、非常用電源設備より電源を供給するものとする。

また、換気扇が故障した場合は、中央制御室に警報を発するものとする。

換気扇の主な仕様を第 3.1 表に、換気扇の必要換気量の評価結果を第 3.2 表に示す。

第 3.2 表に示すとおり、既設の蓄電池を対象とした場合の必要換気量（1,005m<sup>3</sup>/h）に対して、換

気扇の換気量は、それを上回る 1,450m<sup>3</sup>/h 以上とするため、蓄電池から発生する水素により蓄電池室内の水素濃度が燃焼限界濃度を超えることはない。

なお、蓄電池室には、制御棒駆動機構等に対する蓄電池を新たに設置することとしており、当該蓄電池による水素の発生を考慮しても必要換気量が換気扇の換気量 (1,450m<sup>3</sup>/h) を超えないものとする。

第 3.1 表 換気扇の主な仕様

部屋名称	火災区画 番号	形式	数量	風量 (m <sup>3</sup> /h)	電源
蓄電池室	AB-603	換気扇	1	2,100	非常用電源設備
蓄電池室	AB-708	換気扇	1	1,450	非常用電源設備

第 3.2 表 換気扇の必要換気量の評価結果

項目	原子炉附属建物中 2 階 蓄電池室【AB-603】	原子炉附属建物 2 階 蓄電池室【AB-708】
n: 蓄電池 (セル) の個数	CS-800 形 : 106 セル CS-1800 形 : 54 セル	CS-800 形 : 106 セル CS-1800 形 : 54 セル
i: 過充電電流 (0.1C <sub>n</sub> A を使用 (C <sub>n</sub> : n 時間率定格電流の数値で鉛蓄電池では 10 時間率を使用))	CS-800 形 : 80A CS-1800 形 : 180A	CS-800 形 : 80A CS-1800 形 : 180A
t: 希釈率	24 (=96/4: 水素と空気の混合ガスの燃焼限界値より求めた値)	
g: 水素発生量	0.46×10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> /h (25℃、1 気圧における値)	
s: 安全係数	5	
a: 密閉効率	0 (ベント形蓄電池の場合)	
V: 必要換気量*1	1,005m <sup>3</sup> /h	1,005m <sup>3</sup> /h
換気扇の換気量	1,450m <sup>3</sup> /h 以上	

[必要換気量の計算式]  $V = t \times g \times s \times n \times i \times (1 - a)$

\*1: 新たに設置する蓄電池を考慮した必要換気量は、換気扇の換気量を上回らないものとする。

#### 4. 水素の検出器

蓄電池室には、水素の検出器を設置し、水素濃度が警報設定値に達した場合には、中央制御室に警報を発するものとする。

警報設定値は、一般高圧ガス保安規則関係例示基準より水素の燃焼限界濃度（4vol%）の 1/4 の 1vol%とする。

#### 5. 可搬式局所排気装置による換気

蓄電池室において、万一、換気扇が何らかの理由により停止した場合は、可搬式局所排気装置による換気運転によって、水素濃度が燃焼限界濃度を超えないものとする。

可搬式局所排気装置による換気運転は、蓄電池室内の水素濃度が燃焼限界濃度（4vol%）に余裕を見込んだ2vol%に達するまでに開始するものとする。可搬式局所排気装置の主な仕様を第5.1表に、可搬式局所排気装置による換気運転開始までの猶予時間の評価結果を第5.2表に、可搬式局所排気装置の配置例を第5.1図に示す。

既設の蓄電池を対象とした、可搬式局所排気装置による換気運転開始までの猶予時間は50分以下となり、可搬式局所排気装置による換気運転は30分を目安に行うものとする。可搬式局所排気装置による換気運転の対応手順を第5.3表に示す。

なお、新たに設置する蓄電池による水素の発生を考慮しても、可搬式局所排気装置による換気運転の開始までの猶予時間は、30分を超えないものとする。

第 5.1 表 可搬式局所排気装置の主な仕様

名称	風量 (m <sup>3</sup> /h)	保管場所*1	数量	電源
可搬式局所排気装置	1,450	AB-603	1台	非常用電源設備
		AB-708	1台	

\*1：可搬式局所排気装置と併せて、接続ホース及びコードリールを1台ずつ保管

第 5.2 表 可搬式局所排気装置による換気運転開始までの猶予時間の評価結果

項目	原子炉附属建物中 2 階 蓄電池室【AB-603】	原子炉附属建物 2 階 蓄電池室【AB-708】
n：蓄電池（セル）の個数	CS-800 形：106 セル CS-1800 形：54 セル	CS-800 形：106 セル CS-1800 形：54 セル
i：過充電電流（0.1C <sub>n</sub> A を使用（C <sub>n</sub> ：n 時間率定格電流の数値で鉛蓄電池では 10 時間率を使用））	CS-800 形：80A CS-1800 形：180A	CS-800 形：80A CS-1800 形：180A
g：水素発生量	0.46×10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> /h（25℃、1 気圧における値）	
g'：室内水素発生量	8.4m <sup>3</sup> /h	8.4m <sup>3</sup> /h
q：室内体積	350m <sup>3</sup>	600m <sup>3</sup>
r：水素濃度上昇率	2.4%/h	1.4%/h
猶予時間（水素濃度が 2vol% に達する時間）*1	50min	85min

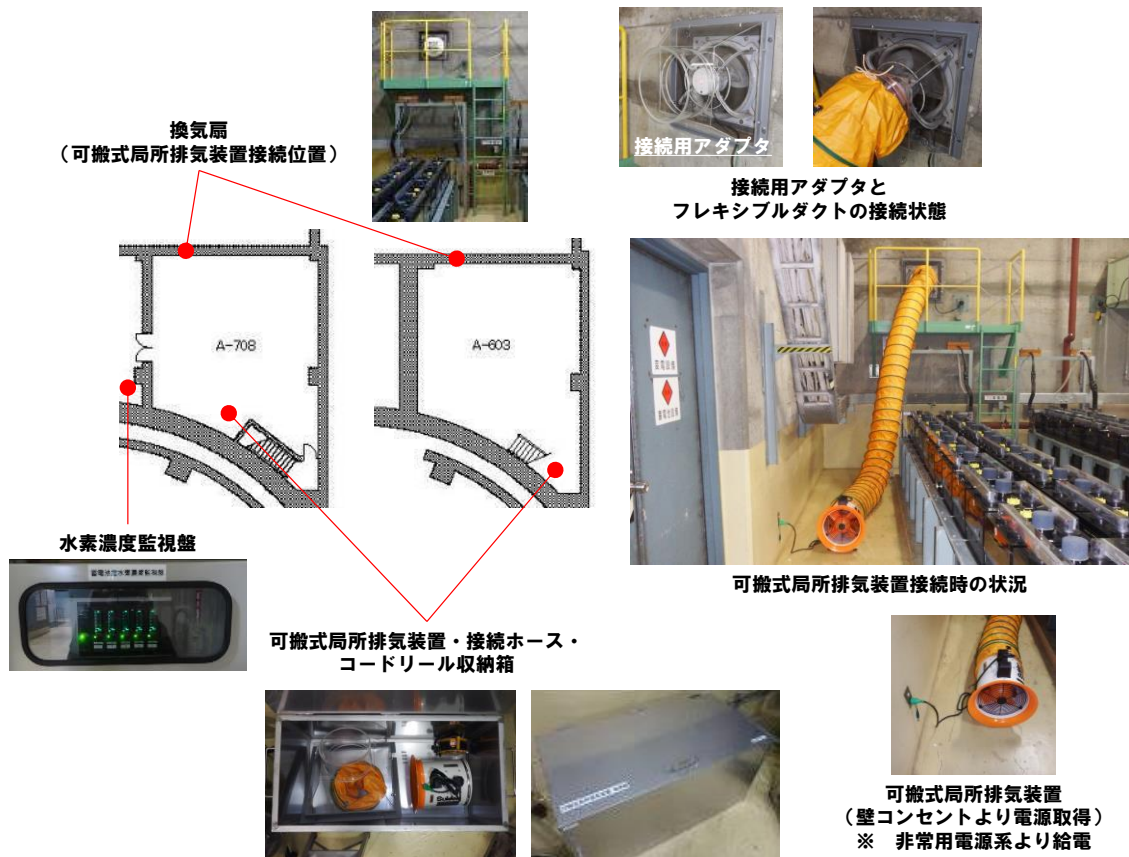
[室内水素発生量の計算式]  $g' = g \times n \times i$

[水素濃度上昇率の計算式]  $r = 100 \times g' / q$

\*1：新たに設置する蓄電池を考慮した猶予時間は、30 分を超えないものとする。

第 5.3 表 可搬式局所排気装置による換気運転の対応手順

必要な要員と作業項目			経過時間 (分)						備考
			5	10	15	20	25	30	
手順の項目	要員 (名) (作業に必要な要員数)	手順の内容	▽異常事象発生(換気設備の停止) ▽換気設備停止の検知						
	当直長	・ 運転操作指揮	[Progress bar]						
状況判断	運転員A	1 ・ 換気設備停止の判断	[Progress bar]						・ 中央制御室において、換気設備停止に係る警報の発報により判断する。
	運転員B、C	2 ・ 換気設備停止の確認 ・ 水素濃度の確認	[Progress bar]						・ 蓄電池室に移動し、換気設備の停止及び当該室の水素濃度を確認する。
可搬式局所排気装置による換気運転	運転員B、C	2 ・ 可搬式局所排気装置の運搬 ・ 可搬式局所排気装置の設置 ・ 可搬式局所排気装置の運転及び監視				運搬・設置			・ AB-708の収納箱から可搬式局所排気装置及び接続ホースを取り出し、接続箇所まで運搬する。接続ホースを換気設備の所定の箇所へ接続する。 ・ 可搬式局所排気装置を運転するとともに、水素濃度の異常な上昇がないことを監視する。



第 5.1 図 可搬式局所排気装置の配置例



過電流による過熱防止対策について
------------------

火災の発生防止に関し、過電流による過熱防止対策について、動力ケーブルの地絡、短絡等に起因する過電流による過熱防止のための過電流継電器等の保護装置と遮断器の組合せを第 1 表に、過電流継電器と地絡継電器の一例を第 1 図に示す。

第1表 過電流継電器等の保護装置と遮断器の組合せ (1/4)

電源盤名称	遮断器			保護装置		
	番号	名称	型式	名称	型式	数量 (台)
一般系 1A-M/C 盤	152A1	真空遮断器	HS4006M-20Mf-ETZ	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25CCD	2
	152A3	真空遮断器	HS2506M-06Mf-ETZC	デジタル形過電流継電器	DUTUATAK-25DED	2
				デジタル形過電流継電器 デジタル形地絡方向継電器	DUTUAHAK-25CCD DUTUDTBA-35AAD	2 1
	152A5	真空遮断器	HS2506M-06Mf-ETZC	デジタル形過電流継電器	DUTUATAK-25DED	2
				デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25CCD	2
				デジタル形地絡方向継電器	DUTUDTBA-35AAD	1
	152A6	真空遮断器	HS2506M-06Mf-ETZC	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
				デジタル形地絡方向継電器	DUTUDTBA-35AAD	1
	152A7	真空遮断器	HS2506M-06Mf-ETZC	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
				デジタル形地絡方向継電器	DUTUDTBA-35AAD	1
	152A8	真空遮断器	HS2506M-06Mf-ETZC	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
				デジタル形地絡方向継電器	DUTUDTBA-35AAD	1
	152A9	真空遮断器	HS2506M-06Mf-ETZC	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
				デジタル形地絡方向継電器	DUTUDTBA-35AAD	1
152A10	真空遮断器	HS2506M-12Mf-ETZ	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2	
			デジタル形地絡方向継電器	DUTUDTBA-35AAD	1	
152A11	真空遮断器	HS2506M-06Mf-ETZC	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2	
			デジタル形地絡方向継電器	DUTUDTBA-35AAD	1	
152A12	真空遮断器	HS2506M-06Mf-ETZC	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2	
			デジタル形地絡方向継電器	DUTUDTBA-35AAD	1	
152A13	真空遮断器	HS2506Y-06Mf-EVNZ	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25CCD	2	
			デジタル形地絡方向継電器	DUTUDTBA-35AAD	1	
152A14	真空遮断器	HS2506Y-06Mf-EVNZ	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2	
			デジタル形地絡方向継電器	DUTUDTBA-35AAD	1	
一般系 2A-P/C 盤	252A1	気中遮断器	DB123X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-55DDD	2
	252A2	気中遮断器	DB123X-Mf	デジタル型過電流継電器	DUTUAHAK-55DDD	2
	252A3	気中遮断器	DB123X-Mf	デジタル型過電流継電器	DUTUAHAK-55DDD	2
	252A4	気中遮断器	DB123X-Mf	デジタル型過電流継電器	DUTUAHAK-55DDD	2
一般系 3A-P/C 盤	352A1	気中遮断器	DA503XA-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-55DDD	2
	352A2	気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル型過電流継電器	DUTUAHAK-55DDD	2
	352A3	気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル型過電流継電器	DUTUAHAK-55DDD	2
	352A4	気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル型過電流継電器	DUTUAHAK-55DDD	2
	352A5	気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル型過電流継電器	DUTUAHAK-55DDD	2
	352A6	気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル型過電流継電器	DUTUAHAK-55DDD	2
	352A8	気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル型過電流継電器	DUTUAHAK-55DDD	2

第1表 過電流継電器等の保護装置と遮断器の組合せ (2/4)

電源盤名称	遮断器			保護装置		
	番号	名称	型式	名称	型式	数量 (台)
一般系 1B-M/C 盤	152B3	真空遮断器	HS2506M-06Mf-ETZC	デジタル形過電流継電器	DUTUATAK-25DED	2
				デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25CCD	2
				デジタル形地絡方向継電器	DUTUDTBA-35AAD	1
	152B5	真空遮断器	HS2506M-06Mf-ETZC	デジタル形過電流継電器	DUTUATAK-25DED	2
				デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25CCD	2
				デジタル形地絡方向継電器	DUTUDTBA-35AAD	1
152B6	真空遮断器	HS2506M-06Mf-ETZC	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2	
			デジタル形地絡方向継電器	DUTUDTBA-35AAD	1	
			デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2	
152B7	真空遮断器	HS2506M-06Mf-ETZC	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2	
			デジタル形地絡方向継電器	DUTUDTBA-35AAD	1	
			デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2	
152B8	真空遮断器	HS2506M-06Mf-ETZC	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2	
			デジタル形地絡方向継電器	DUTUDTBA-35AAD	1	
			デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2	
152B9	真空遮断器	HS2506M-06Mf-ETZC	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2	
			デジタル形地絡方向継電器	DUTUDTBA-35AAD	1	
			デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2	
一般系 1B-M/C 盤	152B10	真空遮断器	HS2506M-12Mf-ETZC	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
				デジタル形地絡方向継電器	DUTUDTBA-35AAD	1
				デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
152B11	真空遮断器	HS2506M-06Mf-ETZC	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2	
			デジタル形地絡方向継電器	DUTUDTBA-35AAD	1	
			デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25CCD	2	
152B12	真空遮断器	HS2506M-06Mf-ETZC	デジタル形過電流継電器	DUTUATAA-55DED	2	
			デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25CCD	2	
			デジタル形地絡方向継電器	DUTUDTBA-35AAD	1	
一般系 2B-P/C 盤	252B1	気中遮断器	DB123X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-55DDD	2
				デジタル型過電流継電器	DUTUAHAK-55DDD	2
				デジタル型過電流継電器	DUTUAHAK-55DDD	2
				デジタル型過電流継電器	DUTUAHAK-55DDD	2
				デジタル型過電流継電器	DUTUAHAK-55DDD	2
一般系 3B-P/C 盤	352B1	気中遮断器	DB503XA-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-55DDD	2
				デジタル型過電流継電器	DUTUAHAK-55DDD	2
				デジタル型過電流継電器	DUTUAHAK-55DDD	2
				デジタル型過電流継電器	DUTUAHAK-55DDD	2
				デジタル型過電流継電器	DUTUAHAK-55DDD	2
				デジタル型過電流継電器	DUTUAHAK-55DDD	2
				デジタル型過電流継電器	DUTUAHAK-55DDD	2
非常系 1C-M/C 盤	152C4	真空遮断器	HS2506M-06Mf-ETZC	デジタル型多機能継電器	DUYUMGDA-15CQQ	1
				デジタル形過電圧継電器	DUTUVHAA-55GDD	1
	152C5	真空遮断器	HS2506M-06Mf-ETZC	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
				デジタル形地絡方向継電器	DUTUDTBA-35AAD	1
	152C6	真空遮断器	HS2506M-06Mf-ETZC	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
				デジタル形地絡方向継電器	DUTUDTBA-35AAD	1
	152C7	真空遮断器	HS2506M-06Mf-ETZC	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
				デジタル形地絡方向継電器	DUTUDTBA-35AAD	1
	152C8	真空遮断器	HS2506M-06Mf-ETZC	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
デジタル形地絡方向継電器				DUTUDTBA-35AAD	1	
152C9	真空遮断器	HS2506M-06Mf-ETZC	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2	
			デジタル形地絡方向継電器	DUTUDTBA-35AAD	1	
152C10	真空遮断器	HS2506M-12Mf-ETZ	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDDD	2	
			デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2	
152C11	真空遮断器	HS2506M-06Mf-ETZC	デジタル形地絡方向継電器	DUTUDTBA-35AAD	1	

第1表 過電流継電器等の保護装置と遮断器の組合せ (3/4)

電源盤名称	遮断器			保護装置		
	番号	名称	型式	名称	型式	数量 (台)
非常系 2C-P/C 盤	252C1	気中遮断器	DB503XA-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	252C2	気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	252C3	気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	252C4	気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25CCD	2
	252C5	気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	252C6	気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	252C7	気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	252C8	気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	252C10	気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	252C11	気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	252C12	気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	252C13	気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	非常系 2S-P/C 盤	252S1	気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD
252S2		気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
252S3		気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
252S4		気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
252S5		気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
252S6		気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
非常系 3C-P/C 盤	352C1	気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	352C2	気中遮断器	DB123X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	352C4	気中遮断器	DB123X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	352C5	気中遮断器	DB123X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	352C6	気中遮断器	DB123X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
非常系 1HC-P/C 盤	852C2	気中遮断器	DB123X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	852C3	気中遮断器	DB123X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	852C4	気中遮断器	DB123X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	852C5	気中遮断器	DB123X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	852C6	気中遮断器	DB123X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
非常系 2HC-P/C 盤	952C2	気中遮断器	DB123X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
非常系 1D-M/C 盤	152D4	真空遮断器	HS2506M-06Mf-ETZC	デジタル型多機能継電器 デジタル形過電圧継電器	DUYUMGDA-15CQQ DUTUVHAA-55GDD	1 1
	152D5	真空遮断器	HS2506M-06Mf-ETZC	デジタル形過電流継電器 デジタル形地絡方向継電器	DUTUAHAK-25DDD DUTUDTBA-35AAD	2 1
	152D6	真空遮断器	HS2506M-06Mf-ETZC	デジタル形過電流継電器 デジタル形地絡方向継電器	DUTUAHAK-25DDD DUTUDTBA-35AAD	2 1
	152D7	真空遮断器	HS2506M-06Mf-ETZC	デジタル形過電流継電器 デジタル形地絡方向継電器	DUTUAHAK-25DDD DUTUDTBA-35AAD	2 1
	152D8	真空遮断器	HS2506M-06Mf-ETZC	デジタル形過電流継電器 デジタル形地絡方向継電器	DUTUAHAK-25DDD DUTUDTBA-35AAD	2 1
	152D9	真空遮断器	HS2506M-06Mf-ETZC	デジタル形過電流継電器 デジタル形地絡方向継電器	DUTUAHAK-25DDD DUTUDTBA-35AAD	2 1

第1表 過電流継電器等の保護装置と遮断器の組合せ (4/4)

電源盤名称	遮断器			保護装置		
	番号	名称	型式	名称	型式	数量 (台)
非常系 2D-P/C 盤	252D1	気中遮断器	DB503XA-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	252D2	気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	252D3	気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	252D4	気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25CCD	2
	252D5	気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	252D6	気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	252D7	気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	252D8	気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	252D10	気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	252D11	気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	252D12	気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	252D13	気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
非常系 3D-P/C 盤	352D1	気中遮断器	DB253X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	352D2	気中遮断器	DB123X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	352D4	気中遮断器	DB123X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	352D5	気中遮断器	DB123X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	352D6	気中遮断器	DB123X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
非常系 3S-P/C 盤	352S1	気中遮断器	DB123X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	352S2	気中遮断器	DB123X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	352S3	気中遮断器	DB123X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	352S4	気中遮断器	DB123X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	352S5	気中遮断器	DB123X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
非常系 1HD-P/C 盤	852D2	気中遮断器	DB123X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	852D3	気中遮断器	DB123X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
	852D4	気中遮断器	DB123X-Mf	デジタル形過電流継電器	DUTUAHAK-25DDD	2
常陽変電所	352R	真空遮断器	SDD508	デジタル型多機能継電器	UM43FD-E5R	1
				デジタル形過電流継電器	DUTUAHAS-15DDD	3
	152RA	真空遮断器	HS4006Y-30Mf-N	デジタル型多機能継電器	UM42C-E5R	1
	152RB	真空遮断器	HS4006Y-30Mf-N	デジタル型多機能継電器	UM42C-E5R	1



第1図 過電流継電器と地絡継電器の一例

不燃性材料又は難燃性材料の使用について
---------------------

## 1. 概要

不燃性材料又は難燃性材料の使用に関し、「主要な構造材に対する不燃性材料の使用」、「変圧器及び遮断器に対する絶縁油等の内包」、「難燃ケーブルの使用」、「換気設備のフィルタに対する不燃性材料又は難燃性材料の使用」、「保温材に対する不燃性材料の使用」及び「建物内装材に対する不燃性材料の使用」に係る設計方針を示す。

## 2. 主要な構造材に対する不燃性材料の使用

火災防護基準の火災の発生防止を考慮する機器のうち、機器、配管、ダクト、トレイ、電線管、盤の筐体、及びこれらの支持構造物の主要な構造材は、基本的に、鉄鋼、金属板、コンクリート等の不燃性材料を使用するものとする。

ただし、配管等のパッキン類は、金属で覆われた狭隘部に設置し直接火炎にさらされることはなく、これにより他の安全機能を有する構築物、系統及び機器において火災が発生するおそれはないため、不燃性材料又は難燃性材料ではない材料を使用する場合がある。また、金属に覆われたポンプ及び弁等の駆動部の潤滑油並びに金属に覆われた機器躯体内部に設置される電気配線は、発火、引火、着火等した場合でも、他の安全機能を有する構築物、系統及び機器に延焼しないため、不燃性材料又は難燃性材料ではない材料を使用する場合がある。

以下に、不燃性材料又は難燃性材料を使用しないものの一例を示す。

- ・ 1次主循環ポンプ等の駆動部の潤滑油
- ・ 1次主循環ポンプ等の機器躯体内部の電気配線
- ・ 非常用ディーゼル発電機の冷却水系等のパッキン

### 3. 変圧器及び遮断器に対する絶縁油等の内包

火災防護基準の火災の発生防止を考慮する機器等を設置する建物内の変圧器及び遮断器は、絶縁油等の可燃性物質を内包していないものを使用するものとする。火災防護基準の火災の発生防止を考慮する機器等を設置する建物には、原子炉建物、原子炉附属建物及び主冷却機建物が該当する。

なお、これらの建物内の変圧器は絶縁油を内包していない乾式タイプを、遮断器は絶縁油を内包していない真空遮断器 (VCB: Vacuum Circuit Breaker) 又は気中遮断器 (ACB: Air Circuit Breaker) を使用している。第 3.1 図に変圧器の一例を示す。

(参考)

原子炉施設では、受電エリア（原子炉建物、原子炉附属建物及び主冷却機建物と 20m 以上の距離を有する。）の商用系主変圧器のみ、絶縁油を内包したものを使用している。



第 3.1 図 変圧器の一例



#### 4. 難燃ケーブルの使用

火災防護基準の火災の発生防止を考慮する機器のケーブルは、以下に示す延焼性及び自己消火性の実証試験又は当該試験に示される同等の性能を確認した難燃ケーブルを使用することを基本とする。

- ・ 自己消火性の実証試験：UL 規格又は ICEA 規格に基づく垂直燃焼試験
- ・ 延焼性の実証試験：米国電気電子工学会（IEEE）規格 383 又は電気学会技術報告（Ⅱ部）第 139 号に基づく垂直トレイ燃焼試験

以下に、難燃ケーブルの使用又は代替措置を適用する主な機器を示す。

- ・ 1 次主循環ポンプポニーモータ
- ・ 1 次主循環ポンプ潤滑油ポンプ
- ・ 核計装（線形出力系）
- ・ 格納容器高線量エリアモニタ
- ・ 後備炉停止系用論理回路
- ・ 上記に関連する非常用ディーゼル電源系、交流無停電電源系及び直流無停電電源系

※：下線部は BDBA 資機材に該当

ただし、核計装等のケーブルは、難燃ケーブルを使用するか、又は耐ノイズ性を確保するため、難燃ケーブルの使用が困難な場合は、難燃ケーブルと同等の性能を達成できる代替措置を適用するものとする。

以下に、核計装等のケーブルに適用する代替措置について示す。

##### ① 概要

核計装等のケーブルは、ケーブルを電線管内に敷設するとともに、電線管の開口部を熱膨張性及び耐火性を有したシール材で閉塞させ、電線管内への酸素の供給を防止することにより、難燃ケーブルと同等の耐延焼性及び自己消火性を確保する（電線管内への敷設の効果を添付 1 に、シール材の主な仕様を添付 2 に示す。）。

##### ② 適用箇所

本代替措置を適用する主な機器を示す。

- ・ 核計装（線形出力系）
- ・ 格納容器高線量エリアモニタ

5. 換気設備のフィルタに対する不燃性材料又は難燃性材料の使用

火災防護基準の火災の発生防止を考慮する機器のうち、空調換気設備のフィルタは、チャコールフィルタを除き「JIS L 1091（繊維製品の燃焼性試験方法）」又は「JACA No. 11A（空気清浄装置用ろ材燃焼性試験方法指針（公益社団法人 日本空気清浄協会）」を満足する難燃性材料を使用するものとする。当該空調換気設備のフィルタの主な仕様を第 5.1 表に示す。

第 5.1 表 火災防護基準の火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器のうち、  
空調換気設備のフィルタの主な仕様

設備	フィルタの種類	材質	性能
中央制御室 空調換気設備	プレフィルタ	グラスファイバ (ガラス繊維)	難燃性
	HEPA フィルタ	グラスファイバ (ガラス繊維)	難燃性
	給気* <sup>1</sup> フィルタ	不織布	難燃性
非常用電源設備	非常用ディーゼル 冷却塔フィルタ	ポリエステル/ モダンアクリル	難燃性

HEPA フィルタ (High Efficiency Particulate Air Filter)

\*1：バグフィルタ（中性能粒子フィルタ等の空調内の異物を除去するためのフィルタの総称として使用）

6. 保温材に対する不燃性材料の使用

火災防護基準の火災の発生防止を考慮する機器に対する保温材は、ロックウールやケイ酸カルシウム等、建設省告示第 1400 号に定められたもの\*<sup>1</sup>、又は建築基準法で不燃性材料として定められたものを使用するものとする。

\*1：コンクリート、れんが、瓦、陶磁器質タイル、繊維強化セメント板、ガラス繊維混入セメント板（厚さ：3mm 以上）、繊維混入ケイ酸カルシウム板（厚さ：5mm 以上）、鉄鋼、アルミニウム、金属板、ガラス、モルタル、しっくい、石、せっこうボード（厚さ：12mm 以上（ボード用原紙の厚さが 0.6mm 以下のものに限る。）、ロックウール、グラスウール板

## 7. 建物内装材に対する不燃性材料の使用

火災防護基準の火災の発生防止を考慮する機器等を設置する建物の主要な建物内装材は、基本的に、建設省告示第 1400 号に定められたもの\*<sup>1</sup>、又は建築基準法で不燃性材料として定められたものを使用するものとする。ただし、管理区域の床及び壁については、耐放射線性、除染性及び耐腐食性の確保を目的に、建設省告示第 1231 号第 2 試験に基づく難燃性が確認されたコーティング剤（エポキシ樹脂等）を使用する場合がある。当該コーティング剤は、不燃性材料であるコンクリートに塗布されるものであり、当該コーティング剤が発火したとしても、他の火災防護対象機器において火災を生じさせるおそれは小さい。

また、中央制御室等の床カーペットは、消防法施行令第 4 条の 3 に基づく防災性能を有するものとする。

\*1：コンクリート、れんが、瓦、陶磁器質タイル、繊維強化セメント板、ガラス繊維混入セメント板（厚さ：3mm 以上）、繊維混入ケイ酸カルシウム板（厚さ：5mm 以上）、鉄鋼、アルミニウム、金属板、ガラス、モルタル、しっくい、石、せっこうボード（厚さ：12mm 以上（ボード用原紙の厚さが 0.6mm 以下のものに限る。）、ロックウール、グラスウール板

ケーブル難燃化の代替措置（電線管内への敷設）の効果
---------------------------

## 1. 概要

火災の発生防止に関し、ケーブル難燃化の措置を講じる機器のうち、核計装等において、難燃ケーブルと同等の性能を達成できる代替措置（ケーブルを電線管内へ敷設するとともに、電線管の開口部を熱膨張性及び耐火性を有したシール材で閉塞させ、電線管内への酸素の供給を防止する措置）について、核計装を代表に当該措置の効果等を示す。

## 2. 電線管内のケーブルの燃焼評価

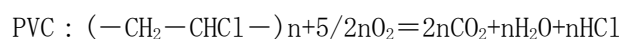
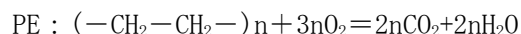
核計装に用いるケーブルについて、ケーブルの燃焼に必要な空気量から難燃ケーブルと同等の延焼性を確保するために必要な電線管の長さについて評価する。

難燃ケーブルは、1.8m 以内の延焼性を求められることを考慮し、ここでは、保守的に 1.5m 以内の延焼性について評価する。

## (1) ケーブル 1.5m の燃焼に必要な空気量

核計装に使用するケーブルについて、可燃物として絶縁体（ポリエチレン：9.5g/m）とシース（ポリ塩化ビニル：18g/m）を対象とする。

1mol のポリエチレン（PE）とポリ塩化ビニル（PVC）の燃焼には、PE と PVC の燃焼を示す以下の式より、それぞれ、 $3n \text{ mol}$ 、 $5/2n \text{ mol}$  の酸素が必要である（ $n$ ：重合数、分子量：PE 28n、PVC 62.5n、酸素 32）。



標準状態での 1mol の気体の体積を  $0.0224\text{m}^3$  とすると、1g の PE と PVC の燃焼に必要な酸素の体積は、以下の式より、それぞれ、 $0.0024\text{m}^3$ 、 $0.000896\text{m}^3$  である。

$$\text{PE} : 1/28n(\text{mol}) \times 3n \times 0.0224(\text{m}^3/\text{mol}) = 0.0024(\text{m}^3)$$

$$\text{PVC} : 1/62.5n(\text{mol}) \times (5/2)n \times 0.0224(\text{m}^3/\text{mol}) = 0.000896(\text{m}^3)$$

空気中の酸素濃度を 21% とすると、1g の PE と PVC の燃焼に必要な空気量は、以下の式より、それぞれ、 $0.0114\text{m}^3$ 、 $0.00427\text{m}^3$  である。

$$\text{PE} : 0.0024(\text{m}^3) \times 100/21 \doteq 0.0114(\text{m}^3)$$

$$\text{PVC} : 0.000896(\text{m}^3) \times 100/21 \doteq 0.00427(\text{m}^3)$$

核計装のケーブル 1.5m 当たりの PE と PVC の重量は、それぞれ、14.25g、27g であることから、核計装のケーブル 1.5m の燃焼に必要な空気の体積は、以下の式より約  $0.27\text{m}^3$  である。

$$0.0114(\text{m}^3/\text{g}) \times 14.25(\text{g}) + 0.00427(\text{m}^3/\text{g}) \times 27(\text{g}) \doteq 0.27\text{m}^3$$

(2) ケーブル 1.5m の燃焼に必要な空気量を保有する電線管長さ

電線管は、保守的に JIS C 8305 (鋼製電線管) に規定される厚鋼電線管の最大径 (外径: 113.4mm、内径 106.4mm) を評価に使用する。

内径 106.4mm の電線管において、0.27m<sup>3</sup> の空気を保有する電線管長さは、以下より約 30m となる。ここでは、保守的に、電線管内のケーブルを考慮しないものとする。

$$\text{電線管長さ} = 0.27 (\text{m}^3) / (0.1064 (\text{m})^2 \times \pi / 4) \approx 30\text{m}$$

以上より、シール材で閉塞させる間隔を 30m 以下とすれば、その延焼長さは 1.5m を超えず、難燃ケーブルと比べて十分な耐延焼性を確保することが可能である。

3. 電線管外のケーブルの取扱い

機器に接続する電線管外のケーブルの露出部 (以下「電線管外ケーブル」という。) については、当該部が燃焼した場合、シール材の敷設部等で酸素不足となり燃焼が終息すると考えられるが、万一の電線管内への延焼を考慮しても延焼長さが 1.8m を超えないようにする。「2. 電線管内のケーブルの燃焼評価」に示すとおり、シール材で閉塞させる電線管の間隔を 30m 以下とした場合は、電線管内のケーブルの延焼長さは 1.5m を超えず、この場合、電線管外ケーブルの長さを 0.3m 以下とすることにより、万一、電線管内へ延焼したとしても、ケーブルの延焼長さは 1.8m を超えないものとすることが可能である。

シール材の主な仕様
-----------

## 1. 概要

火災の発生防止に関し、ケーブル難燃化の措置を講じる機器のうち、核計装等において、難燃ケーブルと同等の性能を達成できる代替措置（ケーブルを電線管内へ敷設するとともに、電線管の開口部を熱膨張性及び耐火性を有したシール材で閉塞させ、電線管内への酸素の供給を防止する措置）について、シール材の主な仕様を示す。

## 2. シール材の主な仕様

シール材は、常温では硬化しにくく、亀裂等を起こさず、長時間にわたり適度な柔らかさを維持し、以下の特性を有するものを使用する。

### (1) シール性

シール材は、常温で硬化しにくく、長時間にわたり適度な柔らかさが確保される性質で、火災の影響を受けると加熱発泡により膨張する特性を有するものを使用する。

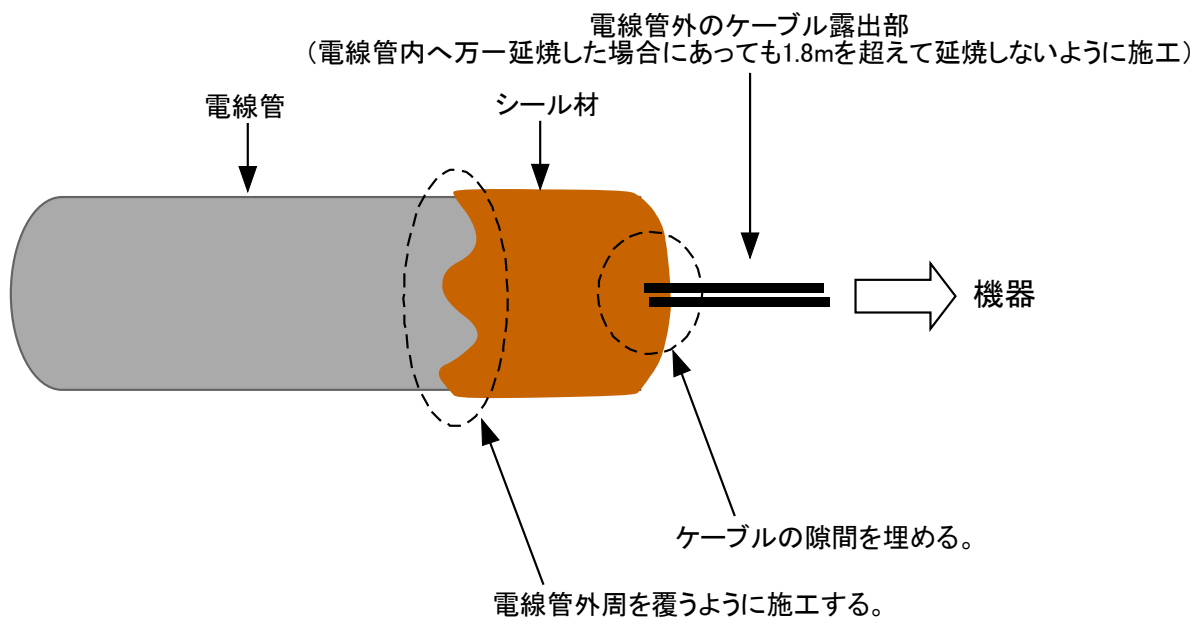
### (2) 施工

シール材の施工は、建築基準法第 68 条の 26 第 1 項に基づき、建築基準法施行令の防火区画貫通部の性能の規定に適合すると認められた工法で行う（ケーブルの隙間を埋めるとともに、電線管外周を覆うように施工することで、隙間が生じないものとする。）。シール材の施工の概念図を第 2.1 図に示す。

電線管内において火災が発生した場合には、電線管内の温度が上昇するため、電線管内の圧力が電線管外より高くなり、電線管外から燃焼が継続できる酸素の流入が生じるおそれはない。

## 3. シール材の保守・点検

シール材の劣化が進むと、発泡効果が低下し酸素遮断効果が低下するため、電線管の密閉性が低下し酸素不足による延焼防止効果が期待できなくなる。このため、シール材は、材質（耐久性）に応じて保守点検の手順を整備する。



第 2.1 図 シール材の施工の概念図

## 自然現象による火災の発生防止について

想定される自然現象（原子炉施設において、設計上の考慮を要する自然現象）によって、原子炉施設内の火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等に火災が発生することを防止するための対策を示す。

原子炉施設において、設計上の考慮を要する自然現象としては、地震、津波、洪水、降水、風（台風）、凍結、積雪、落雷、地滑り、生物学的事象、竜巻、火山の影響、森林火災を選定した。

津波、洪水、地滑り、生物学的事象のうち、海生生物の影響については、立地的要因等により、ナトリウム漏えい検出器の機能、性能に影響を及ぼすことはない\*1、\*2。

\*1：津波については、【国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所（南地区）高速実験炉原子炉施設（「常陽」）「第5条（津波による損傷の防止）」】参照

\*2：洪水、地滑り及び生物学的事象のうち、海生生物の影響については、【国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所（南地区）高速実験炉原子炉施設（「常陽」）「第6条（外部からの衝撃による損傷の防止）（その1：耐竜巻設計、耐降下火砕物設計及び耐外部火災設計を除く。）】参照

降水、凍結、積雪、生物学的事象のうち、微生物の影響については、火災が発生する自然現象ではない。また、火山の影響については、火山灰等が火山から原子炉施設に到達するまでに冷却されることを考慮すると火災が発生する自然現象ではない。

地震、風（台風）、落雷、生物学的事象のうち、小動物の影響、竜巻、森林火災については、以下のとおり設計する。

#### (1) 風（台風）、竜巻、森林火災に対する対策

原子炉施設内の火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を風（台風）、竜巻、森林火災に対して防護することにより、火災の発生を防止する。

#### (2) 生物学的事象のうち、小動物の影響に対する対策

原子炉施設内の火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等に対して、小動物の侵入を防止することにより、火災の発生を防止する。

#### (3) 落雷に対する対策

落雷による火災の発生防止対策として、避雷設備を設ける。また、避雷設備の接地極として、接地網を敷設して設置抵抗の低減を図る。

なお、避雷設備については、2003年に JIS A 4201-1992「建築物等の避雷設備（避雷針）」から改正された JIS A 4201-2003「建築物等の雷保護」の保護レベル I に適合するものに更新する。

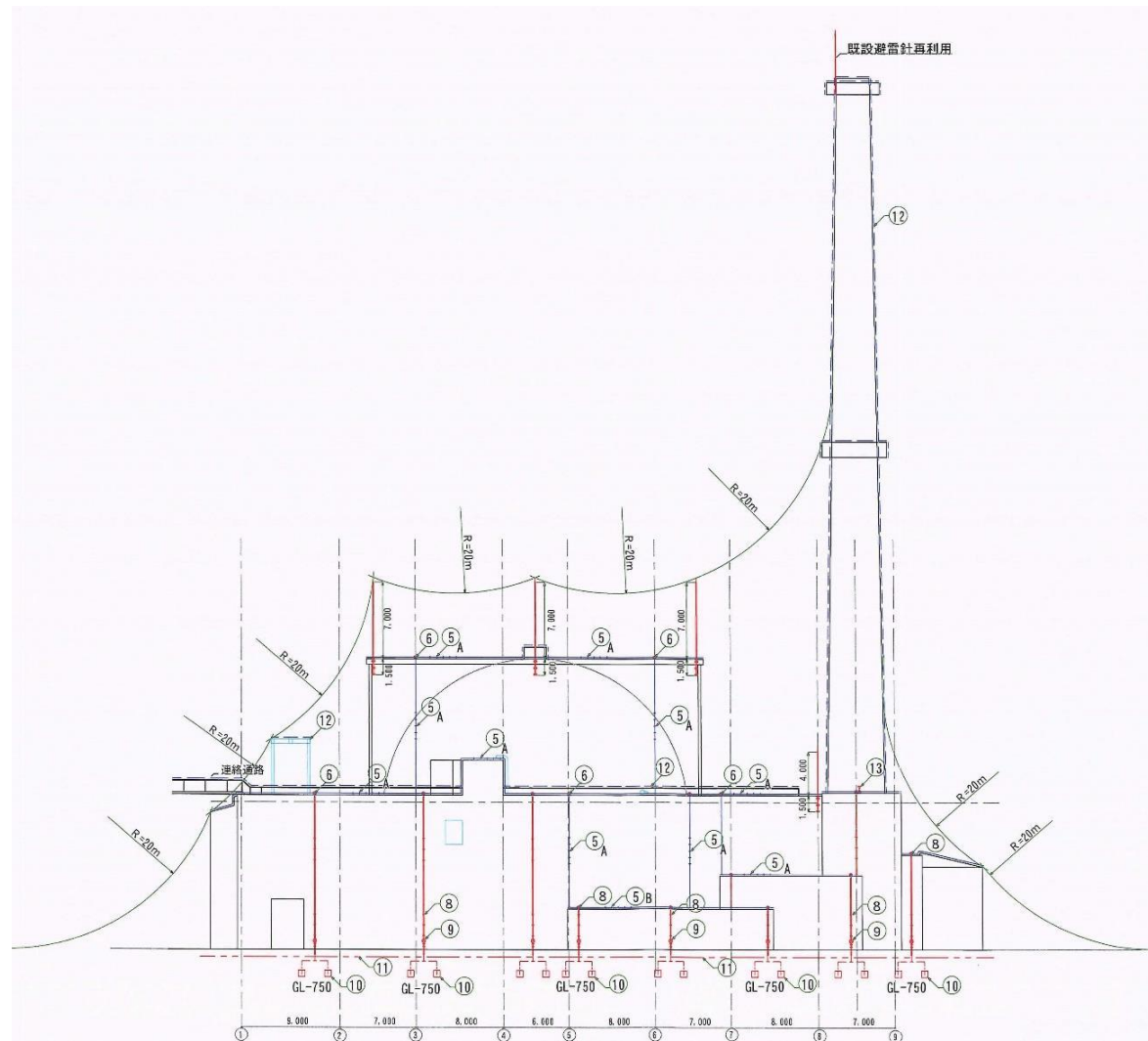
避雷設備の設置イメージを第1図に示す。



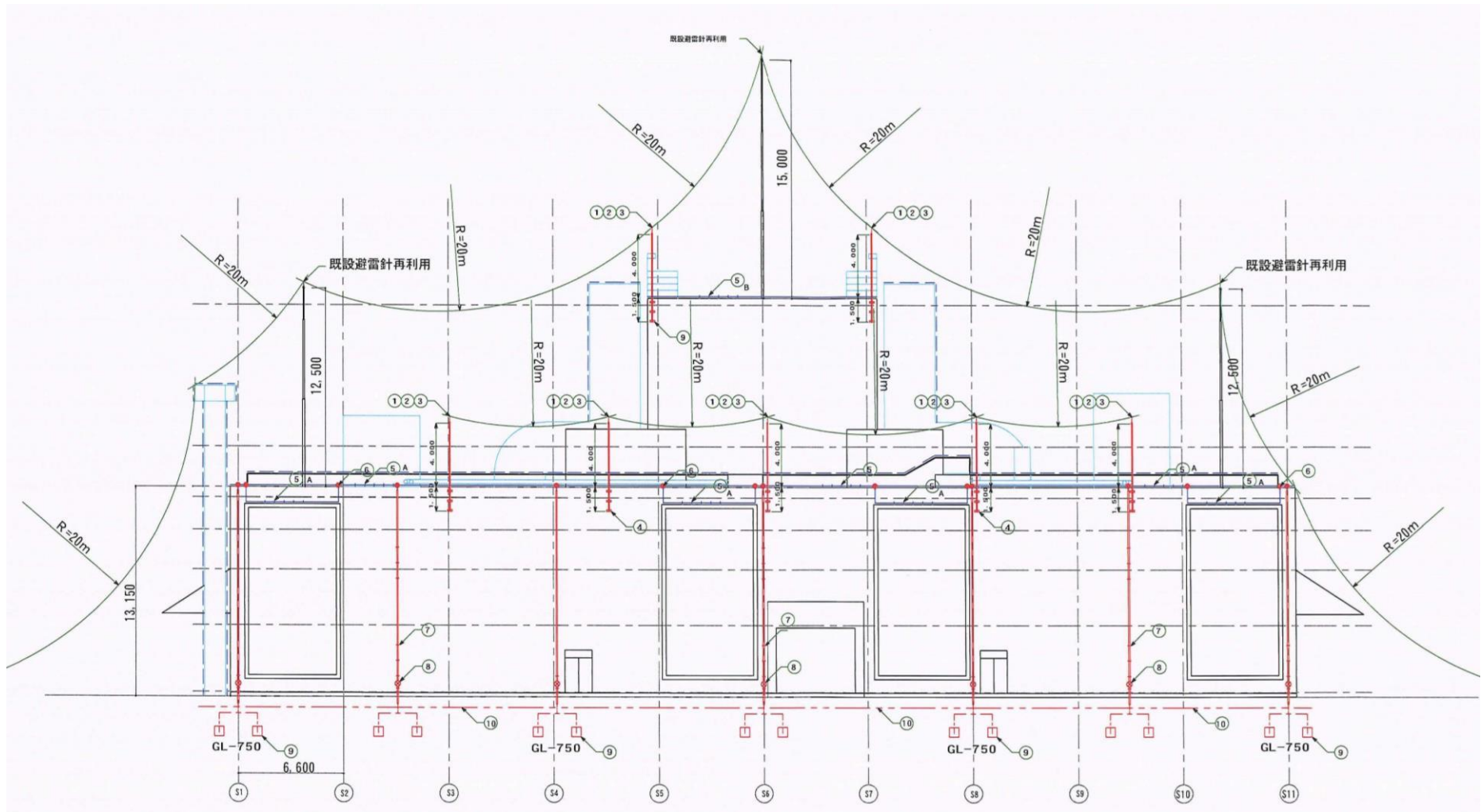
#### (4) 地震に対する対策

地震による火災の発生防止対策として、火災防護対象機器は、耐震重要度分類に応じて十分な支持性能をもつ地盤に設置するとともに、自らが破壊又は倒壊することによる火災の発生を防止する。

なお、耐震設計については、【国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所（南地区）高速実験炉原子炉施設（「常陽」）「第4条（地震による損傷の防止）」】に示す。



原子炉建物（格納容器を含む。）及び原子炉附属建物  
第1図 避雷設備の設置イメージ（1/2）



主冷却機建物

第 1 図 避雷設備の設置イメージ (2/2)

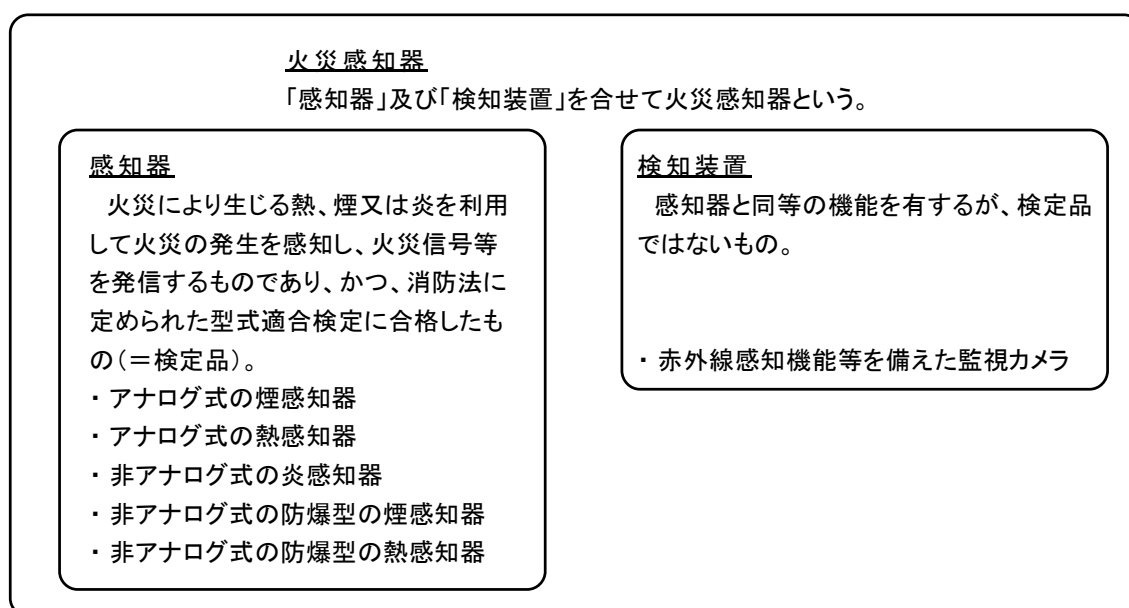
火災感知設備について
------------

## 1. 概要

火災防護基準による火災の感知を考慮する火災防護対象機器等に対する火災の影響を限定し、早期の火災感知を行えるように設置する火災感知器(感知器及び検知装置を合せて火災感知器という。以下同じ。)と受信機から構成する火災感知設備について示す。

ここで、感知器とは、火災により生じる熱、煙又は炎を利用して火災の発生を感知し、火災信号等を発信するものであり、かつ、消防法に定められた型式適合検定に合格したもの(以下「検定品」という。)をいい、検知装置とは、感知器と同等の機能を有するが、検定品ではないものをいう。火災感知器の用語の定義を第 1.1 図に示す。

なお、原子炉施設において、原子炉の運転に影響を及ぼすおそれのある火災が発生しこれを検知した場合には、原子炉を手動スクラムにより停止する(火災による原子炉の停止の判断について添付 1 に示す。)



第 1.1 図 火災感知器の用語の定義

## 2. 火災感知器

## 2.1 火災感知器の設置に係る基本的な考え方

## (1) 基本的な考え方

火災防護基準による火災の感知を考慮する機器等を有する火災区画は、各火災区画における放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流れ等の環境条件や、炎が生じる前に発煙すること等、予想される火災の性質を考慮して、異なる感知方式の火災感知器を設置する。

上記火災区画に設置する感知器は、消防法施行規則第 23 条第 4 項に基づき設置することを基本とし、検知装置は、監視範囲に死角がないように設置する。

また、上記火災区画のうち、建物内は、異なる感知方式の火災感知器の組合せとして、誤作動を防止することを目的とし、平常時の状況（温度、煙の濃度）を監視し、かつ、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の煙感知器とアナログ式の熱感知器とすることを基本とする（アナログ式の煙感知器とアナログ式の熱感知器の組合せを適用するエリアを以下「一般エリア」という。）。ただし、環境条件等から当該組合せを適用できないエリアについては、感知方式として、煙感知器、熱感知器、炎感知器の優先順で、組合せを設定する。建物外は、非アナログ式の炎感知器と赤外線感知機能を備えた監視カメラを設置する。

なお、火災防護基準による火災の感知を考慮する火災防護対象機器等を設置しない火災区画における火災の感知は、設備や環境条件に応じて、消防法で求められる対策で機能への影響を低減する。

ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画には、ナトリウム燃焼を確実に感知することを目的に、煙感知器又は熱感知器を設置する。

## (2) 一般エリア以外の火災感知器の組合せ

火災防護基準による火災の感知を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画における火災感知器の設置に係る検討フローの一例を第 2.1.1 図に示す。一般エリア以外の火災感知器の組合せの考え方を以下に示す。

### (a) 防爆エリア

防爆エリアは、蓄電池又は燃料油を貯蔵する機器を有するエリアである。当該エリアは、万一の爆発を考慮し、消防法施行規則第 23 条第 4 項に基づき、防爆型の非アナログ式の煙感知器及び防爆型の非アナログ式の熱感知器を設置する。

なお、一般的に、防爆型の感知器は、非アナログ式しか製造されていない。

また、防爆エリアに該当するエリアは、消防法施行規則第 23 条第 4 項における煙感知器及び熱感知器の取付面高さに係る適用範囲を超えるところはない。

防爆エリアには、以下が該当する（【】内：火災区画番号）。

- ・ 原子炉附属建物の「蓄電池室【AB-603】」、「蓄電池室【AB-708】」
- ・ 主冷却機建物の「ディーゼル発電機室（No. 1）【SB-125】」、「ディーゼル発電機油タンク室（No. 1）【SB-127】」、「ディーゼル発電機油タンク室（No. 2）【SB-128】」、「ディーゼル発電機室（No. 2）【SB-130】」

### (b) 中天井エリア

中天井エリアは、火災感知器の取付面高さが 8m 以上で 20m 未満であり、消防法施行規則第 23 条第 4 項における熱感知器の取付面高さに係る適用範囲を超えるエリアである。当該エリアは、消防法施行規則第 23 条第 4 項に基づき、アナログ式の煙感知器と非アナログ式の炎感知器を設置する。

中天井エリアには、主に以下が該当する（【】内：火災区画番号）。

- ・ 原子炉附属建物の「補助冷却系（2 次側）機器室【AB-505】」、「キャスクカー移動エリ

ア【AB-510】他

(c) 高天井エリア

高天井エリアは、火災感知器の取付面高さが20m以上であり、消防法施行規則第23条第4項における煙感知器及び熱感知器の取付面高さに係る適用範囲を超えるエリアである。当該エリアは、消防法施行規則第23条第4項に基づき、非アナログ式の炎感知器と消防法施行規則第23条第4項の適用範囲は超えるが、空調換気設備の運転状態に応じた空気の流れ及び火災の規模に応じた煙の流動を踏まえて煙を有効に感知できるようにアナログ式の煙感知器を設置する。

高天井エリアには、以下が該当する（【】内：火災区画番号）。

- ・ 原子炉建物の「操作床他【RB-501】」の一部（格納容器（床上）の高天井エリアにおける火災感知器の設置方法について添付2に示す。）
- ・ 原子炉附属建物の「アニュラス部【AB-アニュラス部】」（アニュラス部の高天井エリアにおける火災感知器の設置方法について添付3に示す。）

(d) 屋外エリア

屋外エリアは、火災防護基準による火災の感知を考慮する火災防護対象機器等を設置する屋外のエリアである。当該エリアは、火災による煙や熱が周囲に拡散するため、アナログ式の煙感知器とアナログ式の熱感知器による火災の感知が困難である。当該エリアには、非アナログ式の炎感知器と赤外線感知機能を備えた監視カメラを火災防護基準による火災の感知を考慮する火災防護対象機器を全体的に監視できるように設置する。

屋外エリアには、以下が該当する（【】内：火災区画番号）。

- ・ 原子炉附属建物の「屋上【AB-802】」
- ・ 主冷却機建物の「屋上【SB-705】」

(e) 火災防護基準による火災の感知を考慮する火災防護対象機器等を有しないエリア

火災防護基準による火災の感知を考慮する火災防護対象機器等を設置しない火災区域又は火災区画には、煙感知器を設置することを基本とする。火災防護基準による火災の感知を考慮する火災防護対象機器等を設置しない火災区域又は火災区画のうち、煙感知器を設置しないエリアを以下に示す。

i) 熱感知器を設置するエリア

熱感知器を設置するエリアは、多量の燃料油等による火災が想定される場所、正常時に煙が滞留する場所又は水蒸気が多量に発生する場所等である。

熱感知器を設置するエリアには、以下が該当する（【】内：火災区画番号）。

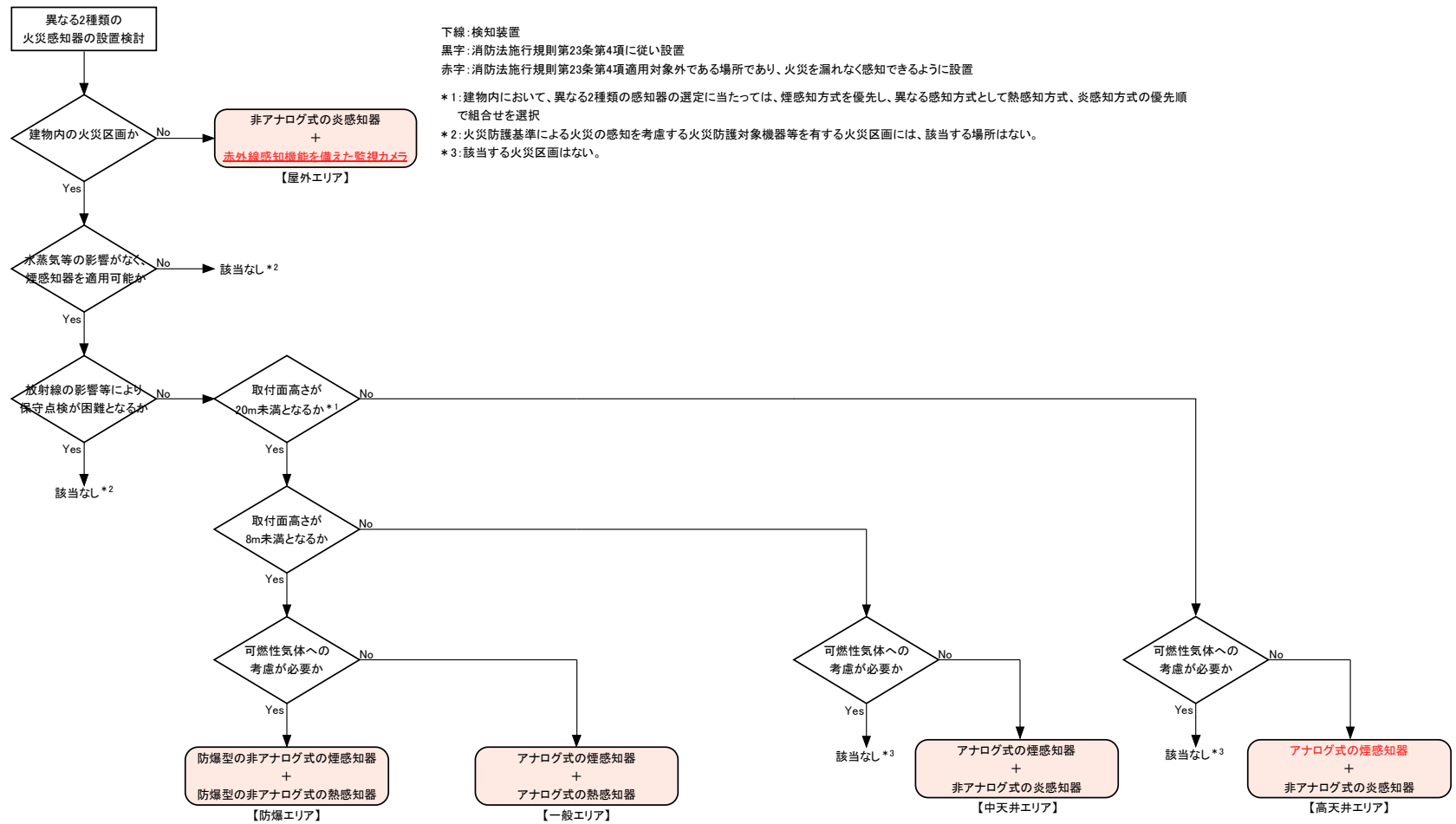
- ・ 原子炉附属建物の「アルコール廃液タンク室【AB-106】」、「除染室【AB-520】」、「運転員控室【AB-711】」
- ・ 主冷却機建物の「ボイラ室【SB-220】」、「油タンク室（No.1）【SB-225】」、「油タンク室（No.2）【SB-226】」、「油タンク室（No.3）【SB-227】」、「油タンク室（No.4）【SB-228】」

ii) 火災感知器を設置しないエリア

火災感知器を設置しないエリアは、放射線量が高く、かつ、火災感知器の設置ができない、又は火災感知器を設置した場合にその保守点検ができない場所が該当する。

火災感知器を設置しないエリアには、以下が該当する（【】内：火災区画番号）。

- ・ 原子炉建物の「炉容器ピット【RB-RP】」（「炉容器ピット」における火災感知器の取扱いを添付4に示す。）
- ・ 原子炉附属建物の「燃料洗浄室【AB-308】」、「缶詰室【AB-512A】」（「燃料洗浄室」及び「缶詰室」における火災感知器の取扱いを添付5に示す。）
- ・ 廃棄物処理建物の「濃縮液タンク室等の高濃度廃液収納タンク設置室」及び「固化処理室（B）及び固体廃棄物B貯蔵庫B」（廃棄物処理建物の「濃縮液タンク室等の高濃度廃液収納タンク設置室」及び「固化処理室（B）及び固体廃棄物B貯蔵庫B」における火災感知器の取扱いを添付6に示す。）



第 2. 1. 1 図 火災防護基準による火災の感知を考慮する機器等を有する火災区画における  
 火災感知器の設置に係る検討フローの一例



## 2.2 火災感知器の概要及び性能

### 2.2.1 アナログ式の煙感知器（感知器）

#### (1) 概要

アナログ式の煙感知器（光電アナログ式スポット型）は、発光素子（発光ダイオード）、受光素子（フォトダイオード）、プリント基板から構成される。感知器内部の検煙部には、発光素子と受光素子が配置されており、検煙部に流入した煙の粒子に発光素子から発せられた光が反射し、受光素子に届く散乱光（反射光）の受光量から煙濃度を判定する。判定した煙濃度を電気信号に変換し、受信機に送信し、設定値以上の煙濃度になれば火災警報が発信される仕組みである。

#### (2) 性能

アナログ式の煙感知器（光電アナログ式スポット型）は、消防法で定められた検定品（消防法第21条の2第2項に基づく、火災感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（昭和五十六年自治省令第十七号）（以下「感知器等規格省令」という。）第17条の5（光電アナログ式スポット型感知器の公称感知濃度範囲、連続応答性及び感度）に定められる感知性能を有したものを。）を使用する。

### 2.2.2 アナログ式の熱感知器（感知器）

#### (1) 概要

アナログ式の熱感知器（熱アナログ式スポット型）は、サーミスタ、プリント基板から構成される。感知器内部の検出部には、感熱素子であるサーミスタが配置されている。サーミスタは、温度変化により抵抗値が変化する素子であり、火災により感知器の周囲温度が上昇するとサーミスタの抵抗値が減少することから、抵抗値から周囲温度を判定する。判定した温度を電気信号に変換し受信機に送信し、設定値以上の温度になれば火災警報が発信される仕組みである。

#### (2) 性能

アナログ式の熱感知器（熱アナログ式スポット型）は、消防法で定められた検定品（感知器等規格省令第15条の3（熱アナログ式スポット型感知器の公称感知温度範囲、連続応答性及び感度）に定められた感知性能を有したものを。）を使用する。

### 2.2.3 赤外線感知機能を備えた監視カメラ（検知装置）

#### (1) 概要

赤外線感知機能を備えた監視カメラは、物体から発光する赤外線の波長を温度信号に変換し、また、温度が高くなると赤外線が強くなる特徴を利用し、その強さを色別して温度マップとし、温度マップを画像に映し、一定の温度に達すると火災警報が発信される仕組みである。

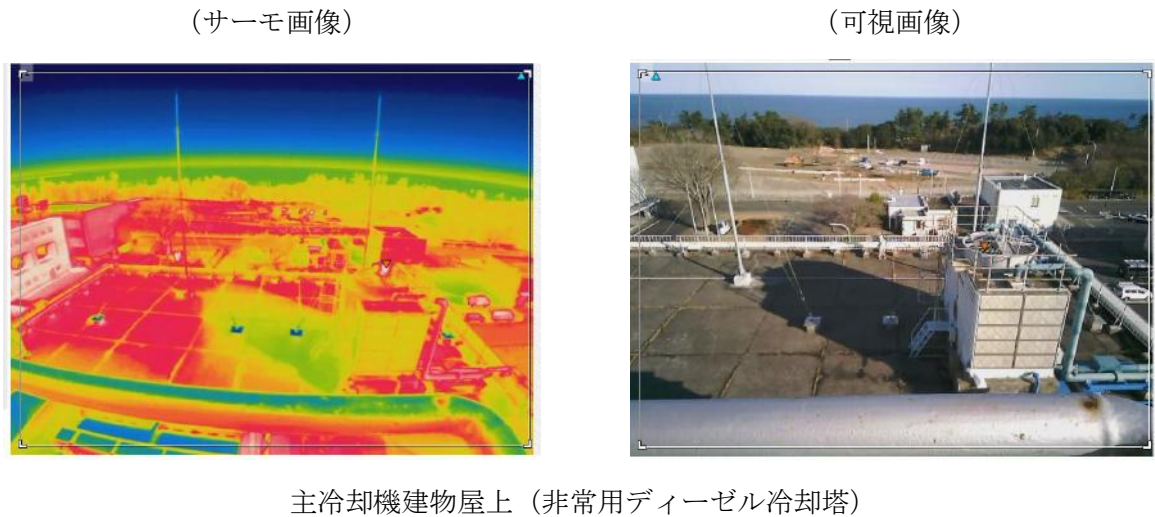
赤外線感知機能を備えた監視カメラの感知原理は、赤外線による熱監視であり、感知する対象が熱であるため、炎の波長とちらつきを監視する炎感知器とは異なる感知方式と考える。

赤外線感知機能を備えた監視カメラの温度マップのイメージを第2.2.3.1図に示す。

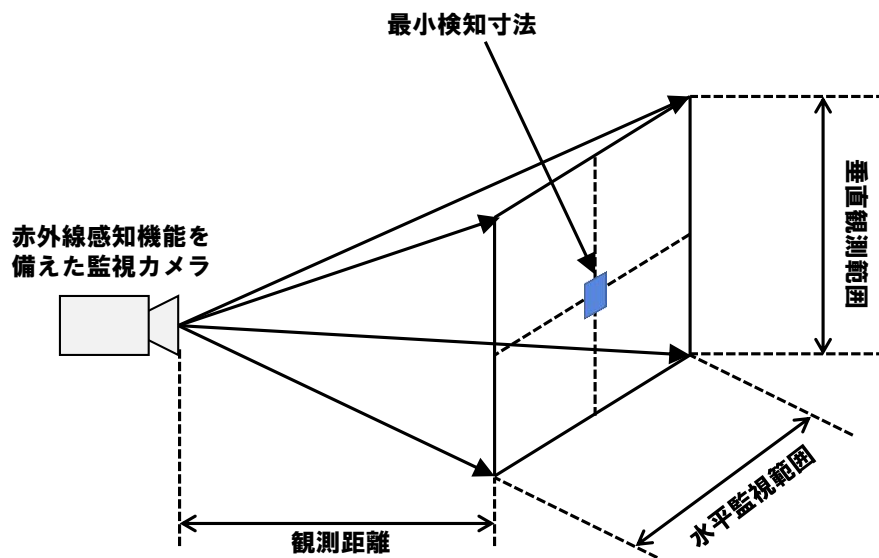
(2) 性能

赤外線感知機能を備えた監視カメラについては、以下の温度感知分解能及び観測範囲を有するものを使用するものとする。赤外線感知機能を備えた監視カメラの観測イメージを第 2.2.3.2 図に示す。

- ・温度感知分解能：監視距離 50m に対して、最小検知寸法 約 300mm
- ・観測範囲：監視距離 50m に対して、約 93m×70m（水平×垂直監視範囲）



第 2.2.3.1 図 赤外線感知機能を備えた監視カメラの温度マップのイメージ



第 2.2.3.2 図 赤外線感知機能を備えた監視カメラの観測イメージ

## 2.2.4 非アナログ式の炎感知器（感知器）

### (1) 概要

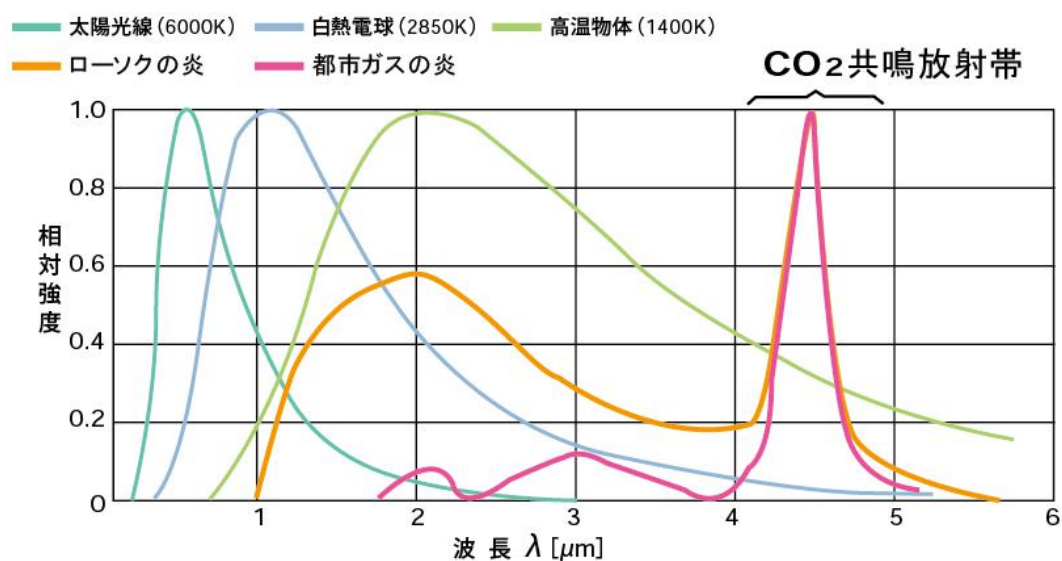
炎感知器には、赤外線を感知する方式と紫外線を感知する方式の2種類があるが、炎特有の性質を検出することによって誤作動が少ない赤外線方式を使用する。

火災時の炎には、多量の炭酸ガスから共鳴放射される波長  $4.4\mu\text{m}$  にピークを持つ赤外線が多く含まれ、1~1.5Hz の範囲で、ちらつきながら放射される現象がある。これは、一般の高温物体からの放射エネルギーの相対強度とは大きくことなり、物質の燃焼時のみに現れる現象（CO<sub>2</sub>共鳴放射と呼ばれる。）である。赤外線方式では、このCO<sub>2</sub>共鳴放射とちらつきを監視する。

赤外線方式の炎感知器の概要を第2.2.4.1図に示す。

### (2) 性能

非アナログ式の炎感知器は、消防法で定められる検定品（感知器等規格省令第17条の8（炎感知器の公称監視距離の区分、感度及び視野角）に定められる感知性能を有するもの。）を使用する。



[https://www.nohmi.co.jp/product/flame\\_sensor/001.html](https://www.nohmi.co.jp/product/flame_sensor/001.html)

第2.2.4.1図 赤外線方式の炎感知器の概要

## 2.2.5 防爆型の非アナログ式の煙感知器（感知器）

### (1) 概要

防爆型の非アナログ式の煙感知器（光電式スポット型）は、発光回路で一定時間ごとに発光素子（発光ダイオード）に対して電流を流し発光させ、発光した光は、レンズを通して防爆容器外部へ照射される。煙がチャンバー内に流入すると、その光を煙に反射して散乱光を生じる。この散乱光を、レンズを通して受光素子（フォトダイオード）が検知し、電気信号に変換し、受光回路でこれを検出する。受光回路で検出した信号は、マイコン（不揮発性メモリ警報回路）で測定され、一定のレベルを超えると火災信号を受信機へ送信する。

### (2) 性能

防爆型の非アナログ式の煙感知器（光電式スポット型）は、消防法で定められる検定品（感知器等規格省令第17条（光電式スポット型感知器の公称蓄積時間の区分及び感度）に定められる感知性能を有するもの。）を使用する。

## 2.2.6 防爆型の非アナログ式の熱感知器（感知器）

### (1) 概要

防爆型の非アナログ式の熱感知器（定温式スポット型）は、サーミスタを用いて熱を検出し、周囲温度が一定以上になったときに受信機に火災信号を発する。サーミスタは、温度変化により抵抗値が変化する素子で、一定周期で電流を流してサーミスタの両端にかかる電圧を測定し、温度検出回路にて変換した電圧値を内部制御回路に送り、制御回路にて一定時間内の温度上昇を測定し、温度上昇率が設定値を超えた場合に火災と判断し、受信機に火災信号を発する。

### (2) 性能

防爆型の非アナログ式の熱感知器（定温式スポット型）は、消防法で定められる検定品（感知器等規格省令第14条（定温式感知器の公称作動温度の区分及び感度）に定められる感知性能を有するもの。）を使用する。

## 2.3 非アナログ式の火災感知器における誤作動防止の方策

アナログ式ではない非アナログ式の炎感知器、防爆型の非アナログ式の煙感知器及び防爆型の非アナログ式の熱感知器に対する誤作動防止の方策を以下に示す。

### (1) 非アナログ式の炎感知器

炎感知器には、赤外線を検知する方式と紫外線を検知する方式の2種類があるが、誤作動を防止する観点で、炎特有の性質を検知することで誤作動が少ない赤外線方式の炎感知器を使用する設計とする。

なお、炎感知器は、非アナログ式ではあるが、平常時から炎の波長の有無を連続監視し、火災現象（急激な環境変化）を把握することができることから、アナログ式と同等の機能を有している。

(2) 防爆型の非アナログ式の煙感知器

防爆型の非アナログ式の煙感知器は、誤作動を防止する観点で、設置する場所には、誤作動の要因となる蒸気を生じる設備を有しない設計とする。

(3) 防爆型の非アナログ式の熱感知器

防爆型の非アナログ式の熱感知器は、誤作動を防止する観点で、作動温度が周囲温度よりも高いものを使用する設計とする。

2.4 格納容器（床下）に設置する火災感知器の運用

原子炉運転中、格納容器（床下）は、高温、高放射線環境となるため、火災感知器が故障するおそれがあるため、格納容器（床下）に設置する火災感知器は、以下のとおり運用する設計とする。

格納容器（床下）を窒素雰囲気で維持し、火災が発生するおそれがない期間については、火災感知器を事前に撤去又は作動信号を除外する運用とし、原子炉停止後に空気雰囲気に置換した後、速やかに交換又は復旧するものとする。

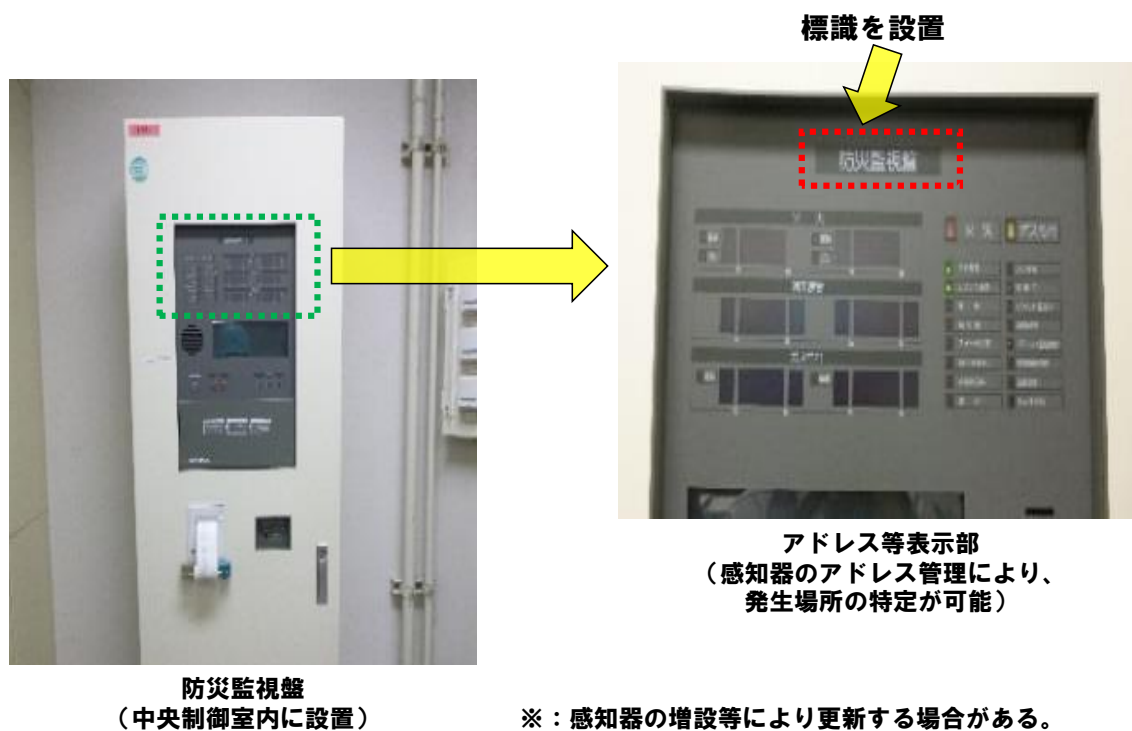
### 3. 受信機

火災感知器の作動状況を中央制御室で監視するため、中央制御室に受信機を設置する設計とする。

受信機は、感知器用の受信機（以下「防災監視盤」という。）及び赤外線感知機能を備えた監視カメラ専用の受信機から構成する。受信機は、標識により識別できるように設計する。防災監視盤の外観を第 3.1 図に示す。

防災監視盤は、アナログ式及び非アナログ式の感知器の接続が可能であり、感知器が作動した場合に警報を発生し、かつ、感知器の設置場所を一つずつ特定することにより、火災の発生場所が特定できる設計とする。

赤外線感知機能を備えた監視カメラ用の受信機は、赤外線感知機能を備えた監視カメラが作動した場合に警報を発生し、かつ、赤外線感知機能を備えた監視カメラの監視画像を一つずつ確認することにより、火災の発生場所が特定できる設計とする。



第 3.1 図 防災監視盤の外観（既設）

### 4. 火災感知設備の電源

火災感知設備は、外部電源喪失時に機能を喪失しないように、非常用電源設備（非常用ディーゼル電源系及び蓄電池）より電源を供給する設計とする。

## 5. 火災感知設備の自然現象に対する機能、性能の維持

火災感知設備は、想定される自然現象（原子炉施設において、設計上の考慮を要する自然現象）によっても、機能、性能が維持できるものとする。

原子炉施設において、設計上の考慮を要する自然現象としては、地震、津波、洪水、降水、風（台風）、凍結、積雪、落雷、地滑り、生物学的事象、竜巻、火山の影響、森林火災を選定した。

津波、洪水、地滑り、生物学的事象のうち、海生生物の影響については、立地的要因等により、火災感知設備の機能、性能に影響を及ぼすことはない\*1、\*2。

生物学的事象のうち、微生物の影響については、火災感知設備の機能、性能に影響を及ぼす自然現象ではない。

\*1：津波については、【国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所（南地区）高速実験炉原子炉施設（「常陽」）「第5条（津波による損傷の防止）」】参照

\*2：洪水、地滑り及び生物学的事象のうち、海生生物の影響については、【国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所（南地区）高速実験炉原子炉施設（「常陽」）「第6条（外部からの衝撃による損傷の防止）（その1：耐竜巻設計、耐降下火砕物設計及び耐外部火災設計を除く。）】参照

地震、降水、風（台風）、凍結、積雪、落雷、生物学的事象のうち、小動物の影響、竜巻、火山の影響、森林火災については、以下のとおり設計する。

### (1) 降水、風（台風）、凍結、積雪、火山の影響、森林火災に対する対策

火災感知設備は、降水、風（台風）、凍結、積雪、火山の影響、森林火災に対して、性能が著しく阻害されないように、建物内に設置するものとする。ただし、建物外に設置する火災感知器については、予備の火災感知器を確保し、降水、風（台風）、凍結、積雪、火山の影響、森林火災の影響を受けた場合には、早期に取替えを行い復旧するものとする。

### (2) 生物学的事象のうち、小動物の影響に対する対策

火災感知設備は、生物学的事象のうち、小動物の影響に対して、性能が著しく阻害されないように、小動物の侵入を防止する。

### (3) 落雷に対する対策

火災感知設備は、落雷に対して、性能が著しく阻害されないように、避雷設備を設ける。

### (4) 地震に対する対策

火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画の火災感知器及び当該火災感知器用の受信機は、基準地震動による地震力に対して機能を喪失しない設計とする。

## 5. 火災感知設備の点検

感知器及び防災監視盤は、機能に異常がないことを確認するため、自動試験及び遠隔試験<sup>\*1</sup>を行う設計とする。ただし、試験機能のない感知器は、機能に異常がないことを確認するため、消防法施行規則第31条の6に基づき、6カ月に1度の機器点検及び1年に1回の総合点検時に、煙等の火災を模擬した試験を行う設計とする。

赤外線感知機能を備えた監視カメラ及び赤外線感知機能を備えた監視カメラ用の受信機は、1年に1回、火災を模擬した試験を行う設計とする。

また、火災感知設備は、火災の発生していない平常時には、中央制御室内の巡視点検において火災の発生のないこと、火災感知器に異常がないことを確認する設計とする。

\*1：消防法第21条の2第2項の規定に基づく、中継器に係る技術上の規格を定める省令第2条第12号に規定する自動試験機能又は同上第13号に規定する遠隔試験機能



火災による原子炉の停止の判断
----------------

原子炉施設において、原子炉の運転に影響を及ぼすおそれがある火災（例えば、原子炉の安全停止に係る機器（関連するケーブル類を含む。）を設置する火災区画において発生した火災）が発生したと判断した場合には、原子炉を手動スクラムにより停止するものとする。当該判断基準については、原子炉施設保安規定に定める。

<判断基準の例>

- ・ 原子炉の安全停止に係る機器等を設置する火災区画において、火災感知設備が作動し、公設消防への通報又は初期消火活動が必要と判断した場合
- ・ 原子炉の安全に係る機器等を設置する火災区画において、火災感知設備が作動し、さらに、当該火災区画に設置する機器に関連する警報や指示値の異常を確認した場合

また、電線管内へ敷設したケーブルについて、当該電線管内で火災が発生した場合、当該電線管内のケーブルが断線、地絡又は短絡するため、警報や指示値の異常が発生する。当該警報や指示値の異常を確認した場合には、異常の生じた原因・場所の特定に努める。特定に至らない場合及び原子炉の運転に影響を及ぼすおそれがある場合には、原子炉を停止することを原子炉施設保安規定に定める。

なお、万一、電線管の外側に火災が延焼した場合には、火災区画内に設置する火災感知器等の作動により火災の発生を判断し、消火活動を行う。

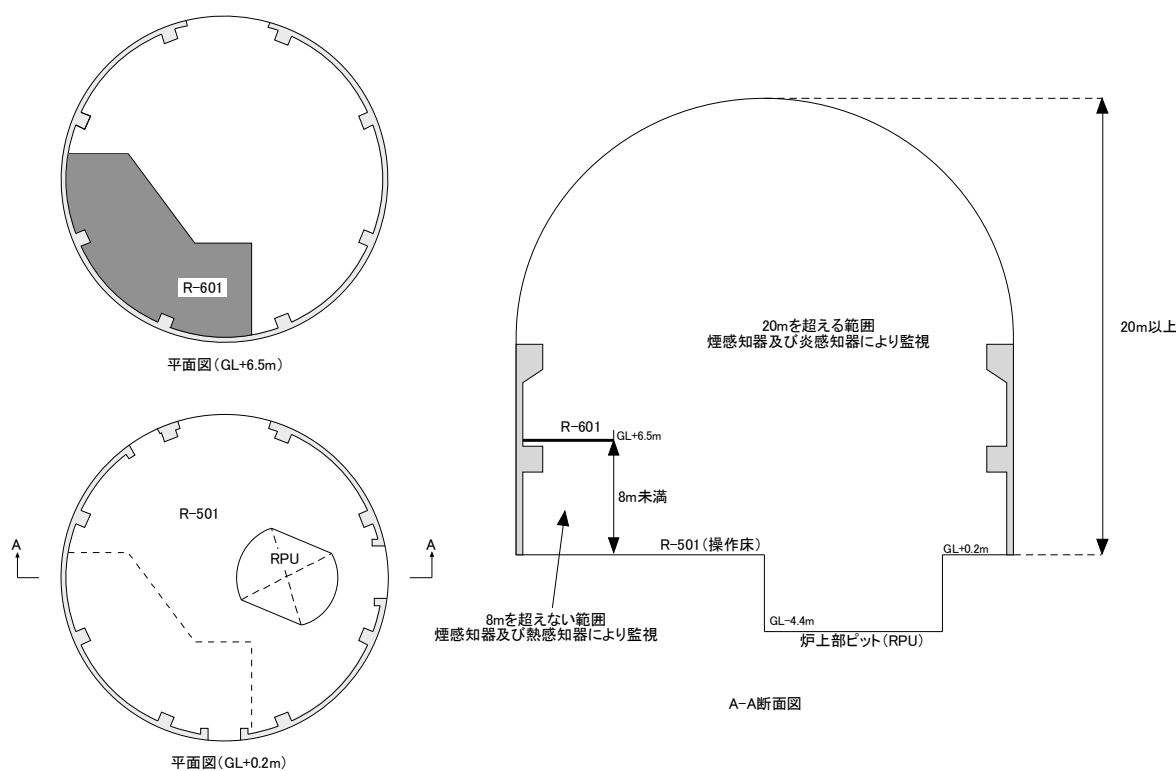
格納容器（床上）の高天井エリアにおける火災感知器の設置方法

## 1. 概要

格納容器（床上）に属する火災区画のうち、天井（格納容器頂部）までの高さが 20m 以上であり、消防法施行規則第 23 条第 4 項に定められる熱感知器及び煙感知器の取付面高さに係る適用範囲を超えるエリア（高天井エリア）を含む火災区画における火災感知器の設置方法について示す。

高天井エリアを含む火災区画には、RB-501（炉上部ピット（RPU）、操作床（R-501）及びコントロールセンタエリア（R-601）を含む火災区画）が該当する。当該火災区画の概要を第 1.1 図に示す。

なお、R-501 のうち、R-601 の下方は、天井までの高さが 8m 未満となり、当該部については、消防法施行規則第 23 条第 4 項に従いアナログ式の煙感知器とアナログ式の熱感知器を設置する。



第 1.1 図 格納容器（床上）の高天井エリアの概要

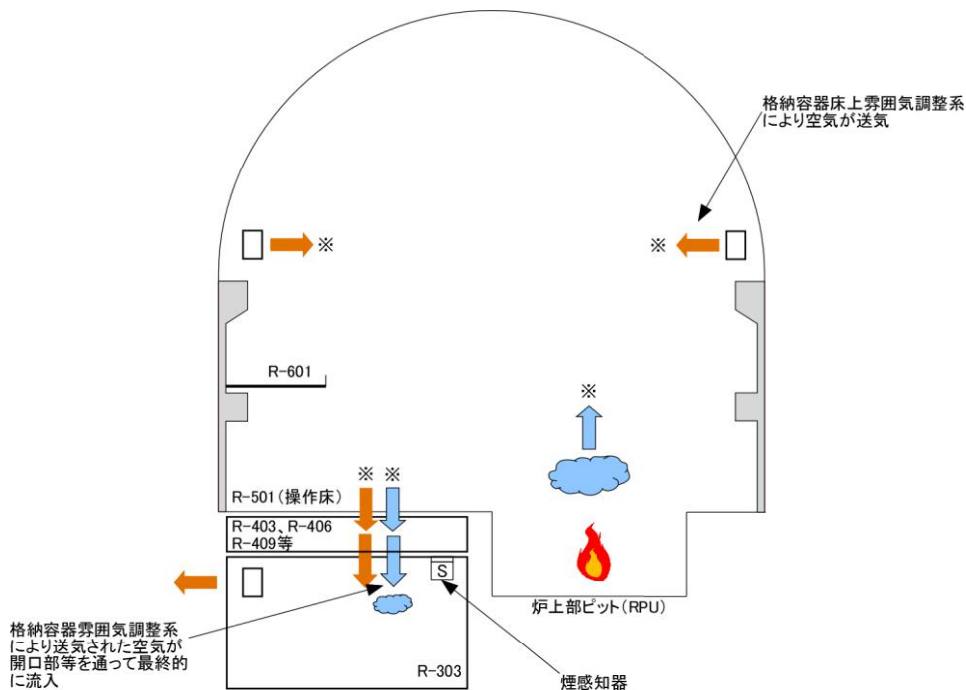
## 2. 火災感知器の設置方法

高天井エリアは、非アナログ式の炎感知器を消防法施行規則第 23 条第 4 項に従い設置するとともに、消防法施行規則第 23 条第 4 項の適用範囲を超えるものの、空調換気設備の運転状態に応じた空気の流れ及び火災の規模に応じた煙の流動を踏まえ、煙を有効に感知可能であり、かつ、保守点検に支障のない箇所にアナログ式の煙感知器を設置する。

### (1) 空調換気設備の運転状態に応じた空気の流れを踏まえた設計

#### ① 格納容器床上雰囲気調整系運転時

格納容器床上雰囲気調整系運転時は、格納容器の上部に空気が送気され、最終的に、「東側バルブ操作室 (R-303)」に流入し排気される。格納容器床上雰囲気調整系運転時において、RB-501 の火災によって発生した煙を有効に感知するため、「東側バルブ操作室」にアナログ式の煙感知器を設置する。格納容器床上雰囲気調整系運転時の煙の流動の概略図を第 2.1 図に示す。



第 2.1 図 格納容器床上雰囲気調整系運転時の煙の流動の概略図

#### ② 格納容器床上雰囲気調整系停止時

格納容器床上雰囲気調整系停止時は、「東側バルブ操作室」への煙の流入が見込めないため、火災の熱によって生じる上昇気流等による煙の流動を踏まえた設置とする。

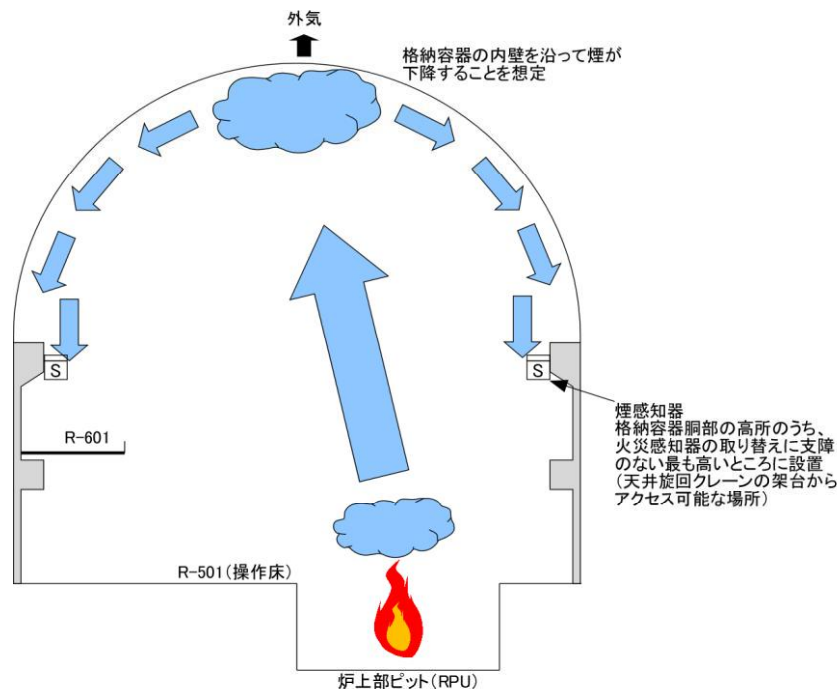
(2) 格納容器床上雰囲気調整系停止時における火災の規模に応じた煙の流動を踏まえた設計

格納容器床上雰囲気調整系停止時のRB-501の火災について、火災の規模に応じて3つに分類し、それぞれの煙の流動を踏まえ、火災によって生じた煙を有効に感知するため、以下のとおりアナログ式の煙感知器（設置個数は、操作床（炉容器ピットを含む。）の床面積に対して、取付面高さ4m以上20m未満における煙感知器1個当たりの感知面積に応じて設定）を設置する。

① 大規模な火災

大規模な火災では、火災の熱によって発生する上昇気流により格納容器の頂部（格納容器の頂部（円筒部）は、外気と直接接する。）まで煙が上昇し、その後、格納容器の内壁により冷却され、周囲の空気との密度差による自然対流で格納容器の内壁に沿って煙が下降することを想定する。大規模な火災時の煙の流動の概略図を第2.2図に示す。

格納容器の頂部から格納容器の内壁に沿って煙が下降していくことから、火災を有効に感知するため、格納容器の胴部の高所のうち、火災感知器の取換えに支障のない最も高いところ（天井旋回クレーンの架台からアクセス可能な場所（GL+約12m））に格納容器の内壁に沿ってアナログ式の煙感知器を設置する。

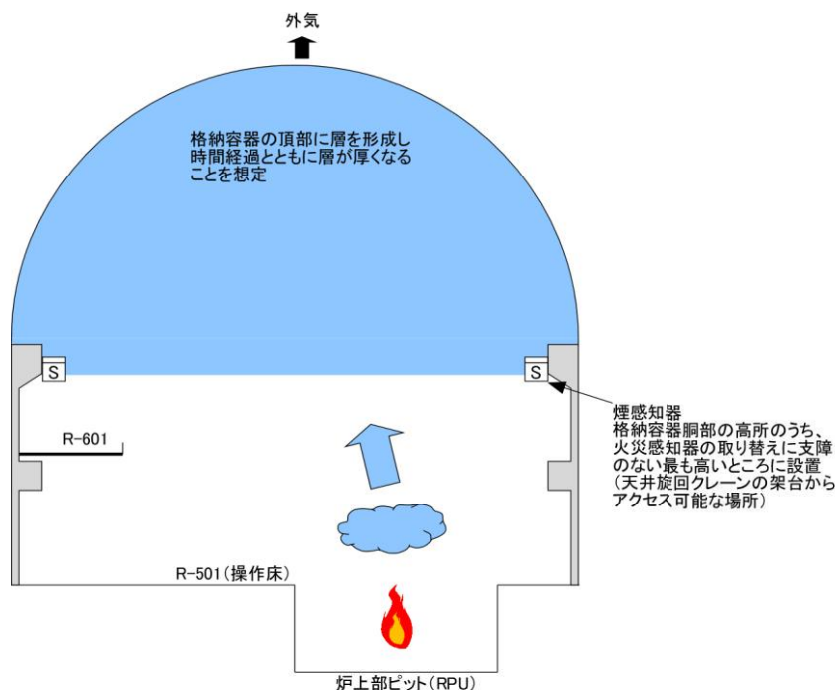


第2.2図 大規模な火災時の煙の流動の概略図

## ② 中規模な火災

中規模な火災では、火災の熱によって発生する上昇気流により格納容器の頂部まで煙が上昇し、頂部において平衡状態となり、その後、頂部に留まる煙の層が時間経過とともに厚くなることを想定する。中規模な火災時の煙の流動の概略図を第 2.3 図に示す。

格納容器の頂部から煙の層が厚くなっていくことから、火災を有効に感知するため、格納容器の胴部の高所のうち、火災感知器の取換えに支障のない最も高いところ（天井回転クレーンの架台からアクセス可能な場所（GL+約 12m））に格納容器の内壁に沿ってアナログ式の煙感知器を設置する。



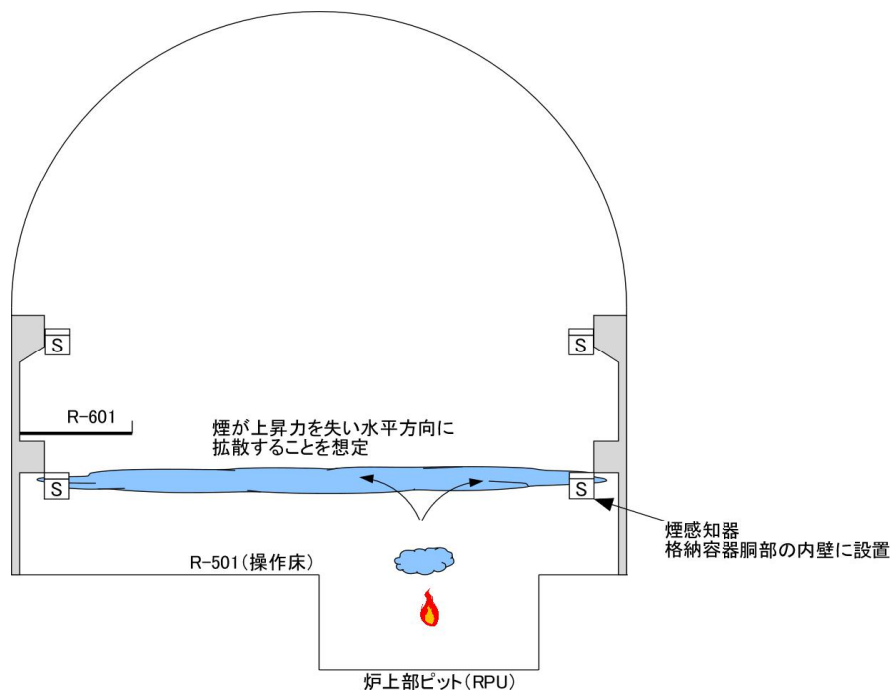
第 2.3 図 中規模な火災時の煙の流動の概略図

③ 小規模な火災

小規模な火災では、火災の熱によって生じる上昇気流が周囲の空気に熱を奪われ、上昇力を失い、煙が格納容器の頂部まで上昇する前に水平方向に拡散する流れが優位となることを想定する。小規模な火災時の煙の流動の概略図を第 2.4 図に示す。

R-501 又は RPU における小規模な火災により水平方向に拡散した煙は、格納容器の胴部（低所）で滞留することから、火災を有効に感知するため、格納容器の胴部の格納容器の内壁（GL+約 5m の位置）に沿ってアナログ式の煙感知器を設置する。

R-601 における小規模な火災により水平方向に拡散した煙は、格納容器の胴部（高所）で滞留することから、火災を有効に感知するため、格納容器の胴部の格納容器の内壁（GL+約 12m の位置）に沿ってアナログ式の煙感知器を設置する。



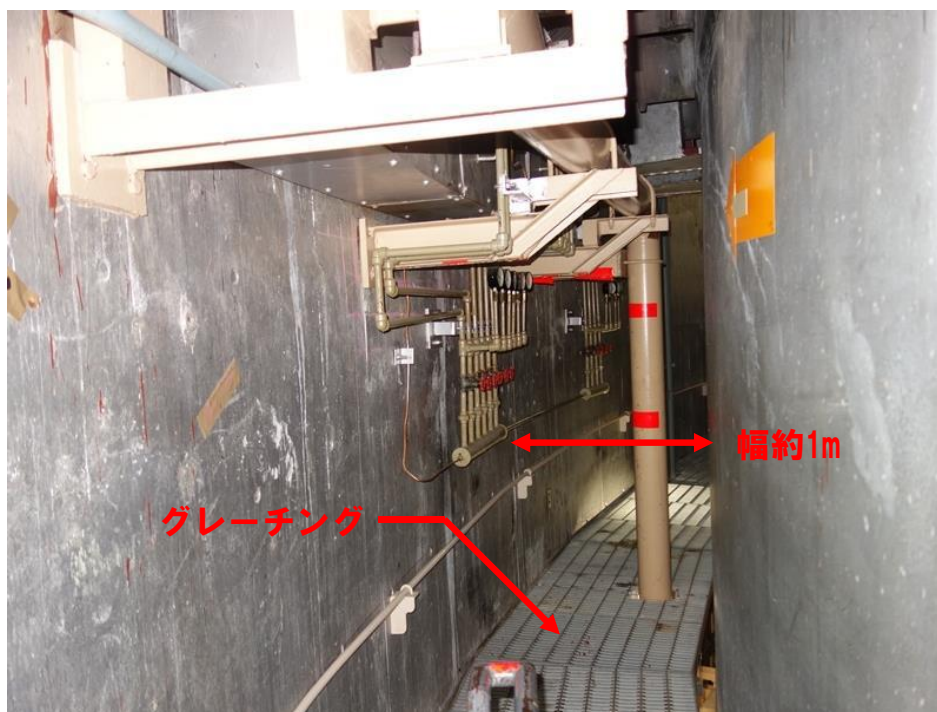
第 2.4 図 小規模な火災時の煙の流動の概略図

## アニュラス部の高天井エリアにおける火災感知器の設置方法

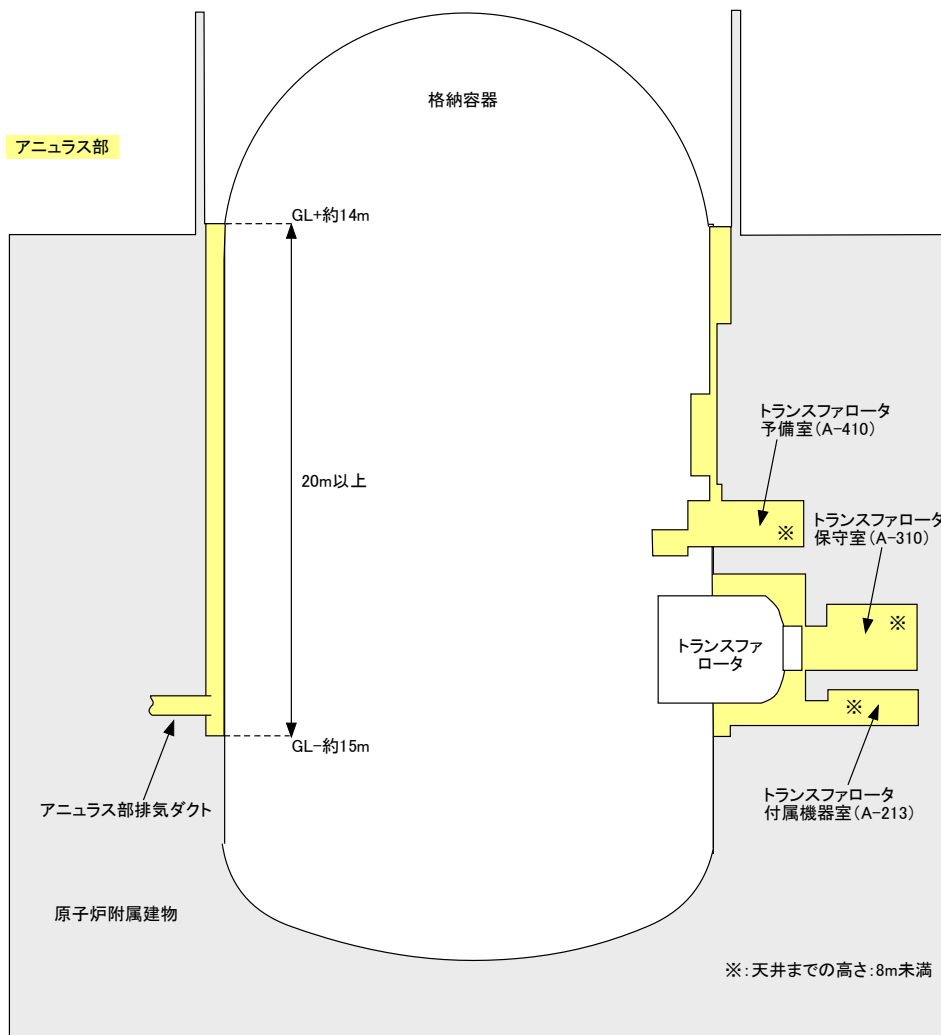
## 1. 概要

格納容器及び外周コンクリート壁との間の下半部を密閉したアニュラス部のうち、天井までの高さが 20m 以上であり、消防法施行規則第 23 条第 4 項に定められる熱感知器及び煙感知器の取付面高さに係る適用範囲を超えるエリア(高天井エリア)における火災感知器の設置方法について示す。

アニュラス部の高天井エリアには、トランスファロータ付属機器室 (A-213)、トランスファロータ保守室 (A-310) 及びトランスファロータ駆動装置室 (A-412) を除くエリアが該当する。アニュラス部の内部を第 1.1 図に、アニュラス部の概要を第 1.2 図に示す。



第 1.1 図 アニュラス部の内部



第 1.2 図 アニュラス部の概要



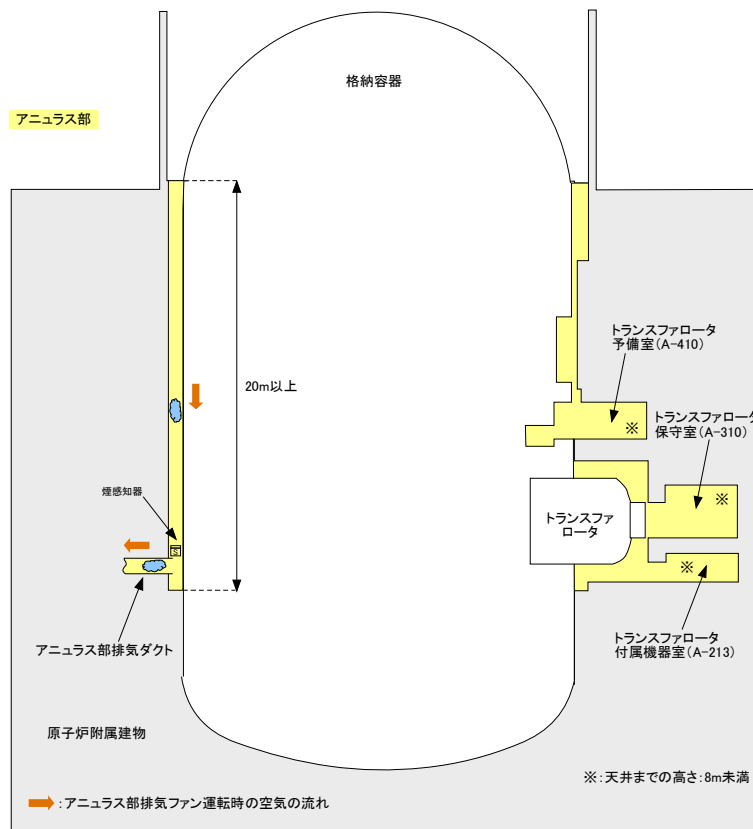
## 2. 火災感知器の設置方法

アニュラス部の高天井エリアは、非アナログ式の炎感知器を消防法施行規則第 23 条第 4 項に従い設置するとともに、消防法施行規則第 23 条第 4 項の適用範囲を超えるものの、空調換気設備の運転状態に応じた空気の流れ及び火災の規模に応じた煙の流動を踏まえ、煙を有効に感知可能であり、かつ、保守点検に支障のない箇所にアナログ式の煙感知器を設置する。

### (1) 空調換気設備の運転状態に応じた空気の流れを踏まえた設計

#### ① アニュラス部排気ファン運転時

アニュラス部は、アニュラス部排気ファンにより排気し内部を負圧に維持している。アニュラス部排気ファン運転時は、アニュラス部の火災によって発生した煙を有効に感知するため、アニュラス部排気ダクトの近傍にアナログ式の煙感知器を設置する。アニュラス部排気ファン運転時の煙の流動の概略図を第 2.1 図に示す。



第 2.1 図 アニュラス部排気ファン運転時の煙の流動の概略図

② アニュラス部排気ファン停止時

アニュラス部排気ファン停止時は、アニュラス部排気ダクトへの煙の流入が見込めないため、火災の熱によって生じる上昇気流等による煙の流動を踏まえた設置とする。

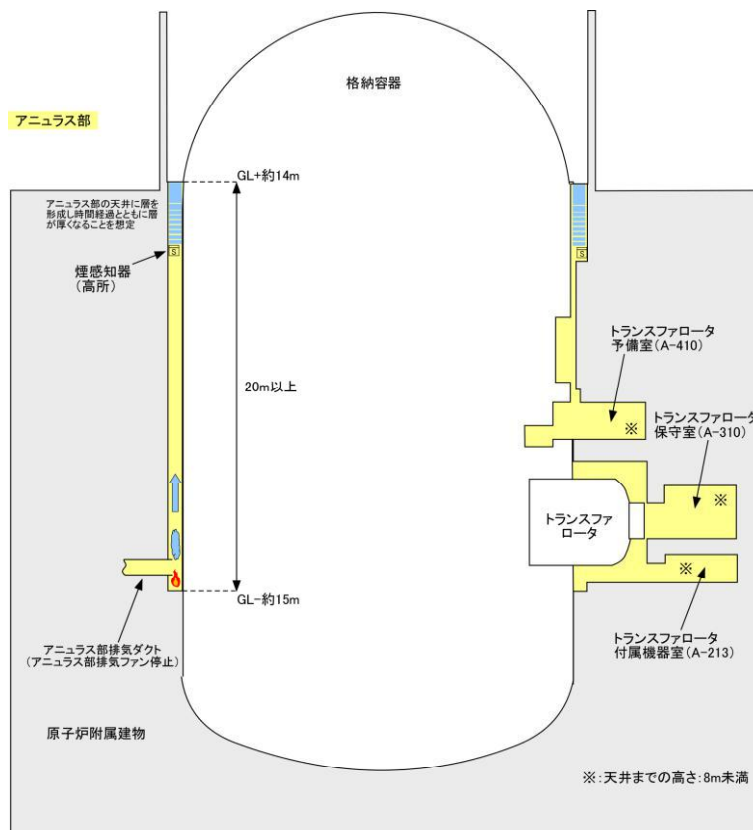
(2) アニュラス部排気ファン停止時における火災の規模に応じた煙の流動を踏まえた設計

アニュラス部排気ファン停止時のアニュラス部の火災について、火災の規模に応じて 2 つに分類し、それぞれの煙の流動を踏まえ、火災によって生じた煙を有効に感知するため、以下のとおりアナログ式の煙感知器を設置する。

① 大・中規模な火災

大・中規模な火災では、火災の熱によって発生する上昇気流によりアニュラス部の天井まで煙が上昇し、その後、天井に留まる煙の層が時間経過とともに厚くなることを想定する。大・中規模な火災時の煙の流動の概略図を第 2.2 図に示す。

天井から煙の層が厚くなっていくことから、火災を有効に感知するため、アニュラス部の高所の内壁に沿ってアナログ式の煙感知器を設置する。



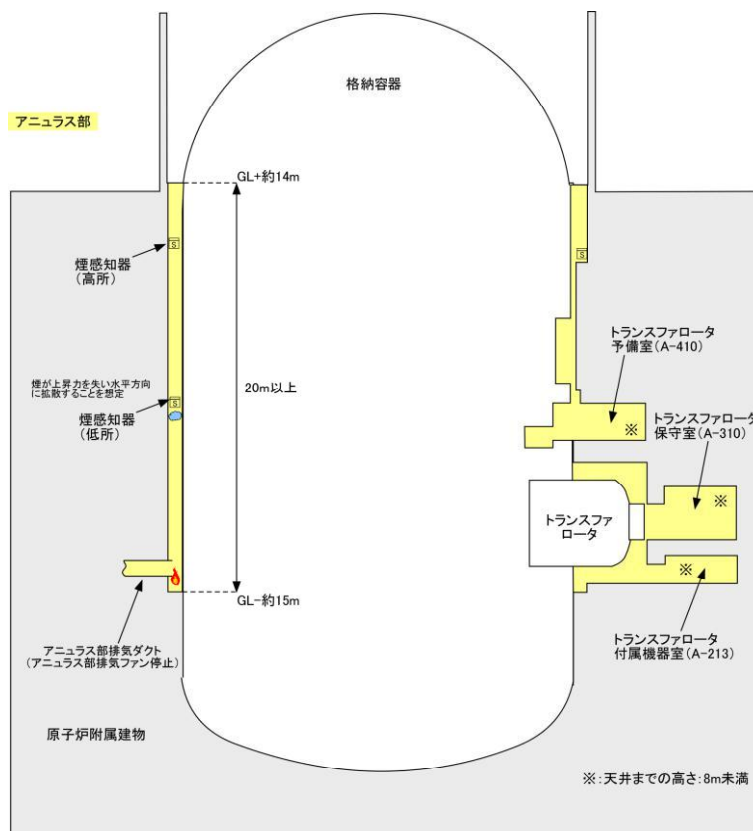
第 2.2 図 大・中規模な火災時の煙の流動の概略図

## ② 小規模な火災

小規模な火災では、火災の熱によって生じる上昇気流が周囲の空気に熱を奪われ、上昇力を失い、煙が天井まで上昇する前に水平方向に拡散する流れが優位となることを想定する。小規模な火災時の煙の流動の概略図を第 2.3 図に示す。

アニュラス部の低所における小規模な火災により水平方向に拡散した煙は、アニュラス部の低所で滞留することから、火災を有効に感知するため、アニュラス部の低所の内壁に沿ってアナログ式の煙感知器を設置する。

アニュラス部の高所における小規模な火災により水平方向に拡散した煙は、アニュラス部の高所で滞留することから、火災を有効に感知するため、アニュラス部の高所の内壁に沿ってアナログ式の煙感知器を設置する。



第 2.3 図 小規模な火災時の煙の流動の概略図

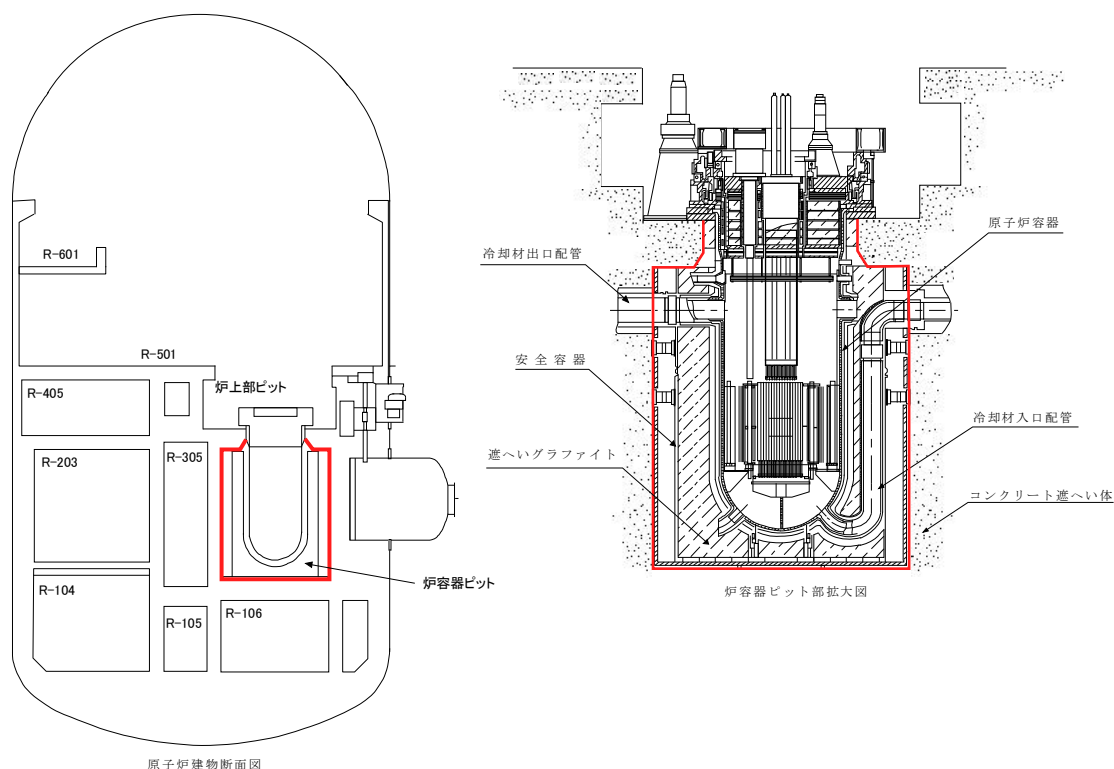
「炉容器ピット」における火災感知器の取扱い

## 1. 概要

原子炉建物の地下中 2 階から地下 1 階の「炉容器ピット」は、原子炉容器及び遮へいグラファイト等を内包しており、壁部分は、生体遮へい体（コンクリート遮へい体）の一部を構成する。原子炉容器及び遮へいグラファイトを設置する安全容器内は、常時、窒素雰囲気で維持している。炉容器ピットの壁（生体遮へい体（コンクリート遮へい体））と安全容器のギャップは、通常時、窒素ガスを通気している。「炉容器ピット」の概要を第 1.1 図に示す。

「炉容器ピット」は、放射線量が高く、また、構造上、人が立ち入ることができない場所であり、火災感知器を設置していない。

ここでは、新規制基準適合を踏まえた、「炉容器ピット」における火災感知器の取扱いの考え方を示す。



第 1.1 図 「炉容器ピット」の概要

## 2. 火災感知器の取扱いの考え方

「炉容器ピット」は、以下のとおり火災の発生するおそれがないため、火災感知器を設置しないものとする。

- ・ 安全容器内は、常時、窒素雰囲気維持しており火災が発生するおそれはない。
- ・ 炉容器ピットの壁と安全容器のギャップは、ケーブル等の可燃性物質がないため、火災が発生するおそれはない。

「燃料洗浄室」及び「缶詰室」における火災感知器の取扱い
-----------------------------

## 1. 概要

原子炉附属建物の地下1階の「燃料洗浄室」及び原子炉附属建物の1階の「缶詰室」は、常時、放射線量が高く、通常では人が立ち入ることができない立入禁止区域であり、当該室に火災感知器を設置した場合、火災感知器の点検を行うことができず、火災感知器の機能を維持・管理することができない。このため、当該室には火災感知器を設置することができない。

火災感知器を設置することができない「燃料洗浄室」及び「缶詰室」に対する火災感知器の取扱いの考え方を示す。

「燃料洗浄室」及び「缶詰室」の配置を第1.1図に示す。

## 2. 「燃料洗浄室」及び「缶詰室」の概要

### ・「燃料洗浄室」

使用済燃料等に付着したナトリウムを洗浄するための燃料洗浄槽を設置する「燃料洗浄室」は、床、壁及び天井のコンクリート（厚み：1,000mm（最小））を炭素鋼ライニング仕上げとし、当該室内の様子を監視できるように鉛ガラスを有する。

ナトリウムの洗浄作業は、ステンレス製の燃料洗浄槽内（アルゴンガス雰囲気）において、まず、水蒸気によりナトリウムを徐々に反応させ、その後、燃料洗浄槽に水を注入し、燃料洗浄槽内で水に浸漬することにより行う。水蒸気による洗浄は、燃料洗浄槽内の水素濃度を監視しながら水蒸気を注入し、緩やかにナトリウムと水蒸気を反応させる。水による浸漬洗浄は、使用済燃料等の内部を水と十分に反応させることを目的に行う。燃料洗浄設備の概略図を第2.1図に示す。

### ・「缶詰室」

ナトリウムを洗浄した後の使用済燃料等を水冷却池で貯蔵することに先立ち、当該使用済燃料等を缶詰缶に封入するための燃料集合体缶詰装置を有する「缶詰室」は、床、壁及び天井のコンクリート（厚み：1,000mm（最小））を炭素鋼ライニング仕上げとし、当該室内の様子を監視できるように鉛ガラスを有する。

使用済燃料等を缶詰缶に封入する作業は、ステンレス製の缶詰缶内に使用済燃料を装荷した後、缶詰装置を用いて缶蓋を取り付け、その後、6本のボルトを当該装置で締めることにより行う。

## 3. 「燃料洗浄室」及び「缶詰室」における火災防護

### (1) 火災の発生防止

「燃料洗浄室」及び「缶詰室」で作業をしていない場合は、当該室内の機器の電源を切ることによって火災の発生を防止する。また、「燃料洗浄室」におけるナトリウム洗浄作業中は、常駐する作業員が燃料洗浄槽内の水素濃度等を監視し、注入する蒸気量等を調整、ナトリウムと蒸気の反応

を制御することにより、火災の発生を防止する。

## (2) 火災の感知

「燃料洗浄室」及び「缶詰室」においてナトリウム洗浄作業又は缶詰缶への封入作業中は、作業員が鉛ガラス越しに当該室内を監視することによって火災の感知を行う。また、当該室内で保守作業を行う必要がある場合は、複数人の体制を構築するとともに、保安に係る要員を立ち合わせ、当該保安要員による監視により、火災の感知を行う。

なお、火災を感知した場合は、隣接する火災区画の監視を強化し、随時の消火活動に備える。

## (3) 火災の影響

### ・「燃料洗浄室」

「燃料洗浄室」におけるナトリウム洗浄作業中に、万一、燃料洗浄槽の外部で火災が発生し、当該室内のケーブルが焼損したとしても、電動弁の閉維持又は空気作動弁のフェイルクローズにより、燃料洗浄槽内に酸素が混入するおそれはなく、燃料洗浄槽内は、アルゴンガス雰囲気維持されるため、発生した水素が燃焼するおそれはない。

また、「燃料洗浄室」内のケーブルが燃えて、当該室外に延焼することがないように、当該室内外のケーブルは、不燃性材料で構成されたケーブルコネクタを介して、配線している。ケーブルの配線の概略を第 3.1 図に示す。

さらに、「燃料洗浄室」内の可燃性物質の量を少なく管理することにより、万一、当該室内の可燃性物質が燃えたとしても、火災の等価時間が障壁の耐火能力を超えないものとしている。火災の等価時間の評価結果を第 3.1 表に示す。第 3.1 表に示すとおり、「燃料洗浄室」の火災の等価時間は、0.1 時間であり当該室の障壁の耐火能力（コンクリートの厚みは 1,000mm 以上であり 3 時間以上の耐火能力を有する。）を超えない。

### ・「缶詰室」

「缶詰室」における缶詰缶への使用済燃料等の封入作業中に、万一、火災が発生し、当該室内のケーブルが焼損したとしても、缶詰装置は、モータ駆動であるため、電源断により、その状態が維持されるのみであり、使用済燃料等を封入する缶詰缶の落下等により、使用済燃料等が損傷するおそれはない。

また、「缶詰室」内のケーブルが燃えて、当該室外に延焼することがないように、当該室内外のケーブルは、不燃性材料で構成されたケーブルコネクタを介して、配線している。

さらに、「缶詰室」内の可燃性物質の量を少なく管理することにより、万一、当該室内の可燃性物質が燃えたとしても、火災の等価時間が障壁の耐火能力を超えないものとしている。火災の等価時間の評価結果を第 3.2 表に示す。第 3.2 表に示すとおり、「缶詰室」の火災の等価時間は、0.4 時間であり当該室の障壁の耐火能力（コンクリートの厚みは 1,000mm 以上であり 3 時間以上の耐火能力を有する。）を超えない。

第 3.1 表 「燃料洗浄室」における火災の等価時間

項目	評価条件
床面積 (m <sup>2</sup> )	22
可燃性物質質量 (kg)	80 (ケーブル)
燃焼率 (kJ/m <sup>2</sup> /hr)	908,095
熱含有量 (kJ/kg)	25,568
⇒ 火災の等価時間の評価結果：約 0.1 時間	

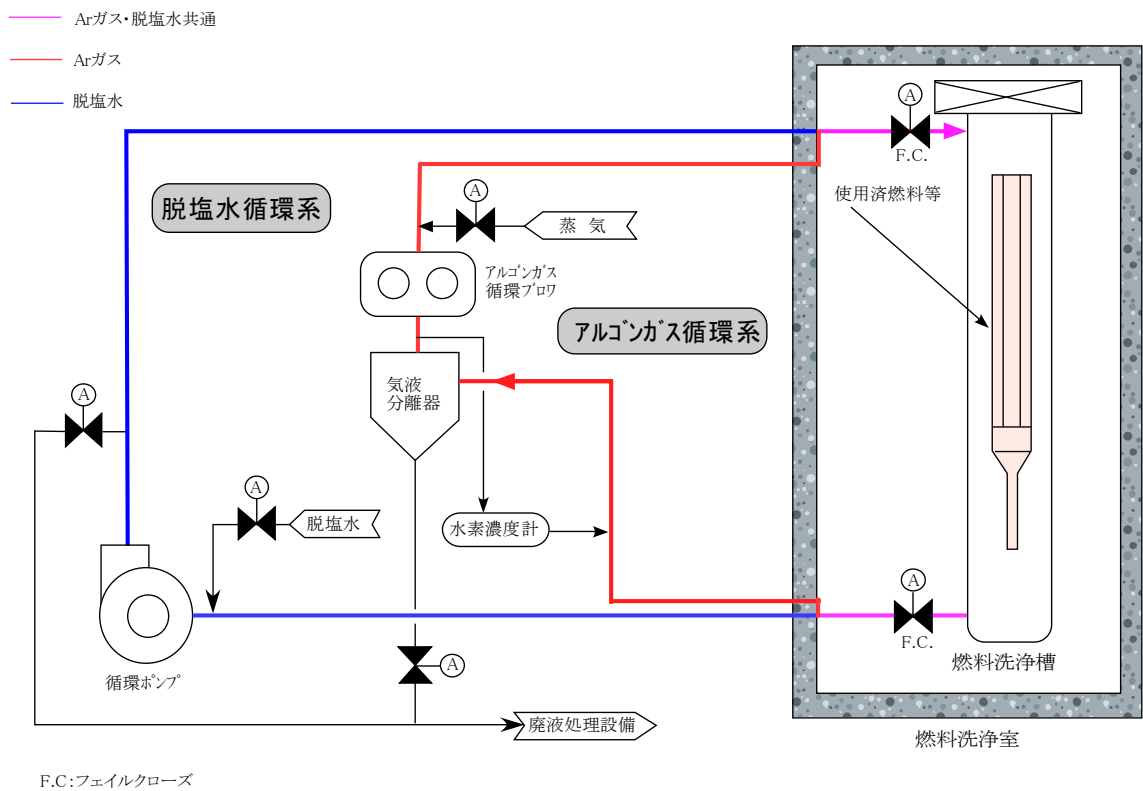
第 3.2 表 「缶詰室」における火災の等価時間

項目	評価条件
床面積 (m <sup>2</sup> )	5.6
可燃性物質質量 (kg)	80 (ケーブル)
燃焼率 (kJ/m <sup>2</sup> /hr)	908,095
熱含有量 (kJ/kg)	25,568
⇒ 火災の等価時間の評価結果：約 0.4 時間	

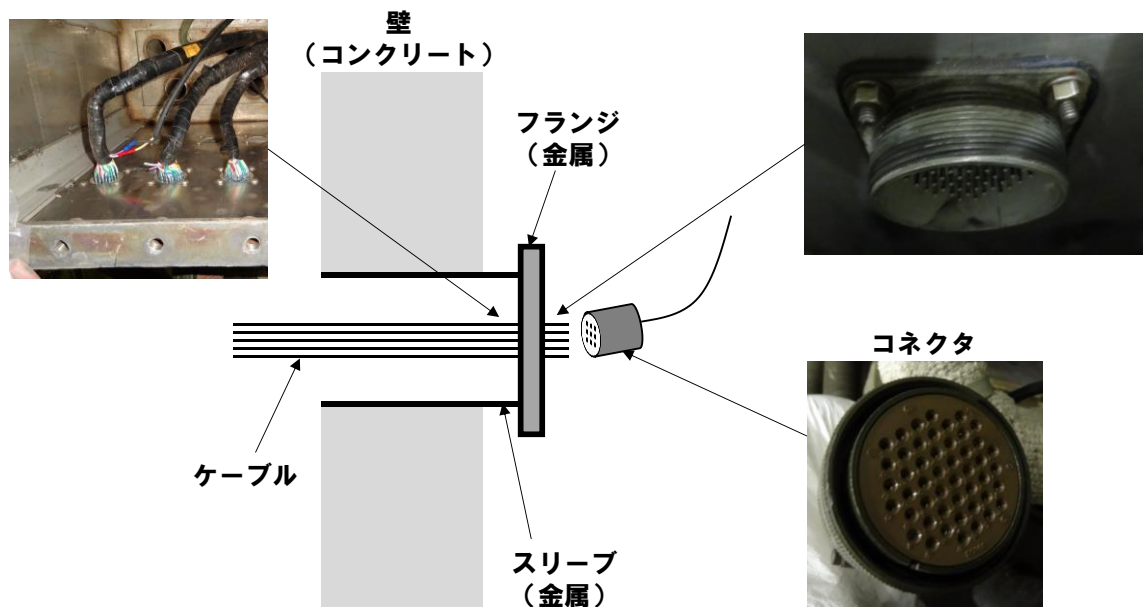
核物質防護情報（管理情報）が含まれているため公開できません。

第 1.1 図 燃料洗浄室及び缶詰室の配置





第 2.1 図 燃料洗浄設備の概略図



第 3.1 図 ケーブルの配線の概略図

廃棄物処理建物の「濃縮液タンク室等の高濃度廃液収納タンク設置室」及び「固化処理室（B）及び固体廃棄物B貯蔵庫B」における火災感知器の取扱い

## 1. 概要

廃棄物処理建物内における濃縮液タンク室等の高濃度の放射性液体廃棄物が入るタンクの設置室（以下「濃縮液タンク室等の高濃度廃液収納タンク設置室」という。）は、「常陽」の燃料洗浄廃液を受入れた後、室内の放射線量が高くなり、人の立入りが制限される。また、固化処理室（B）及び固体廃棄物B貯蔵庫Bは、高濃度の放射性液体廃棄物（濃縮廃液）の固化体を取り扱い、保管収納するエリアのため、室内の放射線量が高く、人の立入りが制限される。「濃縮液タンク室等の高濃度廃液収納タンク設置室」、「固化処理室（B）及び固体廃棄物B貯蔵庫B」の配置を第 1.1 図に示す。

濃縮液タンク室等の高濃度廃液収納タンク設置室、固化処理室（B）及び固体廃棄物B貯蔵庫Bに火災感知器を設置した場合にあっては、火災感知器の点検を行うことができず、火災感知器の機能を維持・管理することができない。このため、当該室には火災感知器を設置することができない。

火災感知器を設置することができない「濃縮液タンク室等の高濃度廃液収納タンク設置室」、「固化処理室（B）及び固体廃棄物B貯蔵庫B」に対する火災感知器の取扱いの考え方を示す。

## 2. 各室の概要

### (1) 濃縮液タンク室等の高濃度廃液収納タンク設置室

濃縮液タンク室等の高濃度廃液収納タンク設置室には、タンク室（濃縮液タンク室、調整タンク室、受入れタンク室A及びB、逆洗液タンク室、ドレンサンプタンク）、蒸発缶室、蒸発缶前室が該当する。これらの概要を以下に示す。

- ・「タンク室」

タンク室は、高濃度廃液を収納するタンクが設置される部屋であり、コンクリート遮蔽壁と遮蔽扉で囲まれ、金属製タンクと配管、バルブ類が設置されている。

- ・「蒸発缶室及び前室」

蒸発缶室は、コンクリート遮蔽壁と遮蔽扉で囲まれ、蒸発濃縮処理装置を構成する蒸発缶、凝縮器、接続配管、バルブ類が設置されている。蒸発濃縮処理装置は、高濃度廃液を蒸気で加熱、蒸発濃縮し、廃液を減容する設備である。

### (2) 固化処理室（B）及び固体廃棄物B貯蔵庫B

固化処理室（B）及び固体廃棄物B貯蔵庫Bの概要を以下に示す。

- ・「固化処理室（B）」

固化処理室（B）は、コンクリート遮蔽壁と遮蔽扉で囲まれ、金属製の固化装置及び廃液供給配管系統が設置されている。固化装置は、高濃度廃液の濃縮液をガラス添加剤とともに加熱溶解し、ガラス状の固化体にする設備である。加熱にはマイクロ波を使用しており、マイクロ波の発生装置は隣接する固化処理室（A）に設置されている。

なお、固化処理室（A）には火災感知器を設置している。

・「固体廃棄物B貯蔵庫B」

固体廃棄物B貯蔵庫Bは、コンクリート遮蔽壁と遮蔽扉で囲まれ、金属製の固化体収納体及びろ過器フィルタ収納体の貯蔵ラック、遠隔取扱い用のマニピュレータ、鉛遮蔽窓が設置されている。固体廃棄物B貯蔵庫Bは、金属製の固化体と金属容器に収納されたフィルタ（ろ過器用の使用済み中空糸膜フィルタ）を廃棄物管理施設に払い出すまでの間、貯蔵する部屋である。

### 3. 各室における火災防護

#### (1) 火災の発生防止

濃縮液タンク室等の高濃度廃液収納タンク設置室、固化処理室（B）及び固体廃棄物B貯蔵庫Bに収納される主な設備に可燃性物質物はなく、今後も可燃性物質を排除することで火災の発生を防止する。

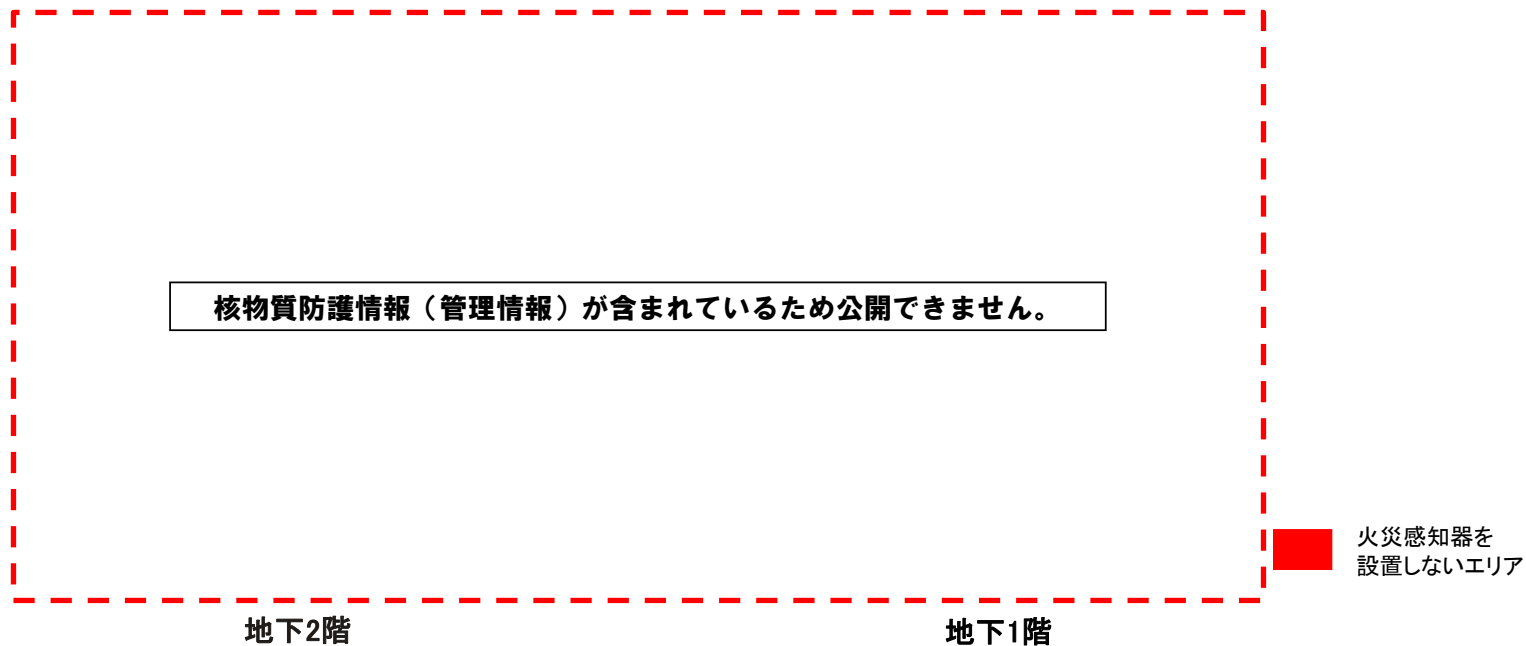
また、作業をしていない場合は、当該室内の機器の電源を切り、施設内の設備運転である固化処理、蒸発濃縮処理は、作業員がいる時のみ行うことによって火災の発生を防止する。

#### (2) 火災の感知

設備の運転は人がいる時のみ行うため、作業員が隣接する部屋で監視することにより火災の感知を行う（固体廃棄物B貯蔵庫Bについては、鉛遮蔽窓越しに当該室の監視が可能）。

また、当該室内で保守作業を行う必要がある場合は、複数人の体制を構築するとともに、保安に係る要員を立ち合わせ、当該保安要員による監視により火災の感知を行う。

## 主要機器配置図



### 主要機器写真



蒸発缶



熔融炉



固体廃棄物B貯蔵庫B



廃液調整タンク

第 1.1 図 「濃縮液タンク室等の高濃度廃液収納タンク設置室」、「固化処理室（B）及び固体廃棄物B貯蔵庫B」の配置

## 一般火災に対する消火設備について

## 1. 概要

原子炉施設は、ナトリウムを取り扱うことを踏まえ、原子炉建物、原子炉附属建物、主冷却機建物及びメンテナンス建物には、水を用いた消火設備を設置しないものとする。第一使用済燃料貯蔵建物及び第二使用済燃料貯蔵建物については、ナトリウムを取り扱わないこと、また、火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置しないことから、消防法に基づく屋内消火ポンプ式消火栓を設置する。

火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置する原子炉建物、原子炉附属建物及び主冷却機建物における一般火災に対する消火については、火災時に煙の充満、放射線の影響等により消火活動が困難とならない火災区画は、運転員等によりABC消火器・二酸化炭素消火器（以下「可搬式消火器」という。）で消火を行い、火災時に煙の充満、放射線の影響等により消火活動が困難となる火災区画には、固定式消火設備（ハロン消火設備）を設置する。

ここでは、原子炉建物、原子炉附属建物及び主冷却機建物における一般火災に対する消火に使用する消火設備について示す。

## 2. 可搬式消火器による消火を行う火災区画

中央制御室から各火災区画（原子炉運転中に窒素雰囲気維持する格納容器（床下）を除く。）には20分未満（中央制御室で警報が発報してから火災区画の確認に要する時間（10分）に加えて、移動に要する時間（10分未満）を想定）でアクセスすることができる。

火災の等価時間が20分未満となる火災区画では、消火活動を開始するまでに火勢が弱まっている（又は燃え尽きている）ため、煙の充満により消火活動が困難となる火災区画となることはなく、また、可搬式消火器により1時間以内に消火が可能である。したがって、可搬式消火器による消火を行う火災時に煙の充満により消火活動が困難とならない火災区画は、基本的に、火災の等価時間が20分未満となる火災区画を対象とする。ただし、可燃性物質（ケーブル等）が多く、火災の等価時間が20分を超えるものの、体積が大きく火災時に煙の充満により消火活動が困難となるおそれがない火災区画は、可搬式消火器により消火を行うものとする。当該火災区画には、原子炉建物内の格納容器（床上）の火災区画（RB-501【操作床他】）がある。RB-501は、約13,000m<sup>3</sup>の体積を有しており、火災時に煙の充満により消火活動が困難となるおそれはない。

可搬式消火器による消火を行うに当たって、可搬式消火器は、「2.1 可搬式消火器の設置」に示すとおり、火災区画内に設置するか、火災区画内に設置していない場合は、当該火災区画の入口の近傍に設置することとしており、火災の発生した火災区画に到着後、速やかに消火活動を開始することができる（可搬式消火器の配置の一例を第2.1図に示す。）。ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画における消火活動の際に、防護具を装備する場合であっても、速やかに消火活動を開始できるように、当該火災区画に至る経路に防護具を分散して設置する。可搬式消火器による消火活動について、原子炉施設保安規定には、可搬式消火器、防護具の使用の判断に係る手順を定めるとともに、原子炉施設保安規定に基づき、可搬式消火器、防護具の使用に係る習熟度向上に

努める。

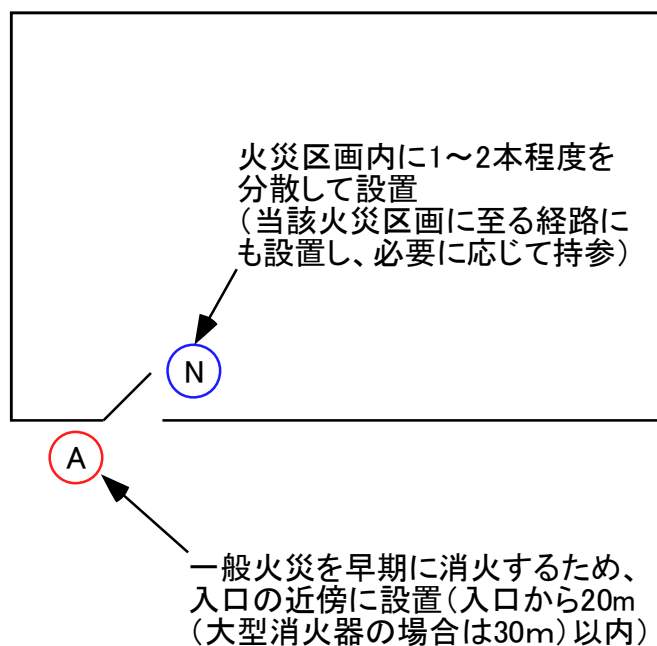
また、可搬式消火器による消火を行う火災区画にあつては、可能な限り、機器等を金属製の筐体・金属被覆の可とう電線管に収納すること、又は使用時以外は通電しない運用とすることにより、当該機器の火災に起因して、他の機器で火災が発生することを防止するとともに、消火活動が困難とならないように、可燃性物質の量を少なく管理することにより、煙の発生を抑えるものとする。さらに、火災の等価時間が20分を超える火災区画にあつては、1時間以内に消火ができるように、火災時の輻射等による影響も考慮した措置を講じる（別紙5 別添9 添付1 原子炉建物の格納容器（床上）における消火活動 参照）。

火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る系列の異なる火災防護対象機器等は、1時間以上の耐火能力を有する耐火壁、隔壁等で系統分離を行う（別紙5 別添9 一般火災の影響軽減について 参照）ことから、1時間以内に消火することにより、3時間以上の耐火能力を有する耐火壁、隔壁等で系統分離を行うことと同等の効果が見込まれる。

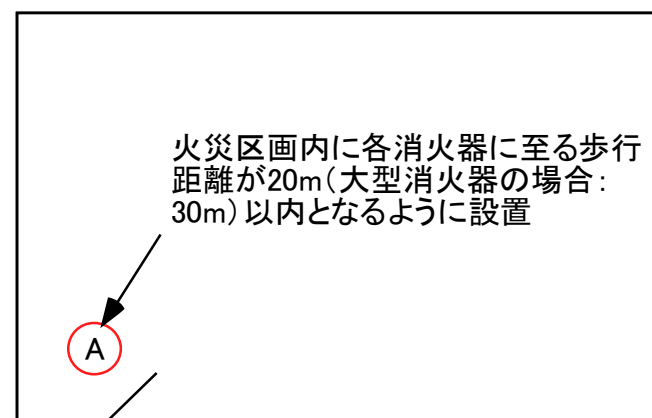
○A : ABC消火器

○N : 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器

ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画 \* 1



ナトリウムを内包する配管又は機器を設置しない火災区画



\* 1: 防護具を必要とする場合に、速やかに装備できるよう、当該火災区画に至る経路に防護具を分散して設置

第 2.1 図 可搬式消火器の配置の一例

## 2.1 可搬式消火器の設置

可搬式消火器は、以下のとおり設置する。

- ・ 原子炉施設で保有するABC消火剤の量は、火災区画の可燃性物質の量に対して初期消火の成否を考慮した上で十分な量を備えるものとする（ABC消火剤の保有量の算出について添付1に示す。）。
- ・ 中央制御室には、ABC消火器に加えて、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る系列の異なる火災防護対象ケーブルを接続する制御盤等の電気機器を設置することから、当該電気機器へ悪影響を与えない二酸化炭素消火器を設置する。
- ・ ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画には、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器を設置する。
- ・ 可搬式消火器は、各火災区画において、それぞれの可搬式消火器に至る歩行距離が20m（大型消火器の場合は30m）以下となるように各階ごとに設置する。特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器を設置する火災区画は、当該火災区画の入口から歩行距離が20m（大型消火器の場合は30m）以下となる場所に設置する。

また、可搬式消火器の設置に当たっては、以下の事項を遵守する。

- ・ 可搬式消火器は、通行又は避難に支障がなく、必要時にすぐに持ち出せる場所に設置する。
- ・ 可搬式消火器は、床面からの高さ1.5m以下に設置する。
- ・ 可搬式消火器は、地震や振動により、転倒・落下しないように設置する。
- ・ 可搬式消火器は、高温・多湿となる場所は避け、消火剤が凍結、変質又は噴出するおそれの小さい場所に設置する。
- ・ 可搬式消火器に表示されている「使用温度範囲」内の場所に設置する。
- ・ 高温や湿気の多い場所、日光・潮風・雨・風雪等に直接さらされる場所、腐食ガスの発生する場所等に設置する場合は、格納箱に収納する等の措置を講じる。
- ・ 可搬式消火器は、「消火器」の標識を見やすい位置に付ける。
- ・ 可搬式消火器は、6か月に1回以上、外形を点検する。

## 2.2 可搬式消火器の自然現象に対する機能、性能の維持

可搬式消火器は、想定される自然現象（原子炉施設において、設計上の考慮を要する自然現象）によっても、機能、性能が維持できるものとする。

原子炉施設において、設計上の考慮を要する自然現象としては、地震、津波、洪水、降水、風（台風）、凍結、積雪、落雷、地滑り、生物学的事象、竜巻、火山の影響、森林火災を選定した。

津波、洪水、地滑り、生物学的事象のうち、海生生物の影響については、立地的要因等により、可搬式消火器の機能、性能に影響を及ぼすことはない\*1、\*2。

落雷、生物学的事象のうち、微生物の影響については、可搬式消火器の機能、性能に影響を及ぼす自然現象ではない。

\*1：津波については、【国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所（南地区）高速実験炉原子炉施設（「常陽」）「第5条（津波による損傷の防止）」】参照

\*2：洪水、地滑り及び生物学的事象のうち、海生生物の影響については、【国立研究開発法人日



本原子力研究開発機構大洗研究所（南地区）高速実験炉原子炉施設（「常陽」）「第6条（外部からの衝撃による損傷の防止）（その1：耐竜巻設計、耐降下火砕物設計及び耐外部火災設計を除く。）】」参照

地震、降水、風（台風）、凍結、積雪、生物学的事象のうち、小動物の影響、竜巻、火山の影響、森林火災については、以下のとおり設計する。

#### (1) 凍結に対する対策

敷地付近の水戸地方気象台での記録（1897年～2013年）によれば、最低気温は-12.7℃であり、可搬式消火器は、使用温度範囲が当該最低気温に適切な余裕を考慮したものを使用することにより凍結を防止する。

#### (2) 降水、風（台風）、積雪、火山の影響、森林火災に対する対策

可搬式消火器は、降水、風（台風）、積雪、火山の影響、森林火災に対して、性能が著しく阻害されることがないように、建物内に設置するものとする。可搬式消火器を建物外に設置する場合は、降水、風（台風）、積雪、火山の影響、森林火災に対して、性能が著しく阻害されることがないように、格納箱に収納する等の措置を講じるものとする。

#### (3) 生物学的事象のうち、小動物の影響に対する対策

可搬式消火器の安全データシート（SDS）<sup>[1]</sup>によれば、避けるべき条件として、高温高湿度環境がある。可搬式消火器は、小動物の影響（排泄物）に対して、性能が著しく阻害されないように、定期的に外形を点検する。

[1]：可搬式消火器のSDSの一例：[https://www.moritamiyata.com/search/pdf/ABC\\_sds.pdf](https://www.moritamiyata.com/search/pdf/ABC_sds.pdf)

#### (4) 地震に対する対策

可搬式消火器は、地震や振動により、転倒・落下しないように、消火器ケースを用いる等の転倒防止措置を講じるものとする。

なお、可搬式消火器は、建物外と連結する消火配管を有しないため、地盤変位対策を必要としない。

### 2.3 可搬式消火器の破損、誤作動又は誤操作による影響

可搬式消火器（二酸化炭素消火器）の消火剤は、当該消火剤の性状により、設置場所で破損したとしても、機器等に影響を及ぼすことはない。可搬式消火器（ABC消火器）が破損した場合には、電気機器へ悪影響を及ぼすおそれがあることから、可搬式消火器（ABC消火器）については、転倒・落下し破損又は誤作動しないように、消火器ケースを用いる等の転倒防止措置を講じるものとする。

また、可搬式消火器は、誤操作を防止する観点から、「2.5. 可搬式消火器の使用に係る訓練」に示す訓練を受けた運転員等が使用するものとする。

#### 2.4 可搬式消火器に対する二次的影響の考慮

可搬式消火器は、火災の火炎及び熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体等による二次的影響も考慮して、火災区画内に分散して設置する。また、万一、当該火災区画内の可搬式消火器が使用できない場合には、当該火災区画と異なる場所から可搬式消火器を持参できるように可搬式消火器を設置する。

#### 2.5 可搬式消火器の使用に係る訓練

原子炉施設保安規定に基づき年 1 回以上、消火訓練を実施し、可搬式消火器等の使用に係る習熟度向上を図る。

#### 2.6 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器の一般火災に対する消火能力

ナトリウムを内包する配管又は機器を有する火災区画に設置する特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、一般火災に対して、以下の消火能力を有することを確認している。

特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器（特殊化学消火剤量：4kg）に対して、「消火器の技術上の規格を定める省令」の B 火災に対する消火試験 「特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器の性能試験方法」により、能力単位 4 を有することを確認している。

特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、上記のとおり一般火災にも使用できるものの、金属火災に適用する特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器の放射距離は、燃焼物の飛散による延焼を防止するため短い（燃焼物から 1m 程度離れた位置で放射）。一方、ABC 消火器の放射距離は、一般的な 10 型 ABC 消火器で 3～7m 程度である。

したがって、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器を設置するナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画において、一般火災のみ発生していることが確認できた場合には、当該消火には ABC 消火器を使用する。

また、一般火災に対して、原子炉施設内で保有する ABC 消火剤の保有量を求める際には、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は考慮しないものとする。

### 3. 固定式消火設備（ハロン消火設備）による消火を行う火災区画

固定式消火設備（ハロン消火設備）による消火を行う火災時に煙の充満により消火活動が困難となるおそれのある火災区画は、基本的に、火災の等価時間が 20 分以上となる火災区画を対象とする。

固定式消火設備（ハロン消火設備）を設置する主な火災区画を以下に示す（【】内：火災区画番号）。

- ・ 主冷却機建物地下 2 階の「ディーゼル発電機室 (No. 1) 【SB-125】」、「ディーゼル発電機油タンク室 (No. 1) 【SB-127】」、「ディーゼル発電機油タンク室 (No. 2) 【SB-128】」、「ディーゼル発電機室 (No. 2) 【SB-130】」
- ・ 主冷却機建物地下 1 階の「ボイラ室 【SB-220】」、「油タンク室 (No. 1) 【SB-225】」、「油タンク室 (No. 2) 【SB-226】」、「油タンク室 (No. 3) 【SB-227】」、「油タンク室 (No. 4) 【SB-228】」、「一般系電源盤室 【SB-201】」
- ・ 原子炉附属建物地下 2 階の「アルコール廃液タンク室 【AB-106】」
- ・ 原子炉附属建物中 2 階の「ケーブル室 【AB-605】」
- ・ 原子炉附属建物 2 階の「ディーゼルパワーセンタ室 【AB-707】」 他

#### 3.1 固定式消火設備（ハロン消火設備）の主な仕様

固定式消火設備（ハロン消火設備）の主な仕様の一例を第 3.1.1 表に、固定式消火設備（ハロン消火設備）の制御盤等の外観を第 3.1.1 図に示す。

##### (1) 消火剤の種類

固定式消火設備（ハロン消火設備）の消火剤は、ハロン 1301（ブロモトリフルオロメタン： $\text{CF}_3\text{Br}$ ）を使用（ナトリウムと消火剤の反応について添付 3 に示す。）するものとする。

##### (2) 消火剤の量及び消火能力

消火剤の量は、消防法施行令（昭和 36 年政令第 37 号）及び消防法施行規則（昭和 30 年自治省令第 6 号）に従うものとする。

消防法施行規則第 20 条第 1 項第 1 号では、全域放出方式のハロン消火設備において、防護区画の体積  $1\text{m}^3$  当たりの消火剤の必要量は  $0.32\text{kg}$  以上と定められており、当該消火剤の量を濃度に換算すると約 5%となる。

また、ハロン 1301 の最高濃度は、「ハロン 1301 を使用するハロゲン化物消火設備の取扱いについて（昭和 51 年 5 月 22 日消防予第 6 号）」において、10%以下となっている。

上記より、ハロン 1301 の設計濃度は、5~10%で設計するものとする。

防護区画に開口部があり、開口部に自動閉鎖装置を設けない場合は、消防法施行規則に従い、開口部の面積  $1\text{m}^2$  当たりハロン 1301 を  $2.4\text{kg}$  加算するものとする。

なお、消火に必要なハロン濃度は、 $3.4\%^{*1}$  であり、設計濃度 5~10%は、十分に消火可能である。

\*1：n-ヘプタンを用いたカップバーナー法により算出された消炎濃度（平成 12 年 3 月「ハロン代替消火剤の安全基準の確立に係る調査検討報告書」）

### (3) 起動方式

中央制御室から固定式消火設備の起動装置の設置場所に 20 分未満でアクセスすることができる場合、固定式消火設備の起動方式は、現場（火災範囲外）に設置した起動装置による手動起動とすることを基本とする。ただし、原子炉附属建物中 2 階のケーブル室は、多くのケーブルを有すること、狭い（部屋の体積が小さい）こと、及びケーブル室に有する中央制御室の制御盤等のケーブルについて、当該制御盤等は、運転員の操作性及び視認性を確保することを目的に近接して設置するため、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る系列の異なる火災防護対象ケーブルが近接することから、当該火災区画の固定式消火設備（ハロン消火設備）の起動方式は、自動起動とする。

### (4) 系統分離に応じた独立性

火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等を設置する火災区画の消火を行うための固定式消火設備（ハロン消火設備）は、火災区画ごとに設置する。ただし、系列の異なる火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等を設置する火災区画に対して、1 つの固定式消火設備（ハロン消火設備）で消火を行う場合には、当該固定式消火設備（ハロン消火設備）の動的機器である選択弁及び容器弁について、単一故障を仮定しても、当該固定式消火設備（ハロン消火設備）の機能を喪失しないものとする。

### (5) 電源

固定式消火設備（ハロン消火設備）は、外部電源喪失時に、機能を喪失することがないように、非常用電源設備より電源を供給するものとする。

### (6) その他

固定式消火設備（ハロン消火設備）が故障した場合には、中央制御室に故障警報を吹鳴するものとする。

固定式消火設備（ハロン消火設備）は、作動前に職員等の退出ができるように警報を吹鳴するものとする。

## 3.2 固定式消火設備（ハロン消火設備）の自然現象に対する機能、性能の維持

固定式消火設備（ハロン消火設備）は、想定される自然現象（原子炉施設において、設計上の考慮を要する自然現象）によっても、機能、性能が維持できるものとする。

原子炉施設において、設計上の考慮を要する自然現象としては、地震、津波、洪水、降水、風（台風）、凍結、積雪、落雷、地滑り、生物学的事象、竜巻、火山の影響、森林火災を選定した。

津波、洪水、地滑り、生物学的事象のうち、海生生物の影響については、立地的要因等により、固定式消火設備（ハロン消火設備）の機能、性能に影響を及ぼすことはない\*1、\*2。

生物学的事象のうち、微生物の影響については、固定式消火設備（ハロン消火設備）の機能、性能に影響を及ぼす自然現象ではない。

\*1：津波については、【国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所（南地区）高速実験炉原子炉施設（「常陽」）「第5条（津波による損傷の防止）」】参照

\*2：洪水、地滑り及び生物学的事象のうち、海生生物の影響については、【国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所（南地区）高速実験炉原子炉施設（「常陽」）「第6条（外部からの衝撃による損傷の防止）（その1：耐竜巻設計、耐降下火砕物設計及び耐外部火災設計を除く。）】】参照

地震、降水、風（台風）、凍結、積雪、落雷、生物学的事象のうち、小動物の影響、竜巻、火山の影響、森林火災については、以下のとおり設計する。

(1) 凍結に対する対策

固定式消火設備（ハロン消火設備）に使用する消火剤（ハロン1301）の凝固点（約-168℃）は低く、凍結するおそれはないため、凍結防止対策を必要としないものとする。

(2) 降水、風（台風）、積雪、火山の影響、森林火災に対する対策

固定式消火設備（ハロン消火設備）は、降水、風（台風）、積雪、火山の影響、森林火災に対して性能が著しく阻害されることがないように、建物内に設置するものとする。

(3) 生物学的事象のうち、小動物の影響に対する対策

固定式消火設備（ハロン消火設備）は、生物学的事象のうち、小動物の影響に対して、性能が著しく阻害されないように小動物の侵入を防止する。

(4) 落雷に対する対策

固定式消火設備（ハロン消火設備）は、落雷に対して、性能が著しく阻害されないように、避雷設備を設けるものとする。

(5) 地震に対する対策

火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画に設置する固定式消火設備（ハロン消火設備）は、基準地震動による地震力に対して機能を喪失しないものとする。

固定式消火設備（ハロン消火設備）は、地震における地盤変位対策として、建物外と連結する配管を設置しないものとする。

### 3.3 固定式消火設備（ハロン消火設備）の破損、誤作動又は誤操作による影響

固定式消火設備（ハロン消火設備）が破損、誤作動又は誤操作した場合の設備及び人体への影響は、以下のとおりである。

(1) 設備への影響

ハロン1301は、電気絶縁性が高いため、金属への直接影響は小さい。また、沸点が低く揮発性が高く腐食生成物であるフッ素等の機器等への残留は少ないため、機器への影響も小さい。

## (2) 人体への影響

固定式消火設備（ハロン消火設備）が破損、誤作動又は誤操作した場合の濃度は約 5%であり、当該濃度は、ハロン 1301 の無毒性濃度（NOAEL（No Observed Adverse Effect Level）：人が消火剤にさらされた時、何の変化も観察できない最高濃度）と同等の濃度である。

また、固定式消火設備（ハロン消火設備）が破損、誤作動又は誤操作した場合の濃度（約 5%）は、雰囲気中の酸素濃度を低下させる濃度ではないため、酸欠に至ることもない。

### 3.4 固定式消火設備（ハロン消火設備）の二次的影響の考慮

固定式消火設備（ハロン消火設備）は、火災の火炎、熱等の直接的な影響又は二次的影響を考慮して、消火対象とする火災区画と異なる火災区画に固定式消火設備（ハロン消火設備）のボンベ及び制御盤を設置する。

第 3.1 表 固定式消火設備（ハロン消火設備）の主な仕様の一例

火災区画		起動方式	起動場所	薬剤量*1 (kg)	貯蔵容器 数量 (本)	体積 (m <sup>3</sup> )	電源	警報			
番号	名称							内容	発報場所	内容	発報場所
SB-125	ディーゼル発電機室 (No. 1)	手動	SB-106	400	8	971.6	非常用 電源設備	人の退避に 係る音響警 報	SB-125	故障警報	AB-712
SB-127	ディーゼル発電機油 タンク室 (No. 1)			100	2	203.8			SB-127		
SB-128	ディーゼル発電機油 タンク室 (No. 2)			100	2	203.8			SB-128		
SB-130	ディーゼル発電機室 (No. 2)			400	8	971.6			SB-130		
SB-220	ボイラ室		SB-221	450	9	1,193.8			SB-220		
SB-225	油タンク室 (No. 1)			100	2	170.5			SB-225		
SB-226	油タンク室 (No. 2)			100	2	170.5			SB-226		
SB-227	油タンク室 (No. 3)			100	2	170.5			SB-227		
SB-228	油タンク室 (No. 4)			100	2	170.5			SB-228		
AB-106	アルコール廃液タン ク室		AB-107	150	3	264.0			AB-106 (1)		

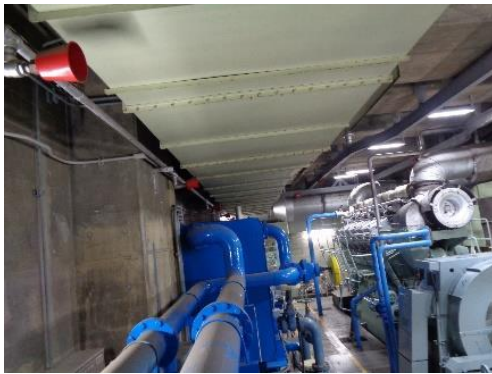
\*1：消防法施行規則第 20 条第 3 項及び同上第 4 項による。



(制御盤)



(起動装置)



(噴射口)



(ポンプ)

第 3. 1. 1 図 固定式消火設備（ハロン消火設備）の制御盤等の外観（既設）



## A B C 消火剤の保有量

消火器の消火能力については、「消火器の技術上の規格を定める省令(昭和39年自治省令第27号)」により、各火災源に対する消火試験にて定められる。

一般的な 10 型 A B C 消火器 (消火剤の量 : 3kg、普通火災の消火能力単位 : 3、油火災の消火能力単位 : 7) について、消火能力単位の測定試験時に用いられるガソリン火源 (油火災の消火能力単位が 7 の場合燃焼表面積 1.4m<sup>2</sup>、体積 42L) を発熱量に換算すると約 1,400MJ となる。

原子炉施設では、可搬式消火器による消火を行う火災区画に対して、初期消火の成否を考慮した上で十分な量の消火剤を確保する。当該消火剤の保有量は、可燃性物質の量が多い(火災荷重が大きい)火災区画における火災荷重を、上記の約 1,400MJ で除して算出した 10 型 A B C 消火器の本数に相当する量に、初期消火の成功率が 70%程度<sup>[1]</sup>であることを考慮して算出する。

また、放射距離を考慮し、放射距離の長い大型の A B C 消火器も準備する。

<例 : 可燃性物質の量が多い (火災荷重が大きい) 火災区画に原子炉建物の操作床他【RB-501】が該当すると想定した場合>

※ : 現時点で想定している値を使用したものであり、今後、詳細設計において、該当する火災区画が異なる場合や火災荷重に変更が生じる場合がある。当該値は、設工認申請時に決定する。

操作床他【RB-501】の火災荷重 : 約 400,000MJ  
10 型 A B C 消火器に相当する本数 : 400 本 (消火剤量 : 1,200kg)  
火災荷重 / 10 型 A B C 消火器の能力 × 初期消火の成功率を考慮した係数  
= 400,000MJ / 1,400MJ × 1.4 = 400

<参考文献>

[1] : 令和 4 年版 火災の実態、東京消防庁

別紙5 別添8 添付2は、他社商業機密を含むため、添付全体を非公開とする。

他社商業機密を含むため公開できません。

他社商業機密を含むため公開できません。

他社商業機密を含むため公開できません。

他社商業機密を含むため公開できません。

他社商業機密を含むため公開できません。

他社商業機密を含むため公開できません。

他社商業機密を含むため公開できません。



他社商業機密を含むため公開できません。

他社商業機密を含むため公開できません。

他社商業機密を含むため公開できません。

他社商業機密を含むため公開できません。

他社商業機密を含むため公開できません。

他社商業機密を含むため公開できません。

他社商業機密を含むため公開できません。

ナトリウムと固定式消火設備（ハロン消火設備）の消火剤の反応について
-----------------------------------

**【ナトリウムと固定式消火設備（ハロン消火設備）の消火剤の反応性】**

ナトリウムとハロゲンの反応挙動について、以下の知見<sup>[1]</sup>がある。

- ・ フッ素：乾燥状態でない場合に反応が生じる。
- ・ 臭素：300℃で爆発的な表面反応を生じる。

固定式消火設備（ハロン消火設備）に使用する消火剤であるハロン 1301（ $\text{CBrF}_3$ ：ブロモトリフルオロメタン）についても、同様に、ナトリウムと反応するおそれがある。

**【固定式消火設備（ハロン消火設備）の配置（予定）】**

固定式消火設備（ハロン消火設備）は、火災の等価時間が 20 分以上となる火災区画の消火を行うために設置する予定である。

また、固定式消火設備（ハロン消火設備）のうちボンベは、消火対象の区画の外に設置することとなるが、ナトリウムと固定式消火設備（ハロン消火設備）の消火剤の反応を考慮して、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画に設置しないものとする。

**【多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象における固定式消火設備（ハロン消火設備）の損壊の想定】**

多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象のうち、大規模な自然災害によるナトリウム火災にあっては、格納容器（床上）、格納容器（床下）、主冷却機建物地下階のダンプタンク室におけるナトリウムの漏えいを想定している。上記の固定式消火設備（ハロン消火設備）のボンベは、当該エリアに設置することはなく、万一、ボンベが破損した場合にあっても、ナトリウムとの反応を防止できる。

なお、固定式消火設備（ハロン消火設備）は、基準地震動による地震力に対して機能を喪失しないように設計するものとしている。

多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象のうち、故意による大型航空機の衝突にあっては、主冷却機建物の地上階において、ナトリウム漏えいの発生と固定式消火設備（ハロン消火設備）のボンベの破損が重畳するおそれがある。当該状況にあっては、消火剤（ガス）は大気中に拡散されると考えられるため、ナトリウムと消火剤の反応は生じ難く、また、ナトリウムと消火剤が反応した場合にあっても、消火剤遠隔散布設備を用いた特殊化学消火剤又は乾燥砂消火剤の散布による消火活動を行うことができる。

**【参考文献】**

[1]：“ナトリウム火災の特殊性とその対策”、消研輯報第 53 号、平成 12 年 3 月



## 一般火災の影響軽減について

## 1. 概要

一般火災に対する火災の影響軽減に関し、「火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等（以下「原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等」という。）を設置する火災区域の分離」、「原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等の系統分離」、「換気設備による火災の影響軽減」、「煙に対する火災の影響軽減」、「油タンクに対する火災の影響軽減」及び「可燃性物質の管理による火災の影響軽減」について示す。

## 2. 原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等を設置する火災区域の分離

原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等を設置する火災区域の分離について、当該火災防護対象機器等を設置する火災区域と隣接する他の火災区域の境界の耐火壁は、3 時間以上の耐火能力を有するものとする。

火災区域の境界には、コンクリート壁、扉、シャッター、換気口がある。当該境界のうち、シャッター及び換気口は、建物外との境界にあるため、隣接する他の火災区域の境界の耐火壁としては、コンクリート壁及び扉を対象とする。

コンクリート壁については、3 時間以上の耐火能力を有するように、必要な壁厚として 150mm<sup>\*1</sup>以上とする。扉については、3 時間以上の耐火能力を有するように、1 時間の耐火能力を有する扉<sup>\*2</sup>に、耐火能力を有する耐火シートを敷設する。

\*1：原子力発電所の火災防護指針（JEAG 4607-2010）に例示される米国 NFPA（National Fire Protection Association）ハンドブックに記載される耐火壁の厚さと耐火時間の関係から設定

\*2：建設省告示第 1369 号（特定防火設備の構造方法を定める件）に定められた構造方法に基づくもの

## 3. 原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等の系統分離

原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等の系統分離は、以下のとおりとする。

## (1) 火災区画間の系統分離

系列の異なる原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等は、異なる火災区画に設置することを基本とする。

原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等を設置する火災区画の耐火壁の耐火能力は、当該火災防護対象機器等の配置及び火災の等価時間を考慮して設定する。火災区画間の系統分離のイメージを第 3.1 図に示す。

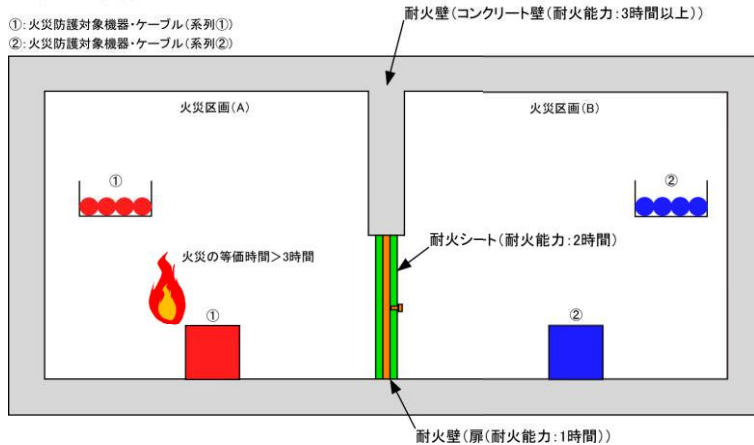
原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等を設置する火災区画の火災の等価時間が 3 時間を超え、かつ、隣接する火災区画に系列の異なる原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等を設置する場合は、火災区画間の耐火壁を 3 時間以上の耐火能力を有するものとするか、隣接する火災区画の系列の異なる原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等に対して耐火能力を有す

る隔壁を設置し、当該隔壁と耐火壁を合わせて3時間以上の耐火能力を有するものとする。

原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等を設置する火災区画の火災の等価時間が3時間を超え、かつ、隣接する火災区画に系列の異なる原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等を設置する火災区画の一例としては、主冷却機建物地下2階の「ディーゼル発電機油タンク室(No. 2)【SB-128】」がある(当該火災区画の影響評価を別添13 添付1に示す。)

※: 火災防護対象機器・ケーブルは、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器・火災防護対象ケーブルをいう。

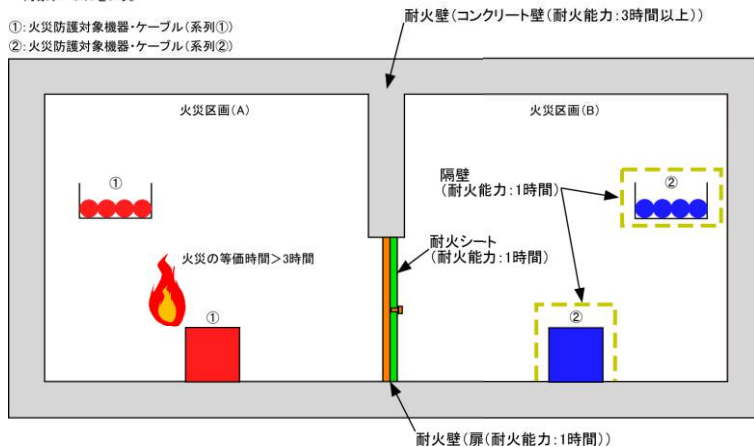
- ①: 火災防護対象機器・ケーブル(系列①)
- ②: 火災防護対象機器・ケーブル(系列②)



(耐火壁による分離)

※: 火災防護対象機器・ケーブルは、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器・火災防護対象ケーブルをいう。

- ①: 火災防護対象機器・ケーブル(系列①)
- ②: 火災防護対象機器・ケーブル(系列②)

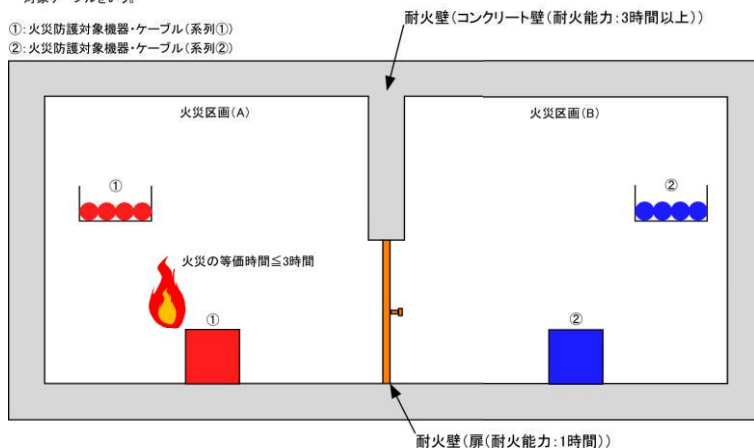


(耐火壁+隔壁による分離)

① 火災の等価時間が3時間を超える場合

※: 火災防護対象機器・ケーブルは、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器・火災防護対象ケーブルをいう。

- ①: 火災防護対象機器・ケーブル(系列①)
- ②: 火災防護対象機器・ケーブル(系列②)



② 火災の等価時間が3時間以下の場合

第 3.1 図 火災区画間の系統分離のイメージ (隣接する火災区画に系列の異なる原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器を設置する場合)

(2) 系列の異なる原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等を同一の火災区画に設置する場合の系統分離

系列の異なる原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等を同一の火災区画内に設置する場合は、中央制御室及びケーブル室（中央制御室に対する火災の影響軽減：別添 11、ケーブル室に対する火災の影響軽減：別添 12 に示す。）を除き、系統分離は、以下の「a.」又は「b.」のいずれかにより行うものとする（各系統分離対策のイメージを第 3.2 図に示す。）。

- a. 系列の異なる原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等について、互いの系列間を 3 時間以上の耐火能力を有する隔壁等により分離する。
- b. 系列の異なる原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等について、互いの系列間を 1 時間の耐火能力を有する隔壁等で分離し、かつ、火災感知設備及び自動消火設備を設置する。ただし、中央制御室から手動起動装置の設置場所まで 20 分未満で移動し、固定式消火設備（ハロン消火設備）を起動できる場合は、自動消火設備の設置に代えて、手動操作による固定式消火設備（ハロン消火設備）を設置する。また、火災時に煙の充満等により消火活動が困難とならず、かつ、中央制御室から火災の発生した火災区画まで 20 分未満で移動し、消火活動を行うことができる火災区画は、自動消火設備の設置に代えて、可搬式消火器による消火を行うものとする。

なお、原子炉の安全停止に係る火災防護対象ケーブルに隔壁を設置するに当たっては、電線管又はケーブルトレイに耐火能力を有する耐火シートを敷設することにより行う。また、電線管又はケーブルトレイから機器に接続する部分には、金属板に耐火能力を有する耐火シートを敷設する（原子炉の安全停止に係る火災防護対象ケーブルへの隔壁の設置イメージを第 3.3 図に、核計装（線形出力系）の配置を第 3.4 図に示す。）。

(i) 「b.」の手動操作による固定式消火設備（ハロン消火設備）の設置の効果

自動消火設備の設置に代えて、手動操作による固定式消火設備を設置する火災区画は、環境条件（煙の充満）により、当該火災区画内での消火活動が困難となるものの、運転員が中央制御室で火災を感知、火災の発生場所を特定、固定式消火設備（ハロン消火設備）の起動装置の設置場所に 20 分未満で移動し、当該消火設備を起動できる火災区画が該当する。

当該火災区画において、系列の異なる原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等の一方で、火災が発生したとしても、20 分未満で固定式消火設備（ハロン消火設備）の起動装置の設置場所に移動して当該消火設備を起動することにより、1 時間以内で消火を行うことができ、1 時間の耐火能力を有する隔壁等で分離したもう一方の原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等への延焼を防止できる。したがって、本対策は、3 時間以上の隔壁等で系統分離を行うことと同等の効果が見込まれる。

本対策を適用する火災区画の一例としては、原子炉附属建物 2 階の「ディーゼルパワーセンタ室【AB-707】」がある。当該火災区画には、原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等と

して、系列①の火災防護対象ケーブルと系列②の非常用電源設備の電源盤等を設置する。当該火災区画は、中央制御室と同一フロアにあり、20分未満で中央制御室から固定式消火設備（ハロン消火設備）の起動装置の設置場所に移動し、当該消火設備を起動することができ、1時間の耐火能力を有する隔壁等により分離した、系列の異なる原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等間の延焼を防止できる。

(ii) 「b.」の可搬式消火器による消火の効果

可搬式消火器による消火を行う火災区画には、火災の等価時間を20分未満で管理し、環境条件（煙等の充満）により、消火活動が困難とならない火災区画又は火災の等価時間が20分を超えるものの、体積が大きく火災時に煙が充満するおそれがない火災区画がある。

① 火災の等価時間が20分未満の火災区画

火災の等価時間を20分未満の火災区画は、運転員が中央制御室で火災を感知、火災の発生した火災区画を特定、当該火災区画に20分未満で移動して、可搬式消火器による消火を行うことにより、1時間以内で消火することができ、系列の異なる原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等の一方で、火災が発生したとしても、1時間の耐火能力を有する隔壁等で分離したもう一方の原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等への延焼を防止できる。また、当該火災区画内の想定される全ての可燃性物質が燃焼したとしても、隔壁の耐火能力を超えることはない。したがって、本対策は、3時間以上の隔壁等で系統分離を行うことと同等の効果が見込まれる。

本対策を適用する火災区画の一例としては、主冷却機建物地下2階の「空調設備室【SB-102】」（当該火災区画の影響評価を別添13 添付1に示す。）や原子炉附属建物の「アニュラス部【AB-アニュラス部】」がある。

② 火災の等価時間が20分を超える火災区画

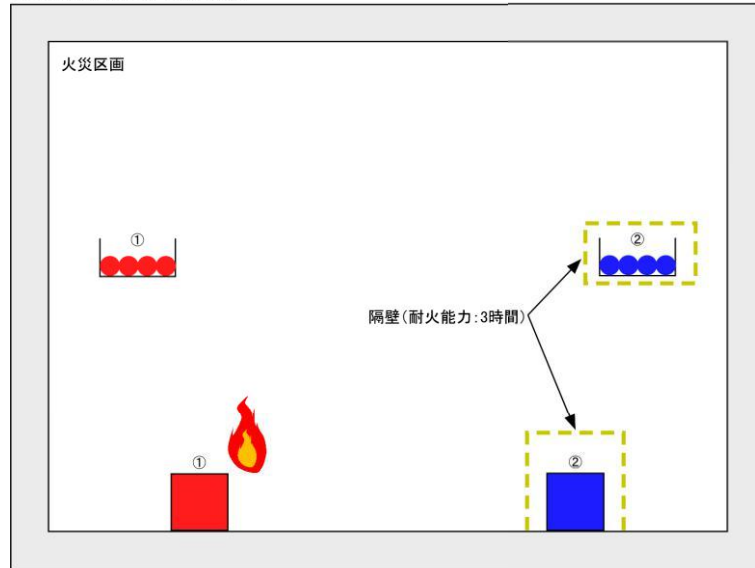
火災の等価時間が20分を超えるものの、体積が大きく火災時に煙が充満するおそれがない火災区画については、可燃性物質が延焼して火災が拡大するまでに時間を要すると考えられ、また、当該火災区画の消火活動に当たっては、火災時の輻射等による影響も考慮した措置を講じることによって、運転員が中央制御室で火災を感知、火災の発生した火災区画を特定、当該火災区画に20分未満で移動して、可搬式消火器による消火を行うことにより、1時間以内で消火することができ、系列の異なる原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等の一方で、火災が発生したとしても、1時間の耐火能力を有する隔壁等で分離したもう一方の原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等への延焼を防止できる。したがって、本対策は、3時間以上の隔壁等で系統分離を行うことと同等の効果が見込まれる。

本対策を適用する火災区画の一例としては、原子炉建物の「操作床等【RB-501】」がある。当該火災区画には、原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等として、系列①の核計装（線形出力系）等と系列②の核計装（線形出力系）等を設置する。当該火災区画は、約13,000m<sup>3</sup>の体積、約600m<sup>2</sup>の床面積を有する。系列①と系列②の間は、基本的に、離隔距離を有する

ものとする。離隔距離を有していない範囲は、限定され、また、火災時の輻射等による影響も考慮した措置（原子炉建物の格納容器（床上）における消火活動を添付 1 に示す。）を講じるため、系列の異なる原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等の一方で、火災が発生したとしても、可搬式消火器による消火により、1 時間の耐火能力を有する隔壁等で分離したもう一方の原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等への延焼を防止できる。

※:火災防護対象機器・ケーブルは、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器・火災防護対象ケーブルをいう。

- ①:火災防護対象機器・ケーブル(系列①)
- ②:火災防護対象機器・ケーブル(系列②)

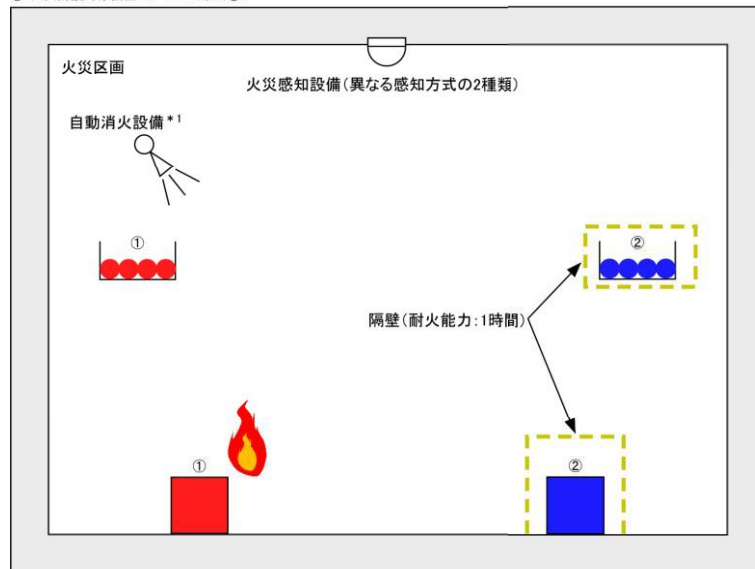


\*1:1時間以内に消火が可能である場合は、自動消火設備の設置に代えて、手動操作による固定式消火設備(ハロン消火設備)を設置するか、可搬式消火器による消火を行う。

### (3時間隔壁による分離)

※:火災防護対象機器・ケーブルは、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器・火災防護対象ケーブルをいう。

- ①:火災防護対象機器・ケーブル(系列①)
- ②:火災防護対象機器・ケーブル(系列②)

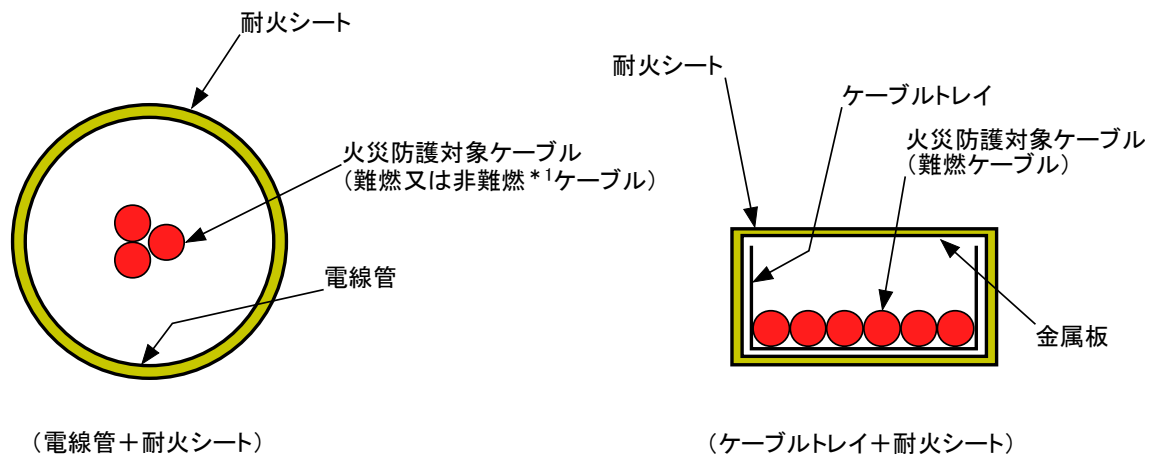


\*1:1時間以内に消火が可能である場合は、自動消火設備の設置に代えて、手動操作による固定式消火設備(ハロン消火設備)を設置するか、可搬式消火器による消火を行う。

### (1時間隔壁+火災感知+消火による分離)

第3.2図 火災区画内の系統分離のイメージ

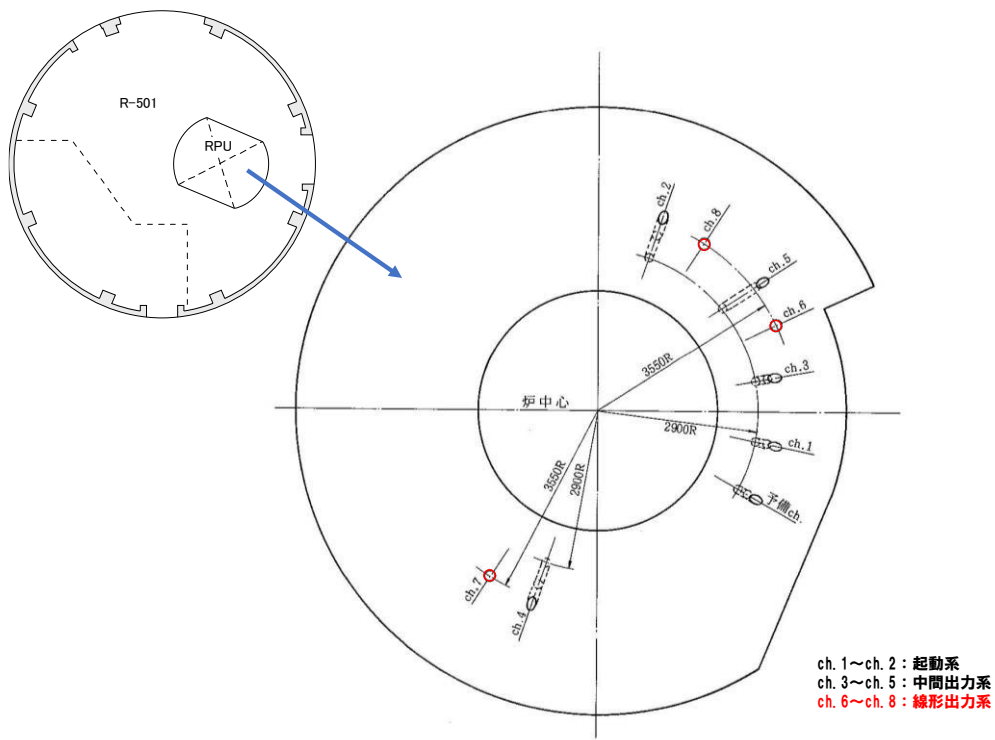
\* 1: 核計装等のケーブルが該当



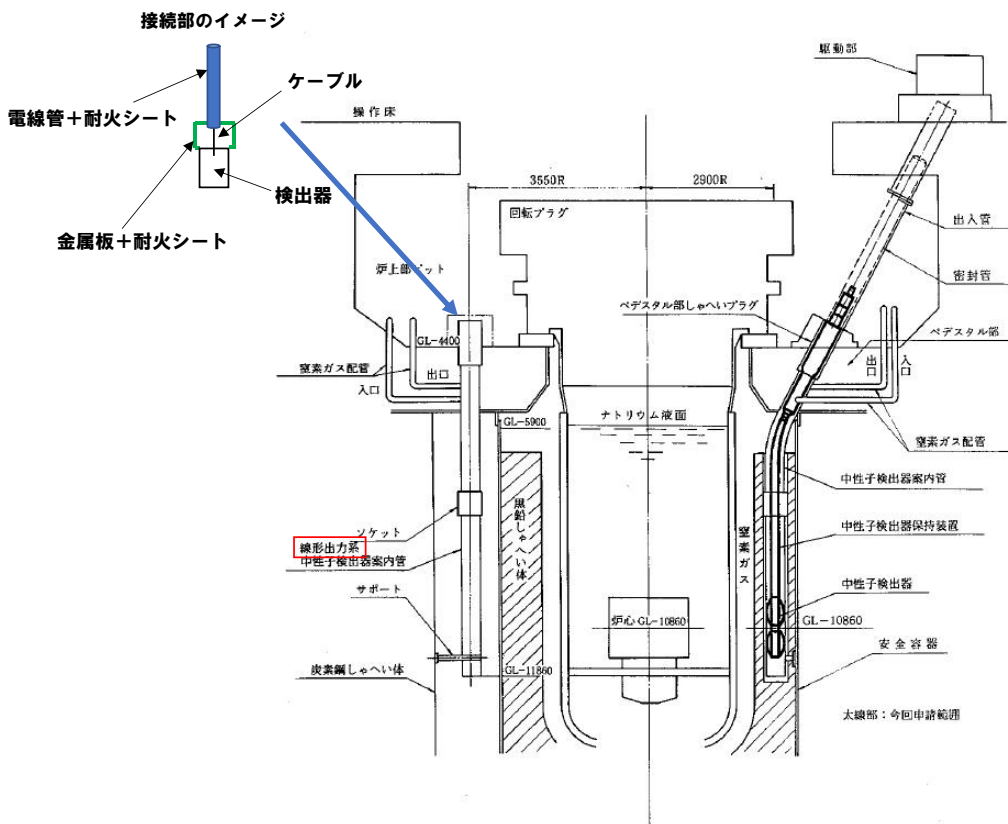
※: 電線管又はケーブルトレイから機器等へ接続する部分は金属板に耐火シートを敷設

第 3.3 図 原子炉の安全停止に係る火災防護対象ケーブルへの隔壁の設置イメージ





(平面図)



(断面図)

第 3.4 図 核計装 (線形出力系) の配置図

8 条-別紙 5-別添 9-9

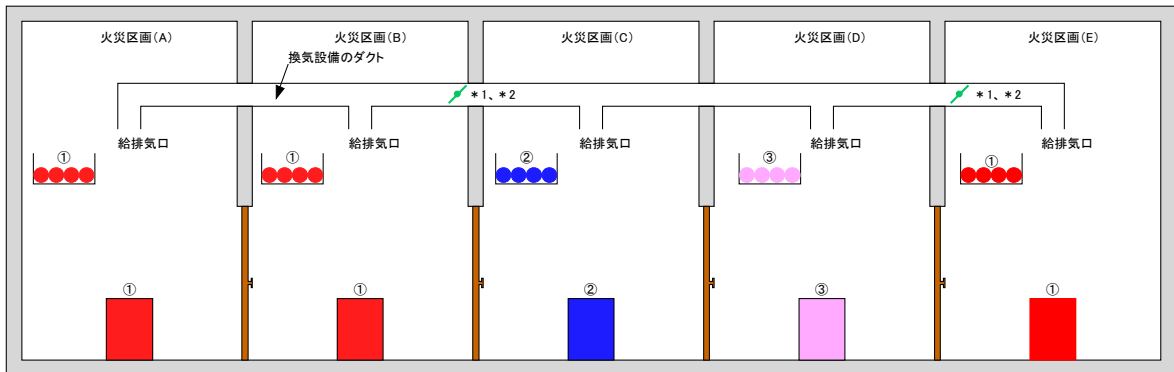
#### 4. 換気設備による火災の影響軽減

他の火災区画の火、熱又は煙が火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画に悪影響を及ぼさないように、換気設備には、当該火災区画の境界となる箇所防火ダンパを設置する。具体的には、火、熱又は煙の影響を系列の異なる原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等が同時に影響を受けないように、防火ダンパ（火災感知器連動又は温度ヒューズ式）を設置する。防火ダンパの設置イメージを第 4.1 図に示す。

また、当該防火ダンパを設置する換気設備のフィルタは、チャコールフィルタを除き「JIS L 1091（繊維製品の燃焼性試験方法）」又は「JACA No. 11A（空気清浄装置用ろ材燃焼性試験方法指針（公益社団法人 日本空気清浄協会）」を満足する難燃性材料を使用するものとする。

※：火災防護対象機器・ケーブルは、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器・火災防護対象ケーブルをいう。

- ①：火災防護対象機器・ケーブル（系列①）
- ②：火災防護対象機器・ケーブル（系列②）
- ③：①及び②を除く機器・ケーブル



- \*1：他の火災区画の火、熱又は煙が火災防護対象機器・ケーブルを設置する火災区画に悪影響を及ぼさないように設置する防火ダンパ（火災感知器連動又は温度ヒューズ式）
- \*2：\*1の防火ダンパは、給排気口を介して繋がる換気設備の貫通部のうち、系列の異なる火災防護対象機器・ケーブルが同時に影響を受けないように設置

第 4.1 図 防火ダンパの設置イメージ

## 5. 煙に対する火災の影響軽減

運転員が常駐する中央制御室には、火災発生時の煙を排気できるように、建築基準法で定める基準を満たす排煙設備を設置する。当該排煙設備の主な仕様を以下に示す。

なお、当該排煙設備は、中央制御室専用であるため、排気に伴い放射性物質の環境への放出を考慮する必要はない。

### ・排煙容量

排煙設備の排煙機の排煙容量は、建築基準法施行令第 126 の 3 の排煙設備の構造に準じて、500m<sup>3</sup>/min 以上の容量を有するものとする。

### ・材料

排煙設備の排煙口、ダクト及び排煙機は、火災時における煙の排気を考慮し、不燃性材料である金属材料を使用するものとする。

### ・電源

排煙設備は、外部電源喪失時に、その機能を喪失することがないように、非常用電源設備より電源を供給するものとする。

## 6. 油タンクに対する火災の影響軽減

地下階に設置する燃料油を貯蔵するタンクは、タンク内のベーパーが建物内に滞留しないように、当該タンクにはベント管を設置し、屋外にベーパーを排気できるものとする。以下に地下階に設置する燃料油を貯蔵するタンクを示す。燃料油を貯蔵するタンクのベント管の設置例を第 6.1 図に示す。

- ・ 1号ディーゼル発電機燃料主貯油槽（主冷却機建物地下2階【SB-127】）
- ・ 2号ディーゼル発電機燃料主貯油槽（主冷却機建物地下2階【SB-128】）
- ・ 1号ディーゼル発電機燃料小出槽（主冷却機建物地下2階【SB-125】）
- ・ 2号ディーゼル発電機燃料小出槽（主冷却機建物地下2階【SB-130】）
- ・ ボイラ貯油槽 No.1（主冷却機建物地下1階【SB-225】）
- ・ ボイラ貯油槽 No.2（主冷却機建物地下1階【SB-226】）
- ・ ボイラ貯油槽 No.3（主冷却機建物地下1階【SB-227】）
- ・ ボイラ貯油槽 No.4（主冷却機建物地下1階【SB-228】）

【】内：火災区画番号



第 6.1 図 燃料油を貯蔵するタンクのベント管の設置例（ディーゼル発電機燃料主貯油槽）

## 7. 可燃性物質の管理による火災の影響軽減

可燃性物質を火災区画内で保管する場合は、原則として、建設省告示 1360 号（防火設備の構造方法を定める件）に定められた構造方法に準拠した防火性能を有する鋼製のキャビネットに収納する。鋼製のキャビネットの設置イメージを第 7.1 図に示す。

鋼製のキャビネット以外で保管する場合は、一般火災の影響評価に基づき実施する一般火災の影響評価において設定する仮置き可燃性物質の制限量を超えないように、可燃性物質の量を管理するとともに、発火源や火災防護対象機器等との適切な分離距離を保てるように米国電気電子工学会（IEEE）規格 384 に示される分離距離を準用し可燃性物質の位置を管理する。さらに、当該可燃性物質は、不燃性シートで覆うことによる火災の予防措置を行う。

### ※：鋼製のキャビネットの管理

可燃性物質を収納する鋼製のキャビネットは、扉に開放厳禁等の表示を行うとともに、巡視点検により状況を確認するものとする。



第 7.1 図 鋼製のキャビネットの設置イメージ

原子炉建物の格納容器（床上）における消火活動
------------------------

## 1. 概要

原子炉建物の火災区画のうち、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る系列の異なる火災防護対象機器等を同一の火災区画内に設置する格納容器（床上）の火災区画（RB-501（R-501（操作床）、RPU（炉容器ピット）、R-601（コントロールセンタ）を含む火災区画））については、当該火災防護対象機器等の間を1時間の耐火能力を有する隔壁で分離し、かつ、当該火災区画は、可燃性物質（ケーブル等）が多く火災の等価時間が20分を超えるものの、体積が大きく火災時に煙の充満により消火活動が困難とならないため、自動消火設備の設置に代えて、可搬式消火器（ABC消火器）による消火により系統分離を行う。

ここでは、格納容器（床上）の火災区画（RB-501）における消火活動について示す。

## 2. 消火活動

高天井エリアを含むRB-501の火災感知器（高天井エリアには、消防法施行規則第23条第4項に従い設置する非アナログ式の炎感知器と消防法施行規則第23条第4項の適用範囲を超えるものの、空調換気設備の運転状態に応じた空気の流れ及び火災の規模に応じた煙の流動を踏まえてアナログ式の煙感知器を設置（別紙5 別添7 添付2 格納容器（床上）の高天井エリアにおける火災感知器の設置方法 参照））が作動した場合、運転員等は、格納容器内に入域し、現場確認及び消火活動を行う。運転員等が格納容器内に入域し、現場確認及び消火活動を行うに当たっては、1時間以内に消火ができるように、火災時の輻射等による影響も考慮して以下の措置を講じる。第2.1図にRB-501の消火活動の概要を示す。

- ・ 消火活動を行う際には、必要に応じて、防護具（防護服、防護マスク、携帯用空気ボンベ）を装備する。当該防護具は、格納容器の入口に設置する。  
なお、携帯用空気ボンベは、消火活動を開始するまでの時間（20分）及び隔壁の耐火能力（60分）を考慮して、40分以上の消火活動が行える本数を設置する。
- ・ 火元から離れた位置で消火活動が行えるよう、放射距離の長い大型の可搬式消火器（ABC消火器）を設置する。大型を含む可搬式消火器（ABC消火器）は、可燃性物質の配置やアクセスルートを踏まえて設置する。
- ・ 防護具と可搬式消火器は、必要に応じて、隣接する部屋（非管理区域）から搬入できるものとする。
- ・ 格納容器には、2箇所（所員用エアロックと非常用エアロック）を設置し、また、中2階（R-601（コントロールセンタ））には、2箇所のアクセスルートを設置し、火災の状況に応じてアクセスルートを選定する。アクセスルートの選定は、火災感知器の作動状況や監視ITV等により行うものとし、判断の方法等の手順を定める。
- ・ 機器等が密集する場所（R-601（コントロールセンタ）の下方）においては、局所的に煙が滞留するおそれがあることから、煙により消火活動が阻害されないよう、可搬型の排煙装置を準備し、必要に応じて、排煙できるものとする。

可搬式消火器（ABC消火器）による消火活動を行ったにもかかわらず、火災が拡大して1時間

以内に消火ができないと判断した場合には、運転員等の人命を最優先に考え格納容器内からの退避を行うとともに、格納容器（床上）の空調換気設備を停止し、当該空調換気設備のダンパを閉止して格納容器（床上）を密閉状態として内部の窒息消火\*1を行うものとする。当該窒息消火に当たっては、中央制御室において、酸素濃度（測定点：R-501に3点、R-601：1点）により密閉状態を確認し、格納容器（床上）の温度（測定点：R-501に3点）により火災の状況の監視を行うものとする。

\*1：格納容器（床上）のような密閉空間においては、火災による燃焼により空間の酸素濃度が低下し、通常空気中の酸素濃度（約21%）から燃焼限界酸素濃度（約15%）まで低下すると燃焼を維持できなくなる<sup>[1]</sup>。格納容器（床上）の体積は、約13,000m<sup>3</sup>であり、格納容器（床上）の酸素が約780m<sup>3</sup>消費されると、格納容器（床上）の酸素濃度は、燃焼限界酸素濃度（約15%）に至る。操作床等の主な可燃性物質は、ケーブルであり、約1,000kgのケーブルが燃焼すると燃焼限界酸素濃度（約15%）に至る。また、1,000kgのケーブルの火災による等価時間は約5分となる。

#### <参考文献>

[1]：“密閉室内の燃焼性状に関する研究（第1報）”、東京消防庁消防技術安全所（S60）

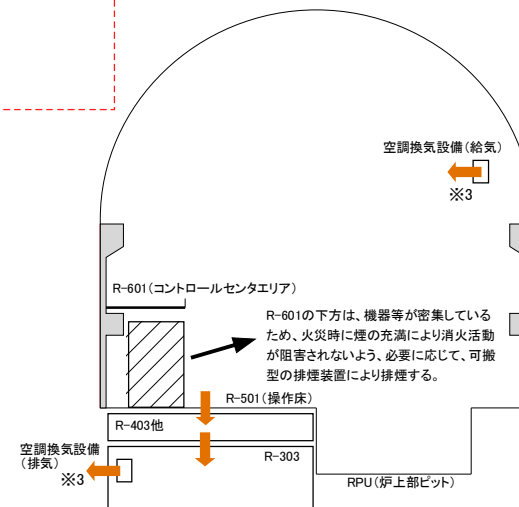
核物質防護情報(管理情報)が含まれているため公開できません。

- ①: 格納容器への入口(所員用エアロック)※1
- ②: 格納容器への入口(非常用エアロック)※1
- ③: R-601へのアクセスルート(螺旋階段)※1
- ④: R-601へのアクセスルート(猿梯子)※1

※1: ①～④の近傍には、大型を含む可搬式消火器(ABC消火器)を設置

※2: 必要に応じて、可搬式消火器(ABC消火器)を非管理区域から搬入

防: 防護具(防護服、防護マスク、携帯用空気ボンベ等)設置場所



※3: 火災が拡大した場合には、格納容器(床上)の空調換気設備を停止し、当該空調換気設備のダンパを閉止して格納容器(床上)を密閉状態として窒息消火を行う。酸素濃度により密閉状態を確認し、格納容器(床上)の温度計により火災の状況を監視する。

Ⓣ: 格納容器(床上)温度計

Ⓞ<sub>2</sub>: 格納容器(床上)酸素濃度計

※4: 設置場所(1階)

※5: 設置場所(中2階)

第 2.1 図 RB-501 の消火活動の概要



ケーブル室に対する火災の影響軽減について
----------------------

## 1. 概要

中央制御室の下方に位置するケーブル室は、中央制御室の制御盤等に接続するケーブル及び当該ケーブルを敷設するケーブルトレイを有する。ケーブル室の場所を第 1.1 図に示す。

ここでは、ケーブル室に対する火災の影響軽減の対策について示す。

## 2. ケーブル室に対する対策

ケーブル室においては、多くのケーブルを有すること、狭い（部屋の体積が小さい）こと、及びケーブル室に有する中央制御室の制御盤等のケーブルについて、当該制御盤等は、運転員の操作性及び視認性を確保することを目的に近接して設置することから、中央制御室の制御盤等に接続する箇所では火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る系列の異なる火災防護対象ケーブルが近接することを踏まえて、適切な対策を講じるものとする。ケーブル室における対策の概念図を第 2.1 図に示す。

### ① ケーブルに対する火災の影響軽減

新規基準適合に当たり、火災防護基準による火災の影響を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象ケーブルは、既設品を流用するのではなく、新たに難燃ケーブルを敷設する。

火災防護基準による火災の影響を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象ケーブルは、系列の異なる機器が火災によって同時に機能を喪失することがないように、施工に必要な隙間を確保できる範囲において、1 時間の耐火能力を有する耐火シートを敷設した電線管内に敷設する。中央制御室の制御盤等への接続部の概念図を第 2.2 図に示す。第 2.2 図に示すように、中央制御室の制御盤等に接続する狭隘部には、1 時間の耐火能力を有する耐火シートの仕様から、当該耐火シートを敷設した電線管を敷設することができない。当該狭隘部については、1 時間の耐火能力を確保することはできないものの、耐火能力を有する耐火テープを敷設して火災の影響を軽減する。当該耐火テープについては、30 分の耐火能力を有するものを使用する（耐火シート及び耐火テープのイメージを添付 2 に示す。）。

なお、既設の非難燃ケーブル（火災防護基準に基づく措置を講じる予定のないケーブル）は、可燃性物質として取り扱う。火災防護基準による火災の影響を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象ケーブルには、上記の耐火シート又は耐火テープを敷設するため、当該ケーブルは、既設の非難燃ケーブルの火災に対しても、火災の影響が軽減される。

後述するように、ケーブル室には、自動起動の固定式消火設備を設置するため、上記措置は、火災防護基準における「互いに相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについて、互いの系列間が 1 時間の耐火能力を有する隔壁等で分離されており、かつ、火災感知設備及び自動消火設備が当該火災区画に設置されていること。」に相当する措置となる。

## ② 火災の早期感知

ケーブル室には、固有の信号を発する異なる感知方式の火災感知器として、煙感知器と熱感知器を設置する。

また、ケーブルの火災は、何らかの理由によってケーブルが過熱され、蓄熱して発火に至ることが主な要因であると考えられることから、ケーブルの火災を早期に検知し、火災の影響を軽減できるよう、検知装置として光ファイバ温度センサを設置する（添付 1 に光ファイバ温度センサの概要を示す。）。

光ファイバ温度センサは、温度測定値が設定値を超えた場合に中央制御室に警報を発するものとする。光ファイバ温度センサの警報設定値は、ケーブル室の正常時の最高周囲温度+20℃とする。また、光ファイバ温度センサの光ファイバが断線した場合に中央制御室に警報を発するものとする。

なお、光ファイバ温度センサは、消火後の状況を確認することにも使用することができる。

## ③ 火災の早期消火

ケーブル室には、火災の早期消火及びケーブル室内に消防隊員が入室しなくとも消火が可能となるよう、自動起動の固定式消火設備（ハロン消火設備：ケーブル室の上方の中央制御室には、運転員が常駐しているため、消火剤にハロン 1301 を使用）を設置する。

光ファイバ温度センサが作動し、中央制御室に警報が発せられた場合、現場（火災範囲外）\*<sup>1</sup>において、運転員が手動で起動するものとする。ケーブル室における光ファイバ温度センサ作動時の主な対応手順を第 2.3 図に示す。

また、当該消火設備は、複数の火災感知器が作動した場合に自動起動するものとする。具体的には、煙感知器又は熱感知器のいずれか 2 つが作動した場合に自動起動するものとする。万一、自動起動しなかった場合、現場（火災範囲外）において、運転員が手動で起動するものとする。

\*1：手動起動は、ケーブル室の感知器が作動する前に行う操作であり、その際には、ケーブル室内において、光ファイバ温度センサが誤作動したものではないことを確認するため、中央制御室には、手動起動装置を設置しないものとする。

なお、ケーブル室は、中央制御室の直下に位置し、中央制御室から現場（火災範囲外）には 5 分以内でアクセスすることができる。

## ④ 火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象ケーブルを封入する電線管内での火災

火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象ケーブルを封入する電線管については、電線管内で窒息消火されるよう当該電線管の開口部を熱膨張性及び耐火性を有したシール材で閉塞する。当該シール材は、材質（耐久性）に応じて保守点検の手順を整備する。

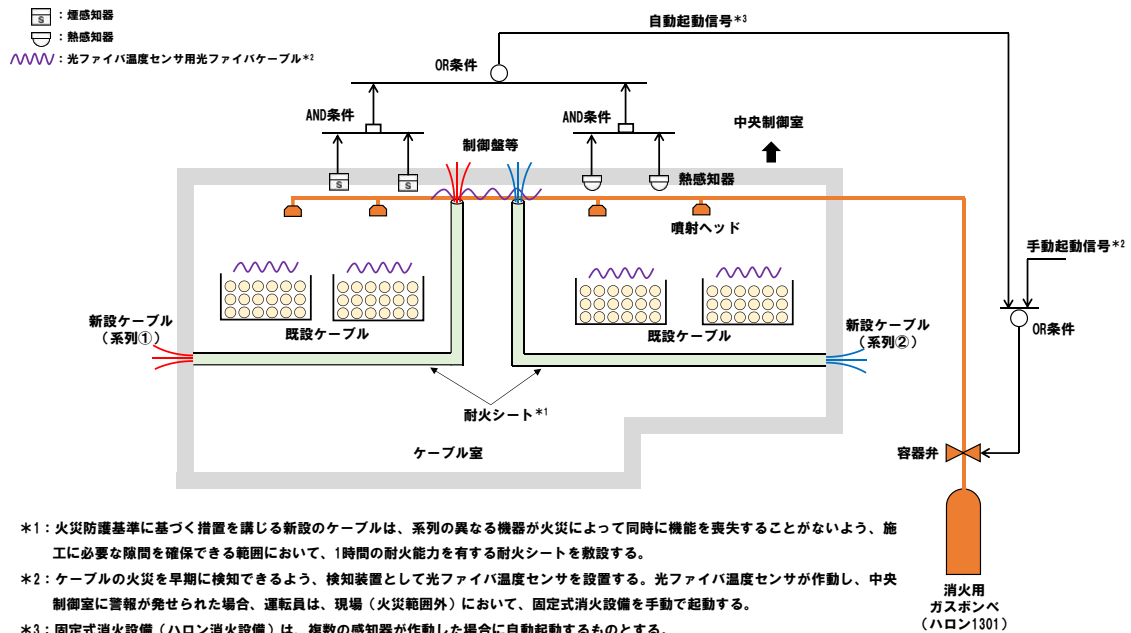
また、上記電線管内で火災が発生した場合、当該電線管内のケーブルが断線、地絡又は短絡するため、警報や指示値の異常が発生する。当該警報や指示値の異常を確認し、原子炉の停止を行った後、火災の発生場所を特定して復旧することとし、上記電線管内には光ファイバケーブルを

敷設しないものとする。

なお、万一、上記電線管内で窒息消火されず、電線管の外部に延焼した場合には、①～③の対策により、火災の影響を軽減することができる。

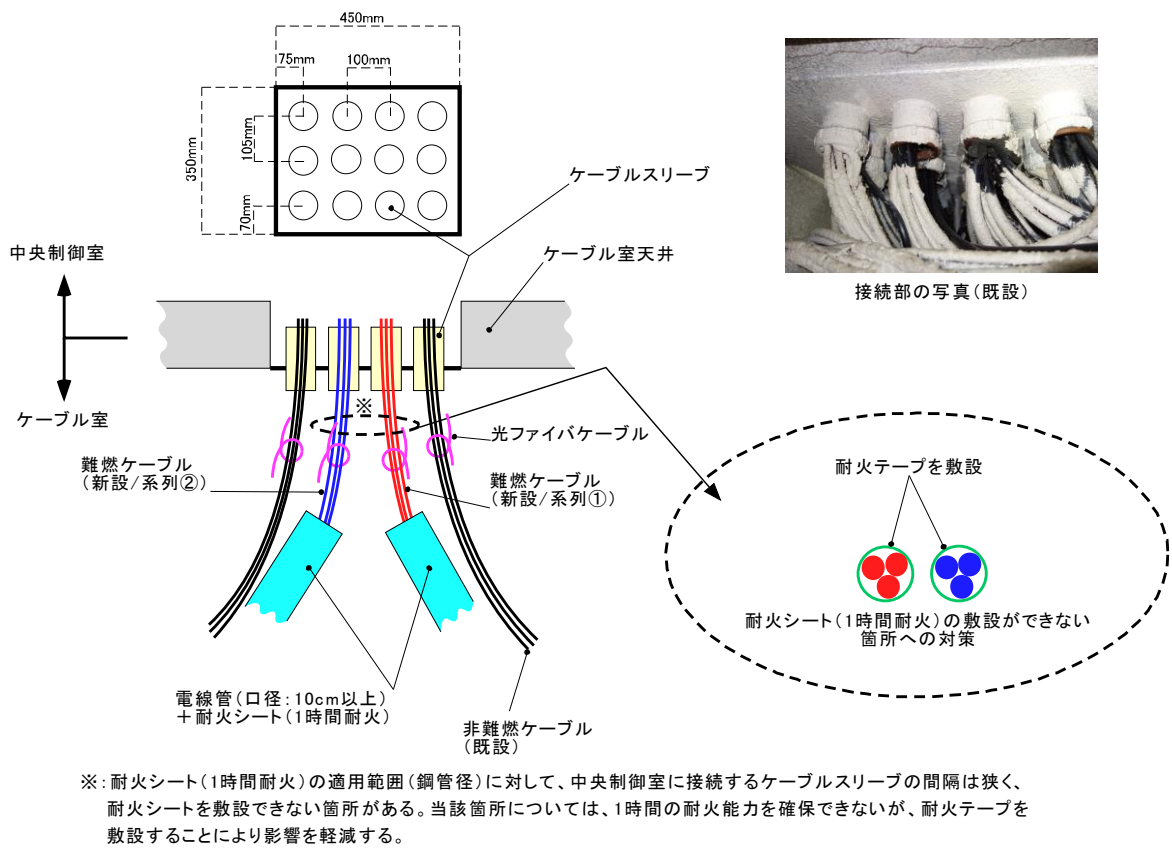
核物質防護情報（管理情報）が含まれているため公開できません。

第 1.1 図 ケーブル室の場所

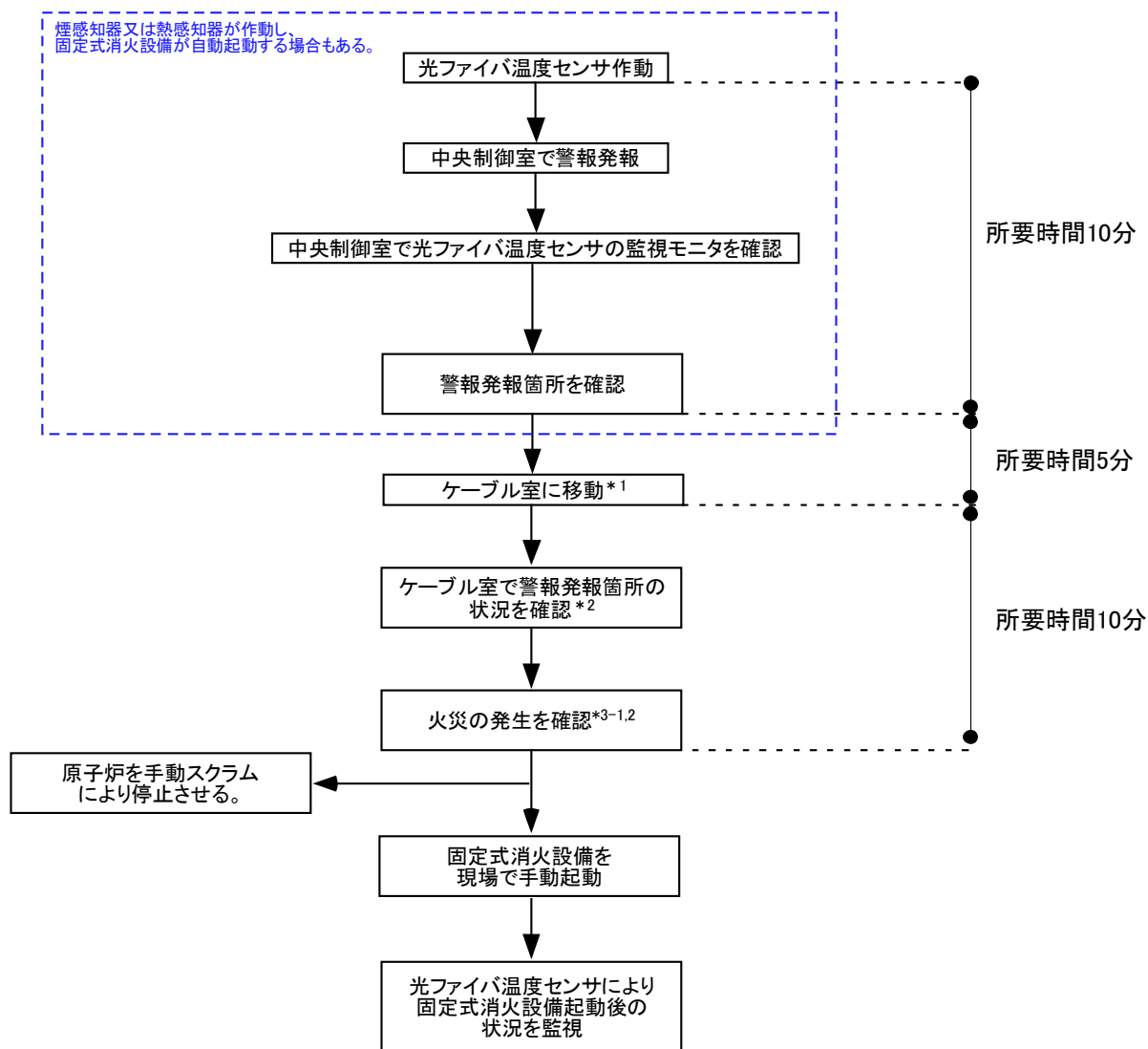


第 2.1 図 ケーブル室における対策の概念図

8 条-別紙 5-別添 10-4



第 2.2 図 中央制御室の制御盤等への接続部の概念図



- \* 1: 入室前に固定式消火設備の自動待機状態を解除
- \* 2: 現場にて発煙、焦げ臭いにおい等の異常の有無、異常な発熱の有無を確認し、消火器の使用が必要な場合には火災の発生に移行する(確認中に発報箇所近傍の光ファイバ温度センサの温度上昇、煙感知器が作動又は熱感知器が作動した場合も同様)。異常がない場合には、監視を継続する。
- \* 3-1: 火災の規模が小さい場合、可搬式消火器による初期消火活動を実施
- \* 3-2: 初期消火できない場合には、直ちに確認者は現場から退避し、中央制御室に連絡すると共に中央制御室からの指示により固定式消火設備の手動起動を行う。

第 2.3 図 光ファイバ温度センサの作動時の主な対応手順

光ファイバ温度センサ
------------

ケーブル室においてケーブルの火災を早期に検知すること、及び固定式消火設備（ハロン消火設備）の起動後の状況を確認するために設置する光ファイバ温度センサの動作原理及び敷設方法について示す。

### (1) 動作原理

発光器より入射された光は、光ファイバケーブル内の分子によって散乱され、一部の散乱光は波長（周波数）がシフトする。このうち、ラマン散乱光と呼ばれる散乱光は温度依存特性を有している。ラマン散乱光には、ストークス光とアンチストークス光があり、温度依存性の強いアンチストークス光と温度依存性の弱いストークス光の後方散乱光強度の比から温度を測定することができる。

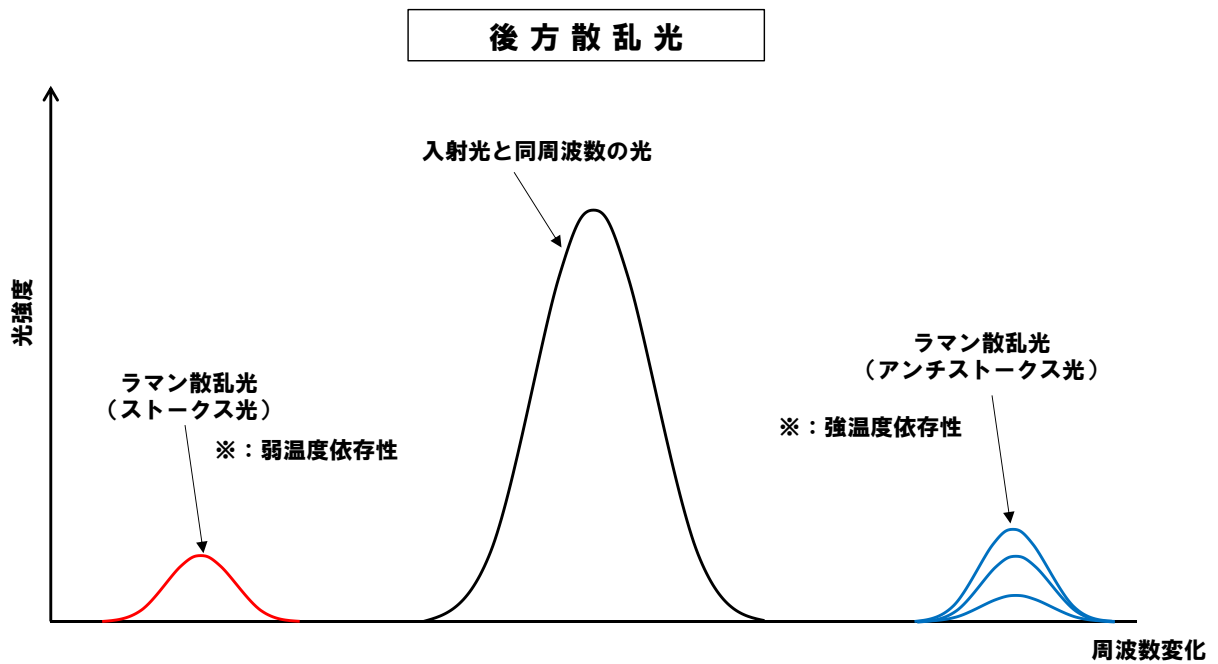
また、光ファイバケーブル内に光を入射してから、ラマン散乱光が受光器に戻ってくるまでの往復時間を測定することで、散乱光が発生した地点を特定することができる。第 1 図に光ファイバ温度センサの動作原理の概念図を、第 2 図に位置特定の原理の概念図を示す。

なお、光ファイバケーブルは、火災が発生し断線した場合にあっても、断線した箇所までの温度の測定が可能である。第 3 図に断線時の光ファイバケーブルの測定状態の概念図を示す。

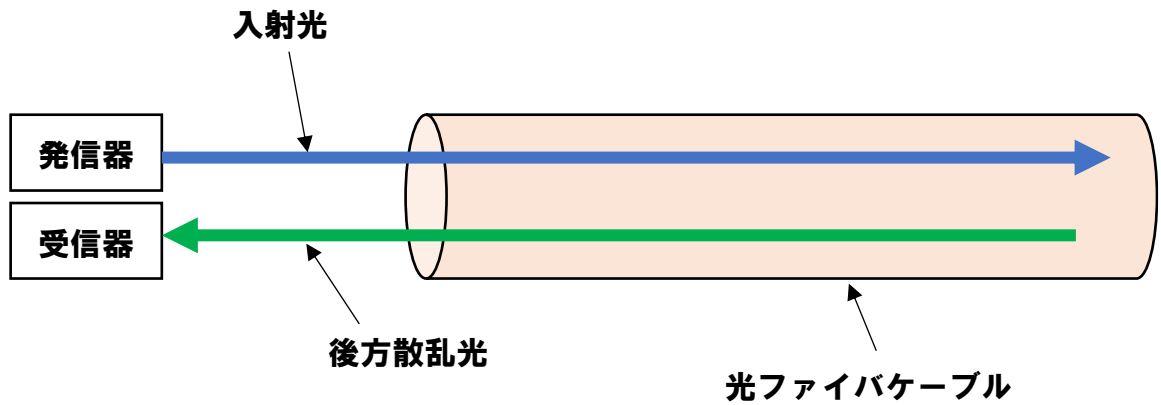
光ファイバ温度センサは、一定距離（1m～）の平均温度を測定することができ、測定周期は、距離等に依存するが 10 秒から設定することができる。

### (2) 敷設方法

光ファイバ温度センサ用の光ファイバケーブルは、監視対象物（ケーブル）の近傍の上部等に敷設する設計とする。第 4 図に光ファイバケーブルの敷設の概念図を示す。



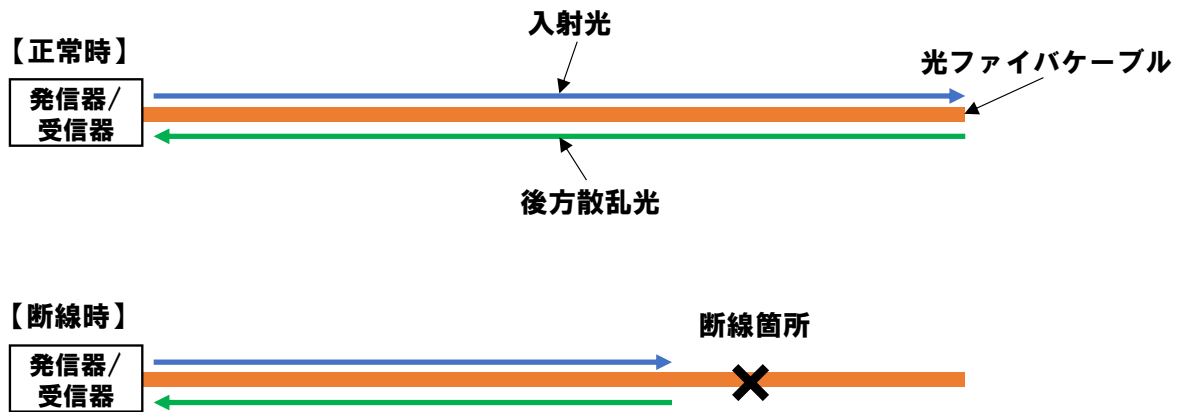
第1図 光ファイバ温度センサの動作原理の概念図



**【位置特定の原理】**  
 入射光の後方散乱光が受信器に到達するまでの遅延時間を測定することにより位置を特定

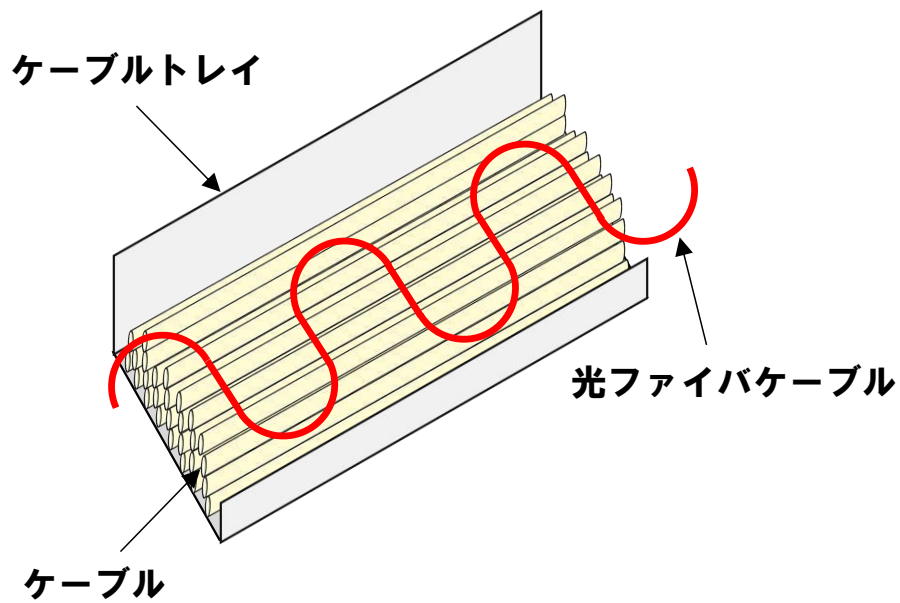
第2図 位置特定の原理の概念図





**【断線時の測定】**  
 断線箇所では光の異常反射が生じるおそれがあるため、断線箇所の温度測定はできないが、それ以外の箇所では温度測定ができる。

第3図 光ファイバケーブルの断線時の測定状態の概念図



第4図 光ファイバケーブルの敷設の概念図

耐火シート及び耐火テープのイメージ



※：1～2重貼りで1時間の耐火能力を有する。

[https://fai.sk-kaken.co.jp/tighca\\_sheet](https://fai.sk-kaken.co.jp/tighca_sheet)

第1図 耐火シートのイメージ



※：「耐火電線の基準（消防庁告示第10号）」に定められた基準に適合（30分耐火性能(840℃)適合品）

<http://www.kawasebousai.com/sys/wp-content/uploads/2016/10/4d772dd630049b4b6d80ad86d40ce8da.pdf>

第2図 耐火テープのイメージ

中央制御室に対する火災の影響軽減について
----------------------

## 1. 概要

中央制御室に対する火災の影響軽減対策について示す。

## 2. 中央制御室に対する対策

中央制御室の制御盤等は、運転員の操作性及び視認性を確保することを目的に近接して設置することから、一つの制御盤等に火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る系列の異なる火災防護対象ケーブルが接続されることを踏まえて、適切な対策を講じるものとする。

## ① ケーブルに対する火災の影響軽減

新規制基準適合に当たり、新たに敷設する火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象ケーブルについて、盤内は狭く耐火壁により 1 時間の耐火能力を確保することはできないものの、可能な限り耐火能力を有する耐火テープを当該ケーブルに敷設して火災の影響を軽減する。当該耐火テープについては、30 分の耐火能力を有するものを使用する（別紙 5 別添 10 添付 2 耐火シート及び耐火テープのイメージ 参照）。

上記ケーブルの周囲のケーブルについても、同様に、可能な限り耐火能力を有する耐火テープを当該ケーブルに敷設して火災の影響を軽減する。当該耐火テープについても、30 分の耐火能力を有するものを使用する。

## ② 火災の早期感知

中央制御室には、固有の信号を発する異なる感知方式の火災感知器として、煙感知器と熱感知器を設置する。

常駐する運転員による火災の早期感知に努めるとともに、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る系列の異なる火災防護対象ケーブルを接続する制御盤等は、早期に火災を感知し、火災の影響を軽減するため、盤に煙感知器を設置する。当該煙感知器の警報設定値は、中央制御室に設置する煙感知器よりも早期に火災を感知できるように設定する（中央制御室に設置する煙感知器の警報設定値の 1/2 以下となるように設定）。中央制御室の盤に対する煙感知器の設置イメージを第 2.1 図に示す。

## ③ 火災の早期消火

中央制御室内には、可搬式消火器として、ABC 消火器に加えて、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る系列の異なる火災防護対象ケーブルを接続する制御盤等の電気機器を設置することから、当該電気機器へ悪影響を与えない二酸化炭素消火器を設置する。

常駐する運転員は、上述の煙感知器や熱感知器等により火災を感知した場合、火災の影響を軽

減するため、1～2本\*1の二酸化炭素消火器による消火を行う。当該消火活動の際には、二酸化炭素が局所的に滞留することによる人体への影響を考慮して、中央制御室に設置する二酸化炭素濃度計を携帯する。

二酸化炭素消火器を使用した後も火災が継続していると判断した場合は、ABC消火器を使用して消火を行う。

常駐する運転員による火災の早期感知及び消火を図るために、消火活動の手順を定めて、定期的に訓練を実施する。

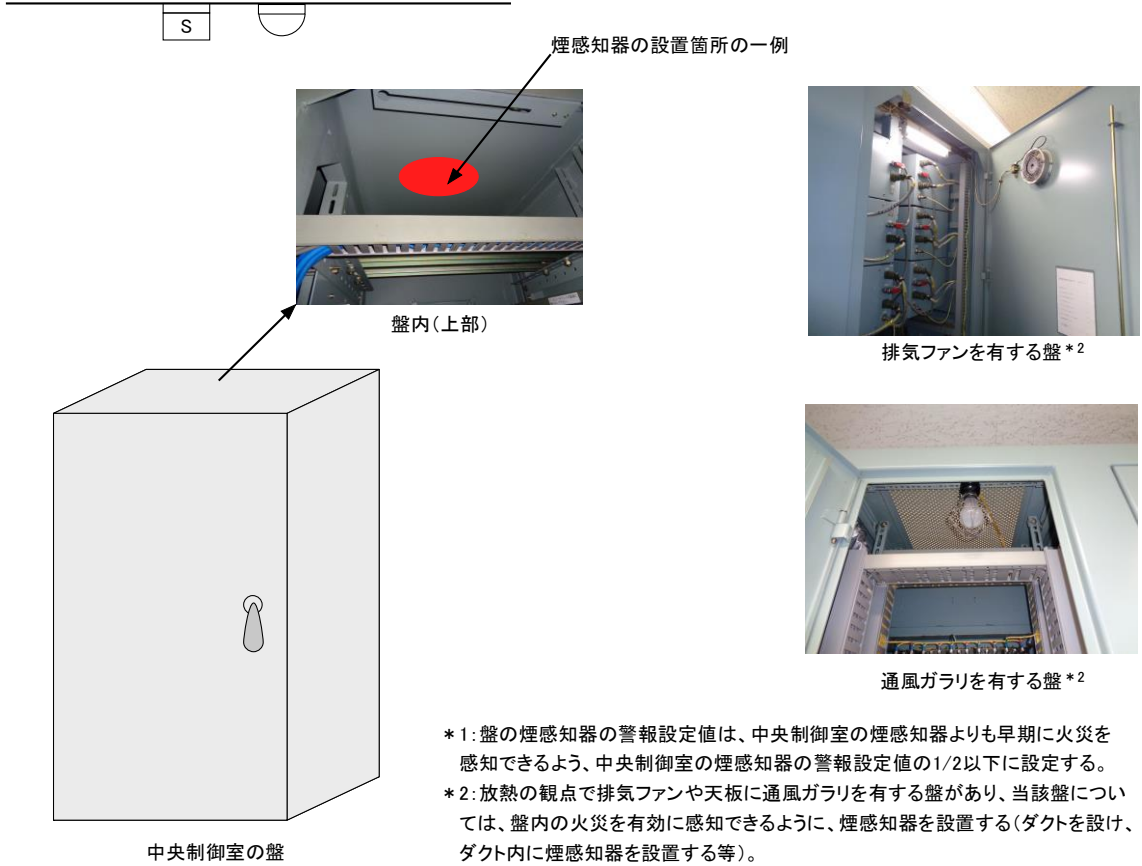
また、中央制御室には、煙の充満により消火活動に支障を来さないように、排煙設備を設置する。

\*1： 二酸化炭素消火器の使用に係る人体への影響について、二酸化炭素消火器の安全データシート（SDS）<sup>[1]</sup>によれば、長期安全限界の濃度が0.5%で、作業性及び基礎的生理機能に影響を及ぼさずに長時間に亘って耐えることができるが、カルシウム・リン代謝に影響が出る場合がある濃度が1.5%と示されている。中央制御室において、一般的な10型の二酸化炭素消火器を2本使用した場合の二酸化炭素濃度は0.5%程度となる。

ここでは、中央制御室で火災が発生した場合、他の火災区画の空調換気設備の貫通部に設置する防火ダンパが作動することを考慮して、中央制御室内の空調換気設備による影響緩和及び中央制御室の排煙設備には期待しないものとした。

[1]： 二酸化炭素消火器の SDS の一例：[https://www.moritamiyata.com/search/pdf/C02\\_sds-1603.pdf](https://www.moritamiyata.com/search/pdf/C02_sds-1603.pdf)

中央制御室に設置する煙感知器 \* 1 及び熱感知器



第 2.1 図 中央制御室の盤に対する煙感知器の設置イメージ

個別の火災区域又は火災区画における留意事項について
---------------------------

原子炉建物、原子炉附属建物及び主冷却機建物の火災区域又は火災区画において、火災防護基準の「3. 個別の火災区域又は火災区画における留意事項」に示される「(1) ケーブル処理室」、「(2) 電気室」、「(3) 蓄電池室」、「(4) ポンプ室」、「(5) 中央制御室」、「(6) 使用済燃料貯蔵設備、新燃料貯蔵設備」、「(7) 放射性廃棄物処理設備及び放射性廃棄物貯蔵設備」に対する要求事項への対応について、第1表に示す。

第1表 個別の火災区域又は火災区画における留意事項への対応 (1/4)

火災防護基準の要求事項	対応
<p>(1) ケーブル処理室</p> <p>① 消防隊員のアクセスのために、少なくとも二箇所の入口を設けること。</p> <p>② ケーブルトレイ間は、少なくとも幅0.9m、高さ1.5m分離すること。</p>	<p>ケーブル処理室には、原子炉附属建物中2階のケーブル室 (AB-605) が該当する。ケーブル室は、1箇所の入口を設置する設計とするとともに、ケーブルトレイ間は、幅0.9m、高さ1.5m未満の分離となる設計とするが、ケーブル室内に消防隊員が入室しなくとも消火が可能となるよう、自動起動の固定式消火設備 (ハロン消火設備) を設置する。</p> <p>また、ケーブルトレイ間は、幅0.9m、高さ1.5m未満の分離となる設計とするが、耐火能力を有する隔壁 (耐火シートや耐火テープ) で分離する設計とするとともに、煙感知器と熱感知器の2種類に加えて、ケーブルの火災を早期に検知し、火災の影響を軽減できるよう、検知装置として光ファイバ温度センサを設置し、光ファイバ温度センサが作動し、中央制御室に警報が発せられた場合、運転員等は、現場で火災を認知した後、現場 (火災範囲外) において、固定式消火設備 (ハロン消火設備) を手動で起動するものとし、早期に消火を開始できるものとする。火災の影響を軽減する。</p>
<p>(2) 電気室</p> <p>① 電気室を他の目的で使用しないこと。</p>	<p>電気室は、電源供給のみに使用する設計とする。</p>
<p>(3) 蓄電池室</p> <p>① 蓄電池室には、直流開閉装置やインバータを収容しないこと。</p> <p>② 蓄電池室の換気設備が、2%を十分下回る水素濃度に維持できるようにすること。</p> <p>③ 換気機能の喪失時には中央制御室に警報を発する設計であること。</p>	<p>蓄電池室には、直流開閉装置やインバータを設置しない設計とする。</p> <p>蓄電池室の換気設備は、一般社団法人電池工業会「蓄電池に関する設計指針 (SBA G 0603-2001)」による水素の排気に必要な換気量以上とし、蓄電池室の水素濃度が2%を十分下回るように維持できるものとする。当該換気設備が故障した場合は、中央制御室に警報を発するものとする。</p> <p>【別紙5 別添3 水素漏えいへの対策について 参照】</p>

第1表 個別の火災区域又は火災区画における留意事項への対応 (2/4)

火災防護基準の要求事項	対応
<p>(4) ポンプ室</p> <p>① 煙を排気する対策を講ずること。</p>	<p>火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器のうち、ポンプの設置場所は、体積が大きい等、火災時に煙の充満により消火活動が困難となるおそれは小さい。当該ポンプの設置場所は、1次主循環ポンプポニーモータ等について格納容器（床上）、非常用ディーゼル発電機用揚水ポンプについて主冷却機建物地下2階となる。</p> <p>格納容器（床上）については、約13,000m<sup>3</sup>（床面積：約600m<sup>2</sup>、高さ：約26m）の体積を有しており、主冷却機建物地下2階については、約700m<sup>3</sup>（床面積：約130m<sup>2</sup>、高さ：約6m）、約1,800m<sup>3</sup>（床面積：約300m<sup>2</sup>、高さ：約6m）の体積を有しており、火災発生時の煙の充満により消火が困難となるおそれは小さい。ただし、当該ポンプ室における消火に当たっては、空気呼吸器等を装備するものとし、運転員等の安全には十分留意する。また、可搬型の排煙装置を準備し、必要な場合には、扉の開放や当該装置により換気し、呼吸具の装備及び酸素濃度の測定をし安全確認後に入室するものとする。</p>
<p>(5) 中央制御室等</p> <p>① 周辺の部屋との間の換気設備には、火災時に閉じる防火ダンパを設置すること。</p> <p>② カーペットを敷かないこと。ただし、防炎性を有するものはこの限りではない。なお、防炎性については、消防法施行令第4条の3によること。</p>	<p>中央制御室等（火災区画 AB-712+AB-710、711、713：中央制御室空調再循環運転時に閉回路を構成する範囲）と他の火災区画の空調換気設備の貫通部には、防火ダンパを設置する設計とする。</p> <p>また、中央制御室等の床のカーペットは、消防法施行令第4条の3に基づく防炎性能を有するものとする。</p>



第1表 個別の火災区域又は火災区画における留意事項への対応 (3/4)

火災防護基準の要求事項	対応
<p>(6) 使用済燃料貯蔵設備、新燃料貯蔵設備</p> <p>① 消火中に臨界が生じないように、臨界防止を考慮した対策を講ずること。</p>	<p>原子炉附属建物において、使用済燃料貯蔵設備の貯蔵ラックは、水冷却池において、水中に設置されている。貯蔵ラック内の使用済燃料等が臨界に達するおそれがないように、適切な間隔を確保するように設計する。</p> <p>なお、第一使用済燃料貯蔵建物及び第二使用済燃料貯蔵建物の水中に設置される貯蔵ラックにおいても同様に貯蔵ラック内の使用済燃料等が臨界に達するおそれがないように、適切な間隔を確保するように設計する。【国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所（南地区）高速実験炉原子炉施設（「常陽」）「第44条（燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設）」参照】</p> <p>原子炉附属建物において、新燃料貯蔵設備では、床面で吊り下げられた収納管に新燃料等を収納する。新燃料等が臨界に達するおそれがないように、当該収納管を適切な間隔を有するように配列した設計とするとともに、新燃料を貯蔵能力最大に収容した状態で万一当該設備が水で満たされるという厳しい状態を仮定しても、実効増倍率は0.95以下に保つことができるものとする。</p> <p>なお、第一使用済燃料貯蔵建物の新燃料貯蔵設備においても同様に新燃料等が臨界に達するおそれがないように、新燃料等を収納する収納管を適切な間隔を有するように配列した設計とするとともに、新燃料を貯蔵能力最大に収容した状態で万一当該設備が水で満たされるという厳しい状態を仮定しても、実効増倍率は0.95以下に保つことができるものとする。【国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所（南地区）高速実験炉原子炉施設（「常陽」）「第44条（燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設）」参照】</p>

第1表 個別の火災区域又は火災区画における留意事項への対応 (4/4)

火災防護基準の要求事項	対応
<p>(7) 放射性廃棄物処理設備及び放射性廃棄物貯蔵設備</p> <p>① 換気設備は、他の火災区域や環境への放射性物質の放出を防ぐために、隔離できる設計であること。</p> <p>② 放水した消火水の溜り水は汚染のおそれがあるため、液体放射性廃棄物処理設備に回収できる設計であること。</p> <p>③ 放射性物質を含んだ使用済イオン交換樹脂、チャコールフィルタ及びHEPAフィルタなどは、密閉した金属製のタンク又は容器内に貯蔵すること。</p> <p>④ 放射性物質の崩壊熱による火災の発生を考慮した対策を講ずること。</p>	<p>原子炉附属建物において、廃ガス処理室、廃液タンク室、アルコール廃液タンク室の火災区画に関連する空調換気設備は、当該火災区画の空気を排気ラインに設けたフィルタを介して、主排気筒に導入し、外部に放出するものとし、環境への放射性物質の放出を防ぐことができる設計とする。また、当該空調換気設備は、空調換気設備を停止し、ダンパを閉止して隔離できるものとする。</p> <p>なお、上記火災区画は、水を用いた消火設備を設置しない原子炉附属建物内にあることから、水による消火活動を実施しない。</p> <p>気体廃棄物処理設備、液体廃棄物処理設備、固体廃棄物処理設備は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成されるため、火災によって機能が影響を受けることはない。</p> <p>使用済イオン交換樹脂は、ステンレス鋼製容器に、チャコールフィルタ及びHEPAフィルタは、金属製容器又は金属製保管庫に貯蔵する。【国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所(南地区)高速実験炉原子炉施設(「常陽」)「第23条(保管廃棄施設)」別紙3:放射性固体廃棄物の貯蔵方法参照】</p> <p>放射性廃棄物処理設備及び放射性廃棄物貯蔵設備においては、冷却が必要な崩壊熱が発生し、火災事象に至るような放射性廃棄物を貯蔵しない。金属ナトリウムが付着している、若しくは付着しているおそれのある固体廃棄物については、メンテナンス建物に設けた脱金属ナトリウム設備により、固体廃棄物を直接洗浄するか、又は除去用の治具類(スクレーパー、ヘラ等)を用いて、金属ナトリウムを除去する。除去した金属ナトリウムは、脱金属ナトリウム設備により安定化するものとし、また、金属ナトリウムが付着している治具類についても同様に安定化し、貯蔵中の火災の発生を防止する。</p> <p>【国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所(南地区)高速実験炉原子炉施設(「常陽」)「第23条(保管廃棄施設)」参照】</p>

## 一般火災の影響評価について

## 1. 概要

一般火災に対する影響評価の方法及び評価結果について示す。

## 2. 基本的な考え方

設計基準において想定される火災（ナトリウム燃焼に伴う一般火災の重畳を含む。）に対して、「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」を参考に、原子炉の安全停止が達成できることを以下により評価する。

- ・ 火災区画内における火災源の火災荷重及び燃焼率から、当該火災区画内（火災の発生を想定する火災区画を「当該火災区画」という。以下同じ。）の火災の等価時間を算出する。
- ・ 火災区画内で想定される一般火災に対して、当該火災区画に設置する火災感知設備の種類及び消火設備を確認し、一般火災の感知及び消火の方法が適切であること、並びに隣接する火災区画（当該火災区画に隣接する火災区画を「隣接火災区画」という。以下同じ。）への火災の伝播を評価する。
- ・ 設計基準において想定される一般火災により火災防護基準の火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等（以下「火災防護対象機器等」という。）への影響を確認する。
- ・ 同一火災区画内に系列の異なる火災防護対象機器等を設置する場合は、ZOI（Zone of Influence：火災影響範囲）の評価に依らず、機能を喪失すると仮定して、防護対策を講じるものとする。

## ① 想定火災に対する考え方

一般火災の影響評価における想定火災の考え方は以下のとおりとする。

- ・ 火災区画において、最も過酷な単一の火災を想定する。ただし、同一の火災区画内に系列の異なる火災防護対象機器等を設置する場合、火災の拡大の想定は、当該火災防護対象機器等に対する火災の影響軽減の対策を考慮する。
- ・ 米国の火災確率論的リスク評価ガイド NUREG/CR-6850 6-17 を参考に、確実に扉で閉じられた 440V 以下の低圧回路のみを収納する電気盤から火災は発生しないものとする。ただし、当該電気盤は、火災荷重を評価するに当たって、可燃性物質とする。
- ・ ケーブルの火災は、気中遮断器、真空遮断器により配線された動力ケーブルについて想定する。それ以外の低圧回路（440V 以下）については、配線用遮断器の物理現象により、ケーブルの定格電流値以下で保護動作するため、火災は発生しないものとする。
- ・ 動力ケーブルは、最も太い 1 本が燃焼するものとする。
- ・ 難燃ケーブルは、燃焼する長さを 1.8m 以内\*1 とする。
- ・ 電線管内のケーブルは、酸素の供給が不十分で継続的な燃焼となるおそれが小さいことから除外する。

- ・ 潤滑油は、NUREG/CR-6850 を参考に、内包する油量の 10%が漏えいし、燃焼するものとする。
  - ・ 可燃性物質のうち、表示板、パッキン、塗料及び計器内の可燃性物質、工具棚、本設機器付属品（弁のキャップ）等は、発火の可能性が低いこと、可燃性物質の量としては少量であり、油等を加えた総発熱量に対してその影響が小さいことから除外する。
  - ・ 可燃性物質のうち、仮置き品は、一時的な持ち込みであること、持ち込み可燃性物質管理にて管理するものであることから除外する。
  - ・ 可燃性物質のうち、建設省告示第 1360 号（防火設備の構造方法を定める件）に定められた構造方法に基づく防火性能を有する鋼製のキャビネット（20 分の耐火性能を有するもの）に収納するものは、それ以外の可燃性物質による火災の等価時間が 20 分を超えない場合は、燃焼しないものとする。
  - ・ ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画にあつては、ナトリウム燃焼に伴う一般火災の重畳を考慮し、ナトリウム燃焼に伴い延焼するおそれがある可燃性物質が同時に燃焼するものとする。火災区画内でのナトリウム燃焼量は、想定されるナトリウム漏えい量に対して、漏えいしたナトリウムが鋼製の床ライナ又は受樋を介してナトリウム溜に導かれること、ナトリウム燃焼に伴い火災区画内の酸素濃度が低下してナトリウム燃焼が抑制されることを考慮する。
- \*1：難燃ケーブルは、延焼性について、米国電気電子工学会（IEEE）規格 383 等による垂直トレイ燃焼試験を満たすものとしており、当該試験の判定基準（最大損傷長が 1,800mm であること。）を考慮して設定

## ② 火災の等価時間の算出

火災区画内における火災の等価時間は以下により算出する。

$$\begin{aligned} \text{火災の等価時間 (h)} &= \text{火災荷重} / \text{燃焼率}^{*3} \\ \text{火災荷重 (kJ/m}^2\text{)} &= \text{発熱量}^{*3} / \text{火災区画の床面積} \\ \text{発熱量 (kJ)} &= \text{火災区画内の総発熱量} \\ &= \text{可燃性物質の量} \times \text{熱含有量} \end{aligned}$$

燃焼率\*1： 単位時間単位面積当たりの発熱量 (908,095kJ/m<sup>2</sup>/h)

可燃性物質の量： 火災区画内の各種可燃性物質の量 (kg 又は L)

熱含有量\*2： 可燃性物質の種類ごとの単位当たりの熱量 (kJ/kg 又は kJ/L)

\*1：「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」に記載されている値を使用

\*2：評価に使用する主な可燃性物質の熱含有量を以下に示す（「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド【a】」、「エネルギー源別標準発熱量・炭素排出係数【b】」、「NFPA FIRE PROTECTION HAND BOOK 【c】」に記載されている値を使用）

<各可燃性物質の熱含有量の一例>

- ・ ケーブル : 25,568kJ/kg (【a】)
- ・ 潤滑油 : 43,171kJ/L (【a】)

- ・燃料油 : 38,900kJ/L (【b】)
- ・その他の可燃性物質 : 47,700kJ/kg (【c】)

\*3: ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画において、ナトリウム燃焼と一般火災の重畳を考慮する場合、当該火災区画におけるナトリウム燃焼量は、緊急ドレンや床ライナ又は受樋に漏えいしたナトリウムがナトリウム溜へ貯留されること等を考慮したナトリウム燃焼の影響評価結果から設定する。また、耐火壁等の耐火能力を評価する観点で、ナトリウム燃焼量から等価時間を算出するに当たっては、ナトリウム燃焼の特徴（ナトリウムは、沸点が高く、蒸発熱が大きく、燃焼率が小さい等の特徴を有し、例えば、同じ環境条件下において、燃焼ナトリウムの表面から1mの高さでの温度は、100℃以下であり、一方、ガソリン火災の場合、表面から2mの高さでの時間平均温度は、600℃以上となる<sup>[1]</sup>。）を考慮して、燃料油等の火災に適用する原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」に記載されている値を使用する。

#### 参考文献

- [1] Waltar, Alan E. / Todd, Donald R. / Tsvetkov, Pavel V. (編著) 高木 直行 (監訳) “高速スペクトル原子炉” イーアールシー出版, 2016年11月

### 3. 影響評価の手順

一般火災の影響評価は、以下の手順で行う。

(1) 当該火災区画の説明

当該火災区画が存在する建物名、火災区域・火災区画名、床面積を示す。

(2) 当該火災区画の火災の想定

当該火災区画内にある火災防護対象機器等を示すとともに、想定される火災を示す。

(3) 当該火災区画にある火災源

(2)において想定される火災について、当該火災区画内で燃焼する火災源の機器、数量、発熱量、火災荷重及び火災の等価時間を示す。

想定火災については、当該火災区画内の火災源による火災が拡大し、当該火災区画内の全ての火災防護対象機器等の機能を喪失することを基本とする。ただし、同一の火災区画内に系列の異なる火災防護対象機器等を設置する場合、火災の拡大の想定と当該火災防護対象機器等の機能喪失に関する判定には、当該火災防護対象機器等に対する火災の影響軽減の対策を考慮する。

(4) 当該火災区画の火災感知設備及び消火設備

当該火災区画に設置する火災感知器の種類、消火設備を示す。

(5) 隣接火災区画への火災伝播に係る評価

火災防護対象機器等を設置する隣接火災区画への火災の伝播を評価する。

なお、隣接火災区画から更に別の隣接火災区画への火災の伝播については考慮しないものとする。

(6) 想定される火災により影響を受ける火災防護対象機器等

(2) において想定される火災について、影響を受ける火災防護対象機器等を示す。

(7) 一般火災の影響評価

火災が発生したとしても、系列の異なる火災防護対象機器等が同時に機能を喪失することがなく原子炉の安全停止が達成できることを確認する。

4. 評価結果

一般火災の影響評価結果の代表例を添付 1 に示す。

## 一般火災の影響評価の代表例

一般火災の影響評価の代表例として、以下の火災区画を選定した（【】内：火災区画番号）。以下の火災区画の位置等を第 1 図に示す。

- ・ 火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等（以下「火災防護対象機器等」という。）を設置する火災区画のうち、多量の燃料油を保持しており、また、隣接火災区画に系列の異なる火災防護対象機器等を設置することから、隣接火災区画への影響を評価する観点で、「ディーゼル発電機油タンク室（No. 2）【SB-128】」を選定
- ・ 系列の異なる火災防護対象機器等を同一の火災区画内に設置する場合の影響を評価する観点で「空調換気室【SB-102】」を選定
- ・ ナトリウム燃焼による一般火災の重畳の影響を評価する観点で、ナトリウム燃焼量が多く、かつ、隣接火災区画に漏えいの発生した系統と異なる系統の機器等及び火災防護対象機器等を設置する主冷却機建物の「2次系配管室（B）等【SB-305】」を選定
- ・ 当該火災区画に火災防護対象機器等を設置していない火災区画における隣接火災区画への影響を評価する観点で、主冷却機建物の「機器搬入エリア【SB-129】」を選定

なお、火災区画内の火災源（可燃性物質の量等）については、現時点で想定している値を使用したものであり、今後、詳細設計において変更が生じる場合がある。当該情報は、設工認申請時に決定する。

・火災区域及び火災区画の境界の凡例

	: 火災区域の境界
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策をそれぞれ考慮する原子炉の安全停止に係る機器等を有する火災区画)
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策の組合せを考慮する機器等を有する火災区画)
	: 火災区画の境界(一般火災に対して、消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画)
	: ナトリウムを内包する機器を有するエリア(当該火災区画は、ナトリウム燃焼に対する三方策のそれぞれを講じる。)
	: コンクリート壁

火災区域番号: S-XXX

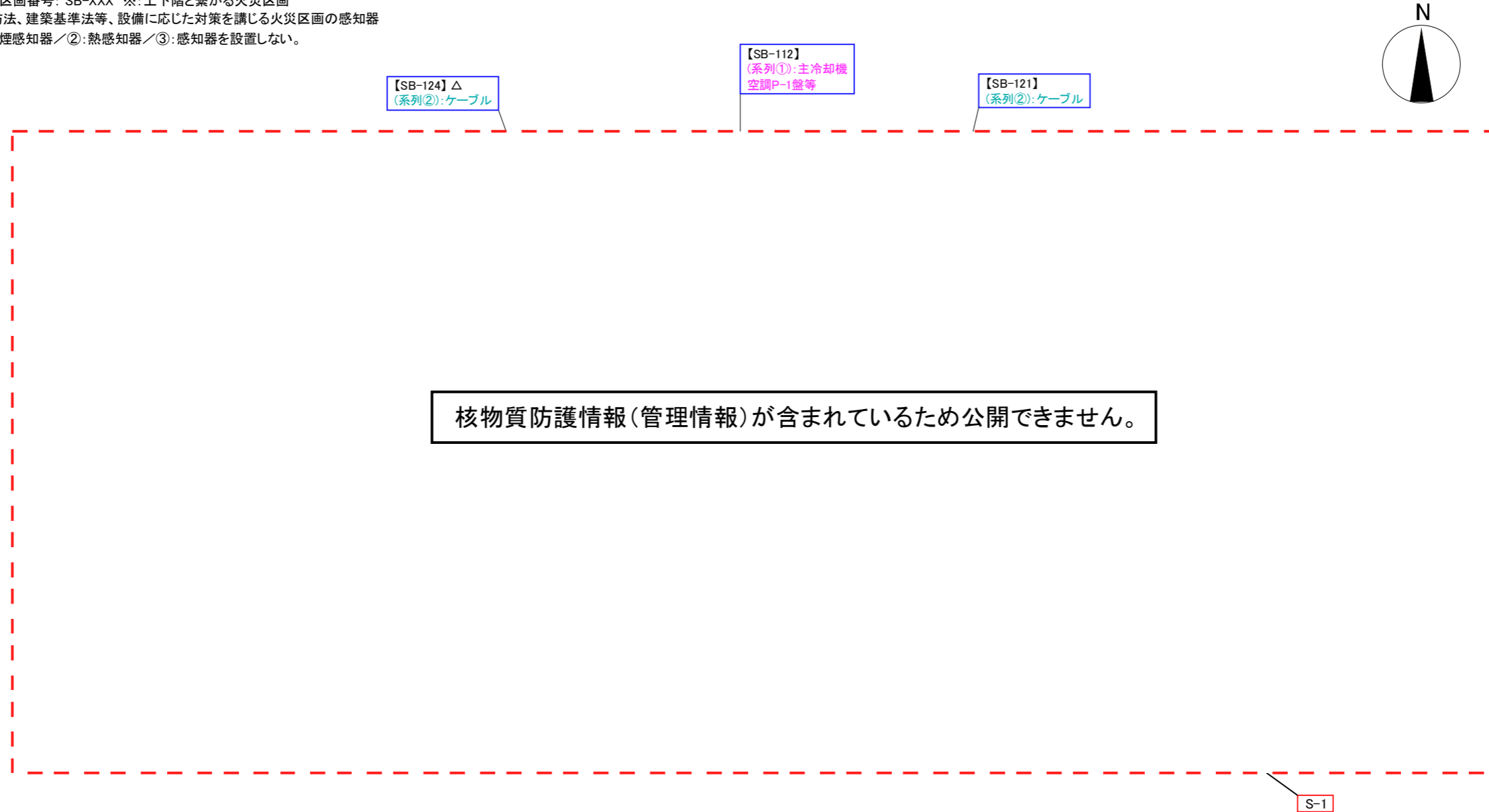
火災区画番号: SB-XXX ※: 上下階と繋がる火災区画

・消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画の感知器

①: 煙感知器/②: 熱感知器/③: 感知器を設置しない。

ケーブルの凡例

	: 系列①の機器に関連するケーブル		下階へ 上階へ
	: 系列②の機器に関連するケーブル		



○: 燃料油を内包する機器を有する火災区画  
 △: 潤滑油を内包する機器を有する火災区画

主冷却機建物地下2階

第1図 主冷却機建物における火災区域及び火災区画 (1/2)



・火災区域及び火災区画の境界の凡例

- : 火災区域の境界
- : 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策をそれぞれ考慮する原子炉の安全停止に係る機器等を有する火災区画)
- - - : 火災区画の境界(一般火災に対して、火災防護基準の三方策の組合せを考慮する機器等を有する火災区画)
- : 火災区画の境界(一般火災に対して、消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画)
- : ナトリウムを内包する機器を有するエリア(当該火災区画は、ナトリウム燃焼に対する三方策のそれぞれを講じる。)
- : コンクリート壁

火災区域番号: S-XXX

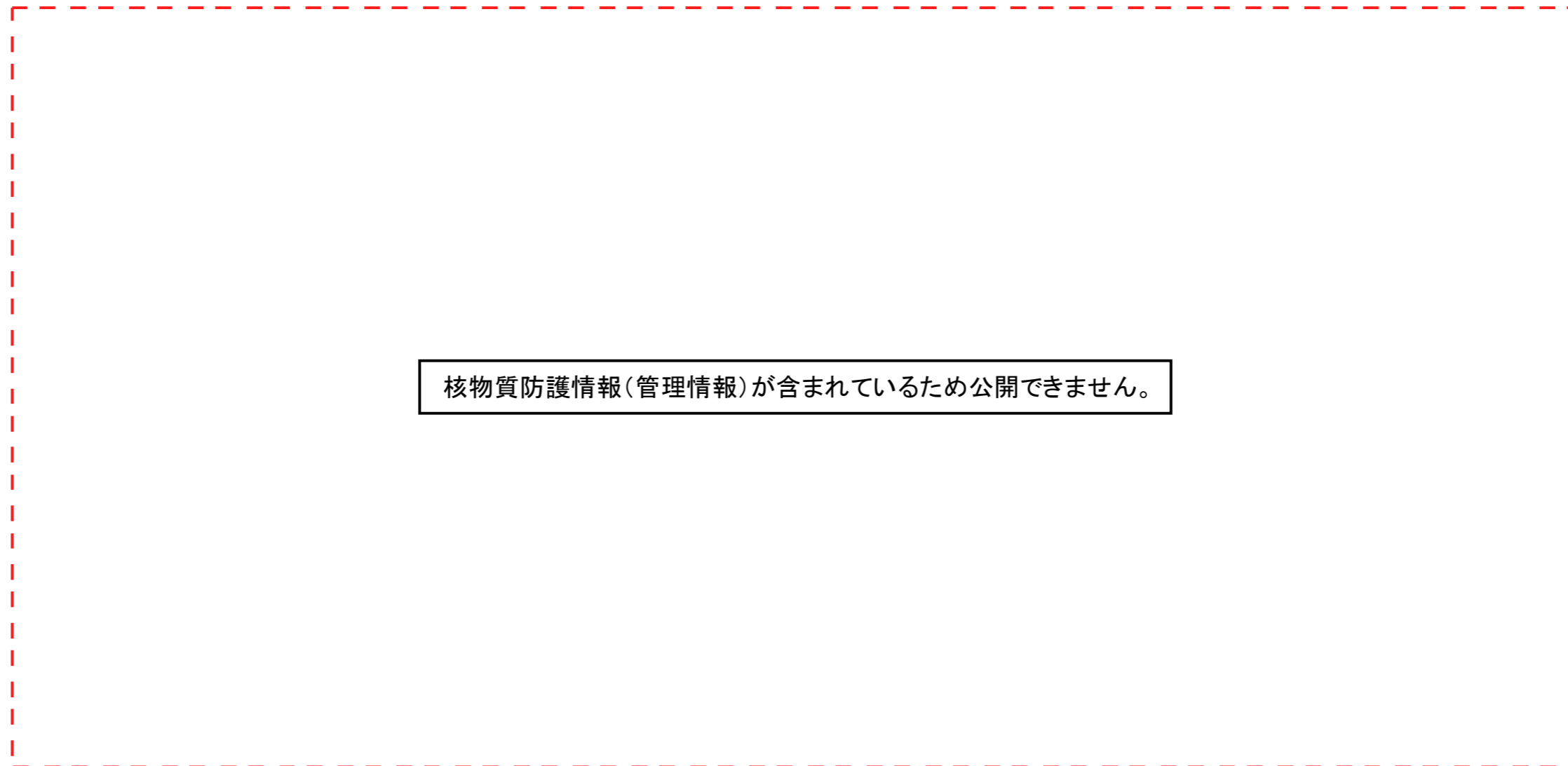
火災区画番号: SB-XXX ※: 上下階と繋がる火災区画

・消防法、建築基準法等、設備に応じた対策を講じる火災区画の感知器

①: 煙感知器 / ②: 熱感知器 / ③: 感知器を設置しない。

ケーブルの凡例

- : 系列①の機器に関連するケーブル
  - : 系列②の機器に関連するケーブル
- 下階へ    上階へ



- : 燃料油を内包する機器を有する火災区画
- △: 潤滑油を内包する機器を有する火災区画

主冷却機建物地下中1階

第1図 主冷却機建物における火災区域及び火災区画 (2/2)

【SB-128】：ディーゼル発電機油タンク室 (No. 2)

(1) 当該火災区画の説明

建物名称 : 主冷却機建物  
 火災区域番号 : S-1  
 火災区画番号 : SB-128  
 床面積 (m<sup>2</sup>) : 27

(2) 当該火災区画の火災の想定

① 当該火災区画内の火災防護対象機器等

当該火災区画に設置する火災防護対象機器等を以下に示す (【】内：機器番号／系列)。

- ・ 2号ディーゼル発電機燃料主貯油槽【TK53-1B／系列②】

② 想定火災

想定火災 1

2号ディーゼル発電機燃料主貯油槽について、漏えいした燃料油を火災源とした火災を想定する。

(3) 当該火災区画にある火災源

当該火災区画内の火災源及び可燃性物質の量等を以下に示す。

想定火災 1

火災源	機器数
2号ディーゼル発電機燃料主貯油槽 (燃料油)	1

可燃性物質	可燃性物質質量 (L)	発熱量 (kJ)	火災荷重 (kJ/m <sup>2</sup> )	等価時間 (min)
燃料油 (重油)	6,000	2,334,000,000		
合計		2,334,000,000	86,444,444	5,800

(4) 当該火災区画の火災感知設備及び消火設備

当該火災区画の火災感知器及び消火設備を以下に示す。

火災感知設備	主要な消火設備	消火方法	消火設備のバックアップ
防爆型の非アナログ式の煙感知器／防爆型の非アナログ式の熱感知器*1	固定式消火設備（ハロン消火設備）*2	手動起動*3	可搬式消火器（ABC消火器）

\*1：防爆エリアに該当し、万一の爆発を考慮し、防爆型の火災感知器を設置

\*2：火災時に煙の充満により消火活動が困難となるおそれがあることから、固定式消火設備（ハロン消火設備）を設置

\*3：中央制御室から固定式消火設備（ハロン消火設備）の起動装置の設置場所へ20分未満でアクセスすることができるため、当該消火設備は手動により起動

(5) 隣接火災区画への火災伝播に係る評価

当該火災区画に設置する火災防護対象機器等と系列の異なる系列①の火災防護対象機器等を設置する隣接火災区画は、以下に示すとおり、伝播経路の耐火時間を3時間以上とすることから、火災が伝播するおそれはない。

隣接火災区画*1	伝播経路	伝播経路の耐火時間(h)	当該火災区画の等価時間(h)	当該火災区画の消火方法	隣接火災区画の消火方法	伝播の可能性 ○：なし ×：あり
SB-126 (東側)	耐火壁	3時間以上*2	97	ハロン消火設備 (手動)	消火器 (ABC)	○
	耐火扉	3時間以上*3			ハロン消火設備 (手動)	○
SB-127 (南側)	耐火壁	3時間以上*2			○	

\*1：当該火災区画と系列の異なる系列①の火災防護対象機器等を設置する隣接火災区画

\*2：コンクリート壁（厚さ：150mm以上）

\*3：3時間以上の耐火能力を有するよう、耐火扉に耐火シートを敷設

(6) 想定される火災により影響を受ける火災防護対象機器等

想定火災 1

想定火災 1 により影響を受ける火災防護対象機器等を以下に示す。

機器名称（【】内：系列）	機種	機器番号
2号ディーゼル発電機燃料主貯油槽【系列②】	容器	TK53-1A

(7) 一般火災の影響評価

想定火災 1

2号ディーゼル発電機燃料主貯油槽について、漏えいした燃料油を火災源とした火災を想定した場合、系列②の火災防護対象機器等の機能を喪失する。

隣接火災区画は、(5) に示すとおり、火災が伝播するおそれはない。

したがって、当該火災区画において火災が発生した場合にあっても、原子炉の安全停止を達成できる。

【SB-102】：空調換気室

(1) 当該火災区画の説明

建物名称 : 主冷却機建物  
 火災区域番号 : S-1  
 火災区画番号 : SB-102  
 床面積 (m<sup>2</sup>) : 300

(2) 当該火災区画の火災の想定

① 当該火災区画内の火災防護対象機器等

当該火災区画に設置する火災防護対象機器等を以下に示す (【】内：機器番号／系列)。

- ・ 非常用電源設備に係るケーブル【系列①】
- ・ ディーゼル系揚水ポンプ B【P76-1B／系列②】

② 想定火災

想定火災 1

換気系送風機用の潤滑油について、漏えいした潤滑油を火災源とした火災又は系列①の非常用電源設備に係るケーブルを除くケーブルを火災源とした火災を想定する。

想定火災 2

系列①の非常用ディーゼル電源設備に係るケーブルを火災源とした火災を想定する。

(3) 当該火災区画にある火災源

当該火災区画内の火災源及び可燃性物質の量等を以下に示す。

想定火災 1

火災源	機器数
換気系送風機 (潤滑油)	1 台
系列①の非常用電源設備に係るケーブルを除くケーブル	

可燃性物質	可燃性物質質量 (kg 又は L)	発熱量 (kJ)	火災荷重 (kJ/m <sup>2</sup> )	等価時間 (min)
燃料油 (潤滑油)	0.1 L	4,317		
ケーブル	66 kg	1,687,488		
合計		1,691,805	5,639	0.38

想定火災 2

火災源	機器数
非常用電源設備に係るケーブル（系列①）	

可燃性物質	可燃性物質量 (kg)	発熱量 (kJ)	火災荷重 (kJ/m <sup>2</sup> )	等価時間 (min)
ケーブル	4.5	115,056		
合計		115,056	384	0.025

(4) 当該火災区画の火災感知設備及び消火設備

当該火災区画の火災感知器及び消火設備を以下に示す。

火災感知設備	主要な消火設備	消火方法	消火設備のバックアップ
アナログ式の煙感知器／ アナログ式の熱感知器	可搬式消火器 (ABC消火器) *1	手動	

\*1：火災時に煙の充満により消火活動が困難となるおそれがないことから、可搬式消火器（ABC消火器）により消火

(5) 隣接火災区画への火災伝播に係る評価

火災防護対象機器等を設置する隣接火災区画は、以下に示すとおり、伝播経路の耐火時間が当該火災区画の等価時間を超えないため、火災が伝播するおそれはない。

隣接火災区画	伝播経路	伝播経路の耐火時間 (h)	当該火災区画の等価時間 (h)	当該火災区画の消火方法	隣接火災区画の消火方法	伝播の可能性 ○：なし ×：あり
SB-106*1 (西側)	耐火壁	3時間以上*3	6.4×10 <sup>-3</sup>	消火器 (ABC)	消火器 (ABC)	○
	耐火扉	1時間			消火器 (ABC)	○
SB-121*2 (西側)	耐火壁	3時間以上*3			消火器 (ABC)	○
	SB-101*1 (南側)	耐火壁			3時間以上*3	消火器 (ABC)
耐火扉		1時間			消火器 (ABC)	○
SB-201*1 (上側)	耐火壁	3時間以上*3			ハロン消火設備 (手動)	○

\*1：系列①の火災防護対象機器等を設置

\*2：系列②の火災防護対象機器等を設置

\*3：コンクリート壁（厚さ：150mm以上）

(6) 想定される火災により影響を受ける火災防護対象機器等

想定火災 1

想定火災 1 により影響を受ける火災防護対象機器等を以下に示す。

機器名称 (【】内：系列)	機種	機器番号
ディーゼル系揚水ポンプ B 【系列②】	ポンプ	P76-1B

想定火災 2

想定火災 2 により影響を受ける火災防護対象機器等を以下に示す。

機器名称 (【】内：系列)	機種	機器番号
非常用電源設備に係るケーブル 【系列①】	ケーブル	

(7) 一般火災の影響評価

想定火災 1

換気系送風機用の潤滑油について、漏えいした潤滑油を火災源とした火災又は非常用電源設備に係るケーブル (系列①) を除くケーブルを火災源とした火災を想定した場合、系列②の火災防護対象機器等の機能を喪失する。

当該火災区画内には、系列①の火災防護対象機器等として、非常用電源設備に係るケーブルを設置している。当該ケーブルについては、1 時間の耐火能力を有する隔壁 (電線管+1 時間耐火シート) で分離する設計とすることから、想定火災 1 に対して当該ケーブルが機能を喪失することはない。

隣接火災区画は、(5) に示すとおり、火災が伝播するおそれはない。

想定火災 2

系列①の非常用ディーゼル電源設備に係るケーブルを火災源とした火災を想定した場合、系列①の火災防護対象機器等の機能を喪失する。

当該火災区画内には、系列②の火災防護対象機器等を設置している。系列①の非常用ディーゼル電源設備に係るケーブルについては、1 時間の耐火能力を有する隔壁により、系列②の火災防護対象機器等と分離していることから、想定火災 2 に対して、系列②の火災防護対象機器等が機能を喪失することはない。

隣接火災区画は、(5) に示すとおり、火災が伝播するおそれはない。

以上より、当該火災区画において火災が発生した場合にあっても、原子炉の安全停止を達成できる。

【SB-305】：2次系配管室（B）等

(1) 当該火災区画の説明

建物名称 : 主冷却機建物  
 火災区域番号 : S-1  
 火災区画番号 : SB-305  
 床面積 (m<sup>2</sup>) : 120

(2) 当該火災区画の火災の想定

① 当該火災区画内の火災防護対象機器等

当該火災区画には、火災防護対象機器等を設置していない。

② 想定火災

想定火災 1

配管支持装置の潤滑油について、漏えいした潤滑油を火災源とした火災又はケーブルを火災源とした火災を想定する。

想定火災 2

当該火災区画は、2次主冷却系（B ループ）に関連するナトリウムを内包する配管又は機器を設置するため、当該配管又は機器が破損し生じたナトリウム燃焼を起因とした一般火災の重量を想定する。

なお、2次主冷却系（B ループ）の配管等が破損した場合、当該系統の冷却材は、2次冷却材ダンプタンクへ緊急ドレンするため、原子炉の安全停止は、異なる火災区画にある2次主冷却系（A ループ）により行う。

(3) 当該火災区画にある火災源

当該火災区画内の火災源及び可燃性物質の量等を以下に示す。

想定火災 1

火災源	機器数
配管支持装置（潤滑油）	2
ケーブル	

可燃性物質	可燃性物質質量 (kg 又は L)	発熱量 (kJ)	火災荷重 (kJ/m <sup>2</sup> )	等価時間 (min)
燃料油（潤滑油）	1.3 L	56,122		
ケーブル	85 kg	2,173,280		
合計		2,229,402	18,578	1.3



## 想定火災 2

火災源	機器数
ナトリウム	
配管支持装置（潤滑油）	2
ケーブル	

可燃性物質	可燃性物質質量 (kg 又は L)	発熱量 (kJ)	火災荷重 (kJ/m <sup>2</sup> )	等価時間 (min)
ナトリウム *1	410 kg	4,100,000		
燃料油（潤滑油）	1.3 L	56,122		
ケーブル	85 kg	2,173,280		
合計		6,329,402	121,078	8.0

\*1：2次主冷却系（B ループ）の配管について、漏えい口の大きさが  $Dt/4$ （ $D$ ：配管直径、 $t$ ：配管厚さ）の貫通クラックからの漏えいを想定した場合（別紙 4 別添 15 参照）のナトリウムの燃焼量（貫通クラックからの漏えいを想定した場合、緊急ドレンの開始までに系統外にナトリウムが漏えい（約 17,000kg）し漏えいが終息する。漏えいしたナトリウムは、床ライナを介してナトリウム溜に導かれること、ナトリウム燃焼に伴い火災区画内の酸素濃度が低下して燃焼が抑制されること等から、火災区画内でのナトリウムの燃焼量は約 410kg となる。）

なお、漏えいしたナトリウムの床ライナを介したナトリウム溜への移行の評価に当たっては、床ライナの勾配及びナトリウム溜への連通管の径を考慮している。また、室内の通気については、空調換気設備による強制換気が停止・防煙ダンパが閉止して以降、自然通気を考慮している。

### (4) 当該火災区画の火災感知設備及び消火設備

当該火災区画の火災感知器及び消火設備を以下に示す。

火災感知設備	主要な消火設備	消火方法	消火設備のバックアップ
アナログ式の煙感知器／ アナログ式の熱感知器	可搬式消火器（特殊化学消火剤を 装填した可搬式消火器）*1／可搬 式消火器（ABC 消火器）*2	手動	

\*1：ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画であるため、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器により消火

\*2：一般火災のみが発生していることが確認された場合、隣接する火災区画等に設置するABC消火器を使用

(5) 隣接火災区画への火災伝播に係る評価

火災防護対象機器等を設置する隣接火災区画及び2次主冷却系（A ループ）の機器等を設置する隣接火災区画は、以下に示すとおり、伝播経路の耐火時間が当該火災区画の等価時間を超えないため、火災が伝播するおそれはない。

隣接火災区画	伝播経路	伝播経路の耐火時間 (h)	当該火災区画の等価時間 (h)	当該火災区画の消火方法	隣接火災区画の消火方法	伝播の可能性 ○：なし ×：あり
SB-303* <sup>1</sup> (東側)	耐火壁	3 時間以上* <sup>3</sup>	0.11	消火器 (特殊化学消火剤)	消火器 (特殊化学消火剤)	○
SB-223* <sup>2</sup> (西側)	耐火壁	3 時間以上* <sup>3</sup>			消火器 (A B C)	○
SB-117* <sup>2</sup> (南側)	耐火壁	3 時間以上* <sup>3</sup>			消火器	○
	耐火扉	1 時間			(A B C)	○

\*1：2次主冷却系（A ループ）の機器等を設置

\*2：系列②の火災防護対象機器等を設置

\*3：コンクリート壁（厚さ：150mm 以上）

(6) 想定される火災により影響を受ける火災防護対象機器等

当該火災区画内には、火災防護対象機器等を設置していない。

(7) 一般火災の影響評価

想定火災 1

配管支持装置の潤滑油について、漏えいした潤滑油を火災源とした火災又はケーブルを火災源とした火災を想定した場合、当該火災区画には、火災防護対象機器等を設置していないことから、原子炉の安全停止に係る機能を喪失することはない。

隣接火災区画は、(5) に示すとおり、火災が伝播するおそれはない。

想定火災 2

2次主冷却系（B ループ）に関連するナトリウムを内包する配管又は機器が破損し生じたナトリウム燃焼と一般火災の重畳を想定した場合、2次主冷却系（B ループ）の機能を喪失するが、当該火災区画には、2次主冷却系（A ループ）に関連する機器等を設置していないことから、原子炉の安全停止に係る機能を喪失することはない。

隣接火災区画は、(5) に示すとおり、火災が伝播するおそれはない。

以上より、当該火災区画において火災が発生した場合にあっても、原子炉の安全停止を達成できる。

【SB-129】：機器搬入エリア

(1) 当該火災区画の説明

建物名称 : 主冷却機建物  
 火災区域番号 : S-1  
 火災区画番号 : SB-129  
 床面積 (m<sup>2</sup>) : 76

(2) 当該火災区画の火災の想定

① 当該火災区画内の火災防護対象機器等

当該火災区画内には、火災防護対象機器等を設置していない。

② 想定火災

想定火災 1

当該火災区画内には、発火するような火災源を設置していない。

(3) 当該火災区画にある火災源

当該火災区画内の可燃性物質の量等を以下に示す。

可燃性物質	可燃性物質質量 (kg)	発熱量 (kJ)	火災荷重 (kJ/m <sup>2</sup> )	等価時間 (min)
ケーブル	9.4	240,339		
合計		240,339	3,162	0.21

(4) 当該火災区画の火災感知設備及び消火設備

当該火災区画の火災感知器及び消火設備を以下に示す。

火災感知設備	主要な消火設備	消火方法	消火設備のバックアップ
アナログ式の煙感知器	可搬式消火器 (ABC消火器)	手動	

(5) 隣接火災区画への火災伝播に係る評価

火災防護対象機器等を設置する隣接火災区画は、以下に示すとおり、伝播経路の耐火時間が当該火災区画の等価時間を超えないため、火災が伝播するおそれはない。

隣接火災区画	伝播経路	伝播経路の耐火時間(h)	当該火災区画の等価時間(h)	当該火災区画の消火方法	隣接火災区画の消火方法	伝播の可能性 ○：なし ×：あり
SB-127* <sup>1</sup> (東側)	耐火壁	3時間以上* <sup>3</sup>	3.5×10 <sup>-3</sup>	消火器 (A B C)	ハロン消火設備 (手動)	○
SB-128* <sup>2</sup> (東側)	耐火壁	3時間以上* <sup>3</sup>			ハロン消火設備 (手動)	○
SB-125* <sup>1</sup> (南側)	耐火壁	3時間以上* <sup>3</sup>			ハロン消火設備 (手動)	○
	耐火扉	1時間				○
SB-130* <sup>2</sup> (北側)	耐火壁	3時間以上* <sup>3</sup>			ハロン消火設備 (手動)	○
	耐火扉	1時間				○
SB-221* <sup>2</sup> (上側)	耐火壁	3時間以上* <sup>3</sup>			消火器 (A B C)	○

\*1：系列①の火災防護対象機器等を設置

\*2：系列②の火災防護対象機器等を設置

\*3：コンクリート壁（厚さ：150mm以上）

(6) 想定される火災により影響を受ける火災防護対象機器等

当該火災区画内には、火災防護対象機器等を設置していない。

(7) 一般火災の影響評価

想定火災 1

当該火災区画内には、発火するような火災源を設置していないため、火災の発生する可能性は低い。万一、火災が発生したとしても、当該火災区画には、火災防護対象機器等を設置していないことから、原子炉の安全停止に係る機能を喪失することはない。

隣接火災区画は、(5) に示すとおり、火災が伝播するおそれはない。

したがって、当該火災区画において火災が発生した場合にあっても、原子炉の安全停止を達成できる。

## 添付 1 設置許可申請書における記載

### ロ. 試験研究用等原子炉施設の一般構造

#### (3) その他の主要な構造

原子炉施設は、(1) 耐震構造、(2) 耐津波構造に加え、以下の基本方針に基づき、「設置許可基準規則」に適合するように設計する。

- d. 原子炉施設は、原子炉の運転に影響を及ぼすおそれのある火災（ナトリウムが漏えいした場合に生じるナトリウムの燃焼（以下「ナトリウム燃焼」という。）を含む。以下同じ。）が発生し、当該火災の発生又はナトリウムの漏えいを確認した場合において、原子炉を停止する（手動スクラム）。

原子炉施設には、火災により原子炉施設の安全性が損なわれないようにするため、火災の発生を防止することができ、かつ、早期に火災発生を感知する設備及び消火を行う設備（以下「消火設備」という。）並びに火災の影響を軽減する機能を設ける。

原子炉施設は、設計基準において想定される火災によっても、原子炉を停止でき、放射性物質の閉じ込め機能を維持できるように、また、停止状態にある場合は、引き続きその状態を維持できるように、さらに、使用済燃料貯蔵設備の水冷却池においては、使用済燃料の冠水を確保し、冷却機能を維持できるように設計する。

火災防護対策を講じるに当たり、ナトリウム燃焼に対しては、「ナトリウム漏えいの発生防止」、「ナトリウム漏えいの検知・ナトリウム燃焼の感知及びナトリウム燃焼の消火」並びに「ナトリウム燃焼の影響軽減」の三方策のそれぞれを講じる設計とし、一般火災（ナトリウム燃焼を除く火災をいう。以下同じ）に対しては、必要に応じて、「実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（以下「火災防護基準」という。）」及び「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」を参考に「火災の発生防止」、「火災の感知及び消火」並びに「火災の影響軽減」の三方策を適切に組み合わせる設計とする。

また、消火設備は、破損、誤作動又は誤操作が起きた場合においても原子炉を安全に停止させるための機能を損なわないものとする。

#### (d-1) 火災防護対象機器

原子炉施設は、安全機能の重要度分類がクラス 1、2、3 に属する構築物、系統及び機器に対して、適切な火災防護対策を講じる設計とする。安全機能の重要度分類から以下の構築物、系統及び機器を火災防護対象機器（火災防護対象機器を駆動又は制御するケーブル（以下「火災防護対象ケーブル」という。）を含む。火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルを以下「火災防護対象機器等」という。）として選定する。

- ・ 原子炉を停止し、また、停止状態にある場合は引き続きその状態を維持するための構築物、系統及び機器（原子炉を停止し、また、停止状態にある場合は引き続きその状態を維持することを以下「原子炉の安全停止」という。）
- ・ 放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器
- ・ 使用済燃料貯蔵設備において、使用済燃料の冠水を確保し、冷却機能を維持

#### するための構築物、系統及び機器

火災防護対象機器等に対する火災防護基準による三方策の組合せは、本原子炉施設の安全上の特徴、火災防護対象機器が有する安全機能並びに火災防護対象機器等の配置、構造及び動作原理に係る以下の4つの観点を考慮することを基本とし、火災による機能への影響を判断して決定する。以下の4つの観定のいずれにも該当しない場合は、火災防護基準による三方策のそれぞれを講じることを基本とする。以下のiii)又はiv)に該当する場合は、火災防護基準による「火災の感知及び消火」を講じることを基本とし、加えて、火災による機能への影響を判断して、火災防護基準による「火災の発生防止」又は「火災の影響軽減」を講じる。以下のi)又はii)に該当する場合は、設備や環境条件に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する。

- i) 不燃性材料で構成されるため、火災によって、火災防護対象機器が有する安全機能が影響を受けない。
- ii) 環境条件から火災が発生しないため、火災によって、火災防護対象機器が有する安全機能を喪失しない。
- iii) フェイルセーフ設計のため、火災によって、火災防護対象機器が有する安全機能を喪失しない。
- iv) 代替手段により機能を達成できるため、火災防護対象機器が有する安全機能を喪失しない。

なお、火災防護基準による対策を適用しなかった安全機能の重要度分類がクラス1、2、3に属する構築物、系統及び機器は、設備や環境条件に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

#### (d-2) 火災区域及び火災区画の設定

設計基準において想定される火災から火災防護対象機器等を防護することを目的とし、火災区域及び火災区画を設定し、適切な火災防護対策を講じる設計とする。

原子炉施設の建物ごとに建物内の全体を火災区域として設定する。また、建物外に火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置する場合は、当該火災防護対象機器等を設置する区域を火災区域として設定する。

火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区域は、当該火災防護対象機器等の配置、ナトリウムを内包する配管又は機器の配置、耐火壁の配置、消火設備の配置を考慮し、火災区域を細分化した火災区画を設定する。

一般火災に対して、火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画は、火災防護基準による三方策を適切に組み合わせる設計とする。火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置しない火災区域又は火災区画は、設備や環境条件に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

ナトリウム燃焼に対して、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画は、ナトリウム燃焼に対する三方策のそれぞれを講じる設計とする。また、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画にあっては、ナトリウム燃

焼を起因に一般火災が発生するおそれがあることを考慮する。

#### (d-3) ナトリウム燃焼に対する火災防護対策

##### (d-3-1) ナトリウム漏えいの発生防止

設計基準において想定されるナトリウム燃焼により、原子炉施設の安全性が損なわれることを防止するため、ナトリウム漏えい発生防止について、以下のとおり設計する。

- ・ ナトリウムを内包する配管及び機器の設計、製作等は、関連する規格、基準に準拠するとともに、品質管理や工程管理を十分に行う。
- ・ ナトリウムを内包する配管は、エルボを引き回し、十分な撓性を備えたものとする。
- ・ ナトリウムを内包する配管及び機器は、冷却材温度による熱応力、設計地震力等に十分耐えるように設計する。

なお、ナトリウムを内包する配管及び機器は、内包するナトリウムを固化することによるナトリウム漏えい防止措置を講じるか、ナトリウムを内包する配管又は機器が破損した場合に想定される漏えい量が少ないものを除き、基準地震動による地震力に対して、ナトリウムが漏えいすることがないように設計する。このうち、2次冷却材ダンプタンクについては、2次冷却材の漏えいに伴う緊急ドレン後に長期間ナトリウムを保有するため、弾性設計用地震動による地震力に対して、おおむね弾性状態に留まる範囲で耐えるように設計する。

##### (d-3-2) ナトリウム漏えいの検知・ナトリウム燃焼の感知及びナトリウム燃焼の消火

設計基準において想定されるナトリウム燃焼により、原子炉施設の安全性が損なわれることを防止するため、早期にナトリウム漏えいの検知・ナトリウム燃焼の感知及びナトリウム燃焼の消火ができるように、以下のとおり設計する。

###### (d-3-2-1) ナトリウム漏えいの検知

ナトリウム漏えいの検知には、ナトリウム漏えい検出器を用いる設計とする。

ナトリウム漏えい検出器は、誤作動を防止するための方策を講じる設計とする。ナトリウム漏えい検出器は、外部電源喪失時に機能を喪失することがないように、非常用電源設備より電源を供給する設計とする。

ナトリウム漏えい検出器は、想定される自然現象によっても、機能、性能が維持できる設計とする。

ナトリウム漏えい検出器が作動した場合には、中央制御室に警報を発し、かつ、ナトリウムが漏えいした場所を特定できる設計とする。

###### (d-3-2-2) ナトリウム燃焼の感知

ナトリウム燃焼を早期に感知するため、当該感知については、ナトリウム漏えいの検知を起点とするものとし、ナトリウム漏えい検出器で兼用する。さらに、ナトリウム燃焼を確実に感知するため、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画には、煙感知器又は熱感知器を設置する設計とする。

###### (d-3-2-3) ナトリウム燃焼の消火

ナトリウム燃焼の消火には、特殊化学消火剤を使用する。

原子炉施設には、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器及び防護具を適切に設置する。

原子炉施設で保有する特殊化学消火剤は、十分な量を備える設計とする。

特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、想定される自然現象によっても、機能、性能が維持できる設計とする。

#### (d-3-3) ナトリウム燃焼の影響軽減

設計基準において想定されるナトリウム燃焼により、原子炉施設の安全性が損なわれることを防止するため、ナトリウム燃焼の影響軽減について、以下のとおり設計する。

- ・ ナトリウム漏えい発生時に、空気雰囲気でのナトリウム燃焼を抑制するための対策を講じる。
- ・ ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画（原子炉運転中に窒素雰囲気で維持する格納容器（床下）を除く。）は、耐火能力を有する耐火壁又は隔壁により、他の火災区画と分離する。
- ・ ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画の床面に設置する鋼製のライナは、堰を設け、漏えい拡散面積を抑制することにより、ナトリウムと空気との接触面積を低減する。
- ・ ナトリウムと湿分等の反応に伴い発生した水素が蓄積するおそれのある火災区画については、当該火災区画に窒素ガスを供給し、水素の濃度を燃焼限界濃度以下に抑制できる設計とする。
- ・ 主冷却機建物においては、漏えいしたナトリウムを鋼製の床ライナ又は受樋を介して、ナトリウム溜に導き、ナトリウム溜で漏えいしたナトリウムを保持する。
- ・ 主冷却機建物及び原子炉附属建物においては、多量のナトリウムエアロゾルの発生を想定し、ナトリウムエアロゾルの拡散を防止するため、空調換気設備を停止し、防煙ダンパを閉止できる設計とする。
- ・ 高温のナトリウムとコンクリートが直接接触することを防止するため、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画には、鋼製のライナ又は受樋を設置する。

#### (d-3-4) ナトリウム燃焼の影響評価

設計基準において想定されるナトリウム燃焼に対して、ナトリウムが漏えいした場合のナトリウムの漏えい量及び漏えいしたナトリウムの燃焼による影響を評価し、原子炉の安全停止が達成できることを確認する。ナトリウム燃焼の影響評価に当たっては、ナトリウム燃焼と一般火災の重畳を考慮する。

#### (d-4) 一般火災に対する火災防護対策

##### (d-4-1) 一般火災の発生防止

設計基準において想定される一般火災により、原子炉施設の安全性が損なわれることを防止するため、一般火災の発生防止について、以下のとおり設計する。



#### (d-4-1-1) 発火性又は引火性物質への対策

発火性又は引火性物質（液体）としては、ディーゼル発電機等の燃料油である重油、回転機器等の潤滑油、燃料交換機把持部等のナトリウムを除去する際に使用するアルコールを対象とする。

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画内における発火性又は引火性物質（液体）を内包する設備は、ベローズシール、パッキン、Oリング等を用いることによる漏えい防止対策を講じる設計とする。また、万一の漏えいに備え、発火性又は引火性物質（液体）の保有量に応じて、堰を設けて漏えい拡散面積を制限することによる拡大防止対策を講じる設計とする。

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等について、発火性又は引火性物質（液体）を内包する設備の火災により、当該火災防護対象機器等の機能を損なわないように、壁等の設置又は離隔による配置上の考慮を行う設計とする。

発火性又は引火性物質（液体）を内包する設備及び火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する建物の屋内は、空調換気設備による機械換気を、屋外については、自然換気を行う設計とする。

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画のうち、爆発性雰囲気に至るおそれのある火災区画には、防爆型の電気・計装品を使用するとともに、必要な電気設備に接地を施す設計とする。ただし、燃料油（重油）及び潤滑油の引火点が室内温度や機器運転温度に比べて高く、可燃性蒸気が燃焼範囲の下限の濃度となることがない場合には、燃料油（重油）及び潤滑油を内包する設備を設置する火災区画に設置する電気・計装品は、防爆型とせず、防爆を目的とした電気設備の接地も必要としないものとする。

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画内の発火性又は引火性物質（液体）を内包する設備における発火性又は引火性物質（液体）の保有量は、運転に必要な量に留める設計とする。

#### (d-4-1-2) 可燃性の蒸気又は可燃性の微粉への対策

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画において、可燃性の蒸気又は可燃性の微粉が発生するおそれがある場合には、換気、通風又は拡散の措置により、可燃性の蒸気又は可燃性の微粉の滞留を防止する設計とする。

また、火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画のうち、爆発性雰囲気に至るおそれのある火災区画には、防爆型の電気・計装品を使用するとともに、着火源となるような静電気が溜まるおそれのある設備を設置する場合には、静電気を除去する装置を設ける設計とする。ただし、燃料油（重油）及び潤滑油の引火点が室内温度や機器運転温度に比べて高く、可燃性蒸気が燃焼範囲の下限の濃度となることがない場合には、燃料油（重油）及び潤滑油を内包する設備を設置する火災区画に設置する電気・計装品は、防爆型とする

必要はないものとする。

また、火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画には、金属粉や布による研磨機のように静電気が溜まるおそれのある設備を設置しないものとする。

#### (d-4-1-3) 発火源への対策

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画における火花を発生するおそれのある設備は、金属製の筐体に収納するなどの対策を行い、設備の外部に火花が出ることを防止する設計とする。

また、火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画における高温の設備は、高温部分を保温材で被覆し、可燃性物質との接触や可燃性物質の過熱を防止する設計とする。

#### (d-4-1-4) 水素漏えいへの対策

交流無停電電源系及び直流無停電電源系の蓄電池を設置する火災区画には、充電時において蓄電池から発生する水素が滞留することがないように、換気設備を設けるとともに、水素の検知器を設置し、水素濃度が警報設定値に達した場合には、中央制御室に警報を発するものとする。当該換気設備は、外部電源喪失時に、機能を喪失することがないように、非常用電源設備より電源を供給する。当該換気設備が何らかの異常により停止した場合には、中央制御室に警報を発するものとする。

交流無停電電源系及び直流無停電電源系の蓄電池を設置する火災区画には、直流開閉装置やインバータを設置しない設計とする。

#### (d-4-1-5) 過電流による過熱防止対策

動力ケーブルについて、保護継電器、遮断器、ヒューズ等の組合せ等により、地絡や短絡等に起因するケーブルの過熱及び焼損を防止する設計とする。

#### (d-4-1-6) 不燃性材料又は難燃性材料の使用

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等は、以下のとおり、不燃性材料又は難燃性材料を使用した設計とする。ただし、不燃性材料又は難燃性材料が使用できない場合は、不燃性材料又は難燃性材料と同等の性能を有する代替材料を使用するものとし、代替材料の使用が技術上困難な場合には、金属製の筐体や電線管への格納等により、他の機能を有する火災防護対象機器等において火災が発生することを防止するための措置を講じる設計とする。

##### (d-4-1-6-1) 主要な構造材に対する不燃性材料の使用

火災防護対象機器等について、機器、配管、ダクト、トレイ、電線管、盤の筐体及びこれらの支持構造物のうち、主要な構造材は、金属材料、コンクリート等の不燃性材料を使用する設計とする。ただし、配管等のパッキン類は、金属に覆われた狭隘部に設置し直接火炎にさらされることはなく、他の火災防護対象機器等において火災が発生するおそれはないため、不燃性材料又は難燃性材料ではない材料を使用する場合がある。また、金属に覆われたポンプや弁等の駆動部の潤滑油及び機器躯体内部の電気配線は、発火、引火、着火等した場合でも他の火災防護対象機器等に延焼するおそれはないため、不燃性材料又は難燃性材料ではない材料を使

用する場合がある。

#### (d-4-1-6-2) 変圧器及び遮断器に対する絶縁油等の内包

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する建物内の変圧器及び遮断器は、絶縁油等の可燃性物質を内包していないものを使用する設計とする。

#### (d-4-1-6-3) 難燃ケーブルの使用

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象ケーブルは、以下に示す自己消火性及び延焼性の実証試験又は当該試験に示される同等の性能を確認した難燃ケーブルを使用する設計とする。ただし、核計装等のケーブルは、難燃ケーブルを使用するか、又は耐ノイズ性を確保するため、難燃ケーブルの使用が困難な場合は、ケーブルを電線管内に敷設するとともに、電線管の開口部を熱膨張性及び耐火性を有したシール材で閉塞させ、電線管内への酸素の供給を防止することにより、難燃ケーブルと同等の自己消火性及び延焼性を確保する設計とする。

- ・ 自己消火性の実証試験：UL 規格又は ICEA 規格に基づく垂直燃焼試験
- ・ 延焼性の実証試験：米国電気電子工学会（IEEE）規格 383 又は電気学会技術報告（Ⅱ部）第 139 号に基づく垂直トレイ試験

#### (d-4-1-6-4) 換気設備のフィルタに対する不燃性材料又は難燃性材料の使用

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器のうち、空調換気設備のフィルタは、チャコールフィルタを除き、難燃性材料を使用する設計とする。

#### (d-4-1-6-5) 保温材に対する不燃性材料の使用

火災防護対象機器に対する保温材は、不燃性材料を使用する設計とする。

#### (d-4-1-6-6) 建物内装材に対する不燃性材料の使用

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する建物の主要な内装材は、不燃性材料を使用する設計とする。ただし、耐放射線性、除染性及び耐腐食性の確保を目的とし、管理区域の床及び天井のコーティング剤については、難燃性材料を使用する設計とする。

また、中央制御室等の床のカーペットは、消防法施行令第 4 条の 3 に基づく防火性能を有したものを使用する設計とする。

#### (d-4-1-7) 自然現象による火災の発生防止対策

想定される自然現象によって、原子炉施設内の火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等に火災が発生することを防止する設計とする。

#### (d-4-2) 一般火災の感知及び消火

設計基準において想定される一般火災により、原子炉施設の安全性が損なわれることを防止するため、早期に一般火災の感知及び消火ができるように、以下のとおり設計する。

##### (d-4-2-1) 一般火災の感知

火災感知器（感知器（感知器とは、火災により生じる熱、煙又は炎を利用して火災の発生を感知し、火災信号等を発生するものであり、かつ、消防法に定められた

型式適合検定に合格したもの（以下「検定品」という。）をいう。）及び検知装置（検知装置とは、感知器と同等の機能を有するが、検定品ではないものをいう。）を合せて「火災感知器」という。以下同じ。）と受信機から構成される火災感知設備を設置する設計とする。

火災感知器について、感知器は、消防法施行規則第 23 条第 4 項に基づき設置することを基本とし、検知装置は、監視範囲に死角がないように設置する設計とする。

火災感知器について、火災防護基準による火災の感知を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画は、各火災区画における放射線、取付面高さ、温度、空気流れ等の環境条件や炎が生じる前に発煙すること等、予想される火災の性質を考慮して、固有の信号を発する異なる感知方式の火災感知器を設置する設計とする。建物内における固有の信号を発する異なる感知方式の火災感知器の組合せは、誤作動を防止するため、平常時の状況（温度、煙の濃度）を監視し、かつ、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の煙感知器とアナログ式の熱感知器の組合せを基本とする。ただし、環境条件等から当該組合せを適用できないエリアについては、感知方式として、煙感知器、熱感知器、炎感知器の優先順で組合せを設定する設計とする。

なお、火災防護基準による火災の感知を考慮する火災防護対象機器等を設置しない火災区域又は火災区画における火災の感知は、設備や環境条件に応じて、消防法で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

受信機について、火災感知器の作動状況を中央制御室で監視するため、受信機を中央制御室に設置する設計とする。受信機は、火災感知器が作動した場合に警報を発し、かつ、火災の発生場所を特定できる設計とする。

火災感知設備は、外部電源喪失時に、機能を喪失することがないように、非常用電源設備より電源を供給する設計とする。

火災感知設備は、想定される自然現象によっても、機能、性能が維持できる設計とする。

#### (d-4-2-2) 一般火災の消火

火災時に煙の充満、放射線の影響等により消火活動が困難とならない火災区画は、運転員等により A B C 消火器・二酸化炭素消火器（以下「可搬式消火器」という。）で消火を行う設計とし、火災時に煙の充満、放射線の影響等により消火活動が困難となる火災区画は、固定式消火設備として手動起動又は自動起動の固定式消火設備（ハロン消火設備）を設置し消火を行う設計とする。

可搬式消火器について、原子炉施設には、可搬式消火器及び防護具を適切に設置する設計とする。

原子炉施設で保有する A B C 消火剤は、十分な量を備える設計とする。

可搬式消火器は、想定される自然現象によっても、機能、性能が維持できる設計とする。

固定式消火設備（ハロン消火設備）について、固定式消火設備（ハロン消火設備）の消火剤の量は、消防法に基づく設計とする。

固定式消火設備（ハロン消火設備）は、外部電源喪失時に、機能を喪失することがないように、非常用電源設備より電源を供給する設計とする。固定式消火設備（ハロン消火設備）は、作動前に運転員等の退出ができるように警報を吹鳴する設計とする。固定式消火設備（ハロン消火設備）が故障した場合には、中央制御室に故障警報を発する設計とする。

火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等を設置する火災区画の消火を行うための固定式消火設備（ハロン消火設備）は、火災区画ごとに設置する設計とする。ただし、系列の異なる火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等を設置する火災区画に対して、1つの固定式消火設備（ハロン消火設備）で消火を行う場合には、当該固定式消火設備（ハロン消火設備）の動的機器である選択弁及び容器弁について、単一故障を仮定しても、機能を喪失しない設計とする。

固定式消火設備（ハロン消火設備）は、想定される自然現象によっても、機能、性能が維持できる設計とする。

(d-4-3) 一般火災の影響軽減

設計基準において想定される一般火災により、原子炉施設の安全性が損なわれることを防止するため、一般火災の影響軽減について以下のとおり設計する。

(d-4-3-1) 火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等を設置する火災区域と隣接する他の火災区域との境界の耐火壁は、3時間以上の耐火能力を有する設計とする。

(d-4-3-2) 火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等について、系列の異なる当該火災防護対象機器等は、異なる火災区画に設置することを基本とする。当該火災防護対象機器等を設置する火災区画の耐火壁の耐火能力は、当該火災防護対象機器等の配置及び火災の等価時間を考慮して設定する。

(d-4-3-3) 系列の異なる火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等を同一の火災区画に設置する場合は、中央制御室及びケーブル室を除き、相互の系統分離を以下のいずれかにより行う設計とする。

a. 系列の異なる火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等について、互いの系列間を3時間以上の耐火能力を有する隔壁等により分離する。

b. 系列の異なる火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等について、互いの系列間を1時間の耐火能力を有する隔壁等で分離し、かつ、火災感知設備及び自動消火設備を設置する。ただし、中央制御室から手動起動装置の設置場所まで速やかに移動し、固定式消火設備（ハロン消火設備）を起動できる場合は、自動消火設備の設置に代えて、手動操作による固定式消火設備（ハロン消火設備）を設置する。また、火災時に煙の充満により消火活動が

困難とならず、かつ、中央制御室から火災の発生した火災区画まで速やかに移動し、消火活動を行うことができる火災区画は、自動消火設備の設置に代えて、可搬式消火器による消火を行うものとする。

(d-4-3-3-1) 中央制御室における火災の影響軽減

制御盤等の中の火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象ケーブル及び当該ケーブルの周囲のケーブルは、可能な限り 30 分の耐火能力を有する耐火テープを敷設し、火災の影響を軽減する設計とする。

中央制御室には、固有の信号を発する異なる感知方式の火災感知器として、煙感知器と熱感知器を設置する設計とする。また、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象ケーブルを接続する制御盤等には、中央制御室に設置する煙感知器よりも早期に火災を感知できるように煙感知器を設置する設計とする。

中央制御室には、可搬式消火器として、ABC 消火器に加えて、電気機器へ悪影響を与えない二酸化炭素消火器を設置し、消火を行う設計とする。また、中央制御室には、煙の充満により消火活動に支障を来さないように、排煙設備を設置する設計とする。

(d-4-3-3-2) ケーブル室における火災の影響軽減

火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象ケーブルは、施工に必要な隙間を確保できる範囲において、1 時間の耐火能力を有する耐火シートを敷設した電線管内に敷設する設計とする。当該電線管を敷設することができない狭隘部には、30 分の耐火能力を有する耐火テープを敷設し、火災の影響を軽減する設計とする。

ケーブル室には、固有の信号を発する異なる感知方式の火災感知器として、煙感知器と熱感知器を設置する設計とする。また、ケーブルの火災を早期に検知し、火災の影響を軽減できるように、検知装置として光ファイバ温度センサを設置する設計とする。

ケーブル室には、自動起動又は現場（火災範囲外）で手動起動ができる固定式消火設備（ハロン消火設備）を設置する設計とする。

(d-4-3-4) 換気設備は、他の火災区画の火、熱又は煙が、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画に悪影響を及ぼさないように、防火ダンパを設置する設計とする。当該防火ダンパを設置する換気設備のフィルタには、フィルタの延焼を防護するため、チャコールフィルタを除き、難燃性材料を使用する設計とする。

(d-4-3-5) 運転員が常駐する中央制御室には、火災時の煙を排気できるように、排煙設備を設置する設計とする。

(d-4-3-6) 地下階に設置する燃料油の貯蔵タンク内のベーパーが建物内に滞留しないよう、当該タンクにはベント管を設け、ベーパーを屋外に排気できる設計とする。

(d-4-4) 一般火災の影響評価

設計基準において想定される一般火災（ナトリウム燃焼に伴う一般火災の重畳を含む。）に対して、「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」を参考に評価し、原子炉の安全停止が達成できることを確認する。

## 添付 2 設置許可申請書の添付書類における記載

### 添付書類八

#### 1. 安全設計の考え方

##### 1.5 火災による損傷の防止に係る設計

###### 1.5.1 火災の防護に関する基本方針

原子炉施設は、原子炉の運転に影響を及ぼすおそれのある火災（ナトリウムが漏えいした場合に生じるナトリウムの燃焼（以下「ナトリウム燃焼」という。）を含む。以下同じ。）が発生し、当該火災の発生又はナトリウムの漏えいを確認した場合において、原子炉を停止する（手動スクラム）。

原子炉施設は、設計基準において想定される火災によっても、原子炉を停止でき、放射性物質の閉じ込め機能を維持できるように、また、停止状態にある場合は、引き続きその状態を維持できるように、さらに、使用済燃料貯蔵設備の水冷却池においては、使用済燃料の冠水を確保し、冷却機能を維持できるように設計する。

ナトリウム燃焼に対しては、ナトリウム燃焼により原子炉施設の安全性が損なわれないよう、ナトリウム燃焼の特徴を考慮し、「ナトリウム漏えいの発生防止」、「ナトリウム漏えいの検知・ナトリウム燃焼の感知及びナトリウム燃焼の消火」並びに「ナトリウム燃焼の影響軽減」の三方策のそれぞれを講じる設計とする。一般火災（ナトリウム燃焼を除く火災をいう。以下同じ。）に対しては、一般火災により原子炉施設の安全性が損なわれないよう、本原子炉施設の安全上の特徴を考慮し、必要に応じて、「実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（以下「火災防護基準」という。）」及び「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」を参考に、「一般火災の発生防止」、「一般火災の感知及び消火」並びに「一般火災の影響軽減」の三方策を適切に組み合わせる設計とする。

また、消火設備は、破損、誤作動又は誤操作が起きた場合においても原子炉を安全に停止させるための機能を損なわないように設計する。

火災が発生した場合は、速やかに初期消火活動を行うとともに、大洗研究所内通報連絡システムに従って通報し、火災の消火、拡大防止のための活動を行う。

###### 1.5.2 火災防護対象機器

原子炉施設は、安全機能の重要度分類がクラス 1、2、3 に属する構築物、系統及び機器に対して、適切な火災防護対策を講じる設計とする。

安全機能の重要度分類から以下の（1）～（3）の構築物、系統及び機器を火災防護対象機器（火災防護対象機器を駆動又は制御するケーブル（以下「火災防護対象ケーブル」という。）を含む。火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルを以下「火災防護対象機器等」という。）として選定する。

なお、ここで火災防護対象機器等として抽出しなかった構築物、系統及び機器に対しては、設備や環境条件に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

（1）原子炉を停止し、また、停止状態にある場合は引き続きその状態を維持するための構築物、



系統及び機器（関連する補機を含む。）（以下「原子炉の安全停止に係る機器等」という。）

原子炉の安全停止に係る機器等は、安全機能の重要度分類から以下の機能を有する構築物、系統及び機器とする。

- ① 原子炉の緊急停止及び未臨界維持機能（MS－1）に属する構築物系統及び機器
- ② 炉心形状の維持機能（PS－1）に属する構築物、系統及び機器
- ③ 工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能（MS－1）に属する構築物、系統及び機器の一部
- ④ 原子炉停止後の除熱機能（MS－1）に属する構築物、系統及び機器
- ⑤ 原子炉冷却材バウンダリ機能（PS－1）に属する構築物、系統及び機器
- ⑥ 2次冷却材を内蔵する機能（通常運転時の炉心の冷却に関連するもの）（PS－3）に属する構築物、系統及び機器
- ⑦ 1次冷却材漏えい量の低減機能（MS－1）に属する構築物、系統及び機器の一部
- ⑧ 事故時のプラント状態の把握機能（MS－2）に属する構築物、系統及び機器
- ⑨ 緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能（MS－3）に属する構築物、系統及び機器の一部
- ⑩ 制御室外からの安全停止機能（MS－3）に属する構築物、系統及び機器
- ⑪ 通常運転時の冷却材の循環機能（PS－3）に属する構築物、系統及び機器の一部
- ⑫ プラント計測・制御機能（安全保護機能を除く。）（PS－3）に属する構築物、系統及び機器
- ⑬ 安全上特に重要な関連機能（MS－1）及び安全上重要な関連機能（MS－2）に属する構築物、系統及び機器の一部

(2)放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器（関連する補機を含む。）  
（以下「放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等」という。）

放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに係る機器等は、安全機能の重要度分類から以下の機能を有する構築物、系統及び機器とする。

- ① 工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能（MS－1）に属する構築物、系統及び機器の一部
- ② 放射性物質の閉じ込め機能（MS－1）に属する構築物、系統及び機器
- ③ 放射線の遮蔽及び放出低減機能（MS－2）に属する構築物、系統及び機器の一部
- ④ 安全上特に重要な関連機能（MS－1）及び安全上重要な関連機能（MS－2）に属する構築物、系統及び機器の一部
- ⑤ 原子炉カバーガスバウンダリ等のバウンダリ機能（PS－2）に属する構築物、系統及び機器
- ⑥ 原子炉冷却材バウンダリに直接接続されていないものであって、放射性物質を貯蔵する機能（PS－2）に属する構築物、系統及び機器
- ⑦ 燃料を安全に取り扱う機能（PS－2）に属する構築物、系統及び機器
- ⑧ 放射性物質の貯蔵機能（PS－3）に属する構築物、系統及び機器
- ⑨ 核分裂生成物の原子炉冷却材中への放散防止機能（PS－3）に属する構築物、系統及び機器

(3) 使用済燃料貯蔵設備において、使用済燃料の冠水を確保し、冷却機能を維持するための構築物、系統及び機器（関連する補機を含む。）（以下「使用済燃料の冠水等に係る機器等」という。）

使用済燃料の冠水等に係る機器等は、安全機能の重要度分類から以下の機能を有する構築物、系統及び機器とする。

- ① 燃料プール水の保持機能（MS－2）に属する構築物、系統及び機器
- ② 燃料プール水の補給機能（MS－3）に属する構築物、系統及び機器

一般火災に対する火災防護対策は、火災防護基準による「火災の発生防止」、「火災の感知及び消火」並びに「火災の影響軽減」の三方策を適切に組み合わせる設計とする。当該組合せは、本原子炉施設の安全上の特徴、火災防護対象機器が有する安全機能並びに火災防護対象機器等の配置、構造及び動作原理に係る以下の4つの観点を考慮することを基本とし、火災による機能への影響を判断して決定する。以下の4つの観点のいずれにも該当しない場合は、火災防護基準による「火災の発生防止」、「火災の感知及び消火」並びに「火災の影響軽減」の三方策のそれぞれを講じることを基本とする。以下のiii)又はiv)に該当する場合は、火災防護基準による「火災の感知及び消火」を講じることを基本とし、加えて、火災による機能への影響を判断して、火災防護基準による「火災の発生防止」又は「火災の影響軽減」を講じる。以下のi)又はii)に該当する場合は、設備や環境条件に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する。

なお、ここで火災防護基準による対策を適用しなかった火災防護対象機器等は、設備や環境条件に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

- i) 不燃性材料で構成されるため、火災によって、火災防護対象機器が有する安全機能が影響を受けない。
- ii) 環境条件から火災が発生しないため、火災によって、火災防護対象機器が有する安全機能が影響を受けない。
- iii) フェイルセーフ設計のため、火災によって、火災防護対象機器が有する安全機能を喪失しない。
- iv) 代替手段により機能を達成できるため、火災によって、火災防護対象機器が有する安全機能を喪失しない。

ナトリウム燃焼に対する火災防護対策は、ナトリウム燃焼の特徴を考慮し、「ナトリウム漏えいの発生防止」、「ナトリウム漏えいの検知・ナトリウム燃焼の感知及びナトリウム燃焼の消火」並びに「ナトリウム燃焼の影響軽減」の三方策のそれぞれを講じる設計とする。

### 1.5.3 火災区域及び火災区画の設定

設計基準において想定される火災から火災防護対象機器等を防護することを目的とし、火災区域及び火災区画を設定し、適切な火災防護対策を講じる設計とする。

原子炉施設の建物として、原子炉建物、原子炉附属建物、主冷却機建物、第一使用済燃料貯蔵建物、第二使用済燃料貯蔵建物、廃棄物処理建物、旧廃棄物処理建物及びメンテナンス建物ごとに建物内の全体を火災区域として設定する。また、建物外に火災防護基準による対

策を考慮する火災防護対象機器等を設置する場合は、当該火災防護対象機器等を設置する区域を火災区域として設定する。

火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区域は、当該火災防護対象機器等の配置、ナトリウムを内包する配管又は機器の配置、耐火壁の配置、消火設備の配置を考慮し、火災区域を細分化した火災区画を設定する。

一般火災に対して、火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画は、火災防護基準による「火災の発生防止」、「火災の感知及び消火」並びに「火災の影響軽減」の三方策を適切に組み合わせる設計とする。火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置しない火災区域又は火災区画は、設備や環境条件に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

ナトリウム燃焼に対して、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画は、「ナトリウム漏えいの発生防止」、「ナトリウム漏えいの検知・ナトリウム燃焼の感知及びナトリウム燃焼の消火」並びに「ナトリウム燃焼の影響軽減」の三方策のそれぞれを講じる設計とする。また、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画にあっては、ナトリウム燃焼を起因に一般火災が発生するおそれがあることを考慮する。

#### 1.5.4 ナトリウム燃焼に対する火災防護対策

##### 1.5.4.1 ナトリウム漏えいの発生防止

設計基準において想定されるナトリウム燃焼により、原子炉施設の安全性が損なわれることを防止するため、ナトリウム漏えいの発生防止について、以下のとおり設計する。

なお、1次冷却材を内包する配管及び機器については、高温強度とナトリウム環境効果に対する適合性が良好なステンレス鋼を、2次冷却材を内包する配管及び機器については、低合金鋼を使用する。

- (i) ナトリウムを内包する配管及び機器の設計、製作等は、関連する規格、基準に準拠するとともに、品質管理や工程管理を十分に行う。
- (ii) ナトリウムを内包する配管は、エルボを引き回し、十分な撓性を備えたものとする。
- (iii) ナトリウムを内包する配管及び機器は、冷却材温度変化による熱応力、設計地震力等に十分耐えるように設計する。

なお、ナトリウムを内包する配管及び機器は、内包するナトリウムを固化することによるナトリウム漏えい防止措置を講じるか、ナトリウムを内包する配管又は機器が破損した場合に想定される漏えい量が少ないものを除き、基準地震動による地震力に対して、ナトリウムが漏えいすることがないように設計する。このうち、2次冷却材ダンプタンクについては、2次冷却材の漏えいに伴う緊急ドレン後に長期間ナトリウムを保有するため、弾性設計用地震動による地震力に対して、おおむね弾性状態に留まる範囲で耐えるように設計する。

- (iv) ナトリウムを内包する配管及び機器は、腐食を防止するため、冷却材の純度を適切に管理するとともに、減肉に対する肉厚管理を適切に行う。

##### 1.5.4.2 ナトリウム漏えいの検知・ナトリウム燃焼の感知及びナトリウム燃焼の消火

設計基準において想定されるナトリウム燃焼により、原子炉施設の安全性が損なわれることを防止するため、早期にナトリウム漏えいの検知・ナトリウム燃焼の感知及びナトリウム燃焼の消火ができるように、以下のとおり設計する。

#### (1) ナトリウム漏えいの検知

ナトリウム漏えいの検知には、ナトリウム漏えい検出器を用いる。原子炉冷却材バウンダリ及び冷却材バウンダリ等を構成する配管及び機器（主冷却器及び補助冷却器を除く。）には、通電式のナトリウム漏えい検出器を設ける。主冷却器及び補助冷却器については、主冷却器及び補助冷却器の構造に鑑み、光学式のナトリウム漏えい検出器を使用する。

なお、原子炉冷却材バウンダリにあっては、二重構造を有しており、ナトリウム漏えい検出器を二重構造の間隙部に設置するため、原子炉冷却材バウンダリの破損に伴うナトリウム漏えいは、当該ナトリウムが二重構造の外に漏えいすることなく検知される。

ナトリウム漏えい検出器は、誤作動を防止するための方策を講じたものとする。ナトリウム漏えい検出器は、外部電源喪失時に、機能を喪失することがないように、非常用電源設備（非常用ディーゼル電源系及び蓄電池）より電源を供給する。

ナトリウム漏えい検出器は、想定される自然現象によっても、機能、性能が維持できるものとする。

原子炉施設において、設計上の考慮を要する自然現象としては、地震、津波、洪水、降水、風（台風）、凍結、積雪、落雷、地滑り、生物学的事象、竜巻、火山の影響、森林火災を選定した。

津波、洪水、地滑り、生物学的事象のうち、海生生物の影響については、立地的要因等により、ナトリウム漏えい検出器の機能、性能に影響を及ぼすことはない。

生物学的事象のうち、微生物の影響については、ナトリウム漏えい検出器の機能、性能に影響を及ぼす自然現象ではない。

降水、風（台風）、凍結、積雪、竜巻、火山の影響、森林火災について、ナトリウム漏えい検出器は、当該自然現象に対して、性能が著しく阻害されないように建物内に設置するものとする。

生物学的事象のうち、小動物の影響について、ナトリウム漏えい検出器は、当該自然現象に対して、性能が著しく阻害されないように小動物の侵入を防止するものとする。

落雷について、ナトリウム漏えい検出器は、落雷に対して、性能が著しく阻害されないように「1.5.5.1（7）」に示すとおり、避雷設備を設けるものとする。

地震について、ナトリウム漏えい検出器は、基準地震動による地震力に対して機能を喪失しないものとするを基本とする。ただし、ナトリウム漏えい検出器の構造上、基準地震動による地震力に対して機能を喪失しない設計とすることが困難な場合は、地震により、ナトリウム漏えい検出器に異常が生じた場合に、当該異常を検知して復旧することにより、ナトリウム漏えい検出器の機能を維持するものとする。

ナトリウム漏えい検出器が作動した場合には、中央制御室に警報を発し、かつ、ナトリウムが漏えいした場所を特定できるものとする。

なお、2次冷却材を内包する配管又は機器が設置される場所（格納容器（床下）を除く。）には、監視用 ITV を設置し、中央制御室のモニタにより、状況を確認できるものとする。

## (2) ナトリウム燃焼の感知

ナトリウム燃焼を早期に感知するため、当該感知については、ナトリウム漏えいの検知を起点とするものとし、ナトリウム漏えい検出器で兼用する。ナトリウム漏えい検出器は、外部電源喪失時に、機能を喪失することがないように、非常用電源設備（非常用ディーゼル電源系及び蓄電池）より電源を供給するものとし、十分な信頼性を確保する。さらに、一般火災に適用する煙感知器又は熱感知器は、動作原理（煙感知器：ナトリウムエアロゾルに反応、熱感知器：ナトリウム燃焼に伴い発生する熱に反応）より、ナトリウム燃焼にも適用できることを考慮し、ナトリウム燃焼を確実に感知するため、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画には、煙感知器又は熱感知器を設置する。

## (3) ナトリウム燃焼の消火

ナトリウム燃焼の消火には、特殊化学消火剤を使用する。

原子炉施設には、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器及び防護具（防護服、防護マスク、携帯用空気ボンベ等）を設置する。

なお、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画に配置する。

現場操作が必要となる場所については、バッテリー内蔵型又は非常用ディーゼル電源系より給電できる照明を常設する。また、中央制御室には、バッテリー内蔵型の可搬型照明を配備し、必要に応じて持参できるものとする。

特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器及び防護具について、定期的に装備装着訓練や消火訓練を実施することで、これらの資機材の使用に係る習熟度の向上を図る。

### (i) 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器等の設置

- a. 原子炉施設で保有する特殊化学消火剤の量は、一系統における単一の配管又は機器の破損を想定し、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画の構造を考慮して十分な量を備えるものとする。
- b. 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画ごとに1から2本程度を分散して設置する。ただし、格納容器（床下）については、格納容器（床下）の雰囲気を窒素雰囲気から空気雰囲気とした場合に設置する。
- c. 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器及び防護具は、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画に至る経路に設置し、必要に応じて、持参できるものとする。

### (ii) 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器の自然現象に対する機能、性能の維持

特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、想定される自然現象によっても、機能、性能が維持できるものとする。

原子炉施設において、設計上の考慮を要する自然現象としては、地震、津波、洪水、降水、風（台風）、凍結、積雪、落雷、地滑り、生物学的事象、竜巻、火山の影響、森林火災を選定した。

津波、洪水、地滑り、生物学的事象のうち、海生生物の影響については、立地的要因等により、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器の機能、性能に影響を及ぼすことはない。

落雷、生物学的事象のうち、微生物の影響については、特殊化学消火剤を装填した可搬式

消火器の機能、性能に影響を及ぼす自然現象ではない。

地震、降水、風（台風）、凍結、積雪、生物学的事象のうち、小動物の影響、竜巻、火山の影響、森林火災については、以下のとおり設計する。

- a. 敷地付近の水戸地方気象台での記録（1897年～2013年）によれば、最低気温は-12.7℃であり、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、使用温度範囲が当該最低気温に適切な余裕を考慮したものを使用することにより凍結を防止する。
- b. 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、降水、風（台風）、積雪、竜巻、火山の影響、森林火災に対して、性能が著しく阻害されないように建物内に設置する。
- c. 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、生物学的事象のうち、小動物の影響に対して、性能が著しく阻害されないように定期的に外形を点検する。
- d. 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、地震や振動により転倒しないように転倒防止措置を講じる。

なお、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、屋外と連結する消火配管を有しないため、地盤変異対策を必要としない。

(iii) 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器の破損、誤作動又は誤操作による影響

特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器が破損した場合には、電気機器へ悪影響を及ぼすおそれがあることから、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、転倒・落下し破損又は誤作動しないように転倒防止措置を講じる。

また、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、誤操作を防止するため、訓練を受けた運転員等が使用するものとする。

(iv) 特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器に対する二次的影響の考慮

特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、火災の火炎及び熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体等による二次的影響も考慮して、火災区画内に分散して設置する。また、万一、当該火災区画内の特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器が使用できない場合には、当該火災区画と異なる場所から特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器を持参できるように特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器を設置する。

(4) ナトリウム燃焼と一般火災の識別

ナトリウム燃焼は、ナトリウムを内包する配管又は機器が破損し、ナトリウムが漏えいした場合に空気雰囲気下において生じるものであり、一般火災を起因にナトリウム燃焼が生じるおそれはないことから、ナトリウム燃焼と一般火災の識別は、ナトリウム漏えい検出器の作動の有無、ナトリウムエアロゾルの発生の有無、ナトリウムエアロゾル特有の刺激臭の有無等により行う。

特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、一般火災にも使用できるものの、ABC消火器と比べて放射距離が短い。このため、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画において、一般火災のみが生じていることが確認できた場合には、ABC消火器を使用する。

ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画は、油やケーブル等の可燃性物質の量を少なく管理するか、ナトリウム燃焼に伴い可燃性物質に延焼しないように距離を確保することを基本とし、ナトリウム燃焼に伴い可燃性物質に延焼するおそれがある場合（可燃

性物質の量が少なく影響が小さい場合を除く。)には、当該可燃性物質を耐火能力を有する隔壁で覆い延焼を防止する。

#### 1.5.4.3 ナトリウム燃焼の影響軽減

設計基準において想定されるナトリウム燃焼により、原子炉施設の安全性が損なわれることを防止するため、ナトリウム燃焼の影響軽減について、以下のとおり設計する。

##### (1) ナトリウム漏えい発生時の燃焼抑制

ナトリウム漏えい発生時に、空気雰囲気でのナトリウム燃焼を抑制するため、以下の対策を講じる。

- (i) 原子炉冷却材バウンダリを構成し、1次冷却材を内包する配管及び機器は、二重構造とするとともに、当該間隙を窒素雰囲気で維持し、万一、当該配管又は機器から1次冷却材が漏えいした場合にあっても、漏えいしたナトリウムを当該間隙で保持することによりナトリウム燃焼を抑制する。

なお、ナトリウムが漏えいし、二重構造の間隙に漏えいしたナトリウムが保持される状態に至った場合、ドレンした後でなければ、格納容器(床下)を空気雰囲気に置換しないものとする。

- (ii) (i)を除き格納容器(床下)に設置するナトリウムを内包する配管及び機器について、原子炉運転中においては、格納容器(床下)を窒素雰囲気で維持し、万一、当該配管又は機器からナトリウムが漏えいした場合にあっても、漏えいしたナトリウムを格納容器(床下)で保持することによりナトリウム燃焼を抑制する。

なお、ナトリウムが漏えいし、格納容器(床下)に漏えいしたナトリウムが保持される状態に至った場合、漏えいしたナトリウムの温度が十分に低下した後でなければ、格納容器(床下)を空気雰囲気に置換しないものとする。

- (iii) (ii)を除き2次冷却材を内包する配管及び機器について、万一、当該配管又は機器から2次冷却材が漏えいした場合には、漏えいの発生した系統内に残存する冷却材を2次冷却材ダンプタンクに緊急ドレンし、ナトリウムの漏えい量を低減することによりナトリウム燃焼を抑制する。

##### (2) ナトリウム燃焼の影響軽減

- (i) ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画(原子炉運転中に窒素雰囲気で維持する格納容器(床下)を除く。)は、耐火能力を有する耐火壁又は隔壁により、他の火災区画と分離する。

- (ii) ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画の床面に設置する鋼製のライナは、堰を設け、漏えい拡散面積を抑制することにより、ナトリウムと空気の接触面積を低減し、ナトリウム燃焼の影響を軽減する。

- (iii) ナトリウムと湿分等の反応に伴い発生した水素が蓄積するおそれのある火災区画については、当該火災区画に窒素ガスを供給し、水素の濃度を燃焼限界濃度以下に抑制できるものとする。

- (iv) 主冷却機建物においては、漏えいしたナトリウムを鋼製の床ライナ又は受樋を介して、ナトリウム溜に導き、ナトリウム溜で漏えいしたナトリウムを保持する。

(v) 主冷却機建物及び原子炉附属建物においては、多量のナトリウムエアロゾルの発生を想定し、ナトリウムエアロゾルの拡散を防止するため、空調換気設備を停止し、防煙ダンパを閉止できるものとし、他の火災区画への影響を軽減する。

### (3) ナトリウムと構造材との反応防止

高温のナトリウムとコンクリートが直接接触することを防止するため、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画には、耐火能力を有する鋼製のライナ又は受樋を設置する。

なお、当該ライナ及び受樋については、ナトリウム燃焼に伴い鋼製材料の腐食が生じることを考慮した厚さを有するものとする。

#### 1.5.4.4 ナトリウム燃焼の影響評価

設計基準において想定されるナトリウム燃焼に対して、ナトリウムが漏えいした場合のナトリウムの漏えい量及び漏えいしたナトリウムの燃焼による影響を以下により評価する。

(i) 一系統の単一の配管の破損（他の系統及び機器は健全なものと仮定）を想定する。

なお、二重構造を有する配管及び機器については、内管の破損により漏えいしたナトリウムは外管により保持されることを踏まえて評価する。原子炉運転中、窒素雰囲気下で維持する格納容器（床下）に設置する配管又は機器が破損した場合については、ナトリウム燃焼を抑制できるため、格納容器（床下）を空気雰囲気に置換した場合の影響を評価する。

(ii) 配管直径の 1/2 の長さで配管肉厚の 1/2 の幅を有する貫通クラックからの漏えいを想定する。

(iii) ナトリウム漏えい量の評価に当たっては、漏えい停止機能（緊急ドレン）による漏えい停止までの漏えい継続時間を考慮する。

(iv) 漏えいしたナトリウムが鋼製の床ライナ又は受樋を介して、ナトリウム溜に導かれることを考慮する。

(v) ナトリウム燃焼に伴い火災区画内の酸素濃度が低下してナトリウム燃焼が抑制されることを考慮する。

(vi) ナトリウム燃焼の影響評価に当たっては、以下の判断基準に基づき、原子炉の安全停止が達成できることを確認する。

a. 火災区画の境界を構成する構造材（コンクリート）の温度が許容値を満足し、隣接する火災区画に設置している健全な系統の機能を喪失させないこと。

b. ナトリウム燃焼に伴い発生する水素が蓄積・燃焼に至らないこと。

c. 鋼製のライナ又は受樋が腐食により損傷し、ナトリウムと構造材（コンクリート）との反応が生じないこと。

(vii) ナトリウム燃焼の影響評価に当たっては、ナトリウム燃焼に伴う一般火災との重量を考慮するものとし、ナトリウム燃焼に伴い延焼するおそれがある可燃性物質が同時に燃焼するものとして評価を行い、(vi) の判断基準に基づき、原子炉の安全停止が達成できることを確認する。火災区画内でのナトリウム燃焼量は、想定されるナトリウム漏えい量に対して、漏えいしたナトリウムが鋼製の床ライナ又は受樋を介してナトリウム溜に導かれること、ナトリウム燃焼に伴い火災区画内の酸素濃度が低下してナトリウム燃焼が抑制され



ることを考慮する。

#### 1.5.5 一般火災に対する火災防護対策

##### 1.5.5.1 一般火災の発生防止

設計基準において想定される一般火災により、原子炉施設の安全性が損なわれることを防止するため、一般火災の発生防止について、以下のとおり設計する。

###### (1) 発火性又は引火性物質への対策

発火性又は引火性物質（液体）を内包する設備及び当該設備を設置する火災区画には、以下の対策を講じる設計とする。ここでいう発火性又は引火性物質（液体）としては、ディーゼル発電機等の燃料油である重油、回転機器等の潤滑油、燃料交換機把持部等のナトリウムを除去する際に使用するアルコールを対象とする。

###### (i) 漏えいの防止、拡大防止

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画内における発火性又は引火性物質（液体）を内包する設備は、ベローズシール、パッキン、Oリング等を用いることによる漏えい防止対策を講じる。

また、万一の漏えいに備え、発火性又は引火性物質（液体）の保有量に応じて、堰を設けて漏えい拡散面積を制限することによる拡大防止対策を講じる。

###### (ii) 配置上の考慮

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等について、発火性又は引火性物質（液体）を内包する設備の火災により、当該火災防護対象機器等の機能を損なわないように、壁等の設置又は離隔による配置上の考慮を行うものとする。

###### (iii) 換気

発火性又は引火性物質（液体）を内包する設備及び火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する建物について、建物内は、空調換気設備による機械換気を、建物外については、自然換気を行うものとする。

###### (iv) 防爆

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画のうち、「工場電気設備防爆指針（ガス蒸気防爆 2006 又は国際整合技術指針 2020）」で要求される爆発性雰囲気に至るおそれのある火災区画には、防爆型の電気・計装品を使用するとともに、必要な電気設備に接地を施すものとする。

ただし、燃料油（重油）及び潤滑油の引火点が室内温度や機器運転温度に比べて高く、可燃性蒸気が燃焼範囲の下限の濃度となることがない場合には、燃料油（重油）及び潤滑油を内包する設備を設置する火災区画に設置する電気・計装品は、防爆型とせず、防爆を目的とした電気設備の接地も必要としないものとする。

###### (v) 貯蔵

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画内の発火性又は引火性物質（液体）を内包する設備における発火性又は引火性物質（液体）の保有量は、運転に必要な量に留めるものとする。

###### (2) 可燃性の蒸気又は可燃性の微粉への対策

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画において、可燃性の蒸気又は可燃性の微粉が発生するおそれがある場合には、換気、通風又は拡散の措置により、可燃性の蒸気又は可燃性の微粉の滞留を防止する。

また、火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画のうち、「工場電気設備防爆指針（ガス蒸気防爆 2006 又は国際整合技術指針 2020）」で要求される爆発性雰囲気に至るおそれのある火災区画には、防爆型の電気・計装品を使用するとともに、着火源となるような静電気が溜まるおそれのある設備を設置する場合には、静電気を除去する装置を設けるものとする。ただし、燃料油（重油）及び潤滑油の引火点が室内温度や機器運転温度に比べて高く、可燃性蒸気が燃焼範囲の下限の濃度となることがない場合には、燃料油（重油）及び潤滑油を内包する設備を設置する火災区画に設置する電気・計装品は、防爆型とする必要はないものとする。

また、火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画には、金属粉や布による研磨機のように静電気が溜まるおそれのある設備を設置しないものとする。

### （3）発火源への対策

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画における火花が発生するおそれのある設備は、金属製の筐体に収納するなどの対策を行い、設備の外部に火花が出ることを防止する。

また、火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画における高温の設備は、高温部分を保温材で被覆し、可燃性物質との接触や可燃性物質の過熱を防止する。

### （4）水素漏えいへの対策

交流無停電電源系及び直流無停電電源系の蓄電池を設置する火災区画には、充電時において蓄電池から発生する水素が滞留することがないように、換気設備を設けるとともに、水素の検知器を設置し、水素濃度が警報設定値に達した場合には、中央制御室に警報を発するものとする。当該換気設備は、外部電源喪失時に、機能を喪失することがないように、非常用電源設備より電源を供給する。

当該換気設備は、社団法人日本電池工業会「蓄電池室に関する設計指針」（SBA G 0603-2001）に基づき、必要な換気容量を有したものとする。

換気設備が何らかの異常により停止した場合には、中央制御室に警報を発するものとする。

また、換気設備（換気扇）の故障に備え、可搬式局所排気装置を配備し、水素濃度が2%に達するまでに可搬式局所排気装置による換気運転を行うことにより、水素濃度が燃焼限界濃度を超えないものとする。

交流無停電電源系及び直流無停電電源系の蓄電池を設置する火災区画には、直流開閉装置やインバータを設置しないものとする。

### （5）過電流による過熱防止対策

動力ケーブルについて、保護継電器、遮断器、ヒューズ等の組合せ等により、地絡や短絡等に起因するケーブルの過熱及び焼損を防止する。

### （6）不燃性材料又は難燃性材料の使用

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等は、以下のとおり、不燃性材料又は難燃性材料を使用した設計とする。ただし、不燃性材料又は難燃性材料が使用できない場合は、不燃性材料又は難燃性材料と同等の性能を有する代替材料を使用するものとし、代替材料の使用が技術上困難な場合には、金属製の筐体や電線管への格納等により、他の機能を有する火災防護対象機器等において火災が発生することを防止するための措置を講じる。

(i) 主要な構造材に対する不燃性材料の使用

火災防護対象機器について、機器、配管、ダクト、トレイ、電線管、盤の筐体及びこれらの支持構造物のうち、主要な構造材は、金属材料、コンクリート等の不燃性材料を使用する。ただし、配管等のパッキン類は、金属に覆われた狭隘部に設置し直接火災にさらされることはなく、他の火災防護対象機器等において火災が発生するおそれはないため、不燃性材料又は難燃性材料ではない材料を使用する場合がある。また、金属に覆われたポンプや弁等の駆動部の潤滑油及び機器躯体内部の電気配線は、発火、引火、着火等した場合でも他の火災防護対象機器等に延焼するおそれはないため、不燃性材料又は難燃性材料ではない材料を使用する場合がある。

(ii) 変圧器及び遮断器に対する絶縁油等の内包

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する建物内の変圧器及び遮断器は、絶縁油等の可燃性物質を内包していないものを使用する。

(iii) 難燃ケーブルの使用

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象ケーブルは、以下に示す自己消火性及び延焼性の実証試験又は当該試験に示される同等の性能を確認した難燃ケーブルを使用する。ただし、核計装等のケーブルは、難燃ケーブルを使用するか、又は耐ノイズ性を確保するため、難燃ケーブルの使用が困難な場合は、ケーブルを電線管内に敷設するとともに、電線管の開口部を熱膨張性及び耐火性を有したシール材で閉塞させ、電線管内への酸素の供給を防止することにより、難燃ケーブルと同等の自己消火性及び延焼性を確保する。

- ・ 自己消火性の実証試験：UL 規格又は ICEA 規格に基づく垂直燃焼試験
- ・ 延焼性の実証試験：米国電気電子工学会（IEEE）規格 383 又は電気学会技術報告（Ⅱ部）第 139 号に基づく垂直トレイ試験

(iv) 換気設備のフィルタに対する不燃性材料又は難燃性材料の使用

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器のうち、空調換気設備のフィルタは、チャコールフィルタを除き、「JIS L 1091（繊維製品の燃焼性試験方法）」又は「JACA No. 11A（空気清浄装置用ろ材燃焼性試験方法指針（公益社団法人 日本空気清浄協会）」を満足する難燃性材料を使用する。

(v) 保温材に対する不燃性材料の使用

火災防護対象機器に対する保温材は、ロックウールやケイ酸カルシウム等、建設省告示第 1400 号に定められたもの又は建築基準法で不燃性材料として認められたものを使用する。

(vi) 建物内装材に対する不燃性材料の使用

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する建物の主要な内装材には、建設省告示第 1400 号に定められたもの又は建築基準法で不燃性材料とし

て認められたものを使用する。ただし、管理区域の床及び天井については、耐放射線性、除染性及び耐腐食性の確保を目的とし、旧建設省告示第 1231 号第 2 試験に基づく難燃性が確認されたコーティング剤を使用する。当該コーティング剤は、不燃性材料であるコンクリートに塗布されるものであり、当該コーティング剤が発火した場合でも、他の火災防護対象機器等において火災を生じさせるおそれは小さい。

また、中央制御室等の床のカーペットは、消防法施行令第 4 条の 3 に基づく防炎性能を有するものとする。

#### (7) 自然現象による火災の発生防止

想定される自然現象によって、原子炉施設内の火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等に火災が発生することを防止するものとする。

原子炉施設において、設計上の考慮を要する自然現象としては、地震、津波、洪水、降水、風（台風）、凍結、積雪、落雷、地滑り、生物学的事象、竜巻、火山の影響、森林火災を選定した。

津波、洪水、地滑り、生物学的事象のうち、海生生物の影響については、立地的要因等により、火災が発生することはない。

降水、凍結、積雪、生物学的事象のうち、微生物の影響については、火災が発生する自然現象ではない。また、火山の影響については、火山灰等が火山から原子炉施設に到達するまでに冷却されることを考慮すると火災が発生する自然現象ではない。

風（台風）、竜巻、森林火災については、原子炉施設内の火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を当該自然現象に対して防護することにより、火災の発生を防止する。

生物学的事象のうち、小動物の影響については、原子炉施設内の火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器に対して、小動物の侵入を防止することにより、火災の発生を防止する。

落雷については、落雷による火災の発生防止対策として、避雷設備を設ける。

地震については、地震による火災の発生防止対策として、火災防護対象機器は、耐震重要度分類に応じて、十分な支持性能をもつ地盤に設置するとともに、自らが破壊又は倒壊することによる火災の発生を防止する。

#### 1.5.5.2 一般火災の感知及び消火

設計基準において想定される一般火災により、原子炉施設の安全性が損なわれることを防止するため、早期に一般火災の感知及び消火ができるように、以下のとおり設計する。

##### (1) 一般火災の感知

火災防護基準による火災の感知を考慮する火災防護対象機器等に対する火災の影響を限定するため、早期に火災の感知を行えるように、火災感知器（感知器及び検知装置を合せて「火災感知器」という。以下同じ。）と受信機から構成される火災感知設備を設置する。

ここで、感知器とは、火災により生じる熱、煙又は炎を利用して火災の発生を感知し、火災信号等を発生するものであり、かつ、消防法に定められた型式適合検定に合格したもの（以下「検定品」という。）をいい、検知装置とは、感知器と同等の機能を有するが、検定品では

ないものをいう。

火災感知器について、感知器は、消防法施行規則第 23 条第 4 項に基づき設置することを基本とし、検知装置は、監視範囲に死角がないように設置する。

火災防護基準による火災の感知を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画は、各火災区画における放射線、取付面高さ、温度、空気流等の環境条件や炎が生じる前に発煙すること等、予想される火災の性質を考慮して、固有の信号を発する異なる感知方式の火災感知器を設置する。当該火災区画のうち、建物内における固有の信号を発する異なる感知方式の火災感知器の組合せとしては、誤作動を防止するため、平常時の状況（温度、煙の濃度）を監視し、かつ、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の煙感知器とアナログ式の熱感知器の組合せを基本とする（アナログ式の煙感知器とアナログ式の熱感知器の組合せを適用するエリアを以下「一般エリア」という。）。ただし、環境条件等から当該組合せを適用できないエリアについては、感知方式として、煙感知器、熱感知器、炎感知器の優先順で組合せを設定する。建物外は、非アナログ式の炎感知器と赤外線感知機能等を備えた監視カメラを設置する。

なお、火災防護基準による火災の感知を考慮する火災防護対象機器等を設置しない火災区画における火災の感知は、設備や環境条件に応じて、消防法で求められる対策で機能への影響を低減することを基本とする。

以下に、一般エリア以外の火災感知器の設置について示す。

(a) 防爆エリア

防爆エリアは、蓄電池又は燃料油を貯蔵する機器を有するエリアである。当該エリアは、万一の爆発を考慮し、消防法施行規則第 23 条第 4 項に基づき、防爆型の非アナログ式の煙感知器と防爆型の非アナログ式の熱感知器を設置する。

防爆型の非アナログ式の煙感知器及び防爆型の非アナログ式の熱感知器は、以下により誤作動を防止する。

- ・ 防爆型の非アナログ式の煙感知器については、設置する場所に誤作動の要因となる蒸気を生じる設備を設置しないものとする。
- ・ 防爆型の非アナログ式の熱感知器については、作動温度が周囲温度よりも高いものを使用する。

(b) 中天井エリア

中天井エリアは、火災感知器の取付面高さが 8m 以上で 20m 未満であり、消防法施行規則第 23 条第 4 項における熱感知器の取付面高さに係る適用範囲を超えるエリアである。当該エリアは、消防法施行規則第 23 条第 4 項に基づき、アナログ式の煙感知器と非アナログ式の炎感知器を設置する。

非アナログ式の炎感知器は、以下により誤作動を防止する。

- ・ 非アナログ式の炎感知器は、炎特有の性質を検出することにより、誤作動の少ない赤外線方式を使用する。

(c) 高天井エリア

高天井エリアは、火災感知器の取付面高さが 20m 以上であり、消防法施行規則第 23 条第 4 項における煙感知器及び熱感知器の取付面高さに係る適用範囲を超えるエリアである。当

該エリアは、消防法施行規則第 23 条第 4 項に基づき、非アナログ式の炎感知器と消防法施行規則第 23 条第 4 項の適用範囲は超えるが、空調換気設備の運転状態に応じた空気の流れ及び火災の規模に応じた煙の流動を踏まえて煙を有効に感知できるようにアナログ式の煙感知器を設置する。

(d) 屋外エリア

屋外エリアは、火災防護基準による火災の感知を考慮する火災防護対象機器等を設置する屋外のエリアである。当該エリアは、火災による煙や熱が周囲に拡散するため、アナログ式の煙感知器及びアナログ式の熱感知器による火災の感知が困難である。当該エリアには、非アナログ式の炎感知器と赤外線感知機能等を備えた監視カメラを火災防護基準による火災の感知を考慮する火災防護対象機器等を全体的に監視できるように設置する。検知装置である赤外線感知機能等を備えた監視カメラは、適切な温度分解能及び観測範囲を有するものを使用することで、感知器と同等の機能を確保できる。

(e) 火災防護基準による火災の感知を考慮する火災防護対象機器等を設置しないエリア

火災防護基準による火災の感知を考慮する火災防護対象機器等を設置しないエリアは、煙感知器を設置することを基本とする。ただし、多量の燃料油等による火災が想定される場所、正常時に煙が滞留する場所又は水蒸気が多量に発生する場所等には、熱感知器を設置する。また、放射線量が高く、かつ、火災感知器の設置ができないか、又は火災感知器を設置した場合に火災感知器の保守点検ができない場所には、火災感知器を設置しないものとする。火災感知器を設置しない場所を以下に示す。火災感知器を設置しない場所については、可燃性物質の管理や窒素雰囲気で維持することや作業時以外に装置電源を切るなどの対策を講じることにより、十分な保安水準を確保できるものとする。

- ・ 原子炉建物内の「炉容器ピット」
- ・ 原子炉附属建物内の「燃料洗浄室」及び「缶詰室」
- ・ 廃棄物処理建物内の「濃縮液タンク室等の高濃度廃液収納タンク設置室」及び「固化処理室（B）及び固体廃棄物B貯蔵庫B」

火災感知器の作動状況を中央制御室で監視するため、赤外線感知機能等を備えた監視カメラ以外の火災感知器用の受信機（以下「防災監視盤」という。）及び赤外線感知機能等を備えた監視カメラ用の受信機を中央制御室に設置する。防災監視盤は、火災感知器が作動した場合に警報を発し、かつ、火災感知器の設置場所を一つずつ特定することにより、火災の発生場所を特定できるものとする。赤外線感知機能等を備えた監視カメラ用の受信機は、赤外線感知機能等を備えた監視カメラが作動した場合に警報を発し、かつ、赤外線感知機能等を備えた監視カメラの監視画像を一つずつ確認することにより、火災の発生場所を特定できるものとする。

火災感知設備は、外部電源喪失時に、機能を喪失することがないように、非常用電源設備（非常用ディーゼル電源系及び蓄電池）より電源を供給する。

火災感知設備は、想定される自然現象によっても、機能、性能が維持できるものとする。

原子炉施設において、設計上の考慮を要する自然現象としては、地震、津波、洪水、降水、風（台風）、凍結、積雪、落雷、地滑り、生物学的事象、竜巻、火山の影響、森林火災を選定した。

津波、洪水、地滑り、生物学的事象のうち、海生生物の影響については、立地的要因等により、火災感知設備の機能、性能に影響を及ぼすことはない。

生物学的事象のうち、微生物の影響については、火災感知設備の機能、性能に影響を及ぼす自然現象ではない。

降水、風（台風）、凍結、積雪、竜巻、火山の影響、森林火災について、火災感知設備は、当該自然現象に対して、性能が著しく阻害されないように建物内に設置するものとする。ただし、建物外に設置する火災感知器については、予備の火災感知器を確保し、降水、風（台風）、凍結、積雪、竜巻、火山の影響、森林火災の影響を受けた場合には、早期に取替えを行い復旧するものとする。

生物学的事象のうち、小動物の影響について、火災感知設備は、当該自然現象に対して、性能が著しく阻害されないように小動物の侵入を防止するものとする。

落雷について、火災感知設備は、落雷に対して、性能が著しく阻害されないように「1.5.5.1(7)」に示すとおり、避雷設備を設けるものとする。

地震について、火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画の火災感知器及び当該火災感知器用の受信機は、基準地震動による地震力に対して機能を喪失しないものとする。

火災感知設備は、自動試験及び遠隔試験等により、機能に異常がないことを確認する。

なお、燃料油（重油）を貯蔵するエリア及び現場電源盤が設置されるエリアにおいては、監視用 ITV を設置し、中央制御室のモニタにより、状況を確認できるものとする。

また、原子炉運転中、格納容器（床下）は、高温・高放射線環境となるため、火災感知器が故障するおそれがある。このため、格納容器（床下）に設置する火災感知器は、格納容器（床下）を窒素雰囲気で維持し、火災が発生するおそれがない期間については、火災感知器を事前に撤去又は作動信号を除外し、原子炉停止後に空気雰囲気に置換した後、速やかに交換又は復旧する運用とする。

## (2) 一般火災の消火

原子炉施設は、ナトリウムを取り扱うことを踏まえ、原子炉建物、原子炉附属建物、主冷却機建物及びメンテナンス建物には、水を用いた消火設備を設置しないものとする。第一使用済燃料貯蔵建物及び第二使用済燃料貯蔵建物については、ナトリウムを取り扱わないこと、また、火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置しないことから、消防法に基づく屋内消火ポンプ式消火栓を設置する。

原子炉建物、原子炉附属建物及び主冷却機建物において、火災時に煙の充満、放射線の影響等により消火活動が困難とならない火災区画は、運転員等によりABC消火器・二酸化炭素消火器（以下「可搬式消火器」という。）で消火を行い、火災時に煙の充満、放射線の影響等により消火活動が困難となる火災区画には、固定式消火設備として、ハロン消火設備を設置する。

現場操作が必要となる場所については、バッテリー内蔵型又は非常用ディーゼル電源系より給電できる照明を常設する。また、中央制御室には、バッテリー内蔵型の可搬型照明を配備し、必要に応じて持参できるものとする。

原子炉施設には、消火活動に必要な防護具を設置するとともに、定期的に装備装着訓

練や消火訓練を実施することで、これらの機材の使用に係る習熟度向上を図る。

中央制御室から各火災区画（原子炉運転中に窒素雰囲気で維持する格納容器（床下）を除く。）には、20分未満でアクセスすることができる。

(a) 可搬式消火器

火災時に煙の充満により消火活動が困難とならない火災区画は、基本的に、火災の等価時間が20分未満となる火災区画とする。ただし、可燃性物質（ケーブル等）が多く火災の等価時間が20分を超えるものの、格納容器（床上）等、体積が大きく火災時に煙の充満により消火活動が困難となるおそれがない火災区画は、可搬式消火器で消火を行う。

火災時に煙の充満により消火活動が困難とならない火災区画にあっては、可能な限り、機器等を金属製の管体・金属製の可とう電線管に収納すること又は使用時以外は通電しない運用とすることにより、当該機器の火災に起因して、他の機器等で火災が発生することを防止するとともに、消火活動が困難とならないように、可燃性物質の量を少なく管理することにより、煙の発生を抑えるものとする。

火災感知器を設置しない場所のうち、原子炉建物内の「炉容器ピット」については、常時、窒素雰囲気で維持するなどにより、火災の発生を防止し、消火に係る措置を講じなくとも、十分な保安水準を確保できるものとする。原子炉附属建物内の「燃料洗浄室」及び「缶詰室」については、可燃性物質の量を少なく管理すること、また、設備の運転時において、作業員が監視することで、火災を感知し、随時の消火活動を行うことなどにより、十分な保安水準を確保できるものとする。廃棄物処理建物内の「濃縮液タンク室等の高濃度廃液収納タンク設置室」及び「固化処理室（B）及び固体廃棄物B貯蔵庫B」については、設備の運転時において、作業員が監視することで、火災を感知し、随時の消火活動を行うことなどにより、十分な保安水準を確保できるものとする。

(i) 可搬式消火器の設置

- a. 原子炉施設で保有するABC消火剤の量は、火災区画の可燃性物質の量に対して、初期消火の成否を考慮した上で十分な量を備えるものとする。
- b. 中央制御室には、ABC消火器に加えて、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る系列の異なる火災防護対象ケーブルを接続する制御盤等の電気機器を設置することから、当該電気機器へ悪影響を与えない二酸化炭素消火器を設置する。
- c. ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画には、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器を設置する。
- d. 可搬式消火器は、各火災区画において、それぞれの可搬式消火器に至る歩行距離が20m（大型消火器の場合は30m）以下となるように各階ごとに設置する。特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器を設置する火災区画は、可搬式消火器（ABC消火器）を当該火災区画の入口から歩行距離が20m（大型消火器の場合は30m）以下となる場所に設置する。

(ii) 可搬式消火器の自然現象に対する機能、性能の維持

可搬式消火器は、想定される自然現象によっても、機能、性能が維持できるものとする。原子炉施設において、設計上の考慮を要する自然現象としては、地震、津波、洪水、降



水、風（台風）、凍結、積雪、落雷、地滑り、生物学的事象、竜巻、火山の影響、森林火災を選定した。

津波、洪水、地滑り、生物学的事象のうち、海生生物の影響については、立地的要因等により、可搬式消火器の機能、性能に影響を及ぼすことはない。

落雷、生物学的事象のうち、微生物の影響については、可搬式消火器の機能、性能に影響を及ぼす自然現象ではない。

地震、降水、風（台風）、凍結、積雪、生物学的事象のうち、小動物の影響、竜巻、火山の影響、森林火災については、以下のとおり設計する。

- a. 敷地付近の水戸地方気象台での記録（1897年～2013年）によれば、最低気温は $-12.7^{\circ}\text{C}$ であり、可搬式消火器は、使用温度範囲が当該最低気温に適切な余裕を考慮したものを使用することにより凍結を防止する。
- b. 可搬式消火器は、降水、風（台風）、積雪、竜巻、火山の影響、森林火災に対して、性能が著しく阻害されないように建物内に設置する。可搬式消火器を建物外に設置する場合は、降水、風（台風）、積雪、竜巻、火山の影響、森林火災に対して、性能が著しく阻害されないように、格納箱等に収納する等の対策を講じる。
- c. 可搬式消火器は、生物学的事象のうち、小動物の影響に対して、性能が著しく阻害されないように定期的に外形を点検する。
- d. 可搬式消火器は、地震や振動により転倒しないように転倒防止措置を講じる。

(iii) 可搬式消火器の破損、誤作動又は誤操作による影響

可搬式消火器（二酸化炭素消火器）については、消火剤の性状により、設置場所で破損した場合であっても、機器等に影響を及ぼすことはない。可搬式消火器（ABC消火器）が破損した場合には、電気機器へ悪影響を及ぼすおそれがあることから、可搬式消火器（ABC消火器）については、転倒・落下し破損又は誤作動しないように転倒防止措置を講じる。

また、可搬式消火器は、誤操作を防止するため、訓練を受けた運転員等が使用するものとする。

(iv) 可搬式消火器に対する二次的影響の考慮

可搬式消火器は、火災の火炎及び熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体等による二次的影響も考慮して、火災区画内に分散して設置する。また、万一、当該火災区画内の可搬式消火器が使用できない場合には、当該火災区画と異なる場所から可搬式消火器を持参できるように可搬式消火器を設置する。

(b) 固定式消火設備（ハロン消火設備）

固定式消火設備（ハロン消火設備）を設置する火災時に煙の充満により消火活動困難となる火災区画は、基本的に、火災の等価時間が20分以上となる火災区画とする。

(i) 固定式消火設備（ハロン消火設備）の主な仕様

- a. 固定式消火設備（ハロン消火設備）の消火剤には、ハロン1301を使用する。
- b. 固定式消火設備（ハロン消火設備）の消火剤の量は、消防法に基づくものとする。
- c. 中央制御室から固定式消火設備（ハロン消火設備）の起動装置の設置場所に20分未満でアクセスすることができる場合、固定式消火設備（ハロン消火設備）の起動方

式は、現場（火災範囲外）に設置した起動装置による手動起動とすることを基本とする。ただし、原子炉附属建物のケーブル室は、多くのケーブルを有すること、狭い（部屋の体積が小さい）こと、及びケーブル室に設置する中央制御室の制御盤等のケーブルについて、当該制御盤等は、運転員の操作性及び視認性を確保することを目的に近接して設置するため、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る系列の異なる火災防護対象ケーブルが近接することから、火災の影響を軽減できるように、当該室の固定式消火設備（ハロン消火設備）の起動方式は、自動起動とする。

- d. 固定式消火設備（ハロン消火設備）は、外部電源喪失時に、機能を喪失することがないように、非常用電源設備より電源を供給するものとする。
- e. 固定式消火設備（ハロン消火設備）が故障した場合には、中央制御室に故障警報を吹鳴するものとする。
- f. 固定式消火設備（ハロン消火設備）は、作動前に運転員等の退出ができるように警報を吹鳴するものとする。
- g. 火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等を設置する火災区画の消火を行うための固定式消火設備（ハロン消火設備）は、火災区画ごとに設置する。ただし、系列の異なる火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等を設置する火災区画に対して、1つの固定式消火設備（ハロン消火設備）で消火を行う場合には、当該固定式消火設備（ハロン消火設備）の動的機器である選択弁及び容器弁について、単一故障を仮定しても、機能を喪失しないものとする。

(ii) 固定式消火設備（ハロン消火設備）の自然現象に対する機能、性能の維持

固定式消火設備（ハロン消火設備）は、想定される自然現象によっても、機能、性能が維持できるものとする。

原子炉施設において、設計上の考慮を要する自然現象としては、地震、津波、洪水、降水、風（台風）、凍結、積雪、落雷、地滑り、生物学的事象、竜巻、火山の影響、森林火災を選定した。

津波、洪水、地滑り、生物学的事象のうち、海生生物の影響については、立地的要因等により、固定式消火設備（ハロン消火設備）の機能、性能に影響を及ぼすことはない。

生物学的事象のうち、微生物の影響については、固定式消火設備（ハロン消火設備）の機能、性能に影響を及ぼす自然現象ではない。

地震、降水、風（台風）、凍結、積雪、落雷、生物学的事象のうち、小動物の影響、竜巻、火山の影響、森林火災については、以下のとおり設計する。

- a. 固定式消火設備（ハロン消火設備）に使用する消火剤（ハロン 1301）の凝固点（約  $-168^{\circ}\text{C}$ ）は低く、凍結するおそれはない。
- b. 固定式消火設備（ハロン消火設備）は、降水、風（台風）、積雪、竜巻、火山の影響、森林火災に対して、性能が著しく阻害されないように、建物内に設置する。
- c. 固定式消火設備（ハロン消火設備）は、生物学的事象のうち、小動物の影響に対して、性能が著しく阻害されないように小動物の侵入を防止する。

d. 固定式消火設備（ハロン消火設備）は、落雷に対して、性能が著しく阻害されないように「1.5.5.1（7）」に示すとおり、避雷設備を設ける。

e. 火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画における固定式消火設備（ハロン消火設備）は、基準地震動による地震力に対して機能を喪失しないものとする。固定式消火設備（ハロン消火設備）は、地震における地盤変位対策として、屋外と連結する配管を設置しないものとする。

(iii) 固定式消火設備（ハロン消火設備）の破損、誤作動又は誤操作による影響

固定式消火設備（ハロン消火設備）に使用する消火剤（ハロン 1301）は、電気絶縁性が高いため、金属への直接影響は小さい。また、沸点が低く揮発性が高く腐食生成物であるフッ素等の機器等への残留は少ないため、機器への影響も小さい。

固定式消火設備（ハロン消火設備）が破損、誤作動又は誤操作した場合の濃度は、ハロン 1301 の無毒性濃度と同等の濃度である。当該濃度は、雰囲気中の酸素濃度を低下させる濃度ではないため、酸欠に至ることもない。

(iv) 固定式消火設備（ハロン消火設備）に対する二次的影響の考慮

固定式消火設備（ハロン消火設備）は、火災の火炎、熱、煙等の直接的な影響又は二次的影響を考慮して、消火対象とする火災区画と異なる火災区画に固定式消火設備（ハロン消火設備）のボンベ及び制御盤を設置する。

### 1.5.5.3 一般火災の影響軽減

設計基準において想定される一般火災により、原子炉施設の安全性が損なわれることを防止するため、一般火災の影響軽減について、以下のとおり設計する。

(1) 火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等を設置する火災区域と隣接する他の火災区域との境界の耐火壁は、3 時間以上の耐火能力を有するものとする。

(2) 火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等について、系列の異なる当該火災防護対象機器等は、異なる火災区画に設置することを基本とする。当該火災防護対象機器等を設置する火災区画の耐火壁の耐火能力は、当該火災防護対象機器等の配置及び火災の等価時間を考慮して設定する。当該火災防護対象機器等を設置する火災区画の火災の等価時間が 3 時間を超え、かつ、隣接する火災区画に系列の異なる当該火災防護対象機器等を設置する場合は、火災区画間の耐火壁を 3 時間以上の耐火能力を有するものとするか、隣接する火災区画の系列の異なる当該火災防護対象機器等に対して耐火能力を有する隔壁を設置し、当該隔壁と耐火壁を合わせて 3 時間以上の耐火能力を有するものとする。

(3) 系列の異なる火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等を同一の火災区画内に設置する場合は、中央制御室及びケーブル室を除き、相互の系統分離を以下のいずれかにより行う設計とする。

a. 系列の異なる火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等について、互いの系列間を 3 時間以上の耐火能力を有する隔壁等により分離する。

b. 系列の異なる火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等について、互いの系列間を1時間の耐火能力を有する隔壁等で分離し、かつ、火災感知設備及び自動消火設備を設置する。ただし、中央制御室から手動起動装置の設置場所まで20分未満で移動し、固定式消火設備（ハロン消火設備）を起動できる場合は、自動消火設備の設置に代えて、手動操作による固定式消火設備（ハロン消火設備）を設置する。また、火災時に煙の充満により消火活動が困難とならず、かつ、中央制御室から火災の発生した火災区画まで20分未満で移動し、消火活動を行うことができる火災区画は、自動消火設備の設置に代えて、可搬式消火器による消火を行うものとする。

(4) 系列の異なる火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等を同一の火災区画内に設置する格納容器（床上）の火災区画（操作床等）については、当該火災防護対象機器等の間を1時間の耐火能力を有する隔壁で分離し、かつ、当該火災区画は、可燃性物質（ケーブル等）が多く火災の等価時間が20分を超えるものの、体積が大きく火災時に煙の充満により消火活動が困難とならないため、自動消火設備の設置に代えて、可搬式消火器（ABC消火器）による消火を行うものとする。当該消火活動に当たっては、1時間以内に消火ができるように、火災時の輻射等による影響を考慮して以下の措置を講じる。

- ・ 消火活動を行う際には、必要に応じて、防護具（防護服、防護マスク、携帯用空気ボンベ等）を装備する。当該防護具は、格納容器の入口に設置する。
- ・ 格納容器には、2箇所の入口（所員用エアロックと非常用エアロック）を設置し、また、中2階には、2箇所のアクセスルートを設置し、火災の状況に応じて、アクセスルートを選定する。
- ・ 火元から離れた位置で消火活動が行えるよう、放射距離の長い大型の可搬式消火器（ABC消火器）を設置する。
- ・ 機器等が密集する場所においては、局所的に煙が滞留するおそれがあることから、煙により消火活動が阻害されないよう、可搬型の排煙装置を準備し、必要に応じて、排煙できるものとする。

可搬式消火器（ABC消火器）による消火活動を行ったにもかかわらず、火災が拡大して1時間以内に消火ができないと判断した場合には、運転員等の人命を最優先に考え格納容器内からの退避を行うとともに、格納容器（床上）の空調換気設備を停止し、当該空調換気設備のダンパを閉止して格納容器（床上）を密閉状態として内部の窒息消火を行うものとする。当該窒息消火に当たっては、中央制御室において、酸素濃度により密閉状態を確認し、格納容器（床上）の温度により火災の状況の監視を行うものとする。

(5) 中央制御室及びケーブル室における火災の影響軽減については、以下のとおり設計する。

(i) 中央制御室に対する火災の影響軽減

中央制御室の制御盤等は、運転員の操作性及び視認性を確保することを目的に近接して設置することから、一つの制御盤等に火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る系列の異なる火災防護対象ケーブルが接続されることを踏まえて、以下により火災の影響軽減を行う設計とする。

① ケーブルに対する火災の影響軽減

火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象ケーブルについて、盤内は狭く耐火壁により 1 時間の耐火能力を確保することはできないものの、可能な限り耐火テープを敷設し、火災の影響を軽減する。当該耐火テープについては、30 分の耐火能力を有するものを使用する。

また、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象ケーブルの周囲のケーブルについても、可能な限り耐火テープを敷設し、火災の影響を軽減する。当該耐火テープについても、30 分の耐火能力を有するものを使用する。

② 火災の早期感知

中央制御室には、固有の信号を発する異なる感知方式の火災感知器として、煙感知器と熱感知器を設置する。

常駐する運転員による火災の早期感知に努めるとともに、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る系列の異なる火災防護対象ケーブルを接続する制御盤等は、早期に火災を感知し、火災の影響を軽減するため、盤に煙感知器を設置する。当該煙感知器は、中央制御室に設置する煙感知器よりも早期に火災を感知できるものとする。

③ 火災の早期消火

中央制御室内には、可搬式消火器として、ABC 消火器に加えて、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る系列の異なる火災防護対象ケーブルを接続する制御盤等の電気機器を設置することから、電気機器へ悪影響を与えない二酸化炭素消火器を設置する。

常駐する運転員は、火災を感知した場合、火災の影響を軽減するため、1～2 本の二酸化炭素消火器による消火を行う。当該消火活動の際には、二酸化炭素が局所的に滞留することによる人体への影響を考慮して、中央制御室に設置する二酸化炭素濃度計を携帯する。常駐する運転員による火災の早期感知及び消火を図るため、消火活動の手順を定めて、定期的に訓練を実施する。

また、中央制御室には、煙の充満により消火活動に支障を来さないように、排煙設備を設置する。

(ii) ケーブル室に対する火災の影響軽減

中央制御室の下方に位置するケーブル室においては、多くのケーブルを有すること、狭い（部屋の体積が小さい）こと、及びケーブル室に有する中央制御室の制御盤等のケーブルについて、当該制御盤等は、運転員の操作性及び視認性を確保することを目的に近接して設置することから、中央制御室の制御盤等に接続する箇所では火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る系列の異なる火災防護対象ケーブルが近接することを踏まえて、以下により火災の影響軽減を行う設計とする。

① ケーブルに対する火災の影響軽減

火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象ケーブルは、施工に必要な隙間を確保できる範囲において、1 時間の耐火能力を有する耐火シートを敷設した電線管内に敷設する。当該耐火シートを敷設した電線管を敷設するこ

とができない中央制御室の制御盤等に接続する狭隘部には、1時間の耐火能力を確保することはできないものの、耐火能力を有する耐火テープを敷設し、火災の影響を軽減する。当該耐火テープについては、30分の耐火能力を有するものを使用する。

## ② 火災の早期感知

ケーブル室には、固有の信号を発する異なる感知方式の火災感知器として、煙感知器と熱感知器を設置する。

ケーブルの火災を早期に検知し、火災の影響を軽減できるよう、検知装置として光ファイバ温度センサを設置する。

なお、光ファイバ温度センサは、消火後の状況を確認することにも使用することができる。

## ③ 火災の早期消火

ケーブル室には、自動起動又は現場（火災範囲外）において、運転員が手動で起動することができる固定式消火設備（ハロン消火設備）を設置する。

当該固定式消火設備（ハロン消火設備）は、光ファイバ温度センサが作動し、中央制御室に警報が発せられた場合、現場（火災範囲外）において、運転員が手動で起動するものとする。当該固定式消火設備（ハロン消火設備）の手動起動は、ケーブル室の火災感知器が作動する前に行う操作であり、その際には、ケーブル室内において、光ファイバ温度センサが誤作動したのではないことを確認するため、中央制御室には、手動起動装置を設置しないものとする。

また、当該固定式消火設備（ハロン消火設備）は、複数の感知器が作動した場合に自動起動するものとする。万一、自動起動しなかった場合には、現場（火災範囲外）において、運転員が手動で起動するものとする。

## ④ 火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象ケーブルを敷設する電線管内での火災

火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象ケーブルを敷設する電線管内の火災については、電線管内で窒息消火されるよう当該電線管の開口部を熱膨張性及び耐火性を有したシール材で閉塞する。

また、上記電線管内で火災が発生した場合には、当該電線管内のケーブルが断線、地絡又は短絡するため、警報や指示値の異常が発生する。当該警報や指示値の異常を確認し、原子炉の停止を行い、その後、火災の発生場所を特定して復旧することとし、上記電線管内には光ファイバケーブルを敷設しないものとする。万一、上記電線管内で窒息消火されず、電線管の外部に延焼した場合には、「1.5.5.3（5）（ii）①～③」の対策により、火災の影響を軽減することができる。

- (6) 換気設備は、他の火災区画の火、熱又は煙が、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画に悪影響を及ぼさないように、防火ダンパを設置する。当該防火ダンパを設置する換気設備のフィルタには、フィルタの延焼を防護するため、チャコールフィルタを除き、「JIS L 1091（繊維製品の燃焼性試験方法）」又は「JACA No. 11A（空気清浄装置用ろ材燃焼性試験方法指針（公益社団法人 日本空気清浄協会）」を満足する難燃性材料を使用する。

(7) 運転員が常駐する中央制御室には、火災時の煙を排気できるように、建築基準法が定める構造方法に準じた排煙設備を設置する。

なお、当該排煙設備は、中央制御室専用であるため、排気に伴う放射性物質の環境への放出を考慮する必要はない。

(8) 地下階に設置する燃料油（重油）の貯蔵タンク内のベーパーが建物内に滞留しないよう、当該タンクにはベント管を設け、ベーパーを屋外に排気できるものとする。

(9) 火災区画で可燃性物質を保管する場合は、原則として、建設省告示第 1360 号において定められた構造方法に準拠した防火性能を有する鋼製のキャビネットに収納する。鋼製のキャビネット以外で保管する場合は、「1.5.5.5 一般火災の影響評価」に基づき実施する一般火災の影響評価において設定する可燃性物質の制限量を超えないように、管理するとともに、発火源や火災防護対象機器等と適切に分離されるように、米国電気電子工学会（IEEE）規格 384 の分離距離を準用し、可燃性物質の位置を管理する。さらに、当該可燃性物質は、不燃シートで覆うことによる火災予防措置を講じる。

#### 1.5.5.4 個別の火災区域又は火災区画における留意事項

以下に示す原子炉建物、原子炉附属建物及び主冷却機建物における火災区域又は火災区画は、それぞれの特徴を考慮した火災防護対策を講じる。

##### (1) ケーブル処理室

ケーブル処理室には、原子炉附属建物中 2 階のケーブル室が該当する。

ケーブル室は、1 箇所入口を設置する設計とするとともに、ケーブルトレイ間は、幅 0.9m、高さ 1.5m 未満の分離となる設計とするが、ケーブル室内に消防隊員が入室しなくとも消火が行えるよう、自動起動の固定式消火設備（ハロン消火設備）を設置する設計とする。

また、ケーブルトレイ間は、幅 0.9m、高さ 1.5m 未満の分離となる設計とするが、「1.5.5.3 (5) (ii)」に示す対策を講じることにより火災の影響を軽減する設計とする。

##### (2) 電気室

電気室は、電源供給のみに使用する設計とする。

##### (3) 蓄電池室

蓄電池室には、直流開閉装置やインバータを設置しない設計とする。

蓄電池室の換気設備は、一般社団法人電池工業会「蓄電池に関する設計指針（SBA G 0603-2001）」による水素の排気に必要な換気量以上とし、蓄電池室の水素濃度が 2%を十分下回るように維持できるように設計する。当該換気設備が故障した場合は、中央制御室に警報を発する設計とする。

##### (4) ポンプ室

火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器のうち、ポンプの設置場所は、体積が大きい等、火災時に煙の充満により消火活動が困難となるおそれは小さい。当該ポンプ室における消火に当たっては、空気呼吸器等を装備するものとし、運転員等の安全には十分留意するとともに、可搬型の排煙装置を準備し、必要な場合には、扉の開放や当該装置により換気し、呼吸具の装備及び酸素濃度の測定をし安全確認後に入室する設計とする。

##### (5) 中央制御室等

中央制御室等（中央制御室空調再循環運転時に閉回路を構成する範囲）と他の火災区画の

空調換気設備の貫通部には、防火ダンパを設置する設計とする。

中央制御室等の床のカーペットは、消防法施行令第4条の3に基づく防災性能を有するものを使用する設計とする。

(6) 使用済燃料貯蔵設備、新燃料貯蔵設備

原子炉附属建物において、使用済燃料貯蔵設備の貯蔵ラックは、水冷却池において、水中に設置されている。当該貯蔵ラック内の使用済燃料等が臨界に達するおそれがないように、適切な間隔を確保する設計とする。

原子炉附属建物において、新燃料貯蔵設備では、床面で吊り下げられた収納管に新燃料等を収納する。新燃料等が臨界に達するおそれがないように、収納管を適切な間隔を有するように配列した設計とするとともに、新燃料を貯蔵能力最大に収容した状態で万一当該設備が水で満たされるといふ厳しい状態を仮定しても、実効増倍率は0.95以下に保つことができるように設計する。

(7) 放射性廃棄物処理設備及び放射性廃棄物貯蔵設備

原子炉附属建物において、廃ガス処理室、廃液タンク室、アルコール廃液タンク室の火災区画に関連する空調換気設備は、当該火災区画の空気を排気ラインに設けたフィルタを介して、主排気筒に導入し、外部に放出するものとし、環境への放射性物質の放出を防ぐことができる設計とする。また、当該空調換気設備は、空調換気設備を停止し、ダンパを閉止して隔離できるものとする。

なお、廃ガス処理室、廃液タンク室、アルコール廃液タンク室の火災区画は、水を用いた消火設備を設置しない原子炉附属建物内にあることから、水による消火活動を実施しない。

気体廃棄物処理設備、液体廃棄物処理設備、固体廃棄物処理設備は、不燃性材料(鉄鋼又は金属板)で構成されるため、火災によって機能が影響を受けることはない。

使用済イオン交換樹脂は、ステンレス鋼製容器に、チャコールフィルタ及びHEPAフィルタは、金属製容器又は金属製保管庫に貯蔵する。

放射性廃棄物処理設備及び放射性廃棄物貯蔵設備においては、冷却が必要な崩壊熱が発生し、火災事象に至るような放射性廃棄物を貯蔵しない。金属ナトリウムが付着している、若しくは付着しているおそれのある固体廃棄物については、メンテナンス建物に設けた脱金属ナトリウム設備により、固体廃棄物を直接洗浄するか、又は除去用の治具類(スクレーパー、ヘラ等)を用いて、金属ナトリウムを除去する。除去した金属ナトリウムは、脱金属ナトリウム設備により安定化するものとし、また、金属ナトリウムが付着している治具類についても同様に安定化し、貯蔵中の火災の発生を防止する。

1.5.5.5 一般火災の影響評価

設計基準において想定される一般火災(ナトリウム燃焼に伴う一般火災の重量を含む。)に対して、「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」を参考に以下により火災の影響を評価し、原子炉の安全停止が達成できることを確認する。

(i) 火災区画内における火災源の火災荷重及び燃焼率から、当該火災区画内の火災の等価時間を算出する。

(ii) 火災区画内で想定される火災に対して、当該火災区画に設置されている火災感知設備の



種類及び消火設備を確認し、火災の感知及び消火方法が適切であること、並びに隣接する火災区画への火災の伝播を評価する。

(iii) 設計基準において想定される火災による火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等への影響を確認する。

(iv) ナトリウム燃焼を考慮する火災区画の影響評価に当たっては、ナトリウム燃焼と一般火災との重畳を考慮するものとし、ナトリウム燃焼に伴い延焼するおそれがある可燃性物質が同時に燃焼するものとして評価を行う。火災区画内でのナトリウム燃焼量は、想定されるナトリウム漏えい量に対して、漏えいしたナトリウムが鋼製の床ライナ又は受樋を介してナトリウム溜に導かれること、ナトリウム燃焼に伴い火災区画内の酸素濃度が低下してナトリウム燃焼が抑制されることを考慮する。

#### 1.5.6 手順等

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づき、原子炉施設保安規定を定める。原子炉施設保安規定には、火災について、以下の内容を含む手順を定め、適切な管理を行う。

- ・ 運転要領（運転管理、保守管理、事故発生時の措置）の作成に関すること
- ・ 消防機関への通報に関すること
- ・ 消火又は延焼の防止その他公設消防隊が火災の現場に到着するまでに行う活動に関すること
- ・ 必要な要員の配置に関すること
- ・ 教育及び訓練に関すること
- ・ 必要な資機材の配備に関すること
- ・ 可燃性物質の管理（ナトリウムの漏えいが想定される火災区画において、可燃性物質の設置を可能な限り低減すること、また、火災区画において、可燃性物質の設置及び持込みを所定の範囲に管理すること）に関すること

### 添付 3 設置許可申請書の添付書類における記載（適合性）

#### 添付書類八

#### 1. 安全設計の考え方

##### 1.8 「設置許可基準規則」への適合

原子炉施設は、「設置許可基準規則」に適合するように設計する。各条文に対する適合のための設計方針は次のとおりである。

(火災による損傷の防止)

第八条 試験研究用等原子炉施設は、火災により当該試験研究用等原子炉施設の安全性が損なわれないよう、必要に応じて、火災の発生を防止することができ、かつ、早期に火災発生を感知する設備及び消火を行う設備（以下「消火設備」という。）並びに火災の影響を軽減する機能を有するものでなければならない。

2 消火設備は、破損、誤作動又は誤操作が起きた場合においても試験研究用等原子炉を安全に停止させるための機能を損なわないものでなければならない。

## 適合のための設計方針

### 1 について

原子炉施設は、原子炉の運転に影響を及ぼすおそれのある火災が発生し、当該火災の発生又はナトリウムの漏えいを確認した場合において、原子炉を停止する（手動スクラム）。

原子炉施設は、設計基準において想定される火災によっても、原子炉を停止でき、放射性物質の閉じ込め機能を維持できるように、また、停止状態にある場合は、引き続きその状態を維持できるように、さらに、使用済燃料貯蔵設備の水冷却池においては、使用済燃料の冠水を確保し、冷却機能を維持できるように設計する。ナトリウム燃焼に対しては、「ナトリウム漏えいの発生防止」、「ナトリウム漏えいの検知・ナトリウム燃焼の感知及びナトリウム燃焼の消火」並びに「ナトリウム燃焼の影響軽減」の三方策のそれぞれを講じる設計とする。一般火災に対しては、火災防護基準による「火災の発生防止」、「火災の感知及び消火」並びに「火災の影響軽減」の三方策を適切に組み合わせる設計とする。

なお、火災防護基準による火災防護対策を適用しない安全機能の重要度分類がクラス1、2、3に属する構築物、系統及び機器に対しては、設備や環境条件に応じて、消防法、建築基準法等で求められる対策で機能への影響を低減する設計とする。

#### (1) ナトリウム燃焼に対する火災防護対策

##### a. ナトリウム漏えいの発生防止

ナトリウム漏えいの発生防止について、以下のとおり設計する。

ナトリウムを内包する配管及び機器の設計、製作等は、関連する規格、基準に準拠するとともに、品質管理や工程管理を十分に行う。

ナトリウムを内包する配管は、エルゴを引き回し、十分な撓性を備えたものとする。

ナトリウムを内包する配管及び機器は、冷却材温度変化による熱応力、設計地震力等に十分耐えるように設計する。地震に対して、ナトリウムを内包する配管及び機器は、内包するナトリウムを固化するか、ナトリウムを内包する配管又は機器が破損した場合に想定される漏えい量が少ないものを除き、基準地震動による地震力に対して、ナトリウムが漏えいすることがないように設計する。このうち、2次冷却材ダンプタンクについては、2次冷却材の漏えいに伴う緊急ドレン後に長期間ナトリウムを保有するため、弾性設計用地震動による地震力に対して、おおむね弾性状態に留まる範囲で耐えるように設計する。

ナトリウムを内包する配管及び機器は、腐食を防止するため、冷却材の純度を適切に管理すると

ともに、減肉に対する肉厚管理を行う。

b. ナトリウム漏えいの検知・ナトリウム燃焼の感知及びナトリウム燃焼の消火

ナトリウム漏えいの検知・ナトリウム燃焼の感知及びナトリウム燃焼の消火について、以下のとおり設計する。

(i) ナトリウム漏えいの検知

ナトリウム漏えいの検知には、ナトリウム漏えい検出器を用いる。

ナトリウム漏えい検出器は、誤作動を防止するための方策を講じ、外部電源喪失時に、機能を喪失することがないように、非常用電源設備（非常用ディーゼル電源系及び蓄電池）より電源を供給する。

ナトリウム漏えい検出器は、想定される自然現象（地震、降水、風（台風）、凍結、積雪、落雷、生物学的事象のうち、小動物の影響、竜巻、火山の影響、森林火災）によっても、機能、性能が維持できるものとする。ナトリウム漏えい検出器は、降水、風（台風）、凍結、積雪、竜巻、火山の影響、森林火災に対して、性能が著しく阻害されないように建物内に設置するものとする。ナトリウム漏えい検出器は、生物学的事象のうち、小動物の影響に対して、性能が著しく阻害されないように小動物の侵入を防止するものとする。ナトリウム漏えい検出器は、落雷に対して、性能が著しく阻害されないように避雷設備を設けるものとする。ナトリウム漏えい検出器は、基準地震動による地震力に対して機能を喪失しないものとする。ただし、ナトリウム漏えい検出器の構造上、基準地震動による地震力に対して機能を喪失しない設計とすることが困難な場合は、地震により、ナトリウム漏えい検出器に異常が生じた場合に、当該異常を検知して復旧することにより、ナトリウム漏えい検出器の機能を維持するものとする。

ナトリウム漏えい検出器が作動した場合には、中央制御室に警報を発し、かつ、ナトリウムが漏えいした場所を特定できるものとする。

(ii) ナトリウム燃焼の感知

ナトリウム燃焼を早期に感知するため、ナトリウム燃焼の感知は、ナトリウム漏えいの検知を起点とするものとし、ナトリウム漏えい検出器で兼用する。さらに、ナトリウム燃焼を確実に感知するため、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画には、一般火災に適用する煙感知器又は熱感知器を設置する。

(iii) ナトリウム燃焼の消火

ナトリウム燃焼の消火には、特殊化学消火剤を使用する。

原子炉施設には、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器及び防護具を設置する。

現場操作が必要となる場所については、バッテリー内蔵型又は非常用ディーゼル電源系より給電できる照明を常設する。また、中央制御室には、バッテリー内蔵型の可搬型照明を配備し、必要に応じて持参できるものとする。

原子炉施設に保有する特殊化学消火剤の量は、一系統における単一の配管又は機器の破損を想定し、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画の構造を考慮して十分な量を備えるものとする。

ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画には、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器を1から2本程度分散して設置し、当該火災区画に至る経路には、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器及び防護具を設置し、必要に応じて持参できるものとする。

特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、想定される自然現象（地震、降水、風（台風）、凍結、積雪、生物学的事象のうち、小動物の影響、竜巻、火山の影響、森林火災）によっても、機能、性能が維持できるものとする。敷地付近の水戸地方気象台での記録（1897年～2013年）によれば、最低気温は-12.7℃であり、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、使用温度範囲が当該最低気温に適切な余裕を考慮したものを使用することにより凍結を防止するものとする。特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、降水、風（台風）、積雪、竜巻、火山の影響、森林火災に対して、性能が著しく阻害されないように建物内に設置するものとする。特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、生物学的事象のうち、小動物の影響に対して、性能が著しく阻害されないように定期的に外形を点検するものとする。特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、地震や振動により転倒しないように転倒防止措置を講じるものとする。

特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、火災の火炎及び熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体等による二次的影響も考慮して、火災区画内に分散して設置する。また、万一、当該火災区画内の特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器が使用できない場合には、当該火災区画と異なる場所から特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器を持参できるように特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器を設置する。

特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、一般火災にも使用できるが、放射距離が短いことから、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画において、ナトリウム燃焼と一般火災をナトリウム漏えい検出器の作動の有無、ナトリウムエアロゾルの発生の有無、ナトリウムエアロゾル特有の刺激臭の有無等により識別し、一般火災のみが生じていることを確認した場合には、ABC消火器を使用する。

#### c. ナトリウム燃焼の影響軽減

ナトリウム燃焼の影響軽減について、以下のとおり設計する。

##### (i) ナトリウム漏えい発生時の燃焼抑制

原子炉冷却材バウンダリを構成し、1次冷却材を内包する配管及び機器は、窒素雰囲気で維持する二重構造の間隙に漏えいしたナトリウムを保持することによりナトリウム燃焼を抑制する。

上記以外で1次冷却材を内包する配管及び機器並びに格納容器（床下）に設置する2次冷却材を内包する配管及び機器は、原子炉運転中に窒素雰囲気で維持する格納容器（床下）に漏えいしたナトリウムを保持することによりナトリウム燃焼を抑制する。

上記以外で2次冷却材を内包する配管及び機器は、漏えいの発生した系統内に残存する冷却材を2次冷却材ダンプタンクに緊急ドレンし、ナトリウムの漏えい量を低減することによりナトリウム燃焼を抑制する。

##### (ii) ナトリウム燃焼の影響軽減

ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画（原子炉運転中に窒素雰囲気で維持する格納容器（床下）を除く。）は、耐火能力を有する耐火壁又は隔壁により、他の火災区画と分離する。

ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画の床面に設置する鋼製のライナは、堰を設け、漏えい拡散面積を抑制することにより、ナトリウムと空気の接触面積を低減する。

ナトリウムと湿分等との反応に伴い発生した水素が蓄積するおそれがある火災区画については、窒素ガスを供給し、水素の濃度を燃焼限界濃度以下に抑制できるものとする。

主冷却機建物においては、漏えいしたナトリウムを鋼製の床ライナ又は受樋を介して、ナトリウム溜に導き、ナトリウム溜で漏えいしたナトリウムを保持する。

主冷却機建物及び原子炉附属建物においては、多量のナトリウムエアロゾルの発生を想定し、ナトリウムエアロゾルの拡散を防止するため、空調換気設備を停止し、防煙ダンパを閉止できるものとし、他の火災区画への影響を軽減する。

(iii) ナトリウムと構造材との反応防止

高温のナトリウムとコンクリートが直接接触することを防止するため、ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画には、ナトリウム燃焼に伴う材料の腐食を考慮した厚さを有する鋼製のライナ又は受樋を設置する。

(2) 一般火災に対する火災防護対策

a. 一般火災の発生防止

一般火災の発生防止について、以下のとおり設計する。

(i) 発火性物質又は引火性物質への対策

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画における発火性又は引火性物質（液体）を内包する設備は、ベローズシール、パッキン、Oリング等を用いることによる漏えい防止対策を講じる。万一の漏えいに備え、発火性又は引火性物質（液体）の保有量に応じて、堰を設けて漏えい拡散面積を制限することによる拡大防止措置を講じる。

(ii) 可燃性蒸気又は可燃性の微粉への対策

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画は、可燃性の蒸気又は可燃性の微粉が発生するおそれがある場合には、換気、通風又は拡散の措置により、可燃性の蒸気又は可燃性の微粉の滞留を防止する設計とする。当該火災区画のうち、爆発性雰囲気に至るおそれのある火災区画には、防爆型の電気・計装品を使用するとともに、着火源となるような静電気が溜まるおそれのある設備を設置する場合は、静電気を除去する装置を設けるものとする。当該火災区画には、金属粉や布による研磨機のように静電気が溜まるおそれのある設備を設置しないものとする。

(iii) 発火源への対策

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画における火花が発生するおそれのある設備は、金属製の筐体に収納する等の対策を行い、設備の外部に火花が出ることを防止する。当該火災区画における高温の設備は、高温部分を保温材で被覆し、可燃性物質との接触や可燃性物質の過熱を防止する。

(iv) 水素漏えいへの対策

交流無停電電源系及び直流無停電電源系の蓄電池を設置する火災区画には、必要な換気容量を有する換気設備を設けるとともに、水素の検知器を設置する。当該換気設備は、非常用電源設備より電源を供給するものとする。当該換気設備が停止した場合又は水素濃度が警報設定値に達した場合には、中央制御室に警報を発するものとする。当該火災区画には、直流開閉装置やインバータを設置しないものとする。

(v) 過電流による過熱防止対策

動力ケーブルは、保護継電器、遮断器、ヒューズ等の組合せ等により、地絡や短絡等に起因するケーブルの過熱及び焼損を防止する。

(vi) 不燃性材料又は難燃性材料の使用

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等は、主要な構造材、ケーブル、チャコールフィルタを除く空調換気設備のフィルタ、保温材及び建物内装材は、不燃性材料又は難燃性材料を使用する設計とする。ただし、不燃性材料又は難燃性材料が使用できない場合は、不燃性材料又は難燃性材料と同等の性能を有する代替材料を使用する設計とするか、又は代替材料の使用が技術上困難な場合には、金属製の筐体や電線管への格納等により、他の機能を有する火災防護対象機器等において火災が発生することを防止するための措置を講じる設計とする。

火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象ケーブルは、実証試験又は当該試験に示される同等の性能を確認した難燃ケーブルを使用する。ただし、核計装等のケーブルは、難燃ケーブルを使用するか、耐ノイズ性を確保するため、難燃ケーブルの使用が困難な場合は、ケーブルを電線管に収納するとともに、電線管の開口部を熱膨張性及び耐火性を有したシール材で閉塞させ、電線管内への酸素の供給を防止することにより、難燃ケーブルと同等の自己消火性及び延焼性を確保する。

(vii) 自然現象による火災の発生防止対策

想定される自然現象（地震、風（台風）、落雷、生物学的事象のうち、小動物の影響、竜巻、森林火災）によって、原子炉施設内の火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等に火災が発生することを防止するものとする。

風（台風）、竜巻、森林火災については、原子炉施設内の火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器等を当該自然現象に対して防護することにより、火災の発生を防止する。

生物学的事象のうち、小動物の影響については、原子炉施設内の火災防護基準による火災の発生防止を考慮する火災防護対象機器に対して、小動物の侵入を防止することにより、火災の発生を防止する。

落雷については、落雷による火災の発生防止対策として、避雷設備を設ける。

地震については、地震による火災の発生防止対策として、火災防護対象機器は、耐震重要度分類に応じて、十分な支持性能をもつ地盤に設置するとともに、自らが破壊又は倒壊することによる火災の発生を防止する。

b. 一般火災の感知及び消火

一般火災の感知及び消火について、以下のとおり設計する。

(i) 一般火災の感知

一般火災を早期に感知できるよう、火災感知器と受信機から構成される火災感知設備を設置する。

火災防護基準による火災の感知及び消火を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画には、固有の信号を発する異なる感知方式の火災感知器を設置する。固有の信号を発する異なる感知方式の火災感知器の組合せは、誤作動を防止するため、アナログ式の煙感知器とアナログ式の熱感知器の組合せを基本とする。ただし、環境条件等から当該組合せを適用できないエリアにおける火災感知器の組合せについては、防爆型の非アナログ式の煙感知器と防爆型の非アナログ式の熱感知器、アナログ式の煙感知器と非アナログ式の炎感知器、非アナログ式の炎感知器と

赤外線感知機能等を備えた監視カメラの組合せとする。

火災感知器の設置に当たって、感知器については、消防法施行規則第 23 条第 4 項に基づき設置することを基本とし、検知装置については、監視範囲に死角がないように設置する。ただし、感知器のうち、煙感知器を消防法施行規則第 23 条第 4 項の取付面高さに係る適用範囲を超えるエリアに設置する場合は、空調換気設備の運転状態に応じた空気の流れ及び火災の規模に応じた煙の流動を踏まえて煙を有効に感知できるように設置する。

火災防護基準による火災の感知及び消火を考慮する火災防護対象機器等を設置しないエリアにおける火災の感知は、設備や環境条件に応じて、消防法で求められる対策で機能への影響を低減する。当該エリアには、煙感知器を設置することを基本とする。ただし、多量の燃料油等による火災が想定される場所、正常時に煙が滞留する場所又は水蒸気が多量に発生する場所等には、熱感知器を設置する。また、放射線量が高く、かつ、火災感知器の設置ができないか、又は火災感知器を設置した場合に火災感知器の保守点検ができない場所には、火災感知器を設置しないものとする（原子炉建物内の「炉容器ピット」、原子炉附属建物内の「燃料洗浄室」及び「缶詰室」、廃棄物処理建物内の「濃縮液タンク室等の高濃度廃液収納タンク設置室」及び「固化処理室（B）」及び固体廃棄物 B 貯蔵庫 B」が該当）。

受信機については、火災感知器が作動した場合に警報を発し、かつ、火災の発生場所を特定できるものとする。

火災感知設備は、外部電源喪失時に、機能を喪失することがないように、非常用電源設備（非常用ディーゼル電源系及び蓄電池）より電源を供給する。

火災感知設備は、想定される自然現象（地震、降水、風（台風）、凍結、積雪、落雷、生物学的事象のうち、小動物の影響、竜巻、火山の影響、森林火災）によっても、機能、性能が維持できるものとする。火災感知設備は、降水、風（台風）、凍結、積雪、竜巻、火山の影響、森林火災に対して、性能が著しく阻害されないように建物内に設置するものとする。ただし、建物外に設置する火災感知器については、予備の火災感知器を確保し、降水、風（台風）、凍結、積雪、竜巻、火山の影響、森林火災の影響を受けた場合には、早期に取替えを行い復旧するものとする。火災感知設備は、生物学的事象のうち、小動物の影響に対して、性能が著しく阻害されないように小動物の侵入を防止するものとする。火災感知設備は、落雷に対して、性能が著しく阻害されないように避雷設備を設けるものとする。火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画の火災感知器及び当該火災感知器用の受信機は、基準地震動による地震力に対して機能を喪失しないものとする。

火災感知設備は、自動試験及び遠隔試験等により、機能に異常がないことを確認する。

## (ii) 一般火災の消火

原子炉施設は、ナトリウムを取り扱うことを踏まえ、原子炉建物、原子炉附属建物、主冷却機建物及びメンテナンス建物には、水を用いた消火設備を設置しないものとする。第一使用済燃料貯蔵建物及び第二使用済燃料貯蔵建物については、ナトリウムを取り扱わないこと、また、火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置しないことから、消防法に基づく屋内消火ポンプ式消火栓を設置する。

原子炉建物、原子炉附属建物及び主冷却機建物において、火災時に煙の充満、放射線の影響等により消火活動が困難とならない火災区画は、可搬式消火器で消火を行い、火災時に煙の充満、



放射線の影響等により消火活動が困難となる火災区画には、固定式消火設備（ハロン消火設備）を設置する。

現場操作が必要となる場所については、バッテリー内蔵型又は非常用ディーゼル電源系より給電できる照明を常設する。また、中央制御室には、バッテリー内蔵型の可搬型照明を配備し、必要に応じて持参できるものとする。

#### ① 可搬式消火器

原子炉施設に保有するABC消火剤の量は、火災区画の可燃性物質の量に対して、初期消火の成否を考慮した上で十分な量を備えるものとする。

中央制御室には、ABC消火器に加えて、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る系列の異なる火災防護対象ケーブルを接続する制御盤等の電気機器を設置することから、二酸化炭素消火器を設置する。

ナトリウムを内包する配管又は機器を設置する火災区画には、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器を設置する。

可搬式消火器（ABC消火器）は、各火災区画において、それぞれの消火器に至る歩行経路が20m（大型消火器の場合は30m）以下となるように各階ごとに設置する。特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器を設置する火災区画は、可搬式消火器（ABC消火器）を当該火災区画の入口から歩行距離が20m（大型消火器の場合は30m）以下となる場所に設置する。

可搬式消火器は、想定される自然現象（地震、降水、風（台風）、凍結、積雪、生物学的事象のうち、小動物の影響、竜巻、火山の影響、森林火災）によっても、機能、性能が維持できるものとする。敷地付近の水戸地方気象台での記録（1897年～2013年）によれば、最低気温は-12.7℃であり、可搬式消火器は、使用温度範囲が当該最低気温に適切な余裕を考慮したものを使用することにより凍結を防止するものとする。可搬式消火器は、降水、風（台風）、積雪、竜巻、火山の影響、森林火災に対して、性能が著しく阻害されないように建物内に設置するものとする。ただし、可搬式消火器を建物外に設置する場合は、降水、風（台風）、積雪、竜巻、火山の影響、森林火災に対して、性能が著しく阻害されないように、格納箱等に収納する等の対策を講じるものとする。可搬式消火器は、生物学的事象のうち、小動物の影響に対して、性能が著しく阻害されないように定期的に外形を点検するものとする。可搬式消火器は、地震や振動により転倒しないように転倒防止措置を講じるものとする。

可搬式消火器は、火災の火炎及び熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体等による二次的影響も考慮して、火災区画内に分散して設置する。また、万一、当該火災区画内の可搬式消火器が使用できない場合には、当該火災区画と異なる場所から可搬式消火器を持参できるものとする。

#### ② 固定式消火設備（ハロン消火設備）

固定式消火設備（ハロン消火設備）の消火剤には、ハロン1301を使用し、当該消火剤の量は、消防法に基づくものとする。

固定式消火設備（ハロン消火設備）の起動方式は、中央制御室から起動装置の設置場所に20分未満でアクセスできる場合、手動起動によるものとする。ただし、ケーブル室には、火災の影響を軽減できるように自動起動による固定式消火設備（ハロン消火設備）を設置する。

火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等

を設置する火災区画の消火を行うための固定式消火設備（ハロン消火設備）は、火災区画ごとに設置する。ただし、系列の異なる火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等を設置する火災区画に対して、1つの固定式消火設備（ハロン消火設備）で消火を行う場合には、当該固定式消火設備（ハロン消火設備）の動的機器である選択弁及び容器弁について、単一故障を仮定しても、機能を喪失しないものとする。

固定式消火設備（ハロン消火設備）は、想定される自然現象（地震、降水、風（台風）、凍結、積雪、落雷、生物学的事象のうち、小動物の影響、竜巻、火山の影響、森林火災）によっても、機能、性能が維持できるものとする。固定式消火設備（ハロン消火設備）に使用する消火剤（ハロン 1301）の凝固点（約-168℃）は低く、凍結するおそれはないものとする。固定式消火設備（ハロン消火設備）は、降水、風（台風）、積雪、竜巻、火山の影響、森林火災に対して、性能が著しく阻害されないように、建物内に設置するものとする。固定式消火設備（ハロン消火設備）は、生物学的事象のうち、小動物の影響に対して、性能が著しく阻害されないように小動物の侵入を防止するものとする。固定式消火設備（ハロン消火設備）は、落雷に対して、性能が著しく阻害されないように避雷設備を設けるものとする。火災防護基準による対策を考慮する火災防護対象機器等を設置する火災区画における固定式消火設備（ハロン消火設備）は、基準地震動による地震力に対して、機能を喪失しないように設計する。

固定式消火設備（ハロン消火設備）は、火災の火炎、熱、煙等の直接的な影響又は二次的影響を考慮して、消火対象とする火災区画と異なる火災区画に固定式消火設備（ハロン消火設備）のボンベ及び制御盤を設置する。

#### c. 一般火災の影響軽減

一般火災の影響軽減について、以下のとおり設計する。

火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等を設置する火災区域と隣接する他の火災区域との境界の耐火壁は、3時間以上の耐火能力を有するものとする。

火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等について、系列の異なる当該火災防護対象機器等は、異なる火災区画に設置することを基本とする。当該火災防護対象機器等を設置する火災区画の耐火壁の耐火能力は、当該火災防護対象機器等の配置及び火災の等価時間を考慮して設定する。当該火災防護対象機器等を設置する火災区画の火災の等価時間が3時間を超え、かつ、隣接する火災区画に系列の異なる当該火災防護対象機器等を設置する場合は、火災区画間の耐火壁を3時間以上の耐火能力を有するものとするか、隣接する火災区画の系列の異なる当該火災防護対象機器等に対して耐火能力を有する隔壁を設置し、当該隔壁と耐火壁を合わせて3時間以上の耐火能力を有するものとする。

系列の異なる火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等を同一の火災区画内に設置する場合は、中央制御室及びケーブル室を除き、相互の系統分離を以下のいずれかにより行う設計とする。

- a. 系列の異なる火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象機器等について、互いの系列間を3時間以上の耐火能力を有する隔壁等により分離する。
- b. 系列の異なる火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火

災防護対象機器等について、互いの系列間を1時間の耐火能力を有する隔壁等で分離し、かつ、火災感知設備及び自動消火設備を設置する。ただし、中央制御室から手動起動装置の設置場所まで20分未満で移動し、固定式消火設備（ハロン消火設備）を起動できる場合は、自動消火設備の設置に代えて、手動操作による固定式消火設備（ハロン消火設備）を設置する。また、火災時に煙の充満により消火活動が困難とならず、かつ、中央制御室から火災の発生した火災区画まで20分未満で移動し、消火活動を行うことができる火災区画は、自動消火設備の設置に代えて、可搬式消火器による消火を行うものとする。

中央制御室に対する火災の影響軽減については、以下のとおり設計する。

① ケーブルに対する火災の影響軽減

火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象ケーブルについて、盤内は狭く耐火壁により1時間の耐火能力を確保することはできないものの、可能な限り耐火テープを敷設し、火災の影響を軽減する。当該耐火テープについては、30分の耐火能力を有するものを使用する。

また、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象ケーブルの周囲のケーブルについても、可能な限り耐火テープを敷設し、火災の影響を軽減する。当該耐火テープについても、30分の耐火能力を有するものを使用する。

② 火災の早期感知

中央制御室には、固有の信号を発する異なる感知方式の火災感知器として、煙感知器と熱感知器を設置する。

常駐する運転員による火災の早期感知に努めるとともに、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る系列の異なる火災防護対象ケーブルを接続する制御盤等は、早期に火災を感知し、火災の影響を軽減するため、盤に煙感知器を設置する。当該煙感知器は、中央制御室に設置する煙感知器よりも早期に火災を感知できるものとする。

③ 火災の早期消火

中央制御室内には、可搬式消火器として、ABC消火器に加えて、火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る系列の異なる火災防護対象ケーブルを接続する制御盤等の電気機器を設置することから、電気機器へ悪影響を与えない二酸化炭素消火器を設置する。

常駐する運転員は、火災を感知した場合、火災の影響を軽減するため、1～2本の二酸化炭素消火器による消火を行う。当該消火活動の際には、二酸化炭素が局所的に滞留することによる人体への影響を考慮して、中央制御室に設置する二酸化炭素濃度計を携帯する。

また、中央制御室には、煙の充満により消火活動に支障を来さないように、排煙設備を設置する。

ケーブル室に対する火災の影響軽減については、以下のとおり設計する。

① ケーブルに対する火災の影響軽減

火災防護基準による火災の影響軽減を考慮する原子炉の安全停止に係る火災防護対象ケーブルは、施工に必要な隙間を確保できる範囲において、1時間の耐火能力を有する耐火シートを敷設した電線管内に敷設する。当該耐火シートを敷設した電線管を敷設することができない中央制御室の制御盤等に接続する狭隘部には、1時間の耐火能力を確保することはできない

ものの、耐火能力を有する耐火テープを敷設し、火災の影響を軽減する。当該耐火テープについては、30分の耐火能力を有するものを使用する。

② 火災の早期感知

ケーブル室には、固有の信号を発する異なる感知方式の火災感知器として、煙感知器と熱感知器を設置する。

ケーブルの火災を早期に検知し、火災の影響を軽減できるよう、検知装置として光ファイバ温度センサを設置する。

③ 火災の早期消火

ケーブル室には、自動起動又は現場（火災範囲外）において、運転員が手動で起動することができる固定式消火設備（ハロン消火設備）を設置する。

2 について

消火設備は、破損、誤作動又は誤操作が起きた場合においても、消火設備の消火方法、消火設備の破損防止措置等を行うことにより、原子炉を安全に停止させるための機能を損なわないように設計する。

## 添付 4 設置許可申請書の添付書類における記載（設備等）

### 添付書類八

#### 10. その他試験研究用等原子炉の附属施設

##### 10.9 火災防護対策設備

設計基準において想定される火災により、原子炉施設の安全性が損なわれないようにするため、以下の火災防護対策設備を設ける。

###### 10.9.1 消火設備

設計基準において想定される火災により、原子炉施設の安全性が損なわれないようにするため、以下の消火設備を設ける。

なお、消火設備は、破損、誤作動又は誤操作が起きた場合においても原子炉を安全に停止させるための機能を損なわないように設計する。

- (1) 可搬式消火器(ナトリウム燃焼に対しては、特殊化学消火剤を用いた可搬式消火器を、一般火災に対しては、ABC消火器又は二酸化炭素消火器を使用)
- (2) 固定式消火設備（ハロン消火設備）
- (3) 消火用ホース類（ナトリウムを取り扱う区域（管理区域を包絡）を除いた区域（屋外等）で使用）

###### 10.9.2 感知設備

設計基準において想定される火災により、原子炉施設の安全性が損なわれないようにするため、以下の感知設備（ナトリウム漏えいの検出器及び火災感知設備をいう。）を設ける。これらが作動した場合に中央制御室に警報を発し、かつ、火災の発生場所が特定できるものとする。

- (1) ナトリウム漏えい検出器
  - ・ 光学式（主冷却器及び補助冷却器に使用）
  - ・ 通電式（主冷却器及び補助冷却器以外に使用）
- (2) 火災感知設備
  - ・ アナログ式の煙感知器
  - ・ アナログ式の熱感知器
  - ・ 赤外線感知機能等を備えた監視カメラ
  - ・ 防爆型の非アナログ式の煙感知器
  - ・ 防爆型の非アナログ式の熱感知器
  - ・ 非アナログ式の炎感知器（赤外線方式）