

令和 3 年 7 月 26 日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

原子力科学研究所バックエンド技術部

# 放射性廃棄物処理場の設計及び工事の計画の認可申請

## (その 4) 申請概要等

### (案)

1. 第 398 回核燃料施設等の新規制基準適合性に係る審査会合（令和 3 年 3 月 15 日）  
論点回答・・ 1
2. 第 2 廃棄物処理棟のアスファルト固化装置停止に伴う設備の状態及び  
火災リスクの低減・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3
3. 放射性廃棄物処理場設計及び工事の計画の認可申請（その 4）申請概要・・・・・・ 4

## 1. 第 398 回核燃料施設等の新規制基準適合性に係る審査会合（令和 3 年 3 月 15 日）論点回答

- セル排風機に設けるボックスについて、火災発生時に隣接するセル排風機及び自動消火設備に影響がないことの定量的（時間経過、温度評価等）な結果を示すこと。

### <回答>

セル排風機で火災が発生した場合に、隣接するセル排風機及びセル排風機に設ける自動消火設備への影響について、原子力発電所の外部火災影響評価ガイドを参考に、評価を実施した。

評価は、図 1 の概要図に示すとおり、セル排風機 A で発生した火災の熱影響について、隣接するセル排風機 B を覆うボックス前面鋼板の温度を評価した。なお、評価に当たっては、保守的な評価とするため、自動消火設備による消火及びセル排風機 A のボックスの熱遮蔽は考慮せず、セル排風機 A に内蔵している可燃物（潤滑油）全量が燃焼した場合の評価とした。

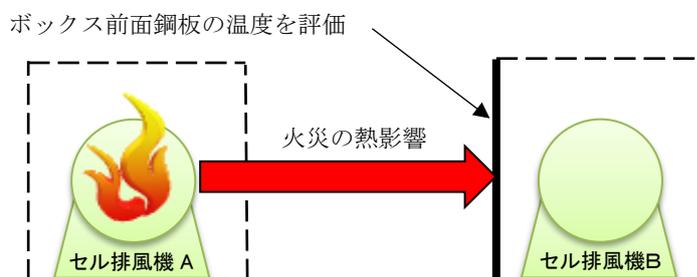


図 1 評価概要図

評価の結果、燃焼終了時点（燃焼継続時間経過時）でのボックス前面鋼板の温度は約 87℃～約 97℃であり、ボックス内部に設置されている電動機の耐熱温度（120℃）を超えないため、セル排風機が隣接するセル排風機の火災により機能を喪失することはない。また、自動消火設備の火災感知器についても、感知温度（120℃）を超えないため、自動消火設備が誤作動することはない。

評価の詳細は、参考資料に示す。

▶ ドラム詰室における火災源の監視（温度、ガス濃度等）について、運用の具体性について示すこと。

<回答>

アスファルト固化装置の運用を停止するため、ドラム詰室における火災源（アスファルトと廃液の混練物）の監視は不要となる。

▶ 可燃性ガスを十分に低減できることの評価について、検知器の設置場所、局所排気装置の位置づけや風量などを踏まえ、定量的に説明すること。

<回答>

アスファルト固化装置の運用を停止するため、ドラム詰室において可燃性ガスが発生することはない。ガス検知器、局所排気装置等は不要となる。

- ▶ アスファルトの冷却について、200℃で水噴霧消火設備を手動起動で対応することについて、自然発火を防止できる根拠を時間や温度変化等定量的に示すこと。また、200℃等の温度について妥当性を示すこと。
- ▶ 水噴霧消火設備の自動起動についても、設工認とすることや消火栓ポンプ、局所排気装置の設工認申請書との位置づけについて整理して説明すること。
- ▶ 水噴霧消火設備に対し、ドラム缶の冷却と消火を期待しているが、感知から消火に係る流れの中で、設備対応するところ、運用に頼るところを体系的に整理し、設備については、その能力や信頼性も含め、全体としての実効性について説明すること。

<回答>

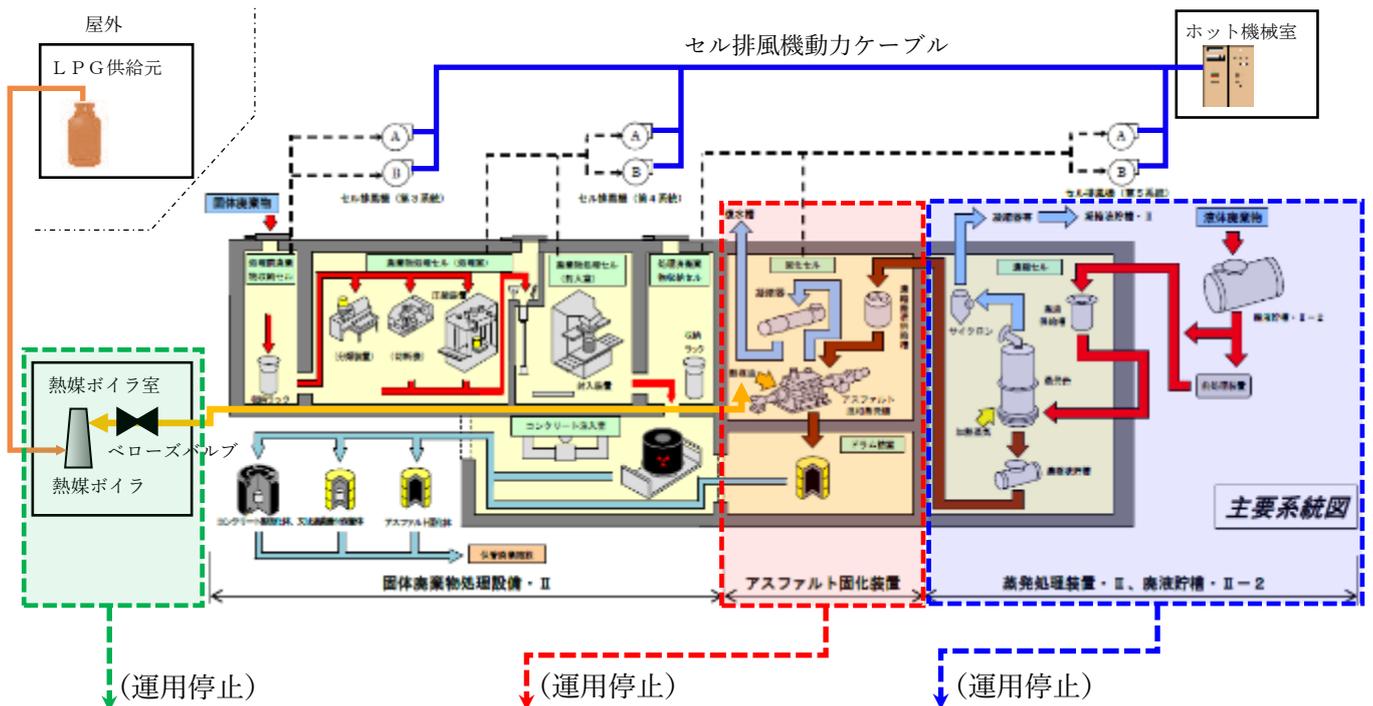
アスファルト固化装置の運用を停止するため、冷却のための水噴霧消火設備は不要となる。

▶ アスファルトの火災が万が一発生した場合の消火確認について、再燃発火をさせないための具体的な手段を示すこと。

<回答>

アスファルト固化装置の運用を停止するため、アスファルトを起因とした火災が発生することはない。

2. 第2 廃棄物処理棟のアスファルト固化装置停止に伴う設備の状態及び火災リスクの低減



(運用停止) 熱媒ボイラ室	(運用停止) 固化セル、ドラム詰室	(運用停止) 濃縮セル、処理前廃液貯槽室
<p>【運用停止前の状態】</p> <p>1. 防護対象設備 ➢ なし</p> <p>2. 主な可燃物 ➢ <u>LPG</u> ➢ <u>熱媒油</u></p> <p>3. 着火源 ➢ <u>電気</u></p>	<p>【運用停止前の状態】</p> <p>1. 防護対象設備 ➢ <u>アスファルト固化装置</u> ➢ <u>固化セル</u></p> <p>2. 主な可燃物 ➢ <u>熱媒油</u> ➢ <u>アスファルト</u> ➢ <u>アスファルト固化体から発生する可燃性ガス</u></p> <p>3. 着火源 ➢ <u>電気</u> ➢ <u>アスファルトと硝酸塩等の反応熱</u></p>	<p>【運用停止前の状態】</p> <p>1. 防護対象設備 ➢ <u>蒸発処理装置・II</u> ➢ <u>廃液貯槽・II-2</u> ➢ <u>濃縮セル</u></p> <p>2. 主な可燃物 ➢ なし</p> <p>3. 着火源 ➢ <u>電気</u></p>
<p>【運用停止後の状態】</p> <p>1. 防護対象設備 <u>なし</u></p> <p>2. 主な可燃物 <u>なし</u> (LPG供給遮断、熱媒油抜き出し)</p> <p>3. 着火源 <u>なし</u> (アスファルト固化装置への電源供給遮断*)</p>	<p>【運用停止後の状態】</p> <p>1. 防護対象設備 <u>なし</u> (運用停止)</p> <p>2. 主な可燃物 <u>なし</u> (系統内の熱媒油抜き出し、固化処理停止)</p> <p>3. 着火源 <u>なし</u> (アスファルト固化装置への電源供給遮断*、固化処理停止)</p>	<p>【運用停止後の状態】</p> <p>1. 防護対象設備 <u>なし</u> (運用停止*)</p> <p>2. 主な可燃物 <u>なし</u></p> <p>3. 着火源 <u>なし</u> (蒸発処理装置・II及び廃液貯槽・II-2への電源供給遮断*)</p> <p>*: 蒸発処理装置・IIへの蒸発蒸気も供給遮断する。</p>

※: 室内照明は継続使用するが、作業員による巡視点検時のみ使用。

### 3. 放射性廃棄物処理場設計及び工事の計画の認可申請（その4）申請概要

#### 3.1 放射性廃棄物処理場設計及び工事の計画の認可申請（その4）の構成

放射性廃棄物処理場設計及び工事の計画の認可申請（その4）（以下「本申請」という。）における構成は、以下のとおりである。

- ・ 第1編 第2廃棄物処理棟のセル排風機自動消火設備の設置

なお、放射性廃棄物処理場全体としての火災防護設計及び第2廃棄物処理棟のセル排風機動力ケーブルの更新に係る適合性の説明については、今後申請を予定している後段の設工認において別途申請する。その際、本申請における設計内容に影響が生じる場合、必要に応じて設計変更を行うこととする。

#### 3.2 申請概要

##### 3.2.1 第1編 第2廃棄物処理棟のセル排風機自動消火設備の設置の概要

本申請第1編については、「試験研究の用に供する原子炉等の位置、構造及び設備の基準に関する規則」（以下「試験炉設置許可基準規則」という。）第8条第1項の要求事項に対する設計方針として、原子炉設置変更許可申請書添付書類八に示す方針6. 火災による損傷の防止に該当するものである。

試験炉設置許可基準規則	原子炉設置変更許可申請書添付書類八
(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 (省略)	方針6. 火災による損傷の防止（第8条） 適合のための設計方針 第1項について 放射性廃棄物の廃棄施設における火災対策として、構築物、系統及び機器は、不燃性又は難燃性材料を使用する設計とする。また、放射性廃棄物の廃棄施設には、火災検出装置、消火器、消火栓等を設ける。火災の影響を軽減するため、必要に応じて耐火壁、防火戸等を設ける。 (以下、省略) 第2項について (省略)

上記、原子炉設置変更許可申請書添付書類八に示す適合のための設計方針を踏まえ、技術基準規則第21条第1項第4号ロ及びハの要求事項に適合させるため、第2廃棄物処理棟のセル排風機において、温度上昇時に火災受信機で警報を発報するよう火災感知器を設けるとともに、消火を行うための自動消火設備を設ける。また、第2廃棄物処理棟のセル排風機で火災が発生した場合に、隣接するセル排風機への延焼を防止するため、鋼製のボックスを設ける。

なお、本申請に係る設備のうち、第2廃棄物処理棟のアスファルト固化装置について、液

体廃棄物の廃棄設備としての処理運転を停止することから、本申請本文の「1. 放射性廃棄物の廃棄施設の構成及び申請範囲」に、以下のとおり記載する。

(2)液体廃棄物の廃棄設備のうち、b 廃液処理装置の(c) 固化装置④アスファルト固化装置については、液体廃棄物の廃棄設備としての処理運転を停止することとする。また、アスファルト固化装置の処理運転停止に伴い、上流側の設備である a 廃液貯槽の(a) 処理前廃液貯槽⑤廃液貯槽・II-2 及び b 廃液処理装置の(b) 蒸発処理装置・II についても、液体廃棄物の廃棄設備としての処理運転を停止することとする。

仮に、今後アスファルト固化装置を用いて処理運転を行う場合は、設計及び工事の計画の認可を取得する。

アスファルト固化装置の停止に伴い、アスファルトを間接的に加熱するための装置である熱媒ボイラについても運用を停止することとし、熱媒ボイラの加熱源である LPG についても供給を遮断することとする。

また、アスファルト固化装置、廃液貯槽・II-2 及び蒸発処理装置・II については、設備としては、第2 廃棄物処理棟に設置した状態となるが、液体廃棄物の貯留はなく、設備も独立していることから、他の原子炉施設等への影響はない。なお、今後は、原子炉施設保安規定及び下部規定において、電源遮断、操作禁止措置等の保守管理を定め、適切に管理していくこととする。

#### (1) 設計に係る防護対象設備の選定

「試験炉設置許可基準規則」第8条の要求事項である「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「試験研究の用に供する原子炉等の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第8条の要求事項である「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。」を踏まえ、原子炉設置変更許可申請書添付書類八において、「放射性廃棄物の廃棄施設における火災対策として、構築物、系統及び機器は、不燃性又は難燃性材料を使用する設計とする。また、放射性廃棄物の廃棄施設には、火災検出装置、消火器、消火栓等を設ける。火災の影響を軽減するため、必要に応じて耐火壁、防火戸等を設ける。」ことを適合のための設計方針としている。

この適合のための設計方針に基づき、「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド（平成25年6月19日原子力規制委員会制定）」（以下「火災ガイド」という。）を参考に、放射性廃棄物処理場における火災防護の考え方を整理し、火災により放射性廃棄物処理場施設の安全性が損なわれることがないように設計する。

火災ガイドでは、火災防護対象機器は、原子炉の安全停止に影響を及ぼす可能性のある機器（多重性を有する安全上重要な設備）としている。一方、放射性廃棄物処理場には、火災ガイドに示されている火災防護対象機器に相当する設備はない。しかしながら、放射性廃棄物処理場の安全機能は「放射性物質の閉じ込め機能」であり、火災の影響により、放射性物

質の閉じ込め機能が喪失する可能性のある設備・機器（以下「防護対象設備」という。）を選定し、選定した防護対象設備の閉じ込め機能を維持することができるよう設計することとする。

放射性廃棄物処理場における防護対象設備は、第2廃棄物処理棟に設けている固体廃棄物処理設備・Ⅱのセルを除き、全て安全機能の重要度分類はクラス3に分類している。第2廃棄物処理棟に設けている固体廃棄物処理設備・Ⅱのセルは、安全機能（遮蔽、閉じ込め）のうち、主に遮蔽機能を考慮し、安全機能の重要度分類はクラス2に分類している。また、比較的レベルの高い放射性固体廃棄物を処理するため、閉じ込め機能の観点から、セルの内部は常時負圧に維持する必要がある。

そのため、本申請においては、安全機能の重要度分類上、クラス3の設備であるが、セルの内部を常時負圧に維持するためのセル排風機を防護対象設備に選定し、セル排風機に対する火災防護について申請する。

なお、放射性廃棄物処理場全体としての火災防護設計及び第2廃棄物処理棟のセル排風機動力ケーブルに係る適合性の説明については、今後申請を予定している後段の設工認において別途申請する。その際、本申請における設計内容に影響が生じる場合、必要に応じて設計変更を行うこととする。

## (2) 火災影響評価

### 1) 概要

第2廃棄物処理棟に設けるセル排風機（全3系統）は、1系統につき2台設け、1台に異常が発生し、セル排風機が停止した場合、もう1台の予備機に自動で切り替わる設計となっている。

2台のセル排風機は、隣接して設置していることから、セル排風機で火災が発生した場合の影響について、火災ガイドを参考に確認を行った。

### 2) 火災の想定

防護対象設備に設定したセル排風機を設置している第2廃棄物処理棟のホット機械室内の主な可燃物としては、ケーブル、潤滑油類及び可燃性固体廃棄物があるが、最も安全機能に影響を及ぼす可能性がある火災として、電気火災により、セル排風機内の潤滑油が燃焼する火災を想定する。

なお、セル排風機内の潤滑油は、主に軸受け部等の潤滑油であり、火災の発生防止として、鋼製のケーシング等で囲われた、漏えいし難い構造となっている。

可燃性固体廃棄物は、発生廃棄物保管場所として設定している廃棄物保管エリアで一時的に保管しているものであり、金属製キャビネット又は金属製容器に収納する等の火災対策を行っている。今後、現在実施している火災対策について、原子炉施設保安規定及び下部規定に定めることとする。

### 3) 火災区域の設定

セル排風機は、第2廃棄物処理棟地階のホット機械室に設けている。ホット機械室は耐火壁等で囲われており、隣接する室との出入口には耐火扉を設けていることから、ホット機械室を火災区域に設定する。

### 4) 火災区画の設定

本申請における自動消火設備は、固定式消火設備を設け、セル排風機が火災になったとき、隣接するセル排風機への延焼を防ぐため、鋼製のボックスにより区画する設計としていることから、ボックス内を火災区画に設定する。

火災区域、火災区画及び防護対象設備（セル排風機）の位置関係を図-1に示す。

### 5) 評価

セル排風機自体で火災が発生した場合は、自動消火設備を設けることで直ちに感知及び消火が可能であり、隣接する予備機への火災影響を防護することができることから、本申請において、早期に火災発生を感知し、消火を行うとともに、火災の影響を軽減するための「セル排風機自動消火設備の設置」について、申請することとする。

## (3) 設計条件

本申請は、セル排風機を火災から防護するとともに、セル排風機自体で火災が発生した場合に自動で消火できるよう、セル排風機自動消火設備を設けるものである。

セル排風機自動消火設備の設計条件は、以下のとおりとする。

- ① 隣接するセル排風機への火災影響を評価し、火災影響を防護することができる鋼製のボックスでセル排風機を区画する設計とする。
- ② 自動消火設備としてボックス内に設置する火災感知器は、誤作動を防止するため、セル排風機の運転切り替え等による温度・湿度変化による結露の影響を受けないよう、熱感知式（定温式）とし、感知温度の異なる2個の火災感知器を設け、両方の感知温度を超えたときに警報を発報する設計とする。
- ③ 火災感知器が作動したときは、ボックスのシャッターが閉じるとともに、火災受信機に警報を発報し、セル排風機に消火剤を自動噴射する設計とする。
- ④ 自動消火設備は、固定式のガス系消火設備であることから、作動前に作業員等が退避できるよう、ホット機械室に設けるセル排風機自動消火設備表示盤にて警報が吹鳴する設計とする。
- ⑤ 消火剤は、自動消火設備の誤動作により、セル排風機の安全機能に影響を及ぼすことがないよう、電気絶縁性に優れ、残留物も発生しないハロゲン化物消火剤とする。
- ⑥ 自動消火設備は、消火設備の故障・破損等\*により影響を受けることがないよう、セル排風機全体を鋼製のボックスで囲い、消火設備（容器等）はボックス外に設置する設計とする。

※：消火設備の故障・破損等が発生した場合、故障警報等が吹鳴する設計ではないため、勤務時間内における消火設備の状態把握は、作業員による日常の巡視等（1回／日）で確認し、故障・破損等を発見した場合は、適切な手順に基づき補修・交換等の対応を行うこととし、今後、原子炉施設保安規定及び下部規定に定め、運用することとする。なお、夜間・休日等に故障が発生した場合であっても、消火設備の単一故障によりセル排風機の安全機能に影響を及ぼすことはないため、勤務時間内と同様に対応する。

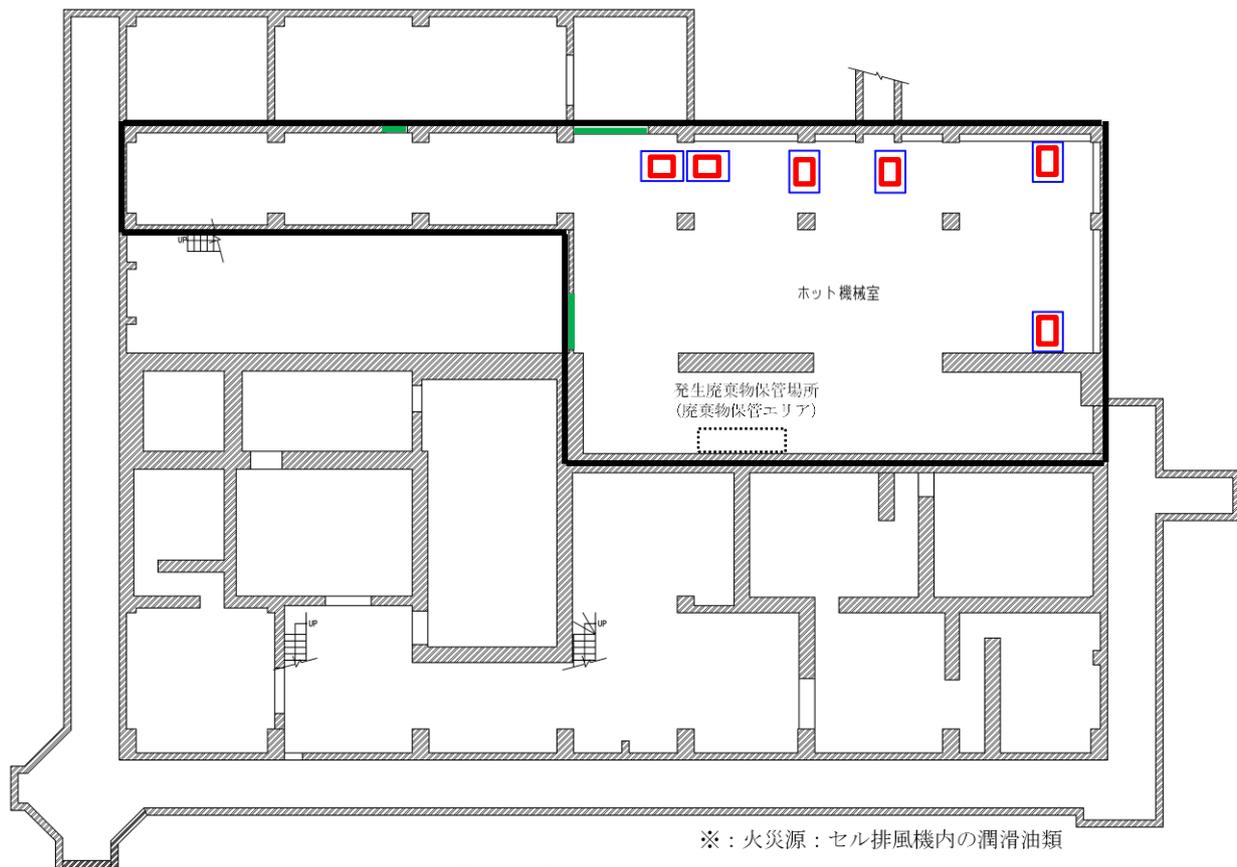
火災感知器は、消防法に準拠した感知器であり、外部電源喪失時でも火災を感知し、第2廃棄物処理棟の玄関に設ける火災受信機に警報が発報されることから、作業員が直ちに現場に赴き、消火することが可能である。これらの火災対応については、今後、原子力科学研究所原子炉施設保安規定及び下部規定に定め、運用することとする。

なお、夜間・休日等の対応については、原子炉施設保安規定に定める「勤務時間外に異常が発生した場合の措置」に従い、対応する。

#### （4）設計仕様

セル排風機の自動消火設備の設計仕様を表-1.1示す。セル排風機の自動消火設備の設計仕様に係る系統図及び配線図を図-1.1、図-1.2、図-1.3及び図-1.4に示す。

なお、火災感知器、消火剤、消火剤貯蔵容器及び噴射ヘッドについては、原子炉施設保安規定に基づく下部規定において定める手順に従い、同等以上の性能を有するものと交換できるものとする。



第2 廃棄物処理棟 地階

- |  |          |
|--|----------|
|  | ： 火災区域   |
|  | ： 火災区画   |
|  | ： 防護対象設備 |
|  | ： 耐火扉    |

図-1 火災区域、火災区画及び防護対象設備（セル排風機）の位置関係

表-1.1 セル排風機自動消火設備の設計仕様

1) 全体

設置場所 (図-1.2 参照)	セル排風機 を覆うボッ クス (シャ ッタ付き)	火災感知器				警報 発報場所*2	消火方法*3	消火剤*4	消火剤*5 貯蔵容器	噴射 ヘッド	
		設置数	種別	感知 方法	感知温度*1						
ホット 機械室	セル排風機 第3系統	No. 1	定温式 スポット型 1種	熱感知	感知器① 100℃ 及び 感知器② 120℃	第2廃棄物 処理棟玄関 に設ける 火災受信機 (既設)	ガス噴射	ハロゲン 化物消火 剤 (FK-5- 1-12)	1基	1個	
		No. 2							2個 (感知器① 1個、 感知器② 1個)	1基	1個
	セル排風機 第4系統	No. 3							2個 (感知器① 1個、 感知器② 1個)	1基	1個
		No. 4							2個 (感知器① 1個、 感知器② 1個)	1基	1個
	セル排風機 第5系統	No. 5							2個 (感知器① 1個、 感知器② 1個)	1基	1個
		No. 6							2個 (感知器① 1個、 感知器② 1個)	1基	1個

\* 1 : 2個の火災感知器が両方とも感知した場合に警報を発報。

\* 2 : 警報発報場所 (各ボックス) の特定については、セル排風機自動消火設備表示盤に表示。火災発生区域の特定については、既設の火災受信機に本申請対象の火災警報に係る信号を付加し、個別に表示。

\* 3 : セル排風機を覆うボックスのシャッタを閉止させるとともにガスを噴射。

\* 4 : 消火剤は、人体に対して無害であり、噴射時にボックスから漏洩した場合であっても、隣接するセル排風機に影響を与えないよう、電気絶縁性に優れ、残留物も発生しないハロゲン化物消火剤 (FK-5-1-12) を選定。

\* 5 : 消火剤を収納 (消火剤の量は、消防法施行規則第20条に定める区画面積一立方メートル当たりの消火剤の量とボックス内の体積から3.0kg/基としている)。容器弁ソレノイド装着 (図-1.5に容器弁ソレノイド及び消火剤貯蔵容器の連結状態を示す)。

2) ボックス※

ボックス	主要材質	容量 (m <sup>3</sup> )	シャッター	
			設置数	機能
No. 1	鋼板 SS400 (JIS G 3101)	約 3.0	2 基	ガス圧 (消火剤) により閉鎖
No. 2		約 3.0	2 基	
No. 3		約 3.0	2 基	
No. 4		約 3.0	2 基	
No. 5		約 3.0	2 基	
No. 6		約 3.0	2 基	

※：ボックスの形状及びボックスに設置する機器の配置図を図-1.6-1（代表例）に示す。

3) ケーブル

種類	仕様
火災感知器～消火剤貯蔵容器	耐熱電線 HP0.9-4C (規格 JCS 3501)
消火剤貯蔵容器～表示盤	耐熱電線 HP0.9-5P (規格 JCS 3501)
表示盤～火災受信機	耐熱電線 HP0.9-2C (規格 JCS 3501)
電源用	耐火ケーブル FP-C3.5sq-3C (規格 JCS 4506)

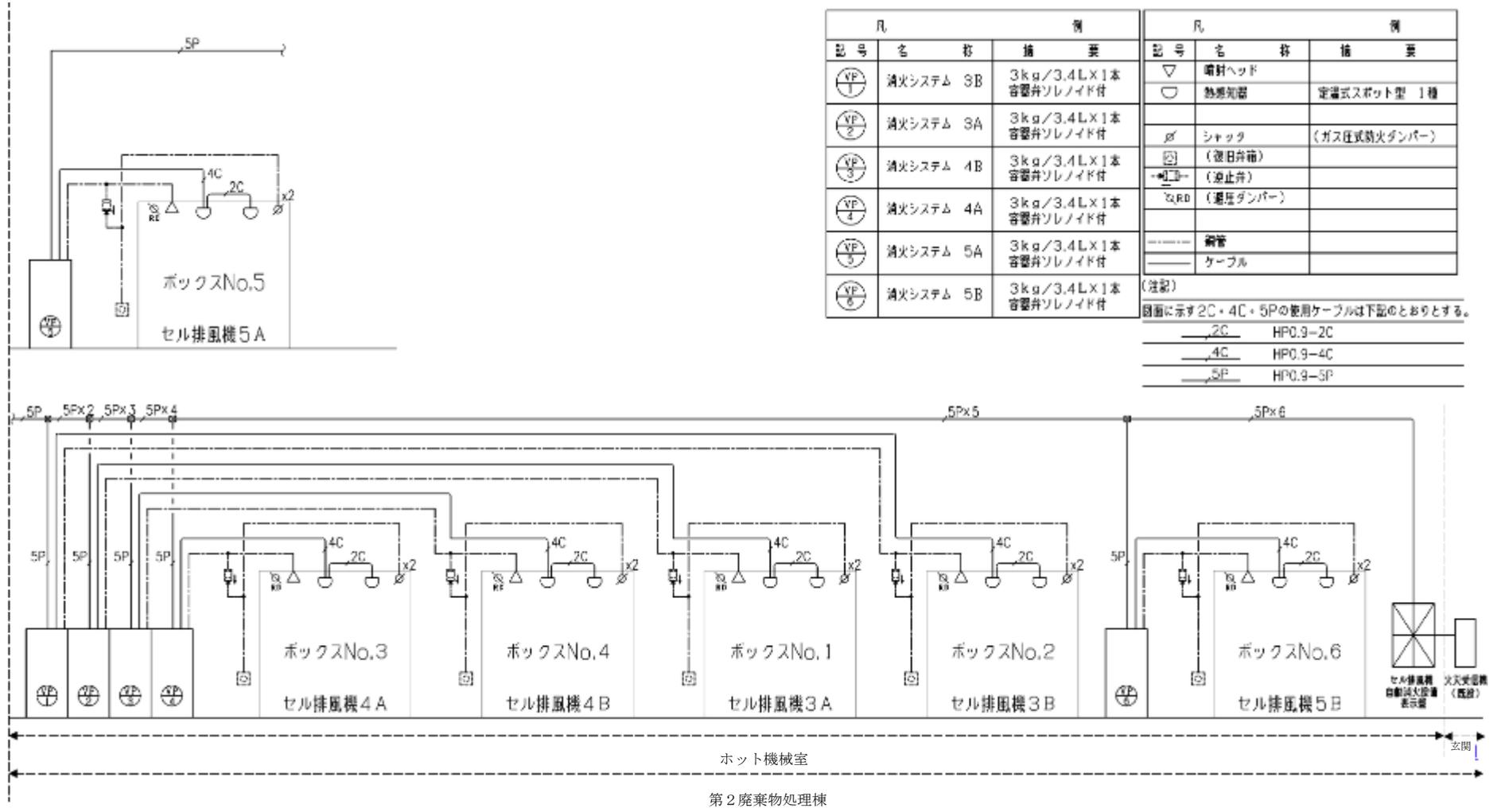
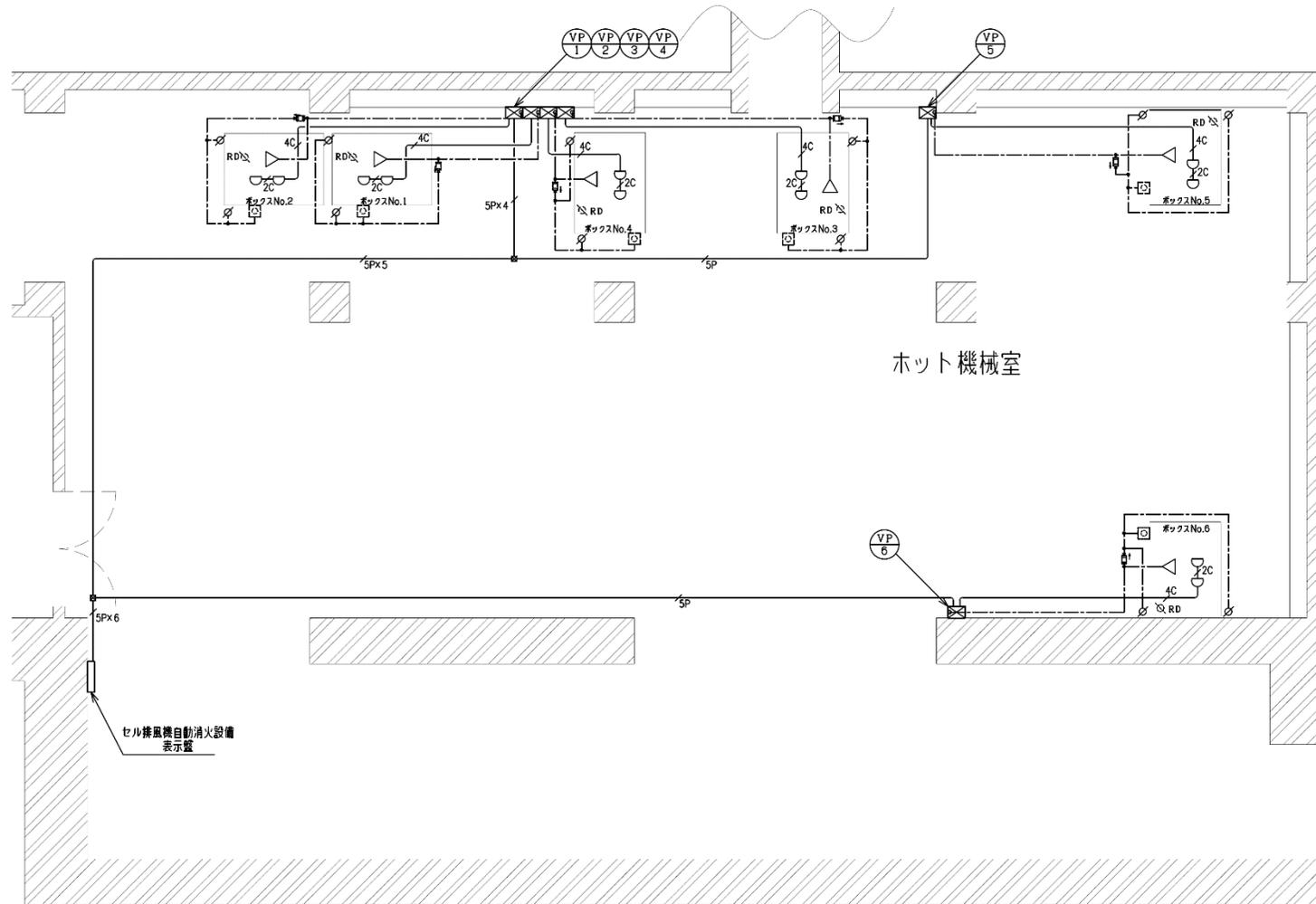


図-1.1 セル排風機自動消火設備の系統図



凡		例	
記号	名称	摘要	
VP 1	消火システム 3B	3kg/3.4L×1本 容器弁ソレノイド付	
VP 2	消火システム 3A	3kg/3.4L×1本 容器弁ソレノイド付	
VP 3	消火システム 4B	3kg/3.4L×1本 容器弁ソレノイド付	
VP 4	消火システム 4A	3kg/3.4L×1本 容器弁ソレノイド付	
VP 5	消火システム 5A	3kg/3.4L×1本 容器弁ソレノイド付	
VP 6	消火システム 5B	3kg/3.4L×1本 容器弁ソレノイド付	
▽	噴射ヘッド		
○	熱感知器	定温式スポット型 1種	
∅	シャッター	(ガス圧式防火ダンパー)	
☐	(復旧弁箱)		
⇄	(逆止弁)		
∩, RD	(避圧ダンパー)		
---	銅管		
---	信号ケーブル		

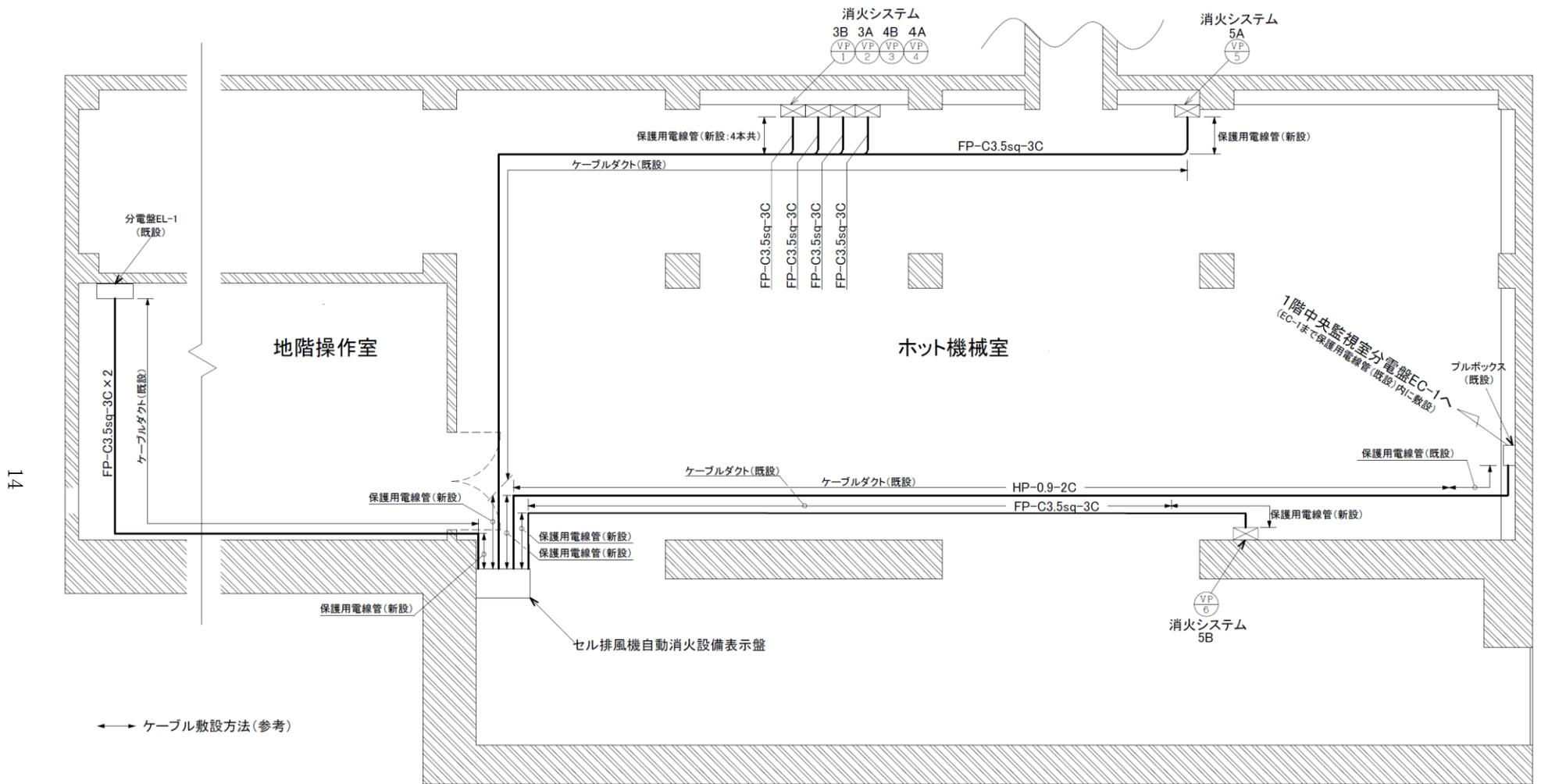
(注記)

図面に示す 2C・4C・5P の使用ケーブルは下記のとおりとする。

- 2C — HP0.9-2C (保護用電線管 (新設) 内に収納)
- 4C — HP0.9-4C (保護用電線管 (新設) 内に収納)
- 5P — HP0.9-5P (保護用電線管 (新設) 内に収納※)

※5Px2~5Px5については(ケーブルダクト(既設)内に収納)  
5Px6については(保護用電線管(新設)内に収納)

図-1.2 セル排風機自動消火設備配線図 (セル排風機周辺)



注)セル排風機自動消火設備表示盤から消火システム及びボックスまでの信号配線並びに消火システムからボックスまでの銅管については、図-2.2参照

図-1.3 セル排風機自動消火設備配線図(地階)

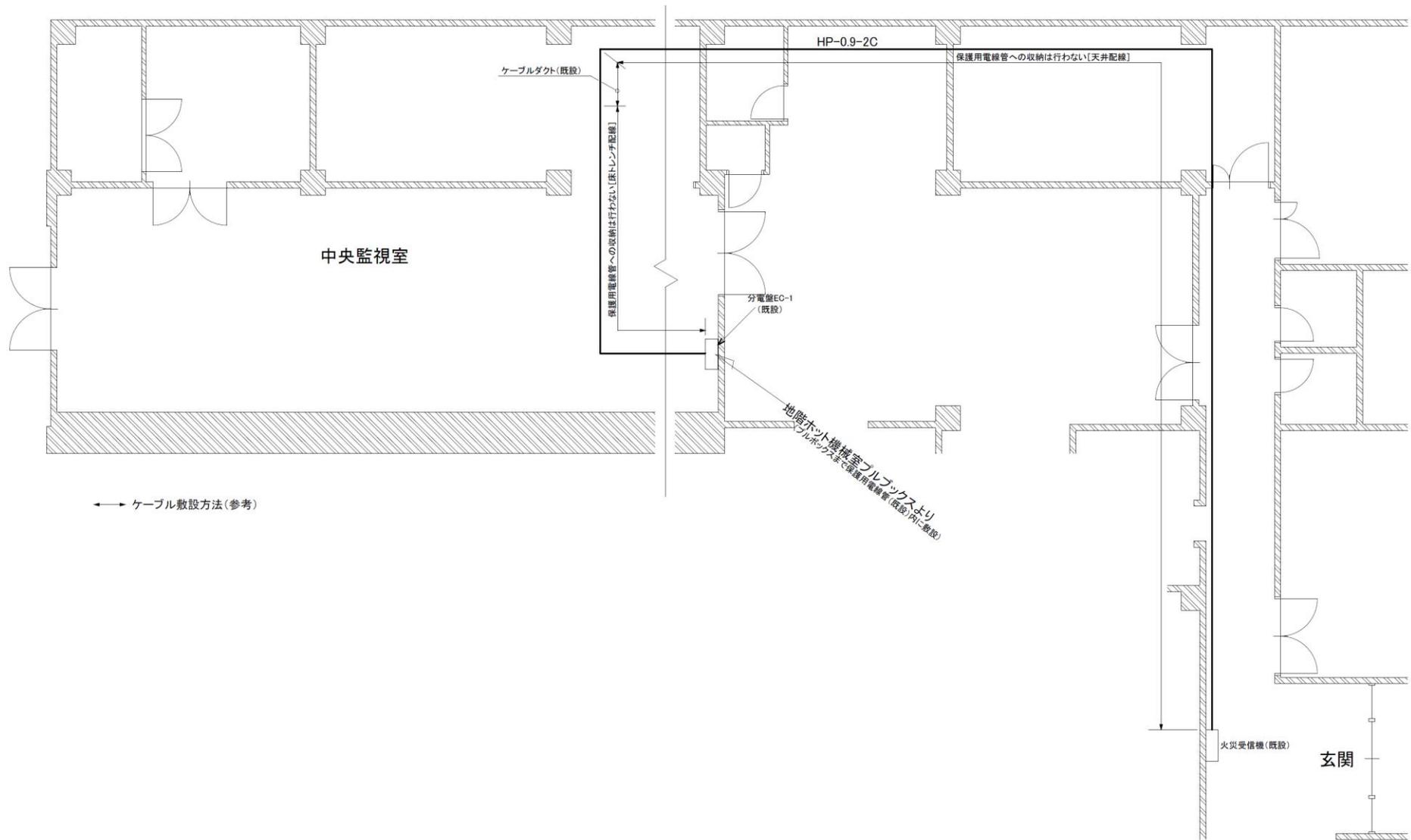


図-1.4 セル排風機自動消火設備配線図 (1階)

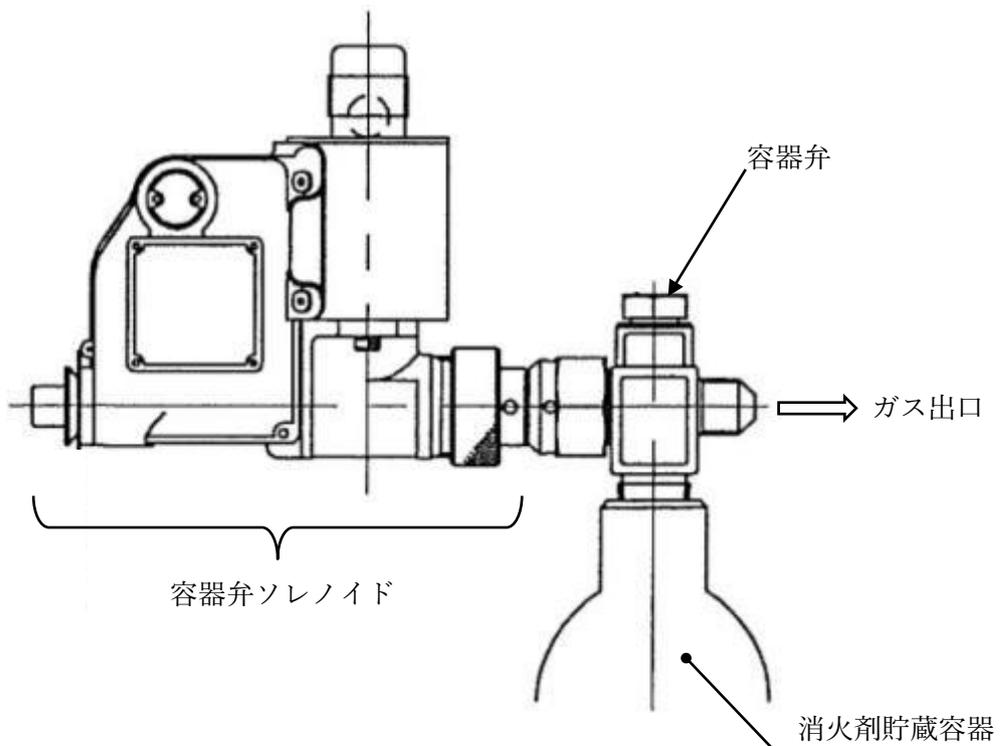


図-1.5 容器弁ソレノイド及び消火剤貯蔵容器の連結状態図



(5) 工事上の留意事項

本申請に係る工事は、原子力科学研究所原子炉施設保安規定に定める手続きに基づき、セルの外部への汚染拡大を防止するための措置を講じたうえで、セル排風機を全系統停止させ、工事を行う。

(6) 使用前事業者検査の項目

本申請に係る使用前事業者検査の項目としては、以下のとおりとする。

(a) 構造、強度及び漏えいの確認に係る検査等

- イ. 材料検査
- ロ. 寸法検査
- ハ. 外観検査

(b) 機能及び性能の確認に係る検査

- イ. 警報検査
- ロ. 作動検査
- ハ. 性能検査

(c) 本申請に係る工事が本申請書に従って行われたものであることの確認に係る検査

- イ. 設計変更の生じた構築物等に対する適合性確認結果の検査
- ロ. 品質マネジメントシステムに関する検査

## 參考資料

## セル排風機での火災発生時の熱的影響評価

原子力発電所の外部火災影響評価ガイド（以下「ガイド」という。）を参考に、評価を実施した。評価は、図1の概要図に示すとおり、セル排風機Aで発生した火災の熱影響による隣接するセル排風機Bを覆うボックス前面鋼板の温度を評価した。評価に当たっては、保守的な評価とするため、自動消火設備による消火及びセル排風機Aのボックスの熱遮蔽は考慮せず、セル排風機Aに内蔵している可燃物（潤滑油）全量が燃焼した場合の評価とした。セル排風機で想定される可燃物の諸元を表1に示す。

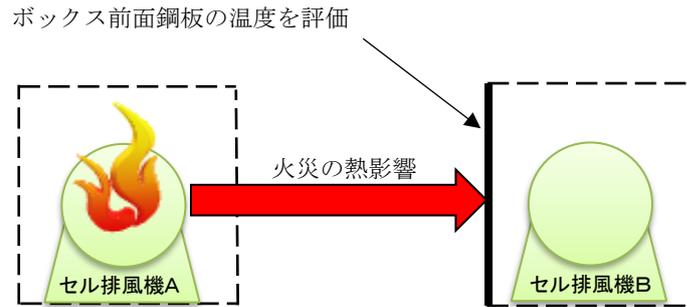


図1 評価概要図

表1 可燃物の諸元

項目	値	出展等
品目	潤滑油	—
可燃物量 V	0.001m <sup>3</sup> (1L)	セル排風機軸受の潤滑油内蔵量
輻射発散度 Rf	5.8×10 <sup>4</sup> W/m <sup>2</sup> ※	ガイド
質量燃焼速度 M	0.039 kg/m <sup>2</sup> ・s	NUREG-1805
密度 ρ	760 kg/m <sup>3</sup>	NUREG-1805

※：ガイドに示された値のうち、石油類（原油、ガソリン・ナフサ、軽油、重油）で最も輻射発散度の高いガソリン・ナフサの値を採用

評価に際して、セル排風機で発生した火災は円筒火炎モデルとし、円筒火炎の燃焼半径と燃焼継続時間を算定した。ここで、火災の延焼範囲を次の2ケースを想定し、燃焼半径と燃焼継続時間の算定を行った。

- Case1：軸受内の潤滑油が軸受ケーシング内にとどまり、燃焼するケース（燃焼半径が小さく、輻射熱も小さいが、燃焼継続時間が長くなるケース）
- Case2：軸受内の潤滑油が軸受ケーシングから下部の防油堤（排風機を支持する架台の内部）に漏洩し、防油堤内全体が燃焼するケース（燃焼半径が大きく、輻射熱も大きい、燃焼継続時間が短くなるケース）

$$R = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \times \sqrt{w \times d}$$

R: 燃焼半径[m]、w: 防油堤幅[m]、d: 防油堤奥行き[m] . . . (1)

$$t = V\rho / (\pi R^2 M) \quad \dots \dots (2)$$

ここで、M 及び t は以下である。

質量燃焼速度 M : 単位時間、単位面積当たりの燃焼量 (燃料の減少量)

燃焼継続時間 t : 燃料がゼロになるまでの時間

各ケースの燃焼継続時間の算定結果を表 2 に示す。

表 2 燃焼継続時間の算出結果

ケース	可燃物量 V (m <sup>3</sup> )	密度 ρ (kg/m <sup>3</sup> )	質量燃焼速度 M (kg/m <sup>2</sup> ・s)	防油堤幅 W (m)	防油堤奥行 D (m)	燃焼半径 R (m)	燃焼継続時間 t (s)
Case1	0.001	760	0.039	0.14*	0.48*	0.15	276
Case2				0.75	0.78	0.43	34

※: 軸受ケーシングを防油堤とみなして算定

次に、各ケースの輻射強度を以下に示すガイドの式により算定した。ボックスと軸受 (防油堤) との位置関係を図 2 に、輻射強度の算定結果を表 3 に示す。

$$\phi = \frac{1}{\pi m} \tan^{-1} \left( \frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[ \frac{A(n-1)}{\sqrt{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[ \frac{(n-1)}{\sqrt{(n+1)}} \right] \right\}$$

ただし  $m = \frac{H}{R} \div 3$  ,  $n = \frac{L}{R}$  ,  $A = (1+n)^2 + m^2$  ,  $B = (1-n)^2 + m^2$

φ: 形態係数、L: 危険距離[m]、H: 炎の高さ[m]、R: 燃焼半径[m] . . . . . (3)

$$E = Rf \cdot \phi$$

E: 輻射強度 [W/m<sup>2</sup>]、Rf: 輻射発散度 [W/m<sup>2</sup>]、φ: 形態係数 . . . . . (4)

表 3 輻射強度の計算結果

項目	Case1	Case2
燃焼半径 R (m)	0.15	0.43
離隔距離 L (m)	0.84	0.84
形態係数 φ	0.052	0.240
輻射発散度 Rf (W/m <sup>2</sup> )	5.8 × 10 <sup>4</sup>	
輻射強度 E (W/m <sup>2</sup> )	3.01 × 10 <sup>3</sup>	1.39 × 10 <sup>4</sup>

算定した燃焼継続時間及び輻射強度をもとに、ボックス前面鋼板の温度上昇の評価を実施した。評価に際しては、以下の条件を設定した。

- ・ 火災による輻射熱がボックス前面に入射し、ボックス前面の鋼板の温度上昇に寄与すると想定する。
- ・ ボックス前面の鋼板の温度上昇に寄与する輻射熱には放射率を考慮する。
- ・ 空気との熱伝達による放熱を考慮する。
- ・ 熱容量Cは、ボックス前面の鋼板重量に鉄の比熱を乗じて算定する。
- ・ ボックス側面、背面及び天井面は熱容量及び放熱に寄与しないとする。

これらの条件をもとに、図3の評価モデルに示すとおり輻射による入熱から熱伝達による放熱を控除した熱量がボックス前面鋼板に入熱するため、以下の式が成り立つ。

輻射熱による入熱 — 熱伝達による放熱 = ボックス前面鋼板への入熱

$$\epsilon ES - h(T - T_0)S = C(T - T_0)/t \quad [\text{W}]$$

これより、以下の式により時刻 t におけるボックス前面鋼板温度 T を計算した。計算に使用した諸元を表4にまとめる。

$$T = T_0 + \frac{\epsilon ES t}{C + hSt} \quad [^\circ\text{C}]$$

表4 ボックス前面鋼板（受熱面）の諸元

項目	値	出展等
初期温度 $T_0$ ( $^\circ\text{C}$ )	40	室温
受熱面の面積 $S$ ( $\text{m}^2$ )	1.72	1.30m×1.32m
重量 $W$ (kg)	31kg	板厚 2.3 mm、比重 $\rho = 7.86\text{g}/\text{cm}^3$ として算出
比熱 $c$ ( $\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$ )	473	機械工学便覧
熱容量 $C$ ( $\text{J}/\text{K}$ )	$1.46 \times 10^4$	$C = c \times W$
放射率 $\epsilon$	0.9	機械工学便覧
表面熱伝達率 $h$ ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ )	17	空調調和・衛生工学便覧

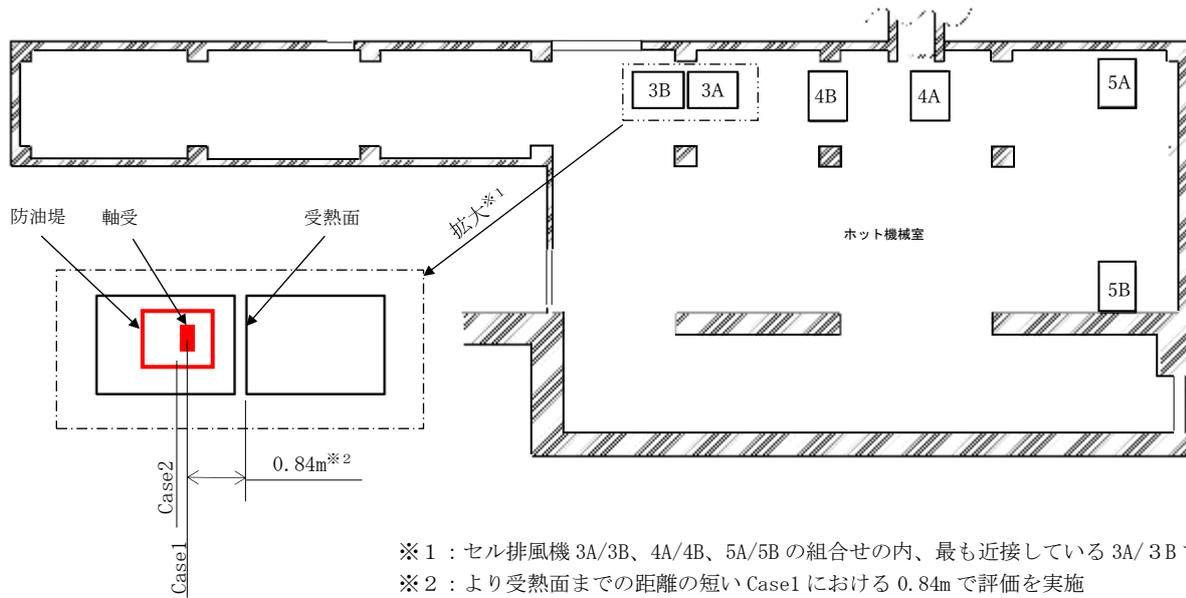


図2 ボックスと排風機軸受（防油堤）の位置関係

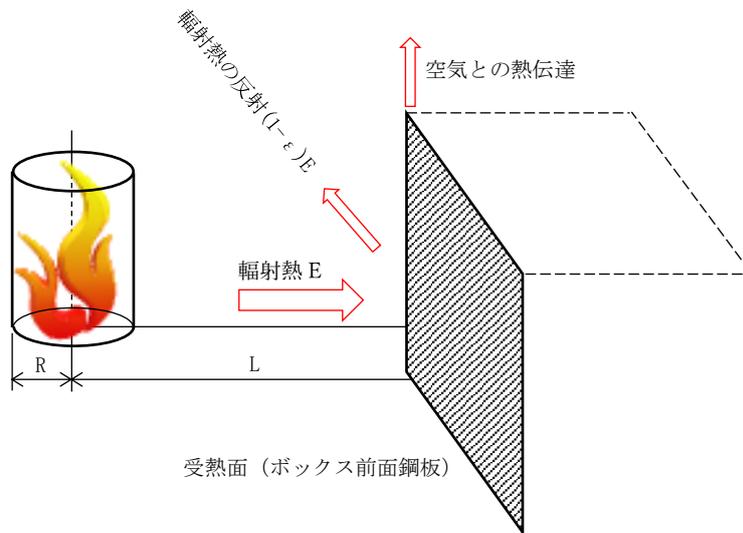


図3 評価モデル図

評価の結果、燃焼終了時点（燃焼継続時間経過時）でのボックス前面鋼板の温度は約 87℃～約 97℃（図4参照）であり、ボックス内部に設置されている電動機の耐熱温度（120℃）を超えないため、セル排風機が隣接するセル排風機の火災により機能を喪失することはない。

また、火災感知器の感知温度 120℃を超えないため、自動消火設備が誤作動することもない。

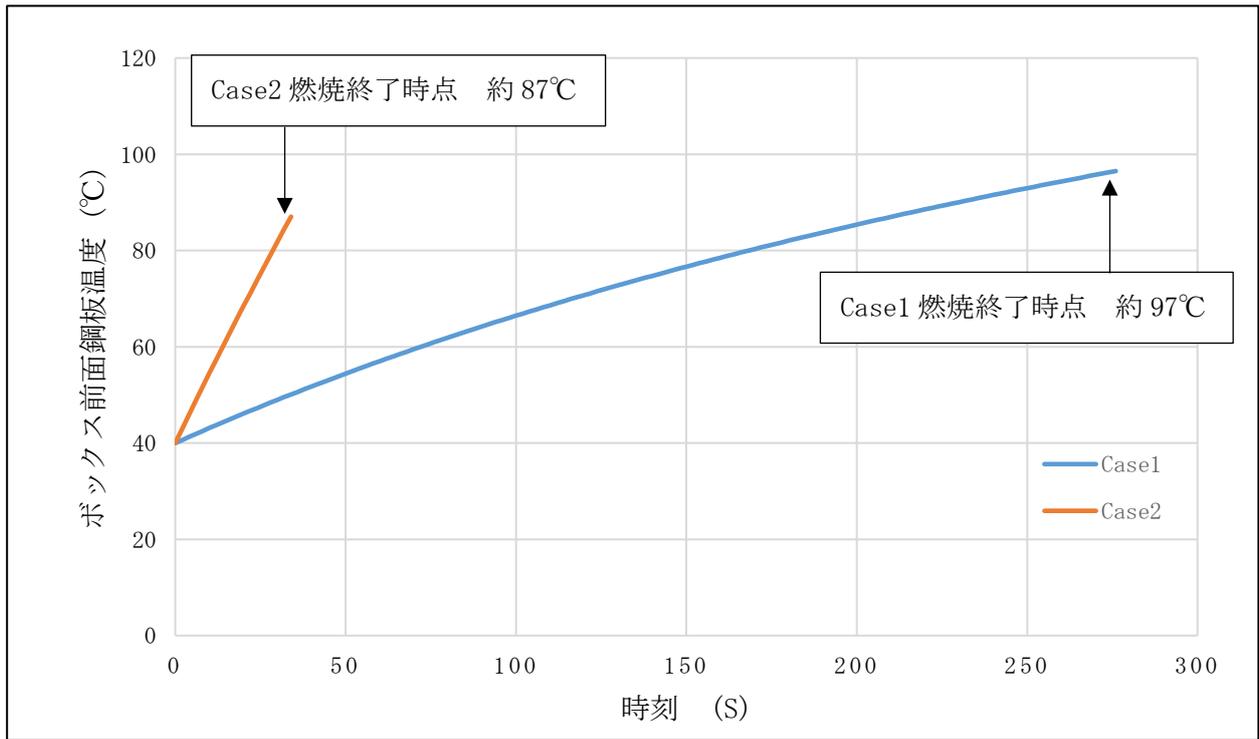


図4 温度評価結果