

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

【審査会合資料 (案)】

1. 第398回核燃料施設等の新規規制基準適合性に係る審査会合論点回答・・・ 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、セル排風機 A のボックスの熱遮蔽は考慮しないものとした。

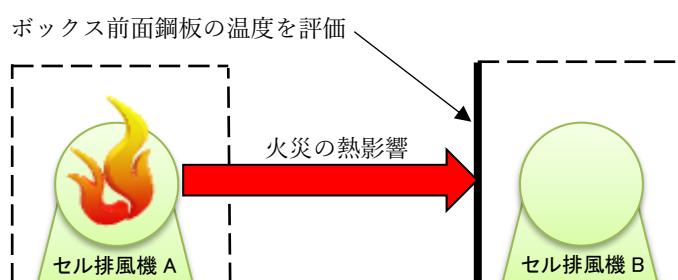


図 1 評価概要図

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、自動消火設備が誤動作することはない。

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>

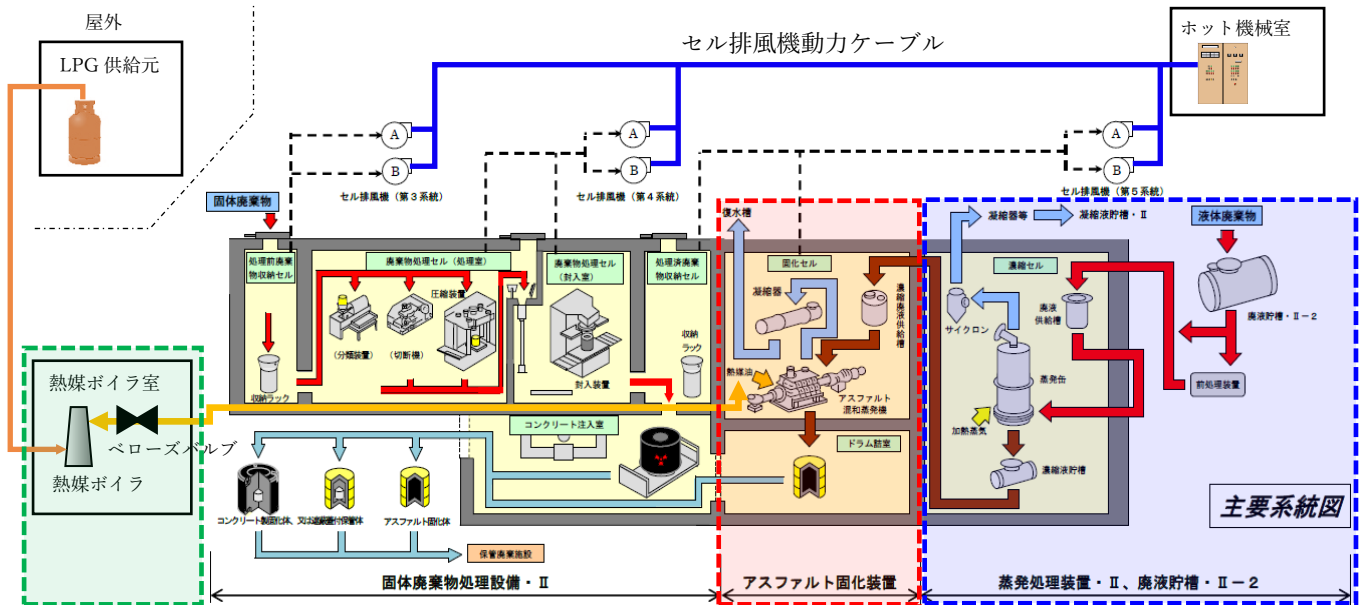
アスファルト固化装置の運用を停止するため、冷却のための水噴霧消火設備は不要となる。

- ▶ 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



熱媒ボイラ室	固化セル、ドラム詰室	濃縮セル、処理前廃液貯槽室
<p>【運用停止前の状態】</p> <p>1. 主な可燃物</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ <u>LPG</u> ・ <u>熱媒油</u> <p>2. 着火源</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ <u>電気</u> 	<p>【運用停止前の状態】</p> <p>1. 主な可燃物</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ <u>熱媒油</u> ・ <u>アスファルト</u> <p>2. 着火源</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ <u>電気</u> ・ <u>アスファルトと硝酸塩等の反応熱</u> ・ <u>アスファルト固化体から発生する可燃性ガス</u> 	<p>【運用停止前の状態】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 廃液貯槽・II-2 (液体廃棄物の受入、貯蔵) ・ 蒸発処理装置・II (液体廃棄物の蒸発処理)
<p>【運用停止後の状態】</p> <p>1. 主な可燃物</p> <p><u>なし</u> (LPG供給遮断、熱媒油抜き出し)</p> <p>2. 着火源</p> <p><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. 主な可燃物</p> <p><u>なし</u> (系統内の熱媒油抜き出し、固化処理停止)</p> <p>2. 着火源</p> <p><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> <ul style="list-style-type: none"> ・ 廃液貯槽・II-2 (<u>運用停止</u>) ・ 蒸発処理装置・II (<u>運用停止</u>)

※：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の使用。

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（案）

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
- ・ 第2編 第2廃棄物処理棟のセル排風機に係る動力ケーブルの更新

なお、放射性廃棄物処理場全体としての火災防護設計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、放射性廃棄物処理場全体の火災防護設計の評価を行い、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①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①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) 設計条件

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、安全機能の重要度分類でクラス2 (PS-2) に分類している。セル内は、常時負圧に維持する必要があり、セル排風機 (クラス3 (PS-3)) を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。

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 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、セル排風機にハロゲン化物消火剤 (FK-5-1-12) を自動噴射する設計とする。

(2) 設計仕様

セル排風機の自動消火設備の設計仕様を表-2.1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-2.1、図-2.2、図-2.3及び図-2.4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。

表-2.1 セル排風機自動消火設備の設計仕様

1) 全体

設置場所		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	消火方法*2	消火剤*3	消火剤*4 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	2個（感知器①1個、感知器②1個）	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℃	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①1個、感知器②1個）							1基	1個
	セル排風機 第4系統	No. 3	2個（感知器①1個、感知器②1個）							1基	1個
		No. 4	2個（感知器①1個、感知器②1個）							1基	1個
	セル排風機 第5系統	No. 5	2個（感知器①1個、感知器②1個）							1基	1個
		No. 6	2個（感知器①1個、感知器②1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：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。

*3：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。

*4：消火剤を収納（消火剤の量は、消防法施行規則第20条に定める区画体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-2.5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）。

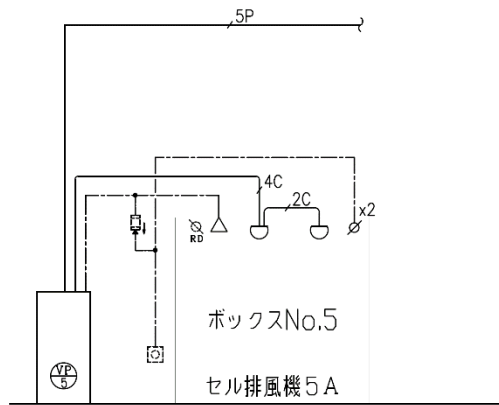
2) ボックス※

ボックス	主要材質	容量 (m ³)	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-2.6-1（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)



凡 例			凡 例		
記号	名称	摘要	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	▽	噴射ヘッド	
VP 2	消火システム 3A	3kg/3.4L×1本 容器弁ソレノイド付	∩	熱感知器	定温式スポット型 1種
VP 3	消火システム 4B	3kg/3.4L×1本 容器弁ソレノイド付	∅	シャッター	(ガス圧式防火ダンパー)
VP 4	消火システム 4A	3kg/3.4L×1本 容器弁ソレノイド付	☐	(復旧弁箱)	
VP 5	消火システム 5A	3kg/3.4L×1本 容器弁ソレノイド付	→ D-	(逆止弁)	
VP 6	消火システム 5B	3kg/3.4L×1本 容器弁ソレノイド付	RD	(選圧ダンパー)	
			---	銅管	
			—	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
4C	HP0.9-4C
5P	HP0.9-5P

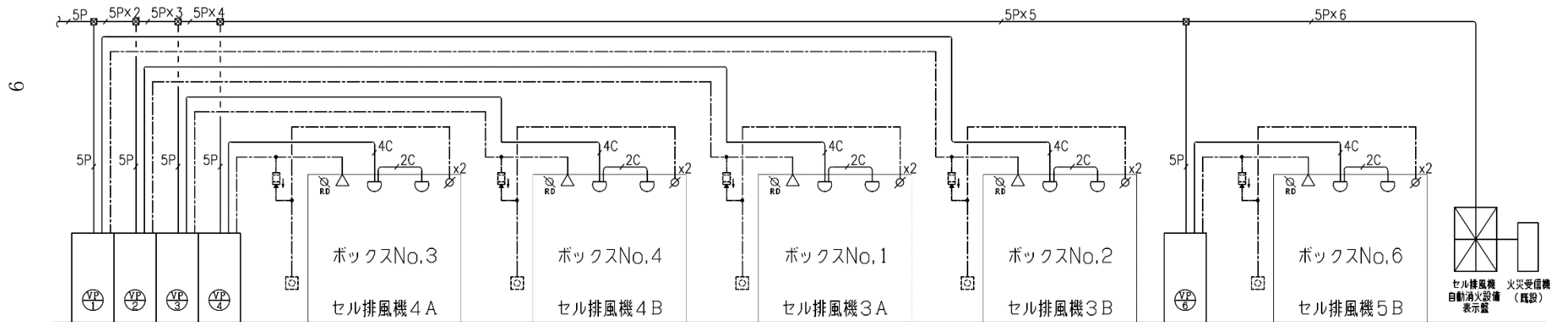
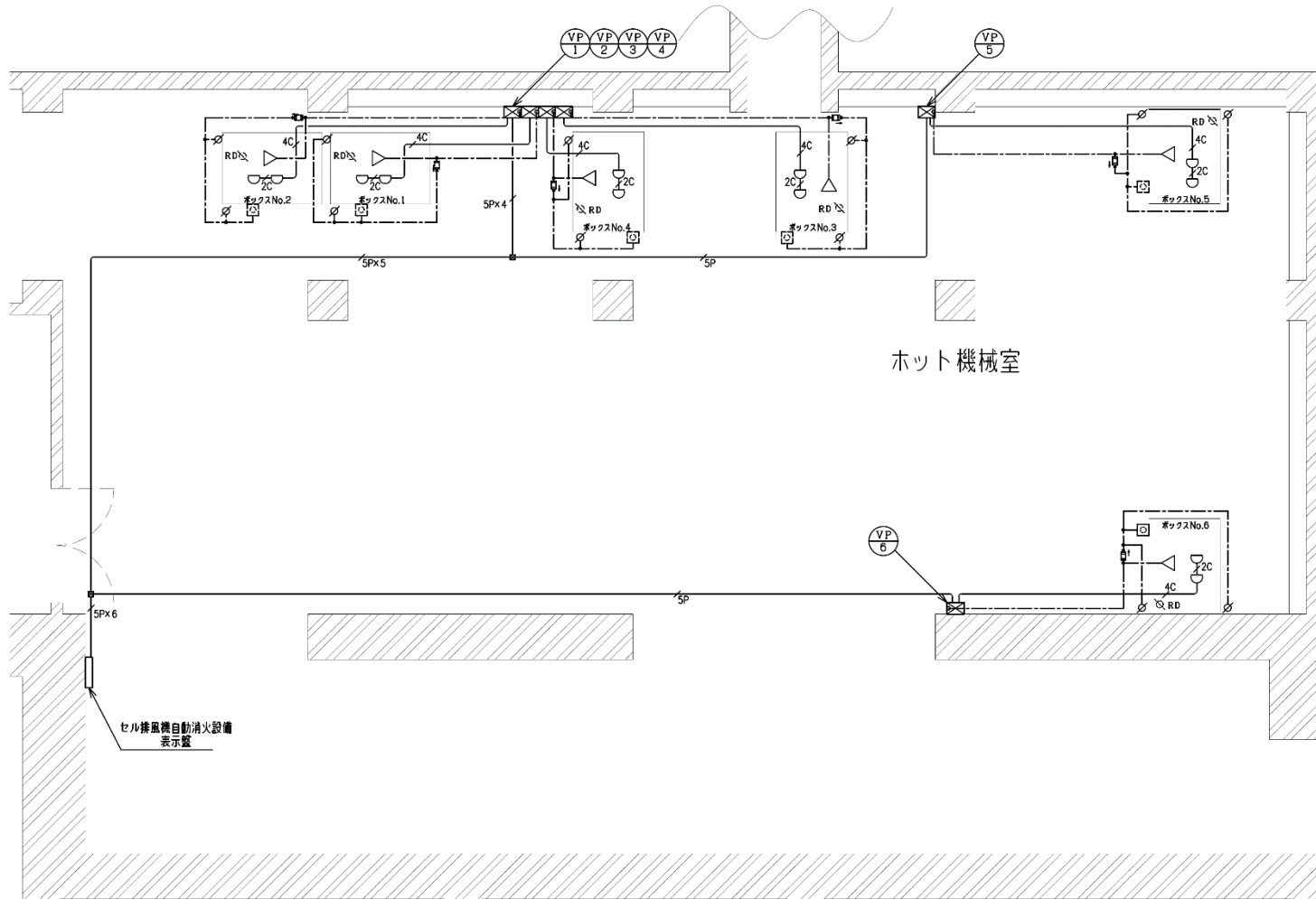


図-2.1 セル排風機自動消火設備の系統図



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		

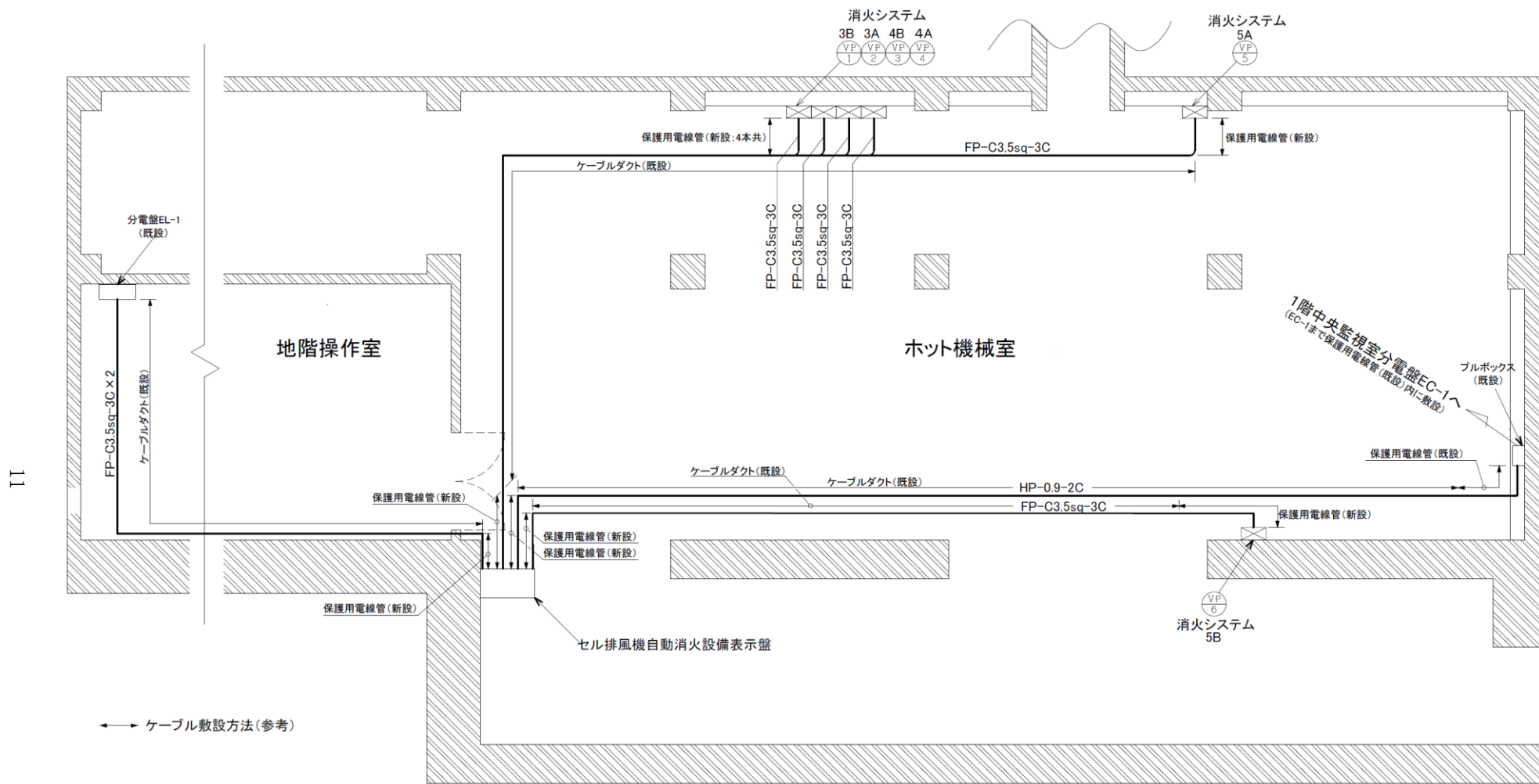
(注記)

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-2.2 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-2.3 セル排風機自動消火設備配線図 (地階)

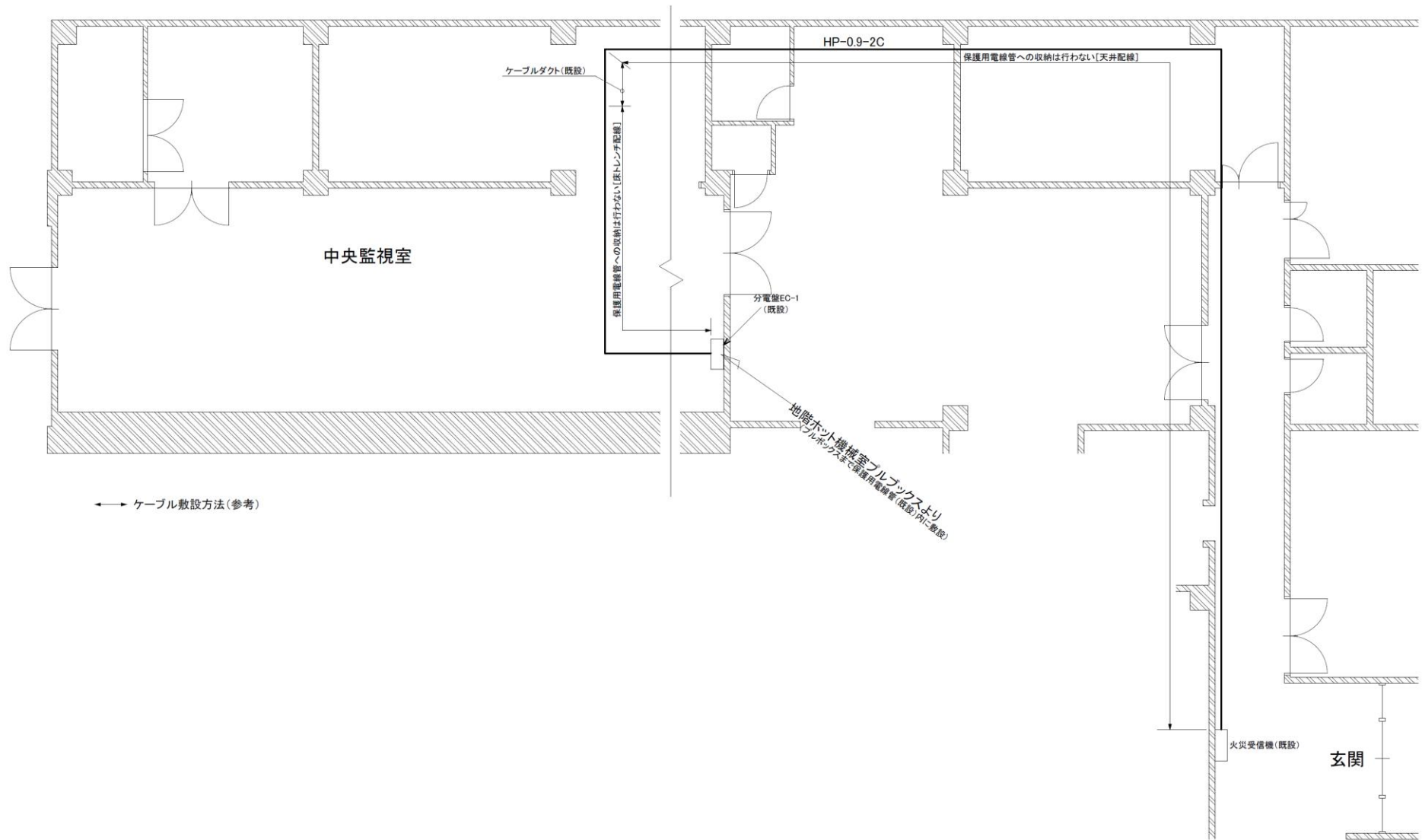


図-2.4 セル排風機自動消火設備配線図 (1階)

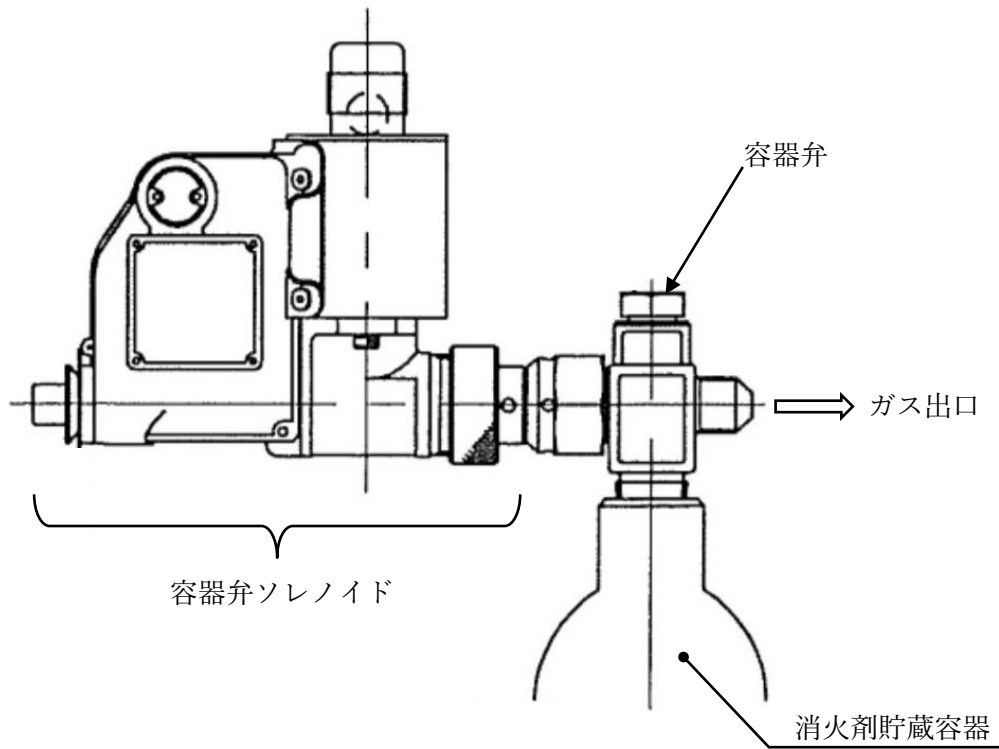


図-2.5 容器弁ソレノイド及び貯蔵容器の連結状態図

(3) 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

3.2.2 第2編 第2廃棄物処理棟のセル排風機に係る動力ケーブルの更新の概要

本申請第2編については、試験炉設置許可基準規則第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
<p>(火災による損傷の防止)</p> <p>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。</p> <p>2 (省略)</p>	<p>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</p> <p>第1項について</p> <p>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。</p> <p>(以下、省略)</p> <p>第2項について (省略)</p>

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係る動力ケーブルについて、火災の発生を防止するため、難燃性の材料を使用したケーブルに更新する。また、他系統の動力ケーブルへの延焼を防止するため、鋼製ダクト又は電線管により分離する。

(1) 設計条件

セル排風機は、安全機能の重要度分類クラス3（PS-3）の設備であり、第2廃棄物処理棟のセルの内部を負圧に維持するための排風機であることから、火災の発生を防止するため、動力に係るケーブルは難燃性の材料を使用する。また、火災発生時において、各系統2台（A系統及びB系統）設置しているセル排風機が同時に機能を喪失しないよう、A系統及びB系統のケーブルは鋼製のダクト又は電線管で分離する。

なお、セル排風機本体は付随するフィルタ等を含め昭和53年4月22日付け53安（原規）第98号にて設計及び工事の方法の認可を受けた設備である。

(2) 設計仕様

本申請に係るセル排風機に係る動力ケーブルの設計仕様は、次頁のとおりとする。

名称		セル排風機				
常用負圧維持値		49Pa 以上				
セル排風機に係る動力ケーブルの仕様※	系統		規格・仕様	太さ-芯数	数量	図番
	A系統	セル排風機 3 A	600V 架橋ポリエチレン絶縁耐燃ポリエチレンシースケーブル (JIS C 3605)	22sq-3c	2	図-3.2
		セル排風機 4 A		14sq-3c	2	
		セル排風機 5 A		8sq-3c	2	
	B系統	セル排風機 3 B		22sq-3c	2	
		セル排風機 4 B		14sq-3c	2	
		セル排風機 5 B		8sq-3c	2	

※：空調動力制御盤（セル排風機配電盤）－LP-1-A 手元盤間と LP-1-A 手元盤－セル排風機間は同一仕様である。

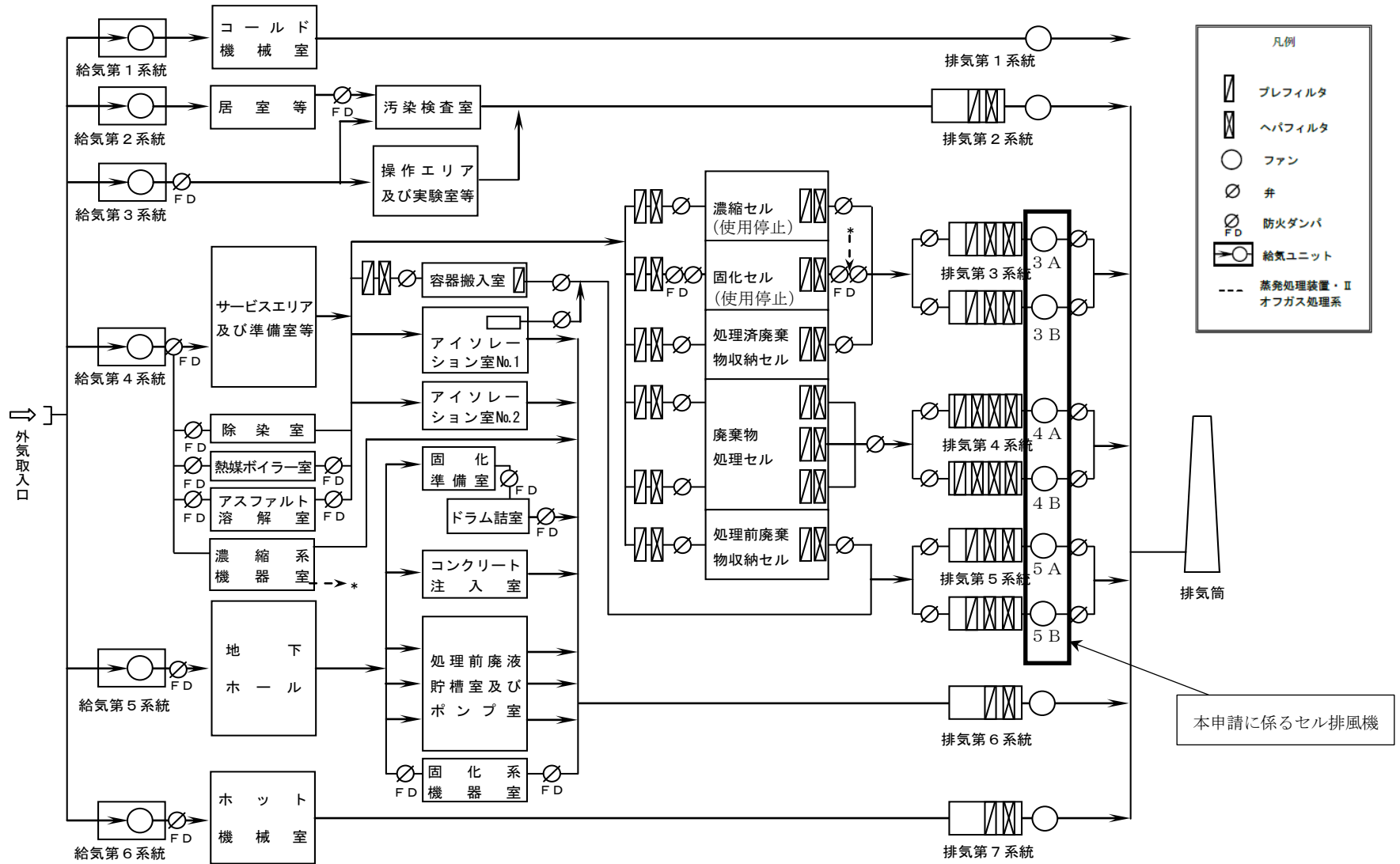


図-3.1 セル排風機全体系統図

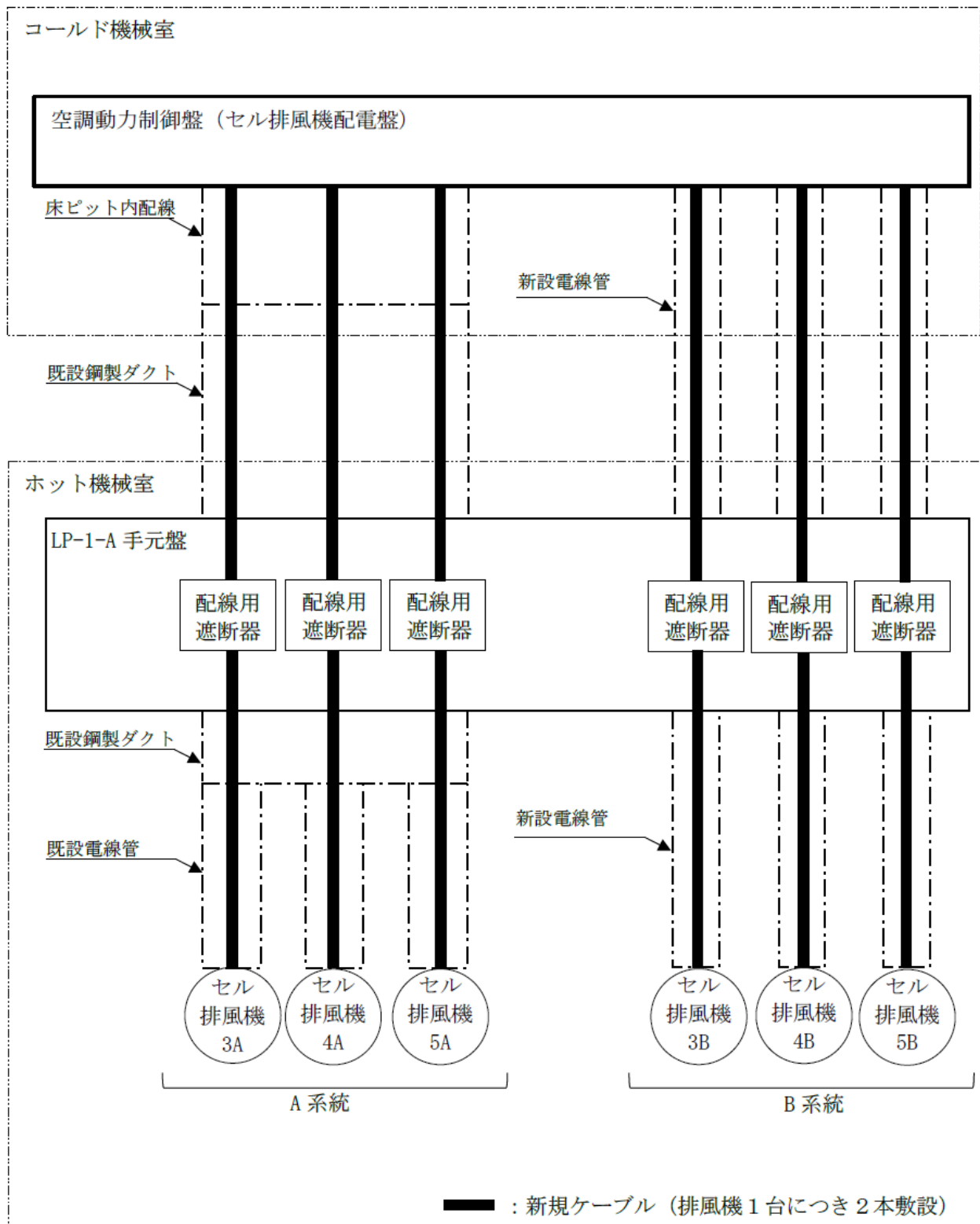


図-3.2 セル排風機動力ケーブル主要系統図

(3) 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. 外観検査

(b) 機能及び性能の確認に係る検査

該当なし

(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、セル排風機Aのボックスの熱遮蔽は考慮しないものとした。セル排風機で想定される可燃物の諸元を表1に示す。

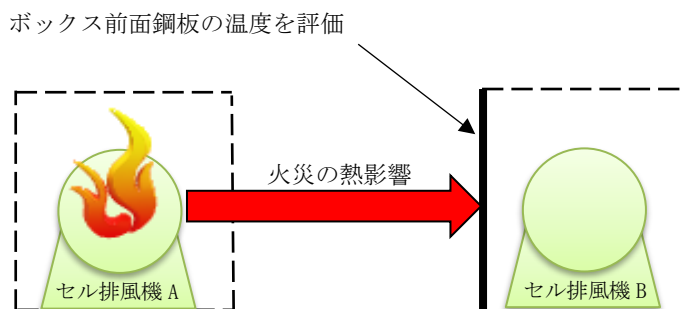


図1 評価概要図

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 ³ (1%)	セル排風機軸受の潤滑油内蔵量
輻射発散度 Rf	5.8×10 ⁴ W/m ² ※	ガイド
質量燃焼速度 M	0.039 kg/m ² ・s	NUREG-1805
密度 ρ	760 kg/m ³	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 ³)	密度 ρ (kg/m ³)	質量燃焼速度 M (kg/m ² ・s)	防油堤幅 W (m)	防油堤幅 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。算定結果を表 3 に示す。

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

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

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/m²]、Rf：輻射発散度 [W/m²]、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 ²)	5.8 × 10 ⁴	
輻射強度 E (W/m ²)	3.01 × 10 ³	1.39 × 10 ⁴

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2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 (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 (J/K)	1.46×10^4	$C = c \times W$
放射率 ϵ	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

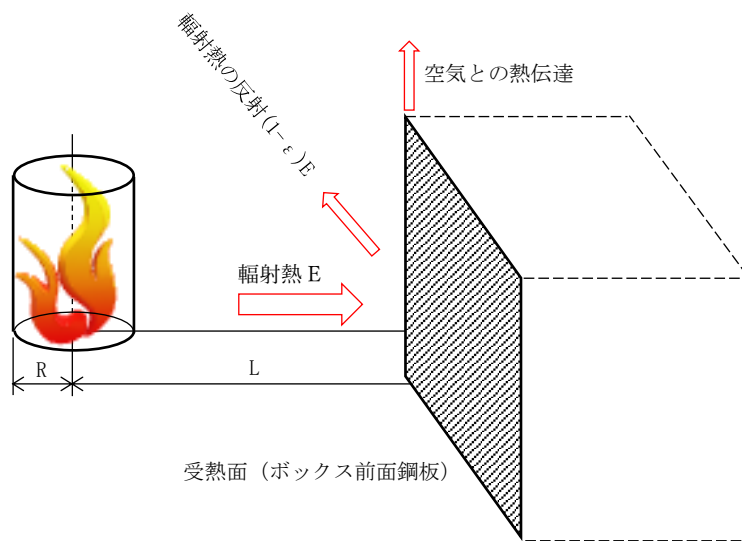


図2 評価モデル図

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°C ～約 97°C (図3参照)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°C) 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°C を超えないため、自動消火設備が誤動作することもない。

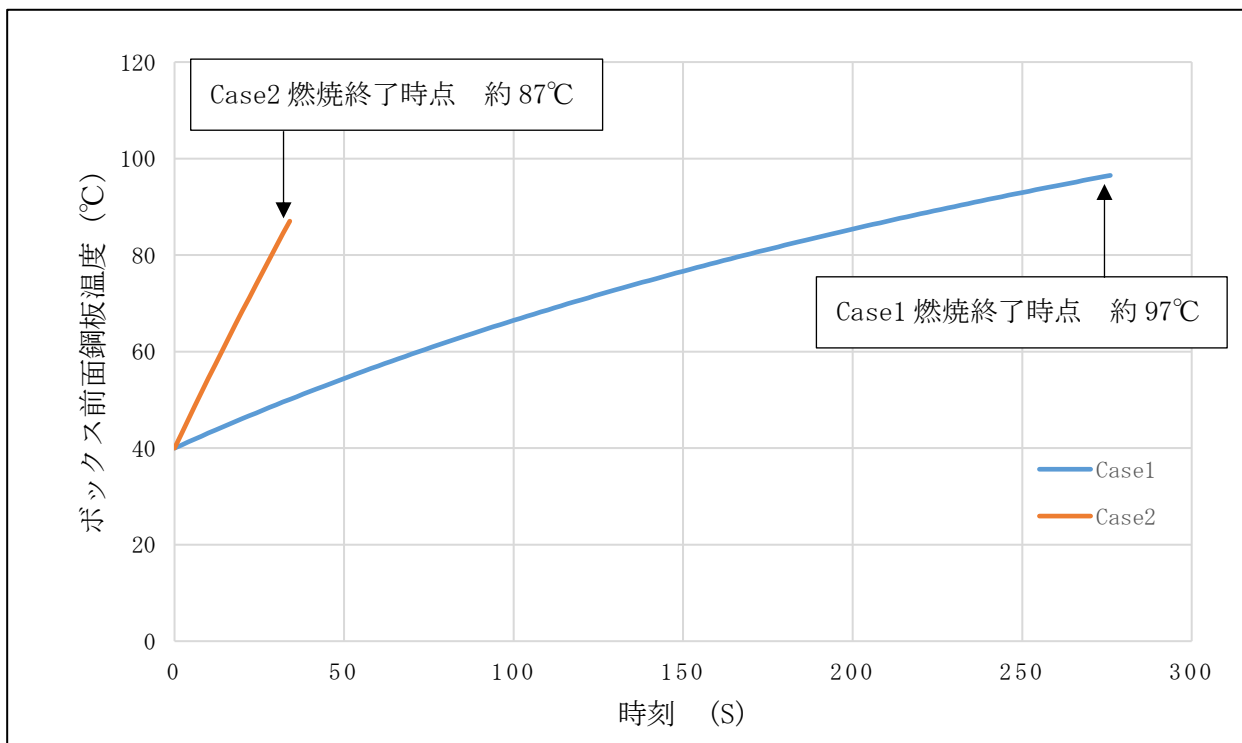


図3 温度評価結果