

## 放射線量が高い場所を含むエリアの火災感知器設計に関する実用発電用原子炉 及びその附属施設の技術基準に関する規則への適合性について

本資料は、火災防護審査基準に基づき火災感知器を消防法施行規則に定められた方法又はそれと同等以上の方法で設置することができない放射線量が高い場所を含むエリア（⑤化学体積制御設備脱塩塔バルブ室、⑥使用済燃料ピット脱塩塔バルブ室、⑨使用済樹脂貯蔵タンク室及び⑩炉内計装用シンプル配管室）の火災感知器設計について、実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準（以下、技術基準規則という。）への適合性を説明するものである。

### （これまでの経緯）

再稼働時の設置許可・工認において、改正前の火災防護審査基準に基づき、火災区域又は火災区画に設置される原子炉の安全停止機能を有する機器等あるいは放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する機器等を火災から防護することを目的として、火災の発生防止、感知・消火および影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じ、審査、検査において確認いただいている。

その後、火災感知器のバックフィットで明確化された事項は、火災区域又は火災区画に異なる火災感知器を設置する際、消防法施行規則又は同等以上の方法で設置するものであり、本設工認では感知器配置設計の手順として、火災区域又は火災区画内を細分化したエリア毎に感知器の配置設計を行い、基準要求への適合性を示している。

今回、細分化したエリアのうち、放射線量が高い場所を含むエリアについては、採用できる感知器の種類が制限されること、感知器を設置する際の作業員の被ばく線量等の観点から、消防法施行規則に従った設置が困難であることから、当該のエリアにおける火災感知器の設置要件について、以下のとおり、技術基準規則の解釈の柱書の主旨に照らして、技術基準規則に適合する方針、設計目標等を設定するものである。

（なお、バックフィットで明確化された感知器の設計要件以外の事項は再稼働申請時と同様であり、変更するものはない）

## 1. 技術基準規則に適合するための火災感知器の設計目標について

### （1）技術基準規則への適合方針

実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈（以下、技術基準規則の解釈という。）の柱書に「技術基準規則に定める技術的要件を満足する技術的内容は、本解釈に限定されるものではなく、技術基準規則に照らして十分な保安水準の確保が達成できる技術的根拠があれば、技術基準規則に適合するものと判断する。」と記載されている。

放射線量が高い場所を含む⑤、⑥、⑨及び⑩のエリアについては、火災防護審査基準で要求される消防法施行規則又はそれと同等以上の方法により火災感知器を設置することができないため、技術基準規則の柱書を適用し、十分な保安水準が確保できるように火災感知器を設計することで技術基準規則に適合する方針とする。

(2) 火災感知器の設計において確保すべき十分な保安水準の定義

火災感知器の設計において確保すべき十分な保安水準を定義するにあたり、火災防護審査基準の要求を満足できていない点について整理する。

【火災防護審査基準 抜粋】

2. 基本事項

2.2 火災の感知・消火

2.2.1 火災感知設備及び消火設備は、以下の各号に掲げるように、安全機能を有する構築物、系統及び機器に対する火災の影響を限定し、早期の火災感知及び消火を行える設計であること。

(1) 火災感知設備

- ①各火災区域における放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流等の環境条件や予想される火災の性質を考慮して型式を選定し、早期に火災を感知できるよう固有の信号を発する異なる感知方式の感知器等（感知器及びこれと同等の機能を有する機器をいう。以下同じ。）をそれぞれ設置すること。また、その設置に当たっては、感知器等の誤作動を防止するための方策を講ずること。
- ②感知器については消防法施行規則（昭和36年自治省令第6号）第23条第4項に従い、感知器と同等の機能を有する機器については同行において求める火災区域内の感知器の網羅性及び火災報知設備の感知器及び発信機に係る技術上の規格を定める省令（昭和56年自治省令第17号）第12条から第18条までに定める感知性能と同等以上の方法により設置すること。

放射線量が高い場所を含む⑤、⑥、⑨及び⑩のエリアは、第1-1表に示すとおり、火災防護審査基準における上記の「(1) 火災感知設備」のうち①及び②の要求について、消防法施行規則又はそれと同等以上の方法により火災感知器を設置することが困難であり要求を満足できていない。このことから、火災感知器の設計において確保すべき十分な保安水準の定義について検討する。

火災防護審査基準の「(1) 火災感知設備」のうち①及び②の要求どおりに設置することは困難であるが、火災防護審査基準における「2.2 火災の感知・消火 2.2.1 火災感知設備及び消火設備は、以下の各号に掲げるように、安全機能を有する構築物、系統及び機器に対する火災の影響を限定し、早期の火災感知及び消火が行える設計であること。」を基本とし、この要求を踏まえ、火災感知器の設計において確保すべき十分な保安水準については、「原子炉の安全停止機能を有する機器等あるいは放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する機器等（以下、火災防護上重要な機器等という。）に対する火災の影響を限定し、早期の火災感知及び消火を行えること。」と定義し、①及び②とは別の方法によって達成するための火災感知器の設計目標を次項にて定める。

第 1-1 表 放射線量が高い場所を含むエリアの火災防護審査基準の観点における整理

放射線量が高い場所を含むエリア		①設置する感知器		②消防法施行規則又はそれと同等以上の方法により設置しているか※1
		煙感知器	熱感知器	
①原子炉格納容器ループ室		○	○	○
②加圧器室		○	○	○
③再生熱交換器室		○	○	○
④水フィルタ室		○	○	○
⑤化学体積制御設備脱塩塔バルブ室	バルブ設置エリア	○	○	○
	脱塩塔設置エリア			△※2
⑥使用済燃料ピット脱塩塔バルブ室	バルブ設置エリア	○	○	○
	脱塩塔設置エリア			△※2
⑦燃料移送管室		○	○	○
⑧体積制御タンク室		○	○	○
⑨使用済樹脂貯蔵タンク室		○	○	△※2
⑩炉内計装用シンプル配管室		△※3	○	△※3
⑪ B - 廃棄物庫内のドラム缶貯蔵エリア		○	○	○

※1 ○：消防法施行規則又はそれと同等以上の方法により設置可能  
 △：消防法施行規則又はそれと同等以上の方法により設置不可  
 ※2 排気ダクト内に設置  
 ※3 ループ室内の煙感知器と一部兼用

(3) 火災感知器の設計目標

「火災防護上重要な機器等に対する火災の影響を限定」するためには、火災防護上重要な機器等が設置されている火災区域又は火災区画で発生した火災を早期感知することで速やかな火災の状況確認及び初期消火活動を行えるようにする必要がある。

本設工認では、火災区域又は火災区画を更に複数のエリアに細分化し、エリア毎に消防法施行規則に基づき感知器の配置設計を行っていることから、エリア区分に着目し、エリア内で火災が発生した場合に、火災を早期感知することにより速やかに火災の状況確認及び初期消火活動に繋げることを目指す。

ここで、「火災防護上重要な機器等」である「原子炉の安全停止機能を有する機器等」と「放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する機器等」は、火災からの影響を限定する観点が異なることから、その観点を以下のとおり示す。

- A. 原子炉の安全停止機能を有する機器等の設置エリア
  - ・エリア内における火災の影響範囲を限定するために、エリア内の火災の発生を早期感知すること。
- B. 放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する機器等の設置エリアを含む上記A以外のエリア
  - ・他エリアに設置される火災防護上重要な機器等に要求される機能が喪失しないようにするために、エリア内からエリア外への火災の影響を早期感知すること。

今回、火災防護審査基準に基づく要求を満足することができないのは、Bのエリアのみであることから、火災感知器の設置により達成すべき設計目標として、「エリア内で発生する火災によるエリア外への火災の影響を早期感知し、エリア外への火災の影響を限定すること」を設定とする。

エリア内で発生する火災からエリア外への火災の影響を限定することにより、これらのエリアが含まれる火災区域内において火災の影響を限定できるため、火災防護審査基準の火災区域内で発生した火災を早期感知し、火災による影響を限定するという事項は満足している。

なお、この設計目標を達成し、エリア内で発生した火災によるエリア外への火災の影響を限定できれば、当該エリア内の火災によって、万一放射性物質の貯蔵機能に影響があった場合を想定したとしても、当該エリアを囲むコンクリート壁によって放射性物質の漏えいはエリア内にとどまり、排気ダクトを通じて排気される空気についても換気空調設備のフィルタユニットにより放射性物質が除去されるため、放射性物質が漏えいすることはない。

#### (4) 設計目標達成の確認方法

火災感知設備の要求事項と、今回の高放射線エリアでの制約条件等を踏まえ、以下の観点から設計目標が達成できていることを確認する。

##### < 観点1 > 【感知器の選定及び配置設計】

放射線が高い場所を含むエリアの放射線や環境条件等考慮して、適用可能な型式を選定し異なる感知方式の感知器を組み合わせで設置していること。

##### < 観点2 > 【感知に係る技術的評価】

エリア内で発生する火災によりエリア外に悪影響を与えないよう、火災を早期感知できること。

## 2. 放射線量が高い場所を含む各エリアにおける火災感知器の設計方針と具体的な設計

### (1) ⑤化学体積制御設備脱塩塔バルブ室（脱塩塔設置エリア）

化学体積制御設備脱塩塔バルブ室は、エリア内の火災によって発生する煙及び雰囲気温度の上昇によって火災の影響を感知し、火災の状況確認及び初期消火活動を通じてエリア外への火災の影響を限定する方針とする。具体的な設計としては、エリア内の開口部及び空気の流れを考慮して、放射線量が低い排気ダクト内に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ことにより、エリア内で発生した火災をダクト部にて感知する設計とする。

### (2) ⑥使用済燃料ピット脱塩塔バルブ室（脱塩塔設置エリア）

使用済燃料ピット脱塩塔バルブ室は、エリア内の火災によって発生する煙及び雰囲気温度の上昇によって火災の影響を感知し、火災の状況確認及び初期消火活動を通じてエリア外への火災の影響を限定する方針とする。具体的な設計としては、エリア内の開口部及び空気の流れを考慮して、放射線量が低い排気ダクト内に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ことにより、エリア内で発生した火災をダクト部にて感知する設計とする。

### (3) ⑨使用済樹脂貯蔵タンク室

使用済樹脂貯蔵タンク室は、エリア内の火災によって発生する煙及び雰囲気温度の上昇によって火災の影響を感知し、火災の状況確認及び初期消火活動を通じてエリア外への火災の影響を限定する方針とする。具体的な設計としては、エリア内の開口部及び空気の流れを考慮して、放射線量が低い排気ダクト内に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ことにより、エリア内で発生した火災をダクト部にて感知する設計とする。

### (4) ⑩炉内計装用シンプル配管室

炉内計装用シンプル配管室は、エリア内の火災によって発生する煙及び雰囲気温度の上昇によって火災の影響を感知し、火災の状況確認及び初期消火活動を通じてエリア外への火災の影響を限定する方針とする。具体的な設計としては、エリア内にアナログ式でない熱感知器、放射線量が低いエリア内の入口付近にアナログ式の熱感知器及びアナログ式の煙感知器を設置し、加えてエリア内の開口部及び空気の流れを考慮して、ループ室内にアナログ式の煙感知器を設置することにより、エリア内で発生した火災を感知器により感知する設計とする。

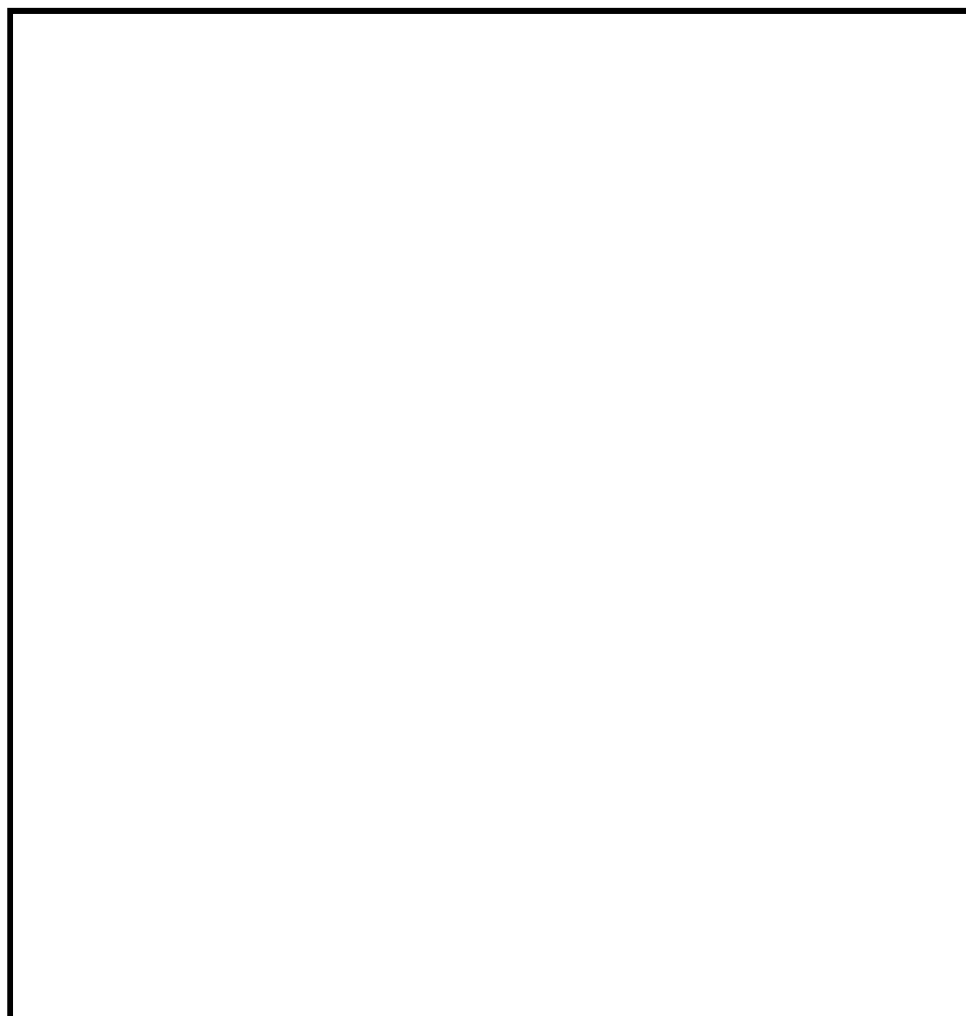
### 3. 各エリアの設計の技術的な妥当性評価

#### (1) ⑤化学体積制御設備脱塩塔バルブ室及び⑥使用済燃料ピット脱塩塔バルブ室

##### イ. <観点1>感知器の選定及び配置設計

化学体積制御設備脱塩塔バルブ室及び使用済燃料ピット脱塩塔バルブ室のうち脱塩塔設置エリア（以下、脱塩塔設置エリアという。）内については、エリア内全域が放射線量の高い場所であり、アナログ式の火災感知器の放射線の影響による故障並びに火災感知器の設置又は保守点検時における作業員の被ばくが想定されることから、火災感知器を消防法施行規則に定められた方法又はそれと同等以上の方法により設置することができないエリアである。

エリア内全域において放射線量が高いことから設置方法を検討し、エリア内の開口部及び換気による空気の流れを考慮して、アナログ式の熱感知器及びアナログ式の煙感知器を放射線量が比較的低い排気ダクト内に設置する。配置の詳細については、第 1-1 図及び第 1-2 図に示す。

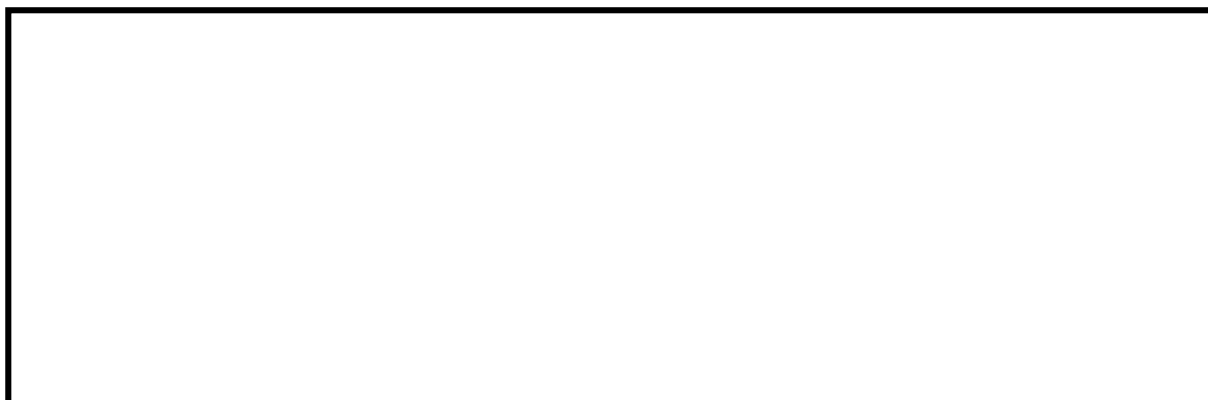


第 1-1 図 脱塩塔設置エリアの感知器配置図（平面図）

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

⑤化学体積制御設備脱塩塔バルブ室  
(脱塩塔設置エリア)

⑥使用済燃料ピット脱塩塔バルブ室  
(脱塩塔設置エリア)



第 1-2 図 脱塩塔設置エリアの感知器配置図（断面図）

上記より、高放射線エリアを含む場所の放射線や環境条件等を考慮して、適用可能な異なる感知器を組みあわせて選定していることから、＜観点 1＞について満足していると評価する。

ロ. ＜観点 2＞感知に係る技術的評価

脱塩塔設置エリア内での火災の発生を想定すると、エリア内の火災で発生した煙や熱は上方向に上昇し天井面に蓄積される。当該エリアは点検用開口部及び排気ダクト以外はコンクリート壁で囲まれた空間であり、室内の空気の流れは排気ダクトの反対側の壁面にある点検用開口部から吸気し、排気ダクトから排気する流れとなっている。

従って、室内で上昇する煙、熱は排気ダクトへ向かう空気の流れであることを考慮すると、吸気側の点検用開口部よりも先に天井付近に設置された排気ダクト内へ侵入し、排気ダクトはエリア内とほぼ同じ雰囲気になると推定される。そのため、エリア内で発生する火災によりエリア外に影響を与える前に排気ダクト部にて早期感知することが可能であり、＜観点 2＞について満足していると評価する。第 1-3 図に火災発生時の空気の流れを示す。



第 1-3 図 脱塩塔設置エリアの火災発生時の空気の流れ

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

#### ハ、評価のまとめ

以上より、<観点1>及び<観点2>を満足していることから、設計目標を達成し、技術基準規則に照らして十分な保安水準の確保ができると評価する。

以下に評価の詳細を示す。

- 脱塩塔設置エリア内には、火災防護上重要な機器等がなく、また、当該エリア内には、金属製である脱塩塔、配管、照明しかないため火災荷重も低く、等価火災時間も、化学体積制御設備脱塩塔バルブ室：8秒、使用済燃料ピット脱塩塔バルブ室：6秒と火災発生及び延焼の可能性は低い。
- 万一、当該エリア内で火災が発生した場合でも、排気ダクト内に設置するアナログ式の熱感知器及びアナログ式の煙感知器により、エリア内から排気ダクトを通じてエリア外に排出する煙及び雰囲気温度の上昇によってエリア外への火災の影響を感知することで、火災の状況確認及び初期消火活動を通じてエリア外への火災の影響を限定することが可能である。
- 隣接する他エリアについては、異なる感知方式の感知器をそれぞれ消防法施行規則に従い設置する設計としている。

#### (2) ⑨使用済樹脂貯蔵タンク室

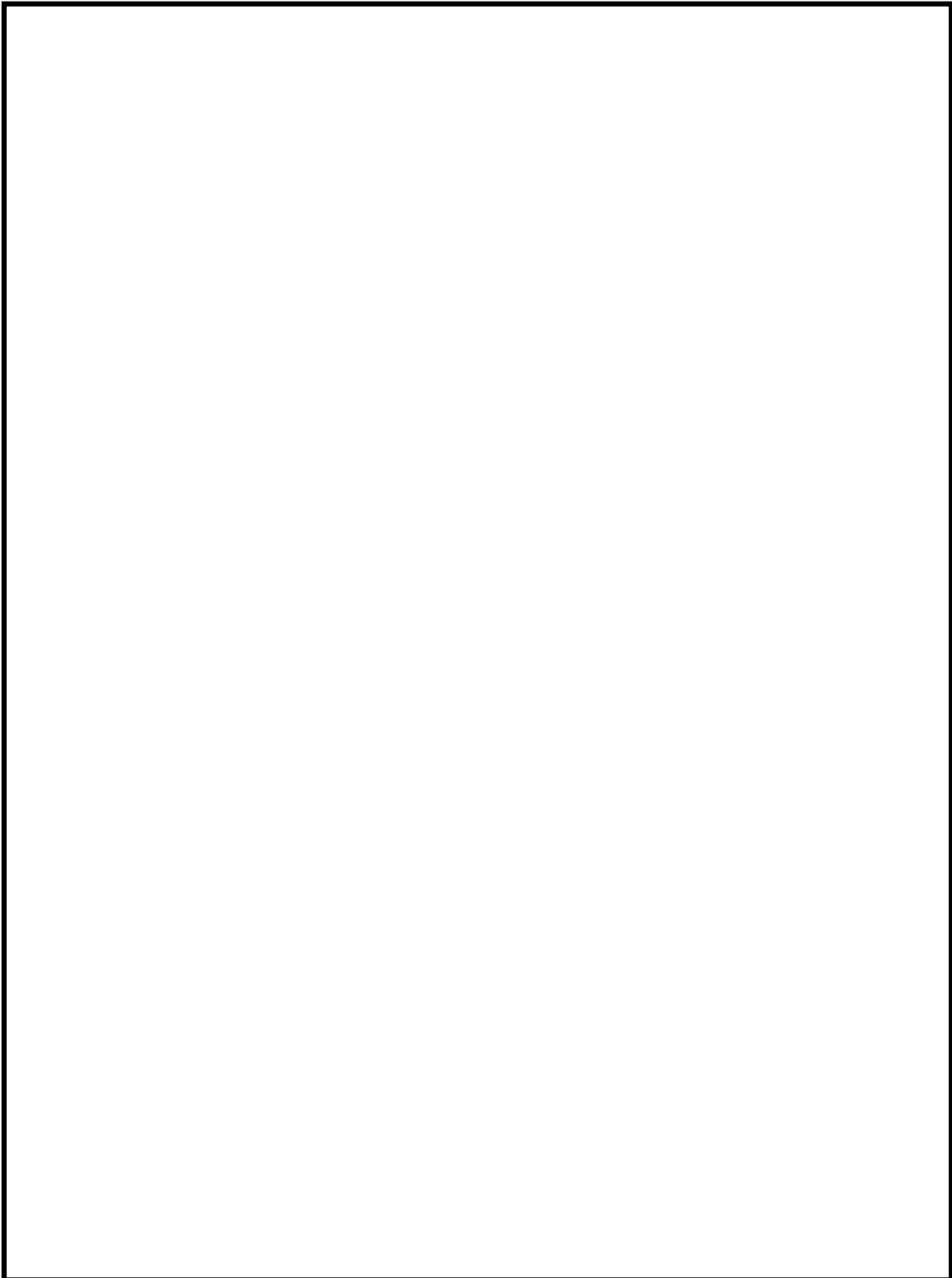
##### イ、<観点1>感知器の選定及び配置設計

使用済樹脂貯蔵タンク室内については、エリア内全域が放射線量の高い場所であり、アナログ式の火災感知器の放射線の影響による故障並びに火災感知器の設置又は保守点検時における作業員の被ばくが想定されることから、火災感知器を消防法施行規則に定められた方法又はそれと同等以上の方法により設置することができないエリアである。

エリア内全域において放射線量が高いことから設置方法を検討し、エリア内の開口部及び換気による空気の流れを考慮して、アナログ式の熱感知器及びアナログ式の煙感知器を放射線量が比較的低い排気ダクト内に設置する。配置の詳細については、第1-4図に示す。

上記により、高放射線エリアを含む場所の放射線や環境条件等を考慮して、適用可能な異なる感知器を組みあわせて選定していることから、<観点1>について満足していると評価する。





第 1-4 図 使用済樹脂貯蔵タンク室の感知器配置図

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

ロ. <観点2>感知に係る技術的評価

使用済樹脂貯蔵タンク室内での火災の発生を想定すると、エリア内の火災で発生した煙や熱は上方向に上昇し天井面に蓄積される。当該エリアは天井面に設置されている点検用のコンクリート蓋以外はコンクリート壁で閉鎖された空間であり、室内の空気の流れはコンクリート蓋と天井面の隙間から吸気し、排気ダクトから排気する流れとなっている。

従って、室内で上昇する煙、熱は排気ダクトへ向かう空気の流れであることを考慮するとコンクリート蓋の隙間よりも先に天井付近に設置された排気ダクト内へ侵入し、排気ダクトはエリア内とほぼ同じ雰囲気になると推定される。そのため、エリア内で発生する火災によりエリア外に影響を与える前に排気ダクト部にて早期感知することが可能であり、<観点2>について満足していると評価する。第1-5図に火災発生時の空気の流れを示す。

ハ. 評価のまとめ

以上より、<観点1>及び<観点2>を満足していることから、設計目標を達成し、技術基準規則に照らして十分な保安水準の確保ができると評価する。

以下に評価の詳細を示す。

- 使用済樹脂貯蔵タンク室内には、放射性物質の貯蔵・閉じ込め機能を有する機器等があるものの金属製のタンク、配管のため、火災により機能喪失するおそれがなく、かつ、原子炉の安全停止に必要な機器等はない。また、当該エリア内には、金属製である使用済樹脂貯蔵タンク（使用済樹脂はタンク内において水に浸かった状態で保管されているため、発火源になることはない）、配管及び照明しかないため火災荷重も低く、等価火災時間も1.62秒と火災発生及び延焼の可能性は低い。
- 当該エリアへのアクセスは、上階からコンクリート蓋部を開けてエリア内に立ち入るルートしかなく、当該エリア内に容易に立ち入ることが出来ない構造となっていることから、エリア内に可燃物等の持ち込みはなく、火災が発生する可能性は極めて低い。
- 万一、当該エリア内で火災が発生した場合でも、排気ダクト内に設置するアナログ式の熱感知器及びアナログ式の煙感知器により、エリア内から排気ダクトを通じてエリア外に排気する煙及び雰囲気温度の上昇によってエリア外への火災の影響を感知することで、火災の状況確認及び初期消火活動を通じてエリア外への火災の影響を限定することが可能である。
- なお、当該エリア内の火災による影響で金属製タンクの溶解、き裂等により放射性物質の貯蔵機能に影響があった場合でも、エリアを囲むコンクリート壁によって放射性物質の漏えいはエリア内にとどまり、排気ダクトを通じて排気される空気についても換気空調設備のフィルタユニットにより放射性物質が除去されるため、放射性物質が漏えいすることはない。
- 隣接する他エリアについては、異なる感知方式の感知器をそれぞれ消防法施行規則に従い設置する設計としている。



第 1-5 図 使用済樹脂貯蔵タンク室での火災発生時の空気の流れ

(3) ⑩炉内計装用シンプル配管室

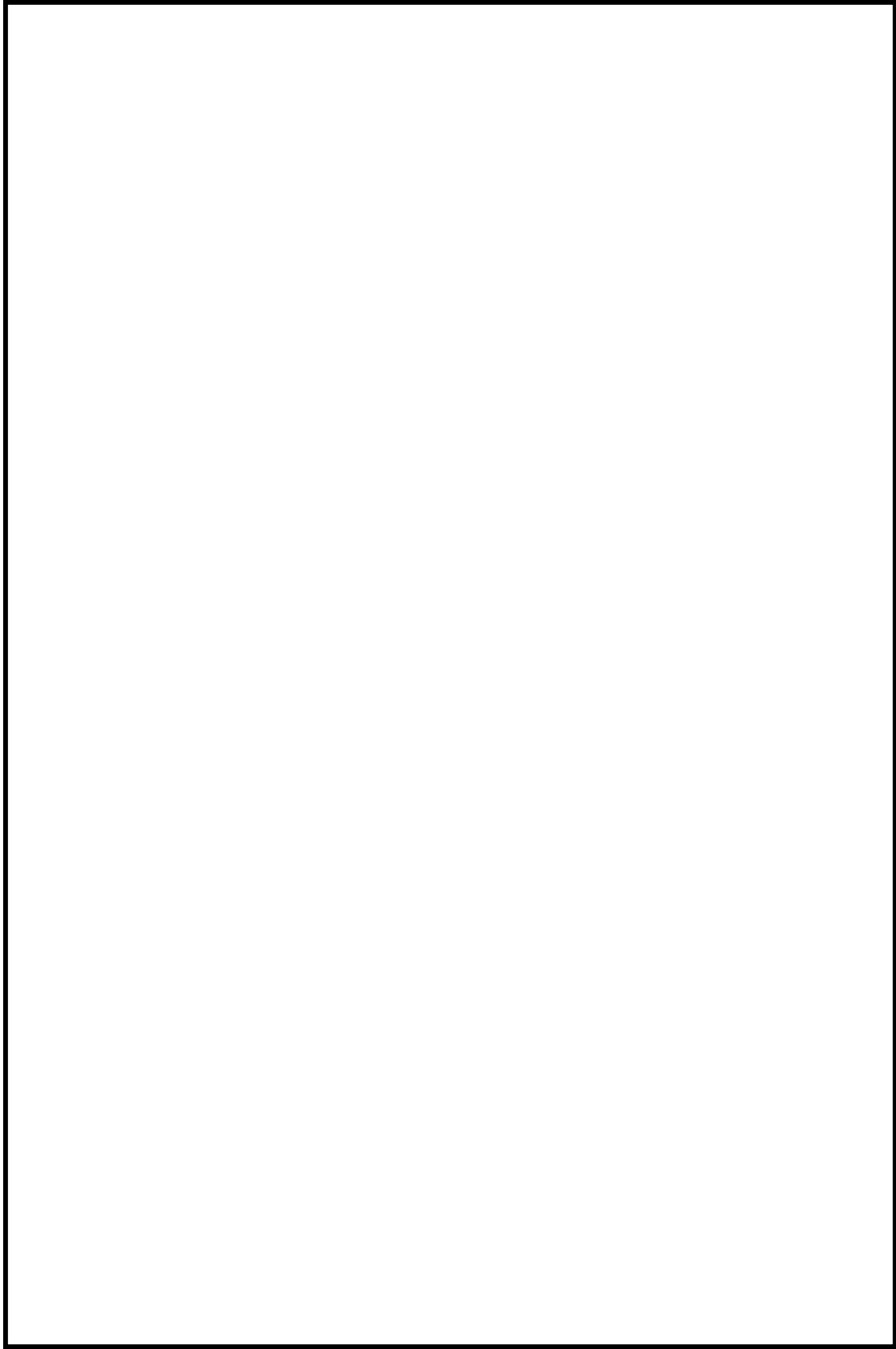
イ. <観点 1> 感知器の選定及び配置設計

炉内計装用シンプル配管室内については、入口付近を除き全域が放射線量の高い場所であり、アナログ式の火災感知器の放射線の影響による故障、並びに火災感知器の設置又は保守点検時における作業員の被ばくが想定されることから、火災感知器を消防法施行規則に定められた方法又はそれと同等以上の方法により設置することができないエリアである。

エリア内ほぼ全域において放射線量が高いことから設置方法を検討し、エリア内にアナログ式でない熱感知器を設置し、放射線量が比較的低い入口付近にアナログ式の熱感知器及びアナログ式の煙感知器を設置する。これに加えて、入口付近から原子炉容器下部へ向かう空気の流れを考慮して、空気の吹出し口となるループ室内の線量の低い場所にアナログ式の煙感知器を設置する。

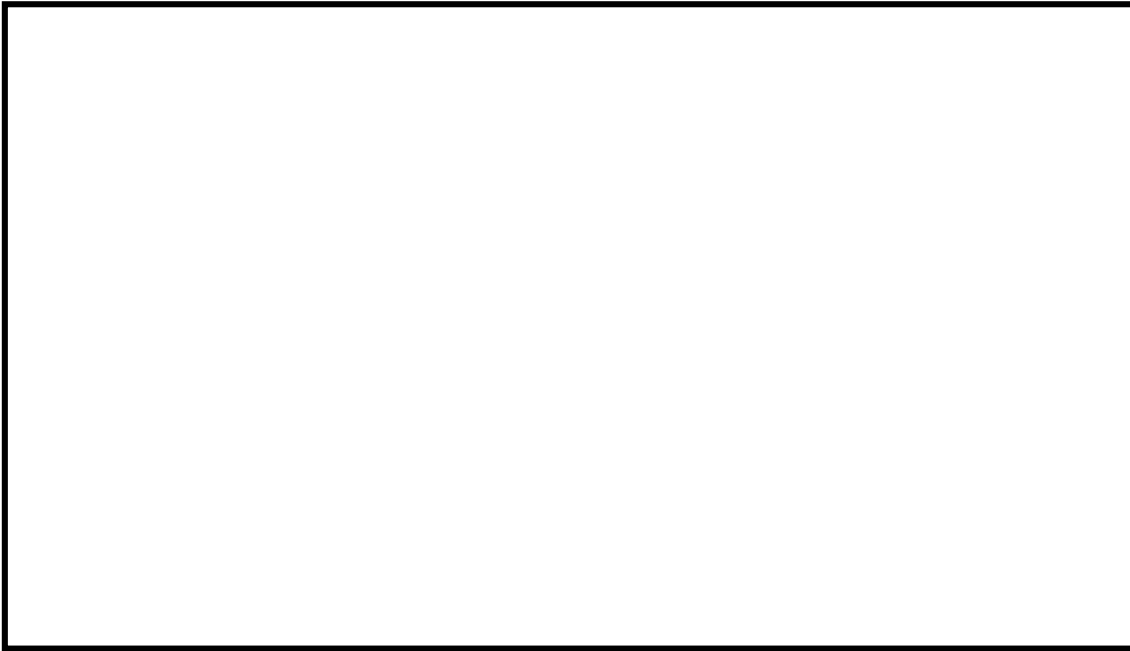
上記より、高放射線エリアを含む場所の放射線や環境条件を考慮して、適用可能な異なる感知器を組みあわせて選定していることから、<観点 1>について満足していると評価する。

配置の詳細については、第 1-6 図及び第 1-7 図に示す。



第 1-6 図 炉内計装用シンプル配管室の感知器配置図

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



第 1-7 図 ループ室の感知器配置図

ロ. <観点 2> 感知に係る技術的評価

炉内計装用シンプル配管室内での火災の発生を想定すると、エリア内の火災で発生した熱や煙は上方向に上昇し天井面に蓄積される。当該エリアは入口扉、入口扉付近の連通管及び原子炉容器周囲の隙間以外はコンクリート壁で閉鎖された空間であり、室内の空気の流れは入口付近上部の立坑にある原子炉冷却ファン出口から吸気し、原子炉容器周囲の隙間から排気する流れとなっている。なお、原子炉容器周囲の隙間に排気された空気は、原子炉容器下部から、原子炉サポートクーラを通過して R C S 配管貫通部からループ室へ到達する。

火災感知の熱方式としてはエリア内の熱感知器にて感知し、また、煙方式としては、エリア内入口付近の煙感知器に加え、空気の流れを考慮し、ループ室内の線量の低い場所に設置する煙感知器にて感知することが可能である。このため、エリア内で発生する火災によりエリア外に影響を与える前に早期感知することが可能であり、<観点 2> について満足していると評価する。第 1-8 図に火災発生時の煙の流れを示す。

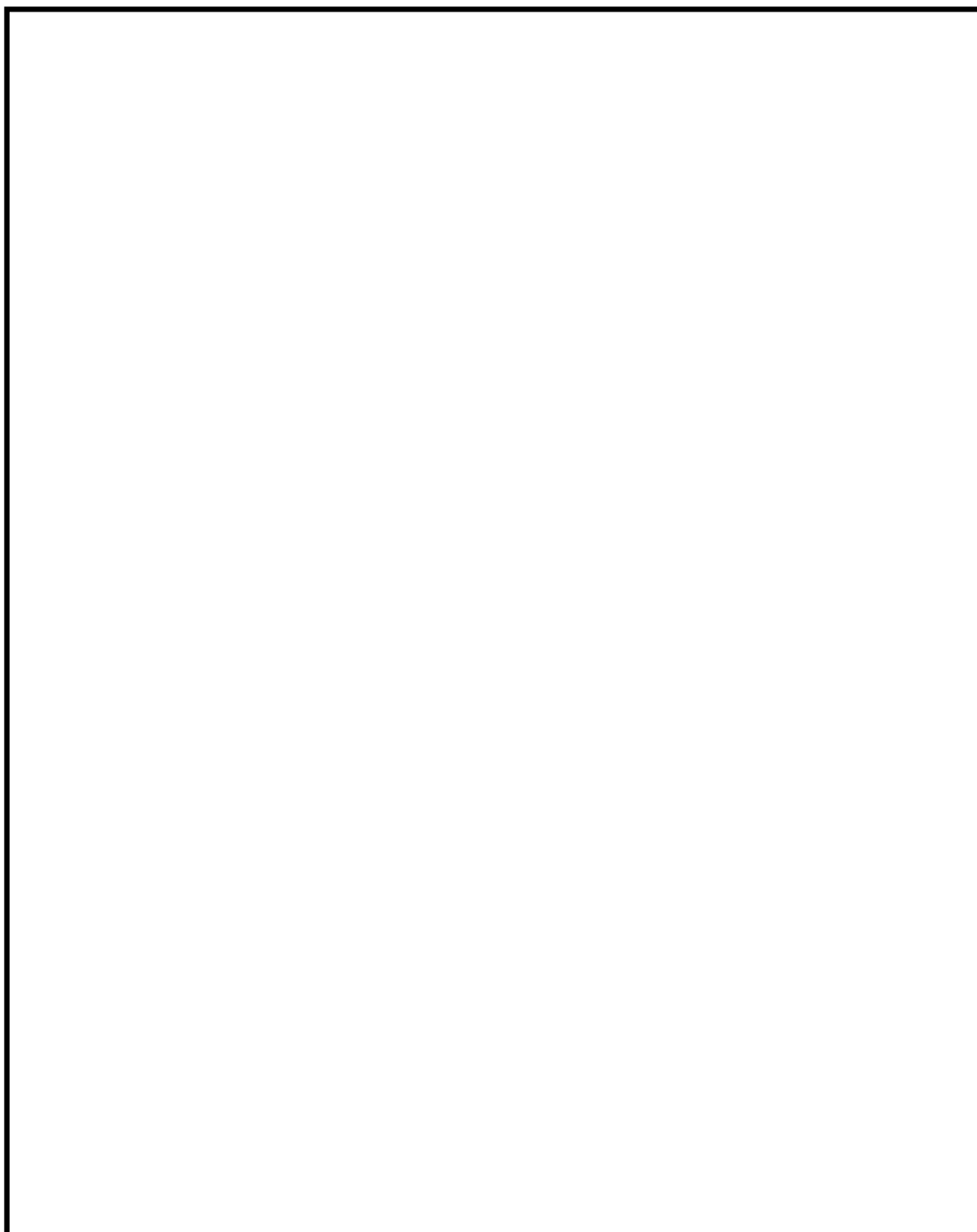
ハ. 評価のまとめ

以上より、<観点 1> 及び <観点 2> を満足していることから、設計目標を達成し、技術基準規則に照らして十分な保安水準の確保ができると評価する。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

以下に評価の詳細を示す。

- 炉内計装用シンプル配管室内には、火災防護上重要な機器等がなく、また、当該エリア内には、金属製のシンプルチューブ、水位計、漏えい検出装置及び照明しかないため火災荷重も低く、等価火災時間も 11 秒と火災発生及び延焼の可能性は低い。
- 万一、当該エリア内で火災が発生した場合でも、エリア内がコンクリート壁で仕切られており、火災感知の熱方式としてはエリア内にアナログ式でない熱感知器、入口付近の放射線量が比較的低い場所にアナログ式の熱感知器、火災感知の煙方式としては入口付近の放射線量が比較的低い場所にアナログ式煙感知器、加えて、空気の流れを考慮して、ループ室内の放射線量が比較的低い場所にアナログ式の煙感知器を設置し、エリア内からエリア外に流出する煙及び雰囲気温度の上昇によってエリア外への火災の影響を感知することで、火災の状況確認及び初期消火活動を通じてエリア外への火災の影響を限定することが可能である。
- なお、当該エリアの火災により火災防護上重要な機器等を設置するループ室へ万一火災影響が及んだことを想定しても、ループ室に消防法施行規則に従い設置した火災感知器による火災の早期感知と消火活動によりその影響は限定されることから、原子炉の安全停止機能の維持に問題はない。
- ループ室以外の他エリアについても、異なる感知方式の感知器をそれぞれ消防法施行規則に従い設置する設計としている。



第 1-8 図 炉内計装用シンプル配管室の火災発生時の空気の流れ

以上

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。