

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。

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、火災防護審査基準の条文要求を満足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。」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を「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、それを達成するための火災感知器の設計目標を定める。

(3) 火災感知器の設計目標の設定

「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、火災感知器の設置対象エリア内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。

ただし、エリア内にある機器等の火災防護上の重要性及び火災による影響度合いによって、「火災防護上重要な機器等に対する火災の影響を限定」するために必要となる火災の感知の要件（目的及び感知の方法）が異なるため、対象エリアをエリア内における火災防護上重要な機器等の設置有無と火災により機能喪失するおそれの有無によって分類し、エリア分類毎に火災の感知の要件を整理

し、火災感知器の設計目標とする。火災感知器の設計目標として整理した火災感知の要件を表1に示す。

表1 エリア分類毎の火災の感知の要件（火災感知器の設計目標）

エリア 分類	エリア内における 火災防護上重要な機器等		火災感知の要件 (火災感知器の設計目標)	
	設置 有無	火災により機能喪失 するおそれの有無	目的	感知の方法
A	有	有	エリア内の火災防護上重要な機器等の機能喪失を防止するため、エリア内における火災の発生を感知する。	エリア内における煙の発生又は雰囲気温度の上昇を消防法施行規則に基づき感知できること。
B	有	無	エリア外にある火災防護上重要な機器等の機能喪失を防止（悪影響防止）するため、エリア内における火災がエリア外の機器等に影響が及ぶ兆候を感知する。	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影響の拡大兆候を感知できること。
	無	—		

以上の整理結果を踏まえ、火災防護上重要な機器等が設置され、かつ、当該機器等が火災の影響により機能喪失するおそれがあるエリア（分類A）については、エリア内の火災による火災防護上重要な機器等の機能喪失を防止するため、エリア内における煙の発生又は雰囲気温度の上昇により火災の発生を感知できることを火災感知器の設計目標とする。それ以外のエリア（分類B）については、エリア外にある火災防護上重要な機器等の機能喪失を防止（悪影響防止）するため、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影響の拡大兆候を感知できることを設計目標とする。

なお、放射線量が高い場所を含む⑤、⑥、⑨及び⑩のエリアは、火災防護上重要な機器等が設置されていない、又は火災防護上重要な機器等が設置されていても当該機器等が火災により機能喪失するおそれがないエリアであり、いずれも分類Bに該当することから、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影響の拡大兆候を感知できることを設計目標とする。

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、エリア内に火災防護上重要な機器等がないことから、隣接エリアに設置された火災防護上重要な機器等に対する火災による悪影響を防止するため、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影響の拡大兆候を感知し、火災の状況確認及び初期消火活動を通じて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早期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、エリア内に火災防護上重要な機器等がないことから、隣接エリアに設置された火災防護上重要な機器等に対する火災による悪影響を防止するため、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影響の拡大兆候を感知し、火災の状況確認及び初期消火活動を通じて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早期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、エリア内に火災防護上重要な機器等が設置されているが、対象となる機器等は金属製のタンク及び配管類のみで火災により放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに必要なバウンダリ機能を喪失するおそれがないことから、隣接エリアに設置される火災防護上重要な機器等に対する火災による悪影響を防止するため、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影響の拡大兆候を感知し、火災の状況確認及び初期消火活動を通じて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早期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、エリア内に火災防護上重要な機器等がないことから、隣接エリアに設置される火災防護上重要な機器等に対する火災による悪影響を防止するため、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影響の拡大兆候を感知し、火災の状況確認及び初期消火活動を通じて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早期感知する設計とする。

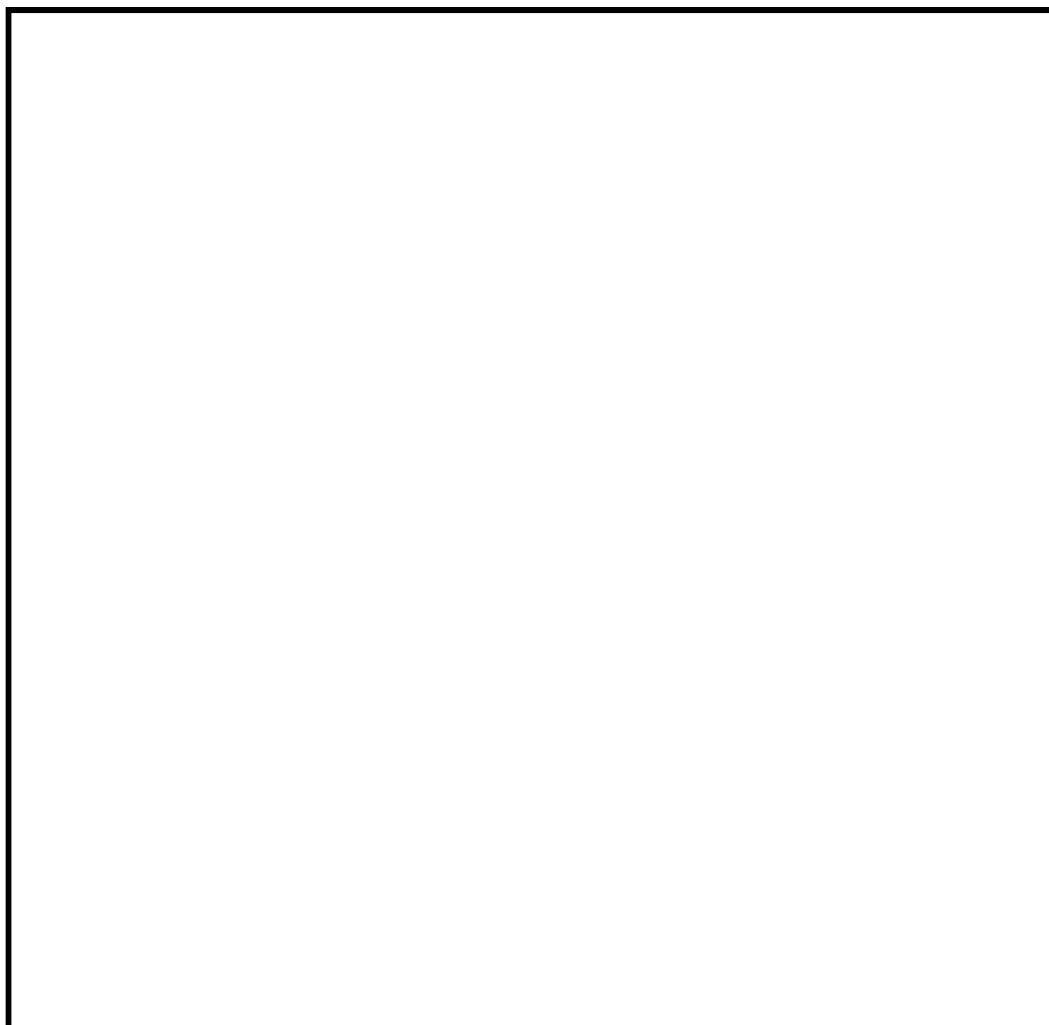
3. 各エリアの設計の技術的な妥当性評価

(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. 感知器の配置設計

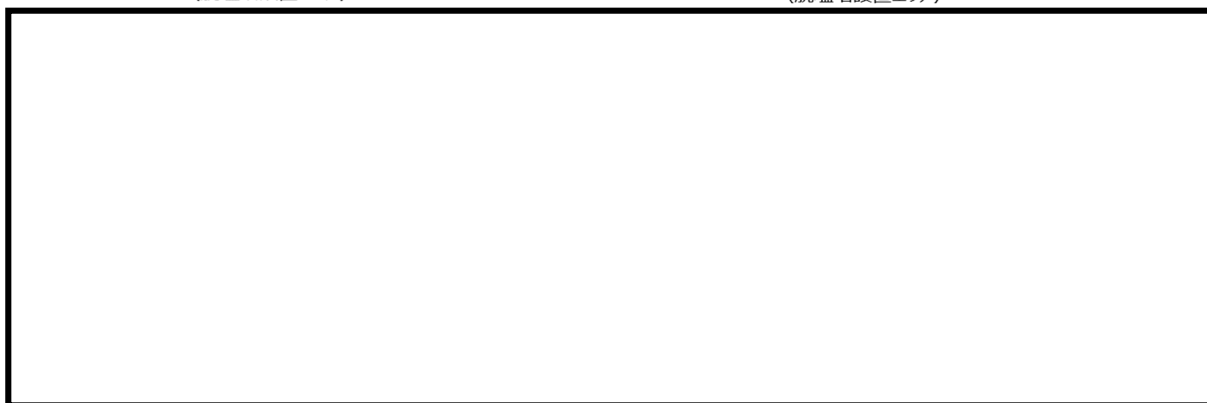
化学体積制御設備脱塩塔バルブ室及び使用済燃料ピット脱塩塔バルブ室のうち脱塩塔設置エリア（以下、脱塩塔設置エリアという。）内については、エリア内全域が放射線量の高い場所であり、アナログ式の火災感知器の放射線の影響による故障並びに火災感知器の設置又は保守点検時における作業員の被ばくが想定されることから、火災感知器を消防法施行規則に定められた方法又はそれと同等以上の方法により設置することができないエリアである。

また、脱塩塔設置エリアは、火災防護上重要な機器等がないことから、隣接エリアに設置される火災防護上重要な機器等への火災影響の考慮が必要となるエリアである。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。



第 1-2 図 脱塩塔設置エリアの感知器配置図 (断面図)

ロ. 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、徐々に蓄積された煙、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、隣接エリアに設置された火災防護上重要な機器等が機能喪失する環境条件になる前にエリア外への火災影響の拡大兆候を感知することが可能である。第 1-3 図に火災発生時の空気の流れを示す。

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には、床面、壁、天井がコンクリート壁で仕切られている状況を踏まえた上記の評価に基づき、放射線量が比較的低い排気ダクト内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、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影響の拡大兆候を感知することで、火災の状況確認及び初期消火活動を通じて隣接エリアに設置された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ことができるため、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。

なお、隣接エリアの設計については、異なる 2 種類の感知器を消防法施行規則に従い設置する設計としている。

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。



第 1-3 図 脱塩塔設置エリアの火災発生時の空気の流れ

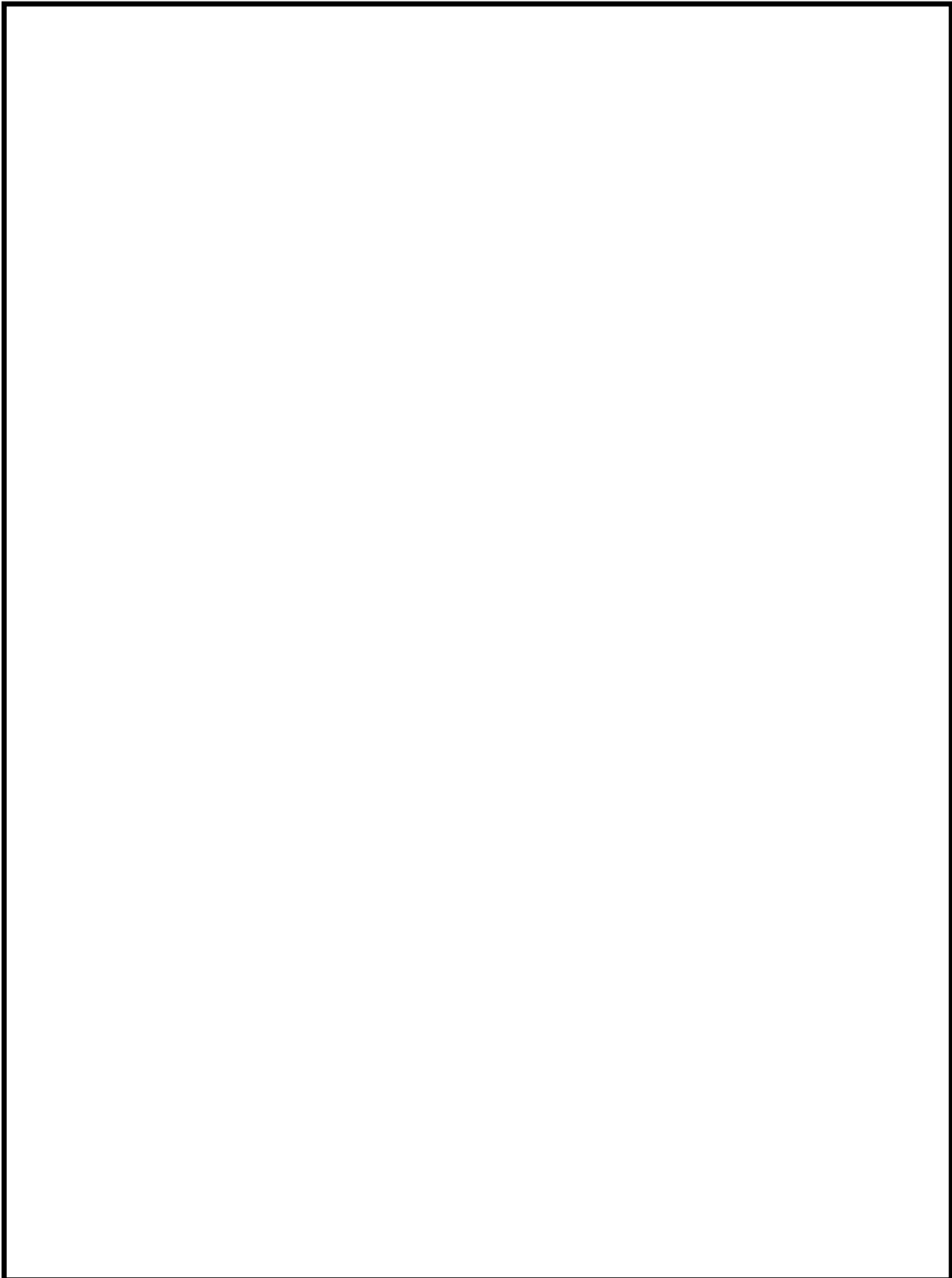
(2) ⑨使用済樹脂貯蔵タンク室

イ. 感知器の配置設計

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。

また、使用済樹脂貯蔵タンク室は、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、対象となる機器等は金属製のタンク及び配管類のみで火災により放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに必要なバウンダリ機能を喪失するおそれがないことから、隣接エリアに設置される火災防護上重要な機器等への火災影響の考慮が必要となるエリアである。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。

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 1-4 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. 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、徐々に蓄積された煙、熱はダクトへ向かう空気の流れも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、隣接エリアに設置された火災防護上重要な機器等が機能喪失する環境条件になる前にエリア外への火災影響の拡大兆候を感知することが可能である。第 1-5 図に火災発生時の空気の流れを示す。

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火災により当該機能を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いが、コンクリート蓋の上部にはドラム缶輸送用レールがあり、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い。

万一、当該エリア内で火災が発生した場合には、床面、壁、天井がコンクリート壁で仕切られている状況を踏まえた上記の評価に基づき、放射線量が比較的低い排気ダクト内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、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影響の拡大兆候を感知することで、火災の状況確認及び初期消火活動を通じて隣接エリアに設置された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ことができるため、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。

なお、隣接エリアの設計については、異なる 2 種類の感知器を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

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。

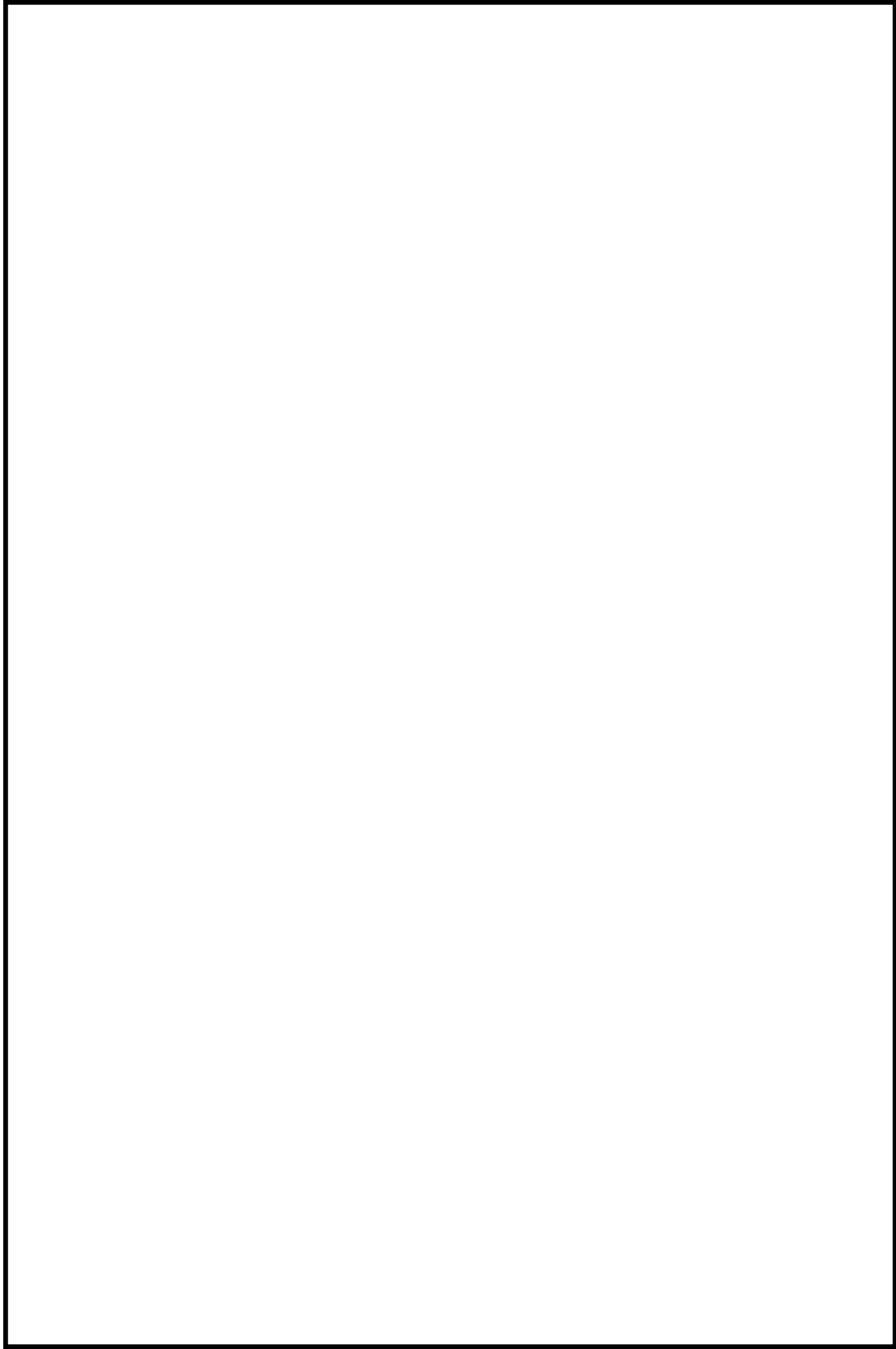
(3) ⑩炉内計装用シンプル配管室

イ. 感知器の配置設計

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。

また、炉内計装用シンプル配管室内は、火災防護上重要な機器等がないことから、隣接エリアに設置される火災防護上重要な機器等への火災影響の考慮が必要となるエリアである。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。

上記に加えて、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。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

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. 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、原子炉サポートクレーラを通過してRCS配管貫通部からループ室へ到達する。

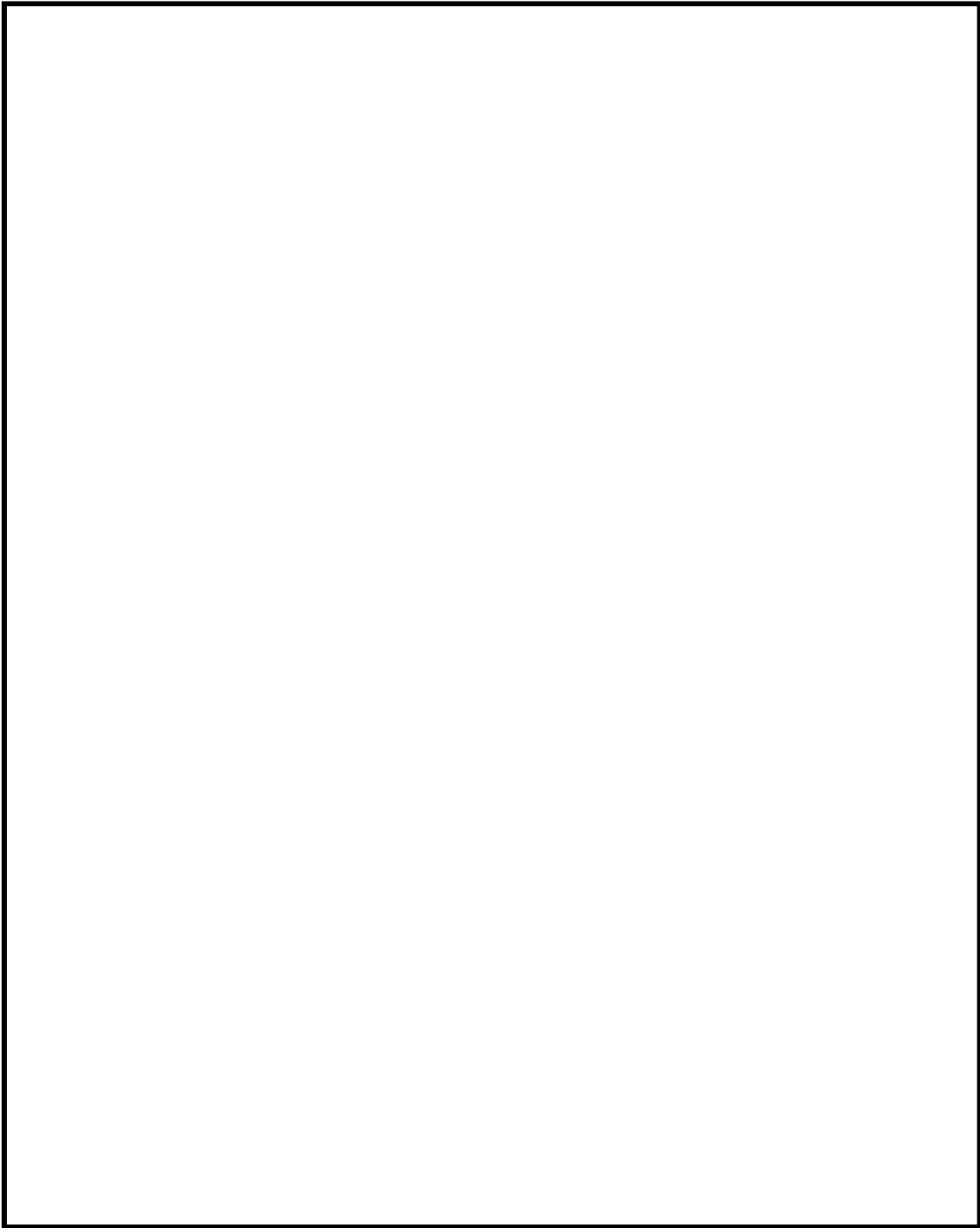
火災感知の熱方式としてはエリア内の熱感知器にて感知し、また、煙方式としては、エリア内入口付近の煙感知器に加え、空気の流れを考慮し、ループ室内の線量の低い場所に設置する煙感知器にて感知することが可能である。第 1-8 図に火災発生時の煙の流れを示す。

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ので火災荷重も低く、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には、エリア内状況を踏まえた上記の評価に基づき、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を設置することで当該エリア内の火災の熱的影響を感知することが可能である。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の煙感知器を設置し、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することでエリア内からエリア外に流出する煙を感知することが可能である。

以上のことから、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及びアナログ式の煙感知器、さらに空気の流れを考慮して、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影響の拡大兆候を感知することで、火災の状況確認及び初期消火活動を通じて隣接エリアに設置された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ことができるため、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。

なお、隣接エリアについては、異なる 2 種類の感知器を消防法施行規則に従い設置する設計としているため、隣接エリアに煙及び熱が流入した場合でも火災防護上重要な機器等が機能喪失する前に当該エリアの火災感知器によって感知が可能である。



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。