



大飯発電所3, 4号機

火災感知器増設に係る設計及び工事計画認可申請 のコメント回答について

関西電力株式会社

2020年12月24日

- I. 審査会合におけるコメント及び対応方針
 - II. アナログ式の感知器が故障する放射線量の閾値の根拠について
 - III. 作業員の被ばくを考慮した放射線量の閾値の考え方について
 - IV. 放射線量が高いエリアの火災感知器設計について
 - V. エリア内に火災感知器を設置しない「放射線量が高いエリア」で火災が発生した場合の対応について
- 参考 1 放射線量が高いエリアの火災感知器の組み合わせ
- 参考 2 放射線量が高いエリアの感知器配置

I. 審査会合におけるコメント及び対応方針

➤ 2020年12月8日第3回審査会合のコメントに対する回答を以下に示す。

No.	コメント内容	対応方針	説明資料
1	放射線量が高いエリアにおける火災感知器の設計について、以下の観点で整理の上、説明すること。	—	—
	① アナログ式の感知器が故障する放射線量の閾値に関する技術的根拠（放射線量が高いエリアの感知器故障実績とその原因調査の結果）	アナログ式の感知器が故障する放射線量の閾値の根拠について、過去故障実績及び当時の原因調査結果に基づき説明する。	Ⅱ（P3～4）
	② 火災感知器設置及び保守点検時における作業員被ばくを考慮した放射線量の閾値の考え方（放射線量が高いエリアで使用可能な感知設備の検討及び採用可否、放射線作業計画書の運用と作業員の被ばく管理内容を含む。）	放射線量が高いエリアで使用可能な火災感知器を作業員の被ばくの観点も含めて検討し、火災感知器設置時及び保守点検時における作業員の被ばくを考慮した放射線量の閾値の考え方について、エリア毎の作業内容や作業時間を整理し、説明する。	Ⅲ（P5～6）
		上記の感知器の故障及び作業員の被ばくの考え方を踏まえ、放射線量が高いエリアにおける火災感知器の設計について説明する。	Ⅳ（P7～11）
2	エリア内に火災感知器を設置しない「放射線量が高いエリア」で火災が発生した場合の対応について、説明すること。	エリア内に火災感知器を設置しない「放射線量が高いエリア」における火災時の対応について、原子炉の安全停止に必要な機器への火災の影響の観点から説明する。	Ⅴ（P12～13）

Ⅱ. アナログ式の感知器が故障する放射線量の閾値の根拠について

「放射線の影響による感知器の故障」の観点での放射線量の閾値については、感知器の故障実績及び耐放射線性能試験に基づいて設定する。

- 過去に美浜、高浜、大飯の各発電所で原子炉格納容器内のアナログ式でない熱感知器をアナログ式の熱感知器に交換した際、以下のとおり、ループ室内の蒸気発生器付近に設置した感知器が1年程度で故障する事象が相次いで発生した。
(感知器の自動試験の際に信号不良発生)

ユニット	故障時期	故障個数	故障内容
美浜3号機	平成10年1月	3個	感知器無応答
	平成12年4月	5個	感知器無応答
高浜1号機	平成10年8月	2個	信号線異常
	平成11年8月	3個	信号線異常
	平成12年1月	1個	信号線異常
高浜2号機	平成10年2月	3個	信号線異常
	平成11年9月	3個	信号線異常
高浜3号機	平成12年1月	1個	感知器無応答
高浜4号機	平成11年2月	3個	感知器無応答
大飯2号機	平成12年9月	1個	感知器無応答

Ⅱ. アナログ式の感知器が故障する放射線量の閾値の根拠について

「放射線の影響による感知器の故障」の観点での放射線量の閾値については、感知器の故障実績及び耐放射線性能試験に基づいて設定する。

- 平成6年3月に東京都立アイソトープ総合研究所にて耐放射線性能試験を実施したところ、40年時の作動確認時には各感知器は故障した。（故障した部品はメモリ用のIC部であり、積算照射線量は105.12Gyであった。）

試験機器	光電アナログ式スポット型感知器
	熱アナログ式スポット型感知器
	差動式スポット型感知器
試験条件	<ol style="list-style-type: none"> 1. 1時間あたり3×10^{-4}Gy/hの線量がある場所で、感知器が40年使用できるかを確認するために実験を行った。 2. 40年分の積算照射線量は105.12Gyとなる。試験は短時間で行うため、105.12Gyを5時間20分で照射した。このため、19.71Gy/hとなる位置に感知器を設置した。 3. 10年ごとに感知器の作動を確認した。
試験結果	<ol style="list-style-type: none"> 1. 10年、20年、30年時の作動試験は正常であった。 2. 40年時、各感知器共故障した。 3. 故障した部品はメモリ用ICであった。 4. 積算照射線量は105.12Gyであった。

- 先述の故障実績及び試験結果によると、約100Gyの積算照射線量により、電子部品が影響を受けることがわかる。
- これらの情報をもとに、γ線や中性子線の影響がある場所に設置するアナログ式の感知器は、**約100Gy**の積算照射線量で電子部品が放射線の影響を受けるため、**約10mGy/hを超える場所**では13ヶ月以内で感知器が故障することになる。
- なお、文献による電子部品の耐放射線性能としては、日本原子力研究所の資料（1972年）によれば、電子部品は $10^5 \sim 10^6$ Rの積算照射線量で影響を受けると報告されており、電子部品は集積度が上がると放射線耐量は減少すると考えられていることから、 10^4 Rを電子部品の放射線耐量とすれば、電子部品が影響を受ける積算照射線量は下記となり、文献調査からも本試験結果の妥当性が説明できる。
 $1R = 10\text{mSv} = 10^{-2}\text{Gy}$ より、 $10^4R = 10^5\text{mSv} = 100\text{Gy}$



上記の技術的根拠に基づき、アナログ式の感知器が故障する放射線量の閾値を**10mGy/h**と設定する。

Ⅲ. 作業員の被ばくを考慮した放射線量の閾値の考え方について（1 / 2）

「作業員の被ばく」の観点での放射線量の閾値については、発電所における放射線作業計画書の運用ならびに作業によって想定される被ばく線量を考慮して設定する。

1. 発電所における放射線作業計画書の運用

- 放射線業務従事者の被ばく限度は、「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則の規定に基づく線量限度等を定める告示」において100mSv/5年、50mSv/年と定められていることから、弊社では社内規定によって、より厳しい管理目標値を80mSv/5年、30mSv/年と定め、管理している。また、この管理目標値を「原子力発電所請負会社放射線管理仕様書」に記載し、協力会社に調達要求事項として遵守するよう要求している。
- 協力会社は弊社の要求事項を踏まえ、社内規定等を策定し、より安全側の管理目標値を50mSv/5年、20mSv/年、1.7mSv/月、1mSv/日※と定めている。
 - ※：「原子力発電所請負会社放射線管理仕様書」において、放射線作業計画の原則として「放射線業務従事者の1日の線量が1ミリシーベルトを超えないよう努めること。」と明記している。また、発電所で実施する放射線作業については、放射線業務従事者の1日の実効線量が1ミリシーベルトを超えるおそれのある作業は放射線作業届を作成し、労働基準監督署へ報告することになっている。（緊急作業についても同様）
- 放射線業務従事者の被ばく線量については、各工事件名毎に「放射線作業計画書」を作成し、放射線防護上必要な措置を講じることで被ばく低減を図っている。また、放射線業務従事者の1日の実効線量が1mSvを超えないよう関係者を指導している。
- 「放射線作業計画書」は、工事件名毎に計画線量に応じて作業区分を選択する様式となっており、個人の線量が1mSv/日を超えるおそれのある作業を「A作業」とし、高放射線作業に位置付けて管理している。

作業区分	対象工事
A作業	計画総線量が50人・mSv以上の作業、又は <u>個人の線量が1mSv/日を超えるおそれのある作業</u>
B作業	計画総線量が10人・mSv以上で50人・mSv未満の作業、又は計画総線量が10人・mSv未満で汚染区域で実施する作業
C作業	計画総線量が10人・mSv未満で一般管理区域で実施する作業
軽微な作業	計画総線量が0.1人・mSv以下で、核燃料物質等を扱わない作業。（高放射線区域、汚染区域で実施する作業は除く。）

Ⅲ. 作業員の被ばくを考慮した放射線量の閾値の考え方について（2/2）

2. 作業員の被ばくを考慮した放射線量の閾値の設定

放射線量が高いエリア内への火災感知器設置可否については、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線量が「放射線作業計画書」で高放射線作業と位置付けている1mSv/日を超えるか否かで判断することが望ましいため、**作業員の被ばくを考慮した放射線量の閾値を1mSv/日と設定**する。

- ▶ 放射線量が高いエリアは全部で11エリアであり、各エリア毎に火災感知器を設置又は保守点検する場合の想定被ばく線量が1mSv/日を超えるか否かを閾値とし、火災感知器の設置場所（エリア内かエリア近傍か）を判断する。
- ▶ なお、火災の早期感知を考慮し、火災感知器は可能な限りエリア内に設置することが望ましいことから、各エリアの放射線量は、エリア内で最も低いと考えられる入口付近の値を使用して判断する。各エリアの放射線量の調査結果を下表に示す。

放射線量が高いエリア	プラント運転中のエリア内最大線量想定 (mSv/h)	プラント停止時のエリア内入口付近の線量 (mSv/h)	感知器設置時の個人被ばく線量※1,2 (mSv/日)	感知器保守点検時の個人被ばく線量※3 (mSv/日)	エリア内への感知器設置可否 (○：可、×：不可)
①原子炉格納容器ループ室	78.2	0.041	0.205	0.205 (80個)	○
②加圧器室	1.5	0.165	0.825	0.132 (8個)	○
③再生熱交換器室	100以上	0.020	0.100	0.010以下 (2個)	○
④水フィルタ室	24.0	0.002	0.010	0.010以下 (3個)	○
⑤化学体積制御設備脱塩塔バルブ室	230.0	0.020	0.100	0.010以下 (3個)	○
⑥使用済燃料ピット脱塩塔バルブ室	30.0	0.030	0.150	0.010以下 (2個)	○
⑦燃料移送管室	100以上	0.001	0.005	0.010以下 (2個)	○
⑧体積制御タンク室	1.7	0.001	0.005	0.010以下 (3個)	○
⑨使用済樹脂貯蔵タンク室	100以上	100以上	—	—	×
⑩炉内計装用シングル配管室	100以上	0.002	0.010	0.010以下 (2個)	○
⑪ B - 廃棄物庫内のドラム缶貯蔵エリア	5.0	0.080	0.400	0.016 (2個)	○

※1：プラント停止時作業として、1日あたり1人あたり5時間作業として算出

※2：エリア内の放射線量が低い場所に設置する作業時間で算出

※3：感知器1個あたりの保守点検作業は0.1時間として算出（感知器個数については1ユニットあたりとして（）内に記載している。）

IV. 放射線量が高いエリアの火災感知器設計について（1 / 5）

1. 放射線量が高いエリアの定義

保安規定にて管理区域内を線量当量率区分に応じ、3つに区分しており、**区分3（1mSv/hを越えるおそれのある区域）**を今回の設工認では放射線量が高いエリアとして設定した。なお、区分3の基準を超えることを確認した場合または超えるおそれがある場合は、標識を設けて他の場所と区別する他、区画、施錠等の措置を講じている。（保安規定に記載）

線量当量率区分		
区分1	区分2	区分3
0.1mSv/h以下の区域	0.1mSv/hを越え1mSv/h以下の区域	1mSv/hを越えるおそれのある区域

2. 放射線量が高いエリアの火災感知器の設置場所の検討（エリア内もしくはエリア近傍）

エリア内の最も放射線量が低いと考えられる入口付近に火災感知器を設置又は保守点検する場合の作業員の被ばく線量が1mSv/日以下となるかを確認し、超える場合は、エリア近傍にアナログ式の煙感知器及びアナログ式の熱感知器を設置し、超えない場合にはエリア内に火災感知器を設置する設計とする。

3. エリア内での火災感知器の設置場所について（エリア内機器近傍もしくはエリア内入口付近）

原子炉の安全停止に必要な機器への火災の影響を考慮し、エリア内の原子炉の安全停止に必要な機器の有無を確認し、無い場合にはエリア内入口付近にアナログ式の煙感知器及びアナログ式の熱感知器を設置し、有る場合には感知器の故障の観点から考慮し、エリア内機器近傍に火災感知器を設置する設計とする。

4. エリア内の機器近傍（運転中に10mGy/h超過）に設置する火災感知器の種類

アナログ式の感知器は10mGy/hを超える場所には設置できないため、10mGy/hを超える場所で使用可能な火災感知器を以下のとおり抽出し、各火災感知器の導入検討を行った。

- ✓ アナログ式でない熱感知器
- ✓ 光ファイバーケーブル
- ✓ 空気吸引式の煙感知器

IV. 放射線量が高いエリアの火災感知器設計について（2 / 5）

4. エリア内の機器近傍（運転中に10mGy/h超過）に設置する火災感知器の種類（前ページの続き）

【導入検討】

	アナログ式でない熱感知器	光ファイバーケーブル	空気吸引式の煙感知器
導入実績	有	有	有（他電力）
メリット	<ul style="list-style-type: none"> 設置が容易 	<ul style="list-style-type: none"> ケーブルトレイ等の火災が発生する幅が限定されている場合（局所的な監視）は有効 	<ul style="list-style-type: none"> アナログの煙感知器と同等の機能を有する
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> トレンドによる現場状況の確認ができない 	<ul style="list-style-type: none"> エリア内全体の火災感知には適さない 新たに現地制御盤を設置する必要がある 	<ul style="list-style-type: none"> 設置に工数を有する 新たに現地制御盤を設置する必要がある
設置時の工数※1	2人×4時間	2人×8時間	2人×16時間
点検時の工数※1	2人×0.1時間	2人×0.1時間	2人×0.1時間
取替時の工数※1	2人×0.5時間	2人×8時間	2人×0.5時間
採用可否※2	○	×	×

※1：放射線量が高い場所での作業

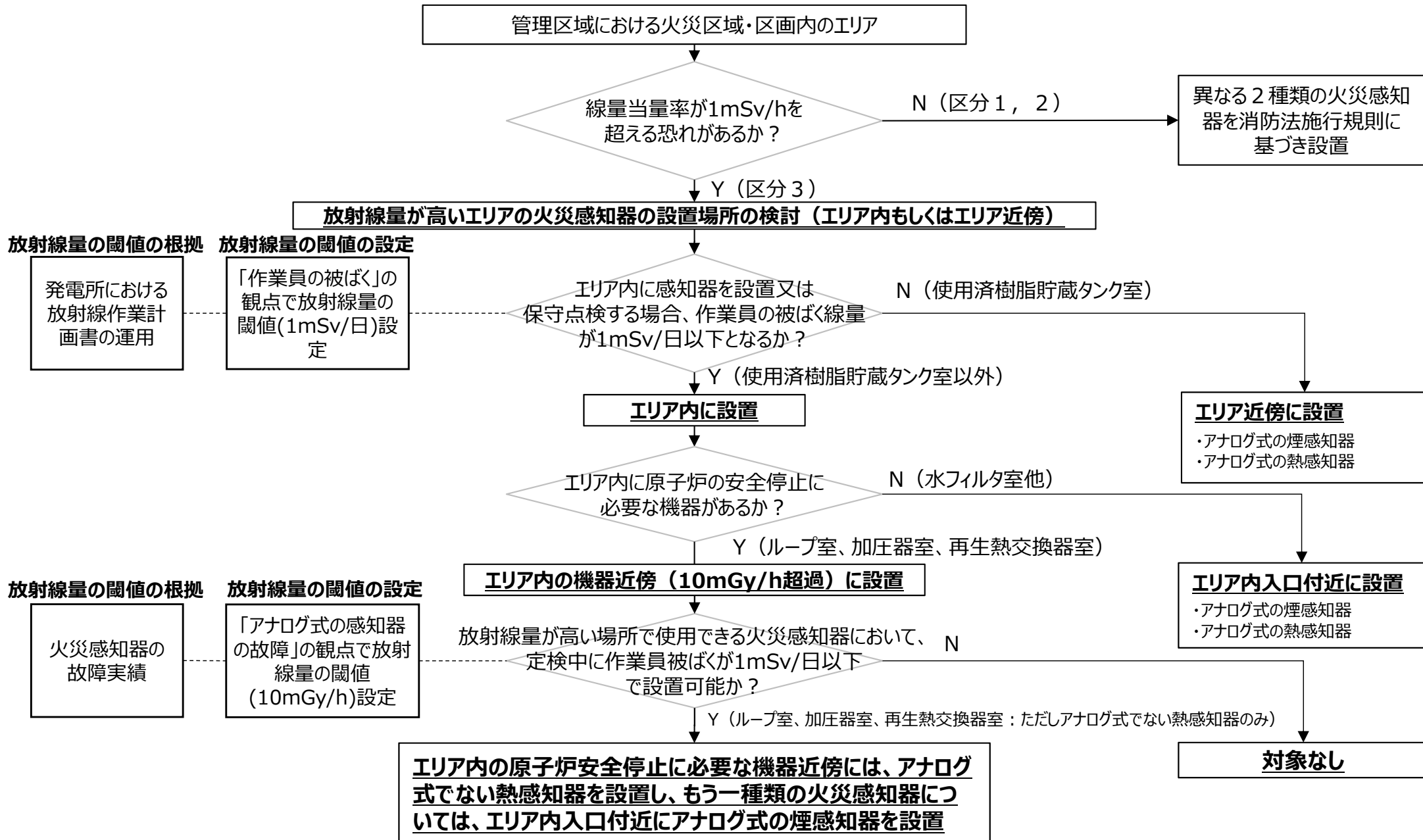
※2：原子炉の安全停止に必要な機器近傍の定検中における放射線量は0.200mSv/h以上であることを考慮

➡ 上記の導入検討に基づき、エリア内の放射線量が10mGy/hを超える場所に設置する火災感知器は「**アナログ式でない熱感知器**」を採用する。

IV. 放射線量が高いエリアの火災感知器設計について (3 / 5)

5. 火災感知器の設置場所及び種類の判断フロー

放射線量が高いエリアにおける火災感知器の設置場所及び種類を以下のフローにより判断する。



IV. 放射線量が高いエリアの火災感知器設計について (4 / 5)

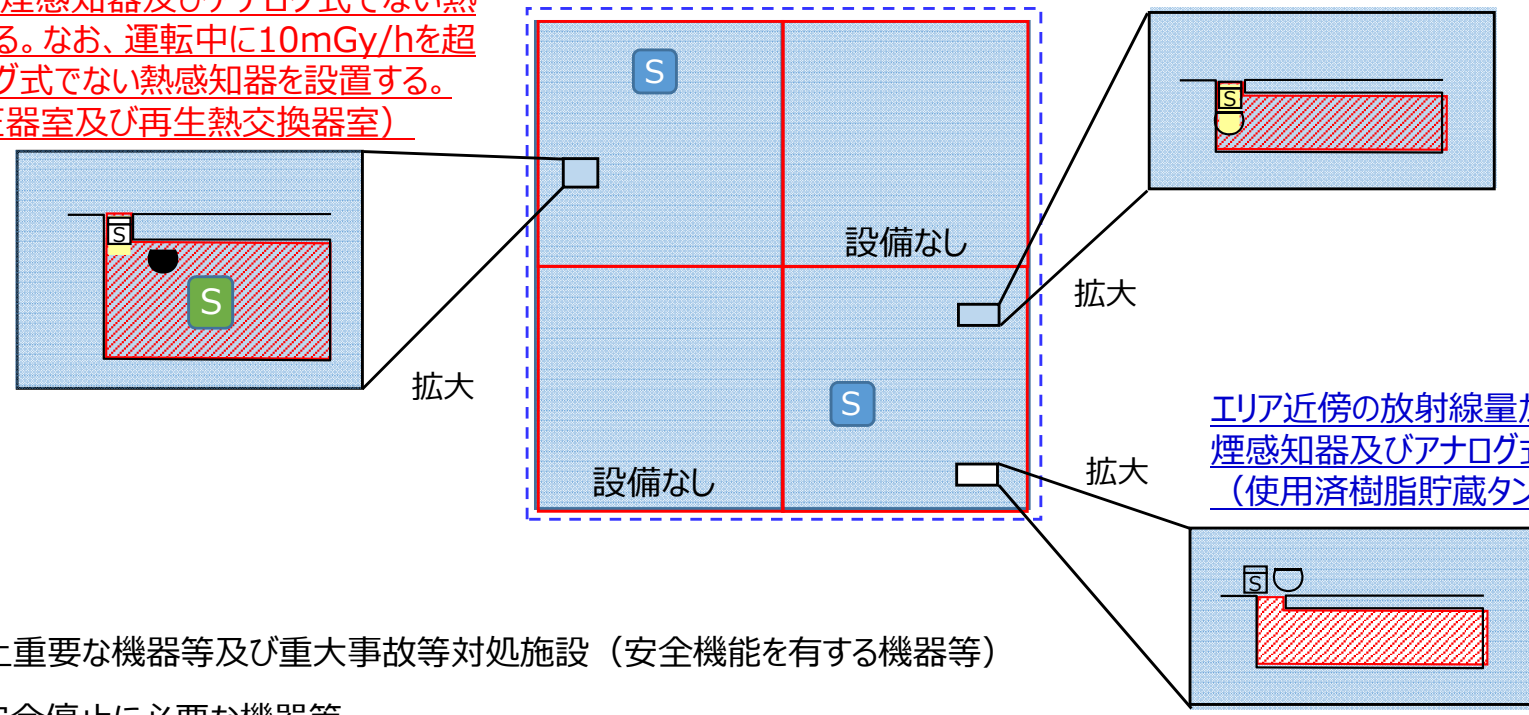
6. 放射線量が高いエリアにおける火災感知器の設置場所と種類

➤ 放射線量が高いエリアの火災感知器配置イメージは、以下のとおり。

エリア内の作業員被ばく線量が1mSv/日以下の場所にアナログ式の煙感知器及びアナログ式でない熱感知器を設置する。なお、運転中に10mGy/hを超える場所はアナログ式でない熱感知器を設置する。(ループ室、加圧器室及び再生熱交換器室)

エリア内の作業員被ばく線量が1mSv/日以下の場所にアナログ式の煙感知器及びアナログ式の熱感知器を設置する。(水フィルタ室他)

エリア近傍の放射線量が低い場所にアナログ式の煙感知器及びアナログ式の熱感知器を設置する。(使用済樹脂貯蔵タンク室)



- S : 火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設 (安全機能を有する機器等)
- S : 原子炉の安全停止に必要な機器等
- : 火災区域
- : 火災区画
- : 異なる2種類の感知器設置
- : 放射線量が低い場所
- : 放射線量が高い場所
- ☐ : アナログ式の煙感知器
- : アナログ式の熱感知器
- : アナログ式でない熱感知器

IV. 放射線量が高いエリアの火災感知器設計について (5/5)

3. 各エリアの火災感知器設計について

- 放射線量が高い全11エリアに対して、使用可能な火災感知設備の検討及び採用可否、放射線作業計画書の運用と作業員の被ばく管理内容について整理した結果を以下に示す。

放射線量が高いエリア	作業員の被ばくの観点より、放射線量が低い場所（1mSv/日未満）の有無	感知器の故障の観点より、火災感知器の設置及び保守点検の可否	火災感知器の設置場所	放射線量が高い場所を含むエリアの火災感知器の組み合わせ
①原子炉格納容器ループ室	有	可	エリア内の機器近傍 エリア内入口付近	・アナログ式でない熱感知器 ・アナログ式の煙感知器
②加圧器室	有	可	エリア内の機器近傍 エリア内入口付近	・アナログ式でない熱感知器 ・アナログ式の煙感知器
③再生熱交換器室	有	可	エリア内の機器近傍 エリア内入口付近	・アナログ式でない熱感知器 ・アナログ式の煙感知器
④水フィルタ室	有	可	エリア内の 入口付近	・アナログ式の熱感知器 ・アナログ式の煙感知器
⑤化学体積制御設備脱塩塔バルブ室	有	可	エリア内の 入口付近	・アナログ式の熱感知器 ・アナログ式の煙感知器
⑥使用済燃料ピット脱塩塔バルブ室	有	可	エリア内の 入口付近	・アナログ式の熱感知器 ・アナログ式の煙感知器
⑦燃料移送管室	有	可	エリア内の 入口付近	・アナログ式の熱感知器 ・アナログ式の煙感知器
⑧体積制御タンク室	有	可	エリア内の 入口付近	・アナログ式の熱感知器 ・アナログ式の煙感知器
⑨使用済樹脂貯蔵タンク室	無	否	エリア近傍	当該エリア近傍にアナログ式の熱及びアナログ式の煙感知器を設置
⑩炉内計装用シンプル配管室	有	可	エリア内の 入口付近	・アナログ式の熱感知器 ・アナログ式の煙感知器
⑪ B - 廃棄物庫内のドラム缶貯蔵エリア	有	可	エリア内の機器近傍 エリア内入口付近	・アナログ式でない熱感知器 ・アナログ式の煙感知器

V. 「放射線量が高いエリア」で火災が発生した場合の対応について（1 / 2）

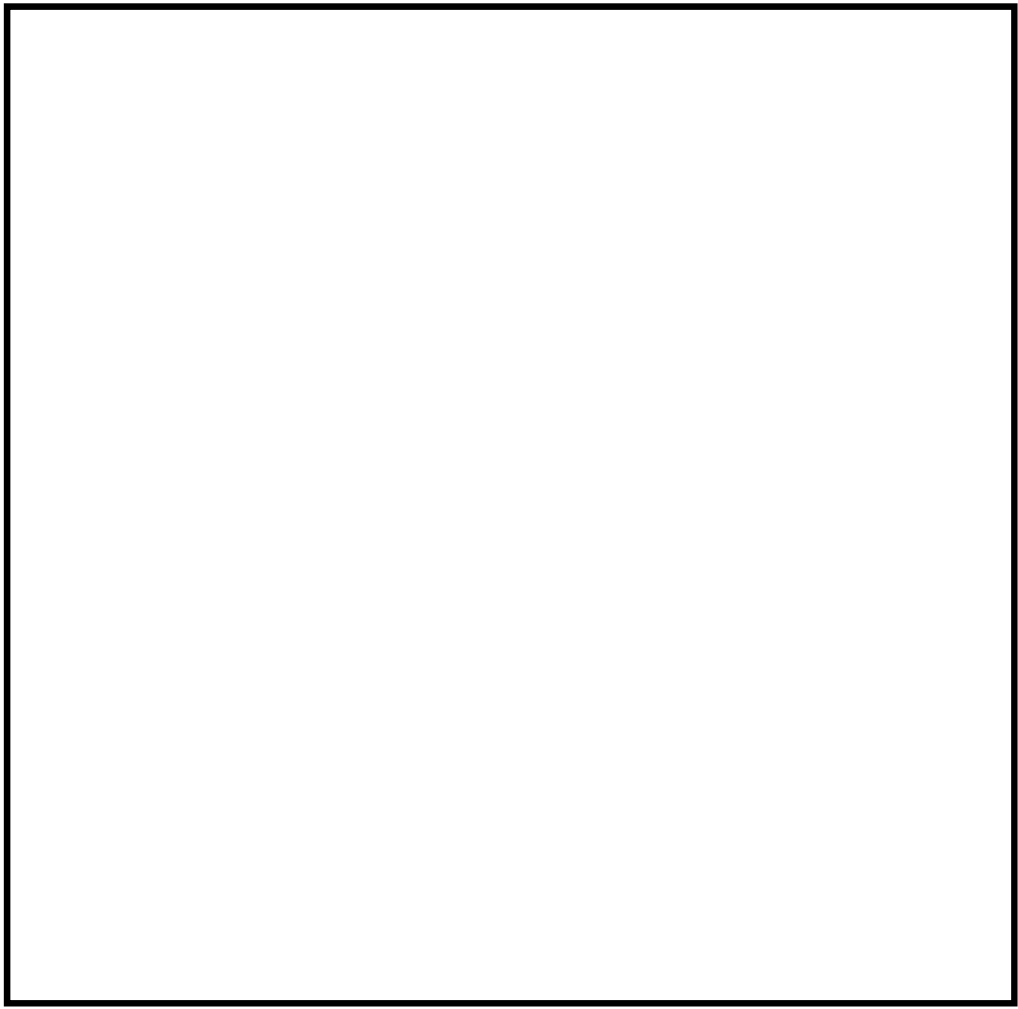
➤ 放射線量が高いエリアの火災監視設計について（⑨使用済樹脂貯蔵タンク室）

（1）エリア情報

放射線量[mSv/h]	立入不可のため測定不可
エリア内機器	使用済樹脂貯蔵タンク、照明
エリア面積[m ²]	32.2×2部屋



当該エリア入口付近の現場写真



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。

V. 「放射線量が高いエリア」で火災が発生した場合の対応について（2 / 2）

➤ 放射線量が高いエリアの火災監視設計について（⑨使用済樹脂貯蔵タンク室）（前頁の続き）

（2）火災発生時の影響及び対応

- エリア近傍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。
- 当該エリア内には、設置・保守に係る作業員被ばく低減の観点により火災感知器を設置せずエリア近傍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。（建設時より当該エリアには感知器は設置されていない。）
- 火災区画の一部である当該エリア内には、原子炉の安全停止に必要な機器等はない。
- 当該エリアには、金属製である使用済樹脂貯蔵タンク及び照明しかないため火災発生の可能性は低いですが、当該エリア内で万一大規模な火災が発生した場合でも、エリア近傍のアナログ式の熱感知器及びアナログ式の煙感知器等にて、火災区画内の早期感知の対応が可能であり、当直員が当該エリアからエリア外への火災の影響を早期に感知し、火災の状況確認及び初期消火活動を実施することが可能となるため、エリア外の安全停止に必要な機器等への火災の影響ならびに火災区域外への放射性物質の拡散を防止することができる。
- また、当該エリアへアクセスとしては、上部階からコンクリート蓋部を開けてエリア内に立ち入ることになるが、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、当該エリア内には容易に入口へ接近することも立ち入ることもできない構造となっている。（当該エリアは、定検期間においても立ち入ることはなく、廃止措置までコンクリート蓋を開けて立ち入ることはない。）

参考 1 放射線量が高いエリアの火災感知器の組み合わせ

放射線量が高いエリア		考慮事項					火災感知器の型式	
		環境条件				設備の 設置状況		
		高天井	屋外	高放射線	発火性又は引火性 雰囲気			
原子炉 格納容器	①ループ室 ②加圧器室 ③再生熱交換器室	—	—	○	○	—	アナログ式の煙感知器※1	アナログ式でない熱感知器（防爆型）※2
	⑩炉内計装用シンプル配管室	—	—	○	○	—	アナログ式の煙感知器※1	アナログ式の熱感知器※1
固体廃棄物 貯蔵庫	⑪ B - 廃棄物庫内のドラム缶貯蔵エリア	—	—	○	—	—	アナログ式の煙感知器※1	アナログ式でない熱感知器※1
高放射線エリア （原子炉格納容 器及び固体廃棄 物貯蔵庫の放射 線量が高いエリア を除く。）	④水フィルタ室 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 ⑦燃料移送管室 ⑧体積制御タンク室	—	—	○	—	—	アナログ式の煙感知器※1	アナログ式の熱感知器※1
	⑨使用済樹脂貯蔵タンク室 （エリア全域が放射線量が高い場所）	—	—	○	—	—	アナログ式の煙感知器※1,3	アナログ式の熱感知器※1,3

※1：消防法施行規則で認められている感知器

※2：エリア内の故障防止の観点により選定

※3：エリア近傍に設置

参考 2 放射線量が高いエリアの感知器配置 (1 / 5)

①原子炉格納容器ループ室



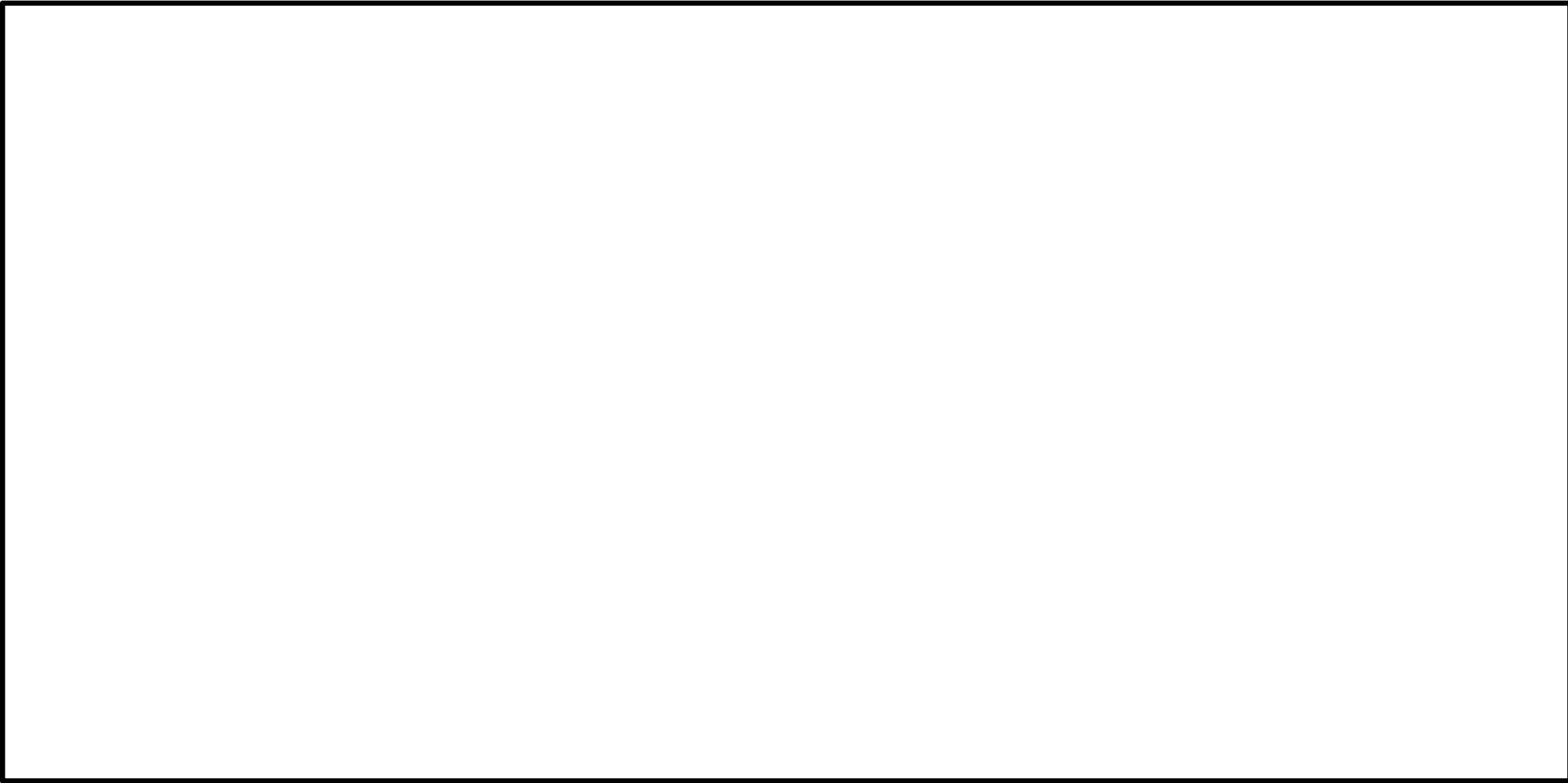
- : 放射線量が高いエリア
- ☒ : アナログ式の煙感知器
- : アナログ式でない熱感知器

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。

参考 2 放射線量が高いエリアの感知器配置 (2 / 5)

②加圧器室

③再生熱交換器室

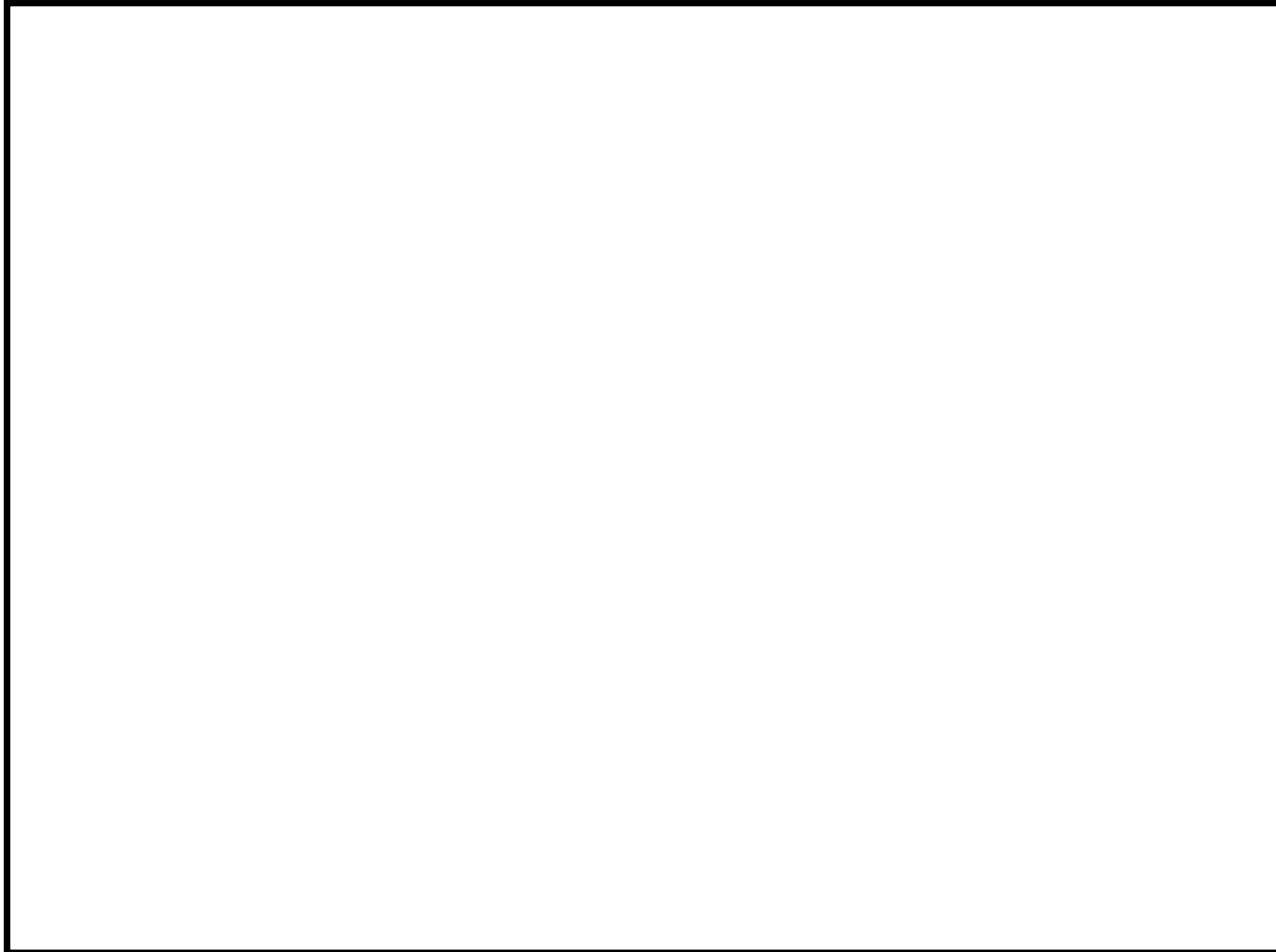


- : 放射線量が高いエリア
- ⊠ : アナログ式の煙感知器
- : アナログ式でない熱感知器

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。

参考 2 放射線量が高いエリアの感知器配置 (3 / 5)

- ④水フィルタ室
- 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



□ : 放射線量が高いエリア

Ⓜ : アナログ式の煙感知器

○ : アナログ式の熱感知器

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。

参考 2 放射線量が高いエリアの感知器配置 (4 / 5)

⑧体積制御タンク室

⑨使用済樹脂貯蔵タンク室



- : 放射線量が高いエリア
- Ⓜ : アナログ式の煙感知器
- : アナログ式の熱感知器

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。

参考 2 放射線量が高いエリアの感知器配置 (5 / 5)

⑩ 炉内計装用シングル配管室

⑪ B - 廃棄物庫内のドラム缶貯蔵エリア



- : 放射線量が高いエリア
- Ⓜ : アナログ式の煙感知器
- : アナログ式の熱感知器
- : アナログ式でない熱感知器

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。