

高浜発電所 原子炉設置変更許可申請

蒸気発生器取替え、蒸気発生器保管庫設置及び保修
点検建屋設置に係る設置許可基準規則の適合性及び
審査会合における指摘事項の回答について

【SGRのDB設計関係】

緑字は前回からの変更箇所を示す。

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。

- 1. 審査会合におけるコメント内容 ⇨ 2
- 2. コメントの回答 ⇨ 3 ~ 25
- 3. 設置許可基準規則の適合性の整理 ⇨ 26
 - 3-1. 設置許可基準規則第15条の適合性 ⇨ 27 ~ 28
 - 3-2. 設置許可基準規則第17条の適合性 ⇨ 29 ~ 31
 - 3-3. 設置許可基準規則第21条の適合性 ⇨ 32
 - 3-4. 設置許可基準規則第22条の適合性 ⇨ 33
 - 3-5. 設置許可基準規則第23条の適合性 ⇨ 34 ~ 35
 - 3-6. 設置許可基準規則第25条の適合性 ⇨ 36 ~ 37
 - 3-7. 設置許可基準規則第58条の適合性 ⇨ 38
 - 3-8. まとめ ⇨ 39

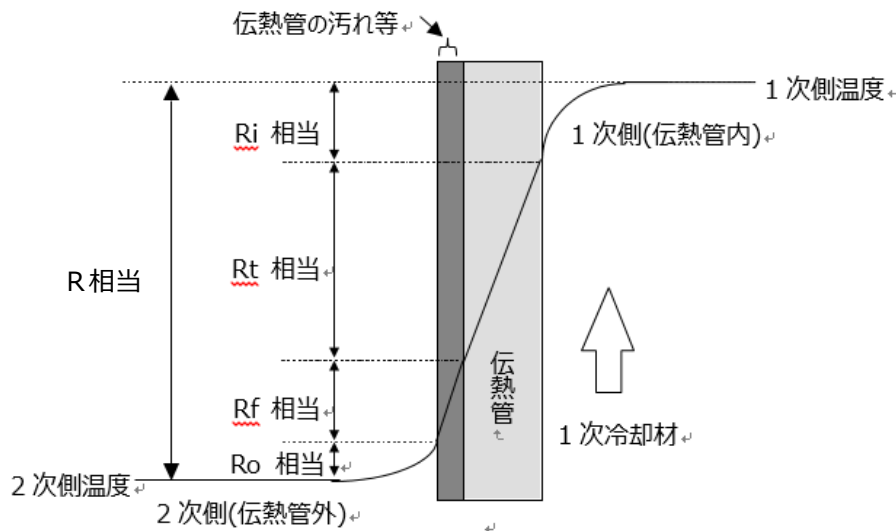
これまでの審査会合における指摘事項の回答

| No | 指摘事項の内容 | 回答頁 |
|-----|---|---------------|
| 1 | 熱貫流率の導出に必要なパラメータについて記載を充実すること | 3 |
| 2 | テーパ角の変更に伴う圧損の変更について説明を充実すること | 4 5 |
| 3 | 管支持板管穴形状の変更がどのように強度変更につながるかについて説明を充実すること | 6 |
| 4 | SG保管庫の保管能力について、廃棄物等の保管形態を加味しても保管可能なものかの説明を充実すること | 8/24会合 説明済 |
| 5 | 本文五号のヌ.の記載について、放射性物質を取扱うことに係る考え方の説明を充実すること | 8/24会合 説明済 |
| 6 | 2006年から2019年の変更に伴い、どのような傾向があるのか（風速、風向、大気安定度等）説明すること | 8/24会合 説明済 |
| 7 | 本申請と適用条文の関係性について整理し説明すること。 | 別途説明 |
| 7-1 | 27条1項3号に対する本申請の適合性について整理し説明すること。 | |
| 8 | 許可本文(保管物を限定していること)との整合性について、整理し説明すること | 別途説明 |
| 9 | 遮蔽設計区分を設定する考え方、評価結果について各エリアを網羅的に整理し説明すること | 7 ~ 25 |

- ・熱貫流率(U)は、3つの熱抵抗（管内熱抵抗(Ri)、伝熱管熱抵抗(Rt)、管外熱抵抗(Ro)）と、管の汚れ係数(Rf)の総和の逆数で表される。各抵抗のパラメータは表-1のとおり。
- ・伝熱管材料変更に伴う熱伝導率低下による伝熱管熱抵抗、および伝熱面積の増加（本数、長さの増）に伴う管外熱抵抗がそれぞれ増加する。
- ・伝熱能力は、伝熱面積(A)と熱貫流率(U)との積で求められ、表-2のとおり取替え前後で伝熱能力は変わらない設計としている。

表-1 高浜3、4号機SG取替え前後の各熱抵抗比較

| <式> $U = 1/R (R = Ri + Rt + Ro + Rf)$ | 現 状 (51F型SG) | 取替後 (54F II 型SG) |
|---|-----------------|---------------------|
| 伝熱管熱抵抗 R_t ($m^2 \cdot ^\circ C / W$) | | |
| 汚れ係数 R_f ($m^2 \cdot ^\circ C / W$) | | |
| 管内熱抵抗 R_i ($m^2 \cdot ^\circ C / W$) | | |
| 管外熱抵抗 R_o ($m^2 \cdot ^\circ C / W$) | | |
| 総熱抵抗 R ($m^2 \cdot ^\circ C / W$) | | |



伝熱管の熱抵抗のイメージ図

表-2 高浜3、4号機SG取替え前後の熱伝達能力比較

| | 現 状 (51F型SG) | 取替後 (54F II 型SG) |
|---------------------------------------|-----------------|---------------------|
| 熱貫流率 U ($W / m^2 \cdot ^\circ C$) | | |
| 伝熱面積 A (m^2) | | |
| 伝熱能力 $U \cdot A$ ($W / ^\circ C$) | | |

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。

(各値を端数処理して記載しているため、本編記載の式等で計算しても表中の値と一致しないことがある)

1. 伝熱管長さの延長と水室管台部のテーパ角変更他による圧力損失差について

1次側の圧損が変化する要因を表-1に示す。

伝熱管は直管長で [] の延長による圧損の増加と、本数4本増による圧損のわずかな低下により、伝熱管部での圧損は [] 程度増加する。

一方、1次側水室管台を図-1に示すとおり変更しており、入口管台部で [] 程度、出口管台部で [] 程度の圧損が低減する。

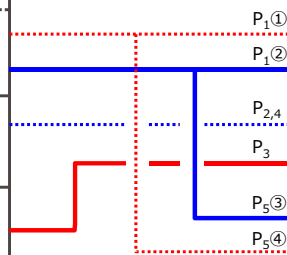
これらの設計改良に伴う1次側圧力損失差は [] 程度であり、表-2のとおり取替え前と同等となる。

表-1 1次側圧損が変化する要因

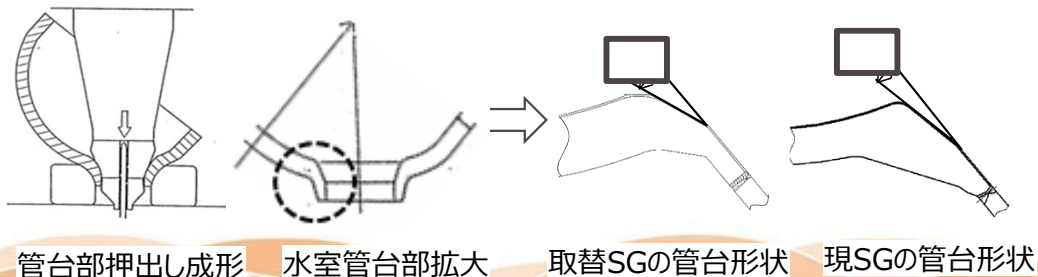
| | | 現 状 | 取替後 |
|-------------|---------|----------------|----------------|
| 水室鏡 | 材料 | 炭素鋼鋳鋼 (GSC3相当) | 低合金鋼鋼板 (SQV2A) |
| | (テーパ角※) | [] | [] |
| 伝熱管 | 本数 | 3,382本 | 3,386本 |
| | 直管長 | [] | [] |
| 1次側圧損 (MPa) | | [] | [] |

表-2 1次側圧損の増減結果

| SG取替による影響 | 圧損の増減 | |
|--------------------------------------|-------|-----------------|
| SG入口管台部での圧損の増減 (P_1) | [] | |
| 伝熱管部での1次側圧損の増減 ($P_2 + P_3 + P_4$) | | |
| SG出口管台部での1次側圧損の増減 (P_5) | | |
| 合 計 | | (取替前後の1次側圧損は同等) |



※：水室鏡の管台テーパ角変更の製造イメージについて
炭素鋼鋳鋼製水室鏡から低合金鋼の鋼板曲げ（ノズル部は押出し成形）成形の水室鏡に製造方法を変更した際、成形後の [] から冷却材管台内面のテーパ角を見直し。



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。

図-1 水室管台部のイメージ図

2. SG1次側圧損計算の考え方

SG器内1次側の圧損は次式により求められる。

$$P_{SG} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$$

P₁ : SG入口管台圧損

【①入口管台テーパ部での漸次拡大圧損】

テーパ角が大きくなり水室入口部の流路面積が大きくなったことから、
圧損係数が増加し、**圧損が増加**

【②管台部から水室内部への急拡大圧損】

テーパ角が大きくなり水室入口部の流路面積が大きくなったことから、
圧損係数と流速が低下し、**圧損が低下**

P₁結果：圧損の増加分より低下分が勝るため、結果として圧損が低下する。

P₂ : 伝熱管入口圧損

【水室内部から伝熱管入口への急縮小圧損】

伝熱管本数が増加し流路面積が大きくなったことから、流速が低下し、
圧損が低下

P₃ : 伝熱管圧損

【伝熱管部の摩擦圧損】

伝熱管本数の増加で管内通過流速は低下するが、
伝熱管直管長の増加による影響が大きいため、**圧損が増加**

P₄ : 伝熱管出口圧損

【伝熱管出口から水室内部への急拡大圧損】

伝熱管本数が増加し流路面積が大きくなったことから、流速が低下し、
圧損が低下

P_{2,3,4}結果：圧損の低下分より増加分が勝るため、結果として圧損が増加する。

P₅ : SG出口管台圧損

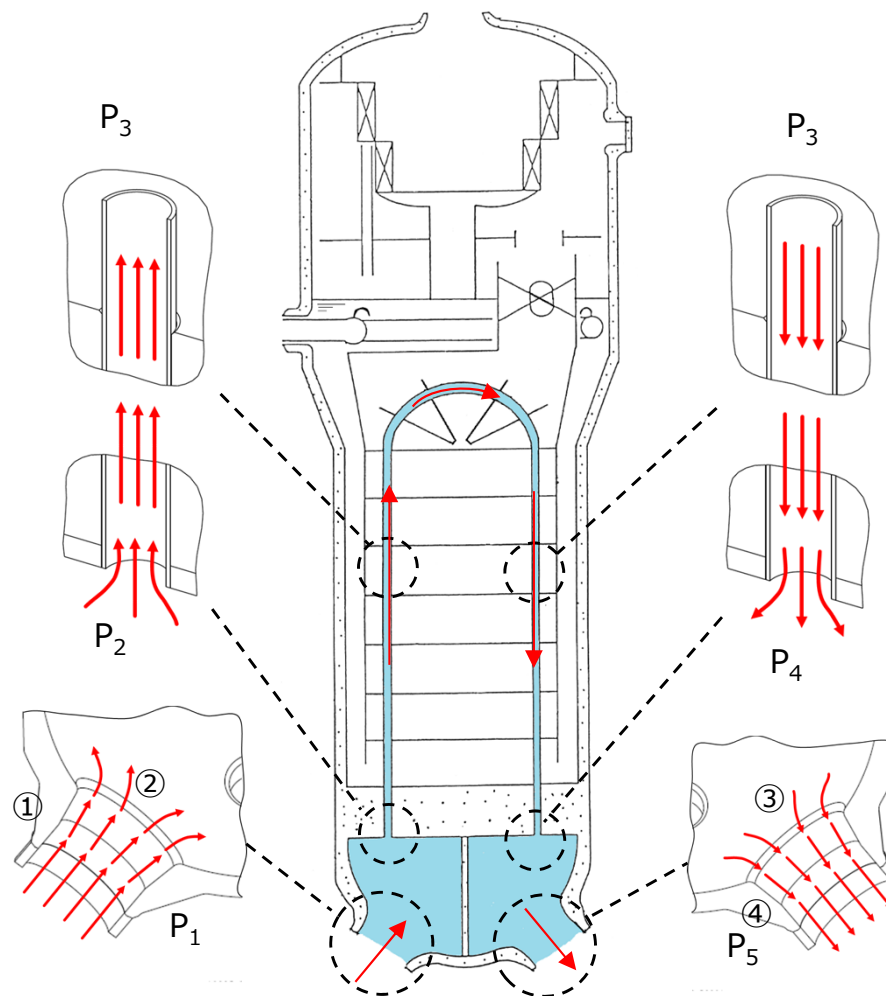
【③水室内部から管台部への急縮小圧損】

テーパ角が大きくなり、水室出口部の流路面積が大きくなったことから、
圧損係数と流速が低下し、**圧損が低下**

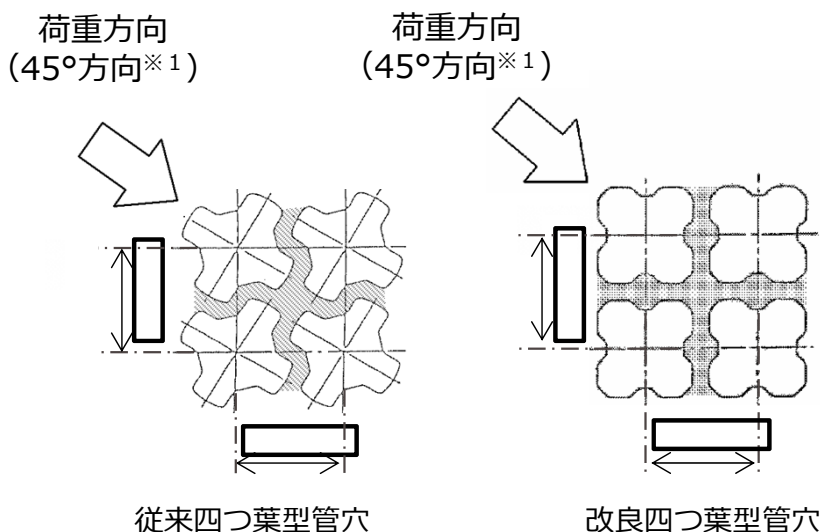
【④出口ノズルテーパ部での漸次縮小圧損】

テーパ角が大きくなり、水室出口部の流路面積が大きくなったことから、
圧損係数が増加し、**圧損が増加**

P₅結果：圧損の増加分より低下分が勝るため、結果として圧損が低下する。

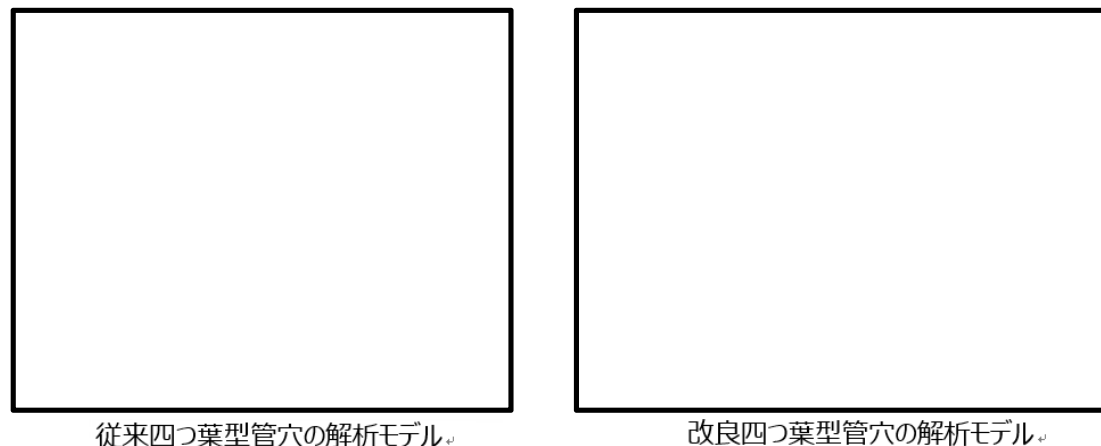


従来型のリガメント部（図－1左図のハッチング部）は複雑に屈曲した構造であるが、改良型のリガメント部（図－1右図のハッチング部）は格子状の構造であり、水平方向の荷重に対して、曲げ荷重が生じ難い構造に変更している。リガメント部は、45°方向より0°方向(伝熱管配列方向)の方が剛性が高いことから、FEM解析により、剛性の低い45°方向のリガメント強度を比較した結果、**水平方向荷重に対する耐荷重は、表－1に示すとおり約1.9倍** **向上することを確認している。従って、リガメント部全体に対する強度向上が図られている。**



図－1 SG 取替え前後の管支持板管穴形状比較図

※1 0°方向(伝熱管配列方向)と45°方向のうち、剛性が低い45°の方向を示す。



図－2 管支持板リガメント部の一部モデル化

表－1 管支持板の面内強度（45°方向水平荷重に対する検討結果※2）

| | 単位長さ当たり耐荷能力 (kg/mm) |
|--------|--|
| 改良四つ葉型 | |
| 従来四つ葉型 | |

※2 図－2に示す解析モデルに基づくFEM解析結果

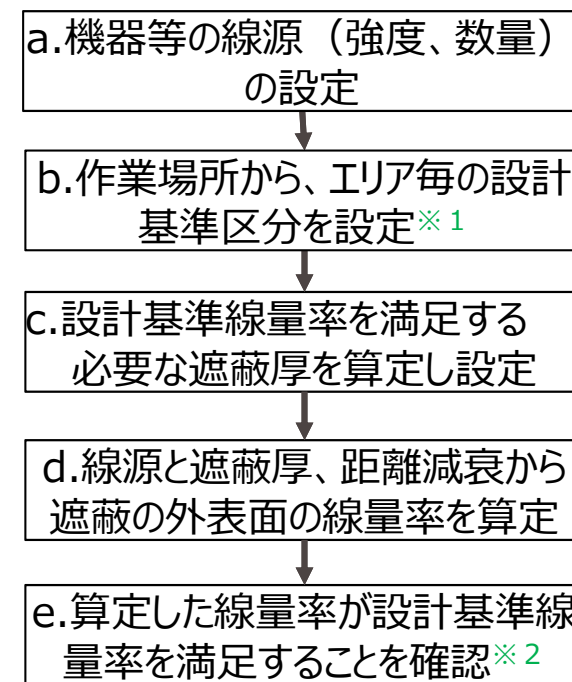
「保修点検建屋設置」

(1) 遮蔽設計の方針

放射線業務従事者等が受ける線量が線量限度（50mSv/年）以下に管理できるよう、遮蔽設計基準の設定の考え方（放射線業務従事者等の関係各場所への立入頻度、滞在時間等を考慮）に基づき設計基準線量率を設定している。

遮蔽設計においては、遮蔽壁の厚さ及び距離減衰によって区分ごとに設定された設計基準線量率を満足するように設計する。表 遮蔽設計基準

| 遮蔽設計区分 | | 設計基準線量率 | 設定の考え方 | 代表箇所 |
|--------|------|---------------------|---|--------|
| 管理区域外 | 第Ⅰ区分 | ≤ 0.0026 mSv/h | 3月間で500時間の滞在時間を想定しても管理区域設定基準（1.3mSv/3月）を満足できるところ。 | 非管理区域 |
| 管理区域内 | 第Ⅱ区分 | ≤ 0.01 mSv/h | 実効線量限度（50mSv/年）を踏まえ、年間50週、1週48時間の滞在時間を想定しても十分余裕のある数値となるところ。 | 一般通路等 |
| | 第Ⅲ区分 | ≤ 0.15 mSv/h | 実効線量限度（50mSv/年）を踏まえ、年間50週、1週約7時間以内の立入りが可能となるところ。 | 操作用通路等 |
| | 第Ⅳ区分 | > 0.15 mSv/h | 立入る場合は、厳重な放射線管理が必要となるところ。 | 機器室等 |



※1：左表の設定の考え方に加え、想定される線量率に応じて、被ばく低減の観点から可能な限り低い遮蔽設計区分に設定している。

※2：放射線業務従事者の作業管理及び個人管理により、被ばく線量の低減を図り、線量限度以下に管理する。

図 遮蔽設計の概略フロー

(注) JEAC4615-2020「原子力発電所放射線遮蔽設計規程」の考え方に基づき設定。

○遮蔽設計の概要と結果

前頁の方針に基づき遮蔽設計を行い、区画ごとに設定された遮蔽設計区分を満足することを確認した。なお、平常時区分の設定においては、年間滞在時間等を考慮したうえで、可能な限り低い遮蔽設計区分とした。詳細は（2）遮蔽設計において概略フローに沿って説明する。

表 遮蔽設計区分の設定根拠と評価結果（地階、地上1階）

| 階層 | 区画名 | 年間滞在時間(h) | 平常時 | | 作業時（参考） | | |
|------|-----------------------|-----------|-----|---|---|----|--------------------------------|
| | | | 区分 | 設定根拠 []の数字は線源の番号 | 評価結果※1 ○の数字は評価点の番号 □の数字は線源の番号 | 区分 | 設定根拠 []の数字は線源の番号 |
| 地階 | R C P インターナル分解点検作業エリア | 1,600 | II | ・年間滞在時間はII区分の2,400h以内 ・平常時に線源なし | ①において下記の線源を考慮した結果、区分IIの設計基準線量率(0.01mSv/h以下)を満足する。 地階：サンプタンク、廃液モニタタンク[9] 1階：吹抜構造となっているが、距離減衰により考慮不要 | IV | R C P インターナル、インペラ[8]の線源によりIV区分 |
| | 廃液処理室 | - | IV | ・平常時に線源あり サンプタンク、廃液モニタタンク[9]の線源によりIV区分 | - | IV | サンプタンク、廃液モニタタンク[9]の線源によりIV区分 |
| 地上1階 | R C P インターナル容器エリア | 1,600 | II | ・年間滞在時間はII区分の2,400h以内 ・平常時に線源なし | ②において下記の線源を考慮した結果、区分IIの設計基準線量率(0.01mSv/h以下)を満足する。 地階：サンプタンク、廃液モニタタンク[9] 地階 R C P インターナル分解点検作業エリアの上部は吹抜構造となっているが、距離減衰により考慮不要 1階：距離減衰により考慮不要 | IV | R C P インターナル容器[4]の線源によりIV区分 |
| | 雑固体切断エリア | 700 | | ・年間滞在時間はII区分の2,400h以内 ・平常時に線源なし | ⑧において下記の線源を考慮した結果、区分IIの設計基準線量率(0.01mSv/h以下)を満足する。 1階：距離減衰により考慮不要 2階：資機材[1]スタッドボルト[2] | | 雑固体[5]の線源によりIV区分 |
| | 水中照明点検エリア | 400 | | ・年間滞在時間はII区分の2,400h以内 ・平常時に線源なし | ⑨において下記の線源を考慮した結果、区分IIの設計基準線量率(0.01mSv/h以下)を満足する。 1階：距離減衰により考慮不要 2階：資機材[3] | | 水中照明[6]の線源によりIV区分 |
| | 機器搬入エリア | 400 | | ・年間滞在時間はII区分の2,400h以内 ・平常時に線源なし | ⑥⑨において下記の線源を考慮した結果、区分IIの設計基準線量率(0.01mSv/h以下)を満足する。 1階：工具類[7] R C P インターナル容器[4]、水中照明[6]からの距離減衰 その他の線源は距離減衰により考慮不要 2階：資機材[3] | | - |
| | 工作室 | 400 | II | ・年間滞在時間はII区分の2,400h以内 ・平常時に線源なし | ⑦において下記の線源を考慮した結果、区分IIの設計基準線量率(0.01mSv/h以下)を満足する。 1階：距離減衰により考慮不要 2階：資機材[3] | IV | 工具類[7]の線源によりIV区分 |

※1：「距離減衰により考慮不要」とは、線源の放射エネルギーと評価を行う区画との距離により、影響が無視できることが明らかである場合を意味する。

表 遮蔽設計区分の設定根拠と評価結果（地上1階、地上2階）

| 階層 | 区画名 | 年間滞在時間(h) | 平常時 | | | 作業時（参考） | |
|------|---------------|-----------|-----|---|---|---------|-------------------------------|
| | | | 区分 | 設定根拠 []の数字は線源の番号 | 評価結果※1 ○の数字は評価点の番号 []の数字は線源の番号 | 区分 | 設定根拠 []の数字は線源の番号 |
| 地上1階 | RCPモータ点検エリア | 2,000 | II | ・年間滞在時間はII区分の2,400h以内 ・平常時に線源なし | ③において下記の線源を考慮した結果、区分IIの設計基準線量率(0.01mSv/h以下)を満足する。 1階：工具類[7]、その他の線源は距離減衰により考慮不要 2階：距離減衰により考慮不要 | II | RCPモータは汚染が無く、線源にならずII区分から変更なし |
| | 出入管理室（ホット側） | 2,400 | II | ・年間滞在時間はII区分の2,400h以内 ・平常時に線源なし | ④において下記の線源を考慮した結果、区分IIの設計基準線量率(0.01mSv/h以下)を満足する。 1階：工具類[7] 2階：資機材[3] | - | - |
| | 出入管理室（コールド側） | - | I | 非管理区域 | ⑤において下記の線源を考慮した結果、区分Iの設計基準線量率(0.0026mSv/h以下)を満足する。 1階：距離減衰により考慮不要 2階：資機材[3] | - | - |
| 地上2階 | 資機材仮置きエリア（左側） | 200 | III | ・年間滞在時間はIII区分の350h以内 ・平常時の線源（資機材[1]）によりIII区分となる | 下記の線源を考慮した結果、区分IIIの設計基準線量率(0.15mSv/h)を満足する。 1階：距離減衰により考慮不要 2階：スタッドボルト[2]からの距離減衰 | III | 資機材[1]の線源によりIII区分 |
| | スタッドボルト点検エリア | 200 | III | ・年間滞在時間はIII区分の350h以内 ・平常時に線源なし | 下記の線源を考慮した結果、区分IIIの設計基準線量率(0.15mSv/h)を満足する。 1階：距離減衰により考慮不要 2階：距離減衰により考慮不要 | IV | スタッドボルト[2]の線源により、IV区分 |
| | 資機材仮置きエリア（右側） | 200 | III | ・年間滞在時間はIII区分の350h以内 ・平常時の線源（資機材[3]）によりIII区分となる | 下記の線源を考慮した結果、区分IIIの設計基準線量率(0.15mSv/h)を満足する。 1階：距離減衰により考慮不要 2階：スタッドボルト[2]からの距離減衰 | III | 資機材[3]の線源によりIII区分 |
| | 空調機械室（排気） | 200 | II | ・年間滞在時間は350h以下 ・平常時に線源なし※2 ・周辺にも線源がなく、当該区画の線量率はII区分相当となり、II区分で設定する。 | 下記の線源を考慮した結果、区分IIの設計基準線量率(0.01mSv/h以下)を満足する。 1階：隣接する区画に線源がないため、考慮不要 2階：隣接する区画に線源がないため、考慮不要 | - | - |
| | 空調機械室（給気） | - | I | 非管理区域 | ⑩において下記の線源を考慮した結果、区分Iの設計基準線量率(0.0026mSv/h)を満足する。 1階：隣接する区画に線源がないため、考慮不要 2階：資機材[3] | - | - |

※1：「距離減衰により考慮不要」とは、線源の放射エネルギーと評価を行う区画との距離により、影響が無視できることが明らかである場合を意味する。

※2：空調機械室（排気）については、放射性物質を含む建屋内雰囲気気を排気するが、線源は微量のため、線源なしとしている。

(2) 遮蔽設計

a. 機器等の線源（強度、数量）の設定

線源としては、作業の機器類等を対象とし、定期検査時に測定した線量測定結果等により設定した。

表 保修点検建屋の線源（強度、数量）

| 作業等 | 線源 | 数量 | 線源強度※1 | (参考) []の数字は線源の番号 |
|----------------------|----------|------------|-----------------------|--------------------------|
| R C P インターナル 分解点検 | インターナル | 1基 | 5mSv/h(表面) | R C P インターナル、 インペラ[8] |
| | インペラ | 1基 | 10mSv/h(表面) | |
| | インターナル容器 | 1基 | 0.1mSv/h(at1m) | R C P インターナル容器[4] |
| 水中照明点検 | 水中照明 | 1本(ドラム缶)※2 | 0.04mSv/h(at1m) | 水中照明[6] |
| スタッドボルト点検 | スタッドボルト | 2個(容器)※3 | 0.01mSv/h(at1m) | スタッドボルト[2] |
| 雑固体の切断 | 雑固体 | 50本(ドラム缶) | 0.03mSv/h(at1m) | 雑固体[5] |
| 資機材仮置き | 資機材 | 2個(容器)※3 | 0.01mSv/h(at1m) | 資機材[1] 資機材[3] |
| 工作室 | 工具類 | 1本(ドラム缶)※2 | 0.1mSv/h(at1m) | 工具類[7] |
| 廃液 | サンプタンク | 1基(タンク) | 37kBq/cm ³ | サンプタンク、 廃液モニタタンク[9] |
| | 廃液モニタタンク | 1基(タンク) | 37kBq/cm ³ | |

※1：代表エネルギーは、主要な線源核種であるCo-60のエネルギーとする。

※2：不定形であるため、ドラム缶形状として評価する。なお、点検機器表面の汚染が線源となるが、保守的にドラム缶形状で評価する。

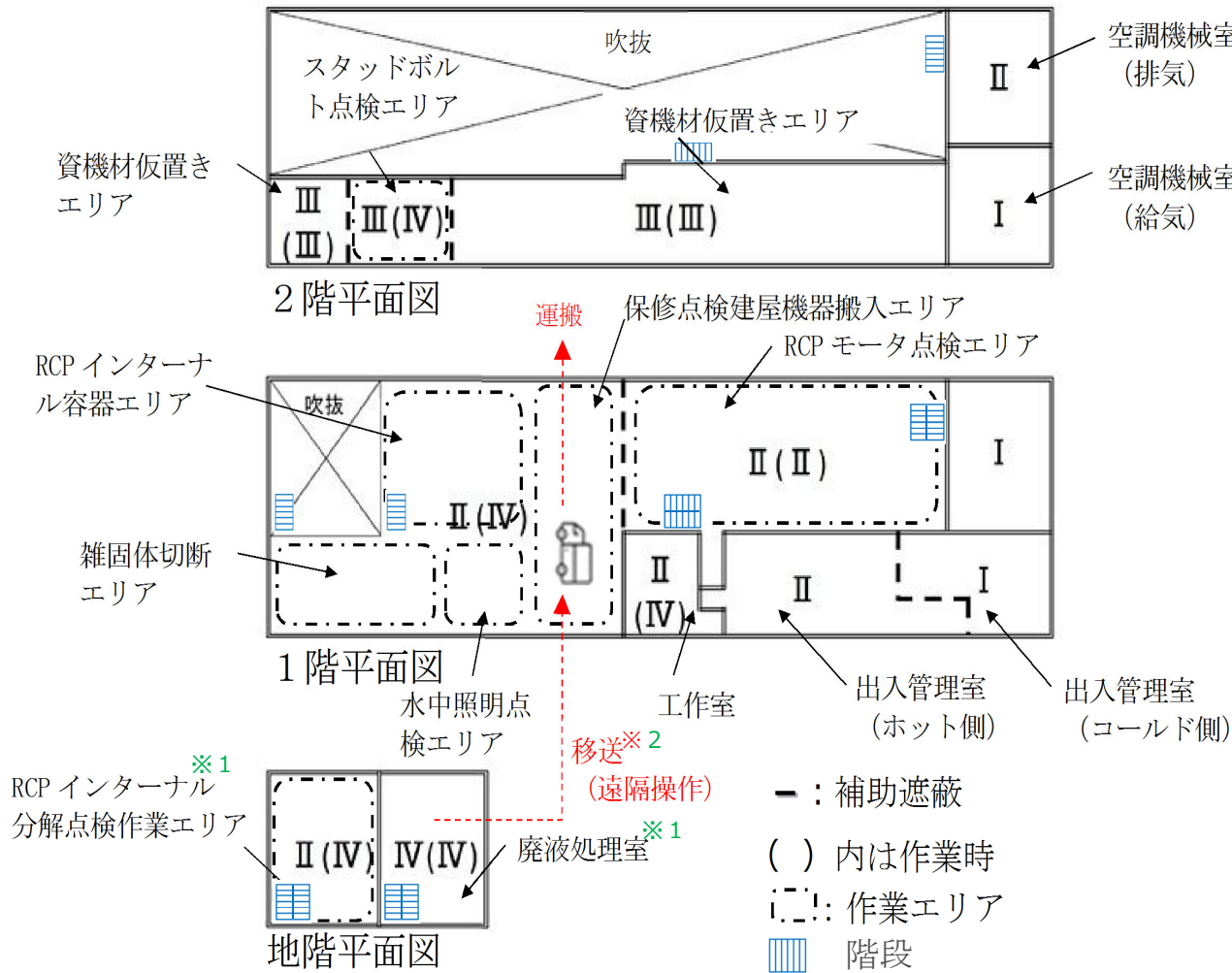
※3：不定形であるため、容器形状として評価する。なお、点検機器表面の汚染が線源となるが、保守的に容器形状で評価する。

(注) R C P モータ分解点検は、モータは汚染していないことから、線源なしとしている。

また、空調機械室（排気）については、放射性物質を含む建屋内雰囲気気を排気するが、線源は微量のため、線源なしとしている。

b. 作業場所から、エリア毎の設計基準区分を設定

保守点検建屋内の作業エリアの計画（作業時間、線源の有無等）より、遮蔽設計区分を設定した。なお、廃液の運搬容器への移送は、遠隔操作にて実施する。



※1: 地階のRCP インターナル分解点検作業エリアおよび廃液処理室には各々に階段を設けることで、当該エリアへのアクセスが可能である。

※2: 廃液の運搬容器への移送は、遠隔操作にて実施。廃液の運搬容器への移送を遠隔操作にて実施することで廃液処理室での操作時間を短縮する。

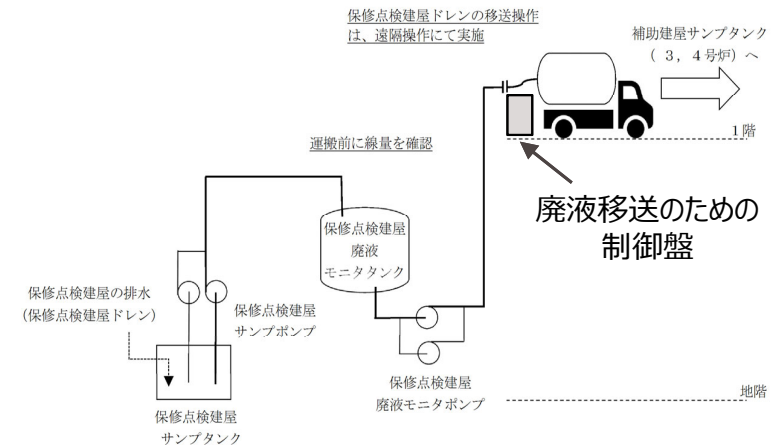


図2 廃液の運搬容器への移送

図1 保守点検建屋内の作業等エリアと遮蔽設計区分

c. 設計基準線量率を満足する必要な遮蔽厚を算定し設定

(a) 遮蔽厚の設定方法

遮蔽厚は、点減衰核積分法を用いた遮蔽解析コードであるQAD-CGGP2R（過去の許認可で使用実績あり）を使用して設定した。

(b) 建屋内の遮蔽厚設定に係る条件

建屋内の遮蔽厚の設定においては、作業場所毎に線源を設定し、隣接する区域の遮蔽設計区分を満足するよう必要な遮蔽厚を算定する。（距離減衰の場合は遮蔽不要） 次頁以降で詳細な条件を説明する。

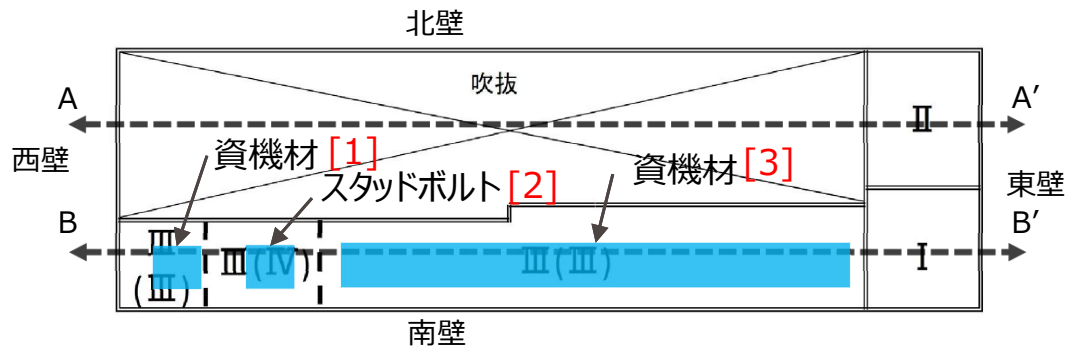


図1 地上2階の評価対象壁

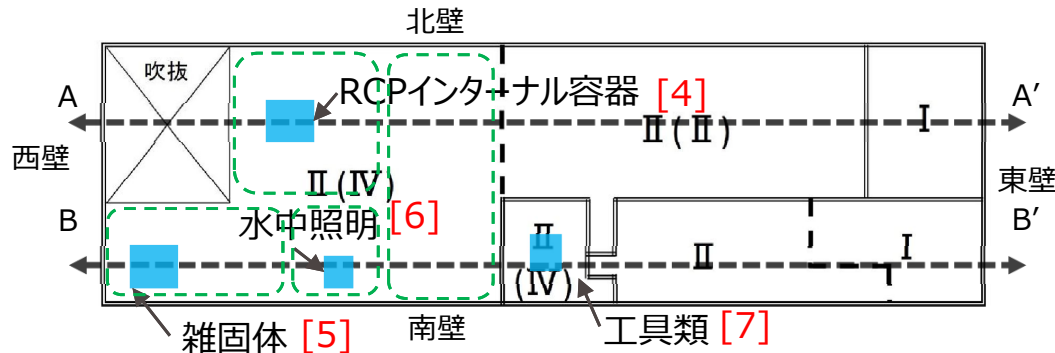


図2 地上1階の評価対象壁

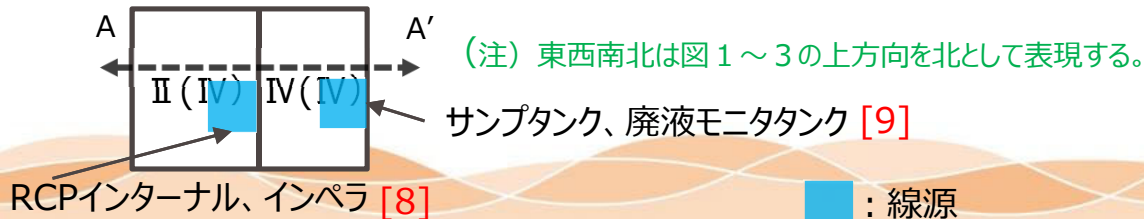


図3 地階 評価対象壁

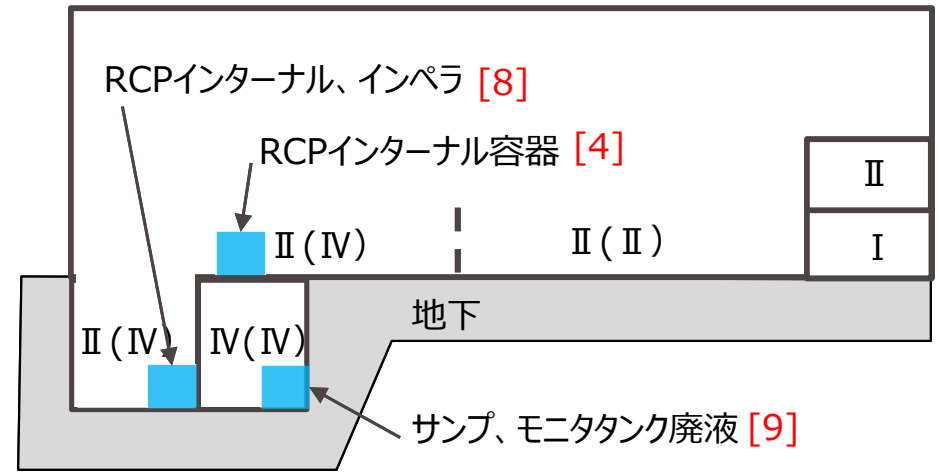


図4 立面図 (A-A'断面)

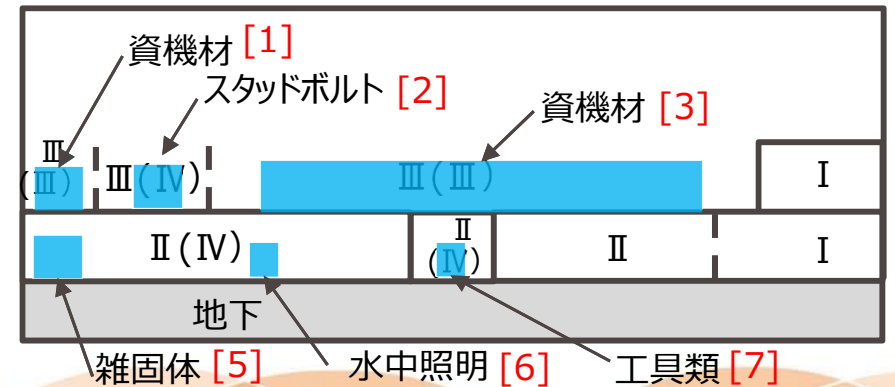


図5 立面図 (B-B'断面)

■ : 線源

<地上2階>

[1] 資機材（2階左（西壁）側 資機材仮置きエリア）

線源：容器2個 0.01mSv/h(at1m)

評価対象エリア：1階雑固体切断エリア（Ⅱ区分）

[2] スタッドボルト（2階 スタッドボルト点検エリア）

線源：容器2個 0.01mSv/h(at1m)

評価対象エリア：1階雑固体切断エリア（Ⅱ区分）

2階資機材仮置きエリア（左右）（Ⅲ区分）

[3] 資機材（2階右（東壁）側 資材仮置きエリア）

線源：容器2個 0.01mSv/h(at1m)

評価対象エリア：2階空調機械室（給気）（Ⅰ区分）

1階水中照明点検エリア（Ⅱ区分）

1階機器搬入エリア（Ⅱ区分）

1階工具室（Ⅱ区分）

1階出入管理室（Ⅰ区分）

- ※ 1：資機材仮置きエリア（左右）とスタッドボルト点検エリアでは、スタッドボルト点検エリアの遮蔽設計区分（作業時）の方が大きいため、スタッドボルト[2]からの距離減衰を評価する。
- ※ 2：2階エリアと1階エリアでは、1階エリアの線源は天井までの距離減衰により影響が小さくなるため、2階エリアから1階エリアへの線量評価を行う。（2階床（遮蔽）厚を設定）

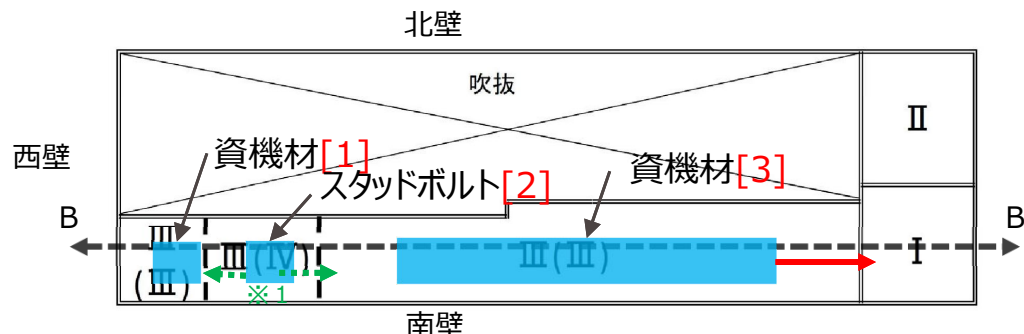


図1 地上2階の評価対象壁

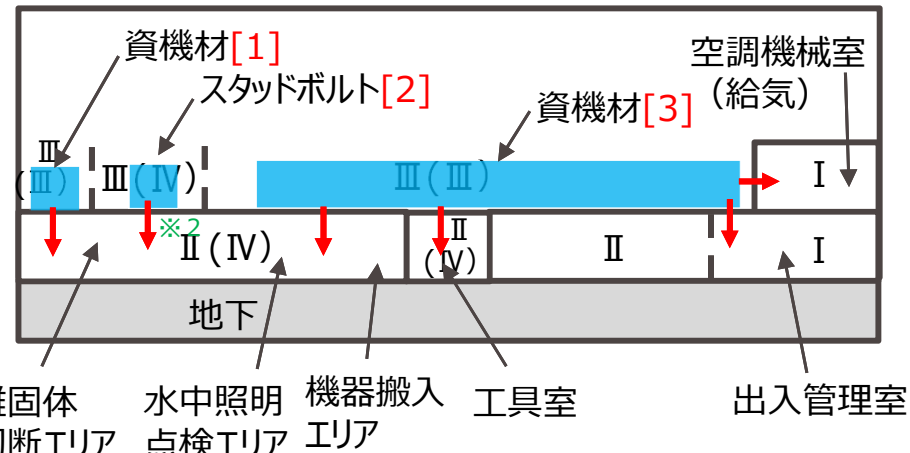


図2 立面図（B-B'断面）



図3 1階エリアへの資機材、スタッドボルト評価モデル



図4 スタッドボルト評価モデル（距離減衰）



図5 2階空調機械室（給気）への容器評価モデル

- ×：評価点
- ：遮蔽評価
- ：線源
- ：評価対象壁

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。

<地上1階>

[4] RCPインターナル容器（1階左（西壁）側 R C Pインターナル容器エリア）
 線源：R C Pインターナル容器 0.1mSv/h(at1m)
 評価対象エリア：1階機器搬入エリア（Ⅱ区分）

[5] 雑固体（1階左（西壁）側 雑固体切断エリア）
 線源：ドラム缶50本 0.03mSv/h(at1m)
 評価対象エリア：管理区域境界のみ（建屋内の評価では考慮せず）※1

[6] 水中照明（1階中央側 水中照明点検エリア）
 線源：ドラム缶1本 0.04mSv/h(at1m)
 評価対象エリア：1階機器搬入エリア（Ⅱ区分）

[7] 工具類（1階中央側 工作室）※2
 線源：ドラム缶1本 0.1mSv/h(at1m)
 評価対象エリア：1階機器搬入エリア（Ⅱ区分）
 1階R C Pモータ点検エリア（Ⅱ区分）
 1階出入管理室（Ⅱ区分）

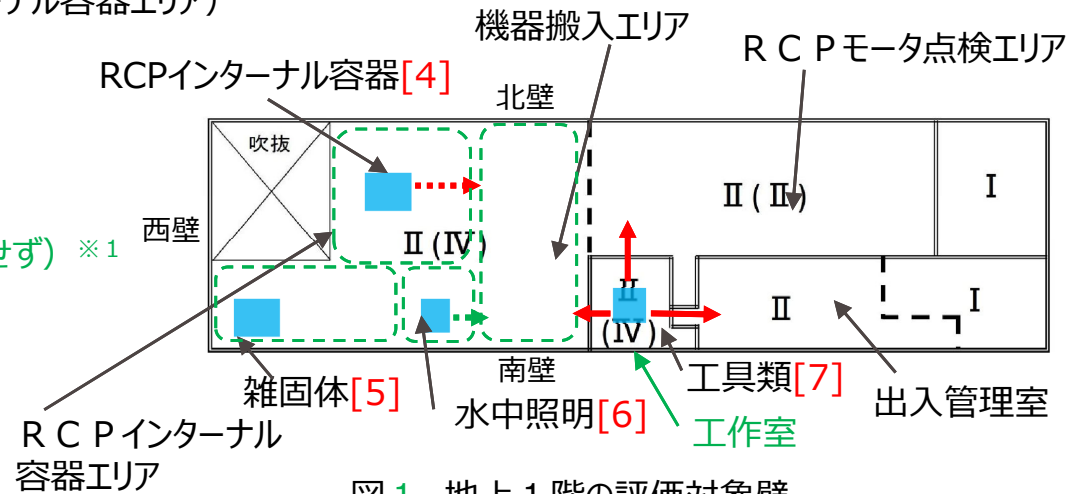


図1 地上1階の評価対象壁

- ※1：雑固体[5]は、線源の放射エネルギーと隣接区画との距離から十分に距離減衰するため無視できる。管理区域境界の線源として考慮するため記載している。
- ※2：工具類[7]のある工作室の隣接エリアには、線源がないことから、工作室から隣接するエリアへの線量評価により遮蔽（壁）厚を設定する。



図2 R C Pインターナル容器評価モデル（距離減衰）



図3 水中照明評価モデル（距離減衰）



図4 工具類評価モデル

- ×：評価点
- ：遮蔽評価
- （赤）：距離減衰評価
- （青）：線源
- （灰）：評価対象壁

<地階>

[8] RCPインターナル、インペラ（地階左（西壁）側 R C Pインターナル分解点検作業エリア）

線源：インターナル 5mSv/h(表面)、インペラ 10mSv/h(表面)

評価対象エリア：管理区域境界のみ

注) 上部は吹抜構造となっているが、距離減衰および、廃液処理室を区画するコンクリートが遮蔽体として考慮できるため、II区分の設計基準線量率を満足する。

[9] サンプタンク、廃液モニタタンク（地階左（西壁）側 廃液処理室）

線源：サンプタンク、廃液モニタタンク 各37kBq/cm³

評価対象エリア：地階R C Pインターナル分解点検作業エリア（II区分）

1階R C Pインターナル容器エリア（II区分）

※1：廃液処理室とR C Pインターナル分解点検作業エリアでは、廃液処理室の放射エネルギーが大きいので、サンプタンク、廃液モニタタンク [9]からの線量を評価する。

※2：地階エリアと1階エリアでは、地階エリアの放射エネルギーが大きいので、地階エリアからの線量評価を行う。（1階床（遮蔽）厚を設定）

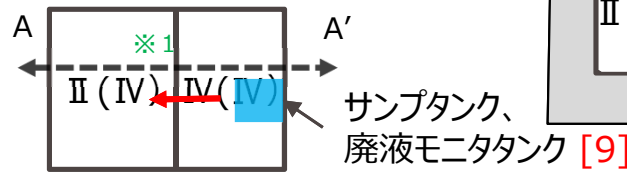


図1 地階 評価対象壁

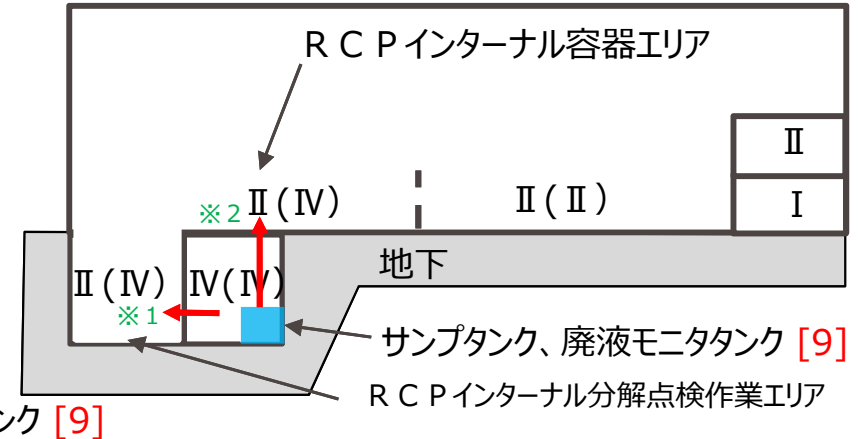


図2 立面図 (A-A'断面)

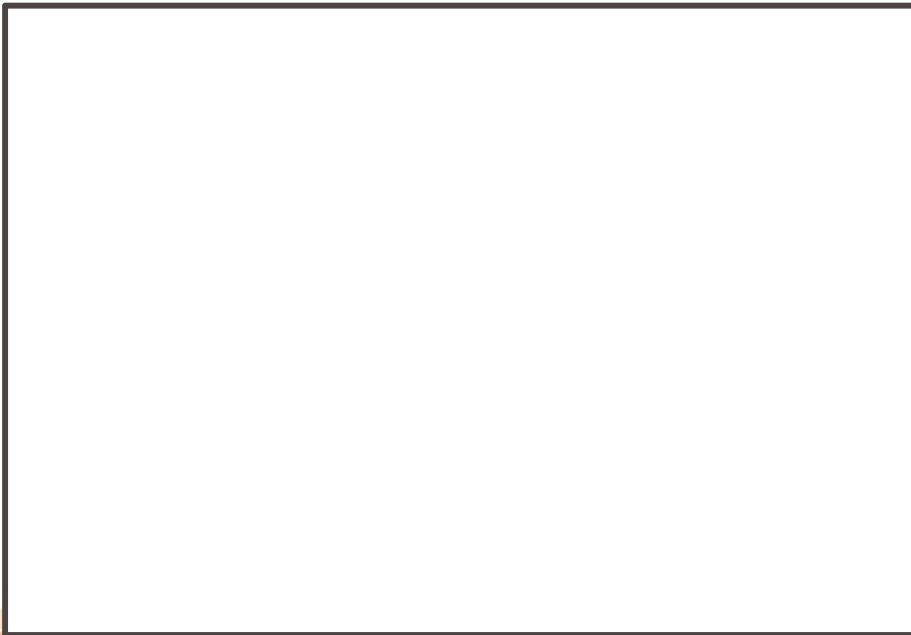


図3 サンプタンク評価モデル



図4 廃液モニタタンク評価モデル

- × : 評価点
- : 遮蔽評価
- : 線源
- : 評価対象壁

(c) 建屋外壁の遮蔽厚設定に係る条件

建屋外壁の遮蔽厚の設定においては、作業場所毎に線源を設定し、管理区域境界の遮蔽設計区分 I を満足するよう必要な遮蔽厚を算定する。

なお、線源の大きさと配置から、最も線量率が大きくなる**建屋外壁評価点**（地上1階では①、地上2階では②）を選定し、評価を実施した。また、地階で土壌による減衰が見込める地階は評価点を選定していない。

次頁以降に詳細な条件及び評価結果を示す。

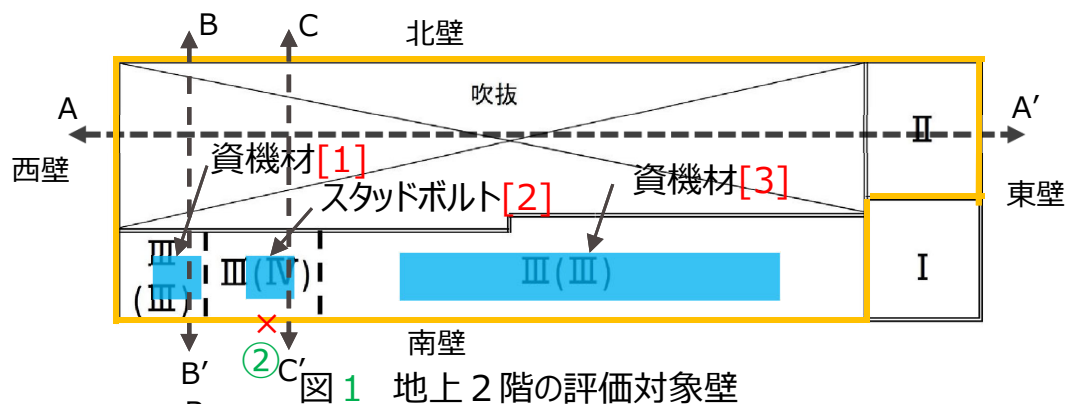


図1 地上2階の評価対象壁

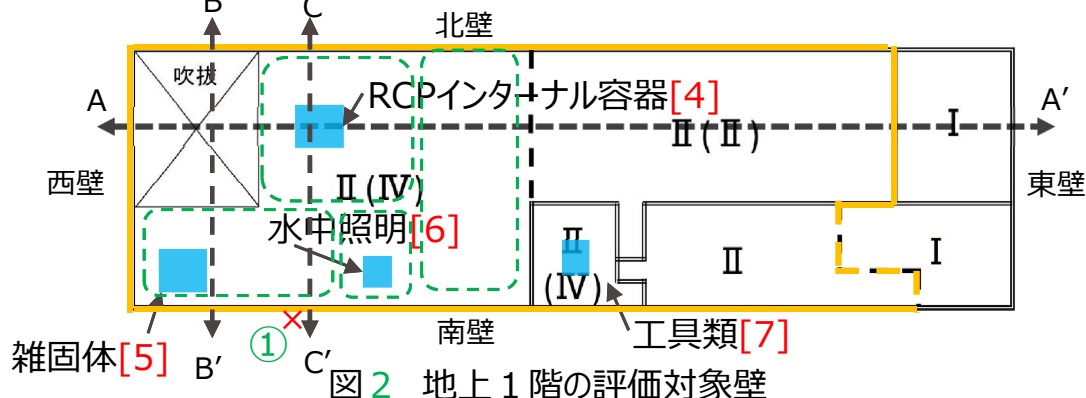


図2 地上1階の評価対象壁



図3 地階 評価対象壁

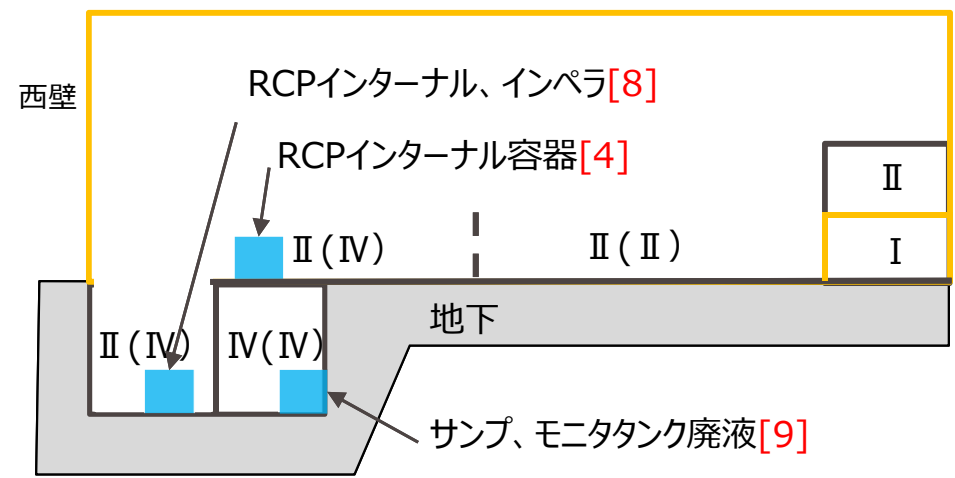


図4 立面図 (A-A'断面)

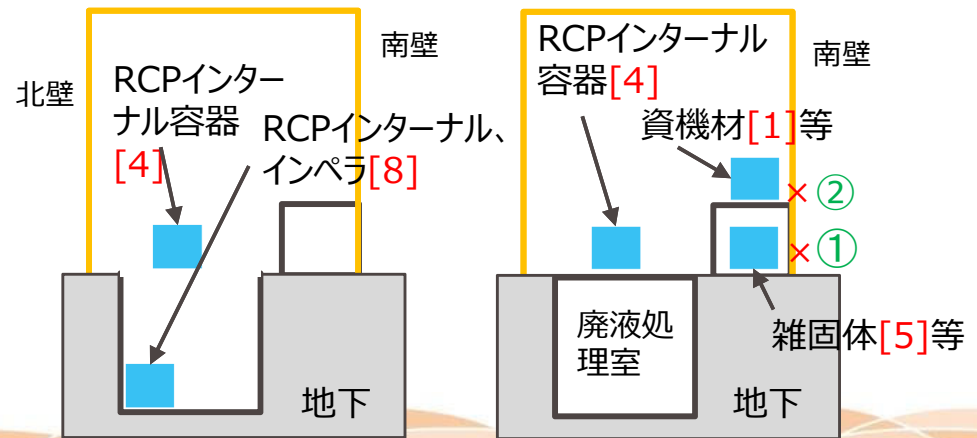


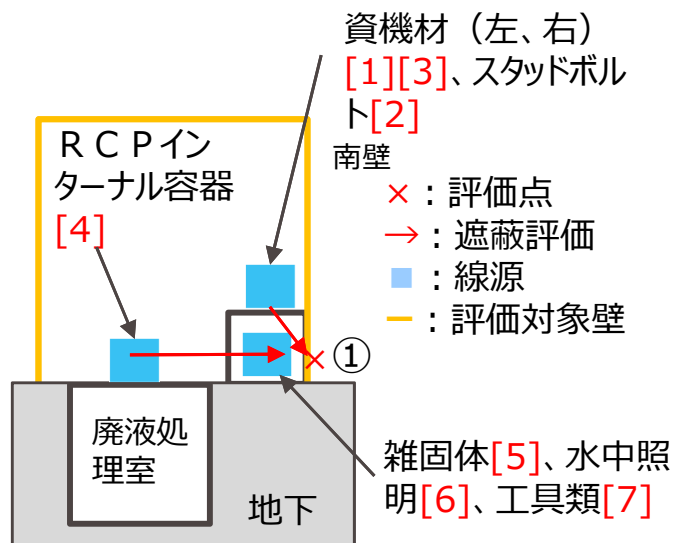
図5 立面図 (B-B'断面)

図6 立面図 (C-C'断面)

建屋外壁評価点①（地上1階 南壁）

評価対象線源※1：地上1階R C P インターナル容器、雑固体、水中照明、工具類、地上2階の資機材（左、右）、スタッドボルト

評価イメージ及び評価モデル：下図のとおり。なお、線量率評価は、各線源の合算値とする。



※1：管理区域境界の評価では、設計基準線量率が低いことを考慮し、保守的に周辺の線源を合算し評価する。



図1 評価点①（南壁）評価イメージ（C-C'断面）

図2 R C P インターナル容器評価モデル（地上1階南壁）

図3 雑固体評価モデル（地上1階南壁）

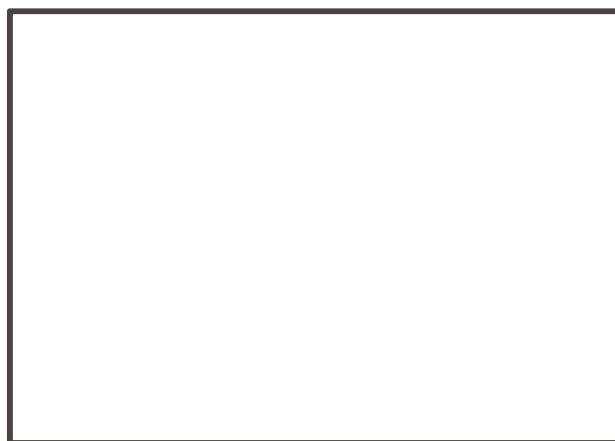


図4 水中照明評価モデル（地上1階南壁）

図5 工具類評価モデル（地上1階南壁）

図6 資機材、スタッドボルト評価モデル（地上1階南壁）

建屋外壁評価点②（地上2階 南壁）

評価対象線源：資機材（左、右）、スタッドボルト

評価イメージ及び評価モデル：下図のとおり。なお、線量率評価は、各線源の合算値とする。

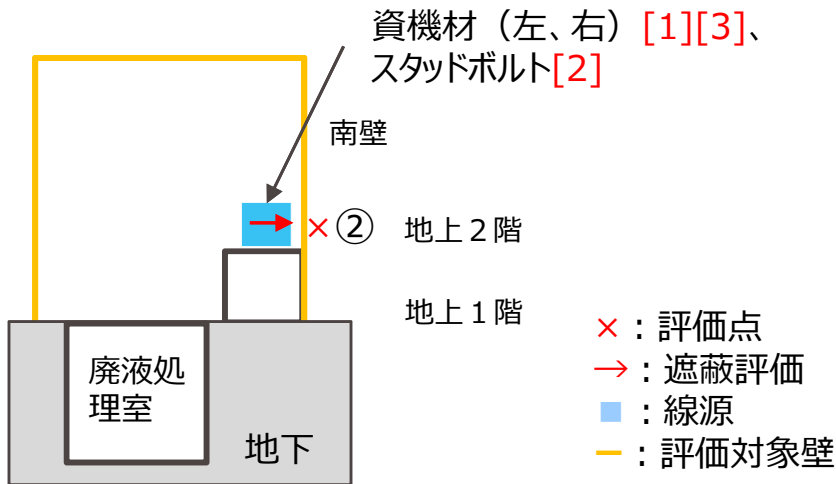


図1 評価点②（南壁）評価イメージ（C-C'断面）

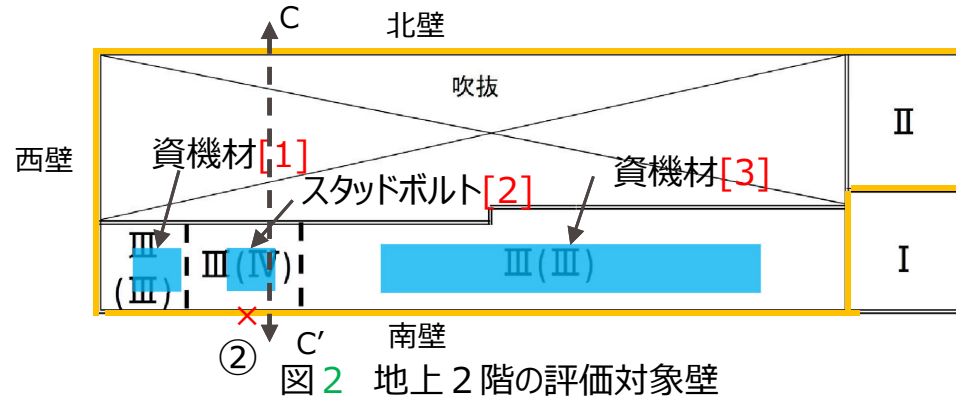


図3 資機材、スタッドボルト評価モデル（地上2階南壁）

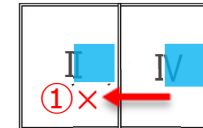
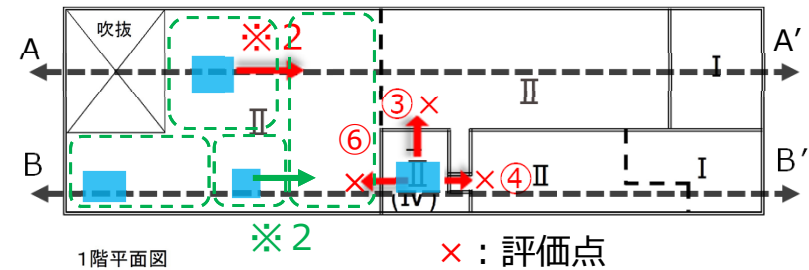
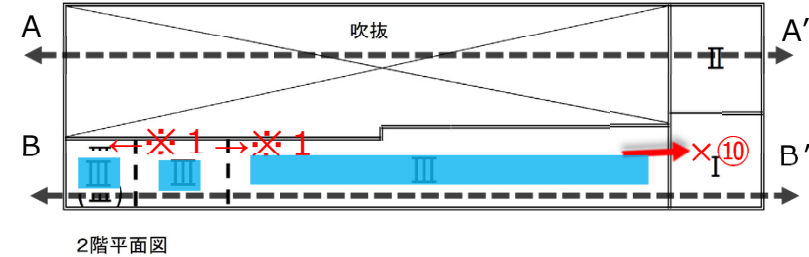
d. 遮蔽の外表面の線量率の算定 e. 評価結果の確認

(a) 建屋内

建屋内の補助遮蔽および距離減衰によって、建屋内の遮蔽設計区分を満足することを確認した。

表 建屋内の補助遮蔽厚評価結果

| 評価点 | 遮蔽設計区分 (設計基準線量率) | 考慮した主要な線源 (P12に示す図と対応) | 遮蔽厚 (cm) | 基準に対する線量率評価値※ |
|-----|-----------------------------|---------------------------|-------------|-----------------|
| ① | II (≤ 0.01 mSv/h) | サンプタンク、廃液モニタタンク[9] | [] | 0.01 mSv/h 以下 |
| ② | II (≤ 0.01 mSv/h) | サンプタンク、廃液モニタタンク[9] | | 0.01 mSv/h 以下 |
| ③ | II (≤ 0.01 mSv/h) | 工具類[7] | | 0.01 mSv/h 以下 |
| ④ | II (≤ 0.01 mSv/h) | 工具類[7] | | 0.01 mSv/h 以下 |
| ⑤ | I (≤ 0.0026 mSv/h) | 資機材[3] | | 0.0026 mSv/h 以下 |
| ⑥ | II (≤ 0.01 mSv/h) | 工具類[7] | | 0.01 mSv/h 以下 |
| ⑦ | II (≤ 0.01 mSv/h) | 資機材[3] | | 0.01 mSv/h 以下 |
| ⑧ | II (≤ 0.01 mSv/h) | 資機材[1] スタッドボルト[2] | | 0.01 mSv/h 以下 |
| ⑨ | II (≤ 0.01 mSv/h) | 資機材[3] | | 0.01 mSv/h 以下 |
| ⑩ | I (≤ 0.0026 mSv/h) | 資機材[3] | | 0.0026 mSv/h 以下 |



× : 評価点
→ : 遮蔽評価
■ : 線源
※1: 距離減衰にて0.15mSv/h以下
※2: 距離減衰にて0.01mSv/h以下

図1 建屋内の評価点平面図

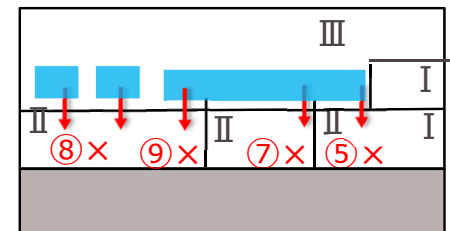
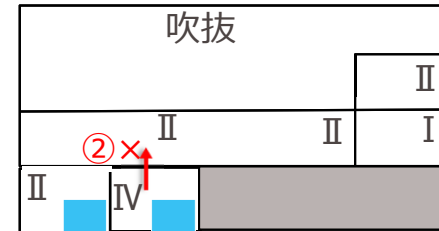


図2 建屋内の評価点立面図 (A-A'断面) 図3 建屋内の評価点立面図 (B-B'断面)

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。

(b) 建屋外壁

建屋外表面のうち、最も線量率が大きくなる建屋外壁評価点（地上1階では①、地上2階では②）において、遮蔽設計区分Ⅰ（設計基準線量率：0.0026mSv/h以下）を満足することを確認した。

表 建屋外壁の遮蔽厚評価結果

| 評価点 | 遮蔽設計区分 (設計基準線量率) | 考慮した主要な線源の線量率 | 遮蔽厚 (cm) | 基準に対する線量評価値 | 対象壁 |
|-----|------------------------------------|---|-------------|---------------|------|
| ① | Ⅰ ($\leq 0.0026\text{mSv/h}$) | RCPインターナル容器[4]、雑固体[5]、水中照明[6]、工具類[7]、資機材[1][3]、スタッドボルト[2] | | 0.0026mSv/h以下 | 1階南壁 |
| ② | Ⅰ ($\leq 0.0026\text{mSv/h}$) | 資機材[1][3]、スタッドボルト[2] | | 0.0026mSv/h以下 | 2階南壁 |

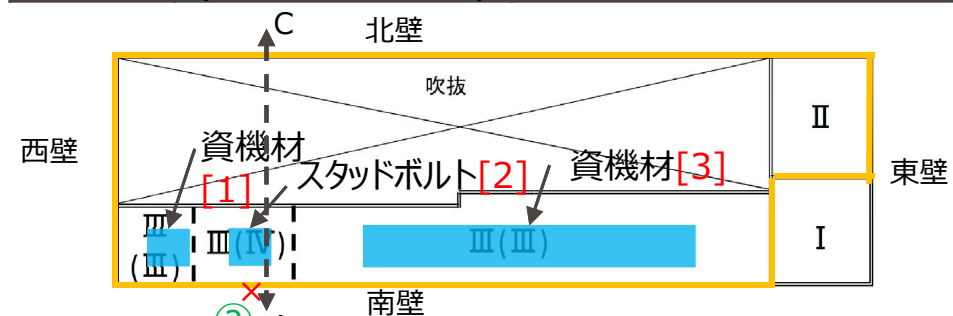


図1 地上2階の評価対象壁



図2 地上1階の評価対象壁

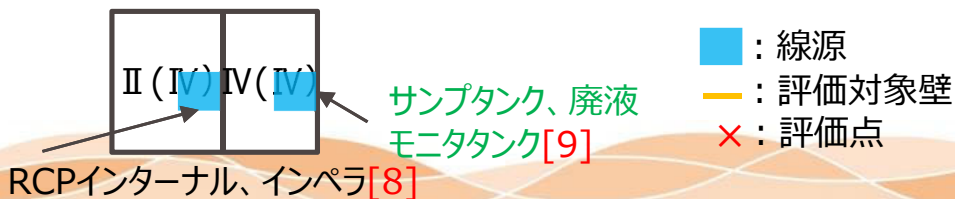


図3 地階 評価対象壁

- : 線源
- : 評価対象壁
- × : 評価点

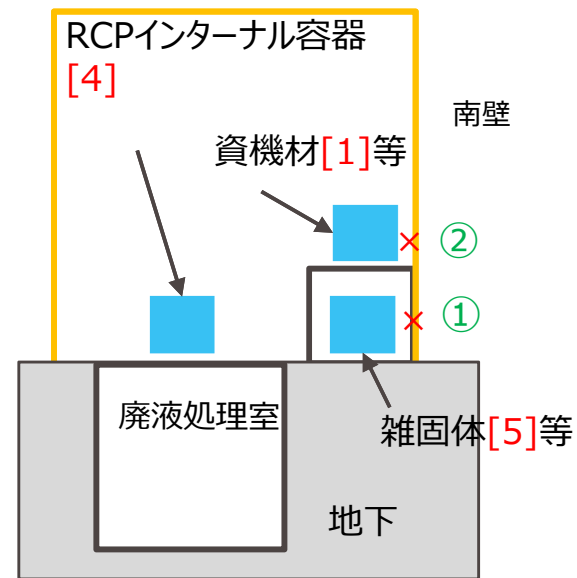


図4 立面図 (C-C'断面)

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) 第Ⅳ区分における放射線業務従事者の防護

遮蔽設計区分のうち第Ⅳ区分 ($> 0.15\text{mSv/h}$) については、以下の対策を講じることで放射線業務従事者の防護を図る。なお、作業時の第Ⅱ区分、第Ⅲ区分についても、第Ⅳ区分と同様の管理を行うことで更なる線量低減を図る。

○放射線業務従事者の被ばく管理

下記の作業管理及び個人管理により、放射線業務従事者の被ばく線量の低減を図る。

- 管理区域は線量の高低に応じて区分する。高線量区域は施錠管理を行い、不要な立入りを防止する。
- 被ばくの経歴、作業環境、立入時間等を考慮し、実効線量限度を満足するように線量を低減する作業計画を立案する。
- 防保護具の着用、個人線量計の着用、時間制限、除染、一時的な遮蔽の設置等により、線量を合理的に低減する。
- 実効線量限度を超過しないことを管理する。

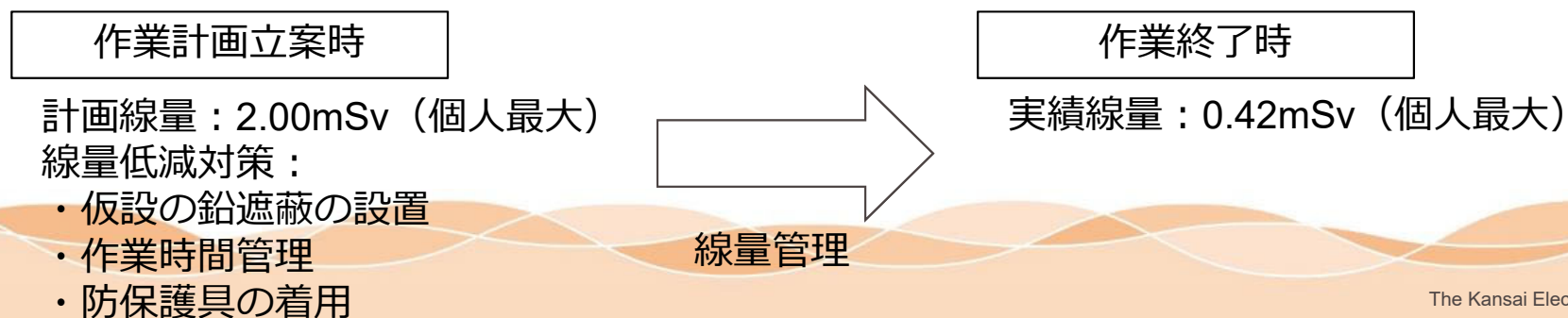
(注) 設置許可申請書添付書類九「2.3作業管理」、「2.4個人管理」より

(4) 放射線業務従事者等が受ける線量

前項までの対策により、放射線業務従事者が受ける線量は線量限度以下に管理する。

なお、保修点検建屋で実施するR C Pインターナル除染作業の実績の被ばく線量は、 0.42mSv (個人最大) であり、保修点検建屋における同作業においても同等の被ばく線量になるものと推定している。

例 R C Pインターナル除染作業での実績



「蒸気発生器保管庫設置」

(1) 遮蔽設計の方針（保守点検建屋設置の遮蔽設計方針と同じ）

放射線業務従事者等が受ける線量が線量限度（50mSv/年）以下に管理できるよう、遮蔽設計基準の設定の考え方（放射線業務従事者等の関係各場所への立入頻度、滞在時間等を考慮）に基づき設計基準線量率を設定している。

遮蔽設計においては、遮蔽壁の厚さ及び距離減衰によって区分ごとに設定された設計基準線量率を満足するように設計する。

なお、遮蔽設計基準、遮蔽設計のフローは、保守点検建屋設置の記載と同じ。

(2) 遮蔽設計

a. 機器等の線源（強度、数量）の設定

線源としては、3号炉及び4号炉の旧蒸気発生器（6基）並びに除染廃棄物（上記発生器取替え時の1次冷却材配管切断部のブラスト除染に伴い発生するブラスト材、フィルタ及び除染資機材等）を対象とし、定期検査時に計測した蒸気発生器の線量計測結果等により設定した。

表 蒸気発生器保管庫の線源（強度、数量）

| 線源 | 旧蒸気発生器（3号炉及び4号炉） | 除染廃棄物（3号炉及び4号炉） |
|------|--|---|
| 数量 | 6基 | 56本（ドラム缶） |
| 線源強度 | 機器表面で 1.7 mSv/h に相当する強度（単位体積当たり） 代表エネルギー※1：線源強度 | 容器表面から1m離れた距離で0.1 mSv/hに相当する強度（単位体積当たり） 代表エネルギー※1：線源強度 |

※1：主要な線源核種であるCo-60 のエネルギーで代表する。

b. 作業場所から、エリア毎の設計基準区分を設定

図1の保管庫の廃棄物の配置計画より、図2の遮蔽設計区分を設定した。線源の強度が大きいことから管理区域全域をIV区分に設定する。なお、作業（巡視点検、保管量確認 作業時間：年間で約18時間）以外で蒸気発生器保管庫に立ち入ることは無い。

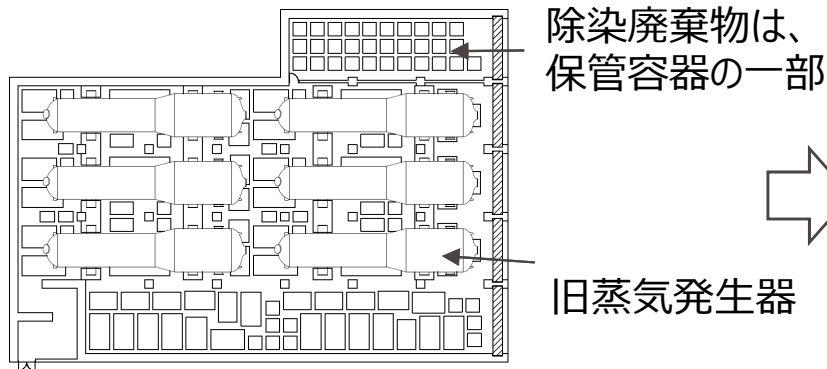


図1 廃棄物配置計画図

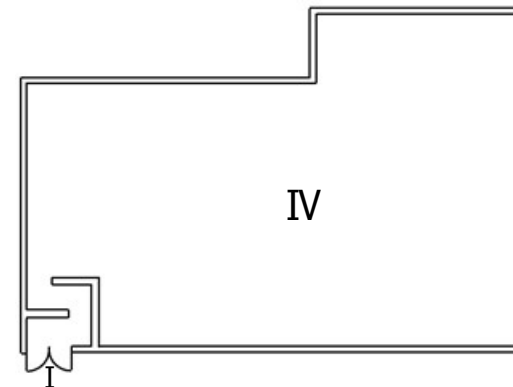


図2 遮蔽設計区分概要図

(参考)
既設の蒸気発生器保管庫においても同様に遮蔽設計区分を設定

c. 設計基準線量率を満足する必要な遮蔽厚を算定し設定

(a) 遮蔽厚の設定方法

遮蔽厚は、点減衰核積分法を用いた遮蔽解析コードであるQAD-CGGP2R（過去の許認可で使用実績あり）を使用して下表の通り設定した。

なお、遮蔽厚の設定においては、直接線等による工場等周辺の空間線量率評価に用いた遮蔽厚を考慮する。

表 設計基準線量率評価に用いた遮蔽

| | 遮蔽厚 |
|---------|----------------------|
| 壁厚 (mm) | <input type="text"/> |

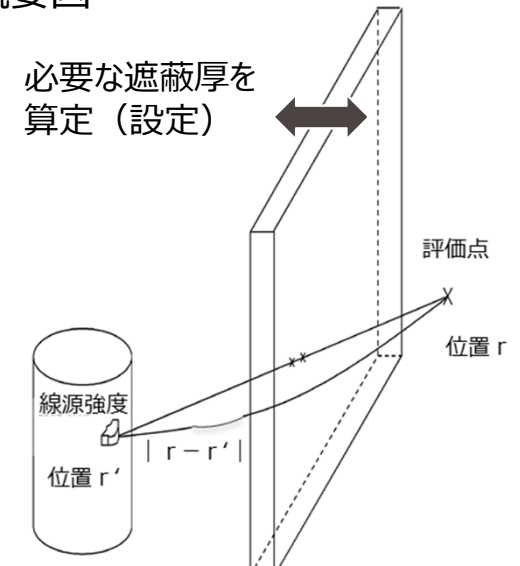


図3 QAD-CGGP2Rの評価モデル

(b)遮蔽厚設定に係る条件

遮蔽厚の設定においては、線源として旧蒸気発生器、除染廃棄物を設定し、管理区域境界で区分 I (非管理区域) を満足することを評価する。

旧蒸気発生器については、旧蒸気発生器 1 基分の線量率を保守的に基数倍することで合計線量率とする。ただし、保管物による遮蔽や距離減衰により寄与が無視できる線源は除く。(下図に示すケースでは、近傍の 2 基が評価対象) 除染廃棄物については、保守的にドラム缶 4 本が収納されたボックスパレット 1 個が壁に接している状態を想定し、線量率はボックスパレットの個数倍 (14倍) する。

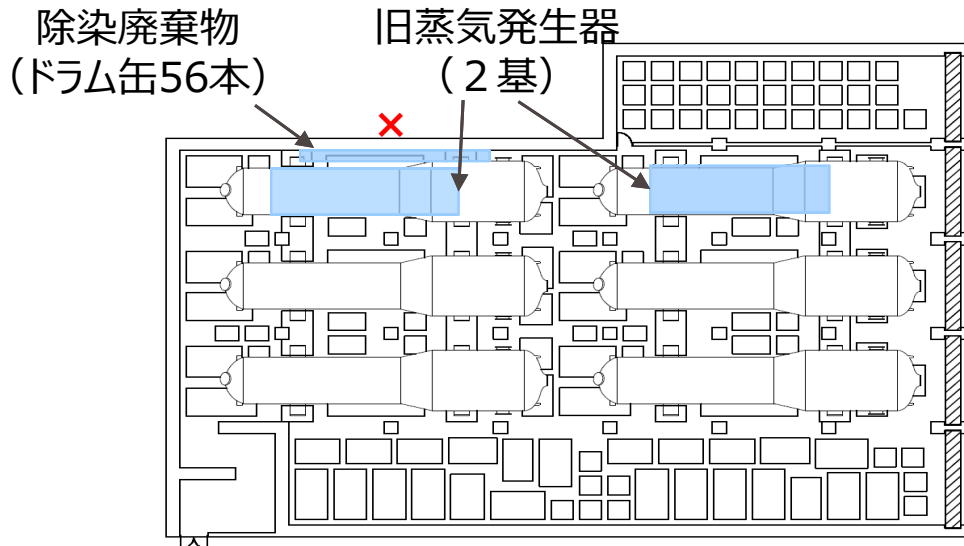


図 1 壁外線量率が最大となる評価点と線源



図 1 旧蒸気発生器評価モデル



図 2 除染廃棄物評価モデル

× : 評価点
 ■ : 線源
 ■ : 評価対象壁

○評価結果 (評価フローの d 項、e 項)

遮蔽設計区分 IV を囲む管理区域境界の線量率が最大となる評価点において、遮蔽設計区分 I (設計基準線量率 : 0.0026mSv/h 以下) を満足することを確認した。

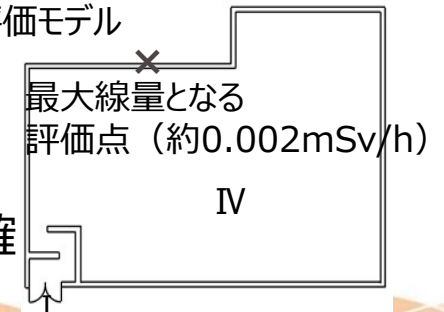


図 3 遮蔽設計区分概要図

(3) 第Ⅳ区分における放射線業務従事者の防護

遮蔽設計区分のうち第Ⅳ区分 ($> 0.15\text{mSv/h}$) については、保守点検建屋の被ばく管理の記載と同じ対策を講じることで放射線業務従事者の防護を図る。

(4) 放射線業務従事者等が受ける線量

前項までの対策により、放射線業務従事者が受ける線量は線量限度以下に管理する。

なお、既設の蒸気発生器保管庫における巡視点検及び保管量確認の年間被ばく線量の実績は、 $0.01\text{人}\cdot\text{mSv}$ 以下であり、新たに設置する蒸気発生器保管庫も同等の年間被ばく線量になるものと推定している。なお、立入頻度は、巡視点検が1回/週、保管量確認が1回/3ヶ月であり、1回当たりの立入時間は20分程度である。

3. 設置許可基準規則の適合性の整理

| 条文 (設置許可基準) | | 関係性 | | |
|----------------|-------------------------|---|------------|----------|
| | | 蒸気発生器取替え | 蒸気発生器保管庫設置 | 保守点検建屋設置 |
| 第15条 | 炉心等 | ● (4項) P27,28 | × | × |
| 第17条 | 原子炉冷却材圧力バウンダリ | ● (1項1号、3号) ○ (1項2号) P29~31 | × | × |
| 第21条 | 残留熱を除去することができる設備 | ● P32 | × | × |
| 第22条 | 最終ヒートシンクへ熱を輸送することができる設備 | ● (1項1号) P33 | × | × |
| 第23条 | 計測制御系統施設 | ○ P34,35 | × | × |
| 第25条 | 反応度制御系統及び原子炉停止系統 | ● (2項2号~4号) P36,37 | × | × |
| 第58条 | 計装設備 | ○ P38 | × | × |

● : 本申請の適用条文のうち、今回の申請の中で適合性を説明する必要がある条文
(既許可の設計方針を取替・新設する設備に対して新たに適用するもの)

○ : 本申請の適用条文のうち、既許可の設計方針にて申請対象設備の適合性を確認できる条文

× : 本申請と関係性のない適用外の条文

○設置許可基準規則第十五条

第十五条 炉心等

- 1 設計基準対象施設は、原子炉固有の出力抑制特性を有するとともに、発電用原子炉の反応度を制御することにより核分裂の連鎖反応を制御できる能力を有するものでなければならない。
- 2 炉心は、通常運転時又は運転時の異常な過渡変化時に発電用原子炉の運転に支障が生ずる場合において、原子炉冷却系統、原子炉停止系統、反応度制御系統、計測制御系統及び安全保護回路の機能と併せて機能することにより燃料要素の許容損傷限界を超えないものでなければならない。
- 3 燃料体、減速材及び反射材並びに炉心支持構造物は、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において、発電用原子炉を安全に停止し、かつ、停止後に炉心の冷却機能を維持できるものでなければならない。
- 4 燃料体及び反射材並びに炉心支持構造物、熱遮蔽材並びに一次冷却系統に係る容器、管、ポンプ及び弁は、一次冷却材又は二次冷却材の循環、沸騰その他の一次冷却材又は二次冷却材の挙動により生ずる流体振動又は温度差のある流体の混合その他の一次冷却材又は二次冷却材の挙動により生ずる温度変動により損傷を受けないものでなければならない。
- 5 燃料体は、通常運転時における圧力、温度及び放射線に起因する最も厳しい条件において、必要な物理的及び化学的性質を保持するものでなければならない。
- 6 燃料体は、次に掲げるものでなければならない。
 - 一 通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時における発電用原子炉内の最高使用圧力、自重、附加荷重その他の燃料体に加わる負荷に耐えるものとする。
 - 二 輸送中又は取扱中において、著しい変形を生じないものとする。

蒸気発生器取替えに係る第十五条（炉心等）の適合性は以下の通り。

| 条文 | 既許可の設計方針 | 本申請における設計方針（条文適合性の説明） | 関係性 | |
|------|----------|--|--|---|
| 第15条 | 1項 | 設計基準対象施設は、原子炉固有の出力抑制特性を有するとともに、原子炉の反応度を制御することにより、核分裂の連鎖反応を制御できる能力を有する設計とする。 | 原子炉固有の出力抑制特性等への要求であることから、関係しない。 | × |
| | 2項 | 炉心は、通常運転時又は運転時の異常な過渡変化時に原子炉の運転に支障が生ずる場合において、1次冷却系統、原子炉停止系統、反応度制御系統、計測制御系統及び安全保護回路の機能とあわせて機能することにより、燃料要素の許容損傷限界を超えない設計とする。 | 炉心への要求であることから、関係しない。 | × |
| | 3項 | 燃料体、減速材、反射材及び炉心支持構造物は、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において、原子炉を安全に停止し、かつ、停止後に炉心の冷却機能を維持できる設計とする。 | 燃料体、減速材及び反射材並びに炉心支持構造物への要求であることから、関係しない。 | × |
| | 4項 | 燃料体、炉心支持構造物、熱遮蔽材並びに1次冷却系統に係る容器、管、ポンプ及び弁は、1次冷却材又は2次冷却材の循環、沸騰その他の1次冷却材又は2次冷却材の挙動により生ずる流体振動又は温度差のある流体の混合その他の1次冷却材又は2次冷却材の挙動により生ずる温度変動により損傷を受けない設計とする。 | 蒸気発生器は、1次冷却材又は2次冷却材の循環、沸騰等により生ずる流体振動又は温度差のある流体の混合等により生ずる温度変動により損傷を受けない設計とする。 | ● |
| | 5項 | 燃料体は、通常運転時における圧力、温度及び放射線に起因する最も厳しい条件において、必要な物理的及び化学的性質を保持する設計とする。 | | |
| | 6項 | 燃料体は、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時における原子炉内の圧力、自重、附加荷重その他の燃料体に加わる負荷に耐えるものとし、輸送中又は取扱中において、著しい変形を生じない設計とする。 | 燃料体への要求であることから、関係しない。 | × |

蒸気発生器取替えに係る第十五条（炉心等）の対応は以下の通り。

・蒸気発生器は、多数のU字型伝熱管で構成された機器であり、管の外側を流れる水・蒸気による流力弾性振動の発生により伝熱管が疲労損傷しない※1こと及び蒸気発生器給水入口管台における温度変動により疲労損傷が発生しない※2設計とする。（疲労損傷しないことを流力弾性振動の解析等で確認することとしており、詳細は設工認で説明予定）

※1：「日本機械学会 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」（JSME S NC1-2012）に基づく

※2：「日本機械学会基準 配管の高サイクル熱疲労に関する評価指針」（JSME S 017-2003）に基づく



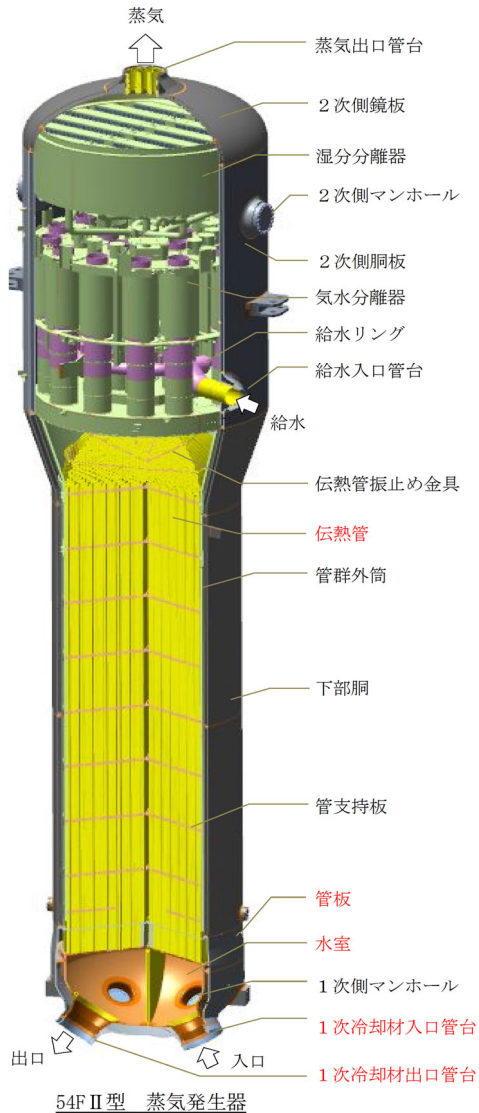
○設置許可基準規則第十七条

第十七条 原子炉冷却材圧力バウンダリ

- 1 発電用原子炉施設には、次に掲げるところにより、原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器（安全施設に属するものに限る。以下この条において同じ。）を設けなければならない。
 - 一 通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時に生ずる衝撃、炉心の反応度の変化による荷重の増加その他の原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器に加わる負荷に耐えるものとする。
 - 二 原子炉冷却材の流出を制限するため隔離装置を有するものとする。
 - 三 通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時に瞬間的破壊が生じないよう、十分な破壊じん性を有するものとする。
 - 四 原子炉冷却材圧力バウンダリからの原子炉冷却材の漏えいを検出する装置を有するものとする。

蒸気発生器取替えに係る第十七条（原子炉冷却材圧力バウンダリ）の適合性は以下の通り。

| 条文 | 既許可の設計方針 | 本申請における設計方針（条文適合性の説明） | 関係性 |
|------|---|---|-----|
| 第17条 | 1項1号 通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時に生ずる衝撃、炉心の反応度の変化による荷重の増加その他の原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器に加わる負荷に耐える設計とする。 | 蒸気発生器の原子炉冷却材圧力バウンダリは、異常な冷却材の漏えい又は破損の発生する可能性が極めて小さくなるよう材料選定、耐震設計、過圧防止等の考慮を払った設計とする。 | ● |
| | 1項2号 原子炉冷却材の流出を制限するために隔離装置を有する設計とする。 | 本号は、原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器に適用されるものであり、本申請において取替えを行う蒸気発生器にも適用される。 ただし、既許可の設計方針において、原子炉冷却材圧力バウンダリとならない部分からの異常な漏えいが生じた場合において、原子炉冷却材の喪失を停止させるため、配管系の通常運転時の状態及び使用目的を考慮し、適切な隔離弁を設けた設計としており、本申請における蒸気発生器取替えは、既許可の適切な隔離範囲の中での取替えであることから既許可の設計方針にて申請対象設備の基準適合性が確認できる。 | ○ |
| | 1項3号 通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時に瞬時的破壊が生じないよう、十分なじん性を有する設計とする。 | 蒸気発生器は、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時、保守時、試験時及び事故時において原子炉冷却材圧力バウンダリが脆性的挙動を示さず、かつ、急速な伝播型破断を生じないように、フェライト系鋼材で製作する機器に対しては、切欠じん性を考慮した材料選択、設計、製作及び運転に留意するものとする。 | ● |
| | 1項4号 原子炉冷却材圧力バウンダリからの原子炉冷却材の漏えいを検出する装置を有する設計とする。 | 原子炉冷却材漏えい検出装置に対する要求であることから、関係しない。 | × |



(1項1号) 蒸気発生器の原子炉冷却材圧力バウンダリは、異常な冷却材の漏えい又は破損の発生する可能性が極めて小さくなるよう材料選定、耐震設計、過圧防止等の考慮を払った設計とする。
(蒸気発生器の原子炉冷却材圧力バウンダリは、水室（1次冷却材出入口管台含む）・管板・伝熱管）

| 部位 | 材料と特性 |
|---------------------|----------------------------------|
| 水室（1次冷却材出入口管台含む）・管板 | 強度・じん性に優れたフェライト系鋼材の低合金鋼鋼板及び低合金鍛鋼 |
| 伝熱管 | 耐食性に優れた高ニッケル基合金TT690 |

- 蒸気発生器の破損や過度の変形を防止するため、通常運転時の蒸気発生器の器内圧力、温度を包絡するように、最高使用圧力、最高使用温度を設定し、通常運転時、異常状態及び過渡状態を含め、種々の圧力、温度変動に対して蒸気発生器の運転寿命として十分と考えられる回数の変動を想定の上で、これらの圧力、熱、また地震等による荷重や自重に対して、一次応力や二次応力の評価、並びに疲労損傷防止のための疲れ評価を行う。（破損や過度な変形しないことを強度計算の方針、方法及び解析による結果で確認することとしており、詳細は設工認でご説明予定）
- 蒸気発生器は耐震Sクラスとし、耐震設計において適用する地震動による地震力に対し、蒸気発生器の安全機能が保持されること確認する。（地震力に対し安全機能が保持されることを耐震計算の方針、方法及び解析による結果で確認することとしており、詳細は設工認でご説明予定）
- 過圧防止のため1次冷却材系統には、適切な容量の逃がし弁、安全弁を設置済みである。

(1項3号) 通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時に瞬間的破壊が生じないよう、十分なじん性を有する設計とする。

- 蒸気発生器の原子炉冷却材圧力バウンダリの材料は規制当局により技術評価された民間規格（日本産業規格、発電用原子力設備規格等）に基づいて製造されたものを使用する。
- 蒸気発生器の原子炉冷却材圧力バウンダリのうちフェライト系鋼材で製作する部分は、非延性破壊防止の観点から、技術基準規則等に基づき破壊じん性を確認し、適切な温度で使用するものとする。
- 具体的には、製作段階において、フェライト系鋼材に対しては破壊じん性試験を行い、脆性的挙動を示さないことを確認する。

○設置許可基準規則第二十一条

第二十一条 残留熱を除去することができる設備

1 発電用原子炉施設には、発電用原子炉を停止した場合において、燃料要素の許容損傷限界及び原子炉冷却材圧力バウンダリの健全性を維持するために必要なパラメータが設計値を超えないようにするため、原子炉圧力容器内において発生した残留熱を除去することができる設備（安全施設に属するものに限る。）を設けなければならない。

蒸気発生器取替えに係る第二十一条（残留熱を除去することができる設備）の適合性は以下の通り。

| 条文 | 既許可の設計方針 | 本申請における設計方針（条文適合性の説明） | 関係性 |
|------------|--|---|-----|
| 第21条 1項 | 原子炉施設には、原子炉を停止した場合において、燃料要素の許容損傷限界及び原子炉冷却材圧力バウンダリの健全性を維持するために必要なパラメータが設計値を超えないようにするため、原子炉容器内において発生した残留熱を除去することができる設備を設ける設計とする。 | 原子炉の炉心からの核分裂生成物崩壊熱と他の残留熱は、原子炉停止後初期の段階においては蒸気発生器により除去し、発生蒸気は復水器又は大気放出により処理する設計とする。 | ● |

蒸気発生器取替えに係る第二十一条（残留熱を除去することができる設備）の対応は以下の通り。

- ・今回取替える蒸気発生器は、伝熱管材料をTT600合金から、より耐食性に優れたTT690合金に変更することにより、伝熱管の熱伝導率が低下するが、伝熱面積を増加することによって補償し、取替え前と同等の伝熱性能を有する設計とする。
- ・また、蒸気発生器取替え前から系統構成が変わらない設計とする。

○設置許可基準規則第二十二條

第二十二條 最終ヒートシンクへ熱を輸送することができる設備

- 1 発電用原子炉施設には、次に掲げるところにより、最終ヒートシンクへ熱を輸送することができる設備（安全施設に属するものに限る。）を設けなければならない。
 - 一 原子炉圧力容器内において発生した残留熱及び重要安全施設において発生した熱を除去することができるものとする。
 - 二 津波、溢水又は工場等内若しくはその周辺における発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるものに対して安全性を損なわないものとする。

蒸気発生器取替えに係る第二十二條（最終ヒートシンクへ熱を輸送することができる設備）の適合性は以下の通り。

| 条文 | 既許可の設計方針 | 本申請における設計方針（条文適合性の説明） | 関係性 |
|------|---|--|-----|
| 第22条 | 1項1号 最終ヒートシンクへ熱を輸送することができる設備は、原子炉容器内において発生した残留熱及び重要安全施設において発生した熱を除去することができる設計とする。 | 通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び事故時、原子炉で発生した熱は、復水器を経て最終的な熱の逃し場である海へ放出されるか、又は、大気へ放出される設計とする。今回取替える蒸気発生器においても、その系統構成が変わらない設計とする。 | ● |
| | 1項2号 最終ヒートシンクへ熱を輸送することができる設備（原子炉補機冷却水設備及び原子炉補機冷却海水設備）は、津波、溢水若しくはその周辺における原子炉施設の安全性を損なわせる原因となる恐れがある事象であって人為によるものに対して安全性を損なうことのない設計とする。 | 原子炉補機冷却設備及び原子炉補機冷却海水設備への要求であることから、関係しない。 | × |

蒸気発生器取替えに係る第二十二條（最終ヒートシンクへ熱を輸送することができる設備）の対応は以下の通り。

（1項1号）蒸気発生器は、蒸気発生器取替前から系統構成が変わらない設計とする。

○設置許可基準規則第二十三条

第二十三条 計測制御系統施設

- 1 発電用原子炉施設には、次に掲げるところにより、計測制御系統施設を設けなければならない。
 - 一 炉心、原子炉冷却材圧力バウンダリ及び原子炉格納容器バウンダリ並びにこれらに関連する系統の健全性を確保するために監視することが必要なパラメータは、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時においても想定される範囲内に制御できるものとする。
 - 二 前号のパラメータは、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時においても想定される範囲内で監視できるものとする。
 - 三 設計基準事故が発生した場合の状況を把握し、及び対策を講ずるために必要なパラメータは、設計基準事故時に想定される環境下において、十分な測定範囲及び期間にわたり監視できるものとする。
 - 四 前号のパラメータのうち、発電用原子炉の停止及び炉心の冷却に係るものについては、設計基準事故時においても二種類以上監視し、又は推定することができるものとする。
 - 五 発電用原子炉の停止及び炉心の冷却並びに放射性物質の閉じ込めの機能の状況を監視するために必要なパラメータは、設計基準事故時においても確実に記録され、及び当該記録が保存されるものとする。

蒸気発生器取替えに係る第二十三条（計測制御系統施設）の適合性は以下の通り。

| 条文 | | 既許可の設計方針 | 本申請における設計方針（条文適合性の説明） | 関係性 |
|------|------|--|---|-----|
| 第23条 | 1項1号 | 計測制御系は、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時において炉心中性子束、制御棒クラスタ位置、1次冷却材圧力、温度、流量及び水位、蒸気発生器2次側圧力及び水位、原子炉格納容器内圧力及び温度等の重要なパラメータを適切な範囲に維持制御し監視できる設計とする。 | 本条文は、計測制御系統施設に適用されるものであり、本申請において取替える蒸気発生器に係る計測制御系統施設にも適用される。 ただし、本申請における蒸気発生器取替えは、蒸気発生器に関するパラメータ（蒸気発生器水位、蒸気圧力、1次冷却材圧力、1次冷却材流量及び主蒸気流量等）の計測範囲や設定値の変更はなく、また、検出器の取替を伴わないことから、既許可の設計方針にて申請対象設備の基準適合性が確認できる。 | ○ |
| | 1項2号 | | | |
| | 1項3号 | 設計基準事故が発生した場合の状況を把握し、及び対策を講じるために必要な、原子炉格納容器内圧力、温度、1次冷却材圧力、1次冷却材温度、高圧及び低圧安全注入流量、補給水流量、原子炉格納容器内水素ガス濃度等のパラメータは、設計基準事故時に想定される環境下において、十分な測定範囲及び期間にわたり連続監視、記録できる設計とする。 | | |
| | 1項4号 | 前号のパラメータのうち、原子炉の停止及び炉心の冷却に係るものについては、設計基準事故時においても加圧器水位、1次冷却材圧力・温度及びサブクール度により監視し、又は推定することができる設計とする。 | | |
| | 1項5号 | 原子炉の停止及び炉心の冷却並びに放射性物質の閉じ込めの機能の状態を監視するために必要なパラメータは、設計基準事故時においても、確実に記録及び保存できる設計とする。 | | |

○設置許可基準規則第二十五条

第二十五条 反応度制御系統及び原子炉停止系統

- 1 発電用原子炉施設には、反応度制御系統（原子炉停止系統を含み、安全施設に係るものに限る。次項において同じ。）を設けなければならない。
- 2 反応度制御系統は、計画的な出力変化に伴う反応度変化を燃料要素の許容損傷限界を超えることなく制御できる能力を有し、かつ、次に掲げるものでなければならない。
 - 一 制御棒、液体制御材その他反応度を制御するものによる二以上の独立した系統を有するものとする。
 - 二 通常運転時の高温状態において、二以上の独立した系統がそれぞれ発電用原子炉を未臨界に移行し、及び未臨界を維持できるものであり、かつ、運転時の異常な過渡変化時の高温状態においても反応度制御系統のうち少なくとも一つは、燃料要素の許容損傷限界を超えることなく発電用原子炉を未臨界に移行し、及び未臨界を維持できること。この場合において、非常用炉心冷却設備その他の発電用原子炉施設の安全性を損なうおそれがある場合に作動する設備の作動に伴って注入される液体制御材による反応度価値を加えることができる。
 - 三 通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時における低温状態において、反応度制御系統のうち少なくとも一つは、発電用原子炉を未臨界に移行し、及び未臨界を維持できること。
 - 四 一次冷却材喪失その他の設計基準事故時において、反応度制御系統のうち少なくとも一つは、発電用原子炉を未臨界へ移行することができ、かつ、少なくとも一つは、発電用原子炉を未臨界に維持できること。この場合において、非常用炉心冷却設備その他の発電用原子炉施設の安全性を損なうおそれがある場合に作動する設備の作動に伴って注入される液体制御材による反応度価値を加えることができる。
 - 五 制御棒を用いる場合にあっては、反応度価値の最も大きな制御棒一本が固着した場合においても第二号から前号までの規定に適合すること。
- 3 制御棒の最大反応度価値及び反応度添加率は、想定される反応度投入事象（発電用原子炉に反応度が異常に投入される事象をいう。）に対して原子炉冷却材圧力バウンダリを破損せず、かつ、炉心の冷却機能を損なうような炉心、炉心支持構造物及び原子炉圧力容器内部構造物の損壊を起こさないものでなければならない。
- 4 制御棒、液体制御材その他の反応度を制御する設備は、通常運転時における圧力、温度及び放射線に起因する最も厳しい条件において、必要な物理的及び化学的性質を保持するものでなければならない。

○蒸気発生器取替えに係る第二十五条（反応度制御系統及び原子炉停止系統）の適合性は以下の通り。

| 条文 | 既許可の設計方針 | 本申請における設計方針（条文適合性の説明） | 関係性 | |
|------|----------|---|---|---|
| 第25条 | 1項 | 反応度制御系統としては、制御棒クラスタの位置を制御することによって反応度を制御する制御棒制御系と、1次冷却材中のほう素濃度を調整することによって反応度を制御する化学体積制御設備の原理の異なる2つの系統を設け、通常運転時に生じることが予想される反応度変化を制御するのに十分な反応度制御能力を有する設計とする。 | 蒸気発生器取替えに伴い、新たに反応度制御系統を設けるものではないことから、関係しない。 | × |
| | 2項1号 | 反応度制御系統は、制御棒制御系による制御棒クラスタの炉心への挿入と、化学体積制御設備による1次冷却材中へのほう酸注入の原理の異なる2つの独立した系統を設ける。 | | |
| | 2項2号 | 化学体積制御設備による反応度制御は、1次冷却材中へのほう酸注入により、キセノン濃度変化に対しても高温状態で十分未臨界を維持できる設計とする。 | 化学体積制御設備は、1次冷却材中へのほう酸注入により、炉心を高温未臨界から低温状態に移行し未臨界維持できる設計とする。 | ● |
| | 2項3号 | 化学体積制御設備による反応度制御は、1次冷却材中へのほう酸注入により、キセノン濃度変化に伴う反応度変化及び高温状態から低温状態までの反応度変化を制御し、低温状態で炉心を未臨界に維持できる設計とする。 | | |
| | 2項4号 | 化学体積制御設備は、キセノン濃度変化及び1次冷却材温度変化による反応度変化がある場合には、1次冷却材中へのほう酸注入により炉心を未臨界に維持できる設計とする。 | | |
| | 2項5号 | 制御棒クラスタは、最も反応度価値の大きい制御棒クラスタ1本が、全引抜位置のまま挿入できないときでも、高温状態で十分な反応度停止余裕を有して炉心を未臨界にできる設計とする。 | | |
| | 3項 | 反応度が大きく、かつ、急激に投入される事象として「制御棒飛び出し」があるが、零出力から全出力間の制御棒クラスタの挿入限界を設定することにより、制御棒クラスタの位置を制限し、制御棒クラスタ1本が飛び出した場合でも過大な反応度が添加されない設計とする。 | | |
| | 4項 | 制御棒クラスタ、液体制御材その他の反応度を制御する設備は、通常運転における圧力、温度及び放射線に起因する最も厳しい条件において、必要な耐放射線性、寸法安定性、耐熱性、核性質、耐食性及び化学的安定性を保持する設計とする。 | 蒸気発生器取替えに伴い、新たに反応度制御系統を設けるものではないことから、関係しない。 | × |

蒸気発生器取替えに係る第二十五条（反応度制御系統及び原子炉停止系統）の対応は以下の通り。

- （2項2号～4号）1次冷却材保有水量増加に伴い、反応度制御のための必要ほう酸水量は58.9 m³から61.0 m³へ増加するものの、既設のほう酸タンクの容量は160m³であり必要量を保有できている。
 したがって、蒸気発生器取替後でも既設の化学体積制御設備により炉心を高温未臨界から低温状態に移行し未臨界維持できる設計を満足しており、既許可に記載している設計方針が妥当であること（設計方針を変更する必要がないこと）を確認している。
 （ほう酸タンクの容量設定根拠および制御能力については、設工認で改めて説明予定）

○設置許可基準規則第五十八条

第五十八条 計装設備

発電用原子炉施設には、重大事故等が発生し、計測機器（非常用のものを含む。）の故障により当該重大事故等に対処するために監視することが必要なパラメータを計測することが困難となった場合において当該パラメータを推定するために有効な情報を把握できる設備を設けなければならない。

○蒸気発生器取替えに係る第五十八条（計装設備）の適合性は以下の通り。

| 条文 | 既許可の設計方針 | 本申請における設計方針（条文適合性の説明） | 関係性 |
|------|----------|--|-----|
| 第58条 | 1項 | <p>重大事故等が発生し、計測機器（非常用のものを含む。）の故障により、当該重大事故等に対処するために監視することが必要なパラメータを計測することが困難となった場合において、当該パラメータを推定するために必要な主要パラメータにより、検討した炉心損傷防止対策及び格納容器破損防止対策を成功させるために必要な原子炉施設の状態を把握するための設備を設置及び保管する。</p> <p>本条文は、重大事故等時の計装設備に適用されるものであり、本申請において取替える蒸気発生器に係る計装設備にも適用される。</p> <p>ただし、本申請における蒸気発生器取替えは、蒸気発生器に関する重大事故等時のパラメータ（蒸気発生器水位及び蒸気圧力、1次冷却材圧力）の計測範囲や設定値の変更はなく、また、検出器の取替を伴わないことから、既許可の設計方針にて申請対象設備の基準適合性が確認できる。</p> | ○ |

高浜発電所3号炉及び4号炉蒸気発生器取替え、高浜発電所3号炉及び4号炉共用蒸気発生器保管庫設置及び1号炉、2号炉、3号炉及び4号炉共用保修点検建屋設置に関して、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第15条、第17条、第21条～第23条、第25条、第58条に適合していることを確認した。

(1) 保修点検建屋

過去の作業実績時間、環境線量率から作業毎に1人当たりの年間最大線量を以下の通り想定し、50mSv/年以下となることを確認した。なお、実際の作業時には作業管理（作業計画の立案等）および個人管理によって線量限度を超過しないように管理する。

| 作業 | 年間滞在時間(h) | 想定環境線量率 (mSv/h) | 一人当たりの年間最大線量 (mSv/年) |
|------------------|-----------|--------------------|-------------------------|
| R C P インターナル分解点検 | 1,600 | 0.022 | 35.2 |
| R C P モータ分解点検 | 2,000 | 0.001 | 2.0 |
| 水中照明点検 | 400 | 0.001 | 0.4 |
| スタッドボルト点検 | 200 | 0.001 | 0.8 |
| 雑固体の切断 | 700 | 0.002 | 1.4 |
| 資機材仮置き | 200 | 0.001 | 0.2 |
| 工作室での点検等 | 400 | 0.001 | 0.4 |

(2) 蒸気発生器保管庫

過去の作業実績時間、環境線量から作業毎に1人当たりの年間最大線量を以下の通り想定し、50mSv/年以下となることを確認した。なお、実際の作業時には作業管理（作業計画の立案等）および個人管理によって線量限度を超過しないように管理する。

| 作業 | 年間滞在時間(h) | 想定環境線量率 (mSv/h) | 一人当たりの年間最大線量 (mSv/年) |
|-------|-----------|--------------------|-------------------------|
| 巡視点検 | 16 | 0.001 | 0.1以下 |
| 保管量確認 | 2 | 0.001 | 0.1以下 |