

| | |
|--------------------|-------------|
| 美浜 1, 2号炉廃止措置 審査資料 | |
| 資料番号 | 添 3-4 改 1 |
| 提出年月日 | 2022年 1月 7日 |

美浜発電所 1号炉及び2号炉
直接線及びスカイシャイン線の
線量評価について

太枠囲みの範囲は、機密に係る事項ですので公開することはできません。

2022年 1月
関西電力株式会社

目 次

| | |
|---------------------------|----------|
| 1. はじめに | 1 |
| 2. 線量評価方法 | 2 |
| 2.1 計算コード | 2 |
| 3. 線量評価条件 | 2 |
| 3.1 評価地点 | 2 |
| 3.2 <u>解体保管物の条件</u> | 4 |
| 3.3 保管エリアの評価条件 | <u>7</u> |
| 4. 評価結果 | 17 |
| 5. まとめ | 17 |

1. はじめに

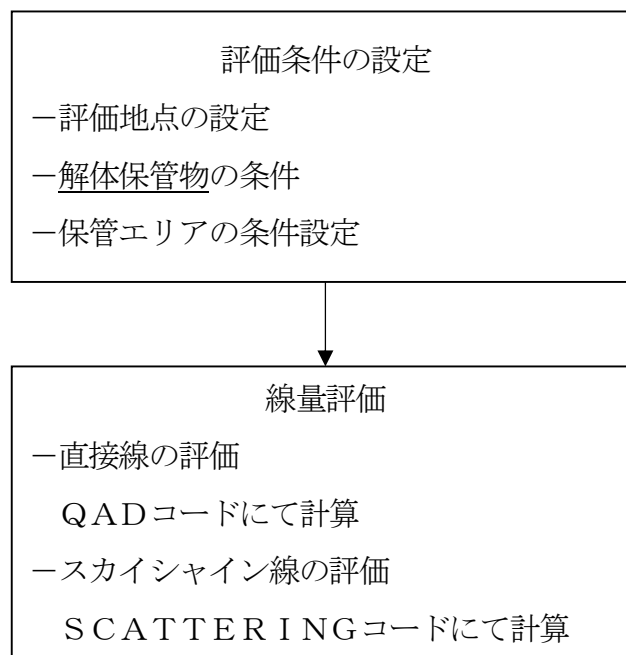
第2段階以降の廃止措置では、管理区域内設備の解体撤去に伴い発生する解体撤去物のうち、クリアランス物として処理するか、放射性固体廃棄物とするかを判断する前段階のもので保管エリアに保管するもの（以下「解体保管物」という。）について、管理区域内に設置する「保管エリア」で保管する計画としている。

本資料では、解体保管物を保管エリアで保管することに起因する直接線及びスカイシャイン線による線量評価について説明する。

直接線及びスカイシャイン線の線量評価フローを第1図に示す。

直接線及びスカイシャイン線の線量評価は、保管エリアに保管する解体保管物から放出される直接線及びスカイシャイン線の保管エリアから最も近い敷地境界（評価地点）での線量を評価するものである。

評価に当たって、保管する解体保管物を収納する容器について、表面線量等条件の設定を行い、線源をモデル化し、壁、天井及び地中による遮蔽等を考慮して評価対象とする保管エリアの設定を行う。評価対象の保管エリアについて線源位置等の条件を設定し、計算コードで直接線及びスカイシャイン線の線量評価を行う。



第1図 直接線及びスカイシャイン線の線量評価フロー

2. 線量評価方法

2.1 計算コード

(1) 直接線

直接線の線量評価に用いる計算コードは、点減衰核積分法を用いたQAD-CGGP2R (ver. 1.04) (以下「QADコード」という。)を使用する。

QADコードは、点減衰核積分法による線源及び遮蔽体を直方体、円筒、球などの3次元形状で模擬した計算体系による遮蔽解析コードであり、直接線量を計算する。

(2) スカイシャイン線

スカイシャイン線の線量評価に用いる計算コードは、SCATTERING (ver. 90m) (以下「SCATTERING」コードという。)を使用する。

SCATTERINGコードは、点減衰核積分法を使用した一回散乱法による遮蔽解析コードであり、ガンマ線が空気中で散乱を受けた後、観測点に到達する散乱線量(スカイシャイン線量)を計算する。

3. 線量評価条件

3.1 評価地点

直接線及びスカイシャイン線の線量評価地点は、保管エリア設置予定場所から最も近い敷地境界地点とする。線量評価地点を第2図に示す。



第2図 直接線及びスカイシャイン線の線量評価地点

3.2 解体保管物の条件

保管エリアに保管する解体保管物は、角型容器又はドラム缶に収納して保管することから、評価する解体保管物の形状は角型及びドラム缶形状とする。ただし、以下に示す(1)、(2)の条件で角型容器とドラム缶の評価地点における直接線及びスカイシャイン線の線量を比較した場合、直接線及びスカイシャイン線のいずれにおいても角型容器の方が高いことから、角型容器を代表モデルとして線量評価を行う。

(表面線量率が同じであれば、容量が大きい角型容器の線源強度の方が大きくなることから、評価地点での直接線及びスカイシャイン線の線量は高くなる。)

(1) 線源核種

保管エリアに保管する解体保管物の主な汚染核種のうち、線量評価上の影響が大きいガンマ線放出核種である Co-60 を代表核種として選定する。

(2) 線源条件

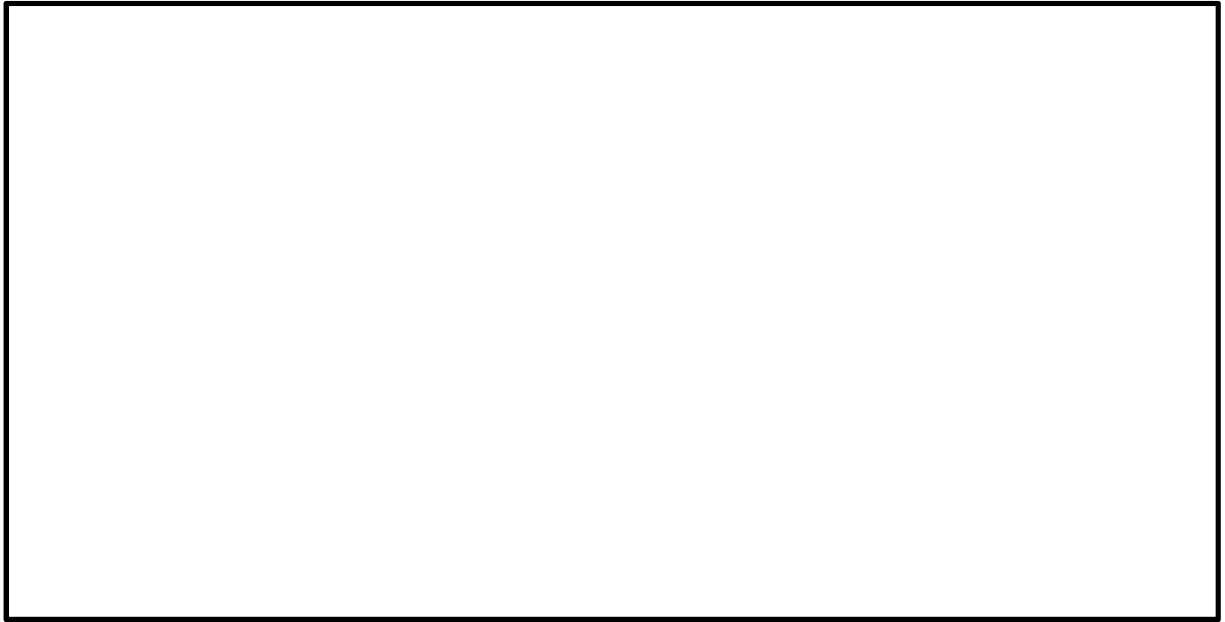
a. 直接線

線源である解体保管物を収納した角型容器の線源強度を設定するためのモデルを第3図に示す。線源条件は、評価対象とする保管エリアに応じて、評価上保守的になるよう、管理上最大となる線源を想定し、第1表のとおり設定する。

なお、角型容器の嵩密度は、線量評価が最も高くなる条件として保守的に 0 g/cm^3 とする。

b. スカイシャイン線

第1表に示す「a. 直接線」で設定した線源強度から等価点線源を設定する。



第3図 線源強度評価モデル



参考 角型容器の一例

第1表 評価対象としている保管エリア

| 場 所 | | 場 所 | | 最大保管体数 | 評価対象 | | 線源条件 | |
|-------------------|----------------|-------------------|--------|-----------|-----------|----------|---|---|
| | | 名 称 | 番号 | | EL | 直接線 | | スカイライン線 |
| 1号炉 | 原子炉 補助建屋 | 新燃料貯蔵庫 | 1-1 | 10.1 m | 角型容器：96体 | ○ | ○ | 0.1 Bq/g (Co-60) 相当の収納物が均一に分布 ※2 |
| | | 使用済燃料ピット シャッタ前 | 1-2 | 10.1 m | 角型容器：48体 | ○ | ○ | 0.1 Bq/g (Co-60) 相当の収納物が均一に分布 ※2 |
| | | 内部スプレポンプ室※1 | 1-3 | 4.0 m | ドラム缶：110体 | ○ | — | 容器表面の線量率が2 mSv/hとなる線源強度 (QADコードを用いて逆算して設定) |
| | 原子炉 格納容器 | 格納容器 循環空調装置 | 1-12 | 10.1 m | 角型容器：132体 | ○ | ○ | 容器表面の線量率が2 mSv/hとなる線源強度 (QADコードを用いて逆算して設定) |
| | 2号炉 | 原子炉 補助建屋 | 新燃料貯蔵庫 | 2-1 | 10.1 m | 角型容器：96体 | ○ | ○ |
| 1次系純水タンク エリア | | | 2-2 | 10.1 m | ドラム缶：196体 | ○ | ○ | 容器表面の線量率が0.1 mSv/hとなる線源強度 (QADコードを用いて逆算して設定) |
| 使用済燃料ピット シャッタ前 | | | 2-3 | 10.1 m | 角型容器：48体 | ○ | ○ | 0.1 Bq/g (Co-60) 相当の収納物が均一に分布 ※2 |
| 原子炉 補助建屋 | | ほう酸タンク室※1 | 2-4 | 10.1 m | ドラム缶：30体 | ○ | — | 容器表面の線量率が2 mSv/hとなる線源強度 (QADコードを用いて逆算して設定) |
| | | MGセットエリア※1 | 2-5 | 4.0 m | ドラム缶：69体 | ○ | — | 容器表面の線量率が2 mSv/hとなる線源強度 (QADコードを用いて逆算して設定) |
| 原子炉 格納容器 | 格納容器 循環空調装置 | 2-13 | 10.1 m | 角型容器：162体 | ○ | ○ | 容器表面の線量率が2 mSv/hとなる線源強度 (QADコードを用いて逆算して設定) | |

※1：上階があることからスカイライン線は評価対象外とする。

※2：管理上は、容器表面の線量率が1 μSv/h以下であることを確認した解体保管物を保管する。

3.3 保管エリアの評価条件

保管エリアの設置予定場所を第4図に示す。

原子炉補助建屋内の保管エリアは、地表面より下層に位置するものと地表面より上層に位置するものに分け、地表面より下層に位置する保管エリアについては、建屋外壁に加えて土壌で遮蔽されるため、評価対象としない。地表面より上層に位置する保管エリアについて評価を行う。原子炉格納容器内の保管エリアは、全て地表面より上層に位置しており、全て評価対象とする。評価対象としている保管エリアを第1表に示す。

保管する収納容器の体数は、床荷重、容器耐荷重等を考慮し、角型容器は3段積み、ドラム缶は平置きとし、保管エリアの大きさ、容器運搬ルートを考慮し、体数が多くなる方を最大保管体数として設定する。

線量評価モデルについては、保管エリアを設置する原子炉格納容器と原子炉補助建屋それぞれについて、以下のとおり設定する。

(1) 原子炉補助建屋

a. 直接線

原子炉補助建屋の直接線の評価モデルを第5図に示す。

原子炉補助建屋からの直接線評価は、壁厚が最も薄い、cmのコンクリート遮蔽を考慮する。ただし、1号炉内部スプレポンプ室及び2号炉MGセットエリアについては、cm以上の壁厚が期待できることからcmの遮蔽を、2号炉ほう酸タンク室については、内壁が期待できることからcmの遮蔽を考慮する。

線量評価は保管エリアごとに行い、敷地境界評価地点までの距離は、各保管エリアからの距離を保守的に設定して全て700mとし、解体保管物を収納した角型容器1体からの直接線による線量結果に、各保管エリアの最大保管体数を乗じて求める。

b. スカイシャイン線

原子炉補助建屋のスカイシャイン線の評価モデルを第6図に示す。スカイシャイン線の評価は、壁の薄い天井（評価上は天井厚を考慮しない）を通過したガンマ線が空気中の散乱を受け、評価地点（地表）に達する線量を評価する。したがって、スカイシャイン線の線量は、保管エリアのうちエリア面積が大きく、天井方向のガンマ線の散乱角が最も広い1号炉及び2号炉の使用済燃料ピットシャッタ前エリアをモデル化して実施する。他の保管エリアについては、保守的に使用済燃料ピットシャッタ前エリアにおける解体保管物1体当たりのスカイシャイン評価モデルを用いて、各保管エリアの線源条件及び最大保管体数に応じて評価する。

直接線の評価を行った保管エリアのうち、1号炉内部スプレポンプ室、2号炉MGセットエリア及び2号炉ほう酸タンク室は、上階が存在し床面が厚く遮蔽されることからスカイシャイン線の評価対象としない。

線源高さ位置は、角型容器3段積みにおける上端位置を考慮し、保守的に床上5mの高さに設定する。

線量評価は保管エリアごとに行い、敷地境界評価地点までの距離は、直接線と同様に全て700mとし、各保管エリアの線源条件を基にした使用済燃料ピットシャッタ前エリアにおける解体保管物を収納した角型容器1体からのスカイシャイン線による線量結果に、各保管エリアの最大保管体数を乗じて求める。

(2) 原子炉格納容器

a. 直接線

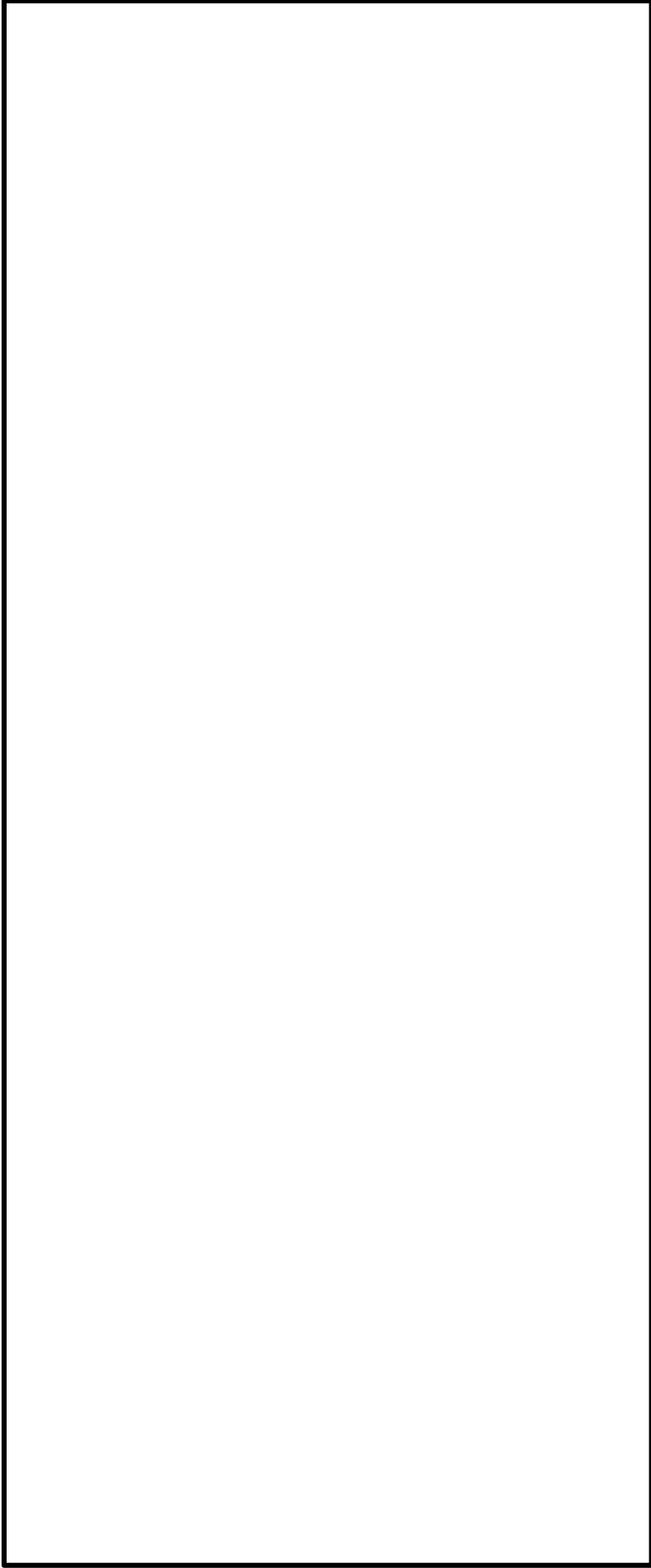
原子炉格納容器内保管時の直接線の評価モデルを第7図に示す。敷地境界評価地点までの距離は、2号炉の原子炉格納容器の最短距離となるクレーンウォールコンクリート側に保管するとして m とし、1体分の解体保管物の結果に評価対象となる保管エリアの保管体数を乗じて求める。

b. スカイシャイン線

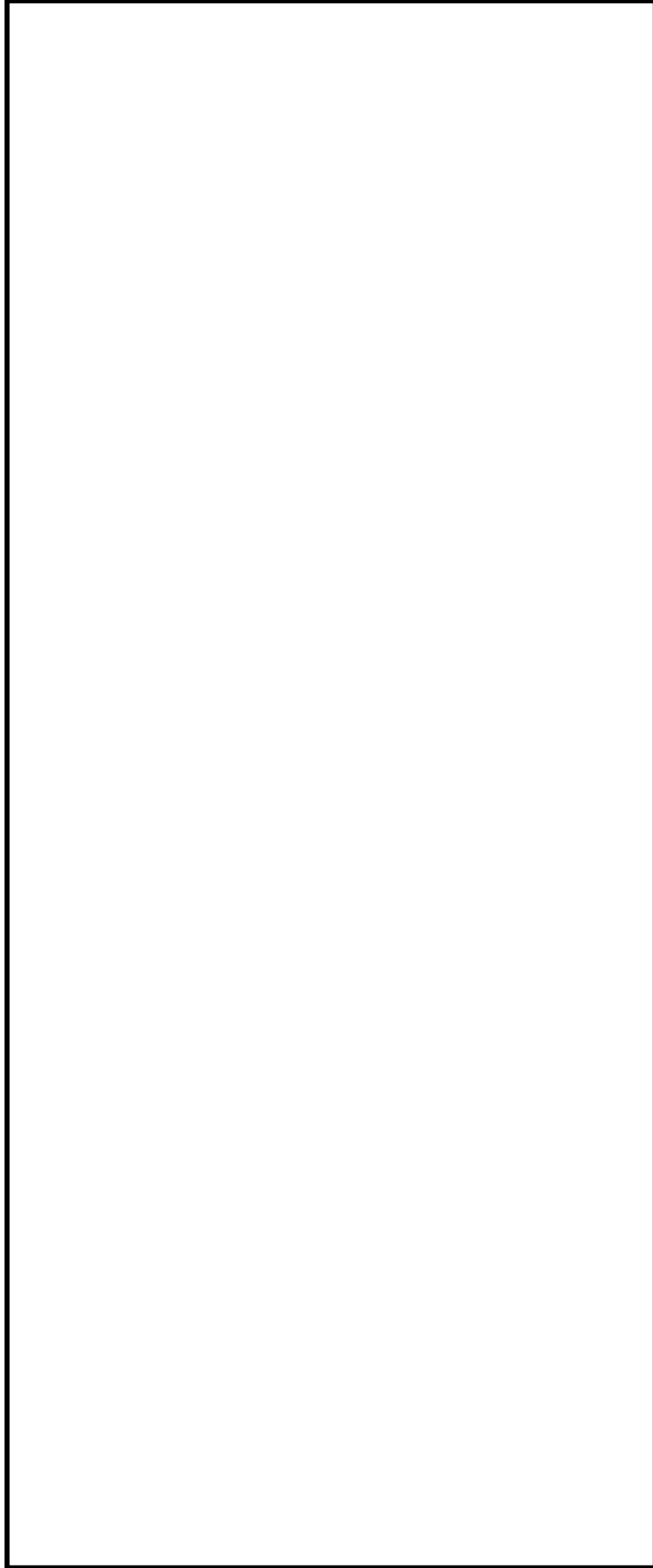
原子炉格納容器内保管時のスカイシャイン線の評価モデルを第8図に示す。

保管エリアは、原子炉格納容器中心から対称に設定されていることから、それらの平均的位置として原子炉格納容器中心を線源位置とし、保守的に線源高さ位置は、原子炉補助建屋の評価と同様に床上 5 m の高さに設定する。

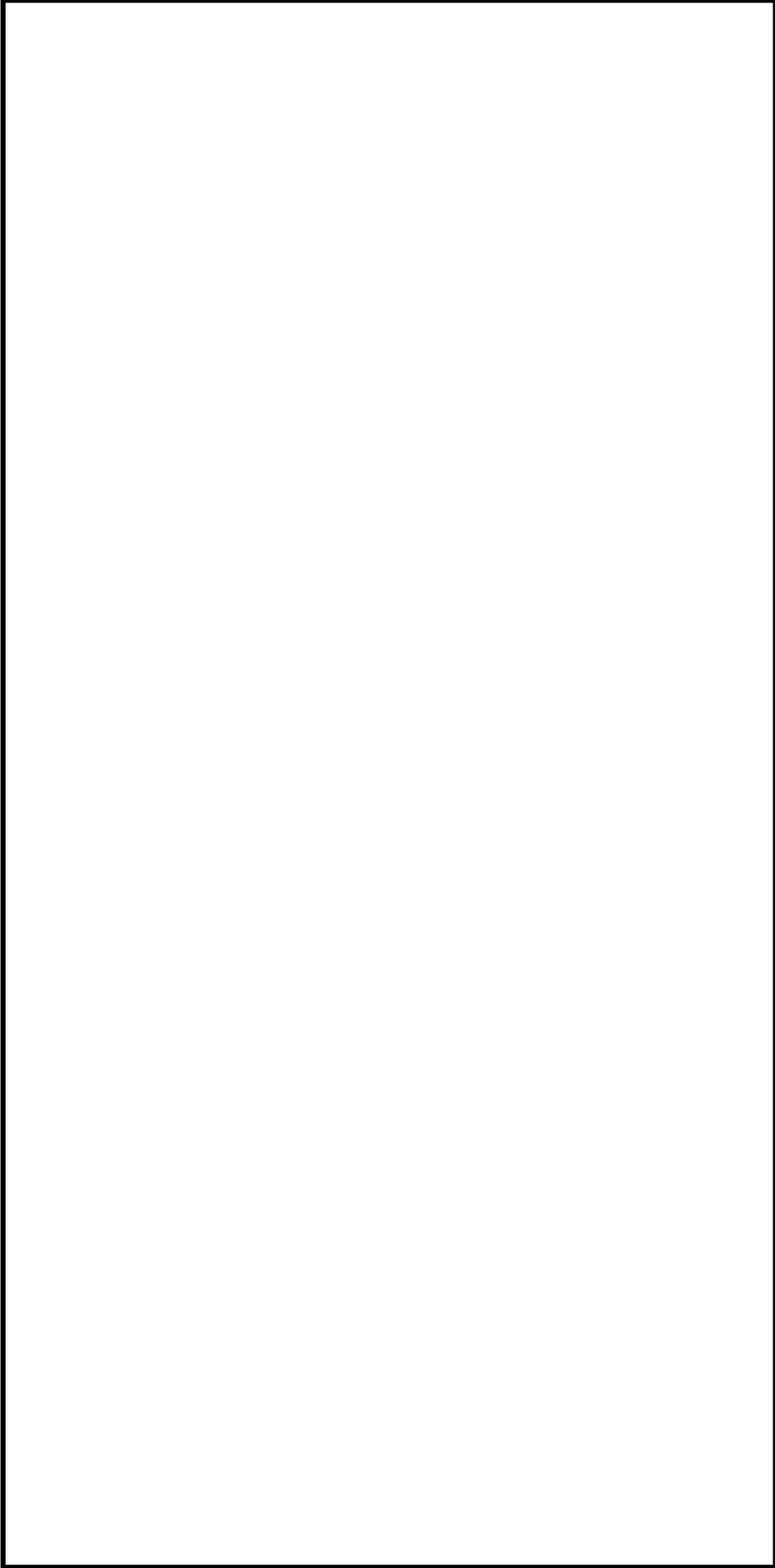
敷地境界評価地点までの距離は、2号炉の原子炉格納容器中心からの距離（700m）とし、1体分の解体保管物の結果に評価対象となる保管エリアの保管体数を乗じて求める。



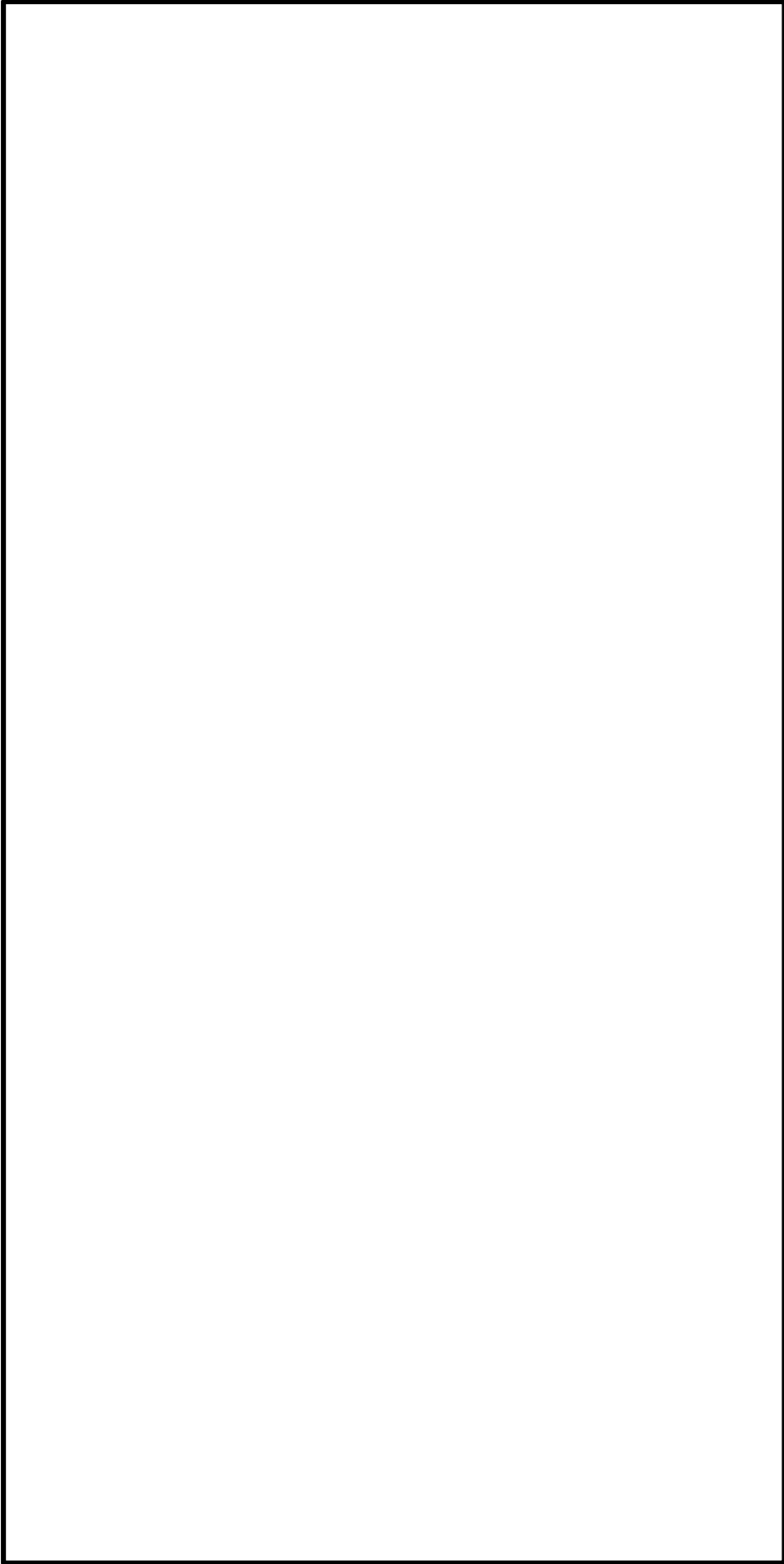
第4図 保管エリア設置予定場所 (1/4)



第4図 保管エリア設置予定場所 (2/4)



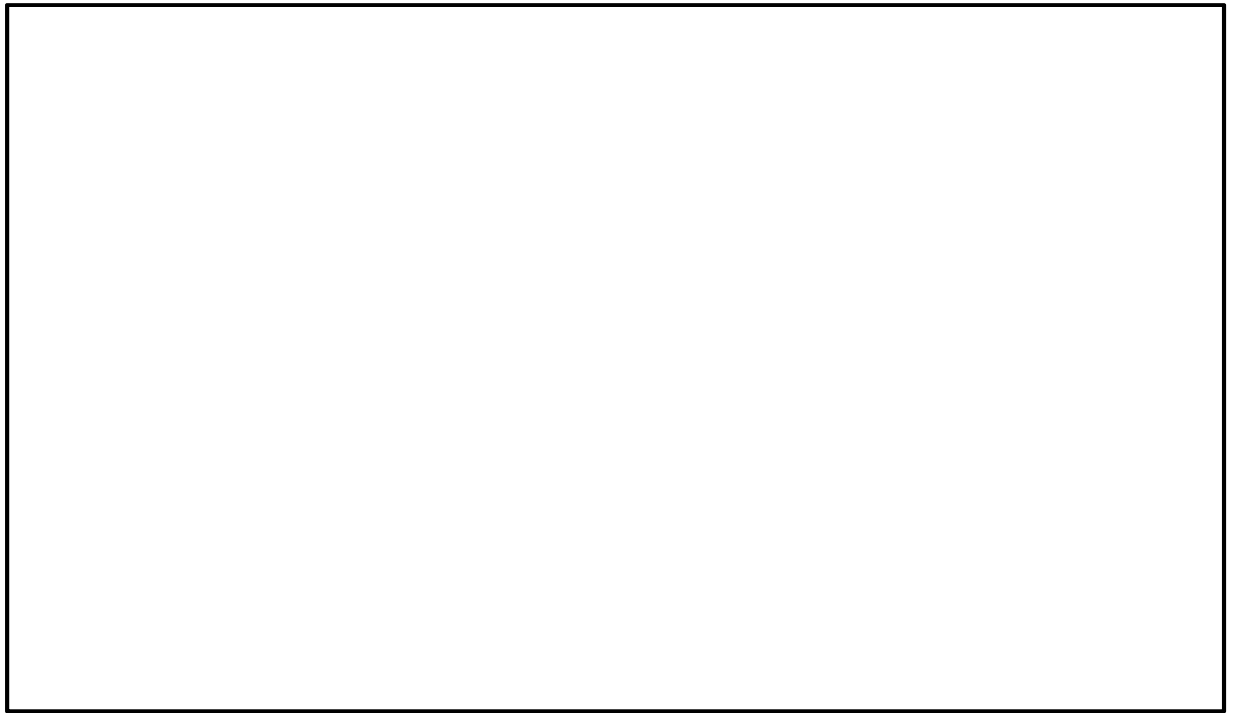
第4図 保管エリア設置予定場所 (3/4)



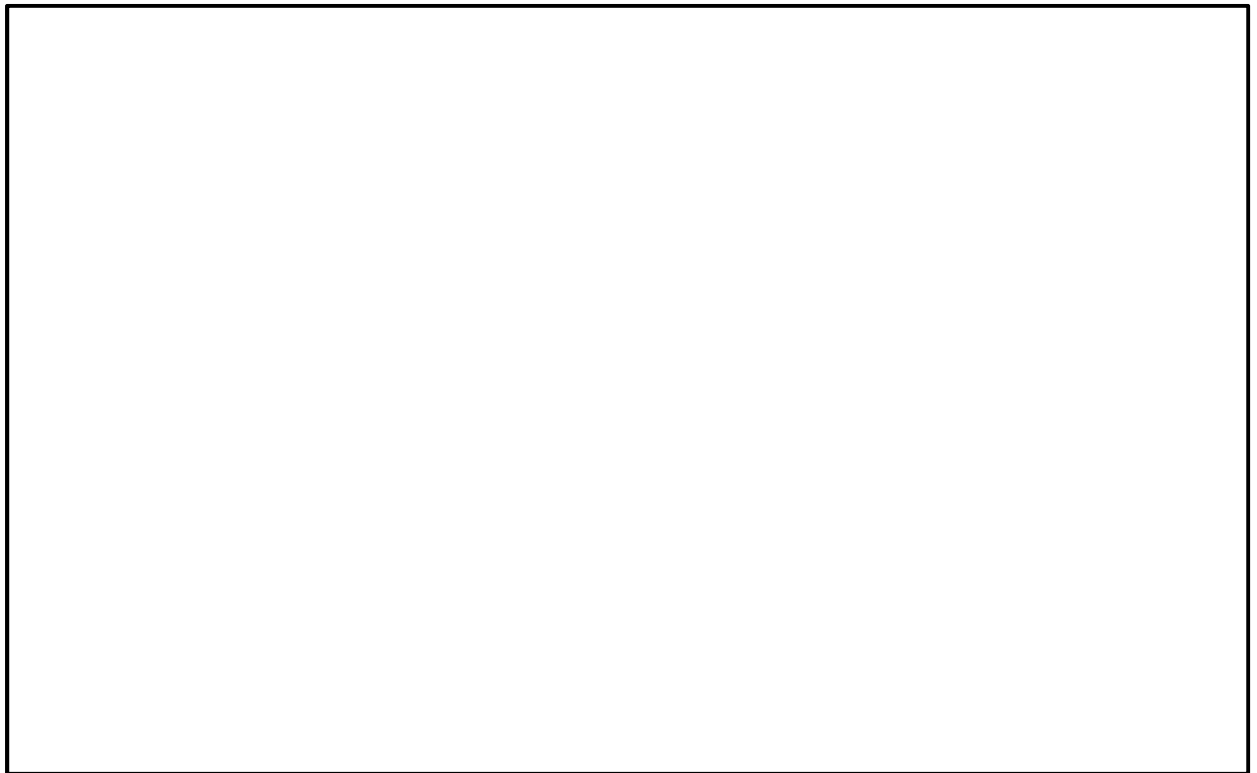
第4図 保管エリア設置予定場所 (4/4)

(参考) 評価対象外の保管エリア

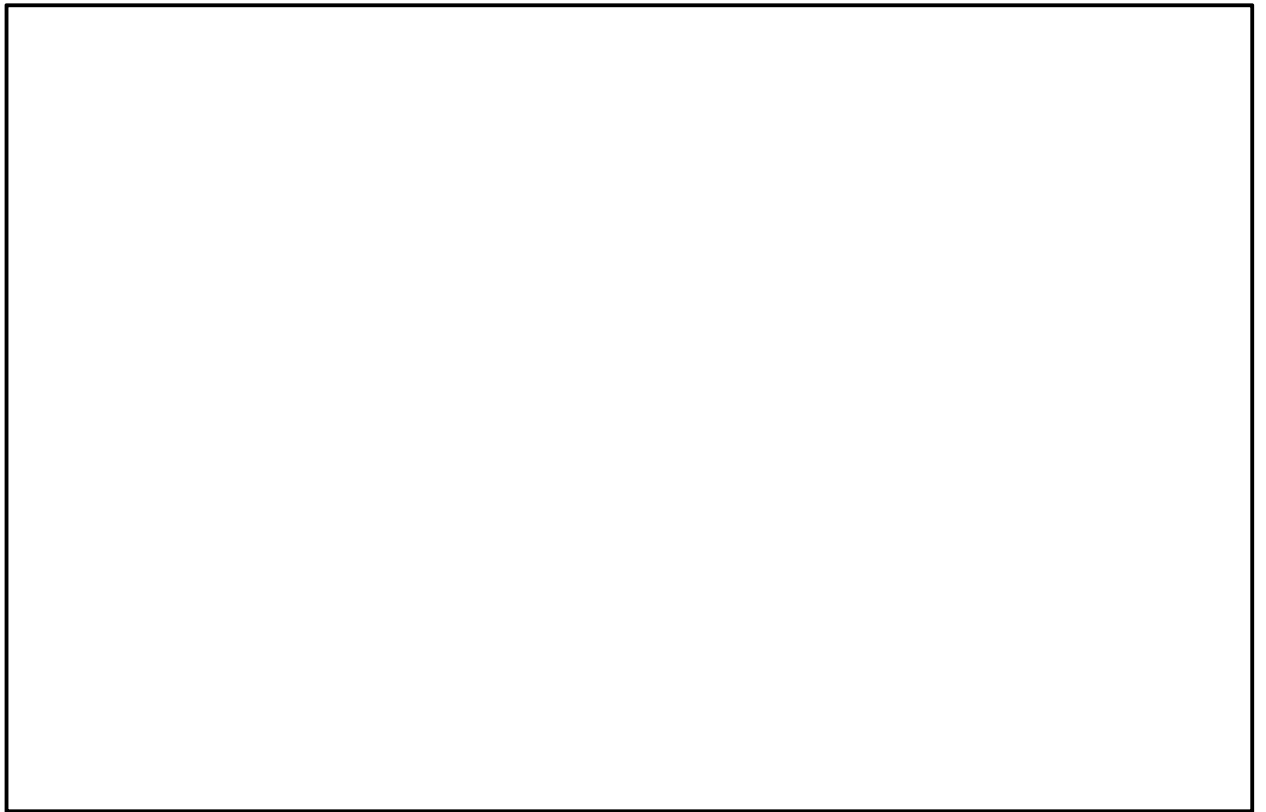
| 場 所 | | | | |
|-----|---------|--------------------|------|---------|
| | | 名称 | 番号 | EL. |
| 1号炉 | 原子炉補助建屋 | ガス減衰タンク室 | 1-4 | 4.0 m |
| | | ガス圧縮機室 | 1-5 | 4.0 m |
| | | 充てんポンプ室 | 1-6 | -1.26 m |
| | | ホールドアップタンク室 | 1-7 | -1.26 m |
| | | 一次冷却材ポンプ シール点検室 | 1-8 | -1.26 m |
| | | ほう酸回収装置室 | 1-9 | -1.26 m |
| | | 余熱除去クーラ室 | 1-10 | -1.26 m |
| | | 高圧注入ポンプエリア | 1-11 | -6.15 m |
| 2号炉 | 原子炉補助建屋 | ガス減衰タンク室 | 2-6 | 4.0 m |
| | | ホールドアップタンク室 | 2-7 | -1.26 m |
| | | 内部スプレポンプ室 | 2-8 | -1.26 m |
| | | 充てんポンプ室 | 2-9 | -1.26 m |
| | | ほう酸回収装置室 | 2-10 | -1.26 m |
| | | 余熱除去クーラ室 | 2-11 | -1.26 m |
| | | 高圧注入ポンプ室 | 2-12 | -6.15 m |



第5図 原子炉補助建屋直接線評価モデル



第6図 原子炉補助建屋スカイシャイン線評価モデル



第7図 原子炉格納容器直接線評価モデル



第8図 原子炉格納容器スカイシャイン線評価モデル

4. 評価結果

原子炉補助建屋及び原子炉格納容器の保管エリアに保管する場合の敷地境界における直接線及びスカイシャイン線の線量を第2表に示す。1号炉からの直接線及びスカイシャイン線の合計線量は約 $0.055 \mu\text{Gy}/\text{y}$ であり、2号炉からの直接線及びスカイシャイン線の合計線量は約 $0.8 \mu\text{Gy}/\text{y}$ である。

第2表 保管エリアにおける直接線及びスカイシャイン線の線量

(単位： $\mu\text{Gy}/\text{y}$)

| 場 所 | | 直接線 | スカイシャイン線 | 合計 |
|-----|---------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1号炉 | 原子炉補助建屋 | 5.2×10^{-3} | 3.9×10^{-3} | 5.5×10^{-2} |
| | 原子炉格納容器 | 2.8×10^{-4} | 4.6×10^{-2} | |
| 2号炉 | 原子炉補助建屋 | 3.7×10^{-1} | 3.8×10^{-1} | 8.0×10^{-1} |
| | 原子炉格納容器 | 3.5×10^{-4} | 5.6×10^{-2} | |

(注) 切り上げで表示している。

5. まとめ

解体保管物を1号炉及び2号炉の原子炉格納容器及び原子炉補助建屋に設ける保管エリアに保管した場合の美浜発電所敷地境界外における直接線及びスカイシャイン線による線量は、美浜発電所の既保管物及び既設建屋からの線量を含めても第3表のとおり年間約 $36 \mu\text{Gy}$ であり、原子炉安全基準専門部会報告書「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について」に示される年間 $50 \mu\text{Gy}$ を下回っていることを確認した。

第3表 保管エリアの解体保管物から直接線量及びスカイシャイン線量の評価結果及び美浜発電所の既保管物及び既設建屋からの直接線量及びスカイシャイン線量

(単位：μGy/y)

| 建屋 | | 敷地境界外の線量評価地点 (空気カーマ) | |
|---------------|-------------------------|----------------------|----------------------|
| | | 直接線量 | スカイシャイン線量 |
| 原子炉格納 容器 | 1号機 ^{※1} | 2.8×10^{-4} | 4.6×10^{-2} |
| | 2号機 ^{※1} | 3.4×10^{-4} | 5.6×10^{-2} |
| | 3号機 ^{※2} | 5.5×10^{-1} | 2.5×10^{-1} |
| 原子炉補助 建屋等 | 1号機 ^{※1} | 5.2×10^{-3} | 3.9×10^{-3} |
| | 2号機 ^{※1} | 3.6×10^{-1} | 3.8×10^{-1} |
| | 1, 2, 3号機 ^{※3} | 6.6×10^{-1} | |
| 固体廃棄物 貯蔵庫 | 1-廃棄物庫 | 3.9 | |
| | 2-廃棄物庫 | 1.6×10^{-1} | |
| | 3-廃棄物庫 | 26 | |
| | 4-廃棄物庫 | 2.7 | |
| | A蒸気発生器保管庫 | 7.7×10^{-4} | |
| | B蒸気発生器保管庫 | 3.1×10^{-1} | |
| 使用済燃料輸送容器保管建屋 | | 1.5×10^{-2} | |
| 第2固体廃棄物処理建屋 | | 2.1×10^{-1} | |
| 合計 | | 36 | |

(注) 端数処理のため合計値が一致しないことがある。

※1：保管エリアの解体保管物からの評価値

※2：運転中の評価値

※3：運転中の原子炉補助建屋等からの線量は、燃料取替用水タンクからの評価値であり、燃料取替用水タンクは現在も性能維持施設として維持しているため、保守的に運転中の評価値をそのまま流用

参考 美浜発電所3号機の工事計画認可申請
(平成28年10月26日認可：原規規発第1610261号)

第4-1-2-9表 直接ガンマ線量及びスカイシャインガンマ線量の評価結果

(単位：μGy/y)

| 線 量 | | | 敷地境界外の 線量評価地点 (空気カーマ) |
|----------------|-----------|-------------------------|-----------------------------|
| 原子炉 格納容器 | 1, 2, 3号機 | スカイシャインガンマ線量 | 5.9×10^{-1} |
| | | 直接ガンマ線量 | 8.4×10^{-1} |
| 原子炉 助建屋等 | 1, 2, 3号機 | スカイシャインガンマ線量 直接ガンマ線量 | 6.6×10^{-1} |
| 固体貯 廃棄 庫 | 1-廃棄物庫 | スカイシャインガンマ線量 直接ガンマ線量 | 3.9 |
| | 2-廃棄物庫 | スカイシャインガンマ線量 直接ガンマ線量 | 1.6×10^{-1} |
| | 3-廃棄物庫 | スカイシャインガンマ線量 直接ガンマ線量 | 26 |
| | 4-廃棄物庫 | スカイシャインガンマ線量 直接ガンマ線量 | 2.7 |
| | A蒸気発生器保管庫 | スカイシャインガンマ線量 直接ガンマ線量 | 7.7×10^{-4} |
| | B蒸気発生器保管庫 | スカイシャインガンマ線量 直接ガンマ線量 | 3.1×10^{-1} |
| 使用済燃料輸送容器保管建屋 | | スカイシャインガンマ線量 直接ガンマ線量 | 1.5×10^{-2} |
| 第2固体廃棄物処理建屋 | | スカイシャインガンマ線量 直接ガンマ線量 | 2.1×10^{-1} |
| 合 計 | | | 36 |