

高浜発電所 安全審査資料
2-6-改1
2023年8月7日

高浜発電所 1 号炉、2 号炉、3 号炉及び 4 号炉

設置許可基準規則への適合性について
(工場等周辺における直接線等からの防護)

2023年8月

関西電力株式会社

枠囲みの範囲は機密情報を含んでいるため公開できません。

緑字は前回からの変更箇所を示す。

<目次>

1. 概要
2. 工場等周辺における直接線等の線量評価結果について

添付

添付 1 高浜発電所 1 号、2 号、3 号及び 4 号炉 工場等周辺における直接線及びスカイシャイン線の線量評価について

参考資料 1 設置許可基準規則第 29 条の適合性に関する補足説明

参考資料 2 保修点検建屋設置および蒸気発生器保管庫設置における遮蔽設計に係る説明

1. 概要

高浜発電所においては、蒸気発生器（以下「SG」という。）保管庫設置及び点検建屋設置に伴い、「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」（以下「設置許可基準規則」という。）等に従い、工場等周辺における直接線等の線量評価が十分に低減（空気カーマで1年間当たり50マイクログレイ以下となるように）できることを確認しており、本資料は、その線量評価についてまとめたものである。

第二十九条 工場等周辺における直接線等からの防護

設計基準対象施設は、通常運転時において発電用原子炉施設からの直接線及びスカイシャイン線による工場等周辺の空間線量率が十分に低減できるものでなければならない。

適合のための設計方針

通常運転時において原子炉施設からの直接線及びスカイシャイン線による敷地周辺の空間線量率が、十分に低減（空気カーマで1年間当たり50マイクログレイ以下となるように）できる設計とする。

具体的には、SG保管庫（3号及び4号炉共用）及び保修点検建屋を設置しても、直接線及びスカイシャイン線（以下、直接線等という。）による敷地周辺の空間線量率が、空気カーマで1年間当たり50マイクログレイ（50 μ Gy/y）以下とできる設計とする。

2. 工場等周辺における直接線等の線量評価結果について

S G 保管庫（3号及び4号炉共用）及び保守点検建屋の直接線等による敷地周辺の線量率を評価し、高浜発電所における年間直接線等の線量の合計（1号炉、2号炉、3号炉及び4号炉合算）を評価し確認した。

なお、S G 取替えによる直接線等への影響については、S G の体積が大きくなったことにより、1次冷却材の循環時間が長くなり循環中のN-16の減衰が大きくなることから、1次冷却材のN-16濃度が僅かに減少（▲2%）し、敷地周辺の線量が僅かに低下（直接線の線量は▲2%）するが、原子炉格納容器の直接線等の線量は約0.26 μ Gy/y であり発電所の合計値に対して極僅かであることより3号炉及び4号炉の原子炉格納容器の直接線等の線量は変更しないこととした。

線量評価の結果、新たに設置するS G 保管庫（3号及び4号炉共用）及び保守点検建屋の直接線等の線量である約0.45 μ Gy/y 及び約0.90 μ Gy/y を加えても敷地周辺における直接線等の線量の合計値は36.7 μ Gy/y であり50 μ Gy/y 以下であることを確認した。

高浜発電所 1 号、2 号、3 号及び 4 号炉

工場等周辺における直接線及びスカイシャイン線の線量評価について

1. はじめに

「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 29 条（工場等周辺における直接線等からの防護）の解釈にある「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」（平成元年 3 月 27 日原子力安全委員会了承）を踏まえ空気カーマで 1 年間当たり 50 マイクログレイ（ $\mu\text{Gy}/\text{y}$ ）以下となるよう設計することに対し、線量評価の結果、新たに設置する SG 保管庫（以下、C-SG 保管庫という。）及び保修点検建屋の直接線及びスカイシャイン線（以下、直接線等という。）の線量を加えても敷地周辺における直接線等の線量の合計値が基準である $50\mu\text{Gy}/\text{y}$ 以下になることを確認する。

2. 評価条件

(1) C-SG保管庫

a. C-SG保管庫の遮蔽厚

保管庫の壁及び天井の材料は鉄筋コンクリートであるが、鉄筋の遮蔽能力はコンクリートよりも大きいため、評価においては全てコンクリートとして扱う。また、コンクリート厚さを以下に示すが、評価においてはマイナス側の許容差 \square を考慮する。

	C-SG保管庫
壁厚 (mm)	\square
天井厚 (mm)	\square

b. 線源強度

線源としては、3号炉及び4号炉の旧SG（6基）並びに除染廃棄物（SG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SGの線量計測結果等により算出した表面線量率を第1表に示す。

線源核種としては、比較的半減期が長く、ガンマ線エネルギーが高いCo-60を想定する。

第1表 旧SG（6基）及び除染廃棄物の線源強度

線源	旧SG (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)	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)

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。

c. 評価モデル

第 1 図に「直接線量計算形状図」及び第 2 図に「スカイシャイン線量計算形状図」を示す。

d. 評価地点

第 3 図に「線量評価地点」を示す。

(2) 保修点検建屋

a. 保修点検建屋の遮蔽厚

保管庫の壁及び天井の材料は鉄筋コンクリートであるが、鉄筋の遮蔽能力はコンクリートよりも大きいため、評価においては全てコンクリートとして扱う。なお、保修点検建屋内の線源となる機器を取り扱う部屋は、遮蔽設計基準に応じたコンクリート厚さの壁等を設置し、その遮蔽効果を考慮して線量評価を行う。

また、コンクリート厚さを以下に示すが、評価においてはマイナス側の許容差 を考慮する。

	保修点検建屋
壁厚 (mm)	<input type="text"/>
天井厚 (mm)	<input type="text"/>

b. 線源強度

線源としては、保修点検建屋において取り扱う機器等を対象とし、定期検査時に計測した機器の線量計測結果等により算出した表面線量率を第 2 表に示す。

線源核種としては、比較的半減期が長く、ガンマ線エネルギーが高い Co-60 を想定する。

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。

第 2 表 線源強度

線源	RCP インターナル	RCP インペラ
基数	1 基	1 基
線源強度	機器表面で 5 mSv/h に相当する強度	機器表面で 10 mSv/h に相当する強度

線源	雑固体	資機材
基数	50 本 (ドラム缶)	2 基
線源強度	容器表面から 1m で 0.03mSv/h に相当する強度	容器表面から 1m で 0.01mSv/h に相当する強度

c. 評価モデル

第 4 図に「スカイシャイン線量計算形状図」を示す。

d. 評価地点

第 3 図に「線量評価地点」を示す。

3. 評価結果

上記条件を用いて評価を行った結果を下記に示す。

なお、直接線量は「QAD-CGGP2Rコード」、スカイシャイン線量は「SCATTERINGコード」により評価を行った。

(1) C-SG保管庫

計算結果を第3表に示す。

第3表 C-SG保管庫からの直接線量等評価結果

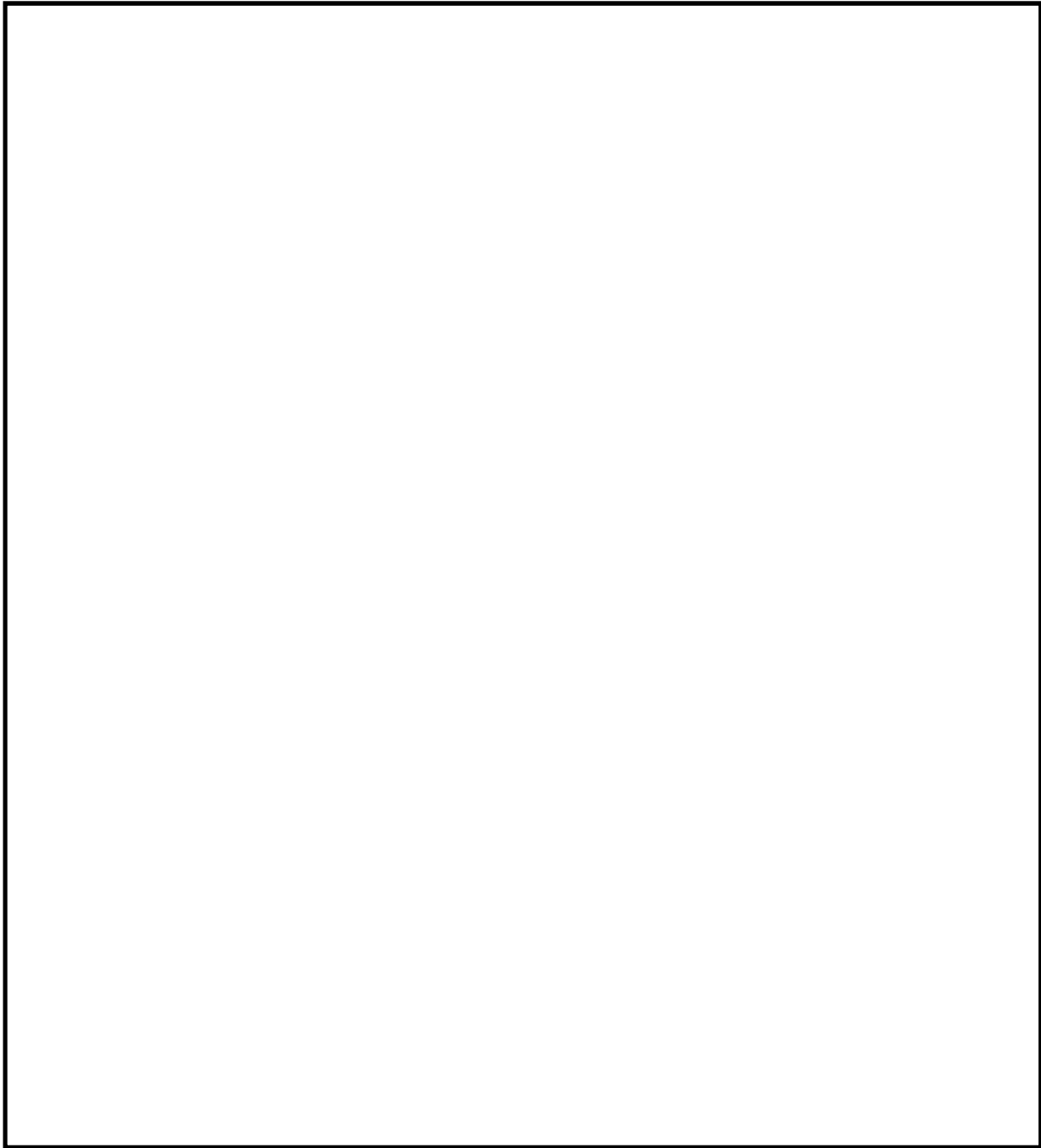
線源	線量 ($\mu\text{Gy/y}$)	
旧SG	直接線量	3.0×10^{-1}
	スカイシャイン線量	8.4×10^{-2}
除染廃棄物	直接線量	5.2×10^{-2}
	スカイシャイン線量	8.3×10^{-3}
合計		4.5×10^{-1}

(2) 保修点検建屋

評価結果を第 4 表に示す。

第 4 表 保修点検建屋からの直接線量等線量評価結果

線 源	線量 ($\mu\text{Gy}/\text{y}$)	
RCP インターナ ル	直接線量及びスカ イシャイン線量	2.0×10^{-1}
RCP インペラ	同上	3.3×10^{-1}
雑固体	同上	3.4×10^{-1}
資機材	同上	3.0×10^{-2}
合計		9.0×10^{-1}



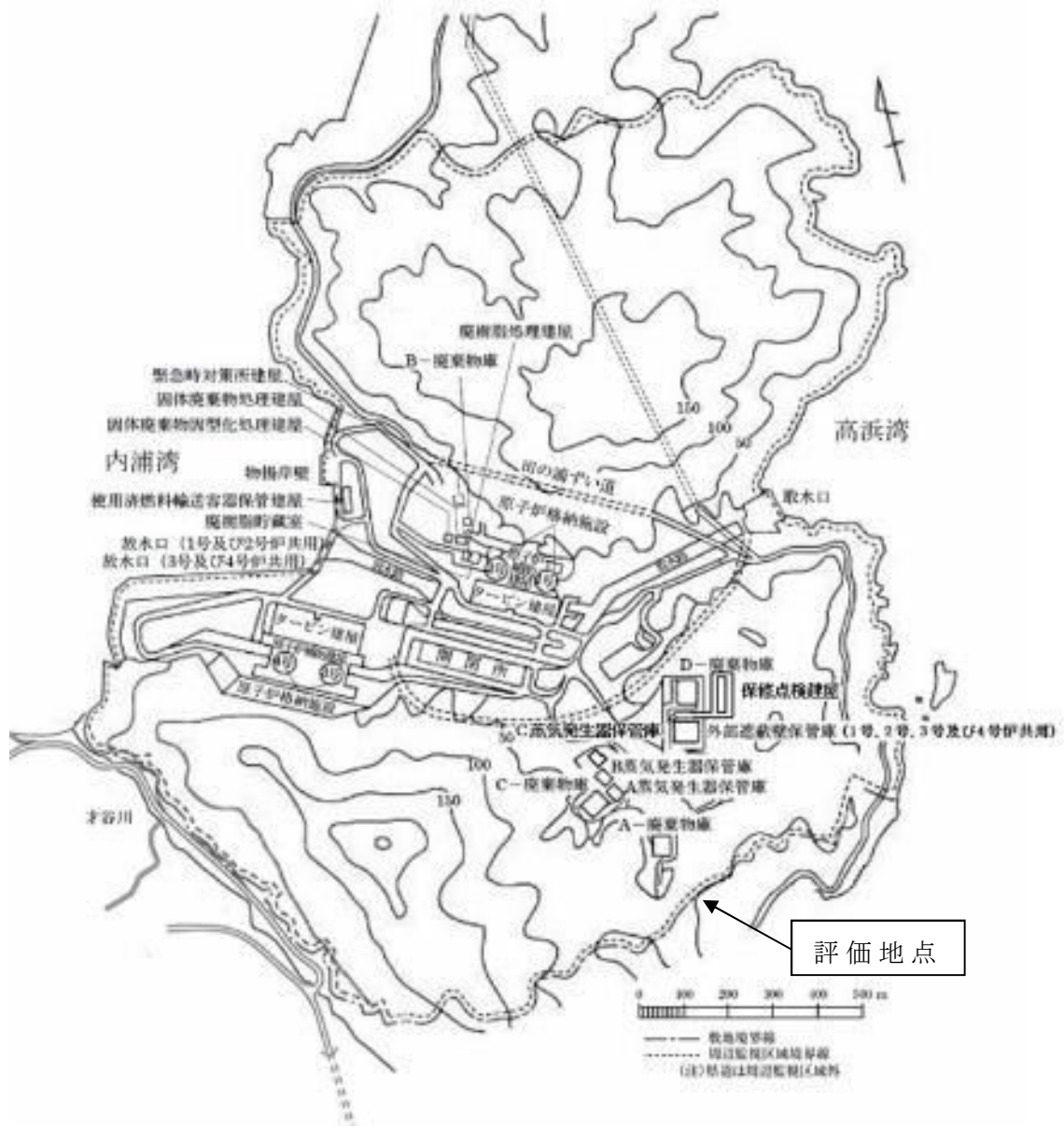
第 1 図 C - S G 保管庫の直接線量計算形状図（旧 S G の例）

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。

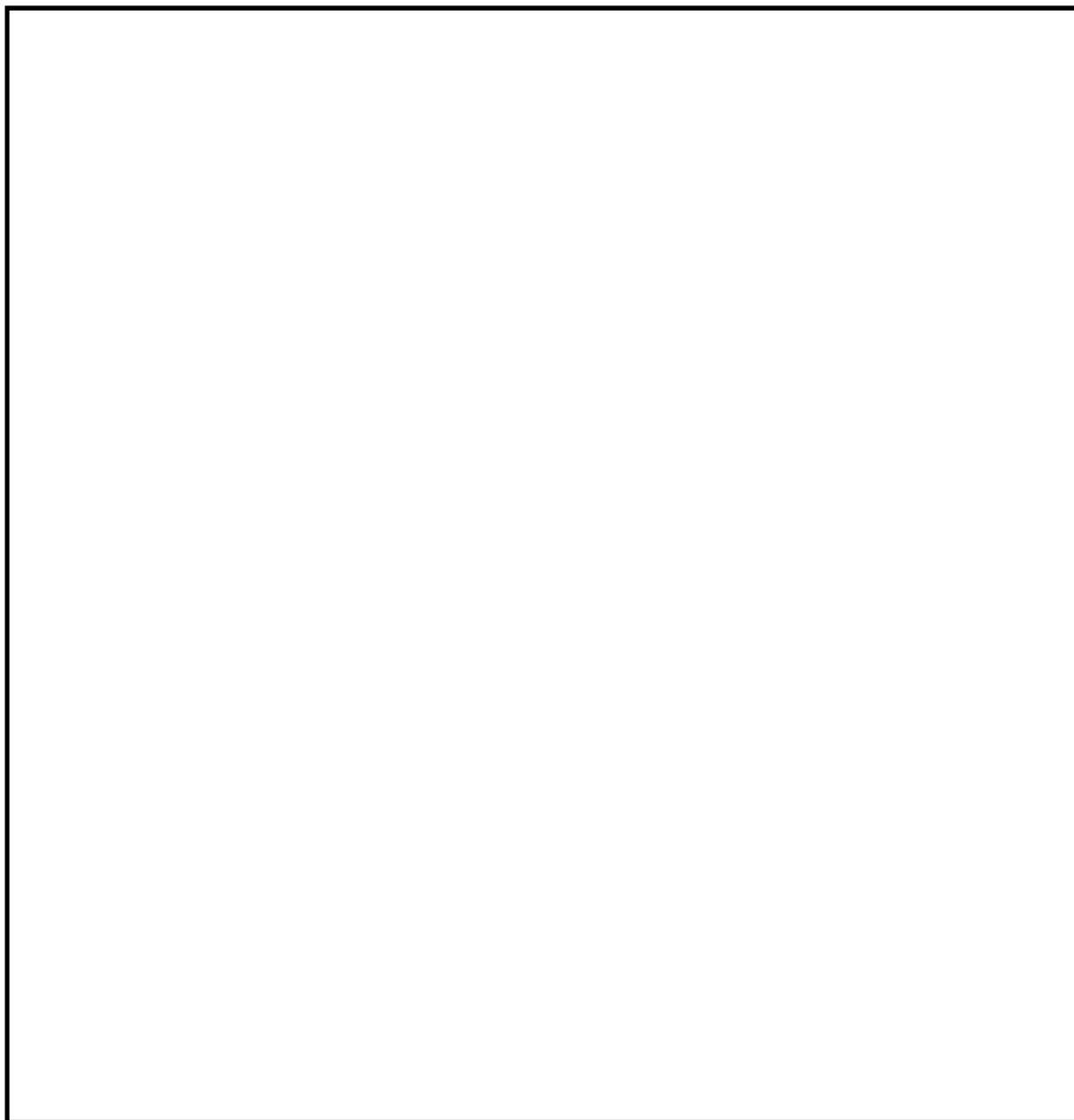


第 2 図 C - S G 保管庫のスカイシャイン線量計算形状図
(旧 S G の例)

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3図 線量評価地点



第4図 保修点検建屋のスカイシャイン線量計算形状図
(RCPインペラの例)

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。

4. 評価結果

C-SG保管庫及び保修点検建屋の設置に伴う、直接線量及びスカイシャイン線量を評価した。既設建屋を含めた高浜発電所の敷地境界外における直接線量及びスカイシャイン線量は第5表に示すとおり年間 $36.7\mu\text{Gy}$ であり、「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」（平成元年3月27日原子力安全委員会了承）に示される年間 $50\mu\text{Gy}$ 以下であることを確認した。

第5表 高浜発電所における年間直接線量及びスカイシャイン線量の合計（1号炉、2号炉、3号炉及び4号炉合算）

線源		線量 ($\mu\text{Gy}/\text{年}$)	
原子炉 格納容器	1・2号炉	スカイシャイン線量	9.8×10^{-2}
		直接線量	1.4×10^{-1}
	3・4号炉	スカイシャイン線量	2.6×10^{-3}
		直接線量	2.6×10^{-1}
原子炉補 助建屋等	1・2号炉 燃料取替用水タンク	スカイシャイン線量 直接線量	2×10^{-1}
固体貯蔵 廃棄庫	A-廃棄物庫		9
	B-廃棄物庫		8.0×10^{-2}
	C-廃棄物庫		19
	D-廃棄物庫	スカイシャイン線量	6
	A蒸気発生器保管庫	直接線量	1.5×10^{-1}
	B蒸気発生器保管庫		2.1×10^{-1}
	C蒸気発生器保管庫		4.5×10^{-1}
	外部遮蔽壁保管庫		1.1×10^{-1}
廃樹脂貯蔵室		スカイシャイン線量 直接線量	2×10^{-2}
廃樹脂処理建屋		スカイシャイン線量 直接線量	8×10^{-4}
固体廃棄物固型化处理建屋		スカイシャイン線量 直接線量	9.1×10^{-3}
使用済燃料輸送容器保管建屋		スカイシャイン線量 直接線量	3×10^{-2}
保修点検建屋		スカイシャイン線量 直接線量	9.0×10^{-1}
合計			<u>36.7</u>

参考資料 1

設置許可基準規則第 29 条の適合性に関する補足説明

1. 蒸気発生器保管庫設置の第 29 条の適合性

蒸気発生器保管庫設置の第 29 条（工場等周辺における直接線等からの防護）の適合性は以下の通り。

条文	設計方針	条文適合性の説明	関係性
第 29 条	1 項 通常運転時において、直接線、スカイシャイン線による敷地周辺の空間線量率が、十分低減できる設計とする。	蒸気発生器取替えにより、1 次冷却材保有水量が増加する設計変更を伴うため、敷地周辺の空間線量率の評価によって目標を満足することを確認することにより、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。	蒸気発生器取替え ●
		蒸気発生器保管庫（3 号及び 4 号炉共用）及び点検建屋の設置に伴う敷地周辺の空間線量率は、以下のとおり、1 年間当たり 50 マイクログレイ以下になることを確認している。	蒸気発生器保管庫設置 ● 点検建屋設置 ●

参考資料 2

保守点検建屋設置および蒸気発生器保管庫設置における遮蔽設計に係る説明

1. 保守点検建屋における遮蔽設計

(1) 保守点検建屋の作業における線源設定

保守点検建屋における作業、作業頻度、線量率（線源）については、下表のとおり整理した。

表 保守点検建屋での作業と遮蔽（線量）評価の関係性

【凡例】○：主要な線源として考慮している ×：主要な線源として考慮していない

作業	作業頻度 (日数/回)	線量率	敷地境界線量 (29条)	遮蔽設計 (30条)
一次冷却材ポンプ インターナル 分解点検	4回 (約65日/回)	インターナル 5mSv/h(表面)	○	○
	同上	インペラ 10mSv/h(表面)	○	○
	同上	インターナル容器 0.1mSv/h(at1m)	× ^{※1}	○
一次冷却材ポンプ モータ分解点検	4回 (約70日/回)	線源なし	×	×
水中照明点検	4回 (約5日/回)	0.04mSv/h(at1m)	× ^{※1}	○
スタッドボルト点検	4回 (約10日/回)	0.01mSv/h(at1m)	× ^{※1}	○
雑固体の切断	4回 (20日/回)	0.03mSv/h(at1m)	○	○
資機材仮置き	通年	0.01mSv/h(at1m)	○	○

※1：線源と遮蔽の配置により敷地境界線量への影響が無視できることから、線源として考慮していない。

(2) 遮蔽設計の考え方

保守点検建屋における線源の位置・線量率については、作業毎の作業時間・頻度を考慮した遮蔽厚より遮蔽評価は可能であるが、点検期間の延長など運用に変動が生じた場合は運用上の制約が生じる。このことから、運用の変動を考慮しなくて良いように作業を通年実施するものとし、線源の位置・線量率を設定し必要な遮蔽厚さを設定し、線量評価(敷地境界での空間線量率(29条)、遮蔽設計区分の線量率(30条))を行うこととしている。

(3) 遮蔽設計区分の線量率（30 条第 1 項 1 号）

a. 遮蔽設計区分

遮蔽設計に係る設計区分を表に示す。放射能を有する保管物により常時線源が存在する区画と、放射能を有する保管物の保管状況や放射能を有する保管物の作業時のみに線源が存在する区画が想定されるため、放射能を有する保管物の保管状況や放射能を有する保管物の作業状況を想定した遮蔽設計区分を各区画に設定する。

遮蔽設計区分

区分	基準線量率	根拠及び代表例
I	$\leq 0.0026 \text{mSv/h}$	非管理区域が該当する区画であり、現行法令に定められた管理区域境界の線量限度 1.3mSv/3 月間 より設定。
II	$\leq 0.01 \text{mSv/h}$	施設内での放射能作業及び保管物による線量影響がない一般通路等が該当する区画。
III	$\leq 0.15 \text{mSv/h}$	施設内での放射能作業及び保管物による線量影響が生じる区画。
IV	$> 0.15 \text{mSv/h}$ ^(注)	施設内での放射能作業及び保管物による線量影響が生じる区分 III よりも高線量の区画。

(注)原則として、区分IVの区画間については、隣接する区画からの線量率が 0.15mSv/h 以下(区分III相当)となるよう遮蔽厚を設定する。

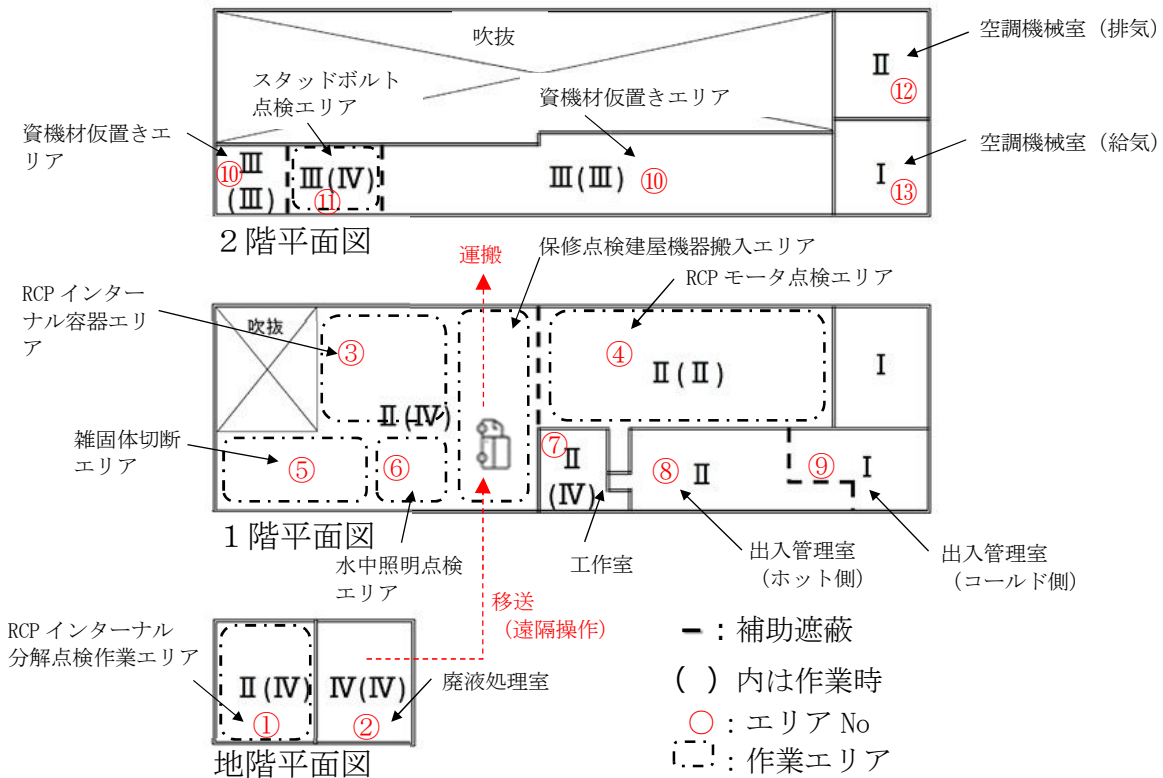
- b. 保修点検建屋の作業エリア毎の遮蔽設計区分の設定について
 保修点検建屋の作業エリア毎における平常時（作業のない場合）、および作業時の遮蔽設計区分設定の考え方を下表に示す。

保修点検建屋の作業エリア毎の遮蔽設計区分（1 / 2）

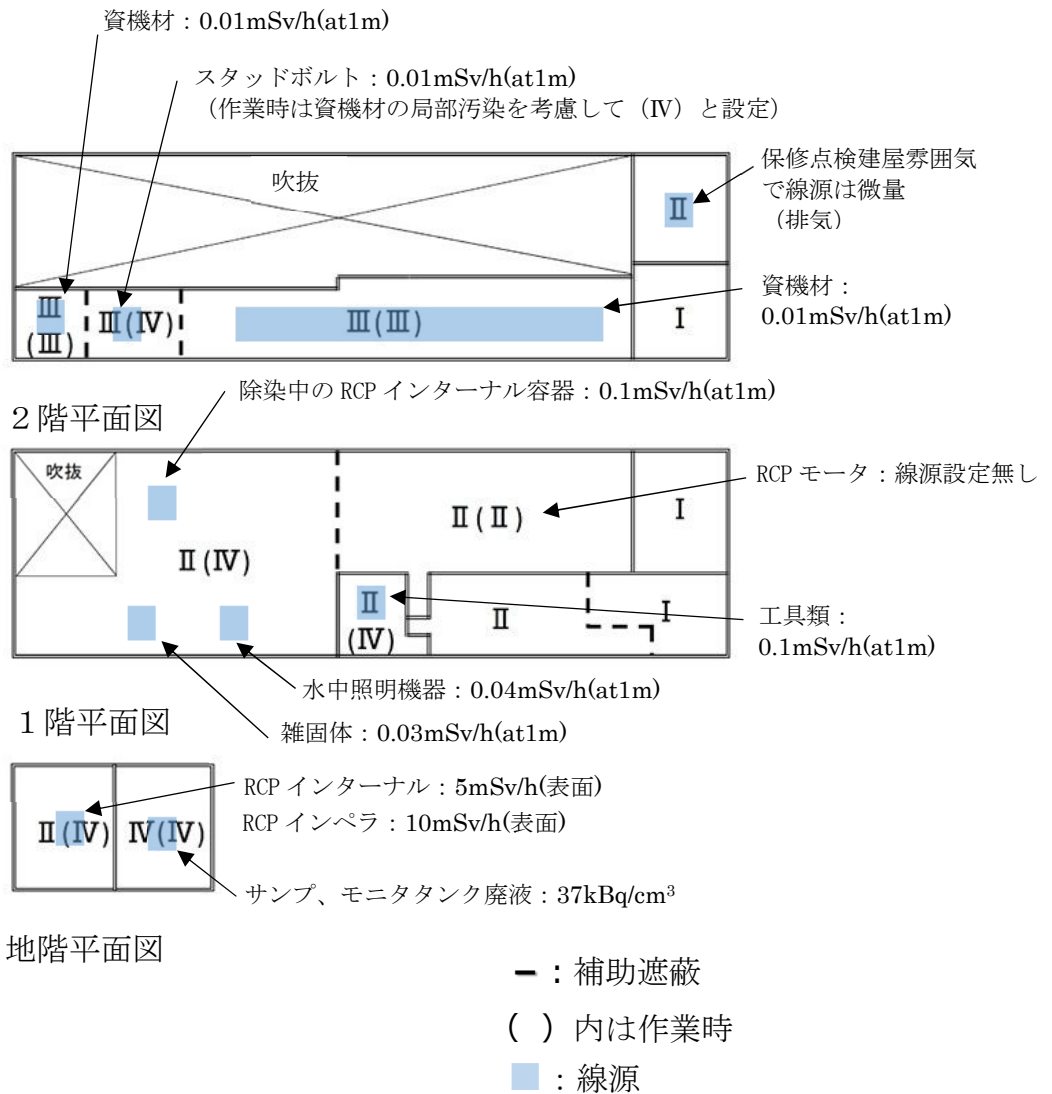
階層	区画	遮蔽設計区分		備考
		平常時	作業時	
地下 1階	① RCP インターナル分解点検エリア	Ⅱ	Ⅳ	平常時は線源がなく区分Ⅱ。 作業時は RCP インターナル等の線源により区分Ⅳ。
	② 廃液処理室	Ⅳ	Ⅳ	廃液に含まれる放射能を保守的に設定（37kBq/cm ³ ）により区分Ⅳ。 なお、廃液の運搬容器への移送は、遠隔操作にて実施する。
地上 1階	③ RCP インターナル容器エリア（保修点検建屋機器搬入エリア含む）	Ⅱ	Ⅳ	平常時は線源がなく区分Ⅱ。 作業時は除染中の RCP インターナルキャスク等の線源により区分Ⅳ。
	④ RCP モータ点検エリア	Ⅱ	Ⅱ	平常時は線源がなく区分Ⅱ。 作業時は RCP モータに線源がないことより区分Ⅱ。
	⑤ 雑固体切断エリア	Ⅱ	Ⅳ	平常時は線源がなく区分Ⅱ。作業時は切断対象物の表面線量率や RCP インターナル除染設備他点検エリアからの線量により区分Ⅳ。
	⑥ 水中照明点検エリア	Ⅱ	Ⅳ	平常時は線源がなく区分Ⅱ。作業時は水中照明の表面線量率や RCP インターナル除染設備他点検エリアからの線量により区分Ⅳ。
	⑦ 工作室	Ⅱ	Ⅳ	平常時は線源がなく区分Ⅱ。作業時は機器の表面線量率により区分Ⅳ。
	⑧ 出入管理室（ホット側）	Ⅱ	—	遮蔽設計区分に影響する線源なく、一般通路相当の区分Ⅱ。
	⑨ 出入管理室（コールド側）	Ⅰ	—	非管理区域の区分Ⅰ。

保守点検建屋の作業エリア毎の遮蔽設計区分（2 / 2）

階層	区画	遮蔽設計区分		備考
		平常時	作業時	
地上 2階	⑩ 資機材仮置きエリア	Ⅲ	Ⅲ	保管スペースには常に線源が存在することを想定し、局所的な表面線量率を考慮し、区分Ⅲ。
	⑪ スタッドボルト点検エリア	Ⅲ	Ⅳ	平常時は線源が無いが隣接区画からの線量率により区分Ⅲ相当を想定。点検時は対象物の局所的な表面線量率を考慮し、区分Ⅳ。
	⑫ 空調機械室（排気）	Ⅱ	—	放射性物質を含む保守点検建屋内雰囲気を排気するが、その線源量は微量のため区分はⅡ。
	⑬ 空調機械室（給気）	Ⅰ	—	給気側は外気を取り込むため非管理区域



遮蔽設計区分概要図（作業エリア）



遮蔽設計区分概要図 (線源位置)

c. 遮蔽設計区分設定における遮蔽等を考慮した線量評価値

遮蔽設計区分設定における遮蔽厚の設定設計については、保守点検建屋における点検を行わない「平常時」と点検時の「作業時」で、線源の有無により遮蔽区分が変わることから、各エリアの「平常時」において、他作業により遮蔽設計区分が変動（例えばⅡ区分からⅢ区分に変動）しないようにエリア境界の遮蔽厚を設定し、遮蔽による線量率を評価した。

なお、資機材保管エリアにおいては、常に資機材が保管され線源が存在することで設計する。

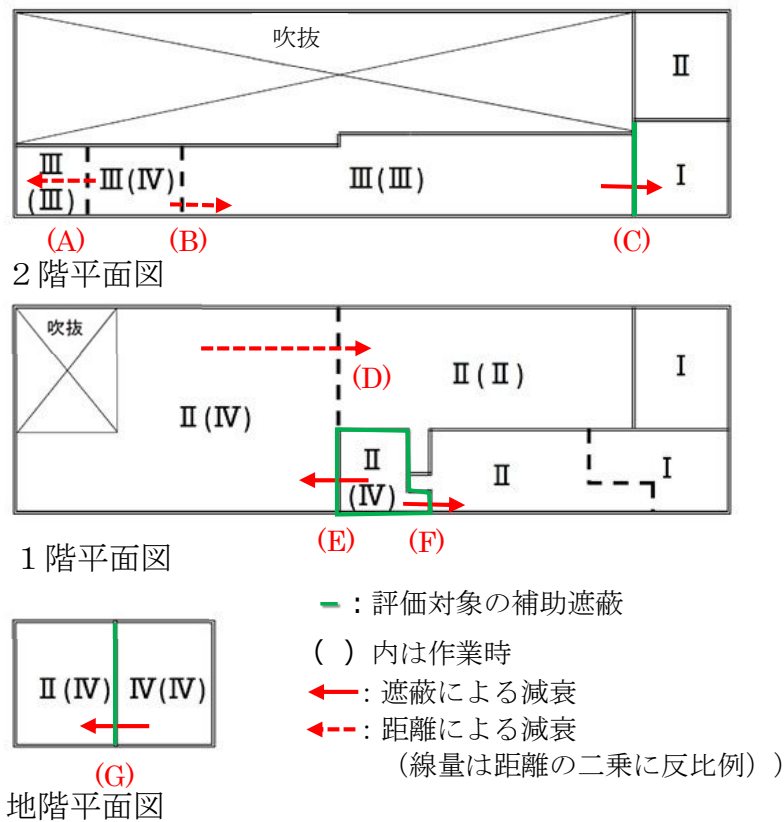


図 遮蔽設計区分概要図

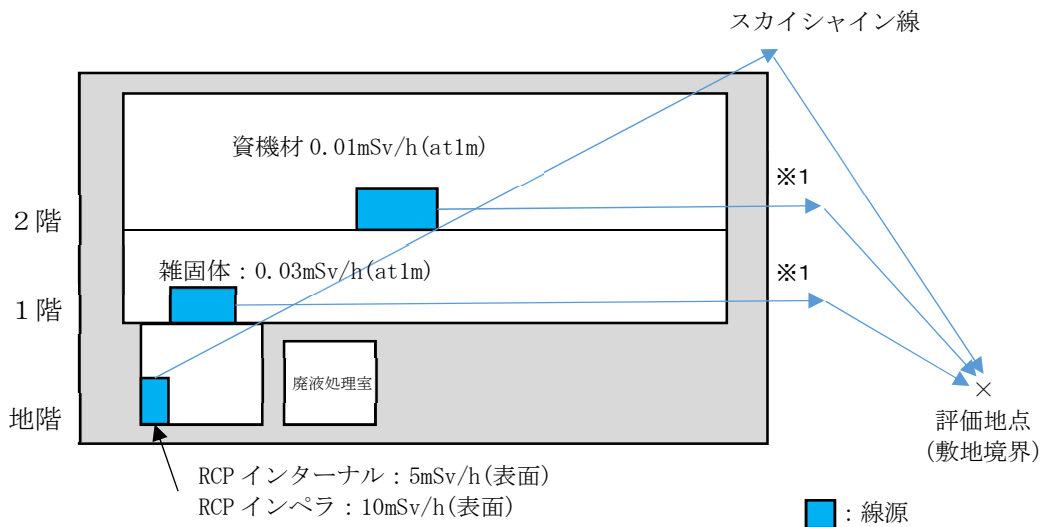
表 遮蔽設計区分線量評価値

評価箇所	遮蔽設計区分	線量 (mSv/h)
A	(Ⅳ) →Ⅲ	距離減衰にて 0.15mSv/h 以下
B	(Ⅳ) →Ⅲ	同上
C	(Ⅲ) →Ⅰ	遮蔽により約 0.001mSv/h
D	(Ⅳ) →Ⅱ	距離減衰にて 0.01mSv/h 以下
E	(Ⅳ) →Ⅱ	遮蔽により約 0.003mSv/h
F	(Ⅳ) →Ⅱ	遮蔽により約 0.004mSv/h
G	Ⅳ (Ⅳ) →Ⅱ	遮蔽により約 0.010mSv/h

(4) 敷地境界での空間線量率 (29 条)

a. 線量評価に用いる接源の設定

一次冷却材ポンプインターナル分解点検のインターナル (5mSv/h(表面)) 及びインペラ (10mSv/h(表面))、雑固体 (0.03mSv/h(at1m))、並びに資機材 (0.01mSv/h(at1m)) の線源については、通年、保修点検建屋内に配置しているものとして、敷地境界での空間線量率 (直接線、スカイシャイン線) を評価している。なお、その他の線源については、線源と遮蔽の配置により敷地境界線量への影響が無視できることから、線源として考慮していない。



※1: 直接線は、保修点検建屋と評価地点の位置関係から、土壌により遮られるため、直接線の影響を無視する。

図 直設線及びスカイシャイン線の評価モデル概略図

b. 線量評価結果

敷地境界での空間線量率評価の結果、保修点検建屋による空間線量率は、年間 $0.9 \mu\text{Gy}$ であり、他の施設からの影響も含めた発電所全体が年間 $36.7 \mu\text{Gy}$ であり目安値 (年間 $50 \mu\text{Gy}$ 以下) を下回っていることを確認している。

2. 蒸気発生器保管庫における遮蔽設計

(1) 蒸気発生器保管庫における線源設定

蒸気発生器保管庫に保管する廃棄物の線源としては、3号炉及び4号炉の旧SG（6基）並びに除染廃棄物（SG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ドラム缶56本）を対象とし、定期検査時に計測したSGの線量計測結果等により算出した表面線量率を下表に示す。

なお、その他の保管物については、線源強度が小さく線量評価上無視できることから、線源として設定しない。

表 旧SG（6基）及び除染廃棄物の線源強度

線源	旧SG （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）	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）

(3) 遮蔽設計区分の線量率（30条第1項1号）

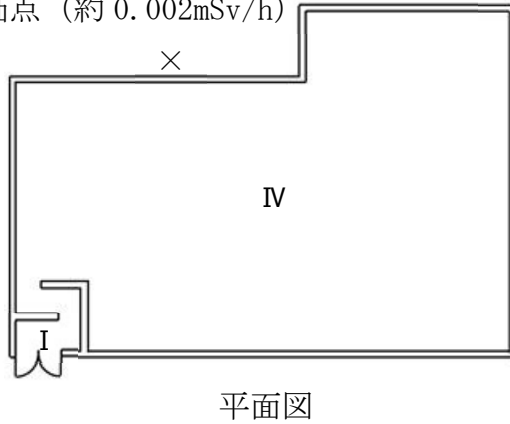
a. 遮蔽設計区分

蒸気発生器保管庫は、既設の蒸気発生器保管庫と同様に、旧SG表面で0.15mSv/hを超える（1.7 mSv/hに相当する強度がある）ことから、保管庫内の遮蔽設計区分を遮蔽設計区分Ⅳ（>0.15mSv/h）に設定する。

b. 遮蔽設計区分設定における遮蔽等を考慮した線量評価値

蒸気発生器保管庫の遮蔽設計区分Ⅳ外については、非管理区域となることから、遮蔽設計区分Ⅳ外の線量が、 $\leq 0.0026\text{mSv/h}$ （遮蔽設計区分Ⅰ）以下になるよう遮蔽厚を設定し、遮蔽による線量率を評価した。

遮蔽設計区分IV外で最大線量となる
評価点（約 0.002mSv/h）



平面図

図 遮蔽設計区分概要図

(4) 敷地境界での空間線量率（29 条）

a. 線量評価に用いる線源の設定

蒸気発生器保管庫に保管する廃棄物の線源としては、3号炉及び4号炉の旧SG（6基）並びに除染廃棄物（ドラム缶 56本）を線源として設定し、敷地境界での空間線量率（直接線、スカイライン線）を評価している。

なお、除染廃棄物ドラム缶の配置は、前(3)項と同様に線量評価上厳しい条件になるようモデルを設定し評価している。

また、その他の保管物については、線源強度が小さく線量評価上無視できることから、線源として設定しない。

b. 線量評価結果

敷地境界での空間線量率評価の結果、蒸気発生器保管庫による空間線量率は、年間 $0.45 \mu\text{Gy}$ であり、他の施設からの影響も含めた発電所全体が年間 $36.7 \mu\text{Gy}$ であり目安値（年間 $50 \mu\text{Gy}$ 以下）を下回っていることを確認している。

以上