

浜岡原子力発電所 1 号炉及び 2 号炉審査資料	
資料番号	添付書類三-1 改 2
提出年月日	令和 5 年 7 月 13 日

浜岡原子力発電所 1 号炉及び 2 号炉
平常時における被ばく評価について

令和 5 年 7 月
中部電力株式会社

目 次

1. はじめに	1
2. 平常時における被ばく評価について	2
2.1 放射性気体廃棄物の放出による被ばく	2
2.2 直接線及びスカイシャイン線による周辺公衆の被ばく評価	11
2.3 放射線業務従事者の被ばく線量評価について	15

1. はじめに

本資料は、浜岡原子力発電所 1 号炉及び 2 号炉の廃止措置計画認可申請書「添付書類三 廃止措置に伴う放射線被ばくの管理に関する説明書」に記載の平常時における周辺公衆の受ける線量評価と放射線業務従事者の被ばく評価について、本申請にて解体対象設備の追加及び熱的切断の対象設備を拡張したことから、それに伴う再評価を行い、その結果を示したものである。なお、1 号炉及び 2 号炉の変更理由と変更箇所は共通であるため本資料にて併せて説明する。

2. 平常時における被ばく評価について

2.1 放射性気体廃棄物の放出による被ばく

(1) 評価前提

2. 2. 1 放射性気体廃棄物の放出による被ばく

(1) 放射性気体廃棄物の推定放出量

① 評価前提

a. 評価対象設備

第 2 段階対象設備を対象とする。

b. 発生源

第 1 段階中に 1 号及び 2 号炉から全ての燃料の搬出を完了していることから、解体撤去工事に伴い発生する粒子状放射性物質 (ガス状の放射性物質を含む) とする。

(a) 設備の解体撤去工事

原子炉領域周辺設備のうち放射化汚染や二次的な汚染のある設備（以下、「汚染設備」という。）の解体撤去工事に伴い発生する粒子状放射性物質の放出を考慮する。

※下線は今回変更箇所を示す。

本申請にて追加した解体対象設備を含む、第 2 段階対象設備を評価対象とし、解体撤去工事に伴い発生する粒子状放射性物質を発生源として評価を行う。熱的切断の対象を「汚染設備」へ拡張したことにより、切断時に 気体 放射性廃棄物の一部 (H-3 及び C-14) がガス状で飛散することを想定し、ガス状の放射性物質の放出も含めて評価する。

前回からの追記・変更箇所

(2) 推定放出量

② 推定放出量

汚染設備の解体撤去工事に伴う粒子状放射性物質の放出量は、解体対象物切断部分の存在量に、切断作業に伴う粒子状放射性物質の気中移行割合を乗じ、建屋排気フィルタ等の捕集効率及び仮設の汚染拡大防止囲いからの漏えい割合を考慮して求め、第2段階対象設備を解体撤去した場合に伴う累積放出量として求める。また、切断方法は、気中での機械的または熱的切断として評価する。

(中略)

被ばく評価に用いる放射性物質の放射エネルギーは、「添付書類五 核燃料物質による汚染の分布とその評価方法に関する説明書」で評価する平成27年4月1日時点のものとし、解体撤去工事の工程による放射能減衰を考慮せず、保守的に評価する。解体撤去工事に伴い発生する粒子状放射性物質の環境への移行フローを図3-3に示す。解体撤去工事等に伴い発生する粒子状放射性物質は、この図に示すとおり環境に移行していくものとし、環境への年間放出量の評価は、以下のとおり行う。

$$Q_{Ai} = A_{Ri} F_{Ai} \{ r_1 (1 - D_{F1}) (1 - D_{F3}) + (1 - r_1) r_2 [(1 - r_3) (1 - D_{F2}) (1 - D_{F3}) + r_3 \{ (1 - r_4) (1 - D_{F3}) + r_4 \}] \}$$

ここで、

- Q_{Ai} : 解体撤去工事における放射性核種*i*の環境放出量(Bq/y)
- A_{Ri} : 解体撤去工事対象設備中の放射性核種*i*の存在量(Bq)
- F_{Ai} : 解体撤去工事における放射性核種*i*の排気中移行率(-)
- D_{F1} : 局所回収設備フィルタの捕集効率(-)
- D_{F2} : 汚染拡大防止囲いフィルタの捕集効率(-)
- D_{F3} : 建屋排気フィルタの捕集効率(-)
- r_1 : 局所回収設備による吸引割合(-)
- r_2 : 汚染拡大防止囲い内で粒子状放射性物質が付着・沈着を逃れる割合(-)
- r_3 : 汚染拡大防止囲いの漏えい率(-)
- r_4 : 建屋の漏えい率(-)

粒子状放射性物質の年間放出量は次式で評価できる。

$$Q_i = \sum Q_{Ai}$$

解体撤去工事に伴い発生する粒子状放射性物質の環境への放出量評価に使用するパラメータを表3-3に示す。パラメータのうち汚染拡大

防止囲いフィルタの捕集効率(D_{F2})を考慮する場合に加え汚染拡大防止
囲いフィルタの捕集効率(D_{F2})を考慮しない場合を想定するとともに、
解体撤去工事に放射性核種 i の排気中移行率(F_{Ai})の設定において欠損容
積率及び欠損面積率のばらつきを考慮し、粒子状放射性物質の環境への
放出量の変動を想定する。

切断作業時の建屋からの漏えいは、換気設備を維持管理することから、
漏えいの可能性は低いため無視する。

以上より、解体撤去工事に伴う粒子状放射性物質の環境への推定放出
量は、表 3-4 のとおり 1 号炉約 8.6×10^8 Bq～約 2.0×10^9 Bq となる。

② 推定放出量

(中略)

以上より、解体撤去工事に伴う粒子状放射性物質の環境への推定放出
量は、表 3-4 のとおり 2 号炉約 7.9×10^8 Bq～約 1.5×10^9 Bq となる。

※下線は今回変更箇所を示す。

ア) 熱的切断の対象設備の選定

熱的切断の対象設備は、第 2 段階対象設備のうち、「機械的切断では困難・非効率
となる部位(タンク類、大口径配管等の大型機器)を対象に採用する」(「廃止措置計
画本文五 表 5-2 第 2 段階対象設備の解体撤去の工事方法」と記載している。]

タンク類、大口径配管等の大型機器の機械的切断は、切断長が長くなるため、手
作業による切断ではなく、固定式の切断装置を用いた自動切断が中心となるが、解
体対象設備の設置場所が狭隘などの理由で切断装置の設置が困難な場合は、電動ノ
コギリのようなハンディタイプの振動工具を用いて長時間切断する必要性が生じる。

一方、熱的切断は、機械的切断と比較して切断時間の大幅な短縮が可能であるこ
とに加え、切断器(トーチ)を用いて手作業で切断部を溶融し、溶融部をガスによ
り吹き飛ばす非接触型の切断工法であり、作業員の被ばく、振動障害等の労働災害

のリスク低減の観点で優位性のある切断方法である。

熱的切断の採用にあたっては、公衆被ばくのリスクを想定し、「機械的切断では困難・非効率となる部位（タンク類、大口径配管等の大型機器）」に限ることとする。

熱的切断を適用する代表例を以下に示す。

- ・タンク類（例：サプレッションチェンバ、復水タンク）
- ・大口径配管（例：主蒸気系配管、給復水系配管）
- ・その他大型機器（例：余熱除去系ポンプ、主蒸気隔離弁）

イ) 放出量の評価方法

熱的切断の対象設備の拡張に伴い、ガス状の放射性物質の放出を想定した評価を行う。具体的には、機械的切断と同様に「現実的条件」と「保守的条件」の場合に分けて、それぞれに「欠損容積率又は欠損面積率」と「汚染拡大防止囲いフィルタの有無」のパラメータを設定し、評価対象設備に含まれる放射性物質の存在量から、機械的切断、熱的切断の対象設備ごとに、放射性核種ごとの環境への放射性物質の推定放出量を算出する。

 	現実的条件
 	保守的条件

表 3-3 解体撤去工事に伴い発生する粒子状放射性物質の環境への
放出量評価に使用するパラメータ (第 2 段階)

パラメータ	機械的切断				熱的切断				備考
	欠損容積率又は 欠損面積率	4%	欠損容積率又は 欠損面積率	10%	欠損容積率又は 欠損面積率	5.6%	欠損容積率又は 欠損面積率	14%	
	汚染拡大防止 囲いフィルタ	有	汚染拡大防止 囲いフィルタ	無	汚染拡大防止 囲いフィルタ	有	汚染拡大防止 囲いフィルタ	無	
F_{Ai} : 解体撤去工事における放射性核種 i の排気中移行率*1	8.0×10^{-6}		2.0×10^{-5}		2.8×10^{-3}		7.0×10^{-3}		放射化機器 汚染機器 *2
D_{F1} : 局所回収設備フィルタの捕集効 率				0					*2 *3
D_{F2} : 汚染拡大防止囲いフィルタの捕 集効率	0.99		0		0.99 (0)		0		*2 *3
D_{F3} : 建屋排気フィルタの捕集効率		0.99				0.99 (0)			*3
r_1 : 局所回収設備による吸引割合				0					
r_2 : 汚染拡大防止囲い内で粒子状放射 性物質が付着・沈着を逃れる割合				0					
r_3 : 汚染拡大防止囲いの漏えい率				0.005					*4
r_4 : 建屋の漏えい率				0					

*1 排気中移行率=欠損容積率又は欠損面積率×粒子飛散率(*4)

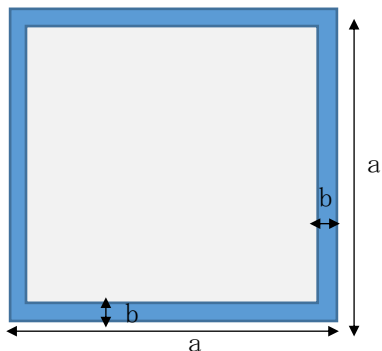
*2 0内の数値は H-3, C-14 の排気中移行率

*3 高性能粒子フィルタを使用 (ただし、熱的切断の場合は H-3, C-14 を揮発性核種として扱い、当該核種のフィルタ捕集効率を 0 とした)

*4 財団法人電力中央研究所:「廃止措置工事環境影響評価ハンドブック (第 3 次版)」(平成 19 年) から引用

① 欠損容積率又は欠損面積率

熱的切断を想定した欠損幅※を適用 (「廃止措置工事環境影響評価ハンドブック」
p130 より設定) し、汚染拡大防止囲いフィルタの捕集効率を考慮する場合と考慮し
ない場合を想定して設定している。切断長については、収納容器をもとに設定して
いる。



$$(\text{欠損容積率又は欠損面積率}) = (a \times b \times 4) / (a \times a)$$

	機械的切断		熱的切断	
切断長 (a) (cm)	100	40	100	40
欠損幅 (b) (cm)	1	1	1.4	1.4
欠損容積率又は欠損 面積率 (%)	4	10	5.6	14

図 1 切断片と欠損幅

※ 欠損幅とは、切断によって欠損する切断片の容積又は面積の幅をいう。

② 排気中移行率

熱的切断による粒子飛散率を「廃止措置工事環境影響評価ハンドブック」より設定した〔添付資料 14 参照〕。保守的な評価を行うため、H-3、C-14 については全量ガス状の放射性物質となることとする。

③ フィルタの捕集効率

保守的な評価を行うため、H-3、C-14 については全量ガス状の放射性物質となることとし、汚染拡大防止囲いフィルタおよび建屋排気フィルタでの捕集効率を「0」とする。

設定したパラメータを用いた評価結果（「廃止措置計画 添付書類三 表 3-4 解体撤去工事に伴い発生する粒子状放射性物質の環境への推定放出量」）の内訳である、個々の条件における評価結果を添付資料 2～13 に示す。〔また、添付資料 14 に 1 号炉サブ
レッションチェンバを例とし、各条件における被ばく評価の計算過程を示す。〕

2.1.1 線量評価

(2) 線量評価

(中略)

気象データは、「原子炉設置許可申請書 添付書類六」に従い観測した敷地内における気象観測値（2009年4月から2010年3月までの1年間の地上10mの気象データ）を使用した。評価に使用した気象データは近年の気象データ（2010年度～2019年度の10年間）による異常年検定を行い、異常がないことを確認した。

(中略)

評価対象核種はそれぞれの被ばく経路ごとに実効線量へ大きく（90%以上）寄与する核種を抽出する。

※下線は今回変更箇所を示す。

(1) 気象データについて

線量評価に使用する2009年4月から2010年3月までの1年間の気象データの異常年検定について、使用する近年の気象データを2010年～2019年の10年間に更新して実施し、当該1年間の気象データを用いて線量評価することについての妥当性を確認している。その結果を添付資料1に示す。

(2) 評価対象核種の抽出について

評価対象核種は、5年から300年の間で存在割合が0.1%以上となる核種55核種を対象としており、具体的には、措置計画「添付書類五 表5-1 解体対象設備」に示している。このうち、熱的切断と機械的切断の評価の合算結果に対し、各被ばく経路において、実効線量へ大きく（90%以上）寄与する核種について、表1、2のとおり被ばく経路ごとに抽出しており、1号炉、2号炉ともに6核種となる。

表 1 各被ばく経路において被ばく寄与 90%以上を占める核種 (1号炉)

被ばく経路	核種	実効線量 ($\mu\text{Sv/y}$)	被ばく経路 に占める寄 与割合	被ばく寄与 90%以上 を占める核種による 実効線量($\mu\text{Sv/y}$)
地表沈着物による外部被ばく	Co-60	約 2.5	約 100%	約 2.5
放射性雲からの γ 線による 外部被ばく	Co-60	約 3.3×10^{-5}	約 100%	約 3.3×10^{-5}
吸入摂取による内部被ばく	Co-60	約 9.6×10^{-2}	約 91%	約 2.1×10^{-1}
	Cm-244	約 3.8×10^{-2}		
	Pu-241	約 2.7×10^{-2}		
	Pu-238	約 2.6×10^{-2}		
	Pu-239	約 1.7×10^{-2}		
農産物摂取による内部被ばく	C-14	約 4.2×10^{-1}	約 96%	約 6.7×10^{-1}
	Co-60	約 2.5×10^{-1}		
畜産物摂取による内部被ばく	C-14	約 3.9×10^{-2}	約 95%	約 4.8×10^{-2}
	Co-60	約 9.0×10^{-3}		
			合計	約 3.3

表 2 各被ばく経路において被ばく寄与 90%以上を占める核種 (2号炉)

被ばく経路	核種	実効線量 ($\mu\text{Sv/y}$)	被ばく経路 に占める寄 与割合	被ばく寄与 90%以上 を占める核種による 実効線量($\mu\text{Sv/y}$)
地表沈着物による外部被ばく	Co-60	約 2.1	約 100%	約 2.1
放射性雲からの γ 線による 外部被ばく	Co-60	約 2.8×10^{-5}	約 100%	約 2.8×10^{-5}
吸入摂取による内部被ばく	Co-60	約 8.2×10^{-2}	約 92%	約 1.6×10^{-1}
	Cm-244	約 2.6×10^{-2}		
	Pu-241	約 1.9×10^{-2}		
	Pu-238	約 1.7×10^{-2}		
	Pu-239	約 1.1×10^{-2}		
農産物摂取による内部被ばく	C-14	約 3.3×10^{-1}	約 96%	約 5.4×10^{-1}
	Co-60	約 2.2×10^{-1}		
畜産物摂取による内部被ばく	C-14	約 3.0×10^{-2}	約 95%	約 3.8×10^{-2}
	Co-60	約 7.6×10^{-3}		
			合計	約 2.8

2.1.2 線量評価結果

(3) 線量評価結果

(中略)

「線量告示」に定める周辺監視区域外における空気中の濃度限度を超えないようにするとともに、放出管理目標値を設定し、これを超えないように努める。第2段階中の放出管理目標値は、粒子状放射性物質の環境への放出量の変動を考慮し、1号及び2号炉合計 5.0×10⁸Bq/y (Co-60) と設定する。

※下線は今回変更箇所を示す。

放出管理目標値は、粒子状放射性物質の環境への放出量の変動を考慮した周辺公衆の実効線量評価を基に設定しており、評価対象核種のうち最も周辺公衆の実効線量に寄与する Co-60 を代表核種として管理することとしている。本申請における被ばく評価についても Co-60 の代表性 (1号炉で約83%、2号炉で約85%) を確認したことから、引き続き、Co-60 を放出管理目標値の監視対象核種とする。

第2段階の解体撤去工事に伴う Co-60 の放出量は表3のとおりであり、1号及び2号炉の合計値となる $5.0 \times 10^8 \text{Bq/y}$ (Co-60) を放出管理目標値として設定する。

表3 第2段階における解体撤去工事に伴う Co-60 の放出量

	Co-60 の放出量(Bq)
1号炉	約 2.7×10^8
2号炉	約 2.3×10^8
合計	約 5.0×10^8

2.2 直接線及びスカイシャイン線による周辺公衆の被ばく評価

2. 2. 4 直接線及びスカイシャイン線による周辺公衆の被ばく評価

(中略)

第2段階中に解体撤去する機器の表面線量当量率を考慮し、解体撤去に伴い発生する解体撤去物を保管する保管区域からの直接線及びスカイシャイン線による周辺公衆の線量を評価する。評価結果を表3-7に示す。

第2段階中に浜岡原子力発電所からの直接線量及びスカイシャイン線量の合計が周辺監視区域境界外で最大となるのは、5号炉タービン建屋から東南東約175mに位置する地点であり、その空気カーマは約41 μ Gy/yとなる。

この値は、「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「50 μ Gy/y程度」を下回る。

(中略)

表3-7 平常時における直接線量及びスカイシャイン線量
(1号～5号炉及び廃棄物減容処理装置建屋(合計))(第2段階)

<u>1号及び2号炉 原子炉運転中 (μGy/y)</u>	<u>1号及び2号炉 第2段階中 (μGy/y)</u>
<u>約41 (約21)</u>	<u>約41 (約4.8)</u>

()内は、廃止措置対象施設からの線量が最も高い地点での値を示す。

※下線は今回変更箇所を示す。

第2段階の解体撤去工事で発生する放射性固体廃棄物は、運転中の雰囲気線量当量率を下回るよう保管できるものとして、当該放射性固体廃棄物からの直接線及びスカイシャイン線によって、原子炉設置許可における周辺公衆の被ばく線量を上回ることはないとして評価してきた。本申請において、原子炉建家内およびタービン建家内の保管区域の設定予定区域を新たに追加したことから、運転中の雰囲気線量当量率を上回ることを想定することとし、周辺公衆の被ばく線量の算出に用いる放射性固体廃棄物の保管状態を以下のとおり設定したうえで、被ばく評価を行っている。

(1) 保管条件

保管の対象は、今回申請した解体対象設備を加えた第2段階対象設備のL3廃棄物であり、総放射エネルギーは約 $2.3 \times 10^{12} \text{Bq}$ である。本評価においては、追加した保管予定区域を包含するよう、各フロアの全面にL3廃棄物を収納した保管容器（以下、「保管容器」という。）を保管することを想定し、以下のア)、イ)の保管条件を用いた保守的な評価を行う。

ア) L3廃棄物の保管状態と保管容器の線量当量率

各フロアの全面にL3廃棄物を保管する状態を、原子炉建家およびタービン建家の構造を模式的に扱って評価を行う。保管容器の保管状態については、実運用を加味し、原子炉建屋B2Fは保管容器を3段積み、それ以外は2段積みを想定する。ただし、各建家の最上階は、周辺公衆の被ばく線量への寄与が大きいことを考慮し、L3廃棄物を保管することを想定しない。

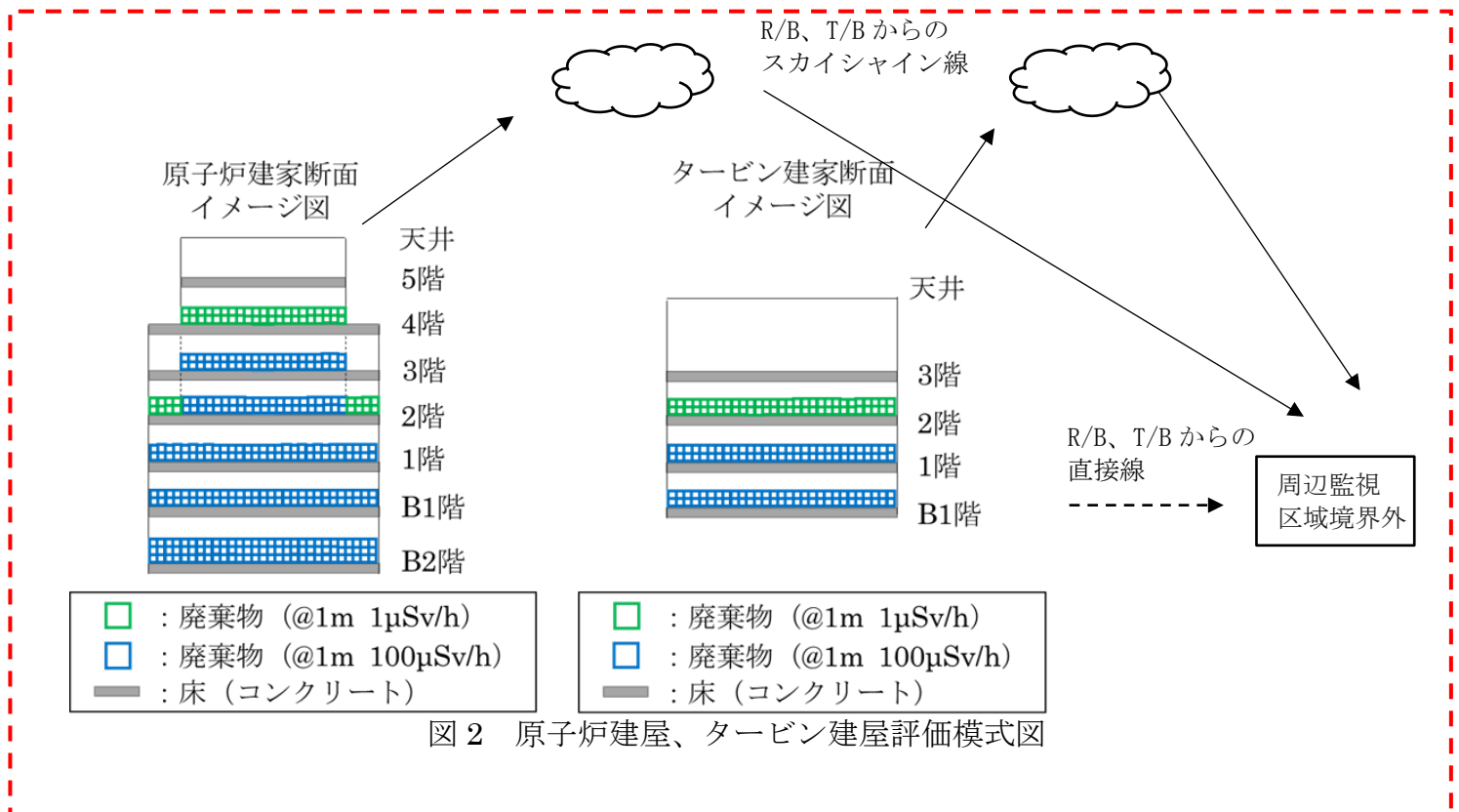


図2 原子炉建屋、タービン建屋評価模式図

各建家の最上階の直下部分については、周辺公衆の被ばく線量への寄与を考慮し、保管容器の表面から 1m の距離での線量当量率が、検出可能な測定下限目安値 ($1\mu\text{Sv/h}$) までのものを保管することを想定する。

それ以外の部分については、実運用を想定し、保管容器の表面から 1m の距離での線量当量率が、L3 廃棄物等の発電所内運搬時の制限値 ($100\mu\text{Sv/h}$) までのものを保管することを想定する。

イ) 線源条件

保管容器を $1.6\text{m} \times 1.6\text{m} \times 1.6\text{m}$ ※と想定し、ア) で用いた保管容器の表面から 1m での線量当量率となるよう、QAD コードを用いて線源強度 (Co-60 想定) を求める。その結果を表 4 に示す。また、保管する各フロアの面積から割り出される保管容器の数量を用いて、評価上の L3 廃棄物の放射エネルギーおよび L3 廃棄物の想定保管重量を算出する。(※第 2 回廃炉等に伴う放射性廃棄物の規制に関する検討チーム会合事連報告資料参照)

表 4 想定する線源強度と総放射エネルギーおよび重量

保管容器の表面から 1m での線量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	容器 1 箱あたりの線源強度 (Bq)	保管容器の数量 (箱)	放射エネルギー (Bq)	想定保管重量(t)※
100	約 2.46×10^9	約 49,000	約 1.2×10^{14}	約 156,000
1	約 2.46×10^7	約 17,100	約 4.2×10^{11}	約 54,000

※容器収納重量: 約 3.2t/容器 (充填率 10%、鉄密度 7.8g/cm^3)

なお、評価に用いた L3 廃棄物の総放射エネルギーは 約 1.2×10^{14} Bq であり、前述した第 2 段階対象設備の L3 廃棄物の総放射エネルギー: 約 2.3×10^{12} Bq に比べて十分保守的な

値である。また、評価に用いた L3 廃棄物の総保管可能重量は約 210,000t であり、第 2 段階対象設備の L3 廃棄物の総重量 (14,600t) に比べて十分保守的である。

(2) 評価コード

廃止措置対象設備からの直接線は地形的に評価地点に到達しないことから、スカイシャイン線量のみ評価を行う。線源は QAD コードを、スカイシャイン線については G33 コードを用いて評価した。(この評価コードはこれまでの安全審査でも用いている。)

2.3 放射線業務従事者の被ばく線量評価について

3 放射線業務従事者の被ばく評価

3.1 第2段階中

第2段階中における放射線業務従事者の総被ばく線量は、各建屋の設備の解体撤去工事における人工数を想定し、作業場所の代表雰囲気線量当量率を乗じることにより評価する。作業場所の代表雰囲気線量当量率は、平成26年12月時点又は令和4年8月時点の測定データとする。

評価の結果、第2段階中に想定する施設の解体撤去工事における放射線業務従事者の総被ばく線量は、1号及び2号炉でそれぞれ約1.5人・Sv/yを下回る見込みであると評価した。

内部被ばくは、「五 廃止措置対象施設のうち解体の対象となる施設及びその解体の方法」の「4.2 放射線従事者の被ばく低減対策」に記載した汚染拡大防止対策やマスク等の防護具の着用等により防止する。

※下線は今回変更箇所を示す。

評価については、解体撤去工事の作業工数と作業エリアの雰囲気線量当量率（評価時点での最新データを基に選定）を用いて、本申請で追加する設備に対する放射線業務従事者被ばくを算定し、これまでの算定値に加えて評価する。本申請で追加する設備に対する評価結果を表5、6に示す。内部被ばくについては、熱的切断の採用範囲を拡張する場合においても、局所排風機等の設置による汚染拡大防止対策やエアラインマスク等の防護具の着用等により防止することから、引き続き、放射線業務従事者の被ばく評価には考慮しない。

表5 放射線業務従事者の被ばく線量（1号炉）

対象機器	作業工数 (人・日)	代表雰囲気線量 (mSv/h)	作業時間 (h)	被ばく線量 (人・Sv)
サプレッション・チェンバ	約18,000	0.02	4	約1.4
機器搬入口	約2,000	0.01		約0.1
			合計	約1.5

(注) 端数処理のため合計値が一致しないことがある

表 6 放射線業務従事者の被ばく線量 (2号炉)

対象機器	作業工数 (人・日)	代表雰囲気線量 (mSv/h)	作業時間 (h)	被ばく線量 (人・Sv)
サプレッション・チェンバ	約 21,000	0.02	4	約 1.7
機器搬入口	約 2,000	0.01		約 0.1
			合計	約 1.8

(注) 端数処理のため合計値が一致しないことがある

本申請で追加した設備の解体撤去期間は約 3 年を想定していることから、年平均 1 号炉で約 0.5 人・Sv、2 号炉で約 0.6 人・Sv となる。既認可設備に対する放射線業務従事者は 1 号炉で約 0.6 人・Sv、2 号炉で約 0.8 人・Sv であることから、第 2 段階中における放射線業務従事者の総被ばく線量は 1 号炉で約 1.1 人・Sv、2 号炉で約 1.4 人・Sv となる。

したがって、第 2 段階中に想定する施設の解体撤去工事における放射線業務従事者の総被ばく線量は、1 号及び 2 号炉でそれぞれ約 1.5 人・Sv/y を下回る見込みであるとの評価に変更はない。

以 上