

**浜岡原子力発電所1号炉及び2号炉
廃止措置計画変更認可申請書について
(審査会合における指摘事項回答)**

**令和5年9月19日
中部電力株式会社**

令和5年5月18日の審査会合における指摘事項回答

No	指摘事項の内容
1	【添付書類三】 熱的切断対象の拡張に伴う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等の妥当性について説明すること。
2	【添付書類三】 保管区域の変更にともなう直接線・スカイシャイン線の線量評価等の妥当性について説明すること。

審査会合における指摘事項回答（No.1）

指摘事項【添付書類三】

熱的切断対象の拡張に伴う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等の妥当性について説明すること。

放射性気体廃棄物の放出による被ばく評価に関して以下の評価について説明する。

- ①放射性気体廃棄物の推定放出量評価
- ②線量評価

○評価にあたっての前提

- 評価対象設備は、本申請にて追加した解体対象設備を含む第2段階対象設備とし、放射性物質の発生源は、解体撤去工事に伴い発生する粒子状放射性物質とする。
- 熱的切断の対象を汚染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）へ拡張したことにより、機械的切断の場合に考慮していなかった放射性気体廃棄物の一部（H-3及びC-14）が、ガス状の放射性物質として放出することも含めて評価する。
- 解体対象設備の解体撤去が1年間で行われるものとして評価する。
- 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。

①放射性気体廃棄物の推定放出量評価

○熱的切断及び機械的切断の対象設備の選定

周辺公衆の被ばく低減、一般労働災害防止等の観点から、解体工法は基本的に機械的切断を選定するが、作業性向上及び作業時間の短縮を図るため、解体工法の基本的な考え方に基づき、ガス溶断等の熱的切断を選定する。ただし、熱的切断の対象を「汚染設備」へ拡張するため、熱的切断の採用にあたっては、公衆被ばくのリスクを考慮し、「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。

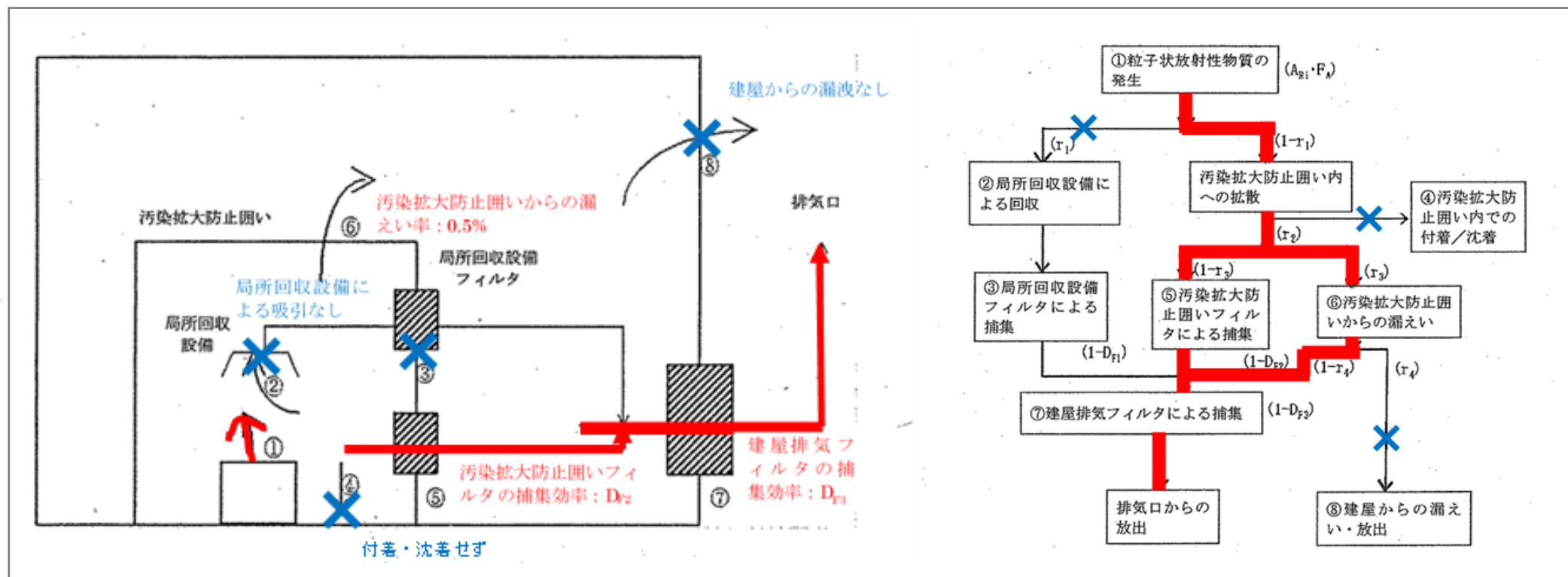
解体工法の基本的な考え方

工法	機器の例	基本的な考え方
熱的切断 (ガス溶断等)	タンク類 (例：サプレッション・チェンバ、復水タンク)	<p>大型機器の切断は、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ることとなり、長時間切断作業の必要性が生じる。</p> <p>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ため、熱的切断を採用する。</p>
	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)	
機械的切断 (バンドソー等)	小口径配管	周辺公衆の被ばく低減、一般労働災害防止等の観点から、機械的切断を採用する。

①放射性気体廃棄物の推定放出量評価

○推定放出量の評価方法

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示す。発生する粒子状放射性物質は、移行フロー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を評価する。



粒子状放射性物質の環境への移行フロー

①放射性気体廃棄物の推定放出量評価

○推定放出量の評価に使用するパラメータ

- 機械的切断と同様に、熱的切断についても粒子状放射性物質の環境への放出量の変動を想定し、「欠損容積率又は欠損面積率」、「排気中移行率」及び「汚染拡大防止囲いフィルタの有無」のパラメータを「現実的条件」と「保守的条件」に分けて設定する。
- ガス状の放射性物質（H-3、C-14）は全量飛散し、フィルタに捕集されないとして、保守的に評価する。

 現実的条件
 保守的条件

推定放出量の評価に使用するパラメータ

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 汚染拡大防止囲いフィルタ	4% 有	欠損容積率又は欠損面積率 汚染拡大防止囲いフィルタ	10% 無		欠損容積率又は欠損面積率 汚染拡大防止囲いフィルタ	5.6% 有	欠損容積率又は欠損面積率 汚染拡大防止囲いフィルタ	14% 無
F_{At} : 解体撤去工事における放射性核種 <i>i</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
D_{F1} : 局所回収設備フィルタの捕集効率	1.2×10^{-2}		3.0×10^{-2}			3.9×10^{-2} (5.6×10^{-2})		9.8×10^{-2} (1.4×10^{-1})	汚染機器*2
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									
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				0.005					*4
r_4 : 建屋の漏えい率									

*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

【熱的切断の各々の条件におけるパラメータ設定例】

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に対し、想定する切断長を変動

② 排気中移行率

「廃止措置工事環境影響評価ハンドブック」に記載されている熱的切断による粒子飛散率と①を乗じた値

③ フィルタの捕集効率

ガス状の放射性物質を除く粒子状放射性物質について、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

①放射性気体廃棄物の推定放出量評価

○粒子状放射性物質（ガス状の放射性物質を含む）の放出量計算過程

- 評価対象設備に含まれる放射性物質から、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。
- 設定したパラメータを用いた評価結果として、代表的な機器の放出量の計算過程の一例を示す。

粒子状放射性物質（ガス状の放射性物質を含む）の放出量計算過程

主な設備	放射能レベル別区分	汚染の種類	核種の例 ※1	放射能濃度	重量	インベントリ	解体工法	飛散率	欠損容積率又は欠損面積率 ※2	局所回収設備フィルタの捕集効率	汚染拡大防止圏内フィルタの捕集効率 ※2	建屋排気フィルタの捕集効率	局所回収設備による吸引割合	汚染拡大防止圏内で粒子状放射性物質が付着・沈着を逃れる割合	汚染拡大防止圏内の漏えい率	建屋の漏えい率	放出量	
				(Bq/t)	(t)	(Bq)		(%)									(%)	(Bq)
				[A]	[B]	[C]		D _{F1}									D _{F2}	D _{F3}
$A \times B / 100 \times C / 100 \times \{r_1(1-D_{F1})(1-D_{F3}) + (1-r_1)r_2\{(1-r_3)(1-D_{F2})(1-D_{F3}) + r_3\{(1-r_4)(1-D_{F3}) + r_4\}\} = \text{放出量}$																		
サブレーション・チェンバ	L3	付着	Co-60	5.0E+06	483.3	2.4E+09	気中熱的切断	70	14	0	0	0.99	0	1	0.005	0	2.4.E+06	
			H-3	6.0E+05		2.9E+08		100				4.1.E+07						
			C-14	5.2E+04		2.5E+07		100				3.5.E+06						
主蒸気系配管	L3	付着	Co-60	1.4E+07	3.9	5.5E+07	気中熱的切断	70	14	0	0	0.99	0	1	0.005	0	5.4.E+04	
			H-3	2.3E+06		8.8E+06		100				1.2.E+06						
			C-14	1.5E+05		5.8E+05		100				8.1.E+04						
		放射化	Co-60	1.1E+06		4.2E+06		50				0.99					3.0.E+03	
			H-3	8.3E+04		3.2E+05		100				0					4.5.E+04	
			C-14	2.6E+03		1.0E+04		100				0					1.4.E+03	
余熱除去系ポンプ	L3	付着	Co-60	3.5E+07	5.2	1.8E+08	気中熱的切断	70	14	0	0	0.99	0	1	0.005	0	1.8.E+05	
			H-3	3.2E+05		1.7E+06		100				2.3.E+05						
			C-14	3.6E+05		1.9E+06		100				2.7.E+05						
水圧制御ユニット	L3	付着	Co-60	6.3E+06	0.44	2.8E+06	気中機械的切断	30	10	0	0	0.99	0	1	0.005	0	8.4.E+02	

※1：全55核種について計算しているが、代表核種について記載

※2：保守的条件でのパラメータを記載

②線量評価

○評価条件

- 「日本原子力学会標準「原子力施設の廃止措置の計画：2009」」を参考に5つの被ばく経路を考慮
- 各被ばく経路において、実効線量への寄与の大きい核種（合計90%以上）を抽出し、それら核種による実効線量を合計して評価する。
- 実効線量の評価にあたっては、線量評価に使用する気象データ（2009年4月から2010年3月までの1年間）について、近年の気象データ（2010年度～2019年度の10年間）にて異常年検定を実施し、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。
- 気体廃棄物中の粒子状物質による実効線量は、推定放出量評価で用いた保守的条件により評価する。

放射性気体廃棄物の放出による被ばく経路

外部被ばく	地表沈着物による外部被ばく
	放射性雲からのγ線による外部被ばく
内部被ばく	吸入摂取による内部被ばく
	農産物摂取による内部被ばく
	畜産物摂取による内部被ばく

②線量評価

○各被ばく経路において被ばく寄与90%以上を占める核種

各被ばく経路において、熱的切断と機械的切断における核種毎の実効線量を合算し、実効線量への寄与の大きい核種（合計90%以上）について抽出する。

各被ばく経路において被ばく寄与90%以上を占める核種（機械的切断）

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
地表沈着物による外部被ばく	Co-60	約 1.8	約 100%
放射性雲からの γ 線による外部被ばく	Co-60	約 2.4×10^{-5}	約 100%
吸入摂取による内部被ばく	Co-60	約 7.0×10^{-2}	約 91%
	Cm-244	約 2.7×10^{-2}	
	Pu-241	約 2.0×10^{-2}	
	Pu-238	約 1.9×10^{-2}	
農産物摂取による内部被ばく	Pu-239	約 1.2×10^{-2}	約 91%
	Co-60	約 1.8×10^{-1}	
	C-14	約 1.1×10^{-2}	
畜産物摂取による内部被ばく	Co-60	約 6.5×10^{-3}	約 91%
	C-14	約 9.5×10^{-4}	
	Ni-63	約 8.0×10^{-4}	

各被ばく経路において被ばく寄与90%以上を占める核種（熱的切断）

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
地表沈着物による外部被ばく	Co-60	約 6.9×10^{-1}	約 100%
放射性雲からの γ 線による外部被ばく	Co-60	約 9.0×10^{-6}	約 100%
吸入摂取による内部被ばく	Co-60	約 2.7×10^{-2}	約 91%
	Cm-244	約 1.1×10^{-2}	
	Pu-241	約 7.4×10^{-2}	
	Pu-238	約 7.0×10^{-2}	
	Pu-239	約 4.6×10^{-2}	
農産物摂取による内部被ばく	C-14	約 4.1×10^{-1}	約 98%
	Co-60	約 7.0×10^{-2}	
畜産物摂取による内部被ばく	C-14	約 3.8×10^{-2}	約 92%

被ばく経路ごとの熱的切断、機械的切断ごとの核種及び合算した核種による実効線量（例：1号炉の保守的条件）

各被ばく経路において被ばく寄与90%以上を占める核種（合算）

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}		
農産物摂取による内部被ばく	Pu-239	約 1.7×10^{-2}	約 96%	約 6.7×10^{-1}
	C-14	約 4.2×10^{-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

合算

②線量評価

○線量評価結果

- 1号及び2号炉の粒子状放射性物質による実効線量の最大値は、合計値で約 $3.3 \times 10^{-1} \mu\text{Sv}/\text{y}$ （現実的条件）～約 $6.1 \mu\text{Sv}/\text{y}$ （保守的条件）となる。
- 放射性気体廃棄物及び放射性液体廃棄物による周辺監視区域境界外における第2段階中の1号炉、2号炉及び3号炉～5号炉並びに廃棄物減容処理装置建屋による年間実効線量の合計値は約 $34 \mu\text{Sv}/\text{y}$ となり、「原子炉設置許可申請書添付書類九」に記載の値である約 $41 \mu\text{Sv}/\text{y}$ （原子炉運転中の1号炉、2号炉及び3号炉～5号炉並びに廃棄物減容処理装置建屋からの実効線量の合計値）を下回る。

平常時における実効線量
 (1号～5号炉及び廃棄物減容処理装置建屋 (合計))
 (第2段階)

	1号及び2号炉 原子炉運転中 ($\mu\text{Sv}/\text{y}$)	1号及び2号炉 第1段階中 ($\mu\text{Sv}/\text{y}$)	1号及び2号炉 第2段階中 ($\mu\text{Sv}/\text{y}$)
気体廃棄物中の粒子状物質による実効線量	—	—	<u>約 6.1</u> (約 6.1)
気体廃棄物中の希ガスのγ線による実効線量	約 26 (約 12)	約 15 (0)	約 15 (0)
液体廃棄物中の放射性物質(よう素を除く)による実効線量	約 11 (約 11)	約 11 (約 11)	約 11 (約 11)
気体廃棄物中及び液体廃棄物に含まれるよう素を同時に摂取する場合の実効線量	約 3.8 (約 2.6)	約 1.7 (0)	約 1.7 (0)
合 計	約 41 (約 26)	約 28 (約 11)	<u>約 34</u> (約 17)

() 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。

指摘事項【添付書類三】

保管区域の変更にもなう直接線・スカイシャイン線の線量評価等の妥当性について説明すること。

○評価にあたっての前提

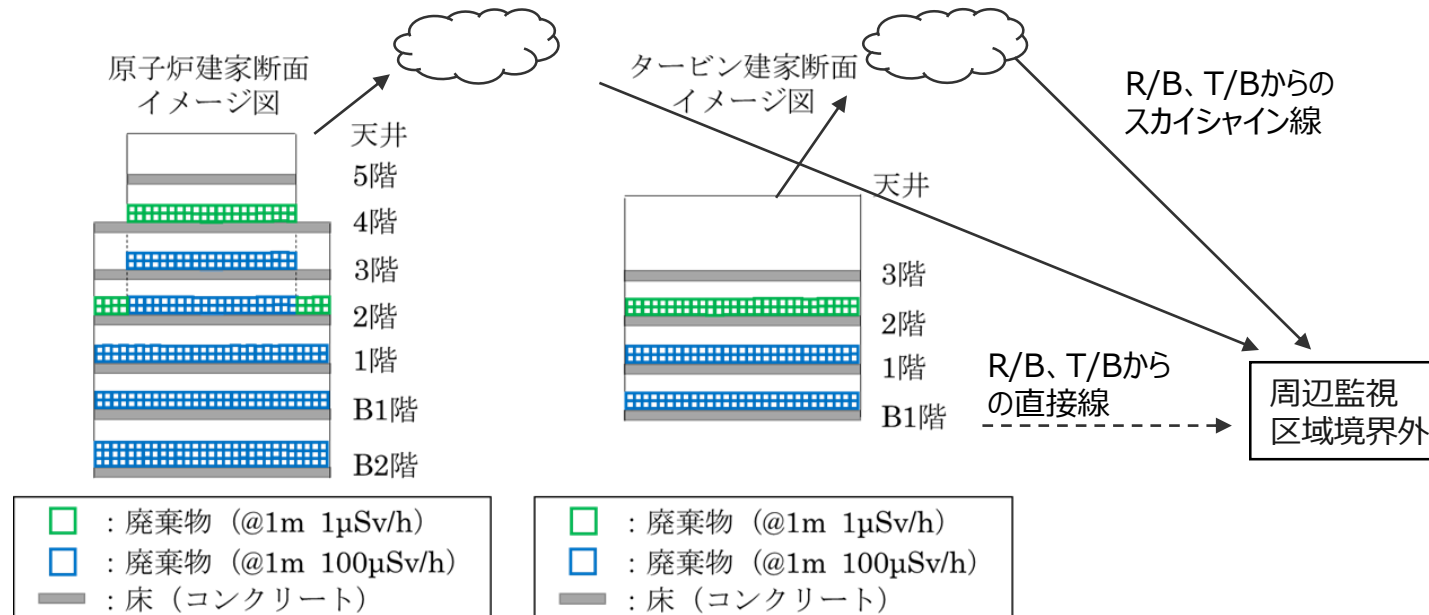
- 保管の対象は、今回申請した解体対象設備を加えた第2段階対象設備のL3廃棄物とする。
- 本評価においては、追加した保管予定区域を包含するよう、各フロアの全面にL3廃棄物を収納した保管容器（以下、「保管容器」という。）を保管することを想定する。

直接線及びスカイシャイン線による周辺公衆の被ばくの評価条件

ア) L3廃棄物の保管状態と保管容器の線量当量率

<h3>L3廃棄物の保管状態</h3>	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建家及びタービン建家において、建家の構造を模式的に扱い、保管予定区域に限定せず各フロアの全面にL3廃棄物(1.6m×1.6m×1.6m)を保管する状態を想定する。 実運用を加味し、原子炉建家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、周辺公衆の被ばく線量への寄与が大きいことを考慮し、各建家の最上階は、L3廃棄物を保管することを想定しない。
<h3>保管容器の線量当量率 (保管容器の表面から1mの距離での線量当量率)</h3>	<ul style="list-style-type: none"> 各建家の最上階の直下部分：周辺公衆の被ばく線量への寄与を考慮し、検出可能な測定下限目安値(1μSv/h)を想定する。 それ以外の部分：実運用を想定し、L3廃棄物等の発電所内運搬時の制限値(100μSv/h)を想定する。

原子炉建家、タービン建家評価模式図



イ) 線源条件

- ア) で示す保管容器の表面から1mの距離での線量当量率となるよう線源強度 (Co-60想定) を求める。
- 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を算出する。
- 評価上のL3廃棄物の総放射エネルギーは 約 1.2×10^{14} Bqであり、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。

想定する線源強度と総放射エネルギー

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)
100	約 2.46×10^9	約49,000	約 1.2×10^{14}
1	約 2.46×10^7	約17,100	約 4.2×10^{11}

直接線及びスカイシャイン線による周辺公衆の被ばくの評価結果

- 直接線及びスカイシャイン線の線量評価地点は下図に示す周辺監視区域境界のA～Eの5地点である。
- 廃止措置対象施設からの線量が最も高い地点はB時点の約4.8 $\mu\text{Gy}/\text{y}$ であるが、直接線量及びスカイシャイン線量の合計が最大となる地点はE地点の約41 $\mu\text{Gy}/\text{y}$ であり、原子炉運転中からの変動はない。
- 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 $\mu\text{Gy}/\text{y}$ 程度」を下回る。

囲み線内は機密事項に係る事項ですので公開することができません。

直接線及びスカイシャイン線の線量評価地点

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)

1号及び2号炉原子炉運転中 ($\mu\text{Gy}/\text{y}$)	1号及び2号炉第2段階中 ($\mu\text{Gy}/\text{y}$)
約41 (約21)	約41 (約4.8)

() 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。

参考

第2段階中に保管区域に保管する廃棄物の放射能レベル区分

本文十 核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物の廃棄

浜岡1号

 表 10-2 廃止措置期間中の放射性固体廃棄物の推定発生量
平成 27 年 4 月 1 日時点 (単位: トン)

放射能レベル区分		第1段階	第2段階	第3段階以降	合計
低レベル放射性廃棄物	放射能レベルの比較的高いもの (L1)	約 1 [約 1]	約 20 [約 20]	約 40 [約 40]	約 100 [約 100]
	放射能レベルの比較的低いもの (L2)	約 30 [約 30]	約 640 [約 130]	約 850 [約 370]	約 1,600 [約 600]
	放射能レベルの極めて低いもの (L3)	0 [0]	約 5,750 [約 3,490]	約 6,520 [約 6,510]	約 12,300 [約 10,000]
放射性物質として扱う必要のないもの		0 [0]	約 3,340 [約 6,110]	約 27,460 [約 27,950]	約 30,800 [約 34,100]
放射性廃棄物でないもの (管理区域外から発生した廃棄物を含む)		約 120	約 5,000	約 150,500	約 155,600
合計		約 200 [約 200]	約 14,700 [約 14,700]	約 185,400 [約 185,400]	約 200,200 [約 200,200]

- ・ [] は、解体後除染処理後の物量を示す。(除染係数を 100 とした。)
- ・ 第2段階及び第3段階以降の推定発生量には付随廃棄物を含んでいない。

本文十 (抜粋)

3. 1. 2 廃止措置中の放射性固体廃棄物の種類及び数量
 - (2) 第2段階中 第2段階中に発生する放射性固体廃棄物の種類は、主に以下のとおりである。
 - ① 液体廃棄物処理系の廃液濃縮器濃縮廃液
 - ② クラッドセパレータから発生するクラッドセパレータ廃液
 - ③ 燃料プール冷却浄化系のろ過脱塩装置から発生する使用済樹脂
 - ④ 復水脱塩装置及び液体廃棄物処理系の脱塩装置から発生する 使用済樹脂
 - ⑤ 液体廃棄物処理系のろ過装置から発生するフィルタスラッジ
 - ⑥ 第2段階対象設備の解体撤去及び汚染の除去に係る工事等の 廃止措置により発生する可燃性雑固体廃棄物
 - ⑦ 第2段階対象設備の解体撤去及び汚染の除去に係る工事等の 廃止措置により発生する不燃性雑固体廃棄物
 - ⑧ 使用済制御棒等の放射化された機器
 - ⑨ 系統除染に伴い発生する使用済樹脂等
 - ⑩ 解体撤去物等のうち放射性物質として扱う必要のないもの
- 第2段階中に発生する放射性固体廃棄物の推定発生量を表10-2に示す。

第2段階中に保管区域に保管

第2段階中に発生する放射性固体廃棄物の推定発生量 (第2段階対象設備 + 腐樹脂など解体撤去物以外の廃棄物) について記載

添付五 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

表 5-5 汚染状況の調査結果 (第2段階対象設備)

平成 27 年 4 月 1 日時点 (単位: トン)

放射能レベル区分		1号機	2号機	合計値
低レベル放射性廃棄物	L1	0 [0]	0 [0]	0 [0]
	L2	約 510 [約 510]	約 520 [約 520]	約 1,100 [約 1,100]
	L3	約 5,750 [約 3,490]	約 8,810 [約 2,130]	約 14,600 [約 5,700]
CL		約 3,340 [約 6,110]	約 5,660 [約 12,850]	約 9,000 [約 19,000]
放射性廃棄物でないもの (管理区域外から発生した廃棄物を含む)		約 5,000	約 900	約 5,900
合計値		約 14,600 [約 14,600]	約 15,900 [約 15,900]	約 30,400 [約 30,400]

除染前L2はすべてL3以下に除染

- ・ [] は、解体後除染処理後の物量を示す。(除染係数を 100 とした。)
- ・ 第2段階及び第3段階以降の推定発生量には付随廃棄物を含んでいない。

添付五 (抜粋)

- 1 概要

放射線業務従事者及び周辺公衆の被ばくを低減するよう、適切な解体撤去 工法及び解体撤去手順を策定するため並びに解体撤去工事に伴って発生する放射性固体廃棄物発生量の評価精度の向上を図るため、設備の汚染状況を調査する。設備に残存する放射性物質の核種組成、放射能量及び汚染の分布を評価するとともに、放射性固体廃棄物管理を適切に行うため放射能レベル区分ごとに整理する。
- 2 評価結果
3. 2 第2段階対象設備

第2段階対象設備の物量を放射能レベル区分ごとに整理した結果を表5-5に示す。

第2段階対象設備について記載

本文十で示す、第2段階中に発生する除染後L2となる廃棄物は腐樹脂など解体撤去物以外の廃棄物であり、既認可の廃止措置計画に従って処理・管理する。