

福島第二原子力発電所
1号, 2号, 3号及び4号炉
解体工事準備期間における直接線及び
スカイシャイン線による線量について

令和2年10月
東京電力ホールディングス株式会社

目 次

1.	既往の評価結果.....	- 1 -
2.	1号, 2号, 3号及び4号炉の廃止措置段階における評価	- 1 -
2.1.	固体廃棄物貯蔵庫の直接線及びスカイシャイン線評価結果.....	- 2 -
2.1.1.	評価条件	- 2 -
2.1.2.	評価方法	- 3 -
2.1.3.	評価結果	- 3 -
	<補足説明>.....	補足- 1 -
	線源強度による保守性.....	補足- 1 -
	ドラム缶間隔による影響.....	補足- 2 -
	【参考】 感度解析の結果.....	補足- 3 -
	【参考】 集積線量計測地点.....	補足- 4 -

1. 既往の評価結果

昭和60年10月、サイトバンカ、使用済燃料輸送容器（以下「キャスク」という。）保管建屋の設置等に伴う原子炉設置変更許可申請において、直接線及びスカイライン線の線量を評価し、既設の建物を含めた人の居住する可能性のある敷地境界外における線量が、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 μ Gy以下であることを確認している。

評価地点を第1-1図、評価結果を第1-1表（原子炉運転中）に示す。

なお、上記の線量評価においては、1号、2号、3号及び4号炉が稼働しているものとして評価している。

2. 1号、2号、3号及び4号炉の廃止措置段階における評価

1号、2号、3号及び4号炉の解体工事準備期間における施設の状態は、廃止措置計画認可申請書に記載のとおり、「解体工事準備期間中は、1号、2号、3号及び4号炉内において放射性物質によって汚染された区域の解体工事を行わず原子炉運転中の施設定期検査時と同等の状態が継続する。また、既存の建物及び構築物等を維持する。1号、2号、3号及び4号炉運転中の直接線及びスカイライン線に主に寄与するタービン建屋（家）からの線量は、主蒸気中に含まれる窒素（N-16）を線源としている。1号、2号、3号及び4号炉は、運転を停止してから長期間が経過していること、窒素（N-16）の半減期は約7秒であることから、タービン建屋（家）からの線量は無視できる」としている。また、放射性固体廃棄物の取扱いについては、「固体廃棄物貯蔵庫等の貯蔵容量を超えないように貯蔵保管するとともに、安全確保のために必要な機能及び性能を維持する」としている。

したがって、1号、2号、3号及び4号炉の解体工事準備期間中の評価については、廃止措置に伴い新たに線源となる施設はなく、1号、2号、3号及び4号炉の運転がないことから、第1-1表(原子炉運転中)の「タービン建屋(家)」からの線量を差し引くこととなるが、1号、2号、3号及び4号炉タービン建屋(家)を除いた場合、固体廃棄物貯蔵庫からの線量の寄与分が大きくなるため、敷地境界線量の最大地点は固体廃棄物貯蔵庫から敷地境界までの距離が最短となる地点に変更となる。(第1-1図)

固体廃棄物貯蔵庫からの直接線及びスカイシャイン線による線量については、工事計画認可申請書において、固体廃棄物貯蔵庫より約250m地点で約 $12\mu\text{Gy/y}$ と評価している。ただし、平成21年2月、敷地面積の一部縮小による原子炉設置変更許可申請において、固体廃棄物貯蔵庫から敷地境界までの距離が約200mに変更となったことから、固体廃棄物貯蔵庫からの直接線及びスカイシャイン線による線量評価を改めて実施している。なお、直接線の評価では、敷地境界から固体廃棄物貯蔵庫を視認できる範囲が部分的であることを考慮して、線源形状のモデル化を実施している。

2.1. 固体廃棄物貯蔵庫の直接線及びスカイシャイン線評価結果

2.1.1. 評価条件

評価条件は、工事計画認可申請書に記載の評価と基本的に同じであるが、直接線評価における線源形状、評価地点までの距離等について一部見直しを行っている。

- (1) 壁厚、天井厚50cmのコンクリート(密度 2.15g/cm^3)とする。(工事計画認可申請書記載評価と同条件)
- (2) 収容ドラム缶はすべてセメント固化体(密度 2.0g/cm^3)とし、線源強度はCo-60換算値で 25mCi/ドラム とする。(工事計画認可申請書記載評価と同条件)

- (3) ガンマ線エネルギーは 1.17MeV, 1.33MeV とする。
- (4) 線源形状は、直接線の評価では敷地境界から視認できる範囲の直方体とし、北面と西面でそれぞれ最大となる線源範囲を計算に使用した。スカイシャイン線の評価では地上階における建屋内ドラム缶収容全スペース分の直方体とする。ただし、建屋内を仕切るRC壁部分については、空気としてモデル化する。線源モデルについて第 2.1-1 図に示す。

直接線評価 : 幅約 8.0m, 奥行約 16.0m, 高さ約 3.2m

スカイシャイン線評価 : 幅約 112.5m, 奥行約 27.6m, 高さ約 3.2m

- (5) 評価地点は固体廃棄物貯蔵庫から約 200m 地点の敷地境界とする。

なお、評価地点の標高は固体廃棄物貯蔵庫よりも低い位置関係であることから、保守的な計算結果となるように、標高差を考慮していない。

2.1.2. 評価方法

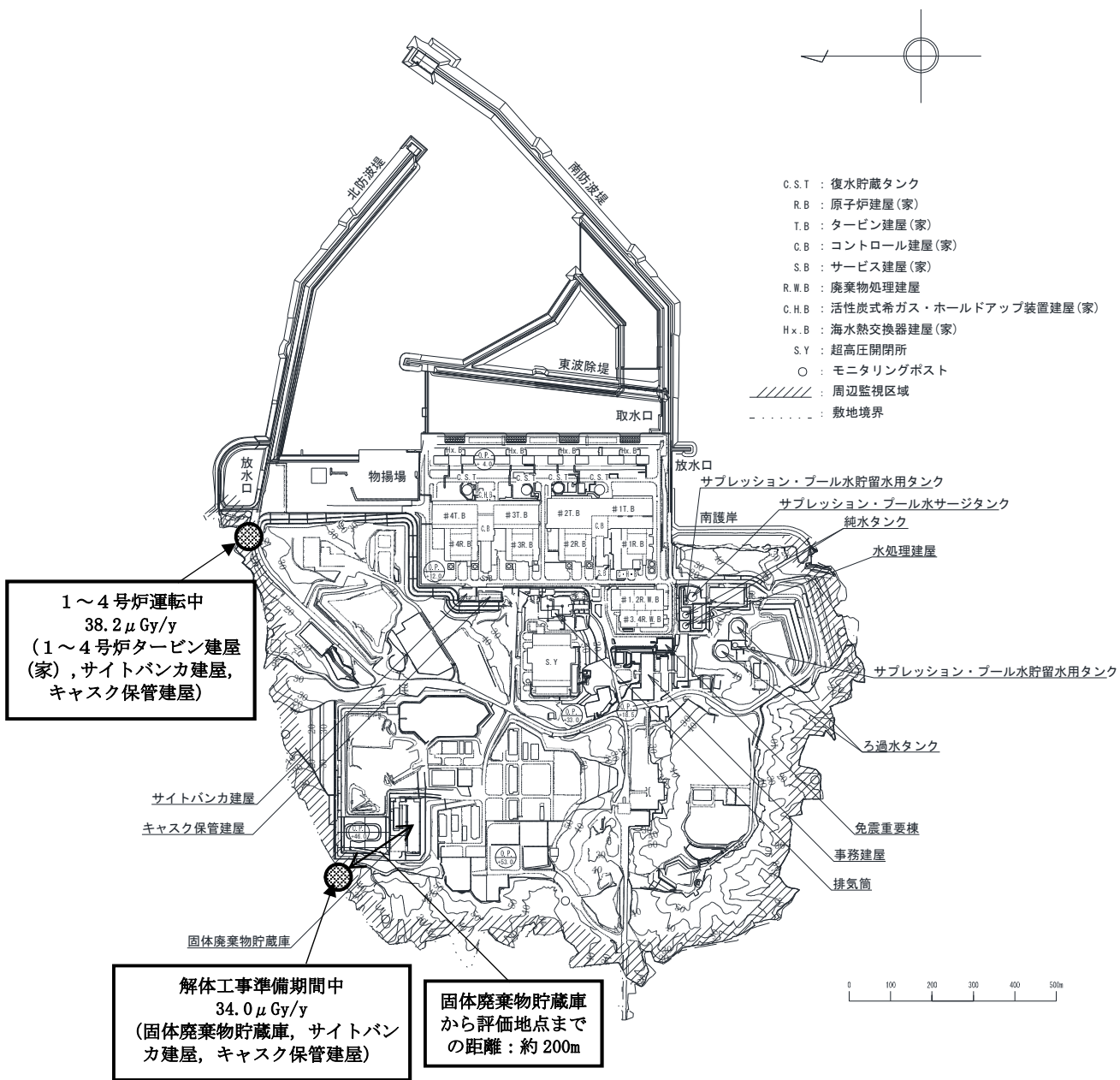
直接線については三次元点減衰核積分コード (QAD-CGGP2R)、スカイシャイン線については一次元 S_N 法輸送計算コード (ANISN) 及び一回散乱ガンマ線計算コード (G33-GP2R) を用いて、評価地点における線量を評価する。

2.1.3. 評価結果

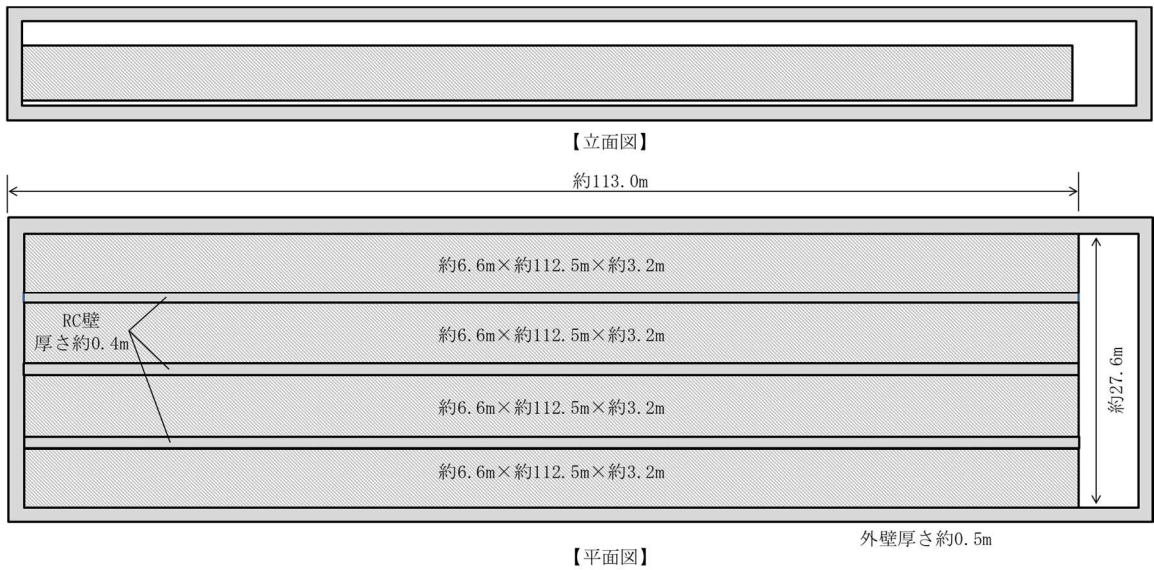
固体廃棄物貯蔵庫からの直接線及びスカイシャイン線による線量は $32.3 \mu\text{Gy/y}$ (直接線 $9.7 \mu\text{Gy/y}$, スカイシャイン線 $22.6 \mu\text{Gy/y}$) となり、解体工事準備期間中のサイト合計値は既往の評価結果のサイトバンカ建屋及びキャスク保管建屋と合計して $34.0 \mu\text{Gy/y}$ と評価される。この結果から、「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について」に示される年間 $50 \mu\text{Gy}$ 以下であることが確認できる。

なお、サイトバンカ建屋及びキャスク保管建屋からの直接線及びスカイシャ

イン線による線量については、原子炉運転中の評価地点までの距離よりも解体工事準備期間中の評価地点までの距離の方が長くなること及び原子炉運転中の評価地点での線量が十分に低いことから、原子炉運転中の評価地点における評価結果を用いている。

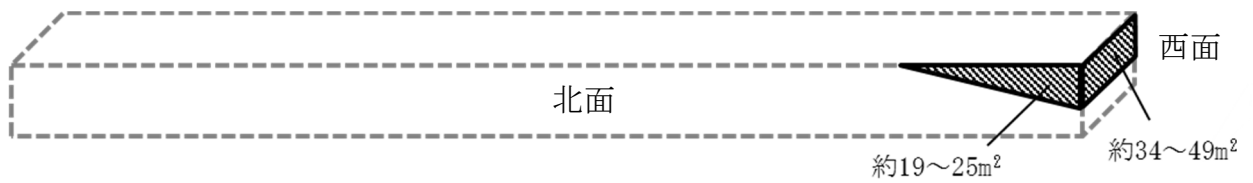
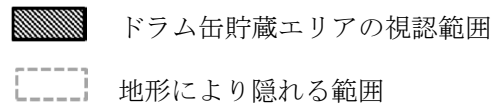


第1-1図 線量評価地点



注) 建屋内を仕切るRC壁については、計算上空気としてモデル化した。

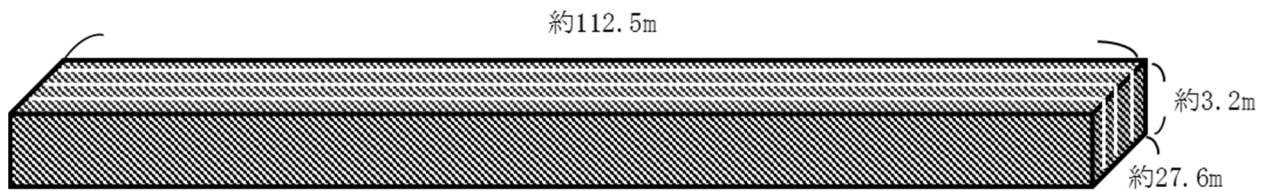
<直接線モデル>



面積換算後



<スカイシャイン線モデル>



第 2.1-1 図 直接線及びスカイシャイン線評価の線源モデル

第1-1表 直接線及びスカイシャイン線による線量

単位：μGy/y

		原子炉運転中	解体工事準備期間中
タービン建屋（家）	1号炉	0.9	—
	2号炉	2.2	—
	3号炉	11.4	—
	4号炉	22.0	—
サイトバンカ建屋		0.1	0.1 ^{※2}
キャスク保管建屋		1.6	1.6 ^{※2}
固体廃棄物貯蔵庫		— ^{※1}	32.3
合計		38.2	34.0
判断基準		50	50

※1 固体廃棄物貯蔵庫からの直接線及びスカイシャイン線による線量については、評価地点までの距離、地形影響により十分に低い値となるため、考慮していない。

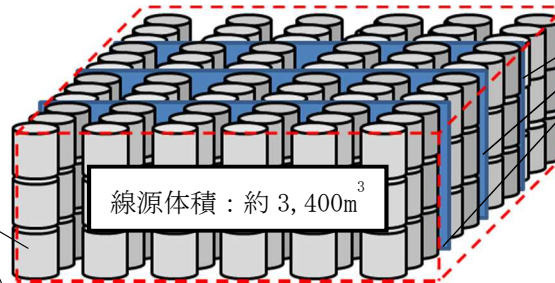
※2 サイトバンカ建屋及びキャスク保管建屋の直接線及びスカイシャイン線による線量については、原子炉運転中の評価地点までの距離よりも解体工事準備期間中の評価地点までの距離の方が長くなること及び原子炉運転中の評価地点で得られた値が十分に低いことから、原子炉運転中の評価地点における評価結果を用いている。

線源強度による保守性

本評価で使用している線源モデルは、従前評価と同様に、ドラム缶が配置される範囲を内包するよう体積線源としてモデル化している。これより線源モデルの体積は、個々のドラム缶内の線源領域に貯蔵体数を乗じた総体積より約 2.8 倍大きくなる。また、単位体積あたりの線源強度を保存していることから、線源領域全体における線源強度は、個々のドラム缶を評価する場合と比較すると保守的な設定として評価している。

- ドラム缶を個別にモデル化した場合
(非均一化線源)

線源強度： $4.63 \times 10^3 \text{Bq/cm}^3$ (工認条件)



- ドラム缶が配置される体積すべてをモデル化した場合
(廃止措置計画評価条件)

- 評価手法
細分化した各線源領域を点線源で近似し、各点線源から評価地点までの媒質の透過距離を計算して非散乱ガンマ線束を算出。



固体廃棄物貯蔵庫内部の RC 壁
を空気としてモデル化

体積モデルの保守性

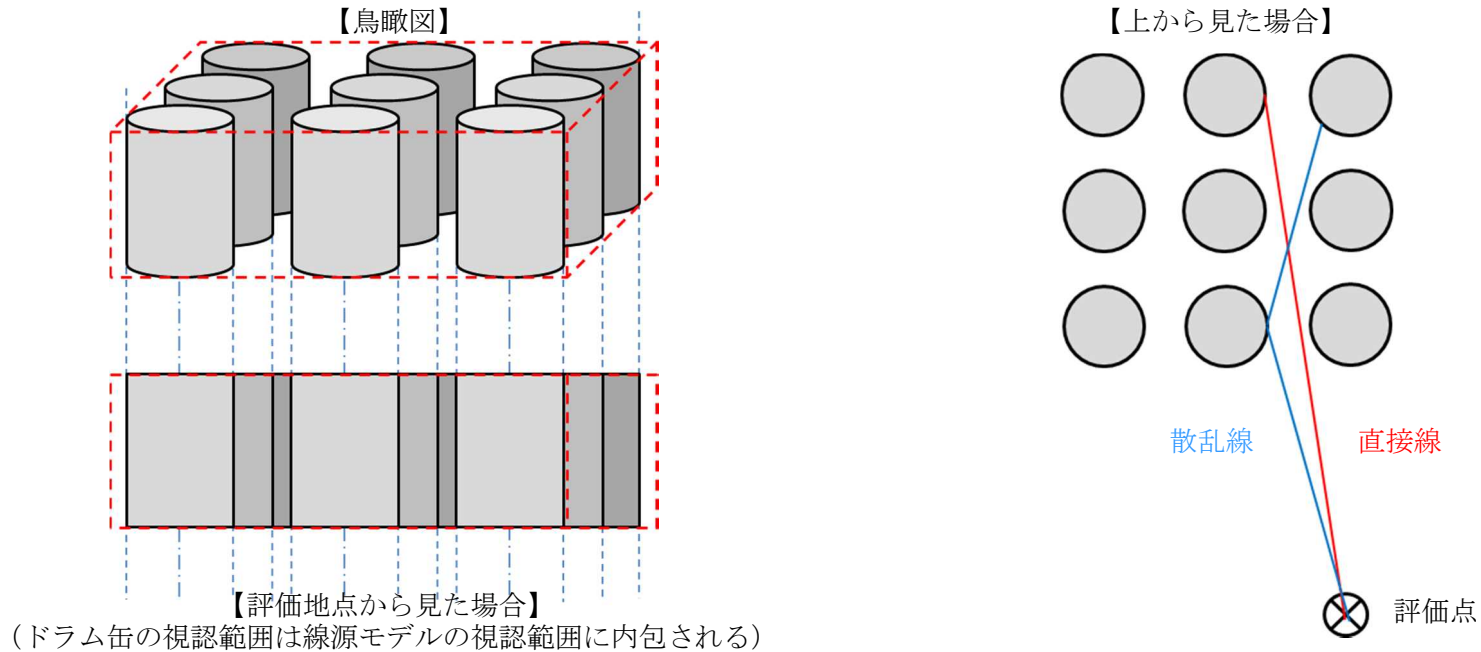
- 3 段積みドラム缶の空隙を線源としてモデル化
- 隣接するドラム缶の空隙を線源としてモデル化
- ドラム缶容器 (鋼製) の遮蔽を考慮していない

※赤破線は体積線源モデルイメージ

ドラム缶間隔による影響

評価点から見て、後列に並ぶドラム缶による影響は、評価対象がガンマ線であることから後列のドラム缶の視認範囲に依存する。この視認範囲は本評価で使用した線源モデルの視認範囲に内包される。

一方で、ドラム缶を個別にモデル化した場合、ドラム缶表面で散乱した後列ドラム缶のガンマ線による影響が少なからず存在するが、評価線質が直進性の高いガンマ線であることから、視認範囲外からのガンマ線の影響は前列のドラム缶により遮へいされるため小さく、線源強度設定の保守性に内包されると考えられる。



【参考】 感度解析の結果

固体廃棄物貯蔵庫外壁表面（管理区域境界）での3ヶ月集積線量当量測定記録の実測値（ケース①）に対して、線源強度のみ変化させた以下に示すケース②とケース③で外壁表面における3ヶ月集積線量を算出し、ケース①との保守性について比較した。

ケース①と比較して、ケース②では約3倍、ケース③では約20倍の保守性が確認されている。

	ケース① (外壁表面での実測線量)	ケース②	ケース③ (廃止措置計画評価条件)
線源強度	—	固体廃棄物貯蔵庫1階フロア内に貯蔵されているドラム缶の表面線量当量率の最大値：0.25mSv/h ^{※2} (7.52×10^2 Bq/cm ³)	工認条件：25mCi/ドラム (4.63×10^3 Bq/cm ³)
外壁表面における3ヶ月集積線量 (500時間換算値)	約 1.1×10^{-1} mSv ^{※1}	約 3.8×10^{-1} mSv	約 2.3×10^0 mSv
ケース①との比	—	約3倍	約20倍
ケース②との比	—	—	約6倍

※1：2019年12月時点の測定実績：「福島第二原子力発電所固体廃棄物貯蔵庫管理区域境界3ヶ月集積線量当量測定記録」

※2：2019年12月31日までの時間減衰を考慮したドラム缶表面最大線量当量率

【参考】 集積線量計測地点

