

福島県原子力発電所の廃炉に関する安全監視協議会 （2019.3.26）追加説明

1／2号機排気筒解体工事の状況について

2019年4月8日



東京電力ホールディングス株式会社

■ (ご質問事項 1-1)

環境影響評価についてどのような評価をしたのでしょうか。核種を含めて説明願います。この件、協議会の場で対象核種はCs-134, 137であると説明あったが、具体的な前提条件や計算の内容などを説明願います。

■ (ご質問事項 1-2)

1、2号機共用排気筒解体作業について、今回の資料で線量評価をセシウムで評価していますが、ストロンチウムやアルファ核種は評価しなくて大丈夫なのでしょうか。

3/26の廃炉協の資料（資料(4)P.22）ではスミヤ測定結果がアルファ核種なのかベータ核種なのか、ベータ核種であればセシウムが支配的なのが読み取れません。測定した結果、ストロンチウムやアルファ核種が存在しないことが分かったから評価が必要ないのか、そもそも測定していないのかご説明下さい。

■ (ご回答内容1-1,1-2)

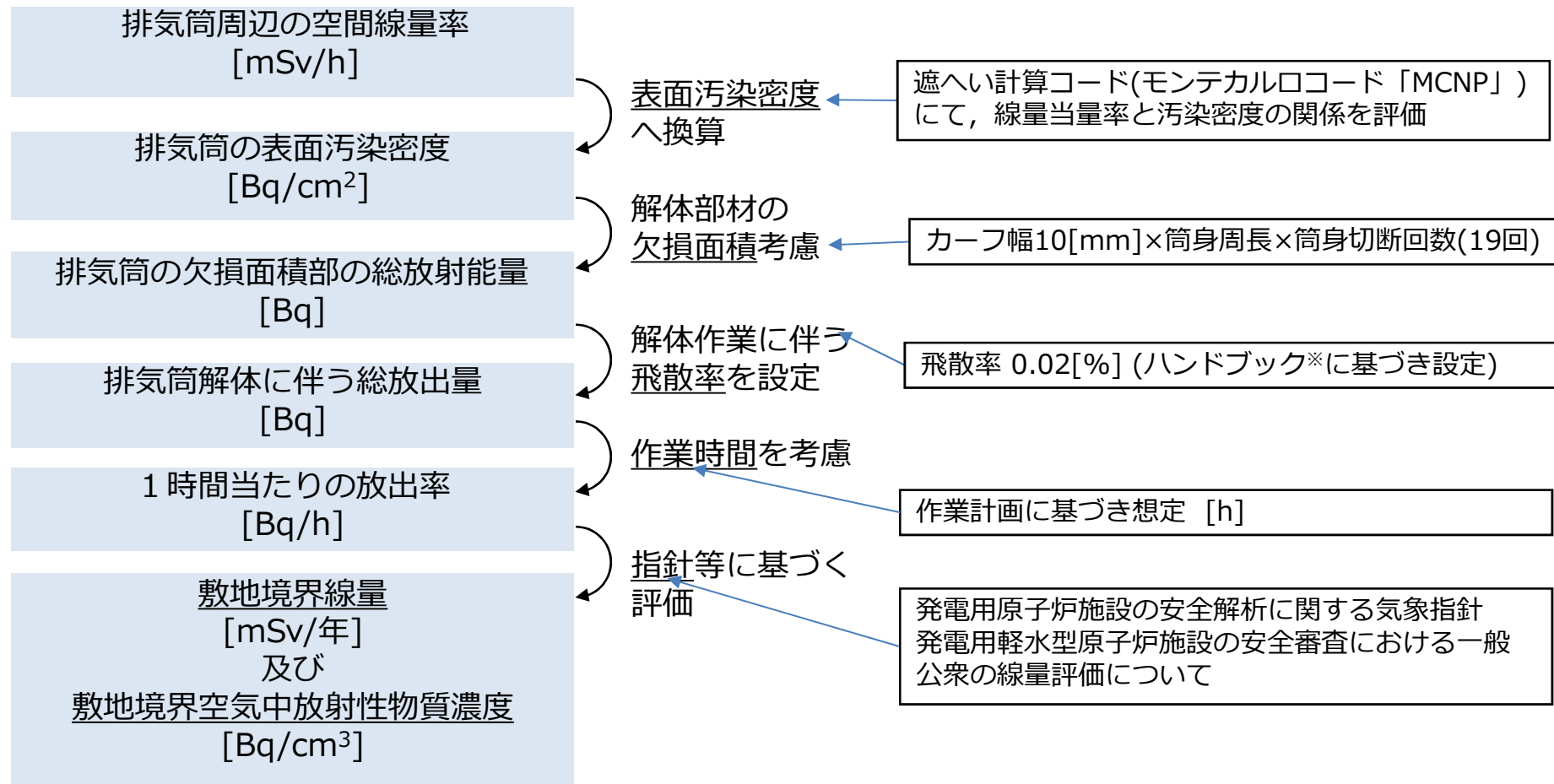
3月26日廃炉安全監視協議会におけるご説明資料に、具体的な計算式や、Cs-134・137を対象核種として設定した根拠を加筆しております。

①-1.解体作業に伴う周辺環境への影響の評価

- 排気筒周辺の雰囲気線量率の調査結果から保守的に筒身の表面線量率を推定し、表面積から気中へ放出される放射性物質放出量の評価を行った。（評価方法は下記フローの通り）

<評価フロー>

<パラメータ>



※ (財) 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3月)

①-2.解体作業に伴う周辺環境への影響の評価

- 汚染密度の評価にあたり、2016年10月に実施した線量調査結果（排気筒外側近傍で測定した線量）より推定した。
- 筒身内表面の汚染密度推定にあたっては、線源と考えられる周辺建屋からの寄与が小さい※排気筒の西側で測定したデータに基づき算定した。
- 線量調査結果から、周辺建屋からの寄与が大きいと想定されるが、評価にあたっては線量は保守的に全て排気筒からの寄与とし、筒身内表面に均一な汚染（Cs-134,Cs-137）が付着しているものと仮定した。
- 筒身内表面に付着した汚染の核種は確認できていないが、排気筒下部のスタックドレンサンプルピットの分析結果から、主要核種はCs-134,137であると想定し、評価に用いる核種は保守的に線量寄与の大きいCs-134,137のみとした。

※線源の可能性が高い1号R/B、Rw/BやSGTS配管から最も離れている

表 評価に使用した線量調査結果(2016年10月)

測定高度 [m]	西エリア		北エリア		南エリア	
	線量率 [mSv/h]	筒身から の距離[m]	線量率 [mSv/h]	筒身から の距離[m]	線量率 [mSv/h]	筒身から の距離[m]
115	0.22	4.1	0.43	4.1	0.51	4.1
80	0.29	4.1	0.68	4.1	0.48	4.1
73	0.31	4.5	0.70	4.5	0.57	4.5
59	0.61	5.0	0.92	5.0	0.77	5.0
51	0.91	5.8	1.07	5.8	0.83	5.8
35	0.76	7.0	1.36	7.0	1.50	7.0

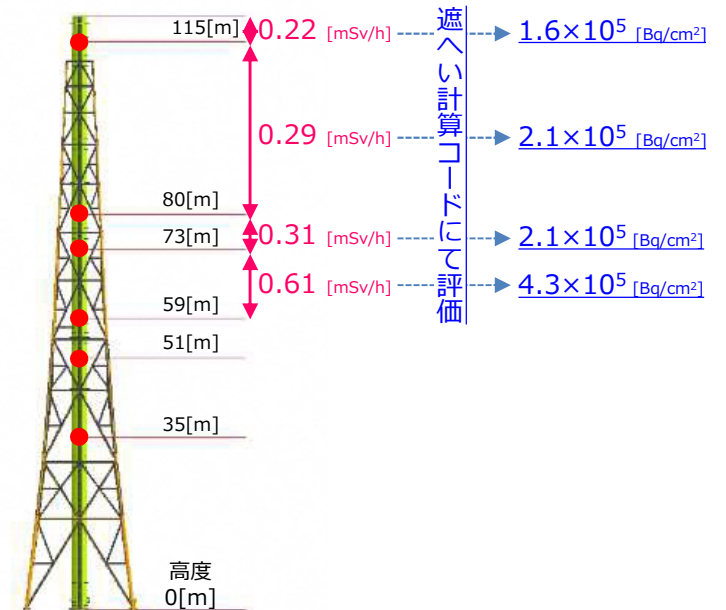


表 1/2号機排気筒ドレンサンプルピット溜まり水分析結果

採取日	全α放射能	全β放射能	Cs-134	Cs-137	Sr-90	Sr-89	Co-60	H-3
	Bq/L	Bq/L	Bq/L	Bq/L	Bq/L	Bq/L	Bq/L	Bq/L
H28.9.12	<8.3E+00	6.0E+07	8.3E+06	5.2E+07	5.1E+04	<4.2E+03	<2.1E+04	1.7E+05
H30.6.12	二	1.7E+07	1.4E+06	1.5E+07	1.0E+04	二	<4.6E+03	3.3E+04

①-3.解体作業に伴う周辺環境への影響の評価

- 排気筒解体作業では、飛散防止剤の事前散布により、ダストが固着されている状態とする
- 筒身表面の放射性物質については飛散防止剤により固着されていると考えられることから、筒身の切断時の飛散率は、ハンドブックに記載のある『チップソーによる放射化金属切断時の飛散率』を適用し、0.02%とする
- 鉄骨切断に伴うカーフ幅は、チップソーの厚み(3mm)に対して**保守的に10mm**と設定
- 筒身直径は3.2mのため、1切断面あたりの欠損面積は約0.1m²となる。
- なお、実機ではチップソーには、カバーを取り付けダストを吸引する計画であり、『飛散率』はより小さいと考えられる(切断時のダスト回収効果は本評価では見込まない)
- チップソーの回転方向と切断方向は飛散抑制を考慮し同方向とする。



筒身切断用チップソー
(実際に使用するものとは異なる可能性あり)



飛散防止カバー

①-4.解体作業に伴う周辺環境への影響の評価

- 筒身内表面の汚染密度を推定し、排気筒の表面積と筒身切断時の飛散率から、気中へ放出する総放出量を評価した結果、敷地境界線量や敷地境界空气中放射性物質濃度に与える影響は非常に小さいと考えられる。
 - 排気筒の切断に伴う放射性物質 (Cs-134,Cs-137) の総放出量
 1.1×10^6 [Bq] 計算式：排気筒表面汚染密度 [Bq/cm²] × 切断面積 [cm²] × 飛散率 [%]
 - 作業1時間当たりの放出率
 2.3×10^4 [Bq/h] 計算式：総放出量[Bq] ÷ 作業時間[h]
 - 筒身の切断に起因する放出による敷地境界線量（プルーム、地表沈着、吸入の合計）
 4.2×10^{-7} [mSv/年] < 1 [mSv/年] (「特定原子力施設への指定に際し東京電力株式会社福島第一原子力発電所に対して求める措置を講ずべき事項について」において、求められている敷地境界線量)
計算式：参考1-1,1-2,1-3
 - 筒身の切断に起因する敷地境界空气中放射性物質濃度
 3.1×10^{-10} [Bq/cm³] (< 1.0×10^{-5} Bq/cm³) (モニタリングポスト近傍ダストモニタの警報設定値)
計算式：参考1-4
- なお、今回の評価では排気筒の汚染密度推定や切断面積が保守的であることと、飛散防止カバーの効果の評価上は考慮していないことから、実際の作業時の影響は更に小さいと推定される。

(参考1-1)敷地境界線量(プルーム)の算出方法

「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針」より求める。

$$D = K_1 \cdot E \cdot \mu_{en} \cdot \int_0^\infty \int_{-\infty}^\infty \int_0^\infty \frac{e^{-\mu r}}{4\pi r^2} \cdot B(\mu r) \cdot \chi(x', y', z') dx' dy' dz'$$

D : 計算地点 $(x, y, 0)$ における空気カーマ率 (μ Gy/h)

K_1 : 空気カーマ率への換算係数 $\left(\frac{\text{dis} \cdot \text{m}^3 \cdot \mu\text{Gy}}{\text{MeV} \cdot \text{Bq} \cdot \text{h}} \right)$

E : γ 線の実効エネルギー (MeV/dis)

μ_{en} : 空気に対する γ 線の線エネルギー吸収係数 (m^{-1})

μ : 空気に対する γ 線の線減衰係数 (m^{-1})

r : 放射性雲中の点 (x', y', z') から計算地点 $(x, y, 0)$ までの距離 (m)

$B(\mu r)$: 空気に対する γ 線の再生係数で、次式から求める。

$$B(\mu r) = 1 + \alpha(\mu r) + \beta(\mu r)^2 + \gamma(\mu r)^3$$

ただし、 μ_{en} 、 μ 、 α 、 β 、 γ については、0.5MeV の γ 線に対する値を用い、以下のとおりとする。

$$\mu_{en} = 3.84 \times 10^{-3} \text{ (m}^{-1}\text{)} \quad \mu = 1.05 \times 10^{-2} \text{ (m}^{-1}\text{)}$$

$$\alpha = 1.000 \quad \beta = 0.4492 \quad \gamma = 0.0038$$

$\chi(x', y', z')$: 放射性雲中の点 (x', y', z') における濃度 (Bq/m^3)

(参考1-2)敷地境界線量(地表沈着)の算出方法

「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」より求める。

$$H_A = K \frac{\mu_{en}}{(1-g)} E \int_{-\infty}^0 \int_0^{\infty} \int_0^{2\pi} \frac{B e^{-(\mu_1 r_1 + \mu_2 r_2)}}{4\pi r^2} C_0 \cdot f(z) \cdot \rho \cdot d\theta d\rho dz$$

H_A : 年間実効線量 (mSv/年)

$$K : 3.91 \times 10^3 \left(\frac{\text{dis} \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{mGy}}{\text{MeV} \cdot \text{Bq} \cdot \text{y}} \right) \times 0.8 \left(\frac{\text{mSv}}{\text{mGy}} \right)$$

(0.8 (mSv/mGy) は, 空気カーマから実効線量への換算係数。)

μ_{en} : 空気の γ 線の線エネルギー吸収係数 (1/cm)

$(1-g)$: 制動放射による損失の補正

E : γ 線実効エネルギー (MeV/dis)

C_0 : 地表面附近の土壌における放射性物質濃度 (Bq/cm³)

B : 空気, 土壌の2層 γ 線ビルドアップ係数 (-)

μ_1, μ_2 : 空気及び土壌の γ 線線減衰係数(1/cm), 土壌はAlで代用, ただし, 密度は1.5 (g/cm³) とする。

$r_1, r_2, r, \rho, \theta, z$: 図2. 2. 1-2に示す

r : 土壌中の任意点(ρ, θ, z)から被ばく点までの距離 (cm)

$$r^2 = (h-z)^2 + \rho^2 = (r_1 + r_2)^2$$

$f(z)$: 放射性物質の土壌中鉛直分布

h : 被ばく点地上高 (100cm)

(参考1-3)敷地境界線量(吸入)の算出方法

「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針」より求める。

$$H_I = 365 \sum_i K_{li} \cdot A_{li}$$

$$A_{li} = M_a \cdot \bar{x}_i$$

H_I : 吸入摂取による年間の実効線量 (μ Sv/年)

365 : 年間日数への換算係数 (d/年)

K_{li} : 核種 i の吸入摂取による実効線量係数 (μ Sv/Bq)

A_{li} : 核種 i の吸入による摂取率 (Bq/d)

M_a : 呼吸率 (cm^3/d)

\bar{x}_i : 核種 i の年平均地上空气中濃度 (Bq/ cm^3)

(参考1-4)敷地境界空气中放射性物質濃度の算出方法

「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」の基本拡散式より求める。

$$\chi(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_zU} \cdot \exp\left(-\lambda \frac{x}{U}\right) \cdot \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \cdot \left[\exp\left\{-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right\} \right]$$

$\chi(x, y, z)$: 点 (x, y, z) における放射性物質の濃度 (Bq/m³)

Q : 放出率 (Bq/s)

U : 放出源高さを代表する風速 (m/s)

λ : 物理的崩壊定数 (1/s)

H : 放出源の有効高さ (m)

σ_y : 濃度分布の y 方向の拡がりのパラメータ (m)

σ_z : 濃度分布の z 方向の拡がりのパラメータ (m)

■ (ご質問事項 2 -1)

解体作業に伴う周辺環境への影響評価で、飛散率として、0.02%という数値を採用することに問題はないでしょうか。

過去の影響評価の資料を見ると、2015年の「2号機周辺ヤード整備工事建屋解体では、金属切断の飛散率として30%、2017年の1号機オペフロ北側のがれき撤去では、0.02%という飛散率が採用されています。

今回も飛散防止剤により固着しているためとしていますが、放射化物と見るか二次汚染物とみるかで大きく異なるようです。

今回は、二次汚染物として見た方が保守的でよいように思うのですが、明確な根拠となるデータがあるのでしょうか？解体作業に伴う周辺環境への影響評価で、飛散率として、0.02%という数値を採用することに問題はないでしょうか。

⇒ご回答は次頁

■ (ご回答内容2-1)

飛散率0.02%を用いて評価している「排気筒解体」及び「1号機ガレキ撤去作業」については、屋外環境であり震災以降風雨に曝されていることから、大部分の遊離性汚染物質は洗い流されていると考えております。また、筒身内面に残る遊離性汚染物質については飛散防止剤により固着されていると考えられることから、筒身の切断時には主に飛散防止剤で固着できていない浸透した部分の放射性物質が飛散すると考え、飛散率はハンドブックに記載のある『チップソーによる放射化金属切断時の飛散率』を適用し、飛散率は0.02%としています。一方、飛散率30%を採用した「2号機周辺ガレキ撤去」については、屋内環境が残っていたことから、遊離性汚染物質が留まっていると想定し、『汚染金属の飛散率』30%を適用した保守的な評価を行っています。

なお、今回の評価では排気筒の汚染密度推定や切断面積が大きく保守的であることと、飛散防止カバーの効果を評価上は考慮していないことから、実際の作業時の影響は更に小さいと推定しております。

<参考>

これまで1号機ガレキ撤去作業では、オペフロのダスト濃度に有意な変化はなく、空気中の放射性物質濃度は、オペレーティングフロアダスト濃度警報設定値 ($5.0 \times 10^{-3} \text{Bq/cm}^3$) に対し低い値で推移していることを確認しています。

■ (ご質問事項 2-2)

遊離性汚染物質がほとんど洗い流されているとか内表面でも飛散防止剤で固着しているということは、定性的には理解しますが、影響評価では定量的にどのように評価しているかを示して頂きたい。

■ (ご回答内容 2-2)

遊離性汚染物質の洗い流しによる効果と、飛散防止剤による固着の効果を見込み、飛散率を設定していることから、両効果は飛散率0.02%に含まれると考えております。

なお、汚染密度の推定や切断面積が保守的であることや、飛散防止カバーによる回収効果を見込んでいないことを踏まえても、パラメータの設定が周辺環境へ影響はわずかな範囲であることを確認しております。