

クリアランスに係る不確かさの評価方法について 補足説明資料

令和2年3月
中国電力株式会社

1. 島根原子力発電所の申請予定の内容

当社が計画する主な申請内容を以下に示します。

表－1 島根原子力発電所の申請案

申請項目	申請内容	備考
放射能濃度確認対象物の種類	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 島根 1, 2号機蒸気タービン ➤ 二次的な汚染 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 運転中から発生
放射性物質の種類	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Co-60 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 33種類の放射性物質のうちCo-60が90%以上
評価単位	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 1トン 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 測定単位100kg以内
放射能濃度を決定する方法	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 主要核種測定法 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 放射線測定法
放射線測定装置の種類及び測定条件	<ul style="list-style-type: none"> ➤ トレイ型専用測定装置 ➤ 放射能換算係数の設定 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 放射能換算係数を適切に設定
管理方法	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 保管場所の管理 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 追加的な汚染のない場所での保管管理等

2. 島根原子力発電所の審査基準の対象

表－2 審査基準「3.1 評価に用いる放射性物質の選定」の評価対象

	審査基準	評価対象	根拠
(1)イ	運転状況，炉型，構造等の特性を踏まえ（省略）放射能濃度比が計算等により算出されていること	○	33種類の放射性物質kの放射能濃度 D_k を計算により算出
①	放射化汚染の場合	×	表－1 参照
②	二次的な汚染の場合	○	表－1 参照
(1)ロ	比率 D_k/C_k が計算されていること	○	33種類の放射性物質kの放射能濃度 D_k と規則別表第1 第2欄の放射能濃度 C_k の比率 D_k/C_k を算出
(1)ハ	33種類の放射性物質kの中から D_k/C_k の大きい順にn種類の放射性物質jが選定されていること	○	33種類の放射性物質kの中から D_k/C_k の大きい順に評価しCo-60が90%以上を占有した。

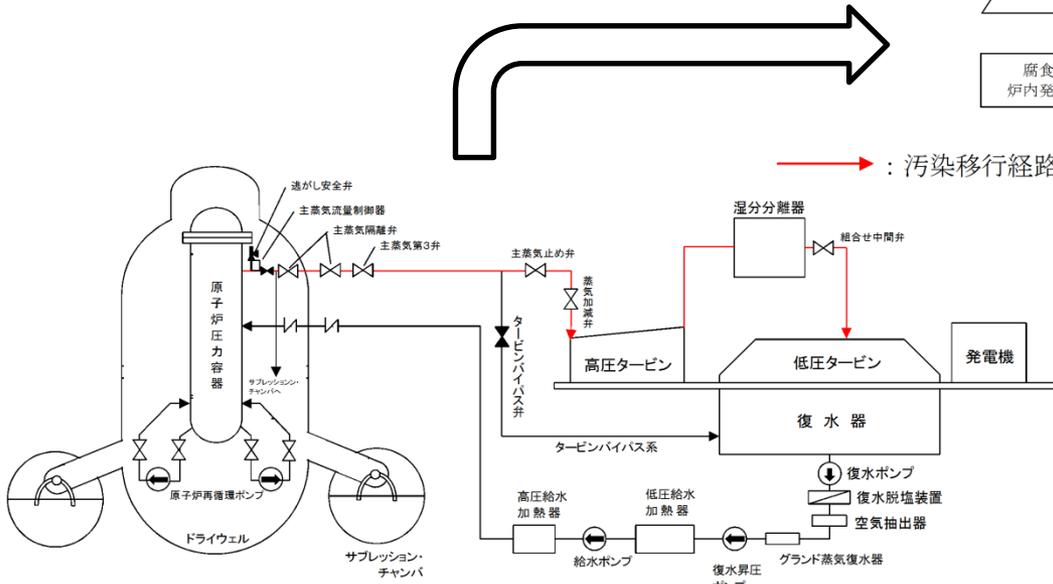
(注) (2)～(5)は省略

(1)イ～(1)ハの評価方法を次項に示す。

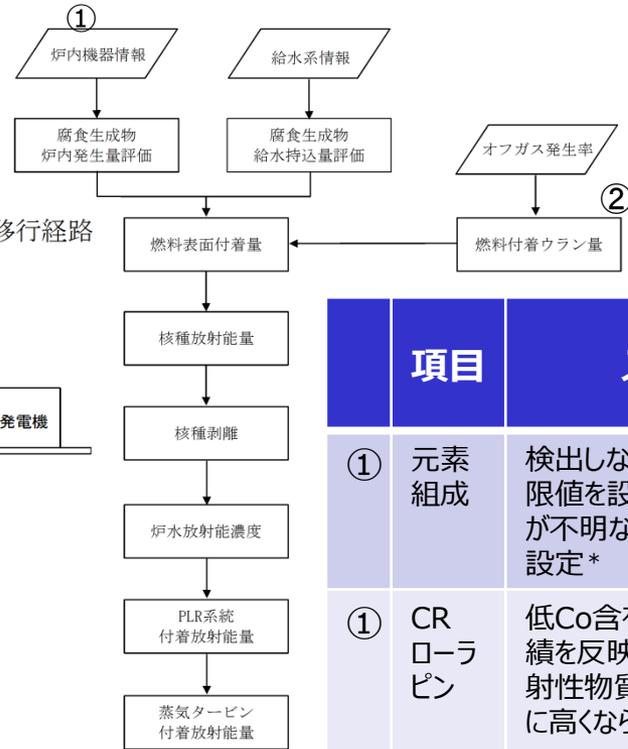
3. 評価に用いる放射性物質の種類

島根 1, 2 号炉の放射性物質の汚染移行経路を考慮した評価フローにより, 放射能濃度確認対象物の付着放射エネルギーを計算する。

放射性物質の汚染移行経路を評価フロー化



島根 2 号炉 (例) 汚染移行経路



二次的な汚染の評価フロー (計算により評価)

	項目	入力条件*
①	元素組成	検出しなかった元素は検出下限値を設定し, 文献等で濃度が不明な元素は1000ppmに設定*
①	CRローピン	低Co含有量のCFAの使用実績を反映し, Co-60が他の放射性物質に対し, 比率が過度に高ならないように評価*
②	燃料付着ウラン量	全量が燃料表面上に吸着するとウランの燃料表面付着量を評価

* : 放射性物質が幅広く選定されるように元素組成, 低Coの材質等の設定を行う。

図-1 評価に用いる放射性物質の選定の評価方法

4. 島根原子力発電所の審査基準の対象

表－3 審査基準「3.3放射能濃度の決定方法」の評価対象

	審査基準	評価対象	根拠
(1)イ	放射線測定法によって放射能濃度を決定する場合の不確かさに関する適切な説明がなされていること。	○	評価に用いる放射性物質は主要核種測定法のCo-60
(1)ロ	核種組成比法によって放射能濃度を決定する場合の不確かさに関する適切な説明がなされていること。	×	核種組成比法を対象とする放射性物質は選択していない。
(1)ハ	放射化計算によって放射能濃度を決定する場合の適切な説明がなされていること。	×	主要核種測定法によって放射能濃度を決定するため。
(1)ニ	平均放射能濃度法によって放射能濃度を決定する場合の不確かさに関する適切な説明がなされていること。	×	平均放射能濃度法を対象とする放射性物質は選択していない。
(2)	放射性物質の $\Sigma(D_j/C_j)$ の信頼の水準を片側95%としたときの上限值が1を超えないこと。	○	(1)イ項の不確かさを考慮するため。

(注) (3)～(5)は省略

(1)イ及び(2)の不確かさの評価方法について、次項に示す。

5. 不確かさの評価方法

審査基準（1）イの不確かさの評価方法は、「測定における不確かさの表現のガイド（日本規格協会）」により行う。審査基準（2）は、安全率を放射能濃度換算係数に乗じて評価する。

表－4 不確かさの評価方法

	実施手順	内容
①	➤ 不確かさの要因の抽出	➤ 放射線測定法の放射能換算係数等の不確かさの要因を抽出する。
②	➤ 抽出した不確かさの要因の整理	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 抽出した不確かさについて、相対標準不確かさ* 1を算出する。 ➤ 相対標準不確かさを表に整理する。
③	➤ 不確かさの合成	➤ 相対標準不確かさを合成し合成標準不確かさを評価する。次に拡張不確かさを求める。
④	➤ 95%上限値が1を超えないことを評価	➤ $\Sigma D/C$ を1とし、拡張不確かさを加算した数値（安全率）を放射能濃度換算係数に乗じる。* 2

* 1：不確かさを測定値で除した数値である。単位が異なる放射能換算係数等の各項目の不確かさを合成するため用いる。

* 2：95%上限値になる。

6. 不確かさの要因の抽出

放射線測定法を処理フロー化し、全 γ 線計数率、放射能濃度換算係数等の不確かさの要因を抽出する。

【放射線測定法】

$$C_{Co} = F_s \times K_{01} \times Cts / W$$

ここで、 C_{Co} ：主要核種の放射能濃度 (Bq/g)

F_s ：主要核種に対する安全率

K_{01} ：主要核種に対する放射能換算係数 (Bq/s⁻¹)

Cts ：全 γ 線計数率 (s⁻¹)

W ：放射能濃度確認対象物の重量 (g)

不確かさの要因

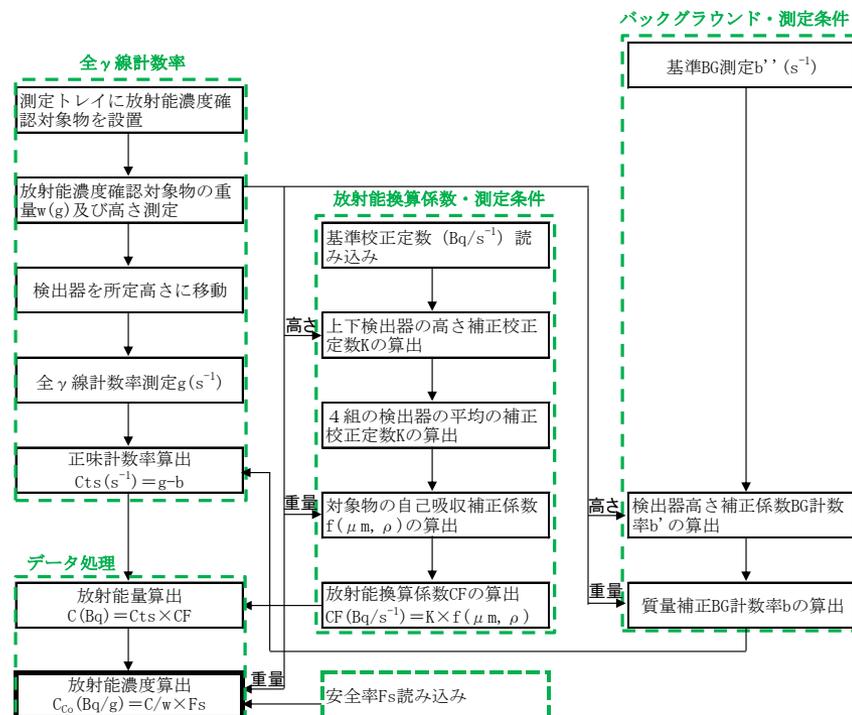


図-2 放射線測定法の処理フローからの不確かさの要因の抽出

7. 抽出した不確かさの要因の整理と不確かさの合成

抽出した不確かさの要因を表に整理する。不確かさの要因は、各項目により単位が異なるため、相対標準不確かさを評価する。相対標準不確かさを合成し合成標準不確かさを求める。合成標準不確かさに包含係数 ($K = 2$) を乗じて拡張不確かさを求める。

項目		不確かさの要因	相対標準不確かさ(%)
全γ線計数率	グロス計数率	再現性	
	BG計数率	再現性	
		高さ補正	
		重量補正	
放射能換算係数	校正定数	標準線源	
	自己吸収補正係数	ビルドアップ	
測定重量	校正	分銅重量検定値	
安全率			
合成標準不確かさ			
拡張不確かさ			

図－3 不確かさの合成表（例）

8. 95%上限値が1を超えないことの評価

合成標準不確かさを拡張不確かさに評価し，対象物の測定結果から求めた $\Sigma D/C$ に加算する。 $\Sigma D/C +$ 拡張不確かさを安全率とし，放射能換算係数に乗じることで95%上限値を評価する。

表－5 95%上限値が1を超えないことの評価方法

	実施手順	内容
①	➤ 放射能濃度確認対象物の測定	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 測定結果から$\Sigma D/C$を求める。 ➤ $\Sigma D/C$を1とする。
②	➤ 拡張不確かさの評価	➤ 図－2～図－3により拡張不確かさを評価する。
③	➤ 95%上限値が1を超えないことの評価	<ul style="list-style-type: none"> ➤ $\Sigma D/C +$ 拡張不確かさ = 安全率 * ➤ 安全率を放射能換算係数に乗じて95%上限値を評価する。 ➤ 1と比較する。

* : $C_{Co} = F_s \times K_{01} \times C_{ts} / W$ 図－2の放射線測定法による主要核種の評価式
 F_s が安全率である。