

令和 5 年 9 月 11 日
中国電力株式会社

測定単位の放射能濃度を測定するための試料作成（浸漬処理）方法について
（審査会合コメント回答資料）

番号	コメント内容
5	・対象物から採取した測定単位（金属試料）を直接測定した結果を使わず、浸漬処理をして、ろ紙とろ液に分けて Ge 波高分析装置で測定する理由を説明すること。
6	・浸漬処理前後で測定単位自体（金属試料）の放射エネルギーを測定している理由について説明すること。
7	・二次的な汚染の抽出の際の浸漬処理操作の終了基準として、「浸漬処理前の放射エネルギーの誤差範囲内となった場合」と記載しているが、「誤差範囲内」の具体的基準を定量的に説明すること。

【回答】

1. 浸漬処理を採用した理由

測定単位の放射エネルギー測定に使用する Ge 波高分析装置の検出効率（%）は、標準線源（体積線源及び面線源）を測定して得られたカウント数と放射エネルギーにより求めている。体積線源及び面線源を第 1 図に示す。

この検出効率を使用して測定単位の放射エネルギーを求めるには、測定単位の形状を体積線源及び面線源の形状に合わせる必要がある。

評価単位から採取する測定単位の形状は、第 2 図及び第 3 図に示すとおりであり、第 1 図に示す体積線源及び面線源の形状と異なるため、直接測定では正確に測定できない。このため、測定単位に付着している二次的な汚染を標準線源と同じ形状の測定用試料に移行した上で Ge 波高分析装置により評価対象核種（Co-60）の放射エネルギーが測定できるよう、浸漬処理を採用する。

2. 浸漬処理の誤差

浸漬処理は、JNES-SS-1002 及び JNES-EV-2012-9006 に公開されている充填固化体に対するスケーリングファクタ等の継続使用に係る雑固体廃棄物の放射化学分析で使用している手法を参考として実施する。第 4 図に、測定単位の具体的な浸漬処理の実施手順を示す。

測定単位の二次的な汚染が測定用試料に移行したことの判断基準は、放射エネルギー（A Bq）と放射エネルギー（A' Bq）を比較し、放射エネルギー（A' Bq）が放射エネルギー（A Bq）の誤差の範囲内に収まっていることとしていたが、対象物がクリアランスレベル以下であること、及び測定単位の直接測定による放射エネルギーの定量が難しいことを踏まえ、浸漬処

理後の Co-60 の測定結果 (C' count/s) が検出限界値未満であることとする。

また、測定単位の Co-60 の評価にあたっては、浸漬処理前の直接測定において Co-60 が検出/未検出により、以下のとおり取り扱う。

なお、本対応を行うことについて補正書に記載し、確実に実施する。

(1) 浸漬処理前の直接測定において Co-60 が検出された場合

浸漬処理前後の Co-60 の測定値 (count/s) から移行率を評価する。

なお、浸漬処理後の測定値は検出限界値とする。

$$\text{移行率} = \frac{\text{浸漬処理前の Co-60 (C count/s)} - \text{浸漬処理後の Co-60 (C' count/s)}}{\text{浸漬処理前の Co-60 (C count/s)}}$$

添付書類五の式(1)のA (測定日における測定単位の評価対象核種 (Co-60) の放射能量 (Bq)) の算出において、上記により求めた移行率を考慮することで保守的に Co-60 放射能濃度を評価する。

$$D = A \div W$$

D : 測定単位の Co-60 の放射能濃度 (Bq/g)

A : 測定日における測定単位の評価対象核種 (Co-60) の放射能量 (Bq)

(=測定用試料の評価対象核種 (Co-60) の放射能量 (Bq) ÷ 移行率)

W : 測定単位の重量 (g)

(2) 浸漬処理前の直接測定において Co-60 が未検出の場合

浸漬処理前の直接測定において Co-60 が未検出の場合、(1) の移行率評価ができないため、浸漬処理前に Co-60 が検出された試料における移行率の評価結果を基に、保守的に移行率を設定する。

これまでに実施した試料の分析結果を基に移行率を評価した結果を第1表に示す。1回の浸漬処理の実施により測定用試料 (ろ液及びろ紙の合計) への移行率は、平均で $79.7 \pm 1.5\%$ であり、また、最低でも $68.5 \pm 6.1\%$ だった。

これを踏まえ、浸漬処理前の直接測定において Co-60 が検出されなかった場合は、浸漬処理を1回実施し、その後の測定単位の Co-60 放射能濃度の評価において、移行率を保守的に 50% として評価する。

以 上

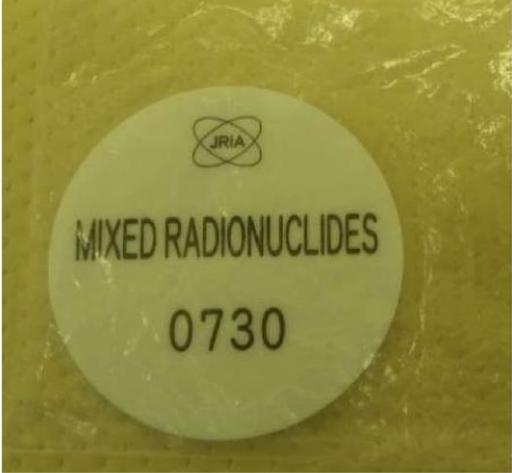
第1表 浸漬処理前後の移行率の評価結果

浸漬処理を1回実施した後の移行率を以下に示す。

番号	対象物	浸漬処理前	浸漬処理後（1回実施後）	
		測定結果 (count/s) ※1	測定結果 (count/s) ※1	移行率 (%)
1	低圧ダイヤフラム	$8.77 \times 10^{-2} \pm 3.01 \times 10^{-3}$	$2.35 \times 10^{-2} \pm 1.16 \times 10^{-3}$	73.2 ± 1.6
2	低圧ダイヤフラム	$4.15 \times 10^{-2} \pm 2.96 \times 10^{-3}$	$5.88 \times 10^{-3} \pm 9.50 \times 10^{-4}$	85.8 ± 2.5
3	低圧ダイヤフラム	$6.20 \times 10^{-3} \pm 1.20 \times 10^{-3}$	$< 1.95 \times 10^{-3}$	68.5 ± 6.1
4	低圧ダイヤフラム	$6.55 \times 10^{-3} \pm 9.60 \times 10^{-4}$	$< 1.31 \times 10^{-3}$	80.0 ± 2.9
5	低圧ダイヤフラム	$4.44 \times 10^{-3} \pm 1.10 \times 10^{-3}$	$< 9.10 \times 10^{-4}$	79.5 ± 5.1
6	低圧ダイヤフラム	$5.52 \times 10^{-3} \pm 1.24 \times 10^{-3}$	$< 1.32 \times 10^{-3}$	76.1 ± 5.4
7	低圧ダイヤフラム	$4.30 \times 10^{-3} \pm 1.12 \times 10^{-3}$	$< 1.31 \times 10^{-3}$	69.5 ± 7.9
8	低圧ダイヤフラム	$7.66 \times 10^{-1} \pm 6.25 \times 10^{-2}$	$6.95 \times 10^{-2} \pm 2.00 \times 10^{-2}$	90.9 ± 2.7
9	低圧内部車室	$2.75 \times 10^{-1} \pm 3.85 \times 10^{-2}$	$1.64 \times 10^{-2} \pm 4.30 \times 10^{-3}$	94.0 ± 1.8
平均値		—	—	79.7 ± 1.5

< : 検出限界値未満を示す。

※1 : Ge 波高分析装置による測定結果

体積線源	面線源
	

- 体積線源は、100mL 容器に 50mL の混合核種 (Cd-109、Co-57、Ce-139、Cr-51、Sr-85、Cs-137、Mn-54、Y-88、Co-60 の 9 核種) を封入
- 面線源は、47mm φ のカプセルに 9 核種 (Cd-109、Co-57、Ce-139、Cr-51、Sr-85、Cs-137、Mn-54、Y-88、Co-60 の 9 核種) を封入

第 1 図 標準線源の形状



主蒸気の流れ方向
低圧ダイヤフラム
(評価単位)



噴口部の拡大

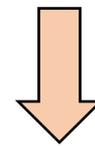
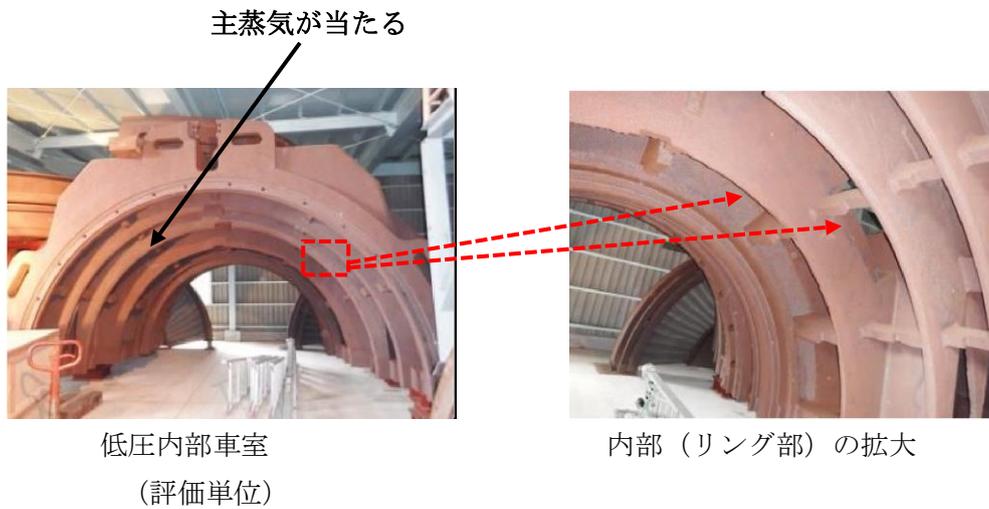
- ・肉厚が薄い噴口部を採取する。



採取後の測定単位
(測定単位)

- ・第2図は補正書の添付書類四第4-1図からの引用である。

第2図 低圧ダイヤフラムの測定単位の設定イメージ
(島根1号炉及び2号炉共通)



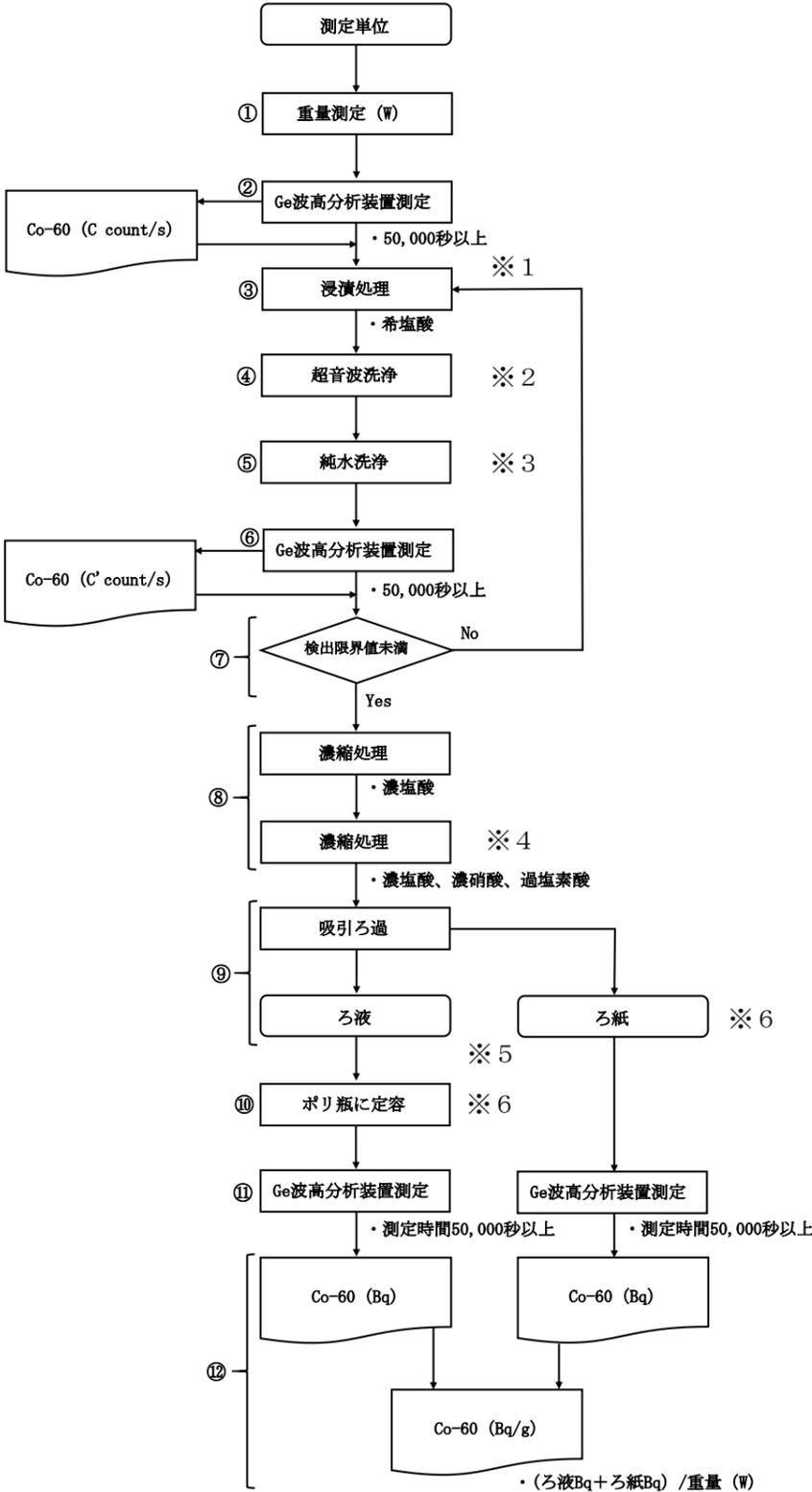
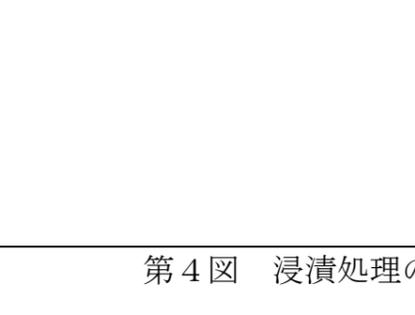
- ・肉厚が薄いリング部を採取する。



採取後の測定単位
(測定単位)

- ・第3図は補正書の添付書類四第4-2図からの引用である。

第3図 低圧内部車室の測定単位の設定イメージ
(島根1号炉及び2号炉共通)

実施手順	説明
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  <pre> graph TD Start[測定単位] --> S1[① 重量測定 (W)] S1 --> S2[② Ge波高分析装置測定 ・ 50,000秒以上] S2 --> S3[③ 浸漬処理 ・ 希塩酸] S3 --> S4[④ 超音波洗浄 ※2] S4 --> S5[⑤ 純水洗浄 ※3] S5 --> S6[⑥ Ge波高分析装置測定 ・ 50,000秒以上] S6 --> D7{⑦ 検出限界値未満} D7 -- No --> S2 D7 -- Yes --> S8[⑧ 濃縮処理 ・ 濃塩酸] S8 --> S9[⑧ 濃縮処理 ・ 濃塩酸、濃硝酸、過塩素酸] S9 --> S10[⑨ 吸引ろ過] S10 --> S11[ろ液 ※5] S10 --> S12[ろ紙 ※6] S11 --> S13[⑩ ポリ瓶に定容 ※6] S12 --> S14[Ge波高分析装置測定 ・ 測定時間50,000秒以上] S13 --> S15[Ge波高分析装置測定 ・ 測定時間50,000秒以上] S14 --> R1[Co-60 (Bq)] S15 --> R2[Co-60 (Bq)] R1 --> R3[Co-60 (Bq/g)] R2 --> R3 R3 --> End[・ (ろ液Bq+ろ紙Bq) / 重量 (W)] </pre> </div> <div style="width: 45%;">  <p>※1：希塩酸による浸漬処理</p>  <p>※2：超音波洗浄機による洗浄</p>  <p>※3：純水による洗浄</p>  <p>※6：ろ液及びろ紙</p> </div> </div>	<p>①測定単位を重量計で測定する。重量を W g とする。</p> <p>②測定単位を Ge 波高分析装置で片側の汚染された面を検出器に向けて 50,000 秒以上測定する。この時の Co-60 測定値を C count/s とする。</p> <p>③測定単位をビーカーに入れ希塩酸を加え浸漬する。</p> <p>④超音波洗浄機^{※7}により測定単位表面の二次的な汚染を剥離し溶液に移行させる。</p> <p>※7：超音波により測定単位を振動させ、二次的な汚染を剥離する。</p> <p>⑤ピンセットで測定単位を取り出し、測定単位を純水で洗浄する。洗浄液は浸漬した液と混合する。</p> <p>⑥測定単位を Ge 波高分析装置において②で測定した面を検出器に向けて 50,000 秒以上測定する。この時の Co-60 測定値を C' count/s とする。</p> <p>⑦C' count/s が検出限界値未満であれば濃縮処理へ進む。Co-60 が検出された場合は③～⑥を繰り返す。</p> <p>⑧2回の濃縮処理を行う。1回目は濃塩酸を加えて加熱、2回目は濃塩酸、濃硝酸及び過塩素酸を加えて加熱する。放冷後、純水を加え加熱する。</p> <p>⑨放冷後にビーカー内部を純水で洗浄しながら吸引ろ過し、ろ液及びろ紙に分ける。ろ液が 50mL を超える場合は加熱して 50mL 以下に調整する。</p> <p>⑩ろ液をメスフラスコに移し純水を加えて 50mL に定容する。ろ液をポリ瓶に移行する。ろ液を全て移すため、分取率は 100% である。</p> <p>⑪ろ液及びろ紙を Ge 波高分析装置により 50,000 秒以上で測定する。</p> <p>⑫添付書類五.3.4の放射能濃度の決定方法により、測定単位の Co-60 放射能濃度を評価する。</p>

第4図 浸漬処理の実施手順