

島根1, 2号炉低圧タービンのクリアランス認可申請書基本ロジック
【分析結果等】

工程表に記載した各分析等の結果を以下に示す。赤色が2月26日に提出した速報版からの更新箇所を示す。

1. 放射化汚染の分析結果

島根2号炉の低圧タービン（低圧ダイヤフラム及び低圧内部車室）の分析結果を以下に示す。

試料採取箇所	放射能濃度 (Bq/g)	検出限界値 (Co-60) (Bq/g)	D/C
第7段低圧ダイヤフラム(A系)噴口部(ステンレス鋼)	検出限界値未満	2.53×10^{-3}	2.53×10^{-2} (約 1/40)
低圧内部車室入口側(炭素鋼)	検出限界値未満	1.61×10^{-3}	1.61×10^{-2} (約 1/62)

2. 二次的な汚染の分析結果（主要核種が Co-60）

島根2号炉の低圧タービン（低圧ダイヤフラム及び低圧内部車室）の分析結果を以下に示す。

【分析結果】

(単位: Bq/g)

試料採取箇所	分析結果※1		
	Co-60	Mn-54	Co-58
低圧ダイヤフラム第7段噴口部	8.38×10^{-1}	$<1.73 \times 10^{-2}$	$<1.82 \times 10^{-2}$
低圧内部車室入口側	5.41×10^{-2}	$<2.68 \times 10^{-3}$	$<3.01 \times 10^{-3}$

※1: 「<」は検出限界値未満を示す。

3. 二次的な汚染の分析結果 (D/C の 1/33 の評価)

島根 2 号炉の低圧タービン (低圧ダイヤフラム及び低圧内部車室) の二次的な汚染の分析結果を以下に示す。

【分析結果】

試料採取箇所	Co-60 放射能濃度 (Bq/g) ※1	D/C	1/33 の D/C
低圧ダイヤフラム 第 7 段噴口部	$<1.01 \times 10^{-3}$	1.01×10^{-2}	3.03×10^{-2}
低圧内部車室入口 側	$<1.24 \times 10^{-3}$	1.24×10^{-2}	3.03×10^{-2}

※ 1 : 「<」は検出限界値未満を示す。

4. 評価結果

以上の分析結果から、島根 1, 2 号炉低圧タービン (低圧ダイヤフラム及び低圧内部車室) は、汚染の種類が二次的な汚染であり、主要核種は Co-60 である。

- ・二次的な汚染の主要核種は、2. に示すとおり、Co-60 のみ検出され他の核種は Co-60 と 1 桁以上の差があることから、Co-60 である。
- ・放射化汚染は、2. の二次的な汚染 (未除染) の Co-60 と比較すると D/C は以下のとおり 1 桁以上の差がある。

【Co-60 分析結果から求めた D/C の比較】

試料採取箇所	二次的な汚染 (未除染) D/C	放射化汚染 D/C
低圧ダイヤフラム第 7 段 噴口部	8.38×10^0	2.53×10^{-2}
低圧内部車室入口側	5.41×10^{-1}	1.61×10^{-2}

- ・二次的な汚染の D/C は、3. から除染後に 1/33 を下回ることを確認した。

4. 放射能濃度確認対象物の二次的な汚染の分布について

- ・除染前の2号炉の放射能濃度確認対象物の表面汚染密度を測定した結果、軸方向には入口付近が高く、下流側に向けて低くなる傾向を確認した。また、周方向には均一な傾向を示すことを確認した。

【測定条件】

- ・測定期間：2021年2月
- ・測定場所：島根原子力発電所1号炉タービン建物^{※1}
- ・測定担当：協力会社
- ・除染区分：未除染^{※2}
- ・測定対象：2号炉低圧ダイヤフラム及び低圧内部車室^{※2}
- ・測定方法：GMサーベイメータによる直接測定法^{※3}

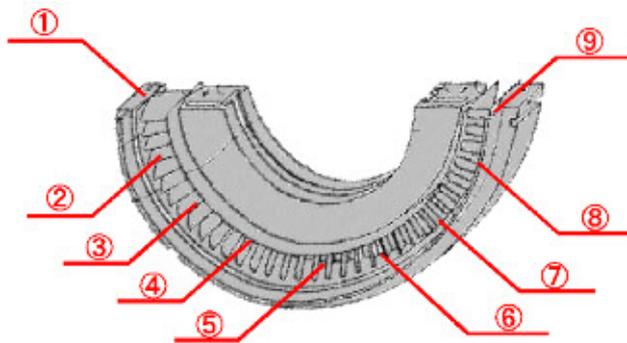
※1：2号炉低圧ダイヤフラム及び低圧内部車室を保管中

※2：軸方向周方向の傾向を把握することが目的のため、未除染を対象

※3：固定性表面汚染のため、直接測定法を採用

- ・低圧ダイヤフラムの測定条件

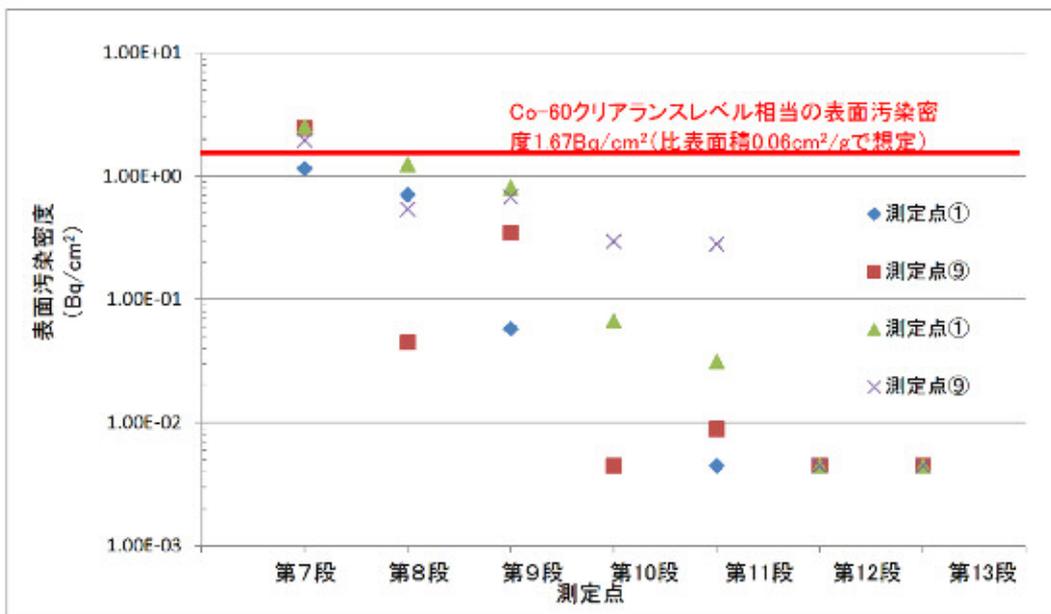
- ・入口側の第7段目及び出口側の第13段目を直接測定、測定箇所は下図の①～⑨の測定点を参照、なお、測定点は主蒸気が通過し表面汚染密度が高い箇所である噴出口部とした。



- ・第8段目～第12段目は、低圧ダイヤフラムが架台に収納されており、ダイヤフラム間が狭く直接測定が出来ないこと、天井クレーンで吊って測定すると不安全な行為のため測定点①及び⑨のみとした。

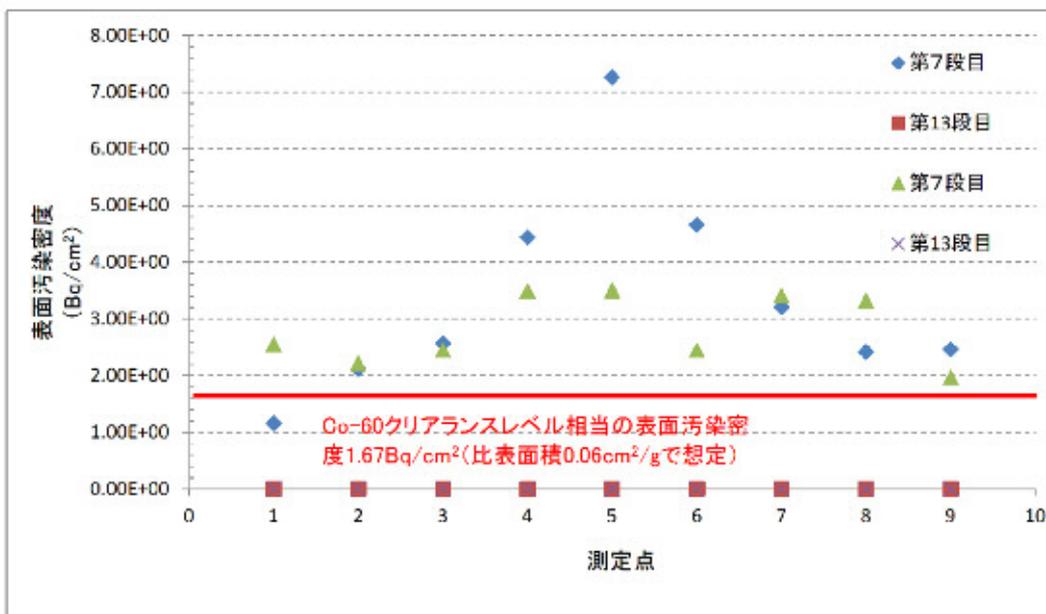
【測定結果】

(2号炉低压ダイヤフラム 軸方向)



- 主蒸気入口側である第7段目付近は Co-60 のクリアランスレベル相当の表面汚染密度であり，下流側の第12段，第13段は表面汚染密度が検出されなかった。

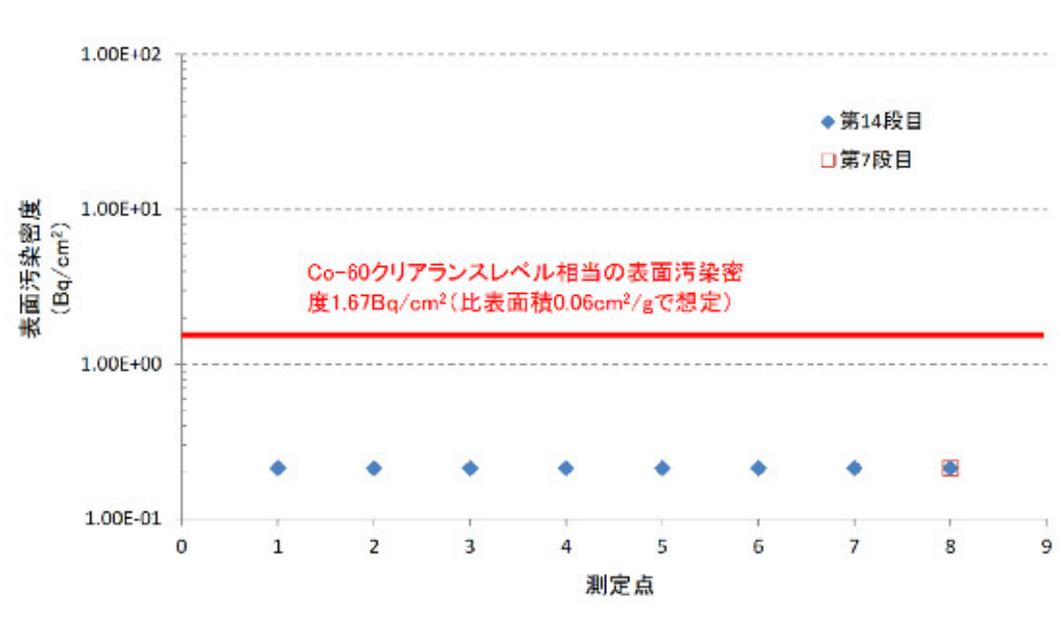
(2号炉低压ダイヤフラム 周方向)



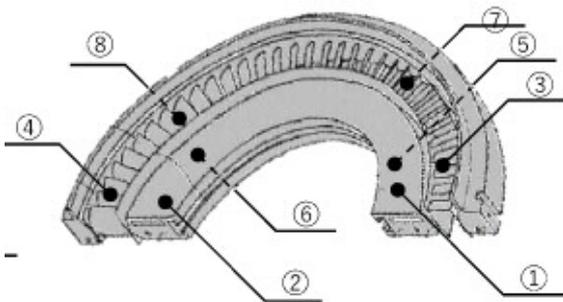
- 下流側の第13段目は周方向に均一な表面汚染密度の傾向を示した。入口付近の第7段目は表面汚染密度がクリアランスレベル相当を超過する傾向を示した。
- クリアランスレベル相当の表面汚染密度 = $0.1 \text{ Bq/g (Co-60)} \div 0.06 \text{ cm}^2/\text{g} = 1.67 \text{ Bq/cm}^2$

- ・比表面積 $0.06\text{cm}^2/\text{g}$ は図面，実測から概算した値である。
- ・第7段目は二次的な汚染が見られるため，除染を実施した1号炉を参考にする以下のとおりである。

(1号炉低压ダイヤフラム)



- ・除染を想定すると2号炉低压ダイヤフラム周方向は，1号炉低压ダイヤフラムと同様に均一な傾向を示すと推定する。
- ・1号炉の測定場所は以下のとおりである。



- ・測定場所以外の測定条件を以下に示す。
- ・測定期間：2021年2月
- ・測定場所：島根原子力発電所構内倉庫^{※1}
- ・測定担当：協力会社
- ・除染区分：除染後
- ・測定対象：2号炉低压ダイヤフラム^{※2}及び低压内部車室
- ・測定方法：GMサーベイメータによる直接測定法^{※3}

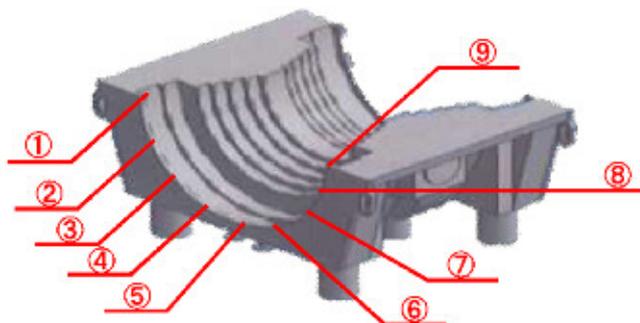
※1：1号炉低压ダイヤフラム及び低压内部車室を保管中

※2：第7段目は、構内倉庫内で第14段～第7段（高圧タービン側）・第7段～第14段（発電機側）と連なって保管され移動ができないため（天井クレーンがない倉庫）、部分的な測定とした。

※3：固定性表面汚染のため、直接測定法を採用

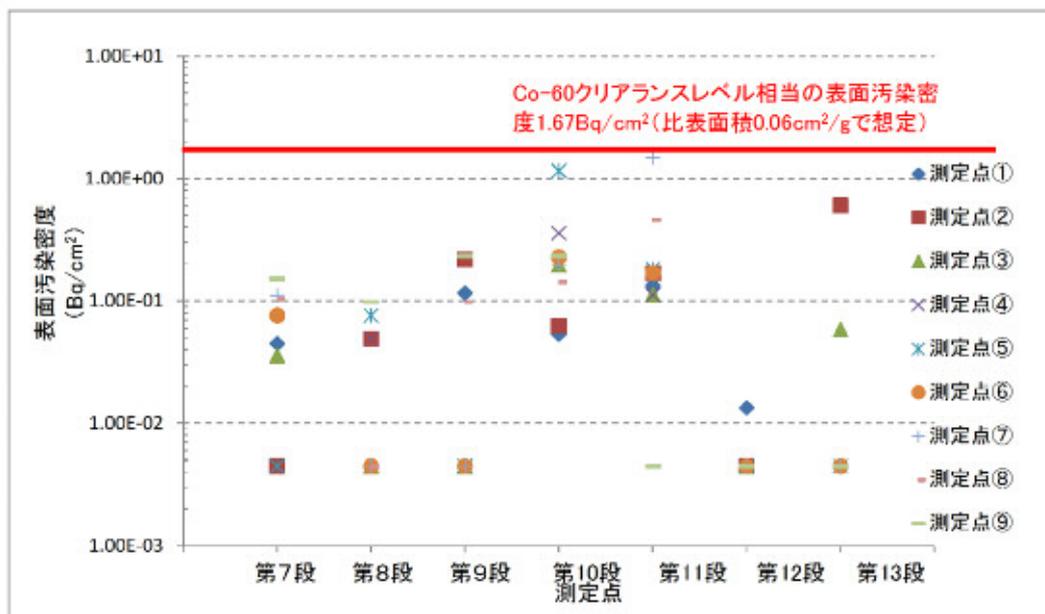
・ 低圧内部車室の測定条件

・ 入口側の第7段目から出口側の第13段目までの低圧ダイヤフラムと接触する内面を直接測定する。各段の測定箇所は下図の①～⑨の測定点を参照



【測定結果】

(2号炉低圧内部車室 軸方向)



・ クリアランスレベル相当の表面汚染密度以下で分布することを確認した。

(2号炉低压内部車室 周方向)

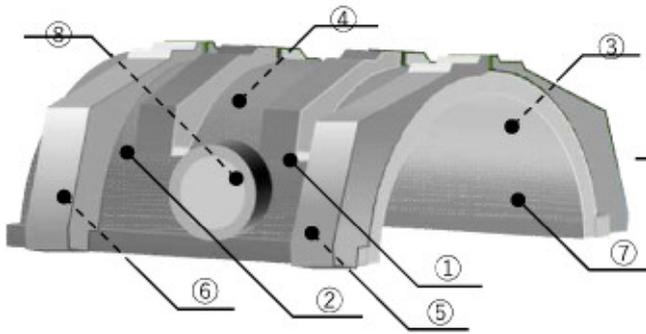


- ・クリアランスレベル相当の表面汚染密度以下で分布することを確認した。
- ・軸方向及び周方向でクリアランスレベル以下のバラツキが見られるため、除染を実施した1号炉を参考にした。1号炉の測定結果は以下のとおりである。

(1号炉低压内部車室)



- ・除染を想定すると2号炉低低压内部車室は、1号炉低低压内部車室と同様に均一な傾向を示すと推定する。
- ・1号炉の測定場所は以下のとおりである。



- ・測定条件は，1号炉低圧ダイヤフラムと同じである。
- ・構内倉庫は照明もなく足場も悪いため，低圧内部車室の内面の測定は不安全な行為になることから，一部のみの測定とした。

5. 不確かさの評価について

不確かさの評価方法を以下に示す。

表 審査基準 (3.3. 放射能濃度の決定方法 (1)イ項の不確かさ) の適合性

要求事項 (不確かさに関する説明)		説明	95%上限値を考慮した設定根拠
放射線測定値		正味計数率に関して、統計誤差を考慮し、包含係数は、信頼の水準を片側 95%としたときの 1.645 とする。	信頼の水準を片側 95%上限値の包含係数 1.645 を計数率に乗じて設定する。
測定効率	放射線検出器の校正	標準線源の誤差及び放射能換算係数の統計誤差を合成し、包含係数は、信頼の水準を片側 95%としたときの 1.645 とする。	信頼の水準を片側 95%上限値の包含係数 1.645 を標準線源の誤差及び放射能換算係数の統計誤差を合成した不確かさに乗じて設定する。
	測定対象物と放射線測定器との位置関係	放射能濃度確認対象物に直付けして測定することから考慮しない。	—
	測定対象物内部での放射線の減衰等	放射能濃度確認対象物が表面汚染であることから考慮しない。	—
測定条件	実際の測定条件と測定効率を設定した条件との違い	均一 (2号炉は除染を実施) な二次的な汚染であることから測定効率設定時の測定条件と相違がないため考慮しない。	—
	測定場所周辺のバックグラウンドの変動等	放射能濃度確認対象物の測定毎にBG測定することから考慮しない。	—
データ処理 (放射能濃度換算等)		重量及び面積は JIS-B-0405 の普通公差を三次元 CAD に入力して求めるため、考慮しない。密度は JIS, JAERI-M6928 の規格化された値を適用する。	—

以上

(参考) GM サーベイメータの主な仕様及び測定条件

名 称	概要		
GM サーベイ メータ	仕様	検出器	測定方法：ガイガーミュラー計数管 測定効率：約 $4.5 \times 10^{-3} \text{Bq/cm}^2/\text{min}^{-1}$ 検出限界値：約 $2.7 \times 10^{-4} \text{Bq/g}^{*1}$
		型式	検討中
	測定 条件	測定方法	外部より $\beta \gamma$ 線を測定
		測定単位	評価単位と同じ
		対象物の 汚染性状	二次的な汚染
		対象物の 形状	平の状態
		対象物の 材質	低圧ダイヤフラム：ステンレス鋼 低圧内部車室：炭素鋼
		測定時間	時定数：30 秒 測定時間：90 秒
	BG 測定時 間	時定数：30 秒 測定時間：90 秒	
	重量	仕様	三次元 CAD により求める。 普通公差は JIS-B-0405
面積	仕様	三次元 CAD により求める。 普通公差は JIS-B-0405	

※1：比表面積を約 $0.06 \text{cm}^2/\text{g}$ （メーカーによる評価）とした場合の値，放射能濃度
確認対象物の形状により変動する。