

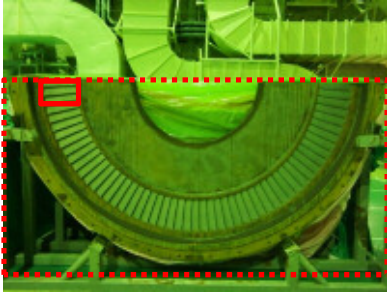

島根1，2号炉低圧タービンのクリアランス認可申請書基本ロジックについて

- ・1号炉の対象物は、低圧タービン（低圧内部車室及び低圧ダイヤフラム，除染済み^{※1}）である。運転開始から第18サイクル終了（累積運転時間127,552EPFH）まで使用した低圧内部車室及び低圧ダイヤフラム，第19サイクル（累積運転時間135,141EPFH）及び第20サイクル終了（累積運転時間144,996EPFH）まで使用した低圧ダイヤフラムである。2号炉の対象物は、運転開始から第17サイクル終了（累積運転時間162,424EPFH）まで使用した低圧内部車室と低圧ダイヤフラム（除染未実施^{※1}）である。対象物の総重量は1,035トン（1号炉：413トン，2号炉：622トン）である。
- ・確認対象物の放射化汚染は、タービン建物で使用していたことから、原子炉からの直接線やストリーミング線の影響はなく^{※2}，主蒸気中に含まれるN-17からの中性子線により生じる。1号炉は、低圧タービンよりも原子炉側にありN-17濃度が高い主蒸気にあたる高圧タービンのサンプルを分析した結果，検出限界値（ $8.93 \times 10^{-3} \text{Bq/g}$ ）未満であった。2号炉は低圧タービンの代表サンプル（酸に浸漬し，二次的な汚染を溶解させた後のサンプル）を測定した結果，Co-60のピークは確認^{※3}されなかった。このため，放射化汚染は無視できると判断し，評価対象核種の選択対象とする必要はないと判断した。
- ・主蒸気中に含まれる放射性物質が付着することによる汚染（二次的な汚染）は，一次冷却設備から溶出した腐食生成物や構造材に微量元素として存在するウラン等が炉心中性子により放射化されることにより放射性物質が生成され，原子炉内から主蒸気に移行して低圧タービンに付着することによって生じる。対象物が使用されていた期間，放射性物質による汚染に影響を及ぼすような事故，トラブル及び燃料破損がなかったことから，FP核種の影響は僅かであり，CP核種が主である。CP核種は，材料の組成からCo-60が主要な核種となる。これは運転中に原子炉水中で顕著に検出される核種がCo-60であること，事前調査（対象物の核種の測定結果）から明らかである。
- ・Co-60の放射能濃度は，GMサーベイメータによる表面汚染密度測定結果（1号炉：確認済み，2号炉：除染実施後に確認）がバックグラウンドレベル（ 100min^{-1} 未満）になること及び放射能濃度確認対象物の比表面積から求めた結果，D/C（⁶⁰Co）で1/33以下であった。従って，Co-60以外の核種の放射能濃度は僅かと判断し，評価対象核種は，Co-60の1種類とし，Co-60以外は考慮しない。
- ・タービンは回転設備であり，原子炉からの主蒸気は，内部では周方向に均等に流れるため，二次的な汚染の程度は大きく異ならない。軸方向については，主蒸気が低圧タービンの中心部から入り下流側に向かって膨張しながら流れることから，評価単位は軸方向に分割して10トン以内となるように設定し，D/Cが1を超えないことを確認する。
- ・対象物の汚染の程度が大きく異ならないことから，「測定単位」の一つを代表として測定し，その結果を基に「評価単位」の放射能濃度を決定する。^{※4}
- ・測定装置は，原則，二次的な汚染のCo-60が放出するβ線，γ線測定によく用いられる汎用のGMサーベイメータを用いる。測定時は測定した計数率がバックグラウンドも含めて全てCo-60からの放射線として放射能濃度を換算することで，保守的な評価を行う。
- ・Co-60の放射能濃度の測定では，測定条件の不確かさを考慮する。「評価単位」の評価対象核種のD/C（Co-60）が1以下となることを確認し，国の確認を受ける。

以上

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について
(補足)

- ※1：1号炉の低圧タービン（低圧内部車室及び低圧ダイヤフラム）は除染済み，2号炉の低圧タービン（低圧内部車室及び低圧ダイヤフラム）は除染が未実施であり，今後除染する。
- ※2：1, 2号炉の対象物の周辺（低圧タービンの表面）の中性子線量率は「原子炉施設におけるクリアランスレベル検認のあり方について」（平成13年7月16日 原子力安全委員会）において，放射化の汚染がないことが明らかであることの判断基準の例として示されている $6.25 \mu\text{Sv/h}$ を下回っている。
- ※3：酸に浸漬し，二次的な汚染を測定した後のサンプル（低圧ダイヤフラム噴口部）について，サンプルの形状のまま直接 Ge 半導体検出器により測定し，バックグラウンドを超える放射線が検出されないことを確認した。
- ※4：低圧ダイヤフラムの噴口部（主蒸気が通過するため，二次的な汚染の放射能濃度が高いと考える箇所）を測定単位とし，低圧ダイヤフラムの段を評価単位とする。2号炉を代表（1, 2号炉とも形状は同じ）に噴口部を以下に示す。

号 炉	2号炉
全 体	 <p>赤実線：測定単位 赤点線：評価単位</p>
噴口部	<p>赤実線を拡大</p> 

- GM サーベイメータで主蒸気にさらされる噴口部の表面を測定し，計数率 (min^{-1}) を GM サーベイメータの換算係数により放射能濃度 (Bq/cm^2) に換算する。なお，測定時は測定した計数率がバックグラウンドも含めて全て Co-60 からの放射線とすることで，保守的な評価となる。得られた放射能濃度 (Bq/cm^2) に比表面積 (cm^2/g) を乗じて，測定単位の放射能濃度 (Bq/g) を求める。さらに，評価単位の比表面積を放射能濃度 (Bq/cm^2) に乗じて評価単位の放射能濃度 (Bq/g) を求め，D/C が 1 を超えないことを確認する。

以 上

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について

【エビデンス】

1. 放射化汚染

- ・ 1 号炉は、低圧タービンよりも原子炉側にあり放射化汚染の影響が大きい高圧タービン(1 号炉)のサンプルについて N-17 線による放射化汚染は、検出限界値(8.93×10^{-3} Bq/g) 未満であった。2 号炉は低圧タービンの代表サンプル(酸により二次的な汚染を浸漬させた後に放射化汚染が残ったサンプル)を測定した結果、Co-60 のピークは確認^{*3}されなかった。

上記の下線部のエビデンスを以下に示す。

	判定	検出限界濃度
2 号炉低圧タービン	検出限界値未満	5.05×10^{-4} Bq/g (概算値)

検討中の項目を以下に示す。データ取得しだい提示する。

- ・ 1 号炉低圧ダイヤフラムの放射化汚染 (Co-60) の測定
- ・ 2 号炉低圧ダイヤフラムの放射化汚染 (Co-60) の測定

2. 事前調査結果

- ・ これは運転中に原子炉水中で顕著に検出される核種が Co-60 であること、事前調査(対象物の核種の測定結果) から明らかである。

上記の下線部のうち原子炉水のエビデンスを第 1 表に示す。対象物の核種の測定結果を以下に示す。

号 炉	放射能濃度確認対象物	Co-60 (Bq/g)	Co-60 以外
1 号炉	低圧内部車室	検出限界値未満	検出限界値未満
	高圧ダイヤフラム (参考)	2.19×10^{-3}	検出限界値未満
2 号炉	低圧内部車室	1.14×10^{-2}	検出限界値未満
	低圧ダイヤフラム	1.03×10^{-2}	検出限界値未満

検討中の項目を以下に示す。データ取得しだい提示する。

- ・ 1 号炉低圧ダイヤフラムの二次的な汚染 (Co-60) の測定

3. D/C の 1/33 の評価について

- GM サーベイメータによる表面汚染密度測定結果（ 100min^{-1} 未満）に基づき求めた結果，D/C (^{60}Co) で 1/33 以下であった。

上記の下線部のエビデンスを第 2 表に示す。

以 上

第1表 炉水放射能濃度 (1 / 2)
(1号炉)

単位 : Bq/cm³

サイクル	H-3	Mn-54	Fe-59	Co-58	Co-60
1	2.78×10^2	1.17×10^0	2.21×10^{-1}	1.87×10^1	5.87×10^0
2	2.78×10^2	1.17×10^0	2.21×10^{-1}	1.87×10^1	5.87×10^0
3	2.78×10^2	1.17×10^0	2.21×10^{-1}	1.87×10^1	5.87×10^0
4	2.78×10^2	1.17×10^0	2.21×10^{-1}	1.87×10^1	5.87×10^0
5	2.78×10^2	1.17×10^0	2.21×10^{-1}	1.08×10^1	2.45×10^0
6	2.78×10^2	1.17×10^0	2.21×10^{-1}	1.47×10^1	4.16×10^0
7	2.78×10^2	1.10×10^0	1.19×10^{-2}	1.87×10^1	5.87×10^0
8	2.78×10^2	7.16×10^{-1}	2.21×10^{-1}	1.24×10^1	3.92×10^0
9	2.78×10^2	5.75×10^{-1}	5.84×10^{-3}	7.01×10^0	2.67×10^0
10	2.78×10^2	6.82×10^{-1}	3.74×10^{-3}	7.31×10^0	2.56×10^0
11	2.78×10^2	7.08×10^{-1}	3.61×10^{-3}	8.38×10^0	2.63×10^0
12	2.78×10^2	4.45×10^{-1}	3.16×10^{-3}	7.87×10^0	2.37×10^0
13	2.78×10^2	4.35×10^{-1}	3.88×10^{-3}	6.72×10^0	1.87×10^0
14	2.78×10^2	1.17×10^0	1.19×10^{-2}	8.99×10^0	2.06×10^0
15	2.78×10^2	2.74×10^{-1}	1.49×10^{-2}	6.95×10^0	1.51×10^0
16	2.78×10^2	3.54×10^{-1}	5.53×10^{-2}	6.36×10^0	1.34×10^0
17	2.60×10^2	5.89×10^{-1}	3.83×10^{-2}	7.22×10^0	1.46×10^0
18	2.70×10^2	1.85×10^{-1}	1.15×10^{-2}	4.95×10^0	1.43×10^0
19	2.78×10^2	3.08×10^{-1}	4.83×10^{-2}	5.24×10^0	1.91×10^0
20	2.22×10^2	2.51×10^{-1}	6.28×10^{-2}	5.48×10^0	2.35×10^0
21	2.25×10^2	1.02×10^0	1.77×10^{-2}	4.09×10^0	3.35×10^0
22	2.26×10^2	9.45×10^{-1}	1.77×10^{-2}	4.19×10^0	3.40×10^0
23	1.89×10^2	5.82×10^{-1}	1.77×10^{-2}	3.18×10^0	1.95×10^0
24	2.06×10^2	4.36×10^{-1}	1.77×10^{-2}	2.89×10^0	2.37×10^0
25	2.33×10^2	4.95×10^{-1}	1.77×10^{-2}	3.59×10^0	3.87×10^0
26	1.63×10^2	2.76×10^{-1}	1.77×10^{-2}	3.17×10^0	3.43×10^0
27	1.56×10^2	2.49×10^{-1}	1.77×10^{-2}	2.93×10^0	3.11×10^0
28	1.54×10^2	2.84×10^{-1}	1.77×10^{-2}	3.87×10^0	4.07×10^0
29	1.36×10^2	1.40×10^{-1}	1.77×10^{-2}	1.64×10^0	1.43×10^0

第1表 炉水放射能濃度 (2 / 2)
(2号炉)

単位 : Bq/cm³

サイクル	H-3	Mn-54	Fe-59	Co-58	Co-60
1	4.63×10^2	1.57×10^0	2.78×10^{-2}	6.77×10^0	6.53×10^{-1}
2	4.63×10^2	3.07×10^0	3.78×10^{-2}	1.34×10^1	2.26×10^0
3	4.63×10^2	2.19×10^0	2.45×10^{-2}	1.30×10^1	2.72×10^0
4	4.63×10^2	2.10×10^0	4.23×10^{-2}	1.39×10^1	2.02×10^0
5	4.10×10^2	1.66×10^0	1.79×10^0	1.00×10^1	1.89×10^0
6	3.83×10^2	2.11×10^0	2.50×10^{-2}	6.65×10^0	1.91×10^0
7	3.59×10^2	2.71×10^0	1.87×10^{-2}	5.66×10^0	2.07×10^0
8	2.64×10^2	1.61×10^0	2.40×10^{-2}	4.88×10^0	1.88×10^0
9	2.36×10^2	1.49×10^0	2.97×10^{-2}	4.96×10^0	2.03×10^0
10	2.49×10^2	1.63×10^0	1.40×10^{-2}	5.10×10^0	2.39×10^0
11	2.31×10^2	1.78×10^0	2.29×10^{-2}	5.06×10^0	2.60×10^0
12	1.57×10^2	1.83×10^0	1.81×10^{-2}	4.74×10^0	2.47×10^0
13	1.18×10^2	1.90×10^0	1.81×10^{-2}	5.93×10^0	2.82×10^0
14	1.33×10^2	1.87×10^0	1.81×10^{-2}	4.99×10^0	2.38×10^0
15	1.21×10^2	1.06×10^0	1.81×10^{-2}	5.54×10^0	2.84×10^0
16	1.36×10^2	7.20×10^{-1}	1.32×10^{-2}	4.00×10^0	1.94×10^0
17	1.18×10^2	4.04×10^{-1}	1.32×10^{-2}	3.93×10^0	1.87×10^0

第2表 D/Cの1/33の評価
(低圧ダイヤフラム)

号 炉	1	2
表面汚染密度 (Bq/cm ²)	2.16×10^{-1}	4.32×10^{-1}
比表面積 (cm ² /g)	4.06×10^{-3}	6.65×10^{-3}
放射能濃度 (Bq/g)	8.76×10^{-4}	2.87×10^{-3}
D/C	8.76×10^{-3}	2.87×10^{-2}