

中国電力株式会社 審査資料	
資料番号	CL-E-07
提出年月日	令和2年8月27日

2020年8月27日  
中国電力株式会社

提出書類リスト  
(島根原子力発電所1号炉及び2号炉低圧タービンクリアランス認可申請)

資料番号	提出書類
1-1	放射化汚染の評価について(コメント回答)
1-2	二次的な汚染の評価について(コメント回答)
1-3	東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に伴うフォールアウトの影響の有無の判断について(コメント回答)

## 放射化汚染の評価について（コメント回答）

年月日	質問・コメント等
令和2年8月3日	放射化汚染の評価について，同汚染の有無の判断方法の妥当性が確認できないため，よく検討した上で判断方法の妥当性を説明すること。

## 【回答】

放射能濃度確認対象物である低圧タービンのダイヤフラムと内部車室について，放射化汚染による影響を考慮する必要はないとした評価方法について以下に示す。

## 1. 放射化汚染の評価

## 1.1 評価手順

放射化汚染については，放射能濃度確認対象物が低圧タービン系であることから，中性子線源を原子炉冷却材（主蒸気）中の N-17 として評価した。

評価する材質は，放射能濃度確認対象物の構造材として使用されている炭素鋼，ステンレス鋼，合金鋼とした。

## (1) 中性子束

中性子束は，島根1号炉及び2号炉の低圧タービンの線源スペクトル等に基づき，一次元 Sn 輸送計算コード「ANISN」<sup>(1)</sup>を用いて計算により評価した。

中性子束評価は，中性子源となる機器の評価モデル，入力パラメータを設定して評価した。評価モデルは，島根1号炉及び2号炉とも主蒸気系配管，高圧タービン，湿分分離器及び低圧タービンを中性子源に，低圧タービンの表面を評価点に設定した。評価モデルおよび設定条件を第1図「配管の中性

子束評価の評価モデル」, 第2図「機器の中性子束評価の評価モデル(1, 2号炉共通)」, 第1表「機器の中性子束評価の評価モデル」, 第2表「炭素鋼の組成」, 第3表「ステンレス鋼の組成」に示す。また第3図「中性子源及び評価点」に中性子源及び評価点を示す。評価点の中性子束を放射化計算の入力パラメータにした。

次に中性子束評価に係る条件である構成材料, 線源スペクトルを以下に示す。

構成材料の組成は号炉毎に設定した。島根1号炉は, 蒸気の成分が不明なため, 保守的に空気を設定した。島根2号炉は, 設計値より蒸気を設定した。号炉毎の構成材料の組成を第4表「中性子束評価における構成材料の組成」に示す。

線源スペクトルは, N-17の $\beta$ 崩壊に伴い発生する中性子エネルギースペクトルにN-17放射能濃度を乗じた値である。N-17の $\beta$ 崩壊に伴い発生する中性子エネルギースペクトルは, Table of Isotopes<sup>(2)</sup>に記載されている値とし, MATXSLIB-J33ライブラリ<sup>(3)</sup>の中性子175群のエネルギー群構造を使用した。N-17放射能濃度は島根1号炉は, N-16放射能濃度に換算係数を乗じて求めた。島根2号炉は, 主蒸気ノズル部のN-17放射能濃度に各線源への到達時間を考慮して求めた。具体的には, 主蒸気ノズル部のN-17放射能濃度にN-17の壊変定数を考慮して, 比容積で除して求めた。各線源のN-17放射能濃度を第5表「各線源のN-17放射能濃度」, 一例として低圧タービンについての線源スペクトル等の評価結果を第6表「低圧タービンの線源スペクトル」に示す。

島根1号炉及び2号炉の低圧タービンの中性子束を一次元Sn輸送計算コード「ANISN」を用いて計算した結果を第7表「中性子束の評価結果(まとめ)」に, 内訳を第8表「中性子束の評価結果」に示す。

## (2) 放射化量の計算

放射化汚染による放射性物質濃度の計算には, 放射性物質生成崩壊計算コ

ード ORIGIN-S<sup>(4)</sup> (以下「ORIGIN-S」という。)を使用し、第9表「放射化汚染の評価の前提条件」に示す中性子束、中性子照射履歴及び構造材の元素組成等を用いて、推定放射化量を算定し放射性物質濃度を評価する。放射化断面積については、ENDF/B-V および ENDF/B-VI を出典としている ORIGIN-S(Scale 5.1)に付属している放射化ライブラリを使用した。中性子照射期間終了後の、冷却期間における減衰補正については、各評価対象核種の半減期を考慮して評価した。

a. 中性子照射履歴

1号炉の放射能濃度確認対象物は、第18サイクル終了後に発生した低圧内部車室に加えて第18サイクル、第19サイクル及び第20サイクル終了後に発生した低圧ダイヤフラムであるため、中性子照射履歴は、第20サイクル終了時点の実効運転日数を切り上げ、17年連続照射の条件とした。

2号炉の放射能濃度確認対象物は、第17サイクル終了後に発生した低圧内部車室と低圧ダイヤフラムであるため、中性子照射履歴は、第17サイクル終了時点の実効運転日数を切り上げ、19年連続照射の条件とした。

b. 構造材の元素組成

島根1号炉、2号炉の放射能濃度確認対象物の主要な構造材料は、1号炉ではステンレス鋼(12Cr不銹鋼)、合金鋼(Cr 鋼・合金鋳鉄)および炭素鋼、2号炉ではステンレス鋼(12Cr鋼)、合金鋼(2.25Cr-1Mo鋼板)および炭素鋼である。各元素組成の設定結果を第10表「放射化汚染の評価の前提条件(元素組成)」に示す。また、それぞれの材料の元素組成の設定にあたっては、主要材料のうち、ミルシートに組成の記載のある主要元素についてはミルシート値を設定した。ミルシートに記載のない元素については、原子炉構造材で使用している材料を基に島根1号炉においてはSUS304、2号炉においてはSUS316Lの組成で設定した。これらの材料の元素組成は、同等のコールド材料を用いた定量分析結果、文献値・規格値を基に設定した。しかし、文献値が無く、定量分析値を取得していない元

素については、1,000ppm 存在すると仮定し元素組成を設定した。分析値を取得した元素については、分析データの99%信頼区間の上限値を中心とした対数正規分布の平均に相当する値を設定した。また分析結果が検出限界未満の元素は検出限界値を設定した。

#### c. 放射性物質濃度の計算

放射性物質濃度の計算はORIGEN-Sを用いた。

### (3) 評価の妥当性

#### a. 中性子条件の妥当性

中性子束評価結果は、中性子線量の測定結果との比較により妥当性を確認した。第4図「中性子線の計算結果と測定結果の比較(1/2)(2/2)」に「ANISN」により求めた中性子線量とレムカウンタにより測定した測定結果の比較を示す。

島根1号炉は、T1、T6及びT7が低圧タービンであり、計算結果は測定結果に対し2桁程度高い。島根2号炉は、T4～T6が低圧タービンであり、計算結果は測定結果に対し1桁程度高く、各号炉とも計算結果は高め評価されており放射化汚染の放射能濃度を評価するにあたり妥当である。

#### b. 元素組成の妥当性

構造材の元素組成は、(2) b. に記載の通り設定しており、炭素鋼を除いて放射能濃度確認対象物のミルシートに記載がある主要元素についてはミルシート値を採用した。炭素鋼及びその他の構造材の主要元素以外の元素については、定量分析結果、文献値・規格値を基に設定した。これらについては、放射能濃度確認対象物自体の値ではないため、その妥当性を以下の通り確認する。

##### ① 各構造材の元素組成の設定値

ステンレス鋼についてはミルシートに記載のある元素についてはミルシート記載値を設定しており、放射能濃度確認対象物自体の組成である。ミル

シートに記載のない元素については、製造時に管理されず、意図的な変動がない元素であるため、同様の製造工程となるステンレス鋼の組成を設定した。なお、ステンレス鋼については主要な原子炉構造材と同等となるように選択し、1号炉についてはSUS304、2号炉についてはSUS316Lとした。

合金鋼については、ミルシートに記載のある元素についてはミルシート記載値を設定しており、放射能濃度確認対象物自体の組成である。ミルシートに記載のない元素については、製造時に管理されず、意図的な変動がない元素であるため、炭素鋼の組成を用いた。放射能濃度確認対象物に使用している合金鋼は低合金鋼であり、炭素鋼に微量に添加元素が加えられたものである。

炭素鋼については、原子力発電所で使用される炭素鋼の組成として一般的に使用されている文献値<sup>(5)</sup><sup>(6)</sup>を基に設定した。なお、これらの構造材の設定値は放射化汚染の放射能濃度が最も高くなる構造材の選定に利用するため、上記の標準的な組成とすることは妥当である。

## ② 1号炉ステンレス鋼の組成について

①により設定した元素組成により求めた基準に対する比を第11表「放射化汚染の評価結果(D/C)」に示す。

全ての構造材のなかで、 $\Sigma D/C$ が最も大きくなるのは、評価開始時点における1号炉ステンレス鋼である。この内99.9%はCo-60によるため、その主要な親元素であるCoの設定値について確認する。

1号炉ステンレス鋼におけるCo成分はミルシートに記載がなく管理される元素ではない。従って、その組成は同じステンレス鋼であるSUS304の設定値を用いた。SUS304のCoの設定値は同等のコールド材料を用いた定量分析結果の99%信頼区間の上限値を中心とした対数正規分布の平均に相当する値を設定しており、結果として評価される放射能濃度は高くなる。

以上のことから、元素組成については、放射化汚染による放射能濃度の評価が高めになるように設定しており妥当である。

c. 評価に用いる放射性物質生成崩壊計算コードの妥当性

ORIGEN-S(Scale 5.1)コードは、米国規制委員会（NRC）の依頼で開発された SCALE Version5.1 システムで構成される一つのコードとして、国内において使用実績のあるコードである。

1.2 放射化汚染の評価結果

放射化汚染の放射能濃度の評価結果を第12表「放射化汚染の評価結果（放射能濃度）」、基準値に対する比を第11表「放射化汚染の評価結果（D/C）」に示す。 $\Sigma D/C$ については評価開始予定時点である2021年4月から評価終了予定時点である2046年3月までの期間において、1号炉の評価結果は最大で [ ] [ ] である。2号炉の評価結果は最大で [ ] である。

「原子力施設におけるクリアランスレベル検認のあり方(平成13年 原子力安全委員会)」において、放射化汚染がないことが明らかであることの判断の一例として、中性子線量当量率が  $6.25 \mu\text{Sv/h}$  を下回る場合が示されており、その理由として当該線量当量率の場合に  $\Sigma D/C$  が1に比べて十分低い値である0.05程度であることが示されている。

放射能濃度確認対象物の放射化汚染による  $\Sigma D/C$  の評価結果は最大でも [ ] であり、1に比べて十分低い値であることから、放射化汚染の影響を考慮する必要はないと判断した。

なお、万が一評価結果を超える放射化汚染があったとしても、放射化汚染についても主要な放射性核種はCo-60であり、これは二次的汚染による評価対象核種として選定する核種と同じである。

Co-60については、実際の検認にあたり測定装置により検出された放射線が全て二次的汚染由来のものとして不確かさを考慮するが、不確かの設定にあたっては、自己遮蔽を考慮し、測定対象物の中心に汚染が集中している条件で設定しており、仮に一様な汚染である放射化汚染があったとしても、測定装置による測定結果は、その放射能濃度を包含したものとなることから、基準を超過

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

するものを検認することはない。

以上の結果から、放射能濃度確認対象物の放射化汚染について、測定時には考慮せず、二次的汚染として評価することとする。

以上



第1表 機器の中性子束評価の評価モデル

号 炉	機 器	寸法 (mm) ※ <sup>1</sup>	モデル形状	主要材質
1 号炉	高压タービン	車室厚 61.0, 内径 992.0	円筒	炭素鋼
	湿分分離器	肉厚 25.0, 内径 2800.0	円筒	炭素鋼
	低压タービン	内部車室厚 47.0 外部車室厚 33.0 内径 (外部) 2636.0 車軸半径 950.0	円筒	炭素鋼※ <sup>2</sup> ステンレス鋼※ <sup>2</sup>
2 号炉	高压タービン	車室厚 71.0, 内径 1249.0	円筒	炭素鋼
	湿分分離器	肉厚 32.0, 内径 3200.0	円筒	炭素鋼
	低压タービン	内部車室厚 50.0 外部車室厚 32.0 内径 (外部) 7671.0 車軸半径 424.0	円筒	炭素鋼※ <sup>2</sup> ステンレス鋼※ <sup>2</sup>

※1：設計仕様から設定

※2：使用される材質は、ダイヤフラムがステンレス鋼及び合金鋼，車室が炭素鋼，車軸が低合金鋼である。JAERI-M6928<sup>(7)</sup>には，合金鋼が含まれていないため，車軸は組成に近い（Crを含有する）ステンレス鋼を設定した。また，ダイヤフラムは車軸に含めて設定した。

第2表 炭素鋼の組成

材 質		炭素鋼	JAERI-M6928	同位体存在度
密度 (g/cm <sup>3</sup> )		7.845	7.845	—
天然同位体	C	$1.0600 \times 10^{-3}$	$1.0600 \times 10^{-3}$ (C)	※1
	Si-28	$3.5690 \times 10^{-4}$	$3.8700 \times 10^{-4}$ (Si)	0.92223 <sup>※2</sup>
	Si-29	$1.8131 \times 10^{-5}$	$3.8700 \times 10^{-4}$ (Si)	0.04685 <sup>※2</sup>
	Si-30	$1.1966 \times 10^{-5}$	$3.8700 \times 10^{-4}$ (Si)	0.03092 <sup>※2</sup>
	Mn-55	$6.8800 \times 10^{-4}$	$6.8800 \times 10^{-4}$ (Mn)	1.00000 <sup>※2</sup>
	Fe-54	$4.8806 \times 10^{-3}$	$8.3500 \times 10^{-2}$ (Fe)	0.05845 <sup>※2</sup>
	Fe-56	$7.6615 \times 10^{-2}$	$8.3500 \times 10^{-2}$ (Fe)	0.91754 <sup>※2</sup>
	Fe-57	$1.7694 \times 10^{-3}$	$8.3500 \times 10^{-2}$ (Fe)	0.02119 <sup>※2</sup>
	Fe-58	$2.3547 \times 10^{-4}$	$8.3500 \times 10^{-2}$ (Fe)	0.00282 <sup>※2</sup>

※1 : MATXSLIB-J33<sup>(8)</sup> ライブラリの仕様により同位体毎に入力する必要がないので, JAERI-M6928  
の記載値 (空気) を摘要する。

※2 : (出典) 理科年表 (国立天文台)

第3表 ステンレス鋼の組成

材 質	ステンレス鋼	JAERI-M6928	同位体存在度
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	7.91	7.91	—
天然同位体	C	$3.1729 \times 10^{-4}$	$3.1729 \times 10^{-4}$ (C) ※1
	Si-28	$1.5643 \times 10^{-3}$	$1.6962 \times 10^{-3}$ (Si) 0.92223 <sup>※2</sup>
	Si-29	$7.9467 \times 10^{-5}$	$1.6962 \times 10^{-3}$ (Si) 0.04685 <sup>※2</sup>
	Si-30	$5.2447 \times 10^{-5}$	$1.6962 \times 10^{-3}$ (Si) 0.03092 <sup>※2</sup>
	P-31	$6.9211 \times 10^{-5}$	$6.9211 \times 10^{-5}$ (P) 1.00000 <sup>※2</sup>
	S-32	$4.2339 \times 10^{-3}$	$4.4572 \times 10^{-5}$ (S) 0.94990 <sup>※2</sup>
	S-33	$3.3429 \times 10^{-5}$	$4.4572 \times 10^{-5}$ (S) 0.00750 <sup>※2</sup>
	S-34	$1.8943 \times 10^{-4}$	$4.4572 \times 10^{-5}$ (S) 0.04250 <sup>※2</sup>
	S-36	$4.4572 \times 10^{-7}$	$4.4572 \times 10^{-5}$ (S) 0.00010 <sup>※2</sup>
	Cr-50	$7.5638 \times 10^{-4}$	$1.7408 \times 10^{-2}$ (Cr) 0.04345 <sup>※2</sup>
	Cr-52	$1.4586 \times 10^{-2}$	$1.7408 \times 10^{-2}$ (Cr) 0.83789 <sup>※2</sup>
	Cr-53	$1.6539 \times 10^{-3}$	$1.7408 \times 10^{-2}$ (Cr) 0.09501 <sup>※2</sup>
	Cr-54	$4.1170 \times 10^{-4}$	$1.7408 \times 10^{-2}$ (Cr) 0.02365 <sup>※2</sup>
	Mn-55	$1.7343 \times 10^{-3}$	$1.7343 \times 10^{-3}$ (Mn) 1.00000 <sup>※2</sup>
	Fe-54	$3.3826 \times 10^{-3}$	$5.7872 \times 10^{-2}$ (Fe) 0.05845 <sup>※2</sup>
	Fe-56	$5.3100 \times 10^{-2}$	$5.7872 \times 10^{-2}$ (Fe) 0.91754 <sup>※2</sup>
	Fe-57	$1.2263 \times 10^{-3}$	$5.7872 \times 10^{-2}$ (Fe) 0.02119 <sup>※2</sup>
	Fe-58	$1.6320 \times 10^{-4}$	$5.7872 \times 10^{-2}$ (Fe) 0.00282 <sup>※2</sup>
	Ni-58	$5.5221 \times 10^{-3}$	$8.1116 \times 10^{-3}$ (Ni) 0.680769 <sup>※2</sup>
Ni-60	$2.1271 \times 10^{-3}$	$8.1116 \times 10^{-3}$ (Ni) 0.262231 <sup>※2</sup>	
Ni-61	$9.2464 \times 10^{-5}$	$8.1116 \times 10^{-3}$ (Ni) 0.011399 <sup>※2</sup>	
Ni-62	$2.9482 \times 10^{-4}$	$8.1116 \times 10^{-3}$ (Ni) 0.036345 <sup>※2</sup>	
Ni-63	$7.5081 \times 10^{-5}$	$8.1116 \times 10^{-3}$ (Ni) 0.009256 <sup>※2</sup>	

※1 : MATXSLIB-J33 ライブラリの仕様により同位体毎に入力する必要がないので、JAERI-M6928 の記載値を摘要する。

※2 : (出典) 理科年表 (国立天文台)

第4表 中性子束評価における構成材料の組成 (1 / 2)  
(島根原子力発電所1号炉)

対象系統 (配管) ※1	①主蒸気～高圧タービン ②高圧タービン～湿分分離器 ③湿分分離器～低圧タービン			
対象系統 (機器) ※1	④高圧タービン ⑤湿分分離器 ⑥低圧タービン			
構成材	空気※2	JAERI-M6928の 記載値 (空気)	同位体存在度※6	
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	$1.2049 \times 10^{-3} \text{※4}$	$1.2049 \times 10^{-3} \text{※4}$	—	
天然同位体	H-1	$7.1983 \times 10^{-9} \text{※3}$	$7.1991 \times 10^{-9}$ (H)	0.999885
	H-2	$8.2790 \times 10^{-13} \text{※3}$	$7.1991 \times 10^{-9}$ (H)	0.000115
	C※5	$7.5847 \times 10^{-9} \text{※3}$	$7.5847 \times 10^{-9}$ (C)	※5
	N-14	$3.8957 \times 10^{-5} \text{※3}$	$3.9099 \times 10^{-5}$ (N)	0.99636
	N-15	$1.4232 \times 10^{-7} \text{※3}$	$3.9099 \times 10^{-5}$ (N)	0.00364
	O-16	$1.0512 \times 10^{-5} \text{※3}$	$1.0538 \times 10^{-5}$ (O)	0.99757

※1：第3図「中性子源及び評価点」における中性子源

※2：保守的に空気を設定する。

※3：原子個数密度を示す。JAERI-M6928 の記載値 (空気) に同位体存在度を乗じて求める。

※4：出典は JAERI-M6928 の空気より。

※5：MATXSLIB-J33 ライブラリの仕様により同位体毎に入力する必要がないので、JAERI-M6928 の記載値 (空気) を摘要する。

※6：(出典) 理科年表 (国立天文台)

第4表 中性子束評価における構成材料の組成 (2/2)  
(島根原子力発電所2号炉)

対象系統 (配管) ※1	①主蒸気～高圧タービン	②高圧タービン～湿分分離器	③湿分分離器～低圧タービン	—	—	
対象系統 (機器) ※1	—	—	⑤湿分分離器	④高圧タービン	⑥低圧タービン	
構成材	蒸気	蒸気	蒸気	蒸気	蒸気	
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	$3.4602 \times 10^{-2} \text{※2}$	$8.4034 \times 10^{-3} \text{※2}$	$7.3529 \times 10^{-3} \text{※2}$	$3.1447 \times 10^{-2} \text{※2}$	$4.2194 \times 10^{-5} \text{※2}$	
天然同位体	H-1	$2.3132 \times 10^{-3} \text{※3}$	$5.6177 \times 10^{-4} \text{※3}$	$4.9155 \times 10^{-4} \text{※3}$	$2.1022 \times 10^{-3} \text{※3}$	$2.8207 \times 10^{-6} \text{※3}$
	H-2	$2.6605 \times 10^{-7} \text{※3}$	$6.4611 \times 10^{-8} \text{※3}$	$5.6535 \times 10^{-8} \text{※3}$	$2.4178 \times 10^{-7} \text{※3}$	$3.2442 \times 10^{-10} \text{※3}$
	C	—	—	—	—	—
	N-14	—	—	—	—	—
	N-15	—	—	—	—	—
	O-16	$1.1539 \times 10^{-3} \text{※3}$	$2.8024 \times 10^{-4} \text{※3}$	$2.4521 \times 10^{-4} \text{※3}$	$1.0487 \times 10^{-3} \text{※3}$	$1.4071 \times 10^{-6} \text{※3}$

※1：第3図「中性子源及び評価点」における中性子源

※2：JAERI-M6928に蒸気の密度がないため、文献値（島根2号炉の設計値）を摘要

※3：原子個数密度を示す。JAERI-M6928に蒸気の組成値の記載がないため、下表のとおり水の組成値に同位体存在度（島根1号炉に記載の同位体存在度）と蒸気/水の密度（水の密度はJAERI-M6928における密度0.9982 g/cm<sup>3</sup>）の比を乗じて補正

	H-1	H-2	O-16
水の組成値 JAERI-M6928	$6.67382 \times 10^{-2}$ (H)	$6.67382 \times 10^{-2}$ (H)	$3.33698 \times 10^{-2}$ (O)

第5表 各線源の N-17 放射能濃度

対象系統	1号炉 (Bq/cm <sup>3</sup> )	2号炉 (Bq/cm <sup>3</sup> )
主蒸気～高圧タービン		
高圧タービン～湿分分離器		
湿分分離器～低圧タービン		
高圧タービン		
湿分分離器		
低圧タービン		

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第6表 低圧タービンの線源スペクトル

	N-17 濃度 <sup>※1</sup> (Bq/cm <sup>3</sup> )	線源スペクトル (n/cm <sup>3</sup> ) <sup>※2</sup>			
		53 群	60 群	65 群	80 群
1 号炉		$1.74 \times 10^{-1}$	$1.26 \times 10^0$	$1.51 \times 10^{-2}$	$9.58 \times 10^{-1}$
2 号炉		$7.66 \times 10^{-4}$	$5.56 \times 10^{-3}$	$6.66 \times 10^{-5}$	$4.22 \times 10^{-3}$

※1 : 1 号炉

N-16 放射能濃度 × 換算係数 1 × 換算係数 2

島根 1 号炉工事計画認可申請書 (参考-1) 記載の N-16 放射能濃度から N-17 放射能濃度に換算する。

N-16 放射能濃度 :

換算係数 1 :  (主蒸気ノズル部における N-17 放射能濃度及び N-16 放射能濃度の比)

線源となる対象系統が主蒸気ノズルの下流に位置し、N-17 (4.173s) 及び N-16 (7.13s) の半減期から主蒸気ノズル部における N-17 が高くなるため、主蒸気ノズル部で換算係数を設定する。

換算係数 2 :  $\mu\text{Ci}$  から Bq への換算  $3.70 \times 10^4$

2 号炉

N-17 放射能濃度  $\times e^{-\lambda t} \times v$

島根 2 号炉工事計画認可申請書 (参考-2) に記載の主蒸気ノズル部の N-17 放射能濃度から低圧タービンへの到達時間による減衰及び低圧タービンの蒸気の比容積により求める。なお、到達時間及び比容積は島根 2 号炉の設計値 (参考-3) を摘要とする。

N-17 放射能濃度

N-17 の壊変定数 : 0.1661

到達時間 :

比容積 :

※2 : N-17 濃度に中性子エネルギースペクトルを乗じて求める。中性子エネルギースペクトルは、下表のとおり (Table of Isotopes に記載されている値とし、MATXSLIB-J33 ライブラリの中性子 175 群のエネルギー群構造)。

群番号	53 群	60 群	65 群	80 群
中性子線源スペクトル	$6.90 \times 10^{-2}$	$5.01 \times 10^{-1}$	$6.00 \times 10^{-3}$	$3.80 \times 10^{-1}$

N-17 から放出される中性子のエネルギーは、1700.3keV、1170.9keV、884keV 及び 382.8keV である。これらの中性子が対応するのは 53 群、60 群、65 群及び 80 群である。

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第7表 中性子束の評価結果（まとめ）

単位：n/cm<sup>2</sup>/s

号 炉	評価対象	高速中性子 <sup>※1</sup>	熱外中性子 <sup>※2</sup>	熱中性子束 <sup>※3</sup>
1号炉	低圧タービン			
2号炉	低圧タービン			

※1：第8表「中性子束の評価結果」の第1群～第62群の合計値

※2：第8表「中性子束の評価結果」の第63群～第171群の合計値

※3：第8表「中性子束の評価結果」の第172群～第175群の合計値

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。



第8表 中性子束の評価結果（1／4）  
（島根原子力発電所1号炉）

単位：n/cm<sup>2</sup>/s

群番号	中性子束 スペクトル	群番号	中性子束 スペクトル	群番号	中性子束 スペクトル	群番号	中性子束 スペクトル
1		26		51		76	
2		27		52		77	
3		28		53		78	
4		29		54		79	
5		30		55		80	
6		31		56		81	
7		32		57		82	
8		33		58		83	
9		34		59		84	
10		35		60		85	
11		36		61		86	
12		37		62		87	
13		38		63		88	
14		39		64		89	
15		40		65		90	
16		41		66		91	
17		42		67		92	
18		43		68		93	
19		44		69		94	
20		45		70		95	
21		46		71		96	
22		47		72		97	
23		48		73		98	
24		49		74		99	
25		50		75		100	

（注）群毎の上限エネルギー（eV）は参考－4「中性子線源スペクトル」を参照

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第8表 中性子束の評価結果（2／4）  
（島根原子力発電所1号炉）

単位：n/cm<sup>2</sup>/s

群番号	中性子 スペクトル	群番号	中性子 スペクトル	群番号	中性子 スペクトル
101		126		151	
102		127		152	
103		128		153	
104		129		154	
105		130		155	
106		131		156	
107		132		157	
108		133		158	
109		134		159	
110		135		160	
111		136		161	
112		137		162	
113		138		163	
114		139		164	
115		140		165	
116		141		166	
117		142		167	
118		143		168	
119		144		169	
120		145		170	
121		146		171	
122		147		172	
123		148		173	
124		149		174	
125		150		175	

(注) 群毎の上限エネルギー (eV) は参考ー4「中性子線源スペクトル」を参照

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第8表 中性子束の評価結果 (3/4)  
(島根原子力発電所2号炉)

単位：n/cm<sup>2</sup>/s

群番号	中性子 スペクトル	群番号	中性子 スペクトル	群番号	中性子 スペクトル	群番号	中性子 スペクトル
1		26		51		76	
2		27		52		77	
3		28		53		78	
4		29		54		79	
5		30		55		80	
6		31		56		81	
7		32		57		82	
8		33		58		83	
9		34		59		84	
10		35		60		85	
11		36		61		86	
12		37		62		87	
13		38		63		88	
14		39		64		89	
15		40		65		90	
16		41		66		91	
17		42		67		92	
18		43		68		93	
19		44		69		94	
20		45		70		95	
21		46		71		96	
22		47		72		97	
23		48		73		98	
24		49		74		99	
25		50		75		100	

(注) 群毎の上限エネルギー (eV) は参考-4 「中性子線源スペクトル」を参照

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第8表 中性子束の評価結果（4／4）  
（島根原子力発電所2号炉）

単位：n/cm<sup>2</sup>/s

群番号	中性子 スペクトル	群番号	中性子 スペクトル	群番号	中性子 スペクトル
101		126		151	
102		127		152	
103		128		153	
104		129		154	
105		130		155	
106		131		156	
107		132		157	
108		133		158	
109		134		159	
110		135		160	
111		136		161	
112		137		162	
113		138		163	
114		139		164	
115		140		165	
116		141		166	
117		142		167	
118		143		168	
119		144		169	
120		145		170	
121		146		171	
122		147		172	
123		148		173	
124		149		174	
125		150		175	

(注) 群毎の上限エネルギー (eV) は参考-4「中性子線源スペクトル」を参照

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第9表 放射化汚染の評価の前提条件

	1号炉及び2号炉
材料	ステンレス鋼, 合金鋼及び炭素鋼
中性子照射期間 <sup>※1</sup>	1号炉: 17年 2号炉: 19年
冷却期間 <sup>※2</sup>	1号炉: 23年間, 48年間 2号炉: 9年間, 34年間
計算コード	ORIGEN-S, ANISN
対象核種	33種類の放射性物質

- ※1 中性子照射期間については、運転開始から低圧タービンの取替えまでの実効運転日数を切り上げて設定した。
- ※2 冷却期間については、中性子照射期間完了時点から、評価開始予定時点（2021年4月）および評価終了予定時点（2046年3月）を設定した。

第 10 表 放射化汚染の評価の前提条件（元素組成）（1 / 8）  
 （島根原子力発電所 1 号炉）

単位：%

元素		ステンレス鋼		炭素鋼・合金鋼				
		SUS304	ダイヤフラム		炭素鋼	ダイヤフラム		低圧内部車室
			12Cr 鋼	12Cr 鋼 (ノズル 14 段)		Cr 鋳鉄	合金鋳鉄	
1	H							
2	He							
3	Li							
4	Be							
5	B							
6	C							
7	N							
8	O							
9	F							
10	Ne							
11	Na							
12	Mg							
13	Al							
14	Si							
15	P							
16	S							
17	Cl							
18	Ar							
19	K							
20	Ca							

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第 10 表 放射化汚染の評価の前提条件（元素組成）（2 / 8）  
 （島根原子力発電所 1 号炉）

単位：%

元素		ステンレス鋼		炭素鋼・合金鋼				
		SUS304	ダイヤフラム		炭素鋼	ダイヤフラム		低圧内部車室
			12Cr 鋼	12Cr 鋼 (ノズル 14 段)		炭素鋼	合金鋳鉄	
21	Sc							
22	Ti							
23	V							
24	Cr							
25	Mn							
26	Fe							
27	Co							
28	Ni							
29	Cu							
30	Zn							
31	Ga							
32	Ge							
33	As							
34	Se							
35	Br							
36	Kr							
37	Rb							
38	Sr							
39	Y							
40	Zr							

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第 10 表 放射化汚染の評価の前提条件（元素組成）（3 / 8）  
（島根原子力発電所 1 号炉）

単位：%

元素		ステンレス鋼		炭素鋼・合金鋼				
		SUS304	ダイヤフラム		炭素鋼	ダイヤフラム		低圧内部車室
			12Cr 鋼	12Cr 鋼 (ノズル 14 段)		炭素鋼	合金鋳鉄	
41	Nb							
42	Mo							
43	Ru							
44	Rh							
45	Pd							
46	Ag							
47	Cd							
48	In							
49	Sn							
50	Sb							
51	Te							
52	I							
53	Xe							
54	Cs							
55	Ba							
56	La							
57	Ce							
58	Pr							
59	Nd							
60	Sm							

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。



第 10 表 放射化汚染の評価の前提条件（元素組成）（4 / 8）  
（島根原子力発電所 1 号炉）

単位：%

元素		ステンレス鋼		炭素鋼・合金鋼				
		SUS304	ダイヤフラム		炭素鋼	ダイヤフラム		低圧内部車室
			12Cr 鋼	12Cr 鋼 (ノズル 14 段)		炭素鋼	合金鋳鉄	
61	Eu							
62	Gd							
63	Tb							
64	Dy							
65	Ho							
66	Er							
67	Tm							
68	Yb							
69	Lu							
70	Hf							
71	Ta							
72	W							
73	Re							
74	Os							
75	Ir							
76	Pt							
77	Au							
78	Hg							
79	Tl							
80	Pb							
81	Bi							
82	Th							
83	U							

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第 10 表 放射化汚染の評価の前提条件（元素組成）（5 / 8）  
（島根原子力発電所 2 号炉）

単位：%

元素		ステンレス鋼		炭素鋼・合金鋼			
		SUS316L (低 Co)	ダイヤフラム		炭素鋼	低圧内部車室	
			12Cr 鋼	12Cr 鋼 (11~13 段)		2. 25Cr-Mo 鋼板	1. 25Cr-Mo 鋼板
1	H						
2	He						
3	Li						
4	Be						
5	B						
6	C						
7	N						
8	O						
9	F						
10	Ne						
11	Na						
12	Mg						
13	Al						
14	Si						
15	P						
16	S						
17	Cl						
18	Ar						
19	K						
20	Ca						

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第 10 表 放射化汚染の評価の前提条件（元素組成）（6 / 8）  
 （島根原子力発電所 2 号炉）

単位：%

元素		ステンレス鋼		炭素鋼・合金鋼				
		SUS316L (低 Co)	ダイヤフラム		炭素鋼	ダイヤフラム	低圧内部車室	
			12Cr 鋼	12Cr 鋼 (11~13 段)		2.25Cr-Mo 鋼板	1.25Cr-Mo 鋼板	炭素鋼 (鋼板)
21	Sc							
22	Ti							
23	V							
24	Cr							
25	Mn							
26	Fe							
27	Co							
28	Ni							
29	Cu							
30	Zn							
31	Ga							
32	Ge							
33	As							
34	Se							
35	Br							
36	Kr							
37	Rb							
38	Sr							
39	Y							
40	Zr							

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第 10 表 放射化汚染の評価の前提条件（元素組成）（7 / 8）  
（島根原子力発電所 2 号炉）

単位：%

元素		ステンレス鋼		炭素鋼・合金鋼				
		SUS316L (低 Co)	ダイヤフラム		炭素鋼	ダイヤフラム	低圧内部車室	
			12Cr 鋼	12Cr 鋼 (11~13 段)		2.25Cr-Mo 鋼板	1.25Cr-Mo 鋼板	炭素鋼 (鋼板)
41	Nb							
42	Mo							
43	Ru							
44	Rh							
45	Pd							
46	Ag							
47	Cd							
48	In							
49	Sn							
50	Sb							
51	Te							
52	I							
53	Xe							
54	Cs							
55	Ba							
56	La							
57	Ce							
58	Pr							
59	Nd							
60	Sm							

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第 10 表 放射化汚染の評価の前提条件（元素組成）（8 / 8）  
（島根原子力発電所 2 号炉）

単位：%

元素		ステンレス鋼		炭素鋼・合金鋼			
		SUS316L (低 Co)	ダイヤフラム		炭素鋼	低圧内部車室	
			12Cr 鋼	12Cr 鋼 (11~13 段)		2. 25Cr-Mo 鋼板	1. 25Cr-Mo 鋼板
61	Eu						
62	Gd						
63	Tb						
64	Dy						
65	Ho						
66	Er						
67	Tm						
68	Yb						
69	Lu						
70	Hf						
71	Ta						
72	W						
73	Re						
74	Os						
75	Ir						
76	Pt						
77	Au						
78	Hg						
79	Tl						
80	Pb						
81	Bi						
82	Th						
83	U						

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第11表 放射化汚染の評価結果 (D/C) (1/4)  
 島根原子力発電所1号炉 低圧タービン (評価開始予定時点)

単位：Bq/g

No	放射性物質の種類	ステンレス鋼	合金鋼		炭素鋼
			Cr 鋳鋼	合金鋳鉄	
1	H-3				
2	C-14				
3	Cl-36				
4	Ca-41				
5	Sc-46				
6	Mn-54				
7	Fe-55				
8	Fe-59				
9	Co-58				
10	Co-60				
11	Ni-59				
12	Ni-63				
13	Zn-65				
14	Sr-90				
15	Nb-94				
16	Nb-95				
17	Tc-99				
18	Ru-106				
19	Ag-108m				
20	Ag-110m				
21	Sb-124				
22	Te-123m				
23	I-129				
24	Cs-134				
25	Cs-137				
26	Ba-133				
27	Eu-152				
28	Eu-154				
29	Tb-160				
30	Ta-182				
31	Pu-239				
32	Pu-241				
33	Am-241				
合計 (Σ D/C)					

※半減期：「JAEA-Data/Code 2012-014Table of Nuclear(JENDL/TND-2012)」を引用

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第11表 放射化汚染の評価結果 (D/C) (2/4)  
 島根原子力発電所1号炉 低圧タービン (評価完了予定時点)

単位：Bq/g

No	放射性物質の種類	ステンレス鋼	合金鋼		炭素鋼
			Cr 鋳鋼	合金鋳鉄	
1	H-3				
2	C-14				
3	Cl-36				
4	Ca-41				
5	Sc-46				
6	Mn-54				
7	Fe-55				
8	Fe-59				
9	Co-58				
10	Co-60				
11	Ni-59				
12	Ni-63				
13	Zn-65				
14	Sr-90				
15	Nb-94				
16	Nb-95				
17	Tc-99				
18	Ru-106				
19	Ag-108m				
20	Ag-110m				
21	Sb-124				
22	Te-123m				
23	I-129				
24	Cs-134				
25	Cs-137				
26	Ba-133				
27	Eu-152				
28	Eu-154				
29	Tb-160				
30	Ta-182				
31	Pu-239				
32	Pu-241				
33	Am-241				
合計 (Σ D/C)					

※半減期：「JAEA-Data/Code 2012-014Table of Nuclear(JENDL/TND-2012)」を引用

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第11表 放射化汚染の評価結果 (D/C) (3/4)  
 島根原子力発電所2号炉 低圧タービン (評価開始予定時点)

単位 : Bq/g

No	放射性物質の種類	ステンレス鋼	合金鋼	炭素鋼
1	H-3			
2	C-14			
3	Cl-36			
4	Ca-41			
5	Sc-46			
6	Mn-54			
7	Fe-55			
8	Fe-59			
9	Co-58			
10	Co-60			
11	Ni-59			
12	Ni-63			
13	Zn-65			
14	Sr-90			
15	Nb-94			
16	Nb-95			
17	Tc-99			
18	Ru-106			
19	Ag-108m			
20	Ag-110m			
21	Sb-124			
22	Te-123m			
23	I-129			
24	Cs-134			
25	Cs-137			
26	Ba-133			
27	Eu-152			
28	Eu-154			
29	Tb-160			
30	Ta-182			
31	Pu-239			
32	Pu-241			
33	Am-241			
合計 (Σ D/C)				

※半減期 : 「JAEA-Data/Code 2012-014Table of Nuclear (JENDL/TND-2012)」を引用

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。



第11表 放射化汚染の評価結果 (D/C) (4/4)  
 島根原子力発電所2号炉 低圧タービン (評価完了予定時点)

単位：Bq/g

No	放射性物質の種類	ステンレス鋼	合金鋼	炭素鋼
1	H-3			
2	C-14			
3	Cl-36			
4	Ca-41			
5	Sc-46			
6	Mn-54			
7	Fe-55			
8	Fe-59			
9	Co-58			
10	Co-60			
11	Ni-59			
12	Ni-63			
13	Zn-65			
14	Sr-90			
15	Nb-94			
16	Nb-95			
17	Tc-99			
18	Ru-106			
19	Ag-108m			
20	Ag-110m			
21	Sb-124			
22	Te-123m			
23	I-129			
24	Cs-134			
25	Cs-137			
26	Ba-133			
27	Eu-152			
28	Eu-154			
29	Tb-160			
30	Ta-182			
31	Pu-239			
32	Pu-241			
33	Am-241			
合計 (Σ D/C)				

※半減期：「JAEA-Data/Code 2012-014Table of Nuclear(JENDL/TND-2012)」を引用

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第12表 放射化汚染の評価結果（放射能濃度）（1 / 4）  
島根原子力発電所1号炉 低圧タービン（評価開始予定時点）

単位：Bq/g

No	放射性物質の種類	ステンレス鋼	合金鋼		炭素鋼	規則別表第1第2欄
			Cr 铸鋼	合金铸铁		
1	H-3					100
2	C-14					1
3	Cl-36					1
4	Ca-41					100
5	Sc-46					0.1
6	Mn-54					0.1
7	Fe-55					1000
8	Fe-59					1
9	Co-58					1
10	Co-60					0.1
11	Ni-59					100
12	Ni-63					100
13	Zn-65					0.1
14	Sr-90					1
15	Nb-94					0.1
16	Nb-95					1
17	Tc-99					1
18	Ru-106					0.1
19	Ag-108m					0.1
20	Ag-110m					0.1
21	Sb-124					1
22	Te-123m					1
23	I-129					0.01
24	Cs-134					0.1
25	Cs-137					0.1
26	Ba-133					0.1
27	Eu-152					0.1
28	Eu-154					0.1
29	Tb-160					1
30	Ta-182					0.1
31	Pu-239					0.1
32	Pu-241					10
33	Am-241					0.1

※半減期：「JAEA-Data/Code 2012-014Table of Nuclear(JENDL/TND-2012)」を引用

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第12表 放射化汚染の評価結果（放射能濃度）（2/4）  
島根原子力発電所1号炉 低圧タービン（評価完了予定時点）

単位：Bq/g

No	放射性物質の種類	ステンレス鋼	合金鋼		炭素鋼	規則別表第1第2欄
			Cr 鋳鋼	合金鋳鉄		
1	H-3					100
2	C-14					1
3	Cl-36					1
4	Ca-41					100
5	Sc-46					0.1
6	Mn-54					0.1
7	Fe-55					1000
8	Fe-59					1
9	Co-58					1
10	Co-60					0.1
11	Ni-59					100
12	Ni-63					100
13	Zn-65					0.1
14	Sr-90					1
15	Nb-94					0.1
16	Nb-95					1
17	Tc-99					1
18	Ru-106					0.1
19	Ag-108m					0.1
20	Ag-110m					0.1
21	Sb-124					1
22	Te-123m					1
23	I-129					0.01
24	Cs-134					0.1
25	Cs-137					0.1
26	Ba-133					0.1
27	Eu-152					0.1
28	Eu-154					0.1
29	Tb-160					1
30	Ta-182					0.1
31	Pu-239					0.1
32	Pu-241					10
33	Am-241					0.1

※半減期：「JAEA-Data/Code 2012-014Table of Nuclear(JENDL/TND-2012)」を引用

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第12表 放射化汚染の評価結果（放射能濃度）（3 / 4）  
 島根原子力発電所2号炉 低圧タービン（評価開始予定時点）

単位：Bq/g

No	放射性物質の種類	ステンレス鋼	合金鋼	炭素鋼	規則別表第1 第2欄
1	H-3				100
2	C-14				1
3	Cl-36				1
4	Ca-41				100
5	Sc-46				0.1
6	Mn-54				0.1
7	Fe-55				1000
8	Fe-59				1
9	Co-58				1
10	Co-60				0.1
11	Ni-59				100
12	Ni-63				100
13	Zn-65				0.1
14	Sr-90				1
15	Nb-94				0.1
16	Nb-95				1
17	Tc-99				1
18	Ru-106				0.1
19	Ag-108m				0.1
20	Ag-110m				0.1
21	Sb-124				1
22	Te-123m				1
23	I-129				0.01
24	Cs-134				0.1
25	Cs-137				0.1
26	Ba-133				0.1
27	Eu-152				0.1
28	Eu-154				0.1
29	Tb-160				1
30	Ta-182				0.1
31	Pu-239				0.1
32	Pu-241				10
33	Am-241				0.1

※半減期：「JAEA-Data/Code 2012-014Table of Nuclear(JENDL/TND-2012)」を引用

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第12表 放射化汚染の評価結果（放射能濃度）（4 / 4）  
 島根原子力発電所2号炉 低圧タービン（評価完了予定時点）

単位：Bq/g

No	放射性物質の種類	ステンレス鋼	合金鋼	炭素鋼	規則別表第1 第2欄
1	H-3				100
2	C-14				1
3	Cl-36				1
4	Ca-41				100
5	Sc-46				0.1
6	Mn-54				0.1
7	Fe-55				1000
8	Fe-59				1
9	Co-58				1
10	Co-60				0.1
11	Ni-59				100
12	Ni-63				100
13	Zn-65				0.1
14	Sr-90				1
15	Nb-94				0.1
16	Nb-95				1
17	Tc-99				1
18	Ru-106				0.1
19	Ag-108m				0.1
20	Ag-110m				0.1
21	Sb-124				1
22	Te-123m				1
23	I-129				0.01
24	Cs-134				0.1
25	Cs-137				0.1
26	Ba-133				0.1
27	Eu-152				0.1
28	Eu-154				0.1
29	Tb-160				1
30	Ta-182				0.1
31	Pu-239				0.1
32	Pu-241				10
33	Am-241				0.1

※半減期：「JAEA-Data/Code 2012-014Table of Nuclear(JENDL/TND-2012)」を引用

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。



【モデル形状：円筒】

号 炉	系 統※ <sup>1</sup>	寸法 (mm) ※ <sup>2</sup>	材 質※ <sup>3</sup>
1 号炉	主蒸気～高圧タービン	外径406.4, 肉厚21.4 外径457.2, 肉厚23.8	炭素鋼
	高圧タービン～湿分分離器	外径914.4, 肉厚12.7	炭素鋼
	湿分分離器～低圧タービン	外径762.0, 肉厚12.7 外径914.4, 肉厚12.7	炭素鋼
2 号炉	主蒸気～高圧タービン	外径 609.6, 肉厚 30.9	炭素鋼
	高圧タービン～湿分分離器	外径 1066.8, 肉厚 15.9 外径 1095.0, 肉厚 30.0	炭素鋼
	湿分分離器～低圧タービン	外径 762.0, 肉厚 12.7 外径 796.6, 肉厚 30.0 外径 836.6, 肉厚 50.0 外径 774.7, 肉厚 19.0	炭素鋼

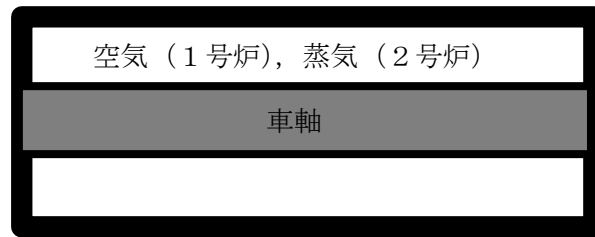
※ 1 : 第 4 表「中性子束評価における構成材料の組成」に示す系統

※ 2 : 弁の前後等で外径, 肉厚が変わる箇所は複数の寸法を設定, 寸法の数値は設計仕様を記載

※ 3 : 炭素鋼 (材質の根拠は設計仕様) の組成を第 2 表「炭素鋼の組成」に示す。

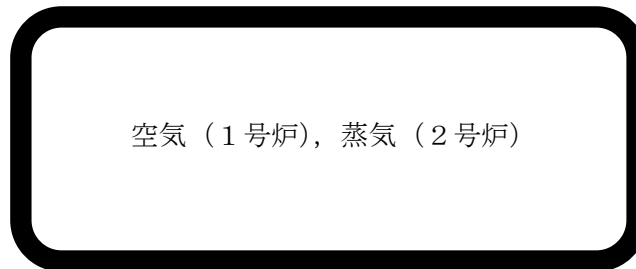
### 第 1 図 配管の中性子束評価の評価モデル

車室

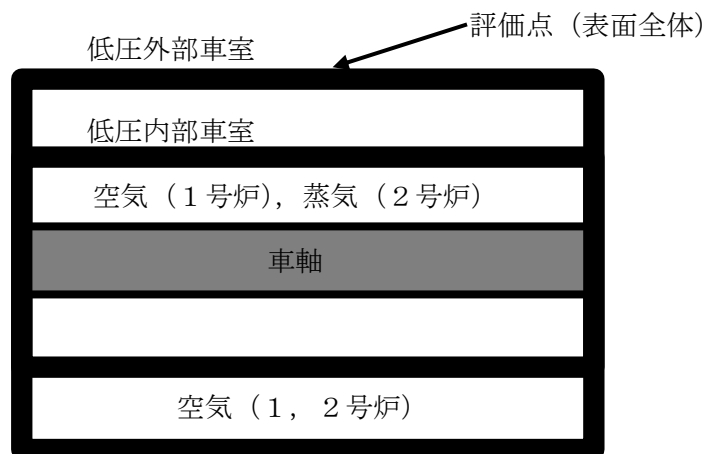


高圧タービンの評価モデル

胴体

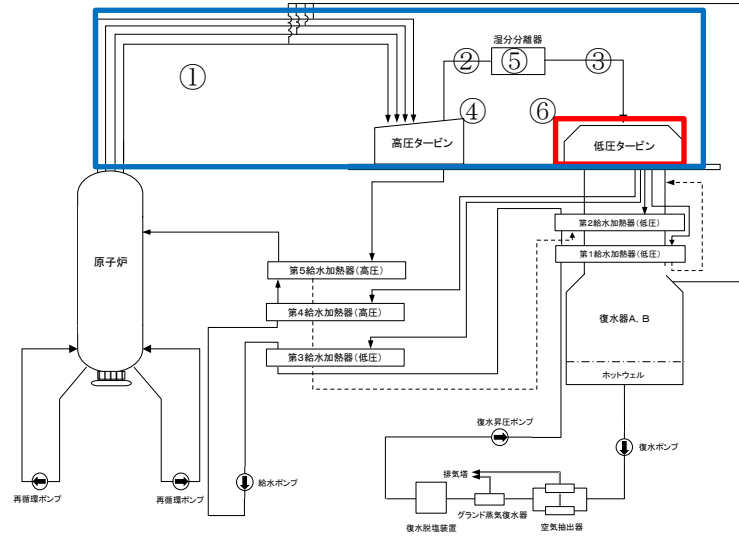


湿分分離器の評価モデル

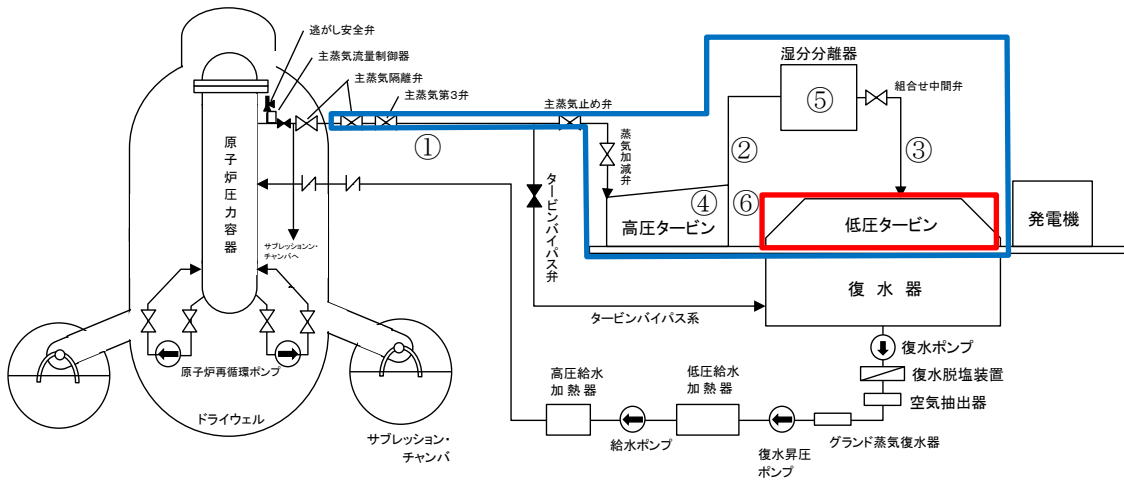


低圧タービンの評価モデル

第2図 機器の中性子束評価の評価モデル (1, 2号炉共通)



【島根原子力発電所 1号炉】



【島根原子力発電所 2号炉】

評価点 :

中性子源 :

第3図 中性子源及び評価点





【島根原子力発電所 1 号炉タービン建物 3 階】

測定位置	1 号炉		
	計算結果 (mSv/h)	測定結果 (mSv/h)	計算結果と測定結果の比
T1			
T2			
T3			
T4			
T5			
T6			
T7			

第 4 図 中性子線の計算結果と測定結果の比較 (1 / 2)  
(島根原子力発電所 1 号炉)

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。



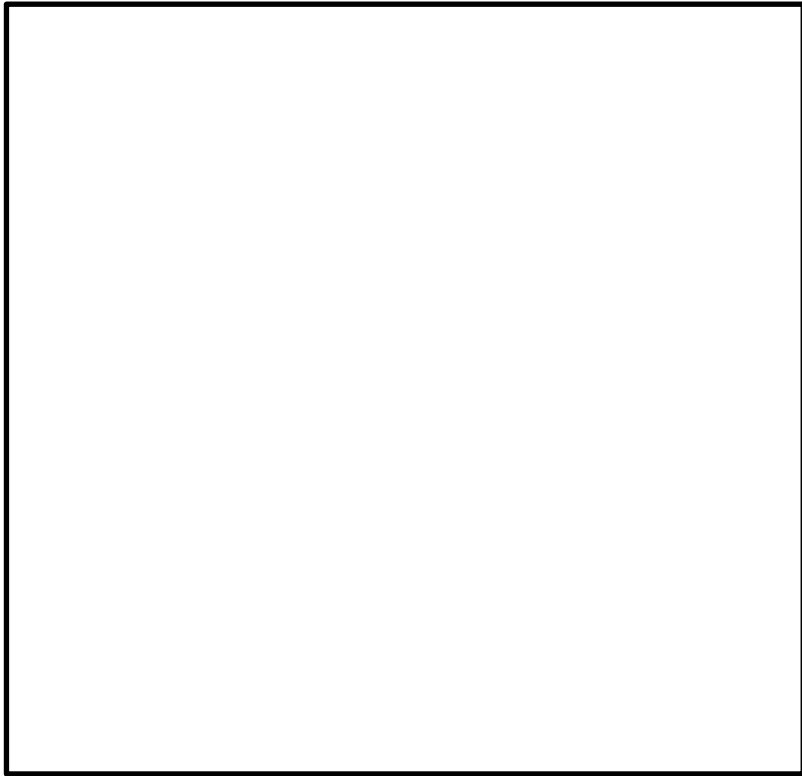
【島根原子力発電所 2号炉タービン建物 3階】

測定位置	2号炉		
	計算結果 (mSv/h)	測定結果 (mSv/h)	計算結果と測定結果の比
T1			
T2			
T3			
T4			
T5			
T6			

第4図 中性子線の計算結果と測定結果の比較 (2 / 2)  
(島根原子力発電所 2号炉)

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

参考－1 島根1号炉工事計画認可申請書 タービン建物の  
放射線遮へい説明書（抜粋）



本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

参考－２ 島根２号炉工事計画認可申請書 IV-3-1 生体しゃへい装置の放射線遮へい及び熱除去についての計算書（抜粋）



本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

参考－3 低圧タービンへの到達時間及び低圧タービンの比容積（抜粋）



本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

参考－４ 中性子線源スペクトル（１／３）  
（１群～７０群）

群番号	上限エネルギー (eV)	スペクトル	群番号	上限エネルギー (eV)	スペクトル
1	1.9640E+07		36	3.6788E+06	
2	1.7333E+07		37	3.3287E+06	
3	1.6905E+07		38	3.1664E+06	
4	1.6487E+07		39	3.0119E+06	
5	1.5683E+07		40	2.8650E+06	
6	1.4918E+07		41	2.7253E+06	
7	1.4550E+07		42	2.5924E+06	
8	1.4191E+07		43	2.4660E+06	
9	1.3840E+07		44	2.3852E+06	
10	1.3499E+07		45	2.3653E+06	
11	1.2840E+07		46	2.3457E+06	
12	1.2523E+07		47	2.3069E+06	
13	1.2214E+07		48	2.2313E+06	
14	1.1618E+07		49	2.1225E+06	
15	1.1052E+07		50	2.0190E+06	
16	1.0513E+07		51	1.9205E+06	
17	1.0000E+07		52	1.8268E+06	
18	9.5123E+06		53	1.7377E+06	
19	9.0484E+06		54	1.6530E+06	
20	8.6071E+06		55	1.5724E+06	
21	8.1873E+06		56	1.4957E+06	
22	7.7880E+06		57	1.4227E+06	
23	7.4082E+06		58	1.3534E+06	
24	7.0469E+06		59	1.2873E+06	
25	6.7032E+06		60	1.2246E+06	
26	6.5924E+06		61	1.1648E+06	
27	6.3763E+06		62	1.1080E+06	
28	6.0653E+06		63	1.0026E+06	
29	5.7695E+06		64	9.6164E+05	
30	5.4881E+06		65	9.0718E+05	
31	5.2205E+06		66	8.6294E+05	
32	4.9659E+06		67	8.2085E+05	
33	4.7237E+06		68	7.8082E+05	
34	4.4933E+06		69	7.4274E+05	
35	4.0657E+06		70	7.0651E+05	

(注) エネルギー毎の発生割合は Table of Isotopes <sup>(2)</sup> に記載されている値とし, MATXSLIB-J33  
ライブラリ <sup>(3)</sup> の中性子 175 群のエネルギー群構造を使用

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

参考－４ 中性子線源スペクトル（２／３）  
 （７１群～１４０群）

群番号	上限エネルギー (eV)	スペクトル	群番号	上限エネルギー (eV)	スペクトル
71	6.7206E+05		106	9.8037E+04	
72	6.3928E+05		107	8.6517E+04	
73	6.0810E+05		108	8.2500E+04	
74	5.7844E+05		109	7.9500E+04	
75	5.5023E+05		110	7.2000E+04	
76	5.2340E+05		111	6.7379E+04	
77	4.9787E+05		112	5.6562E+04	
78	4.5049E+05		113	5.2475E+04	
79	4.0762E+05		114	4.6309E+04	
80	3.8774E+05		115	4.0868E+04	
81	3.6883E+05		116	3.4307E+04	
82	3.3373E+05		117	3.1828E+04	
83	3.0197E+05		118	2.8500E+04	
84	2.9850E+05		119	2.7000E+04	
85	2.9720E+05		120	2.6058E+04	
86	2.9452E+05		121	2.4788E+04	
87	2.8725E+05		122	2.4176E+04	
88	2.7324E+05		123	2.3579E+04	
89	2.4724E+05		124	2.1875E+04	
90	2.3518E+05		125	1.9305E+04	
91	2.2371E+05		126	1.5034E+04	
92	2.1280E+05		127	1.1709E+04	
93	2.0242E+05		128	1.0595E+04	
94	1.9255E+05		129	9.1188E+03	
95	1.8316E+05		130	7.1017E+03	
96	1.7422E+05		131	5.5308E+03	
97	1.6573E+05		132	4.3074E+03	
98	1.5764E+05		133	3.7074E+03	
99	1.4996E+05		134	3.3546E+03	
100	1.4264E+05		135	3.0354E+03	
101	1.3569E+05		136	2.7465E+03	
102	1.2907E+05		137	2.6126E+03	
103	1.2277E+05		138	2.4852E+03	
104	1.1679E+05		139	2.2487E+03	
105	1.1109E+05		140	2.0347E+03	

(注) エネルギー毎の発生割合は Table of Isotopes <sup>(2)</sup> に記載されている値とし, MATXSLIB-J33  
 ライブラリ <sup>(3)</sup> の中性子 175 群のエネルギー群構造を使用

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

参考－４ 中性子線源スペクトル（３／３）  
（１４１群～１７５群）

群番号	上限エネルギー (eV)	スペクトル
141	1.5846E+03	
142	1.2341E+03	
143	9.6112E+02	
144	7.4852E+02	
145	5.8295E+02	
146	4.5400E+02	
147	3.5358E+02	
148	2.7536E+02	
149	2.1445E+02	
150	1.6702E+02	
151	1.3007E+02	
152	1.0130E+02	
153	7.8893E+01	
154	6.1442E+01	
155	4.7851E+01	
156	3.7267E+01	
157	2.9023E+01	
158	2.2603E+01	
159	1.7603E+01	
160	1.3710E+01	
161	1.0677E+01	
162	8.3153E+00	
163	6.4760E+00	
164	5.0435E+00	
165	3.9279E+00	
166	3.0590E+00	
167	2.3824E+00	
168	1.8554E+00	
169	1.4450E+00	
170	1.1254E+00	
171	8.7642E-01	
172	6.8256E-01	
173	5.3158E-01	
174	4.1399E-01	
175	1.0000E-01	
*	1.0000E-05	

(注) エネルギー毎の発生割合は Table of Isotopes<sup>(2)</sup>に記載されている値とし、MATXSLIB-J33  
ライブラリ<sup>(3)</sup>の中性子175群のエネルギー群構造を使用

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。



## 参考文献

- (1) W. W. Engle, Jr., "A USERS MANUAL FOR ANISN : A One Dimensional Discrete Ordinates Transport Code with Anisotropic Scattering", K-1693(1967)
- (2) R. B. Firestone, "Table of Isotopes, 8th ed.", edited by V. S. Shirley (Wiley, New York, 1996) Vol. 1.
- (3) 小迫 和明ら, "JENDL-3.3 に基づくライブラリーFSXLIB と MATXSLIB", JAERI-Data/Code 2003-011 (July 2003)
- (4) I. C. Gauld, et al.:" ORIGEN-S: SCALE SYSTEM MODULE TO CALCULATE FUEL DEPLETION, ACTINIDE TRANSMUTATION, FISSION PRODUCT BUILDUP AND DECAY, AND ASSOCIATED RADIATION SOURCE TERMS" , ORNL/TM-2005/39, Version 5.1 Vol. II, Book1, Sect. F7
- (5) J.C.Evans, E.L.Lepel, R.W.Sanders et,al., Long-Lived activation Products in Reactor Materials, NUREG/CR-3474 (1984).
- (6) H.D.Oak, G.M.Holter, W.E.Kennedy Jr. et al., Technology, Safety and Costs of Decommissioning a Reference Boiling Water Reactor Power Station, NUREG/CR 0672 (1980).
- (7) JAERI-M6928 遮蔽材料の群定数 中性子 100 群・ガンマ線 20 群・ $P_5$ 近似  
1977 年 2 月 小山謹二・奥村芳弘・古田公人・宮坂駿一 日本原子力研究所

## 二次的な汚染の評価について（コメント回答）

年月日	質問・コメント等
令和2年8月3日	二次的な汚染の評価について，採用したモデル，計算式及びパラメータの妥当性並びに放射性物質の種類が幅広く選定されることが確認できないため，それらの根拠を説明すること

## 【回答】

放射能濃度確認対象物である低圧タービンのダイヤフラムと内部車室の二次的な汚染の評価にあたっては，二次的な汚染の生成メカニズムを考慮して設定した沈着・剥離挙動モデル<sup>(1)(2)</sup>を用いて評価した。

その計算過程においては，放射性物質の種類が合理的な範囲で幅広く選定されるよう，各入力条件を設定している。

## 1. 評価手順

## (1) 二次的な汚染の生成メカニズムおよび評価手順

原子炉内では，原子炉内の構成材の腐食に伴い発生した腐食生成物，及び給水系から持ち込まれた腐食生成物が燃料棒表面の被覆管に付着した後，中性子照射を受けて放射化腐食生成物が生成される。加えて燃料棒表面に付着した酸化ウラン粒子から核分裂生成物が生成される。

これらの放射性物質は，一部は燃料交換に伴い原子炉外に持ち出されるが，一部は運転中に燃料棒表面から剥離することで原子炉冷却材中に移行し，その後，蒸気乾燥器，気水分離器で除去されるが，主蒸気中に僅かに放射性物質が含まれ低圧タービンに放射性物質が付着または沈着し二次的な汚染が生じる。

島根原子力発電所1号炉及び2号炉の汚染移行経路を，第1図「島根原子力発電所1号炉及び2号炉の汚染移行経路」に示す。

二次的な汚染の生成メカニズムから第2図「低圧タービンの二次的な汚染の評価手順」に示すフローに従い，放射能濃度確認対象物の放射能濃度を評価した。

なお，本評価においては合理的な範囲で幅広くに評価対象となる核種選定ができるよう，入力条件を設定した。

## (2) 評価手順の妥当性

「審査基準」3. 1. 評価に用いる放射性物質の選定(1)イ②項「二次的な汚染を放射化計算法等に基づいた計算及び評価によって算出する場合については，放射性物質の種類が幅広く選定されるよう，合理的な範囲で当該計算及び

評価がなされていること。」が要求事項であることから、二次的な汚染の評価対象核種の選定においては、核種が幅広く選定されるよう評価条件を設定し評価している。評価条件を第1表「二次的な汚染の評価条件の概要」に示す。

二次的な汚染の評価対象核種の選定の評価においては、評価条件を許認可の値、公開文献、実機の分析データを使用している。

また、先行認可済みのプラントにおいても、二次的な汚染の評価においては沈着・剥離モデルを用いたを比較・検討して評価している。

#### a. 炉水中の放射能濃度の計算

沈着・剥離挙動モデルの概要図を第3図「炉内での金属・放射能の移行挙動」<sup>(2)</sup>に示す。原子炉水中の放射性物質は、原子炉内の構成材や給水系から持ち込まれた腐食生成物が燃料棒表面に付着し、放射化して生じる放射化腐食生成物と、燃料製造時に燃料棒表面に付着した酸化ウラン粒子が原子炉の運転期間中に放射化して生ずる核分裂生成物の2種類がある。

放射化腐食生成物の発生源には、原子炉内の機器材料が腐食し剥離したものと、給水系から持ち込まれるものがある。

##### ① 炉内発生腐食生成物量評価

原子炉の構成材は、一次系の配管等を構成する炭素鋼、炉内構造物の主要材料であるステンレス鋼、制御棒のピン・ローラに使用されているステライト (Co 基材料) またはステライト代替材、炉内構造材の部品材として使用されるインコネルである。炉内で発生する腐食生成物量の評価にあたっては、炉内機器情報として、原子炉の構成材の接水面積、溶出速度および実効運転時間を設定することで、以下の計算式<sup>(3)</sup><sup>(4)</sup>により、原子炉内の機器材料の腐食による発生量を金属材料別・サイクル毎に計算する。なお、金属材料のうち、炭素鋼は(1)式、ステンレス鋼およびステライトは(2)式、インコネルは(3)式を用いた。



本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

入力パラメータとして、材料が腐食する面積は原子炉冷却材の接液面積とし、接液面積については、同型炉の評価結果をもとに設定した。(ステンレス： m<sup>2</sup>，ステライト・ステライト代替材： m<sup>2</sup>，炭素鋼： m<sup>2</sup>，インコネル： m<sup>2</sup>) また、溶出速度は文献値<sup>(3)</sup>をもとに第2表「原子炉冷却材の溶出速度」のとおり設定した。

実効運転時間については、実データをもとに第3表「島根原子力発電所 実効運転時間」のとおり設定した。なお、この評価においては実際の原子炉に即して複数種類の材料を対象とすることで、選定対象となる核種を幅広く選定した。

## ② 腐食生成物給水持込量評価

給水金属濃度，給水流量および実効運転時間から，以下の（4）式を用いて給水系から持ち込まれる腐食生成物量を金属材料別・サイクル毎に求めた。



給水金属濃度は，実際の分析データをもとに第4表「島根原子力発電所 給水金属濃度」のとおり設定した。給水流量は，第5表「島根原子力発電所 緒元」のとおり設定した。

実効運転時間は，第3表「島根原子力発電所 実効運転時間」のとおり設定した。

## ③ 燃料付着ウラン量

燃料棒表面に付着するウラン量は，島根原子力発電所1号炉及び2号炉のオフガス系の希ガス濃度から以下の（5）式を用いてサイクル毎に設定した。





島根原子力発電所 1 号炉及び 2 号炉の核分裂生成物は、燃料破損の履歴がなくオフガスが有意に上昇した履歴がない。そのため、オフガス系の希ガス濃度で求めるウラン量は、全て燃料製造時に燃料棒表面に付着した酸化ウラン粒子が中性子で照射され発生した核分裂生成物であると判断した。

オフガスから燃料棒表面に付着するウラン量を求めた。オフガス発生率は、Xe-138, Kr-87, Kr-88, Kr-85m, Xe-135, Xe-133 及び Xe-135m の 7 核種についての実測値データをサイクル平均とし、オフガス発生率の設定値を、第 6 表「オフガス濃度」に示す。その他燃料棒表面への付着ウラン量の計算に用いる設定値を第 7 表「ウラン付着率評価におけるパラメータ」に示す。

#### ④ 燃料棒表面での核種放射能量

上記①②③で求めた炉内腐食生成物量、給水持ち込み金属量および燃料付着ウラン量から燃料棒表面への金属不純物の付着量を求めた。燃料棒表面への金属不純物の付着量は、文献<sup>(5)</sup>をもとに炉内機器から生成する腐食生成物量および給水系から持ち込まれる腐食生成物量のうちその 80%が燃料棒表面に付着することとし、燃料棒表面のウラン量は全量燃料棒表面に付着するとした。

これらの材料の元素組成は、同等のコールド材料を用いた定量分析結果、文献値・規格値を基に設定した。しかし、文献値が無く、定量分析値を取得していない元素については、1000ppm 存在すると仮定し元素組成を設定した。分析値を取得した元素については、分析データの 99%信頼区間の上限値を中心とした対数正規分布の平均に相当する値を設定した。また分析結果が検出限界未満の元素は検出限界値を設定した。各構造材料の材料組成を第 8 表「原子炉構成材の材料組成」に示す。

核種放射能量の評価では、ORIGEN-2.2UPJ を用い、断面積ライブラリは ORIGEN 内蔵のライブラリである JENDL3.3、ボイド率 40%のライブラリを選定した。同位体組成は自動的に同位体組成の計算が為される ORIGEN-2.2UPJ に内蔵された組成を、半減期は ORIGEN-2.2UPJ の断面積データに内蔵されたデータを用いた。その他燃料付着放射能量を求めるにあたって必要となるインプット条件は、対象燃料、燃焼度、ウラン組成、炉心全ウラン量及び原子炉熱出力であり、第 9 表「島根原子力発電所 燃料仕様」のとおり設定した。対象燃料は、運転期間中に最も二次的な汚染に寄与した燃料として、島根原子力発電所 1 号炉は高燃焼度 8 × 8 燃料、島根原子力発電所 2 号炉は 9 × 9 燃料 (A 型) を選定した。

なお、放射化に用いる対象燃料、中性子フルエンス率が設定されるが、

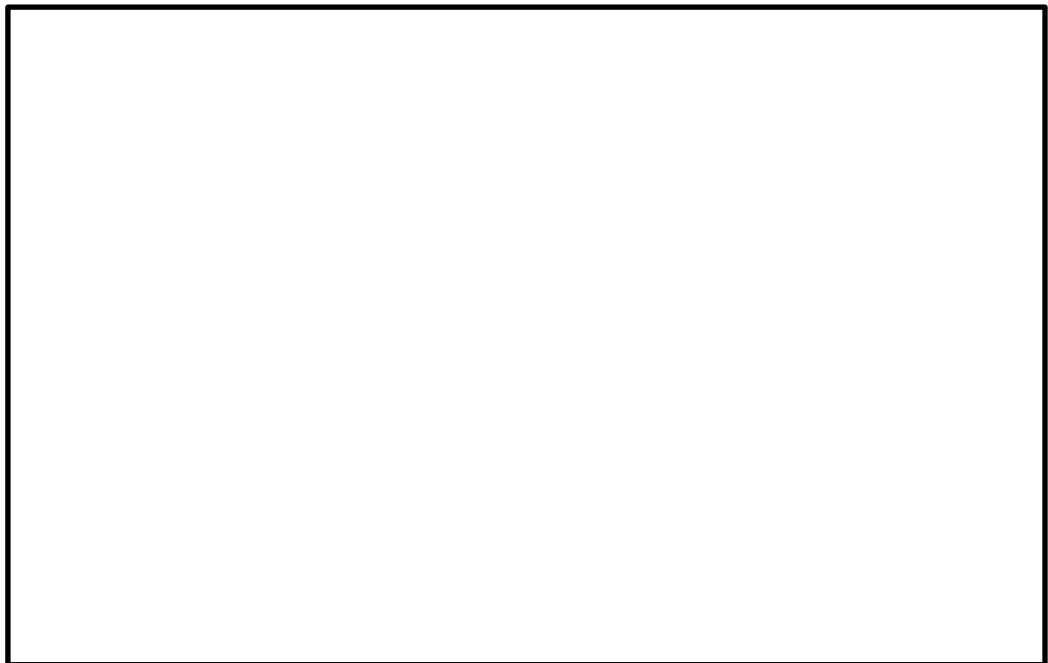
本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

中性子フルエンス率の大小は放射性核種の生成量には寄与するものの放射性核種間の生成量の比には影響を与えないとされている。<sup>(6)</sup>

燃料交換の実績から、島根原子力発電所 1 号炉は定期検査の度に 1/5 炉心ずつ、また 2 号炉は 1/4 炉心ずつ燃料を取り換えるとして取替燃料に付着した燃料のクラッドは原子炉外に持ち出され、新燃料上に付着した腐食生成物、給水金属及び酸化ウラン粒子が照射され放射性核種となる評価を行った。

#### ⑤ 核種剥離

燃料棒表面から剥離する放射性物質の割合（炉水中放出率）は、総放射エネルギーの計算結果と原子炉冷却材の Mn-54、Fe-59、Co-58 及び Co-60 の分析データをもとに（6）式<sup>(5)</sup>を用いて設定した。



運転サイクル毎の炉水放射能濃度の各サイクル毎の測定結果を、第 10 表「炉水放射能濃度」に示す。また、第 5 表「島根原子力発電所 緒元」に各々の計算条件を示す。これらの条件を（6）式へ代入し、それぞれの核種に対する溶出率を求めた。Mn-54 と Fe-59 の分析データから求めた溶出率の平均値をクラッド性核種の溶出率、Co-58 と Co-60 の分析データから求めた溶出率の平均値をイオン性核種の溶出率とした。

1 号炉ではクラッド性核種の溶出率を  (h<sup>-1</sup>)、イオン性核種の溶出率を  (h<sup>-1</sup>) とし、2 号炉ではクラッド性核種の溶出率を  (h<sup>-1</sup>)、イオン性核種の溶出率を  (h<sup>-1</sup>) と設定した。

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

## ⑥ 炉水放射能濃度

燃料棒表面から剥離する放射性物質による炉水放射能濃度は、④で求めた燃料棒表面へ付着する各核種の放射エネルギー、⑤で求めたイオン／クラッドの溶出率を放射能バランス式（6）式へ代入することで求めた。

なお、H-3 は原子炉冷却材（水）と同様の挙動を示し、イオン性・クラッド性に区分できない。そこで、原子炉冷却材の分析データをそのまま炉水放射能濃度とした。

## b. 低圧タービンへの付着放射エネルギーの計算

燃料棒表面から剥離した放射性物質は、原子炉冷却材に含まれ原子炉内を循環後、主蒸気中にごく僅かに含まれ放射能濃度確認対象物に付着し二次的な汚染を生成する。

放射能濃度確認対象物の付着放射エネルギーは、炉水放射能濃度にキャリーオーバー率、付着速度係数及び実効運転時間を乗じて求めた。

低圧タービンへの付着放射エネルギーは、島根原子力発電所 1 号炉の運転開始から第 29 サイクルまで、島根原子力発電所 2 号炉の運転開始から第 17 サイクルまで、サイクル毎に求めた。

### ・キャリーオーバー率

原子炉冷却材の放射性物質は主蒸気系に移行することから、原子炉冷却材から主蒸気系への放射性物質の移行割合であるキャリーオーバー率を設定した。同型炉の実データをもとに、第 5 表「島根原子力発電所 緒元」のとおり設定した。

### ・付着速度係数

放射能濃度確認対象物である低圧タービンへの放射性核種の付着速度係数は、同型炉の実データをもとに低圧タービンでの付着放射エネルギーを炉水放射能濃度と実効運転時間で除して求めた。設定値は、トリチウムは  (cm/h)、イオン系核種は  (cm/h)、クラッド系核種は  (cm/h) とした。

## (3) 比率の設定

上記で求めた低圧タービンの付着放射エネルギーから二次的な汚染の比率を設定した。

低圧タービンに付着又は沈着した放射化腐食生成物及び核分裂生成物は、評価対象核種が幅広く選定されるよう規則別表第 1 の第 1 欄に示す 33 種類の放射性物質を評価した。

33 種類の放射性物質の計算結果 (Bq/cm<sup>2</sup>) を全核種の合計値 (Bq/cm<sup>2</sup>) で除したものを百分率 (%) にし、それを評価結果の規則別表第 1 の第 2 欄の放射能

濃度 (Bq/g) で除して比率を求めた。

占有率の大きい順から 90%を超えるまでの放射性物質を低圧タービンの評価に用いる放射性物質に選定した。

島根原子力発電所 1 号炉の低圧タービンは、1994 年度、1996 年度及び 1997 年度に発生した。1994 年度及び 1996 年度に発生した低圧タービンは、1997 年度まで二次的な汚染が継続したとみなし、第 20 サイクルの付着放射能濃度を摘要し比率を設定した。

島根原子力発電所 2 号炉の低圧タービンは、第 17 サイクルに交換したことから第 17 サイクルの付着放射能濃度を摘要し比率を設定した。

## 2. 評価結果

第 11 表「二次的な汚染の比率」に放射能濃度確認対象物の発生時点、発生から島根原子力発電所 1 号炉は 23 年後（放射能濃度の測定及び評価を開始する予定時点）、48 年後（放射能濃度の測定及び評価を完了する予定時点）、島根原子力発電所 2 号炉は 9 年後（放射能濃度の測定及び評価を開始する予定時点）、34 年後（放射能濃度の測定及び評価を完了する予定時点）の 33 種類の放射性物質の放射能濃度の評価結果を示す。

## 3. 放射能濃度の測定及び評価に用いる放射性物質の選択結果

第 11 表「二次的な汚染の比率」のそれぞれの放射性物質の比率を各放射性物質の比率の合計で除した値を第 12 表「放射性物質の占有率」に示す。

第 12 表「放射性物質の占有率」及び第 13 表「島根原子力発電所 1 号炉及び 2 号炉 放射性物質の選択」より Co-60 が、島根原子力発電所 1 号炉が発生から 23 年後から、48 年後まで、島根原子力発電所 2 号炉が発生から 9 年後から、34 年後までを評価時点とした場合、総和の 90%以上であると評価した。

第 14 表「放射能濃度確認対象物の分析結果」に放射能濃度確認対象物の分析結果を示す。検出された放射性核種は Co-60 が支配的であるため、このたびの評価による選択結果と整合性がとれている。

以上のことから、低圧タービンの放射能濃度の評価に用いる放射性物質は Co-60 とする。

以 上



第1表 二次的な汚染の評価条件の概要

項目		設定条件の概要
①炉内発生腐食生成物	復水浄化系以降の金属材料からの原子炉水中へ溶出する腐食生成物量	<ul style="list-style-type: none"> <li>金属材料として、炭素鋼、ステンレス鋼、ステライト・ステライト代替材、インコネルを設定し、それぞれの接水面積を設定（ステライト代替材は Co を含まない）</li> <li>実機の実効運転時間を設定</li> </ul>
②腐食生成物給水持込量	給水系から原子炉水中へ持ち込まれる腐食生成物量	<ul style="list-style-type: none"> <li>実機データおよび運転中の分析データを設定</li> </ul>
③燃料付着ウラン量	希ガス濃度から燃料棒表面に付着しているウラン量	<ul style="list-style-type: none"> <li>実機データおよび運転中の分析データを設定</li> </ul>
④燃料棒表面核種放射能量	燃料棒表面に付着した腐食生成物および、燃料棒表面に付着したウランが中性子照射により放射化し、発生する放射能量	<ul style="list-style-type: none"> <li>文献値等を基に構造材の元素濃度を設定。主な不明元素は、1,000ppm と設定し、検出限界値以下の元素は、検出限界値を設定することで、Co 以外の元素濃度が高く評価されるように設定した。</li> </ul>

第2表 原子炉冷却材の溶出速度

材質	溶出速度 (mdm) ※5	時間依存
炭素鋼※1		
ステンレス鋼※2※3		
ステライト※2※4		
インコンネル※2		

※1 “Corrosion and Corrosion Product Release in Neutral Feedwater”, E. G. BRUSH etc., CORROSION-NACE, Vol. 28, No. 4, 1972, Table 2

※2 以下の図書において示される, 1年後の溶出率を示す。  
放射性廃棄物の放射能濃度決定方法—原子炉発電所から発生する低レベル放射性廃棄物の放射能濃度決定方法に関する基本手順: 2007—浅地中ピット処分廃棄物について— (AESJ-SC-F010:2007)

※3 ステンレス鋼の溶出速度は SUS304 相当とし, 上記出典のガンマ線照射場の溶出率とする。

※4 ステライト代替材はステライトの溶出速度を用いる。

※5  $\text{mdm} = (\text{mg}/\text{dm}^2) / \text{month}$

第3表 島根原子力発電所 実効運転時間

単位：EPFH

1号炉			2号炉		
サイクル	実効運転時間	累積運転時間	サイクル	実効運転時間	累積運転時間
1			1		
2			2		
3			3		
4			4		
5			5		
6			6		
7			7		
8			8		
9			9		
10			10		
11			11		
12			12		
13			13		
14			14		
15			15		
16			16		
17			17		
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第4表 島根原子力発電所 給水金属濃度

単位：ppb

1号炉				2号炉			
サイクル	鉄	ニッケル	コバルト	サイクル	鉄	ニッケル	コバルト
1				1			
2				2			
3				3			
4				4			
5				5			
6				6			
7				7			
8				8			
9				9			
10				10			
11				11			
12				12			
13				13			
14				14			
15				15			
16				16			
17				17			
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第5表 島根原子力発電所 緒元

		島根1号炉	島根2号炉
原子炉保有水量 (ton)		150	200
原子炉浄化系流量 (ton/h)		172.8	225
主蒸気流量 (ton/h)		2,468	4,740
給水流量 (ton/h)		2,458	4,724
原子炉浄化系での不 純物除去割合	トリチウム		
	イオン		
	クラッド		
原子炉内への付着速 度係数 (cm/h)	トリチウム		
	イオン		
	クラッド		
キャリアオーバー率	トリチウム		
	イオン		
	クラッド		
	よう素		

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第6表 オフガス濃度 (1 / 2)  
 (島根原子力発電所 1号炉)

単位 : Bq/s

サイクル	Kr-85m	Kr-87	Kr-88	Xe-133	Xe-135	Xe-135m	Xe-138
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第6表 オフガス濃度 (2 / 2)  
 (島根原子力発電所2号炉)

単位 : Bq/s

サイクル	Kr-85m	Kr-87	Kr-88	Xe-133	Xe-135	Xe-135m	Xe-138
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第7表 ウラン付着率評価におけるパラメータ

項目	設定値	単位	出典
天然ウラン中の U-235 含有率		wt%	JAEA-Data/Code 2012-014
核分裂断面積（1群） ／島根1号炉		barn (=10 <sup>-24</sup> cm <sup>2</sup> )	ORIGEN Jendle-3.3 STEP2 の40%ボイド の断面積 (BS240J33)
核分裂断面積（1群） ／島根2号炉		barn (=10 <sup>-24</sup> cm <sup>2</sup> )	ORIGEN Jendle-3.3 STEP3 の40%ボイド の断面積 (BS340J33)

核種	Xe-138	Kr-87	Kr-88	Kr-85m	Xe-135	Xe-133	Xe-135m
収率／% <sup>※1</sup>							
半減期 <sup>※2</sup>							
単位	min	min	h	h	h	d	min

※1 JAERI-M 9715 (1981), 収率 (%) はCumulative yieldの<sup>235</sup>U (T)を使用した

※2 JAEA-Data/Code 2012-014 Table of Nuclear Data (JENDL/TND-2012)

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。



第8表 原子炉構成材の材料組成（1／3）

単位：％

元素	炭素鋼	ステンレス鋼※1		インコネル	ステライト	ステライト 代替材
		SUS304	SUS316L			
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						

※1：1号炉はSUS304，2号炉はSUS316L

第8表 原子炉構成材の材料組成（2／3）

単位：％

元素	炭素鋼	ステンレス鋼※1		インコネル	ステライト	ステライト 代替材
		SUS304	SUS316L			
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						

※1：1号炉はSUS304，2号炉はSUS316L

本資料のうち，枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第8表 原子炉構成材の材料組成（3／3）

単位：%

元素	炭素鋼	ステンレス鋼※1		インコネル	ステライト	ステライト 代替材
		SUS304	SUS316L			
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
59						
60						
61						
62						
63						
64						
65						
66						
67						
68						
69						
70						
71						
72						
73						
74						
75						
76						
77						
78						

※1：1号炉はSUS304，2号炉はSUS316L

本資料のうち，枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第9表 島根原子力発電所 燃料仕様

	島根1号炉	島根2号炉
対象燃料	高燃焼度 8×8燃料	9×9 (A型)燃料
燃焼度	39,500 MWd/t	45,000 MWd/t
ウラン235濃縮度	約3.4wt%	約3.7wt%
炉心全ウラン量	約68ton	約97ton
原子炉熱出力	1,380MW	2,436MW

第10表 炉水放射能濃度（1／2）  
（島根原子力発電所1号炉）

単位：Bq/cm<sup>3</sup>

サイクル	H-3	Mn-54	Fe-59	Co-58	Co-60
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第 10 表 炉水放射能濃度 (2 / 2)  
(島根原子力発電所 2 号炉)

単位 : Bq/cm<sup>3</sup>

サイクル	H-3	Mn-54	Fe-59	Co-58	Co-60
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第 11 表 二次的な汚染の比率 (1 / 2)  
(島根原子力発電所 1 号炉)

No	放射性物質の種類	低圧タービン		
		発生時点	23 年後	48 年後
1	H-3			
2	C-14			
3	Cl-36			
4	Ca-41			
5	Sc-46			
6	Mn-54			
7	Fe-55			
8	Fe-59			
9	Co-58			
10	Co-60			
11	Ni-59			
12	Ni-63			
13	Zn-65			
14	Sr-90			
15	Nb-94			
16	Nb-95			
17	Tc-99			
18	Ru-106			
19	Ag-108m			
20	Ag-110m			
21	Sb-124			
22	Te-123m			
23	I-129			
24	Cs-134			
25	Cs-137			
26	Ba-133			
27	Eu-152			
28	Eu-154			
29	Tb-160			
30	Ta-182			
31	Pu-239			
32	Pu-241			
33	Am-241			

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第 11 表 二次的な汚染の比率 (2 / 2)  
(島根原子力発電所 2 号炉)

No	放射性物質の種類	低圧タービン		
		発生時点	9 年後	34 年後
1	H-3			
2	C-14			
3	Cl-36			
4	Ca-41			
5	Sc-46			
6	Mn-54			
7	Fe-55			
8	Fe-59			
9	Co-58			
10	Co-60			
11	Ni-59			
12	Ni-63			
13	Zn-65			
14	Sr-90			
15	Nb-94			
16	Nb-95			
17	Tc-99			
18	Ru-106			
19	Ag-108m			
20	Ag-110m			
21	Sb-124			
22	Te-123m			
23	I-129			
24	Cs-134			
25	Cs-137			
26	Ba-133			
27	Eu-152			
28	Eu-154			
29	Tb-160			
30	Ta-182			
31	Pu-239			
32	Pu-241			
33	Am-241			

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。



第 12 表 放射性物質の占有率 (1 / 2)  
(島根原子力発電所 1 号炉)

No	放射性物質の種類	低圧タービン (%)	
		23 年後	48 年後
1	H-3		
2	C-14		
3	Cl-36		
4	Ca-41		
5	Sc-46		
6	Mn-54		
7	Fe-55		
8	Fe-59		
9	Co-58		
10	Co-60		
11	Ni-59		
12	Ni-63		
13	Zn-65		
14	Sr-90		
15	Nb-94		
16	Nb-95		
17	Tc-99		
18	Ru-106		
19	Ag-108m		
20	Ag-110m		
21	Sb-124		
22	Te-123m		
23	I-129		
24	Cs-134		
25	Cs-137		
26	Ba-133		
27	Eu-152		
28	Eu-154		
29	Tb-160		
30	Ta-182		
31	Pu-239		
32	Pu-241		
33	Am-241		
33 種類合計			

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第 12 表 放射性物質の占有率 (2 / 2)  
(島根原子力発電所 2 号炉)

No	放射性物質の種類	低圧タービン (%)	
		9 年後	34 年後
1	H-3		
2	C-14		
3	Cl-36		
4	Ca-41		
5	Sc-46		
6	Mn-54		
7	Fe-55		
8	Fe-59		
9	Co-58		
10	Co-60		
11	Ni-59		
12	Ni-63		
13	Zn-65		
14	Sr-90		
15	Nb-94		
16	Nb-95		
17	Tc-99		
18	Ru-106		
19	Ag-108m		
20	Ag-110m		
21	Sb-124		
22	Te-123m		
23	I-129		
24	Cs-134		
25	Cs-137		
26	Ba-133		
27	Eu-152		
28	Eu-154		
29	Tb-160		
30	Ta-182		
31	Pu-239		
32	Pu-241		
33	Am-241		
33 種類合計			

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第 13 表 島根原子力発電所 1 号炉及び 2 号炉 放射性物質の選択

単位：%

号 炉	時 点	放射性物質	
		Co-60	Co-60 以外 <sup>※</sup>
1 号炉	23 年後		
	48 年後		
2 号炉	9 年後		
	34 年後		

※：第 12 表「放射性物質の占有率」の Co-60 以外の 32 種類の放射性物質の占有率の総和

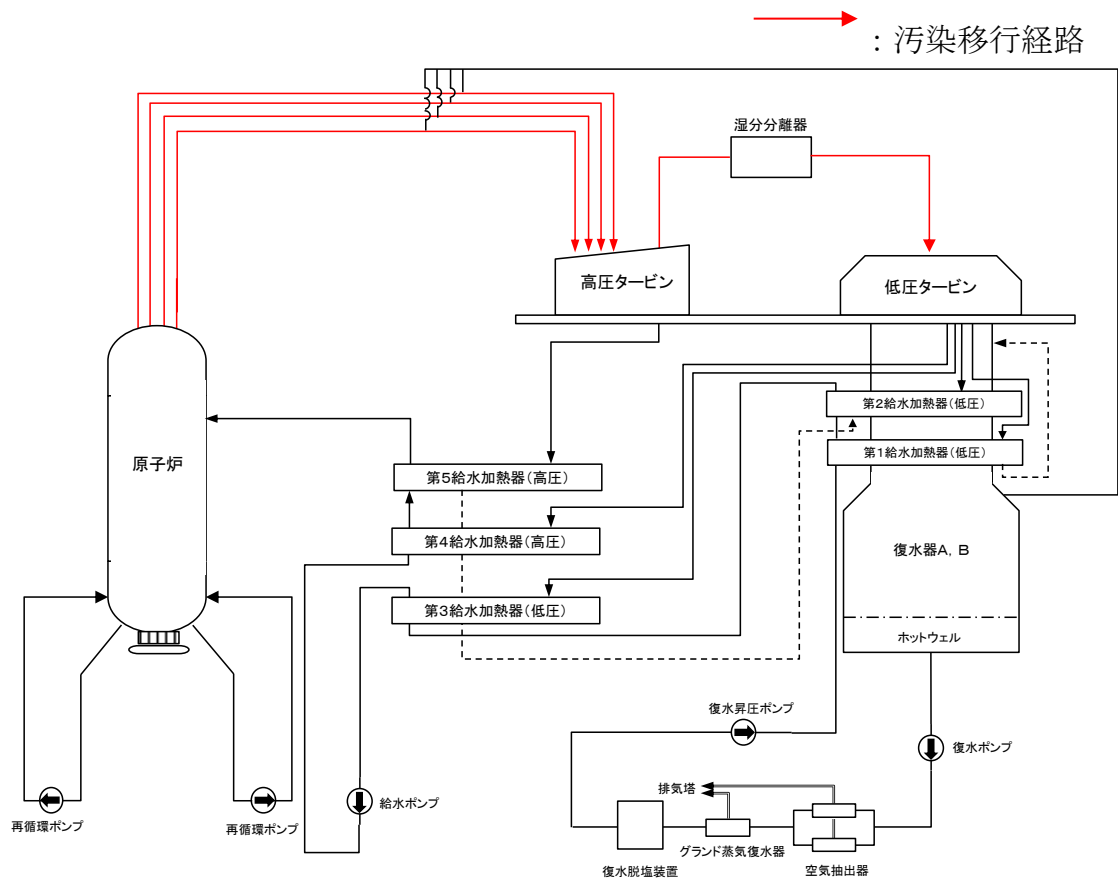
本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第 14 表 放射能濃度確認対象物の分析結果

単位：Bq/g

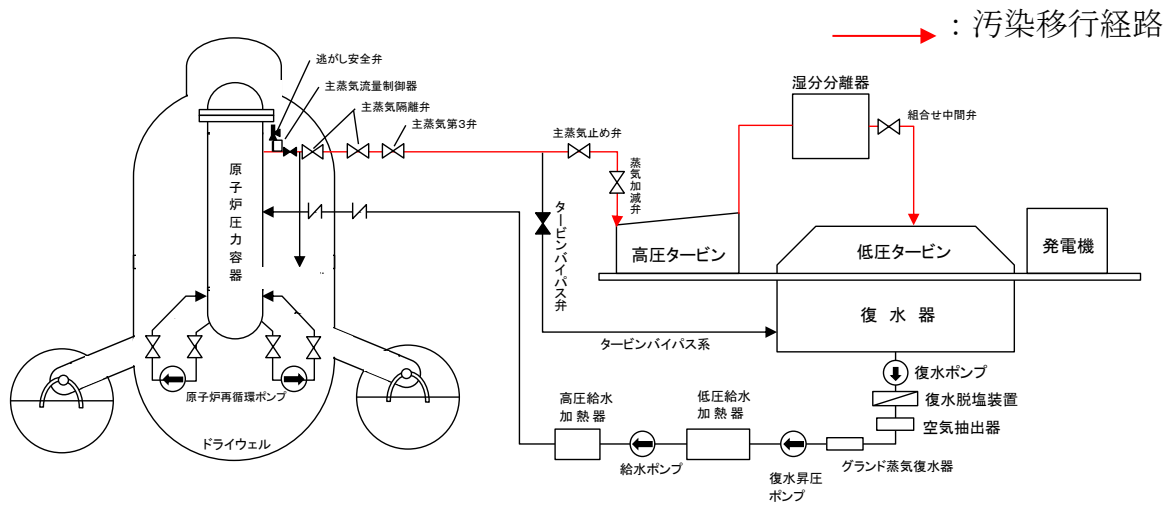
号 炉	放射能濃度確認対象物	Co-60	Co-60 以外

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。



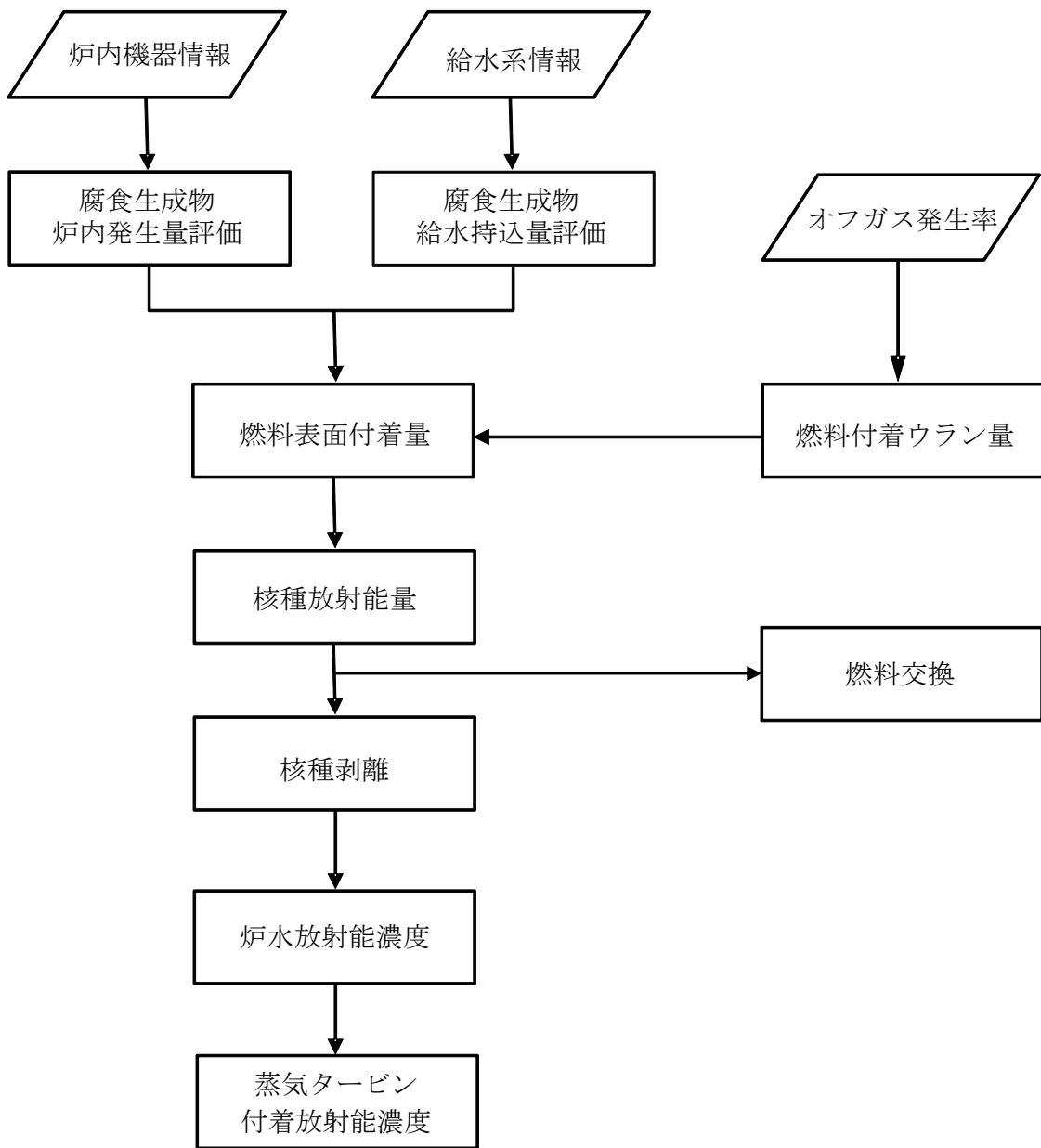
【島根原子力発電所1号炉】

第1図 島根原子力発電所1号炉及び2号炉の汚染移行経路 (1 / 2)



【島根原子力発電所 2 号炉】

第 1 図 島根原子力発電所 1 号炉及び 2 号炉の汚染移行経路 (2 / 2)



第2図 低圧タービンの二次的な汚染の評価手順



出典：原子炉水化学ハンドブック 日本原子力学会編（コロナ社 2000年12月17日）

### 第3図 炉内での金属・放射能の移行挙動

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。



## 参考文献

- (1) クリアランスの判断方法：2005 (AESJ-SC-F005:2005)
- (2) 原子炉水化学ハンドブック 日本原子力学会編 (コロナ社 2000年12月17日)
- (3) 放射性廃棄物の放射能濃度決定方法－原子力発電所から発生する低レベル放射性廃棄物の放射能濃度決定方法に関する基本手順：2007 －浅地中ピット処分廃棄物について－ (AESJ-SC-F010:2007)
- (4) “Corrosion and Corrosion Product Release in Neutral Feedwater”, E. G. BRUSH etc., CORROSION-NACE, Vol. 28, No. 4, 1972, Table 2
- (5) Water chemistry for nuclear reactor systems 4. BNES, London, 1986 Fig.8  
Correlation between iron input and deposit on fuel surface
- (6) ピット処分及びトレンチ処分対象廃棄物の放射能濃度決定に関する基本手順：2011  
1 (AESJ-SC-F022:2011)

東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に伴うフォールアウトの  
影響の有無の判断について（コメント回答）

年月日	質問・コメント等
令和2年8月3日	東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に伴うフォールアウトの影響の有無の判断にあたっての、具体的な測定方法及び評価方法を記載すること。

【回答】

平成24年3月30日に（旧）原子力安全・保安院より発出された「東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に係るフォールアウトによる原子力施設における資材等の安全規制上の取扱いに関するガイドライン」に基づき、2012年5月に発電所構内を測定し、島根原子力発電所構内における福島第一原子力発電所事故に伴うフォールアウトの影響を評価した結果について以下に示す。

1. 測定方法

(1) フォールアウトの影響を判断する測定方法

JNES-RE-2012-0014「東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に伴うフォールアウトの影響の有無を判断する測定方法の検討」（以下「JNES レポート」という。）の「5. フォールアウトの影響を判断する測定について」に従い間接測定法（スミア法）により測定した。測定装置はGM計数装置を使用した。

(2) 試料採取箇所

屋外及び屋内の試料採取箇所を第1図に示す。

試料採取箇所は、JNES レポートの「4. フォールアウトの分布調査」に従い選定した。

島根原子力発電所は、福島第一原子力発電所と距離があり、モニタリングポストのデータに有意な変動がないこと及び「文部科学省による、中国地方の航空機モニタリングの測定結果について（平成24年6月15日）」において第2図のとおり放射性セシウムの有意なエネルギースペクトルが検出されなかったことから、JNES レポートの「4. 2 施設の分類の考え方」の「表1 環境モニタリングデータ等による施設の分類」及び「図4 環境モニタリングデータ等による施設分類（概念図）」に従い「施設分類3（フォールアウトの影響がないと考えられる場合）」に分類される。

JNES レポート「4. 3 サンプル測定数について」の「③フォールアウトの影響がないと考えられる場合（施設分類3）」に従い、採取箇所は、屋外を中心に施設全体で10点以上、フォールアウトの影響を受けやすいと考えられる場所

を選定した。

屋外は、フォールアウトが島根原子力発電所内に一様に降下していると考えられることから、フォールアウトが堆積しやすい建物屋上など敷地内の特定の箇所に固まらないよう15箇所選定した。屋内は、外気の影響を受けやすい箇所が最も厳しい状態であると推定されるため、搬入口や外気の取り入れ箇所を13箇所選定した。

### (3) 採取方法

スミアろ紙により、100cm<sup>2</sup>以上の範囲を拭き取った。

### (4) 測定時間

GM計数装置の測定時間は以下のとおりである。

検出器	測定時間
GM計数装置	1,200秒

GM計数装置の測定時間は、JNESレポート「5.3 NRの運用実績について」の「表2 NRの測定の実施例」を参考に設定した。

## 2. 測定結果

測定結果を第1表に示す。全28箇所の試料について、全て理論検出限界計数率未満であった。

なお、フォールアウトの影響の有無の判断は、NRの運用で採用されている「念のための測定」に準じた方法で行うことから、理論検出限界計数率は以下の式（JNESレポート「5.2 検出限界計数率」）から算出した。

$$n_D = \frac{3}{2} \left\{ \frac{3}{t_T} + \sqrt{\left(\frac{3}{t_T}\right)^2 + 4 \left[ n_B \left( \frac{1}{t_T} + \frac{1}{t_B} \right) + r_1^2 n_B^2 \right]} \right\}$$

$n_D$  : 理論検出限界計数率 (s<sup>-1</sup>)

$t_T$  : 総計数率を測定する測定時間 (s)

$n_B$  : BG計数率 (s<sup>-1</sup>)

$t_B$  : BG測定時間 (s)

$r_1$  : BG変動に起因する相対誤差

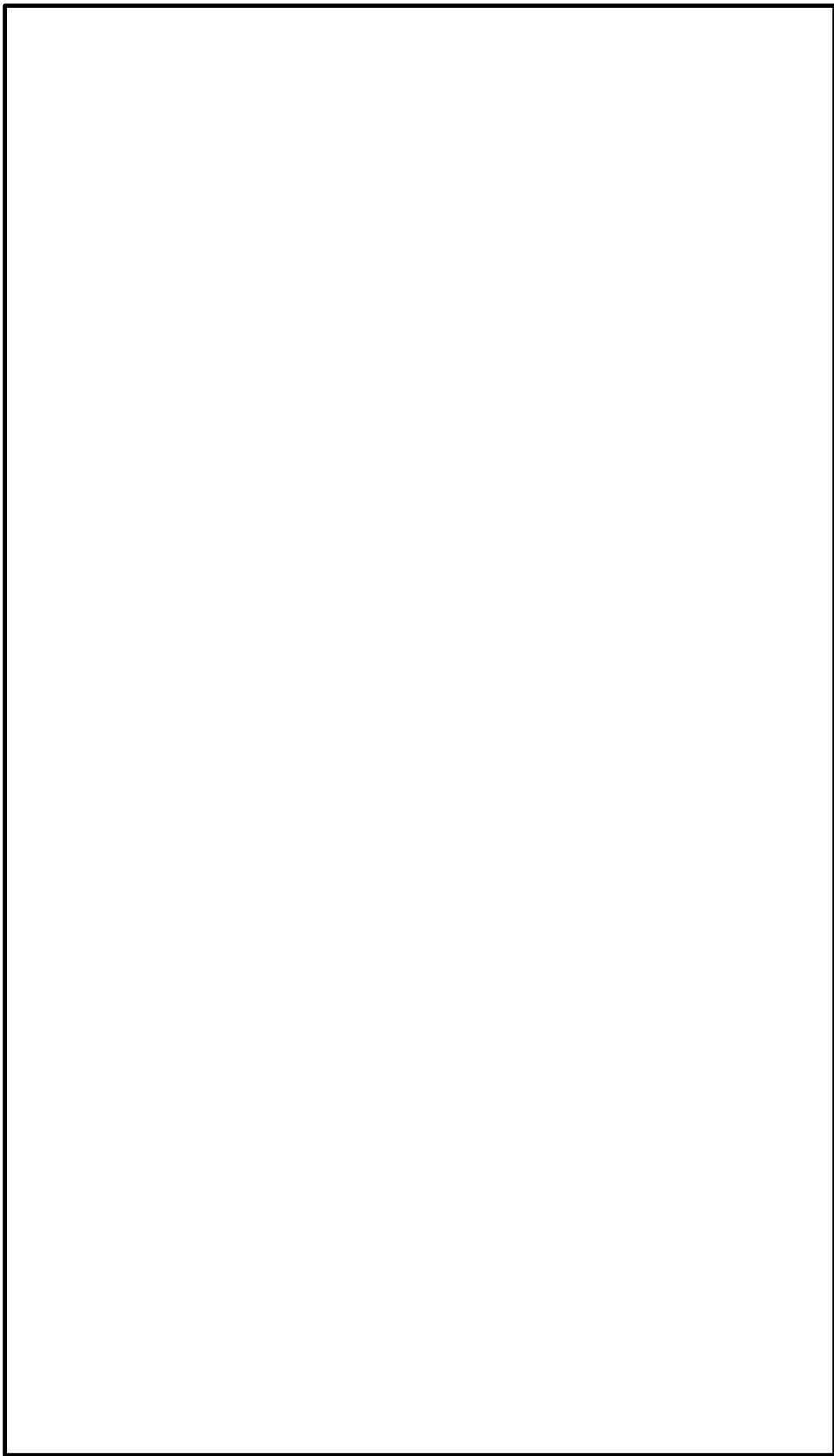
## 3. 評価結果

島根原子力発電所構内におけるフォールアウトの影響については、第3図に示すJNESレポート「4.3 サンプル測定数について」の「図7 施設分類3の場合のフォールアウトの影響の有無の判断フロー」に従い、屋外を中心に施設全

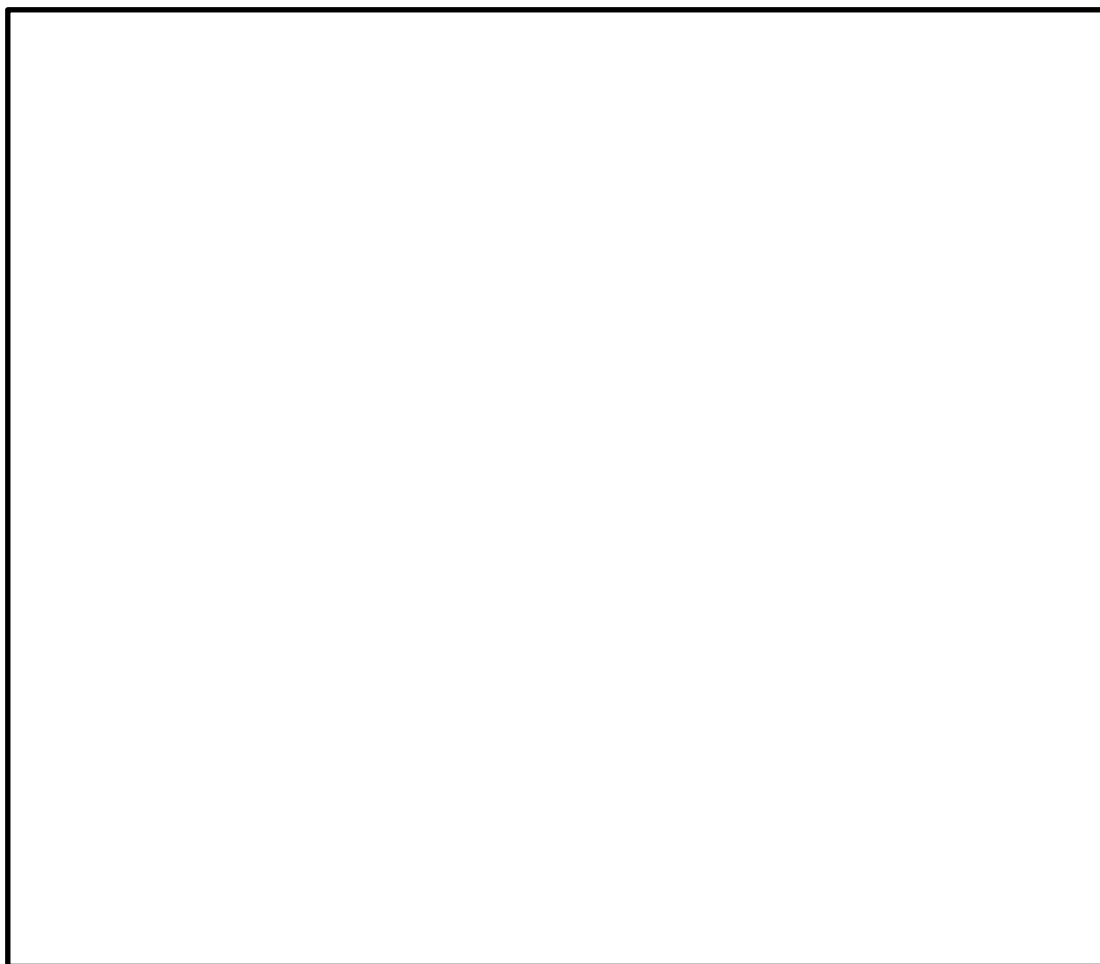
体について 10 点以上の測定点が全て検出限界値未満であることから、施設全体としてフォールアウトの影響はないと判断した。

このため、本申請においてもフォールアウトの影響を考慮する必要はない。

第1表 島根原子力発電所における測定結果

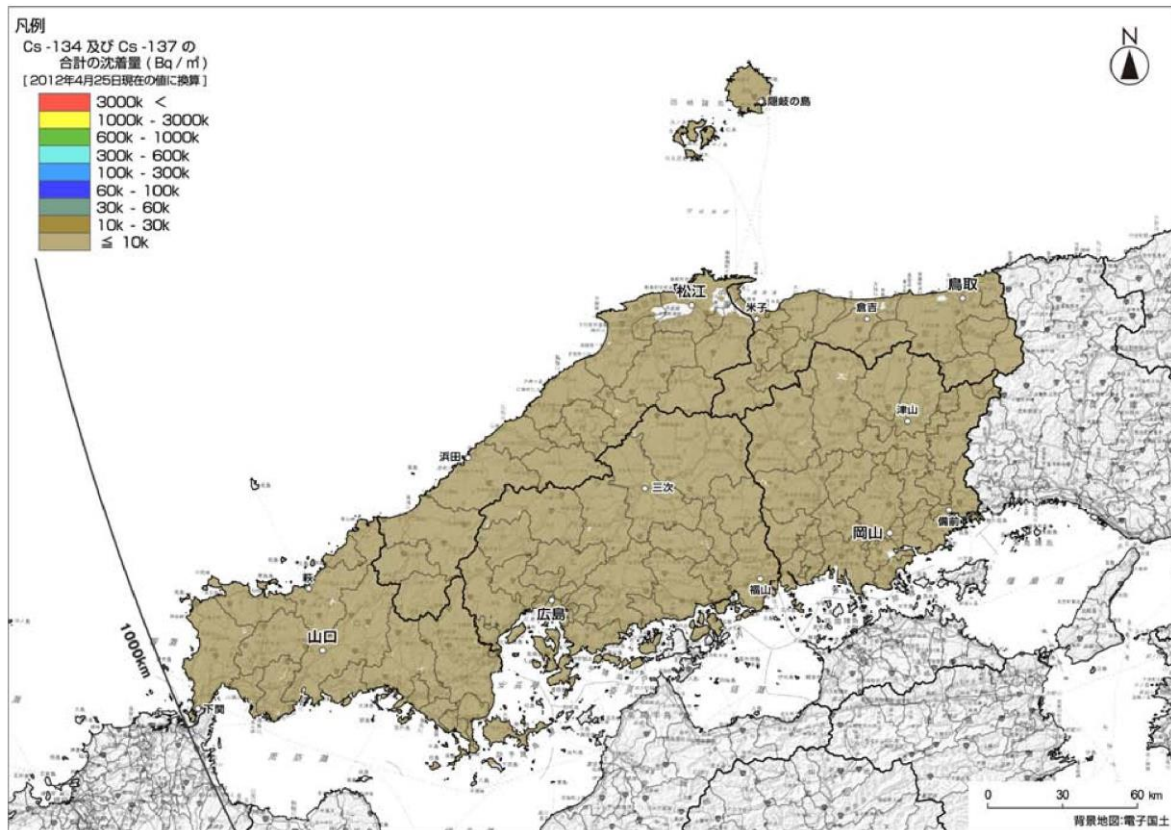


本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。



第1図 島根原子力発電所 フォールアウト影響調査試料採取箇所

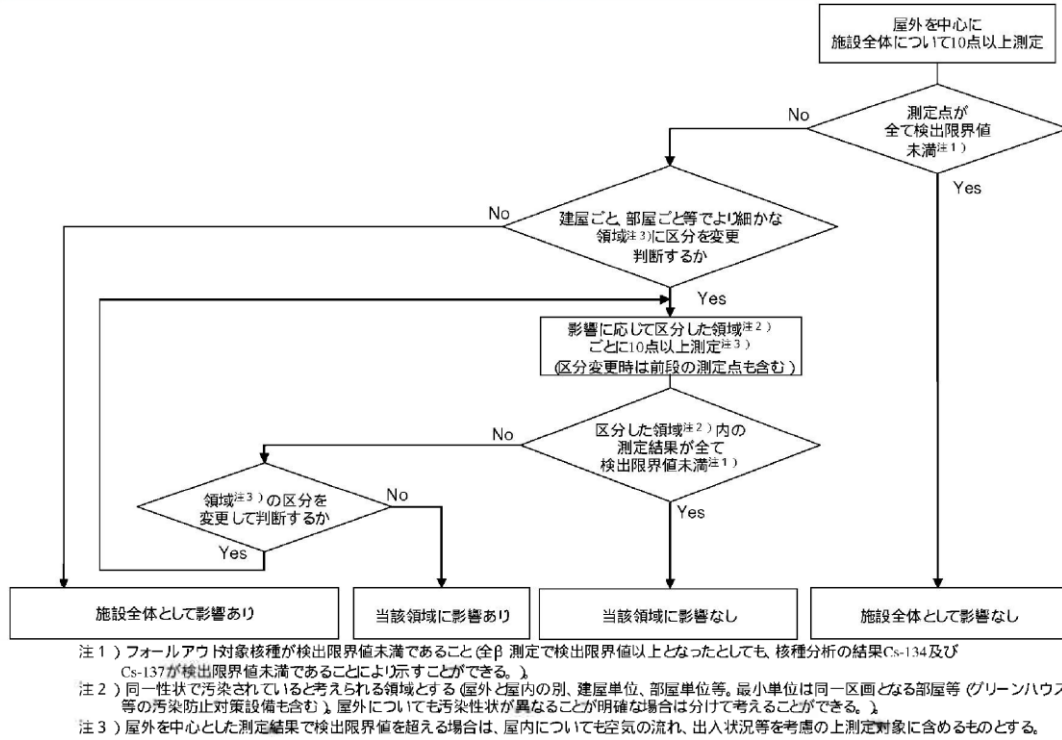
本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。



出典：文部科学省による、中国地方の航空機モニタリングの測定結果について（平成 24 年 6 月 15 日）

第 2 図 文部科学省による Cs-134 及び Cs-137 の沈着量（航空機モニタリング）  
測定結果

施設分類 3



出典：JNES-RE-2012-0014「東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に伴うフォールアウトの影響の有無を判断する測定方法の検討」

第3図 施設分類3の場合のフォールアウト影響の有無の判断フロー