

中国電力株式会社 審査資料	
資料番号	CL-E-04
提出年月日	令和2年8月3日

2020年8月3日  
中国電力株式会社

島根原子力発電所1号炉及び2号炉において用いた資材に含まれる放射性物質の  
放射能濃度の測定及び評価方法について  
(面談時の提出書類リスト)

資料番号	提出書類
1	島根原子力発電所1号炉及び2号炉において用いた資材に含まれる放射性物質の放射能濃度の測定及び評価方法の認可申請書に対するコメントリスト
2-1	評価に用いる放射性物質の種類について (コメント回答)
2-2	放射化汚染の影響について (コメント回答)
2-3	申請対象物の形状・サイズについて (コメント回答)

島根原子力発電所 1 号炉及び 2 号炉において用いた資材に含まれる放射性物質の放射能濃度の測定及び評価方法の認可申請書に対するコメントリスト

No.	コメント内容	年月日	回答状況	回答時期
1	今回, 中国電力が考える測定装置が他事業所で既認可の装置と同じものであれば, 既認可での資料をよく確認して資料を見直すこと。(同じ評価をしているのに表現・数値が違っていると分かりづらい)	令和 2 年 6 月 8 日	未了	後日回答
2	CL-E-01 P21 の 記載では, 拡張不確かさに 1 を加算することで安全率を求めることが分かるが, 申請書の当該箇所の記載と異なるため, 表現を適正化すること。	令和 2 年 6 月 8 日	未了	後日回答
3	放射能換算係数の相対誤差が, 考慮されていることを説明すること。	令和 2 年 6 月 8 日	未了	後日回答
4	CL-E-01 図 11 で模擬対象物の放射能測定値の記載があるが, 安全率の設定における前提条件を明確にすること。	令和 2 年 6 月 8 日	未了	後日回答
5	CL-E-01 図 11 の模擬線源で評価した安全率と不確かさ評価の安全率の関係を明確にすること。	令和 2 年 6 月 8 日	未了	後日回答
6	検出限界値を求めるにあたっては, 安全率の寄与を説明することを考慮すること。	令和 2 年 6 月 8 日	未了	後日回答
7	放射性物質の種類を選定において考慮した汚染のメカニズムについて運転履歴も考慮したうえで説明すること。	令和 2 年 6 月 8 日	未了	本日回答
8	N-17 による放射化汚染の影響についても説明すること。	令和 2 年 6 月 8 日	未了	本日回答
9	申請対象物について, 対象物の形状やサイズのイメージがわかるように写真等を交えて具体的に説明すること。	令和 2 年 6 月 8 日	未了	本日回答

No.	コメント内容	年月日	回答状況	回答時期
10	測定対象物の放射能濃度 (Bq/g) を求めるにあたり、計算過程を示すこと。その中で、対象物の重量の補正や各検出器での測定値の扱いを説明すること。	令和2年6月8日	未了	後日回答
11	検認後のクリアランス対象物が汚染の恐れのある場所を通過する可能性があるが、追加的汚染が発生しないことの担保の方法を説明すること。	令和2年6月8日	未了	後日回答
12	B 区域の中にA区域を設定する方法についてパーテーションで区切る程度でB区域の中にA区域を設定できるのか、その考え方を説明すること。	令和2年6月8日	未了	後日回答
13	測定装置の性能確認において、クリアランスレベル相当のものを用いて確認した結果を説明すること。	令和2年6月8日	未了	後日回答
14	申請書 表 5-1 不確かさの計算の過程を説明し、資料構成を分かりやすく見直すこと。	令和2年6月8日	未了	後日回答
15	審査基準の要求事項に対する結果だけでなく、結果を導き出す根拠、過程を説明すること。その際、公開されている他事業所の既認可内容を参考にすること。	令和2年6月26日	未了	後日回答
16	拡張不確かさについて1に切り上げている根拠を説明すること。	令和2年6月26日	未了	後日回答
17	模擬線源で評価した安全率と不確かさ評価の安全率の関係を明確にすること。	令和2年6月26日	未了	後日回答
18	検出限界値を求めるにあたっては、安全率の寄与を説明することを考慮すること。	令和2年6月26日	未了	後日回答

No.	コメント内容	年月日	回答状況	回答時期
19	放射性物質の種類を選定において原子炉の運転状況を考慮した汚染のメカニズム, パラメータ選定理由について説明すること。*	令和2年6月26日	未了	本日回答
20	放射化汚染の影響について説明すること。*	令和2年6月26日	未了	本日回答
21	検認後のクリアランス対象物が汚染の恐れのある場所を通過する可能性があることについて, 追加汚染が発生しない方法を説明すること。	令和2年6月26日	未了	後日回答
22	B区域の中にA区域を設定する方法および考え方について説明すること。	令和2年6月26日	未了	後日回答
23	測定装置の性能確認においてクリアランスレベル近傍の模擬線源を用いた確認結果を説明すること。	令和2年6月26日	未了	後日回答
24	データ処理における不確かさについて放射能濃度を求める計算過程を明確に説明すること。	令和2年6月26日	未了	後日回答

※コメント内容の詳細については, 資料2-1, 2-2に示す。

以 上

## 評価に用いる放射性物質の種類について（コメント回答）

No	Page	質問・コメント等
7		放射性物質の種類を選定において考慮した汚染のメカニズムについて運転履歴も考慮したうえで説明すること。
19	本文 P4 添付書類 P27	評価に用いる放射性物質の選定においては、放射性物質の種類を選定に当たっては、原子炉の運転状況、炉型、構造等の特性を踏まえ、かつ原子炉冷却材等に係る放射性物質の付着、浸透等による二次的な汚染の履歴及び機構、放射性物質の放射性壊変等を考慮して放射性物質の種類を幅広く選定することを求めているが、原子炉の運転状況等を踏まえた二次的な汚染の履歴、機構（汚染メカニズム）及び計算に用いたパラメータの選定理由が示されていないことから放射性物質の種類を選定の妥当性が判断できない。原子炉の運転状況等を踏まえた二次的な汚染の履歴、機構（汚染メカニズム）及び計算に用いたパラメータの選定理由を示した上で、放射性物質の種類を選定の妥当性を説明すること。

## 1. 評価手順

二次的な汚染の比率の評価手順を図－1「二次的な汚染の比率の評価手順」に示す。

## (1) 汚染移行経路

放射能濃度確認対象物である低圧タービンの二次的な汚染は、放射化腐食生成物及び核分裂生成物である。燃料棒表面で発生した放射化腐食生成物及び核分裂生成物が原子炉冷却材中に移行し、キャリーオーバーによりタービン系の機器に付着又は沈着する汚染移行経路を想定して評価する。島根原子力発電所1号炉及び2号炉の汚染移行経路を、図－2「島根原子力発電所1号炉及び2号炉の汚染移行経路」（1／2，2／2）に示す。

## (2) 二次的な汚染の機構

二次的な汚染の機構は、次のとおりである。

原子炉内の構成材から発生又は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、中性子照射により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。

生成された放射性物質が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、気水分離器で湿分が除去されるが、主蒸気中に僅かに放射性物質が含まれ低圧タービンに付着し二次的な汚染が生じる。

二次的な汚染の機構から図－1「二次的な汚染の比率の評価手順」の給水系情報等に履歴を設定し放射能濃度確認対象物の放射能濃度を評価する。

### (3) 二次的な汚染の履歴

二次的な汚染の汚染移行経路及び機構に必要な履歴を設定する。主要な仕様等の条件は、表－1「二次的な汚染の評価の前提条件等(1/9)」に示す。

#### (a) 給水系情報等から核種剥離までの履歴

原子炉内の構成材又は給水系から持ち込まれた腐食生成物及び酸化ウラン粒子が燃料棒表面に付着し放射化する事で、放射化腐食生成物及び核分裂生成物が生成する。この機構に必要な条件は、炉内機器から生成する腐食生成物量、給水系から持ち込まれる腐食生成物量、腐食生成物が原子炉冷却材から燃料棒表面に付着する割合、燃料棒表面に付着するウラン量及び燃料棒表面から原子炉冷却材中に放射性物質が剥離する割合である。燃料棒表面における放射化は、「ORIGEN-2.2UPJ」<sup>(1)</sup>で計算する。なお、条件の設定は、放射性物質が幅広く選定されるように考慮する。

##### ① 炉内機器情報

原子炉の構成材である炭素鋼、ステンレス鋼、ステライト及びステライト代替材の元素組成を設定する。「ORIGEN-2.2UPJ」により、規則別表第1の第1欄の放射性物質を求めるため、その生成起源である19種類の元素について組成を設定する。元素組成の設定結果は、表－1「二次的な汚染の評価の前提条件等(9/9)(元素組成)」に示す。

##### ② 水系情報

給水系は、燃料棒表面に付着する給水金属量を求めるため、実効運転時間、給水流量及び給水金属濃度から給水持込量を設定する。実効運転時間は、島根原子力発電所1号炉及び2号炉の運転履歴から設定する。実効運転時間の設定は、表－1「二次的な汚染の評価の前提条件等(2/9)(実効運転時間)」に示す。給水流量は、島根原子力発電所1号炉及び2号炉の仕様から設定する。給水金属濃度は、島根原子力発電所1号炉及び2号炉の分析結果から設定する。給水金属濃度の設定は、表－1

「二次的な汚染の評価の前提条件等（3／9）（給水金属濃度）」に示す。

### 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号炉のオフガスから設定する。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いため、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。燃料破損の履歴がなくオフガス系の希ガス濃度が有意に上昇した履歴がないため、オフガスから燃料棒表面に付着するウラン量を求める。オフガス発生率の設定は、表－1「二次的な汚染の評価の前提条件等（4／9）（オフガス 島根原子力発電所1号炉）」及び表－1「二次的な汚染の評価の前提条件等（5／9）（オフガス 島根原子力発電所2号炉）」に示す。

### ④ 燃料棒表面での核種放射能量

島根原子力発電所1号炉及び2号炉の燃料棒表面で生成する放射性物質の放射能量の評価に必要な条件は、対象燃料、ウラン組成、炉心全ウラン量及び原子炉熱出力である。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から設定する。最も二次的な汚染に寄与した燃料は、燃料量（燃焼度×体数）から評価する。評価した結果、島根原子力発電所1号炉は、対象燃料が高燃焼度8×8燃料、島根原子力発電所2号炉は、対象燃料が9×9燃料（A型）である。燃料量については、表－1「二次的な汚染の評価の前提条件等（6／9）（燃料量）」に示す。ウラン組成、炉心全ウラン量、燃焼度及び原子炉熱出力については、島根原子力発電所1号炉及び2号炉の仕様から設定する。

### ⑤ 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放射能バランス式\*から設定する。原子炉冷却材で検出されるMn-54、Fe-59、Co-58及びCo-60については、島根原子力発電所1号炉及び2号炉の原子炉冷却材の分析結果から放射能濃度を設定する。運転サイクル毎の炉水放射能濃度の設定は、表－1「二次的な汚染の評価の前提条件等（7／9）（炉水放射能濃度 島根原子力発電所1号炉）」及び表－1「二次的な汚染の評価の前提条件等（8／9）（炉水放射能濃度 島根原子力発電所2号炉）」に示す。

\*：放射能バランス式



(b) 炉水放射能濃度から付着放射エネルギーまでの履歴

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。この機構に必要な履歴は、炉水放射能濃度及び付着速度係数等である。放射能濃度確認対象物の付着放射能濃度は、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る。付着放射能濃度は、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、サイクル毎に求める。

①炉水放射能濃度

炉水放射能濃度は、規則別表第 1 の第 1 欄の放射性物質を求める。H-3 は、化学形態が他の放射性物質と異なるため、島根原子力発電所 1 号炉及び 2 号炉の原子炉冷却材の分析結果から設定する。H-3 以外の放射性物質は、放射能バランス式を用いた計算により求める。

②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、キャリーオーバー率を設定する。キャリーオーバー率は、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。ヒータードレン水の放射能濃度を炉水放射能濃度で除して求める。

③付着速度係数

付着速度係数は、放射能濃度確認対象物である低圧タービンの付着放射能濃度を炉水放射能濃度と実効運転時間で除して求める。

(4) 比率の設定

上記で求めた低圧タービンの付着放射能濃度から二次的な汚染の比率を設定する。

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する。33 種類の放射性物質の評価結果を規則別表第 1 の第 2 欄の放射能濃度で除して比率を求める。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す



る。

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する。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する。

## 2. 評価結果

表－2「二次的な汚染の比率（1／2，2／2）」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

表－2「二次的な汚染の比率（1／2，2／2）」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表－3「放射性物質の占有率（1／2，2／2）」に示す。

表－3「放射性物質の占有率（1／2，2／2）」及び表－4「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（放射能濃度の測定及び評価を開始する予定時点）から、48 年後（放射能濃度の測定及び評価を完了する予定時点）まで、島根原子力発電所 2 号炉が発生から 9 年後（放射能濃度の測定及び評価を開始する予定時点）から、34 年後（放射能濃度の測定及び評価を完了する予定時点）までを評価時点とした場合、総和の 90%以上であると評価する。

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。

表－1 二次的な汚染の評価の前提条件等（1／9）

項 目	1号炉	2号炉
給水流量	2,458ton/h	4,727ton/h
給水持込量	給水金属濃度×給水流量×実効 運転時間	給水金属濃度×給水流量×実効 運転時間
対象燃料	高燃焼度 8×8燃料	9×9（A型）燃料
ウラン組成	U-235 3.4wt%	U-235 3.7wt%
炉心全ウラン量	68ton	97ton
原子炉熱出力	1,380MW	2,436MW
H-3 以外の 32 種類の 放射性物質	放射能バランス式から求める。	放射能バランス式から求める。
付着速度係数	付着放射能濃度／炉水放射能濃 度／実効運転時間	付着放射能濃度／炉水放射能濃 度／実効運転時間
キャリーオーバー率	ヒータードレン水放射能濃度／ 炉水放射能濃度	ヒータードレン水放射能濃度／ 炉水放射能濃度

\*：放射能バランス式



表－1 二次的な汚染の評価の前提条件等（2／9）

（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					

表－1 二次的な汚染の評価の前提条件等（3／9）

（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							

表－1 二次的な汚染の評価の前提条件等（4／9）  
 （オフガス 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							

表－1 二次的な汚染の評価の前提条件等（5／9）

（オフガス 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。

表－1 二次的な汚染の評価の前提条件等（6／9）

(燃料量)

燃料種類	1号炉			2号炉		
	燃焼度 (MWd/t)	体数 (本)	燃料量 (MWd/t)	燃焼度 (MWd/t)	体数 (本)	燃料量 (MWd/t)
7×7						
7×7R						
8×8 (タイプⅠ)						
8×8 (タイプⅡ)						
新型8×8						
新型8×8 ジルコニウム ムライナ						
高燃焼度 8×8						
9×9 A型						
9×9 B型						

※：2020年7月時点で島根原子力発電所でMOX燃料を装荷した実績はない

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。

表－1 二次的な汚染の評価の前提条件等（7／9）

（炉水放射能濃度 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。



表－1 二次的な汚染の評価の前提条件等（8／9）

（炉水放射能濃度 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。

表－1 二次的な汚染の評価の前提条件等（9／9）

（元素組成）

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	N						
2	Cl						
3	Ca						
4	Sc						
5	Fe						
6	Co						
7	Ni						
8	Zn						
9	Zr						
10	Nb						
11	Ag						
12	Sb						
13	Te						
14	Cs						
15	Ba						
16	Eu						
17	Tb						
18	Ta						
19	U						

\* 1 : 1号炉はSUS304, 2号炉はSUS316L

\* 2 : 検出下限値を設定した元素組成

\* 3 : 1,000ppm に設定した元素組成

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。

表－2 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。

表－２ 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。

表－3 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。

表－3 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			

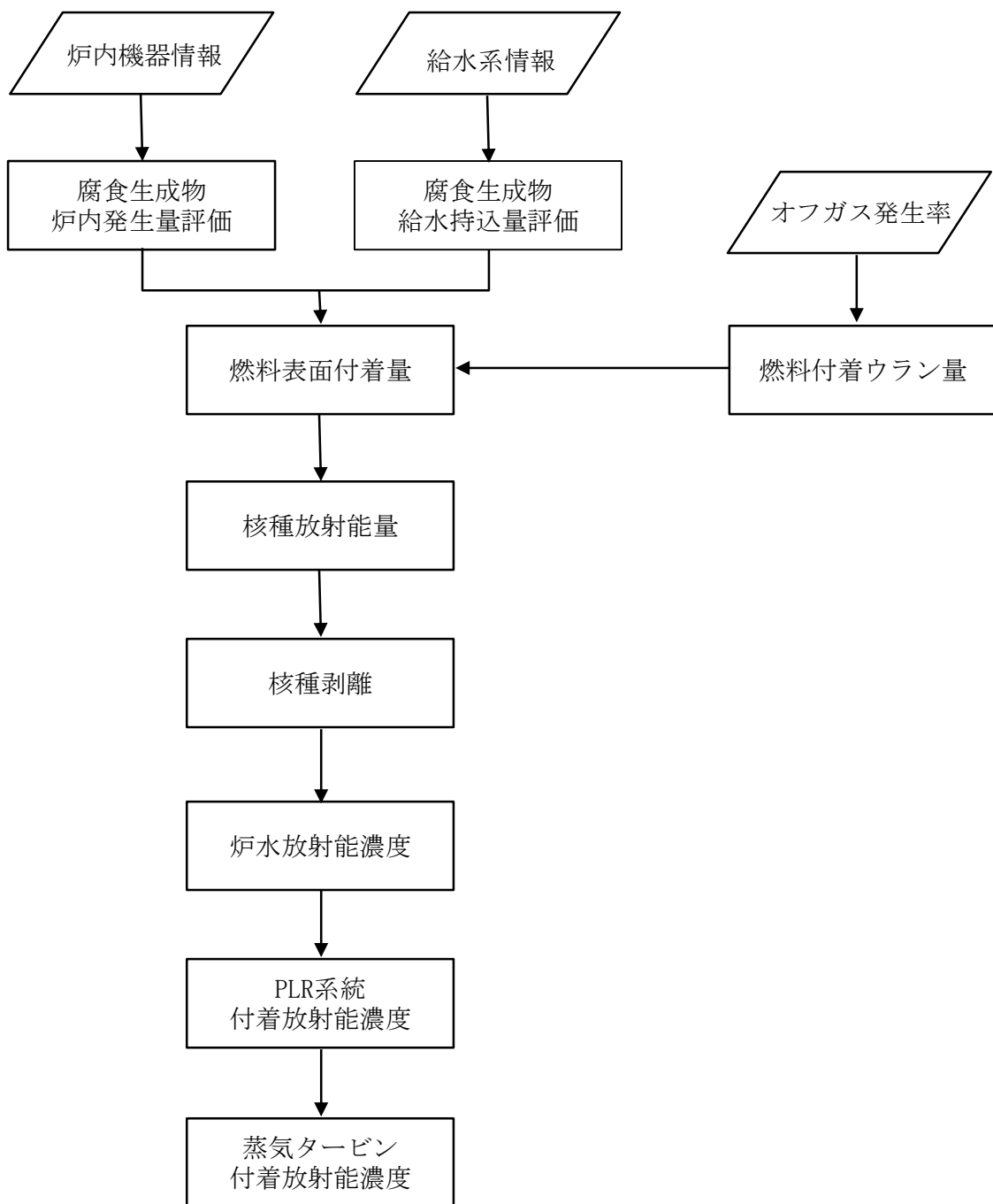
本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

表－4 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：％

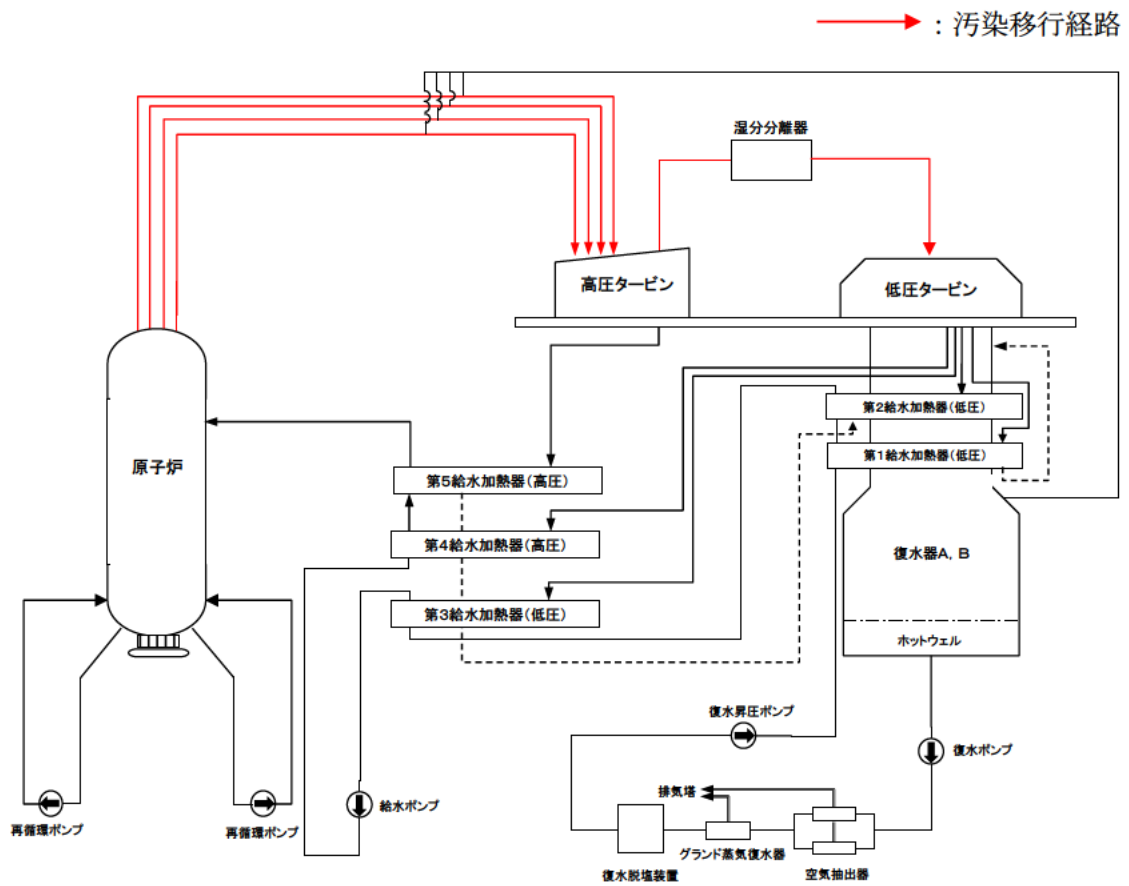
号 炉	時 点	放射性物質	
		Co-60	Co-60 以外*
1 号炉	23 年後		
	48 年後		
2 号炉	9 年後		
	34 年後		

\*：表－3「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



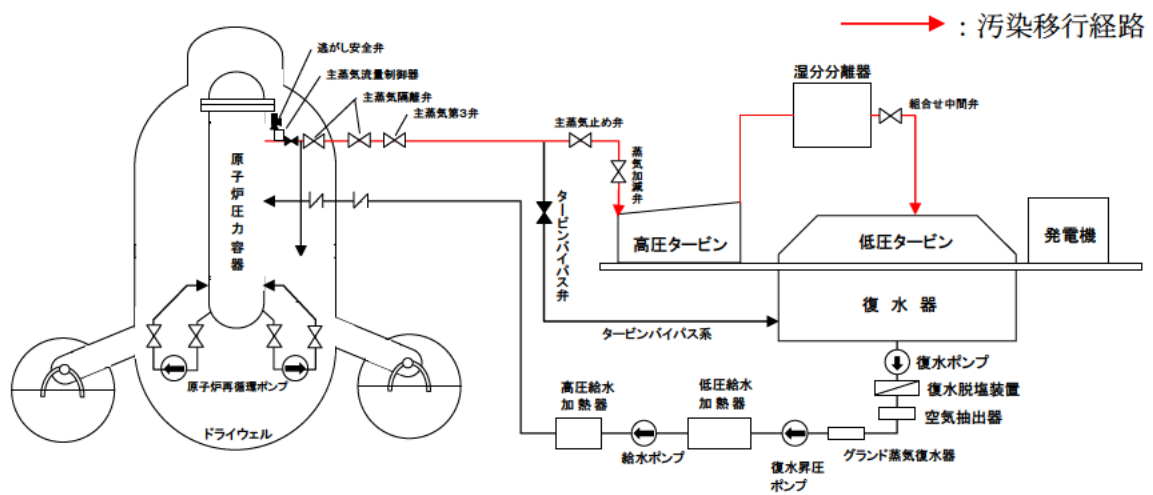
図－1 二次的な汚染の比率の評価手順





【島根原子力発電所 1 号炉】

図一 2 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】

図一 2 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)

## 参考文献

- (1) K. Suyama, “ZZ-ORIGEN2.2-UPJ, A complete package of ORIGEN2 libraries based on JENDL-3.2 and JENDL-3.3”, Computer Abstract of NEA-1642, OECD/NEA Databank (2006).

## 放射化汚染の影響について（コメント回答）

No.	Page	コメント内容
8		N-17 による放射化汚染の影響についても説明すること。
20	本文P4 添付書類P27	放射化汚染の影響について説明すること。本申請では放射化汚染の影響はないとしていることについても、放射能濃度確認対象物に対する放射化汚染に対する検討結果が示されていないことから、その妥当性を判断することができない。一般的には、原子炉冷却材中の O-17 が炉心部において放射化されることで生成される N-17 による放射化汚染の影響が考えられるので、その点も踏まえて放射化汚染の影響を説明すること。

## 1. 評価手順

主蒸気には、放射性窒素が含まれる。放射性窒素は、原子炉内で O-17 が放射化して生成され主蒸気中に僅かに存在する N-17 である。N-17 の  $\beta$  崩壊に伴う中性子により、放射能濃度確認対象物は、照射され放射化される。

放射化汚染の評価は、放射化により生成する放射性物質の放射能濃度が「製錬事業者等における工場等において用いた資材その他の物に含まれる放射性物質の放射能濃度についての確認等に関する規則」（以下「規則」という。）別表第 1 の第 2 欄の放射能濃度を上回れば放射化汚染があるとみなす。

放射能濃度確認対象物の放射化汚染の判断は、照射完了時点、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）及び 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）及び 34 年後（放射能濃度の測定及び評価を完了する予定時点）とする。照射完了時点の放射化放射能濃度は、Co-60 に濃度比を乗じて規則別表第 1 の第 1 欄の放射性物質の放射能濃度を求める。規則別表第 1 の第 2 欄の放射能濃度と比較し放射化放射能濃度が上回っていれば放射化汚染と判断する。放射化計算により、照射完了時点の規則別表第 1 の第 1 欄の放射性物質の放射能濃度を求める。Co-60 を Key 核種とし、他の規則別表第 1 の第 1 欄の放射性物質との濃度比を求める。Co-60 の放射能濃度に濃度比を乗じて、規則別表第 1 の第 1 欄の他の放射性物質の放射能濃度を求める。放射能濃度を照射完了時点の放射能濃度に採用し、規則別表第 1 の第 2 欄の放射能濃度と比較する。放射化汚染の評価手順を図-1「放射化汚染の評価手順」に、前提条件を表-1「放射化汚染の評価の前提条件」（1/3）に示す。

放射化汚染の計算には、放射性物質生成崩壊計算コードである「ORIGEN-S」<sup>(1)</sup>を使用し、表－1「放射化汚染の評価の前提条件」(2/3)に示す中性子束等を用いて評価する。

中性子束は、島根原子力発電所1号炉及び2号炉のタービン建物の設計データ(機器の寸法等)に基づき、一次元 Sn 輸送計算コード「ANISN」<sup>(2)</sup>を用いて計算により評価する。

中性子束の計算結果は、島根原子力発電所1号炉及び2号炉のタービン建物における中性子線測定値と比較し、計算結果が中性子線測定値よりも高いため、計算結果の妥当性を確認した。図－2「中性子線の計算結果と測定結果の比較」(1/2, 2/2)に中性子線の計算結果と測定値との比較を示す。

## 2. 評価結果

放射能濃度確認対象物の照射完了時点の放射化汚染による放射能濃度を表－2「放射化汚染の評価結果」(1/2, 2/2)に示す。

照射完了時点の放射能濃度は規則別表第1の第2欄の放射能濃度を下回っており、放射能濃度確認対象物においては、放射化汚染はないと判断した。放射能濃度の測定及び評価を開始する予定時点及び完了する予定時点の放射能濃度は、照射完了後に減衰するため、規則別表第1の第2欄の放射能濃度を上回ることはない。このため、放射化汚染はないと判断した。

放射能濃度確認対象物である低圧タービンは、主蒸気系から距離があり中性子が拡散されるため、N-17の $\beta$ 崩壊に伴う中性子による低圧タービンの放射化の影響は低いと考えられる。このため、評価結果は妥当と考える。

表－1 放射化汚染の評価の前提条件（1／3）

	1号炉及び2号炉
材料	ステンレス鋼，合金鋼及び炭素鋼
照射期間	30年連続* <sup>1</sup>
計算コード	ORIGEN-S，ANISN
対象核種	33種類の放射性物質

\* 1：1号炉は，運転期間のうち停止期間を差し引いた30年間以下を30年間連続照射とした。2号炉は，運転期間は30年未満だが，1号炉と同様に30年間連続照射とした。

表－1 放射化汚染の評価の前提条件（2／3）

(中性子束)

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	$7.60 \times 10^1$	$4.25 \times 10^2$	$6.84 \times 10^{-1}$
2号炉	低圧タービン	$2.81 \times 10^2$	$1.33 \times 10^3$	$6.59 \times 10^{-3}$

\* 1：中性子スペクトルの第1群～第62群の合計値

\* 2：中性子スペクトルの第63群～第171群の合計値

\* 3：中性子スペクトルの第172群～第175群の合計値

表－1 放射化汚染の評価の前提条件（3／3）

（元素組成）

単位：%

元素* 1		1号炉			2号炉			
		ステンレス鋼	合金鋼		炭素鋼	ステンレス鋼	合金鋼	炭素鋼
			Cr 鋳鋼	合金鋳鉄				
1	N							
2	Cl							
3	Ca							
4	Sc							
5	Fe							
6	Co							
7	Ni							
8	Zn							
9	Zr							
10	Nb							
11	Ag							
12	Sb							
13	Te							
14	Cs							
15	Ba							
16	Eu							
17	Tb							
18	Ta							
19	U							

\* 1：規則別表第1の第1欄に示す放射性物質を中性子照射により生成する元素を設定した。

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。

表-2 放射化汚染の評価結果 (1/2)

島根原子力発電所1号炉 低圧タービン

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

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。



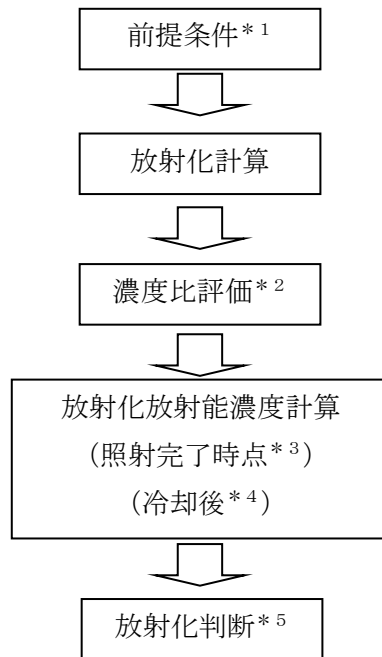
表－２ 放射化汚染の評価結果（２／２）

島根原子力発電所２号炉 低圧タービン

単位：Bq/g

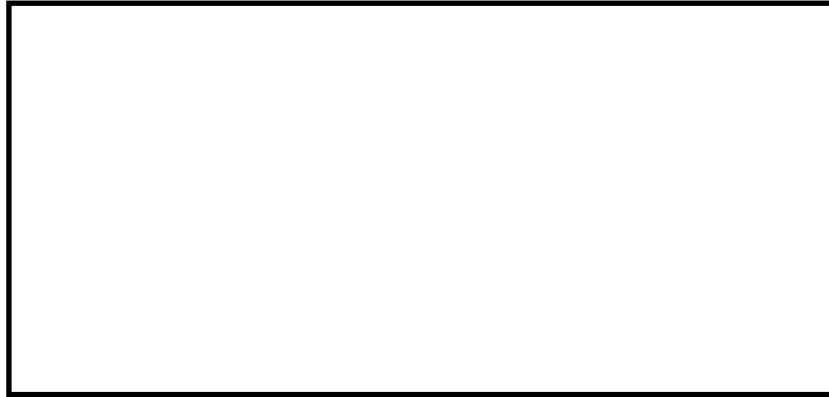
No	放射性物質の種類	ステンレス鋼	合金鋼	炭素鋼	規則別表第1 第2欄
1	H-3				100
2	C-14				1
3	Cl-36				1
4	Ca-41				100
5	Sc-46				0.1
6	Mn-54				0.1
7	Fe-55				1000
8	Fe-59				1
9	Co-58				1
10	Co-60				0.1
11	Ni-59				100
12	Ni-63				100
13	Zn-65				0.1
14	Sr-90				1
15	Nb-94				0.1
16	Nb-95				1
17	Tc-99				1
18	Ru-106				0.1
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

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。



- \* 1 : 表－1 「放射化汚染の評価の前提条件」(1 / 3, 2 / 3, 3 / 3) に示す。
- \* 2 : Co-60 と他の放射性物質との放射能濃度の比
- \* 3 : Co-60 の放射化放射能濃度計算結果に濃度比を乗じる。
- \* 4 : 1 号炉 発生から 23 年後 (放射能濃度の測定及び評価を開始する予定時点)  
及び 48 年後 (放射能濃度の測定及び評価を完了する予定時点)  
2 号炉 発生から 9 年後 (放射能濃度の測定及び評価を開始する予定時点)  
及び 34 年後 (放射能濃度の測定及び評価を完了する予定時点)
- \* 5 : 放射能濃度が規則別表第 1 の第 2 欄の値と比が 1 を下回れば放射化の影響はないと判断

図－1 放射化汚染の評価手順



【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			

図－2 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）



【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	測定結果	計算結果と測定結果の比
T1			
T2			
T3			
T4			
T5			
T6			

図－2 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。

## 参考文献

- (1) 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
- (2) W. W. Engle, Jr.,” A USERS MANUAL FOR ANISN : A One Dimensional Discrete Ordinates Transport Code with Anisotropic Scattering”, K-1693(1967)

## 申請対象物の形状・サイズについて（コメント回答）

No.	Page	コメント内容
9	本文 P3 添付書類二 P19	申請対象物について、対象物の形状やサイズのイメージがわかるように写真等を交えて具体的に説明すること。

申請対象となる低圧タービンの外観写真を以下に示す。併せて、寸法を表-1に、推定量の内訳を表-2に示す。

## 1号炉

低圧ダイヤフラム



低圧内部車室



## 2号炉

低圧ダイヤフラム



低圧内部車室



表－1 放射能濃度確認対象物の寸法

単位：m

号 炉	放射能濃度確認対象物	寸 法
1号炉	低圧ダイヤフラム	外径* <sup>1</sup> 約 4.1
	低圧内部車室	高さ 上半 約 2.5 下半 約 2.4 最大外径 約 5.8
2号炉	低圧ダイヤフラム	外径* <sup>2</sup> 約 4.4
	低圧内部車室	高さ 上半 約 2.6 下半 約 2.7 最大外径 約 6.0

\* 1：最大翼の14段

\* 2：最大翼の13段

表－2 放射能濃度確認対象物の材質及び推定量の内訳

単位：t

号炉	放射能濃度確認対象物	主な材質	推定量の内訳	推定量
1号炉	低圧ダイヤフラム	ステンレス鋼 及び合金鋼	約 231	約 413
	低圧内部車室	炭素鋼	約 182	
2号炉	低圧ダイヤフラム	ステンレス鋼 及び合金鋼	約 304	約 622
	低圧内部車室	炭素鋼	約 318	
			合 計	約 1,035