

今回と前回の対象物の汚染状況の違いについて

No.	Page	質問・コメント等
5	本文 P4 (汚染の状況)	今回と前回の対象物の汚染状況の違い及び過去のデータを引用できる根拠について、記載を拡充し詳細に説明すること。

1. 前回の放射能濃度確認対象物と今回の放射能濃度確認対象物の違い

今回の放射能濃度確認対象物は、前回の放射能濃度確認対象物と同様にすべて原子炉格納容器外にあるものの、今回の放射能濃度確認対象物には、前回の放射能濃度確認対象物の発生系統以外から発生した対象物も含まれる。具体的には、本回答書の表1に示すとおり、「サプレッションチェンバー関連設備」及び「現場盤・ラック」である。

今回の放射能濃度確認対象物の発生場所について、今回の放射能濃度確認対象物は、前回の放射能濃度確認対象物と同様にすべて原子炉格納容器外である。しかしながら、今回の放射能濃度確認対象物である浜岡 1,2 号炉のサプレッションチェンバー（サプレッションチェンバー関連設備）は原子炉格納容器近傍にあることから、ストリーミング線による放射化汚染の影響を確認するためにより原子炉格納容器に近いサプレッションチェンバーのベント管を代表サンプルとして選定した。また、二次的な汚染の状況は一次系に接液していた他の放射能濃度確認対象物と同様であると判断しているが、系統重量に占める重量の割合が高いことから、二次的な汚染の状況を確認する代表サンプルとして選定した。「現場盤・ラック」は前回の放射能濃度確認対象物に含まれていないものの、原子炉格納容器近傍にないことから放射化汚染の影響はなく、二次的な汚染の状況は一次系に接液していない他の放射能濃度確認対象物と同様であると判断した。

2. 前回の放射能濃度確認対象物と今回の放射能濃度確認対象物の汚染状況の違い

今回の放射能濃度確認対象物は、全て、前回の放射能濃度確認対象物と同様に浜岡 1,2 号炉の原子炉領域周辺の解体撤去物であり、汚染の状況については、放射化汚染、二次的な汚染及びフォールアウトの影響について考慮した。

(1) 放射化汚染

今回の放射能濃度確認対象物は、前回の放射能濃度確認対象物と同様にすべて原子炉格納容器外にあるものの、今回の放射能濃度確認対象物である浜岡 1,2 号炉のサプレッションチェンバーは原子炉格納容器近傍にあることから、ストリーミング線によ

る放射化汚染の影響を確認するためにより原子炉格納容器に近いサプレッションチェンバーのベント管を代表サンプルとして選定した。その他の直接線及び ^{17}N 線による放射化汚染の影響は、前回の申請書で評価に用いたデータを今回も採用した。具体的には、放射能濃度確認対象物の放射化汚染として、「①原子炉からの中性子線（直接線）による放射化汚染」、「②原子炉からの中性子線（ストリーミング線）による放射化汚染」及び「③主蒸気に含まれる中性子源（ ^{17}N ：半減期 約4秒）が β 崩壊して ^{16}O になる際に放出される中性子線（ ^{17}N 線： ^{17}N から放出される中性子線（0.38MeVから1.7MeVにわたり4本のモノピークの高速中性子線）による放射化汚染」の3種類を考慮した。

直接線による放射化汚染の影響は、主に放射能濃度確認対象物と原子炉の距離及び中間に存在する遮蔽物の影響によって決定される。放射能濃度確認対象物は全て原子炉格納容器の外側に存在するため、直接線による放射化汚染の影響は、「浜岡1,2号炉の原子炉格納容器外側の生体遮へい内の外側鉄筋（炭素鋼）の ^{60}Co の放射能濃度を測定した結果（2017年7月1日時点）」により代表できると判断した。

ストリーミング線による放射化汚染の影響は、主に放射能濃度確認対象物と原子炉の距離及び原子炉格納容器の貫通孔部によって決定される。放射能濃度確認対象物のうち、原子炉格納容器に近接している設備として浜岡1,2号炉ともにサプレッションチェンバーが存在するため、ストリーミング線による放射化汚染の影響を代表できるサンプルとして「浜岡1,2号炉のサプレッションチェンバーベント管の ^{60}Co 放射能濃度を測定した結果（2023年8月1日時点）」により代表できると判断した。

^{17}N 線による放射化汚染の影響は、主に主蒸気中の ^{17}N 濃度によって決定される。放射能濃度確認対象物は浜岡1,2号炉ともに主蒸気隔離弁出口位置の主蒸気配管よりも下流側に存在するため、 ^{17}N 線による放射化汚染の影響は、「浜岡1,2号炉の主蒸気隔離弁出口位置の主蒸気配管から採取した試料（炭素鋼）を分析した結果（2017年7月1日時点）」により代表できると判断した。

3種類の中性子線による放射化汚染影響を代表するサンプルの ^{60}Co 放射能濃度を測定した結果、いずれも ^{60}Co のD/Cは $1.0\text{E}-02$ （基準値の1%）未満であることから、放射化汚染の影響は極めて僅かであると判断した。

（2）二次的な汚染

また二次的な汚染の状況について、今回の放射能濃度確認対象物は、前回の放射能濃度確認対象物とは重複しないものの、発生炉・発生系統は同様であることから、汚染の状況に違いがないものと考えられるが、違いがないことの確認を目的に代表サンプルを選定し、汚染の状況を調査した。具体的には、放射能濃度確認対象物の二次的な汚染の影響を代表するサンプルとして、推定される総重量に対する一次冷却設備の系統別重量割合の順に各号炉の上位3系統（浜岡1号炉はサプレッションチェンバ

一、給復水系及び余熱除去系。浜岡2号炉は給復水系、サブプレッションチェンバー及び給水加熱器ドレン系)から、代表サンプルとして、浜岡1号炉から「サブプレッションチェンバー」,「原子炉給水ポンプ(A)入口配管」及び「余熱除去系(A)熱交換器出口配管」,浜岡2号炉から「高圧第2給水加熱器(B)出口配管」,「サブプレッションチェンバー」及び「高圧第2給水加熱器(A)ドレン配管」を選定した。

上記のサンプルを対象にCP核種とFP核種のそれぞれを代表する核種の比率($^{137}\text{Cs}/^{60}\text{Co}$)を求めた。その結果は、浜岡1号炉のサンプルで平均値 $5.5\text{E-}04$,浜岡2号炉のサンプルで平均値 $1.0\text{E-}03$ である(2023年8月1日時点)。従って、 ^3H を除いた32核種について、二次的な汚染は ^{60}Co に代表されるCP核種が主であることを確認した。

^3H については、浜岡1,2号炉における先行事例で実施した代表サンプル(「浜岡1号炉ホットウェル(A)」,「浜岡1号炉主蒸気第2隔離弁(A)出口」,「浜岡2号炉ホットウェル(C)」及び「浜岡2号炉主蒸気第3隔離弁(A)出口」)の放射化学分析結果は、全て検出限界値未満である。本申請における放射能濃度確認対象物の汚染状況を代表するサンプルとして、一次冷却設備の内、推定される重量が大きい機器(「浜岡1号炉サブプレッションチェンバー」,「浜岡2号炉サブプレッションチェンバー」及び「浜岡2号炉復水器上部胴(B)」)の ^3H 放射化学分析結果は全て検出限界値未満である。これらのうち最大の検出限界値 $3.1\text{E-}02\text{Bq}/\text{cm}^2$ に、放射能濃度確認対象物における最大の比表面積 $2.7\text{cm}^2/\text{g}$ を乗じて算出した放射能濃度は $8.4\text{E-}02\text{Bq}/\text{g}$ であり、 ^3H の基準値($100\text{Bq}/\text{g}$)の1000分の1程度であり、 ^3H の影響は極めて僅かである。

以上より、放射能濃度対象物における二次的な汚染の状況は、CP核種が主であり、 ^{60}Co が主要な核種であると判断した。

二次的な汚染の程度について、放射能濃度確認対象物の主要な核種である ^{60}Co の汚染の程度を調査し、クリアランスレベル以下であることを確認するため、一次系に接液し除染済みであるサンプルを浜岡1,2号炉のそれぞれから選定した。具体的には、浜岡1号炉については、放射能濃度確認対象物のうち2023年8月1日時点で一次系に接液し除染済みであるものはないため、既認可対象物のうち一次系に接液し除染済みである浜岡1号炉のサンプル(「給水加熱器ドレン配管」)を選定し、浜岡2号炉については、放射能濃度確認対象物のうち一次系に接液し除染済みである浜岡2号炉のサンプル(「復水器連結胴」及び「サブプレッションチェンバー」)を選定した。これらの代表サンプルの測定結果から設定した表面汚染密度の代表値($2.7\text{E-}02\text{Bq}/\text{cm}^2$)に放射能濃度確認対象物のうち最大の比表面積($2.7\text{cm}^2/\text{g}$)を乗じて算出した放射能濃度は $7.3\text{E-}02\text{Bq}/\text{g}$ であり、 ^{60}Co のD/Cは $7.3\text{E-}01$ である。検出限界値未満となった「給水加熱器ドレン配管」及び「復水器連結胴」に対しても同様に、検出限界値を用いて ^{60}Co のD/Cを算出すると、その値は $6.0\text{E-}01$, $6.2\text{E-}01$ である。いずれもクリアランスレベルを下回る。

二次的な汚染は、一次系に存在する放射性物質が「原子炉で発生した蒸気」、「復水器で凝縮した復水又は給水」及び「空気」に含まれ、放射能濃度確認対象物に付着することで生じる。

原子炉で発生した蒸気は、主蒸気管、主蒸気止め弁及び蒸気加減弁を経て高圧タービン、湿分分離器、中間蒸気止め弁及びインターセプト弁を経て低圧タービンに入り、復水器に導かれる。この過程において、放射性物質は原子炉から発生した蒸気に含まれて存在し、放射能濃度確認対象物に付着する。

復水器で凝縮した復水は、復水ポンプ、復水ろ過脱塩装置、復水脱塩装置及び給水加熱器を通り、原子炉給水ポンプにより給水として原子炉に戻る。この過程において、放射性物質は復水器で凝縮した復水に含まれて存在し、放射能濃度確認対象物に付着する。

(3) フォールアウト

フォールアウトについて、今回の放射能濃度確認対象物の発生場所及び保管場所は全て前回の認可申請書に記載したフォールアウトの調査に含まれており、今回の発生場所及び保管場所では全て理論検出限界計数率未満であったことから、今回の放射能濃度確認対象物にフォールアウトの影響はないと判断した。

以上

表1 放射能濃度確認対象物の系統別発生量について

前回の放射能濃度確認対象物（7,682トン）及び今回の放射能濃度確認対象物（6,856トン）の系統別発生量を以下に示す。

分類	主な系統名	今回の放射能濃度確認対象物の重量 (t)	前回の放射能濃度確認対象物の重量 (t)
タービン設備	タービン系	115	2439
	給復水系	1,394	937
	発電機補機系	43	271
	冷却水系・冷却海水系	291	204
	グラント蒸気系・空気抽出系	189	246
	発電機系	—	763
	主蒸気系	—	243
	湿分分離器系	—	144
原子炉設備	原子炉系	13	(54)
	再循環系・制御系	17	384
	ほう酸水注入系	0.5	18
	非常用炉心冷却系	291	(7)
	原子炉冷却材浄化系	24	(4)
	燃料プール冷却材浄化系	53	(0.7)
	冷却水系・冷却海水系	96	(27)
	サプレッションチェンバー関連設備	1,062	—
	非常用ガス処理系・可燃性ガス濃度制御系	119	(21)
	水圧制御ユニット系	—	128
廃棄物処理設備	固体廃棄物処理系	66	8
複数の系統にまたがる設備	主蒸気バイパス系	20	(59)
	圧縮空気系	61	(3)
	換気空調系	19	129
	用水・消火用水系	51	(0.2)
	所内蒸気系	32	(122)

	サポート・ケーブルトレイ・電線管	2,639	929
	現場盤・ラック	145	—
	補給水系	116	(89)
	所内ボイラ系	—	121
その他設備	その他系統	7	(335)
	合計	6,856	7,682

<補足>

- ・前回の認可申請書では「その他系統」に放射能濃度確認対象物の総重量の9%程度が含まれており、今回の認可申請書では、放射能濃度確認対象物の種類をより明確になるよう、「その他系統」が全体に占める割合を合理的な範囲で小さくすることとした。また、系統ごとの放射能濃度確認対象物を集計する際には解体撤去物を系統ごとに識別したコード（系統コード）に基づいて集計しており、これは前回の認可申請書と今回の認可申請書で同じ分け方である。一方で、全ての系統名を記載することは合理的ではないと判断したため、複数の系統名を包含した記載とし、包含できないもので重量が僅かなものは「その他系統」とした。例えば、今回の認可申請書の「非常用炉心冷却系」には「炉心スプレイ系」、「高圧注入系」、「原子炉隔離冷却系」及び「余熱除去系」が含まれている。「その他系統」には「機器冷却海水系」、「クレーン及びホイスト」、「試料採取系配管」、「水素・酸素注入設備」及び「亜鉛注入系」が含まれており、これらの系統の汚染状況はタービン設備、原子炉設備、廃棄物処理設備及び複数の系統にまたがる設備のいずれかの汚染状況と同様である。
- ・「その他系統」の重量については、前回の認可申請書では「その他系統」に含まれていた系統が、今回の認可申請書では個別の系統として存在する場合がある。従って、今回の放射能濃度確認対象物の系統分類項目と比較するため、前回の放射能濃度確認対象物の「その他系統」に分類されている系統のうち、今回の放射能濃度確認対象物の系統分類項目に分けられたものは、括弧をつけて重量を記載した。
- ・「サポート・ケーブルトレイ・電線管」及び「現場盤・ラック」については、複数の系統にまたがる設備として整理した。
- ・個々の重量値は端数処理した値を表示しているので合計値と合わないことがある。

(参考) 今回の申請における対象物の系統別発生量 ((本文) 表-5)

放射能濃度確認対象物 (6,856 トン) の系統別発生量及び相対割合を以下に示す。

分類	主な系統名	重量 (t)		相対割合 (%)	
タービン設備	タービン系	115	2,030	1.7	29.7
	給復水系	1,394		20.4	
	発電機補機系	43		0.7	
	冷却水系・冷却海水系	291		4.3	
	グランド蒸気系・空気抽出系	189		2.8	
原子炉設備	原子炉系	13	1,674	0.2	24.4
	再循環系・制御系	17		0.3	
	ほう酸水注入系	0.5		0.007	
	非常用炉心冷却系	291		4.3	
	原子炉冷却材浄化系	24		0.4	
	燃料プール冷却材浄化系	53		0.8	
	冷却水系・冷却海水系	96		1.4	
	サプレッションチェンパー 関連設備	1,062		15.5	
	非常用ガス処理系・ 可燃性ガス濃度制御系	119		1.8	
廃棄物処理設備	固体廃棄物処理系	66	66	1.0	1.0
複数の系統にまたがる設備	主蒸気バイパス系	20	3,080	0.3	45.0
	圧縮空気系	61		0.9	
	換気空調系	19		0.3	
	用水・消火用水系	51		0.8	
	所内蒸気系	32		0.5	
	サポート・ケーブルトレイ・ 電線管	2,639		38.5	
	現場盤・ラック	145		2.2	
	補給水系	116		1.7	
その他設備	その他系統	7	7	0.1	0.1
合計		6,856			

<補足>

- ・「サポート・ケーブルトレイ・電線管」及び「現場盤・ラック」については、複数の系統にまたがる設備として整理した。
- ・個々の重量値は端数処理した値を表示しているため合計値と合わないことがある。

(参考) 前回の申請における対象物の系統別発生量 ((本文) 表-3)

放射能濃度確認対象物 (7,682 トン) の系統別発生量及び相対割合を以下に示す。

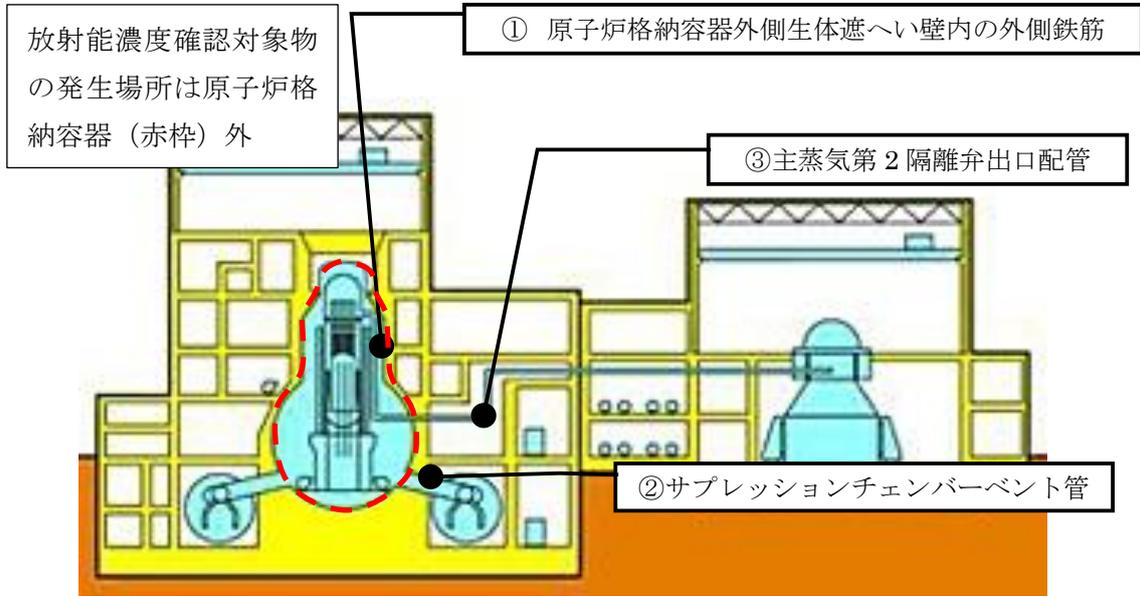
分類	主な系統名	重量(t)	相対割合	累計
タービン設備	タービン系	2,439	32%	65%
	給復水系	937	12%	
	発電機系	763	10%	
	発電機補機系	271	4%	
	主蒸気系	243	3%	
	タービン機器冷却水系	204	3%	
	湿分分離器系	144	2%	
原子炉設備	再循環流量制御系	384	5%	72%
	水圧制御ユニット系	128	2%	
	ほう酸注入系	18	0%	
廃棄物処理設備	空気抽出器系, タービン・グランド蒸気系	246	3%	77%
	セメント固化設備	8	0%	
	換気空調系	129	2%	
所内ボイラ設備	所内ボイラ系	121	2%	79%
複数の系統にまたがる設備	電線管・サポート他	929	12%	91%
その他諸設備	その他系統	717	9%	100%
	合計	7,682		

<補足>

- ・個々の重量値は端数処理した値を表示しているので合計値と合わないことがある。
- ・空気抽出器系, タービン・グランド蒸気系は, オフガス系を除いた重量である。
- ・「その他諸設備」は, 「タービン設備」, 「原子炉設備」, 「廃棄物処理設備」, 「所内ボイラ設備」及び「複数の系統にまたがる設備」のうち, 主要系統以外の相対割合が僅かな設備をまとめて記載した。

(参考) 浜岡 1,2 号炉の放射化汚染の調査箇所及び原子炉から発生した蒸気及び復水器で凝縮した復水の流れについて

放射化汚染の調査箇所を以下に示す。(図は浜岡 1 号炉の例)



原子炉から発生した蒸気及び復水器で凝縮した復水又は給水の流れの模式図を以下に示す。

(図は浜岡 2 号炉の例)

