

令和 5 年 9 月 11 日  
中国電力株式会社

島根 1 号炉対象物の二次的な汚染の主要核種を  
Co-60 とすることの妥当性について  
(審査会合コメント回答資料)

番号	コメント内容
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 号炉対象物について、クリアランス対象物ではない物（制御棒駆動系のインナーフィルタ、給水加熱器、濃縮廃液）の分析結果からクリアランス対象物の主要核種を特定できる理由を説明すること。</li> <li>また、低圧タービンと制御棒駆動系のインナーフィルタ、給水加熱器の使用方法的の違いや汚染メカニズム（低圧タービンは蒸気接触、制御棒駆動系のインナーフィルタは炉水接触等）の違いを考慮して説明すること。</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 号炉対象物の主要核種の評価条件において、各核種の半減期を考慮していることを申請書に記載すること。</li> </ul>

【回答】

島根 1 号炉対象物の主要核種は、認可申請書の一部補正に記載のとおり原子炉系の構造物（制御棒駆動系のインナーフィルタ）、タービン建物の機器（給水加熱器）、濃縮廃液及び対象物の放射化学分析結果から Co-60 と評価しているが、これらの結果に加え、一次冷却材、復水、対象物の上流側にある機器（高圧タービン及び湿分分離器）及び対象物の下流側にある機器（給水加熱器）の放射化学分析の測定結果から、島根 1 号炉及び 2 号炉対象物の二次的な汚染の主要核種を Co-60 とすることが妥当であることを確認した。

1. 二次的な汚染の生成源からの島根 1 号炉及び 2 号炉対象物の主要核種の評価  
(1) 核種の生成源

二次的な汚染は、一次冷却設備から溶出した腐食生成物、構造材に微量元素として存在するウラン等が炉心の中性子により放射化されることによって放射性物質が生成され、その一部が主蒸気に移行して対象物に付着及び減衰することによって生ずる。対象物を使用していた期間、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（燃料集合体及び炉内の構造材の微量元素として存在するウランが炉心の中性子で照射されて生成した核分裂生成物及び中性子捕獲生成物）の影響は僅かであり、CP 核種（一次冷却設備から溶出した腐食生成物が炉心の中性子で放射化されて生成した放射性物質及び一次冷却水が炉心の中性子で放射化されて生成した放射性物質）が主である。

## (2) 主要核種

「放射能濃度についての確認を受けようとする物に含まれる放射性物質の放射能濃度の測定及び評価の方法に関する審査基準」（令和3年9月29日 原規規発第2109292号 原子力規制委員会決定）（以下、「審査基準」という。）の別記第1号に掲げられている33種類の放射性物質（以下、「33核種」という。）から、放射能濃度が最も高い核種を主要核種として選定する。

島根1号炉の対象物は発生から24年以上、島根2号炉の対象物は発生から5年以上経過している。このため、33核種のうち、Co-58等の半減期が1年程度以下の短半減期核種（Sc-46、Mn-54、Co-58、Fe-59、Zn-65、Nb-95、Ru-106、Ag-110m、Te-123m、Sb-124、Tb-160及びTa-182）について、「原子力発電所の運転及び解体に伴い発生する廃棄物の物量、性状等に関する資料集」（平成10年11月 財団法人 原子力環境整備センター）に記載されたBWRの汚染物の核種組成評価結果を基にCo-60に対する短半減期核種の存在量比を評価した結果、第1表に示すとおり、これらの核種のD/CはCo-60のD/Cに対して非常に小さくなるため、主要核種とはならない。

コンクリートの放射化により主に生成する核種（Ca-41、Ba-133、Eu-152及びEu-154）及び主に軽水炉型試験研究用原子炉施設において確認される核種（Ag-108m）は、その親元素は一次冷却設備には生成源がほぼないこと及び一次冷却材とコンクリートは接触しないことから、第2表に示すとおり、これらの核種のD/CはCo-60のD/Cに対して非常に小さくなるため、主要核種とはならない。

Fe-55は、対象物に存在するものの、Co-60と比較して中性子捕獲断面積が小さいこと、半減期が短いこと及び「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が放射線による障害の防止のための措置を必要としないものであることの確認等に関する規則」（令和2年原子力規制委員会規則第16号）（以下、「規則」という。）の別表第2欄の放射能濃度（以下、「基準値」という。）が高いことから、第3表に示すとおりD/Cを計算した結果、Fe-55のD/CはCo-60の1/100を十分に下回ることを確認したため、主要核種とならないことを確認した。

FP核種（Sr-90、I-129、Cs-134、Cs-137、Pu-239、Pu-241及びAm-241）は、島根1号炉及び2号炉において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、運転中に一次冷却材に常時接触する部位である制御棒駆動系のインナーフィルタの分析結果（添付書類二第2-4表及び第2-24表）に示すとおり、一次冷却材中に存在するこれらの核種の量は少なく、D/CはCo-60のD/Cに対して非常に小さくなるため、主要核種とはならない。

H-3、C1-36 については、大部分が水に含まれる核種であるが、対象物は金属製の構造物であり、取り外し後に乾燥保管しており、対象物に水分は残っていない。また、H-3 については、制御棒駆動系のインナーフィルタの分析結果（添付書類二第 2-4 表及び第 2-24 表）に示すとおり、金属系の物質における D/C は Co-60 の D/C に対して非常に小さく、C1-36 については、プラント内の放射性物質を含む廃液を集めて濃縮した濃縮廃液の分析結果（添付書類二第 2-6 表及び第 2-26 表）に示すとおり、プラント内に存在する放射エネルギーが Co-60 に対して非常に小さいことを確認している。従って、対象物に残存する H-3、C1-36 の量は少なく、主要核種とはならない。

C-14、Ni-59、Ni-63、Nb-94 及び Tc-99 は、原子力発電所の運転等に伴い発生した金属類、フィルター類等を必要に応じて切断・圧縮・熔融処理等を行った後、ドラム缶にモルタルで固型化した廃棄体である充填固化体の放射能評価において Co-60 を Key 核種とするスクリーニングファクタが成立する核種である。C-14、Ni-59、Ni-63、Nb-94 及び Tc-99 は、スクリーニングファクタの比で存在するため、スクリーニングファクタ、半減期、基準値を踏まえて D/C を評価した結果、第 4 表に示すとおり主要核種とはならないことを確認した。

以上から、島根 1 号炉及び 2 号炉対象物の主要核種は Co-60 と評価した。

## 2. 各系統の放射化学分析結果からの島根 1 号炉及び 2 号炉対象物の主要核種の評価

Co-60 が主要核種であると評価したことを補完するため、汚染源である一次冷却材、復水、対象物と同じく主蒸気に接触している設備等、第 1 図に示す島根 1 号炉及び 2 号炉の様々なサンプルについて放射化学分析を行った。その結果より、Co-60 が主要核種であると評価したことは妥当である。

### (1) 島根 1 号炉、2 号炉の一次冷却材及び復水の主要核種

二次的な汚染は、原子炉内で生成後、主蒸気系を通過し対象物に付着する。付着しなかった核種は、復水器で凝縮され、給復水系を通過し原子炉に戻る。そのため、対象物の上流にある一次冷却材及び下流にある復水の分析結果を確認した。

島根 1 号炉及び 2 号炉の営業運転開始から対象物を全て取り替え終えたサイクル原子炉停止時までの一次冷却材の Co-60 の推移を第 2 図及び第 3 図に、復水の Co-60 の推移を第 4 図及び第 5 図に示す。

対象物の上流側の一次冷却材及び下流側の復水から Co-60 が検出されていることを確認した。Co-60 以外に検出された核種は、審査基準の別記第 1 号に掲げられた 33 核種のうち短半減期の  $\gamma$  線放出核種<sup>\*1</sup>である Mn-54 及び Co-58 等であり、減衰を考慮すると主要核種は Co-60 となる。

第 2 図及び第 3 図には、一次冷却材中の I-131 の推移を合わせて示す。

I-131 について、JNES-RE-2013-2028 では、I-131 の定期測定 of 最大値で  $2 \times 10^1 \text{Bq/g}$  (BWR のうち Cs-137 低レベルプラント) を超えなければ燃料破損がないと判断可能と示されている。島根 1 号炉の I-131 の年度平均値は最大で  $3.26 \times 10^{-2} \text{Bq/g}$ 、島根 2 号炉の I-131 は最大で  $1.81 \times 10^{-2} \text{Bq/g}$  であり、営業運転開始から対象物が発生する期間において燃料破損がないと言える。

島根 1 号炉及び 2 号炉において、一次冷却材中の I-131 放射能濃度は Co-60 放射能濃度に対して 1%未満のため、FP 核種の影響が僅かであることを確認した。

※ 1 : 一次冷却材及び復水の放射化学分析は、Ge 波高分析装置で測定可能な  $\gamma$  線放出核種を測定

(2) 島根 1 号炉及び 2 号炉のタービン系機器の主要核種

島根 1 号炉の対象物と同じ主蒸気系に接触したサンプルとして、島根 1 号炉対象物の上流側に設置されている湿分分離器及び高圧ダイヤフラム並びに下流側に設置されている給水加熱器の放射化学分析を実施した。その結果、第 5 表～第 8 表及び添付書類二第 2-5 表に示すとおり、Co-60 のみが検出されていることを確認した。

島根 2 号炉の対象物と同じ主蒸気系に接触したサンプルとして、島根 2 号炉対象物付近の低圧タービン動翼の放射化学分析を実施した。その結果、添付書類二第 2-25 表に示すとおり Co-60 のみが検出されていることを確認した。

3. 島根 1 号炉及び 2 号炉の D/C が 2 番目に高い核種について

島根 1 号炉対象物の二次的な汚染状況の確認では、対象物から複数のサンプルを採取し放射化学分析を実施したが、結果は、いずれの核種も検出限界値未満であった。このため、各核種の占有割合(当該核種の D/C / 全核種の D/C 合計)を求める際の D/C は、それぞれの核種の検出限界値を測定値とし算出したものである。

島根 2 号炉対象物は、Co-60 は検出されているが、その他の核種はいずれも検出限界値未満であった。このため Co-60 を除く各核種の占有割合(当該核種の D/C / 全核種の D/C 合計)を求める際の D/C は、それぞれの核種の検出限界値を測定値とし算出したものである。

以上のことから、D/C が 2 番目に高い核種は分析の検出下限による見かけ上の D/C によるものであり、その順番は核種毎の分析手法によるものである。

島根 1 号炉及び 2 号炉対象物における各核種の占有割合を第 6 図に示す。いずれも 2 番目に高い核種は I-129 となる。

以 上

第1表 短半減期核種のD/Cの評価

【存在量の計算（2号炉）】

	Co-60	Sc-46	Mn-54	Co-58
核種組成① <sup>※1</sup>	$2.66 \times 10^{-1}$	※4	$3.36 \times 10^{-2}$	$2.66 \times 10^{-2}$
半減期 (T)	5.27年	$2.29 \times 10^{-1}$ 年	$8.55 \times 10^{-1}$ 年	$1.94 \times 10^{-1}$ 年
減衰率 (②) <sup>※2</sup> (令和4年4月1日現在)	$2.80 \times 10^{-1}$	$2.01 \times 10^{-13}$	$3.91 \times 10^{-4}$	$9.66 \times 10^{-16}$
基準値 (③) <sup>※3</sup>	0.1	0.1	0.1	1
D/C (①×②÷③) (④)	$7.45 \times 10^{-1}$	$5.35 \times 10^{-13}$	$1.31 \times 10^{-4}$	$2.57 \times 10^{-17}$
存在量比(④÷Co-60のD/C)	$1.00 \times 10^0$	$7.18 \times 10^{-13}$	$1.76 \times 10^{-4}$	$3.45 \times 10^{-17}$

	Fe-59	Zn-65	Nb-95	Ru-106
核種組成① <sup>※1</sup>	$2.29 \times 10^{-3}$	$6.85 \times 10^{-4}$	※4	$1.10 \times 10^{-6}$
半減期 (T)	$1.22 \times 10^{-1}$ 年	$6.68 \times 10^{-1}$ 年	$9.58 \times 10^{-2}$ 年	$1.02 \times 10^0$ 年
減衰率 (②) <sup>※2</sup> (令和4年4月1日現在)	$1.23 \times 10^{-24}$	$4.35 \times 10^{-5}$	$3.92 \times 10^{-31}$	$1.38 \times 10^{-3}$
基準値 (③) <sup>※3</sup>	1	0.1	1	0.1
D/C (①×②÷③) (④)	$2.81 \times 10^{-27}$	$2.98 \times 10^{-7}$	$1.04 \times 10^{-31}$	$1.51 \times 10^{-8}$
存在量比(④÷Co-60のD/C)	$3.77 \times 10^{-27}$	$4.00 \times 10^{-7}$	$1.40 \times 10^{-31}$	$2.03 \times 10^{-8}$

	Ag-110m	Te-123m	Sb-124	Tb-160
核種組成① <sup>※1</sup>	※4	※4	※4	※4
半減期 (T)	$6.84 \times 10^{-1}$ 年	$3.26 \times 10^{-1}$ 年	$1.65 \times 10^{-1}$ 年	$1.98 \times 10^{-1}$ 年
減衰率 (②) <sup>※2</sup> (令和4年4月1日現在)	$5.51 \times 10^{-5}$	$1.19 \times 10^{-9}$	$2.12 \times 10^{-18}$	$1.92 \times 10^{-15}$
基準値 (③) <sup>※3</sup>	0.1	1	1	1
D/C (①×②÷③) (④)	$1.47 \times 10^{-4}$	$3.16 \times 10^{-10}$	$5.64 \times 10^{-19}$	$5.12 \times 10^{-16}$
存在量比(④÷Co-60のD/C)	$1.97 \times 10^{-4}$	$4.23 \times 10^{-10}$	$7.57 \times 10^{-19}$	$6.87 \times 10^{-16}$

	Ta-182
核種組成① <sup>※1</sup>	※4
半減期 (T)	$3.14 \times 10^{-1}$ 年
減衰率 (②) <sup>※2</sup> (令和4年4月1日現在)	$5.34 \times 10^{-10}$
基準値 (③) <sup>※3</sup>	0.1
D/C (①×②÷③) (④)	$1.42 \times 10^{-9}$
存在量比(④÷Co-60のD/C)	$1.90 \times 10^{-9}$

- ※ 1 : 「原子力発電所の運転及び解体に伴い発生する廃棄物の物量、性状等に関する資料集」(平成 10 年 11 月 財団法人 原子力環境整備センター)の表- 2 の運転中の核種組成(BWR:0.5 年冷却(4/4))を適用
- ※ 2 : 期間が短い島根 2 号炉の減衰期間を考慮して第 17 サイクル原子炉停止時(平成 24 年 1 月 27 日)を起点にした減衰率を計算
- ※ 3 : 規則別表第 2 欄の放射能濃度
- ※ 4 : ※ 1 に核種組成比が掲載されていないため、保守的に第 17 サイクル原子炉停止時に Co-60 と同量存在した前提で設定

第2表 コンクリート等の放射化により主に生成する核種のD/Cの評価

【存在量の計算（1号炉）】

	Co-60	Ca-41	Ag-108m
核種組成① <sup>※1</sup>	$2.66 \times 10^{-1}$	$1.50 \times 10^{-8}$	$1.25 \times 10^{-6}$
半減期 (T)	5.27 年	$1.03 \times 10^5$ 年	438 年
減衰率 (②) <sup>※2</sup> (令和4年4月1日現在)	$2.88 \times 10^{-2}$	$1.00 \times 10^0$	$9.58 \times 10^{-1}$
基準値 (③) <sup>※3</sup>	0.1	100	0.1
D/C (①×②÷③) (④)	$7.66 \times 10^{-2}$	$1.50 \times 10^{-10}$	$1.20 \times 10^{-5}$
存在量比(④÷Co-60のD/C)	$1.00 \times 10^0$	$1.96 \times 10^{-9}$	$1.56 \times 10^{-4}$

	Ba-133	Eu-152	Eu-154
核種組成① <sup>※1</sup>	$6.90 \times 10^{-6}$	$5.74 \times 10^{-11}$	$5.29 \times 10^{-8}$
半減期 (T)	10.6 年	13.5 年	8.60 年
減衰率 (②) <sup>※2</sup> (令和4年4月1日現在)	$1.70 \times 10^{-1}$	$2.51 \times 10^{-1}$	$1.14 \times 10^{-1}$
基準値 (③) <sup>※3</sup>	0.1	0.1	0.1
D/C (①×②÷③) (④)	$1.17 \times 10^{-5}$	$1.44 \times 10^{-10}$	$6.01 \times 10^{-8}$
存在量比(④÷Co-60のD/C)	$1.53 \times 10^{-4}$	$1.88 \times 10^{-9}$	$7.85 \times 10^{-7}$

【存在量の計算（2号炉）】

	Co-60	Ca-41	Ag-108m
核種組成① <sup>※1</sup>	$2.66 \times 10^{-1}$	$1.50 \times 10^{-8}$	$1.25 \times 10^{-6}$
半減期 (T)	5.27 年	$1.03 \times 10^5$ 年	438 年
減衰率 (②) <sup>※2</sup> (令和4年4月1日現在)	$2.80 \times 10^{-1}$	$1.00 \times 10^0$	$9.84 \times 10^{-1}$
基準値 (③) <sup>※3</sup>	0.1	100	0.1
D/C (①×②÷③) (④)	$7.45 \times 10^{-1}$	$1.50 \times 10^{-10}$	$1.23 \times 10^{-5}$
存在量比(④÷Co-60のD/C)	$1.00 \times 10^0$	$2.01 \times 10^{-10}$	$1.65 \times 10^{-5}$

	Ba-133	Eu-152	Eu-154
核種組成①※ <sup>1</sup>	$6.90 \times 10^{-6}$	$5.74 \times 10^{-11}$	$5.29 \times 10^{-8}$
半減期 (T)	10.6 年	13.5 年	8.60 年
減衰率 (②) ※ <sup>2</sup> (令和 4 年 4 月 1 日現在)	$5.30 \times 10^{-1}$	$6.09 \times 10^{-1}$	$4.58 \times 10^{-1}$
基準値 (③) ※ <sup>3</sup>	0.1	0.1	0.1
D/C (①×②÷③) (④)	$3.65 \times 10^{-5}$	$3.49 \times 10^{-10}$	$2.43 \times 10^{-7}$
存在量比(④÷Co-60のD/C)	$4.90 \times 10^{-5}$	$4.69 \times 10^{-10}$	$3.25 \times 10^{-7}$

※1：「原子力発電所の運転及び解体に伴い発生する廃棄物の物量、性状等に関する資料集」（平成 10 年 11 月 財団法人 原子力環境整備センター）の表－2 の運転中の核種組成(BWR:0.5 年冷却(4/4)) を適用した。

※2：島根 1 号炉は第 18 サイクル原子炉停止時（平成 6 年 10 月 8 日）を起点にした減衰率を計算、島根 1 号炉対象物は第 18 サイクル原子炉停止時～第 20 サイクル原子炉停止時に発生し、減衰率が高くなる第 18 サイクル原子炉停止時を適用し減衰率を計算、島根 2 号炉は第 17 サイクル原子炉停止時（平成 24 年 1 月 27 日）を起点にした減衰率を計算

※3：規則別表第 2 欄の放射能濃度



### 第3表 Fe-55 を核種選定の対象外とする理由

二次的な汚染による Fe-55 の選定は、公開文献を基に検討する。公開文献は、「主な原子炉施設におけるクリアランスレベルについて（平成 11 年 3 月 17 日 原子力安全委員会）」（参考文献 1）とする。

参考文献 1 には、BWR の放射化物（炭素鋼及びコンクリート）の相対重要度の 3 桁目に Fe-55 が記載されている。

評価対象核種の選定において Fe-55 を対象外とする理由は以下のとおりである。

- 二次的な汚染の CP 核種は、原子炉が生成源である。原子炉の主な構成材料は、ステンレス鋼だが、原子炉に給水と一緒に持ち込まれる腐食生成物の原因となる機器の構成材料には炭素鋼があることから、保守的に鉄の含有率が高い炭素鋼で Co-60 に対する存在比を評価する。
- Fe-55 の Co-60 に対する存在比 (Fe-55/Co-60) は、次表のとおり 1 号炉で約 1/9,800、2 号炉で約 1/1,206 であり、無視できる。

(注) 第 1 表は補正書の添付書類二の第 2-3 表である。

【存在割合の計算（1号炉）】

	Fe-55	Co-60	備考
炭素鋼の含有率 (①)	$9.80 \times 10^{-1}$ (Fe)	$1.22 \times 10^{-4}$ (Co)	NUREG/CR-3474
天然の存在度 (②)	$5.85 \times 10^{-2}$ (Fe-54)	1 (Co-59)	アイソトープ手帳
中性子捕獲断面積 (③)	2.25b	37.2b	アイソトープ手帳
存在割合概算 <sup>※1</sup> (④) (①×②×③)	$1.29 \times 10^{-1}$	$4.54 \times 10^{-3}$	
半減期 (T)	2.74年	5.27年	アイソトープ手帳
減衰率 (⑤) (令和4年4月1日現在)	$9.68 \times 10^{-4}$	$2.70 \times 10^{-2}$	平成6年10月8日 取り替え開始
基準値 (⑥)	1,000	0.1	
存在割合概算のD/C (④×⑤÷⑥)	$1.25 \times 10^{-7}$	$1.22 \times 10^{-3}$	

$Fe-55/Co-60 = 1.02 \times 10^{-4} \Rightarrow$  約 1/9,800

【存在割合の計算（2号炉）】

	Fe-55	Co-60	備考
炭素鋼の含有率 (①)	$9.80 \times 10^{-1}$ (Fe)	$1.22 \times 10^{-4}$ (Co)	NUREG/CR-3474
天然の存在度 (②)	$5.85 \times 10^{-2}$ (Fe-54)	1 (Co-59)	アイソトープ手帳
中性子捕獲断面積 (③)	2.25b	37.2b	アイソトープ手帳
存在割合概算 (④) (①×②×③)	$1.29 \times 10^{-1}$	$4.54 \times 10^{-3}$	
半減期 (T)	2.74年	5.27年	アイソトープ手帳
減衰率 (⑤) (令和4年4月1日現在)	$7.65 \times 10^{-2}$	$2.62 \times 10^{-1}$	平成24年1月27日 取り替え開始
基準値 (⑥)	1,000	0.1	
存在割合概算のD/C (④×⑤÷⑥)	$9.87 \times 10^{-6}$	$1.19 \times 10^{-2}$	

$Fe-55/Co-60 = 1.40 \times 10^{-3} \Rightarrow$  約 1/1,206

上表は、令和4年4月1日時点における Fe-55/Co-60 の存在比を求めたものである。

含有率、存在度、中性子捕獲断面積及び半減期の根拠は備考欄に示す。

求め方は、表に記載した丸数字のとおりである。

※1：炭素鋼中の Co-60 及び Fe-55 の割合を概算評価

第4表 C-14、Ni-59、Ni-63、Nb-94 及び Tc-99 の D/C の評価

【存在量の計算（1号炉）】

	C-14	Ni-59	Ni-63
存在量比（発生時）① （スケーリングファクタ）※ <sup>1</sup>	$4.2 \times 10^{-2}$	$7.0 \times 10^{-4} \text{※}^4$	$8.7 \times 10^{-2}$
半減期（T）	$5.70 \times 10^3$ 年	$8.1 \times 10^4$ 年	101.2年
減衰率（②）※ <sup>2</sup> （令和4年4月1日現在）	$9.97 \times 10^{-1}$	$1.00 \times 10^0$	$8.28 \times 10^{-1}$
基準値（③）※ <sup>3</sup>	1	100	100
D/C（①×②÷③）（④）	$4.19 \times 10^{-2}$	$6.96 \times 10^{-6}$	$7.21 \times 10^{-4}$
存在量比（④÷Co-60のD/C）	$1.55 \times 10^{-1}$	$2.58 \times 10^{-5}$	$2.67 \times 10^{-3}$

	Nb-94	Tc-99	Co-60
存在量比（発生時）① （スケーリングファクタ）※ <sup>1</sup>	$3.6 \times 10^{-5}$	$4.7 \times 10^{-6}$	1
半減期（T）	$2.04 \times 10^4$ 年	$2.11 \times 10^5$ 年	5.2712年
減衰率（②）※ <sup>2</sup> （令和4年4月1日現在）	$9.99 \times 10^{-1}$	$1.00 \times 10^0$	$2.70 \times 10^{-2}$
基準値（③）※ <sup>3</sup>	0.1	1	0.1
D/C（①×②÷③）（④）	$3.60 \times 10^{-4}$	$4.70 \times 10^{-6}$	$2.70 \times 10^{-1}$
存在量比（④÷Co-60のD/C）	$1.33 \times 10^{-3}$	$1.74 \times 10^{-5}$	$1.00 \times 10^0$

【存在量の計算（2号炉）】

	C-14	Ni-59	Ni-63
存在量比（発生時）① （スケーリングファクタ）※ <sup>1</sup>	$4.2 \times 10^{-2}$	$1.8 \times 10^{-3} \text{※}^4$	$2.3 \times 10^{-1}$
半減期（T）	$5.70 \times 10^3$ 年	$8.1 \times 10^4$ 年	101.2年
減衰率（②）※ <sup>5</sup> （令和4年4月1日現在）	$9.99 \times 10^{-1}$	$1.00 \times 10^0$	$9.33 \times 10^{-1}$
基準値（③）※ <sup>3</sup>	1	100	100
D/C（①×②÷③）（④）	$4.19 \times 10^{-2}$	$1.84 \times 10^{-5}$	$2.15 \times 10^{-3}$
存在量比（④÷Co-60のD/C）	$1.60 \times 10^{-2}$	$7.01 \times 10^{-6}$	$8.18 \times 10^{-4}$

	Nb-94	Tc-99	Co-60
存在量比（発生時）① （スケーリングファクタ）※ <sup>1</sup>	$2.6 \times 10^{-4}$	$4.7 \times 10^{-6}$	1
半減期（T）	$2.04 \times 10^4$ 年	$2.11 \times 10^5$ 年	5.2712年
減衰率（②）※ <sup>5</sup> （令和4年4月1日現在）	$1.00 \times 10^0$	$1.00 \times 10^0$	$2.62 \times 10^{-1}$
基準値（③）※ <sup>3</sup>	0.1	1	0.1
D/C（①×②÷③）（④）	$2.60 \times 10^{-3}$	$4.70 \times 10^{-6}$	$2.62 \times 10^0$
存在量比（④÷Co-60のD/C）	$9.91 \times 10^{-4}$	$1.79 \times 10^{-6}$	$1.00 \times 10^0$

※1：廃棄物埋設に関する運用要領（平成26年3月 原子力規制庁）別添4（6）

スケーリングファクタは代表試料の分析結果が10倍を超えると変更する必要があることから、個々の廃棄物については最大で10倍の範囲内にある。1号炉のC-14を除き、各核種のCo-60に対する存在量比は1/10未満であるため、核種組成比のばらつきを考慮しても評価結果に影響を与えない。また、1号炉のC-14については、Co-60に対する存在量比が1/6程度であるが、本文第10表に示すとおり、2号炉の対象物においてC-14のD/CはCo-60に対して1/2,000以下であり、存在量比の計算結果（1/60程度）に比べ十分低いことから、1号炉の対象物についても同様に、C-14の存在量比は計算結果よりも十分に低いと言える。

以上より、存在量比の計算による主要核種選定において、スケーリングファクタの値を適用できると評価した。

※2：第18サイクル原子炉停止時（平成6年10月8日）を起点にした減衰率を計算、島根1号炉対象物は第18サイクル原子炉停止時～第20サイクル原子炉停止時に発生し、減衰率が高くなる第18サイクル原子炉停止時を適用

※3：規則別表第2欄の放射能濃度

※4：Ni-63のスケーリングファクタに $8.0 \times 10^{-3}$ を乗じて求めた。廃棄物埋設に関する運用要領のNi-59/Ni-63= $8.0 \times 10^{-3}$ を適用（ブラスト除染により核種組成は変わらないため、適用可能）

※5：第17サイクル原子炉停止時（平成24年1月27日）を起点にした減衰率を計算

第5表 主要系統（湿分分離器）の放射化学分析結果

（令和4年4月1日時点）

放射性物質※ <sup>1</sup>	湿分分離器			
	放射能濃度 (D) (Bq/g)	基準値 (C) (Bq/g)	D/C (-)	比率※ <sup>2</sup>
H-3	$<2.55 \times 10^{-3}$	100	$<2.55 \times 10^{-5}$	$<3.31 \times 10^{-6}$
Co-60	$7.71 \times 10^{-1}$ ※ <sup>3</sup>	0.1	$7.71 \times 10^0$	1
Sr-90	$<1.44 \times 10^{-4}$	1	$<1.44 \times 10^{-4}$	$<1.87 \times 10^{-5}$
Cs-134	$<8.83 \times 10^{-5}$	0.1	$<8.83 \times 10^{-4}$	$<1.15 \times 10^{-4}$
Cs-137	$<8.60 \times 10^{-4}$	0.1	$<8.60 \times 10^{-3}$	$<1.12 \times 10^{-3}$
比率の合計				$1.00 \times 10^0$
Co-60 の比率の割合				$9.99 \times 10^{-1}$

※1：平成26年度に実施した分析結果のうち添付書類二「放射能濃度確認対象物の種類、発生状況、汚染の状況及び推定される総重量に関する説明」3.2に記載の放射性物質を選定した。上記以外の放射性物質は添付書類二第2-4表に示すとおり、令和4年4月1日時点でCo-60、C-14、Ni-59、Ni-63及びNb-94が検出されたが、比率の合計に占めるCo-60の比率が $1.00 \times 10^0$ であり主要核種のため、選定していない。

※2：Co-60のD/Cに対する各放射性物質のD/Cの比率。

※3：Co-60の分析時の検出限界値： $8.08 \times 10^{-3}$ Bq/g

（注1）「<」は検出限界値未満であることを示す。

【測定条件】

- ・測定時期：平成26年10月～平成26年12月
- ・測定方法：湿分分離器（サンプル）の表面を酸溶解した溶液をGe波高分析装置（Co-60、Cs-134、Cs-137）、液体シンチレーションカウンタ（H-3）及び低BG $\alpha/\beta$ 測定装置（Sr-90）により測定

第6表 主要系統（湿分分離器）の放射化学分析結果

（令和4年4月1日時点）

放射性物質※ <sup>1</sup>	湿分分離器			
	放射能濃度 (D) (Bq/g)	基準値 (C) (Bq/g)	D/C (-)	比率※ <sup>2</sup>
H-3	$<8.43 \times 10^{-4}$	100	$<8.43 \times 10^{-6}$	$<3.16 \times 10^{-6}$
Co-60	$2.67 \times 10^{-1}$ ※ <sup>3</sup>	0.1	$2.67 \times 10^0$	1
Sr-90	$<8.96 \times 10^{-5}$	1	$<8.96 \times 10^{-5}$	$<3.36 \times 10^{-5}$
Cs-134	$<5.91 \times 10^{-5}$	0.1	$<5.91 \times 10^{-4}$	$<2.21 \times 10^{-4}$
Cs-137	$<5.95 \times 10^{-4}$	0.1	$<5.95 \times 10^{-3}$	$<2.23 \times 10^{-3}$
比率の合計				$1.00 \times 10^0$
Co-60の比率の割合				$9.98 \times 10^{-1}$

※1：平成26年度に実施した分析結果のうち添付書類二「放射能濃度確認対象物の種類、発生状況、汚染の状況及び推定される総重量に関する説明」3.2に記載の放射性物質を選定した。上記以外の放射性物質は添付書類二第2-4表に示すとおり、令和4年4月1日時点でCo-60、C-14、Ni-59、Ni-63及びNb-94が検出されたが、比率の合計に占めるCo-60の比率が $1.00 \times 10^0$ であり主要核種のため、選定していない。

※2：Co-60のD/Cに対する各放射性物質のD/Cの比率。

※3：Co-60の分析時の検出限界値： $4.05 \times 10^{-3}$ Bq/g

（注1）「<」は検出限界値未満であることを示す。

【測定条件】

- ・測定時期：平成26年10月～平成26年11月
- ・測定方法：湿分分離器（サンプル）の表面を酸溶解した溶液をGe波高分析装置（Co-60、Cs-134、Cs-137）、液体シンチレーションカウンタ（H-3）及び低BG $\alpha/\beta$ 測定装置（Sr-90）により測定

第7表 主要系統（湿分分離器）の放射化学分析結果

（令和4年4月1日時点）

放射性物質※ <sup>1</sup>	湿分分離器			
	放射能濃度 (D) (Bq/g)	基準値 (C) (Bq/g)	D/C (-)	比率※ <sup>2</sup>
H-3	$<5.08 \times 10^{-4}$	100	$<5.08 \times 10^{-6}$	$<1.86 \times 10^{-6}$
Co-60	$2.74 \times 10^{-1}$ ※ <sup>3</sup>	0.1	$2.74 \times 10^0$	1
Sr-90	$<3.66 \times 10^{-5}$	1	$<3.66 \times 10^{-5}$	$<1.34 \times 10^{-5}$
Cs-134	$<2.63 \times 10^{-5}$	0.1	$<2.63 \times 10^{-4}$	$<9.60 \times 10^{-5}$
Cs-137	$<2.27 \times 10^{-4}$	0.1	$<2.27 \times 10^{-3}$	$<8.29 \times 10^{-4}$
比率の合計				$1.00 \times 10^0$
Co-60の比率の割合				$9.99 \times 10^{-1}$

※1：平成26年度に実施した分析結果のうち添付書類二「放射能濃度確認対象物の種類、発生状況、汚染の状況及び推定される総重量に関する説明」3.2に記載の放射性物質を選定した。上記以外の放射性物質は添付書類二第2-4表に示すとおり、令和4年4月1日時点でCo-60、C-14、Ni-59、Ni-63及びNb-94が検出されたが、比率の合計に占めるCo-60の比率が $1.00 \times 10^0$ であり主要核種のため、選定していない。

※2：Co-60のD/Cに対する各放射性物質のD/Cの比率。

※3：Co-60の分析時の検出限界値： $3.02 \times 10^{-3}$ Bq/g

（注1）「<」は検出限界値未満であることを示す。

【測定条件】

- ・測定時期：平成26年10月～平成26年11月
- ・測定方法：湿分分離器（サンプル）の表面を酸溶解した溶液をGe波高分析装置（Co-60、Cs-134、Cs-137）、液体シンチレーションカウンタ（H-3）及び低BG $\alpha/\beta$ 測定装置（Sr-90）により測定

第8表 主要系統（高圧ダイヤフラム）の放射化学分析結果

（令和4年4月1日時点）

放射性物質※ <sup>1</sup>	高圧ダイヤフラム			
	放射能濃度 (D) (Bq/g)	基準値 (C) (Bq/g)	D/C (-)	比率※ <sup>2</sup>
H-3	$<1.41 \times 10^{-3}$	100	$<1.41 \times 10^{-5}$	$<1.69 \times 10^{-3}$
Co-60	$8.32 \times 10^{-4}$ ※ <sup>3</sup>	0.1	$8.32 \times 10^{-3}$	1
Sr-90	$<1.03 \times 10^{-4}$	1	$<1.03 \times 10^{-4}$	$<1.24 \times 10^{-2}$
Cs-134	$<8.54 \times 10^{-5}$	0.1	$<8.54 \times 10^{-4}$	$<1.03 \times 10^{-1}$
Cs-137	$<8.13 \times 10^{-4}$	0.1	$<8.13 \times 10^{-3}$	$<9.77 \times 10^{-1}$
比率の合計				$2.09 \times 10^0$
Co-60 の比率の割合				$4.78 \times 10^{-1}$

※1：平成26年度に実施した分析結果のうち添付書類二「放射能濃度確認対象物の種類、発生状況、汚染の状況及び推定される総重量に関する説明」3.2に記載の放射性物質を選定した。上記以外の放射性物質は添付書類二第2-4表に示すとおり、令和4年4月1日時点でCo-60、C-14、Ni-59、Ni-63及びNb-94が検出されたが、比率の合計に占めるCo-60の比率が $1.00 \times 10^0$ であり主要核種のため、選定していない。

※2：Co-60のD/Cに対する各放射性物質のD/Cの比率。

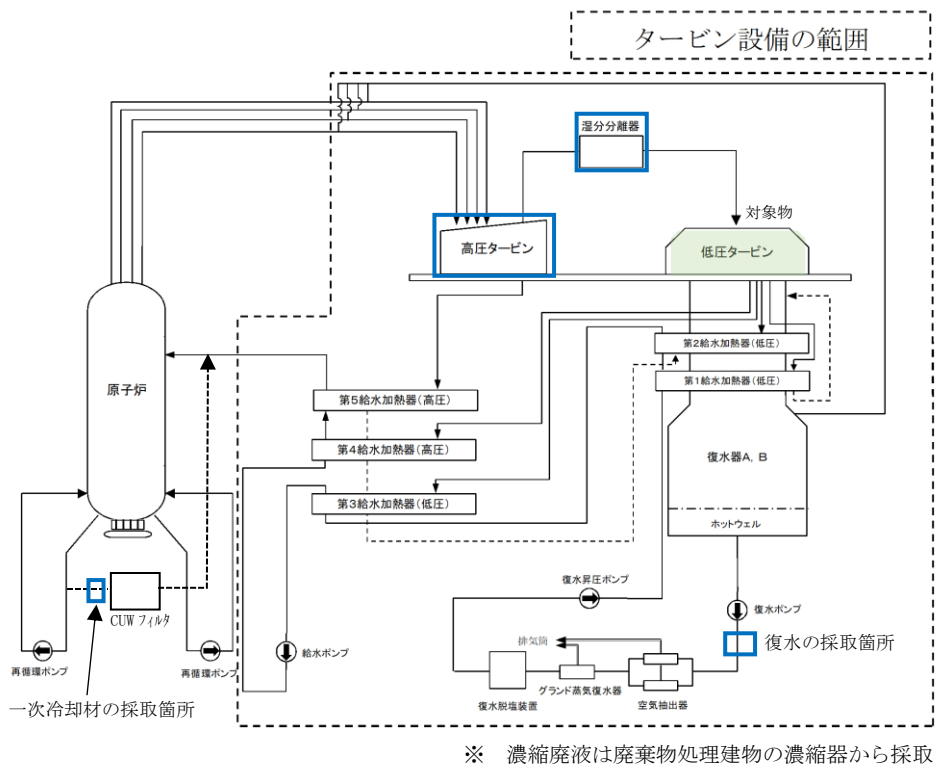
※3： $2.19 \times 10^{-3}$ Bq/g（分析時の放射能濃度） $>1.47 \times 10^{-3}$ Bq/g（分析時の検出限界値）

（注1）「<」は検出限界値未満であることを示す。

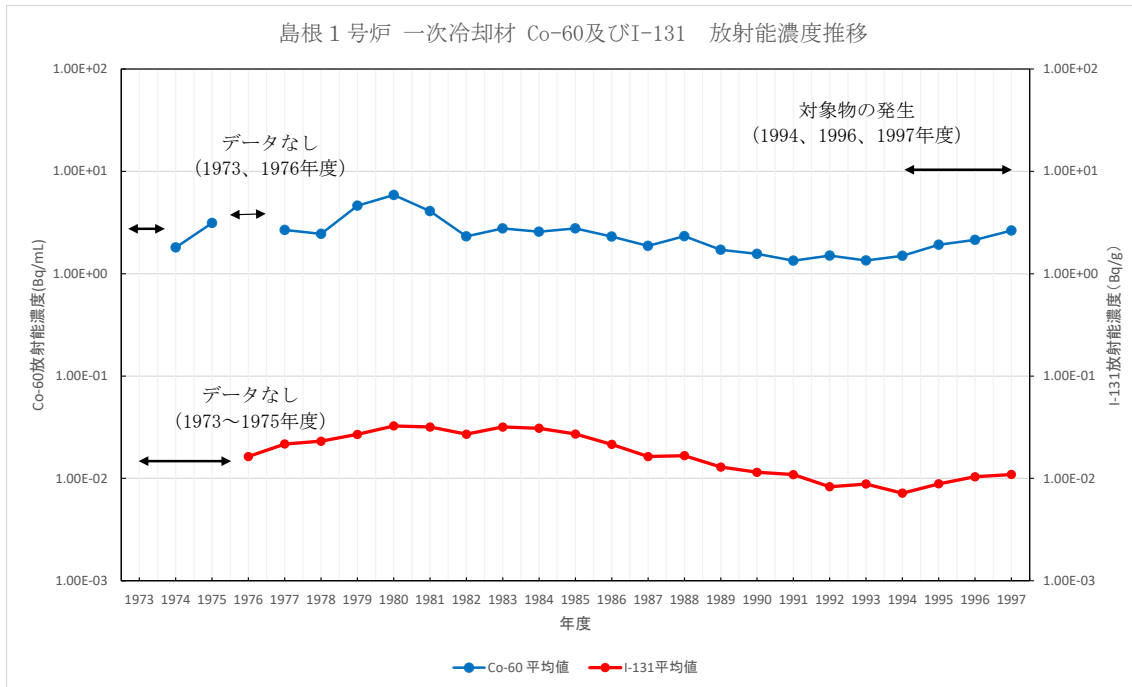
【測定条件】

- ・測定時期：平成26年10月～平成26年12月
- ・測定方法：高圧ダイヤフラム（サンプル）の表面を酸溶解した溶液をGe波高分析装置（Co-60、Cs-134、Cs-137）、液体シンチレーションカウンタ（H-3）及び低BG  $\alpha/\beta$ 測定装置（Sr-90）により測定





第1図 放射化学分析の対象箇所（島根1号炉）

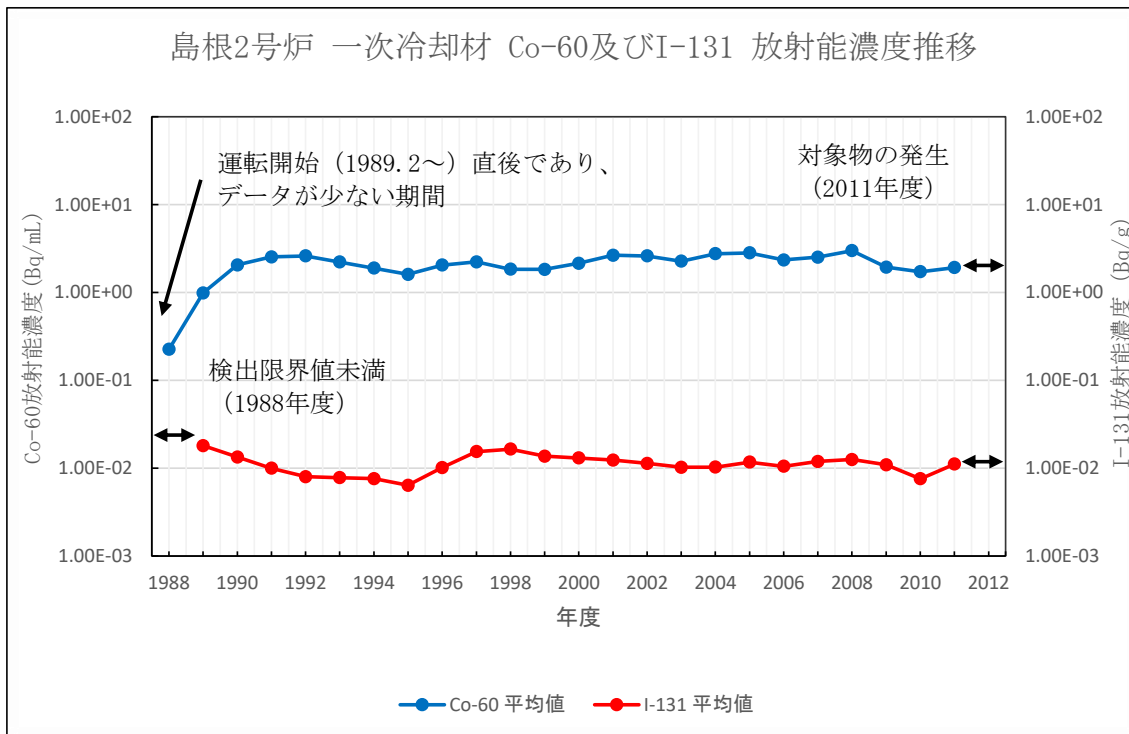


・ Co-60 放射能濃度の単位は Bq/mL、I-131 放射能濃度は Bq/g である。I-131 放射能濃度は島根原子力発電所原子炉設置許可申請書の単位と合わせている。

【測定条件】

- ・ 採取箇所：原子炉浄化系フィルタ入口
- ・ 測定方法：一次冷却材を前処理し Ge 波高分析装置で測定
- ・ 測定値：定例業務 (Co-60：1回/月、I-131：1回/週) の測定結果 (Co-60 はイオン及びクラッドの合計) の年度平均値
  - Co-60 年度平均値の最小値  $1.34 \times 10^0$  Bq/mL (1991 年度)
  - Co-60 年度平均値の最大値  $5.87 \times 10^0$  Bq/mL (1980 年度)
  - Co-60 以外で検出される核種は、Co-58、Mn-54、Cr-51 等の短半減期核種
  - I-131 年度平均値の最小値  $7.19 \times 10^{-3}$  Bq/g (1994 年度)
  - I-131 年度平均値の最大値  $3.26 \times 10^{-2}$  Bq/g (1980 年度)
  - Co-60 以外で検出される核種は、Co-58、Mn-54、Cr-51 等の短半減期核種

第2図 島根1号炉の一次冷却材の放射化学分析結果



・ Co-60 放射能濃度の単位は Bq/mL、I-131 放射能濃度は Bq/g である。I-131 放射能濃度は島根原子力発電所原子炉設置許可申請書の単位と合わせている。

**【測定条件】**

- ・ 採取箇所：原子炉浄化系フィルタ入口
- ・ 測定方法：一次冷却水を前処理し Ge 波高分析装置で測定
- ・ 測定値：定例業務 (Co-60：1 回/月、I-131：1 回/週) の測定結果 (Co-60 はイオン及びクラッドの合計) の年度平均値

Co-60 年度平均値の最小値  $9.90 \times 10^{-1}$  Bq/mL (1987 年度)

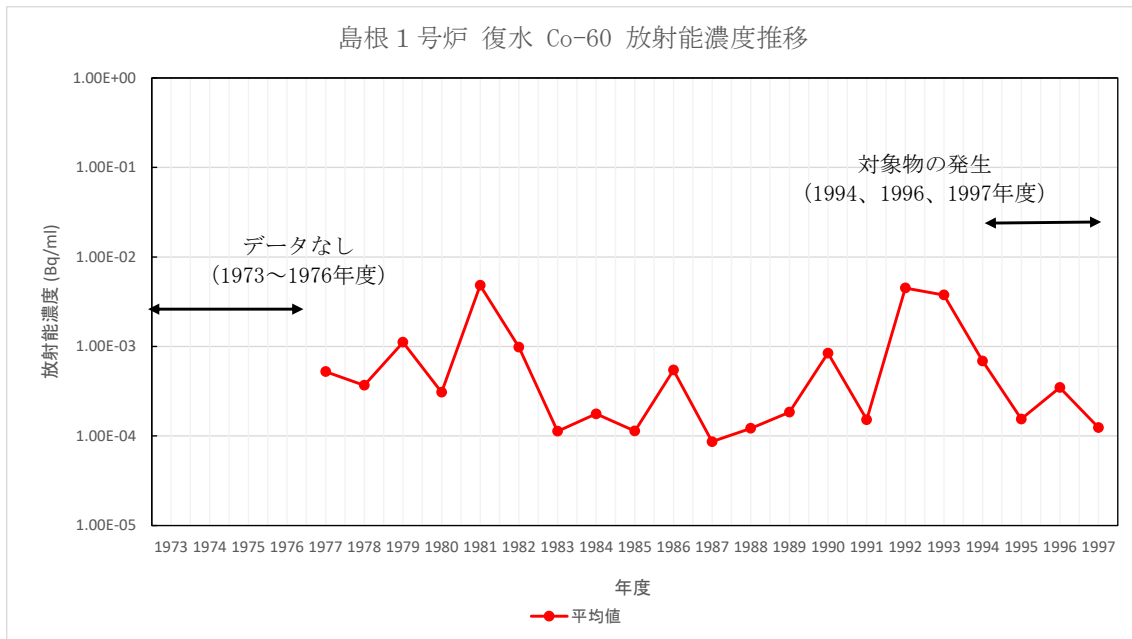
Co-60 年度平均値の最大値  $2.99 \times 10^0$  Bq/mL (1981 年度)

Co-60 以外で検出される核種は、Co-58、Mn-56、Na-24 等の短半減期核種

I-131 年度平均値の最小値  $6.41 \times 10^{-3}$  Bq/g (1995 年度)

I-131 年度平均値の最大値  $1.81 \times 10^{-2}$  Bq/g (1989 年度)

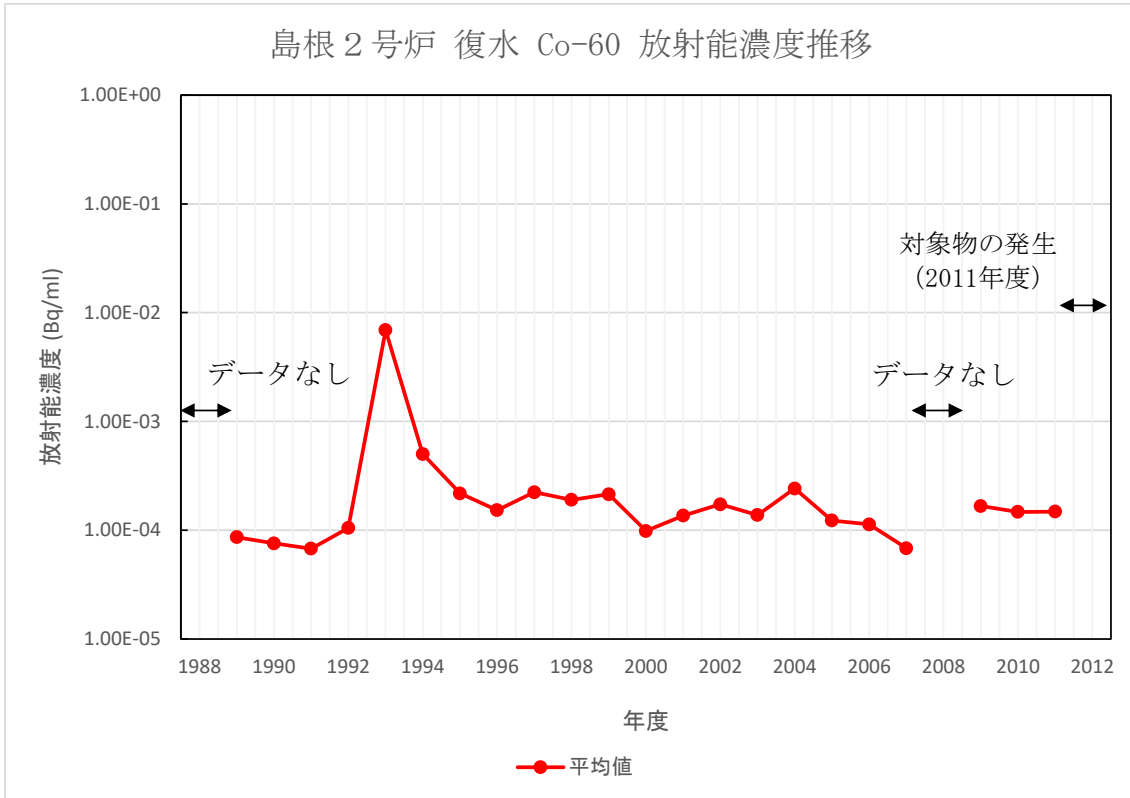
第 3 図 島根 2 号炉の一次冷却材の放射化学分析結果



【測定条件】

- ・ 採取箇所：復水ポンプ出口
- ・ 測定方法：復水を前処理し Ge 波高分析装置で測定
- ・ 測定値：定例業務（1回/月）の測定結果（イオン及びクラッドの合計）の年度平均値  
 年度平均値の最小値 8.65 × 10<sup>-5</sup> Bq/mL（1987 年度）  
 年度平均値の最大値 4.82 × 10<sup>-3</sup> Bq/mL（1981 年度）  
 Co-60 以外で検出される核種は、Co-58、Mn-56、Na-24 等の短半減期核種

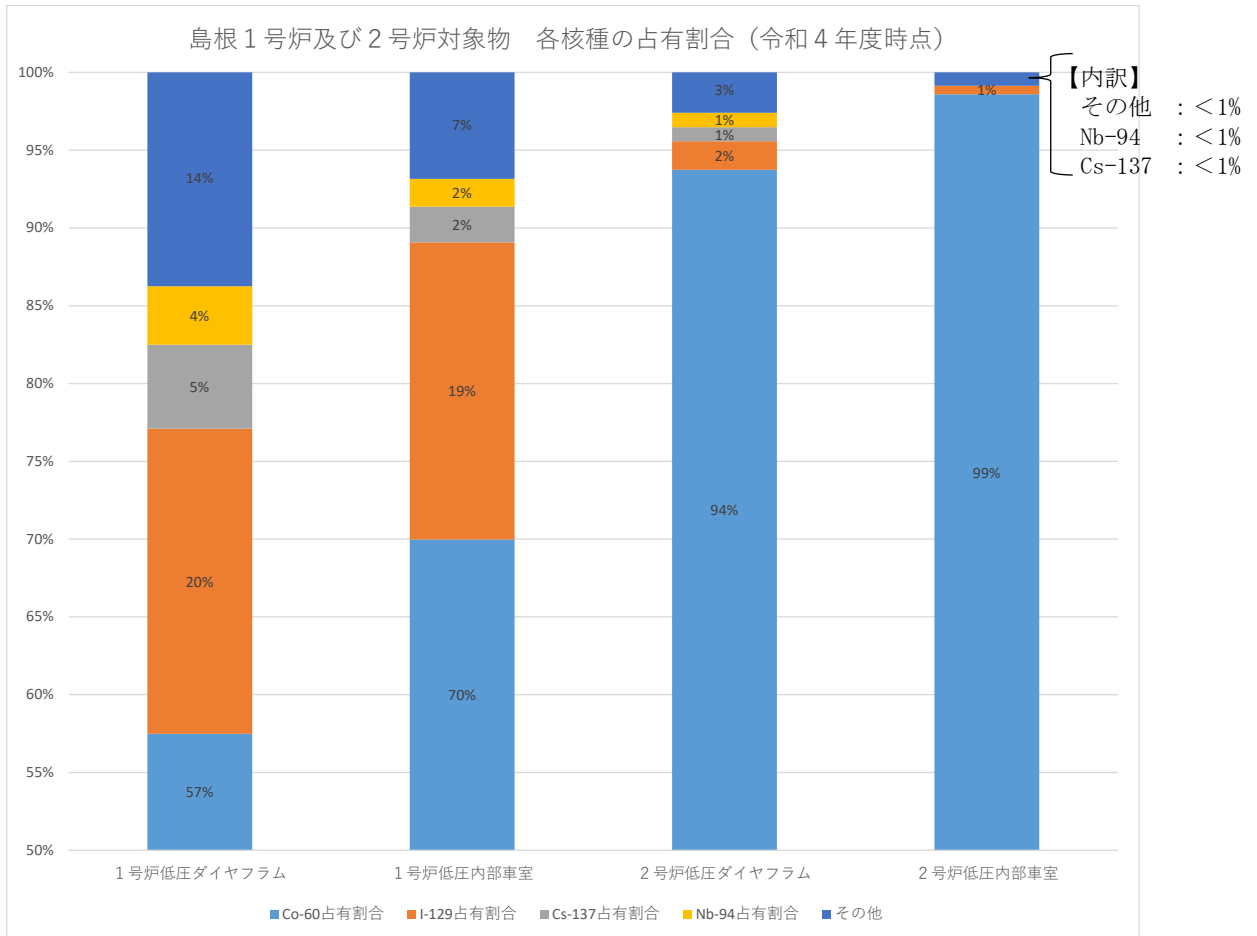
第 4 図 島根 1 号炉の復水の放射化学分析結果



【測定条件】

- ・採取箇所：復水ポンプ出口
- ・測定方法：復水を前処理し Ge 波高分析装置で測定
- ・測定値：定例業務（1回/月）の測定結果（イオン及びクラッドの合計）の年度平均値  
 年度平均値の最小値  $6.77 \times 10^{-5}$  Bq/mL（1991 年度）  
 年度平均値の最大値  $6.91 \times 10^{-3}$  Bq/mL（1993 年度）  
 Co-60 以外で検出される核種は、Co-58、Mn-56、Na-24 等の短半減期核種

第 5 図 島根 2 号炉の復水の放射化学分析結果



【検討条件】

- 放射能濃度 : 添付書類二「放射能濃度確認対象物の種類、発生状況、汚染の状況及び推定される総重量に関する説明」の第 2-6 表、第 2-9 表、第 2-10 表、第 2-26 表、第 2-27 表及び第 2-28 表の令和 4 年 4 月 1 日時点の放射能濃度
- 占有割合 : Co-60 等の各核種の D/C を全核種の D/C の合計で除して百分率で算出

第 6 図 島根 1 号炉及び 2 号炉対象物の各核種の占有割合