

大飯1, 2号炉 燃料取替用水タンク クリアランス認可申請に係る評価対象核種選定ロジックについて

1. 33核種からの放射性物質の抽出

- ・放射能濃度確認対象物は、1次冷却材による二次的な汚染であり、かつ材質は金属(ステンレス鋼)であり、解体・除染後約15年経過している。なお、放射化汚染の影響は無く、かつ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は発生していない。
- ・33核種のうち、半減期が約1年以下の短半減期核種については、十分減衰していることから、**Sc-46、Mn-54、Fe-59、Co-58、Zn-65、Nb-95、Ru-106、Ag-110m、Sb-124、Te-123m、Tb-160、Ta-182**は除外。
- ・**Fe-55**は、半減期が約2.7年と比較的短い核種であり、かつクリアランスレベルが高いことから除外。
- ・コンクリート等の放射化により生成する核種(**Ca-41、Ag-108m、Ba-133、Eu-152、Eu-154**)は、放射能濃度確認対象物の汚染源では無いことから除外。
- ・以上のことから、主要な放射性物質として下記を選定。

【選定結果】(15核種)

H-3、C-14、Cl-36、Co-60、Ni-59、Ni-63、Nb-94、Sr-90、Tc-99、I-129、Cs-134、Cs-137、Pu-239、Pu-241、Am-241

2. 大飯1号炉及び2号炉の運転履歴等の考慮

- ・大飯1号炉及び2号炉については運転開始から放射能濃度確認対象物解体までの間、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は発生していないことから、二次的な汚染における**Cs-137**を代表とする**FP**核種の影響は僅かとなることから、**FP**核種(**Sr-90、I-129、Cs-134、Cs-137、Pu-239、Pu-241、Am-241**)は除外可能と考えられるが、**FP**核種についても確認する。

【選定結果】(15核種)

H-3、C-14、Cl-36、Co-60、Ni-59、Ni-63、Nb-94、Sr-90、Tc-99、I-129、Cs-134、Cs-137、Pu-239、Pu-241、Am-241

3. 核種分析結果等(難測定核種)を基にした確認結果

- ・**H-3、C-14、Cl-36、Co-60、Ni-63、Nb-94、Sr-90、Tc-99、I-129、Cs-137**、全 α 核種(**Pu-239、Pu-241、Am-241**)については、大飯1・2号炉の濃縮廃液(1991~2006年、**Cl-36**は2004~2006年)の核種分析結果を基に、**Ni-59**については充填固化体スクレーリングファクタを基に**D/C**を算出した結果、**Co-60**の**D/C**が最大値となった(参考1-1,1-2)。また、炉水の分析結果より、**Co-60、Cs-134、Cs-137**の**D/C**を算出した結果、**Co-60**の**D/C**が最大値となった(参考1-3)なお、炉水の試料採取時期は、燃料取替用水タンクの二次的な汚染は、プラント定期検査中の燃料取扱作業時に1次冷却材と燃料取替用水タンク貯留水が混合されることにより生じることから、プラント定期検査開始初期のタンク貯留水との混合前のものとした。
- ・前項の分析結果において、濃縮廃液は粒子状成分と可溶性成分が混在しており、可溶性成分の**Cs-137**が高めの濃度となり、**Co-60**に次いで**Cs-137**の放射能濃度が高くなったことから、放射能濃度確認対象物の実際の汚染状況を確認するために、放射能濃度確認対象物の除染後の核種分析の結果を基に**Cs-137/Co-60**比を算出した結果、**Co-60**に対して**Cs-137**は約12%程度であった(参考2)。
- ・更に、**Co-60**放射能濃度を事前調査に基づき算出した結果、**D/C (Co-60)**は、クリアランス判断基準に対して最大でも約1/80であり、1/33を十分下回っている(参考3)。また、**Co-60**以外の核種については、**Co-60**に対する比率が最大でも約12%程度である。
- ・よって、放射能濃度確認対象物の二次的な汚染における主要な放射性物質は**Co-60**であることは明らかである。

4. Co-60 放射能濃度の決定方法（運用面の変更が必要であり別途検討要）

- ・二次的な汚染の測定は、放射能濃度確認対象物の「測定単位」の **D/C** が **1** 以下で、汚染状況が均一であることから、評価単位毎に一つの測定単位の一部を採取して代表として測定する。
- ・**Co-60** は γ 線を放出する核種のため、 γ 線を測定すること及び放射能濃度確認対象物の汚染形態は二次的な汚染であることから、汎用の放射線測定器である **Ge** 波高分析装置で測定を行う。
- ・**Co-60** の放射能濃度の測定では、評価単位の評価対象核種の **D/C (Co-60)** が **1/33** 以下となることを確認する。測定条件及び評価等に関する不確かさについては、クリアランスの判断基準 (**D/C (Co-60) ≤ 1**) を十分下回る測定を実施するため、考慮しない。

以 上

(参考 1-1) 大飯 1・2 号炉の濃縮廃液の難測定核種の分析結果等を基に算出した D/C (1991~2006 年度の 16 年度分の平均値 : H-3、C-14、Cl-36、Co-60、Ni-63、Nb-94、Sr-90、Tc-99、I-129、Cs-137、全 α 核種 (Pu-239、Pu-241、Am-241))

放射性物質	濃縮廃液等から算出した放射能濃度 (Bq/g)	D/C	各放射性物質の D/C の Co-60 の D/C に対する比率
H-3	3.63E+03	3.63E+01	1.34E-02
C-14	1.20E+01	1.20E+01	4.42E-03
Co-60	2.71E+02	2.71E+03	1
Ni-59 ^{※1}	4.01E+00	4.01E-02	1.48E-05
Ni-63	5.01E+02	5.01E+00	1.85E-03
Sr-90	1.71E-01	1.71E-01	6.31E-05
Nb-94	1.11E-01	1.11E+00	4.08E-04
Tc-99	1.82E-04	1.82E-03	6.70E-07
I-129	<7.68E-04	<7.68E-02	<2.83E-05
Cs-137	1.36E+02	1.36E+03	5.01E-01
全 α ^{※2}	2.81E-04	2.81E-03	1.04E-06

※1 : Ni-59 の放射能濃度は、JNES-SS レポート (JNES-SS-0403) に基づき算出。

※2 : クリアランスレベルが小さい Pu-239 (C=0.1) として D/C を算出。

(参考 1-2) 大飯 1・2 号炉の濃縮廃液の難測定核種の分析結果等を基に算出した D/C (2004~2006 年度の 3 年度分の平均値 : Cl-36)

放射性物質	濃縮廃液から算出した放射能濃度 (Bq/g)	D/C	Cl-36 の D/C の Co-60 の D/C に対する比率
Co-60	2.07E+02	2.07E+03	1
Cl-36	3.53E-02	3.53E-02	1.71E-05

(参考 1-3) 大飯 1 号炉 燃料取替用水タンクに供給される炉水の核種分析結果 (単位 : Bq/cm³)

号炉		1 号炉					
運転サイクル		16	18	20	平均	D/C (平均)	Co60 との割合
試料採取日		2000/8/9	2003/4/19	2005/9/27			
不溶解性	⁶⁰ Co	1.24E-01	1.21E+00	1.49E+00	9.41E-01	9.41E+00	—
	¹³⁴ Cs	<4.65E-02	<7.11E-02	<3.25E-02	<5.00E-02	<5.00E-01	<5.32E-02
	¹³⁷ Cs	<5.89E-02	<9.09E-02	<3.75E-02	<6.24E-02	<6.24E-01	<6.63E-02

(参考 1-3) 大飯 2 号炉 燃料取替用水タンクに供給される炉水の核種分析結果 (単位 : Bq/cm³)

号炉		2 号炉				
運転サイクル		17	19	平均	D/C (平均)	Co60 との割合
試料採取日		2002/10/26	2005/3/22			
不溶解性	⁶⁰ Co	4.43E-01	5.49E+00	2.97E+00	2.97E+01	—
	¹³⁴ Cs	<6.89E-02	<7.61E-02	<7.25E-02	<7.25E-01	<2.44E-02
	¹³⁷ Cs	<7.83E-02	<8.12E-02	<7.98E-02	<7.98E-01	<2.69E-02

(参考 2) 大飯 2 号炉 燃料取替用水タンクに供給される炉水の核種分析結果 (単位 : Bq/cm³) ※

試料名	Co-60		Cs-137		比率
	放射能濃度 (Bq/g)	D/C	放射能濃度 (Bq/g)	D/C	
1u-2-43	2.61E-04	2.61E-03	5.51E-05	5.51E-04	2.11E-01
1u-16-49 (再分析中) ※	6.19E-04	6.19E-03	< 6.04E-05	< 6.04E-04	< 9.75E-02
2u-12-16 (再分析結果)	4.90E-04	4.90E-03	< 4.93E-05	< 4.93E-04	< 1.01E-01
平均値	4.57E-04	4.57E-03	5.49E-05	5.49E-04	1.20E-01

※ 1u-16-49 の再分析結果は 3/18 に判明する予定。

(参考 3) 燃料取替用水タンクの Co-60 の放射能濃度及び D/C(Co-60)

(2021 年 2 月 1 日時点まで減衰補正した値)

○ 1 号炉 燃料取替用水タンク

○ 2 号炉 燃料取替用水タンク

試料名	Co-60 放射能濃度 (Bq/g)	D/C (Co-60) (—)
胴板①	2.61E-04	2.61E-03
胴板②	6.94E-04	6.94E-03
胴板③	3.57E-04	3.57E-03
胴板④	6.18E-04	6.18E-03
胴板⑤	4.86E-04	4.86E-03
胴板⑥	2.12E-04	2.12E-03
胴板⑦	4.75E-04	4.75E-03
胴板⑧	1.89E-04	1.89E-03
胴板⑨	6.63E-04	6.63E-03
胴板⑩	6.19E-04	6.19E-03
天井板①	6.86E-05	6.86E-04
天井板②	8.44E-05	8.44E-04
天井板③	< 7.85E-05	< 7.85E-04

試料名	Co-60 放射能濃度 (Bq/g)	D/C (Co-60) (—)
胴板①	2.39E-04	2.39E-03
胴板②	3.20E-04	3.20E-03
胴板③	3.56E-04	3.56E-03
胴板④	1.15E-03	1.15E-02 [※]
胴板⑤	4.60E-04	4.60E-03
胴板⑥	2.67E-04	2.67E-03
胴板⑦	4.80E-04	4.80E-03
胴板⑧	1.52E-04	1.52E-03
胴板⑨	3.30E-04	3.30E-03
胴板⑩	2.93E-04	2.93E-03

※ : 2 号炉 燃料取替用水タンクの胴板④が最大値であり、D/C の約 1/80 となる。