

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%**(**10%以下となるよう再分析中であり、今後見直し予定**)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%**(**10%以下となるよう再分析中であり、今後見直し予定**)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

- ・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、「測定単位」の一部を代表として測定し、その結果を基に「評価単位」の放射能濃度を決定する。
- ・Co-60 は β (γ) 線を放出する核種のため、 β 線を測定すること、対象物が平板であり、かつ表面が平滑であること、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り、汚染は表面のみであることから、汎用の放射線測定器である GM 汚染サーベイメータで測定を行う。
- ・Co-60 の放射能濃度の測定では、放射能濃度確認対象物から放出される Co-60 及び Cs-137 を含む全ての β 線放出核種の計数率を測定し、全ての β 線が Co-60 からの放出であるとして放射能濃度を決定する。また、測定条件及び評価に関する不確かさを考慮し、評価単位の評価対象核種の D/C (Co-60) が 1 以下となることを確認する。

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。1u-16-49 の再分析結果を確認後、追加分析の要否を検討予定。数点分析とした場合、分析期間は 2 週間程度要する。

(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) (—)	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①	2.39E-04	2.39E-03
胴板②	6.94E-04	6.94E-03	胴板②	3.20E-04	3.20E-03
胴板③	3.57E-04	3.57E-03	胴板③	3.56E-04	3.56E-03
胴板④	6.18E-04	6.18E-03	胴板④	1.15E-03	1.15E-02※
胴板⑤	4.86E-04	4.86E-03	胴板⑤	4.60E-04	4.60E-03
胴板⑥	2.12E-04	2.12E-03	胴板⑥	2.67E-04	2.67E-03
胴板⑦	4.75E-04	4.75E-03	胴板⑦	4.80E-04	4.80E-03
胴板⑧	1.89E-04	1.89E-03	胴板⑧	1.52E-04	1.52E-03
胴板⑨	6.63E-04	6.63E-03	胴板⑨	3.30E-04	3.30E-03
胴板⑩	6.19E-04	6.19E-03	胴板⑩	2.93E-04	2.93E-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			

※ : 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。