

島根1, 2号炉 低圧タービン認可申請書の核種選定について

1. 33核種からの15核種への絞り込みについて

- ・33核種からの絞り込みは、「島根1, 2号炉低圧タービン認可申請書の核種選定の基本ロジックについて（令和3年2月17日）」に示すとおり15核種とした。

【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. 核種分析結果について

- ・放射能濃度確認対象物と同様に主蒸気にさらされていたタービン建物の機器（1号炉：給水加熱器（2007年度発生）、2号炉：低圧タービン動翼（放射能濃度確認対象物と同じ使用履歴））の核種分析結果を基に各放射性物質（H-3, Mn-54, Co-60, Sr-90, Cs-134, Cs-137）のD/Cを算出した結果、Co-60のD/Cが最大となった。Co-60以外の核種の比率の割合は、1号炉が約5.9%、2号炉が約1.3%であり、Co-60が90%以上となった（参考1）。
- ・島根1号炉の制御棒駆動系のインナーフィルター（1998年度）、2号炉の濃縮廃液（2011年度）のCl-36及びCs-134以外の13種類の核種分析結果（Ni-59はJNES-SSレポートに基づき算出）を基に、Cl-36は島根1, 2号炉の濃縮廃液（2009年度）の核種分析結果を基にD/Cを算出した結果、Co-60のD/Cが最大値となった。Co-60以外の核種の比率の割合は、1号炉が約0.0021%、2号炉が約0.018%、Cl-36は1, 2号炉とも4乗%以下であり、Co-60が90%以上となった。（参考2～4）。

3. 核種の選定について

- ・低圧タービン（低圧ダイヤフラム第7段噴口部及び低圧内部車室入口側）の分析結果から、Co-60以外の核種の比率の割合は、低圧ダイヤフラムで約2.2%、低圧内部車室で約5.2%であり、Co-60が90%以上である。（参考5）。
- ・Co-60の核種の比率は、参考1～参考5のいずれも90%以上である。
- ・以上より、低圧タービンの主要な核種は、Co-60を選定する。

4. 選定結果の妥当性

- ・低圧タービンの核種は、原子炉内で生成した核種が原子炉水から主蒸気に移行して付着したものである。
- ・制御棒駆動系のインナーフィルターの核種は、原子炉水の接触によるものである（参考6）。
- ・JNES-SS-0403の図-1（参考7）により、原子炉水、固体状廃棄物及び濃縮廃液には移行及び濃縮による関係が成立することが示されている。関係が成立することの前提は、燃料損傷がないこと及び大規模な原子炉構成材料の交換がないことである。島根1, 2号炉に燃料損傷はない。島根1号炉でシュラウド等を2000年度に交換したが、大規模な原子炉構成材料の交換に該当しない。このため、原子炉水、制御棒駆動系のインナーフィルター及び濃縮廃液には関係が成立する。
- ・低圧タービン、制御棒駆動系のインナーフィルター及び濃縮廃液は、原子炉水の核種が生成源である。生成源が原子炉水の核種のため、低圧タービンの核種の選定に制御棒駆動系のインナーフィルター及び濃縮廃液の分析結果を適用することは妥当である。

以上

(参考1) 島根1, 2号炉のタービン建物の機器の放射化学分析結果

放射性物質 ^{※1}	1号炉		2号炉	
	D/C	比率 ^{※2}	D/C	比率 ^{※2}
H-3	<1.84E-05	<1.31E-04	<8.83E-06	<1.69E-05
Mn-54	<1.75E-04	<1.25E-03	<3.92E-04	<7.49E-04
Co-60	1.40E-01	1	5.23E-01	1
Sr-90	<1.08E-04	<7.71E-04	<9.49E-05	<1.82E-04
Cs-134	<1.42E-03	<1.01E-02	<1.11E-03	<2.12E-03
Cs-137	<7.06E-03	<5.03E-02	<5.44E-03	<1.04E-02
—	比率の合計	1.06E+00	比率の合計	1.01E+00
—	Co-60の比率の割合 ^{※3}	94.1%	Co-60の比率の割合 ^{※3}	98.7%
—	Co-60以外の比率の割合 ^{※4}	5.9%	Co-60以外の比率の割合 ^{※4}	1.3%

※1：「放射能濃度の測定及び評価の方法の認可について（内規）」に基づき重要10核種から分析核種を選定した。コンクリート起源のEu-152及びEu-154を除外，燃料破損がないため，Cs-137をFP核種の代表とし，Pu-239及びAm-241を除外した。

※2：各放射性物質のD/Cに対するCo-60のD/Cの比率

※3：Co-60の比率／比率の合計（参考2～参考5共通）

※4：Co-60以外の核種の比率の合計／比率の合計（参考2～参考5共通）

（注1）「<」は検出限界値未満であることを示す（参考1～参考6共通）

（注2）2014年度に実施した核種分析結果を申請時（2020年4月7日時点）に減衰補正した。

(参考2) 島根1号炉の制御棒駆動系のインナーフィルターの
 難測定核種の分析結果等を基に算出したD/C
 (1998年度の分析結果)

放射性物質 ^{※1}	1号炉		
	放射能濃度 ^{※2}	D/C	比率 ^{※3}
H-3	<1.04E-01	<1.04E-03	<2.09E-08
C-14	3.96E-03	3.96E-03	7.95E-08
Co-60	4.98E+03	4.98E+04	1
Ni-59 ^{※4}	4.35E-01	4.35E-03	8.74E-08
Ni-63	5.44E+01	5.44E-01	1.09E-05
Sr-90	<1.67E-03	<1.67E-03	<3.35E-08
Nb-94	2.98E-02	2.98E-01	5.98E-06
Tc-99	<1.57E-04	<1.57E-04	<3.15E-09
I-129	<2.15E-04	<2.15E-02	<4.32E-07
Cs-137	<1.69E-02	<1.69E-01	<3.39E-06
Pu-239	5.64E-04 ^{※5}	5.64E-03	1.13E-07
Pu-241	5.64E-04 ^{※5}	5.64E-05	1.13E-09
Am-241	5.64E-04 ^{※5}	5.64E-03	1.13E-07
—	比率の合計		1.00E+00
—	Co-60の比率の割合		99.9979%
—	Co-60以外の比率の割合		0.0021%

※1：スクーリングファクタの継続申請の核種を選定し核種分析を実施

※2：JNES-EV レポート (JNES-EV-2012-9006) において代表性を有する試料と認められた
 島根1号炉の制御棒駆動系のインナーフィルターから算出した放射能濃度 (Bq/g)

※3：各放射性物質のD/Cに対するCo-60のD/Cの比率

※4：JNES-SS レポート (JNES-SS-0403) に基づき算出

※5：保守的に全 α の分析結果とした。全 α 核種には、Pu-239, Pu-241 及び Am-241 を含む。

(参考3) 島根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
(2011年度の分析結果)

放射性物質 ^{※1}	2号炉		
	放射能濃度 ^{※2}	D/C	比率 ^{※3}
H-3	8.69E+01	8.69E-01	4.16E-05
C-14	1.29E-02	1.29E-01	6.17E-06
Co-60	2.09E+03	2.09E+04	1
Ni-59 ^{※4}	6.59E-01	6.59E-03	3.15E-07
Ni-63	8.24E+01	8.24E-01	3.94E-05
Sr-90	3.00E-02	3.00E-02	1.44E-06
Nb-94	6.23E-02	6.23E-01	2.98E-05
Tc-99	<2.29E-04	<2.29E-04	<1.10E-08
I-129	<2.19E-04	<2.19E-02	<1.05E-06
Cs-137	1.31E-01	1.31E+00	6.27E-05
Pu-239	3.28E-04 ^{※5}	3.28E-03	1.57E-07
Pu-241	3.28E-04 ^{※5}	3.28E-05	1.57E-09
Am-241	3.28E-04 ^{※5}	3.28E-03	1.57E-07
—	比率の合計		1.00E+00
—	Co-60の比率の割合		99.982%
—	Co-60以外の比率の割合		0.018%

※1：スケールリングファクタの継続申請の核種を選定し核種分析を実施

※2：濃縮廃液から算出した放射能濃度 (Bq/g)

※3：各放射性物質のD/Cに対するCo-60のD/Cの比率

※4：JNES-SSレポート (JNES-SS-0403) に基づき算出

※5：保守的に全αの分析結果とした。全α核種には、Pu-239、Pu-241及びAm-241を含む。

(参考4) 島根1, 2号炉の濃縮廃液の難測定核種の分析結果を基に算出したD/C
(2009年度)

放射性 物質	1号炉			2号炉		
	放射能濃度※1	D/C	比率※2	放射能濃度※1	D/C	比率※2
C1-36	1.06E-03	1.06E-03	5.41E-08	2.38E-03	2.38E-03	1.78E-07
Co-60	1.96E+03	1.96E+04	1	1.34E+03	1.34E+04	1
—	比率の合計		1.00E+00	比率の合計		1.00E+00
—	Co-60の比率の割合		99.9999946%	Co-60の比率の割合		99.999982%
—	Co-60以外の比率の割合		0.0000054%	Co-60以外の比率の割合		0.000018%

※1：濃縮廃液等から算出した放射能濃度 (Bq/g)

※2：各放射性物質のD/Cに対するCo-60のD/Cの比率

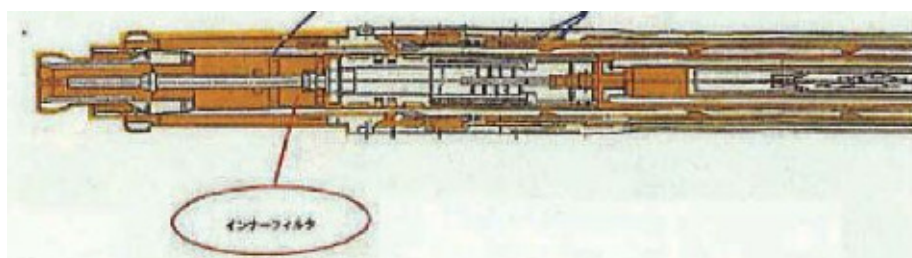
(参考5) 島根2号炉低圧タービンの分析結果を基に算出したD/C

放射性物質 ^{※1}	低圧ダイヤフラム			低圧内部車室		
	放射能濃度	D/C	比率 ^{※2}	放射能濃度	D/C	比率 ^{※2}
Co-60	8.38E-01	8.38E+00	1	5.41E-02	5.41E-01	1
Mn-54	<1.73E-02	<1.73E-01	<2.06E-02	<2.68E-03	<2.68E-02	<4.95E-02
Co-58	<1.82E-02	<1.82E-02	<2.17E-03	<3.01E-03	<3.01E-03	<5.56E-03
—	比率の合計		1.02E+00	比率の合計		1.06E+00
—	Co-60 の比率の割合		97.8%	Co-60 の比率の割合		94.8%
—	Co-60 以外の比率の割合		2.2%	Co-60 以外の比率の割合		5.2%

※1 : 「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 原子力安全委員会)」の BWR の汚染物の 2 桁目までの核種を選定

※2 : 各放射性物質の D/C に対する Co-60 の D/C の比率

(参考6) 制御棒駆動系のインナーフィルターが原子炉水と接触した根拠



(1) 試料の代表性について

JNES-SS-0711 では、固体状廃棄物の分析により SF 等継続使用を判断する場合の試料採取方法を以下のように述べている。

固体状廃棄物では、放射能濃度に個体差がある可能性があるため、固体状廃棄物をサンプリング対象とする場合には、一次冷却水中の難測定核種の濃度変動を捉える観点から、採取する試料は、一次冷却水と直接接触していた放射能濃度が比較的高いと想定される固体状廃棄物を選定することが適当である。

(JNES-SS-0711 より抜粋)

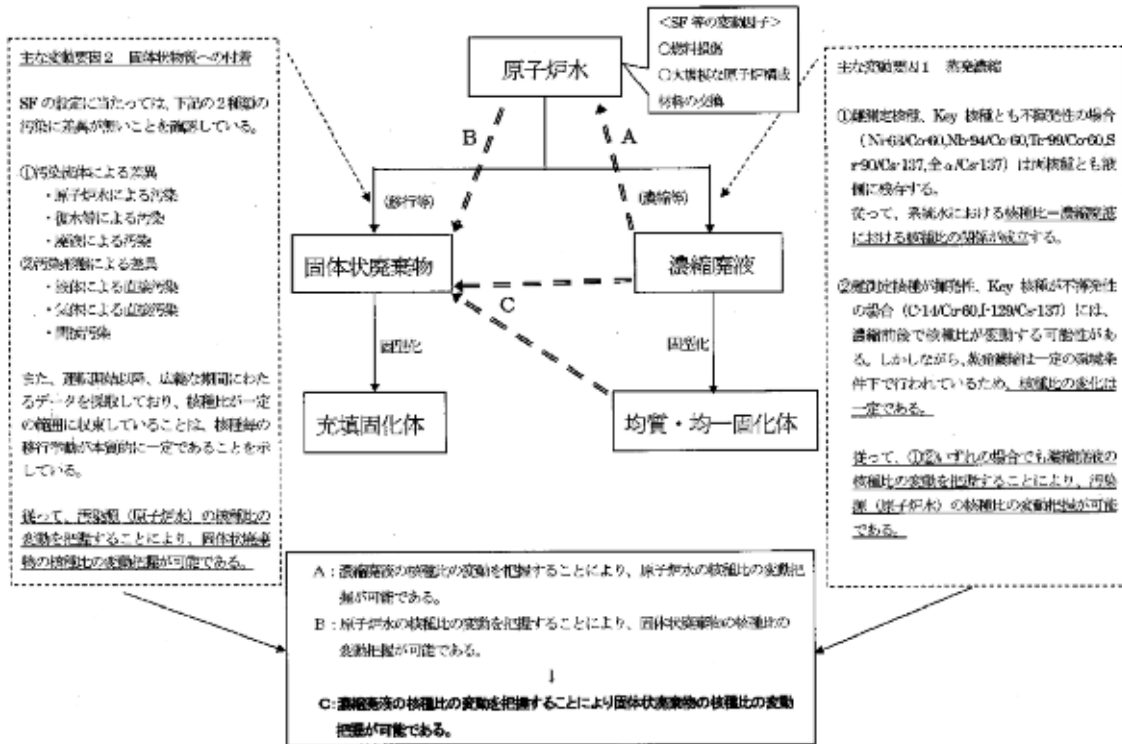
したがって、事業者が分析した試料の代表性について確認した。

事業者が分析した試料一覧を表 4. 1 に、試料の採取位置を図 4. 6 に示す。分析試料はいずれも制御棒駆動系から採取しており、平成 12 年度はシールリングを、平成 13 年度はフィルタを分析している。これらの採取位置は、図 4. 6 に示すとおり、いずれも原子炉水（一次冷却水）によって直接汚染される部位である。また、発電所での聞き取り調査の結果、試料選定にあたっては廃棄物の管理記録を元に表面線量の高い廃棄物を選定している。

以上から、事業者が分析した試料は JNES-SS-0711 の考え方に沿ったものであり、代表性のある試料と判断できる。

(出典) JNES-SS-1002 中国電力(株) 島根原子力発電所 2 号機の充填固化体の SF 等の平成 10 年度以降の継続使用について

(参考 7) 原子炉水、固体状廃棄物及び濃縮廃液の関係



(出典) JNES-SS-0403 平成 10 年度以降に発生する充填固化体に対するスクーリングファクタ等の継続使用について