

評価に用いる放射性物質の審査基準への適合性について

No.	Page	質問・コメント等
4	本文 P10 (核種選択)	二次的な汚染の評価に用いる放射性物質について、 ^3H を除いた32核種から選択しているが、審査基準では33核種から選択することとなっているため、33核種から選択すること。

^3H の放射化学分析の結果はすべて検出限界値未満であり、このうち最大の検出限界値（表面汚染密度）に最大の比表面積を乗じて算出した放射能濃度は基準値の1000分の1程度であることから、核種選択への影響はないと判断し、核種選択において無視するとした。

しかしながら、審査基準では33核種から選択することを要求していることを踏まえて、再検討した。

^3H はその他の32核種と生成過程が異なり、放射化計算によって放射能濃度比を設定することができない。そこで、代表サンプルの放射化学分析の結果から、 ^{60}Co との比率を設定し、33核種の放射能濃度を整理し、審査基準に従い、33核種から評価対象核種を選択することとした。

具体的には、表-1、2に示す ^3H 及び ^{60}Co の放射化学分析結果から、表-3の通り $^3\text{H}/^{60}\text{Co}$ 比を設定し、 ^3H の寄与度が高くなるように最大値を採用し放射能濃度を設定した。設定結果を表-4に示す。 ^3H の影響は、全体に対し0.1%未満であって十分に低く核種選択結果に影響はないことを確認した。

認可申請書については、表-4に示す設定結果を記載することとし、審査基準33核種から選択するよう見直す。

以上

表-1 ^3H 分析結果

試料採取箇所	分析値	2023年 8月1日	2037年 4月1日
		検出限界値	検出限界値
1号 サプレッションチェンバー	検出限界値未満	1.1E-02	5.2E-03
1号 ホットウェル(A)	検出限界値未満	1.5E-02	6.9E-03
1号 主蒸気第2隔離弁(A)出口	検出限界値未満	2.3E-02	1.1E-02
2号 サプレッションチェンバー	検出限界値未満	1.2E-02	5.8E-03
2号 復水器上部胴 (B)	検出限界値未満	2.4E-02	1.1E-02
2号 ホットウェル(C)	検出限界値未満	1.5E-02	6.9E-03
2号 主蒸気第3隔離弁(A)出口	検出限界値未満	3.1E-02	1.4E-02

表-2 ^{60}Co 分析結果

試料採取箇所	分析値	2023年 8月1日	2037年 4月1日
		検出値	検出値
1号 サプレッションチェンバー	検出	2.1E+02	3.5E+01
1号 ホットウェル(A)	検出	5.4E-01	8.9E-02
1号 主蒸気第2隔離弁(A)出口	検出	9.9E+00	1.6E+00
2号 サプレッションチェンバー	検出	2.3E+02	3.7E+01
2号 復水器上部胴 (B)	検出	2.3E-01	3.8E-02
2号 ホットウェル(C)	検出	2.9E+00	4.7E-01
2号 主蒸気第3隔離弁(A)出口	検出	2.9E+01	4.8E+00

表-3 $^3\text{H}/^{60}\text{Co}$ 設定結果

2023年8月1日時点

試料採取箇所	$^3\text{H}/^{60}\text{Co}$ 比	最大値
1号 サプレッションチェンバー	5.2E-05	1.0E-01
1号 ホットウェル(A)	2.8E-02	
1号 主蒸気第2隔離弁(A)出口	2.3E-03	
2号 サプレッションチェンバー	5.5E-05	
2号 復水器上部胴 (B)	1.0E-01	
2号 ホットウェル(C)	5.2E-03	
2号 主蒸気第3隔離弁(A)出口	1.0E-03	

2037年4月1日時点

試料採取箇所	$^3\text{H}/^{60}\text{Co}$ 比	最大値
1号 サプレッションチェンバー	1.5E-04	2.9E-01
1号 ホットウェル(A)	7.8E-02	
1号 主蒸気第2隔離弁(A)出口	6.5E-03	
2号 サプレッションチェンバー	1.5E-04	
2号 復水器上部胴 (B)	2.9E-01	
2号 ホットウェル(C)	1.5E-02	
2号 主蒸気第3隔離弁(A)出口	2.9E-03	

2023年10月18日

表-4 放射能濃度設定結果

<浜岡1号炉>

2023年8月1日時点

	核種	設定結果 D (Bq/g)	基準値 C (Bq/g)	D/C (-)	割合 (%)	順位
1	H-3	1.0E-02	100	1.0E-04	0.0%	10
2	C-14	3.8E-02	1	3.8E-02	3.4%	3
3	Cl-36	7.1E-04	1	7.1E-04	0.1%	8
4	Ca-41	4.7E-08	100	4.7E-10	0.0%	21
5	Sc-46	0.0E+00	0.1	0.0E+00	0.0%	26
6	Mn-54	6.1E-09	0.1	6.1E-08	0.0%	19
7	Fe-55	1.0E-02	1000	1.0E-05	0.0%	16
8	Fe-59	0.0E+00	1	0.0E+00	0.0%	26
9	Co-58	0.0E+00	1	0.0E+00	0.0%	26
10	Co-60	1.0E-01	0.1	1.0E+00	90.9%	1
11	Ni-59	1.7E-03	100	1.7E-05	0.0%	14
12	Ni-63	1.7E-01	100	1.7E-03	0.2%	6
13	Zn-65	1.1E-12	0.1	1.1E-11	0.0%	22
14	Sr-90	4.2E-03	1	4.2E-03	0.4%	4
15	Nb-94	1.4E-06	0.1	1.4E-05	0.0%	15
16	Nb-95	0.0E+00	1	0.0E+00	0.0%	26
17	Tc-99	1.8E-06	1	1.8E-06	0.0%	18
18	Ru-106	1.0E-09	0.1	1.0E-08	0.0%	20
19	Ag-108m	2.0E-06	0.1	2.0E-05	0.0%	13
20	Ag-110m	7.5E-14	0.1	7.5E-13	0.0%	23
21	Sb-124	0.0E+00	1	0.0E+00	0.0%	26
22	Te-123m	0.0E+00	1	0.0E+00	0.0%	26
23	I-129	2.9E-07	0.01	2.9E-05	0.0%	12
24	Cs-134	2.7E-07	0.1	2.7E-06	0.0%	17
25	Cs-137	5.0E-03	0.1	5.0E-02	4.6%	2
26	Ba-133	1.6E-05	0.1	1.6E-04	0.0%	9
27	Eu-152	1.1E-04	0.1	1.1E-03	0.1%	7
28	Eu-154	8.7E-06	0.1	8.7E-05	0.0%	11
29	Tb-160	0.0E+00	1	0.0E+00	0.0%	26
30	Ta-182	0.0E+00	0.1	0.0E+00	0.0%	26
31	Pu-239	4.2E-04	0.1	4.2E-03	0.4%	5
32	Pu-241	4.8E-20	10	4.8E-21	0.0%	25
33	Am-241	6.3E-21	0.1	6.3E-20	0.0%	24
ΣD/C (審査基準 33 核種) (A)				1.1E+00	/	
ΣD/C (⁶⁰ Co, ¹³⁷ Cs, ¹⁴ C) (B)				1.1E+00		
ΣD/C (⁶⁰ Co, ¹³⁷ Cs, ¹⁴ C) の比率 (B/A)				98.9%		

2023年10月18日

<浜岡2号炉>

2023年8月1日時点

	核種	設定結果 D (Bq/g)	基準値 C (Bq/g)	D/C (-)	割合 (%)	順位
1	H-3	1.0E-02	100	1.0E-04	0.0%	10
2	C-14	2.9E-02	1	2.9E-02	2.7%	3
3	Cl-36	5.1E-04	1	5.1E-04	0.0%	8
4	Ca-41	3.3E-08	100	3.3E-10	0.0%	21
5	Sc-46	0.0E+00	0.1	0.0E+00	0.0%	26
6	Mn-54	2.7E-08	0.1	2.7E-07	0.0%	19
7	Fe-55	1.4E-02	1000	1.4E-05	0.0%	14
8	Fe-59	0.0E+00	1	0.0E+00	0.0%	26
9	Co-58	0.0E+00	1	0.0E+00	0.0%	26
10	Co-60	1.0E-01	0.1	1.0E+00	91.7%	1
11	Ni-59	1.2E-03	100	1.2E-05	0.0%	15
12	Ni-63	1.3E-01	100	1.3E-03	0.1%	6
13	Zn-65	8.1E-12	0.1	8.1E-11	0.0%	22
14	Sr-90	4.2E-03	1	4.2E-03	0.4%	4
15	Nb-94	1.0E-06	0.1	1.0E-05	0.0%	16
16	Nb-95	0.0E+00	1	0.0E+00	0.0%	26
17	Tc-99	1.6E-06	1	1.6E-06	0.0%	18
18	Ru-106	4.7E-09	0.1	4.7E-08	0.0%	20
19	Ag-108m	1.5E-06	0.1	1.5E-05	0.0%	13
20	Ag-110m	5.1E-13	0.1	5.1E-12	0.0%	23
21	Sb-124	0.0E+00	1	0.0E+00	0.0%	26
22	Te-123m	0.0E+00	1	0.0E+00	0.0%	26
23	I-129	2.9E-07	0.01	2.9E-05	0.0%	12
24	Cs-134	4.0E-07	0.1	4.0E-06	0.0%	17
25	Cs-137	5.0E-03	0.1	5.0E-02	4.6%	2
26	Ba-133	1.4E-05	0.1	1.4E-04	0.0%	9
27	Eu-152	9.0E-05	0.1	9.0E-04	0.1%	7
28	Eu-154	7.6E-06	0.1	7.6E-05	0.0%	11
29	Tb-160	0.0E+00	1	0.0E+00	0.0%	26
30	Ta-182	0.0E+00	0.1	0.0E+00	0.0%	26
31	Pu-239	4.0E-04	0.1	4.0E-03	0.4%	5
32	Pu-241	5.0E-20	10	5.0E-21	0.0%	25
33	Am-241	5.4E-21	0.1	5.4E-20	0.0%	24
ΣD/C (審査基準 33 核種) (A)				1.1E+00	/	
ΣD/C (⁶⁰ Co, ¹³⁷ Cs, ¹⁴ C) (B)				1.1E+00		
ΣD/C (⁶⁰ Co, ¹³⁷ Cs, ¹⁴ C) の比率 (B/A)				99.0%		

2023年10月18日

<浜岡1号炉>

2023年4月1日時点

	核種	設定結果 D (Bq/g)	基準値 C (Bq/g)	D/C (-)	割合 (%)	順位
1	H-3	2.9E-02	100	2.9E-04	0.0%	10
2	C-14	2.3E-01	1	2.3E-01	15.1%	2
3	Cl-36	4.3E-03	1	4.3E-03	0.3%	7
4	Ca-41	2.8E-07	100	2.8E-09	0.0%	19
5	Sc-46	0.0E+00	0.1	0.0E+00	0.0%	26
6	Mn-54	5.7E-13	0.1	5.7E-12	0.0%	21
7	Fe-55	2.0E-03	1000	2.0E-06	0.0%	17
8	Fe-59	0.0E+00	1	0.0E+00	0.0%	26
9	Co-58	0.0E+00	1	0.0E+00	0.0%	26
10	Co-60	1.0E-01	0.1	1.0E+00	66.2%	1
11	Ni-59	1.0E-02	100	1.0E-04	0.0%	14
12	Ni-63	9.4E-01	100	9.4E-03	0.6%	6
13	Zn-65	4.5E-18	0.1	4.5E-17	0.0%	22
14	Sr-90	1.8E-02	1	1.8E-02	1.2%	5
15	Nb-94	8.3E-06	0.1	8.3E-05	0.0%	15
16	Nb-95	0.0E+00	1	0.0E+00	0.0%	26
17	Tc-99	1.1E-05	1	1.1E-05	0.0%	16
18	Ru-106	6.0E-13	0.1	6.0E-12	0.0%	20
19	Ag-108m	1.2E-05	0.1	1.2E-04	0.0%	13
20	Ag-110m	4.3E-19	0.1	4.3E-18	0.0%	23
21	Sb-124	0.0E+00	1	0.0E+00	0.0%	26
22	Te-123m	0.0E+00	1	0.0E+00	0.0%	26
23	I-129	1.7E-06	0.01	1.7E-04	0.0%	12
24	Cs-134	1.6E-08	0.1	1.6E-07	0.0%	18
25	Cs-137	2.2E-02	0.1	2.2E-01	14.6%	3
26	Ba-133	4.0E-05	0.1	4.0E-04	0.0%	9
27	Eu-152	3.3E-04	0.1	3.3E-03	0.2%	8
28	Eu-154	1.7E-05	0.1	1.7E-04	0.0%	11
29	Tb-160	0.0E+00	1	0.0E+00	0.0%	26
30	Ta-182	0.0E+00	0.1	0.0E+00	0.0%	26
31	Pu-239	2.5E-03	0.1	2.5E-02	1.7%	4
32	Pu-241	1.5E-19	10	1.5E-20	0.0%	25
33	Am-241	4.2E-20	0.1	4.2E-19	0.0%	24
ΣD/C (審査基準 33 核種) (A)				1.5E+00	/	
ΣD/C (⁶⁰ Co, ¹³⁷ Cs, ¹⁴ C) (B)				1.4E+00		
ΣD/C (⁶⁰ Co, ¹³⁷ Cs, ¹⁴ C) の比率 (B/A)				95.9%		

2023年10月18日

<浜岡2号炉>

2027年4月1日時点

	核種	設定結果 D (Bq/g)	基準値 C (Bq/g)	D/C (-)	割合 (%)	順位
1	H-3	2.9E-02	100	2.9E-04	0.0%	10
2	C-14	1.7E-01	1	1.7E-01	12.0%	3
3	Cl-36	3.1E-03	1	3.1E-03	0.2%	7
4	Ca-41	2.0E-07	100	2.0E-09	0.0%	19
5	Sc-46	0.0E+00	0.1	0.0E+00	0.0%	26
6	Mn-54	2.5E-12	0.1	2.5E-11	0.0%	21
7	Fe-55	2.6E-03	1000	2.6E-06	0.0%	17
8	Fe-59	0.0E+00	1	0.0E+00	0.0%	26
9	Co-58	0.0E+00	1	0.0E+00	0.0%	26
10	Co-60	1.0E-01	0.1	1.0E+00	68.9%	1
11	Ni-59	7.5E-03	100	7.5E-05	0.0%	14
12	Ni-63	6.9E-01	100	6.9E-03	0.5%	6
13	Zn-65	3.5E-17	0.1	3.5E-16	0.0%	22
14	Sr-90	1.8E-02	1	1.8E-02	1.3%	5
15	Nb-94	6.0E-06	0.1	6.0E-05	0.0%	15
16	Nb-95	0.0E+00	1	0.0E+00	0.0%	26
17	Tc-99	9.8E-06	1	9.8E-06	0.0%	16
18	Ru-106	2.7E-12	0.1	2.7E-11	0.0%	20
19	Ag-108m	8.6E-06	0.1	8.6E-05	0.0%	13
20	Ag-110m	3.0E-18	0.1	3.0E-17	0.0%	23
21	Sb-124	0.0E+00	1	0.0E+00	0.0%	26
22	Te-123m	0.0E+00	1	0.0E+00	0.0%	26
23	I-129	1.7E-06	0.01	1.7E-04	0.0%	11
24	Cs-134	2.5E-08	0.1	2.5E-07	0.0%	18
25	Cs-137	2.2E-02	0.1	2.2E-01	15.2%	2
26	Ba-133	3.4E-05	0.1	3.4E-04	0.0%	9
27	Eu-152	2.7E-04	0.1	2.7E-03	0.2%	8
28	Eu-154	1.5E-05	0.1	1.5E-04	0.0%	12
29	Tb-160	0.0E+00	1	0.0E+00	0.0%	26
30	Ta-182	0.0E+00	0.1	0.0E+00	0.0%	26
31	Pu-239	2.4E-03	0.1	2.4E-02	1.7%	4
32	Pu-241	1.6E-19	10	1.6E-20	0.0%	25
33	Am-241	3.7E-20	0.1	3.7E-19	0.0%	24
ΣD/C (審査基準 33 核種) (A)				1.5E+00	/	
ΣD/C (⁶⁰ Co, ¹³⁷ Cs, ¹⁴ C) (B)				1.4E+00		
ΣD/C (⁶⁰ Co, ¹³⁷ Cs, ¹⁴ C) の比率 (B/A)				96.1%		

(参考) 前回の認可申請書：³Hを除いた32核種で評価する妥当性

(添付3) 表-9 (3) 二次的な汚染の評価対象核種の選択に関する説明(10/10)

3. 評価対象核種の選択において「³Hを除く規則32核種」で評価する妥当性

- ・ $\Sigma D/C$ (評価対象核種) の $\Sigma D/C$ (規則33核種) に対する割合が90%以上であることを確認する。その割合をより小さく評価することにより、より多くの評価対象核種を選定することになり、評価対象核種の選定方法としては保守的である。
- ・ 評価対象核種が規則32核種に対して占める割合が、規則33核種に対して占める割合より小さくなることを以下に示す。

$\Sigma D/C$ (³ Hを除く規則32核種)	x
$\Sigma D/C$ (³ Hを除く評価対象核種)	y
$D/C(^3H)$	z

$$y < x \quad \dots \textcircled{1}$$

$$\frac{y}{x} < 1$$

$$y + \frac{yz}{x} < (y + z)$$

$$\frac{y}{x}(x + z) < (y + z)$$

$$\frac{y}{x} < \frac{y + z}{x + z} \quad \dots \textcircled{2}$$

- ・ ①式を変形すると②式となり、「 $\Sigma D/C$ (³Hを除く規則32核種) に占める $\Sigma D/C$ (³Hを除く評価対象核種) の割合」は「 $\Sigma D/C$ (規則33核種) に占める $\Sigma D/C$ (³Hを含む評価対象核種) の割合」より小さい。
- ・ 以上より、「³Hを除く規則32核種」を用いて評価対象核種を選定する方が割合をより小さく評価し、次の核種を選択しやすくなるため、保守的であると判断した。
- ・ 核種選択の $\Sigma D/C$ の計算として ³H を除いているが、³H を二次的な汚染の評価対象核種として選択しており、³H の放射能濃度は検出限界値の最大値とする。

申請書ケース32核種評価(左辺)、内規の33核種評価(右辺)
 ⇒大小関係から、申請書ケースの方が保守的であると判断していた。
 現行法令では重要10核種の規定がなく、右辺が $y/(x+z)$ となり、
 過去と同様な考え方が成立しない。