

審査面談コメントリスト（2020年10月30日）
（浜岡4号炉低圧車軸クリアランス認可申請）

番号	コメント内容	受領日	回答書
A	①対象物の汚染履歴 対象物（低圧車軸）の使用環境を踏まえた汚染履歴に関する資料を作成し、説明すること。	2020年10月30日	浜岡4号炉低圧車軸の汚染履歴について
B	②対象物の管理方法 対象物の管理方法について、各エリア（保管エリア、測定エリア、確認待ちエリア）での具体的な内容を明確にした資料を作成し、説明すること。	2020年10月30日	浜岡4号炉低圧車軸の管理方法について
C	③品質マネジメントシステム 申請書の品質マネジメントシステムの記載について、保安規定の記載との関連性を整理して説明すること。	2020年10月30日	品質マネジメントシステムについて

※2020年11月10日の提出資料に、今までに提出した回答書の内容を反映した説明資料を追加。

本資料のうち、灰色のマスキング内容は
機密に関わる事項のため公開できません。

浜岡4号炉低圧車軸の汚染履歴について

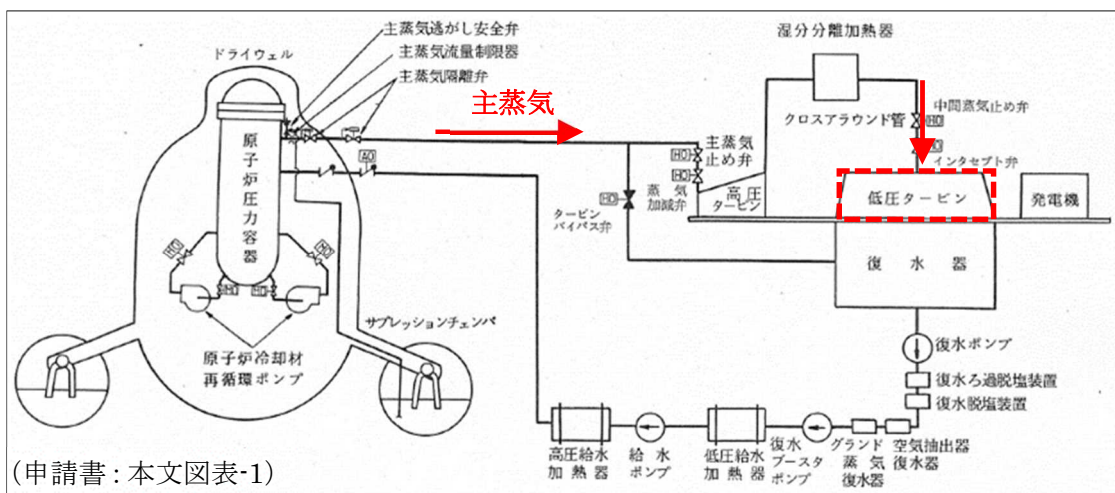
番号	質問・コメント等
A	①対象物の汚染履歴 対象物（低圧車軸）の使用環境を踏まえた汚染履歴に関する資料を作成し、説明すること。

浜岡4号炉低圧車軸の使用環境を踏まえた汚染状況の調査及びその結果を以下に示す。

1. 対象物の使用環境

対象物は、浜岡4号炉低圧タービンを構成する車軸であり、図-1（浜岡4号炉の一次冷却設備系統）に示すとおり、運転中、放射性物質を含んだ主蒸気に曝される環境であった。

図-1 浜岡4号炉の一次冷却設備系統図



2. 対象物の汚染の形態

上記の使用環境を踏まえ、対象物の汚染の形態は、対象物が中性子の照射を受けて放射性物質が生成されることによる汚染（放射化汚染）及び主蒸気中に含まれる放射性物質が付着することによる汚染（二次的な汚染）からなると評価した。

（1）放射化汚染

放射化汚染の起源として、対象物は低圧車軸であり、タービン建屋内で使用したものであることから、原子炉からの直接線やストリーミング線の影響はなく、放射化汚染として考慮すべき中性子線は「主蒸気に含まれる中性子源（ ^{17}N ：半減期 約 4 秒）が β 崩壊して ^{16}O になる際に放出される中性子線」（主蒸気中の ^{17}N 線）が有り得る。主蒸気中の ^{17}N 放射能濃度は、浜岡 5 号炉（ABWR）で実測した値を基に浜岡 4 号炉（対象物）の値を設定して放射化汚染の評価に用いた。

（2）二次的な汚染

二次的な汚染の起源は、「一次冷却設備から溶解した腐食生成物が炉心中性子で放射化されて生成した放射性腐食生成物（例： ^{60}Co ）」及び「一次冷却水が炉心中性子で放射化されて生成する放射性物質（例： ^3H ）」（CP 核種）並びに「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中性子で照射されて生成した核分裂生成物（例： ^{137}Cs ）」及び「中性子捕獲生成物で系統水中に放出されたもの（例： ^{239}Pu ）」（FP 核種）が有り得る。浜岡 4 号炉は、原子炉初起動から対象物を取り外すまでの期間に燃料破損は生じなかったことから、燃料破損による FP 核種の影響は無いと判断した。

（3）フォールアウト

その他の汚染形態として、福島第一原子力発電所事故に伴うフォールアウトが考えられるが、調査の結果、フォールアウトは考慮する必要が無いことを確認した。

（4）対象物の汚染の程度

放射化汚染度の程度は、二次的な汚染と比べて僅かであることから、対象物の汚染は主に二次的な汚染によるものであると評価した。二次的な汚染の規則 33 核種のうち支配的な核種は ^{60}Co であり、代表試料の放射化学分析においても、検出核種の中で ^{60}Co が最も高い値を示した。

3. 汚染状況の調査

3. 1 放射化汚染の放射能濃度

(1) 放射化計算による放射能濃度の算出

浜岡4号炉の放射化計算に必要な中性子源 ^{17}N の放射能濃度は、浜岡1～5号炉の運転期間中の主蒸気管モニタのうち浜岡5号炉の値が最も高く推移していることから、浜岡5号炉の中性子束の測定結果を基に設定した。具体的には、浜岡5号炉の運転期間中（第3サイクル運転中）に主蒸気第2隔離弁付近にて固体飛跡検出器（中性子束の測定装置）を用いて測定して得た中性子束から求めた浜岡5号炉の主蒸気中の ^{17}N 放射能濃度を基に、浜岡4号炉の蒸気密度、主蒸気隔離弁第2弁から低压タービン入口までの到達時間を考慮し、浜岡4号炉の主蒸気中の ^{17}N の放射能濃度を求めた（詳細はP6,7参照）。

上記の ^{17}N の放射能濃度を基に放射化計算により算出した対象物の放射化汚染による放射能濃度は、規則33核種のいずれにおいても基準値の1%未満であり、最も高い値となった ^{60}Co の放射能濃度は $3.8 \times 10^{-5} \text{ Bq/g}$ であった（いずれも令和2年4月1日時点）。

(2) 代表試料の放射能濃度の測定

主蒸気中の中性子源 ^{17}N の放射能濃度が最も高く、最も放射化する主蒸気入口付近の第7段翼から試料を採取して、 ^{60}Co の放射能濃度を測定した結果は、検出限界値未満（ $1.4 \times 10^{-4} \text{ Bq/g}$ ）であり、また基準値（ 0.1 Bq/g ）の1%未満であった（いずれも令和2年4月1日時点）。

3. 2 二次的な汚染

事前調査として、対象物の表面汚染密度の測定及び代表試料の放射化学分析を行い、結果は以下のとおり。

(1) 表面汚染密度の測定結果

除染後（ブラスト除染）の汚染状態を確認するため、除染前に汚染が顕著に確認された主蒸気入口付近（第7-8段間）における周方向の表面汚染密度を測定した結果、いずれの車軸も一定レベル以下で周方向には均一な汚染傾向を示し、3軸全体の平均値は $1.7 \times 10^{-1} \text{ Bq/cm}^2$ 、最大値は $4.4 \times 10^{-1} \text{ Bq/cm}^2$ である（令和2年4月1日時点）。

二次的な汚染の ^{60}Co 放射能濃度は、 2.6

 $\times 10^{-3} \text{ Bq/g}$ と評価した。

(2) 代表試料の放射化学分析

二次的な汚染の核種を確認するため放射化学分析を実施した。代表点として、低圧車軸と同じ使用環境で暴露している翼のうち、除染前に最も表面汚染密度が高かった低圧タービンロータの主蒸気入口付近の翼（第7段翼（A）～（C））を選定した。

第7段翼（除染前）から代表試料を採取し、放射化学分析で検出可能な核種として ^3H 、 ^{14}C 、 ^{60}Co 、 ^{63}Ni 、 ^{90}Sr 及び ^{137}Cs を分析した結果、 ^{60}Co 、 ^{63}Ni 、 ^{90}Sr 及び ^{137}Cs を検出し、 ^3H 及び ^{14}C は検出限界値未満であった。検出核種の中では、 ^{60}Co が最も高い値（Bq）を示した。

(3) 二次的な汚染の放射能濃度の算出

ア. ^3H を除く規則33核種の放射能濃度

^{60}Co の放射能濃度は、上記で示した表面汚染密度の事前調査結果及び比表面積を用いて算出した値（ $2.6 \times 10^{-3}\text{Bq/g}$ ）を用いる。その他の核種は申請書の「(本文)表-2」に記載した ^{60}Co に対する放射能濃度比に ^{60}Co の放射能濃度（ $2.6 \times 10^{-3}\text{Bq/g}$ ）を乗じることにより、放射能濃度を算出する。

イ. ^3H の放射能濃度

^3H は、事前調査に基づく代表試料の [] 値（ $1.4 \times 10^{-3}\text{Bq/g}$ ）を用いる。

ウ. 規則33核種の放射能濃度

上記のア. 及びイ. により規則33核種の放射能濃度を算出した結果、規則33核種のうちD/Cが最も大きい核種は ^{60}Co であり、 ^{60}Co の放射能濃度は $2.6 \times 10^{-3}\text{Bq/g}$ で基準値の約3%である。

3. 3 フォールアウト

フォールアウトの調査方法及び評価結果は、「浜岡原子力発電所において用いた資材等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の認可申請書」（平成29年10月17日付け本浜岡発第109号にて申請、平成30年11月29日付け本浜岡発第106号及び平成31年2月15日付け本浜岡発第112号にて一部補正）（浜岡1, 2号炉解体クリアランス認可申請書）に示すとおり、対象物の発生場所（浜岡4号炉）及び現在の保管場所（浜岡5号炉）において、全て理論検出限界計数率未満であった。したがって、フォールアウトの影響を考慮する必要が無いと判断した。

3. 4 対象物の汚染の状況

上記の調査結果を基に、放射化汚染及び二次的な汚染の放射能濃度を核種毎に合計した結果を P8 に示す。放射化汚染度の程度 (^{60}Co : $3.8 \times 10^{-5} \text{ Bq/g}$) は、二次的な汚染 (^{60}Co : $2.6 \times 10^{-3} \text{ Bq/g}$) と比べて僅かであることから、対象物の汚染は主に二次的な汚染によるものと評価した。また、放射化汚染及び二次的な汚染を合計した規則 33 核種の放射能濃度において、D/C が最も高い核種は ^{60}Co であり、D/C (^{60}Co) が $\Sigma \text{D/C}$ (規則 33 核種) の 97% を占める。

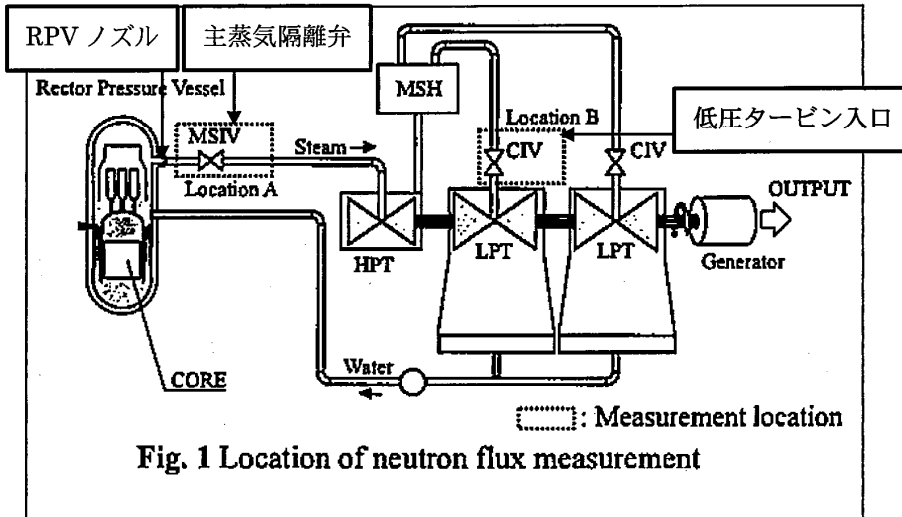
以上

放射化汚染の評価における浜岡4号炉低圧タービン入口の¹⁷N濃度について(1/2)

(添付3) 表-1 放射化汚染の評価対象核種選択用の計算条件(4/5)

※5 ¹⁷N放射能濃度

・浜岡5号炉における¹⁷N放射能濃度の調査箇所は以下のとおりである。



出典：K. Wakasugi, R. Tayama, K. Ikedo, T. Iimoto, "Measurement and Calculations of ¹⁷N Concentration in the Main Steam System of the BWR Plant", Progress in NUCLEAR SCIENCE and TECHNOLOGY, Vol. 1, p.432-435 (2011)

・ABWR型式は、原子炉内の冷却材の循環をインターナルポンプで行うため、浜岡4号炉のBWR5型式と異なり再循環ループを持たないため、炉心での中性子照射で生成した冷却材中の¹⁷Nは、BWR5型式より短い時間で(減衰しない状態で)主蒸気へ移行するため、浜岡4号炉の¹⁷N放射能濃度の設定値に浜岡5号炉の主蒸気中の値を使用することは保守的である。

・浜岡5号炉主蒸気第2隔離弁における中性子束の実測値を浜岡4号炉主蒸気第2隔離弁の¹⁷N放射能濃度として設定する。

・さらに、浜岡4号炉主蒸気第2隔離弁と浜岡4号炉低圧タービン入口の蒸気密度の比を補正係数として、浜岡4号炉主蒸気第2隔離弁の¹⁷N放射能濃度に補正係数を乗じることによって浜岡4号炉低圧タービン入口の¹⁷N放射能濃度を算出する。

添付図表 3-10

放射化汚染の評価における浜岡4号炉低圧タービン入口の¹⁷N濃度について(2/2)

(添付3)表-1 放射化汚染の評価対象核種選択用の計算条件(5/5)

- ・さらに、浜岡4号炉主蒸気第2隔離弁出口から浜岡4号炉低圧タービン入口までの蒸気到達時間で¹⁷Nの崩壊定数に従い、浜岡4号炉の¹⁷N放射能濃度を減衰補正することにより、浜岡4号炉低圧タービン入口における¹⁷N放射能濃度を設定する。



- ・以上の計算条件を基に、評価点(低圧車軸の表面)における中性子束を計算した結果を下表に示す。

評価点	中性子束* (n/cm ² /s)
低圧車軸の表面	4.0×10 ¹

※表中の値は端数処理した値を表記している。



参考文献

1. 日本原子力研究開発機構, JENDL-4.0に基づく中性子・光子輸送計算用のMATXS形式断面積ライブラリ(MATXSLIB-J40), 原子力コードセンター
2. Oak Ridge National Laboratory, One, Two- and Three-Dimensional Discrete Ordinates Neutron/Photon Transport Code System (DOORS3.2a), RSICC CODE PACKAGE CCC-650.

添付図表 3-11

放射化汚染及び二次的な汚染を合計した規則 33 核種の放射能濃度

放射化汚染の放射能濃度、二次的な汚染の放射能濃度及びこれらを核種毎に合計した規則 33 核種の放射能濃度を以下に示す。

(令和 2 年 4 月 1 日時点)

	核種	基準値 C (Bq/g)	放射化汚染 (①)		二次的な汚染 (②)		合計 (①+②)	
			評価結果 D (Bq/g)	D/C (-)	評価結果 D (Bq/g)	D/C (-)	評価結果 D (Bq/g)	D/C (-)
1	³ H	100	2.6×10 ⁻⁸	2.6×10 ⁻¹⁰	1.4×10 ⁻³	1.4×10 ⁻⁵	1.4×10 ⁻³	1.4×10 ⁻⁵
2	¹⁴ C	1	6.6×10 ⁻⁹	6.6×10 ⁻⁹	3.1×10 ⁻⁵	3.1×10 ⁻⁵	3.1×10 ⁻⁵	3.1×10 ⁻⁵
3	³⁶ Cl	1	2.4×10 ⁻¹³	2.4×10 ⁻¹³	5.7×10 ⁻⁷	5.7×10 ⁻⁷	5.7×10 ⁻⁷	5.7×10 ⁻⁷
4	⁴¹ Ca	100	1.3×10 ⁻¹²	1.3×10 ⁻¹⁴	1.7×10 ⁻¹⁰	1.7×10 ⁻¹²	1.7×10 ⁻¹⁰	1.7×10 ⁻¹²
5	⁴⁶ Sc	0.1	1.0×10 ⁻²⁰	1.0×10 ⁻¹⁹	0	0	1.0×10 ⁻²⁰	1.0×10 ⁻¹⁹
6	⁵⁴ Mn	0.1	1.7×10 ⁻⁹	1.7×10 ⁻⁸	9.8×10 ⁻⁷	9.8×10 ⁻⁶	9.8×10 ⁻⁷	9.8×10 ⁻⁶
7	⁵⁵ Fe	1000	1.7×10 ⁻⁴	1.7×10 ⁻⁷	1.3×10 ⁻³	1.3×10 ⁻⁶	1.5×10 ⁻³	1.5×10 ⁻⁶
8	⁵⁹ Fe	1	8.4×10 ⁻²⁷	8.4×10 ⁻²⁷	0	0	8.4×10 ⁻²⁷	8.4×10 ⁻²⁷
9	⁵⁸ Co	1	3.3×10 ⁻¹⁹	3.3×10 ⁻¹⁹	0	0	3.3×10 ⁻¹⁹	3.3×10 ⁻¹⁹
10	⁶⁰ Co	0.1	3.8×10 ⁻⁵	3.8×10 ⁻⁴	2.6×10 ⁻³	2.6×10 ⁻²	2.6×10 ⁻³	2.6×10 ⁻²
11	⁵⁹ Ni	100	2.8×10 ⁻⁷	2.8×10 ⁻⁹	6.3×10 ⁻⁶	6.3×10 ⁻⁸	6.6×10 ⁻⁶	6.6×10 ⁻⁸
12	⁶³ Ni	100	3.0×10 ⁻⁵	3.0×10 ⁻⁷	6.9×10 ⁻⁴	6.9×10 ⁻⁶	7.2×10 ⁻⁴	7.2×10 ⁻⁶
13	⁶⁵ Zn	0.1	1.7×10 ⁻¹²	1.7×10 ⁻¹¹	3.0×10 ⁻⁹	3.0×10 ⁻⁸	3.0×10 ⁻⁹	3.0×10 ⁻⁸
14	⁹⁰ Sr	1	1.1×10 ⁻¹¹	1.1×10 ⁻¹¹	4.6×10 ⁻⁵	4.6×10 ⁻⁵	4.6×10 ⁻⁵	4.6×10 ⁻⁵
15	⁹⁴ Nb	0.1	2.1×10 ⁻¹¹	2.1×10 ⁻¹⁰	5.0×10 ⁻⁹	5.0×10 ⁻⁸	5.0×10 ⁻⁹	5.0×10 ⁻⁸
16	⁹⁵ Nb	1	3.4×10 ⁻³⁷	3.4×10 ⁻³⁷	0	0	3.4×10 ⁻³⁷	3.4×10 ⁻³⁷
17	⁹⁹ Tc	1	2.0×10 ⁻⁹	2.0×10 ⁻⁹	1.2×10 ⁻⁸	1.2×10 ⁻⁸	1.4×10 ⁻⁸	1.4×10 ⁻⁸
18	¹⁰⁶ Ru	0.1	1.0×10 ⁻¹⁴	1.0×10 ⁻¹³	6.5×10 ⁻⁸	6.5×10 ⁻⁷	6.5×10 ⁻⁸	6.5×10 ⁻⁷
19	^{108m} Ag	0.1	5.7×10 ⁻¹²	5.7×10 ⁻¹¹	7.5×10 ⁻⁹	7.5×10 ⁻⁸	7.5×10 ⁻⁹	7.5×10 ⁻⁸
20	^{110m} Ag	0.1	8.4×10 ⁻¹³	8.4×10 ⁻¹²	1.5×10 ⁻¹⁰	1.5×10 ⁻⁹	1.6×10 ⁻¹⁰	1.6×10 ⁻⁹
21	¹²⁴ Sb	1	1.2×10 ⁻²²	1.2×10 ⁻²²	0	0	1.2×10 ⁻²²	1.2×10 ⁻²²
22	^{123m} Te	1	2.1×10 ⁻¹⁹	2.1×10 ⁻¹⁹	0	0	2.1×10 ⁻¹⁹	2.1×10 ⁻¹⁹
23	¹²⁹ I	0.01	2.6×10 ⁻¹⁷	2.6×10 ⁻¹⁵	4.8×10 ⁻¹⁰	4.8×10 ⁻⁸	4.8×10 ⁻¹⁰	4.8×10 ⁻⁸
24	¹³⁴ Cs	0.1	6.2×10 ⁻¹⁰	6.2×10 ⁻⁹	9.7×10 ⁻⁸	9.7×10 ⁻⁷	9.7×10 ⁻⁸	9.7×10 ⁻⁷
25	¹³⁷ Cs	0.1	1.2×10 ⁻¹¹	1.2×10 ⁻¹⁰	5.3×10 ⁻⁵	5.3×10 ⁻⁴	5.3×10 ⁻⁵	5.3×10 ⁻⁴
26	¹³⁸ Ba	0.1	6.5×10 ⁻¹³	6.5×10 ⁻¹²	1.6×10 ⁻⁷	1.6×10 ⁻⁶	1.6×10 ⁻⁷	1.6×10 ⁻⁶
27	¹⁵² Eu	0.1	4.5×10 ⁻⁸	4.5×10 ⁻⁷	8.9×10 ⁻⁷	8.9×10 ⁻⁶	9.3×10 ⁻⁷	9.3×10 ⁻⁶
28	¹⁵⁴ Eu	0.1	7.8×10 ⁻⁹	7.8×10 ⁻⁸	1.1×10 ⁻⁷	1.1×10 ⁻⁶	1.2×10 ⁻⁷	1.2×10 ⁻⁶
29	¹⁶⁰ Tb	1	4.2×10 ⁻²²	4.2×10 ⁻²²	0	0	4.2×10 ⁻²²	4.2×10 ⁻²²
30	¹⁸² Ta	0.1	2.5×10 ⁻¹⁶	2.5×10 ⁻¹⁵	0	0	2.5×10 ⁻¹⁶	2.5×10 ⁻¹⁵
31	²³⁹ Pu	0.1	1.2×10 ⁻¹¹	1.2×10 ⁻¹⁰	3.2×10 ⁻⁶	3.2×10 ⁻⁵	3.2×10 ⁻⁶	3.2×10 ⁻⁵
32	²⁴¹ Pu	10	0	0	4.3×10 ⁻²²	4.3×10 ⁻²³	4.3×10 ⁻²²	4.3×10 ⁻²³
33	²⁴¹ Am	0.1	0	0	1.9×10 ⁻²³	1.9×10 ⁻²²	1.9×10 ⁻²³	1.9×10 ⁻²²
規則 33 核種の ΣD/C (A)				3.83×10 ⁻⁴		2.62×10 ⁻²		2.66×10 ⁻²
⁶⁰ Co の D/C (B)				3.82×10 ⁻⁴		2.55×10 ⁻²		2.59×10 ⁻²
⁶⁰ Co の割合 (B/A)				9.97×10 ⁻¹		9.74×10 ⁻¹		9.74×10 ⁻¹

<補足>

- ・評価結果 D は端数処理してあり各 D/C を合計しても合計値と合わないことがある。

浜岡4号炉低圧車軸の管理方法について

番号	質問・コメント等
B	②対象物の管理方法 対象物の管理方法について、各エリア（保管エリア、測定エリア、確認待ちエリア）での具体的な内容を明確にした資料を作成し、説明すること。

1. 「保管エリア」、「測定エリア」及び「確認待ちエリア」の候補地に関する説明
- ・「保管エリア」、「測定エリア」及び「確認待ちエリア」の候補地を以下の図中に点線（）で示す。2020年6月5日提出の認可申請書「(本文) 図-2 対象物の発生場所及び保管場所(2/2)」では、浜岡5号炉タービン建屋三階で複数の候補地を示したが、計画の進展に伴い当該候補地のみとしている。
 - ・当該候補地で3軸を保管し、対象物の処理状況に応じてエリアを「保管エリア」、「測定エリア」及び「確認待ちエリア」と変更させることで、処理状況に則した管理を行う。

「保管エリア」、「測定エリア」および「確認待ちエリア」候補地



出典 浜岡原子力発電所原子炉設置変更許可申請書（5号原子炉の増設）

2. 「保管エリア」、「測定エリア」及び「確認待ちエリア」における対象物の管理方法に関する説明

- 各エリアにおける対象物の管理方法は、認可申請書「(添付 7) 表-1 管理事項」に以下のとおり定めており、各要求事項を①～⑧で分類し、次頁以降で説明する。

表-1 管理事項

<div style="text-align: center;">エリア</div> <div style="text-align: left;">要求事項</div>	保管エリア	測定エリア	確認待ちエリア
①汚染のおそれのある管理区域	○		
②汚染のおそれのない管理区域	○	○	○
③除染，表面汚染密度の確認	○		
④区画（異物の混入防止，追加汚染防止）	○	○	○
⑤施錠（出入管理）	○	○	○
⑥保管状況の確認	○	○	○
⑦「測定前後」又は「確認前後」の識別		○	○
⑧当該エリアからの移動経路の確認	○	○	○

- ・対象物の管理方法に関する説明は以下の通りである。なお、各要求事項該当部は下線で識別する。また、汚染のおそれのある管理区域（保管エリア）における対象物の管理図を図－1に、汚染のおそれのない管理区域（保管エリア、測定エリア、確認待ちエリア）における対象物の管理図を図－2に示す。

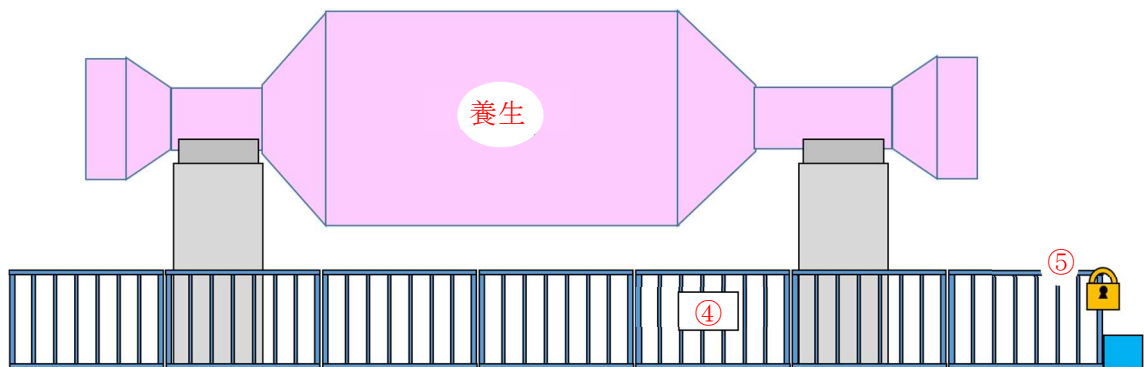
(1) 共通事項

- ・対象物は切断して容器に収納することはせず一体で取り扱い、対象物の「保管エリア」、「測定エリア」及び「確認待ちエリア」（「保管エリア等」）では、放射性物質による追加的な汚染が生じないように④区画して対象物を養生するとともに、出入口を⑤施錠して保管管理する。
- ・「保管エリア等」は、放射能濃度確認担当箇所の承認を受けた者以外の者が立ち入らないように、④区画、⑤施錠により制限する。
- ・定期的に⑥保管状況の確認を行う。
- ・対象物を運搬する際、⑧追加的な汚染のおそれがない経路を選定する。経路は原則汚染のおそれのない管理区域とする。汚染のおそれのある管理区域を選定する場合は、対象物を養生し追加的な汚染防止措置を講じる。
- ・対象物が⑦「測定前」、「測定中」、「測定済み（国の確認前）」あるいは「確認済み（国の確認を受けた物）」であることが分かるように識別管理する。
- ・「測定エリア」及び「確認待ちエリア」では、放射性物質による追加的な汚染が生じないように、④区画してハウスを設置することで②汚染のおそれのない管理区域とするとともに、出入口を⑤施錠して対象物を保管管理する。

(2) 保管エリア

- ・「保管エリア」は①汚染のおそれのある管理区域又は②汚染のおそれのない管理区域とし、④区画により異物の混入及び追加汚染を防止する。
- ・必要に応じて対象物を③除染し、表面汚染密度を測定する。

図一1 汚染のおそれのある管理区域（保管エリア）における管理図



(3) 測定エリア

- ・「測定エリア」は②汚染のおそれのない管理区域とし、④区画内にハウスを設置することにより異物の混入及び追加汚染を防止する。
- ・対象物の⑦測定前後を識別管理する。

(4) 確認待ちエリア

- ・「確認待ちエリア」は②汚染のおそれのない管理区域とし、④区画内にハウスを設置することにより異物の混入及び追加汚染を防止する。
- ・対象物の⑦確認前後を識別管理する。

図一 2 汚染のおそれのない管理区域（保管エリア，測定エリア，確認待ちエリア）
における保管図



浜岡5号炉タービンロータの養生およびハウス設置状況

対象物の養生



ハウスの設置



※ 上記の浜岡5号炉タービンロータは全ての測定・評価結果の確認が終了しており、本申請の対象外である。

- ・認可申請日：平成25年5月31日（平成26年2月3日一部補正）
- ・認可日：平成26年5月1日
- ・全ての確認を終了した日：平成29年11月27日

品質マネジメントシステムについて

番号	質問・コメント等
C	③品質マネジメントシステム 申請書の品質マネジメントシステムの記載について、保安規定の記載との関連性を整理して説明すること。

添付書類八の記載内容と審査基準および保安規定との関連性を以下に示す。

(1) 添付書類八「放射能濃度の測定及び評価に係る品質マネジメントシステムに関する説明」の記載内容と審査基準4「放射能濃度の測定及び評価のための品質保証」に関する整合性は、2020年10月20日に提出した回答書(No.14)に整理している。(添付書類(1)参照)

- ・クリアランスの業務を統一的に管理する者(審査基準4(1)イ)として、保安規定【第1編】第86条の2の2 2項(1)に「各課長は、放射能濃度確認対象物の取扱いをしようとするものについては、廃棄物管理課長の判断に基づき取扱う。」と定めており、認可申請書には、「放射能濃度の測定及び評価並びに対象物の保管管理に関する業務を統一的に管理する者を、浜岡原子力発電所原子炉施設保安規定に定め組織の中で明確にする。」ことを定める。

なお、認可申請書に業務を統一的に管理する者を直接記載しない理由は、組織改正により業務の担当部署が変更しうること、担当部署名が変更しうることから、その際、変更手続きが発生する保安規定に定めることとした。

- ・クリアランスの業務に関する教育・訓練(審査基準4(1)ロ)として、以下の内容を認可申請書に定める。

放射能濃度の測定及び評価並びに対象物の保管管理に関する業務に必要な教育・訓練の実施事項を社内規定に定め明確にし、当該業務を実施する者への教育・訓練の実施及び技能の維持を図る。また、放射能濃度の測定及び評価に必要な技能を習得した者が業務を実施するよう社内認定を行う。

なお、当社の社内規定としては、【クリアランス管理手引】などに定めて実施する。

- ・放射線測定装置の管理(審査基準4(1)ハ)として、以下の内容を認可申請書に定める。放射能濃度の測定及び評価に使用する放射線測定装置は、定期的な点検・校正を社内規定に定め実施する。

なお、当社の社内規定としては、【クリアランス管理手引】などに定めて実施する。

- ・異物の混入防止（審査基準 4(1)二）として、保安規定などの下部規程に具体的業務を定めて業務を実施する旨を認可申請書に定める。

なお、当社の社内規定としては、【クリアランス管理手引】などに定めて実施する。

(2) 添付書類八「放射能濃度の測定及び評価に係る品質マネジメントシステムに関する説明」の記載内容と保安規定の関連性は、以下のとおり。(添付書類(2)参照)

- ・認可申請書（添付書類八 8-1 頁）「1.責任の明確化」は、上述のとおり「保安規定【第1編】第6章放射性廃棄物管理 第86条の2の2項(1)」に定めている。
- ・認可申請書（添付書類八 8-1 頁）「2.教育・訓練」は、他の保安活動の一般的な教育と同様に、「保安規定【第1編】第2章品質マネジメントシステム 第3条 6.2 要員の力量の確保及び教育訓練」に定め、保安規定傘下の社内規定に従い実施する。また、「保安規定【第1編】第12章記録及び報告 第119条」に従い記録を作成し、管理する。
- ・認可申請書（添付書類八 8-1 頁）「3.業務の実施」は、「保安規定【第1編】第6章放射性廃棄物管理 第86条の2の2」に放射能濃度の測定及び評価並びに対象物の保管管理を定め、保安規定傘下の社内規定に従い実施する。また、「保安規定【第1編】第12章記録及び報告 第119条」に従い記録を作成し、管理する。
- ・認可申請書（添付書類八 8-1 頁）「4.放射線測定装置の管理」は、「保安規定【第1編】第9章施設管理 第106条 6.保全計画の策定」と同様に保安規定傘下の社内規定に従い実施する。また、「保安規定【第1編】第12章記録及び報告 第119条」に従い記録を作成し、管理する。
- ・認可申請書（添付書類八 8-1 頁）「5.評価及び改善」は、「保安規定【第1編】第2章品質マネジメントシステム 第3条 8.2.2 内部監査」などに定め、保安規定傘下の社内規定に従い実施する。

以上

添付資料（1）

審査基準4「放射能濃度の測定及び評価のための品質保証」に関する整合性について
(No.14)

No.	Page	質問・コメント等
14		審査基準4.「放射能濃度の測定及び評価のための品質保証」に関して、認可申請書に、対応している旨と具体的な措置について記載すること。 具体的には以下のとおり。 イ：統一的に管理する者は誰か（保安規定に定めている場合はその旨を記載すること） ロ：教育・訓練に関するマニュアルを定めることを記載すること ハ：点検・校正に関するマニュアルを定めることを記載すること

別紙のとおり記載を修正する。具体的な措置を記載した箇所を太字で示す。

審査基準 4「放射能濃度の測定及び評価のための品質保証」	当社の対応
(1)イ：放射能濃度の測定及び評価並びに放射能濃度確認対象物の保管に関する業務を統一的に管理する者を定め、その責任を明らかにしていること。	<u>添付書類八 8-1 頁 1.責任の明確化</u> ・放射能濃度の測定及び評価並びに対象物の保管管理に関する業務を統一的に管理する者を、 浜岡原子力発電所原子炉施設保安規定に定め組織の中で明確にする。
(1)ロ：放射能濃度の測定及び評価に係る業務は、それぞれの業務に必要な知識及び技術を習得した者に行わせているとともに、当該業務を実施する上で必要な定期的な教育及び訓練についてのマニュアル等を定め、これに基づいて教育及び訓練を実施していることが確認できる体制が定められていること。	<u>添付書類八 8-1 頁 2.教育・訓練</u> ・放射能濃度の測定及び評価並びに対象物の保管管理に関する業務に必要な教育・訓練の実施事項を 社内規定に定め明確にし 、当該業務を実施する者への教育・訓練の実施及び技能の維持を図る。 ・放射能濃度の測定及び評価に必要な技能を習得した者が業務を実施するよう社内認定を行う。
(1)ハ：放射線測定装置の点検及び校正についてのマニュアル等を定め、これに基づいて点検及び校正が行われていることが確認できる体制が定められていること。	<u>添付書類八 8-1 頁 4.放射線測定装置の管理</u> ・放射能濃度の測定及び評価に使用する放射線測定装置は、 定期的な点検・校正を社内規定に定め実施する。
(1)ニ：放射能濃度確認対象物とそれ以外の廃棄物が混在することのないうよう分別して管理する体制が定められていること。	<u>添付書類八 8-1 頁 3.業務の実施</u> ・放射能濃度の測定及び評価並びに対象物の保管管理に関する業務は、浜岡原子力発電所原子炉施設保安規定、原子力品質保証規程及び品質保証計画書に基づく下部規程に具体的業務を定めて、業務を実施する。
(2)以上の点について、規則第5条第2項第8号に掲げる事項として、申請書の添付書類に記載されていること。	省略

以上

中部電力保安規定【第1編】 第92回変更（6-4,5頁）＜抜粋＞

（放射能濃度確認対象物及び放射能濃度の確認を受けた物の管理）

第86条の2の2 廃棄物管理課長は、原子炉等規制法第61条の2第1項の規定に基づく放射能濃度についての確認（以下、「放射能濃度の確認」という。）を受けようとする物（以下、「放射能濃度確認対象物」という。）及び放射能濃度の確認を受けた物の取扱いに関する次の業務を管理する。

- (1) 放射能濃度確認対象物の保管管理（第2項(3)、第3項(3)）
- (2) 放射能濃度確認対象物の放射能濃度の測定及び評価（第3項(2)）
- (3) 放射能濃度の確認を受けた物の保管管理（第4項）

2 各課長は、原子炉等規制法第61条の2第2項の規定に基づき認可を受けようとする放射能濃度確認対象物又は原子炉等規制法第61条の2第2項の規定に基づき認可を受けた放射能濃度確認対象物について、次の事項を実施する。

(1) 各課長は、放射能濃度確認対象物の取扱いをしようとするものについては、廃棄物管理課長の判断に基づき取扱う。

(2) 各課長は、放射能濃度確認対象物の性状に応じて分別及び除染を行い、必要に応じて切断した上で、収納容器に収納する場合は、表119-1の放射能濃度確認対象物に係る記録と照合できる措置を講じる。

(3) 各課長は、放射能濃度確認対象物について、放射能濃度の測定を行う場所に運搬するまでの間、放射能濃度確認対象物以外の異物の混入を防止する措置を講じ保管する。

3 各課長は、原子炉等規制法第61条の2第2項の規定に基づき認可を受けた放射能濃度確認対象物について、次の事項を実施する。

(1) 各課長は、放射能濃度確認対象物の放射能濃度の測定を行う場所への運搬に当たっては、放射性物質による追加的な汚染を防止する措置を講じる。

(2) 廃棄物管理課長は、原子炉等規制法第61条の2第2項の規定に基づき認可を受けた放射能濃度の測定及び評価の方法に従い、放射能濃度確認対象物以外の異物の混入及び放射性物質による追加的な汚染を防止する措置を講じ、放射能濃度確認対象物の放射能濃度の測定及び評価を行う。

(3) 第3項(2)の測定及び評価の結果、製錬事業者等における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についての確認等に関する規則（以下、「放射能濃度確認規則」という。）に定める放射能濃度の基準を満たす場合は、廃棄物管理課長は、放射能濃度の測定前の放射能濃度確認対象物及び放射能濃度確認対象物以外の異物の混入を防止する措置並びに放射性物質による追加的な汚染を防止する措置を講じて保管する。

2020年11月17日
中部電力株式会社

- (4) 第3項(2)の測定及び評価の結果、放射能濃度確認規則に定める放射能濃度の基準を満たさない場合は、再度、各課長が除染等を行い、廃棄物管理課長が測定及び評価を行う。
または、各課長が第86条に基づき、放射性固体廃棄物として管理する。
- 4 廃棄物管理課長は、放射能濃度の確認を受けた物について、搬出するまでの間、放射能濃度確認対象物以外の異物の混入を防止する措置及び放射性物質による追加的な汚染を防止する措置を講じて保管する。

以上

2020年11月17日
中部電力株式会社

2020年11月10日提出資料の追加説明資料

浜岡4号炉低圧車軸クリアランス認可申請書の審査において、今までに提出した回答書の内容を反映した説明資料を次ページ以降に示す。

一 氏名又は名称及び住所並びにその代表者の氏名

名 称 中部電力株式会社
住 所 名古屋市東区東新町 1 番地
代表者の氏名 代表取締役社長 林 欣吾
社長執行役員

二 放射能濃度確認対象物が生ずる工場等の名称及び所在地

名 称 浜岡原子力発電所
所 在 地 静岡県御前崎市佐倉

三 放射能濃度確認対象物が生ずる施設の名称

名 称 浜岡原子力発電所 4号原子炉施設

- ・昭和 61 年 11 月 15 日付け本原計発第 35 号をもって「浜岡原子力発電所原子炉設置変更許可申請書（4号原子炉の増設及び1号，2号，3号原子炉施設の変更）」を提出し，「核原料物質，核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」（以下，「法」という。）第 26 条第 1 項（当時）の規定に基づき昭和 63 年 8 月 10 日付け 61 資庁第 15688 号により増設が許可された浜岡原子力発電所 4号原子炉施設（以下，「浜岡 4号炉」という。）をいう。（参考文献 1）
- ・放射能濃度確認対象物（以下，「対象物」という。）が**生ずる**施設の詳細は「添付書類一」に記載した。

四 放射能濃度確認対象物の種類、発生及び汚染の状況並びに推定される総重量

- ・対象物は、浜岡 4 号炉の修理により取り外した低圧車軸 (A) ～ (C) の 3 軸 (合計重量 334 トン) であり、その材質は金属 [REDACTED] [REDACTED] である。
- ・対象物を使用していた時の浜岡 4 号炉の型式は「濃縮ウラン燃料，軽水減速，軽水冷却，沸騰水型」である。
- ・浜岡 4 号炉は，平成 4 年 12 月 12 日に原子炉を初起動し，平成 4 年 12 月 21 日に蒸気タービンを初起動し，平成 5 年 9 月 3 日より営業運転を開始した。
- ・平成 23 年 5 月 6 日付け要請書「浜岡原子力発電所の津波に対する防護対策の確実な実施とそれまでの間の運転停止について」（平成 23・05・06 原第 1 号）への対応として，平成 23 年 5 月 13 日に原子炉を停止した（以下，「第 13 サイクル原子炉停止時」という。）。
- ・平成 24 年 1 月 25 日から開始した浜岡 4 号炉第 13 回定期検査（以下，「第 13 回定期検査」という。）において，低圧タービン第 7 段～第 12 段の翼取付部（車軸側）の超音波探傷検査及び磁粉探傷検査の結果から，低圧タービンロータ (A) ～ (C) の取り替えを行った。これらの低圧車軸が本申請の対象物である。対象物の概要を「(本文) 図-1」に示す。
- ・対象物の汚染形態は，主に主蒸気中に含まれる放射性物質が付着することによる汚染（以下，「二次的な汚染」という。）であり，中性子の照射を受けて放射性物質が生成されることによる汚染（以下，「放射化汚染」という。）は僅かである。
- ・第 13 回定期検査で取り外した低圧車軸 3 軸は，平成 27 年 7 月に浜岡 4 号炉タービン建屋から浜岡原子力発電所 5 号原子炉施設（以下，「浜岡 5 号炉」という。）タービン建屋へ運搬した。対象物の発生場所及び保管場所を「(本文) 図-2」に示す。
- ・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の詳細は「添付書類二」に記載した。

五 評価に用いる放射性物質の種類

1. 評価に用いる放射性物質の種類を選択方法

- ・対象物の放射能濃度の評価に用いる放射性物質（以下、「評価対象核種」という。）は、対象物に含まれる放射性物質のうち、放射性物質の放射能濃度を評価する上で重要となるものを選択する。
- ・評価対象核種は、「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 8 月 13 日施行，原子力規制委員会規則第 16 号。以下、「規則」という。）別表第 1 欄の放射性物質のうち、「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係る審査基準」（令和 2 年 8 月 13 日施行，原規規発第 2007294 号，原子力規制委員会決定。以下、「審査基準」という。）別記第 1 号に掲げる 33 種類の放射性物質（以下、「規則 33 核種」という。）を対象に，審査基準に準拠して選択する。（参考文献 2）
- ・放射性物質の放射能濃度の評価は，日本原子力学会標準「クリアランスの判断方法：2005」を参考に行う。（参考文献 3）
- ・評価対象核種は，「(本文) 図-3」に示す「評価対象核種を選択フロー」に基づき，各汚染形態の放射能濃度を統合した放射能濃度を求め，これを基に評価対象核種を選択する。具体的には，対象物が生じる原子炉の運転状況，炉型，構造の特性を踏まえ，放射化汚染及び二次的な汚染の放射能濃度を算出した後，これらを統合して評価対象核種を選択するための放射能濃度を求める。規則別表第 2 欄の放射能濃度の単位は Bq/kg となっているが，本申請書では放射能濃度の単位は Bq/g として扱う。
- ・これを基に，規則 33 核種の中で重要度の大きい順に選択し，重要度の和が 90%以上となる核種を評価対象核種とする。

(1) 放射化汚染

- ・放射化汚染の放射能濃度は，「(本文) 表-1」に示すとおり，放射化計算法で求める。
- ・評価対象核種を選択にあたり，放射性物質の種類が幅広くかつ適切に選択できるよう，放射化計算に用いる元素組成は対象物から試料採取して分析して求めた値を用いるなど入力パラメータ（元素組成，中性子束，照射履歴及び減衰期間）を適切に設定するとともに，使用実績のある放射化計算コードを用いる。その際，評価対象核種を選択に

影響を与える入力パラメータの不確かさを考慮する。

(2) 二次的な汚染

- ・二次的な汚染の放射能濃度は、「(本文) 表-1」に示すとおり、放射化計算（相対比率計算法）又は放射化学分析の結果を基に求める。
- ・その際、放射性物質の種類が幅広くかつ適切に選択できるよう、放射化計算に用いる入力パラメータ（元素組成、中性子束、照射履歴及び減衰期間）を適切に設定し使用実績のある放射化計算コードを用いるとともに、代表試料の放射化学分析データの不確かさを考慮する。
- ・二次的な汚染の起源を以下の2種類に分類する。
 - a) 「一次冷却設備から溶解した腐食生成物が炉心中性子で放射化されて生成した放射性腐食生成物」及び「一次冷却水が炉心中性子で放射化されて生成する放射性物質」（以下、「CP核種」という。）
 - b) 「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「中性子捕獲生成物で系統水中に放出されたもの」（以下、「FP核種」という。）
- ・規則 33 核種から ^3H を除く 32 核種（以下、「規則 32 核種」という。）の放射能濃度 (Bq/g) は、基準核種を ^{60}Co とし、基準核種 (^{60}Co) の放射能濃度を 1 (Bq/g) として算出した規則 32 核種の放射能濃度比に、事前調査に基づく [] 基準核種 (^{60}Co) の放射能濃度の値を乗じることによって求める。
- ・ ^3H は、事前調査に基づく [] によって求める。
- ・二次的な汚染の評価では、福島第一原子力発電所事故由来の放射性物質の降下物（以下、「フォールアウト」という。）の影響を確認する。
(参考文献 4)

(3) 評価対象核種の選択

- ・放射化汚染の放射能濃度 (Bq/g) 及び二次的な汚染の放射能濃度 (Bq/g) を核種毎に合計し、評価対象核種の選択に用いる規則 33 核種の放射能濃度 (D) を設定基準日（令和 2 年 4 月 1 日）の値として求める。
- ・規則 33 核種の放射能濃度 (D) を規則別表第 2 欄の放射能濃度 (C)（以下、「基準値」という。）で除した比率 (D/C) 及び比率の合計（以下、「 $\Sigma D/C$ (規則 33 核種)」という。）を求める。
- ・規則 33 核種の中から比率 (D/C) が大きい核種から順に選択し、選

択した核種の比率 (D/C) の合計 (以下, 「 $\Sigma D/C$ (選択核種)」という。) を $\Sigma D/C$ (規則 33 核種) で除した比率「 $(\Sigma D/C \text{ (選択核種)}) / (\Sigma D/C \text{ (規則 33 核種)})$ 」が 0.9 以上となる核種を評価対象核種として選択する。

- ・以上を確認することで, 評価対象核種を選択する。

2. 評価に用いる放射性物質の種類に関する不確かさ

(1) 放射化汚染

- ・評価対象核種を選択方法は, 「(本文) 図-3」の「評価対象核種を選択フロー」に記載したとおりである。
- 

(2) 二次的な汚染

- ・評価対象核種を選択方法は, 「(本文) 図-3」の「評価対象核種を選択フロー」に記載したとおりである。
- 

(3) 評価対象核種の選択

- ・評価対象核種を選択するための放射能濃度を求めるため、放射化汚染の放射能濃度 (Bq/g) と二次的な汚染の放射能濃度 (Bq/g) を核種毎に合計する際

評価対象核種の選択への影響を確認する。

3. 評価に用いる放射性物質の種類を選択結果

- ・フォールアウトの調査方法及び評価結果は「浜岡原子力発電所において用いた資材等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の認可申請書（平成 29 年 10 月 17 日付け本浜岡発第 109 号にて申請，平成 30 年 11 月 29 日付け本浜岡発第 106 号及び平成 31 年 2 月 15 日付け本浜岡発第 112 号にて一部補正）」（以下、「浜岡 1、

2号炉解体クリアランス認可申請書」という。)に示すとおり、 ^{137}Cs は全て検出限界計数率未満であるため、フォールアウトによる評価対象核種の選択に影響はないと判断した。(参考文献5)

- ・評価対象核種の選択に用いる放射能濃度の評価結果を「(本文)表-2」に示す。
- ・放射化汚染の放射能濃度は、規則33核種のうちD/Cが最も大きい核種は ^{60}Co であり、 $D/C(^{60}\text{Co})$ を $\Sigma D/C$ (規則33核種)で除した比率は0.9以上である。
- ・二次的な汚染の放射能濃度は、規則33核種のうちD/Cが最も大きい核種は ^{60}Co であり、 $D/C(^{60}\text{Co})$ を $\Sigma D/C$ (規則33核種)で除した比率は0.9以上である。
- ・放射化汚染及び二次的な汚染を合計した放射能濃度は、規則33核種のうちD/Cが最も大きい核種は ^{60}Co であり、 $D/C(^{60}\text{Co})$ を $\Sigma D/C$ (規則33核種)で除した比率は0.9以上である。(以上のいずれも令和2年4月1日時点)。
- ・放射化汚染及び二次的な汚染を合計した規則33核種の放射能濃度で、設定基準日(令和2年4月1日)から令和12年4月1日までの10年間「法第61条の2第1項に基づく放射能濃度の確認(以下、「国の確認」という。)を終える期限を、浜岡5号炉タービンロータの確認実績を基に設定基準日から3年とし、更に7年の余裕をみて10年間とする」、D/Cが最も大きい核種は ^{60}Co であり、比率「 $(\Sigma D/C(\text{選択核種})) / (\Sigma D/C(\text{規則33核種}))$ 」が0.9以上となる核種は ^{60}Co の1核種である。
- ・以上より、 ^{60}Co の1核種を評価対象核種として選択する。
- ・評価に用いる放射性物質の選択の詳細は「添付書類三」に記載した。

六 評価単位

1. 単位に関する説明

- ・「評価単位」は、「(本文) 図-4」に示すとおり、同一構造となる箇所を選定し、低圧車軸を仮想的に分割して設定する。
- ・「測定単位」は、放射能濃度の均一性に配慮するため、汚染の履歴を考慮して汚染の程度が大きく異なる箇所が同一の「測定単位」とならないよう、「評価単位」を仮想的に分割して設定する。

(1) 評価単位


- ・「評価単位」は評価対象核種の D/C (^{60}Co) が 1 以下であることを判断する重量単位である。
- ・「評価単位」の重量は 10 トン以下とする。
- ・各低圧車軸とも軸方向に仮想的に 26 分割し、それぞれを「評価単位」とする。

(2) 測定単位

- ・「測定単位」は測定により放射能濃度を求める最小の重量単位である。
- ・「測定単位」は「評価単位」を周方向に仮想的に分割して設定する。具体的には、放射線測定装置と「測定単位」の相対位置を考慮して、重量が 1 トン以下となるよう設定する。
- ・「測定単位」のうち、単一の放射線測定装置で 1 回の測定で放射エネルギーを測定する領域を「測定領域」とする。「測定単位」の形状により「測定領域」は複数になる場合がある。

2. 評価単位及び測定単位の設定並びに運用

- ・「評価単位」及び「測定単位」は、評価対象核種の D/C (^{60}Co) が 1 以下となるように設定する。
- ・低圧車軸は回転体構造であることから、周方向の汚染は一定レベル以下で同程度と評価した。対象物は、除染(ブラスト除染)を行い、追加汚染防止措置を講じて保管している。事前調査の結果(表面汚染密度)を基に対象物の放射能濃度を評価した結果、保守的に評価しても D/C (^{60}Co) は 1 以下となること、「評価単位」を構成する「測定単位」となる周方向の放射能濃度は D/C (^{60}Co) が 1 を下回る一定レベル以下で同程度と評価した。

- 
- 「測定単位」の放射能濃度は、「測定単位」を構成する「測定領域」の放射エネルギーを合計し「測定単位」の重量で除して求める。
 - **評価単位**の詳細は「添付書類四」に記載した。

七 放射能濃度の決定を行う方法

1. 放射能濃度の決定方法

- ・上記五「評価に用いる放射性物質の種類」及び「(本文)表-2」に記載のとおり、「放射化汚染及び二次的な汚染を合計した $\Sigma D/C$ (規則33核種)」のうち「二次的な汚染の $\Sigma D/C$ (規則33核種)」が90%以上を占め、「放射化汚染及び二次的な汚染を合計した $D/C(^{60}\text{Co})D/C(^{60}\text{Co})- ・下記八「放射線測定装置の種類及び測定条件」に記載のとおり、Ge半導体検出器を用いた評価対象核種(^{60}Co)の測定において、「測定単位」の放射能濃度が検出限界値相当で 0.05Bq/g (評価対象核種(^{60}Co))以下となるように測定するのに対して、放射化汚染による評価対象核種(^{60}Co)の放射能濃度($3.8\times 10^{-5}\text{Bq/g}$)は基準値の1%未満である(令和2年4月1日時点)。
- ・以上より、「測定単位」及び「評価単位」の評価対象核種(^{60}Co)の放射能濃度の測定においては、放射化汚染の程度は無視できると判断し、二次的な汚染の放射能濃度を測定することによって求めることとする。
- ・その際、測定及び評価における不確かさを考慮する。
- ・放射能濃度の評価日は、「評価単位」に対応する代表「測定単位」の測定日とする。
- ・放射能濃度は、放射線測定法による評価対象核種(^{60}Co)の放射エネルギーの測定結果及び「測定単位」の重量を基に求める。放射線測定装置にはGe半導体検出器又はNaIシンチレーションサーベイメータを用いる。
- ・「測定単位」の放射能濃度は、「測定単位」を構成する「測定領域」の放射エネルギーを合計し、「測定単位」の重量で除して求める。
- ・本申請の対象物である低圧車軸は、上記六「評価単位」に記載のとおり、「評価単位」を構成する「測定単位」の放射能濃度が概ね同じであり、いずれの「測定単位」においても $D/C(^{60}\text{Co})$ が1を下回ると評価することから、$

2. 放射能濃度の決定方法に関する不確かさ



- ・ 以上より、「評価単位」及び [redacted] 測定単位」の放射能濃度は、個別の条件毎に不確かさを考慮し、D/C (^{60}Co) で 1 以下とする。
- ・ 放射能濃度の決定を行う方法の詳細は「添付書類五」に記載した。

八 放射線測定装置の種類及び測定条件

- ・放射能濃度の測定に使用する放射線測定装置は、対象物の形状、材質、「評価単位」、**汚染の状況**に応じた適切なものを選択し、測定効率を適切に設定できる放射線測定装置とする。
- ・放射能濃度の測定条件は、基準値以下であることを適切に判断できるように設定する。

1. 放射線測定装置の種類

- ・放射能濃度は、原則として Ge 半導体検出器を用いて求める。**低圧車軸のカップリング穴等の Ge 半導体検出器が近接できない箇所は原則として NaI シンチレーションサーベイメータを用いて測定する**
- ・表面汚染密度の測定は、汎用測定装置である「GM 管式サーベイメータ」又は「プラスチックシンチレーション式サーベイメータ」を使用する。

2. 測定条件

- ・**測定条件とは**、代表「測定単位」における評価対象核種の D/C (^{60}Co) が 1 以下であることの判断を可能にする放射線測定装置の測定値及び検出限界値を得るための条件であり、評価対象核種 (^{60}Co) の放射能換算係数、検出限界値、測定時間、放射能濃度評価に用いる評価対象核種 (^{60}Co) の計数率、点検・校正及び**測定条件**の不確かさを考慮する。

2. 1 評価対象核種 (^{60}Co) の放射能換算係数

- ・放射能換算係数は、放射線測定装置で測定した評価対象核種 (^{60}Co) の計数率 (s^{-1}) と放射能量 (Bq) を対応づける**換算係数 (Bq/s^{-1})**である。
- ・「測定単位」の形状に応じて「測定領域」を設定し、「測定領域」毎に放射能換算係数を設定する。
- ・放射能換算係数は、「(本文) 図-6」に示すとおり、放射線測定装置の検出器と「測定領域」との位置関係により、検出器と「測定領域」の間に遮へいとなる部分が存在しない場合 (以下、「ケース A」という。) と、存在する場合 (以下、「ケース B」という。) に分けて設定する。

- ・その際、測定結果が保守的となるように放射能換算係数を設定する。

(1) ケース A の放射能換算係数

- ・検出器と「測定領域」の間に遮へいとなる部分が存在しない「測定領域」(ケース A) の測定には Ge 半導体検出器又は NaI シンチレーションサーベイメータを用いる。

- ・表面汚染密度の測定は、汎用測定装置である「GM 管式サーベイメータ」又は「プラスチックシンチレーション式サーベイメータ」を使用し、測定結果が \square Bq/cm² 未満であることを確認することで、表面汚染密度の代表値は \square Bq/cm² (令和 2 年 4 月 1 日時点) とする (⁶⁰Co 相当：以下、⁶⁰Co 相当の表面汚染密度の説明では「⁶⁰Co 相当」の記載を省略する。)

(2) ケース B の放射能換算係数

- ・検出器と「測定領域」の間に遮へいとなる部分が存在する「測定領域」(ケース B) の測定には Ge 半導体検出器を用いる。

(3) 妥当性確認

- ・両ケースとも，対象物の形状，汚染状況等を適切に設定した模擬線源を用いて，基準値を下回ることの判断が出来る測定ができること，放射線の測定方法及び放射線測定装置の性能を確認する。
- ・その際，計数率が最小となるような模擬線源の配置を考慮する。

2. 2 検出限界値

- ・Ge 半導体検出器の検出限界値は，基準値以下であることの判断が可能となるよう検出限界値を設定し，また，測定場所周辺のバックグラウンドの状況及び対象物の遮へい効果を考慮して決定する。
- ・NaI シンチレーションサーベイメータを用いて測定する場合，測定した計数率がバックグラウンドを含め全て「測定領域」の評価対象核種 (^{60}Co) のものとする事から，検出限界値は設定しない。

2. 3 測定時間

- ・Ge 半導体検出器の測定時間は， 測定単位」の D/C (^{60}Co) が 1 以下であることの判断が可能な測定時間とする。具体的には，計数率の統計的誤差を考慮しても D/C (^{60}Co) が 1 以下であることの判断が可能となるよう，検出限界値相当で 0.05 Bq/g(評価対象核種 (^{60}Co)) 以下となる測定時間を設定する。
- ・NaI シンチレーションサーベイメータの測定時間は，放射線測定装置の特性上，統計的な誤差が小さい時定数 30 秒の 3 倍以上である 90 秒以上とする。

2. 4 放射能濃度評価に用いる評価対象核種 (^{60}Co) の計数率

- ・放射能濃度評価に用いる評価対象核種 (^{60}Co) の計数率は，Ge 半導体検出器を用いて測定する場合，計数率の統計的誤差を考慮するため，評価対象核種 (^{60}Co) の計数率が検出された場合，検出値の 95% 片側上限値 (検出値 + 標準偏差の 1.645 倍) を評価に用いる計数率として採用する。
- ・NaI シンチレーションサーベイメータを用いて測定する場合，測定した計数率がバックグラウンドを含めて全て「測定領域」の評価対象核種 (^{60}Co) のものとして放射能濃度に換算することから，測定した計数率を放射能濃度の評価に用いる評価対象核種 (^{60}Co) の計数率とする。
- ・具体的には，以下のとおりとする。

評価対象核種 (⁶⁰ Co) の測定結果	評価に用いる計数率 (s ⁻¹)	
	Ge 半導体検出器	NaI シンチレーションサーベイメータ
検出	検出値 + 1.645σ	測定値
検出限界値未満	検出限界計数率	

注) σ は検出値の標準偏差。

- Ge 半導体検出器の測定の結果，検出限界計数率未満であり，かつ検出限界値相当で **0.05 Bq/g** (評価対象核種 (⁶⁰Co)) 以下とならない場合，測定条件を見直して再測定を行うか，再除染し再測定を行うか又は対象物から除外する。
- 以上より，測定の結果，「評価単位」の **D/C** (⁶⁰Co) が **1** 以下となることを確認し，国の確認を受ける。

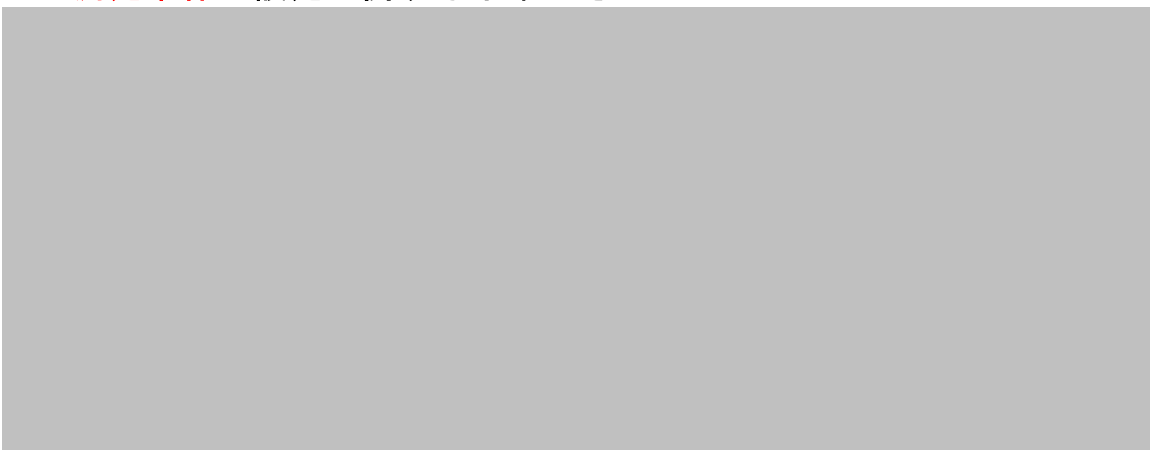
2. 5 点検・校正


- 放射線測定装置を使用する時はあらかじめ日常点検を行う。
- 1年に1回，放射線測定装置の定期点検（点検・校正）を行う。

2. 6 表面汚染密度の測定方法及び測定条件

- 表面汚染密度の測定は，JIS Z 4504：2008 「放射性表面汚染の測定方法－β線放出核種（最大エネルギー0.15MeV 以上）及びα線放出核種」に準拠して行う。（参考文献 7）
- **■** Bq/cm² 未満の表面汚染密度を測定するため，BG 計数率，機器効率，線源効率から検出限界値を算出し，対象物の表面汚染密度が **■** Bq/cm² を下回るように測定条件を設定する。

3. 測定条件の設定に関する不確かさ



- 
- ・測定条件の不確かさを考慮して評価した「評価単位」の評価対象核種の D/C (^{60}Co) が 1 以下となることを確認し，国の確認を受ける。
 - ・放射線測定装置の選択及び測定条件の設定の詳細は「添付書類六」に記載した。

九 放射能濃度確認対象物の保管場所及び保管方法

1. 対象物の保管場所

- ・対象物は，発生した浜岡 4 号炉から浜岡 5 号炉への運搬後に除染を実施し，浜岡 5 号炉タービン建屋 3 階の汚染のおそれのある管理区域に汚染防止措置を講じて保管している。放射能濃度の測定及び評価を行うまで対象物を保管する場所を「保管エリア」として管理する。ここで，「保管エリア」となる汚染のおそれのある管理区域では，原子炉の運転及び停止期間において放射化汚染の影響は無く，二次的な汚染を対象とし，二次的な汚染の追加汚染防止措置を講じて対象物を保管する。
- ・測定及び評価にあたっては，汚染のおそれのない管理区域に設定する「測定エリア」に対象物を運搬し，各低圧車軸を構成する全ての「評価単位」の測定及び評価を行う。
- ・測定及び評価を行った結果，全ての「評価単位」において評価対象核種 (^{60}Co) の D/C が 1 以下となることを確認した低圧車軸は，国の確認までの間，汚染のおそれのない管理区域に設定する「確認待ちエリア」（「測定エリア」で測定及び評価が終わった後，国の確認まで保管する場所）で保管する。
- ・「測定エリア」及び「確認待ちエリア」の候補地は「(本文) 図-2」に示す浜岡 5 号炉タービン建屋 3 階である。

2. 対象物の保管方法

- ・対象物への異物の混入，放射性物質による汚染及び経年変化を防止するため，以下の措置を講ずる。
- ・対象物は切断して容器に収納することはせず一体で取り扱い，対象物の「保管エリア」，「測定エリア」及び「確認待ちエリア」（以下，「保管エリア等」という。）は，放射性物質による追加的な汚染のないエリアとして管理し，出入口を施錠する。
- ・保管エリア等は，放射能濃度確認担当箇所承認を受けた者以外の者が立ち入らないように制限する。
- ・対象物は異物が混入する構造になっていないため，測定後の対象物に測定前の対象物等が混入することはないが，対象物が「測定前」，「測定中」，「測定済み（国の確認前）」あるいは「確認済み（国の確認を受けた物）」であることが分かるように識別管理する。
- ・放射能濃度の測定後の対象物に放射性物質による追加的な汚染が生じないように管理するとともに，放射能濃度の測定から国の確認までの間，厳格な品質管理を行う。
- ・放射線測定装置を用いた測定は，汚染のおそれのない管理区域である「測定エリア」において実施する。
- ・対象物の運搬は，追加的な汚染のおそれのない経路を選定する。
- ・令和12年4月1日までに測定及び評価を終え，車軸毎に全ての「評価単位」において評価対象核種（ ^{60}Co ）のD/Cが1以下となることを確認し，国の確認の申請を行う。
- ・国の確認を受けた物は，核燃料物質による汚染がないものとして扱う。
- ・対象物の取扱いに関する事項を浜岡原子力発電所原子炉施設保安規定等に定めて実施するとともに，継続的に改善していく。
- ・放射能濃度確認対象物の保管場所及び保管方法の詳細を「添付書類七」に記載した。

十 放射能濃度の測定及び評価に係る品質マネジメントシステム

- ・放射能濃度の測定及び評価並びに対象物の保管管理を高い信頼性をもって実施し、これらを維持・改善するための品質保証活動を次のとおり実施する。
- ・品質保証体制は社長をトップマネジメントとして構築し、体系化した組織及び文書類により、放射能濃度の測定及び評価のための一連の業務に係る計画、実施、評価及び改善のプロセスを実施するための品質保証計画を定める。
- ・対象物の発生から分別、放射能濃度の測定及び評価、保管管理、搬出、これら一連の管理に関する記録の作成及び保存並びに不適合発生時の処置を行う際には、品質保証活動を実施し、放射能濃度の測定及び評価並びに対象物の保管管理に関する業務の信頼性を確保する。
- ・浜岡原子力発電所原子炉施設保安規定、原子力品質保証規程及び品質保証計画書並びにこれらに基づく下部規程に品質マネジメントシステムに関する事項を定めて実施するとともに、継続的に改善していく。
- ・放射能濃度の測定及び評価に係る品質マネジメントシステムの詳細を「添付書類八」に記載した。

以上

参考文献

1. 「浜岡原子力発電所原子炉設置変更許可申請書（4号原子炉の増設及び1号，2号，3号原子炉施設の変更）」（本原計発第35号，昭和61年11月15日）
2. 「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係る審査基準」（令和2年8月13日施行，原規規発第2007294号，原子力規制委員会決定。）
3. 日本原子力学会標準「クリアランスの判断方法：2005」
4. 「東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に係るフォールアウトによる原子力施設における資材等の安全規制上の取扱いについて（内規）」（経済産業省原子力安全・保安院，平成24・03・26原院第10号）
5. 「浜岡原子力発電所において用いた資材等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の認可申請書」（平成29年10月17日付け本浜岡発第109号にて申請，平成30年11月29日付け本浜岡発第106号及び平成31年2月15日付け本浜岡発第112号にて一部補正）
6. 特許第6228024号「放射能評価方法及び放射能評価プログラム」
7. JIS Z 4504：2008 「放射性表面汚染の測定方法－β線放出核種（最大エネルギー0.15MeV以上）及びα線放出核種」

添付書類

- 一 放射能濃度確認対象物が生ずる施設に関する説明
- 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
- 三 評価に用いる放射性物質の選択に関する説明
- 四 評価単位に関する説明
- 五 放射能濃度の決定を行う方法に関する説明
- 六 放射線測定装置の選択及び測定条件の設定に関する説明
- 七 放射能濃度確認対象物の保管場所及び保管方法に関する説明
- 八 放射能濃度の測定及び評価に係る品質マネジメントシステムに関する説明

添付書類 一

放射能濃度確認対象物が生ずる施設に関する説明

放射能濃度確認対象物が生ずる施設に関する説明

- ・対象物が生ずる施設は、昭和 61 年 11 月 15 日付け本原計発第 35 号をもって「浜岡原子力発電所原子炉設置変更許可申請書（4 号原子炉の増設及び 1 号、2 号、3 号原子炉施設の変更）」を提出し、法第 26 条第 1 項（当時）の規定に基づき昭和 63 年 8 月 10 日付け 61 資庁第 15688 号により増設が許可された浜岡 4 号炉のタービン設備である。（参考文献 1）
- ・対象物は、熱出力 3,293 MW の濃縮ウラン燃料を用いた軽水減速・軽水冷却・沸騰水型原子炉である浜岡 4 号炉で使用した低圧タービンロータを構成する車軸（低圧車軸）である。
- ・浜岡 4 号炉の運転状況の概要を「(添付 1) 表-1」に示す。
- ・浜岡 4 号炉は、平成元年 2 月 22 日に着工し、平成 4 年 12 月 12 日に原子炉を初起動、平成 4 年 12 月 21 日に蒸気タービンを初起動し、平成 5 年 9 月 3 日に営業運転を開始した。
- ・タービン設備は、蒸気タービン、復水器、循環水系、復水・給水系、計測制御装置等で構成する。
- ・原子炉で発生した蒸気は、主蒸気管、主蒸気ヘッドを通り主蒸気止め弁及び蒸気加減弁を経て高圧タービンに入る。高圧タービンの排気は湿分分離加熱器、中間蒸気止め弁及びインタセプト弁を経て低圧タービンに入り復水器に導かれる。
- ・復水器で凝縮した復水は、復水ポンプ、復水浄化系及び給水加熱器を通り、原子炉給水ポンプにより給水として原子炉圧力容器に戻される。
- ・給水加熱器を通る復水、給水は、タービン抽気によって加熱される。低圧給水加熱器及び高圧給水加熱器で凝縮したドレンは復水器に戻される。
- ・原子炉で発生した蒸気を蒸気タービンに通さずに直接復水器へ導くタービンバイパス系を設けてある。
- ・タービン設備の概要を「(本文) 図-1」及び「(添付 1) 表-1」に示す。

参考文献

1. 浜岡原子力発電所原子炉設置変更許可申請書（4 号炉の増設及び 1 号、2 号、3 号原子炉施設の変更）

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

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

1. 対象物の種類

- 対象物（低圧車軸）は、金属 [REDACTED] である。

2. 対象物の発生状況

- 対象物は、浜岡4号炉の低圧タービンロータ（A）～（C）の取り替えで発生した低圧車軸（3軸：合計重量334トン）である。
- 浜岡4号炉は、平成24年1月25日から開始した第13回定期検査において、低圧タービンロータの翼取付部（車軸側）の超音波探傷検査及び磁粉探傷検査の結果から、低圧タービンロータ（A）～（C）の取り替えを行った。このうちの低圧車軸が対象物である。
- 対象物は、取り外し後、平成27年7月に浜岡5号炉タービン建屋に運搬し、平成29年1月17日～平成29年2月27日にかけて除染（ブラスト除染）を行い、追加汚染防止の措置を講じて保管している。

3. 対象物の汚染の状況

- 対象物の汚染形態は、主に二次的な汚染（放射性物質が付着することによる汚染）であり、放射化汚染（中性子線の照射を受け放射性物質が生成されることによる汚染）は僅かである。
- 更に福島第一原子力発電所事故に伴うフォールアウトの影響を確認する。
- 対象物の汚染の形態及び汚染の程度を以下に示す。

3. 1 汚染の形態

(1) 放射化汚染

- ・対象物は低圧車軸であることから、原子炉からの直接線やストリーミング線の影響はなく、放射化汚染として考慮すべき中性子線として「主蒸気に含まれる中性子源 (^{17}N : 半減期 約 4 秒) が β 崩壊して ^{16}O になる際に放出される中性子線」(以下、「主蒸気中の ^{17}N 線」という。) を対象とし²、「主蒸気中の ^{17}N 線」による放射化汚染の影響を受ける。(参考文献 1)

(2) 二次的な汚染

- ・主蒸気に含まれる放射性物質が対象物に付着することによって二次的な汚染が生じる。
- ・これらの放射性物質の起源を以下の 2 種類に分類する。
 - a) 「一次冷却設備から溶解した腐食生成物が炉心中性子で放射化されて生成した放射性腐食生成物」及び「一次冷却水が炉心中性子で放射化されて生成する放射性物質」(CP 核種)。
 - b) 「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「中性子捕獲生成物で系統水中に放出されたもの」(FP 核種)。
- ・CP 核種及び FP 核種は、いずれも原子炉の運転によって発生することから、二次的な汚染は CP 核種と FP 核種が混在する。

(3) フォールアウト

- ・福島第一原子力発電所事故に伴うフォールアウトは、「東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に係るフォールアウトによる原子力施設における資材等の安全規制上の取り扱いについて(内規)」(経済産業省原子力安全・保安院, 平成 24・03・26 原院第 10 号) に基づき、 ^{134}Cs 及び ^{137}Cs を調査対象核種とする。
(参考文献 2)

3. 2 汚染の程度

(1) 放射化汚染

- ・放射化汚染による規則 33 核種の放射能濃度を「本文五 評価に用いる放射性物質の種類」(1. 項 評価に用いる放射性物質の種類の選択方法) で述べている放射化計算によって求めた。
- ・低圧タービンのうち主蒸気中の中性子源 ^{17}N の放射能濃度が最も高い低圧タービン主蒸気入口付近における ^{17}N の放射能濃度値を基に求めた対象物の放射化汚染による放射能濃度は、規則 33 核種のいずれにおいても基準値の 1% 未満であり、最も高い値となった ^{60}Co の放射能濃度は $3.8 \times 10^{-5} \text{ Bq/g}$ である (いずれも令和 2 年 4 月 1 日時点)。
- ・主蒸気中の中性子源 ^{17}N の放射能濃度が最も高い低圧タービン主蒸気入口付近の放射化計算結果を代表点として用いることで保守的な放射能濃度の評価となる。
- ・また、主蒸気中の中性子源 ^{17}N の放射能濃度が最も高く、最も放射化する主蒸気入口付近の第 7 段翼から試料を採取して、 ^{60}Co の放射能濃度を測定した結果は、「(添付 2) 表-2」に示すとおり検出限界値 ($1.4 \times 10^{-4} \text{ Bq/g}$) 未満であり、また基準値 (0.1 Bq/g) の 1% 未満である (いずれも令和 2 年 4 月 1 日時点)。

(2) 二次的な汚染

- ・二次的な汚染の程度は、類似構造でありかつ放射能濃度の測定及び評価実績がある浜岡 5 号炉低圧タービンロータ車軸においても同様であるように、低圧車軸の構造上、低圧タービン内における主蒸気の上流側である主蒸気入口付近 (車軸の中央部: 第 7-8 段間) が高く、下流側である主蒸気出口付近 (第 14 段方向) に向けて低くなる傾向を示し、また対象物は回転体であることから、周方向には均一な汚染の傾向を示す。
- ・対象物の表面汚染密度の調査結果を「(添付 2) 図-1」に示す。具体的には以下のとおりである。
- ・浜岡 5 号炉低圧タービンロータ車軸の測定実績より二次的な汚染が最も高い箇所は主蒸気入口付近 (第 7-8 段間) となることから、除染前における低圧車軸 (A) ~ (C) の主蒸気入口付近 (第 7-8 段間の代表点) の表面汚染密度を測定した結果、低圧車軸 (A) は 1.2 Bq/cm^2 、低圧車軸 (B) は 1.5 Bq/cm^2 、低圧車軸 (C) は 1.0 Bq/cm^2 であった。
- ・表面汚染密度は 3 軸とも同程度であるが、最も高い値を示した低圧車軸 (B) を代表車軸として軸方向の表面汚染密度を測定した結果、主蒸気入口付近 (第 7-8 段間) が最も高い値を示し、主蒸気の下流側に向けて低くなり、また低圧

- 車軸の構造上、主蒸気が触れない箇所では汚染は殆ど検出されなかった。
- 除染後（ブラスト除染）の汚染状態を確認するため、除染前に汚染が顕著に確認された主蒸気入口付近（第7-8段間）における周方向の表面汚染密度を測定した結果、いずれの車軸も一定レベル以下で周方向には均一な汚染傾向を示し、3軸全体の平均値は $1.7 \times 10^{-1} \text{Bq/cm}^2$ 、最大値は $4.4 \times 10^{-1} \text{Bq/cm}^2$ である（令和2年4月1日時点）。
 - 二次的な汚染は、
 $2.6 \times 10^{-3} \text{Bq/g}$ と評価した。
 - 以上より、放射化汚染の放射能濃度が $3.8 \times 10^{-5} \text{Bq/g}$ であるのに対して、二次的な汚染は $2.6 \times 10^{-3} \text{Bq/g}$ であることから、汚染は主に二次的な汚染であり、放射化汚染は僅かである。
 - 更に、二次的な汚染の核種を確認するため放射化学分析を実施した。代表点として、低圧車軸と同じ使用環境で暴露している翼のうち、除染前に最も表面汚染密度が高かった低圧タービンロータの主蒸気入口付近の翼（第7段翼（A）～（C））を選定した。
 - 第7段翼（除染前）から代表試料を採取し、放射化学分析で検出可能な核種として ^3H 、 ^{14}C 、 ^{60}Co 、 ^{63}Ni 、 ^{90}Sr 及び ^{137}Cs を分析した結果、「(添付2)表-2」に示すとおり、 ^{60}Co 、 ^{63}Ni 、 ^{90}Sr 及び ^{137}Cs を検出し、 ^3H 及び ^{14}C は検出限界値未満であった。検出核種の中では、 ^{60}Co が最も高い値 (Bq) を示した。

(3) フォールアウト

- ・フォールアウトの調査方法及び評価結果は、「浜岡原子力発電所において用いた資材等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の認可申請書」(平成 29 年 10 月 17 日付け本浜岡発第 109 号にて申請, 平成 30 年 11 月 29 日付け本浜岡発第 106 号及び平成 31 年 2 月 15 日付け本浜岡発第 112 号にて一部補正)(浜岡 1, 2 号炉解体クリアランス認可申請書)³に示すとおり, 対象物の発生場所(浜岡 4 号炉)及び現在の保管場所(浜岡 5 号炉)において, 全て理論検出限界計数率未満であった。(参考文献 3)

4. 対象物の推定される総重量

4. 1 推定総重量の求め方

- ・対象物を軸方向に同一構造となる箇所を選定し, 仮想的に 26 分割して体積及び比表面積を求める。
- ・対象物から代表試料を採取して密度を測定し, これに上記の体積を乗じることにより推定総重量とする。

4. 2 推定総重量

- ・対象物の密度は測定の結果 7.85 g/cm^3 である。
- ・「(添付 2) 表-3」に示すとおり, 低圧車軸 (A) は 109 トン, 低圧車軸 (B) は 111 トン, 低圧車軸 (C) は 114 トンであり, 本申請における対象物の推定総重量は合計 334 トン⁴である。

³ 調査は JNES-RE-2012-0014 「東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に伴うフォールアウトの影響の有無を判断する測定方法の検討」に準拠し, 61 箇所実施した(平成 29 年 5 月 26 日～平成 29 年 8 月 24 日)。本申請に関する「浜岡 4 号炉タービン建屋給気フィルタ室」, 「浜岡 5 号炉タービン建屋給気フィルタ室」及び「浜岡 5 号炉タービン建屋 3 階面(対象物の保管場所, 並びに測定エリア及び確認待ちエリアの候補地)」の全てにおいて理論検出限界計数率未満(検出限界値: $3.6 \times 10^{-2} \text{ Bq/cm}^2$ 以下, ^{137}Cs 相当)であった。

⁴

参考文献

1. Richard B. Firestone, S. Y. Frank Chu, Coral M. Baglin et al., "Table of Isotopes EIGHTH EDITION", (1999)
2. 「東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に係るフォールアウトによる原子力施設における資材等の安全規制上の取り扱いについて（内規）」（経済産業省原子力安全・保安院，平成 24・03・26 原院第 10 号）
3. 「浜岡原子力発電所において用いた資材等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の認可申請書」（平成 29 年 10 月 17 日付け本浜岡発第 109 号にて申請，平成 30 年 11 月 29 日付け本浜岡発第 106 号及び平成 31 年 2 月 15 日付け本浜岡発第 112 号にて一部補正）

添付書類 三

評価に用いる放射性物質の選択に関する説明

評価に用いる放射性物質の選択に関する説明

1. 評価に用いる放射性物質の選択の基本的考え方

- ・評価対象核種は、汚染形態毎に選択するのではなく、「(本文) 図-3」に示す「評価対象核種の選択フロー」に基づき、各汚染形態の放射能濃度を統合した放射能濃度を求め、これを基に評価対象核種を選択する。具体的には、対象物が生じる原子炉の運転状況、炉型、構造の特性を踏まえ、放射化汚染及び二次的な汚染の放射能濃度を算出した後、これらを核種毎に合計して評価対象核種を選択するための規則 33 核種の放射能濃度を求める。
- ・これを基に、規則 33 核種の中で重要度の大きい順に選択し、重要度の和が 90%以上となる核種を評価対象核種とする。

(1) 放射化汚染

- ・放射化汚染の放射能濃度は、対象物（低圧車軸）の組成を用いた放射化計算法によって規則 33 核種の放射能濃度（D）を求める。
- ・規則 33 核種の放射能濃度（D）を基準値（C）で除した比率（D/C）及び $\Sigma D/C$ （規則 33 核種）を求める。
- ・規則 33 核種の中から比率（D/C）の大きい順に核種を選択し、選択した核種の比率の合計（ $\Sigma D/C$ （選択核種））を $\Sigma D/C$ （規則 33 核種）で除した比率（ $\Sigma D/C$ （選択核種） / $\Sigma D/C$ （規則 33 核種））が 0.9 以上となる核種を確認する。

(2) 二次的な汚染

- ・二次的な汚染の放射能濃度は、代表組成の放射化計算（相対比率計算法）及び放射化学分析によって求める。
- ・規則 33 核種の放射能濃度（D）を基準値（C）で除した比率（D/C）及び $\Sigma D/C$ （規則 33 核種）を求める。
- ・規則 33 核種の中から比率（D/C）が大きい順に核種を選択し、選択した核種の比率の合計（ $\Sigma D/C$ （選択核種））を $\Sigma D/C$ （規則 33 核種）で除した比率「 $\Sigma D/C$ （選択核種） / $\Sigma D/C$ （規則 33 核種）」が 0.9 以上となる核種を確認する。

(3) 評価対象核種の選択

- ・放射化汚染の放射能濃度及び二次的な汚染の放射能濃度を核種毎に合計し、評価対象核種の選択に用いる規則 33 核種の放射能濃度（D）を設定基準日（令和 2 年 4 月 1 日）の値として求める。
- ・規則 33 核種の放射能濃度（D）を基準値（C）で除した比率（D/C）及び比率

- の合計 ($\Sigma D/C$ (規則 33 核種)) を求める。
- ・規則 33 核種の中から比率 (D/C) が大きい核種から順に選択し、選択した核種の比率 (D/C) の合計 ($\Sigma D/C$ (選択核種)) を $\Sigma D/C$ (規則 33 核種) で除した比率「($\Sigma D/C$ (選択核種)) / ($\Sigma D/C$ (規則 33 核種))」が 0.9 以上となる核種を評価対象核種として選択する。
 - ・評価対象核種を選択に用いる放射能濃度の算出において、各種パラメータの不確かさを考慮する。

2. 放射化汚染

2. 1 評価方法

- ・本申請の対象物は低圧タービンロータの車軸であることから、原子炉からの直接線やストリーミング線の影響はなく、放射化汚染として考慮すべき中性子線は「主蒸気中の ^{17}N 線」とする。
- ・対象物が「主蒸気中の ^{17}N 線」の照射を受け、対象物中の元素が放射性物質となることによる汚染を評価する。放射化汚染の放射能濃度の評価手順を「(添付 3) 図-1」に示す。
- ・放射化汚染の評価にあたって、「主蒸気中の ^{17}N 線」の中性子束を求めるため、低圧タービンを解析体系にモデル化して中性子輸送計算を行う。
- ・「(添付 3) 表-1」及び「(添付 3) 図-2」の計算条件を用いて放射化計算を行い、規則 33 核種の放射能濃度を求める。

2. 2 中性子束の評価手順

- ・ ^{17}N は原子炉水の放射化反応である $^{17}\text{O} (n, p) ^{17}\text{N}$ 反応で生成し、主蒸気に移行する。
- ・浜岡 4 号炉の放射化計算に必要な中性子源 ^{17}N の放射能濃度は、浜岡 1~5 号炉の運転期間中の主蒸気管モニタのうち浜岡 5 号炉の値が最も高く推移していることから、浜岡 5 号炉の中性子束の測定結果を基に設定する。具体的には、浜岡 5 号炉の運転期間中 (第 3 サイクル運転中) に主蒸気第 2 隔離弁付近にて固体飛跡検出器を用いて測定して得た中性子束から求めた浜岡 5 号炉の主蒸気中の ^{17}N 放射能濃度を基に、浜岡 4 号炉の蒸気密度、主蒸気隔離弁第 2 弁から低圧タービン入口までの到達時間を考慮し、浜岡 4 号炉の主蒸気中の ^{17}N の放射能濃度を求める。(参考文献 1)
- ・浜岡 4 号炉の主蒸気中の ^{17}N 放射能濃度の計算結果を基に、1 次元中性子輸送計算コード「ANISN」を使用し、低圧車軸の軸表面 (評価点) における中性子束を求める。(参考文献 2, 3)

- ・この中性子束及び下記「**2.3 項** 放射化汚染評価に関するその他の条件設定」を放射化計算のインプットデータとする。

2. 3 放射化汚染評価に関するその他の条件設定

- ・対象物（低圧車軸）は原子炉初起動（平成 4 年 12 月 12 日）から第 13 サイクル原子炉停止時（平成 23 年 5 月 13 日）まで使用したことを踏まえ、評価に用いる中性子の照射履歴は、「(添付 3) 表-1」に示すとおり、その間の運転履歴を基に放射化計算用に設定する

- ・放射化断面積は、中性子エネルギー分布を考慮できる放射化計算コード「ORIGEN-S」に付属する断面積を用いる。（参考文献 4）
- ・評価点は、「(添付 3) 表-1」に示すとおり、主蒸気入口付近の低圧車軸（第 7-7 段間）の車軸表面とする。

2. 4 放射化汚染の放射能濃度

- ・放射化汚染の評価に用いる評価対象核種の選択方法は、「(本文) 図-3」に記載したとおりである。
- ・評価点における中性子束は、「(添付 3) 表-1」に示すとおり、 $4.0 \times 10^1 \text{ n/cm}^2/\text{s}$ と評価した。これを用いて規則 33 核種の放射化汚染による放射能濃度を計算した結果を「(添付 3) 表-3」に示す。

^{60}Co の放射能濃度は、

基準値の 1%未満である。また、低圧タービンのうち最も放射化汚染の影響が大きいタービン蒸気入口側の第 7 段翼から採取した試料の ^{60}Co の放射能濃度を測定した結果、「(添付 2) 表-2」に示すとおり、検出限界値 ($1.4 \times 10^{-4} \text{ Bq/g}$, 令和 2 年 4 月 1 日時点) 未満であり、基準値の 1%未満である

以上より、運転履歴から平均的な照射期間及び冷却期間を設定する条件 [REDACTED] [REDACTED] で計算した規則 33 核種の放射能濃度を評価対象核種の選択に用いる。

- 放射化汚染の放射能濃度は、「(添付 3) 表-4」に示すとおり、規則 33 核種のうち D/C が最も大きい核種は ^{60}Co であり、 ^{60}Co の放射能濃度は $3.8 \times 10^{-5} \text{Bq/g}$ で基準値の 1% 未満、D/C (^{60}Co) 3.8×10^{-4} を $\Sigma\text{D/C}$ (規則 33 核種) 3.8×10^{-4} で除した比率は 0.9 以上である。(令和 2 年 4 月 1 日時点)。
- D/C (^{60}Co) を $\Sigma\text{D/C}$ (規則 33 核種) で除した比率は、「(添付 3) 表-4」に示すとおり、設定基準日 (令和 2 年 4 月 1 日) から令和 12 年 4 月 1 日までの 10 年間を通して 0.9 以上である。

2. 5 放射化汚染の評価対象核種の選択における不確かさの考慮

- 不確かさの考慮に関する整理結果を「(添付 3) 表-5」に示す。

3. 二次的な汚染

3. 1 評価方法

- ・二次的な汚染の放射能濃度の評価手順を「(添付 3) 図-1」に示す。
- ・規則 33 核種から ^3H を除く 32 核種 (規則 32 核種) の放射能濃度 (Bq/g) は、基準核種を ^{60}Co とし、基準核種 (^{60}Co) の放射能濃度を 1 (Bq/g) として算出した規則 32 核種の放射能濃度比に、対象物の事前調査結果に基づく基準核種 (^{60}Co) の放射能濃度の値を乗じることによって求める。 ^3H は、代表試料の事前調査結果によって求める。
- ・フォールアウトに関しては、「浜岡 1, 2 号炉解体クリアランス認可申請書」に示すとおり、対象物の発生場所である浜岡 4 号炉及び現在対象物を保管しまた測定及び評価場所となる浜岡 5 号炉において、全て理論検出限界計数率未満であったことから、評価対象核種の選択においてフォールアウトの影響は考慮しない。

3. 2 評価手順

(1) 基準核種 (^{60}Co)

- ・基準核種 (^{60}Co) の放射能濃度 (Bq/g) は、事前調査結果に基づき [redacted] 求める。その際、 [redacted] 対象物の除染前に汚染が顕著に確認された主蒸気入口付近 (第 7-8 段間) [redacted] を代表値とする。

(2) 規則 32 核種

- [redacted] 基準核種 (^{60}Co) の放射能濃度を 1 (Bq/g) としてその他の核種の放射能濃度比を整理した後、これらの値に上記 (1) で求めた基準核種 (^{60}Co) の放射能濃度の値を乗じることにより求める。
- ・二次的な汚染に寄与する放射性物質は CP 核種と FP 核種に分類する。
 - ・除染前の代表試料を用いた放射化学分析の結果、「(添付 2) 表-2」に示すとおり、 ^{60}Co 、 ^{63}Ni 、 ^{90}Sr 及び ^{137}Cs が検出されていることから、二次的な汚染は CP 核種と FP 核種が混在しているとする。

- CP 核種の親元素はステンレス鋼，FP 核種の親元素は天然ウランを元素組成として設定する。
- 上記を含め「(添付 3) 表-6」に示す計算条件及び放射化計算コード「ORIGEN-2」による放射化計算又は放射化学分析により規則 32 核種の放射能濃度を求める。(参考文献 5)
- 規則 32 核種を生成過程によって CP 核種と FP 核種に分類した上で，規則 32 核種の代表核種 (CP 核種： ^{60}Co ，FP 核種： ^{137}Cs) に対する放射能濃度比を求め，代表核種の比 ($^{137}\text{Cs}/^{60}\text{Co}$) を用いて CP 核種と FP 核種の放射能濃度比を合成する。
- 合成した放射能濃度比は，基準核種 (^{60}Co) の放射能濃度を 1 (Bq/g) としてその他の核種の放射能濃度比を整理した後，これらの値に上記 (1) で求めた基準核種 (^{60}Co) の値を乗じることによって，規則 32 核種の放射能濃度を求める。

(3) ^3H

- ^3H は，一次冷却水が炉心中性子で放射化されて生成し，規則 32 核種と汚染の生成メカニズムが異なることから， ^3H の放射能濃度はタービンロータを構成する翼 (除染前) から採取した代表試料の [] の放射化学分析 [] により求める。

3. 3 基準核種 (^{60}Co) の放射能濃度の算出

- 基準核種 (^{60}Co) の放射能濃度は, [redacted], 「(添付 3) 表-13」に示すとおり, $2.6 \times 10^{-3} \text{Bq/g}$ と評価した (令和 2 年 4 月 1 日時点)。

3. 4 規則 32 核種の放射能濃度の算出

- 規則 32 核種の放射能濃度は, 「(添付 3) 図-3」に示す生成メカニズムに基づき, 評価対象核種が幅広く選択できることを考慮して放射性物質の発生, 浄化, 移行, 付着及び減衰をモデル化して求める。

- [redacted] ステンレス鋼を CP 核種の親元素として評価対象核種を選択を行う。

[redacted] ステンレス鋼の元素組成を「(添付 3) 表-7」に示す。(参考文献 6~9)

FP 核種の親元素は天然ウランとして評価対象核種を選択を行う。



・評価対象核種の選択に用いる規則 32 核種の放射能濃度の算出方法は以下「a) ~e)」のとおりである。

a) 放射化計算による放射能濃度比の算出

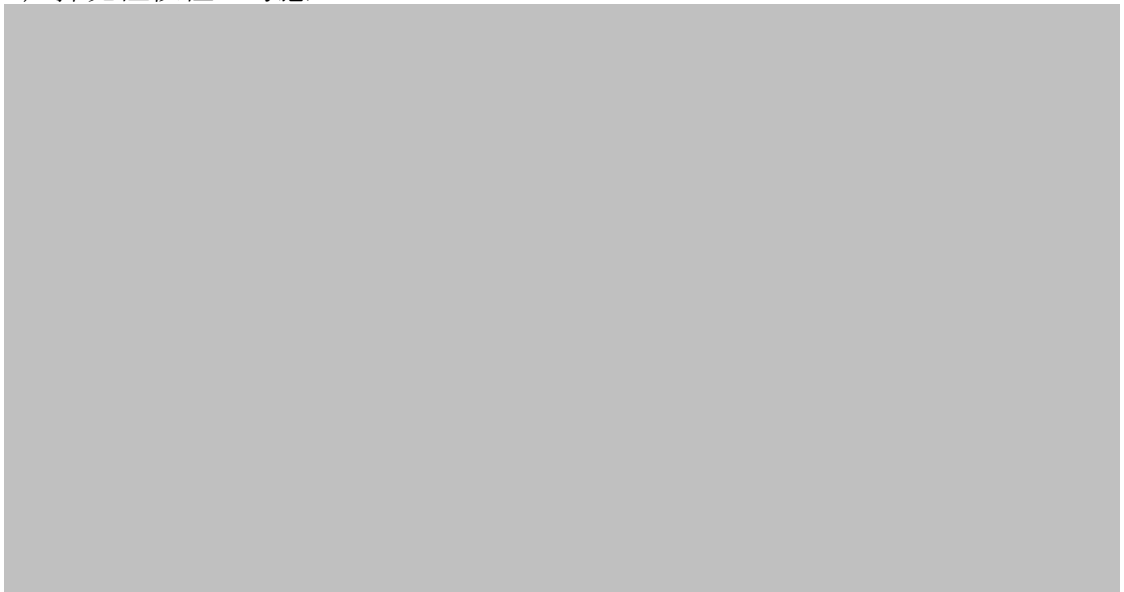


b) CP 核種と FP 核種の放射能濃度比の合成

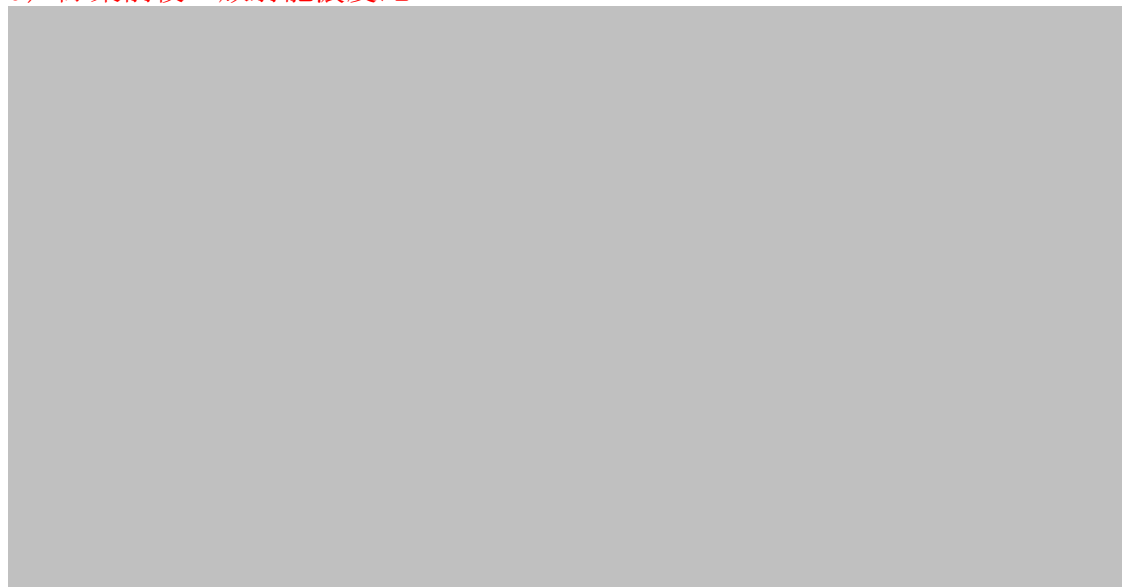




c) 揮発性核種の考慮



d) 除染前後の放射能濃度比



e) 規則 32 核種の放射能濃度の設定

- ・以上を基に，基準核種 (^{60}Co) の放射能濃度を 1 (Bq/g) としてその他の核種の放射能濃度比を整理した後，これらに上記 3.3 項で求めた基準核種 (^{60}Co) の放射能濃度 ($2.6 \times 10^{-3}\text{Bq/g}$) を乗じることにより，規則 32 核種の放射能濃度とする。

3. 5 ^3H の放射能濃度の算出

- ・代表試料を用いた ^3H の分析結果（表面汚染密度）が全て検出限界値未満であることから，検出限界値の最大値 6.0×10^{-2} (Bq/cm²) を用いて算出する。

・ ^3H の放射能濃度は

$1.4 \times 10^{-3}\text{Bq/g}$ と評価した（令和 2 年 4 月 1 日時点）。

3. 6 二次的な汚染の放射能濃度

- ・上記 3.4 項及び 3.5 項の結果を統合することにより，評価対象核種の選択に用いる二次的な汚染の規則 33 核種の放射能濃度とする。
- ・二次的な汚染の放射能濃度は，「(添付 3) 表-14」に示すとおり，規則 33 核種のうち D/C が最も大きい核種は ^{60}Co であり， ^{60}Co の放射能濃度は $2.6 \times 10^{-3}\text{Bq/g}$ で基準値の約 3% であり，D/C (^{60}Co) 2.6×10^{-2} を $\Sigma\text{D/C}$ (規則 33 核種) 2.6×10^{-2} で除した比率は 0.9 以上である。（令和 2 年 4 月 1 日時点）。
- ・D/C (^{60}Co) を $\Sigma\text{D/C}$ (規則 33 核種) で除した比率は，「(添付 3) 表-14」に示すとおり，設定基準日（令和 2 年 4 月 1 日）から令和 12 年 4 月 1 日までの 10 年間を通して 0.9 以上である。

3. 7 二次的な汚染の評価対象核種の選択における不確かさの考慮

- ・二次的な汚染の評価に用いる評価対象核種の選択方法は，「(本文) 図-3」に記載したとおりである。
- ・規則 32 核種の放射能濃度は，

基準核種

(^{60}Co) の放射能濃度を 1Bq/g としてその他核種の放射能濃度を整理する。

- ^3H の放射能濃度は、以下に述べる不確かさがあるものとして求める。
- 不確かさの考慮に関する整理結果を「(添付 3) 表-15」に示す。

(1) 元素組成



- CP 核種の親元素は、以下に示すとおり、ステンレス鋼とする。

- 規則 32 核種の放射能濃度を求めるためのその他の設定方法は、「3. 4 項 規則 32 核種の放射能濃度の算出」と同様である。
- CP 親元素毎の放射化計算による CP 核種の放射能濃度比は、「(添付 3) 表-20~23」に示すとおりである。

- FP 核種の親元素は、以下及び「(添付 3) 表-24」に示すとおり、天然ウランとする。

- ・以上より、FP 核種の親元素は天然ウランとする。
- ・FP 核種の放射能濃度比は「(添付 3) 表-10」に示す天然ウランの放射化計算結果を用い、CP 核種と FP 核種の放射能濃度比を合成する。

(2) CP 核種と FP 核種の放射能濃度比

- 
- ・代表採取部位（低圧タービンロータを構成し，対象物と同じ汚染状況と見なせる翼）から採取した試料の分析結果及び $^{137}\text{Cs}/^{60}\text{Co}$ 比を「(添付 3) 表-8」に示す。
- 

(3) 揮発性核種の移行係数



(4) ^3H

- ^3H の放射能濃度は、代表採取部位（低圧タービンロータを構成し、対象物と同じ汚染状況と見なせる翼）から採取した試料の放射化学分析の結果を基に算出する。
- ^3H の表面汚染密度を分析した結果、全て検出限界値未満であるが検出限界値に**差異があるので**、これを不確かさとして扱い検出限界値の最大値を用いる。

4. 放射化汚染及び二次的な汚染の放射能濃度の統合

(1) 放射化汚染及び二次的な汚染の放射能濃度の統合

- ・上記 2.4 項で求めた「(添付 3) 表-4」に示す放射化汚染の放射能濃度 (Bq/g) 及び上記 3.6 項で求めた「(添付 3) 表-14」に示す二次的な汚染の放射能濃度を核種毎に合計することにより、「(本文) 表-2」に示すとおり、評価対象核種の選択に用いる規則 33 核種の放射能濃度とする。
- ・放射化汚染及び二次的な汚染を合計した放射能濃度は、規則 33 核種のうち D/C が最も大きい核種は ^{60}Co であり、 ^{60}Co の放射能濃度は $2.6 \times 10^{-3} \text{Bq/g}$ で基準値の約 3%、D/C (^{60}Co) 2.6×10^{-2} を $\Sigma \text{D/C}$ (規則 33 核種) 2.7×10^{-2} で除した比率は 0.9 以上である。(令和 2 年 4 月 1 日時点)。
- ・放射化汚染及び二次的な汚染を合計した規則 33 核種の放射能濃度で、設定基準日 (令和 2 年 4 月 1 日) から令和 12 年 4 月 1 日までの 10 年間、D/C が最も大きい核種は ^{60}Co であり、比率「 $(\Sigma \text{D/C} (\text{選択核種})) / (\Sigma \text{D/C} (\text{規則 33 核種}))$ 」が 0.9 以上となる核種は ^{60}Co の 1 核種である。

(2) 放射能濃度の統合における不確かさの考慮

- ・二次的な汚染の規則 32 核種の放射能濃度は、上記 3. 項に示すとおり、基準核種 (^{60}Co) を 1 (Bq/g) とした放射能濃度比に基準核種 (^{60}Co) の放射能濃度の値を乗じることによって求めた。

- これによって求めた放射化汚染及び二次的な汚染を統合した規則 33 核種の放射能濃度は、「(添付 3) 表-33」に示すとおりである。
- 放射化汚染及び二次的な汚染を合計した放射能濃度は、規則 33 核種のうち D/C が最も大きい核種は ^{60}Co であり、 ^{60}Co の放射能濃度は $2.2 \times 10^{-4} \text{Bq/g}$ で基準値の 1% 未満、D/C (^{60}Co) 2.2×10^{-3} を $\Sigma\text{D/C}$ (規則 33 核種) 2.3×10^{-3} で除した比率は 0.9 以上である。(令和 2 年 4 月 1 日時点)。
- 放射化汚染及び二次的な汚染を合計した規則 33 核種の放射能濃度で、設定基準日 (令和 2 年 4 月 1 日) から令和 12 年 4 月 1 日までの 10 年間、D/C が最も大きい核種は ^{60}Co であり、比率「 $(\Sigma\text{D/C} (\text{選択核種})) / (\Sigma\text{D/C} (\text{規則 33 核種}))$ 」が 0.9 以上となる核種は ^{60}Co の 1 核種である。
- 以上を考慮しても、D/C が最も大きい核種は ^{60}Co であり、比率「 $(\Sigma\text{D/C} (\text{選択核種})) / (\Sigma\text{D/C} (\text{規則 33 核種}))$ 」が 0.9 以上となる核種は ^{60}Co の 1 核種である。

5. 評価対象核種の選択結果

- 評価対象核種は、設定基準日 (令和 2 年 4 月 1 日) から令和 12 年 4 月 1 日までに国の確認を受けることを前提に、 ^{60}Co を選択する。

参考文献

1. K. Wakasugi, R. Tayama, K. Ikedo, T. Iimoto, “Measurement and Calculations of ^{17}N Concentration in the Main Steam System of the BWR Plant” ,Progress in NUCLEAR SCIENCE and TECHNOLOGY, Vol. 1, p.432-435 (2011)
2. 日本原子力研究開発機構, JENDL-4.0 に基づく中性子・光子輸送計算用の MATXS 形式断面積ライブラリー (MATXSLIB-J40), 原子力コードセンター
3. Oak Ridge National Laboratory, One, Two- and Three-Dimensional Discrete Ordinates Neutron/Photon Transport Code System (DOORS3.2a), RSICC CODE PACKAGE CCC-650.
4. Oak Ridge National Laboratory, A Comprehensive Modeling and Simulation Suite for Nuclear Safety Analysis and Design; Includes ORIGEN (Scale 6.1), RSICC CODE PACKAGE CCC-785.
5. 奥村啓介, 杉野和輝, 小嶋健介, 神智之, 岡本力, 片倉純一: “JENDL-4.0 に基づく ORIGEN2 用断面積ライブラリセット:ORLIBJ40” , JAEA-Data/Code (2013).
6. J. C. Evans, E. L. Lepel, R. W. Sanders et al., “Long-Lived activation Products in Reactor Materials” , NUREG/CR-3474(1984)
7. H. D. Oak, G.M. Holter,W. E. Kennedy Jr. et al., "Technology, Safety and Costs of Decommissioning a Reference Boiling Water Reactor Power Station", NUREG/CR-0672 (1980)
8. (財)原子力環境整備センター「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
9. 川太 徳夫 他, 「ふげん」発電所の主要構造材元素組成分析, 日本原子力学会和文論文誌 9(4), p.405-418(2010)
10. U.S. Environmental Protection Agency, Calculating Upper Confidence Limits for Exposure Point Concentrations at Hazardous Waste Sites, OSWER 9285.6-10, p.18-19(2002)

添付書類 四

評価単位に関する説明

評価単位に関する説明

1. 単位に関する説明

- ・「評価単位」は評価対象核種の D/C (^{60}Co) が 1 以下であることを判断する重量単位である。
- ・「測定単位」は測定により放射能濃度を求める最小単位である。
- ・汚染の程度は、下記 3. 項に示すとおり、評価対象核種 (^{60}Co) の二次的な汚染は 0.01Bq/g 程度であり、保守的に評価しても 0.1Bq/g は下回ると評価していることから、代表「測定単位」の放射能濃度を基に「評価単位」の放射能濃度を決定するよう「評価単位」及び「測定単位」を設定する。
- ・したがって、「評価単位」、「測定単位」とも D/C (^{60}Co) が 1 以下となるよう、「評価単位」及び「測定単位」を構成する。
- ・「測定単位」は、その中での測定方法の違いにより更に「測定領域」に分割する。
- ・放射能濃度の分布の均一性に配慮するため、低圧車軸の形状に応じて同一構造となる箇所を仮想的に分割して「評価単位」を設定し、更にその中を「測定単位」及び「測定領域」に仮想的に分割する。低圧車軸の表面を必要に応じてマーキングすることにより、「評価単位」、「測定単位」及び「測定領域」を識別する。

(1) 評価単位

- ・重量は 10 トン以下とする。
- ・低圧車軸を軸方向に同一構造となる箇所を選定し、仮想的に 26 分割してそれぞれを「評価単位」を設定する。

(2) 測定単位

- ・重量は 1 トン以下とする。
- ・「評価単位」を周方向に仮想的に分割 [] して「測定単位」を設定する。

(3) 測定領域

- ・「測定領域」は、原則として単一の放射線測定装置で 1 回の測定で放射エネルギーを測定する領域とする。
- ・二次的な汚染の放射能濃度の測定には、主として Ge 半導体検出器を用いる。

「(添付 4) 図-1」に示すとおり、「測定単位」の構造上、低圧車軸のカップリング穴等の Ge 半導体検出器が近接できない場合は原則として NaI シンチレーションサーベイメータを用いる

- ・「測定単位」の形状により「測定領域」は複数になる場合があり、「評価単位」、「測定単位」及び「測定領域」の具体的な設定を「(添付 4) 図-1」に示す。

2. 評価単位及び測定単位の設定並びに運用

- ・「評価単位」及び「測定単位」の評価対象核種の D/C (^{60}Co) は 1 以下とする。

- ・対象物は除染（ブラスト除染）済みであり、除染前に汚染が顕著に確認された主蒸気入口付近（第 7-8 段間）の除染後における周方向の汚染状況（表面汚染密度）を測定し放射能濃度（D/C）に換算した結果、「(添付 4) 図-2」に示すとおり、除染によって汚染レベルは低下し、測定点毎に多少の差異はあるものの、基準値の 1/10 程度のレベルで同程度である。

- ・「測定単位」の放射能濃度は、「測定単位」を構成する「測定領域」の放射エネルギーを合計し「測定単位」の重量⁶で除して求める。
- ・「測定領域」の放射エネルギーは、放射線測定装置で評価対象核種（ ^{60}Co ）の放射エネルギーを測定して求める。

3. 想定放射能濃度

(1) 放射化汚染

- 放射化汚染による評価対象核種 (^{60}Co) の放射能濃度は、「添付書類三」(2. 項 放射化汚染) で述べたとおり、 $3.8 \times 10^{-5} \text{ Bq/g}$ と評価した(令和2年4月1日時点)。

(2) 二次的な汚染

- 二次的な汚染による評価対象核種 (^{60}Co) の放射能濃度は、「添付書類三」(3. 項 二次的な汚染) で述べたとおり、 $2.6 \times 10^{-3} \text{ Bq/g}$ と評価した(令和2年4月1日時点)。

- 以上を基に保守的に評価した二次的な汚染の放射能濃度は $4.6 \times 10^{-2} \text{ Bq/g}$ である。

(3) 想定放射能濃度

- 放射化汚染の放射能濃度及び二次的な汚染の放射能濃度を合計することにより、評価対象核種 (^{60}Co) の放射能濃度は $2.6 \times 10^{-3} \text{ Bq/g}$ (0.01Bq/g 程度)、保守的に評価しても $4.6 \times 10^{-2} \text{ Bq/g}$ (0.1Bq/g 以下) と評価した。
- 以上より、「評価単位」及び「測定単位」の評価対象核種の D/C (^{60}Co) は1以下になると評価することから、 「測定単位」での測定()により放射能濃度を求めることとする。

添付書類 五

放射能濃度の決定を行う方法に関する説明

放射能濃度の決定を行う方法に関する説明

1. 放射能濃度の決定方法の基本的考え方

- 本文七「放射能濃度の決定を行う方法」（「(本文) 表-2」）に記載のとおり、「放射化汚染及び二次的な汚染を合計した $\Sigma D/C$ (規則 33 核種)」のうち「二次的な汚染の $\Sigma D/C$ (規則 33 核種)」が 90%以上を占め、「放射化汚染と二次的な汚染を合計した D/C (評価対象核種 (^{60}Co))」のうち「二次的な汚染の D/C (評価対象核種 (^{60}Co))」が 90%以上を占める。
- Ge 半導体検出器を用いた評価対象核種 (^{60}Co) の測定では、「添付書類六」(2. 項 測定条件の抽出と設定) に記載のとおり、検出限界値相当で 0.05Bq/g (評価対象核種 (^{60}Co)) 以下となるように測定するのに対して、放射化汚染による評価対象核種 (^{60}Co) の放射能濃度は、「添付書類三」(2. 項 放射化汚染) に記載のとおり、 $3.8 \times 10^{-5}\text{Bq/g}$ であり、 0.05Bq/g の 1%未満である (令和 2 年 4 月 1 日時点)。
- 以上より、二次的な汚染と比較して放射化汚染は無視できると判断し、二次的な汚染の放射能濃度を測定することによって放射能濃度を決定する。放射線測定装置を用いた測定では、放射化汚染と二次的な汚染を弁別して定量することはできないため、測定値の全てを二次的な汚染によるものとして扱う。
- 二次的な汚染の放射能濃度は、原則として放射線測定装置 (Ge 半導体検出器) を用いて「測定単位」の全域を測定して「測定単位」における評価対象核種 (^{60}Co) の放射エネルギーを求め、これを「測定単位」の重量で除して放射能濃度とする⁷。
- 測定は Ge 半導体検出器を用いて「測定単位」毎に 1 回で行うことを原則とするが、「測定単位」の構造上、1 回で測定できない「測定単位」⁸は複数回に分けて測定する。また、Ge 半導体検出器を用いた測定が適切でない箇所⁹は、原則として NaI シンチレーションサーベイメータを用いて測定する

⁷ 「審査基準 3.3 (3) イ」への適合：本申請の対象物である低圧車軸は、二次的な汚染（表面汚染）が有意な部位だけを分離して扱うことはなく、既認可（浜岡 5 号炉低圧タービンロータの車軸）と同様に 1 体ものとして取り扱うため、二次的な汚染の放射エネルギーを対象物の重量で除して放射能濃度を決定する方法は、過小評価となることはない。

⁸ 例：「(添付 4) 図-1」に示すカップリング部（「評価単位」 No.1）

⁹ 例：「(添付 4) 図-1」に示すカップリング穴（「評価単位」 No.1）

定領域」とし、各「測定領域」の放射エネルギーを合計して「測定単位」の放射エネルギーとする。「測定単位」の放射エネルギー濃度は、「測定単位」の放射エネルギーを「測定単位」の重量で除して求める。

- ・具体的には「(添付 5) 図-1」に示すとおり、「評価単位」は複数の「測定単位」で構成し、「測定単位」は1つ又は複数の「測定領域」で構成する。

- ・放射エネルギー濃度の評価日は、「評価単位」を構成する「測定単位」の二次的な汚染の放射エネルギー濃度を測定した日のうち、Ge 半導体検出器を用いて測定した「測定領域」の最初の測定日とする。

2. 測定単位の放射エネルギー濃度の決定方法

2. 1

- ・低圧車軸は回転体構造であり周方向の汚染は同程度であること、同じ除染方法を用いて除染を行っており、低圧車軸 (B) を代表車軸とした除染後の測定結果は「(添付 2) 図-1」に示すとおり、表面汚染密度の測定において汚染が検出された低圧車軸中央部付近の表面汚染密度は周方向に概ね同じであり、それ以外の箇所では汚染は検出されていない。低圧車軸中央部付近の汚染状態を「測定単位」の D/C (^{60}Co) に換算すると、「添付書類四」(3. 項 想定放射エネルギー濃度) に記載のとおり、0.1 程度で基準値を下回るレベルで同程度であり、保守的に評価しても 1.0 以下と評価した。

2. 2 放射能濃度の決定方法

- ・ 低圧車軸 (A) ~ (C) は、いずれも軸方向に同一構造となる箇所を選定し、仮想的に 26 分割してそれぞれを「評価単位」とする。「評価単位」は周方向に仮想的に分割 [redacted] してそれぞれを「測定単位」とする。「評価単位」と「測定単位」の詳細は「(添付 4) 図-1」に示すとおりである。
- ・ 「測定単位」は、原則として Ge 半導体検出器で測定する。「測定単位」の構造上 Ge 半導体検出器を用いた測定が適切でない箇所は、原則として NaI シンチレーションサーベイメータを用いて測定する [redacted]
- ・ 「測定単位」のうち、単一の放射線測定装置 (Ge 半導体検出器又は NaI シンチレーションサーベイメータ) を用いて 1 回で放射エネルギーを測定する領域を「測定領域」とし、Ge 半導体検出器の「測定領域」を「測定領域 (1)」、NaI シンチレーションサーベイメータの「測定領域」を「測定領域 (2)」とする。
- ・ 「測定単位」における評価対象核種 (^{60}Co) の放射能濃度は、各「測定領域」における評価対象核種 (^{60}Co) の放射エネルギーを、放射線測定装置 (Ge 半導体検出器又は NaI シンチレーションサーベイメータ) で測定し、これらを合計して「測定単位」の放射エネルギーとし、これを「測定単位」の重量で除して評価対象核種 (^{60}Co) の放射能濃度として求める。
- ・ サンプル測定を採用することを考慮し、「測定単位」の放射能濃度は「測定領域 (1)」の測定日で整理し、「評価単位」の評価日は「測定領域 (1)」の測定日とする。同一「測定単位」に「測定領域 (1)」が 2 カ所以上ある場合は、最初に測定する「測定領域 (1)」の測定日を評価日とする。その他の日に測定を行った「測定領域」の放射エネルギーは、評価日まで減衰補正をしたうえ

で合計する。

- 各「測定領域」の放射エネルギーの求め方を以下で述べる。
- 「測定領域」の評価対象核種 (^{60}Co) の放射エネルギーは、計数率及び放射能換算係数を基に求め、これを (5-1) 式により評価日まで減衰補正を行うことにより、評価日における放射エネルギーとする。

$$q_{\text{測定領域, 評価日}} = q_{\text{測定領域, 測定日}} \times e^{-\lambda_{\text{Co}} t_1} + q_{s, \text{評価日}} \quad (5-1)$$

ここで、

$q_{\text{測定領域, 評価日}}$: 評価日における「測定領域 (1)」又は「測定領域 (2)」の評価対象核種 (^{60}Co) の放射エネルギー (Bq)。

$q_{\text{測定領域, 測定日}}$: 測定日における「測定領域 (1)」又は「測定領域 (2)」の評価対象核種 (^{60}Co) の放射エネルギー (Bq)。

具体的には「添付書類六」に示すとおりである。

λ_{Co} : 評価対象核種 (^{60}Co) の崩壊定数 $3.6 \times 10^{-4} \text{ (d}^{-1}\text{)}$ 。
半減期を 5.2714 年、1 年間を 365.2422 日と設定。

(参考文献 1,2)

t_1 : 測定日から評価日までの経過日数 (d)。
代表「測定単位」を構成する「測定領域」のうち、最初に測定対象となる「測定領域 (1)」は測定日が評価日となることから、この場合、 $t_1 = 0$ とする。

$q_{s, \text{評価日}}$:

- ・ ■■■ 「測定単位」の放射エネルギーは、(5-3)式により上記の「測定領域(1)」及び「測定領域(2)」の放射エネルギーを合計して求める。

$$Q_{\text{■■■測定単位,評価日}} = \sum_{k=1}^{N_k} q_{\text{■■■測定領域,評価日,k}} \quad (5-3)$$

ここで、

- $Q_{\text{■■■測定単位,評価日}}$: 評価日における■■■「測定単位」の評価対象核種(^{60}Co)の放射エネルギー(Bq)。
- N_k : 「測定単位」における「測定領域」の数(ー)。
- $q_{\text{■■■測定領域,評価日,k}}$: 評価日における「測定領域」 k の評価対象核種(^{60}Co)の放射エネルギー(Bq)で、(5-1)式によって求まる値。

- ・ 「測定領域(1)」の測定において、■■■■■「測定領域(2)」からの放射線を弁別して測定することはできないため、測定値の全てを「測定領域(1)」からの放射線によるものとして扱う。

- ・ ■■■ 「測定単位」の評価対象核種 (^{60}Co) の放射能濃度は、(5-4) 式により放射エネルギーを重量で除して求める。

$$C_{\text{■■■測定単位,評価日}} = Q_{\text{代表測定単位,評価日}} / W \quad (5-4)$$

ここで、

$C_{\text{■■■測定単位,評価日}}$: 評価日における■■■測定単位」の評価対象核種 (^{60}Co) の放射能濃度 (Bq/g)。

$Q_{\text{■■■測定単位,評価日}}$: 評価日における■■■測定単位」の評価対象核種 (^{60}Co) の放射エネルギー (Bq) で、(5-3) 式によって求まる値。

W : ■■■ 「測定単位」の重量 (g)。


- ・ 以上で求めた■■■ 「測定単位」の放射能濃度を当該「評価単位」の評価対象核種 (^{60}Co) の放射能濃度とする。

3. 放射能濃度の決定における不確かさの考慮

- ・ 上記「2. 項 測定単位の放射能濃度の決定方法」の不確かさとして、以下の不確かさがあるものとして放射能濃度を決定する。

- ・ ■■■ 「測定単位」における評価対象核種 (^{60}Co) の放射能濃度を (5-1) 式～(5-4) 式を基に求める際の不確かさは、放射エネルギーを測定する際の測定条件の設定の不確かさと同じであり、具体的には「添付書類六」にて述べる内容と同じである。

¹⁴ 国の確認の申請に用いる「評価単位」及び「測定単位」の重量は「(添付2) 表-3」及び「(添付4) 図-1」に基づいて設定する。



・不確かさの考慮に関する詳細を「(添付5) 表-1」に示す。

参考文献

1. Richard B. Firestone, S. Y. Frank Chu, Coral M. Baglin et al., "Table of Isotopes EIGHTH EDITION", (1999)
2. 日本アイソトープ協会, 11 版 アイソトープ手帳, 丸善出版株式会社

添付書類 六

放射線測定装置の選択及び測定条件の設定
に関する説明

放射線測定装置の選択及び測定条件の設定に関する説明

1. 放射線測定装置の選択

- 放射能濃度の測定に用いる放射線測定装置は、対象物の汚染状況及び形状に応じて選択する。
- 放射能濃度の測定には、原則として Ge 半導体検出器を用いる。「測定単位」の中で低圧車軸のカップリング穴等の Ge 半導体検出器が近接できない箇所は、原則として NaI シンチレーションサーベイメータを用いて測定する
- 各「評価単位」及び「測定単位」における「測定領域（1）」（Ge 半導体検出器を用いて測定）と「測定領域（2）」（NaI シンチレーションサーベイメータを用いて測定）の使い分けを「(添付 4) 図-1」に示す。
- Ge 半導体検出器及び NaI シンチレーションサーベイメータによる測定では、
「測定単位」を対象に放射線測定装置を用いて計数率 (s^{-1}) を測定し、放射能換算係数 (Bq/s^{-1}) により放射エネルギー (Bq) を求める。
- 「測定単位」の放射能濃度 (Bq/g) は、「測定単位」の放射エネルギー (Bq) を重量 (g) で除して求める。
- 表面汚染密度は「GM 管式サーベイメータ」又は「プラスチックシンチレーション式サーベイメータ」を用いて測定する。
- 対象物は、現在、汚染のおそれのある管理区域に汚染防止措置を講じて保管している。測定及び評価を行うにあたり、対象物を汚染のおそれのない管理区域に運搬する際、表面汚染密度の代表値が適用できることを確認する。
- 以下、「添付書類六」では、放射線測定装置の選択及び測定条件の設定に関する事項を述べる。

2. 測定条件の抽出と設定

- 測定条件とは、「評価単位」及び「測定単位」の D/C (評価対象核種 (^{60}Co)) が 1 以下であることの判断を可能にする放射線測定装置の測定値及び検出限界値を得るための条件である。

2. 1 測定条件の抽出

- ・「評価単位」及び「測定単位」の放射能濃度を適度な保守性をもって求めるため、測定に係るパラメータ（放射能分布、測定対象物と測定器検出器との位置関係による測定感度等）を保守的に設定する。
- ・測定条件の設定は「(添付 6) 図-1」に準拠して行う。
- ・測定条件として、評価対象核種 (^{60}Co) の放射能換算係数、検出限界値、測定時間、点検・校正及び不確かさを考慮する。
- ・測定条件は、「測定単位」において、検出限界値相当で **0.05 Bq/g** (評価対象核種 (^{60}Co)) 以下になるように設定する。
- ・「測定単位」を構成する「測定領域」のうち Ge 半導体検出器を用いて測定した「測定領域」の計数率が全て検出限界計数率未満であり、かつ検出限界値相当で「測定単位」の放射能濃度が **0.05 Bq/g** (評価対象核種 (^{60}Co)) 以下とならない場合、測定条件を見直して再測定を行うか、再除染し再測定を行う。
- ・測定の結果、「評価単位」の D/C (評価対象核種 (^{60}Co)) が 1 以下となることを確認する。1 以下とならない場合、測定条件を見直して再測定を行うか、再除染し再測定を行うか又は放射能濃度確認対象物から除外する。(参考文献 1)

2. 2 測定条件の設定方法

2. 2. 1 放射線測定装置と対象物の位置決め

- ・低圧車軸と放射線測定器を回転・移動させ、「測定領域」が放射線測定器の測定範囲に入るようそれぞれの位置を設定する。
- ・対象物と放射線測定器の位置関係が所定の位置にあることを確認及び記録するとともに、実際の測定条件が放射能換算係数を計算した測定条件の範囲内になるように管理する。

2. 2. 2 測定

(1) Ge 半導体検出器を用いた測定

- ・Ge 半導体検出器を用いて評価対象核種 (^{60}Co) の γ 線スペクトル解析を行って「測定領域 (1)」の計数率及びその統計的誤差を求める。
(参考文献 2 及び 3)
- ・その際、計数率の統計的誤差を考慮し、下表のとおり計数率を設定し、下記 (6-1) 式で用いる計数率とする。
- ・測定した計数率が検出限界値以上であった場合、計数率の統計的誤差¹⁵を加えた値を測定値とする。

¹⁵ 統計的誤差は、95%片側上限値 (標準偏差 σ の 1.645 倍) とする。(参考文献 4 及び 5)

- ・測定した計数率が検出限界値未満であった場合、検出限界値を測定値とする。

評価対象核種 (^{60}Co) の測定結果	評価に用いる計数率 (s^{-1})
検出	検出値 + 1.645 σ
検出限界計数率未満	検出限界計数率

- ・(6-1) 式により、「測定領域 (1)」の評価対象核種 (^{60}Co) の計数率に対応する放射エネルギーを求める。

$$q_{\text{測定領域,測定日}} = CF_{Ge} \times (N_{Ge} - m_{Co}) \quad (6-1)$$

ここで、

- $q_{\text{測定領域,測定日}}$: 測定日における「測定領域 (1)」の評価対象核種 (^{60}Co) の放射エネルギー (Bq)。
- CF_{Ge} : 評価対象核種 (^{60}Co) の放射能換算係数 (Bq/ s^{-1})。計数率(s^{-1})を放射エネルギー (Bq) に換算するための関数として定義する。
放射能換算係数の設定方法は、2. 2. 3 項及び「(添付 6) 図-1, 2」に示すとおりである。
- N_{Ge} : 測定時における評価対象核種 (^{60}Co) が放出する γ 線の計数率 (s^{-1})。測定した計数率が検出限界計数率未満であった場合、検出限界計数率を用いる。
この場合、 m_{Co} はゼロとする。(参考文献 1)

m_{Co} : 「測定領域」以外から放出される評価対象核種 (^{60}Co) の γ 線の計数率 (s^{-1})。

具体的な設定方法を「(添付 6) 表-1」に示す¹⁷。

(2) NaI シンチレーションサーベイメータを用いた測定

- NaI シンチレーションサーベイメータを用いて測定する場合、測定した計数率がバックグラウンドを含め全て「測定領域」の評価対象核種 (^{60}Co) のものとして放射エネルギーを求めることから、検出限界値は設定しない。

¹⁶ m_{Co} の測定結果が検出値の場合の評価に用いる計数率の統計的誤差は、 N_{Ge} の標準偏差及び m_{Co} の標準偏差を考慮し、その標準偏差は誤差伝播式より $\sigma_{net} = \sqrt{\sigma_{NGe}^2 + \sigma_{mCo}^2}$ となり、(6-1) 式での統計的誤差は 95%片側上限値 (標準偏差 σ_{net} の 1.645 倍) とする (「(添付 6) 表-1」参照)。ここで、

- σ_{net} : 評価に用いる計数率 ($N_{Ge} - m_{Co}$) の標準偏差。
 σ_{NGe} : 測定時における評価対象核種 (^{60}Co) が放出する γ 線の計数率 (N_{Ge}) の標準偏差。
 σ_{mCo} : 「測定領域」以外から放出される評価対象核種 (^{60}Co) の γ 線の計数率 (m_{Co}) の標準偏差。

¹⁷ 遮へい体 (鉛) を検出器の前面に設置に要する時間は 5 分程度であるため、評価対象核種 (^{60}Co) が放出する γ 線を測定後、「測定領域」外からの γ 線を測定するまでの時間は短時間であり、測定場所周辺の放射線環境は変わらないとして扱う。

- ・(6-2) 式により、「測定領域 (2)」の評価対象核種 (^{60}Co) の計数率に対応する放射エネルギーを求める。

$$q_{\text{測定領域,測定日}} = CF_{\text{NaI}} \times N_{\text{NaI}} \quad (6-2)$$

ここで、

- $q_{\text{測定領域,測定日}}$: 測定日における「測定領域 (2)」の評価対象核種 (^{60}Co) の放射エネルギー (Bq)。
- CF_{NaI} : 評価対象核種 (^{60}Co) の放射能換算係数 (Bq/s⁻¹)。計数率(s⁻¹)を放射エネルギー (Bq) に換算するための関数として定義する。
放射能換算係数の設定方法は、2. 2. 3 項及び「(添付 6) 図-1, 2」に示すとおりである。
- N_{NaI} : 測定時における評価対象核種 (^{60}Co) が放出する γ 線の計数率 (s⁻¹)。

2. 2. 3 放射能換算係数

- ・評価対象核種 (^{60}Co) の放射能換算係数 (Bq/s⁻¹) は、放射線測定装置で測定した評価対象核種 (^{60}Co) の計数率 (s⁻¹) と放射エネルギー (Bq) を対応づける換算係数である。
- ・「測定領域 (1)」及び「測定領域 (2)」の放射エネルギー (Bq) は、「測定領域」内の放射エネルギーの分布 (Bq/cm³) から求める。
- ・この分布を保守的に設定し、「測定領域」の放射エネルギー (Bq) と計数率 (s⁻¹) の関係を遮へい計算で求め、これを放射能換算係数 (Bq/s⁻¹) として整理する。
- ・「測定領域」内の放射エネルギーの分布は、「測定領域」の放射エネルギーが保守的となるよう、以下のように設定する。
- ・放射能換算係数は、放射線測定装置と「測定領域」との間に遮へいとなる部分が存在しない場合 (ケース A) と存在する場合 (ケース B) の 2 ケース設定する。
- ・「測定領域 (1)」(Ge 半導体検出器を用いて測定) にはケース A 及びケース B があり、「測定領域 (2)」(NaI シンチレーションサーベイメータを用いて測定) はケース A である。「(添付 4) 図-1」及び「(添付 6) 図-1」に示すとおり、「評価単位」によって評価に用いる放射能換算係数が異なり、翼取付部のうち「評価単位」No.4, 6, 20, 22 はケース B, それ以外はケース A である。

(1) 放射能換算係数 (ケース A) の設定

- 放射線測定装置と「測定領域」との間に遮へいとなる部分が存在しない場合 (ケース A) の放射能換算係数の設定方法を以下に述べる。
- ケース A で使用する放射線測定装置は、Ge 半導体検出器及び NaI シンチレーションサーベイメータである。


- 評価対象核種 (^{60}Co) の計数率 P (s^{-1}) と放射エネルギー A (Bq) の関係を放射能換算係数 (Bq/s^{-1}) として用意しておき、放射線測定装置で測定した評価対象核種 (^{60}Co) の計数率 P (s^{-1}) を基に放射エネルギー A (Bq) を求める。

応答関数 RF (s^{-1}/Bq) を (6-3) 式を用いて計算し、放射能換算係数 CF (Bq/s^{-1}) を設定する。

$$CF = RF^{-1} = \quad (6-3)$$


ここで、

CF : ケース A の放射能換算係数 (Bq/s^{-1})
応答関数 RF (s^{-1}/Bq) の逆数で設定する。

- 
- ・放射能換算係数に関するパラメータを「(添付 6) 図-2」に示す。
 - ・このケースを適用する放射能換算係数の例として、「測定領域 (1)」は「評価単位」No. 13 (第 7-7 段間), 「測定領域 (2)」は「評価単位」No. 13 (第 7 段の通気穴) の放射能換算係数の設定例を「(添付 6) 図-3」に示す。

(2) 放射能換算係数 (ケース B) の設定

- ・放射線測定装置と「測定領域」との間に遮へいとなる部分が存在する場合 (ケース B) の放射能換算係数の設定方法を以下に述べる。
- ・ケース B で使用する放射線測定装置は, Ge 半導体検出器である。

- 
- ・放射能換算係数に関するパラメータを「(添付 6) 図-2」に示す。
 - ・このケースを適用する放射能換算係数の例として、「評価単位」No. 4 (第 14 段の翼取付部) の放射能換算係数の設定例を「(添付 6) 図-4」に示す。

a)



b) 放射能換算係数の設定



- [redacted] 単位放射エネルギーに対する放射線測定装置での応答関数 RF_i (s^{-1}/Bq) を以下の (6-5) 式を用いて求める。

$$RF_i = [redacted] \quad (6-5)$$

ここで、

RF_i : [redacted] の応答関数 (s^{-1}/Bq) 。

c) 小領域内の放射能分布の設定方法



2. 2. 4 放射エネルギーの測定方法の妥当性の確認

- ・基準値を下回ることの判断ができる測定ができること、放射エネルギーの測定方法の妥当性及び放射線測定装置の性能を確認するため、表面汚染密度の代表値を考慮した ^{60}Co 標準線源を対象物（放射線測定装置から「測定領域」の遠方）に設置して、放射線測定装置（Ge 半導体検出器、NaI シンチレーションサーベイメータ）を用いて計数率を測定した。
- ・測定対象、放射能換算係数及び測定結果のまとめを下表に示す。

No.	1		2	3
測定箇所	第 7-7 段間		第 7-7 段間の 通気穴	第 14 段の 翼取付部
「測定単位」	13-2		13-2	22-1
「測定領域」	(1)		(2)	(1)
放射能換算係数	ケース A		ケース A	ケース B
放射線測定器	Ge 半導体検出器		NaI シンチレーション サーベイメータ	Ge 半導体検出器
放射能換算係数 設定パラメータ	「(添付 6) 図-2, 3」			「(添付 6) 図-2, 4」
測定値 A (Bq)	3.6×10^3	8.5×10^3	4.7×10^3	1.6×10^4
標準線源 B (Bq)	1.2×10^3	4.9×10^3	1.2×10^3	6.1×10^3
A/B (-)	3.0	1.7	4.0	2.6
測定値 (A) に基づく D/C (^{60}Co) (-)	7.8×10^{-2}	1.9×10^{-1}	1.0×10^{-1}	3.0×10^{-1}
測定結果詳細	「(添付 6) 図-5」			「(添付 6) 図-6」

(1) 基準値を下回ることの判断ができる測定ができることの確認

(2) 放射エネルギーの測定方法の妥当性確認

- ・測定で得られた計数率に基づき放射エネルギーを算出し、標準線源の放射エネルギーと比較した結果、「(添付6) 図-5, 6」に示すとおり、測定における不確かさを考慮しても測定結果は標準線源の放射エネルギーを上回ることを確認し、放射エネルギーの測定方法は妥当と評価した。

(3) 放射線測定装置の性能の確認

- ・「測定領域」の測定に関する Ge 半導体検出器及び NaI シンチレーションサーベイメータの主要な仕様及び測定条件は「(添付6) 図-1」に示すとおりであり、また表面汚染密度の測定に使用する GM 管式サーベイメータ及びプラスチックサーベイメータの主要な仕様及び測定条件は「(添付6) 表-4」に示すとおりである。
- ・このうち、放射線測定装置の基本性能及び放射能換算係数を設定するうえで必要となるパラメータは、「(添付6) 表-3」に示すとおり、放射線測定装置の点検による確認又は標準線源を使用した測定により、適切な設定になっていると評価した。
- ・以上のとおり、評価対象核種 (^{60}Co) の放射エネルギーの測定方法が妥当であることを確認した。

2. 2. 5 検出限界値

(1) Ge 半導体検出器

- ・検出限界値 (Bq/g) は、日本原子力学会標準を参考に (6-7) 式を用いて検出限界計数率 (s^{-1}) に相当する放射エネルギー (Bq) を放射能換算係数 (Bq/s^{-1}) から求め、これを「測定単位」の重量 (g) で除して放射能濃度 (Bq/g) として求める。その際、バックグラウンドの変動及び遮へいの影響を考慮する。
(参考文献 3, 7, 9)

$$A_d = CF_{Ge} \cdot \frac{\frac{k^2}{t_T} + \sqrt{\left(\frac{k^2}{t_T}\right)^2 + 4(1 - k^2 r_2^2) k^2 \left[\frac{n_B + m_{Co}}{t_T} + \sigma_B^2 + \sigma_{mco}^2\right]}}{2(1 - k^2 r_2^2)} \cdot \frac{1}{W} \quad (6-7)$$

ここで、

- A_d : 検出限界値 (Bq/g)。
- k : 定数 ($k=3$) (—)。
- t_T : 測定時間 (s)。
- n_B : バックグラウンド計数率 (s^{-1})。
- σ_B : n_B の標準誤差 (s^{-1})。
- m_{Co} : 「測定領域」以外の評価対象核種 (^{60}Co) の γ 線の計数率 (s^{-1})。
- σ_{mco} : m_{Co} の標準誤差 (s^{-1})。
- CF_{Ge} : 放射能換算係数 (Bq/ s^{-1})。
- r_2 : 放射能換算係数の相対誤差 (—)。
- W : 「測定単位」の重量 (g)。

- ・「測定単位」が複数の「測定領域」で構成される場合、「測定単位」において検出限界値相当で 0.05Bq/g (評価対象核種 (^{60}Co)) 以下となるよう、他の「測定領域」の寄与を考慮して測定時間を設定する。
- ・「(添付 6) 表-5」に示すとおり、検出限界値 (0.05Bq/g) に相当する検出限界計数率の不確かさ (1.645σ) を考慮しても、基準値を下回ることを確認した。

(2) NaI シンチレーションサーベイメータ

- ・NaI シンチレーションサーベイメータを用いて測定する場合、測定した計数率がバックグラウンドを含め全て測定領域の評価対象核種 (^{60}Co) のものことから、検出限界値は設定しない。

2. 2. 6 測定時間

(1) Ge 半導体検出器

- ・放射能濃度の測定では、放射線測定装置の統計的誤差を加えても代表「測定単位」の D/C (評価対象核種 (^{60}Co)) が 1 以下であることの判断が可能な測定時間とする。
- ・測定毎に検出限界値を評価し、 「測定単位」において検出限界値相当で **0.05 Bq/g** (評価対象核種 (^{60}Co)) 以下になる測定時間とする。
- ・「測定領域 (1)」の測定に要する時間は、放射能換算係数 (ケース A) (ケース B) とともに、長くても数分である。

(2) NaI シンチレーションサーベイメータ

- ・NaI シンチレーションサーベイメータの測定時間は、放射線測定装置の特性上、統計的な誤差が小さい時定数 30 秒の 3 倍である 90 秒以上とする。

2. 2. 7 点検・校正

- ・放射線測定装置は 1 年に 1 回、定期点検を行う。定期点検では、検出器の点検・校正を行う。
- ・放射線測定装置は使用前に日常点検を行う。

- ・Ge 半導体検出器の日常点検では、標準線源 (^{60}Co) を使用して検出効率の確認を行う。
- ・検出効率の確認の目的は、Ge 半導体検出器の検出効率が放射能換算係数を求めたときに設定範囲内であること¹⁹を確認することである。
- ・その他、点検で実施する項目は次のとおりである。外観確認、電源供給状態、動作確認、設定時刻確認、ドリフトチェック (エネルギーピークのシフトの確認)。
- ・NaI シンチレーションサーベイメータの日常点検では、検出効率の確認、印加電圧の確認及びバッテリー確認を行う。

- ・GM 管式サーベイメータ及びプラスチックシンチレーション式サーベイメータの日常点検では、機器効率の確認、印加電圧の確認及びバッテリー確認を行う。

2. 2. 8 評価対象核種 (^{60}Co) の表面汚染密度の測定及び測定条件

- 対象物は、現在、汚染のおそれのある管理区域に汚染防止措置を施して保管している。測定及び評価にあたり、汚染のおそれのない管理区域に移動する際、「(添付 6) 表-4」に示すとおり、表面汚染密度の代表値 (\square Bq/cm^2) が適用できることを確認する。

(1) 測定方法

- 表面汚染密度の測定は、JIS Z 4504 : 2008 「放射性表面汚染の測定方法- β 線放出核種 (最大エネルギー 0.15MeV 以上) 及び α 線放出核種」に準拠して行う。(参考文献 10)
- 原則として直接測定法で対象物の表面汚染密度が \square Bq/cm^2 未満であることを確認する。

(2) 測定条件

- \square Bq/cm^2 未満の表面汚染密度を測定するため、「(添付 6) 表-4」に示す BG 計数率, 機器効率, 線源効率から検出限界値を算出し, 対象物の表面汚染密度が \square Bq/cm^2 を下回るように測定条件を設定する。

3. 測定条件の設定に対する不確かさ



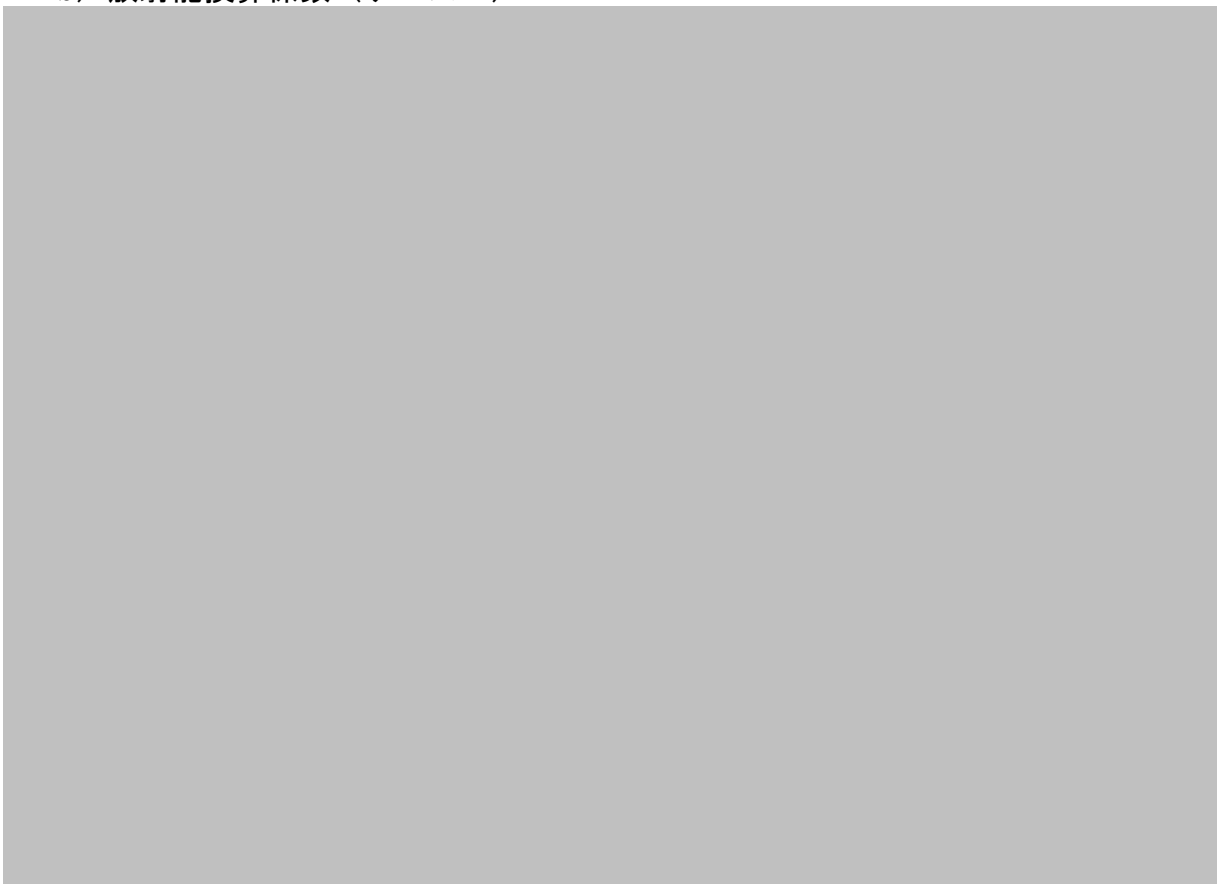


(1) 放射能換算係数の設定

a) 放射能換算係数 (ケース A)



b) 放射能換算係数 (ケース B)



(2) 評価対象核種 (^{60}Co) の計数率

- ・「評価対象核種 (^{60}Co) の計数率」は、Ge 半導体検出器において、測定値に統計的誤差に加えたものを評価に用いる。具体的には、検出時は検出値に 1.645σ を加算し²⁰、検出限界計数率未満であった場合は検出限界計数率を用い評価する。また、NaI シンチレーションサーベイメータにおいては、評価対象核種 (^{60}Co) からの放射線にバックグラウンドを加えた計数率を評価に用いることから、評価対象核種 (^{60}Co) からの計数率の統計的誤差はバックグラウンドに含まれると評価し、これ以上の不確かさを考慮する必要はないと判断した。

(3) その他の測定条件

²⁰ 標準偏差 (σ) の具体的な設定は、2.2.2 (1) 項のとおりである。

参考文献

1. 「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係る審査基準」(令和2年8月13日施行, 原規規発第2007294号, 原子力規制委員会決定。)
2. 低濃度放射能測定における ISO 11929 に従った測定の不確かさと特性値の導出 (酒井宏隆, 吉居大樹, 川崎 智)
3. 文部科学省放射能測定法シリーズ「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」(平成4年改訂)
4. 「計測における不確かさの評価と表記の方法-ISO 不確かさ表現のガイドを中心に」(小池・今井著) J. SICE Vol.34 No.8 Aug. 1995.
5. 「Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement」不確かさ表現ガイド, JCGM100:2008.
6. 「原子力教科書 放射線遮蔽」(著者:小佐古 敏荘, 笹本 宣雄/オーム社)
7. 日本原子力学会標準「クリアランスの判断方法:2005」
8. 日本原子力学会標準「ウラン取扱施設におけるクリアランスの判断方法:2010」
9. 「ガンマ線分析詳細仕様説明書 Gamma Studio, SEIKO EG & G (Rev.3.0.0.0) (2010.09)」
10. JIS Z 4504:2008 「放射性表面汚染の測定方法—β線放出核種(最大エネルギー0.15MeV以上)及びα線放出核種」

添付書類 七

放射能濃度確認対象物の保管場所及び保管方法
に関する説明

放射能濃度確認対象物の保管場所及び保管方法に関する説明

- 放射能濃度の測定及び評価に伴う対象物の基本処理フローを「(添付 7) 図-1」、管理事項の一覧を「(添付 7) 表-1」に示す。具体的には以下のとおりである。

1. 共通事項

- 対象物は切断して容器に収納することはせず一体で取り扱い、対象物の「保管エリア」、「測定エリア」及び「確認待ちエリア」（「保管エリア等」）では、放射性物質による追加的な汚染²¹が生じないように区画して出入口を施錠管理するとともに、対象物は養生して保管管理する。「測定エリア」及び「確認待ちエリア」では、放射性物質による追加的な汚染が生じないように区画して出入口を施錠管理するとともに、区画内にハウスを設置して汚染のおそれのない管理区域として対象物を保管管理する。
- 「保管エリア等」は、放射能濃度確認担当箇所の承認を受けた者以外の者が立ち入らないように、区画、施錠により制限する。
- 定期的に保管状況の確認を行う。
- 対象物が「測定前」、「測定中」、「測定済み（国の確認前）」あるいは「確認済み（国の確認を受けた物）」であることが分かるように識別管理²²する。
- 放射能濃度の測定後の対象物に放射性物質による追加的な汚染が生じないように管理するとともに、放射能濃度の測定から国の確認までの間、厳格な品質管理を行う。
- 対象物を運搬する際、追加的な汚染のおそれがない経路を選定する。経路は原則汚染のおそれのない管理区域とする。汚染のおそれのある管理区域を選定する場合は、対象物を養生し追加的な汚染防止措置を講じる。
- 国の確認を受けた物は、核燃料物質による汚染が無いものとして扱うとともに、追加的な汚染が生じないように管理する。
- これらの対象物の取扱いに関する事項を浜岡原子力発電所原子炉施設保安規定及び社内規定に定めて実施するとともに、継続的に改善していく。

²¹ 「保管エリア等」は、原子炉の運転および停止期間において放射化汚染の影響はなく、二次的な汚染を対象とし、追加的な汚染を防止する。

²² 対象物は異物が混入する構造になっていないため、異物混入状況を確認するための措置として測定時にモニタ撮影することはしないが、車軸毎に測定状態が分かるように識別管理を行う。

2. 保管エリア

- ・放射能濃度の測定及び評価を行うまで対象物を保管する場所を「保管エリア」という。
- ・「保管エリア」は汚染のおそれのある管理区域又は汚染のおそれのない管理区域とし、区画により異物の混入及び追加汚染を防止する。
- ・必要に応じて対象物を除染し、表面汚染密度を測定する。

3. 測定エリア

- ・放射能濃度の測定及び評価を行う場所を「測定エリア」という。
- ・「測定エリア」は汚染のおそれのない管理区域とし、区画内にハウスを設置することにより異物の混入及び追加汚染を防止する。
- ・対象物の測定前後を識別管理する。
- ・各低圧車軸を構成する全ての「評価単位」の測定及び評価を行った結果、**車軸毎に全ての「評価単位」において評価対象核種 (^{60}Co) の D/C が 1 以下となることを確認した低圧車軸は、国の確認を受けるために、「確認待ちエリア」に運搬する。**
- ・運搬として「測定エリア」の場所を「確認待ちエリア」に変更するケースで「測定エリア」内に複数の低圧車軸が存在する場合は、先に**測定及び評価**を終えた低圧車軸に追加汚染防止の措置を講じて保管し、「測定エリア」内の全ての低圧車軸の**測定及び評価**を終えた段階で、「測定エリア」の場所を「確認待ちエリア」に変更する。
- ・「添付書類三」(5. 項 評価対象核種の選択結果)に記載のとおり、設定基準日(令和2年4月1日)から令和12年4月1日までに国の確認を受けることを前提に ^{60}Co を評価対象核種として選択したことから、令和12年4月1日までに測定及び評価を終え、**車軸毎に全ての「評価単位」の D/C (^{60}Co) が 1 以下となることを確認し、国の確認を受ける対象物となった低圧車軸は、国の確認の申請を行う。**
- ・測定及び評価を行った結果、「評価単位」の **D/C (^{60}Co) が 1 を超える場合、当該車軸は**測定条件を見直して再測定を行うか再除染し再測定を行うか、あるいは当該車軸を放射能濃度確認対象外とする。****

4. 確認待ちエリア

- ・国の確認を受ける対象物を国の確認が終わるまで保管する場所を「確認待ちエリア」という。
- ・「確認待ちエリア」は汚染のおそれのない管理区域とし、区画により異物の混入及び追加汚染を防止する。

- 対象物の確認前後を識別管理する。
- 国の確認を受けた対象物は、核燃料物質による汚染が無いものとして扱い、発電所敷地内の非管理区域へ運搬し、発電所からの搬出まで追加的な汚染が生じないように管理する。

添付書類 八

放射能濃度の測定及び評価に係る
品質マネジメントシステムに関する説明

放射能濃度の測定及び評価に係る品質マネジメントシステムに関する説明

- ・放射能濃度の測定及び評価並びに対象物の保管管理を高い信頼性をもって実施し、これらを維持・改善するための品質保証活動を次のとおり実施する。
- ・品質保証体制は社長をトップマネジメントとして構築し、体系化した組織及び文書類により、放射能濃度の測定及び評価のための一連の業務に係る計画、実施、評価及び改善のプロセスを実施するための品質保証計画を定める。
- ・対象物の発生から分別、放射能濃度の測定及び評価、保管管理、搬出、これら一連の管理に関する記録の作成及び保存並びに不適合発生時の処置を行う際には、以下の品質保証活動を実施し、放射能濃度の測定及び評価並びに対象物の保管管理に関する業務の信頼性を確保する。
- ・浜岡原子力発電所原子炉施設保安規定、原子力品質保証規程及び品質保証計画書並びにこれらに基づく下部規程に以下の事項を定めて実施するとともに、継続的に改善していく。

1. 責任の明確化

- ・放射能濃度の測定及び評価並びに対象物の保管管理に関する業務を統一的に管理する者を、**浜岡原子力発電所原子炉施設保安規定に定め**組織の中で明確にする。

2. 教育・訓練

- ・放射能濃度の測定及び評価並びに対象物の保管管理に関する業務に必要な教育・訓練の実施事項を**社内規定に定めて明確にし**、当該業務を実施する者への教育・訓練の実施及び技能の維持を図る。
- ・放射能濃度の測定及び評価に必要な技能を習得した者が業務を実施するよう社内認定を行う。

3. 業務の実施

- ・放射能濃度の測定及び評価並びに対象物の保管管理に関する業務は、浜岡原子力発電所原子炉施設保安規定、原子力品質保証規程及び品質保証計画書に基づく下部規程に具体的業務を定めて、業務を実施する。

4. 放射線測定装置の管理

- ・放射能濃度の測定及び評価に使用する放射線測定装置は、定期的な点検・校正を社内規定に定め実施する。

5. 評価及び改善

- ・放射能濃度の測定及び評価並びに対象物の保管管理に関する業務を定められた手順のとおり実施するため、定期的に内部監査等を行い、必要に応じて改善を図る。
- ・放射能濃度の測定及び評価並びに対象物の保管管理に関する業務において、不具合及びヒューマンエラーを発生させないように努める。
- ・不適合が発生した場合、すみやかに是正処置を行うとともに、必要に応じて予防処置を講ずる。
- ・放射能濃度の測定及び評価並びに対象物の保管管理に関する業務は、運用実績を反映し、適宜、手順の見直し及び管理の充実を図る。

以上

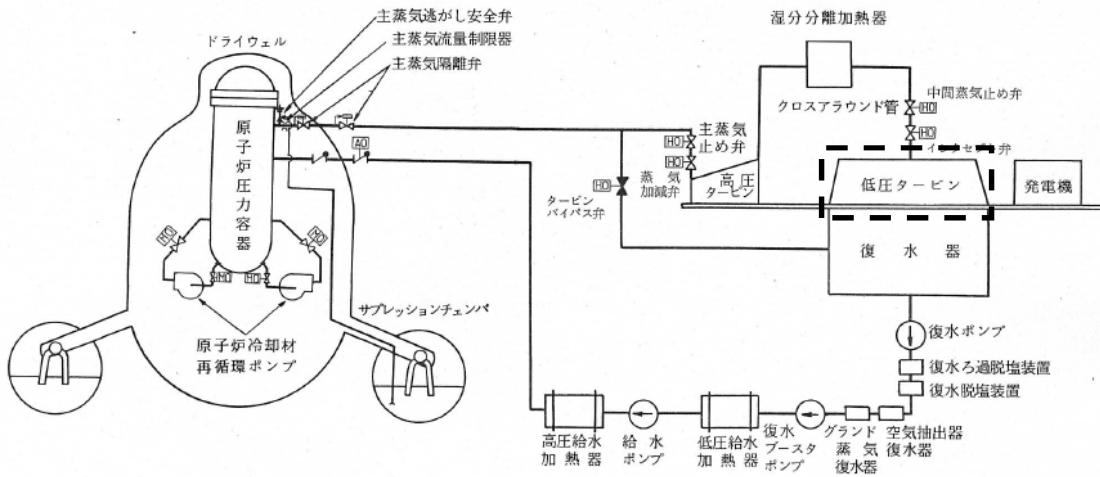
本文 図表リスト

(本文) 図-1	タービン設備の概要
(本文) 図-2	対象物の発生場所及び保管場所
(本文) 図-3	評価対象核種の選択フロー
(本文) 図-4	「評価単位」, 「測定単位」及び「測定領域」の設定
(本文) 図-5	測定
(本文) 図-6	放射能換算係数と「測定領域」内の放射能分布の関係
(本文) 表-1	放射能濃度の評価方法 (評価対象核種の選択)
(本文) 表-2	評価対象核種の選択に用いる放射能濃度の評価結果

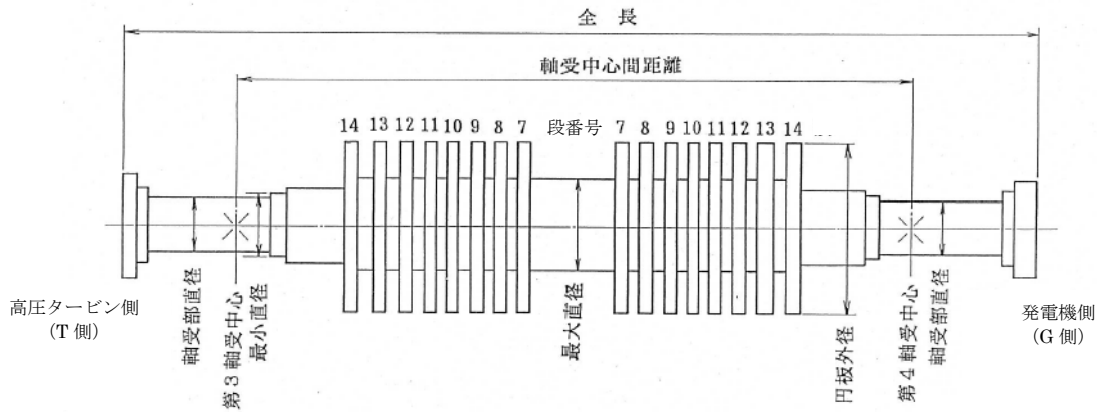
(本文) 図-1 タービン設備の概要

対象物は、低圧タービンを構成する車軸である。代表で低圧車軸 (A) を示す。

(1) タービン設備の概要



(2) 対象物の概要



出典 浜岡原子力発電所原子炉設置変更許可申請書(4号原子炉の増設及び1号, 2号, 3号原子炉施設の変更)

(本文) 図-2 対象物の発生場所及び保管場所(1/2)

対象物の「発生場所」は浜岡 4 号炉タービン建屋である。また、浜岡 5 号炉タービン建屋は、「保管エリア」「測定エリア」及び「確認待ちエリア」の候補地である。



出典 浜岡原子力発電所原子炉設置変更許可申請書 (5 号原子炉の増設)

(本文) 図-2 対象物の発生場所及び保管場所(2/2)

発生場所：浜岡 4 号炉タービン建屋 3 階



出典 浜岡原子力発電所原子炉設置変更許可申請書(4号原子炉の増設及び1号, 2号, 3号原子炉施設の変更)

保管場所：浜岡 5 号炉タービン建屋 3 階

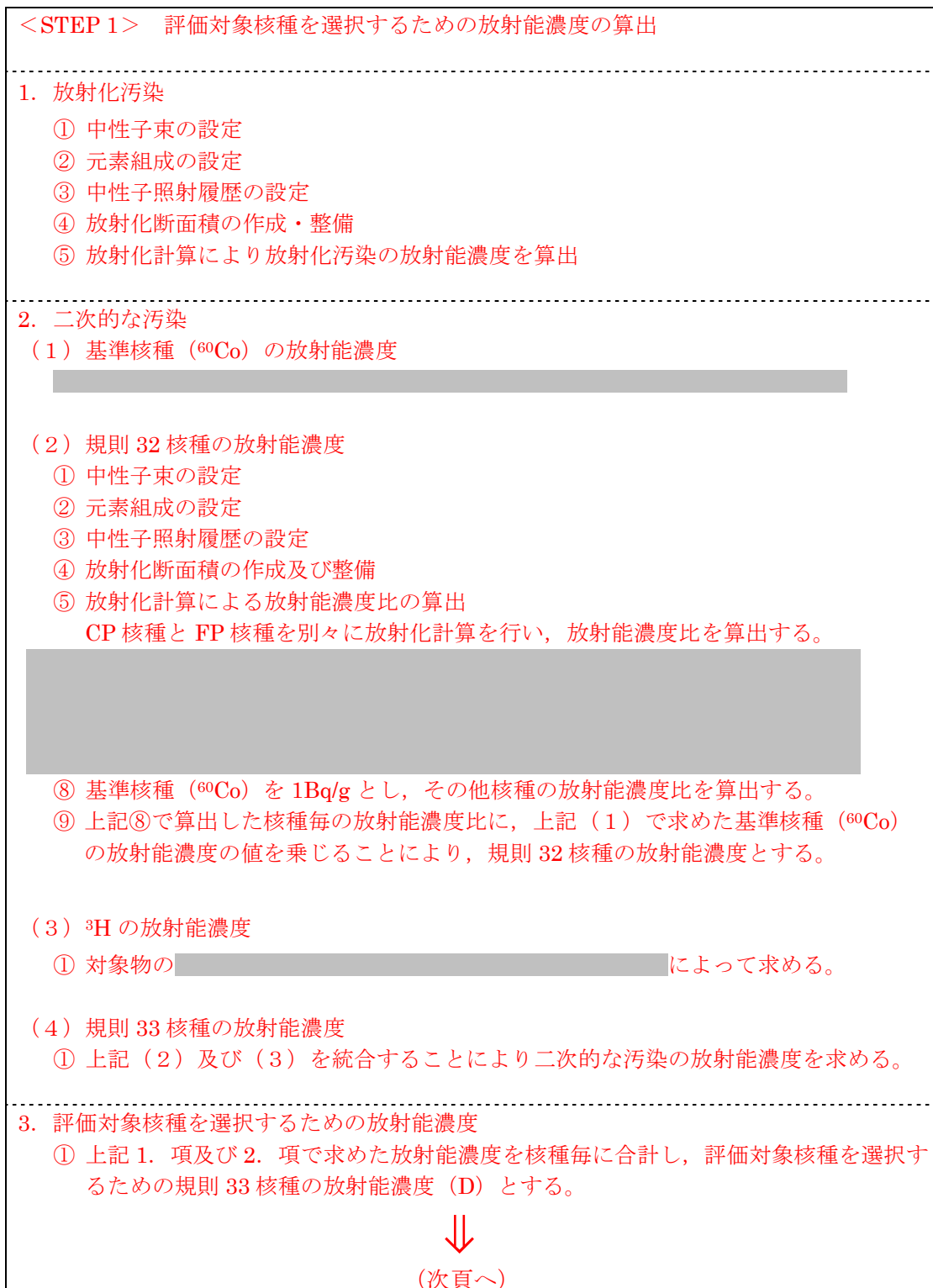
・「保管エリア」「測定エリア」及び「確認待ちエリア」の候補地を点線で示す。



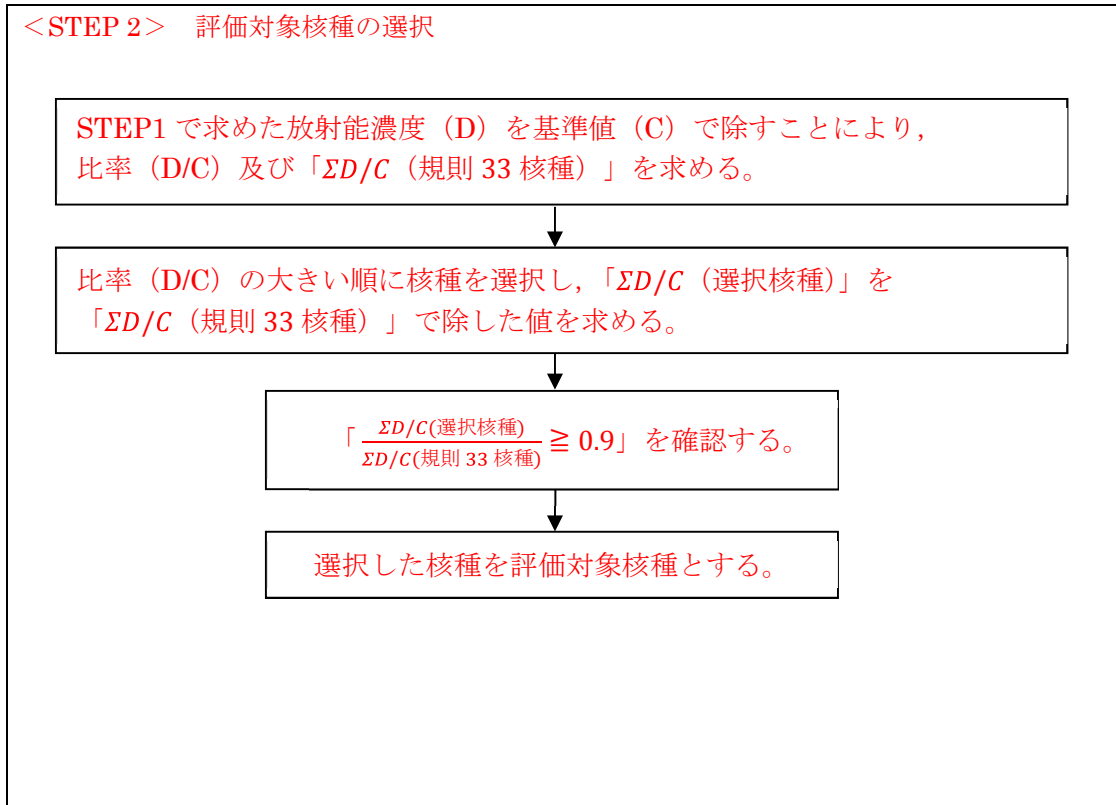
出典 浜岡原子力発電所原子炉設置変更許可申請書 (5号原子炉の増設)

(本文) 図-3 評価対象核種の選択フロー(1/2)

下図のフローに従い別々に算出した「放射化汚染」及び「二次的な汚染」の放射能濃度を、核種毎に合計して評価対象核種を選択するための放射能濃度を求める。

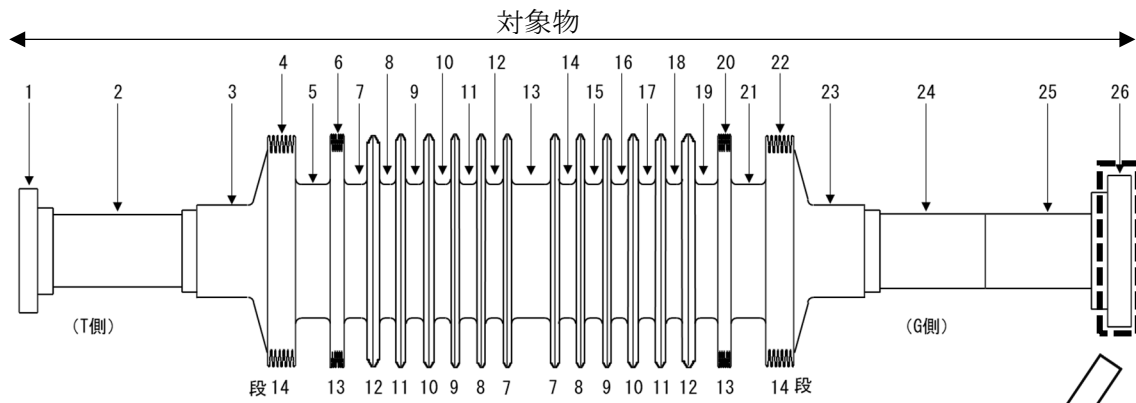


(本文) 図-3 評価対象核種の選択フロー(2/2)

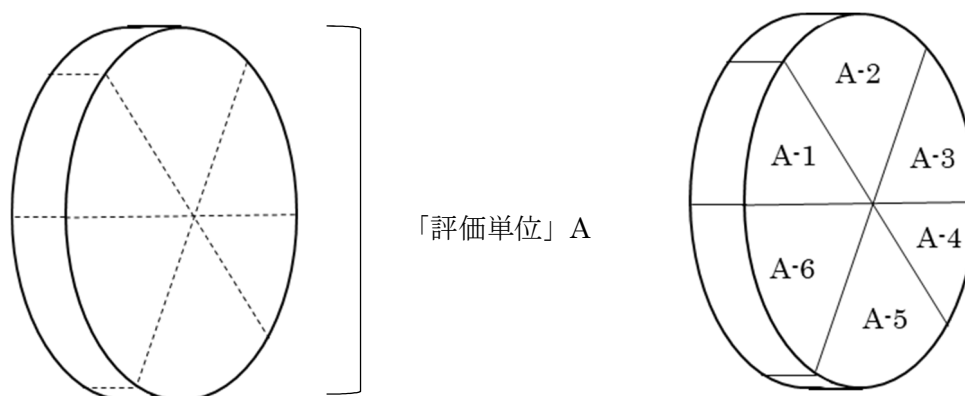


(本文) 図-4 「評価単位」, 「測定単位」 及び 「測定領域」 の設定

- 各低圧車軸とも軸方向に仮想的に 26 分割し, それぞれを 「評価単位」 とする。
- 「測定単位」 は 「評価単位」 を周方向に仮想的に分割して設定する。
- 「測定単位」 のうち, 単一の放射線測定装置で 1 回の測定で放射エネルギーを測定する領域を 「測定領域」 とする。「測定単位」 の形状により 「測定領域」 は複数になる場合がある。

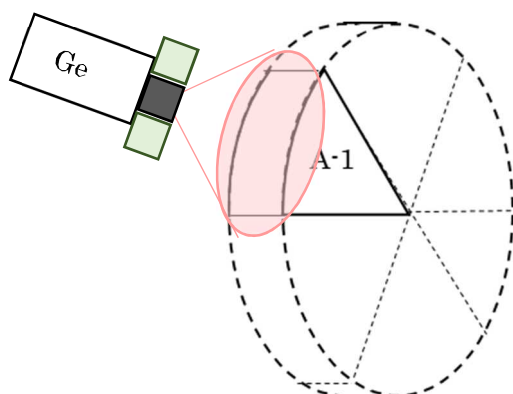


(本文) 図-5 [redacted] 測定



- ・「評価単位」A を周方向に仮想分割し、「測定単位」A-1～A-6 とする。

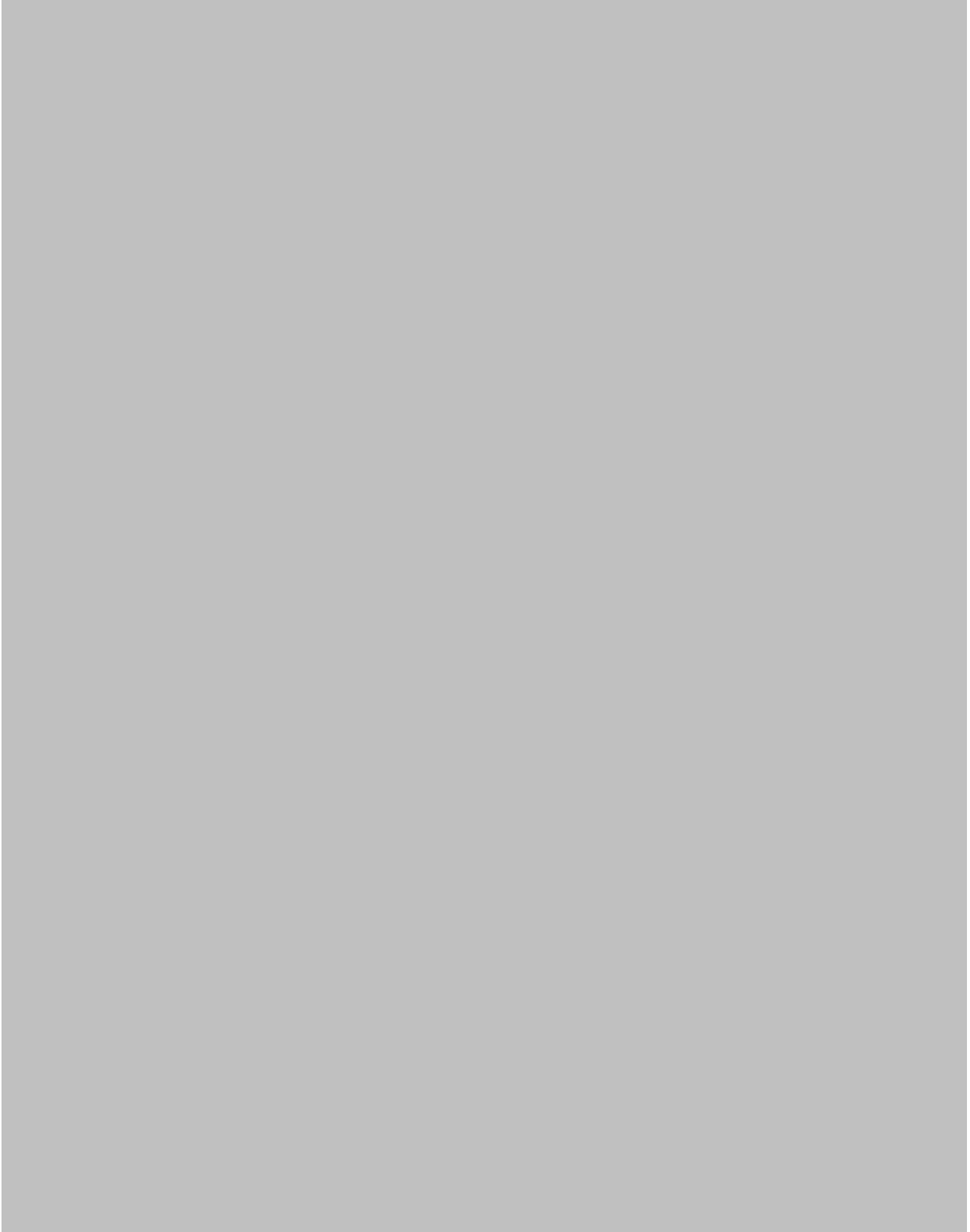
Ge : Ge 半導体検出器



- ・低圧車軸は回転体構造であることから、周方向の汚染は一定レベル以下で同程度と評価した。対象物は、除染（ブラスト除染）を行い、追加汚染防止措置を講じて保管している。事前調査の結果（表面汚染密度）を基に対象物の放射能濃度を評価した結果、保守的に評価しても D/C (^{60}Co) は 1 以下となること、「評価単位」を構成する「測定単位」となる周方向の放射能濃度は D/C (^{60}Co) が 1 を下回る一定レベル以下で同程度と評価した。

(本文) 図-6 放射能換算係数と「測定領域」内の放射能分布の関係

放射能換算係数と「測定領域」内の放射能分布の関係を以下に示す。



(本文) 表-1 放射能濃度の評価方法 (評価対象核種の選択)

評価対象核種の選択のための放射化汚染及び二次的な汚染による放射能濃度の評価方法を以下に示す。

核種	放射化汚染	二次的な汚染 (CP 核種)	二次的な汚染 (FP 核種)
^3H	放射化計算法	放射化学分析法	
^{14}C	同上	放射化学分析法※	—
^{36}Cl	同上	相対比率計算法※	—
^{41}Ca	同上	相対比率計算法	—
^{46}Sc	同上	相対比率計算法	—
^{54}Mn	同上	相対比率計算法	—
^{55}Fe	同上	相対比率計算法	—
^{59}Fe	同上	相対比率計算法	—
^{58}Co	同上	相対比率計算法	—
^{60}Co	同上	放射化学分析法	—
^{59}Ni	同上	相対比率計算法	—
^{63}Ni	同上	相対比率計算法	—
^{65}Zn	同上	相対比率計算法	—
^{90}Sr	同上	相対比率計算法	相対比率計算法
^{94}Nb	同上	相対比率計算法	相対比率計算法
^{95}Nb	同上	相対比率計算法	相対比率計算法
^{99}Tc	同上	相対比率計算法	相対比率計算法
^{106}Ru	同上	相対比率計算法	相対比率計算法
$^{108\text{m}}\text{Ag}$	同上	相対比率計算法	相対比率計算法
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	同上	相対比率計算法	相対比率計算法
^{124}Sb	同上	相対比率計算法	相対比率計算法
$^{123\text{m}}\text{Te}$	同上	相対比率計算法	相対比率計算法
^{129}I	同上	相対比率計算法※	相対比率計算法※
^{134}Cs	同上	相対比率計算法	相対比率計算法
^{137}Cs	同上	相対比率計算法	放射化学分析法
^{133}Ba	同上	相対比率計算法	相対比率計算法
^{152}Eu	同上	相対比率計算法	相対比率計算法
^{154}Eu	同上	相対比率計算法	相対比率計算法
^{160}Tb	同上	相対比率計算法	相対比率計算法
^{182}Ta	同上	相対比率計算法	—
^{239}Pu	同上	—	相対比率計算法
^{241}Pu	同上	—	相対比率計算法
^{241}Am	同上	—	相対比率計算法

<補足>

- ・ハッチングは基準核種の ^{60}Co を示す。

(本文) 表-2 評価対象核種の選択に用いる放射能濃度の評価結果(1/4)

二次的な汚染の評価対象核種を選択するための基準核種 (^{60}Co) の放射能濃度を評価した結果を以下に示す。

(令和2年4月1日時点)

	放射能濃度 (③) (Bq/g)	基準値 (④) (Bq/g)	D/C (③/④) (-)
	2.6×10^{-3}	0.1	2.6×10^{-2}

<補足>



二次的な汚染の評価対象核種を選択するための ^3H の放射能濃度を評価した結果を以下に示す。

(令和2年4月1日時点)

	放射能濃度 (③) (Bq/g)	基準値 (④) (Bq/g)	D/C (③/④) (-)
	1.4×10^{-3}	100	1.4×10^{-5}

<補足>

- ・表面汚染密度は、代表試料の分析結果（検出限界値）の最大値である。



(本文) 表-2 評価対象核種の選択に用いる放射能濃度の評価結果(2/4)

放射化汚染の放射能濃度，二次的な汚染の放射能濃度及びこれらを核種毎に合計した規則 33 核種の放射能濃度を以下に示す。

(令和 2 年 4 月 1 日時点)

	核種	基準値 C (Bq/g)	放射化汚染 (①)		二次的な汚染 (②)		合計 (①+②)	
			評価結果 D (Bq/g)	D/C (-)	評価結果 D (Bq/g)	D/C (-)	評価結果 D (Bq/g)	D/C (-)
1	³ H	100	2.6×10 ⁻⁸	2.6×10 ⁻¹⁰	1.4×10 ⁻³	1.4×10 ⁻⁵	1.4×10 ⁻³	1.4×10 ⁻⁵
2	¹⁴ C	1	6.6×10 ⁻⁹	6.6×10 ⁻⁹	3.1×10 ⁻⁵	3.1×10 ⁻⁵	3.1×10 ⁻⁵	3.1×10 ⁻⁵
3	³⁶ Cl	1	2.4×10 ⁻¹³	2.4×10 ⁻¹³	5.7×10 ⁻⁷	5.7×10 ⁻⁷	5.7×10 ⁻⁷	5.7×10 ⁻⁷
4	⁴¹ Ca	100	1.3×10 ⁻¹²	1.3×10 ⁻¹⁴	1.7×10 ⁻¹⁰	1.7×10 ⁻¹²	1.7×10 ⁻¹⁰	1.7×10 ⁻¹²
5	⁴⁶ Sc	0.1	1.0×10 ⁻²⁰	1.0×10 ⁻¹⁹	0	0	1.0×10 ⁻²⁰	1.0×10 ⁻¹⁹
6	⁵⁴ Mn	0.1	1.7×10 ⁻⁹	1.7×10 ⁻⁸	9.8×10 ⁻⁷	9.8×10 ⁻⁶	9.8×10 ⁻⁷	9.8×10 ⁻⁶
7	⁵⁵ Fe	1000	1.7×10 ⁻⁴	1.7×10 ⁻⁷	1.3×10 ⁻³	1.3×10 ⁻⁶	1.5×10 ⁻³	1.5×10 ⁻⁶
8	⁵⁹ Fe	1	8.4×10 ⁻²⁷	8.4×10 ⁻²⁷	0	0	8.4×10 ⁻²⁷	8.4×10 ⁻²⁷
9	⁵⁸ Co	1	3.3×10 ⁻¹⁹	3.3×10 ⁻¹⁹	0	0	3.3×10 ⁻¹⁹	3.3×10 ⁻¹⁹
10	⁶⁰ Co	0.1	3.8×10 ⁻⁵	3.8×10 ⁻⁴	2.6×10 ⁻³	2.6×10 ⁻²	2.6×10 ⁻³	2.6×10 ⁻²
11	⁵⁹ Ni	100	2.8×10 ⁻⁷	2.8×10 ⁻⁹	6.3×10 ⁻⁶	6.3×10 ⁻⁸	6.6×10 ⁻⁶	6.6×10 ⁻⁸
12	⁶³ Ni	100	3.0×10 ⁻⁵	3.0×10 ⁻⁷	6.9×10 ⁻⁴	6.9×10 ⁻⁶	7.2×10 ⁻⁴	7.2×10 ⁻⁶
13	⁶⁵ Zn	0.1	1.7×10 ⁻¹²	1.7×10 ⁻¹¹	3.0×10 ⁻⁹	3.0×10 ⁻⁸	3.0×10 ⁻⁹	3.0×10 ⁻⁸
14	⁹⁰ Sr	1	1.1×10 ⁻¹¹	1.1×10 ⁻¹¹	4.6×10 ⁻⁵	4.6×10 ⁻⁵	4.6×10 ⁻⁵	4.6×10 ⁻⁵
15	⁹⁴ Nb	0.1	2.1×10 ⁻¹¹	2.1×10 ⁻¹⁰	5.0×10 ⁻⁹	5.0×10 ⁻⁸	5.0×10 ⁻⁹	5.0×10 ⁻⁸
16	⁹⁵ Nb	1	3.4×10 ⁻³⁷	3.4×10 ⁻³⁷	0	0	3.4×10 ⁻³⁷	3.4×10 ⁻³⁷
17	⁹⁹ Tc	1	2.0×10 ⁻⁹	2.0×10 ⁻⁹	1.2×10 ⁻⁸	1.2×10 ⁻⁸	1.4×10 ⁻⁸	1.4×10 ⁻⁸
18	¹⁰⁶ Ru	0.1	1.0×10 ⁻¹⁴	1.0×10 ⁻¹³	6.5×10 ⁻⁸	6.5×10 ⁻⁷	6.5×10 ⁻⁸	6.5×10 ⁻⁷
19	^{108m} Ag	0.1	5.7×10 ⁻¹²	5.7×10 ⁻¹¹	7.5×10 ⁻⁹	7.5×10 ⁻⁸	7.5×10 ⁻⁹	7.5×10 ⁻⁸
20	^{110m} Ag	0.1	8.4×10 ⁻¹³	8.4×10 ⁻¹²	1.5×10 ⁻¹⁰	1.5×10 ⁻⁹	1.6×10 ⁻¹⁰	1.6×10 ⁻⁹
21	¹²⁴ Sb	1	1.2×10 ⁻²²	1.2×10 ⁻²²	0	0	1.2×10 ⁻²²	1.2×10 ⁻²²
22	^{123m} Te	1	2.1×10 ⁻¹⁹	2.1×10 ⁻¹⁹	0	0	2.1×10 ⁻¹⁹	2.1×10 ⁻¹⁹
23	¹²⁹ I	0.01	2.6×10 ⁻¹⁷	2.6×10 ⁻¹⁵	4.8×10 ⁻¹⁰	4.8×10 ⁻⁸	4.8×10 ⁻¹⁰	4.8×10 ⁻⁸
24	¹³⁴ Cs	0.1	6.2×10 ⁻¹⁰	6.2×10 ⁻⁹	9.7×10 ⁻⁸	9.7×10 ⁻⁷	9.7×10 ⁻⁸	9.7×10 ⁻⁷
25	¹³⁷ Cs	0.1	1.2×10 ⁻¹¹	1.2×10 ⁻¹⁰	5.3×10 ⁻⁵	5.3×10 ⁻⁴	5.3×10 ⁻⁵	5.3×10 ⁻⁴
26	¹³³ Ba	0.1	6.5×10 ⁻¹³	6.5×10 ⁻¹²	1.6×10 ⁻⁷	1.6×10 ⁻⁶	1.6×10 ⁻⁷	1.6×10 ⁻⁶
27	¹⁵² Eu	0.1	4.5×10 ⁻⁸	4.5×10 ⁻⁷	8.9×10 ⁻⁷	8.9×10 ⁻⁶	9.3×10 ⁻⁷	9.3×10 ⁻⁶
28	¹⁵⁴ Eu	0.1	7.8×10 ⁻⁹	7.8×10 ⁻⁸	1.1×10 ⁻⁷	1.1×10 ⁻⁶	1.2×10 ⁻⁷	1.2×10 ⁻⁶
29	¹⁶⁰ Tb	1	4.2×10 ⁻²²	4.2×10 ⁻²²	0	0	4.2×10 ⁻²²	4.2×10 ⁻²²
30	¹⁸² Ta	0.1	2.5×10 ⁻¹⁶	2.5×10 ⁻¹⁵	0	0	2.5×10 ⁻¹⁶	2.5×10 ⁻¹⁵
31	²³⁹ Pu	0.1	1.2×10 ⁻¹¹	1.2×10 ⁻¹⁰	3.2×10 ⁻⁶	3.2×10 ⁻⁵	3.2×10 ⁻⁶	3.2×10 ⁻⁵
32	²⁴¹ Pu	10	0	0	4.3×10 ⁻²²	4.3×10 ⁻²³	4.3×10 ⁻²²	4.3×10 ⁻²³
33	²⁴¹ Am	0.1	0	0	1.9×10 ⁻²³	1.9×10 ⁻²²	1.9×10 ⁻²³	1.9×10 ⁻²²
規則 33 核種の ΣD/C (A)				3.83×10 ⁻⁴		2.62×10 ⁻²		2.66×10 ⁻²
⁶⁰ Co の D/C (B)				3.82×10 ⁻⁴		2.55×10 ⁻²		2.59×10 ⁻²
⁶⁰ Co の割合 (B/A)				9.97×10 ⁻¹		9.74×10 ⁻¹		9.74×10 ⁻¹

<補足>

・評価結果 D は端数処理してあり各 D/C を合計しても合計値と合わないことがある。

(本文) 表-2 評価対象核種の選択に用いる放射能濃度の評価結果(3/4)

前頁の核種毎に合計した規則 33 核種の放射能濃度を評価対象核種の選択に用いる放射能濃度とする。D/C が最も大きい核種は ^{60}Co であり、D/C (^{60}Co) の $\Sigma\text{D/C}$ (規則 33 核種) に対する比は 0.9 以上である。

(令和 2 年 4 月 1 日時点)

	核種	基準値 C (Bq/g)	評価対象核種の選択に用いる放射能濃度	
			評価結果 D (Bq/g)	D/C (-)
1	^3H	100	1.4×10^{-3}	1.4×10^{-5}
2	^{14}C	1	3.1×10^{-5}	3.1×10^{-5}
3	^{36}Cl	1	5.7×10^{-7}	5.7×10^{-7}
4	^{41}Ca	100	1.7×10^{-10}	1.7×10^{-12}
5	^{46}Sc	0.1	1.0×10^{-20}	1.0×10^{-19}
6	^{54}Mn	0.1	9.8×10^{-7}	9.8×10^{-6}
7	^{55}Fe	1000	1.5×10^{-3}	1.5×10^{-6}
8	^{59}Fe	1	8.4×10^{-27}	8.4×10^{-27}
9	^{58}Co	1	3.3×10^{-19}	3.3×10^{-19}
10	^{60}Co	0.1	2.6×10^{-3}	2.6×10^{-2}
11	^{59}Ni	100	6.6×10^{-6}	6.6×10^{-8}
12	^{63}Ni	100	7.2×10^{-4}	7.2×10^{-6}
13	^{65}Zn	0.1	3.0×10^{-9}	3.0×10^{-8}
14	^{90}Sr	1	4.6×10^{-5}	4.6×10^{-5}
15	^{94}Nb	0.1	5.0×10^{-9}	5.0×10^{-8}
16	^{95}Nb	1	3.4×10^{-37}	3.4×10^{-37}
17	^{99}Tc	1	1.4×10^{-8}	1.4×10^{-8}
18	^{106}Ru	0.1	6.5×10^{-8}	6.5×10^{-7}
19	$^{108\text{m}}\text{Ag}$	0.1	7.5×10^{-9}	7.5×10^{-8}
20	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	0.1	1.6×10^{-10}	1.6×10^{-9}
21	^{124}Sb	1	1.2×10^{-22}	1.2×10^{-22}
22	$^{123\text{m}}\text{Te}$	1	2.1×10^{-19}	2.1×10^{-19}
23	^{129}I	0.01	4.8×10^{-10}	4.8×10^{-8}
24	^{134}Cs	0.1	9.7×10^{-8}	9.7×10^{-7}
25	^{137}Cs	0.1	5.3×10^{-5}	5.3×10^{-4}
26	^{133}Ba	0.1	1.6×10^{-7}	1.6×10^{-6}
27	^{152}Eu	0.1	9.3×10^{-7}	9.3×10^{-6}
28	^{154}Eu	0.1	1.2×10^{-7}	1.2×10^{-6}
29	^{160}Tb	1	4.2×10^{-22}	4.2×10^{-22}
30	^{182}Ta	0.1	2.5×10^{-16}	2.5×10^{-15}
31	^{239}Pu	0.1	3.2×10^{-6}	3.2×10^{-5}
32	^{241}Pu	10	4.3×10^{-22}	4.3×10^{-23}
33	^{241}Am	0.1	1.9×10^{-23}	1.9×10^{-22}
規則 33 核種の $\Sigma\text{D/C}$ (A)				2.66×10^{-2}
^{60}Co の D/C (B)				2.59×10^{-2}
^{60}Co の割合 (B/A)				9.74×10^{-1}

<補足>

- ・ 評価結果 D は端数処理してあり各 D/C を合計しても合計値と合わないことがある。

(本文) 表-2 評価対象核種の選択に用いる放射能濃度の評価結果(4/4)

設定基準日 (令和 2 年 4 月 1 日) から 10 年後 (令和 12 年 4 月 1 日) においても, D/C (^{60}Co) の $\Sigma\text{D/C}$ (規則 33 核種) に対する比は 0.9 以上である。

(令和 12 年 4 月 1 日時点)

	核種	基準値 C (Bq/g)	評価対象核種の選択に用いる放射能濃度	
			評価結果 D (Bq/g)	D/C (-)
1	^3H	100	7.9×10^{-4}	7.9×10^{-6}
2	^{14}C	1	3.1×10^{-5}	3.1×10^{-5}
3	^{36}Cl	1	5.7×10^{-7}	5.7×10^{-7}
4	^{41}Ca	100	1.7×10^{-10}	1.7×10^{-12}
5	^{46}Se	0.1	8.0×10^{-34}	8.0×10^{-33}
6	^{54}Mn	0.1	3.0×10^{-10}	3.0×10^{-9}
7	^{55}Fe	1000	1.2×10^{-4}	1.2×10^{-7}
8	^{59}Fe	1	1.7×10^{-51}	1.7×10^{-51}
9	^{58}Co	1	1.0×10^{-34}	1.0×10^{-34}
10	^{60}Co	0.1	7.0×10^{-4}	7.0×10^{-3}
11	^{59}Ni	100	6.6×10^{-6}	6.6×10^{-8}
12	^{63}Ni	100	6.7×10^{-4}	6.7×10^{-6}
13	^{65}Zn	0.1	9.6×10^{-14}	9.6×10^{-13}
14	^{90}Sr	1	3.6×10^{-5}	3.6×10^{-5}
15	^{94}Nb	0.1	5.0×10^{-9}	5.0×10^{-8}
16	^{95}Nb	1	1.2×10^{-68}	1.2×10^{-68}
17	^{99}Tc	1	1.4×10^{-8}	1.4×10^{-8}
18	^{106}Ru	0.1	7.4×10^{-11}	7.4×10^{-10}
19	$^{108\text{m}}\text{Ag}$	0.1	7.3×10^{-9}	7.3×10^{-8}
20	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	0.1	6.2×10^{-15}	6.2×10^{-14}
21	^{124}Sb	1	6.3×10^{-41}	6.3×10^{-41}
22	$^{123\text{m}}\text{Te}$	1	1.4×10^{-28}	1.4×10^{-28}
23	^{129}I	0.01	4.8×10^{-10}	4.8×10^{-8}
24	^{134}Cs	0.1	3.4×10^{-9}	3.4×10^{-8}
25	^{137}Cs	0.1	4.2×10^{-5}	4.2×10^{-4}
26	^{133}Ba	0.1	8.4×10^{-8}	8.4×10^{-7}
27	^{152}Eu	0.1	5.6×10^{-7}	5.6×10^{-6}
28	^{154}Eu	0.1	5.2×10^{-8}	5.2×10^{-7}
29	^{160}Tb	1	2.6×10^{-37}	2.6×10^{-37}
30	^{182}Ta	0.1	6.2×10^{-26}	6.2×10^{-25}
31	^{239}Pu	0.1	3.2×10^{-6}	3.2×10^{-5}
32	^{241}Pu	10	2.7×10^{-22}	2.7×10^{-23}
33	^{241}Am	0.1	2.4×10^{-23}	2.4×10^{-22}
規則 33 核種の $\Sigma\text{D/C}$ (A)				7.49×10^{-3}
^{60}Co の D/C (B)				6.95×10^{-3}
^{60}Co の割合 (B/A)				9.28×10^{-1}

<補足>

- ・ 評価結果 D は端数処理してあり各 D/C を合計しても合計値と合わないことがある。

添付書類 一 図表リスト

(添付 1) 表-1 浜岡 4 号炉の運転状況及びタービン設備の概要

(添付1) 表-1 浜岡4号炉の運転状況及びタービン設備の概要

(1) 運転状況の概要

炉型式	軽水減速, 軽水冷却, 沸騰水型
熱出力	3,293 MW
炉心形状	円柱 (炉心等価直径 約 4.8m, 炉心有効高さ 約 3.7m)
燃料	濃縮ウラン燃料
着工年月日	平成元年 2 月 22 日
初起動年月日	平成 4 年 12 月 12 日
蒸気タービン 起動年月日	平成 4 年 12 月 21 日
営業運転開始 年月日	平成 5 年 9 月 3 日

(2) タービン設備の概要

形式	くし形 6 流排気復水式 (再熱式)	
台数	高圧タービン 1 台, 低圧タービン 3 台	
電気出力	約 1,137 MW	
回転数	1,800 rpm	
蒸気条件	圧力	6.55MPa (gage) (66.8kg/cm ² g)
	温度	282°C
	湿り度	0.4%
蒸気流量	約 6,400 t/h (高圧タービン入口において)	
主蒸気止め弁閉止時間	約 0.1 秒	
蒸気加減弁閉止時間	約 0.2 秒	

※浜岡原子力発電所原子炉設置変更許可申請書 (4号原子炉の増設及び1号, 2号, 3号原子炉施設の変更) を基に作成

添付書類 二 図表リスト

- | | |
|------------|----------------|
| (添付 2) 図-1 | 対象物の表面汚染密度の分布 |
| (添付 2) 図-2 | 対象物の形状のモデル化 |
| (添付 2) 表-1 | 対象物の元素組成分析結果 |
| (添付 2) 表-2 | 対象物表面の放射化学分析結果 |
| (添付 2) 表-3 | 対象物の推定総重量 |

(添付 2) 図-1 対象物の表面汚染密度の分布(1/4)

1. 低圧車軸の汚染状況の確認 (除染前)

- ・ 浜岡5号炉低圧タービンロータ車軸の測定実績より二次的な汚染が最も高い箇所は主蒸気入口付近 (第7-8段間) と判断し、除染前における低圧車軸 (A) ~ (C) の主蒸気入口付近 (第7-8段間の代表点) の表面汚染密度をプラスチックシンチレーション式サーベイメータを用いて測定した。
- ・ 各車軸の中で低圧車軸 (B) が最も高い値を示した。
- ・ 低圧車軸 (B) を代表車軸として軸方向の表面汚染密度を測定した結果、主蒸気入口付近が最も高く、下流に向けて低くなり、主蒸気が触れない箇所では汚染は殆ど検出されなかった。周方向には一定レベル以下で均一な汚染傾向を示した。
- ・ 測定結果を設定基準日 (令和2年4月1日) に補正した値を以下に示す。

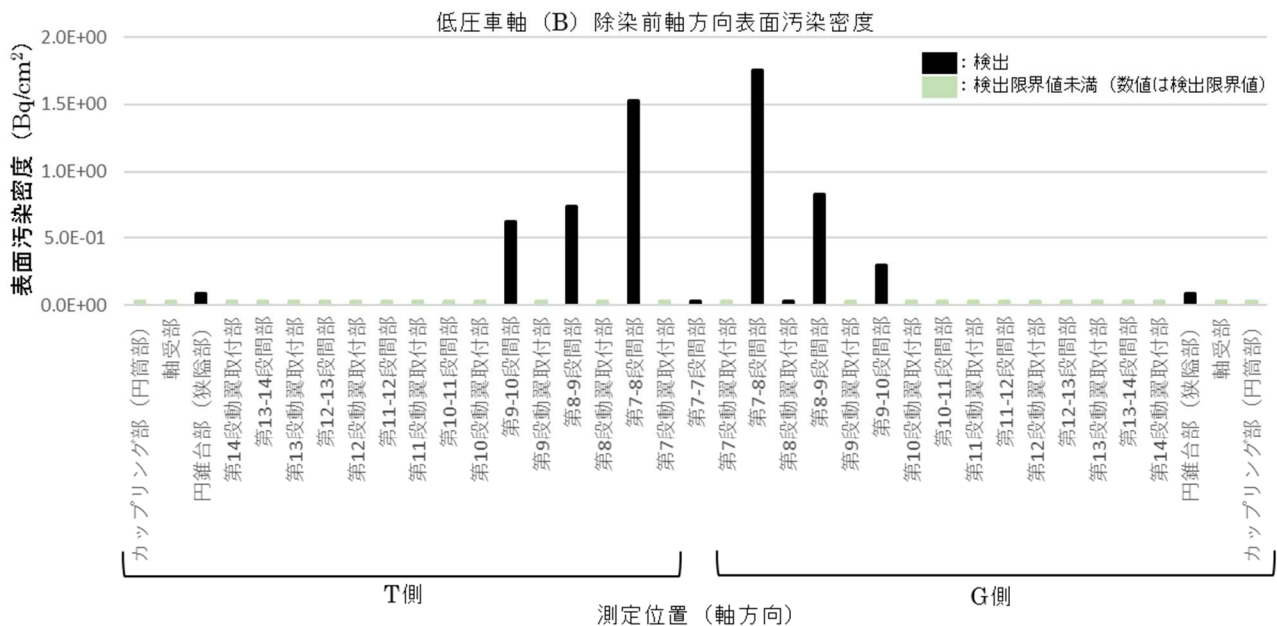
(1) 低圧車軸間の確認 (除染前)

- ・ 測定対象：低圧車軸 (A) ~ (C)
- ・ 測定箇所：第7-8段間の0° 位置
- ・ 測定結果は右表のとおりである。

対象物	表面汚染密度 (Bq/cm ²)
低圧車軸 (A)	1.2
低圧車軸 (B)	1.5
低圧車軸 (C)	1.0

(2) 低圧車軸 (B) 軸方向の確認 (除染前)

- ・ 測定対象：低圧車軸間の確認で表面汚染密度が最大であった低圧車軸 (B)
- ・ 測定箇所：軸方向の各部位の代表点 (0° 位置)
- ・ 測定結果は以下のとおりである。



添付図表 2-1

(添付 2) 図-1 対象物の表面汚染密度の分布(2/4)

低圧車軸 (B) 測定位置		表面汚染密度 (Bq/cm ²)
T側	カップリング部 (円筒部)	< 2.6×10 ⁻²
	軸受部	< 2.6×10 ⁻²
	円錐台部	8.3×10 ⁻²
	第14段翼取付部	< 2.6×10 ⁻²
	第13-14段間部	< 2.6×10 ⁻²
	第13段翼取付部	< 2.6×10 ⁻²
	第12-13段間部	< 2.6×10 ⁻²
	第12段翼取付部	< 2.6×10 ⁻²
	第11-12段間部	< 2.6×10 ⁻²
	第11段翼取付部	< 2.6×10 ⁻²
	第10-11段間部	< 2.6×10 ⁻²
	第10段翼取付部	< 2.6×10 ⁻²
	第9-10段間部	6.2×10 ⁻¹
	第9段翼取付部	< 2.6×10 ⁻²
	第8-9段間部	7.4×10 ⁻¹
	第8段翼取付部	< 2.6×10 ⁻²
	第7-8段間部	1.5
	第7段翼取付部	< 2.6×10 ⁻²
	G側	第7-7段間部
第7段翼取付部		< 2.6×10 ⁻²
第7-8段間部		1.8
第8段翼取付部		2.7×10 ⁻²
第8-9段間部		8.3×10 ⁻¹
第9段翼取付部		< 2.6×10 ⁻²
第9-10段間部		2.9×10 ⁻¹
第10段翼取付部		< 2.6×10 ⁻²
第10-11段間部		< 2.6×10 ⁻²
第11段翼取付部		< 2.6×10 ⁻²
第11-12段間部		< 2.6×10 ⁻²
第12段翼取付部		< 2.6×10 ⁻²
第12-13段間部		< 2.6×10 ⁻²
第13段翼取付部		< 2.6×10 ⁻²
第13-14段間部		< 2.6×10 ⁻²
第14段翼取付部		< 2.6×10 ⁻²
円錐台部		8.2×10 ⁻²
軸受部		< 2.6×10 ⁻²
カップリング部 (円筒部)		< 2.6×10 ⁻²

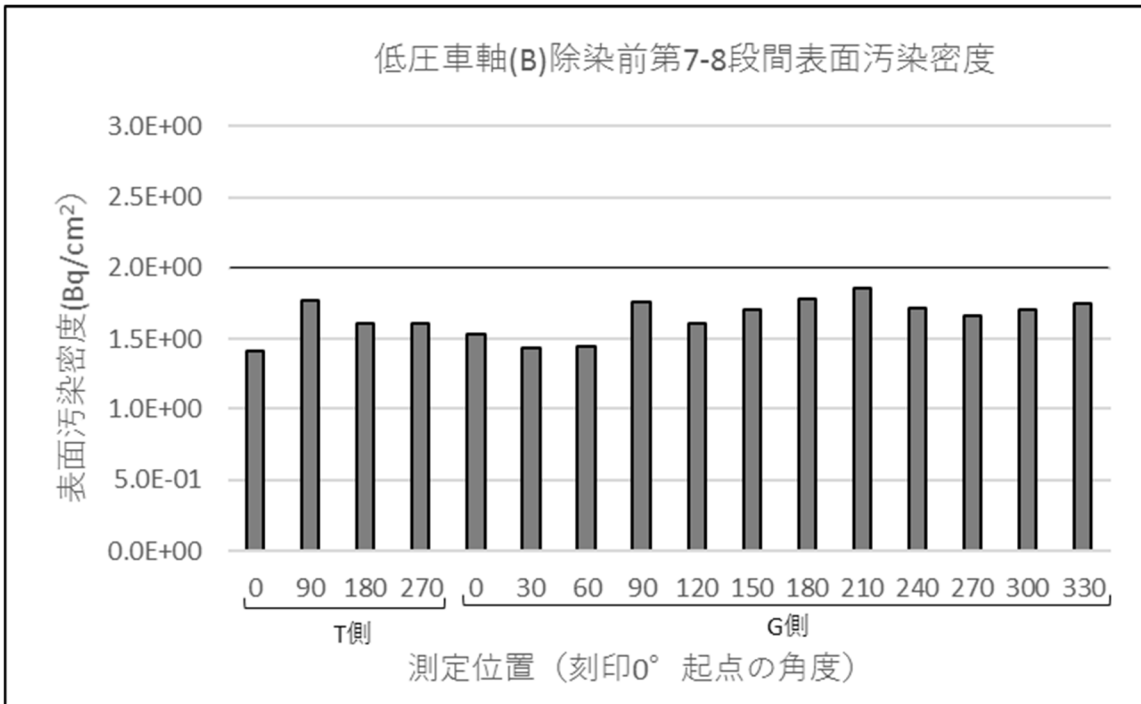
< 補足 >

- ・「<」は検出限界値未満を示す。

(添付 2) 図-1 対象物の表面汚染密度の分布(3/4)

(3) 低圧車軸 (B) 第7-8段間の周方向の確認 (除染前)

- ・測定対象：低圧車軸 (B) 軸方向の確認で表面汚染密度が最大であった第7-8段間。
- ・測定箇所：周方向の代表点。
- ・測定結果は以下のとおりである。



低圧車軸 (B) 第7-8段間	測定位置 (°)	表面汚染密度 (Bq/cm²)
T側	0	1.4
	90	1.8
	180	1.6
	270	1.6
G側	0	1.5
	30	1.4
	60	1.4
	90	1.8
	120	1.6
	150	1.7
	180	1.8
	210	1.9
	240	1.7
	270	1.7
	300	1.7
	330	1.7

<補足>

- ・上記 (3) は (1) 及び (2) とは別の測定であるので同一箇所でも値は異なる。

(添付 2) 図-1 対象物の表面汚染密度の分布(4/4)


2. 低圧車軸の汚染状況の確認 (除染後)

- ・測定対象：低圧車軸 (A) ～ (C) の第7・8段間。
- ・測定箇所：周方向の代表点。
- ・測定結果は以下のとおりである。除染前に表面密度汚染が最も高い値を示した低圧車軸 (B) では $1.1 \times 10^{-1} \sim 4.4 \times 10^{-1} \text{Bq/cm}^2$ の範囲で分布し平均 $2.4 \times 10^{-1} \text{Bq/cm}^2$ であり、各低圧車軸とも一定レベル以下で周方向には均一な汚染傾向を示す。

(令和2年4月1日時点)

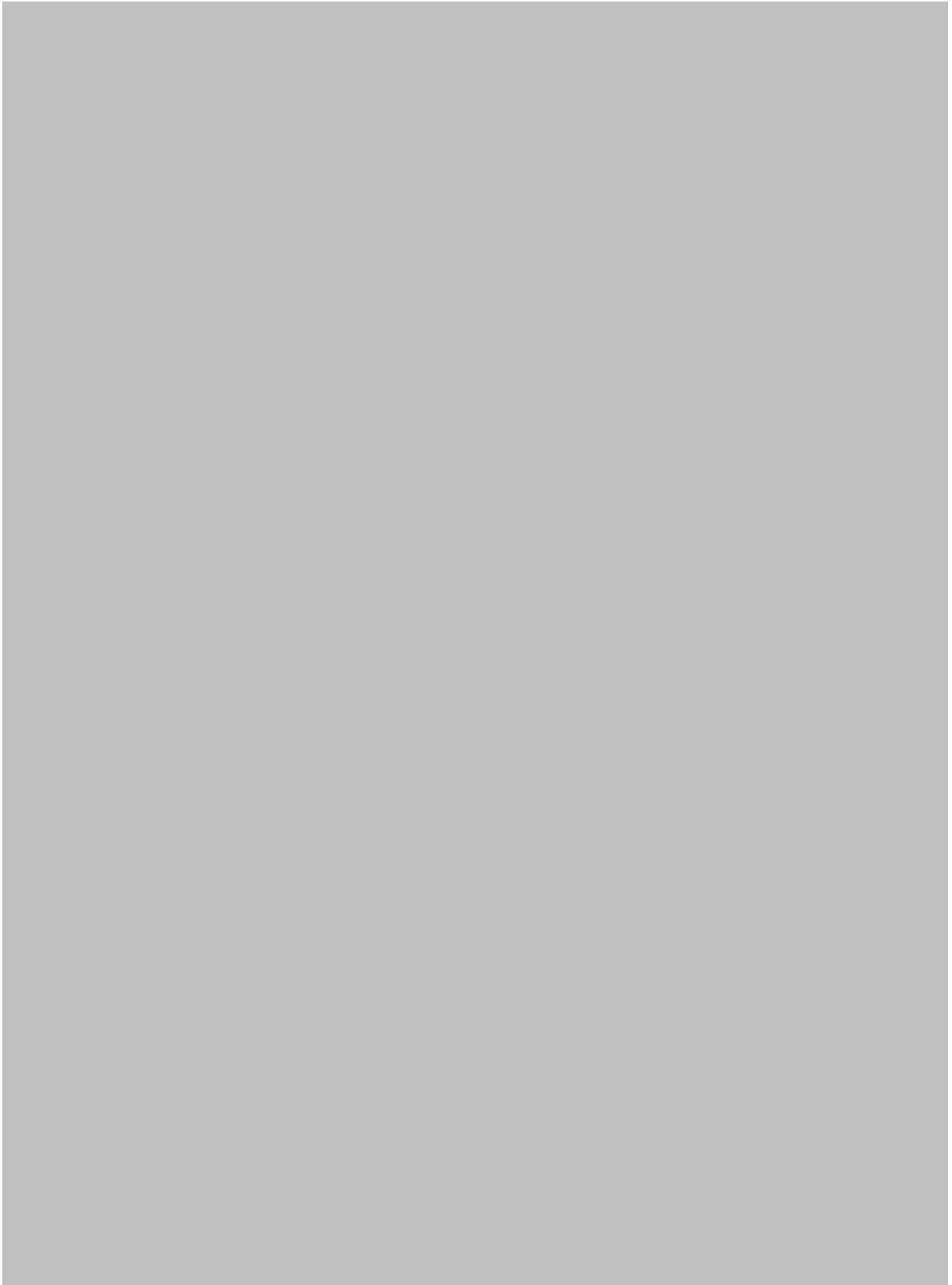
測定位置 (°)		表面汚染密度 (Bq/cm ²)		
		低圧車軸 (A)	低圧車軸 (B)	低圧車軸 (C)
T側	0	1.8×10^{-1}	1.7×10^{-1}	5.6×10^{-2}
	30	1.0×10^{-1}	1.1×10^{-1}	6.2×10^{-2}
	60	2.1×10^{-1}	2.0×10^{-1}	4.2×10^{-2}
	90	2.8×10^{-1}	2.5×10^{-1}	3.5×10^{-2}
	120	3.6×10^{-2}	1.8×10^{-1}	7.0×10^{-2}
	150	1.7×10^{-1}	2.3×10^{-1}	7.9×10^{-2}
	180	2.3×10^{-1}	1.9×10^{-1}	6.7×10^{-2}
	210	1.1×10^{-1}	1.7×10^{-1}	1.1×10^{-1}
	240	2.3×10^{-1}	1.6×10^{-1}	5.2×10^{-2}
	270	1.6×10^{-1}	2.4×10^{-1}	1.1×10^{-1}
	300	2.2×10^{-1}	2.8×10^{-1}	1.8×10^{-1}
	330	3.3×10^{-1}	2.8×10^{-1}	2.0×10^{-1}
G側	0	2.1×10^{-1}	1.4×10^{-1}	6.4×10^{-2}
	30	6.5×10^{-2}	1.3×10^{-1}	1.1×10^{-1}
	60	2.0×10^{-1}	3.5×10^{-1}	1.2×10^{-1}
	90	2.4×10^{-1}	2.6×10^{-1}	6.0×10^{-2}
	120	8.3×10^{-2}	3.0×10^{-1}	1.8×10^{-1}
	150	2.0×10^{-1}	4.4×10^{-1}	1.7×10^{-1}
	180	2.0×10^{-1}	3.3×10^{-1}	1.5×10^{-1}
	210	8.4×10^{-2}	3.5×10^{-1}	1.2×10^{-1}
	240	1.7×10^{-1}	3.9×10^{-1}	7.6×10^{-2}
	270	7.9×10^{-2}	1.2×10^{-1}	1.6×10^{-1}
	300	2.1×10^{-1}	1.8×10^{-1}	1.2×10^{-1}
	330	1.5×10^{-1}	2.2×10^{-1}	1.6×10^{-1}
最大		3.3×10^{-1}	4.4×10^{-1}	2.0×10^{-1}
最小		3.6×10^{-2}	1.1×10^{-1}	3.5×10^{-2}
算術平均値		1.7×10^{-1}	2.4×10^{-1}	1.1×10^{-1}
		1.7×10^{-1}		

(添付 2) 図-2 対象物の形状のモデル化(1/3)

- ・対象物の推定量の算出における形状のモデル化の手法を以下に示す。
- ・低圧車軸全体を同形状の部位毎（車軸の外側から中央部に向かって①カップリング部，②軸受部，③円錐台部，④翼取付部（フォーク部），⑤段間部）に形状をモデル化する。
- ・以下に部位毎の手法を示す。図中の黒線が元の形状を示し，点線がモデル化した形状を示す 
- ・そのうえで，対象物を軸方向に 26 分割に整理して体積を算出する。



(添付 2) 図-2 対象物の形状のモデル化(2/3)



(添付 2) 図-2 対象物の形状のモデル化(3/3)



(添付 2) 表-1 対象物の元素組成分析結果(1/2)

A large gray rectangular area covering the majority of the page, indicating that the content of the table has been redacted.

(添付 2) 表-1 対象物の元素組成分析結果(2/2)



(添付 2) 表-2 対象物表面の放射化学分析結果

- ・除染前の試料を用いた放射化汚染の放射化学分析の結果、有意な放射能の検出はなかった。⁶⁰Co の放射能濃度の評価結果を以下に示す。

(令和 2 年 4 月 1 日時点)

試料採取箇所	放射能濃度 (Bq/g)	検出限界値 (Bq/g)	基準値 C (Bq/g)	D/C (-)
第 7 段翼(A)*	検出限界値 未満	1.4×10^{-4}	0.1	1.4×10^{-3}

※放射化学分析を実施した試料である。

- ・除染前の試料を用いた二次的な汚染の放射化学分析の結果を以下に示す。⁶⁰Co, ⁶³Ni, ⁹⁰Sr 及び ¹³⁷Cs を検出し、その他の核種 (³H, ¹⁴C) は検出しなかった。

(令和 2 年 4 月 1 日時点)

試料採取箇所	分析値 (Bq/ cm ²)					
	⁶⁰ Co	⁶³ Ni	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	³ H	¹⁴ C
第 7 段翼(A)	4.8×10^{-1}	2.6×10^{-1}	3.2×10^{-2}	7.4×10^{-3}	$<4.0 \times 10^{-2}$	$<2.1 \times 10^{-3}$
第 7 段翼(B)	5.7×10^{-1}	3.6×10^{-1}	3.0×10^{-2}	7.3×10^{-3}	$<4.0 \times 10^{-2}$	$<2.1 \times 10^{-3}$
第 7 段翼(C)	4.2×10^{-1}	2.3×10^{-1}	3.9×10^{-2}	7.2×10^{-3}	$<6.0 \times 10^{-2}$	$<3.6 \times 10^{-3}$
算術平均値	4.9×10^{-1}	2.8×10^{-1}	3.4×10^{-2}	7.3×10^{-3}	—	—

< 捕足 >

- ・「<」は検出限界値未満を示す。

- ・二次的な汚染の放射化学分析の結果を以下に示す。

(令和 2 年 4 月 1 日時点)

試料採取箇所	分析値の比		
	⁶³ Ni/ ⁶⁰ Co	¹³⁷ Cs/ ⁶⁰ Co	⁹⁰ Sr/ ¹³⁷ Cs
第 7 段翼(A)	5.5×10^{-1}	1.5×10^{-2}	4.4
第 7 段翼(B)	6.2×10^{-1}	1.3×10^{-2}	4.1
第 7 段翼(C)	5.4×10^{-1}	1.7×10^{-2}	5.3
算術平均値	5.7×10^{-1}	1.5×10^{-2}	4.6

(添付 2) 表-3 対象物の推定総重量(1/2)

低圧車軸 (A) ~ (C) の部位毎の体積及び重量を以下に示す。対象物の推定総重量は 334 トンである。



(添付 2) 表-3 対象物の推定総重量(2/2)

A large gray rectangular area covering the majority of the page, indicating that the table content has been redacted.

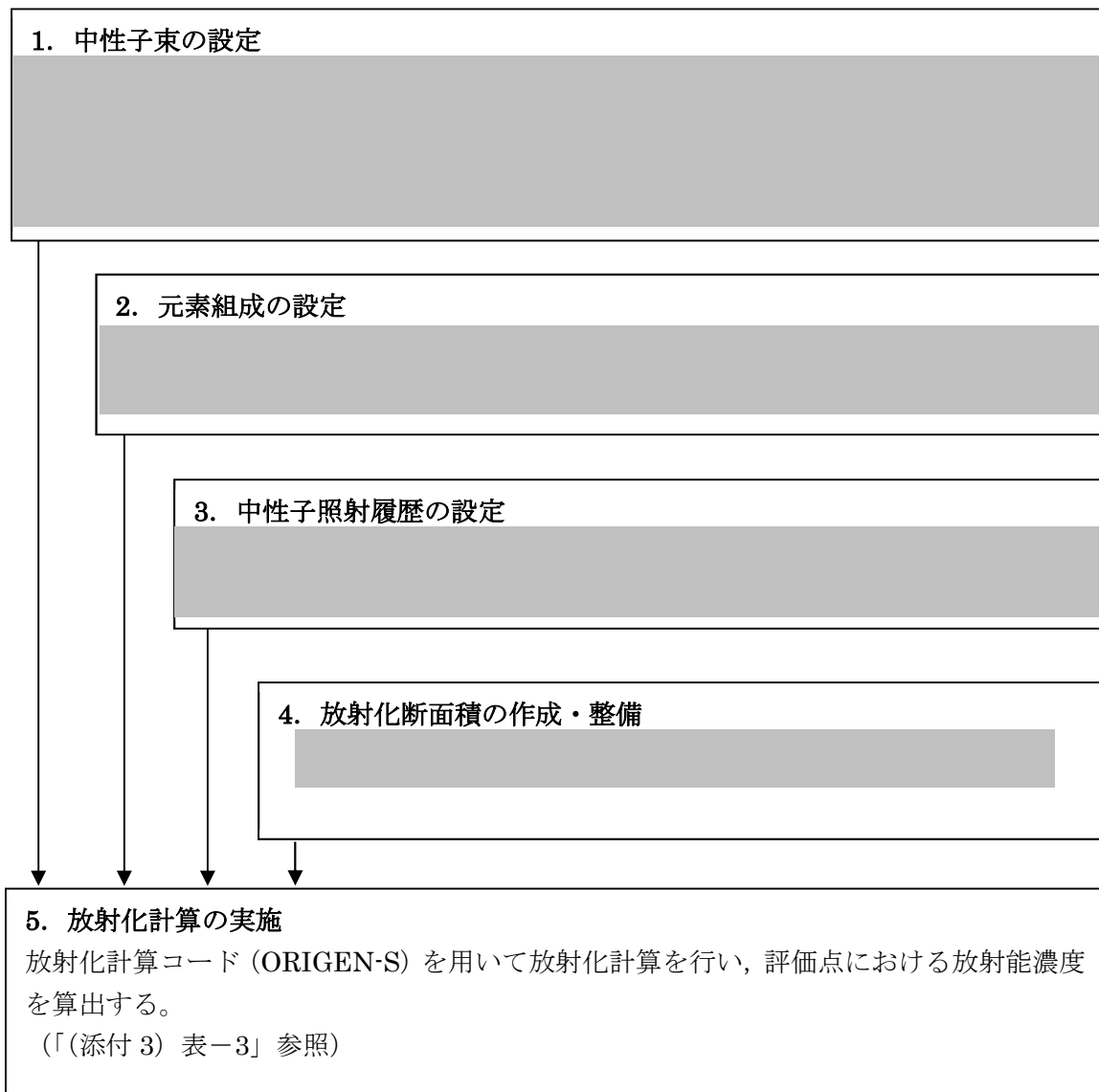
添付書類 三 図表リスト

(添付 3) 図-1	評価対象核種選択のための放射能濃度の評価手順
(添付 3) 図-2	中性子線のスペクトル形状
(添付 3) 図-3	二次的な汚染の生成メカニズム
(添付 3) 表-1	放射化汚染の評価対象核種選択用の計算条件
(添付 3) 表-2	放射化汚染の評価に用いる対象物の元素組成
(添付 3) 表-3	放射化汚染の放射能濃度評価結果
(添付 3) 表-4	放射化汚染の評価対象核種の選択に用いる放射能濃度
(添付 3) 表-5	放射化汚染の評価対象核種の選択における不確かさ
(添付 3) 表-6	二次的な汚染の評価対象核種選択用の計算条件
(添付 3) 表-7	ステンレス鋼の元素組成
(添付 3) 表-8	二次的な汚染の放射化学分析データの整理
(添付 3) 表-9	規則 32 核種 (CP 核種) の放射能濃度比 (ステンレス鋼)
(添付 3) 表-10	規則 32 核種 (FP 核種) の放射能濃度比 (天然ウラン)
(添付 3) 表-11	規則 32 核種の放射能濃度の評価結果 (揮発性核種の移行割合, CP 核種 FP 核種の合成)
(添付 3) 表-12	
(添付 3) 表-13	二次的な汚染の評価対象核種の選択に用いる放射能濃度 (^{60}Co 及び ^3H)
(添付 3) 表-14	二次的な汚染の評価対象核種の選択に用いる放射能濃度 (規則 33 核種)
(添付 3) 表-15	二次的な汚染の評価対象核種の選択における不確かさ
(添付 3) 表-16	高ニッケル合金の元素組成
(添付 3) 表-17	ジルコニウム合金の元素組成
(添付 3) 表-18	炭素鋼の元素組成
(添付 3) 表-19	ステライトの元素組成
(添付 3) 表-20	規則 32 核種 (CP 核種) の放射能濃度比(高ニッケル合金)
(添付 3) 表-21	規則 32 核種 (CP 核種) の放射能濃度比(ジルコニウム合金)
(添付 3) 表-22	規則 32 核種 (CP 核種) の放射能濃度比(炭素鋼)
(添付 3) 表-23	規則 32 核種 (CP 核種) の放射能濃度比(ステライト)
(添付 3) 表-24	FP 核種の親元素
(添付 3) 表-25	規則 32 核種の放射能濃度の評価結果(高ニッケル合金)
(添付 3) 表-26	規則 32 核種の放射能濃度の評価結果(ジルコニウム合金)
(添付 3) 表-27	規則 32 核種の放射能濃度の評価結果(炭素鋼)
(添付 3) 表-28	規則 32 核種の放射能濃度の評価結果(ステライト)
(添付 3) 表-29	代表核種比率 ($^{137}\text{Cs}/^{60}\text{Co}$) による評価結果への影響
(添付 3) 表-30	揮発性核種の移行係数
(添付 3) 表-31	$^{14}\text{C}/^{60}\text{Co}$ による評価結果への影響
(添付 3) 表-32	二次的な汚染の生成メカニズムの妥当性確認
(添付 3) 表-33	放射能濃度の統合における不確かさの考慮

(添付 3) 図-1 評価対象核種選択のための放射能濃度の評価手順 (1/2)

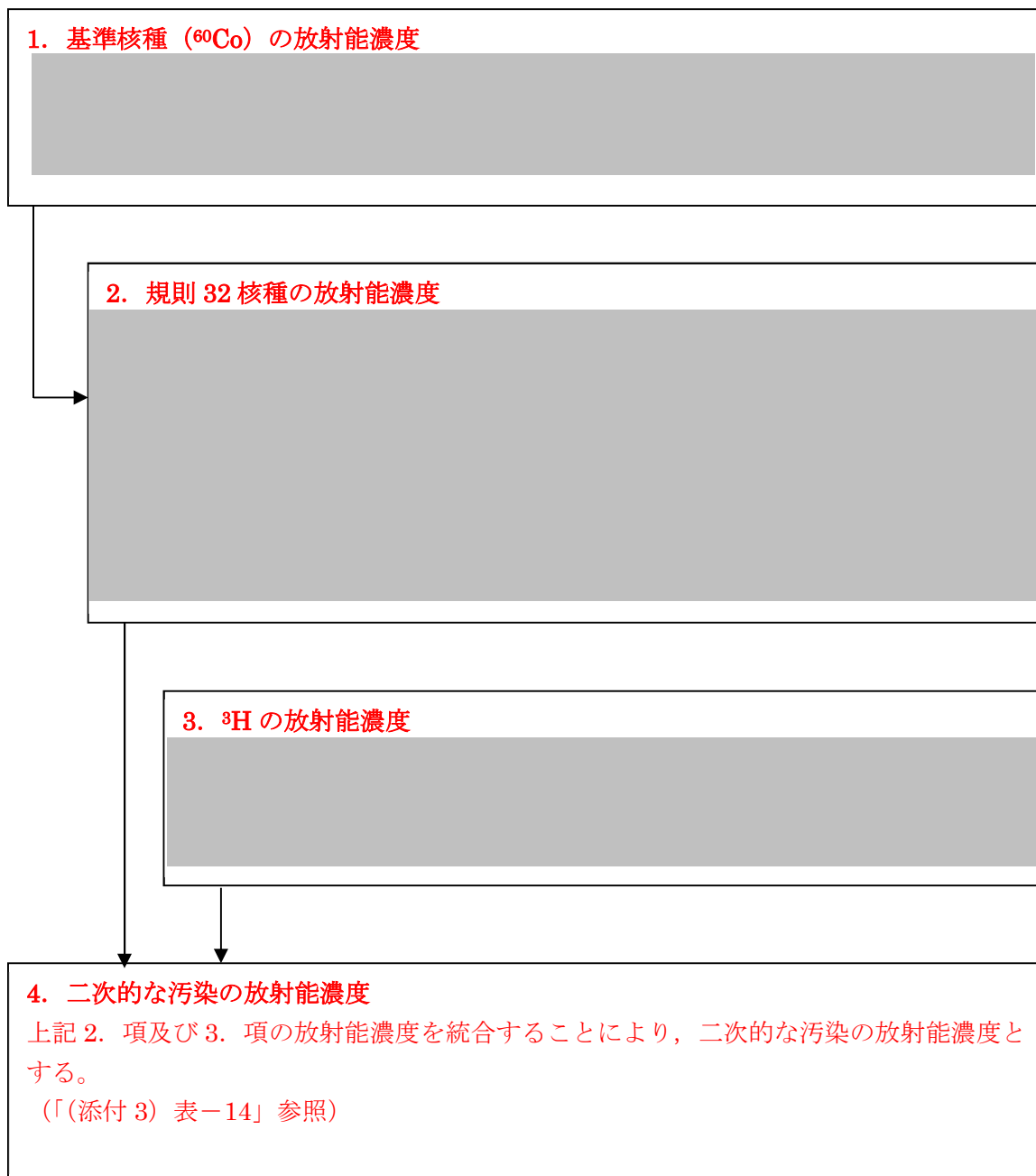
(1) 放射化汚染

「主蒸気中の ^{17}N 線」による放射化汚染の評価手順を以下に示す。



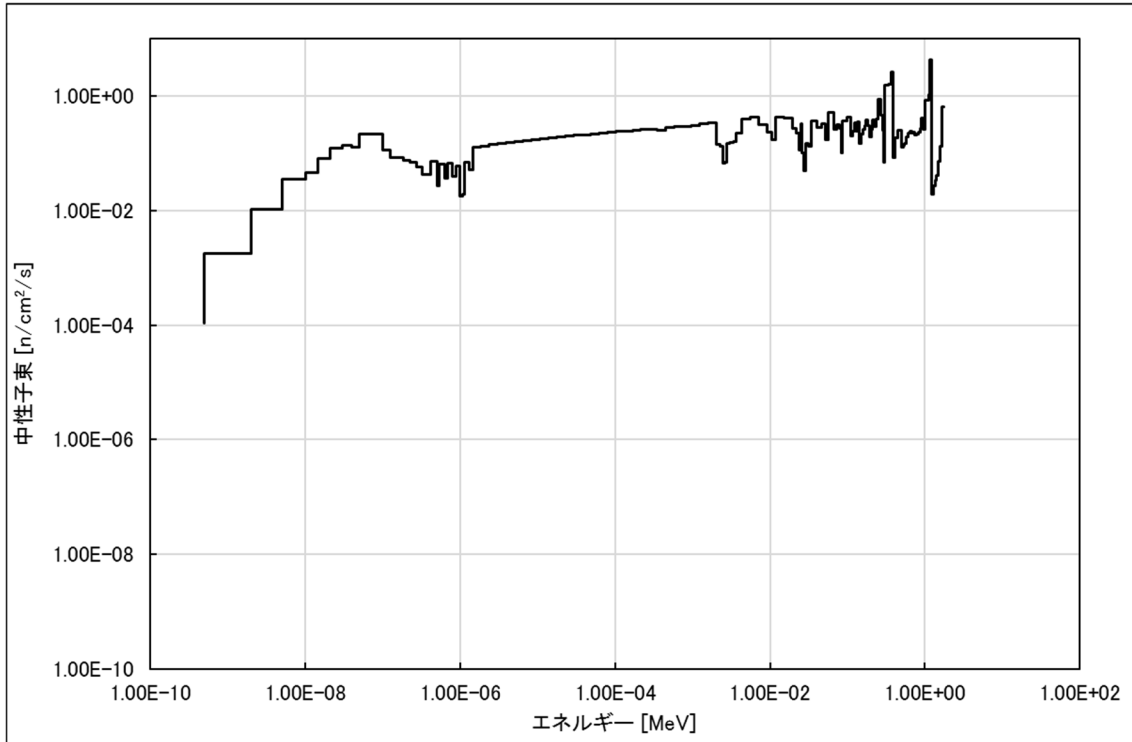
(添付3) 図-1 評価対象核種選択のための放射能濃度の評価手順 (2/2)

(2) 二次的な汚染



(添付 3) 図-2 中性子線のスペクトル形状

中性子輸送計算による評価点での中性子線のスペクトル形状を以下に示す。



<補足>

- ・ スペクトル形状はエネルギーを 200 群に分けたものであり、各群に対応する中性子束及び放射化断面積（「ORIGEN-S」付属）を用いて評価点における放射化計算を行う。
- ・ 中性子輸送計算の遮へい物質の断面積として使用した MATXSLIB-J40 は、国産核データライブラリ JENDL-4.0 を MATXS 形式（ANISN,DORT で扱える形式）にして配布している断面積ライブラリである。中性子のエネルギー群構造は VITAMIN-B6 の 199 群及び高エネルギー側に 1 群追加して 200 群にした形を ORIGEN-S で使用する。MATXSLIB-J40 は各元素の遮へい用断面積データを含み、これを用いて中性子輸送計算ができる。
- ・ ORIGEN-S は Oak Ridge National Laboratory 開発の放射化計算コードであり、これに付属する米国産核データライブラリ ENDF の断面積データを使用して放射化計算を実施した。

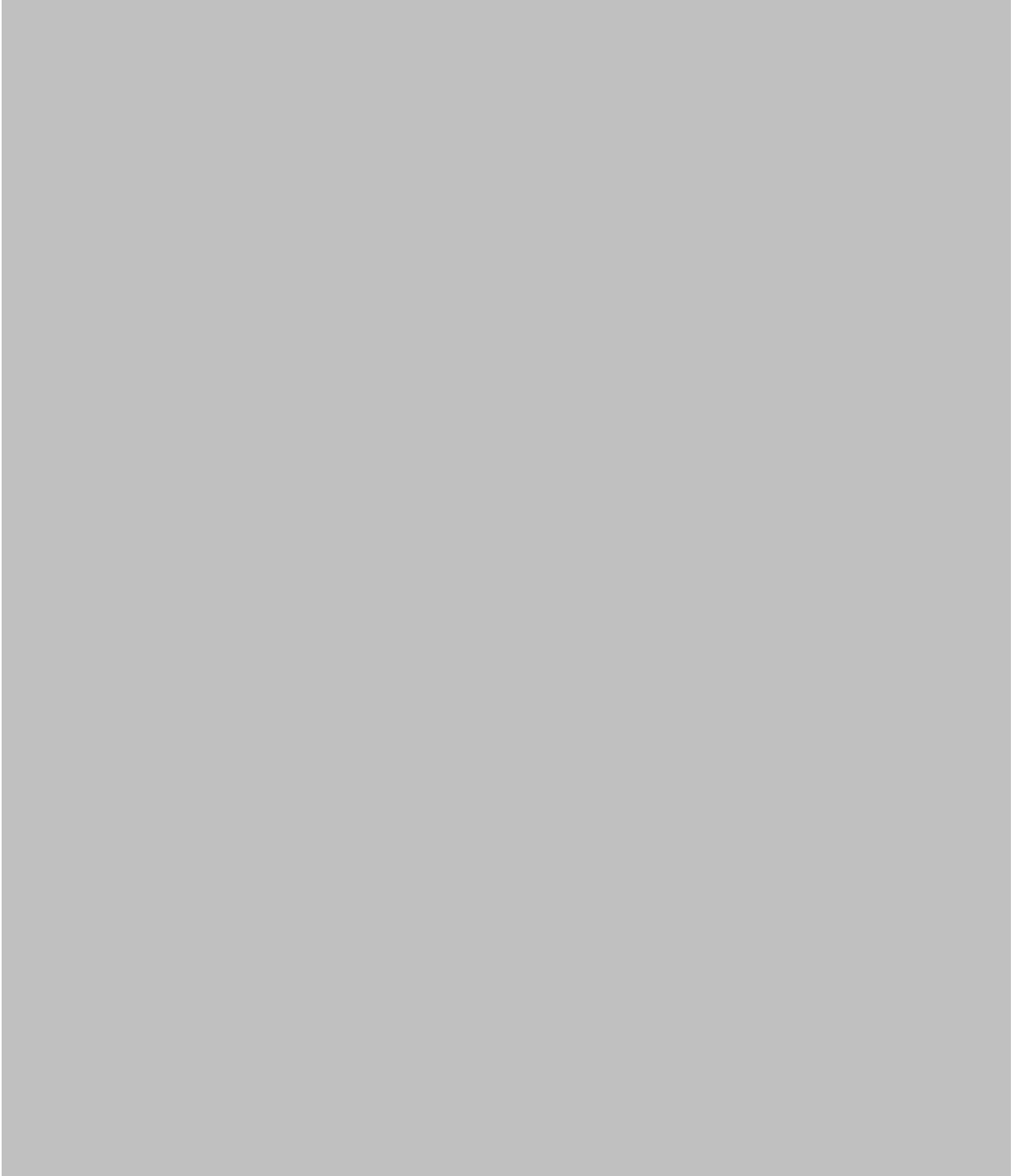
(添付 3) 図-3 二次的な汚染の生成メカニズム(1/10)



(添付 3) 図-3 二次的な汚染の生成メカニズム(2/10)



(添付 3) 図-3 二次的な汚染の生成メカニズム(3/10)



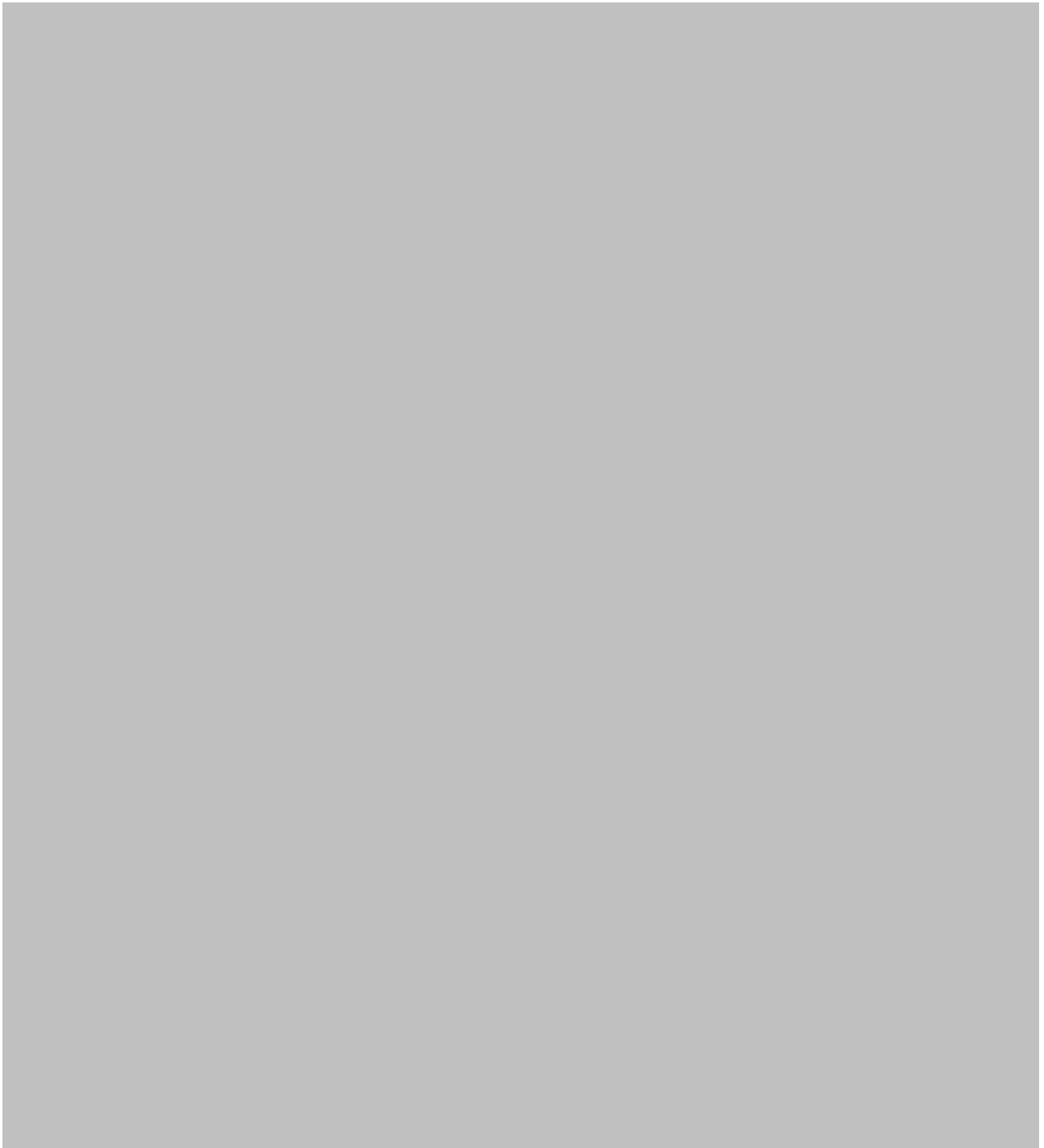
(添付 3) 図-3 二次的な汚染の生成メカニズム(4/10)



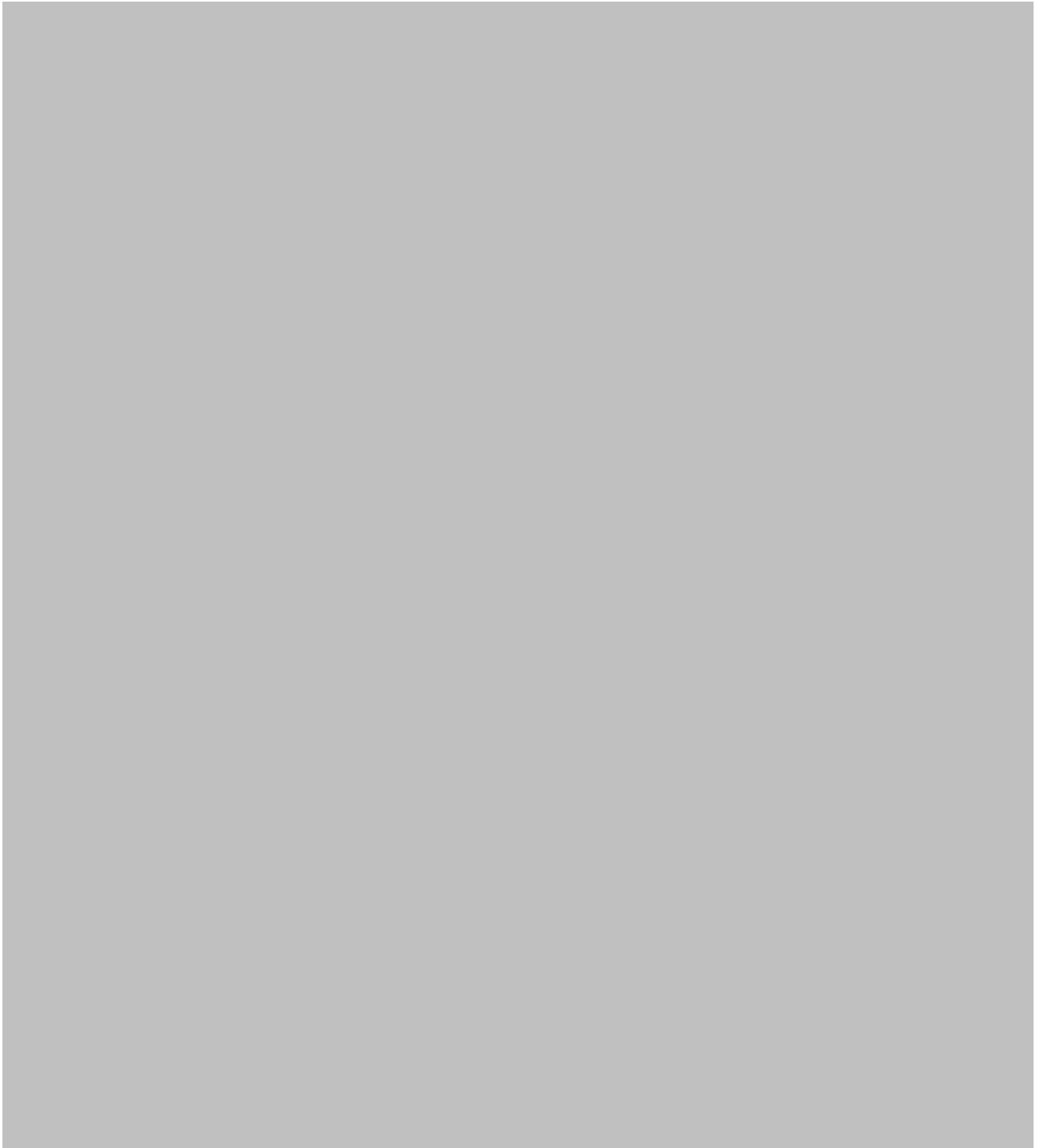
(添付 3) 図-3 二次的な汚染の生成メカニズム(5/10)



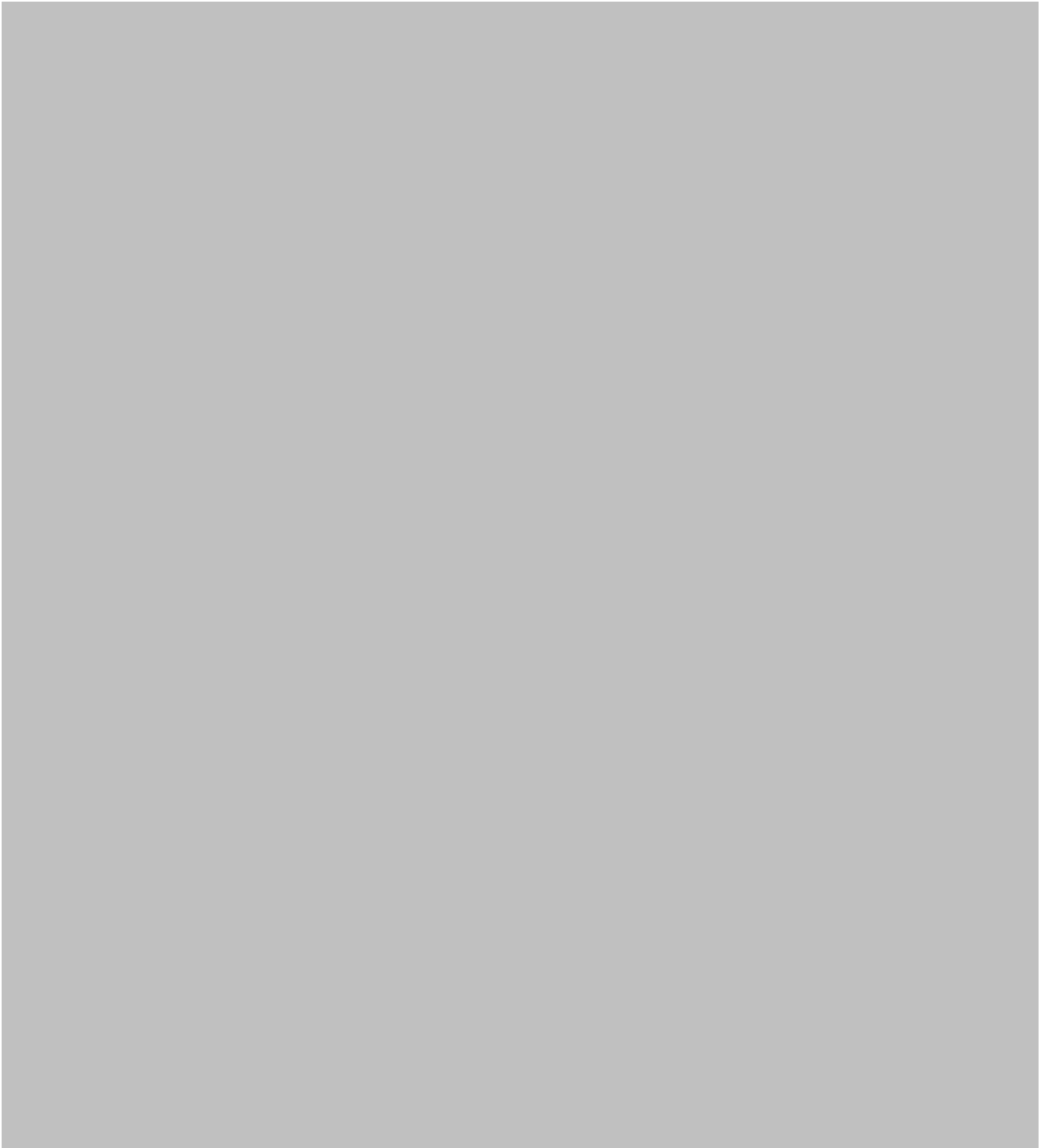
(添付 3) 図-3 二次的な汚染の生成メカニズム(6/10)



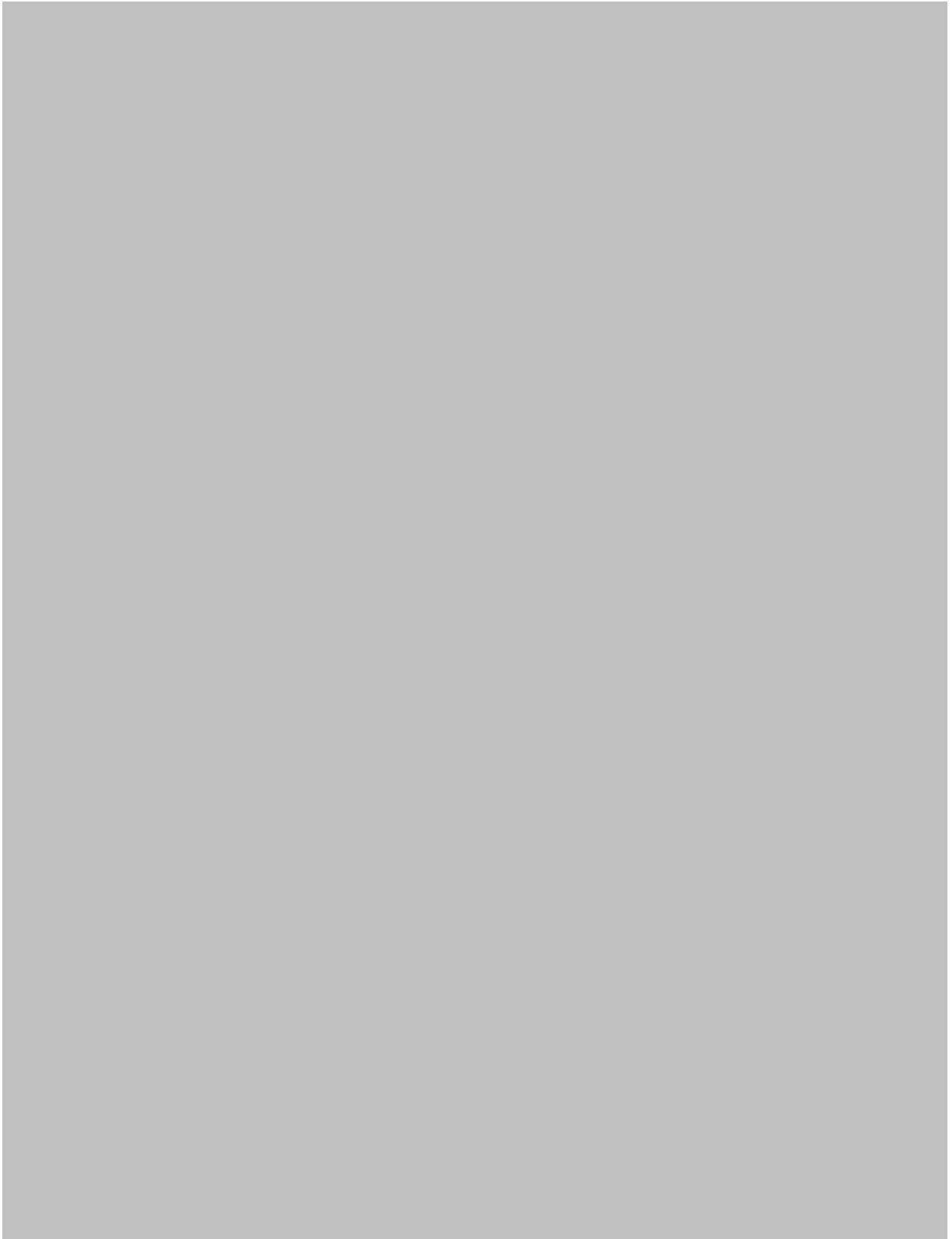
(添付 3) 図-3 二次的な汚染の生成メカニズム(7/10)



(添付 3) 図-3 二次的な汚染の生成メカニズム(8/10)



(添付 3) 図-3 二次的な汚染の生成メカニズム(9/10)



(添付 3) 図-3 二次的な汚染の生成メカニズム(10/10)



(添付 3) 表-1 放射化汚染の評価対象核種選択用の計算条件(1/5)

放射化汚染の評価に用いる計算条件を以下に示す。

項目	計算条件
中性子輸送計算用のモデル化 ※1	
中性子束評価点 ※1	
中性子輸送計算コード ※2	
輸送計算用ライブラリ	
放射化計算用中性子束	
放射化計算コード ※3	
ORIGEN ライブラリ	
元素組成	
照射期間 ※4	
冷却期間 ※4	
¹⁷ N 放射能濃度 ※5	

(添付 3) 表-1 放射化汚染の評価対象核種選択用の計算条件(2/5)



※4 照射期間及び冷却期間

・ 浜岡 4 号炉の運転履歴及び対象物の使用履歴を下表に示す。

設定項目	設定値
初起動日～停止日	平成 4 年 12 月 12 日～平成 23 年 5 月 13 日
評価日	令和 2 年 4 月 1 日
熱出力	3,293 MW (定格)
実効運転期間	5,246 日
初起動～第 13 サイクル停止までの総日数	6,727 日
総停止期間	1,481 日
運転サイクル数	13 サイクル
1 サイクル運転期間	404 日
1 サイクル停止期間	123 日
停止後日数	3,245 日

(添付 3) 表-1 放射化汚染の評価対象核種選択用の計算条件(3/5)

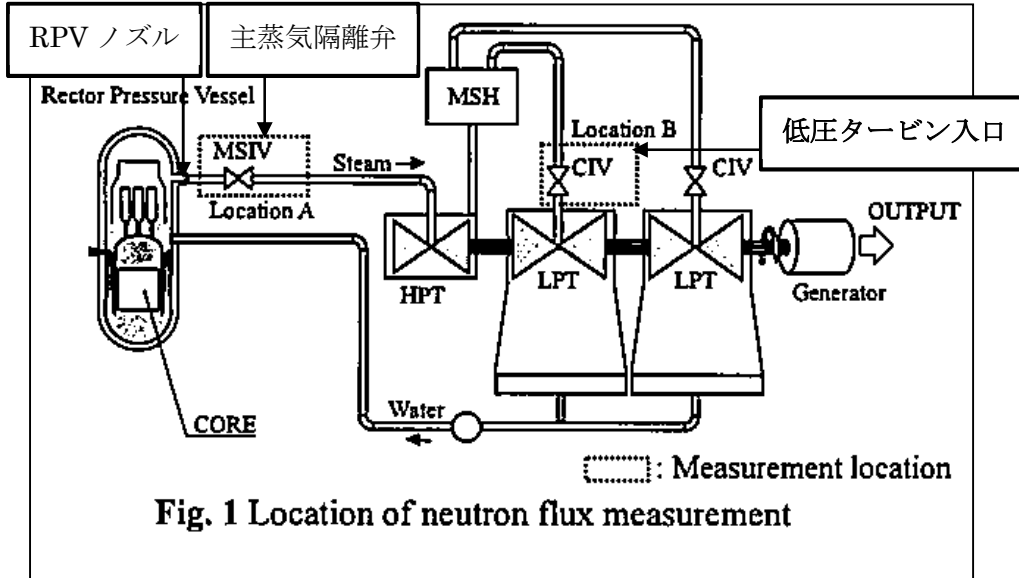
- ・評価対象核種の選択結果への影響を確認する照射条件 4 ケースを以下に示す。



(添付3) 表-1 放射化汚染の評価対象核種選択用の計算条件(4/5)

※5 ^{17}N 放射能濃度

・浜岡5号炉における ^{17}N 放射能濃度の調査箇所は以下のとおりである。

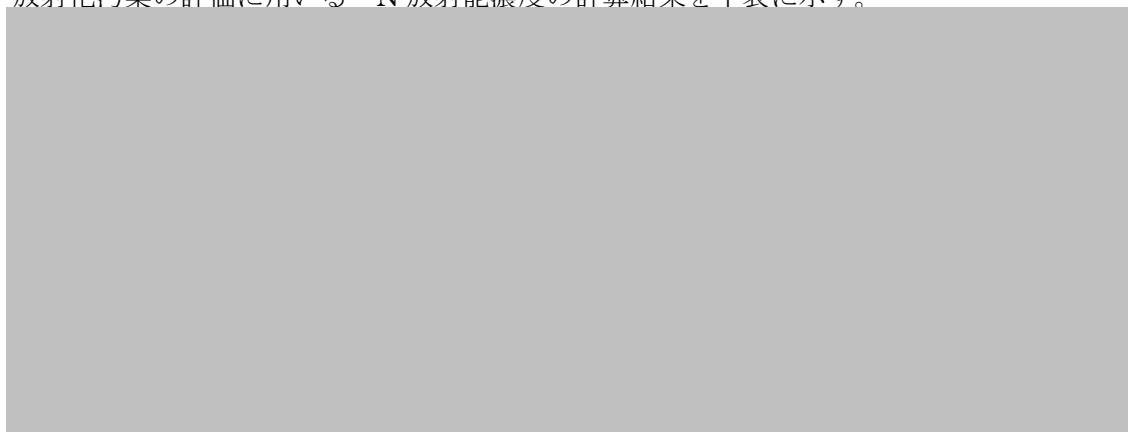


出典：K. Wakasugi, R. Tayama, K. Ikedo, T. Iimoto, "Measurement and Calculations of ^{17}N Concentration in the Main Steam System of the BWR Plant", Progress in NUCLEAR SCIENCE and TECHNOLOGY, Vol. 1, p.432-435 (2011)

- ・ ABWR 型式は、原子炉内の冷却材の循環をインターナルポンプで行うため、浜岡4号炉の BWR5 型式と異なり再循環ループを持たないため、炉心での中性子照射で生成した冷却材中の ^{17}N は、BWR5 型式より短い時間で(減衰しない状態で)主蒸気へ移行するため、浜岡4号炉の ^{17}N 放射能濃度の設定値に浜岡5号炉の主蒸気中の値を使用することは保守的である。
- ・ 浜岡5号炉主蒸気第2隔離弁における中性子束の実測値を浜岡4号炉主蒸気第2隔離弁の ^{17}N 放射能濃度として設定する。
- ・ さらに、浜岡4号炉主蒸気第2隔離弁と浜岡4号炉低压タービン入口の蒸気密度の比を補正係数として、浜岡4号炉主蒸気第2隔離弁の ^{17}N 放射能濃度に補正係数を乗じることで浜岡4号炉低压タービン入口の ^{17}N 放射能濃度を算出する。

(添付 3) 表-1 放射化汚染の評価対象核種選択用の計算条件(5/5)

- ・さらに、浜岡 4 号炉主蒸気第 2 隔離弁出口から浜岡 4 号炉低圧タービン入口までの蒸気到達時間で ^{17}N の崩壊定数に従い、浜岡 4 号炉の ^{17}N 放射能濃度を減衰補正することにより、浜岡 4 号炉低圧タービン入口における ^{17}N 放射能濃度を設定する。
- ・放射化汚染の評価に用いる ^{17}N 放射能濃度の計算結果を下表に示す。



- ・以上の計算条件を基に、評価点（低圧車軸の表面）における中性子束を計算した結果を下表に示す。

評価点	中性子束* (n/cm ² /s)
低圧車軸の表面	4.0×10^1

※表中の値は端数処理した値を表記している。



参考文献

1. 日本原子力研究開発機構, JENDL-4.0に基づく中性子・光子輸送計算用のMATXS形式断面積ライブラリ(MATXSLIB-J40), 原子力コードセンター
2. Oak Ridge National Laboratory, One, Two- and Three-Dimensional Discrete Ordinates Neutron/Photon Transport Code System (DOORS3.2a), RSICC CODE PACKAGE CCC-650.

(添付 3) 表-2 放射化汚染の評価に用いる対象物の元素組成

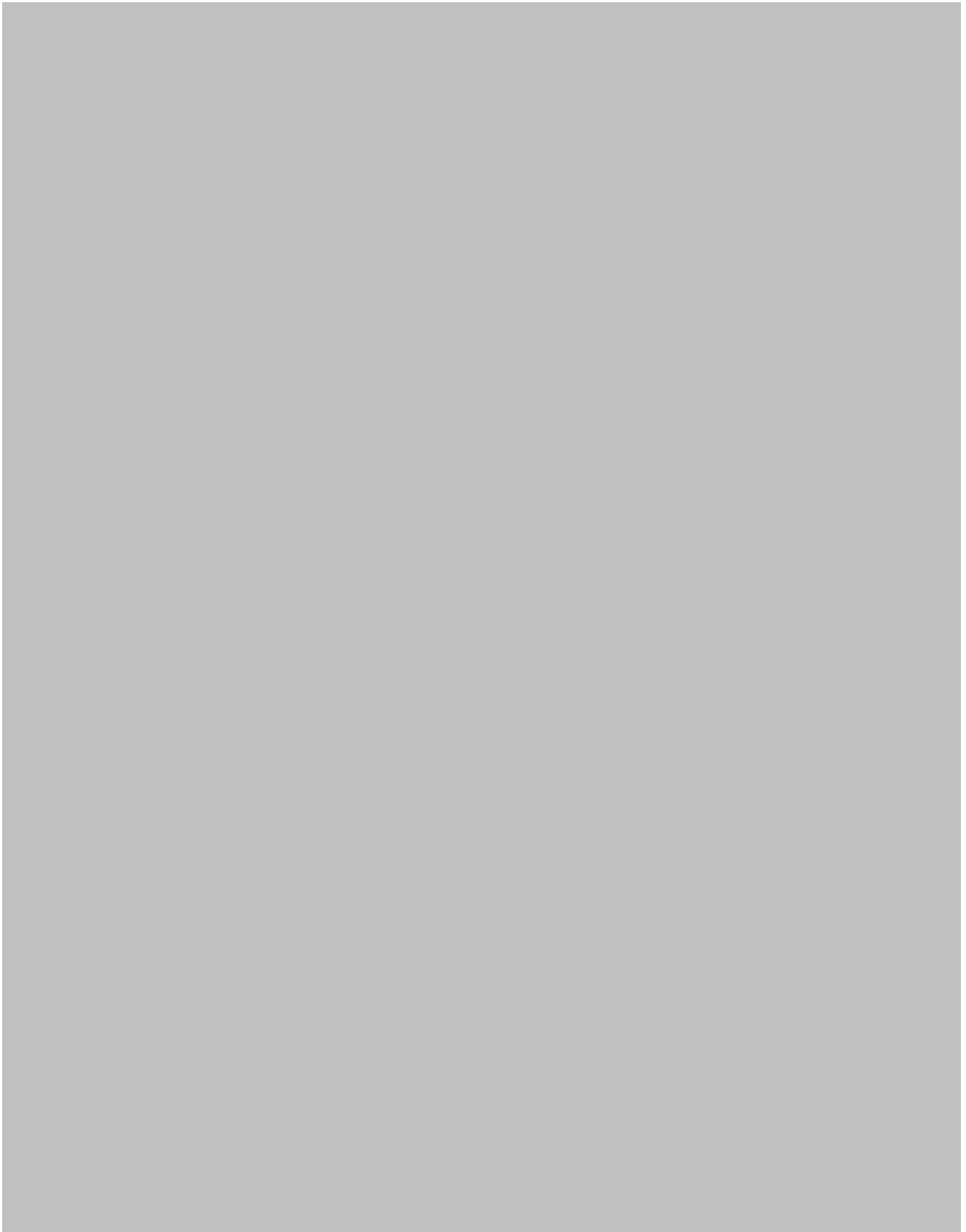
放射化汚染の評価に用いる対象物の元素組成を以下に示す。



(添付 3) 表-3 放射化汚染の放射能濃度評価結果(1/5)

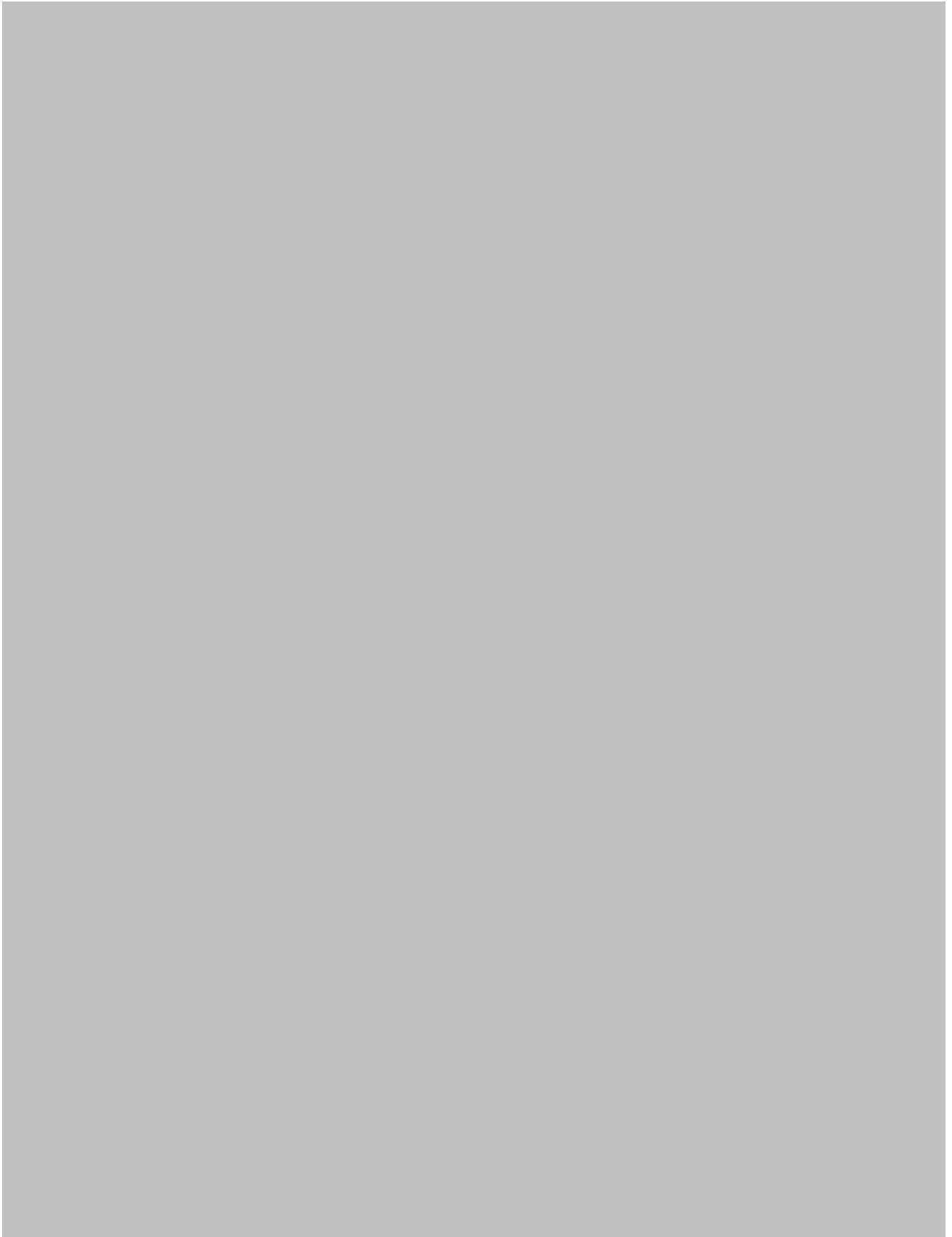


(添付 3) 表-3 放射化汚染の放射能濃度評価結果(2/5)

A large gray rectangular area covering the majority of the page, indicating that the table content has been redacted. The table is identified as 'Table 3-21' in the caption below.

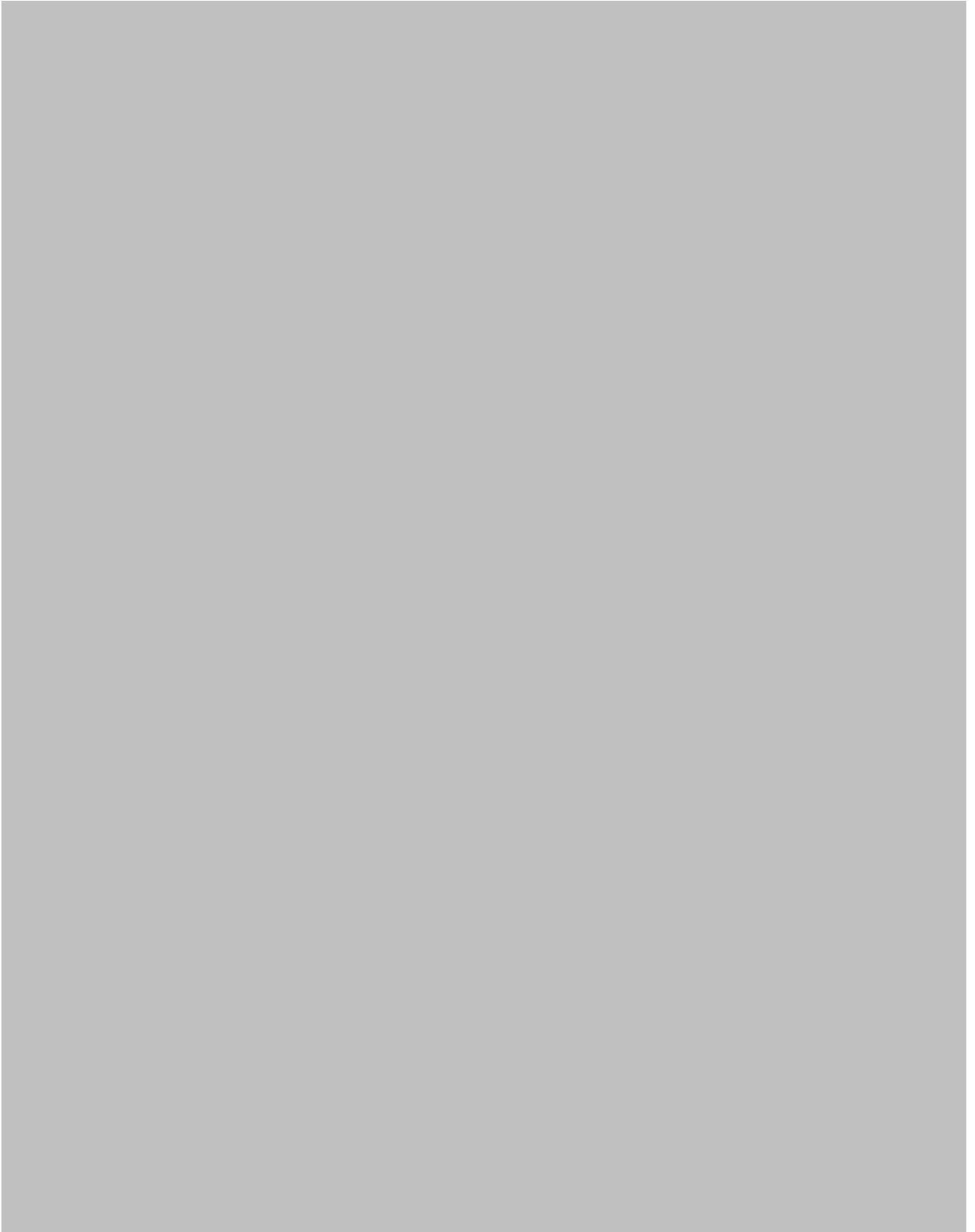
添付図表 3-21

(添付 3) 表-3 放射化汚染の放射能濃度評価結果(3/5)

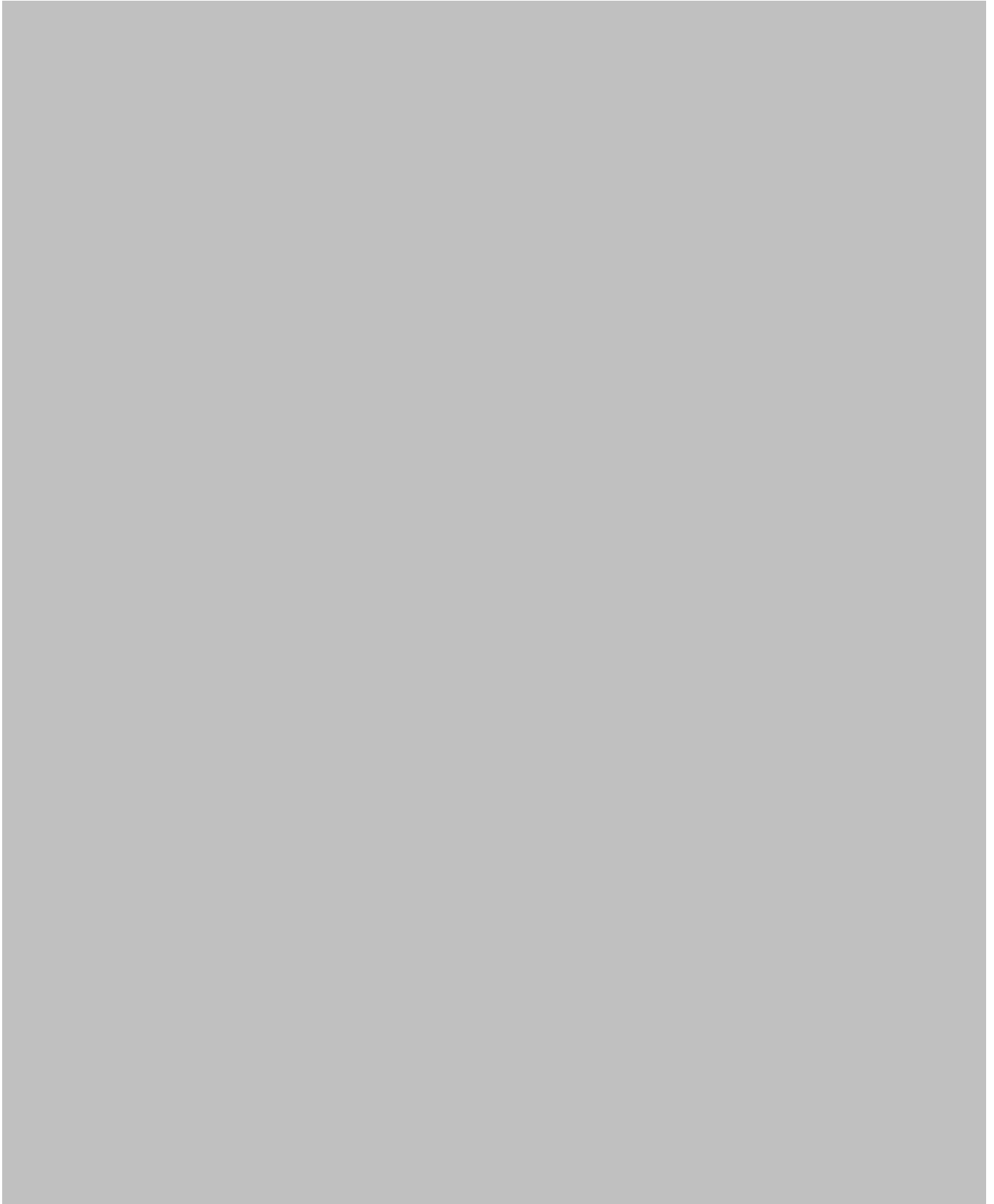
A large, solid gray rectangular area covers the majority of the page, indicating that the content of the table has been redacted. The table is identified by the caption below as '添付図表 3-22'.

添付図表 3-22

(添付 3) 表-3 放射化汚染の放射能濃度評価結果(4/5)

A large gray rectangular area covering the majority of the page, indicating that the table content has been redacted.

(添付 3) 表-3 放射化汚染の放射能濃度評価結果(5/5)



(添付3) 表-4 放射化汚染の評価対象核種の選択に用いる放射能濃度

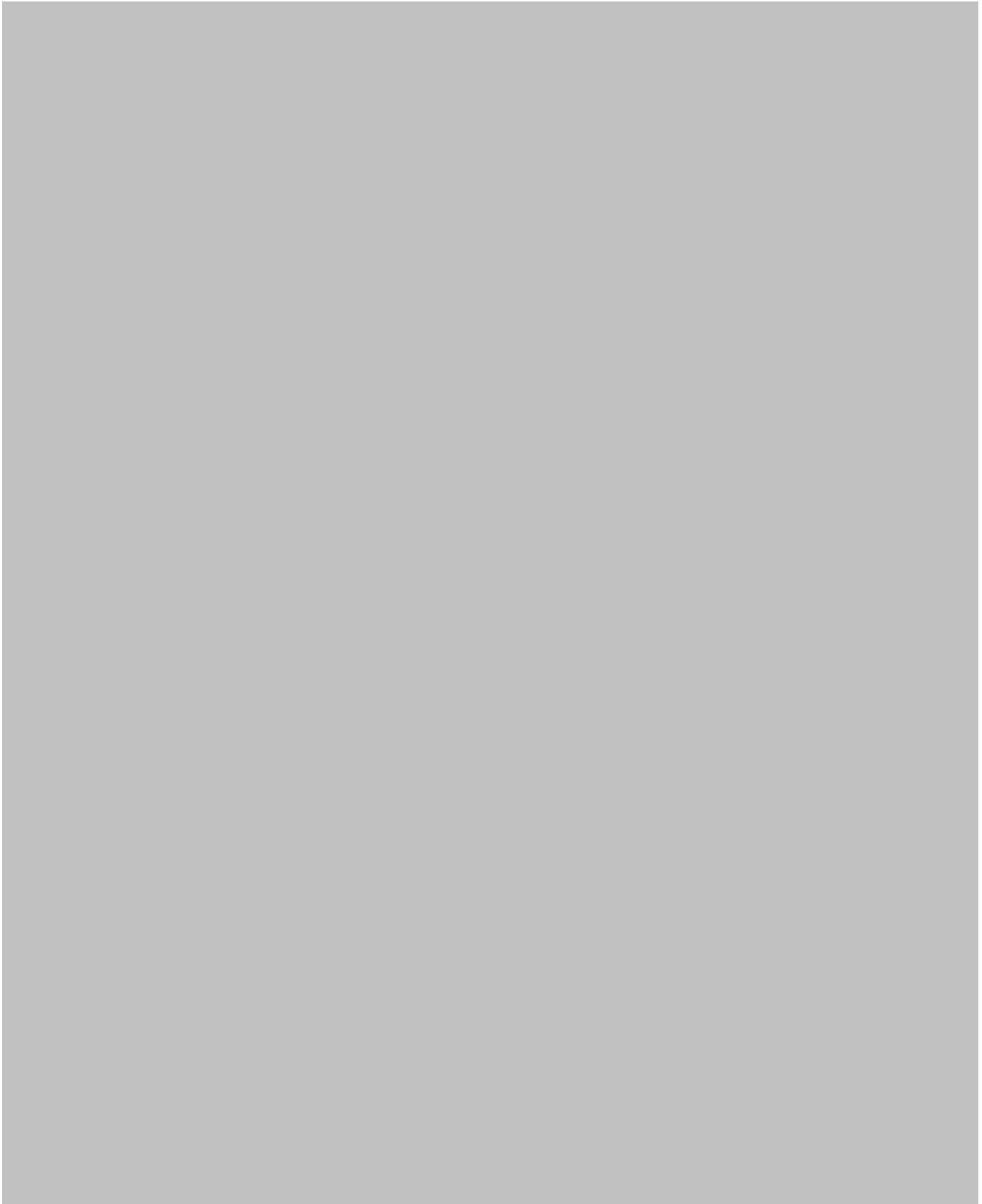
放射化汚染の評価点（低圧タービン主蒸気入口付近低圧車軸表面）における放射化計算結果を以下に示す。D/C (^{60}Co) を Σ D/C（規則 33 核種）で除した比率は、設定基準日（令和 2 年 4 月 1 日）から令和 12 年 4 月 1 日までの 10 年間を通して 0.9 以上である。

	核種	基準値 C (Bq/g)	令和 2 年 4 月 1 日時点		令和 12 年 4 月 1 日時点	
			評価結果 D (Bq/g)	D/C (-)	評価結果 D (Bq/g)	D/C (-)
1	^3H	100	2.6×10^{-8}	2.6×10^{-10}	1.5×10^{-8}	1.5×10^{-10}
2	^{14}C	1	6.6×10^{-9}	6.6×10^{-9}	6.6×10^{-9}	6.6×10^{-9}
3	^{36}Cl	1	2.4×10^{-13}	2.4×10^{-13}	2.4×10^{-13}	2.4×10^{-13}
4	^{41}Ca	100	1.3×10^{-12}	1.3×10^{-14}	1.3×10^{-12}	1.3×10^{-14}
5	^{46}Sc	0.1	1.0×10^{-20}	1.0×10^{-19}	8.0×10^{-34}	8.0×10^{-33}
6	^{54}Mn	0.1	1.7×10^{-9}	1.7×10^{-8}	5.0×10^{-13}	5.0×10^{-12}
7	^{55}Fe	1000	1.7×10^{-4}	1.7×10^{-7}	1.3×10^{-5}	1.3×10^{-8}
8	^{59}Fe	1	8.4×10^{-27}	8.4×10^{-27}	1.7×10^{-51}	1.7×10^{-51}
9	^{58}Co	1	3.3×10^{-19}	3.3×10^{-19}	1.0×10^{-34}	1.0×10^{-34}
10	^{60}Co	0.1	3.8×10^{-5}	3.8×10^{-4}	1.0×10^{-5}	1.0×10^{-4}
11	^{59}Ni	100	2.8×10^{-7}	2.8×10^{-9}	2.8×10^{-7}	2.8×10^{-9}
12	^{63}Ni	100	3.0×10^{-5}	3.0×10^{-7}	2.8×10^{-5}	2.8×10^{-7}
13	^{65}Zn	0.1	1.7×10^{-12}	1.7×10^{-11}	5.4×10^{-17}	5.4×10^{-16}
14	^{90}Sr	1	1.1×10^{-11}	1.1×10^{-11}	8.4×10^{-12}	8.4×10^{-12}
15	^{94}Nb	0.1	2.1×10^{-11}	2.1×10^{-10}	2.1×10^{-11}	2.1×10^{-10}
16	^{95}Nb	1	3.4×10^{-37}	3.4×10^{-37}	1.2×10^{-68}	1.2×10^{-68}
17	^{99}Tc	1	2.0×10^{-9}	2.0×10^{-9}	2.0×10^{-9}	2.0×10^{-9}
18	^{106}Ru	0.1	1.0×10^{-14}	1.0×10^{-13}	1.2×10^{-17}	1.2×10^{-16}
19	$^{108\text{m}}\text{Ag}$	0.1	5.7×10^{-12}	5.7×10^{-11}	5.6×10^{-12}	5.6×10^{-11}
20	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	0.1	8.4×10^{-13}	8.4×10^{-12}	3.3×10^{-17}	3.3×10^{-16}
21	^{124}Sb	1	1.2×10^{-22}	1.2×10^{-22}	6.3×10^{-41}	6.3×10^{-41}
22	$^{123\text{m}}\text{Te}$	1	2.1×10^{-19}	2.1×10^{-19}	1.4×10^{-28}	1.4×10^{-28}
23	^{129}I	0.01	2.6×10^{-17}	2.6×10^{-15}	2.6×10^{-17}	2.6×10^{-15}
24	^{134}Cs	0.1	6.2×10^{-10}	6.2×10^{-9}	2.2×10^{-11}	2.2×10^{-10}
25	^{137}Cs	0.1	1.2×10^{-11}	1.2×10^{-10}	9.2×10^{-12}	9.2×10^{-11}
26	^{133}Ba	0.1	6.5×10^{-13}	6.5×10^{-12}	3.4×10^{-13}	3.4×10^{-12}
27	^{152}Eu	0.1	4.5×10^{-8}	4.5×10^{-7}	2.7×10^{-8}	2.7×10^{-7}
28	^{154}Eu	0.1	7.8×10^{-9}	7.8×10^{-8}	3.5×10^{-9}	3.5×10^{-8}
29	^{160}Tb	1	4.2×10^{-22}	4.2×10^{-22}	2.6×10^{-37}	2.6×10^{-37}
30	^{182}Ta	0.1	2.5×10^{-16}	2.5×10^{-15}	6.2×10^{-26}	6.2×10^{-25}
31	^{239}Pu	0.1	1.2×10^{-11}	1.2×10^{-10}	1.2×10^{-11}	1.2×10^{-10}
32	^{241}Pu	10	0	0	0	0
33	^{241}Am	0.1	0	0	0	0
Σ D/C（規則 33 核種）(A)				3.8×10^{-4}		1.0×10^{-4}
D/C (^{60}Co) (B)				3.8×10^{-4}		1.0×10^{-4}
^{60}Co の割合 (B/A)				1.0		1.0

<補足>

- ・評価結果 D は端数処理してあり各 D/C を合計しても合計値と合わないことがある。

(添付 3) 表-5 放射化汚染の評価対象核種の選択における不確かさ(1/2)



(添付 3) 表-5 放射化汚染の評価対象核種の選択における不確かさ(2/2)



(添付 3) 表-6 二次的な汚染の評価対象核種選択用の計算条件

二次的な汚染の評価対象核種の選択に用いる計算条件を以下に示す。

項目		計算条件
放射化に関する計算条件	放射化計算用炉心部の中性子束	
	放射化計算コード	
	ORIGENライブラリ	
	元素組成	
照射冷却に関する計算条件	1 運転サイクルにおける照射期間	
	1 運転サイクルにおける停止期間 (定期点検期間を含む)	
	冷却期間	

参考文献

1. 奥村啓介, 杉野和輝, 小嶋健介, 神智之, 岡本力, 片倉純一: “JENDL-4.0 に基づく ORIGEN2 用断面積ライブラリセット:ORLIBJ40”, JAEA-Data/Code (2013).
2. 核図表 (2004), 日本原子力研究所

(添付 3) 表-7 ステンレス鋼の元素組成

二次的な汚染の規則 32 核種 (CP 核種) の評価に用いるステンレス鋼の元素組成を以下に示す。

元素	元素組成 (wt%)	元素	元素組成 (wt%)
Li	1.3×10^{-5}	Sr	2.0×10^{-5}
C	8.0×10^{-2}	Y	5.0×10^{-4}
N	4.5×10^{-2}	Zr	1.0×10^{-3}
Na	9.7×10^{-4}	Nb	8.9×10^{-3}
Al	1.0×10^{-2}	Mo	2.6×10^{-1}
Si	1.0	Ag	2.0×10^{-4}
P	5.0×10^{-4}	Sb	1.2×10^{-3}
S	3.0×10^{-2}	Te	1.0×10^{-5}
Cl	7.0×10^{-3}	Cs	3.0×10^{-5}
K	3.0×10^{-4}	Ba	5.0×10^{-2}
Ca	1.9×10^{-3}	La	2.0×10^{-5}
Sc	3.0×10^{-6}	Ce	3.7×10^{-2}
Ti	6.0×10^{-2}	Sm	1.0×10^{-5}
V	4.6×10^{-2}	Eu	2.0×10^{-6}
Cr	1.8×10^1	Tb	4.7×10^{-5}
Mn	1.5	Dy	1.0×10^{-4}
Fe	7.1×10^1	Ho	1.0×10^{-4}
Co	1.4×10^{-1}	Yb	2.0×10^{-4}
Ni	1.0×10^1	Lu	8.0×10^{-5}
Cu	3.1×10^{-1}	Hf	2.0×10^{-4}
Zn	4.6×10^{-2}	Ta	1.0×10^{-2}
Ga	1.3×10^{-2}	W	1.9×10^{-2}
As	1.9×10^{-2}	Pb	6.7×10^{-3}
Se	3.5×10^{-3}	Th	1.0×10^{-4}
Br	2.0×10^{-4}	U	2.0×10^{-4}
Rb	1.0×10^{-3}	合計	103

<補足>

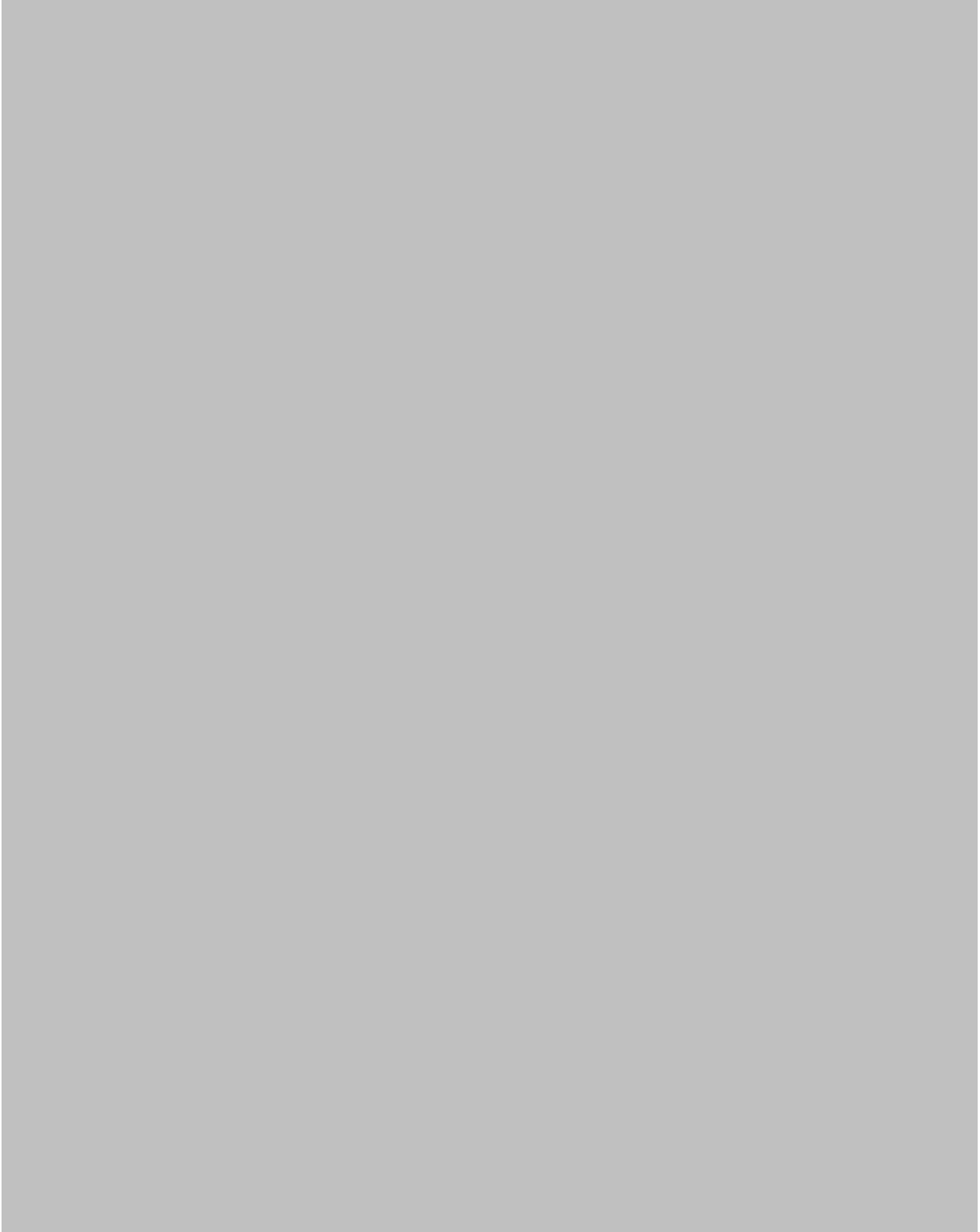
- ・表中の値は元素毎の分析値の平均値であるため、全ての元素の wt%を合計しても 100%にならない。
- ・元素 (Te 及び Ta を除く) は文献 ^{1),2),3)} に記載の平均値を基に SUS304 のデータで代表して設定, Te 及び Ta は文献 ⁴⁾ に記載の分析値で設定した。

参考文献

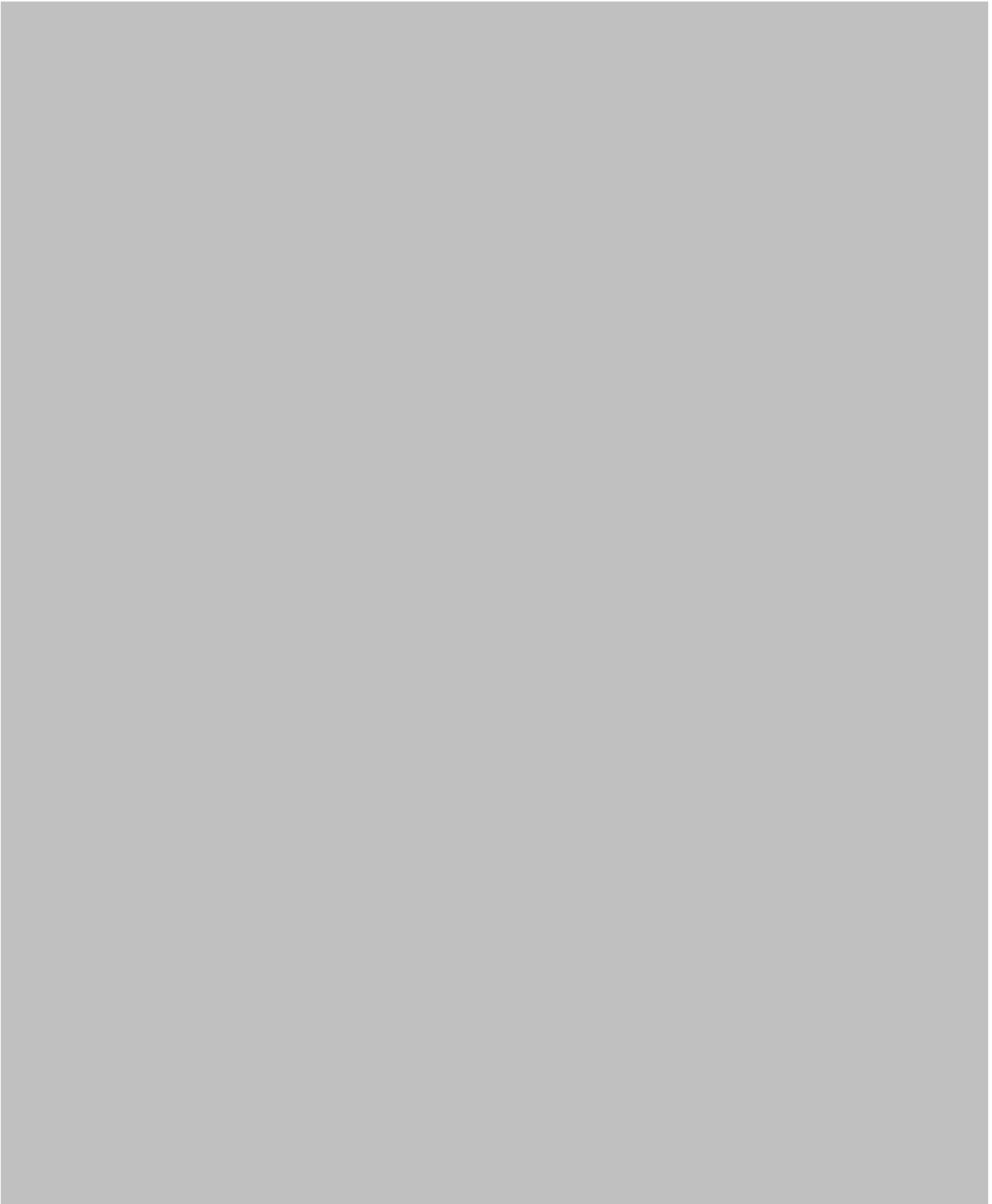
1. J.C.Evans,E.L.Lepel,R.W.Sanders et al., “Long-Lived Activation Products in Reactor Materials” NUREG/CR-3474(1984)
2. H.D.Oak,G.M.Holter,W.E.Kennedy Jr.et al., “Technology,Safety and Costs of Decommissioning a Reference Boiling Water Reactor Power Station”, NUREG/CR-0672(1980)
3. 財原子力環境整備センター「原子力発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
4. 川太 徳夫 他「ふげん」発電所の主要構造材元素組成分析, 日本原子力学会和文論文誌 9(4),405-418(2010)

(添付 3) 表-8 二次的な汚染の放射化学分析データの整理 (1/5)

二次的な汚染の放射化学分析データとして、以下のデータを整理した。



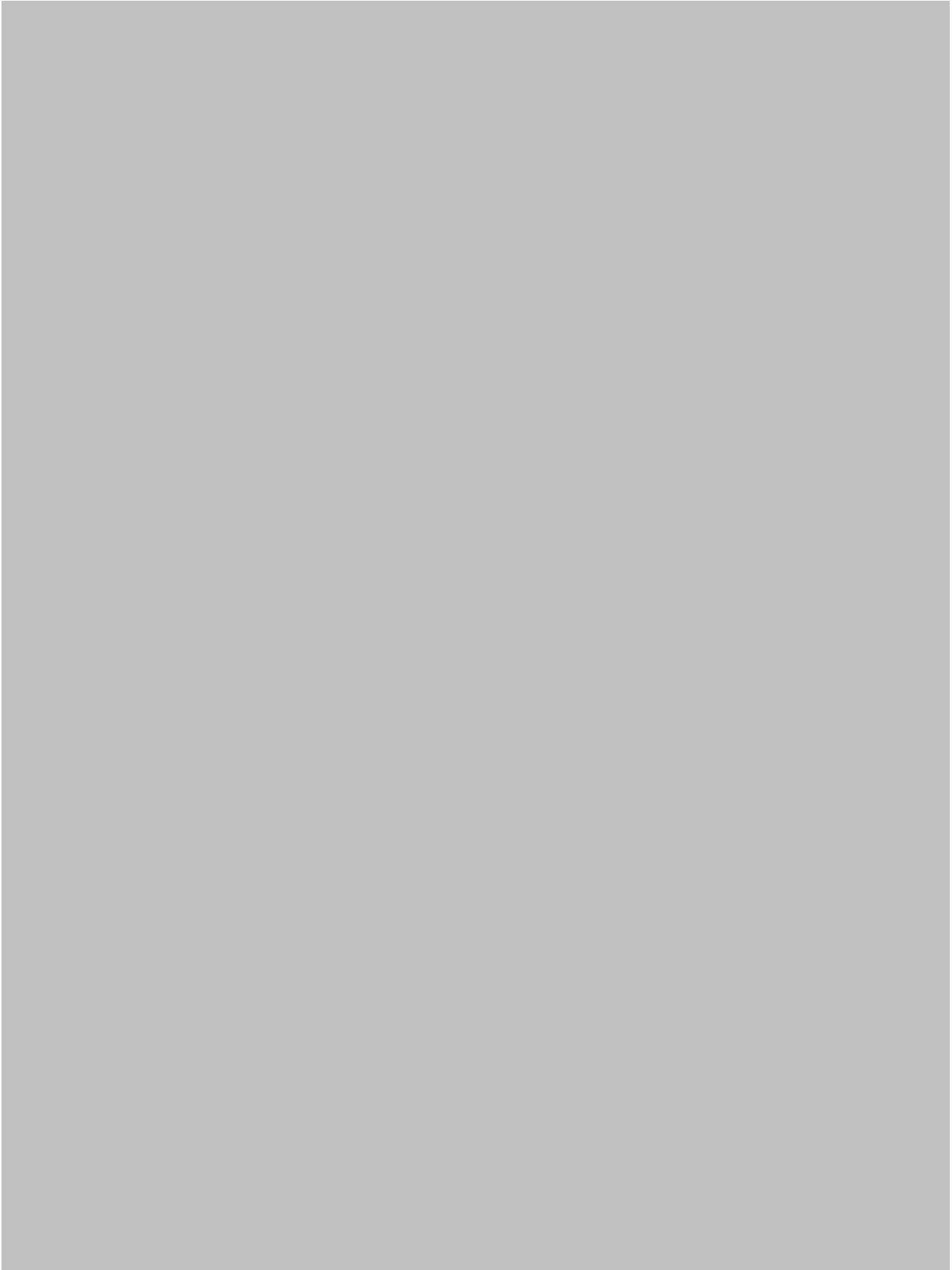
(添付 3) 表-8 二次的な汚染の放射化学分析データの整理 (2/5)

A large gray rectangular area covering the majority of the page, indicating that the table content has been redacted.

(添付 3) 表-8 二次的な汚染の放射化学分析データの整理 (3/5)



(添付 3) 表-8 二次的な汚染の放射化学分析データの整理 (4/5)

A large gray rectangular area covering the majority of the page, indicating that the table content has been redacted.

(添付 3) 表-8 二次的な汚染の放射化学分析データの整理 (5/5)

A large gray rectangular area covering the majority of the page, indicating that the table content has been redacted.

(添付 3) 表-9 規則 32 核種 (CP 核種) の放射能濃度比 (ステンレス鋼)

二次的な汚染の評価対象核種の選択に用いる規則 32 核種のうち CP 核種の放射能濃度比を以下に示す。

(令和 2 年 4 月 1 日時点)

	核種	計算値 D (Bq/g)	基準値 C (Bq/g)	D/C (-)	Σ D/C (規則 32 核種) に対する割合 (-)
1	¹⁴ C	4.0×10 ⁻⁴	1	4.0×10 ⁻⁴	4.0×10 ⁻⁵
2	³⁶ Cl	7.4×10 ⁻⁶	1	7.4×10 ⁻⁶	7.4×10 ⁻⁷
3	⁴¹ Ca	6.5×10 ⁻⁸	100	6.5×10 ⁻¹⁰	6.5×10 ⁻¹¹
4	⁴⁶ Sc	0	0.1	0	0
5	⁵⁴ Mn	3.8×10 ⁻⁴	0.1	3.8×10 ⁻³	3.8×10 ⁻⁴
6	⁵⁵ Fe	5.2×10 ⁻¹	1000	5.2×10 ⁻⁴	5.2×10 ⁻⁵
7	⁵⁹ Fe	0	1	0	0
8	⁵⁸ Co	0	1	0	0
9	⁶⁰ Co	1.0	0.1	1.0×10 ¹	1.0
10	⁵⁹ Ni	2.5×10 ⁻³	100	2.5×10 ⁻⁵	2.5×10 ⁻⁶
11	⁶³ Ni	2.7×10 ⁻¹	100	2.7×10 ⁻³	2.7×10 ⁻⁴
12	⁶⁵ Zn	1.2×10 ⁻⁶	0.1	1.2×10 ⁻⁵	1.2×10 ⁻⁶
13	⁹⁰ Sr	9.0×10 ⁻¹⁹	1	9.0×10 ⁻¹⁹	9.0×10 ⁻²⁰
14	⁹⁴ Nb	2.0×10 ⁻⁶	0.1	2.0×10 ⁻⁵	2.0×10 ⁻⁶
15	⁹⁵ Nb	0	1	0	0
16	⁹⁹ Tc	3.1×10 ⁻⁷	1	3.1×10 ⁻⁷	3.1×10 ⁻⁸
17	¹⁰⁶ Ru	0	0.1	0	0
18	^{108m} Ag	2.9×10 ⁻⁶	0.1	2.9×10 ⁻⁵	2.9×10 ⁻⁶
19	^{110m} Ag	6.1×10 ⁻⁸	0.1	6.1×10 ⁻⁷	6.0×10 ⁻⁸
20	¹²⁴ Sb	0	1	0	0
21	^{123m} Te	0	1	0	0
22	¹²⁹ I	3.4×10 ⁻¹³	0.01	3.4×10 ⁻¹¹	3.4×10 ⁻¹²
23	¹³⁴ Cs	3.8×10 ⁻⁵	0.1	3.8×10 ⁻⁴	3.8×10 ⁻⁵
24	¹³⁷ Cs	2.7×10 ⁻⁹	0.1	2.7×10 ⁻⁸	2.7×10 ⁻⁹
25	¹³³ Ba	6.3×10 ⁻⁵	0.1	6.3×10 ⁻⁴	6.3×10 ⁻⁵
26	¹⁵² Eu	3.5×10 ⁻⁴	0.1	3.5×10 ⁻³	3.5×10 ⁻⁴
27	¹⁵⁴ Eu	4.3×10 ⁻⁵	0.1	4.3×10 ⁻⁴	4.3×10 ⁻⁵
28	¹⁶⁰ Tb	0	1	0	0
29	¹⁸² Ta	0	0.1	0	0
30	²³⁹ Pu	—	0.1	—	—
31	²⁴¹ Pu	—	10	—	—
32	²⁴¹ Am	—	0.1	—	—
Σ D/C (規則 32 核種)				1.0×10 ¹	1.0

<補足>

- ・表中の値は CP 核種の代表核種 (⁶⁰Co) の放射能濃度 (令和 2 年 4 月 1 日時点) を 1Bq/g とした場合の放射能濃度である。
- ・表中の値は端数処理しており, Σ D/C (規則 32 核種) に対する割合は合計しても 1 にならないことがある。

(添付 3) 表-10 規則 32 核種 (FP 核種) の放射能濃度比 (天然ウラン)

二次的な汚染の評価対象核種の選択に用いる規則 32 核種のうち FP 核種の放射能濃度比を以下に示す。(令和 2 年 4 月 1 日時点)

	核種	計算値 D (Bq/g)	基準値 C (Bq/g)	D/C (-)	Σ D/C (規則 32 核種) に対する割合 (-)
1	¹⁴ C	—	1	—	—
2	³⁶ Cl	—	1	—	—
3	⁴¹ Ca	—	100	—	—
4	⁴⁶ Sc	—	0.1	—	—
5	⁵⁴ Mn	—	0.1	—	—
6	⁵⁵ Fe	—	1000	—	—
7	⁵⁹ Fe	—	1	—	—
8	⁵⁸ Co	—	1	—	—
9	⁶⁰ Co	—	0.1	—	—
10	⁵⁹ Ni	—	100	—	—
11	⁶³ Ni	—	100	—	—
12	⁶⁵ Zn	—	0.1	—	—
13	⁹⁰ Sr	8.6×10^{-1}	1	8.6×10^{-1}	7.5×10^{-2}
14	⁹⁴ Nb	6.9×10^{-11}	0.1	6.9×10^{-10}	6.0×10^{-11}
15	⁹⁵ Nb	0	1	0	0
16	⁹⁹ Tc	2.1×10^{-4}	1	2.1×10^{-4}	1.9×10^{-5}
17	¹⁰⁶ Ru	1.2×10^{-3}	0.1	1.2×10^{-2}	1.1×10^{-3}
18	^{108m} Ag	0	0.1	0	0
19	^{110m} Ag	0	0.1	0	0
20	¹²⁴ Sb	0	1	0	0
21	^{123m} Te	0	1	0	0
22	¹²⁹ I	3.0×10^{-7}	0.01	3.0×10^{-5}	2.6×10^{-6}
23	¹³⁴ Cs	1.8×10^{-7}	0.1	1.8×10^{-6}	1.6×10^{-7}
24	¹³⁷ Cs	1.0	0.1	1.0×10^1	8.7×10^{-1}
25	¹³³ Ba	6.0×10^{-14}	0.1	6.0×10^{-13}	5.2×10^{-14}
26	¹⁵² Eu	5.1×10^{-11}	0.1	5.1×10^{-10}	4.4×10^{-11}
27	¹⁵⁴ Eu	3.3×10^{-8}	0.1	3.3×10^{-7}	2.9×10^{-8}
28	¹⁶⁰ Tb	0	1	0	0
29	¹⁸² Ta	—	0.1	—	—
30	²³⁹ Pu	6.0×10^{-2}	0.1	6.0×10^{-1}	5.3×10^{-2}
31	²⁴¹ Pu	8.2×10^{-18}	10	8.2×10^{-19}	7.2×10^{-20}
32	²⁴¹ Am	3.5×10^{-19}	0.1	3.5×10^{-18}	3.1×10^{-19}
Σ D/C (規則 32 核種)				1.1	1.0

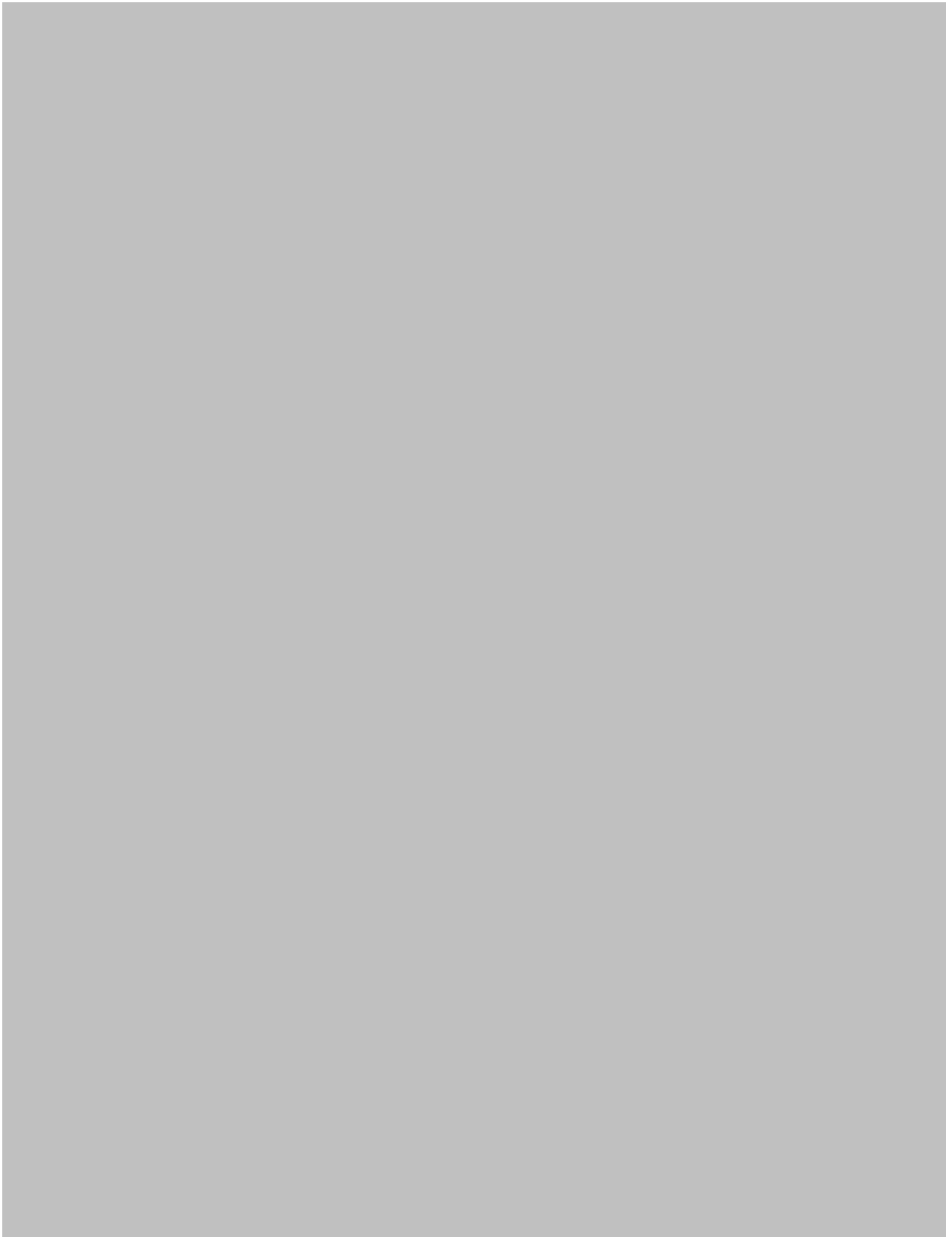
<補足>

- ・表中の値は FP 核種の代表核種 (¹³⁷Cs) の放射能濃度 (令和 2 年 4 月 1 日時点) を 1Bq/g とした場合の放射能濃度である。
- ・表中の値は端数処理しており, Σ D/C (規則 32 核種) に対する割合は合計しても 1 にならないことがある。

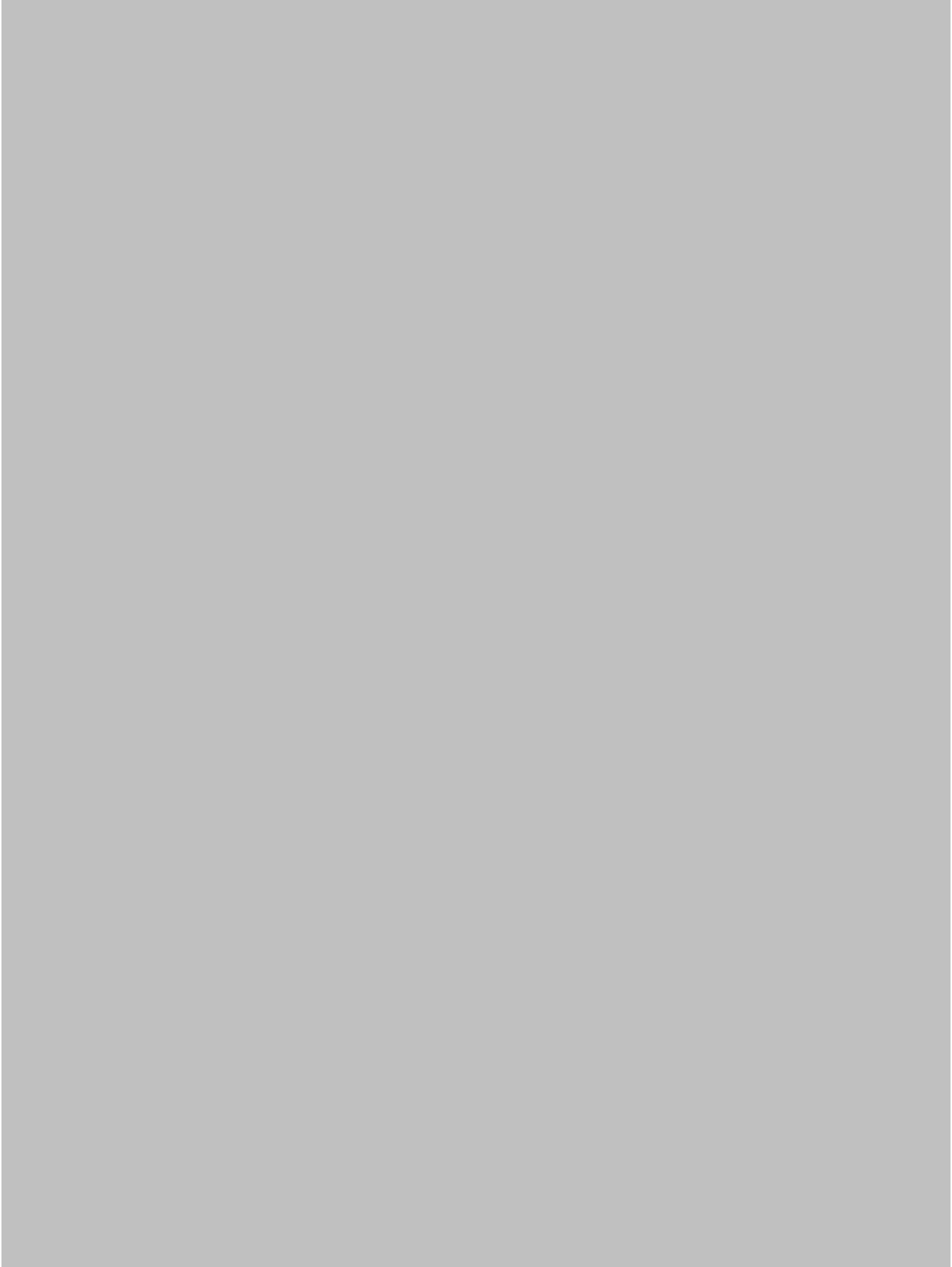
(添付 3) 表-11 規則 32 核種の放射能濃度の評価結果
(揮発性核種の移行割合, CP 核種 FP 核種の合成)



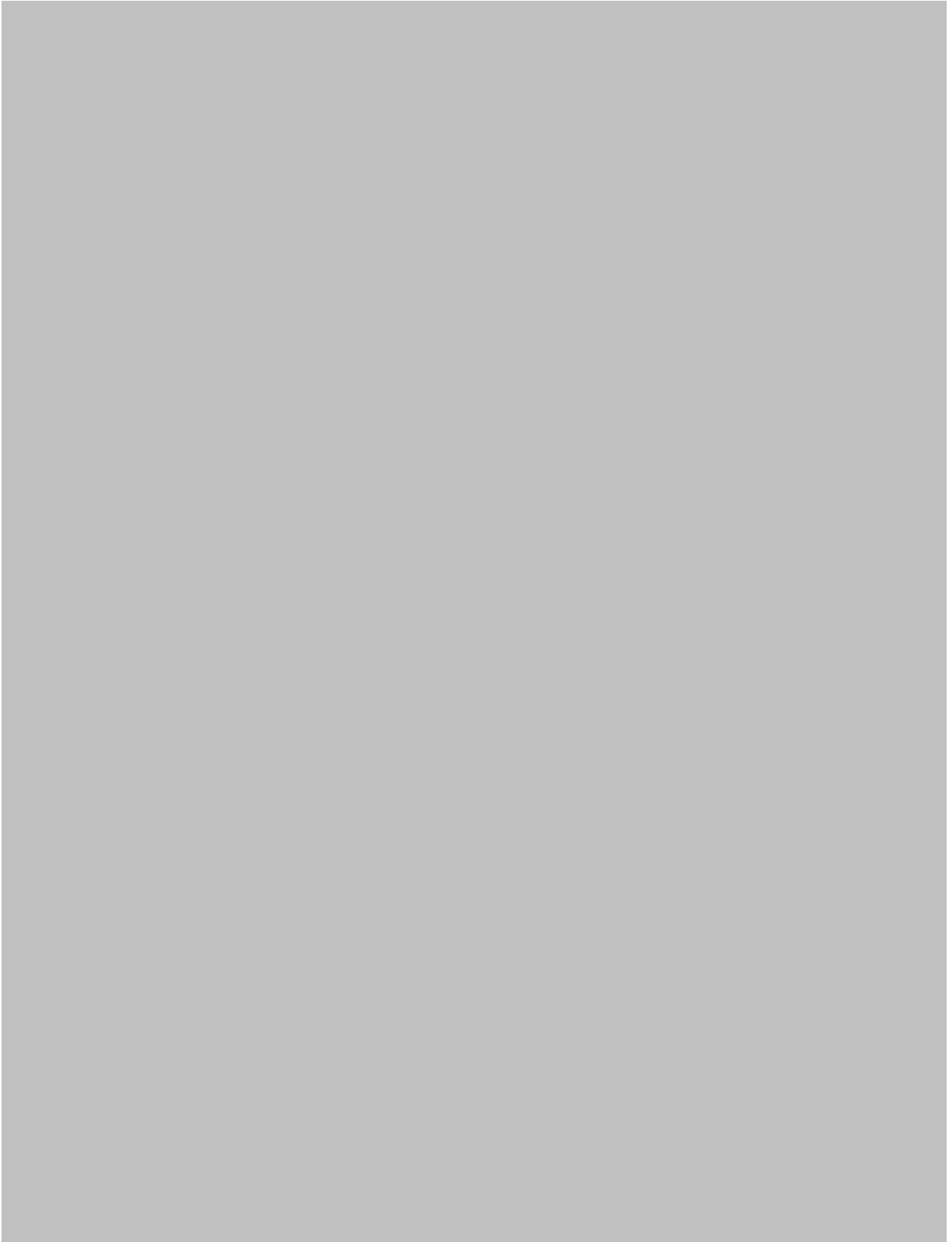
(添付 3) 表-12



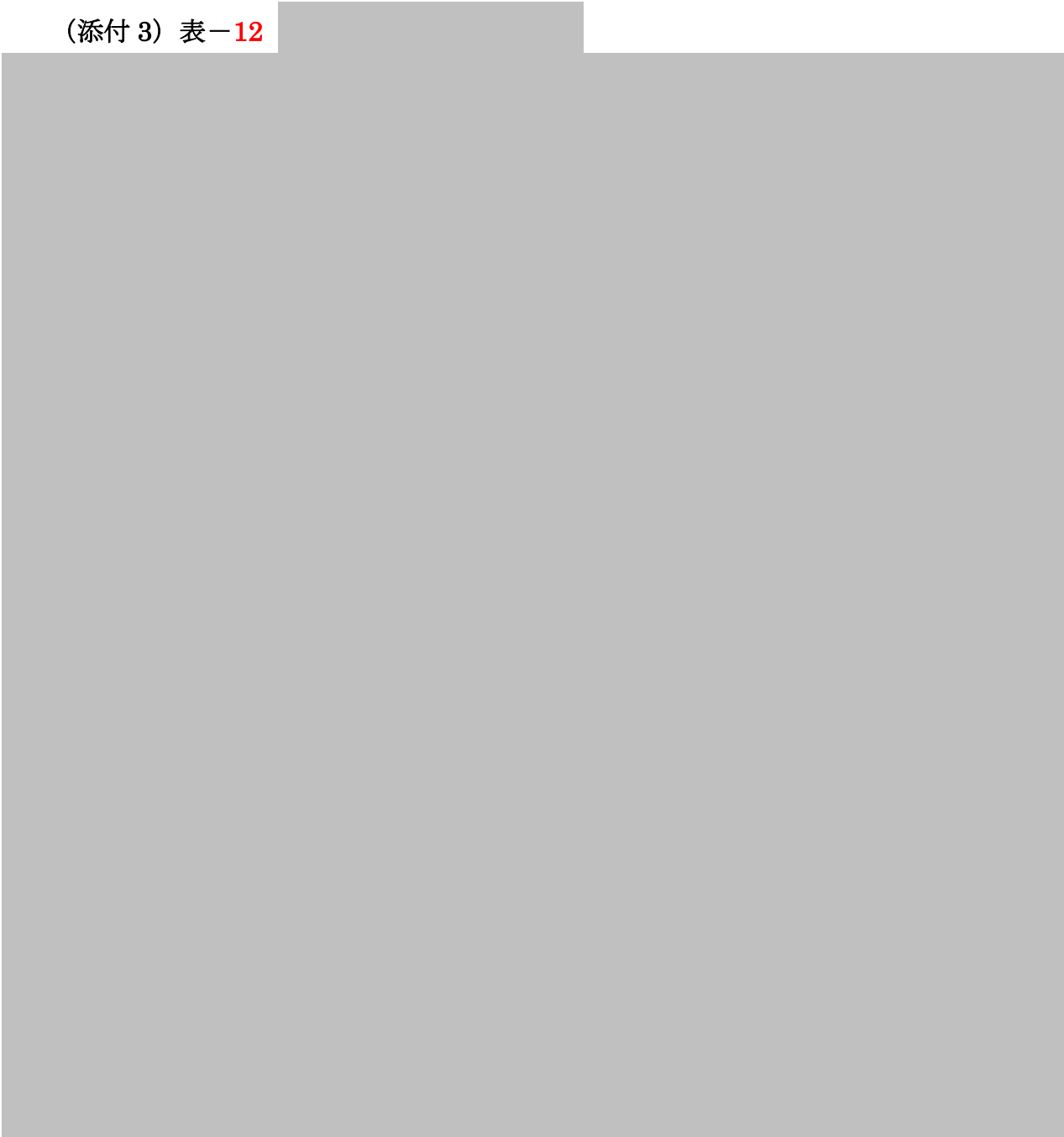
(添付 3) 表-12



(添付 3) 表-12

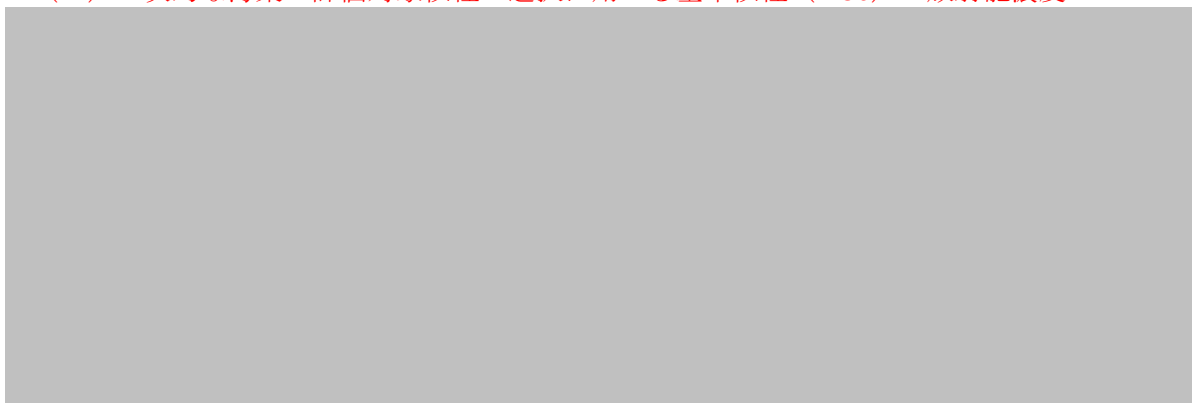


(添付 3) 表-12



(添付 3) 表-13 二次的な汚染の評価対象核種の選択に用いる放射能濃度 (^{60}Co 及び ^3H)

(1) 二次的な汚染の評価対象核種の選択に用いる基準核種 (^{60}Co) の放射能濃度



(令和 2 年 4 月 1 日時点)

パラメータ	
放射能濃度 D (③)	$2.6 \times 10^{-3} \text{ Bq/g}$
基準値 C (④)	0.1 Bq/g
D/C (③/④)	2.6×10^{-2}

(2) 二次的な汚染の評価対象核種の選択に用いる ^3H の放射能濃度



代表試料の ^3H の分析結果 (Bq/cm^2) は、「(添付 2) 表-2」に示すとおり、全て検出限界値未満であり、 ^3H の放射能濃度の代表値は、表面汚染密度 (検出限界値) の最大値と部位毎の比表面積の最大値の積により算出した。

(令和 2 年 4 月 1 日時点)

パラメータ	
放射能濃度 D (③)	$1.4 \times 10^{-3} \text{ Bq/g}$
基準値 C (④)	100 Bq/g
D/C (③/④)	1.4×10^{-5}

(添付 3) 表-14 二次的な汚染の評価対象核種の選択に用いる放射能濃度 (規則 33 核種) (1/2)

評価対象核種の選択に用いる二次的な汚染の規則 33 核種の放射能濃度を以下に示す。
 設定基準日 (令和 2 年 4 月 1 日) において, D/C が最も大きい核種は ^{60}Co であり, D/C (^{60}Co) の $\Sigma \text{D/C}$ (規則 33 核種) に対する比は 9.7×10^{-1} である。
 (令和 2 年 4 月 1 日時点)

	核種	基準値 C (Bq/g)	評価結果 D (Bq/g)	D/C (-)
1	^3H	100	1.4×10^{-3}	1.4×10^{-5}
2	^{14}C	1	3.1×10^{-5}	3.1×10^{-5}
3	^{36}Cl	1	5.7×10^{-7}	5.7×10^{-7}
4	^{41}Ca	100	1.7×10^{-10}	1.7×10^{-12}
5	^{46}Sc	0.1	0	0
6	^{54}Mn	0.1	9.8×10^{-7}	9.8×10^{-6}
7	^{55}Fe	1000	1.3×10^{-3}	1.3×10^{-6}
8	^{59}Fe	1	0	0
9	^{58}Co	1	0	0
10	^{60}Co	0.1	2.6×10^{-3}	2.6×10^{-2}
11	^{59}Ni	100	6.3×10^{-6}	6.3×10^{-8}
12	^{63}Ni	100	6.9×10^{-4}	6.9×10^{-6}
13	^{65}Zn	0.1	3.0×10^{-9}	3.0×10^{-8}
14	^{90}Sr	1	4.6×10^{-5}	4.6×10^{-5}
15	^{94}Nb	0.1	5.0×10^{-9}	5.0×10^{-8}
16	^{95}Nb	1	0	0
17	^{99}Tc	1	1.2×10^{-8}	1.2×10^{-8}
18	^{106}Ru	0.1	6.5×10^{-8}	6.5×10^{-7}
19	$^{108\text{m}}\text{Ag}$	0.1	7.5×10^{-9}	7.5×10^{-8}
20	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	0.1	1.5×10^{-10}	1.5×10^{-9}
21	^{124}Sb	1	0	0
22	$^{123\text{m}}\text{Te}$	1	0	0
23	^{129}I	0.01	4.8×10^{-10}	4.8×10^{-8}
24	^{134}Cs	0.1	9.7×10^{-8}	9.7×10^{-7}
25	^{137}Cs	0.1	5.3×10^{-5}	5.3×10^{-4}
26	^{133}Ba	0.1	1.6×10^{-7}	1.6×10^{-6}
27	^{152}Eu	0.1	8.9×10^{-7}	8.9×10^{-6}
28	^{154}Eu	0.1	1.1×10^{-7}	1.1×10^{-6}
29	^{160}Tb	1	0	0
30	^{182}Ta	0.1	0	0
31	^{239}Pu	0.1	3.2×10^{-6}	3.2×10^{-5}
32	^{241}Pu	10	4.3×10^{-22}	4.3×10^{-23}
33	^{241}Am	0.1	1.9×10^{-23}	1.9×10^{-22}
規則 33 核種の $\Sigma \text{D/C}$ (A)				2.62×10^{-2}
^{60}Co の D/C (B)				2.55×10^{-2}
^{60}Co の割合 (B/A)				9.74×10^{-1}

<補足>

- ・評価結果 D は端数処理してあり各 D/C を合計しても合計値と合わないことがある。

(添付 3) 表-14 二次的な汚染の評価対象核種の選択に用いる放射能濃度
(規則 33 核種) (2/2)

設定基準日 (令和 2 年 4 月 1 日) から 10 年後の令和 12 年 4 月 1 日において, D/C が最も大きい核種は ^{60}Co であり, D/C (^{60}Co) の $\Sigma D/C$ (規則 33 核種) に対する比は 9.3×10^{-1} である。

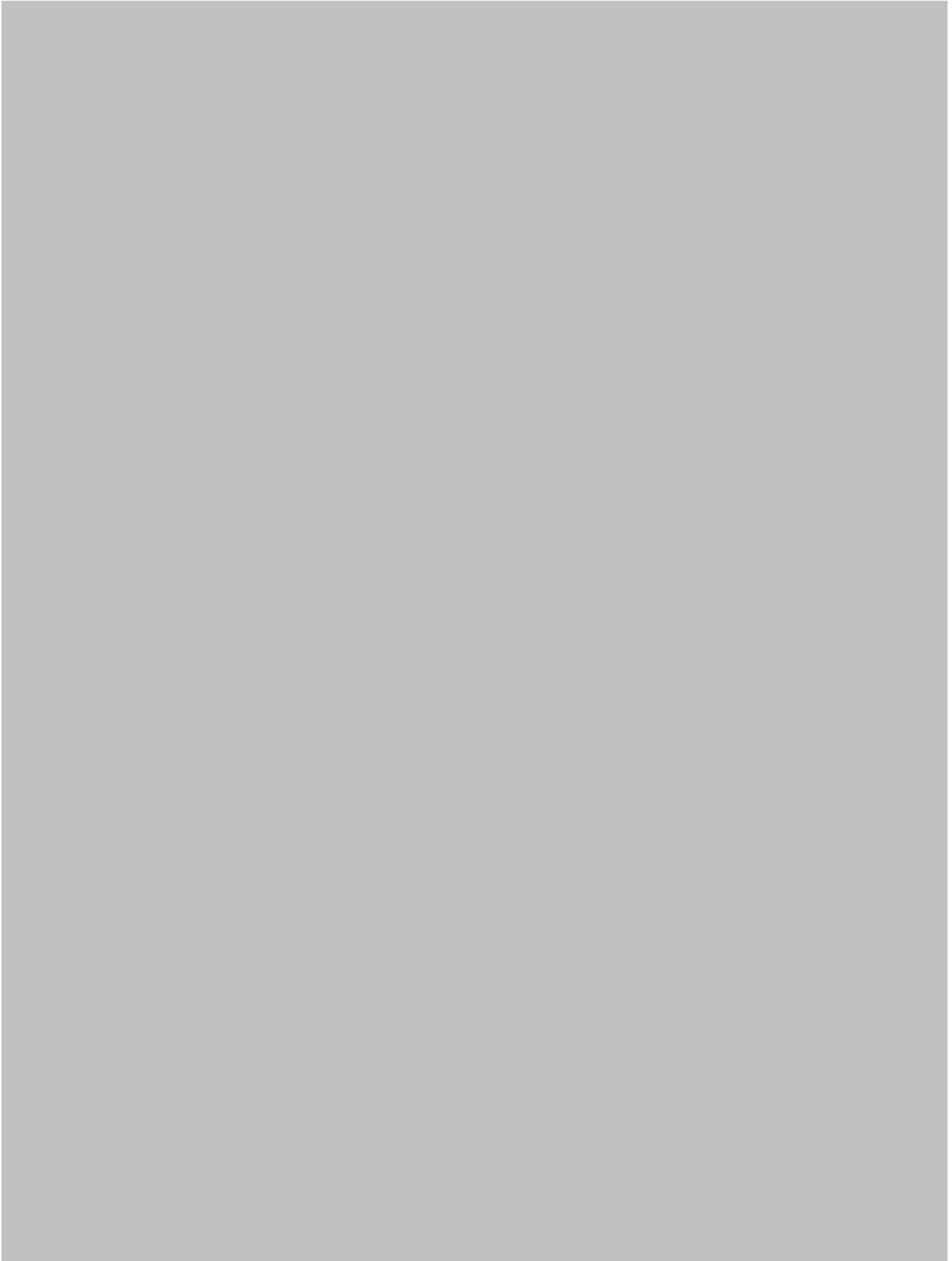
(令和 12 年 4 月 1 日時点)

	核種	基準値 C (Bq/g)	評価結果 D (Bq/g)	D/C (-)
1	^3H	100	7.9×10^{-4}	7.9×10^{-6}
2	^{14}C	1	3.1×10^{-5}	3.1×10^{-5}
3	^{36}Cl	1	5.7×10^{-7}	5.7×10^{-7}
4	^{41}Ca	100	1.7×10^{-10}	1.7×10^{-12}
5	^{46}Sc	0.1	0	0
6	^{54}Mn	0.1	3.0×10^{-10}	3.0×10^{-9}
7	^{55}Fe	1000	1.0×10^{-4}	1.0×10^{-7}
8	^{59}Fe	1	0	0
9	^{58}Co	1	0	0
10	^{60}Co	0.1	6.8×10^{-4}	6.8×10^{-3}
11	^{59}Ni	100	6.3×10^{-6}	6.3×10^{-8}
12	^{63}Ni	100	6.4×10^{-4}	6.4×10^{-6}
13	^{65}Zn	0.1	9.6×10^{-14}	9.6×10^{-13}
14	^{90}Sr	1	3.6×10^{-5}	3.6×10^{-5}
15	^{94}Nb	0.1	5.0×10^{-9}	5.0×10^{-8}
16	^{95}Nb	1	0	0
17	^{99}Tc	1	1.2×10^{-8}	1.2×10^{-8}
18	^{106}Ru	0.1	7.4×10^{-11}	7.4×10^{-10}
19	$^{108\text{m}}\text{Ag}$	0.1	7.3×10^{-9}	7.3×10^{-8}
20	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	0.1	6.1×10^{-15}	6.1×10^{-14}
21	^{124}Sb	1	0	0
22	$^{123\text{m}}\text{Te}$	1	0	0
23	^{129}I	0.01	4.8×10^{-10}	4.8×10^{-8}
24	^{134}Cs	0.1	3.4×10^{-9}	3.4×10^{-8}
25	^{137}Cs	0.1	4.2×10^{-5}	4.2×10^{-4}
26	^{133}Ba	0.1	8.4×10^{-8}	8.4×10^{-7}
27	^{152}Eu	0.1	5.3×10^{-7}	5.3×10^{-6}
28	^{154}Eu	0.1	4.9×10^{-8}	4.9×10^{-7}
29	^{160}Tb	1	0	0
30	^{182}Ta	0.1	0	0
31	^{239}Pu	0.1	3.2×10^{-6}	3.2×10^{-5}
32	^{241}Pu	10	2.7×10^{-22}	2.7×10^{-23}
33	^{241}Am	0.1	2.4×10^{-23}	2.4×10^{-22}
規則 33 核種の $\Sigma D/C$ (A)				7.39×10^{-3}
^{60}Co の D/C (B)				6.85×10^{-3}
^{60}Co の割合 (B/A)				9.27×10^{-1}

<補足>

- ・ 評価結果 D は端数処理してあり各 D/C を合計しても合計値と合わないことがある。

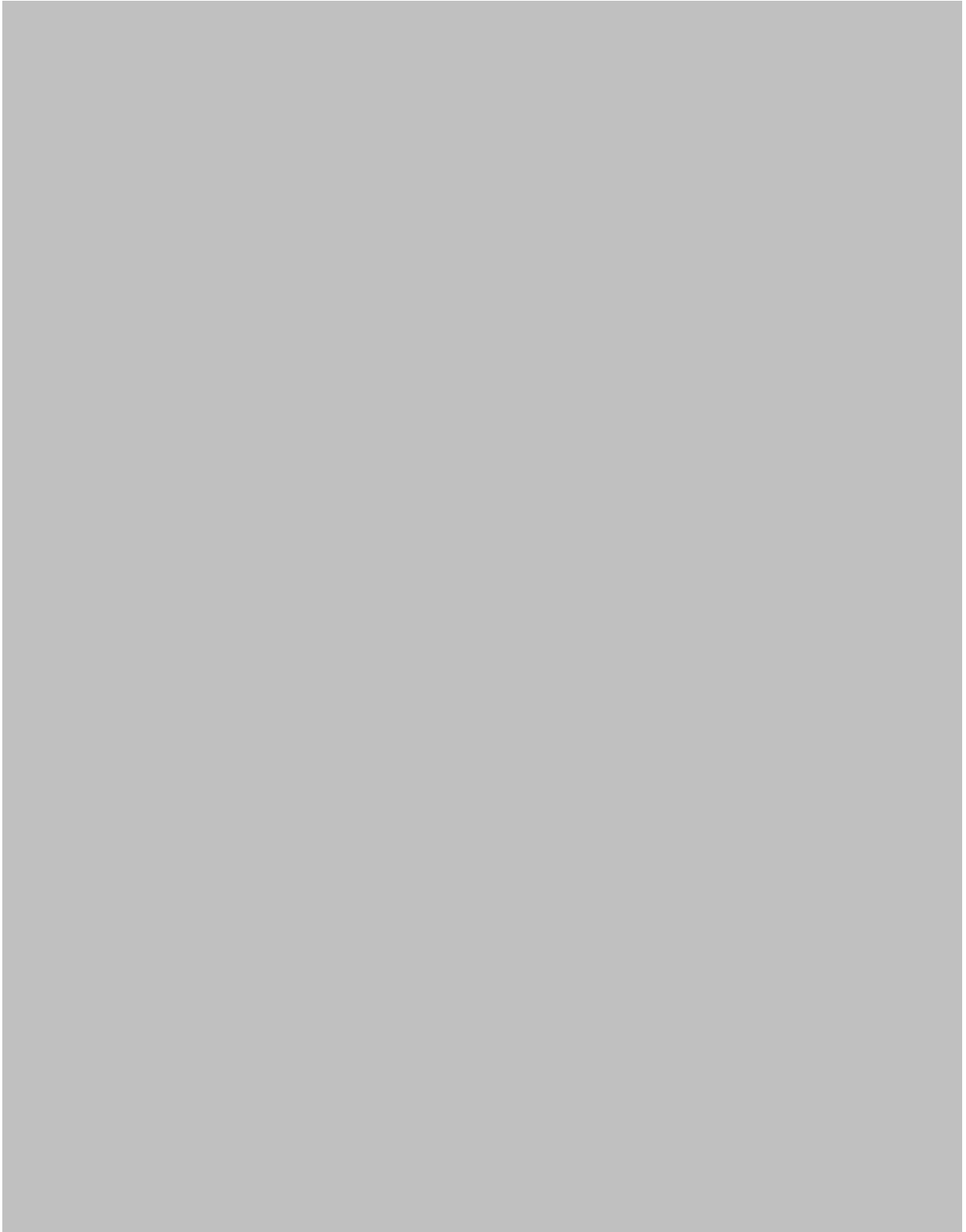
(添付 3) 表-15 二次的な汚染の評価対象核種の選択における不確かさ(1/8)



(添付 3) 表-15 二次的な汚染の評価対象核種の選択における不確かさ(2/8)



(添付 3) 表-15 二次的な汚染の評価対象核種の選択における不確かさ(3/8)



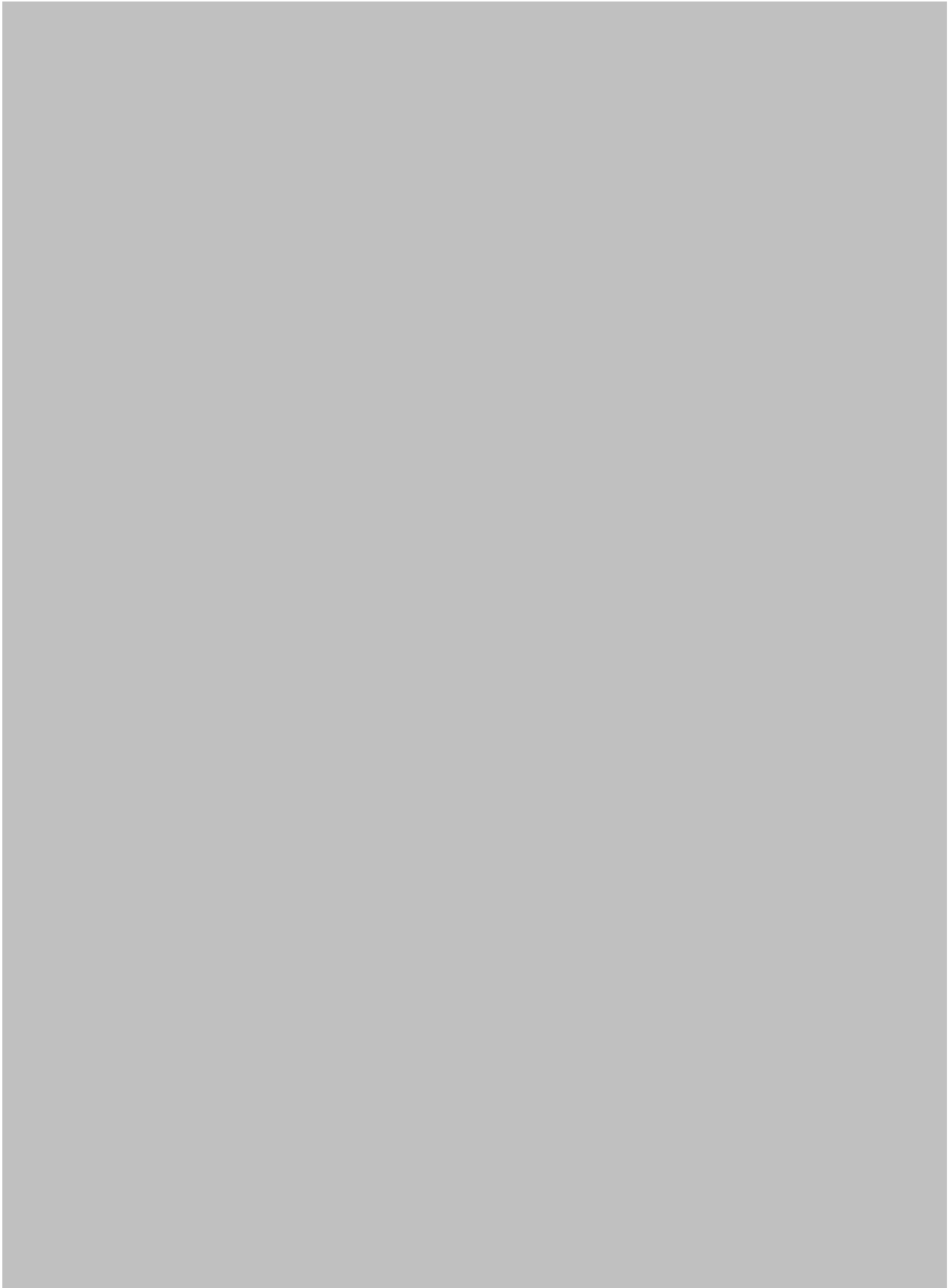
(添付 3) 表-15 二次的な汚染の評価対象核種の選択における不確かさ(4/8)



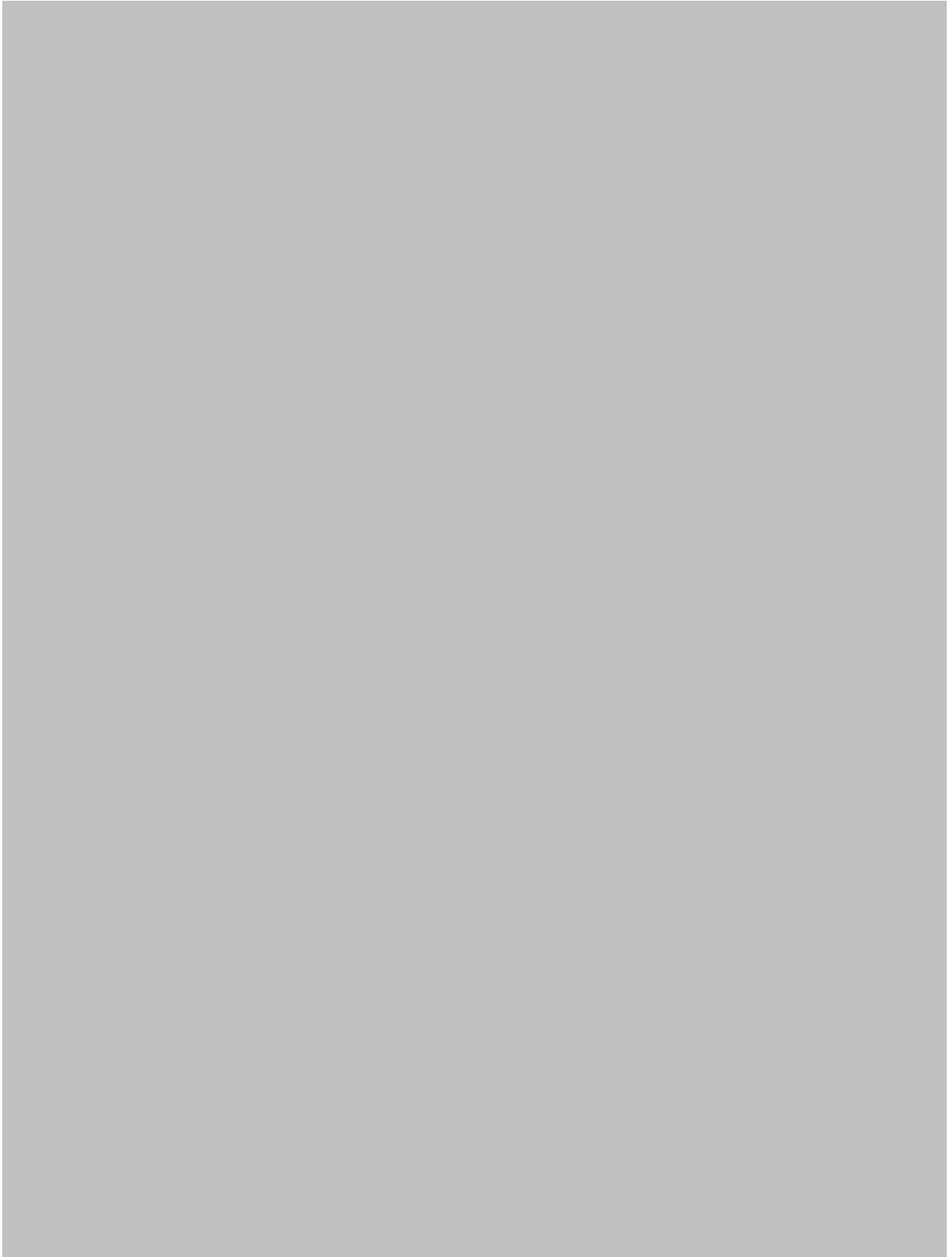
(添付 3) 表-15 二次的な汚染の評価対象核種の選択における不確かさ(5/8)

A large gray rectangular area covering the majority of the page, indicating that the content of the table has been redacted.

(添付 3) 表-15 二次的な汚染の評価対象核種の選択における不確かさ(6/8)



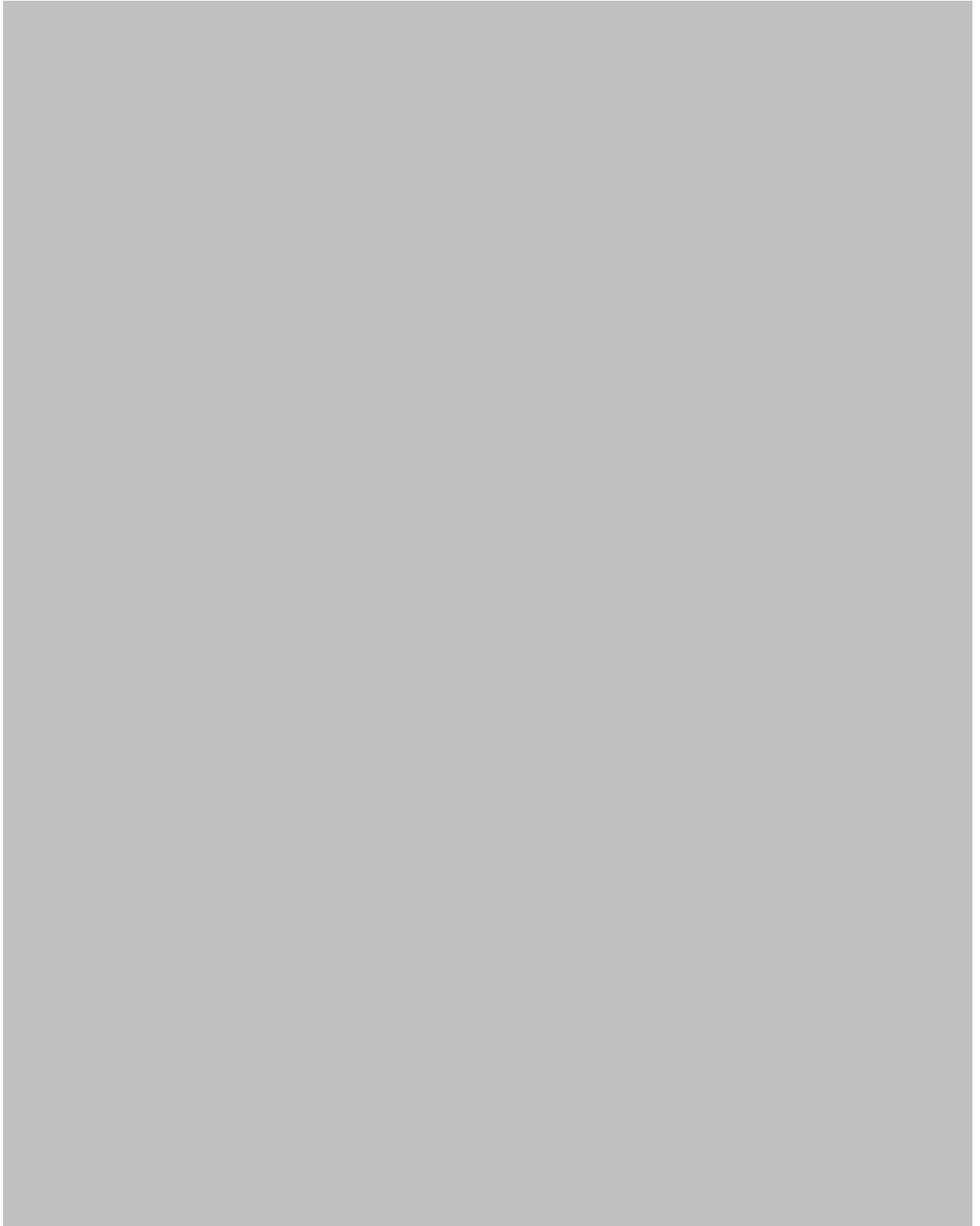
(添付 3) 表-15 二次的な汚染の評価対象核種の選択における不確かさ(7/8)



(添付 3) 表-15 二次的な汚染の評価対象核種の選択における不確かさ(8/8)

A large gray rectangular area covering the majority of the page, indicating that the content of the table has been redacted.

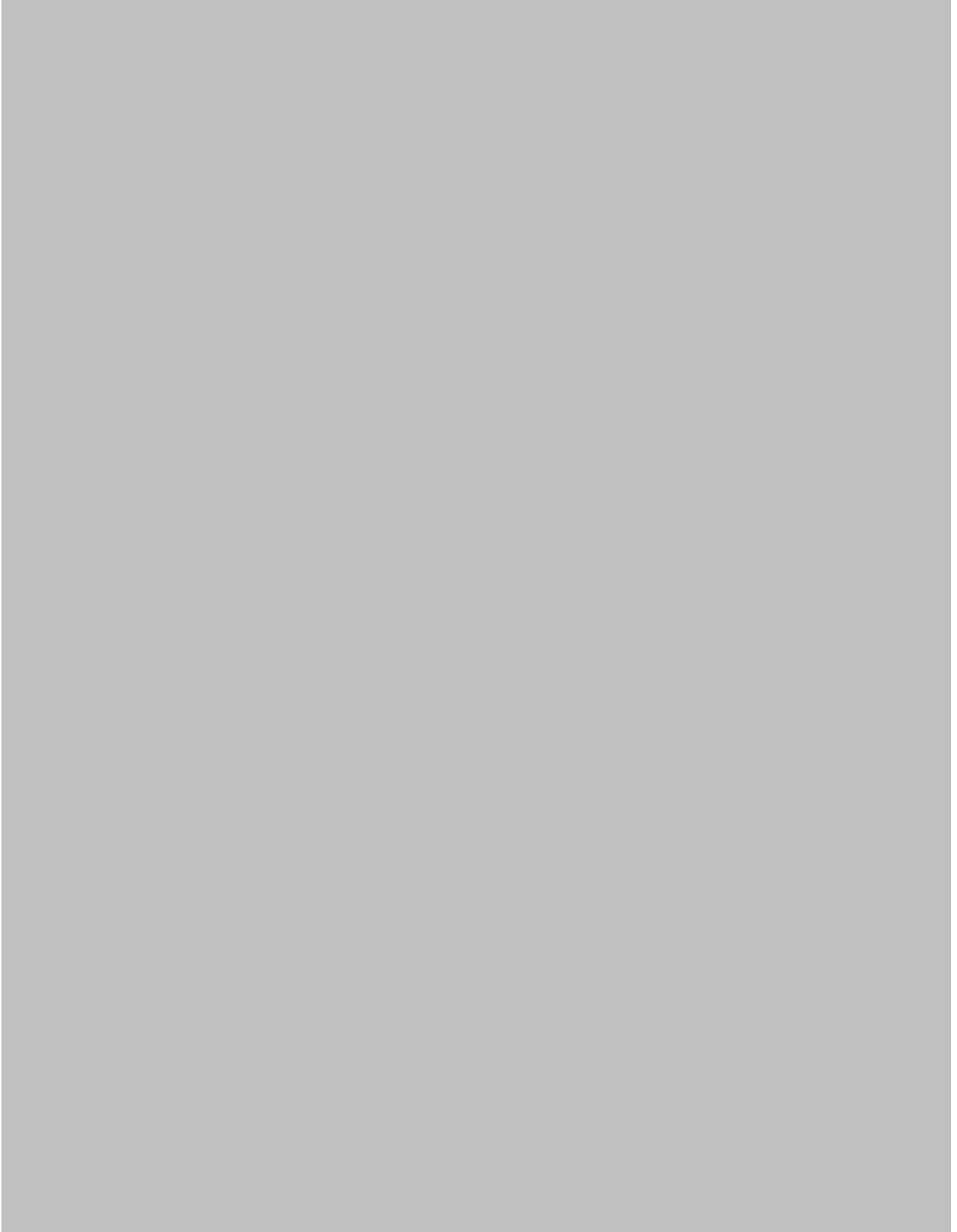
(添付 3) 表-16 高ニッケル合金の元素組成

A large gray rectangular area representing a redacted table. The table content is completely obscured by this gray block.

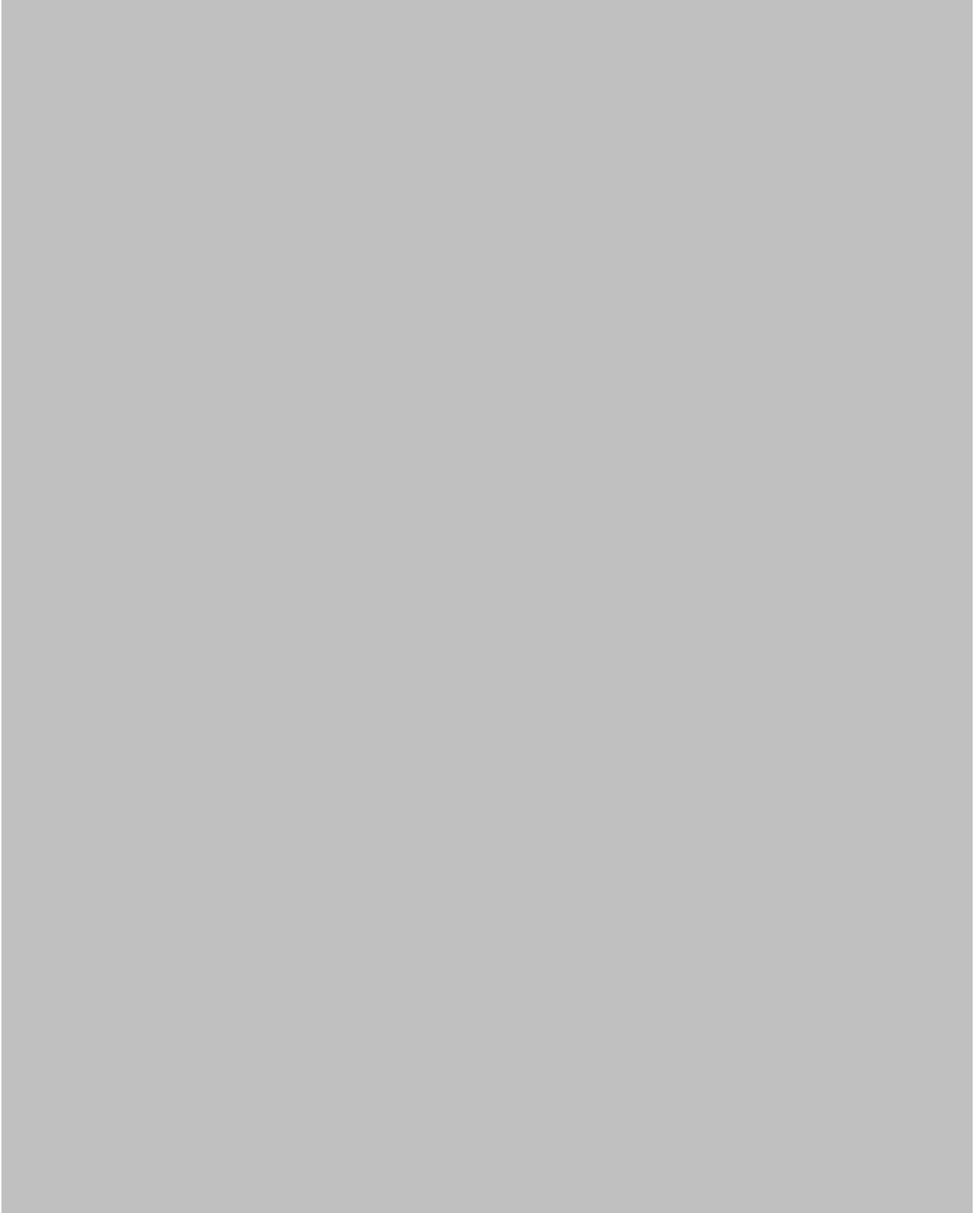
(添付 3) 表-17 ジルコニウム合金の元素組成

A large gray rectangular area representing a redacted table. The table content is completely obscured by this gray block.

(添付 3) 表-18 炭素鋼の元素組成

A large gray rectangular area covering the majority of the page, indicating that the content of the table has been redacted.

(添付 3) 表-19 ステライトの元素組成

A large gray rectangular area covering the majority of the page, indicating that the table content has been redacted.

(添付3) 表-20 規則32核種 (CP核種) の放射能濃度比
(高ニッケル合金)

CP核種の親元素を高ニッケル合金として計算したCP核種の放射能濃度比を以下に示す。

(令和2年4月1日時点)

	核種	計算値 D (Bq/g)	基準値 C (Bq/g)	D/C (-)	Σ D/C (規則 32 核種) に対する割合 (-)
1	¹⁴ C	5.7×10 ⁻⁴	1	5.7×10 ⁻⁴	5.5×10 ⁻⁵
2	³⁶ Cl	3.2×10 ⁻⁵	1	3.2×10 ⁻⁵	3.1×10 ⁻⁶
3	⁴¹ Ca	3.7×10 ⁻⁷	100	3.7×10 ⁻⁹	3.6×10 ⁻¹⁰
4	⁴⁶ Sc	0	0.1	0	0
5	⁵⁴ Mn	3.2×10 ⁻⁴	0.1	3.2×10 ⁻³	3.2×10 ⁻⁴
6	⁵⁵ Fe	8.3×10 ⁻¹	1000	8.3×10 ⁻⁴	8.1×10 ⁻⁵
7	⁵⁹ Fe	0	1	0	0
8	⁵⁸ Co	0	1	0	0
9	⁶⁰ Co	1.0	0.1	1.0×10 ¹	9.8×10 ⁻¹
10	⁵⁹ Ni	1.4×10 ⁻¹	100	1.4×10 ⁻³	1.3×10 ⁻⁴
11	⁶³ Ni	1.5×10 ¹	100	1.5×10 ⁻¹	1.5×10 ⁻²
12	⁶⁵ Zn	2.0×10 ⁻⁶	0.1	2.0×10 ⁻⁵	1.9×10 ⁻⁶
13	⁹⁰ Sr	1.6×10 ⁻¹⁷	1	1.6×10 ⁻¹⁷	1.6×10 ⁻¹⁸
14	⁹⁴ Nb	3.3×10 ⁻⁶	0.1	3.3×10 ⁻⁵	3.2×10 ⁻⁶
15	⁹⁵ Nb	0	1	0	0
16	⁹⁹ Tc	5.1×10 ⁻⁶	1	5.1×10 ⁻⁶	5.0×10 ⁻⁷
17	¹⁰⁶ Ru	0	0.1	0	0
18	^{108m} Ag	2.2×10 ⁻⁵	0.1	2.2×10 ⁻⁴	2.2×10 ⁻⁵
19	^{110m} Ag	4.6×10 ⁻⁷	0.1	4.6×10 ⁻⁶	4.5×10 ⁻⁷
20	¹²⁴ Sb	0	1	0	0
21	^{123m} Te	0	1	0	0
22	¹²⁹ I	2.6×10 ⁻¹²	0.01	2.6×10 ⁻¹⁰	2.6×10 ⁻¹¹
23	¹³⁴ Cs	1.9×10 ⁻⁴	0.1	1.9×10 ⁻³	1.9×10 ⁻⁴
24	¹³⁷ Cs	1.1×10 ⁻⁸	0.1	1.1×10 ⁻⁷	1.1×10 ⁻⁸
25	¹³³ Ba	2.6×10 ⁻⁴	0.1	2.6×10 ⁻³	2.6×10 ⁻⁴
26	¹⁵² Eu	4.1×10 ⁻³	0.1	4.1×10 ⁻²	4.0×10 ⁻³
27	¹⁵⁴ Eu	5.0×10 ⁻⁴	0.1	5.0×10 ⁻³	4.9×10 ⁻⁴
28	¹⁶⁰ Tb	0	1	0	0
29	¹⁸² Ta	0	0.1	0	0
30	²³⁹ Pu	—	0.1	—	—
31	²⁴¹ Pu	—	10	—	—
32	²⁴¹ Am	—	0.1	—	—
Σ D/C (規則 32 核種)				1.0×10 ¹	1.0

<補足>

- ・表中の計算値は CP 核種の代表核種 (⁶⁰Co) の放射能濃度 (令和 2 年 4 月 1 日時点) を 1Bq/g とした場合の放射能濃度である。
- ・表中の値は端数処理しており, Σ D/C (規則 32 核種) に対する割合を合計しても 1 にならない。

(添付 3) 表-21 規則 32 核種 (CP 核種) の放射能濃度比
(ジルコニウム合金)

CP 核種の親元素をジルコニウム合金として計算した CP 核種の放射能濃度比を以下に示す。
(令和 2 年 4 月 1 日時点)

	核種	計算値 D (Bq/g)	基準値 C (Bq/g)	D/C (-)	Σ D/C (規則 32 核種) に対する割合 (-)
1	¹⁴ C	3.4×10^{-3}	1	3.4×10^{-3}	3.4×10^{-4}
2	³⁶ Cl	7.4×10^{-5}	1	7.4×10^{-5}	7.4×10^{-6}
3	⁴¹ Ca	4.9×10^{-6}	100	4.9×10^{-8}	4.9×10^{-9}
4	⁴⁶ Sc	0	0.1	0	0
5	⁵⁴ Mn	1.4×10^{-4}	0.1	1.4×10^{-3}	1.4×10^{-4}
6	⁵⁵ Fe	1.9×10^{-1}	1000	1.9×10^{-4}	1.9×10^{-5}
7	⁵⁹ Fe	0	1	0	0
8	⁵⁸ Co	0	1	0	0
9	⁶⁰ Co	1.0	0.1	1.0×10^1	1.0
10	⁵⁹ Ni	2.4×10^{-3}	100	2.4×10^{-5}	2.4×10^{-6}
11	⁶³ Ni	2.6×10^{-1}	100	2.6×10^{-3}	2.6×10^{-4}
12	⁶⁵ Zn	—	0.1	—	—
13	⁹⁰ Sr	6.6×10^{-13}	1	6.6×10^{-13}	6.6×10^{-14}
14	⁹⁴ Nb	—	0.1	—	—
15	⁹⁵ Nb	0	1	0	0
16	⁹⁹ Tc	—	1	—	—
17	¹⁰⁶ Ru	—	0.1	—	—
18	^{108m} Ag	—	0.1	—	—
19	^{110m} Ag	—	0.1	—	—
20	¹²⁴ Sb	0	1	0	0
21	^{123m} Te	—	1	—	—
22	¹²⁹ I	—	0.01	—	—
23	¹³⁴ Cs	—	0.1	—	—
24	¹³⁷ Cs	—	0.1	—	—
25	¹³³ Ba	—	0.1	—	—
26	¹⁵² Eu	—	0.1	—	—
27	¹⁵⁴ Eu	—	0.1	—	—
28	¹⁶⁰ Tb	—	1	—	—
29	¹⁸² Ta	0	0.1	0	0
30	²³⁹ Pu	—	0.1	—	—
31	²⁴¹ Pu	—	10	—	—
32	²⁴¹ Am	—	0.1	—	—
Σ D/C (規則 32 核種)				1.0×10^1	1.0

<補足>

- ・表中の計算値は CP 核種の代表核種 (⁶⁰Co) の放射能濃度 (令和 2 年 4 月 1 日時点) を 1Bq/g とした場合の放射能濃度である。
- ・表中の値は端数処理しており, Σ D/C (規則 32 核種) に対する割合を合計しても 1 にならない。

(添付3) 表-22 規則32核種 (CP核種) の放射能濃度比 (炭素鋼)

CP核種の親元素を炭素鋼として計算したCP核種の放射能濃度比を以下に示す。

(令和2年4月1日時点)

	核種	計算値 D (Bq/g)	基準値 C (Bq/g)	D/C (-)	ΣD/C (規則32核種) に対する割合 (-)
1	¹⁴ C	8.6×10 ⁻⁴	1	8.6×10 ⁻⁴	8.4×10 ⁻⁵
2	³⁶ Cl	4.9×10 ⁻⁵	1	4.9×10 ⁻⁵	4.8×10 ⁻⁶
3	⁴¹ Ca	5.6×10 ⁻⁷	100	5.6×10 ⁻⁹	5.5×10 ⁻¹⁰
4	⁴⁶ Sc	0	0.1	0	0
5	⁵⁴ Mn	6.1×10 ⁻³	0.1	6.1×10 ⁻²	6.1×10 ⁻³
6	⁵⁵ Fe	8.3	1000	8.3×10 ⁻³	8.2×10 ⁻⁴
7	⁵⁹ Fe	0	1	0	0
8	⁵⁸ Co	0	1	0	0
9	⁶⁰ Co	1.0	0.1	1.0×10 ¹	9.9×10 ⁻¹
10	⁵⁹ Ni	1.9×10 ⁻³	100	1.9×10 ⁻⁵	1.9×10 ⁻⁶
11	⁶³ Ni	2.1×10 ⁻¹	100	2.1×10 ⁻³	2.1×10 ⁻⁴
12	⁶⁵ Zn	3.0×10 ⁻⁶	0.1	3.0×10 ⁻⁵	3.0×10 ⁻⁶
13	⁹⁰ Sr	2.4×10 ⁻¹⁷	1	2.4×10 ⁻¹⁷	2.4×10 ⁻¹⁸
14	⁹⁴ Nb	4.9×10 ⁻⁶	0.1	4.9×10 ⁻⁵	4.9×10 ⁻⁶
15	⁹⁵ Nb	0	1	0	0
16	⁹⁹ Tc	7.7×10 ⁻⁶	1	7.7×10 ⁻⁶	7.6×10 ⁻⁷
17	¹⁰⁶ Ru	0	0.1	0	0
18	^{108m} Ag	3.4×10 ⁻⁵	0.1	3.4×10 ⁻⁴	3.3×10 ⁻⁵
19	^{110m} Ag	7.0×10 ⁻⁷	0.1	7.0×10 ⁻⁶	6.9×10 ⁻⁷
20	¹²⁴ Sb	0	1	0	0
21	^{123m} Te	0	1	0	0
22	¹²⁹ I	4.0×10 ⁻¹²	0.01	4.0×10 ⁻¹⁰	3.9×10 ⁻¹¹
23	¹³⁴ Cs	2.9×10 ⁻⁴	0.1	2.9×10 ⁻³	2.9×10 ⁻⁴
24	¹³⁷ Cs	1.7×10 ⁻⁸	0.1	1.7×10 ⁻⁷	1.7×10 ⁻⁸
25	¹³³ Ba	4.0×10 ⁻⁴	0.1	4.0×10 ⁻³	3.9×10 ⁻⁴
26	¹⁵² Eu	6.2×10 ⁻³	0.1	6.2×10 ⁻²	6.1×10 ⁻³
27	¹⁵⁴ Eu	7.6×10 ⁻⁴	0.1	7.6×10 ⁻³	7.5×10 ⁻⁴
28	¹⁶⁰ Tb	0	1	0	0
29	¹⁸² Ta	0	0.1	0	0
30	²³⁹ Pu	—	0.1	—	—
31	²⁴¹ Pu	—	10	—	—
32	²⁴¹ Am	—	0.1	—	—
ΣD/C (規則32核種)				1.0×10 ¹	1.0

<補足>

- ・表中の計算値はCP核種の代表核種 (⁶⁰Co) の放射能濃度 (令和2年4月1日時点) を1Bq/gとした場合の放射能濃度である。
- ・表中の値は端数処理しており、ΣD/C (規則32核種) に対する割合を合計しても1にならない。

(添付 3) 表-23 規則 32 核種 (CP 核種) の放射能濃度比 (ステライト)

CP 核種の親元素をステライトとして計算した CP 核種の放射能濃度比を以下に示す。

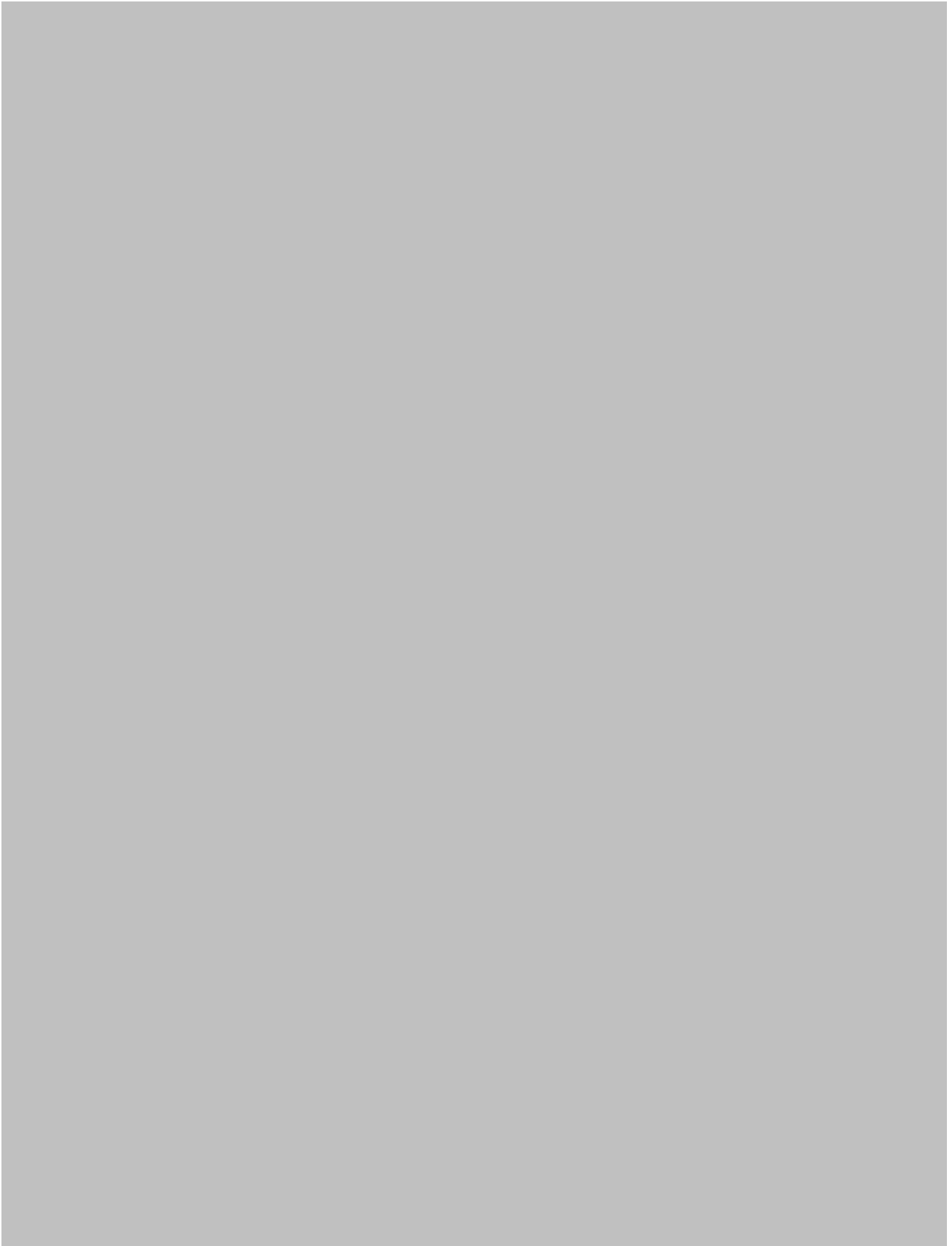
(令和 2 年 4 月 1 日時点)

	核種	計算値 D (Bq/g)	基準値 C (Bq/g)	D/C (-)	$\Sigma D/C$ (規則 32 核種) に対する割合 (-)
1	¹⁴ C	2.1×10^{-7}	1	2.1×10^{-7}	2.1×10^{-8}
2	³⁶ Cl	1.2×10^{-8}	1	1.2×10^{-8}	1.2×10^{-9}
3	⁴¹ Ca	1.4×10^{-10}	100	1.4×10^{-12}	1.4×10^{-13}
4	⁴⁶ Sc	0	0.1	0	0
5	⁵⁴ Mn	5.8×10^{-7}	0.1	5.8×10^{-6}	5.8×10^{-7}
6	⁵⁵ Fe	8.0×10^{-4}	1000	8.0×10^{-7}	8.0×10^{-8}
7	⁵⁹ Fe	0	1	0	0
8	⁵⁸ Co	0	1	0	0
9	⁶⁰ Co	1.0	0.1	1.0×10^1	1.0
10	⁵⁹ Ni	7.0×10^{-6}	100	7.0×10^{-8}	7.0×10^{-9}
11	⁶³ Ni	7.6×10^{-4}	100	7.6×10^{-6}	7.6×10^{-7}
12	⁶⁵ Zn	7.3×10^{-10}	0.1	7.3×10^{-9}	7.3×10^{-10}
13	⁹⁰ Sr	6.0×10^{-21}	1	6.0×10^{-21}	6.0×10^{-22}
14	⁹⁴ Nb	1.2×10^{-9}	0.1	1.2×10^{-8}	1.2×10^{-9}
15	⁹⁵ Nb	0	1	0	0
16	⁹⁹ Tc	1.9×10^{-9}	1	1.9×10^{-9}	1.9×10^{-10}
17	¹⁰⁶ Ru	0	0.1	0	0
18	^{108m} Ag	8.3×10^{-9}	0.1	8.3×10^{-8}	8.3×10^{-9}
19	^{110m} Ag	1.7×10^{-10}	0.1	1.7×10^{-9}	1.7×10^{-10}
20	¹²⁴ Sb	0	1	0	0
21	^{123m} Te	0	1	0	0
22	¹²⁹ I	9.7×10^{-16}	0.01	9.7×10^{-14}	9.7×10^{-15}
23	¹³⁴ Cs	7.1×10^{-8}	0.1	7.1×10^{-7}	7.1×10^{-8}
24	¹³⁷ Cs	4.1×10^{-12}	0.1	4.1×10^{-11}	4.1×10^{-12}
25	¹³³ Ba	9.7×10^{-8}	0.1	9.7×10^{-7}	9.7×10^{-8}
26	¹⁵² Eu	1.5×10^{-6}	0.1	1.5×10^{-5}	1.5×10^{-6}
27	¹⁵⁴ Eu	1.9×10^{-7}	0.1	1.9×10^{-6}	1.9×10^{-7}
28	¹⁶⁰ Tb	0	1	0	0
29	¹⁸² Ta	0	0.1	0	0
30	²³⁹ Pu	—	0.1	—	—
31	²⁴¹ Pu	—	10	—	—
32	²⁴¹ Am	—	0.1	—	—
$\Sigma D/C$ (規則 32 核種)				1.0×10^1	1.0

<補足>

- ・表中の計算値は CP 核種の代表核種 (⁶⁰Co) の放射能濃度 (令和 2 年 4 月 1 日時点) を 1Bq/g とした場合の放射能濃度である。
- ・表中の値は端数処理しており、 $\Sigma D/C$ (規則 32 核種) に対する割合を合計しても 1 にならない。

(添付 3) 表-24 FP 核種の親元素



(添付3) 表-25 規則32核種の放射能濃度の評価結果(高ニッケル合金)

CP核種の親元素を高ニッケル合金と仮定し、二次的な汚染の放射能濃度を評価した結果を以下に示す。

	核種	基準値 C (Bq/g)	令和2年4月1日時点		令和10年4月1日時点	
			評価結果 D (Bq/g)	D/C (-)	評価結果 D (Bq/g)	D/C (-)
1	¹⁴ C	1	1.2×10 ⁻²	1.2×10 ⁻²	3.4×10 ⁻²	3.4×10 ⁻²
2	³⁶ Cl	1	6.8×10 ⁻⁴	6.8×10 ⁻⁴	2.0×10 ⁻³	2.0×10 ⁻³
3	⁴¹ Ca	100	3.7×10 ⁻⁷	3.7×10 ⁻⁹	1.1×10 ⁻⁶	1.1×10 ⁻⁸
4	⁴⁶ Sc	0.1	0	0	0	0
5	⁵⁴ Mn	0.1	3.2×10 ⁻⁴	3.2×10 ⁻³	1.4×10 ⁻⁶	1.4×10 ⁻⁵
6	⁵⁵ Fe	1000	8.3×10 ⁻¹	8.3×10 ⁻⁴	3.1×10 ⁻¹	3.1×10 ⁻⁴
7	⁵⁹ Fe	1	0	0	0	0
8	⁵⁸ Co	1	0	0	0	0
9	⁶⁰ Co	0.1	1.0	1.0×10 ¹	1.0	1.0×10 ¹
10	⁵⁹ Ni	100	1.4×10 ⁻¹	1.4×10 ⁻³	3.9×10 ⁻¹	3.9×10 ⁻³
11	⁶³ Ni	100	1.5×10 ¹	1.5×10 ⁻¹	4.1×10 ¹	4.1×10 ⁻¹
12	⁶⁵ Zn	0.1	2.0×10 ⁻⁶	2.0×10 ⁻⁵	1.4×10 ⁻⁹	1.4×10 ⁻⁸
13	⁹⁰ Sr	1	1.8×10 ⁻²	1.8×10 ⁻²	4.2×10 ⁻²	4.2×10 ⁻²
14	⁹⁴ Nb	0.1	3.3×10 ⁻⁶	3.3×10 ⁻⁵	9.4×10 ⁻⁶	9.4×10 ⁻⁵
15	⁹⁵ Nb	1	0	0	0	0
16	⁹⁹ Tc	1	9.5×10 ⁻⁶	9.5×10 ⁻⁶	2.7×10 ⁻⁵	2.7×10 ⁻⁵
17	¹⁰⁶ Ru	0.1	2.5×10 ⁻⁵	2.5×10 ⁻⁴	3.2×10 ⁻⁷	3.2×10 ⁻⁶
18	^{108m} Ag	0.1	2.2×10 ⁻⁵	2.2×10 ⁻⁴	6.3×10 ⁻⁵	6.3×10 ⁻⁴
19	^{110m} Ag	0.1	4.6×10 ⁻⁷	4.6×10 ⁻⁶	4.0×10 ⁻¹⁰	4.0×10 ⁻⁹
20	¹²⁴ Sb	1	0	0	0	0
21	^{123m} Te	1	0	0	0	0
22	¹²⁹ I	0.01	1.3×10 ⁻⁷	1.3×10 ⁻⁵	3.8×10 ⁻⁷	3.8×10 ⁻⁵
23	¹³⁴ Cs	0.1	1.9×10 ⁻⁴	1.9×10 ⁻³	3.8×10 ⁻⁵	3.8×10 ⁻⁴
24	¹³⁷ Cs	0.1	2.1×10 ⁻²	2.1×10 ⁻¹	4.9×10 ⁻²	4.9×10 ⁻¹
25	¹³³ Ba	0.1	2.6×10 ⁻⁴	2.6×10 ⁻³	4.4×10 ⁻⁴	4.4×10 ⁻³
26	¹⁵² Eu	0.1	4.1×10 ⁻³	4.1×10 ⁻²	7.8×10 ⁻³	7.8×10 ⁻²
27	¹⁵⁴ Eu	0.1	5.0×10 ⁻⁴	5.0×10 ⁻³	7.6×10 ⁻⁴	7.6×10 ⁻³
28	¹⁶⁰ Tb	1	0	0	0	0
29	¹⁸² Ta	0.1	0	0	0	0
30	²³⁹ Pu	0.1	1.2×10 ⁻³	1.2×10 ⁻²	3.6×10 ⁻³	3.6×10 ⁻²
31	²⁴¹ Pu	10	1.7×10 ⁻¹⁹	1.7×10 ⁻²⁰	3.3×10 ⁻¹⁹	3.3×10 ⁻²⁰
32	²⁴¹ Am	0.1	7.3×10 ⁻²¹	7.3×10 ⁻²⁰	2.6×10 ⁻²⁰	2.6×10 ⁻¹⁹
ΣD/C (規則32核種) (A)				10		11
D/C (⁶⁰ Co) (B)				10		10
⁶⁰ Coの割合 (B/A)				9.6×10 ⁻¹		9.0×10 ⁻¹

<補足>

- ・評価結果Dは端数処理してあり各D/Cを合計しても合計値と合わないことがある。
- ・設定基準日(令和2年4月1日)におけるD/C(⁶⁰Co) / ΣD/C(規則32核種)は9.6×10⁻¹、8年後(令和10年4月1日)において9.0×10⁻¹となる。
- ・CP核種及びFP核種の合成はステンレス鋼と同様であり、揮発性核種の移行係数の詳細は「(添付3)表-30」に示す。
- ・D/C(³H)のD/C(⁶⁰Co)に対する比が1/1,000程度であることから、D/C(⁶⁰Co)のΣD/C(規則33核種)に対する比も0.9以上と評価した。

(添付3) 表-26 規則32核種の放射能濃度の評価結果(ジルコニウム合金)

CP核種の親元素をジルコニウム合金と仮定し、二次的な汚染の放射能濃度を評価した結果を以下に示す。

	核種	基準値 C (Bq/g)	令和2年4月1日時点		令和15年4月1日時点	
			評価結果 D (Bq/g)	D/C (-)	評価結果 D (Bq/g)	D/C (-)
1	¹⁴ C	1	1.2×10 ⁻²	1.2×10 ⁻²	6.6×10 ⁻²	6.6×10 ⁻²
2	³⁶ Cl	1	2.6×10 ⁻⁴	2.6×10 ⁻⁴	1.5×10 ⁻³	1.5×10 ⁻³
3	⁴¹ Ca	100	4.9×10 ⁻⁶	4.9×10 ⁻⁸	2.7×10 ⁻⁵	2.7×10 ⁻⁷
4	⁴⁶ Sc	0.1	0	0	0	0
5	⁵⁴ Mn	0.1	1.4×10 ⁻⁴	1.4×10 ⁻³	2.0×10 ⁻⁸	2.0×10 ⁻⁷
6	⁵⁵ Fe	1000	1.9×10 ⁻¹	1.9×10 ⁻⁴	3.9×10 ⁻²	3.9×10 ⁻⁵
7	⁵⁹ Fe	1	0	0	0	0
8	⁵⁸ Co	1	0	0	0	0
9	⁶⁰ Co	0.1	1.0	1.0×10 ¹	1.0	1.0×10 ¹
10	⁵⁹ Ni	100	2.4×10 ⁻³	2.4×10 ⁻⁵	1.3×10 ⁻²	1.3×10 ⁻⁴
11	⁶³ Ni	100	2.6×10 ⁻¹	2.6×10 ⁻³	1.3	1.3×10 ⁻²
12	⁶⁵ Zn	0.1	-	-	-	-
13	⁹⁰ Sr	1	1.8×10 ⁻²	1.8×10 ⁻²	7.2×10 ⁻²	7.2×10 ⁻²
14	⁹⁴ Nb	0.1	1.4×10 ⁻¹²	1.4×10 ⁻¹¹	7.9×10 ⁻¹²	7.9×10 ⁻¹¹
15	⁹⁵ Nb	1	0	0	0	0
16	⁹⁹ Tc	1	4.4×10 ⁻⁶	4.4×10 ⁻⁶	2.5×10 ⁻⁵	2.5×10 ⁻⁵
17	¹⁰⁶ Ru	0.1	2.5×10 ⁻⁵	2.5×10 ⁻⁴	2.1×10 ⁻⁸	2.1×10 ⁻⁷
18	^{108m} Ag	0.1	0	0	0	0
19	^{110m} Ag	0.1	0	0	0	0
20	¹²⁴ Sb	1	0	0	0	0
21	^{123m} Te	1	0	0	0	0
22	¹²⁹ I	0.01	2.2×10 ⁻⁸	2.2×10 ⁻⁶	1.2×10 ⁻⁷	1.2×10 ⁻⁵
23	¹³⁴ Cs	0.1	3.8×10 ⁻⁹	3.8×10 ⁻⁸	2.7×10 ⁻¹⁰	2.7×10 ⁻⁹
24	¹³⁷ Cs	0.1	2.1×10 ⁻²	2.1×10 ⁻¹	8.5×10 ⁻²	8.5×10 ⁻¹
25	¹³³ Ba	0.1	1.2×10 ⁻¹⁵	1.2×10 ⁻¹⁴	2.9×10 ⁻¹⁵	2.9×10 ⁻¹⁴
26	¹⁵² Eu	0.1	1.0×10 ⁻¹²	1.0×10 ⁻¹¹	3.0×10 ⁻¹²	3.0×10 ⁻¹¹
27	¹⁵⁴ Eu	0.1	6.8×10 ⁻¹⁰	6.8×10 ⁻⁹	1.3×10 ⁻⁹	1.3×10 ⁻⁸
28	¹⁶⁰ Tb	1	0	0	0	0
29	¹⁸² Ta	0.1	0	0	0	0
30	²³⁹ Pu	0.1	1.2×10 ⁻³	1.2×10 ⁻²	6.9×10 ⁻³	6.9×10 ⁻²
31	²⁴¹ Pu	10	1.7×10 ⁻¹⁹	1.7×10 ⁻²⁰	5.0×10 ⁻¹⁹	5.0×10 ⁻²⁰
32	²⁴¹ Am	0.1	7.3×10 ⁻²¹	7.3×10 ⁻²⁰	5.4×10 ⁻²⁰	5.4×10 ⁻¹⁹
ΣD/C (規則32核種) (A)				10		11
D/C (⁶⁰ Co) (B)				10		10
⁶⁰ Coの割合 (B/A)				9.8×10 ⁻¹		9.0×10 ⁻¹

<補足>

- ・評価結果Dは端数処理してあり各D/Cを合計しても合計値と合わないことがある。
- ・設定基準日(令和2年4月1日)におけるD/C(⁶⁰Co) / ΣD/C(規則32核種)は9.8×10⁻¹、13年後(令和15年4月1日)において9.0×10⁻¹となる。
- ・CP核種及びFP核種の合成はステンレス鋼と同様であり、揮発性核種の移行係数の詳細は「(添付3)表-30」に示す。
- ・D/C(³H)のD/C(⁶⁰Co)に対する比が1/1,000程度であることから、D/C(⁶⁰Co)のΣD/C(規則33核種)に対する比も0.9以上と評価した。

(添付3) 表-27 規則32核種の放射能濃度の評価結果(炭素鋼)

CP核種の親元素を炭素鋼と仮定し、二次的な汚染の放射能濃度を評価した結果を以下に示す。

	核種	基準値 C (Bq/g)	令和2年4月1日時点		令和13年4月1日時点	
			評価結果 D (Bq/g)	D/C (-)	評価結果 D (Bq/g)	D/C (-)
1	¹⁴ C	1	1.2×10 ⁻²	1.2×10 ⁻²	5.1×10 ⁻²	5.1×10 ⁻²
2	³⁶ Cl	1	6.8×10 ⁻⁴	6.8×10 ⁻⁴	2.9×10 ⁻³	2.9×10 ⁻³
3	⁴¹ Ca	100	5.6×10 ⁻⁷	5.6×10 ⁻⁹	2.4×10 ⁻⁶	2.4×10 ⁻⁸
4	⁴⁶ Sc	0.1	0	0	0	0
5	⁵⁴ Mn	0.1	6.1×10 ⁻³	6.1×10 ⁻²	3.5×10 ⁻⁶	3.5×10 ⁻⁵
6	⁵⁵ Fe	1000	8.3	8.3×10 ⁻³	2.2	2.2×10 ⁻³
7	⁵⁹ Fe	1	0	0	0	0
8	⁵⁸ Co	1	0	0	0	0
9	⁶⁰ Co	0.1	1.0	1.0×10 ¹	1.0	1.0×10 ¹
10	⁵⁹ Ni	100	1.9×10 ⁻³	1.9×10 ⁻⁵	8.0×10 ⁻³	8.0×10 ⁻⁵
11	⁶³ Ni	100	2.1×10 ⁻¹	2.1×10 ⁻³	8.2×10 ⁻¹	8.2×10 ⁻³
12	⁶⁵ Zn	0.1	3.0×10 ⁻⁶	3.0×10 ⁻⁵	1.4×10 ⁻¹⁰	1.4×10 ⁻⁹
13	⁹⁰ Sr	1	1.8×10 ⁻²	1.8×10 ⁻²	5.8×10 ⁻²	5.8×10 ⁻²
14	⁹⁴ Nb	0.1	4.9×10 ⁻⁶	4.9×10 ⁻⁵	2.1×10 ⁻⁵	2.1×10 ⁻⁴
15	⁹⁵ Nb	1	0	0	0	0
16	⁹⁹ Tc	1	1.2×10 ⁻⁵	1.2×10 ⁻⁵	5.2×10 ⁻⁵	5.2×10 ⁻⁵
17	¹⁰⁶ Ru	0.1	2.5×10 ⁻⁵	2.5×10 ⁻⁴	6.2×10 ⁻⁸	6.2×10 ⁻⁷
18	^{108m} Ag	0.1	3.4×10 ⁻⁵	3.4×10 ⁻⁴	1.4×10 ⁻⁴	1.4×10 ⁻³
19	^{110m} Ag	0.1	7.0×10 ⁻⁷	7.0×10 ⁻⁶	4.3×10 ⁻¹¹	4.3×10 ⁻¹⁰
20	¹²⁴ Sb	1	0	0	0	0
21	^{123m} Te	1	0	0	0	0
22	¹²⁹ I	0.01	8.8×10 ⁻⁸	8.8×10 ⁻⁶	3.7×10 ⁻⁷	3.7×10 ⁻⁵
23	¹³⁴ Cs	0.1	2.9×10 ⁻⁴	2.9×10 ⁻³	3.1×10 ⁻⁵	3.1×10 ⁻⁴
24	¹³⁷ Cs	0.1	2.1×10 ⁻²	2.1×10 ⁻¹	6.8×10 ⁻²	6.8×10 ⁻¹
25	¹³³ Ba	0.1	4.0×10 ⁻⁴	4.0×10 ⁻³	8.2×10 ⁻⁴	8.2×10 ⁻³
26	¹⁵² Eu	0.1	6.2×10 ⁻³	6.2×10 ⁻²	1.5×10 ⁻²	1.5×10 ⁻¹
27	¹⁵⁴ Eu	0.1	7.6×10 ⁻⁴	7.6×10 ⁻³	1.3×10 ⁻³	1.3×10 ⁻²
28	¹⁶⁰ Tb	1	0	0	0	0
29	¹⁸² Ta	0.1	0	0	0	0
30	²³⁹ Pu	0.1	1.2×10 ⁻³	1.2×10 ⁻²	5.3×10 ⁻³	5.3×10 ⁻²
31	²⁴¹ Pu	10	1.7×10 ⁻¹⁹	1.7×10 ⁻²⁰	4.2×10 ⁻¹⁹	4.2×10 ⁻²⁰
32	²⁴¹ Am	0.1	7.3×10 ⁻²¹	7.3×10 ⁻²⁰	4.0×10 ⁻²⁰	4.0×10 ⁻¹⁹
ΣD/C (規則32核種) (A)				10		11
D/C (⁶⁰ Co) (B)				10		10
⁶⁰ Coの割合 (B/A)				9.6×10 ⁻¹		9.1×10 ⁻¹

<補足>

- ・評価結果Dは端数処理してあり各D/Cを合計しても合計値と合わないことがある。
- ・設定基準日(令和2年4月1日)におけるD/C(⁶⁰Co) / ΣD/C(規則32核種)は9.6×10⁻¹、11年後(令和13年4月1日)において9.1×10⁻¹となる。
- ・CP核種及びFP核種の合成はステンレス鋼と同様であり、揮発性核種の移行係数の詳細は「(添付3)表-30」に示す。
- ・D/C(³H)のD/C(⁶⁰Co)に対する比が1/1,000程度であることから、D/C(⁶⁰Co)のΣD/C(規則33核種)に対する比も0.9以上と評価した。

(添付3) 表-28 規則32核種の放射能濃度の評価結果(ステライト)

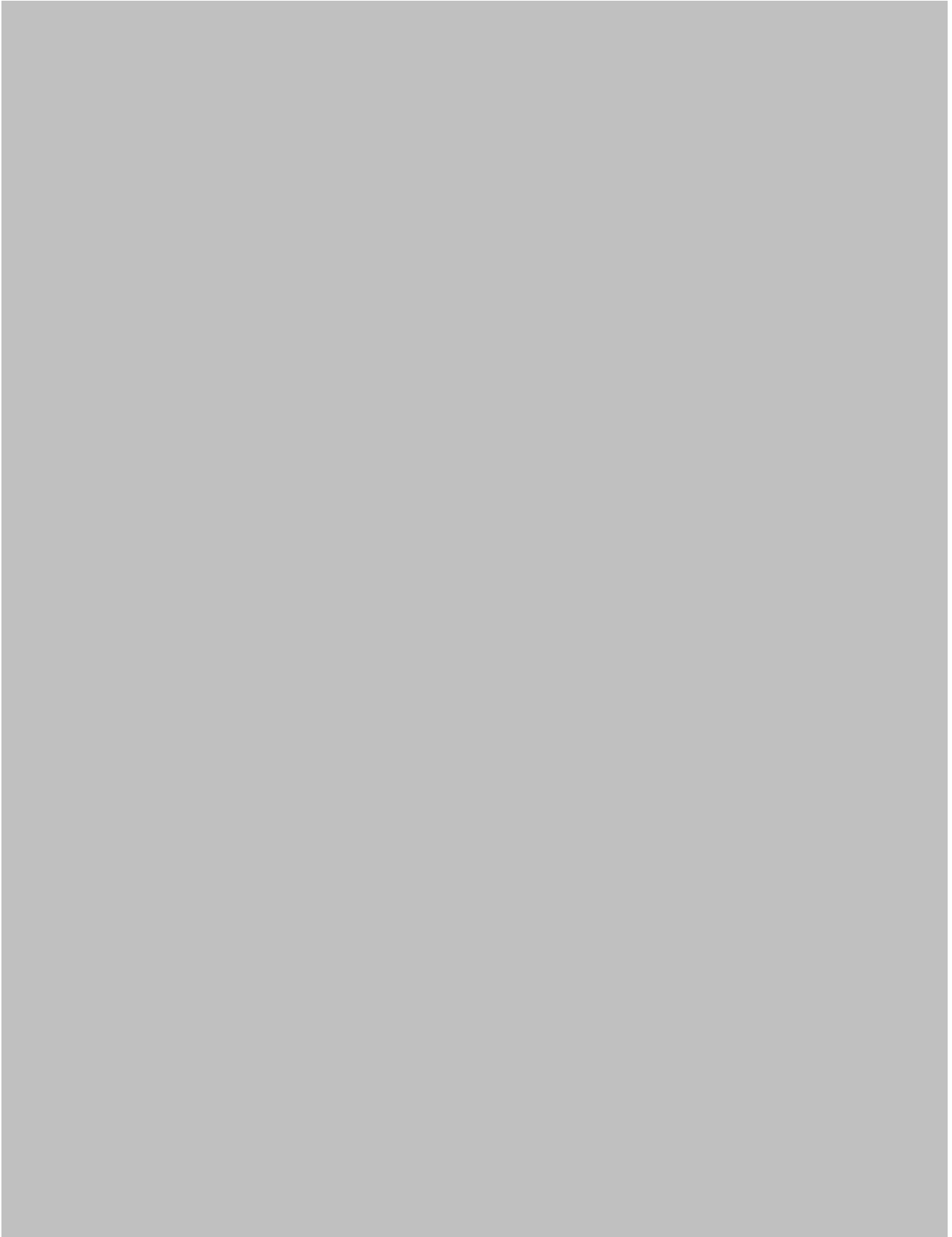
CP核種の親元素をステライトと仮定し、二次的な汚染の放射能濃度を評価した結果を以下に示す。

	核種	基準値 C (Bq/g)	令和2年4月1日時点		令和13年4月1日時点	
			評価結果 D (Bq/g)	D/C (-)	評価結果 D (Bq/g)	D/C (-)
1	¹⁴ C	1	1.2×10 ⁻²	1.2×10 ⁻²	5.1×10 ⁻²	5.1×10 ⁻²
2	³⁶ Cl	1	6.8×10 ⁻⁴	6.8×10 ⁻⁴	2.9×10 ⁻³	2.9×10 ⁻³
3	⁴¹ Ca	100	1.4×10 ⁻¹⁰	1.4×10 ⁻¹²	5.8×10 ⁻¹⁰	5.8×10 ⁻¹²
4	⁴⁶ Sc	0.1	0	0	0	0
5	⁵⁴ Mn	0.1	5.8×10 ⁻⁷	5.8×10 ⁻⁶	3.3×10 ⁻¹⁰	3.3×10 ⁻⁹
6	⁵⁵ Fe	1000	8.0×10 ⁻⁴	8.0×10 ⁻⁷	2.1×10 ⁻⁴	2.1×10 ⁻⁷
7	⁵⁹ Fe	1	0	0	0	0
8	⁵⁸ Co	1	0	0	0	0
9	⁶⁰ Co	0.1	1.0	1.0×10 ¹	1.0	1.0×10 ¹
10	⁵⁹ Ni	100	7.0×10 ⁻⁶	7.0×10 ⁻⁸	3.0×10 ⁻⁵	3.0×10 ⁻⁷
11	⁶³ Ni	100	7.6×10 ⁻⁴	7.6×10 ⁻⁶	3.0×10 ⁻³	3.0×10 ⁻⁵
12	⁶⁵ Zn	0.1	7.3×10 ⁻¹⁰	7.3×10 ⁻⁹	3.5×10 ⁻¹⁴	3.5×10 ⁻¹³
13	⁹⁰ Sr	1	1.8×10 ⁻²	1.8×10 ⁻²	5.8×10 ⁻²	5.8×10 ⁻²
14	⁹⁴ Nb	0.1	1.2×10 ⁻⁹	1.2×10 ⁻⁸	5.2×10 ⁻⁹	5.2×10 ⁻⁸
15	⁹⁵ Nb	1	0	0	0	0
16	⁹⁹ Tc	1	4.4×10 ⁻⁶	4.4×10 ⁻⁶	1.9×10 ⁻⁵	1.9×10 ⁻⁵
17	¹⁰⁶ Ru	0.1	2.5×10 ⁻⁵	2.5×10 ⁻⁴	6.2×10 ⁻⁸	6.2×10 ⁻⁷
18	^{108m} Ag	0.1	8.3×10 ⁻⁹	8.3×10 ⁻⁸	3.4×10 ⁻⁸	3.4×10 ⁻⁷
19	^{110m} Ag	0.1	1.7×10 ⁻¹⁰	1.7×10 ⁻⁹	1.0×10 ⁻¹⁴	1.0×10 ⁻¹³
20	¹²⁴ Sb	1	0	0	0	0
21	^{123m} Te	1	0	0	0	0
22	¹²⁹ I	0.01	3.6×10 ⁻⁴	3.6×10 ⁻²	1.5×10 ⁻³	1.5×10 ⁻¹
23	¹³⁴ Cs	0.1	7.5×10 ⁻⁸	7.5×10 ⁻⁷	8.0×10 ⁻⁹	8.0×10 ⁻⁸
24	¹³⁷ Cs	0.1	2.1×10 ⁻²	2.1×10 ⁻¹	6.8×10 ⁻²	6.8×10 ⁻¹
25	¹³³ Ba	0.1	9.7×10 ⁻⁸	9.7×10 ⁻⁷	2.0×10 ⁻⁷	2.0×10 ⁻⁶
26	¹⁵² Eu	0.1	1.5×10 ⁻⁶	1.5×10 ⁻⁵	3.7×10 ⁻⁶	3.7×10 ⁻⁵
27	¹⁵⁴ Eu	0.1	1.9×10 ⁻⁷	1.9×10 ⁻⁶	3.3×10 ⁻⁷	3.3×10 ⁻⁶
28	¹⁶⁰ Tb	1	0	0	0	0
29	¹⁸² Ta	0.1	0	0	0	0
30	²³⁹ Pu	0.1	1.2×10 ⁻³	1.2×10 ⁻²	5.3×10 ⁻³	5.3×10 ⁻²
31	²⁴¹ Pu	10	1.7×10 ⁻¹⁹	1.7×10 ⁻²⁰	4.2×10 ⁻¹⁹	4.2×10 ⁻²⁰
32	²⁴¹ Am	0.1	7.3×10 ⁻²¹	7.3×10 ⁻²⁰	4.0×10 ⁻²⁰	4.0×10 ⁻¹⁹
ΣD/C (規則32核種) (A)				10		11
D/C (⁶⁰ Co) (B)				10		10
⁶⁰ Coの割合 (B/A)				9.7×10 ⁻¹		9.1×10 ⁻¹

<補足>

- ・評価結果Dは端数処理してあり各D/Cを合計しても合計値と合わないことがある。
- ・設定基準日(令和2年4月1日)におけるD/C(⁶⁰Co) / ΣD/C(規則32核種)は9.7×10⁻¹、11年後(令和13年4月1日)において9.1×10⁻¹となる。
- ・CP核種及びFP核種の合成はステンレス鋼と同様であり、揮発性核種の移行係数の詳細は「(添付3)表-30」に示す。
- ・D/C(³H)のD/C(⁶⁰Co)に対する比が1/1,000程度であることから、D/C(⁶⁰Co)のΣD/C(規則33核種)に対する比も0.9以上と評価した。

(添付 3) 表-29 代表核種比率 ($^{137}\text{Cs}/^{60}\text{Co}$) による評価結果への影響(1/2)



(添付 3) 表-29 代表核種比率 ($^{137}\text{Cs}/^{60}\text{Co}$) による評価結果への影響(2/2)



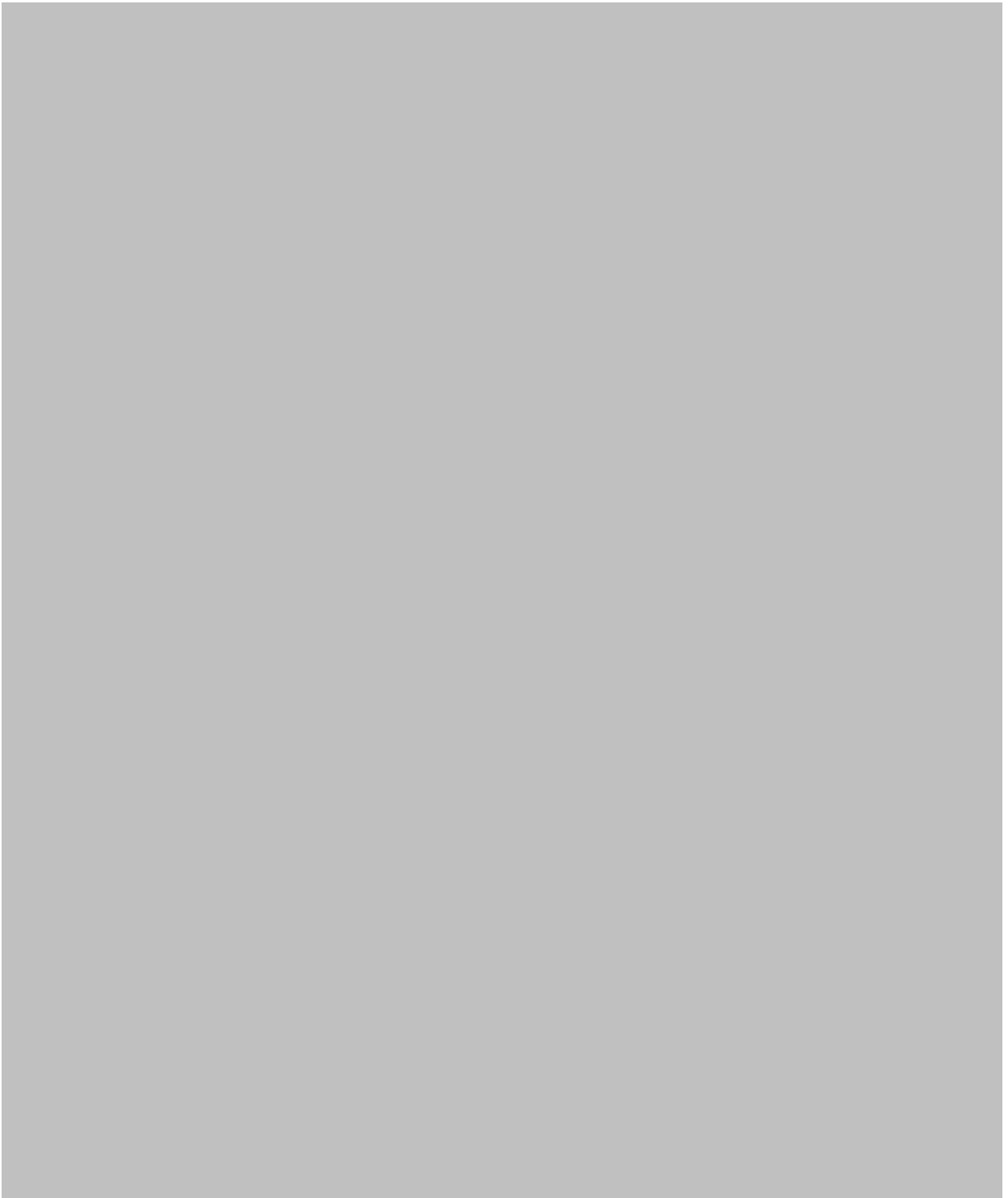
(添付 3) 表-30 揮発性核種の移行係数



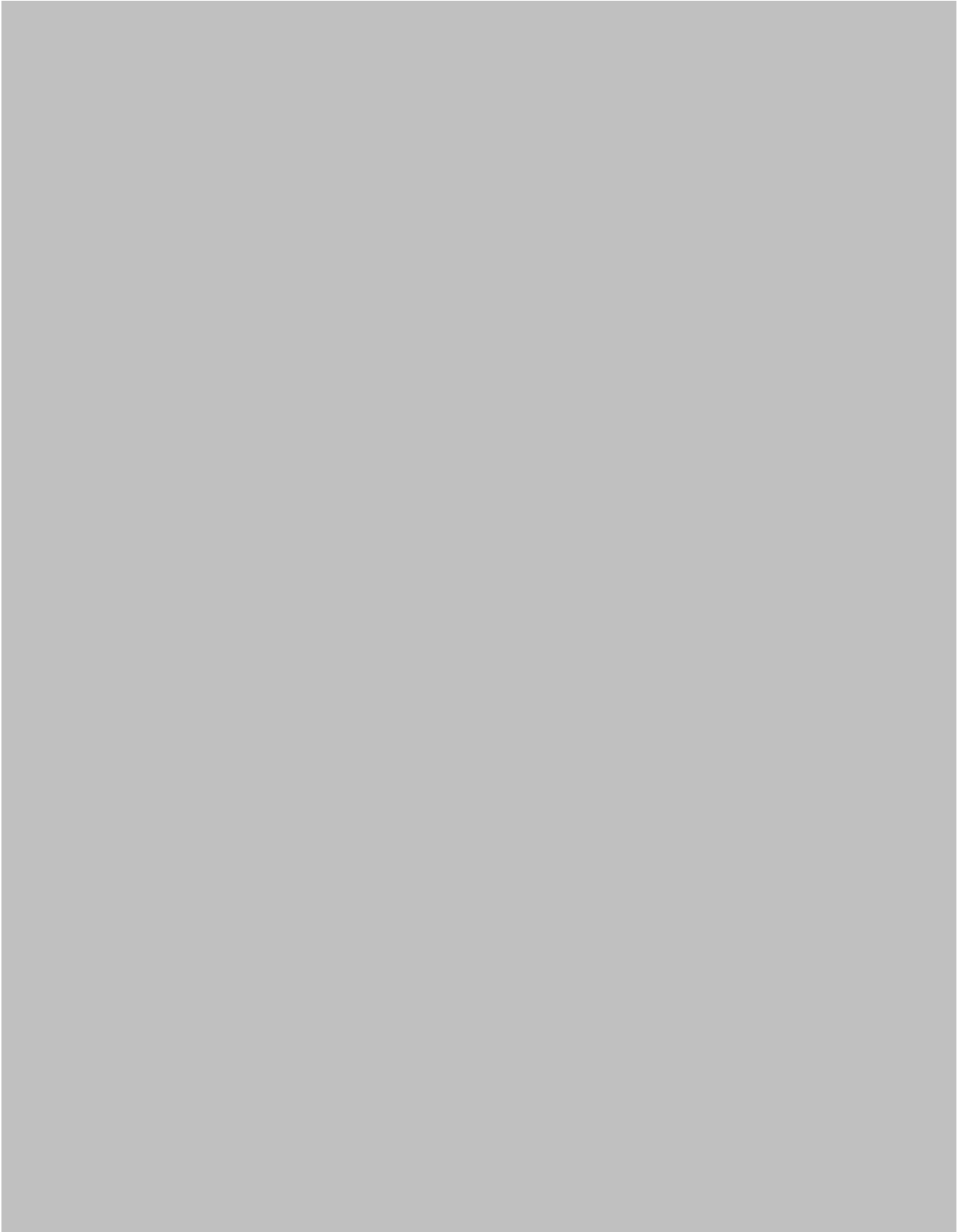
(添付 3) 表-31 $^{14}\text{C}/^{60}\text{Co}$ による評価結果への影響



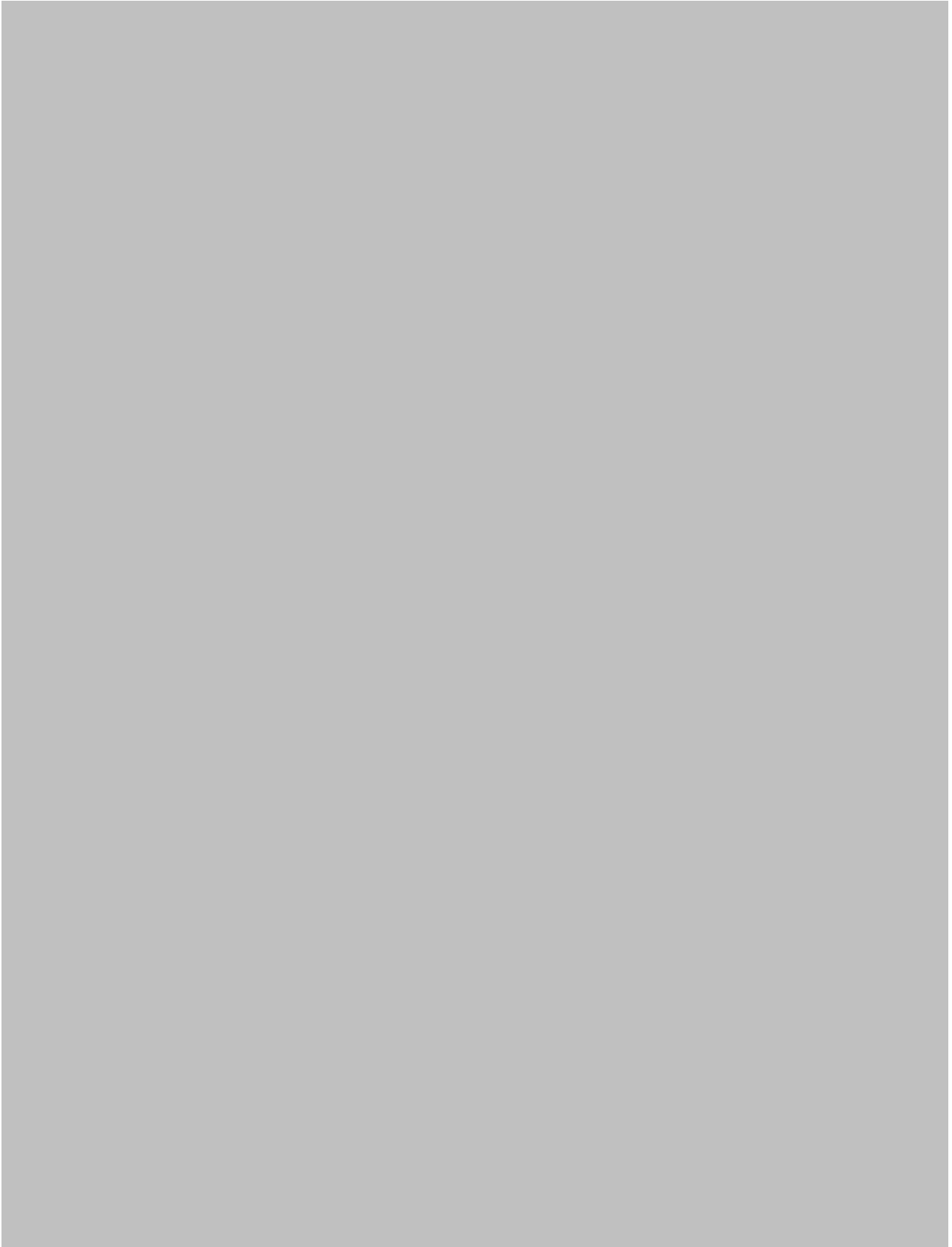
(添付 3) 表-32 二次的な汚染の生成メカニズムの妥当性確認




(添付 3) 表-33 放射能濃度の統合における不確かさの考慮(1/2)



(添付 3) 表-33 放射能濃度の統合における不確かさの考慮(2/2)



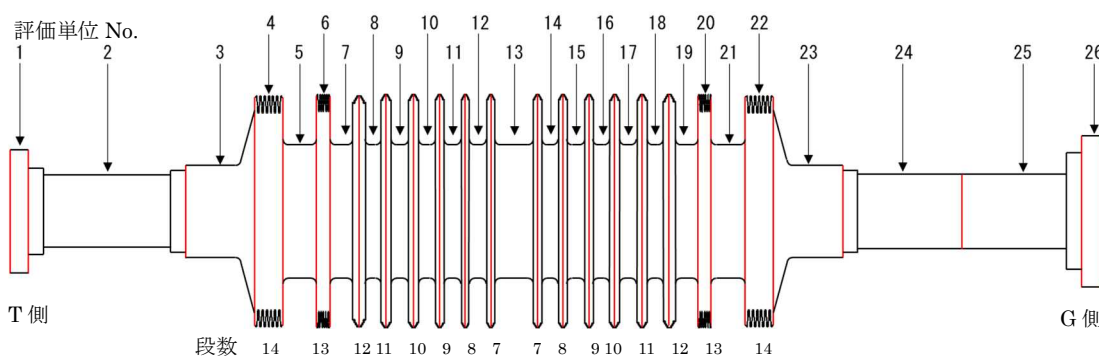
添付書類 四 図表リスト

- (添付 4) 図-1 「評価単位」, 「測定単位」 及び 「測定領域」 の設定
- (添付 4) 図-2 除染後における対象物の周方向の汚染状況 (D/C (^{60}Co))
- (添付 4) 表-1 

(添付 4) 図-1 「評価単位」, 「測定単位」 及び 「測定領域」 の設定(1/21)

1. 「評価単位」 の設定

- ・「(添付 2) 表-3」と同じく低圧車軸を軸方向に仮想的に分割し, 26 の「評価単位」を設定する。低圧車軸 (A) の例を以下に示す。
- ・図中上部の数字は「評価単位」 No., 下部の数字は翼取付部の段数を示す。



2. 「測定単位」 及び 「測定領域」 の設定

- ・「評価単位」を周方向に仮想的に分割 [redacted] 「測定単位」を設定する。
- ・「測定領域」は単一の放射線測定装置 (Ge 半導体検出器又は NaI シンチレーションサーベイメータ) で 1 回の測定で放射エネルギーを測定する領域である。「測定単位」の形状により複数の「測定領域」を設定する場合がある。
- ・低圧車軸 (A) を例に各「評価単位」毎の「測定単位」及び「測定領域」の設定を次頁以降に示す。このうち, 「評価単位」 No.1 及び No.26 は車軸毎に形状が異なるため低圧車軸 (B) 及び (C) の設定も示す。

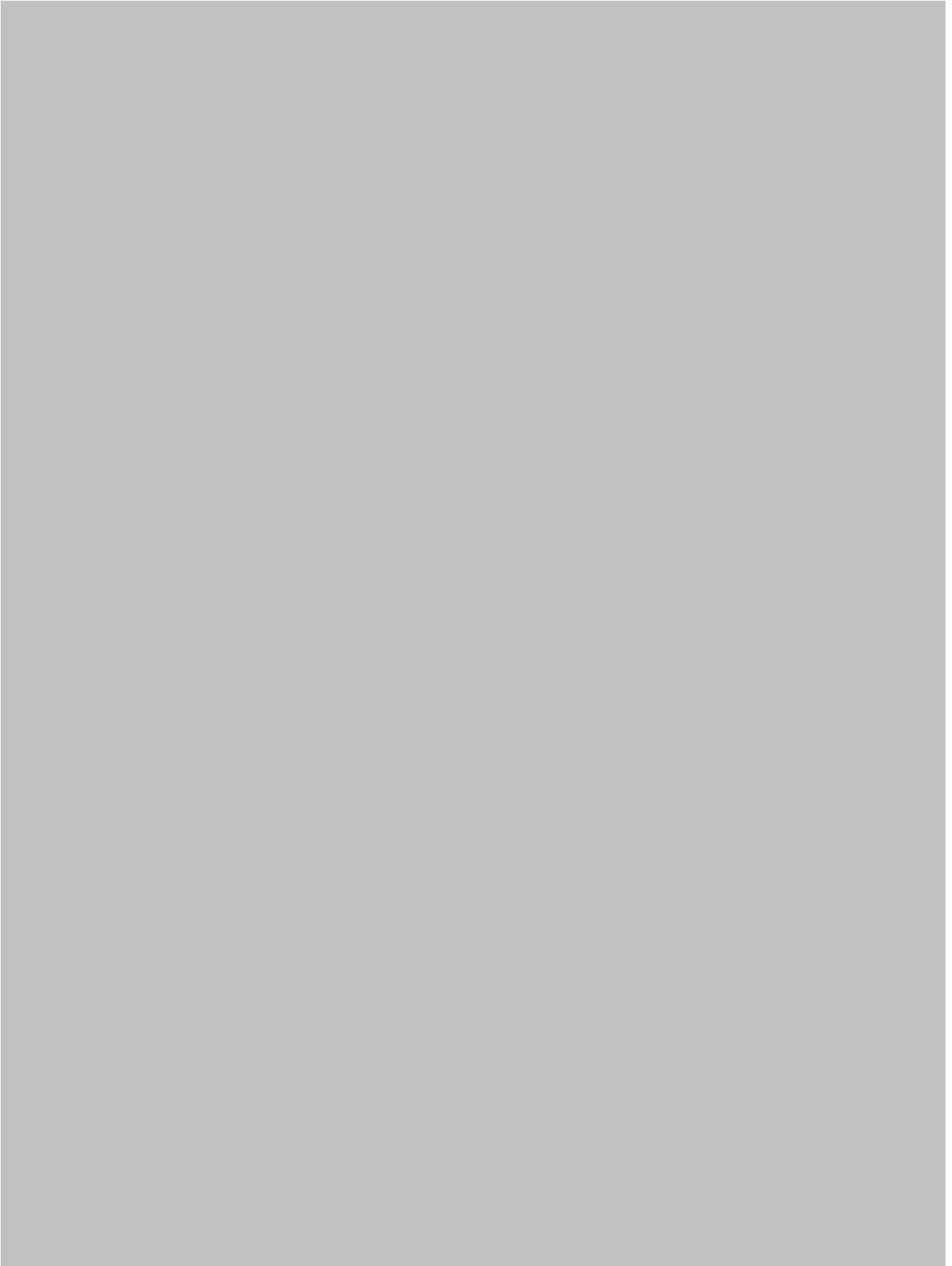
(添付 4) 図-1 「評価単位」, 「測定単位」 及び 「測定領域」 の設定(2/21)



(添付 4) 図-1 「評価単位」, 「測定単位」 及び 「測定領域」 の設定(3/21)



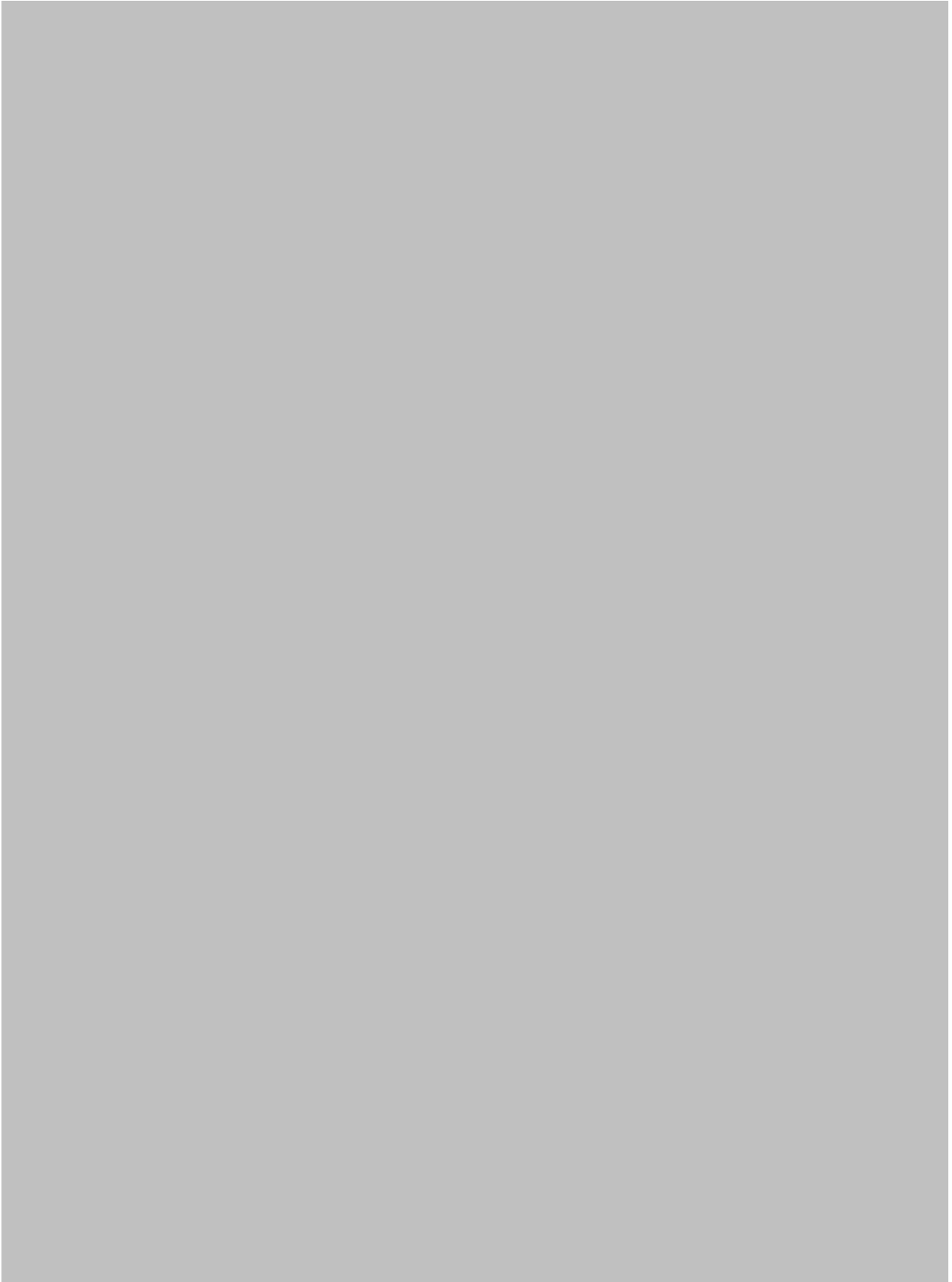
(添付 4) 図-1 「評価単位」, 「測定単位」 及び 「測定領域」 の設定(4/21)



(添付 4) 図-1 「評価単位」, 「測定単位」 及び 「測定領域」 の設定(5/21)



(添付 4) 図-1 「評価単位」, 「測定単位」 及び 「測定領域」 の設定(6/21)



(添付 4) 図-1 「評価単位」, 「測定単位」 及び 「測定領域」 の設定(7/21)



(添付 4) 図-1 「評価単位」, 「測定単位」 及び 「測定領域」 の設定(8/21)



(添付 4) 図-1 「評価単位」, 「測定単位」 及び 「測定領域」 の設定(9/21)



(添付 4) 図-1 「評価単位」, 「測定単位」 及び 「測定領域」 の設定(10/21)



(添付 4) 図-1 「評価単位」, 「測定単位」 及び 「測定領域」 の設定(11/21)



(添付 4) 図-1 「評価単位」, 「測定単位」 及び 「測定領域」 の設定(12/21)



(添付 4) 図-1 「評価単位」, 「測定単位」 及び 「測定領域」 の設定(13/21)



(添付 4) 図-1 「評価単位」, 「測定単位」 及び 「測定領域」 の設定(14/21)



(添付 4) 図-1 「評価単位」, 「測定単位」 及び 「測定領域」 の設定(15/21)



(添付 4) 図-1 「評価単位」, 「測定単位」 及び 「測定領域」 の設定(16/21)



(添付 4) 図-1 「評価単位」, 「測定単位」 及び 「測定領域」 の設定(17/21)



(添付 4) 図-1 「評価単位」, 「測定単位」 及び 「測定領域」 の設定(18/21)



(添付 4) 図-1 「評価単位」, 「測定単位」 及び 「測定領域」 の設定(19/21)



(添付 4) 図-1 「評価単位」, 「測定単位」 及び 「測定領域」 の設定(20/21)



(添付 4) 図-1 「評価単位」, 「測定単位」 及び 「測定領域」 の設定(21/21)

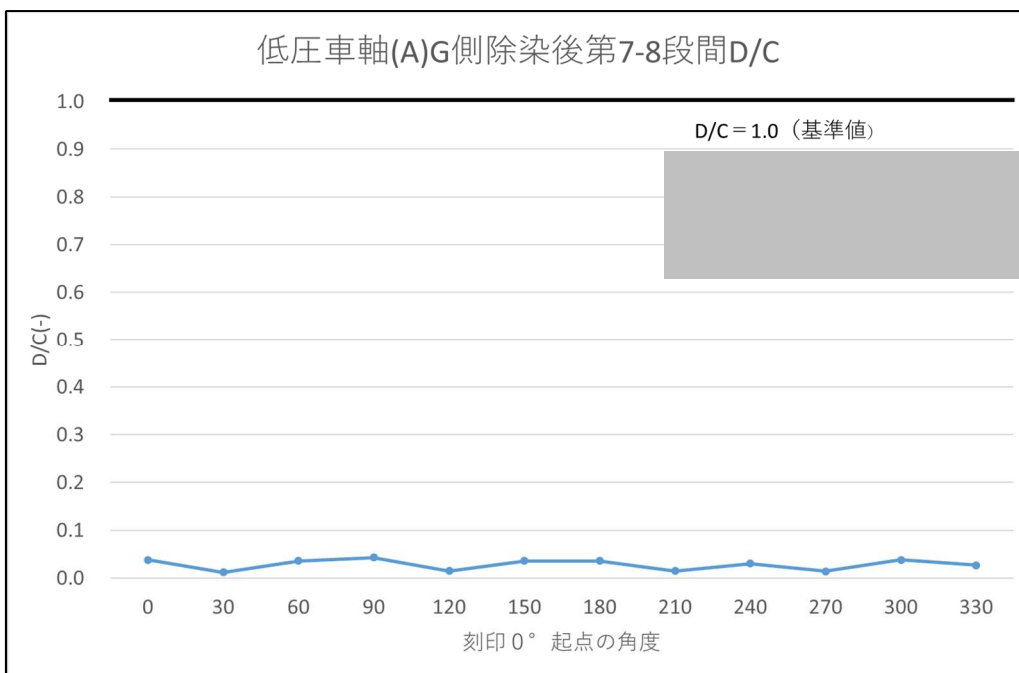
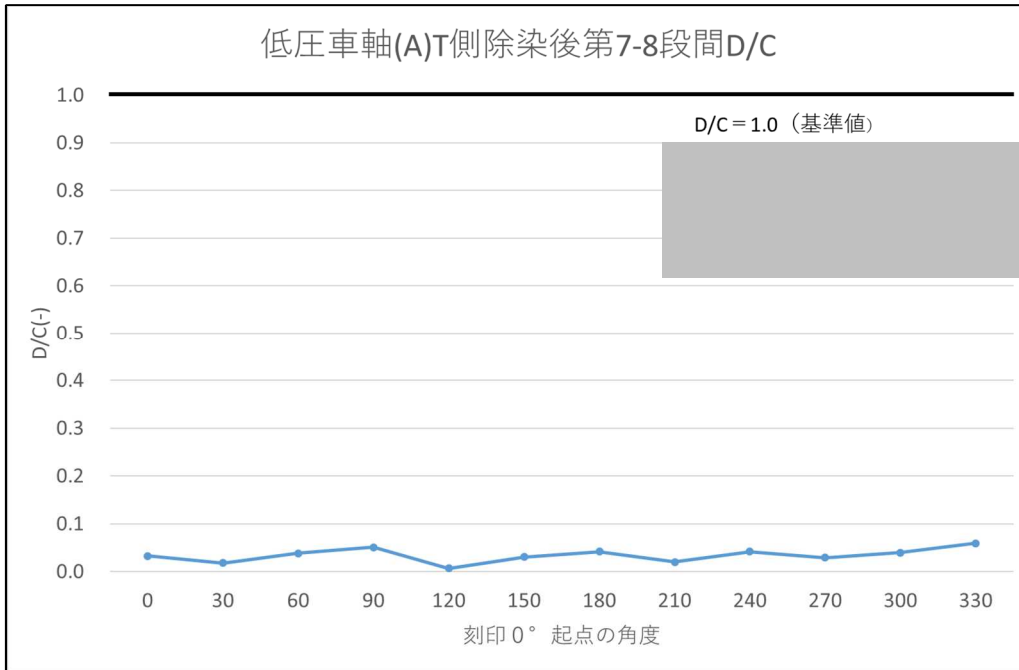


(添付 4) 図-2 除染後における対象物の周方向の汚染状況
(D/C (^{60}Co)) (1/3)

除染前に汚染が顕著に確認された主蒸気入口付近 (第 7-8 段間) の除染後における周方向の汚染状況 (表面汚染密度) を放射能濃度 (D/C) に換算した結果を下図に示す。

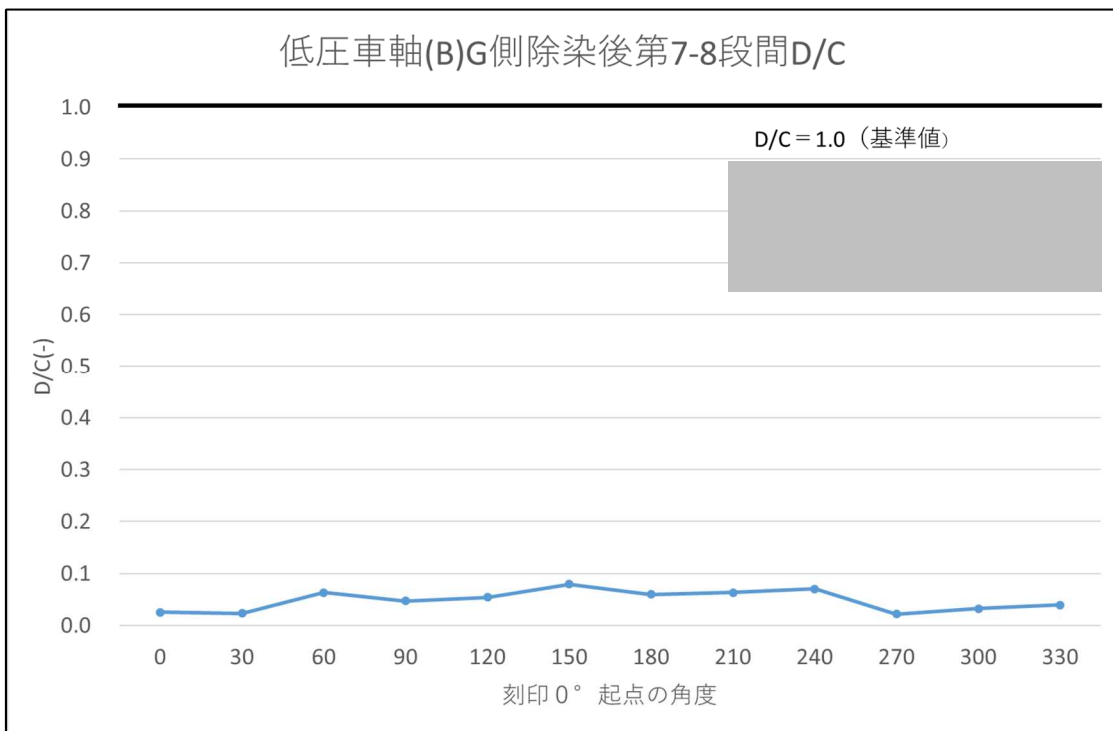
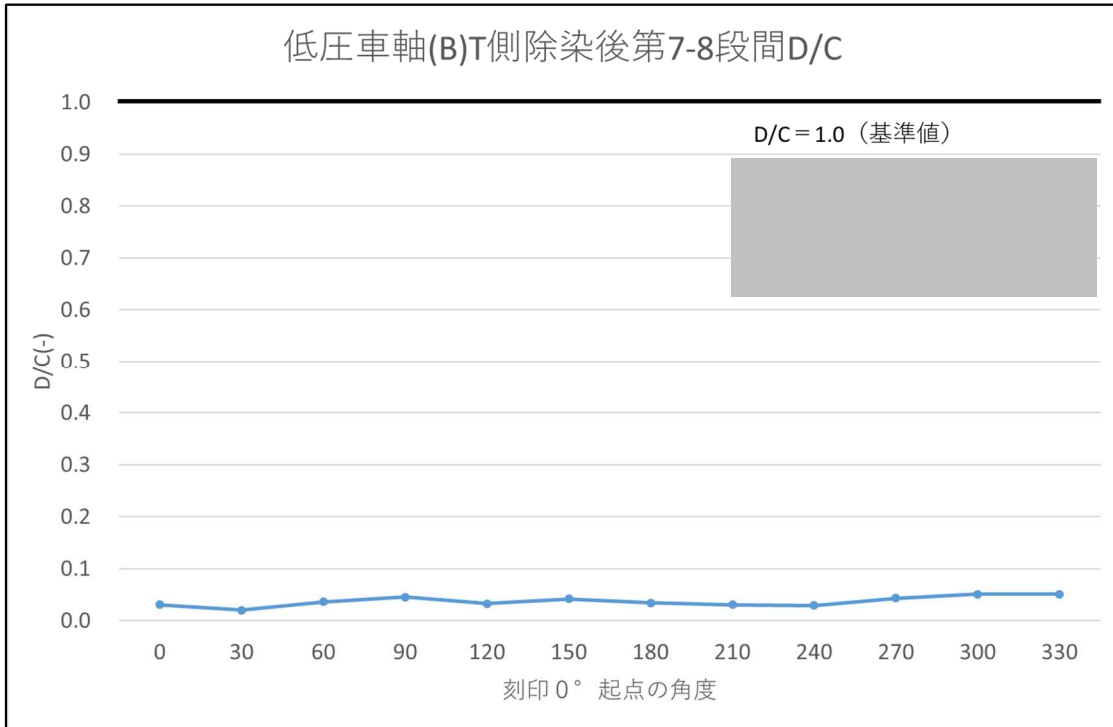
測定点毎に多少の差異はあるものの、基準値の 1/10 程度のレベルで同程度である。

(1) 低圧車軸 (A)



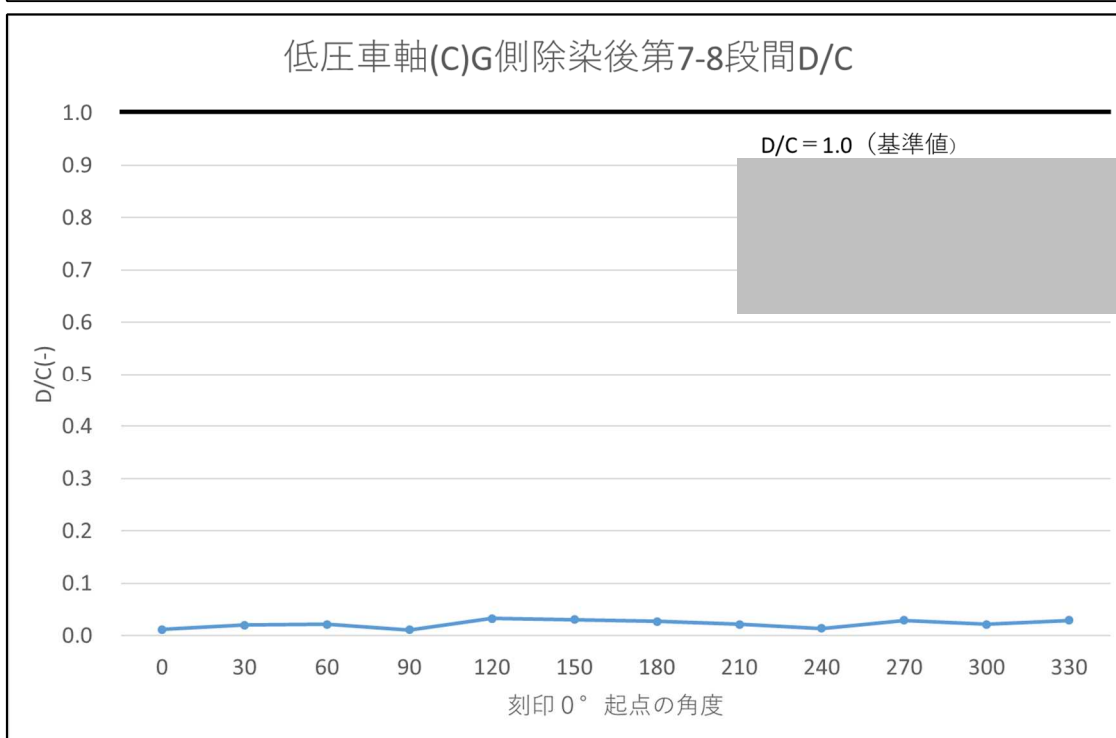
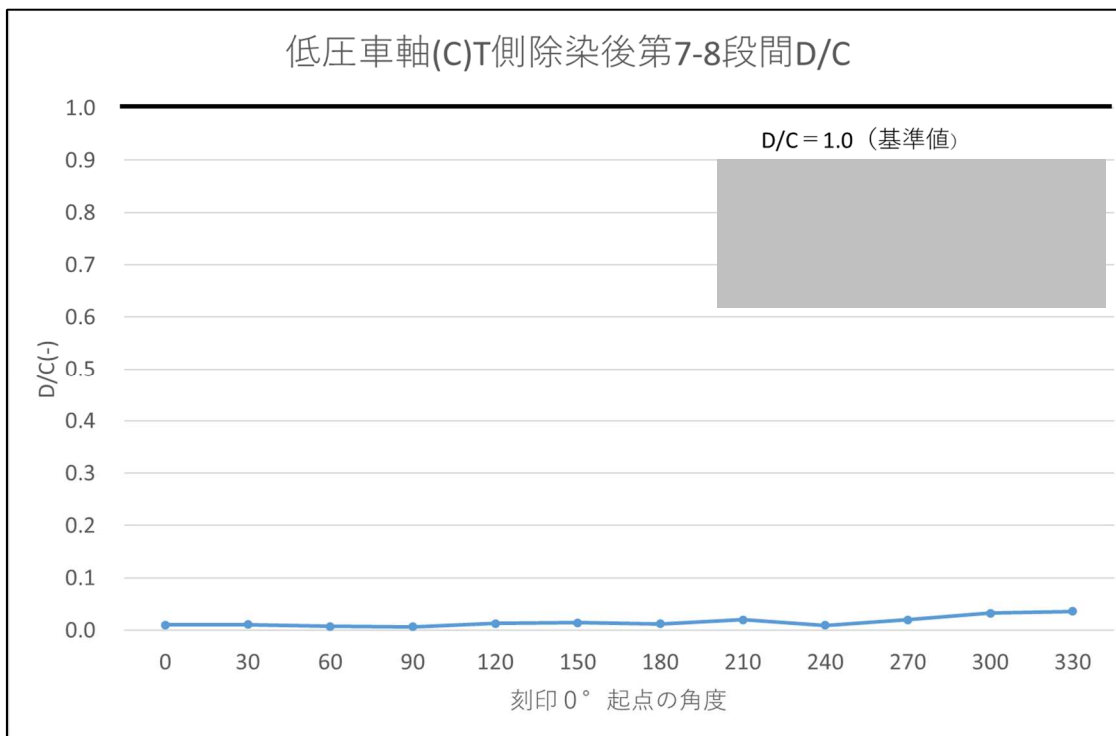
(添付 4) 図-2 除染後における対象物の周方向の汚染状況
(D/C (^{60}Co)) (2/3)

(2) 低圧車軸 (B)



(添付 4) 図-2 除染後における対象物の周方向の汚染状況
(D/C (^{60}Co)) (3/3)

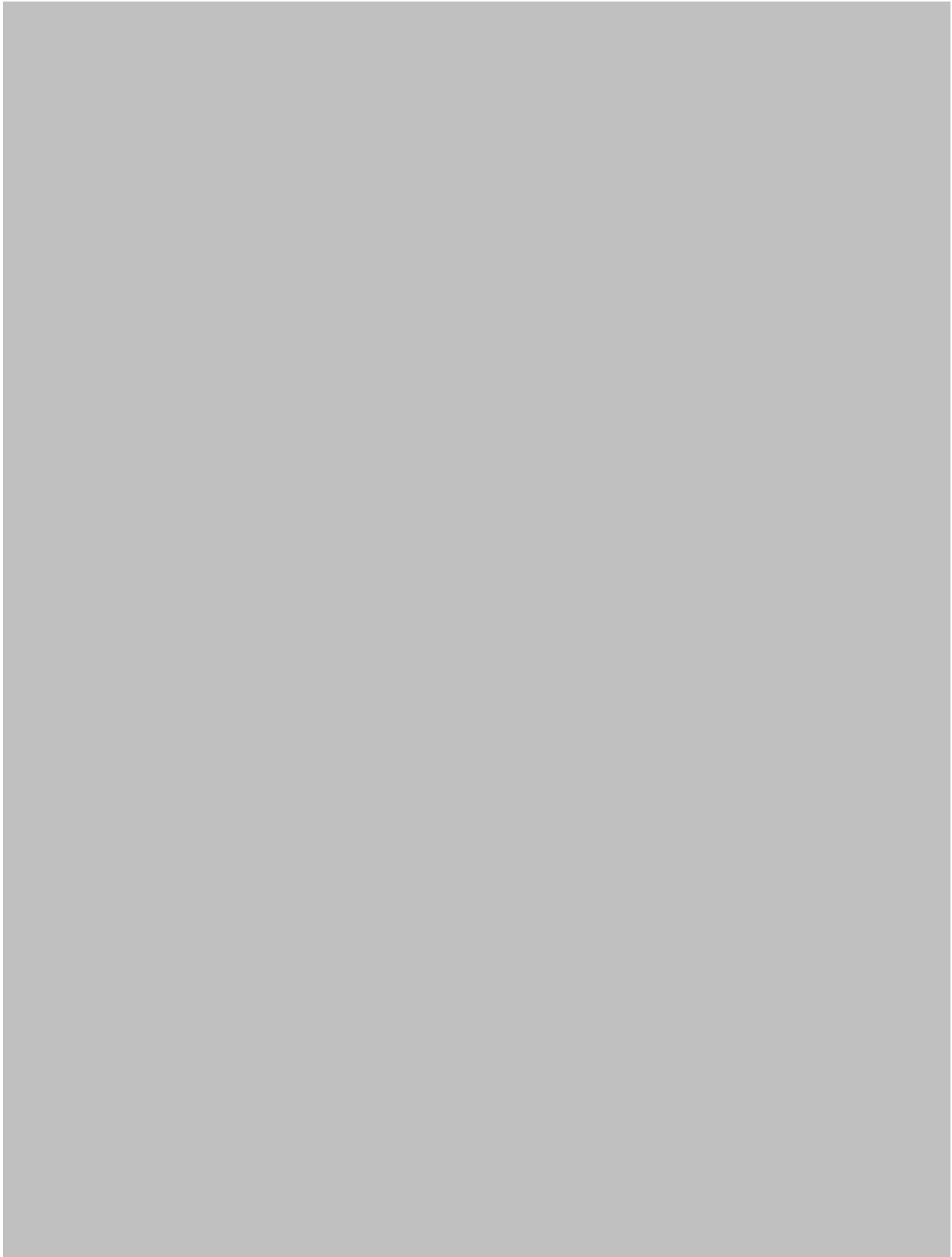
(3) 低圧車軸 (C)



(添付 4) 表-1



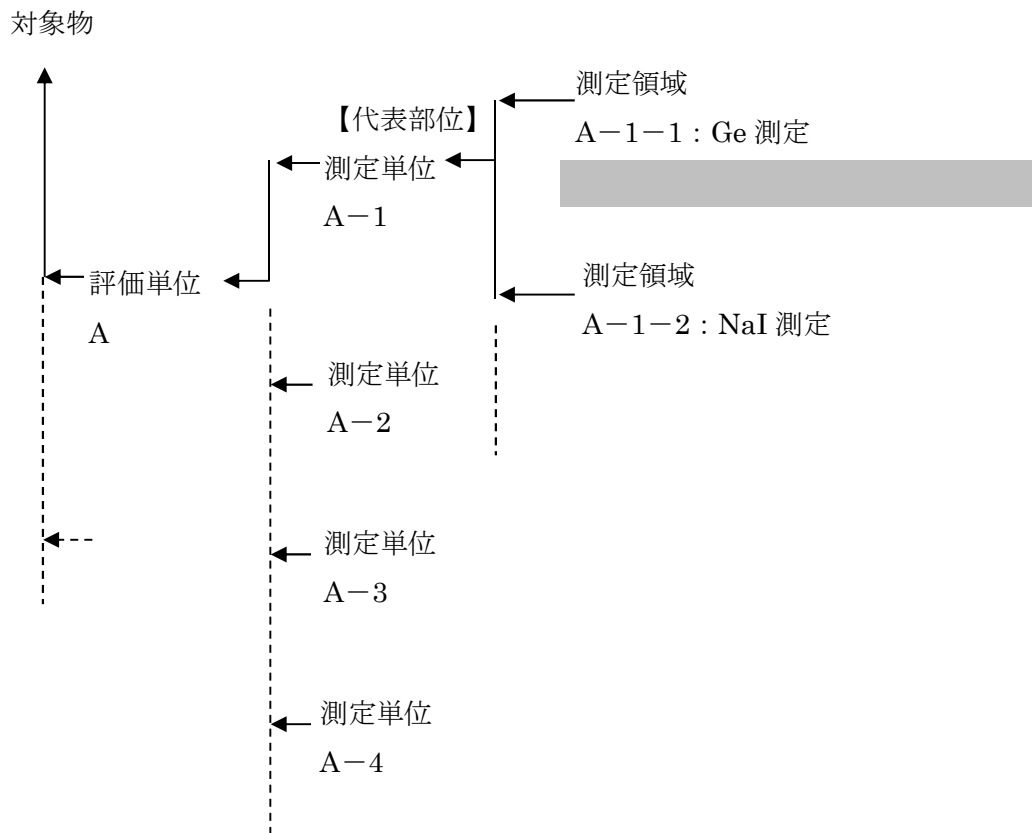
(添付 4) 表-1



添付書類 五 図表リスト

- (添付 5) 図-1 「評価単位」「測定単位」及び「測定領域」の関係
(添付 5) 表-1 放射能濃度の決定における不確かさ

(添付 5) 図-1 評価単位, 測定単位及び測定領域の関係



(添付 5) 表-1 放射能濃度の決定における不確かさ



添付書類 六 図表リスト

- (添付 6) 図-1 測定領域の測定に関する主要な仕様及び測定条件
- (添付 6) 図-2 放射能換算係数の設定に必要なパラメータ
- (添付 6) 図-3 放射能換算係数の設定例 (ケース A)
- (添付 6) 図-4 放射能換算係数の設定例 (ケース B)
- (添付 6) 図-5 放射エネルギーの測定方法の妥当性確認 (ケース A)
- (添付 6) 図-6 放射エネルギーの測定方法の妥当性確認 (ケース B)
- (添付 6) 表-1 Ge 半導体検出器の計数率の BG 補正
- (添付 6) 表-2 NaI シンチレーションサーベイメータの計数率
- (添付 6) 表-3 放射線測定装置の性能の確認
- (添付 6) 表-4 表面汚染密度の測定方法及び測定条件
- (添付 6) 表-5 検出限界値の設定
- (添付 6) 表-6 測定条件の設定に対する不確かさ

(添付 6) 図-1 測定領域の測定に関する主要な仕様及び測定条件 (1/3)

- ・「測定領域」の測定に関する主要な仕様及び測定条件を以下に示す。
- ・「測定領域」の放射エネルギーを適度な保守性をもって求めるため Ge 半導体検出器, NaI シンチレーションサーベイメータの測定に係るパラメータ (放射能分布, 測定対象物との位置関係による測定感度等) を保守的に設定する。

	Ge 半導体検出器	NaI シンチレーション サーベイメータ
放射線測定装置の仕様	測定方法: γ 線スペクトル測定法 ¹⁾ 相対効率: 40%以上	測定エネルギー範囲: 50keV 以上 測定範囲: 0~30k s ⁻¹
放射能換算係数	放射線測定装置と「測定領域」との間に遮へいとなる部分が存在しない場合 (ケース A) と存在する場合 (ケース B) の 2 ケースを設定する。	放射線測定装置と「測定領域」との間に遮へいとなる部分が存在しない場合 (ケース A) の 1 ケースを設定する。 (左記ケース A と同じ)
検出限界値	バックグラウンドの変動を考慮し設定する。	検出限界値は設定しない。
測定時間	代表「測定単位」において検出限界値相当で 0.05Bq/g 以下となる測定時間を設定する。	時定数 30 秒の 3 倍である 90 秒以上とする。
コリメータ	5.0cm 厚の鉛遮へいである 180 度コリメータを使用する。	必要に応じて使用する。

1) 文部科学省放射能測定法シリーズ「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」(平成 4 年改訂)

(添付 6) 図-1 測定領域の測定に関する主要な仕様及び測定条件 (2/3)

放射エネルギーの測定・評価方法の概要を以下に示す。

- 放射能換算係数 (Bq/s^{-1}) は、放射線測定装置を用いて対象物を測定する前に設定する。

- 放射能換算係数は、放射線測定装置と「測定領域」との間に遮へいとなる部分が存在しない場合 (ケース A) と存在する場合 (ケース B) の 2 ケースを採用する。各ケースの概要は以下のとおりである。

(添付 6) 図-1 測定領域の測定に関する主要な仕様及び測定条件 (3/3)



(添付 6) 図-2 放射能換算係数の設定に必要なパラメータ (1/9)

放射能換算係数の設定に必要なパラメータを以下に示す。

1. 放射線測定装置毎の共通事項を以下に示す。

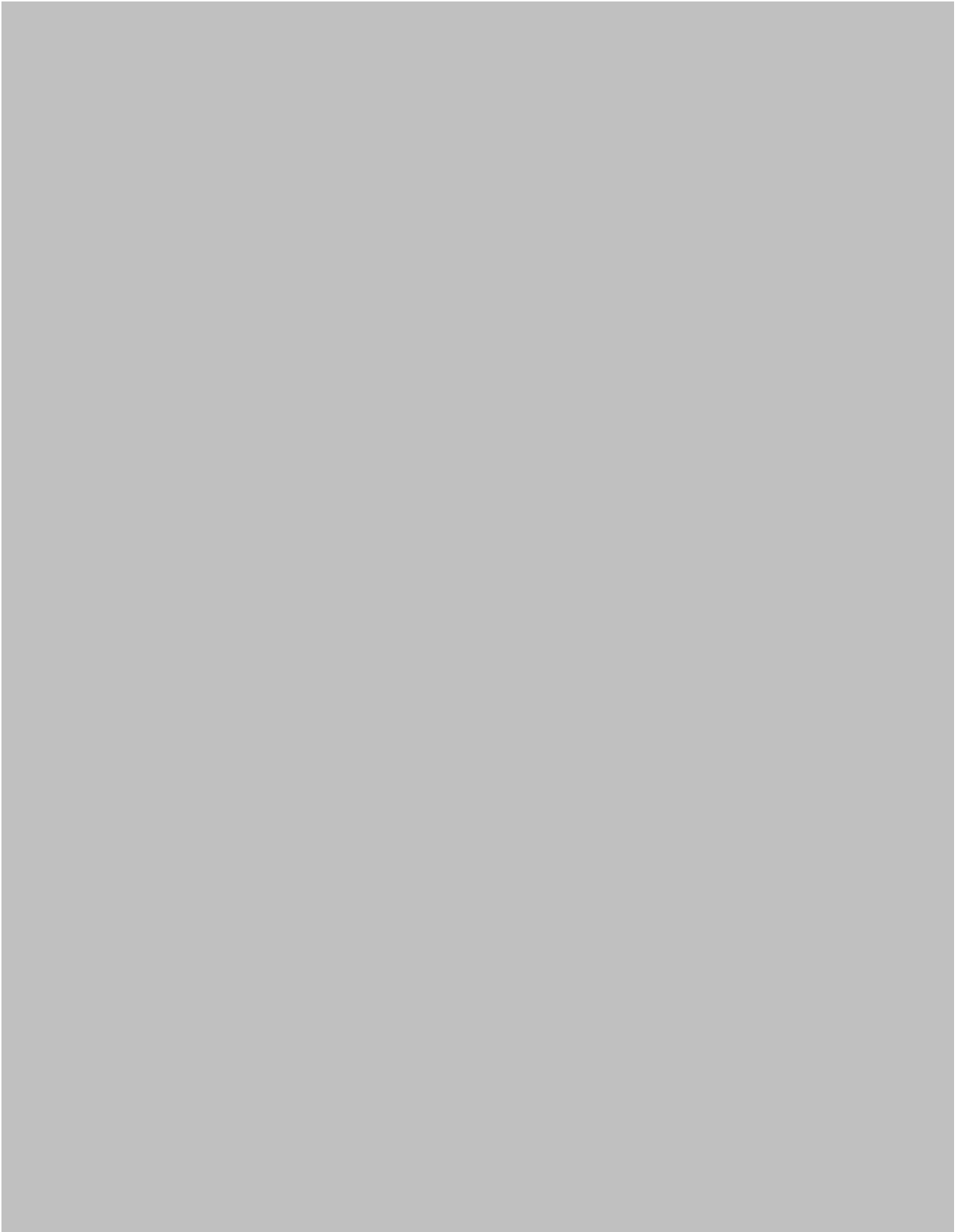
(1) Ge 半導体検出器

項目	設定内容
検出器の距離	<ul style="list-style-type: none">・ 検出器の位置は、測定領域が$\pm 60^\circ$ 以内の検出器の視野に含まれるように設定する。・ 距離は検出器中心で定義するため、Ge 半導体検出器保護ケース表面と検出器中心までの距離 44mm を含む。

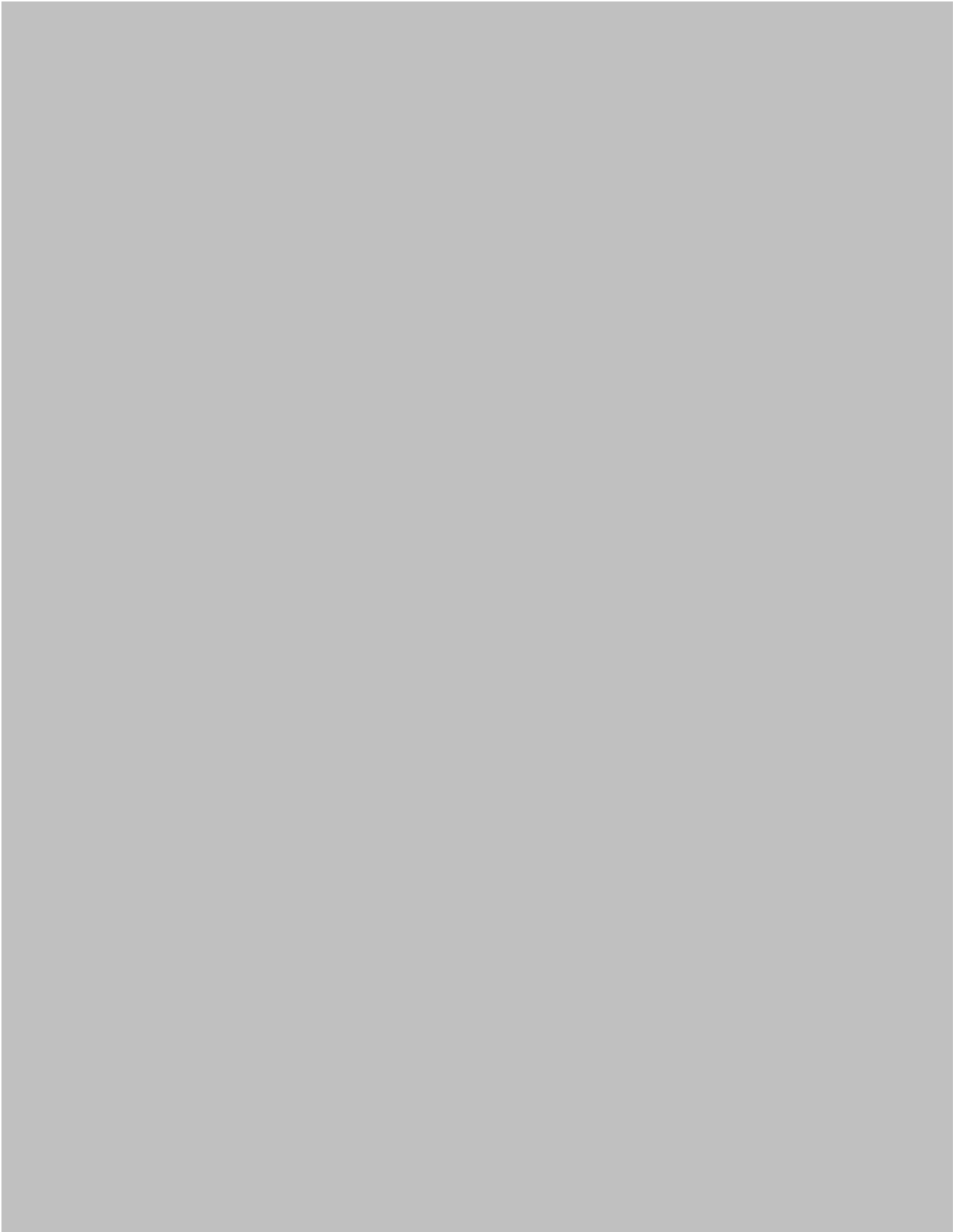
(2) NaI シンチレーションサーベイメータ

項目	設定内容
検出器の距離	<ul style="list-style-type: none">・ 検出器の位置は、測定領域が$\pm 135^\circ$ 以内の検出器の視野に含まれるように設定する。・ 距離は検出器中心で定義するため、NaI シンチレーションサーベイメータ表面と検出器中心までの距離 20mm を含む。

(添付 6) 図-2 放射能換算係数の設定に必要なパラメータ (2/9)



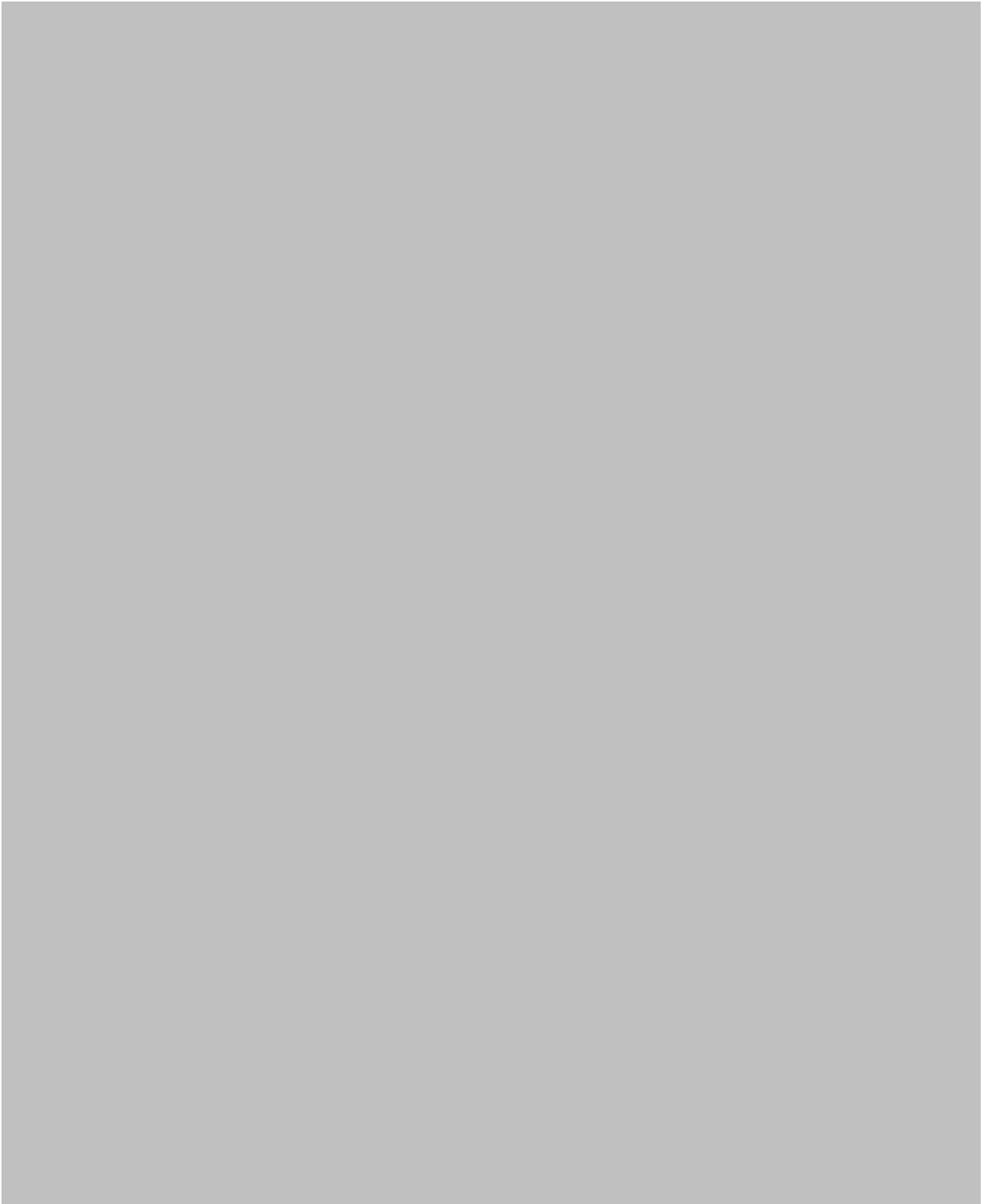
(添付 6) 図-2 放射能換算係数の設定に必要なパラメータ (3/9)



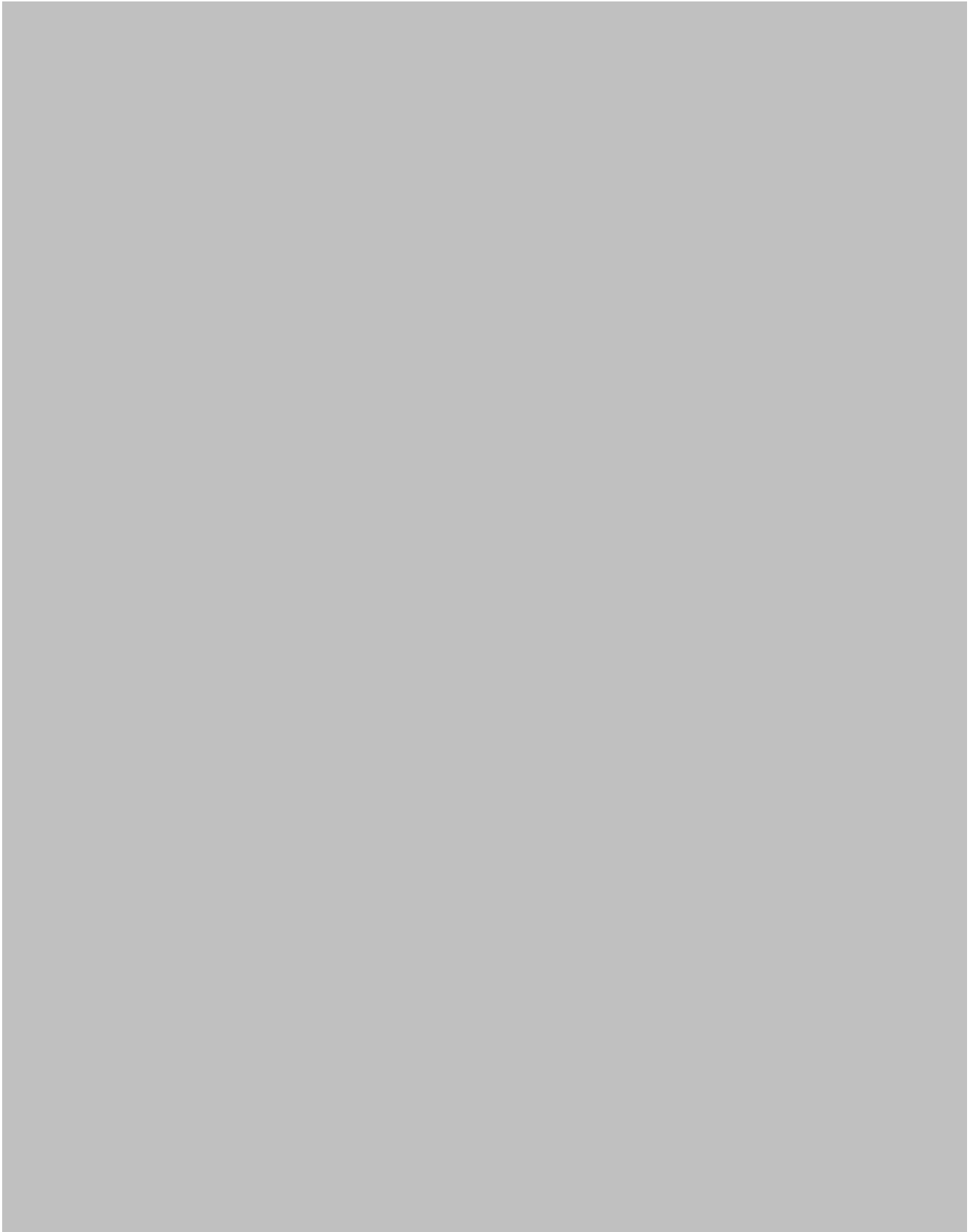
(添付 6) 図-2 放射能換算係数の設定に必要なパラメータ (4/9)



(添付 6) 図-2 放射能換算係数の設定に必要なパラメータ (5/9)



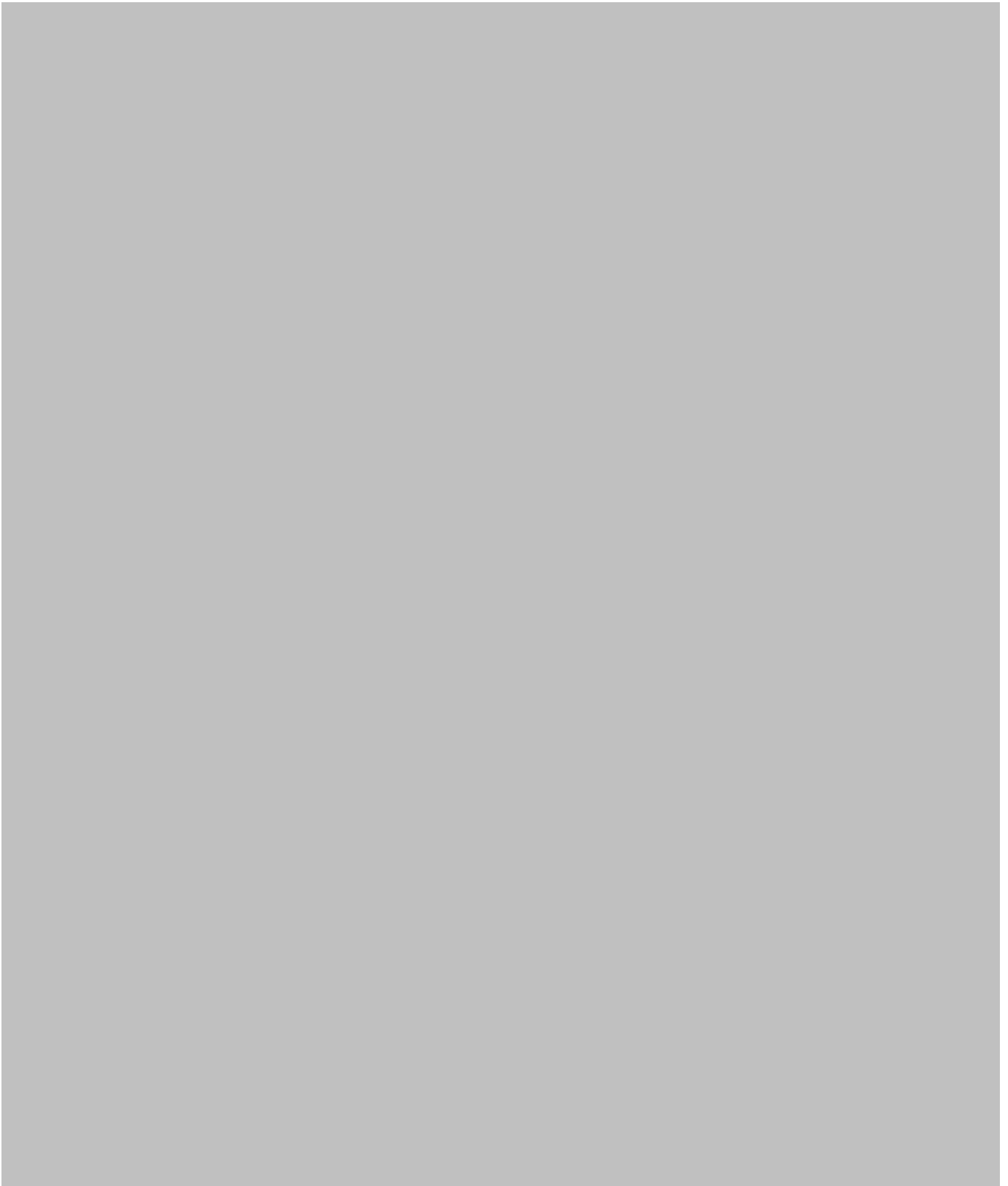
(添付 6) 図-2 放射能換算係数の設定に必要なパラメータ (6/9)



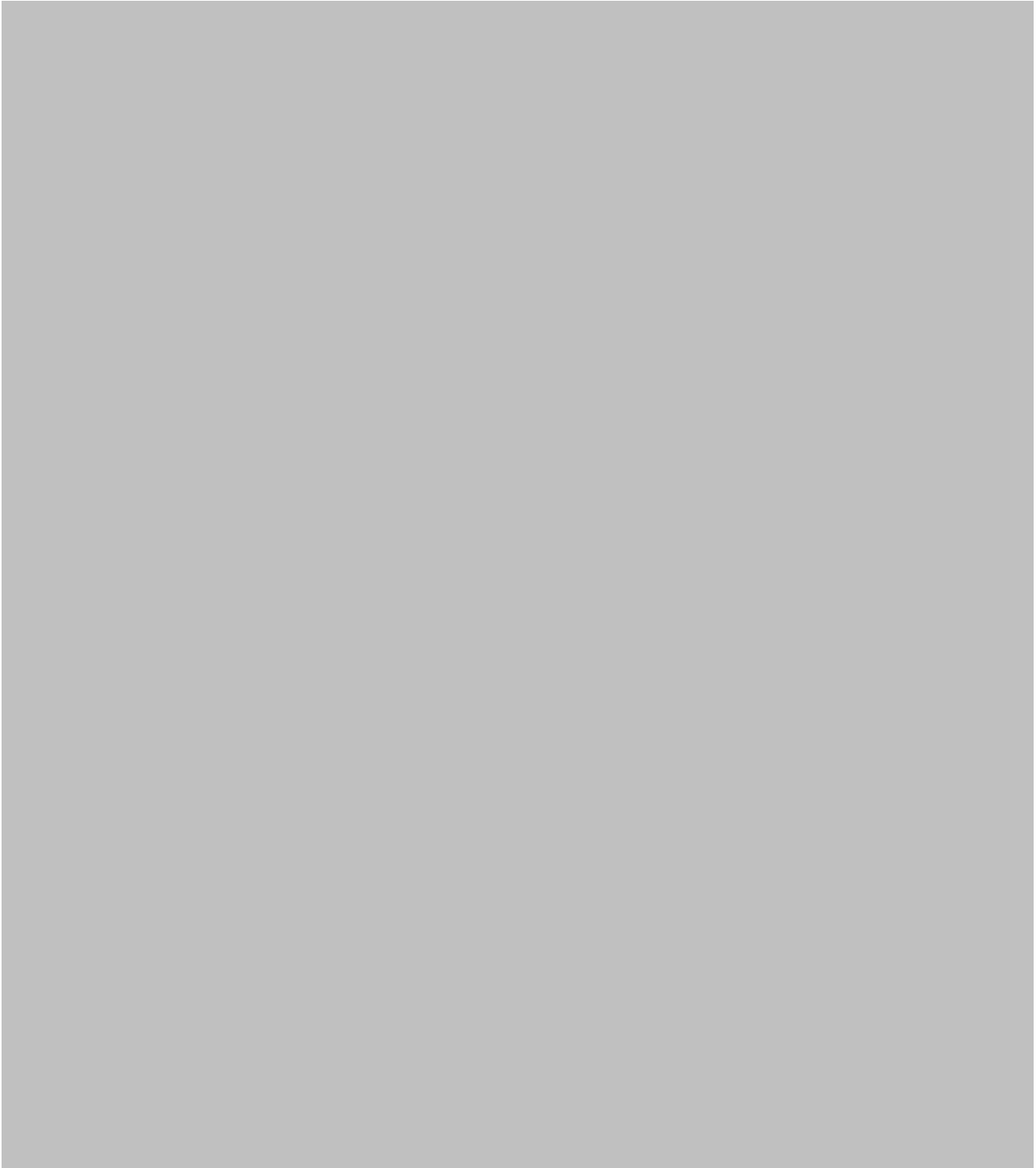
(添付 6) 図-2 放射能換算係数の設定に必要なパラメータ (7/9)



(添付 6) 図-2 放射能換算係数の設定に必要なパラメータ (8/9)



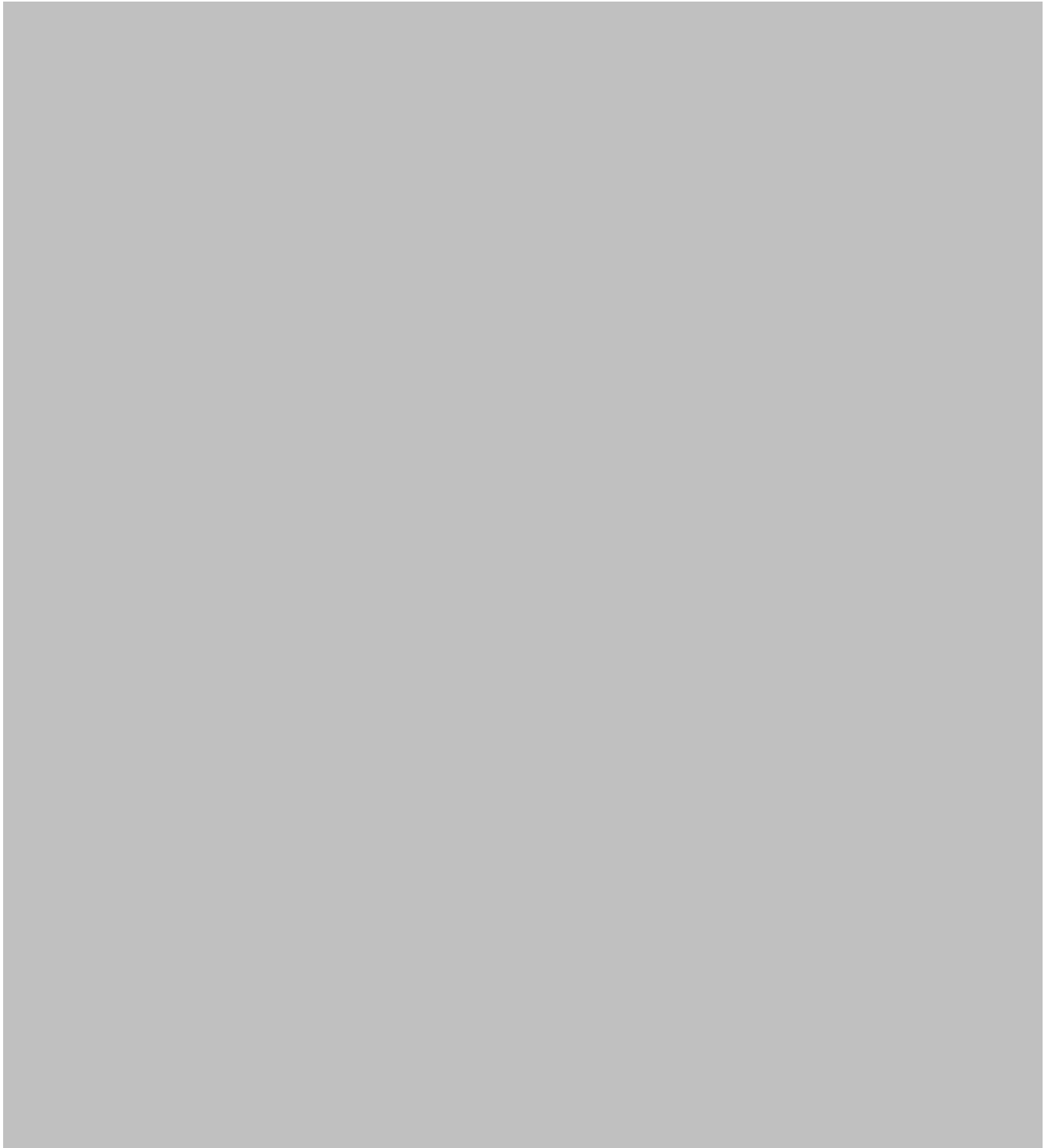
(添付 6) 図-2 放射能換算係数の設定に必要なパラメータ (9/9)



(添付 6) 図-3 放射能換算係数の設定例 (ケース A) (1/2)

(1) 放射能換算係数 (ケース A) の設定例 (Ge 半導体検出器)

このケースの例として、「評価単位」No. 13 (第 7-7 段間) の条件設定及び放射エネルギーと計数率との関係図を以下に示す (「(添付 6) 図-2」参照)。



(添付 6) 図-3 放射能換算係数の設定例 (ケース A) (2/2)

(2) 放射能換算係数 (ケース A) の設定例 (NaI シンチレーションサーベイメータ)

このケースの例として, 「評価単位」 No. 13 (第 7-7 段間の通気穴) の条件設定及び放射エネルギーと計数率との関係図を以下に示す (「(添付 6) 図-2」参照)。

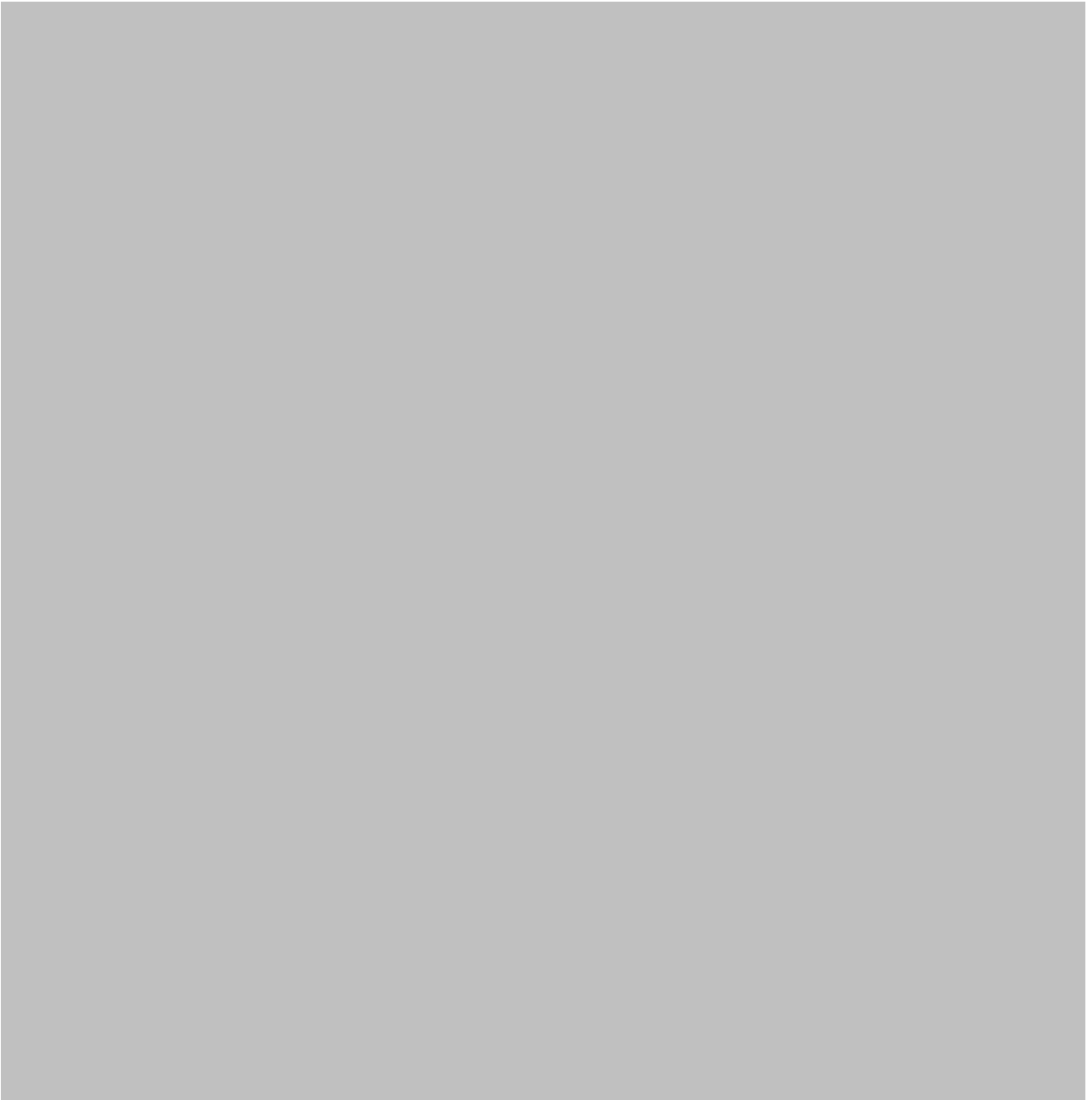


(添付 6) 図-4 放射能換算係数の設定例 (ケース B) (1/4)

放射能換算係数 (ケース B) の設定例 (Ge 半導体検出器)

- このケースの例として、「評価単位」No. 22 (第 14 段の翼取付部) の条件設定及び放射能換算係数の設定例を示す (「(添付 6) 図-2」参照)。

(添付 6) 図-4 放射能換算係数の設定例 (ケース B) (2/4)



(添付 6) 図-4 放射能換算係数の設定例 (ケース B) (3/4)



(添付 6) 図-4 放射能換算係数の設定例 (ケース B) (4/4)

- 放射能換算係数 (ケース B) の設定例 (Ge 半導体検出器) の例として, 「評価単位」 No. 22 (第 14 段の翼取付部) の条件設定及び放射エネルギーと計数率との関係図を以下に示す (「(添付 6) 図-2」参照)。



(添付 6) 図-5 放射エネルギーの測定方法の妥当性確認 (ケース A) (1/8)

(1) 放射能換算係数 (ケース A) の設定例 (Ge 半導体検出器)

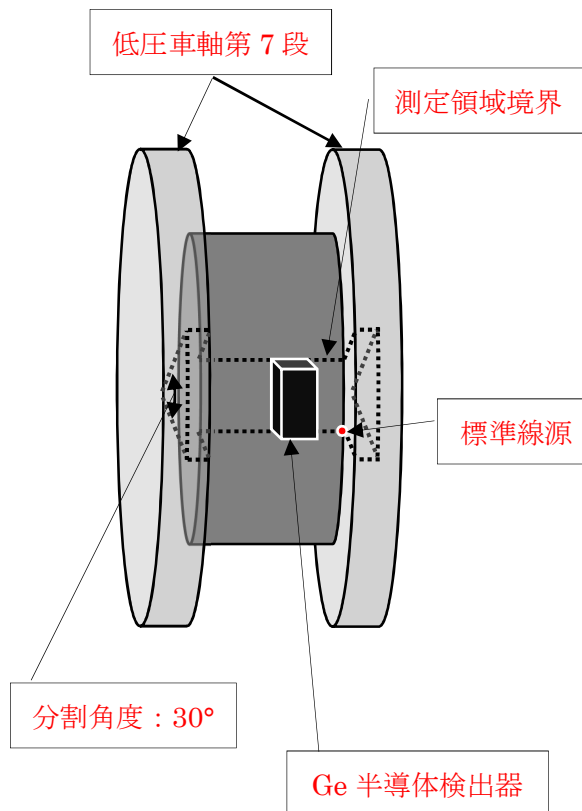
<目的>

- ・「評価単位」No. 13 (第 7-7 段間) を構成する「測定単位 (1)」の最遠点に標準線源を設置し、放射エネルギー (Bq) と放射線測定装置の計数率 (s^{-1}) との関係を測定し評価対象核種 (^{60}Co) の放射エネルギーの測定方法の妥当性を確認する。



(添付6) 図-5 放射エネルギーの測定方法の妥当性確認 (ケース A) (2/8)

<線源試験概略図>



①測定領域の中央と Ge 半導体検出器中心との距離が 844mm となるよう設置。

②測定領域の中で、検出器中心から最も遠い点に標準線源を設置。

- ・最遠点に標準線源を配置した放射線測定装置による測定結果 (計数率) は最小となり、逆に最近点に標準線源を配置すると測定結果 (計数率) は最大となる。

- ・放射能濃度 (Bq/g) は、計数率 (s^{-1}) に放射能換算係数 (Bq/s^{-1}) を乗じて放射エネルギー (Bq) を算出し、「測定単位」の重量 (g) で除すことにより求める。したがって、計数率が最小となる配置での放射能濃度は最小となる。

- ・したがって、最遠点に標準線源を配置することは、放射能濃度測定値が最小となるような線源配置である。本申請書に記載したその他の線源試験も同様である。

(添付 6) 図-5 放射エネルギーの測定方法の妥当性確認 (ケース A) (3/8)

<結果>

- ・「評価単位」No.13 (第 7-7 段間) を構成する「測定単位 (1)」の最遠点に標準線源を配置して Ge 半導体検出器で測定した結果を図-1 に示す。



(添付 6) 図-5 放射エネルギーの測定方法の妥当性確認 (ケース A) (4/8)



(添付 6) 図-5 放射エネルギーの測定方法の妥当性確認 (ケース A) (5/8)

(2) 放射能換算係数 (ケース A) の設定例 (NaI シンチレーションサーベイメータ)

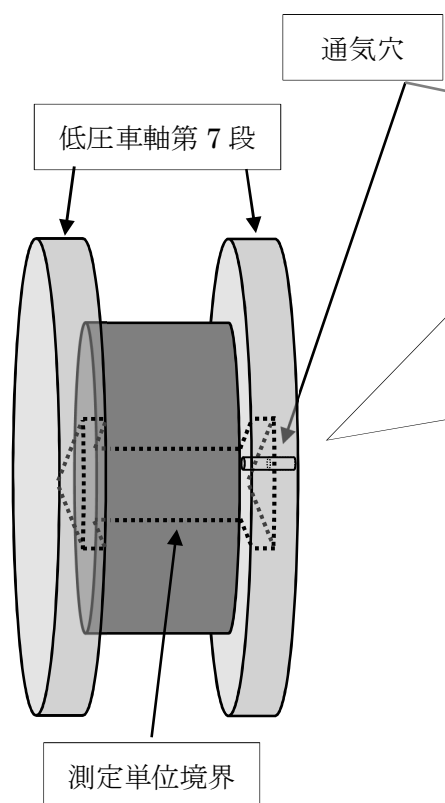
<目的>

- ・「評価単位」No. 13 (第 7-7 段間) を構成する「測定単位」(2) の最遠点に標準線源を設置し、放射エネルギー (Bq) と放射線測定装置での計数率 (s^{-1}) との関係を測定し評価対象核種 (^{60}Co) の放射エネルギーの測定方法の妥当性を確認する。



(添付 6) 図-5 放射エネルギーの測定方法の妥当性確認 (ケース A) (6/8)

<線源試験概略図>



(添付 6) 図-5 放射エネルギーの測定方法の妥当性確認 (ケース A) (7/8)

<結果>

- ・「評価単位」 No.13 (第 7-7 段間) を構成する「測定単位 (2)」の最遠点に標準線源を配置して NaI シンチレーションサーベイメータで測定した結果を図-4 に示す。



(添付 6) 図-5 放射エネルギーの測定方法の妥当性確認 (ケース A) (8/8)



(添付 6) 図-6 放射エネルギーの測定方法の妥当性確認 (ケース B) (1/3)

(1) 放射能換算係数 (ケース B) の設定例 (Ge 半導体検出器)

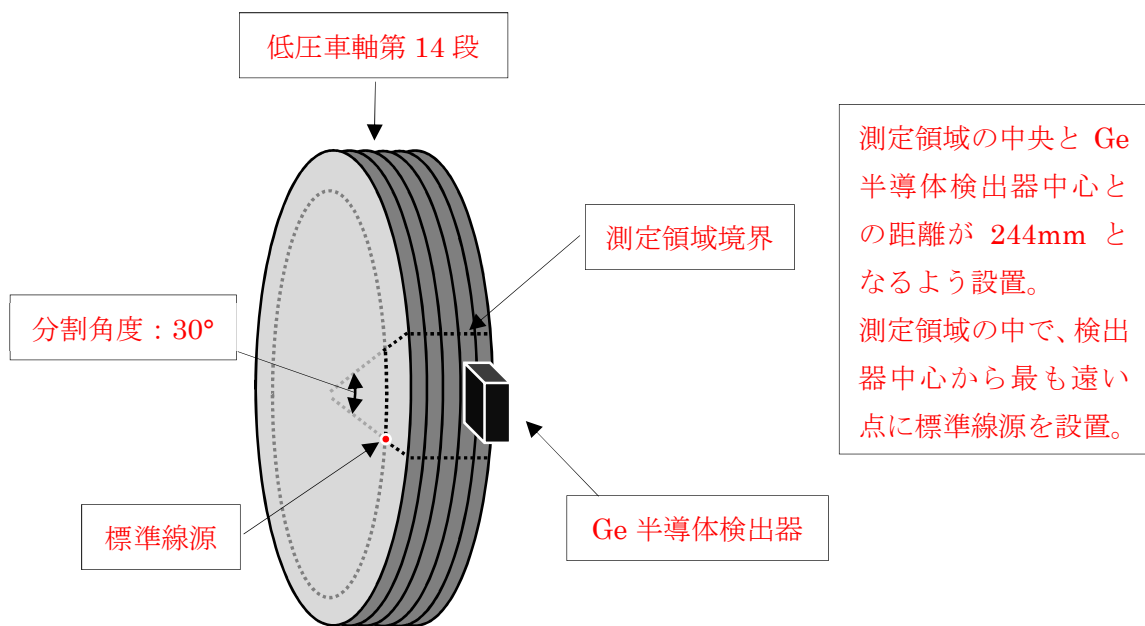
<目的>

- ・「評価単位」No. 22 (第 14 段の翼取付部) を構成する「測定領域 (1)」の各小領域と Ge 半導体検出器との遮へい関係を考慮した位置に標準線源を設置し、放射エネルギー (Bq) と放射線測定装置での計数率 (s^{-1}) との関係を測定し、評価対象核種 (^{60}Co) の放射エネルギーの測定方法の妥当性を確認する。



(添付 6) 図-6 放射エネルギーの測定方法の妥当性確認 (ケース B) (2/3)

<線源試験概略図>



(添付 6) 図-6 放射エネルギーの測定方法の妥当性確認 (ケース B) (3/3)

<結果>

- ・「評価単位」No. 22 (第 14 段の翼取付部) を構成する「測定単位 (1)」の最遠点に標準線源を配置して Ge 半導体検出器で測定した結果を下図に示す。



(添付 6) 表-1 Ge 半導体検出器の計数率の BG 補正(1/2)



(添付 6) 表-1 Ge 半導体検出器の計数率の BG 補正(2/2)

(3) 「測定領域」以外からの γ 線の計数率 (m_{Co})



「添付書類六」(2. 2. 2 項 : (1) Ge 半導体検出器を用いた測定) の (6-1) 式において、評価に用いる計数率は N_{Ge} と m_{Co} の差により求め、その標準偏差は誤差伝播式より下式となり、(6-1) 式での統計的誤差は 95%片側上限値 (標準偏差 σ_{net} の 1.645 倍) とする。

$$\sigma_{net} = \sqrt{\sigma_{NGe}^2 + \sigma_{mCo}^2}$$

ここで、

- σ_{net} : 評価に用いる計数率 ($N_{Ge} - m_{Co}$) の標準偏差。
- σ_{NGe} : 測定時における評価対象核種 (^{60}Co) が放出する γ 線の計数率 (N_{Ge}) の標準偏差。
- σ_{mCo} : 「測定領域」以外から放出される評価対象核種 (^{60}Co) の γ 線の計数率 (m_{Co}) の標準偏差。

(添付6) 表-2 NaI シンチレーションサーベイメータの計数率(1/3)

1. 評価に用いる計数率 (NaI シンチレーションサーベイメータ)

NaI シンチレーションサーベイメータを用いた測定では、測定したグロス計数率にバックグラウンドが含まれる。本申請では評価対象核種 (^{60}Co) の計数率 (正味計数率) にバックグラウンド計数率を加えたグロス計数率を評価に用いる計数率とする。

2. 評価対象核種 (^{60}Co) の計数率の統計的誤差 (NaI シンチレーションサーベイメータ)

評価対象核種 (^{60}Co) の計数率 (正味計数率) に統計的誤差 (1.645σ) を加えた値 (以下、「正味計数率の 95%上限値」という。) とグロス計数率を比較し、統計的誤差 (1.645σ) がバックグラウンド計数率以下になることを確認した。

<調査方法>

項目	内容
①評価対象核種 (^{60}Co) の計数率 (正味計数率)	

(添付 6) 表-2 NaI シンチレーションサーベイメータの計数率(2/3)

項目	内容
②バックグラウンド計数率	
③グロス計数率	
④計数率の標準偏差	
⑤正味計数率の標準偏差	
⑥正味計数率の 95% 上限値	

(添付 6) 表-2 NaI シンチレーションサーベイメータの計数率(3/3)

<調査結果>



上限値 (⑥) よりも大きい。

したがって、グロス計数率を評価に用いる計数率としても問題がないことを確認した。

(添付 6) 表-3 放射線測定装置の性能の確認(1/7)

測定及び評価に用いる放射線測定装置「Ge 半導体検出器及び NaI シンチレーションサーベイメータ」及び表面汚染密度の測定に用いるサーベイメータ「GM 管式サーベイメータ及びプラスチックシンチレーション式サーベイメータ」の要求性能及び性能検証を下表に示す。

(1) Ge 半導体検出器

No.	項目	内容	性能検証
1-1			
1-2			
1-3			
1-4			

(添付 6) 表-3 放射線測定装置の性能の確認(2/7)

(2) NaI シンチレーションサーベイメータ

No.	項目	内容	性能検証
2-1			
2-2			
2-3			

<補足>

- ・NaI シンチレーションサーベイメータを用いる「測定領域」は、検出器と対象物との間に遮へいとなる部分が存在せず、またバックグラウンドを含めた計数率で評価を行うことから、Ge 半導体検出器とは異なり、遮へい補正係数は設定しない。

(3) GM 管式サーベイメータ (型式 : TGS146B)

No.	項目	内容	性能検証
3-1			

(4) プラスチックシンチレーション式サーベイメータ (型式 : TCS-316)

No.	項目	内容	性能検証
4-1			

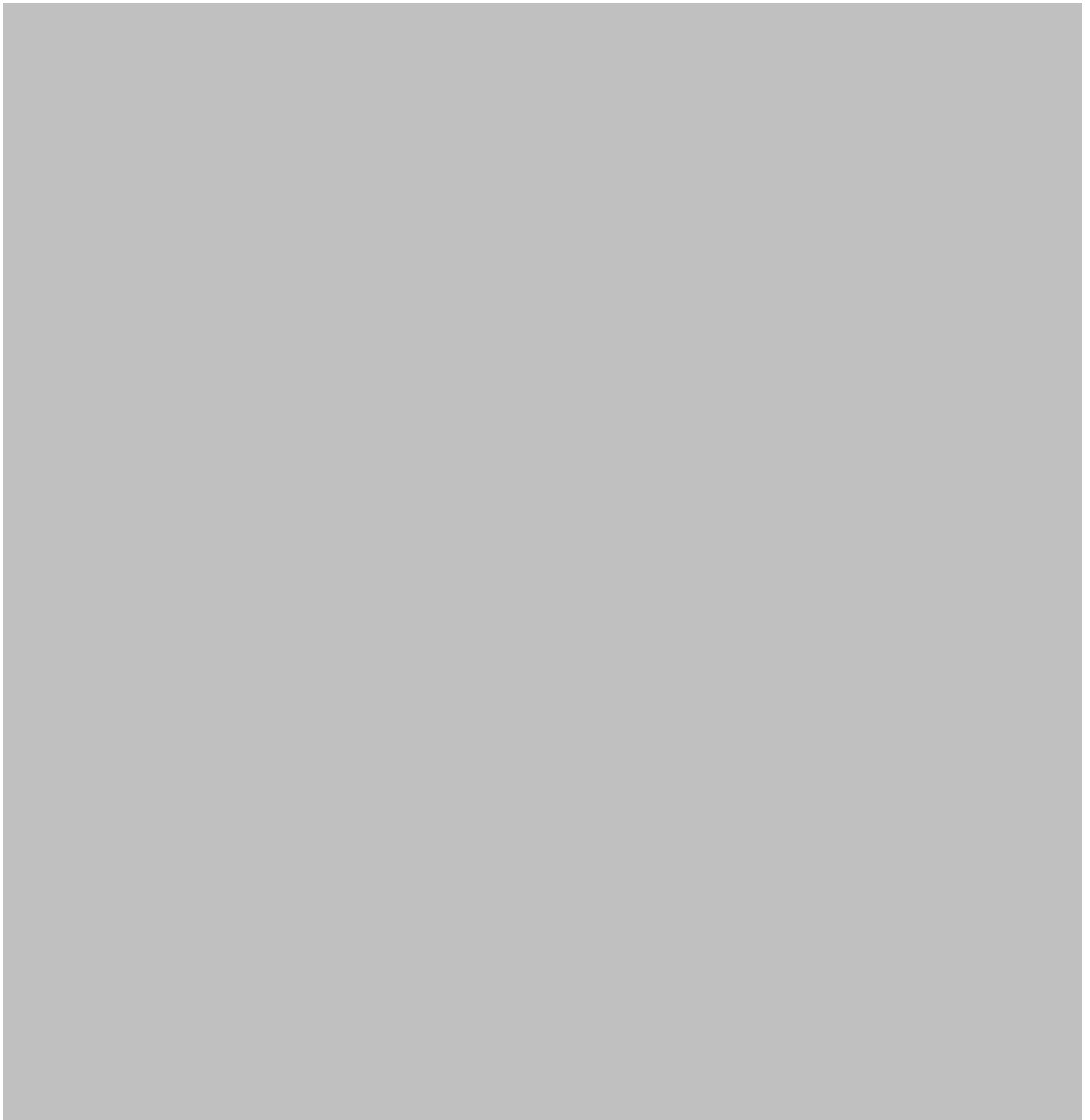
(添付 6) 表-3 放射線測定装置の性能の確認(3/7)

1. Ge 半導体検出器

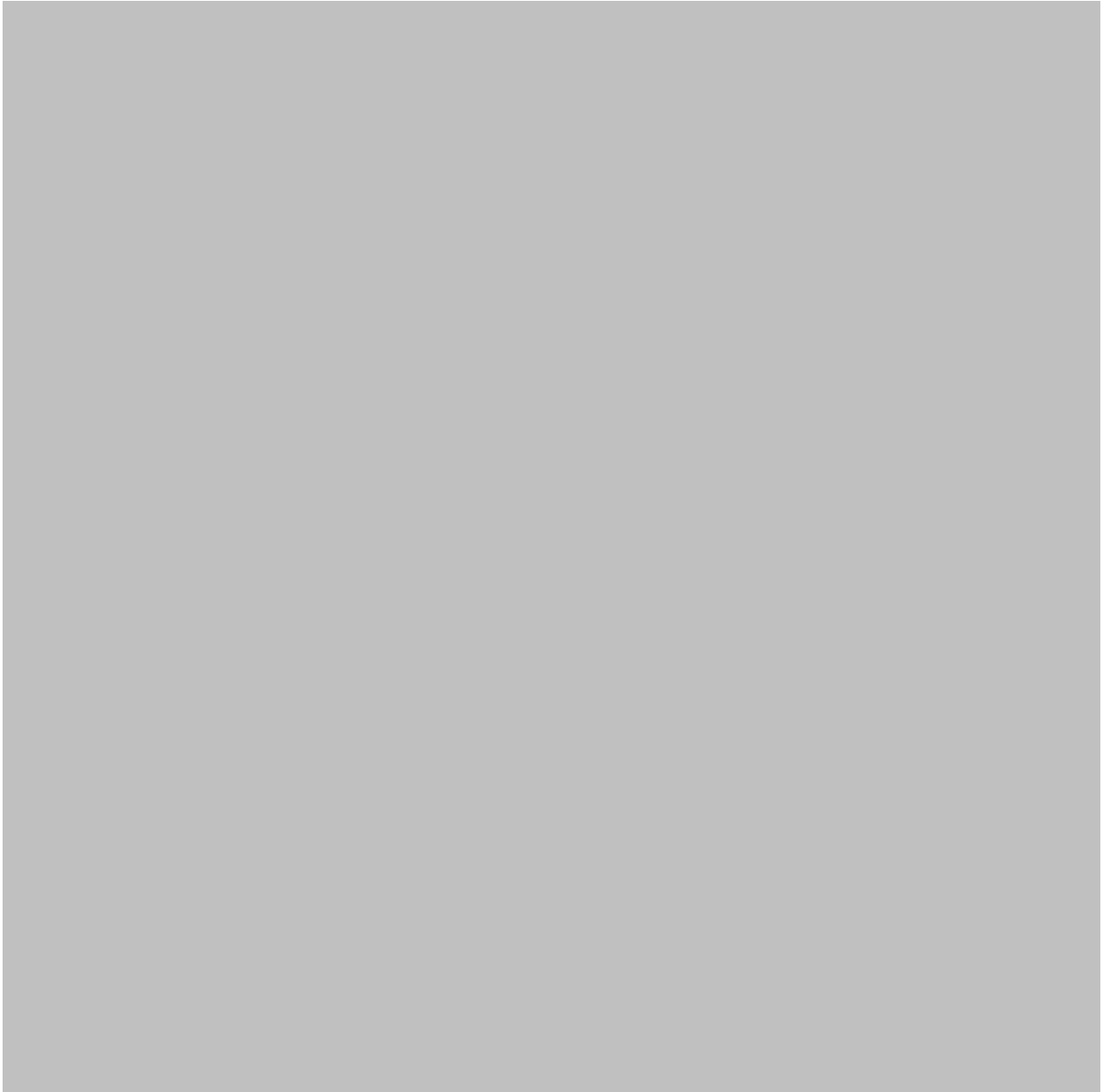
放射能換算係数 (Bq/s^{-1}) の設定に用いる Ge 半導体検出器の効率は、標準線源を使用した試験を行うことで、実測に基づき設定する。



(添付 6) 表-3 放射線測定装置の性能の確認(4/7)



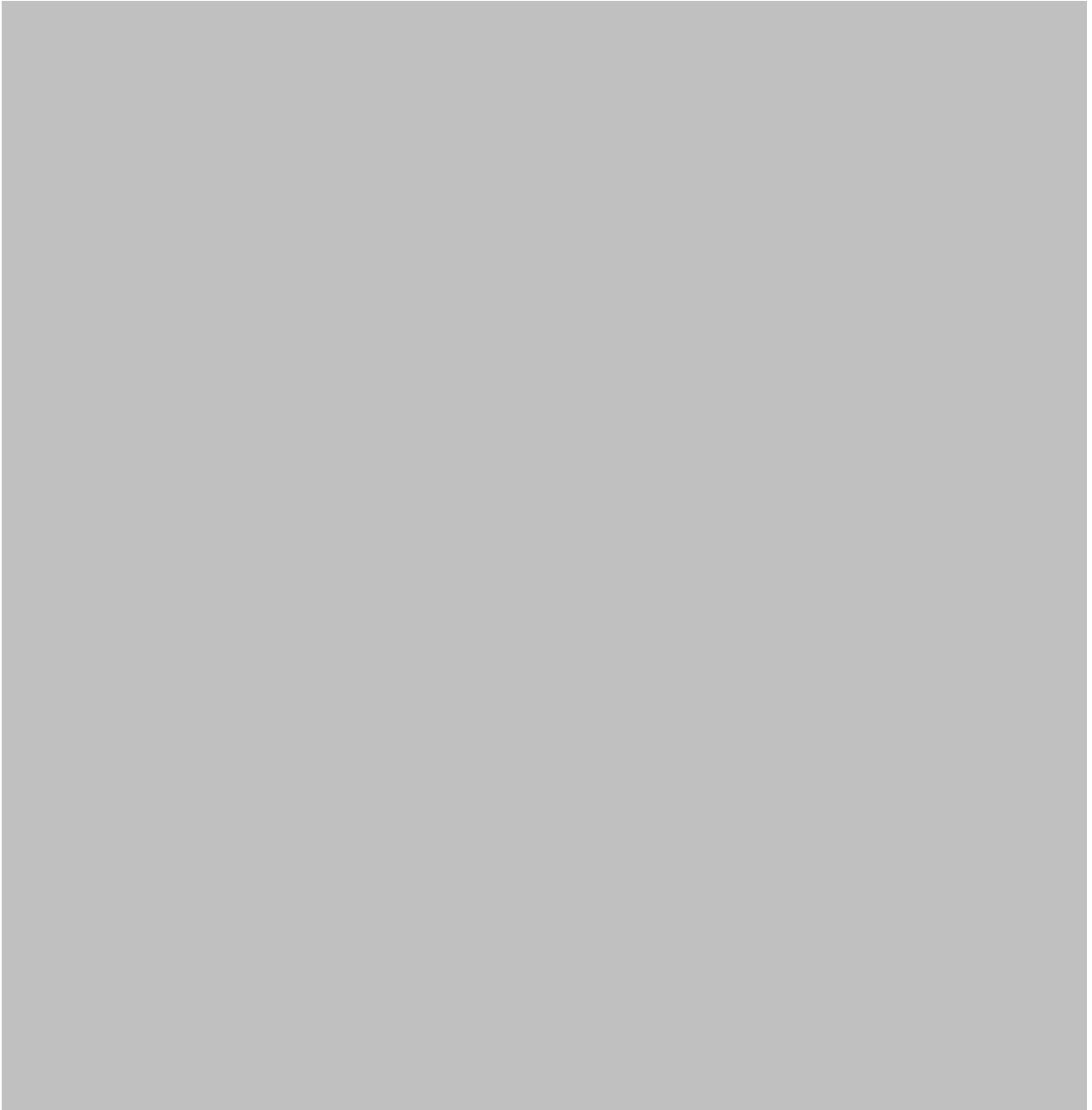
(添付 6) 表-3 放射線測定装置の性能の確認(5/7)



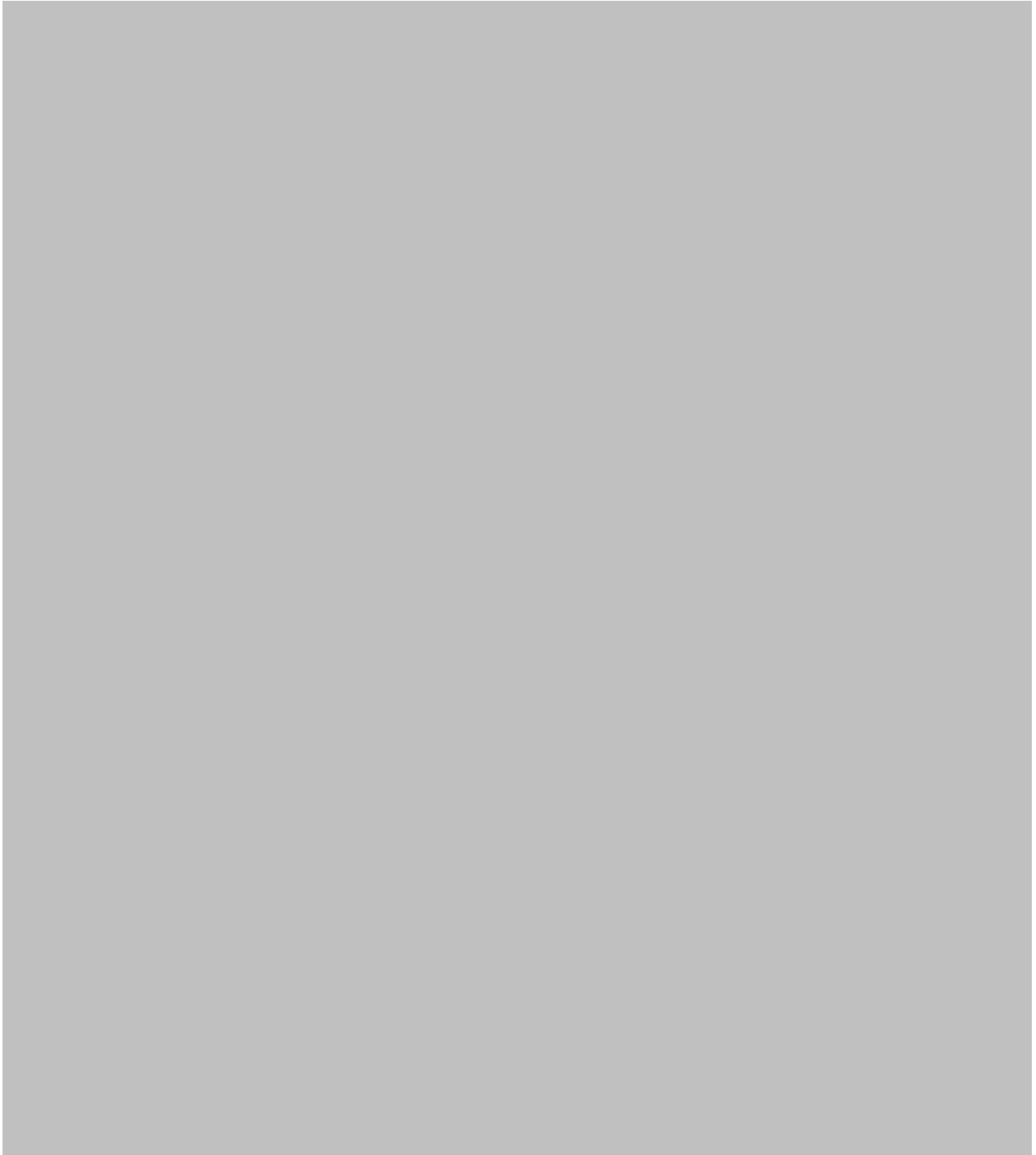
(添付 6) 表-3 放射線測定装置の性能の確認(6/7)

2. NaI シンチレーションサーベイメータ

NaI シンチレーションサーベイメータの幾何学的効率は、標準線源を使用した試験を行うことで、実測に基づき設定する。



(添付 6) 表-3 放射線測定装置の性能の確認(7/7)



(添付 6) 表-4 表面汚染密度の測定方法及び測定条件(1/2)

1. 測定方法

- ・表面汚染密度の測定は、JIS Z 4504：2008 「放射性表面汚染の測定方法－β線放出核種（最大エネルギー0.15MeV以上）及びα線放出核種」に準拠して行う。
- ・原則、直接測定法とし、対象物の表面汚染密度が \square Bq/cm² 未満であることを確認する。ただし、対象物は低圧車軸であり原子炉格納容器外の機器であるため放射化による汚染は有意ではなく、二次的な汚染による固着性汚染は除染によって取り除き表面汚染は遊離性汚染のみとなることから、直接測定法が困難な場合は間接測定法を用いる。
- ・直接測定法は測定器を用いて遊離性表面汚染及び固着性表面汚染を直接的に測定する方法であり、間接測定法は拭き取りによって、遊離性表面汚染を間接的に測定する方法である。

2. 測定条件

- ・ \square Bq/cm² 未満の表面汚染密度を測定するため、BG 計数率，機器効率，線源効率等から検出限界値を算出し，対象物の表面汚染密度が \square Bq/cm² を下回るように測定条件を設定する。

(1) 直接測定法

- ・直接測定法は、対象物表面と測定器の距離を測定器の仕様の範囲内に維持し表面汚染密度を測定する。
- ・直接測定法の測定条件を下表に示す。

測定器	検出器	GM 管式 サーベイメータ	プラスチックシンチレーション式サーベイメータ
	型式*	TGS-146B	TCS-316
	窓面積	19.6 cm ²	100 cm ²
測定条件	機器効率	30% (⁶⁰ Co) 以上	50%/2π ±25%以内 (37.5～62.5%)
	線源効率	0.4 (－)	0.4 (－)
	走査速度	2cm/sec 以下	8cm/sec 以下
	測定場所の BG 条件	150cpm 以下	600cpm 以下
	検出限界値の確認	対象物の表面汚染密度が \square Bq/cm ² を下回る値であることを確認する。	

※代表型式である。

(添付 6) 表-4 表面汚染密度の測定方法及び測定条件(2/2)

(2) 間接測定法

- ・間接測定法は、まず、スミア布を用いて約 900cm²を拭き取り、対象物の全面のスクリーニング（汚染の有無）を実施する。汚染がある場合は最大値の箇所を、汚染がない場合は代表点を、スミアろ紙を用いて 100cm²を拭き取り、測定する。表面汚染密度を算出する際の拭き取り効率は 0.1 とし、GM 管式サーベイメータを用いて測定する。
- ・間接測定法の測定条件を下表に示す。

測定器	検出器	GM 管式サーベイメータ
	型式*	TGS-146B
	窓面積	19.6cm ²
測定条件	機器効率	30% (⁶⁰ Co) 以上
	線源効率	0.4 (—)
	拭き取り面積	100 cm ²
	拭き取り効率	0.1 (—)
	測定場所の BG 条件	150cpm 以下
	検出限界値の確認	対象物の表面汚染密度が  Bq/cm ² を下回る値であることを確認する。

※代表型式である。

(添付 6) 表-5 検出限界値の設定(1/3)

検出限界値 (0.05Bq/g : 評価対象核種 ^{60}Co) に計数率の不確かさ (1.645σ) を考慮しても、基準値を下回ることを以下のとおり確認した。



(添付 6) 表-5 検出限界値の設定(2/3)

<計算手順>



(添付 6) 表-5 検出限界値の設定(3/3)

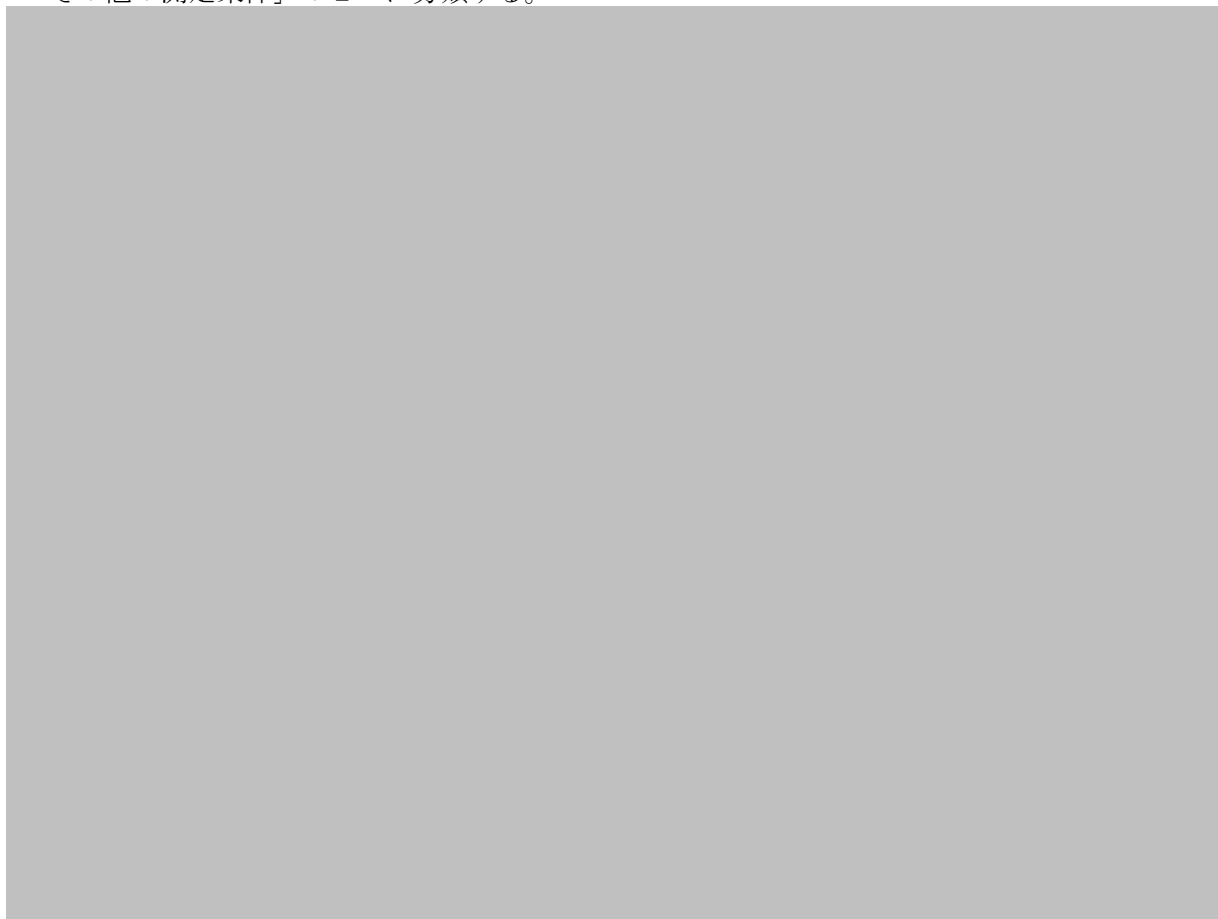
<計算結果>



- ・ 検出限界計数率で D/C (^{60}Co) が 0.5 であれば、計数率の不確かさ (1.645σ) を考慮しても基準値を下回ることを確認した。
- ・ 以上より、検出限界値で 0.05Bq/g (評価対象核種 (^{60}Co)) 以下を測定条件とする。

(添付 6) 表-6 測定条件の設定に対する不確かさ (1/9)

測定条件等の設定に対する不確かさとして、「(1) 放射能換算係数の設定」と「(2) その他の測定条件」の2つに分類する。



(添付 6) 表-6 測定条件の設定に対する不確かさ (2/9)

(1) 放射能換算係数の設定の不確かさ



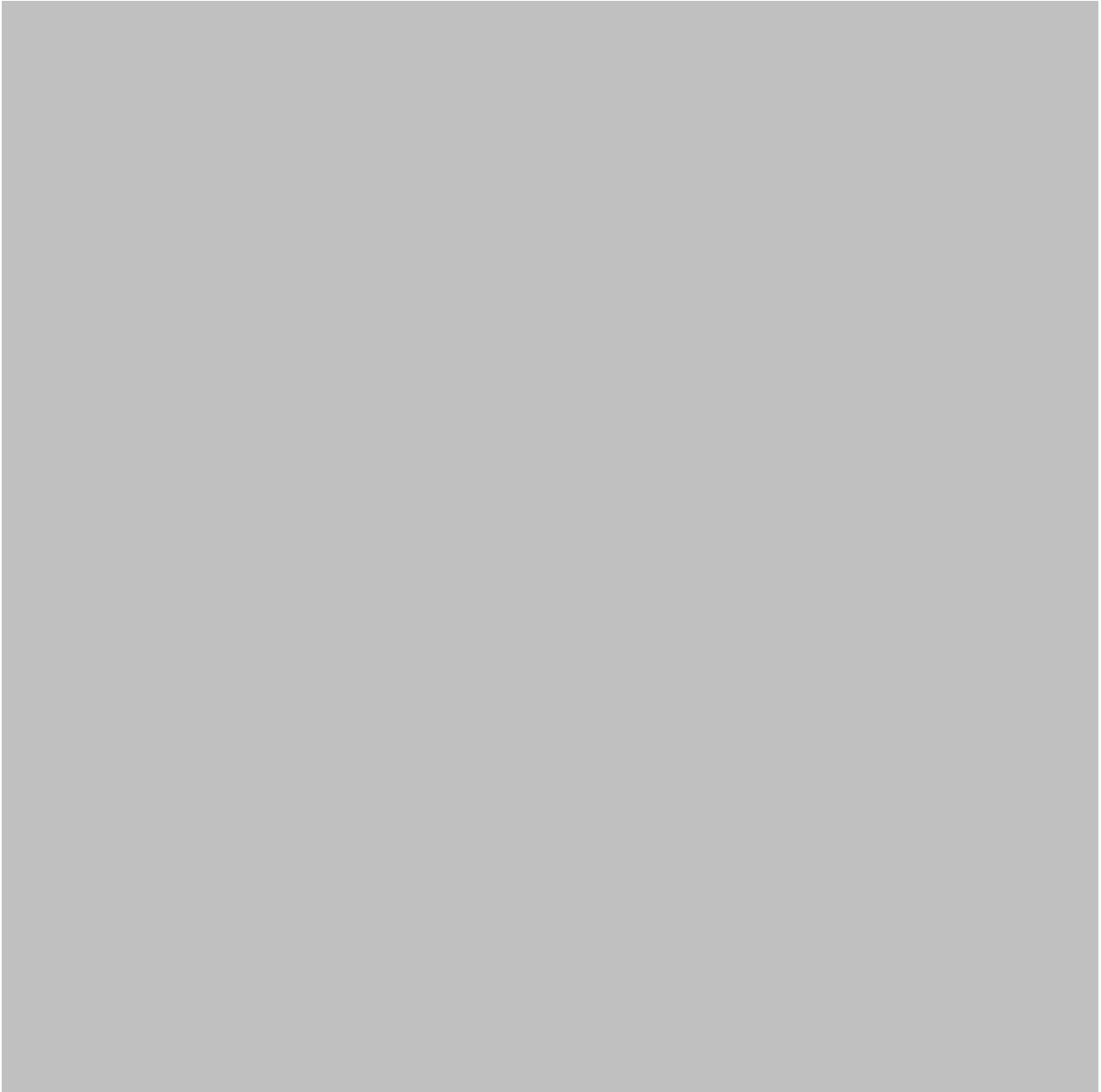
(添付 6) 表-6 測定条件の設定に対する不確かさ (3/9)



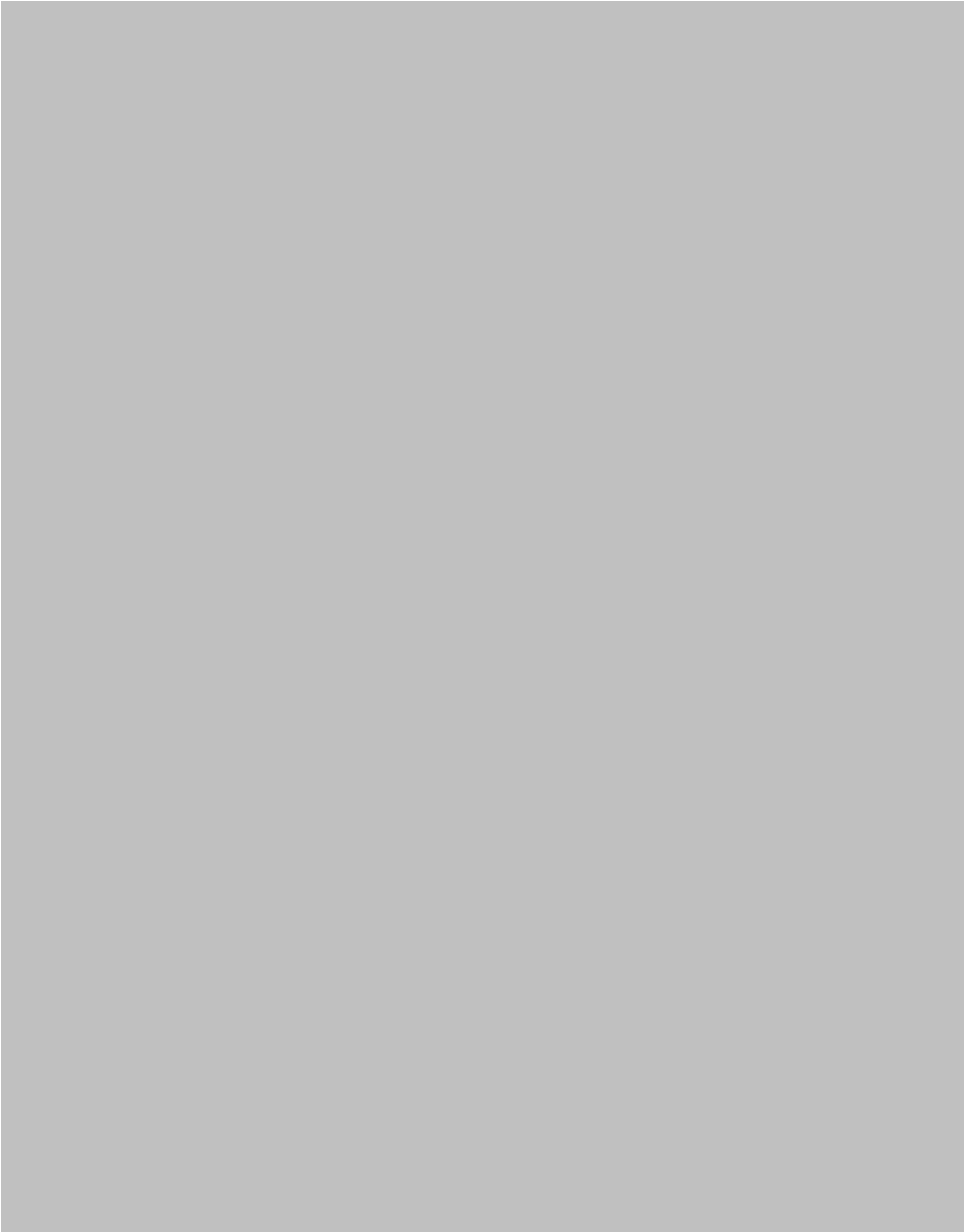
(添付 6) 表-6 測定条件の設定に対する不確かさ (4/9)



(添付 6) 表-6 測定条件の設定に対する不確かさ (5/9)



(添付 6) 表-6 測定条件の設定に対する不確かさ (6/9)



(添付 6) 表-6 測定条件の設定に対する不確かさ (7/9)



(添付 6) 表-6 測定条件の設定に対する不確かさ (8/9)

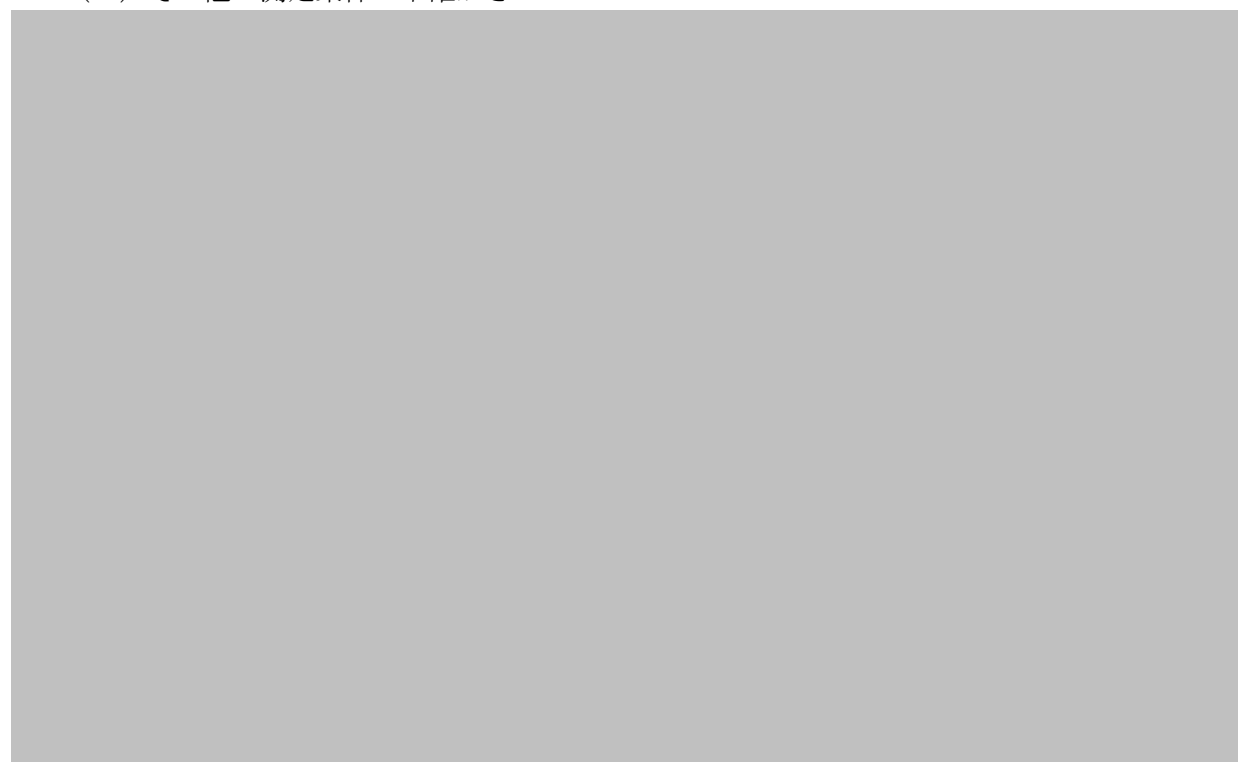
(2) 評価対象核種 (^{60}Co) の計数率の不確かさ



(添付 6) 表-6 測定条件の設定に対する不確かさ (9/9)



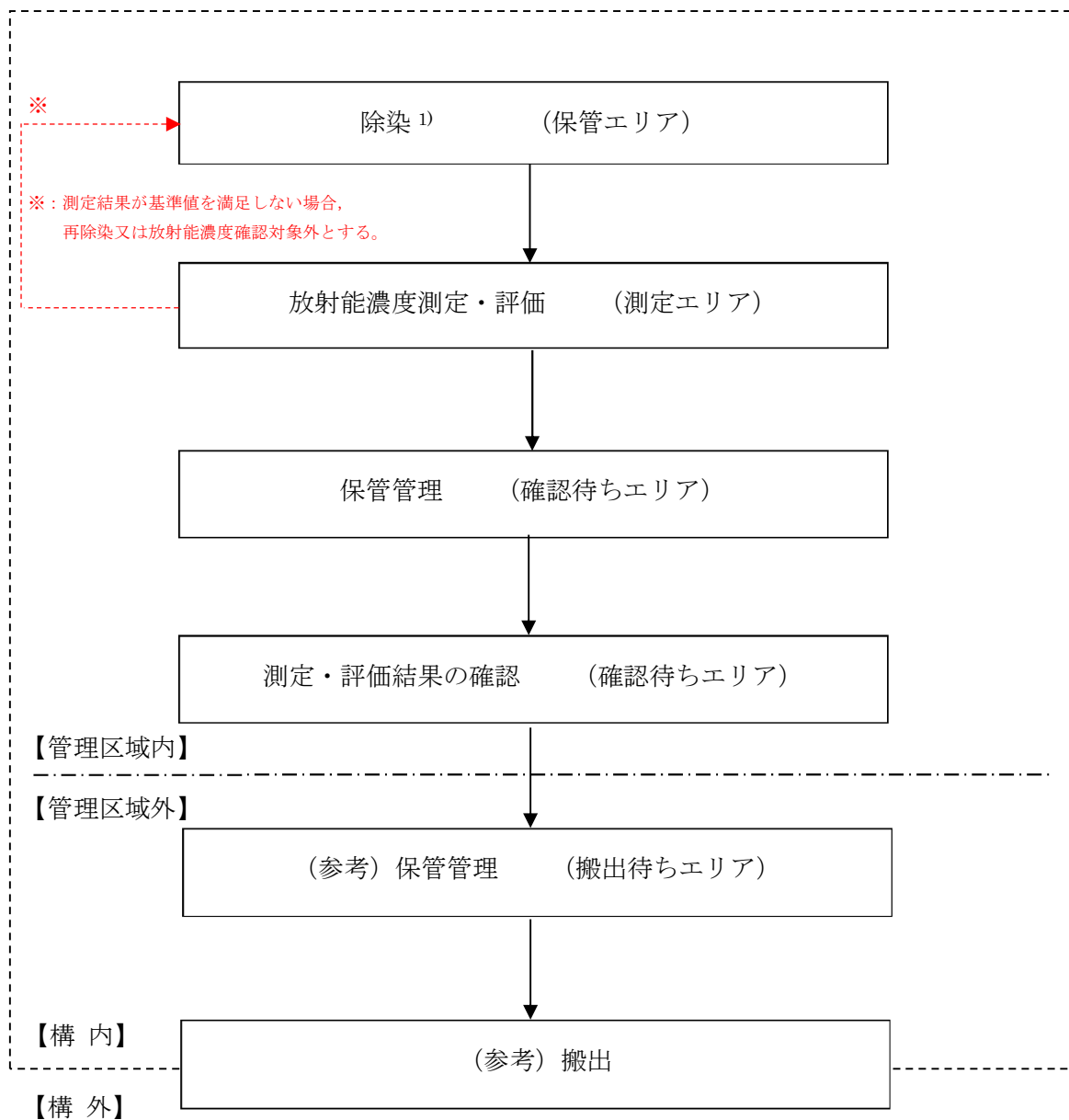
(3) その他の測定条件の不確かさ



添付書類 七 図表リスト

- (添付 7) 図-1 放射能濃度確認対象物の基本処理フロー
(添付 7) 表-1 管理事項

(添付 7) 図-1 放射能濃度確認対象物の基本処理フロー



1) 実施済。必要に応じて、追加で実施する場合もある。

(添付7) 表-1 管理事項

各エリアにおける管理事項を以下に示す。

エリア 要求事項	保管 エリア	測定 エリア	確認 待ち エリア
汚染のおそれのある管理区域 ¹⁾	○		
汚染のおそれのない管理区域	○	○	○
除染，表面汚染密度の確認 ²⁾	○		
区画（異物の混入防止，追加汚染防止）	○	○	○
施錠（出入管理）	○	○	○
保管状況の確認	○	○	○
「測定前後」又は「確認前後」の識別		○	○
当該エリアからの移動経路の確認	○	○	○

1) 原子炉の運転及び停止期間において放射化汚染の影響は無く，二次的な汚染を対象とし，二次的な汚染の追加汚染防止措置を講じて対象物を保管する。

2) 当該以外でも，必要に応じて実施する。

(参考) 用語集

1.

2. 解析体系のモデル化

放射化汚染の条件となる「主蒸気中の ^{17}N 線」の中性子束を中性子輸送計算により求める解析体系。具体的には、「(添付 3) 表-1」に示す低圧タービン車室内構造の解析体系。

3. 基準核種

規則 33 核種のうち、基準となる核種。本申請は ^{60}Co を基準核種として二次的な汚染の放射能濃度比を整理。

4. 基準値

規則別表第 2 欄の放射能濃度。規則別表第 2 欄の放射能濃度の単位は Bq/kg となっているが、本申請書では放射能濃度の単位は Bq/g として扱う。

5. 規則

「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 8 月 13 日施行, 原子力規制委員会規則第 16 号)。

6. 規則 33 核種

「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 8 月 13 日施行, 原子力規制委員会規則第 16 号) 別表第 1 欄の放射性物質のうち、「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係る審査基準」(令和 2 年 8 月 13 日施行, 原規規発第 2007294 号, 原子力規制委員会決定。) 別記第 1 号に掲げる 33 種類の放射性物質。

7. 規則 32 核種

規則 33 核種のうち ^3H を除く 32 核種。

8. 国の確認


法第 61 条の 2 第 1 項に基づく放射能濃度の確認。

9.




10. ケース A

放射線測定装置の検出器と「測定領域」との位置関係により、検出器と「測定領域」の間に遮へいとなる部分が存在しない場合。具体的には、「(添付 6) 図-1」に示す、



11. ケース B

放射線測定装置の検出器と「測定領域」との位置関係により、検出器と「測定領域」の間に遮へいとなる部分が存在する場合。具体的には、「(添付 6) 図-1」に示す、



12. 重要度

規則 33 核種の放射能濃度 (D) を規則別表第 2 欄の放射能濃度 (C) で除した比率 (D/C) のことをいう。

13. 主蒸気中の ^{17}N 線

主蒸気に含まれる中性子源 (^{17}N : 半減期 約 4 秒) が β 崩壊して ^{16}O になる際に放出される中性子線。本申請の放射化汚染の線源。

14.



15. 審査基準

「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係る審査基準」（令和 2 年 8 月 13 日施行，原規規発第 2007294 号，原子力規制委員会決定。）

16. 相対比率計算法

放射化計算で当該核種の核種組成比を求める手法。

17. 測定単位

測定により放射能濃度を求める最小の重量単位。

18. 測定領域

「測定単位」のうち，単一の放射線測定装置で 1 回の測定で放射エネルギーを測定する領域。「測定単位」の形状により「測定領域」は複数になる場合がある。

19. 代表核種比率

CP 核種の代表核種である ^{60}Co と FP 核種の代表核種である ^{137}Cs の放射能濃度比 ($^{137}\text{Cs}/^{60}\text{Co}$)。

20. 低圧車軸

浜岡 4 号炉低圧タービンロータ車軸。

21. 二次的な汚染

放射性物質が付着することによる汚染。

22. 浜岡 1, 2 号炉解体クリアランス認可申請書

浜岡原子力発電所において用いた資材等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の認可申請書（平成 29 年 10 月 17 日付け本浜岡発第 109 号にて申請，平成 30 年 11 月 29 日付け本浜岡発第 106 号及び平成 31 年 2 月 15 日付け本浜岡発第 112 号にて一部補正）

23. 浜岡 4 号炉

浜岡原子力発電所 4 号原子炉施設。

24. 浜岡 5 号炉

浜岡原子力発電所 5 号原子炉施設。

25.

26. 評価対象核種

評価に用いる放射性物質。

放射能濃度算出核種における D/C の総和への寄与率が高く、対象物の判断に当たって放射能濃度測定・評価の対象となる放射性核種。

27. 評価単位

対象物の放射能濃度を判断する際に用いる取扱い単位。

28. 表面汚染密度

単位面積あたりの放射エネルギー。

本申請では、⁶⁰Co 相当の表面汚染密度は、「⁶⁰Co 相当」の記載を省略する。

29. フォールアウト

福島第一原子力発電所事故由来の放射性物質の降下物。

30. 法

核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律。

31. 放射化汚染

中性子線の照射を受け放射性物質が生成されることによる汚染。

32. 放射化学分析

物質に含まれる放射性核種の放射能を測定して、その核種の種類、量、濃度などを知る化学分析法をいい、本申請では表面汚染密度の測定も含む。

33. 放射化計算法

中性子束、対象物の元素組成、中性子の照射条件及び放射化断面積を基に、放射化計算により当該核種の放射能濃度を求める手法。

34. 放射能濃度対象物（「対象物」と略称）

本申請において、国の確認の対象にしようとするもの。

35. 保管エリア等

保管エリア，測定エリア，確認待ちエリアの総称。

36. CP 核種

一次冷却設備から溶解した腐食生成物が炉心中性子で放射化されて生成した放射性腐食生成物及び一次冷却水が炉心中性子で放射化されて生成する放射性物質。

37. FP 核種

燃料棒表面に付着したウランが炉心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。

38. $\Sigma D/C$

評価対象核種毎に算出された D/C を評価対象核種全体で総和を求めること。

D：評価値，C：基準値

39. 95%上限値

95%信頼区間の片側上限値。

以 上