

浜岡発第 102 号  
令和 2 年 6 月 5 日

原子力規制委員会 殿

住 所 名古屋市東区東新町 1 番地  
申 請 者 名 中部電力株式会社  
代 表 者 氏 名 代表取締役社長 林 欣吾  
社 長 執 行 役 員

**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  
(浜岡原子力発電所 4 号原子炉施設の低圧タービンロータの車軸)**

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規則に関する法律」第 61 条の 2 第 2 項の規定に基づき、下記のとおり「浜岡原子力発電所 4 号原子炉施設の低圧タービンロータの車軸」（以下、「低圧車軸」という。）に含まれる放射性物質の放射能濃度の測定及び評価方法の認可の申請をいたします。

記

**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じ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じる施設の名称**

名 称 浜岡原子力発電所 4 号原子炉施設

本資料のうち、灰色のマスキングの内容は機密に係る事項のため公開できません。

- ・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。）が生じる施設の詳細は「添付書類一」に記載した。

#### 四 放射能濃度確認対象物の種類

- ・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（合計重量約 334 トン）
- ・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今回の対象物である。対象物の概要を「(本文) 図-1」に示す。
- ・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、対象物中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。
- ・選択方法は「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」（令和元年 9 月 11 日，原規規発第 1909112 号，原子力規制委員会決定）に準拠する。（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，「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，「規則」という。）別表第 1 第 1 欄の 33 種類の放射性物質（以下，「規則 33 核種」という。）を対象に，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（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）及び二次的な汚染（放射性物質が付着することによる汚染）の放射能濃度を評価し，「(本文) 図-3」に示す「評価対象核種を選択フロー」に従い，「放射化汚染」及び「二次的な汚染」の評価対象核種を別々に選択する。

#### (1) 放射化汚染

- ・放射化汚染の放射能濃度は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。
- ・規則 33 核種の放射能濃度（D）を算出し，それぞれを規則別表第 1 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「 $(\Sigma D/C$  (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。その際、比率 (D/C) の最大値が 0.03 (33 分の 1) 以下の場合、比率 (D/C) が最大値となる核種のみを評価対象核種として選択する。

## (2) 二次的な汚染

- ・二次的な汚染の放射能濃度は、放射化計算 (相対比率計算法) 又は代表試料の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に、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「一次冷却水及び不純物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。)
- ・基準核種を  $^{60}\text{Co}$  とし、基準核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) の放射能濃度を 1 (Bq/g) として、規則 33 核種から  $^3\text{H}$  を除く 32 核種 (以下、「規則 32 核種」という。) の放射能濃度を算出する。算出した規則 32 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 (以下、「 $\Sigma D/C$  (規則 32 核種)」という。) を求める。
- ・規則 32 核種のうち、比率 (D/C) が大きい核種から順に選択し、 $\Sigma D/C$  (選択核種) を  $\Sigma D/C$  (規則 32 核種) で除した比率 ( $\Sigma D/C$  (選択核種) /  $\Sigma D/C$  (規則 32 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。
- ・ $^3\text{H}$  は、代表試料の表面汚染密度の放射化学分析の結果及び対象物の比表面積を用いて放射能濃度を求める。放射能濃度 (D) を基準値 (C) で除した比率 (D/C) が 0.01 (100 分の 1) 以上の場合は評価対象核種として選択し、比率 (D/C) が 0.01 (100 分の 1) 未満の場合は対象物に含まれる放射性物質の放射能濃度を評価する上で重要とならないと判断し評価対象核種として選択しない。
- ・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）

- ・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

- ・放射化汚染の評価に用いる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

- ・二次的な汚染の評価に用いる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， $^{137}\text{Cs}$  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を選択に影響はないと判断した。（参考文献 5）
- ・放射化汚染及び二次的な汚染の放射能濃度の評価方法を「(本文) 表-1」に，評価結果を「(本文) 表-2」に示す。放射能濃度の評価結果を基に，放射化汚染及び二次的な汚染における評価対象核種を選択を以下のとおり行った。

#### (1) 放射化汚染

- ・放射化汚染の評価対象核種は，「(本文) 表-2」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（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。）を終える期限を設定基準日から 3 年を想定し，さらに 7 年の余裕期間を設定），比率「 $(\sum D/C (\text{選択核種})) / (\sum D/C (\text{規則 33 核種}))$ 」が 0.9 以上となる核種は  $^{60}\text{Co}$  となり，また，比率  $(D/C)$  の最大値は  $D/C (^{60}\text{Co})$  の  $3.8 \times 10^{-4}$  であり 0.03（33 分の 1）以下となることから， $^{60}\text{Co}$  の 1 核種を評価対象核種として選択する。

## (2) 二次的な汚染

- 二次的な汚染の評価対象核種のうち規則 32 核種では、「(本文) 表-2」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 年間の期間、比率( $\Sigma D/C$ (選択核種) /  $\Sigma D/C$ (規則 32 核種))が 0.9 以上となる核種は  $^{60}\text{Co}$  の 1 核種となる。
- $^3\text{H}$  の放射能濃度は、代表試料の分析結果を基に、「表面汚染密度( $\text{Bq}/\text{cm}^2$ )の代表値」に「比表面積の代表値( $\text{cm}^2/\text{g}$ : 重量あたりの表面積)」を乗じて求める。表面汚染密度は、代表試料の分析結果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である  $6.0 \times 10^{-2}$  ( $\text{Bq}/\text{cm}^2$ ) を代表値とする。比表面積は、対象物の中で保守的となる(比表面積が大きい)低圧車軸の第 13-14 段間及び第 14 段翼取付部の比表面積  $2.3 \times 10^{-2}$  ( $\text{cm}^2/\text{g}$ ) を代表値とする。これにより求まる  $^3\text{H}$  の放射能濃度(D)を基準値(C)で除した比率(D/C)は  $1.4 \times 10^{-5}$  であり、0.01(100 分の 1) 未満となることから、対象物に含まれる放射性物質の放射能濃度を評価する上で重要とならないと判断し評価対象核種として選択しない。
- 以上より、二次的な汚染の評価対象核種として  $^{60}\text{Co}$  の 1 核種を選択する。

## (3) まとめ

- 以上より、放射化汚染、二次的な汚染ともに  $^{60}\text{Co}$  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種類を選択方法の詳細は「添付書類三」に記載した。

## 六 放射能濃度の評価単位

### 1. 単位に関する説明

- ・「評価単位」は、「(本文) 図-4」に示すように、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 ( $^{60}\text{Co}$ ) 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. 測定・評価における評価単位及び測定単位の設定・運用

- ・「評価単位」及び「測定単位」の評価対象核種の D/C ( $^{60}\text{Co}$ ) は 1 以下とする。
- ・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ている。したがって、サンプリング測定により「評価単位」の放射能濃度を求めることとし、「評価単位」を構成する代表「測定単位」1 個の放射能濃度を基に「測定単位」間のバラツキを考慮して「評価単位」の放射能濃度を決定する。
- ・「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。
- ・放射能濃度の評価単位の詳細は「添付書類四」に記載した。

## 七 放射能濃度を決定する方法

- ・「測定単位」及び「評価単位」の評価対象核種（ $^{60}\text{Co}$ ）の放射能濃度は、対象物の汚染の性状を考慮し、放射化計算により求めた放射化汚染の放射能濃度と放射線測定装置を用いた測定を基に求めた二次的な汚染の放射能濃度を足し合わせて決定する。
- ・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」の二次的な汚染の放射能濃度の測定日とする。

### 1. 放射化汚染

- ・放射化汚染の放射能濃度を決定する方法は、上記「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）で述べる方法と同じであり、放射化計算法で求めた評価対象核種（ $^{60}\text{Co}$ ）の放射能濃度を「測定単位」及び「評価単位」の放射能濃度とする。

- ・放射化汚染の放射能濃度は

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，放射化計算法で基準設定日（令和 2 年 4 月 1 日）における評価対象核種（ $^{60}\text{Co}$ ）の放射能濃度を求め，これを評価日まで減衰補正して放射化汚染の放射能濃度とする。

### 2. 二次的な汚染

- ・二次的な汚染の放射能濃度は，放射線測定法による評価対象核種（ $^{60}\text{Co}$ ）の放射エネルギーの測定結果を基に求める。
- ・放射線測定装置は 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，「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 を超えないと評価することができることから，「評価単位」の放射能濃度は，「(本文) 図-5」に示すとおり，代表「測定単位」の放射能濃度に基づいて決定する。

### 3. 放射能濃度の決定方法に関する不確かさ



- ・放射能濃度を決定する方法の詳細は「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」、汚染の性状等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

- ・放射化汚染の放射能濃度は、放射化計算で求めるため、放射線測定装置は用いない。
- ・二次的な汚染の放射能濃度は、原則として Ge 半導体検出器を用いて求める。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求めるが、NaI シンチレーションサーベイメータが近接できない狭隘部は表面汚染密度の代表値を用いて当該箇所の放射エネルギーとする。
- ・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. 測定条件等

- ・測定条件等とは、代表「測定単位」における評価対象核種の D/C ( $^{60}\text{Co}$ ) 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 ( $^{60}\text{Co}$ ) 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 ( $^{60}\text{Co}$ ) の計数率、点検・校正及び不確かさを考慮する。

#### 2.1 評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) 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 ( $^{60}\text{Co}$ ) の計数率 ( $\text{s}^{-1}$ ) 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。



### (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，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。
- ・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 ( $^{60}\text{Co}$ ) 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，代表「測定単位」の D/C ( $^{60}\text{Co}$ ) 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，検出限界値相当で  $0.05 \text{ Bq/g}$  ( $^{60}\text{Co}$ ) 以下となるような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 ( $^{60}\text{Co}$ ) の計数率

- ・放射能濃度評価に用いる評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) 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 ( $^{60}\text{Co}$ ) 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 ( $^{60}\text{Co}$ ) のものとして放射エネルギー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 ( $^{60}\text{Co}$ ) 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 ( <sup>60</sup> Co) の測定結果	評価に用いる計数率 (s <sup>-1</sup> )	
	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 (<sup>60</sup>Co) 以下とならない場合、測定条件等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、放射化汚染と二次的な汚染の D/C (<sup>60</sup>Co) の合計値が代表「測定単位」及び「評価単位」で 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。

## 3. 測定条件等の設定に関する不確かさ

- 放射線測定装置の種類及び測定条件の詳細は「添付書類六」に記載した。

## 九 放射能濃度確認対象物の管理方法

### 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。
- ・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」（二次的な汚染の測定を行う場所）に対象物を運搬する。
- ・「測定エリア」で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、放射化汚染と二次的な汚染の D/C ( $^{60}\text{Co}$ ) の合計値がいずれの「評価単位」においても 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. 対象物の管理方法

- ・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の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。
- ・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。
- ・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。
- ・放射能濃度の測定から国の確認までの間、厳格な品質管理を行う。
- ・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。
- ・測定及び評価を行った結果、放射化汚染と二次的な汚染の D/C ( $^{60}\text{Co}$ ) の合計値がいずれの「評価単位」においても 1 以下となることを確認した低圧車軸は、評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) の半減期（約 5.3 年）を考慮

し、最初の「評価単位」の測定日から1年以内に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。
- ・管理事項の詳細を「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。
- ・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」（令和元年9月11日，原規規発第1909112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」

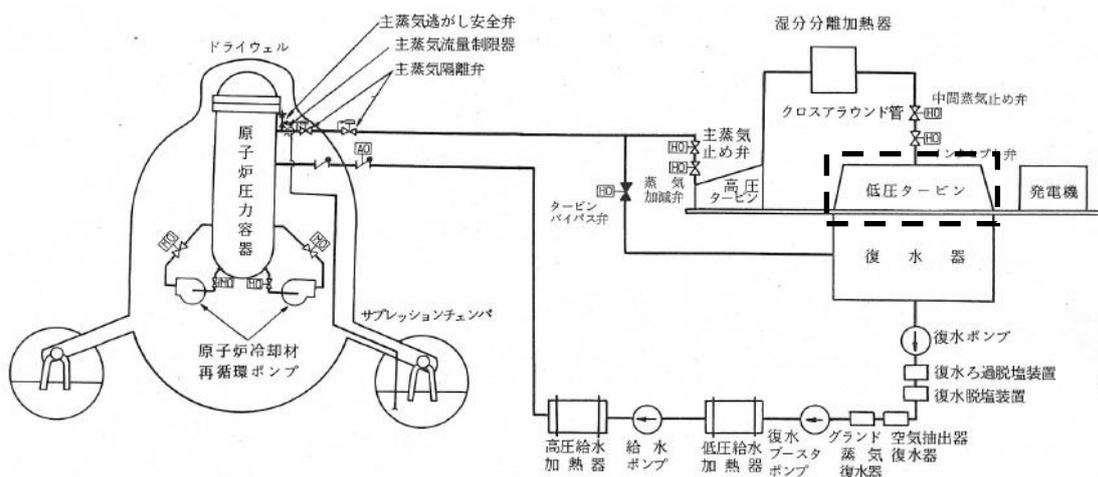
## 本文 図表リスト

(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	サンプリング測定
(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

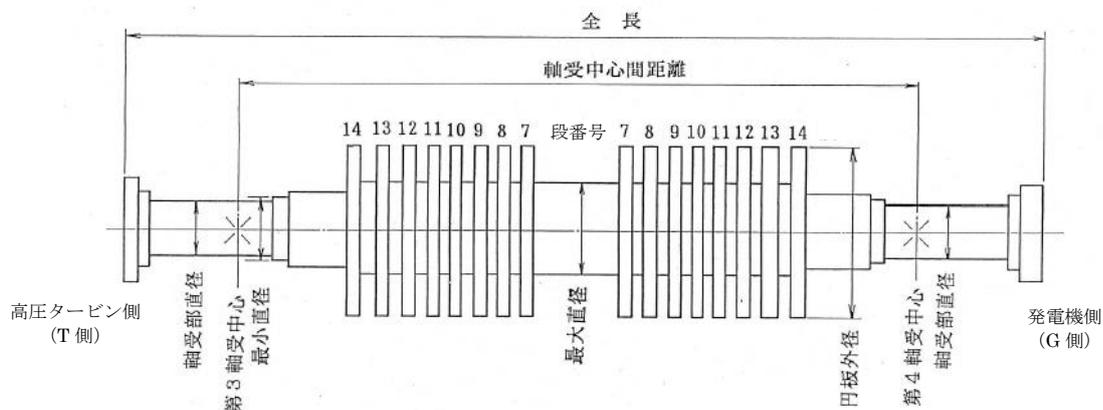
(本文) 図-1 タービン設備の概要

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。

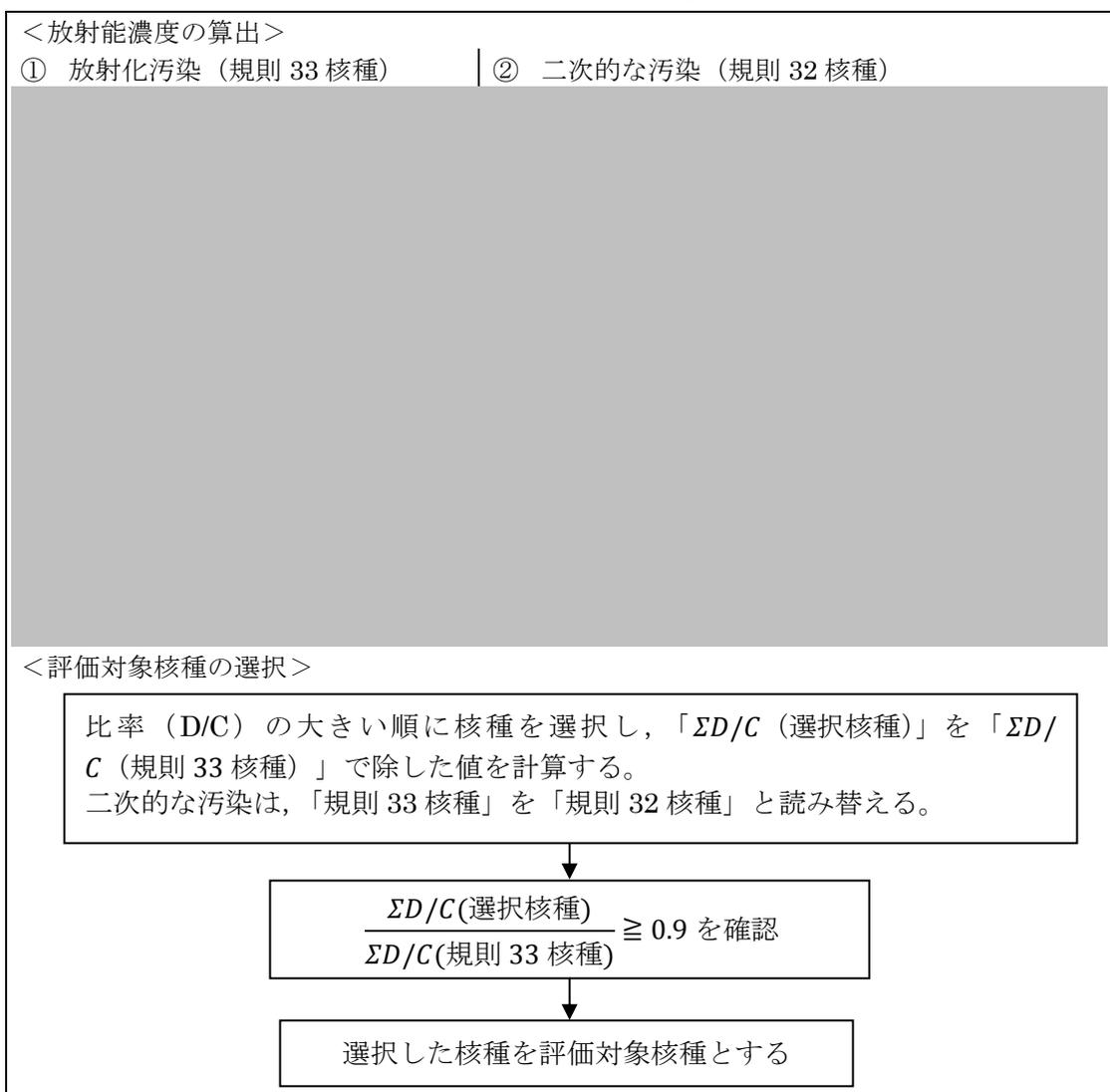


出典 浜岡原子力発電所原子炉設置変更許可申請書 (5号原子炉の増設)

### (本文) 図-3 評価対象核種の選択フロー

下図のフローに従い「放射化汚染」及び「二次的な汚染」の放射能濃度を別々に算出し、それぞれ評価対象核種を選択する。

#### (1) 放射化汚染の規則 33 核種及び二次的な汚染の規則 32 核種

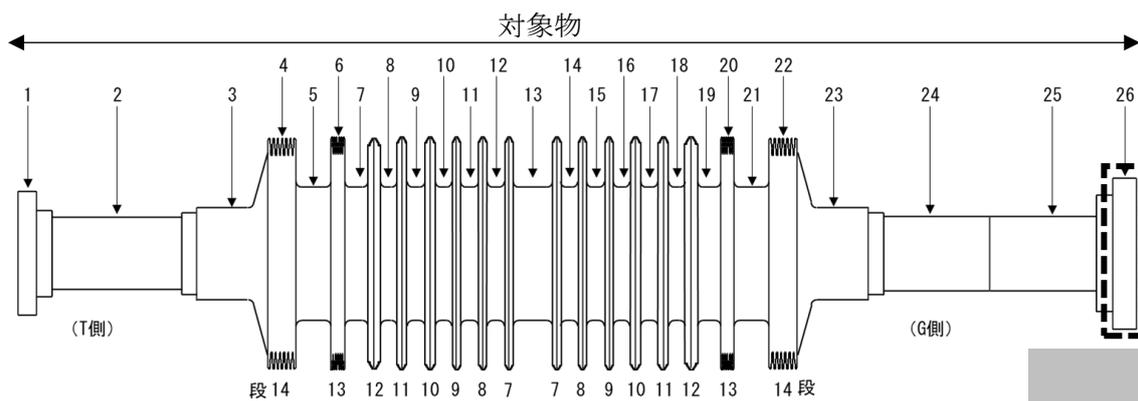


#### (2) 二次的な汚染の $^3\text{H}$

- 二次的な汚染の  $^3\text{H}$  の放射能濃度は、代表試料の分析結果 (表面汚染密度) を基に算出する。具体的には、表面汚染密度の代表値と比表面積の代表値の積により求める。
- 求めた  $^3\text{H}$  の放射能濃度を基準値で除し、比率 (D/C) を計算する。
- 計算した比率 (D/C) が 0.01 (100 分の 1) 以上の場合、評価対象核種として選択する。0.01 (100 分の 1) 未満の場合、対象物中に含まれる放射性物質の放射能濃度を評価する上で  $^3\text{H}$  は重要とならないものと判断し、評価対象核種として選択しない。

(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 サンプリング測定



(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)

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

(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(1/3)

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結果を以下に示す。

(単位：Bq/g) (令和2年4月1日時点)

核種	放射化汚染	二次的な汚染
<sup>3</sup> H	2.6×10 <sup>-8</sup>	—
<sup>14</sup> C	6.6×10 <sup>-9</sup>	1.2×10 <sup>-2</sup>
<sup>36</sup> Cl	2.4×10 <sup>-13</sup>	2.2×10 <sup>-4</sup>
<sup>41</sup> Ca	1.3×10 <sup>-12</sup>	6.5×10 <sup>-8</sup>
<sup>46</sup> Sc	1.0×10 <sup>-20</sup>	0
<sup>54</sup> Mn	1.7×10 <sup>-9</sup>	3.8×10 <sup>-4</sup>
<sup>55</sup> Fe	1.7×10 <sup>-4</sup>	5.2×10 <sup>-1</sup>
<sup>59</sup> Fe	8.4×10 <sup>-27</sup>	0
<sup>58</sup> Co	3.3×10 <sup>-19</sup>	0
<sup>60</sup> Co	3.8×10 <sup>-5</sup>	1.0
<sup>59</sup> Ni	2.8×10 <sup>-7</sup>	2.5×10 <sup>-3</sup>
<sup>63</sup> Ni	3.0×10 <sup>-5</sup>	2.7×10 <sup>-1</sup>
<sup>65</sup> Zn	1.7×10 <sup>-12</sup>	1.2×10 <sup>-6</sup>
<sup>90</sup> Sr	1.1×10 <sup>-11</sup>	1.8×10 <sup>-2</sup>
<sup>94</sup> Nb	2.1×10 <sup>-11</sup>	2.0×10 <sup>-6</sup>
<sup>95</sup> Nb	3.4×10 <sup>-37</sup>	0
<sup>99</sup> Tc	2.0×10 <sup>-9</sup>	4.8×10 <sup>-6</sup>
<sup>106</sup> Ru	1.0×10 <sup>-14</sup>	2.5×10 <sup>-5</sup>
<sup>108m</sup> Ag	5.7×10 <sup>-12</sup>	2.9×10 <sup>-6</sup>
<sup>110m</sup> Ag	8.4×10 <sup>-13</sup>	6.1×10 <sup>-8</sup>
<sup>124</sup> Sb	1.2×10 <sup>-22</sup>	0
<sup>123m</sup> Te	2.1×10 <sup>-19</sup>	0
<sup>129</sup> I	2.6×10 <sup>-17</sup>	1.9×10 <sup>-7</sup>
<sup>134</sup> Cs	6.2×10 <sup>-10</sup>	3.8×10 <sup>-5</sup>
<sup>137</sup> Cs	1.2×10 <sup>-11</sup>	2.1×10 <sup>-2</sup>
<sup>133</sup> Ba	6.5×10 <sup>-13</sup>	6.3×10 <sup>-5</sup>
<sup>152</sup> Eu	4.5×10 <sup>-8</sup>	3.5×10 <sup>-4</sup>
<sup>154</sup> Eu	7.8×10 <sup>-9</sup>	4.3×10 <sup>-5</sup>
<sup>160</sup> Tb	4.2×10 <sup>-22</sup>	0
<sup>182</sup> Ta	2.5×10 <sup>-16</sup>	0
<sup>239</sup> Pu	1.2×10 <sup>-11</sup>	1.2×10 <sup>-3</sup>
<sup>241</sup> Pu	0	1.7×10 <sup>-19</sup>
<sup>241</sup> Am	0	7.3×10 <sup>-21</sup>

<補足>

- ・二次的な汚染は、基準核種 (<sup>60</sup>Co) に対する放射能濃度比として整理している。
- ・二次的な汚染の <sup>3</sup>H は、「(本文) 図-3」及び次頁(2/3)のとおり、規則 32 核種の放射能濃度の評価結果とは別に評価しているので、記載していない。

(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(2/3)

二次的な汚染の評価対象核種を選択するための<sup>3</sup>HのD/Cを評価した結果を以下に示す。

(令和2年4月1日時点)

表面汚染密度 (①) (Bq/cm <sup>2</sup> )	比表面積 (②) (cm <sup>2</sup> /g)	基準値 (③) (Bq/g)	D/C (①×②/③) (-)
6.0×10 <sup>-2</sup>	2.3×10 <sup>-2</sup>	100	1.4×10 <sup>-5</sup>

(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(3/3)

評価対象核種の選択に用いる放射化汚染及び二次的な汚染の D/C を以下に示す。放射化汚染及び二次的な汚染ともに、令和 12 年 4 月 1 日時点においても D/C ( $^{60}\text{Co}$ ) の割合が 0.9 以上である。

	核種	基準値 C (Bq/g)	D/C (-)			
			令和 2 年 4 月 1 日時点		令和 12 年 4 月 1 日時点	
			放射化汚染	二次的な汚染	放射化汚染	二次的な汚染
1	$^3\text{H}$	100	$2.6 \times 10^{-10}$	—	$1.5 \times 10^{-10}$	—
2	$^{14}\text{C}$	1	$6.6 \times 10^{-9}$	$1.2 \times 10^{-2}$	$6.6 \times 10^{-9}$	$4.5 \times 10^{-2}$
3	$^{36}\text{Cl}$	1	$2.4 \times 10^{-13}$	$2.2 \times 10^{-4}$	$2.4 \times 10^{-13}$	$8.3 \times 10^{-4}$
4	$^{41}\text{Ca}$	100	$1.3 \times 10^{-14}$	$6.5 \times 10^{-10}$	$1.3 \times 10^{-14}$	$2.4 \times 10^{-9}$
5	$^{46}\text{Sc}$	0.1	$1.0 \times 10^{-19}$	0	$8.0 \times 10^{-33}$	0
6	$^{54}\text{Mn}$	0.1	$1.7 \times 10^{-8}$	$3.8 \times 10^{-3}$	$5.0 \times 10^{-12}$	$4.3 \times 10^{-6}$
7	$^{55}\text{Fe}$	1000	$1.7 \times 10^{-7}$	$5.2 \times 10^{-4}$	$1.3 \times 10^{-8}$	$1.5 \times 10^{-4}$
8	$^{59}\text{Fe}$	1	$8.4 \times 10^{-27}$	0	$1.7 \times 10^{-51}$	0
9	$^{58}\text{Co}$	1	$3.3 \times 10^{-19}$	0	$1.0 \times 10^{-34}$	0
10	$^{60}\text{Co}$	0.1	$3.8 \times 10^{-4}$	$1.0 \times 10^1$ ※1	$1.0 \times 10^{-4}$	$1.0 \times 10^1$ ※1
11	$^{59}\text{Ni}$	100	$2.8 \times 10^{-9}$	$2.5 \times 10^{-5}$	$2.8 \times 10^{-9}$	$9.2 \times 10^{-5}$
12	$^{63}\text{Ni}$	100	$3.0 \times 10^{-7}$	$2.7 \times 10^{-3}$	$2.8 \times 10^{-7}$	$9.4 \times 10^{-3}$
13	$^{65}\text{Zn}$	0.1	$1.7 \times 10^{-11}$	$1.2 \times 10^{-5}$	$5.4 \times 10^{-16}$	$1.4 \times 10^{-9}$
14	$^{90}\text{Sr}$	1	$1.1 \times 10^{-11}$	$1.8 \times 10^{-2}$	$8.4 \times 10^{-12}$	$5.2 \times 10^{-2}$
15	$^{94}\text{Nb}$	0.1	$2.1 \times 10^{-10}$	$2.0 \times 10^{-5}$	$2.1 \times 10^{-10}$	$7.3 \times 10^{-5}$
16	$^{95}\text{Nb}$	1	$3.4 \times 10^{-37}$	0	$1.2 \times 10^{-68}$	0
17	$^{99}\text{Tc}$	1	$2.0 \times 10^{-9}$	$4.8 \times 10^{-6}$	$2.0 \times 10^{-9}$	$1.8 \times 10^{-5}$
18	$^{106}\text{Ru}$	0.1	$1.0 \times 10^{-13}$	$2.5 \times 10^{-4}$	$1.2 \times 10^{-16}$	$1.1 \times 10^{-6}$
19	$^{108\text{m}}\text{Ag}$	0.1	$5.7 \times 10^{-11}$	$2.9 \times 10^{-5}$	$5.6 \times 10^{-11}$	$1.1 \times 10^{-4}$
20	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	0.1	$8.4 \times 10^{-12}$	$6.1 \times 10^{-7}$	$3.3 \times 10^{-16}$	$8.9 \times 10^{-11}$
21	$^{124}\text{Sb}$	1	$1.2 \times 10^{-22}$	0	$6.3 \times 10^{-41}$	0
22	$^{123\text{m}}\text{Te}$	1	$2.1 \times 10^{-19}$	0	$1.4 \times 10^{-28}$	0
23	$^{129}\text{I}$	0.01	$2.6 \times 10^{-15}$	$1.9 \times 10^{-5}$	$2.6 \times 10^{-15}$	$7.0 \times 10^{-5}$
24	$^{134}\text{Cs}$	0.1	$6.2 \times 10^{-9}$	$3.8 \times 10^{-4}$	$2.2 \times 10^{-10}$	$4.9 \times 10^{-5}$
25	$^{137}\text{Cs}$	0.1	$1.2 \times 10^{-10}$	$2.1 \times 10^{-1}$	$9.2 \times 10^{-11}$	$6.1 \times 10^{-1}$
26	$^{133}\text{Ba}$	0.1	$6.5 \times 10^{-12}$	$6.3 \times 10^{-4}$	$3.4 \times 10^{-12}$	$1.2 \times 10^{-3}$
27	$^{152}\text{Eu}$	0.1	$4.5 \times 10^{-7}$	$3.5 \times 10^{-3}$	$2.7 \times 10^{-7}$	$7.7 \times 10^{-3}$
28	$^{154}\text{Eu}$	0.1	$7.8 \times 10^{-8}$	$4.3 \times 10^{-4}$	$3.5 \times 10^{-8}$	$7.1 \times 10^{-4}$
29	$^{160}\text{Tb}$	1	$4.2 \times 10^{-22}$	0	$2.6 \times 10^{-37}$	0
30	$^{182}\text{Ta}$	0.1	$2.5 \times 10^{-15}$	0	$6.2 \times 10^{-25}$	0
31	$^{239}\text{Pu}$	0.1	$1.2 \times 10^{-10}$	$1.2 \times 10^{-2}$	$1.2 \times 10^{-10}$	$4.7 \times 10^{-2}$
32	$^{241}\text{Pu}$	10	0	$1.7 \times 10^{-20}$	0	$3.9 \times 10^{-20}$
33	$^{241}\text{Am}$	0.1	0	$7.3 \times 10^{-20}$	0	$3.5 \times 10^{-19}$
規則 33 核種※2 の $\Sigma\text{D/C}$ (A)			$3.8 \times 10^{-4}$	$1.0 \times 10^1$	$1.0 \times 10^{-4}$	$1.1 \times 10^1$
$^{60}\text{Co}$ の D/C (B)			$3.8 \times 10^{-4}$	$1.0 \times 10^1$	$1.0 \times 10^{-4}$	$1.0 \times 10^1$
$^{60}\text{Co}$ の割合 (B/A)			1.0	$9.7 \times 10^{-1}$	1.0	$9.3 \times 10^{-1}$

※1：二次的な汚染の D/C の値は、 $^{60}\text{Co}$  の放射能濃度を 1 (Bq/g) として規格化したものに基づく値である。

※2：二次的な汚染は「規則 33 核種」を「規則 32 核種」に読み替える。

## 添付書類

- 一 放射能濃度確認対象物が生じる施設に関する説明
- 二 放射能濃度確認対象物の発生状況，材質，汚染の状況及び推定量に関する説明
- 三 評価に用いる放射性物質の選択に関する説明
- 四 放射能濃度の評価単位に関する説明
- 五 放射能濃度を決定する方法に関する説明
- 六 放射線測定装置の選択及び測定条件等の設定に関する説明
- 七 放射能濃度確認対象物の管理方法に関する説明
- 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じる施設に関する説明

## 放射能濃度確認対象物が生じる施設に関する説明

- ・対象物が生じる施設は、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 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 <sup>2</sup> 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

放射能濃度確認対象物の発生状況，材質，  
汚染の状況及び推定量に関する説明

## 放射能濃度確認対象物の発生状況、材質、汚染の状況及び推定量に関する説明

### 1. 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 約 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。

### 2. 対象物の材質

### 3. 対象物の汚染の状況

- ・対象物の汚染形態は、放射化汚染及び二次的な汚染である。
- ・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 (汚染性状) 及び汚染の程度 (汚染状況) を以下に示す。

#### 3. 1 対象物の汚染性状

##### (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 ( $^{17}\text{N}$ ：半減期 約 4 秒) が  $\beta$  崩壊して  $^{16}\text{O}$  になる際に放出される中性子線」(以下、「主蒸気中の  $^{17}\text{N}$  線」という。) を対象とし<sup>2</sup>、「主蒸気中の  $^{17}\text{N}$  線」による放射化汚染を想定する。(参考文献 1)

## (2) 二次的な汚染

- ・対象物の二次的な汚染は、主蒸気に含まれる放射性物質の付着による汚染を想定する。
- ・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「一次冷却水及び不純物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核種が混在していると想定する。

## (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である $^{134}\text{Cs}$ 及び $^{137}\text{Cs}$ を想定する。(参考文献2)

### 3. 2 対象物の汚染状況

#### (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. 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を行って求めた。
- ・低圧タービンのうち主蒸気中の中性子源 $^{17}\text{N}$ 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 $^{17}\text{N}$ 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 $^{60}\text{Co}$ 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)。
- ・主蒸気中の中性子源 $^{17}\text{N}$ 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 $^{17}\text{N}$ 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、 $^{60}\text{Co}$ 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未満( $1.4 \times 10^{-4} \text{ Bq/g}$ )であり、また基準値( $0.1 \text{ Bq/g}$ )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）と想定し、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）の表面汚染密度を測定した結果、低圧車軸 (A) は  $1.2 \text{ Bq/cm}^2$ 、低圧車軸 (B) は  $1.5 \text{ Bq/cm}^2$ 、低圧車軸 (C) は  $1.0 \text{ Bq/cm}^2$  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、除染前に表面汚染密度が最も高い値を示した低圧車軸 (B) では  $0.11 \sim 0.44 \text{ Bq/cm}^2$  の範囲で分布し、平均  $0.24 \text{ Bq/cm}^2$  であった（いずれも令和 2 年 4 月 1 日時点）。
- 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  $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{63}\text{Ni}$ 、 $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  を分析した結果、「(添付 2) 表-2」に示すとおり、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{63}\text{Ni}$ 、 $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  を検出し、 $^3\text{H}$  及び  $^{14}\text{C}$  は検出限界値未満であった。検出核種の中では、 $^{60}\text{Co}$  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)<sup>3</sup>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. 対象物の推定量

### 4. 1 推定量の求め方

- ・対象物の寸法測定を実施し, その結果を基に「(添付 2) 図-2」に示すとおり同形状の部位毎(車軸の外側から中央部に向かってカップリング部, 軸受部, 円錐台部, 翼取付部, 段間部)に形状をモデル化する。
- ・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求めた密度を測定し, これに上記の体積を乗じることにより推定量とする。

### 4. 2 推定量

- ・「(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量は合計約 334 トン<sup>4</sup>である。

<sup>3</sup> 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,  $^{137}\text{Cs}$  相当)であった。

## 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 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) と想定し、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。

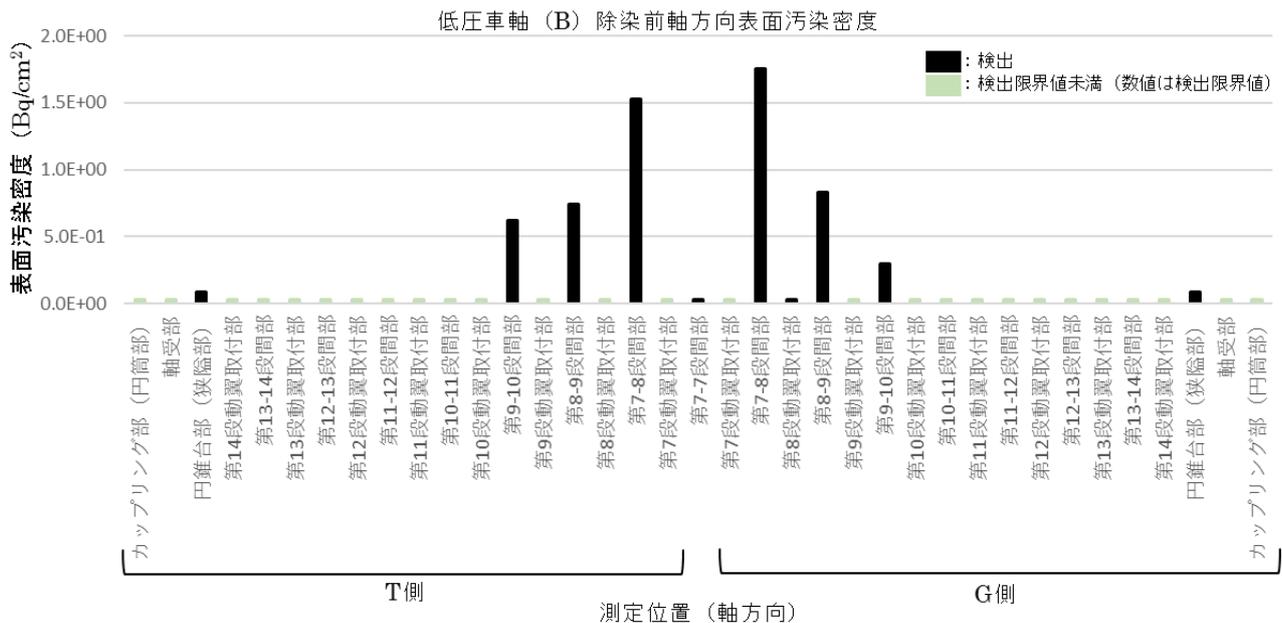
(1) 低圧車軸間の確認 (除染前)

- ・ 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 <sup>2</sup> )
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 <sup>2</sup> )
T側	カップリング部 (円筒部)	$< 2.6 \times 10^{-2}$
	軸受部	$< 2.6 \times 10^{-2}$
	円錐台部 (狭隘部)	$8.3 \times 10^{-2}$
	第14段翼取付部	$< 2.6 \times 10^{-2}$
	第13-14段間部	$< 2.6 \times 10^{-2}$
	第13段翼取付部	$< 2.6 \times 10^{-2}$
	第12-13段間部	$< 2.6 \times 10^{-2}$
	第12段翼取付部	$< 2.6 \times 10^{-2}$
	第11-12段間部	$< 2.6 \times 10^{-2}$
	第11段翼取付部	$< 2.6 \times 10^{-2}$
	第10-11段間部	$< 2.6 \times 10^{-2}$
	第10段翼取付部	$< 2.6 \times 10^{-2}$
	第9-10段間部	$6.2 \times 10^{-1}$
	第9段翼取付部	$< 2.6 \times 10^{-2}$
	第8-9段間部	$7.4 \times 10^{-1}$
	第8段翼取付部	$< 2.6 \times 10^{-2}$
	G側	第7-8段間部
第7段翼取付部		$< 2.6 \times 10^{-2}$
第7-7段間部		$2.9 \times 10^{-2}$
第7段翼取付部		$< 2.6 \times 10^{-2}$
第7-8段間部		1.8
第8段翼取付部		$2.7 \times 10^{-2}$
第8-9段間部		$8.3 \times 10^{-1}$
第9段翼取付部		$< 2.6 \times 10^{-2}$
第9-10段間部		$2.9 \times 10^{-1}$
第10段翼取付部		$< 2.6 \times 10^{-2}$
第10-11段間部		$< 2.6 \times 10^{-2}$
第11段翼取付部		$< 2.6 \times 10^{-2}$
第11-12段間部		$< 2.6 \times 10^{-2}$
第12段翼取付部		$< 2.6 \times 10^{-2}$
第12-13段間部		$< 2.6 \times 10^{-2}$
第13段翼取付部		$< 2.6 \times 10^{-2}$
第13-14段間部		$< 2.6 \times 10^{-2}$
第14段翼取付部	$< 2.6 \times 10^{-2}$	
円錐台部 (狭隘部)	$8.2 \times 10^{-2}$	
軸受部	$< 2.6 \times 10^{-2}$	
カップリング部 (円筒部)	$< 2.6 \times 10^{-2}$	

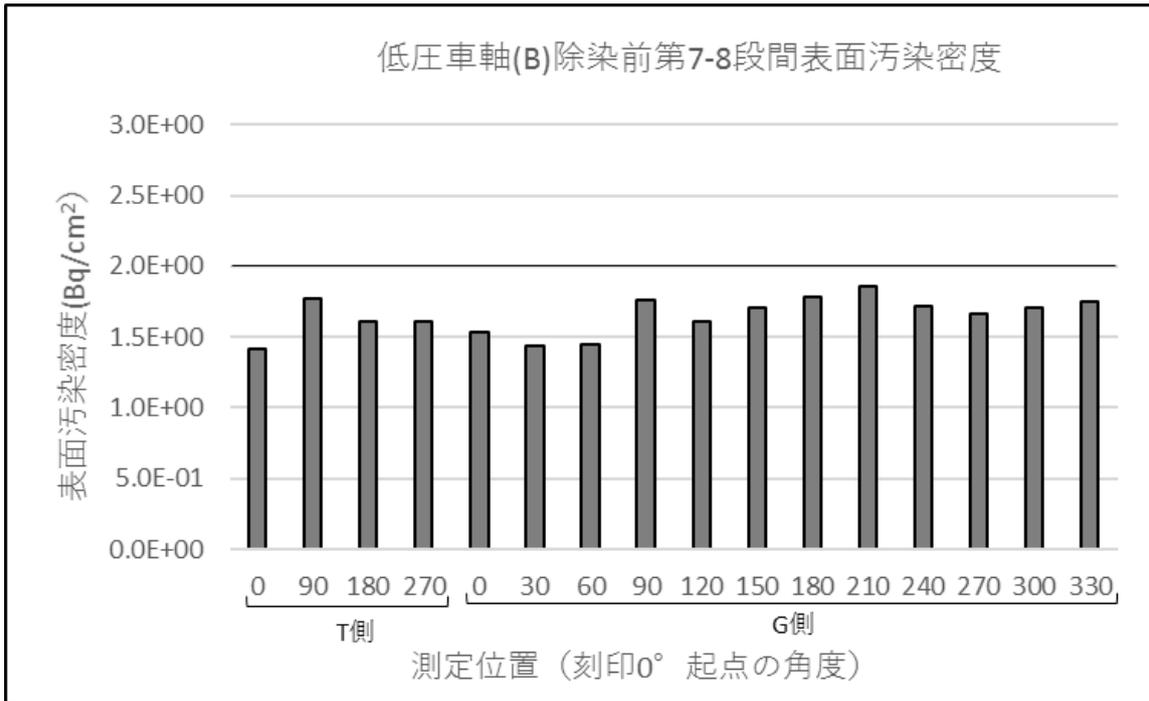
< 補足 >

- ・「<」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/cm <sup>2</sup> )
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 $0.11\sim 0.44\text{Bq/cm}^2$ の範囲で分布し平均 $0.24\text{Bq/cm}^2$ 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。

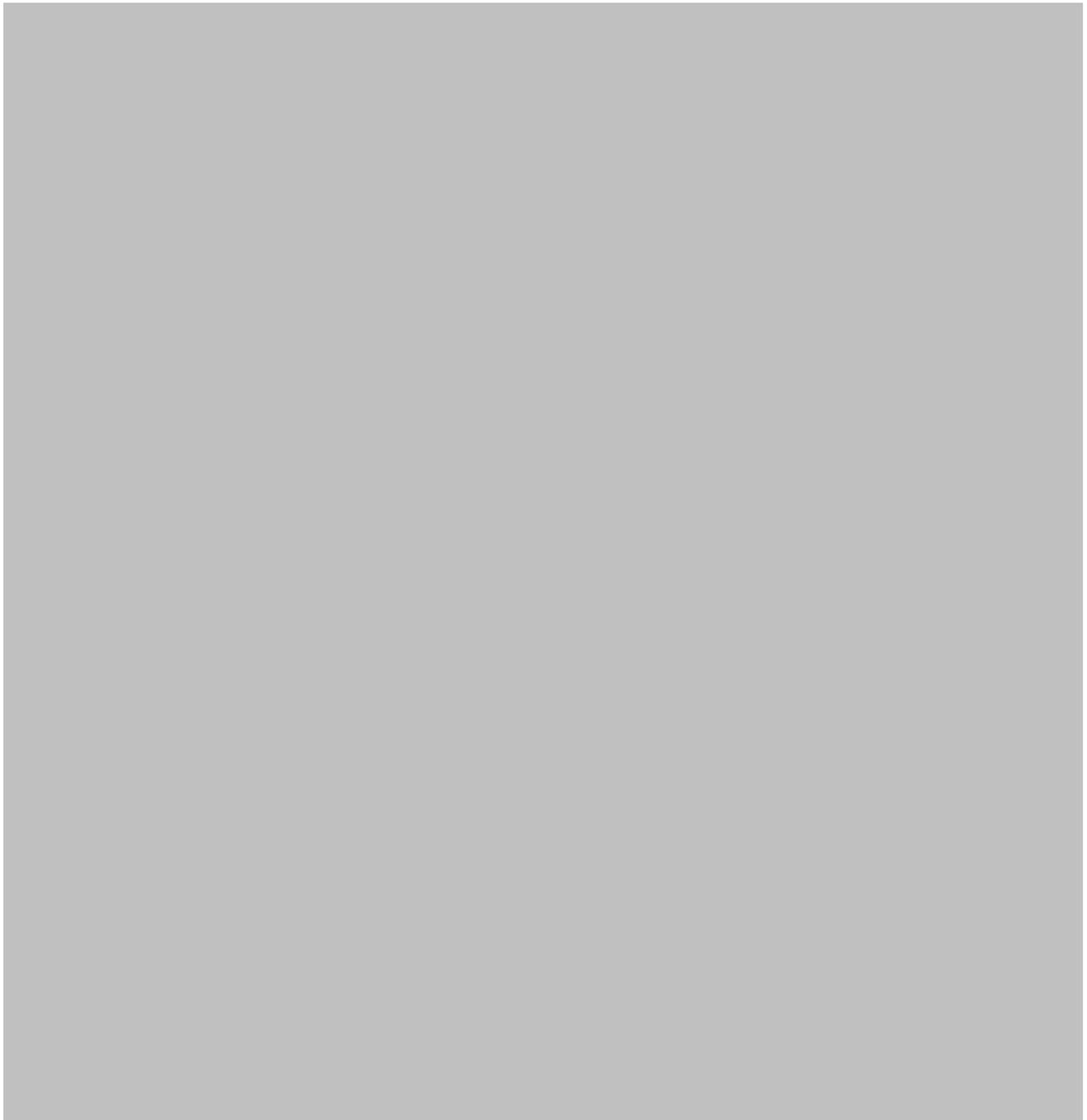
(令和2年4月1日時点)

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

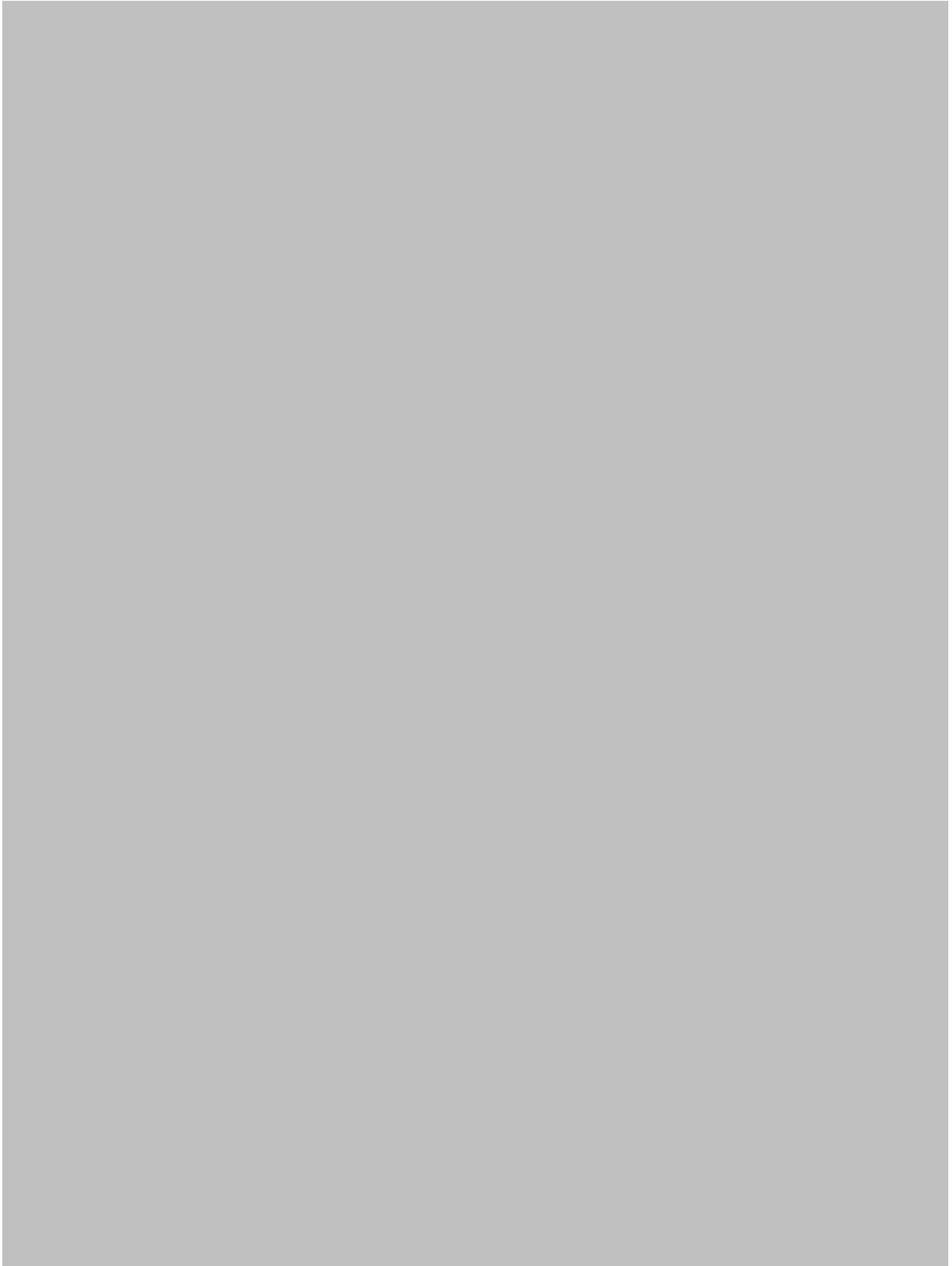
添付図表 2-4

## (添付 2) 図-2 対象物の形状のモデル化(1/3)

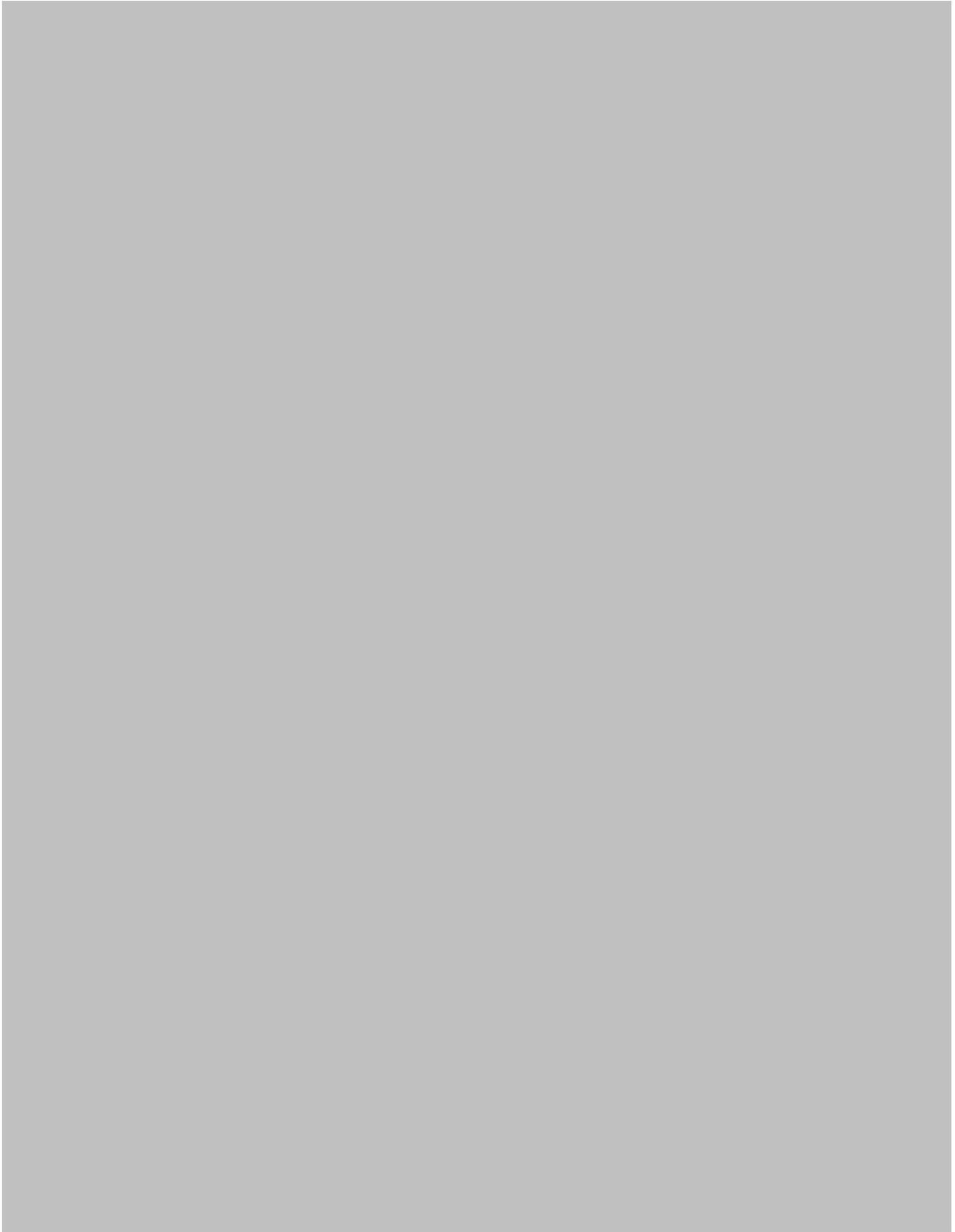
- 対象物の推定量の算出における形状のモデル化の手法を以下に示す。
- 低圧車軸全体を同一形状の部位毎（車軸の外側から中央部に向かって①カップリング部，②軸受部，③円錐台部，④翼取付部（フォーク部），⑤段間部）に形状をモデル化する。
- 以下に部位毎の手法を示す。図中の黒線が元の形状を示し，点線がモデル化した形状を示す（狭隘部を除く）。
- そのうえで，対象物を軸方向に 26 分割に整理して体積を算出する。



(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)



添付図表 2-7

(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)

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-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。<sup>60</sup>Co 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	$1.4 \times 10^{-4}$	0.1	$1.4 \times 10^{-3}$

※放射化学分析を実施した試料の値である。

- ・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。<sup>60</sup>Co, <sup>63</sup>Ni, <sup>90</sup>Sr 及び <sup>137</sup>Cs を検出し、その他の核種 (<sup>3</sup>H, <sup>14</sup>C) は検出しなかった。

(令和 2 年 4 月 1 日時点)

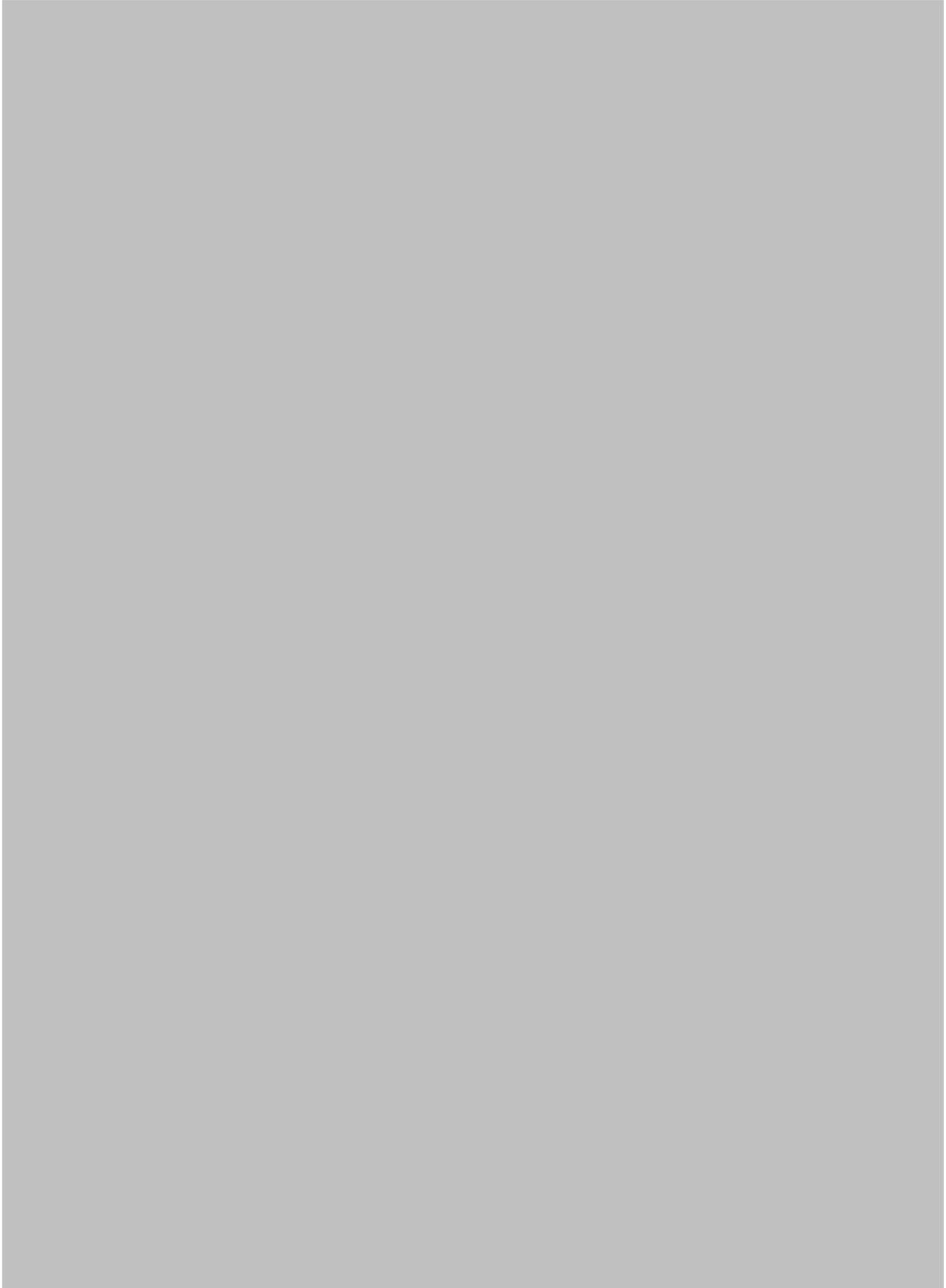
試料採取箇所	分析値 (Bq/ cm <sup>2</sup> )					
	<sup>60</sup> Co	<sup>63</sup> Ni	<sup>90</sup> Sr	<sup>137</sup> Cs	<sup>3</sup> H	<sup>14</sup> C
第 7 段翼(A)	$4.8 \times 10^{-1}$	$2.6 \times 10^{-1}$	$3.2 \times 10^{-2}$	$7.4 \times 10^{-3}$	$<4.0 \times 10^{-2}$	$<2.1 \times 10^{-3}$
第 7 段翼(B)	$5.7 \times 10^{-1}$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

< 捕足 >

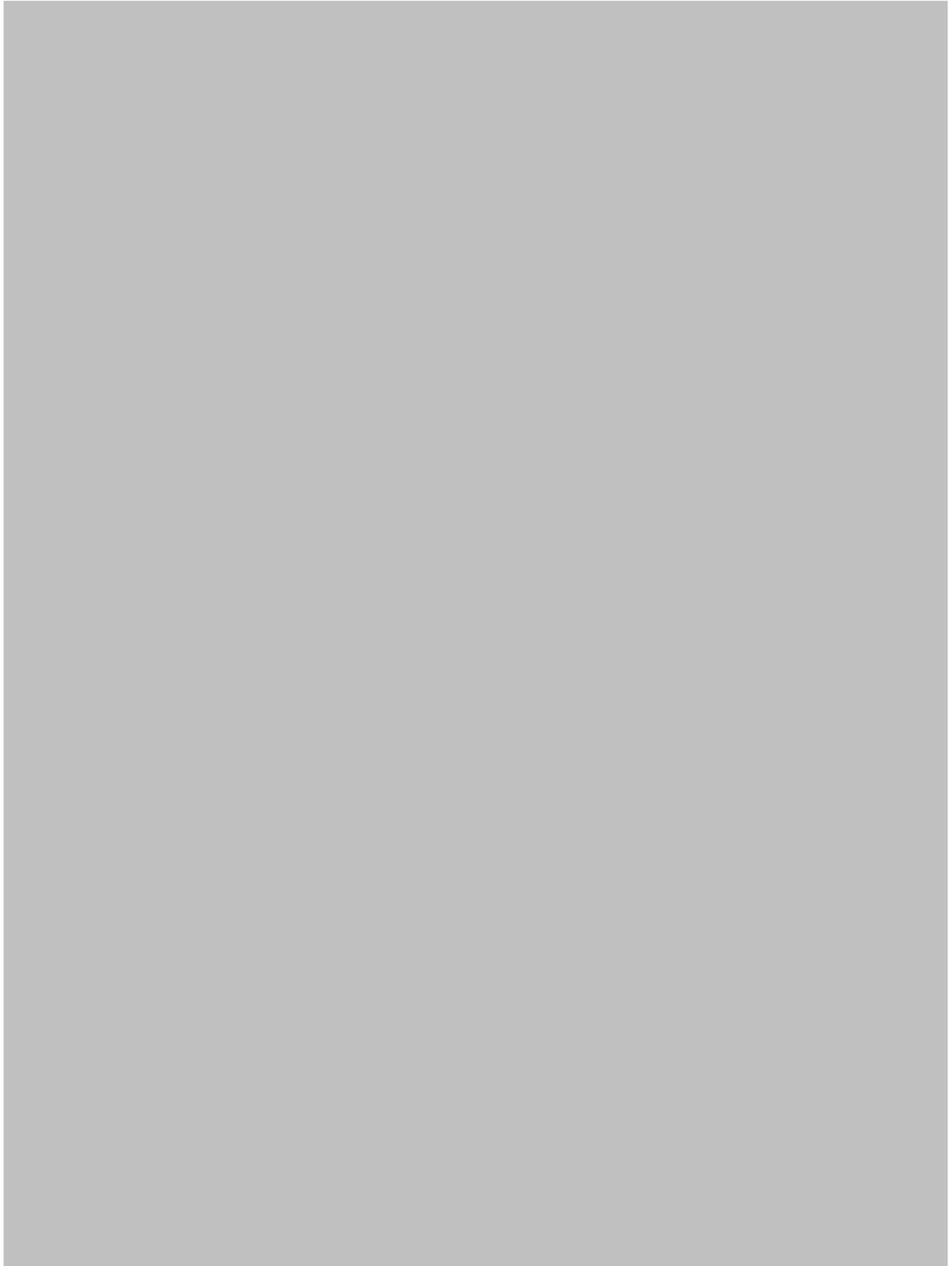
- ・「<」は検出限界値未満を示す。



(添付 2) 表-3 対象物の推定量(1/2)

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

(添付 2) 表-3 対象物の推定量(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

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

- ・評価対象核種は、「(本文) 表-1」に示すとおり、汚染形態（放射化汚染、二次的な汚染）毎に規則 33 核種から選択する。
- ・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の結果を基に求め、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）及びタービンロータを構成する翼から採取した代表試料の放射化学分析の結果を基に求める。

### (1) 放射化汚染

- ・放射化汚染は、上記で求めた放射能濃度を基に規則 33 核種の放射能濃度 (D) をそれぞれの基準値 (C) で除した比率 (D/C) を算出する。
- ・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 ( $\sum D/C$  (選択核種)) を  $\sum D/C$  (規則 33 核種) で除した比率 ( $\sum D/C$  (選択核種) / ( $\sum D/C$  (規則 33 核種))) が 0.9 以上となるよう評価対象核種を選択する。ただし、D/C の最大値が 0.03 (33 分の 1) 以下の場合、D/C が最大値となる核種のみを評価対象核種として選択する。

### (2) 二次的な汚染

- ・二次的な汚染は、上記で求めた放射能濃度を基に基準核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) の放射能濃度を 1 (Bq/g) として規則 32 核種の放射能濃度 (D) を基準値 (C) で除した比率 (D/C) を算出する。 $^3\text{H}$  は代表試料の放射化学分析の結果を基に平均放射能濃度を求め、その放射能濃度を基準値で除し、比率 (D/C) を計算する。
  - ・規則 32 核種の中から比率 (D/C) の大きい順に核種を選択し、 $\sum D/C$  (選択核種) を  $\sum D/C$  (規則 32 核種) で除した比率 ( $\sum D/C$  (選択核種) /  $\sum D/C$  (規則 32 核種)) が 0.9 以上となるよう評価対象核種を選択する。
  - ・ $^3\text{H}$  は、算出した比率 (D/C) が 0.01 (100 分の 1) 以上の場合には評価対象核種として選択する。比率 (D/C) が 0.01 (100 分の 1) 未満の場合は、対象物中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らないものと判断し、評価対象核種として選択しない。
- 
- ・評価対象核種の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。

## 1. 放射化汚染

- ・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 $^{17}\text{N}$ 線」とする。

### 1. 1 評価手順

- ・対象物が「主蒸気中の $^{17}\text{N}$ 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 $^{17}\text{N}$ 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。また「(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。

### 1. 2 中性子束の評価手順

- ・ $^{17}\text{N}$ 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 $^{17}\text{N}$ 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 $^{17}\text{N}$ 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 $^{17}\text{N}$ 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 $^{17}\text{N}$ 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「1.3 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。

### 1. 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）

#### 1. 4 評価結果

- ・評価点は、「(添付 3) 表-1」に示すとおり、低圧車軸（第 7-7 段間）の車軸表面を評価点とする。
- ・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。

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  $^{60}\text{Co}$  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。

- ・評価点における放射化計算結果及び代表試料の測定結果より、対象物の  $^{60}\text{Co}$  放射能濃度は基準値の 1%未満であり、放射化汚染の影響は無視できる程度であると評価した。

#### 1. 5 放射化汚染の評価に用いる評価対象核種の選択における不確かさの考慮

- ・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。

## 1. 6 放射化汚染の評価対象核種

- ・ 4 ケースの照射条件において、「(添付 3) 表-3」に示すとおり、いずれのケースであっても  $D/C$  ( $^{60}\text{Co}$ ) を  $\Sigma D/C$  (規則 33 核種) で除した比率は 0.9 以上あることから、評価対象核種の選択結果 ( $^{60}\text{Co}$ ) は変わらない。

- ・ 放射化汚染は、「(添付 3) 表-5」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  $^{60}\text{Co}$  であり、 $D/C$  ( $^{60}\text{Co}$ ) は  $3.8 \times 10^{-4}$ 、 $D/C$  ( $^{60}\text{Co}$ ) を  $\Sigma D/C$  (規則 33 核種) で除した比率は 0.9 以上、また  $D/C$  ( $^{60}\text{Co}$ ) は 0.03 (33 分の 1) 以下である (いずれも令和 2 年 4 月 1 日時点)。
- ・  $D/C$  ( $^{60}\text{Co}$ ) を  $\Sigma D/C$  (規則 33 核種) で除した比率は、「(添付 3) 表-5」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。
- ・ 以上より、放射化汚染の評価対象核種として  $^{60}\text{Co}$  を選択する。

## 2. 二次的な汚染

- ・規則 32 核種の放射能濃度は、基準核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) の放射能濃度を 1 (Bq/g) とした放射能濃度比で整理する。
- ・ $^3\text{H}$  は、規則 32 核種と汚染の生成メカニズムが異なることから、代表試料の放射化学分析結果を基に平均的な放射能濃度を求める。
- ・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・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。

### 2. 1 評価手順

#### (1) 規則 32 核種の評価手順概要

- ・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。
- ・二次的な汚染は CP 核種と FP 核種が混在しているとする。

- ・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： $^{60}\text{Co}$ , FP 核種： $^{137}\text{Cs}$ ) 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、 $^{60}\text{Co}$  を基準核種としその放射能濃

度を 1 (Bq/g) として, その他の核種の放射能濃度を放射能濃度比で整理する。

## (2) $^3\text{H}$

- ・二次的な汚染の  $^3\text{H}$  は, 代表試料の表面汚染密度の放射化学分析結果 (Bq/cm<sup>2</sup>) と対象物の比表面積 (cm<sup>2</sup>/g) の積から, 平均的な放射能濃度 (Bq/g) を求める。

## 2. 2 元素組成

### (1) CP 核種の親元素

ステンレス鋼を CP 核種の親元素として評価対象核種の選択を行う。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)

### (2) FP 核種の親元素

天然ウランを FP 核種の親元素として評価対象核種の選択を行う。

## 2. 3 規則 32 核種の放射能濃度の算出手順

- ・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, 基準核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) の放射能濃度を 1 (Bq/g) とし, 規則 32 核種の放射能濃度を求める。
- ・放射性物質の発生は, 放射化計算により放射能濃度比として求める。



d) 評価対象核種選択用の放射能濃度の設定

- ・以上を基に， $^{60}\text{Co}$  の放射能濃度を 1 (Bq/g) とし，その他の核種の放射能濃度を設定する。

#### 2. 4 $^3\text{H}$ の放射能濃度の算出手順

- ・ $^3\text{H}$  の放射能濃度は，代表試料の分析結果（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  $6.0 \times 10^{-2}$  (Bq/cm<sup>2</sup>) を用いて算出する。

#### 2. 5 評価結果

##### (1) 規則 32 核種

- ・放射化計算による放射能濃度比は，「(添付 3) 表-10, 11」に示すとおり CP 核種及び FP 核種毎に算出した。

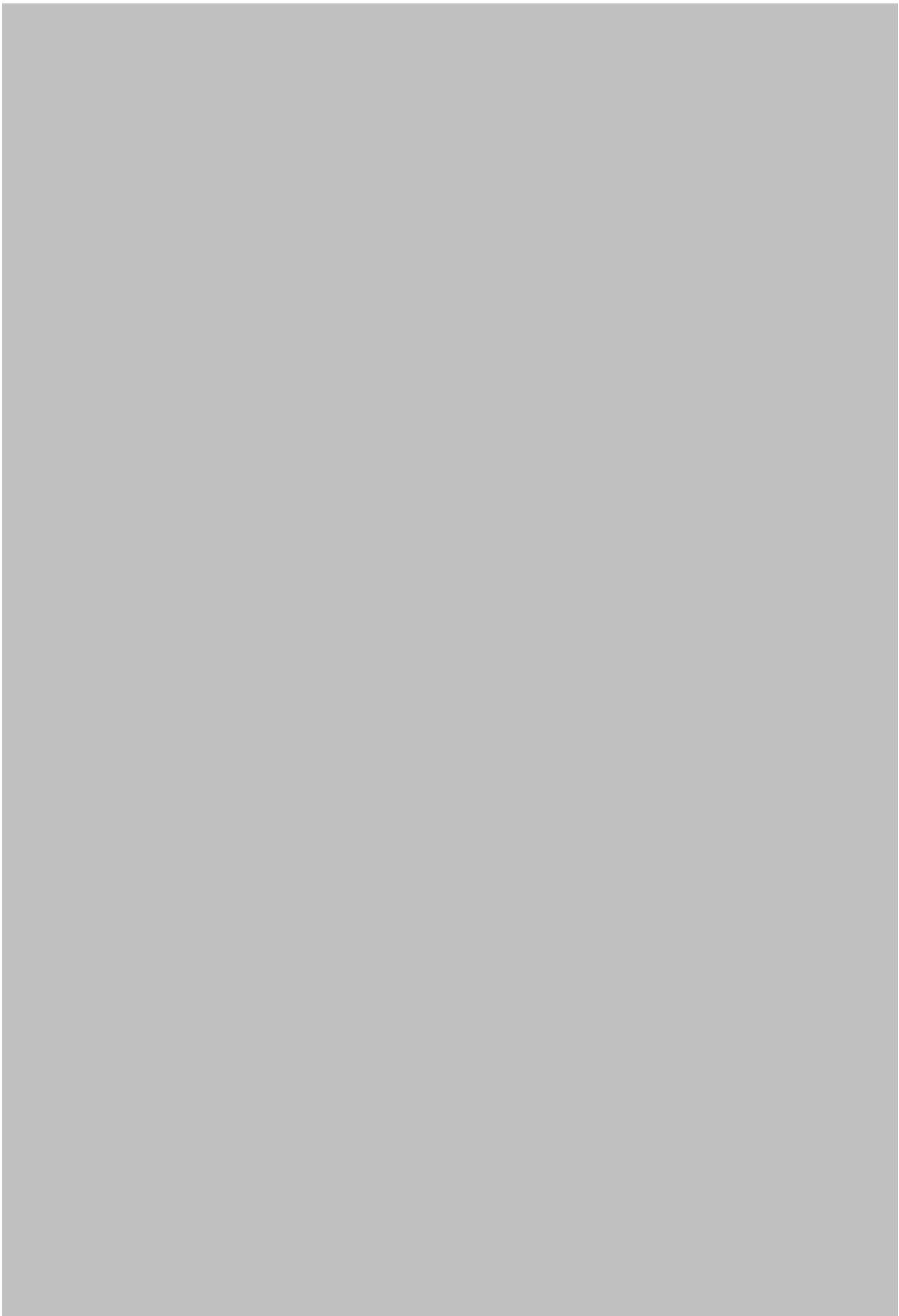
- ・D/C が最も高い核種は  $^{60}\text{Co}$  であり，設定基準日（令和 2 年 4 月 1 日）において D/C ( $^{60}\text{Co}$ ) を  $\Sigma\text{D/C}$ （規則 32 核種）で除した比率は 0.97（0.9 以上）であり，二次的な汚染の評価対象核種として  $^{60}\text{Co}$  を選択する。
- ・D/C ( $^{60}\text{Co}$ ) は「(添付 3) 表-13」に示すとおり，設定基準日（令和 2 年 4 月 1 日）から 10 年間を通して  $\Sigma\text{D/C}$ （規則 32 核種）で除した比率は 0.9 以上である。

## (2) $^3\text{H}$

- ・算出した二次的な汚染の  $^3\text{H}$  の D/C は、「(添付 3) 表-14」に示すとおり  $1.4 \times 10^{-5}$  であり、0.01 (100 分の 1) 未満である。
- ・したがって、 $^3\text{H}$  は対象物中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らないものと判断し、評価対象核種として選択しない。

## 2. 6 二次的な汚染の評価に用いる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。







## 2. 7 二次的な汚染の評価対象核種

- 二次的な汚染は、「(添付 3) 表-13」に示すとおり、規則 32 核種のうち  $^{60}\text{Co}$  が放射能濃度及び D/C とともに最大であり、設定基準日（令和 2 年 4 月 1 日）において D/C ( $^{60}\text{Co}$ ) を  $\Sigma\text{D/C}$ （規則 32 核種）で除した比率は 0.97（0.9 以上）である。
- D/C ( $^{60}\text{Co}$ ) を  $\Sigma\text{D/C}$ （規則 32 核種）で除した比率は、設定基準日（令和 2 年 4 月 1 日）から 10 年間を通して  $\Sigma\text{D/C}$ （規則 32 核種）で除した比率は 0.9 以上である。
- 以上より、二次的な汚染の評価対象核種として  $^{60}\text{Co}$  を選択する。

## 3. 評価対象核種を選択結果

- 放射化汚染及び二次的な汚染の評価対象核種は、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、いずれも  $^{60}\text{Co}$  を評価対象核種として選択する。

## 参考文献

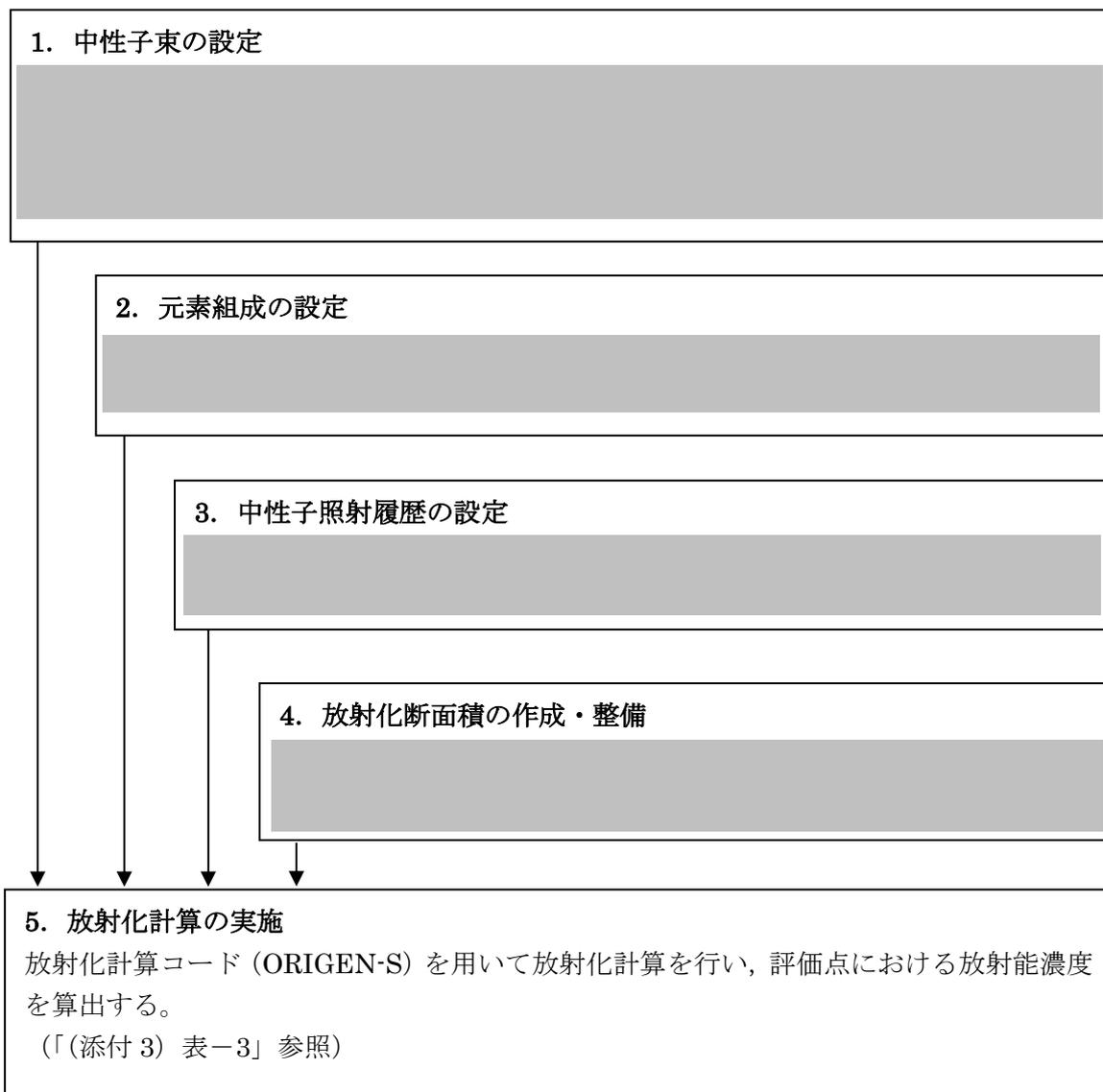
1. K. Wakasugi, R. Tayama, K. Ikedo, T. Iimoto, “Measurement and Calculations of  $^{17}\text{N}$  Concentration in the Main Steam System of the BWR Plant” ,Progress in NUCLEAR SCIENCE and TECHNOLOGY, Vol. 1, p.432-435 (2011)
2. 日本原子力研究開発機構, JENDL-4.0 に基づく中性子・光子輸送計算用の MATXS 形式断面積ライブラリー (MATXSLIB-J40), 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 三 図表リスト

(添付 3) 図-1	放射化汚染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おける不確かさ
(添付 3) 表-5	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-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	対象物の比表面積
(添付 3) 表-10	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-11	規則 32 核種 (FP 核種) の放射能濃度比 (天然ウラン)
(添付 3) 表-12	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-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 (規則 32 核種)
(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 ( <sup>3</sup> H)
(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(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(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(炭素鋼)
(添付 3) 表-23	規則 32 核種 (CP 核種) の放射能濃度(ステライト)
(添付 3) 表-24	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-25	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-26	規則 32 核種の放射能濃度の評価結果(炭素鋼)
(添付 3) 表-27	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-28	代表核種比率 ( <sup>137</sup> Cs/ <sup>60</sup> Co) による評価結果への影響
(添付 3) 表-29	揮発性核種の移行係数
(添付 3) 表-30	<sup>14</sup> C/ <sup>60</sup> Co による評価結果への影響
(添付 3) 表-31	二次的な汚染の生成メカニズムの妥当性確認

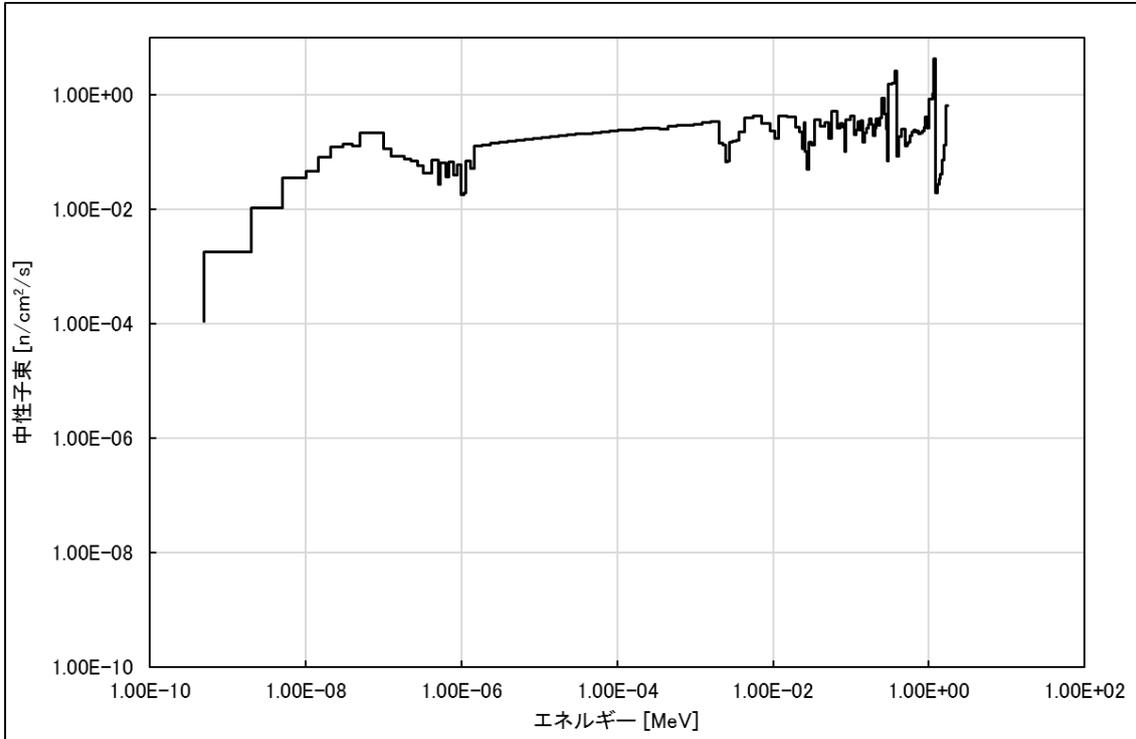
## (添付 3) 図-1 放射化汚染の放射能濃度の評価手順

「主蒸気中の  $^{17}\text{N}$  線」による放射化汚染の評価手順を以下に示す。



### (添付 3) 図-2 中性子線のスペクトル形状

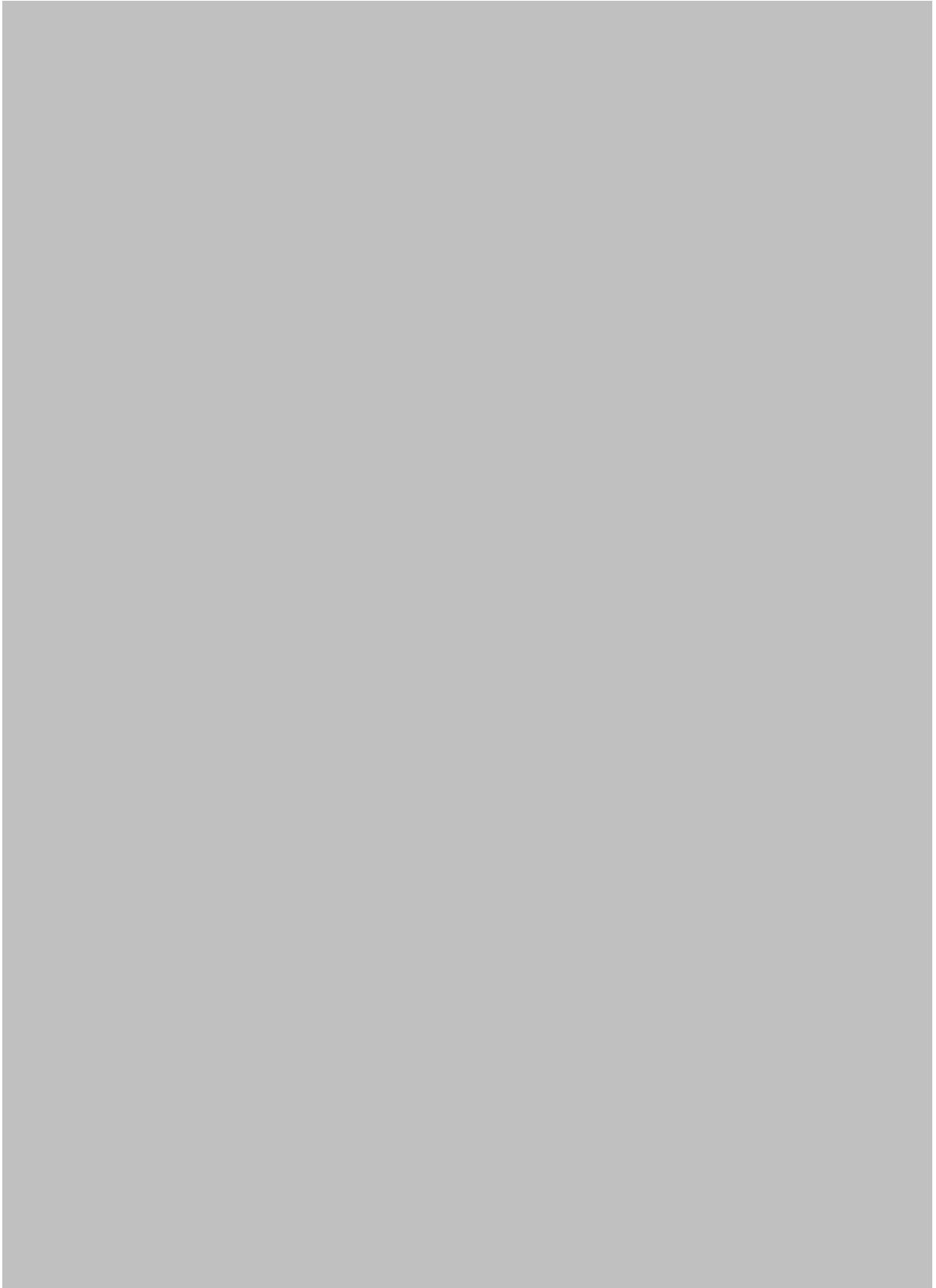
中性子輸送計算による評価点での中性子線のスペクトル形状を以下に示す。



#### <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(1/4)

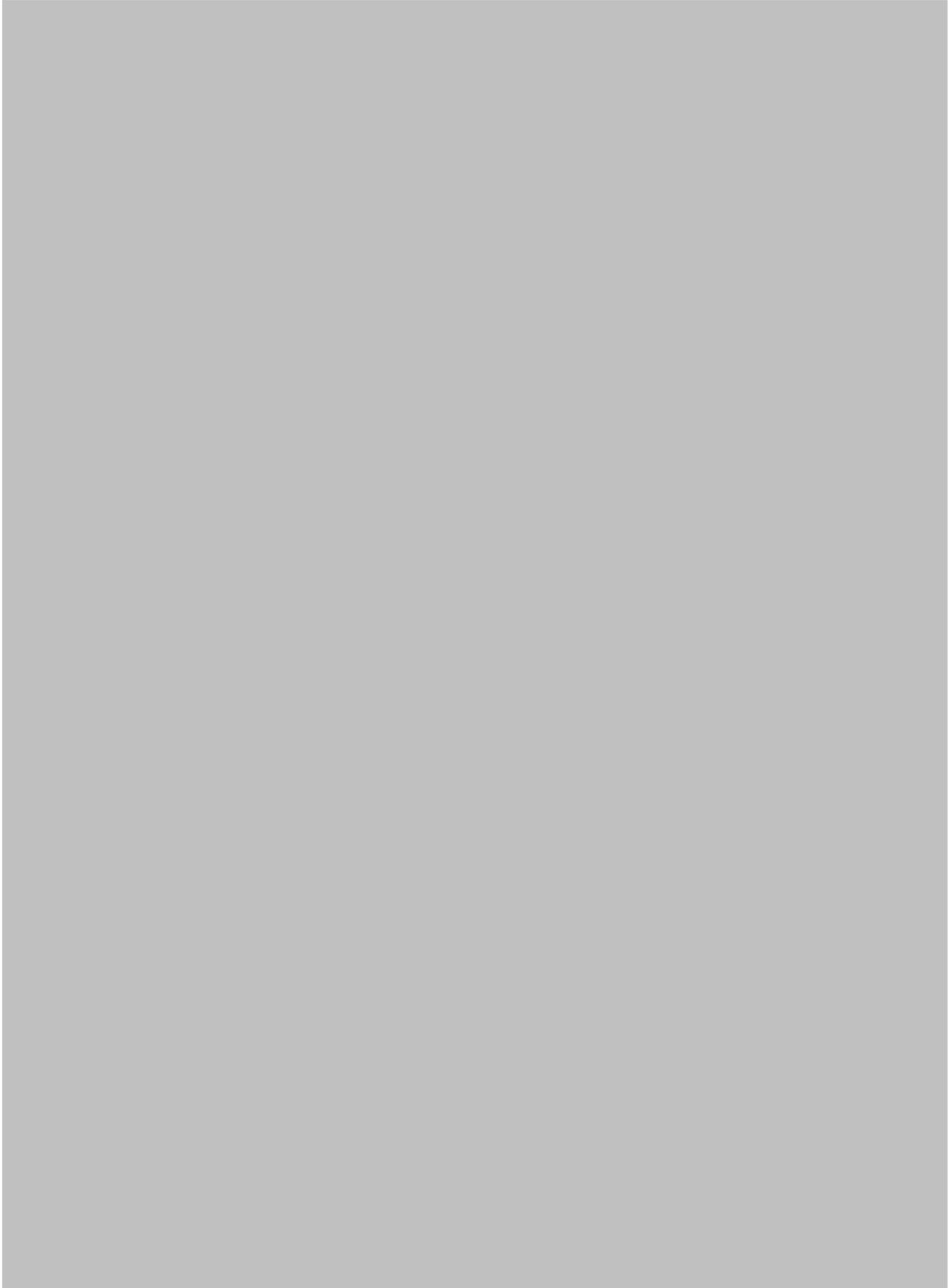


(添付 3) 図-3 二次的な汚染の生成メカニズム(2/4)

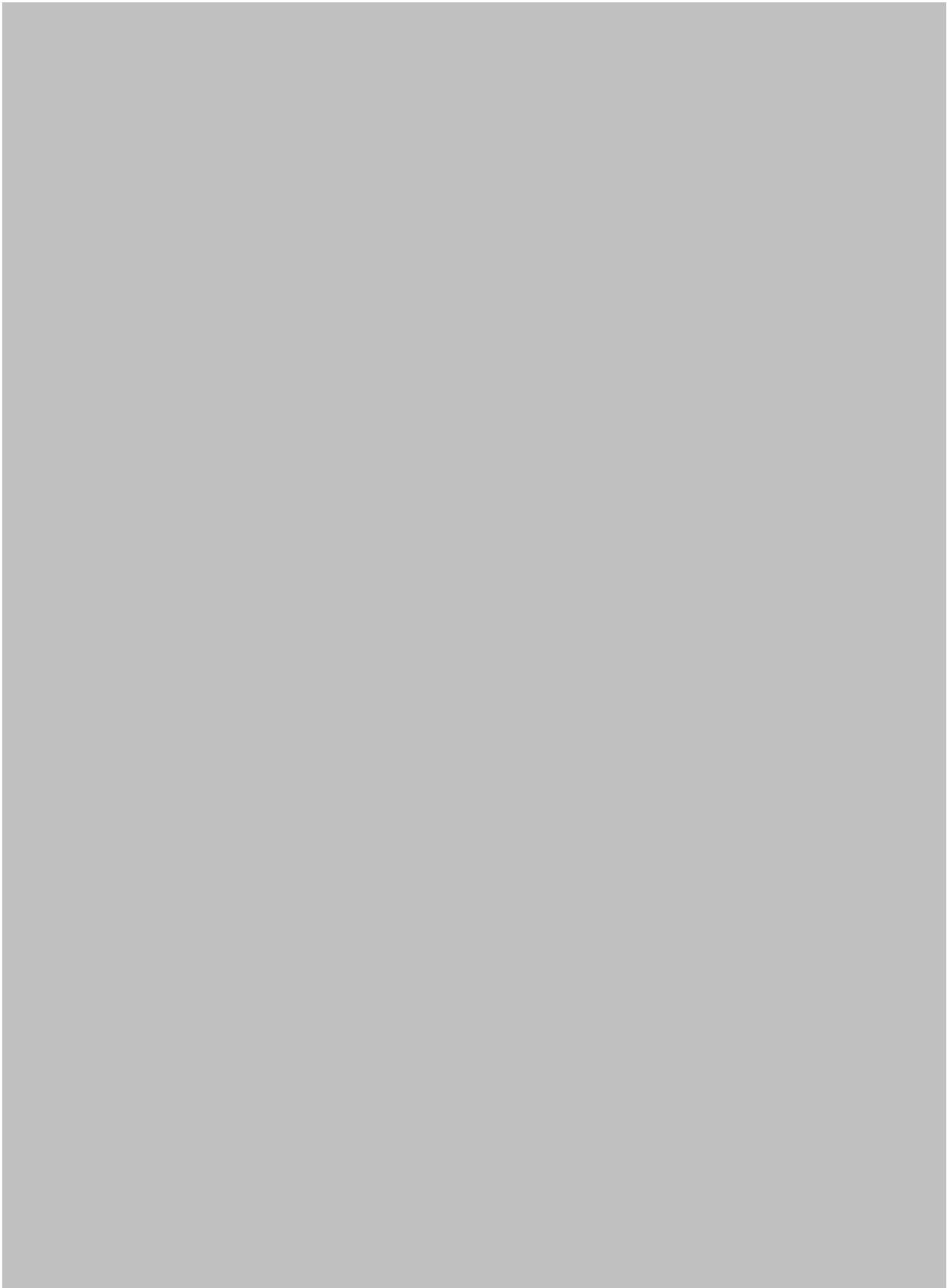


添付図表 3-4

(添付 3) 図-3 二次的な汚染の生成メカニズム(3/4)



(添付 3) 図-3 二次的な汚染の生成メカニズム(4/4)



添付図表 3-6

(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	
<sup>17</sup> 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)

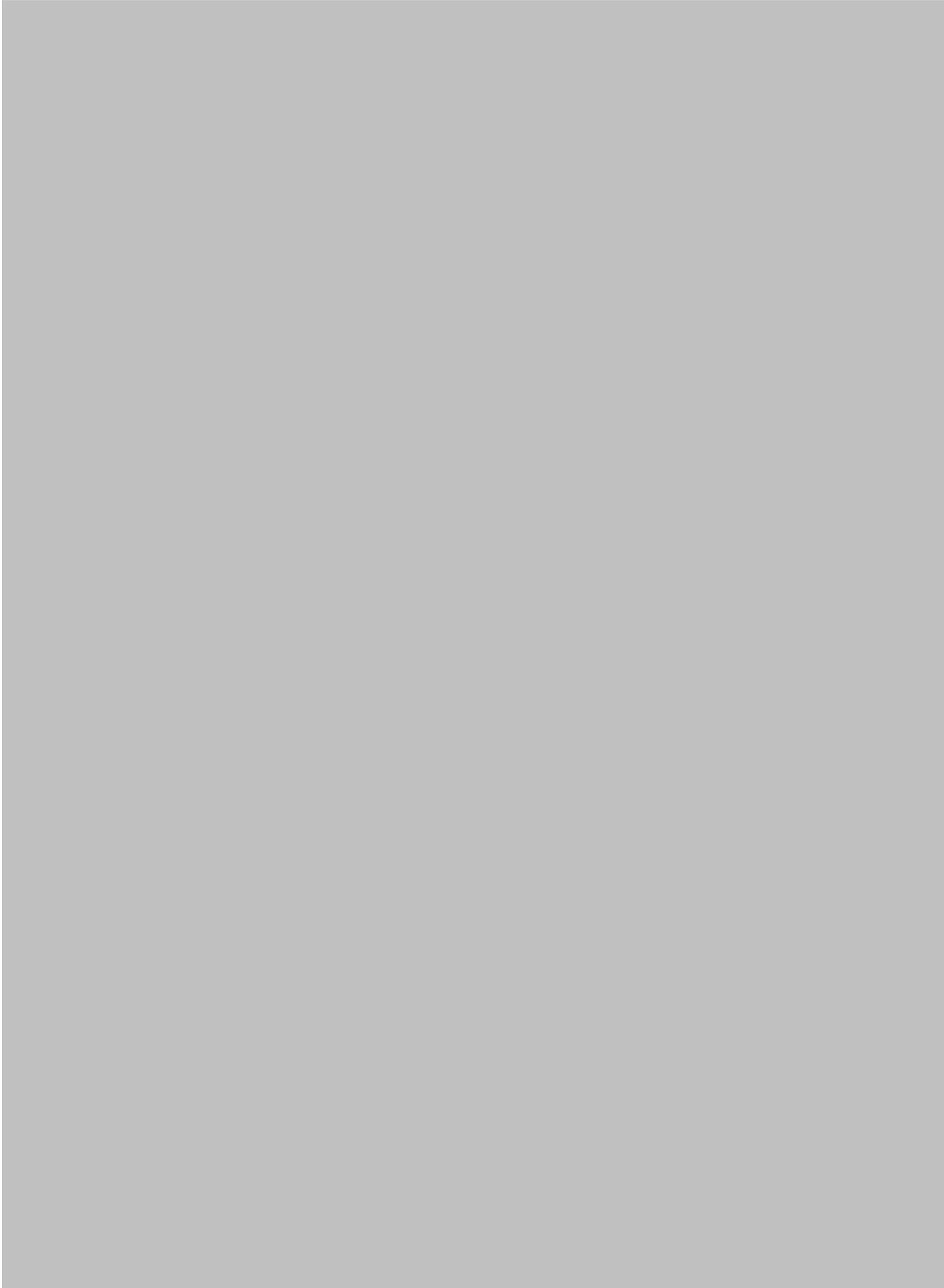


※4 照射期間及び冷却期間

・ 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 Mwe(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)

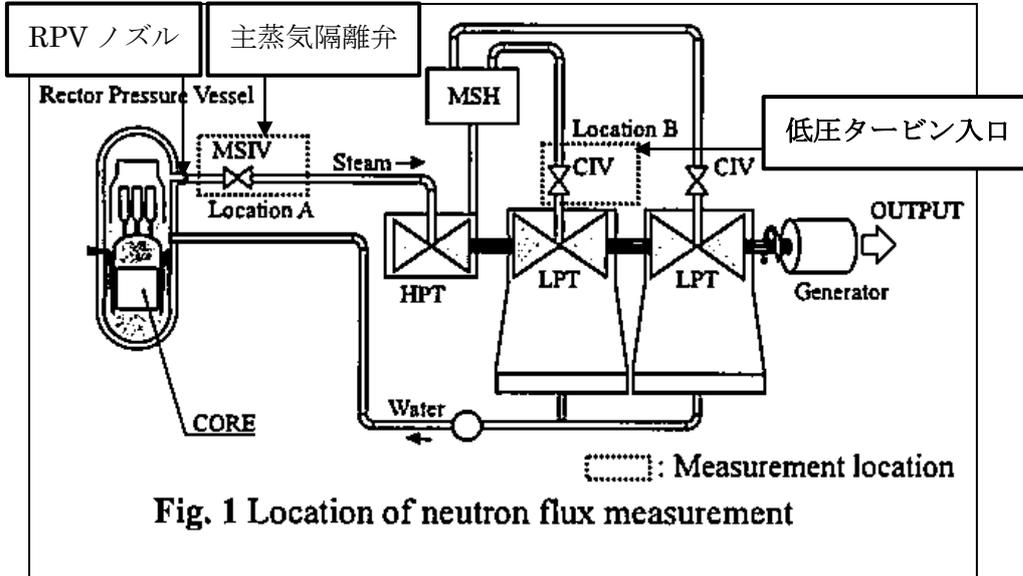


添付図表 3-9

(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  $^{17}\text{N}$  放射能濃度

・浜岡 5 号炉における  $^{17}\text{N}$  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  $^{17}\text{N}$  Concentration in the Main Steam System of the BWR Plant", Progress in NUCLEAR SCIENCE and TECHNOLOGY, Vol. 1, p.432-435 (2011)

※固体飛跡検出器を用いて測定して得た中性子束から算出

- ・ 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  $^{17}\text{N}$  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  $^{17}\text{N}$  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  $^{17}\text{N}$  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  $^{17}\text{N}$  放射能濃度に補正係数を乗じることで浜岡 4 号炉低圧タービン入口の  $^{17}\text{N}$  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  $^{17}\text{N}$  の崩壊定数に従い、浜岡 4 号炉の  $^{17}\text{N}$  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  $^{17}\text{N}$  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 <sup>*</sup> (n/cm <sup>2</sup> /s)
低圧車軸の表面	$4.0 \times 10^1$

※表中の値は端数処理した値を表記している。

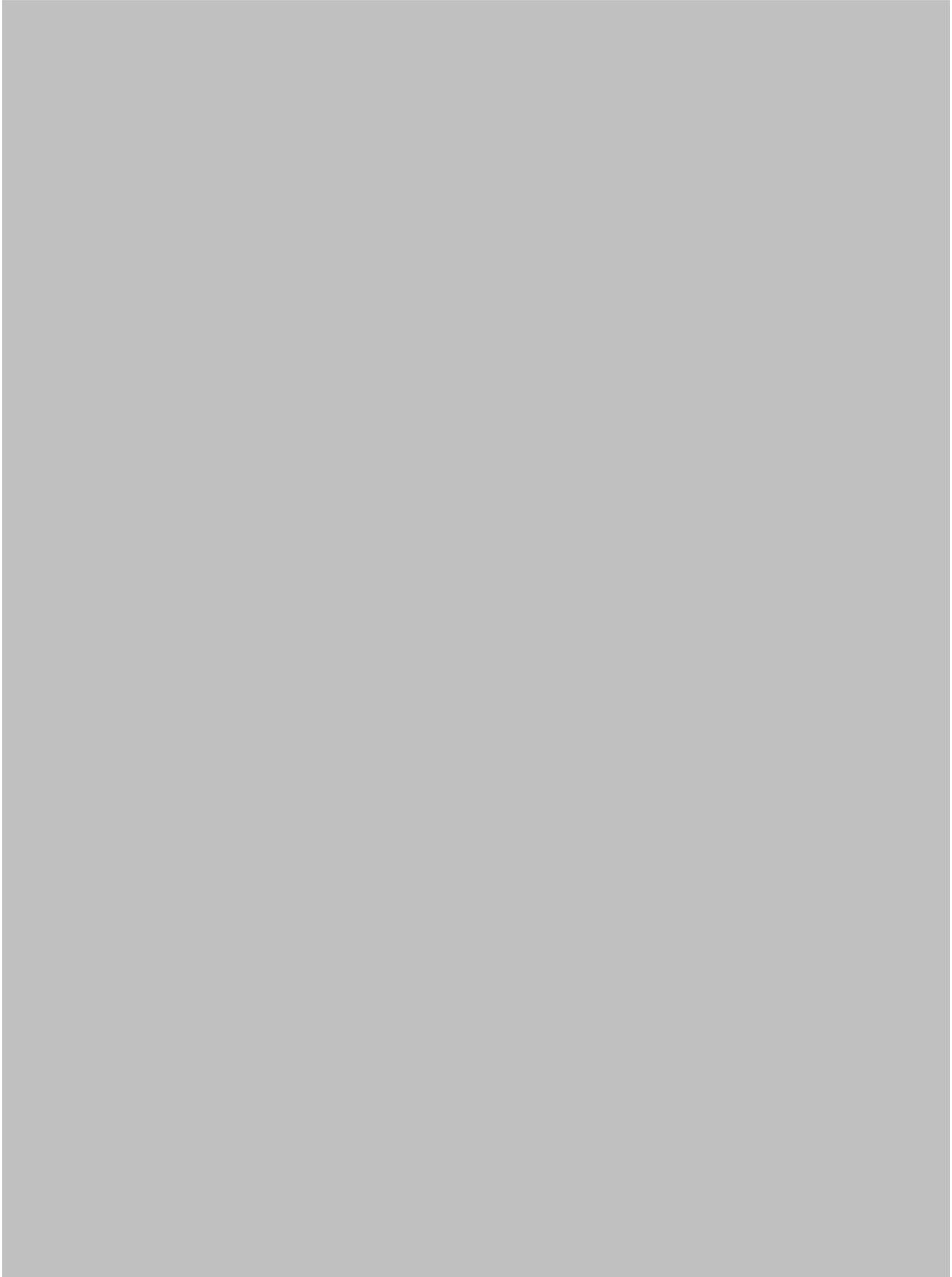
#### 参考文献

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.

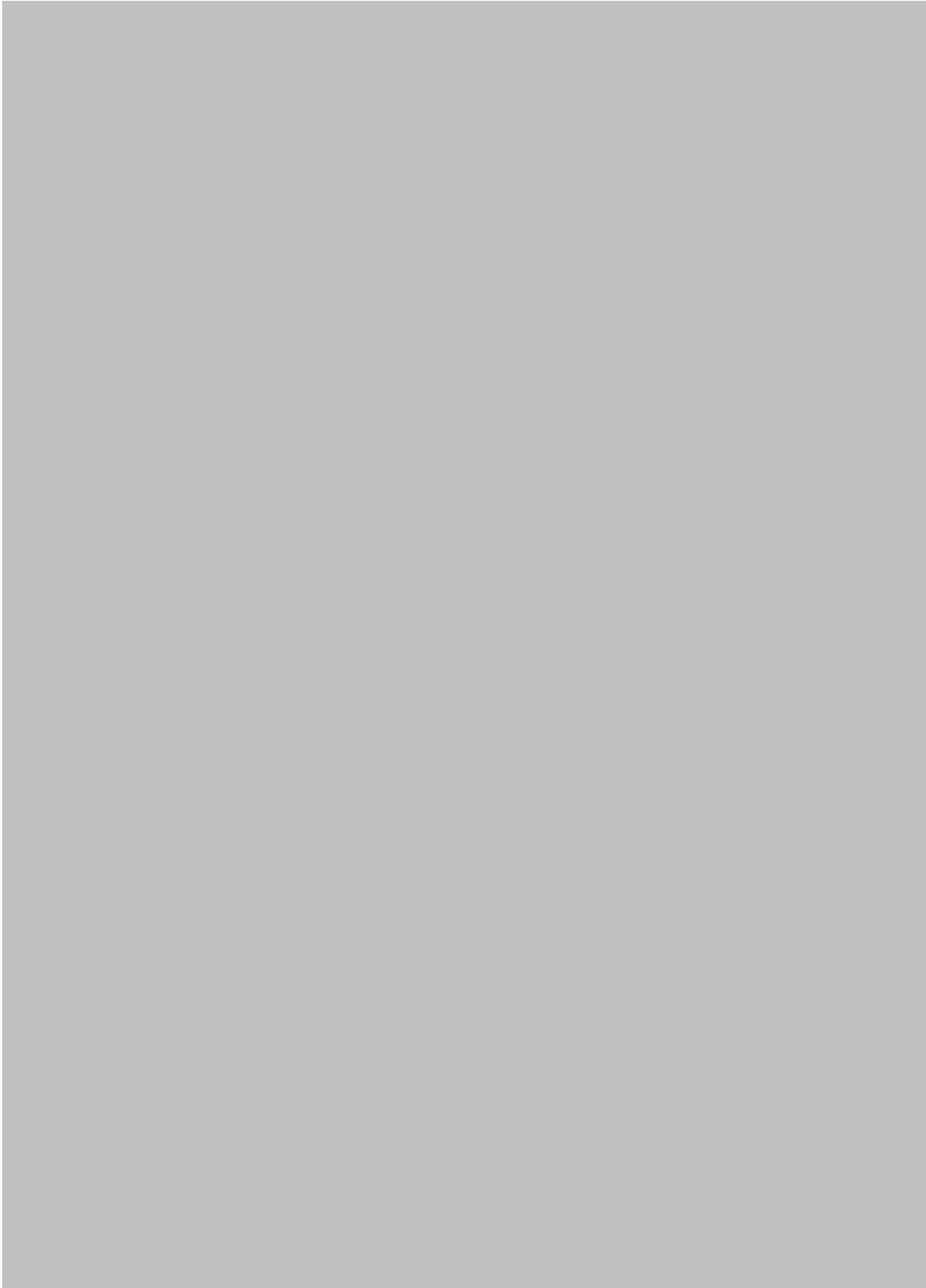
(添付 3) 表-2 放射化汚染評価に用いる対象物の元素組成

A large gray rectangular area covering the majority of the page, indicating that the table content has been redacted. The table is titled "(添付 3) 表-2 放射化汚染評価に用いる対象物の元素組成".

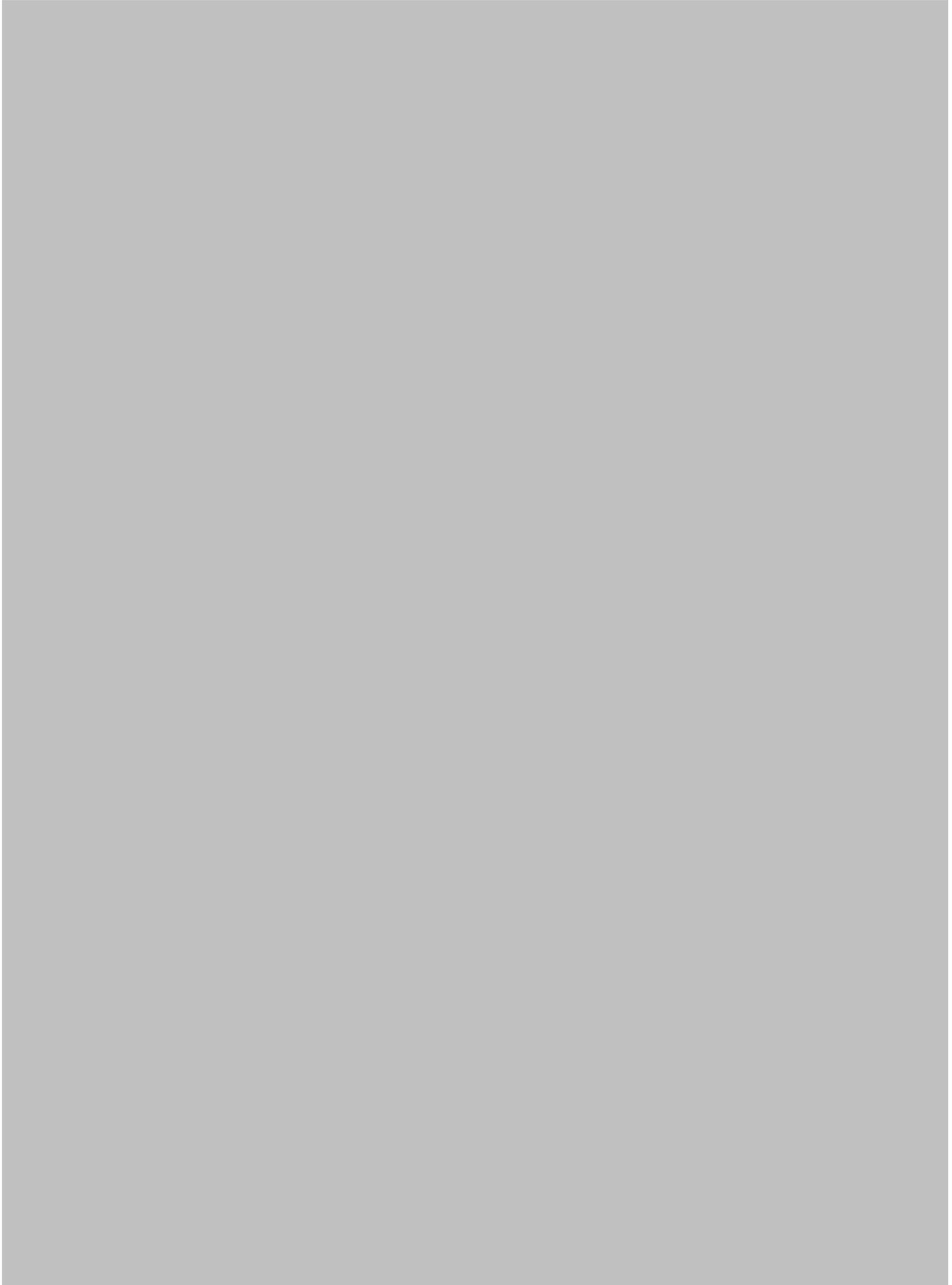
(添付 3) 表-3 放射化汚染の放射能濃度評価結果(1/5)

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

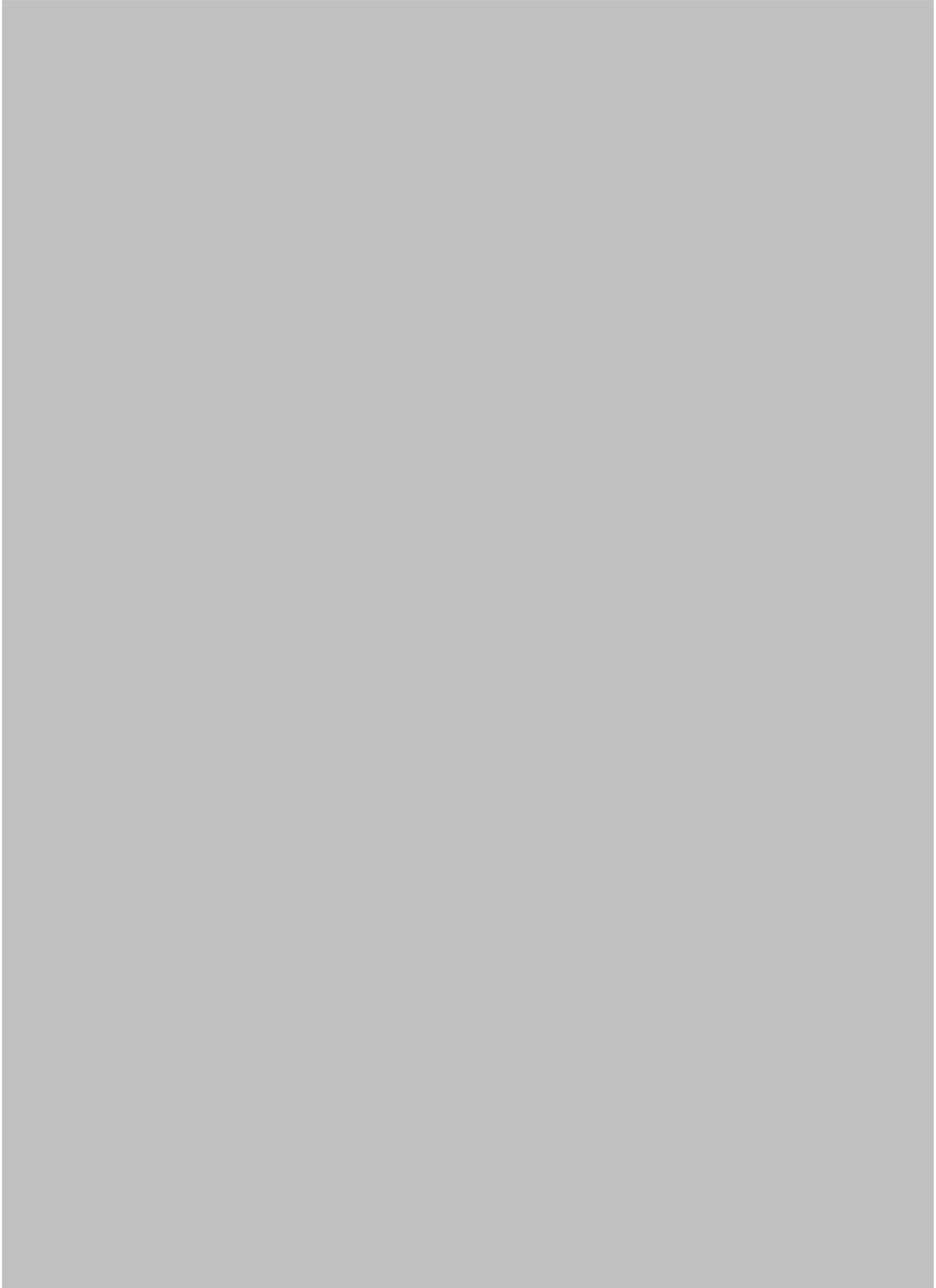
(添付 3) 表-3 放射化汚染の放射能濃度評価結果(2/5)

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

(添付 3) 表-3 放射化汚染の放射能濃度評価結果(3/5)



(添付 3) 表-3 放射化汚染の放射能濃度評価結果(4/5)

A large, solid grey rectangular area covers the majority of the page, indicating that the content of the table has been redacted. The table is identified as 'Table 3-16' in the caption below.

添付図表 3-16

(添付 3) 表-3 放射化汚染の放射能濃度評価結果(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-4 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-4 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)

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

(添付 3) 表-5 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 ( $^{60}\text{Co}$ ) を  $\Sigma$ 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	$^3\text{H}$	100	$2.6 \times 10^{-8}$	$2.6 \times 10^{-10}$	$1.5 \times 10^{-8}$	$1.5 \times 10^{-10}$
2	$^{14}\text{C}$	1	$6.6 \times 10^{-9}$	$6.6 \times 10^{-9}$	$6.6 \times 10^{-9}$	$6.6 \times 10^{-9}$
3	$^{36}\text{Cl}$	1	$2.4 \times 10^{-13}$	$2.4 \times 10^{-13}$	$2.4 \times 10^{-13}$	$2.4 \times 10^{-13}$
4	$^{41}\text{Ca}$	100	$1.3 \times 10^{-12}$	$1.3 \times 10^{-14}$	$1.3 \times 10^{-12}$	$1.3 \times 10^{-14}$
5	$^{46}\text{Sc}$	0.1	$1.0 \times 10^{-20}$	$1.0 \times 10^{-19}$	$8.0 \times 10^{-34}$	$8.0 \times 10^{-33}$
6	$^{54}\text{Mn}$	0.1	$1.7 \times 10^{-9}$	$1.7 \times 10^{-8}$	$5.0 \times 10^{-13}$	$5.0 \times 10^{-12}$
7	$^{55}\text{Fe}$	1000	$1.7 \times 10^{-4}$	$1.7 \times 10^{-7}$	$1.3 \times 10^{-5}$	$1.3 \times 10^{-8}$
8	$^{59}\text{Fe}$	1	$8.4 \times 10^{-27}$	$8.4 \times 10^{-27}$	$1.7 \times 10^{-51}$	$1.7 \times 10^{-51}$
9	$^{58}\text{Co}$	1	$3.3 \times 10^{-19}$	$3.3 \times 10^{-19}$	$1.0 \times 10^{-34}$	$1.0 \times 10^{-34}$
10	$^{60}\text{Co}$	0.1	$3.8 \times 10^{-5}$	$3.8 \times 10^{-4}$	$1.0 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-4}$
11	$^{59}\text{Ni}$	100	$2.8 \times 10^{-7}$	$2.8 \times 10^{-9}$	$2.8 \times 10^{-7}$	$2.8 \times 10^{-9}$
12	$^{63}\text{Ni}$	100	$3.0 \times 10^{-5}$	$3.0 \times 10^{-7}$	$2.8 \times 10^{-5}$	$2.8 \times 10^{-7}$
13	$^{65}\text{Zn}$	0.1	$1.7 \times 10^{-12}$	$1.7 \times 10^{-11}$	$5.4 \times 10^{-17}$	$5.4 \times 10^{-16}$
14	$^{90}\text{Sr}$	1	$1.1 \times 10^{-11}$	$1.1 \times 10^{-11}$	$8.4 \times 10^{-12}$	$8.4 \times 10^{-12}$
15	$^{94}\text{Nb}$	0.1	$2.1 \times 10^{-11}$	$2.1 \times 10^{-10}$	$2.1 \times 10^{-11}$	$2.1 \times 10^{-10}$
16	$^{95}\text{Nb}$	1	$3.4 \times 10^{-37}$	$3.4 \times 10^{-37}$	$1.2 \times 10^{-68}$	$1.2 \times 10^{-68}$
17	$^{99}\text{Tc}$	1	$2.0 \times 10^{-9}$	$2.0 \times 10^{-9}$	$2.0 \times 10^{-9}$	$2.0 \times 10^{-9}$
18	$^{106}\text{Ru}$	0.1	$1.0 \times 10^{-14}$	$1.0 \times 10^{-13}$	$1.2 \times 10^{-17}$	$1.2 \times 10^{-16}$
19	$^{108\text{m}}\text{Ag}$	0.1	$5.7 \times 10^{-12}$	$5.7 \times 10^{-11}$	$5.6 \times 10^{-12}$	$5.6 \times 10^{-11}$
20	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	0.1	$8.4 \times 10^{-13}$	$8.4 \times 10^{-12}$	$3.3 \times 10^{-17}$	$3.3 \times 10^{-16}$
21	$^{124}\text{Sb}$	1	$1.2 \times 10^{-22}$	$1.2 \times 10^{-22}$	$6.3 \times 10^{-41}$	$6.3 \times 10^{-41}$
22	$^{123\text{m}}\text{Te}$	1	$2.1 \times 10^{-19}$	$2.1 \times 10^{-19}$	$1.4 \times 10^{-28}$	$1.4 \times 10^{-28}$
23	$^{129}\text{I}$	0.01	$2.6 \times 10^{-17}$	$2.6 \times 10^{-15}$	$2.6 \times 10^{-17}$	$2.6 \times 10^{-15}$
24	$^{134}\text{Cs}$	0.1	$6.2 \times 10^{-10}$	$6.2 \times 10^{-9}$	$2.2 \times 10^{-11}$	$2.2 \times 10^{-10}$
25	$^{137}\text{Cs}$	0.1	$1.2 \times 10^{-11}$	$1.2 \times 10^{-10}$	$9.2 \times 10^{-12}$	$9.2 \times 10^{-11}$
26	$^{133}\text{Ba}$	0.1	$6.5 \times 10^{-13}$	$6.5 \times 10^{-12}$	$3.4 \times 10^{-13}$	$3.4 \times 10^{-12}$
27	$^{152}\text{Eu}$	0.1	$4.5 \times 10^{-8}$	$4.5 \times 10^{-7}$	$2.7 \times 10^{-8}$	$2.7 \times 10^{-7}$
28	$^{154}\text{Eu}$	0.1	$7.8 \times 10^{-9}$	$7.8 \times 10^{-8}$	$3.5 \times 10^{-9}$	$3.5 \times 10^{-8}$
29	$^{160}\text{Tb}$	1	$4.2 \times 10^{-22}$	$4.2 \times 10^{-22}$	$2.6 \times 10^{-37}$	$2.6 \times 10^{-37}$
30	$^{182}\text{Ta}$	0.1	$2.5 \times 10^{-16}$	$2.5 \times 10^{-15}$	$6.2 \times 10^{-26}$	$6.2 \times 10^{-25}$
31	$^{239}\text{Pu}$	0.1	$1.2 \times 10^{-11}$	$1.2 \times 10^{-10}$	$1.2 \times 10^{-11}$	$1.2 \times 10^{-10}$
32	$^{241}\text{Pu}$	10	0	0	0	0
33	$^{241}\text{Am}$	0.1	0	0	0	0
$\Sigma$ D/C（規則 33 核種）(A)				$3.8 \times 10^{-4}$		$1.0 \times 10^{-4}$
D/C ( $^{60}\text{Co}$ ) (B)				$3.8 \times 10^{-4}$		$1.0 \times 10^{-4}$
$^{60}\text{Co}$ 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-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	$1.3 \times 10^{-5}$	Sr	$2.0 \times 10^{-5}$
C	$8.0 \times 10^{-2}$	Y	$5.0 \times 10^{-4}$
N	$4.5 \times 10^{-2}$	Zr	$1.0 \times 10^{-3}$
Na	$9.7 \times 10^{-4}$	Nb	$8.9 \times 10^{-3}$
Al	$1.0 \times 10^{-2}$	Mo	$2.6 \times 10^{-1}$
Si	1.0	Ag	$2.0 \times 10^{-4}$
P	$5.0 \times 10^{-4}$	Sb	$1.2 \times 10^{-3}$
S	$3.0 \times 10^{-2}$	Te	$1.0 \times 10^{-5}$
Cl	$7.0 \times 10^{-3}$	Cs	$3.0 \times 10^{-5}$
K	$3.0 \times 10^{-4}$	Ba	$5.0 \times 10^{-2}$
Ca	$1.9 \times 10^{-3}$	La	$2.0 \times 10^{-5}$
Sc	$3.0 \times 10^{-6}$	Ce	$3.7 \times 10^{-2}$
Ti	$6.0 \times 10^{-2}$	Sm	$1.0 \times 10^{-5}$
V	$4.6 \times 10^{-2}$	Eu	$2.0 \times 10^{-6}$
Cr	$1.8 \times 10^1$	Tb	$4.7 \times 10^{-5}$
Mn	1.5	Dy	$1.0 \times 10^{-4}$
Fe	$7.1 \times 10^1$	Ho	$1.0 \times 10^{-4}$
Co	$1.4 \times 10^{-1}$	Yb	$2.0 \times 10^{-4}$
Ni	$1.0 \times 10^1$	Lu	$8.0 \times 10^{-5}$
Cu	$3.1 \times 10^{-1}$	Hf	$2.0 \times 10^{-4}$
Zn	$4.6 \times 10^{-2}$	Ta	$1.0 \times 10^{-2}$
Ga	$1.3 \times 10^{-2}$	W	$1.9 \times 10^{-2}$
As	$1.9 \times 10^{-2}$	Pb	$6.7 \times 10^{-3}$
Se	$3.5 \times 10^{-3}$	Th	$1.0 \times 10^{-4}$
Br	$2.0 \times 10^{-4}$	U	$2.0 \times 10^{-4}$
Rb	$1.0 \times 10^{-3}$	合計	103

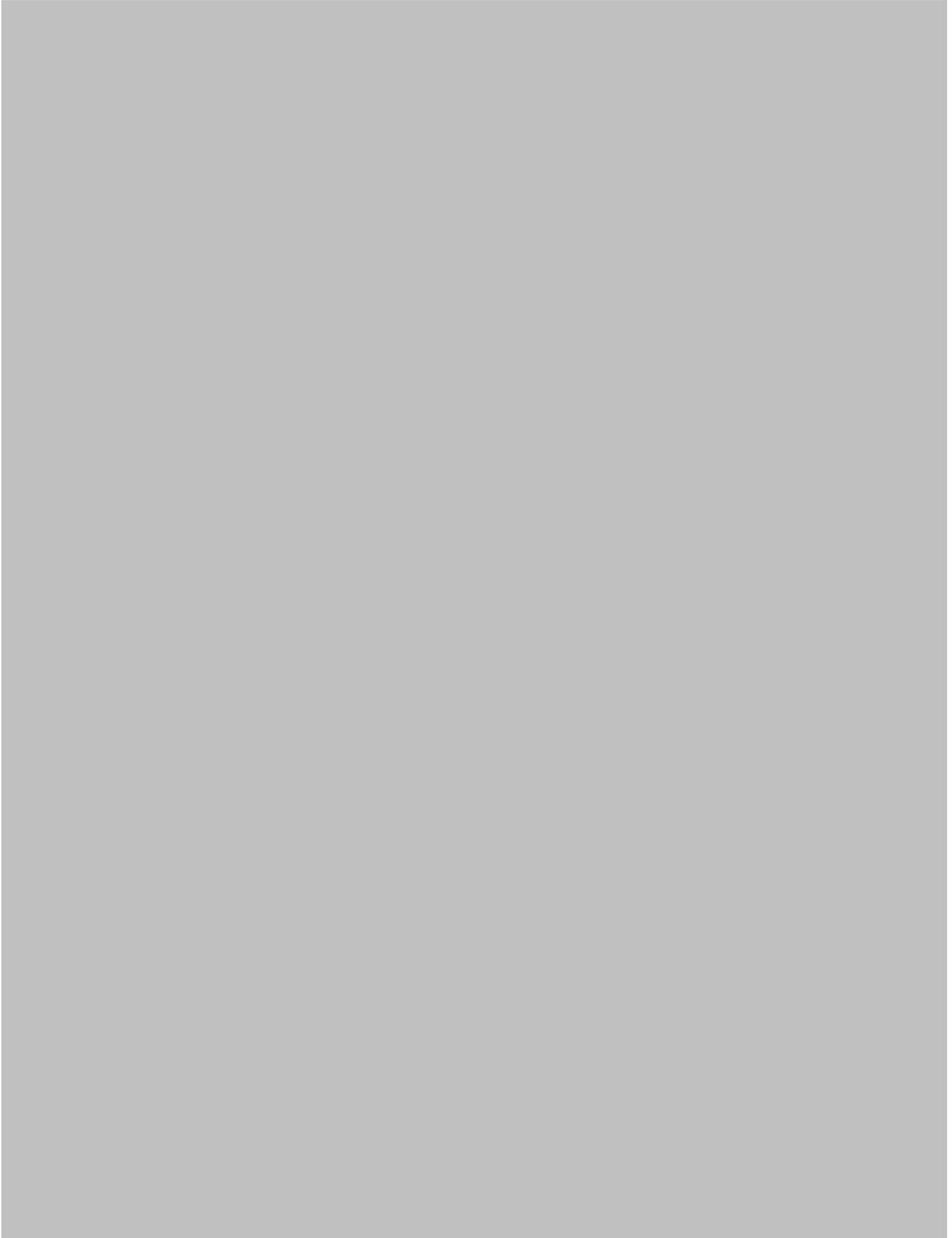
<補足>

- ・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 <sup>1),2),3)</sup> 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 <sup>4)</sup> に記載の分析値で設定した。

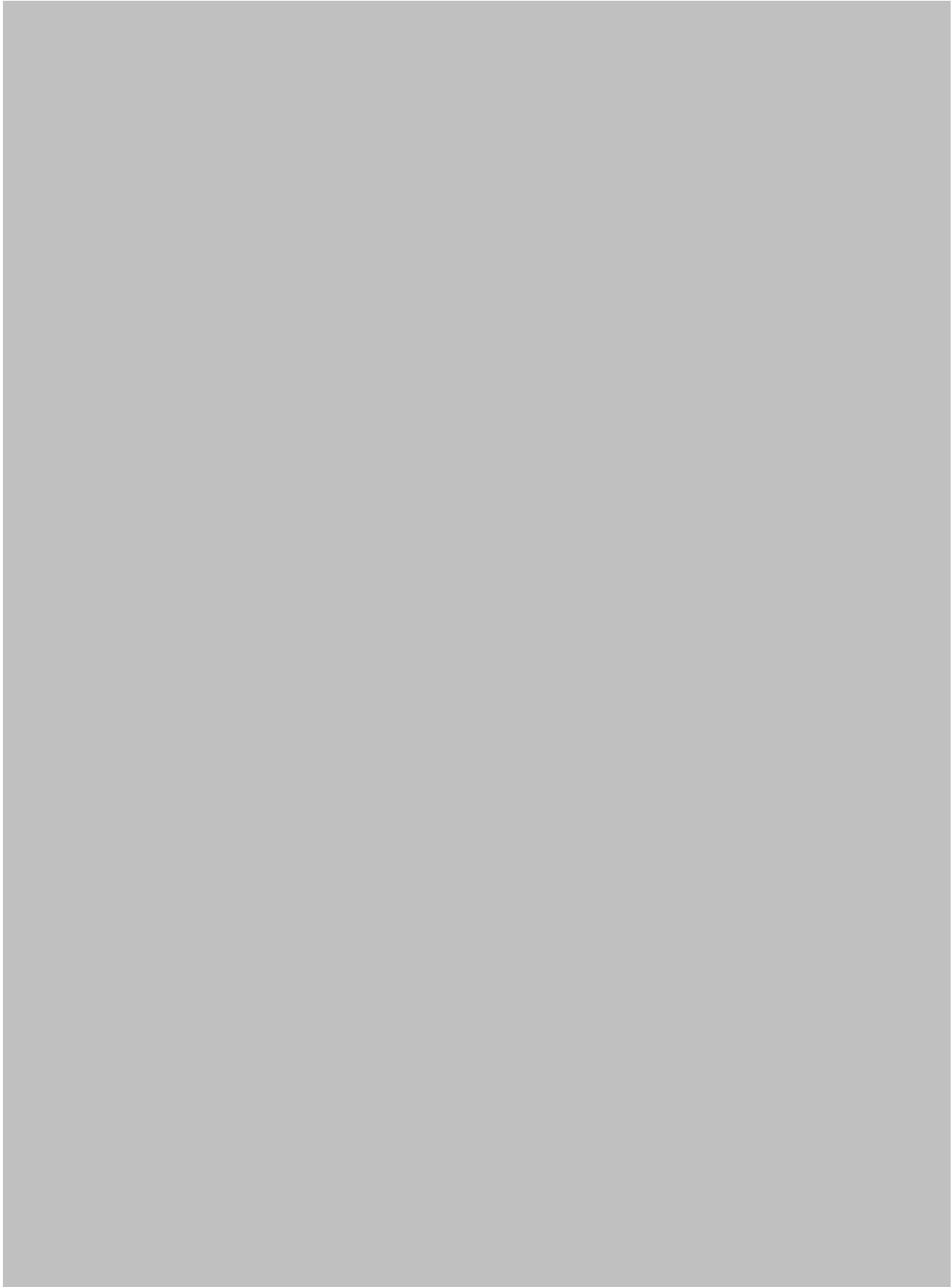
参考文献

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 (1/3)

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

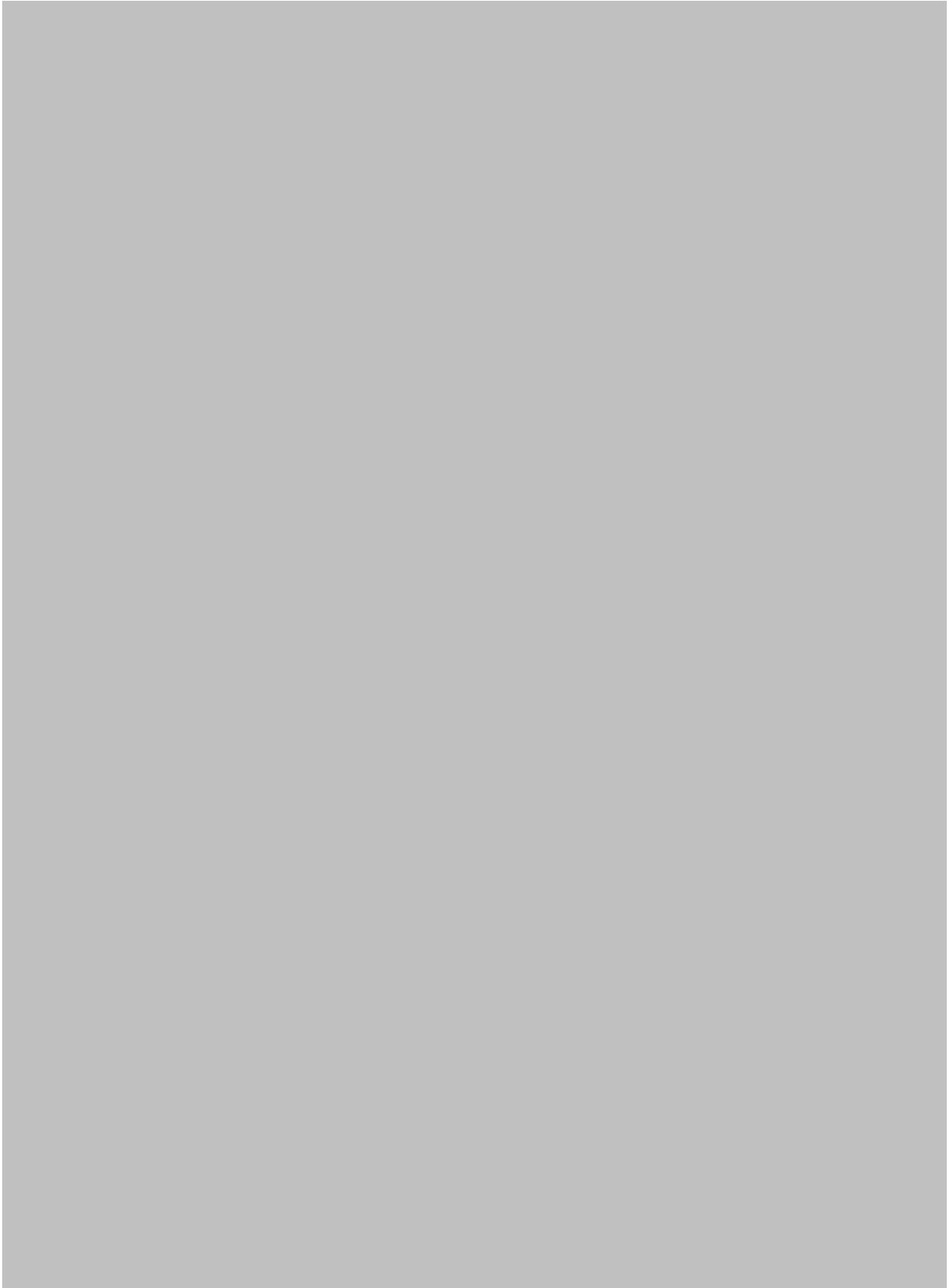
(添付 3) 表-8 二次的な汚染の放射化学分析データの整理 (2/3)

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 8-2' in the caption below.

(添付 3) 表-8 二次的な汚染の放射化学分析データの整理 (3/3)

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

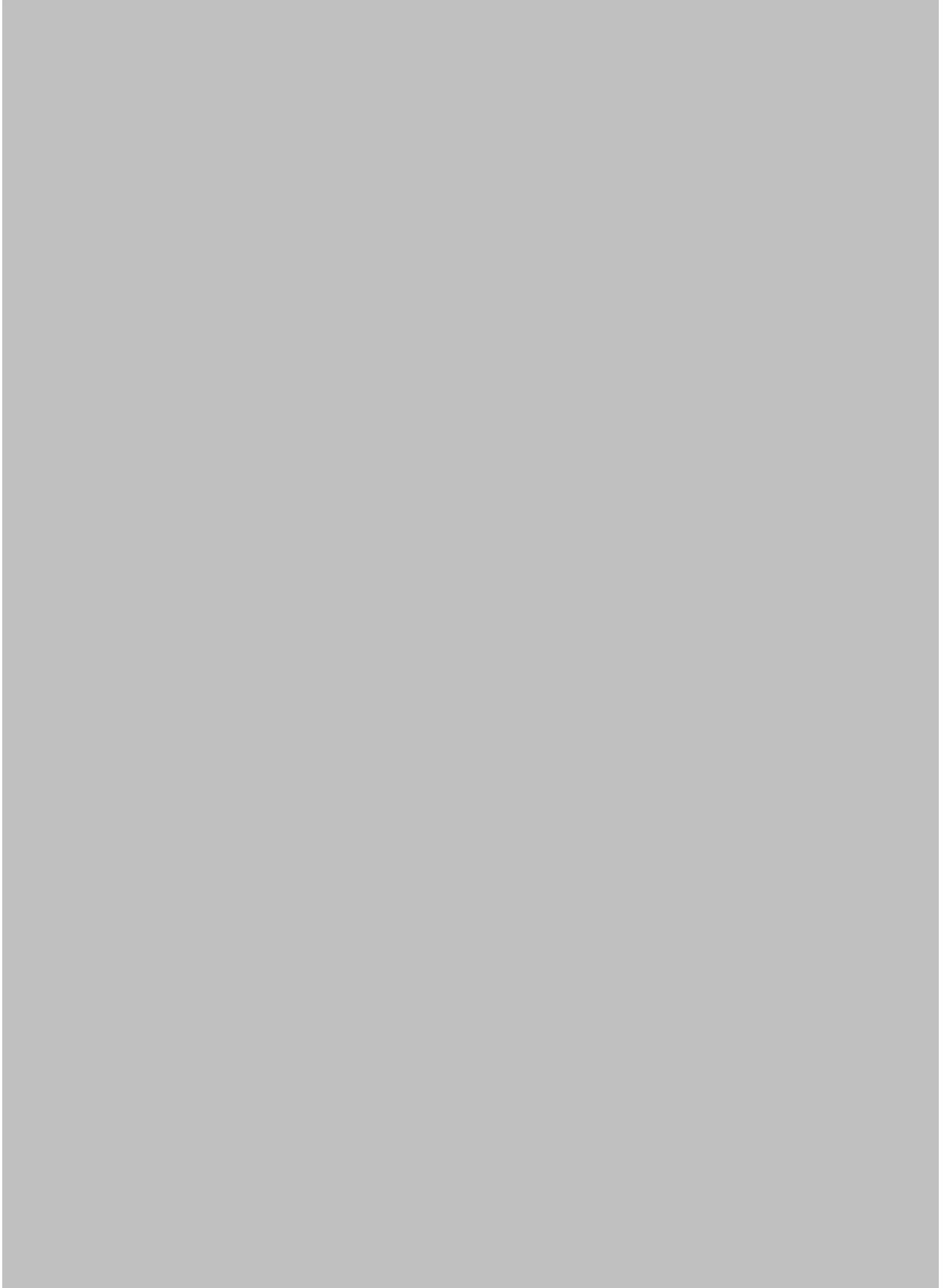
(添付 3) 表-9 対象物の比表面積(1/4)



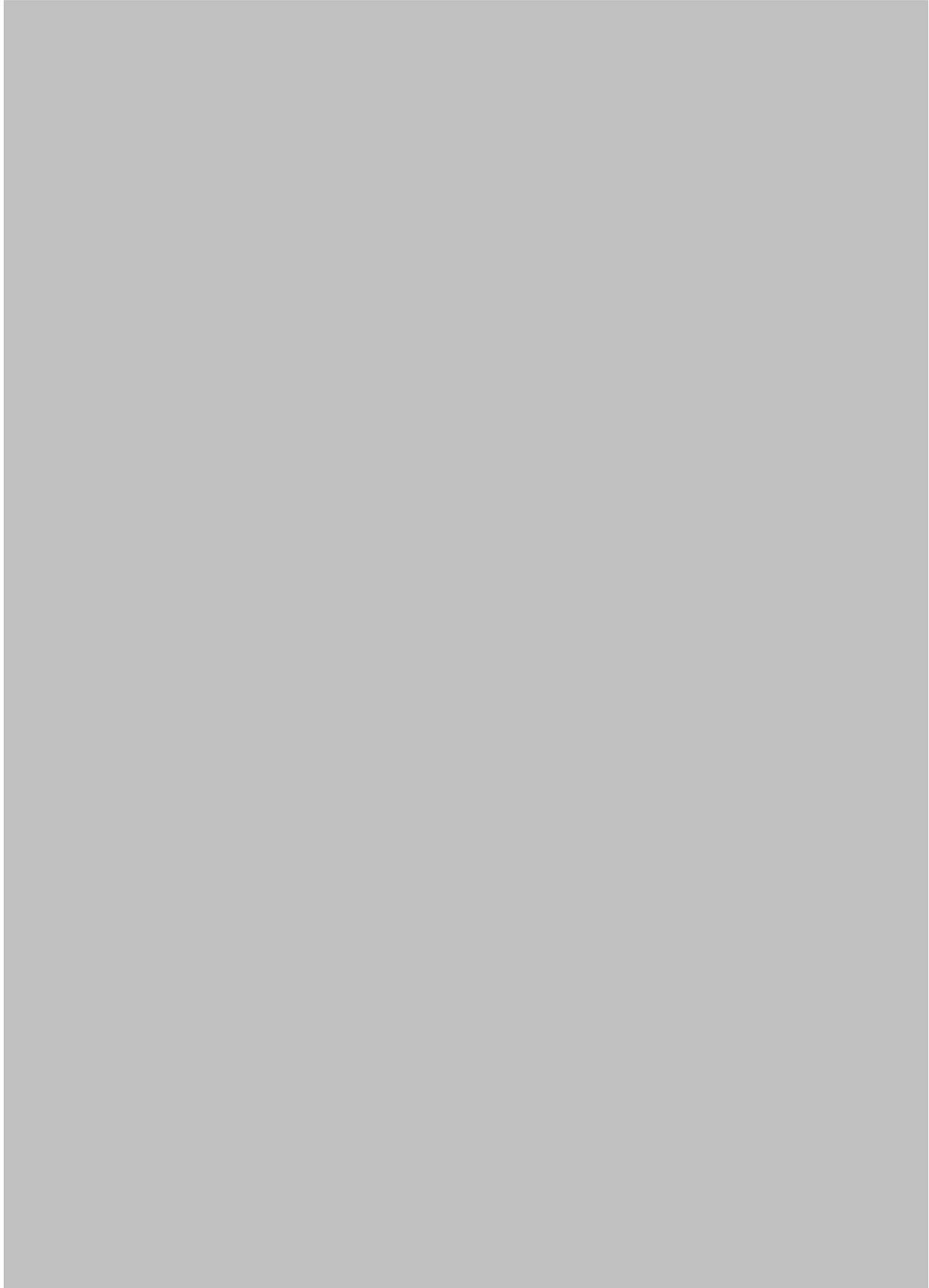
(添付 3) 表-9 対象物の比表面積(2/4)



(添付 3) 表-9 対象物の比表面積(3/4)



(添付 3) 表-9 対象物の比表面積(4/4)



添付図表 3-29

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

<補足>

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



添付図表 3-32

(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 (規則 32 核種)

二次的な汚染の評価対象核種の選択に用いる規則 32 核種の放射能濃度の設定結果を以下に示す。

設定基準日 (令和 2 年 4 月 1 日) における D/C ( $^{60}\text{Co}$ ) の  $\Sigma\text{D}/\text{C}$  (規則 32 核種) に対する比は  $9.7 \times 10^{-1}$ , 10 年後 (令和 12 年 4 月 1 日) では  $9.3 \times 10^{-1}$  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	$^{14}\text{C}$	1	$1.2 \times 10^{-2}$	$1.2 \times 10^{-2}$	$4.5 \times 10^{-2}$	$4.5 \times 10^{-2}$
2	$^{36}\text{Cl}$	1	$2.2 \times 10^{-4}$	$2.2 \times 10^{-4}$	$8.3 \times 10^{-4}$	$8.3 \times 10^{-4}$
3	$^{41}\text{Ca}$	100	$6.5 \times 10^{-8}$	$6.5 \times 10^{-10}$	$2.4 \times 10^{-7}$	$2.4 \times 10^{-9}$
4	$^{46}\text{Sc}$	0.1	0	0	0	0
5	$^{54}\text{Mn}$	0.1	$3.8 \times 10^{-4}$	$3.8 \times 10^{-3}$	$4.3 \times 10^{-7}$	$4.3 \times 10^{-6}$
6	$^{55}\text{Fe}$	1000	$5.2 \times 10^{-1}$	$5.2 \times 10^{-4}$	$1.5 \times 10^{-1}$	$1.5 \times 10^{-4}$
7	$^{59}\text{Fe}$	1	0	0	0	0
8	$^{58}\text{Co}$	1	0	0	0	0
9	$^{60}\text{Co}$	0.1	1.0	$1.0 \times 10^1$	1.0	$1.0 \times 10^1$
10	$^{59}\text{Ni}$	100	$2.5 \times 10^{-3}$	$2.5 \times 10^{-5}$	$9.2 \times 10^{-3}$	$9.2 \times 10^{-5}$
11	$^{63}\text{Ni}$	100	$2.7 \times 10^{-1}$	$2.7 \times 10^{-3}$	$9.4 \times 10^{-1}$	$9.4 \times 10^{-3}$
12	$^{65}\text{Zn}$	0.1	$1.2 \times 10^{-6}$	$1.2 \times 10^{-5}$	$1.4 \times 10^{-10}$	$1.4 \times 10^{-9}$
13	$^{90}\text{Sr}$	1	$1.8 \times 10^{-2}$	$1.8 \times 10^{-2}$	$5.2 \times 10^{-2}$	$5.2 \times 10^{-2}$
14	$^{94}\text{Nb}$	0.1	$2.0 \times 10^{-6}$	$2.0 \times 10^{-5}$	$7.3 \times 10^{-6}$	$7.3 \times 10^{-5}$
15	$^{95}\text{Nb}$	1	0	0	0	0
16	$^{99}\text{Tc}$	1	$4.8 \times 10^{-6}$	$4.8 \times 10^{-6}$	$1.8 \times 10^{-5}$	$1.8 \times 10^{-5}$
17	$^{106}\text{Ru}$	0.1	$2.5 \times 10^{-5}$	$2.5 \times 10^{-4}$	$1.1 \times 10^{-7}$	$1.1 \times 10^{-6}$
18	$^{108\text{m}}\text{Ag}$	0.1	$2.9 \times 10^{-6}$	$2.9 \times 10^{-5}$	$1.1 \times 10^{-5}$	$1.1 \times 10^{-4}$
19	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	0.1	$6.1 \times 10^{-8}$	$6.1 \times 10^{-7}$	$8.9 \times 10^{-12}$	$8.9 \times 10^{-11}$
20	$^{124}\text{Sb}$	1	0	0	0	0
21	$^{123\text{m}}\text{Te}$	1	0	0	0	0
22	$^{129}\text{I}$	0.01	$1.9 \times 10^{-7}$	$1.9 \times 10^{-5}$	$7.0 \times 10^{-7}$	$7.0 \times 10^{-5}$
23	$^{134}\text{Cs}$	0.1	$3.8 \times 10^{-5}$	$3.8 \times 10^{-4}$	$4.9 \times 10^{-6}$	$4.9 \times 10^{-5}$
24	$^{137}\text{Cs}$	0.1	$2.1 \times 10^{-2}$	$2.1 \times 10^{-1}$	$6.1 \times 10^{-2}$	$6.1 \times 10^{-1}$
25	$^{133}\text{Ba}$	0.1	$6.3 \times 10^{-5}$	$6.3 \times 10^{-4}$	$1.2 \times 10^{-4}$	$1.2 \times 10^{-3}$
26	$^{152}\text{Eu}$	0.1	$3.5 \times 10^{-4}$	$3.5 \times 10^{-3}$	$7.7 \times 10^{-4}$	$7.7 \times 10^{-3}$
27	$^{154}\text{Eu}$	0.1	$4.3 \times 10^{-5}$	$4.3 \times 10^{-4}$	$7.1 \times 10^{-5}$	$7.1 \times 10^{-4}$
28	$^{160}\text{Tb}$	1	0	0	0	0
29	$^{182}\text{Ta}$	0.1	0	0	0	0
30	$^{239}\text{Pu}$	0.1	$1.2 \times 10^{-3}$	$1.2 \times 10^{-2}$	$4.7 \times 10^{-3}$	$4.7 \times 10^{-2}$
31	$^{241}\text{Pu}$	10	$1.7 \times 10^{-19}$	$1.7 \times 10^{-20}$	$3.9 \times 10^{-19}$	$3.9 \times 10^{-20}$
32	$^{241}\text{Am}$	0.1	$7.3 \times 10^{-21}$	$7.3 \times 10^{-20}$	$3.5 \times 10^{-20}$	$3.5 \times 10^{-19}$
$\Sigma\text{D}/\text{C}$ (規則 32 核種) (A)				$1.0 \times 10^1$		$1.1 \times 10^1$
$\Sigma\text{D}/\text{C}$ ( $^{60}\text{Co}$ ) (B)				$1.0 \times 10^1$		$1.0 \times 10^1$
$^{60}\text{Co}$ の割合 (B/A)				$9.7 \times 10^{-1}$		$9.3 \times 10^{-1}$

< 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(<sup>3</sup>H)

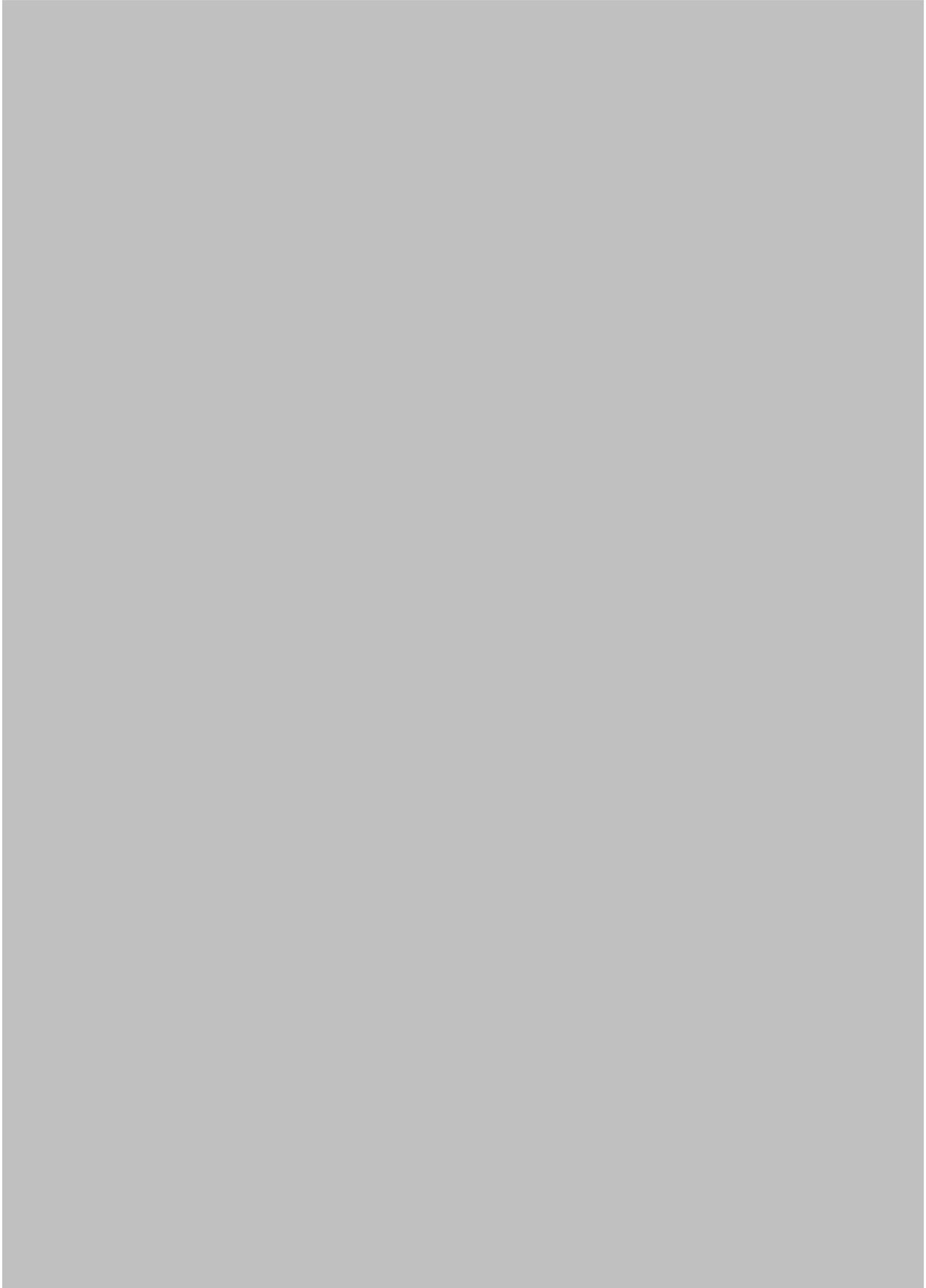
二次的な汚染の<sup>3</sup>Hは、代表試料(除染前)の表面汚染密度の放射化学分析結果(Bq/cm<sup>2</sup>)と対象物の比表面積(cm<sup>2</sup>/g)の代表値の積から、放射能濃度(Bq/g)を算出する。

代表試料の<sup>3</sup>Hの分析結果(Bq/cm<sup>2</sup>)は、全て検出限界値未満であり、<sup>3</sup>H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。

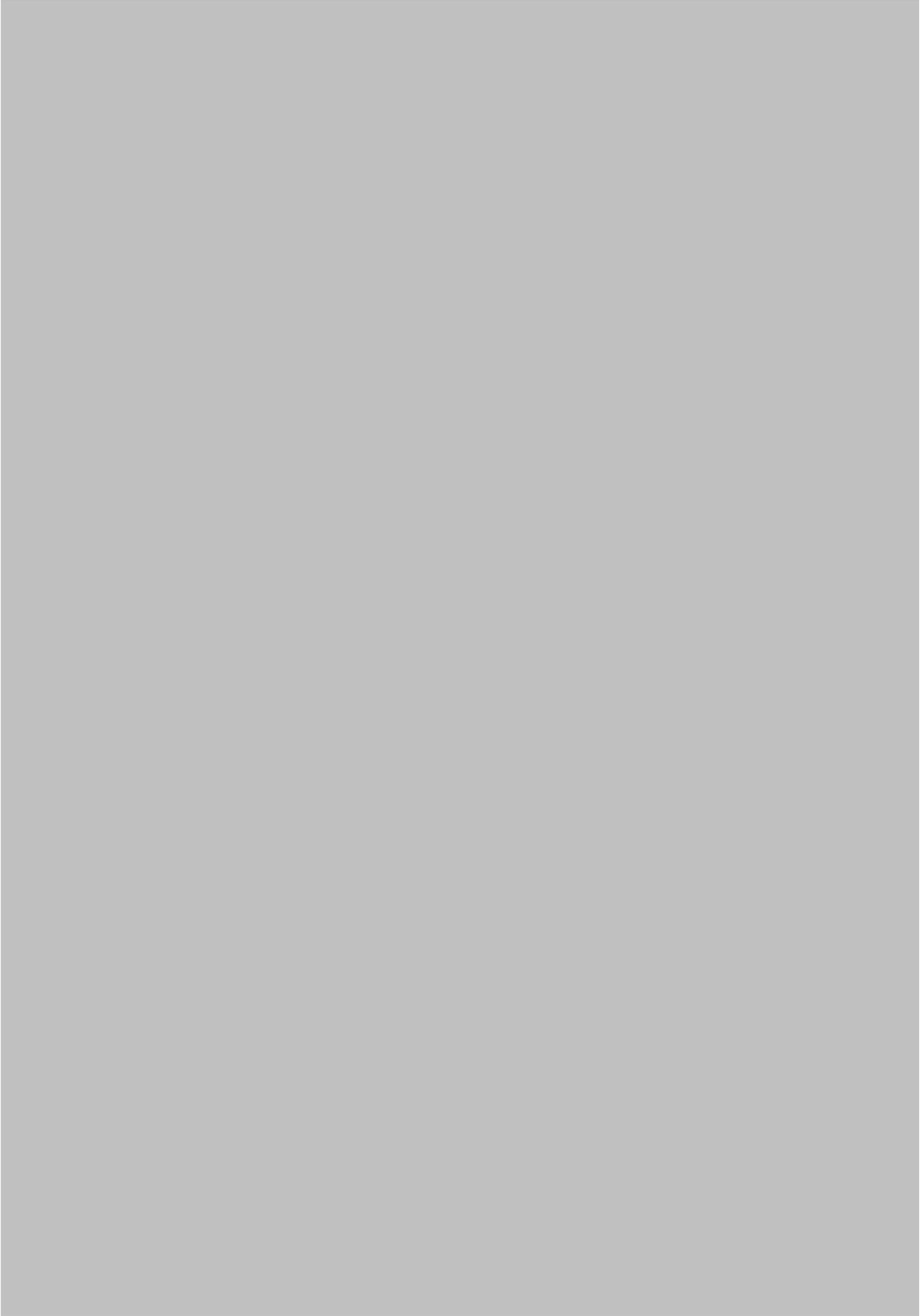
(令和2年4月1日時点)

パラメータ	
表面汚染密度の最大値(①)	6.0×10 <sup>-2</sup> Bq/cm <sup>2</sup>
比表面積の代表値(②)	2.3×10 <sup>-2</sup> cm <sup>2</sup> /g
放射能濃度D(③)	1.4×10 <sup>-3</sup> Bq/g
基準値C(④)	100 Bq/g
D/C(③/④)	1.4×10 <sup>-5</sup>

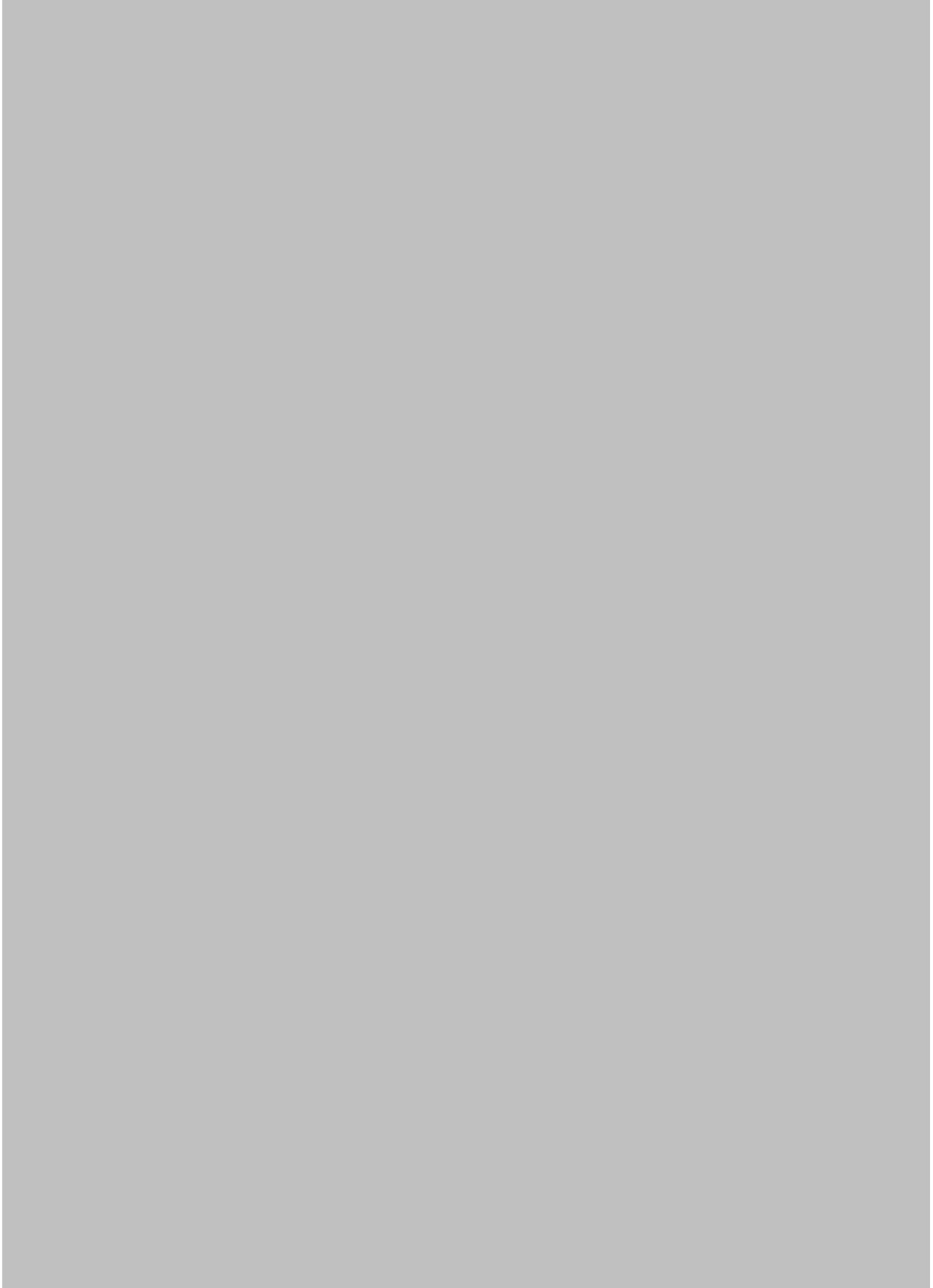
(添付 3) 表-15 二次的な汚染の評価対象核種の選択における不確かさ(1/8)



(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)

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

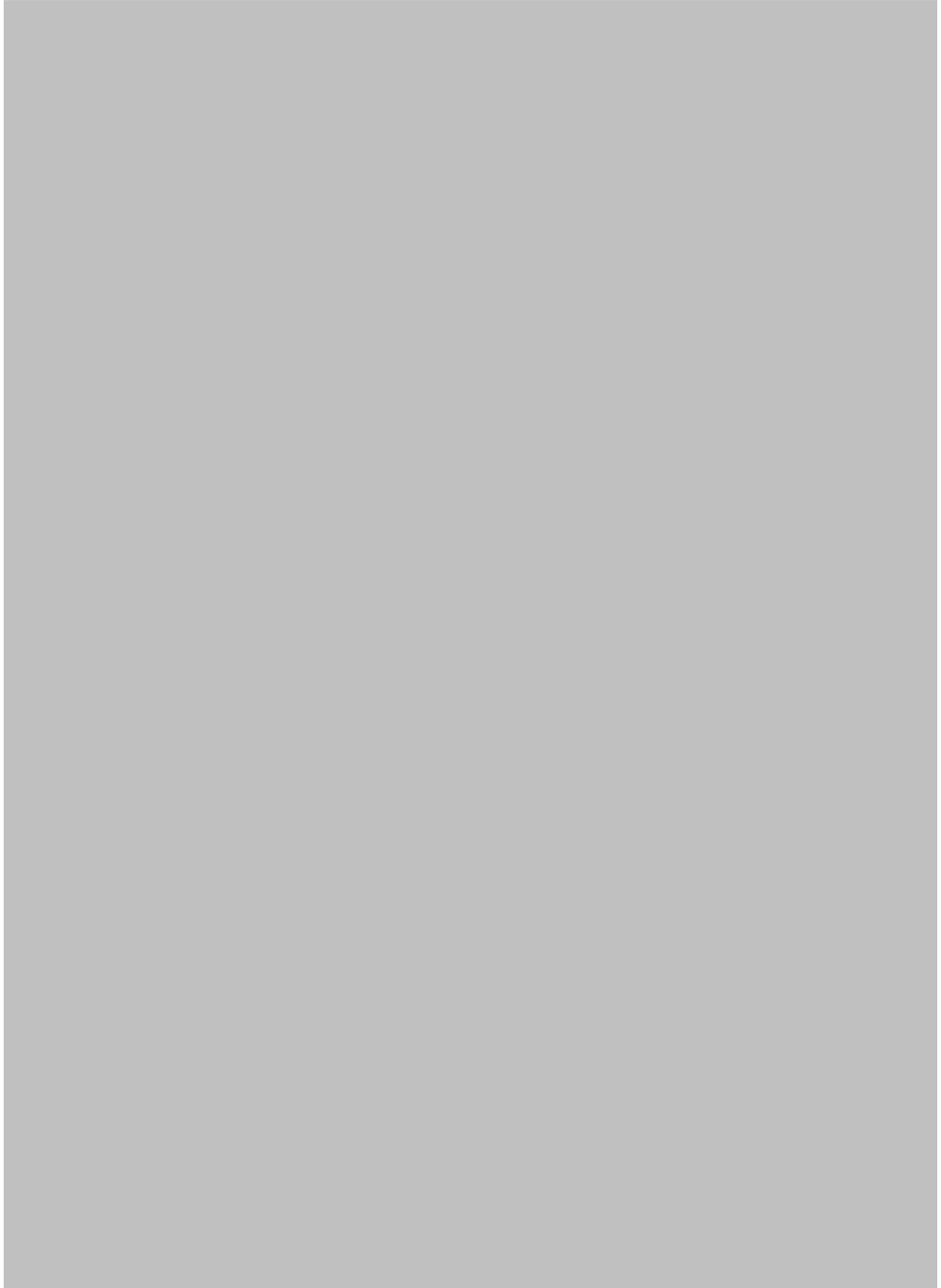
(添付 3) 表-15 二次的な汚染の評価対象核種の選択における不確かさ(3/8)



(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)



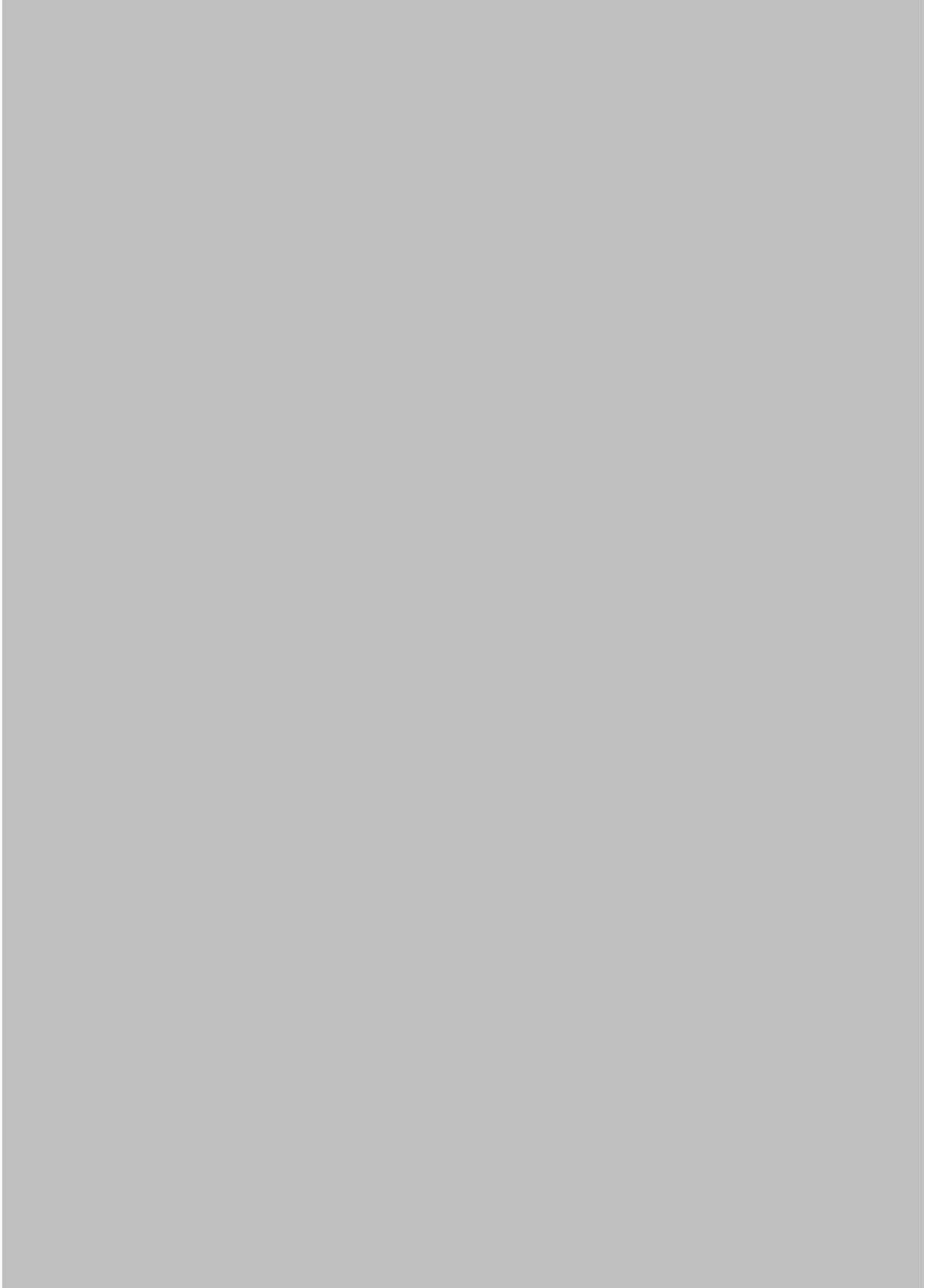
(添付 3) 表-15 二次的な汚染の評価対象核種の選択における不確かさ(5/8)



(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)

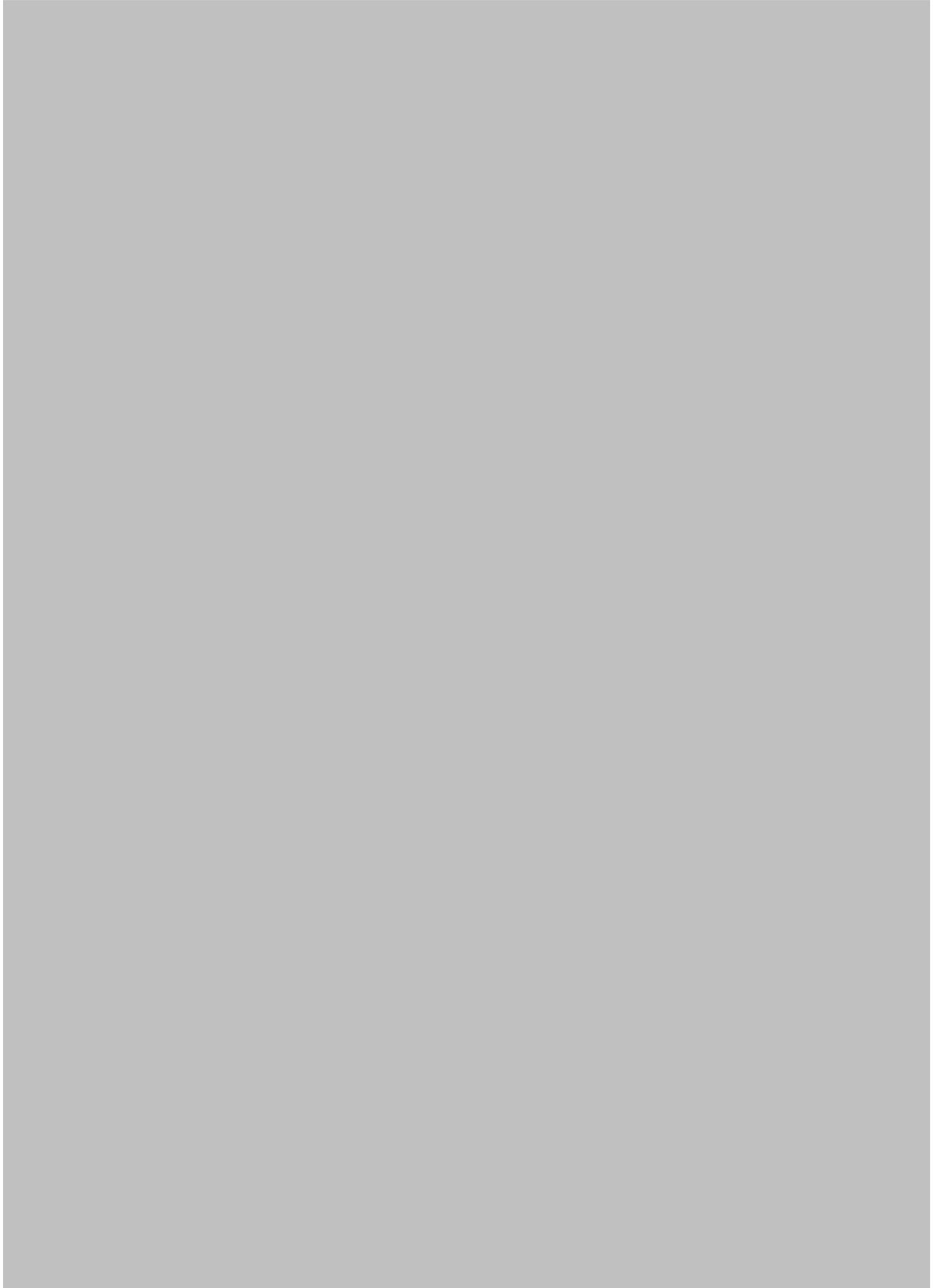


(添付 3) 表-15 二次的な汚染の評価対象核種の選択における不確かさ(7/8)



添付図表 3-41

(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 covering the majority of the page, indicating that the content of the table has been redacted.

(添付 3) 表-18 炭素鋼の元素組成

炭素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	$3.0 \times 10^{-5}$	Sr	$1.5 \times 10^{-5}$
C	$2.5 \times 10^{-1}$	Y	$2.0 \times 10^{-3}$
N	$8.4 \times 10^{-3}$	Zr	$1.0 \times 10^{-3}$
Na	$2.3 \times 10^{-3}$	Nb	$1.9 \times 10^{-3}$
Al	$3.3 \times 10^{-2}$	Mo	$5.6 \times 10^{-1}$
Si	$4.0 \times 10^{-2}$	Ag	$2.0 \times 10^{-4}$
P	$3.5 \times 10^{-2}$	Sb	$1.1 \times 10^{-3}$
S	$4.0 \times 10^{-2}$	Te	$1.0 \times 10^{-5}$
Cl	$4.0 \times 10^{-3}$	Cs	$2.0 \times 10^{-5}$
K	$1.2 \times 10^{-3}$	Ba	$2.7 \times 10^{-2}$
Ca	$1.4 \times 10^{-3}$	La	$1.0 \times 10^{-5}$
Sc	$2.6 \times 10^{-5}$	Ce	$1.0 \times 10^{-4}$
Ti	$2.0 \times 10^{-4}$	Sm	$1.7 \times 10^{-6}$
V	$8.0 \times 10^{-3}$	Eu	$3.1 \times 10^{-6}$
Cr	$1.7 \times 10^{-1}$	Tb	$4.5 \times 10^{-5}$
Mn	1.0	Dy	$5.0 \times 10^{-6}$
Fe	$9.8 \times 10^1$	Ho	$8.0 \times 10^{-5}$
Co	$1.2 \times 10^{-2}$	Yb	$1.0 \times 10^{-4}$
Ni	$6.6 \times 10^{-1}$	Lu	$2.0 \times 10^{-5}$
Cu	$1.3 \times 10^{-1}$	Hf	$2.1 \times 10^{-5}$
Zn	$1.0 \times 10^{-2}$	Ta	$1.3 \times 10^{-5}$
Ga	$8.0 \times 10^{-3}$	W	$5.5 \times 10^{-4}$
As	$5.3 \times 10^{-2}$	Pb	$8.2 \times 10^{-2}$
Se	$7.0 \times 10^{-5}$	Th	$1.8 \times 10^{-5}$
Br	$8.5 \times 10^{-5}$	U	$2.0 \times 10^{-5}$
Rb	$4.8 \times 10^{-3}$	合計	101

<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。

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-19 ステライトの元素組成

ステライト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	$3.0 \times 10^{-5}$	Sr	$1.5 \times 10^{-5}$
C	$2.5 \times 10^{-1}$	Y	$2.0 \times 10^{-3}$
N	$8.4 \times 10^{-3}$	Zr	$1.0 \times 10^{-3}$
Na	$2.3 \times 10^{-3}$	Nb	$1.9 \times 10^{-3}$
Al	$3.3 \times 10^{-2}$	Mo	$5.6 \times 10^{-1}$
Si	$4.0 \times 10^{-2}$	Ag	$2.0 \times 10^{-4}$
P	$3.5 \times 10^{-2}$	Sb	$1.1 \times 10^{-3}$
S	$4.0 \times 10^{-2}$	Te	$1.0 \times 10^{-5}$
Cl	$4.0 \times 10^{-3}$	Cs	$2.0 \times 10^{-5}$
K	$1.2 \times 10^{-3}$	Ba	$2.7 \times 10^{-2}$
Ca	$1.4 \times 10^{-3}$	La	$1.0 \times 10^{-5}$
Sc	$2.6 \times 10^{-5}$	Ce	$1.0 \times 10^{-4}$
Ti	$2.0 \times 10^{-4}$	Sm	$1.7 \times 10^{-6}$
V	$8.0 \times 10^{-3}$	Eu	$3.1 \times 10^{-6}$
Cr	$1.7 \times 10^{-1}$	Tb	$4.5 \times 10^{-5}$
Mn	1.0	Dy	$5.0 \times 10^{-6}$
Fe	$3.8 \times 10^1$	Ho	$8.0 \times 10^{-5}$
Co	$5.0 \times 10^1$	Yb	$1.0 \times 10^{-4}$
Ni	$1.0 \times 10^1$	Lu	$2.0 \times 10^{-5}$
Cu	$1.3 \times 10^{-1}$	Hf	$2.1 \times 10^{-5}$
Zn	$1.0 \times 10^{-2}$	Ta	$1.3 \times 10^{-5}$
Ga	$8.0 \times 10^{-3}$	W	$5.5 \times 10^{-4}$
As	$5.3 \times 10^{-2}$	Pb	$8.2 \times 10^{-2}$
Se	$7.0 \times 10^{-5}$	Th	$1.8 \times 10^{-5}$
Br	$8.5 \times 10^{-5}$	U	$2.0 \times 10^{-5}$
Rb	$4.8 \times 10^{-3}$	合計	100

<補足>

- Co 及び Ni (ハッチング) は文献<sup>1)</sup>を基に設定し、その他元素は炭素鋼のデータを基に設定した。その際、元素組成の合計が 100%となるよう Fe 元素組成値を調整した。
- ステライト材は主蒸気隔離弁の弁体摺り合わせ部に肉盛り溶接材として使用されている。弁体の主要な材質が炭素鋼であることから、ステライト材の Co, Ni 以外の元素組成として炭素鋼のデータを用いた。

参考文献

1. 日本原子力学会標準「放射性廃棄物の放射能濃度決定方法—原子力発電所から発生する低レベル放射性廃棄物の放射能濃度決定方法に関する基本手順：2007—浅地中ピット処分廃棄物について—

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

<補足>

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

<補足>

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

<補足>

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

<補足>

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

<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(<sup>60</sup>Co) / ΣD/C(規則32核種)は9.6×10<sup>-1</sup>、8年後(令和10年4月1日)において9.0×10<sup>-1</sup>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-29」に示す。

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

<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 (<sup>60</sup>Co) / ΣD/C (規則 32 核種) は 9.8×10<sup>-1</sup>, 13 年後 (令和 15 年 4 月 1 日) において 9.0×10<sup>-1</sup>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-29」に示す。

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

<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 (<sup>60</sup>Co) / ΣD/C (規則32核種) は 9.6×10<sup>-1</sup>, 11年後 (令和13年4月1日) において 9.1×10<sup>-1</sup>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-29」に示す。

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

<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(<sup>60</sup>Co) / ΣD/C(規則32核種)は9.7×10<sup>-1</sup>、11年後(令和13年4月1日)において9.1×10<sup>-1</sup>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-29」に示す。

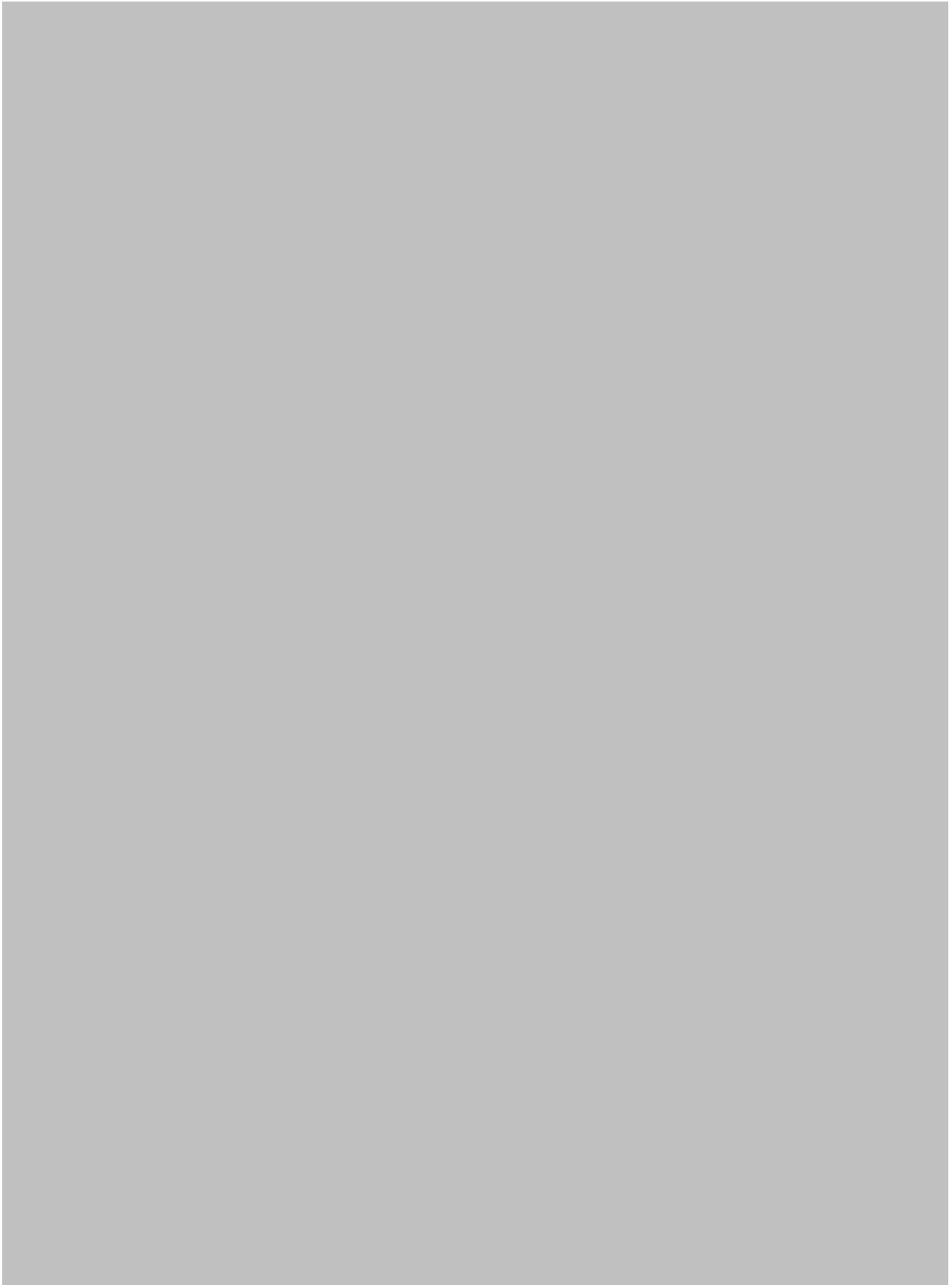
(添付 3) 表-28 代表核種比率 ( $^{137}\text{Cs}/^{60}\text{Co}$ ) による評価結果への影響(1/2)



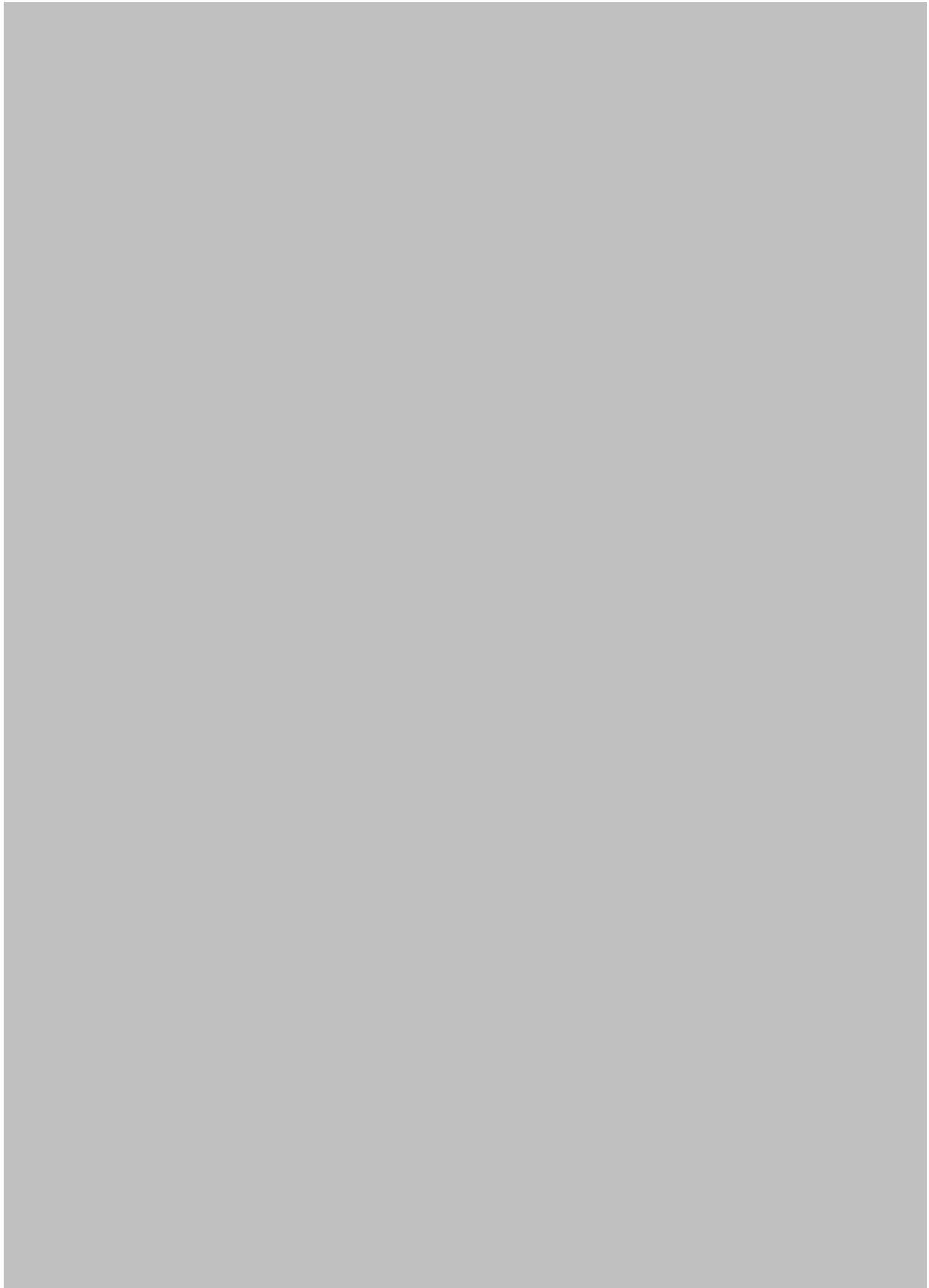
(添付 3) 表-28 代表核種比率 ( $^{137}\text{Cs}/^{60}\text{Co}$ ) による評価結果への影響(2/2)



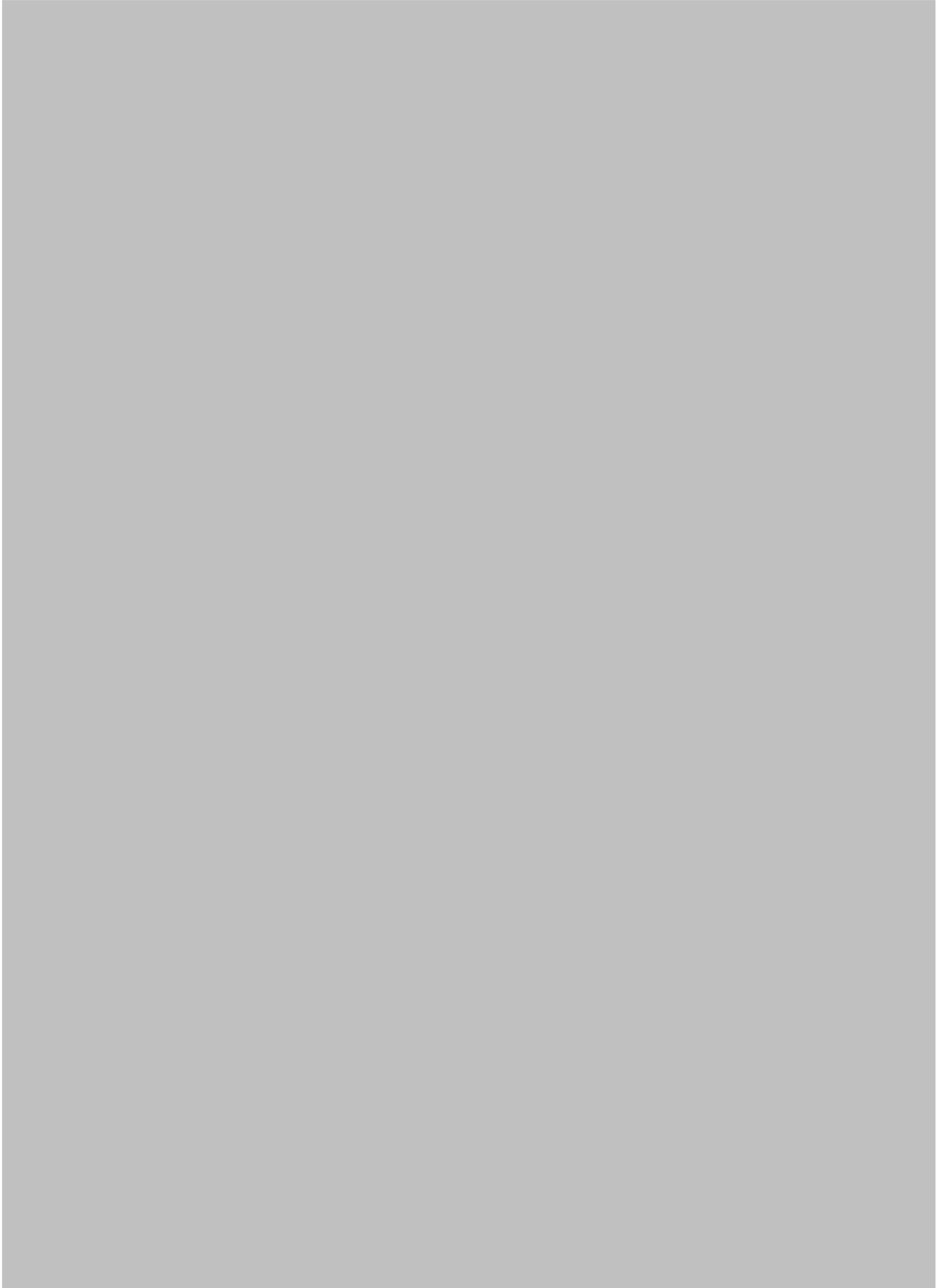
(添付 3) 表-29 揮発性核種の移行係数



(添付 3) 表-30  $^{14}\text{C}/^{60}\text{Co}$  による評価結果への影響



(添付 3) 表-31 二次的な汚染の生成メカニズムの妥当性確認

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

## 添付書類 四

放射能濃度の評価単位に関する説明

## 放射能濃度の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 ( $^{60}\text{Co}$ ) 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。
- ・対象物の汚染状況は、「添付書類二」(3. 2 対象物の汚染状況) に示すとおり、評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) の二次的な汚染は  $0.01\text{Bq/g}$  程度であり、D/C ( $^{60}\text{Co}$ ) は 0.1 程度 (1 以下) と推定していることから、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 ( $^{60}\text{Co}$ ) 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、そのなか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。「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が、NaI シンチレーションサーベイが近接できない狭隘部は表面汚染密度の代表値を用いて当該箇所の放射エネルギーとする。狭隘部は、「(添付 4) 表-1」に示すとおり、「測定単位」全体に占める面積が僅かであること、Ge 半導体検出器で測定する「測定領域」の中にあることから、Ge 半導体検出器に対応する「測定単位」に含めて取り扱う。
- ・「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. 測定・評価における評価単位及び測定単位の設定・運用

- ・「評価単位」及び「測定単位」の評価対象核種の D/C ( $^{60}\text{Co}$ ) は 1 以下とする。
- ・二次的な汚染に関して、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から、周方向の放射能濃度は概ね同じと評価した。

- ・「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<sup>6</sup>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 ( $^{60}\text{Co}$ ) 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

- ・「主蒸気中の  $^{17}\text{N}$  線」による放射化汚染は、「(添付 3) 表-5」に示すとおり、 $^{60}\text{Co}$  の放射能濃度は  $3.8 \times 10^{-5} \text{ Bq/g}$  (令和 2 年 4 月 1 日時点) である。
- ・D/C ( $^{60}\text{Co}$ ) は 0.0038 であり 0.03 (33 分の 1) 以下であるとともに、基準値の 1%未満と評価した。
- ・ $\Sigma$  D/C (規則 33 核種) に占める D/C ( $^{60}\text{Co}$ ) の割合は 99.7%と評価した。

## (2) 二次的な汚染

- ・「添付書類二」(3. 2 対象物の汚染状況) に示すとおり、除染後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、除染前に表面汚染密度が最も高い値を示した低圧車軸(B)は  $0.11\sim 0.44\text{Bq/cm}^2$  の範囲で分布し、平均  $0.24\text{Bq/cm}^2$  であった(いずれも令和 2 年 4 月 1 日時点)。

放射能濃度

( $^{60}\text{Co}$ ) は  $0.01\text{Bq/g}$  程度、D/C ( $^{60}\text{Co}$ ) は 0.1 程度と評価した。

- ・また、保守的に放射能濃度( $^{60}\text{Co}$ ) を求めると  $0.03\text{Bq/g}$  となり、D/C ( $^{60}\text{Co}$ ) は 0.3 程度であり基準値を下回ると評価した。
- ・以上より、二次的な汚染による「測定単位」の評価対象核種の D/C ( $^{60}\text{Co}$ ) は 1 以下であると評価した。

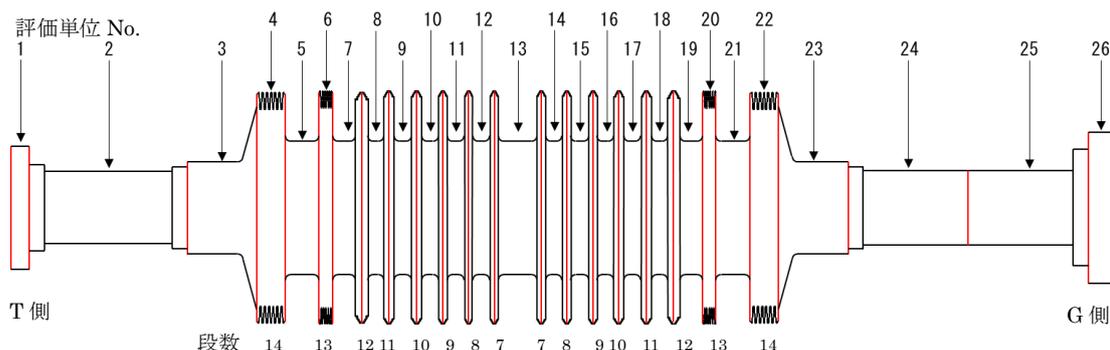
#### 添付書類 四 図表リスト

- (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) 表-1 対象物の狭隘部の割合

## (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)



添付図表 4-10

(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)



添付図表 4-14

(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)



添付図表 4-21

(添付 4) 表-1 対象物の狭隘部の割合 (1/2)

- 二次的な汚染の放射能濃度の測定において、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）が近接できない狭隘部の割合を以下に示す。
- 狭隘部のある「評価単位」は全 26「評価単位」のうち低圧車軸（A）及び低圧車軸（B）は 5「評価単位」、低圧車軸（C）は 6「評価単位」である。
- 狭隘部が車軸全体に占める面積割合は各車軸とも 1.6%であり、「評価単位」毎の面積割合は 0.12%～14%である。



(添付 4) 表-1 対象物の狭隘部の割合 (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 五

放射能濃度を決定する方法に関する説明

## 放射能濃度を決定する方法に関する説明

- ・評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) の放射能濃度は、対象物の汚染の性状を考慮し、放射化計算で求めた放射化汚染の放射能濃度と放射線測定装置を用いた測定を基に求めた二次的な汚染の放射能濃度を足し合わせて決定する。
- ・放射線測定装置を用いた測定値では、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。

### (1) 放射化汚染の放射能濃度

- ・放射化汚染の放射能濃度は、「添付書類三」に定める放射化計算法と同じ手法を用いて計算した結果を「測定単位」の放射能濃度とする。

### (2) 二次的な汚染の放射能濃度

- ・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 ( $^{60}\text{Co}$ ) 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。
- ・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」<sup>7</sup>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<sup>8</sup>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が、NaI シンチレーションサーベイが近接できない狭隘部<sup>9</sup>は表面汚染密度の代表値を用いて当該箇所の放射エネルギーとする。
- ・「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、各「測定領域」の放射エネルギーを合計することにより、「測定単位」の放射エネルギーとする。「測定単位」の放射能濃度は、「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。

- ・放射能濃度の評価日は、「評価単位」を構成する「測定単位」の二次的な汚染の放射能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。

## 1. 測定単位における放射化汚染の放射能濃度の決定方法

- ・「(添付 3) 表-5」に示すとおり、評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) の設定基準日 (令和 2 年 4 月 1 日) の放射能濃度は  $3.8 \times 10^{-5} \text{ Bq/g}$  である。この値を基に (5-1) 式により評価日まで減衰補正し、「測定単位」の放射能濃度とする。

$$C_{\text{放射化,評価日}} = C_{\text{放射化,設定基準日}} \times e^{-\lambda_{\text{Co}} t} \quad (5-1)$$

ここで、

- $C_{\text{放射化,評価日}}$  : 評価日の「測定単位」の放射化汚染による評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) の放射能濃度 (Bq/g)。
- $C_{\text{放射化,設定基準日}}$  : 設定基準日 (令和 2 年 4 月 1 日) の評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) の放射能濃度  $3.8 \times 10^{-5} \text{ (Bq/g)}$ 。
- $\lambda_{\text{Co}}$  : 評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) 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)
- $t$  : 設定基準日 (令和 2 年 4 月 1 日) から評価日までの経過日数 (d)。

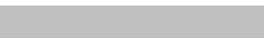
## 2. 測定単位における二次的な汚染の放射能濃度の決定方法

### 2. 1 サンプル測定を採用

- ・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。この汚染状態を「測定単位」の D/C ( $^{60}\text{Co}$ ) に換算すると、「添付書類四」(3. 想定放射能濃度) に示すとおり、0.1 程度、保守的に評価しても 0.3 程度であり、1 を超えることはない(令和 2 年 4 月 1 日時点)。

## 2. 2 測定単位における評価対象核種 $^{60}\text{Co}$ の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  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が、NaI シンチレーションサーベイが近接できない狭隘部は表面汚染密度の代表値を用いて当該箇所の放射能濃度とする。
- ・「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 回で放射能濃度を測定する領域を「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 ( $^{60}\text{Co}$ ) の放射能濃度は、各「測定領域」における評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) 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 ( $^{60}\text{Co}$ ) の放射能濃度として求める。
- ・サンプリング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 ( $^{60}\text{Co}$ ) 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 (5-2) 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

$$q_{\text{二次汚染, 評価日}} = q_{\text{二次汚染, 測定日}} \times e^{-\lambda_{\text{Co}} t_1} + q_{\text{s, 評価日}} \quad (5-2)$$

ここで、

$q_{\text{二次汚染, 評価日}}$  : 評価日における「測定領域 (1)」又は「測定領域 (2)」の二次的な汚染による評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) の放射エネルギー (Bq)。

$q_{\text{二次汚染, 測定日}}$  : 測定日における「測定領域 (1)」又は「測定領域 (2)」の二次的な汚染による評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) 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。

$\lambda_{\text{Co}}$  : 評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) の崩壊定数 ( $\text{d}^{-1}$ )。

$t_1$  : 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。

$q_{\text{s, 評価日}}$  : 評価日における「測定領域 (1)」にある狭隘部の二次的な汚染による評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) の放射エネルギー (Bq)

- ・「測定単位」の放射エネルギーは、(5-4)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。

$$Q_{\text{二次汚染,評価日}} = \sum_{k=1}^{N_k} q_{\text{二次汚染,評価日,k}} \quad (5-4)$$

ここで、

- $Q_{\text{二次汚染,評価日}}$  : 評価日における「測定単位」の二次的な汚染による評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) 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 (一)。
- $q_{\text{二次汚染,評価日,k}}$  : 評価日における「測定領域」 $k$ の二次的な汚染による評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) の放射エネルギー (Bq) で、(5-2)式によって求まる値。

- ・「測定領域(1)」の測定において、狭隘部又は「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。

- ・代表「測定単位」の二次的な汚染による評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) の放射能濃度は、(5-5) 式により放射エネルギーを重量で除して求める。

$$C_{\text{二次汚染,評価日}} = Q_{\text{二次汚染,評価日}} / W \quad (5-5)$$

ここで、

- $C_{\text{二次汚染,評価日}}$  : 評価日における代表「測定単位」の二次的な汚染による評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) の放射能濃度 (Bq/g)。
- $Q_{\text{二次汚染,評価日}}$  : 評価日における代表「測定単位」の二次的な汚染による評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) の放射エネルギー (Bq) で、(5-4) 式によって求まる値。

### 3. 測定単位における放射能濃度の決定方法

- ・「評価単位」を構成する「測定単位」のうち、代表「測定単位」における評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) の放射能濃度は、(5-6) 式により放射化汚染の放射能濃度と二次的な汚染の放射能濃度を足し合わせて求める。

$$C_{\text{評価対象核種,評価日}} = C_{\text{放射化,評価日}} + C_{\text{二次汚染,評価日}} \quad (5-6)$$

ここで、

- $C_{\text{評価対象核種, 評価日}}$  : 評価日における代表「測定単位」の評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) の放射能濃度 (Bq/g)。
- $C_{\text{放射化,評価日}}$  : 評価日における代表「測定単位」の放射化汚染による評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) の放射能濃度 (Bq/g)。  
具体的には (5-1) 式によって求まる値である。
- $C_{\text{二次汚染,評価日}}$  : 評価日における代表「測定単位」の二次的な汚染による評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) の放射能濃度 (Bq/g)。  
具体的には (5-5) 式によって求まる値である。

### 4. 評価単位における放射能濃度の決定方法

- ・「評価単位」における評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) の放射能濃度は、(5-7) 式により放射化汚染の放射能濃度と二次的な汚染の放射能濃度を足し合わせて求める。



**5. 放射能濃度の決定における不確かさの考慮**  
**(1) 放射化汚染**





**(2) 二次的な汚染**



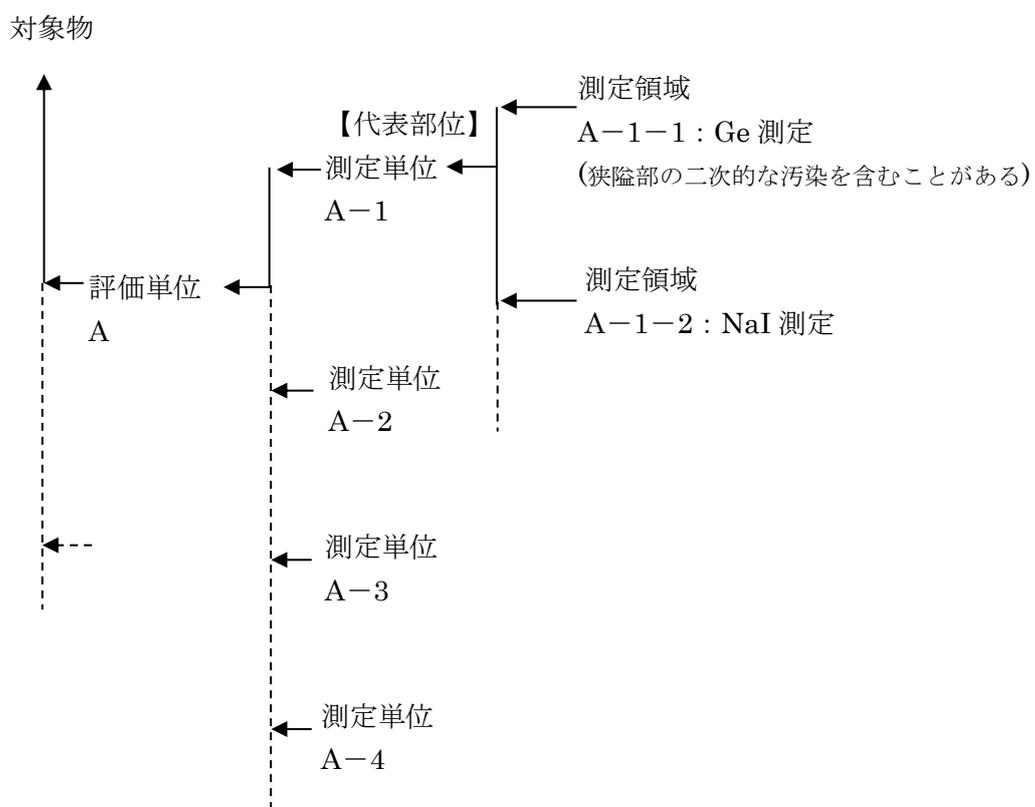
### 参考文献

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 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 対象物の表面汚染密度を考慮した代表「測定単位」の補正係数
- (添付 5) 表-2 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 対象物の表面汚染密度を考慮した代表「測定単位」の補正係数

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

添付図表 5-2

(添付 5) 表-2 放射能濃度の決定における不確かさ (1/2)

(1) 放射化汚染



(添付 5) 表-2 放射能濃度の決定に関する不確かさ (2/2)

(2) 二次的な汚染



## 添付書類 六

放射線測定装置の選択及び測定条件等の  
設定に関する説明

## 放射線測定装置の選択及び測定条件等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。
  - ・放射化汚染の放射能濃度は放射化計算により求めることから、放射線測定装置は用いない。
  - ・二次的な汚染の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」のなかで Ge 半導体検出器での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で測定するが、NaI シンチレーションサーベイが近接できない狭隘部は表面汚染密度の代表値を用いて当該箇所の放射エネルギーとする。
  - ・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、代表「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。
- 代表「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・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、二次的な汚染に関する放射線測定装置の選択及び測定条件等の設定に関する事項を述べる。

## 2. 測定条件等の抽出と設定

- ・測定条件等とは、「評価単位」及び「測定単位」の D/C（評価対象核種  $^{60}\text{Co}$ ）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 測定条件等の抽出

- ・「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。
- ・測定条件等として、評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) 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。
- ・測定条件等は、代表「測定単位」において、検出限界値相当で  $0.05 \text{ Bq/g}$  ( $^{60}\text{Co}$ ) 以下になるように設定する。
- ・測定の結果、計数率が検出限界計数率未満であり、かつ検出限界値相当で代表「測定単位」の放射能濃度が  $0.05 \text{ Bq/g}$  ( $^{60}\text{Co}$ ) 以下とならない場合、測定条件等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  $^{60}\text{Co}$ ）が 1 以下となることを確認する。1 以下とならない場合、測定条件等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 測定条件等の設定方法

#### 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 ( $^{60}\text{Co}$ ) の  $\gamma$  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<sup>13</sup>を加えた値を測定値とする。
- ・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 ( <sup>60</sup> Co) の測定結果	評価に用いる計数率 (s <sup>-1</sup> )
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 (<sup>60</sup>Co) の計数率に対応する放射エネルギーを求める。

$$q_{\text{二次汚染,測定日}} = CF_{Ge} \times (N_{Ge} - m_{Co}) \quad (6-1)$$

ここで，

- $q_{\text{二次汚染,測定日}}$  : 測定日における「測定領域 (1)」の二次的な汚染による評価対象核種 (<sup>60</sup>Co) の放射エネルギー (Bq)。
- $CF_{Ge}$  : 評価対象核種 (<sup>60</sup>Co) の放射能換算係数 (Bq/ s<sup>-1</sup>)。放射エネルギー (Bq) と計数率(s<sup>-1</sup>)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 (<sup>60</sup>Co) が放出する γ 線の計数率 (s<sup>-1</sup>)。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 (<sup>60</sup>Co) の γ 線の計数率 (s<sup>-1</sup>)。

<sup>13</sup> 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)

## (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 ( $^{60}\text{Co}$ ) 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。

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

$$q_{\text{二次汚染,測定日}} = CF_{\text{NaI}} \times N_{\text{NaI}} \quad (6-2)$$

ここで、

- $q_{\text{二次汚染,測定日}}$  : 測定日における「測定領域 (2)」の二次的な汚染による評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) の放射エネルギー (Bq)。
- $CF_{\text{NaI}}$  : 評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) の放射能換算係数 (Bq/s<sup>-1</sup>)。放射エネルギー (Bq) と計数率(s<sup>-1</sup>)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。
- $N_{\text{NaI}}$  : 測定時における評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) が放出する  $\gamma$  線の計数率 (s<sup>-1</sup>)。

### 2. 2. 3 放射能換算係数

- 評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) の放射能換算係数 (Bq/s<sup>-1</sup>) は、放射線測定装置で測定した評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) の計数率 (s<sup>-1</sup>) 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/cm<sup>3</sup>) 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<sup>-1</sup>) の関係を遮へい計算で求め、これを放射能換算係数 (Bq/s<sup>-1</sup>) 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。











## 2. 2. 4 放射エネルギーの測定方法の妥当性の確認

- 放射エネルギーの測定方法の妥当性を確認するため、表面汚染密度の代表値を考慮した  $^{60}\text{Co}$  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。
- 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、いずれも標準線源の放射エネルギーを測定結果が上回ることを確認した。

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	4-1
「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)	$1.6 \times 10^3$	$4.4 \times 10^3$	$1.2 \times 10^4$
標準線源 B (Bq)	$1.2 \times 10^3$	$1.2 \times 10^3$	$4.9 \times 10^3$
A/B	1.4	3.8	2.5
測定結果詳細	「(添付 6) 図-5」		「(添付 6) 図-6」

- 以上より、評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) の放射エネルギーの測定方法が適切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

- 二次的な汚染の評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) の放射エネルギー測定に用いる Ge 半導体検出器の検出限界値 (Bq/g) は、バックグラウンドの変動を考慮して決定する。
- 「測定単位」を測定する際の評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) の検出限界値 (Bq/g) は、検出限界計数率 ( $\text{s}^{-1}$ ) に相当する放射エネルギー (Bq) を放射能換算係数 ( $\text{Bq/s}^{-1}$ ) 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。

- ・検出限界計数率は、検出限界カウント数を測定時間で除して求める。
- ・検出限界計数率は、汎用測定装置である Ge 半導体検出器の機能を用いて、バックグラウンドの変動を考慮して求める。(参考文献 3, 8)

## (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 ( $^{60}\text{Co}$ ) 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  $^{60}\text{Co}$ ) 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、代表「測定単位」において検出限界値相当で 0.05 Bq/g ( $^{60}\text{Co}$ ) 相当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は、標準線源 ( $^{60}\text{Co}$ ) 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<sup>15</sup>が放射能換算係数の

計算時に想定した範囲内であること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。

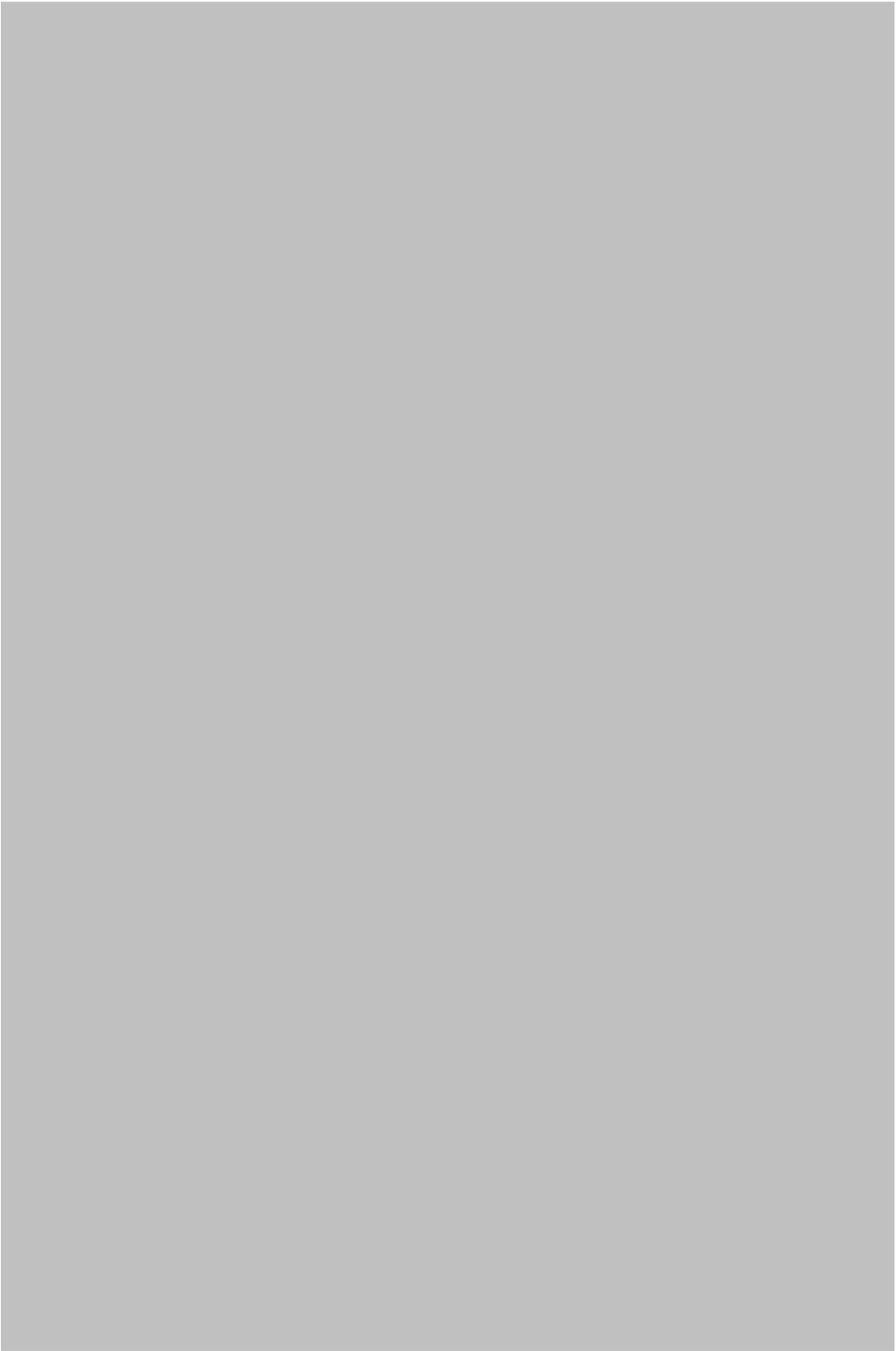
### 2. 2. 8 評価対象核種（ $^{60}\text{Co}$ ）の表面汚染密度の測定

- ・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・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、表面汚染密度の代表値（ $2.0\text{Bq}/\text{cm}^2$ ）が適用できることを確認する。
- ・「(添付 6) 表-3」に示すとおり、表面汚染密度の測定方法は、 $2.0\text{Bq}/\text{cm}^2$  未満の測定が可能となるように検出限界値が  $2.0\text{Bq}/\text{cm}^2$  を下回る値で測定を行う。

### 3. 測定条件等の設定に対する不確かさ







## 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」(原子力規制委員会, 令和元年9月11日)
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, JCGM 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「ウラン取扱施設におけるクリアランスの判断方法: 2010」
8. 「 $\gamma$ 線解析プログラム 分析手法説明書」(平成15年11月1日 キャンベラジャパン)

## 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 表面汚染密度の測定方法
- (添付 6) 表-4 測定条件等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」の放射能量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: $\gamma$ 線スペクトル測定法 <sup>1)</sup> 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 <sup>-1</sup>
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	約 50mm 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)



(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)



添付図表 6-3

## (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"><li>検出器の位置は、測定領域が<math>\pm 60^\circ</math> 以内の検出器の視野に含まれるように設定する。</li><li>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。</li></ul>

### (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"><li>検出器の位置は、測定領域が<math>\pm 135^\circ</math> 以内の検出器の視野に含まれるように設定する。</li><li>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。</li></ul>

(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)



添付図表 6-6

(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)。



添付図表 6-14

(添付 6) 図-4 放射能換算係数の設定例 (ケース B) (1/4)



(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. 4 (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) (1/4)

(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 ( $^{60}\text{Co}$ ) 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) (2/4)

<結果>

- ・測定で得られた計数率に相当する放射エネルギーを放射能換算係数から求めて標準線源の放射エネルギーと比較し、標準線源の放射エネルギーを測定結果が上回ることを確認した。



- ・測定値  $6.3 \times 10^{-2}$  ( $s^{-1}$ ) に対応する放射エネルギーの測定値 (D/C ( $^{60}\text{Co}$ )) で  $3.2 \times 10^{-2}$  に相当) を比較すると、測定値は標準線源の 1.4 倍 (+40%程度) である。

A : 測定値 (Bq) ※	B : 標準線源 (Bq)	A/B
$1.6 \times 10^3$	$1.2 \times 10^3$	1.4

(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) (3/4)

(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 ( $^{60}\text{Co}$ ) 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) (4/4)

<結果>

- ・測定で得られた計数率に相当する放射エネルギーを放射能換算係数から求めて標準線源の放射エネルギーと比較し、標準線源の放射エネルギーを測定結果が上回ることを確認した。



- ・測定値 99 (s<sup>-1</sup>) に対応する放射エネルギーの測定値 (D/C (<sup>60</sup>Co) で 8.7×10<sup>-2</sup>に相当) を比較すると、測定値は標準線源の 3.8 倍 (+280%程度) である。

A : 測定値 (Bq) ※	B : 標準線源 (Bq)	A/B
4.4×10 <sup>3</sup>	1.2×10 <sup>3</sup>	3.8

(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) (1/2)

(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. 4 (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 ( $^{60}\text{Co}$ ) 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) (2/2)

<結果>

- ・測定で得られた計数率に相当する放射エネルギーを放射能換算係数から求めて標準線源の放射エネルギーと比較し、標準線源の放射エネルギーを測定結果が上回ることを確認した。



- ・測定値  $2.1 \times 10^{-2}$  ( $s^{-1}$ ) に対応する放射エネルギーの測定値 (D/C ( $^{60}Co$ )) で  $2.1 \times 10^{-1}$  に相当) を比較すると、測定値は標準線源の 2.5 倍 (+150%程度) である。

A : 測定値 (Bq) ※	B : 標準線源 (Bq)	A/B
$1.2 \times 10^4$	$4.9 \times 10^3$	2.5

(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



添付図表 6-26

(添付 6) 表-3 表面汚染密度の測定方法

- ・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。
- ・2.0Bq/cm<sup>2</sup>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、検出限界値が 2.0Bq/cm<sup>2</sup>を下回る値であることを確認する。
- ・原則、直接測定法とし、対象物の表面汚染密度が 2.0Bq/cm<sup>2</sup>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。

(1) 直接測定法

- ・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る。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。

表 表面汚染密度の測定器

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 (cm <sup>2</sup> ) *	19.6	100

※代表型式である。

(2) 間接測定法

- ・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。間接測定法は、まず、スミア布を用いて約 900cm<sup>2</sup>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 100cm<sup>2</sup>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。

(添付 6) 表-4 測定条件等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-4 測定条件等の設定に対する不確かさ (2/9)



(添付 6) 表-4 測定条件等の設定に対する不確かさ (3/9)



(添付 6) 表-4 測定条件等の設定に対する不確かさ (4/9)



(添付 6) 表-4 測定条件等の設定に対する不確かさ (5/9)



(添付 6) 表-4 測定条件等の設定に対する不確かさ (6/9)

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

(添付 6) 表-4 測定条件等の設定に対する不確かさ (7/9)

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

添付図表 6-34

(添付 6) 表-4 測定条件等の設定に対する不確かさ (8/9)



(添付 6) 表-4 測定条件等の設定に対する不確かさ (9/9)

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

## 添付書類 七

放射能濃度確認対象物の管理方法  
に関する説明

## 放射能濃度確認対象物の管理方法に関する説明

- ・放射能濃度の測定及び評価に伴う対象物の取扱い及び保管管理を「(添付 7) 図-1」のフローに従い実施する。また、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。

### 1. 共通事項

- ・対象物の保管エリア等では、対象物への異物の混入及び放射性物質による追加的な汚染が生じないように管理し、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の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。
- ・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する。
- ・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。
- ・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。

### 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、放射化汚染と二次的な汚染の D/C ( $^{60}\text{Co}$ ) の合計値が、いずれの「評価単位」及び「測定単位」においても 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・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・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。

- 国の確認を受ける対象物となった低圧車軸は、評価対象核種 ( $^{60}\text{Co}$ ) の半減期 (約 5.3 年) を考慮し、低圧車軸を構成する各「評価単位」の評価日のうち最初の評価日から 1 年以内に、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」又は「測定単位」の D/C ( $^{60}\text{Co}$ ) が 1 を超える場合、当該車軸は測定条件等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。

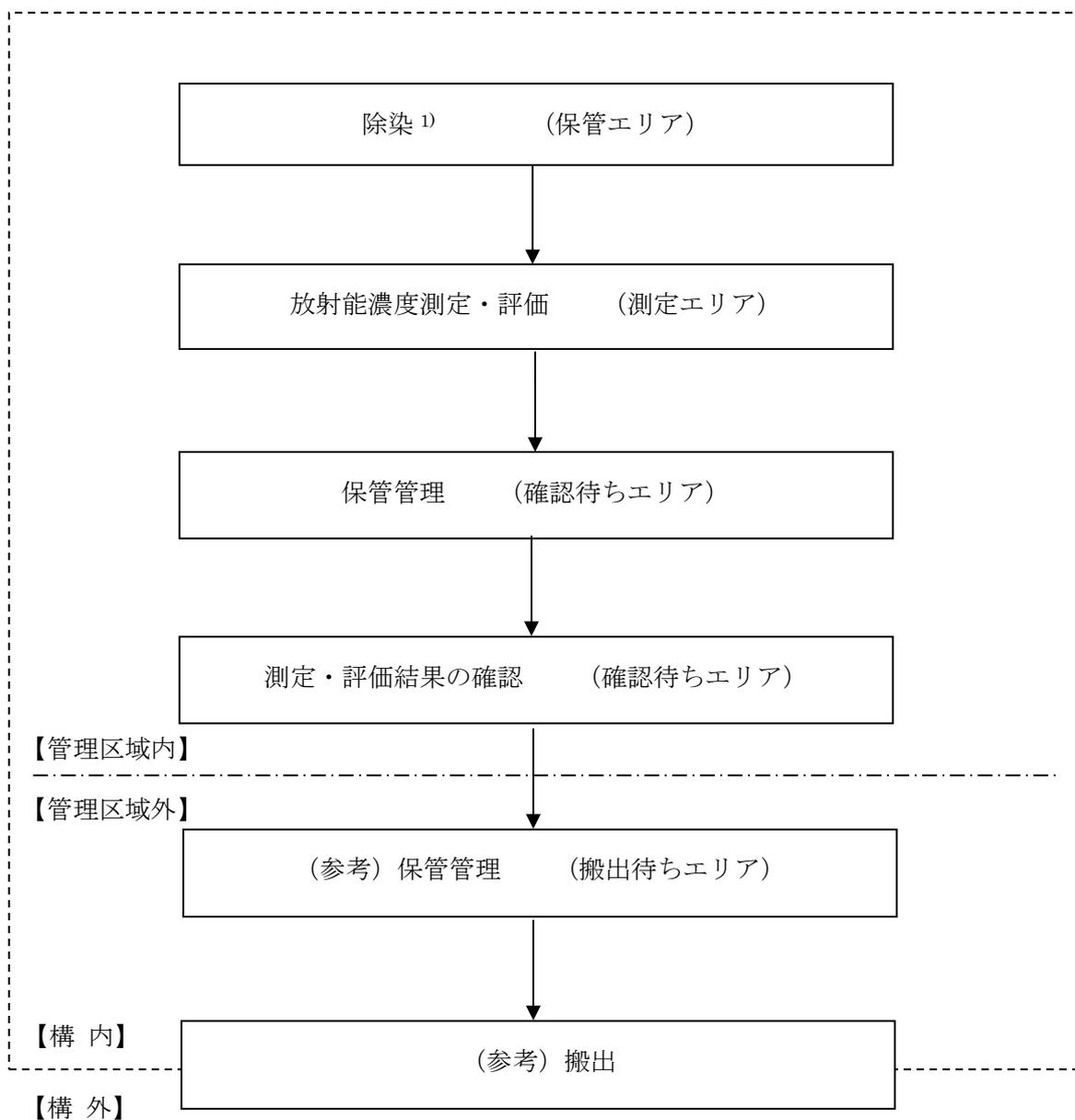
#### 4. 確認待ちエリア

- 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 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	○		
汚染のおそれのない管理区域	○	○	○
除染，表面汚染密度の確認※	○		
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	○	○	○

※当該以外でも，必要に応じて実施する。

## 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

## (参考) 用語集

### 2. 解析体系のモデル

放射化汚染の条件となる「主蒸気中の  $^{17}\text{N}$  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  $^{60}\text{Co}$  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 1 第 2 欄の放射能濃度。

### 5. 規則

「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」。

### 6. 規則 33 核種

「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」別表第 1 第 1 欄の 33 種類の放射性物質。

### 7. 規則 32 核種

規則 33 核種のうち  $^3\text{H}$  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。

## 12. 主蒸気中の $^{17}\text{N}$ 線

主蒸気に含まれる中性子源 ( $^{17}\text{N}$  : 半減期 約 4 秒) が  $\beta$  崩壊して  $^{16}\text{O}$  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. 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。

## 15. 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。

## 16. 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。

**17. 代表核種比率**

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

**18. 低圧車軸**

浜岡 4 号炉低圧タービンロータ車軸。

**19. 二次的な汚染**

放射性物質が付着することによる汚染。

**20. 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）

**21. 浜岡 4 号炉**

浜岡原子力発電所 4 号原子炉施設。

**22. 浜岡 5 号炉**

浜岡原子力発電所 5 号原子炉施設。

**24. 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。

**25. 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。

**26. 表面汚染密度**

単位面積あたりの放射能量。

本申請では， $^{60}\text{Co}$  相当の表面汚染密度は，「 $^{60}\text{Co}$  相当」の記載を省略する。

**27. 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。

**28. 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。

**29. 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。

**30. 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。

**31. 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。

**32. 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。

**33. 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，及び一次冷却水及び不純物が炉心中性子で放射化されて生成する放射性物質。

**34. 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。

**35.  $\Sigma D/C$**

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

**36. 95%上限値**

95%信頼区間の片側上限値。

以 上