

関原発第157号

2021年6月4日

原子力規制委員会 殿

大阪市北区中之島3丁目6番16号

関西電力株式会社

執行役社長 森本 孝

大飯発電所1号炉及び2号炉において用いた資材に含まれる
放射性物質の放射能濃度の測定及び評価方法の認可申請書
の一部補正について

核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第61条の2第2項の規定に基づき、令和2年6月15日付け関原発第123号をもって申請しました「大飯発電所1号炉及び2号炉において用いた資材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申請書」(2021年5月20日付け関原発第110号にて一部補正)の本文及び添付書類一式を、別紙に差し替えいたします。

以上

別紙：大飯発電所1号炉及び2号炉において用いた資材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申請書 本文及び添付書類

大飯発電所1号炉及び2号炉において用いた資材に含まれる
放射性物質の放射能濃度の測定及び評価方法の認可申請書
本文及び添付書類

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	関西電力株式会社
住 所	大阪市北区中之島3丁目6番16号
代表者の氏名	執行役社長 森本 孝

二 放射能濃度確認対象物が生ずる工場等の名称及び所在地

名 称	大飯発電所
所在地	福井県大飯郡おおい町大島

三 放射能濃度確認対象物が生ずる施設の名称

名 称	大飯発電所 1号原子炉施設
	大飯発電所 2号原子炉施設

以下、大飯発電所1号原子炉施設及び大飯発電所2号原子炉施設を「大飯1, 2号炉」、大飯発電所1号原子炉施設を「大飯1号炉」、大飯発電所2号原子炉施設を「大飯2号炉」という。

四 放射能濃度確認対象物の種類、発生及び汚染の状況並びに推定される総重量

1. 放射能濃度確認対象物の種類及び推定される総重量

放射能濃度確認対象物は、大飯1，2号炉の運転保守に伴い発生した資材のうち、**2005**年度に大飯1，2号炉の燃料取替用水タンクエリアに設置していた燃料取替用水タンク（大飯1号炉：胴板、天井板、大飯2号炉：胴板）を解体して発生したステンレス鋼の金属片約**70**トンを対象とする。なお、大飯1，2号炉の燃料取替用水タンクの胴板は除染済である。

放射能濃度確認対象物が生ずる施設の詳細は「添付書類一」に記載する。

2. 放射能濃度確認対象物の発生の状況

大飯発電所は**4**基の原子炉が設置されており、放射能濃度確認対象物が生ずる大飯1，2号炉の運転開始日は以下のとおりである。

- ・大飯1号炉：**1979**年**3**月**27**日運転開始
- ・大飯2号炉：**1979**年**12**月**5**日運転開始

放射能濃度確認対象物となる燃料取替用水タンクを使用していた時の大飯1，2号炉の型式はともに濃縮ウラン燃料、軽水減速、軽水冷却、加圧水型炉である。

燃料取替用水タンクは、屋外の燃料取替用水タンクエリアで使用していたものであり、燃料取扱時の原子炉キャビティ水張り用の水源等として設置された設備である。

燃料取替用水タンクは、原子炉初起動から撤去（大飯1号炉：**2005**年**10**月**7**日、大飯2号炉：**2005**年**4**月**1**日）まで各々**9,692**日間（大飯1号炉）、**9,250**日間（大飯2号炉）使用した設備であり、撤去した燃料取替用水タンクは、解体した後、胴板のみ除染し、汚染防止対策を講じて、発生から現在に至るまで廃棄物庫で保管廃棄している。

放射能濃度確認対象物の発生領域を図**1**に、原子炉施設における放射性物質を含む主要システムの構成図を図**2**に示す。

3. 放射能濃度確認対象物の汚染の状況

放射能濃度確認対象物である燃料取替用水タンクの汚染形態としては、中性子の照射を受けて放射性物質が生成されることによる汚染（放射化汚染）と1次冷却材中に含まれる放射性物質が付着することによる汚染（二次的な汚染）が想定される。

3.1 放射化汚染

燃料取替用水タンクは、燃料取扱時の原子炉キャビティ水張り用の水源等として設置された設備である。燃料取扱時に、系統水を循環することから1次冷却材と燃料取替用水タンク貯留水が混合される。燃料取替用水タンクは、屋外の燃料取替用水タンクエリアで使用していたものであり、原子炉格納容器から離れており、かつプラント運転中に発生する中性子は、原子炉格納容器の外部遮蔽壁等にて遮蔽される位置であることから、中性子の直接線及びストリーミング線による放射化汚染の影響はない。これは、燃料取替用水タンク近傍における中性子線量当量率測定結果が、プラント運転中においても検出限界値未満であったことから明らかである。

また、1次冷却材が燃料取替用水タンクに移行するのはプラント停止期間中であり、**N-17**の半減期（約**4**秒）及び**N-17**の崩壊により発生する中性子の寿命はいずれも短時間であることから**N-17**による影響もない。

3.2 二次的な汚染

燃料取替用水タンクの二次的な汚染は、1次冷却材系統の設備から溶出した腐食生成物、構造材に微量元素として存在するウラン等が炉心の中性子により放射化されることによって生成した放射性腐食生成物（以下、「**CP**核種」という。）及び核分裂生成物（以下、「**FP**核種」という。）が燃料取替用水タンクに移行し、内面に付着することにより生じる。

ここで、放射能濃度確認対象物の材質は金属（ステンレス鋼）であることから、「工場等において用いた資材その他の物に含まれる放射性物質の放射能濃度が放射線による障害の防止のための措置を必要としな

いものであることの確認等に関する規則」(令和2年原子力規制委員会規則第16号)(以下、「規則」という。)の別表第1欄の放射性物質のうち、「放射能濃度についての確認を受けようとする物に含まれる放射性物質の放射能濃度の測定及び評価の方法に係る審査基準」(令和2年7月29日 原規規発第2007294号 原子力規制委員会決定)(以下、「審査基準」という。)の別記第1号に掲げられている33種類の放射性物質(以下、「33核種」という。)に対して、放射能濃度確認対象物の二次的な汚染において主要となる放射性物質を以下の考え方により選定した。

(1) 燃料取替用水タンクの汚染のメカニズム及び大飯1, 2号炉の運転履歴

放射能濃度確認対象物の二次的な汚染は、プラント停止後の燃料取扱時に系統水を循環することから、1次冷却材と燃料取替用水タンク貯留水が混合され、その際にCP核種及びFP核種が燃料取替用水タンクに移行し、タンク内面に一様に沈着することにより生じる。ここで、CP核種は、構造材の組成からCo-60が主要な放射性物質であることが明らかである。

一方、FP核種は、大飯1, 2号炉の運転開始から放射能濃度確認対象物解体までの間、燃料リークが大飯1, 2号炉で合計8回(大飯1号炉:6回、大飯2号炉:2回)発生している。大飯1号炉の燃料リーク前後で1次冷却材のCs-137濃度の上昇は1桁以内であり、放射能濃度確認対象物の核分裂生成物により二次的な汚染への影響は大きくないと考えられるが、1次冷却材の核種分析結果により燃料リークによるFP核種の影響について確認する。ここで、燃料リークによるFP核種の影響確認については、燃料リーク前後の1次冷却材の分析結果を踏まえ、FP核種の代表を半減期及び放射能濃度を考慮して、二次的な汚染への影響が最も大きいと想定されるCs-137とし、Cs-137濃度とCP核種の代表としてCo-60濃度を比較することにより実施する。

表1及び表2にプラント停止中の1次冷却材の核種分析結果を示す。

放射能濃度確認対象物の**Co-60**の放射能濃度（**D**）を規則別表第**2**欄の放射能濃度（**C**）で除した放射性物質の**D/C**について、表**1**及び表**2**に示すとおり、1次冷却材中の**Cs-137**濃度は全て検出限界値未満であり、**Co-60**の**D/C**と比較して最大で約**7%**（検出限界値を評価値とした場合）となり、**Co-60**の**D/C**が最大となった。

また、放射能濃度確認対象物（解体・除染後の大飯1号炉燃料取替用水タンクの胴板）の核種分析結果及び他の除染後の大飯1, 2号炉の燃料取替用水タンクの胴板の核種分析結果を**2021年2月1日**時点まで減衰補正した結果から、**Co-60**の**D/C**と比較して、**Cs-137**の**D/C**は、最大でも約**20%**であった。

表**3**に除染後の大飯1, 2号炉の燃料取替用水タンクの胴板の核種分析結果を、図**3**に分析試料名称の設定方法を示す。

(2) 放射能濃度確認対象物の核種分析結果を基にした確認結果

放射能濃度確認対象物の二次的な汚染における主要な放射性物質を確認するために、放射能濃度確認対象物（解体・除染後の大飯1号炉燃料取替用水タンクの胴板）の核種分析結果から、各放射性物質（**H-3**、**C-14**、**Co-60**、**Nb-94**、**Sr-90**、**Cs-134**、**Cs-137**、**Pu-239**、**Am-241**）の**D/C**を算出した。算出結果を表**4**に、図**3**に分析試料名称設定方法を示す。この際、検出限界値未満の核種の放射能濃度については、検出限界値を評価値と設定した。

その結果は、表**4**に示すとおり、**Co-60**の**D/C**が最大値であった。また、他試料の核種分析結果においても、**Co-60**の**D/C**が最大値であった。

(3) 半減期及び核種生成源等を基にした確認結果

(2)項までに確認した放射性物質以外の放射性物質についての確認結果を以下に示す。

Co-58等の半減期が**1**年程度以下の核種は、**Co-60**と比較して1次冷却材中での濃度が若干高い核種があるものの、半減期が**1**年程度以下

で短く、かつ放射能濃度確認対象物が発生より**15**年以上経過していることから、**Co-60**に対して**D/C**は非常に小さくなる。

また、**Eu-154**等は、主な生成源としてコンクリート等の放射化により生成するが、1次冷却材系統には生成源がほぼないことから、**Co-60**に対して**D/C**は小さくなる。

更に、**Fe-55**の生成源は、1次冷却材系統の**SUS304**材中に存在するものの、**Fe-55**は**Co-60**と比較して、中性子捕獲断面積が小さいこと、半減期が短いこと及びクリアランスレベルが高いことから、**Co-60**に対して**D/C**は小さくなる。

3.3 東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故由来のフォールアウトの影響

東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故由来のフォールアウトの影響の有無を確認した結果、大飯発電所の敷地内における表面汚染密度の測定値が検出限界値未満であったことから、フォールアウトの影響を考慮する必要はない。

以上のことから、放射能濃度確認対象物の二次的な汚染における主要な放射性物質は**Co-60**であることが明らかであり、**Co-60**以外の放射性物質は**Co-60**よりも少量であると判断する。

放射能濃度確認対象物の種類の詳細は「添付書類二」に記載する。

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

放射能確認対象物の放射能濃度の評価に用いる放射性物質は、放射能濃度確認対象物に含まれる放射性物質のうち、放射性物質の放射能濃度を評価する上で重要となるものを選択する。

放射能濃度確認対象物の汚染形態は、「四 放射能濃度確認対象物の種類、発生及び汚染の状況並びに推定される総重量」に示すとおり、二次的な汚染であり、二次的な汚染の中で放射性物質の放射能濃度を評価する上で重要となるものを選択する。

評価対象核種は、規則別表第1欄の放射性物質のうち、**33**核種を対象に審査基準に基づき選択する。規則別表第2欄の放射能濃度の単位は**Bq/kg**であるが、本申請書では放射能濃度の単位は**Bq/g**として扱う。

二次的な汚染は、「四 放射能濃度確認対象物の種類、発生及び汚染の状況並びに推定される総重量」に示すとおり、**Co-60**が主要な放射性物質である。ここで、主要な放射性物質である**Co-60**の放射能濃度は、放射能濃度確認対象物の核種分析により算出した結果、**2021年2月1日**時点で、規則第2条で規定されるクリアランス判断基準の**33分の1**以下であったことから、その他の放射性物質は評価に用いる放射性物質の選択において考慮する必要はないと判断した。

表5及び表6に放射能濃度確認対象物の核種分析結果を、図3に分析試料名称の設定方法を示す。この際、**Co-60**放射能濃度が検出限界値未満となった試料については検出限界値を評価値と設定した。

2. 評価に用いる放射性物質の種類を選択結果

「1. 評価に用いる放射性物質の種類を選択方法」のとおり、**Co-60**以外の放射性物質は評価に用いる放射性物質の選択において考慮する必要はないと判断したことから、評価に用いる放射性物質は**Co-60**の**1**種類とする。

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」に記載する。

六 放射能濃度の評価単位

放射能濃度確認対象物の二次的な汚染の分布については、放射能濃度確認対象物の胴板は接液部で一様に汚染していたが、放射能濃度が検出限界値相当（**0.1Bq/g**以下）となるように胴板全体を除染したことから、汚染状況はおおむね均一である。また、天井板は接液しておらず、汚染は雰囲気（タンク内気相部を介しての汚染）によるものであり、極僅かであることから、汚染状況はおおむね均一である。

放射能濃度確認対象物の汚染の状況、解体状況及び保管状況から、放射能濃度を決定するための評価単位は、胴板については高さ方向（輪切り）に分割して、**1**つの評価単位が**10**トン以下となるよう設定する。大飯1号炉の天井板については**10**トン以下であることから天井板全体で**1**つの評価単位として設定する。

放射能濃度確認対象物の放射能濃度の測定単位は、放射能濃度確認対象物の発生・保管の調査結果により、放射能濃度確認対象物の汚染状況はおおむね均一であり、かつ放射性物質の**D/C**が規則第**2**条で規定されるクリアランス判断基準の**1/33**以下であることから、放射能濃度確認対象物の解体状況及び放射線測定装置による**Co-60**放射能濃度の測定条件に応じて、「添付書類五」に記載のとおり、設定する。

放射能濃度の評価単位の詳細は「添付書類四」に記載する。

七 放射能濃度を決定する方法

放射能濃度確認対象物の評価対象核種は、「五 評価に用いる放射性物質の種類」に示すとおり、**Co-60**の1核種を選択する。従って、放射能濃度確認対象物の放射能濃度は二次的な汚染の**Co-60**の放射能濃度を測定することによって決定する。**Co-60**の放射能濃度を決定する方法は次のとおりとする。

1. 測定単位及び評価単位における放射能濃度の決定方法

放射能濃度確認対象物の**Co-60**の放射能濃度は、**Co-60**が γ 線を放出する放射性物質のため、汎用の放射線測定器である定置型の**Ge**波高分析装置を用いて測定する。

放射能濃度確認対象物の評価単位の**Co-60**放射能濃度は、放射能濃度確認対象物の放射性物質の濃度がおおむね均一であり、かつ測定単位における評価に用いる放射性物質のD/Cが規則第2条で規定されるクリアランス判断基準の**1/33**以下であることから、評価単位毎に一つの測定単位を代表（以下、「代表測定単位」という。）として測定し、その結果を基に評価単位の放射能濃度を決定する。

放射能濃度確認対象物の評価単位の**Co-60**放射能濃度は、評価単位に対応する代表測定単位の**Co-60**放射能濃度とし、不確かさを考慮してD/C（**Co-60**）が規則第2条で規定されるクリアランス判断基準に対して**1/33**以下であることを確認し、国の確認を受ける。

2. 放射能濃度の算出方法

Co-60の放射能濃度は、**Ge**波高分析装置を用いて、放射能濃度確認対象物を測定して得られる正味計数に、 γ 線放出率、検出効率、測定時間及び放射能濃度確認対象物の重量を基に、「3. 放射能濃度を決定する方法に関する不確かさ」に示す不確かさを考慮して放射能濃度を決定する。測定した正味計数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。

3. 放射能濃度を決定する方法に関する不確かさ

放射能濃度を決定する方法に関する不確かさは、放射線測定値及び**Ge**

波高分析装置の測定効率並びにデータ処理（放射能換算係数の不確かさ）に起因する不確かさを考慮する。不確かさを考慮することにより、放射能濃度確認対象物の **D/C** について、信頼の水準を片側 **95%**としたときの上限值（以下「片側 **95%**上限値」という。）が **Co-60** の規則第 **2** 条で規定されるクリアランス判断基準の **1/33** を超えないことを評価する。

なお、測定条件に起因する不確かさのうち、測定効率の測定対象物と放射線測定器との位置関係の不確かさについては、放射能濃度確認対象物が平板であること、及び放射線測定器の位置は対象物により変動しないことから、考慮する必要はない。また、測定効率の測定対象物内部での放射線の減衰等の不確かさについては、汚染形態が放射能濃度確認対象物の表面への二次的な汚染であることから考慮する必要はない。また、測定条件の実際の測定条件と測定効率を設定した条件との違いの不確かさについては、**Co-60** の計数を保守的に計測する試料形状とするため、考慮する必要はない。測定条件の測定場所周辺のバックグラウンドの変動等の不確かさについては、放射能濃度確認対象物の測定の都度、バックグラウンドを測定するが、**Ge** 波高分析装置の鉛等で遮蔽された測定室内で測定を行うため、バックグラウンドの変動はほぼないと考えられることから、考慮する必要はない。

放射能濃度を決定する方法の詳細は「添付書類五」に記載する。

八 放射線測定装置の種類及び測定条件

1. 放射線測定装置の種類

放射能濃度確認対象物の放射能濃度は、**Co-60**を評価対象核種とし、測定により決定する。**Co-60**の放射能濃度は、**Co-60**が γ 線を放出する放射性物質のため、適切に測定効率が設定されている汎用の放射線測定器である定置型の**Ge**波高分析装置を用いて測定する。

2. 放射線測定装置の測定条件等

測定条件とは、放射能濃度確認対象物の評価対象核種（**Co-60**）の放射能濃度が基準以下であることの判断を可能にする**Ge**波高分析装置の測定値及び検出限界値を得るための条件であり、放射能濃度確認対象物の重量、測定時間、測定効率及びバックグラウンドを考慮する。なお、放射能濃度確認対象物の自己遮蔽効果については、放射能濃度確認対象物の形状が平板状であること及び表面が平滑であること、並びに汚染形態は二次的な汚染であり、汚染は表面のみであることから、考慮する必要はない。

これらの測定条件のうち、**Ge**波高分析装置の測定効率については適切に設定するとともに、設定した測定効率が維持されていることを、定期的に確認する。

2.1 測定条件の設定

Co-60の放射能濃度の測定に際しては、放射能濃度確認対象物の放射能濃度が規則第2条で規定されるクリアランス判断基準の**1/33**以下になることの判断が可能となるように放射能濃度確認対象物の重量及び測定時間を設定する。

なお、実際に測定した**Co-60**正味計数の測定結果が検出限界値未満であった場合には、放射能濃度確認対象物の**Co-60**の放射能濃度の測定値は検出限界値と同じとする。

2.2 検出限界値

放射能濃度測定に用いる**Ge**波高分析装置の検出限界値は、放射能濃

度確認対象物の測定単位の**Co-60**放射能濃度の測定の都度、算出する。検出限界値の算出は「ゲルマニウム半導体検出器によるγ線スペクトロメトリー（令和**2**年**9**月改訂 原子力規制庁監視情報課）」に基づき算出する。

ここで、検出限界値は測定の都度算出し、算出された検出限界値が**2.0**×**10⁻³Bq/g**以下であることを確認する。

2.3 測定時間

Ge波高分析装置の測定時間は、代表測定単位の**D/C**（評価対象核種：**Co-60**）が規則第**2**条で規定されるクリアランス判断基準の**1/33**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、放射線測定値及び**Ge**波高分析装置の測定効率並びにデータ処理（放射能換算係数の不確かさ）に起因する不確かさを考慮しても、**D/C**（評価対象核種：**Co-60**）が規則第**2**条で規定されるクリアランス判断基準の**1/33**以下であることの判断が可能となるよう、検出限界値相当で**2.0**×**10⁻³Bq/g**以下となる測定時間を約**50,000**秒と設定する。

2.4 点検・校正

Ge波高分析装置を使用するときは、あらかじめ日常点検を行うとともに、**1**年に**1**回定期点検を行い、設定した測定効率が維持されていることを確認する。

日常点検（使用中において**1**回／日）では、バックグラウンド測定等を行い、バックグラウンドに有意な変動が確認された場合は、変動要因の調査を行い、バックグラウンドを適切な範囲に収める措置を行う。

Ge波高分析装置の種類及び測定条件の詳細は「添付書類六」に記載する。

九 放射能濃度確認対象物の管理方法

1. 放射能濃度確認対象物の保管管理

放射能濃度測定前の放射能濃度確認対象物については、汚染のおそれのない管理区域である廃棄物庫にて専用の保管容器に封入し保管する。その後、放射能濃度確認対象物は、汚染のおそれのある区域である保修点検建屋内の鋼製材で区画されたエリア（以下、「分別・切断エリア」という。）

（追加的な汚染がないよう管理するエリア）で分別、切断した後、追加的な汚染を防止するため専用の容器に封入し、放射能濃度測定装置設置場所（以下、「放射能濃度測定エリア」という。）（追加的な汚染がないよう管理するエリア）で **Co-60** の放射能濃度を測定後、図 4 に示す保修点検建屋内の物品持出測定待ちエリア（追加的な汚染がないよう管理するエリア）に保管する。

放射能濃度測定後の放射能濃度確認対象物については、評価単位毎に整理番号を付して、放射能濃度についての確認を受けるまでの間、異物の混入及び放射性物質による追加的な汚染を防止するため、専用の保管容器に封入した状態で、図 4 に示す汚染のおそれのない管理区域である廃棄物庫内に設定した確認待ちエリアに保管する。

2. 放射能濃度確認対象物の保管場所等の管理

放射能濃度確認対象物の保管場所である廃棄物庫、物品持出測定待ちエリア及び確認待ちエリア並びに分別・切断エリアの管理としては、出入口を施錠管理し放射能濃度確認担当部署の責任者の承認を受けた者以外の者の立入りを制限するよう管理することにより、異物の混入及び放射性物質による追加的な汚染を防止する。

放射能濃度測定エリアの管理としては、放射能濃度測定装置を施錠管理することにより異物の混入及び放射性物質による追加的な汚染を防止する。

3. 異物混入防止措置

放射能濃度の測定後の放射能濃度確認対象物に測定前の放射能濃度確認対象物等が混入しないよう識別管理することにより異物の混入を防止する

とともに、放射能濃度測定装置を施錠管理する。万一、異物が混入した場合にもその状況を確認することができるよう、放射能濃度測定前後に放射能濃度確認対象物の写真を撮影する。

放射能濃度の測定及び評価の結果、評価単位の評価対象核種（**Co-60**）の放射能濃度が規則第 2 条で規定されるクリアランス判断基準の **1/33** 以下となる放射能濃度確認対象物は、大型物品持出モニタにより表面汚染密度を測定後、専用の保管容器に封入する。評価単位の評価対象核種（**Co-60**）の放射能濃度が規則第 2 条で規定されるクリアランス判断基準の **1/33** を超える場合は、原因調査した上で再測定、又は再除染した上で再測定、若しくは当該評価単位を放射能濃度確認対象物外として廃棄物庫内にて保管廃棄する。

4. 管理体制の品質管理

放射能濃度の測定後から原子力規制委員会の確認が行われるまでの間の管理体制については、内部監査等により品質管理が厳格に実施され、維持されていることを確認する。

5. 放射能濃度測定装置の設置場所

放射能濃度測定装置である **Ge**波高分析装置の設置場所は、**図4**に示す汚染のおそれのある区域である保修点検建屋内の専用の一室である放射能濃度測定エリアとする。放射能濃度測定エリアは、出入口の汚染管理、及び出入管理室側から清浄な空気を送気することにより、追加的な汚染が生じないよう管理されたエリアである。

6. 放射能濃度確認対象物の運搬

分別・切断エリア、放射能濃度測定エリア、物品持出測定待ちエリア及び確認待ちエリアへの放射能濃度確認対象物の運搬に当たっては、追加的な汚染を防止するため、専用の容器に封入して運搬する。

放射能濃度確認対象物の管理方法の詳細は「添付書類七」に記載する。

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

放射能濃度確認対象物の放射能濃度の測定及び評価、並びに放射能濃度確認対象物の保管管理（分別管理含む。）に関する業務を高い信頼性をもって実施し、かつその信頼性を維持・改善するための品質保証の体制を、審査基準の要求事項に基づき、大飯発電所原子炉施設保安規定及び原子力発電の安全に係る品質保証規程並びにこれに基づく社内規定に以下のとおり定める。

放射能濃度確認対象物の放射能濃度の測定及び評価、並びに放射能濃度確認対象物の保管管理（分別管理含む。）に関する業務を統一的に管理する者を大飯発電所原子炉施設保安規定及び社内規定に定める。

放射能濃度の測定及び評価並びに放射能濃度確認対象物の保管管理（分別管理含む。）に係る業務は、当該業務を実施する上で必要な知識・技能について大飯発電所原子炉施設保安規定に基づく社内規定に定め、当該業務を実施する者への定期的な教育・訓練の実施により、知識・技能の維持を図る。また、測定及び評価に必要な知識・技能を習得した者がそれぞれの業務を実施するよう規定する。

放射能濃度の測定及び評価に使用する **Ge** 波高分析装置は、定期的な点検・校正を含む保守管理を大飯発電所原子炉施設保安規定に基づく社内規定に定め実施する。

品質マネジメントシステム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と実施、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。

放射能濃度の測定及び評価に係る品質マネジメントシステムの詳細は「添付書類八」に記載する。

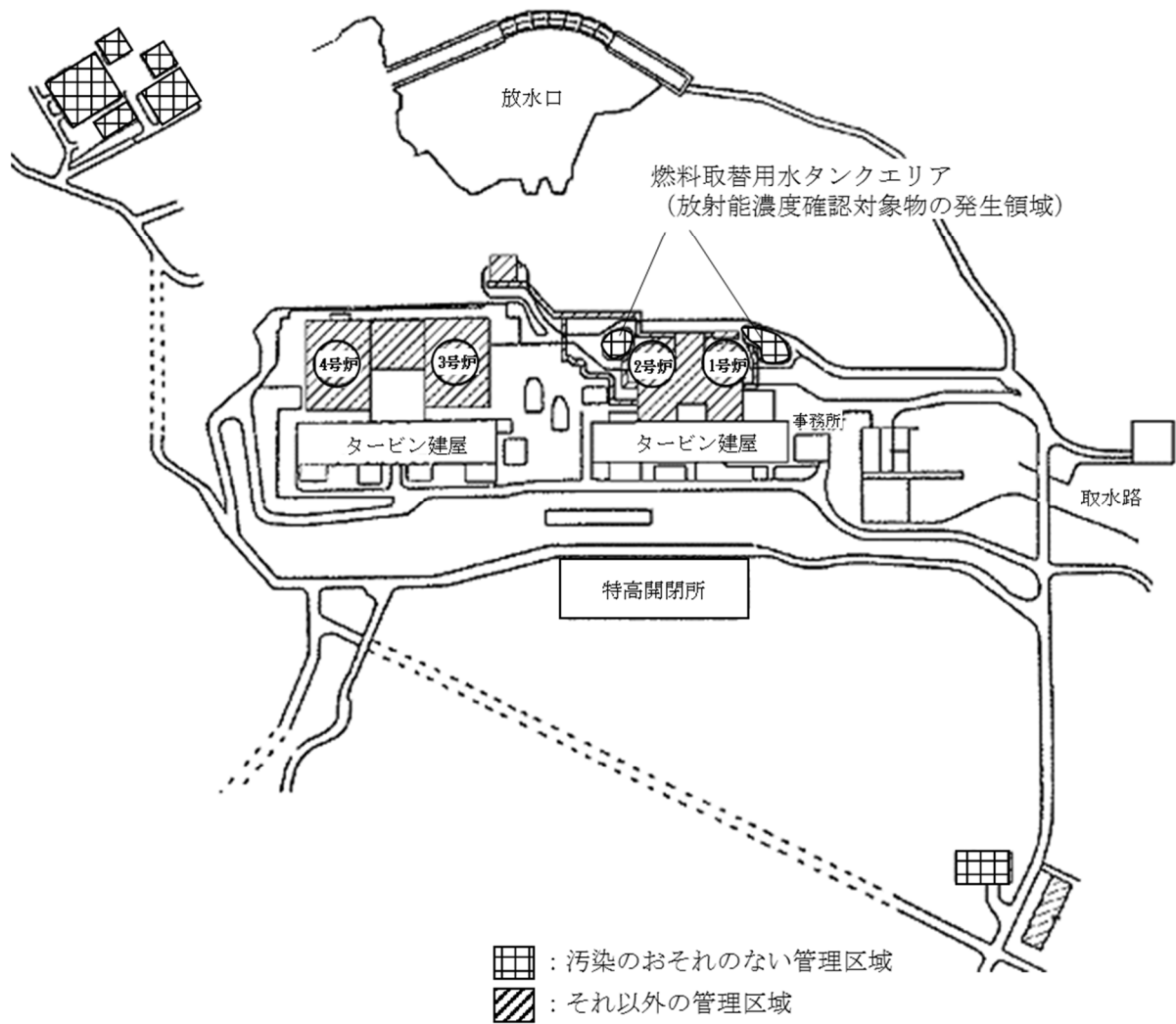


図1 放射能濃度確認対象物の発生領域

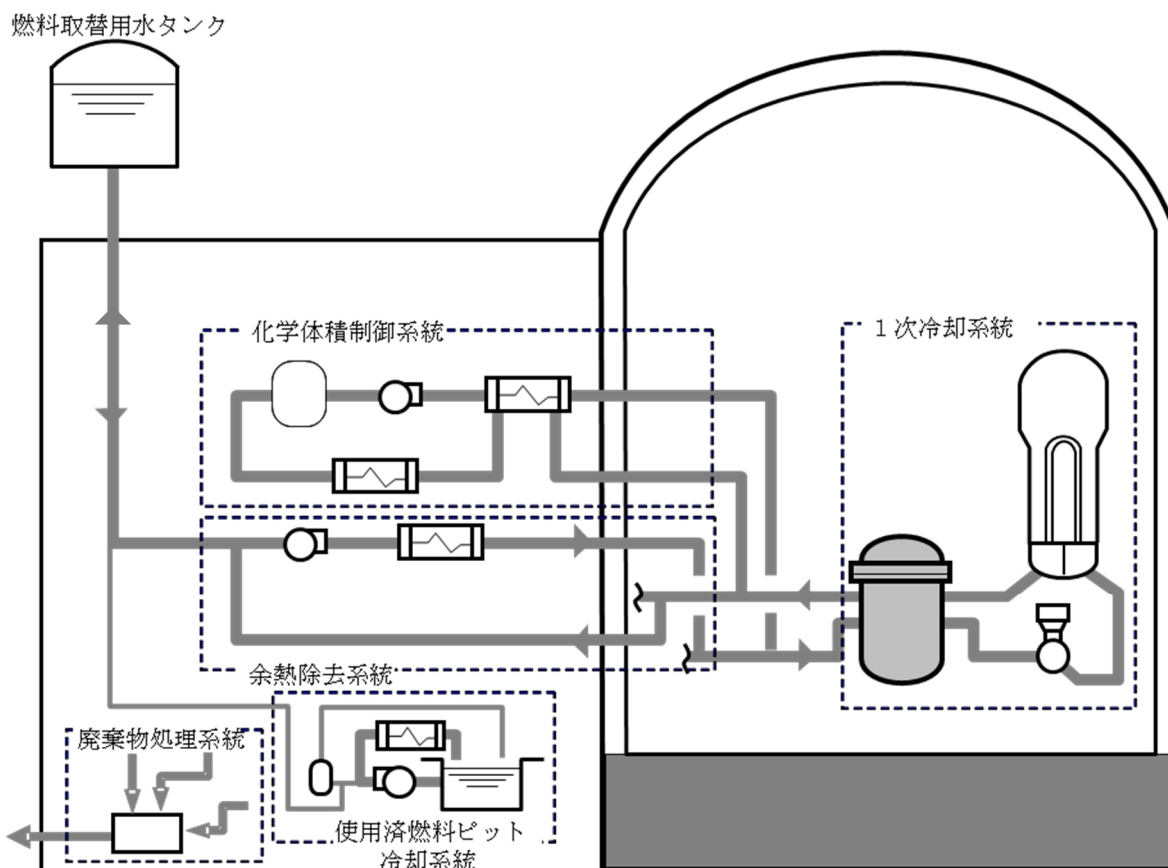
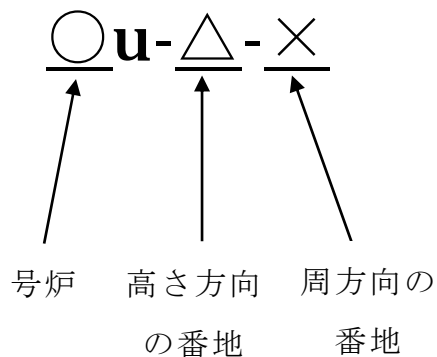


図 2 放射性物質を含む主要系統の構成

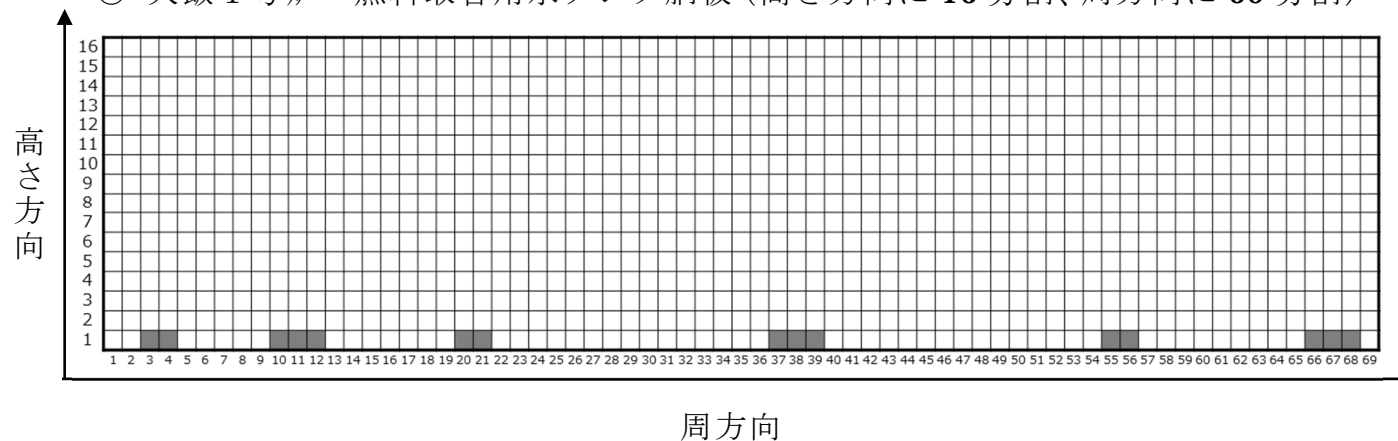
(試料名称の設定方法)



(凡例)

■ : 放射能濃度確認対象物対象外

○ 大飯 1 号炉 燃料取替用水タンク胴板 (高さ方向に 16 分割、周方向に 69 分割)



○ 大飯 2 号炉 燃料取替用水タンク胴板 (高さ方向に 15 分割、周方向に 69 分割)

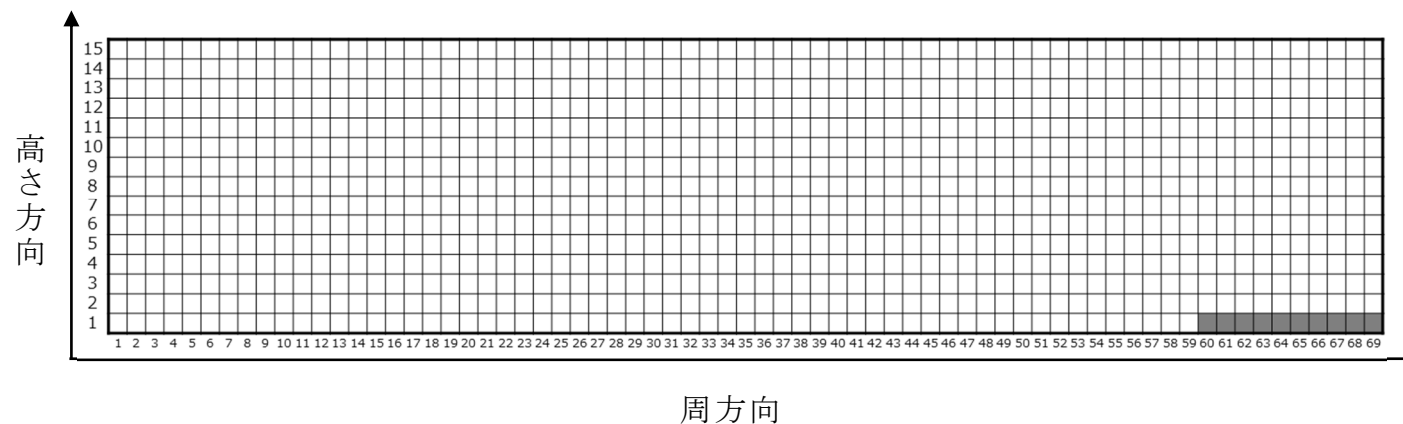


図3 大飯 1, 2 号炉 燃料取替用水タンク 胴板の核種分析試料名称の設定方法

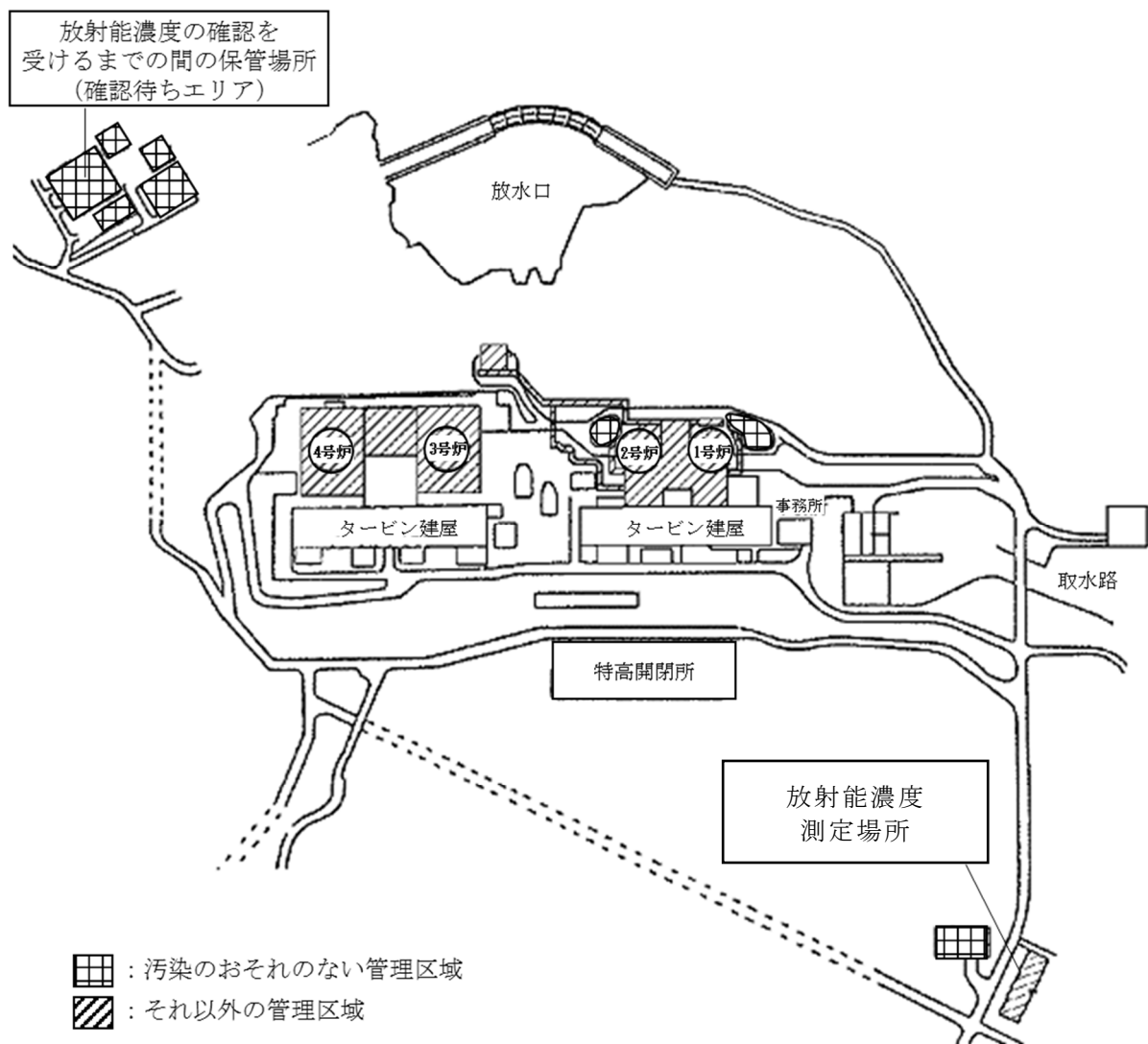


図 4 大飯発電所 構内図

表 1 プラント停止中における大飯 1 号炉の 1 次冷却材の核種分析結果

号炉	大飯 1 号炉				
運転サイクル	16	18	20	平均	Co60 との 比率
試料採取日	2000/8/9	2003/4/19	2005/9/27		
Co-60 (Bq/cm ³)	1.24E-01	1.21E+00	1.49E+00	9.41E-01	—
Cs-137 (Bq/cm ³)	<5.89E-02	<9.09E-02	<3.75E-02	<6.24E-02	<6.63E-02

表 2 プラント停止中における大飯 2 号炉の 1 次冷却材の核種分析結果

号炉	大飯 2 号炉			
運転サイクル	17	19	平均	Co-60 との比率
試料採取日	2002/10/26	2005/3/22		
Co-60 (Bq/cm ³)	4.43E-01	5.49E+00	2.97E+00	—
Cs-137 (Bq/cm ³)	<7.83E-02	<8.12E-02	<7.98E-02	<2.69E-02

表 3 除染後の大飯 1, 2 号炉の燃料取替用水タンクの胴板の核種分析結果
(2021 年 2 月 1 日時点まで減衰補正した値)

試料名*	Co-60		Cs-137		Co-60 との 比率
	放射能濃度 (Bq/g)	D/C	放射能濃度 (Bq/g)	D/C	
1u-2-43	2.61E-04	2.61E-03	5.51E-05	5.51E-04	2.11E-01
1u-16-49	5.86E-04	5.86E-03	<4.25E-05	<4.25E-04	<7.25E-02
2u-12-16	4.90E-04	4.90E-03	<4.93E-05	<4.93E-04	<1.01E-01

※：試料名称の設定方法を図 3 に示す。

表 4 放射能濃度確認対象物（試料名：1u-2-43※）の
放射化学分析による核種分析結果
(2021年2月1日時点まで減衰補正した値)

放射性物質	D/C	各放射性物質の D/C の Co-60 の D/C に対する比率
H-3	7.84E-05	3.01E-02
C-14	<2.91E-04	<1.12E-01
Co-60	2.61E-03	1.00E+00
Sr-90	<4.65E-06	<1.78E-03
Nb-94	1.30E-04	4.98E-02
Cs-134	<3.46E-06	<1.33E-03
Cs-137	5.51E-04	2.11E-01
Pu-239	<4.74E-06	<1.82E-03
Am-241	<1.79E-06	<6.86E-04

※：胴板の試料名称の設定方法を図 3 に示す。

表 5 大飯 1 号炉 放射能濃度確認対象物の **Co-60** の放射能濃度及び D/C
 (2021 年 2 月 1 日時点まで減衰補正した値)
 (検出限界値未満は検出限界値を評価値と設定)

試料名	試料測定日	Co-60 放射能濃度 (Bq/g)	D/C (Co-60) (-)	
胴板	1u-2-43 ^{※1,2}	2006 年 6 月 12 日	2.61E-04	2.61E-03
	1u-3-22 ^{※1}	2005 年 9 月 20 日	6.94E-04	6.94E-03
	1u-5-1 ^{※1}	2005 年 9 月 20 日	3.57E-04	3.57E-03
	1u-6-44 ^{※1}	2005 年 9 月 20 日	6.18E-04	6.18E-03
	1u-8-22 ^{※1}	2005 年 9 月 20 日	4.86E-04	4.86E-03
	1u-10-1 ^{※1}	2005 年 9 月 20 日	2.12E-04	2.12E-03
	1u-11-44 ^{※1}	2005 年 9 月 20 日	4.75E-04	4.75E-03
	1u-13-22 ^{※1}	2005 年 9 月 20 日	1.89E-04	1.89E-03
	1u-16-1 ^{※1}	2005 年 9 月 20 日	6.63E-04	6.63E-03
天井板	1u-天-1 ^{※1}	2012 年 3 月 1 日	6.86E-05	6.86E-04
	1u-天-2 ^{※1}	2012 年 3 月 1 日	8.44E-05	8.44E-04
	1u-天-3 ^{※1}	2012 年 3 月 2 日	<7.85E-05	<7.85E-04

※1: 胴板の試料名称の設定方法を図 3 に示す。天井版は採取箇所記録なし。

※2: 放射化学分析結果。なお、他試料は試料を直接 Ge 波高分析装置で計測。

表 6 大飯 2 号炉 放射能濃度確認対象物の **Co-60** の放射能濃度及び **D/C**
(2021 年 2 月 1 日時点まで減衰補正した値)

試料名		試料発生日	Co-60 放射能濃度 (Bq/g)	D/C (Co-60) (-)
胴 板	2u-3-54 [※]	2005 年 3 月 16 日	2.39E-04	2.39E-03
	2u-4-8 [※]	2005 年 3 月 16 日	3.20E-04	3.20E-03
	2u-5-47 [※]	2005 年 3 月 16 日	3.56E-04	3.56E-03
	2u-6-23 [※]	2005 年 3 月 16 日	1.15E-03	1.15E-02
	2u-8-32 [※]	2005 年 3 月 16 日	4.60E-04	4.60E-03
	2u-10-42 [※]	2005 年 3 月 16 日	2.67E-04	2.67E-03
	2u-12-66 [※]	2005 年 3 月 16 日	1.52E-04	1.52E-03
	2u-13-32 [※]	2005 年 3 月 16 日	3.30E-04	3.30E-03
	2u-14-17 [※]	2005 年 3 月 16 日	2.93E-04	2.93E-03

※：試料名称の設定方法を図 3 に示す。試料は直接 Ge 波高分析で計測。

添付書類

- 一 放射能濃度確認対象物が生ずる施設に関する説明書
- 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書
- 三 評価に用いる放射性物質の選択に関する説明書
- 四 放射能濃度の評価単位に関する説明書
- 五 放射能濃度を決定する方法に関する説明書
- 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書
- 七 放射能濃度確認対象物の管理方法に関する説明書
- 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書

「放射能濃度確認対象物が生ずる施設に関する説明書」

大飯発電所は 4 基の原子炉が設置されており、放射能濃度確認対象物が生ずる大飯 1, 2 号炉の運転開始日は以下のとおりである。

- ・大飯 1 号炉：1979 年 3 月 27 日 運転開始
- ・大飯 2 号炉：1979 年 12 月 5 日 運転開始

大飯発電所は 4 基ともに濃縮ウラン燃料、軽水減速、軽水冷却、加圧水型炉である。大飯発電所の原子炉施設のうち原子炉格納施設、核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設、放射性廃棄物の廃棄施設等の放射性物質を内包する機器を設置している建屋及び領域（原子炉格納施設、原子炉補助建屋、廃棄物処理建屋、保守点検建屋、燃料取替用水タンクエリア、廃棄物庫等）において「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」第 2 条に定める場所を管理区域に設定している。大飯発電所の管理区域設定範囲を図 1-1、放射能濃度確認対象物が生ずる施設の想定される汚染の形態を表 1-1 に示す。

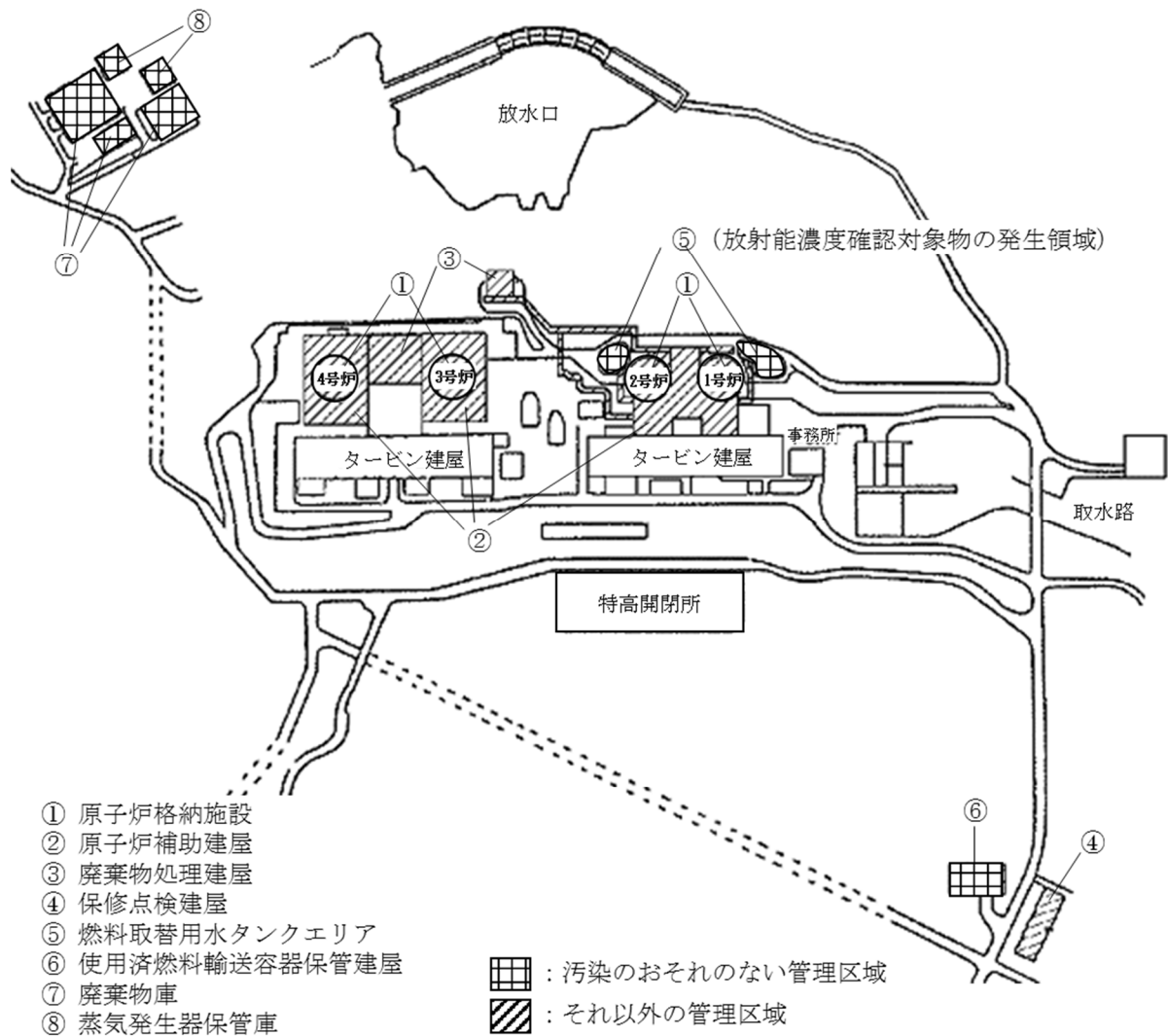


図 1-1 大飯発電所の管理区域

表 1-1 放射能濃度確認対象物が生ずる施設の想定される汚染の形態

建屋及び領域の名称	管理区域の設定状況	想定される汚染の形態
燃料取替用水タンク エリア	汚染のおそれのない管 理区域	二次的な汚染

「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書」

1. 放射能濃度確認対象物の発生状況

放射能濃度確認対象物は、大飯1，2号炉の運転保守に伴い発生した資材のうち、大飯1，2号炉燃料取替用水タンクエリアに設置していた燃料取替用水タンクの解体撤去物である。

燃料取替用水タンクは、燃料取扱時（燃料取出・燃料装荷）の原子炉キャビティ水張り用の水源、及び事故時の非常用炉心冷却設備作動時の注入用の水源として設置された設備である。燃料取出及び燃料装荷は毎定期検査で実施するため、タンク内に貯留している水の移送を実施するが、非常用炉心冷却設備として作動した実績はない。

大飯1号炉燃料取替用水タンクは、**2005**年度の大飯1号炉第**20**回定期検査において取替工事（**2005**年**10**月**7**日撤去）までの**9,692**日間使用した設備であり、旧燃料取替用水タンクの天井板及び胴板を解体撤去した後、胴板のみ除染し、汚染防止対策を講じて、廃棄物庫で保管廃棄されている。

大飯2号炉燃料取替用水タンクは、**2005**年度の大飯2号炉第**19**回定期検査において取替工事（**2005**年**4**月**1**日）までの**9,250**日間使用した設備であり、旧燃料取替用水タンクの胴板を解体撤去した後、除染し、汚染防止対策を講じて、廃棄物庫で保管廃棄されている。

図**2-1**に燃料取替用水タンクの使用履歴を示す。

2. 放射能濃度確認対象物の形状

放射能濃度確認対象物である燃料取替用水タンクは、大飯1，2号炉ともにたて置円筒形の形状であり、内径**11,000mm**、全高**17,030mm**、胴板厚さ□**mm**～□**mm**、天井板厚さ□**mm**、容量**1,400m³**のタンクである。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

燃料取替用水タンクの胴板及び天井板については、概ね平板状である。一部、タンクの構成部材として溝形の部材もあるが、L形、凹形の部材は切断して平板状にした後に放射能濃度の確認を行う。また、放射能濃度確認対象物としては、概ね平板状の部位を対象とし、配管貫通孔及びマンホール取付箇所等の複雑形状の部位は対象外とする。

図 2-2 に燃料取替用水タンクの構造図を示す。

3. 放射能濃度確認対象物の材質

燃料取替用水タンクの解体撤去物からステンレス鋼（**SUS304**）の金属片を選定して放射能濃度確認対象物とする。

放射能濃度確認対象物の材質を表 2-1 に示す。

4. 放射能濃度確認対象物の推定量

放射能濃度確認対象物の推定量は、大飯 1，2 号炉合計で、約 70 トンである。放射能濃度確認対象物の推定量を表 2-1 に示す。

5. 放射能濃度確認対象物の汚染の状況

5.1 放射能濃度確認対象物の汚染の形態

放射能濃度確認対象物の発生場所を図 2-3 に、発生領域及び対象物を表 2-2 に示す。

原子炉内の核分裂で発生する中性子の照射又は生体遮蔽体の開口部（原子炉と蒸気発生器を連絡する配管が貫通する開口）から漏洩する中性子の照射により原子炉格納施設内に設置された機器の一部には放射化汚染が生じる。

また、大飯発電所の原子炉施設における放射性物質による汚染の形態は、原子炉内の核分裂で発生する中性子の照射により生成する **CP** 核種及び **FP** 核種が放射性物質として 1 次冷却材に放出され、その放射性物質が 1 次冷却系統及びそれに接続する系統、機器へ移行し、系統、機器内面に沈着又は 1 次冷却材の付着により二次的な

汚染（内部汚染、表面汚染、浸透汚染）が生じる。

(1) 放射化汚染

放射能濃度確認対象物である燃料取替用水タンクは、原子炉格納容器から離れており、かつプラント運転中に発生する中性子は、原子炉格納容器の外部遮蔽壁等にて遮断される位置であることから、中性子の直接線及びストリーミング線による放射化の影響はない。

原子炉格納容器と燃料取替用水タンクの位置関係を図 2-4 に、原子炉格納容器等の平面図及び断面図を図 2-5 に示す。

一方、燃料取替用水タンクの設置位置を含め、発電所構内における中性子線量当量率測定結果がプラント運転中においても検出限界値未満（ $<0.12\mu\text{Sv/h}$ ）であったことから、放射化汚染の影響はないと判断した。

大飯発電所構内の中性子線量当量率の測定結果を表 2-3 に示す。

(2) 二次的な汚染

燃料取替用水タンクの二次的な汚染は、1次冷却材系統の設備から溶出した腐食生成物及び燃料製造時に燃料棒表面に付着したウラン等が炉心の中性子により放射化されることによって生成した**CP**核種及び**FP**核種が燃料取替用水タンクに移行し、タンク内面に付着することにより生じる。

ここで、放射能濃度確認対象物の材質は金属（ステンレス鋼）であることから、審査基準の別記第 1 号に掲げられている **33** 核種に対して、放射能濃度確認対象物の二次的な汚染において主要となる放射性物質を以下の考え方により選定した。

(a) 燃料取替用水タンクの汚染のメカニズム及び大飯1, 2号炉の運転履歴

放射能濃度確認対象物の二次的な汚染は、プラント停止後の燃料取扱時に、系統水を循環することから、1次冷却材と燃料取替用水タンク貯留水が混合され、その際に**CP**核種及び**FP**核種が燃料取替用水タンクに移行し、タンク内面に一様に沈着することにより生じる。ここで、**CP**核種は、構造材の組成から**Co-60**が主要な放射性物質であることが明らかである。

一方、**FP**核種は、大飯1, 2号炉の運転開始から放射能濃度確認対象物解体までの間、燃料リークが大飯1, 2号炉で合計**8**回（大飯1号炉：**6**回、大飯2号炉：**2**回）発生している。表**2-4**に大飯1号炉における燃料リーク前後の1次冷却材の**Cs-137**濃度を示す。表**2-4**に示すとおり、大飯1号炉の燃料リーク前後で1次冷却材の**Cs-137**濃度の上昇は**1**桁以内であり、放射能濃度確認対象物の核分裂生成物により二次的な汚染への影響は大きくないと考えられるが、1次冷却材の核種分析結果により燃料リークによる**FP**核種の影響について確認する。ここで、燃料リークによる**FP**核種の影響確認については、燃料リーク前後の1次冷却材の分析結果を踏まえ、**FP**核種の代表を半減期及び放射能濃度を考慮して、二次的な汚染への影響が最も大きいと想定される**Cs-137**とし、**Cs-137**濃度と**CP**核種の代表として**Co-60**濃度を比較することにより実施する。また、併せて**Cs-134**濃度と**Co-60**濃度についても比較する。

表**2-5**及び表**2-6**にプラント停止中の1次冷却材の核種分析結果を示す。放射能濃度確認対象物の**D/C**について、表**2-5**及び表**2-6**に示すとおり、1次冷却材中の**Cs-134**及び**Cs-137**濃度は全て検出限界値未満であり、**Co-60**の**D/C**と比較して最大で約**7%**（検出限界値を評価値とした場合）となり、**Co-60**の**D/C**が最大となった。

また、放射能濃度確認対象物（解体・除染後の大飯1号炉燃料取替用水タンクの胴板）の核種分析結果を**2021年2月1日**時点まで減衰補正した結果及び他の除染後の大飯1，2号炉の燃料取替用水タンクの胴板の核種分析結果を**2021年2月1日**時点まで減衰補正した結果から、**Co-60**のD/Cと比較して、**Cs-137**のD/Cは、最大でも約**20%**であった。

表2-7に除染後の大飯1，2号炉の燃料取替用水タンクの胴板の核種分析結果を示す。

(b) 放射能濃度確認対象物の核種分析結果等を基にした確認結果

放射能濃度確認対象物の二次的な汚染における主要な放射性物質を確認するために、**2006年**に実施した放射能濃度確認対象物（**2005年～2006年**に実施した解体・除染後の大飯1号炉燃料取替用水タンクの胴板）の核種分析結果を、**2021年2月1日**時点まで減衰補正した結果を基に、各放射性物質（**H-3、C-14、Co-60、Nb-94、Sr-90、Cs-134、Cs-137、Pu-239、Am-241**）のD/Cを算出した。算出結果を表2-8に示す。この際、検出限界値未満の核種については検出限界値を評価値と設定した。表2-8に示すとおり、**Co-60**のD/Cが最大値であった。

また、前述の放射能濃度確認対象物において、核種分析を実施しなかった**Cl-36、Ni-63、Tc-99、I-129**及び**Pu-241**については、大飯1，2号炉の濃縮廃液（**Ni-63、Tc-99、I-129**及び**Pu-241**は**1991～2006年**、**Cl-36**は**2004～2006年**）の核種分析結果を基に、**Ni-59**については充填固化体スクレーリングファクタを基にD/Cを算出した。算出結果を表2-9及び表2-10に示す。表2-9及び表2-10に示すとおり、**Cl-36、Co-60、Ni-59、Ni-63、Tc-99、I-129、Pu-241**のD/Cについて、**Co-60**のD/Cが最大値であった。

(c) 半減期及び核種生成源等を基にした確認結果

(b)項までに確認した放射性物質以外の放射性物質についての確認結果を以下に示す。

Co-58等の半減期が1年程度以下の核種(**Sc-46**、**Mn-54**、**Fe-59**、**Co-58**、**Zn-65**、**Nb-95**、**Ru-106**、**Ag-110m**、**Sb-124**、**Te-123m**、**Tb-160**、**Ta-182**)は、**Co-60**と比較して1次冷却材中での濃度が若干高い核種があるものの、半減期が1年程度以下で短く、かつ放射能濃度確認対象物が発生より15年以上経過していることから、**Co-60**に対して**D/C**は非常に小さい(例：**Co-58**の場合、 $<1.0E-20$)。

また、**Eu-154**等は、主な生成源としてコンクリート等の放射化により生成するが、1次冷却材系統には生成源がほぼないことから、**Co-60**に対して**D/C**は小さくなる(**Ca-41**、**Ag-108m**、**Ba-133**、**Eu-152**、**Eu-154**)。

更に、**Fe-55**の生成源は、1次冷却材系統の**SUS304**材中に存在するものの、**Fe-55**は**Co-60**と比較して、中性子捕獲断面積が小さいこと、半減期が短いこと及びクリアランスレベルが高いことから、**Co-60**に対して**D/C**は小さくなる。

(3) 東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故由来のフォールアウトの影響

燃料取替用水タンクは、**2005**年度に解体した後、容器に封入し、廃棄物庫に保管廃棄されており、**2011**年に発生した東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故に伴うフォールアウトの影響は考慮する必要がない。

具体的には、**2012**年**3**月**30**日に(旧)原子力安全・保安院より発出された「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」(平成**24**・**03**・**26** 原院第**10**号)及び**JNES-RE**レポート「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」(JNES-RE-2012-0014、平成 24 年 7 月、独立行政法人原子力安全基盤機構)に基づき、2012 年 3 月に大飯発電所構内の表面汚染密度測定を行い、全測定箇所において理論検出限界計数値未満であった。

大飯発電所構内における表面汚染密度測定箇所を図 2-6 に、測定結果を表 2-11 に示す。

5.2 放射能濃度確認対象物の汚染状況

放射能濃度確認対象物の放射能濃度は、事前調査において物理除染の効果も考慮した際に規則第 2 条に規定されるクリアランス判断基準の 1/33 を超えないことが想定されるものである。

放射能濃度確認対象物は、容器に封入し、汚染のおそれのない管理区域である廃棄物庫に保管廃棄されている。廃棄物庫は、大飯発電所原子炉施設保安規定に基づき出入口を施錠し、関係者以外の者の立入りを制限している。

大飯 1 号炉運転履歴

(■：定期検査、▽：燃料取替用水タンク取替、△：蒸気発生器取替、□：原子炉容器上蓋取替、◇：燃料リーク事象)

西暦	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
工程	運開 3/27 10/13	7/8 2/10 6/30		9/28 12/18	11/1 4/14	4/1	8/26 ◇	7/11 12/25 ◇	12/25
西暦	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
工程	6/23 ◇	8/14 ◇ 3/9	9/30 ◇	5/17 12/18	6/8	5/28 10/21	9/16 △ 4/25		5/30 9/10
西暦	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
工程	10/23 1/17	2/19 6/6		7/31 □ 11/25 ◇	12/12 3/12	4/14 6/4		6/4 7/31	10/7撤去

大飯 2 号炉運転履歴

(■：定期検査、▽：燃料取替用水タンク取替、△：蒸気発生器取替、□：原子炉容器上蓋取替、◇：燃料リーク事象)

西暦	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
工程	運開 12/5	7/20 12/26	6/16 12/4 ◇	12/8 3/28 ◇	3/1 7/21		9/3 12/17	2/16	7/15
西暦	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
工程	8/5 12/5	1/5 4/9	3/25 7/22		9/14 2/5	2/21 6/16		8/14 12/18	2/3
西暦	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
工程	△ 7/20	8/29 □ 1/28	3/10 5/12		6/1 9/8	10/21 12/18	2/9 3/24	3/16	▽ 6/24 4/1撤去

図 2-1 燃料取替用水タンク使用履歴

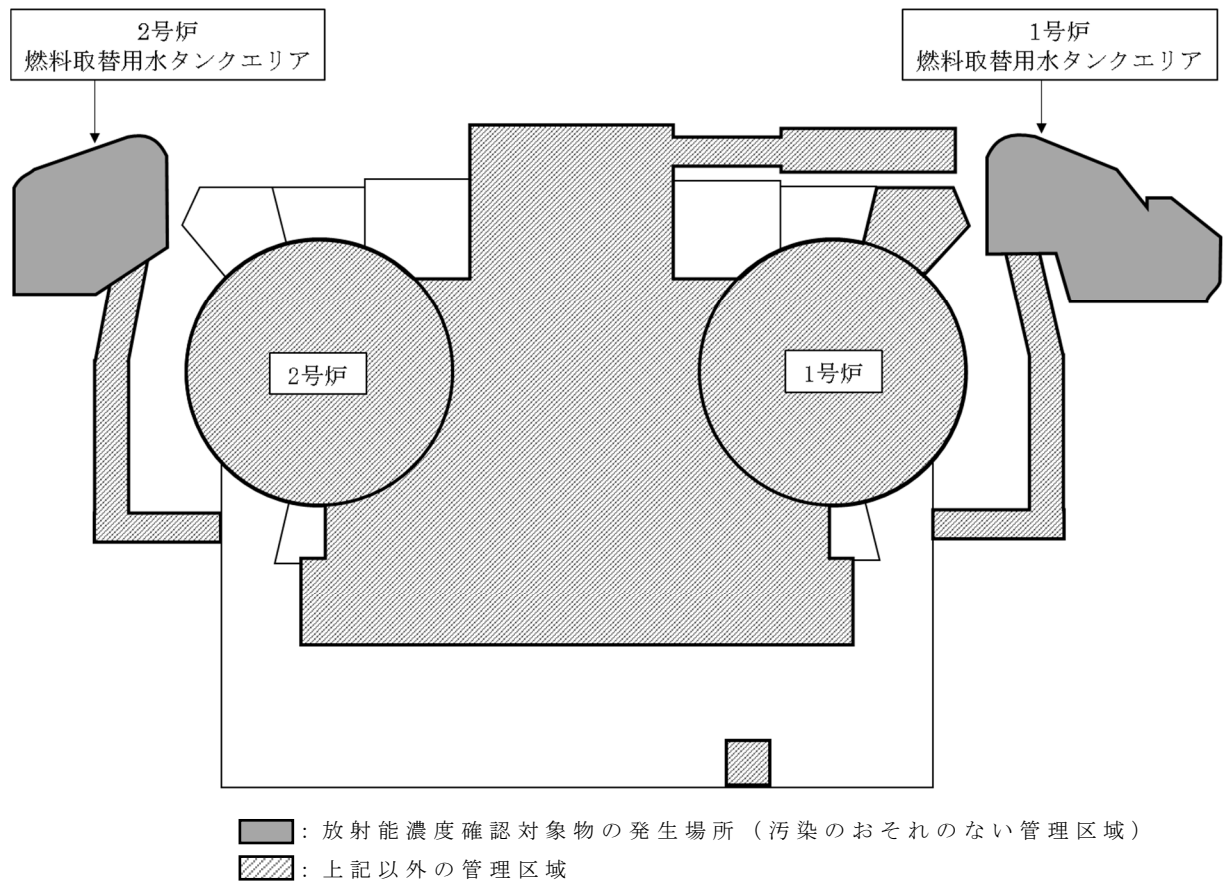


図 2-3 放射能濃度確認対象物の発生場所

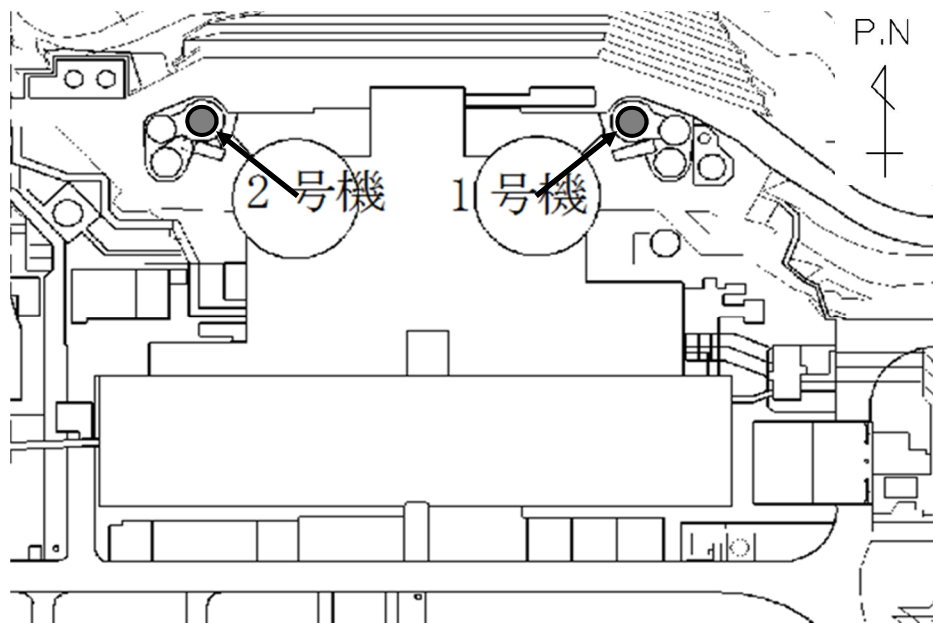


図 2-4 原子炉格納容器と燃料取替用水タンクの位置関係

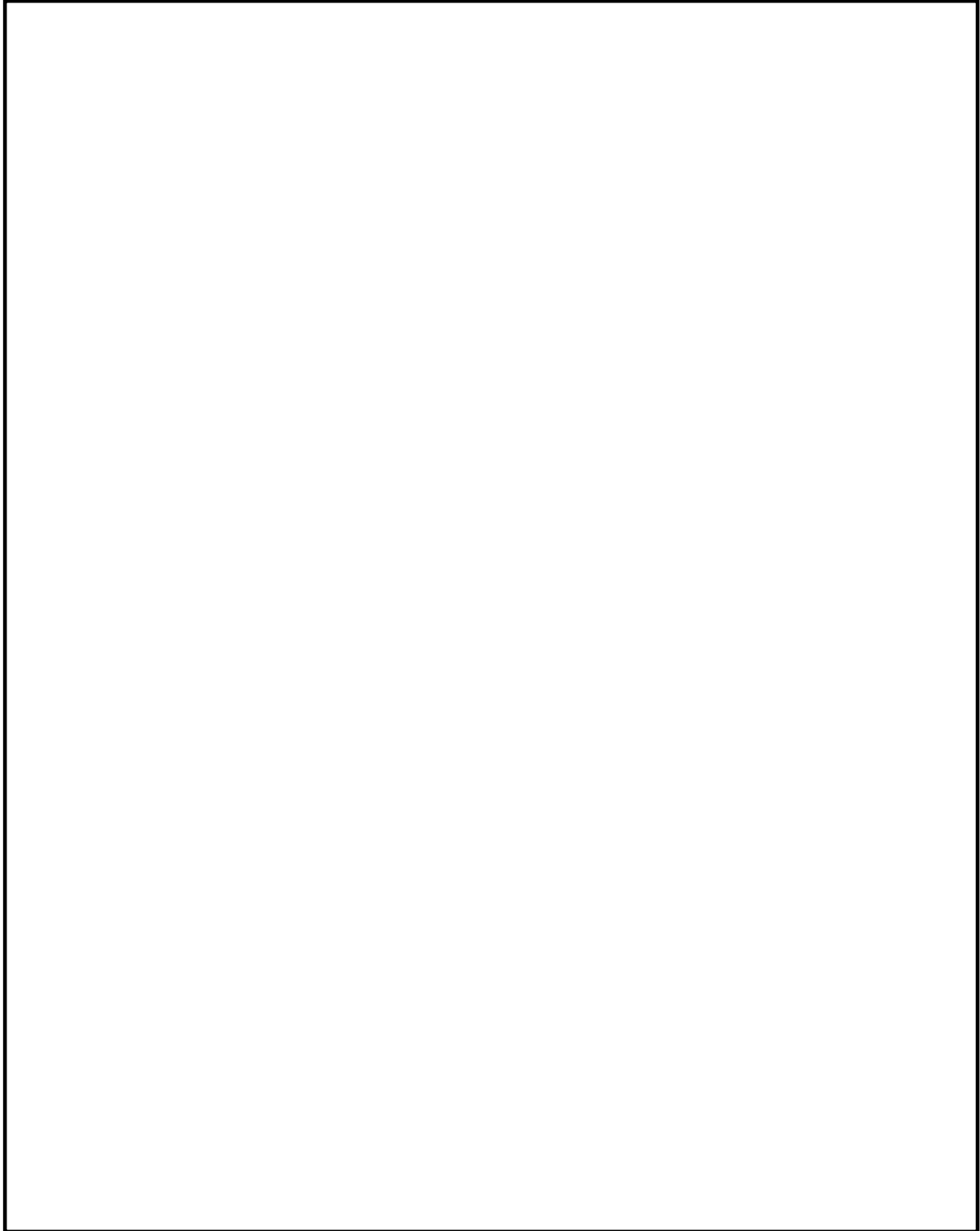


図 2-5 原子炉格納容器等の平面図及び断面図

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

表 2-1 放射能濃度確認対象物の推定量及び材質

汚染の種類	推定量		材質
	重量 (トン)	対象物 (解体撤去前の設備名称)	
二次的な汚染 (金属片)	約 70	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大飯 1 号炉燃料取替用水 タンク (天井板、胴板) ・ 大飯 2 号炉燃料取替用水 タンク (胴板) 	ステンレス鋼 (SUS304)

表 2-2 放射能濃度確認対象物の発生領域及び対象物

発生領域	対象物 (解体撤去前の設備名称)
大飯 1, 2 号炉 燃料取替用水タンクエリア	燃料取替用水タンク

表 2-3 中性子線量当量率の測定結果

測定場所	測定日	測定器	測定結果 [$\mu\text{Sv/h}$]
大飯 1 号炉 原子炉格納容器廻り (E.L.+31.8m)	2009.05.15 ^{※1} 2009.12.18 ^{※2} 2010.02.05 ^{※3} 2011.04.01 ^{※4}	中性子 サーベイ メータ (TPS-461)	<0.12
大飯 1 号炉 原子炉格納容器廻り (屋上)			
大飯 1, 2 号炉 原子炉補助建屋[背面道路側] (E.L.+31.8m)			
大飯 2 号炉 原子炉格納容器廻り (E.L.+31.8m)			
大飯 2 号炉 原子炉格納容器廻り (屋上)			
大飯 1 号炉 原子炉格納容器廻り (E.L.+22.0m)			
大飯 2 号炉 原子炉格納容器廻り (E.L.+23.8m)			
大飯 1, 2 号炉原子炉補助建屋[東側] (E.L.+11.3m)			
大飯 1, 2 号炉原子炉補助建屋[西側] (E.L.+11.3m)			
大飯 3 号炉 原子炉格納容器廻り (E.L.+42.6m)			
大飯 4 号炉 原子炉格納容器廻り (E.L.+42.6m)			
大飯 4 号炉 見学通路廻り (E.L.+42.6m)			
大飯 3 号炉 原子炉格納容器廻り (E.L.+33.6m)			
大飯 3 号炉 原子炉周辺建屋[背面道路側] (E.L.+33.6m)			
大飯 4 号炉 原子炉格納容器廻り (E.L.+33.6m)			
大飯 4 号炉 原子炉周辺建屋[背面道路側] (E.L.+33.6m)			
大飯 3 号炉 原子炉周辺建屋廻り (E.L.+10.0m)			
大飯 4 号炉 原子炉周辺建屋廻り (E.L.+10.0m)			

※1：大飯 1～4 号炉定格熱出力一定運転中。

※2：大飯 1, 4 号炉定格熱出力一定運転中、大飯 2 号炉停止中、大飯 3 号炉定期検査中。

※3：大飯 1～4 号炉定格熱出力一定運転中。

※4：大飯 1, 2, 4 号炉定格熱出力一定運転中、大飯 3 号炉定期検査中。

表 2-4 大飯 1 号炉における燃料リーク前後の
1 次冷却材 Cs-137 濃度※

--

※：上記の表については、大飯 1 号炉の燃料リーク 6 回のうち、2 回目及び 6 回目のデータを示す。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

表 2-5 プラント停止中における大飯 1 号炉の 1 次冷却材の
核種分析結果

号炉	大飯 1 号炉				
運転サイクル	16	18	20	平均	Co60 との 比率
試料採取日	2000/8/9	2003/4/19	2005/9/27		
Co-60 (Bq/cm ³)	1.24E-01	1.21E+00	1.49E+00	9.41E-01	—
Cs-134 (Bq/cm ³)	<4.65E-02	<7.11E-02	<3.25E-02	<5.00E-02	<5.32E-02
Cs-137 (Bq/cm ³)	<5.89E-02	<9.09E-02	<3.75E-02	<6.24E-02	<6.63E-02

表 2-6 プラント停止中における大飯 2 号炉の 1 次冷却材の
核種分析結果

号炉	大飯 2 号炉			
運転サイクル	17	19	平均	Co60 との比率
試料採取日	2002/10/26	2005/3/22		
Co-60 (Bq/cm ³)	4.43E-01	5.49E+00	2.97E+00	—
Cs-134 (Bq/cm ³)	<6.89E-02	<7.61E-02	<7.25E-02	<2.44E-02
Cs-137 (Bq/cm ³)	<7.83E-02	<8.12E-02	<7.98E-02	<2.69E-02

表 2-7 除染後の大飯 1, 2 号炉の燃料取替用水タンクの
 胴板の核種分析結果
 (2021 年 2 月 1 日時点まで減衰補正した値)

試料名	Co-60		Cs-137		Co-60 との 比率
	放射能濃度 (Bq/g)	D/C	放射能濃度 (Bq/g)	D/C	
1u-2-43	2.61E-04	2.61E-03	5.51E-05	5.51E-04	2.11E-01
1u-16-49	5.86E-04	5.86E-03	<4.25E-05	<4.25E-04	<7.25E-02
2u-12-16	4.90E-04	4.90E-03	<4.93E-05	<4.93E-04	<1.01E-01

表 2-8 放射能濃度確認対象物（試料名：1u-2-43）の
放射化学分析による核種分析結果
(2021年2月1日時点まで減衰補正した値)

放射性物質	D/C	各放射性物質の D/C の Co-60 の D/C に対する比率
H-3	7.84E-05	3.01E-02
C-14	<2.91E-04	<1.12E-01
Co-60	2.61E-03	1.00E+00
Sr-90	<4.65E-06	<1.78E-03
Nb-94	1.30E-04	4.98E-02
Cs-134	<3.46E-06	<1.33E-03
Cs-137	5.51E-04	2.11E-01
Pu-239	<4.74E-06	<1.82E-03
Am-241	<1.79E-06	<6.86E-04

表 2-9 大飯 1, 2 号炉の濃縮廃液の難測定核種の
分析結果等を基に算出した D/C

(1991~2006 年度の 16 年度分の平均値 :

Co-60、Ni-59、Ni-63、Tc-99、I-129 及び Pu-241)

放射性物質	濃縮廃液等から 算出した放射能濃度 (Bq/g)	D/C	各放射性物質の D/C の Co-60 の D/C に対する比率
Co-60	2.71E+02	2.71E+03	1
Ni-59 ^{※1}	4.01E+00	4.01E-02	1.48E-05
Ni-63	5.01E+02	5.01E+00	1.85E-03
Tc-99	1.82E-04	1.82E-04	6.70E-08
I-129	<7.68E-04	<7.68E-02	<2.83E-05
Pu-241 ^{※2}	2.81E-04	2.81E-05	1.04E-08

※1 : Ni-59 の放射能濃度は、JNES-SS レポート (JNES-SS-0403)
に基づき算出。

※2 : 全 α 核種の分析結果より算出。

表 2-10 大飯 1, 2 号炉の濃縮廃液の難測定核種の
分析結果を基に算出した D/C

(2004~2006 年度の 3 年度分の平均値 : Cl-36)

放射性物質	濃縮廃液から算出した 放射能濃度 (Bq/g)	D/C	Cl-36 の D/C の Co-60 の D/C に対する比率
Co-60	2.07E+02	2.07E+03	1
Cl-36	3.56E-02	3.56E-02	1.72E-05

表 2-11 大飯発電所構内における表面汚染密度測定結果

測定場所	試料採取日時	測定日時	測定時間	測定器	測定値 (CPS)	測定結果
(1) 第一事務所屋上空調機配管	2012年3月28日 ～ 2012年3月29日 試料採取日時 2012年3月28日 (スミヤろ紙にて 100cm ² 以上を試料 採取)	2012年3月28日 ～ 2012年3月29日	1200 秒	大飯1, 2号炉 PL 計数装置	<0.063	理論検出限界 計数値未滿
(2) 大飯1号炉補助建屋給気口 (外気冷却ユニット給気口融雪配管)						
(3) 大飯2号炉補助建屋給気口 (外気冷却ユニット給気口金網フレーム)						
(4) 大飯1, 2号炉放水口水モニタ室エアコン室外機						
(5) 第二事務所屋上空調機配管						
(6) 大飯3号炉補助建屋給気口サポート						
(7) 大飯4号炉補助建屋給気口サポート						
(8) A 廃棄物庫消火器格納庫						
(9) 大飯3号炉主要変圧器前ベージング						
(10) 特高開閉所裏消火器格納庫						
(11) 海水淡水化装置操作盤						
(12) 循環水ポンプ出口弁						
(13) 岸壁門扉制御盤						
(14) 保修点検建屋消火器格納庫						
(15) モニタポスト No.2 エアコン室外機カバー						
(16) A 廃棄物庫シャッター前						
(17) 大飯1, 2号炉 T/B シャッター前						
(18) 大飯3, 4号炉 T/B シャッター前						
(19) 大飯1, 2号炉 A/B 出入管理室前通路						
(20) 大飯1, 2号炉 A/B シャッター前						
(21) 大飯3, 4号炉 W/B 出入管理室前通路						
(22) 大飯3号炉 FH/B スライディングドア前						
	2012年3月28日			大飯3, 4号炉 PL 計数装置	<0.044	

「評価に用いる放射性物質の選択に関する説明書」

放射能濃度確認対象物の評価対象核種は、審査基準 33 核種から選択する。

評価対象核種の選択に当たっては、審査基準 33 核種の放射性物質組成 (D_k) を規則別表第 2 欄の放射能濃度 (C_k) で除した値 (D_k/C_k) の総和 (以下「 $\Sigma D_k/C_k$ 」という。) を求める。審査基準 33 核種の D_k/C_k が大きいものから順に核種 j を追加し、追加した核種の D_j/C_j の総和が規則 33 核種の総和である $\Sigma D_k/C_k$ に占める割合が 0.9 以上となることを確認する。

ただし、 D_1/C_1 の最大値が 33 分の 1 以下であることが明らかな場合は、放射性物質 $k=1$ のみを評価に用いる放射性物質として選定することとする。

1. 放射能濃度確認対象物の放射能濃度

1.1 放射能濃度確認対象物の汚染形態

二次的な汚染は、放射性腐食生成物及び核分裂生成物が 1 次冷却材により 1 次冷却系統に接続する機器内面に沈着することにより生じる。二次的な汚染の移行経路を図 3-1 に示す。

1.2 放射能濃度確認対象物の核種分析結果

放射能濃度確認対象物の二次的な汚染における主要な放射性物質は **Co-60** と設定した。そこで、**Co-60** の放射能濃度 (Bq/g) が審査基準に規定される D/C が 33 分の 1 以下であることを確認する。**2005** 年度、**2006** 年度及び **2011** 年度に放射能濃度確認対象物の核種分析を行った。表 3-1 及び表 3-2 に **2005** 年度、**2006** 年度及び **2011** 年度に実施した放射能濃度確認対象物の **Ge** 波高分析装置を用いた核種分析結果を **2021** 年 2 月 1 日まで減衰補正した結果を示

す。なお、放射能濃度確認対象物の胴板及び天井板の核種分析試料は無作為に選定した。表 3-1 及び表 3-2 に示すとおり、大飯 1 号炉においては最大で $6.94\text{E-}04\text{Bq/g}$ 、大飯 2 号炉においては最大で $1.15\text{E-}03\text{Bq/g}$ であり、いずれにおいてもクリアランス判断基準の $1/33$ (約 $3.0\text{E-}3\text{Bq/g}$) 以下であった。

また、図 3-2 及び図 3-3 に示す 2005 年～2006 年に実施した解体・除染後の放射能濃度確認対象物胴板の表面汚染密度測定結果のうち、検出限界値以上でかつ最大の **Co-60** 放射能濃度を示した部位 (1 号炉 : **1u-16-49**、2 号炉 : **2u-12-16**) に対して、**Ge** 波高分析装置を用いて核種分析を行った結果を表 3-3 に示す。表 3-3 に示すとおり、大飯 1, 2 号炉いずれの試料においてもクリアランス判断基準の $1/33$ (約 $3.0\text{E-}3\text{Bq/g}$) 以下であった。

2. 評価対象核種の選択

1. 項のとおり、**Co-60** 以外の放射性物質は評価に用いる放射性物質の選択において考慮する必要はないと判断したことから、評価に用いる放射性物質は **Co-60** の 1 種類とする。

3. 放射能濃度確認対象物の汚染の均一性確認

3.1 放射能濃度確認対象物の表面汚染密度分布 (胴板)

放射能濃度確認対象物の胴板の二次的な汚染は、プラント停止後に炉水中の放射性物質が燃料取替用水タンク内面に移行し、一様に沈着することにより生じたものである。その後、放射能濃度確認対象物解体後に胴板全体を放射能濃度が検出限界値相当 (0.1Bq/g 以下) となるように除染を行った。ここで、除染後の放射能濃度確認対象物において汚染の均一性を確認するために、2005 年 7 月から 10 月、2006 年 1 月から 4 月に燃料取替用水タンクの解体・除染後の胴板の表面汚染密度の測定を行った。表面汚染密度の測定は、タンク水が接液する胴板を高さ方向に 16 分割、円周方向に 69 分割 (大飯 2 号炉は高さ方向に 15 分割、円周方向に 69 分割) し、各々

を測定した。大飯 1 号炉の測定結果を図 3-2 に、大飯 2 号炉の測定結果を図 3-3 に示す。図 3-2 及び図 3-3 に示すとおり、表面汚染密度の測定値は、胴板全体で同程度であり、部位毎に汚染は均一であることを確認した。

また、図 3-2 及び図 3-3 に示す表面汚染密度測定結果のうち、大飯 1, 2 号炉各々で、測定値が検出限界値以上で最大となった試料（試料名：1u-16-49、2u-12-16）に対して、Ge 波高分析装置を使用して核種分析を行った結果、いずれもクリアランス判断基準の 1/33（約 3.0E-3Bq/g）以下であった。

放射能濃度確認対象物について、1 号炉の胴板で 9 点、2 号炉の胴板で 9 点を無作為に抽出し、Ge 波高分析装置を使用して核種分析を行った結果、大飯 1 号炉においては最大で 6.94E-04Bq/g、大飯 2 号炉においては最大で 1.15E-03Bq/g であり、いずれにおいてもクリアランス判断基準の 1/33（約 3.0E-3Bq/g）以下であった。

以上のことから、放射能濃度確認対象物の胴板については、Co-60 放射能濃度はクリアランス判断基準の 1/33 以下であり、かつ放射能濃度はおおむね均一である。

3.2 放射能濃度確認対象物の表面汚染密度分布（天井板）

放射能濃度確認対象物の天井板については、タンク貯留水が接液しておらず、汚染は雰囲気（タンク内気相部を介しての汚染）によるものであり、極僅かである。ここで、2012 年 1 月から 3 月に、1 号炉の燃料取替用水タンクの天井板について、胴板と比較し汚染が均一であることを確認するために、表面汚染密度の測定を行った。測定条件を下記に、測定結果を図 3-4 に示す。なお、天井板及び胴板共に無作為に試料を採取し測定を行った。図 3-4 に示すとおり、天井板においては汚染が均一であることを確認し、加えて胴板と比較しても汚染は均一であることを確認した。

放射能濃度確認対象物について、1 号炉の天井板で 3 点を無作為に抽出し、Ge 波高分析装置を使用した核種分析を行った結果、

最大で **8.44E-05Bq/g** であり、クリアランス判断基準の **1/33** (約 **3.0E-3Bq/g**) 以下であった。

以上のことから、放射能濃度確認対象物の天井板については、**Co-60** 放射能濃度はクリアランス判断基準の **1/33** 以下であり、かつ放射能濃度はおおむね均一である。

従って、**3.1** 項及び **3.2** 項に示すとおり、放射能濃度確認対象物の **Co-60** 放射能濃度はクリアランス判断基準の **1/33** 以下であり、かつ放射能濃度は全体でおおむね均一である。

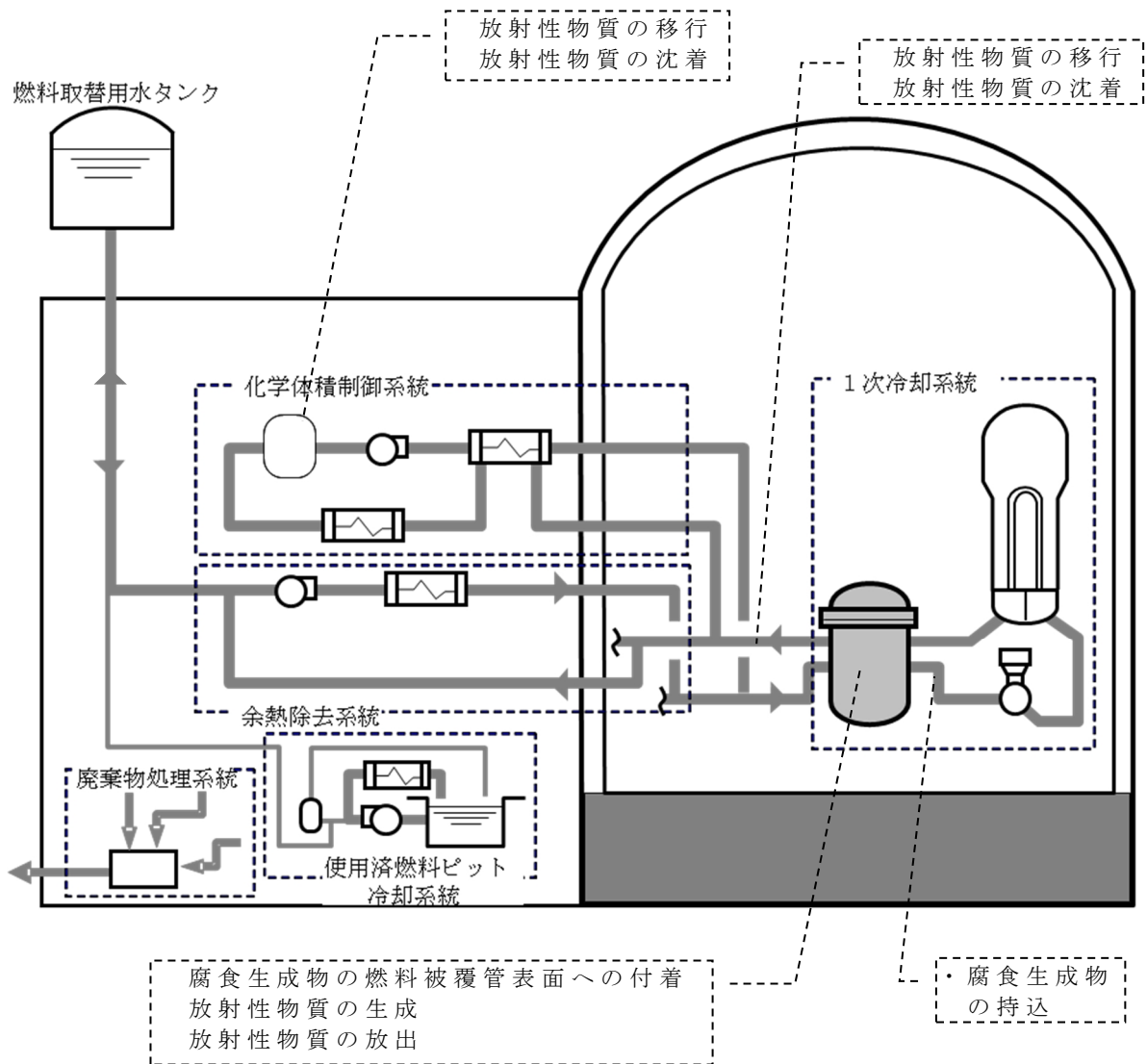


図 3-1 二次的な汚染の移行経路

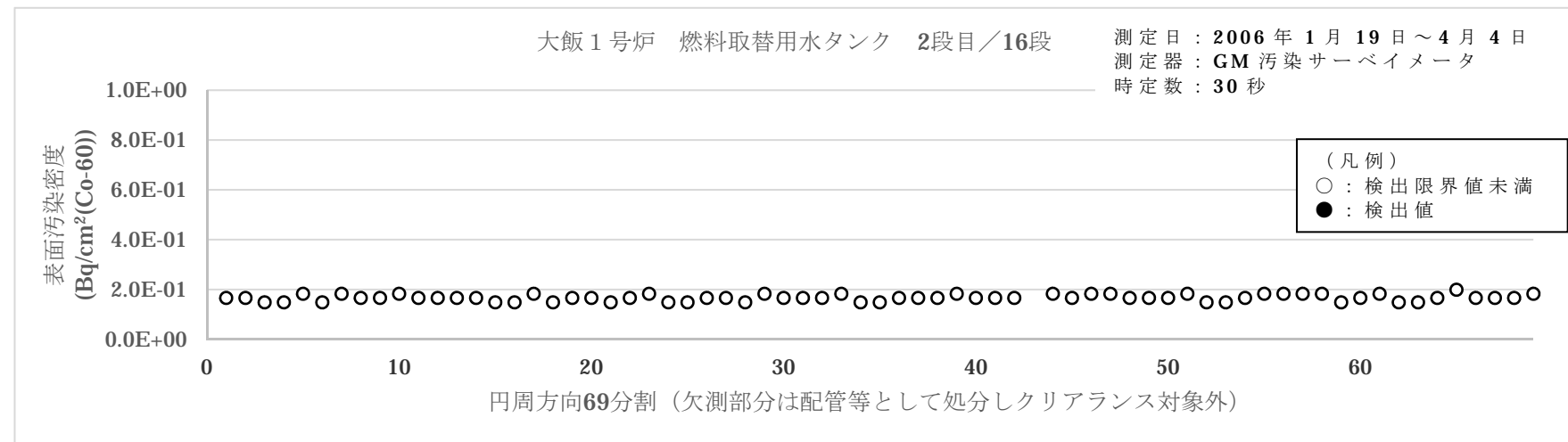
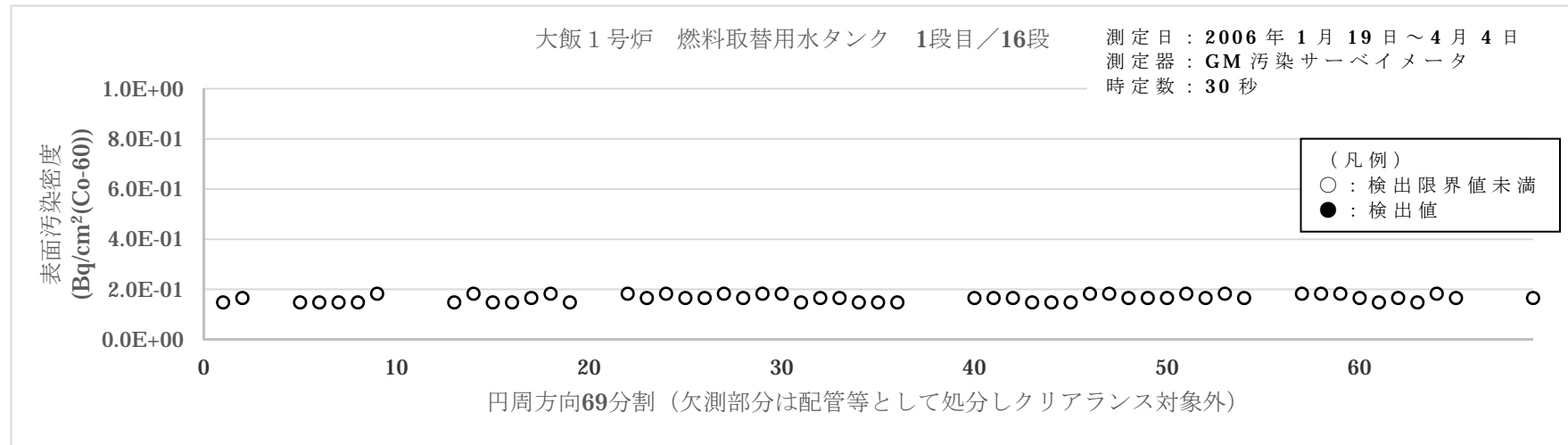


図 3-2 大飯1号炉 燃料取替用水タンク胴板の表面汚染密度測定結果 (1/8)

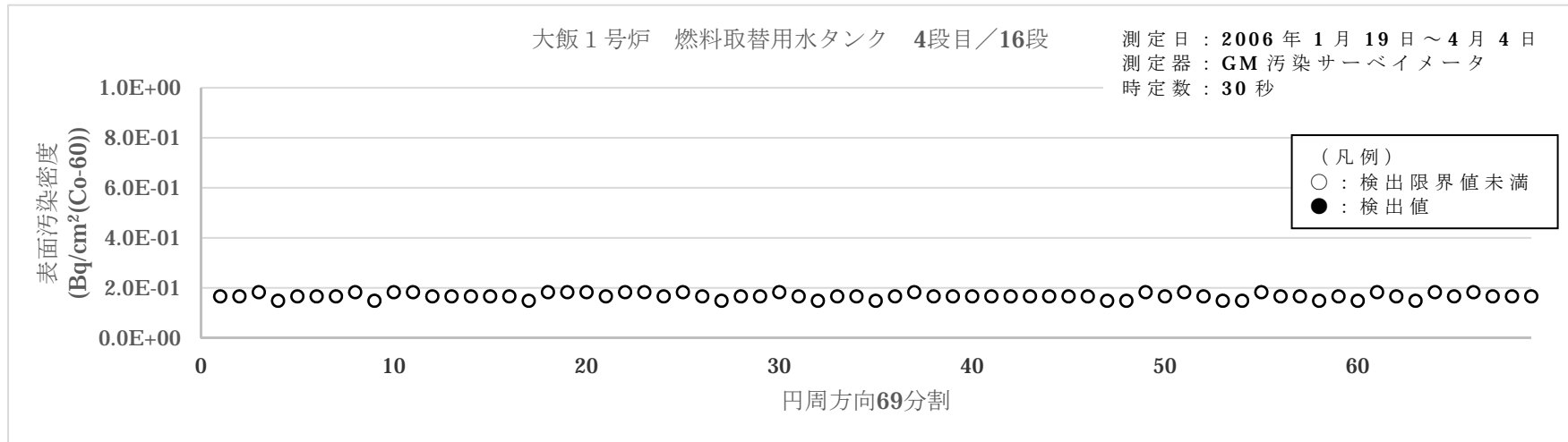
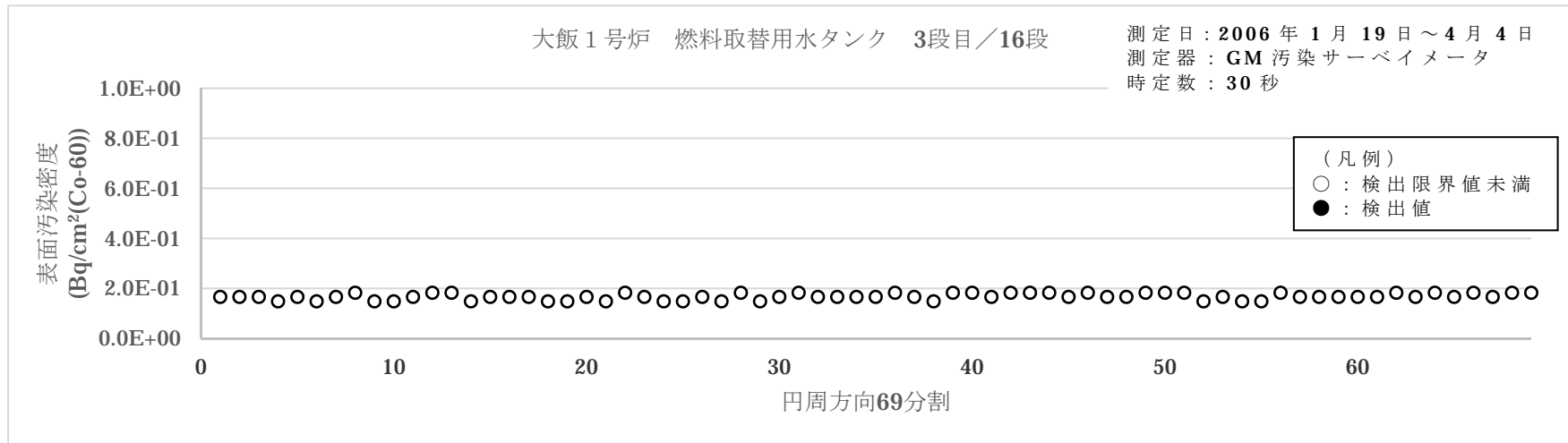


図 3-2 大飯1号炉 燃料取替用水タンク胴板の表面汚染密度測定結果 (2/8)

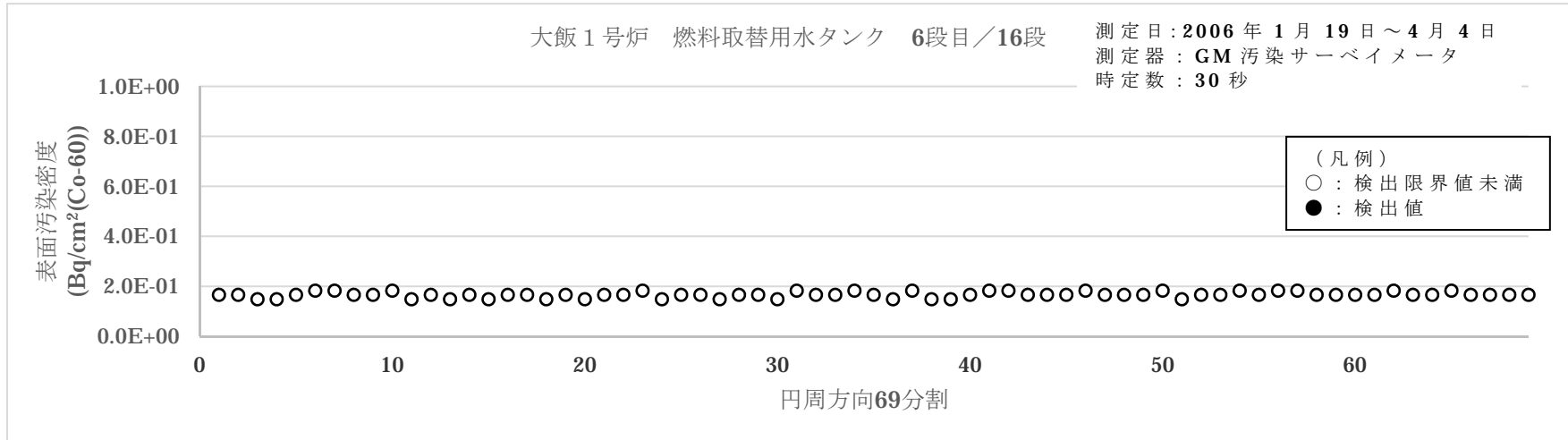
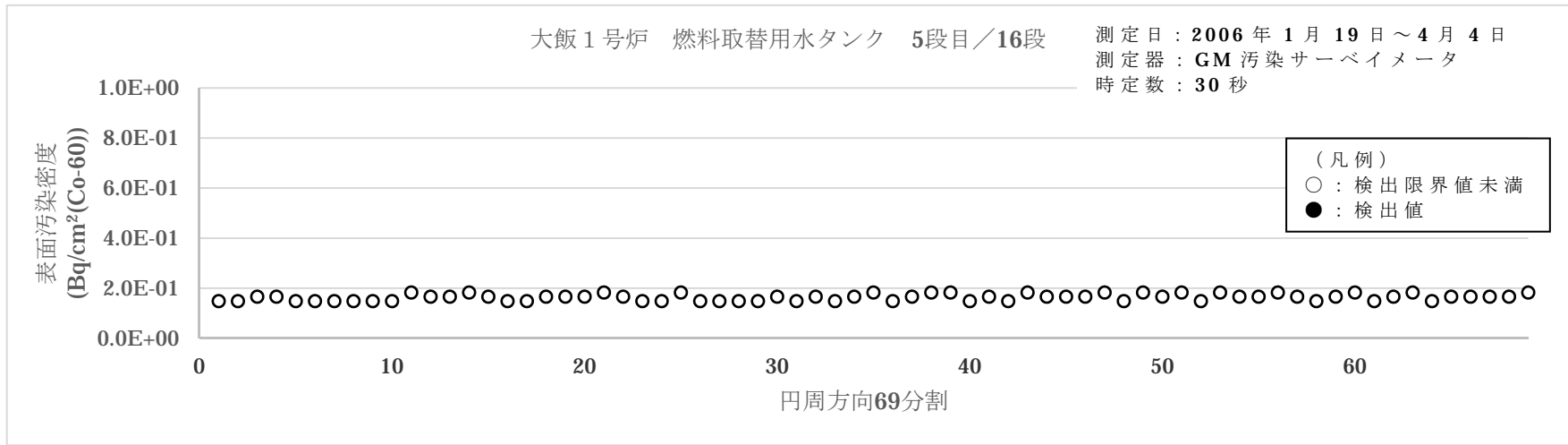


図 3-2 大飯 1 号炉 燃料取替用水タンク胴板の表面汚染密度測定結果 (3/8)

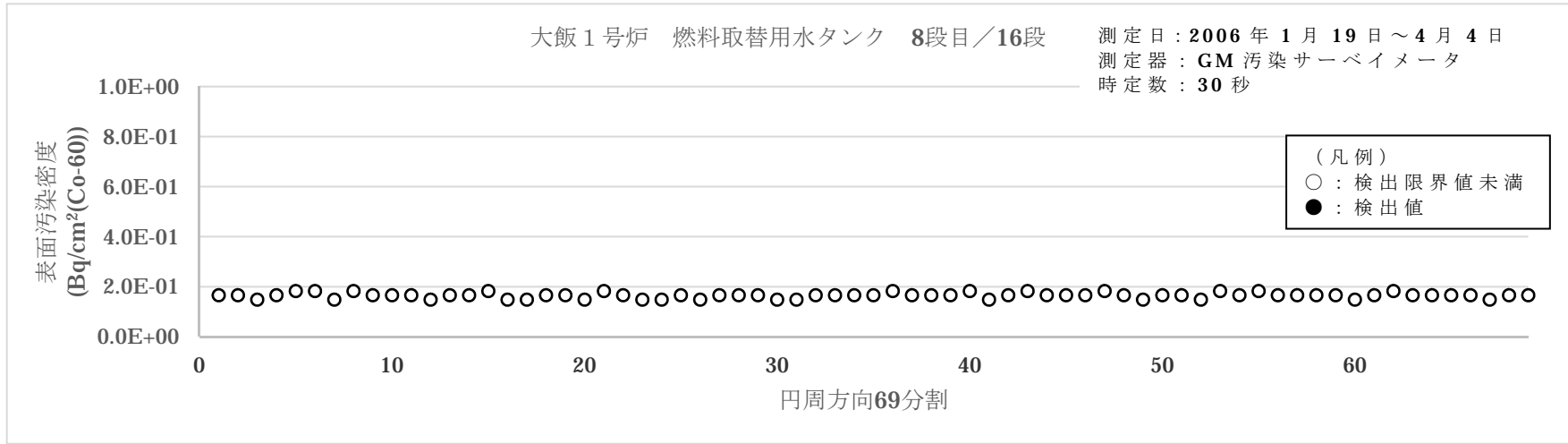
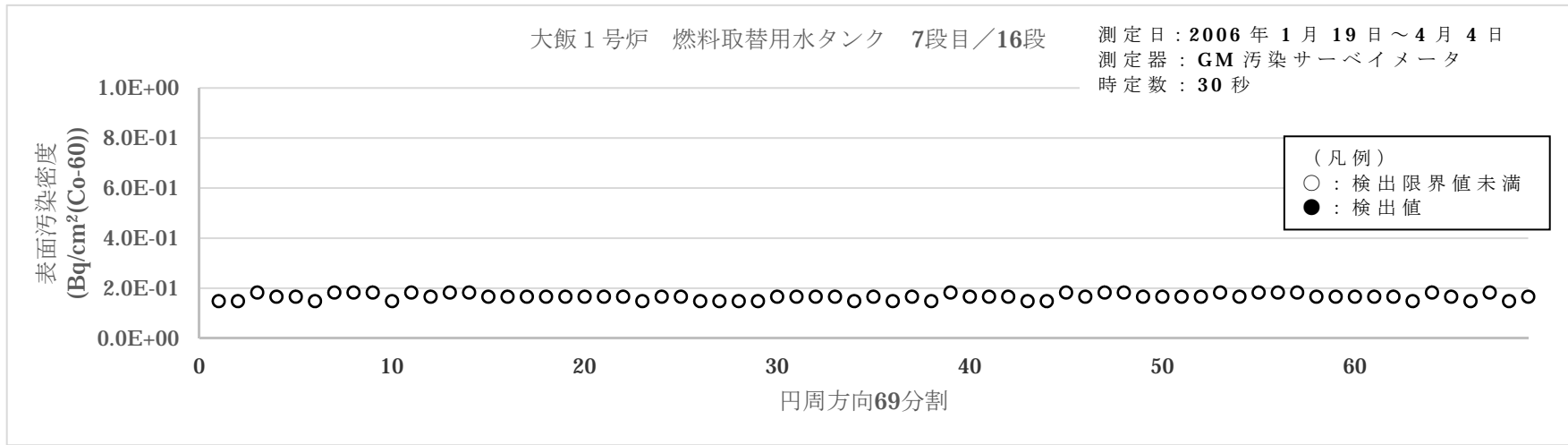


図 3-2 大飯 1 号炉 燃料取替用水タンク胴板の表面汚染密度測定結果 (4/8)

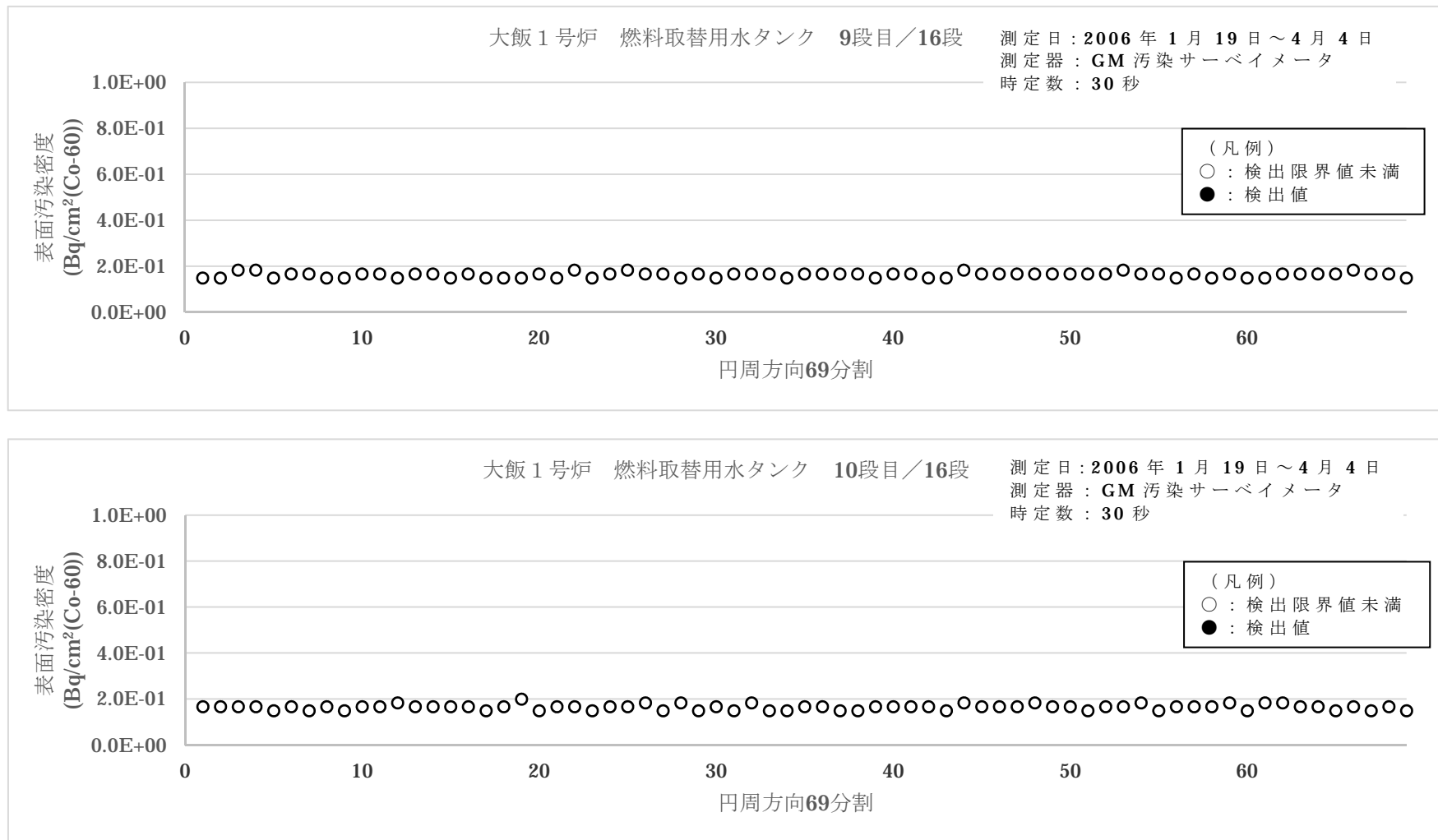


図 3-2 大飯 1 号炉 燃料取替用水タンク胴板の表面汚染密度測定結果 (5/8)

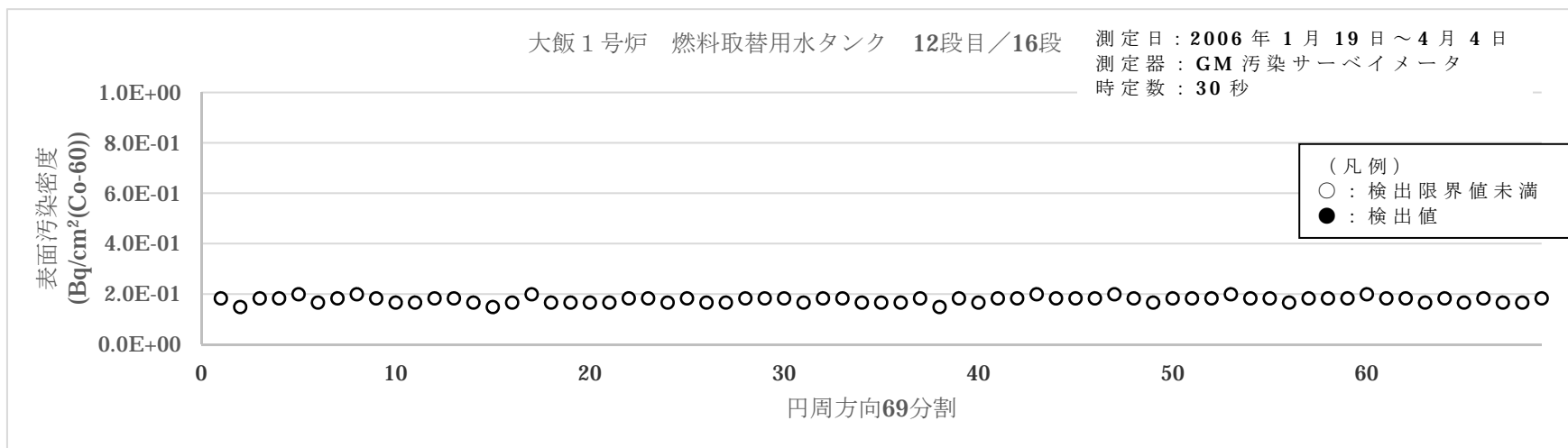
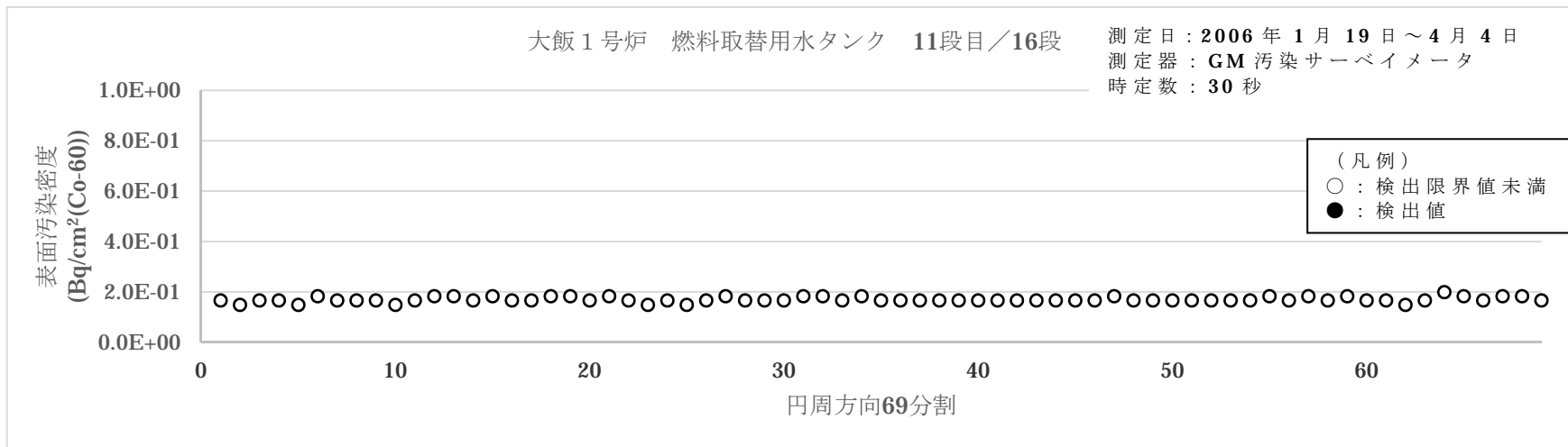


図 3-2 大飯1号炉 燃料取替用水タンク胴板の表面汚染密度測定結果 (6/8)

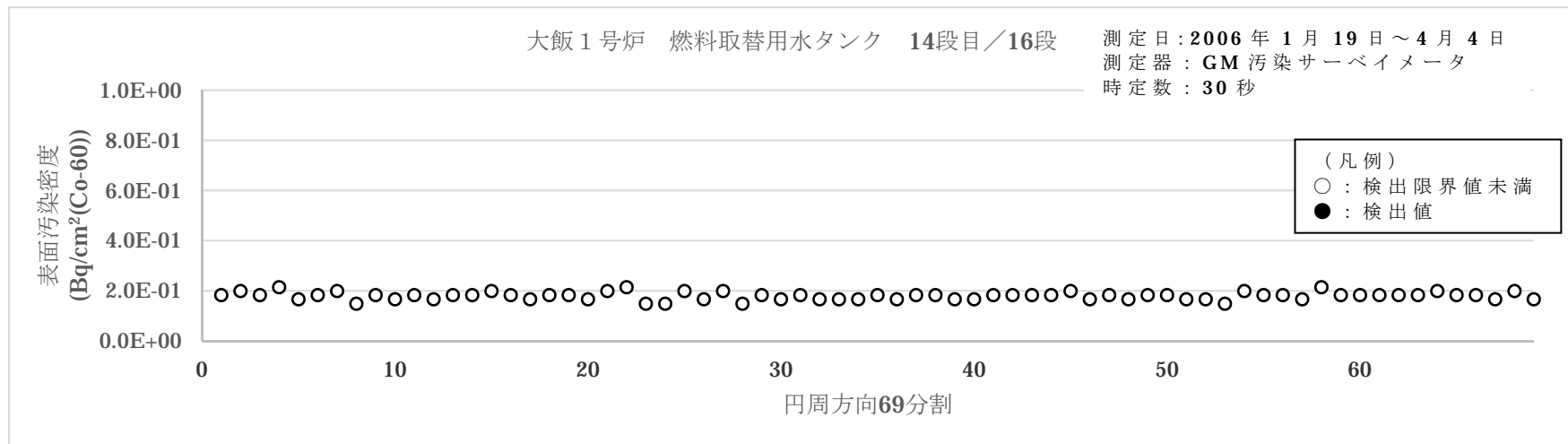


図 3-2 大飯1号炉 燃料取替用水タンク胴板の表面汚染密度測定結果 (7/8)

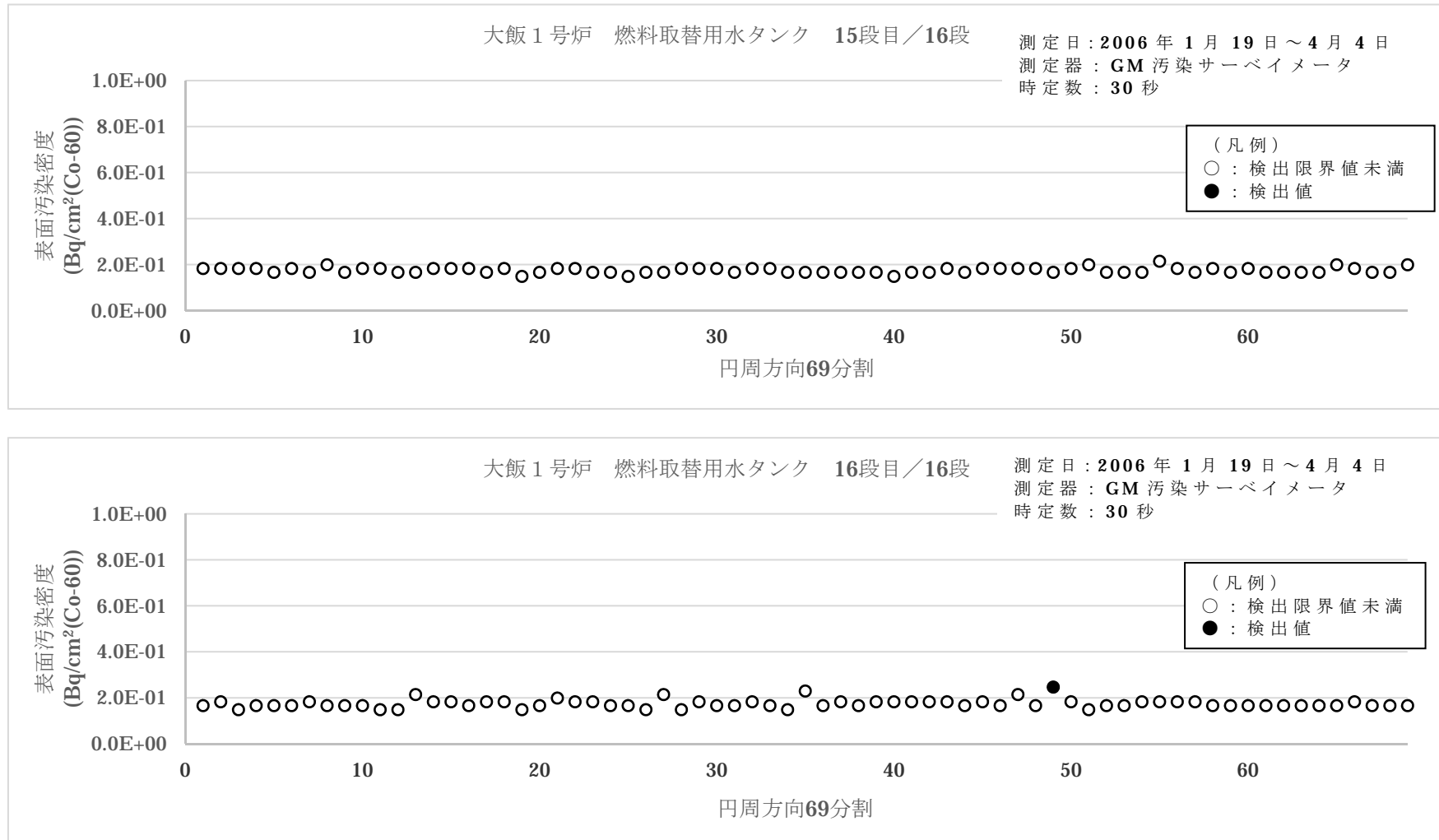


図 3-2 大飯1号炉 燃料取替用水タンク表面汚染密度測定結果 (8/8)

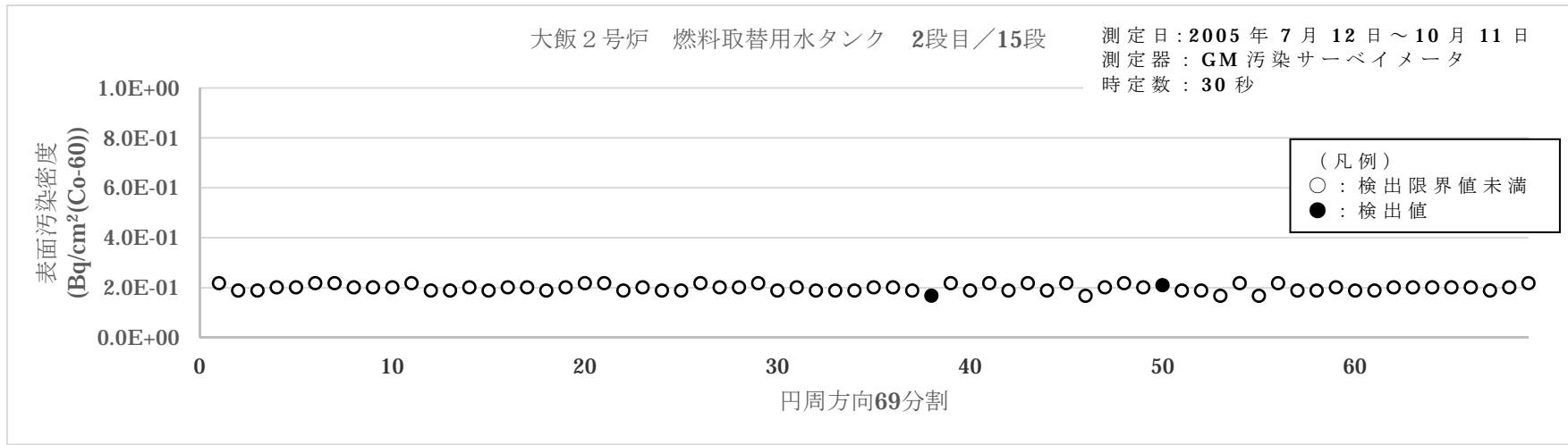
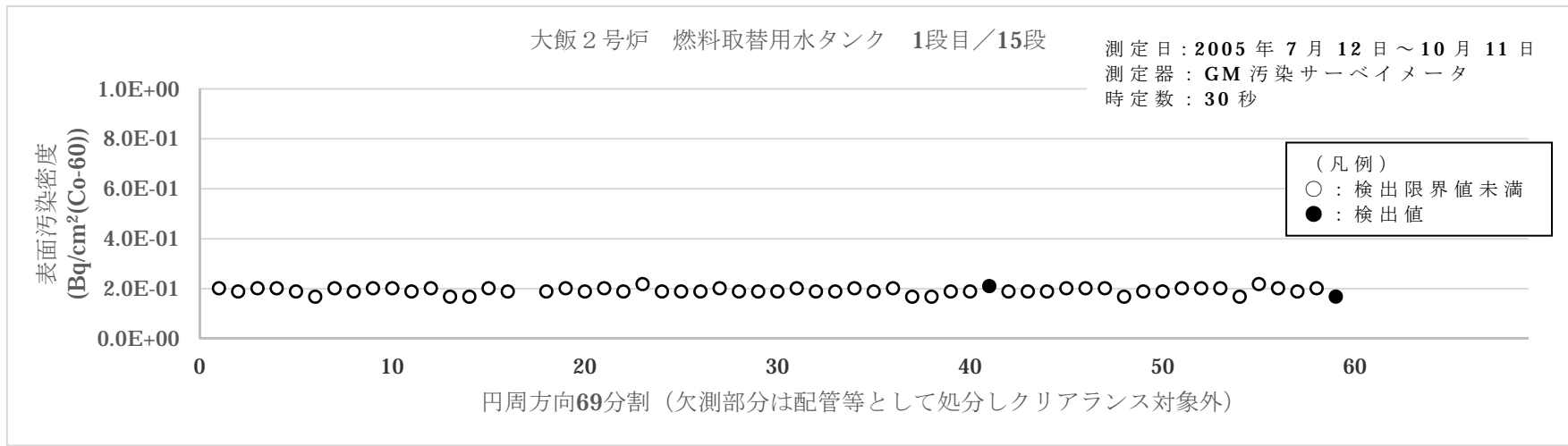


図 3-3 大飯 2 号炉 燃料取替用水タンク胴板の表面汚染密度測定結果 (1/8)

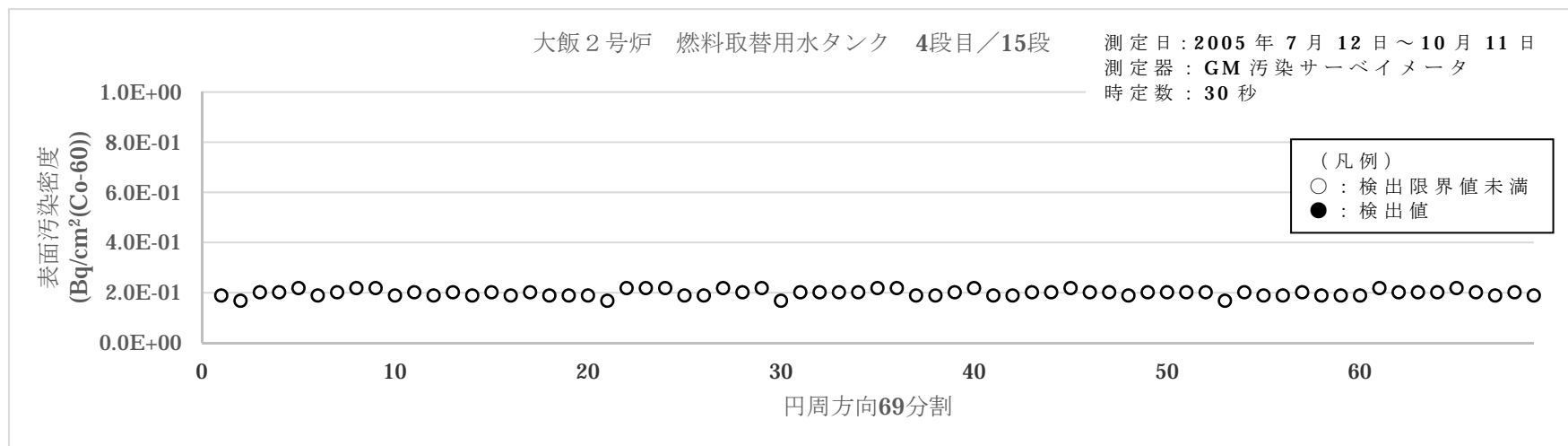
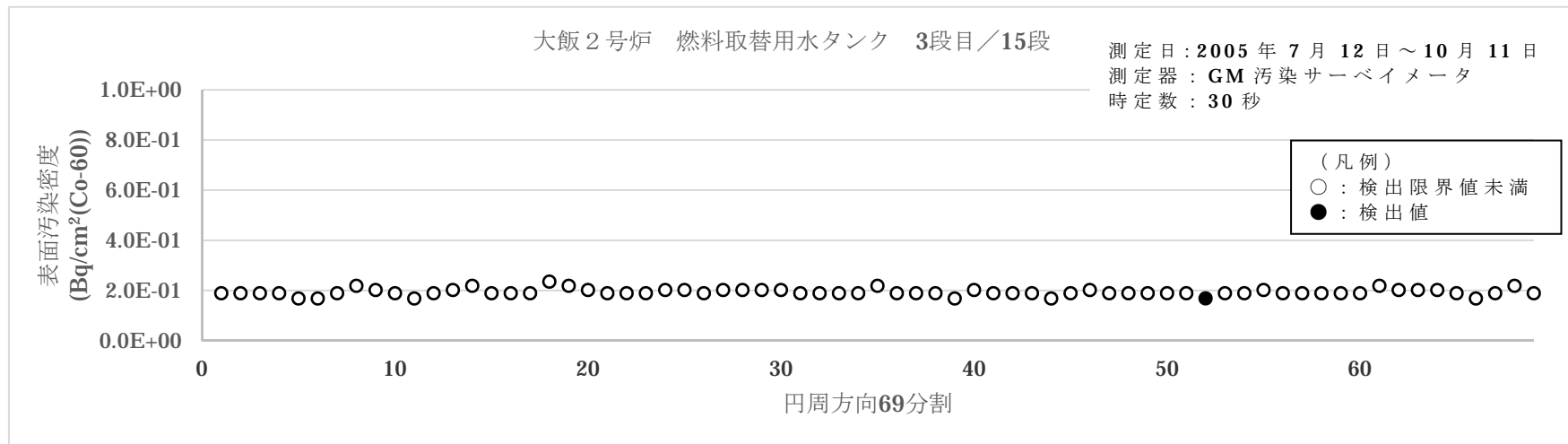


図 3-3 大飯2号炉 燃料取替用水タンク胴板の表面汚染密度測定結果 (2/8)

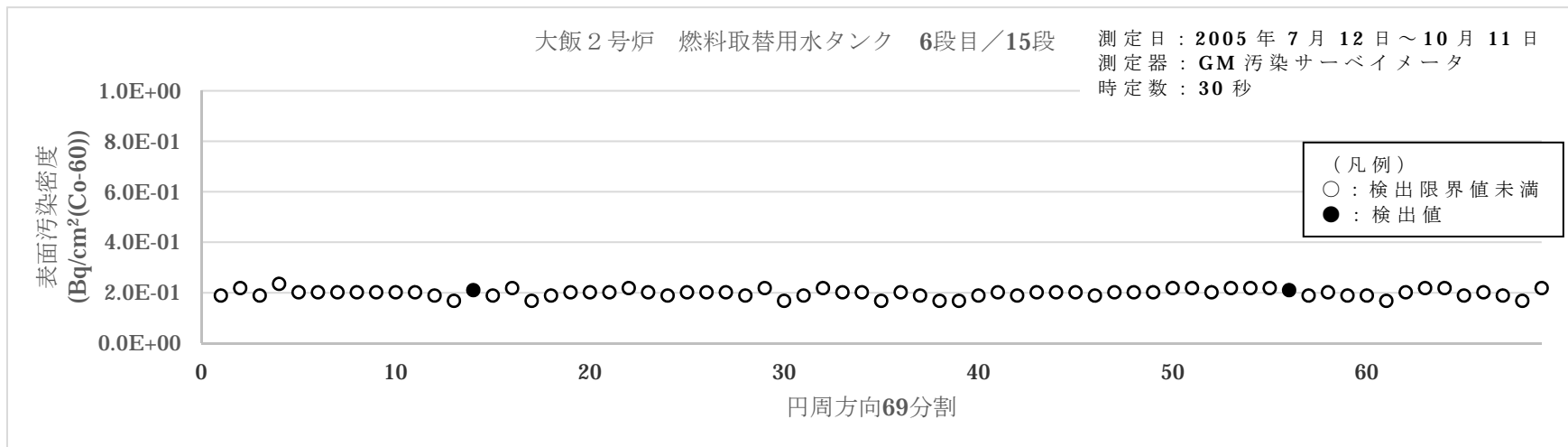
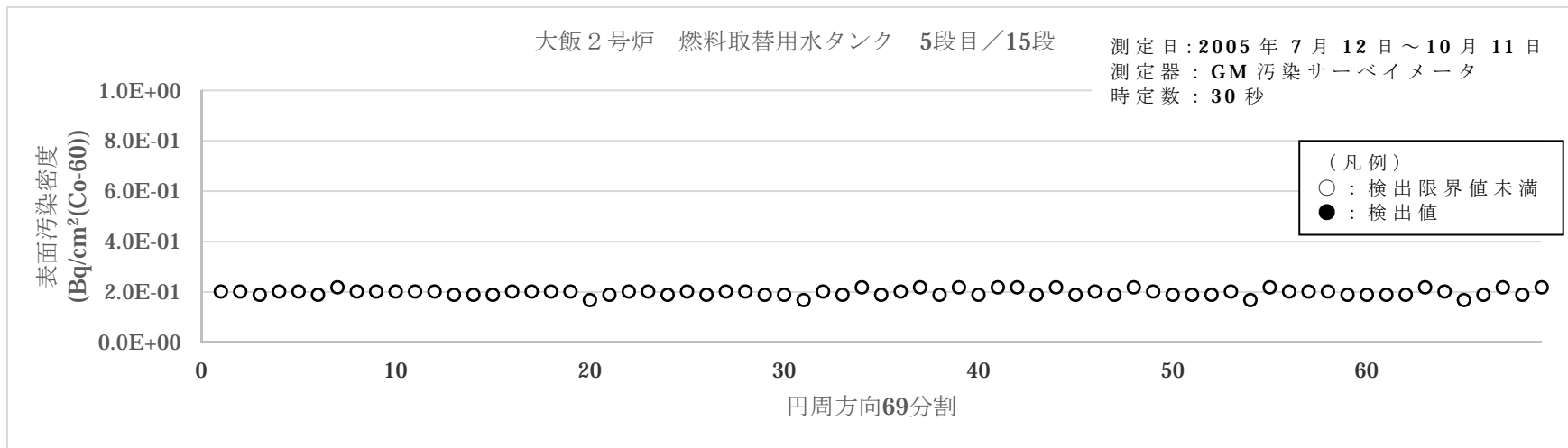


図 3-3 大飯2号炉 燃料取替用水タンク胴板の表面汚染密度測定結果 (3/8)

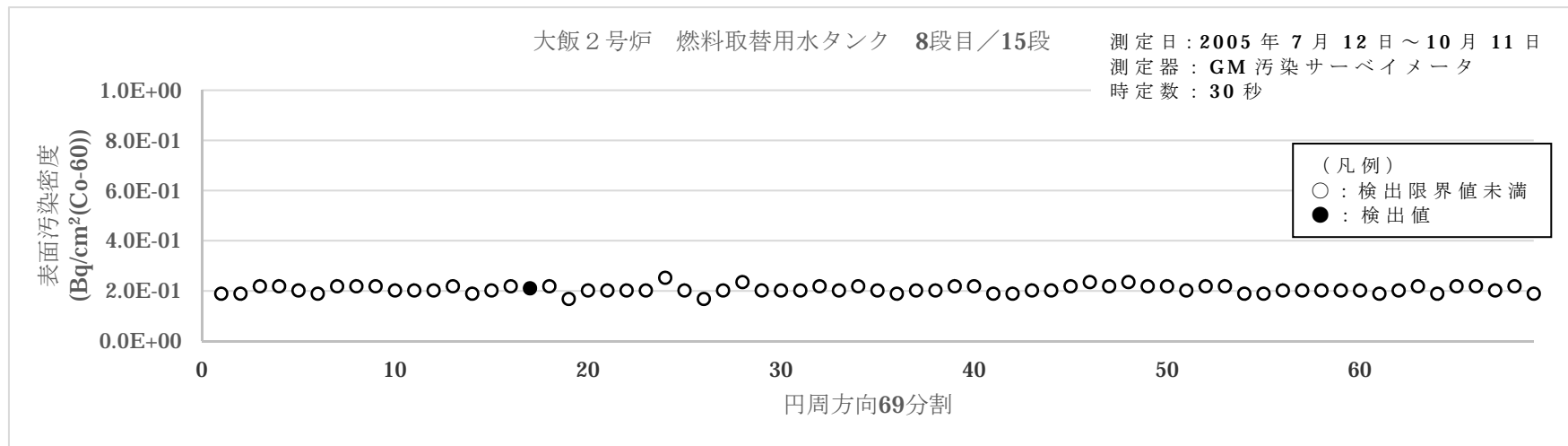
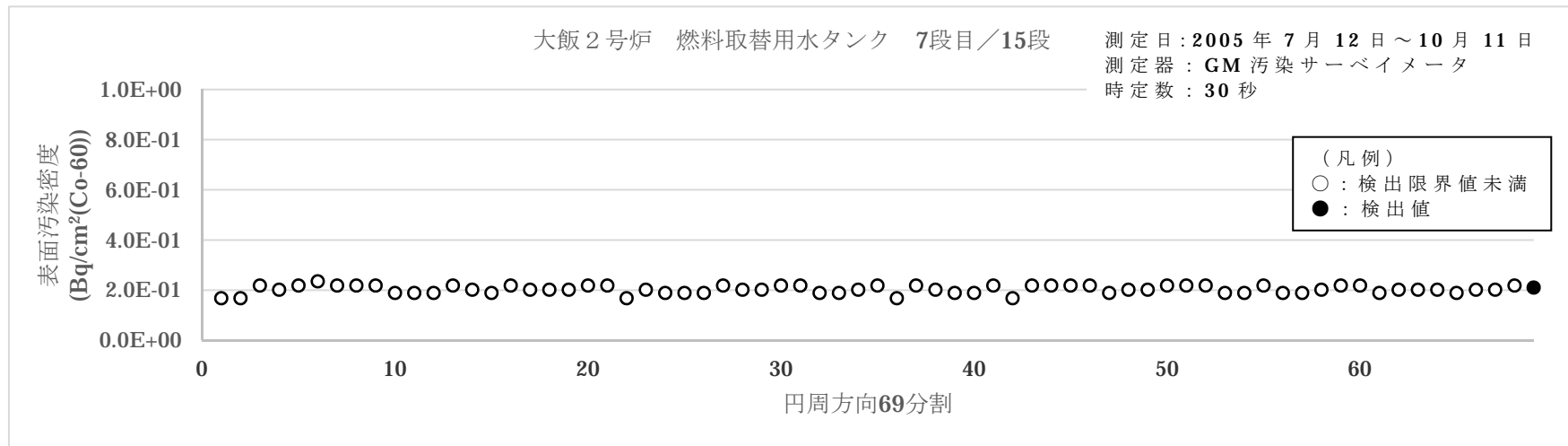


図 3-3 大飯2号炉 燃料取替用水タンク胴板の表面汚染密度測定結果 (4/8)

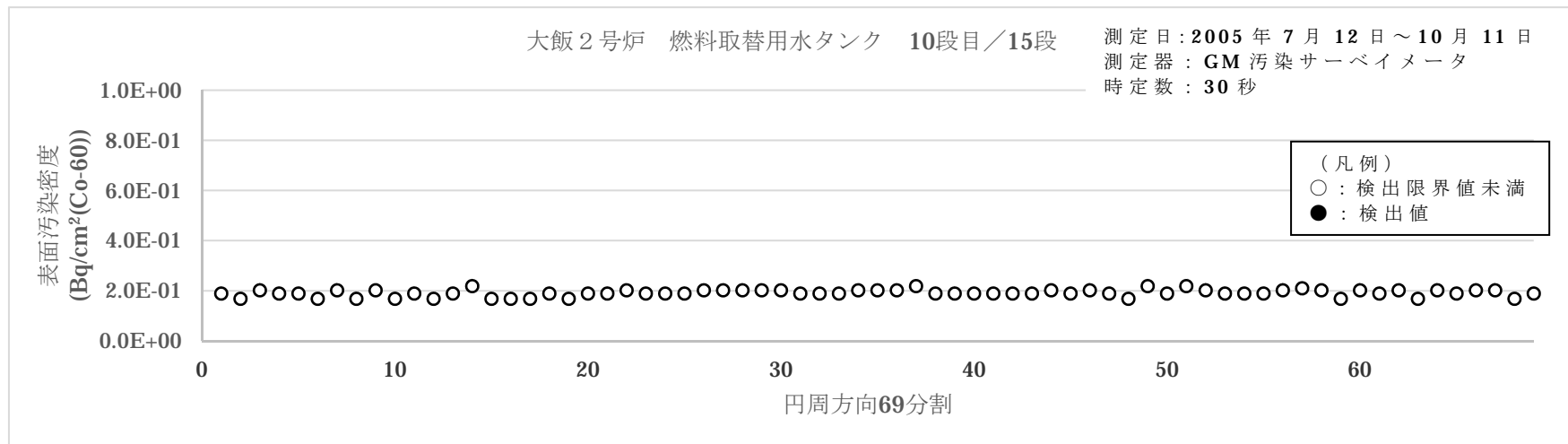
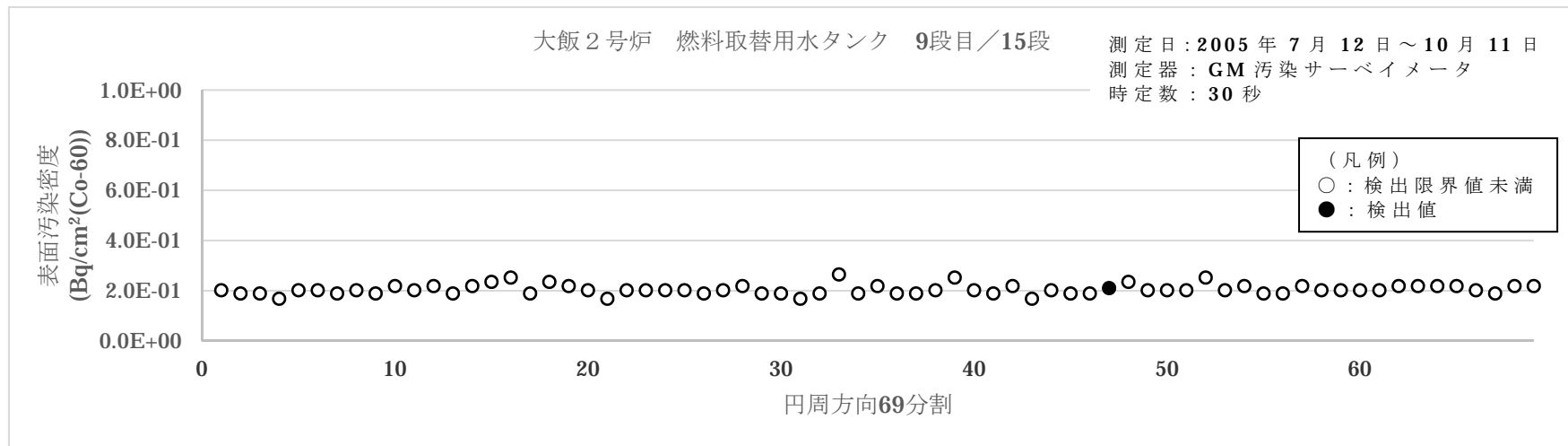


図 3-3 大飯2号炉 燃料取替用水タンク胴板の表面汚染密度測定結果 (5/8)

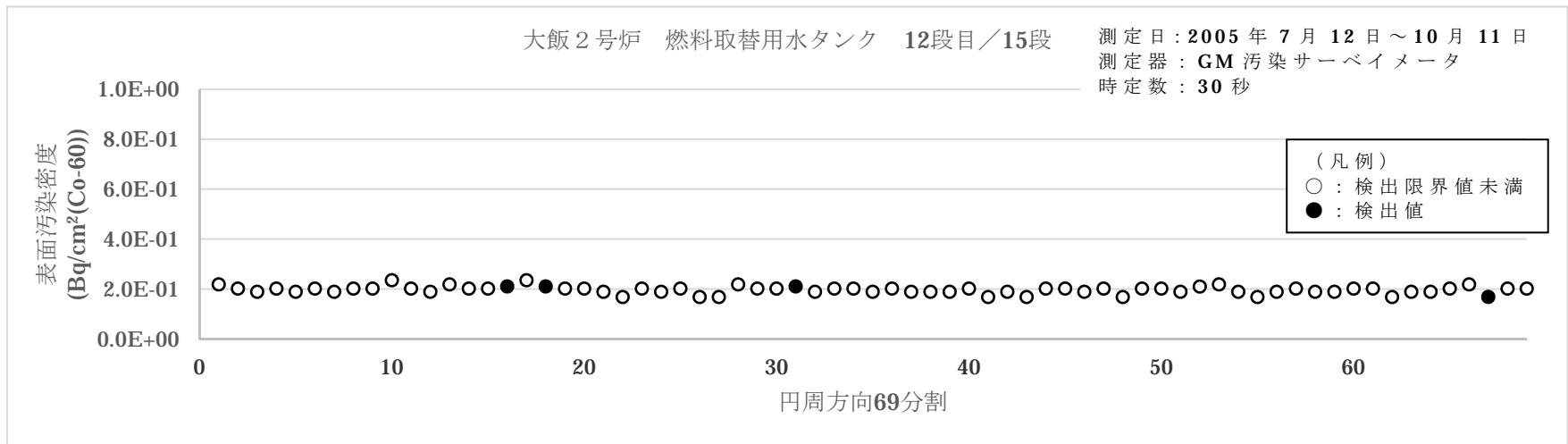
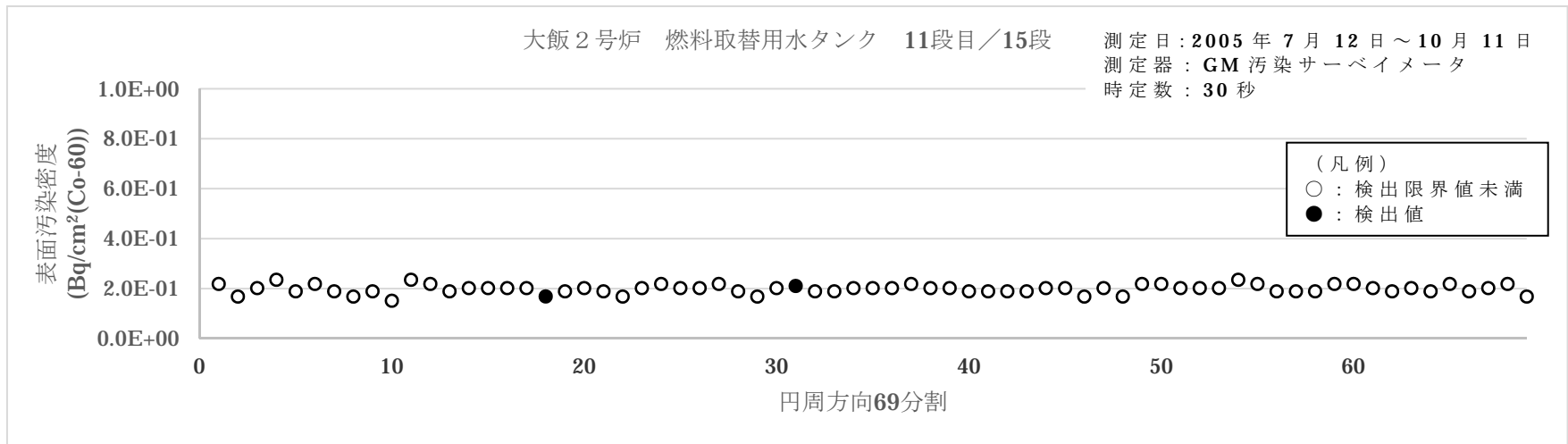


図 3-3 大飯2号炉 燃料取替用水タンク胴板の表面汚染密度測定結果 (6/8)

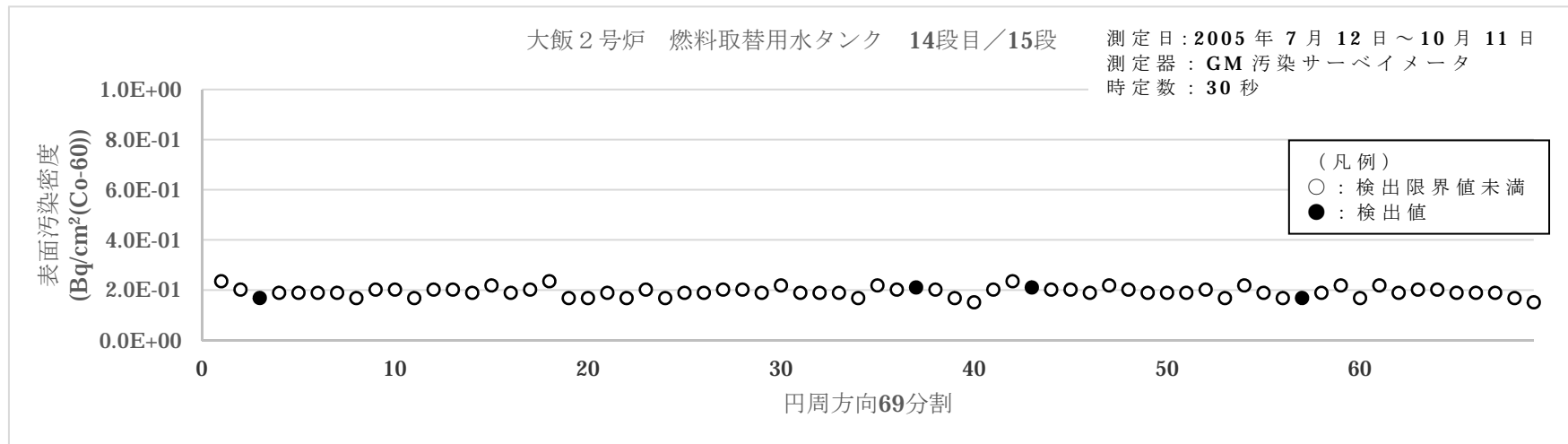
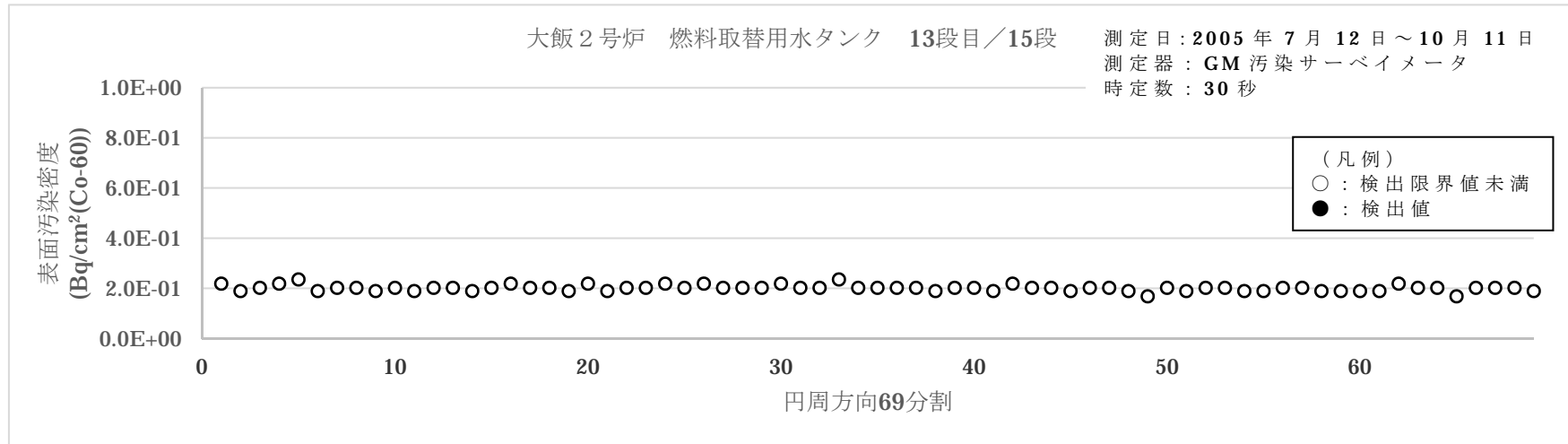


図 3-3 大飯2号炉 燃料取替用水タンク胴板の表面汚染密度測定結果 (7/8)

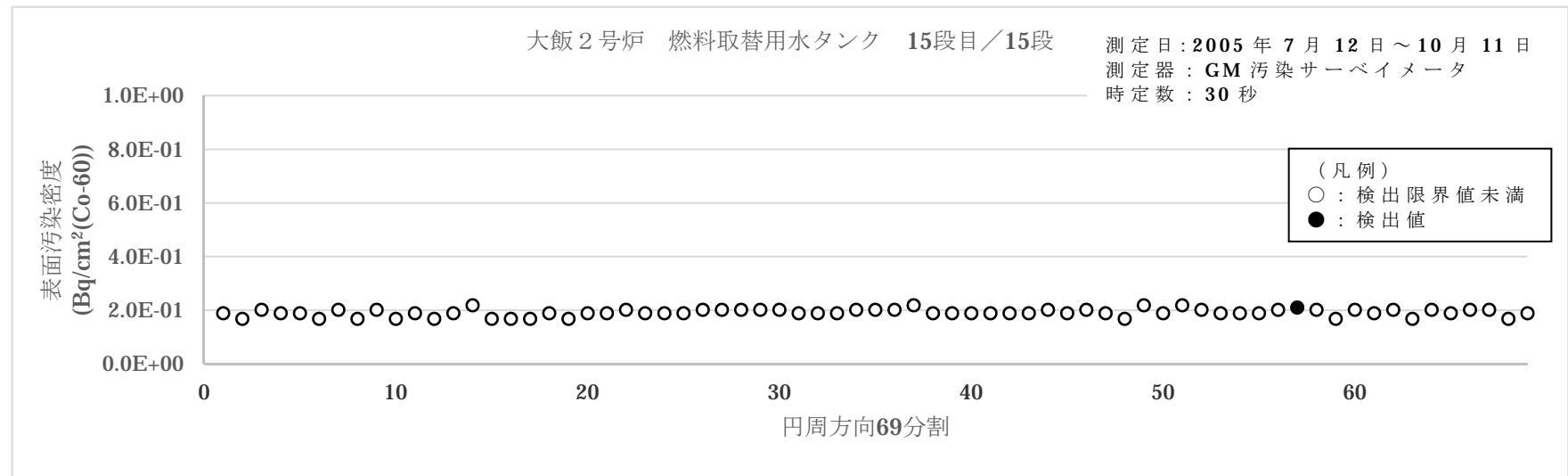


図 3-3 大飯2号炉 燃料取替用水タンク胴板の表面汚染密度測定結果 (8/8)

表 3-1 大飯 1 号炉 放射能濃度確認対象物の
Co-60 の放射能濃度及び D/C

(2021 年 2 月 1 日時点まで減衰補正した値)

(検出限界値未満は検出限界値を評価値と設定)

試料名	試料測定日	Co-60 放射能濃度 (Bq/g)	D/C (Co-60) (-)	
胴板	1u-2-43 [※]	2006 年 6 月 12 日	2.61E-04	2.61E-03
	1u-3-22	2005 年 9 月 20 日	6.94E-04	6.94E-03
	1u-5-1	2005 年 9 月 20 日	3.57E-04	3.57E-03
	1u-6-44	2005 年 9 月 20 日	6.18E-04	6.18E-03
	1u-8-22	2005 年 9 月 20 日	4.86E-04	4.86E-03
	1u-10-1	2005 年 9 月 20 日	2.12E-04	2.12E-03
	1u-11-44	2005 年 9 月 20 日	4.75E-04	4.75E-03
	1u-13-22	2005 年 9 月 20 日	1.89E-04	1.89E-03
	1u-16-1	2005 年 9 月 20 日	6.63E-04	6.63E-03
天井板	1u-天-1	2012 年 3 月 1 日	6.86E-05	6.86E-04
	1u-天-2	2012 年 3 月 1 日	8.44E-05	8.44E-04
	1u-天-3	2012 年 3 月 2 日	<7.85E-05	<7.85E-04

※：放射化学分析結果。なお、他試料は試料を直接 Ge 波高分析装置で計測。

表 3-2 大飯 2 号炉 放射能濃度確認対象物の
Co-60 の放射能濃度及び D/C
 (2021 年 2 月 1 日時点まで減衰補正した値)

試料名	試料発生日	Co-60 放射能濃度 (Bq/g)	D/C (Co-60) (-)	
胴板	2u-3-54	2005 年 3 月 16 日	2.39E-04	2.39E-03
	2u-4-8	2005 年 3 月 16 日	3.20E-04	3.20E-03
	2u-5-47	2005 年 3 月 16 日	3.56E-04	3.56E-03
	2u-6-23	2005 年 3 月 16 日	1.15E-03	1.15E-02
	2u-8-32	2005 年 3 月 16 日	4.60E-04	4.60E-03
	2u-10-42	2005 年 3 月 16 日	2.67E-04	2.67E-03
	2u-12-66	2005 年 3 月 16 日	1.52E-04	1.52E-03
	2u-13-32	2005 年 3 月 16 日	3.30E-04	3.30E-03
	2u-14-17	2005 年 3 月 16 日	2.93E-04	2.93E-03

表 3-3 除染後の大飯 1, 2 号炉の燃料取替用水タンク
(2021 年 2 月 1 日時点まで減衰補正した値)

試料名	Co-60		Cs-137		比率
	放射能濃度 (Bq/g)	D/C	放射能濃度 (Bq/g)	D/C	
1u-2-43	2.61E-04	2.61E-03	5.51E-05	5.51E-04	2.11E-01
1u-16-49	5.86E-04	5.86E-03	<4.25E-05	<4.25E-04	<7.25E-02
2u-12-16	4.90E-04	4.90E-03	<4.93E-05	<4.93E-04	<1.01E-01

「放射能濃度の評価単位に関する説明書」

1. 評価単位の設定方法及び重量

放射能濃度確認対象物の汚染状況については、胴板及び天井板の表面汚染密度測定結果から、汚染状況は対象物全体でおおむね均一であることを確認している。従って、放射能濃度確認対象物の汚染の状況、解体状況及び保管状況から、放射能濃度を決定するための評価単位は、胴板については高さ方向（輪切り）に分割して、1つの評価単位が10トン以下となるよう設定する。大飯1号炉の天井板については10トン以下であることから、天井板全体で1つの評価単位として設定する。

設定した評価単位を図4-1に示す。

2. 測定単位の設定

測定単位は、放射能濃度確認対象物の表面汚染密度の測定結果から、放射能濃度確認対象物の汚染状況はおおむね均一であることから、放射能濃度確認対象物の解体状況及び放射線測定装置によるCo-60放射能濃度の測定条件に応じて、「添付書類五 放射能濃度を決定する方法に関する説明書」に記載のとおり、設定する。図4-2に測定単位の設定イメージを示す。

ここで、放射能濃度確認対象物の評価単位のCo-60放射能濃度は、「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書」に記載のとおり、除染の履歴等から測定単位における評価に用いる放射性物質のD/C（Co-60）がクリアランス判断基準の1/33以下であり、かつ放射能濃度確認対象物の放射性物質の濃度がおおむね均一である。

3. 放射能濃度の著しい偏りの防止

放射能濃度確認対象物の発生・保管の事前調査結果から、汚染状況はおおむね均一であることから、汚染の程度が大きく異なるものが一つの測定単位とはならない。

今回申請の放射能濃度確認対象物の測定単位ごとに規則第 2 条に規定されるクリアランス判断基準の **1/33** 以下であることを確認する。

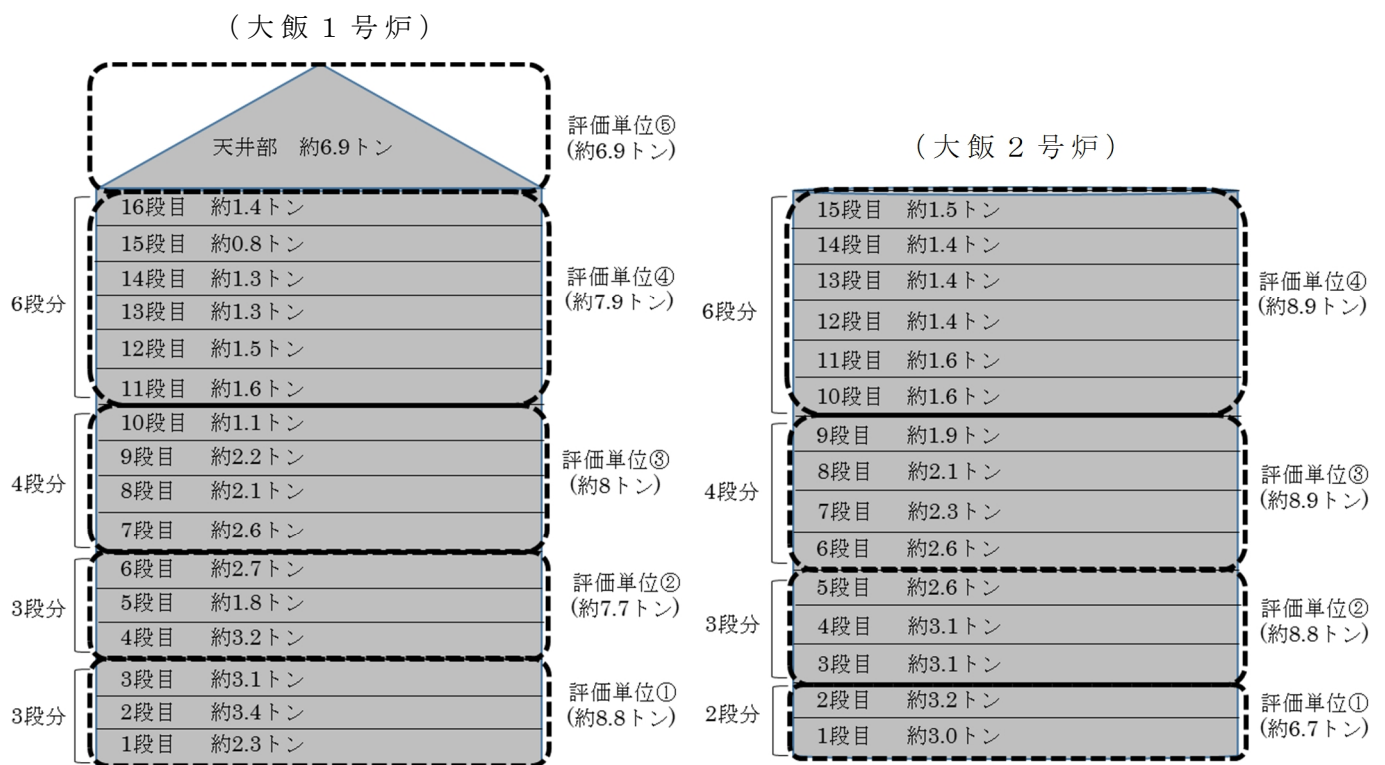


図 4-1 設定した放射能濃度確認対象物の評価単位

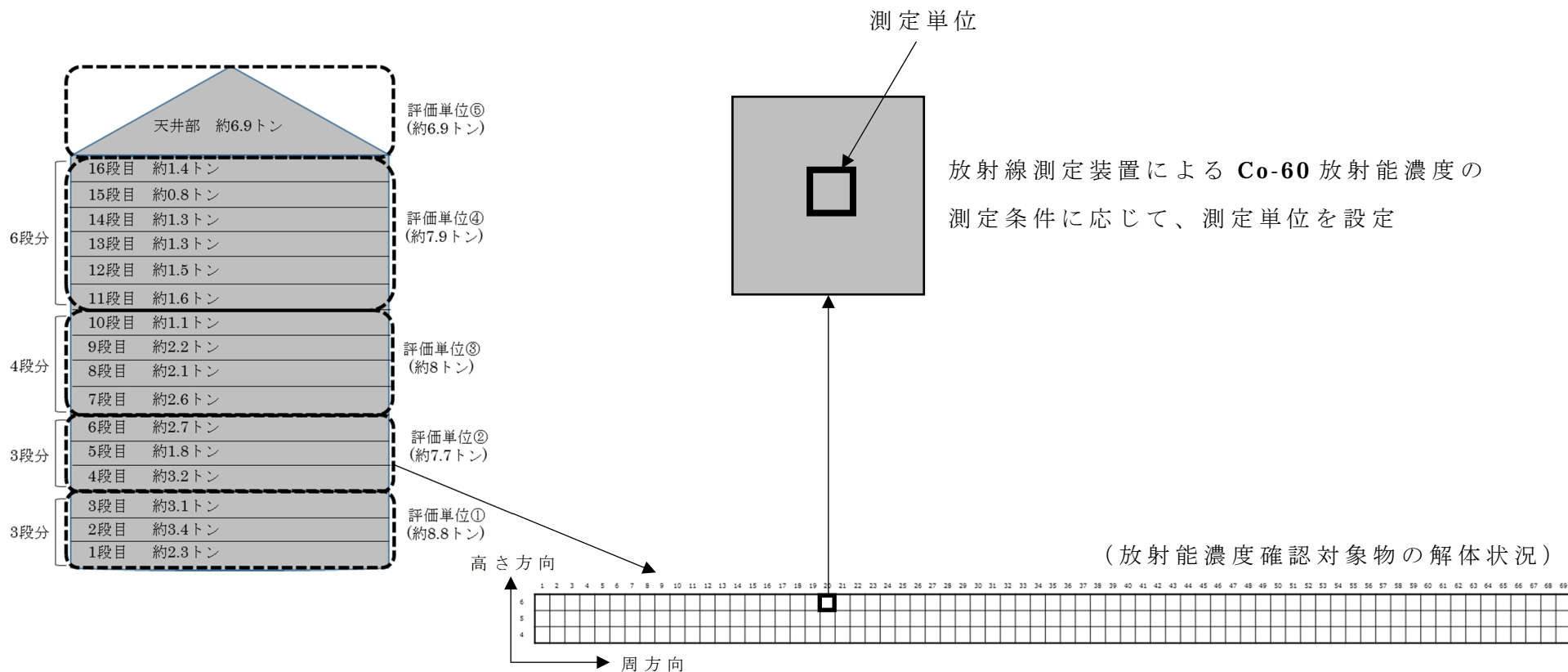


図 4-2 測定単位の設定イメージ図

「放射能濃度を決定する方法に関する説明書」

1. 評価対象核種の選定

放射能濃度確認対象物の評価対象核種は、事前調査結果等から **Co-60** が主要な核種であり、かつ **D/C (Co-60)** が **1/33** 以下であったことから、**Co-60** 以外の核種は考慮する必要はないと判断し、**Co-60** の **1** 核種とする。

2. 測定単位及び評価単位における放射能濃度の決定方法

放射能濃度確認対象物の **Co-60** 放射能濃度は、**Co-60** が γ 線を放出する放射性物質のため、汎用の放射線測定器である定置型の **Ge** 波高分析装置を用いて測定する。

放射能濃度確認対象物の評価単位の **Co-60** 放射能濃度は、放射能濃度確認対象物の放射性物質の濃度がおおむね均一であること、及び測定単位における評価に用いる放射性物質の **D/C** が規則第 2 条で規定されるクリアランス判断基準の **1/33** 以下であることから、評価単位毎に一つの測定単位を代表（代表測定単位）として測定し、その結果を基に評価単位の放射能濃度を決定する。測定単位の形状は、**Ge** 波高分析装置のジオメトリ形状（**47mm Φ** ）よりも大きい約 **5cm** × 約 **5cm** とし、**Co-60** 放射能濃度測定用試料（代表測定単位）を、**Ge** 半導体検出器上に設定し、測定を行う。測定室内 **Ge** 波高分析装置の概要図、及び **Ge** 波高分析装置を使用した **Co-60** 放射能濃度の測定イメージを図 **5-1** に示す。

放射能濃度確認対象物の評価単位の **Co-60** 放射能濃度は、評価単位に対応する代表測定単位の **Co-60** 放射能濃度とし、不確かさを考慮して **D/C (Co-60)** が **Co-60** のクリアランス判断基準に対して **1/33** 以下であることを確認し、国の確認を受ける。なお、測定・評価した

放射能濃度確認対象物は、評価時点（2021年2月1日時点）より **Co-60** の半減期（5.27年）以内に確認の申請を行う。

また、放射能濃度確認対象物の表面に多量の錆が付着している場合は、**Co-60** 放射能濃度を適切に測定することが困難となるおそれがあるが、放射能濃度確認対象物の材質はステンレス鋼であり、一般的に耐腐食性に優れた材料であること、及び容器に封入して保管していることから錆は発生しにくいと考えられる。

2.1 放射能濃度算出方法

Co-60 の放射能濃度は、**Ge** 波高分析装置を用いて、放射能濃度確認対象物を測定して得られる正味計数に、 γ 線放出率、検出効率、測定時間及び放射能濃度確認対象物の重量で除し、不確かさを考慮して放射能濃度を決定する。**Ge** 波高分析装置を用いた **Co-60** 放射能濃度算出式を式(5-1)に示す。

$$D = \left(1 + \frac{U}{100}\right) \times n_{\text{net}} / \left(\frac{\varepsilon}{100} \times \frac{\alpha}{100} \times t \times W\right) \cdots \cdots \text{式(5-1)}$$

D : **Co-60** の放射能濃度 (Bq/g)

U : 相対拡張不確かさ (%)

n_{net} : 正味計数 (count)

ε : γ 線放出率 (%)

α : 検出効率 (%) (**Co-60** が放出する γ 線のうち検出器に入射する γ 線による出力信号の割合)

t : 測定時間 (s)

W : ジオメトリ形状 (47mm Φ) に換算した代表測定単位の測定用試料の重量 (g)

2.2 放射能濃度を決定する方法に関する不確かさ

放射能濃度を決定する方法に関する不確かさは、放射線測定値及び **Ge** 波高分析装置の測定効率並びにデータ処理（放射能換算係数の不確かさ）に起因する不確かさを考慮する。不確かさを考慮する

ことにより、放射能濃度確認対象物の **Co-60** の放射能濃度 (**D**) を規則別表第 **1** の第 **2** 欄の放射能濃度 (**C**) で除した放射性物質の **D/C** について、信頼の水準を片側 **95%**としたときの上限値（以下「片側 **95%**上限値」という。）が **Co-60** の規則第 **2** 条で規定されるクリアランス判断基準の **1/33** を超えないことを評価する。

なお、測定条件に起因する不確かさのうち、測定効率の測定対象物と放射線測定器との位置関係の不確かさについては、放射能濃度確認対象物が平板であること、及び放射線測定器の位置は対象物により変動しないことから、考慮する必要はない。また、測定効率の測定対象物内部での放射線の減衰等の不確かさについては、汚染形態が放射能濃度確認対象物の表面への二次的な汚染であることから考慮する必要はない。また、測定条件の実際の測定条件と測定効率を設定した条件との違いの不確かさについては、**Co-60** の計数を保守的に計測する試料形状とするため、考慮する必要はない。測定条件の測定場所周辺のバックグラウンドの変動等の不確かさについては、放射能濃度確認対象物の測定の都度、バックグラウンドを測定するが、**Ge** 波高分析装置の鉛等で遮蔽された測定室内で測定を行うため、バックグラウンドの変動はほぼないと考えられることから、考慮する必要はない。

(1) 標準不確かさの算出

(a) 放射線測定値に起因する不確かさ (U_1)

放射線測定値に起因する不確かさについては、測定された正味計数の不確かさを考慮する。式(5-2)により正味計数の不確かさの算出式を示す。

$$U_1 = \frac{\sigma_n}{N} \times 100 \dots \dots \dots \text{式(5-2)}$$

U_1 : 正味計数の不確かさ (%)

σ_n : **Co-60** 正味計数の計数誤差(count) (エネルギー約 **1,332keV** の γ 線の正味計数 (n_{net}) の標準偏差)

N : **Co-60** 正味計数(count)

(b) 測定効率に起因する不確かさ (U₂)

測定効率に起因する不確かさとしては、**Ge** 波高分析装置校正時の標準線源の不確かさを考慮する。ここで、標準線源の不確かさは校正証明書を基に設定する。

(c) データ処理（放射能換算係数）に起因する不確かさ (U₃)

データ処理に起因する不確かさとしては、**Ge** 波高分析装置の放射能換算係数（測定精度）の不確かさを考慮する。放射能換算係数の不確かさはメーカー設定の許容誤差を基に設定する。

放射能換算係数（測定精度）の不確かさの算出式を式(5-3)に示す。

$$U_3 = \frac{\sigma_b}{\sqrt{3}} \cdot \dots \dots \dots \text{式(5-3)}$$

U₃ : 放射能換算係数（測定精度）の不確かさ(%)

σ_b : **Ge** 波高分析装置の測定精度許容誤差

(2) 相対拡張不確かさの算出

算出した正味計数の不確かさ、標準線源の不確かさ及び放射能換算係数（測定精度）の不確かさを不確かさの伝播則により合成し、合成した不確かさに信頼の水準を片側**95%**とした時の包含係数**1.645**を乗じることによって相対拡張不確かさを算出する。

相対拡張不確かさの算出式を式(5-4)に示す。

$$U = k \times \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 \cdot \dots \dots \dots \text{式(5-4)}}$$

U : 相対拡張不確かさ(%)

k : 包含係数(1.645)

U₁ : 正味計数の不確かさ(%)

U_2 : 標準線源の不確かさ (%)

U_3 : 放射能換算係数の不確かさ (%)

2.3 放射能濃度確認対象物の重量算出方法

2.1 項に示す放射能濃度算出条件の内、放射能濃度確認対象物の重量は、放射能濃度確認対象物の代表測定単位の形状（表面積、重量）及び **Ge** 波高分析装置のジオメトリ形状（**47mmΦ** の表面積）に基づき算出する。

ここで代表測定単位の表面積については、**Co-60** 放射能濃度を保守的に算出するため、縦及び横の各々の最大寸法を有する長方形と見なして表面積を算出する。代表測定単位の測定用試料の表面積算出イメージを図 **5-2** に示す。

次に、代表測定単位の重量に、寸法測定により算出した表面積に対する **Ge** 波高分析装置のジオメトリ形状分の面積の比を乗じて、放射能濃度確認対象物の重量を算出する。代表測定単位の **Co-60** 放射能濃度測定用試料の重量算出式を式 **(5-5)** に示す。

$$W = W' \times \frac{S_1}{S_2} \cdots \cdots \cdots \text{式 (5-5)}$$

W : ジオメトリ形状（**47mmΦ**）に換算した代表測定単位の測定用試料の重量 (**g**)

W' : 代表測定単位の測定用試料の重量 (**g**)

S_1 : **Ge** 波高分析装置のジオメトリ形状（**47mmΦ**）の面積 (**cm²**)

S_2 : 測定用試料の表面積 (**cm²**)

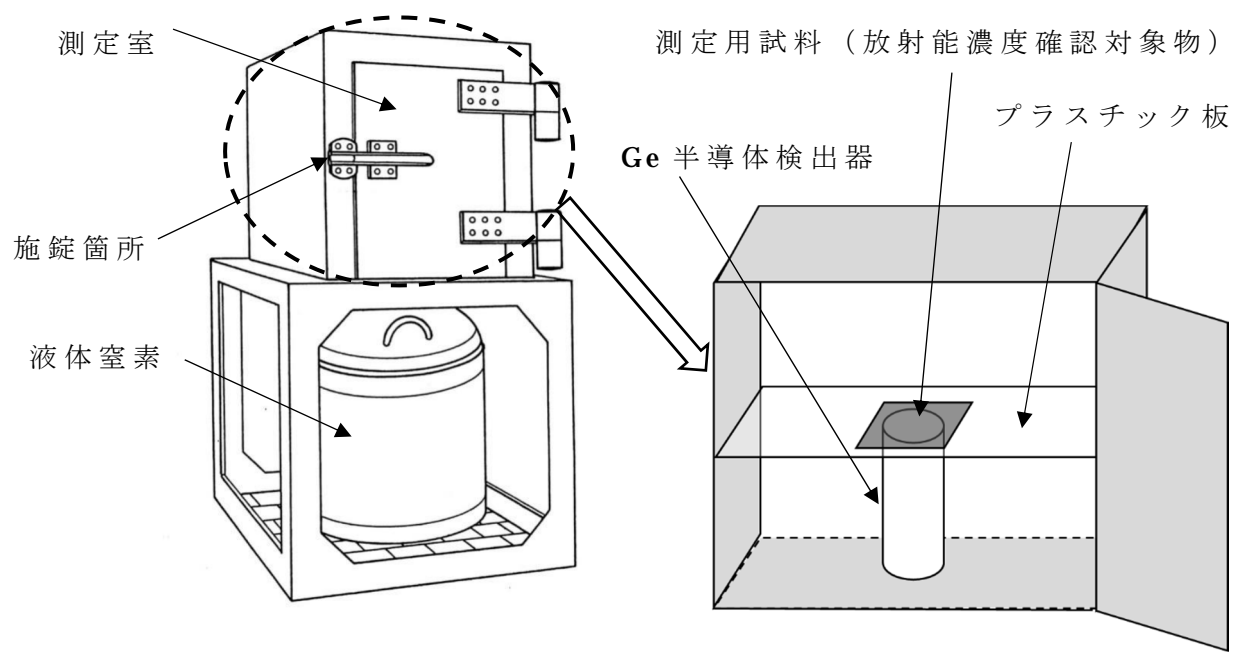


図 5-1 Ge 波高分析装置の概要図及び測定概要図

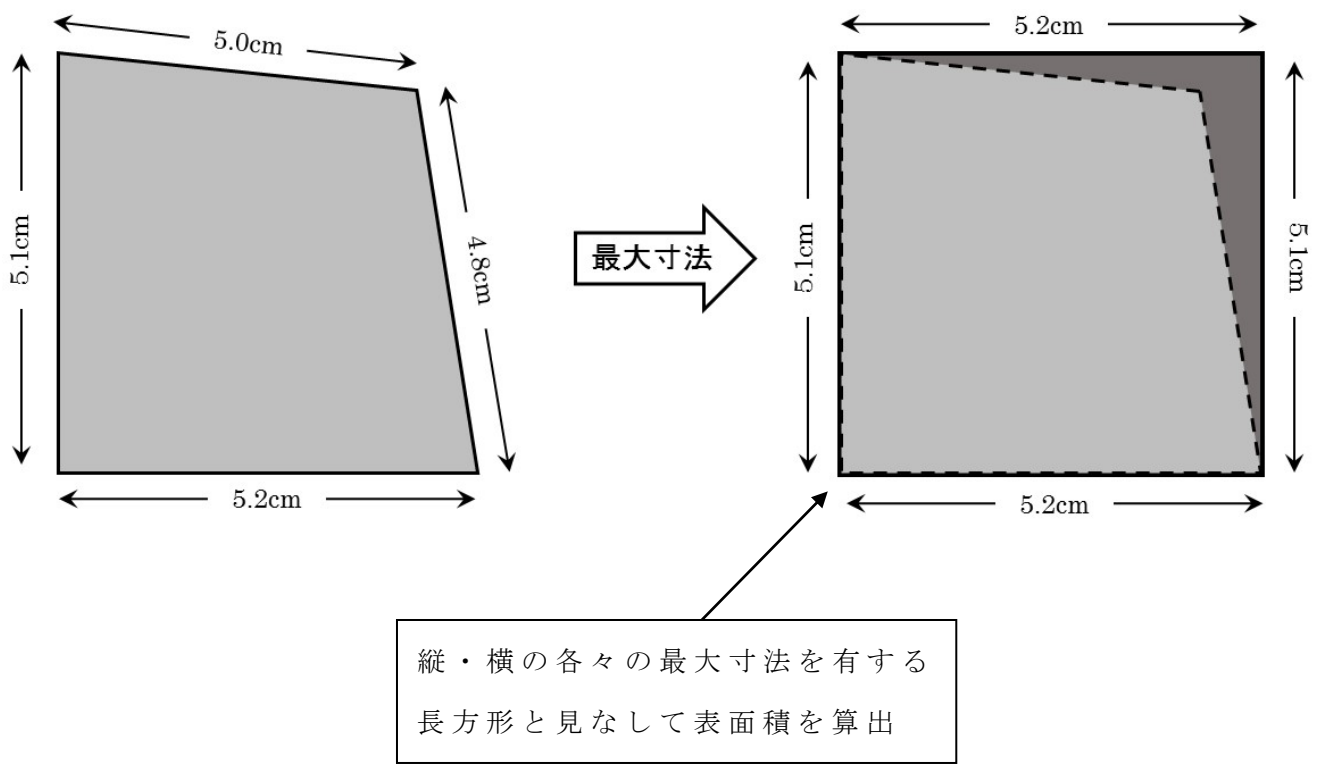


図5-2 測定用試料の表面積算出イメージ

「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書」

1. 放射線測定装置の種類

放射能濃度確認対象物の放射能濃度は、**Co-60** を評価対象核種とし、測定により決定する。**Co-60** の放射能濃度は、**Co-60** が γ 線を放出する放射性物質のため、適切に測定効率が設定されている汎用の放射線測定器である定置型の **Ge** 波高分析装置を用いて測定する。

2. 放射線測定装置の測定条件等

測定条件とは、放射能濃度確認対象物の評価対象核種 (**Co-60**) の放射能濃度が基準以下であることの判断を可能にする **Ge** 波高分析装置の測定値及び検出限界値を得るための条件であり、放射能濃度確認対象物の重量、測定時間、測定効率及びバックグラウンドを考慮する。なお、放射能濃度確認対象物の自己遮蔽効果については、放射能濃度確認対象物の形状が平板状であること及び表面が平滑であること、並びに汚染形態は二次的な汚染であり、汚染は表面のみであることから、考慮する必要はない。

これらの測定条件のうち、**Ge** 波高分析装置の測定効率については適切に設定するとともに、設定した測定効率が維持されていることを、定期的に確認する。

2.1 測定条件の設定

Co-60 の放射能濃度の測定に際しては、放射能濃度確認対象物の放射能濃度が規則第 2 条で規定されるクリアランス判断基準の **1/33** 以下になることの判断が可能となるように放射能濃度確認対象物の重量、及び測定時間を設定する。

なお、実際に測定した放射能濃度の測定結果が検出限界値 (**2.0** $\times 10^{-3}$ Bq/g 以下) 未満であった場合には、放射能濃度確認対象物の

Co-60 の放射能濃度の測定値は検出限界値と同じとする。

Ge 波高分析装置の主な仕様及び測定条件を表 **6-1** に示す。

2.2 検出限界値

放射能濃度測定に用いる **Ge** 波高分析装置の検出限界値は、放射能濃度確認対象物の測定単位の **Co-60** 放射能濃度の測定の都度、算出する。検出限界値の算出は「ゲルマニウム半導体検出器による γ 線スペクトロメトリー（令和2年9月改訂 原子力規制庁監視情報課）」に基づき算出する。

ここで、検出限界値は測定の都度算出し、算出された検出限界値が $2.0 \times 10^{-3} \text{Bq/g}$ 以下であることを確認する。

2.3 測定時間

Ge 波高分析装置の測定時間は、代表測定単位の **D/C**（評価対象核種：**Co-60**）が規則第2条で規定されるクリアランス判断基準の **1/33** 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、放射線測定値及び **Ge** 波高分析装置の測定効率並びにデータ処理（放射能換算係数の不確かさ）に起因する不確かさを考慮しても、**D/C**（評価対象核種：**Co-60**）が規則第2条で規定されるクリアランス判断基準の **1/33** 以下であることの判断が可能となるよう、検出限界値相当で $2.0 \times 10^{-3} \text{Bq/g}$ 以下となる測定時間を約 **50,000** 秒と設定する。

2.4 点検・校正

Ge 波高分析装置を使用するときは、あらかじめ日常点検を行うとともに、**1**年に**1**回定期点検を行い、設定した測定効率が維持されていることを確認する。

日常点検（使用中において**1**回／日）では、バックグラウンド測定等を行い、バックグラウンドに有意な変動が確認された場合は、変動要因の調査を行い、バックグラウンドを適切な範囲に収める措置

を行う。

表6-1 Ge波高分析装置の主な仕様及び測定条件

名 称	概 要		
Ge波高 分析装置	仕様	検出器	測定方式：ゲルマニウム半導体検出器 Co-60 検出効率：約 1.94% 検出限界放射能濃度： 2.0×10^{-3}Bq/g 以下
		型式	GC2019-7500RDC/S *
	測定 条件	測定方法	外部より γ 線を測定
		測定試料 形状	縦約 5cm ×横約 5cm
		対象物の 汚染性状	二次的な汚染
		対象物の 形状	平板
		対象物の 材質	金属（ステンレス鋼）
		測定時間	測定時間：約 50,000 秒

※：代表型式である。今後の製品開発に伴い変更となる可能性がある。

「放射能濃度確認対象物の管理方法に関する説明書」

1. 異物の混入及び放射性物質による汚染の防止

放射能濃度測定前の放射能濃度確認対象物については、汚染のおそれのない管理区域である廃棄物庫にて専用の保管容器に封入し保管する。その後、放射能濃度確認対象物を汚染のおそれのある区域である点検建屋内の分別・切断エリア（追加的な汚染がないよう管理するエリア）から容器に封入された状態で放射能濃度測定エリア（追加的な汚染がないよう管理するエリア）へ移動し、測定・評価を行う。測定の結果、評価対象核種(**Co-60**)の **D/C** が **Co-60** の規則第 2 条で規定されるクリアランス判断基準の **1/33** 以下と判断した放射能濃度確認対象物は、物品持出測定待ちエリアにて物品持出測定後、汚染のおそれのない管理区域に搬送し、保管容器へ封入する。

放射能濃度確認対象物の保管に当たっては、追加的な汚染を防止するため専用の容器に封入する。

放射能濃度確認対象物の運搬に当たっては、追加的な汚染を防止するため専用の容器に封入して運搬する。

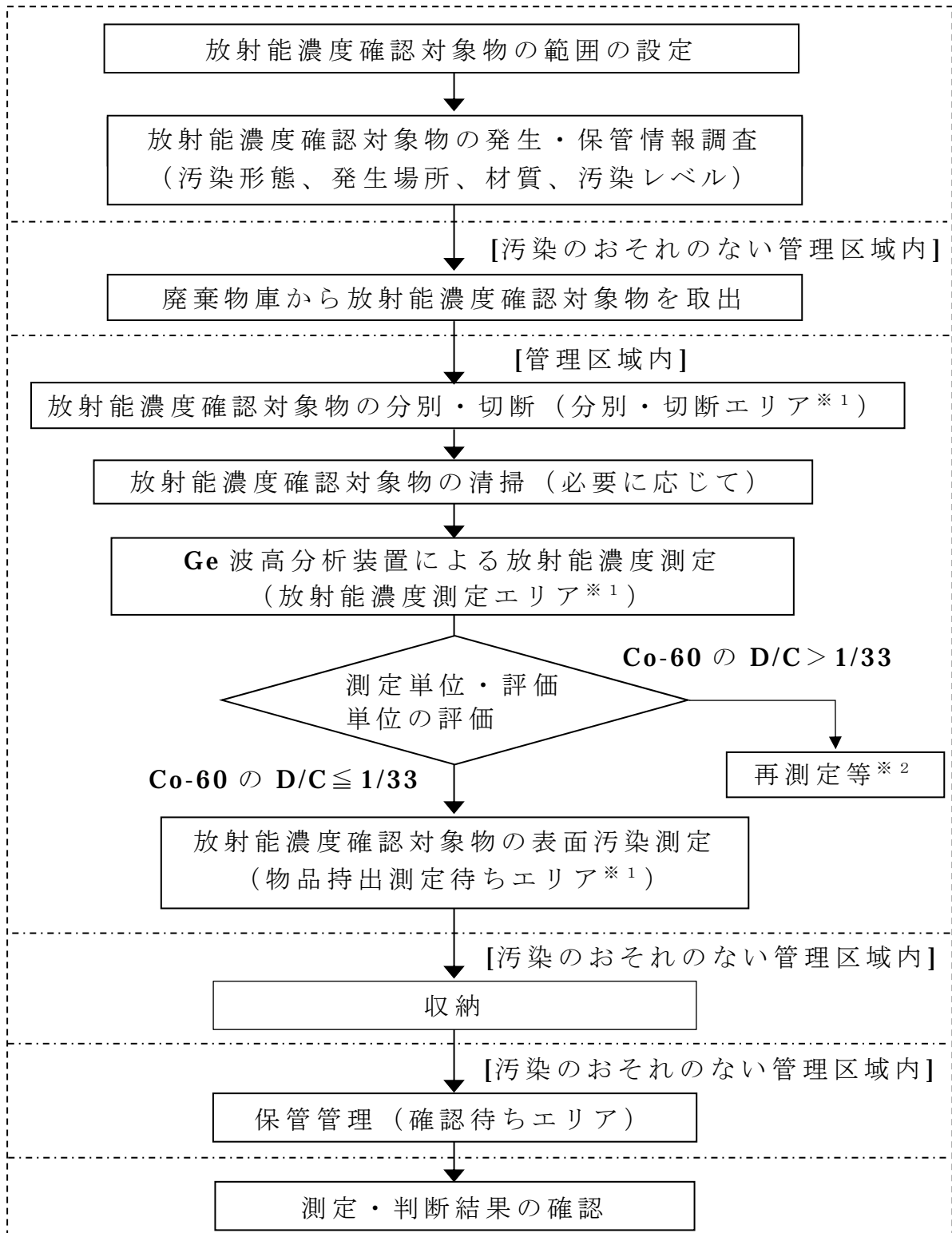
廃棄物庫内の放射能濃度確認対象物の保管場所、分別・切断エリア、物品持出測定待ちエリア及び確認待ちエリアは、放射能濃度確認担当部署の責任者の承認を受けた者以外が立ち入らないよう施錠管理し、立入りを制限する。

放射能濃度測定エリアは、放射線測定装置を施錠管理することにより異物の混入及び放射性物質による追加的な汚染を防止する。保管容器は放射能濃度確認対象物を封入後、施錠管理を行う。

また、放射能濃度の測定後の放射能濃度確認対象物に測定前の放射能濃度確認対象物等が混入しないよう識別管理することにより異物の混入を防止するとともに、放射能濃度測定装置を施錠管理する。万一、異物が混入した場合にもその状況を確認することができるよ

う、放射能濃度測定前後に放射能濃度確認対象物の写真を撮影する。

放射能濃度確認対象物の取扱い及び管理のフロー図を図 7-1 に、各エリアの管理事項を表 7-1「管理事項」に示す。



※ 1 : 追加的な汚染がないよう管理するエリア

※ 2 : 原因調査した上で再測定、又は再除染した上で再測定、若しくは当該評価単位を放射能濃度確認対象物外として廃棄物庫内にて保管廃棄

図 7-1 放射能濃度確認対象物の取扱い及び管理の基本フロー

表 7-1 管理事項

管理事項	場所・エリア	廃棄物庫内の保管場所	分別・切断エリア	放射能濃度測定エリア	物品持出測定待ちエリア	確認待ちエリア
放射性廃棄物との分離		—	○	—	—	—
異物の混入防止、 追加汚染防止		○	○※1	○※1,2	○※1	○
立入制限		○	○	—	○	○
汚染のおそれのある区域		—	○	○	○	—
汚染のおそれのない管理区域		○	—	—	—	○

※1：追加的な汚染がないよう管理することにより、異物混入及び追加的な汚染を防止

※2：放射線測定装置を施錠管理することにより、異物混入及び追加汚染を防止

「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書」

放射能濃度確認対象物の放射能濃度の測定及び評価並びに放射能濃度確認対象物の保管管理（分別管理含む。）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。

品質マネジメントシステム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と実施、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。

放射能濃度確認対象物の発生から分別、放射能濃度確認対象物の測定・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・保存、不適合の発生時の処置（是正処置及び必要に応じて予防措置を含む。）等を行う際には、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放射能濃度確認対象物の保管管理（分別管理含む。）に係る業務の信頼性を確保する。

以上については、大飯発電所原子炉施設保安規定及び原子力発電の安全に係る品質保証規程並びにこれに基づく社内規定において具体的な以下の事項を定めて実施するとともに、これらを継続的に改善することとする。

1. 責任の明確化

放射能濃度の測定及び評価並びに放射能濃度確認対象物の保管管理（分別管理含む。）に係る業務を統一的に管理する者を、大飯発電所原子炉施設保安規定及び社内規定に定める。

2. 教育・訓練

放射能濃度の測定及び評価並びに放射能濃度確認対象物の保管管理に係る業務を実施する上で必要な教育・訓練について、大飯発電所原子炉施設保安規定及び社内規定に定め、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とともに、教育・訓練を実施していることが確認できる体制を定める。また、測定及び評価に必要な知識及び技術を習得した者がそれぞれの業務を実施するよう規定する。

3. 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 **Ge** 波高分析装置については、点検・校正等についての手順を大飯発電所原子炉施設保安規定及び社内規定に定め、定期的な点検・校正、保守管理を実施するとともに、定めた点検・校正等の手順に基づいて点検・校正が行われていることが確認できる体制を定める。

4. 分別管理

放射能濃度の測定から確認を受けるまでの間、保管場所等において、放射能濃度確認対象物に、放射能濃度確認対象物以外の物が混在しないよう分別管理することを、大飯発電所原子炉施設保安規定及び社内規定に定め、分別管理を実施するとともに、分別管理する体制を定める。

5. 業務の実施

放射能濃度の測定及び評価並びに放射能濃度確認対象物の保管管理（分別管理含む。）に係る業務に関しては、大飯発電所原子炉施設保安規定及び原子力発電の安全に係る品質保証規程並びにこれに基づく社内規定において具体的な手順を定め、業務を実施する。

6. 評価及び改善

放射能濃度の測定及び評価並びに放射能濃度確認対象物の保管管理に係る業務が定められた手順のとおり実施していること等について、定期的に内部監査を行い、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放射能濃度確認対象物の保管管理に係る業務において、**Ge**波高分析装置等の不具合、ヒューマンエラー等を発生させないように努めるとともに、万一、不適合が発生した場合は適切な処置をとり、原因の究明及び対策、必要に応じて予防措置を講じる。

また、これらの放射能濃度の測定及び評価並びに放射能濃度確認対象物の保管管理に係る業務について、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。