

島根1号炉及び2号炉 低圧タービンの放射能濃度の  
測定及び評価方法等に関する説明資料

○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島根原子力発電所1号炉及び2号炉で使用し、予防保全のため取り替えを行った低圧タービン（低圧ダイヤフラム及び低圧内部車室）である。島根1号炉の対象物は解体・除染後約24年、島根2号炉の対象物は撤去後約5年経過している。

放射能濃度確認対象物の推定量は、島根1号炉及び2号炉合計で、約1,035トンである。

放射能濃度確認対象物が生ずる施設の詳細は「添付資料1」に記載する。

## 放射能濃度確認対象物が生ずる施設について

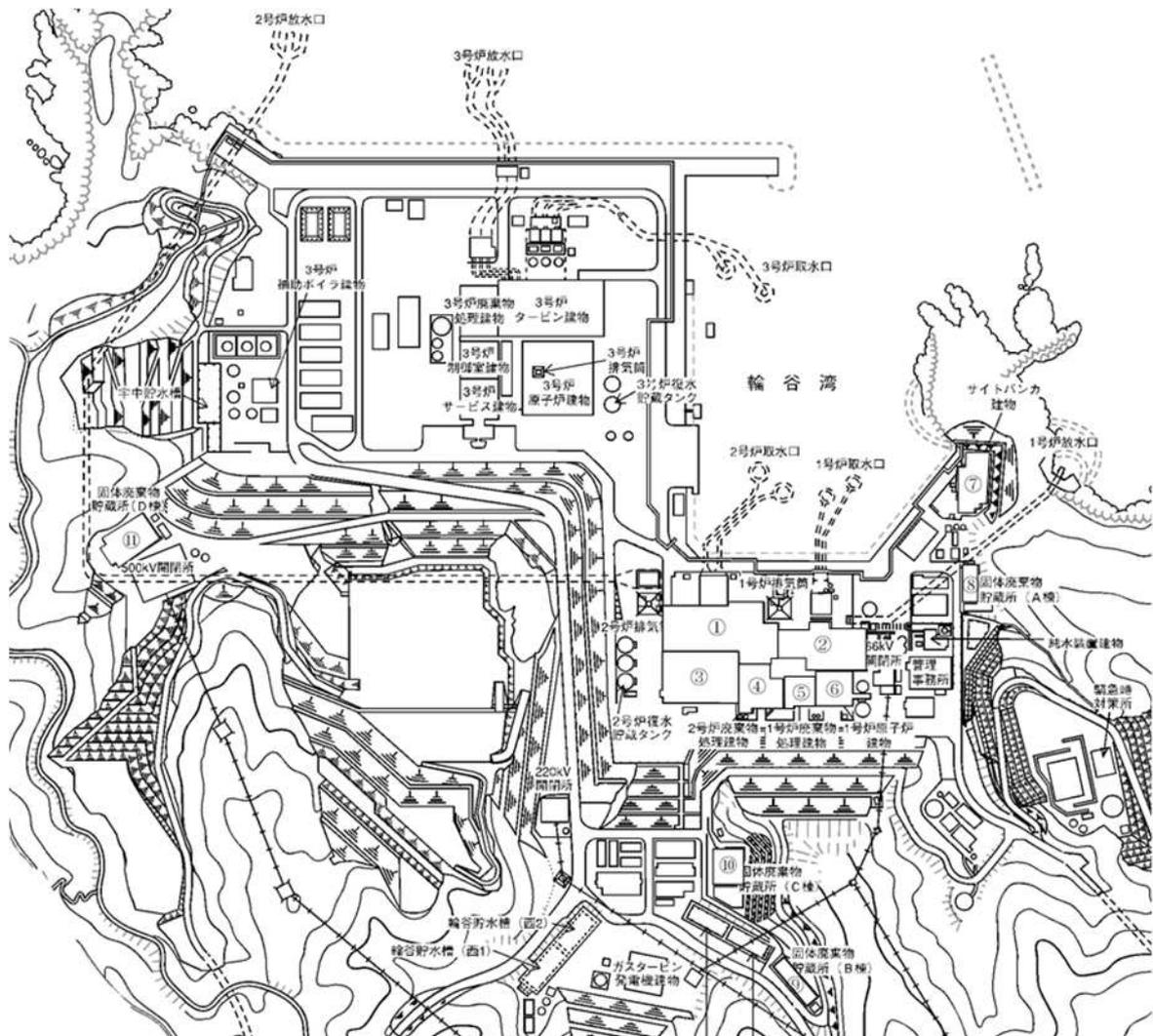
放射能濃度確認対象物が生ずる島根 1 号炉及び 2 号炉の運転開始日は以下のとおりである。

- ・島根 1 号炉：1974 年 3 月 29 日 営業運転開始
- ・島根 2 号炉：1989 年 2 月 10 日 営業運転開始

島根 1 号炉及び 2 号炉は、濃縮ウラン，軽水減速，軽水冷却型（沸騰水型）の原子炉である。島根原子力発電所の施設のうち，原子炉建物，タービン建物，サイトバンカ建物，固体廃棄物貯蔵所等の放射性物質を内包する機器を設置している建物及び領域において「実用発電用原子炉の設置，運転等に関する規則」第二条に定める場所を管理区域に設定している。島根原子力発電所において管理区域を設定している建物を第 1-1 図，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第 1-1 表に示す。

管理区域を設定している建物

- ① 2号炉タービン建物
- ② 1号炉タービン建物
- ③ 2号炉原子炉建物
- ④ 2号炉廃棄物処理建物
- ⑤ 1号炉廃棄物処理建物
- ⑥ 1号炉原子炉建物
- ⑦ サイトバンカ建物
- ⑧ 固体廃棄物貯蔵所A棟
- ⑨ 固体廃棄物貯蔵所B棟
- ⑩ 固体廃棄物貯蔵所C棟
- ⑪ 固体廃棄物貯蔵所D棟



第 1-1 図 島根原子力発電所において管理区域を設定している建物

第 1-1 表 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

建物及び領域の名称	管理区域の設定状況	想定される汚染の形態
1号炉タービン建物	汚染のおそれのある管理区域	二次的な汚染
2号炉タービン建物	汚染のおそれのある管理区域	二次的な汚染

## 2. 放射能濃度確認対象物の発生の状況

放射能濃度確認対象物が生ずる島根 1 号炉及び 2 号炉の運転開始日は以下のとおりである。

- ・島根 1 号炉：1974 年 3 月 29 日 営業運転開始
- ・島根 2 号炉：1989 年 2 月 10 日 営業運転開始

放射能濃度確認対象物となる低圧タービンを使用していたときの島根 1 号炉及び 2 号炉の型式は、濃縮ウラン、軽水減速、軽水冷却型（沸騰水型）の原子炉である。

蒸気タービンは、上流側の高圧タービン、下流側の低圧タービンで構成され、原子炉からの主蒸気を受けて回転し、発電機へ動力を伝える設備である。

島根 1 号炉の放射能濃度確認対象物は、運転開始から第 18 サイクル終了（累積実効運転時間 127,552EFPH）まで使用した低圧内部車室及び低圧ダイヤフラム、第 19 サイクル（累積実効運転時間 135,141EFPH）及び第 20 サイクル終了（累積実効運転時間 144,996EFPH）まで使用した低圧ダイヤフラムである。島根 2 号炉の対象物は、運転開始から第 17 サイクル終了（累積実効運転時間 162,424EFPH）まで使用した低圧内部車室及び低圧ダイヤフラムである。島根 1 号炉の低圧タービンは解体した後、除染し、島根原子力発電所構内の倉庫に保管している。島根 2 号炉の低圧タービンは撤去後、汚染防止対策を講じて、1 号炉タービン建物 3 階に保管している。

放射能濃度確認対象物の発生領域を第 1 図、島根原子力発電所の原子炉施設における放射性物質を含む主要系統の構成図を第 2 図及び第 3 図に示す。

## 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低圧タービン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）と主蒸気中に含まれる放射性物質が付着することによる汚染（二次的な汚染）が想定される。

### 3.1 放射化汚染

低圧タービンは、タービン建物で使用していた物であり、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、原子炉からの直接線及びストリーミング線の影響はない。また、主蒸気中の N-17 線による放射化汚染の影響については事前調査（表面汚染を除去した対象物を Ge 半導体検出器により測定）の結果、放射性物質が検出されなかった。これらのことから、放射化汚染は無視できると判断した。

### 3.2 二次的な汚染

低圧タービンに主蒸気中に含まれる放射性物質が付着することによる汚染（二次的な汚染）は、一次冷却設備から溶解した腐食生成物、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、主蒸気に移行して低圧タービンに付着・減衰することによって生じる。

ここで、放射能濃度確認対象物の材質は金属（炭素鋼、ステンレス鋼、合金鋼）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、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) 低圧タービンの汚染のメカニズム

放射能濃度確認対象物の二次的な汚染は、一次冷却設備から溶解した不純物等が放射化されることによって放射性物質が生成され、主蒸気に移行して対象物に付着・減衰することによって生じる。対象物が使用されていた期間中に放射性物質による汚染に影響を及ぼすような事故、トラブル及び燃料破損がなかったことから、CP 核種が主となる。CP 核種は、上記の発生メカニズムにより構造材の組成から、Co-60 が主要な核種となる。

二次的な汚染による主要核種が Co-60 であることを確認するため、低圧タービン等における核種の分析を実施した。評価対象核種として、33 核種のうち、H-3, C-14, Cl-36, Co-60, Ni-59, Ni-63, Sr-90, Nb-94, Tc-99, I-129, Cs-134, Cs-137 及び全  $\alpha$  核種 (Pu-239, Pu-241, Am-241) について、放射能濃度とクリアランスレベルの比（以下、「D/C」という。）を原子炉内の機器、タービン建物の機器及び濃縮廃液の核種分析結果から算出したところ、これらの核種については、Co-60 の D/C が最も大きく、その他の核種は Co-60 に対する D/C が 0.05 以下であることを確認した。

(2) 半減期及び核種生成源等を基にした確認結果

33 核種のうち、「(1) 低圧タービンの汚染のメカニズム」で確認していない核種についての確認結果を以下に示す。

Co-58 等の半減期が 1 年程度以下の短半減期核種 (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 と比較して一次冷却材中での濃度が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島根 1 号炉で約 24 年, 島根 2 号炉で約 5 年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, コンクリート等の放射化により主に生成する核種 (Ca-41, Ag-108m, Ba-133, Eu-152, Eu-154) は一次冷却材系統には生成源がないことから, Co-60 に対して D/C は非常に小さくなる。

さらに, Fe-55 は一次冷却系統に存在するものの 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, D/C を計算した結果, Co-60 に対する D/C が 0.01 を十分に下回ることから無視できると判断した。

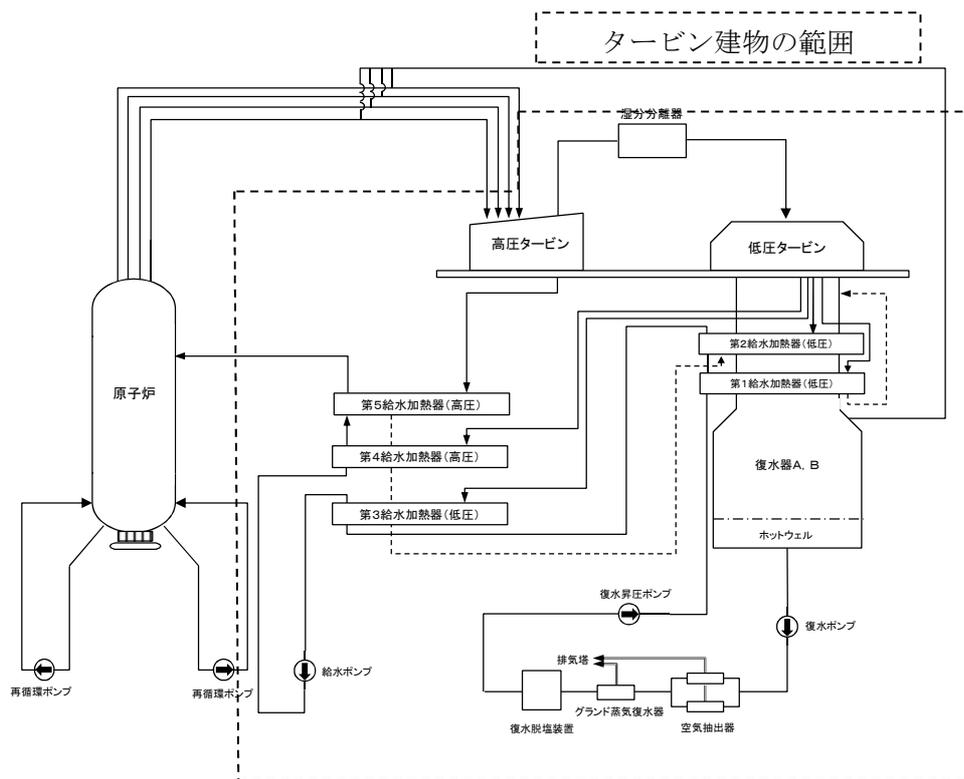
3.3 東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故由来のフォールアウトの影響

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, 島根原子力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。

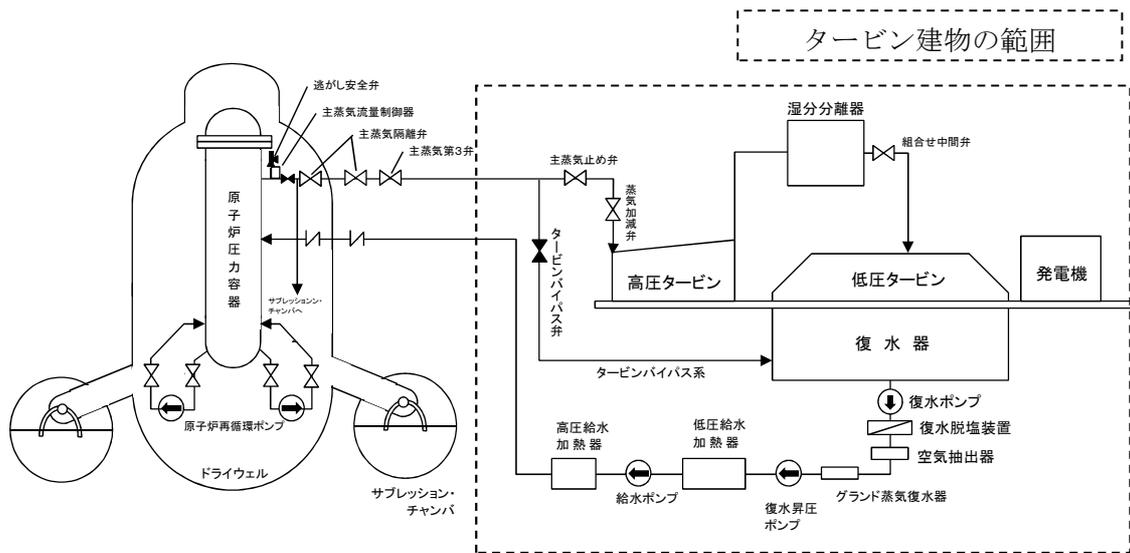
以上のことから, 放射能濃度確認対象物の二次的な汚染における主要な放射性物質は Co-60 であることが明らかであり, Co-60 以外の放射性物質は Co-60 よりも少量であると判断する。

放射能濃度確認対象物の種類の詳細は「添付資料 2」に記載する。





第2図 島根原子力発電所1号炉 放射性物質を含む主要システムの構成



第3図 島根原子力発電所2号炉 放射性物質を含む主要システムの構成

## 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ついて

### 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島根 1 号炉及び 2 号炉で使用し予防保全のため取り替えを行った低圧タービン（低圧ダイヤフラム及び低圧内部車室）である。

島根 1 号炉の放射能濃度確認対象物である低圧タービンは、運転開始から第 18 サイクル終了（累積実効運転時間 127, 552EFPH）まで使用した低圧内部車室及び低圧ダイヤフラム、第 19 サイクル（累積実効運転時間 135, 141EFPH）及び第 20 サイクル終了（累積実効運転時間 144, 996EFPH）まで使用した低圧ダイヤフラムである。島根 2 号炉の対象物は、運転開始から第 17 サイクル終了（累積実効運転時間 162, 424EFPH）まで使用した低圧内部車室及び低圧ダイヤフラムである。島根 1 号炉の低圧タービンは解体した後、除染し、島根原子力発電所構内の倉庫に保管している。島根 2 号炉の低圧タービンは撤去後、汚染防止対策を講じて、島根 1 号炉タービン建物 3 階に保管している。

低圧タービンの取り替え履歴を第 2-1 表に示す。

### 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低圧タービンのうち、低圧ダイヤフラムは蒸気が効率よく動翼へ流れるよう導くために、動翼を納めている低圧内部車室に固定された翼である。車軸部分がくり抜かれた円形であり、島根 1 号炉及び 2 号炉とも半円状で保管している。外径は最大で島根 1 号炉が約 4, 108mm（第 14 段で半円状の上下を合体した長さ）、島根 2 号炉が約 4, 440mm（第 13 段で半円状の上下を合体した長さ）である。

低圧内部車室は、車軸、動翼及び低圧ダイヤフラムを収納する室（中央部がくびれた筒状）である。その内面には低圧ダイヤフラムが取り付けられるようになっている。車軸を境に上半及び下半にわかれ、島根 1 号炉及び 2 号炉とも上半及び下半の形状で保管している。

島根 1 号炉は上半及び下半の合計の外径が約 5, 690mm、島根 2 号炉（同様に上半及び下半の合計）は約 6, 398mm である。

低圧タービンの構造図を第 2-1 図、低圧ダイヤフラムの概要図を第 2-2 図、低圧内部車室の概要図を第 2-3 図に示す。

### 3. 放射能濃度確認対象物の材質

放射能濃度確認対象物である低圧タービンのうち、低圧ダイヤフラムはステンレス鋼及び合金鋼である。ステンレス鋼は噴口部で使用され、合金鋼は噴口部以外で使用される。低圧内部車室は炭素鋼である。

放射能濃度確認対象物の主な材質を第 2-2 表に示す。

#### 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、島根 1 号炉及び 2 号炉合計で、約 1,035 トンである。

放射能濃度確認対象物の推定量を第 2-2 表に示す。

#### 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領域及び対象物を第 2-3 表に示す。

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、島根原子力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一次冷却材に放出され、その放射性物質が一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一次冷却材の付着により二次的な汚染が生じる。

##### (1) 放射化汚染

低圧タービンは、タービン建物で使用していた物であり、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、原子炉からの直接線及びストリーミング線の影響はない。また、主蒸気中の N-17 線による放射化汚染の影響については事前調査（表面汚染を除去した対象物を Ge 半導体検出器により測定）の結果、放射性物質が検出されなかった。これらのことから、放射化汚染は無視できると判断した。

対象物の事前調査（表面汚染を除去した対象物を Ge 半導体検出器により測定）の結果を第 2-4 表に示す。

##### (2) 二次的な汚染

低圧タービンに主蒸気中に含まれる放射性物質が付着することによる汚染（二次的な汚染）は、一次冷却設備から溶解した腐食生成物、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 CP 核種及び FP 核種が、主蒸気に移行して低圧タービンに付着・減衰することによって生じる。

ここで、放射能濃度確認対象物の材質は金属（炭素鋼，ステンレス鋼，合金鋼）であることから，規則の別表第 1 欄の放射性物質のうち，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，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. 低圧タービンの汚染のメカニズム

放射能濃度確認対象物の二次的な汚染は，一次冷却設備から溶解した不純物等が放射化されることによって放射性物質が生成され，主蒸気に移行して対象物に付着・減衰することによって生じる。対象物が使用されていた期間中に放射性物質による汚染に影響を及ぼすような事故，トラブル及び燃料破損がなかったことから，CP 核種が主となる。CP 核種は，上記の発生メカニズムにより構造材の組成から，Co-60 が主要な核種となる。

二次的な汚染による主要核種が Co-60 であることを確認するため，低圧タービン等における核種の分析を実施した。評価対象とする核種は，33 核種のうち，H-3，C-14，Cl-36，Co-60，Ni-59，Ni-63，Sr-90，Nb-94，Tc-99，I-129，Cs-134，Cs-137 及び全  $\alpha$  核種 (Pu-239，Pu-241，Am-241) について，放射能濃度とクリアランスレベルの比（以下，「D/C」という。）を原子炉内の機器，タービン建物の機器及び濃縮廃液の核種分析結果から算出したところ，これらの核種については，Co-60 の D/C が最も大きく，その他の核種の D/C は，Co-60 の D/C に対して 0.05 以下であることを確認した。

島根 2 号炉の低圧タービン（低圧ダイヤフラム及び低圧内部車室）の放射化学分析結果を第 2-5 表及び算出した D/C を第 2-6 表，タービン建物の機器の放射化学分析結果を第 2-7 表，島根 1 号炉の原子炉内の機器の放射化学分析結果を基に算出した D/C を第 2-8 表に，島根 2 号炉の原子炉内の機器の放射化学分析結果を基に算出した D/C を第 2-9 表，濃縮廃液の放射化学分析結果を基に算出した D/C を第 2-10 表に示す。なお，島根 2 号炉の放射能濃度確認対象物は，撤去後，Co-60 で約 1 半減期経過であり，放射性物質が検出される可能性があるると判断したため，放射化学分析の対象に選定した（島根 1 号炉の対象物は，Co-60 で約 4.6 半減期経過）。

#### b. 半減期及び核種生成源等を基にした確認結果

33 核種のうち，「a.」で確認していない核種についての確認結果を以下

に示す。

Co-58 等の半減期が 1 年程度以下の短半減期核種 (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 と比較して一次冷却材中での濃度が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島根 1 号炉で約 24 年, 島根 2 号炉で約 5 年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。

また, コンクリート等の放射化により主に生成する核種 (Ca-41, Ag-108m, Ba-133, Eu-152, Eu-154) は一次冷却材系統には生成源がないことから, Co-60 に対して D/C は非常に小さくなる。

さらに, Fe-55 は一次冷却系統に存在するものの 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, D/C を計算した結果, Co-60 に対する D/C が 0.01 を十分に下回ることから無視できると判断した。

### (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, 島根原子力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。

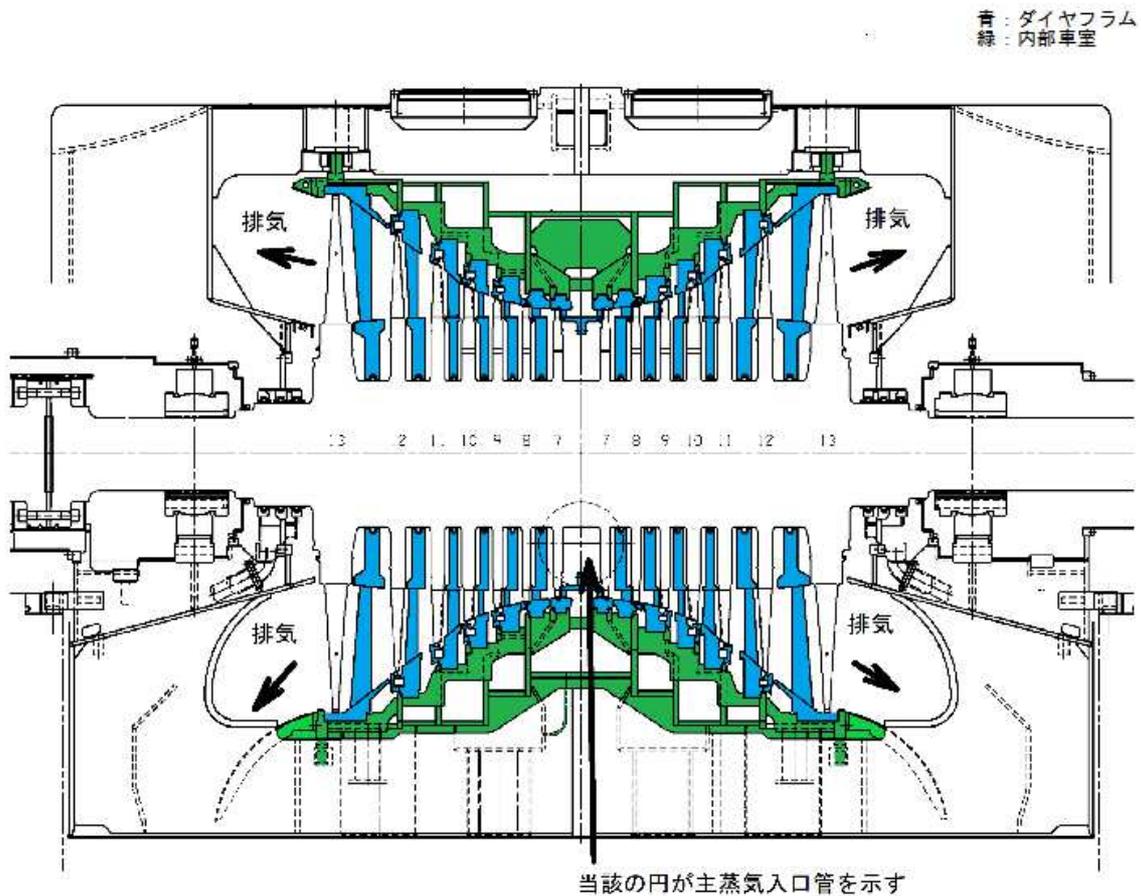
具体的には, 2012 年 3 月 30 日に (旧) 原子力安全・保安院より発出された「東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故に伴うフォールアウトによる原子炉施設における資材等の安全規制上の扱いに関するガイドライン」及び JNES - RE レポート「東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に伴うフォールアウトの影響の有無を判断する測定方法の検討」(JNES - RE - 2012 - 0014 平成 24 年 7 月 独立行政法人原子力安全基盤機構) に基づき, 2012 年 5 月に島根原子力発電所構内の表面汚染密度測定を行い, 全測定箇所において理論検出限界計数値未満であった。

島根原子力発電所構内における表面汚染密度測定箇所を第 2-4 図に, 測定結果を第 2-11 表に示す。

## 5.2 放射能濃度確認対象物の汚染の程度

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的除染の効果も考慮した際に規則第二条に規定されるクリアランス判断基準の 1/33 以下となることが想定されるものである。

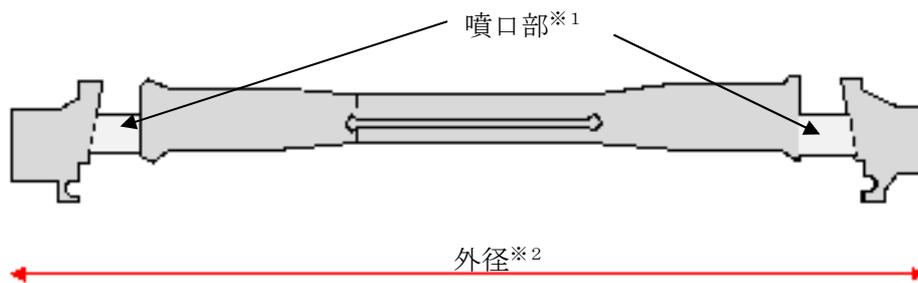
島根 1 号炉の低圧タービンは解体した後，除染し，島根原子力発電所構内の倉庫に保管している。島根 2 号炉の低圧タービンは撤去後，汚染防止対策を講じて，島根 1 号炉タービン建物 3 階に保管している。



(注1) 青色：低圧ダイヤフラム，緑色：低圧内部車室

(注2) 1号炉との違いは，低圧ダイヤフラムの段数である。1号炉：7段～14段，2号炉：7段～13段

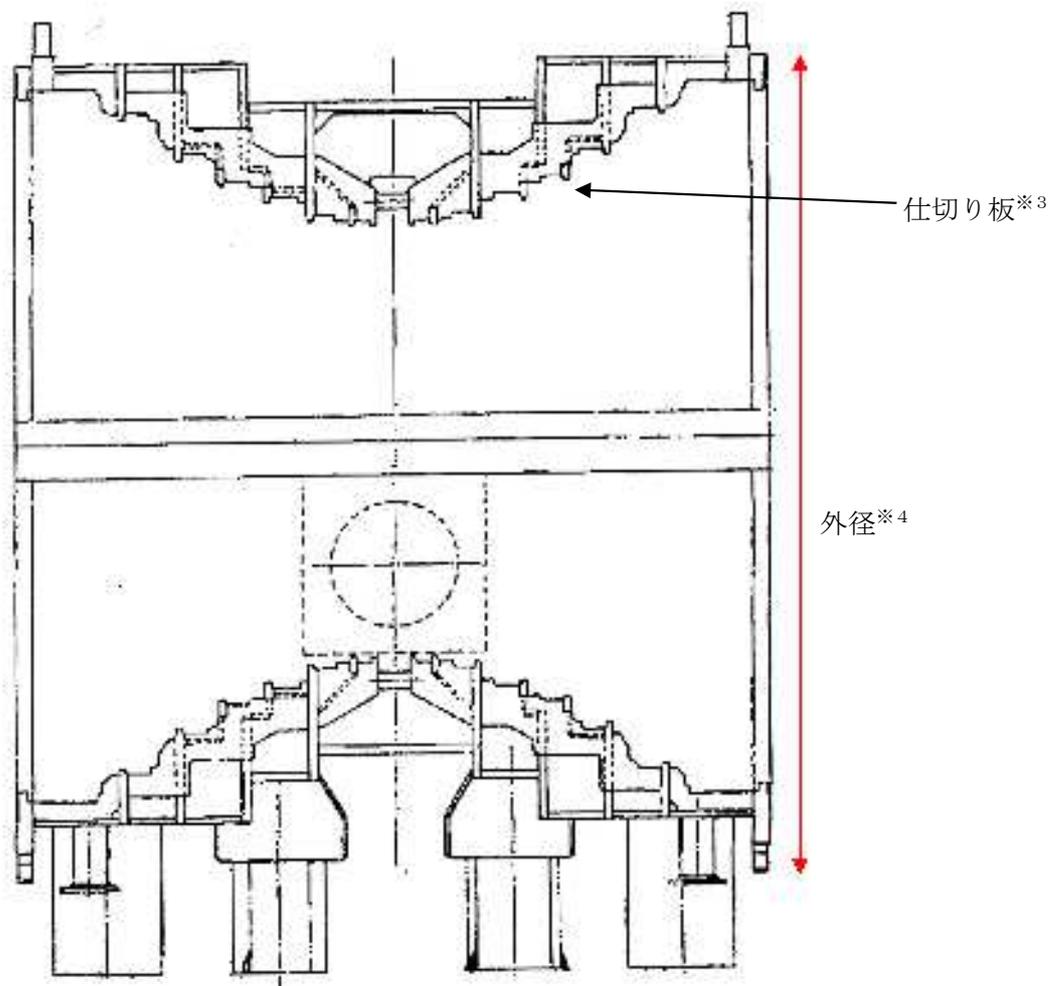
第2-1図 低圧タービンの構造図（2号炉の例）



※1：噴口部の厚さは1，2号炉とも数mm程度である。

※2：1号炉は約4,100mm，2号炉は約4,440mmである。

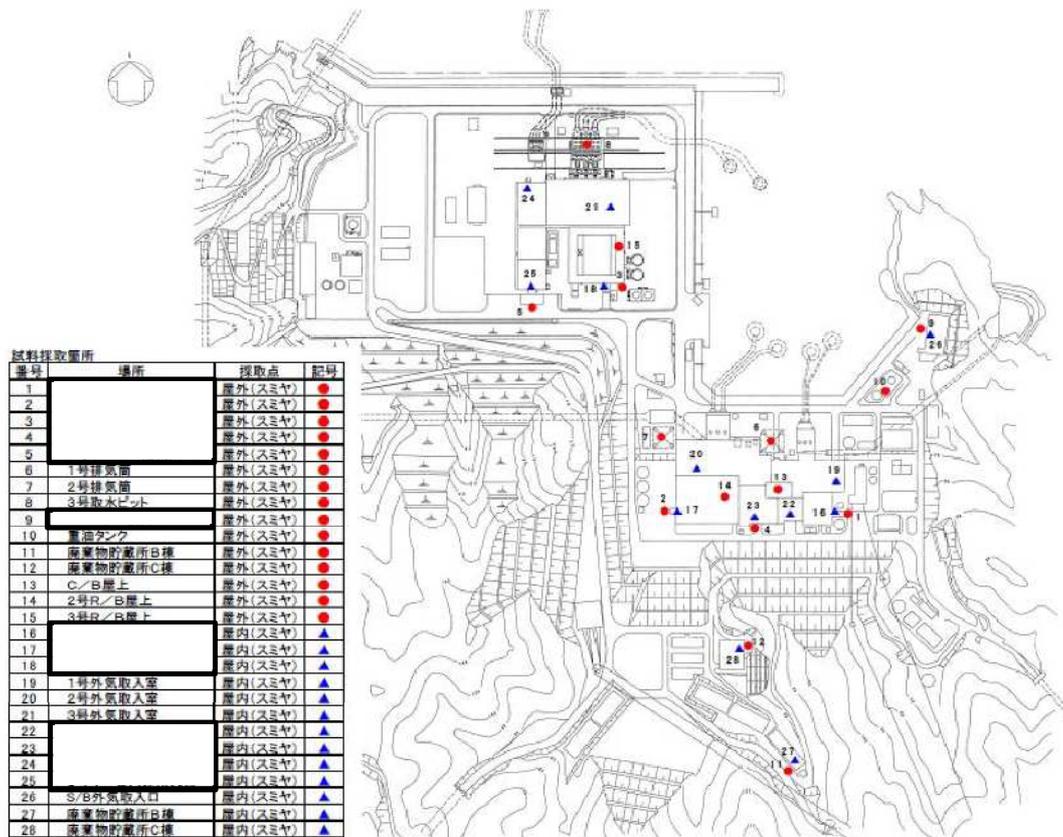
第2-2図 低圧ダイヤフラムの概要図（2号炉の例）



※3：仕切り板の厚さは1，2号炉とも約60mm程度である。

※4：1号炉は約5,690mm，2号炉は約6,398mmである。

第2-3図 低圧内部車室の概要図（2号炉の例）



第 2-4 図 島根原子力発電所構内における表面汚染密度測定箇所

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第2-1表 低圧タービンの取り替え履歴

号 炉	取り替え時期	取り替え機器	理由
1号炉	1994年度	・低圧内部車室 ・低圧ダイヤフラム第14段	経年劣化により減肉が認められたことから取り替えた。
1号炉	1996年度	・低圧ダイヤフラム第11段～第13段	経年劣化により減肉が認められたことから取り替えた。
1号炉	1997年度	・低圧ダイヤフラム第7段～第10段	経年劣化により減肉が認められたことから取り替えた。
2号炉	2016年度	・低圧内部車室 ・低圧ダイヤフラム第7段～第13段	タービンロータ取り替えに伴う。

第 2-2 表 放射能濃度確認対象物の主な材質及び推定量

号 炉	汚染の種類	放射能濃度 確認対象物	主な材質	推定量
1 号炉	二次的な汚染	・ 低圧ダイヤフラム	ステンレス鋼 合金鋼	約 413 トン
		・ 低圧内部車室	炭素鋼	
2 号炉	二次的な汚染	・ 低圧ダイヤフラム	ステンレス鋼 合金鋼	約 622 トン
		・ 低圧内部車室	炭素鋼	
			合 計	約 1,035 トン

第 2-3 表 放射能濃度確認対象物の発生領域及び対象物

発生領域		放射能濃度確認対象物
号 炉	建物名称	
1 号炉	タービン建物	低圧タービン ・ 低圧ダイヤフラム ・ 低圧内部車室
2 号炉	タービン建物	低圧タービン ・ 低圧ダイヤフラム ・ 低圧内部車室

第 2-4 表 放射化汚染の分析結果

試料採取箇所	放射能濃度 (Bq/g)	検出限界値 (Co-60) (Bq/g)	D/C
第 7 段低圧ダイ ヤフラム(A系) 噴口部(ステンレ ス鋼) ※ <sup>1</sup>	検出限界値未満	$6.66 \times 10^{-4}$	約 1/150
低圧内部車室入 口側(炭素鋼) ※ <sup>2</sup>	検出限界値未満	$6.90 \times 10^{-4}$	約 1/145

※ 1 : 主蒸気中の中性子源 N-17 の放射能濃度が最も高い主蒸気入口付近にあること、相対重要度比率の高いステンレス鋼を選定した。

※ 2 : 主蒸気中の中性子源 N-17 の放射能濃度が最も高いのが主蒸気入口付近のため同じ入口側を選定した。

(注 1) 2021 年 5 月 1 日時点に減衰補正した。

【測定条件】

- ・測定期間：2021 年 4 月
- ・測定場所：島根原子力発電所 環境実験室
- ・測定担当：中国電力株式会社
- ・除染区分：未除染
- ・測定方法：表面汚染を除去し Ge 半導体検出器により測定

第 2-5 表 島根 2 号炉低圧タービンの二次的な汚染の分析結果

(単位 : Bq/g)

試料採取箇所	分析核種 <sup>※1</sup>			
	Co-60	Nb-94	Cs-134	Cs-137
低圧ダイヤフラム 第 7 段噴口部 <sup>※2</sup>	$8.17 \times 10^{-1}$	$<1.80 \times 10^{-2}$	$<1.32 \times 10^{-2}$	$<1.43 \times 10^{-2}$
低圧内部車室入口 側 <sup>※3</sup>	$5.28 \times 10^{-2}$	$<2.29 \times 10^{-3}$	$<1.51 \times 10^{-3}$	$<2.79 \times 10^{-3}$

※ 1 : 代表的な  $\gamma$  線放出核種を選定した。

※ 2 : 表面汚染密度の測定結果から第 7 段側の表面汚染が高い傾向が確認されたため選定した。

※ 3 : 低圧ダイヤフラム第 7 段噴口部と接触する入口側を選定した。

(注 1) 「<」は検出限界値未満であることを示す。

(注 2) 2021 年 2 月の分析結果を 2021 年 5 月 1 日時点に減衰補正した。

**【測定条件】**

- ・ 測定期間 : 2021 年 2 月
- ・ 測定場所 : 島根原子力発電所 放射化学分析室
- ・ 測定担当 : 中国電力株式会社
- ・ 除染区分 : 未除染
- ・ 測定方法 : 対象物の表面を酸溶解した溶液を Ge 半導体検出器により測定

第 2-6 表 島根 2 号炉低圧タービンの分析結果を基に算出した D/C

放射性物質	低圧ダイヤフラム			
	放射能濃度 (Bq/g)	クリアランスレベル (Bq/g)	D/C	比率 <sup>※1</sup>
Co-60	8.17E-01	0.1	8.17E+00	1
Mn-54	<1.48E-02	0.1	<1.48E-01	<1.81E-02
Co-58	<9.12E-02	1	<9.12E-03	<1.12E-03
—	比率の合計			1.02E+00

※ 1 : Co-60 の D/C に対する各放射性物質の D/C の比率

(注 1) 「<」は検出限界値未満であることを示す。

(注 2) 2021 年 2 月の分析結果を 2021 年 5 月 1 日時点に減衰補正した。

放射性物質	低圧内部車室			
	放射能濃度 (Bq/g)	クリアランスレベル (Bq/g)	D/C	比率 <sup>※1</sup>
Co-60	5.28E-02	0.1	5.28E-01	1
Mn-54	<2.29E-03	0.1	<2.29E-02	<4.34E-02
Co-58	<1.51E-03	1	<1.51E-03	<2.86E-03
—	比率の合計			1.05E+00

※ 1 : Co-60 の D/C に対する各放射性物質の D/C の比率

(注 1) 「<」は検出限界値未満であることを示す。

(注 2) 2021 年 2 月の分析結果を 2021 年 5 月 1 日時点に減衰補正した。

第2-7表 島根1号炉及び2号炉のタービン建物の  
機器の放射化学分析結果

放射性物質	1号炉			
	放射能濃度 (Bq/g)	クリアランス レベル (Bq/g)	D/C	比率 <sup>※1</sup>
H-3	<1.73E-03	100	<1.73E-05	<1.42E-04
Mn-54	<7.39E-06	0.1	<7.39E-05	<6.05E-04
Co-60	1.22E-02	0.1	1.22E-01	1
Sr-90	<1.06E-04	1	<1.06E-04	<8.64E-04
Cs-134	<9.96E-05	0.1	<9.96E-04	<8.16E-03
Cs-137	<6.89E-04	0.1	<6.89E-03	<5.64E-02
—	—	—	比率の合計	1.07E+00

※1 : Co-60 の D/C に対する各放射性物質の D/C の比率

(注1) 「<」は検出限界値未満であることを示す。

(注2) 2014年度に実施した分析結果を2021年5月1日時点に減衰補正した。

放射性物質	2号炉			
	放射能濃度 (Bq/g)	クリアランス レベル (Bq/g)	D/C	比率 <sup>※1</sup>
H-3	<8.32E-04	100	<8.32E-06	<1.83E-05
Mn-54	<1.65E-05	0.1	<1.65E-04	<3.63E-04
Co-60	4.55E-02	0.1	4.55E-01	1
Sr-90	<9.25E-05	1	<9.25E-05	<2.04E-04
Cs-134	<7.76E-05	0.1	<7.76E-04	<1.71E-03
Cs-137	<5.31E-04	0.1	<5.31E-03	<1.17E-02
—	—	—	比率の合計	1.01E+00

※1 : Co-60 の D/C に対する各放射性物質の D/C の比率

(注1) 「<」は検出限界値未満であることを示す。

(注2) 2014年度に実施した分析結果を2021年5月1日時点に減衰補正した。

第2-8表 島根1号炉の制御棒駆動系のインナーフィルタの  
分析結果等を基に算出したD/C

放射性物質	1号炉			
	放射能濃度 (Bq/g)	クリアランス レベル (Bq/g)	D/C	比率 <sup>※1</sup>
H-3	<2.98E-01	100	<2.98E-03	<1.11E-06
C-14	3.95E-03	1	3.95E-03	1.47E-06
Co-60	2.68E+02	0.1	2.68E+03	1
Ni-59 <sup>※2</sup>	4.35E-01	100	4.35E-03	1.62E-06
Ni-63	4.66E+01	100	4.66E-01	1.74E-04
Sr-90	<9.78E-04	1	<9.78E-04	<3.65E-07
Nb-94	2.98E-02	0.1	2.98E-01	1.11E-04
Tc-99	<1.57E-04	1	<1.57E-04	<5.85E-08
I-129	<2.15E-04	0.01	<2.15E-02	<8.01E-06
Cs-137	<1.01E-02	0.1	<1.01E-01	<3.78E-05
Pu-239	<5.46E-04 <sup>※3</sup>	0.1	<5.46E-03	<2.03E-06
Pu-241	<1.87E-04 <sup>※3</sup>	10	<1.87E-05	<6.96E-09
Am-241	<5.13E-04 <sup>※3</sup>	0.1	<5.13E-03	<1.91E-06
—	比率の合計			1.00E+00

※1 : Co-60 のD/C に対する各放射性物質のD/C の比率

※2 : JNES-SS レポート (JNES-SS-0403) に基づき算出

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

(注1) 「<」は検出限界値未満であることを示す。

(注2) 1998年度の分析結果を2021年5月1日時点に減衰補正した。(1号炉の対象物の発生時期(1994年度~1997年度)に近い分析結果を選定)

第2-9表 島根2号炉の制御棒駆動系のインナーフィルタの  
分析結果等を基に算出したD/C

放射性物質	2号炉			
	放射能濃度 (Bq/g)	クリアランス レベル (Bq/g)	D/C	比率 <sup>※1</sup>
H-3	<2.20E-02	100	<2.20E-04	1.10E-07
C-14	2.09E-03	1	2.09E-03	1.04E-06
Co-60	2.00E+02	0.1	2.00E+03	1
Ni-59 <sup>※2</sup>	2.87E+00	100	2.87E-02	1.43E-05
Ni-63	3.29E+02	100	3.29E+00	1.64E-03
Sr-90	1.49E-03	1	1.49E-03	7.42E-07
Nb-94	5.30E-01	0.1	5.30E+00	2.64E-03
Tc-99	<1.81E-04	1	<1.81E-04	<9.03E-08
I-129	<7.89E-05	0.01	<7.89E-03	<3.94E-06
Cs-137	2.15E-03	0.1	2.15E-02	1.07E-05
Pu-239	1.57E-04 <sup>※3</sup>	0.1	1.57E-03	7.83E-07
Pu-241	8.58E-05 <sup>※3</sup>	10	8.58E-06	4.28E-09
Am-241	1.51E-04 <sup>※3</sup>	0.1	1.51E-03	7.56E-07
—	比率の合計			1.00E+00

※1：Co-60のD/Cに対する各放射性物質のD/Cの比率

※2：JNES-SSレポート（JNES-SS-0403）に基づき算出

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

（注1）「<」は検出限界値未満であることを示す。

（注2）2008年度の分析結果を2021年5月1日時点に減衰補正した。（2号炉の対象物の発生時期（2016年度）に近い分析結果を選定）

第2-10表 島根1号炉及び2号炉の濃縮廃液の  
分析結果を基に算出したD/C

放射性物質	1号炉			
	放射能濃度 <sup>※1</sup> (Bq/g)	クリアランス レベル (Bq/g)	D/C	比率 <sup>※2</sup>
C1-36	1.06E-03	1	1.06E-03	2.25E-07
Co-60	4.70E+02	0.1	4.70E+03	1
—	比率の合計			1.00E+00

※1：濃縮廃液等から算出した放射能濃度 (Bq/g)

※2：Co-60のD/Cに対する各放射性物質のD/Cの比率

(注1) 2009年度の分析結果を2021年5月1日時点に減衰補正した。

放射性物質	2号炉			
	放射能濃度 <sup>※1</sup> (Bq/g)	クリアランス レベル (Bq/g)	D/C	比率 <sup>※2</sup>
C1-36	2.38E-03	1	2.38E-03	7.41E-07
Co-60	3.21E+02	0.1	3.21E+03	1
—	比率の合計			1.00E+00

※1：濃縮廃液等から算出した放射能濃度 (Bq/g)

※2：Co-60のD/Cに対する各放射性物質のD/Cの比率

(注1) 2009年度の分析結果を2021年5月1日時点に減衰補正した。

第2-11表 島根原子力発電所構内における表面汚染密度測定結果

試料No.	測定箇所	屋内外	試料採取日	測定結果	理論検出限界計数率 (cps) $r_1=4.7 \times 10^{-2}$	理論検出限界値Cs137換算 (Bq/cm <sup>2</sup> ) $r_1=4.7 \times 10^{-2}$	理論検出限界計数率 (cps) $r_1=0$	理論検出限界値Cs137換算 (Bq/cm <sup>2</sup> ) $r_1=0$	理論検出限界値Co60 (Bq/cm <sup>2</sup> ) $r_1=4.7 \times 10^{-2}$
1		屋外	2012年5月24日	理論検出限界計数率未滿	$7.2 \times 10^{-2}$	$8.6 \times 10^{-3}$	$6.4 \times 10^{-2}$	$7.6 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-2}$
2		屋外	2012年5月24日	理論検出限界計数率未滿	$7.2 \times 10^{-2}$	$8.6 \times 10^{-3}$	$6.4 \times 10^{-2}$	$7.6 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-2}$
3		屋外	2012年5月24日	理論検出限界計数率未滿	$7.2 \times 10^{-2}$	$8.6 \times 10^{-3}$	$6.4 \times 10^{-2}$	$7.6 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-2}$
4		屋外	2012年5月24日	理論検出限界計数率未滿	$7.2 \times 10^{-2}$	$8.6 \times 10^{-3}$	$6.4 \times 10^{-2}$	$7.6 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-2}$
5		屋外	2012年5月24日	理論検出限界計数率未滿	$7.2 \times 10^{-2}$	$8.6 \times 10^{-3}$	$6.4 \times 10^{-2}$	$7.6 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-2}$
6	1号排気筒 (機器基礎部表面)	屋外	2012年5月24日	理論検出限界計数率未滿	$7.2 \times 10^{-2}$	$8.6 \times 10^{-3}$	$6.4 \times 10^{-2}$	$7.6 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-2}$
7	2号排気筒 (機器基礎部表面)	屋外	2012年5月24日	理論検出限界計数率未滿	$7.2 \times 10^{-2}$	$8.6 \times 10^{-3}$	$6.4 \times 10^{-2}$	$7.6 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-2}$
8	3号取水ピット (機器表面)	屋外	2012年5月24日	理論検出限界計数率未滿	$7.2 \times 10^{-2}$	$8.6 \times 10^{-3}$	$6.4 \times 10^{-2}$	$7.6 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-2}$
9		屋外	2012年5月24日	理論検出限界計数率未滿	$7.2 \times 10^{-2}$	$8.6 \times 10^{-3}$	$6.4 \times 10^{-2}$	$7.6 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-2}$
10	重油タンク (機器基礎部表面)	屋外	2012年5月24日	理論検出限界計数率未滿	$7.2 \times 10^{-2}$	$8.6 \times 10^{-3}$	$6.4 \times 10^{-2}$	$7.6 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-2}$
11	廃棄物貯蔵所B棟 (機器表面)	屋外	2012年5月24日	理論検出限界計数率未滿	$7.2 \times 10^{-2}$	$8.6 \times 10^{-3}$	$6.4 \times 10^{-2}$	$7.6 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-2}$
12	廃棄物貯蔵所C棟 (機器表面)	屋外	2012年5月24日	理論検出限界計数率未滿	$7.2 \times 10^{-2}$	$8.6 \times 10^{-3}$	$6.4 \times 10^{-2}$	$7.6 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-2}$
13	C/B屋上 (機器表面)	屋外	2012年5月24日	理論検出限界計数率未滿	$7.2 \times 10^{-2}$	$8.6 \times 10^{-3}$	$6.4 \times 10^{-2}$	$7.6 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-2}$
14	2号R/B屋上 (機器基礎部表面)	屋外	2012年5月24日	理論検出限界計数率未滿	$7.2 \times 10^{-2}$	$8.6 \times 10^{-3}$	$6.4 \times 10^{-2}$	$7.6 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-2}$
15	3号R/B屋上 (機器基礎部表面)	屋外	2012年5月24日	理論検出限界計数率未滿	$7.2 \times 10^{-2}$	$8.6 \times 10^{-3}$	$6.4 \times 10^{-2}$	$7.6 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-2}$
16		屋内	2012年5月24日	理論検出限界計数率未滿	$7.2 \times 10^{-2}$	$8.6 \times 10^{-3}$	$6.4 \times 10^{-2}$	$7.6 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-2}$
17		屋内	2012年5月24日	理論検出限界計数率未滿	$7.2 \times 10^{-2}$	$8.6 \times 10^{-3}$	$6.4 \times 10^{-2}$	$7.6 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-2}$
18		屋内	2012年5月24日	理論検出限界計数率未滿	$7.2 \times 10^{-2}$	$8.6 \times 10^{-3}$	$6.4 \times 10^{-2}$	$7.6 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-2}$
19	1号T/B外気取入室 (床表面)	屋内	2012年5月24日	理論検出限界計数率未滿	$7.2 \times 10^{-2}$	$8.6 \times 10^{-3}$	$6.4 \times 10^{-2}$	$7.6 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-2}$
20	2号T/B外気取入室 (床表面)	屋内	2012年5月24日	理論検出限界計数率未滿	$7.2 \times 10^{-2}$	$8.6 \times 10^{-3}$	$6.4 \times 10^{-2}$	$7.6 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-2}$
21	3号T/B外気取入室 (床表面)	屋内	2012年5月24日	理論検出限界計数率未滿	$7.2 \times 10^{-2}$	$8.6 \times 10^{-3}$	$6.4 \times 10^{-2}$	$7.6 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-2}$
22		屋内	2012年5月24日	理論検出限界計数率未滿	$7.2 \times 10^{-2}$	$8.6 \times 10^{-3}$	$6.4 \times 10^{-2}$	$7.6 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-2}$
23		屋内	2012年5月24日	理論検出限界計数率未滿	$7.2 \times 10^{-2}$	$8.6 \times 10^{-3}$	$6.4 \times 10^{-2}$	$7.6 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-2}$
24		屋内	2012年5月24日	理論検出限界計数率未滿	$7.2 \times 10^{-2}$	$8.6 \times 10^{-3}$	$6.4 \times 10^{-2}$	$7.6 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-2}$
25		屋内	2012年5月24日	理論検出限界計数率未滿	$7.2 \times 10^{-2}$	$8.6 \times 10^{-3}$	$6.4 \times 10^{-2}$	$7.6 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-2}$
26	S/B外気取入室 (床表面)	屋内	2012年5月24日	理論検出限界計数率未滿	$7.2 \times 10^{-2}$	$8.6 \times 10^{-3}$	$6.4 \times 10^{-2}$	$7.6 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-2}$
27	廃棄物貯蔵所B棟 (床表面)	屋内	2012年5月24日	理論検出限界計数率未滿	$7.2 \times 10^{-2}$	$8.6 \times 10^{-3}$	$6.4 \times 10^{-2}$	$7.6 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-2}$
28	廃棄物貯蔵所C棟 (床表面)	屋内	2012年5月24日	理論検出限界計数率未滿	$7.2 \times 10^{-2}$	$8.6 \times 10^{-3}$	$6.4 \times 10^{-2}$	$7.6 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-2}$

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

拭取り効率：0.5「表面汚染密度測定におけるスミヤ法の拭取り効率に影響する要因分析」(杉浦紳之，保険物理)より

線源効率 Co-60：0.4 電力中央研究所研究結果値より

Co-60→Cs-137への換算 (GM計数装置)：JEZ4329より機器効率の比がCs-137：0.85，Co-60：0.55であるので0.85/0.55=1.55で除する。

検出器の種類：GM

測定時間：1,200秒測定

測定結果は $r_1=4.7 \times 10^{-2}$ のものであり， $r_1=0$ での検出限界係数率は参考のものである。

## ○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

放射能濃度確認対象物の放射能濃度の評価に用いる放射性物質の種類は、対象物に含まれる放射性物質のうち、クリアランス基準への適合性を評価するうえ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、「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クリアランス基準への適合性を評価するうえ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、「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」で示すとおり、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5月1日時点で、規則第二条で規定されるクリアランス判断基準の1/33以下であったこと及び「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ついて」のとおり、Co-60のD/Cが33核種の放射性物質（Co-60含む）のD/Cの合計値の90%以上を占めるとみなすことができることから、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。

第1表に放射能濃度確認対象物の核種分析結果を示す。なお、Co-60放射能濃度が検出限界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、「添付資料3」に記載する。

第1表 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

【分析結果】(除染済みのサンプル)

試料採取箇所	Co-60 放射能濃度 (Bq/g)	D/C
低圧ダイヤフラム第7段 噴口部 <sup>※1</sup>	$<9.90 \times 10^{-4}$	$9.90 \times 10^{-3}$ (約 1/101)
低圧内部車室入口側 <sup>※2</sup>	$<1.21 \times 10^{-3}$	$1.21 \times 10^{-2}$ (約 1/83)

※1：低圧ダイヤフラム第7段噴口部は、表面汚染密度の測定結果から第7段側の表面汚染が高い傾向が確認されたため、選定した。

※2：低圧内部車室入口側は、低圧ダイヤフラム第7段噴口部と接触する入口側を選定した。

(注1)「<」は検出限界値未満であることを示す。

(注2) 2021年5月1日時点に減衰補正した。

【測定条件】

- ・測定期間：2021年2月
- ・測定場所：島根原子力発電所 放射化学分析室
- ・測定担当：中国電力株式会社
- ・除染区分：除染済み
- ・測定方法：対象物の表面を酸溶解した溶液を Ge 半導体検出器により測定

## 評価に用いる放射性物質の選択について

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、「 $\sum D_k/C_k$ 」という。) を求め、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  $\sum D_k/C_k$  に占める割合が 0.9 以上となるように選択する。

ただし、 $D_1/C_1$  の最大値が  $1/33$  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一次冷却材により主蒸気系統を経由し低圧タービンの低圧ダイヤフラム及び低圧内部車室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第 3-1 図及び第 3-2 図に示す。

#### 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 において  $1/33$  以下であることを確認する。除染済みの対象物の核種分析を行った。第 3-1 表に対象物の Ge 波高分析装置を用いた核種分析結果を 2021 年 5 月 1 日まで減衰補正した結果を示す。なお、対象物の核種分析試料は、島根 2 号炉から選定し、低圧ダイヤフラムは表面汚染密度の測定結果から第 7 段側の表面汚染が高い傾向が確認されたため選定、低圧内部車室は低圧ダイヤフラム第 7 段噴口部と接触する入口側を選定した。第 3-1 表に示すとおり、低圧ダイヤフラムは  $9.90 \times 10^{-4}$  Bq/g、低圧内部車室は  $1.21 \times 10^{-3}$  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  $3.0 \times 10^{-3}$  Bq/g) 以下であった。

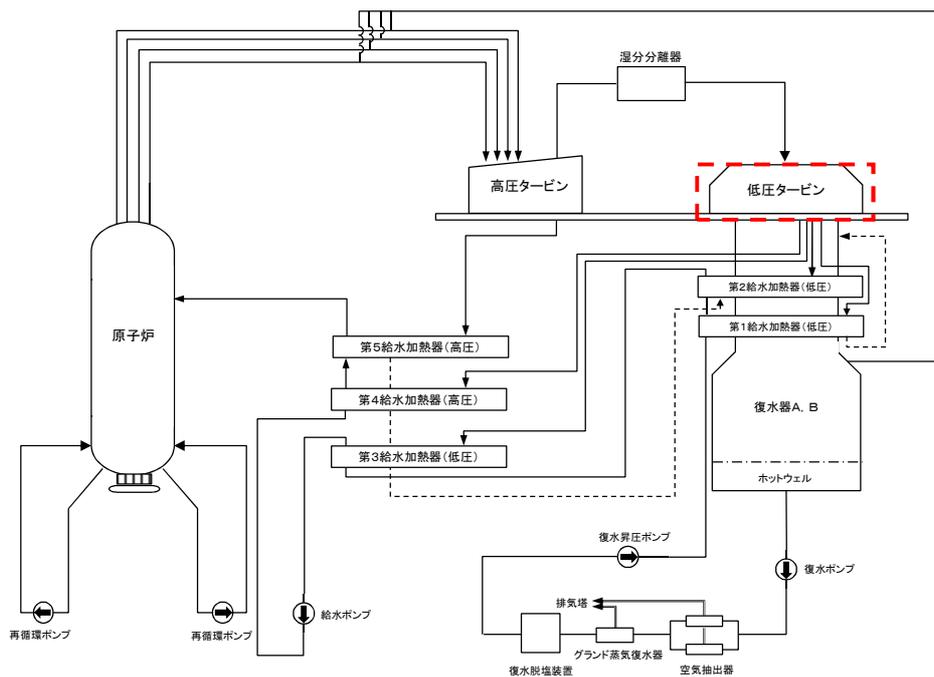
### 2. 評価対象核種の選択

主要な放射性物質である Co-60 の放射能濃度は、「1. 放射能濃度確認対象物の放射能濃度」のとおり、規則第二条で規定されるクリアランス判断基準の  $1/33$  以下であったこと及び「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ついて」のとおり、Co-60 の D/C が 33 核種の放射性物質 (Co-60 含む)

の D/C の合計値の 90%以上を占めるとみなすことができることから、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。よって、評価に用いる放射性物質は Co-60 の 1 種類とする。

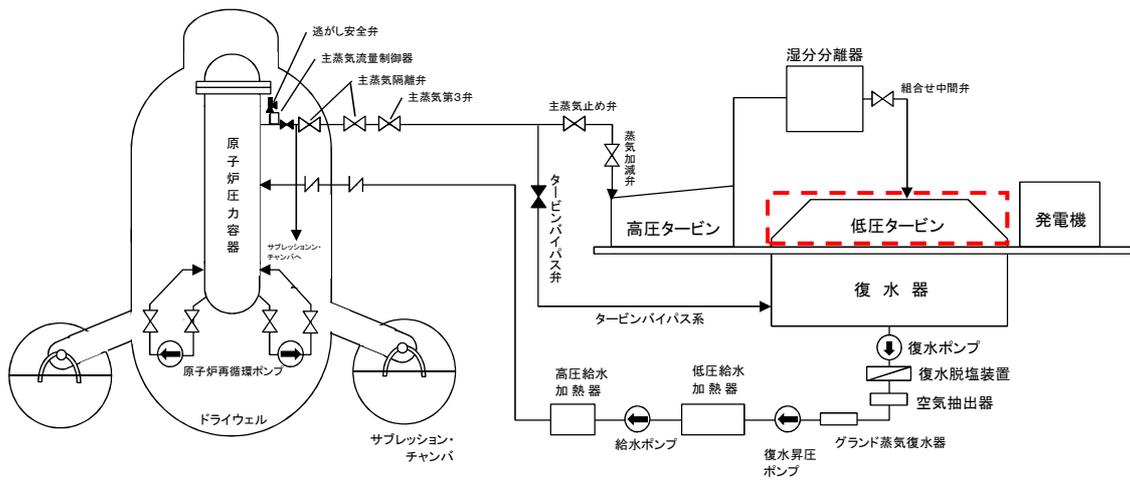
### 3. 放射能濃度確認対象物の汚染の均一性確認

放射能濃度確認対象物の汚染の分布については、低圧ダイヤフラムの構造は島根 1 号炉及び 2 号炉で同様であり、主蒸気が低圧ダイヤフラムの中心部から入り下流側に向かって膨張しながら流れることから、主蒸気入口付近が高く、下流側は低い傾向を示し、周方向は主蒸気の流れに差がないため、均一な汚染を示すと考えられる。このことは、島根 2 号炉の除染前の事前調査の結果とも整合している。一方、除染済みの島根 1 号炉の低圧ダイヤフラムの事前調査（対象物の表面汚染密度の測定等）の結果において軸方向及び周方向とも均一な汚染の傾向を示すことから、島根 2 号炉についても除染を行うことにより軸方向及び周方向とも均一な汚染の傾向となると考えられる。低圧内部車室は事前調査の結果、島根 1 号炉及び 2 号炉ともに軸方向及び周方向とも均一な傾向を示す。さらに、対象物のうち複雑な形状の部位や狭隘部について、念のため除染後の表面汚染密度を測定した結果、平面の部分と同様の汚染の状況であったことから、対象物は除染後において均一な汚染の傾向を示すことを確認した。対象物における表面汚染密度の測定結果を第 3-3 図に、狭隘部の測定結果を第 3-4 図に示す。



赤枠線：放射能濃度確認対象物（低压ダイヤフラム及び低压内部車室）の位置を示す。

第 3-1 図 島根原子力発電所 1 号炉の系統図

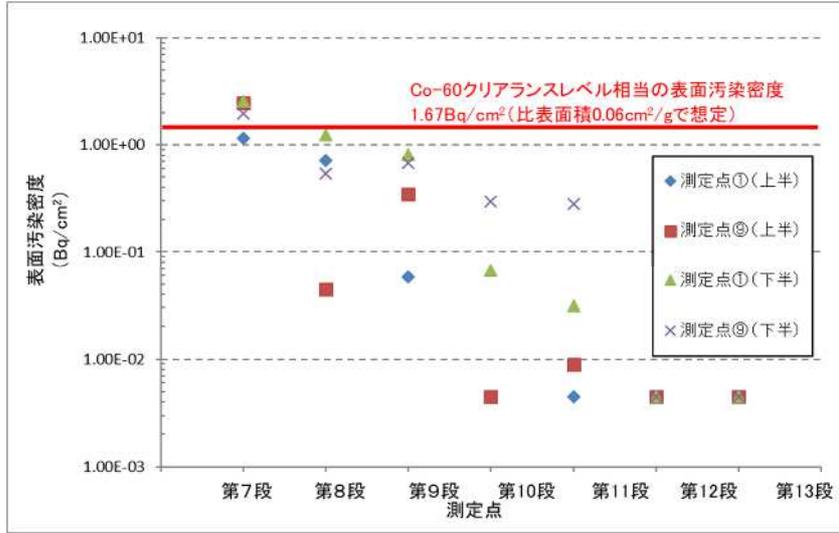


赤枠線：放射能濃度確認対象物（低圧ダイヤフラム及び低圧内部車室）の位置を示す。

第 3-2 図 島根原子力発電所 2 号炉の系統図

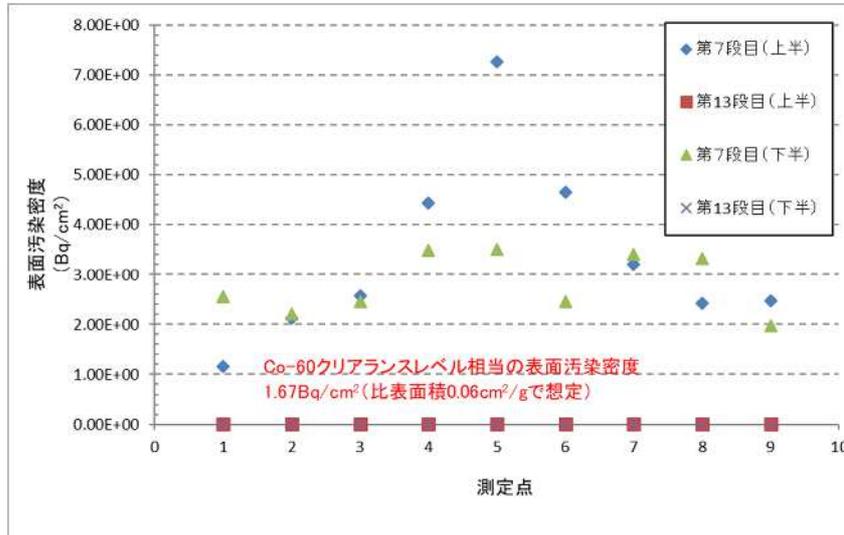
【測定結果】

(2号炉低压ダイヤフラム 軸方向)



- 主蒸気入口側である第7段目付近はCo-60のクリアランスレベル相当の表面汚染密度であり、下流側の第12段、第13段目は表面汚染密度が検出されなかった。

(2号炉低压ダイヤフラム 周方向)

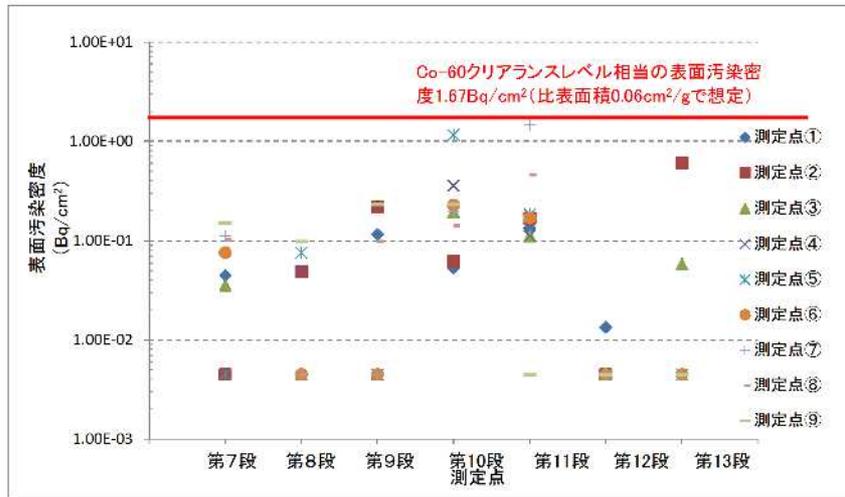


- 下流側の第13段目は周方向に均一な表面汚染密度の傾向を示した。入口付近の第7段目は表面汚染密度がクリアランスレベル相当を超過する傾向を示したが、10倍を超えていないことを確認した。
- クリアランスレベル相当の表面汚染密度 =  $0.1 \text{ Bq/g (Co-60)} \div 0.06 \text{ cm}^2/\text{g} = 1.67 \text{ Bq/cm}^2$
- 比表面積  $0.06 \text{ cm}^2/\text{g}$  は図面、実測から概算した値である。

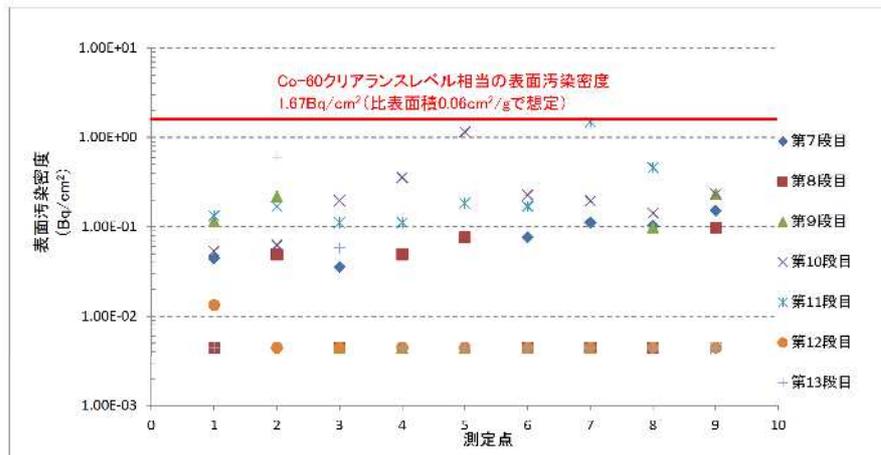
第3-3 図 放射能濃度確認対象物の二次的な汚染の分布 (1 / 3)

【測定結果】

(2号炉低压内部車室 軸方向)



(2号炉低压内部車室 周方向)



- ・クリアランスレベル相当の表面汚染密度以下で分布することを確認した。
- ・軸方向及び周方向ともクリアランスレベル以下で均一な傾向を示した。

第 3-3 図 放射能濃度確認対象物の二次的な汚染の分布 (2 / 3)

【測定条件（共通）】

- ・測定期間：2021年2月
- ・測定場所：島根原子力発電所1号炉タービン建物※<sup>1</sup>
- ・測定担当：中国電力株式
- ・除染区分：未除染※<sup>2</sup>
- ・測定対象：2号炉低压ダイヤフラム及び低压内部車室※<sup>2</sup>
- ・測定方法：GMサーベイメータによる直接測定法※<sup>3</sup>

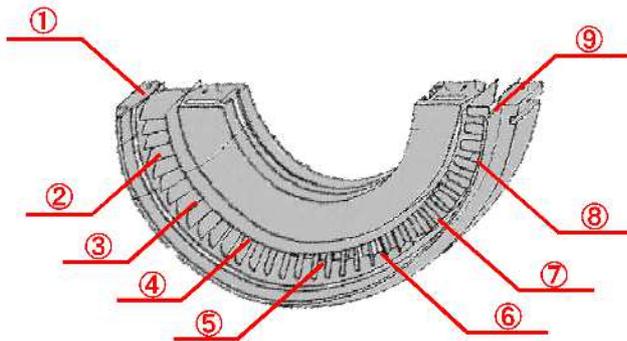
※1：2号炉低压ダイヤフラム及び低压内部車室を保管中

※2：軸方向周方向の傾向を把握することが目的のため、未除染を対象

※3：固定性表面汚染のため、直接測定法を採用

・低压ダイヤフラムの測定条件

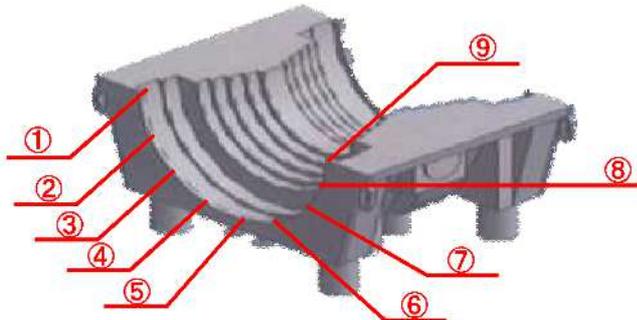
- ・入口側の第7段目及び出口側の第13段目を直接測定する。測定箇所は下図の①～⑨の測定点を参照。なお、測定点は主蒸気が通過し表面汚染密度が高い箇所である噴口部とした。



- ・第8段目～第12段目は、低压ダイヤフラムが架台に収納されており、ダイヤフラム間が狭く直接測定ができないこと、天井クレーンで吊って測定することは不安全な行為となるため測定点①及び⑨のみとした。

・低压内部車室の測定条件

- ・入口側の第7段目から出口側の第13段目までの低压ダイヤフラムと接触する内面を直接測定する。各段の測定箇所は下図の①～⑨の測定点を参照。

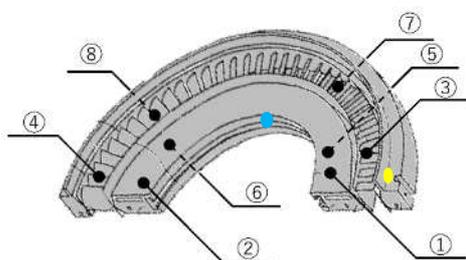


第3-3図 放射能濃度確認対象物の二次的な汚染の分布（3／3）

## 低圧ダイヤフラム

### 【前提】

- ・対象：除染済みの1号炉の低圧ダイヤフラム（2号炉を除染後、狭隘部に汚染が残るかどうかを評価するため除染済みの1号炉を対象にする）
- ・測定箇所：噴口部（噴口部の羽根と羽根の食い込み部分はGMサーベイメータでは直接測定ができないため）と下部の円板部を測定する。円板部は汚染が残りやすい角を中心に測定する。
- ・測定方法：下の図の①～⑧をGMサーベイメータにより直接測定する。噴口部の食い込み部は⑧を切断し測定する。円板部の角は②を測定する。また、青丸（測定点1）及び黄丸（測定点2）の狭隘部は、NaIシンチレーションサーベイメータで測定する。



### 【測定結果】

- ・GMサーベイメータを直接当てられる箇所と同等な結果である。

対象	測定結果	測定箇所
低圧ダイヤフラム	約 0.2Bq/cm <sup>2</sup> * <sup>1</sup> 未満	噴口部* <sup>2</sup> , 円板部

※1：GMサーベイメータによる測定結果 50min<sup>-1</sup>未満にGMサーベイメータの換算定数 (4.3×10<sup>-3</sup>Bq/cm<sup>2</sup>/min<sup>-1</sup>) を乗じて求めた。

- ・NaIシンチレーションサーベイメータを直接当てられる箇所と同等な結果である。

対象	測定点1	測定点2
低圧ダイヤフラム	0.01 μSv/h	0.01 μSv/h

※2：噴口部の測定箇所を以下に示す。

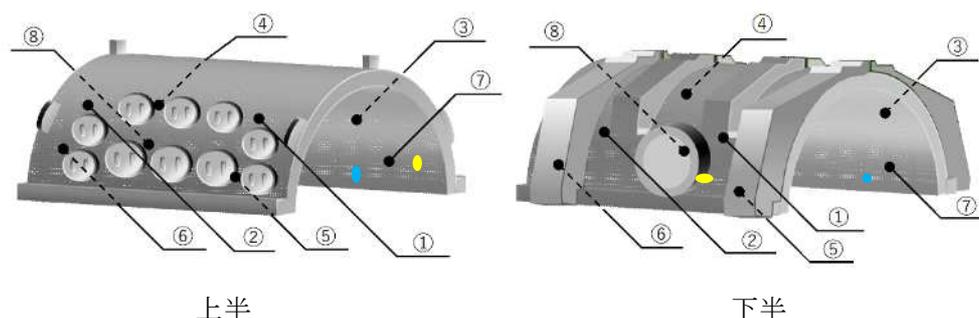
測定箇所	備考
 <p>噴口部                      拡大</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・噴口部の食い込み部分（赤の点線）を切断しGMサーベイメータにより直接測定</li> </ul>

第3-4図 GMサーベイメータが直接当てられない箇所の汚染状況と対象物の測定箇所について（1/2）

## 低圧内部車室

### 【前提】

- ・対象：除染済みの1号炉の低圧内部車室（2号炉を除染後、狭隘部に汚染が残るかどうかを評価するため除染済みの1号炉を対象にする）
- ・測定箇所：汚染が残りやすい上半のマンホールや下半の角部を中心に測定する。
- ・測定方法：下の図の①～⑧をGMサーベイメータにより直接測定する。また、青丸（測定点1）及び黄丸（測定点2）の狭隘部は、NaIシンチレーションサーベイメータで測定する。



### 【測定結果】

- ・GMサーベイメータを直接当てられる箇所と同等な結果である。

対象	測定結果	測定箇所
低圧内部車室	約 $0.2 \text{ Bq/cm}^2$ ※1未満	マンホール部, 角部

※1：GMサーベイメータによる測定結果  $50 \text{ min}^{-1}$ 未満にGMサーベイメータの換算定数 ( $4.3 \times 10^{-3} \text{ Bq/cm}^2/\text{min}^{-1}$ ) を乗じて求めた。

- ・NaIシンチレーションサーベイメータを直接当てられる箇所と同等な結果である。

対象	測定点1	測定点2
低圧内部車室（上半及び下半）	$0.01 \mu \text{ Sv/h}$	$0.01 \mu \text{ Sv/h}$

第3-4図 GMサーベイメータが直接当てられない箇所の汚染状況と対象物の測定箇所について（2/2）

第 3-1 表 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

【分析結果】(除染済みのサンプル)

試料採取箇所	Co-60 放射能濃度 (Bq/g)	D/C
低圧ダイヤフラム第 7 段 噴口部 <sup>※1</sup>	$<9.90 \times 10^{-4}$	$9.90 \times 10^{-3}$ (約 1/101)
低圧内部車室入口側 <sup>※2</sup>	$<1.21 \times 10^{-3}$	$1.21 \times 10^{-2}$ (約 1/83)

※1 : 低圧ダイヤフラム第 7 段噴口部は、表面汚染密度の測定結果から第 7 段側の表面汚染が高い傾向が確認されたため、選定した。

※2 : 低圧内部車室入口側は、低圧ダイヤフラム第 7 段噴口部と接触する入口側を選定した。

(注 1) 「<」は検出限界値未満であることを示す。

(注 2) 2021 年 5 月 1 日時点で減衰補正した。

【測定条件】

- ・測定期間：2021 年 2 月
- ・測定場所：島根原子力発電所 放射化学分析室
- ・測定担当：中国電力株式会社
- ・除染区分：除染済み
- ・測定方法：対象物の表面を酸溶解した溶液を Ge 半導体検出器により測定

## ○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、低圧ダイヤフラムの構造は島根1号炉と島根2号炉で同様であり、主蒸気が低圧ダイヤフラムの中心部から入り下流側に向かって膨張しながら流れることから、主蒸気入口付近が高く、下流側は低い傾向を示し、周方向は主蒸気の流れに差がないため、均一な汚染を示すと考えられる。一方、除染済みの島根1号炉の低圧ダイヤフラムは、軸方向及び周方向とも均一な汚染の傾向を示すことから、島根2号炉についても除染を行うことにより軸方向及び周方向ともに均一な汚染の傾向となると考えられる。低圧内部車室は島根1号炉及び2号炉ともに軸方向及び周方向とも均一な傾向を示す。さらに、対象物のうち複雑な形状の部位や狭隘部について、念のため除染後の表面汚染密度を測定した結果、平面の部分と同様の汚染の状況であったことから、それらの部位を含めて対象物は除染後においては均一な汚染の傾向を示す。

放射能濃度確認対象物の汚染の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、軸方向に分割して10トン以下で設定する。

放射能濃度確認対象物の放射能濃度の測定単位は、対象物の発生・保管の調査結果より、放射性物質のD/Cが規則第二条で規定されるクリアランス判断基準の1/33以下であること及び均一な汚染の傾向を示すことから、評価単位を任意の範囲で分割して設定する。

放射能濃度の評価単位の詳細は「添付資料4」に記載する。

## 放射能濃度の評価単位について

### 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の分布について、低圧ダイヤフラムの構造は島根 1 号炉及び 2 号炉で同様であり、主蒸気が低圧ダイヤフラムの中心部から入り下流側に向かって膨張しながら流れることから、主蒸気入口付近が高く、下流側は低い傾向を示し、周方向は主蒸気の流れに差がないため、均一な汚染を示すと考えられる。このことは島根 2 号炉の除染前の事前調査の結果とも整合している。一方、除染済みの島根 1 号炉の低圧ダイヤフラムの事前調査（対象物の表面汚染密度の測定等）の結果において軸方向及び周方向とも均一な汚染の傾向を示すことから、島根 2 号炉についても除染を行うことにより軸方向及び周方向ともに均一な汚染の傾向となると考えられる。低圧内部車室は事前調査の結果、島根 1 号炉及び 2 号炉ともに軸方向及び周方向とも均一な傾向を示す。さらに、対象物のうち複雑な形状の部位や狭隘部について、念のため除染後の表面汚染密度を測定した結果、平面の部分と同様の汚染の状況であったことから、それらの部位を含めて対象物は除染後においては均一な汚染の傾向を示すことを確認した。

従って、評価単位は、軸方向に分割して 10 トン以下で設定する。

低圧ダイヤフラムは、各段上半下半に分離して保管しており、それぞれの重量は 10 トン以下であるため、各段の上半下半を評価単位に設定する。低圧内部車室は、内面にはダイヤフラム等が取り付けられるようになっており、車軸を境に上半及び下半にわかれ、島根 1 号炉及び 2 号炉とも上半及び下半の形状で保管している。上半及び下半とも単独で 10 トンを超過するため、汚染の程度が大きく異なる範囲で、1 つの評価単位が 10 トン以下となるように設定する。

設定した評価単位を第 4-1 表、第 4-2 表に示す。

### 2. 測定単位の設定

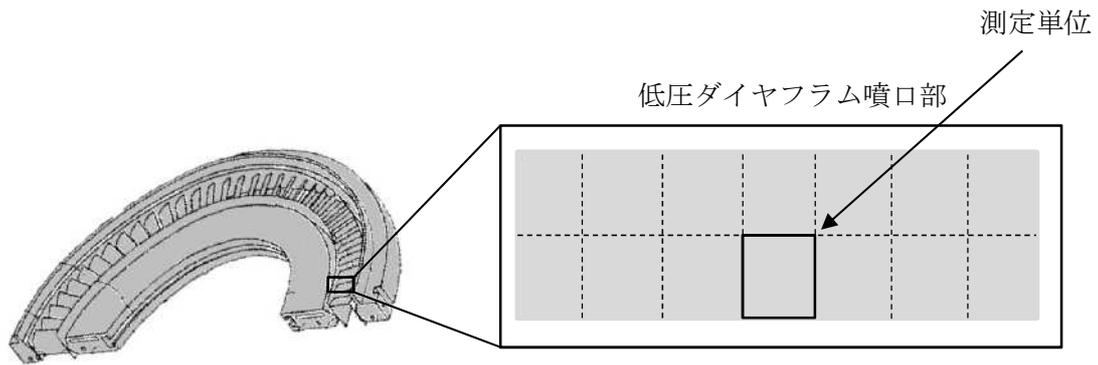
測定単位は、放射能濃度確認対象物の事前調査の結果、放射能濃度が Co-60 の D/C の 1/33 以下であること及び均一な汚染の傾向を示すことから、評価単位を任意の範囲で分割して設定する。なお、放射線測定装置による Co-60 放射能濃度の測定条件を考慮する。測定単位の設定イメージ図を第 4-1 図、第 4-2 図に示す。

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、「添付資料 3 評価に用いる放射性物質の選択について」に記載のとおり、対象物が均一な

汚染の状況を示すため、最も厚みの薄い測定単位が、最も放射能濃度を保守的に評価できる場所であること及びいずれの測定単位の D/C も事前調査の結果、クリアランス判断基準の 1/33 以下であることから、当該測定単位の放射能濃度に基づいて決定する。

### 3. 放射能濃度の著しい偏りの防止

放射能濃度確認対象物は除染を行うことにより島根 1 号炉及び 2 号炉ともに軸方向及び周方向ともに均一な汚染の傾向となり、さらに、対象物のうち複雑な形状の部位や狭隘部について、念のため除染後の表面汚染密度を測定した結果、平面の部分と同様の汚染の状況であったことから、それらの部位を含めて対象物は除染後においては均一な汚染の傾向を示すことを確認している。従って、汚染の程度が大きく異なるものを一つの測定単位とすることはない。



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、測定単位を設定



(噴口部から切り出した測定単位※<sup>1</sup>)



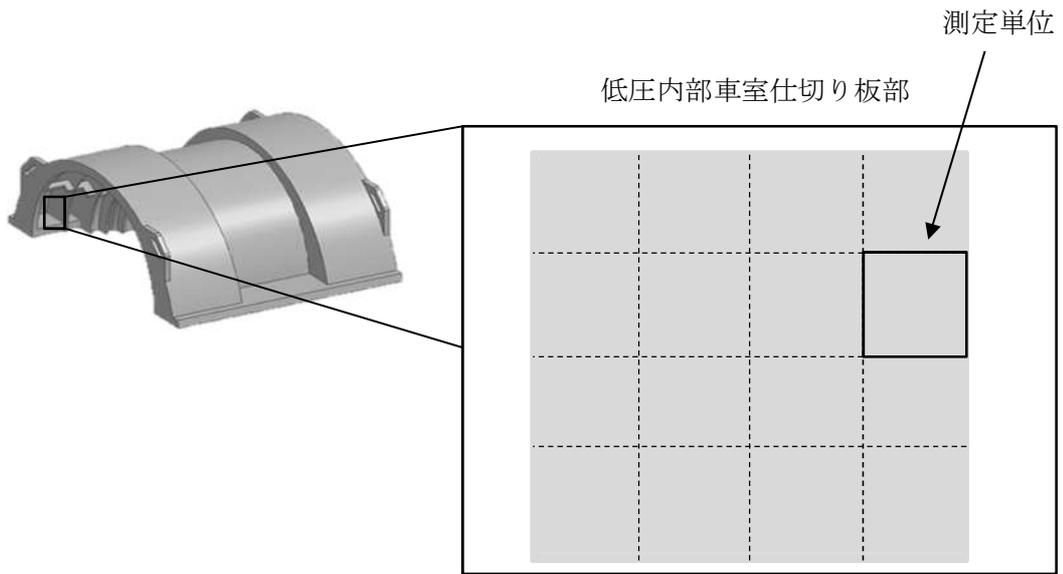
(第7段噴口部※<sup>2</sup>)

測定単位の例

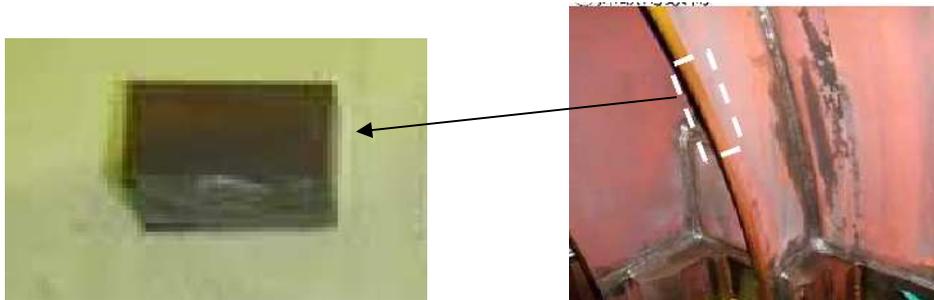
※1：代表測定箇所を設定する。

※2：測定単位の条件である「複雑ではなく平らな部分」の汚染が最も厳しい噴口部が第7段であるため、例とした。GM サーベイメータを各片に当てて測定する。

第4-1 図 低圧ダイヤフラムの測定単位の設定イメージ図



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，測定単位を設定



(仕切り板から切り出した測定単位<sup>※1</sup>)

(低圧内部車室内部)

測定単位の例

※1：代表測定箇所を設定する。

第 4-2 図 低圧内部車室の測定単位の設定イメージ図

第 4-1 表 低圧ダイヤフラムの評価単位

段	1 号炉 <sup>※1</sup>			2 号炉 <sup>※2</sup>		
	評価単位数 (個)	重量 (トン/個)	合計重量 (トン)	評価単位数 (個)	重量 (トン/個)	合計重量 (トン)
第 7 段	8	約 0.9	約 7.2	12	約 0.8	約 9.6
第 8 段	8	約 3.9	約 31.2	12	約 3.0	約 36.0
第 9 段	8	約 5.8	約 46.4	12	約 2.9	約 34.8
第 10 段	8	約 5.8	約 46.4	12	約 3.0	約 36.0
第 11 段	8	約 8.2	約 65.6	12	約 3.8	約 45.6
第 12 段	8	約 8.2	約 65.6	12	約 4.9	約 58.8
第 13 段	8	約 4.4	約 35.2	12	約 6.9	約 82.8
第 14 段	8	約 5.7	約 45.6	—	—	—
合 計	64	—	約 343.2	84	—	約 303.6

※1：2 系統あり，1 系統あたり各段が 2 個，各段に上下 1 組あるため，評価単位は 8 個  
(2 系統×2 個/段×2 個 (上下))

※2：3 系統あり，1 系統あたり各段が 2 個，各段に上下 1 組あるため，評価単位は 12 個  
(3 系統×2 個/段×2 個 (上下))

第 4-2 表 低圧内部車室の評価単位

区分	1号炉※1				2号炉※1			
	評価単位		評価単位重量(トン/個)	合計重量(トン)	評価単位		評価単位重量(トン/個)	合計重量(トン)
	位置	数量			位置	数量		
上半	A1	2	約 5.0	約 10.0	A1	3	約 3.2	約 9.7
	A2	2	約 5.0	約 10.0	A2	3	約 3.2	約 9.7
	B1	2	約 4.0	約 8.0	B1	3	約 5.6	約 16.8
	B2	2	約 4.0	約 8.0	B2	3	約 5.6	約 16.8
	C1	2	約 4.0	約 8.0	C1	3	約 4.8	約 14.4
	C2	2	約 4.0	約 8.0	C2	3	約 4.8	約 14.4
	D1	2	約 5.0	約 10.0	D1	3	約 5.6	約 16.8
	D2	2	約 5.0	約 10.0	D2	3	約 5.6	約 16.8
	—	—	—	—	E1	3	約 3.2	約 9.7
	—	—	—	—	E2	3	約 3.2	約 9.7
下半	A1	2	約 6.5	約 12.9	A1	3	約 8.9	約 26.8
	A2	2	約 6.5	約 12.9	A2	3	約 8.9	約 26.8
	B1	2	約 7.3	約 14.6	B1	3	約 4.6	約 13.7
	B2	2	約 7.3	約 14.6	B2	3	約 4.6	約 13.7
	C1	2	約 7.3	約 14.6	C1	3	約 3.5	約 10.4
	C2	2	約 7.3	約 14.6	C2	3	約 3.5	約 10.4
	D1	2	約 6.5	約 12.9	D1	3	約 4.6	約 13.7
	D2	2	約 6.5	約 12.9	D2	3	約 4.6	約 13.7
	—	—	—	—	E1	3	約 8.9	約 26.8
	—	—	—	—	E2	3	約 8.9	約 26.8
合計	—	—	—	約 182.0	—	—	—	約 318.0

※1：評価単位重量は、1系統あたりの重量（四捨五入で処理）である。評価単位の数量は系統の数を示す（1号炉：2系統，2号炉：3系統）。

## ○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、「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、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

測定装置は、測定対象が表面汚染であること、測定核種がβ線及びγ線放出核種であるCo-60のみであること、測定部位として形状が複雑ではなく平らな部分を選択することから汎用のGMサーベイメータを用いる。

放射能濃度確認対象物の評価単位のCo-60放射能濃度は、対象物が均一な汚染の状況を示すため、最も厚みの薄い測定単位が、最も放射能濃度を保守的に評価できる場所であること及びいずれの測定単位のD/Cも事前調査の結果、クリアランス判断基準の1/33以下であることから、当該測定単位(以下、「代表測定単位」という。)の放射能濃度に基づいて決定する。

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の信頼の水準を片側95%としたときの上限値が1を超えないことを確認し、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、GMサーベイメータを用いて、放射能濃度確認対象物を測定して得られる放射線測定値、放射線測定器の測定効率及び測定条件の不確かさを考慮する。データ処理(重量及び面積)の不確かさは、JIS等の規格化された普通公差を設定する。具体的には、「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。

### 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、放射線測定器の測定効率及び測定条件の不確かさを考慮する。データ処理(重量及び面積)の不確かさは、JIS等の規格化された普通公差を設定する。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%としたときの上限値が1を超えないことを評価する。

なお、放射線測定値に起因する不確かさは、測定された計数率の統計誤差に包

含係数を考慮して求める。統計誤差及び包含係数を考慮した  $\beta$  線及び  $\gamma$  線の正味計数率を求める方法は、GM サーベイメータで測定し得られた正味計数率に、統計誤差に包含係数を乗じた値を加算して求める。包含係数は、信頼の水準を片側 95%としたときの 1.645 とする。具体的には以下の式のとおりである。

$$n_{\text{net}} = n'_{\text{net}} + \sigma_n \times k$$

$$n'_{\text{net}} = n_G - n_B$$

$n_{\text{net}}$  : 統計誤差を考慮した  $\beta$ ,  $\gamma$  線の正味計数率

$n'_{\text{net}}$  :  $\beta$ ,  $\gamma$  線の正味計数率

$n_G$  :  $\beta$ ,  $\gamma$  線のグロス計数率

$n_B$  : バックグラウンド計数率

$k$  : 包含係数 1.645

$\sigma_n$  :  $\beta$ ,  $\gamma$  線の正味計数率の統計誤差

測定効率（以下、「放射能換算係数」という。）に起因する不確かさは、放射能換算係数設定時の標準線源の誤差及び放射能換算係数の統計誤差を考慮する。標準線源の誤差は、校正証明書に記載の不確かさから設定する。放射能換算係数の統計誤差は、参考文献（日本原子力学会標準）から  $1/\sqrt{2n\tau}$ （ $n$ ：計数率， $\tau$ ：時定数）で設定する。放射能換算係数に起因する不確かさは、標準線源の誤差及び放射能換算係数の統計誤差を合成した不確かさに信頼の水準を片側 95%としたときの包含係数 1.645 を乗じた値を設定する。不確かさを考慮した放射能換算係数の算出式を以下に示す。

$$CF = (1 + U') \times CF'$$

$CF$  : 不確かさを考慮した Co-60 に対する放射能換算係数 ( $\text{Bq}/\text{cm}^2/\text{min}^{-1}$ )

$U'$  : 放射能換算係数に起因する不確かさ

$CF'$  : 放射能換算係数 ( $\text{Bq}/\text{cm}^2/\text{min}^{-1}$ )

測定効率のうち、測定対象物と放射線測定器との位置関係の不確かさは、測定部位として形状が複雑ではなく平らな部分を選択することにより、GM サーベイメータを直付けして測定することから考慮する必要はなく、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、放射能濃度確認対象物が表面汚染であることから考慮する必要はない。

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 放射能濃度が大きくなるように設定する。測定条件では比表面

積を求める際に普通公差を設定するが、JIS B 0405 の公差を大きく設定することで比表面積を大きく設定し、Co-60 放射能濃度を保守的に評価する。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、測定環境のバックグラウンドはほぼ変動がないこと、さらに放射能濃度確認対象物の測定毎にバックグラウンドを測定す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「添付資料5」に記載する。

## 放射能濃度を決定する方法について

## 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 がクリアランス判断基準の 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  $\beta$  線及び  $\gamma$  線を放出する核種のため、汎用の放射線測定器である GM サーベイメータを用いて測定する。

放射能濃度確認対象物の評価単位の Co-60 放射能濃度は、対象物の放射性物質の濃度は均一な汚染の状況を示すこと、及び測定単位における評価に用いる放射性物質の D/C がクリアランス判断基準の 1/33 以下であることから、最も厚みの薄い測定単位を代表として測定（以下、「代表測定箇所」という。）し、その結果を基に評価単位の放射能濃度を決定する。GM サーベイメータの入射窓面積（19.6cm<sup>2</sup>）程度に切り出した代表測定箇所を GM サーベイメータで測定を行う。代表測定箇所を第 4-1 図及び第 4-2 図に示す。

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箇所の Co-60 放射能濃度とし、不確かさを考慮して D/C が Co-60 のクリアランス判断基準に対して 1 を超えないことを確認し、国の確認を受ける。なお、測定・評価した対象物は、評価時点（2021 年 5 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。

## 2.1 放射能濃度算出方法

Co-60 の放射能濃度は、GM サーベイメータを用いて、放射能濃度確認対象物を測定して得られる計数率からバックグラウンド計数率を差し引いた正味計数率に、測定効率（以下、「放射能換算係数」という。）を乗じて求めた表面汚染密度に比表面積を乗じて求める。GM サーベイメータを用いた Co-60 放射能濃度算出式を式(1)に示す。なお、比表面積については、対象物の寸法及び普通公差を三次元 CAD に入力して求める。

$$D = n_{\text{net}} \times CF \times S \cdots \cdots \cdots \text{式(1)}$$

D : Co-60 の放射能濃度 (Bq/g)

$n_{\text{net}}$  : 統計誤差を考慮した  $\beta$ ,  $\gamma$  線の正味計数率

CF :不確かさを考慮した Co-60 に対する放射能換算係数 (Bq/cm<sup>2</sup>/min<sup>-1</sup>)

S :放射能濃度確認対象物の比表面積 (cm<sup>2</sup>/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 GM サーベイメータの放射能換算係数及び測定条件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が Co-60 のクリアランス判断基準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、測定環境のバックグラウンドはほぼ変動がないこと、及び放射能濃度確認対象物の測定毎にバックグラウンドを測定することから、考慮する必要はない。また、放射能換算係数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、GM サーベイメータを対象物に直付けして測定することから、考慮する必要はない。また、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、対象物が表面汚染であることから、考慮する必要はない。データ処理（放射能濃度換算等）の不確かさについては、重量は三次元 CAD に普通公差を入力して求めること、及び密度は規格化された値を適用することから、考慮する必要はない。

### 2.2.1 放射線測定値に起因する不確かさ

放射線測定値に起因する不確かさは、測定された計数率の統計誤差に包含係数を考慮して求める。測定された計数率の統計誤差及び包含係数を考慮した  $\beta$  線及び  $\gamma$  線の正味計数率を求める方法は、GM サーベイメータで測定し得られた正味計数率に、統計誤差に包含係数を乗じた値を加算して求める。包含係数は、信頼の水準を片側 95%としたときの 1.645 とする。放射線測定値の算出式を式(2)及び式(3)に示す。

$$n_{\text{net}} = n'_{\text{net}} + \sigma_n \times k \dots \dots \dots \text{式(2)}$$

$$n'_{\text{net}} = n_G - n_B \dots \dots \dots \text{式(3)}$$

$n_{\text{net}}$  : 統計誤差を考慮した  $\beta$ ,  $\gamma$  線の正味計数率

$n'_{\text{net}}$  :  $\beta$ ,  $\gamma$  線の正味計数率

$n_G$  :  $\beta$ ,  $\gamma$  線のグロス計数率

$n_B$  : バックグラウンド計数率

k : 包含係数 1.645

$\sigma_n$  :  $\beta$ ,  $\gamma$  線の正味計数率の統計誤差

### 2.2.2 測定効率に起因する不確かさ

測定効率（以下、「放射能換算係数」という。）に起因する不確かさは、放射能換算係数設定時の標準線源の誤差及び放射能換算係数の統計誤差を考慮する。標準線源の誤差は、校正証明書に記載の不確かさから設定する。放射能換算係数の統計誤差は、参考文献（日本原子力学会標準）から  $1/\sqrt{2n\tau}$ （ $n$ ：計数率， $\tau$ ：時定数）で設定する。放射能換算係数に起因する不確かさは、標準線源の誤差及び放射能換算係数の統計誤差を合成した不確かさに信頼の水準を片側 95%としたときの包含係数 1.645 を乗じた値を設定する。不確かさを考慮した放射能換算係数の算出式を式(4)に示す。

$$CF = (1 + U') \times CF' \dots \dots \dots \text{式(4)}$$

CF : 不確かさを考慮した Co-60 に対する放射能換算係数  
(Bq/cm<sup>2</sup>/min<sup>-1</sup>)

U' : 放射能換算係数に起因する不確かさ

CF' : 放射能換算係数 (Bq/cm<sup>2</sup>/min<sup>-1</sup>)

### 2.2.3 測定条件に起因する不確かさ

測定条件に起因する不確かさについては、Co-60 の放射能濃度が大きくなるように設定する。Co-60 の放射能濃度を大きくするには、式(1)の比表面積を大きくする。比表面積を大きくするには、表面積を大きく設定する。表面積を求める際には三次元 CAD に普通公差を設定するが、JIS B 0405 の公差を保守的に設定することで表面積を大きくする。なお、重量は保守的に見込まない。表面積のみ保守的に見込むことで比表面積は大きめの値になる。

## ○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、測定対象が表面汚染であること、測定核種がβ線及びγ線放出核種である Co-60 のみであること、測定部位として形状が複雑ではなく平らな部分を選択することから汎用の GM サーベイメータを用いて測定する。

### 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とする GM サーベイメータの測定値及び検出限界値を得るための条件であり、対象物の重量、表面積、測定時間、測定効率、バックグラウンド測定時間（以下、「BG 測定時間」という。）及びバックグラウンドを考慮する。なお、対象物の自己遮蔽効果については、対象物の測定部位として形状が複雑ではなく平らな部分を選択すること及び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、GM サーベイメータ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1年に1回の定期点検において確認する。

#### 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二条で規定されるクリアランス判断基準以下になることの判断が可能となるように測定条件を設定する。

なお、実際に測定した Co-60 正味計数率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 GM サーベイメータの検出限界値は、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「発電用軽水型原子炉施設における放出放射性物質の測定に関する指針」（平成 13 年 3 月 29 日一部改訂 原子力安全委員会）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規則別表

第2欄の Co-60 放射能濃度以下であることを確認する。

### 2.3 測定時間

GM サーベイメータの測定時間は、測定単位の D/C（評価対象核種：Co-60）が規則第二条で規定されるクリアランス判断基準以下であることの判断が可能な測定時間とする。

測定時間及び BG 測定時間は、JIS Z 4504 に基づき時定数（30 秒）の 3 倍である 90 秒とする。

### 2.4 点検・校正

GM サーベイメータの点検・校正は、あらかじめ日常点検を行うとともに、設定した測定効率が維持されていることを 1 年に 1 回の定期点検において確認する。

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や外観点検等を行うとともに、定期点検では、プラトー特性、Co-60 標準線源を用いた校正試験等を発電所構内で実施する。

GM サーベイメータの種類及び測定条件の詳細は「添付資料 6」に記載する。

## 放射線測定装置の選択及び測定条件等の設定について

### 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、測定対象が表面汚染であること、測定核種がβ線及びγ線放出核種である Co-60 のみであること、測定部位として形状が複雑ではなく平らな部分を選択することから汎用の GM サーベイメータを用いて測定する。

### 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 GM サーベイメータの測定値及び検出限界値を得るための条件であり、対象物の重量、表面積、測定時間、測定効率、バックグラウンド測定時間（以下、「BG 測定時間」という。）及びバックグラウンドを考慮する。なお、対象物の自己遮蔽効果については、対象物の形状が複雑ではなく平らな部分であること、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、GM サーベイメータ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、定期的を確認する。

#### 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二条で規定されるクリアランス判断基準以下になることの判断が可能となるように対象物の重量、表面積、測定時間、測定効率、BG 測定時間及びバックグラウンドを設定する。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未満であった場合には、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。

放射線測定装置の主な仕様及び測定条件を第 6-1 表に示す。

#### 2.2 検出限界値

放射能濃度測定に用いる GM サーベイメータの検出限界値は、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「発電用軽水型原子炉施設における放出放射性物質の測定に関する指針（平成13年3月29日 原子力安全委員会）」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規則別表第1第2欄のCo-60放射能濃度を下回ることを確認する。

### 2.3 測定時間

GMサーベイメータの測定時間は、測定単位のD/C（評価対象核種：Co-60）が規則第二条で規定されるクリアランス判断基準以下であることの判断が可能な測定時間とする。

測定時間及びBG測定時間は、JIS Z 4504に基づき時定数（30秒）の3倍である90秒とする。

### 2.4 点検・校正

GMサーベイメータの点検・校正は、あらかじめ日常点検を行うとともに、設定した測定効率が維持されていることを1年に1回の定期点検において確認する。

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や外観点検等を行うとともに、定期点検では、プラトー特性、Co-60標準線源を用いた校正試験等を発電所構内で実施する。

第 6-1 表 放射線測定装置の主な仕様及び測定条件

名 称	概要		
GM サーベイ メータ	仕様	検出器	測定方法：ガイガー・ミュラー計数管 測定効率：約 $4.5 \times 10^{-3} \text{Bq/cm}^2/\text{min}^{-1}$ ※ <sup>1</sup> 検出限界値：約 $1.2 \times 10^{-2} \text{Bq/g}$ ※ <sup>2</sup> 入射窓面積：19.6cm <sup>2</sup> 機器効率：45%以上 線源効率：40%
		型式	TGS-146B※ <sup>3</sup>
	測定 条件	測定方法	外部より $\beta$ 、 $\gamma$ 線を測定
		測定単位	低圧ダイヤフラム：噴口部から切り出し 低圧内部車室：仕切り板から切り出し
		対象物の 汚染性状	二次的な汚染
		対象物の 形状	平らな部分
		対象物の 材質	低圧ダイヤフラム：ステンレス鋼 低圧内部車室：炭素鋼
		測定時間	時定数：30 秒 測定時間：90 秒
	BG 測定 時間	時定数：30 秒 測定時間：90 秒	
	重量	仕様	三次元 CAD により求める。 普通公差は JIS B 0405 を適用する。
面積	仕様	三次元 CAD により求める。 普通公差は JIS B 0405 を適用する。	

※1：型式の代表値である。個々の GM サーベイメータにより異なる。

※2：検出限界値の代表値である。比表面積等により変動する。

※3：島根原子力発電所で定期的に点検校正されている代表型式である。今後の更新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

### 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島根 1 号炉の放射能濃度確認対象物は、島根原子力発電所の構内倉庫に保管し、島根 2 号炉の対象物は、汚染のおそれのある管理区域である島根 1 号炉タービン建物にて養生し保管する。保管位置は第 4 図に示す。その後、対象物は、汚染のおそれのない管理区域である検認エリアで Co-60 の放射能濃度を測定後、保管エリアで保管する。

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、養生したうえで、構内の保管エリアで保管する。保管エリアへの運搬に当たっては、追加的な汚染を防止するため、養生したうえで運搬する。

### 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構内の保管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ち入りを制限するよう管理することにより、異物の混入を防止する。

検認エリアの管理としては、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

放射能濃度測定後の放射能濃度確認対象物に測定前の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、GM サーベイメータを施錠管理する。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二条で規定されるクリアランス判断基準以下となる放射能濃度確認対象物は、養生を行うことにより異物の混入を防止する。評価単位の評価対象核種 (Co-60) の放射能濃度が規則第二条で規定されるクリアランス判断基準を超える場合は、再除染したうえで再測定若しくは当該評価単位を対象物から除外する。

### 4. 管理体制の品質管理

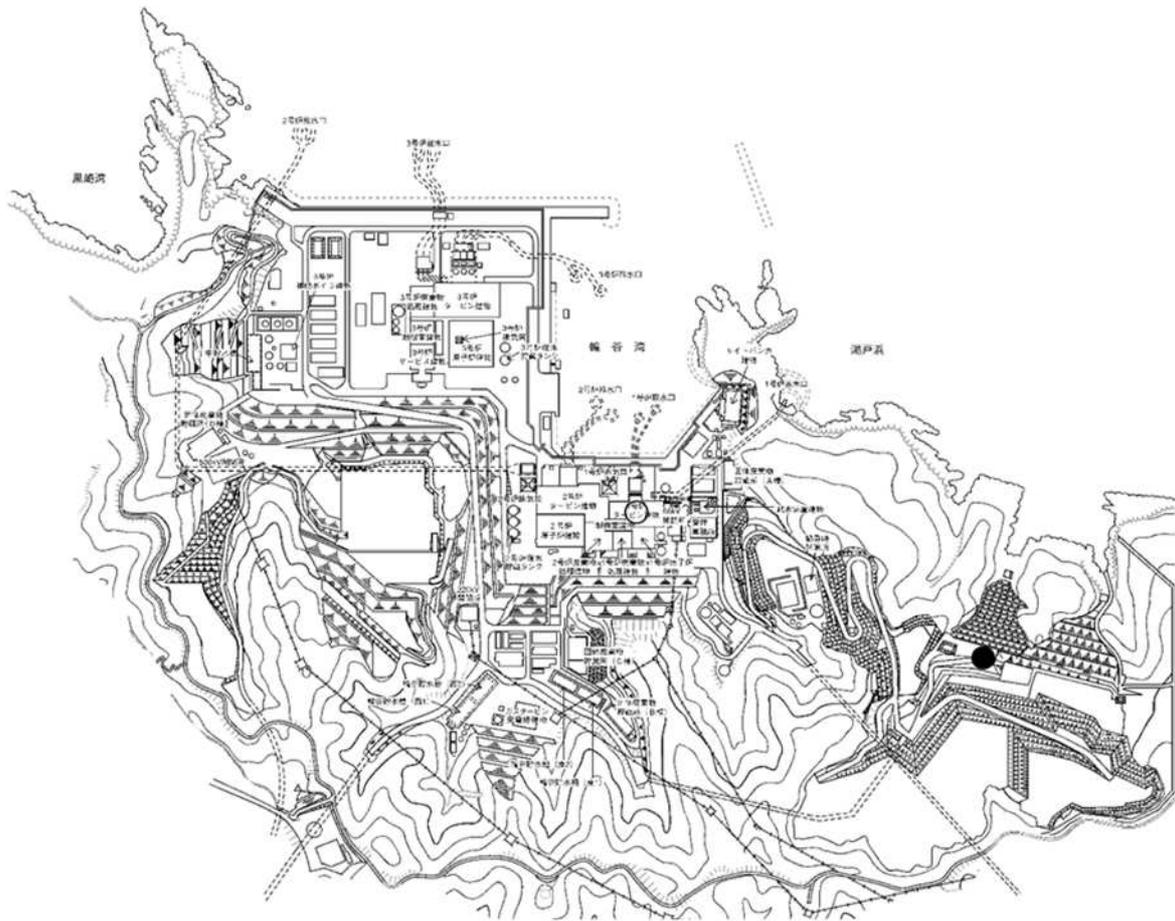
放射能濃度の測定後から原子力規制委員会の確認が行われるまでの間の管理

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

放射線測定装置である GM サーベイメータの設置場所は、汚染のおそれのある管理区域である検認エリアとする。検認エリアは、出入口の汚染管理、及び局所排風機による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に管理されたエリアである。

放射能濃度確認対象物の管理方法の詳細は「添付資料 7」に記載する。



- : 1号炉の放射能濃度確認対象物を保管
- : 2号炉の放射能濃度確認対象物を保管

第4図 放射能濃度確認対象物の保管位置

### 放射能濃度確認対象物の管理方法について

放射能濃度測定前の島根 1 号炉の放射能濃度確認対象物は、島根原子力発電所の構内倉庫に保管し、島根 2 号炉の対象物は、汚染のおそれのある管理区域である島根 1 号炉タービン建物にて養生し保管する。その後、保管場所から検認エリアに移動し、測定・評価を行う。なお、検認エリアは、汚染のおそれのない管理区域とし、島根原子力発電所の構内倉庫及びタービン建物に設定する。測定の結果、評価対象核種(Co-60)の D/C が Co-60 のクリアランス判断基準以下と判断した対象物は、養生したうえで保管エリアに搬送する。

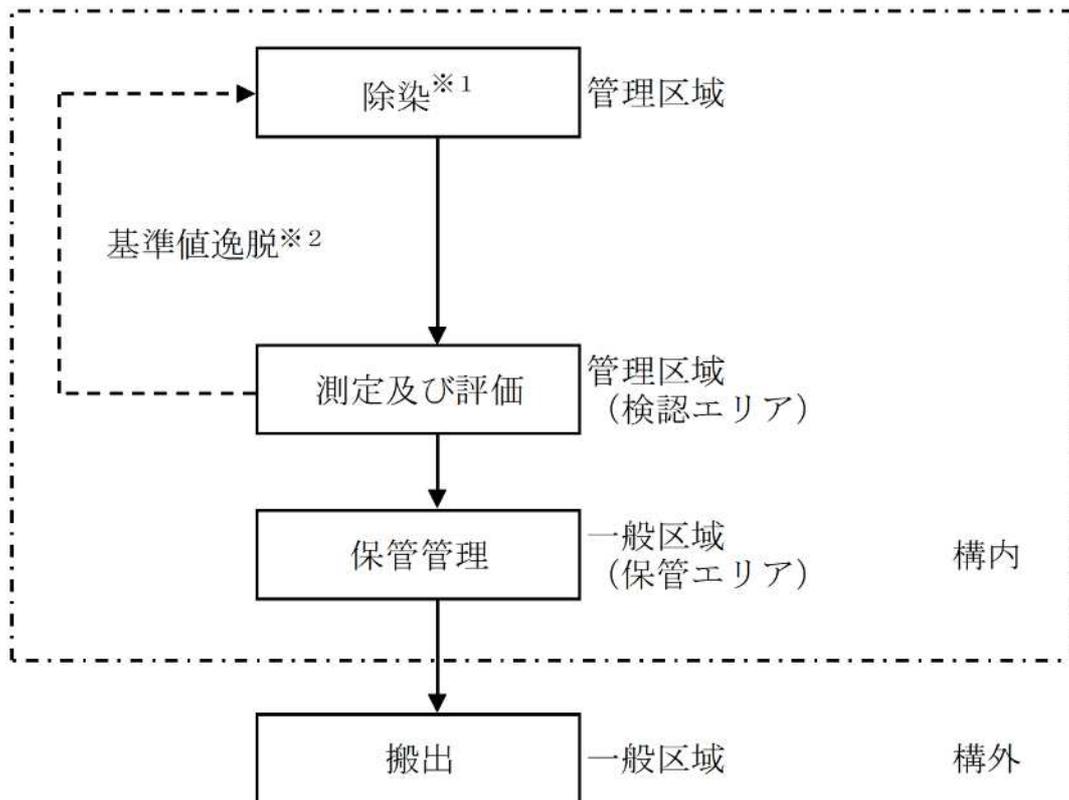
放射能濃度対象物の運搬に当たっては、追加的な汚染を防止するため養生して運搬する。

保管エリアに保管後の放射能濃度確認対象物は、確認を受けるまで錆の発生を防止するため、養生をした状態で保管する。

放射能濃度確認対象物の検認エリア及び保管場所は、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、立ち入りを制限する。また、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。

測定前後に放射能濃度確認対象物を写真撮影し、記録することにより、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にする。

放射能濃度確認対象物の取扱い及び管理の基本フロー図を第 7-1 図に、各エリアの管理事項を第 7-1 表に示す。



※1：1号炉の対象物は実施済み，2号炉の対象物は未実施である。

※2：基準値を逸脱した場合は，再除染又は放射能濃度確認対象物から除外する。

第7-1図 放射能濃度確認対象物の取扱い及び管理の基本処理フロー

第7-1表 各エリアの管理事項

項目	保管エリア	検認エリア
汚染のおそれのある管理区域	※1	—
汚染のおそれのない管理区域	○	○
区画（異物の混入防止）	○	○
施錠管理	○	○
保管状況の確認	○	※2
識別管理	—	○
輸送時の汚染防止	—	○

※1：2号炉の放射能濃度確認対象物は、汚染のおそれのある管理区域で保管し、保管管理は社内規定により実施する。

※2：検認エリアは、測定を行う場所であり、放射能濃度確認対象物を保管する機能は含まない（一時的な測定待ちの状況を除く）。

（注）○：管理事項の該当，—：管理事項の非該当

## ○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,並びに対象物の保管管理(分別管理を含む。)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,島根原子力発電所原子炉施設保安規定及び原子力品質保証規程,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,並びに対象物の保管管理(分別管理を含む。)に関する業務を統一的に管理する者を島根原子力発電所原子炉施設保安規定及びこれに基づく社内規定に定める。

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(分別管理を含む。)に関する業務は,当該業務を実施するうえで必要な教育・訓練について島根原子力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 GM サーベイメータは,定期的な点検・校正を含む保守管理を島根原子力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「添付資料 8」に記載する。

## 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について

放射能濃度確認対象物の放射能濃度の測定及び評価，並びに対象物の保管管理（分別管理を含む。）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，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，対象物の測定及び評価，保管管理，搬出，これら一連の管理に関する記録の作成・保管，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，並びに対象物の保管管理（分別管理を含む。）に関する業務の信頼性を確保する。

以上については，島根原子力発電所原子炉施設保安規定及び原子力品質保証規程，並びにこれら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（分別管理を含む。）に関する業務を統一的に管理する者を島根原子力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（分別管理を含む。）に関する業務を実施するうえで必要な教育・訓練について，島根原子力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・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。

### 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 GM サーベイメータについては，定期的な点検・校正を含む保守管理を島根原子力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とともに、定めた点検・校正等の手順に基づいて実施されていることを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対象物以外の物が混在しないよう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（分別管理を含む。）に関する業務に関しては、島根原子力発電所原子炉施設保安規定及び原子力品質保証規程、並びにこれら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（分別管理を含む。）に関する業務が定められた手順のとおり実施され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（分別管理を含む。）に関する業務において、GM サーベイメータの不具合、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、並びに対象物の保管管理（分別管理を含む。）に関する業務について、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。