

電放安第1号

令和2年4月7日

原子力規制委員会 殿

住 所 広島県広島市中区小町4番33号

申請者名 中国電力株式会社

代表者氏名 代表取締役社長執行役員 清水 希茂

島根原子力発電所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

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項の規定により、下記のとおり島根原子力発電所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の申請をいたします。

記

一 氏名又は名称及び住所並びに代表者の氏名

名 称 中国電力株式会社

住 所 広島県広島市中区小町4番33号

代表者の氏名 代表取締役社長執行役員 清水 希茂

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。

二 放射能濃度確認対象物が生じる工場等の名称及び所在地

名 称 島根原子力発電所

所 在 地 島根県松江市鹿島町片匂

三 放射能濃度確認対象物が生じる施設の名称

名 称 島根原子力発電所 1 号炉及び 2 号炉の原子炉施設のうちタービン建物

#### 四 放射能濃度確認対象物の種類

島根原子力発電所1号炉は、濃縮ウラン、軽水減速、軽水冷却形（沸騰水形）、2号炉は、濃縮ウラン、ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料、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1号炉及び2号炉のタービン建物の汚染の性状は、放射化計算に基づき、二次的な汚染及び放射化汚染それぞれの放射性物質組成を評価した結果、原子炉冷却材等による二次的な汚染である。

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号炉の運転中にタービン建物から発生した資材のうち、原子炉冷却材等による二次的な汚染（表面及び内面の汚染。以下、同様）がある資材であり、炭素鋼、ステンレス鋼及び合金鋼を主要材質とする。

放射能濃度確認対象物の発生領域を図－1「放射能濃度確認対象物の発生領域」に示す。

## 五 評価に用いる放射性物質の種類

島根原子力発電所1号炉及び2号炉の運転中にタービン建物から発生した資材に係る放射能濃度の測定及び評価に用いる放射性物質の種類は、島根原子力発電所1号炉及び2号炉の二次的な汚染の計算に基づく放射性物質組成を評価した結果から、Co-60とする。

なお、島根原子力発電所1号炉及び2号炉の汚染状況の評価結果から、「製錬事業者等における工場等において用いた資材その他の物に含まれる放射性物質の放射能濃度についての確認等に関する規則」（以下「規則」という。）別表第1の第1欄に示された33種類の放射性物質の放射能濃度を規則別表第1の第2欄の放射能濃度で除した値の和を求め、評価に用いる放射性物質として選定するCo-60が長期間（島根原子力発電所1号炉は23年後（放射能濃度の測定及び評価を開始する予定時点）、48年後（放射能濃度の測定及び評価を完了する予定時点）、島根原子力発電所2号炉は9年後（放射能濃度の測定及び評価を開始する予定時点）、34年後（放射能濃度の測定及び評価を完了する予定時点））にわたって90%以上であることを確認している。

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。確認の結果、島根原子力発電所の敷地内における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がないことを確認している。

## 六 放射能濃度の評価単位

放射能濃度確認対象物は、「四 放射能濃度確認対象物の種類」で示す二次的な汚染がある資材であり、汚染の程度が大きく異ならない。放射能濃度確認対象物を測定単位毎に専用の測定トレイに載せ測定後に、評価単位を構成する。

放射能濃度確認対象物の測定単位は、専用の測定トレイに載せることができる単純形状のもの（平板等）で、重量 100 kg以内とする。評価単位は、評価単位内の想定される放射能濃度及び放射能濃度の分布の均一性を確認した上で、複数の測定単位の重量を合計し、1 トン以内とする。

### （1）評価単位内の想定される放射能濃度

評価単位内の放射能濃度確認対象物は、測定単位毎に資材の表面汚染密度測定等により、放射能濃度が規則別表第 1 の第 2 欄の放射能濃度以下になることが見込まれるもの又は物理除染により規則別表第 1 の第 2 欄の放射能濃度以下まで放射能濃度を低減することが見込まれるものとする。

### （2）評価単位内における放射能濃度の分布の均一性

評価単位内における放射能濃度の分布の均一性は、評価単位を構成する測定単位の評価対象核種の放射能濃度を規則別表第 1 の第 2 欄の放射能濃度で除した値の和（以下「 $\sum D_i / C_i$ 」という。）が放射能濃度に係る基準の 10 倍を超えるような著しい偏りがないことにより確認する。なお、 $\sum D_i / C_i$  が規則別表第 1 の第 2 欄の放射能濃度の 10 倍を超える場合、物理除染を行い再度測定するか放射能濃度確認対象物から除外する。

## 七 放射能濃度を決定する方法

### 1 測定単位における放射能濃度確認対象物の放射能濃度を決定する方法

「四 放射能濃度確認対象物の種類」で汚染の性状が二次的な汚染であること、「五 評価に用いる放射性物質の種類」で評価に用いる放射性物質は Co-60 とした。二次的な汚染の Co-60 の放射能濃度を決定する方法は、次のとおり決定する。

Co-60 は、トレイ型専用測定装置で計測された  $\gamma$  線の計数率が全て主要な放射性物質である Co-60 から放出された放射線によるものとして放射能濃度を決定する（以下「主要核種測定法」という）。

主要核種測定法は、トレイ型専用測定装置で計測された全  $\gamma$  線の計数率に Co-60 の放射能濃度を保守的に評価する安全率と校正定数及び自己吸収補正係数から設定する放射能換算係数を乗じて、放射能濃度確認対象物の重量で除することにより決定する。なお、安全率及び放射能換算係数は、「八 放射線測定装置の種類及び測定条件」に示す。

### 2 評価単位における放射能濃度確認対象物の放射能濃度を決定する方法

評価単位の放射能濃度確認対象物の放射能濃度は、次のとおり決定する。

測定単位の Co-60 の放射エネルギーを求める。測定単位の Co-60 の放射能濃度に測定単位の測定重量を乗じて、合計し放射エネルギーを求める。

次に評価単位の放射能濃度確認対象物の放射能濃度を決定する。上述により求めた放射エネルギーを評価単位の放射能濃度確認対象物の重量で除して求める。なお、評価単位の放射能濃度確認対象物の重量は、100kg 以内の測定単位の放射能濃度確認対象物を集荷して 1 トン以内とする。

### 3 放射能濃度を決定する方法に関する不確かさ

全 $\gamma$ 線計数率，放射能換算係数，測定条件及びデータ処理に起因する不確かさを評価する。不確かさの評価は，放射性物質の $\Sigma D_i/C_i$ の信頼の水準を片側95%としたときの上限値（以下「95%上限値」という。）が1を超えないことを評価する。95%上限値は，安全率を放射能換算係数に乗じて求める。

安全率は，放射能濃度確認対象物の放射能濃度を規則別表第1の第2欄の放射能濃度で除した $\Sigma D_i/C_i$ を1に切り上げたうえ拡張不確かさを加算したものである。拡張不確かさは次の手順により評価する。

全 $\gamma$ 線計数率，放射能換算係数，測定条件及びデータ処理に起因する不確かさの要因を抽出する。抽出した不確かさの要因の相対標準不確かさを求める。相対標準不確かさを合成し，合成標準不確かさを求める。合成標準不確かさに信頼の水準を90%としたときの包含係数に乗じて拡張不確かさを求める。

## 八 放射線測定装置の種類及び測定条件

放射能濃度確認対象物の放射能濃度を決定する方法は主要核種測定法である。主要核種測定法で用いる放射線測定装置の種類は、測定トレイに載せた放射能濃度確認対象物の $\gamma$ 線を測定するトレイ型専用測定装置とする。このトレイ型専用測定装置は、島根原子力発電所1号炉及び2号炉の汚染のおそれのない管理区域（表面汚染密度及び空気中の放射性物質濃度が法令に定める管理区域に係る値を超えるおそれのない区域であって、図－1「放射能濃度確認対象物の発生領域」に示す管理区域のうち汚染管理区域以外の区域又は一時的に設定する汚染のおそれのない管理区域）に設置する。

同装置は、測定トレイに載せた放射能濃度確認対象物の全 $\gamma$ 線計数率及び重量の測定、並びに高さを計測することができる。

放射能濃度確認対象物の放射能濃度は、校正定数と自己吸収補正係数から設定する放射能換算係数、放射能濃度を過小評価しないよう補正するための安全率及び放射能濃度確認対象物の重量等から算出される。

放射能換算係数は、線源校正結果を基に設定する校正定数、放射能濃度確認対象物の重量及び高さ等を基に設定する自己吸収補正係数から放射能濃度確認対象物の測定時にその都度設定する。

安全率は、放射能濃度確認対象物の放射能濃度を規則別表第1の第2欄の放射能濃度で除した $\sum D_i / C_i$ を1とし、「七 放射能濃度を決定する方法」の「3 放射能濃度を決定する方法に関する不確かさ」で評価した拡張不確かさを加算した  とする。これにより、放射能濃度確認対象物の放射能濃度は、実際よりも大きめの測定値として求められる。

トレイ型専用測定装置の検出限界値は、バックグラウンド変動に起因する相対誤差及び放射能換算係数の相対誤差等から求める。バックグラウンド変動に

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。



起因する相対誤差は、バックグラウンド変動に起因する自己吸収補正誤差の標準偏差及び周辺のバックグラウンド変動に起因するトレイ型専用測定装置のバックグラウンド自体の変動係数を考慮し 2.74%に設定する。なお、放射能換算係数の相対誤差は、安全率を  に設定することにより、放射能濃度確認対象物の放射能濃度は高く評価されることから 0%とする。

トレイ型専用測定装置により放射能濃度確認対象物を測定した結果、検出限界値未満であった場合には、当該放射能濃度確認対象物の主要核種である Co-60 の放射能濃度は検出限界値に相当する放射能濃度とする。

トレイ型専用測定装置の主要な仕様及び測定条件を表－1「放射線測定装置の主要な仕様及び測定条件」に示す。トレイ型専用測定装置は、放射能濃度確認対象物をトレイに載せた状態が表－1「放射線測定装置の主要な仕様及び測定条件」の測定重量、測定検知高さを逸脱する場合には、測定が開始されない機能を有する。

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。

表－1 放射線測定装置の主要な仕様及び測定条件

項目	概要
放射能濃度確認対象物	<ul style="list-style-type: none"> <li>・材質：金属</li> <li>・形状：単純形状のもの（平板等）</li> <li>・寸法：内寸約 80cm×約 80cm のトレイに載せることができ、高さ 40cm 以下のトレイ型専用測定装置の開口部を通過できる寸法</li> <li>・汚染性状：二次的な汚染</li> <li>・測定重量：20～100kg（測定単位あたり）</li> <li>・測定検知高さ：40cm 以下</li> </ul>
放射能濃度確認対象物のトレイへの載せ方	測定中に放射能濃度確認対象物が、倒れたり、移動したりしないような安定した置き方で、かつ個々の放射能濃度確認対象物が重ならないようにトレイに載せる。
測定時間	60 秒（正味測定時間）
バックグラウンド測定	作業開始前に実施（測定時間：300 秒）
バックグラウンド変動*1	至近のバックグラウンド測定値に対して±2.49%以内（測定部内）
相対誤差	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バックグラウンド変動に起因する相対誤差：2.74%*1</li> <li>・放射能換算係数の相対誤差：0%</li> </ul>
安全率	□
検出器	<ul style="list-style-type: none"> <li>・測定対象線種：γ線</li> <li>・種類：プラスチックシンチレーション式検出器（8 個）</li> <li>・位置：トレイの上下に各 4 個（合計 8 個）</li> <li>・寸法：縦 25cm×横 25cm×厚さ 5cm（1 個あたり）</li> <li>・機能：上面検出器は放射能濃度確認対象物の高さに応じて昇降</li> <li>・測定効率：約 0.011<sub>s</sub><sup>-1</sup>/Bq 以上（トレイ上の空間に Co-60 点線源を配置したときに得られる測定効率の最小値）</li> <li>・検出限界値*2：0.040Bq/g 以下（Co-60 に対して）</li> </ul>

\*1：放射線測定装置の設置場所により変動する。

\*2：放射能濃度確認対象物の重量及び高さ等により変動する。

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。

## 九 放射能濃度確認対象物の管理方法

放射能濃度確認対象物は、整理番号を付した保管容器単位で管理する。同対象物の放射能濃度測定後に保管容器に収納し、速やかに蓋をして異物の混入を防止する。なお、放射能濃度測定時は、カメラ撮影及び重量を測定し記録する。また、放射能濃度測定は、トレイ型専用測定装置の入口側と出口側を区画により物理的に分離する。トレイ型専用測定装置は、島根原子力発電所1号炉及び2号炉の汚染のおそれのない管理区域（表面汚染密度及び空気中の放射性物質濃度が法令に定める管理区域に係る値を超えるおそれのない区域であって、図-1「放射能濃度確認対象物の発生領域」に示す管理区域のうち汚染管理区域以外の区域又は一時的に設定する汚染のおそれのない管理区域）に設置することにより、放射性物質による汚染を防止する。

放射能濃度の測定を行った同対象物は、放射能濃度についての確認を受けるまでの間、異物の混入を防止するため、保管容器に封入した状態で、管理区域の外側にある構内の保管場所で保管する。この場所の管理として、出入口を施錠管理するとともに島根原子力発電所の放射能濃度確認担当箇所の所属員以外及び同箇所から承認を受けた者以外の者が立ち入らないように立ち入り制限する。

放射能濃度についての確認は、確認への支障を及ぼす経年変化が発生しないようにCo-60の半減期を超えない時期に原子力規制委員会の確認を受ける。また、腐食や劣化が生じないように確認を受けるまで保管容器を開かないようにする。

放射能濃度について確認を受けた対象物は、構内から搬出するまでの間、異物の混入及び放射性物質による汚染を防止するため、上記の管理に準じて管理区域の外側にある構内の所定の場所に保管管理する。

## 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

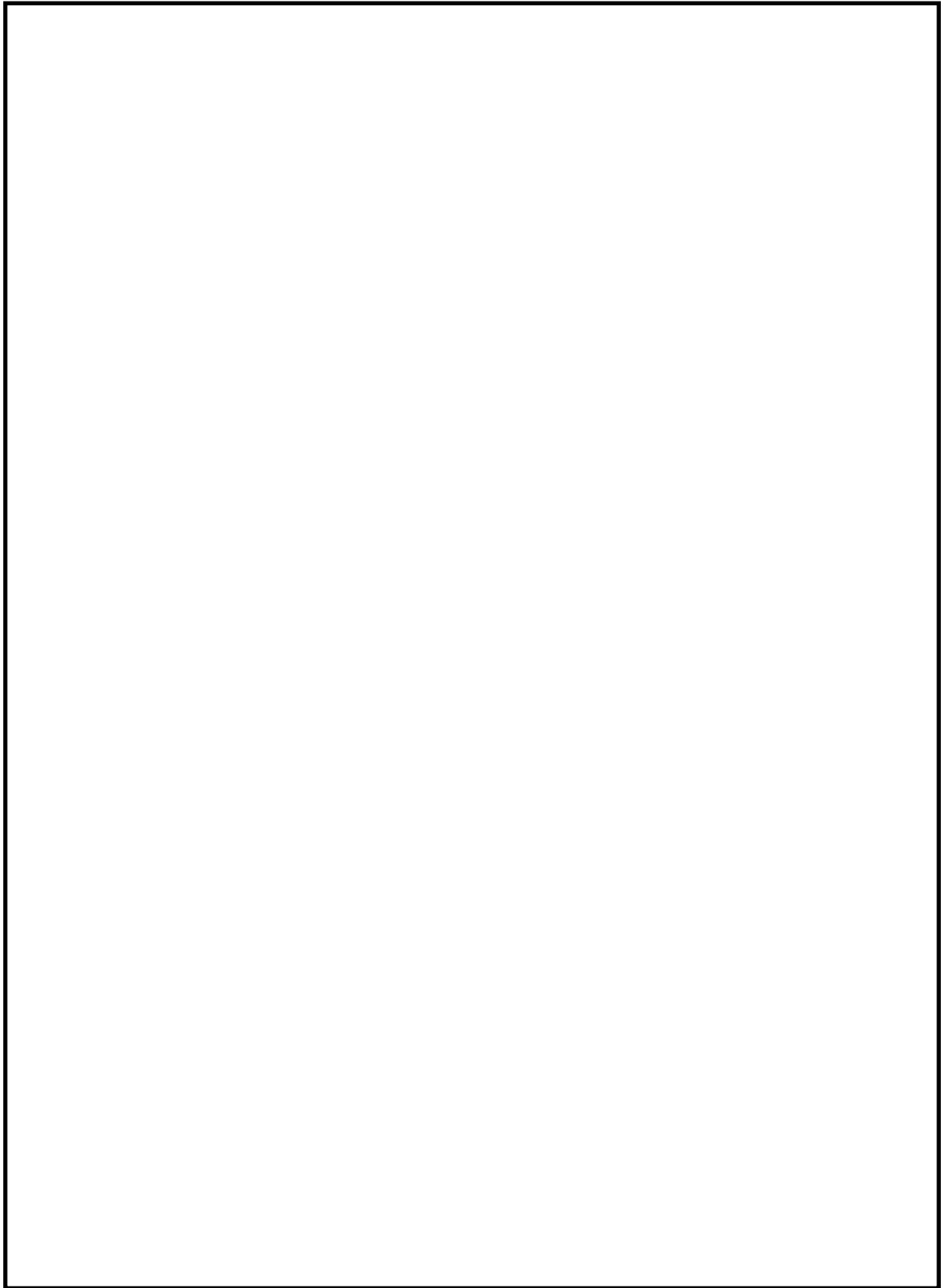
「九 放射能濃度確認対象物の管理方法」に関する業務を統一的に管理する者を組織の中で明確にする。

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は、当該業務を実施する上で必要な知識・技能について明確にし、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社内認定を行う。

トレイ型専用測定装置は、定期的な点検・校正を含む保守管理を実施する。

放射能濃度確認対象物以外の物（一般廃棄物等）が混在しないよう分別管理する。

「九 放射能濃度確認対象物の管理方法」については、管理体制が厳格な品質管理の下に実施され、維持されていることを品質マネジメントシステムで明確にする。



図－1 放射能濃度確認対象物の発生領域

## 添付書類

- 一 放射能濃度確認対象物が生じる施設に関する説明書
- 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

## 添付書類 一

放射能濃度確認対象物が生じる施設に関する説明書

島根原子力発電所は、1号炉が濃縮ウラン、軽水減速、軽水冷却形（沸騰水形）、2号炉が濃縮ウラン、ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料、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1号炉及び2号炉の一次冷却設備は、原子炉再循環系、主蒸気系、蒸気タービン、復水器及び復水・給水系等で構成する。原子炉再循環系は、原子炉再循環ポンプ及び原子炉圧力容器内に設けるジェット・ポンプにより、冷却材を炉心に循環させて、炉心の熱除去を行う。炉心で発生した蒸気は、原子炉圧力容器内の気水分離器及び蒸気乾燥器を通した後、主蒸気管でタービンに導く。タービンで仕事をした蒸気は、復水器で凝縮し、復水は復水ポンプ、復水脱塩装置、復水昇圧ポンプ、低圧給水加熱器等を通り、給水ポンプにより加圧して高圧給水加熱器を通過して原子炉圧力容器に戻る。島根原子力発電所1、2号炉の系統を図1-1「島根原子力発電所1号炉の系統」（1/2）及び図1-1「島根原子力発電所2号炉の系統」（2/2）に示す。

放射能濃度確認対象物は、タービン建物に設置されている機器の撤去に伴い発生した資材である。放射能濃度確認対象物が発生する領域は、管理区域内のタービン建物であり汚染管理区域のある建物内であるため、原子炉冷却材（蒸気、復水及び給水）による二次的な汚染を考慮する必要がある。

なお、島根原子力発電所1号炉及び2号炉は、運転中において燃料破損は発生していない。



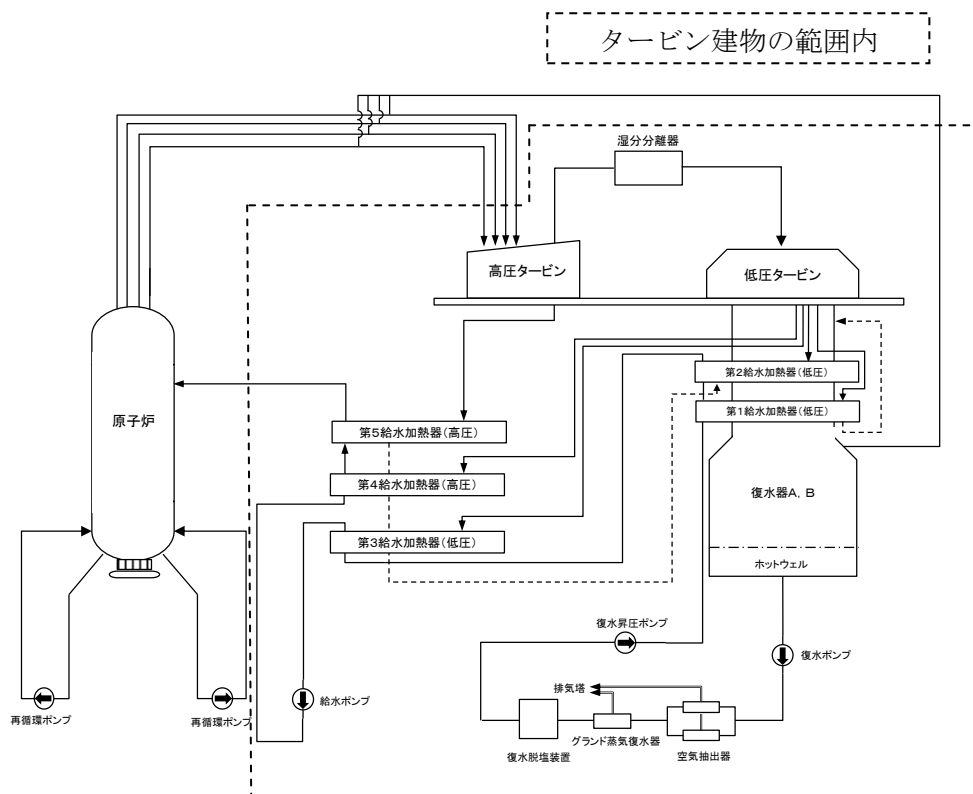


図 1 - 1 島根原子力発電所 1 号炉の系統 (1 / 2)

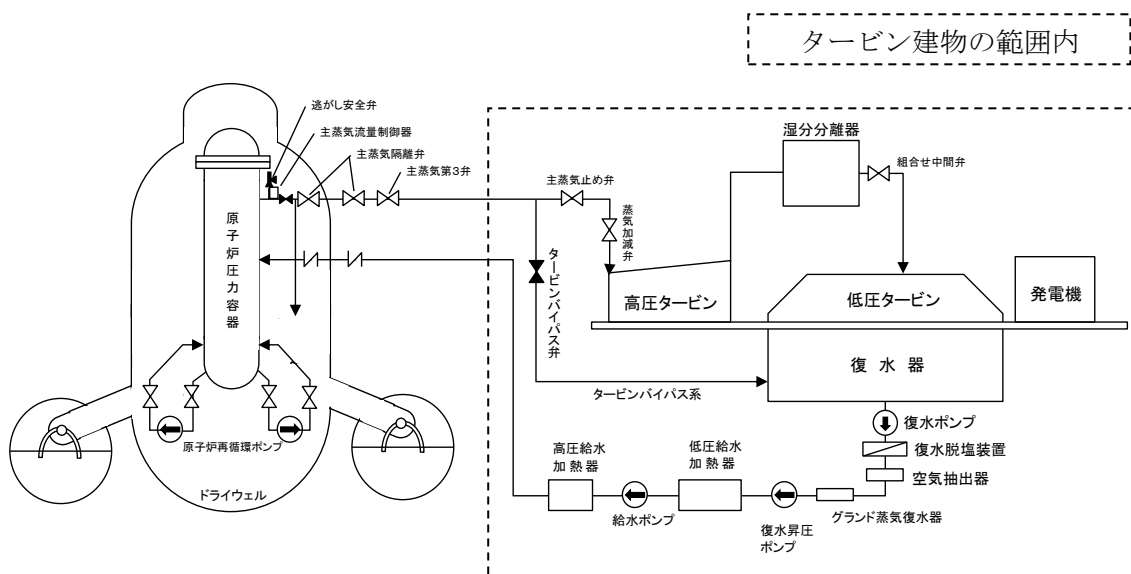


図 1 - 1 島根原子力発電所 2 号炉の系統 (2 / 2)

## 添付書類 二

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

## 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、島根原子力発電所 1 号炉及び 2 号炉の運転中に発生した資材のうち、タービン建物の管理区域に設置された機器類の資材である。なお、運転中に発生する資材の放射能濃度は、測定評価時点で物理除染の効果も考慮した際に規則別表第 1 の第 2 欄の放射能濃度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の発生領域及び放射能濃度確認対象物を表 2-1「放射能濃度確認対象物の発生領域及び対象物」に示す。

## 2. 放射能濃度確認対象物の材質

島根原子力発電所 1 号炉及び 2 号炉の運転中にタービン建物から発生した資材のうち主要材質が炭素鋼、ステンレス鋼及び合金鋼である資材を選定して放射能濃度確認対象物とする。

## 3. 放射能濃度確認対象物の汚染の状況

島根原子力発電所 1 号炉及び 2 号炉のタービン建物における放射性物質を含む主蒸気系及び復水・給水系の主要系統の構成を図 2-1「放射性物質を含む主蒸気系及び復水・給水系の主要系統の構成」(1/2, 2/2) に示す。

### 3. 1 汚染の性状と区域

島根原子力発電所 1 号炉及び 2 号炉のタービン建物の主要系統における放射性物質による汚染の性状と区域について以下に示す。

島根原子力発電所は、1 号炉が濃縮ウラン、軽水減速、軽水冷却形（沸騰水形）、2 号炉が濃縮ウラン、ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料、軽水減速、軽水冷却型（沸騰水型）の原子炉である。炉心でウラン燃料の核分

裂により発生した熱により、蒸気タービンを回した主蒸気は、主復水器で海水により冷却され、凝縮した後、復水脱塩装置、給水加熱器を経由して再び原子炉に給水される。この原子炉冷却材の循環に伴い、原子炉内に持ち込まれた鉄さび等の腐食生成物は、原子燃料の被覆管に付着する。

原子炉内では、濃縮ウランの中性子による核分裂が起こっているため、原子炉冷却材には、中性子照射により生成した放射化腐食生成物及び燃料棒表面に製造時に付着した酸化ウラン粒子が中性子で照射され発生した核分裂生成物といった放射性物質が含まれる。

原子炉冷却材は、ろ過脱塩装置及び脱塩装置で構成される原子炉冷却材浄化系に導かれ、放射化腐食生成物、核分裂生成物及び腐食生成物が除去され、浄化される。ろ過脱塩装置及び脱塩装置から発生するイオン交換樹脂は廃棄物処理建物にスラリー移送され、貯蔵される。

原子炉運転中は、原子炉で発生した蒸気は蒸気乾燥器、気水分離器で湿分が除去される過程で放射化腐食生成物、核分裂生成物も除去されるが、主蒸気中にはごく僅かに放射性物質が含まれる。このため、タービン側の機器類にも放射化腐食生成物と核分裂生成物が付着し、二次的な汚染が生じる。タービン側の機器類は、二次的な汚染が生じている機器が配置されている区域に設置され、内包する放射性物質を含む蒸気は二次的な汚染が伝播したものであり、二次的な汚染が生じる。

原子炉内で生成した放射化腐食生成物、核分裂生成物は、原子炉施設の運用の中で原子炉建物からタービン建物に伝播して行くため、二次的な汚染は類似の組成となる。

以上で述べたように島根原子力発電所1号炉及び2号炉のタービン建物の主要系統における放射性物質による汚染の性状は、原子炉内で生成した放

射化腐食生成物及び核分裂生成物である。区域は、放射化腐食生成物及び核分裂生成物を含む蒸気が付着又は沈着したタービン建物である。

### 3. 2 汚染の分類

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号炉のタービン建物に配置した機器を撤去した際に発生した資材であり、その主要材質は炭素鋼、ステンレス鋼及び合金鋼である。これら放射能濃度確認対象物の汚染の性状と発生区域は、3. 1「汚染の性状と区域」に示すように原子炉冷却材に含まれる核分裂生成物及び放射化腐食生成物といった放射性物質が機器類に付着又は沈着して生じる二次的な汚染があるタービン建物である。放射能濃度確認対象物の主要材質が炭素鋼、ステンレス鋼及び合金鋼であるため、コンクリートのように二次的な汚染の浸透汚染は生じない。放射能濃度確認対象物の汚染を分類すると、原子炉冷却材に含まれる放射性物質が機器類（低圧タービン）に付着又は沈着して生じる二次的な汚染である。

## 4. 放射能濃度確認対象物の推定量

島根原子力発電所1号炉及び2号炉の運転中に発生する資材のうち、主な放射能濃度確認対象物の推定量を表2-2「放射能濃度確認対象物と主な材質及び推定量」に示す。

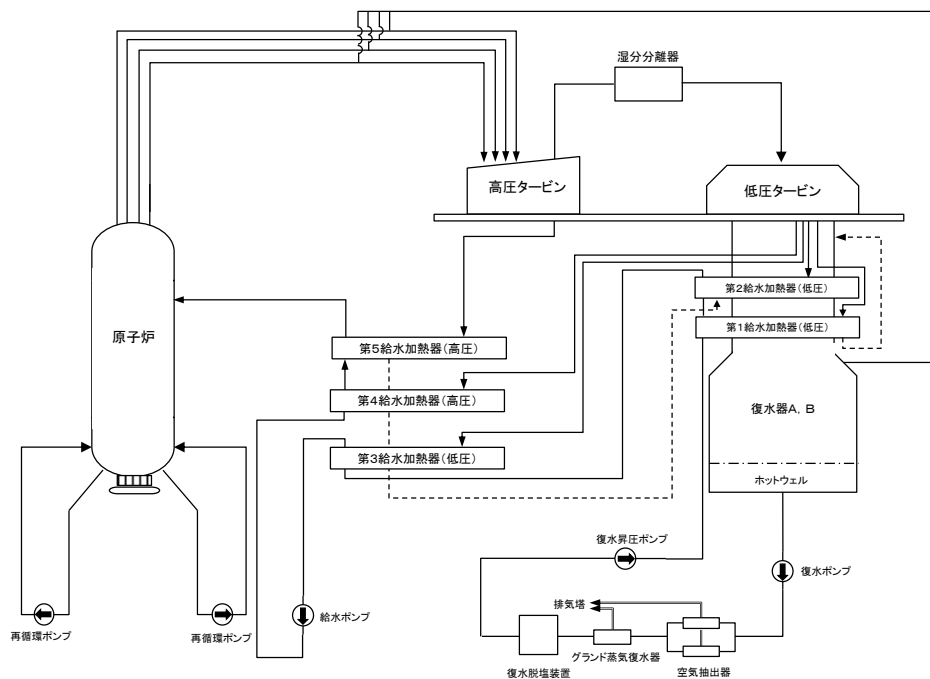
表 2 - 1 放射能濃度確認対象物の発生領域及び対象物

発生領域			放射能濃度確認対象物
号 炉	建物名称	領域名称	
島根原子力発電所 1号炉	タービン建物	蒸気タービン	低圧タービン a) 低圧ダイヤフラム b) 低圧内部車室
島根原子力発電所 2号炉	タービン建物	蒸気タービン	低圧タービン a) 低圧ダイヤフラム b) 低圧内部車室

表 2 - 2 放射能濃度確認対象物の主な材質及び推定量

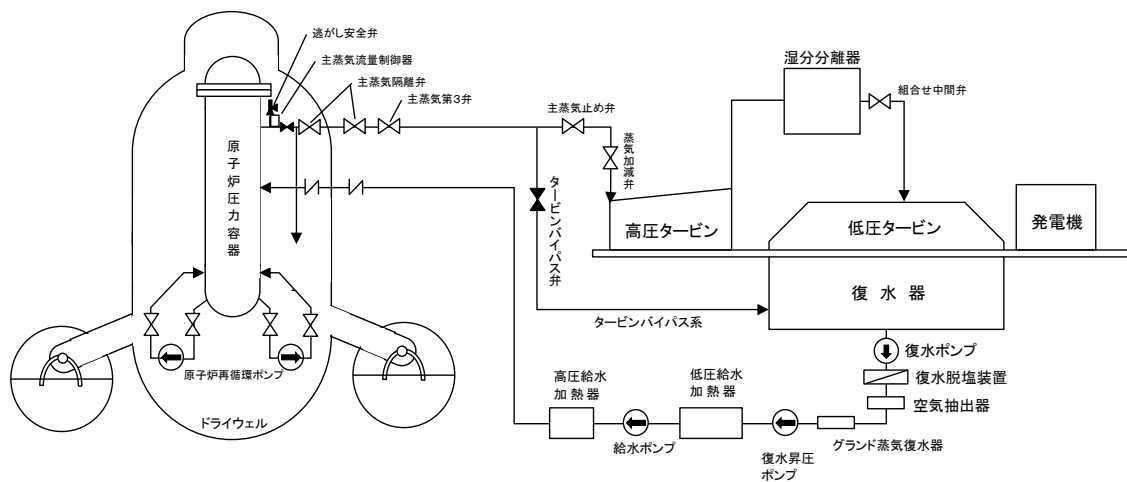
号 炉	汚染の種類	放射能濃度確認対象物	主な材質	推定量
島根原子力発電所 1号炉	二次的な汚染	低圧タービン a) 低圧ダイヤフラム b) 低圧内部車室	炭素鋼 ステンレス鋼 合金鋼	約 4 1 3 トン
島根原子力発電所 2号炉	二次的な汚染	低圧タービン a) 低圧ダイヤフラム b) 低圧内部車室	炭素鋼 ステンレス鋼 合金鋼	約 6 2 2 トン
			合 計	約 1 , 0 3 5 トン





【島根原子力発電所1号炉】

図2-1 放射性物質を含む主蒸気系及び復水・給水系  
の主要系統の構成 (1/2)



【島根原子力発電所2号炉】

図2-1 放射性物質を含む主蒸気系及び復水・給水系  
の主要システムの構成 (2/2)

## 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

島根原子力発電所 1 号炉及び 2 号炉の運転中にタービン建物から発生する資材の放射能濃度の測定及び評価に用いる放射性物質の種類は、島根原子力発電所 1 号炉及び 2 号炉内の放射性物質による汚染について、運転中の各放射性物質の放射能濃度を規則別表第 1 の第 2 欄の放射能濃度で除した比率を評価して選択する。ただし、評価に用いる放射性物質は、規則別表第 1 の第 1 欄の 33 種類の放射性物質から選択する。

## 1 二次的な汚染の比率の評価

### 1. 1 評価手順

二次的な汚染の比率の評価手順を図3-1「二次的な汚染の比率の評価手順」に示す。

#### (1) 汚染移行経路

添付書類一「放射能濃度確認対象物が生じる施設に関する説明書」及び添付書類二「放射能濃度確認対象物の発生状況、材質、汚染の状況及び推定量に関する説明書」に示す島根原子力発電所1号炉及び2号炉の運転状況、炉型、構造等の特性を踏まえた汚染移行経路を以下に示す。

二次的な汚染による主要部位の汚染源は、放射化腐食生成物及び核分裂生成物である。放射化腐食生成物及び核分裂生成物が原子炉水中に移行し、原子炉再循環系の機器等に付着又は沈着する汚染移行経路を想定して評価する。島根原子力発電所1号炉及び2号炉の汚染移行経路を図3-2「島根原子力発電所1号炉及び2号炉の汚染移行経路」(1/2, 2/2)に示す。

放射化腐食生成物は、給水系統から原子炉内に持ち込まれた腐食生成物と原子炉内の構成材から発生した腐食生成物が、燃料棒表面で中性子によって放射化して生成する。核分裂生成物は、燃料棒表面に製造時に付着した酸化ウラン粒子が中性子で照射され生成する。

生成した放射化腐食生成物及び核分裂生成物の一部は、原子炉冷却材に移行し、原子炉冷却材の循環や移送によって機器等に付着又は沈着し、二次的な汚染が生じる。

#### (2) 比率の設定

上記の汚染源について、付着又は沈着、剥離等の機構を考慮した原子

炉冷却材中の放射能濃度等から比率を設定する。

原子炉冷却材中の放射能濃度は、上記の2種類の汚染源の燃料棒表面からの剥離、原子炉浄化系による減少及び物理学的半減期による壊変等を考慮し評価する。

燃料棒表面で生成した放射化腐食生成物及び核分裂生成物が剥離し原子炉浄化系による減少を考慮した炉水放射能濃度を評価する。原子炉冷却材中の放射化腐食生成物及び核分裂生成物は、原子炉再循環系に付着又は沈着した後、主蒸気系から放射能濃度確認対象物である低圧タービンに付着又は沈着する。低圧タービンに付着又は沈着した放射化腐食生成物及び核分裂生成物の放射能濃度は計算により評価する。

低圧タービンに付着又は沈着した放射化腐食生成物及び核分裂生成物は、幅広く選定されるよう規則別表第1の第1欄に示す33種類の放射性物質から選定する。33種類の放射性物質の放射能濃度を規則別表第1の第2欄の放射能濃度で除して比率を求める。占有率の大きい順から90%を超える放射性物質を低圧タービンの評価に用いる放射性物質に選定する。

## 1. 2 評価結果

表3-1「二次的な汚染の比率」(1/2, 2/2)に放射能濃度確認対象物の発生時点、発生から島根原子力発電所1号炉は23年後(放射能濃度の測定及び評価を開始する予定時点)、48年後(放射能濃度の測定及び評価を完了する予定時点)、島根原子力発電所2号炉は9年後(放射能濃度の測定及び評価を開始する予定時点)、34年後(放射能濃度の測定及び評価を完了する予定時点)の33種類の放射性物質の放射能濃度の評価結果を示す。

## 2 放射能濃度の測定及び評価に用いる放射性物質の選択結果

表3-1「二次的な汚染の比率」(1/2, 2/2)のそれぞれの放射性物質の比率を各放射性物質の比率の合計で除した値を表3-2「放射性物質の占有率」(1/2, 2/2)に示す。

表3-2「放射性物質の占有率」(1/2, 2/2)及び表3-3「島根原子力発電所1, 2号炉 放射性物質の選択」よりCo-60が, 島根原子力発電所1号炉が発生から23年後(放射能濃度の測定及び評価を開始する予定時点), 48年後(放射能濃度の測定及び評価を完了する予定時点), 島根原子力発電所2号炉が発生から9年後(放射能濃度の測定及び評価を開始する予定時点), 34年後(放射能濃度の測定及び評価を完了する予定時点)を評価時点とした場合, 総和の90%以上であると評価する。

以上のことから, 添付書類二「放射能濃度確認対象物の発生状況, 材質, 汚染の状況及び推定量に関する説明書」の表2-1「放射能濃度確認対象物の発生領域及び対象物」に示す低圧タービンの放射能濃度の評価に用いる放射性物質はCo-60とする。

### 3. フォールアウトによる影響について

「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 年 3 月 30 日平成 24・03・26 原院第 10 号, 経済産業省原子力安全・保安院)に基づき, 島根原子力発電所の敷地内において, 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。

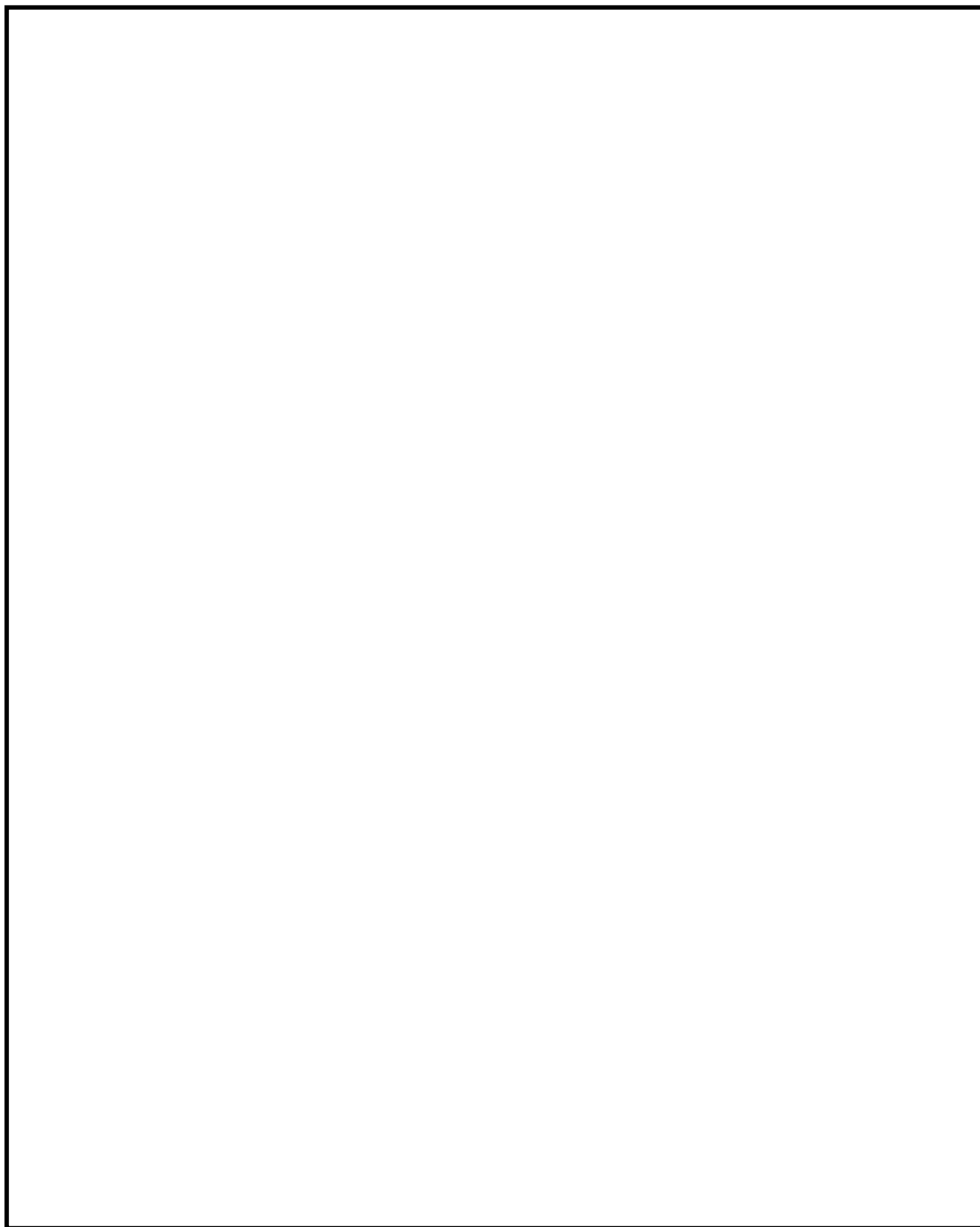
確認に当たっては, 「原子力施設における「放射性廃棄物でない廃棄物」の取扱いについて (指示)」(平成 20 年 5 月 27 日平成 20・04・21 原院第 1 号, 経済産業省原子力安全・保安院) に定められた念のための放射線測定評価を用いた。

確認の結果, 島根原子力発電所の敷地内における測定値が理論検出限界曲線の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。フォールアウトの影響の確認に係る試料採取箇所を図 3-3 「島根原子力発電所 フォールアウト影響調査試料採取箇所」に, 確認測定結果を表 3-4 「島根原子力発電所 フォールアウトの影響調査概要及び結果」に示す。



表 3 - 1 二次的な汚染の比率 (1 / 2)

(島根原子力発電所 1 号炉)



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。

表 3 - 1 二次的な汚染の比率 (2 / 2)

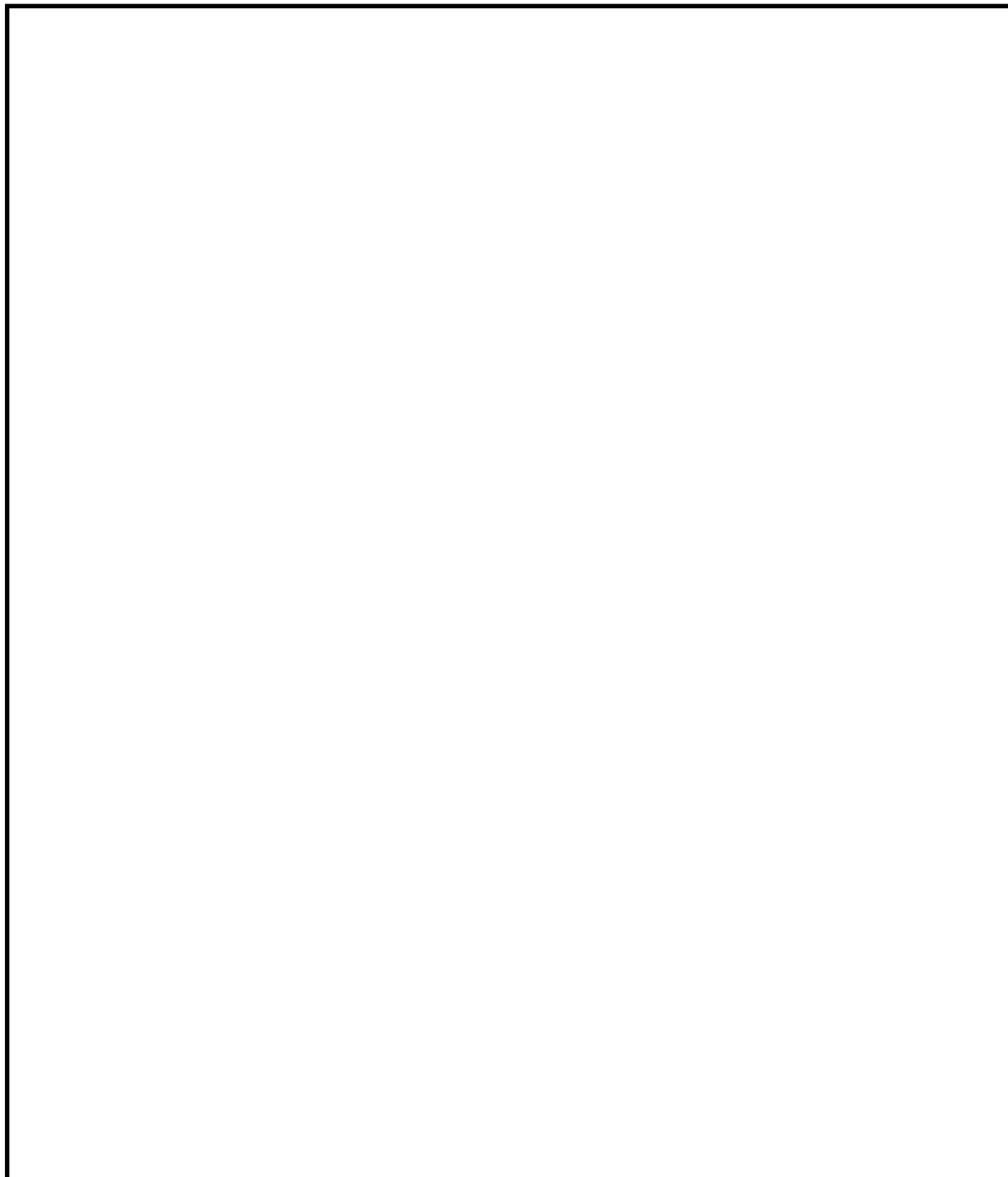
(島根原子力発電所 2 号炉)

--

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。

表 3 - 2 島根原子力発電所 1 号炉 放射性物質の占有率

( 1 / 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。

表 3 - 2 島根原子力発電所 2 号炉 放射性物質の占有率

( 2 / 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。

表 3 - 3 島根原子力発電所 1, 2 号炉 放射性物質の選択

--

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。

表 3-4 島根原子力発電所 フォールアウトの影響調査概要及び結果

調査手法	「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関するガイドライン」
調査箇所	試料採取箇所は、対象となる施設、設備の状況に応じて、外気取り入れによる空気の流れ等も考慮し、事故由来放射性物質による調査対象の汚染状態に応じて区分して選定した。 屋外：降下物が堆積しやすい建屋屋上の構造物 屋内：外気を取り入れ箇所や吹き出し箇所の近傍及びシャッター近傍
判断方法	検出限界値（理論検出限界計数率）以上の場合は検出有と判断
測定結果	全ての調査箇所において理論検出限界値未満であった。 理論検出限界値： $7.6 \times 10^{-3} \text{Bq/cm}^2$
評価	全ての調査箇所において、理論検出限界値未満であったことから、放射能濃度確認対象物の汚染性状として、フォールアウトの影響を考慮する必要はないと判断した。

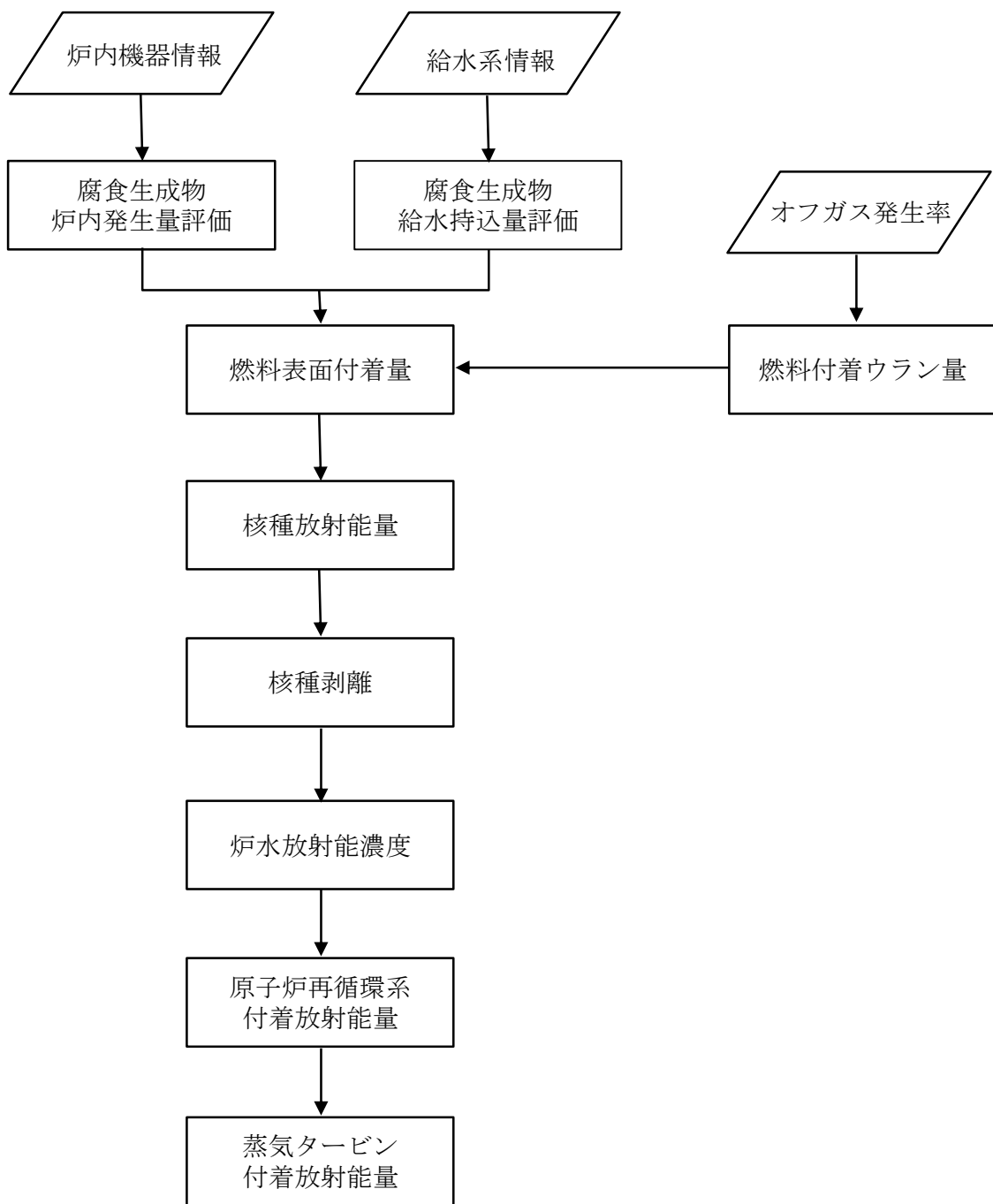
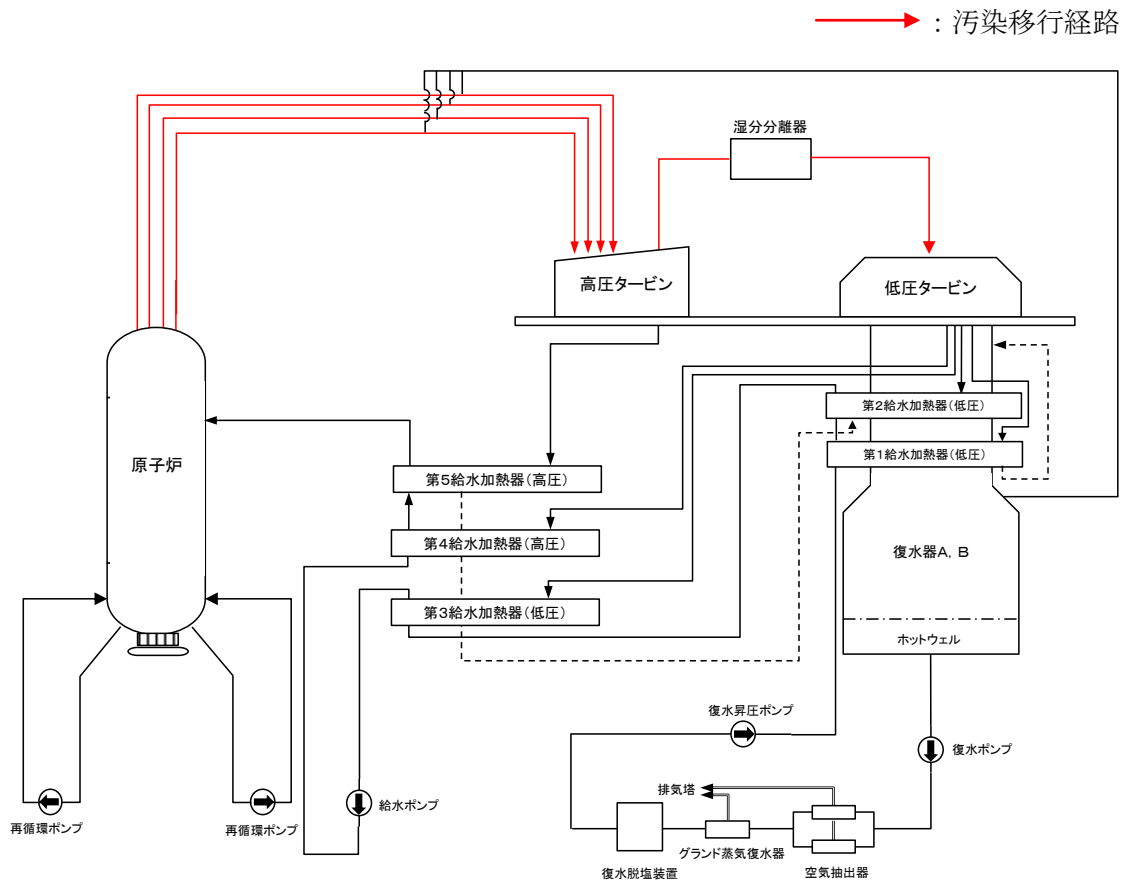


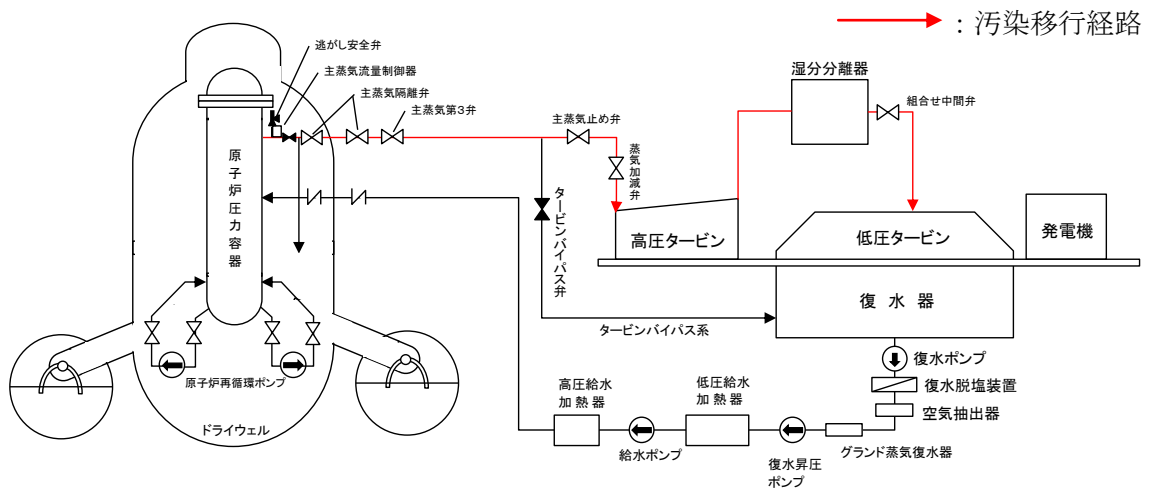
図 3 - 1 二次的な汚染の比率の評価手順



【島根原子力発電所 1 号炉】

図 3 - 2 島根原子力発電所 1 号炉及び 2 号炉の汚染移行経路 ( 1 / 2 )





【島根原子力発電所2号炉】

図3-2 島根原子力発電所1号炉及び2号炉の汚染移行経路(2/2)

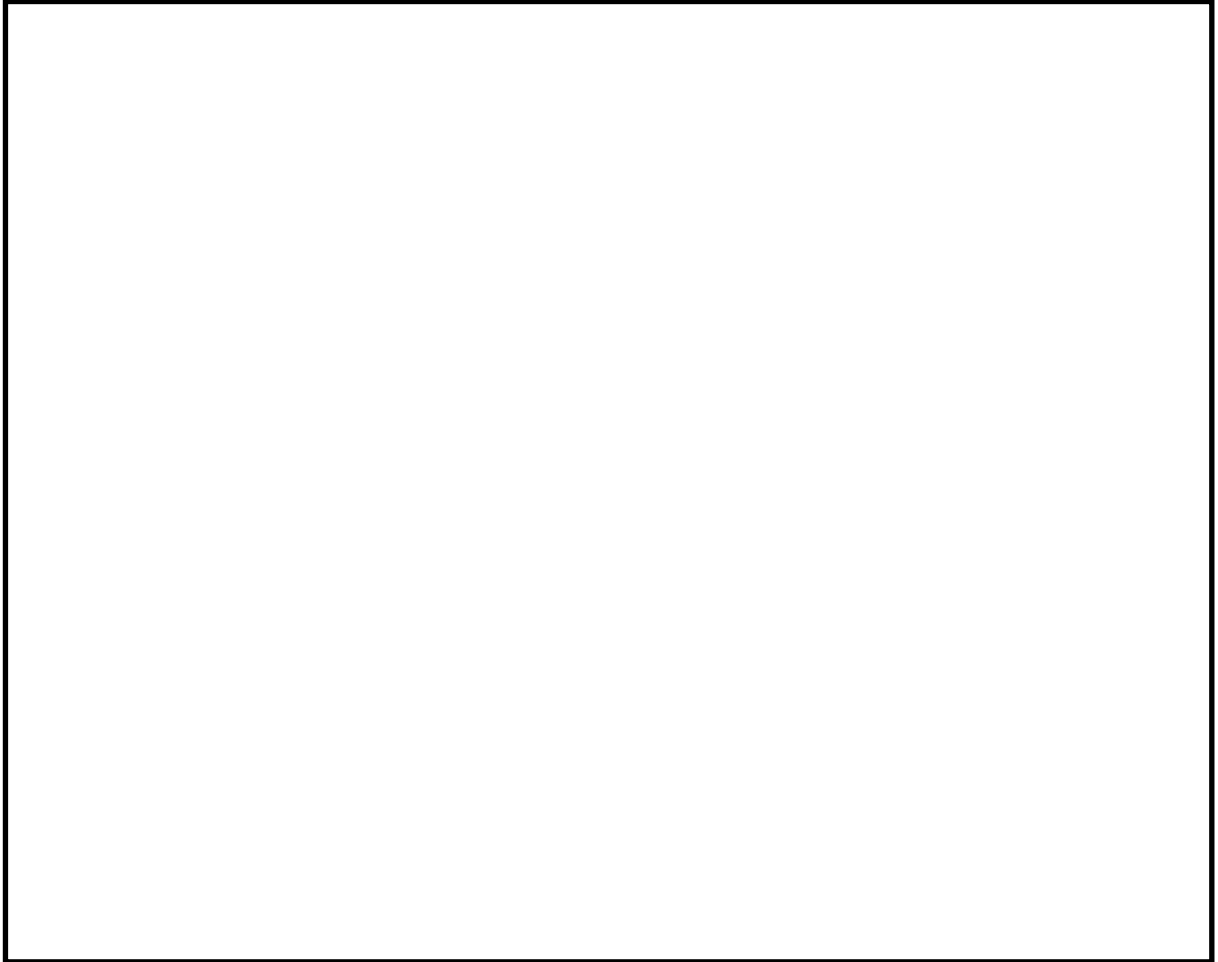


図 3 - 3 島根原子力発電所 フォールアウト影響調査試料採取箇所

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。

## 添付書類 四

放射能濃度の評価単位に関する説明書

## 1 評価単位の重量及び作成方法

放射能濃度確認対象物の放射能濃度を決定するための評価単位は、評価単位内の想定される放射能濃度及び評価単位内における放射能濃度分布の均一性を確認した上で、放射能濃度確認対象物の重量で1トン以内とする。

放射能濃度確認対象物の測定単位は、専用の測定トレイに載せることができる単純形状のもの（平板等）で、重量100kg以内とする。複数の測定単位を集荷し、評価単位とする。

放射能濃度確認対象物の汚染の履歴は、添付書類二「放射能濃度確認対象物の発生状況、材質、汚染の状況及び推定量に関する説明書」に示す原子炉内で生成した放射化腐食生成物及び核分裂生成物が原子炉建物からタービン建物に伝播した二次的な汚染である。二次的な汚染は、原子炉内で生成した放射化腐食生成物及び核分裂生成物がタービン建物に伝播した類似の組成である。このため、汚染の程度が大きく異なると考えられる物は存在しない。なお、必要に応じて、切断加工及び物理除染を併せて行う。

## 2 評価単位の想定される放射能濃度の確認

放射能濃度確認対象物については、島根原子力発電所1号炉及び2号炉の運転中にタービン建物から発生した資材の表面汚染密度測定等により、測定単位ごとに放射能濃度が、規則別表第1の第2欄の放射能濃度以下になることが見込まれるものを選定する。なお、測定単位内の放射能濃度が規則第2条の基準以上であることが想定されるものであっても、物理除染によって規則別表第1の第2欄の放射能濃度以下まで放射能濃度を低減することが期待できるものについては物理除染により放射性物質を除去した上で放射能濃度確認対象物とする。なお、規則別表第1の第2欄の放射能濃度を満足していなければトレ

イ型専用測定装置の測定開始時の位置に戻すため、規則別表第1の第2欄の放射能濃度を超える測定単位が選定されることはない。

### 3 評価単位内における放射能濃度分布の均一性の確認

評価単位内の放射能濃度分布の均一性は、評価単位を構成する測定単位の $\Sigma D_i/C_i$ が規則別表第1の第2欄の放射能濃度の10倍以下であることをもって確認する。 $\Sigma D_i/C_i$ が規則別表第1の第2欄の放射能濃度の10倍を超える場合、物理除染を行い再度測定するか放射能濃度確認対象物から除外する。

## 添付書類 五

放射能濃度を決定する方法に関する説明書

## 1 測定単位における放射能濃度確認対象物の放射能濃度を決定する方法

放射能濃度確認対象物は、原子炉冷却材等による二次的な汚染がある資材である。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」で選択した Co-60 の放射能濃度を決定する方法は、次のとおりとする。

添付書類四「放射能濃度の評価単位に関する説明書」に示した評価単位を構成する測定単位における蒸気による二次的な汚染がある資材について、放射能濃度を決定する方法を以下に示す。

Co-60 は、トレイ型専用測定装置で計測された  $\gamma$  線の計数率が全て主要な放射性物質である Co-60 から放出された放射線によるものとして放射能濃度を決定する（以下「主要核種測定法」という）。主要核種測定法は、(1)式に示すようにトレイ型専用測定装置で計測された  $\gamma$  線の計数率に安全率と校正定数及び自己吸収補正係数から設定する放射能換算係数を乗じて、放射能濃度確認対象物の重量で除することにより決定する。

$$C_{Co} = F_s \times CF \times C_{ts} / W \quad (1)$$

ここで、 $C_{Co}$  : Co-60 の放射能濃度 (Bq/g)

$F_s$  : Co-60 に対する安全率

$CF$  : Co-60 に対する放射能換算係数 (Bq/s<sup>-1</sup>)

$C_{ts}$  : 全  $\gamma$  線計数率 (s<sup>-1</sup>)

$W$  : 放射能濃度確認対象物の重量 (g)

なお、トレイ型専用測定装置の測定により得られた Co-60 の放射能濃度が検出限界未満であった場合は、 $C_{Co}$  は検出限界値に相当する放射能濃度とする。

## 2 評価単位における放射能濃度確認対象物の放射能濃度を決定する方法

評価単位の放射能濃度確認対象物について、Co-60 の放射能濃度を決定する

方法を以下に示す。

測定単位の Co-60 の放射エネルギーを求める。具体的には、(2)式に示すように(1)式により求めた測定単位の Co-60 の放射能濃度に測定単位の測定重量を乗じて、Co-60 の放射エネルギーを求める。

次に評価単位の放射能濃度確認対象物の放射能濃度を決定する。(3)式に示すように上述の(2)式により求めた放射エネルギーを評価単位の放射能濃度確認対象物の重量で除して求める。

なお、評価単位の放射能濃度確認対象物の重量は、(4)式に示すように 100kg 以下の測定単位の放射能濃度確認対象物を集荷して 1 トン以内とする。

$$A_i = \sum_{n=1}^x (C_{in} \times W_n) \quad (2)$$

$$C_{ie} = A_i / W_e \quad (3)$$

$A_i$  : 評価単位の放射能濃度確認対象物の放射性物質  $i$  の放射エネルギー (Bq)

放射性物質  $i$  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」で示した Co-60 である。

$C_{in}$  :  $n$  番目の測定単位の放射能濃度確認対象物の放射性物質  $i$  の放射能濃度 (Bq/g)

$W_n$  :  $n$  番目の測定単位の放射能濃度確認対象物の測定重量 (g)

$x$  : 評価単位を構成する測定単位の放射能濃度確認対象物の集荷数 (-)

$C_{ie}$  : 評価単位の放射能濃度確認対象物の放射性物質  $i$  の放射能濃度 (Bq/g)

$W_e$  : 評価単位の放射能濃度確認対象物の重量 (g)

$$W_e = \sum_{n=1}^x W_n \quad (4)$$



### 3 放射能濃度を決定する方法に関する不確かさ

放射能濃度確認対象物の Co-60 の放射能濃度は、(1)式により放射能濃度を求める。(1)式の放射線測定法によって放射能濃度を決定する場合の不確かさを見積もる。以下に不確かさを見積もる方法を示す。

#### (1) 不確かさの要因の抽出

不確かさの要因の抽出は、(1)式を処理フロー化して特性要因図から全 $\gamma$ 線計数率、放射能換算係数、測定条件及びデータ処理に起因する不確かさの要因を抽出する。

処理フローを図5-1「Co-60 放射能濃度の評価フロー」に示す。図5-1「Co-60 放射能濃度の評価フロー」から不確かさの要因を抽出するため、特性要因図を作成し不確かさの要因を抽出する。特性要因図を図5-2「不確かさの要因の特性要因」に、抽出した不確かさの要因を表5-1「不確かさ要因の抽出結果」(1/9～9/9)に示す。

#### (2) 拡張不確かさの評価

拡張不確かさは、抽出した不確かさの要因の相対標準不確かさを求め、相対標準不確かさを合成し、合成標準不確かさを求める。合成標準不確かさに包含係数を乗じて拡張不確かさを求める。

相対標準不確かさは、不確かさの要因を定量化して評価する。不確かさの要因の定量化は、「測定における不確かさの表現のガイド (GUM) ハンドブック」(一般財団法人 日本規格協会)に従う。不確かさの要因のうち、試験等によりデータが得られたもの及び仕様等からデータが与えられるものに分類し、それぞれのデータの標準不確かさを求める。

標準不確かさの求め方は、次のとおりである。試験等によりデータが得られた不確かさの要因は、試験等により得られたデータから評価した標準偏差

を標準不確かさとする。仕様等からデータが与えられる不確かさの要因は、仕様等から得られた値を除数により除して求めた値を標準不確かさとする。除数は、データが正規分布を示すものは1，正規分布を示し、かつ校正証明書に除数が与えられているものは2，矩形分布を示すものは $\sqrt{3}$ とする。なお、標準不確かさは、それぞれ単位が異なるため、Bq/gに単位換算する。

標準不確かさを規則別表第1の第2欄のCo-60の放射能濃度で除して相対標準不確かさを求める。表5-1「不確かさ要因の抽出結果」(1/9～9/9)にそれぞれの不確かさ要因、値及び相対標準不確かさ等を、表5-2「合成標準不確かさ及び拡張不確かさの評価結果」に包含係数、合成標準不確かさ及び拡張不確かさ等を示す。

### (3) 95%上限値が1を超えないことの評価

95%上限値が1を超えないことの評価方法は、(1)式のとおり $F_s$  (Co-60に対する安全率)を放射能換算係数に乗じることで評価する。

安全率は、添付書類六「放射線測定装置の選択及び測定条件等の設定に関する説明書」の表6-2「安全率の評価結果」に示すとおり放射能濃度確認対象物の放射能濃度を規則別表第1の第2欄の放射能濃度で除した $\sum D_i / C_i$ に拡張不確かさを加算したものである。拡張不確かさは、表5-2「合成標準不確かさ及び拡張不確かさの評価結果」に示す信頼の水準90%の包含係数を合成標準不確かさに乗じたものである。包含係数は、95%上限値である信頼の水準を90%としたときの1.645を2に切り上げたものである。表5-2「合成標準不確かさ及び拡張不確かさの評価結果」に包含係数を示す。

表 5 - 1 不確かさ要因の抽出結果 (全  $\gamma$  線計数率)

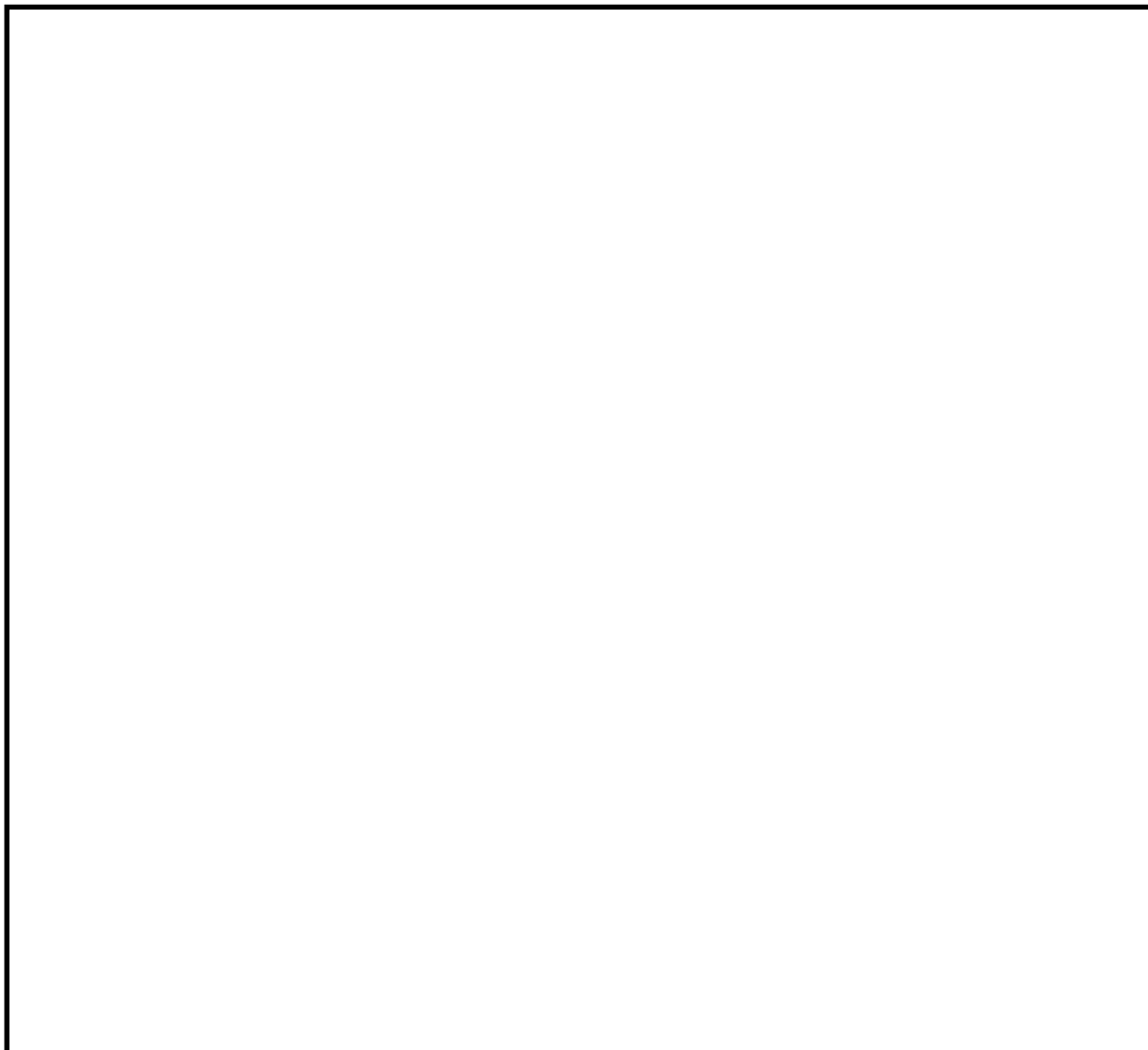
(1 / 9)

--

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。

表 5 - 1 不確かさ要因の抽出結果 (全  $\gamma$  線計数率)

(2 / 9)



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。

表 5 - 1 不確かさ要因の抽出結果 (全  $\gamma$  線計数率)

(3 / 9)

--

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。

表 5 - 1 不確かさ要因の抽出結果 (全  $\gamma$  線計数率)

(4 / 9)

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。

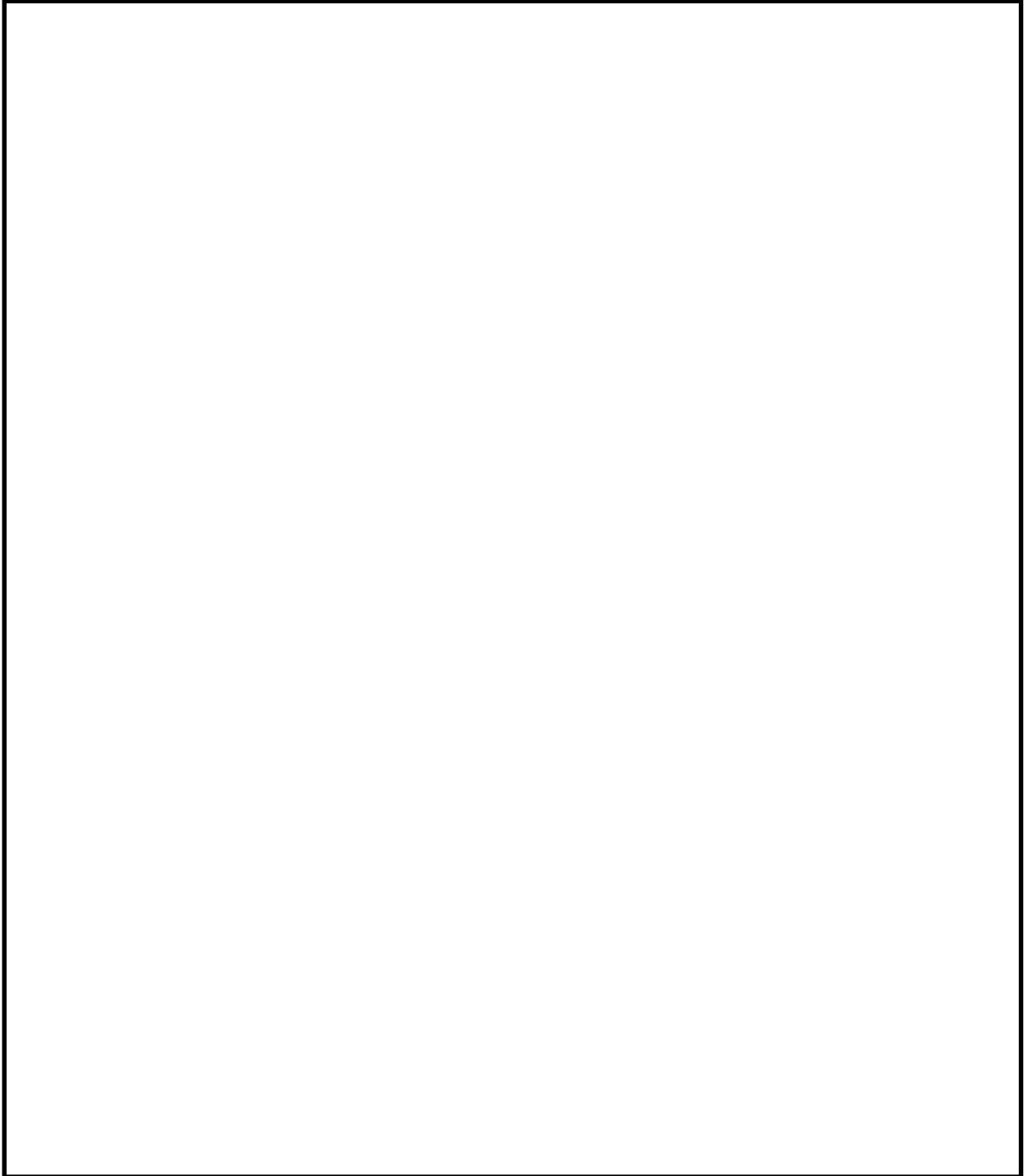
表 5 - 1 不確かさ要因の抽出結果 (放射能換算係数)

( 5 / 9 )

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。

表 5 - 1 不確かさ要因の抽出結果 (放射能換算係数)

( 6 / 9 )

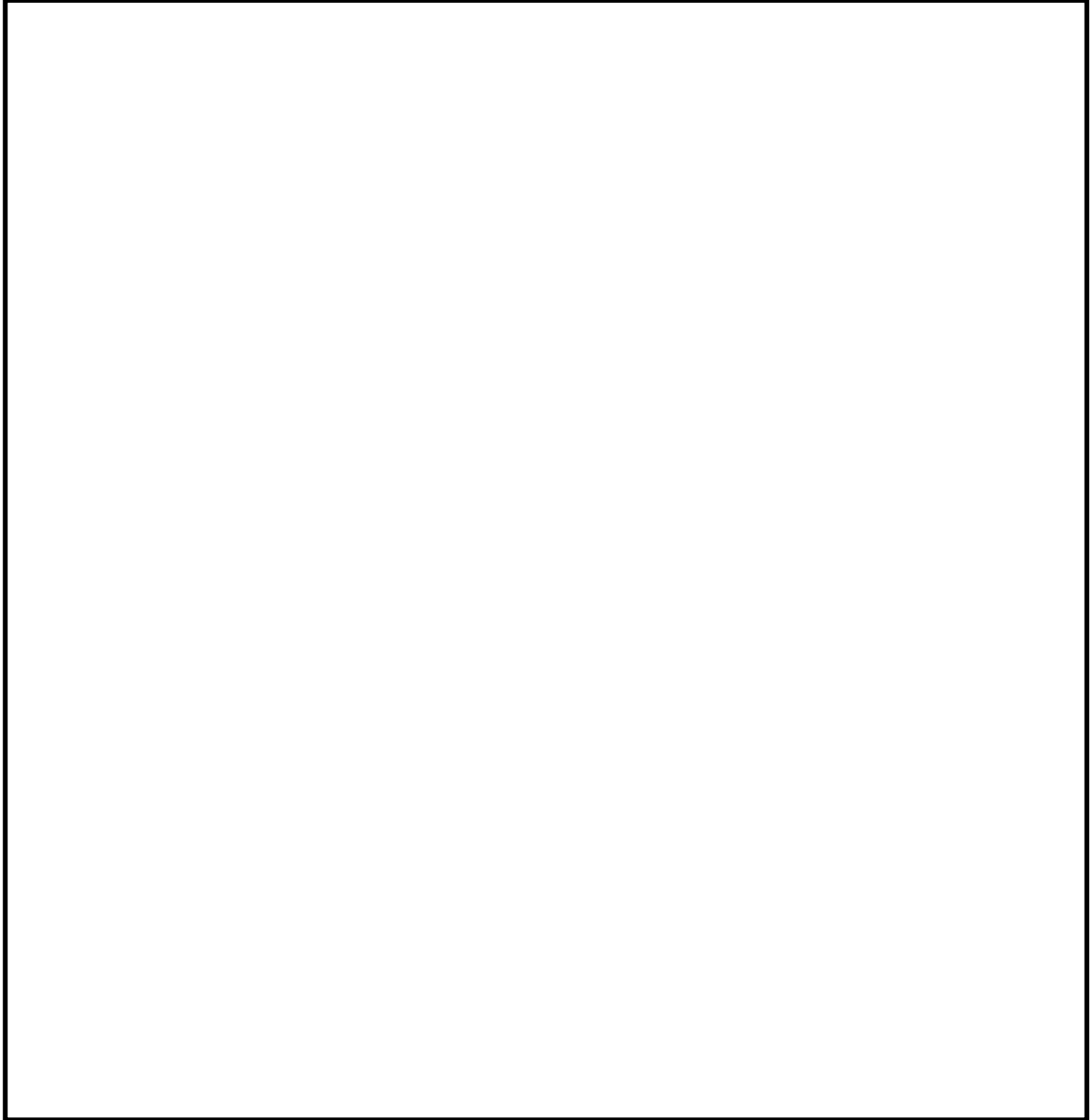


本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。



表 5 - 1 不確かさ要因の抽出結果 (放射能換算係数)

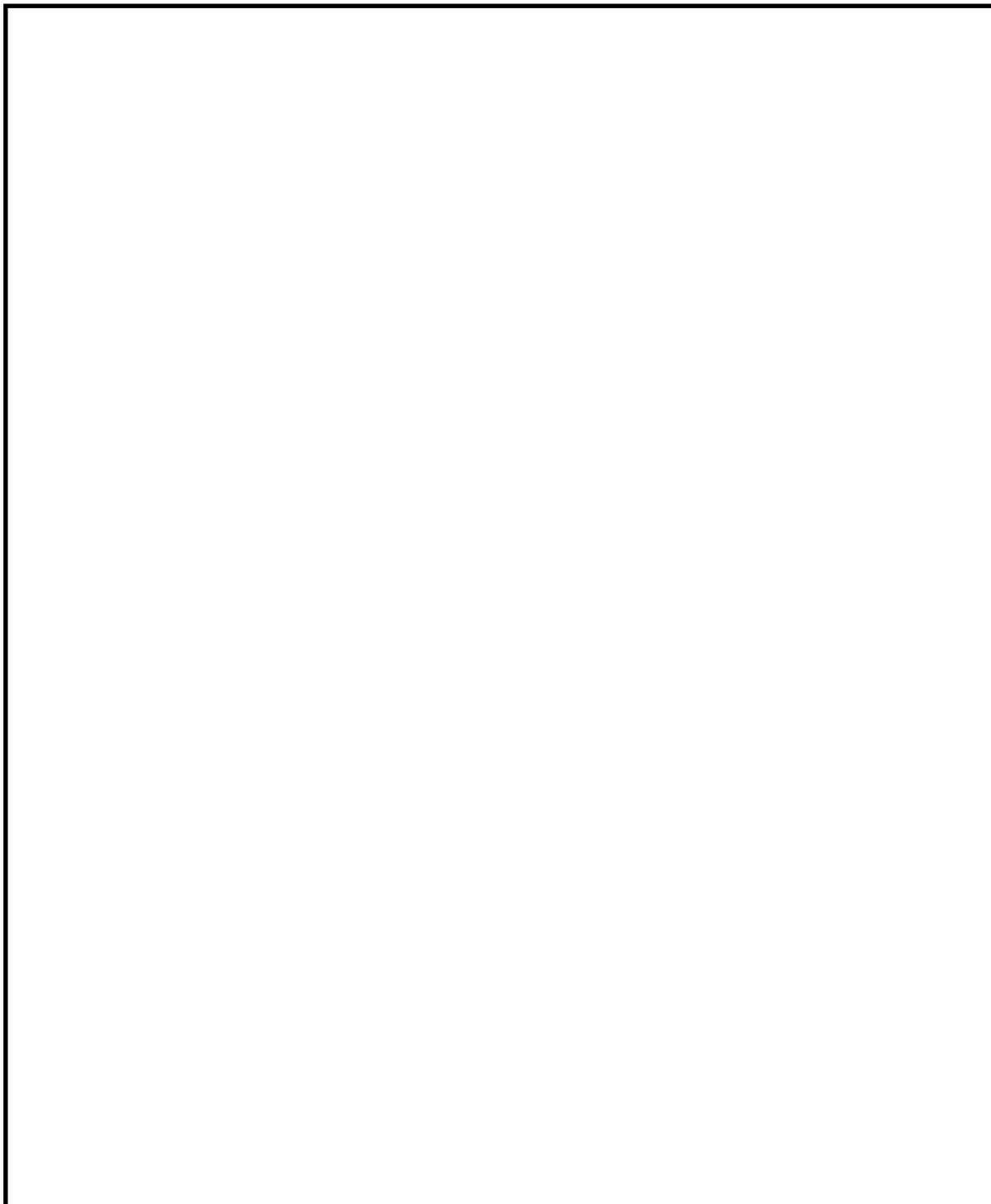
( 7 / 9 )



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。

表 5 - 1 不確かさ要因の抽出結果（放射能濃度確認対象物の重量）

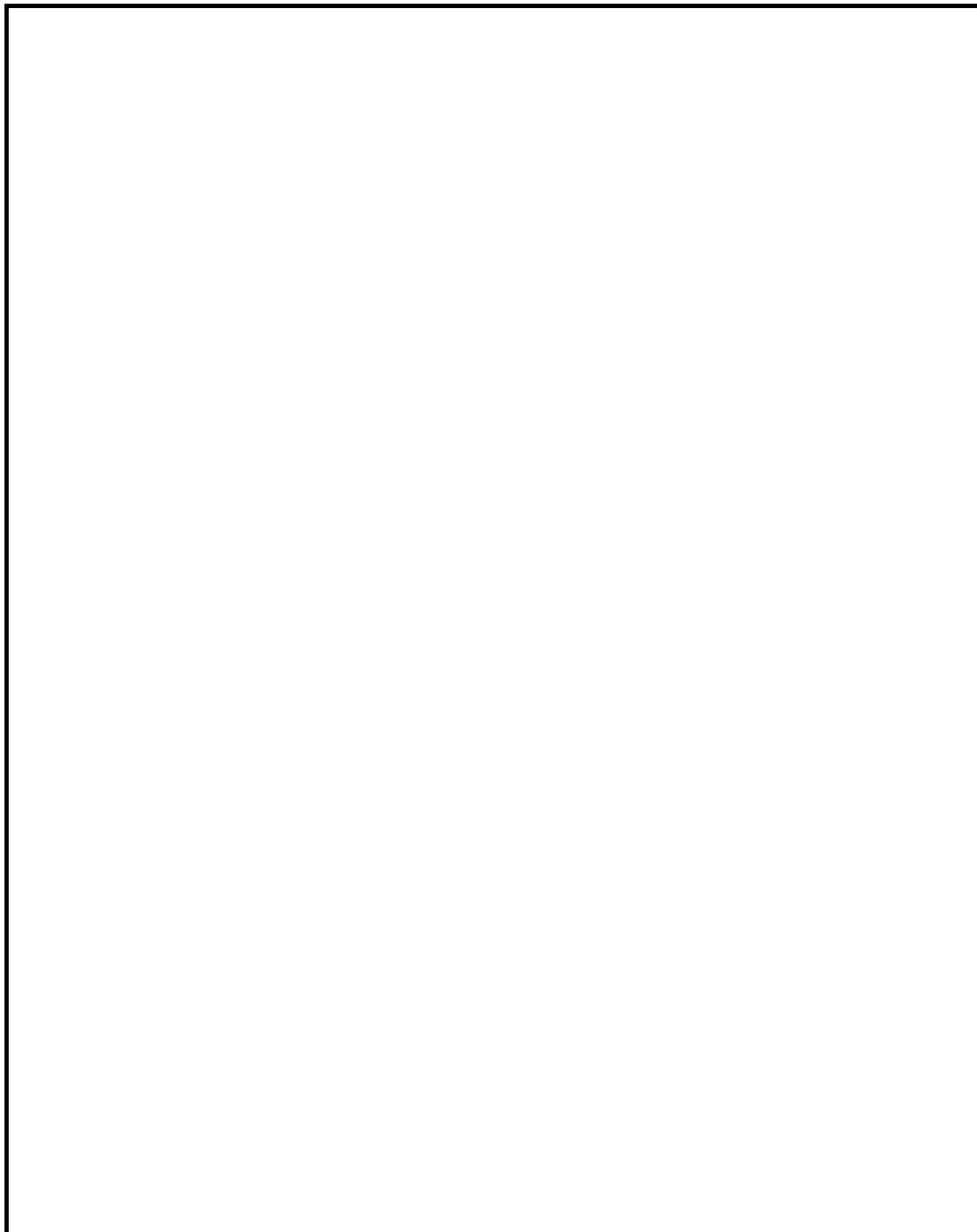
( 8 / 9 )



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。

表 5 - 1 不確かさ要因の抽出結果（放射能濃度確認対象物の重量）

( 9 / 9 )



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。

表 5 - 2 合成標準不確かさ及び拡張不確かさの評価結果

--

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。

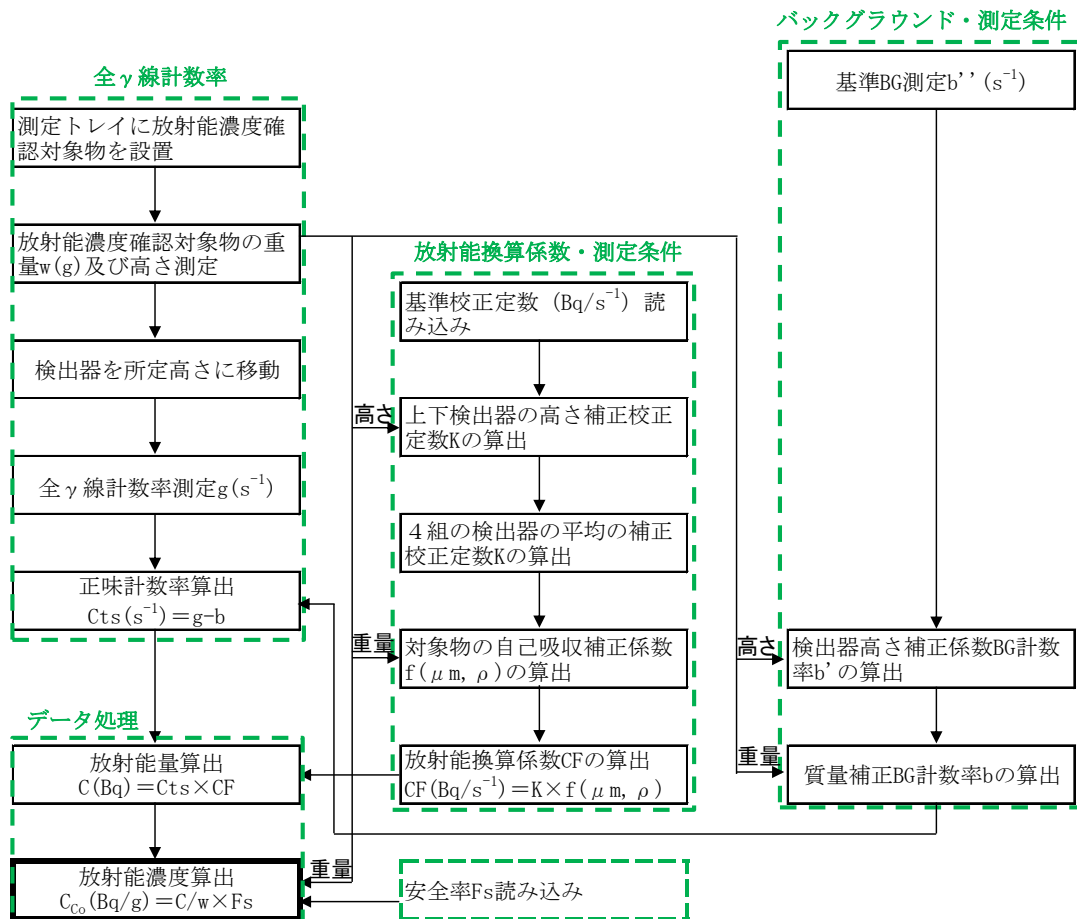


図5-1 Co-60放射能濃度の評価フロー

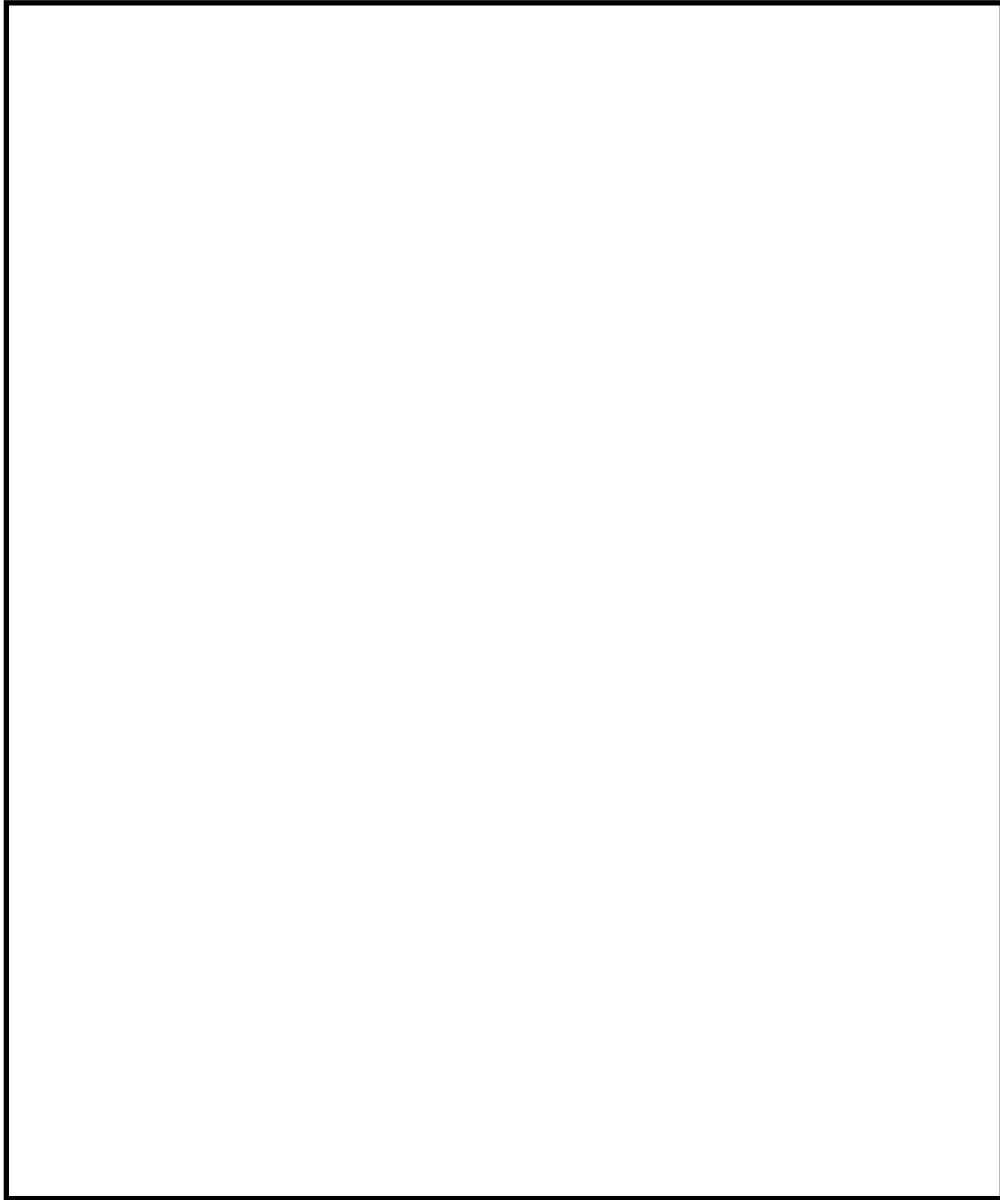


図5-2 不確かさの要因の特性要因

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。

## 添付書類 六

放射線測定装置の選択及び測定条件等の設定に関する

説明書

## 1 放射線測定装置の選択

本申請の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 号炉の運転中にタービン建物から発生した資材のうち、原子炉冷却材等による二次的な汚染がある資材であって、いずれも  $\gamma$  線を放出する放射性物質 (Co-60) を含むものである。

以上の資材の状況から、放射能濃度を測定する放射線測定装置には放射能濃度確認対象物を測定トレイに積載し、全  $\gamma$  線計数率を測定するトレイ型専用測定装置を選択する。トレイ型専用測定装置の主要な仕様を表 6-1「放射線測定装置の主要仕様」に示す。

## 2 測定条件の設定

トレイ型専用測定装置により計測された全  $\gamma$  線計数率から放射能濃度を評価するために必要な放射能換算係数及び検出限界値等について以下に示す。

### 2. 1 放射能換算係数の設定方法

放射能換算係数は、校正定数及び自己吸収補正係数から (1) 式により設定する。自己吸収補正係数により、放射能濃度確認対象物のかさ密度や透過距離等を考慮するため、放射能換算係数は適切である。

$$CF = K \times f(\mu_m, \rho) \quad (1)$$

CF : 放射能換算係数 (Bq/s<sup>-1</sup>)

K : 校正定数 (Bq/s<sup>-1</sup>)

校正定数は、上下の検出器間距離に応じた線源校正結果から算出する。

具体的には、上下 4 対の検出器 (検出器 1 個当たりの大きさ : 25cm×25cm) の各々について、10, 20, 30, 40cm の各々の検出



器間距離の中心に Co-60 標準線源を置き計測し，検出器間距離ごとに得られた 16 個の線源校正結果をデータベース化する。

$f(\mu_m, \rho)$  : 自己吸収補正係数 (—)

自己吸収補正係数は，放射能濃度確認対象物の測定時にその都度，(2)式及び(3)式により設定する。

$$f(\mu_m, \rho) = \varepsilon_0 / \varepsilon_1 \quad (2)$$

$$\varepsilon_i = \iint \sum_k d_k B(\mu_{mk}, \rho, t) \times \frac{e^{-\mu_{mk} \times \rho \times t}}{4\pi r^2} \times \cos \theta \times (1 - e^{-\mu_{md} \times \rho_d \times t_d}) \, dx dy \quad (3)$$

ここで，

$\varepsilon_i$  : 相対効率 (i=0 模擬対象物なし，i=1 模擬対象物あり) (—)

$d_k$  :  $\gamma$ 線エネルギー  $k$ に対する放出率 (—)

$B(\mu_{mk}, \rho, t)$  : 材質ビルドアップ係数 (—)

$\mu_{mk}$  :  $\gamma$ 線エネルギー  $k$ に対する材質の質量吸収係数 ( $\text{cm}^2/\text{g}$ )

$\rho$  : 模擬対象物のかさ密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

$$\rho = w / (h \times S)$$

$w$  : 放射能濃度確認対象物の測定重量 (g)

$h$  : 放射能濃度確認対象物の測定高さ (cm)

$S$  : 検出器 1 個当たりの面積 ( $25\text{cm} \times 25\text{cm}$ )

$t$  : 線源が模擬対象物の中心に置かれた場合に，放射線が模擬対象物中を検出器に向かい透過する距離 (cm)

$r$  : 線源が模擬対象物の中心に置かれた場合に，放射線が模擬対象物中及び検出器中を透過し検出器の裏面まで透過する距離 (cm)

$\mu_{md}$  : 検出器の質量吸収係数 ( $\text{cm}^2/\text{g}$ )

$\rho_d$  : 検出器の密度 (g/cm<sup>3</sup>)

$t_d$  : 線源が模擬対象物の中心に置かれた場合に、放射線が検出器中を検出器上面まで透過する距離 (cm)

$\cos \theta$  : 方向余弦

具体的には、図6-1「自己吸収補正係数の計算体系」に示すように、模擬対象物の中心に線源を置いた計算体系で積分計算を行い相対効率  $\epsilon_0$ 、 $\epsilon_1$  を求めた後、自己吸収補正係数を求める。

自己吸収補正係数は、放射能濃度確認対象物の測定時にその都度計算し設定される。

安全率は、このように設定した放射能換算係数に加え、放射エネルギーが高めに評価されるよう設定する。この安全率は、標準線源を含む代表的な形状のものについて放射能濃度確認対象物を模擬した模擬対象物の中で放射エネルギーが最も低く評価される条件又は添付書類五「放射能濃度を決定する方法に関する説明書」の拡張不確かさから設定する。放射エネルギーが最も低く評価される条件を図6-2「放射エネルギーが最も低く評価される箇所の概念図」に示す。

標準線源を含む模擬対象物の放射エネルギー測定値と標準線源の放射エネルギーを比較した例を図6-3「模擬対象物の放射エネルギー測定値と標準線源の放射エネルギーの比較」に示す。模擬対象物の放射エネルギー測定値が標準線源の放射エネルギーを上回る値は1.2である。添付書類五「放射能濃度を決定する方法に関する説明書」の「3 放射能濃度を決定する方法に関する不確かさ」の拡張不確かさに、放射能濃度確認対象物の放射エネルギー濃度を規則別表第1の第2欄の放射エネルギー濃度で除した $\sum D_i / C_i$ を1とし、拡張不確かさを加算した値は表6-2「安全率の評価結果」に示すとおり、である。添付書類五「放射能濃度を決定する方法に関する説明書」の拡張不確かさから設定した安全率が、放射

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。

エネルギーが最も低く評価される条件から設定した安全率を上回るため、安全率は

とする。

## 2. 2 検出限界値の算出方法

トレイ型専用測定装置の主要核種測定法の放射性物質である Co-60 の検出限界値は、次のように求められる。

なお、実際の測定により得られた放射エネルギーが検出限界値以下であった場合には、放射能濃度確認対象物の Co-60 の放射能濃度は検出限界値に相当する放射能濃度とする。

### (1) 検出限界値

検出限界値は、バックグラウンド（以下「BG」という。）の変動に起因する相対誤差及び放射能換算係数の相対誤差等から(4)式により求める。

$$A_{LD} = CF \times \frac{\frac{k^2}{t_T} + \sqrt{\left(\frac{k^2}{t_T}\right)^2 + 4 \times (1 - k^2 \times r_2^2) \times k^2 \times \left\{ n_B \times \left( \frac{1}{t_T} + \frac{1}{t_B} \right) + r_1^2 \times n_B^2 \right\}}}{2 \times (1 - k^2 \times r_2^2)} \quad (4)$$

ここで、

$A_{LD}$  : 検出限界値 (Bq)

$k$  : 定数 (=3)

$t_T$  : 測定時間 (s)

$n_B$  : BG 計数率 ( $s^{-1}$ )

$t_B$  : BG 測定時間 (s)

$CF$  : 放射能換算係数 ( $Bq/s^{-1}$ )

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。

$r_1$  : BG 変動に起因する相対誤差(一)

$r_2$  : 放射能換算係数の相対誤差(一)

(4)式により求められる検出限界値を放射能濃度確認対象物の重量で除したものが検出限界値の放射能濃度となる。検出限界値の放射能濃度が、規則別表第1の第2欄に示す Co-60 の放射能濃度を満足することが確認できるように測定条件を設定する。

設定した測定条件における検出限界放射能濃度は、図6-4「模擬対象物を測定したときの検出限界値の放射能濃度」に示すとおり 0.012～0.033Bq/g の範囲であり、規則別表第1の第2欄に示す Co-60 を満足することが確認できる測定条件の設定である。

(2) BG 変動に起因する相対誤差  $r_1$

BG 変動に起因する相対誤差  $r_1$  は、(5)式により求めた模擬対象物を測定したときの自己吸収補正誤差  $r_B$  の標準偏差  $\sigma_1$  及び周辺の BG 変動に起因するトレイ型専用測定装置の BG 自体の変動係数  $\sigma_2$  (標準偏差/平均値) から(6)式により求める。

$$r_B = (N_{B0} - N_B) / N_B \quad (5)$$

ここで、

$r_B$  : トレイ型専用測定装置による個々の測定の BG の自己吸収補正誤差(一)

$N_B$  : 模擬対象物をトレイ型専用測定装置で測定したときの BG 実測値 ( $s^{-1}$ )

$N_{B0}$  : 模擬対象物をトレイ型専用測定装置で測定したときの BG の自己吸収による補正計算値 ( $s^{-1}$ )

$$r_1 = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} \quad (6)$$

$\sigma_1$  は、図 6-5 「BG 自己吸収補正誤差の測定結果」に示す模擬廃棄物の BG の自己吸収補正誤差の測定結果より 1.14%、 $\sigma_2$  は周辺の BG 変動に起因するトレイ型専用測定装置の BG 測定結果より 2.49%である。このため、 $r_1$  は上式より 2.74%に設定する。

### (3) 放射能換算係数の相対誤差 $r_2$

放射能換算係数の相対誤差  $r_2$  は、 $\gamma$  線の計数率より放射能に換算する時の相対誤差であり、放射能換算係数の導出誤差（校正誤差を含む。）の他、放射能濃度確認対象物による放射線の吸収又は放射能が非均質に分布している場合には距離の変動による放射能換算の誤差を含んでいる。 $r_2$  は放射能が既知の標準線源を含む模擬対象物をトレイ型専用測定装置で測定し、相対誤差  $r_{CF}$  の変動係数として(7)式及び(8)式により求める。

$$r_{CF} = (A_E - A_C) / A_E \quad (7)$$

$$r_2 = \sigma \cdot r_{CF} \quad (8)$$

ここで、

$r_{CF}$  : トレイ型専用測定装置を用いた既知の標準線源を含む模擬対象物の測定時における放射能換算係数の相対誤差（－）

$A_E$  : 模擬対象物の既知の放射能量 (Bq)

$A_C$  : 模擬対象物をトレイ型専用測定装置で測定したときの放射能量 (Bq)

$r_2$  は、安全率を設定することにより、放射能濃度は模擬対象物の既知の放射能量よりトレイ型専用測定装置で測定したときの放射能量が高く評価 ( $A_E < A_C$ ) されることから 0%とする。

## 2. 3 測定単位における放射能濃度の測定方法及び算出方法

トレイ型専用測定装置の外形図を図6-6「トレイ型専用測定装置外形図」に示す。

測定トレイに載せた放射能濃度確認対象物は、1回の測定重量100kg以内を測定単位とし、遮蔽された測定部に移送され、測定トレイの上部及び下部の両面に取り付けられた検出器間を移動しながら60秒測定される。放射線測定に合わせて、放射能濃度確認対象物の重量及び高さを測定する。測定が終わった放射能濃度確認対象物は、規則別表第1の第2欄の放射能濃度を満足していれば搬出側へ移送し、基準を満足していなければ測定開始時の位置に戻す。

放射能濃度確認対象物の放射能濃度は、正味の全 $\gamma$ 線計数率、放射能換算係数及び安全率等から求める。なお、放射能濃度の評価に用いる正味の全 $\gamma$ 線計数率は8個（上部4個、下部4個）の検出器の平均値とする。

トレイ型専用測定装置により放射能濃度確認対象物を測定した結果、検出限界値以下であった場合は、当該放射能濃度確認対象物の主要核種であるCo-60の放射能濃度は検出限界値に相当する放射能濃度とする。

## 2. 4 測定条件

トレイ型専用測定装置を使用して放射能濃度確認対象物を測定する時の条件を次に示す。なお、放射能濃度確認対象物を測定トレイに載せた状態が以下の測定重量、測定検知高さを逸脱する場合には、測定が開始されない機能を有する。

### (1) 放射能濃度確認対象物

- a. 材質：金属
- b. 形状：単純形状のもの（平板等）

c. 寸法：内寸約 80cm×約 80cm の測定トレイに載せることができ、高さ 40cm 以下のトレイ型専用測定装置の開口部を通過できる

寸法

d. 汚染性状：二次的な汚染

e. 測定重量：20～100kg（測定単位あたり）

f. 測定検知高さ：40cm 以下

(2) 放射能濃度確認対象物の測定トレイへの載せ方

測定中に放射能濃度確認対象物が、倒れたり移動したりしないような安定した置き方で、かつ個々の放射能濃度確認対象物が重ならないようにトレイに載せる。

(3) 測定時間：60 秒（正味測定時間）

(4) BG 測定：作業開始前に実施（測定時間：300 秒）

(5) BG 変動：至近の BG 測定値に対して±2.49%以内（測定部内）

(6) 相対誤差

a. BG 変動に起因する相対誤差  $r_1$ ：2.74%

b. 放射能換算係数の相対誤差  $r_2$ ：0%

(7) 安全率：

## 2. 5 点検・校正

日常点検では、Co-60 標準線源の  $\gamma$  線計数率の確認を行う。

また、定期点検（1 回／年以上）では、 $\gamma$  線検出器の点検・校正を行うとともに、重量測定器、高さ検出器等についても点検・校正を行う。

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。

表 6 - 1 放射線測定装置の主要仕様

項目	主要仕様
測定方法	測定トレイに放射能濃度確認対象物を載せて測定
重量測定器	(1) 測定方式：ロードセル方式 (2) 測定範囲：1～200kg (3) 測定精度：200 kgに対し±1%以下
高さ検出器	(1) 検出方式：光学式エリアセンサ (2) 検出範囲：44.0cm（最大） (3) 光軸ピッチ：1.0cm ピッチで 45 軸
検出器	(1) 測定対象線種： $\gamma$ 線 (2) 種類：プラスチックシンチレーション式検出器（8 個） (3) 位置：トレイの上下に各 4 個（合計 8 個） (4) 寸法：縦 25cm×横 25cm×厚さ 5cm（1 個当たり） (5) 機能：上面検出器は放射能濃度確認対象物の高さに応じて昇降 (6) 測定効率：約 $0.011\text{s}^{-1}/\text{Bq}$ 以上（トレイ上の空間に Co-60 点線源を配置したときに得られる測定効率の最小値） (7) 検出限界値* <sup>1</sup> ：0.040Bq/g 以下
記録装置	(1) 記録方法：デジタルカメラによりトレイ上の放射能濃度確認対象物を静止画で記録

\* 1：放射能濃度確認対象物の重量及び高さ等により変動する。



表 6 - 2 安全率の評価結果

--

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。

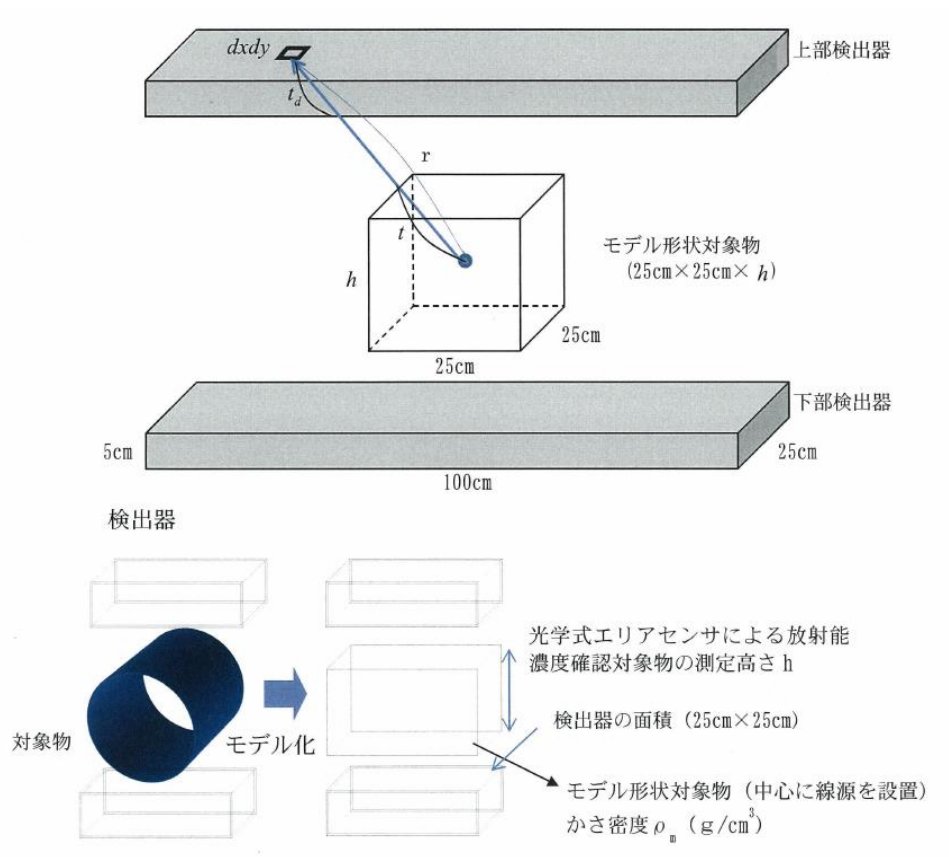
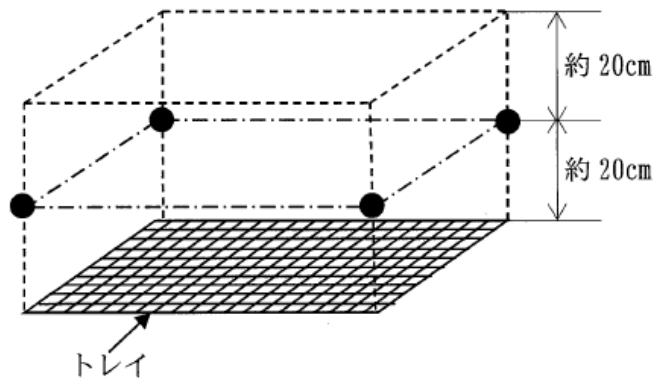


図 6 - 1 自己吸収補正係数の計算体系



- ：放射エネルギーが最も低く評価される箇所（4箇所のうち、いずれか1箇所）
- 点線：トレイ（約80cm×約80cm）上の測定領域（高さ40cm以下）

図6-2 放射エネルギーが最も低く評価される箇所の概念図

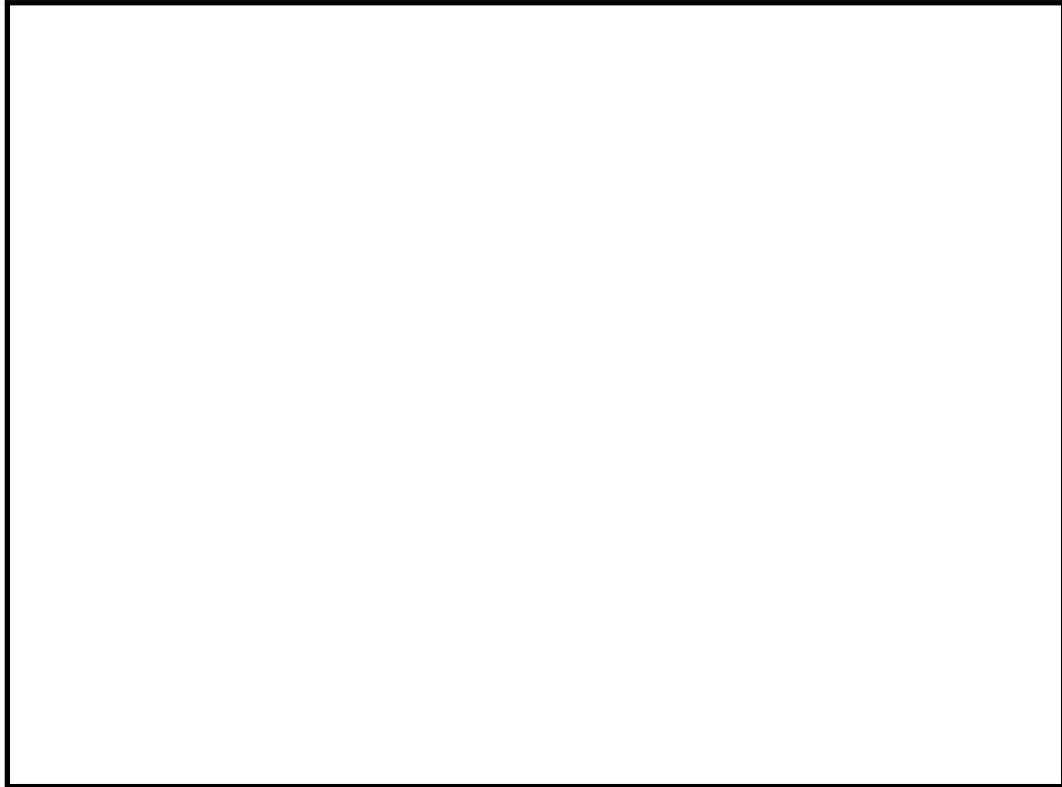


図 6 - 3 模擬対象物の放射エネルギー測定値と標準線源の放射エネルギーの比較

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。

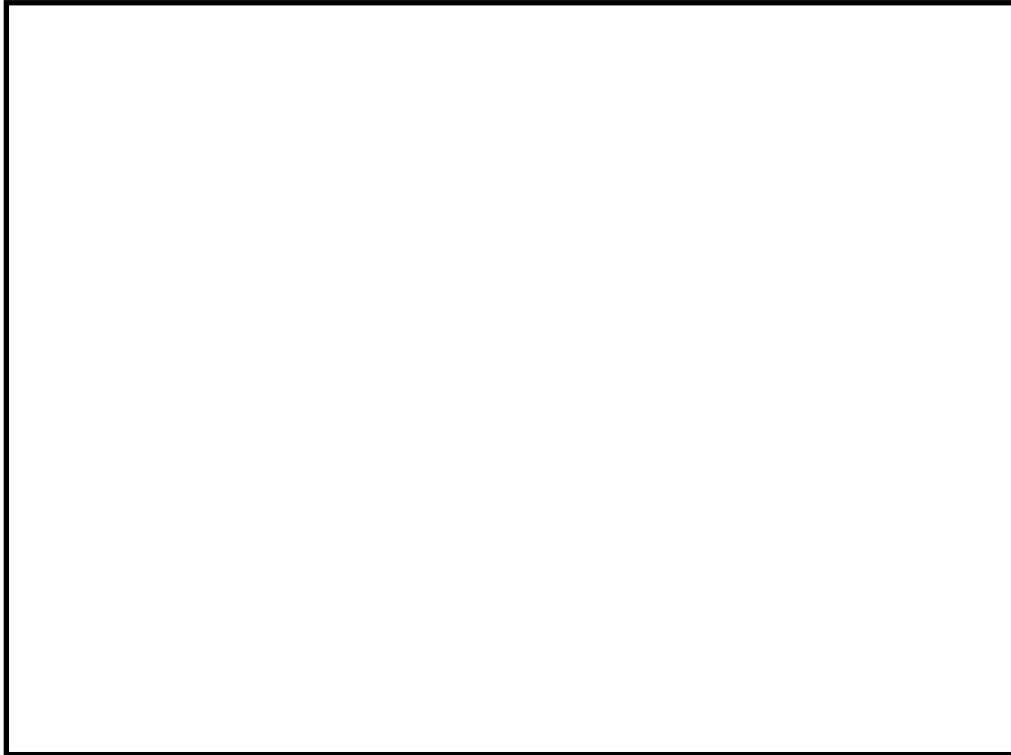


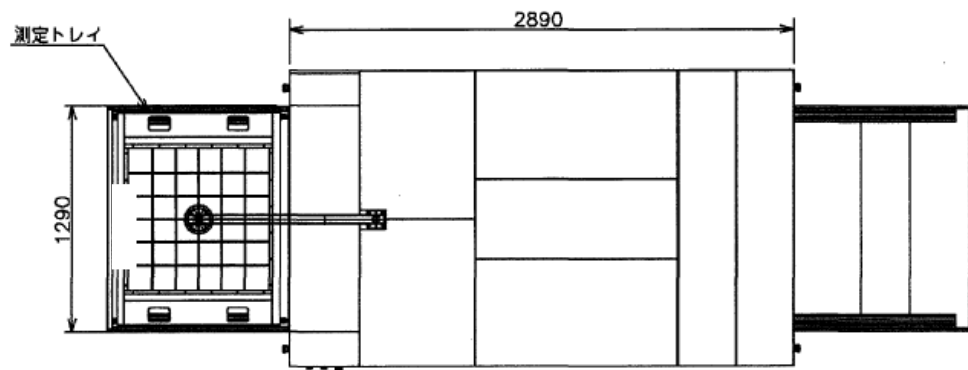
図6－4 模擬対象物を測定したときの検出限界値の放射能濃度

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。

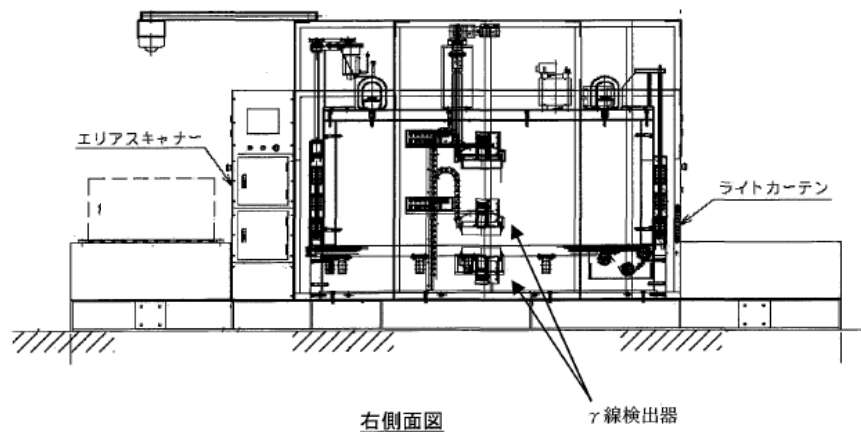


図 6 - 5 BG 自己吸収補正誤差の測定結果

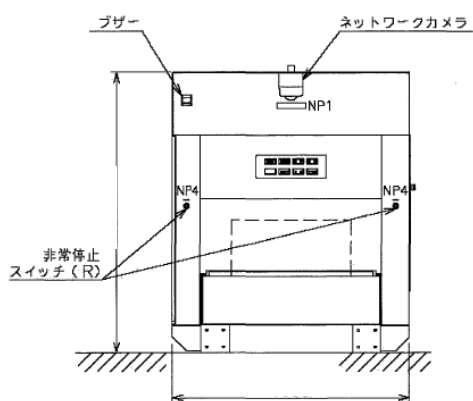
本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。



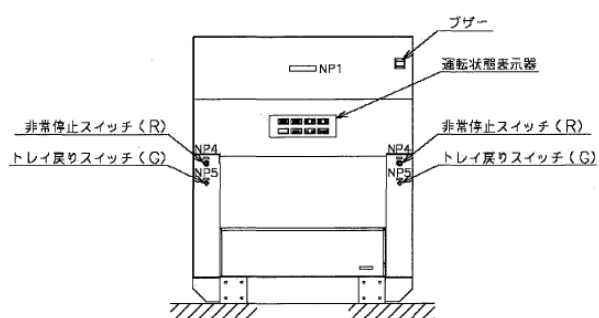
平面図



右側面図



正面図



背面図

図 6 - 6 トレイ型専用測定装置外形図

## 添付書類 七

放射能濃度確認対象物の管理方法に関する

説明書



## 1. 異物の混入及び放射性物質による汚染の防止

放射能濃度確認対象物は、整理番号を付した保管容器単位で管理する。同対象物の放射能濃度測定後に保管容器に収納し、速やかに蓋をして異物の混入を防止する。なお、保管場所は、管理区域の外側にある構内の保管場所で保管する。

放射能濃度確認担当箇所所属員以外及び同箇所から承認を受けた者以外の者が立ち入らないように立ち入り制限、保管場所の巡視、保管量の確認及び施錠管理等を実施する。また、管理区域内の放射能濃度確認対象物の分別場所及び放射能濃度の測定・評価場所も、立ち入り制限及び施錠管理等を実施する。

放射能濃度確認対象物の測定は、トレイ型専用測定装置の入口側と出口側を区画により物理的に分離し、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にする。また、測定時に放射能濃度確認対象物をカメラで撮影し、異物が混入したとしてもその状況が分かるようにする。

トレイ型専用測定装置は、追加的な汚染のおそれのない管理区域（表面汚染密度及び空気中の放射性物質濃度が法令に定める管理区域に係る値を超えるおそれのない区域であって、図－1「放射能濃度確認対象物の発生領域」に示す管理区域のうち汚染管理区域以外の区域又は一時的に設定する汚染のおそれのない管理区域）に設置する。

## 2. 原子力規制委員会の確認における経年変化の防止

放射能濃度確認対象物は、「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1項に規定する放射能濃度についての確認に支障を及ぼさないよう、放射能濃度の測定後主要な放射性物質である Co-60 の半減期

を超えない時期に原子力規制委員会の確認を受ける。また、腐食や劣化が生じないように確認を受けるまで保管容器を開かないようにする。

## 添付書類 八

放射能濃度の測定及び評価に係る  
品質マネジメントシステムに関する説明書

## 1. 業務の信頼性の確保

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並びに放射能濃度確認対象物の保管管理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。図8-1「放射能濃度確認対象物の基本処理フロー」の基本処理フローに示す放射能濃度確認対象物の発生から識別・分別、表面汚染密度測定、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及び保存並びに不適合の発生時の処置（是正処置及び必要に応じて予防処置含む。）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に関する業務の信頼性を確保する。

## 2. 責任の明確化

放射能濃度の測定、評価、放射能濃度確認対象物の保管管理及び搬出に関する業務を統一的に管理する者を組織の中で明確にし、責任を明らかにする。

## 3. 教育・訓練

放射能濃度の測定、評価、放射能濃度確認対象物の保管管理及び搬出に係る業務を実施する上で必要な知識・技能について明確にし、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

社内認定を行う。

#### 4. トレイ型専用測定装置の管理

放射能濃度の測定及び評価に使用するトレイ型専用測定装置については、定期的な点検・校正を含む保守管理を実施する。

#### 5. 分別管理

測定してから確認を受けるまでの間、放射能濃度確認対象物の保管場所は、放射能濃度確認対象物以外の物（一般廃棄物等）が混在しないよう分別管理する。

#### 6. 業務の実施

放射能濃度の測定、評価、放射能濃度確認対象物の保管管理及び搬出に係る業務は、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下部規程に具体的業務を定め、厳格な品質管理の下で業務を実施するとともに、継続的に改善する。

#### 7. 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を定められた手順のとおり実施する。

放射能濃度の測定、評価、放射能濃度確認対象物の保管管理及び搬出に係る業務において、トレイ型専用測定装置等の不具合や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、必要に応じて予防処置を講じる。また、これら放射

能濃度の測定，評価，放射能濃度確認対象物の保管管理及び搬出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。

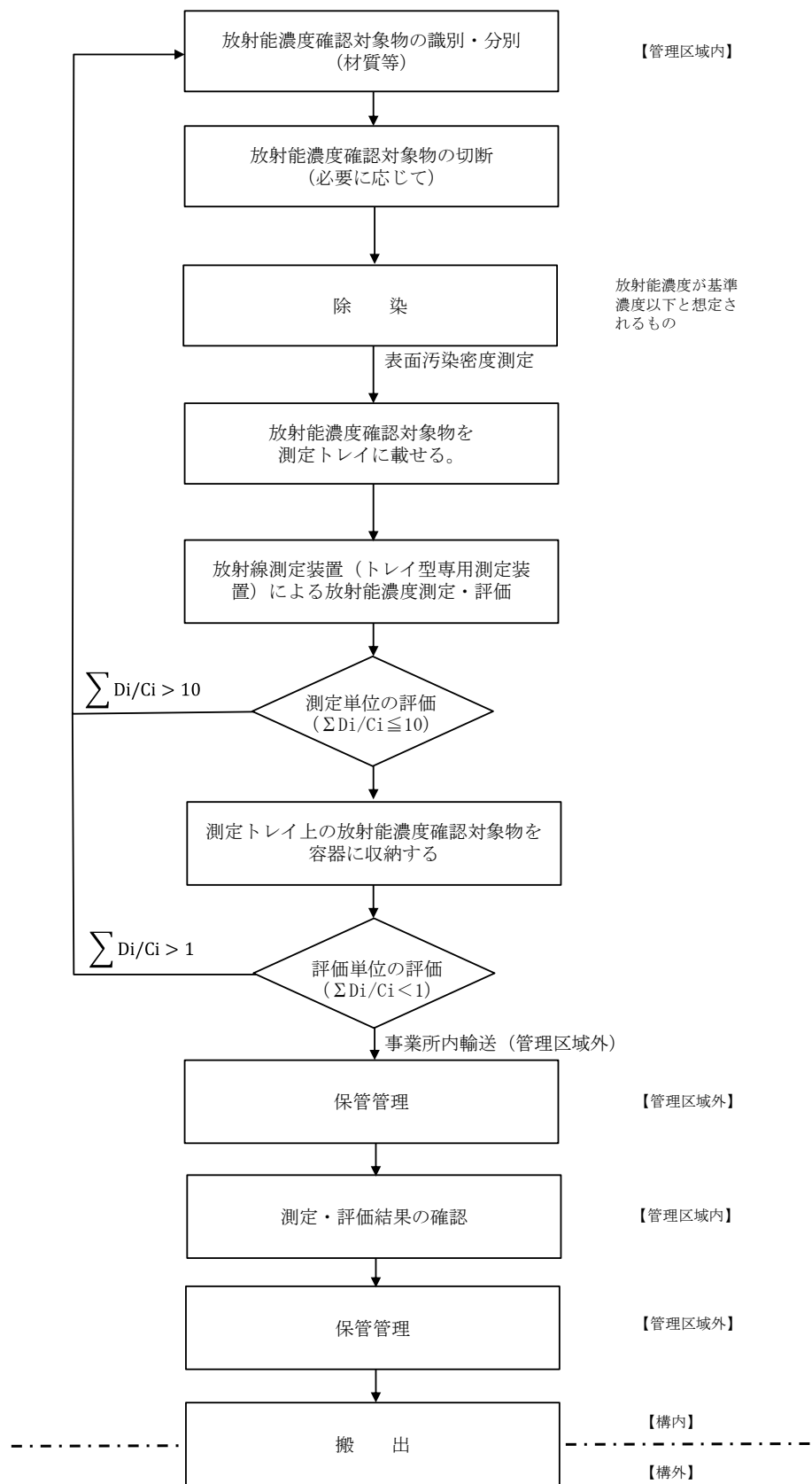


図 8 - 1 放射能濃度確認対象物の基本処理フロー