

8/25 からの変更箇所を赤字で示す。

資料 3-①

2020 年 10 月 20 日

関西電力株式会社

コメント回答資料（放射線測定装置の具体的な測定方法について） Rev.1

コメント No.	日付	コメント内容
6,12,40～51,53		測定装置における測定方法に係るコメントの日付およびコメント内容については、資料 2「コメント管理表」参照。

【回答】

1 放射線測定装置の概要

放射能濃度確認対象物は、大飯 1，2 号炉の燃料取替用水タンクエリアから発生した燃料取替用水タンクの解体撤去物の金属であって、2 次的な汚染で評価対象核種として **Co-60** を選定した。

放射能濃度を測定する放射線測定装置は、放射能濃度確認対象物をトレイに配置し、対象物から放出される全 γ 線をトレイの上下に配置したプラスチックシンチレーション検出器（以下、「 γ 線検出器」という。）により γ 線を測定するトレイ型専用測定装置（以下、「測定装置」という。）である。測定装置の外形図を図 1 に、測定装置の主な仕様を表 1 に示す。

また、定期点検等により測定器に異常が無いことを確認する。図 3 に γ 線検出器の検出効率点検図を示す。

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。

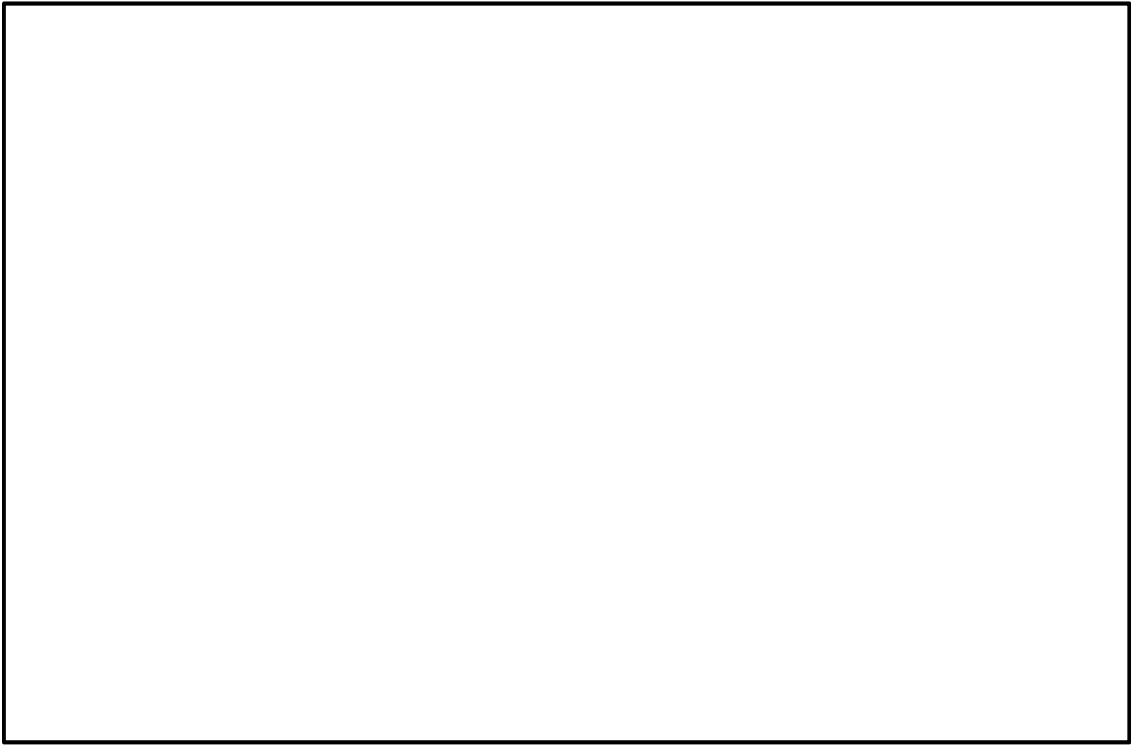


図 1 測定装置外形図

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。

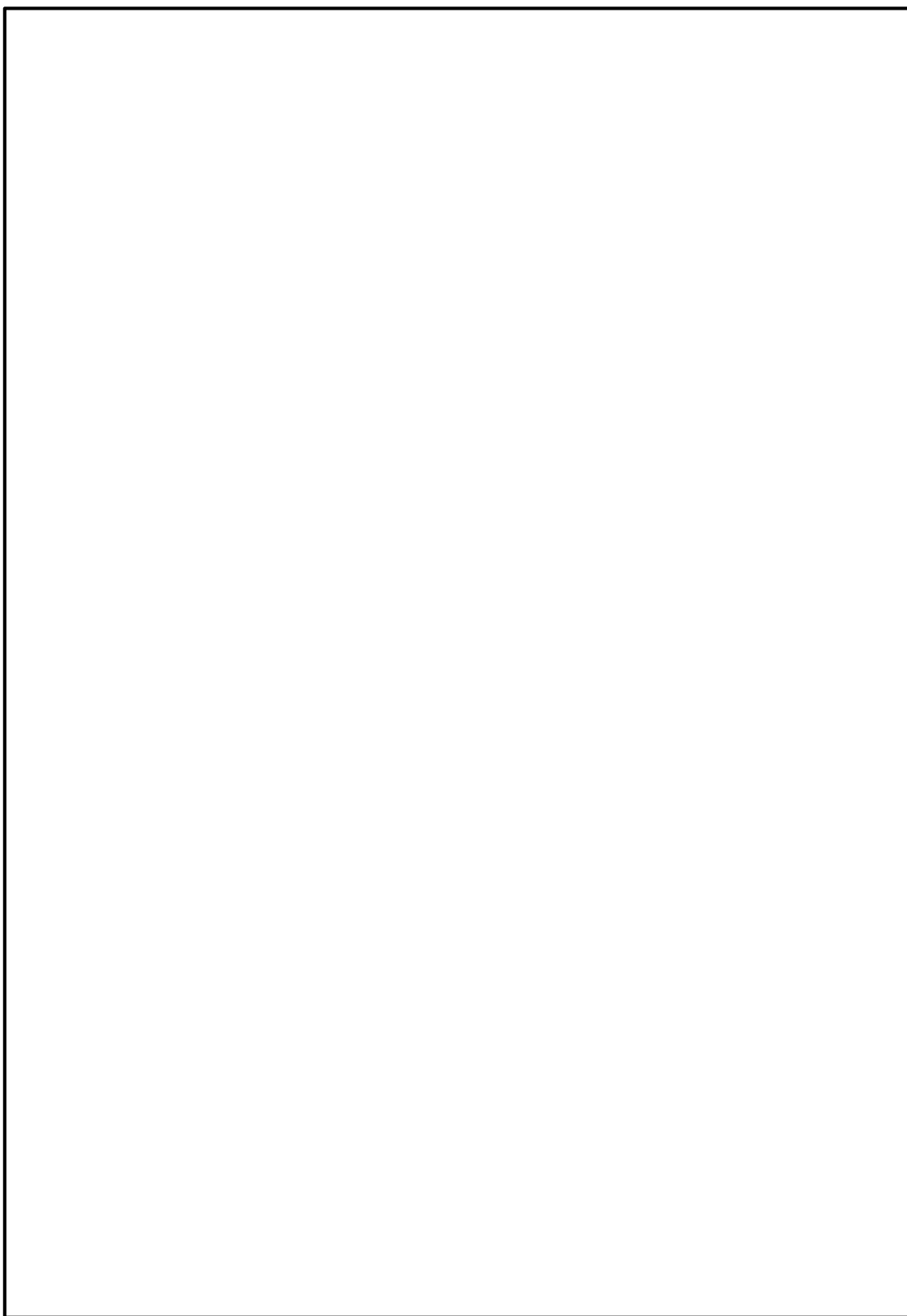


図 2 トレイ上の配置パターン及び配置パターン毎の γ 線測定動作

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 1 トレイ型専用測定装置の主な仕様

--

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。



図3 γ 線検出器の検出効率点検図
(測定装置の入口側から見た図)

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。

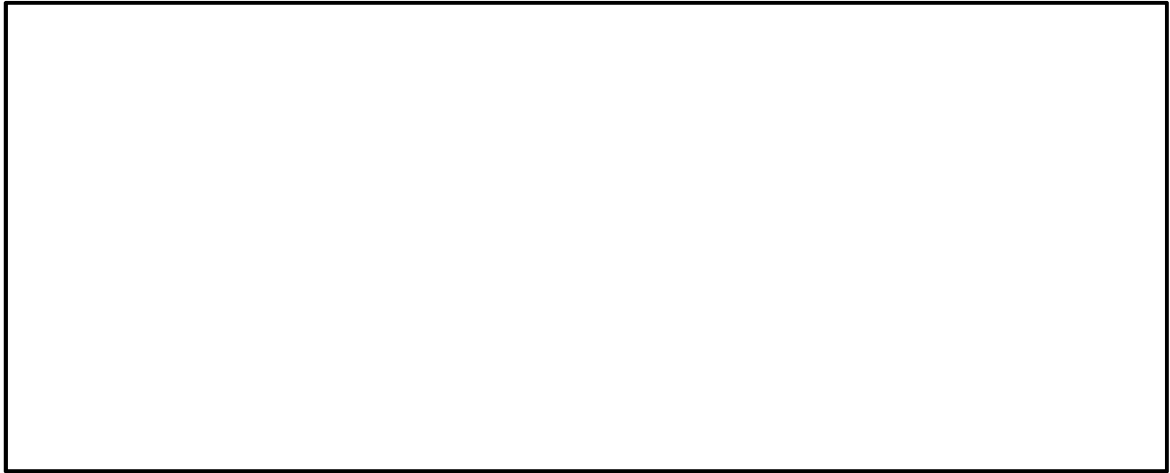
2. 測定装置の測定動作

放射能濃度の測定及び評価の流れは以下の通りであり、測定フローを図 4 に、測定装置の動作の概要図を図 5 に示す。

【放射能濃度の測定および評価の流れ】



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。



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。

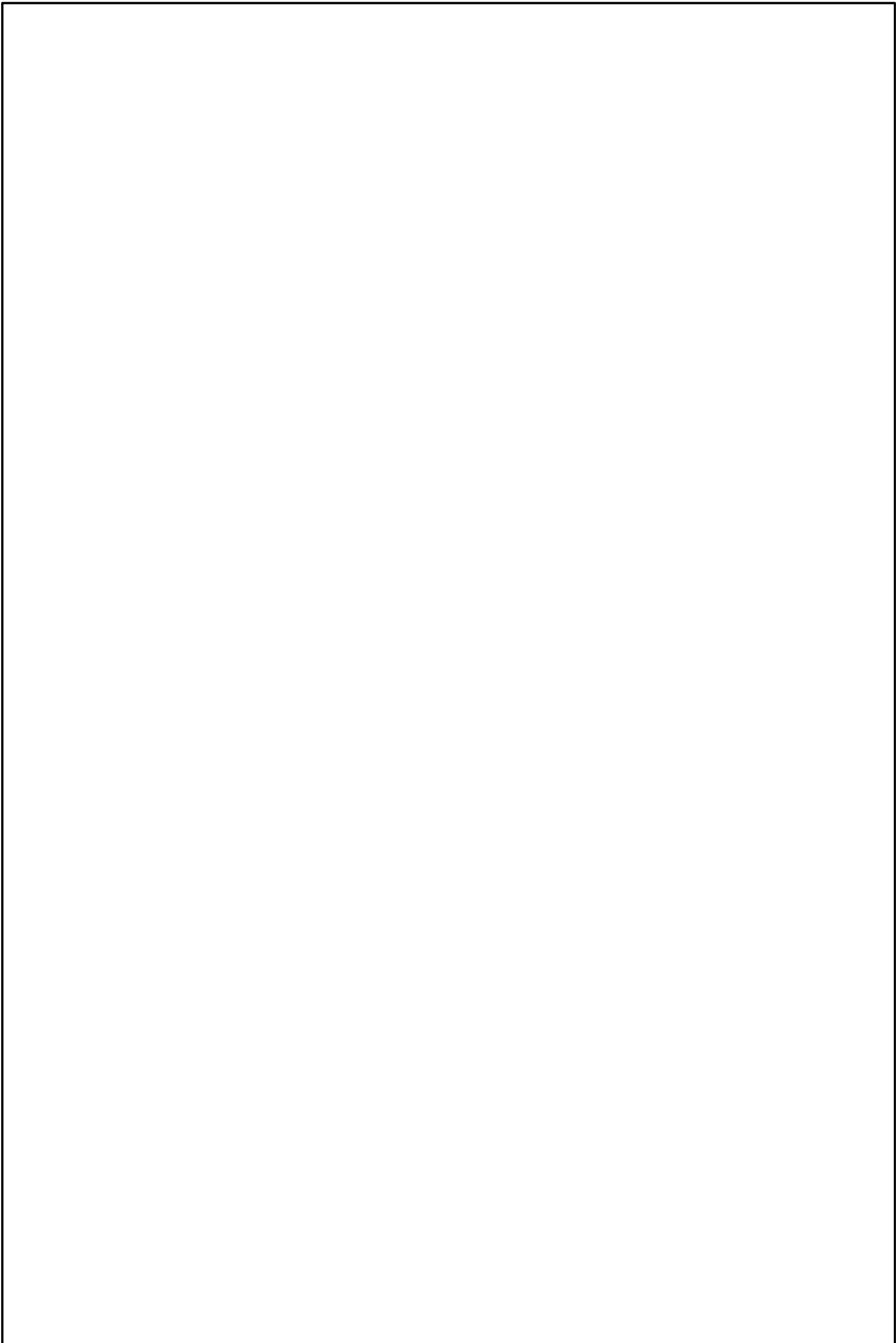


図4 測定フロー

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。

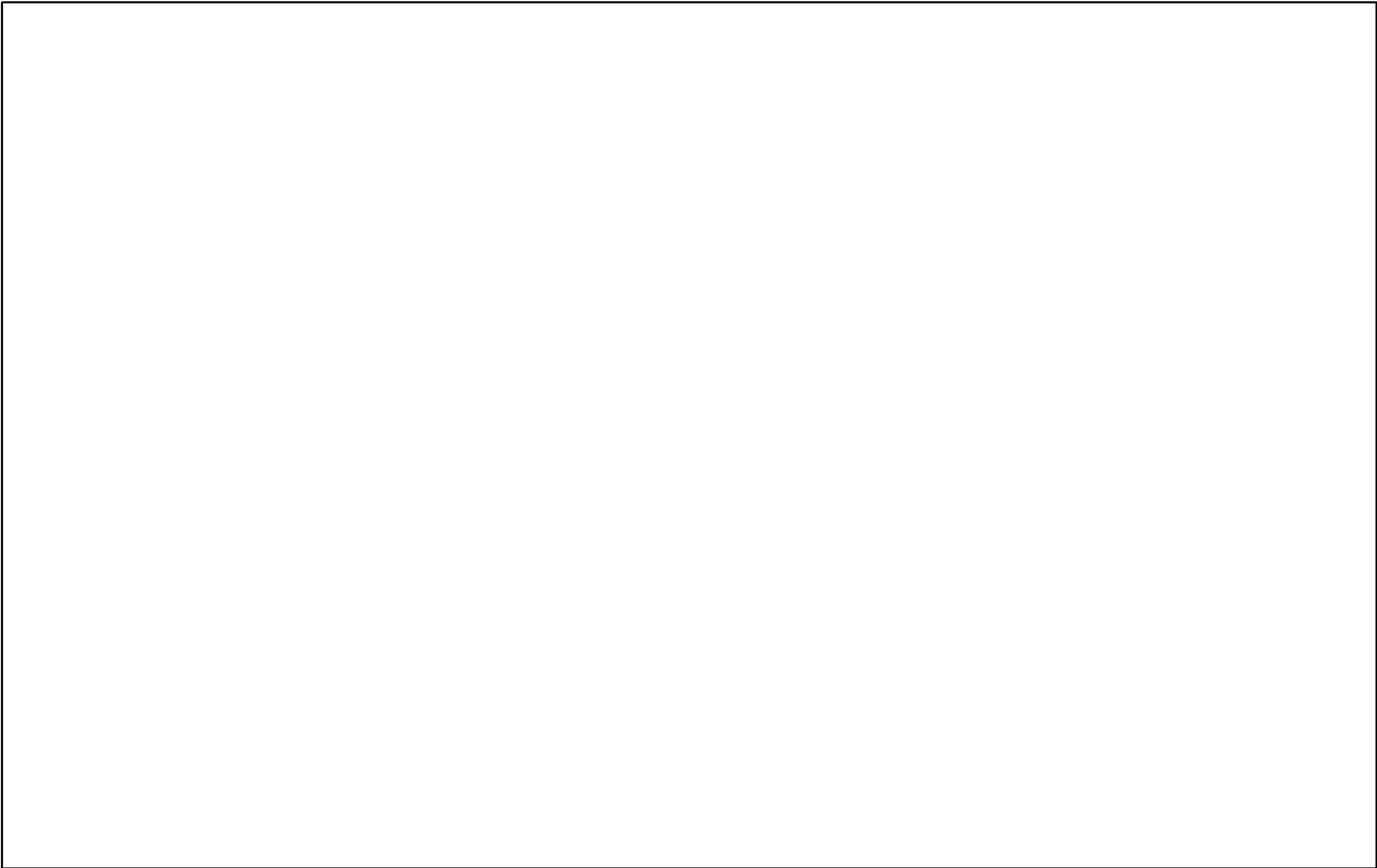


図 5 測定装置の動作概要図 (1/4)

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。

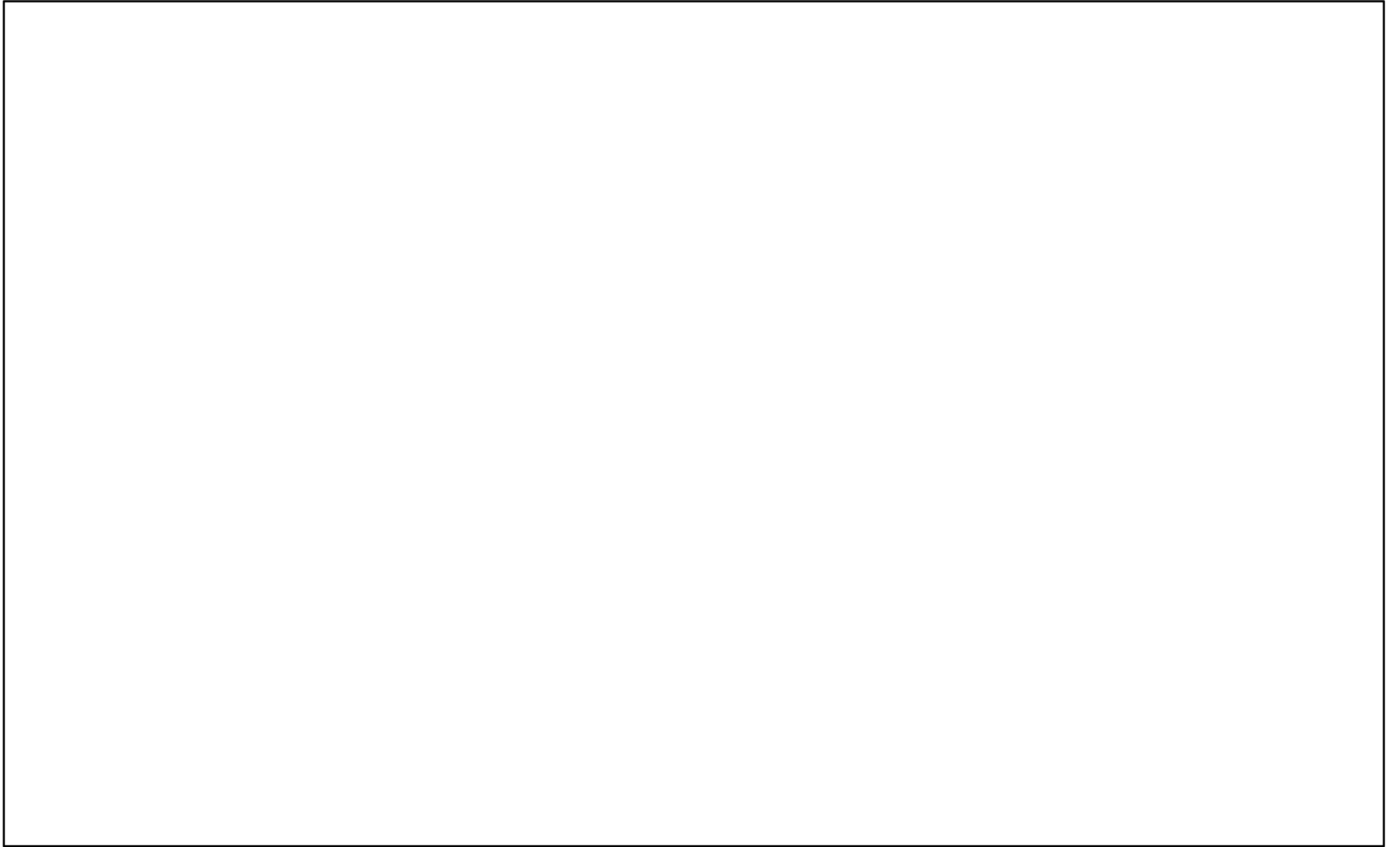


図 5 測定装置の動作概要図 (2/4)

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。

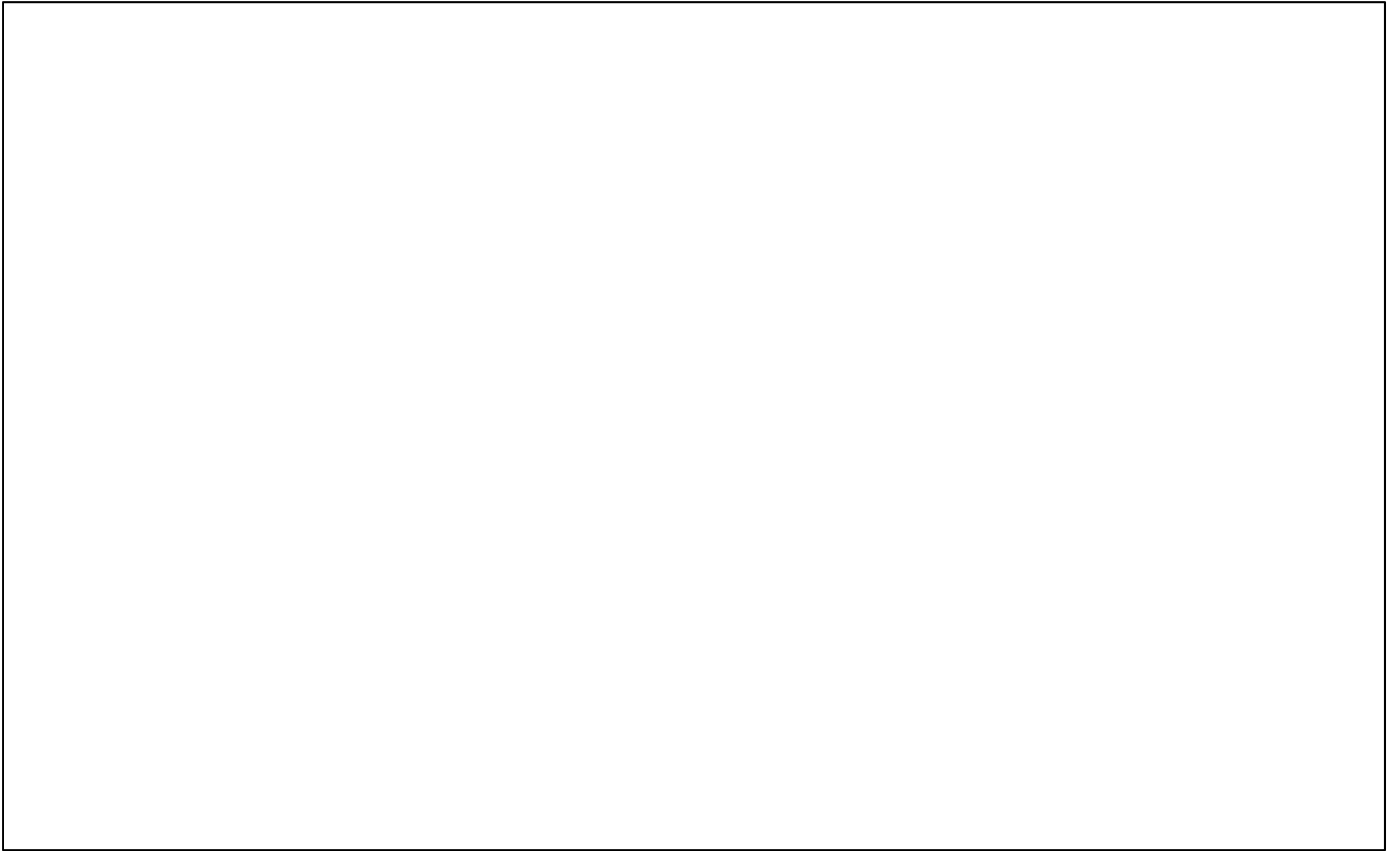


図 5 測定装置の動作概要図 (3/4)

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。

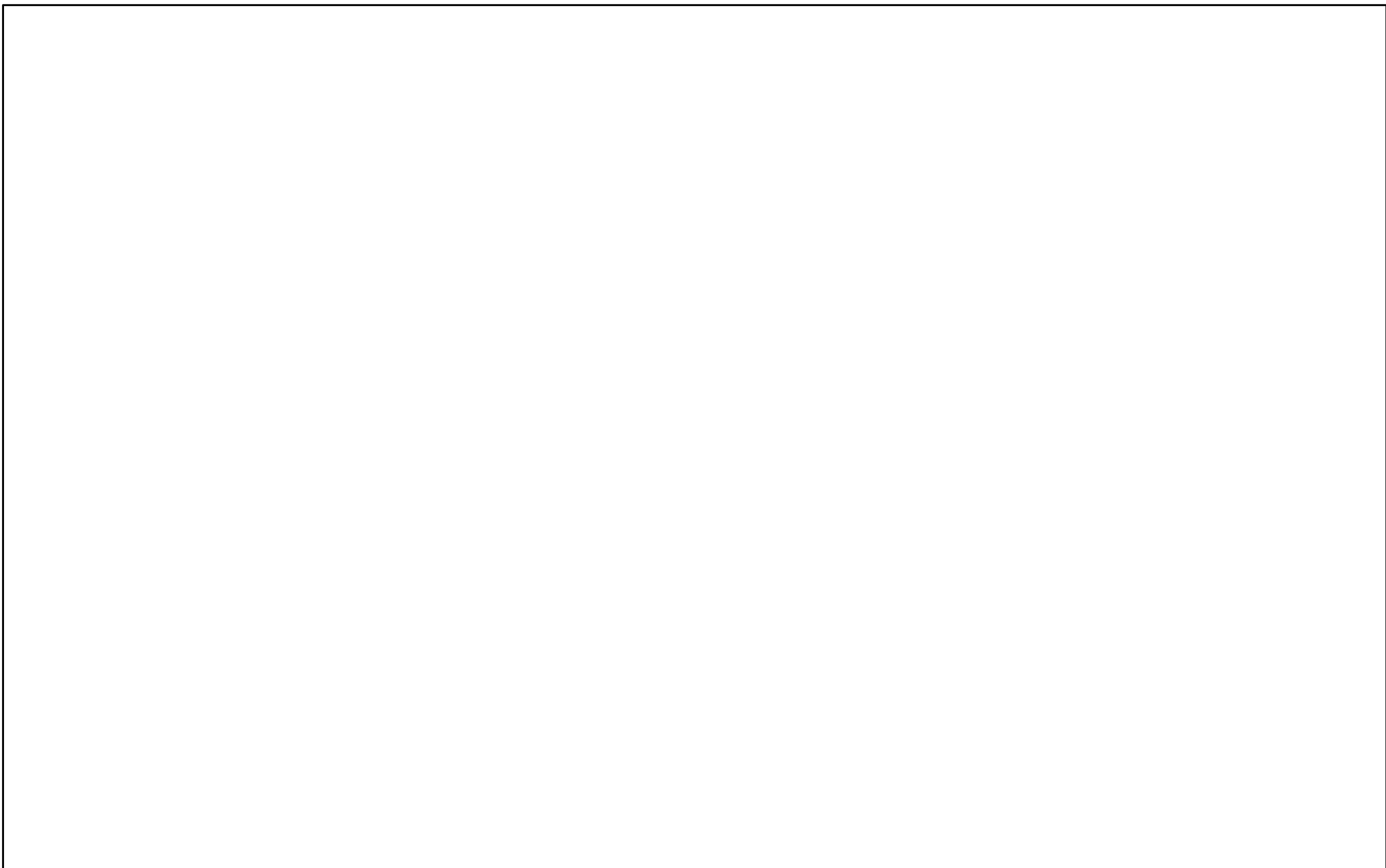


図 5 測定装置の動作概要図 (4/4)

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。

3. 測定装置の測定条件等

測定装置を使用して放射能濃度確認対象物を測定する際の測定条件等を表 2 に示す。測定装置の設置場所は、高線量の機材を持ち込まないよう管理していること、および機器の開放点検等で汚染物が飛散する可能性がある場合は、汚染物が飛散しないようグリーンハウスの設置等の措置を行うことにより清浄度を維持していることから、測定装置の設置場所における **BG** が大きく変動するおそれはない。なお、測定装置の設置場所の線量当量率の測定結果（シンチレーションサーベイメータにて測定）は、**0.03 μ Sv/h**（測定日：2020/07/20）である。

測定場所の **BG** の状況については、作業開始前の **BG** 測定と測定の都度実施する **BG** 変動確認のそれぞれについて基準値を設定しており、基準値から 以内（統計誤差 **3 σ** より設定）あることが確認された場合に有意な変動がないものとする。

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。

表 2 測定装置の測定条件等

項目		測定条件等
放射能濃度確認対象物の形状		 に配置可能な寸法であり、且つ平板状のもの
放射能濃度確認対象物の材質		金属
放射能濃度確認対象物の配置パターン		<ul style="list-style-type: none"> ・ 配置パターン A,B,C に配置 ・ 放射能濃度確認対象物はトレイ上に重ねずに配置
放射能濃度確認対象物の測定単位		最大 100kg
放射能濃度確認対象物の汚染性状		二次的な汚染
γ線測定時間		
BG 測定 (作業開始前) (トレイあり)	測定時間	
	変動	
BG 変動確認 (測定の都度) (トレイなし)	測定時間	
	変動	
測定範囲	重量	
	長さ	
	幅	
	高さ	
	かさ密度	

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。

トレイ型専用測定装置の各配置パターンの
放射能濃度確認対象物の配置領域の寸法について

トレイ型専用測定装置（以下、「測定装置」という。）の放射能濃度確認対象物の配置領域の寸法（長さ×幅）を図 1 に示す。

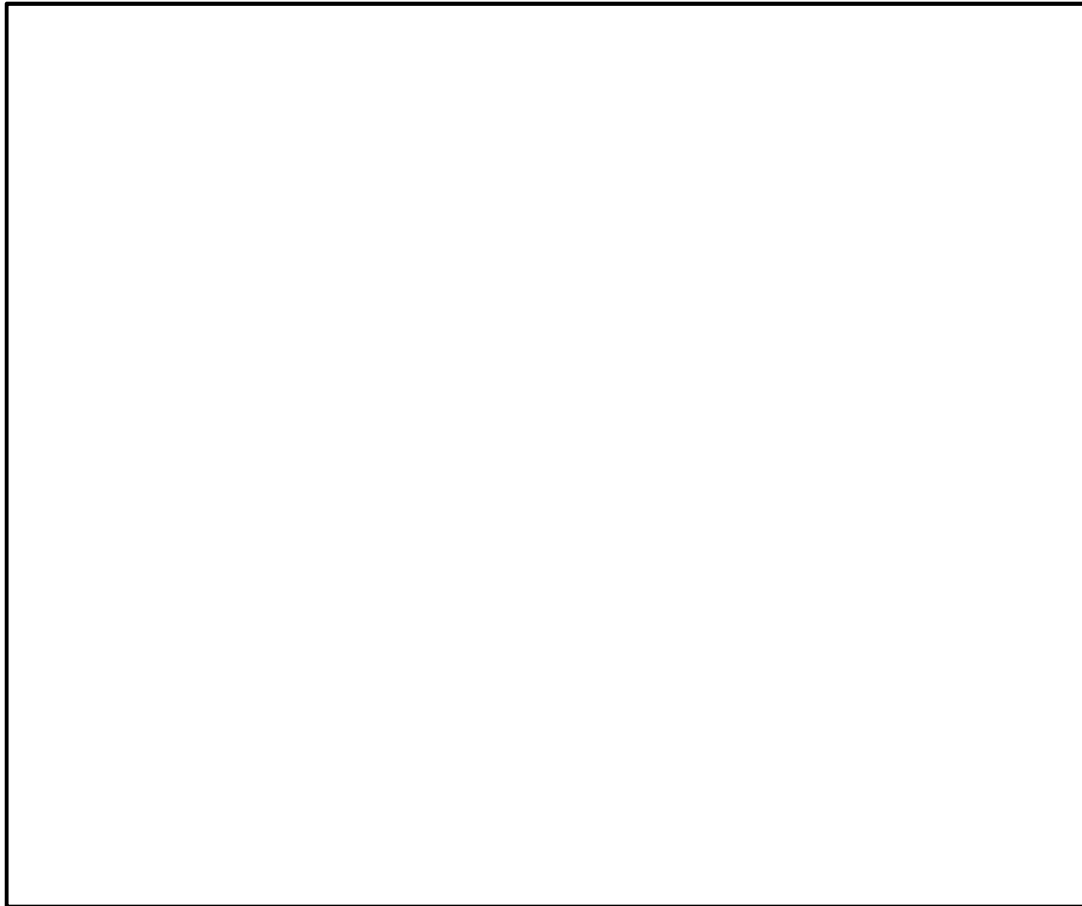


図 1 トレイ上の放射能濃度確認対象物の配置詳細寸法

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。

BG 測定時におけるトレイの有無による計数率の影響について

測定装置における BG 測定は、日常点検時と放射能濃度測定時のそれぞれ 2 種類があり、日常点検時にはトレイを積載した状態で BG 測定を実施し、放射能濃度測定時にはトレイは積載しない状態で BG の変動確認を実施する。トレイの有無による BG 計数率を比較したところ、BG 計数率の差は約 1%であり統計誤差の範囲内である。また、BG 測定においては、日常点検時及び放射能濃度測定時の各々で基準値を設定していることから、トレイの有無を考慮する必要は無い。

認可申請書に要求される記載事項	法令等の要求事項	6/15 クリアランス認可申請書記載内容	申請書の該当箇所
<p>八 放射線測定装置の種類及び測定条件(次頁へ続く)</p>	<p>【規則第六条第4号 四】 放射線測定装置の選択及び測定条件の設定は、次によるものであること。 イ 放射線測定装置は、放射能濃度確認対象物の形状、材質、汚染の状況等に応じた適切なものであること。 ロ 放射能濃度の測定条件は、第二条に規定する基準を超えないかどうかを適切に判断できるものであること。</p> <p>【審査基準】 (1)「放射能濃度確認対象物の形状、材質、汚染の状況等に応じた適切なもの」については、以下のとおりであること。 イ：放射能濃度の測定に用いる放射線測定装置については、測定効率が適切に設定されていること。</p>	<p>(1) イ：【申請書本文記載事項】 放射能換算係数の設定の前提となる検出器の測定効率が維持されていることを、定期的に確認することとしている。 トレイ型専用測定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、検出器の点検・校正を行う。</p> <p>【申請書添付書類六記載事項】 日常点検（使用中において1回/日）では、BG測定、Co-60標準線源を用いた検出効率の確認等を行う。 また、定期点検（使用中において1回/年）では、γ線検出器の点検・校正を行うとともに、重量測定器、寸法測定器についても点検・校正を行う。 トレイ中心の上下検出器中間位置にCo-60点線源を配置したとき6個の検出器で得られる最小測定効率を設定する。</p>	<p>本文 P7 本文 P8 添付書類六 P6-7 添付書類六 P6-14</p>

大飯1号炉および2号炉 燃料取替用水タンクへのクリアランス制度適用に関する法令等の要求事項への適合性確認 (2/6)

認可申請書に要求される記載事項	法令等の要求事項	6/15 クリアランス認可申請書記載内容	申請書の該当箇所
	<p>ロ：汎用測定装置以外の測定装置を使用する場合には、放射能濃度確認対象物の形状、汚染状況等を適切に設定した模擬線源を用いてクリアランスレベル近傍の放射能を実測する等の方法により、当該測定装置が申請書に記載されている性能を有していることが確認されていること。この場合において、模擬線源を用いて実測するときには、放射能濃度測定値が最小となるような模擬線源の配置を含んでいること。</p>	<p>ロ：【申請書本文記載事項】</p> <p>表1 トレイ型専用測定装置の主な仕様及び測定条件</p> <div data-bbox="1359 407 2410 1810" style="border: 1px solid black; height: 668px; width: 354px; margin: 10px auto;"></div>	<p>本文 P14</p>

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。

認可申請書に要求される記載事項	法令等の要求事項	6/15 クリアランス認可申請書記載内容	申請書の該当箇所
		<p>【申請書添付書類六記載事項】</p> <p>表 6-1 トレイ型専用測定装置の主な仕様</p> <div data-bbox="1288 426 2445 1566" style="border: 1px solid black; height: 543px; width: 390px; margin: 10px auto;"></div>	添付書類六 P6-14

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。

認可申請書に要求される記載事項	法令等の要求事項	6/15 クリアランス認可申請書記載内容	申請書の該当箇所
	<p>(2)「第二条に規定する基準を超えないかどうかを適切に判断できるもの」については、以下のとおりであること。</p> <p>イ：放射能濃度の測定条件について、クリアランスレベル以下であることの判断が可能となるよう検出限界値が設定されていること、また、測定場所周辺のバックグラウンドの状況、放射能濃度確認対象物の遮蔽効果等が考慮されていること。</p>	<p>(2)</p> <p>イ：【申請書本文記載事項】</p> <p>① 検出限界値</p> <p>放射能濃度測定に用いるトレイ型専用測定装置の検出限界値は、放射能濃度確認対象物の遮蔽効果による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を考慮して決定する。</p> <p>【申請書添付書類六記載事項】</p> <p>① 検出限界</p> <p>トレイ型専用測定装置の Co-60 の検出限界放射能濃度は次のように求められる。</p> <p>(1) 検出限界放射エネルギーの算定</p> <p>Co-60 の検出限界放射エネルギーは、BG 計数率、BG 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次式により求める。</p> $A_{LD} = CF \times SF \times \frac{\frac{k^2}{\alpha \times t_T} + \sqrt{\left(\frac{k^2}{\alpha \times t_T}\right)^2 + 4 \times (1 - k^2 \times r_2^2) \times k^2 \times \left\{n_B \times \left(\frac{1}{\alpha \times t_T} + \frac{1}{\alpha \times t_B}\right) + r_1^2 \times n_B^2\right\}}}{2 \times (1 - k^2 \times r_2^2)}$ <p>A_{LD} : 検出限界放射エネルギー(Bq)</p> <p>CF : 不確かさを考慮した放射能換算係数(Bq/s⁻¹)</p> <p>SF : 安全率</p> <p>k : 包含係数(k=3)</p> <p>α : 各測定パターンにおけるγ線検出器の数</p> <p>t_T : 放射能濃度確認対象物の測定時間(s)</p> <p>n_B : BG 計数率(s⁻¹)</p> <p>t_B : BG 測定時間(s)</p> <p>r₁ : BG 変動に起因する相対誤差</p> <p>r₂ : 放射能換算係数の相対誤差</p> <p>(2) 検出限界放射能濃度の算定</p> <p>前項から求まる検出限界放射エネルギーを放射能濃度確認対象物重量で除したものが検出限界放射能濃度となる。検出限界放射能濃度を規則別表 1 の第 2 欄に示される Co-60 の放射能濃度の値で除した値の和が 1 以下であることが確認できるように測定条件を設定する。</p> <p>設定した測定条件における Co-60 の検出限界放射能濃度は、トレイ上の配置位置(配置パターン)</p>	<p>本文 P8</p> <p>添付書類六 P6-4</p> <p>添付書類六 P6-5</p> <p>添付書類六 P6-5</p>

認可申請書に要求される記載事項	法令等の要求事項	6/15 クリアランス認可申請書記載内容	申請書の該当箇所
		<p>によって異なるが、<input type="text"/>の範囲となっており、規則別表第1第2欄の放射能濃度以下であることを確認することができる。</p> <p>(3) BG 変動に起因する相対誤差r_1の算定 放射能濃度確認対象物の遮蔽効果によるBG変動に起因する相対誤差r_1は以下により求める。 BG 変動に起因する相対誤差r_1を、個々の対象物を測定したときの自己吸収補正誤差r_Bの平均値\bar{r}_B及び標準偏差σ_1により表される次式から求める。</p> $k \times r_1 = \bar{r}_B + k \times \sigma_1 \quad \dots \dots \dots (6-5)$ $r_B = (n_{B0} - n_B) / n_B \quad \dots \dots \dots (6-6)$ <p>k : 包含係数($k=3$) \bar{r}_B : r_Bの平均値(%) σ_1 : r_Bの標準偏差(%) r_B : 放射能濃度確認対象物の γ 線計数率を測定したときの BG の自己吸収補正誤差(-) 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})</p> <p>r_1は模擬対象物の BG の自己吸収補正誤差の測定結果に基づき <input type="text"/>に設定する。</p> <p>(4) 放射能換算係数の相対誤差r_2の算定 放射能換算係数の相対誤差r_2は以下により求める。 放射能換算係数の相対誤差r_2は、測定される計数率より放射能に換算する際の相対誤差であり、放射能換算係数の導出誤差(校正誤差を含む。)の他、測定対象物による放射線の吸収又は放射能の非均質分布がある場合には距離の変動による放射能の換算誤差を含んでいる。r_2を求めるためには放射能が既知の標準線源を用い、模擬対象物を用いた専用測定器による測定を行い、個々の測定の相対誤差r_{CF}の変動係数を次式により求める方法がある。</p> $r_{CF} = (A_E - A_C) / A_E$	<p>添付書類六 P6-6</p> <p>添付書類六 P6-6, P6-7</p>

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。

大飯1号炉および2号炉 燃料取替用水タンクへのクリアランス制度適用に関する法令等の要求事項への適合性確認 (6/6)

認可申請書に要求される記載事項	法令等の要求事項	6/15 クリアランス認可申請書記載内容	申請書の該当箇所
	<p>ロ：測定単位の放射能濃度を測定した結果、検出限界値以下である場合には、当該測定単位の放射能濃度の値が検出限界値と同じであるとみなしていること。</p> <p>(3)以上の点について、規則第5条第1項第8号及び第2項第6号に掲げる事項として、申請書及びその添付書類に記載されていること。</p>	<p>Γ_{CF} : トレイ型専用測定装置による個々の測定の放射能換算係数の相対誤差</p> <p>A_E : 標準線源を用いた模擬対象物の放射能の設定値(Bq)</p> <p>A_C : トレイ型専用測定装置による放射能の評価値(Bq)</p> <p>トレイ型専用測定装置における放射能換算係数は、</p> <p>ロ：【申請書添付書類六記載事項】 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、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。</p> <p>(3)上記内容を申請書本文八および添付書類六に記載する。</p>	<p>添付書類六 P6-7</p> <p>添付書類六 P6-7</p> <p>添付書類六 P6-4</p>

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。