

令和6年度原子力施設等防災対策等委託費
(甲状腺被ばく線量測定器の使用等に関する調査) 事業
報告書

令和7年3月

国立研究開発法人
量子科学技術研究開発機構

本報告書は，国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構が実施した原子力規制庁「令和6年度原子力施設等防災対策等委託費（甲状腺被ばく線量測定器の使用等に関する調査）事業」の成果を取りまとめたものです。

目次

概 要	1
1. 緒言	2
2. 委託内容	3
2.1 委託事業項目	3
2.2 委託事業の背景と目的	3
2.3 委託事業の内容	3
3. 調査実施方法	5
3.1 測定時の誤差となる因子の調査	5
3.2 各機器の活用が想定される状況等についての比較調査	8
3.3 測定対象者数と測定機器数の関係に関する調査	8
3.4 外部専門家会議の設置及び進捗状況の報告	9
4. 調査結果	10
4.1 測定時の誤差要因となる因子の調査	10
4.2 各機器の活用が想定される状況等の比較調査	28
4.3 測定者数と測定機器の関係に関する調査	33
5. まとめ	43
参考資料等	45
付録 1 外部専門家会議設置規程及び委員名簿	48
付録 2 外部専門家会議の議事概要及び議事録	51
付録 3 予備調査結果－NaI(Tl)サーベイメータの測定誤差	122
付録 4 実証試験用スライド	131
付録 5 甲状腺簡易測定会場シミュレーションの試算例	146

概 要

原子力発電所における不測の事故に備え、近隣住民に対する放射線防護のための万全な体制構築が重要であることは言うまでもない。事故直後には、周辺環境中に放出された放射性物質によって線量が上昇した地域を特定し、その地域の住民の被ばく線量を速やかに把握することが求められる。被ばく線量の中でも特に注意が必要なのは、放射性ヨウ素（主にヨウ素-131）の内部取込みによって生じる甲状腺被ばくであり、その物理学的半減期が短いが故に、対象地域の住民に対するモニタリングを遅滞なく実施しなければならない。こうした背景の下、国は令和5年3月に甲状腺被ばく線量モニタリング実施マニュアルを制定し、さらに令和6年3月には同モニタリングに関する運用手引きを公表した。本報告書は、令和6年度の原子力規制庁からの委託調査として、甲状腺被ばく線量測定器の使用等に関する調査を実施した結果を取りまとめたものである。調査項目は具体的には以下の3項目である。

- 測定時の誤差となる因子の調査
- 甲状腺被ばく線量モニタリングに使用可能な各機器の活用が想定される状況等についての比較調査
- 甲状腺被ばく線量モニタリング簡易測定の現場を想定した、測定対象者数と測定機器数の関係に関する調査

以上の項目について、多数の測定者を募って実施した実証試験、測定器の精度に関する実験的検証、個々の測定器の仕様及び性能を考慮した活用法の検討、簡易測定会場を模擬したシミュレーション等の多角的なアプローチを用いて各調査を行った。本報告書には各調査項目で得られた結果を詳述しており、今後の甲状腺被ばく線量モニタリングの運用に係わる具体的検討にも役立つものと思われる。

1. 緒言

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う東京電力福島第一原子力発電所事故（以下、福島原発事故）の発生から今年で14年目となる。この間、被災地となった福島県の復興再生に向けて、県内における大規模な除染や県民の放射線被ばくに対する過度な健康不安の払拭を図るためなどの様々な取り組みがなされてきた。原子力災害対策については、福島原発事故の教訓を踏まえつつ、国際原子力機関（IAEA）の安全文書類を参考にした原子力災害対策指針⁽¹⁾が2012年10月31日に制定された。同指針では、原発から約30 km 圏内まで拡張した原子力災害対策重点区域に居住する住民に対する安全かつ効率的な放射線防護の手順を定めており、原子力災害医療を担う機関の役割や要件等についても明文化している。

原子力災害対策指針は制定以降も多くの改正を経て現在に至っているが、本事業に関連する公衆の甲状腺被ばく線量モニタリングに関しては、2021年9月7日に原子力規制庁から同モニタリングに関する検討チーム会合報告書⁽²⁾が示された後、2022年4月6日に同報告書を反映した指針改正、2023年5月31日に内閣府（原子力防災担当）と原子力規制庁の連名による「甲状腺被ばく線量モニタリング実施マニュアル（以下、実施マニュアル）」⁽³⁾の公表、そして、2024年3月29日には内閣府（原子力防災担当）から「甲状腺被ばく線量モニタリング簡易測定運用の手引き（以下、運用手引き）」⁽⁴⁾等が示されるなど、具体的な運用に向けたソフト面の整備が進められている。課題とされていた測定者の確保に関しては、2025年2月12日に公益社団法人日本診療放射線技師会が国の原子力災害医療協力機関に指定された⁽⁵⁾。

その一方で、甲状腺被ばく線量モニタリングには、未だ幾つかの技術的課題も残されている。実施マニュアルによれば、同モニタリングの対象者は、運用上の介入レベル（OIL）に基づく放射線防護対策のための指示が出された地域の住民の内、19歳未満の者及び妊婦・授乳婦を基本とするが、測定が難しい小児に対しては、行動を共にした保護者等の成人による代理測定を行うとしている。一方、甲状腺被ばく線量モニタリングは、①比較的高い甲状腺被ばく線量を受けた可能性のある者の速やかな同定を目的とした簡易測定と②より正確な線量測定を目的とした詳細測定の二段構えの仕組みで実施されるが、簡易測定から詳細測定に移行する基準として定められるスクリーニングレベル（SL）は、厳密には8歳以上に適用されるものである⁽²⁾。したがって、小児本人に対して直接適用が可能な測定法の確立が課題の一つとして挙げられる。また、現時点において使用可能な測定器類を用いて、多人数が想定される甲状腺被ばく線量モニタリングを実施する際、具体的にどの程度の数量の測定器が必要とされるのか、あるいは、特性の異なる複数の測定器をどのように組み合わせて運用するのか等、実際にモニタリングを行う際に必要となる資機材等のリソースについても検討が必要である。

そこで本事業では、次章で述べる委託内容に従い、甲状腺被ばく線量モニタリングに使用可能な数種類の測定器の精度、各測定器の特性を活かした運用方法、運用手引きや原発立地自治体が策定した緊急時対応等の各種計画を参考とし、同モニタリングに必要なリソース等の調査検討を実施した。

2. 委託内容

本委託事業の仕様は以下のとおりである⁽⁶⁾。

2.1 委託事業項目

令和6年度原子力施設等防災対策等委託費（甲状腺被ばく線量測定機器の使用等に関する調査）事業

2.2 委託事業の背景と目的

(1) 背景

令和4年4月6日の原子力災害対策指針（平成30年原子力規制委員会告示第8号，以下「指針」という。）の改正において甲状腺被ばく線量モニタリングに係る基本的な考え方が示され，令和5年5月31日には甲状腺被ばく線量モニタリング実施マニュアル（以下「マニュアル」という。）が制定されたところである。本マニュアルにおいて，甲状腺被ばく線量モニタリングの対象者は，リスクが相対的に高い年齢層として19歳未満の者，妊婦及び授乳婦を基本とし，乳幼児については測定が困難な場合には行動を共にした保護者等を測定することで乳幼児の線量を推定することとしている。甲状腺被ばく線量モニタリングの実施において，従前から据置型甲状腺モニタ（詳細測定），NaIシンチレーションサーベイメータ（簡易測定）の利用が想定されている。また，新たな機器の実用化も進められており，これらの機器をどのように組み合わせながら甲状腺被ばく線量モニタリングの実施体制を再構築すべきかについて，改めて検討が必要となっている。

(2) 目的

本事業では，甲状腺被ばく線量モニタリングに使用可能な機器の実動時における課題等について調査を行う。

2.3 委託事業の内容

(1) 測定時の誤差となる因子の調査（本報告書3.1及び4.1に掲載）

甲状腺被ばく線量モニタリングに使用可能な可搬型の測定器について，測定者の操作等に起因する測定誤差の程度を定量的に評価する。また，その評価を実施する際には，甲状腺被ばく線量モニタリング簡易測定に係る研修を受講した経験を有する者を対象とするなど，実際に測定する状況に近い形で調査を行い，対象者数を10人以上とし定量的なデータを取得すること。なお，調査については下記の項目を含め，対象とする機器については，原子力規制庁と事前に相談をすること。

- ・ 測定者の違いによる測定誤差について，その程度，再現性など評価すること。また，その結果について甲状腺簡易測定に用いられるNaIシンチレーションサーベイメータと比較し言及すること。
- ・ 測定誤差を生じる原因について考察し，当該誤差を低減させるための方策について検討すること。特に，誤差が大きくなると想定される被ばく線量が低い状況における対応について言及すること。

(2) 甲状腺被ばく線量モニタリングに使用可能な各機器の活用が想定される状況等についての比較調査（本報告書 3.2 及び 4.2 に掲載）

甲状腺被ばく線量モニタリングに使用が可能である機器について、それぞれの特性を考慮したうえで、測定対象となる年齢層、使用する場所、測定時間、測定可能期間等、活用が想定される状況に係る比較検討を行う。なお、比較対象とする機器は、(1)で評価されたもの、据置型甲状腺モニタ及び NaI シンチレーションサーベイメータを含む 3 機種以上とし、原子力規制庁と事前に相談すること。

(3) 甲状腺被ばく線量モニタリング簡易測定の現場を想定した、測定対象者数と測定機器数の関係に関する調査（本報告書 3.3 及び 4.3 に掲載）

甲状腺被ばく線量モニタリング簡易測定の現場で、スクリーニングレベルを超えた者に対する詳細測定を(1)で調査した測定器を活用し実施することを想定し、測定に係る標準的な処理能力について現実的な仮定を置いた上で、測定対象者と測定機器の必要台数の関係について試算を行うこと。なお、下記に示すパラメータを含めた、感度分析を行うこと。

- ・ 会場の規模
- ・ 1 会場当たりのブース数
- ・ 時間当たりの来場者数
- ・ スクリーニングレベルを超過した者の割合
- ・ 乳幼児など、NaI シンチレーションサーベイメータによる測定が困難な者の割合

また、上記で算出された必要台数を前提とし、NaI シンチレーションサーベイメータによる簡易測定を行わずに、(1)で調査した測定器を用いた詳細測定のみ実施する運用が可能な測定対象者数について検討を行うこと。

(4) 検証・検討のための外部専門家会議の設置及び進捗状況の報告（本報告書 3.4、付録 1 及び付録 2 に掲載）

(1)～(3)の検証・検討内容については、国内外の知見を踏まえまとめることを念頭に外部専門家 5 名以上で構成する会議体を設置し 1 回以上の会議を開催し議論を行うこと。また、当該会議において議論する内容の事前の協議及びその他進捗状況の報告方法等については原子力規制庁職員と調整すること。

なお、本会議体で議論された内容については、成果報告書において議事録を公表することを前提とする。

3. 調査実施方法

3.1 測定時の誤差となる因子の調査

以下の方法で調査を行う。

- ・ 簡易測定に使用されることが想定される機種の NaI(Tl)サーベイメータの測定誤差については、甲状腺簡易測定研修等の機会を利用し、先行研究⁷⁾と同様な方法により、測定者間の測定値のばらつきの程度を評価するためのデータを取得する。ただし、測定中のプローブの位置や保持状態、測定者の手技の違い等の要因を調査するため、測定者が被検体となる頭頸部マネキン¹⁾を実測する様子を撮影し、取得した動画を後に解析する。
- ・ NaI(Tl)サーベイメータの比較対象機器は、原子力規制庁との協議により決定した可搬型甲状腺モニタ 2機種とした（表 1）。測定誤差の評価は、プローブタイプ（以下、可搬型甲状腺モニタ A と表記）の機種については NaI(Tl)サーベイメータと同様な方法で行い、ステーションナリタイプ（以下、可搬型甲状腺モニタ B と表記）の機種については、被検体側の位置のずれ等による測定誤差を評価する。比較対象機器のデータ取得は、本事業の受託機関である国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構（以下、QST）及びその協力機関である国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以下、JAEA）が開催する実証試験等を通じて行う。
- ・ 以上に加えて、比較対象機器について頸部ファントムを用いた追加実験等を行い、実証試験で得られた測定誤差の再現性の評価及び低減のための対応策を検討する。

表 1. 測定誤差の評価検証を行う測定器類

測定器	NaI(Tl)シンチレーション サーベイメータ	可搬型甲状腺モニタ (プローブタイプ)	可搬型甲状腺モニタ (ステーションナリタイプ)	据置型甲状腺モニタ※
外観				
用途	簡易測定に使用	今後検討	今後検討	詳細測定に使用
運用場所	簡易測定会場	//	//	原子力災害拠点病院等
検出素子	NaI(Tl)シンチレータ	GAGG素子×4個	CZT素子×2個	HPGe検出器
推奨測定環境 (周辺線量当量率)	通常バックグラウンド～ 0.2 μSv/h(最大)	通常バックグラウンド	通常バックグラウンド ～5 μSv/h(最大)	設置場所の環境による
測定時間	2～3分間 (頭部と大腿部を測定)	3分間	1分間 (高さ調節等に要する時間除く)	3分間 (高さ調節等に要する時間除く)
¹³¹ I検出限界値 ※推奨測定条件	～500 Bq (0.02 μSv/hに相当)	～50 Bq	65 Bq～500 Bq	38 Bq (～0.05 μSv/h環境下)
重量	約1.5 kg	約300 g(プローブ本体) +制御用ノートパソコン	約20 kg (昇降台を含む)	約1 ton

※受託機関が所有する機器

※ 表中の据置型甲状腺モニタは 3.1 測定誤差の調査対象機器ではないが、甲状腺被ばく線量モニタリングの実施体制等の議論の対象となるために掲載。

¹⁾ 発泡スチロール製の頭頸部マネキンの内部に放射線源を設置する。放射線源には下限数量以下の密封線源（ポイント線源あるいはコイン形状の面線源、核種は ¹³³Ba）または受託元で作成した ¹³¹I 標準溶液を滴下したフィルターをラミネートした線源を使用した。後者は受託元において実施した甲状腺簡易測定研修や実験において使用した。

ここで甲状腺測定における測定誤差の要因について考えると、①計測値の統計誤差、②同一機種の測定器間の検出感度の差異、③測定者間の手技の差異、及び、④被検者のバイオメトリクス（体格、甲状腺形状、甲状腺前組織厚等）の個人差異等が挙げられる。本事業では委託内容に従い、③について主に調査解析を行うが、必要に応じて①と②についても検討することとし、④は本調査の対象外とした。④については、福島原発緊急作業員や成人ボランティアを対象とした研究が報告されているが、被検者から取得された頸部の断層撮像から作成された個人毎の数値ファントムを用いた放射線輸送シミュレーション等を行う必要がある^(8,9)。

NaI(Tl)サーベイメータを対象とした先行研究^(7,10)では、異なる強度の放射線源を内部に収めた頭頸部マネキンを使用し、測定者間の測定値の“ばらつき”（以下、特に断りのない限り、測定誤差と同義とする²⁾）を調査した。その結果、SL に対応する $0.2 \mu\text{Sv h}^{-1}$ を境界として、これより大きい測定値の場合は測定誤差が一定範囲に収まり、これより小さい場合は測定値の減少とともに測定誤差が増加する傾向を認めた（図 1）。この結果は、前述の①と③の要因が関与していると考えられ、測定値が $0.2 \mu\text{Sv h}^{-1}$ 未満では①が測定誤差の主要因となるのに対し、 $0.2 \mu\text{Sv h}^{-1}$ 以上では③の要素の 1 つとなるプローブ位置の違いによる影響が支配的になると定性的に説明することができる。なお、先行研究では、使用した複数の NaI(Tl)サーベイメータについて個々に校正定数を求めており、検出感度の個体差を補正しているため、②による誤差は排除できている。

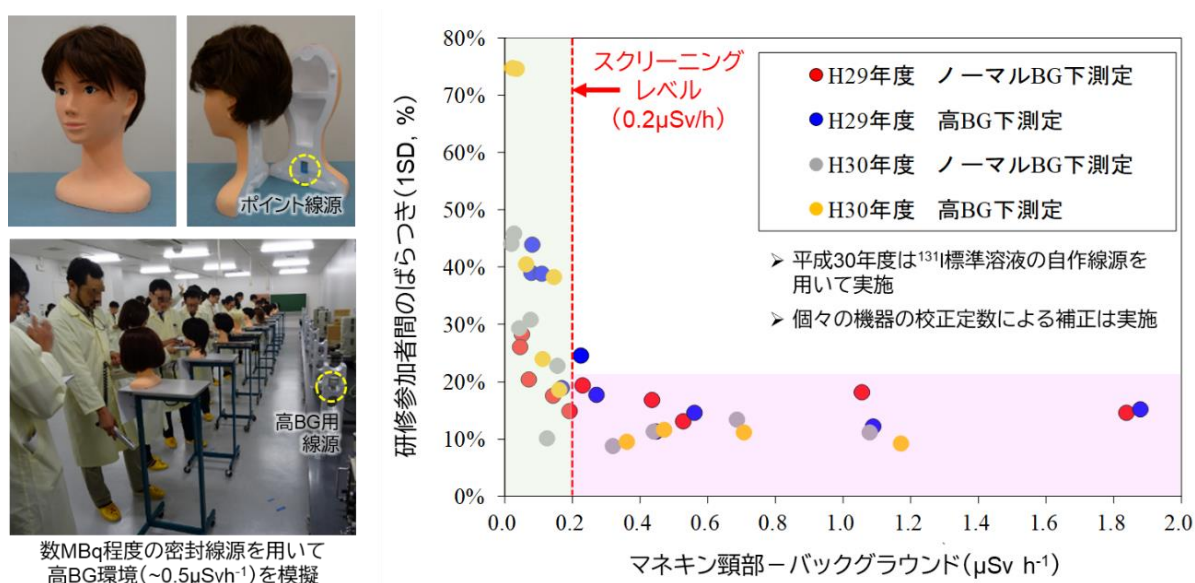


図 1. NaI(Tl)サーベイメータの測定誤差と線源強度の関係⁽¹⁰⁾

²⁾ 誤差とは、真の値が存在する場合に、測定値と真の値の差として定義される⁽¹¹⁾。本調査が対象とする測定者間の測定値の“ばらつき”は厳密には測定誤差とは異なるが、本委託仕様に平仄を合わせた。頭頸部マネキン内に設置した線源の放射能は検定値があるものの、マネキンに近接配置した測定器の応答には真値を定義することができない。例えば、最も高い検出感度が得られる測定ジオメトリで得られた測定値を基準とすることも考えられるが、それが真値であるとは必ずしも言えない。したがって、本調査では、複数の測定者から得られた個々の測定値の算術平均値及び標準偏差を求め、後者を測定誤差とした。

プローブ位置の違いによる NaI(Tl)サーベイメータの検出感度の変化については、成人、15歳児、10歳児、及び、5歳児を模擬した年齢別頸部ファントムを用いた実験でも評価しており、甲状腺の左右中心線上の5カ所及び片葉の中心の計6カ所にプローブを密着させた際の変動はファントム平均で約20%であった⁽¹²⁾。他方、本委託仕様に書かれた測定誤差を生じる原因を探索するためには、頭頸部マネキンあるいは実際の被検者に対して、プローブ位置の変動がどの程度生じるか、また、それが測定値にどの程度影響するかについて詳細に分析する必要がある。ただし、本調査では調査実施期間の都合のため、頭頸部マネキンを用いた調査のみとした。使用したマネキンの首回りは約28 cmであり、これはおよそ小学校高学年の児童平均に相当している。

NaI(Tl)サーベイメータの比較対象となる可搬型甲状腺モニタ2機種についても、基本的に同様な調査を行う。ただし、可搬型甲状腺モニタBの場合は、ファントムを用いた実験や模擬被検者（マネキン）による測定ジオメトリ変動の調査等によって対応する。比較対象機器はいずれもスペクトロメータであるため、上記の測定誤差の要因①についてはファントム等を用いた実験を追加で行い、測定時間と測定値の統計誤差の関係を評価した。

以上の調査内容を遂行するために、図2に示す4つのタスクを設定した。タスク1では、先行研究と同様に、線源を内部に収めたマネキンを複数の測定者に測定してもらい、調査対象機器の測定誤差を評価する。その際、測定中の様子を撮影した動画を解析することで、測定誤差の要因を特定する。また、測定誤差を低減するための対応を検討し、その効果を検証する。タスク2では、タスク1で使用したマネキンを用いて、様々な測定ジオメトリでの測定器の応答変化を実験的に調査する。得られた結果は、タスク1で得られた測定誤差の再現性を評価するためにも用いる。タスク3では、低い放射能で得られたγ線スペクトルのピーク解析を改善するための検討を行う。タスク4では、可搬型甲状腺モニタの運用面の課題や改善点について、実証試験や研修会の参加者等から意見聴取することとした。



図2. 測定時の誤差となる因子の調査方法

3.2 各機器の活用が想定される状況等についての比較調査

甲状腺被ばく線量モニタリング実施マニュアルにおいて、NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータを用いる簡易測定及び既設の据置式甲状腺モニタを用いる詳細測定について、実施主体、測定場所、測定対象者、測定期間等の運用は記載されている。本事業で調査対象とする可搬型甲状腺モニタについて仕様性能及び操作性等を評価し、現行のモニタリングを補強するための運用方法を本事業で設置する外部専門家会合等において検討・提案する。

3.3 測定対象者数と測定機器数の関係に関する調査

甲状腺簡易測定会場における作業フローの各ステップ（受付、大腿部測定、頸部測定、簡易除染）に要する時間を現実的な範囲で設定し、配備した測定機数と1日に処理可能な被検者数の関係を概算する。必要に応じて、受託元が作成したプログラム（図3）を用いたシミュレーション計算を行う。同プログラムでは、甲状腺簡易測定会場において、可搬型甲状腺モニタを用いた詳細測定を行う状況を想定するとともに、大腿部測定において身体汚染が検知された者が除染される場合も考慮した。

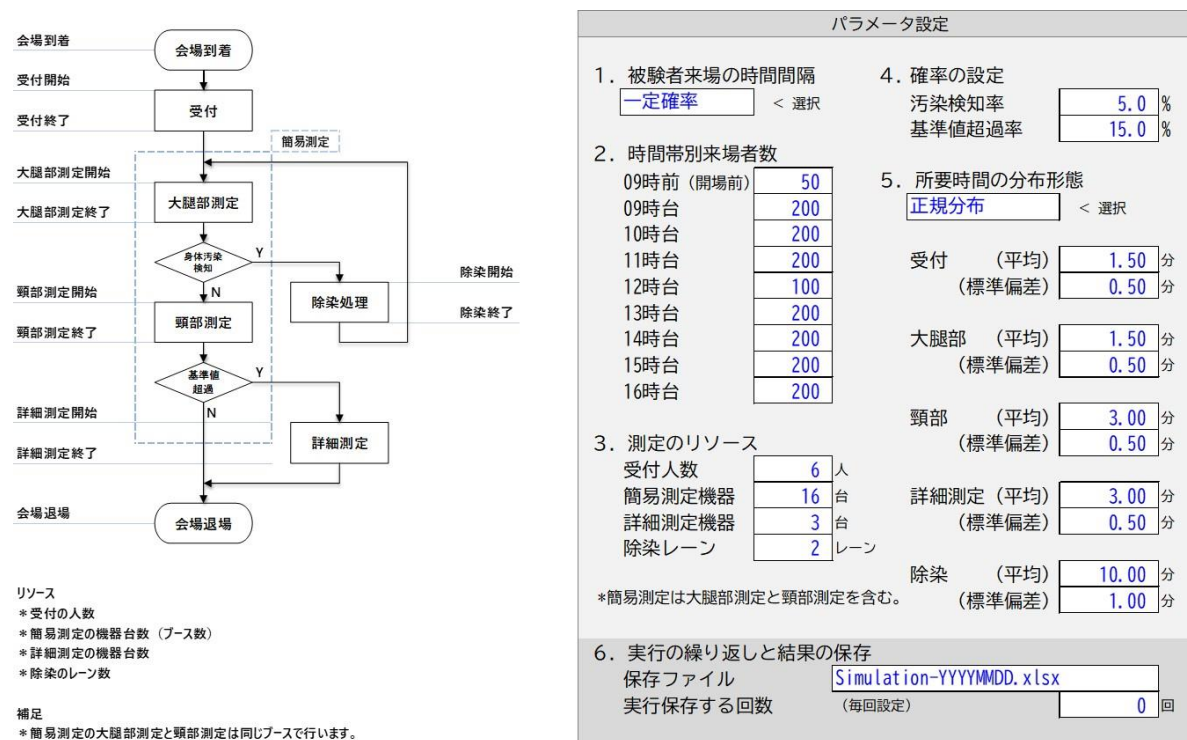


図3. 甲状腺簡易測定シミュレーションプログラム

（左：甲状腺簡易測定の処理フロー，右：パラメータ設定画面）

※ 右のインプット画面の各項目は次のとおりである。1. 被検者来場の時間間隔では、①一定間隔と②一定確率のどちらかを選択できる。①は2で設定した時間帯別来場者数に応じて、被検者が等間隔で来場するシナリオ、②はポアソン分布に従った到着過程に従って被検者が来場するシナリオになる。2. 時間帯来場者数では1時間毎に来場者数を設定。3. 受付のリソースでは、受付、簡易測定、詳細測定、除染の各タスクのブース数（レーン数）を設定。4. 確率の設定では、除染対象となる汚染検知率と簡易測定においてSL超過となる基準超過率を設定。該当者はそれぞれ除染または詳細測定

に移行する。5. 所要時間の分布形態では、受付、大腿部測定、頸部測定、詳細測定、除染に要する時間分布を、指数分布、正規分布、アーラン分布（待ち行列の待ち時間を計算する分布）から 1 つ選択できる。6. 実行の繰り返しと結果の保存では、シミュレーション回数と出力ファイル名を指定する。

全国人口推計（2023 年）⁽¹³⁾によれば、簡易測定の対象となる 19 歳未満の人口の総人口に占める割合は 14.9%であり、この内、保護者等の代替測定が想定される 8 歳未満の小児の割合は 37.4%であった。したがって、これらの小児を可搬型甲状腺モニタの適用対象とするシナリオを想定することもできよう。また、福島原発事故の際に行われた避難退域時検査において、13,000 cpm を超過した避難者は 2011 年 3 月 20 日までの全測定件数の約 1%であった⁽¹⁴⁾。現行の原子力災害対策指針において簡易除染の対象となるのは 40,000 cpm を超過した場合であるが、シミュレーションを行う際の一つの参考とした。

3.4 外部専門家会議の設置及び進捗状況の報告

受託元が過去に実施した関連する委託事業において招聘した外部有識者から、本事業において設置する外部専門家会議の委員 7 名（仕様書では 5 名以上）を選出した。同会議は調査期間中に計 3 回実施（仕様書では 1 回以上）し、事業進捗報告を基に仕様書に記載された主要な論点について議論を行った。

4. 調査結果

4.1 測定時の誤差要因となる因子の調査

3.1 で述べたように、図 2 に示した 4 つのタスクについて調査を実施した。以下にそれらの結果を示す。

(1) 測定者間の測定誤差の評価（タスク 1）

予備調査（付録 3）として、受託元が主催した甲状腺簡易測定研修等で測定者間の測定誤差を評価するとともに、測定中の撮像動画の解析によって測定誤差の要因を探索した。NaI(Tl)サーベイメータを用いた測定方法は、実施マニュアル等に準拠している。

予備調査の結果、測定誤差の主要因は、NaI(Tl)サーベイメータプローブの位置や保持状態の個人差に起因することが示唆された。また、一部の測定者において、指示値を読み取るまでの時間が短いために過小評価となるケースも見られた。したがって、これらの留意点を測定者にフィードバックすることにより、簡便に測定精度の向上を図ることが期待できる。そこで、受託元及び協力機関において実施した実証試験において、フィードバック前後で測定結果の差異が生じるかを調べた。実証試験に使用した資料は付録 4 に掲載した。なお、両機関の実証試験では、それぞれ 18 名ずつの測定者を募った。これらの測定者には放射線計測に精通した経験者も含まれる。フィードバックに使用した素材は、①プローブ位置の違いによる測定値の変化（図 4）、②マネキン内の線源位置と測定ジオメトリ（図 5）、及び、③頸部測定のために読み取られた 3 回の指示値の実例の内容を含む数枚のスライドであり、いずれも予備調査で得られた結果である。なお、予備調査で得られた測定誤差（付録 3）は、それぞれの研修会において、受講者の技量や経験が様々であること、実習に用いるマネキンのセットアップが異なること、また、実習用テキストの改善を適宜行ったこと等の条件の違いのために、異なる研修会間の単純な比較をすることはできないが、前述した測定値と測定誤差の間の関係は大まかに見ることができる。



図 4. プローブ位置の違いによる測定値の変化

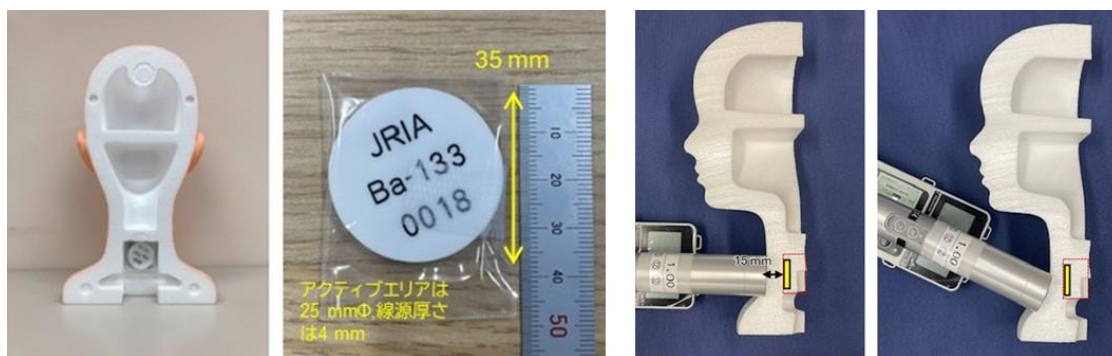


図 5. マネキン内の線源位置と測定ジオメトリ

NaI(Tl)サーベイメータのフィードバック前後の測定値³の比較結果を図 6 及び図 7 に示す。同図中において、フィードバック前は第 1 ステージ、フィードバック後は第 2 ステージと表記している。これらの結果から、試験したほぼ全てのマネキンにおいてフィードバック前後の測定結果において統計的有意差が確認された。このことから、甲状腺簡易測定研修等を受講してからブランクのある測定者が実際に対応しなければならない状況に際し、この様な簡便に行えるフィードバックでも十分な効果が得られることが確認された。フィードバック前後において測定平均値の増加と測定誤差の減少が認められ、前者についてはマネキン平均で 12% (図 6) から 15% (図 7) 増加した。なお、NaI(Tl)サーベイメータの甲状腺中 ^{131}I 放射能に対する換算係数は $20\sim 35 \text{ kBq}/\mu\text{Sv h}^{-1}$ であり⁽¹²⁾、マネキン内に設置した ^{133}Ba 線源とは応答が異なるものの、おおよその目安になると思われる。

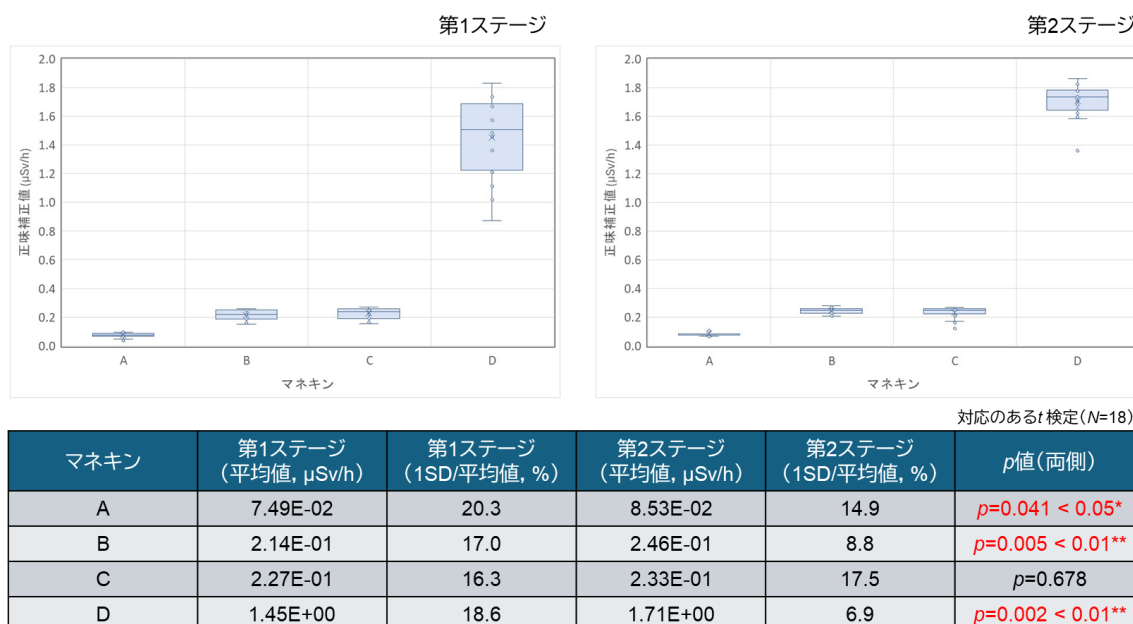
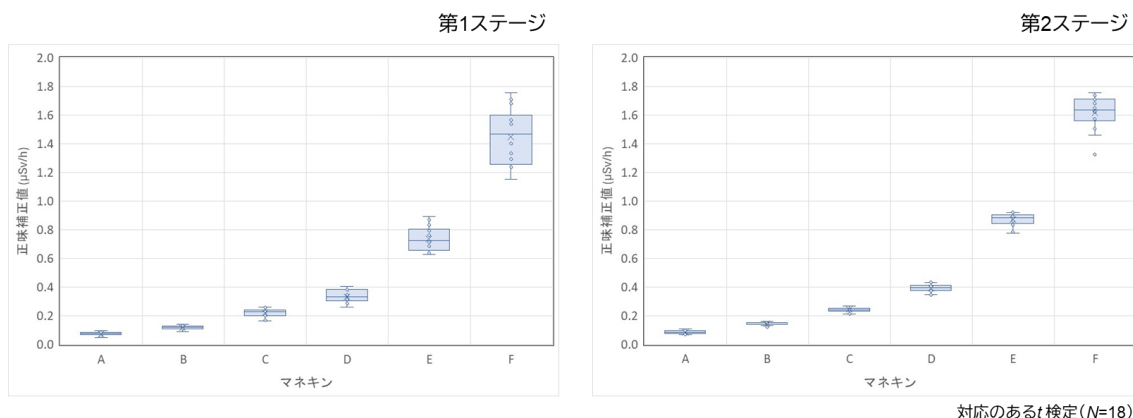


図 6. NaI(Tl)サーベイメータのフィードバック前後の測定値比較 (1)

³ 頸部測定値 (3 回の読み取り値の中央値) からバックグラウンド値を差し引き、使用した個々の NaI(Tl)サーベイメータの校正定数を乗じた正味補正值



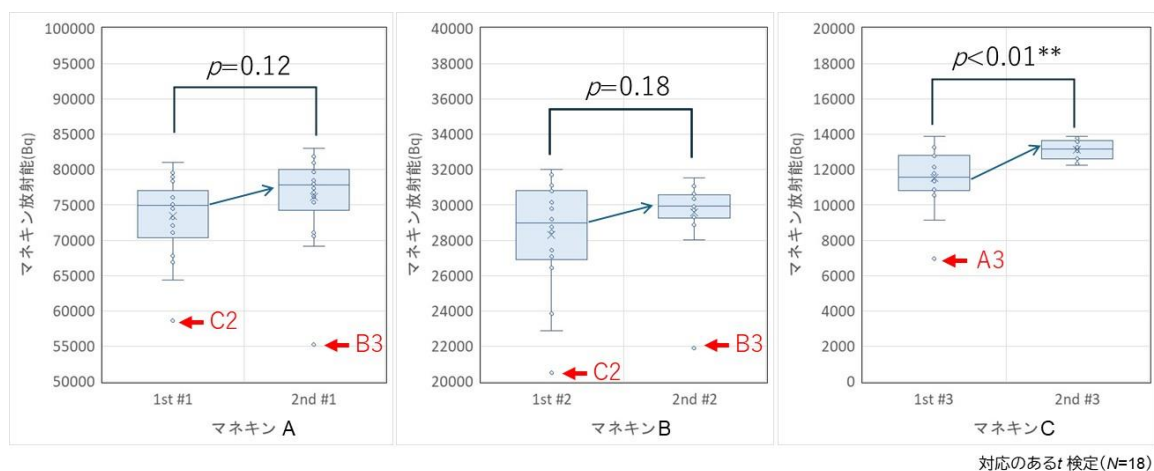
対応のあるt検定(N=18)

マネキン	第1ステージ (平均値, μSv/h)	第1ステージ (1SD/平均値, %)	第2ステージ (平均値, μSv/h)	第2ステージ (1SD/平均値, %)	p値(両側)
A	7.47E-02	17.9	8.37E-02	12.9	$p=0.037 < 0.05^*$
B	1.17E-01	14.3	1.42E-01	7.1	$p=3.7E-5 < 0.01^{**}$
C	2.22E-01	12.8	2.42E-01	6.6	$p=0.020 < 0.01^*$
D	3.33E-01	13.6	3.93E-01	6.7	$p=7.3E-4 < 0.01^{**}$
E	7.38E-01	11.4	8.71E-01	5.1	$p=2.5E-5 < 0.01^{**}$
F	1.45E+00	13.5	1.62E+00	6.9	$p=6.8E-3 < 0.01^{**}$

図 7. NaI(Tl)サーベイメータのフィードバック前後の測定値比較 (2)

次に可搬型甲状腺モニタの結果について述べる。波高スペクトルの収集時間は 2 機種ともに 1 分間に設定し、各機器のソフトウェアが表示する測定値 (Bq) を解析対象とした。なお、2 機種に設定された計数効率異なるファントムを用いて取得されているため、2 機種の測定値の直接的な比較は今回の調査では実施しなかった。

図 8 には可搬型甲状腺モニタ A の結果を示す。同図から統計的有意差が検出されるレベル ($p<0.05$) ではないが、フィードバック前後において測定平均値の増加と測定誤差の低減が見られる。測定平均値の増加は NaI(Tl)サーベイメータと同様であるが、フィードバックによりプローブ位置の適正化が図られたためと考えられる。図 9 には可搬型甲状腺モニタ B の結果を示す。この機器の場合は、フィードバック前後における測定平均値及び測定誤差の変化は小さかった。以上の結果は、2 種類の可搬型甲状腺モニタの仕様の違いによるものと考えられるが、可搬型甲状腺モニタ A は NaI(Tl)サーベイメータと同様にプローブ位置の裕度があるため、測定者が想定する甲状腺 (線源) 位置の不確かさによる検出感度の変化が見込まれるのに対し、可搬型甲状腺モニタ B ではマネキンの位置がある程度固定される状態となるため、元よりフィードバックの効果が得られにくかったと推察される。実証試験では、両機器ともに測定誤差は概ね 10%以内に収まることが確認されたが、若干名の測定者が過小評価側の外れ値となった。この主たる原因は、測定の様子を撮った画像等から、測定ジオメトリが標準的な条件から大きく逸脱したためと考えられる (図 10, 11)。ただし、これらの状況はマネキンの形状や仕様の制約を受けた結果であり、実際の被検者では同様な事象が発生する頻度は低いと推察される (特に可搬型甲状腺モニタ B の場合)。なお、可搬型甲状腺モニタ B では、フィードバック前後の測定時間の変化についてもデータを取得しており、フィードバック後は測定時間 (マネキン設置時間を含む) が有意に減少した (図 9)。



マネキン	第1ステージ (平均値, Bq)	第1ステージ (1SD/平均値, %)	第2ステージ (平均値, Bq)	第2ステージ (1SD/平均値, %)	p値(両側)
A (外れ値除く)	7.34E+04 (7.43E+04)	7.9 (6.2)	7.61E+04 (7.73E+04)	8.5 (5.1)	p=0.122
B (外れ値除く)	2.83E+04 (2.88E+04)	11.2 (9.0)	2.96E+04 (3.00E+04)	7.1 (3.0)	p=0.176
C (外れ値除く)	1.15E+04 (1.18E+04)	14.4 (10.5)	1.31E+04	4.2	p=1.6E-3<0.01**

図 8. 可搬型甲状腺モニタ A の測定値のフィードバック前後の測定値比較
(図中に示した ID は Outlier となった測定者)

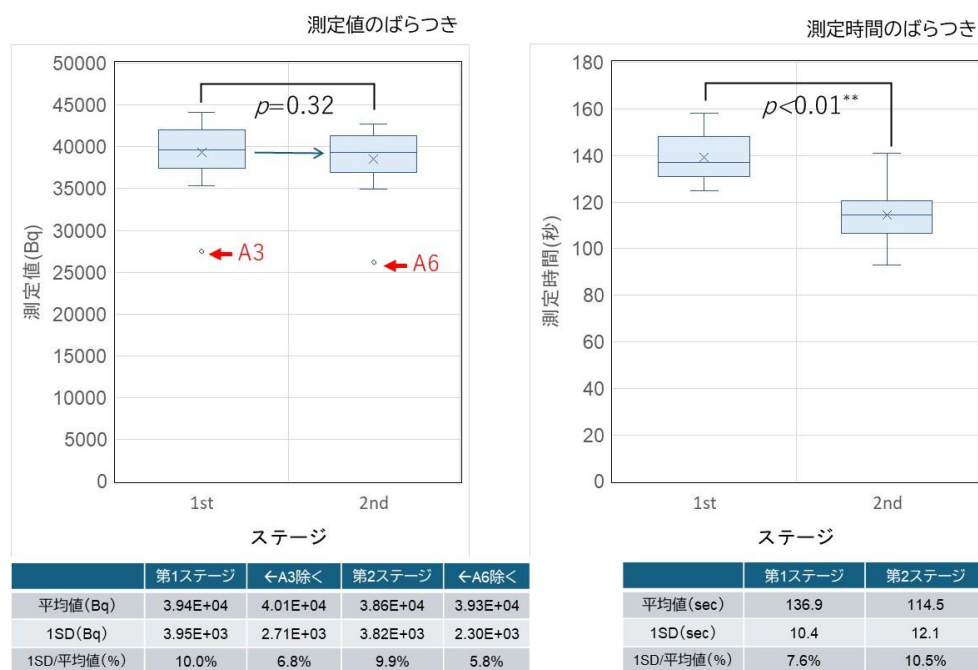


図 9. 可搬型甲状腺モニタ B の測定値及び測定時間のフィードバック前後の比較
(図中に示した ID は Outlier となった測定者)

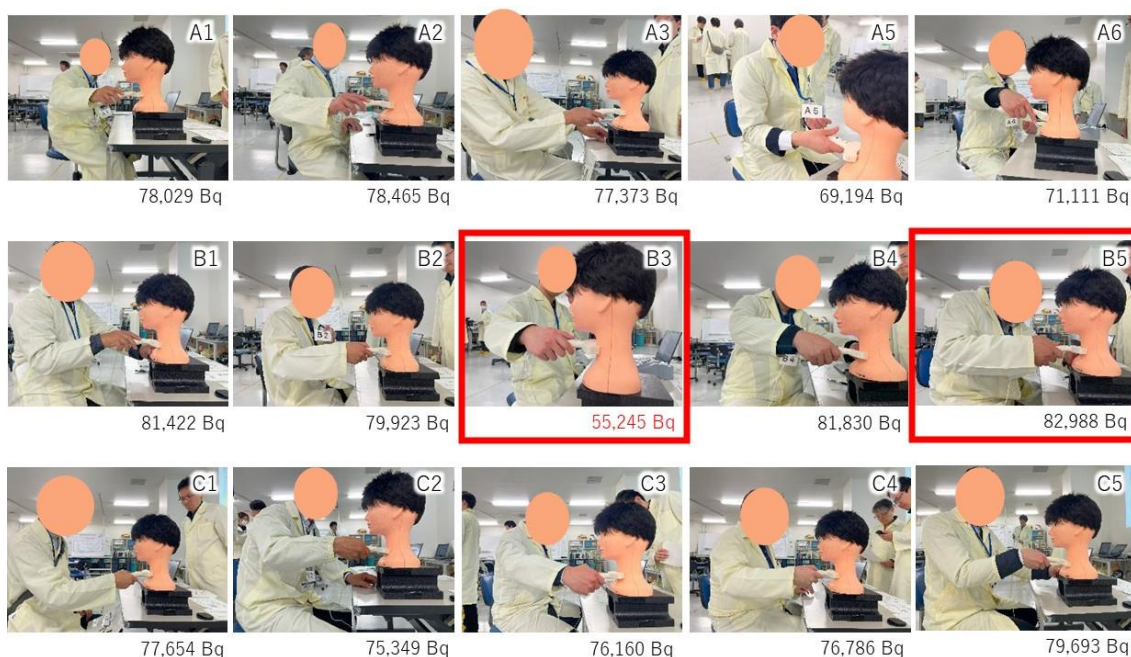


図 10(1). 可搬型甲状腺モニタ A の測定の様子

※ 図 8 中のマネキン A の測定（第 2 ステージ）の様子。B3 は外れ値，B5 は最大値を記録した測定者。

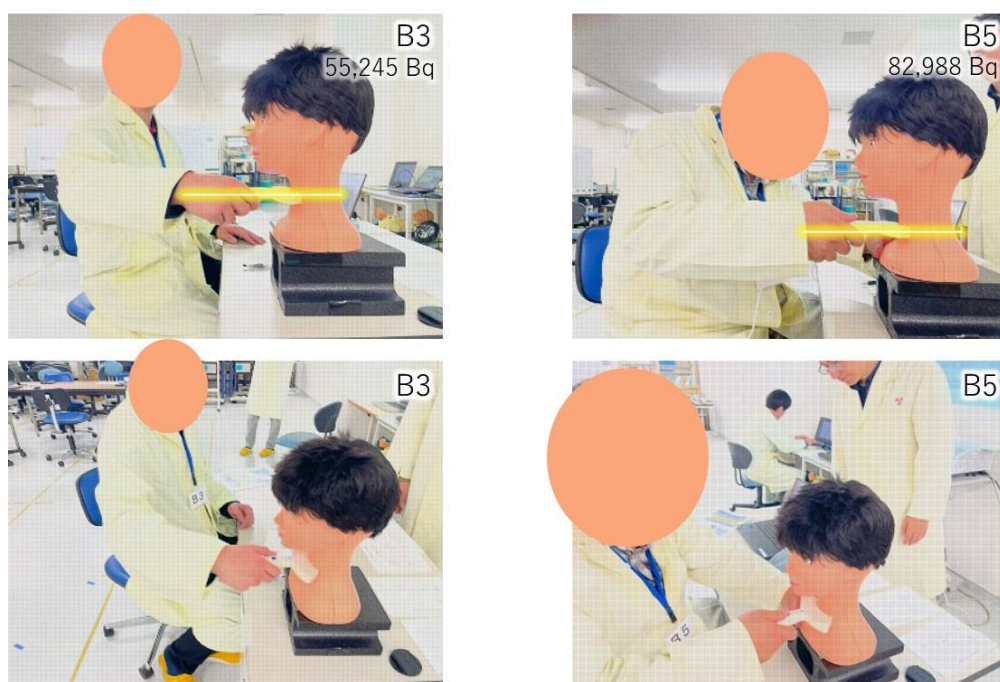


図 10(2). 可搬型甲状腺モニタ A の測定の様子（測定者 B3，B5）

※ マネキンの側面から撮った写真（上）から，B3 は B5 に比べてプローブの位置が高いことが分かる。マネキンの上方から撮った写真（下）からは，B3，B5 とともにプローブはマネキンに密着していることが分かる。

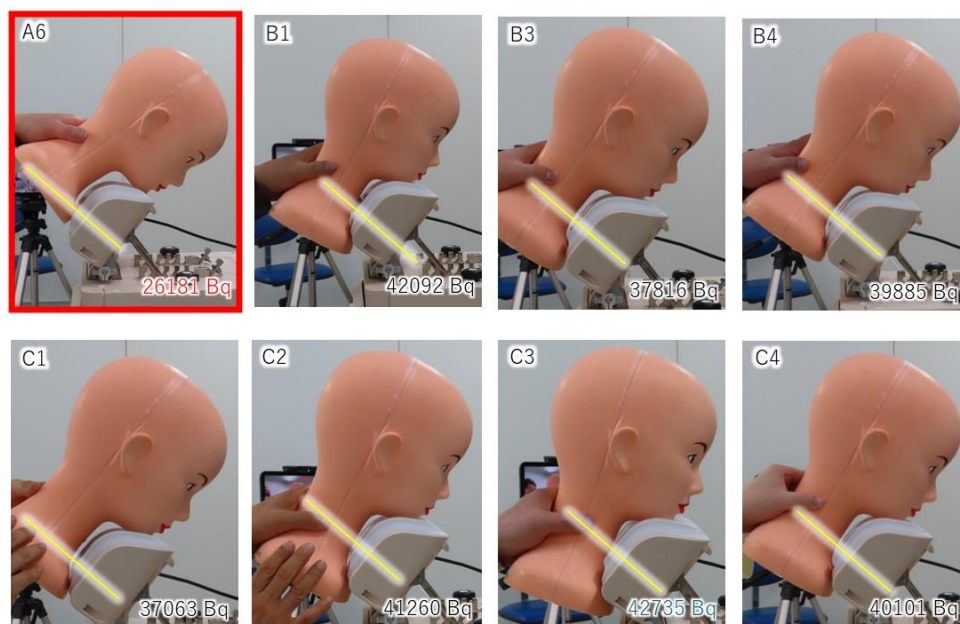


図 11(1). 可搬型甲状腺モニタ B の測定の様子

※ 図 9 中の第 2 ステージの様子。図中の黄色線は検出器中心位置。A6 は外れ値 を記録。

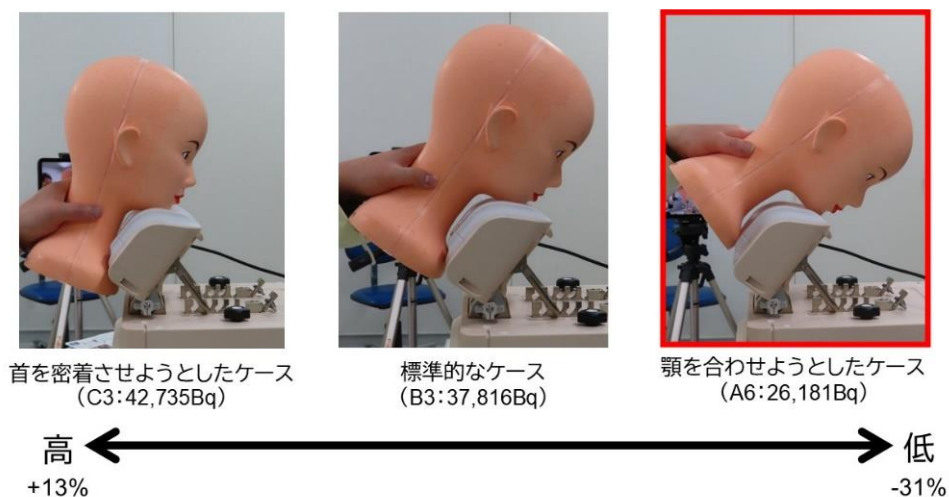


図 11(2). 可搬型甲状腺モニタ B の測定の様子 (代表例)

以上の結果から、本調査（タスク 1）の結論としては次のようにまとめられる。

- NaI(Tl)サーベイメータ及び可搬型甲状腺モニタ A では、測定者に対して、線源の正確な位置とプローブの適切な保持の仕方をフィードバックことにより、測定ジオメトリの適正化と安定化が図られ、測定誤差を低減することができる。
- 可搬型甲状腺モニタ B では、被検者の頸部の形状に合わせた検出部の構造から、測定ジオメトリの安定化が図られる。
- 形状の定まった頭頸部マネキンを使用した試験において、2 機種 of 可搬型甲状腺モニタの測定誤差はどちらも概ね 10%以内に収まり、フィードバックによって低減した。NaI(Tl)サーベイメータにおいても、フィードバックにより同程度の測定誤差に抑えられた。

(2) 頸部近傍の感度分布評価（タスク 2）

① NaI(Tl)サーベイメータ

NaI(Tl)サーベイメータの年齢別頸部ファントムに対する校正定数（正味値 $1 \mu\text{Sv h}^{-1}$ 当たりの甲状腺残留放射能（kBq），検出感度の逆数となる）については，プローブ位置の変動に伴う感度変化を先行研究⁽¹²⁾において示している。その結果，ある程度，甲状腺形状線源の上端，下端及び片葉中心を含む極端なプローブ位置で得られた結果を含む校正定数の誤差は約 20%であった（表 2）。本調査では，実証試験等の結果を検証する観点から，同試験に使用したマネキン頸部近傍の感度分布を実験的に取得した。その際，予備試験等で確認されたプローブの仰角（頸部表面に対するプローブ中心軸の傾斜角度）及び回転角（頸部断面上におけるプローブの左右の振れ角度）のおおよその程度を考慮した。実験データを取得したプローブ位置及び仰角・回転角を図 12 に示す。実験には，予備調査（付録 3）の実証試験に用いた ^{133}Ba 密封線源を収めたマネキンを使用した。線源位置はマネキン頸部の中央付近である（図 5）。

最大の検出感度（最も高い指示値）が得られたプローブ位置は，線源を設置した位置の真正面のマネキン頸部表面上において，プローブ仰角を 5 度に設定した場合であった（図 12）。この条件で得られた検出感度に対する様々なプローブ位置で取得された検出感度の相対値を表 3 に示す。プローブの上下方向に対する検出感度の変化が比較的大きいのは，それに連動した線源－プローブ距離の変化も大きいためであり，特に下方にプローブのずらした場合の検出感度の減少は顕著である（図 12）。ただし，測定者が通常と異なるプローブ位置と認識できる測定条件を除けば，検出感度の最大値に対する減少は概ね 20%程度以下に収まると予想される。この結果は，実証試験や予備試験（付録 3）で得られた結果と整合しており，タスク 1 で取得された測定誤差の再現性が確認された。

表 2. NaI(Tl)サーベイメータの年齢別頸部ファントムに対する校正定数のプローブ位置に伴う変化⁴

成人										
D (mm)	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g4'	Ave	SD
0	20	20	23	21	22	26	31	21	23.1	4.1
5	26	26	29	26	27	30	35	26	28.3	3.4
10	32	30	32	32	32	35	40	32	33.3	3.3

15歳児											(kBq/μSv h ⁻¹)										
D (mm)	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g4'	Ave	SD	D (mm)	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g4'	Ave	SD
0	16	16	17	18	18	22	23	18	18.6	2.8	0	16	16	17	18	18	22	23	18	18.6	2.8
5	20	21	22	22	22	26	27	22	22.9	2.6	5	20	21	22	22	22	26	27	22	22.9	2.6
10	24	25	28	28	29	31	33	28	28.1	3.1	10	24	25	28	28	29	31	33	28	28.1	3.1

10歳児										
D (mm)	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g4'	Ave	SD
0	15	15	16	17	16	18	25	17	17.6	3.5
5	20	20	21	22	21	23	29	22	22.4	3.1
10	26	26	26	28	28	29	34	28	28.1	2.9

5歳児										
D (mm)	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g4'	Ave	SD
0	12	12	13	13	14	14	20	13	13.9	2.8
5	17	16	18	18	19	18	25	18	18.6	2.9
10	22	23	24	25	25	23	30	25	24.6	2.6

※平均値及び標準偏差はg5を除く。

⁴ 参考資料 12 の Table 1 の ^{133}Ba について示した数値の素データである。

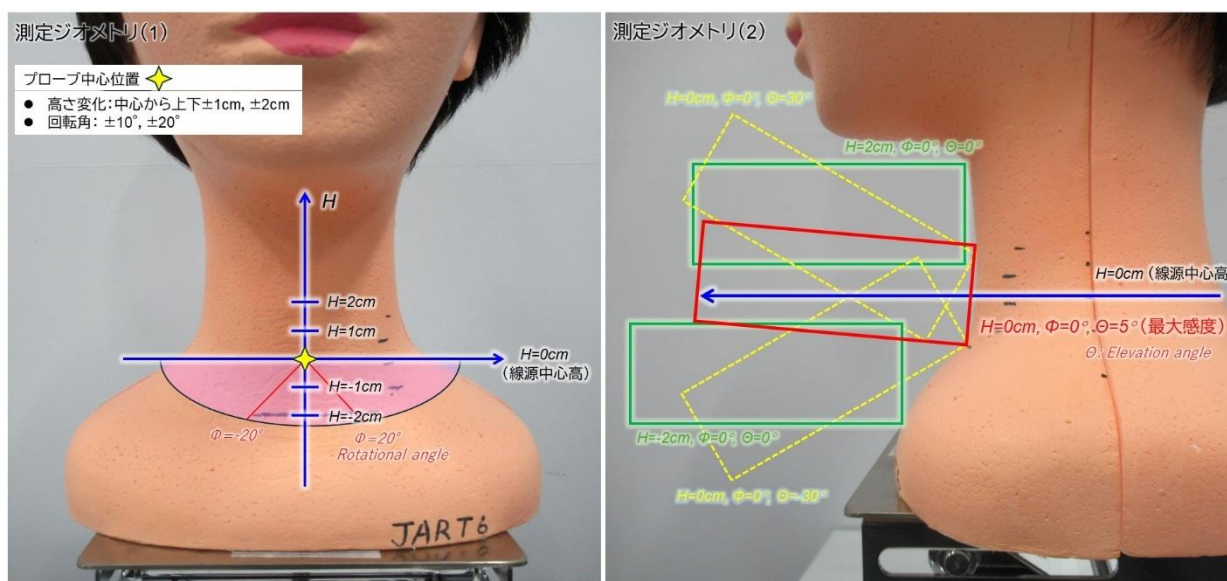


図 12. NaI(Tl)サーベイメータの実験データを取得した測定ジオメトリ

表 3. 校正定数のプローブ位置による感度変化

プローブ上下位置による感度変化

H (cm)	Rotational angle °	Elevation angle °	M (μSv/h)	R (to Max)
2	0	0	1.187	0.78
1	0	0	1.455	0.95
0	0	0	1.435	0.94
-1	0	0	0.983	0.64
-2	0	0	0.644	0.42

プローブ回転による感度変化①

H (cm)	Rotational angle °	Elevation angle °	M (μSv/h)	R (to Max)
0	20	0	1.037	0.68
0	10	0	1.245	0.81
0	0	0	1.435	0.94
0	-10	0	1.349	0.88
0	-20	0	1.174	0.77

プローブ仰角による感度変化

H (cm)	Rotational angle °	Elevation angle °	M (μSv/h)	R (to Max)
0	0	30	1.067	0.70
0	0	20	1.280	0.84
0	0	10	1.469	0.96
0	0	5	1.528	1.00
0	0	0	1.435	0.94
0	0	5	1.334	0.87
0	0	10	1.230	0.81
0	0	20	1.141	0.75
0	0	30	0.997	0.65

プローブ回転による感度変化②

H (cm)	Rotational angle °	Elevation angle °	M (μSv/h)	R (to Max)
0	20	5	1.118	0.73
0	10	5	1.367	0.89
0	0	5	1.528	1.00
0	-10	5	1.420	0.93
0	-20	5	1.223	0.80

最大から10%以内

最大から20%以内

※ 検出感度が最大となるプローブ位置に対する相対値を表記している。

② 可搬型甲状腺モニタ A

可搬型甲状腺モニタ A の年齢別ファントムに対する（解析対象とする波高スペクトル上のピークに対する）計数効率⁽¹⁵⁾は、別の先行研究⁽¹⁵⁾において提示した試作機と同程度であることを確認するとともに、3 機ある同機種⁽¹⁵⁾の個体差も非常に小さいことを確認した。

実証試験等で使用した頭頸部マネキンに対する可搬型甲状腺モニタ A のプローブ位置のずれに伴う検出感度の変化を調べるために、前述した NaI(Tl)サーベイメータと同様に実験を行った。ただし、マネキン内部には、¹³¹I 標準溶液を滴下したフィルターをラミネートした線源を複数枚重ねたものを使用した。

使用した線源も同一である。基準とした測定ジオメトリは図 13（ $H=0\text{ cm}$, $\phi=\theta=0$ 度）に示すとおりであり、この測定ジオメトリからプローブの高さ、回転角、仰角を変えた条件においてデータを取得した（図 14）。その結果、NaI(Tl)サーベイメータと同様にプローブ位置の上下方向のみならず、プローブ仰角の変化に対しても検出感度が比較的大きく影響することを確認した。ただし、図 14 に例示するように、マネキンとプローブとの間に視認できる隙間が生じ、明らかに適切とは言えない測定ジオメトリの条件を除けば、基準となる測定ジオメトリで得られた検出感度に対する変化は-20%~+10%程度であり、タスク 1 で得られた測定誤差の再現性⁽¹⁵⁾を確認した。この結果は前述の先行研究⁽¹⁵⁾と比較して幾分大きいものの、円柱で頸部を模した年齢別ファントムとマネキンの形状の違いや使用した線源の違いを考慮すれば妥当と言える。なお、基準とした測定ジオメトリのマネキン内に収めた ¹³¹I フィルター線源に対する計数効率は、年齢別ファントム（成人男性）を最近接で測定して得られた計数効率の 1.5 倍以内であった。

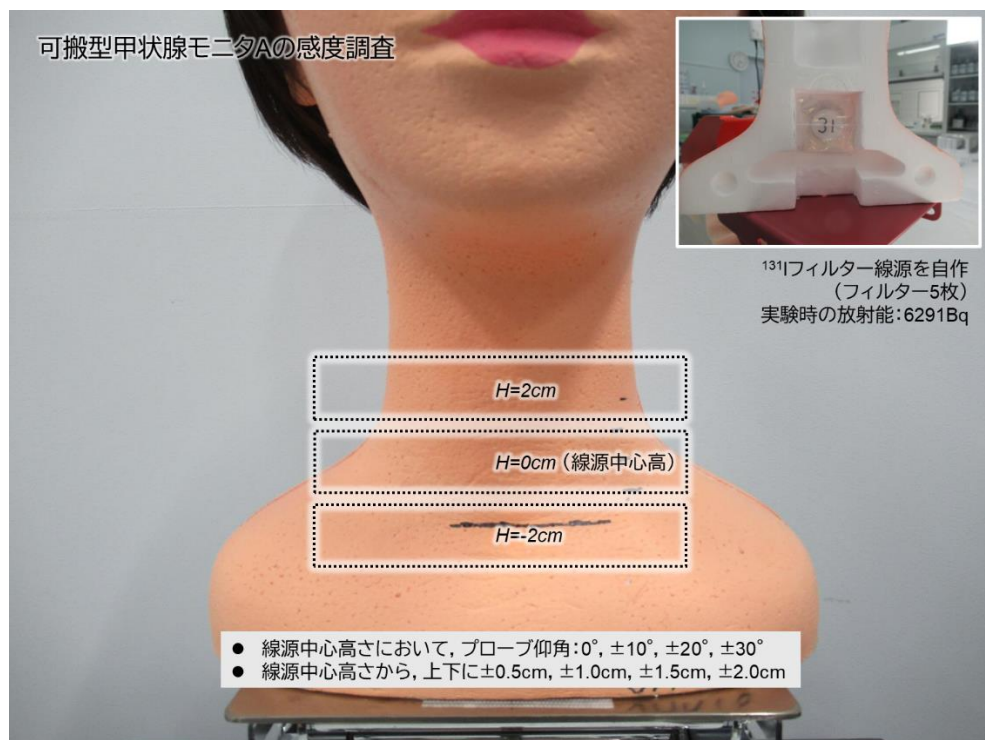


図 13. 可搬型甲状腺モニタ A の実験データを取得した標準測定ジオメトリ



プローブの標準位置

プローブを線源中心高さに平行に合わせて、プローブがマネキンに接触するまで近接させる。

$H=0\text{cm}, \phi=0^\circ, \Theta=0^\circ$
 $13,541 \pm 128 \text{ Bq}$

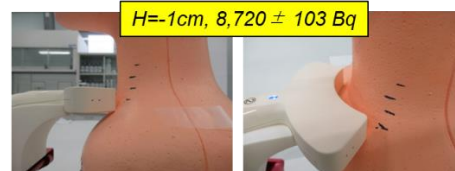
プローブを密着させるように意識すれば著しい検出感度の低下は回避可能。



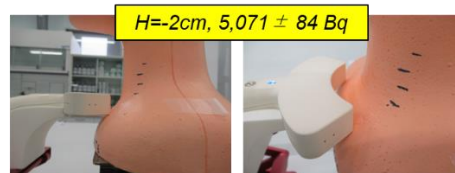
$H=2.0 \text{ cm}, 12,058 \pm 129 \text{ Bq}$



$H=1\text{cm}, 14,930 \pm 133 \text{ Bq}$ 最大値



$H=-1\text{cm}, 8,720 \pm 103 \text{ Bq}$



$H=-2\text{cm}, 5,071 \pm 84 \text{ Bq}$

正常範囲内

図 14(1). 可搬型甲状腺モニタ A のプローブ位置と測定値の関係

※ プローブを頸部断面と並行状態を保ち、標準位置から高さを変化させた場合。

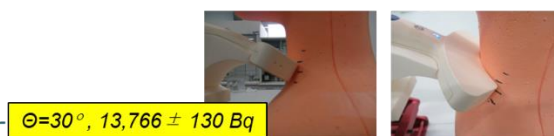
※



プローブの標準位置

プローブを線源中心高さに平行に合わせて、プローブがマネキンに接触するまで近接させる。

$H=0\text{cm}, \phi=0^\circ, \Theta=0^\circ$
 $13,541 \pm 128 \text{ Bq}$



$\Theta=30^\circ, 13,766 \pm 130 \text{ Bq}$



最大値
 $\Theta=20^\circ, 14,637 \pm 133 \text{ Bq}$



$\Theta=10^\circ, 13,778 \pm 129 \text{ Bq}$



$\Theta=-10^\circ, 12,256 \pm 122 \text{ Bq}$



$\Theta=-20^\circ, 11,605 \pm 119 \text{ Bq}$



$\Theta=-30^\circ, 11,017 \pm 118 \text{ Bq}$

正常範囲内

図 14(2). 可搬型甲状腺モニタ A のプローブ位置と測定値の関係

※ プローブの仰角を標準位置から変化させた場合。

③ 可搬型甲状腺モニタ B

実証試験において得られた結果を検証するため、図 15 に示す様々な測定ジオメトリに対して測定値がどの程度変化するかを調べた。いずれの測定ジオメトリにおいてもマネキンと検出部との間に比較的大きな隙間が空いているが、同機の検出部は人の頸部の形状に合うように形状加工されているため、被検者を実際に測定する場合はこのような隙間は発生しにくく、また、測定ジオメトリの自由度も小さいと思われる。同機器の仕様によれば、測定中は甲状腺付近の位置を検出部の高さ中心に合わせるように被検者の姿勢を保つとされるが、その様な状態（図中に「適正と考えられる範囲」と明示）では、測定値の変動は 15%程度であった。この結果は、実証試験（タスク 1）で得られた測定誤差（10%以内）とも整合しており、測定誤差の再現性も確保されている。

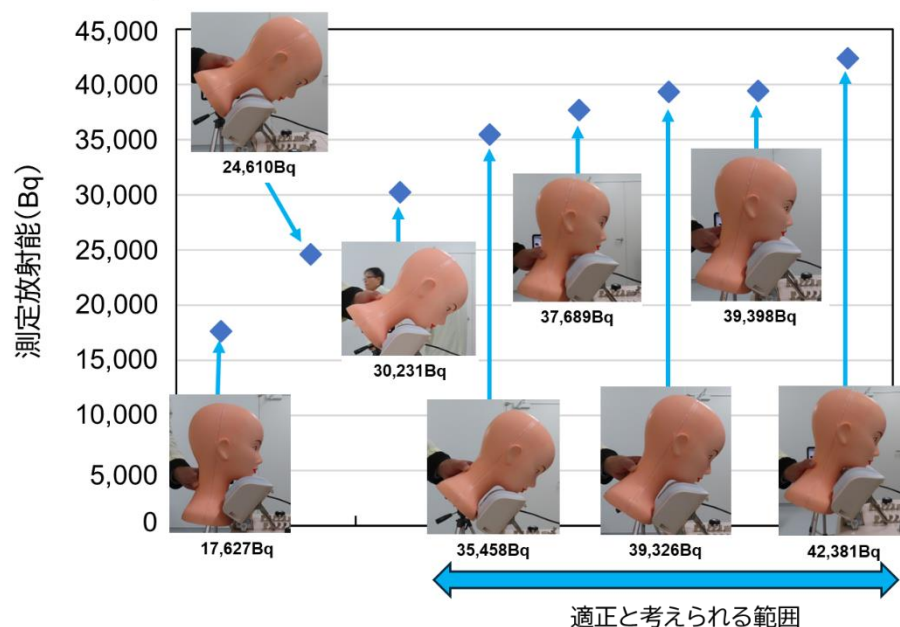


図 15. 可搬型甲状腺モニタ B の測定ジオメトリによる測定値の変化

※ プロットは測定値が低い方から高い方に並べている。

(3) ピーク解析における統計誤差（タスク 3）

2 機種 of 可搬型甲状腺モニタはいずれも核種弁別が可能なスペクトロメータであり、対象ピークに対する解析（ ^{131}I の 365 keV γ 線等）はソフトウェア上で自動的に行われる。ピーク解析の方法は機種間で異なるようであったが、ソフトウェアによる解析過程はユーザーには言わばブラックボックスであるため、本調査では、先ずファントムや線源等を用いて繰り返し測定を行い、その際のピーク解析の安定性を確認した。

図 16 に測定時間を変えながら繰り返し測定を行った結果を示す。単純にピークエリアの統計誤差のみを考えれば、測定時間が 2 倍、5 倍、10 倍になれば、それぞれ元の 71%、45%、32% に減少するが、実際にはピークのベースラインを決定するピークエリア両側

のチャンネルの計数の誤差も加わる。検出下限放射能（MDA）に近い測定値の場合はピーク解析が不安定になるため、専用のソフトウェアにおいて解析状況を確認することや再解析（図 17）を行うことが必要である。図 16 に示した各測定時間とピークの統計誤差の関係に関して、可搬型甲状腺モニタ B の方は合理的な結果が得られているが、可搬型甲状腺モニタ A の方は、測定時間 1 分間の統計誤差が他の測定時間の統計誤差との割合から高めに算出されているように思われる。

図 18 には、 ^{131}I 標準溶液を封入した 2 種類の頸部ファントム（ORINS, ANSI）を用いて、可搬型甲状腺モニタ A による MDA 付近の測定を行った例である。図中の点線（緑色）が各測定時間の MDA に対応する。図中の白抜きプロットは通常測定（自動解析モード）では未検出であったものの、ピーク再解析によって定量されたデータである。MDA 付近となる 1 分間測定では殆どのケースで未検出となったが、同図に示すようにピーク再解析によって定量が行なえる場合がある。

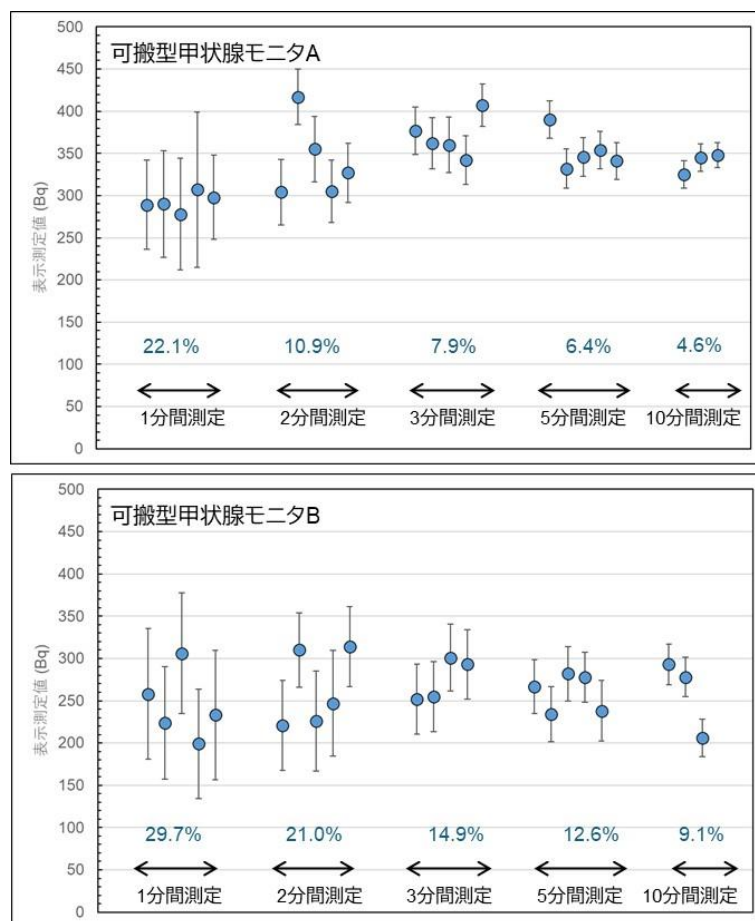


図 16. 2 機種の可搬型甲状腺モニタのピーク解析の安定性の確認（上段：A，下段：B）

※ 図中の数値(%)は各表示測定値のエラーバーの平均値

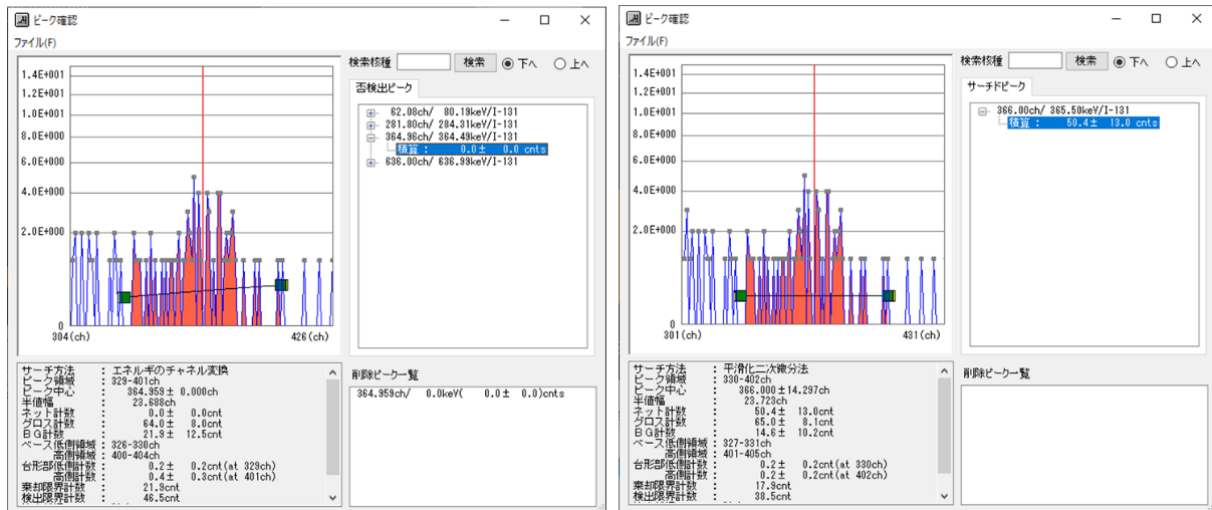


図 17. 専用のソフトウェアを用いたピーク解析（左：再解析前，右：再解析後）
※ベースラインを決定するピーク両側チャンネルを調整

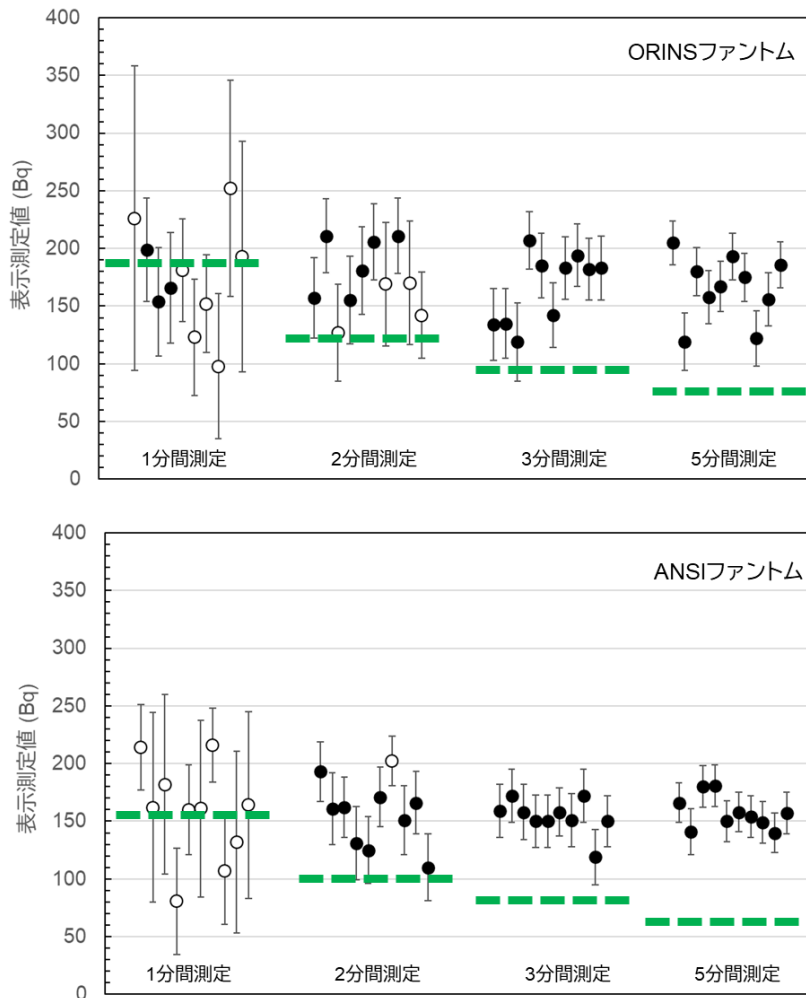


図 18. 可搬型甲状腺モニタ A による MDA 付近の測定例
※白抜プロットはピーク再解析により定量

MDA 付近の定量性を向上させるための他の方法としては、チャンネル数を圧縮して 1 チャンネル当たりの計数を増やす方法が考えられる。2 機種 of 可搬型甲状腺モニタともに 1,024 チャンネルであるが、ピーク解析に最適なチャンネル数は、基本的には検出器のエネルギー分解能によって決まるものの、測定放射能にも影響を受けると考えられる。試みとして、可搬型甲状腺モニタ A の 1 分間の通常測定においてピーク未検出であったエネルギースペクトルを、自作プログラムで解析を行った例を図 19 に示す。同図上段はチャンネル数を変更せずに解析した場合であり、同図下段はチャンネル数を 128 チャンネルに圧縮したスペクトルを解析した場合である。両者に大差は見られないものの、同一条件で測定された 3 つのスペクトルにおけるピークエリアのばらつきは、圧縮したスペクトルの方が減少している（圧縮前の 56.4~90.6 カウントに対し、圧縮後は 66.2~85.9）。なお、自作プログラムではピーク探索は行わず、10 分間測定の波高スペクトルから決定されたピークチャンネルを固定してピークエリアの計算を行うようにしている。こうした工夫も、MDA 付近の定量性を向上させるために有効である。

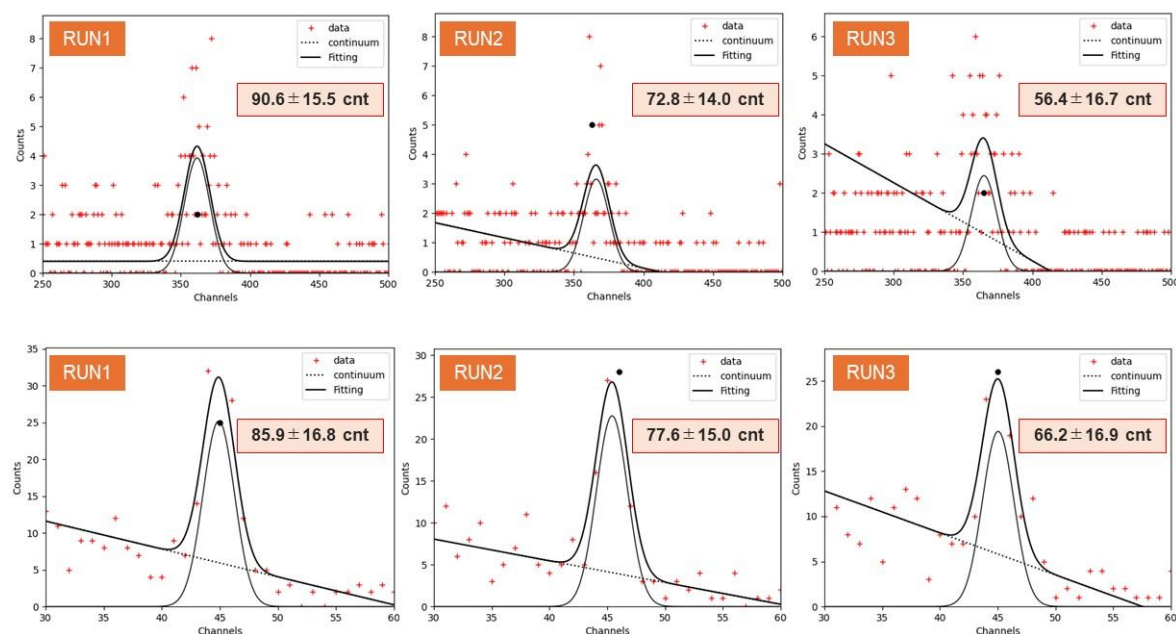


図 19. 波高スペクトルのチャンネル数を変更してピーク解析を行った例

※ 上段：チャンネル数の変更なし(1024 ch), 下段：チャンネル数の変更あり(128 ch)

(4) 実測定における課題抽出（タスク 4）

本タスクでは、実証試験及び研修会の参加者から、可搬型甲状腺モニタの操作性や運用方法等に関する意見聴取を行った。実証試験の参加者から出された主な意見は下記のとおりである。なお、意見については、趣旨が変わらない範囲で要約している。

◆ 操作性に関する意見

- ① 2 機種の可搬型甲状腺モニタの操作は簡単で良かった。
- ② 可搬型甲状腺モニタ A は被検者の頸部に合わせやすい。ただし、測定時間が長いと

プローブの保持が難しいため、肘置きのようなものがあると良い。

- ③ 可搬型甲状腺モニタ A について、安定してプローブを保持できる持ち方等が示されると良い。測定者と被検者が対座するとプローブが合わせにくい。
- ④ NaI(Tl)サーベイメータはプローブ位置と測定時間の両方に留意する必要があるが、可搬型甲状腺モニタはその点が改善されている。
- ⑤ 福島第一原発事故の経験から、多くの人を測定するには、固定した測定器に被検者が合わせる形の方が良い。作業効率が高い。
- ⑥ 可搬型甲状腺モニタ（両機種）とも、記録や測定時間を気にする必要がないのが良い。特に可搬型甲状腺モニタ B はプローブを保持する必要がないので測定に集中することができた。

◆ 機器の改良に関する意見

- ① 60 秒の測定時間は長いため、残り時間を表示できると良い。
- ② 測定誤差が大きくなるのは、測定器と甲状腺の距離が離れたときに影響がありそうなので、赤外線センサー等の距離計を組み込むことも考えられる。
- ③ 可搬型甲状腺モニタ（両機種）の被検者の頸部が当たる部分が固いプラスチックなので、柔らかい素材にしては如何か？また、検出部が適切な位置にあることを知らせるセンサーがあると良い。

◆ モニタリング全般を含む運用面に関する意見

- ① 可搬型甲状腺モニタはどちらも検出下限値が低い。据置型甲状腺モニタが設置された拠点病院等に被検者を移動することなく、（簡易測定会場等の）現場で詳細測定を行うこともできるのでは？
- ② 可搬型甲状腺モニタ（両機種）の甲状腺被ばく線量モニタリングにおける位置付け
- ③ 測定結果として Bq が表示されるが、被ばく線量として被検者にどのように答えるか？
- ④ 可搬型甲状腺モニタ（両機種）はどのように使い分けをされるのか？
- ⑤ 可搬型甲状腺モニタ A で想定している測定時間 3 分間は長いと思われる。実際に試したことはあるのか？
- ⑥ 福島第一原発事故の対応として住民の WBC 測定を行っていたが、可搬型甲状腺モニタ A で想定している 3 分間は長すぎる感がある。

◆ その他の意見

- ① 甲状腺の正確な位置が分からない。
- ② 人の甲状腺の位置に関する講義などがあると良い。また、プローブ位置による測定値の変化も把握しておきたい。
- ③ 簡易測定について、測定値はスクリーニングレベル以下であることが多いことが予想されるので、測定誤差にさほど留意する必要性はないのでは？
- ④ 測定要員の確保の状況は如何か？
- ⑤ 診療放射線技師は病院で患者に接する機会も多いので、測定要員に適している。

- ⑥ 診療放射線技師であればエコーが使える者もいるので、測定前に甲状腺位置を確認することも考えられる。
- ⑦ 測定結果の取扱いはい？

以上の意見は、どれも可搬型甲状腺モニタの実運用に向けて重要である。可搬型甲状腺モニタの運用に関しては本報告書 4.2 での議論にも関係するが、現時点で考えられる対応と併せて、主要な意見に対する見解を下記に述べる。

◆ 操作性に関して

2 機種 of 可搬型甲状腺モニタともに操作は簡易であり、既に実証済みであるが、未経験者でも事前の簡単な説明のみで測定を行うことができる。可搬型甲状腺モニタ A については、プローブの保持方法や測定時の体勢に関する意見があったが、これらの課題は NaI(Tl)サーベイメータでも同様である。長時間測定を続けた場合には測定者の疲労が蓄積されていくと思われるため、プローブの支持機構などを検討するのも一案かもしれない。他方、乳幼児等の測定の場合等は、プローブ方式に利点がある状況も考えられる。

◆ 機器の改良に関して

追加センサーについてはメーカーとの協議が必要となるが、実用面やコストの面からも検討が必要である。可搬型甲状腺モニタ A については、製品機の開発段階でワイヤレスにする案もあったが、通信の不具合やプローブ本体にバッテリーを備えることによる重量増加の点から見送りになった経緯がある。可搬型甲状腺モニタ（両機種）の被検者との接触部分の素材変更については、養生方法と併せて今後の検討課題になると思われる。残りの測定時間は制御用 PC 画面上には表示されているが、測定者が被検者に口頭で途中経過を伝える形でも良いかと思われる。

◆ モニタリング全般を含む運用面に関して

可搬型甲状腺モニタの運用については、国や原発立地道府県等によって今後議論されていくと思われるが、検出下限値を含む性能面において、原子力災害拠点病院等に設置された既設の据置型甲状腺モニタと遜色がなければ、可搬型の利点を活かし、避難所等での詳細測定に活用することが考えられる。

可搬型甲状腺モニタ A については測定時間が長いという意見があった。測定時間の短縮化は可能であるが、検出下限値は増加するため、詳細測定において必要とされる要件を定めた上で、最適な測定条件を検討することが考えられる。なお、NaI(Tl)サーベイメータを用いた簡易測定でも約 2 分間（受付時間除く）は要する。

◆ その他

簡易測定の結果も後の個人の被ばく線量に紐づくデータとなるため、甲状腺簡易測定においても、正確な測定を目指すべきである。甲状腺の大きさや位置には個人差があるが、中には甲状腺疾患等の特殊なケースもあるため、必要に応じて研修素

材に組み込むことが考えられる。診療放射線技師を測定要員とする件については、緒言でも触れたように、それを可能とする行政的な仕組みが作られたため、今後は測定要員の拡充が見込まれる。

以下に、研修会参加者から取得した可搬型甲状腺モニタについての質問票の結果を要約して記す。

Q1 プローブを被検者頸部の適正な位置に容易に合わせられましたか？

A1 a「合わせやすい」：9名、b「合わせにくい」：0名、c「分からない」：0名

Q2 測定時間を1~3分間とした場合、何歳まで測定が可能か？

A2 a「乳児（0-1歳）」：2名、b「2~3歳」：3名、c「4~5歳」：4名

Q3 ソフトウェアの操作性について

A2 a「問題ない」：7名、b「難しい」：0名、c「事前説明があれば可能」：2名

Q4 可搬型甲状腺モニタを用いた測定のために、簡易測定研修とは別の研修が必要？

A4 a「はい」：1名、b「いいえ」：7名、c「回答無し」：1名

Q5 測定誤差が生じると考えられる事項、測定誤差の低減策等（自由記述）

A5 ①講習会の開催、②臥位での測定、③プローブを確実に頸部に密着させること、④測定者については適切な研修や練習、⑤被検者については分かりやすい説明や両親の協力（被検者が小児の場合）や事前の説明資料が必要。

Q6 測定誤差が大きいと考えられる被ばく線量の低い対象者への対応（自由記述）

A6 ①測定時間の延長、それに伴い被検者へのサポートが必要。②検出器の感度を高める。③低放射能では測定誤差は大きいので、そのことを理解する。

Q7 可搬型甲状腺モニタ A に関する要望や質問、測定精度の向上に資する提案等（自由記述）

A7 ①子どもの興味を引くアレンジ、②軽量で扱いやすかった、③プローブ専用の養生カバーがあると良い、また、プローブの形状のバリエーションを増やして、その他の用途でも使えると良い、④プローブ先端に取り外し可能なキャップをつけると消毒できる。

Q8 可搬型甲状腺モニタ B に関するコメント（自由記述）

A8

- 詳細測定器について、自治体や拠点病院等で保有して維持管理することは現実的ではない。どこかでまとめて保有・維持管理して、原子力災害時にはそれを用いるという運用の方が現実的である。
 - 詳細測定器の配備及び維持管理については、今後、導入も含めて関係機関の検

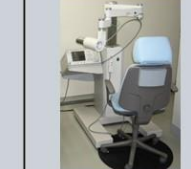
討事項になると思われる。

- 簡易測定では大腿部でバックグラウンド測定を行うが、詳細測定でも必要なのか？
 - 同機では測定前及び任意のタイミングでバックグラウンドの測定を行う。なお、遮蔽体で甲状腺以外からの放射線をカットできるので、検査の都度測定する必要はない。
- バックグラウンド測定が不要であれば、詳細測定でも簡易測定と時間が変わらない。場合によっては簡易測定よりも短時間での測定が可能なので、詳細測定でもよいのではないか。
 - 1分間測定を標準としている。
- 小児の測定を行う場合、1分は長く感じるが測定時間は変更可能か？
 - ソフトウェアで任意に変更可能である。ただし、測定時間を変更すると検出下限値が変わるため注意が必要である。測定時間を変更する場合は、検出下限値、周囲のBG線量率を考慮する必要がある。

4.2 各機器の活用が想定される状況等の比較調査

表 4 に甲状腺被ばく線量モニタリングに使用可能あるいは使用が見込まれる測定器類の適用範囲や特徴をまとめた。以下に各機器の使用経験や運用上の留意点等について詳述する。

表 4. 甲状腺被ばく線量モニタリングに使用可能あるいは使用が見込まれる測定器類の比較

項目	NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータ	可搬型甲状腺モニタ (プローブタイプ)	可搬型甲状腺モニタ (ステーションナリタイプ)	据置型甲状腺モニタ	精密型体外計測装置 (鉄遮へい室)
外観					
対象年齢	8歳以上。乳幼児・小児の測定は保護者の要望に応じて対応	乳幼児の測定も可(検証試験済み)	小児から成人まで測定可能 ※乳児については頸部背面を検出部に載せて測定	小児から成人。ただし、遮へい体の形状次第では小児の測定が難しい場合もあり。	鉄遮へい室内での測定となるため、対象者は基本的に小児以外になると思われる。
使用する場所	簡易測定会場(避難所またはその適所)	簡易測定会場での運用も可能	簡易測定会場での運用も可能	原子力災害拠点病院等	高度被ばく医療支援センター等
測定時間	2~3分間 ※頸部と大腿部を測定	3分間 ※短縮も可能	1分間 ※高さ調節等に要する時間除く	3分間 ※高さ調節等の時間除く	10分間 ※検出器の設定等の時間除く
測定可能期間	概ね3週間以内	概ね4週間以内	概ね4週間以内	概ね4週間以内	概ね2カ月以内
運用台数	多数	—	—	約20機(2021年度時点)	QST, 広島大, 長崎大, JAEA等
上記を踏まえた最適用途	高線量被ばく者の早期検知(スクリーニング)を目的とした簡易測定	簡易測定会場において、詳細測定に準じた運用が可能。乳幼児に特化した測定も可能	簡易測定会場において、詳細測定に準じた運用が可能	簡易測定でスクリーニングレベルを超過した者を対象とした詳細測定	高線量被ばくを受けた可能性があり、事前の測定を受けられていない者に対する詳細測定
使用条件	可能な限り空間線量率が低い場所での運用	可能な限り空間線量率が低い場所での運用	数 $\mu\text{Sv/h}$ の環境下まで運用可	施設周辺の空間線量率が低いこと	・施設周辺の空間線量率が低いこと ・鉄室内での測定が可能なこと

(1) NaI(Tl)サーベイメータ

実施マニュアルにおいて簡易測定に使用する機器として指定されている。国内に広く普及しており、通常は空間線量率の測定に使用される。NaI(Tl)サーベイメータを甲状腺被ばくスクリーニングに応用する考えは古くからあり、頸部ファントムを用いて、指示値から甲状腺中 ^{131}I 残留量に換算するための係数が導出された^(16, 17)。福島原発事故の際も NaI(Tl)サーベイメータを用いた甲状腺測定が実施されたが、測定場所の空間線量率が高かったことや年齢毎の換算係数を評価するための適当な頸部ファントムが無かった等の問題が認識された⁽¹⁸⁾。

実施マニュアルによれば、NaI(Tl)サーベイメータの検出感度や測定精度を考慮し、簡易測定の実施期間は吸入摂取から概ね 3 週間以内とされている。簡易測定に用いるスクリーニングレベル (SL) は被検者の年齢に関わらず一律に $0.2 \mu\text{Sv h}^{-1}$ (頸部正味値) に設定されるが、3 週間以降では 100 mSv (甲状腺等価線量) 相当の甲状腺中 ^{131}I 残留量に対する機器の応答が、全ての年齢群で概ね SL 以下となる。なお、8 歳未満の者に対しては SL を直接適用するのが困難であるため、行動をともにした保護者 (成人) 等に対して適用する (図 20)。

SL の運用に当たっての留意点としては、SL が比較的低く設定されているため、実施マニュアルにも記載のとおり、空間線量率が平時と同程度または測定に当たって十分低いこと (SL 未満) が測定を行う場所の要件となる。測定の際は、通常の空間線量率にも

大きな地域差がある^(19, 20)ことの認識が必要と思われる。

NaI(Tl)サーベイメータで取得された頸部の正味測定値から甲状腺等価線量を求めるには、放射性ヨウ素の摂取時期、摂取経路、摂取からの測定までの経過時間等の情報を必要とするが、基本となる吸入による急性摂取シナリオに基づく換算表が公表されている⁽²¹⁾。SLを超過した者は詳細測定の対象となるが、必ずしも被ばく線量に対応したスクリーニングでは無いことに留意する必要がある。図20に例示されるように、測定時期や被検者の年齢によって甲状腺等価線量は大きく変化する。

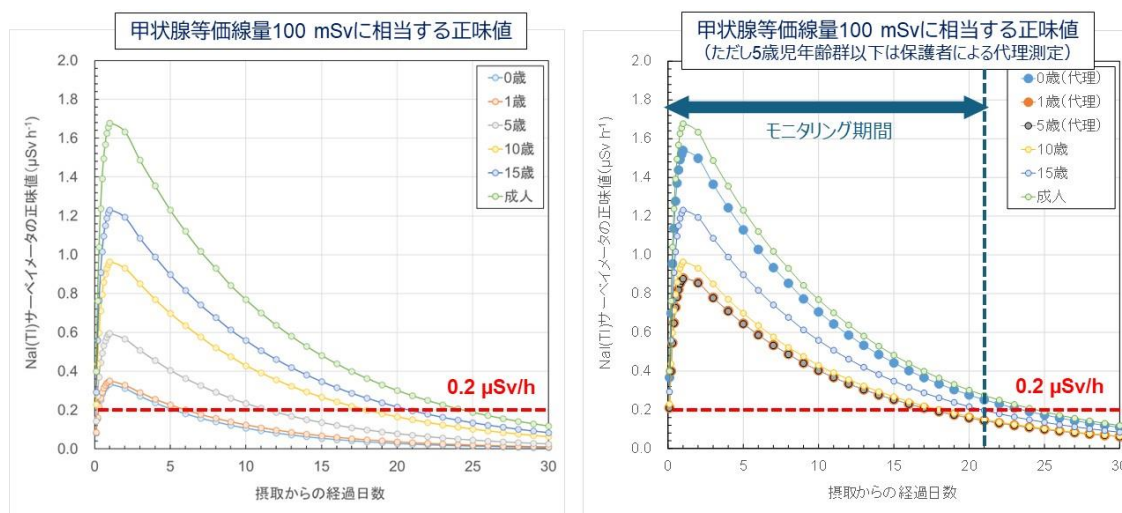


図20. 年齢群毎の甲状腺中¹³¹I残留量とスクリーニングレベルの関係

(2) 可搬型甲状腺モニタ

可搬型甲状腺モニタは既設の据置型の機器と同様に核種弁別機能を有しており、原発事故の影響によって有意な空間線量率の上昇がない環境下では、甲状腺中¹³¹I残留量に対するMDAも同等レベルである(表1)。したがって、詳細測定と同様な実施期間(摂取から4週間)を設定するのは適当である(図21)。なお、可搬型甲状腺モニタBは検出部内に遮へい体を備えており、高バックグラウンド環境下(数μSv h⁻¹程度)での使用も想定されている。

実施マニュアルに記載のとおり、簡易測定が空間線量率の十分低い環境下で実施されるのであれば、当該会場に可搬型甲状腺モニタを持ち込み、詳細測定器として運用することも考えられる。これにより、簡易測定でSLを超過した者が、詳細測定を受けるために原子力災害拠点病院等に移動に要する労力を軽減することができ、被検者と行政側の双方に便益がある。ただし、推定される被ばく線量によっては、医療機関での受診が必要となる場合もあると考えられるため、詳細測定対象者へのフォローアップ等の対応について、今後の検討が必要と思われる。

課題となっていた小児に対する甲状腺測定については、いずれの可搬型甲状腺モニタも対応可能としている。可搬型甲状腺モニタAは元々、乳幼児を含む小児を対象として設計された経緯があり、小児の狭い頸部にプローブを密着させることができる。しかしながら、実証試験等で出された意見にもあったように、測定時間の短縮が望まれる。推奨測定時間(3分間)のMDAは被検者の年齢によっても異なるが45~67 Bq、1分間測定

に短縮すると 81~121 Bq であった。その他、可搬型甲状腺モニタ A の使用条件としては、甲状腺以外に残留する放射性ヨウ素、または、周辺環境からの放射性ヨウ素による影響が小さいことが挙げられるが、いずれも対処可能であると考えられる。

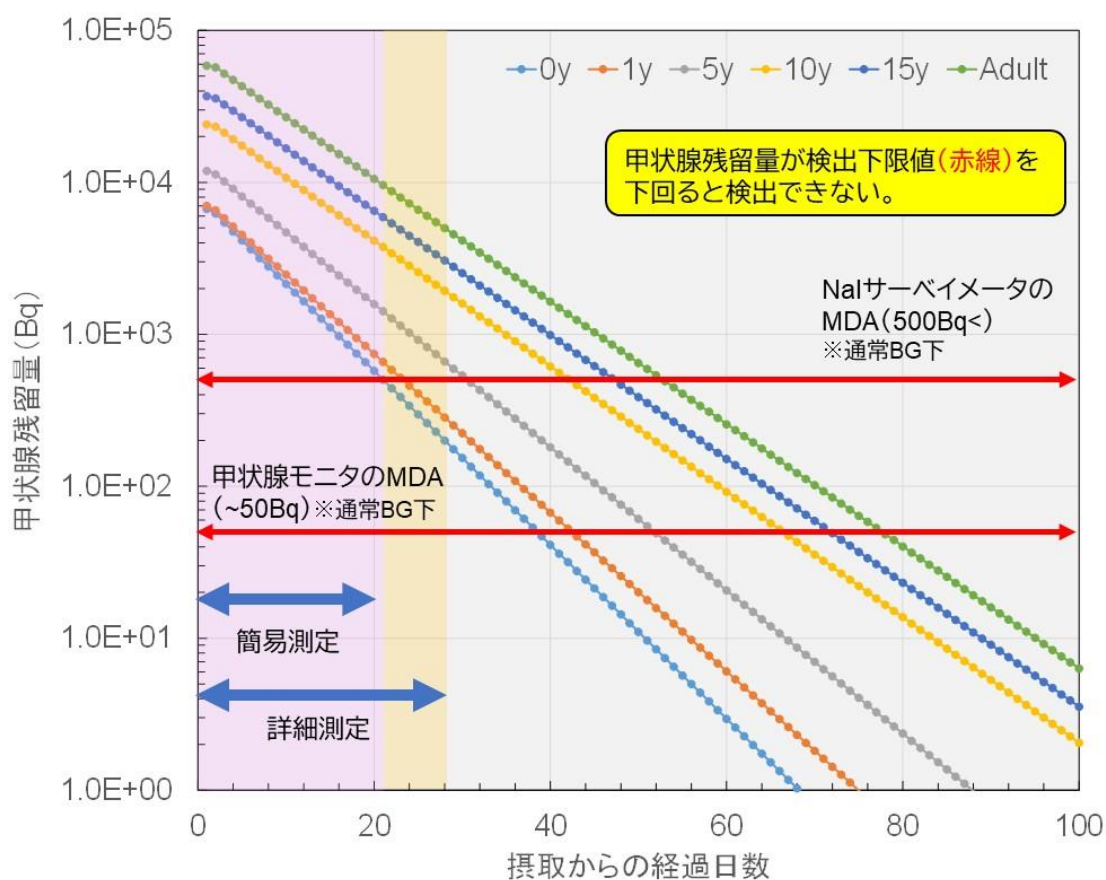


図 21. 甲状腺残留量の経時変化と MDA の比較

(3) 据置型甲状腺モニタ

簡易測定での SL 超過者を対象とした詳細測定に使用する。全国の被ばく医療関連機関における据置型甲状腺モニタの設置数は、2020 年度時点の調査で 21 機であった⁽²²⁾。詳細測定の実施期間は前述のとおりである。

据置型甲状腺モニタの検出器や遮へい体等の仕様は様々であるが、量子科学技術研究開発機構（QST）が所有する機器は、HPGe 検出器と厚さ 5 cm の鉛製の中空円筒形状の遮へい体を備えた機器であり、MDA は 3 分間測定で 38 Bq と評価された⁽²³⁾。同機器は福島原発事故の際の住民の測定にも使用された経緯があるが、小児に対しては適切な測定ジオメトリの確保が困難であったことを、当時の測定担当者から聞き及んでいる。

据置型甲状腺モニタの使用に当たっては、当該機器が設置された施設周辺の空間線量率が、原発事故の影響等により上昇が無いことを確認する必要がある。福島原発事故の際、据置型甲状腺モニタではないが、福島県立医科大学に設置されたホールボディカウンタ（WBC）が周辺環境に存在する放射性核種のために使用不能となった経験が報告されている⁽²⁴⁾。

(4) 精密型体外計測装置

精密型体外計測装置は鉄遮へい室を備えた体外計測装置を指し、低バックグラウンド環境下において低レベルの放射能測定を可能とする。福島原発事故では、長崎大学による避難住民⁽²⁵⁾や派遣要員等の測定や日本原子力研究開発機構（JAEA）による緊急作業員の測定⁽²⁶⁾の事例がある。鉄室内での測定となり、また、処理能力も高くないために、被検者は限定的となると考えられるが、据置型甲状腺モニタよりも高感度な甲状腺計測が可能である。JAEA で行われた精密型体外計測装置を用いた甲状腺測定では、被検者の頸部近傍に配置した相対効率 50% の HPGe 検出器による 10 分間測定により、10 Bq 以下の MDA を達成している。限られた状況ではあるが、甲状腺被ばく線量モニタリングの対象とはならなかったが、詳細測定の実施期間後に顕著な甲状腺被ばくが疑われる者への適用等が考えられる。精密型体外計測装置は、一部の高度被ばく医療支援センター、QST、JAEA 等に設置されている。

(5) その他の測定器

甲状腺測定に使用可能なその他の機器としては、可搬型 γ 線スペクトロメータ⁽²⁷⁾や核医学検査に用いられる甲状腺モニタ⁽²⁸⁾等が挙げられる。ただし、後者は医療機器であることから、原子力災害時の対応に用いることは難しいと思われる。福島原発事故では、弘前大学による可搬型 γ 線スペクトロメータを用いた一般公衆に対する甲状腺測定が行われた⁽²⁹⁾。幾つかの可搬型 γ 線スペクトロメータについては、甲状腺測定に必要な頸部ファントムを用いた計数効率等のデータも詳細に取得されている^(27,30)。

以上を踏まえ、現状の甲状腺被ばく線量モニタリングにおける課題に対処するための可搬型甲状腺モニタの活用法としては、以下のものが考えられる。

- **可搬型甲状腺モニタの現場詳細測定器としての活用**

前述したように当該モニタは詳細測定用としての性能は有しており、簡易測定会場において NaI(Tl)サーベイメータと併用することにより、簡易測定と詳細測定からなる甲状腺被ばく線量モニタリングを同一会場において完結することができる。2種類の可搬型甲状腺モニタは、被検者の年齢や体形に応じて、または、被検者への負担低減を考慮して、機器を使い分けることが考えられる（図 21）。可搬型甲状腺モニタ B は測定ジオメトリの安定性が高い点、可搬型甲状腺モニタ A は被検者への身体的な負荷が小さい点に、それぞれ利点を有している。また、いずれの機器も小児を対象とした測定が可能である。



図 22. 2 種類の可搬型甲状腺モニタの被検者に応じた適用例

- **可搬型甲状腺モニタによる一元的な甲状腺被ばく線量モニタリング**

まだ改良すべき点は若干残されているものの、開発された可搬型甲状腺モニタの実用性は実証試験等で確認されたところである。測定時間については、大腿部測定、頸部の 3 回の読み取り、正味補正值の計算等の煩雑な手順を必要とする簡易測定よりも短縮することが可能であり、将来的に必要な配備数が見込めるのであれば、簡易測定と詳細測定を分けることなく、可搬型甲状腺モニタを用いた一元的な甲状腺測定を行うことも考えられる。その場合、簡易測定に適用される SL は不要となり、検出された甲状腺残留量から個人の甲状腺線量を直接評価することになる。可搬型甲状腺モニタを用いた甲状腺測定の実施期間は現行の詳細測定と同程度と想定されるが、この期間を超える場合は、精密型体外計測装置の利用が最終的な手段として考え得る。

4.3 測定者数と測定機器の関係に関する調査

本調査では、甲状腺簡易測定の手場において使用するリソース（要員や測定器等）の算定のための基本的な考え方を示すとともに、手場における測定対象者の動きをシミュレーション可能なプログラムを用いて、甲状腺被ばく線量モニタリングを円滑に行うための条件等について検討した結果を述べる。

(1) 簡易測定手場において必要となる測定機器数

今後、原発立地自治体等が甲状腺被ばく線量モニタリングの実施計画等を作成する際、想定される測定対象者数に応じて、NaI(Tl)サーベイメータ等の測定器の数量を算定する必要性が生じるものと思われる。甲状腺被ばく線量モニタリングに限らず、あるプロセスを実行するために要するリソースを決定するには、利用可能な処理能力を適切に評価することが最初のステップになる。甲状腺簡易測定の手場合は、例えば、図 23 に示すように考えられる。すなわち、必要な NaI(Tl)サーベイメータの台数を決めるにあたり、①測定対象者数、②簡易測定に費やすことのできる総時間、及び、③1 台の測定器を用いて単位時間で測定できる人数を決める必要がある。ここで、②と③の積は測定器 1 台当たりの処理能力になるので、①をこの積で除すれば NaI(Tl)サーベイメータの台数が計算される。図 23 では、10,000 名の測定対象者を 10 日間、1 日につき 8 時間かけて測定を行う手場に必要となる測定器の台数を例示しているが、当然ながら 1 台の測定器が単位時間に行える処理人数によって変化する。同図では 1 時間当たりの処理人数を 5 名と手場としているが、その手場合は必要な NaI(Tl)サーベイメータは 25 台であるが、10 名の手場であれば台数は 13 台（端数は切り上げ）になる。

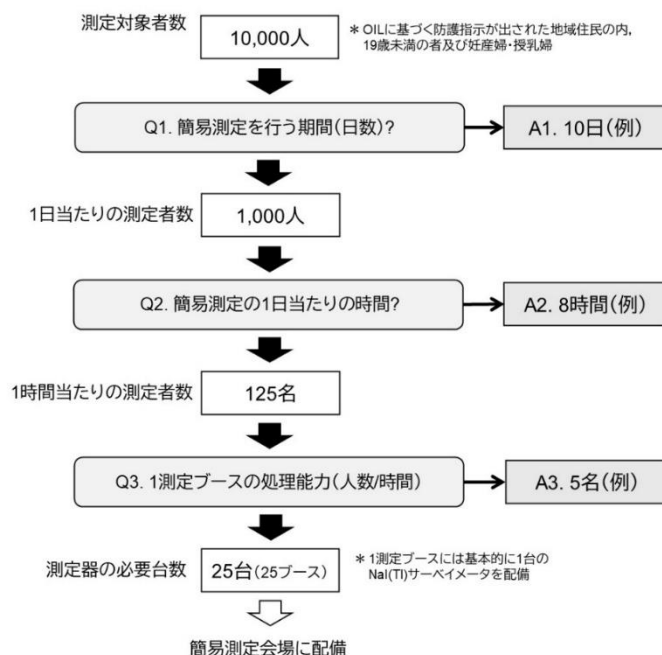


図 23. 甲状腺被ばく線量モニタリング（簡易測定）に必要な測定機器数の導出の考え方

必要な測定器の台数が決まれば、これらの測定器を各会場に配備することになる。その際、各会場の規模に応じて配備数が調整されると思われる。内閣府が作成した手引き⁽⁴⁾では、小規模会場では受付と測定に各 1 ブース、大規模会場では受付と測定に各 5 ブースのレイアウトが例示（図 24）されており、各測定ブースにおいて 1 台の NaI(Tl) サーベイメータが使用される。

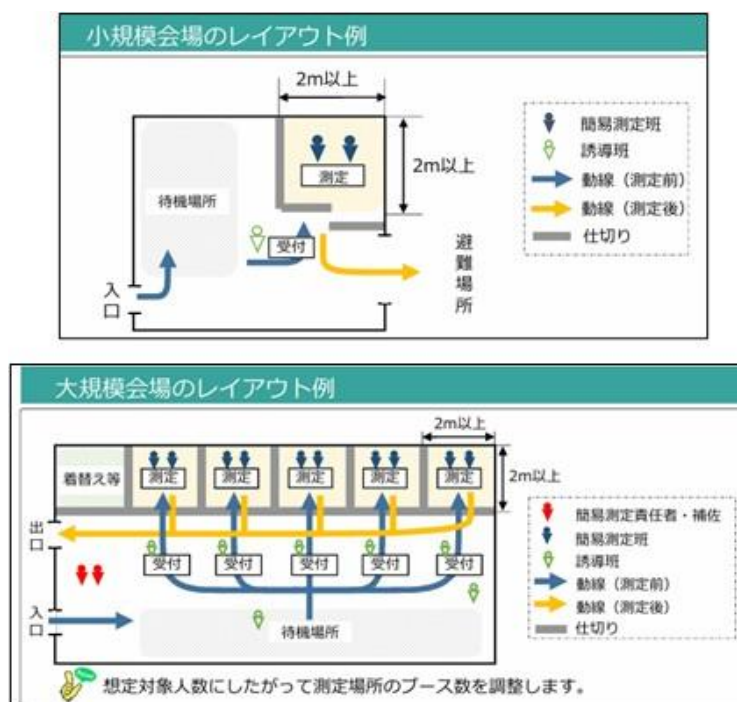


図 24. 甲状腺測定会場のレイアウト例（上は小規模会場，下は大規模会場）⁽⁴⁾

各会場でのオペレーションを考えた場合，受付や測定の稼働率も考慮すべきパラメータとなる。各会場の所要時間 $T(h)$ は次式で与えられる。

$$T = \frac{N}{K \cdot B \cdot \alpha}$$

ここで、 N は測定対象者数 (man)， K は 1 測定器の 1 時間あたりに測定できる人数 (man h⁻¹)， B は測定器の台数（あるいは測定ブース数）， α は稼働率 (-) である。

表 5 に K を 5 人または 10 名とした場合の様々な会場における所要時間を示す。測定対象者数が 1,000 名， K が 5 人，測定器台数が 5 台とした場合の所要時間は 10 時間となる。この計算は図 23 に例示された計算過程を逆に辿った形になるが，所要時間の相違（図 23 では 8 時間）は稼働率の設定による。必要な測定器台数を見積もる際は，測定器 1 台当たりの処理能力について，多少余裕をもって設定することが適当である。同表中の測定対象者数や測定ブース数は，会場規模を選定する際の 1 つの目安になると思われるが，測定対象者については，所要時間及び会場の収容人数を考慮した来場スケジュール

ールを組むことも必要となる⁵。

将来的に、小児測定用として可搬型甲状腺モニタを使用する可能性は 4.2 において言及したが、準備する NaI(Tl)サーベイメータの何台かを置き換えることで対応が可能である。主要な測定対象者となる 19 歳未満の約 4 割が 8 歳未満であることから (3.3 参照)、可搬型甲状腺モニタも同じ割合とすることも考えられる。可搬型甲状腺モニタを用いた測定は、NaI(Tl)サーベイメータを用いた簡易測定と比較して、同等あるいは短い時間で行うことができるため、上記の考え方がそのまま適用できる。

表 5. 様々な会場における簡易測定の所要時間

● 1測定ブース(1測定器)当たりの処理能力を1時間当たり5名とした場合					● 1測定ブース(1測定器)当たりの処理能力を1時間当たり10名とした場合				
測定対象者数	測定ブース数 (測定器台数)	処理能力 (man/hr)	稼働率 (%)	所要時間 (hr)	測定対象者数	測定ブース数 (測定器台数)	処理能力 (man/hr)	稼働率 (%)	所要時間 (hr)
100	1	5	80	25.0	100	1	10	80	12.5
100	2	10	80	12.5	100	2	20	80	6.3
200	2	10	80	25.0	200	1	10	80	25.0
200	4	20	80	12.5	200	2	20	80	12.5
200	6	30	80	8.3	200	3	30	80	8.3
300	2	10	80	37.5	300	1	10	80	37.5
300	4	20	80	18.8	300	2	20	80	18.8
300	6	30	80	12.5	300	3	30	80	12.5
500	2	10	80	62.5	500	1	10	80	62.5
500	4	20	80	31.3	500	2	20	80	31.3
500	6	30	80	20.8	500	3	30	80	20.8
500	10	50	80	12.5	500	5	50	80	12.5
700	2	10	80	87.5	700	1	10	80	87.5
700	4	20	80	43.8	700	2	20	80	43.8
700	6	30	80	29.2	700	3	30	80	29.2
700	10	50	80	17.5	700	5	50	80	17.5
1000	4	20	80	62.5	1000	2	20	80	62.5
1000	10	50	80	25.0	1000	5	50	80	25.0
1000	15	75	80	16.7	1000	10	100	80	12.5
1000	25	125	80	10.0	1000	15	150	80	8.3

(2) 簡易測定会場の運営において考慮すべき因子

測定器の台数と会場規模（受け入れる測定対象者数や会場の収容人数等）との間に成立する関係性については前述のとおりであるが、より現実的な側面から、簡易測定会場の運営に影響する各因子について以下に詳述する。

- **会場規模**…実施マニュアルによれば、簡易測定会場は原子力災害時に開設される避難所又はその近傍の適所とされる。避難所は UPZ 圏外（原発からおおよそ 30 km 以遠の

⁵ 表 5 中の所要時間が 1 日のサービス時間（例えば 8 時間）を超える場合は、翌日に対応することが想定される。例えば、表 5（左）で測定対象者 200 名、測定ブース 2 つの場合、所要時間は 25 時間となり、おおよそ 3 日間の対応となる。したがって、1 日当たりの測定者数は平均して約 70 名になる。70 名を午前と午後に分けて来場させるのであれば、会場に求められる収容人数は 35 名となる。より細やかな来場スケジュール（例えば 1 時間当たり 10 名など）を組めば、より小規模な会場でも対応可能となる。

エリア)に設置される。地域原子力防災協議会が策定した各原発立地地域の緊急時計画⁽³²⁾には、原子力防災重点区域内の住民の避難経路が詳細に記されているが、避難住民数と避難所数から、避難所1施設当たりの平均的な人数が計算される(表6)。その結果、避難所の規模感としては、1施設当たり平均でおよそ100名から500名程度になる。この内、簡易測定の対象となるのは、19歳未満の者と妊産婦及び授乳婦となることから、15名から75名程度(避難住民の15%と仮定)になると想定される。他方、簡易測定の実務的な側面を考えると、小規模な避難所にも測定要員等を派遣して対応するのは、避難所の数も膨大であるために効率が悪いと考えられる。各地域の実状も様々であるが、実施計画の策定においては、簡易測定に特化した大規模会場の設置を念頭に置くのが良いように思われる。

- **1会場当たりのブース数**…(1)で検討したように、会場規模(測定対象者数)と測定期間から必要なブース(受付、測定)数を概算することができるが、実際に設置が可能であるかについては施設毎に確認が必要である。手引き⁽⁴⁾によれば、測定ブースにはプライバシーに配慮した空間とするための仕切り立てを設置するとしており、測定対象者の他、保護者等の同伴者、測定者及び測定補助(記録)者の4名がブース内に同時に入入ることを考慮の上、測定及び記録に十分な面積を確保するために、少なくとも2m×2m程度の空間を内部にすることが推奨されている。

- **1時間当たりの来場者数**…会場の処理能力を超えた場合には来場者の待ち時間が発生する。また、各ブース(受付・測定)の稼働率が高い状態に維持されると、測定者等の負担も大きくなるため、この点も考慮する必要があると思われる。

- **スクリーニングレベル(SL)を超過した者の割合**…SLは甲状腺等価線量100mSv以上となる者を保守的に検知するように設定されているため、100mSvを大幅に下回る場合でもSL超過となる場合もあり得る(図20参照)。他方、新規規制基準の適合性の審査で設定された防護措置により、UPZ圏内の全域においてIAEA基準(50mSv)を下回る結果が得られている⁽²¹⁾。原発の重大事故対策が奏功するシナリオに基づく被ばく線量のシミュレーションでは、UPZ圏内において被ばく線量がさらに低減される結果を示している⁽²¹⁾。福島原発事故の発生から約2週間後に行われた小児甲状腺被ばくスクリーニング検査(測定対象者は満15歳以下)は、屋内退避の指示がなされなかった30km以遠に位置する3自治体(川俣町、飯舘村、いわき市)において実施されたが、同検査に使用されたNaI(Tl)サーベイメータの被検者頸部での正味値は最大で0.1μSv h⁻¹であった⁽¹⁸⁾。これらの事実から、将来の原発事故想定ではSL超過者の割合は低く、簡易測定の全体的な態勢に影響を与える程度にはならないと予測される。SL超過者を対象として行われる詳細測定については、次の因子と併せて検討するのが適當のように思われる。

- **乳幼児などNaI(Tl)サーベイメータによる測定が困難な者の割合**…手引き⁽⁴⁾では、『乳幼児・小児の測定に関しては、「検出部を頸部に密着することができない」「測定中、静止し続けることができない」など測定が困難な場合は、行動を共にした保護者等を測定

し、その結果に基づき詳細測定の対象となるかどうかの判断をします。ただし、保護者等の要望に応じて、乳幼児・小児本人についても可能な範囲で測定を行うことが求められます。』との記載がある。したがって、ある一定の年齢未満の被検者（具体的には、本人に SL が適用できない 8 歳未満の者）に対しては、NaI(Tl)サーベイメータを用いた簡易測定を省略し、本事業で調査した可搬型甲状腺モニタを用いた詳細測定から始めることも考えられる。

表 6. 原発立地地域の UPZ 圏内人口と避難施設数等⁽²¹⁾

	女川	島根	玄海	川内
UPZ圏内人口	187,608	448,009	241,578	198,143
一般住民※1	151,770	〃	177,256	〃
避難先施設数※2	437	1,516	708	819
1施設当たりの受入人数(平均)	347	296	250	242

	福井(高浜)	福井(大飯)	福井(美浜)	泊
UPZ圏内人口	159,554	154,252	278,044	71,252
一般住民※1	〃	〃	〃	51,333
避難先施設数※2	1,115	827	3,485	259
1施設当たりの受入人数(平均)	143	187	80	198

※1 地区によってはUPZ圏内人口から避難行動支援者を除外

※2一般住民を受入れる避難先施設数

(3) 簡易測定会場シミュレーション

以上の検討は、簡易測定会場で受け入れる測定対象者数や設置するブース数といった全体的な視点で行ったものであるが、個々の会場における効率的な要員配置や待機時間の低減策等の検討も必要であると思われる。そこで、作成したプログラム（付録 4）を用いて、簡易測定会場を模擬したシミュレーションを行った。このプログラムでは、一人一人に発生する各イベント（受付、簡易測定（大腿部及び頸部）、身体汚染、詳細測定）に要する時間に確率分布を与え、会場の運行状態を細かくシミュレーションすることが可能である他に、(2)に述べた種々の因子に対する感度解析を行える。

プログラムの検証計算として、緊急時の甲状腺被ばく線量モニタリングに関する検討チームによって行われた簡易測定のリソース算定のための試算⁽³¹⁾の例に挙げる。同試算は、UPZ 圏内人口 20 万人を想定した場合に必要な測定器の台数及び測定要員数の概算のために行われたが、1 人当たりに要する処理時間を 6 分間と見積もっている。6 分間の内訳は、測定時間が約 2 分間、本人確認、記録、頸部拭き取り等に要する時間の約 4 分間である。測定時間の 2 分間については、4.1 で述べた実証試験において取得した測定の様子を撮像した動画の解析から、現実的な範囲であることを確認した（解析の結果は 114 ± 22 秒、 $N=15$ ）。

図 25 にプログラムのパラメータ設定画面を示す。プログラムで時間設定が可能なイ

ベントが限られるため、簡易測定に要する平均時間が 6 分間となるように時間配分を調節した（受付ブースで 90 秒，測定ブースで 270 秒，計 360 秒）。前述の検討チーム資料では，40 台の測定器を用いて，1 日（簡易測定の稼働時間は 8 時間）当たり 3,200 人のモニタリングを行う試算例が示されているため，**ケース 1**として 10 台の測定器で 800 人の測定を行った場合のシミュレーションを行った。時間分布には正規分布，その標準偏差を平均値の 1/3 を設定した。また，1 時間当たりの来場者数を 100 人とし，9 時から 17 時までに計 800 人が一定間隔で会場に来場する条件を設定した。身体汚染検知率及び SL 超過率はともに 0 である。

- 検討チームの試算で用いられた仮定(被検者1名につき6分間)に基づき計算
- 受付及び簡易測定のブース数はそれぞれ10に設定 → 1日8時間稼働で800名を測定

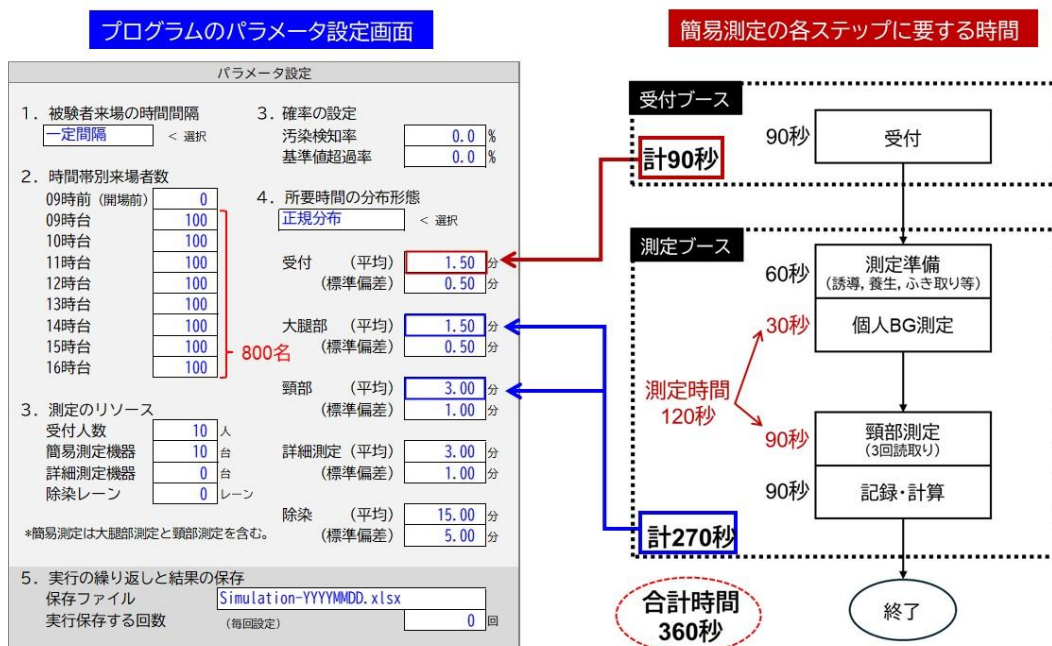


図 25. ケース 1 におけるプログラムの設定画面

図 26 にケース 1 における各ブース（受付，測定）のリソース使用率を示す。各リソース使用率（使用中のブースの割合）は，それぞれのブースの所要時間に確率分布を与えているために変動しているが，受付ブースは 20~30%，測定ブースは 60~80%の範囲を中心に推移している。これは，簡易測定の手順を受付と測定の 2 ステップに分解し，それぞれの処理能力を考えれば明らかである。すなわち，受付ブース全体の処理能力は 1 時間当たり 400 人（ $=3,600 \text{ 秒} \div 90 \text{ 秒/人} \times 10 \text{ ブース}$ ），測定ブース全体の処理能力は 1 時間当たり 133 人（ $=3,600 \text{ 秒} \div 270 \text{ 秒/人} \times 10 \text{ ブース}$ ）であり，これらの数値を各時間帯の来場者数で割れば各ブースの平均的なリソース使用率になる。リソース使用率が 100% 以下であれば，各ブースの待ち時間はほとんど発生しない。以下，表 7 及び表 8 に示す 11 のケースについてシミュレーションした結果について順に総評するが，主要な結果の図表はまとめて付録 5 に掲載した。なお，シミュレーションの結果は毎回異なるため，付録 5 には各ケースの 1 試行分のみを掲載した。

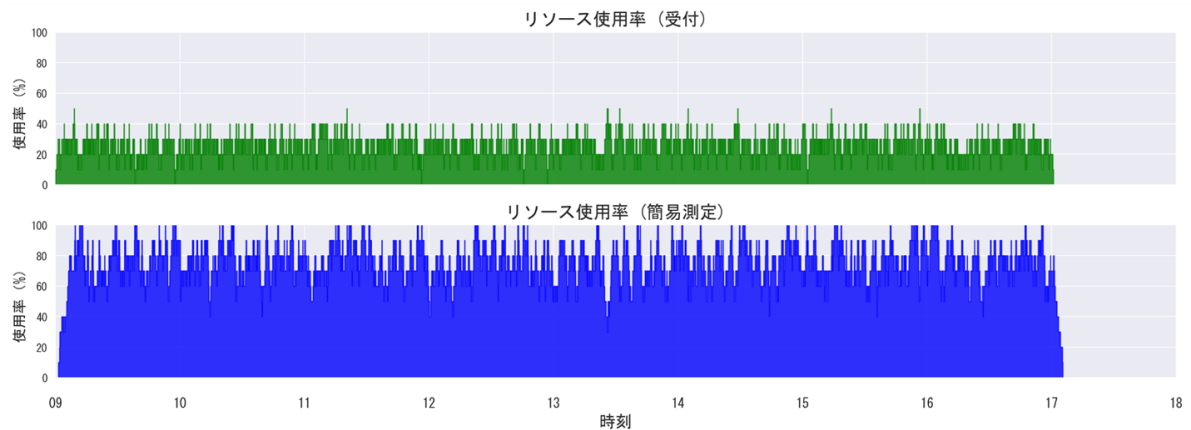


図 26. ケース 1 における各ブースのリソース使用率（上：受付ブース，下：測定ブース）

表 7. 簡易測定会場のシミュレーションケース(1)

ケース	ブース数		所要時間(平均値±1SD)		備考
	受付	簡易測定	受付	簡易測定	
1	10	10	1.5±0.5分間	4.5±1.5分間	● 来場者数: 毎時台100人(計800人) ● SL超過率: 0%
2	10	10	1.5±0.5分間	4.5±1.5分間	● 来場者数: 毎時台150人(計1,200人) ● SL超過率: 0%
3	3	10	1.5±0.5分間	4.5±1.5分間	● 来場者数: 毎時台100人(計800人) ● SL超過率: 0%
4	10	10	1.5±0.5分間	4.5±1.5分間	● 来場者数: 毎時台100人(計800人) ● SL超過率: 5% ● 詳細測定: 1ブース, 所要時間: 3.0±1.0分間
5	10	10	1.5±0.5分間	4.5±1.5分間	● 来場者数: 9時前 400人, 13時台 400人 ● SL超過率: 0%

表 8. 簡易測定会場のシミュレーションケース(2)

ケース	ケース1から変更したパラメータ		備考
	受付時間	その他	
6	2±1分間	● 来場者数: 9時前200人, 9時から各時台につき100人(計1,000人) ● 詳細測定: 1ブース	受付平均時間は同意書記載のみを想定
7	4±2分間	● 除染: 1ブース ● 詳細測定時間: 3±1(1SD)分間 ● 除染時間: 15±1(1SD)分間	受付平均時間は同意書記載と資料説明を行う想定
8	6±3分間	● 身体汚染検知率: 1% ● SL超過率: 5%	受付平均時間は同意書記載, 資料説明, 質疑応答を行う想定
9	6±3分間	● 身体汚染検知率: 2% ● SL超過率: 10% ※他はケース6-8と同じ	ケース8から身体汚染者と詳細測定者の割合を高めたケース
10	6±3分間	● 身体汚染検知率: 3% ● SL超過率: 15% ※他はケース6-8と同じ	ケース9から身体汚染者と詳細測定者の割合を高めたケース
11	6±3分間	● 来場者数: 9時前500人, 12時台500人 ※他はケース10と同じ	ケース10を基に被検者の来場時間帯を2回にしたケース

ケース 2 ではケース 1 から各時間帯の来場者数を 100 人から 150 人（1 日合計 1,200 人）に変更したシミュレーションを行った。今度は経過時間とともに測定ブースの待機人数が増加し、15 時台で 100 人を超過した。また、来場者全員の簡易測定の終了時刻は 18 時

頃になった。一方、受付ブースの方は、リソース使用率は平均して 40%前後で推移しており、待機者は発生しない。

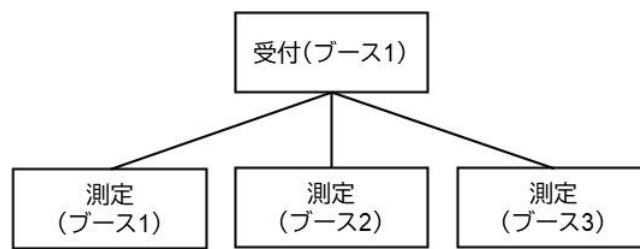
ケース 3 ではケース 1 から受付ブース数を 10 から 3 に変更したシミュレーションを行った。受付ブース全体の 1 時間当たりの処理能力は 400 人から 120 人に減少するが、それでも毎時間帯の来場者数の 100 人を上回っているため、両ブースとも円滑に処理が進行する。

ケース 4 ではケース 1 から SL 超過率を 0%から 5%に変更し、さらに詳細測定のためのブースを 1 つ設定した。1 人当たりの詳細測定に要する時間は、本事業の調査対象とした可搬型甲状腺モニタを想定し、簡易測定（頸部）と同じ 180 ± 60 秒に設定した。本ケースでは、詳細測定に移行する人数は平均して 5 名になるが、詳細測定ブースの処理能力（1 時間当たり 20 人）を超えないため、待機者の発生はほとんどない。

以上の結果はシミュレーションをせずとも予想がつくが、言い換えれば、確度のある条件設定を事前に行うことができれば、簡易測定会場の運営の省力化やリソースの最適化が図れる。図 25 に示した簡易測定の手順は、①受付と②測定の 2 ステップとなるが、単位ブース当たりの処理能力は①が②の 3 倍である。この様な場合、各ステップの処理能力を揃えるようにブース数を調節することで、リソースの最適化を行うことができる。具体的には、図 27 に示すように、受付ブース数を 1、測定ブース数を 3 とすることで、①と②の 1 名当たりの実効的な処理時間はどちらも 90 秒となり、この条件では待ち時間のない流れ作業が成立する（表 9）。また、このブース配置の 1 時間当たりの処理能力は、90 秒間隔で 1 人の測定が終了することから 40 人となり、受付ブースと測定ブースが対にして同数ずつ設置し、各対のブースが独立して処理を進める場合（図 24）に比べ、より少ない要員数で同人数の処理が行える結果となる⁶。

ケース 5 では 9 時前（開場前）と 13 時台にそれぞれ 400 名が来場する場合のシミュレーションを行った。その他のパラメータはケース 1 と同じである。測定対象者の来場の形態としては、簡易測定会場となる大規模施設にバス等で多人数を搬送する場合などを考えれば、実際にもあり得るシナリオである。計算結果を見ると、最初の 400 人の受付は 10 時頃にほぼ終了するが、測定ブースの方はその後もリソース使用率が 100%の状態が続き、最後の測定は 12 時以降であった。13 時台に来場した 400 人についても同様に処理が進むが、13 時から 14 時まで一定間隔で来場するようにプログラム上で設定しているため、この間の受付ブースのリソース使用率は 100%を維持するが、受付ブースの待機者は存在しない。この 400 人の最後の測定は 16 時頃となり、測定ブースの待ち時間の分布は 0 分から 120 分まで一様に分布した。また、ケース 1 と比べると各ブースのリソース使用率が高い状態が維持されることから、同じ 800 人に対するサービス時間は短くなる。

⁶ 検討チームによる UPZ 内人口 20 万人を想定した場合の測定器及び測定要員の試算例⁽²¹⁾では、1 人の処理に要する時間を 6 分間とする仮定を用いており、1 時間当たりに対応可能な人数を 10 人としている。これを手引きに示された大規模会場に適用すると、受付（90 秒/人）と測定（270 秒/人）を直列した 3 ブースずつの要員配置の場合、測定ブースがボトルネックとなるため、1 時間で 40 人（ $=3600/270 \times 3$ ）の測定を行うことになる。それに対し、本文で述べた受付 1 ブース、測定 3 ブースとした体系でも処理可能な人数は同じであるが、受付ブースを減らすことができる。



	受付	測定	合計
1名あたりの処理時間(秒)	90	270	360
ブース数	1	3	—
1名あたりの実効的な処理時間(秒)	90	90	180

同じ時間にすると、待ち時間のない流れ作業になる。

1名あたりの実効的な処理時間(秒)	180
ステージ数(受付, 測定)	2
1名あたりの実効的な全ステージの処理時間(秒)	90
1時間当たりの処理能力(人)	40

図 27. 各ブースの最適配置例及びその考え方

表 9. 最適化されたブース配置における処理の流れ

経過時間 (秒)	受付 (ブース1)	測定 (ブース1)	測定 (ブース2)	測定3 (ブース3)	終了
0	①				
90	②	①	測定時間270秒		
180	③	①	②		
270	④	①	②	③	
360	⑤	④	②	③	①
450	⑥	④	⑤	③	① ②
540	⑦	④	⑤	⑥	① ② ③
630	⑧	⑦	⑤	⑥	① ② ③ ④
720	⑨	⑦	⑧	⑥	① ② ③ ④ ⑤
810	⑩	⑦	⑧	⑨	① ② ③ ④ ⑤ ⑥
900	⑪	⑩	⑧	⑨	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦
...	...	...	...	...	...

※白抜き数字は測定対象者の来場順を示す。

ケース6以降は簡易測定会場の負荷をさらに高めたシナリオとしている。測定対象者は9時前（開場前）に200人、9時以降は17時まで一定間隔で1時間当たり100人、1日合計で1,000名来場すると仮定しており、また、汚染検知率とSL超過率はそれぞれ1%、5%とした。これはケース6以降のシナリオで共通である。

ケース6から8は受付時間の増加に伴う各ブースの待ち時間等の変化を確認するためのシナリオである。各パラメータの設定値は表8及び付録5を参照されたい。ケース1からケース5に設定した受付時間90秒は、自治体で作成する測定対象者リスト等を用いた本人確認のみを想定したものであるが、内閣府の手引き⁽⁴⁾では、甲状腺被ばく線量モニタリングの概要説明、自治体が個人の測定結果等の管理することの同意取得、被検者の氏名、年齢、連絡先等の同意書への記入等についても受付で行うことが記載されている。

ケース6（受付時間：2±1分間）では、9時前に来場した測定対象者200人と9時台に来場した100人（計300人）の受付は10時頃までに一段落し、受付ブースのリソース使用率も10時以降は減少する。一方で、測定ブースの処理能力が1時間当たり133人であるために、受付ブースを通過した最初の300人の測定が終了するまで、10時以降の来場者の測定が遅延することになり、そうした影響が15時頃まで残る結果となる（測定ブースの待機人数を参照）。ケース7（受付時間：4±2分間）では、受付ブースのリソース使用率が13時過ぎまで100%の状態になる。測定ブースの待機人数も同時刻まで増加し、その後は徐々に減少する。ただし、受付ブースからの人の流れが遅くなるため、測定ブースの待機人数はケース6に比べて少ない。ケース8（受付時間：6±3分間）では、1時間当たりの受付ブースの処理能力と9時以降の来場者数が同じとなるために、9時前に来場した200人の受付が終了するまでの2時間の遅延が最後まで残る形となる。9時以降の来場者数は、全員がほぼ等しく受付ブースで2時間以上待機することになる。

ケース9とケース10は、ケース8の汚染検知率とSL超過率を、それぞれ2倍又は3倍に変更したシナリオであるが、測定対象者の会場での滞在時間は中央値で2時間から2時間半程度で大きな変化はないものの、最長時間は除染対象者又は詳細測定者の発生率の増加に伴って顕著に変わる。なお、汚染検知者に対する除染に要する時間は15±5分間に設定している。ケース11は、ケース10の来場パターンを9時前に500人、13時台に500名に変更したシナリオであるが、会場の滞在時間がさらに増加する形となる。

以上、複数のシナリオに対する簡易測定会場のシミュレーションを行ったが、作成したプログラムを用いて測定対象者の動きを視覚的に把握することにより、限られた要員の最適配置や来場スケジュールの見直しによる待機人数の低減等の対策に資すると思われる。また、訓練や研修等で簡易測定の各手順の所要時間に関するデータを蓄積することにより、より現実的なシミュレーションが可能になると考えられる。なお、ケース7以降は、受付が簡易測定の一連の手順の中でボトルネックとなるシナリオであったが、迅速な測定を目指す観点からは受付時間は可能な限り短縮すべきである。そのためには、甲状腺簡易測定に係わる全般的な内容に関して、屋内退避や避難退域時検査と同様に、地域住民の普及啓発や理解促進のための活動を平時から行うことが重要である。そうした活動の参考となる資料類も既に幾つか作成されている^(21, 35)。

5. まとめ

令和 6 年度原子力施設等防災対策等委託費（甲状腺被ばく線量測定器の使用等に関する調査）事業に関して、調査対象機器の実証試験、測定誤差に対する実験的検証、利用可能な測定機器の仕様や性能を考慮した運用法の検討、簡易測定会場の現場を模擬したシミュレーション等による多角的な調査を行い、委託内容に示された各項目について以下の知見が得られた。

(1) 測定時の誤差となる因子

- 本調査で着目する測定誤差である測定者間の測定値のばらつきの要因は、NaI(Tl)サーベイメータを用いる甲状腺簡易測定に対して行った予備調査の結果から、線源を内部に収めた頭頸部マネキンに対するプローブの位置や保持状態の個人差にあることが示唆された。このことから、プローブの適正位置や指示値の読み取り等に関する留意点をまとめ、それらのフィードバックを行う前後で測定誤差の低減化が図られるかを実証試験で検証したところ、有効な効果が得られたことを確認した。
- フィードバックの効果について、本事業の調査対象とした可搬型甲状腺モニタ 2 機種についても同様に検証した。その結果、NaI(Tl)サーベイメータと同じプローブ方式である可搬型甲状腺モニタ A については効果を確認したものの、もう一方の据置型の可搬型甲状腺モニタ B については効果が認められなかった。可搬型甲状腺モニタ B については、被検者が能動的に頸部を検出部に近接させる仕様であるため、計測可能な測定ジオメトリの振れ幅が狭いことが理由と考えられる。
- 頭頸部マネキンを用いた試験において、可搬型甲状腺モニタ 2 機種の測定誤差は概ね 10%以内であった。NaI(Tl)サーベイメータについても、使用に関する適切な指導を行うことにより、同程度の測定誤差の抑えることができる。
- 調査対象とした可搬型甲状腺モニタ 2 機種と NaI(Tl)サーベイメータについて、頭頸部マネキンに対する様々な測定ジオメトリでの応答プロファイルを実験的に取得し、実証試験において得られた測定誤差の再現性を確認した。
- 検出下限値付近のピーク解析について、手動による再解析及びスペクトルのチャンネル圧縮による方法を試行し、改善が図られる結果が得られた。

(2) 各機器の活用が想定される状況等の比較

- 甲状腺被ばく線量モニタリングに使用可能な複数の測定器の仕様や性能を整理し、各機器に適した活用法について言及した。可搬型甲状腺モニタ 2 機種は、既存の据置型甲状腺モニタと同等の性能（核種同定、検出下限値等）を有しており、いずれも操作が容易でユーザビリティも高いことが確認された。また、可搬型甲状腺モニタの測定時間は、簡易測定と同等又はそれ以下とすることができる。
- 可搬型甲状腺モニタの活用法として、簡易測定の現場で用いる詳細測定器、又は、簡易・詳細併用測定器としての利用が考え得る。前者は、簡易測定によって同定されたスクリーニングレベル（SL）超過者に対して迅速な詳細測定を提供できる利点があり、後者は、高感度で一元的な甲状腺被ばく線量モニタリングを可能とする利点がある。

(3) 測定対象者数と測定機器数の関係

- 甲状腺簡易測定を実施するにあたり，その会場規模に応じた測定器（NaI(Tl)サーベイメータ）の台数を算定するための基本的考え方を提示した。
- 原発立地自治体が策定した緊急時計画や内閣府の甲状腺被ばく線量モニタリング運用の手引き等を参考にしつつ，簡易測定会場の運営に際して考慮すべき因子について検討した。同会場は避難所またはその近傍の適所に設置するとされるが，作業効率化の観点から，簡易測定に特化した大規模会場の設置が望ましい。
- 作成したプログラムによって，簡易測定会場における測定対象者の動きを視覚的に把握することが可能になり，リソース（要員，資機材等）配分の最適化や各作業ブースの待機時間の低減のための検討にも役立てられる。迅速なモニタリングを行う観点から，地域住民に対する普及啓発や理解促進のための活動を平時から行うことが重要である。

福島原発事故の発生から今年で 14 年目となり，多くの検討や試行を経て，原発立地地域に居住する住民を対象とした甲状腺被ばく線量モニタリングの実施体制が具体的に構築されつつある。本事業では，同モニタリングに使用可能な測定機器の精度，個々の測定機器の仕様や性能を踏まえた活用法，簡易測定会場の効率的なオペレーションに求められる条件等に関して多角的な調査を行い，得られた結果を取りまとめた。本報告書が，原子力災害対応に係わる関係者等に少しでも役立てられれば幸いである。

参考資料等

1. 原子力規制委員会. 原子力災害対策指針 令和 6 年 9 月 11. <https://www.nra.go.jp/data/000473921.pdf>. (2025 年 3 月 25 日閲覧).
2. 原子力規制庁. 緊急時の甲状腺被ばく線量モニタリングに関する検討チーム会合報告書 令和 3 年 3 月. <https://www.nra.go.jp/data/000378983.pdf>. (2025 年 3 月 25 日閲覧).
3. 内閣府 (原子力防災担当), 原子力規制庁. 甲状腺被ばく線量モニタリング実施マニュアル (令和 5 年 5 月 31 日). <https://www.nra.go.jp/data/000434068.pdf>. (2025 年 3 月 25 日閲覧).
4. 内閣府 (原子力防災担当), 甲状腺被ばく線量モニタリング簡易測定運用の手引き (令和 6 年 3 月 29 日). https://www8.cao.go.jp/genshiryoku_bousai/shiryoku/pdf/12_senryou_tebiki_1.pdf. (2025 年 3 月 25 日閲覧).
5. 原子力規制委員会. 第 62 回原子力規制委員会 資料 1 「国が指定する原子力災害医療協力機関の新規指定 令和 7 年 2 月 12 日 原子力規制庁」
<https://www.da.nra.go.jp/view/NRA100008054?contents=NRA100008054-004-002#pdf=NRA100008054-004-002>. (2025 年 3 月 25 日閲覧).
6. 原子力規制庁 長官官房放射線防護グループ 放射線防護企画課. 令和 6 年度原子力施設等防災対策等委託費 (甲状腺被ばく線量測定機器の使用等に関する調査) 事業.
<https://www.nra.go.jp/data/000474130.pdf>. (2025 年 3 月 25 日閲覧).
7. Yajima et al. A screening survey exercise for thyroid internal exposure from radioiodine after a nuclear accident. Radiat Prot Dosim. 183(4): 483–488; 2018.
8. Kunishima et al. Numerical simulation based on individual voxel phantoms for a sophisticated evaluation of internal doses from ^{131}I in highly exposed workers involved in the TEPCO Fukushima Daiichi NPP accident. Health Phys. 116(5): 647–656; 2019.
9. Narita et al. Uncertainties associated with direct thyroid measurements using an NaI(Tl) survey meter: the effect of anatomical differences among individuals. Radiat Prot Dosim. 199(15-16): 1802–1806; 2023.
10. 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構. 放射線安全規制研究戦略的推進事業 平成 29 年度採択課題. 「原子力事故時における近隣住民の確実な初期内部被ばく線量の把握に向けた包括的個人内部被ばくモニタリングの確立」 令和 2 年度事後評価. <https://www.nra.go.jp/data/000330773.pdf>. (2025 年 3 月 25 日閲覧).
11. 日本規格協会. 計測の信頼性評価 トレーサビリティと不確かさ解析; 1999.
12. Kim et al. Screening levels of TCS-172 NaI(Tl) survey meters used for direct thyroid measurements in nuclear disasters. Radiat Prot Dosim. 2023(15-16): 1989–1993; 2023.
13. 総務省統計局. 人口推計 (2023 年 10 月 1 日現在). <https://www.stat.go.jp/data/jinsui/2023np/>. (2025 年 3 月 25 日閲覧).
14. Kondo et al. Screening of residents following the Tokyo Electric Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. Health Phys. 105(1): 11–20; 2013.
15. Yajima et al. Development of a new hand-held type thyroid monitor using multiple GAGG detectors for young children following a nuclear accident. Radiat Meas. 150: 106683; 2022.
16. Tanaka and Kawamura. Measurement of ^{131}I in the human thyroid gland using a NaI(Tl) scintillation survey meter. J Radiat Res. 19: 78–84; 1978.

17. 日本原子力研究所. 2.1.2. 甲状腺 I-131 模擬線源による NaI サーベイメータの換算係数. 保健物理—管理と研究—No.35 (1992 年度): 186–190; 1992.
18. Kim et al. Screening survey on thyroid exposure for children after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station. Proc. The 1st NIRS symposium in reconstruction of early internal dose in the TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Power Station (ed. Kurihara et al). Chiba, Japan. NIRS-M-252: 59–66; 2012.
19. Omori et al. Review Japanese population dose from natural radiation. J Radiol Prot. 40: R99–R140; 2020.
20. 安藤ら. KURAMA-II を用いた走行サーベイ測定による東日本での天然放射性核種の空間線量率評価. 日本原子力学会和文論文誌. 16(2): 63–80; 2017.
21. 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構. 令和 5 年度原子力施設等防災対策等委託費（甲状腺の被ばく線量推定方法等に関する調査）事業成果報告書 令和 6 年 3 月. 2024.
<https://www.nra.go.jp/data/000473739.pdf>. (2025 年 3 月 25 日閲覧).
22. 原子力規制委員会. 原子力災害拠点病院及び支援センターにおける現行の甲状腺モニタ及びホールボディカウンタ（WBC）の配備状況等について. <https://www.nra.go.jp/data/000353496.pdf>. (2025 年 3 月 25 日閲覧).
23. 福島県. 平成 23 年度第 3 回福島県「県民健康管理調査」検討委員会（平成 23 年 7 月 24 日）. 放射線医学総合研究所における内部被ばく調査について.
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/6497.pdf>. (2025 年 3 月 25 日閲覧).
24. Miyazaki et al. Lessons learned from early direct measurements at Fukushima Medical University after the Fukushima Nuclear Power Station Accident. Proc. The 1st NIRS symposium in reconstruction of early internal dose in the TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Power Station (ed. Kurihara et al). Chiba, Japan. NIRS-M-252: 41–45; 2012.
25. Matsuda et al. Assessment of internal exposure doses in Fukushima by a whole body counter within one month after the nuclear power plant accident. Radiat Res. 179: 663–668; 2013.
26. Kurihara et al. Measurements of ¹³¹I in the thyroids of employees involved in the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident. J Nucl Sci Technol. 50(2): 122–129; 2013.
27. Hosoda et al. Comparative study of performance using five different gamma-ray spectrometers for thyroid monitoring under nuclear emergency situations. Health Phys. 116(1): 81–87; 2019.
28. 西澤, 伊藤. アドホック委員会 3. 被災地域住民及び隣接地域住民の甲状腺モニタリングのあり方について. 日本放射線安全管理学会 第 10 巻 2 号: 172–184; 2011.
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjrsm/10/2/10_2_172/article/-char/ja/. (2025 年 3 月 25 日閲覧).
29. Tokonami et al. Thyroid doses for evacuees from the Fukushima nuclear accident. Sci Rep. 2: 507; 2012.
30. 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構. 放射線安全規制研究戦略的推進事業 平成 29 年度採択課題. 「原子力事故時における近隣住民の確実な初期内部被ばく線量の把握に向けた包括的個人内部被ばくモニタリングの確立」 令和元年度成果報告書; 2019.
https://www.nra.go.jp/activity/houshasenbougo/kenseika_houkokusyo.html. (2025 年 3 月 25 日閲覧).
31. 原子力規制委員会. 緊急時の甲状腺被ばく線量モニタリングに関する検討チーム 令和 3 年 5 月 27 日 第 3 回会議資料 5-1. <https://www.nra.go.jp/data/000353494.pdf>. (2025 年 3 月 25 日閲覧).
32. 内閣府 原子力防災. 地域原子力防災協議会・作業部会・各地域の緊急時対応等.
https://www8.cao.go.jp/genshiryoku_bousai/kyougikai/kyougikai.html. (2025 年 3 月 25 日閲覧).
33. 原子力規制委員会. 緊急時の被ばく線量及び防護措置の効果の試算について（案）平成 26 年 5 月 28

日. 第9回原子力規制委員会 資料 2.

<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11118514/www.nsr.go.jp/data/000047953.pdf>. (2025 年 3 月 25 日閲覧).

34. 原子力規制委員会. 原子力災害時の屋内退避の運用に関する検討チーム 令和 6 年 9 月 30 日. 第 5 回会合資料 1-2 被ばく線量シミュレーションの解析条件, 解析結果及び考察.

<https://www.da.nra.go.jp/view/NRA100005285?contents=NRA100005285-002-003#pdf=NRA100005285-002-003>. (2025 年 3 月 25 日閲覧).

35. 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構. 令和 3 年度放射線対策委託費 緊急時の甲状腺モニタリング実施マニュアル案作成事業報告書 令和 4 年 3 月. 2022. <https://www.nra.go.jp/data/000404693.pdf>. (2025 年 3 月 30 日閲覧).

付録 1 外部専門家会議設置規程及び委員名簿

検討委員会設置規定

令和 6 年度原子力施設等防災対策等委託費
(甲状腺被ばく線量測定機器の使用等に関する調査) 事業
「甲状腺被ばく線量測定機器の実動時における課題」に係る検討委員会の設置に
ついて

令和 6 年 1 2 月 1 2 日
令 0 6 放 (規則) 第 2 1 号

(目的)

第 1 条 この規則は、原子力規制委員会の委託事業「令和 6 年度原子力施設等防災対策等委託費（甲状腺被ばく線量測定機器の使用等に関する調査）事業」のうち、「甲状腺被ばく線量測定機器の実動時における課題」に係る検討委員会（以下「委員会」という。）を設置し、その組織及び運営に必要な事項を定めることを目的とする。

(所掌業務)

第 2 条 委員会は、前条の目的を達成するため、次に掲げる事項を審議する。

- (1) 測定時の誤差となる因子の調査に関すること。
- (2) 甲状腺被ばく線量モニタリングに使用可能な各機器の活用が想定される状況等についての比較調査に関すること。
- (3) 甲状腺被ばく線量モニタリング簡易測定の現場を想定した、測定対象者数と測定機器数の関係に関する調査に関すること。

(組織構成)

第 3 条 委員会は、放射線医学研究所（以下「放医研」という。）所長が指名又は委嘱する委員をもって構成する。

- 2 委員会には委員長を置き、放医研所長（以下「所長」という。）が指名する。
- 3 委員長は、委員会を代表し、会務を掌理する。ただし、委員長に事故があるときは、所長が指名する委員長代理がこれにあたる。

(任期)

第4条 委員長及び委員の任期は、委嘱開始日を含む年度の年度末を限度とする。

(開催)

第5条 委員長は、必要があると認めるときは、委員等を招集し、会議を開催することができる。

2 委員長は、議事内容によっては、委員の招集を行わず、電子メールその他の方法により委員の意見を求めることにより、委員会の決議に代えることができる。

3 委員会は、委員長のほか、委員総数の過半数の出席がなければ開催することができない。

4 委員会の議事は出席者の過半数の賛成をもって決する。ただし、可否同数の場合は委員長の決するところによる。

(守秘義務)

第7条 委員長、委員及び委員会に携わる者は、職務上知り得た情報を正当な理由なく他に漏らしてはならない。その職を退いた後も同様とする。

(事務局)

第8条 本委員会の事務は、放医研計測・線量評価部が行う。

(その他)

第9条 この規則に定めるもののほか、委員会の運営等に関し必要な事項は、委員長が委員会に諮って定めるものとする。

附 則

この規則は令和6年12月12日から施行し、事業の終了をもって廃止する。

検討委員会委員リスト

令和6年度原子力施設等防災対策等委託費
 (甲状腺被ばく線量測定機器の使用等に関する調査)事業
 「甲状腺被ばく線量測定機器の実動時における課題」に係る検討委員会 委員名簿

No.	委員氏名	委員現所属	備考
1	栗原 治	QST 計測・線量評価部	委員長
2	石川 徹夫	公立大学法人 福島県立医科大学 医学部 放射線物理化学講座	
3	細田正洋	弘前大学大学院保健学研究科 放射線技術科学領域	
4	宇佐俊郎	長崎大学病院 国際ヒパクシヤ医療センター	
5	保田浩志	広島大学 原爆放射線医科学研究所 線量測定評価研究分野	
6	木村仁宣	国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 原子力安全・防災研究所 原子力緊急時支援・研修センター 緊急時対応研究グループ	
7	真辺健太郎	国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 原子力安全・防災研究所 安全研究センター リスク評価・防災研究グループ	

付録2 外部専門家会議の議事概要及び議事録

第1回検討委員会 議事概要及び議事録

第1回検討委員会 議事概要

1. 開催日時及び開催場所

日時：令和7年1月29日（月）15:00～17:00

場所：量子科学研究開発機構 千葉地区
第3研究棟 1F 危機管理室

2. 開催方法 対面及び Webex によるリモート会議によるハイブリット形式

3. 出席者（順不同・敬称略）

委員長：栗原 治（量研）

委員：石川 徹夫（福島医大），細田 正洋（弘前大），宇佐 俊郎（長崎大），
保田 浩志（広島大），木村 仁宣（原子力機構），
真辺 健太郎（原子力機構）

オブザーバー

量研：キム ウンジュ，矢島 千秋，内藤 雅之，三瓶 優真

原子力機構：谷村 嘉彦，西野 翔，吉富 寛

規制庁：徳本 史郎，島川 弓子，大平 智章

4. 配布資料

【資料1】_提案書（甲状腺被ばく線量測定機器の使用等に関する調査）

【資料2】_タスク1進捗

【資料3】_タスク4進捗

【資料4】_会場シミュレーション

参考資料1：【甲状腺】_委託仕様書

参考資料2：令和6年度_検討委員会の設置法則_令06放(規則)第21号

参考資料3：令和6年度_検討委員リスト

5. 主な議事

5.1 本事業について

- 資料1に基づいて委員長から本事業で検討を行う内容について説明がなされた。本事業は次の4つのタスクから構成される。甲状腺簡易測定における測定者間の測定誤差の評価（タスク1），ヒト頸部近傍における測定器の感度分布の評価（タスク2），スペクトル解析に由来する統計誤差の評価（タスク3），可搬型甲状腺モニタの実測定における課題の抽出（タスク4）。これらによって甲状腺測定に伴う誤差の評価を実施する。
- 真辺委員より，本事業で行う誤差の評価は，評価した誤差に基づいて制度を決定するためのものか，誤差をより小さくするためのもののいずれかについて質問がなされた。委員長より，誤差要因を特定することでばらつきを減らすことが目的である

と回答された。

5.2 進捗状況について

(1) タスク 1：測定者間の測定誤差評価

- 資料 2 に基づいてタスク 1 の進捗状況が委員長から報告された。これまでに実施した甲状腺簡易測定研修の参加者が NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータで読み取った測定値のばらつきを調査し、 $0.1 \mu\text{Sv/h}$ 以上となるマネキンに対しては測定のばらつきが 20%を下回ることが示され、高バックグラウンド環境における測定においてもある程度の信頼性が保たれることが示された。一方で、一部プローブとマネキンの間に隙間が生じている場合やプローブ仰角の大きい場合には測定に過小評価の傾向も見られた。正味値の大きい時には指示値の増加傾向が見られるケースがあり、値が安定する前に測定している可能性がある。これらの結果から、測定信頼性向上のためのジオメトリの標準化や安定化の検討を進めていく。
- 宇佐委員より、線源の設置位置が分かりにくいマネキン測定値のばらつきとして考えれば測定の精度ある程度高いと言え、測定対象がヒトであればよりばらつきが小さくなるとの見解が示された。徳本氏より熟練の医療従事者であれば甲状腺の位置は推定可能だが、そうでない場合は難しいとコメントがあった。これについて宇佐委員よりマネキン使用前の相互測定で位置の確認などを行う必要があると回答があった。
- 谷村氏より、測定指示値の増加傾向については測定開始のストップウォッチとプローブをマネキンに当てるタイミングが違っている可能性が提案された。同様の問題について細田委員より、時定数によって傾向の変化が見られるのか、また測定時定数は 10 に設定されているがこれは適当なのかについて質問があった。これらについては今後の検討課題であり、データ取得を進めていくとキム氏から回答された。
- 細田委員より、検出器の持ち方によってデータの傾向が変わる可能性があり、これについて過去に弘前大でファントムを使用して測定したデータを提供可能とコメントがあった。これについて徳本氏より詳細測定機についても同様の検討を行う予定か質問された。委員長より、可搬型甲状腺モニタ A についてはすでにデータ取得を始めており、可搬型甲状腺モニタ B についてはマネキンが使用できないためヒトを使って検討をすると回答された。
- 細田委員より、詳細測定機の指向性は既知か質問があった。矢島氏より可搬型甲状腺モニタ A についてはファントムの回転方向と上下のずれの指向性は取得済みで、中心位置から $10\text{-}20^\circ$ 、上下 1.5 cm 程度まではほぼ一様であり、それ以上では感度の減少が見られると回答があった。一方で、仰角変化に対する感度変化は今後の課題であると回答された。谷村氏より、可搬型甲状腺モニタ B は検出器に対して頸部が沿う形であるため角度方向の変化はほとんどなく、遮蔽が組み込まれているため NaI(Tl)サーベイメータよりは差が出にくいはずであると回答があった。一方で、ヒトによって検出器までの距離に差が出る可能性があり、これは今後評価して不確かさに組み込む予定と回答された。
- 真辺委員より、正しい測定とは線源の最大値を測定することなのか、ヒトを測定す

るとマネキンと比較してプローブ位置に傾向があるのかについて質問があった。委員長より、測定の基準は高い値を測定することで、2/6(木)に JAEA で行う試験ではヒトを測定してデータが取得できるため次回以降検討すると回答された。キム氏より、甲状腺簡易測定研修で模擬被検者役をした経験則では、どちらかといえばマネキンよりもヒトの方がプローブを押し付ける傾向にあるとの見解が示された。

(2) タスク 4：実測定における課題抽出

- 委員長より資料 3 に基づいて甲状腺簡易測定研修で収集したアンケートの結果について紹介があり、参加者から挙げた疑問点は今後の検討で概ね解消される旨が説明された。
- 保田委員より、可搬型甲状腺モニタ A でバックグラウンド測定を行うか否かの判断基準について質問があった。委員長より、測定室内でもヨウ素のピークが測定される場合には測定が必要と回答があった。バックグラウンドとなる同位体が Cs などヨウ素以外であればスペクトルを取得するため弁別可能であると説明された。
- 細田委員より、測定時に甲状腺位置にあっているかの確認を行うかについて質問があった。委員長より、実際の位置については専門医の確認を取った方が良いため、受付で専門医にマーカーを付けてもらうなどの対応が考えられると回答された。

(3) 甲状腺被ばく線量モニタリング簡易測定の現場を想定した、測定対象者数と測定機器数の関係に関する調査

- 委員長より資料 4 に基づいて来場者数と対応人数に基づいて作業フローモデルをモンテカルロ計算するソフトウェアの紹介があり、実際の手引きと測定時間についての検討状況が紹介された。
- 保田委員より、ソフトウェアの利用方針について、現場リソースの推定に可能であれば有用性が高いとコメントがあった。委員長より、必要となる会場規模の示唆や必要リソースの推定に用いる予定であるとの方針が示された。
- 徳本氏より、測定にかかる所要時間は全体で 5-6 分程度と想定しており、仕様書に示された要件に十分なパラメータが推定可能か再度確認するようコメントがあった。これについて細田委員より、各県の避難所の規模はすでに分かっているのか質問があり、徳本氏より県毎に計画が作成されているため概算は可能と回答された。
- 石川委員より、簡易測定に待ち時間が発生していて、かつ詳細測定機のリソースが空いている場合に簡易測定に用いることはないのか質問があった。委員長より、これについては今後の検討事項であると回答された。保田委員より簡易測定は汚染チェックを兼ねることが可能なため、簡易測定なしだと詳細測定機が汚染する可能性があるとのコメントされた。

5.3 甲状腺被ばく線量モニタリングに使用可能な各検出器の活用が想定される状況等についての比較検討

- 委員長より資料 5 に基づいて、甲状腺測定に使用が検討されている測定機についてそれぞれの性能比較と使用が想定される状況についての紹介が行われた。

- 保田委員より，可搬型甲状腺モニタ A の検出下限値が据置型の甲状腺測定機と同程度であることに関して質問があった。委員長より，据置型は量研の有する高純度 Ge 半導体検出器を使用したモデルの例であり，本モデルでは被検者と検出器までの距離が可搬型甲状腺モニタ A と比較して離れていることが一因であると説明された。
- 細田委員より，可搬型のスペクトロメータとして利用されているものは現在検討されている詳細測定機以外にもあるが，それらを利用することは検討中かとの質問がなされた。委員長より，現在の事業仕様書内には他のスペクトロメータについては入っていないが，今後の普及状況次第では経過措置などで使用することは考えられると回答があった。

令和 6 年度第 1 回甲状腺検討委員会 議事録

栗原（QST）：令和 6 年度原子力施設防災対策委託費等委託費甲状腺被ばく線量測定器の使用等に関する調査事業ということで、第一回目の検討委員会を始めさせていただけたらと思います。私、量研機構の栗原と申します。よろしく願いいたします。先生方にはいつもお助けいただきまして、ありがとうございます。そうしましたら、進めたいと思いますが徳本企画官から一言頂戴いただきたいと思います。

徳本（NRA）：原子力規制庁放射線防護企画の徳本でございます。皆様方におかれましては日々、我々の被ばく医療体制の構築にご協力賜りましてありがとうございます。今回、委託調査研究事業のいわゆる依頼側ということで、この研究に我々が求めることをまず簡単にご説明させてもらうのが良いと思ひまして、お時間いただければと思います。本日配られている資料の別紙一というのがございます。これは、我々がこの研究に何を求めるかを書いてある仕様書でございます。本日の会議が第一回の検討委員会ということでございますので、我々としてはこの仕様書に則って、この委員会が第 1 回、2 回、3 回とこなされて、報告書として出てくることを求めているところでございますので、大変恐縮ながらこの仕様書の内容を簡単にご説明させてもらいたいと思います。ご案内の通り令和 4 年に原災指針を改正。そして令和 5 年の 5 月末に、甲状腺被ばく線量モニタリングの実施マニュアルを作りました。後、昨年の 2 月に QST の、そして昨年の 10 月だったでしょうか JAEA の甲状腺モニタが新たに世に出てきたということで、それらの機器をいかにこれから使っていくといいのかを改めて概念整理する必要があるというのがあります。中で三の委託事業の内容と書いてあるところの (1) ということで、そもそも、この甲状腺の測定 NaI、新たな甲状腺モニタも含めどのような測定時の誤差があり、それはどういう要因でどのように低減することができるのかについてお調べいただきたいのは、(1) にございます。それに関して、一ページ目の一番下のポップがありますように、測定者の違いによる測定誤差について、程度・再現性などを評価していただくと。また、結果については、従前からあります NaI と比較して言及いただきたいということでございます。次のページで測定誤差を生じる原因について考察いただいて、誤差を低減させるため策について、検討いただきたいということでございます。また、誤差が大きくなることが想定される被ばく線量が低い状況における対応についてもご研究いただきたいというのがまず一個目のお願いでございます。続きまして、(2) 甲状腺被ばく線量モニタリングに使用可能な各機器の活用が想定される状況等についての比較調査ということで、従前は NaI と拠点病院に置いてある据え置き型の甲状腺モニタの 2 種類だけであったので、可搬型のものが NaI しかないということで、使い分けが明確化されていましたが、今回新たに二機が入ったことで、それぞれどのような使い方、棲み分けができるのか、また、長所短所を整理いただいて検討いただきたいということでございます。甲状腺被ばく線量モニタリングに使用が可能である機器について、それぞれの特性を考慮した上で、測定対象となる年齢層、使用する場所、測定時間・測定可能期間。測定可能期間とは、例えば NaI の場合 3 週間、詳細モニタの場合 4 週間などそのような話があると思いますが、それも含めて活用されうる状況にかかる比較検討を行うことでございます。続きまして、(3) です。これは、それぞれの機器の特性というよりは、そもそも我々は新たな機器をどの程度整理したら良いのか、いわゆる整理した機器が今のイメージでは簡易測定は NaI、詳細測定は他の機器ということになっておりますが、どのくらいの機器があれば、初めから詳細測定機器だけでいけるのかなど、数理的なシミュレーションをお願いしているところでございます。甲状腺被ばく線量モニタリング簡易測定の現場を想定した測定対象者と測定機器数の関係に関する調査でございます。これに関しても会場の規模、一会場あたりのブース数、時間あたりの来場者数、スクリーニングレベルを超えた者の割合、乳幼児など NaI シンチレーションサーベイメータによる測定が困難な者の割合などについて、パラメータを動か

していただいて、感度分析をしていただくということで、これまでの検討チームの資料では、NaI で一レーンにつき一日 80 人ぐらい処理できることがデータで出ていますが、それは理想的な 80 人がずっとお行儀よく並んでいるような状況で、測定もリズムカルにできるという前提で 80 人となっていますが、被測定者に来る時間がまちまちである、会場の規模が非常に小さいなど、80 人とは言われていますが、人数が 40 人しか来なければ、一日 80 人もかかるわけではないので、様々な要素があり、想定しているほどの効率性を持って処理できないのではないのかという課題がありますので、そのようなものについて検討いただきたいというのがございます。(4) に関しては、専門家会議の設置ということで、このような場でオンライン化をしてほしいということで、お願いしているものでございます。このように、この研究が今後の甲状腺被ばく線量モニタリングの実施のあり方をどう変えていくかというための基礎資料となる重要なものだと思っておりますので、ぜひご協力のほどよろしくお願いいたします。

栗原 (QST) : はい、徳本企画官ありがとうございます。そうしましたら、先ほどご説明ありましたように、この検討会においては、検討委員会を設置しております。お手元の資料、前後して申し訳ございませんが、本日の議事次第が一枚紙ありまして、そこに配布資料がございます。そこで参考資料に資料一から四、今日資料五が追加されておりまして資料五までございます。それから参考資料といたしましては、参考資料一として、先ほどご説明いただいた委託の仕様書、それから参考資料二に検討委員会の設置規定を示しておりまして、参考資料三では、検討委員会のリストということですのでご承諾いただいた先生方に、本日対面もしくはオンラインで参加いただいているところでございます。では、早速進めていきたいのですが、今日初回ということなので既に顔見知りかもしれませんが、対面で直接顔を合わせたことがない先生方もいらっしゃると思いますので、簡単に自己紹介から始めたいと思います。そうしましたら、委員リストが参考資料三にございますけれども、そちらからご紹介していただければと思います。まず、私が委員長を拝命しております量研機構の栗原でございます。先生方にはいつもお世話になっておりまして、今回わざわざ遠路はるばる来ていただいた先生もおりますけれども、また今回急ピッチではありますけれども、ご協力を賜ればと思いますので、引き続きよろしくお願いいたします。そうしましたら、次二番目にあげるのが石川先生ですけれども、ご紹介いたします。

石川 (福島医大) : はい。福島医大の石川です。よろしくお願いいたします。

栗原 (QST) : よろしくよろしくお願いいたします。三番目は細田先生お願いします。

細田 (弘前大) : 弘前大学の細田と申します。どうぞよろしくお願いいたします。

栗原 (QST) : ありがとうございます。では宇佐先生お願いします。

宇佐 (長崎大) : 長崎大学病院の宇佐と申します。線量評価専門ではなく、もともと甲状腺がんなど診療でヨウ素 131 を使った治療や研修等をやっています。よろしくお願いいたします。

栗原 (QST) : ありがとうございます。保田先生お願いします。

保田 (広島大) : 広島大学の保田と申します。線量測定評価研究というのを研究しております。よろしくお願いいたします。

栗原 (QST) : よろしくよろしくお願いいたします。では、JAEA の木村先生お願いします。

木村 (JAEA) : はい、原子力機構木村です。よろしくお願いいたします。今回の調査の件についても、こちらでもご協力させていただきますので、よろしくお願いいたします。

栗原 (QST) : ありがとうございます。次真辺先生お願いします。

真辺 (JAEA) : はい、原子力機構の真辺と申します。どうぞよろしくお願いいたします。

栗原 (QST) : よろしく申し上げます。そしたらオブザーバー参加いただいている JAEA 谷村先生以降のご紹介をしていただければと思います。

谷村 (JAEA) : 原子力機構の谷村と申します。よろしくお願いいたします。先ほど詳細測定器の JAEA 器の開発を担当させていただきました。よろしくお願いいたします。

吉富 (JAEA) : JAEA の吉富と申します。同じく JAEA 器の開発を担当させていただきました。

よろしくお願いいたします。

西野 (JAEA) : JAEA の西野と申します。同じく JAEA 器の開発を担当させていただきました。よろしくお願いいたします。

栗原 (QST) : はい、よろしくお願いいたします。そうしましたら、先生方のご紹介も終わりましたので早速、議事次第に従いまして、資料の説明をさせていただきたいと思えます。そうしましたら、まず本事業についてということで、先ほど徳本企画官から概要を説明いただきましたが、これに先立ちまして公募が出されておまして、私たちから提案書という形で、こちら資料見られていますでしょうか。

真辺 (JAEA) : はい。見えています。

栗原 (QST) : はい、ありがとうございます。ということで公募が出されておまして、私たちから提案書を出させていただいて、採択いただいたというところでございます。おめくりいただきまして順にさらっと説明させていただきたいと思えますが、かなり短期間であります、いろいろ項目が書かれています。まず、仕様書に書かれている調査といたしまして、一番目として測定時の測定誤差となる因子の調査ということでございます。特に、測定者間の測定誤差という測定車が同じものを測定した際に、違う値が出てしまう原因を調査して、解決する方策を考え、効果を実証する、平たく言うと、このようなことと解釈しています。これに関しては、下に提案のところで書かせていただいているようなこと。実際に私たち研修等をやっていますので、そこで必要なデータを取りながら検証していくということと思えます。次お願いします。こちら参考資料になりますが、過去に私たち甲状腺の研修を実施しておまして、いろいろ測定者間のばらつき感を調べてはいますが、なぜこのような結果になっているのかなどに関しては、あまり詳細に調べ切れてないというところがございます。このグラフに示しますのは、横軸がマネキンに入れた線源の放射能となっております、線源強度の異なるマネキンを何体か並べていった時に、各マネキンを複数の測定者が、測定した時のばらつきを示しておまして、ここに示したようなスクリーニングレベルぐらいを境界にして、二つの層になっていると。ピンクでハッチした部分が、ランダム誤差で、特にプローブの位置関係で起きてしまう誤差です。それに、正味度が低くなってくると統計誤差が乗っかってくる形で、このような形状を示すと、大マーカーには考えていますが、これも詳細を評価する必要があるということでございます。次お願いします。実際、いろいろこの研修をさせていただいていますが、プローブの当て方は最近の研修会では、例となる標準的なプローブの持ち方の写真も入れて少し改善をしてはいますが、以前は、このような形でプローブの当て方が、非常に個人差がありました。次お願いします。次の調査項目といたしまして、こちら先ほどご説明いただいた内容ですが、新しい甲状腺モニタが出来上がったので、これが使われる場面を検討することです。いろいろ性能評価を踏まえた上で、測定時間やユーザビリティなどを踏まえて、どのように運用していけばいいのかを議論をしていくと考えております。この表に示しますように、今までこの据え置き型モニタというものが、表の真ん中にございますが、簡易測定でスクリーニングレベルを超えた方は拠点病院等で詳細測定しますが、JAEA と私たちで、開発したモニタというのは可搬型の甲状腺モニタですので、一つの用途として、簡易測定と同じような場所で併設して測定することができると考えています。そうすると、今まで詳細測定のために、拠点病院に行く必要があった被検者が、その場で簡易測定と同じ場所で測定を受けられるといったメリットがあると思っております。次お願いします。そのような中で、今原子力災害時の甲状腺モニタリングのフローを示しておりますが、この中でどのように組み込まれるかを具体的に提案することかと思えます。次お願いします。次は、(3) です。こちらは簡易測定の現場を想定した測定者数と測定器数の関係ですが、様々な測定会場の状況は考えられています。昨年度に内閣府から甲状腺モニタリングの運用手引きが出されておまして、具体的に写真等を示しながら、どのような感じで測定するのかを示しています。例えば大規模会場だと 5 ブースぐらいできていて、そこに

サーベイメータを持った測定者と記録者がいて、そのブースに被検者が入っていく形となります。そうすると、例えば受付でどの程度人が来て、受付にどのくらい時間がかかって各ブースに流れていくのかと。各ブースへ流れていった時に、各ブースでの測定でどの程度時間がかかるのかといったようなこと。これも一義的にパラメータを決めると、すぐ計算ができてくると思いますが、実際には測定の時間などにもばらつきがあるので、そのようなことをしっかりシミュレーションしていくことと思っています。次、お願いします。それに関しまして、既にプログラムを作っておりまして、後でご紹介できればなと思っています。次お願いします。こちら後でご紹介したいと思います。それから(4)が、これはこの委員会の設置ということで仕様書上はいろいろ汲んでいただいて、一回以上ということでしたが、キックオフはやらなくてははいけないし、まとめの検討会もやらなくてははいけないのでおそらくその間にも何らかの形でやるのかなと考えておりますので、先生方年度末のお忙しいところではありますが、ご協力いただければと思います。また、仕様書は細かく書いていてビジーなスライドですので、割愛させていただきます。14 ページを見ていただいて、今のステータスですが、この委託事業自体は11月の下旬に、契約という形でスタートして、今丁度二ヶ月ぐらい経った状況になっていると、若干遅れているところも出てきてはいて、タスク一からタスク四という私たちが各仕様に対して取り組もうとしている内容に関して、少し後ろにずれ込んでいますが、今後挽回していければと思っています。最後が、研究実施体制で、私たちのメンバーのほかにオブザーバーの谷村先生方にご協力いただくところであります。特に実際のデータを取ることにしましては、私たちと JAEA さんで、実際の測定の訓練のような形で、実際に測定器を使用してデータを取る予定です。日にちとしては、来週2月6日、JAEA でやらせていただきます。すでに20人以上来ていただくということなので、少し大変ですけど、手際よくやっていけたらと思います。それから翌週2月12日に、QSTでも同じような研修会に近い形で、最初はこの甲状腺の概要、測定の概要、新しいモニタの取り扱いの説明をして、実際に測定をしていただいて問題点を洗い出す予定です。以上のように勧めたいと思っています。このような提案が採択されて、今の事業に繋がっております。はい、資料一に関しては以上でございます。何かご質問等ございましたら、少し駆け足ではありましたが、受けたいと思います。ないようでしたら、次に進みます。

最初の議題といたしまして、進捗についてです。11月の下旬から始まって今二ヶ月経っているという状況で、今のステータスをそれぞれ示していきます。表紙に書いてあるタスク一測定者間の測定誤差評価についてですが、最初の仕様書にあった(1)測定時の測定誤差の要因になる調査に関して、この仕様書の中で一番大きな部分、これに関して、少し小さくてして申し訳ありませんが、この絵に示した四つのタスクを設定しています。左上のタスクが、まさに測定者間の測定誤差を評価することで、研修等で実際にマネキン測定しますが、同じようなマネキン測定している中、なぜ測定者間にばらつきが出るのかについて机上では出ないデータを取得というところでございます。それに基づきまして、誤差要因みたいなのを定量的に実験系で評価することがタスク二です。タスク二の評価に関しては資料がありませんが、実験系でやるというのは、ファントムに対して、プローブの位置を変えるなど、タスク一で得られた結果を説明するための実験系のデータを取得するというところでございます。それからタスク三に関しては、左下には書いていますが、JAEAさんと私たちで作ったモニタというのは、詳細測定器としての要件を満たすためにスペクトル測定ができるようになっています。その中で、スペクトルの解析が非常に重要になってきますが、たとえば、検出限界値ですとか、ピーク解析が適切にうまくいっているか、放射能が少なくなってきた時のピーク解析の安定性などを調べられればと考えて設定したタスクになっています。タスク二とタスク三に関しては、現在具体的には進んでいませんが、ヨウ素 131 の線源を現在手配していて、来週末ごろにヨウ素 131 の線源、

液体の線源を入手でき、これを私たちが持っている IRSN が作成したファントムの中に封入して、JAEA さんと私たちのものと同じファントムで少し校正など基礎データを取りたい、タスク二とタスク三のデータを取りたいと思っています。タスク四は、これは実測定の課題抽出なので、まさに新しくできたモニタを使っただいて、これに対していろいろご意見をいただくというところであります。以上をタスクで設定しております。次お願いします。これはイントロになりますが、私たちが簡易測定研修をさせていただいて、かなり実績を積んできたと思っていますところであります。実際、どのように行っているかといいますと、量研機構では、管理区域の中でやっておりまして、マネキンをこのような形で並べて、だいたい十体ぐらいのマネキンを測定してもらっています。中には線源強度を変えたり遮蔽したりして、様々な指示値が出るよう工夫をしているマネキンを測定してもらいます。それらの測定が終わった後にデータを集計して、受講生々にばらつき具合などの確認を毎回してもらっております。下の表にありますが今年度行った研修ですが、班とは、二人で一班なので、かける二が人数です。いった班ごとで測定をするといった形で行っています。今年度から表の左にありますように、日本診療放射線技師会々と共同で、共催という形で臨時甲状腺簡易測定研修をさせていただいています。こちらは、かなり人数がおりまして、先週も愛媛県にて行ってまいりました。そのようなデータもしっかりこの事業の中で参考にさせていただこうかと思っています。次お願いします。これは先ほどのデータなので、ここでは割愛いたします。早速、どういったデータが取得できているかを見ていただきますが、こちらは量研機構で行っている甲状腺簡易測定研修一回目のデータです。私たちの研修では通常 BG という上の図の左にある結果ですが、通常 BG は普通に管理区域の中で行うので、特に線量率としては、環境レベルです。そのような中で、マネキンを人に見立てて甲状腺測定をし、正味値を求めていただいて、ばらつきを見ているということです。その他に、マネキンの後ろに強めのセシウム線源を置いて 0.2 か $0.25 \mu\text{Sv/h}$ ぐらいの環境になるような状況で $0.2 \mu\text{Sv/h}$ が見ることができるといったような少し福島を経験を想定したような、実験環境を作っているところでもあります。上の二つのグラフは、ひらがなの「い」や「き」など書いていますが、それがマネキンの種類になっておりまして、それぞれのマネキンに線源を入れたり入れなかったり、入れても違う放射能になるような、違う値が出てくるように線源を入れていて、この赤線がスクリーニングレベルになっています。これを見ると、ばらつきとしては非常に収まった感じになっておりますが、低い値だと誤差が大きくても目立たなくなってしまうので、赤い枠の中に相対誤差を示しています。これは単純に測定者間の測定値のばらつきを 1σ 取ってきたものであります。そうすると、これまでの経験の通り低いところでは、 20% を超えてしまいましたが、スクリーニングレベルに近づくにつれて値としては、 20% 以内にあるいは 10% 以内に収まっていくといったデータとなっております。下の図は通常 BG と高 BG の時の正味値の比較をしているものでございますけれども、非常に 1 に近い傾きでしっかり環境が変わっても正味値を見ることができるという非常に良質なデータが得られていると思います。また、これが偶然ではないことを第 2 回目、第 3 回目と、いずれも傾向としては、似ているという形になっていきますので、簡易測定に関しては、サーベイメータの測定なのでどこまでの精度を目指すかはありますが、現状で大きな問題は出ていない印象を受けます。次に、こちらは、ご許可はいただいていませんが、内閣府様と規制庁様が来られた時に、私たちが測定研修をさせていただいたものになっています。こちらは、通常 BG のみで、先ほどと同じような結果となっておりますが、一番高いところの右の図に示します赤い矢印で示したところですが、悪くはありませんが棒グラフを見ていただくと少しばらついているとお見受けできる箇所があり、低い値を出す方が一定数おられるということが分かってきました。下の左の図ヒストグラムですが、一班から八班までのうち毎回のマネキン測定で何番目に高い値を出していますかについてということで、一番高い値を出してい

ると下に行く一番のランクになります。低い値になると八番というランクなので上に行きます。これを見ると三班と七班は平均値が 2 とか 2.5 とかですので、全体の中では高めに出しています。残りの班は、ばらついているのですが、この結果を見る限りそれぞれ誤差も大きいので、ランダムにばらついているという形で特に傾向がないと思われます。ただ、一番高い「け」というマネキンに対して、横にビデオカメラを配置して見ていると、このようにプローブの当て方によりかなり差があり、測定値の結果も使っている装置のキャリブレーションファクターが違うので、この差は少し縮まりますが、このようなことによって変わってきていると思います。少しプローブを立てると、値が低くなるという傾向が出てくると思いました。次が臨時研修で仙台にて行ったものですが、こちらと同じようなグラフを書いてみると、先ほどの左の下のランキングのグラフですが、K-7 班は低めに出していますが、K-5 班は全体の班の中でいつも低い値を出してきている、そんな班があるというところがございます。理想的には、先ほどの特別研修の内閣府と規制庁様の結果のような形で、誤差が結構大きくなって傾向が見えない形がいいのですが、こちらは班によって傾向が見えているかなというところでもあります。特に表にもデータを示していますが、いった形で誤差としては、簡易測定で NaI なので、20%以下であれば十分だと思いますが、いつも少し低めに出す班がいるかなというところでもあります。次お願いします。ビデオを見ながら原因を探っていると、これだけでは分かりませんが、今八つの班の測定プローブの状況을載せていますが、例えば上の左から二番目の 12 班ですが、値が他の班に比べて低いです。これはプローブが離れている、見ていてもかなり離れていたもので、自分たちとしては意識しているものの自然に離れてしまうことがあるということです。あと、左の一班も最初の値だけ 0.24 なので少し低めですが、これは頸部に当ててから当てた状態で一度リセットして 30 秒待ってから読み取ってくださいと教えていますが、20 秒ぐらいで読み取っているので 1 回目は値が低くなってしまっています。しかし、2 回目、3 回目、幸いにも 20 秒 30 秒と 10 秒間隔で読んでいるので、徐々に指示値が上がり、中央値を取ることによってこのエラーは塞がれているということで、3 回読み取りは良かったのかなという経過にもなっているという形です。それから、下段の五班が低いのですが、プローブが離れている、ただ 12 班のように顕著ではなくて、少し離れていることによる影響などそういったところがあるというところがございます。あと、十ページが今の第三回臨時研修の生データに近いデータですが、マネキンの種類ごとに並べていて、この矢印で順に線量が低い状態から高い状態の順番に並べているというところがございます。つまり、左上が一番線量が低く何も線源が入っていない状態で、下に行ってそれから右に行ってまた下に行って、「お」というのが一番線量が高く出るように設定したマネキンです。黄色にマーカーしたところは、1 回目、2 回目、3 回目と読み取った時、読んでいるデータを書いていたのですが、1 回目より 2 回目は高く、2 回目より 3 回目は高いという連続して高値が出てくるような状況で、一応 30 秒時定数の 3 倍を待った後 10 秒間隔で 3 回読み取っていただくようにしていますが、まだ少し上がりきっていないというようなことでもあります。ただ、統計的なものもありますが統計的に安定している状態であれば、3 回連続で上がる確率は 1/6 なので、若干低い確率だということでも少し気になっているところでもあります。これが高い放射能に設定したもののほど、そのような傾向になってくるというところがございます。それから 4 回目は同じような形で、こちらも測定者のばらつきとしては、申し分ない感じで値が出ています。この第 4 回研修の時には、第 3 回目の研修と違って、第 3 回目の研修の場合は各班に異なるサーベイメータを割り振っていて、サーベイメータの誤差、感度のばらつきというのは、校正定数で一応補正はしていますが、そのような機器の個体差があるので、第 4 回の研修ではマネキンの横にサーベイメータを置いて、このマネキンの時にはこのサーベイメータを使ってくださいと機器を固定している場合のデータになっています。ということで機器のばらつきというのは、完全になくした状態で同

じファントムを測っているデータになっています。で、これもこのような形で結果が出ていて、最初の「え」と「こ」は、線源ない状態でマイナスに出ることもあります。だいたいこのような形で、同じような傾向です。次のページを見ていただいて、どのような様子であったかを見ています。やはりプローブが離れているところは、黄色い丸で囲っていますが、離れていても普通の値を出してくる場所もありました。例えば、右下の A3 班は離れているのは見えていますが、つまりサーベイメータとマネキンの間から先の風景が見えるのですが、この状態がどのくらい維持されているのか、戻ったりしていることもあるので、一概にこれだけでは何とも言えないのですが、いった状況を見ていくと、このプローブの角度を今薄い黄色い線で書いていますが、なんとなく傾向として角度が立っているような場合に、少し低めの値が出てきているのではないかと。つまり、線源はマネキンに対して真ん中に首の面に対して 1cm 下にほぼ平行に入れているので、ずれてしまうと違う値が出てくるとのことだと解釈しているところです。次は、こちらは私たちのモニタでばらつきを見ています。私たちのモニタは少しデータをこのような形で示しておりまして、これは Bq が出てきます。ただ、Bq はすでに IRSN ファントムの計数効率を入れているので、それを使って値を出してくるので、Bq の値自体にあまり意味はないですが、ばらつきを見ているというところでございます。これを見ると、誤差としては 5 人ですけれども、5.4% というところでもありますし、次のところもこちらはまた別の研修 QST の中の研修ということで、研修の当日の機器を使用する前に操作方法を教えて、実際に操作中横で伝えたり教えたりはしていますが、比較的スムーズに進められたと思います。右の場合、ボランティアということでキムさんに線源を首につけてもらって測定という形で、だいたいばらつきとしては 10% ぐらいになっています。これだけ見ると簡易測定とばらつきの程度としてはあまり変わらないような感じかもしれませんが、核種同定ができるという最大のメリットがあるのと、操作性が優れているというところで簡易測定のプロブのすれによって測定値がばらつくことに関しては、おそらくジオメトリの誤差だけではなくて、同じものを見てはいますが、人によって読み方が違うという根本的なところもあるので、そこも少し原因としてはあります。マネキンの中はどのようになっているかということ、このような形になっておりまして、マネキンの中に線源を入れています。線源はちょうど下の写真にあるようにマネキンの首の表面から 1.5cm 後ろにあるということでもあります。先ほど、様々な角度で当てていたり、離れていたりしましたが、確かに測定誤差といえます。検出器に入ってくる放射線の数、変わってきそうな雰囲気もあります。ただこれが実際の甲状腺測定を模擬した、再現できたかどうかの問いもありますが、このような状況のなか我々は研修を行ったので、結果のばらつきの要因をこの後タスク二の実験系、計算シミュレーションで評価していきたいと思っています。右に図を書いているのですが、線源が 1.5cm の深さにあり、おそらく線源の真正面に検出プローブを当てるのが一番良い状態、一番高い感度が出る状態なので、そこから離れている場合もあります。離れているとはいっても画像を見る限りではおよそ 1cm 離れている状況が想定されるので、その辺り現実の範囲で振ってみます。また、角度に関しては我々プローブ仰角と呼んでいますが、仰角に関してはおよそ 30 度を考えていて、簡易測定研修で得られたばらつきの原因を探していきたいと思っています。次お願いします。まとめでございますが、簡易測定の最近の結果を見てみると、以前の研修に比べ良化している傾向にあると思っています。ばらつきが減ってきています。これは、実習の時にプローブの位置など詳しく説明しているの、その影響があると思われます。また、最近 JART さんと共同で行っている研修に関しては、マネキンの後ろに我々や JART さんがサポートとして立っており、あまりにもずれていたらフォローする形式で行っていることが原因だと考えています。全体は良いのですが、一部の班に過小評価が見られる、低く出してくる班があるので、そこに関しては明らかな原因としてプローブの位置だと考えています。それから三番目が私も発見ではありましたが特定

数の 3 倍を待っていますがトントントンと上がっていつてしまう現象です。これは、リセットしてから 30 秒では上がりきってはいませんが、40 秒 50 秒と 3 回で上がる仕組みにはなっていますが、少し上がり方が激しい時がありまして、もしかするとしっかりと当てたつもりがプローブ自身はずれてしまうなどそういったことも関係しているかもしれません。いずれにしても簡易測定機器としての限界もありますので、どのように落とすところへもっていくかというところでございます。それから QST 機に関しては、バラつきが 10%以内ということと、あと取り扱いに関しては容易というところで、これから可搬型甲状腺モニタ B も先日の愛媛でデータも取れてきましたので、それも少しまとめて来週の検証会でデータをしっかりと取れればと思っていますところでございます。はい、資料の一に関しては以上となります。すみません、長々とお話ししまして、資料の送付が直前になってしまったので、少し消化不良だとはおもいますが、何かお気づきの点などあればお聞かせいただければと思いますけれども、いかがでしょう。

宇佐（長崎大）：はい、長崎大学ですが、おそらくバラつきの原因として、マネキンだとしても甲状腺の一致が分らないと思います。だから、みんな適当に当てているのでばらついていると思いますが、そういう状況でこれくらいの誤差であったら、実際、本当の生身の人で甲状腺の位置を確認して、そこにしっかりと当てるのはかなりぶれないのではないかと思います。だからマネキンなので、どこに当てたらなどある程度説明はしていますが甲状腺部がどこか分らないと思います。人と一緒ではないのでおそらく角度や密着度で違い、あまり取れないのではないかと。

栗原（QST）：はい、結局中に線源が入っているだけなのでマネキンだからこの値ということもあり、最近の研修ではマネキンだけでは少し良くないということで、我々スタッフの首に線源を装着し、少し会話をしながら行うようにしています。人は、ばらつく傾向が大きく人が体動することもアドリブとして入れているのでそういうのもありつつ。

宇佐（長崎大）：ちなみにここに付けているのですか。

栗原（QST）：はい、少し当たってしましますが

金（QST）：分からないように中につけて

栗原（QST）：つけてガーゼや包帯を巻いて行っています。線源は資料 15 ページにお示ししているコイン線源を使用していますが、当初ポイント線源を使っていました。しかし、面線源がやはりいいと思い最近では面線源を使用しています。

金（QST）：フィルタ線源も面線源です。

栗原（QST）：はい、ポイント線源よりは面線源が良いと使わせていただいています。

内藤（QST）：おそらく、今おっしゃっているのは人だと甲状腺の位置を探しやすいですが、研修では確かに人につけましたが、これはどこについているか、あるかわからない線源になってしまっているという意味ですね。

宇佐（長崎大）：きちんと甲状腺に当たっているかどうかということです。

栗原（QST）：最初は、とりあえず測定する形で行っていましたが、最近そのような指摘もあり、実習テキストでこのマネキンに対してどのような位置関係で当てているかについて、大きな写真を参照しつつ行っていますが、それでもこういった形でばらつきはでてきてしまいます。また、この指示値が上昇してしまうことについてですが、上がりきっていないので当たり前ではありますが、何かこの辺りご知見ある先生はいらっしゃいますか。30 秒経っても上がりきってない。

谷村（JAEA）：よろしいでしょうか。おそらく、リセットボタンを押す時は、プローブを外した状態で押して、それから 30 秒を当てる。隣の方はリセットしてからスタートを始めるので 30 秒経つ前に記録を始めるので、途中で徐々に上昇していくことが起こり得ると思いました。

金（QST）：しかし、私よく被検者になっていますが、確か皆さん当ててからリセットボタンを押していると思います。

谷村（JAEA）：そうですね。

金 (QST) : はい。それはそうしてもらっています。

谷村 (JAEA) : おそらく操作はしにくいと思います。その場合、リセットするとき少し動いてしまう

金 (QST) : それはあり得る話で置いていても 2 人コンビで動いていますので、記録や時間を見る人がいて、当ててリセットをしたよと言ったのちに時間をスタートするので、一人でしているわけではなく 2 人でしているので

谷村 (JAEA) : 逆にリセットをして当てても良いのですが、当ててからストップウォッチをスタートして 30 秒を取れば、確実にできると思いました。もう一人の人がストップウォッチで測り始めますが、測り始めるタイミングでリセットをするというよりは、プローブを当ててからしっかりとストップウォッチを押してくださいとすれば

金 (QST) : そうしていると

谷村 (JAEA) : そうしているのですか

金 (QST) : はい、私の記憶だと、ではスタート押すねという方が多かったので、もちろんすべてがそう行っているかわかりませんが、そのように行っていたと記憶しています。

細田 (弘前大) : 我々前は比較的そこまで多くなかったのですが、一グループに一測定者つけられたので、全部の様子を一通り行えます。見ていない状況があるならば、谷村先生がおっしゃられたようになんとなく測定されサーベイメータ実習で使ったり、学生実験でも使ったりしていますが、だいたい 30 秒ほど待てば 10%-30% のばらつきの範囲内でプラプラしている感じがあるので、これまでの実習でなかなか上がって来ることは

金 (QST) : それはそうですが、高いところだけそのような現象が起こっていて、それがすべてに関してだとすると

細田 (弘前大) : システマティックにそのようなことが起こっている？

金 (QST) : そういうのはもしかして、線量率が高いとか例えば汚染の GM で測っても、高いと時定数を短くして行ってくださいとか、そのような話もあるので、安定したら呼んでくださいとそのようにおこなっていますが

細田 (弘前大) : 念のためですが、例えば時定数 30 秒でセットして、そのようなケースにおいて、3 倍時間が経ってから測定するとそういう傾向は

金 (QST) : それを取らないといけないと思っています。

細田 (弘前大) : そうですね。

金 (QST) : はい、やはり時定数 3, 10, 30 秒の時にどう変化するかを実験系で行わなければならないと思います。

細田 (弘前大) : このようなことを言うてはいけないかもしれませんが、時定数 10 秒について本当に時定数 10 秒なのか、なかなか難しいですけど

金 (QST) : 最近 NaI を購入すると、線量、測定レンジによっては校正定数が違ったりするので、以前の古いものではありませんでしたが、新型ですと 1 μ Sv 以下だとこの定数を使用してくださいと二通り表示されていますので、そこはデータを取らなければいけないと思っています。

栗原 (QST) : これは気づきですが、1 回目と 2 回目、3 回目でトントントンと上昇した際に、何%以上になっていたらそれはおかしいと思わないといけないなどのサジェスションができたらいと思うのと、もともと私含め慣れている人はなんかあまり毎回リセットボタンを押す感覚はありませんでしたが、その一方、やり方を標準化しろとの要望もありまして、結局、リセットするか、しないか、どちらですかと追及されて、ではリセットしましょうとなりました。ただ、どのような押し方が最適かなどはないので、数 μ ガーンと上昇するときに待っているよりは、リセットして立ち上げた方がいいかという定量的なサジェスションが出来なくて、リセットする形で JART さんとの研修では統一してしまいました。ばらつきの程度については以上のようにデータが取れてきたので、お示ししました。また、少し実習をしていて気付いたのは、持ち方には様々なスタイルがあると思いました。両

手や片手で行っている人、サーベイメータを持っている人、最近のやり方として二人で行っているの、一人は測定にだけ専念して、もう一人は机の上においてあるサーベイメータを読むというような役割分担を明確に行っていることがありました。記録者が机に置いてあるサーベイメータを読むことで声に出さなくていいので、それもいいと思ひまして、その辺りもどのような姿が良いか、ベストではないですが推奨される標準的な持ち方などモデルケースとして示せるといいと思ひました。

細田（弘前大）：持ち方によって（？）やすいのかというデータを取ると。

栗原（QST）：はい、そうですね。

細田（弘前大）：ただ、似たようなファントムを使用して、論文にはできていませんが影響学会で、様々なファントムを IRSN ファントムなどは使用できていないですが、縦に振ってみたり、横に少し振ってみたりして不確かさ評価はしており、そのような情報は共有できます。

栗原（QST）：論文に書かれたものですか？

細田（弘前大）：それは、（？）論文にはしたのですが実はヨウ化ストロンチウムで行った実験なのですが、学会で発表しましたが、その後 NaI で似たようなデータが論文で出てしまい、少し工夫しなければ論文を書けないので、止まっている状態です。ただ、1 インチのサーベイメータで行っているわけではなく、1.5 インチと 2 インチのヨウ化ストロンチウムで距離の X、Y 軸の（？）。

栗原（QST）：ありがとうございます。

細田（弘前大）：やはり縦や角度だけではなくて横もそれなりには、ずれる可能性があるの、そういった情報もタスク 2 で取られるのが

栗原（QST）：はい。タスク 2 は、矢島さんを中心に頑張ってもらおうということで、確か回転角というかこのようにずれているという指摘がありました。

細田（弘前大）：はい、必ずしもこうだけではなく、いろいろ経験もあるとは思いますが、こうなども取られるのがいいと思います。

栗原（QST）：はい、ありがとうございます。貴重なご意見ありがとうございます。

吉田（規制庁）：栗原先生、すいません。規制庁吉田です、聞こえますでしょうか？

栗原（QST）：はい。栗原先生とキム先生の声は非常によく聞こえるのですが、委員の先生の声がかなり小さくて聞き取りづらくて、マイクの位置を変えていただくことは可能でしょうか。

栗原（QST）：はい、わかりました。マイクを今使用されなかったもので、これからマイクを使っていたくようにいたします。

吉田（規制庁）：よろしく願いいたします。

栗原（QST）：はい、ありがとうございます。そうしたら、少し時間も限られて

徳本（規制庁）：少し私からいいですか。

栗原（QST）：はい。すいません。

徳本（規制庁）：このタスク 1 ついて、ご説明ありがとうございました。お話を聞いていて、隙間だとか仰角だとか、この数を読むタイミングがあるのじゃないかということと、あと宇佐先生から場所の問題、おっしゃっていただいて、私は少し宇佐先生などにこの報告書を書くときにサジェスションが欲しいと思っているのは、いわゆる診療放射線技師とか、医療関係者であれば、甲状腺の位置はわかるかもしれませんが。今後医療従事者ではない人も測定者になる可能性があると思うので、わかりやすい、甲状腺の位置の説明の仕方などもあると良いと思ひやってきました。

宇佐（長崎大）：おそらくマネキン使う前にお互いに甲状腺の部位はここですよと必ず確認はしてもらっていると思ひます。著作権の関係もあって、出してはいませんが、その場で少し研修の時には使ったりはしていますが、だから、おそらくきちんと甲状腺部に当たればそんなにばらつかないのかなと今のデータを見たら、ここまであちこち当てているのに、これだけの誤差で済んでいるので、逆に本当に人で甲状腺部に当てちゃうと、多分ここまでずれないのかなって私は思ひます。だから、きちんと甲状腺部に当てていくということが。もっと重要になってくるのかなとは

思っております。

栗原 (QST) : すみません、ありがとうございます。

徳本 (規制庁) : というのと、この 16 枚目のスライドに多分書いてあると思うのですが、今まで NaI でいろいろ誤差が出る仮説を立てていただいたと思うので、それを今後、JAEA への機器および QST の機器で同じ要因が影響するのか、もしくは他のファクターがあるのかを見てもらうことでよろしいのですよね。

栗原 (QST) : はい。プローブの形状が違うので同じように、JAEA さんはマネキンが使えないので少し人を使ってやろうかなと思っています。同じように、最初ベースになるのは人にですが、そこで少しやってみようかなと。同じように動画撮影をして、見てみようと思います。

徳本 (規制庁) : はい。同じような感じで JAEA、QST についても評価いただけるということを、確認できましたので、はいよろしくをお願いします。

栗原 (QST) : はい、ありがとうございます。はい、お願いします。

細田 (弘前大) : お話聞いて少し思いましたが、この今日キックオフなので、もし分かったら情報として教えていただきたいのが、QST のモニタや谷村先生のところの JAEA のモニタの方向特性というか、その辺はどういうふうになられてなっているのかっていうのは、もしわかれば教えていただけると今の 1 インチの NaI とどう違うのかっていうのがわかれば、予備情報として少し重要なかなと思ったのですが、

栗原 (QST) : はい、矢島さん、試作機の時とあまりジオメトリが変わっていないと思いますが、どうでしょう？

矢島 (QST) : すみません。方向特性というのは、例えば、ここにプローブをやって、この方向の感度など、そういうことですか。

細田 (弘前大) : 角度でしょう。

矢島 (QST) : 我々 IRSN ファントムという首の形状に当てって、それに対して回転させているような、そういうジオメトリのものは結構取ってまして、それだともう $10^{\circ}20'$ 、一応真ん中と決めたところから回転方向にずれた分ではほとんど感度は変わらない感じですけど、 30° ぐらいだと少し落ち込みが顕著になるということは取っております。はい、それは同じようにファントムに対する上下の感度も多少 1.5cm ぐらいの上下動かしたものを取っております。

栗原 (QST) : 矢島さん、仰角は

矢島 (QST) : 仰角ではないです。

栗原 (QST) : はい、それは少し取らなくてはいけない。

細田 (弘前大) : そういうことです。この資料一の写真を見たときに、多分 QST のモニタでもだいたい仰角が振れているような感じが、人によって仰角が振れているような感じがしたのでそういった基礎情報が実際あるのか、なければ、タスク 2 でも取っていくのが質問の意図でした。

栗原 (QST) : ありがとうございます。そうですね。13 ページ 14 ページに測定の状態を書いていますけど、やっぱり少しこれも黄色い線で細く角度を見せていますが、NaI ほどではないですが 20° ぐらいは振れている感じはします。はい。可搬型甲状腺モニタ B の方は

谷村 (JAEA) : 可搬型甲状腺モニタ B の方は、基本的にべったりつけるので、角度のずれはプローブタイプに比べると生じにくいはずですよ。あと、もう一つあるのが距離ですよ。距離はやっぱり聞いてくるので実際、そこは数値ファントムと計算モデルを使って、ある程度距離振ってみて、どれぐらいずれるかっていうところで、感度の(?) を不確かさに入れ込んでいくっていうようなことを今考えております。

細田 (弘前大) : 多分、先生おっしゃることは基礎実験としては非常に興味深いと思いますし、多分、私もいろいろやってみたところ、だいたい 5cm から 10cm 離れるとファントムの種類の違い、全く依存せずだいたい $\pm 10\%$ ぐらいの中に不確かさが収まるような感じでしたので、ぜひそういうデータも重要じゃないかなと思いました。

谷村 (JAEA) : ありがとうございます。あともう一つ、少し NaI と違うところが我々のところ遮蔽体があるので、どうしても少し甲状腺の表面から距離が離れますので NaI よ

りは影響は出にくくなっているかと思います。

栗原 (QST) : はい、ありがとうございます。そうしましたらお時間も限られているので、次の議題に行きたいと思うのですけれども、次の議題は、タスク四ですけれども示しているこちらは、さらっといこうと思いますが、課題抽出というこちらは実際の測定で使っていただいて、どのような問題があるかについて、ざっくりばらんに測定者からお聞きするという形でやっております。こちらは、研修会とかで、次のページっていただいてアンケートをとって、前回からこういった形でアンケートを、少しお願いをしていましたが、前回の愛媛の時でも作りましたが、あまり回答いただけなかったのが、次回以降、今回は JAEA でやるので、そこは少し強めにアンケートいただくような感じでお願いしたいなと思っています。一応、取ったアンケートですけれども

栗原 (QST) : 真辺先生すいません。

真辺 (JAEA) : いや、時間ないようでしたら、後回しで大丈夫ですよ。

栗原 (QST) : 大丈夫ですよ。はい、お願いします。

真辺 (JAEA) : すみません。先ほどのところで、測りたい量、要は正しい値っていうのはしっかりベタ付けして一番高い数値を測りたいっていう理解でよろしいですか。あと続けて少し質問先に言っちゃうと、角度よりも距離が効くとすると、相手が人だと少し心理的な影響とか遠慮してぐっと当てるのが憚られたりすると、距離が開きがちになったりしないかなということをおっしゃったんですけど、そういうところってなんか考慮されるか、あるいは研修とか測ってもらう人にも、事前にレクチャーするとそこら辺は大丈夫かもしれないんですけど、少しそういう影響がないかなというのも少し気になりました。質問というかコメントかもしれないです。以上です。

栗原 (QST) : ありがとうございます。非常に核心をついてのご質問でして、何が正しいのかということに関しては、おそらく真辺先生が言われたように、一番このベストポジションで高い値が出てくるのが一番正だと思うので、ひょっとすると、このばらつき見るだけでは少し不十分なところもあったかなっていうところは、ありなみにしもあらずなんですけども、何を基準するかってことに関して、やっぱり真辺先生が言った通り、何が正解だっていうのはなかなか難しいのですけれども、それをしっかり示すことが大事だろうと思っています。少し次回以降、少し検討したいと思います。それから人に関して、ご指摘の点、これまさに次回 JAEA さんでの調査では、まさに人でやりますのでそこで問題が、マネキンよりばらつき大きくなるのかならないのかっていうところがよりデータとして出てくるかなと思いますので、少しその辺は結果出たら、お示したいと思います。ありがとうございます。

金 (QST) : 参考までに。皆さん、人を測る時って結構ギュギュギュってくっつけてきます。人が後ろに下がっちゃいます。結構ドーンときます。離すよりはくっつけて、私が後ろに下がってしまう場合が多かったです。N が 1 か 2 しかないですが、JART さんとの研修の中ではほんとにきました。

真辺 (JAEA) : わかりました。はい、ありがとうございます。

栗原 (QST) : はい、じゃあ資料に戻っていただいて。こちら、アンケートを取るという形が趣旨ですけれども、お示しするだけでさらっといきたいと思っています。こちら、私たちのモニタに関しては、私たちで行っている研修会で、アンケートしていただいて、プローブを被験者の位置に容易に合わせられましたかというのは、イエスが全員だったということとか、あと、対象年齢に関して、私たち一応、試作品の段階で少し無理はしましたが、乳幼児までは 3 分間測定できるということは、一応確認しましたが、印象として、3 歳ぐらいだろうっていうような 4、5 歳ぐらいが適当ではないかって意見がありました。これはそういった印象を受けたということだったので、実際は 0 歳 10 歳までは一応プローブの構造上はできるかなって思っています。次のページは、ソフトウェアの操作性に関しては、これは可搬型甲状腺モニタ B もそうですけれども、多分問題なくスムーズにどちらも測定に入

っていただけるかなってというような感じで思っていました、私たちの研修会で途中バックランドを上げたりとかする準備の段階の時に少し 2-3 分お話した段階で、もうそれで十分、こちらが特に何も言わずどんどん測定していただいた感じだったので、もう少し画面が洗練されたものがあればいいなとか思ったりはしますが、一応今のところ問題ないかなと。それから別の研修必要ですかっていうことに関しては、必要ないと、基礎研修と一緒にやればいいということを書いていました。それから、ディスプレイに関しての情報、いただいた情報もここに書いています。それから、次のページにおいては、測定者によって測定誤差が考えられる事項があれば記載してください。少し記述式なので、難しいかもしれませんが、ここに書いてあるように、ごもっともな意見をいただいているかなって思います。測定誤差の対策についても測定時間長くすると放射線計測であればそうですが、そんな感じで質問がもう少し意図をしっかりとこちらが示してご質問すればよかったのかもしれないです。一応こういった形で得られています。それから次のページがこれは私たちのモニタですけれども、こういったご意見、形でプローブの汚染のことを考えていただいているのもあって、これに関しても、少しプローブの形が少し特異的なので、そういったところにかぶせるような、養生の袋みたいなものがあるといいのかなっていうのと、それから次は可搬型甲状腺モニタ B のアンケートですけれども、大事なところとしては、私たちのモニタも少し関連しますが、バックグラウンドの測定をする必要があるのか、みたいなことが設けていて、JAEAさんは、遮蔽体でしっかり検出器が守られているので甲状腺から入ってくるヨウ素だけが入ってくるといことでありますのでバックグラウンド測定は特に必要ないということなのですけど、私たちのモニタは遮蔽体がついてないので、環境中にヨウ素があると少しそういったバックグラウンドの測定は必要になってくるけれども、バックグラウンドにヨウ素からのガンマ線が入ってこなければ、ピークが見られなければなくてもいいだろうと思っているところがあって、ここは少し両者に違いが出てくる場所なのかなと思っています。それから可搬型甲状腺モニタ B さんの方は愛媛では改良されまして、喉を当てるとこの治具が男性だと喉仏が当たって少し痛かったのですが、音仏のところを改良されまして良くなって、全然今痛くなくなっているの、このようなところが改善されているというところでもあります。測定時間の変更に関しては、これは別にできるのですが、MDAに関係してくるというお話だと思います。あと最後はこれも、いろいろアンケートいただいているというところでありまして、今回は JAEAにお邪魔するので、もう少し専門的な見地からご意見いただければなというふうに思っています。はい、以上でございます。これは報告という感じで終わらせていただきたいと思います。はい。やはり研修でお受けすると少し時間が取れないっていうところもありまして、実習後 Web で回答してくださいっていうのはお願いもしたのですが、少し工夫しなくてはいけないと思ったところです。

保田（広島）：はい、よろしいでしょうか。広島大の保田ですが、先ほど可搬型甲状腺モニタ B については遮蔽体がついているのでバックグラウンドを測らなくていいですが、可搬型甲状腺モニタ A は測らずに直接測った値をそのまま使う判断というのは、どのようにされるのでしょうか。福島の時も結構大腿部で測っても値が出てしまいマイナスになることもありましたが、確認をやはりしないと、人間がいるので空間線量率のその影響で変わると思うのですがした方がいいですね。

栗原（QST）：はい、まず福島事故を受けて甲状腺のモニタリングなども方法が決まってきて、簡易測定のをどこでやるのかということで、事故の影響はない空間線量率の低い場所で測定するというようになっていて、私が実際、福島事故の時に経験したのは、やはり環境からヨウ素のガンマ線のピークが見えてしまうような場合、室内においてもヨウ素のピークが出てきてしまう場合であれば、それはバックランドの測定は必要だと思いますが、そのような環境でない場合、例えば全然事故の影響を受けてないような地域であれば、体内に取り込まれてヨウ素に関してはやはり甲状腺に集まるので、私当然作業者の測定をしたことがありますが、や

はりお腹とかではヨウ素は出てこなくて、NaI のプローブを、スペクトロメータを当てて出なかったの、そのような形で摂取から時間が数日以上経過していれば、ほとんどここに集まっているはずなので、理論的には

保田（広島大）：その人だけですか。Cs のガンマが出ていてそれで非常に難しかったランマがはい、それで非常に難しかった

栗原（QST）：：そうですね。NaI のサーベイメータの場合は、核種同定できないのでまさにそういう問題がでてきますが、スペクトルメータなのでそこは少し、でもそういう慎重な対応はある程度、本当に有事に使うような場合において、最初、何人か大腿部で測って出ないことを確認してからのようなそういう対応も必要なのだろうと今聞いていて思いました。確かに理論的にはそうなのですが、体内動態モデル的にはそうですがそういう理由はしっかり裏付けというか、とってやった方がいいかなと思いました。貴重なご意見ということで、マニュアル等にかかせていただきたいと思います。ありがとうございます

細田（弘前大）：一ついいいですか。

栗原（QST）：はい。

細田（弘前大）：このアンケートっていうのは、今後もその都度取っていかうかなっていう計画なのでしょうか？それともこれはこれで終わってっていう感じですか？

栗原（QST）：今後ともというか、あとタイミングとしては2回あるのですが、この事業終わっても、また引き続き来年度もはいやっていきたいなと思います。

細田（弘前大）：はい、それであれば、この最初の頸部の適切な位置に容易に合わせられましたかということに関して、一点お尋ねしたい、確認したいのは、これは指導者というか、指導する担当者がそれを確認されている状況なのか、それとも受講生にただ単に感覚的に書いてもらっているのかっていうところでは、意味合いが違うと思います、そういうところはいかがですか。

栗原（QST）：それは感覚的に聞いております。

細田（弘前大）：もし本当に合わせられているかどうかっていうことであれば、一方宇佐先生おっしゃるようなことを考えると、大体合っているだろうっていうことならば、もしかする必要性ないかもしれませんけど、先生方の手間を煩わせてしまうので、できれば指導者がいれば合っているかどうかは確認の方が誰かが意見いっぱいいるでしょうからと言っても、先生方がほとんどやられているかもしれないですけど、確認して本当に乖離が受講生の感覚と乖離がないっていうのが取れるならそういうデータを取っておくと、ここの部分の意味合いがだいぶ変わってくるかなという気がしました。ただ、負担もおありだと思うので辺バランスもあるのではないかと思います。そういう意味で、このアンケートの意味合いをどうもっていくのかなと思った次第です。

栗原（QST）：はい、ありがとうございました。次の JAEA でやる時には少し意識してやります。本当は宇佐先生のような専門医がこれはここだよねとお墨付きがあるといいのですが、私とかでいいのかっていうのは少しあるのですが、そういう意味では、先ほどのタスクの資料にも入っていましたが、やはり位置をあらかじめ、実際、測定の実習で考えた時に、受付の時に宇佐先生みたいな専門医がいてシールを貼っていただいて、ここに当ててくれと言ったようなそういったことがシールで済むので、そこをトントントントンってやれるようにするというのはいいのではないかと。そして、実際に事故の時にはそういう工夫もあるのかなと少し思ったところです。はい。

細田（弘前大）：（？）一例なのかもしれませんが、本当に合っているのかわからないけれども、やっぱり全員が合っているだろうというふうにするので、今そういうご質問というか

栗原（QST）：最後のものは、ウェブで回答いただいた方ですけど。確かにこの最初の適切な位置に合わせられましたかに対してわからないというふうに答えていただいたので、コツとか、何を標準的な位置をすると考えるのが妥当かみたいところを、ぜひ少し宇佐先生らに目安などその資料を作ればいいなと。それを研修会の時

にお示しできたならと思ったところです。先生、お忙しいところ申し訳ございませんが、少し引き続きよろしくお願いします。はい、そしたら、段取りが悪くて申し訳ないのですが、次の議題に行きたいと思います。資料四の会場シミュレーションというところですけども、こちら提案書に書かせていただいている、私たちがそういうプログラムに特化した方が得意な方がいて、少しツールを事前に作っていただいたと。図だけ少し細かくて申し訳ないのですが、簡単にご説明すると左の図がプログラムに出ているフローチャートを意味しています。会場にて受付をします。最初に大腿部測定をしますが、最初の分岐としては、大腿部測定で線量が上がってしまうとこれは汚染とみなすということで除染に回るだろうというのが一定数、確率としては低いだけでも分岐点としてあります。何もなければ、そのまま頸部測定に行って基準を超過するというので、超えてなければそのまま終わりますが、超えた場合にも新しく作ったモニタがここに併設されていたとしたら、ここでそのモニタで詳細測定をするような状況で、流れる分岐もそこに入れている。右がプログラムに入れるインプットデータになっていますが、左からこういった割合でくるのかといった形でそこで確率分布を与えるのか一定間隔でくるのかといった、セクションができて、一番目が各時間帯で、営業時間は17時までということで、受付の人間を時間あたりの人間数、来られる方を入れている。それから三番目リソースなのですが、受付に今4人。それから簡易測定に5ブースあるというイメージで、これは内閣府の大規模会場のイメージになっています。それから詳細測定2台除染レーン1レーンということで、左が確率の設定ということで、汚染検知率というのは、先ほどの大腿部測定で汚染が出る確率です。これはまだ少し基準をどうするかというのが決まっていなくても、例えば、福島事故等で4万cpmを超えた人とか、そういった形である程度仮定を置いて設定するものです。それから基準値超っているのが、これは正味値が0.2 μ を超える確率というところで与えています。これも任意に与えることができるようにしています。それから四番目が、それぞれ受付、大腿部測定、頸部、詳細測定、除染に要する時間というのを与えて、それをシミュレーションするようなものになっています。実際、どんな感じかというのをお見せするのですが、回っていますが時間かかるので、どんなことができるかを共有いたします。何ができるかってソフトなですけども、このような形で一人一人のヒストリーを上表にあるように、いつ受付に来たのか、次どのように流れていくのかを、毎回モンテカルロシミュレーションをして、時間をセットアップして流れていけば流れていくし、例えば除染をする場合、除染に流れていき、そちらの手順に移っていくといったようなことで、全部このいった形になっています。それで下にグラフがあるのですが、各左がリソースですね。何%のリソースを、例えば簡易測定で5ブース設定したのであれば、5ブースフルで使うと100%になる形になっています。右が、各ブースで溜まっている人間です。先ほどのシミュレーションでは、受付前に30人ぐらい並んでいるという形であります。なので、30人がさばけるまで、少し受付に人数がいて、この後、簡易測定に流れていくみたいなことが出てきます。後、詳細測定器は1台なので、左のグラフは1台埋まったら、もう100%ということで右のグラフを見ると、2人とか3人とか溜まっていくという形になっています。これを、どのようなシミュレーションをすればいいのかを、少しご知見いただければなというところでもあります。次のページを見ていただくと、これは大規模会場ということで内閣府が決め示したステージです。それから次が少しインプットデータに考えているような形で、これは甲状腺簡易研修でどのくらい時間かかっているかっていうことで、実はストップウォッチを導入したためにかなりスムーズに流れていっているような感じで、その結果、測定値が上がっていくような現象とかも出てきてしまうのかもしれないのですが、機械的に、このストップウォッチを使って時間が経ったら、バックグラウンド読み取ってという形で行っているの、30秒待って、読み取ってくださいということに関しては、34秒 $\pm$ 6秒、それから大腿部測定から頸部にプローブを合わせるのに、だいた

い 9 秒かかっていると。それから、頸部の測定開始から 30 秒待って、30 秒 40 秒 50 秒で終わるので、標準 50 秒。一番ミニマムで 50 秒なのですが、 ± 5 秒ぐらいで進んでいるといった感じで、こういった形で分布を書くと、このような形になってくるということで、これマネキンの研修なので、少し早すぎるかなと、実際はもっと考えると早すぎるかなと思うこともあるのですが、これも今度人を使って行うので、少しこの辺ももう少しリアルなデータ、少しアドリブをしていただいで、どのくらい時間がかかるかを見ていきたいと思っています。といったようなインプットデータを先ほどのストックに入れていきたいと思っています。やたらめったやってしまうと、様々な場合分けがあるので、そこはある程度リアルな想定を考えなくてははいけません、まず会場の規模としては、小規模会場、大規模会場ですが、あまり小規模会場でやるのは少しどうかと思ひまして、大規模会場と言っても 5 ブースぐらいなので、そこを少し目安に基準として考えていきたいなと思っています。それから、例えば汚染の割合については、福島の時では、4 万 cpm 出た割合とかも出ていると思いますが、少し文献を調べながらですが、そんなにスクリーニングレベルを超えてすぐに除染が必要だという方はいませんでしたが、実際今のところ、この簡易測定で大腿部測定に関して今の感覚ですと、環境バックグラウンドに対して少し有意に上がると、有意というものがどのくらいかというのはありますが、あれば汚染を疑うという形にはなると思ひます。代替測定で、これはなんか今の多分感覚だと、環境バッグに対して室内のバッグに対して少し有意に上がるっていう、有意がどのくらいかというのもありますが、あれば少し汚染を疑うという形にはなると思ひます。そのようなところで、多分言っても 5% ぐらいかなと思いますが、10 割、1 割には変えることもできると。それから、次の詳細測定に移行する割合に関しては、これは考え方によって今簡易測定は子供に関しては測定が難しい場合には、行動を共にしたご保護者等を大腿測定するという事になっているので、そここのところをある年齢以下、例えば八歳以下とかはみんな詳細使っていますということであれば、その地域の人口の構成割合から、ここを例えば 15% とか、人口統計的に考えて、ここをある程度プラスすることができるかなと思ひますし、ここが一つパラメータサービスするところなのかなと思ひているところでもあります。というところで最初に決めた三番目の測定リソースのところと平均的な時間を決めると、だいたい処理能力は決まってくるので、これが確率関数によってどのように流れていくのかを、シミュレーションできるといったものになっています。はい、何かこういったシミュレーションをした方がいいのではないかがありましたら、ご意見いただければと思ひます。

保田（広島大）：はい、こうした方が良いということではありませんが、このソフトがあると、例えば大きな事故が起こりたくさんの人が来るとなった時にリソースを増やす判断ができるという理解でよろしいですか？

栗原（QST）：そうですね。例えば地域によって、この対処する人数は変わってきますが、例えばこの会場、五ブースある大規模とされている会場が地域の見なくてははいけない人がいた時に、どのくらいの規模感の会場を設定すればいいのかという示唆を与えてくれると思ひます。それが、状況によって汚染がどのくらい出てくるのか、詳細測定にどのくらい回すのかといったようなところがずれていくと、では詳細測定器はやはり 1 台ではなく 2 台必要だとか。1 台しかないとそこで滞留してしまうことが考えられるので、そういったシミュレーションができます。ただ、このシミュレーション自体は終わるまで続くので極端なケースを考えると、5 時で一応店じまいなのですが、夜 10 時とか 11 時までずっとやり続けることになるので、そうならないように、ではどうすればいいのかといったようなことを検討できると。

保田（広島大）：夜までやるなら人の数を増やすという判断ができるということですか。

栗原（QST）：そうです。

保田（広島大）：それは有用ですね。

栗原（QST）：はい、これは使い方によっては良いツールかなと思ひています。Excel のアドイ

ンを入れるとできるようです。そうですね、測定器のリソースを増やすこともできます。

徳本（規制庁）：はい、規制庁です、私から二つコメントがございまして、一つは所要時間なのですが、先ほどからご紹介いただいている昨年度行われた内閣府の検討では、実際に対象者が入ってきて、では当てますよなどの話をしたりキャップを変えたりとかしているやるとやっぱ5、6分全体でかかっているような状況があるので、全部先ほど90秒ぐらい終わるような状況だったのですが、今後の検討で実際のリアルな状況を当てはめてやっていただいたらいいかなと思いましたというのが一点目で、二点目はだいぶ検討されていらっしゃると思うのですが、仕様書に書いてあるパラメータがしっかりと組み込まれているかどうかというのは今一度指差し見てやっていただけたらと思っております。よろしくお願いします。

栗原（QST）：はい、わかりました。そうですね、内閣府さんでやられた手引きで作られたシミュレーションでどのくらい時間かかったのかというのは少しデータいただけたら本当にありがたいなと思うのですが、規制庁様から少しお取り寄せというか口利きいただくことは可能でしょうか。

徳本（規制庁）：一応、相談はしてみます。実際に成果物のところに具体的な時間書いてないのは我々も知っていて、向こうにも何か事情があるかもしれませんし、どういうふうなやり方ができるかを相談させてもらいたいと思います。

栗原（QST）：わかりました。養生とかを変えんのかっていうのは、確かに全然研修では入っていないので、その辺を次の時検討したいと思います。

細田（弘前大）：これ質問ですが、避難所の規模感っていうのはある程度、規制庁や内閣府なりとかで押えられている情報ってあるのでしょうか。そういう情報があれば、だいたいどれぐらいのブースが作れそうかっていうのは、だいたい目処が立つと思うのですが。

栗原（QST）：県の甲状腺の計画というのは、具体的などこの会場を使ってなどはまだ決まっていないです。

徳本（規制庁）：県の広域避難計画というのが作られているところで、少しどこまで正規なものができているかについては、我々把握してはいないのですが、それでだいたいどこに避難をして、そこの規模がどれぐらいなのかっていうのがわかりますので、一般的に避難所の規模がわかれば、妊婦授乳婦や19歳未満の人ってだいたい20%ぐらいと言われているので、だいたいそこの対象となる人の規模感はわかると思います。ですので、そういったことも含めて、この会場の規模にうまく反映していただけると、よりリアルなシミュレーションになるかなと思います。

栗原（QST）：はい、わかりました。確かに、広域避難計画とか各地域のものを以前調べたことがあるので、そのデータも少し使用してみたいと思います。はい、そうしましたら、Webの先生方がいいがでしょう。少し駆け足になってしましまして申し訳ございません。ないですかね、はい、ありがとうございます。そしたら、今日追加で資料五をお渡ししていたと思います。で、こちらは仕様書にある甲状腺モニタリングに使用可能な各機器の活用が想定される状況についてと比較調査ということでありまして、新しくできたモニタも既存のものも含めて、どういった運用ができるのかといったところで、今NaIサーベイメータと一番右の据え置き型甲状腺モニタに私たちのものとJAEAさんの可搬型甲状腺モニタがここに追加されたといった形で、バリエーションが増えたというところであります。詳細測定器として作られたので、詳細測定として使うのですが、私たちのものとJAEAさんのものとで、特徴が違うところもあり、既存の規制庁、内閣府が作られた甲状腺実施マニュアルの中のこのフローの中で、こういった形で落とし込めるかを検討すると思っています。私たちのモニタで言うと、NaIでは測定が難しい乳幼児の測定ができる、そこに一番強みがあるというところでやっております。

<音声トラブル>

栗原（QST）：すいません。チャットでいただけますか、聞こえなければ結構です。すいません、申し訳ございません。

金 (QST) : あるいはメールで送っていただけると非常に助かります。あれはメールで送ってもらえると非常に助かります。

栗原 (QST) : 運用のところですね。私たちのモニタのことを説明していて、安全規制研究をやっていた時には、高バックグラウンドでも測定できるようにということなこともあったのですが、私たちの方はこういった装置を作り込んでいる過程で、小さいお子さんにプローブを直接当てるような形にしてしまったために、これに遮蔽体を施すのは、難しいのではないかとということになり、資料五の下にあるようなブースを作って対応して、これが可搬型とはいいつつも、300 kg ぐらいの重さになると。一枚 15 キロの鉄のプレートを 24 枚 360 kg です。一枚一枚は 15 kg ですが、それをブースに立てて入れるような感じで、結構バックグラウンドの遮蔽にはなりまして、Cs だったら 4 分の 1 ぐらいになるということだったのですが、これで対応することにしました。一方、可搬型甲状腺モニタ B さんの方は、すでに検出器周りに遮蔽体があり、安全研究の試作機時には 3 分測定で行っていましたが、今の新しい製品化されたバージョンですと、1 分測定に測定時間が短くされているということで、65 Bq であります。で、私たちは 50 Bq と書いておりますが、こちらは 3 分測定なので、それを考えると JAEA さんが同じ時間の中で検出限界下限値に関してかなり低くなるということでもあります。JAEA さんは被験者がこのプローブに乗っかる形なので、大きい人小さい人大きい人など被験者の体格が大きく変化すると、測定時間は短いですがこの昇降機構を調節することに時間を要してしまうことも考えられますので、来週検証といっても成人しかいないのですがどのくらい変える必要があるのか、どのくらい時間がかかるのかを少し見ていきたいと考えております。というところでこれらが簡易測定と併設して、QST 機と可搬型甲状腺モニタ B があると。これらの測定が詳細測定と同等、拠点病院での再測定と同等であるならば、そちらに行かなくてもよいということになるので、そこは効率化につながるのかなと思いますので、そのフィジビリティを検証することかと思っています。この辺は、ディスカッションやいろいろデータを取りながら、考えていきたいと思っています。先生方からご質問とかあれば

保田 (広島大) : はい、確認ですが、この可搬型甲状腺モニタ A の検出限界下限値ですが 50 Bq 未満ということで、据え置き型の甲状腺モニタ並みの検出限界下限値ですが、これは少しプローブが小さい割には高性能だと驚きましたが、やはりスペクトロメータの能力があるから、それをできるということでしょうか。

栗原 (QST) : はい、この据え置き型モニタの検出限界下限値が 38 Bq というのは、うちにある Ge 半導体検出器の相対効率 50% の検出器が乗った甲状腺モニタになっており、直径 20 cm ぐらいの遮蔽体の中に穴が開いており、そこに検出器が入っていますが、結構オフセットが 5 cm くらいあり、少し距離が離れた状態になっているということと、可搬型甲状腺モニタ A は、直付けで甲状腺を狙えるので、おそらくそのようなところの感度があるからだと思います。ただ、分解能は Ge の方が高いので、測定時間を増やしていくと検出限界下限値を下げられますが、可搬型甲状腺モニタ A はそこまで分解能が高くないので、測定時間を長くすることによる恩恵はだんだん出てこなくなる感じです。矢島さん、50 Bq で良いですね。一応、現実的には細かく振れますがおおよそ 50 Bq ということです。

細田 (弘前大) : はい、あすみません、ありがとうございます。少し確認ですがけれども、この事業としては、栗原先生のところ谷村先生たちのグループそれぞれが開発されたので、どうやって今この有効性を確認していくかがメインの目的だと思いますが、一方で市販のスペクトロメータもあって、実際に福島の後、我々もですが、それも使って実際現場でも取ってきているわけです。そういったスペクトロメータを持っている機関がかなりあると思います。保田先生とかもそうです。そういったところのそういうスペクトロメータの可搬型のスペクトロメータの有効的な必要ってというようなことは、今回、このフレームワークの中では検討されないでしょうか、と言いますのも N を協力してくれる人、できる人を増やして、できるだけいざという時にデータを増やそう、実態を把握するためにデータを増やそうとい

うことであれば、もちろん先生方が開発されたものって非常に効果的だと思いますが、すでに今、既存のスペクトロメータを活用していくこと、ヒューマンリソースがあるなら重要なのではないかと思います、それはもう今回のフレームのバックグラウンドには入っていないのでしょうか。

栗原 (QST) : はい、ご指摘の点も直接はこの事業の中には入っておりませんが、安全規制研究では少し行っています。そういったことも少し必要であれば参考にしつつ、やはり報告書の中でそういった福島の実験ですとか、細田先生たちのグループがやられてきたこととかで、まだこのモニタが、今世の中の的に JAEA のものは 1 台、私たちのものは 3 台あるという状況で、今後どう普及していくかっていうことに関しては、予算も絡む問題ではあるので、計画措置的なところが、もしも私たちのものが使われるようになるにしても、それは先のことだし、途中の経過の段階では、やはりそういった細田先生がやられてきたような既存スペクトロメータ、結局甲状腺モニタの中に入っている装置は測定器であるから同じなので、そういう意味では遮蔽体があるかないかの話でありますので、そういったところは少し報告書の中ではメンションをさせていただく形がいいと思いました。

細田 (弘前大) : はい、ありがとうございます。ぜひそういうことを書き添えていただいて、多分先生方の成果っていうのが、おそらく今後の指針にいろいろ方向性にかかなり強い影響を与えることになろうかと思しますので、これがないとできないよっていう形で動いていってしまうと、せっかくできるものとできる人材が国内にはいるにもかかわらず、有事の際にそれが機能しなくなるっていうことだけは、やはり避けないといけないっていうのは、皆さんの共通の認識だと思いますので、ぜひそういったことを少しメンションしていただければありがたいと思います。

栗原 (QST) : わかりました。規制庁様とも協議の上、いろいろ前向きに考えていきたいと思っています。ありがとうございます。そしたらウェブの先生方がいいでしょうか。

真辺 (JAEA) : JAEA 真辺です。特にございません。ありがとうございます。

石川 (福島医大) : 石川からも特にございません。

栗原 (QST) : 真辺先生いかがでしょうか。

真辺 (JAEA) : 聞こえていますでしょうか。先ほど申しましたけども、特にコメントございません。ありがとうございます。

栗原 (QST) : はい、ありがとうございます。すみません。すいません。少し不具合で、他の先生方も特に大丈夫でしょうか。

石川 (福島医大) : 石川ですけど、聞こえてますでしょうか。

栗原 (QST) : はい。今聞こえるようになりました。

石川 (福島医大) : では、少し先ほど申し上げようと思ったこと一応申し上げますと、シミュレーションのスライドの三枚目だったと思いますが簡易測定が、30 人とか 40 人とかそれぐらい待っている状態の時に詳細測定が 0 という状態が続いていると思います。そのような時に、住民の心情としては、機械が空いているのであれば、測定してくれないかと思うかもしれないと思ったのですが、そのような時に、詳細測定器はあくまで詳細測定にしか使わないのか、それともスクリーニングレベル以上か以下かわからないけれども、詳細測定器が空いているから詳細測定器を使って測定するという考え方なのか、そのあたりもいずれ整理しておくといいいのかなと思まして質問させていただきました以上です。ありがとうございます。

栗原 (QST) : はい、ありがとうございました。そうですね、今詳細測定器の対象としてどうするかということに関しては、これからいろいろ議論されていくと思いますが、今簡易測定の現状といたしまして、小さいお子さんに関しては、測定はしますが難しいようであれば、保護者等で代替するということになっています。その辺りを、では一定以下の年齢のお子さんを全部詳細測定に回す方がいいのかなど、測定の難しさっていうところは解決するので、そのようなやり方があるのかといったところで少しシミュレーションのことを考えることもできます。あと例えば、極端な形として、これは少し現実的じゃないかもしれませんが、NaI の簡易測定やめてしまっ、可搬型甲状腺モニタ B さんのものだけ 5 台ぐらいあると、

簡易測定、詳細測定を両方兼ねてしまうと、要するに二段階の構造にしなくて一段階でやってしまうことも。例えば、可搬型甲状腺モニタ B さんは、今測定時間 1 分となっているので簡易測定より早く、正確な結果が出るということであれば、そういう方向性もシミュレーションの一つとしてはあるのかなと思いますし、確かに NaI は大腿部測定と読み取り 3 回の頸部測定を入れると、2 分間。先ほど徳本企画官が言われたように、実際にはもう 5、6 分かかっているというようなことを考えると、そういう意味では直接ベクレルが出てくるメリットもありますし、測定時間だけ考えると、大腿部測定が要らないのであれば、詳細測定とは言っても測定時間が簡易測定より早いということであれば、そういったシミュレーションの建て付けもあるのかなってところもあります。

保田（広島大）：そのことですが、簡易測定は体表面汚染のチェックもできているのですがいきなり可搬型甲状腺モニタ B で行くと、もし万一ここが汚染されていると、機械がもう汚染されて使えなくなるっていう恐れがあるから、簡易測定でそのような体表面汚染がないと確認できた人を回すことは合理的かなと思います。

細田（弘前大）：よろしいでしょうか。保田先生の話で思ったのは、だいたい避難所に来る段階でスクリーニングを終えてきているはずですよ。であれば、体表面の汚染があるかないかっていうのは、ある程度分かった上で来るのではないかなと思うのですが、状況によるとはいえ、確か去年の話、この会議の中でもやはり事前に一回は汚染しているかないかを確認した方が良いといった話も出たような記憶も。

保田（広島大）：そうですね、服が汚れてしまう。着てくる人がいるので

細田（弘前大）：特にこの襟の裏などに汚染していたりする人とかも結構来るわけですよね。脱いでもらう差があるので、そういったところなのかなと。

栗原（QST）：なるほど、はい、わかりました。

細田（弘前大）：すみません。我々の経験の話を少しだけさせていただくと、石川先生のコメントに出ていた、空いているならばやってほしいっていう気持ちは、すごくあるのではないかなと思います。というのはなぜ我々避難者に対して政治に対して甲状腺モニタリングすることになったかという、やはり何をしているかという話になってホテルに帰ると、それで実はこういうことやっていると、では測定器はあるのって話で、ありますよと話をしたら、子供しか対象にしていないけど、なぜ大人にはやってくれないのとあるならやってよというところが我々の避難者に対するデータを取ったっていうのは、それがスタートなので、石川先生おっしゃるようにおそらく空いているならやってくれというのはすごくある、心情としてかなりありえると思います。

栗原（QST）：はい、ありがとうございます。このシミュレーションのフローでそこまで考えればよいのですが、少し検討したいと思います。ありがとうございます。

木村（JAEA）：はい、すみません。JAEA 木村ですけど、今の話に関して、このシミュレーションはあくまでこの一例という形の紹介と思いますが、これは例えば基準値の超過率が今 10%となっていますが、これを変えると、この状況というのはだいぶ変わるという理解でよろしいですね。

栗原（QST）：はい。状況は変わってきます。これが基準値の超過率が増えていくと詳細測定に流れる割合が増えていくと。そこに詳細測定器が 1 台しかないそこで大渋滞になってくる傾向が見えてくるので、では 2 台にするのはどうかやどんな流れにして 2 台にして軽減するかみたいところはシミュレーションできると思います。

木村（JAEA）：はい、ありがとうございます。いろいろ設定行動として出す、出せるものとそうじゃないものがあって、いろいろそういうことによって、結果とかも少し変わってくるので興味深いところとは思った次第です。ありがとうございます。

栗原（QST）：ありがとうございます。はい、そうしましたら、今日準備した資料に関しては全部今ご説明をいたしました。それで、今後の予定は、引き続きこの作業は進めていきます。今度は今日ご紹介できなかったタスク二とタスク三をやりつつ、来週は JAEA さんにお邪魔して、なるべく測定者間の誤差ですとか、あとは測定のリアルなところ、そこをなるべく情報として取ればなと思っていますところで

あります。はい、また少しこの来週の計画に関しては、資料今日準備していましたが、メールでお送りしたいと思いますので、またコメントいただければと思います。全体通して先生方からコメント、あとはもっとこうした方がいいのではないかなどございましたら、ご意見いただければと思いますが、いかがでしょう。大丈夫ですかね。

真辺（JAEA）：JAEA 真辺ですけど、よろしいですか。そもそものところになってしまうかもしれないですけど、この今回、検出器の当て方でいろいろ誤差が出るって、それを把握することなのですけど、結局それぐらいの誤差があるという、誤差を把握して、これぐらいの誤差はもう生じるという前提で、いろんな基準とかのスキームを作っていくというのか、それともやはり誤差をなるべく減らしていく方向の対応を模索したいっていうどちらがメインというか、どういった趣旨でやっていきたいのかなっていうところによって、いろいろ対応が変わってくるかなとも思ったのですが、例えば誤差を減らしたいということであれば、研修の時に実際、どのような研修が行われているのか把握していませんが、当て方によってこれだけ指示値が変わりますよみたいなデモンストレーションをやるだとか、なぜ当て方によってこれだけ変わるのかっていう理由付けとか説明をすると、もう少し参加者の意識が変わるのかなと思ったりしました。以上です。

栗原（QST）：はい、ありがとうございます。まさに、誤差要因を検討して、それを低減するための方策を考えてそれを実証しろと、仕様書を読むとそういうことかと思っております。一応、現状を把握できたということで誤差要因的なところシナリオ想定、誤差要因の想定というのは、だいたいできたのかなと思っています。それで、次回以降これをどうすればいいか、もう一回素の状態での誤差を評価しつつ、プローブの合わせ方に関して、どういう位置に合わせればいいのか、例えば、シールを貼ってみたいなことを少しお話しましたが、それでどういうふうになるかとか、NaI サーベイメータに関しては、ではしっかり安定するまで待ってくださいねといった形でプロトコルを変えてやって、そういう意味では同じ方に何回も何回も測定をしていただかなくてはいけないので、結構大変ではないかと思っていますが、まさにそういったことで仮定した原因がそういった解釈によって軽減すると。それが、統計的に有意差が出るような形になれば、美しいのかなと思っています。そのような方向性を目指しております。答えになっているでしょうか。

真辺（JAEA）：わかりました。ありがとうございます。

栗原（QST）：はい、ありがとうございました。そうしましたら、だいたい質問をいただいたかと思います。時間ももう来てしまいましたので、最後に規制庁様からいかがでしょうか。ご示唆をいただければと思います。

徳本（規制庁）：はい。本日は活発なご議論ありがとうございました。第一回の検討委員会にこれだけの準備をされた栗原先生およびQSTの皆様方に敬意を表しますとともに、それぞれの課題に対してと広い視点からご助言いただきました先生方委員の皆様には感謝申し上げます。規制庁としては、この成果をしっかりと将来の甲状腺被ばく線量モニタリングのあり方の検討のための一材料としたいと思っていますので、冒頭申し上げましたように、仕様書の内容と当てはまっているかをしっかりと見させてもらいつつ、細々と何かお願いすることがあるかと思いますが、今年度一杯の事業でございますので、どうぞご協力の程よろしくお願いします。引き続きよろしくお願いします。

栗原（QST）：はい、ありがとうございました。そうしましたら、先生方、お忙しいところお集まりいただきましてありがとうございます。これにて第一回目の検討委員会を終了させたいと思います。ありがとうございました。

全員：ありがとうございました。

第2回検討委員会 議事概要及び議事録

第2回検討委員会 議事概要

1. 開催日時及び開催場所

日時： 令和7年3月12日（水）15:00～17:00

場所： 量子科学研究開発機構 千葉地区
第1研究棟 1F つどいサロン

2. 開催方法 対面及び Teams によるリモート会議によるハイブリット形式

3. 出席者（順不同・敬称略）

委員長：栗原 治（量研）

委員：石川 徹夫（福島医大），宇佐 俊郎（長崎大），保田 浩志（広島大），
木村 仁宣（原子力機構），真辺 健太郎（原子力機構）

欠席：細田 正洋（弘前大）

オブザーバー

量研：キム ウンジュ，矢島 千秋，内藤 雅之，三瓶 優真

原子力機構：谷村 嘉彦，西野 翔，吉富 寛

規制庁：島川 弓子，大平 智章，吉田 淳一

4. 配布資料

【資料1】3.1(1)_進捗

【資料2】3.1(2)_進捗

【資料3】3.1(3)_進捗

参考資料1：令和6年度第1回甲状腺検討委員会_議事概要（案）

参考資料2：令和6年度第1回甲状腺検討委員会_議事録（案）

5. 主な議事

5.1 進捗状況について

(1) 測定時の誤算要因となる因子の調査

- 資料1に基づいて委員長から測定誤差の要因の調査状況について報告された。NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータを用いた簡易測定においては，測定の留意点をフィードバックすることで測定ジオメトリの最適化が図られ，測定平均値の増加と測定者間のばらつきの低減効果が得られた。2種の可搬型スペクトロメータによる測定では，いずれも NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータを用いた場合よりも測定のばらつきが小さかった。
- 保田委員より，測定位置を固定することができれば安定した測定を行うことができるため，測定の補助具を作成することが提案された。委員長から，測定位置の安定させるための実際の手法については今後の検討課題である旨が説明された。また，甲状腺の位置について知識のない測定者も見られるため，受付時点で甲状腺位置をマークするなどの工夫も考え

られ、研修の質の向上とブリーフィングの準備などを進めていくと回答された。

- 石川委員より、測定者が研修を受けた時期は人によって異なるため、本事業で行ったようなフィードバックを会場で改めて行うことで留意点の周知と知識の呼び起こしを行うことが提案された。これについて真辺委員からも同様の意見が出された。委員長より、甲状腺簡易測定研修は3年おきに受講することになっており、事前説明会に相当する研修も現在計画中であることが説明された。
- 宇佐委員より、甲状腺位置を確認したうえで測定器が適切な位置に保たれていれば現在の測定誤差は十分小さく、許容範囲内であるとコメントされた。委員長より、NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータを用いた測定であることを考慮すれば測定誤差は十分小さいものの、一定数外れ値を出す測定者が見られることも事実であり、これに対する対応を考える必要がある旨が回答された。

(2) 甲状腺被ばく線量モニタリングに使用可能な各機器の活用が想定される状況等についての比較調査

- 資料2に基づいて進捗状況が委員長から報告された。測定の下限値はNaI(Tl)シンチレーションサーベイメータで約500 Bq相当、可搬型甲状腺モニタでは約50 Bqである。甲状腺簡易測定のスクリーニングレベル0.2 $\mu\text{Sv/h}$ は、甲状腺等価線量100 mSv相当を急性接種から21日後に測定することを想定して設定されており、可搬型甲状腺モニタを活用した新たなモニタリング体制について検討していくことが説明された。
- 石川委員より、仮にプローブタイプの可搬型甲状腺モニタを甲状腺簡易測定でNaIと同様の使い方をした場合、現在の想定と比較して測定時間が短くなるか否かが質問された。委員長より、簡易測定で狙っている被ばく量を測定するのであれば時間は短くできるものの、簡易測定と詳細測定では測定の実績にずれがあるため、転用を考えるのであれば測定の前を一度整理して測定条件を設定する必要があることが説明された。
- 保田委員より、プローブタイプの可搬型甲状腺モニタで使用されているGAGG結晶をカウンタとして使用したサーベイメータの市販状況やNaI(Tl)シンチレータから素子を変更する可能性について質問された。委員長より、GAGG結晶として販売されているものの流通量はそれほど多くなく、サーベイメータ構成のものは市販されていない旨が回答された。
- 真辺委員より、実際の測定シナリオを考えるうえで詳細測定器となる可搬型甲状腺モニタの数がどれくらい揃えられるかが重要となるため、販売の状況について質問された。委員長より、実際にどのくらい流通するかは生産能力と費用次第となるため、今後の甲状腺測定体制の整備を進めていく必要があると説明された。
- 島川氏より、可搬型スペクトロメータを現在の据置型甲状腺モニタの代用として医療機関に設置することは考えられるかと質問があった。委員長より、測定能力としては十分と考えられるが、実際に設置するかについては予算や整備のタイミングなどを含めた各施設の判断によると回答された。
- 木村委員より、甲状腺簡易測定に関して測定対象の確認と避難退域時検査で汚染が見られた場合の優先度について質問された。委員長より、測定対象は避難した人のうち妊産婦及び19歳以下であり、本人の測定が難しい乳幼児の場合にはその親で代替することが可能であると回答された。避難退域時検査で汚染が見られた方を優先的に測定することはないが、

汚染が見られた場合には基準値以下になるまでその場で除染を繰り返すことが説明された。

(3) 甲状腺被ばく線量モニタリング簡易測定の現場を想定した、測定対象者と測定機器数の関係に関する調査

- 委員長より資料 3 に基づいて測定ブース数と測定能力の相関について説明された。測定を実施するために必要な標準的な時間が決定できれば、現実的な見積もりは十分可能であることが示された。
- 保田委員より、実施に測定を行うためのスタッフを確保する方法について質問された。委員長より、高度被ばく医療支援センターのネットワークを活用するほか、日本診療放射線技師会の協力を得て測定スタッフを確保することが想定されており、最終的には自治体の作成するマニュアルで決定すると回答された。
- 石川委員より、簡易測定会場でそのまま詳細測定までを行うことだけを想定するだけでなく、高度被ばく医療支援センターの施設も活用することも検討して処理能力を計算することが提案がされた。委員長より、現場の処理能力を超える場合には十分考えられるシナリオであり、これを組み込んだ計算も可能であることが説明された。
- 大平氏より、スクリーニングレベルを超過した汚染が発生する割合について質問された。委員長より、福島第一原発事故の際の甲状腺簡易測定ではスクリーニングレベル以上の測定例は見られないものの、測定の開始が遅かったことや 30 km 圏内の住民の測定は行っていないなどの事情もあるため、はっきりとしたことは言えないことが説明された。福島第一原発事故の例では最大数十 mSv という見積もりもないわけではないが、現在原子力規制庁が想定している事故想定における放射性核種の放出量はこれの 1%以下であり、屋内退避の効果が見られれば値は更に下がると考えられるため、スクリーニングレベルを超えることは考えにくいと回答された。保田委員より、測定値は測定後すぐに線量に焼き直せるものではないため、スクリーニングレベルを超過したかどうかに関わらずとにかく早期に多くの記録を取り、将来の発がんリスク評価に用いることができるようにすべきとコメントがあった。

6. 今後の予定

年度内に第 3 回検討委員会を実施予定である。日程については後日調整を行う。

以上

令和6年度第2回甲状腺検討委員会 議事録

栗原（QST）：第2回になります本事業の検討委員会を始めさせていただきたいと思います。資料の送付が直前になってしまいまして、申し訳ございませんでした。今日は、進捗についてご紹介、ご説明をした後に年度末に向けて報告書を作る必要がございますので、それに向けて行っていますが、いろいろ議論したいこともあるので、積極的に忌憚のないご意見をいただければと思います。

今日の議事次第をお示ししていますけれども、進捗についてということで、この事業において、4つの項目がありますが、その4つ目はこの検討委員会を作るということなので、その議事録をもって4つ目の項目になると思います。上から3つの(1)、(2)、(3)がこの事業の主な項目となっております。1つ目は、測定時の測定誤差に関する因子の調査ということと、2つ目でモニタリングに使用可能な各機器の活用が想定される状況等について比較調査ということ。3つ目として甲状腺モニタリングの簡易測定の現場を想定した測定対象者数と測定器数の関係に関する調査ということになっております。それではこの議事次第に従って進めたいと思いますけれども、会に先立ちまして、前回の議事概要を資料としてお付けしております。すでに確認はいただいていると思いますが、何かお気づきの点がまた新たに出ましたら、ご連絡いただければと思います。では【資料1】に従いまして、進捗についてご紹介いたします。はい、そうしましたらご説明したいと思います。一番目は、測定時の測定誤差となる因子の調査ということでございます。仕様書に書かれている内容としては、その水色の枠に囲ったところでございまして、測定者の操作等に起因する測定誤差の程度を定量的に評価するという、そして実際に近い状態で調査を行って、対象者数を10名以上として定量的なデータを取得するという、その都度再現性など評価するという、当該誤差を低減するため方策について検討するという、誤差が大きくなると想定される被ばく線量が低い状況における対応について言及することと書かれています。今回の調査にあたっての調査対象機器といたしましては、こちらに示しているものでございます。可搬型甲状腺モニタに関しては、ここでは固有名詞はつけていませんが、プローブタイプとステーションナルタイプということで考えており、今般、この二つの新しい装置ができましたので、これも含めて検討するというところでございます。お願いします。仕様書に対しまして、私たちからの提案として、この4つのタスクを設定して、進めていたというところでございまして、タスク1に関しまして測定者間の測定誤差の評価ということで、こちらは実際、測定や模擬したマネキンを使って調査をするということでございますし、タスク2といたしまして、頸部付近の感度分布を実験的に評価するというものでございます。それからタスク3に関しては、スペクトル解析による統計誤差というところで、こちらの誤差要因についても評価していくというところと、タスク4としては、実測定における課題抽出ということで、主にその研修等の受講者等から、意見をいただき行っているというところでございます。下の表は、予備調査で利用した研修会ということで、この事業に先立ちまして事前に量研機構で研修会を行っていて、こちらは、簡易測定で使われるNaI(Tl)サーベイメータの誤差を定量的に評価したというものでございます。次、お願いします。それでは、測定者間の測定誤差についての評価について移ります。次、お願いします。前回ご紹介した通りで、データの拡充等を行っているのですが、説明などなるべく割愛したいと思いますけれども、このようなデータを持っております。私たちで、研修会をして、そこでマネキンをたくさん並べて、受講者、研修生に測定してもらい、その測定者間のばらつきを、これまで評価していました。この(あ)から(け)と順不同になっていますが、線源がない状態から線源を仕込ませたもので、どんどん強くなっていく順番に並べております。同じようなマネキンを測定しても測定者間でばらつきがあるということに関しては、私たちも事業の前に認識をしていたところでございます。このよう

なデータを取得しまして、予備調査の評価をしております。次お願いします。こちらは、去年の8月1日に行った評価でございますけれども、マネキン12体に対して8班、16人に参加していただいて、測定をしていただき、そのばらつきを見ているということでございます。測定器に関しては、それぞれ使っている検出器について個体差がありますので、校正定数というものを各機器持っていますので、それで補正をすることで、個体差はない状態にしています。見ていただくと、低いところから30%の誤差があり、だんだん減少する傾向には見えますが、一番高いところで15%ぐらいの誤差が出ております。次、お願いします。これも量研で行った研修でございますけれども、このように、誤差があるということでございます。全体的な傾向としては、線源の放射能が高くなるほど、誤差が低くなっていく方向にありますが、決して綺麗にいつもなっているわけではなく、ランダムなところがあるかなと思います。次お願いします。こちら第2回研修ということで、去年の10月11日に行った評価でございます。同様な結果となっていると思います。次、お願いします。こちら、今年1月16日に直近で行ったものでございます。人数としては少ないですが、こういったデータを蓄積してきたので、こちら予備調査の結果としてご報告したいと思っています。次、お願いします。こちらは、臨時研修で最初の3ページに示した表にある研修でございますけれども、今年から日本診療放射線技師会と量研との共催ということで、臨時甲状腺研修を行っておりまして、主にその日本診療放射線技師会の方々に参加していただいて、見ているというところでございます。こちら同じように、私たちの研修に来ていただける方々と比べて、同様の結果となっております。次、お願いします。こちらは、人数が多いのでグラフだけですが、このような表になっていて、グラフのマネキンひらがなの下に数字を表記しておりますが、こちらは誤差というところになっています。全般的には、測定のばらつきは小さいと思っております。次、お願いします。こちらは、前ご紹介したかもしれませんが、量研では管理区域の中で、甲状腺研修をしておりまして、その中で人為的にバックグラウンドを上げた状態での正味値の読み取りもさせていただいて、バックグラウンドが高い状態でもバックグラウンドの低い状態、通常の状態に比べても遜色ない結果、正味値がしっかりと得られているということをデータで示しています。次お願いします。こういった測定のばらつきをなぜ起きるのかということをつぶさに検証していく中で、提案書にも書かせていただいたように、それぞれのプローブの位置がどういう状態になっているのかということ、マネキンの横に置いた動画を見ているというところでございます。こういった形で見ていくと、やはり上の写真にある12班ですが、明らかに他と比べて値が低いことに関して見ていくと、プローブが離れていたりすることがあります。それから、上の図の1班ですけれども、この班は赤字で書いていますが、0.24、0.27、0.28と3回目読み取ってはいますが、プローブを頸部に当ててから20秒ぐらいで読み取りを開始しているので、まだ立ち上がっていない状態で読み取ってしまったということで、こういう結果になっています。しかし、3回読み取りを、今回測定の際にはお願いしているので、3回目読み取りで10秒、その後10秒、その後10秒と読み取っているのです、だんだん立ち上がって行って、中央値で読み取ることによって、問題ない結果に結果的になっているということでもあります。次、お願いします。こちら同じように調べていて見てみると、プローブの角度が結構様々であることに気づくわけですが、プローブの角度が傾いているというか結構垂直に近い状態になってくると、隙間が開いてしまい、値が少なくなってくる傾向があるのかなというふうに思っています。マネキンなのでなってしまうかもしれませんが、一応このような気づきがあったというところでございます。次、お願いします。もう一つ、気がついたこととしては、3回目読み取りしていますが、先ほど紹介したようにプローブをマネキンの頸部に当てて30秒経ってから、安定した状態で読み取ってくださいとお願いしていますが、正確に30秒経ってから読み取るのではなく、30秒以降に安定してから読み取って下さいということを意図と

していましたが、少し早く読み取ってしまった感じもあって、この黄色くマーカーを付けたところは1回目、2回目、3回目がだんだんと上昇していくパターンを示しておりまして、特にマネキンの中の線源の放射能が高いほどそういう傾向が顕著に見られたというところでございます。ただ、理論的には、上がってはいますが、大体平均 5% ぐらいなので、時定数の上昇分ということで考えると、リーズナブルといえばリーズナブルですが、たまに右下の表に赤字で示しているような明らかに、上昇率がかなり高くなっていると 1 割以上上がっているというところもあり、これに関しては、マニュアル等や実習のポイント・注意点を喚起することも必要なのかなと思っておりますのでございます。次お願いします。こちらは、ほかしてはいますが可搬型の甲状腺モニタのプロブタイプの装置で行ったものでございますが、こちらは NaI(Tl)よりは安定して取れているかなというふうに思います。次お願いします。こちらプロブタイプの可搬型甲状腺モニタでございますけれども、こういった形で誤差はありますが、やはりプロブタイプのモニタに関しては、プロブの位置によって誤差が出てくることが分かったということでございます。次、お願いします。こういった調査のまとめとして、正味値が $0.1 \mu\text{Sv/h}$ 以上の測定者間のばらつきは約 20% に大体収まっているかなというふうに思います。これは先行研究で、当部の矢島が出した論文ですけれども、先行研究と同様の結果であるということですが、全体の傾向を見て以前よりばらつきは減っているのかなと思っております。これは、おそらく実習、研修の説明の仕方等が改善された結果かなというふうに思っています。それからやはり全般的には、ばらつき少ないように思うのですが、一部の班が過小評価するとか、値が明らかに小さいことがありまして、この原因としては、やはりプロブがマネキンとの間に隙間が開いていることや、プロブの角度が深い場合が多いということでございました。指示値が上がりきらない状態で読みとっているということがあるので、30 秒以降に安定してから読み取るということをもう一度再確認するとともに、プロブが測定している間に動いてしまっている可能性もあると考えております。それから、可搬型の甲状腺モニタプロブタイプに関しては測定者間のばらつきは 10% ということで、取り扱いに関しても、その場でこうやってやりますと指示をすれば、十分測定できる感じだったので、運用上あまり問題ない、ほとんど問題ないのかなと思いました。それからステーションタイプに関しても、測定器の測定時間が 1 分間ということで、研究段階でできたものに関しては、確かもう少し長かったと思いますが、成人被検者、特に男性の場合には、喉ぼとけがその検出部に当たってしまって、少し隙間がいてしまったり被検者に痛みを与えてしまったりすることもありましたが、これに関しては、その後すぐに改善、改良されているということでございました。こういったことで測定の信頼性を向上させるためには、測定ジオメトリの標準化ということや、安定化というものを検討する必要があるというふうに課題抽出したところでございます。次お願いします。それを受けまして、研修で行うのは難しいので、JAEA 様に協力いただきまして、私たちと JAEA 様でワークショップというか、検証会をするということで、ここでは、1 回とりあえず行っていた後、フィードバックを挟んで、もう 1 回行ってもらって、結果が改善するかどうかを検証いたしました。これに関しては、規制庁様はじめ、多くのご協力をいただいて、できたものというふうに思っておりますので、この場を借りて感謝申し上げます。次お願いします。そのワークショップのプログラムですけれども、午後いっぱい使しまして、まず内容を説明した後に、第 1 ステージとして、3 つピリオドありますけれども、測定をとりあえず事前説明だけで行ってもらったということをしました。それから、途中休憩をはさみまして、測定制度の向上ためのフィードバックということで、先ほどの予備調査で得られたような課題を伝え、こういう点に注意してくださいということをお伝して、その後、セカンドステージをしていただくということでありました。次お願いします。少しわかりにくいかもしれませんが何をどうしたかを示しています。A 班 B 班 C 班と 3 つのグループがありまし

て、各 A 班 B 班 C 班とも 6 個の班ができていうことで、18 人参加いただいて、A,B,C とグループに分かれてもらい、それぞれが第 1 ピリオド、第 2 ピリオド、第 3 ピリオドと役割を変えながら、全部行っていただくということであります。役割としては、新型モニタでマネキン 4 体を測ると、それから、もう一つの役割としては NaI(Tl)サーベイメータで簡易測定を行っていただくと、もう一つの班は NaI(Tl)測定と一緒に、記録をしていただくといった形で、全部の役割、新型モニタの測定と NaI(Tl)サーベイメータの測定者及び記録者の 3 つの役割を行っていただくことをお願いいたしました。次お願いします。イメージが難しかったと思いますので、絵で表示しますとこのようになります。例えば、これは A 班の流れですが、最初に 4 つのマネキンを新しいモニタで測定していただいて、その後、第 2 ピリオドでは、NaI(Tl)サーベイメータを用いて 6 個のマネキンを測定していただいて、最後にその記録をしていただく形になります。全部で 10 体のマネキンを測定していただくということをいたしました。次お願いいたします。そのフィードバックでどのようなことを言ったかと言いますと、先ほどの予備調査で示されましたプローブの角度や位置などを注意してくださいとお伝えしました。ここに示すような例を示しまして、このくらい変わることをお伝したということでございます。次お願いします。さらに、種明かしもしまして、線源つまり甲状腺に相当する線源はどこにあるのかということもお知らせして、そこを狙ってくださいというようなことをお伝したというところでございます。次お願いします。早速、そのワークショップの結果でございますけれども、こちらに示しますのが、NaI(Tl)サーベイメータの結果ということで、これは JAEA 様の NEAT で行った結果でございますけれども、こちら、NaI(Tl)サーベイメータ 4 つを抽出して表示していますけれども、1 回目の測定と 2 回目の測定で、それぞれこのような形になっていて、この平均値としては、P 検定をすると、優位に上昇しているというケースが 4 ケース中 3 ケースということで、また平均値も 12% 上がっているので測定のプローブの当て方に関しても改善が見られたということかと思います。次お願いします。QST で行った NaI(Tl)サーベイメータの結果でございますけれども、こちら 6 つのマネキンがございまして、こちらはいずれも改善が見られたということで、かなり良好といえますか違いがあるということでありまして、こちら平均値が 15%増加したということでございます。次お願いします。こちらは、可搬型のプローブタイプの甲状腺モニタでございますけれども、こちらは p が有意差があるような感じにはなっているものの有意なところまではいっていません。有意差があるのが 0.05 とすると、3 例中 1 例というところでございます。これもばらつきとしては減っているということと、平均値がいずれも上昇しているということなので、プローブタイプの特徴としてプローブの位置をしっかりと甲状腺の位置に当てるとということが重要であることと認識されたということでもあります。一方で、アウトライヤーの方がおりまして、なぜこのような結果になったかに関しては、さらに検証していくこととしています。次お願いします。こちらが、QST で行った可搬型甲状腺モニタ、プローブタイプのものでございますけれども、明らかに値が低かった方が、真ん中の B3 という方ですが、見ていただくと、やはりプローブの位置が高めに設定されているということで、一方、左にある赤枠で囲っている B5 ですが、こちらは一番高値を出しているということでございますけれども、当て方がどのようになっているかを次のスライドでクローズアップした写真をお示しします。こちらの方で見ますと、最初 B3 の方に関してはかなり高めに上げているのに対して、B5 の方は、先ほどの線源がどの位置にあるかということをしかりと把握した上で、狙っていただいているということですが、B3 の方がなぜこのように行っていたかに関しては、認識が違っていたと思いますが、こういったところを細かく検証していくことによって、測定の精度を上げられると考えているところであります。次お願いします。こちらは、可搬型甲状腺モニタステーションタイプでございます。こちらに関しては、右が測定値のばらつきですが、こちらはフィードバックの前後に関わらず、あまり変わらない結果と

なっております。ただ、これは後で申しますように、非常に測定器の検出部に特徴がありまして、もともとブレが少ない構造になっているためと考えられます。一方で、やはりアウトライヤーがおりまして、2 回行って違う方になっているので、A3 の方は、フィードバックを受けて、改善しているのに対して、A6 の方はまた認識が異なっていて悪くなってしまったと考えられます。一方で、測定時間というのはスペクトルの収集時間とマネキンセットアップする時間ですけども、この時間を測定していただきまして、これに関しては、かなり有意差が出ていて、繰り返しやることによって、効率よく測定器にマネキンセットアップして、測ることができていることを示している結果となっているということでございます。測定したバラつきに関しては、このアウトライヤーを除くとかなり良くて、5%、6%になっているということでございます。次お願いします。こちらが、先ほどの可搬型甲状腺モニタステーションナリタイプでございますが、このような形なので、頸部と検出部の位置関係があまりブレないように設計されていることが影響していると思います。先ほどのアウトライヤーの A6 の方ですが、これに関しては黄色い線を引いたところが検出器の中心ということで、ここに甲状腺を合わせるようにインストラクションをしっかりと守っていれば、正確に測定できるのですが、そういう意味では、かなりジオメトリに対してしっかりと保持、正確にオートマチックにあわせられるようになっていると思います。これは非常に優れている点だと思いました。これらを踏まえたタスク 1 のまとめといたしまして、NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータに関しては、フィードバックによって、ジオメトリの向上と手技の安定化が図られたと思っております。可搬型スペクトロメータプローブタイプに関しては、平均値としては上昇しているので、線源に対する測定ジオメトリの向上と測定手技の安定化が図られた結果であると考えられます。最後のステーションナリタイプに関しては、検出部の構造上、測定ジオメトリの振れ幅が小さい、異常値の頻度も低い、それから、2 回目に関しては、測定時間が有意に減少したということが結論付けられたと思います。以上が、タスク 1 の結果となっております。

次お願いします。次は、タスク 2 ということでそういった測定誤差が実際、この測定者による測定で得られることが確認できたわけですが、これを実験的に、感度分布を調べてみようというのがタスク 2 でございます。次お願いします。こちらはファントムに対して NaI(Tl)サーベイメータのプローブがずれた時にどのくらい誤差があるかということに関して示しております。これは、先行研究の結果でございますけれども、結構、甲状腺の位置に対して、かなりプローブを振った状態、左の絵にあるような形で、甲状腺の中央部に対して甲状腺の上から下までなぞる感じでプローブを動かすことと、甲状腺には右葉左葉ありますが、右葉にまでずれた場合、見た目では結構中心から左から右にずれているような状態を模擬していますけれども、この状態でおおよそ 20%の誤差があると認識しておりますので、マネキンで行った模擬の測定と同等の誤差が出てくるということになります。次お願いします。マネキンでは、どうなのかということも調べました。こちら、マネキンに対して星の印がついているところが中央部になっていて、ここに線源が入っていますが、この中心から上に 2 cm、下に 2 cm、それから回転角として -20°から +20°左右に振って、どのくらい感度がずれるのかということを示しました。次お願いします。横から見ると、こんな感じになっていて、マネキンの首の部分は、胸が入ってくるので円筒とはいかず、単純に下にずらすと緑の箱にあるような形で、距離が離れていくということになります。一方で角度を変えるということに関しては、やはりこの黄色の点線の枠に示しますように、これは隙間ができてしまうということになります。赤い四角でくくったところが、これが我々の測定、実験で最大感度が得られる角度を示しており、5°の仰角を持たせてアプローチすると、一番高くなるということが分かっているということでございます。次、お願いします。そういったことで、どのくらいずれるものなのかということを検証した結果がこちらになっていまして、プローブの上下による感度

変化というのが左上の表になっていまして、プローブの仰角が左下の表。それからプローブの回転に関しては、右の表に示す通りですけれども、最大値になるのが先ほど申しましたように、線源の位置に対して同じ高さで 5°の角度を持たせる場合が最大の感度が得られます。その状態を 1 とした時に、どれだけ感度がずれるかという相対値を示していますけれども、ベストなポジションからずらしていくと感度が減っていきませんが、どこまで許容できるのかというのを調べているということでございます。上下に関しては、下にプローブが行くと、検出器が離れてしまいかなり下がってしまうので、ここは、首（頸部）の部分と胸の部分をしっかり認識して、プローブを当てることを、常識的な範囲で移動していれば良いかなというところと、それから、仰角に関しては、10°くらいでは良いですが、ある程度、20°以上に関してはかなりわかるので、認識できるのかなと思いました。それから、回転に関しては、10°くらいまでは許容範囲と考えられるかなと思います。このような形で、網羅的に感度分布を変化して評価したということでございます。次お願いします。このような感じで、データを蓄積しながら行っているというところでありまして、先ほど研修会のマネキンの試験で行ったデータで、立ち上がり時間のこともあったと思いますが、それに関してもこの実験を通してデータを取得しているという形でございます。今、指示値の立ち上がりについても別途解析中でございます。次お願いします。次は可搬型モニタのプローブタイプでございますけれども、検出器が上に行ったり下に行ったりいたしますので、先ほどの QST で行った検証会においても上にプローブを当てて測定した際には、かなり感度が落ちてしまったことも認識していたので、これがどのぐらいなのかということをしかりとこのタスク 2 で調べたというところでございます。次お願いします。こちらが高さ方向のものでございますけれども、この線源の位置に対して、同じ高さでプローブが合わせられれば、高い感度が得られますが、それよりも少し上に合わせると右の写真のように、最大値を見ていただくとプローブとマネキンとのフィットがかなり良くなることが反映しているからか、若干指示値が上がるということでございました。それより上に 1.5 cm まで上げてあまり変わらないのですが、逆にプローブを意識的に下げていくと感度が急に低下することが感じられたので、プローブの高さもありますフィット具合でだいぶ変わってくると思いました。次お願いします。今度は、プローブの角度を変えた時にどうなるかということも調べまして、プローブに角度をつけていくと、やはり隙間ができてしまい、見た目でもわかるので、このような写真状況になるようなことをしないように注意喚起をしながら測定を行えば、フィットだけしっかりとしていれば、測定値としては安定するのかなというふうに思ったところでございます。次お願いします。統計誤差でございます。こちらはデータの解析中でございますけれども、特にリピータビリティでピークの解析が安定しているかどうかを見ています。各 1 分測定、2 分間測定、3 分間測定で測定時間が長くなるほど、各測定の統計誤差は減っていきませんが、ピークの解析が安定して行われるかどうかを調べていくというところで、特に測定時間が短くなっていくと、スペクトルのカウンターの収集時間が少ないので、各チャンネルの誤差が大きくなっていくということで、ピークを解析したときにピークの横のバックグラウンド、計算するために使うチャンネルの横の誤差が大きくなってしまって、ピークの解析時にはランダムな異常値になるものが発見できるか、発現するかどうかというのを調べているところであります。こちらまだ十分な検証はできておりませんが、こういった検証試験をしていて、データの解析をしているところでございます。次お願いします。タスク 4 としては、こういった新しくできた装置に対して、忌憚のない意見を徴収すると、それを持って今後の改善につなげていくというところでございます。いろいろ書かれておりますけれども、操作性に関しては、両モニタとも良いだろうと、簡便でいいだろうというところであります。こうした方がいいのではないかみたいなきごとがありまして、書かれておりますけれども、プローブタイプのものに関してよく言われているのは、測定時間に関して私たち 3

分とリコメンデーションしていましたが、3分間にすると50Bq以下まで限界値を下げられるので、推奨していましたが、やはり3分間は長いということがありました。プローブタイプのものは、測定時間は短くしなくてはいけないと思いました。少なくともNaI(Tl)サーベイメータよりは、短くしなくてはいけないと思いました。また、元々私たち乳幼児の測定器がないということで、プローブタイプに至ったという経緯もあったのですが、さらにこういったものを作ると、保持しているのが難しいとかという話になるので、そういったところ、治具みたいなものはすぐできると思いますが、実際、安全研究でも作りましたけれども、肘置きみたいなものを作って、プローブを安定して保持するなどのご意見がありました。そういった形でいろいろのご意見いただきました。最後、JAEAさんの福島原発の経験をされた方々から貴重なご意見いただいていたのは、測定器に関して固定して行う方が多くを測定するには適しているということで、これまさにステーションナリタイプの測定器でございますけども、こちらは測定器を固定しているで、被検者がこう体制を合わせる形になっているので、ある程度その乳幼児といったような対象を除けば、効率的に測定できるのかなと思いますし、実際のワークショップにおいてもかなり効率的に測定できているようなデータが得られているので、このようなご意見がありました。まとめとしましては、それぞれの利点を活かした最適な組み合わせによる運用が今後必要と思いますし、それから簡易測定に対する優位性を保持しつつ、被検者の負担が少ない測定法が必要であると認識したところでございます。次お願いします。こちらと同じような貴重なご意見をいただいて、まとめたものでございます。はい、以上が長くはなりましたが資料1の結果となります。ということですいません、駆け足になってしまいましたけれども、こういったデータを入手できて、これは非常に多くの方々の協力を得て得られたものでありまして、中には当たり前と言われてしまっても致し方ないデータもあるにせよ、実際測定をしてもらって、取ったデータということなので、非常に貴重なデータであることと、それから新しい開発されたモニタに関しては、十分運用ができる段階にあるのかなというような認識であります。はいすいません。皆様方から、忌憚のないご意見とコメント等いただければと思うのですが、いかがでしょうか。では、保田先生からお願いします。

保田（広島大）：栗原先生、大変入念に検討されていて、勉強させていただきました。やはり気になるのが、その測定の時のその手の位置がやる人によって違うために、1.5倍ぐらい、50%ぐらいの差があったということで最後のコメントにもありましたが、もう少し絵ではなくて、ホルダーみたいなものを作って、誰がやっても同じ位置で計れるみたいな補助具を開発してもいいのかなと思ったのですが、そういう取り組みはされてはいるのでしょうか。

栗原（QST）：ありがとうございます。今回このような検証を通しまして、課題が見つかったわけですが、プローブタイプのものはスクリーニングで続けて行っていたところもあって、NaI(Tl)サーベイメータはスクリーニングでその場ですぐ測ることを主眼に置いていたので、あんまりその測定器を保持してってことはなかったのですが、JAEAさんのようにしっかりと保持できるような安定するような構造になっていけば、支えられるのですが、プローブタイプのものに関しても測定のジオメトリが安定するように検討をしていければ思っていて、まだその対応については十分できてないということでもあります。また、甲状腺の位置がわかりにくいと言ったようなご意見もあって、これに関しては、例えば簡易測定とかで、受付した後には測定をするのですが、その時に例えば甲状腺の位置に印というかシールを貼り、甲状腺の位置はここであるといったしっかりと特定できるよう間違ったところへ当てないような工夫があるといいと思っています。また、プローブの角度に関しては、先生がおっしゃられるように治具みたいなものができれば、いいのかなとも思いますが、しかし、どういうものを作ればいいのかというのは、まだアイデアがないので、今後の検討にさせていただければと思います。

保田（広島大）：ありがとうございました。

栗原 (QST) : ありがとうございます。石川先生いかがでしょう

石川 (福島医大) : はい、ありがとうございます。詳細なご説明ありがとうございました。タスクの 1 のところでフィードバックの効果のご説明をされていたと思うのですが、測定の留意点等説明すると、結果が良くなったというようなことだったと思うのですが、その実際の測定、実際に災害が起きた時の測定ということを見ると、研修を受けた時期というのは多分測定者によってバラバラなんじゃないのかなというふうに思います。同じ会場にいても、多分 1 年前に甲状腺の簡易測定の研修を受けたと、あるいは 2 ヶ月 3 ヶ月前に受けたという方も、一緒になって測定をするという状況が考えられるのではないかと思います。今回見させていただいた結果を拝見すると、実際に測定するとなった場合には、会場ですぐブリーフィングみたいな改めて測定の留意点をその会場にいる方たちに周知をして、知識を呼び起こしてもらおうといったことも大事なのかなと思いました。簡単ですが以上です。

栗原 (QST) : はい。石川先生ありがとうございます。まさに先生の言っていたことすごく重要で、もちろん甲状腺簡易測定研修も有効期限が 3 年ということとなっていて、3 年おきにも研修するってことになっていますけれども、今規制庁様と事前に派遣される前に簡易的に説明会みたいなものをやることは検討されていると、お聞きしたことがあるのですが、そういった事前のブリーフィングみたいな形で、留意点を再確認するみたいなことを、規制庁様でも考えられているので、その中で私たちの今回のデータや作ったものが役に立てればと思っていますところでございますけれども、今後このような形で微力ながら貢献できればなと考えているところでございます。ありがとうございます。

石川 (福島医大) : ありがとうございます。

栗原 (QST) : はい、そのほかいかがでしょうか。

宇佐 (長崎大) : 長崎大学の宇佐です。フィードバックして、きちんとフィットされれば、かなりばらつき減っていくので、許容範囲のレベルとだ思うのですね。ただ、おそらくこの下にあるようにこのようにずらして測定することはありなと思うので、きちんとフィットさせれば、こんなばらつかないのかなと今日かなり解析していただいてありがとうございます。解析結果から見ると、きちんと密着させてあてさえすれば、そんなにばらつかないのかなと思って。

栗原 (QST) : そうですね。先生言われた通り、これまでの甲状腺簡易測定研修でもいろいろデータを取らせていただきまして、NaI(Tl)サーベイメータの性能を考えると、十分ではないかというようなこともあるのですが、一方で、アウトライヤーの方に関してしっかりとフォローアップしていかなくてはならないし、それもなかなか難しいです。各センターでそのような研修をしているか私たちもいろいろ調べさせていただく必要があると思うのですが、私たちのようにとにかく測ってもらって、その都度見てはいますが、一人一人見ているわけではないので、そんな中で、あるセンターによっては受講生一人に対して一人帯同して、少しプローブがずれていたら違うと指摘するようなフォローアップをしているところもあるので、そういった形で大多数は良いですがアウトライヤーの方が出ないようにそこは対応していく必要があると思いました。ありがとうございます。そうですね、常識的な感覚で合わせられていけば、結果そんな変に当てない、ただ、角度とかがどのくらいこうずれていくのかとか、やはり十分時間経たないうちに読み取ってしまうようなこともあるので、でもそれも 3 回読み取りをすることによって、結構、救われているところがあるのかなと認識したところでございます。

真辺 (JAEA) : はい、ご説明ありがとうございます。私も臨時研修に参加して測定させてもらったのですが、1 回やってみた後にちゃんと説明をいただいた時の結果の収まりっぷりを見るに、やはりその直前の指導というのは十分効果的であろうと。そうなったら、もう結果は十分誤差が小さいものだなと実感しましたので、その直前の指導というのが重要で、それさえやっていけば十分誤差は小さいのではないかなというのも実感として思いました。というところです。

栗原 (QST) : ありがとうございます。そうですね。これからも測定者の育成というのは続くわけですが、やはりこの甲状腺研修の質を上げていくとともに、直前のブリーフィングというところで、実際に起きてしまった場合の体制を整えて、いざ測定に向かう時にブリーフィングをして、しっかりとした指導者が、こういったところを注意してくださいみたいなことが言えるといいのかなと思ったところでございます。ありがとうございます。規制庁様から何かございますでしょうか。はい、わかりました。そうしましたら、時間も1時間ぐらい使ってしまったので、次の議題に移りたいと思います。次は議題の2になります。こちら資料の送付が非常に直前になってしまいまして、申し訳ございませんでした。こちらが、仕様書に書かれております項目の2番目になりますけれども、甲状腺被ばく線量モニタリングに使用可能な各機器の活用が想定される状況等についての比較調査というところで詳細にはその青枠で書かれているところであります。いろんな測定器がある中で測定対象になる年齢層ですとか、使用する場所ですとか、測定時間と測定可能期間等と活用が想定される状況に係る比較検討を行うということで、実際どのケースで、どういう場面で最適な使われ方をするのだろうかといったところを検討してくださいといったような内容かと思っております。次お願いします。いつも使っている表なのですが、改めまして、並べてみると、こういうことかなと思ってしまして、左からNaI(Tl)サーベイメータがあります。今般製品化されたモニタとして可搬型甲状腺モニタが2種類あって、プローブタイプのものでステーションナリタイプのものであると。それらに関して、今後活用が検討されるというところでございます。それから、拠点病院等にある据え置き型の甲状腺モニタがありまして、写真にあるのは私たちのQSTにあるものでございますけれども、そういったもの、それからあともう一つ、右にあるのが、これは精密型体外計測装置でございまして、鉄遮蔽室に収められたホールボディカウンターのようなものです。こういったものも実際、福島事故の時には使われてはいるので、これらも含めて測定機器類では考えられるというところでございます。それぞれ、今最初のページにあったものの比較に入る前に、これらの装置の仕様を現状の範囲でまとめておりますけれども、こういった形になっていて、NaI(Tl)サーベイメータに関しては説明するまでもないのですけれども、スペクトル測定ができないということで簡易測定に用い続けられていると。今般、製品化された甲状腺モニタに関しては、スペクトル機能を持っているので核種同定できますし、作られた装置に関しては、実は結構お互い相まみえないところもあって、異なるコンセプトで作られています。可搬型に関しては、NaI(Tl)サーベイメータと同様なプローブタイプでございまして、NaI(Tl)サーベイメータと同じような、特性を持っているというものでございます。一方で、ステーションナリタイプのものに関しては、しっかり机の上に設置して測定するというところでございます。重量はあるのですけれども、十分可搬型であるということでもあります。こちらは、検出部に遮蔽体がしっかり施されていて、ある程度高い線量下でもできるというところと、1分間測定というところが、非常に強みであるというふうに思います。それから据え置き型に関しては、こちら拠点病院によって、スペック変わってきますけれども、私たちはGe半導体検出器を使っていて、相対効率50%のGe半導体検出器に、厚さ4.5cmの鉛のシールドが付いているので、かなり口径としては大きい感じになっているので、小さいお子さんに関する測定は、福島の時それで無理やり行いましたが、あまり適していない感じがいたします。それから一番右の遮蔽室に収められた精密型に関しては、実際の緊急時の作業員の測定に使われたという経験ございまして、鉄室の中に収められている測定器の測定なので、やはり子供だけだと難しいというところはありますけれども、10 Bq くらいの検出限界値は達成できるというところでもあります。それで、下の青字で書いているところでございますけれども、甲状腺被ばく実施マニュアルにおいて開発された可搬型甲状腺モニタが製品化され普及が見込まれる段階において、当該甲状腺モニタを用いた実施体制等について改めて検討を行うということが書かれているというところ

でございます、この事業につながっていると認識しております。次お願いします。こちら緊急作業員の測定に使われたものでございます。私も少しかかわっていたのですが、鉄遮蔽室の中にホールボディカウンターがもともとあって、これを使って甲状腺の測定ができないかというところで、ちょうどこのような上からぶらさがるタイプの検出器だったので、甲状腺に合わせることができまして、距離も 5cm、10cm と両方の測定をしておりまして、10cm の測定がだんだん厳しくなってくると、今度 5cm にして、対応していたかなと思います。一番右の写真が、鉄遮蔽室の中で NaI(Tl)スペクトルサーベイメータを持って実際自分で首に当てていただいて、測定したこともありまして。これはもう最終手段かなと思いますけれども、検出限界値がかなり低く収められるというところでもあります。次お願いします。そもそも、どこまでの線量を見なくてはいけないかというところでございますけれども、こちらに示しますものは 100 mSv に相当する甲状腺残留量を年齢ごとに書かれています。だんだん半減期で減っていくので右肩下がりになって下がっていくと。赤く示した矢印は、検出限界値であります。500 Bq ぐらいにあるのが NaI(Tl)サーベイメータですけれども、かなり 0.01 や 0.02 $\mu\text{Sv/h}$ が見切れたと、そこを検出限界値と仮定した時に、年齢によっても変わってきますが、理想的な状態で 500 Bq ぐらいと評価されています。それから、可搬型甲状腺モニタに関しては、いずれもだいたい 50 Bq ぐらいということで、下の赤い矢印に示したところになっています。この赤い矢印よりも、甲状腺残留量が下に行ってしまうと、その 100 mSv の線量が検出できないということになります。ということで、NaI(Tl)サーベイメータに関しては、特に若年層に関しては、1 か月ぐらい経つともう何も見えなくなってしまうということでもありますし、それから可搬型モニタに関しても、だいたい 1 か月ぐらいで 50 Bq は見えなくなってしまうところでございます。一方で、簡易測定・詳細測定に関しては、スクリーニングレベルを見るという観点から、期間が設置されていて、簡易測定に関しては 3 週間、詳細については 4 週間と設定されております。次お願いします。こちらが簡易測定で用いるスクリーニングレベルと書いておりますけど、100 mSv を見ようとすると、このような形で、各年齢群で従っていく甲状腺の NaI(Tl)サーベイメータにレスポンスするので、こういった中でスクリーニングレベルを最適に決めていかなくてはならないというところでございます。スクリーニングレベルは概ね 100 mSv を検知できるようこれを越えたら、100 mSv になるというようなところで設定していますが、実際には、小さいお子さんの場合には、すぐ出て 0.2 μSv 以下になってしまうので、右の図にあるように代理測定を行うことによって、スクリーニングレベルの適用期間を長くしているというところでございます。左のグラフを見ていただくと、3 週間あたりでいずれの年齢も 0.2 μSv よりは少し上にいっているか少し下がっているかぐらいになるのですが、そういったところで 0.2 μSv をスクリーニングレベルとして設定しているというのは、このグラフにあるように、3 週間ぐらいまでだったら 0.2 μSv で、100 mSv は概ね検知できるということでやっているというところでございます。ただ、スクリーニングレベルを超えたからといってすぐ 100 mSv になるわけではなく、やはり摂取期間が短ければ短いほど、かなり過大評価になって、つまり赤い点線のスクリーニングレベルより上にいった分が過大評価分としてなるので、スクリーニングレベルを超えたからと言って、すぐに 100 mSv となるといったことではない。一方で、避難をしてから避難所に行行って避難者が落ちついた段階で、測定体制も整ってからと考えると、最初の 1 週間は、測定体制に移るのはなかなか難しい現状もあるので、簡易測定が 3 週間以内となっはいるのですが、実際動ける期間としては、最初の 1 週間以降から 3 週以内というところで 2 週間ぐらいの対応となると思われます。次お願いします。そういった形で、原災指針が令和 4 年に改定されていますけど、甲状腺のモニタリングが追記されたというところでもあります。住民の防護対策として、避難退域時検査をすると、除染をすることによって、被ばくによる影響を最小化するという防護の観点で、退域時検査行われているというところでございますけれども、

そういった避難してきた方に対して簡易測定を行うということが、この絵のように令和 4 年の改定で決められたというところでございますので、こういった形で対応されます。また、簡易測定において $0.2 \mu\text{Sv/h}$ を超えた方に関しては、今の枠組みでは詳細測定します。詳細測定が対外拠点病院にあるので移動しなくてはいけないといったようなところが現状の課題としてあると思います。次お願いします。改めて仕様書に書かれた内容で、5 つの測定器のまとめをしています。赤枠で囲った可搬型甲状腺モニタについて紹介をすると、プローブタイプに関しては、これまでもご紹介しているとおり、乳幼児の測定も可能としています。こちらは検証試験を既に行っているというところであります。一方、ステーションリタイプに関しては、こちらの方も小児から成人まで測定可能で、乳児に関しては頸部の背面を検出器に乗せて測定するというので、ちょうど検出部のあたりを枕のような形で、測定することが可能であると提唱されているところでございます。一方で、こういった可搬型モニタをどこで使用するかに関しては、今後議論がなされると思いますが、私たちが今考えている中では、簡易測定会場で NaI(Tl)サーベイメータとの併用が考えられると思います。そうしますと、これらの装置に関しては、先ほど最初に示した表にございますけれども、スペクトルの解析には据え置き型の甲状腺モニタとほぼ同様なレベルであるので、そういった意味では同じような性能を有していると思われますし、先ほどの甲状腺残留量に対する検出下限値の関係を見ても準詳細測定器としての性能は具備していると考えられますので、詳細測定を現場で行っていく観点で、この可搬型モニタが持ち込まれれば、対応の効率化が図れるのであろうというところでございます。測定時間に関しては、これも先の表でお示ししていますけれども、可搬型のプローブタイプでは、3 分間の測定を推奨しておりますけれども、こちらは短縮も検討しているところであります。4 週間ぐらい測れるのではないかと考えておりまして、また、上記を踏まえた最適な用途や使用条件と掲げていますが、使用条件で両者が異なる点は、ステーションリタイプに関しては数 $\mu\text{Sv/h}$ の環境下まで運用が可能であると考えております。一方で、簡易甲状腺マニュアルに書かれているように測定場所に関しても実施マニュアルに明記されていて、そちらの方には可能な限り空間線量率が低い場所で測定すると書かれていますので、そのような場所で測定されるのであれば、プローブタイプでも運用可能であらうということになります。一方、据え置き型などの精密型体外計測装置に関しては、これまで通りの運用もできますし、さらに、一番左の精密型体外計測装置に関しては、例えば、高線量の被ばくを受けた可能性があるのだけれども事前の測定が受けられていない方に関して、提供することができであらうと考えています。このように、今後の甲状腺モニタの新しい展開について考えていく必要があります。二つの測定器でプローブタイプのものに関しては、NaI(Tl)サーベイメータライクのように使うことが必要で、測定時間なるべく短くするというので、NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータの置き換わるような形で運用できるといいと思っておりますし、可搬型の 2 つのタイプを比べた場合、ステーションリタイプの方が、測定の安定性という観点で優れているので、こちらを現場で用いる詳細測定器の位置付けということで、NaI(Tl)サーベイメータの方を可搬型のプローブタイプに置き換えて、ステーションリタイプの方を従来の拠点病院などにある詳細モニタと互換するといった考え方もあるのかなと思っております。次のお願いします。可搬型の甲状腺モニタの活用される方法に関して、別途可搬型甲状腺モニタプローブタイプに関して記事を書かせていただいたものでございますけれども、活用方法としては、簡易測定会場における活用、それから乳幼児を含む小児用モニタとしての活用、それから、簡易・詳細測定併用モニタとしての活用が、今合理的に性能を考慮して考えられる方法だと考えております。はい、以上となります。こういった整理をさせていただきまして、今後の新しいモニタの運用方法を考えていくところで、まずは、この事業で叩き台を示すことであると認識しております。はい、これに関して、生煮な議論ではありますが、先生方から、忌憚のないご意見等い

ただければと思うのですが、いかがでしょうか。

石川（福島医大）：石川ですけれども、よろしいでしょうか。

栗原（QST）：はい、お願いします。

石川（福島医大）：4枚目のスライドだったと思うのですが、可搬型のモニタとNaI(Tl)サーベイメータのとの検出限界の比較があったと思います。10倍ぐらい検出限界が違います。あその前ですかね。NaI(Tl)が500 Bqと、ただ、可搬型のプローブタイプは、50 Bqということで、仮にプローブタイプの可搬型甲状腺モニタをNaI(Tl)と同じ位置づけにしたとすると、可搬型甲状腺モニタが測定時間もだいぶ短くてできるという、そういう理解でよろしいのでしょうか。想定だと3分間ということでしたが、50 Bqではなくて500 Bq測れば良いということであれば、だいぶ測定時間も短くなるのでしょうか。

栗原（QST）：はい、すいません。説明がかけておりました。まさに先生言われた通りでございまして、今現状として思いますのは、簡易測定と詳細測定のギャップがかなり大きいのではないかとこのものがあります。つまり、簡易測定は、スクリーニングレベルを超えたか超えていないかというところで、判断をしますが、さらにそれを見ているところが100 mSvというところで見えています。それも実際には、スクリーニングレベルに相当したからといって、線量はどうかについても、対象年齢と摂取からの経過日数によって、だいぶ変わってきますので、スクリーニングレベルを超えたからといって、すぐ100 mSvに相当するわけではないかもしれませんが、線量がかかなり振れる中で詳細測定に回すので、少しギャップがあるのとあと結局、簡易測定で使う結果というものが、将来的に線量評価に参考にされるのか、あるいは線量評価するのかといったところはまだ議論がされてないと思います。一方、先生が言われたようにもし可搬型のプローブタイプの甲状腺モニタが、例えば3分間ではなく1分間でできますよということになれば、検出限界値は200 Bqぐらいまで上がる可能性はありますが、それでも核種同定もできますし、1分間の測定であれば、スムーズにまた、今のNaI(Tl)サーベイメータの簡易測定よりもさらに測定精度は確保されます。その段階で、別の測定器、ステーションリタイプのモニタですとか、あと、拠点病院でも良いのですが、そのようなところでしっかりとした時間、精度の良い測定ができれば、それも一つのあり方ではないかということでもあります。もちろんこれに関しては、予算とかも絡んでいますので、勝手なことを申すことはできませんけれども、そういった形もあるのかなと思います。ただ、現状として思いますのは、簡易測定と詳細測定のギャップがかなり大きいところは、事実としてあるのかなと思います。

石川（福島医大）：はい、ありがとうございます。承知しました。

栗原（QST）：はい、ありがとうございます。保田先生お願いします。

保田（広島大）：はい、ありがとうございます。観点が変わるのでですけど、このGAGG素子を使っていますよね、可搬型甲状腺モニタAで。そして、この素子は多分東北大学で開発されたものでサーベイメータとして使えるといったような発表をどなたかがされてきたものだと思うのですが、これはもともとサーベイメータとして商品化はされているのでしょうか。もしそうであれば、むしろいろいろなところにNaI(Tl)の代わりに普及させといて、いざという時にはプローブだけ変えて使うこともできるのかなと思いましたが。

栗原（QST）：ありがとうございます。クリアパルスというところから、東北大学が作ったGAGGという結晶を使って、空間線量率の測定器のモニタとして、プローブのみを製品化して、リリースしてはいますが、まだそれほど全国的に普及していると言ったら、そのような認識はなく、結構前に作られたと思いますが、そこまで普及してはいないという認識です。

保田（広島大）：わかりました。国産製品になるのでプッシュして、普及できるといいですね。

栗原（QST）：そうですね。

保田（広島大）：はい、ありがとうございます。

栗原（QST）：はい、ありがとうございます。その他いかがでしょう。

真辺（IAEA）：ありがとうございます。こういった場所で使っていくかという運用方法を検討するにあたって、何個測定器があるのかというのは、大事な情報かなと思いで、例えば、簡易測定会場に少なくとも 1 つは配備できるのであれば、スクリーニングレベルを超えてしまったけども、測ってみようかといった運用もできたりすると思うので、どれぐらいの数が揃えられるのかというのも、1 つのシナリオを考える重要な要素と思いました。

栗原（QST）：はい、ありがとうございます。まさに、どのような体制を整えていくのかについてもあると思うのですけれども、生産ができるのかといったところもありますし、費用の問題もあるので、ここはしっかり議論してから進むのだろうなと思っております。規制庁様から何かございますでしょうか。

島川（規制庁）：据え置き型で医療機関において使われるようなことがあるのであれば、その可能性なども検討していただきたいなと思っております。

栗原（QST）：はい、ありがとうございます。据え置き型に置き換わるものとして、この 2 つが活き続けられるのかについては、また議論必要だと思うのですが、やはり拠点病院で測るというメリットも移動しなくてはいけないという不便さもありつつもやはり少し離れたところで、安定した状態で、測定することもある程度のメリットはあると思います。ただ、被検者が移動しなければいけないことが、今どこまで支障になっているかについても議論が必要であると思います。ありがとうございます。木村様。

木村（IAEA）：質問ではなく確認になりますが、6 ページの原子力災害時のフローにおいて、この時には甲状腺の簡易測定において、避難先に来られた方全員が測定されるのでしょうか。

栗原（QST）：今、避難されてきた方々がその地域によって、空間線量率が上昇した OIL1 はおそらくないと思いますが、OIL2 で避難されてきた方々が皆避難退域時検査を行って、避難所に行きますというところで、簡易測定のその方々が対象になるのですが、今実施マニュアルで示されているところでは、優先順位として 19 歳未満の方々と妊産婦、授乳婦の方々を対象にします。また、実施マニュアルで 8 歳未満の方々に関しては、プローブを当てるのが難しい状況も考えられるので、その場合には保護者で測定をするといったようなことになっていると認識しています。

木村（IAEA）：すみません、ありがとうございました。避難退域時検査のところで、汚染で引っかかった方を優先するなど、そういったことはあるのかなと思い、伺った次第です。ありがとうございます。

栗原（QST）：はい、ありがとうございます。避難退域時検査で 40,000 cpm を超えた方に関しては、簡易除染をします。40,000 cpm 以下になるまで簡易除染を継続するということかなと思っています。はい、ありがとうございます。おそらく、ここが結構この事業の中で、最初の測定誤差の調査に関しても結構重要かつ難しい項目でしたが、この 2 番目に関しても結構難しい項目なのかなと思いで、あまりこの報告書の中で具体的な体制までは言及しなくてもいいかもしれませんが、こういった運用を考えられるのかについて、今の簡易測定、甲状腺モニタリングの実施体制をどのように変えうるのかというところを、いくつかのパターンを示していくのだろうというふうに思っているというところでございます。その他いかがでしょうか。時間もいい感じになってきましたので、最後の議題に移らせていただきたいと思います。次が、こちら重要かつ難しいチャレンジングな課題かなと思うところでございます。これは、甲状腺被ばく線量モニタリングの簡易測定の現場を想定した測定対象者数の測定器数の関係に対する調査ということであります。枠に書かれたところが、詳細に書かれているところでございます。こちらは簡易測定の現場で、スクリーニングレベルを超えた方々を可搬型モニタで測定することを想定しつつ、標準的な処理能力について厳正な仮定を置いたうえで、必要な機数を算出することを行うというところで、まだ十分検証しきれていないとこ

ろもありますが、現状を報告したいと思います。パラメータとしては、オレンジ色で示した会場の規模、1会場あたりのブース数、時間あたりの来場者数、スクリーニングレベルを超えた者の割合、それから測定が困難な者の割合をパラメータとして、感度分析を行うというところでございます。

次お願いします。まず、具体的なシミュレーションを行う前に、指示されたパラメータについて、検討してみたものがこのスライドになっています。会場の規模ですけれども、こちら実施マニュアルによると簡易測定会場というのは、避難所またはその近傍の適所とされています。避難所に指定される施設の収人数は平均して百名程度から千名程度であるというところで、中には大規模なリゾート施設を避難所に指定しているところもございました。というところで会場の規模に関しては、百人規模から千人規模といったことが考えられるところでございます。1会場あたりのブース数ですが、なかなか難しいと思ひまして、設置可能なブース数というのは、会場規模の延べ床面積だけで決まるものではなく、会場の収容率やその他の状況によって、異なるものだと考えられています。したがって、1ブースあたりの処理能力をまず評価した上で、収容した人数の被検者を目標期間内に測定終了するための必要なブース数を逆算します。これが、アプローチしていく方法であると考えているところであります。これらのパラメータは非常に絡み合っているのです、なかなかこれだけを切り出してというのは難しいのかなと思ひました。それから、1時間あたりの来場者数は、会場の設定した処理能力で決まるので、能力を超えた場合にはオーバーフローするだけとなってしまいますので、ある程度このような体制で甲状腺モニタリングを行うといったような前提を決めて、来場者数が決定されるということかなと思ひます。それから、スクリーニングレベルを超過した割合に関しては、福島の実験を考えると、100 mSvを超える方はおりませんでしたし、新規基準等も導入されているので、スクリーニングレベルを超える割合はさらに小さくなるだろうというようなことが想定されますけれども、スクリーニングレベルを超過した割合を個別に考えるよりは、その下の乳幼児などNaI(Tl)サーベイメータの測定が困難である場合に含めてしまつて、考えてもいいのかなと思つたところです。つまり、スクリーニングレベルを超えたから詳細測定に移るのではなくて、測定が困難だから詳細測定に移りますといったような追加の測定を行いますと考えた方が良く、つまり、簡易測定のフローから外れる集団としては、一番下の項目に含めてもいいのかなと思ひました。全国人口統計によれば、19歳未満というのは総人口の14.9%でした。このうち代理測定が推奨される8歳未満は、その14.9%のうちの37.4%ということですので、もしもこの簡易測定で8歳未満に関しては、今現状無理に測定する必要はなく、要望があれば測定をするという対応になっていて、望があれば測定するという対応になっていて、測定したとしても与えているものは参考値として使われるということで、保護者の結果を使って評価をするということになってはいますが、こういった方々を実際直接測定できることが望ましいので、先に紹介した可搬型甲状腺モニタで準詳細測定の対象とすることも考えられるというところでございます。

次お願いします。各UPZ圏内の人口と避難者数、避難設備の数というものをデータとして引っ張ってきたものは、全てではないのですがこの資料になります。PAZの方に関しては入れていません。UPZ圏内の人口を示していて、避難所の数も一般住民々に対して何施設設置するかについても、内閣府のホームページで紹介されていますので、それをただデータとして持ってきて、単純に割り算をただけですけれども、大体こういう規模感、数百名から百名程度の規模感であるということになります。次お願いします。泊に関しては、人口規模が少ないということもあって、どの地域がどの施設に行くみたいなことがかなり細かく書かれているというところでございました。実は各立地県に関しても、内閣府に紹介されている防災基本計画の中にある資料ではなくて、立地県のさらに自治体レベルで市町村レベルでの避難計画もあるで、それまで遡ればどういう避難所が開設

されることはわかりますが、そこの調査に関しては、実は安全規制研究でやってきたこともあったので、そちらの資本も参考できます。一応、泊に関しては、すぐ入手できる情報あったので調べてみますとこんな感じで、1施設当たりの避難者数は、このような感じになるということになります。数十名、少ないところでは、71名というのがありますけれども、一番大きいところではアパリゾートホテルがあり、3000人がそこの施設に行きます。一時避難場所として、札幌市南区体育館を経て避難所アパホテルリゾート札幌というところに3065名が移るということなので、3065名がこの避難所に移ると想定されます。すみません、間違えました。受け入れ人数を見ていました。実際、例えば岩内市に関しては12315人がいて、それを38施設で割るので、実際は250人ぐらいになると思います。一番左に書いたところは、受け入れ人数を施設数で割ってしまっただけなので、後で差し控させていきますけれども、そういった形で、平均して数百名ぐらい避難所に避難者が来るということだと思います。次お願いします。こちらが、内閣府の手引きにある甲状腺被ばく線量モニタリングのレイアウトを示していきまして、受付に対して測定ブースが一箇所設置されているというところでございます。次お願いします。こちらが、規制庁様が以前検討チームの検討において、試算された結果でございますけれども、簡易測定能力としまして、1人当たり6分という試算をされていて、測定者と測定1ブースに対して1時間あたり10名の対応ができるということで、これを積算していくと2週間で44800人できると、1日あたりで3200人、10ブース作って3200人というような試算をされているというところでございます。次お願いします。こちらが、実際測定に時間がどのくらいかかるかについて、最初の方の調査で行いました結果を見ていくと、規制庁様の試算では、測定1人当たり2分間と設定されていますけれども、2分間に関しては、妥当なところだろうと評価できます。こちら実際、データを取ってみたものでありますけれども、かなり測定だけに特化した状況であります。それから、先ほどの原子力機構様で行ったワークショップにおいては、 114 ± 22 秒ということなので、大体2分です。実際、ステージ2と1で違ってはきますが、平均して120秒ぐらいということになります。次お願いします。そういった形で、実際、これをプログラムの中に落とし込むわけですが、右からいきますと赤い帯をつけたところが、先ほど6分というのは、こういった形で考えることができ、受付を90秒、それから測定ブースに入ってから270秒ということで、その270秒の内訳は、測定準備60秒、個人BG30秒、それから頸部測定90秒で、測定時間で2分間。それから、記録計算で90秒ということで、合計270秒ということになります。これを、プログラムに投入する際に、矢印で示したようなパラメータを設定して、少し不確実性も与えるというところでありまして。それから規制庁様の試算では、ブース数を10個にしているので、プログラムでは受付を10、簡易測定10、詳細測定器は考えないということで0にしています。一人1時間あたり100人で800人、これでシミュレーションが回るかどうかを、検証してみたというのが次のスライドになります。各ステップで正規分布を仮定しているので、ばらつきはありますが、こういった形で、計算結果が出ました。左が、実際に当たっている各ステップの確率分布を示しておりまして、右側は受付のリソース、簡易測定のリソースというところで、結構ビジーですがまだまだ対応できているというところでありまして。待ち時間が下の表にありますけれども、ほとんど待ち時間なく、対応できていることが示されました。稼働率を見ますと、簡易測定はだいたい80%で、受付が30%ということになっています。次お願いします。こちらの100名から120名にあげたということで規制庁様の試算よりも、さらに負荷を上げて計算した結果になりますけれども、こちらは一応、待ち時間は発生していますが、一応計算はできているというところです。簡易測定のリソースは、実際には133人までは計算上対応できるはずでありまして、133名はどのようにして出てくるかというと、3600秒を270秒、この270秒は、先ほどの8ページの測定ブースで入ったところの270秒で、ある意味、このフローの中のボトルネックであるので、この

270 秒で割ってあげれば 133 名ということになるので、理想的に行けば、十分周せるというところなので、規制庁様の試算よりも各ステップを分解することによって、少し詳細な計算ができたかなと思っております。次お願いします。このからくりではないのですけれども、リソースの配分についても考えることができまして、例えば簡単な例ですけれども、受付のブースが 1 つ、測定のブースが 3 つあるという仮定をしますと、その下の表にあるように、1 人当たりの処理時間というのは 90 秒、270 秒で 360 秒ということになりますけれども、このブース数を 1 から 3 にすることによって、1 名あたりの実効的な処理は同じ時間にすることができます。そうすると同じ作業することによって、右の表にあるように、流れ作業化することができるということになりますので、検査能力というのを測ることができる、最大の理想的な場合を測ることができるということです。したがって、先ほどシミュレーションで、手引きにあったような受付と簡易測定のブースと同じように 1 対 1 にすることは、非常に流れとして分かりやすいですが、受付が少し手持ち無沙汰になってしまうというか、言い方が適切ではないですが、少し余力があるような感じがあるので、そのリソースを割いて、一つの集約した受付ブースから、測定ブースに流すようないわゆる健康診断の受付とか選挙の受付とかそういったようなイメージでいいと思いますが、そのような感じに最適化することができるのかなというところでもあります。次お願いします。こういう形で実は理想的に 1 ブースあたりの処理能力を適切に設定してあげればいいと思います。現在、規制庁様では 1 人当たり 6 分で仮定しているので、6 分は基本にして、非常に良い数字だと思いますが、それを基本に決めてしまえば良いと思いました。所要時間に関しては、リターンニスティックに行くと、普通に割り算で出てしまうので、それに応じて先ほどの泊の表は間違っていますけれども、いろいろな検査人数に対して、稼働率大体 80% ぐらいにしましたが、これ以上増やすと、結構きつくなってしまう場合があるので、80% ぐらいで十分適度にまわる感じで、それほど手持ち無沙汰になることもなく、動くかなという感じで 80% に設定していますけれども、そこで 1 ブースあたりの処理能力が決まれば、これは 10 名ですけれども、決めてあげればあとは割算で計算をしていくことになります。これで、何日後の会場であれば、どれだけのリソースをそれに割いて、どのぐらいの時間で終わるのか、何時で終わらすことができるのかといったようなことを示すことができるということです。すみません。やはり 1,000 人の避難所があまりないってことですよね。すみません。ということで、あんまり良くはないかもしれないですけど、一応そのような感じで計算ができるということになります。例えば、仮に 1,000 人の会場ができたとして、5 ブースぐらい作ると、25 時間なので 1 日営業あたり 8 時間とすると 3、4 日で終わるということになると思います。一応こういった形を基本として、組み立てることは必要かなと思いました。実際にやっぱりこういった検討をしてみて思いましたのは、むしろこういった計算を基に、避難所の数が非常にあるので、いろいろなサイズの避難所ができるので、例えば各自治体が定める体制の中、甲状腺モニタの体制の中で、何チーム編成できるかと、また、それをどのようにディスパッチして、どう何百もある会場を回していくのかといったところの検討を、これは本事業には含まれていない別の検討だと思いますが、そのようなところが非常に難しいと去年考えていて思ったことあります。次お願いします。プログラムもせっかく作ったので、いろいろ設定してみて、今度はスクリーニングレベルを 10% にした場合、これは超過率が 10% を超えた場合、詳細測定に移るということで、1 時間あたりの平均処理数というのは、左のパネルにありますけれども、詳細測定は私たちの経験・これまでのデータからは 3 分間で十分いけるだろうということです。3 分間で考えますと 20 人できるということになりますので、これがどう回っていくのかをシミュレーションで考えていくというところで、次お願いします。そうすると、このような感じでシミュレーション結果が出まして、これも十分まわるだろうというところでもあります。少し待ち時間が発生していますけれども、十分以内に収まっているという

ころであります。最大待機数、詳細測定はやはりつまるところがありますので、シミュレーションの結果では、3名後と出ました。次お願いします。さらにスクリーニングレベルを40%、つまりこれは19歳未満の方々を対象にして、8歳未満が4割いるわけですけど、その4割がすべて詳細測定に回ったという過程で回してみると、先ほど言ったように1日1時間100名来ていますが、4割移ると40%ですけども40人1時間詳細測定に流れることになります。先ほどの設定のところでは示したように、ここではと詳細レーンを2つにして40人対応できるようにしているので、それでシミュレーションが回るかを行ってみました。実際、その詳細測定の待ち時間に関しては、やはり増えているのですけれども、詳細測定はほぼほぼマックスな状態で動いていますが、一応ギリギリ回っているような感じになっています。やはり、実際にこの待ち時間を受けることによって、少しと待ってしまう方も出てくるということでもあります。次お願いします。仕様では、可搬型モニタで対応する場合も検討することになっていますけれども、これは計算するまでもなく、可搬型モニタの方がいずれも時間は簡易測定よりも短くできるだろうということがあります。つまり、6分間にはならないという説明をここにしていますけれども、スペクトルの収集時間はプローブタイプで2、3分を想定していると、3分というのは理想的な状態です。それから、プローブの養生と位置合わせに関する時間は、これは市販の養生のビニール袋みたいなものがあるので、それを使ってパッと変えてあげればいいし、位置合わせもそれほど時間がかからないであろうということで1分以内であります。それと、記録用紙への記入と計算は不要ですので、ただし、スクリーニングレベルに相当する基準値を設定する必要はあるかもしれませんが、簡易測定に比べて時間は十分減らせるだろうという要素はここにあるということです。ステーションタイプのものに関しても同様でありますので、そうすると1時間あたりの1ブースあたりの処理能力というのは、15人か20人想定されますので、簡易測定で想定される10人よりは、向上が期待できるということで、シミュレーションするまでもなく、必要台数が揃えば、十分運用できるということになります。次お願いします。プログラム作ったものに関しては、実はこういった仕組みになっていて、左のフローをシミュレーションできるようになっています。会場に到着してから大腿部測定をするのですが、そこで汚染を検知した場合、つまり平常時のバックグラウンドに比べて優位にその値が上昇する場合は汚染があったと判断するので、そこで除染をするというプロセスに入ってきます。除染が完了したのちに、もう一回大腿部測定を受けて、またここで基準値、汚染検査するかどうかということになりますけれども、実はここで2週3周する場合も実はありますが、確実にネットは減っていますけれども、そういった形でループになります。それから、汚染検知しなければ頸部測定に移り、あとはスクリーニングレベルを超えたかどうかという先ほどの基準超過の割合を設定するところに行きます。超えた場合、詳細測定といった感じになっています。汚染がどの程度出るかということに関して、40,000 cpm を超過するかしないかに関しては、福島事故の経験があるので、おそらく福島事故の時、1%が13,000 cpm を超えたということになっていますけれども、同等ぐらいだろうということで、それよりも低いことは想定されますけれども、だいたいこのようなデータがあるということでございます。こういったことで、最後にまたシミュレーションの例としては、汚染検知で3%、除染時間を10分として計算したものでございまして、汚染検知3%なので、100人いると3人が除染に流れるといったシミュレーションになりますけれども、そこで10分間拘束されてしまいます。これは、ケース2'なので40%詳細測定に移る仮定のもとですけども、かなり詳細測定の方が元々100%で動いているのでビジーですけども、除染で待ち時間が相当増えてしまうケースが時々出てきてしまうので、待ってしまう人が出てきてしまうといった結果になります。こういったことを例示しながら、やっていきますけど、基本的には各ステップで設定した処理時間を決めれば大体その通り決まってきて、このシミュレーションでやっていることの実際は各ステップの時間

の揺らぎを正規分布として仮定したりとか待ち行列法で標準的とされているアーラン分布として仮定したりとか、いくつか仮定できるといったシミュレーションになっているということでございます。はい、私からは以上になります。少しまとまりのない説明になってしまいましたけども、先生方がいかがでしょうか。こういった形で、測定の現場を想定した測定対象者数と測定器数の関係について調査をするということでもありますけれども、基本的にはしっかり標準的な測定時間がどのぐらいかかるのかを決めてあげれば、あとはそれに対して現実的な範囲で不確かさを入れていくというようなことになるのかなと思います。ただ、普通の正規分布を仮定すると、基本的には平均値で動くので多少変動あるにしても、それほど予想から離れた結果にはならないというところでございます。ご意見いかがでしょうか。今日のご説明が多くなってしまいまして、申し訳ございません。資料4 ページ目に間違いがありましたので、そちらは修正をして修正版をお送りしたいと思います。そうですね、市町村、各自治体の人数と受け入れ人数はかなり余裕を持って設定しているのですね。泊村ですと300人の対象者に対して、アパリゾートホテルが避難所を提供して、そこに3065人入れると。大きな施設ですね、ただ、他からくる可能性もあるのでしょうか。一応、このぐらいの粒度で見られるものはないと思われるので、これだけ切り出して、検討してみました。以上です。保田先生お願いします。

保田（広島大）：すみません。ありがとうございます。とても重要な研究と言いますか、調査と言いますか、考察だと思うのですが、そもそもの話にはなってしまいますが、この測定に当たるスタッフ、これはどうやって確保するのですか。自治体職員だと限りがあるし、むしろ自分たちが吸い込んだりしていると思うので測定をする精神状態にないのかなという心配もあるのですが、これはQSTとかそういうところから。

栗原（QST）：はい、まずは、各センターが管轄しているところで、構築されている総合支援センターしてやられているネットワークの中でとか、ただ自治体が計画を作るので、そういったところで、支援センター等が支援していくという形になると思うのですが、測定者に関しては、今、まさに甲状腺簡易測定研修等でこれを行っておりますし、また今年度から日本診療放射線技師会と検証をしております、日本放射線技師会が今度は協力機関に指定されるので、そうすると全国の学会員が甲状腺の測定に関与することができる枠組みができたというところなので、そういったところで技師会の会員数、数万人と聞いていますので、私たちも当然ながら対応することになると思いますし、そういったところで、今まさに規制庁様の方で取り組まれているところかなと思います。

保田（広島大）：わかりました。ありがとうございます。

栗原（QST）：はい、ありがとうございます。石川先生、お願いします。

石川（福島医大）：はい、ありがとうございます。詳細なご説明ありがとうございます。このシミュレーションは現場で詳細測定も行うという前提のシミュレーションだと思うのですが、仮に詳細測定を現場でも行うし、あるいは高度被ばく医療センターの据置き型の装置でも行うという、そのようにするともう少し処理人数というのは、上がるという想定なのでしょうか。

栗原（QST）：はい、ありがとうございます。そこはまだ組み込んでいませんが、詳細測定でオーバーフローする状況があれば、そういう方は回すなどは、このシミュレーションの中で設定した詳細測定のブース数に+1して、それをブース4番と設定して、拠点病院とかやればできるかと思います。実際の移動する時間等は考えてないのですが、そういったことはできるかなと思います。

石川（福島医大）：ありがとうございます。承知しました。私から以上です。

栗原（QST）：ありがとうございます。そのほか、先生方からいかがでしょうか。はい、そうしましたら残りの時間がほとんど無くなってしまいましたけども、すみません。

大平（規制庁）：規制庁の大平でございます。せっかく今日、先生方にご参加いただいておりますので、個人的なことで大変恐縮ですけど、お伺いしたいことがございまして、

例えば、スクリーニングレベルの超過率、今 10%, 40%とかで計算をしていただいていると思うのですが、実際に事が起こった時にこの超過率というのはどれくらいという、どうすればいいのかなというのをご意見いただければありがたいなと思ひまして、よろしくお願ひします。

栗原 (QST) : 先生方がかでしょうか。今のご質問に対して、何か回答いただける先生方おられますでしょうか。はい、福島の小児甲状腺被ばくスクリーニング検査においては、対象者はいわき市と飯館村と川俣町のいわゆる 30km 圏外の方々でしたが、このの方々に対しての検査に関しては、最大で $0.1 \mu\text{Sv/h}$ だったので、 $0.2 \mu\text{Sv/h}$ を超える方はいなかったというのがあります。これはなぜそうなったかと申しますと、まず測定地域が少し発災から 2 週間後という形で遅れてしまったことがあつて、早い段階で測っていれば、また半数が未検出ですよ。そのため、その結果を例えば、3 月 15 日に摂取したとして、その残留量が残っています。それを遡っていくと、もっと $0.2 \mu\text{Sv/h}$ に近いところに来る人もいるのかもしれない、そういうシミュレーションはできるかもしれないですし、あと、実際、その 30km 圏内の方々に関しては、測定をしていないので、中の方々がどうだったのかという測定データはないのですけれども、鈴木健先生等の甲状腺被ばく線量推計などもあるので、大体数 10mSv ぐらいの線量だったということです。そうすると、そういった取り込みがあつたとすると【資料 2】で使つたようなこういった甲状腺 100mSv の時の甲状腺残留量の分布はこうなのですが、これよりも低いところで、値は推移していただろうということになりますので、こういったものを使って、スクリーニングレベルを超える割合がどのぐらいなのかということ、考えることはできるかもしれないですし、だから結局、被ばく線量がこうだから、こうするにはこうだということを言うことはできると思いますが、おそらく実際、福島の事故よりも今後起きるだろう起きるかもしれない事故に関しては、今屋内退避の検討委員会でも議論されていますけれども、かなり放出量としては抑えられるという試算があるので、福島の時に放出された量に比べると、 $1/100$ ぐらい、 $1/100$ 以下となっていますので、単純に被ばく線量としてスケールダウンしていくのであれば、かなり線量としては低いのではないのかということとも言えると思います。ただ、一方で福島の時には行われなかった屋内退避が続くので、屋内退避の防護効果も内閣府で調べられて、かなり効果があるということになっていますけれども、それを検証することは必要ですし、また検討チームで、もともと OIL2 だった地域から避難した住民の方々を優先してやるということになるのですけれども、本間先生が試算された結果によると、空間線量率が $1 \mu\text{Sv}$ 上昇したところで、そこに滞在する 1 歳児の甲状腺線量は、同じように 1mSv だということです。そのため、 $20 \mu\text{Sv}$ まで行くと 20mSv だと、 50mSv 超えないので、とりあえず優先順位としては、OIL2 だった地域の方々をおこなうようになっていると理解していますが、まずそのようなところで、実際にやってみて、その感覚があつていかどうかをまず検証することが、実際には必要なのだらうと思ひれます。なかなか OIL2 というのが今事故想定、屋内退避委員会でも OIL2 を足すかどうかは結構微妙なところで、今の原子力施設の安全性は確保されていることに、多分なつていと思うのですけれども、多分そういうところもそういうところで議論がありつつも、やはり甲状腺のモニタリングに関してはまた別に切り分けて大平さんがおっしゃるように、最も過酷な状態を考えるべきだと思ひます。

大平 (規制庁) : では、超過率もそうですし、汚染の基準検知率というのですかねそこもやはり現実的な数字では、どう見ればいいのかというのは私もこの委託事業を見ていて、気にはしているところですので、もし、ご知見とかあれば、そういうシミュレーションもぜひやってみていただけるとありがたいかなというところの一つ。軽い言い方で悪いかと思ひますが、そのような知見があれば、ご教示いただければなというところでお願ひできればと思ひます。

栗原 (QST) : ありがとうございます。保田先生いかがでしょうか

保田 (広島大) : はい。お時間がもう来ているので、簡潔にコメントさせていただきますと、

釈迦に説法ではあるのですが、測定値というのは、特に甲状腺のような内部被ばくの場合は、測ったからといってすぐ線量に換算できるわけではないというのが重要だと思います。1 回摂取して時間が経ってしまうともうその間に減衰していき、体外に排泄されてしまって、その線量率が高いから、たくさん取り込んだとは言えないという問題があるので、あくまでもその測定したものはすべての個人について記録して、後で精緻な解析をしていくらの線量だったというのを出す必要があるだろうと思います。特に福島のような大規模な事故で何回も放出があったというような場合は、いつ吸い込んだかというデータがはっきりしないので計算できない、なかなかすぐには線量に換算できないですから、スクリーニングレベルという意味ではもう全員検査された人は、兎に角記録しておく。ただ、幸い内部被ばくですぐに急性障害が出るようなことというのはまずないので、あくまでも将来の発がんのリスクを推定するものに使うという前提で、緊急性という意味ではあまりないのかなと考えています。以上です。

栗原（QST）：先生、ありがとうございます。先生言われるように、測定は非常に重要で、測定値がないと何も議論できなくなってしまうので、合理的に対象者を抽出していることが今、実施マニュアルで定められているので、基本となる対象者とかモニタリング実施体制の枠組みというのは定められていて、ただ、検討チームの報告書でも書かれているように、やはり事故の対応によっては基本形から逸脱する場合もあり得るということを常に念頭にしながら、対応していく策を考えていくことは必要なだろうと思います。また、大平さんが言われたように、汚染の割合とか、実際、スクリーニングレベルは福島でのことを考えると、次もしも事故が起きた場合の対応としては、もっと少ないだろうと考えられますが、そこも現実的な範囲で考える必要があるかなと思います。今回、40%という詳細測定に流れる割合を設定していますけども、これは今の実施マニュアルにおいては、8 歳未満に関しては、保護者の希望があれば、やるということになっているので、そういった方が、実際詳細測定に流れてきたというようなことで、極端な仮定をしていますが、そういったことも条件としてはあり得るところで、少し振れ幅の大きな、端の方を見て真ん中の現実できなところを見ていければなと思ったところでもあります。はい、ありがとうございます。では、島川様ご担当者として最後をお願いします。

島川（規制庁）：貴重なご意見ありがとうございます。進捗状況として、若干 3 の（2）に関しても貴重なご意見いただけられたらなと思います。第 3 回の委員会に期待ということで。JAEA に関しての結果も少しはいただいていると思っておりますので、今後よろしく願いいたします。

栗原（QST）：分かりました。はい、年度末に報告書を出さないといけないので、来週あたりが勝負かなと思います。第 3 回の検討委員会も WEB になるかもしれませんが、また先生方お忙しい中申し訳ないのですけれども、最後に 1 回可能ならばやっていきたいと思いますので、よろしくお願いします。それでは、長い時間をお疲れ様でした。ありがとうございました。またよろしく願いいたします。

皆：ありがとうございました。

第3回検討委員会 議事概要及び議事録

第3回検討委員会 議事概要

1. 開催日時及び開催場所

日時：令和7年3月26日（水）15:00～17:00

場所：量子科学研究開発機構 千葉地区

被ばく医療共同研究施設 6F 会議室

2. 開催方法 対面及び Teams によるリモート会議によるハイブリット形式

3. 出席者（順不同・敬称略）

委員長：栗原 治（量研）

委員：細田 正洋（弘前大）、石川 徹夫（福島医大）、宇佐 俊郎（長崎大）、
保田 浩志（広島大）、木村 仁宣（原研）、真辺 健太郎（原研）

オブザーバー

量研：キム ウンジュ、矢島 千秋、内藤 雅之、三瓶 優真

原子力機構：谷村 嘉彦、西野 翔、吉富 寛

規制庁：島川 弓子、徳本 史郎、山本 哲也

4. 配布資料

【資料1】成果報告書（案）_20250326

参考資料1：第2回検討委員会議事概要（案）

参考資料2：第2回検討委員会議事録（案）

5. 主な議事

5.1 成果報告書(案)内容について

- 資料1に基づいて、委員長から本事業の成果報告内容について、以下の通りその概要が報告された。
- 測定時の誤差要因となる因子の調査
 - 甲状腺簡易測定の実験者間の測定誤差については、予備調査において NaI(Tl)サーベイメータプローブの位置や保持状態の個人差に起因することが示唆されており、これらの留意点をフィードバックすることで実証試験における測定の平均値と誤差は有意に改善した。可搬型甲状腺モニタに関しては、プローブタイプ(可搬型甲状腺モニタ A)ではフィードバックによって同様の効果が見られたのに対し、ステーションリータイプ(可搬型甲状腺モニタ B)では測定対象の位置がある程度固定されるためフィードバックの効果は小さかった。2種類の可搬型甲状腺モニタの測定誤差はどちらも10%以内であり、NaI(Tl)サーベイメータもフィードバックを行うことで同程度の測定誤差に収めることが可能である。
 - 頸部近傍の測定器の感度分布については、NaI(Tl)サーベイメータと可搬型甲状腺モニタ A では明らかに適切でない測定ジオメトリを除けば検出感度の変動は測定の標準位置に対して20%以内となった。可搬型甲状腺モニタ B の検出部は人の頸部形状に合うようにデザインされているため測定ジ

オメトリの自由度が小さく、測定が適正と考えられる範囲の測定値の変動は 15%程度であった。これらの結果は実証実験で得られた測定誤差と比較しても合理的である。

- スペクトル解析における統計誤差は、検出下限放射能 (MDA) に近い測定値の場合にはピーク解析が不安定になるため、専用のソフトウェアを用いた解析状況の確認や再解析が必要である。いくつかの測定では自動解析モードの通常測定では測定値が定量されなかったものの、ピークの再解析によって定量可能であった。また、チャンネル数を圧縮して 1 チャンネル当たりの計数を増やすなどの工夫も有効である。
 - 実測定における課題抽出では、2 種類の可搬型甲状腺モニタはともに未経験者でも事前の簡単な説明のみで測定が可能であった。可搬型甲状腺モニタ A については測定時間が長いという意見も見られ、必要となる要件を定めた上で測定時間の短縮は可能なものの、NaI(Tl)サーベイメータを用いた簡易測定と測定時間は同程度である。
- 甲状腺被ばく線量モニタリングに使用可能な各機器の活用が想定される状況等の比較調査
- NaI(Tl)サーベイメータは実施マニュアルにおいて簡易測定に使用する機器として指定されている。スクリーニングレベル (SL) として一律 0.2 $\mu\text{Sv/h}$ が設定されているが、これは比較的低い値であり、空間線量率が平時と同程度または十分低いことが要件となる。なお、SL は必ずしも被ばく線量に対応した値ではないことに留意する必要がある。
 - 可搬型甲状腺モニタは簡易測定会場に持ち込んで詳細測定器として運用することも考えられ、簡易測定で SL を超過した者がその場で詳細測定を受けることができ、被検者と行政側の双方に便益がある。一方で、推定される被ばく線量の値によっては専門の医療機関を受診が推奨されるため、詳細測定対象者へのフォローアップなどの対応について検討が必要である。また、簡易測定と詳細測定を分けることなく、可搬型甲状腺モニタのみを用いた一元的な甲状腺測定を行うことも考えられる。なお、NaI(Tl)サーベイメータで課題とされていた小児に対する甲状腺測定はいずれの可搬型甲状腺モニタでも対応可能である。
 - 据置型甲状腺モニタは 2020 年度調査では国内に 21 機が設置されているがその仕様は様々である。QST が所有する機器の例では、福島原発事故の際には住民の測定にも使用されたが、小児に対しては適切な測定ジオメトリの確保が困難であった。
 - 精密型体外計測装置は鉄遮へい室を備えた体外計測装置であり、低バックグラウンド環境下で測定を行うため、据置型甲状腺モニタよりも高感度な甲状腺測定が可能である。これらは一部の高度被ばく医療支援センター、QST、JAEA 等に設置されている。
- 甲状腺被ばく線量モニタリング簡易測定の現場を想定した、測定者と測定機器の関係に関する調査
- 2021 年に設置された緊急時の甲状腺被ばく線量モニタリングに関する検討チームの試算によれば、簡易測定に係る一連の作業時間を測定時間 2 分、その他の工程 4 分の合計 6 分とすると、測定ブース 1 つの 1 時間当たりの検査能力は 10 人である。これをもとに検査人数に対する所要時間は概算可能である。例えば、検査人数 100 人を 1 ブースで測定する場合、所要時間は 12.5 時間であり、検査人数とブース数の変動に従ってこの時間は線形変化する。
- これらの報告に対して、以下のコメントと議論が行われた。

- 保田委員より、7 ページに記載のポアソン分布・アーラン分布についての解説を追記してはどうかとコメントがあった。また、29 ページに記載の据置型の現状について、2020 年度の情報からの更新状況について質問があった。委員長より、原子力規制庁の協力を得て調査を行うと回答された。
- 細田委員より、測定誤差という記載が随所に見られるが、報告されているのは不確かさのように見え、表現の正確性について質問があった。委員長より、実際に評価したのは不確かさであるものの仕様書の表現に合わせて不確かさを誤差として記載する旨を 5 ページに記載していることが説明された。
- 島川氏より、甲状腺簡易測定会場のブース数は測定器の台数を意味するものか質問があり、委員長より、正しい解釈である旨が回答された。
- 徳本氏より、拠点病院に設置されている据置型甲状腺モニタを可搬型甲状腺モニタに置き換えることは可能か質問がなされた。宇佐委員より、長崎大学の甲状腺モニタは精密型に相当するものであって据置型は有していないため、あくまで個人的な意見にはなるが、両者の性能面が遜色なければ可能と思われると回答された。これに対し徳本氏より一般臨床における据置型甲状腺モニタの使用状況について質問があった。これについて細田委員より、一般臨床で用いる甲状腺シンチレーションカメラは画像撮像を行う装置であって、甲状腺モニタとは測定目的が異なるため、一般臨床で据置型甲状腺モニタは使用されていないことが説明された。
- 委員長より、弘前大学・福島県立医科大学における据置型甲状腺モニタの使用状況について確認があった。細田委員より、弘前大学では研修などで使用実績はあるものの甲状腺モニタとして実際にはほとんど稼働していない旨、石川委員より福島県立医科大学の甲状腺モニタは別部署である病院に設置されており、稼働状況をすぐに回答することは難しい旨が回答された。
- 石川委員より、検証に使用したマネキンの年齢が何歳相当かについて確認され、委員長より大きさとしては中学生程度だが、実際の相当年齢については確認のうえ報告書に追記すると回答された。また、細田委員より、マネキンを用いた検証は理想的な状況の仮定になるように思われるが、人との違いを検証する必要性について質問があった。委員長より、人を用いるとヒト研究として倫理審査が必要となるため、本事業ではマネキンを用いており、人の個人差によるばらつきは検討対象から外していることを報告書に記載した旨が説明された。
- その他、細田委員、保田委員より、報告書内の誤字脱字についてコメントがあった。

第3回検討委員会 議事録（案）

栗原（QST）：皆様、お集まりいただきましてありがとうございます。この事業の最後の委員会になりますけれども、本当に年度末の年度末というところで申し訳ございません。また、報告書が結構難航しまして、まだできていないのですけれども、途中のものをお出しするという形になってしまいまして、申し訳ございませんでした。今日は、報告書の仕上がりというところで細かい修正や大きな修正もできないのですけれども、少し文言的なところとか、誤認したようなところがあれば、正していければなということが残りの作業かと思います。また、もう少し文章を推敲するだとか、あとまだ書けていない結論を今日、明日中に書き上げて、全体の体裁を仕上げていきたいと思っております。

今日は、報告書の読み合わせというわけではありませんが、書いている内容をご紹介したいと思っておりますので、よろしくお願いします。先生方よろしいでしょうか、特に何かコメントなければ進めたいと思います。はい、よろしいですかね。そうしましたら、報告書の方ですけれども、本当に直前で申し訳ございませんでした。仕上がりとして、今お送りさせていただいたものになっております。令和6年度原子力施設等防災対策等委託費（甲状腺被ばく線量測定器の使用等に関する調査）というところでございます。お捲り頂いて、表紙はこれも定期的なものでございまして、概要はだ書けておりません。目次でございまして、この報告書の報告になるところでございすけれども、まず緒言をさせていただいて、委託内容というところで、2章の方は委託の内容、仕様書そのものを書いております。3番目以降が本体ですが、調査実施方法ということで、こちらは公募の時に提案させていただいた内容を変更せずに行っているというところでございます。それから、調査結果があります。3、4章がこの報告書の本体になるところでございすけれども、この3.1、3.2、3.3と4.1、4.2、4.3は、仕様書に書かれている(1)、(2)、(3)でございす。仕様書に書かれている(4)は、専門委員会の設置に関するものですので、報告書でいいますと付録の1と2というところで、外部専門家会議の設置規定ですとか先生方のお名前が記入された名簿ですとか、あとは議事概要と議事録というところで、こちらの報告書の付録というところで、納めさせていただければと思っております。それから、付録の方がいくつかありますけれども、今回紹介させていただいたNaIサーベイメータの測定誤差というところで、こちらの方はこの事業が始まる前に取得したデータでありますけれども、この調査において非常に重要なデータであることと、そのようなことに基づいて調査を提案させていただいたので、入れさせていただいたところでございす。それから、付録の4は、甲状腺簡易測定会場モニタリングのシミュレーションということで、プログラミングを使って行っていますが、図表が多いので、付録にさせていただいているというところでございす。続きまして、緒言の方でございす。全部紹介するのができないので、大事だと思われるところすとか、少し新しい情報のところを黄色く塗っております。青色にマーカーしているところは、参考文献ですって、編集上載せていますが、これは気にしないでいただければと思います。緒言の方は、タラタラと書いておりますけれども、この甲状腺モニタリング、これまでの議論を踏まえまして、甲状腺モニタリングが我が国でも構築されてきたというところを記しています。指針の改定があつて、その前に検討チームの委員会もありましたけども、検討

チームの報告，指針の改定それから実施マニュアルの策定，それから内閣府の手引きを書いておりまして，黄色いところで今年度から日本診療放射線技師会がこのモニタリングに加わったということを新しい情報として，いれております。その下のパラグラフは，甲状腺モニタリングの現状を示しておりまして，最後のパラグラフで委託の内容について，ご紹介をしているというところでございます。委託内容に従って，この調査をしているということを明記しているというところでございます。次のページいきまして，こちらが委託内容というところでございます。こちらの仕様書に書かれたものでございますので，そのまま写し取ったものになっているので，特によろしいのかなと思います。改めて 2.3 以降の内容に関しまして，この調査の内容がどこに書き込まれているかということを示しております。委託内容の(1)が，測定時の測定誤差となる因子の調査というところでございまして，ここに委託の調査の内容・仕様の内容が書かれているということでもあります。特に測定者の違いによる測定誤差について調査するということが書かれているということかと思えます。それから，(2)ですけれども，こちらの方が甲状腺被ばく線量モニタリングに使用可能な各機器の活用が想定される状況等についての比較調査というところで，こちらの方は報告書 3.1，3.2 に載せております。(3) が，甲状腺被ばく線量モニタリング簡易測定の現場を想定した調査というところで書いております。(4) は，今回の検討委員，専門家会議の設置と進捗にかかる報告ということで，こちらの方で議事録と議事概要等を報告書に残すことと書いておりますので，今日の委員会が終わりましたら議事録の方を早期に取りまとめでさせていただきたいと思えます。はい，確認が難しいかもしれませんが，鋭意努力したいと思えます。3 章になります。こちらは，この調査にあたっての公募が出されたわけですが，これに対して私たちの方で，どのような提案をしたのかということ，提案書に基づいて文章化したものでございます。3.1 の測定時の誤差となる因子の調査というところでございまして，黄色いマーカーで囲ったところでございますけれども，これも私たち甲状腺簡易測定研修等でいろいろなデータを取得してきたわけですが，測定中のプローブの位置や保持状態とか，一人一人どういう測定をして，どういった結果になっているかということに関しては，調査しなかったということで，普段行っている研修の様子を撮影して動画にして，その動画を解析するということを提案しているというところでございます。それから，NaI サーベイメータの比較対象機器として，原子力規制庁様と協議の上，決定するという事になってはいますが，こちらの方は，2024 年に市販化された機器ということで，機器の型番の特定はしていませんけれども，プローブタイプというものとステーションタイプというもので，少し記載が英語になってはいますが，可搬型甲状腺モニタ A，可搬型甲状腺モニタ B と書かせていただいています。表の 1 が，比較対象を行う測定器類を示しておりまして，3 機種を示しています。一番右側の据え置き型の甲状腺モニタに関しては，ここに載せてはいますが，これは次の甲状腺モニタリングの運用にあたっての比較検討というところで使うので，参考として載せているというところでございます。お捲り頂きまして，5 ページ目でございますけれども，測定値の誤差について，少し深掘りをしている内容になってはいますが，そもそも測定の誤差には，何があるかということでありまして，今回，仕様書には測定者の手技による測定誤差が書かれているところでございますけれども，改めて測定誤差

というものはいろいろありますが、私たちの提案といたしましては、測定者間の誤差は、やりつつもその他のところも必要に次いでやるというところがございます。その下に写真がありますけれども、これは QST で行った研究でございます。安全規制研究の成果報告会で使ったスライドでございますけれども、こういった形でばらつきがあるということに関して、私たちはすでに認識をしているというところがございます。その下に黄色いマーカーのところがございますけれども、どのように行うのかを改めまして、マネキンを使った調査にはなるのですけれども、マネキンまたは実際の被検者を通して、プローブの位置の変動がどの程度生じるか、また、プローブの位置と測定値の関係を詳細に分析するがあるというところがございますけれども、この調査においては、人倫理研究を通さなければいけないことがありましたので、頭部マネキンのみを用いた調査としているというところであります。

次お願いします。次のページでございますけれども、この測定誤差に対して、こういった提案を具体的に示したのかというのを、この図 2 に示しております。4 つのタスクからこの測定誤差に取り組もうというものでございます。一つは、図にあるタスク 1 というところで、素直に研修等で測定者の誤差を取得するというものでございまして。タスク 2 というところでもう少しタスク 1 で得られた結果というものは、これはいろいろな人が測ってどうだとかという話になりますので、これがどのような意味を持つのか、実験系はどうなるのかということ調べたものでございます。ファントムやマネキンを使って行うというところがございます。それから、3 つ目が NaI サーベイメータの比較対象機器である可搬型モニタというのは、スペクトロメータですので特にこの調査の仕様に書かれている低い放射能に対して、どのようにアプローチするかということに関しまして、私たちの方でこの波高スペクトルの解析をもう少し工夫してなんとかならないかというところがございます。基本的には測定時間を伸ばすことで、統計誤差を減らしていくことが唯一なのですけれども、できる限りの工夫をしてみようというところがございます。それから、タスク 4 に関しては検証写真ありますけれども、いった形で使っていただいて、今般製品化された装置が、問題なく作動するかといったところとか、改善にあたってのご意見をいただくというところを書いているというところがございます。この 4 つのことについて調査を行ったというところがございます。3.2 でございますけれども、こちらは詳細測定器、簡易測定器に関しては、すでに装置が現存で決まっています、いろいろ運用の方法も決まっていますのですけれども、特に今回、新しく導入された可搬型甲状腺モニタの仕様性能といったところを考慮して、現行モニタリングの補強するための運用方法を本事業で設置する外部専門会合において検討提案するというふうに書いてございました。これは、提案の時に書いてございまして、実はその議論があまりできていなかったかなと思いますので、今日お話をさせていただければと思っております。それから、3.3 でございますけれども、こちらはどのように行ったかに関しては、次のページにありますようなプログラムを使って、解いたというところがございます。条件等に関しては、規制庁から情報をいただいて進めているというところがございます。それから、3.4 が少し飛びまして、委員会の設置ということでございまして、規制庁様の方で、ご配慮いただきまして、仕様時期が少し遅れてしまったことがあったので、仕様書上は 1 回の検討会でありましたが、先生方には年度末もお忙しいところ申し訳なかつ

たのですけれども、こうして今日3回の検討会がさせていただいたというところ
でございます。はい、そうしましたら調査結果の方に移りたいと思います。ま
ず、タスク1に関してですけれども、予備調査ということで、こちらNaIサーベ
イメータの甲状腺簡易測定研修を行っておりますけれども、こちらの方で非常
に膨大なデータが取得されているということで、この事業の予備調査として行
ったもの、つまりNaIサーベイメータに対して可搬型甲状腺モニタの比較をする
ということですので、その基準となるNaIサーベイメータのデータをやはり調べ
て、データをちゃんと取得し、どういうものかということから、改めて評価す
る必要があったので、これは予備調査として行ったものではございますけれど
も、そちらの方は付録の方に納めさせていただいているということで、内容に
関してはこれまでも報告させていただいた通りでございます。それから、新し
くモニターを使って調査するというのが、既存の私たちがやっているような
簡易測定研修で新しい可搬型甲状腺モニタを使って、受講生の方にやっていた
だくこともあるのですけれども、それをメインに研修はできないのとフィード
バックをして改善したかどうかというように、繰り返して測定をお願いする
ことは難しかったものですから、実証試験というものを行っておりまして、
そこの実証試験では、これはQSTとJAEAの方でやらせていただきました
けれども、どういうことをやったかに関しては、付録の方に掲載してございま
す。資料を使ってやっているというところでございます。このフィードバックとい
うのを入れて、前後で測定誤差が改善するのかということを調べたわけですが
けれども、フィードバックは、予備調査で行ったどういう時にどういう測定デ
ータが得られているのかといったところを明示しておりまして、例えば、この写
真にあるように、きちんとプローブはマネキンにくっついているのだけれども、
プローブの位置とかプローブの傾き角が違っただけで変わってくるというところ
とか、あとそもそも線源がどこに入っているのかということも、種明かし
に近いのですが出していて、あとはNaIサーベイメータで3回読み取りをするの
ですけれども、十分時間を待たずに読み取っているような傾向になる場合もあ
るので、そういったことを実際に得られたデータを持ちながら、注意喚起をし
たというようなフィードバックを入れて、前後でどのように変わったのかとい
うのを示しているというところでございます。次行っていただいて、その結果で
ございますけれども、その下の方の図6です。得られた結果に関しては、いった
形でこれもご紹介既に検討会でさせていただいていますけれども、NaIサーベ
イメータに関しては、統計的有意差を持ってこのフィードバックが向上したとい
うことを示したというところでございます。平均値の増加とばらつきの標準偏差
の減少ということが、統計的に有意に確認されたというところでございます。
それから次のページも、データが得られておりまして、こちらが一番の方が
JAEAでありまして、二番目がQSTで取ったものでございまして、いずれも統計
的な有意差が出たというところで、繰り返しやっている方もそれで上がってい
るのではないかという話もあるにはあるのですが、ちゃんとフィードバック
して増加し、前後で変わっているということは、貴重なデータになっているの
かなというふうに思っております。このフィードバックの影響というものは、
測定平均値の増加と測定誤差の検証ということで、これはフィードバックによ
るプローブの位置の適正化が図られたものと考えています。一方、可搬型モニ
タに関してはそこまでNaIサーベイメータほど差が出てこなかったということで

ありますけれども、ただプローブタイプのものに関しては、やはり NaI と同様に測定平均値の増加、それからばらつきの減少が見られたということでございます。これもプローブタイプは、適正に位置を合わせることが非常に重要であるということ、当たり前のようなことでありますけれども、改めてそれを認識したというところでございます。一方で、この緑色で囲っている可搬型甲状腺モニタ B のものに関しては、フィードバックの前後で測定値の上昇もなければ、ばらつきの低下もなかったということでございますけれども、こちらのステーションナリタイプのものに関しては、頸部を検出部に密着させてというところで、被検者側というかマネキンの方が、検出部にあわせるという形になるので、自由度がないというか、ある程度ジオメトリの安定化が元々図られるようなそういった構造になっているので、そういった結果であろうということでございます。いずれにしても、黄色い最後のマーカーのところでございますけれども、実証試験においては、両可搬型モニタとも測定誤差 10% に収まることを確認されましたけれども、ただやはり若干名が外れ値になるというような現象が両機器とも見られたということでございます。NaI サーベイメータの方は外れ値が出てこないのですが、この新しいものに関しては、下の図とか見ていただくと、外れ値が何人いるかなど分かります、しかも再現性がないので多分突発的にこのようなものが出てきてしまう可能性はあるということでありました。このようなものが見られたということでございますけれども、これに関してはこの後調査をまだしていくのですけれども、ただプローブの位置とかそれからマネキンの頸部に当てる角度が違っているというところを、この後の提示で示しているというところでございます。こちらのプローブタイプのものに関しては、図 10 (1) で写真を示しておりまして、この赤枠で囲ったところをピックアップして、次の図に示していますけれども、こういったプローブの位置が違っているということです。上から見るとかなりプローブは両方ともマネキンには密着しているのですけれども、高さが違うというところを示しているということでございます。それから、次の 11 に関しては、ステーションナリタイプのものでもございますけれども、こちらの方も写真を撮らせていただきまして、いろいろ解析をしています。非常にもともと安定するタイプのものであるもので、ばらつきは非常に少ないですけれども、やはり A6 のように赤枠で囲っているところでございますけれども、非常に低い値が出ているというところでございます。その 11 (2) の方で、典型的な当て方に対して見られた標準的だと思われるところと極端に移動させた場合の値というところで、こういう風に変わってきているというところで、一番右側の顎を合わせたようなケースは、検出部の上端の方に顎を乗せるような形にすると検出器のところから、線源が入っているところがずれてしまうので、値が低くなるということを示しているということなのですけれども、標準的な測定の体勢というかそういうところがしっかりと事前に説明できれば、こういったところは回避できるのではないかとということでございます。まとめというところで書いてございますけれども、NaI サーベイメータと可搬型モニタ可搬型甲状腺モニタ A に対しては、測定者に対して線源の正確な位置とプローブの適切な保持の仕方を示すことにより、測定ジオメトリの適正化と安定化が図られ、測定誤差を低減することができるということが分かりました。可搬型甲状腺モニタ可搬型甲状腺モニタ B については、被験者の頸部の形状に合わせた検出部の構造から、測定ジオメトリの安定化が図られるこ

とも確認されました。2機種の可搬型甲状腺モニタの測定誤差はどちらも 10% 以内でありました。NaI サーベイメータにおいても前述の対応によって、プローブの適正化によって同程度の測定誤差に収めうるということができるとことでございます。実際、今回の付録 3 で示している Web 調査の結果をこれまでもお示ししているのですが、高い方の線源を入れたものに関しては、かなり誤差が少ないということも確認しているのです、実力的にはそのばらつきという意味では、かなり抑えることできるんじゃないかということを確認しているというところでございます。

次に (2) というところで、タスク 2 に関するところでございます。こちらに関しては、量研機構の管理区域の中で実験を行ったものでございまして、そもそも私たちの方で持っているファントムを使って、プローブの位置によって感度が変わってくるみたいなことは結構細かくデータが取られているのですけれども、今度は実証試験で行ったマネキンを使ってどうだったのかというところを示しているというところでございます。実験には、上に書いてございますけれども、 ^{131}I 標準溶液を滴下したフィルターをラミネートした線源を複数枚重ねたものをマネキンに使っています。線源の位置は、マネキン頸部の中央付近であるということでございます。下の方のマーカーの方で、測定者が通常と異なるプローブの位置と認識できる条件を除けば、検出感度を最大値に対する減少というものが 20% 程度以下に収まると予想されるということで、この結果というのは、実証試験と予備試験の結果とも矛盾しないというところでございます。表 2 の方は、先行研究でお示したファントムを使ったような実験でもともと、ファントムを使って誤差が 20%、かなり認識できるぐらいのずれで、甲状腺の上端から下端まで、それから左右に関しては真ん中から片方の左様右葉の真ん中までずらした時にかなりわかるようなずらし方をして、その誤差が 20% ぐらいだったので、そのぐらいであれば 20% ずれますよということだったのですが、次のページ行っていて、こちらの方で、実際にマネキンを使って、つまり研修とか実証試験でやったようなマネキンで、プローブの位置はどれだけ変わるかというところでございます。いろいろ上下方向にずらしたりとか、あとは傾きを変えたりしたり回転データを取ったというところでございまして、右の写真の赤く括ったところがかなり細かく調べて見つけた、最大のカウントが得られるところで、これに対して先ほど 20% の減少で、わかる範囲でこれは極端だなというところまで動かさなければ、20% に収まるというところというのも、先ほどもおっしゃったところでございます。こういったところでそういった実験の結果というのを示しているということでありまして、表 3 についても移動したジオメトリに対してどれだけ感度が変化したのかというところを示しているというところでございます。次のページいただきまして、今度は可搬型の甲状腺モニタ可搬型甲状腺モニタ A のものに関してですけれども、こちらも同様に行いましたというところです。使っているマネキンや線源も同じということです。結論としましては、明らかに適切とは言えない測定ジオメトリの状況を除けば、標準位置に対して -20% ~ +10% ということでした。というところで、この結果というのは、と実証試験で得られた結果よりも、大きいのですけれども、実証試験では、これよりも狭い範囲で、精度が得られたというところかなと思います。なおこのマネキンに入れた線源とか、プローブはどこに当てたかということに関しての情報を図 13 のところの今お見せしている写真にお示ししてい

ますけれども、これはファントムと違うので、もちろんファントムに対する計数効率を使って、マネキンに入れた線源の放射能を正確には定量できないのですけれども、意外とこの方法悪くなくて、1.5 倍の範囲を収まっているというところがありまして、そういったことも付きさせていただいているというところでございます。18 ページがこちらは、実際に実験を行った測定ジオメトリでございますけれども、やはりこのマネキンは少し胸の部分も入っているというところなので、やはり下に下げていくと、平行移動の距離以上に、胸の膨らみの分で線源が遠くなってしまうというところがあって、急に感度が落ちてしまうところとか、あと下に傾けると、やはり隙間が開いてしまう、上に傾けると首を絞めるような形で、表現は適切ではないですが、上から降ろすような感じで当てるとフィットネスが良くなるといったようなことでありました。まあ、こういった形でデータを取って、測定誤差ということを実験的に評価したということでございます。それからお捲り頂きまして、19 ページに関しては、こちらは可搬型甲状腺モニタ B の可搬型モニタということに関してでありますけれども、こちらやはり人の頸部に合うようにデザインされているということがあるので、今回マネキンになったのですけれども、実際、被検者を測定する場合には隙間を狭く、ジオメトリの自由度も小さいのではないかと推察されるということでありまして、図 15 のデータは、谷村さんに取得していただいたデータでございますけれども、非常にわかりやすい結果が得られているということでありまして、やはり極端なところになってしまうと、かなり落ちてしまうのだけれども、実際の人の場合には、マネキンのような隙間も空かないですし、ある程度固定した形で合わせられるのではないかというふうに思うところでもあります。

次のタスク 3 で、これはスペクトル解析の統計誤差というところを調べております。これは、何をやったかということが書いてありますけれども、ファントムや線源を用いて、これを単に繰り返し測定を行うということでございますけれども、 ^{131}I を減衰期間を待って、なるべく低いところに合わせて、あるいは測定時間を調整したりとかして、統計誤差がわざと大きくなるような状況にしたりとかして、MDA 付近検出限界地付近になってくるとピーク解析が不安定になってくるといふことがあるので、これを少し工夫して評価できないかというところでやっています。こちらの下図が、ファントムを使って行ったデータであります。測定時間を変えていくと、もちろん統計誤差がどんどん狭くなっていくというのは、当たり前は当たり前なのですけれども、やはり理論的に 1 分測定と測定時間を倍に増やすと、統計誤差が元の 71%になるということで、10 倍ぐらいにすると 31%になるということで、それは得られたカウントのルートで決まってくる話なので、そういうことなのですけれども、可搬型甲状腺モニタ A と S 型を見た時に、1 分間測定の誤差の比較をすると、やはり可搬型甲状腺モニタ B のものに関しては、そういう意味では理論的に減ってきてはいるのですけれども、可搬型甲状腺モニタ A の上のものに関しては、1 分間測定が本当は少ない値になっていないといけないのですけれども、22.1%というところなんです。なので、やはりピーク解析に不安定性があるだろうというふうに思われるところでありました。これに対して、次のページ行っていただいて、ソフトの方で見えますと、ピークの両肩の部分はかなりカウントが少ないということで、このベースラインの引き方自体で、ピークのエリアが出てきたり、出てこなかったりがあるので、あまり本質的な問題で

はないかもしれないのですが、統計誤差がやはり大きくなって見えなくなっているということなので、基本的にはカウントを稼ぐということに尽きるのですけれども、ここどうにかする工夫はあるのかということでありました。次の図では、スペクトル解析に精通したものが、その最適の設定を行うことによって、MDA 付近のもともと普通にデフォルトのソフトウェアでやると出てこなかったものが専門家が再評価すると、その値が見えてくるところで、白丸になっているところは、ソフトウェアで解析しなきゃいけないところなのですけれども、もう 1 回リアナライズすると出てくるところを示したというところでございます。その他の方法としては、テクニク的なところになってしまうのですけれども、これもテクニクなところの話ですけれども、そもそも 1 チャンネルあたりの計数が少ないのであれば、2 チャンネルの部分を 1 チャンネルにするとかといった形でピークの統計誤差を減らせないかというところでございます。主要な結果を示しておりますけれども、上の 3 つのスペクトルが 1024 チャンネルで下が 128 チャンネルまでに圧縮したものの結果となっています。同じスペクトルを上と下ではチャンネル数を変えて、下の方は圧縮をしているということなのですけれども、縦軸のチャンネルカウントが変わっていることがお気づきいただければなというところでもありますけれども、RUN1, RUN2, RUN3 は同じスペクトル同士だったので、これに対して上の方では、90.6, 72.8, 56.4 ということで、これを 3 回同じ測定をしたのですけれども、やはり 3 回とも違う結果が出てくるのですけれども、やはりカウントが少ないのでばらつきが大きくなってしまっているのですけれども、これを下のスペクトルにあるように、128 チャンネルにすることによって、85.9, 77.6, 66.2 という形で、少し安定化が図られたかなというところで、少し本質的なところで抜本的な改善にはなっていないのですけれどもこういったことがあるということでございます。基本的には、やはり測定時間を増やすというところに尽きるかなというふうに思いました。

タスク 4 の課題抽出に関しては、これは研修会等でいただいた意見をまとめておりまして、これも非常に一つ一つ有用なものでございますので分類して掲載しております。測定系に関する意見ですとか、機器の管理に関する意見ですとか、モニタリング全般の運用面に関する意見ですとか、その他の意見ということで、数多くの掲載をあげたというところでもあります。これに関して、専門検討会の方でも私の見解を述べさせていただいたところもあるので、改めましてまとめますと、操作性に関しましては、2 機種 of 可搬型モニタどれも操作は容易であると多くの方々からご意見いただいております。こういったことで既に仕様書に関しては実証済みなのかなと思いますし、未経験者に関しても簡単説明のみで測定を行うことができるということは、これはもう今回非常に有益な結果だったのかなと思っているところでございます。それから、乳幼児の測定に関しましては、ややプローブ式の方が利点があるのではないかなというような状況も考えられるということを書かせていただいております。それから、機器の管理に関しては、いろいろご意見もいただいていて、可搬型甲状腺モニタ A のものに関してはワイヤレスにするという話もありましたけれども、一つ残り時間を伝えてはどうかという、表示するものがあつた方がいいのではないかなということがあつたのですが、そもそも制御用 PC の方では、ソフトウェア上で残りの時間など出ているのですけれども、その画面をそのまま見せてしまうと、結果を見せることにもなってしまうので、口頭で伝える形で書かせていただいております。それか

ら、25 ページですけれども、モニタリング全般を含む運用面に関してでございます。ここも後でつながる話として、据え置き型の甲状腺モニタと遜色なければ、可搬型モニタを使ってもいいということも言っているのですけれども、私たちの方で作った可搬型甲状腺モニタ A の方に関しては、意外にも測定時間が長いということで、もともとその試作機の段階、安全規制研究で作ったときの段階から 3 分という測定時間を設定していたのですけれども、プローブ式にしたためにやはり 3 分だと長いという意見でした。一方で NaI サーベイメータに関しても、実は 2 分ぐらいかかっているのですが、それよりも短い時間が望まれるのだろうかということを、印象として受けたというところでございます。その他という意見で診療放射線技師さんの使ってみたことに関してのご意見いただいたこともあったのですけど、これに関してはすでにそれを可能とする行政的な仕組みができていているというところでございます。それからアンケートの結果を円グラフとかではないのですけれども、これも簡単に書かせていただいているというところでございました。こういった形で貴重な意見ということで承ったということを書かせていただいているというところでございます。

次のページいただいていただきまして、こちらは仕様書の (2) に当たるところで甲状腺被ばく線量モニタリングに使用可能な各機器の活用が想定される状況等の比較調査というところでございます。先ほど似たような表を出しておりますけれども、改めてどういうものが使えるかというところでありまして、一番右に精密型の体外計測装置というものを加えさせていただいているというところでございます。NaI サーベイメータと各機器についての検討を、いかに表示しているというところでございますけれども、NaI サーベイメータに関しましては、これは説明するまでもないのですけれども、NaI サーベイメータを用いた甲状腺モニタリングでは、古くからそういった考え方があってやっていたというところでありますけれども、福島原発事故の時も小児甲状腺被ばくスクリーニングとかで行われていた経緯もあるのですけれども、測定場所の空間線量率が高かったこととか、年齢別のファントムもなかったということが問題として挙げられていたというところでございます。それから少し下に行っていただいて、スクリーニングレベルというのが、簡易測定では運用されるわけですが、このスクリーニングレベルの運用にあたっては、非常に低く、決して高いと言えないところで設定されているので、実施マニュアルにもある通り、空間線量率が平時と同程度または測定に当たって十分に低い場所が測定を行う要件であることを示しています。さらに、補足として、通常の空間線量率についても比較的大きな地域差があることに関しては、注意が必要であると思われるというのは一言書かせていただいたのですけれども、別事業で、広島とか愛媛とかそういったところに行った時に、あちらは線量率が $0.1 \mu\text{Sv/h}$ ぐらいはあるので、こっちだと 0.05 ぐらいのイメージでいるのですけれども、結構違うなという認識がありましたので、正味値の計算とかに、このバックグラウンドは影響してくるので、差し引けば良いのですけれども、多分違った県に応援に行く状況があるとすると、少し驚かれてしまうので、そういうところはちゃんと把握していく必要があるということがあります。これに関して論文を引用しておりますけれども、弘前大学の大森先生の論文が非常に参考になったかなと思います。もう一つ注意点としましてスクリーニングレベルというのは、スクリーニングレベルを超過したものが詳細測定の対象になるのですけれども、必ずしもその被ばく線量に対応したスクリーニングではないということでもあります。下

の図にありますように、100 mSvに相当するような甲状腺残留量に対するNaIサーベイメータのレスポンスを示したものでございますけれども、運用上で0.2と一律に決めているのですけれども、0.2を超えたからといって必ず100ということではないということ。これは先生方はもう自明ですけれども、そういったところのスクリーニングレベルが引っ掛かったとしても線量が低いというような状況もあるということでございます。そこは少しメンションさせていただいたということかなと思います。次に可搬型甲状腺モニタに関して書かれていまして、2つのタイプの違いとして、まず可搬型甲状腺モニタBの方は、高バックグラウンドでの使用も想定しているということでもあります。実施マニュアルの通り、簡易測定はバックグラウンドが低い場所で行われるということでもありますので、当該会場に可搬型甲状腺モニタを用いて詳細測定器として用いることも考えられるということでございます。一方で、今の運用では、拠点病院等にある甲状腺モニタを使うことになってはいるのですけれども、拠点病院で行うメリットは、やはり医療機関であるので、医学的なフォローアップや医学的診断ができるとかということが付随してくると思いますので、この詳細測定対象者のそもそも推定される被ばく線量というか専門の医療機関を受診するとかいったようなことが、本当に高線量であればそのようなことを考えなくてはいけませんが、これがやはり医療機関でやらなくてはいけないことだとすると、詳細測定対象者のフォローアップの対応についても今後検討は必要だろうと考えられるというところでございます。それから次のページにいただいて課題となっていた小児に対する測定に関しては、いずれの可搬型甲状腺モニタも対応可能としているところでして、先ほど可搬型甲状腺モニタAの方で求められていた測定時間が短くできないかという、もう少しサーベイメータライクに使えるかということに関して、これスクリーニング時間を短くするとMDAが上がるだけなのですけれども、その折り合いをつけてどうなるかというところで、具体的効果を新しく評価していただいて、3分測定では40～60 Bqというところで、これは従来のプローブタイプのものと同じですけれども、1分間にすると、100～160 Bqというところで、いずれにしても依然として下の図にありますように、NaIサーベイメータよりも感度が高く、検出限界としては低いということになります。(3)が据え置き型甲状腺モニタの議論でございますけれども、原子力規制庁様の方から、2020年度の調査のデータがありまして、21機据え置き型の甲状腺モニタが存在しているということでございます。拠点病院の指定要件の中に、甲状腺モニタリングについて書かれているのですけれども、それに対してよく読むとやはり協力するということでもありますので、拠点病院すべて甲状腺モニタを持っているわけではないということがわかったのですけれども、こういったことで、全国には50以上の拠点病院があるのですけれども、実際に甲状腺モニタを持っている機関は、半分以下ということになります。この据え置き型の甲状腺モニタに関しては、仕様様々なのですけれども、私たちが有している甲状腺モニタ、これは厚さが5 cmの鉛の中空円筒状の遮蔽帯を備えたものでありまして、子供は測れない、難しいというのは、QSTの当時の担当者から聞いているということでございます。それから、やはりそういった小児を対象にする測定に関しては、現状難があるということでございます。それから、据え置き型の甲状腺モニタは、据え置き型ということであるので、拠点病院がもしも空間線量が上がってしまうと、ここは使いにくくなってしまうということになります。実際、福島県立医科大学に設置されたホールボディカウンターが

施設周囲の放射性核種の影響によって、使えなくなったということが報告されているということも書かせていただいております。次に精密型に関しては、これは鉄室に入ったような体外計測装置で測ることを言っています。実際、福島事故の時には長崎大学とか JAEA による緊急作業員の測定が鉄室の中のホールボディカウンターで行われたということで、非常に高感度でできるということでもあります。こういった精密型の体外計測装置というのは、QST とか長崎大学、広島大学、JAEA 等に設置されているというふうに、認識しております。その他の測定器といたしまして、弘前大学の細田先生が論文でも出されています可搬型スペクトロメトリに関しては、表には入れていなかったのですが、ここで改めてメンションさせていただいたというところがございます、あと核医学に使われる甲状腺モニタがあるということでもありますけれども、引用・参考文献振っていますけれども、2011年に日本放射線安全管理学会がもうなくなってしまったと思いますが、西沢先生が出した報告書がありまして、そこで甲状腺モニタリングについても言及されているのですが、そこで出されたものが核医学でも使われているような甲状腺モニタだったということなので、一応ここで書かせていただいているということでもあります。本当に緊急時であれば医療機器ではあるのですが、そういったとこに使われる可能性もあるのかもしれないということでもあります。こういった可搬型スペクトロメータは、校正さえすれば一応甲状腺モニタには使えるので、実際に実績もありますし、そういったところで、書かせていただいているというところがございます。以上踏まえまして、実施マニュアルに定められた現行の甲状腺被ばく線量モニタリングを補強するための対応ということで書かせていただいているのですが、まず一つの・としましては、可搬型甲状腺モニタの現場詳細機としての活用があるのではないかとことを書かせていただいています。簡易測定と詳細測定からなる甲状腺被ばく線量モニタリングを同一会場で完結することができるということでもあります。2種類の可搬型甲状腺モニタに関しては、被検者の年齢や体形に応じて、または被検者の負担低減を考慮して、機器を選択することも考えられるということでありまして、実際、このような測定の様子となるかなと思います。それから、可搬型甲状腺モニタによる一元的な甲状腺被ばく線量モニタリングということでもあります。実際、今回いろいろやってみて非常にスムーズに、使えるのではないかとことはわかったことでありまして、しかも簡易測定よりも時間を短縮できる可能性もあるということで、簡易測定に関しては、大腿部測定・頸部測定で、しかもその後正味補正值の計算等をしなくてはいけませんけれども、こちらの可搬型モニタであれば、Bq がそのまま出てきますので、Bq から線量評価するというプロセスはあるにしても、それも最初の当座の線量評価の時には吸入摂取を仮定するなどして、行えばいいと思いますので、これに関しては、実は昨年度の原子力規制庁様の事業でマニュアル作らせていただいております。そういった可搬型モニタによる一元的な甲状腺モニタリングというのが、将来的な姿としてはあるのかもしれないということを書かせていただきました。次に 4.3 ということで、こちらがまだできていないところではあるのですが、簡易測定の現場を想定した測定者数と測定機器の関係ということでございます。既にこの図にありますように、規制庁の方から簡易測定に関する試算が出ていて、1人6分ということで書かれているというところがございます。そういったことで、このケースをベースに考えていくというところがございます。予備的な検討としまして、そもそもその考慮する仕様書に

書かれた検討すべきパラメータというのがいくつかありましたので、それについてレビューをさせていただくということでございますけれども、会場の規模に関しましては、これは内閣府の方から、各地域の避難所の数ですとかというのは、出されていますので UPZ 圏内の最大避難者の数と、それを避難所の数とその人口で割ってあげると、一施設当たりの大体の避難所の規模感が分かるということでございまして、大体 100 名から 500 名程度というのが極小規模な施設を除けばそのぐらいなのかなというふうに思われるというところでございます。それからブース数に関しては、難しく、各施設の避難所のリストというのが出ている自治体もあるのですけれども、伸び床面積みたいなもので、どのぐらいのスペースが確保されてみたいなことをやりだすとなかなか難しく、つまり各避難所の収容率だったりとか、実際、避難所に使われた時にいろいろ資機材が運び込まれてみたいなことになると、各 1 会場ごとに何ブース設置できるのかについては、なかなか難しい話ですので、基本的には、1 ブースあたりの処理能力を適切に評価できれば、簡易測定会場に來訪した被検者の測定を目標期間内に終了するために何ブース必要なのかといったような逆の考え方もできるのかなと思ったところがあります。基本的に各ブースには保守点検が適正にされたサーベイメータが 1 台ずつ配備されるというところでありまして。それから 1 時間あたりの來場者数も単純にこの処理能力を超えてしまうと、その來場者が待つことになるので、この稼働率みたいなところをあまり上げすぎると、測定者の方も負担になりますし、あとは待っている時間がどこまで待ってられるのかと言ったような問題があるので、なかなかこのパラメータは難しいです。それからスクリーニングレベルを超過したものの割合に関しては、スクリーニングレベルとは 100 mSv になる対象者を保守的に検知するように設定されているというところでございまして、これまでの原子力規制庁の色々な試算、新規基準の適合性の審査で使われたような試算とかによると、IAEA の基準下回る結果が得られていたりとか、最近の屋内退避委員会でされているようなシミュレーションでもさらに被ばく線量が低減されるということが示されているということでありまして、将来起きるような原発事故を考えた時に、スクリーンレベルにかかって詳細測定に流れるような対象者というのは、実は非常に少ないのではないかというようなことが、予想としては出てくるということでありまして。実際、福島原発事故の時もスクリーニングレベルを超えた方、ちょうど福島の時も 0.2 μ Sv が使われていたのですけれども、最大でも 0.1 μ Sv があつたということでありまして、福島のこととも考えると、非常に低いのではないかというような想定がされる。それから乳幼児などの NaI サーベイメータの測定が困難な場合の割合ということでございますけれども、これは手引きの方に、保護者等の要望に応じてやりますと書いていますので、測定するからには、それは対応するんですが、現状 NaI サーベイメータだとなかなか難しい状況でもあるということでありまして、本事業で調査対象とした詳細測定器、可搬型モニタが考えられるということでございます。次のページの 34 ページは、UPZ 内の圏内の人口と、施設の数とか示しているというところでありまして、それから 35 ページは検証計算というところを示しています。少し細かい話になってしまうので、いろいろなパラメータを設定して、まず検討チームでやられた計算というのがちゃんと運用できるかということを示したというところでございます。このプログラムを使った計算結果に関しては、付録 4 ということで、後でお示ししているということでございます。こういったことで、結論としては、

1人当たり6分ということを想定した検討チームの試算というのは、測定が2分でそれ以外の部分が4分と考えると、さらに分割することによって、その測定と測定以外のかかる人のリソースを最適化する余地がまだあって、さらにもっと詳細な測定でシミュレーションすることができますということを示しているというところでございます。37ページ以降はまだできていません。これは今夜にまとめる予定ですが、原子力規制庁の方から新しい情報いただきまして、受付に2分、4分、6分というようなことで受付に時間がかかるということがあったので、その対応をしているということでございます。こちらの方の受付時間が長くなってしまいうということに関しては、この受付の時に説明をするといった話があったりだとか、あとは同意書を取るといったような話があったりだとかということで、質疑応答まで含めると6分ぐらいの時間を想定されるということでございます。こちら、実は実施マニュアル案作成事業というのが、令和3年度に私たち受けておりまして、そこで似たようなことを議論していたかなというふうに思いますので、そこもこの報告書でメンションできればなと思っています。結論の方は、まだ書いていなくて、今日書きたいと思っています。

付録に関しては、1、2は委員会の方の話、それから付録の3が予備調査の結果の話、それから付録の4が甲状腺の簡易測定シミュレーションの話ということで、それぞれの計算に関して、詳細な計算結果を示しているということでございます。最後の66ページ以降が、少し差し替えはするのですが、実証会ここではワークショップと書かれていますけれども、そういったところで使った資料ということになっております。以上が報告書の概要でございます。すいません、1時間ぐらい説明をしてしまいましたけども、はい、ということであります。先生方、今日お配りしてということで、コメントも多分しづらと思いますし、どうしたものかなというふうに多分思われると思います。提出が遅れてしまって申し訳ございません。全体的にこういった形でまとめておりますけども、何か大きなこれは入れてほしいなというのとかがありましたら、可能な限り対応しようと思うのですけれども、いかがでしょうか。

保田（広島大）：広島大の保田です。詳しいご説明ありがとうございました。すごく充実した内容だと思うのですが、12ページかな、青色のシミュレーションを説明して下さっているところで注意書きのところですが、ポアソン到着過程とかアーラン分布という言葉が出てくると思うのですが、専門家はわかると思うのですが、素人の方にはわかりにくいと思って、何か解説があるとありがたいかなと思いました。

栗原（QST）：ありがとうございます。私もあまり詳しくはないのですが、実際、今はポアソン分布を使っていなくて、正規分布、あとは今待ち時間を等間隔で与えているので、綺麗に1時間100人、あと等分して測っている検出器ですね、そこが少し実際ではなくポアソン仮定で、実際には近いのですが、そういった設定もできるので、ファンクションを見ながら分かりやすく追及したいと思います。ありがとうございます。一応この事業は、調査ということですので、論文でいうところの考察までは踏み切れてないのですが、仕様の内容に関しては、これで大体カバーできているのではないかなというふうに今思っているということでございますけれども。細田さん、お願いします。

細田（弘前大）：はい、本日伺えなくて申し訳ございませんでした。いろいろ今日、別の会議も入っていて、なかなかお伺いできなかったんですが、非常に短い期間に非常に

丁寧で、かつすごいボリュームの報告書をまとめていただいて、ありがとうございました。すごくわかりやすかったです。もう期間もないのであまり大きなコメントではない方がいいとも思うし、そういう話も栗原先生最初にされていたように思いますので。私、用語の点で、二点ほどコメントではないのですが、いかがでしょうかということなのですけれども、一つは、今の栗原先生ご説明の中でも測定誤差とか、いわゆる誤差っていう表現がよく出てきましたが、特に最初の方ではいろいろいくつか測定の不確かさの要因がいくつか書かれていて、検討されているようでしたが、評価されているのは誤差ではなくて、不確かさを評価されているのではないかと思うのですが、測定の誤差という表現でよろしいでしょうかと、最近では誤差という表現はあまり使われなくなってきたと思いますし、一方で不確かさを厳密に評価しようと思うと、かなりいろいろなパラメータを TypeA, TypeB と分けて考えないといけないので、厳密な意味での不確かさともまた違うのではないかとも思うのですが、今測定誤差という表現が報告書としていいかどうかというのが一点と波高スペクトルという表現が出てきたのだと思われませんが、波高スペクトルと言わんとしていることが分からないわけでもないですが、一般的には γ 線パルス波高分布ではないかなと。結局言わんとしたことは同じですが、波高スペクトルという表現をされるかなという、非常に、用語のところで気がついたところとしてその二点について、ご検討できる範囲でいかがでしょうか。

栗原 (QST) : はい、先生ありがとうございます。私も最初の測定誤差は、測定誤差と言ってしまっているのかなという話はあったのですけれども、5 ページの方で、測定の誤差がいくつかありますよと話をさせていただいて、5 ページの上の方マーカは引いていないのですけれども、第2段落のところでございますけれども、測定者のばらつき、不確かさですけども以下、特に断りのない限り測定誤差とするということで載せさせていただいているのですけど、厳密に欠けているのですが、委託の仕様書が測定誤差と言っておりまして、測定者の測定誤差と言っておられるので、なるべくそれに合わせたような形にしたという経緯でございます。本当に先生が実験をやられるような測定誤差を追及すると本当に細かい話になるので、なかなか悩ましいところではあったのですけど、そういう対応させていただいたところですよ。

細田 (弘前大) : わかりました。ありがとうございます。やはり誤差というと、古くから誤差という表現は使われていて、結局真値があるから誤差だということだと思うのですが、結局放射線計測では真値とはなんぞやというのが分からないので、多分誤差という表現を使わず、不確かさという表現でもっていろいろ表していくというのは分析化学もそうなのでしょうけど、だんだんそんなふうになってきたと思うのですね。でも、仕様書がそうなっているのであれば、多分仕様書に合わせる先生の意見に何も反論するような気持ちはありませんので特にその最初の指摘は取り下げたいと思います。ありがとうございます。

栗原 (QST) : ありがとうございます。あと、波高スペクトルに関しては、直せると思うので、そこは直したいと思います。ありがとうございます。そのほか先生方がでしょうか。

保田 (広島大) : エディトリアルなことでもいいですか。

栗原 (QST) : はい。

保田 (広島大) : 4.3 のタイトルの測定者数と測定機器の関係の関する調査で、「に」ではないで

しょうか。(1:17:17)

栗原 (QST) : すみません。タイトルは仕様書に合わせたつもりではあるのですが、確認してやはり長いので、少し削ろうかなと思っています。目次とかふるとき大変なので。急いでいて推敲などでできていないので、すみませんでした。

保田 (広島大) : 33 ページの重大事故等大作が奉功するというのは、どういう意味なのでしょう。

栗原 (QST) : はい。これは原子力規制庁様の方でよく使われているタームなのですが、奉功するというのは、うまくいくという。

保田 (広島大) ; うまくいくというのは、これは主君に使えるとかそのような意味で使うのかと思っていました。うまくいくという意味もあるんですね。

栗原 (QST) : 最近、屋内退避の検討会に出ておりまして、そこで良く奉功するとか改善性があるとかといったような、すごく難しい言葉を使われているので、やはり、そういうふうな格調の問題などというか、そのような特殊な言葉を使うのかなと。

保田 (広島大) : これは規制庁に出す報告書だから良いと思います。

栗原 (QST) : はい。島川様、まだシミュレーションの方が終わっていない、計算は終わっているのですが、考察というか少し要所を書けていないのですが、表の 6 が 34 ページにありますけれども、こちらを追加するような形でよろしいかという確認でございます。あとまだシミュレーション自体はそんなに時間はかからないで、はい。

島川 (規制庁) : 要望通り受付時間長くしていただいております。対象者と測定機器が必要台数の関係についてはおそらくなんですけど、このブース数=必要台数ということですね。

栗原 (QST) : そうですね。そこも 33 ページの上の方に書かせていただきまして、各測定ブースには基本的に保守点検が適正に行われた NaI サーベイメータが 1 台ずつ用意されるということでございます。脚注にかいても表の下に書いても良いのかもしれませんが、そこは、対応できると思いますので、はい。その他いかがでしょうか。

保田 (広島大) : もしいなかったもう一個。2020 年時点というの、29 ページの 2020 年時点で 21 機だったとは、5 年前のことなので、結構古いような気がするのですが、最近のデータがないという。あるいは論文？

栗原 (QST) : 規制庁様の方でアップデートされている情報があれば。

島川 (規制庁) : 調べます。

保田 (広島大) ; : すみません。

栗原 (QST) : 徳本企画官お願いいたします。

徳本 (規制庁) : はい、ありがとうございます。規制庁オブザーバーの立場で恐縮ですけど、臨床系の先生にお伺いしたいのですが。この資料の 30 ページ、31 ページのところで、この可搬型甲状腺モニタの使い道として、現場での詳細測定器としての活用、そして一元的な甲状腺被ばく線量モニタリングとしての活用というのを上げていただいているのですが、例えば今拠点病院に置いています据え置き型の甲状腺モニタだとか、そういったものの互換性と言いますか、今後は据え置き型モニタを病院に置くのではなくて、この可搬型でもいいですよとかそういうふうになる可能性があるのかどうかというのも私たち疑問と言いますか、関心がありまして、そこらへんについてご示唆いただいて、もし報告書に書けるようなものがあるのであれば、記載していただいたらいいのかなと思うので

すがいかがでしょうか。

栗原 (QST) : 宇佐先生入られていますでしょうか。

宇佐 (長崎大) : はい。

栗原 (QST) : はい、お願いします。

宇佐 (長崎大) : 栗原先生もおっしゃったように、今あるところの甲状腺モニタは、やはり口径が大きくて、小児にはなかなか難しいのかなというところは印象を持っているところでございます。本当にきちんと図れるかなと、そうした場合に、現状の今回2つの可搬型が作られたというところは非常に有用かなと思っております、今のこの2つの機種と現行の甲状腺モニタと比較して遜色なければ、変えてというか、変える方向でもいいのかなとは個人的には思います。だから今あるホールボディカウンターに付随されている甲状腺モニタで、実際に子供に当てて測ったこともございませんので、なんとも言えませんが、難しいかなと思いますので、可搬型の方がいいのかなと思います。だから、今の可搬型の精度と据え置き型が変わらないということであれば、個人的には変えてもいいかなと思っております。すいません。あまりいいコメントになっていませんけど、よろしくお願いします。

栗原 (QST) : ありがとうございます。宇佐先生長崎大学の据え置き型の甲状腺モニタというのは、口径はどのくらいですか。

宇佐 (長崎大) : 甲状腺モニタというよりも、いわゆる精密型の鉄室にある Ge 検出器を動かして首のところに当てるという形になりますので。

栗原 (QST) : 福島原発の事故の時に使われた鉄室の中に納められている Ge 半導体検出器ですよ。

宇佐 (長崎大) : はい。あれが頭のところからずっと足先まで動いていくのですが、それをだから甲状腺部に固定して測るという形で、我々のところは。

栗原 (QST) : はい。松田先生からそれと、鉄室の中に検出器を入れたという話を聞いたことがあって。

宇佐 (長崎大) : はい。福島の後には、Ge 少し口径の小さいのを入れたっていうところですね。

栗原 (QST) : わかりました。

宇佐 (長崎大) : だから福島事故の時には、それ入ってなかったの。

栗原 (QST) : はい、そういう意味では長崎大学さんの方は、いわゆるこの報告書 27 ページにお示した写真にあるようなこういうやつはないということでよろしいですか。

宇佐 (長崎大) : 27 ページはい。そうです。もう少し大きいです。

栗原 (QST) : どちらかというと、はい。

宇佐 (長崎大) : この左側のチェア型の甲状腺モニタも子供には密着はできないかなという気はするんですけどね。

栗原 (QST) : そうですね。福島事故の時に、精密型使った測定というのは、私が実はやったりとかしていたのですが、あえて離してやっていたというのがありまして。

宇佐 (長崎大) : はい。

栗原 (QST) : 鉄室の中なので、低バックグラウンドなので、逆に放射線測定的にはくっつけてやると、その誤差の方が大きくなってしまいますので、離すと甲状腺がポイント線源みたいにできるので、それで 10 分間測るということで、なかなか子供とか一般の方には難しいかなと思うのですが、最終手段としては実際、長崎大学さんの方もそういった形で松田先生がいろいろ測定された経験もあるので、

最終手段としてはそういうことも、少し触れてもいいのかなというところで、示させていただきました。はい、ありがとうございます。次年度以降、また線量評価部会等で各センターが所有している甲状腺モニタのスペックとか、あと校正をどうすればよいのかということも考えていければと思いますので先生、ありがとうございました。

宇佐（長崎大）：すみません。あまりコメントになってなくて、申し訳ございません。

栗原（QST）：いえ、有益なご意見いただきました。ありがとうございます。そのほかいかがでしょうか。はい。では徳本企画官をお願いします。

徳本（規制庁）：はい、ありがとうございます。宇佐先生、もう一度教えていただきたいのですが、今先ほど 27 ページの写真で説明いただきました。主に先生が説明いただいたのは、鉄室の中での精密測定の話をしていただいていると思うのですが、いわゆる拠点病院とかに置いてあります右から2つ目のチェア型のやつ。このチェア型のやつといわゆる今回開発した可搬型の甲状腺モニタと入れ替えをすると、例えばこのチェア型普段の一般臨床でも使っているから、入れ替えは難しいですよとか、そういう事情とかあれば教えてください。何度もすみません。

宇佐（長崎大）：一般臨床では全く使わないです。はい。おそらく一般臨床では、先ほど栗原さんが中でおっしゃったように、真値のところでの甲状腺の集積を見るときのことですけれども、これで甲状腺の集積を見るわけではありませんので、全然まず使っていない。

徳本（規制庁）：ということであれば、今このチェア型とは入れ替えができる可能性は十分にあるということで理解しました。

宇佐（長崎大）：はい、そうです。だから、いわゆる測定精度に変わりがなければ入れ替えは可能かと思っております。

徳本（規制庁）：ありがとうございます。

宇佐（長崎大）：普段使っていないです。

徳本（規制庁）：ついでに聞くと、先ほどおっしゃられた核医学のシンチで使っているやつとは、リブレースは違うということですよ。

宇佐（長崎大）：それは医療機器だと思いますので、また全然。シンチカメラのことだと思います。通常何と言いましょか、全然用途が違いますので。

細田（弘前大）：よろしいでしょうか。

宇佐（長崎大）：はい、すみません。

細田（弘前大）：宇佐先生、弘前大学の細田です。よろしいですか。多分、宇佐先生今ご説明されたいのって、おそらくあれですよ。甲状腺シンチなんかで使われるようないわゆる甲状腺の可視化をするようなタイプは、甲状腺モニタでは少なくとも画像処理ができないので置換できませんよってということですよ、宇佐先生がおっしゃりたいのは。という風に感じます。だから、明らかに用途が違いますよね。

宇佐（長崎大）：はい。全然違います。

細田（弘前大）：核医学画像にする要は、甲状腺のカウントを集められても、少なくとも甲状腺モニタでカウントを集められても、その後の画像処理機能が甲状腺モニタについてないから、医療用の甲状腺のシンチカメラとの代替には全くならないですよ。

宇佐（長崎大）：だから、全く考えられなくて、27 ページのところの表の右から2つ目の据え置き型の甲状腺モニタからの入れ替えができる可能性はあるということです。

それからこれ、実際、病院では全く使っていないので徳本さんがおっしゃった臨床からの意見をとられると非常に難しいところです。以上です。

徳本（規制庁）：ありがとうございました。いわゆる核医学というのは、シンチカメラのことだというには、今一つ繋がっていなかったのも、変な質問になりましたけど、先生のおっしゃっていただいたことよくわかりました。栗原先生もしよろしければ、今置いてある据え置き型との代替可能性についてはコメントを追記していただけるといいかなと思います。よろしくお願いします。

栗原（QST）：わかりました。私の知る限りだと、やはり弘前大学の方で甲状腺モニタがあったかなと思いますし、福島医大の方にもありましたでしょうか。多分、チェア型の前に検出器が首に合わせられるような形であるようなものなのですけれども、それがこの開発した可搬型甲状腺モニタに置き換えられるかどうかという形で更新のタイミングあれば、そういうことの可能性があるのかといったことを、多分医療者の立場からコメントいただきましたかったというのが徳本企画官の趣旨だったと思うのですが、記憶が曖昧なのですが、細田先生、弘前大学にある甲状腺モニタの稼働状況は、今どういう現状でしょうか。

細田（弘前大）：多分、座るタイプの座位型のホールボディカウンターは、福島の事故の後、何人か受け入れて実際データを取ったり、災害医療の中の研修で使ったりしている、救命の先生が使ったりしているというのは聞いているのですが、甲状腺モニタは、栗原先生おっしゃるように据え置き型でここに座って当てればいいもので、 γ 線の波高分布が得られるものはあるのですが、実際は稼働していないのではないかと思います。

栗原（QST）：わかりました。ありがとうございます。石川先生いかがでしょう。福島医大の情報をいただければと思うのですが。

石川（福島医大）：はい、ありがとうございます。すいません、私はもう福島医大の方で甲状腺関係のモニタは、病院の方であって、私が直接タッチしているわけではないので申し訳ありませんが、詳しい状況は、私も存じ上げてない状況です。

栗原（QST）：わかりました。はい、では大場先生とかにも聞ければ、時間もなくて報告書に反映できるかわからないですけど、はい、ありがとうございます、はい。

石川（福島医大）：はい、一つ質問してよろしいでしょうか。

栗原（QST）：はい。

石川（福島医大）：報告書の中でマネキンを使った測定であったり、結果がいくつか書いてあるのですが、このマネキンというのは何歳児相当のマネキンなのかなというのは思ったのですが、例えば9ページあたりの写真見てみると結構、大人とまで言わないまでも、結構大きな中学生高校生ぐらいなのかなとか思ったりとかして、どの程度の年齢かによって、首の長さとかも少し違ってくるのかなとか思ったりして、このマネキン何歳ぐらいを想定したマネキンなのかなというのが、もしあれば教えていただければと思ったのですが、どこかに書いてありましたでしょうか。

栗原（QST）：はい、すいません。購入した時にそういった情報があったのかもしれないのですが、確認をいたします。大きき的には大人までいなくて、中学生ぐらいのサイズ感かなというふうに思います。年齢とかはなかなか難しいので、おそらくこのぐらいのモデルだろうというところを報告書の方に誤解のない範囲で書き込みたいのと、あと首の太さがどのくらいかみたいところは少し加筆したいと思います。ありがとうございます。

石川（福島医大）：どうもありがとうございました。私からは以上です。

栗原（QST）：はい、ありがとうございます。

保田（広島大）：マネキンは、リアルじゃないような気もするのですが、結構理想的な体型にしているような、そういう問題はないのでしょうか。

栗原（QST）：はい、ご指摘の通りでございまして、本当は人を被検者に、人に線源をつけてもらってみたいなこと、そういう試験もやればよかったのですが、正式にやろうとするとヒト研究になるということで、倫理審査通さなくては行けない。やることは別にいいと思うのですが、それでデータを取ったりだと、本当のデータを取得したりみたいになってくると、倫理審査ということになるので、線源を当てたことによる被ばくとかではなくて、そこからデータを取るということ自体がヒト研究になるということです。来年度以降は仕切り直してやっていきたいなと思いますし、はい、なのでこの結果というのも、マネキンだったという結果だったのだけれども、本当の人だったらどうなるかと。人でやるにしても、結局ここに線源をつけてやるという形になるので、おそらく似たような形にはなるのだろうなというふうには想定しているところです。あとマネキンだとやはり 14 ページにあるような少し不自然な形になってしまうのですが、こういうのが人の方だと少しより検出部に頸部が合わさったりして、もう少し誤差が減るのかなと、いい方向にもいくかもしれないので、そこはやってみないと分からないところではありますけれども、次年度以降検討していきたいなと思っています。はい。

保田（広島大）：喉仏がないので、リアルな人型のマネキンが本当にあればいいのだろうと。

栗原（QST）：そうですね。一応、私たちもいろいろ探しまして、ツボを押すマネキンがあつてそれを一応いろいろ検討したのですが、あれはあれでゴムなのですよ。中は空洞なので、少し加工しにくいかなというところもあったりとかして、いろいろなマネキンを各センターさん最近も扱っているの、いろいろとそういうのを参考にしながら、これとは事業関係ないのですが、各センターで甲状腺簡易研修とかやられているので、そういったところの比較みたいなのもできたらなと思っています。

保田（広島大）：ありがとうございます。

栗原（QST）：はい。来年度ということで、また規制庁様にお願いをして、はい。ということで、先生いかがでしょうか。なければ、今後の予定ということで述べさせていただきたいと思うのですが、今週中にはできていないところは全部やって、それで 3 月 31 日月曜日に提出なので、週末も最後の推敲をするという形で報告書をまとめていきたいと思っています。なかなか先生方にも事前にお送りしてちゃんと見ていただくことが本当は良かったのですが、今回提案が多くなりすぎてしまって、それ提案したのは私たちなのですが、実は、この報告書には載っていないデータも結構あって、それも勿体無いなと思いつつもまとめきれなくなってしまったので、今この段階でやっているということになっています。大きなコメントは対応が難しいかもしれませんが、比較的軽微な修正だったり、これが抜けていたりというのがありましたら、申し訳ございませんけれども、金曜の午前までにいただけますと、可能な限り対応させていただきたいと思っています。はい。先生方のお名前は、この付録の 1 で検討会の設置規定とともに委員名簿という形で載せさせていただきたいと思っていますので、先生方のこの事業にコミットしていただいたことをしっかりと歴史に残してい

きたいなと思っておりますので、引き続きよろしくお願いします。昨年度もいろいろお願いした先生もおりますし、毎年毎年な感じになっていますけれども、引き続きよろしくお願いします。そうしましたら、委託元の原子力規制庁島川様の方からコメント・総括いただければと思います。

島川（規制庁）：皆様、短い期間で無理を言ってしって、立派な結果を得られたことありがとうございます。金曜日の午前中まで意見可能ということなので、ギリギリまですみませんが、詰めていただいて、今後の原子力災害に資するような、報告書になればと思っておりますので、どうぞ金曜日の午前中までもご協力をどうぞよろしくお願いいたします。

栗原（QST）：ありがとうございました。そうしましたら、先生方、本当にこの事業、11月から始まりましたが、先生方の協力をいただきまして、なんとか少しまだ完全には終わっていませんけれども、なんとなくゴールが見てきたかなというふうに思っておりますので、また、これをきっかけとして、この仕事も研究として取り組めるように、先生たちとまた一緒に仕事ができたらなと思っておりますので、引き続きよろしくお願いいたします。それではありがとうございました。以上をもって閉会したいと思います。

皆様：ありがとうございました。

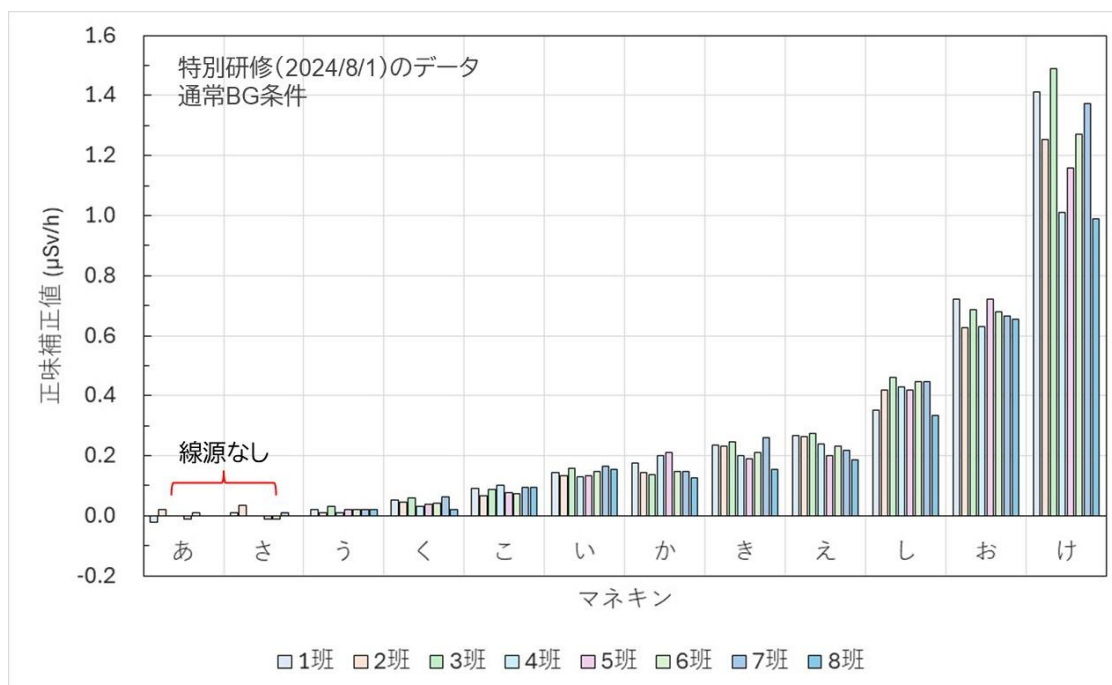
付録3 予備調査結果—NaI(Tl)サーベイメータの測定誤差

予備調査では、国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構（QST）が原子力災害医療研修⁷の1つとして実施した「甲状腺簡易測定研修」及び公益社団法人日本診療放射線技師会（JART）の協力を得て実施した「臨時甲状腺簡易測定研修」において、線源を内部に設置した頭頸部マネキンの測定誤差及び測定中のNaI(Tl)サーベイメータプローブの保持状態を解析するための動画を、研修受講生ので了承を得て取得した。データを取得した研修会は付表1のとおりである。測定誤差は、研修受講者が測定した頭頸部マネキンの測定値（正味補正值⁸）の平均値からの差の標準偏差として評価した。測定データの取得例は付図1に示すとおりである。なお、QST主催の研修では、測定室内の空間線量率を $0.2\mu\text{Sv h}^{-1}$ 程度の高めた条件での測定データについても取得した。次頁以降に各研修会で取得した主なデータ類を示す。ただし、各データのマネキンの付番は各研修会で異なる。

付表1. 予備調査を実施した甲状腺簡易測定研修等

甲状腺簡易測定研修(QST開催)		臨時甲状腺簡易測定研修(QST・JART共同開催)	
第1回研修(2024/8/23)	3班	第3回臨時研修(2024/11/23, 宮城県)	10班
第2回研修(2024/10/11)	4班	第4回臨時研修(2024/12/21, 島根県)	25班
第3回研修(2025/1/16)	5班	第5回臨時研修(2025/1/25, 愛媛県)	17班
特別研修(2024/8/1) *通常バックグラウンド実習のみ	8班	—	—

※1班は測定者と記録者の2名で構成



付図1. 測定データの取得例

⁷ QST 放射線医学研究所. <https://www.qst.go.jp/site/nirs/rem-training.html>. (2025年3月25日閲覧)

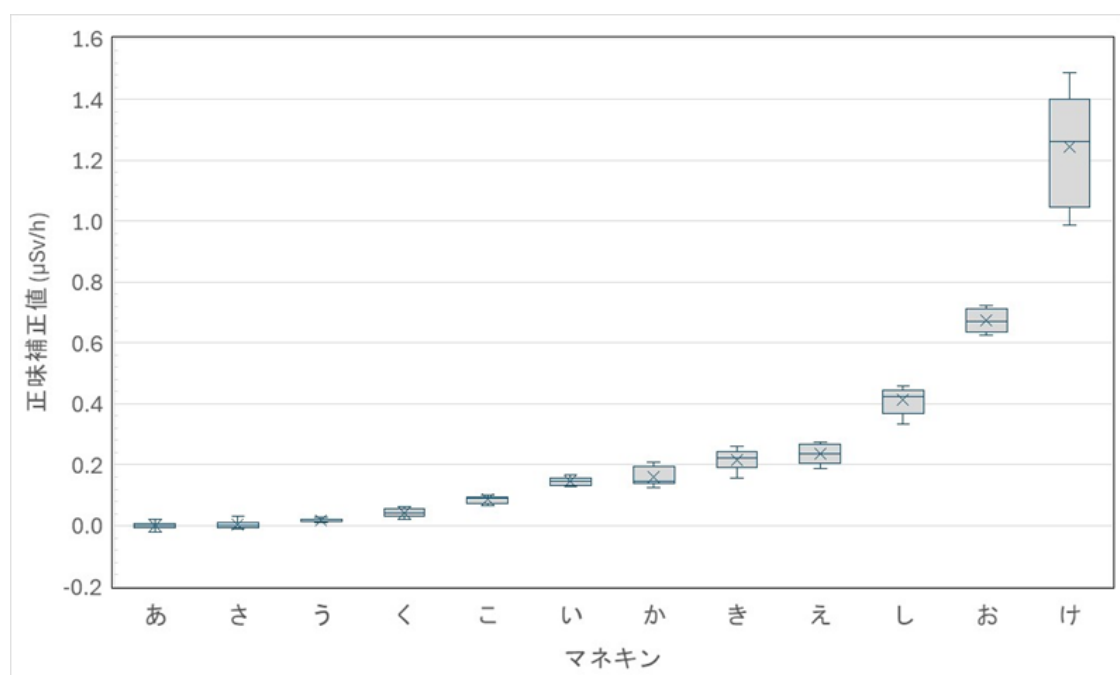
⁸ 本文の脚注2を参照

付表 2. 各班の測定値（正味補正值）データ
 — 甲状腺簡易測定研修（特別研修，2024 年 8 月 1 日開催） —

単位: $\mu\text{Sv/h}$

	あ (BG)	さ (BG)	う	く	こ	い	か	き	え	し	お	け
1班	-0.02	0.01	0.02	0.05	0.09	0.14	0.18	0.24	0.27	0.35	0.72	1.41
2班	0.02	0.03	0.01	0.04	0.07	0.13	0.14	0.23	0.26	0.42	0.63	1.25
3班	0.00	0.00	0.03	0.06	0.09	0.16	0.14	0.25	0.27	0.46	0.69	1.49
4班	0.00	0.00	0.01	0.03	0.10	0.13	0.20	0.20	0.24	0.43	0.63	1.01
5班	-0.01	-0.01	0.02	0.04	0.08	0.13	0.21	0.19	0.20	0.42	0.72	1.16
6班	0.01	-0.01	0.02	0.04	0.07	0.15	0.15	0.21	0.23	0.45	0.68	1.27
7班	0.00	0.01	0.02	0.06	0.09	0.17	0.15	0.26	0.22	0.45	0.67	1.37
8班	0.00	0.00	0.02	0.02	0.09	0.16	0.12	0.16	0.19	0.33	0.66	0.99
Ave	0.00	0.00	0.02	0.04	0.09	0.15	0.16	0.22	0.24	0.41	0.67	1.24
SD	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.03	0.05	0.04	0.18
SD(%)	—	—	32.3%	32.3%	14.0%	9.2%	19.2%	15.6%	13.7%	11.3%	5.4%	14.7%*

* 0.99を除けば12.7%



付図 2. 各班の測定値（正味補正值）データ（箱ひげグラフ）
 — 甲状腺簡易測定研修（特別研修，2024 年 8 月 1 日開催） —

付表 3. 各班の測定値（正味補正值）データ

－甲状腺簡易測定研修（第 1 回研修，2024 年 8 月 23 日開催）－

通常バックグラウンド

単位: $\mu\text{Sv/h}$

	い (BG)	さ (BG)	え	き	か	こ	け	あ	お	し	う	く
1班	-0.01	0.00	0.03	0.06	0.12	0.14	0.22	0.22	0.38	0.47	1.17	0.97
2班	-0.01	0.00	0.03	0.04	0.09	0.12	0.18	0.21	0.30	0.43	0.78	1.05
3班	0.00	-0.01	0.03	0.05	0.13	0.13	0.13	0.19	0.34	0.39	0.97	0.91
Ave	-0.01	-0.00	0.03	0.05	0.11	0.13	0.18	0.21	0.34	0.43	0.97	0.98
SD	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.05	0.02	0.04	0.04	0.20	0.07
SD(%)	—	—	0.0%	20.0%	18.4%	7.7%	25.5%	7.4%	11.8%	9.3%	20.0%	7.2%

高バックグラウンド

単位: $\mu\text{Sv/h}$

	い (BG)	さ (BG)	あ	お	こ	し	き	け	え	か	う	く
1班	0.01	0.02	0.06	0.01	0.15	0.14	0.21	0.22	0.44	0.45	1.15	1.09
2班	-0.01	0.02	0.04	0.06	0.11	0.11	0.18	0.21	0.27	0.38	0.81	1.08
3班	0.00	0.00	0.03	0.04	0.11	0.15	0.18	0.19	0.32	0.41	0.89	1.02
Ave	0.00	0.01	0.04	0.04	0.12	0.13	0.19	0.21	0.34	0.41	0.95	1.06
SD	0.01	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.09	0.04	0.18	0.04
SD(%)	—	—	35.3%	68.6%	18.7%	15.6%	9.1%	7.4%	25.4%	8.5%	18.7%	3.6%

付表 4. 各班の測定値（正味補正值）データ

－甲状腺簡易測定研修（第 2 回研修，2024 年 10 月 11 日開催）－

通常バックグラウンド

単位: $\mu\text{Sv/h}$

	か (BG)	さ (BG)	お	こ	い	け	し	き	う	あ	え	く
1班	0.02	0.01	0.05	0.10	0.13	0.19	0.19	0.23	0.35	0.46	0.86	1.53
2班	-0.01	-0.01	0.04	0.10	0.14	0.15	0.17	0.22	0.30	0.42	0.84	1.42
3班	0.00	0.02	0.02	0.11	0.12	0.19	0.17	0.20	0.33	0.41	0.80	1.46
4班	0.00	0.00	0.07	0.10	0.16	0.20	0.21	0.24	0.43	0.52	0.96	1.46
Ave	0.00	0.01	0.05	0.10	0.14	0.18	0.19	0.22	0.35	0.45	0.87	1.47
SD	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.06	0.05	0.07	0.05
SD(%)	—	—	46.3%	4.9%	12.4%	12.1%	10.4%	7.7%	15.8%	11.0%	7.9%	3.1%

高バックグラウンド

単位: $\mu\text{Sv/h}$

	か (BG)	さ (BG)	お	こ	い	け	し	き	う	あ	え	く
1班	-0.02	-0.02	0.04	0.09	0.11	0.17	0.20	0.20	0.36	0.42	0.91	1.50
2班	0.00	0.01	0.04	0.09	0.12	0.16	0.17	0.16	0.35	0.44	0.85	1.43
3班	-0.02	-0.02	0.03	0.06	0.12	0.14	0.17	0.21	0.35	0.43	0.87	1.31
4班	-0.01	-0.01	0.04	0.10	0.12	0.22	0.21	0.22	0.38	0.48	0.74	1.60
Ave	-0.01	-0.01	0.04	0.09	0.12	0.17	0.19	0.20	0.36	0.44	0.84	1.46
SD	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.03	0.02	0.03	0.01	0.03	0.07	0.12
SD(%)	—	—	13.3%	20.4%	4.3%	19.7%	11.0%	13.3%	3.9%	5.9%	8.6%	8.4%

付表 5. 各班の測定値（正味補正值）データ

－甲状腺簡易測定研修（第3回研修，2025年1月16日開催）－

通常バックグラウンド

単位：μSv/h

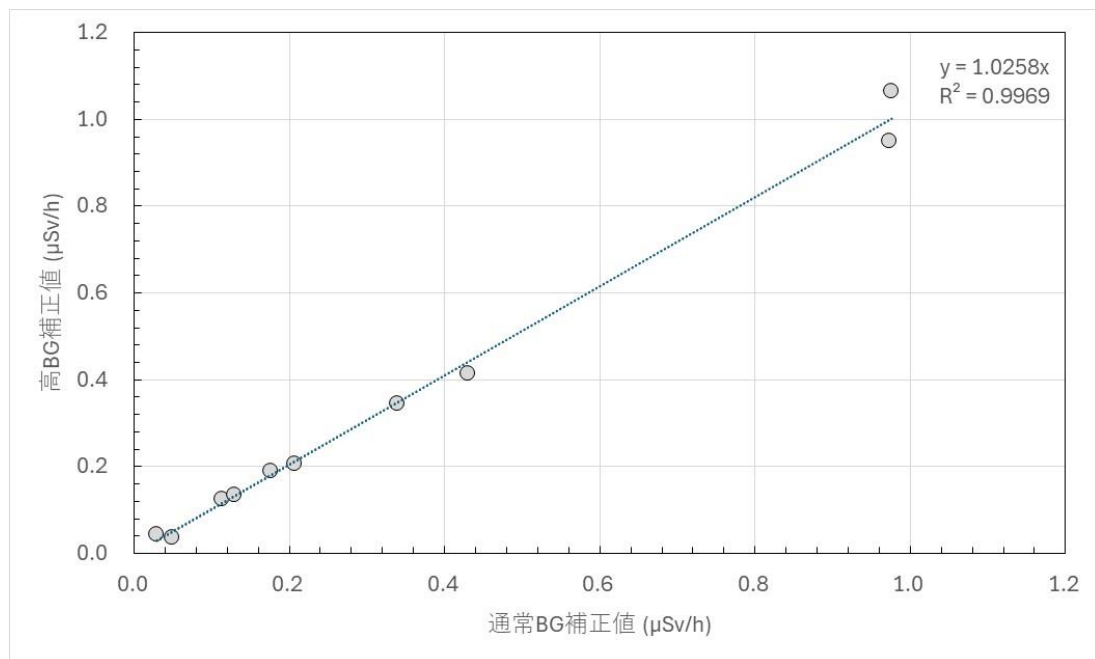
	え(BG)	け(BG)	お	き	い	く	こ	あ	う	か
1班	-0.01	-0.01	0.05	0.06	0.12	0.16	0.25	0.52	0.76	1.46
2班	-0.01	-0.01	0.04	0.08	0.10	0.17	0.26	0.52	0.58	1.32
3班	0.00	0.00	0.05	0.08	0.08	0.16	0.26	0.49	0.74	1.41
4班	0.00	0.00	0.05	0.07	0.10	0.17	0.25	0.49	0.70	1.42
5班	0.00	0.00	0.06	0.07	0.10	0.15	0.18	0.50	0.52	1.38
Ave	0.00	0.00	0.05	0.07	0.10	0.16	0.24	0.50	0.66	1.40
SD	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.10	0.05
SD(%)	—	—	12.7%	11.6%	11.8%	6.1%	13.5%	2.5%	15.6%	3.7%

高バックグラウンド

単位：μSv/h

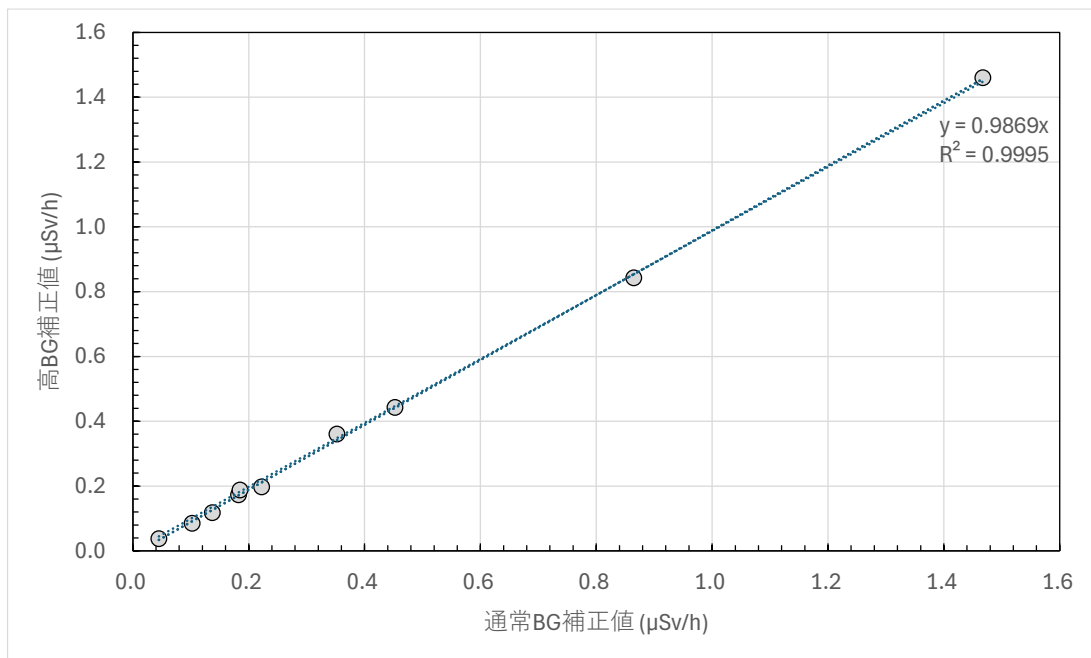
	え(BG)	け(BG)	く	き	い	お	う	あ	こ	か
1班	-0.02	0.01	0.07	0.07	0.09	0.21	0.24	0.49	0.74	1.30
2班	-0.01	0.00	0.06	0.05	0.10	0.20	0.27	0.49	0.76	—*
3班	-0.01	0.01	0.05	0.08	0.11	0.19	0.26	0.48	0.68	1.31
4班	0.01	0.00	0.05	0.04	0.11	0.22	0.24	0.49	0.73	1.34
5班	0.00	0.02	0.06	0.06	0.11	0.19	0.24	0.38	0.57	—*
Ave	-0.01	0.01	0.06	0.06	0.11	0.20	0.25	0.47	0.69	1.32
SD	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.05	0.07	0.02
SD(%)	—	—	15.1%	27.2%	7.8%	6.4%	5.8%	10.6%	10.7%	1.6%

* 異常値と考えるため除外

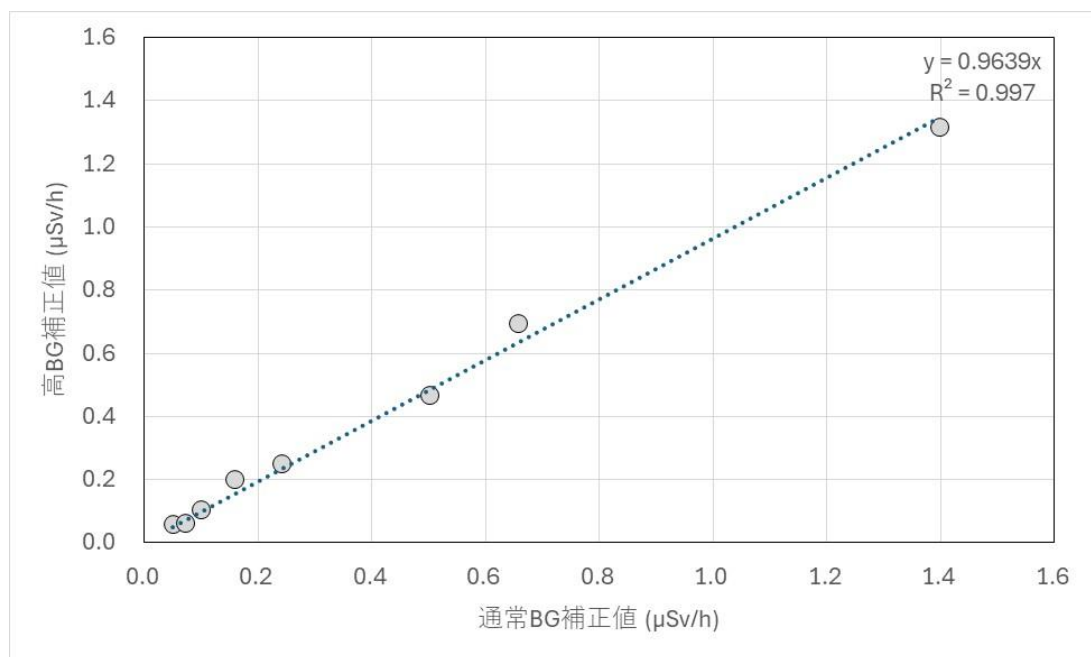


付図 3. 通常バックグラウンド測定値と高バックグラウンド測定値の比較

－甲状腺簡易測定研修（第1回研修，2024年8月23日開催）－



付図 4. 通常バックグラウンド測定値と高バックグラウンド測定値の比較
— 甲状腺簡易測定研修（第 2 回研修，2024 年 10 月 11 日開催） —



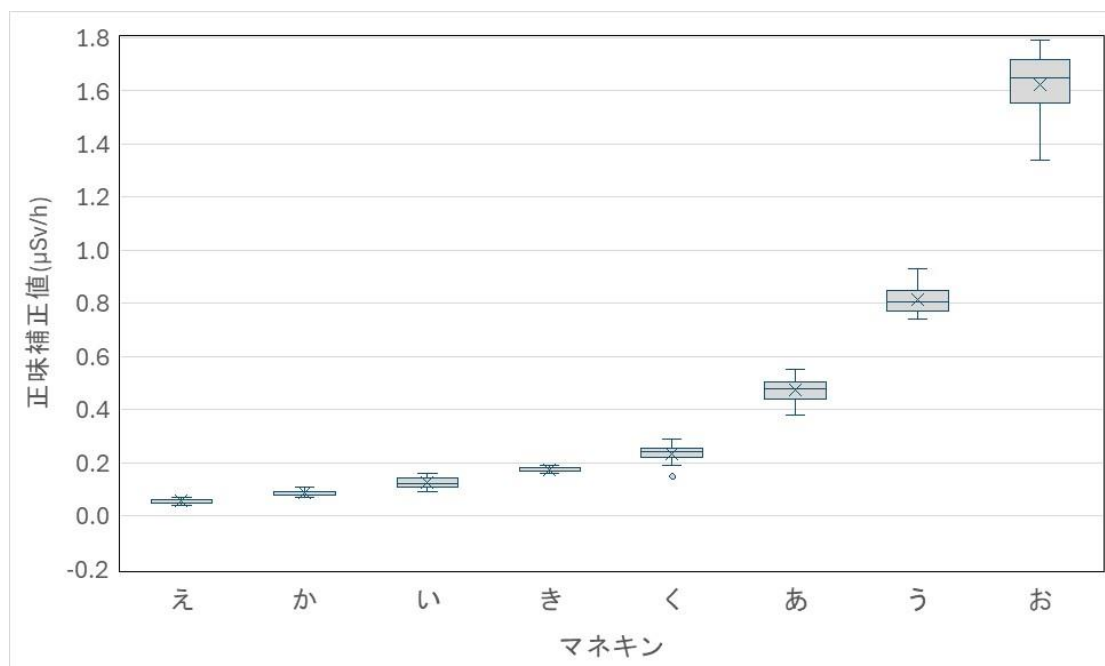
付図 5. 通常バックグラウンド測定値と高バックグラウンド測定値の比較
— 甲状腺簡易測定研修（第 3 回研修，2025 年 1 月 16 日開催） —

付表 3. 各班の測定値（正味補正值）データ

—臨時甲状腺簡易測定研修（第3回研修，2024年11月23日開催）—

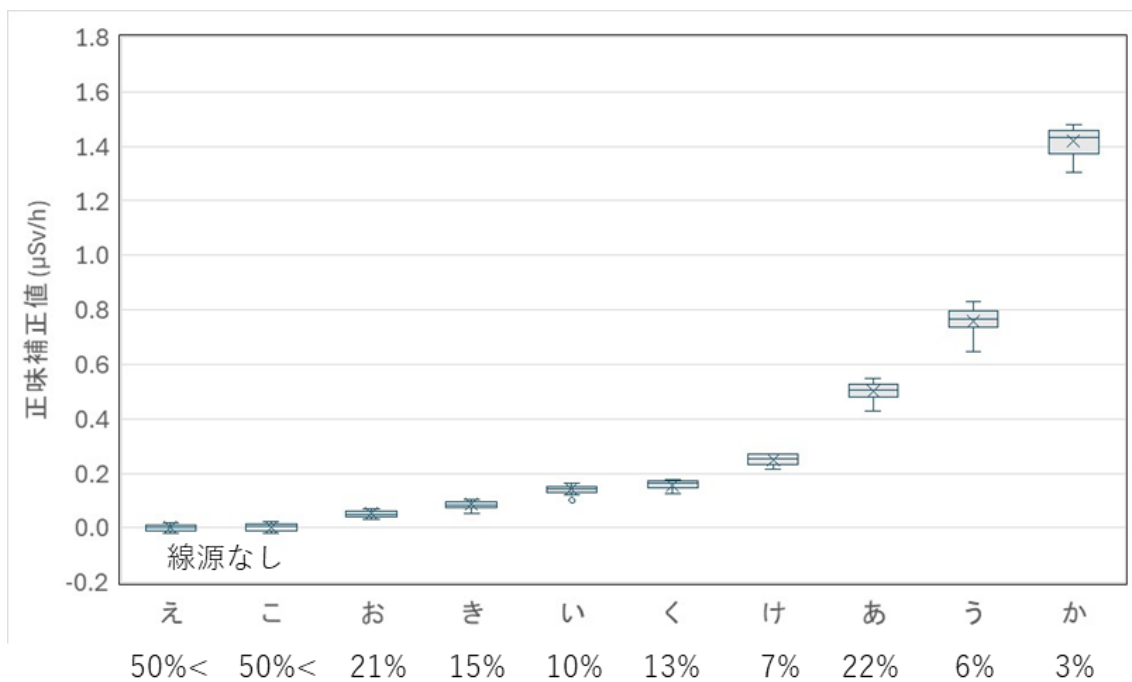
単位: $\mu\text{Sv/h}$

	え	か	い	き	く	あ	う	お
K-1	0.07	0.11	0.12	0.18	0.24	0.49	0.80	1.68
K-2	0.06	0.09	0.15	0.17	0.23	0.55	0.93	1.79
K-3	0.06	0.08	0.16	0.19	0.24	0.51	0.88	1.61
K-5	0.04	0.07	0.10	0.17	0.19	0.38	0.75	1.34
K-7	0.07	0.10	0.12	0.18	0.29	0.50	0.84	1.77
K-8	0.06	0.09	0.13	0.19	0.25	0.46	0.83	1.70
K-9	0.05	0.09	0.14	0.17	0.24	0.47	0.80	1.70
K-10	0.05	0.07	0.09	0.16	0.25	0.45	0.74	1.61
K-11	0.06	0.09	0.12	0.17	0.26	0.50	0.81	1.62
K-12	0.05	0.09	0.11	0.16	0.15	0.41	0.78	1.39
Ave	0.06	0.09	0.12	0.17	0.23	0.47	0.82	1.62
SD	0.01	0.01	0.02	0.01	0.04	0.05	0.06	0.15
SD(%)	16.6%	14.0%	17.5%	6.2%	16.5%	10.6%	7.1%	9.2%



付図 6. 各班の測定値（正味補正值）データ（箱ひげグラフ）

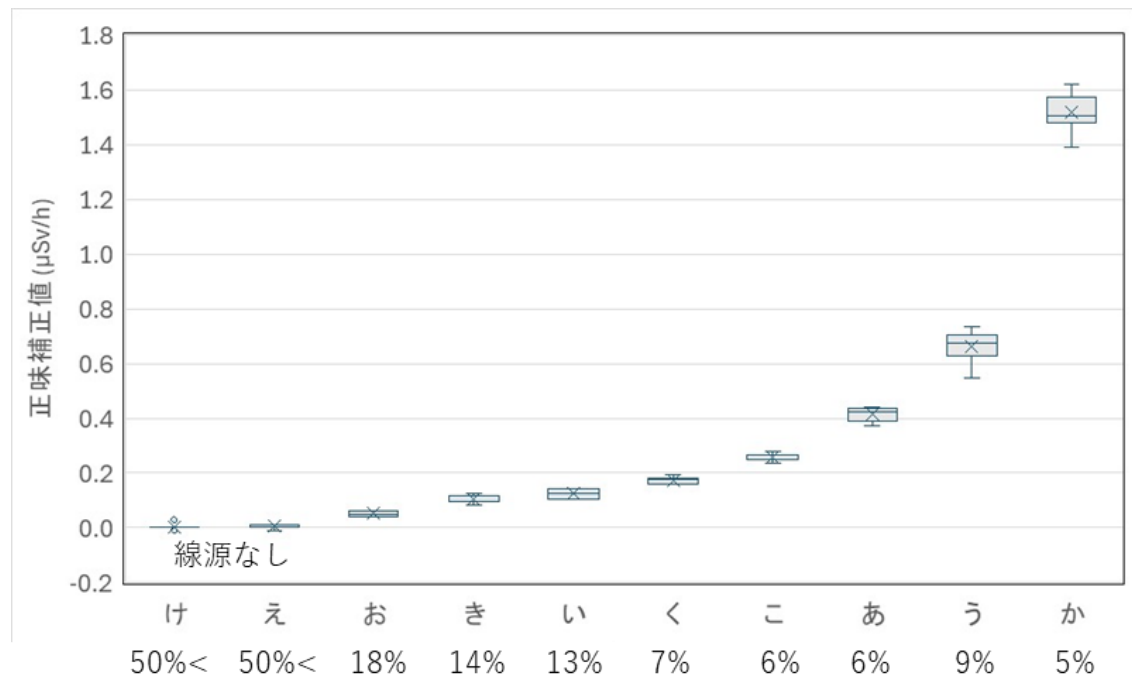
—臨時甲状腺簡易測定研修（第3回研修，2024年11月23日開催）—



付図 7. 各班の測定値（正味補正值）データ（箱ひげグラフ）

—臨時甲状腺簡易測定研修（第 4 回研修，2024 年 12 月 21 日開催）—

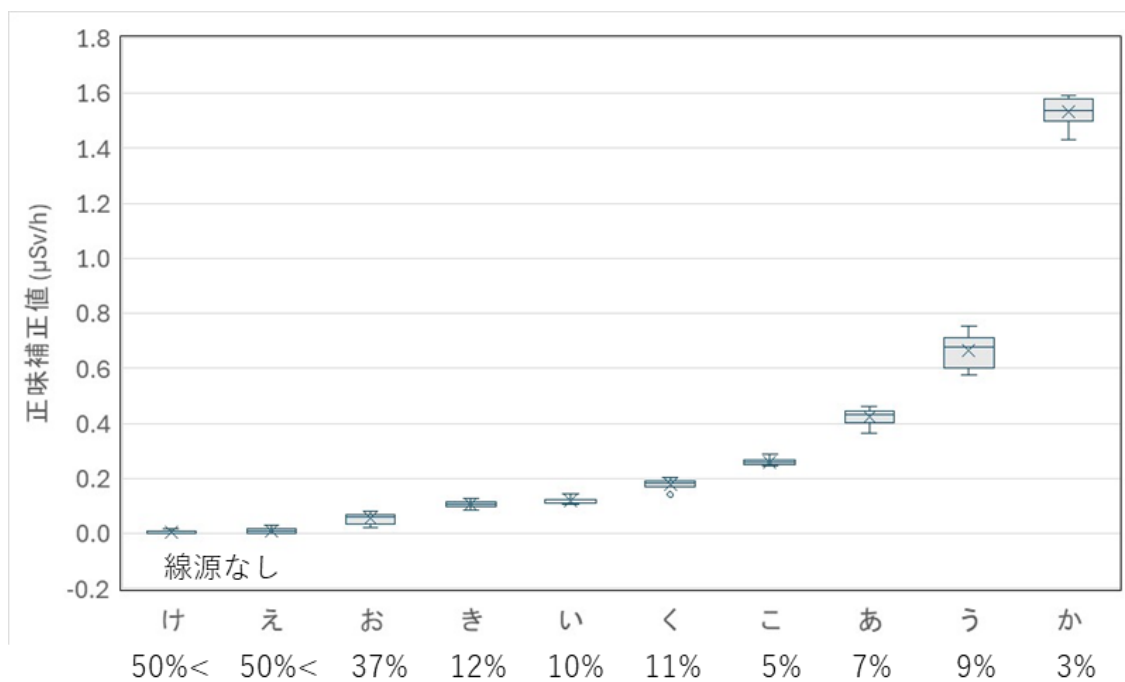
※班の数が多いためグラフのみ掲載。マネキン付番の下の数値は測定誤差（1SD）



付図 8. 各班（A 班）の測定値（正味補正值）データ（箱ひげグラフ）

—臨時甲状腺簡易測定研修（第 5 回研修，2025 年 1 月 25 日開催）—

※班の数が多いためグラフのみ掲載。マネキン付番の下の数値は測定誤差（1SD）

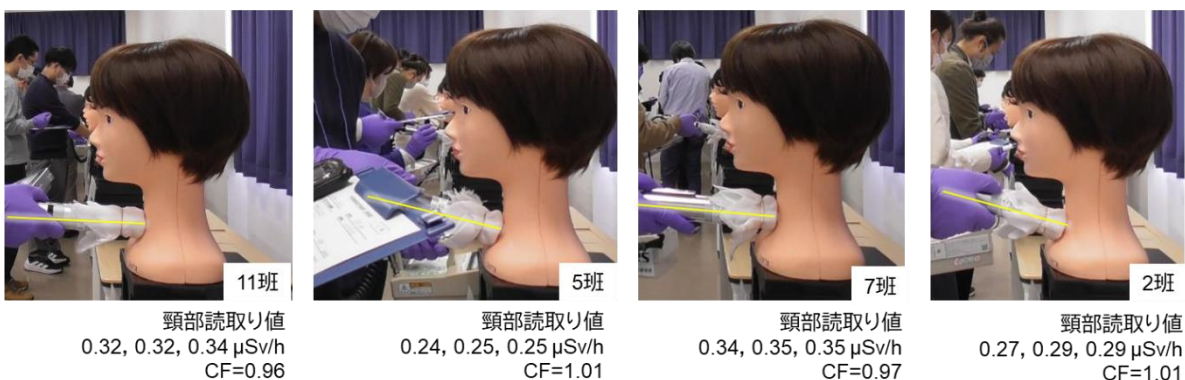
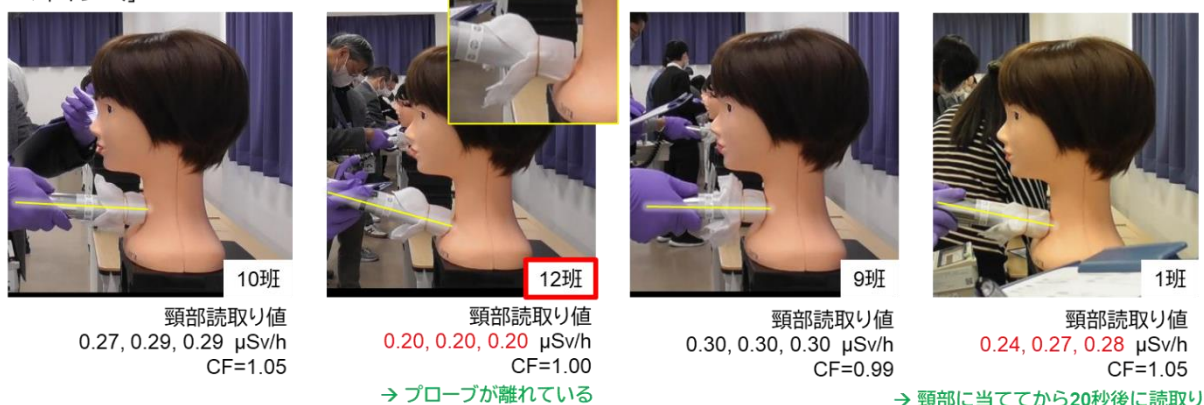


付図 9. 各班（B 班）の測定値（正味補正值）データ（箱ひげグラフ）

－臨時甲状腺簡易測定研修（第 5 回研修，2025 年 1 月 25 日開催）－

※班の数が多いためグラフのみ掲載。マネキン付番の下の数値は測定誤差（1SD）

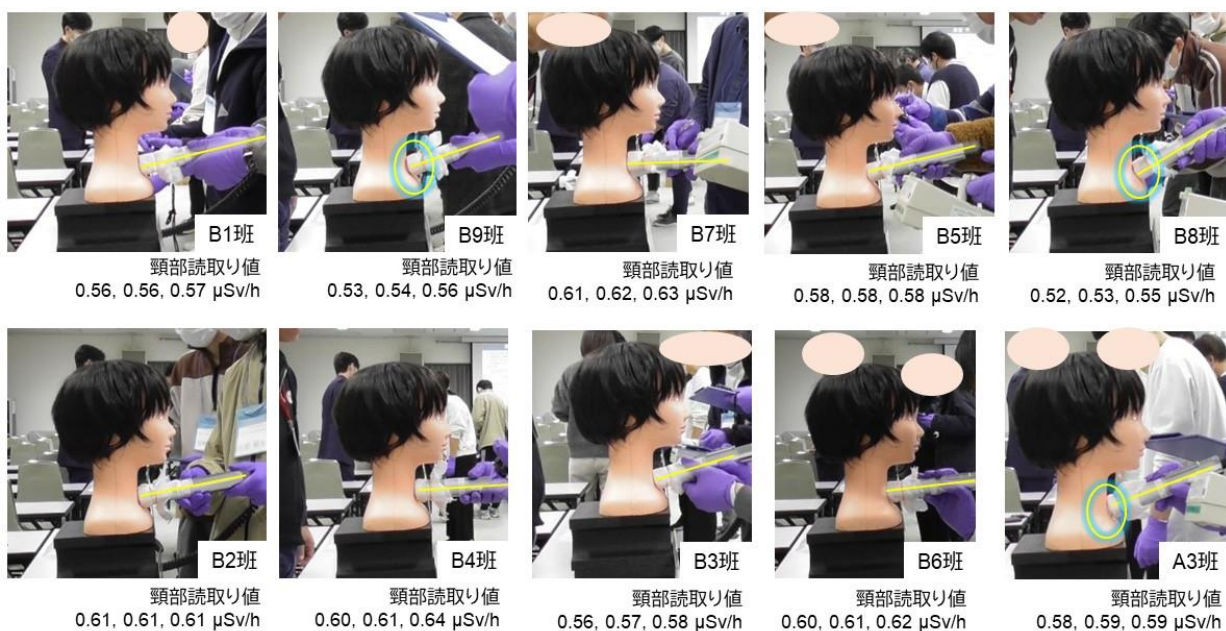
マネキン「く」



付図 10. NaI(Tl)サーベイメータの保持状態 (1)

—臨時甲状腺簡易測定研修（第3回研修，2024年11月23日開催）—

マネキン「あ」(サーベイメータは各班共通)



付図 11. NaI(Tl)サーベイメータの保持状態 (2)

—臨時甲状腺簡易測定研修（第4回研修，2024年12月21日開催）—

第2回甲状腺被ばく線量モニタリングにおける精度調査
実証試験資料

実証試験の目的等

2

本ワークショップの開催目的

- 原子力規制庁から公募された「令和6年度原子力施設等防災対策等委託費(甲状腺被ばく線量測定器の仕様等に関する調査)事業の一環として行うもの
- 今般, 製品化された新型甲状腺モニタの測定者の違いによる測定誤差について, NaI(Tl)サーバイメータとの比較と併せて評価するとともに, 測定誤差を生じる原因について考察し, 当該誤差を低減させるための方策を検討すること

The screenshot shows the official website of the Nuclear Regulation Authority (NRA) in Japan. The header includes the NRA logo and name in Japanese and English, along with navigation links for site maps, press releases, and contact information. A search bar and a language selector (Japanese, English) are also present. The main content area features a red banner for 'Emergency Information' (緊急情報) and a green banner for 'Information Provision' (情報提供). Below these, a specific announcement is made regarding the 'Survey on Specifications of Thyroid Radiation Dosimeters' (甲状腺被ばく線量測定機器の使用等に関する調査) project, which is part of the 'Flood Preparedness Measures for Nuclear Facilities' (原子力施設等防災対策等委託費) for the Reiwa 6th year. The announcement states that the project will be conducted in a competitive bidding format (総合評価落札方式). At the bottom, there are links to download the application form (PDF: 125KB) and the tender notice (PDF: 1.6MB).

<https://www.nra.go.jp/nra/chotatsu/buppin-itaku/itaku/040001173.html>

3

甲状腺被ばく線量測定器の仕様等に関する調査(仕様1)

1. 測定時の測定誤差となる因子の調査

甲状腺被ばく線量モニタリングに使用可能な可搬型の測定器について、測定者の操作等に起因する測定誤差の程度を定量的に評価する。また、その評価を実施する際には、甲状腺被ばく線量モニタリング簡易測定に係る研修を受講した経験を有する者を対象とするなど、実際に測定する状況に近い形で調査を行い、対象者数を10人以上とし定量的なデータを取得すること。なお、調査については下記の項目を含め、対象とする機器については、原子力規制庁と事前に相談をすること。

- 測定者の違いによる測定誤差について、その程度、再現性など評価すること。また、その結果について甲状腺簡易測定に用いられるNaIシンチレーションサーベイメータと比較し言及すること。
- 測定誤差を生じる原因について考察し、当該誤差を低減させるための方策について検討すること。特に、誤差が大きくなると想定される被ばく線量が低い状況における対応について言及すること。

2. 甲状腺被ばく線量モニタリングに使用可能な各機器の活用が想定される状況等についての比較調査

甲状腺被ばく線量モニタリングに使用が可能である機器について、それぞれの特性を考慮したうえで、測定対象となる年齢層、使用する場所、測定時間、測定可能期間等、活用が想定される状況に係る比較検討を行う。なお、比較対象とする機器は、1.で評価されたもの、据置型甲状腺モニタ及びNaIシンチレーションサーベイメータを含む3機種以上とし、原子力規制庁と事前に相談すること。

4

甲状腺被ばく線量測定器の仕様等に関する調査(仕様2)

3. 甲状腺被ばく線量モニタリング簡易測定の現場を想定した、測定対象者数と測定機器数の関係に関する調査

甲状腺被ばく線量モニタリング簡易測定の現場で、スクリーニングレベルを超えた者に対する詳細測定を1.で調査した測定器を活用し実施することを想定し、測定に係る標準的な処理能力について現実的な仮定を置いた上で、測定対象者と測定機器の必要台数の関係について試算を行うこと。なお、下記に示すパラメータを含めた、感度分析を行うこと。

- ・ 会場の規模 ・ 1会場当たりのブース数 ・ 1時間当たりの来場者数
- ・ スクリーニングレベルを超過した者の割合
- ・ 乳幼児など、NaIシンチレーションサーベイメータによる測定が困難な者の割合

また、上記で算出された必要台数を前提とし、NaIシンチレーションサーベイメータによる簡易測定を行わずに、1.で調査した測定器を用いた詳細測定のみ実施する運用が可能な測定対象者数について検討を行うこと。

4. 検証・検討のための外部専門家会議の設置及び進捗状況の報告

1.～3.の検証・検討内容については、国内外の知見を踏まえまとめることを念頭に外部専門家5名以上で構成する会議体を設置し1回以上の会議を開催し議論を行うこと。また、当該会議において議論する内容の事前の協議及びその他進捗状況の報告方法等については原子力規制庁職員と調整すること。なお、本会議体で議論された内容については、成果報告書において議事録を公表することを前提とする。

5

「1. 測定時の誤差要因となる因子の調査」に対する提案

- NaIシンチレーションサーバイメータの測定誤差については、甲状腺簡易測定研修等の機会を利用し、[先行研究\(Yajima et al., 2019\)](#)と同様な方法により、測定者間のばらつきを評価するためのデータを取得する。ただし、プローブ位置による測定誤差、測定中のプローブ保持状態、同一測定器を用いた場合の測定者の手技の違い等の要因を調査するために、[被検体\(放射線線源を内部に収めた頭部マネキン\)](#)を測定者が実測する様子を撮影し、取得した動画を後に解析する。
- NaIシンチレーションサーバイメータの比較対象機器(原子力規制庁との協議によって決定する可搬型測定器:2機種)について、[プローブタイプの機種については上記と同様に測定誤差を取得し、検出器が固定されたタイプの機種については、被検体側の位置のずれ等による測定誤差を評価する。](#)比較対象機器のデータ取得は、量研及び協力機関がそれぞれの職員等を対象として開催する機器説明会等を通じて行う。
- 以上に加えて、比較対象機器については頸部ファントムを用いた追加実験等を行い、測定誤差の評価及び低減のための対応策について検討を行う。

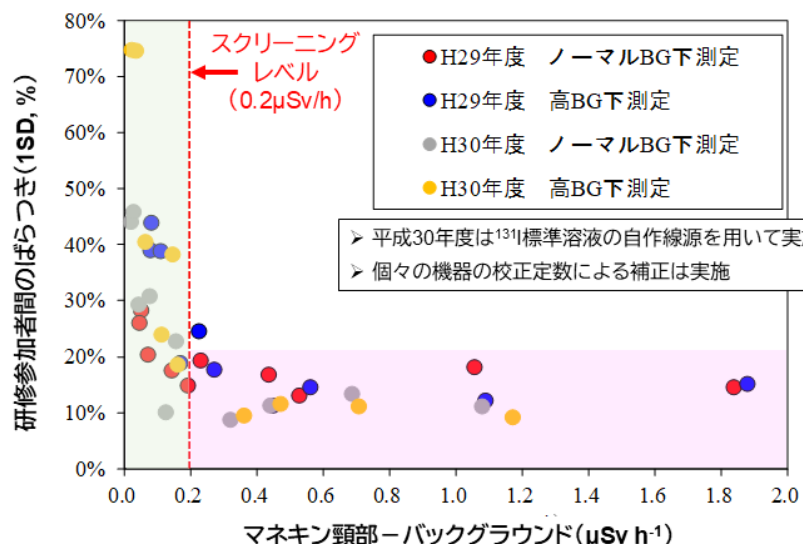
6

【参考資料1】 NaI(Tl)シンチレーションサーバイメータの測定者間のばらつき

先行研究(Yajima et al. Radiat. Prot. Dosim. 2019)の概要



数MBq程度の密封線源を用いて高BG環境($\sim 0.5 \mu\text{Sv/h}$)を模擬



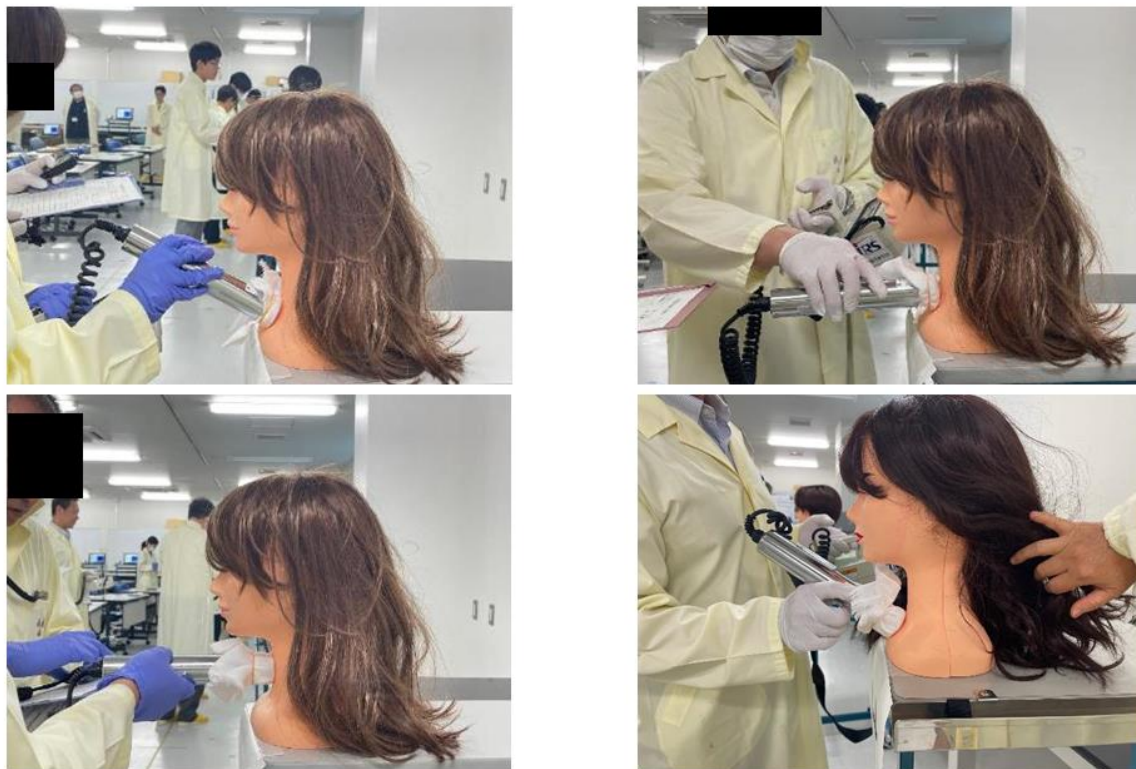
➢ 平成30年度は ^{131}I 標準溶液の自作線源を用いて実施
➢ 個々の機器の校正定数による補正は実施

- 比較的高いBG環境($\sim 0.5 \mu\text{Sv/h}$)においても、正味値が $0.2 \mu\text{Sv/h}$ 以上では測定者の手技によらず安定した結果が得られる。
- 正味値が $0.2 \mu\text{Sv/h}$ 未満では、指示値の統計変動が顕著になり、ファクター2程度のばらつきを生じる。

測定誤差の要因として考えられるプローブの位置や保持状態等の測定値への影響を調査するため、測定中の様子を撮影して確認する。

7

【参考資料2】甲状腺簡易測定における測定者間のプローブ位置の違い



被検体(マネキン)の形状が実際の人と異なることも要因として考えられるが、甲状腺計測に適した標準的なプローブ位置に対する解説を充実させる必要がある。

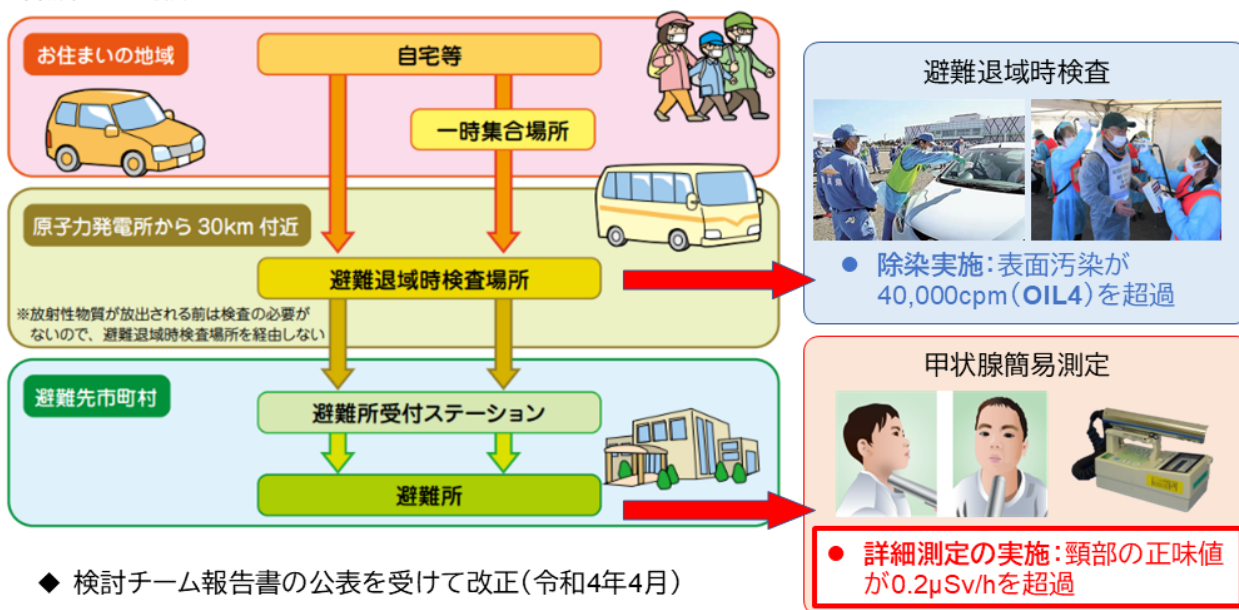
8

原子力災害時における公衆の放射線防護対応

緊急防護措置を準備する区域(UPZ)において避難指示が出された場合

- 即時避難: 空間線量率が $500\mu\text{Sv/h}$ (OIL1)を超過
- 一時移転: 空間線量率が $20\mu\text{Sv/h}$ (OIL2)を超過

宮城県HPから引用



9

本事業で調査対象とする新型甲状腺モニタ

項目	Nal(Tl)シンチレーションサーベイメータ	可搬型甲状腺モニタ (プローブタイプ)	可搬型甲状腺モニタ (ステーションナリータイプ)	据置型甲状腺モニタ (高純度Ge検出器)
外観				
推奨測定環境 (周辺線量当量率)	通常バックグラウンド ~0.2 μSv/h(最大)	通常バックグラウンド	通常バックグラウンド ~5μSv/h	設置場所の環境による
対象者	小学生~成人	乳幼児~成人 ※年齢別の計数効率を使用	小児~成人 ※年齢別の計数効率を使用	成人
用途	簡易測定(現地)	詳細測定(現地対応可)	詳細測定(現地対応可)	拠点病院等での詳細測定
検出限界値 (¹³¹ I残留量)	約500 Bq ※0.02 μSv/hに相当	< 50 Bq (~0.05 μSv/h環境下)	< 65 Bq (< 0.05 μSv/h環境下) < 500 Bq (< 5 μSv/h環境下)	38 Bq (~0.05 μSv/h環境下)
測定時間	2~3分間 ※頸部と大腿部を測定	3分間	1分間 ※高さ調節等に要する時間除く	3分間 ※高さ調節等の時間除く
重量	約1.5 kg	約300 g(プローブ本体) +制御用ノートパソコン	約20 kg ※昇降台を含む	約1 ton
価格	比較的安価	据置型より安価	据置型より安価	高価

10

簡易測定の手順

「甲状腺被ばく線量モニタリング実施マニュアル」から引用

1. 対象者の受付

誘導班は、対象者の受付を行い、氏名、年齢、連絡先等を確認・記録する。また、簡易測定を受けることの同意等を、本人又は保護者から取得する。

2. 大腿部測定

測定者と対象者は、対面で椅子に座った状態で測定を行う。

Nal(Tl)サーベイメータのプローブを対象者の**大腿部上部に配置して指示値を1回読み取り、測定値として記録する**。実施場所のバックグラウンドの値に比べて明らかな上昇を認めた場合には、他の部位(肩口や腹部等)で測定する。当該部位においてもバックグラウンドの値と比べて明らかな上昇がある場合は、表面汚染がある場合の対応に従い対応する。

3. 頸部測定

ウェットティッシュ等で頸部前面の拭き取りを行う。その後、Nal(Tl)サーベイメータのプローブを対象者の**頸部前面に配置して指示値を一定の時間間隔ごとに3回読み取り、各指示値を記録する**。

4. 正味値の計算

頸部測定値から大腿部測定値を差し引き、使用するNal(Tl)サーベイメータの校正定数を乗じて、正味値を計算する。ただし、**頸部測定値は3回の読み取った指示値の中央値とする**。

測定者と測定補助者で正味値に誤りがないことを確認し、正味値の値を測定結果として記録する。

5. 測定値の伝達

正味値の値が**スクリーニングレベルを超える場合は別途マニュアルに定めるとおり対応する(詳細測定)**。正味値の値が**スクリーニングレベル以下の場合は詳細測定の対象にならないことを伝える**。

11

簡易測定の手順(続き)

ステップ1. 大腿部測定(個人バックグラウンド)

被検者の大腿部上部にプローブを配置し、指示値を読み取り、その結果を**指示値(B)**とする。

ステップ2. 頸部測定(甲状腺中ヨウ素)

被検者の頸部前面にプローブを配置し、一定の時間間隔で指示値を**3回**を読み取り、その中央値を**指示値(A)**とする。 ※指示値は3回分とも記録

ステップ3. 正味値の計算

指示値(A)から**指示値(B)**を差し引いて、これに**校正定数**を乗じて正味値を計算する。

正味値をスクリーニングレベル(0.2μSv/h)と比較



指示値(A)



指示値(B)

差し引く



$$\text{正味値} = \{\text{指示値(A)} - \text{指示値(B)}\} \times \alpha$$

校正定数

校正定数は指示値と実際の値とのずれを補正するための数値であり、メーカーによる年次点検等で与えられる。

0.15, 0.14, 0.16 (μSv/h)
0.15, 0.15, 0.17 (μSv/h)

0.05 (μSv/h)

$$(0.15 - 0.05) \times 0.95 = 0.095 = 0.1 \mu\text{Sv/h}$$

12

簡易測定の様子(例)



大腿部測定



頸部測定



内閣府(原子力防災)から公表された甲状腺被ばく線量モニタリングの手引きも参照
https://www8.cao.go.jp/genshiryoku_bousai/shiryou/shiryou.html

13

開催プログラム及び各機器の使用方法

14

■ 本日のプログラム

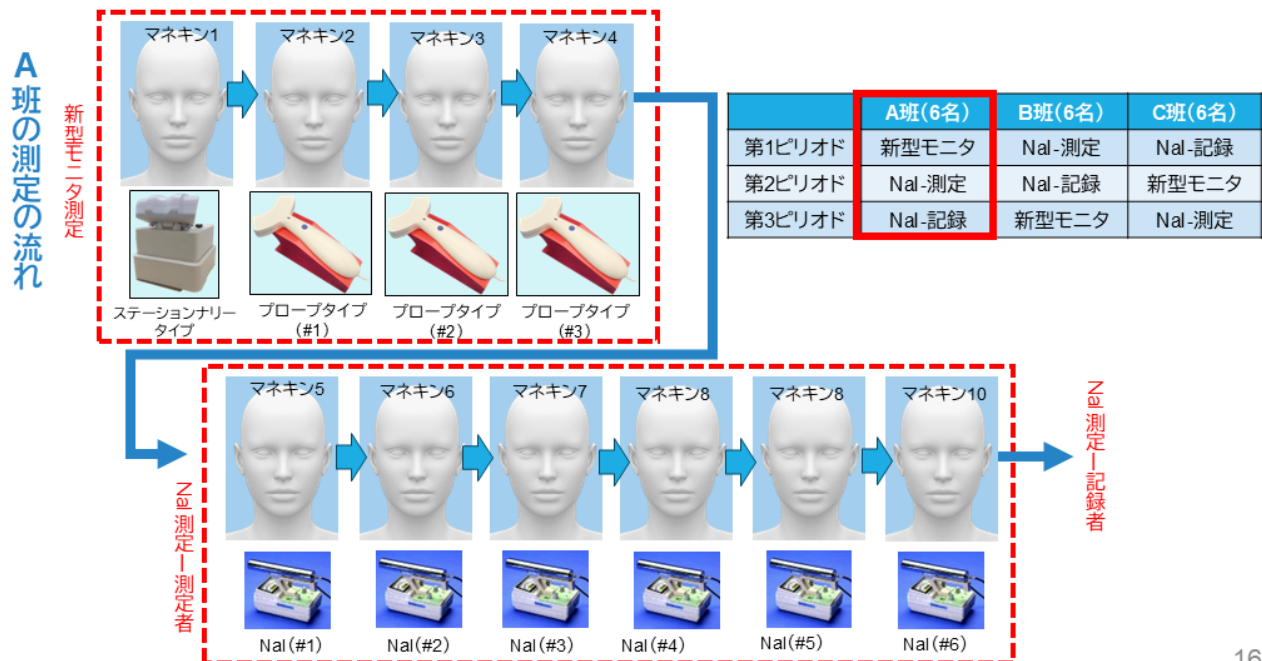
時間	実施項目
13:00~13:30	本ワークショップの開催目的及び実施内容等
13:30~13:40	移動(講義室⇒管理区域内実習室)
13:40~14:40	測定試験(第1ステージ)
	第1ピリオド(13:40~14:00)
	第2ピリオド(14:00~14:20)
	第3ピリオド(14:20~14:40)
14:40~15:00	測定精度向上のためのフィードバック
15:00~16:00	測定試験(第2ステージ)
	第1ピリオド(15:00~15:20)
	第2ピリオド(15:20~15:40)
	第3ピリオド(15:40~16:00)
16:00~16:20	休憩移動(管理区域内実習室⇒講義室)
16:20~17:00	意見交換及びアンケート

※測定試験の第2ステージは第1ステージと同様に行う。

15

実施方法(1)

- ▶ 試験参加者(18名)が全てのマネキン/模擬被検者を測定する。
- ▶ 測定機器はNal(TI)サーバイメータ(6台), プローブタイプ(3台), ステーションナリータイプ(1台)
- ▶ マネキンは動かさず, 測定者(記録者)が移動する。



16

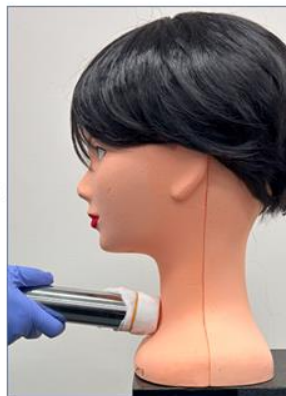
実施方法(2)

※1測定に要する時間の目安: 約3分間

測定対象 / 機器	新型モニタ				Nalサーバイメータ(測定者/記録者)					
	マ1 ステーション ナリータイプ	マ2 プローブ タイプ #1	マ3 プローブ タイプ #2	マ4 プローブ タイプ #3	マ5 Nal #1	マ6 Nal #2	マ7 Nal #3	マ8 Nal #4	マ9 Nal #5	マ10 Nal #6
第1 ピリオド (20分間)	A1	A2	A3	A4	B1/C1	B2/C2	B3/C3	B4/C4	B5/C5	B6/C6
	A2	A3	A4	A5	B2/C2	B3/C3	B4/C4	B5/C5	B6/C6	B1/C1
	A3	A4	A5	A6	B3/C3	B4/C4	B5/C5	B6/C6	B1/C1	B2/C2
	A4	A5	A6	A1	B4/C4	B5/C5	B6/C6	B1/C1	B2/C2	B3/C3
	A5	A6	A1	A2	B5/C5	B6/C6	B1/C1	B2/C2	B3/C3	B4/C4
	A6	A1	A2	A3	B6/C6	B1/C1	B2/C2	B3/C3	B4/C4	B5/C5
第2 ピリオド (20分間)	C1	C2	C3	C4	A1/B1	A2/B2	A3/B3	A4/B4	A5/B5	A6/B6
	C2	C3	C4	C5	A2/B2	A3/B3	A4/B4	A5/B5	A6/B6	A1/B1
	C3	C4	C5	C6	A3/B3	A4/B4	A5/B5	A6/B6	A1/B1	A2/B2
	C4	C5	C6	C1	A4/B4	A5/B5	A6/B6	A1/B1	A2/B2	A3/B3
	C5	C6	C1	C2	A5/B5	A6/B6	A1/B1	A2/B2	A3/B3	A4/B4
	C6	C1	C2	C3	A6/B6	A1/B1	A2/B2	A3/B3	A4/B4	A5/B5
第3 ピリオド (20分間)	B1	B2	B3	B4	C1/A1	C2/A2	C3/A3	C4/A4	C5/A5	C6/A6
	B2	B3	B4	B5	C2/A2	C3/A3	C4/A4	C5/A5	C6/A6	C1/A1
	B3	B4	B5	B6	C3/A3	C4/A4	C5/A5	C6/A6	C1/A1	C2/A2
	B4	B5	B6	B1	C4/A4	C5/A5	C6/A6	C1/A1	C2/A2	C3/A3
	B5	B6	B1	B2	C5/A5	C6/A6	C1/A1	C2/A2	C3/A3	C4/A4
	B6	B1	B2	B3	C6/A6	C1/A1	C2/A2	C3/A3	C4/A4	C5/A5

17

Nal(TI)サーバイメータ測定 (マネキン測定の場合)



マネキンの頸部にプローブを密着させて測定して下さい。



大腿部の代わりにマネキンの傍の指定箇所の測定をして下さい。



使用機器:TCS-172B, TCS-1172等
※時定数は10秒に設定する。

標準的な手順

- ① 大腿部の代替箇所にもプローブを配置してリセットする。
- ② 約30秒後(時定数10秒の3倍)を目安に指示値を読み取る。
- ③ マネキン頸部にプローブを密着してリセットをする。
- ④ 約30秒後を目安に指示値を読み取り、続いて、約10秒間隔で2回目、3回目の指示値を読み取る。

なるべくストップウォッチを使用して、時間を確認下さい。

18

Nal(TI)サーバイメータ測定 (被検者測定の場合)



プローブ位置の目安としては、体軸中心で高さは首と鎖骨の交点。
(男性の場合は甲状軟骨【のどぼとけ】の下辺り)

19

記録用紙(NaI(Tl)サーバイメータ測定)

赤字箇所を記入

最初の練習に使用する機器のデータを記入下さい。(省略可)

測定開始/終了時刻を記入下さい。

甲状腺簡易測定実習用 記録用紙								3 班
測定日 : 2025年 2 月 12 日				測定員 : 防災 太郎(A班)				
測定場所 : QST研修棟 実習室				記録員 : 防災 次郎(B班)				
機器番号 : No.1								
校正日 : 2024 年 10 月 10 日								
校正定数 : 1.03				測定室BG : 0.07 [μSv/h]				
時定数 : 10 s				基準値 : 0.2 [μSv/h]				
測定開始時刻 (14 : 20)				測定終了時刻 (14 : 45)				
被検者 ID	校正定数	単位 : μSv/h					基準値以上 ✓記入	
		① 被検者 BG	② 甲状腺位置測定値			③ 正味値 = ② - ①		④ 補正值 = ③ × 校正定数
			1	2	3			
あ	1.05	0.06	0.52	0.49	0.53	0.46	0.48	✓
い			中央値					≥0.2
う								

簡易測定試験では、各マネキンに設置したサーバイメータの校正定数を記入下さい。

20

新型甲状腺モニタの測定

ステーションナリー
タイプの測定の様子



プローブタイプ
の測定の様子



新型甲状腺モニタでは測定結果が自動的に保存されるので記録不要です。
(ただし、コメント欄等に測定者IDまたは測定者名を忘れずに入力して下さい)

21

測定精度向上のためのフィードバック

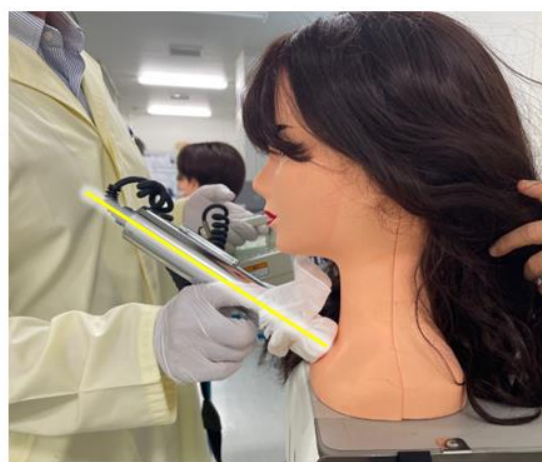
22

簡易測定における測定者間のばらつき要因(1)

Nal(Tl)サーベイメータプローブの頸部への当て方の違い



2班測定値: $1.25 \mu\text{Sv/h}$
(CF: 1.10) → 補正值 $1.38 \mu\text{Sv/h}$

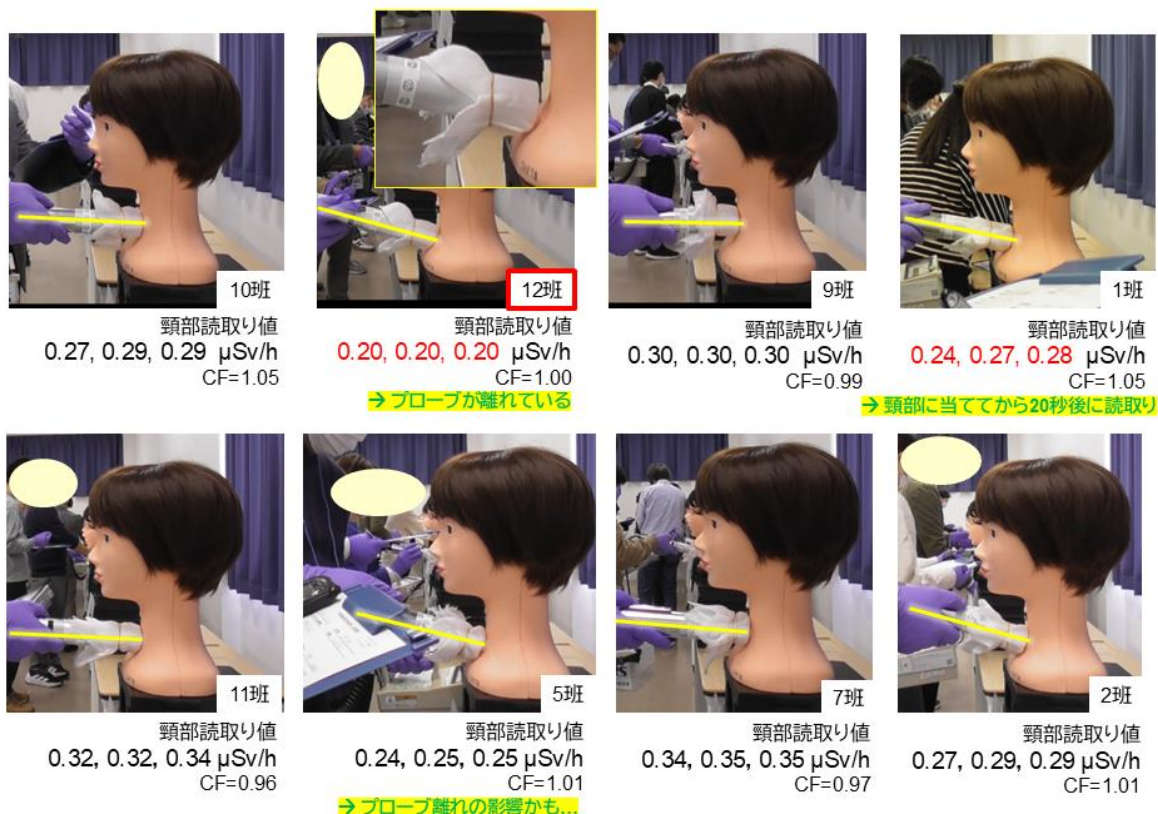


8班測定値: $0.99 \mu\text{Sv/h}$
(CF: 1.04) → 補正值 $1.04 \mu\text{Sv/h}$

※CF: Calibration Factor(校正定数)

23

【参考資料】甲状腺簡易測定研修(実習)での様子



24

簡易測定における測定者間のばらつき要因(2)

時定数の3倍経過したら安定?

補正值平均: 0.12 $\mu\text{Sv/h}$ ($1\sigma=17.5\%$)

班番号	1回目	2回目	3回目	中央値
K-1	0.17	0.16	0.18	0.17
K-2	0.21	0.22	0.20	0.21
K-3	0.21	0.21	0.21	0.21
K-5	0.16	0.16	0.16	0.16
K-7	0.19	0.19	0.20	0.19
K-8	0.19	0.19	0.20	0.19
K-9	0.20	0.20	0.20	0.20
K-10	0.16	0.17	0.16	0.16
K-11	0.18	0.19	0.19	0.19
K-12	0.17	0.17	0.17	0.17

補正值平均: 0.82 $\mu\text{Sv/h}$ ($1\sigma=7.1\%$)

班番号	1回目	2回目	3回目	中央値
K-1	0.82	0.82	0.82	0.82
K-2	0.99	0.98	0.98	0.98
K-3	0.90	0.92	0.95	0.92
K-5	0.79	0.78	0.80	0.79
K-7	0.92	0.94	0.95	0.94
K-8	0.88	0.88	0.89	0.88
K-9	0.85	0.88	0.89	0.88
K-10	0.74	0.76	0.77	0.76
K-11	0.90	0.90	0.89	0.90
K-12	0.82	0.83	0.84	0.83

補正值平均: 0.47 $\mu\text{Sv/h}$ ($1\sigma=10.6\%$)

班番号	1回目	2回目	3回目	中央値
K-1	0.53	0.54	0.54	0.54
K-2	0.59	0.60	0.60	0.60
K-3	0.54	0.55	0.55	0.55
K-5	0.42	0.43	0.43	0.43
K-7	0.55	0.58	0.60	0.58
K-8	0.50	0.53	0.52	0.52
K-9	0.53	0.54	0.54	0.54
K-10	0.49	0.49	0.48	0.49
K-11	0.55	0.57	0.57	0.57
K-12	0.47	0.47	0.48	0.47

補正值平均: 1.62 $\mu\text{Sv/h}$ ($1\sigma=9.2\%$)

班番号	1回目	2回目	3回目	中央値
K-1	1.65	1.67	1.67	1.67
K-2	1.80	1.85	1.92	1.85
K-3	1.64	1.67	1.68	1.67
K-5	1.26	1.39	1.52	1.39
K-7	1.86	1.89	1.91	1.89
K-8	1.72	1.75	1.76	1.75
K-9	1.76	1.81	1.83	1.81
K-10	1.62	1.60	1.62	1.62
K-11	1.76	1.74	1.81	1.76
K-12	1.40	1.46	1.50	1.46

他の実習データでも同様に、放射能が高いほど、読取り値の傾向として、1回目<2回目<3回目となる場合が多い。

時定数の3倍以上経過したときの数値を読み取るのが通例であるが、例えば、3回目の値が1回目の値の10%以上となる場合など、アラート条件を付与した方が良い?

3回目の値は1回目の値に比べて平均して5%高い(ただし、K-5班は21%高い)

時定数10秒の3倍でその場の線量率の約95%
($=1-\text{Exp}(-30/10)$)であることを考えればリーゾナブル?

25

2ステージで意識して頂きたいこと

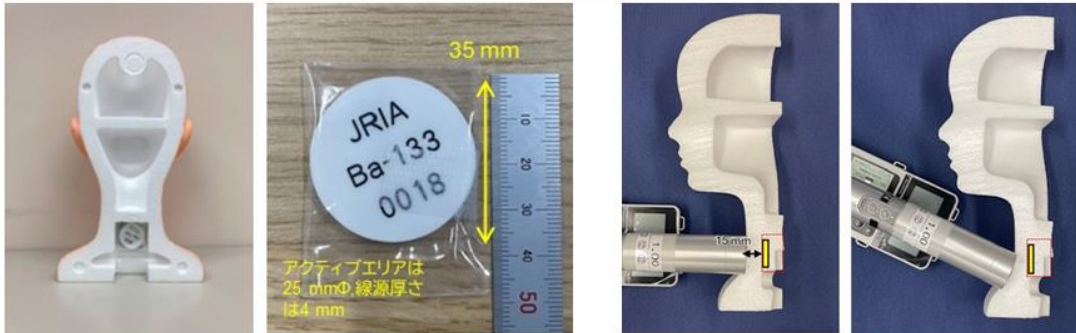
Nal(Tl)サーバイメータを用いた簡易測定

(1)プローブの位置と保持

- プローブ位置は体軸中心で高さは首と鎖骨の交点、プローブ前面が頸部表面に密着する状態を維持して下さい。**最初の測定の時よりも線源(甲状腺)の位置を意識して！**

(2)測定時間

- 今回はストップウォッチを用いず、指示値が安定したら数値を3回を読み取って下さい。
※リセットは必要に応じて行って下さい。



新型甲状腺モニタを用いた詳細測定

- 簡易測定と同様、プローブ位置を意識して下さい。

26

意見交換及びアンケート

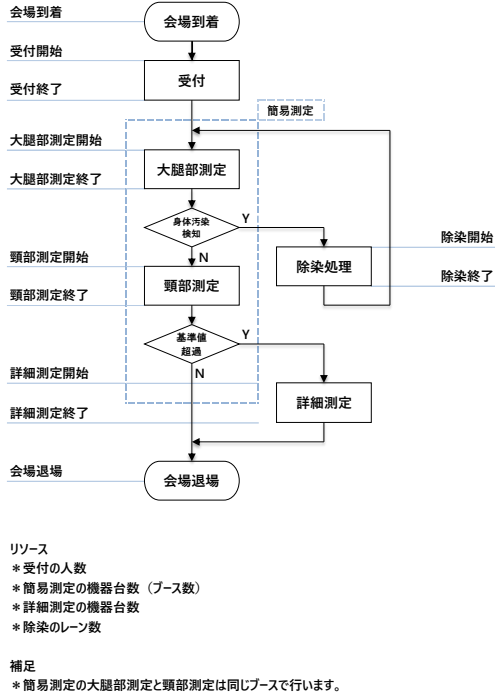
27

1. 2種類の新型甲状腺モニタのそれぞれの使い易さは？
2. 2種類の新型甲状腺モニタのそれぞれの技術的課題は？
3. 乳幼児を含む小児を対象とした測定を行う際に留意すべき点は？
4. 様々な被検者を対象とした甲状腺測定において、信頼性のある測定を行うために考慮すべき点は？
5. 現行の甲状腺被ばく線量モニタリングの枠組みの中で、新型甲状腺モニタをどのように組み込むことができるか？
6. 甲状腺被ばく線量モニタリングの実効性の向上には何が必要か？

付録5 甲状腺簡易測定会場シミュレーションの試算例

甲状腺簡易測定会場シミュレーション用プログラムの概要

簡易測定のフローチャート



パラメータ設定画面

パラメータ設定

1. 被験者来場の時間間隔

一定間隔 < 選択

2. 時間帯別来場者数

09時前 (開場前)	200
09時台	100
10時台	100
11時台	100
12時台	100
13時台	100
14時台	100
15時台	100
16時台	100

3. 測定のリソース

受付人数	10 人
簡易測定機器	10 台
詳細測定機器	1 台
除染レーン	1 レーン

4. 確率の設定

汚染検知率	1.0 %
基準値超過率	5.0 %

5. 所要時間の分布形態

正規分布 < 選択

受付 (平均)	6.00 分
(標準偏差)	3.00 分
大腿部 (平均)	1.50 分
(標準偏差)	0.50 分
頸部 (平均)	3.00 分
(標準偏差)	1.00 分
詳細測定 (平均)	3.00 分
(標準偏差)	1.00 分
除染 (平均)	15.00 分
(標準偏差)	5.00 分

6. 実行の繰り返しと結果の保存

保存ファイル Simulation-YYYYMMDD.xlsx

実行保存する回数 (毎回設定) 5 回

*簡易測定は大腿部測定と頸部測定を含む。

イベントビューアー

設定した確率分布に従って各イベントを生成

被験者 ID	会場到着 時刻	受付 開始時刻 RNo 終了時刻	大腿部測定1 開始時刻 RNo 終了時刻	頸部測定 開始時刻 RNo 終了時刻	詳細測定 開始時刻 RNo 終了時刻	所要時間 受付 大腿部 頸部 詳細 除染	待ち時間 受付 簡易測定 詳細測定 除染	合計 時間
1	9:00:00	9:00:00 A1 9:06:43 9:06:43 B7 9:08:59 9:08:59 B7 9:10:57				06:43 02:16 01:58	00:00 00:00	10:57
2	9:00:00	9:00:00 A2 9:03:12 9:03:12 B2 9:04:21 9:04:21 B2 9:06:25				03:12 01:09 02:04	00:00 00:00	06:25
3	9:00:00	9:00:00 A3 9:12:03 9:12:03 B6 9:13:40 9:13:40 B6 9:17:07				12:03 01:37 03:27	00:00 00:00	17:07
4	9:00:00	9:00:00 A4 9:10:44 9:10:44 B1 9:12:01 9:12:01 B1 9:16:12				10:44 01:17 04:11	00:00 00:00	16:12
5	9:00:00	9:00:00 A5 9:05:24 9:05:24 B5 9:07:04 9:07:04 B5 9:11:33				05:24 01:40 04:30	00:00 00:00	11:33
6	9:00:00	9:00:00 A6 9:07:14 9:07:14 B8 9:09:04 9:09:04 B8 9:13:32				07:14 01:50 04:28	00:00 00:00	13:32
7	9:00:00	9:00:00 A7 9:04:15 9:04:15 B3 9:06:42 9:06:42 B3 9:10:16				04:15 02:27 03:35	00:00 00:00	10:16
8	9:00:00	9:00:00 A8 9:06:19 9:06:19 B6 9:07:43 9:07:43 B6 9:09:57				06:19 01:24 02:14	00:00 00:00	09:57
9	9:00:00	9:00:00 A9 9:04:34 9:04:34 B4 9:05:50 9:05:50 B4 9:08:46				04:34 01:16 02:56	00:00 00:00	08:46
10	9:00:00	9:00:00 A10 9:01:18 9:01:18 B1 9:03:39 9:03:39 B1 9:08:21				01:18 02:21 04:42	00:00 00:00	08:21
11	9:00:00	9:01:18 A10 9:08:13 9:08:13 B10 9:10:12 9:10:12 B10 9:13:01				06:55 01:59 02:48	01:18 00:00	13:01
12	9:00:00	9:03:12 A2 9:07:29 9:07:29 B9 9:08:58 9:08:58 B9 9:12:12				04:17 01:29 03:14	03:12 00:00	12:12
13	9:00:00	9:04:15 A7 9:17:46 9:17:46 B10 9:18:59 9:18:59 B10 9:22:16				13:31 01:13 03:17	04:15 00:00	22:16
14	9:00:00	9:04:34 A9 9:10:49 9:10:49 B4 9:12:59 9:12:59 B4 9:17:15						17:15
15	9:00:00	9:05:24 A5 9:12:58 9:12:58 B7 9:14:40 9:14:40 B7 9:18:36						18:36
16	9:00:00	9:06:19 A8 9:12:37 9:12:37 B3 9:13:15 9:13:15 B3 9:14:59						14:59
17	9:00:00	9:06:43 A1 9:13:00 9:13:00 B5 9:13:33 9:13:33 B5 9:16:28						16:28
18	9:00:00	9:07:14 A6 9:13:35 9:13:35 B8 9:15:17 9:15:17 B8 9:19:52						19:52
19	9:00:00	9:07:29 A2 9:13:00 9:13:00 B5 9:13:33 9:13:33 B5 9:16:28						16:28
20	9:00:00	9:08:13 A10 9:13:20 9:13:20 B9 9:14:41 9:14:41 B9 9:17:43						17:43
21	9:00:00	9:10:34 A1 9:18:37 9:18:37 B6 9:20:20 9:20:20 B6 9:23:58						23:58
22	9:00:00	9:10:44 A4 9:13:28 9:13:28 B10 9:14:15 9:14:15 B10 9:16:03						16:03
23	9:00:00	9:10:49 A9 9:15:05 9:15:05 B2 9:18:09 9:18:09 B2 9:20:37						20:37

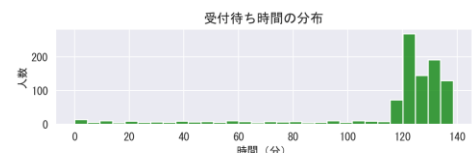
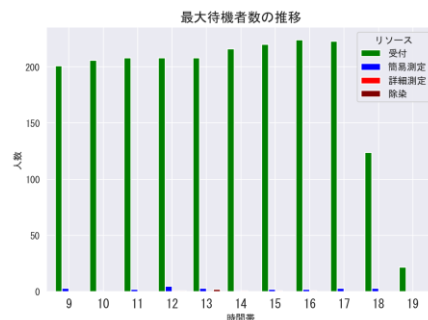
総括表			
No	イベント	回数	所要時間
1	受付時間	1000	6169.34
2	大腿部測定1	1000	1508.45
3	除染1	12	2958.33
4	大腿部測定2	12	125.92
5	頸部測定	1000	168.60
6	詳細測定	44	

結果出力

他の結果は次ページ以降に掲載

時間帯別最大待機者数

時間帯	受付	簡易測定	詳細測定	除染
9	201	3	0	
10	206	1	0	0
11	208	2	0	
12	208	5	1	1
13	208	3	0	2
14	216	1	1	0
15	220	2	1	0
16	224	2	1	
17	223	3	0	
18	124	3	0	0
19	22	0	0	



ケース1

検討チームの試算例(被検者1名当たり6分間, 受付ブース 10, 測定ブース10)

放射線測定会場シミュレーション

保存 1

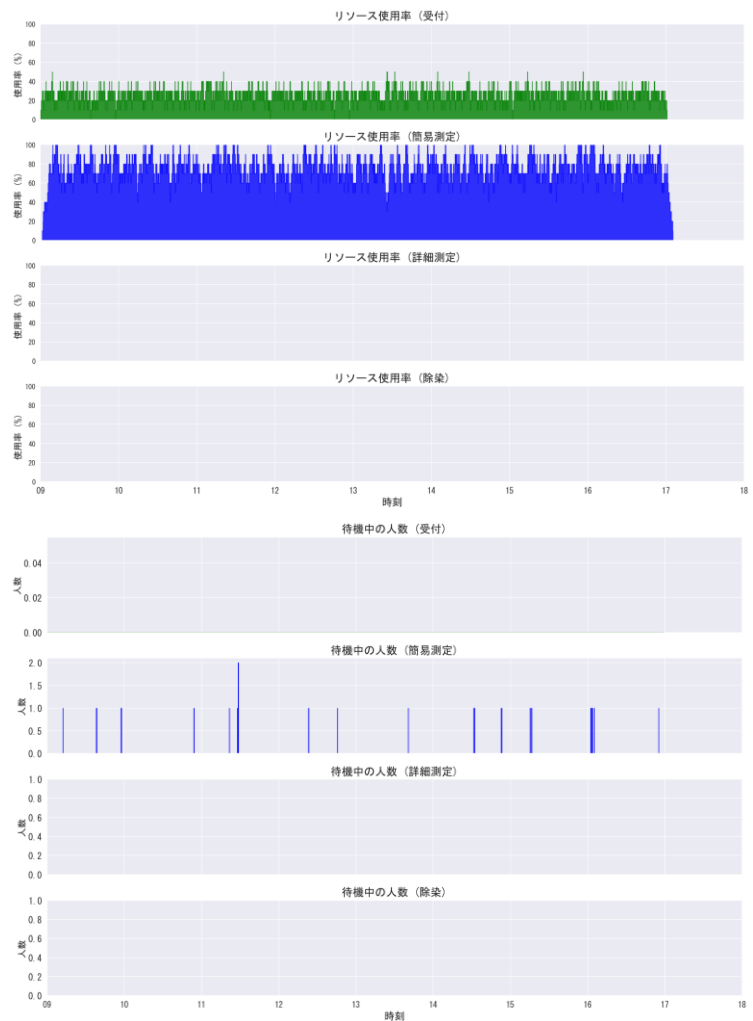
パラメータ設定

- 被検者来場の時間間隔
一定間隔 < 選択
- 時間帯別来場者数
09時前(開場前) 0
09時台 100
10時台 100
11時台 100
12時台 100
13時台 100
14時台 100
15時台 100
16時台 100
- 測定のリソース
受付人数 10 人
簡易測定機器 10 台
詳細測定機器 0 台
除染レーン 0 レーン
- 確率の設定
汚染検知率 0.0 %
基準値超過率 0.0 %
- 所要時間の分布形態
正規分布 < 選択
受付 (平均) 1.50 分
(標準偏差) 0.50 分
大腿部 (平均) 1.50 分
(標準偏差) 0.50 分
頸部 (平均) 3.00 分
(標準偏差) 1.00 分
詳細測定 (平均) 3.00 分
(標準偏差) 1.00 分
除染 (平均) 15.00 分
(標準偏差) 5.00 分
- 実行の繰り返しと結果の保存
保存ファイル Simulation-YYYYMMDD.xlsx
実行保存する回数 (毎回設定) 5 回

*簡易測定は大腿部測定と頸部測定を含む。

1時間当たりの平均処理能力

- 受付 400 人
- 簡易測定 133 人
注意: 来訪者+除染後再測定者の能力が必要
- 詳細測定 0 人
- 除染 0 人



到着時間帯待ち時間と合計時間の分布

グループ		受付待ち時間					簡易測定待ち時間					詳細測定待ち時間				
到着時間	人数	最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大
09時前	0															
09時台	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00:31					
10時台	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00:16					
11時台	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00:57					
12時台	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00:17					
13時台	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00:05					
14時台	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00:34					
15時台	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00:20					
16時台	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00:53					

グループ		除染待ち時間					合計時間				
到着時間	人数	最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大
09時前	0										
09時台	100						03:08	05:09	06:09	06:49	09:39
10時台	100						03:30	05:24	06:02	06:42	08:36
11時台	100						02:44	05:23	06:16	06:51	08:44
12時台	100						02:53	05:06	05:59	06:38	08:36
13時台	100						02:52	05:09	05:59	06:52	08:56
14時台	100						02:51	05:19	06:02	06:56	08:34
15時台	100						02:58	05:32	06:19	07:07	09:23
16時台	100						02:32	05:05	05:51	06:42	08:43

ケース2

ケース1から1時間当たりの来場者数を100名から150名に変更, 他パラメータは同じ。

放射線測定会場シミュレーション

保存 1

パラメータ設定

1. 被験者来場の時間間隔
 < 選択

2. 時間帯別来場者数
09時前 (開場前)
09時台
10時台
11時台
12時台
13時台
14時台
15時台
16時台

3. 測定のリソース
受付人数 人
簡易測定機器 台
詳細測定機器 台
除染レーン レーン

4. 確率の設定
汚染検知率 %
基準値超過率 %

5. 所要時間の分布形態
 < 選択

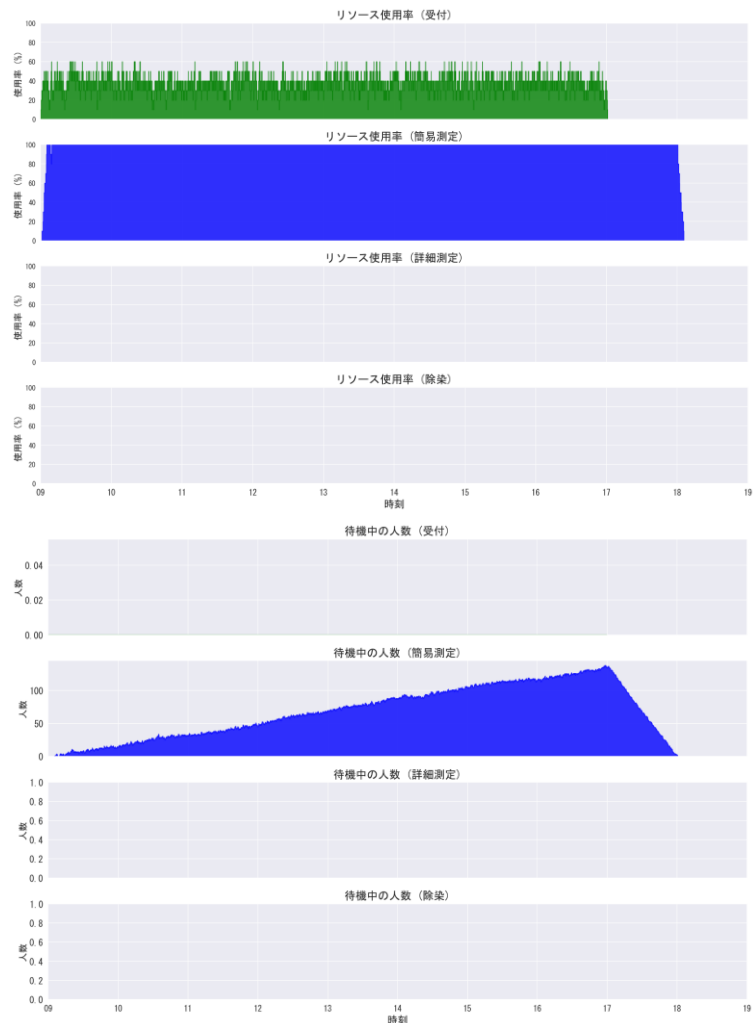
受付 (平均) 分
(標準偏差) 分
大腿部 (平均) 分
(標準偏差) 分
頸部 (平均) 分
(標準偏差) 分
詳細測定 (平均) 分
(標準偏差) 分
除染 (平均) 分
(標準偏差) 分

*簡易測定は大腿部測定と頸部測定を含む。

6. 実行の繰り返しと結果の保存
保存ファイル
実行保存する回数 (毎回設定) 回

1時間当たりの平均処理能力

- 受付 人
- 簡易測定 人
注意: 来訪者+除染後再測定者の能力が必要
- 詳細測定 人
- 除染 人



到着時間別待ち時間と合計時間の分布

グループ	人数	受付待ち時間					簡易測定待ち時間					詳細測定待ち時間				
到着時間	人数	最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大
09時前	0															
09時台	150	0	0	0	0	0	0	02:13	03:31	05:23	07:32					
10時台	150	0	0	0	0	0	06:41	09:56	11:57	12:45	14:22					
11時台	150	0	0	0	0	0	13:45	16:00	18:11	20:09	24:23					
12時台	150	0	0	0	0	0	23:10	25:32	27:13	30:16	32:34					
13時台	150	0	0	0	0	0	30:35	34:11	35:57	37:06	39:47					
14時台	150	0	0	0	0	0	38:47	41:34	43:54	45:03	46:43					
15時台	150	0	0	0	0	0	45:39	47:08	48:57	50:54	53:31					
16時台	150	0	0	0	0	0	52:20	54:41	55:27	57:20	59:37					

グループ	人数	除染待ち時間					合計時間				
到着時間	人数	最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大
09時前	0										
09時台	150						04:43	07:56	09:43	11:38	15:18
10時台	150						11:21	16:02	17:20	18:30	21:38
11時台	150						18:40	21:51	24:12	26:56	30:52
12時台	150						28:02	31:18	33:42	35:49	39:35
13時台	150						35:36	40:07	41:44	43:21	47:10
14時台	150						42:26	48:03	49:24	50:55	55:14
15時台	150						49:40	53:01	55:03	56:53	1:01:00
16時台	150						58:21	1:00:21	1:01:30	1:03:18	1:06:30

ケース3

ケース1から受付ブースを10から3に変更, 他パラメータは同じ。

放射線測定会場シミュレーション

保存 1

パラメータ設定

1. 被験者来場の時間間隔
 < 選択

2. 時間帯別来場者数

09時前 (開場前)	0
09時台	100
10時台	100
11時台	100
12時台	100
13時台	100
14時台	100
15時台	100
16時台	100

3. 測定のリソース

受付人数	3 人
簡易測定機器	10 台
詳細測定機器	0 台
除染レーン	0 レーン

4. 確率の設定

汚染検知率	0.0 %
基準値超過率	0.0 %

5. 所要時間の分布形態
 < 選択

受付 (平均)	1.50 分
(標準偏差)	0.50 分
大腿部 (平均)	1.50 分
(標準偏差)	0.50 分
頸部 (平均)	3.00 分
(標準偏差)	1.00 分
詳細測定 (平均)	3.00 分
(標準偏差)	1.00 分
除染 (平均)	15.00 分
(標準偏差)	5.00 分

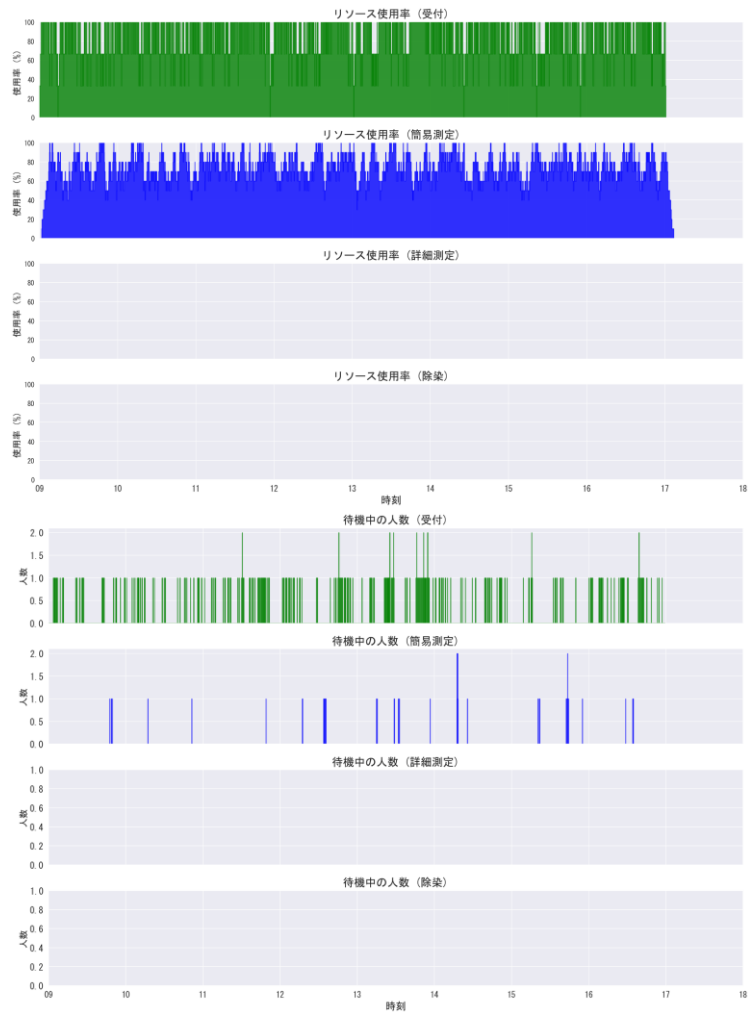
6. 実行の繰り返しと結果の保存

保存ファイル	Simulation-YYYYMMDD.xlsx
実行保存する回数	(毎回設定) 5 回

*簡易測定は大腿部測定と頸部測定を含む。

1時間当たりの平均処理能力

- 受付 人
- 簡易測定 人
注意: 来訪者+除染後測定者の能力が必要
- 詳細測定 人
- 除染 人



到着時間別待ち時間と合計時間の分布

グループ		受付待ち時間					簡易測定待ち時間					詳細測定待ち時間				
到着時間	人数	最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大
09時前	0															
09時台	100	0	0	0	00:00	00:30	0	0	0	0	00:40					
10時台	100	0	0	0	00:01	00:30	0	0	0	0	00:06					
11時台	100	0	0	0	00:08	00:36	0	0	0	0	00:02					
12時台	100	0	0	0	00:06	00:49	0	0	0	0	00:29					
13時台	100	0	0	0	00:12	00:53	0	0	0	0	00:23					
14時台	100	0	0	0	00:01	00:33	0	0	0	0	00:36					
15時台	100	0	0	0	0	00:39	0	0	0	0	01:08					
16時台	100	0	0	0	00:04	00:48	0	0	0	0	00:16					

グループ		除染待ち時間					合計時間				
到着時間	人数	最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大
09時前	0										
09時台	100						03:10	04:52	05:50	06:28	08:54
10時台	100						03:23	05:06	05:51	06:58	08:33
11時台	100						03:15	05:21	06:20	07:07	09:36
12時台	100						03:17	04:57	06:03	07:02	10:06
13時台	100						03:31	05:15	06:01	06:59	08:57
14時台	100						02:04	04:55	05:57	07:06	09:29
15時台	100						03:08	05:09	06:02	06:46	09:15
16時台	100						03:33	05:16	06:19	07:02	09:14

ケース4

ケース1から詳細測定ブースを1つ追加, SL超過率5%, 詳細測定は頸部測定と同じ3分間, 他のパラメータは同じ。

放射線測定会場シミュレーション

保存 1

パラメータ設定

1. 被験者来場の時間間隔

一定間隔 < 選択

2. 時間帯別来場者数

09時前 (開場前) 0
09時台 100
10時台 100
11時台 100
12時台 100
13時台 100
14時台 100
15時台 100
16時台 100

3. 測定のリソース

受付人数 10 人
簡易測定機器 10 台
詳細測定機器 1 台
除染レーン 0 レーン

4. 確率の設定

汚染検知率 0.0 %
基準値超過率 5.0 %

5. 所要時間の分布形態

正規分布 < 選択

受付 (平均) 1.50 分 (標準偏差) 0.50 分

大腿部 (平均) 1.50 分 (標準偏差) 0.50 分

頸部 (平均) 3.00 分 (標準偏差) 1.00 分

詳細測定 (平均) 3.00 分 (標準偏差) 1.00 分

除染 (平均) 15.00 分 (標準偏差) 5.00 分

6. 実行の繰り返しと結果の保存

保存ファイル Simulation-YYYYMMDD.xlsx
実行保存する回数 (毎回設定) 5 回

1時間当たりの平均処理能力

- 受付 400 人
- 簡易測定 133 人
注意：来訪者+除染後再測定者の能力が必要
- 詳細測定 20 人
- 除染 0 人

到着時間別待ち時間と合計時間の分布

グループ		受付待ち時間					簡易測定待ち時間					詳細測定待ち時間				
到着時間	人数	最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大
09時前	0															
09時台	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00:24	0	0	00:36	01:04	02:13
10時台	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00:24	0	0	0	0	0
11時台	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00:19	0	0	0	0	0
12時台	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00:24	0	0	0	0	0
13時台	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00:06	0	0	0	0	0
14時台	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00:43	0	0	00:10	02:15	02:46
15時台	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00:12
16時台	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

グループ		除染待ち時間					合計時間				
到着時間	人数	最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大
09時前	0										
09時台	100						03:56	05:22	06:18	07:08	12:30
10時台	100						03:52	05:09	05:55	07:04	09:26
11時台	100						02:17	04:58	06:16	07:12	10:58
12時台	100						03:26	05:26	06:03	06:50	11:21
13時台	100						03:49	05:16	06:11	06:43	09:51
14時台	100						02:42	05:28	06:26	07:17	12:50
15時台	100						03:25	05:15	06:12	06:52	11:24
16時台	100						02:50	04:55	05:59	06:46	10:42

150

ケース5

ケース1から来場パターンのみ変更(9時前:400名,13時台:400名)

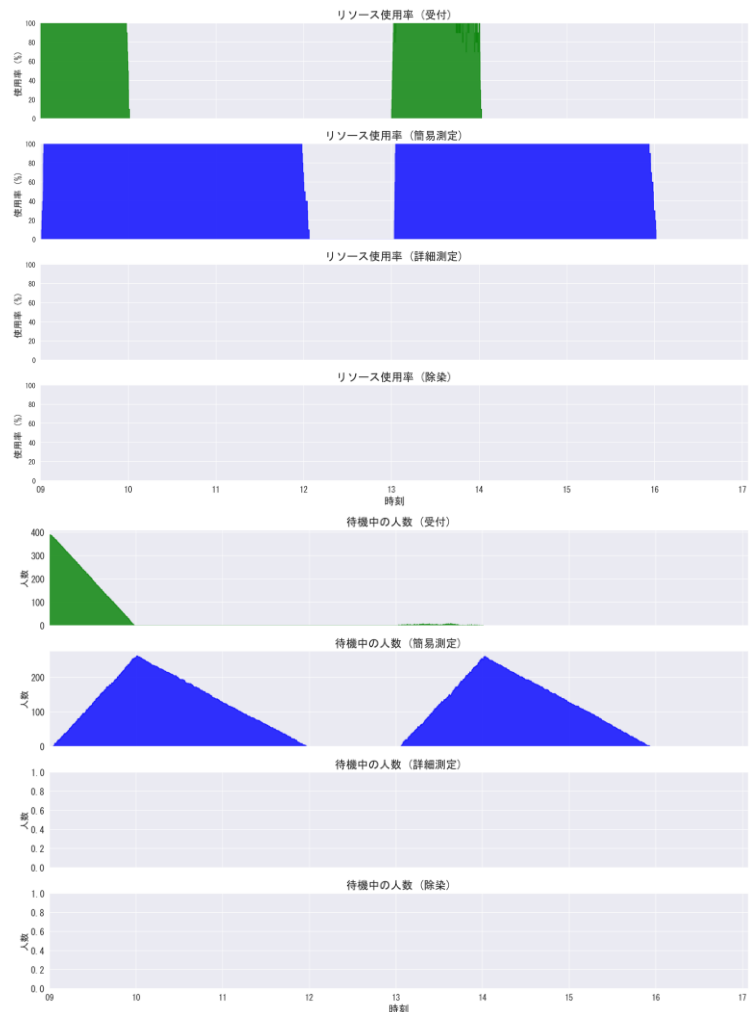
放射線測定会場シミュレーション

保存 1

パラメータ設定	
1. 被験者来場の時間間隔 一定間隔 < 選択	
2. 時間帯別来場者数	
09時前 (開場前)	400
09時台	0
10時台	0
11時台	0
12時台	0
13時台	400
14時台	0
15時台	0
16時台	0
3. 測定のリソース	
受付人数	10 人
簡易測定機器	10 台
詳細測定機器	0 台
除染レーン	0 レーン
*簡易測定は大腿部測定と頸部測定を含む。	
4. 確率の設定	
汚染検知率	0.0 %
基準値超過率	0.0 %
5. 所要時間の分布形態 正規分布 < 選択	
受付 (平均)	1.50 分
(標準偏差)	0.50 分
大腿部 (平均)	1.50 分
(標準偏差)	0.50 分
頸部 (平均)	3.00 分
(標準偏差)	1.00 分
詳細測定 (平均)	3.00 分
(標準偏差)	1.00 分
除染 (平均)	15.00 分
(標準偏差)	5.00 分
6. 実行の繰り返しと結果の保存	
保存ファイル	Simulation-YYYYMMDD.xlsx
実行保存する回数	(毎回設定) 5 回

1時間当たりの平均処理能力

- 受付 400 人
- 簡易測定 133 人
注意：来訪者+除染後再測定者の能力が必要
- 詳細測定 0 人
- 除染 0 人



到着時間別待ち時間と合計時間の分布

グループ		受付待ち時間					簡易測定待ち時間					詳細測定待ち時間				
到着時間	人数	最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大
09時前	400	0	14:34	29:22	44:17	58:34	0	26:39	58:15	1:26:51	1:57:30					
09時台	0															
10時台	0															
11時台	0															
12時台	0															
13時台	400	0	00:09	00:22	00:37	01:10	0	25:54	56:02	1:26:33	1:54:32					
14時台	0															
15時台	0															
16時台	0															

グループ		除染待ち時間					合計時間				
到着時間	人数	最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大
09時前	400						04:06	46:54	1:33:40	2:16:38	3:03:41
09時台	0										
10時台	0										
11時台	0										
12時台	0										
13時台	400						03:54	33:06	1:03:07	1:32:34	2:02:13
14時台	0										
15時台	0										
16時台	0										

ケース6

来場者:9時前200名及び各時間台100名, 受付時間:2分, 詳細測定ブース:1, SL超過率5%, 詳細測定時間:3分間, 他のパラメータはケース1同じ。

放射線測定会場シミュレーション

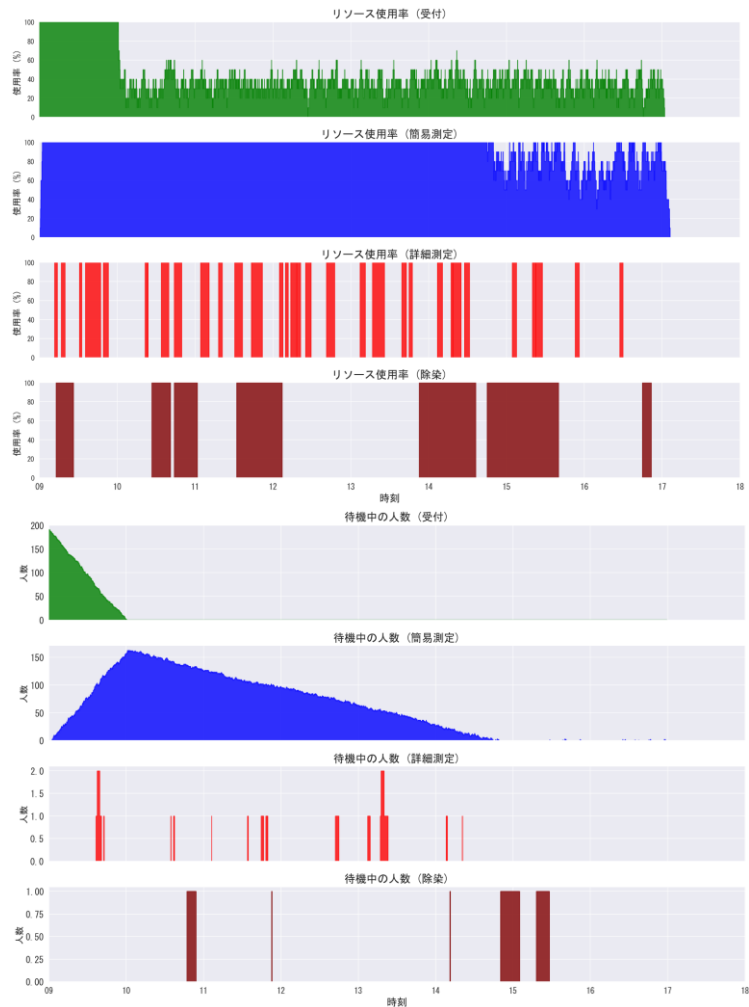
保存 1

パラメータ設定

- 被験者来場の時間間隔
一定間隔 < 選択
- 時間帯別来場者数
09時前(開場前) 200
09時台 100
10時台 100
11時台 100
12時台 100
13時台 100
14時台 100
15時台 100
16時台 100
- 測定のリソース
受付人数 10 人
簡易測定機器 10 台
詳細測定機器 1 台
除染レーン 1 レーン
*簡易測定は大腿部測定と頸部測定を含む。
- 確率の設定
汚染検知率 1.0 %
基準値超過率 5.0 %
- 所要時間の分布形態
正規分布 < 選択
受付 (平均) 2.00 分
(標準偏差) 1.00 分
大腿部 (平均) 1.50 分
(標準偏差) 0.50 分
頸部 (平均) 3.00 分
(標準偏差) 1.00 分
詳細測定 (平均) 3.00 分
(標準偏差) 1.00 分
除染 (平均) 15.00 分
(標準偏差) 5.00 分
- 実行の繰り返しと結果の保存
保存ファイル Simulation-YYYYMMDD.xlsx
実行保存する回数 (毎回設定) 5 回

1時間当たりの平均処理能力

- 受付 300 人
- 簡易測定 133 人
注意: 来訪者+除染後再測定者の能力が必要
- 詳細測定 20 人
- 除染 4 人



到着時間別待ち時間と合計時間の分布

グループ		受付待ち時間					簡易測定待ち時間					詳細測定待ち時間				
到着時間	人数	最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大
09時前	200	0	08:33	18:58	28:17	38:41	0	11:48	22:42	36:06	1:45:08	0	0	0	00:13	03:13
09時台	100	00:43	10:23	19:39	28:37	38:57	48:13	54:31	59:26	1:04:48	1:54:48	0	0	00:09	00:09	00:49
10時台	100	0	0	0	0	00:16	56:23	59:26	1:02:39	1:06:13	1:49:01	0	0	00:33	01:41	02:37
11時台	100	0	0	0	0	0	42:54	46:19	49:42	53:34	56:58	0	0	0	0	0
12時台	100	0	0	0	0	0	27:55	31:33	35:25	39:03	43:40	0	0	02:00	02:52	05:17
13時台	100	0	0	0	0	0	10:44	15:17	19:54	24:33	30:25	0	0	0	0	00:57
14時台	100	0	0	0	0	0	0	00:23	03:46	07:16	11:24	0	0	0	00:03	00:11
15時台	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00:55	0	0	0	0	0
16時台	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	01:23	0	0	0	0	0

グループ		除染待ち時間					合計時間				
到着時間	人数	最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大
09時前	200	0	0	0	0	0	04:06	26:22	50:22	1:11:56	2:43:56
09時台	100	0	01:48	03:36	05:24	07:12	1:12:54	1:20:33	1:25:34	1:30:04	2:45:34
10時台	100	0	00:05	00:10	00:15	00:20	1:02:09	1:06:22	1:09:26	1:12:52	2:22:57
11時台	100						48:30	53:00	56:21	1:00:30	1:07:04
12時台	100						33:43	38:26	42:14	46:18	51:11
13時台	100	0	00:08	00:16	00:25	00:33	16:30	22:31	27:00	31:26	57:56
14時台	100	0	03:42	07:25	11:07	14:49	04:23	08:19	10:27	13:52	46:02
15時台	100	10:08	10:08	10:08	10:08	10:08	03:20	05:28	06:38	07:54	32:55
16時台	100	0	0	0	0	0	03:14	05:38	06:44	08:01	18:06

ケース7 ケース6から受付時間を4分に変更。他のパラメータは同じ。

放射線測定会場シミュレーション

保存 1

パラメータ設定

1. 被験者来場の時間間隔

一定間隔 < 選択

2. 時間帯別来場者数

09時前 (開場前)	200
09時台	100
10時台	100
11時台	100
12時台	100
13時台	100
14時台	100
15時台	100
16時台	100

3. 測定のリソース

受付人数	10 人
簡易測定機器	10 台
詳細測定機器	1 台
除染レーン	1 レーン

4. 確率の設定

汚染検知率	1.0 %
基準値超過率	5.0 %

5. 所要時間の分布形態

正規分布 < 選択

受付 (平均)	4.00 分
(標準偏差)	2.00 分
大腿部 (平均)	1.50 分
(標準偏差)	0.50 分
頸部 (平均)	3.00 分
(標準偏差)	1.00 分
詳細測定 (平均)	3.00 分
(標準偏差)	1.00 分
除染 (平均)	15.00 分
(標準偏差)	5.00 分

6. 実行の繰り返しと結果の保存

保存ファイル

Simulation-YYYYMMDD.xlsx

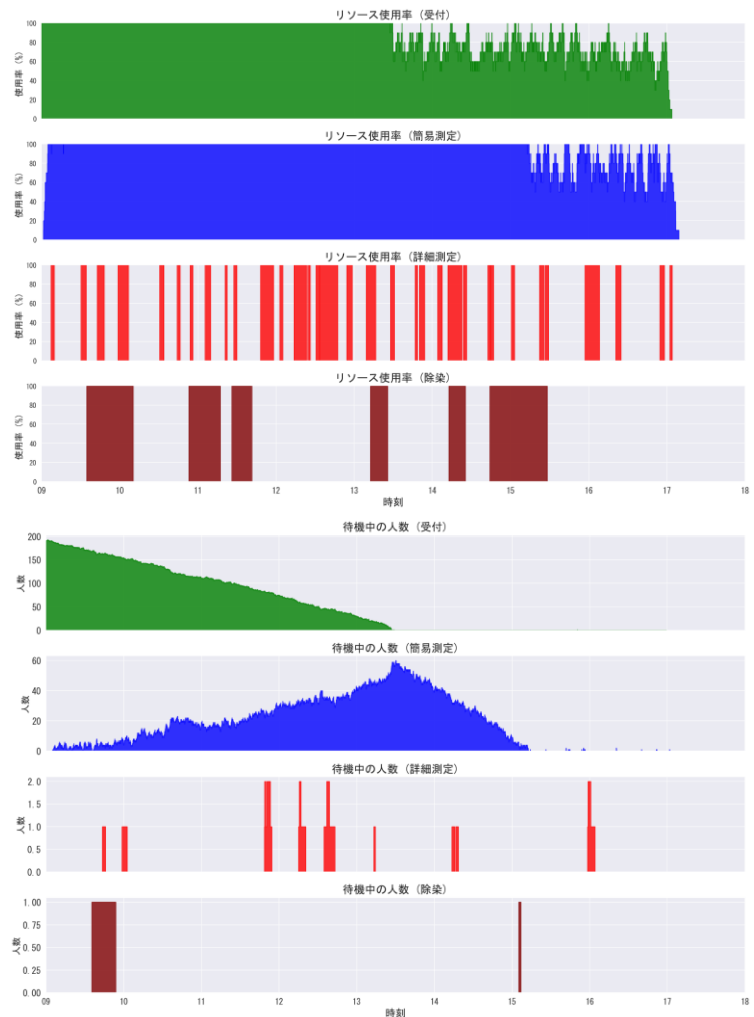
実行保存する回数

(毎回設定)

5 回

1時間当たりの平均処理能力

- 受付 150 人
- 簡易測定 133 人
注意：来訪者+除染後再測定者の能力が必要
- 詳細測定 20 人
- 除染 4 人



到着時間別待ち時間と合計時間の分布

グループ		受付待ち時間					簡易測定待ち時間					詳細測定待ち時間				
到着時間	人数	最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大
09時前	200	0	17:51	38:40	1:01:07	1:23:06	0	01:09	01:52	03:43	06:20	0	0	0	01:13	03:59
09時台	100	1:06:02	1:08:38	1:12:09	1:18:06	1:23:21	04:36	07:12	08:04	08:44	16:51	0	0	0	0	0
10時台	100	49:14	53:28	58:23	1:01:38	1:06:34	06:38	08:31	09:28	11:15	18:30	0	0	00:33	03:08	04:24
11時台	100	29:42	34:16	40:22	44:23	49:12	10:43	12:33	13:29	15:00	17:20	0	0	0	04:11	06:13
12時台	100	11:25	16:45	21:48	26:27	30:34	15:33	17:06	18:13	19:40	41:54	0	0	0	00:38	01:15
13時台	100	0	0	0	07:03	11:58	17:15	20:45	22:19	24:50	34:00	0	0	0	01:00	02:14
14時台	100	0	0	0	0	0	00:55	06:58	11:19	13:48	18:00	0	0	0	0	0
15時台	100	0	0	0	0	00:12	0	0	0	00:03	01:58	0	0	0	02:36	05:20
16時台	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00:33	0	0	0	0	0

グループ		除染待ち時間					合計時間				
到着時間	人数	最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大
09時前	200	0	04:36	09:11	13:47	18:22	05:05	27:47	50:51	1:14:36	1:38:23
09時台	100	0	0	0	0	0	1:19:23	1:26:27	1:29:32	1:34:30	2:06:53
10時台	100	0	0	0	0	0	1:07:22	1:13:19	1:17:41	1:20:26	1:53:57
11時台	100						50:23	57:58	1:01:43	1:06:34	1:17:31
12時台	100	0	0	0	0	0	37:39	45:02	48:39	52:53	1:24:41
13時台	100	0	0	0	0	0	25:55	31:25	34:52	37:58	52:51
14時台	100	0	00:26	00:53	01:19	01:46	09:18	15:16	19:24	23:32	51:26
15時台	100						02:26	07:40	09:20	10:29	20:56
16時台	100						03:54	07:00	08:12	09:28	14:42

ケース8

ケース6から受付時間を6分に変更。他のパラメータは同じ。

放射線測定会場シミュレーション

保存 1

パラメータ設定

1. 被験者来場の時間間隔
 < 選択

4. 確率の設定
汚染検知率 %
基準値超過率 %

2. 時間帯別来場者数
09時前 (開場前)
09時台
10時台
11時台
12時台
13時台
14時台
15時台
16時台

5. 所要時間の分布形態
 < 選択
受付 (平均) 分
(標準偏差) 分
大腿部 (平均) 分
(標準偏差) 分
頸部 (平均) 分
(標準偏差) 分
詳細測定 (平均) 分
(標準偏差) 分
除染 (平均) 分
(標準偏差) 分

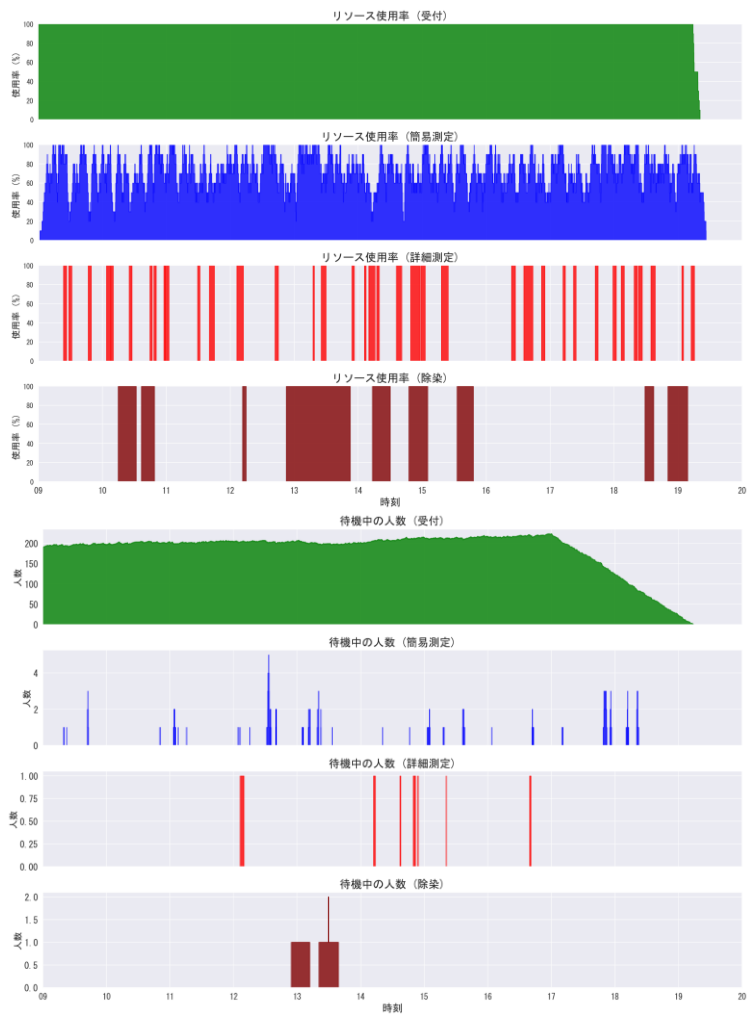
3. 測定のリソース
受付人数 人
簡易測定機器 台
詳細測定機器 台
除染レーン レーン

*簡易測定は大腿部測定と頸部測定を含む。

6. 実行の繰り返しと結果の保存
保存ファイル
実行保存する回数 (毎回設定) 回

1時間当たりの平均処理能力

- 受付 人
- 簡易測定 人
注意：来訪者 + 除染後再測定者の能力が必要
- 詳細測定 人
- 除染 人



到着時間別待ち時間と合計時間の分布

グループ	到着時間	人数	受付待ち時間					簡易測定待ち時間					詳細測定待ち時間				
			最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大
09時前	09時前	200	0	27:29	58:33	1:32:31	2:00:27	0	0	0	0	00:45	0	0	0	0	0
09時台	09時台	100	1:59:28	2:01:07	2:02:02	2:03:07	2:04:15	0	0	0	0	00:34	0	0	0	00:53	03:30
10時台	10時台	100	2:00:01	2:02:00	2:02:37	2:03:23	2:04:40	0	0	0	0	01:58	0	0	0	0	0
11時台	11時台	100	1:58:18	1:59:15	1:59:58	2:00:53	2:03:03	0	0	0	0	01:27	0	0	0	0	01:40
12時台	12時台	100	2:00:06	2:04:21	2:05:46	2:07:30	2:09:33	0	0	0	0	00:22	0	0	00:17	00:40	01:59
13時台	13時台	100	2:05:58	2:07:38	2:08:31	2:09:33	2:11:39	0	0	0	0	01:01	0	00:02	00:03	00:05	00:07
14時台	14時台	100	2:08:23	2:10:13	2:11:42	2:12:45	2:14:44	0	0	0	0	00:34	0	0	0	0	01:08
15時台	15時台	100	2:12:26	2:14:20	2:14:59	2:15:43	2:18:33	0	0	0	0	02:06	0	0	0	0	0
16時台	16時台	100	2:11:36	2:13:00	2:13:31	2:13:59	2:14:57	0	0	0	0	01:10	0	0	0	0	0

グループ	到着時間	人数	除染待ち時間					合計時間				
			最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大
09時前	09時前	200	0	0	0	0	0	06:25	39:40	1:08:47	1:42:31	2:11:00
09時台	09時台	100						2:06:09	2:10:45	2:12:30	2:14:59	2:25:26
10時台	10時台	100	0	0	0	08:41	17:23	2:06:16	2:11:01	2:13:47	2:15:27	2:54:42
11時台	11時台	100	09:13	09:19	09:25	09:31	09:37	2:04:35	2:08:40	2:10:32	2:12:15	2:34:32
12時台	12時台	100	0	0	0	0	0	2:09:14	2:14:36	2:17:18	2:19:52	2:34:11
13時台	13時台	100	0	0	0	0	0	2:13:18	2:17:03	2:18:55	2:21:03	2:38:27
14時台	14時台	100						2:13:52	2:20:25	2:22:27	2:25:20	2:29:43
15時台	15時台	100						2:18:39	2:23:35	2:26:04	2:28:11	2:34:26
16時台	16時台	100	0	0	0	0	0	2:16:40	2:21:44	2:24:15	2:26:22	2:45:20

ケース9

ケース6から受付時間を6分、汚染検知率を2%、SL超過率を10%に変更。他のパラメータは同じ。

放射線測定会場シミュレーション

保存 1

パラメータ設定

1. 被験者来場の時間間隔

一定間隔 < 選択

2. 時間帯別来場者数

09時前 (開場前)	200
09時台	100
10時台	100
11時台	100
12時台	100
13時台	100
14時台	100
15時台	100
16時台	100

3. 測定のリソース

受付人数	10 人
簡易測定機器	10 台
詳細測定機器	1 台
除染レーン	1 レーン

*簡易測定は大腿部測定と頸部測定を含む。

4. 確率の設定

汚染検知率	2.0 %
基準値超過率	10.0 %

5. 所要時間の分布形態

正規分布 < 選択

受付 (平均)	6.00 分
(標準偏差)	3.00 分
大腿部 (平均)	1.50 分
(標準偏差)	0.50 分
頸部 (平均)	3.00 分
(標準偏差)	1.00 分
詳細測定 (平均)	3.00 分
(標準偏差)	1.00 分
除染 (平均)	15.00 分
(標準偏差)	5.00 分

6. 実行の繰り返しと結果の保存

保存ファイル

Simulation-YYYYMMDD.xlsx

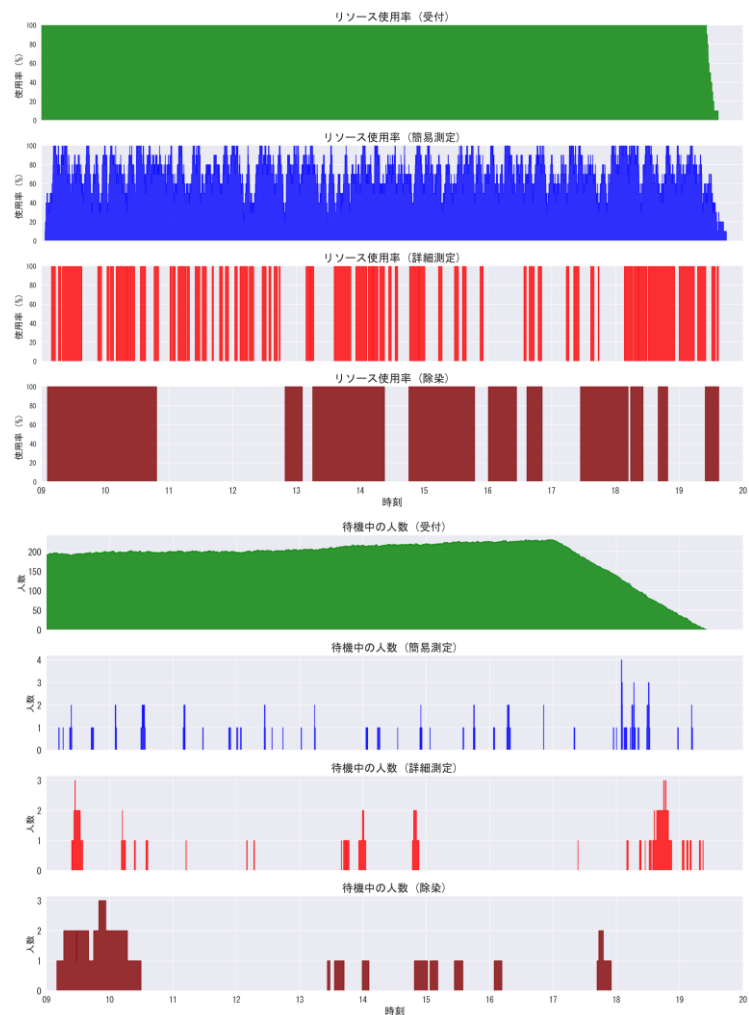
実行保存する回数

(毎回設定)

5 回

1時間当たりの平均処理能力

- 受付 100 人
- 簡易測定 133 人
注意：来訪者+除染後再測定者の能力が必要
- 詳細測定 20 人
- 除染 4 人



到着時間別待ち時間と合計時間の分布

グループ	到着時間	人数	受付待ち時間					簡易測定待ち時間					詳細測定待ち時間				
			最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大
09時前	09時前	200	0	25:24	58:50	1:29:16	1:59:16	0	0	0	0	01:14	0	0	0	01:01	07:21
09時台	09時台	100	1:58:11	1:59:33	2:00:06	2:00:31	2:01:27	0	0	0	0	01:22	0	0	0	0	00:33
10時台	10時台	100	1:58:26	2:00:40	2:01:26	2:02:05	2:03:31	0	0	0	0	00:50	0	0	0	0	00:31
11時台	11時台	100	2:01:57	2:03:45	2:06:58	2:08:44	2:10:22	0	0	0	0	01:33	0	0	00:03	02:22	04:45
12時台	12時台	100	2:07:39	2:10:13	2:10:44	2:11:18	2:12:19	0	0	0	0	01:05	0	0	0	00:58	05:01
13時台	13時台	100	2:11:34	2:14:05	2:14:34	2:15:14	2:17:03	0	0	0	0	01:04	0	0	0	0	0
14時台	14時台	100	2:14:36	2:16:19	2:17:14	2:19:17	2:20:52	0	0	0	0	00:42	0	0	0	0	00:03
15時台	15時台	100	2:18:39	2:20:18	2:21:00	2:22:34	2:23:47	0	0	0	0	01:48	0	0	00:01	01:20	02:30
16時台	16時台	100	2:19:13	2:21:05	2:21:58	2:23:13	2:26:01	0	0	0	0	01:15	0	0	01:05	03:05	07:41

グループ	到着時間	人数	除染待ち時間					合計時間				
			最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大
09時前	09時前	200	0	19:55	25:27	30:53	39:53	06:44	39:04	1:11:52	1:40:03	2:12:40
09時台	09時台	100						2:04:09	2:08:32	2:10:37	2:12:43	2:18:00
10時台	10時台	100	0	0	0	0	0	2:04:43	2:10:11	2:12:14	2:14:55	2:27:57
11時台	11時台	100	0	01:46	04:20	07:01	09:09	2:09:12	2:15:04	2:18:17	2:21:18	2:46:23
12時台	12時台	100	0	03:39	07:17	09:56	12:36	2:14:30	2:19:16	2:21:19	2:24:43	2:51:56
13時台	13時台	100	0	03:36	07:13	07:35	07:57	2:19:06	2:23:11	2:25:49	2:27:21	2:50:07
14時台	14時台	100	0	0	0	0	0	2:20:55	2:26:15	2:28:41	2:31:17	2:55:31
15時台	15時台	100	0	02:56	05:51	08:49	11:46	2:23:49	2:30:37	2:32:41	2:35:02	3:00:30
16時台	16時台	100	0	0	0	0	0	2:26:39	2:31:20	2:34:06	2:36:34	2:46:53

ケース10

ケース6から受付時間を6分、汚染検知率を3%、SL超過率を15%に変更。他のパラメータは同じ。

放射線測定会場シミュレーション

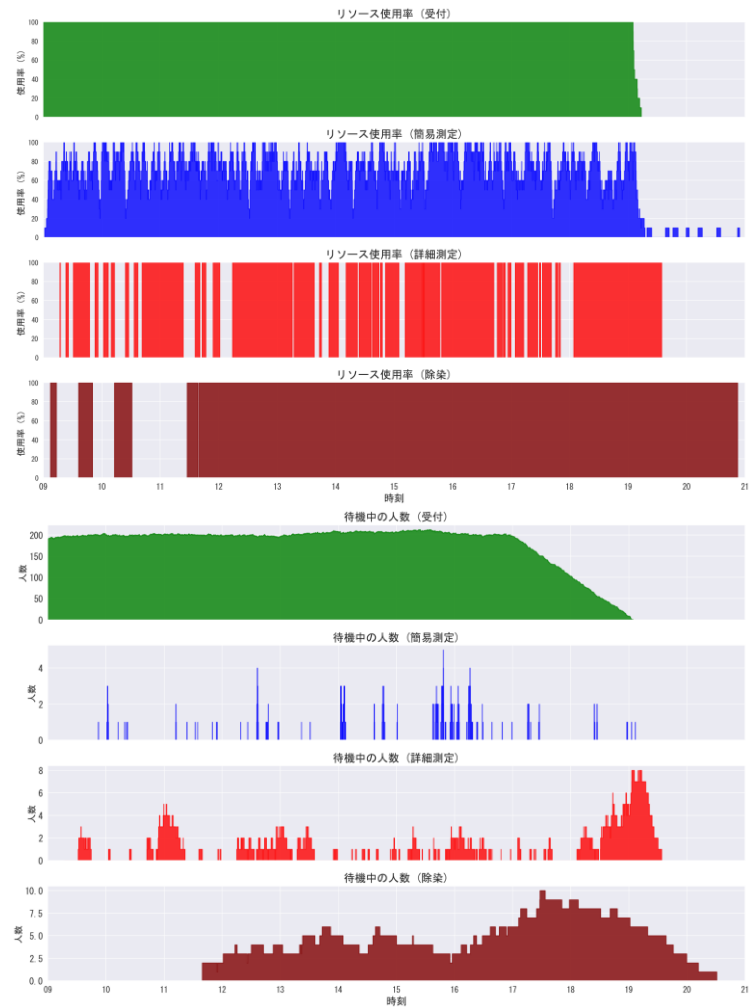
保存 1

パラメータ設定

- 被験者来場の時間間隔
一定間隔 < 選択
- 時間帯別来場者数
09時前 (開場前) 200
09時台 100
10時台 100
11時台 100
12時台 100
13時台 100
14時台 100
15時台 100
16時台 100
- 測定のリソース
受付人数 10 人
簡易測定機器 10 台
詳細測定機器 1 台
除染レーン 1 レーン
*簡易測定は大腿部測定と頸部測定を含む。
- 確率の設定
汚染検知率 3.0 %
基準値超過率 15.0 %
- 所要時間の分布形態
正規分布 < 選択
受付 (平均) 6.00 分 (標準偏差) 3.00 分
大腿部 (平均) 1.50 分 (標準偏差) 0.50 分
頸部 (平均) 3.00 分 (標準偏差) 1.00 分
詳細測定 (平均) 3.00 分 (標準偏差) 1.00 分
除染 (平均) 15.00 分 (標準偏差) 5.00 分
- 実行の繰り返しと結果の保存
保存ファイル Simulation-YYYYMMDD.xlsx
実行保存する回数 (毎回設定) 5 回

1 時間当たりの平均処理能力

- 受付 100 人
- 簡易測定 133 人
注意：来訪者+除染後再測定者の能力が必要
- 詳細測定 20 人
- 除染 4 人



到着時間帯待ち時間と合計時間の分布

グループ		受付待ち時間					簡易測定待ち時間					詳細測定待ち時間				
到着時間	人数	最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大
09時前	200	0	28:02	1:00:01	1:29:03	2:00:48	0	0	0	0	01:12	0	0	02:46	05:48	12:43
09時台	100	1:58:58	1:59:54	2:00:24	2:00:54	2:02:18	0	0	0	0	00:25	0	0	01:01	03:31	06:43
10時台	100	1:57:05	1:58:35	1:59:09	1:59:45	2:01:04	0	0	0	0	01:11	0	02:05	03:30	04:27	09:43
11時台	100	1:56:50	2:00:48	2:02:22	2:03:18	2:06:11	0	0	0	0	01:20	0	0	01:35	05:10	08:33
12時台	100	2:02:05	2:03:45	2:04:22	2:04:48	2:06:05	0	0	0	0	00:58	0	00:10	01:34	02:29	04:32
13時台	100	2:01:28	2:03:52	2:05:39	2:06:25	2:07:43	0	0	0	00:17	01:46	0	00:03	02:04	03:40	09:08
14時台	100	1:57:23	1:59:49	2:00:21	2:01:03	2:02:15	0	0	0	0	01:31	0	00:12	01:48	03:28	04:49
15時台	100	1:58:28	1:59:38	2:00:19	2:01:36	2:02:56	0	0	0	0	01:35	0	0	00:36	02:19	05:48
16時台	100	2:00:32	2:01:56	2:02:55	2:04:41	2:06:22	0	0	0	0	00:28	01:27	06:35	09:23	18:27	23:11

グループ		除染待ち時間					合計時間				
到着時間	人数	最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大
09時前	200	0	0	0	0	0	05:34	41:16	1:10:21	1:39:39	2:19:46
09時台	100	0	15:19	30:46	36:00	41:29	2:05:35	2:09:32	2:11:09	2:13:54	3:15:26
10時台	100	49:06	53:37	57:14	1:00:59	1:05:54	2:03:23	2:07:28	2:10:47	2:14:39	3:41:09
11時台	100	45:08	59:36	1:19:24	1:19:53	1:34:09	2:02:36	2:11:15	2:14:07	2:17:05	4:14:44
12時台	100	1:06:59	1:13:20	1:19:41	1:27:00	1:34:20	2:07:03	2:12:58	2:15:21	2:18:07	3:56:36
13時台	100	44:28	49:54	55:21	1:00:47	1:06:14	2:08:51	2:14:03	2:16:06	2:20:06	3:47:35
14時台	100	46:26	1:06:12	1:22:12	1:37:45	1:53:12	2:03:08	2:09:39	2:12:32	2:15:19	4:19:21
15時台	100	1:55:04	2:11:39	2:13:26	2:17:00	2:31:26	2:03:57	2:09:59	2:12:13	2:14:39	4:58:00
16時台	100	1:50:13	1:50:13	1:50:13	1:50:13	1:50:13	2:06:54	2:12:37	2:15:18	2:19:08	4:26:10

ケース11

ケース10から来場者を9時前500名,13時台500名に変更。他のパラメータは同じ。

放射線測定会場シミュレーション

保存 1

パラメータ設定

1. 被験者来場の時間間隔
 < 選択

2. 時間帯別来場者数

09時前 (開場前)	500
09時台	0
10時台	0
11時台	0
12時台	0
13時台	500
14時台	0
15時台	0
16時台	0

3. 測定のリソース

受付人数	10	人
簡易測定機器	10	台
詳細測定機器	1	台
除染レーン	1	レーン

4. 確率の設定

汚染検知率	3.0	%
基準値超過率	15.0	%

5. 所要時間の分布形態
 < 選択

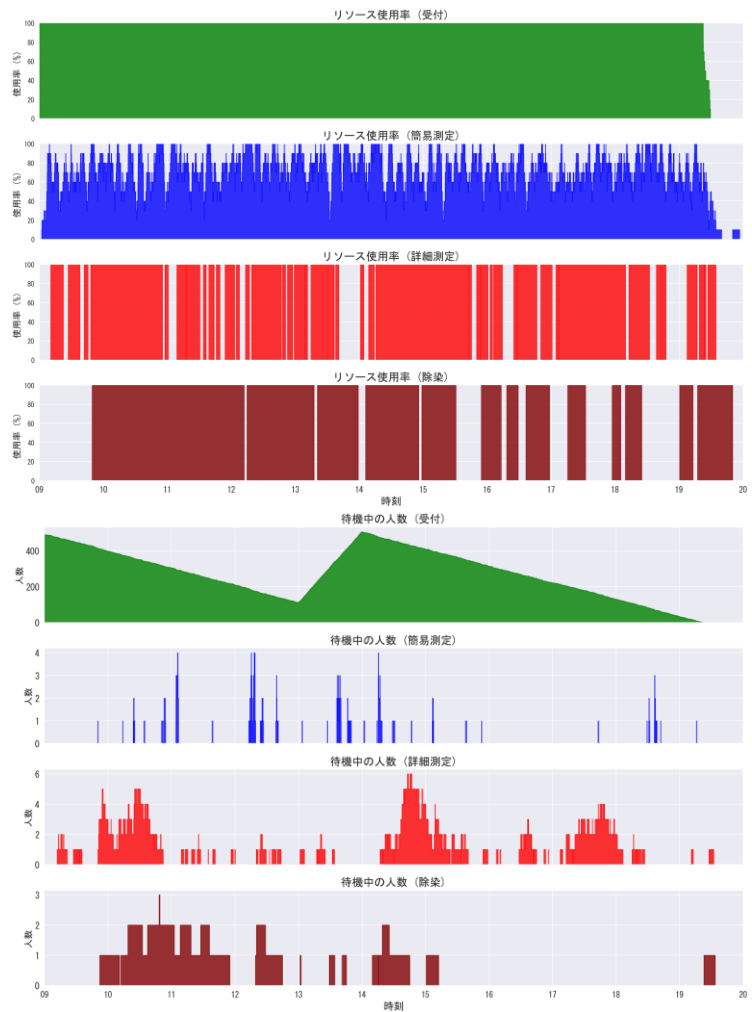
受付 (平均)	6.00	分
(標準偏差)	3.00	分
大腿部 (平均)	1.50	分
(標準偏差)	0.50	分
頸部 (平均)	3.00	分
(標準偏差)	1.00	分
詳細測定 (平均)	3.00	分
(標準偏差)	1.00	分
除染 (平均)	15.00	分
(標準偏差)	5.00	分

6. 実行の繰り返しと結果の保存
保存ファイル
実行保存する回数 (毎回設定) 回

*簡易測定は大腿部測定と頸部測定を含む。

1時間当たりの平均処理能力

- | | | |
|----------------------|-----|---|
| 1 受付 | 100 | 人 |
| 2 簡易測定 | 133 | 人 |
| 注意：来訪者+除染後再測定者の能力が必要 | | |
| 3 詳細測定 | 20 | 人 |
| 4 除染 | 4 | 人 |



到着時間別待ち時間と合計時間の分布

グループ		受付待ち時間					簡易測定待ち時間					詳細測定待ち時間				
到着時間	人数	最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大
09時前	500	0	1:14:23	2:33:46	3:50:12	5:04:33	0	0	0	0	01:49	0	0	02:04	04:21	12:49
09時台	0															
10時台	0															
11時台	0															
12時台	0															
13時台	500	1:05:53	2:08:25	3:11:40	4:17:58	5:21:52	0	0	0	0	01:34	0	00:25	04:04	07:36	14:50
14時台	0															
15時台	0															
16時台	0															

グループ		除染待ち時間					合計時間				
到着時間	人数	最小	25%	中央	75%	最大	最小	25%	中央	75%	最大
09時前	500	0	03:18	14:02	25:46	30:14	04:59	1:30:00	2:45:10	4:03:39	5:35:07
09時台	0										
10時台	0										
11時台	0										
12時台	0										
13時台	500	0	0	0	09:59	25:49	1:12:02	2:21:47	3:23:21	4:29:34	5:57:21
14時台	0										
15時台	0										
16時台	0										