

放射線安全規制研究戦略的推進事業の事後評価について

令和 2 年 8 月 1 9 日
原子力規制庁

1. 経緯

放射線防護分野の安全研究として、平成29年度から「放射線安全規制研究戦略的推進事業」を実施している。本事業は、「放射線安全規制研究推進事業」及び「放射線防護研究ネットワーク形成推進事業」で構成されている。本事業では、「研究推進委員会」及び「研究評価委員会」を設置し、それぞれ「課題の選定・推進」及び「研究計画及び研究成果の評価」を担っている。

研究推進委員会は、外部有識者及び原子力規制庁職員により構成される。研究推進委員会委員の中から、プログラムオフィサー（以下、「P0」という。）を任命し、担当する研究班への参加等を通じて進捗状況の確認、研究方針及び手法への助言等、研究課題の進捗管理を行う。

研究評価委員会は、研究推進委員会とは独立して外部有識者により構成される。研究評価委員会は、毎年度実施する自己評価及び成果報告会における研究代表者からの報告内容等を踏まえ、年次評価、中間評価及び事後評価を行う。

今般、令和 2 年度第 1 回研究評価委員会（令和2年6月22日～26日。書面審議）において、令和元年度末に事業が終了した課題についての事後評価を行った。

2. 事後評価の結果

研究評価委員会においては、①研究目標の達成度、②事業における研究成果・特許、③放射線規制及び放射線防護分野への貢献度、④研究コスト及び費用対効果の評価項目について、次表の注記載の評価基準（ABCD）により、各委員が個別に評価を実施した上で、別紙のとおり、研究評価委員会としての総合評価を決定した。その概要は次表のとおり。

	課題名	研究期間	研究代表者名 (研究機関)	総合 評価
1	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	平成 29 年度～ 令和元年度	栗原 治 (量子科学技術研究開発機構)	B
2	事故等緊急時における内部被ばく線量迅速評価法の開発に関する研究	平成 29 年度～ 令和元年度	谷村 嘉彦 (日本原子力研究開発機構)	B
3	環境モニタリング線量計の現地校正に関する研究	平成 30 年度～ 令和元年度	黒澤 忠弘 (産業技術総合研究所)	B
4	放射線業務従事者に対する健康診断のあり方に関する検討	平成 30 年度～ 令和元年度	山本 尚幸 (原子力安全研究協会)	B
5	染色体線量評価手法の標準化に向けた画像解析技術に関する調査研究	平成 30 年度～ 令和元年度	数藤 由美子 (量子科学技術研究開発機構)	A
6	円滑な規制運用のための水晶体の放射線防護に係るガイドラインの作成	令和元年度	横山 須美 (藤田医科大学)	B

* 評価基準： A：非常に有用な成果が得られた、B：有用な成果が得られた、
C：限定的ではあるが、有用な成果が得られた、D：有用な成果が得られなかった

3. 今後の対応

研究推進委員会は今後、以下の対応を行う。

- 終了課題については、事後評価結果を踏まえ、成果の適切な規制行政への反映を推進する。
- 「染色体線量評価手法の標準化に向けた画像解析技術に関する調査研究」に対する評価コメント（「民間検査施設への普及や今回対象とした範囲（2Gy以上）より低い線量の評価等、適用拡大に向けた今後の展開に期待する。」）を、令和2年度に新規採択した課題「染色体線量評価のためのAI自動画像判定アルゴリズム（基本モデル）の開発」に反映して成果につなげる。

別紙及び参考資料

- ・ 別紙 令和元年度終了課題 事後評価（研究評価委員会決定）
- ・ 参考資料 1 令和元年度終了課題 事後評価（各委員による評価）
- ・ 参考資料 2 研究推進委員会 構成員
- ・ 参考資料 3 研究評価委員会 構成員
- ・ 参考資料 4 令和2年度実施課題 一覧
- ・ 参考資料 5 採択課題の評価について（令和元年6月26日 研究評価委員会）
- ・ 参考資料 6 採択課題の概要について（令和元年度に終了するもの）
- ・ 参考資料 7 令和元年度終了課題 研究成果概要

令和元年度終了課題 事後評価（研究評価委員会決定）

	課題名	期間	研究代表者 (所属)	PO (所属)	研究費(千円)	総合 評価	研究評価委員会 総合コメント
1	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	平成 29 年度 ～ 令和元年度	栗原 治 (量子科学技術 研究開発機構)	石川 徹夫 (福島県立医科大学)	86,558 (1年目:31,500 2年目:33,671 3年目:21,387)	B	研究論文の業績及び費用対効果が低いと思われるが、技術的には当初目標である「各世代に対応した簡易甲状腺モニターの開発」を達成したと判断する。原子力事故後に実際に適用するためには、乳幼児に対する注意点など、より詳細かつ具体的な取扱マニュアルの改訂及びモニターの保守を含めた維持管理体制の整備が必要である。
2	事故等緊急時における内部被ばく線量迅速評価法の開発に関する研究	平成 29 年度 ～ 令和元年度	谷村 嘉彦 (日本原子力 研究開発機構)	石川 徹夫 (福島県立医科大学)	34,596 (1年目:8,956 2年目:12,089 3年目:13,551)	B	原子力事故後の高線量率環境においても適用可能な可搬型甲状腺モニター及び線量評価法の開発という目標は達成したと判断する。ただし、長時間じっとしてられない乳幼児等への対応を含め、モニタリング対象者の視点に立ったマニュアルの作成、集中配備場所から避難所への可搬型モニターの輸送など、運用上の課題の検討が望まれる。
3	環境モニタリング線量計の現地校正に関する研究	平成 30 年度 ～ 令和元年度	黒澤 忠弘 (産業技術 総合研究所)	古田 定昭 (株式会社ペスコ)	9,990 (1年目:6,716 2年目:3,274)	B	高バックグラウンド環境下での線量計校正に要する時間を大幅に短縮できたことは評価できる。研究論文としての公表、技術移転及び ISO や JIS 規格への取入れ、従来法との組合せを含めた一般的活用に向けた提言など、今後の展開に期待したい。

4	放射線業務従事者に対する健康診断のあり方に関する検討	平成30年度～令和元年度	山本 尚幸 (原子力安全研究協会)	中村 尚司 (原子力規制庁)	10,906 (1年目:3,895 2年目:7,011)	B	長年問題とされてきた放射線業務従事者に対する健康診断の取扱いについて、多数の関係機関に対するアンケート・ヒアリング調査によって実態把握と課題整理を行ったことは評価できる。この段階にとどまらず、問題提起や規制当局への提言まで踏み込むことが望まれる。
5	染色体線量評価手法の標準化に向けた画像解析技術に関する調査研究	平成30年度～令和元年度	敷藤 由美子 (量子科学技術研究開発機構)	中村 吉秀 (日本アイソトープ協会)	26,935 (1年目:14,375 2年目:12,560)	A	AIの深層学習の手法を適用して染色体画像の自動判別を行うという新しい試みであり、迅速な線量評価の可能性を示した成果は高く評価できる。民間の検査施設への普及や今回対象とした範囲(2Gy以上)より低い線量の評価等、適用拡大に向けた今後の展開に期待する。
6	円滑な規制運用のための水晶体の放射線防護に係るガイドラインの作成	令和元年度	横山 須美 (藤田医科大学)	本間 俊充 (原子力規制庁)	8,020	B	水晶体線量のモニタリングについて、その位置付けを明確化した上で具体的な例題を提示するなど、理解しやすい分野横断型ガイドラインをまとめた意義は大きい。ただし、迅速な対応が必要となることが予想される医療分野については、現場での有効性の観点を加えたブラッシュアップが望まれる。

* 評価基準： A: 非常に有用な成果が得られた、B: 有用な成果が得られた、C: 限定的ではあるが有用な成果が得られた、D: 有用な成果が得られなかった

参考資料

○目次

参考資料 1	令和元年度終了課題 事後評価（各委員による評価）	P. 6
参考資料 2	研究推進委員会 構成員	P. 8
参考資料 3	研究評価委員会 構成員	P. 9
参考資料 4	令和2年度実施課題 一覧	P. 10
参考資料 5	採択課題の評価について（令和元年6月26日 研究評価委員会）	P. 11
参考資料 6	採択課題の概要について（令和元年度に終了するもの）	P. 19
参考資料 7	令和元年度終了課題 研究成果概要資料	P. 25

令和元年度終了課題 事後評価(各委員による評価) 参考資料 1

整理番号	課題名	評価者	研究目標達成度	研究結果	放射線計測技術の発展への貢献度	研究コスト及び費用効果	各委員による総合評価	評価コメント
1	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	イ	B	B	B	C	B	技術的には当初の目標を達成している。また、実際の緊急時対応の流れの中に本研究を位置付けている点も評価できる。今後は、研修等を通して、ハード、ソフト共に改善を重ね、より使い勝手の良いシステムに仕上げていくよう希望する。
		ロ	B	B	B	C	B	年次評価のコメントに込んでいる。当該分野には研究業績(論文)が少ない。
		ハ	B	A	A	C	A	事故後の迅速な簡易甲状腺線量測定及びより詳細な甲状腺線量測定の両方に関して、成果が得られた。前者に関しては、年齢別ファントムと可搬型遮蔽板の組み合わせ、換算係数見直しなどによる精度向上が達成されている。また、後者に関しては、ホールボディカウンターを用いた場合の線量評価の手法を再評価すると共に、新規に年齢別甲状腺用ガンマ線スペクトロメーターの開発に成功し、コスト的にも実用性を備えたものを開発している。
		ニ	B	B	B	C	B	高線量率環境において迅速な測定のため、各世代に対応した新モニターを開発し、マニュアルを作成する等、有用な成果が得られた。ただし、3年間ではあるが、相対的に研究費総額が高く、もう少し節約を検討してもよかつたのではないかと。今後、設置現場におけるモニターの保守を含めた維持管理体制を整備し、着実に実用化していただきたい。
		ホ	B	B	B	B	B	全体としてはしっかりと成果をあげている。一方、研究評価委員会からのコメントに対しての対応として、装置の取扱説明書、簡易マニュアルが成果報告書に付されていたが、事故時の甲状腺モニタリング対象者側の視点に立った操作マニュアルとはなっていないのが残念である。特に乳幼児に対して計測中というところに注意が必要か、親御さんの立場で図も混じえてもつとわかりやすく見やすいものが必要と考える。
2	事故等緊急時における内部被ばく線量迅速評価法の開発に関する研究	イ	B	B	B	B	A	技術的な問題がよく検討されており、緊急時下での信頼性の高い迅速測定法として有効な方法となりうる。訓練等を通じて、集中配備先から避難所等への輸送に要する日数等を考慮したうえで、事故後1週間の検査数を向上させるようシステムとしての改善に努めて頂きたい。
		ロ	B	B	A	B	A	若干論文は少ないが、特許公開は評価する。
		ハ	B	B	C	B	C	栗原等の新規開発した小型甲状腺ガンマ線スペクトルメータより分解能の優れた検出装置を開発した事は評価できる一方、概念設計の段階で座位での甲状腺測定ジオメトリを採用しなかつたため、乳児・子供には使い勝手の悪い装置になっている。装置と遮蔽板を一体化して高バックグラウンドでの測定を可能としており、椅子と組み合わせられる装置の支持器具を追加すれば、より使い勝手が改善するのではないか?コスト的には、栗原等の装置と同レベル?
		ニ	B	B	B	B	B	高線量率環境において可搬型甲状腺モニターを用いたモニタリングシステムの確立のため、新モニター開発、マニュアル整備等において有用な成果が得られた。なお、無理に乳児モニターの開発に着手するより、対象を成人の公衆及び作業者に限定したほうがより有効な成果が得られたと思われる。
		ホ	B	B	B	B	B	モニタリングシステムの構築は完成し、研究目標は達成している。しかしながら、実用を考えると、うつぶせでの測定時間がやや長い(5分)こと、公衆を対象としたモニタリング装置としてはうつぶせが困難な乳児などの測定に課題が残る。また、使用者側のマニュアルは作成されているものの、事故時の甲状腺モニタリング対象者側(特に公衆)の視点に立った操作マニュアルとはなっていないのが残念である。
3	環境モニタリング線量計の現地校正に関する研究	イ	B	C	B	B	B	高BG下での精度の高い校正を可能にするるとともに校正に要する時間を大幅に短縮できたことの意義は大きい。本来、設備や装置はメンテナンスも含めて設置を検討すべきであるが、今回得られた知見が今後のモニタリングポスト等の設置方法や設置環境の選択に役立てられることを期待する。
		ロ	B	C	B	B	B	年次報告の際のコメント(対応策の検討)への対応が不十分である。
		ハ	B	D	A	B	B	論文発表を予定しているのであれば、その前に実用新案特許などを考えても良いのではないかと?査読のある科学雑誌へ論文発表を行うべきである。
		ニ	B	C	B	B	B	高線量率下でのモニタリングポストの現地校正において、校正時間短縮技術を開発し、その校正時の不確かさを評価する等、有用な成果が得られた。福島事故により多数設置されているモニタリングポストへの実際の応用、JISへの取入れ等実用化に向けて着実に取り組んでいただきたい。
		ホ	B	C	B	B	B	高バックグラウンド線量下での精度の良い現地校正手法の確立は達成している。さらに、線量が低下した現在だけでなくより高線量下であった時期においても本法が適応可能であることを示しており、今後の実用に向けての活用が期待される。これにあたって、技術移転及びISO、JIS規格への取り組みのみならず、一般的な活用に向けての提言を報告書には書いていただきたかった。どのような状況でどのように本手法を適用することが適切か、従来法との組み合わせ等サジェスションも盛り込めたいはず。

整理番号	課題名	評価者	研究目的達成	研究成果	放射線防護分野への貢献	研究コスト及び費用対効果	各委員による総合評価	評価コメント	
4	放射線業務従事者に対する健康診断のあり方に関する検討	イ	B	C	A	B	B	健康診断の取り扱いに関しては、法的な整備が不十分で、実施の判断が現場に任されていることが健康診断省略の運用が適切に行われない原因のひとつと考えられる。本研究で得られた成果を参考に、特殊健康診断の目的、診断の必要性の判断基準と方法等の議論を行い法整備に役立てて頂きたい。	
		ロ	B	C	B	C	B	問題点・課題に対する踏み込んだ提言がなされていない。	
		ハ	A	D	A	A	A	予想されていた結論であるが、規制当局として関係機関との議論を進める上で有用な資料が纏められた。	
		ニ	C	C	C	B	C	法令の解釈とアンケート及びヒアリングによる実態をまとめるだけではなく、現場の実施者及び受診者が健康診断の有効性をどのように認識しているのか、実施にあたり関係者間で十分検討し、もう少し踏み込んだ調査と問題提起が必要ではなかったか。	
		ホ	B	D	B	B	B	健康診断における実態把握をもとに課題の整理が行われ、あり方について提言が記載されており、研究目的は達成されている。一点、本事業における研究成果(論文(投稿中のものを含む)、特許(申請中のものを含む)、学会発表等)の記述が見当たらない。アンケート等の成果は貴重であるので、学会及び論文発表を検討していただきたい。	
5	染色体線量評価手法の標準化に向けた画像解析技術に関する調査研究	イ	A	B	B	B	B	本研究は、染色体線量評価手法の標準化を目的とし、多くの成果を上げているが、ここで採用したAI自動画像判定技術は、放射線防護に関連する画像処理技術等への応用の可能性を高めるものであり、さまざまな課題へのAI活用を促すきっかけとなることが期待できる。	
		ロ	A	B	A	A	A	特になし	
		ハ	B	C	B	B	B	B	PNA-FISH法による2動原体染色体あるいはフラグメントの画像をAI深層学習の手法を使って自動判別する分析法によって、2Gy以上の被ばく線量患者を短時間に多数スクリーニングできる事を確認し、AI深層学習の教師データを確立したことは高く評価できる。一方、民間の検査施設を含めて当該手法をどのように普及させ運用するのか、特許関係を含めて明確でなく、その点に不満が残る。
		ニ	A	B	B	B	B	A	AIを利用して迅速な測定が可能となったことは評価できる。当初の目標よりさらに細かな判断を有効に実施できる可能性も示され、当初の目標を超える大きな成果が得られた。
		ホ	A	A	B	B	B	A	有用な成果が得られている。急性放射線症候群の前駆症状に対して医学的介入が必要となる基準である2.0Gyの線量推定を目安にしているが、放射線防護上あるいは臨床で2.0Gyで十分なのか、より下の線量までの線量推定が必要なのか、むしろ細かな線量判別が必要なのか、本法の適用の今後(目指す最終目的)について説明があると良いのではないかと。
6	円滑な規制運用のための水晶体の放射線防護に係るガイドラインの作成	イ	B	B	B	B	B	B	不均等被ばく管理における水晶体線量のモニタリングの位置付けを明確にし、モニタリングの判断基準と方法を明確にしておき現場での適用性は高い。ただ、解説と例題の内容の関係が見えにくいので、解説にある「参照」にキーワードを付すなど分かり易くして頂くことより利用しやすくなる。
		ロ	B	C	B	B	B	B	医療従事者の特殊事情を勘案しても「ガイドライン」のレベルには達していない。
		ハ	B	C	A	C	B	B	ガイドラインとしての専門性と具体性があり、実用的である。研究成果の論文等での発表こそ少ないが、ガイドラインとしての成果物で判断されるべきでマイナスにならない。医療スタッフ向けのガイドライン(添付2)は、発表会時点より大幅に改善した。
		ニ	B	B	A	B	A	A	達成度は目標通りであったが、法令に新たな線量限度が設定された中で、分野横断的なガイドラインをまとめたことは大きな成果である。特に、対応が必要とされる医療分野におけるガイドラインはさらにブラッシュアップして欲しい。
		ホ	C	B	A	B	B	B	分野横断的なモニタリングガイドラインでは、眼の水晶体の線量に特化したガイドラインに加えて具体的な例題の提示等を示すなど有用な成果が得られている。医療分野のガイドラインでは医療スタッフの被ばく線量低減に向けた全般的な安全利用の基本が主に書かれている。水晶体の話はところどころ出てくる程度で主体ではない。これまでも医療スタッフの被ばく線量低減のための類似ガイドライン等は発行されてきているが、これらとの差異が明確ではない(図の多用以外)。水晶体の防護を謳った本研究課題の成果という観点からは大きな疑問が残る。

研究推進委員会 構成員（令和2年2月27日時点）

原子力規制委員会

伴 信彦 原子力規制委員会委員

外部有識者（五十音順）

- 石川 徹夫 公立大学法人福島県立医科大学医学部 教授
- 高橋 知之 国立大学法人京都大学複合原子力科学研究所 准教授
- 中村 吉秀 公益社団法人日本アイソトープ協会医薬品部
医薬品・試薬課 シニアアドバイザー
- 古田 定昭 株式会社ペスコ 中部事務所長

原子力規制庁職員

- 大熊 一寛 放射線防護企画課 課長
- 長坂 雄一 監視情報課 課長
- 宮本 久 安全規制管理官（放射線規制担当）
- 田中 桜 放射線防護企画課 企画官
- 高山 研 放射線防護企画課 企画官
- 小此木 裕二 監視情報課 企画官
- 大町 康 放射線防護企画課 課長補佐
- 小林 駿司 放射線防護企画課 係長
- 本間 俊充 放射線防護企画課 放射線防護技術調整官
- 中村 尚司 放射線規制部門 技術参与

○：プログラムオフィサー（P0）

研究評価委員会 構成員（令和2年6月22日時点）

外部有識者（五十音順）

占部 逸正	学校法人福山大学 名誉教授
小田 啓二	国立大学法人神戸大学 理事・副学長
鈴木 元	学校法人国際医療福祉大学クリニック 教授兼院長
ニッ川 章二	公益社団法人 日本アイソトープ協会 常務理事
吉田 浩子	国立大学法人東北大学大学院 薬学研究科 ラジオアイソトープ研究教育センター 准教授

令和 2 年度実施課題 一覧

課題名	実施期間	代表者名	P0
内部被ばく線量評価コードの開発に関する研究	平成 29 年度 ～令和 2 年度	高橋 史明 (日本原子力研究開発機構)	古田 定昭 (株式会社ペスコ)
放射線防護研究分野における課題解決型ネットワークとアンブレラ型統合プラットフォームの形成	平成 29 年度 ～令和 3 年度	神田 玲子 (量子科学技術研究開発機構)	高橋 知之 (京都大学)
健全な放射線防護実現のためのアイソトープ総合センターをベースとした放射線教育と安全管理ネットワーク	平成 29 年度 ～令和 3 年度	渡部 浩司 (東北大学)	高橋 知之 (京都大学)
包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究	平成 30 年度 ～令和 2 年度	富永 隆子 (量子科学技術研究開発機構)	本間 俊充 (原子力規制庁)
原子力災害拠点病院のモデル BCP 及び外部評価等に関する調査及び開発	平成 30 年度 ～令和 2 年度	永田 高志 (九州大学)	石川 徹夫 (福島県立医科大学)
発災直後の面的な放射線モニタリング体制のための技術的研究	平成 31 年度 ～令和 2 年度	谷垣 実 (京都大学)	古田 定昭 (株式会社ペスコ)
短寿命アルファ線放出核種等の合理的安全規制のためのガイドライン等の作成	平成 31 年度 ～令和 2 年度	吉村 崇 (大阪大学)	古田 定昭 (株式会社ペスコ)
加速器施設の廃止措置に関わる測定、評価手法の確立	平成 31 年度 ～令和 2 年度	松村 宏 (高エネルギー加速器研究機構)	中村 尚司 (原子力規制庁)
染色体線量評価のための AI 自動画像判定アルゴリズム (基本モデル) の開発※	令和 2 年度 ～令和 3 年度	数藤 由美子 (量子科学技術研究開発機構)	石川 徹夫 (福島県立医科大学)
福島原発事故の経験に基づく防護措置に伴う社会弱者の健康影響と放射線リスクの比較検討に関する研究※	令和 2 年度 ～令和 3 年度	坪倉 正治 (福島県立医科大学)	本間 俊充 (原子力規制庁)
ICRP2007 年勧告等を踏まえた遮蔽安全評価法の適切な見直しに関する研究※	令和 2 年度 ～令和 3 年度	平尾 好弘 (海上・港湾・航空技術研究所)	中村 尚司 (原子力規制庁)

※令和 2 年度新規採択課題

採択課題の評価について

令和元年6月26日
研究評価委員会

(1) 評価の概要

放射線安全規制研究推進事業に採択された研究課題及び放射線防護研究ネットワーク形成推進事業に採択されたネットワーク事業（以下「採択課題」という。）については、年次評価、中間評価及び事後評価を受けるものとする。

年次評価及び中間評価は、毎年度実施する自己評価及び成果報告会における研究代表者からの報告内容を踏まえて、研究評価委員会が評価を行う。事後評価は、事業の終了後に実績報告書を踏まえて、研究評価委員会が評価を行う。

(2) 評価の位置付け

年次評価、中間評価及び事後評価の位置付けは以下のとおりとする。

- ・ 年次評価：毎年度、採択課題について実施するもの。
事業の進捗管理のために研究の実施状況について、自己評価を踏まえて評価委員会が評価し、次年度以降の研究計画について提言する。
- ・ 中間評価：研究期間が4年間以上の実施課題に対して、3年目に年次評価に替えて実施するもの。
研究の実施状況及び成果について自己評価を踏まえて長期的な視点から評価委員会が評価し、次年度以降の研究計画について提言する。
- ・ 事後評価：調査・研究期間の終了後に実施するもの。
委託事業として必要な成果が得られているか、実績報告書を踏まえて評価委員会が評価する。

(3) 評価の手順

課題の研究代表者から事前に提出された評価票（自己評価）（別紙1）及び成果報告会における研究代表者の報告内容を踏まえ、研究評価委員会の定める評価基準（表1及び表2）に基づき、各研究評価委員が評価を行い、評価票（委員による評価）（別紙2～4）を作成する。

研究評価委員会は各委員の評価票を踏まえて各事業の評価結果（総合評価及びコメント）を取りまとめることとする。

(4) 評価の公開について

- ・ 評価の透明性確保のため、評価基準については公開する。
- ・ 研究評価委員会の議事概要及び資料等については原則、公開する。

表 1 放射線安全規制研究戦略的推進事業評価基準
(年次評価及び中間評価)

評価の視点	評価項目	評価基準
評価時点までの研究の実施が研究計画に沿って行われているか	1. 実施体制（人員の配分、参画機関の役割分担、責任体制） 2. 研究期間・方法 3. 予算の執行	A: 妥当 B: 概ね妥当 C: 見直しが必要 D: 妥当でない
	1. 評価時点までの目標達成度 2. 評価時点までの研究成果（論文（投稿中のものを含む）、特許（申請中のものを含む）、学会発表等）	A: 高い B: やや高い C: やや低い D: 低い
今年度の進捗や達成度を踏まえて、次年度の研究計画は適切か	次年度以降の事業の研究計画の妥当性を以下の点に関して評価する。 1. 研究期間全体のロードマップについて 2. 次年度の実施計画（目標、方法、実施体制等）	A: 妥当 B: 概ね妥当 C: 見直しが必要 D: 妥当でない
過去3年の進捗を踏まえて、研究の目標が達成できる見込みか※	1. 研究期間内における目標の達成可能性	A: 達成可能 B: 概ね達成可能 C: 達成困難 D: 達成不可能
総合評価	上記の評価項目に関する評価結果を基に、総合的に評価。	A: 一層の推進を期待 B: 現状通り実施 C: 計画を修正して実施 D: 中止すべき

※中間評価時の視点（年次評価時は用いない）

表2 放射線安全規制研究戦略的推進事業評価基準
(事後評価)

評価の視点	評価項目	評価基準
評価時点までの研究の実施が研究計画に沿って行われているか	1. 研究目標の達成度	A: 目標を上回った B: 目標通り C: 目標の一部は達成 D: 目標の達成は不十分
研究成果の活用性及び有用性	1. 本事業における研究成果（論文（投稿中のものを含む）、特許（申請中のものを含む）、学会発表等）	A: 高い B: やや高い C: やや低い D: 低い
	2. 放射線規制及び放射線防護分野への貢献度	A: 高い B: やや高い C: やや低い D: 低い
研究成果の費用対効果	1. 研究コスト及び費用対効果	A: 高い B: やや高い C: やや低い D: 低い
総合評価	上記の評価項目に関する評価結果を基に、総合的に評価。	A: 非常に有用な成果が得られた B: 有用な成果が得られた C: 限定的ではあるが、有用な成果が得られた D: 有用な成果が得られなかった

放射線安全規制研究戦略的推進事業評価票
(自己評価)

(〇〇年度)

研究代表者名

研究課題名		研究 年度	〇〇～ 〇〇年度
-------	--	----------	-------------

I 研究の実施状況及び目標の達成度等に関する研究者による自己評価

1. 研究代表者による自己評価

放射線安全規制研究戦略的推進事業評価基準を踏まえて記載すること。

評価の視点	自己評価	コメント
評価時点までの研究の実施が研究計画に沿って行われているか	1. 計画を上回る 2. 概ね計画どおり 3. 計画を達成できない 4. 計画を達成できないが代替手段によって今年度の目標を達成した	
今年度の進捗や達成度を踏まえて、次年度の研究計画に変更が必要か ^{※1}	1. 必要ない 2. 軽微な変更が必要 ^{※2} 3. 大幅な変更が必要 ^{※2}	

エフォート： _____ %

※1：年次及び中間評価時の視点（事後評価時は用いない）

※2：研究計画に変更が必要な場合は、変更点と変更が必要な理由についてコメント欄に記入すること

2. 分担研究者による自己評価

(以下、上記と同様に適宜追加して記載)

II 評価時までの研究成果（成果発表、特許、データベース構築及びソフトウェア開発など）

III 研究費使用実績（今年度中見込みを含む）

当該年度における予算の執行状況について記載すること。

年度当初から大幅な変更があった場合は変更点と変更理由についても記入すること。

間接経費の使用実績※についても可能な限り記入すること、記入出来ない場合はその理由を記入すること。

--

※間接経費の使用については「放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）研究計画書作成要領」において、「放射線防護に係る研究開発環境の改善に使用されることが望ましい。」としている。

放射線安全規制研究戦略的推進事業評価票
(委員による評価)【年次評価用】

(〇〇年度)

評価委員名 _____

整理番号：

研究課題名			
研究期間		年間研究費	継続 最終年度
評価の視点	評価項目		評価基準
評価時点までの研究の実施が研究計画に沿って行われているか	1. 実施体制（人員の配分、参画機関の役割分担、責任体制） 2. 研究期間・方法 3. 予算の執行		A: 妥当 B: 概ね妥当 C: 見直しが必要 D: 妥当でない
	1. 評価時点までの目標達成度 2. 評価時点までの研究成果（論文（投稿中のものを含む）、特許（申請中のものを含む）、学会発表等）		A: 高い B: やや高い C: やや低い D: 低い
今年度の進捗や達成度を踏まえて、次年度の研究計画は適切か	次年度以降の事業の研究計画の妥当性を以下の点に関して評価する。 1. 研究期間全体のロードマップについて 2. 次年度の実施計画（目標、方法、実施体制等）		A: 妥当 B: 概ね妥当 C: 見直しが必要 D: 妥当でない
総合評価	上記の評価項目に関する評価結果を基に、総合的に評価。		A: 一層の推進を期待 B: 現状通り実施 C: 計画を修正して実施 D: 中止すべき
	(コメント欄)		

(注) ・評価基準欄は、別表1に従ってAからDのうちいずれかを○で囲む。
 ・コメント欄は、評価項目毎に課題の優れている点、問題点等について具体的に記入する。特に総合評価が「C」評価の場合は、見直すべき部分を記入する。

放射線安全規制研究戦略的推進事業評価票
(委員による評価)【中間評価用】

(〇〇年度)

評価委員名 _____

整理番号：

研究課題名			
研究期間		研究費総額 (中間評価時点)	
評価の視点	評価項目	評価基準	
評価時点までの研究の実施が研究計画に沿って行われているか	1. 実施体制 (人員の配分、参画機関の役割分担、責任体制) 2. 研究期間・方法 3. 予算の執行	A: 妥当 B: 概ね妥当 C: 見直しが必要 D: 妥当でない	
	1. 評価時点までの目標達成度 2. 評価時点までの研究成果 (論文 (投稿中のものを含む)、特許 (申請中のものを含む)、学会発表等)	A: 高い B: やや高い C: やや低い D: 低い	
今年度の進捗や達成度を踏まえて、次年度の研究計画は適切か	次年度以降の事業の研究計画の妥当性を以下の点に関して評価する。 1. 研究期間全体のロードマップについて 2. 次年度の実施計画 (目標、方法、実施体制等)	A: 妥当 B: 概ね妥当 C: 見直しが必要 D: 妥当でない	
過去3年の進捗を踏まえて、研究の目標が達成できる見込みか	1. 研究期間内における目標の達成可能性	A: 達成可能 B: 概ね達成可能 C: 達成困難 D: 達成不可能	
総合評価	上記の評価項目に関する評価結果を基に、総合的に評価。	A: 一層の推進を期待 B: 現状通り実施 C: 計画を修正して実施 D: 中止すべき	
	(コメント欄)		

(注) ・評価基準欄は、別表1に従ってAからDのうちいずれかを○で囲む。

・コメント欄は、評価項目毎に課題の優れている点、問題点等について具体的に記入する。特に総合評価が「C」評価の場合は、見直すべき部分を記入する。

放射線安全規制研究戦略的推進事業評価票
(委員による評価)【事後評価用】

(〇〇年度)

評価委員名 _____

整理番号：

研究課題名			
研究期間		研究費総額	
評価時点までの研究の実施が研究計画に沿って行われているか	1. 研究目標の達成度	A: 目標を上回った B: 目標通り C: 目標の一部は達成 D: 目標の達成は不十分	
研究成果の活用性及び有用性	1. 本事業における研究成果（論文（投稿中のものを含む）、特許（申請中のものを含む）、学会発表等）	A: 高い B: やや高い C: やや低い D: 低い	
	2. 放射線規制及び放射線防護分野への貢献度	A: 高い B: やや高い C: やや低い D: 低い	
研究成果の費用対効果	1. 研究コスト及び費用対効果	A: 高い B: やや高い C: やや低い D: 低い	
総合評価	上記の評価項目に関する評価結果を基に、総合的に評価。	A: 非常に有用な成果が得られた B: 有用な成果が得られた C: 限定的ではあるが、有用な成果が得られた D: 有用な成果が得られなかった	
	(コメント欄)		

(注) ・評価基準欄は、別表2に従ってAからDのうちいずれかを○で囲む。

・コメント欄は、評価項目毎に課題の優れている点、問題点等について具体的に記入する。

採択課題の概要について（令和元年度に終了するもの）

1.

<事業名>

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

<機関名>

量子科学技術研究開発機構

<事業のポイント>

- ✓ 放射性物質の環境中への大量放出を伴う原発事故に際し、事故発生から 1 ヶ月以内に 10,000 人を対象とした甲状腺中の放射性ヨウ素等の実測を可能とする個人モニタリングの手法・手順・体制の提案を行う。
- ✓ 提案する個人モニタリングは、①NaI サーベイメータを用いた迅速検査、②既存及び新規に開発するモニタを用いた標準検査、③ホールボディカウンタを用いた追加検査から構成される。各手法を組み合わせることにより、多数の近隣住民に対する正確かつ確実な内部被ばく線量評価を可能とする。
- ✓ 小児を対象とした計測や上昇した放射線環境下での計測などの技術的課題に対処した新しいモニタの開発を行うとともに、原発事故直後に存在する短寿命核種を想定した波高分布の解析に最適化したソフトウェアを開発する。
- ✓ 提案する個人モニタリングを現場で運用するためのマニュアル類を整備し、研修会を通して実務者を育成する。また、本研究の成果を国際社会にも発信する。

<事業代表者名>

栗原 治（量子科学技術研究開発機構高度被ばく医療センター 計測・線量評価部長）

<事業期間>

3 年

2.

<事業名>

事故等緊急時における内部被ばく線量迅速評価法の開発に関する研究

<機関名>

国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構

<事業のポイント>

- ✓ 各避難所、指揮所等に設置できる可搬型の γ 線エネルギー分析型甲状腺モニタを開発し、原子力事故時等の高線量率下でも、大多数の公衆及び作業員の甲状腺等価線量を迅速かつ精度よく測定できる基盤を整備する。
- ✓ γ 線のエネルギー弁別性能等に着目して最適な検出器を選定するとともに、高線量率下での測定に必要な周辺遮蔽体を設計する。これらを組み合わせて試作した甲状腺モニタについて、 γ 線標準校正場を用いた実験に基づき、高線量率下での測定性能を精度良く評価する。
- ✓ 甲状腺モニタ用検出器の感度校正に必要な年齢別頸部ファントムを製作する。甲状腺周辺の解剖学的知見を反映させるために、ボクセルファントムを用いた計算に基づいて校正結果を補正することで、乳幼児を含む多様な公衆に対しても精度良く甲状腺中の放射性ヨウ素を定量できる手法を開発する。

<事業代表者名>

谷村 嘉彦（日本原子力研究開発機構 研究副主幹）

<共同実施者>

なし

採択条件: 提案された課題のうち

- (a)測定器(検出器・遮蔽体)の開発
- (b)放射性ヨウ素定量法の開発
- (d)甲状腺モニタシステムの標準化のうち測定に関する部分のみを採用する。

3.

<事業名>

環境モニタリング線量計の現地校正に関する研究

<機関名>

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

<事業のポイント>

「環境モニタリング線量計の現地校正に関する研究」

※ 平成 29 年度の研究はフィージビリティスタディという位置づけであり、そこで得られた知見及び研究評価委員会のコメントを踏まえて必要性及び目的を明確化するとともに体制を拡充した。

- ✓ 環境モニタリング線量計によって測定された値が信頼されるためには、測定のトレーサビリティが確保されること、すなわち、校正の連鎖によって国家標準に対してトレーサブルであるとともに校正時の不確かさが評価されていることが求められる。環境モニタリング線量計を校正するためには既設の現地設置の線量計が対象であることから、現地で校正することが必須となる。そこで、現地校正の手法の確立、並びに校正の不確かさの評価を行うことを目的とする。
- ✓ H29 年度に開発したコリメート照射による校正手法について、研究協力機関と連携して、電離箱、NaI(Tl)シンチレータ線量計について妥当性の確認、不確かさの評価を行う。また従来手法である、線量率が付与された線源を用いた非コリメート照射での校正について、周辺からの散乱線の影響を考慮した校正条件の最適化を行う。
- ✓ モニタリング線量計を遮蔽板で覆うことにより、周囲からの線量率を低減し、低バックグラウンド環境下で、精度よく校正を行う手法を確立する。本校正手法では、上方から下方に向けた照射を行うことから、後方散乱の寄与についても影響を評価する。

<事業代表者名>

黒澤 忠弘 (国立研究開発法人産業技術総合研究所分析計測標準研究部門
放射線標準研究グループ 研究グループ長)

<研究協力機関>

JAEA、日本分析センター ※平成30年度から追加

<事業期間>

2年

4.

<事業名>

放射線業務従事者に対する健康診断のあり方に関する検討

<機関名>

公益財団法人 原子力安全研究協会

<事業のポイント>

- ✓ 以下の調査・検討を踏まえ、計画被ばく状況および緊急時被ばく状況のそれぞれにおける放射線業務従事者に対する健康診断の医学的意義、有効性を科学的に検討する。
- ✓ 原子力発電所、放射線事業所、医療機関の勤務者等の健康診断受診者および、事業所内産業医、事業場の放射線取扱主任者等の健康診断実施者双方を対象として、健康診断のニーズと有効性、健康診断に対する意識、問題点等のアンケート調査を行う。実施者に対するアンケートでは、現行法令における医師の判断による省略の有無や内規等に着目する。得られた結果を科学的に解析して問題点を抽出・整理する。
- ✓ 上記アンケートの解析結果に基づき論点を整理し、労使双方の意見をインタビュー方式で収集する。
- ✓ 健康診断に関する国際機関の勧告や提言、国内における制度取り入れに係る放射線審議会での検討状況等を再整理する。
- ✓ 海外における健康診断の適用状況について概要の調査を行う。

<事業代表者名>

山本 尚幸 （公益財団法人原子力安全研究協会放射線災害医療研究所 所長）

<共同実施者>

なし

<事業期間>

2年

採択条件： 2年間の事業として採択する。アンケート調査及びインタビュー調査等についてはPOと十分な連携をとって実施すること。また、2年目については1年目の成果とともに放射線審議会における検討を踏まえて、POと協議の上計画を立てること

5.

<事業名>

染色体線量評価手法の標準化に向けた画像解析技術に関する調査研究

<機関名>

国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所

<事業のポイント>

- ✓ 染色体異常を指標とする被ばく線量評価において、染色体異常判定の標準化および自動化を実現する可能性のある画像解析技術の調査および評価を行い、効果的かつ実現可能な画像解析手法の開発案を提示する。
- ✓ 染色体線量評価への画像解析技術の導入について、現時点での世界的な動向と今後期待される技術について調査を行う。この調査に基づき、染色体技術、染色体線量評価技術、人工知能、画像解析技術等の専門家による検討委員会を開催し分析を行い、開発すべき染色体異常判定技術について検討を行う。
- ✓ 検討結果から、人工知能技術による画像判定プログラムを試作する。試作には事業代表者機関に蓄積された多量の染色体画像およびその判定結果を用いる。試作プログラムにおける染色体および染色体異常の認識精度などを評価し、精度向上のための現実的方策についてさらに検討委員会等において分析を行う。

<事業代表者名>

数藤 由美子（国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構高度被ばく医療センター
計測・線量評価部 生物線量評価グループリーダー）

<共同実施者>

なし

<事業期間>

2年

6.

<事業名>

円滑な規制運用のための水晶体の放射線防護に係るガイドラインの作成

<機関名>

学校法人藤田学園 藤田医科大学

<事業のポイント>

- ✓ 放射線審議会の意見具申を踏まえ、今後、水晶体の等価線量限度が関連規制に取り入れられた際に、事業者等が円滑に規制を運用するとともに、自らが被ばく低減策に取り組むことができるように、水晶体の放射線防護に係るガイドラインを作成する。
- ✓ 既存のガイドライン等を参考に、具体的な事例を示し、水晶体の等価線量モニタリングの方法や考え方等について解説する。
- ✓ 医療分野では、放射線診療を専門としてこなかった診療科のスタッフにも容易に理解できるように親しみやすい図を多用し、放射線診療従事者が放射線を安全に利用するための診療科共通のガイドラインを作成する。
- ✓ 関連学会との連携を図るとともに、シンポジウム等の開催を通じて、ガイドラインの具体的内容に関して広く関係者からの意見を募る。
- ✓ 水晶体の放射線防護関連規制の遵守や防護の最適化に資することができるだけでなく、作成したガイドラインを放射線防護教育に活用することにより、従事者が放射線防護全般に目を向け、放射線安全文化を根付かせることにも資することができる。

<事業代表者名>

横山 須美（藤田医科大学共同利用研究設備サポートセンター 准教授）

<共同実施者>

大野 和子（京都医療科学大学 医療科学部 放射線技術学科 教授）

<事業期間>

1年

令和元年度終了課題 研究成果概要資料

○目次

1. 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・・・・・・・・・・・・・・・・・・P. 26
2. 事故等緊急時における内部被ばく線量迅速評価法の開発に関する研究・・・・・・・・・・P. 41
3. 環境モニタリング線量計の現地校正に関する研究・・・・・・・・・・・・・・・・・・P. 51
4. 放射線業務従事者に対する健康診断のあり方に関する検討・・・・・・・・・・・・・・・・P. 59
5. 染色体線量評価手法の標準化に向けた画像解析技術に関する調査研究・・・・・・・・・・P. 71
6. 円滑な規制運用のための水晶体の放射線防護に係るガイドラインの作成・・・・・・・・P. 84

原子力規制庁
放射線安全規制研究推進事業 放射線防護基盤に係る研究

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

研究期間:2017-2019

量子科学技術研究開発機構

主任研究者

栗原 治

研究概要

課題名「放射性ヨウ素等の迅速・高精度な内部被ばくモニタリング手法に関する研究」
研究期間:2017-2019(3年間)

背景・目的(公募要領から要約)

- 原子力災害に伴う放射性ヨウ素による公衆の内部被ばくを早い段階で把握するために、**できるだけ沢山の人を対象とし、精度の高い線量測定を行う必要がある。**
- そのため、様々な年齢の公衆(**特に乳幼児**)に適用可能な測定手法、スペクトル分析による**核種同定、高バックグラウンド環境**に対応できる測定器の開発が必要である。

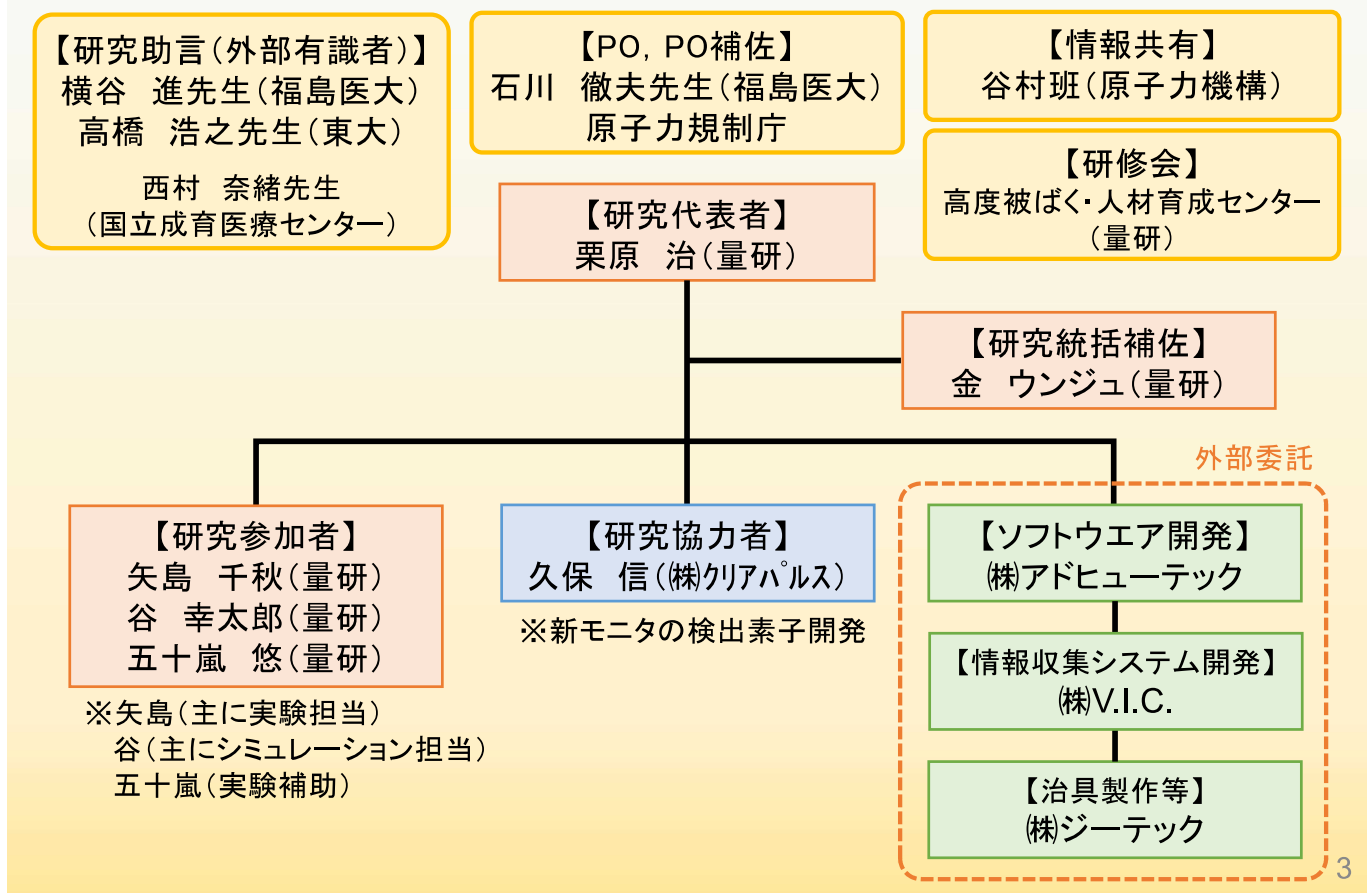
主な成果(ロードマップに従い、ほぼ当初の計画通り進捗)

- 乳幼児にも適用可能な甲状腺モニタ(実用機)を開発
- 円滑な内部被ばく線量評価のための情報収集システムの開発
- 測定マニュアルの整備及び甲状腺内部被ばく検査運用の検討(海外調査)

期待される成果

原子力災害時の公衆の確実な内部被ばく線量の把握に貢献

研究実施体制(最終年度)



3

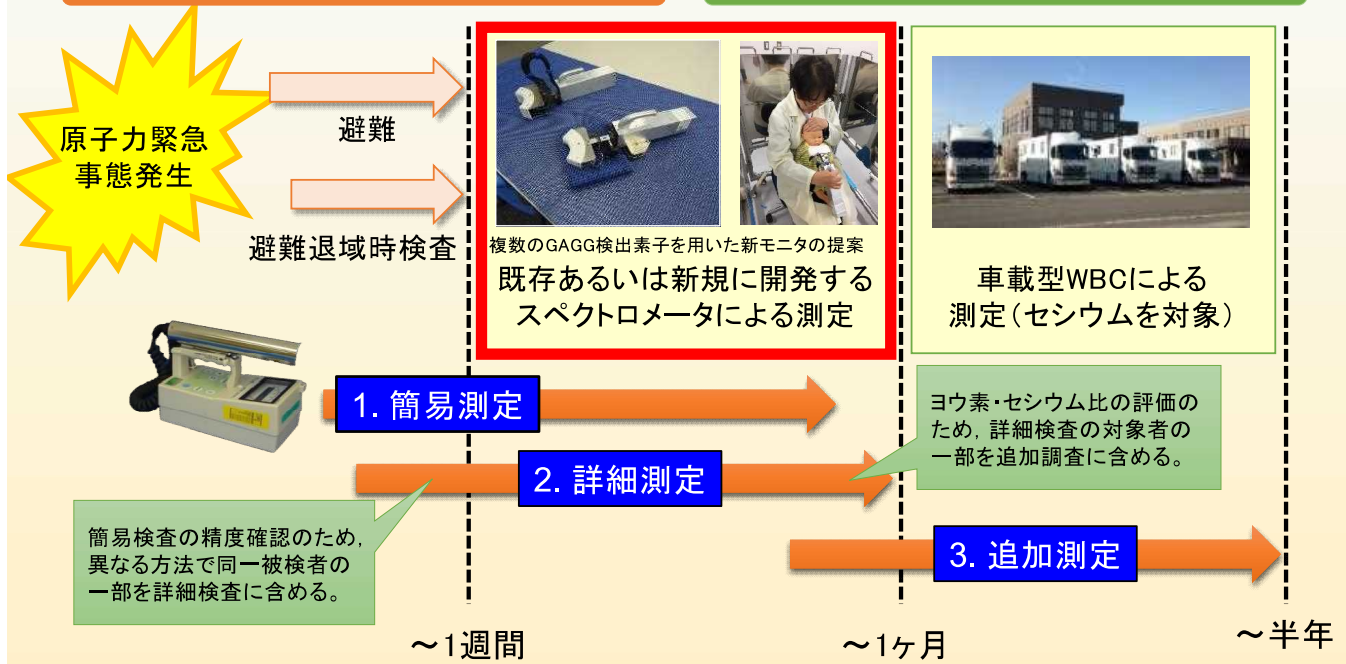
ロードマップ及び研究進捗状況

項目	平成29年度	平成30年度	平成31年度(令和元年度)
1. 検出器応答評価 (スペクトル解析ソフトの開発を含む)	資機材準備 応答試験 ソフトウェア試作	数値シミュレーション 応答試験 ソフトウェア改良	測定条件決定 ソフトウェア改良
2. 新モニタの開発	試作器の製作	試作器の開発	実用機の開発
3. マニュアル作成 (情報収集システムの開発を含む)	簡易検査見直し システム概念設計 海外調査	換算係数の整備 システム試作 海外調査	マニュアル作成 システム改良
4. 研修・ワークショップ	実務者会合	実務者会合	研修会 代わりに国際学会での発表 WS

提案する原子力災害時の個人内部被ばくモニタリング

緊急時段階(放射性核種の環境放出)

中期段階(環境放出が概ね収束)



内部被ばく線量評価のためには、**行動情報**(避難経路, 摂水, 安定ヨウ素剤)も必要
※なるべく早い段階での情報収集が重要

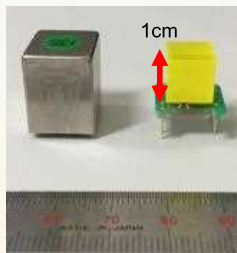
主な成果①－甲状腺モニタの開発



新モニタのコンセプト

福島原発事故対応で認識された課題

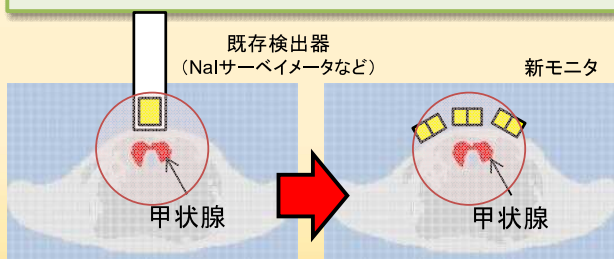
- 小児を含む幅広い年齢群を対象とした検査
- 周辺環境のバックグラウンドの上昇



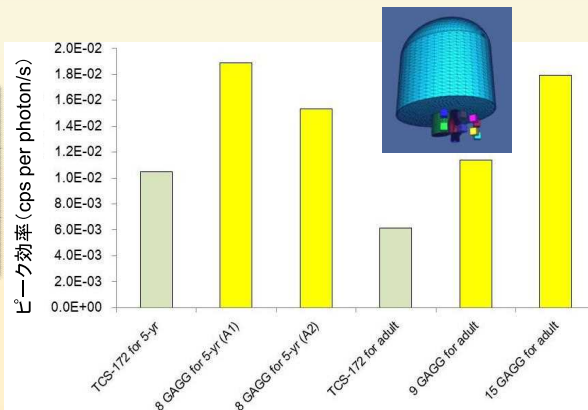
新甲状腺モニタに採用したHR-GAGG検出素子
(※市販品を改良)

解決策

- 複数の小型検出素子を頸部周囲に配置することで検出感度の向上を図る。
(※検出素子自体が小型化することでBGの影響も減少)



既存検出器(NaIなど)では光電子増倍管を使用するため、検出器自体が大きくなり、被検者に圧迫感を与える。



新モニタとNaIサーベイメータ(TCS-172)の
甲状腺中¹³¹Iに対するピーク効率の比較
(※数値シミュレーション)

TCS-172に内蔵されるNaI検出素子の結晶サイズ12.9 cm³に比べ、GAGG素子8個(8 cm³)の方が小さいが、検出感度は高い。

7

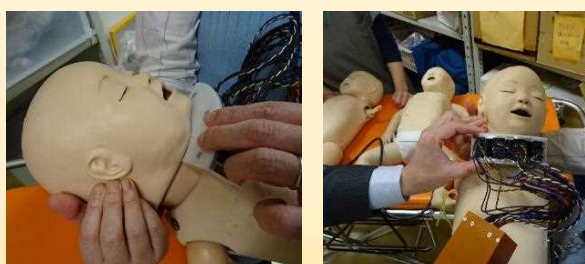
乳幼児の測定方法の検討

1, 2年目 試作機(プローブ)の開発



- ファントムを用いた検出素子配置の検討
- 検出素子固定治具の製作

- 乳幼児用... 1段4列アレイ
- 子供用... 2段4列アレイ
- 一般用... 2段5列アレイ



乳幼児ファントムを用いたモックアップ
(成育医療研究センターにて)

最終年度 測定体位・プローブの選択

1. 基本となる測定体位

横谷先生(福島医大)からのご助言

- 2歳未満... 母親が抱きかかえて測定
- 2~5歳... ベットに寝かせて測定
- 5歳以上... 椅子に座って測定



2. プローブの選択

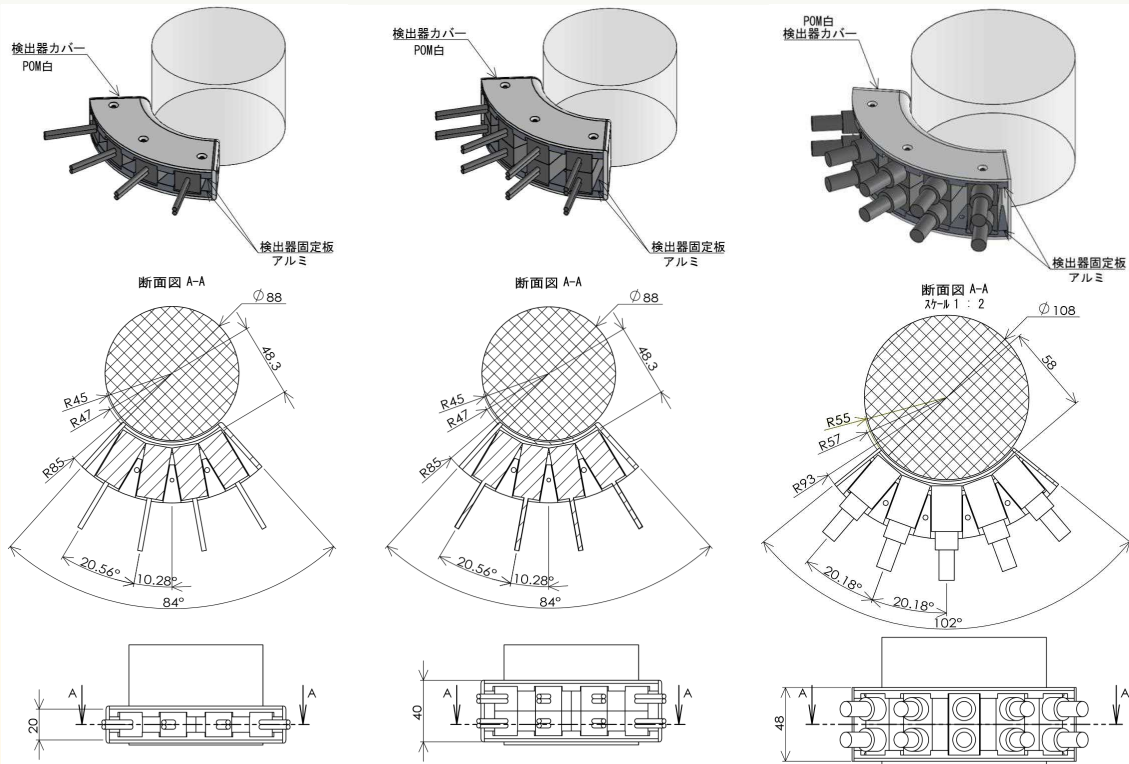


2歳7カ月(女子)

4歳(男子)

目安として、5歳までは乳幼児用、小学生(6~12歳)は子供用、中高生以降は一般用

プローブの製作



乳幼児用: 1段4列アレイ

検出素子...小型改良型

子供用: 2段4列アレイ

検出素子...小型改良型

成人用: 2段5列アレイ

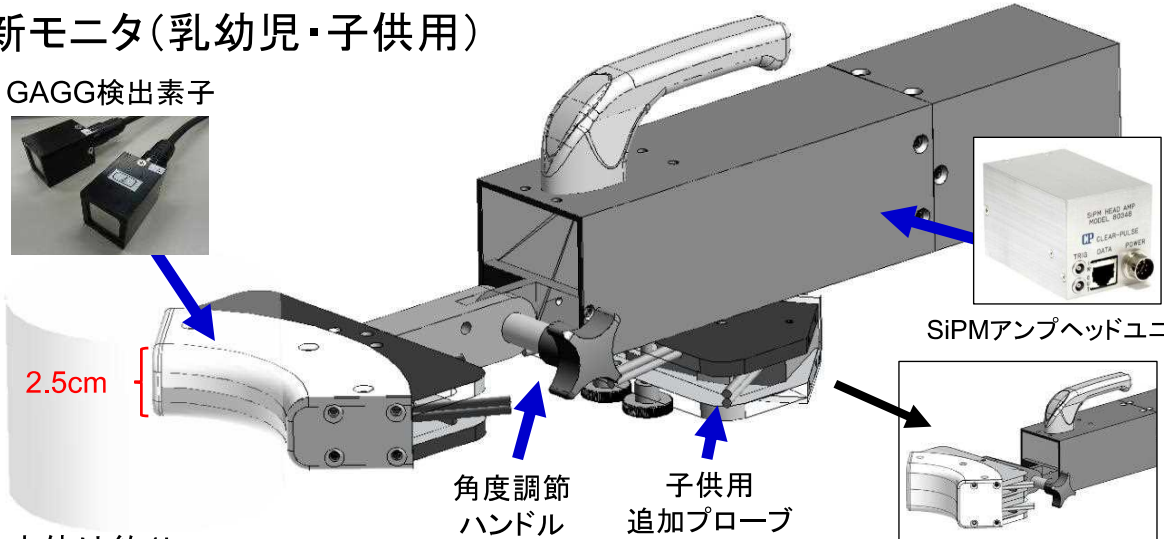
検出素子...市販品

9

新モニタ(実用機)の製作

新モニタ(乳幼児・子供用)

GAGG検出素子



モニタ本体は約1kg (成人用は1.5kg)



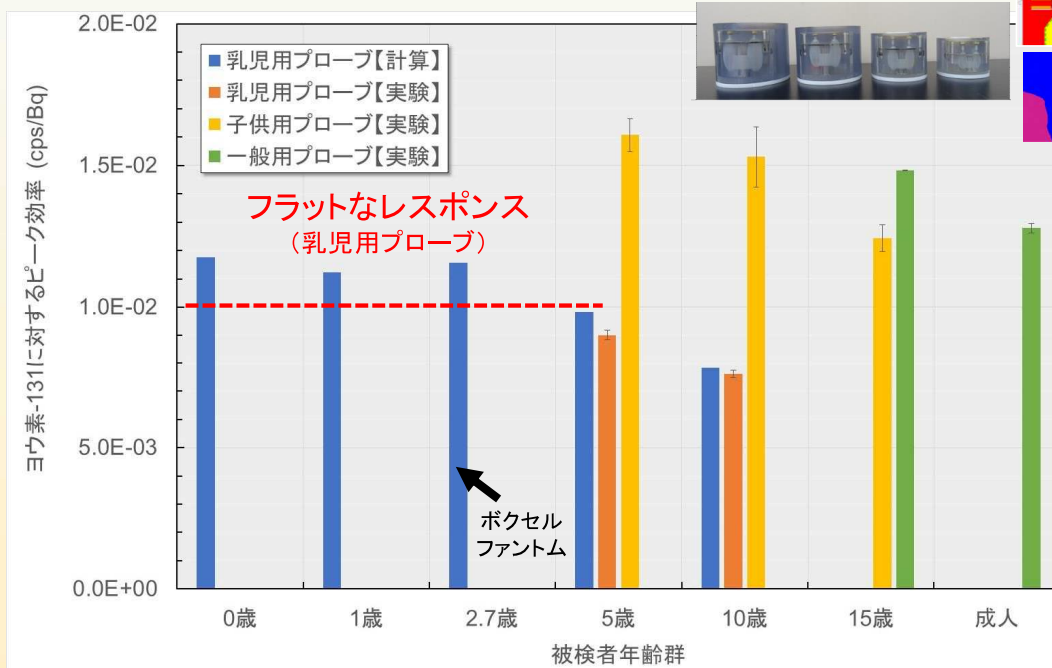
プローブ(左:乳幼児用, 右:一般用)

【新モニタの特徴】

- 乳幼児にも対応可能(おそらく世界初)
- 甲状腺に対する幾何学的効率が高い
- 測定ジオメトリの再現性が高い
- 高感度・高分解能なスペクトル測定
- 温度変化に伴うゲイン変化の自動調整
- 軽量コンパクトかつ省力(USB電源供給)

新モニタ(実用機)の性能評価(1)

年齢別ファントムに対する¹³¹Iのピーク効率

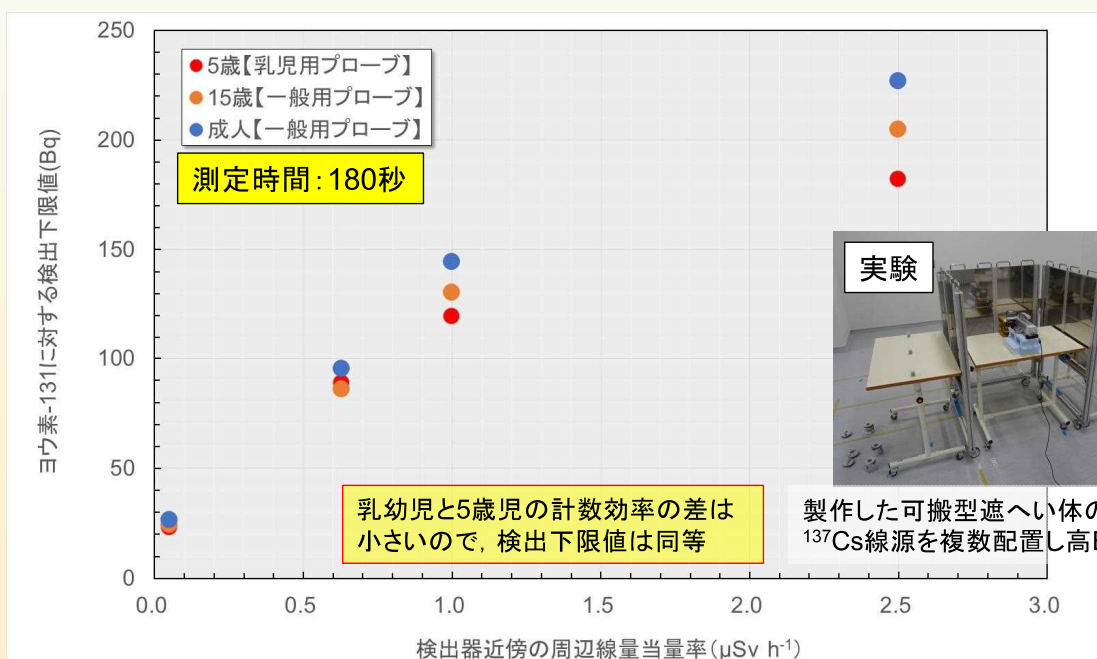


- 実験と計算により乳幼児から成人までの新モニタの¹³¹Iピーク効率を評価(5歳児までは乳幼児用プローブで安定した感度が得られる見込み)

11

新モニタ(実用機)の性能評価(2)

バックグラウンド線量率と¹³¹I検出限界値の関係

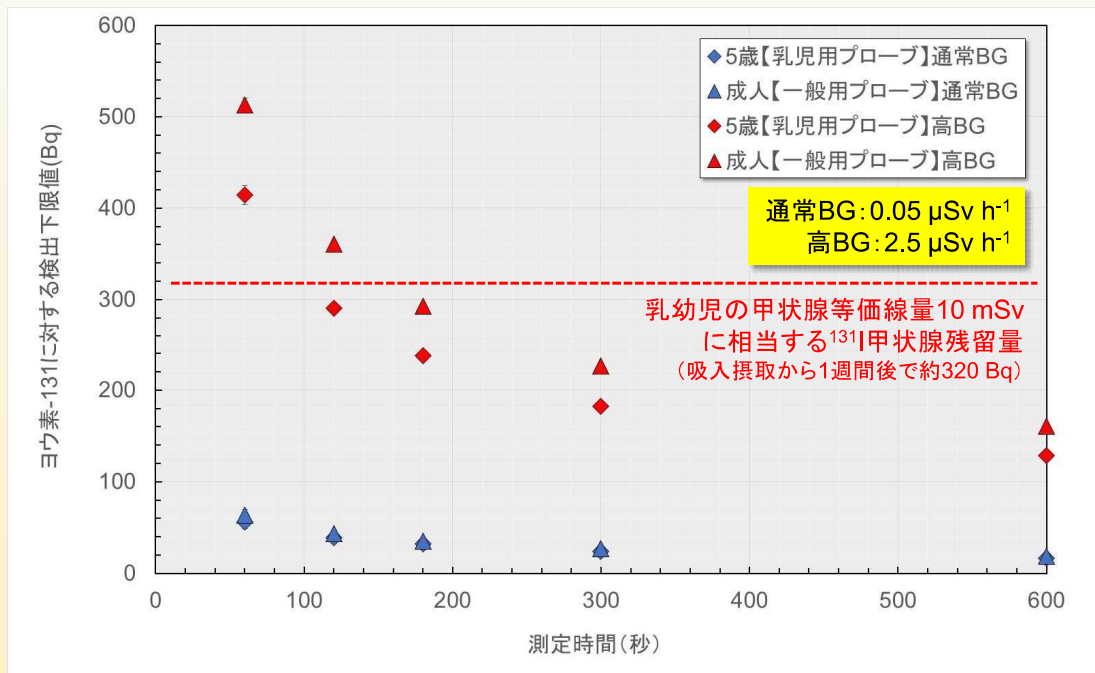


数μSv h⁻¹の環境下で乳幼児の甲状腺等価線量10mSv程度まで評価可能
(ただし、吸入摂取から1週間以内 ※通常BGであれば1桁低い線量まで評価可)

12

新モニタ(実用機)の性能評価(3)

検出下限値と測定時間の関係



数 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ の環境下で乳幼児の甲状腺等価線量10mSv程度まで評価可能
(ただし、吸入摂取から1週間以内 ※通常BGであれば1桁低い線量まで評価可)

13

他検出器との比較

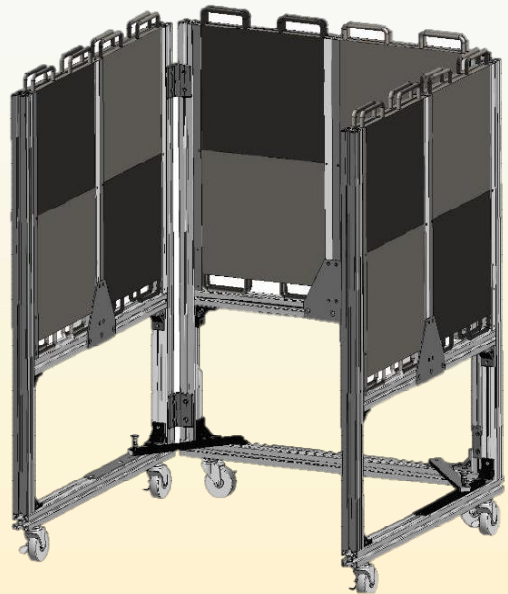
項目	Nal(Tl) サーベイメータ	新モニタ(GAGG)	甲状腺モニタ(HPGe) (量研所有の装置)
BG線量率 (推奨値)	0.2 $\mu\text{Sv/h}$ 以下 (IAEA EPRに準じる)	数 $\mu\text{Sv/h}$ 以下	通常BG
対象者	小学生(低学年)~成人	乳幼児~成人	成人
用途	スクリーニング(現地)	詳細測定(現地)	詳細測定(医療機関等)
測定時間	2~3分間 (頸部と大腿部の2カ所測定)	3分間 (定期的に測定室内のBG測定)	3分間
検出限界値 (^{131}I)	約500 Bq(通常BG) ※0.02 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ を検出限界とした場合	30 Bq(通常BG)~ 300 Bq(2.5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$)	38 Bq(通常BG)
重量	約1.5 kg (TCS-171/172)	約1 kg(乳児・子供用) 約1.5 kg(一般用)	約1 ton
電源	内蔵電池	ノートPCから供給	商用電源

細田らの報告(Health Phys. 2019)によれば、3インチNal(Tl), 2インチCeBr₃, 1.5インチSrI₂(Eu), 1インチSrI₂(Eu)の検出限界値を比較し、通常BG(0.04 $\mu\text{Gy h}^{-1}$)で約20~40 Bq, 空間線量率1.38 μGy の環境で約200~600 Bqであった。
(ただし、計数効率校正には成人を模したORINSファントムを使用し、測定時間は300秒の結果である)

支持機構・可搬型遮蔽体の製作



研修会受講生及び研究評価委員のコメントを踏まえ、測定者の負担を軽減するためのモニタ支持機構を製作。



可搬式の遮蔽体を製作。遮蔽プレートをフレームに必要な数セット(最大24枚)することで、周辺BGの影響を低減できる。

※遮蔽プレートの重量は1枚約15kg(鉛製、表面はアルミ)であり、外寸は35cm×30cm×1cm。2枚重ねることで137Csのγ線を約1/4低減。



主な成果②—情報収集システムの開発

原子力災害後の公衆の内部被ばく線量評価に必要な情報を漏れなく収集



1. ログイン画面

2. 被検者情報・検査データ登録

3. 避難行動情報登録

各サイトの避難計画にある避難所情報を元に避難経路を別画面で可視化

手順1: 所定の様式に検査結果や避難行動などに係る事項を記入

手順2: 情報収集システムにデータ格納

各サイトの広域避難計画の調査を基に、指定避難所のデータベースを構築(システムに格納)

原子力事故直後に避難住民に対して行われる体表面検査(身体サーベイ)や甲状腺簡易測定等のデータとともに、避難行動情報を散逸することなく収集・格納するシステムを構築

避難者検査記録カード

情報収集システムの入力データとなる避難者検査記録カード

作成日 20 年 月 日
検査場 原子力災害時 避難者検査記録カード 個人識別ID

1. 受検者登録情報
① (ふりがな) 氏名 ② 生年月日 年 月 日 ③ 性別 男・女
④ 住所

2. 検査結果 (測定担当者記入欄)
① 体表面汚染検査
測定員名: 測定員: 記録員:
管理番号: ② 測定場所の空間線量率 $\mu\text{Sv/h}$
BG: cpm
(前面) (背面)
部位 測定結果 cpm
体表面汚染: 有・無
除染実施: 済み・未実施
甲状腺検査時汚染: 有・無

② 甲状腺測定 簡易検査 (測定機種: NaIサーベイメータ($\mu\text{Sv/h}$)・スペクトロメータ(計数機))
測定員名: 測定員: スペクトロメータによる測定の場合
管理番号: 記録員: 測定時間:
(測定場所の空間線量率: $\mu\text{Sv/h}$) スペクトル名:
結果 大脳部(被検者BG) 甲状腺部 その他:ピークチャンネル及び検出(OH)等
1
2
3
備考

1. 被検者情報

3. 避難行動情報

2. 体表面検査

4. 安定ヨウ素剤

5. 食事状況

6. 個人情報
利用の許諾

9. 避難行動調査
① 避難準備指示、屋内退避指示、避難指示を受けた場所と、その時の室内・屋外滞在の別をご記入ください。
避難準備指示: 自宅・自宅外(避難・住所) / 室内・屋外
屋内退避指示: 自宅・自宅外(避難・住所) / 室内・屋外
避難指示: 自宅・自宅外(避難・住所) / 室内・屋外
② 避難を開始した日時をご記入ください。(月 日 :)
③ 避難時に同行者(一緒に行動した人)がいた場合、家族、その他別に代表者の名前と人数をご記入ください。
家族: 代表者()・人数() / その他: 代表者()・人数()
④ 避難開始から避難完了までの避難経路(行動、移動手段、期間、場所)を教えてください。

行動	移動手段	期間	場所(移動元・先、滞在)
1 移動・滞在	車・徒歩・その他() / / : ~ / :		
2 移動・滞在	車・徒歩・その他() / / : ~ / :		
3 移動・滞在	車・徒歩・その他() / / : ~ / :		
4 移動・滞在	車・徒歩・その他() / / : ~ / :		
5 移動・滞在	車・徒歩・その他() / / : ~ / :		
6 移動・滞在	車・徒歩・その他() / / : ~ / :		

⑤ 避難中の出来事や気づいた点があればご記入ください。

4. 安定ヨウ素剤の服用
① 安定ヨウ素剤*を服用しましたか? はい・いいえ *ヨウ化カリウム(mg)、ヨウ化カリウム錠(錠)
② ①で「はい」の場合、服用回数、服用時期、日数、服用量を教えてください 服用回数:
1回目 服用時期: 避難前・避難後 | 服用日時(月 日 :) | 服用量: mg・錠
2回目 服用時期: 避難前・避難後 | 服用日時(月 日 :) | 服用量: mg・錠
3回目 服用時期: 避難前・避難後 | 服用日時(月 日 :) | 服用量: mg・錠

5. 食事状況調査
① 震災前から現在まで、摂取制限指示のあった食品等を摂取しましたか? はい・可能性あり・いいえ
② 震災後から現在まで、放射能汚染の可能性のある食品等を摂取しましたか? はい・可能性あり・いいえ
③ ①②で「はい」「可能性あり」を選択した方は、その状況について詳しく教えてください

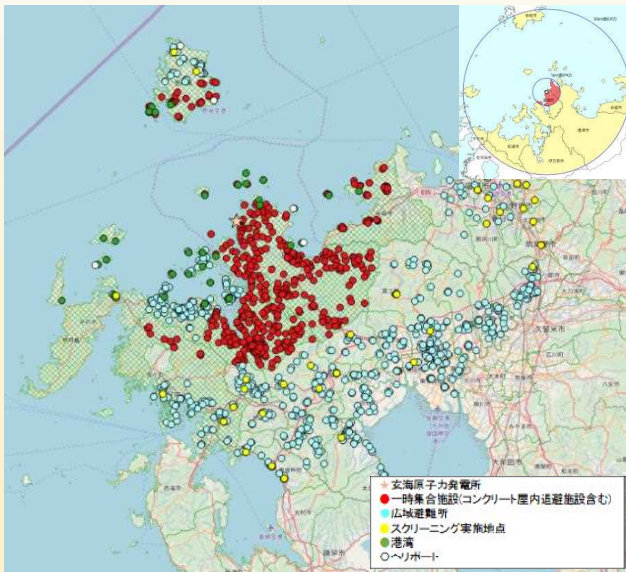
6. 個人情報利用の許諾
本記録カードの記載内容は、個人情報可能な情報を除いて、放射線による被ばく程度推計または推計手法の開発等にかかわる研究に用いることがあります。上記の情報利用に同意して下さる方は自筆(未成年の場合は保護者)による署名をお願いします。
氏名(自筆) _____
ご協力ありがとうございました。

甲状腺測定を行う会場の受付にて被検者に配布し、測定後にコピーを収集

17

地域広域避難計画の調査

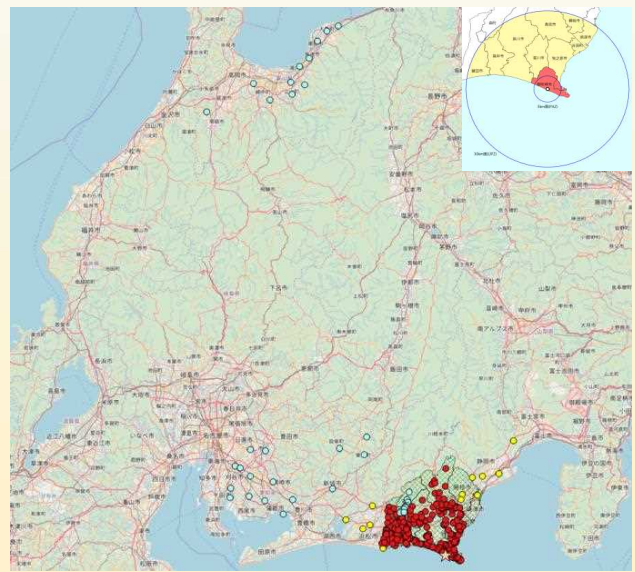
各サイトの原子力災害広域避難計画を参考に、各自治体の近隣住民の人口や避難経路等に関する情報をデータベース化し、情報収集支援システムに格納。



玄海サイト

(PAZ圏内: 8,126名, UPZ圏内: 254,700名)

※平成28年3月または4月時点



浜岡サイト

(PAZ圏内: 46,272名, UPZ圏内: 889,223名)

※平成30年4月時点

国内全サイトについてデータベース化完了

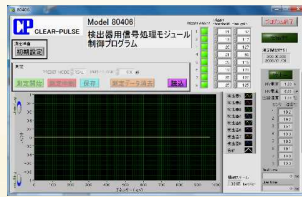
新モニタ用ソフトウェアと情報収集システムとのリンク

モニタ用ソフトウェア

情報収集システム

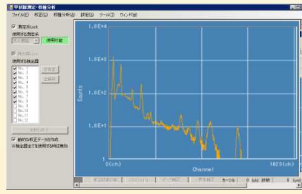
1. 検出器用プログラム起動

- 検出素子選択
- HV印加
- ゲイン設定値読込等



2. モニタ用ソフトウェア起動

- 被検者情報登録
- 測定開始
- スペクトル収集
- スペクトル解析 (自動ピークサーチ)
- 結果レポート作成 (同定核種の定量値)



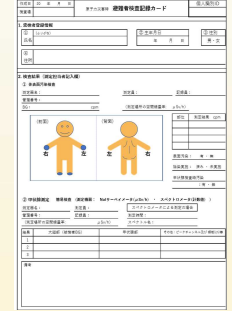
3. 追加オプション

- 内部被ばく線量計算 → MONDAL起動
- スペクトル再解析 → Prime™起動



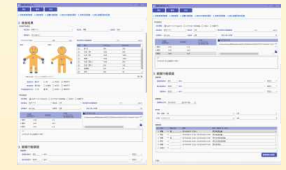
1. 避難者検査記録カード記入

- 受検者登録情報
- 体表面汚染検査
- 避難行動情報
- 安定ヨウ素剤服用有無
- 食事状況
- 個人情報利用の許諾等



2. システムへのデータ入力

- 上記情報の入力
- 甲状腺測定データファイル選択
- 避難ルート検索



地域防災計画等を参考に、全サイトの避難所のデータベースをシステムに格納



今年度はモニタ用ソフトウェア及び情報収集システムの機能拡張(入力者権限分類, 他メーカー検出器の制御, 体表面汚染検査結果の入力補助, 避難経路の探索機能, データベース統合機能など)を追加した。

主な成果③—マニュアル整備・海外調査

Nal(Tl)サーベイメータを用いる甲状腺簡易測定に関するマニュアル

1. 甲状腺簡易測定の手順

吸入や服食によって放射性ヨウ素が体内に取り込まれると、安定(放射性でない)ヨウ素と同様に甲状腺に蓄積するため、甲状腺内放射能も蓄積されます。原子力災害時に最も甲状腺内部に蓄積する核種はヨウ素-131 (I¹³¹) であり、甲状腺は外部放射線からも被ばくを受けますが、その被ばくは外部放射線による実効線量と同程度であり、甲状腺内部被ばくによる被ばくが優位である。ヨウ素-131の物理半減期は8.02日であるため、原子力災害時に放射性ヨウ素の内部被ばくのおそれがある場合には、速やかに対象者に対する甲状腺簡易測定を開始する必要があります。

ヨウ素-131は放射性核種(ベータ線放射)に併せて、幾つかのエネルギーのγ線を放射する。最も放射線の強いγ線のエネルギーは365 keV (81.7%) であり、被測定者の頭部(背面)近傍にNaI(Tl)検出器を設置することにより、甲状腺に蓄積したヨウ素-131を検出することができる(図1)。また、検出するγ線の検出効率を最大化(最適)してあげれば、甲状腺中のヨウ素-131を定量することができる。こうした測定は体外測定とよび、ホールボディカウンタ(WBC)は体外測定装置の代表例である。

本マニュアルで述べる甲状腺簡易測定では、簡易型測定装置(または簡易測定装置)の測定に広く使われているNaI(Tl)サーベイメータを用いる。簡易型測定装置はできないものの、検出効率を高めるために測定装置の性能が向上し、多数の施設を対象としたスクリーニングを目的とした測定に選んでいる。また、事前に検出効率を校正しておけば、必要な精度で甲状腺中のヨウ素-131の定量が可能である。

図1 甲状腺中のヨウ素の測定原理

4. 甲状腺簡易測定の手順

図6は甲状腺簡易測定の手順を示している。各手順については以下に説明する。

図6 甲状腺簡易測定の手順

(1) 測定装置の検出効率と線量率測定
簡易型甲状腺簡易測定装置(検出効率)は既述のとおり、避難時検出装置¹⁾と併せて行うことは困難であることから、同検査後の移動先となる避難所の中から測定されるものと思われる。甲状腺簡易測定の対象者としては、LPZ2(緊急防護措置区域、避難距離目安から30 km圏内)において避難指示が出された区域の住民が第一候補として設定される。

(2) 被測定者の受付
被測定者に対し、①氏名、②生年月日、③性別、④住所、⑤避難経路、⑥安定ヨウ素剤の服用有無、⑦食事状況等について回答してもらうためのアンケート用紙(巻末)を配布し、必要事項を記載してもらう。アンケート用紙はなるべく簡便なものとする。

(3) 身体汚染検査
避難時検出装置と同等な装置(待機数3秒、スキャン速度10 cm/秒程度、測定レンジは10 kgpm)でGMサーベイメータを用いて身体汚染検査を行う。ただし、バックグラウンドの変動範囲を超える有意な汚染を検出した場合には、汚染箇所の手洗い・脱着した後のサーベイを行うとともに、被測定者に対して簡易検査を指示する。

(4) 簡易測定
被測定者に上衣を脱いでもらい、再度身体汚染の測定を行う。それでも汚染が残っているようであれば、脱着ワイプを用いて簡易検査を行う。

(5) 甲状腺測定
NaI(Tl)サーベイメータのプローブを、着脱した被測定者の頭部下側(志志線骨の中央付近の上側)に軽く密着させる形で保持する(図7)。検査の順番で指示音(A)を聴かせる。測定中はなるべくプローブが動かないようにする。なお、被測定者の上を見るような形で頭部を拝見してもらってはならない。プローブを密着させる。

図7 甲状腺測定におけるプローブ位置

(6) 大腸測定
(5)と同様な手順で被測定者の大腸部にプローブを置いて指示音(B)を聴かせる。

(7) 正常値の検取
指示音(A)から指示音(B)を聴いて正検値(A-B)を求める。正検値が下記の基準値(巻末)を超えた場合には甲状腺簡易測定の実行者に連絡する。



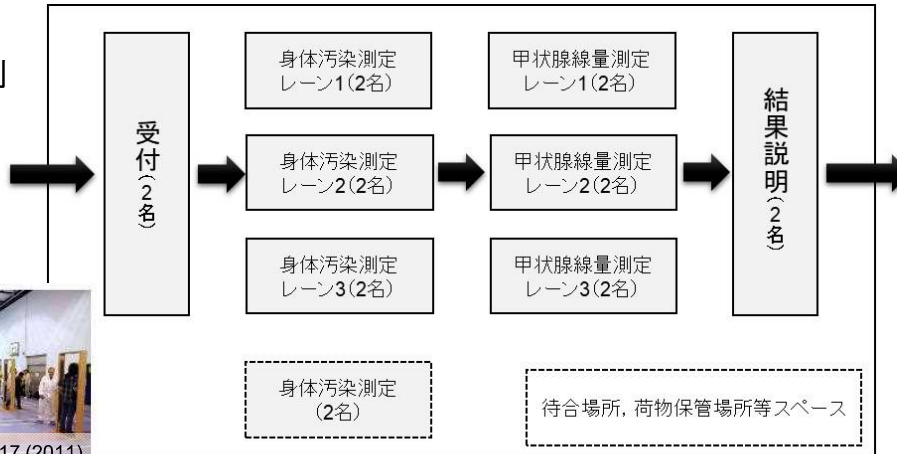
量研が主催する甲状腺簡易測定研修においてマニュアルを解説。同研修では、10体以上のマネキン(内側に様々な強度の線源をセット)を用いた実習を併せて実施。

甲状腺内部被ばく検査対応に係る検討

検査会場レイアウト例



Figure 4. An EMG being examined. Step 5 external monitoring with people in queue here along with the rest queuing area.



1名当たりの実効的な処理時間

ステージ	受付	身体汚染測定	甲状腺線量測定	結果説明	合計
1人当たりの処理時間(秒/人)	100	300	300	100	800
並列数	1	3	3	1	-
実効的な処理時間(秒/人)	100	100	100	100	400

会場の処理能力

1人当たりの実効的な処理時間(秒/人)	400
並列数(受付, 身体汚, 甲状腺, 結果説明)	4
1名当たりの実効的な全ステージの処理時間(秒)	100
会場の1時間当たりの処理人数	<u>36</u>

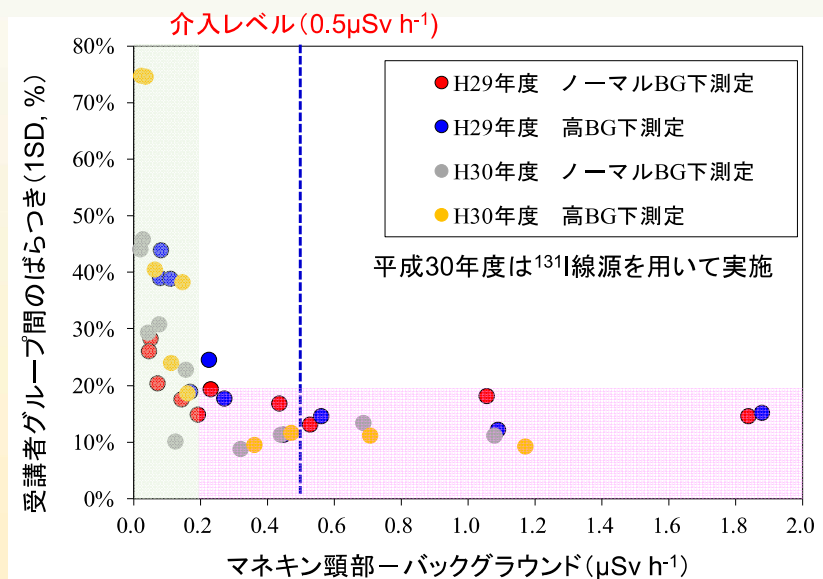
21

甲状腺簡易検査の実証試験

原子力災害時における公衆の放射線防護の1つとして行われるNaIサーベイメータを用いた甲状腺簡易検査の課題を抽出するとともに精度検証を実施。



数MBq程度の密封線源を用いて高BG環境(~0.5μSv h⁻¹)を模擬



- 比較的高いBG環境 (~0.5μSv h⁻¹)においても、正味値が0.2 μSv h⁻¹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 μSv h⁻¹未満では、サーベイメータの指示値の統計変動や測定者間の読み方の違いが影響し、ファクター2程度のばらつきを生じる。OIL8以上は十分に識別できる。
- マネキンを用いた甲状腺簡易検査の研修プログラムを開発 (Yajima et al. 2018)。これまでに3回の国内の原子力災害対応者向け研修と1回の海外研修を実施。

22

甲状腺中ヨウ素換算係数の整備(TCS-172)



ORINSファントム
Ref. ORINS-19 Thyroid radioiodine uptake measurement (1959)

ANSIファントム
Ref. ANSI N44.3-1973
Ref. ANSI/HPS N13.44-2014

換算係数の実験評価

(校正済みの6台のNaI(Tl)サーベイメータを用いて実験)

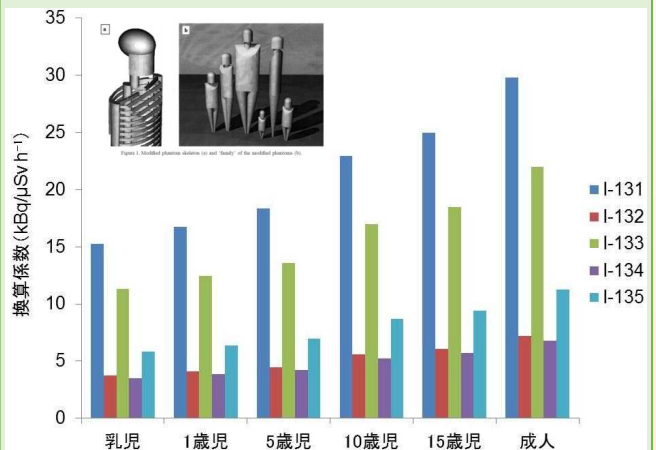
ANSIファントムに対する換算係数 (kBq/μSv⁻¹)

距離 (cm)	0 cm	1 cm	5 cm	10 cm
I-131	22±2	34±2	113±6	264±9
Ba-133	20±2	33±2	109±4	257±13
Cs-137	17±2	28±2	92±4	228±11

ORINSファントムに対する換算係数 (kBq/μSv⁻¹)

距離 (cm)	0 cm	1 cm	5 cm	10 cm
I-131	33±2	46±3	125±5	286±26
Ba-133	31±2	44±2	122±3	273±12
Cs-137	27±2	38±2	104±6	238±14

数値シミュレーションによる換算係数の評価



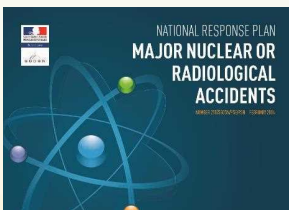
年齢別数学ファントム (Ulanovsky) に対する換算係数 (kBq/μSv⁻¹) ※検出器—頸部表面距離: 5mm



IRSNで開発された年齢別ファントムでも校正実施 (¹³¹Iについては数学ファントムとほぼ同等の結果)

海外調査(1)

フランスの原子力防災体制及び対応支援機関 (IRSN)



F1事故の経験を踏まえ2016年に緊計計画区域 (EPZ) が10kmから20kmに拡大。

EPZ内の緊急時防護措置は、各地域の県知事によってオフサイト緊急時計画 (PPI) として策定

→ 公衆に対する防護措置を講じる基準

防護措置	防護措置を講じる目安
屋内退避	実効線量10 mSvを超える可能性がある場合
避難	実効線量が50 mSvを超える可能性がある場合
安定ヨウ素剤の服用	甲状腺等価線量が50 mSvを超える可能性がある場合

国家対応計画 (NPP) において定義される事態基準

事態	状況の概要
0: 不確かな状況	事故の特徴 (規模や性質)、環境中へのRIの放出の有無などが不明である。
1: 即時かつ短期間のRIの放出を伴う状況	RIの放出が事故発生から1時間以内に開始され、数時間以内で終了する。数km以内の範囲において中程度の影響が及ぶ可能性がある。
2: 中長期のRIの放出を伴う状況	RIの放出が事故発生から6時間以内に開始され、数日から数週間にわたり継続する。PPIの対象範囲を超える規模で大きな影響が及ぶ可能性がある。
3: RIの放出が長期間継続する状況	RIの放出までに事故発生から6時間以上が経過し、数日から数週間にわたり継続する。PPIの対象範囲を超える規模で大きな影響が及ぶ可能性がある。
4: 輸送中のRIが放出されるおそれのある状況	フランス国内の陸路又は水路におけるRI (固体、液体又は気体) の輸送中の事故
5: 国外で発生した事故がフランスに大きな影響を及ぼす可能性のある状況	原子力施設やRIの輸送中におけるフランス国外での事故がフランスに大きな影響を与える可能性がある。事故が発生した国にいるフランス国民に関連する問題にも取り組むこと。
6: 国外で発生した事故がフランスに僅かな影響を及ぼす状況	フランス国外での事故がフランスに僅かな影響を及ぼす。事故が発生した国にいるフランス国民に関連する問題にも取り組むこと。
7: 沿岸での事故によって放射性物質の放出する可能性のある状況	船舶による放射性物質の輸送中における事故。フランスの沿岸に近い海洋や陸上への放射性物質の放出を伴う事故。

公衆のモニタリング (IRSN)



4車両 4システム/1車両 4コンテナ 10システム/コンテナ 2車両 精密体外計測

1日2500名のモニタリングが可能



軍用大型輸送機により他国に移送可能

海外調査(2)

ドイツ放射線防護局(BfS)

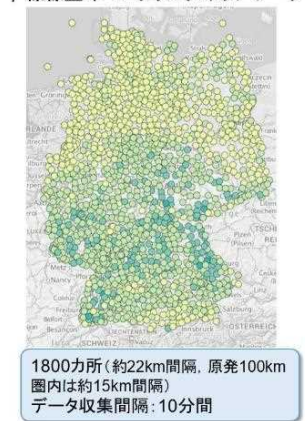


2019年2月20日から22日、ドイツ放射線防護局(BfS)に訪問し、福島原発事故対応の情報共有とともにドイツにおける原子力災害対応に関する情報収集

空気モニタリングネットワーク



γ線線量率モニタリングネットワーク



ドイツ国内における放射線監視モニタリングネットワーク

訪問を機に、BfSと量研との共同研究に関するMOUに、放射線災害時における個人モニタリングに関する事項が追記された。

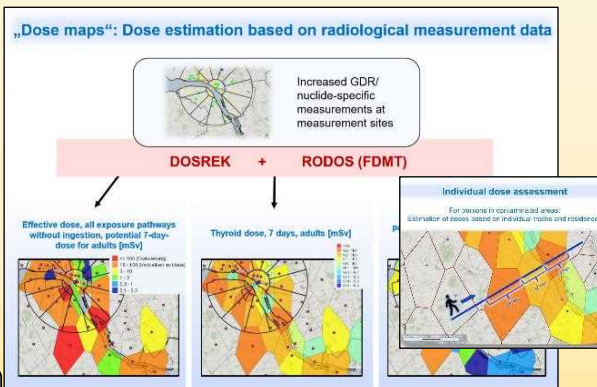
CATyMARA – Child and adult thyroid monitoring after reactor accidents

European intercomparison for thyroid monitoring with dose-rate meters and other non-spectroscopic devices

	For adults:	For children:
activity:	14 000 Bq	2500 Bq
dose-rate:	ca. 300 nSv/h	ca. 65 nSv/h
thyroid dose:	20 mSv	20 mSv



甲状腺モニタリング装置 欧州プロジェクトCATyMARAにも参加



ドーズマッピング及び線量評価システム

25

本研究のまとめ

- 乳幼児の甲状腺中ヨウ素の測定にも適用可能な新しいモニタの開発を完了。また、同モニタの性能を評価するとともに、実被検者(子ども)によるモックアップ試験を行った。
- 提案した原子力災害時における公衆の甲状腺モニタリングに必要なとなる材料(測定マニュアル類, 情報収集システムなど)を整備した。
- 本研究成果を国際学会や研修会等を通じて発信した。



甲状腺簡易測定研修での新モニタのデモンストレーション



新モニタのモックアップ試験

成果公表

学会発表

- K. Yajima, E. Kim, K. Tani, H. Tatsuzaki, O. Kurihara. "A reliable and robust method for monitoring large populations to assess thyroid internal exposure in a nuclear accident". 12th International conference on the Health Effects of Incorporated Radionuclides (HEIR). 8-11 October 2018, Fontenay-aux-Roses, Paris, France. BIO Web of Conference 14, 03010 (2019).
- K. Yajima et al. the same presentation as the above. 4th ARADOS annual meeting. 17-19 October 2018, Seoul, Korea.
- K. Tani, Y. Igarashi, E. Kim, T. Imoto, O. Kurihara. "Monte Carlo simulation with computational phantom to investigate the effectiveness of a whole-body counter for thyroid measurement". 19th International conference on Solid State Dosimetry (SSD). 15-20 October 2019, Hiroshima, Japan.
- K. Yajima, E. Kim, K. Tani, O. Kurihara. "A new concept thyroid monitor using multiple GAGG detectors for population monitoring in a nuclear accident". 19th International conference on Solid State Dosimetry (SSD). 15-20 October 2019, Hiroshima, Japan.
- K. Yajima et al. the same presentation as the above. 5th ARADOS annual meeting. 6-8 November 2019, Beijing, China.

論文

- K. Yajima, E. Kim, K. Tani, H. Tatsuzaki, C. Li, O. Kurihara. "A screening survey exercise for thyroid internal exposure from radioiodine after a nuclear accident". Radiat. Prot. Dosim. 183:483-488 (2018).
- K. Yajima, E. Kim, K. Tani, O. Kurihara. "A new thyroid monitor using multiple high resolution GAGG detectors for direct thyroid measurements of small children following a nuclear accident". Radiation Measurements. DOI:10.1016/j.radmeas.2020.106272 (2020).

27

自己評価

1. 研究代表者による自己評価

評価の視点	自己評価	コメント
評価時点までの研究の実施が研究計画に沿って行われているか	概ね計画どおり	<ul style="list-style-type: none">● ほぼ当初の計画通り、研究を遂行することができた。● 特に最終年度は外部有識者の先生方を含む多くの方々から貴重なご助言やご支援を頂いた。この場を借りて感謝申し上げたい。
今年度の進捗や達成度を踏まえて、次年度の研究計画に変更が必要か	今年度で終了	<ul style="list-style-type: none">● 本研究の終了後も乳幼児・小児の測定について引き続き検討していきたい(最適な測定時間や安心して測定を受けられる工夫など)● 提案した手法を各地域の原子力防災計画にどのように実装できるかを検討していきたい。

2. 分担研究者による自己評価

研究分担者不在のため本項目は該当しない。

評価時までの研究成果

- 本資料で示したとおり。

28

研究評価委員会コメントへの対応

コメント	対応
開発された装置を用いた甲状腺測定研修会での意見を反映させるなど、事故時の甲状腺モニタリング対象者側の視点に立った操作マニュアルについても報告書に記載されたい。	<ul style="list-style-type: none">● 事業成果報告書付録に開発した甲状腺モニタの取扱説明書やマニュアルを掲載した。<ul style="list-style-type: none">➢ 付録C...新甲状腺モニタ用ソフトウェアの取扱説明書➢ 付録D...新甲状腺モニタ簡易使用法(マニュアル)● 研修会での受講生からのコメントについては、同報告書 4.5(37頁)において、対応状況等とともに掲載した。

29

研究成果の放射線規制及び放射線防護分野への活用等

- 原子力災害時に伴う公衆の甲状腺内部被ばくモニタリングの方策については、国や自治体等で検討が進められているが、本事業で開発した甲状腺モニタや内部被ばく線量評価のための情報収集支援システムは、モニタリングのツールとして利用されることが期待される。
- 開発した甲状腺モニタは、放射線感受性の高い乳幼児にも適用可能な唯一無二の機器であり、原子力災害時の公衆の被ばく線量評価の信頼性向上に資する。
- 本事業の成果を、我が国における放射線防護研究として世界に向けて発信してゆく。