

令和元年度研究成果報告会（放射線安全規制研究戦略的推進事業）

議事録

1. 日 時 令和2年2月6日（木）10：00～14：28

2. 場 所 原子力規制委員会 13階 会議室B、C

3. 出席者

外部有識者（五十音順）

研究評価委員会委員

占部 逸正 学校法人福山大学 工学部情報工学科 教授
小田 啓二 国立大学法人神戸大学 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
二ツ川 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

研究推進委員会委員

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

原子力規制委員会

伴 信彦 原子力規制委員会委員

原子力規制庁職員

山田 知穂 核物質・放射線総括審議官
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
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

大町 康 放射線防護企画課 課長補佐
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

4. 議 題

(1) 令和元年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業）に係る研究成果報告

5. 配付資料

資料 1 令和元年度研究成果報告会 プログラム
資料 2 令和元年度研究成果報告会 研究代表者発表資料
参考資料 1 採択課題の評価について

議事

○田中企画官 おはようございます。放射線防護企画課企画官の田中です。

定刻となりましたので、放射線安全規制研究戦略的推進事業、令和元年度研究成果報告会を開催いたします。

本日は、評価委員会委員の皆様、プログラムオフィサーの皆様、関係者の皆様方におかれましては、大変お忙しい中、御参加いただき、深く感謝申し上げます。

本日は、司会進行役をプログラムオフィサーの先生方をお願いしております。10時から11時半につきましては、放射線防護企画課の本間先生、13時から14時半につきましては、福島県立医科大学の石川先生をお願い申し上げます。

それでは、早速始めていきたいと思っております。

本間先生、司会進行をよろしく願いいたします。

○本間放射線防護技術調整官 本間でございます。それでは、よろしく申し上げます。

成果報告に移ります。

第1課題、題名は、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、発表者は、量子科学技術研究開発機構の栗原先生です。よろしく願いいたします。

○栗原氏 御紹介いただきましてありがとうございます。量研の栗原です。

今年度の研究の成果について御報告いたします。

研究の概要でございます。研究の課題といたしましては、2017年度に原子力規制庁のほうから公募のありました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ということでございまして、私たちと、この次に発表されます谷村先生の2件の提案が採択されてございます。同課題の研究の背景と目的といたしましては、こちらの公募要領にも要約させて書かせていただきましたけども、原子力災害における放射性ヨウ素による公衆の内部被ばく線量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た精度の高い線量測定を行う必要があるということで、そのために、さまざまな年齢の公衆に適用可能な測定手法、それから、スペクトル分析による核種同定、高バックグラウンドの環境に対応できる測定器の開発が必要とされております。

本提案におきましては、こうした新しいモニタの開発に加えまして、現在、利用可能なさまざまな資機材を用いた公衆モニタリングの手法の提案や内部被ばく線量評価に必要となる高度情報等の収集に関する検討などを行っております。そのために研究提案名に包括的という言葉を含めさせていただいております。実施状況につきましては、ロードマップに従いまして、ほぼ当初どおりの計画どおり進捗したと考えております。特に乳幼児にも適用可能な甲状腺モニタ、実用機の開発を終了してございます。

研究の実施体制でございます。研究代表者以下に関しましては、研究計画書に書いてあります体制図とほぼ同じでございます。ただし、今年度は最終年度ということもありまして、新モニタの開発におきまして、福島医大で甲状腺内分泌が御専門の横谷先生、東京大学で放射線検出器開発が御専門の高橋先生、小児医療専門の国立成育医療センターの西村先生などの先生方から外部有識者としての御助言をいただきました。また、同一課題に取り組まれている谷村先生との連携を密にし、また、開発したモニタの研修会でのデモンストレーションなどに関しては、量研内部の関係部署の御協力をいただいております。研究全体に関しましては、P0の石川先生、それから原子力規制庁のほうから御指導を賜っております。

本研究のロードマップ、研究進捗については、こちらでございます。本研究では、幾つかの項目に分けて同時並行で複数の課題を進めておりますけれども、検出器の応答評価、それから、新しいモニタの開発、それからマニュアル作成、研修・ワークショップということで、ほぼ3年度のロードマップに従って進捗、進めたと考えてございます。

さて、提案する原子力災害時の個人内部被ばくモニタリングということで、このスライドにお示ししています。この手法では、従来から行われておりますNaIサーベイメータを用い

た甲状腺の簡易測定、それから、既存のスペクトロメータや新しいモニタを用いた詳細なスペクトル測定、それから、ヨウ素が減衰して検査困難となった時期以降は、車載型ホールボディーカウンターなどを用いたCsを対象とした追加測定を行うといったようなことを柔軟に組み合わせて、後に行う線量評価のために現在利用可能なリソースを考慮して、可能な限り多くの方々の実測データを収集するということを意図しております。また、内部被ばく線量評価のためには、個人の行動情報の情報も必要ですので、なるべく早い段階で情報収集することが重要でありまして、本研究でも検討してございます。

さて、本年度の研究概要に移ります。まず、新しいモニタの開発、新モニタの開発でございますけれども、こちらに示しますように、ほぼ製作は完了いたしております。新しいモニタの大きな特徴といたしましては、このプローブでございまして、複数の小型検出器の配置を最適化することによって、甲状腺に対する結果的に効率というものを高めつつ、プローブ自体を薄くすることに成功いたしました。従来のサーベイメータ等では困難であった乳幼児の測定も、この新しいモニタを使うと頸部に近接させることができますので、高精度な測定を安定して行うということが期待されます。

引き続きまして、今年度の研究概要ですが、こちらのスライドでは、モニタ用のソフトウェア、それから情報収集システムの開発について紹介してございます。双方ともに開発のほうはほぼ終了しております。こちらのモニタ用ソフトウェアのほうは、こちらにお示しします手順に従って、測定者がスペクトルの収集、解析などの行うことができます。また、個人情報登録等で、こういったシステムの流れで行うことができまして、追加のオプションとしましては、内部被ばく線量の計算ですとか、スペクトル再解析といった機能も設けております。情報収集システムに関しましては、被検者の方にこの検査カード、避難者の検査記録カードというのを書いていただくことを想定しています。こういった情報を漏れなくこのシステムに取り込むということが考えていまして、さまざまなサポート機能を追加しているということでございまして、今年度はこういったものを、過去2年間、研究開発してきたんですけれども、一部その機能の追加のほうを行ってございます。

さて、今年度の研究進捗について、特に新しいモニタの開発について御報告いたします。昨年度は、物理ファントムを用いた検出素子の配置の最適化ということを検討しておりました。その後に検出素子の固定治具のほうの試作を行いまして、乳児用、子ども用、一般用ということで、3つの治具をつくりました。1段4列アレイというのは4つの検出器が1列に並んでいるというものでございますけれども、そういったいろんな組み合わせのものを3通りつ

くったということでございます。これらの固定用治具が実際の乳幼児の測定に適用できるかということ、乳幼児ファントムを用いたモックアップを成育医療研究センターにおいて行って確認したというところでございます。今年度に関しましては、実用機の開発の前に、測定の体位、それからプローブの選択ということで検討してございます。

基本となる測定体位に関しましては、福島医大の横谷先生の御助言もありまして、2歳未満の乳児に関しましては、お母さんがお子さんを前に抱きかかえるような形で測定をする。必要に応じて頭を押さえてあげるといったこともできるということでございます。それから、2歳から5歳に関しては、なかなか動いてしまうという問題がありますので、ベッドに寝かせて測定するということも可能ではないかということございました。

それから、5歳以上に関しては、測定者と対面して椅子に座っていただいて測定するということが現実的に行えるんじゃないかということで検討したというところでございます。プローブの選択に関しましては、こちらにお示ししますように、実際のお子さんにモデルになっていただいて、その結果も考慮しまして、5歳までは乳幼児用、小学生からは子ども用、中高生以降は一般用ということで、一つの目安を得ることができました。

こちらの図に示しますものが乳幼児用、子ども用兼用の新モニタの外観になっております。プローブの内部にはGAGG検出器が内蔵されておまして、乳幼児プローブの厚さは2.5cmになってございます。この取っ手の部分にはSiPMアンプヘッドユニットが入ってまして、複数のGAGGユニットからの検出信号を処理するというところでございます。このプローブの角度は変えることができまして、これは乳幼児用、子ども用の兼用モニタでございますけれども、子ども用として使う場合には、この追加プローブを重ねることによって、子ども用として使うことができるということでございます。新モニタの重さとしては約1kg、成人用は1.5kgでございます。新モニタの特徴といたしましては、乳幼児にも対応可能な、恐らく世界初のモニタであるというふうに考えてございます。また、甲状腺に対する幾何学的な効率が高いということ、それから、測定ジオメトリの再現性が高いといったすぐれた特徴があるのではないかとこのように考えてございます。

このスライドでは、新モニタの甲状腺モニタの ^{131}I に対するピーク効率を実測、あるいは計算シミュレーションによって評価した結果というものを示してございます。5歳児よりも年齢が高い場合には、この物理ファントムが利用できるのですが、5歳児以下に関しては、数値シミュレーションによって評価をしてございます。数値シミュレーションと実測の妥当性に関しては、同じ条件ではかった結果をもって妥当性を確認しておりまして、青色で示し

たものが計算で求めた係数効率、それ以外のものは実測で求めた値になってございます。まだ、さまざまなファントムを用いて評価は必要であるものの、5歳児以下に関しては、比較的安定したレスポンスが得られるということが確認できてございます。

それから、こちらは研究進捗の最後のスライドになりますけれども、こちら、測定時間を180秒に設定したときのバックグラウンドの線量率と¹³¹Iの検出限界値を示してございます。図の横軸が検出器近傍の周辺線量当量率を示してございまして、縦軸が検出下限値を示してございます。当然ながら、バックグラウンド上がると検出下限値上がってくるんですけども、¹³⁷Cs線源を用いて2.5 μ Svの環境にしたときの検出下限値が250mSvということですので、乳幼児の甲状腺等価線量10mSvとなる¹³¹Iの摂取量を考えますと、吸入摂取1週間後の甲状腺残留量が320Bqですので、それより十分に低い値を担保しているということでございます。

なお、この実験では、こちらの写真に示してますような高バックグラウンドでの測定のために別途作成しました可搬型の遮蔽体を用いて行っております。1枚、約15kgの鉄のなまりの板を2枚重ねることによって、遮蔽効果を得るというものですけれども、¹³⁷Csからの γ 線を約1/4低減することを確認してございます。建屋の遮蔽効果とあわせて、さらなる低減効果が認められること、それから、エネルギーのより低い¹³¹Iに関しては、さらに低減効果が得られるものではないかというふうに考えてございます。

さて、今年度の成果でございます。繰り返しになりますけれども、第1に、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行って、同モニタの性能を評価するとともに、実被検者の子どもによるモックアップ試験を行いました。それから、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材料を整備した。最後になりますけれども、最後には、成果を国際学会や研修等を通じて発信したということで、こちらの写真に示しますものは甲状腺の研修会でのデモンストレーションでございまして、さまざまなフィードバックを研修生からいただいております。また、これは直近に行ったものですが、新モニタのモックアップ試験も行っております。

こちらは、本研究の成果発表のリストアップでございます。

最後になりますけれども、自己評価について述べさせていただきます。研究計画に沿って行われているかということに関しましては、自己評価としましては、概ね計画どおり進められたのではないかと考えてございます。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御助言や御支援をいただきました。この場をかりて、感謝を申し上げたいと思います。次の次年度の研究計画に変更が必要であるかということに関しましては、今年度

で終了する課題ですので該当はしませんけれども、本研究の終了後も、乳幼児や小児の測定についての引き続き検討していきたいということと、その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ということを検討していきたいというふうに考えてございます。

発表のほうは以上でございます。御清聴ありがとうございました。

○本間放射線防護技術調整官 栗原先生、ありがとうございました。

それでは、ただいまの報告につきまして、御意見、御質問等ございましたらお願いいたします。

では、小田先生、どうぞ。

○小田評価委員 去年は少し遅れ気味かなという指摘をさせていただいたんですが、検出器の作成が間に合ったようで、よかったなと思っていますが、従来法との比較を後のほうの資料でもやられているんですが、一言、二言で言うと、どういうことなのでしょう。例えば感度が1桁上がりましたとか、測定時間が短くなりましたとか、重量が軽くなりましたとか、そういうふうな表現でいうと、どういうふうに言えますか。

○栗原氏 ありがとうございます。従来型の検出器の比較というのは、放射線測定という観点からは、大きな向上というところは、正直に言いますとないんですけれども、新しいモニタの最大の特徴というところは、乳幼児の頸部に検出器を近接させられることができるということで、そこが一番大きいのかなと思います。従来の検出器、少し写真でもお示したんですけれども、NaIサーベイメータ、よく使われてるNaIサーベイメータでも、検出器のプローブを乳幼児の頸部に合わせることはできないので、恐らく離れてしまうと効率が落ちてしまったり、あるいは、ジオメトリが固定できないということで、測定がばらついてしまうというような、精度がばらついてしまうようなことが懸念されていたわけですが、この検出器であれば、そういった、まず測定をしっかりと行えるという点に関しては、非常に前進したというふうに考えております。

○小田評価委員 素子については、既存の大きさの素子を並べるという、そういうイメージ、それとも特注してこのサイズを使うという、そういうような工夫はなされたんでしょうか。

○栗原氏 こちらにお示ししていますけれども、成人用のものに関しては、これは既製品のGAGG検出素子をつくっております、少し厚くなってしまうんですけれども、乳幼児に関しては、ケーシングをこれは特別に製作しております、その分、ケーシングのコンパクト化ということで検出器の素子、プローブ自体を薄くできるということの工夫はしてございます。

○本間放射線防護技術調整官 よろしいですか。

では、鈴木先生、どうぞ。

○鈴木評価委員 これ、手で持つにしてはやはり1.5kgをずっと持つというのはほぼ不可能になってくるので、どういうふうな場所でどういう、例えば車載型にして持っていくとか、何かその辺りと組み合わせていかないと、非常に使い勝手が悪くなるのかなと思うんですが、その辺りに関する今後の方針というのはどうなっていますでしょうか。

○栗原氏 御質問ありがとうございます。私たちのほうで実際のお子さんとか、実際に測定する、実際の人でいろんな試験を行ってございます。成人用に関しては1.5kg、それから、乳幼児、子ども用兼用のモニタですと1kgなので、さほどそんなに数分持っているというので苦痛になることは多分ないと思うんですけれども、実際、子どもの測定に関しては、お母さんが前に赤ちゃんを抱いていただいて、測定者が見ながら対面で測定するというので、それが一番現実的な方法だろうというふうに考えております。この体勢で、改善の余地はあると思うんですけれども、十分測定のほうはできるのかなと思っています。成人用のほうに関しましては、この後に別途、治具をつくっておまして、被検者自身が検出器のプロープに頸部を近づけてという形での測定ができるような工夫はしてございます。

○鈴木評価委員 スクリーニングですから、対象者が500人とか1,000人とかいう、そういう数をスクリーニングするので、やはり手で持ってというやつじゃない形でもっとうまく測れるようにしていったほうがいいんだろうと思うんです。

○栗原氏 御質問ありがとうございます。実際の測定に関して、これからいろいろ議論なくちゃいけないと思うんですけれども、私たちはこの詳細な測定というものを、2番目に書いてございますけれども、簡易測定と併用した形で行うということを考えておまして、簡易測定でもしも高い方がいれば詳細な測定をするということで、こういったスペシャルな測定をするということも考えられるのかなと思っています。実際、私たちも実際のお子さん使って実際デモンストレーションしたんですけれども、位置合わせとか、測定器を実際にあてがうときに時間がやはり掛かってしまうということなので、ここは、最後にも少し目指したんですけれども、今後やはりもう少し検討しなくちゃいけないのかなと。より多くのお子さんをはかって、どういうふうに最適化できるのかなというところを考えていきたいと思っています。

○本間放射線防護技術調整官 占部先生、どうぞ。

○占部評価委員 関連するんですけど、このプロープの部分は1kgとか1.5kgなんですが、こ

れを駆動するための電源、あるいはデータを集めるためのコンピューターだとか、そういうシステム全体としては、どのような配置になるのか。つまり、この電源等々は車の中に置いておいて、そして、プローブだけを持って測定する場合のケーブルをずっと引っ張ったときの操作性だとか、そういうところについては何か懸念されることはないでしょうか。

○栗原氏 ありがとうございます。この検出器自体は、今持っているプローブと取っ手のところを合わせた、支持の機構のところを合わせて1kgでございます。電源は、ノートPCからのUSBの電源供給になっておりまして、そういう意味では、ノートPCとこの検出器とは一つ、ラインがつながってしまっているんですけれども、甲状腺検出器のモニタのデモンストレーションにもありますように、比較的操作性に関しては問題ないのかなというふうに考えてございます。

○占部評価委員 すみません、続けて一ついいですか。これを実際に使われてみて、新モニタのデモンストレーションって最後のところにありましたけど、これを使ってみた感じというか、感想というのを何か情報として得られているんでしょうか。

○栗原氏 研修会で実際、谷村先生のところと一緒にやったんですけれども、いろんな受講者の方々に操作性とか、そういうのを少し見ていただいて、ここに出された意見としてあるのは、やはりこういった持って測定するということも考えられるんだけれども、自分で預ける形で測定するということがそういうのも作った方がいいんじゃないかということを言われました。それは谷村先生のほうの班のほうがそういう形のタイプなので、それと比較されて、そういう御意見だったと思うんですけれども、そういったところで、それに反映した形で、その後の改良のほうは進めてございます。あと、この検出器自体に関しては、当初は軽量化を狙ったものではないので、軽量化ということもやはり御指摘いただいた点で非常に重要な点だと思っておりますので、今後さらに軽量化という点も含めて、少し改良のほうを可能であればしていきたいというふうに考えてございます。

○占部評価委員 ありがとうございます。

○本間放射線防護技術調整官 よろしいですか。

○占部評価委員 はい。

○本間放射線防護技術調整官 それでは、吉田先生、どうぞ。

○吉田評価委員 今のご意見、占部先生のご質問と同じかもしれないんですけれども、こういう実装までを考えるような場合って、一番大事なのは、必ずしも操作に習熟した方ばかりが使うわけではないということだと思えますね。その意味では、既に谷村先生のところと

一緒にさまざまな方に使っていただいているということではあるんですけども、自治体の方であるとか、実際の事故のときというのはそういう方々が対応するというのも考えなければいけないので、医療関係とか、そういう専門の方以外の方にできるだけ入ってもらって、そこからの操作に関するフィードバック、こういう風にしたいという、細かなことでも拾い上げていくことが、実際に使えるかどうかというところに結構きいてくると思います。そのあたりをご注意して、来年度はないんですけども。さらにマニュアルについても整備されたと書いてあるんですけども、そういったさまざまな意見をフィードバックかけて、充実したものというか使えるものに、せっかく使われるんだったら、そのようにしていただければと思います。

○栗原氏 ありがとうございます。甲状腺の研修に関しては、ここは実際、NaIサーベイメータの簡易甲状腺検査の研修でございまして、自治体の方々も参加していただいて、自治体の方々、必ずしも習熟してない方々からも実際触っていただいて、ソフトウェアの方もなるべく操作性の良いように、なるべく初期設定とか、あまり細かいところまで立ち入らなくてもできるように工夫はしてございまして、測定すると放射能まで出てくるような感じで開発は進めてございます。しかしながら、先生言われたように、いろんな御意見いただいて、さらに改善していくということは非常に重要なことだと思いますので、参考にさせていただきます。ありがとうございます。

○本間放射線防護技術調整官 では、鈴木先生、どうぞ。

○鈴木評価委員 内容の話じゃなくて、これを例えば5台作るとしたら、1台幾らぐらいでつくれるものになるのでしょうか。

○栗原氏 一応これを例えば100台つくったという想定で、一応業者のほうに見積もりをとっております。乳幼児用のモニタがGAGGの検出器4つしか使っていないのですけれども、見積もったところ、1台140万、税込みでございます。

○本間放射線防護技術調整官 よろしいですか。

推進員の先生方もフロアもよろしいですか。

それでは、次の議題に移りたいと思います。栗原先生、ありがとうございました。

○栗原氏 ありがとうございました。

○本間放射線防護技術調整官 では、次の発表の準備をお願いいたします。

よろしいですか。

それでは、成果報告第2の演題で、事故等緊急時における内部被ばく線量迅速評価法の開

発に関する研究としまして、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構の谷村先生、よろしくお願いいたします。

○谷村氏 御紹介ありがとうございます。原子力機構の谷村です。

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ということで、今年度の研究の成果について御報告させていただきます。

まず、概要を1枚でお示しいたします。背景と目的なのですが、先ほど栗原先生から御紹介いただいたので、大部分、被るところでございまして、原子力事故等緊急時には高線量率下において多数の公衆や、あと作業員、作業員というのは栗原先生のところには含まれてなかったものなんですけど、作業員についても摂取した放射性ヨウ素の迅速かつ高精度な測定・評価が必要だということで、我々はγ線エネルギー分析方式の可搬型の甲状腺モニタシステムを開発するということで、栗原先生のところのモニタの開発の部分にもう特化した内容で開発を進めてございます。

こちら、真ん中が研究のロードマップなんですけども、平成29年度から平成31年度までの3年間で、3つの開発項目に分けて進めてございます。1つ目が甲状腺モニタ測定器の開発ということで、2つ目が高精度放射性ヨウ素のところの定量法の開発を行ってございます。3つ目のテーマとして、甲状腺モニタシステムの開発を行ってございます。1番目のモニタ測定器の開発では、まず、平成29年度に検出器の試験と選択、あと、2つ目に、遮蔽材の材質の最適化、要は高線量で測るためには遮蔽体が必要ですので、そういった物の最適化を行ってございます。実際、具体的には検出器として最適なものを選択して、遮蔽材としても複数の遮蔽材を組み合わせ、厚さとかの最適化を行ってございます。

平成30年度につきましては、まず、測定器の試作を行いまして、その評価をγ線の標準校正場において行ってございます。今年度ですけども、いよいよ実機を製作して、その性能評価を行うということで、マイルストーンとしては実機を今年度中に完成させるということを目指してございます。2つ目のテーマでは、まず、29年度には年齢別の頸部ファントム、要は構成するためにはアクリルでできたファントムが必要なんですけど、そういったものを製作してございます。29年度から少し30年度にかけて、この頸部ファントムと、人体をちゃんと精密に模擬したボクセルファントムと言われている数値ファントムを用いまして、定量法の開発を30年度には行ってございます。3つ目のテーマの甲状腺モニタシステムの開発では、昨年度、平成30年度から、まず、標準化用治具といたしまして、要は検出器と人間の甲状腺、被検者の甲状腺の位置関係をきっちり決めないと正確な測定ができないということで、

そのための標準化用治具の設計を行い、今年度、この製作を行ってございます。それから、それを受けて、実機に基づいてマニュアルの作成というのを行い、システムを完成させる予定でございます。これら、一応計画どおりに進捗してございます。期待される効果ですけれども、開発したものを原子力機構にございます緊急時支援研修センター、NEATと言われるところや、あと、立地県等にございますオフサイトセンターにまずこのモニタを集中配備して、何か起きたときに避難所とか指揮所とか、そういったところに緊急輸送体制を構築しておけば、多数の公衆や作業者の高精度な甲状腺の等価線量のモニタが可能となるというふうに考えてございます。

次に、研究体制、今年度の研究体制について御説明いたします。開発自体は、原子力機構の安全研究センターで行ってございまして、メンバーは、私含め、あと、吉富、西野と、あと、NEATにございます高橋とが、この4人が中心になって開発を行ってございます。実際にNEATのほかの方々からも必要な、要は防災関係者としての情報や意見をいただいたり、私どもの本来の所属でございます放射線管理部にはγ線の標準校正場というのがございますので、そこを利用して測定器の試験、開発したモニタの試験などを行ってございます。あわせて、内容は適宜原子力規制庁のプログラムオフィサーである石川先生や、あと、補佐をしていただいている大町様、大津様に御報告し、まず御意見をいただいて進めてございます。あわせて、今回のように研究評価委員の皆様、先生方にも説明して、御意見とか評価をいただいております。

あと、成果については、原子力学会など、国内外の学会で成果を発表して、知見を入手するというのを行ってございます。分担なんですけれども、まず、私が統括いたしまして、今年度モニタの実機の製作を行ったんですけれども、西野が製作、評価、製作を行ってございます。私が大体設計を行っております。標準化用治具の製作なんですけれども、こちらは吉富のほうで製作、設計して、私が製作、マニュアルの作成については、いろんなことを含めなきゃいけないので、4人全員で当たっているという形で分担してございます。あわせて、先ほど栗原先生から御紹介ありましたとおり、10月に量研機構で開催された甲状腺簡易測定研修、1月中旬にNEATで行った実務者会合、こういったところで防災関係者や、あと、医療関係者とか、自治体の関係者などの意見を収集してございます。

続きまして、今年度の研究の概要について御説明いたします。これは今年度のロードマップを特出ししたものですけれども、測定器の開発におきましては、まず、第1四半期で実機の仕様を検討して発注して、実機の製作を昨年内、第3四半期までに行ってございます。12月

の下旬に納品までされてございます。現在、 γ 線の標準校正場におきまして、性能評価の試験をまさに行っている最中でございます。これで年度末までには性能評価まで含めて完成させます。3番目の甲状腺モニタシステムの開発につきましては、まず、第1四半期で標準化、被検者と検出器の位置関係決める治具の詳細な設計を行って、第2四半期で製作を行い、それから、まず、試作機に基づいた簡易マニュアルを作成し、それから、実機が納品された後、それに、実機に合わせたマニュアルを製作して、年度末までに完成させるというロードマップになってございます。実績ですが、実務者会合、栗原先生のところと実務者会合を7月と1月に行いまして、いろいろ情報公開や研究の方針などをそこでいろいろ協議してございます。あと、9月にSSD19という国際会議で成果報告をしております。あと、先ほど申し上げた試作機や実機を使ったデモンストレーションを2回、10月と1月に行っております。あと、11月にARADOSという会議で成果報告してございます。

具体的な内容ですけど、モニタ測定器の開発では、公衆用に選択したランタンプロマイドというシンチレーション検出器の改良とか、あと、遮蔽体のさらなる最適化や可搬性を向上させる改造、あと、ソフトウェアについても若干の改良を行い、あと、性能試験を今年度行って、目標としては、やはり実機の完成をさせると。

3番目のシステムの開発におきましては、まず、固定用の治具を開発するということと、あと、高線量下で使うので、バックグラウンドの放射線測定を、補正用の測定を行うので、その治具を製作するということと、先ほどから申し上げているマニュアルを作成して、システムとして完成させることが今年度の目標でございます。

少し具体的にそれぞれの中身を御説明いたします。まず、この右側の真ん中の写真が昨年度製作いたしました試作機で、このように高線量で使うための遮蔽体の中に検出器を2個埋め込む形にして、甲状腺以外からのバックグラウンドの γ 線をできるだけ抑えるような構造になっております。信号処理回路とか、あと、制御用のPCがあるという構成になってございます。そのうち、まず、作業者については、CdZnTeという、MCAまで一体になった検出器を使っております。LaBrにつきましては、昨年度まで、このようにフォトマルとシンチレータと別々に購入して、私どものところで実際組み合わせて組み上げていたんですけども、少しそれを今年度はちゃんとパッケージ化いたしまして、要は製品化を見据えまして、パッケージ化することによって信頼性を向上させるということと、製品化へのスムーズな移行というのを今年度行ってございます。それから、検出器用の遮蔽体につきましては、実はこれ、公衆用のLaBr検出器が入ってるんですけど、若干まだすき間とかがあったりするので、もう少

しサイズを公衆用については最適化できる余地がございましたので、そういう最適化と軽量化を図って、あと、持ち運びしやすくなるような工夫を行って、可搬性を向上させるということを行ってございます。

あと、ソフトウェアの改良につきましては、検出器、制御系でまだもう少し改良の余地、特にCdZnTe検出器については、ほかのソフトウェアでいろいろ検出器の設定、パラメータ設定をしていたところを一体化させるということや、あと、バックグラウンド放射線につきましては、昨年度の研究で、要は年齢群ごとにやはり測定を変えなきゃいけないということがわかってきましたので、少しバックグラウンドを年齢群ごとに選択できるような機能なども追加して、要は操作に精通してなくても容易に操作可能なような改良を行ってございます。それから、特性試験は、現在 γ 線標準校正場で高バックグラウンド環境下を模擬して検出下限値などの評価を行ってございます。これによって、事故時の高線量下での使用の判断基準なんかを決めていきたいと思っております。

あと、3番目のモニタシステムの開発ですけれども、まず、標準化用治具の開発ということで、年齢群ごとにそういう検出器と被検者の甲状腺の位置関係を正確に決められるような治具を開発して、要は位置ずれによる感度の影響を軽減して測定精度を向上させたいと考えています。バックグラウンド放射線の補正用の測定のための治具の開発につきましても、年齢群ごとに正確に決められるような治具を開発して、要は測定精度を向上させることを目指しています。あと、マニュアルの作成につきましては、設置方法とか、甲状腺のセットの仕方、校正方法、バックグラウンドの測定方法とか、スペクトルの解析のソフトウェアの使用方法など、全てまとめたマニュアルというものを作成して、操作に精通してない誰でも使えるようなものを目指してございます。

具体的な進捗ですけれども、これが今年度開発したシステムで、上が作業用用のシステム、下が公衆用のシステムになってございます。作業用につきましては、重さが大体16.6kgぐらいになっておりますけれども、まず、遮蔽体に昨年度このブロックみたいなもので、かなり持つと重たい感じがしていたんですけども、少しくまく取っ手をつくるような工夫、設計を行い、取っ手をうまく付けることによって、重さは若干あるんですけど、比較的簡単に持ち運びができるようになってございます。これによって可搬性が大きく向上しております。

あと、公衆用につきましては、すき間があったのを少し埋め、埋めるに当たって、配線があるので、配線用の溝などもつけ加えることによって若干サイズを小さくして、2kgですけども、軽量化させました。あと、取っ手を同じように付けて、作業用よりはもう少し軽く

持ち運びがしやすくなっております。あと、少し見えないんですけど、検出器もこのフォトマルとシンチレータを一体化して信頼性を向上させております。あと、ソフトウェアにつきましても、先ほど説明した機能をいろいろ制御機能の改良とか、バックグラウンドのスペクトルとかの選択とかいう機能を追加して甲状腺モニタの実機を製作しております。

実際にこの性能評価なんですけど、これ、今行っている最中なので、実は昨年度の試作機の結果そのままなんですけども、 ^{137}Cs や ^{60}Co などで $20\mu\text{Sv}$ というかなり高い線量下でこの回転テーブルを使ってバックグラウンドを模擬して評価しており、昨年度行った結果でも大体150秒から300秒の測定で 10mSv の甲状腺等価線量の下限值が得られているということで、今年度も大きな構造変わってないので、同じような結果が得られるということを今年度内に確認する予定でございます。

システムの改良につきましては、まず、標準化用の治具ということで、3Dプリンタを用いまして、成人用、小児用とか、作業用用の治具を作成しております。昨年度、コメントございましたように、少し人体に直接触れるものですから、有害性が認められない材質を使っております。まず、土台部分には環境負荷が小さい生分解性のプラスチックや直接触れる部分は軟質のウレタン樹脂を使いまして、要はあまり不快感などがないような、さらに若干サイズが変わっても柔軟に対応できるような工夫を行っております。

バックグラウンド放射線測定用の治具の開発につきましては、この校正用のファントムをうまく活用しまして、乳児、小児、成人用について設置できる治具とファントムを製作いたしまして、影響を正確に補正できるようにしております。あと、マニュアルを作成し、10月までに簡易版をつくって、今まさに実機に基づいたマニュアルを製作しているところでございます。

主な成果の公表状況ですけども、SSDで3件の発表と論文の投稿を行っております。あと、ARADOSで口頭発表、原子力学会で成果発表を行う予定でございます。あと、今年度ではなくて、29年度の成果の後追いになるんですけど、今年度、出していた特許が公開されておりますので、一応載せてございます。

進捗状況なんですけども、測定器の開発については、実機の製作を12月下旬に納品して完了して、あとは動作試験などを着手しており、年度内に性能試験、達成できる見込みです。あと、システムの開発につきましては、標準化用治具も3Dプリンタでうまく作成でき、あと、マニュアルについても簡易マニュアルができ、本物のマニュアルを今、作成着手しており、年度内には達成できる見込みであり、概ね計画どおりに進捗しており、目標達成できる見込

みであるということでございます。

以上でございます。ありがとうございました。

○本間放射線防護技術調整官 谷村先生、ありがとうございました。

それでは、御質疑、御質問、コメントお願いいたします。

では、二ツ川先生、お願いします。

○二ツ川評価委員 前に聞いたのかもしれませんが、作業者用でCdZnTeを使って、公衆用でLaBrを使うと、これは何か理由があったのでしょうか。

○谷村氏 まず、作業者用にCdZnTeを使ったというのは、エネルギー分解能がやはりかなり良いということで、要は作業者ですと、現場指揮所とかでも測定する可能性があり、そうすると事故後のサイトに近いので、いろいろな核種が混ざっている可能性がある中で、分解能を上げたほうが良いだろうと。あと、作業者は基本的に成人しかまずいませんので、検出感度がそれほど高くなくても、甲状腺の大きさがあるので、測定が可能だということでCdZnTeを選んでいると。裏返して、公衆については、お子様とか、検出感度をある程度上げなきゃいけないので、ボリュームがとれるLaBrを採択したということを行ってございます。

○二ツ川評価委員 ありがとうございます。

もう一つ、実際のときは、これを固定して人間がこれに合わせて測るんですか、それとも、人間のところにこれを持って行って測るという意図なんのでしょうか。

○谷村氏 すみません、少し説明が不足してございましたけど、具体的には会議室のテーブルにこのように設置いたしまして、ここに首を乗せる形、覆いかぶさって乗せる形になります。なので、もう預けてしまう形になります。

○本間放射線防護技術調整官 よろしいですか。

吉田先生、どうぞ。

○吉田評価委員 私もそのことがお聞きしたかったんですけども、たしか昨年もそういう形でのを考えてらっしゃるということで、公衆用で14.4kgの重さだと、とてもではないですけども、ホールドして測るということは難しい。そうすると大人とか作業者はいいいんですけど、乳幼児に対しての測る体勢として、300秒ということで5分ですよね。栗原先生のところのようなお子様の扱いにお詳しいような専門家の助言というか、アドバイス等を入れた上でお考えになったのでしょうか。

○谷村氏 当初、このアイデアになる段階では、やはり医療従事者の方々とあんまり接点なかったもので、そういうのは考慮してなかったんですけども、今、例えば1月にデモンストレ

ーションで医療関係の、先ほど栗原先生のところで御紹介あった横谷先生等からいろいろアドバイスをいただきまして、やはり、おっしゃるとおり、乳幼児に関して、幼児は別として、乳児に関しては特に前向きになってかがませて5分とか測定するというのはやはりもう無理だというのはわかりましたので、少し今計算をしてるんですけども、逆にここをベッドのようにして、もう後ろ向きに寝かせてしまい、そうすれば、例えば5分では少し厳しいので10分必要になるかもしれませんが、ベッドのように寝かせる形であれば測定できるのではないかなということで、今年度中にちゃんと測定できるということ、大体検出下限値で $20\mu\text{Sv/h}$ だときついですけども、 $5\mu\text{Sv/h}$ ぐらいですと、10分から20分の測定で 10mSv ぐらい担保できそうかなという目処は得ております。なので、そういう方針で考えてございます。

○吉田評価委員 ありがとうございます。物づくりのところはしっかりやってらっしゃるかなと思うんですけども、では、それを実際に実装するに当たって、先ほどの栗原先生のとくにも申し上げたんですけども、さまざまな方の意見をフィードバックして入れるということは非常に重要なことなので、そのところのソフトウェアというか、マニュアルも含めて、後半部分でお考えください。

○谷村氏 ありがとうございます。

○本間放射線防護技術調整官 鈴木先生、どうぞ。

○鈴木評価委員 今度の福島事故なんかだと、 ^{131}I だけじゃなくて、 ^{132}Te 、 ^{132}I 、 ^{133}I なんかも出て、ピークがものすごい多かったですね。今回作った物の中で、その辺りの分別がきれいにLaBrの場合はできるのでしょうか。あるいは、CdZnTe、こっちはできるのでしょうか。少しその辺りのスペックについて。

○谷村氏 まず、LaBrであれば、NaIよりは分解能がいいので、より弁別性が高いというのはまず一つ言えると思います。あと、もう一つ、バックグラウンドの測定をきちんと行いますので、それでうまく差し引ければ、甲状腺の部分だけある程度見ることができるとかなという風に考えております。要は甲状腺に集まったヨウ素だけをうまく取り出すということで、要はそのバックグラウンドの測定というのが結構キーになるんですけども、要はそのまま何もない状態で測定してしまいますと、直接 γ 線が入るんですけど、実際、測定時には人間の体があって、他の核種の γ 線なんかの遮蔽をしてしまいますので、それをしっかりとよく考慮しないと、今言ったバックグラウンドの差し引きで甲状腺のヨウ素の正確な測定ができませんので、それができるように、少し実は計算シミュレーション、ボクセルファントムと計算と組み合わせて、乳児だと横置にしたり、小児だと縦置きがいいとか、要は人体の遮蔽

効果、ほかの核種による遮蔽効果なんかも考えて、模擬できるような形でいろいろ考えてございます。

○鈴木評価委員 内部被ばくでもいろんな核種が入っているという意味での質問だったんです。

もう一つ、これは試作機ですから、非常に高い八百何十万円とか書いてありますが、実際これを量産した場合の値段というのはどのくらいになって、要するに、この機械をどういうシチュエーションでどのくらいのボリュームで使うという提案になりそうなのか、少しその辺りの御意見をお願いします。

○谷村氏 すみません、少しそこは今後、まずは開発できたので、今後の具体的にどこにどう配置するかというのを決めてから、まず、台数は決まると思うんですけども、先ほど栗原先生のところと同じように、100台単位で見積もりはとっております、実は公衆用につきましては、遮蔽体とか、あと、ソフトウェアとか、全部込みの値段になるので、少し値段は上がるんですけども、1台600万円ぐらいというふうな見積もりは得ております。逆に作業用のCdZnTeですと、要は回路も全部込みになっているので、少し安くなって、1台当たり440万円という見積もりを今得ております。

○本間放射線防護技術調整官 よろしいですか。

では、占部先生、どうぞ。

○占部評価委員 同じ質問なんですけど、このシステムをどこかで集中管理して、いざというときに運ぶ、そういうやり方もあろうかと思うんですけど、そういう場合の移動手段だとか、それから、これをもし現場にずっと置いてやるとなると、1台、2台置いたんでは多分間に合わないだろうと思うんです。かなりの量の台数を必要とするかと思うんですけど、同じ質問になるかわかりませんが、どのような管理、あるいは緊急時対応での利用の仕方について考えられておられることを再度もしお願いできればと思います。

○谷村氏 そうですね、当初我々考えていたのは、最初の期待される効果のところにも書かせていただきましたけど、やはり各現場に置いておくよりは、どこか、NEATとかオフサイトセンターとかの倉庫である程度数を持っておいて、必要な現場に運んだほうが柔軟な対応はできるのかなというのは確かに考えてございました。あと、ほかの考え方として、例えば各そういう拠点の病院とか何かそういうところを決めて置いておいて、そこで普段使ってもらって習熟させたほうがいいのかというところは今後検討していく必要がまだあるかなというふうに考えております。

○占部評価委員 ありがとうございます。

○本間放射線防護技術調整官 では、小田先生、どうぞ。

○小田評価委員 最後、皆さんの質問は、恐らく検出器の性能、これはどうなったかというのはもちろん成果の一つで大きいんですけども、結局それを実用するときどういう問題があるのかということを検討してほしいという、多分全てそういう質問だったと思いますので、今後、今さら実験する時間はないかもしれませんが、報告書の中では、今の観点、実際応用する場合にはこういう問題があるとか、ここはこうしたらいいんだとか、ソフト的などころを十分書き込んでいただくということで検討いただきたいと思います。

○谷村氏 ありがとうございます。では、そういう幾つかオプションみたいなもの、シナリオみたいなのを考えて、入れられるようなことを少し検討していきたいと思います。

○本間放射線防護技術調整官 どうも谷村先生、ありがとうございました。

それでは、3番目の演題の準備をお願いいたします。

それでは、成果報告の第3の演題、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ということで、原子力安全研究協会の山本先生、よろしくをお願いいたします。

○山本氏 御紹介ありがとうございます。原子力安全研究協会の山本でございます。

私どもは、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ということで、昨年度から2年、研究のほうを進めてまいりました。今年度の内容を中心に御報告を申し上げます。

全体概要でございますが、背景、目的はこちらに示したとおりでございます。放射線業務従事者に対する特殊健康診断につきましては、放射線審議会におきまして長く検討がされております。さまざまな意見もございますが、法制度上、検査の省略が行えるということになっていることを前提とした上で、特殊健康診断の実態調査を行って、なぜ省略ができていないのかとか、そういうのがきちんと運用されているのかどうか、そういったのを整理して検討すべきであるということが示されておりますので、そこを確認すること、それから、国際的な考え方、海外の実態等を調査することということを目的として実施をした調査でございます。

実施状況でございますが、内容は主に4つの柱から成り立っております。まず1つ目は、実際にアンケートの調査、実施をしている側、それから、その健診を受けている受診者側からそれぞれアンケート調査を行います。それから、国内の各施設にインタビュー調査を行います。原子力施設、日本原燃を初めとしまして9件、それから放射線施設としまして、近畿大

学等2件、それから、医療施設としまして、神戸医療センター等3件、それから、関連学協会としまして、保健物理学会等にインタビューを行いました。それから、国際的な考え方と実態の調査でございますが、IAEA、ILO、それから英国のHSE等から直接インタビューをしたのに加えまして、各国の関係者の方から17カ国72件のアンケートを行いました。それから、班会議の中で、それらの得られた情報をもとにしまして、ディスカッションを行って、その考えをまとめました。期待される成果としましては、長年継続されております特殊健康診断に関する議論に対して、具体的なファクトを示すということで、省略がされてない理由とか、そのほか、課題等の整理を行うことに資するということが期待できると考えております。

研究班の構成でございますが、研究班は、私、山本、それから、東大の大久保、それから、京都医療科学大学の犬野という、いわゆる医師、それから、原安協の杉浦、米原、それから、東大の飯本、東京医療保健大学の酒井といった放射線防護の専門家から成り立っております。アンケート結果を客観的に整理するために、社会システム工学から高嶋が参加しております。

背景、目的をもう一度整理いたします。ICRP2007年勧告の国内制度等への取入れにつきまして、第二次中間報告で、放射線防護や管理システムが進展した現在におきまして、異常な被ばくの事実の発見及び放射線作業環境の欠陥をこの定期の特殊健康診断に求めるべきではないというのがまず出ております。加えまして、平成30年1月から行われておりました国内制度等への取入れの進め方についての中で、健康診断につきましては、各法令によって書きぶりに違いがございますが、医師の判断で柔軟に対応できるという仕組みになっております。ただ、実際の運用状況が趣旨に沿っているものかどうかということをやはり一度確認をしておく必要があるということが提言されております。

こちら、参考ですけれども、先ほど法令によって書きぶりが違うということにつきましては、放射線障害防止法に基づきましては、年1回でございますが、それぞれの健診項目について、医師が必要と認める場合に限って実施するという立場にありますが、一方で、電離線のほうを見ますと、年2回ということで、まず回数が違いますことに加えまして、医師が必要でないと認めるときに省略することができるということで、立場が大きく違うという点がございます。

研究のロードマップでございますが、先ほど申しました班会議、それからアンケート調査、海外調査、それから状況の整理といったような4つの柱に関しまして、平成30年度につきましては、まずはアンケート調査を広く行ったこと、それから、海外調査を行うための文献的

な調査を行ったことが主な点でございます。そして、今年度におきましては、昨年度のアンケート調査の中では欠けておりました医療機関の実施者側に関してアンケート調査の追加をいたしました。それから、それらをもとにしまして、関係の事業者、それから、組織体等に直接のヒアリング等を行いまして、実際の内容の補充を行いました。それから、海外につきましては、現地調査等を行っております。昨年度につきましては、班会議は、まだ情報が十分でございましたので、メールベース、あるいは、委員の関係者に直接、個別の面接というか、個別に会って話すというような形で主にしておりました。本年度に関しましては、関係の委員が全員集まるという形で3回、班会議を実施しております。3月末までにももちろん全体をまとめるんですけども、次回に予定されております放射線審議会に何かの形でインプットが出せるということに向けてまとめております。

まず、アンケート調査につきましてですが、こちらに示しておりますブルーの部分に関しましては、昨年度のところまでで終わったところで報告しておりますが、今回の医療施設の実施者のほうが加わりましたのがオレンジの網かけのところでございます。医療施設のほうに関しましては、500枚を配布しまして、23%の回収率という結果でございました。これらから得られた結果なんですけれども、まず、特殊健診の省略というのは、この辺り、この緑の辺りになりますが、原子力施設であっても、それから、放射線取り扱い施設、一般企業、あるいは大学等の研究施設であっても、それから、医療施設であっても、いずれにしても数%までにとどまっております。實際上、省略はほとんどあまり多くされているものではないということが明らかになりました。それから、ここには示しておりませんが、電離則のほうには、前年度と、それから健康診断を行う年の1年間に関して、実効線量で5mSvを超えない場合には、また省略に関する特定の記載がございます。それに基づく区別が行われているかどうかというのを調べたんですが、こちらに関しまして、昨年度に報告いたしましたが、放射線取り扱い施設の大学においては30%ぐらい、それに基づく区別をしているんですが、ほかのところはやはり10%を超えないということで、5mSvという、この一つの判断基準というものもあまり実際には利用されていないということが認められました。

省略をしていない施設に関しまして、省略をしない理由というのが何かということを確認しておりますが、その時点での異常がないことを確認しますとか、あるいは、法令に記載があるので、なかなか省略ができないとか、それから、内部的にも省略の手続が非常に煩雑である、それから、事実上、既に実施ができていて、一連の流れの中で実施ができていて、予算組みとかもできていることなので、それをあえてここで積極的に省略しようというふうに

働くバイアスがかからないというようなことが書かれておりました。

一方、受診者側のほうですけれども、こちらにおきましては、特殊健康診断の説明をきちんと聞いておきまして、健診結果もちゃんと確認をしているので、有効利用はされておるんですが、残念ながら、特殊健康診断の目的というものが一般的な健康状態の異常がないことということで、放射線従事者の特殊健診ではない、ほかの労働者の一般の定期健診における目的とあまり差別化されていないというような点が得られました。なお、今年度行いました医療施設に関しても、こちらを見ていただきますとおり、ほとんどほかの施設と大きな変化はございませんでした。

それらをもとにしまして、原子力施設、それから放射線施設、医療施設、それから関連学協会等にヒアリング、インタビューを実施してまいりました。得られた主な意見は、こちらに示しておりますが、まず1点目としまして、省略に関して、医師の判断によるというところが非常に大きいというのがいずれにしても難しい、取り扱い上、難しいということが示されております。どうしても産業医の先生方、医師が判断する場合に、安全側の判断ということに立たざるを得ないということになる。それから、一方で、そういったような作業を加えることによって、医師にかかる負担が非常に大きくなるので、なかなか進めにくいといった点も上げられました。労務とか放管側に聞いたところによりますと、線量だけで判断できるのであれば省略自体は進む可能性は十分あるというふうな考えも、意見も出ております。

それから、法令の規定にあるものは省略しづらいという点に関しましてなんですが、例えば原子力施設に入っておられる協力会社等の方々から聞きますと、委託先というか、雇用元というか、そちら側のほうから管理区域の立入の可能性を考えて、もう全ての方に受診をしておいてくれということも求められるケース等もありまして、自社のほうで独自の判断で省略をするというのは非常に難しい。それから、厚労省の局長通達というのがあるんですけれども、その中の記載というのかなり引っかかっております。

少し数枚先に一度飛ばさせていただきます。一番後ろのところに、こちらの参考資料に付けているんですが、こちらですね、13ページのところからになります。こちらのほうに改正電離則に基づく省略の中の実際のその運用に関して細かいことが記載されているんですけれども、15のほうを見ますと、このような方は省略をすべきではないという項目の中に、本人が、こちらですね、申し訳ありません、16ページですけれども、各検査項目について特に実施を希望する者に関して省略をすべきでない。それから、第4項のほうに関しましても、同様に実施を希望する者に関しては考慮していただきたいというようなことが記載をされて

おりまして、これ自体の認知度は決してあまり高くなかったんですが、しかしながら、このような記載があるということもなかなか省略を進める上では難しいということが意見としてございました。

それから、対象者の振り分けが非常に煩雑でございます。5mSv超で分けて、それから、それぞれの個々について医師が省略の判断をして、さらに検査結果を確認して等の手順というのでは、医師と、それから労務部門の間で何回もデータのやりとりが必要になるということで非常に煩雑になる。それから、今、電離則のほうについております厚労省が示した様式の中では、前年度までの実効線量と、それから過去1年間の被ばく線量を記載する欄はあるんですけども、今年度の見込み等は書く欄がございませんし、様式の中では少し非常に書きづらいということもあります。

それから、特定健診というのがございます。こちらのほうは、労働安全衛生規則の中にあるいわゆる特定健診ですね、特定業務につくものに対する健診というものが規定されておりました。放射線に関しては、ラジウム放射線、それから、エックス線等の有害な放射線を取り扱う業務というのが特定業務という対象になっておりました。特定業務につかれる方については年2回、健診をもともと行うようになっていきますので、それがあつ限り、放射線従事者の健診を一度省略してもあまり変わりはないという点が上げられておりました。

海外調査につきましては、こちらに示しておりますが、ICRP、IAEAの考え方としましては、確定的影響に注目したようなこれらの検査というのは不要であるという立場に立っております。それに対して、ILOの方では、今度、健康診断の目的自体を考えることが必要で、障害の発見というだけではなくて、その後、従事を継続できるかどうかの適合性の判断というのがよりこれから重要になっていくんだというふうな意見を聞いております。そのほかでは、アジア諸国は法令要件になっていることが多いんですか、北米とか、あるいはヨーロッパ等にはあんまり法令要件ということの記載はございませんでした。

論点整理ですけれども、リスクの程度に応じた適切な検査の実施と省略というものがやはり必要であろうというふうに考えております。昨年の9月にございました水晶体の被ばく限度の見直し等に関する検討会の中で、眼の検査の省略、定期的に高い被ばく線量がある方に関しては、眼の検査の省略は認めないことが適当であるというのも出ておりました。このあたりも考慮の必要があるでしょうし、それから、5mSvの問題に関しましても、十分な問診とかをベースにした上で検討する必要がありますということが上げられると思います。

それから、法令間の規定、表記の不整合の統一というものもこれからの論点になると考え

ております。先ほど申しましたように、年1回か、年2回か、それから、必要と認める場合に実施か、必要でないと認めるときに省略かというのはかなり大きな違いがございまして、同一の組織体の中でも、ある人は放射線障害防止規則であり、ある人は電離則にかかるというような実態が発生すると、なかなか問題があるというふうに考えられます。

まとめでございまして、特殊健診の省略に関しましては、残念ながらいずれの施設でも数%にとどまっております、その中の問題点では医師の判断によるというところ、それから、法令で規定されているというところ等がやはり大きな壁になります。それから、目的に関しましては、今後、特に確定的影響に着目したような検査項目ですとか、あるいは、肺機能や皮膚、現状、今後その作業を続けてよいかどうかといったようなこともむしろ求められるようになるのではないかとこのように考えられました。それから、労働者の希望とか権利といった点にも十分な配慮が必要であろうというふうに考えます。

以上でございまして。

○本間放射線防護技術調整官 山本先生、どうもありがとうございました。

それでは、ただいまの御報告につきまして、御意見、御質問等ございましたら。

鈴木先生、どうぞ。

○鈴木評価委員 水晶体の白内障の健診が悩ましいんですが、何となく結論があまり見えない。実際は眼科医しかまず健診できないだろうということと、やはり散瞳するとその日は車運転とかいろいろな作業に差し障りが出るので、結局は業務をかなり休む、その日は休むということにもつながっていくと思うんです。ですから、白内障の健診をどのレベルの被ばくから行うのが良いのかという議論が重要です。今、年間5mSvで一応推奨するというふうにまとめていたわけですけど、そのことの実行可能性とかというようなもの、もう少し詰めてもらいたいなという気がするんですけど。

○山本氏 ありがとうございます。本研究のほうは、もちろん眼の水晶体に関しましては考慮の中に入れてさせていただいたんですが、全般的には、眼だけに限らず、皮膚、それから血球等、全体的な部分のことに関する研究にしておりましたので、少しそこに関しましては、私どものほうでは、特には何とも申しようがないという状態でございます。

○本間放射線防護技術調整官 それでは、吉田先生、どうぞ。

○吉田評価委員 アンケート調査についてお伺いいたします。2つ質問ございまして、1つは、医療施設の結果は、実施者側についての結果は、昨年度の全体の傾向と大きな変化はなかったということで、これは500枚配られて23%の回答率があったというふうにご説明があっ

たんですけれども、聞くところだと、医療施設において、かなり大きな病院等においては、放射線防護のシステムが結構しっかりしつつあると。問題は、小さな病院というのがなかなかであるということで、その23%の属性について教えてください。

2つ目は、私も大学の放射線取扱主任者として、受診したいという希望があって全く放射線管理区域に入ってさえいないのに受診希望という、そういうケースがあるのをよく存じているんですけども、たしか私どもに来たアンケート調査の中には、そのような項目もあったような気がするんですが、もし聞いてらっしゃれば、受診をしたいということで、受診をしている方がどれぐらいの割合いるのかというのがもしわかれば教えてください。

○山本氏 御質問ありがとうございます。最初の御質問に対してですが、今回は、国立大学法人病院の技師長会、それから、全国国立病院、療養所等、それから、私立医大、それから、全国公立大学病院、それから、日赤、それから、労働者健康安全機構、それから、徳洲会等に対してアンケートをしております。比較的小規模な病院も一部にはあったんですが、先生がおっしゃられるように、どちらかというとも規模のある程度大きな病院からの回答のほうが多数でございました。

それから、2点目の御質問に関しましては、残念ながら、少しその個別に、本人の希望というのをどういうふうに入れているかということに関しましては、具体的なデータは得られておりません。

○本間放射線防護技術調整官 よろしいですか。

それでは、二ツ川先生、どうぞ。

○二ツ川評価委員 この始まりが、いわゆるこの特殊健康診断では、健康と被ばくの関係はわからない。それに対して、省略ということがあるのに何で省略されていないかという調査だと思んですけども、今回の調査から、どういうふうなまとめ方になるのかが見えなくて、要するにそこに対する回答のアウトプットとしてはどんな形になろうとしているのでしょうか。

○山本氏 ありがとうございます。基本的にはアンケート結果とそれをベースにしましたこちらのヒアリングの結果というところが問題だと思います。特に記載が全て、医師の判断、いずれにしても、省略するにしても、省略をしないという判断にしても、医師の判断であるという点と、それから、法令の書きぶりですね、それに関する点がやはり最大の問題だということで、省略ができない原因としては上げることになると思います。

○二ツ川評価委員 先ほどのアンケートの中もそうで、これもそうなんですけど、というこ

とは、法律とか、それを換えれば、これは別に実施をしないというふうになるというふうな解釈なんでしょうか、少しその辺りがよく見えなかったんですけど。

○山本氏 ありがとうございます。実際にやはりヒアリングをしてきますと、こちらに少しあるんですが、法関係の方などに聞きますと、線量、先ほどの例えば5mSvでも結構なんですが、それを超えてない、今年度も超える見込みがないということであれば、省略できるということになれば、もうそれは明らかに容易に実施が可能で、もちろんそれに関する経費も発生していますし、それから、その日は半日とか、お休みになるといったような問題も出てきますので、当然、事業者としてはそれを望んではいることではある。受ける側については、先ほども申しましたが、2回、どうせ健康診断を受けないといけないので、1回、これが減ってもあんまり変わりはない。採血にしても、結局は針刺されるのは同じ回数だし、それから、その日、少し休むというのもあまり大きな問題はないという認識はあるのは事実なんです。

それに関しまして、どうしても既に持っている自分の健康に関する検査を受ける権利というものがございますので、なかなか受ける側のほうが積極的にということは難しいかもしれませんが、実施する側に関しましては、先ほど申しましたように、この点の記載が明確になれば、省略するということが一気に進むということが期待できるというふうに考えております。

○本間放射線防護技術調整官 占部先生、どうぞ。

○占部評価委員 その際なんですけども、有害業務に従事することの適合性判断ということが一つの大きな問題になるかと思うんですけど、これは考慮される方向なのかどうかということと、それから、その場合にはある一定の基準が必要になるかと思うんですが、その確定的影響と確率的影響について、どのようにこれらを反映させながら、この従事の適合性判断を取り入れるとすれば、判断されるのかということについて、御意見をお伺いできればと思います。

○山本氏 まず、確率的影響に関しましては、健康診断というレベルでは非常に難しいというのは変わらない事態だと思います。それから、適合性のほうは、例えばマスクが適切に使えるような肺呼吸器系の状態であるとか、あるいは、皮膚からの内部汚染をちゃんと守ることができるようなきちんとした正常なバリアがある、つまり、皮膚の特定の疾患とかがあんまりないとか、そういったような点のチェックということでございまして、それに関して、今のところ、明確な基準は示されていないと思うんですが、実際には原子力発電所等の事業所

等では一部もう既に取り入れられておりまして、問診事項とか、あるいは健診の項目の中に取り入れているところもあります。

○占部評価委員 ありがとうございます。

○本間放射線防護技術調整官 よろしいでしょうか。

それでは、御意見なさそうなので、これで報告、質疑終わりたいと思います。どうもありがとうございました。

○山本氏 ありがとうございました。

○本間放射線防護技術調整官 それでは、本セッションは以上となります。

○田中企画官 ありがとうございました。

それでは、評価委員の先生方は課題の評価をお願いいたします。評価票の記入が完了しましたら、事務局にお渡しください。

この後の予定ですが、ここで一旦休憩に入りたいと思います。再開につきましては、13時ちょうどといたします。どうぞよろしくをお願いいたします。

(休憩)

○田中企画官 それでは、放射線安全規制研究戦略的推進事業、令和元年度研究成果報告会を再開いたします。

こちらからは、福島県立医科大学の石川先生、司会進行をよろしくをお願いいたします。

○石川教授 それでは、成果報告の4番目の演題、題名は、内部被ばく線量評価コードの開発に関する研究、発表者は、日本原子力研究開発機構の高橋先生です。よろしくをお願いいたします。

○高橋氏 JAEAの高橋史明です。

それでは、内部被ばく線量評価コードの開発に関する研究につきまして、今年度、これまでの3年間における成果を報告いたします。

まず、最初に、2ページ目で全体概要を説明させていただきます。国際放射線防護委員会、ICRPの2007年勧告の国内の放射線規制への取入れに関する検討が進められておりますが、これを取り入れた場合、新しい実効線量係数に基づいて、内部被ばくの防護基準値も改正されます。また、各事業所などでも2007年勧告に従って核種の摂取量を推定して、内部被ばく線量を評価することになります。そこで、我が国の放射線規制への2007年勧告の取入れ、事業所などにおける内部被ばく防護に対して有益な技術基盤となる線量評価コードの開発を進めております。具体的に、本研究につきましては、こちらのロードマップに示しますとおり、

実効線量係数などを計算する機能、核種の摂取量を推定する機能、また、これらの基本となる2つのコードを統合したコードの開発と、大きく3つの項目で進めております。後ほど進捗状況は詳細に説明いたしますけれども、ほぼロードマップに従って当初の計画どおりに進捗しております。期待される成果といたしましては、こちらのコードが完成した場合、空气中濃度限度などの内部被ばく防護基準値の改正におけるICRPの新しい線量係数の検証、また、各事業所などにおける平常時、事故時のモニタリングに基づく線量評価に活用が期待できるものと考えております。

続きまして、研究体制について簡単に説明いたします。JAEAの安全研究センターのほうでこちらの研究開発を遂行し、当機構及び国内外の専門家と協力して研究を進めております。また、一部のコード開発は外注しており、そのほか、研究の開発状況や関連する情報につきましては、定期的な会合の開催によってPO及びPO補佐と協議をしております。

それでは、今年度の研究概要を説明いたします。今年度は、当初計画、ロードマップのとおりに研究を進捗するという計画といたしました。特に核種摂取量推定機能の開発、コードの開発などを重点的に進めております。このうち、核種の摂取量推定機能の開発につきましては、昨年度までに開発したこちらの基本機能につきまして、摂取条件やモニタリング条件などを変えた条件で核種摂取量、被ばく線量を計算し、その信頼性を検証いたしました。こちらは、上半期に完了しており、機能を完成したものと考えます。また、コードの開発につきましては、ユーザーの利便性を考慮して計算条件の設定に用いるグラフィカルユーザーインターフェース、GUIや結果の出力を行う機能などの開発を進め、両機能を統合したコードのβ版の完成をマイルストーンとしておりますが、こちらも今年度末までに完了の見込みとなっております。

それでは、5ページ目で研究の具体的な実施内容を説明いたします。最初に、核種摂取量推定機能の開発につきましては、欧州線量評価グループ、EURADOSやIAEAの例題などを活用して検証を行いました。ここでは、摂取した核種や摂取回数、経路、また、モニタリング条件の異なる6つの例題を抽出いたしました。こちらの6つの例題につきまして、開発した機能で摂取量などを計算し、各事例の出典における報告値やIMBA、ほかのコードによる評価値とも比較をしております。なお、5つのケースにつきましては、1990年勧告に従う線量評価モデルに基づいた評価がなされているので、従来のモデルを実証して検証を進めております。

コードの開発につきましては、これまでに開発した2つの基本機能である線量係数計算機能、核種摂取量推定機能を実装させ、両機能を統合したグラフィカルユーザーインターフェ

ースを持たせる。また、計算結果としては、機能に応じて、図、もしくは表で出力可能とさせることを目的としてβ版の開発を進めております。

それでは、7ページ目に今年度の進捗として、核種摂取量推定機能の開発の一つの例題を示します。こちらの例題は、 ^{125}I を3回摂取して、5回モニタリング値が得られている条件で検証を行いました。この例題では、EURADOSのIDEASのクライテリアでは、簡易評価で6mSv以下の場合には詳細な評価を必要としていないとしており、例題はこれに該当しているため、直後のモニタリング値のみを用いて比例計算で評価されているため、甲状腺の放射能推移が異なっているということになっております。なお、本機能を用いて全てのモニタリング結果を考慮して摂取量を推定した場合には、IMBA、ほかのコードを用いて同様の手法で推定した結果とよく一致しました。また、IDEASと同様の手順で推定した場合には文献値とよい一致をしました。

8ページ目は、同じく核種摂取量推定機能の検証ですけれども、こちらの例題は、 ^{238}Pu を1回摂取して、17年以上にわたってモニタリングを実施したケース、例題となっております。特にこちらの特徴といたしましては、検出下限値以下のモニタリングデータも含んでおります。我々のコードでは、こういった条件では検出下限値の半値と仮定して評価するというようにしておりますが、こちらの条件で、他のコードと本機能で測定値などを推定したところ、いずれの結果もよく一致しました。以上より、開発した推定機能は問題なく結果を出せるものと考え、本機能により、種々の摂取、モニタリング条件に対して、核種の摂取量を正確に再現することを検証し、機能の完成ができたものと考えます。

続きまして、コードの開発を説明いたします。こちらは、左側に示しておりますのは、ユーザーが計算条件を設定する画面、GUI画面を示しております。最初に線量評価モデルやデータ、また、機能の選択を行います。ここでは、2007年勧告に基づくもののほか、1990年勧告に基づくデータの選択も可能としております。その後、評価対象ですとか、摂取条件、また、必要に応じて体内動態モデルの編集を可能とさせております。また、コードの特徴の一つとしてある慢性摂取時の摂取条件の指定、あるいは核種摂取量推定機能時のモニタリングデータ入力など、計算に必要なデータもこちらで入力します。最後の部分では、結果の表示を指定する設定となっております。

10ページ目は、逆に結果の出力のイメージを示しております。このように、計算結果を数表で表すほか、左下の図のように体内放射能の推移をグラフで表示する機能の開発も進めております。このように、両機能を統合するGUIをデザインし、GUIで機能の選択、計算条件を

設定可能とするほか、計算結果を表や図で出力可能とするコードの開発を進めております。GUIを備えたコードβ版につきましては、本年3月末までに完成の見込みとなっております。

11ページに、今年度の成果をまとめております。1件の論文発表、国内外での学会発表などを行いました。

以上を踏まえて、12ページに示すとおりを自己評価といたしました。核種摂取量推定機能の開発につきましては、種々のモニタリング条件に基づく例題などによって妥当性を検証し、同機能の完成をいたしました。そのほか、コード全体の開発としましては、マイルストーンとしておりましたコードβ版の開発の完了をする見込みであります。ほか、ICRPによる新しい線量評価モデルや線量係数の公開予定など、本テーマの進捗に関連する情報の調査も行いました。以上より自己評価としては、概ね当初の計画どおりに進捗しているものと考えます。今後の課題ですけれども、β版の改良、マニュアルの整備によるコードの完成、また、ICRPにおける動向の調査、これを適宜、コード開発に反映させたコードの改良、また、事業終了後のコードの拡張や活用策の検討があります。こちらの項目につきましては、研究計画当初からも次年度に実施するということになっておりますので、着実に進めてまいりたいと考えております。

続きますのは、本研究における3年間の進捗、自己評価につきまして説明いたします。

こちらのコードの開発ですけれども、放射線規制への活用ということで、最初に、ICRP2007年勧告の放射線規制への取入れに伴う内部被ばく防護基準値の改正において、ICRPが示す実効線量係数が基本となるモデルやデータのもとに基づいて正しく導出されているかを検証する、そういった機能の開発を昨年度までに進めました。この過程では、こちらに示しますとおり、臓器、組織からの放出放射線が線源、標的となる組織や臓器へ付与するエネルギーを示すSAFのデータの取り扱いにつきまして、ICRPの刊行物で具体的な方法を提示しておりませんでしたので、こういった情報を収集してコードの開発を進めました。

その結果、これまでにICRPから報告されている主要27元素の作業者の摂取条件に対して実効線量係数を正確に再現することを検証しております。また、ICRPによる線量評価モデルのデータの公開状況が完全なものとなってなく、今後も線量評価モデルが公開されるため、このように組織系動態モデルで公表されるコンパートメントをID番号を用いて正確に認識し、汎用的なソフトウェアによるデータの拡張により、これに対応する機能も開発いたしました。ほか、日本人に適したパラメータなどの設定も可能としております。以上のように、昨年度までに国内の内部被ばく防護基準値の改正における検討に有益な機能を開発いたしました。

続きまして、モニタリング値に基づく核種摂取量の推定の機能ですけれども、こちらにつきましては、昨年度までに国内の研究機関、大学との意見交換により聴取したニーズに基づいて開発を進めました。こちらにつきましては、先ほど今年度の成果で報告したとおり、正しくこちらの機能が動作することを検証し、このように事業所等における内部被ばく線量評価に有益な機能を開発したものと考えます。

そして、こちらの両機能に基づいて当初の計画どおり、今年度末にマイルストーンとしたβ版の完成が見込まれております。なお、経費の支出状況は、ほぼ当初計画どおりとなっております。

18ページに、これまで3年間の成果をまとめております。論文発表は1報、学会発表として国際学会で3件などを行っております。また、コードのβ版を本年度末、令和2年3月に整備の予定となっております。

以上を踏まえて、19ページのように、3年間の自己評価を行いました。まず、最初に、ICRP2007年勧告に準拠する実効線量係数などが正確に導出されている機能、また、核種の摂取量を推定する機能の開発を進め、そのほか、計算条件の設定や計算結果などを効果的に提示する機能を開発し、これらを統合したコードβ版を今年度末までに完成の見込みとなっております。さらに、コードの開発のほか、内部被ばく防護基準値の改正に関連する情報も収集し、P0やP0補佐などと共有しております。これらの研究につきましては、ほぼ当初のロードマップどおりに進捗しており、現状の到達点としては当初計画のほぼ100%と考えております。そのため、概ね計画どおりに進捗しており、今後の計画変更の必要はないと考えております。

最後に、研究成果の活用ですけれども、来年度、β版の試用に基づく意見聴取によるコードの改良、マニュアル整備などにより、コード完成の見込みとなっております。このコードが完成した場合、平成29年度の本事業の公募要領において記載されていた継続的に改良が検討される内部被ばく実効線量係数取り入れへの対応、平常時・事故時の放射線防護における内部被ばく評価手法としての活用が可能になると考えております。特に放射線規制への反映につきましては、内部被ばく防護基準値の見直しにおいて実効線量係数の正確な導出、国際的なデータの適用に関する検証、新旧係数の差異への影響因子の調査を可能とする技術基盤を完成できるものと考えております。

以上で私の報告を終わります。御清聴ありがとうございました。

○石川教授 御報告ありがとうございました。

それでは、ただいまの御報告につきまして、御意見、御質問等ございましたら、よろしく
お願いいたします。

小田先生、お願いします。

○小田評価委員 最後のほうにも言及されましたICRPが今出している実効線量係数、今、パート4まで進んでいます。その比較も多分、大分進んでいると思うんですけども、そのまとめが来年度出るという、昨年度も大分まとめられていたように思うんですが、来年度、改めてそれもまとめて報告されるという、そういうスケジュールでしょうか。

○高橋氏 線量係数の比較自体は、少しこのテーマとは関係してないんですけども、恐らく今後のコードの活用策ということで、ひょっとしたら、来年度以降、再来年度以降になるかもしれないんですけども、当然のことなんですけども、ちゃんとこの実効線量係数がちゃんと計算できているというのは、そういった中身を知っていないとわかりませんので、その過程でいろいろと新旧を比較するとき、いろいろに少し考えないといけないこと、あと、当然、日本全国の放射線施設を管理されている方と共有しないといけない情報というのは我々も把握しておりますので、それをどうやって効果的に発信していくかといったことも、来年度からできれば検討は開始したいと思います。

○小田評価委員 わかりました。次のステップということで了解しました。

○石川教授 ほかございませんか。

吉田先生、お願いします。

○吉田評価委員 実効線量係数がこれまでよりも大きく変わったというような結果については、従来の放射性同位元素を利用している施設の必ずしも、それぞれの計算値を見直すというところまでいかななくても、緊急事態であるとか、アクシデントというような場合には、そういった評価がよりクリティカルな場面では、このような数値を新たに使った評価というのをやったほうが望ましいと思うので、そういうような非常に数値が上がったというようなものについては、出来るだけしかるべく関連する方々、事業者、あるいは放射線関連の方々に周知できるような、成果の活用の一つとして考えていただければと思うんですけども、具体的にはそういうようなことというのはできますでしょうか。

○高橋氏 まず、このコードで計算した実効線量係数を計算して、まず、ICRPの係数がまず信頼をおけるということを経験発信としていかないといけない。それで、続いては、やはり放射線管理している人としては、今度どう変わったかというのが気になると思いますので、その変わったというのも、実を言うと数字が変わっただけじゃなくて、核種の放射性同位元

素の種類、いわゆる化学系なんかも変わっているところがあるので、そういった情報も正確に発信しなければいけないということで、例えばホームページ等を整備して、そこから情報を入手できるようなことを考えないといけないと思います。それはまだ私見で、少しこのコード開発の範疇からは外れるんですけども、そういった方法があるかなとは考えております。

○吉田評価委員 ありがとうございます。ぜひ成果の活用ということで、出せるものについては、今おっしゃられたような形でもいいと思いますので、周知というか、ワークショップなり、さまざまな形で周知していただければと思います。よろしく願いいたします。

○石川教授 ほか、ございますか。

二ツ川先生、お願いします。

○二ツ川評価委員 コードが完成して、ICRPの係数を確認できると。これは誰でもが確認できるような仕組みになっているのか、それとも、例えば高橋先生は当然できると思いますけども、何人かそういう研究者の方々は、これを活用できるようなコードになっているのでしょうか。

○高橋氏 こちらは、コードは公開という話を伺っておりますので、誰でもできるような形にはしておこうかと思って、最初からそういった形で進めてはおります。

○石川教授 ほか、ございますでしょうか。

占部先生、お願いします。

○占部評価委員 核種摂取量推定機能に関してなんですが、これは前回も言ったと思うんですけども、IAEA等のモデル的な摂取に関するデータの解析により、このβ版を検証されたわけですね。このβ版として公開するに当たって、それがその他のさまざまな条件、摂取条件について、どの程度適用できるのかということについての検証はなされているのでしょうか。

○高橋氏 それが来年度になろうかなと思いますので、例えばニーズ調査をいただいた大学や研究機関の方にも御協力いただいて、我々はコード開発ですけども、そういった方々のほう、むしろ内部被ばく線量評価モニタリングに関しては御経験もお持ちですので、ひょっとしたらデータも我々以上に知ってるかもしれない、そういったところでちゃんとフィードバックしてもらえればなと思っております。

○占部評価委員 ありがとうございます。

○石川教授 ほか、ございますでしょうか。よろしいですか。

それでは、高橋先生、どうもありがとうございました。

それでは、次の発表者の先生は準備をお願いいたします。

それでは、続きまして、本日5番目の演題は、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ということで、発表者は、京都大学の谷垣先生になります。よろしくお願いいたします。

○谷垣氏 京都大学の谷垣です。

本日は、私のほうの課題であります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ということで、今年度の成果について発表させていただきます。

研究の課題の概要については、ここにまとめているとおりになんですが、大ざっぱに言いまして、発災直後の測定機会の損失を防いで、ヨウ素などの短寿命核種の情報をできるだけ効率よく収集して、防護措置や医療被ばくのリソースの的確な投入を支援するという、そういうようなものための技術開発というような位置づけになっています。

研究体制なんですけども、これまで私たちのほうで開発しておりましたKURAMA及びKURAMA-IIの開発とか、製造、運用、それから試験について担当というか、経験の深い企業及び我々の大学内の技術職員の支援を受けて進めているという状態です。

この研究を着手するに至った背景なんですけども、これまで、原子力発電所などで原子力災害が発生した際に、災害に対応するべくさまざまなモニタリング体制というのが整備されてきているところです。そして、特に生活圏のモニタリングについては、可搬型モニタリングポストというものを活用して、機動的に生活圏のモニタリングを展開しつつ、そして、そこで補完する形でサーベイメータとか、走行サーベイとか、そういったものを活用していくことで生活圏にいらっしゃる一般の方々の被ばく状況の的確な把握ということが考えられてきたわけなんですけども、残念ながら、それが思ったように展開できないということが現状としてあります。

全般的に非常に信頼性ということに重点を置かれて開発されたために、例えば可搬型モニタリングポストについては、実際に可搬は可能なんですけども、これ、新潟県で試験されてる例なんですけども、実際に可搬するとなると、こういう大がかりな移動のための作業が必要になったり、あるいは、1台当たりの値段が比較的高価でして、台数が整備できないことから、思ったように面的な展開ができないということ。さらに、実際に災害とかが起きた場合に、例えば停電とか、輻輳とか、あるいは通信タワーとかの倒壊とか、そういったことによって、せっかく集めたデータがうまく収集できないというようなこともしばしば起きたりします。あと、北海道なんかであったようなブラックアウトのときにどういうふうに対応するかとい

うことについては、少し想定がまだ十分なされていないというのが現状であります。その結果、生活圏の中での面的なモニタリングというのがうまくいくかということ、なかなか十分展開できず、そして、特に初期の被ばくなんかを的確に把握するために必要な核種同定の情報なんかも十分収集できないというのが現状ということになっています。

そこで、我々がこれまで開発してきましたKURAMAを応用して、その辺りを補完、そして強化するというようなことができないかというふうに提案したわけです。例えば可搬型モニタリングポストについては、KURAMA-IIを活用して、本当に可搬型が可搬型と言える、容易に持ち運びができるものを開発しよう、そして、相応の稼働時間で核種評価などに必要な情報も収集できるようにしよう。そして、もう一つ、今回の一つの大きな試みとして、そのKURAMAをさらに小型化して、そして、最近IoT技術の進展で出てきましたSingleboard Computerを活用して、ある程度耐久性に目をつぶって、そのかわり、数を十分増やすことできめ細かな生活圏内のモニタリングをしようという、そういうアイデアを実践しようとしています。

そして、これらの新しいそういう補完、体制強化のためのツールを有効に機能させるために必要な自律型のネットワークですね、従来の衛星通信とか携帯回線だけに依存しなくて、なおかつ機動的に展開されたこれらの測定器を柔軟に結んでいけるような、そういうネットワークの技術を確立しようということです。こういうのを使うことによって、例えば既存網がだめになったような状況でも、その自律型ネットワークをうまく活用することで、まだ生き残っている残存既存網まで何とか通信を到達させて、必要なデータを収集させるというようにできるようになって、従来のモニタリングの難しかったところをうまく補完できるのではないかというふうに考えています。

ということで、ここをまとめますと、今回の研究というのは、従来のモニタリング体制の弱点であるところをうまくこれまでの技術進展で補完してやろうということで、まず、従来のスキームがより確実に展開できるようにするための可搬型モニタリングポストの開発、そして、生活圏でよりきめ細やかな展開ができるような超小型KURAMA-IIというものを開発すると。これらを有機的に結んで、必要なデータをきちんと収集するための自律型ネットワークというのをきちんと整備しようということで、それらが実現することで、既存のシステムのモニタリングの能力というのを十分に発揮しつつ、さらにきめ細かいデータが収集できるようになるというふうに考えています。

これらの全ての測定器において、一定の放射線の計測能力を確保する必要がありますので、

今回はKURAMA-IIで採用しているCsIとMPPCの組み合わせでつくった検出器を全ての放射線モニタリングポストや超小型KURAMA-IIで採用することにしています。これは、MPPCというのは半導体でありながら、低いバイアス電圧で高い増倍係数が得られるということや磁場の影響を受けにくかったりしている、そして、非常に機械的にも堅牢につくれるというメリットがある一方で、最近の光継続技術の進展で非常に著しい価格低下が発生していて、モジュールとしても非常に安価に供給されるようになってきているというメリットがあります。そして、このMPPCという実効素子の特徴として、ちょうどCsIの発光の一番大きな辺りにMPPCの感度が最大になるところがあって、このMPPCとCsIの組み合わせというのは、放射線計測の上でも非常にメリットが大きいということで、これを何とかうまく活用することで、今回の可搬型モニタリングポストや超小型KURAMA-IIを整備していきたいなというふうに考えています。そして、可搬型モニタリングポストについては、従来のKURAMA-IIで使っているものと同様のものを使うんですけども、超小型KURAMA-IIについては、やはり超小型を狙いますので、AD変換ですね、放射線の検出をした後の信号処理の部分で、何とか最適化を図って、より小型化、軽量化、あるいは性能の改善とかいうのができないかということを探りたいというふうに考えています。

それを2年間で実践することにしておりまして、大きく分けまして、初年度はこころの基本的な検証の話、基本的な製作、設計、それから調査の部分が進みまして、2年度がそれらをもとにした実際のフィールドテスト、それから、最終的な運用方法の検討などといったところに分かれています。今年度の到達目標としては、モニタリングポストについては、試作機を完成して、現地試験に着手できること、それから、自律型ネットワークについては、どのような規格が今、利用可能かということを確認して、有望な規格についての試験に着手できることというのが今年度の目標です。それから、超小型KURAMA-IIについては、従来のKURAMA-IIのソフトウェアをSingleboard Computerへ移植すること。それから、超小型KURAMA-IIに適した信号処理方法を実装した検出器の開発を進めるということになっています。

これから、その各要素についてそれぞれ説明していきます。まず、可搬型モニタリングポストなんですけども、これ見ていただいてわかるとおり、これが従来の新潟県でやってらっしゃる例なんですけども、それに比べて、我々が今回開発したKURAMA-IIベースのものは非常に小型になりまして、片手で持てるサイズまで小さくしています。別に我々、特に工夫したというわけではないんですけども、基本的には内部はKURAMA-IIそのものでして、そして、こここのところにあるのが通信モジュールで、これが従来のものに比べて低消費電力、かつ、

いろいろな規格に対応できるようなモジュールに変えたことで、従来のものに比べても低消費電力になって、さまざまな通信規格に対応しやすくなっているという特徴を持っています。これを、屋外に電気装置などを設置するための防水型のケースに入れたものというふうになってまして、非常に小型軽量かつ耐天候性も一定の確保をしているというふうになっています。

そして、検出器については、現状では、結晶の比較的大きなものをつけていますけども、C-12137シリーズであれば、電氣的に互換ですので、適切なものを交換して、幅広い線量率に対応することもできるようになっています。

これを今年度製作しまして、現在のところ、製作が完了して、福島県、それから熊取町、そのほかの場所で実証試験を開始しています。現状、まだ電力消費などの最適化は終わっていないんですけども、小型の市販されているリチウムイオンのバッテリーで連続50時間程度の稼働は可能になっておりますので、今後、中のプログラムの消費電力とかの最適化とか、運転方法の最適化を図ることで、もう少し延ばしていくことなどを考えていきたいというふうに考えています。それから、実際に可搬性が非常に上がりましたので、様々な設置条件が想定されますので、我々がこれをいろいろな環境に持って行って、そして、実際の空間線量率の測定などをほかの手法と比較したり、あるいは標準場での測定を行うことによって、この可搬型モニタリングポストの特性というものを明らかにして、そして、実際に適切な運用ができるような、そういう指針というのを今後整備していきたいなというふうに考えています。

そして、超小型KURAMA-IIなんですけども、こちらはSingleboard Computerを採用すると言いましたが、今回採用するのはSonyが最近リリースしましたSpresenseという、そういうSingleboard Computerになります。これは、非常に低い消費電力と、あと、高度な電力制御技術を持って行って、長時間の連続稼働、低消費電力でも長時間の連続稼働を可能にしています。それから、信号がハイレゾオーディオなどに対応するというのもあって、非常に高いアナログ信号処理能力を持っていて、従来の放射線のAD変換などにも十分対応できる変換能力を持っているということで、非常に有望なボードであると。それから、拡張ボードでさまざまな通信規格に対応できるモジュールが供給されていますので、先ほど言った自律型ネットワークなんかへの対応も非常に良いだろう。そして、ボード本体だけで幅広いGNSS、GPS、みちびきといった高度な測位にも対応できますので、ある意味我々がKURAMAでいろいろ苦労して開発してきたものの大半がこの中に実装されていると。しかし、Singleboard Computerですので、耐久性とか、そういうところがいま一つですので、そこら辺りの妥協を

して、これを採用して数を増やそうというものが今回の計画になります。それで、検出器はCsIとMPPCの組み合わせですが、先ほど言ったとおり、高い信号処理能力がありますので、こちらにありますシェーピングアンプから出てくるパルス信号ですね、いろいろ単純に生で出してくるもの、それから、ピークホールドである程度ピーク値を保持したもので出してある、あるいは、こちらのほうにADボード、AD変換ボード自体をもう入れてしまっ、従来のKURAMAを採用している検出と同じように、デジタル化した信号を送ってやるとかいう、幾つかの出力を実装した試作機を用意しまして、どういうふうな取り合いをするのがいいのかということの評価できるようにしたものを今、試作しておりまして、これとの取り合いを検討しているところです。

そういうことで、開発の現状なんですけども、今は通信とか、測位とか、そういったような個別の技術については概ね完成しているんですが、先ほどから言っております放射線計測の部分の最適化ということで、どういう取り合いをするのがいいのかということ、Sonyの担当者の協力を仰ぎながら、今、回路の最適化とか、あと、信号処理の最適化について、いろいろソフトとハードの面から検討を進めているところです。そして、そこら辺りが終わったところで、最終的に量産的なCsI検出器と結合しての超小型KURAMA-IIという形でまとめたいというふうに考えています。

最後に、自律型ネットワークなんですけども、こちらは、これらの可搬型モニタリングポストや超小型KURAMA-IIを柔軟に展開できるような特性を持っている必要があるということで、そういうものを探してみるということを今年度行いました。その特徴としては、数百mの到達距離、数百bytes以上の転送量、自営網ができること、中継ができること、動的に良好な伝送経路を選択することということなんですけども、こういう特徴を考えたのは、要するに超小型KURAMAや可搬型モニタリングポストを展開したときに想定される設置間隔で安定したデータ通信ができること。それから、調査対象の生活圏などで機動的に展開できるようにするために、従来の通信事業者に依存したエリアの拡張ということではなくて、例えば中継機能を使って、自分たちだけで必要な場所へのエリアの拡大を図ったり、あるいは、そういうふうにして図った後、エリアを拡大した後、そのエリアが安定して維持できるように、途中で状況が変わって通信ができなくなっても、かわりの経路を見つけて、そして、最適な通信を確保して、通信を継続するというようなことができる、そういうような機能を持っていることが望ましいと考えたわけです。

そういうような観点から選んだ規格が2つありまして、一つはZETAと言われるもの、もう

一つはWi-SUN FANと言われるものです。ZETAのほうは、これは既に市販技術として実用化されていますが、概ね我々の要求を満たすものの、データの転送量だけが若干低いということで、このままでは少し使いづらいという欠点があります。その一方、Wi-SUNのほうは、そこから辺りは全てクリアするんですが、今まさに市販モジュールが出ようとしているところで、実際の評価にたえられるものがまだ現状では手に入っていないというところではあります。

現状では、実証試験ということで、入手可能なZETAのほうについて評価を行ったんですが、東京の都心部のオフィス街で実際に超小型KURAMAの試作品と組み合わせて、上がZETAのモジュール、下がKURAMAのモジュールで、これを組み合わせたものを実際に持ち出して市街地で通信を行いました。基地局との間が1kmぐらいでも十分、データを転送できること、そして、ビル陰などでは、不感地帯が発生するんですが、ここにあるような手持ちのこういう簡単な中継器を設置するだけで、そういう不感地帯が容易に解消できること、そして、これらの直接通信か中継器を使うかは動的に選んでくれて、我々が何もしなくても最適な通信が維持できたということを確認しております。

今後は、これをより実践的な環境で展開したいということで、この3月に島根県のほうの御協力をいただいて、既設されているモニタリングポストの間でこういう通信が実際に展開できるかということを検証させていただこうと思っています。それから、Wi-SUN FANのほうについても順次展開をしていきたいと思っています。我々としては、このWi-SUN FANのほうに本命だと考えていますので、ぜひこれがリリースされるのを待って、リリースされ次第、展開したいと考えています。

本年度の成果については、国際会議1件、国内の学会、それから研究会、あと、一般向け講演で発表しております。国際会議ではポスター発表ではあったものの、デモンストレーションとか、実際の実演をしてもいいということで、特別な時間を割り当てていただいて、大変注目を浴びています。特に面的な展開というところに非常に興味が集まっております。一般向けも、非常にそういう小型のKURAMAというのが大変関心が高く、教材への応用とか、もっといろいろ考えるべきだという、そういう提案もいただいています。

以上をまとめまして、自己評価なんですけども、若干諸々の事情で開始が遅れましたが、概ね当初の計画どおり遂行しているというふうに考えています。モニタリングポストについても、試作機が完成して、実証試験に入っていますし、超小型KURAMAについても概ね検出器、それから、ソフトウェアの移植についても順調に開発していると。それから、ネットワークについても選定が終わって、ただ、一つの有望な規格がまだ市販品が出ていないということ

で調査が少し遅れているというところがあります。成果発表については、当初予定した以上の一般向けのそういう成果発表の機会も得られましたので、積極的に発表したということで、当初以上の期待する成果が得られたのではないかというふうに考えています。

次年度についても、計画どおり進行していますので、当初計画に従って進めたいと考えています。以上です。

○石川教授 ありがとうございます。

それでは、ただいまの御報告につきまして、御意見、御質問等ございましたらよろしくお願ひいたします。

二ツ川先生、お願いします。

○二ツ川評価委員 モニタリングポストは非常に重いので、可搬型のものを開発したというのがよくわかったんですが、超小型KURAMAというのは、この目的としては何をしたくて、要するに先ほどの最後の説明だと、普通の方々に持っていただくために開発しているのか、また、通信するというんだったら超小型じゃなくても良いですし、開発目的がいまいちわからなかったんですが。

○谷垣氏 この超小型KURAMA-IIというのは、従来のモニタリングではもう一歩届きにくかった部分に、当初、私たちの当初の展開としては、ある程度専門の知識を持たれた方が例えば学校に置きたいとか、そういったような要望に対して柔軟に対応できるように超小型KURAMAというのをつくりたいと。そして、それにバッテリーを抱かせておいて、例えば1週間ぐらい、そのバッテリーで連続稼働してくれると。そのまま置きっ放しで置いておくと、いずれバッテリーは尽きてしまうんですけども、そういうようなとりあえずの展開をしておいて、その後、本格的なモニタリングなんかを必要な機材とか、そういうのを整備して、そしてやっていくための、そういう初動のときに柔軟に展開できるという意味で、可搬性とか小型化とか、そういうことを重視した機材というのを開発しているという、そういう考え方なんです。

○二ツ川評価委員 初動のときに、各研究者が使用するというわけじゃなくて、そういう何か拠点のところに置いてもらって、そのデータを吸い上げるということでしょうか。

○谷垣氏 そういふところ辺りの判断はいろいろな条件で分かれると思うんですけど、そのときにこうするべきであるというよりは、そのときの使い方を柔軟に考えてもらえるように、置きたいところにできるだけ置いてもらえるような小型のものをつくりたいと。そのためにある程度数も必要ですし、小型化しておかないと、小型で安価につくっておかないと、なか

なか数を展開して好きなところに置いてもらうということもできないだろうということで、その分、信頼性を落としますけども、機動性とか、展開しやすさを重視したものにしているということです。

○二ツ川評価委員 ただ、まとめの中で、やはり今後どういう使い方があるかというのをきちんと出していただかないと、何か皆さん、どうぞお使いくださいといってもなかなか使えないかなと思うんです。

○谷垣氏 おっしゃるとおりです。我々としては、緊急時の迅速な展開というのと、それと、今、言ったようなニーズに応えるような柔軟な使い方というのを想定しておりまして、そこから辺りについては、来年度の計画の中で実際の展開の仕方という例示ができるようにしたいと考えています。

○石川教授 そのほか。

鈴木先生、お願いします。

○鈴木評価委員 おもしろいアイデアで、通信網が途絶えたとしても、この自律型のネットワークが組めて、そこで情報収集が可能というのはすごくおもしろいアイデアだと思います。問題は、そうすると、それぞれの機器の持続時間とか堅牢性、信頼性、その辺りになるんだと思うんですね。先ほど可搬型に関しては50時間という、少し短いかなという気もしました。超小型KURAMAはどのぐらいの持続時間でしょうか。

○谷垣氏 可搬型については、50時間は今現状でとりあえず試作機が達成しているところで、これからチューニングを図るので、さらに延びることは予想されています。最終的には1週間程度まで持っていきたいというのが今の我々の考えです。それから、超小型KURAMAについては、試作機のレベル、先ほど通信の試験でお見せしたものがあったと思います。試作してみたものを使ってみたところ、非常に消費電力が低くて、市販のモバイルバッテリーが自動的にオフになってしまうぐらい消費電力が低いということで、もう多分市販のリチウムイオンバッテリーの容量であれば、もう10日間とか、そういうレベルではなくて、もっと長い長時間運転できるのではないかというふうな見込みは立っています。

○鈴木評価委員 そうすると、あとはネットワークの通信のほうの堅牢性とか信頼性、そこが担保されてくると結構、ある例えば1週間とかいうような範囲ではいいシステムができるというような提案になるんだと思うんです。何かその辺りをしっかり押さえていくと、現実的に使えるような提案になるのかなと思って聞いてました。

○谷垣氏 この辺りは、実は、通信モジュールとかを提供してくれるメーカーもやはりそう

いうことも考えておられまして、年単位で、例えば水道メーターとかで長期間、10年ぐらいの間、継続してデータを送るような、そういうような需要を想定して、ネットワーク構築できるようなモジュールというので開発されているので、例えば我々が例えば1カ月、2カ月ぐらいこういうのでネットワークを運用しようといったときには、むしろそういうモジュールの特性からいうと、短期間の一時的な運用的な、非常に安定して通信ができそうだというのが今のところまでの企業と我々の試験の感触ではあります。

○石川教授 ほか、ございますでしょうか。

では、小田先生、お願いします。

○小田評価委員 先ほどの質問と同じなんですけど、つまり、私も自律型ネットワークをつくるというのはいいと思う、おもしろいと思うんですけども、それと小型、測定器を小型化するというのは、関係が少しよくわからないんですけども、例えばそのために、少し大きめのサーベイメータでも、もし稼働時間が長ければそのネットワークの中へ組み込めるわけで、素子を小型化するというものとの関係が少しはっきりしないのが一つ。もう一つは、モニタリングポストもそうですけども、通常の場合はもちろん雨だけじゃなくて、温度の保証とか、いろいろなことがあるので、少し大きくなってしまいうんですが、このつくられた可搬型モニタリングポストは、そういうことの条件を満たしているのかどうか、普通のモニタリングポストの条件ですね。それと、小型化するということは、素子を小型化してしまうと、感度とのトレードオフが起こると思うんですけども、その辺りをどうお考えなのかということをお説明ください。

○谷垣氏 まず、可搬型モニタリングポストについては、実は中身がKURAMA-IIと言っていたとおりなんですけど、KURAMA-IIは路線バスなどで温度的には例えばマイナス10℃ぐらいからプラス50℃ぐらいまでのところで運用されているという実績が何年間もありますので、そういう耐環境性については、温度とかについては十分実績を積んでいるものを使っているということ。それから、小型化すると言っている超小型のやつは、実は検出器の部分は従来のKURAMAと同じ結晶を使うと。ただし、その後の電気信号の処理の部分については、超小型のための最適化を図りたいということで、検出器としてはKURAMAと同じなんですけど、そこら辺の後の部分の電気処理の部分で若干堅牢性が落ちたりするかわりに、機動性を極端に高めて、そして、小型のバッテリーと組み合わせることで、少し片手で持って、とにかく置きたいところにまず置いて、データを収集することができる。そのデータは今の自律型のネットワークで集められるということで、そういうことでとにかく一時的なモニタリングのネットワ

ークを展開して、次の本格的なモニタリングの体制の構築を待つというか、それまでのデータの欠損をできるだけ減らすというようにところに注目を置いているということです。

○小田評価委員 だとすると、小型化というよりも、例えば省電力化とか、そういう表現のほうが合っているような気がするんですが、どうですか。

○谷垣氏 そういう意味でも、従来のモニタリングポストのこの可搬型のでもそうなんですけど、これでもまだ依然としてある程度バッグぐらいの大きさがあるんですけど、今回狙っている超小型というのは、まさに片手に乗る大きさというんですかね、それぐらいで本当に小さい手で握れるぐらいの大きさのものまで小さくしていこうということで、少しそこら辺りで、こちらはある程度信頼性を確保しつつ、小型化しているんですけど、こちらは信頼性に少し目をつぶって、とにかく数を増やして、展開して、初動のある程度の期間のモニタリングを維持することを考えるというふうに、少し狙いをすみ分けているところがあります。

○石川教授 吉田先生、お願いします。

○吉田評価委員 そうしますと、この資料の中で、最初の研究目標において、バッテリーの駆動で10日間と書いてあるのは、これは実際には連続稼働で50時間以上ということなんですね。理想的には1週間もつようと。

○谷垣氏 一応、少しそこら辺りは、実はバッテリーの事情というのも大分変わってきていて、それがどこまでいけるかというのは、私たちも技術革新の度合いと少し調整というか、これは評価しながら検討を進めているところで、若干流動的なところがありますが、目標としては1週間から10日程度を何とかして確保したいということを考えています。

○吉田評価委員 わかりました。

それで、電力消費の最適化は現在行っているところであるということで、先ほどのご指摘のように、バッテリーですと、どうしても温度が下がると極端に下がってくるというのがありますので、そのあたりのところを実証試験のときに苛酷な条件で、車の中に置いた場合というのは、やはり車内温度というのがある程度保たれるので。お借りして自分自身でやっていたときに、あっという間に寒い時期というのはなくなるということがありました。そこを少し見ていただきたいのと、それから、バッテリーが、常時測定して常時GPSにつながって常時ネットワークにつながるとあっという間になくなると思います。そのあたりのところを例えば何分測定して、1分休むとか、少しそのあたりののが最適化になると思うんですけども、うまく組み合わせることで、消費電力をかなり抑えるというか、長持ちさせるのはできるような気もいたします。検討していただいて。あと、電力がなくなったときに、データと

いうのは送れないでいるデータというのがどうしても残るじゃないですか、それはどういふふうになるんでしょうか。保持されていて、電力がまた復帰したときに、その分は回収できると。

○谷垣氏 それは、従来のKURAMAと全く一緒ですので、もう電源が復帰するまで自分の中の不揮発メモリできちんと保持して送るということをやります。そして、それはこれまでの運用でも1日とか、2日とか、1カ月、2カ月みたいなものでも問題なく行っているということは確認しておりますので、そこら辺りは従来のKURAMAの実績を見ていただければわかることかなと思います。

○吉田評価委員 わかりました。そのあたりのところを数でこなす、先ほど数で補うというようなことをおっしゃっていたんですけども、幾ら数を増やしても、そこら辺りのところがうまくいかない確率というのが上がってきますと、実際のときに役に立たないということにも結びつくので、ある程度そのところは担保しながら、長期間はもたないけれども、ここはしっかりとやれるというところをはっきりさせながら、構築していただければと思います。

○谷垣氏 それで、そこら辺りを考えまして、可搬型モニタリングポストで高い信頼性という、従来のKURAMAの性能を遺憾なく発揮させることで、高い信頼性を確保しつつ、そういう挑戦的なというか、できるだけ面をカバーしたいというところに注目したときには、先ほど言った超小型のほうを展開することで、若干の欠損はあるかもしれないけど、数でこちらはカバーする。しかし、基幹の部分については、従来はやっていたところは、きちんとこれまでの可搬型モニタリングポストと同じような信頼性を先ほどの手提げレベルの可搬型モニタリングポストで確保しましょうということで、そういうこともあって、少し2つ、あえて違った形にしているというのは、そういうところら辺を狙っているところです。

○石川教授 ほか。

占部先生、お願いします。

○占部評価委員 お伺いすると、可搬型と、それから超小型というのは、主にデータ処理の部分が大きく変わっているだけかなという印象を受けたんですが、この3種類というか、今現在使っている可搬型モニタリングポスト、それから、新たにつくられている可搬型モニタリングポスト、それから超小型、この3種類で得られたデータの信頼性というのについては、変わりはないと理解してよろしいんでしょうか。

○谷垣氏 基本的には、私たちが作っているものは従来のKURAMA-IIと同等のものが保証されるように設計しておりますので、そのレベルで信用していただけるものと考えています。

○占部評価委員 現在の可搬型モニタリングポストというのは、かなりきちっと測るように設計されたり、強さも保証されたりしているんですけども、それに比べたらどうなんでしょうかね。

○谷垣氏 基本的には大きな違いはないと考えているんですが、その辺りについては、次年度の計画に盛り込んでおりますとおり、可搬型モニタリングポストについて、実環境及び標準場での性能の試験をきちんと行って、これをこの研究の中で評価して、報告できる形にして、どれぐらい信用に足るものかということをお見せできればと考えています。

○占部評価委員 ありがとうございます。

○石川教授 申し訳ございませんが、そろそろ次の発表に移る時間となってしまいましたので、申し訳ございません。次の発表に移らせていただきたいと思います。

では、谷垣先生、ありがとうございました。

それでは、次の発表の先生は御準備をお願いいたします。

それでは、続いての演題は、環境モニタリング線量計の現地校正に関する研究ということで、発表者は、産業技術総合研究所の黒澤先生です。よろしくをお願いいたします。

○黒澤氏 よろしくお願ひします。この題目で研究をさせていただいております。

概要ですけれども、現在、全国に設置されておりますモニタリングポストについて、保守点検等をされてはいるんですけれども、なかなか現地で校正をするというのが困難な状況であるということで、より簡便に、また、一部、福島県内では高バックグラウンドの環境下に設置されているモニタリングポストがありますので、そういったところで確実に校正ができるような手法というのを確立したいということで研究を始めました。昨年度と今年度と2年で実施させていただきまして、昨年度は、校正装置の開発、それと、ラボレベル、研究所内での校正の実施ということを行いました。今年度は、実際にその校正装置のほうを福島県内のほうに持ち込みまして、試験を行うということを展開してきました。

研究実施体制ですけれども、我々のところでメインで開発を行っておりまして、実際に現場での作業というのが今年度もうかなり大きかったので、実際に福島県内のモニタリングポストの保守点検等をされております日本分析センターの協力をいただいて、実施をしました。モニタリングポストの製造メーカーにも少し御協力いただいて、保守点検等のデータなどの意見交換などを行ってきております。

では、各それぞれ詳細に説明させていただきたいと思っておりますけれども、まず、この研究を始めた背景ですけれども、やはりかなりの台数のモニタリングポストが設置されていて、保

守点検等もされてはいるんですけれども、なかなか校正というところでは難しいと、現地で校正をするというのが難しいという状況がありました。実際に日本分析センターさんでも現地校正というのは行ってはいるんですけれども、やはりバックグラウンドが高い環境下では日本分析センターさんの手法ではなかなか校正が難しいというところもありまして、我々の研究の目的としては、そういった現地校正が困難なような状況でも校正が確実にできるような手法を確立するというのを目的としております。高バックグラウンド下で実際に校正ができるということですので、あらゆる環境下、通常のバックグラウンド環境下でももちろん使えるような手法になっております。

現地校正がなかなか難しいというところの問題点を少し整理したんですけれども、まず一つは、先ほど言ったように、もうバックグラウンドが高い状況に設置されているモニタリングポストがあるということです。実際に校正するときには何 μ Svというような線量を与えて校正するということになるんですけれども、もうそもそもバックグラウンド時点で数 μ Svあるような状況で校正を行うということになりますと、バックグラウンドのばらつきなども含まれてきて、なかなか正確な校正が難しいというところがあります。もう一つは、モニタリングポストの設置されている状況が様々だということです。写真にもお見せしていますように、モニタリングポストの検出器のそばに通信機器ですとか、あと、ソーラーパネルといったものが設置されていて、従来のその線源を使った校正を行おうとすると、どうしてもこの周辺機器からの散乱線というのが影響を受けますので、そういったところを個々に設置状況に合わせて散乱線を評価するのかということを考えますと、なかなか時間も労力もかかってくる部分になってきます。それに関連するんですけれども、最終的に校正を行うということになりますと、その与えた校正定数の不確かさの評価というのも必ずついてまいります。やはりこの散乱線がどれぐらい影響しているのかという部分の評価というのが、この不確かさの評価の難しいところにもなってきますので、そういった部分を解決するような手法ということで、今回研究を進めてまいりました。

まず、高バックグラウンド下で校正を行うということがありますので、バックグラウンドを下げたいということで、モニタリングポストの検出器部分の周りを覆うような遮へいというのを考えました。あと、もう一つは、その散乱線の影響というのをなくすために、コリメートの状態で校正ができるような照射装置というのも開発しました。

全体スケジュールは、先ほど言いましたように、2年間、昨年度、今年という2年間で進めさせていただきました。これから、今年度、実施した部分について御説明したいと思います。

今年度は、実際に福島県内の高バックグラウンドのエリアで現地校正というのを実施してきました。幾つかポイントがあったんですけども、もう既に今の状況で $1\mu\text{Sv/h}$ 以上の地点ということで、2カ所、場所を選定して実施しました。実際に現地で校正するということがなんですけども、2ケースを行いました。一つは、実際に校正が妥当かどうかというのを確認するために、日本分析センターさんが所有してあります可搬型モニタリングポスト、これを現地のほうに持ち込んで、本研究で開発した手法で、その可搬型モニタリングポストを校正するというを行いました。事前にこの可搬型モニタリングポストは分析センターさんの敷地内で校正していただいております、その校正結果と比較をするというを行いました。もう一つは、この2つの地点に実際にもう設置されておりますモニタリングポストに対して、本手法で校正を行うということを実施しました。

実際の校正結果についてなんですけども、まず、このスライドの結果は、日本分析センターさんが所有している可搬型モニタリングポストの校正結果になります。上の表は、本手法で開発した方法でこの2カ所のポイントについて実際に校正を行った結果になります。2カ所のポイントなんですけども、実際にこのモニタリングポストを置いてバックグラウンドをはかっている状況ですと、この石熊のところで $2.8\mu\text{Sv}$ 、それで、夫沢のところで $3.7\mu\text{Sv}$ というような結果になりました。このモニタリングポストにバックグラウンドを低減するための遮蔽体を設置しましてはかった値が、この $1.5\mu\text{Sv}$ 、 $1.7\mu\text{Sv}$ という結果になってまして、遮蔽効果としてはこれぐらいの50%程度の効果となっております。このようにバックグラウンドを下げた状態で照射を行いました。照射時の指示値としては、このぐらいの $5\mu\text{Sv}$ 、 $8\mu\text{Sv}$ のような線量率で校正を行いまして、得られた校正定数としては1.06、1.07という値になりました。これを実施する1か月前に、日本分析センターさんの敷地内で校正をしていただいた結果なんですけども、校正定数としては1.06という値が得られていまして、日本分析センターさんの校正結果とほぼ同等の結果となりまして、本手法の妥当性というのが確認できたと思っております。

もう一つは、実際に設置されているモニタリングポストについて校正を行った結果になります。同じ地点なんですけども、通常設置されている状況での指示値というのが $1.6\mu\text{Sv}$ 、 $3.4\mu\text{Sv}$ というような値になっておりました。これに検出器部分に遮蔽体を設置しまして、バックグラウンドを低減させて、遮蔽効果としては45%程度となりました。これに対して、校正を行うということで照射したときの指示値がそれぞれの値になっていまして、校正定数としては、石熊のほうは1.09、夫沢のほうは0.85という値が得られました。実際にこのモニ

タリングポストを取り外してラボで校正するというのはできなかったのですが、これが本当に正しいのかどうかというのは、少しダイレクトに比較はできないんですけども、この調査を行った2週間ぐらい後に、メーカーによる定期的な点検というのが行われて、その結果も少しいただいて、どうだったのかというのを確認しました。

このメーカーの誤差というところは、与えた線量に対して指示値がどれぐらいになっているのかというところを示しており、この石熊のモニタリングポストですと-8.1%ということなので、指示値が少し小さく出てたという点検結果になっております。なので、校正定数、我々の校正定数が1.09ということなので、指示値に対して実際はもう少し上げなきゃいけないよというような校正定数になお、傾向としては似てるのかなと思っております。夫沢のほうも、この点検結果が+6.7というような点検結果になっていまして、これは指示値としては少し大きめに出ているというような結果になっています。

我々の校正結果を見ますと、もう少し大きいずれが確認はできているんですけども、傾向としては、同じように0.85ですので、少し指示値が大きく出ている、校正定数としては0.85という値を掛けると、より近い値になるだろうというような結果になっており、このメーカーによる点検結果というものと傾向としては同じようなことになっているのかなというふうに確認しております。

あと、実際にこの校正を行ったときの不確かさ評価ということで、各不確かさの要因とそれぞれの不確かさを評価しまして、最終的に相対拡張不確かさ(k=2)で6%程度という結果になりました。実際に私もこの不確かさの評価をしてみて、コリメートした線源で校正をしているということで、散乱線の影響というのを考慮せずに評価できるという部分が一つ、大きな利点かなというふうに考えております。実際にこの散乱線の影響というのをどれぐらい考えられるのかというところで、少し実測は難しかったので、さまざまな条件のシミュレーションで評価してみたんですけども、やはり条件によってかなりばらつき、散乱線の影響としては、ばらつきが出てきます。校正するときを使う線源をより検出器のそばに置いてやればダイレクトの線量というのはかなり大きくなるので、散乱線は無視できるようなレベルと相対的に見ることはできますが、ただ、ある程度少し距離を離して校正を行うということになりますと、やはりダイレクトの分が減る分、散乱線の影響というのが少し大きく見えてくるというところで、影響には幅が出てくるんですけども、シミュレーションした結果では2%から10%程度、幅があるだろうというふうな結果が得られました。なので、実際にこの校正を行って不確かさを評価すると、やはりこの散乱線の影響をどれぐらい考えたら

いいのかというのは、一つ大変な部分にはなってくるので、その点、本手法だとより簡便に不確かさの評価というのが行えるだろうというふうに考えています。

最後に、まとめた結果ですけれども、先ほどの結果報告と重複してしまうんですけれども、高バックグラウンド環境下でも正確に校正が行えるということを確認しまして、バックグラウンドの低下の目標としていた1/10というところまではいかずに、半分ぐらいのバックグラウンドの低下となりました。バックグラウンドの割合としては、照射時の線量の1/4~1/5というような部分まで下げることができました。あと、従来法、日本分析センターさんが行っている校正手法に比べて、大幅に校正時間というのは短縮できておりまして、より利用しやすい手法になっているのかなというふうに考えております。また、やはり不確かさの見積もりも容易になったというのがユーザーにとっても使いやすいのかなというふうに考えております。

自己評価ですけれども、概ね計画どおりに行えまして、何件か、国際学会等で発表することもできました。以上になります。

○石川教授 ありがとうございます。

それでは、ただいまの御報告につきまして、御意見、御質問等ありましたらよろしく願います。

二ツ川先生、お願いします。

○二ツ川評価委員 現地に設置されているモニタリングポストの校正のときに、メーカーによる点検というのがあったと思います。これは現地でやった点検ではないんですか。

○黒澤氏 現地で行われた点検で、治具を使って同じ線源をある離れた距離に設置して、指示値を見て、これぐらいの範囲に入っているというのを確認するというような点検だったかと思います。

○二ツ川評価委員 すみません、メーカーで点検ができていんなら、あえて今回のこれとの相違というのは、どこが異なるんでしょうか。

○黒澤氏 定期的に点検していただくというのは大事かと思っていますんですけれども、この点検で値が外れてきた場合には、調整ということも入ってくるのかなと思っています。やはり機器の調整を行った後というのは校正をしていただきたいというのがありますので、今回の手法としては、そういった日々の点検で値が少し大きくずれてきて、調整を行った後に、もう一度、値というのが正しいかどうかというのを校正していただくということで、この手法を使っていただきたいなというふうに考えています。

○二ツ川評価委員 メーカーの点検の手法としては、あまり信頼がおけなくて、これは信頼がおけるという意味なんですか。

○黒澤氏 はい、そうですね。このメーカーによる点検に実際に私も立ち合っ、どういった作業をしているのかというのを見たわけではないので、詳しくはわからないんですけども、点検、同じ位置に線源を置いて、出力がどういうふうに変動しているかというのを見ているものなので、例えば、この線量率とって与えられたものも本当にきちんと線量率というのが評価されているのかどうかというのも少し確認できてないところで、ただ、同じ位置に同じ線源を置いて指示値を見るというのは、機器の管理の手法としては一つあるかと思っています。もう単純に半減期を補正してやれば、最初に設置して、そのときの出力を見ておいてやって、それが半年後、1年後、どう変化していくのかというのを見ていくことになるかと思うので、そういった部分でメーカーは点検していただいているかと思っています。

○古田中部事務所長 すみません、少し補足なんですけども、再現性を確認するというのは点検校正、確認校正というふうに呼ばれているんですけども、詳しく言うと、ISOの世界では、それは誤差の評価がきちっとされてないので、校正とは呼ばないそうです。そのためには、先ほど先生が後ろのほうでお示しになったいろんな項目で誤差評価をした上で値づけをするというのがISOで求めている校正ということで、今回はそれを一歩でも近づけるようにということが大きな目的なわけです。だから、メーカーでやられていて、機器が変化ないと確認するのはもちろん重要なんですけども、校正という立場から見ると、ここまで本当はしなればいけないというところが違うということになります。

○石川教授 吉田先生、お願いします。

○吉田評価委員 現地での校正を石熊と夫沢でされているんですけども、半分ぐらい遮蔽による効果があったということで、当然ながら、照射する値をどんどん増やしていけばいいかもしれないんですけども、現実的なラインとして、空間線量率がどの数値まで適用ができるというふうにお考えでしょうか。あるいは、それについてのデータというのがもう既にとられているのであればお教えてください。

○黒澤氏 バックグラウンドとしてどれぐらい高いところまでいけるのか、実際にここまでというのを検証はしていないんですけども、我々が実際に今回現地で校正した感覚で、バックグラウンド及び照射時のばらつきということで、0.4%というので計上しています。このばらつきですが、実際に我々が校正を行ったとき、バックグラウンドに対して照射してる値は3倍～4倍ぐらいの値で照射してますので、これぐらいのばらつきの範囲で校正できた

いうのは今の時点では言えるんですけども、実際にどのレベルまででいけるのかというのはまだ今の段階で検討してなかったの、最終的な報告書のほうに検討した結果を含めたいなと思います。

○吉田評価委員 今、現在の値ですと、この辺りが高いと言っているんですけども、当然ながら、事故から1年、2年の辺りというところと10 μ Svとかという数値がいたるところに見えていたということもあるので、そのあたりが報告書のほうに書かれていただけるとありがたいです。よろしくをお願いします。

○石川教授 ほか。

鈴木関係、お願いします。

○鈴木評価委員 補助遮蔽体の設計のところ、当初は1/10を目指していたのが、実は1/2にしかなってなかったって、この理由の原因は何だったのか、そして、それは改善できる見込みが十分あるのか、その辺りのコメントをお願いします。

○黒澤氏 単純に鉛厚2cmで、¹³⁷Csの662keVが十分遮蔽できるだろうというふうに考えていたんですけども、どうしても検出器の部分を覆っているのがある程度大きさがあるので、下方向から入ってくる部分というのが、今回の遮蔽では遮蔽できていない状況になっています。特にこの今試験を行ってきた環境だと、周りは除染されてない状況になっており、モニタリングポストの直近も線源があるような状況になっていますので、そういった部分で少し下からの寄与というのが今回の遮蔽では十分できていない状況になりました。なので、当初の見込みからは少し遮蔽率というのが小さくなったようになっています。

○鈴木評価委員 将来、改善するというようなことは期待できるのでしょうか。

○黒澤氏 そうですね、本当に例えば10 μ Svとか、そういった部分で、本当に校正していきたいというところを考えると、ある程度やはりバックグラウンドを下げなきゃいけないということが考えられますので、可能性としては、モニタリングポスト、土台があって、1枚鉄板が引いてあって、その上に設置されているというような設置のされ方になっていますので、下の部分に空いている空間があります。なので、そこの部分に補助的に、もう下に遮蔽体を置いてしまうということで、低減はできるのかなというふうには考えてます。

○石川教授 ほか。

では、占部先生、お願いします。

○占部評価委員 この手法の妥当性を調べるために、2つの場所で測定された後、それから、あとは、分析センターで比較されたデータありましたけど、この中で、不確かさという言葉

と、それから、誤差という言葉が混在しているんですが、不確かさというのは、確か正しい値はないので、その広がりをもって確かさを表すというふうな定義だったかと思います。そうすると、この不確かさの意味合いと、それから、誤差はトレーサビリティのある国家標準とのつながりで、それからの値のずれだというふうに思うんですが、そういう意味合いからすると、ここに出されている校正定数というのは一体どういう数値なのかということについて少し説明をお願いできればと思うんですが。

○黒澤氏 すみません、この報告の中で、誤差と言って示したのがこの部分かなと思うんですけども、メーカーのレポートの値をそのまま引っ張ってきてはいるんですけども、彼らのところでは、点検の度に同じ線源を使って、半減期補正をして、真値というのは半減期からここだろうというのを求めて、それに対してどれぐらいずれているのかというのを、この誤差というところで示しています。ただ、それ以外の表の部分の校正定数、私たちが今回の試験で行った校正定数ですとか、あとは分析センターが行った校正定数に対しては、不確かさという値で、この校正定数がどれぐらい確かなのかというのが示されています。

○占部評価委員 それが不確かさですよ。

○黒澤氏 はい。

○占部評価委員 その1.06という、その基準になる値というのはどこでどういうふうにとられたのかなと思って、少し教えていただければと思います。

○黒澤氏 すみません、分析センターでこの校正定数というのを値づけられたのが彼らのところの基準電離箱、大型の基準電離箱を持っています。これは我々のところにトレーサブルな基準電離箱になっていまして、実際に基準電離箱とモニタリングポストを2つ並べて、この検出器の上に線源、1.5mの位置に線源を設置して、基準電離箱のちょうど真上に置いて、照射したときの基準電離箱の出力を見て、その基準電離箱の出力値から何 μ Svという値を求めて、その線源を横にずらして、今度モニタリングポストの真上に設置して、出てきた指示値に対して、この基準電離箱で求めた線量率から校正定数というのを求めています。

○占部評価委員 わかりました。トレーサブルな数値を基準にして、それに対して得られた値を校正定数とされたということですね。

○黒澤氏 はい。

○占部評価委員 わかりました。

○石川教授 ほかほございますでしょうか。よろしいですか。

そうしましたら、黒澤先生、どうもありがとうございました。

それでは、このセッションはこれで終わりにしたいと思います。ありがとうございました。

○田中企画官　ありがとうございました。

それでは、評価委員の先生方は課題の評価をお願いいたします。

以上で、昨日及び本日において個別の採択課題の12課題、さらにネットワーク事業の2課題を合わせまして、計14課題について報告及び質疑が終了いたしました。この後に開催いたします研究評価委員会におきまして、それぞれの課題の評価を取りまとめいたします。この取りまとめ結果を踏まえまして、研究推進委員会において継続課題の検討が行われることとなります。

最後になりましたが、研究評価委員会委員の皆様、プログラムオフィサーの皆様、また、フロアの皆様におかれましては、活発な御議論と円滑な進行に御協力いただきましてありがとうございました。

以上で放射線安全規制研究戦略的推進事業、令和元年度研究成果報告会を終了いたします。ありがとうございました。