

令和2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3年2月15日（月）9：55～16：49

2. 場 所 原子力規制委員会 13階 会議室B、C、D（ウェブ）

3. 出席者

外部有識者

研究評価委員会委員（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

二ツ川 章二 アルファ・タウ・メディカル株式会社 Radiation Safety Officer

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（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

古田 定昭 株式会社ペスコ 中部事務所長

研究代表者（発表順）

吉村 崇 国立大学法人大阪大学

放射線科学基盤機構附属ラジオアイソトープ総合センター 教授

松村 宏 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構

共通基盤研究施設 放射線科学センター 教授

高橋 史明 公立研究開発法人日本原子力研究開発機構 安全研究・防災支援部門

安全研究センター リスク評価研究ディビジョン

放射線安全・防災研究グループ 研究主席

谷垣 実 国立大学法人京都大学 複合原子力科学研究所
 粒子線基礎物性研究部門 核ビーム物性学分野 助教

永田 高志 国立大学法人九州大学大学院 医学研究院
 先端医療医学講座 災害救急分野 助教

富永 隆子 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 量子医学・医療部門
 高度被ばく医療センター 放射線緊急事態対応部被ばく医療グループ
 グループリーダー

平尾 好弘 国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所
 海洋リスク評価系 システム安全技術研究グループ 上席研究員

敷藤 由美子 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 量子医学・医療部門
 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
 グループリーダー

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

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

平瀬 友彦 放射線防護企画課 被ばく医療防災専門職

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2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2年度研究成果報告会 プログラム

議事

○高山企画官 定刻となりましたので、令和2年度研究成果報告会を開催いたします。

本日は、研究評価委員会の委員の皆様、プログラムオフィサー、研究代表者の皆様におかれましては、大変お忙しい中、御参加いただきまして誠にありがとうございます。

私は、本日の司会進行役を務めさせていただきます放射線防護企画課の高山でございます。どうぞよろしくお願いたします。

本報告会でございますけれども、新型コロナウイルス感染症対策のために、本日はWEB会議システムによる開催とさせていただいております。インターネットでの中継、公開をさせていただきます。

それでは、研究成果の報告に先立ちまして、原子力規制委員会を代表して伴委員から一言、御挨拶をお願いいたします。

○伴委員 おはようございます。原子力規制委員会の伴でございます。開始に当たりまして、一言御挨拶を申し上げます。

本日は、年度末のお忙しい中、お時間を取っていただきましてありがとうございます。

この放射線安全規制研究戦略的推進事業でございますけれども、規制ニーズにマッチした研究活動を積極的に展開していただくために、平成29年度から開始いたしました。今回が報告会も4回目ということになります。

当初は、こちらからかなり細かい重点テーマを設定いたしまして、具体的にこういう研究をやっていただきたいのだという形を取りましたけれども、2年目からは、規制ニーズということは意識しながらも、幅広に研究者側からの提案を受け入れるような形を取ってまいりました。

本日御報告いただく研究課題は、いずれも後者のものが多くなっております。その意味で、規制ニーズにマッチしているか、最終的に規制に役立てることができるかという視点は引き続き重要なのですけれども、研究者側の発想、提案を規制に結びつけていくための建設的な御提案をいただければと思っております。

評価委員会の先生方には、2日間にわたりまして御負担をおかけいたしますけれども、どうかそういう点で、よろしくお願いたします。

○高山企画官 続きまして、本研究成果報告会の趣旨に関して申し上げます。

本研究成果報告会は、放射線安全規制研究推進事業に採択されております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ておりますネットワーク事業の採択課題の研究の一環といたしまして、年度ごとに、その研究成果を発表いただく場となっております。

詳細については、本日の参考資料1を御覧いただければと思います。

続きまして、本日御出席いただいております研究評価委員会の委員でございますけれども、まず、神戸大学の小田先生でございます。

続いて、株式会社アルファ・タウ・メディカルの二ツ川Radiation Safety Officerでございます。

続きまして、福山大学の占部先生でございます。

そして、東北大学の吉田先生でございます。

○吉田評価委員 よろしく申し上げます。

○高山企画官 続いて、国際医療福祉大学クリニックの鈴木先生でございます。

どうぞよろしくお願いいたします。

次に、本日の個別の成果報告などの進め方に関して御説明いたします。

各課題に割り当てられております時間は、令和2年度に終了する課題が合計40分間、令和3年度に継続する課題が合計30分間とさせていただきます。このうち、質疑応答にいずれの課題も10分程度、そして、研究評価委員会の委員による評価表の作成及び発表者などの交代に約5分間程度を充てるものといたします。

よって、発表の時間は残りの約25分程度となっております。その25分以内に御発表をお願いいたします。

なお、発表につきましては、スライドを使用せず、事前に配付しております資料2、令和2年度研究成果報告会 研究代表者発表資料に沿って御説明をお願いいたします。

なお、本資料につきましては、原子力規制委員会のホームページにおいて、公開させていただきます。

そして、質疑応答でございますけれども、評価委員会の委員、それから推進委員会の委員、いずれからも御質問いただくことは可能でございますけれども、時間が限られていることがございますので、申し訳ございませんが、評価委員会の委員の質問を優先させていただきたいと思っております。

また、WEB会議を用いて議事を進行する上で、幾つか御注意いただきたい点がございませぬので申し上げます。

まず、御質問など御発言される際には、カメラに向かって挙手をお願いしたいと思います。その際、このWEB会議のシステムのビデオをオンにさせていただいて、手を挙げていらっしゃる事が分かるようによろしくをお願いいたします。

そして、御発言ですけれども、WEB会議ということもありますので、普段よりも少しゆっくり目で御発言いただければ幸いです。

そして、ハウリング防止のために、発言をされているとき以外はマイクをミュートの状態に設定いただきますようお願いいたします。

そして、音声聞き取れないなど不具合が発生した場合には、事務局からその旨申し上げますので、申し訳ございませんが再度、御発言をお願いいたします。

以上の点につきまして、御協力をお願いいたします。

なお本日は、発表いただく課題が多くなってございまして、スケジュールがやや詰まっておりますので、ぜひ時間を厳守していただきますようお願いいたします。

それでは、成果報告に移りたいと思います。

まず、一つ目の研究課題でございます。研究課題名は「短寿命アルファ線放出核種等の合理的な安全規制のためのガイドライン等の作成」でございます。発表者は大阪大学の吉村先生でございます。それではよろしくをお願いいたします。

○吉村氏 大阪大学の吉村です。どうぞよろしくをお願いいたします。

それでは、説明を始めたいと思います。

まず1ページ目、下側のスライド、研究全体の概要につきまして説明させていただきます。

課題名ですが、短寿命アルファ線放出核種等の合理的な安全規制のためのガイドライン等の作成になります。

こちらの事業の目的ですが、放射性同位元素等の規制に関する法律に基づく各放射線事業所での短寿命核種の許可使用量を算定する評価についての新しい方法をまとめるためにガイドラインを作成するという事業になっております。

現在、使用の許可を受けるためには、各事業所では、ある決められた飛散率やフィルタ透過率等を使って、モデル計算によって空気中の放射性同位元素の濃度等を評価しています。アルファ線の核種の場合、空気中の濃度が非常に低い数字になっております。そのた

めに、一律で設定している飛散率の数字を使用すると、極めて少量しか使えないということになってしまいます。

一方で、短寿命であれば、短い時間で減衰するということがありますので、より合理的な短寿命核種の安全規制のガイドラインを作成したほうがよいということで、そのガイドラインを作成することといたしました。

こちらの事業に関しましては、2年間の事業になっておりまして、真ん中のところにロードマップを示しています。

今年度の実施状況ですが、新型コロナウイルス感染症対策のために対面の形で会議を開くということができない状況でしたので、機動性を保つためにワーキンググループを作成しまして、ワーキンググループ内で議論したものを作成会議に持って行って調整するという形にいたしました。ワーキンググループの会議は、メールベースにしてやっておりますけれども、随時開催しまして、その後ガイドラインの作成会議を4回実施するというのをやりました。

また、原子力規制庁の放射線規制部門及びP0との打合せを3回実施しまして、ガイドライン及び教育資料につきまして、御意見をいただきました。さらに関係学協会からも御意見を頂戴しまして、それらの意見を踏まえてガイドラインの内容のブラッシュアップを行いました。

教育資料の作成につきましては、日本放射線安全管理学会内にアドホック委員会を設置していただきまして、現在までに教育資料の内容を、検討会議で5回、オンラインで実施いたしました。

これらガイドラインと教育資料につきましては、3月に公開する予定にしております。

本事業の期待される成果でございますけれども、本研究により作成されたガイドライン等は、放射線規制の運用に直接寄与しまして、各事業所の合理的な安全性が担保された状態での短寿命アルファ線放出核種等を使用することが可能になるということになります。

続きまして、2枚目に移ってください。2枚目の上側になります。

こちらは、実施体制についてまとめております。ガイドライン等作成会議につきましては、全体で27名で構成されております。こちらは、アルファ線の核種等を実際に取り扱っている施設の方々や、加速器での短寿命のアルファ線核種の製造を実際に行っているの方々、それと病院の方々や安全管理の専門家並びに企業の方など様々な専門家の方に御参画いただいております。

昨年までアイソトープ協会、現在、大阪大学に所属されております米倉義晴先生、また現在アイソトープ協会所属の畑澤順先生につきましては、アドバイザーとなっていていております。また、PO補佐として、原子力規制庁の放射線規制部門の方々に入っていていております。

また、先ほど申し上げたとおり、ガイドラインのワーキンググループというのを結成しております。規制庁との打合せのときには、ガイドラインのワーキンググループのメンバーの方に御参加いただいております。オブザーバーで、千代田テクノルの中村吉秀先生が入っておりますけども、こちらの中村先生は、昨年度までこの事業のPOをお務めいただきましたので、原子力規制庁との打合せの際には、POの古田先生及び中村先生にも御参加いただく形で進めました。そこで中村先生もオブザーバーの立場とさせていただいておりますけども、ワーキンググループというか規制庁との打合せに入っていたというところで、記載させていただいております。

ガイドライン等作成会議で作成した案についてですが、原子力規制庁と協議、そして関係学協会からの御意見や御要望を伺いまして、ガイドラインをブラッシュアップしてという形になっておりまして、最終的にはオーサライズいただくというような体制で進めました。

また、ガイドラインに基づいて使用許可を受ける際には、それを遵守させる教育というのが絶対に必要になります。したがって、その教育のために資料を作成することが重要と考えておりまして、物理系や科学系、生物医学系、様々な分野の方々が放射線安全管理の名の下に集まっている日本放射線安全管理学会に教育資料の作成を外注しております。

続きまして、2ページ目下側の研究の概要(1)研究の進め方につきまして説明します。

ガイドラインの作成に関しましては、昨年度末までにガイドラインの骨子の作成というのは済んでおりました。そのため今年度は、年度の前半は特に原子力規制庁の放射線規制部門との調整、協議というのが主な点になっております。

そして、年度の後半には学協会から御意見をいただくとともに、関係の学協会からオーサライズを得るということを実施いたしました。

3枚目のスライドの上側になります。研究の概要(2)になります。

教育資料の作成でございますけども、日本安全放射線管理学会にアドホック委員会を設置していただきまして、本年度は短寿命核種の取扱いを教えるために必要な教育の資料の内容を検討していただき、その教育資料を作成いただいております。

また、アドホック委員会の委員会のメンバーはこちらの方々となっております。委員等には北海道大学の久下裕司先生にお務めいただいております。

短寿命の放射性核種の教育資料についてですが、年度前半に資料の作成を実施しまして、年度後半には資料の確認の作業というのを実施しております。

資料につきましては、パワーポイントのスライドで提供する形で作成を行っております。全部で12の項目を作成しております。全体249枚のスライドで構成されております。

続きまして、3枚目の下側になります。今年度のガイドラインの作成、そして承認の流れを示しております。

この発表の冒頭にもお話ししたとおり、新型コロナウイルス感染症拡大防止のために、今年度は対面での会議を実施することができませんでした。また、昨年度までにガイドラインの骨子を固めるというところまでは既にできておりましたので、今年度は細かい部分の調整とか修正というところが主になりましたので、ワーキンググループを中心に文言を検討しまして、その案をガイドライン等作成会議のほうに持っていきまして、調整しました。

その意見を踏まえて調整した後に、原子力規制庁の放射線規制部門に提出しまして、規制庁、そしてP0及びP0補佐と協議した上で、いただいた意見に基づいて、そのガイドラインを修正するというサイクルを3回実施しました。3回ともブルー色の枠の中をサイクルさせるようなことをやりました。

また、規制庁との協議で10月末に案が固まりましたので、10月末より11月下旬までの期間に関係学協会から御意見をいただきました。日本放射線安全管理学会、そして、大学等放射線施設協議会、日本保健物理学会、日本核医学会、日本放射線腫瘍学会、そして日本放射線影響学会よりレスポンスをいただきました。それらの意見につきましても検討しまして案を修正しました。現在、最終案ができておまして、それをこの会議のメンバー及びガイドラインの作成会のメンバー及び規制庁の方にお送りして、見ていただいているという形になっています。

関係学協会から御意見を伺うことと並行しまして、ガイドラインのオーサライズ、すなわち承認をいただくという作業も行いました。現在までに日本核医学会、そして日本医学放射線学会、日本放射線腫瘍学会、日本核医学技術学会、日本放射線安全管理学会、そして大学等放射線施設協議会よりガイドラインの承認をいただいております。

続きまして、次のページの、今年度の進捗につきまして説明をいたします。

ガイドラインの内容になりますけれども、ガイドラインのタイトル・目次というところで、ガイドラインのタイトルですが、「短寿命の非密封放射性同位元素利用における安全確保のための使用許可の評価・信頼性担保・教育訓練等に関するガイドライン」というタイトルにしております。

ガイドラインは五つの章と附属書から構成をされております。

第1章は、ガイドラインの概要、背景、及び目的になります。第2章は、ガイドラインの適用範囲と適用のRI。そして、第3章が、評価の方法。第4章が、信頼性担保の方法。第5章が、教育訓練となっております。

そして、附属書ですが、下限数量以下の短寿命の非密封線源の使用のガイドラインや、不確かさの計算の例、そして責任体制の構築例というふうになっております。

続きまして、4ページ目、下側のスライドになります。ガイドラインの内容の(1)でございます。

ガイドラインの目的と必要性というところに関してですが、放射線業務従事者や公共の安全を確保しつつ、合理的な放射線規制、放射線安全管理を行うために、各放射線事業所では短寿命放射線核種の許可使用量を算定する、空気中の放射性同位元素量や、排気中の空気中濃度、そして、排水中の放射線同位元素との評価について新しい方法をまとめたガイドラインを作成するということになります。

ガイドラインの適用範囲ですが、放射性同位元素等の規制に関する法律に基づく規制に適用されるものということとしております。したがって、放射性同位元素等に関する法律で非密封の放射性同位元素を取り扱う許可施設というのが対象となります。

医療機関における本ガイドラインの適用範囲につきましては、RI規制法に基づく規制を受ける範囲ということになります。

本ガイドラインでは、適用核種としましては、半減期が15日以内の核種を対象に遂行しました。こちらに関しましては、医療で使用される放射性核種のほとんどが15日以内の半減期以内であること、また、もともとこちらの事業は、アルファ線放出核種というのをターゲットとしてガイドラインを作成するというのでやっておりますので、医療での使用は特に期待されている ^{225}Ac の親核種に当たる ^{225}Ra の半減期は14.9日ですので、将来、 ^{225}Ra からミルキングで、 ^{225}Ac を取り出すことがあろうかと考えまして、半減期は15日以内と設定しております。すなわち、短寿命核種の必要性の観点を重視しまして、ガイドラインの適用範囲というのを決めたということでございます。

評価の方法の概要に関してですが、こちらは従来から行われている計算による使用数量等の算定のためのモデル計算による評価方法というのを使用するんですけども、飛散率については実験や実測に基づいた値を適用できるということにいたしました。

また、核種については、その核種の物理的半減期に基づいた減衰も考慮に入れて評価できるものとしてしました。

続きまして、5ページ目になります。5ページ目上側のスライド、ガイドラインの内容の(2)でございます。

各事業所は、ピアレビュー体制というのを構築して、実験の方法や実験の結果について外部有識者を含むレビュアーがレビューをして、そのデータに信頼性があるということを担保するという形を取ることとしてしました。

また、各事業所が、自分自身で責任を持つということを重視しまして、レビュアーの間も実験などを行う、実験などに関する事項を承認する委員会の委員長というふうにいたしました。

続きまして、教育及び訓練ですが、こちらはRI規制法に従った教育訓練として実施すること。内容に関しましては、必須事項と必須ではあるんですけども、一般の教育訓練で既に実施済みのもので、ガイドラインに基づくRIを使用する業務従事者が、その一般の教育訓練を受講済みであれば省略可能な項目というのを分けて記載するという形にしています。

そして、非密封RIの許可事業者以外の者による下限数量以下の短寿命非密封線源の使用につきましては、附属書にまとめております。これは薬剤の開発に関しましては、毒性試験等、臨床試験の実施が必須であるということでございますけども、それを管理区域以外でも実施して、円滑にそういう試験ができるようにすることが目的になります。

そこで、下限数量以下まで減衰した試料に対して搬出を適用可能にしまして、法制外になる受入れの施設が払出し施設ときちんと覚え書きを交わして、ガイドラインの遵守を徹底する形を取るということを述べています。

また、受入れの施設ですね、こちらは法規制外の施設だというふうになりますけども、受入れの施設が助言を求めた場合には、払い出す事業所が協力するという決まりをガイドラインに記しております。

続きまして、5ページ目、下側の安全管理学会アドホック委員会の教育資料の作成に関する報告になります。

こちらに関しましては、各委員の先生方が教育資料の原案を作成しまして、それをアド

ホック委員会にて内容を議論する形で進めました。全部でパワーポイントのスライドで計249枚あります。

「はじめに」というところから、用語の説明、放射能・放射線の基礎、そして放射線被ばく防護、そして、取り扱いに関する項目の一般的な事項、取り扱いに関する項目の動物、そして、放射線の測定について、そして廃棄物の取り扱い、汚染と除染に関する項目、法令と予防規程、そして、核医学診療の概要、補足でガイドラインの概要についてというものをまとめています。全部で12項目から成っております。

教育資料につきましては、日本放射線安全管理学会のホームページにて、年度内に公開をいたします。パワーポイントの形で配布しまして、講師の方が必要に応じて構成を変えることができるようにすることで計画しております。

続きまして、6枚目上側のスライドになります。本年度の成果になります。

論文発表ですが、論文発表は3件行っております。上の2件はガイドラインの内容を紹介した論文ということになります。三つ目の1件は、教育資料の作成に関する論文になっております。

口頭発表に関しましては、全部で4件ございます。

日本放射線安全管理学会の学術大会におきまして、企画セッションということで、「短寿命の放射性核種の取扱の実際と教育資料の作成」ということで、この事業のためのセッションというのを開催していただきました。その中で、教育資料の紹介と、あとアドホック委員会の先生方のうち、若手の研究者の方々に、どのような短寿命核種を使っているかなどについて、発表をいただいているということがあります。

あと1件につきましては、京都大学の複合原子力科学研究所の専門委員会で、アクチニドの利用に関する専門委員会がございましたので、そこでこのガイドラインを紹介する機会をいただきまして、それを紹介いたしました。

最後、6枚目スライドの下側になります。自己評価・今後の課題・学協会等からの意見を説明いたします。

研究が計画に沿って行われているかという項目ですけれども、新型コロナウイルス感染症拡大のため、計画段階で予定していました対面での会議の開催ということをする事ができませんでした。新しいワーキンググループでの活動やメール会議やオンライン会議を併用することによりまして、計画している事業を実施することができましたので、概ね計画どおりということに自己評価しております。

今後の課題に関しましては、ガイドラインの見直しについて、関連学協会の有識者の方とさらによく相談して進めるということが必要になります。この点については、安全管理に関する学会が中心になって、ぜひ進めていただきたいというふうに、私のほうは考えております。

それともう1点ですけれども、実測のデータの取得とその蓄積ということが、今後も重要となると思いますけれども、実際のところ、実測データの取得の例というのはまだ少ないというのが現状でございます。こういった安全評価に関わるデータが、様々な核種で今後タスク報告されるようになるということや、それをまとめるデータベースのようなものを学会主導で作っていただけると、こういうものを参考にしたい方も非常に使いやすいものになるのではないかとこのように考えております。

続きまして、ガイドライン等作成会議及び関係学協会からの御意見についてですが、PET核種に関しましても、現在、様々なものが開発されてきております。ですので、法令を見直しまして、PET4核種以外の核種も適用可能にしてはどうかということや、短寿命の診断の核種とか、治療用核種なども追加する、そういうことも考えられるのではないかとこのように御意見をいただいております。

また、規制の評価の方法につきましては、現在、モデルの計算をしてやっておりますが、そういう一律ではなくて、使用数量などに応じたグレード別のものというのを導入してはどうかという御意見をいただきました。

例えばですけれども、多くの数量を使用するところというのは、モデル計算ではなく、例えば実測の数値に基づいて、それをモデルに当てはめるのではなくて、その数値が出てきたものから規制当局と、規制庁としっかりと相談するような形で使用数量を決めていく。スウェーデンでは実際、そういうふうにされているというふうに聞いておりますけれども、そのような形で進めていくというのもあるのではないかとおられます。

あと、ガイドラインの適用のRIでございますけれども、今回は必要性の観点で半減期15日以内ということで、半減期15日で線引きをいたしました。今回作成したガイドラインの内容自体は、半減期15日以上でも適用できると思いますので、もっと長い半減期の核種にも適用できるようにするというのも一案と思われるという御意見もいただいております。

私の発表は以上になります。どうもありがとうございました。

○高山企画官 ありがとうございました。

ただいまの御報告につきまして、御意見、御質問などがございましたらば、お願いいたします。

小田先生、お願いいたします。

○小田評価委員 小田でございます。とても順調にガイドラインの作成は進んでいるというふうに判断します。ちょっと管理学会からのコメントの対応について、一、二件お伺いしたいのですが、6ページのところで、関連学協会からの意見、今後の課題という形で、ここはやられることでいいと思うんですけども、そのほか、今後の課題というか、関連学協会からのコメントに対して、こんな対応をしたと、作成段階でですね。そういう具体例があれば、教えていただきたいと。

特に、ユーザー、使われている方々のほうが大事だと思うんです。核医学会、腫瘍学会とか、医学関係の学会からのコメントが、例えばこういうのがあって、こういうふうにガイドラインでは取り込んだみたいなことがあれば、お教えいただきたいと思います。いかがですか。

○吉村氏 ありがとうございます。

いただいた御意見に関しましては、ガイドラインのほうには取り込んでいまして、それでいただいたコメントに関して一つ一つ全て、返答は作成しておりますけれども、ちょっとまだ、お送りするところまでは至ってはおりません。

医学系の先生方からの御意見に関しましては、このガイドラインが、内容に関してというよりは、きちんと、要は外部からの評価みたいなものを、意見を受けているかどうかというのをちゃんと教えてくださいということや、あとは、利益相反などのところがあるかないかとかというのも明記しなさいというような、いわゆる手続のところに関するところを御指摘いただきましたので、そここのところは、ガイドラインのほうに反映するというところでやりました。このようなお答えで大丈夫でしょうか。

○小田評価委員 ありがとうございます。

○高山企画官 それでは、吉田先生お願いいたします。

○吉田評価委員 ありがとうございます。東北大学の吉田です。

2点、お伺いいたします。

1点目は、5ページ目の教育訓練について。教育資料なんですけれども、この教育資料というのは、短寿命アルファ放出核種に、より特化した内容になっているのでしょうか。それとも、この項目を見ると全般的に網羅されていて。アルファ放出核種というのは、ベ-

タ線、ガンマ線の取扱いに比しまして、やっぱり、ちょっと特殊なところがあるので、そういったところを特に取扱いについて説明を加えていらっしゃるのかどうかということをお伺いいたします。

それから、2点目は、小田先生の先ほどの御質問にも関係するんですけども、3ページ目のところで、関係学会の承認をされたという学会数が、まだこれだけしかないというか、多いんですけども、ほかの学会では承認をしなかった？という。それは例として6ページ目のところに示されてはいるんですけども、内容としてクリティカルなものがある場合には、対応をどうするか。

それからあと、実際にこの飛散率についても、実測値を使うということで、これは前から、こういう実測値を使うという動きはあったかとは思いますが、計算における数字を使う飛散率というのがちょっと厳し過ぎるということで。その場合でも実測値を利用するという事は、逆に審査する側からとると、非常に厳しい状況になるというか、逆にハードルが上がるというところもあるので、そういったような観点からの意見も、もしかしら入っていたのかもしれないなと思いますので、その2点についてお伺いいたします。

○吉村氏 ありがとうございます。

教育資料の作成に関しましては、もちろん短寿命のアルファ線の取扱いに関する内容も含まれておりますけれども、講師の方々が説明しやすいようにするために、一般的な項目も含めて作成をいたしました。ですので、例えば、特にこういうことをやることにつきまして特異なところというのは、動物の取扱いとか、あとはアルファ線の取扱い等になりますけれども、その点に関しましては教育資料の中では書かれてはおります。

ただし、短寿命のことだけを書いているわけではなくて、全体をもちろん合わせた上での短寿命核種というのがあるわけなので、それら全体を含めてつくっているという形になります。

1点目はよろしいでしょうか。

2点目ですね、現在、お願いをして承認いただいていないところというのが、保健物理学会です。保健物理学会については、承認するまでにちょっと時間がほしいと。この完成バージョンを見て判断したいということかと思っておりますので、それで保健物理学会のほうからは、すぐには承認するという事はできませんということはおっしゃっています。

ほかの学会の方々は、この形が大きく変わることはないだろうということで、承認をい

ただくということができております。

あと、御意見いただいたところで、日本放射線影響学会のほうは、最初から、意見はしますけれども、アルファ線核種などを使っているユーザーの方が、会員の方にはかなり少ないということで、学会として承認を出すのはやめようということで、これは最初にお願いの相談をした段階で、そういうふうなことの返答いただきましたので、分かりましたということで、御意見だけいただくというふうな形でやっております。

○吉田評価委員 ありがとうございます。

○高山企画官 占部先生、お願いいたします。

○占部評価委員 占部です。質問させてください。

まず、5ページでしたかね、ガイドラインのことが書いてありまして、ここで実測データの取得と管理、それと責任体制ということが記載されていますが、この責任体制について、例えば、それを評価する際に、技術指針のようなものがあって行われるのかどうかということについて、追加して御説明いただければと思います。

それから、この実験結果についてレビューするとありますけども、このレビューというのは、実験をする前の段階にレビューするのか、あるいは終わってからレビューするのか、ちょっと分かりにくかったので、その点についても説明をお願いできればと思います。

それから、もう1点なんですけど、ガイドライン等の関連学会からの意見というところで、こういった合理的な管理の在り方ということについて、多くの課題で、こういった取扱いが必要ではないかという意見が出ている。グレーデッドアプローチの考え方が必要なのではないかという意見が出ていますけども、これは、ここのグループの研究の段階で終わるのか、あるいは、通達ですかね、法律までいくのはなかなか難しいと思いますけども、通達等によってそういったことの実施が可能であるということについて、法的な範囲での要望まで出していかれるのかどうかということについて、御説明願えればと思います。

以上の2点です。よろしく申し上げます。

○吉村氏 ありがとうございます。

評価に対する指針に関しては、実際のところは我々がつくっておりませんので、レビューをするところで、きちんと専門家の方がしっかりと見ていただくということなのかなというふうに考えております。

レビューに関しましては、実験結果が正当な形で評価されている、要は信頼性があるデータとして、ちゃんと取れているかどうかということを見るのが、実測のデータを使

う上では重要というふうに我々、考えますので、むしろレビューをするというのは、結果が出た後をレビューする。もちろん、組織体制に関しておかしいとか、そういうレビューをしていただいても、もちろんいいと思うんですけども、主に結果を出して、こういう形で出たので、これを評価に使いたいけれども、それを認めてほしいというか、レビューしてほしいという意味合いでのレビューアの役割というふうに考えております。

3点目が、最後この意見を、ということですね。規制庁のほうからは、ぜひ提言のような形で最後、報告書の中にもまとめていただきたいということは言っていたんですけども、実際、この事業は今年度で終わってしまいますので、一旦、その事業が終わってしまえば、このチームとしては解散ということになりますので、今後はできれば、各学協会方々でしっかりと考えなどを規制庁との話し合いなどを通じて、なるべく要望が通るような形を進めていっていただきたいなということは、強く期待しています。

○占部評価委員 ありがとうございます。やはりこういったことの運用というのは、非常に重要な問題ですので、研究が終わってからも制度として残していくことを心がけていただければというふうに思います。ありがとうございました。

○高山企画官 ほかに、御意見、御質問等ございますでしょうか。

今回、鈴木先生の御質問で、本課題の御質問を最後にしたいと思います。申し訳ございません。二ツ川委員がございましたでしょうか。それでは二ツ川委員、先にお願ひいたします。申し訳ありません。

二ツ川委員、申し訳ございません、ミュートになっているようですので、マイクをオンにお願いいたします。

○二ツ川評価委員 接続が悪いみたいなので。聞こえますか。

○高山企画官 はい、マイクをオンにされたときには音声聞こえます。

接続がちょっと悪い状況でしょうか。

○二ツ川評価委員 はい。

○高山企画官 今、いかがでしょうか。

○二ツ川評価委員 すみません、ちょっと反応が悪くて申し訳ありません。聞こえますか。

○高山企画官 はい、聞こえます。

○二ツ川評価委員 じゃあ、4点ほど……。聞こえますか。

すみません、鈴木先生を先にやって……。

○高山企画官 申し訳ありません。では、鈴木先生の御質問を先にさせていただきたいと

思います。

鈴木先生お願いいたします。

○鈴木評価委員 鈴木です。恐らく今回の評価委員の中で、利用者じゃない、あるいは供給者側でない唯一の人間だと思いますので、ちょっと素人の質問だと思って聞いてください。

スライドの1番目に、目的として、短寿命核種等の許可使用数量を算定する評価についてというような目的が書かれています。実際の今日のお話の中で、今までどういう問題があって、それが今回のガイドラインで、どう解決していくのかというような具体的なものが、私、聞いていて全く感じ取れなかったもので、もう一度そこを説明していただけますでしょうか。

○吉村氏 ありがとうございます。

許可使用数量というのは、規制庁側に評価を、これだけの数字を使いたいということ、数値としてこれだけということです。施設の能力なり、その計算で使うということで、まず規制庁側に出すわけですけれども、その部分で非常に数値が低い、一律の数値を使いなさいというような指導が入っておりますので、今まで、少量のものだけを使うのであれば問題なかったわけですけれども、どんどん今、医学利用で使うというようなニーズが非常に高まっております。それをやるに当たりまして、今、規制で一律の数値というのをを使うと全然使用することができなくなってしまう、というのが問題点としてあります。医学利用にするためには、それなりの量が必要ですが、量を使うということがどうしてもできない。

ただし、しっかりと法律上に見ていきますと、例えば、1週間の空気中のRI濃度は1mSvまでというふうに決まっているわけで、その数値にちゃんと合わせられればいいわけです。そうすると、非常に安全側の係数というのは、非常に大きく、今までの形ではかかっている計算をせざるを得なかったというのが問題点であります。それをもう少し合理的にしたほうがいいのではないかということで、このガイドラインをつくるという作業に入っているというところでございます。

このような回答でよろしいでしょうか。ありがとうございます。

○高山企画官 では、二ツ川委員、いかがでしょうか。

○二ツ川評価委員 すみません、聞こえますでしょうか。

○高山企画官 はい、聞こえます。

○二ツ川評価委員 四つほどなんですが、一つはガイドラインの内容はよく分からなかったんですけども、示されてはいないんですけども、研究課題としては、短寿命アルファ線と書いてあって、このガイドラインは、この間、我々がお願いした事でもあるんですけども、ベータ線、ガンマ線を含めて全部だと思っておりますが、このガイドラインの中でアルファ線について何か特徴的なところが、どのように書かれているのかなというのが1点。

もう1点は、短半減期の特徴として、このガイドラインの中には、例えば、減衰保管が認められるとか、そのような短半減期の特徴的なものがどのように示されているのかなというのが、ガイドラインの内容のことでございます。

2点目は、5ページ目の上です。下限数量以下の非密封線源の非許可使用者の使用のことが書かれているというふうにおっしゃられたのですが、この件については、ライフサイエンス分野でもいろいろ、非密封の非許可事業者での使用というのが検討されていると思うのですが、その辺との関連はどのように進められたのかというのが二つ目でございます。

三つ目は、6ページ目の最後におっしゃられた、このデータベースをこれから集めていくということ、これ非常に重要だと思うんですね。ですから、これらのデータをほかの事業所もいろいろ利用ができるような形で進めていくことが必要かなと思うんです、類似の施設では。そういう面からいうと、このデータベースを今後どのようなところで、例えば、どこかの学会が集積していくような形で進めていくのか、その辺の見通しを、この中でどのように書かれているかというのを一つ教えていただきたい。

最後ですが、今回の教育訓練を全部、安全管理学会に委託で出しているのですが、予算の関係からいうと、大体これが3分の1ぐらい、そのような価格になっているんですけども、教育訓練を委託という特別なスキルを持っているようなところに委託するような感じとなる、今回、教育訓練をあえて委託するのではなくて、この中のメンバーでやってもよかったのではないかなと思うんですが、その点も教えていただければと。その4点でございます。

○吉村氏 ありがとうございます。

1点目の、アルファ核種に特有なことというのは、考えてみたんですけども、今回の場合のガイドラインには包括的にまとめよ、ということでございますので、特にアルファ線のことをこのガイドラインの中に、ちょっとこれだけがきくというものは、準備してはおりません。入れておりません。

○二ツ川評価委員 今の件ですと、例えば、包括はいいんですけども、その中に研究課題

からいっても、アルファ核種の特徴的なものとか、何かをやっぱり加えたほうがいいんじゃないかという気がするんですが。

○吉村氏 アルファ核種というのは、我々が最初にアルファ核種だけでつくろうと思っていたんですけども、そこは御意見いただいた形で、もっと広げてくださいという御意見をいただきましたので、それに基づいて広げたというような事情がありますので、申し訳ないのですが、そこはアルファ核種特有のものというのを、あるのかというのは、もちろん考えたわけですが、そこまで出すようなガイドラインにはならないというか、全体のことを考えるとそういうことになるので、そのようなガイドラインをつくったということで、タイトルとちょっと違うのはそういうことが原因です。

○古田中部事務所長 すみません、P0の古田ですけども、教育資料のほうには、アルファ線のサーベイメータの取扱いとか、アルファ線に関する事項が含まれております。

以上です。

○二ツ川評価委員 分かりました。この点、了解しました。

○吉村氏 ありがとうございます。

すみません、2点目がちょっと分からなくなったのですが、短半減期の。

○二ツ川評価委員 特徴的なものはどのようなことが書かれているのか。特に、減衰保管とか、そういうものも含まれているのかというのを。

○吉村氏 減衰は全面的に入れるように、短半減期の最大の特徴は減衰するというので、減衰を認めるという形の評価をしているということで、まとめさせていただいております。

○二ツ川評価委員 ありがとうございます。

○吉村氏 3点目ですけども、見通しなんですけど、正直、我々のところでの見通しというのは立ててはいませんが、もちろん事業が終わってしまいますので、このチームとしては解散なので、もちろん私自身としてはデータベースのような形でまとまっていくといいなというふうに思っておりますので、安全管理の学会でしたら、私は結構深く入っておりますので、その中でも意見を言って、ぜひこういう形になって、皆さんが利用しやすいようになるように、私だけの意見になってしまいますけども、それはぜひ学会の中で議論していただいて、進めていただけるように働きかけはしていきたいというふうに思っております。

○二ツ川評価委員 ぜひ、このデータはみんなが使えるような仕組みというのを、この報

告書の中にも含めていただきたいなというふうに思います。

○吉村氏 4点目に関してですが、やはり安全管理学会ですと、広く、もっと今回のガイドラインのチームでもっと広くいろんな方々、専門の方々がいらっしやいまして、その方が委員に入っていて、進めるということができましたので、我々は外注することは必要であるし、特に、さらにこれを公開していくとか、あとは、これを例えば、修正していくとか、そういうのもあるかもしれませんが、そういうところでは、ぜひ学会中心にやっていただいたほうが広く公開することも可能だと思いますので、そういう点でも日本放射線安全管理学会に外注したということは重要かというふうに思っております。

○二ツ川評価委員 すみません、もう1点あったのは、非許可事業者の使用について、ほかのライフサイエンス分野とか、その辺との協議等も進められて意見等を調整したのかということがあるんですが。

○吉村氏 実際に、きちんとどの方とやったというのはありませんけれども、これをガイドラインの委員の先生方には見ていただいて、それで意見をいただいておりますし、RI協会のほうとも一度お話をして、こんな感じでやっているとかというのを、参考の資料などもいただいたり、意見交換などもしておりますので、きちんと密接にやったということは実際のところないんですけれども、おかしいことは書いていないのではないかなというふうに、私の中では思っておりますが。

○二ツ川評価委員 ありがとうございます。

○高山企画官 それでは、本第1課題の質疑応答を終了させていただきたいと思います。吉村先生、どうもありがとうございました。

○吉村氏 ありがとうございます。退出させていただきます。

○高山企画官 お願いいたします。

次の研究課題の準備をいたしますので、少々お待ちください。

松村先生、事務局でございます。音声聞こえますでしょうか。松村先生、マイクがミュートになっています。

○松村氏 はい、聞こえます。

○高山企画官 映像等も問題ないでしょうか。

○松村氏 はい、見えております。

○高山企画官 それでは、もう間もなく御発表のほう、お願いしたいと思います。もう少々お待ちください。

続いて、二つ目の研究課題に移りたいと思います。

研究課題名は「加速器施設の廃止措置に係わる測定、評価手法の確立」でございます。発表者は、高エネルギー加速器研究機構の松村先生でございます。どうぞよろしくお願いいたします。

○松村氏 よろしく申し上げます。7ページ目の上のタイトルの資料を見てください。

私は、研究代表者の高エネルギー加速器研究機構放射線科学センターの松村と申します。私たちの行っております加速器施設の廃止措置に係わる放射化物の測定、評価手法の確立について説明します。

この研究は、加速器施設の廃止措置の法令運用に寄与するために行っています。2017年度と2018年度の2か年計画が終了しており、今年度は2019年度、2020年度の2か年計画の2年目となります。一連の本研究は、本年度が最終年度となっており、まさに本年度は4年分の成果をまとめる年となっています。

それでは、これから2020年度の研究成果の報告を行います。よろしくお願いいたします。7ページ目の下の資料に進みます。2020年度の研究の概要です。

研究課題名は、加速器施設の廃止措置に関わる測定、評価手法の確立です。

研究期間は、2019年度から2020年度の2年で、今年度は2年目です。

背景・目的についてお話しします。加速器放射化において、これまで評価が進んでいない施設に着目し、法令を踏まえながら、実際に廃止措置を進めるうえで欠くべからざる課題を抽出し、放射化物評価手法の開発を行うことを目的としています。最終的に研究内容を反映させた測定評価マニュアルを作成します。そして、実際に廃止措置を行おうとしている施設が使えるようにしたいと考えております。

実施状況の概要です。本研究は、三つの柱があります。(1)加速器施設の放射化、非放射化区分の明確化。(2)非汚染・非放射化の評価手順の検討。(3)測定評価マニュアルの作成です。

ここには、それぞれについての今年度の実施状況の概要が書かれています。これらは、後での説明と重複するので、ここでは省略します。一言で言いますと、今年度の実施状況は、新型コロナウイルスの影響があり、当初予定のとおりにはいかない部分もありましたが、変更や規模の縮小をしながら目的を達成しましたということになります。

期待される成果は、次のようなものとなります。

加速器施設の加速器の種類ごとに放射化領域および放射化物管理対象を明確化すること、

及び、廃止措置時のコンクリートや電磁石等の金属に対してサーベイメータによる放射化判定法を提案することを行い、「測定評価マニュアル」にまとめることで、規制側、事業側の双方にとって廃止措置の合理化に貢献するということです。

8ページ目の上の資料に移ります。本事業の研究体制を示します。

研究の責任者は、私、松村です。研究調査の実施は、研究参加者であります、高エネルギー加速器研究機構のメンバーが担当しています。図では青の部分に当たります。右下の表にある8人が研究参加者です。

本研究は、正しく推進できるように有識者による委員会制を取っています。図に緑で示された研究検討委員会を設置し、右上の表の加速器、廃止措置、放射線計測のエキスパートの方々にメンバーになっていただいて、研究への指導、助言をする役割を担ってもらっています。

研究検討委員会のメンバーと高エネルギー加速器研究機構のメンバー及び原子力規制庁の担当の方々が会して議論を行う研究検討委員会を、本年度はオンラインで3回行いました。ここでは、調査研究の方針についての指導、助言をいただきました。また、我々の研究成果のまとめである測定評価マニュアルの作成について、研究検討委員会で議論していただくとともに、貴重な時間を割いていただき、様々な御意見をいただいて、作成の作業を進めました。

次、8ページ目の下の資料に移ります。ここからは研究の内容について説明します。

本事業には3本の柱があります。①規制対象施設・規制対象範囲の明確化、②非汚染・非放射化の評価手順の検討、③測定評価マニュアルの作成の三つです。

簡単に説明をすると、①は、廃止措置時に加速器施設のどこが放射化規制対象になるのかを調査すること、②は、廃止措置時にどのように放射化・非放射化を判定するのかということを検討すること、③は、①と②の結論を盛り込んだ実施するための手順書の作成となります。①と②では調査が中心で、これらの調査の結果を盛り込んだ③の測定評価マニュアルの完成をゴールとします。

それぞれについて、本年度の概要を述べます。

①では、陽子線治療施設に焦点を絞って、どこがどのように放射化していて、規制対象とすべきかを調査しました。今年度は特に、シンクロサイクロトロンタイプの陽子線治療施設の放射化調査を行いました。

②では、加速器施設の構成物として量が最も多く重要な金属の放射化・非放射化の判定

法についての検討を行いました。PETサイクロトロンの金属測定するための調査を行いました。

③の測定評価マニュアルの作成については、①と②の研究成果を盛り込んだ廃止措置での放射化評価のマニュアル文章を作成し、研究検討委員会で議論され、仕上げています。

9ページ目の上の資料に移ります。ここからは、研究の3本の柱について、個別にもう少し掘り下げて説明します。

最初に研究の柱①規制対象施設・規制対象範囲の明確化で、本年度行った内容を説明します。ここでは、加速器施設で放射化測定・中性子生成量測定を行い、廃止措置時にどこが放射化規制対象になるのかの区分を行います。

2017年度は静電加速器施設、2018年度は放射光施設、粒子線治療施設、2019年度は陽子線治療施設のシンクロトロンタイプとサイクロトロンタイプを調査しました。陽子線治療施設とは、加速器で加速した陽子のがん細胞に照射して、がんを治療する施設です。

陽子線治療施設には、加速器の種類が違うもう一つがあり、今年度は、その陽子線治療施設のシンクロサイクロトロンタイプに焦点を当てて調査を行いました。

左下の地図に、これまで調査を行った施設を点で示してあります。これまで日本各地で調査を行ってきましたが、本年度は赤点の陽子線治療施設のシンクロサイクロトロンタイプである北海道大野記念病院で調査を行いました。

運転中の中性子の発生量を調査し、放射化の程度を推測しました。右上の写真は、北海道大野記念病院の加速器室の壁に設置した中性子検出器の写真です。

測定結果の一例として、右下の図に施設内の中性子分布を示しました。結果としては、前年度調査したサイクロトロンタイプの施設と似ています。例えば、建屋コンクリートについての結論として、治療室やガントリー室の熱中性子発生量は少なく、放射化の心配はないのですが、加速器室の熱中性子の発生量は多く、放射化のおそれがあるということが分かりました。

ここで得られた結果は、後で③で述べます測定評価マニュアルに記載されました。

9ページ目の下の資料に移ります。次に、研究の柱②非汚染・非放射化の評価手順の検討で、何を本年度に行ったかを説明します。

この2年計画の前の計画で、加速器施設で最も物量の大きい建屋コンクリートの放射化評価手順を確立しました。昨年度からは、次に物量の大きい金属の放射化評価手順を明確にし、効率的手法を確立しようとしています。

ここでは、二つの課題に取り組みました。A. 表面線量率、放射能と関連づけた定量評価手法の確立のためのデータ収集、B. 放射化分布のイメージング検討の二つです。

Aでは、PET用サイクロトロンの金属の放射化評価を目指し、調査を行いました。左下に2020年度実績を列挙してあります。

Aでは、高エネルギー加速器研究機構所有鉄ブロック、日本アイソトープ協会滝沢研究所PETサイクロトロン、この事業で行ったものではありませんが、参考として東京都健康長寿医療センターPETサイクロトロンの調査実績があります。

高エネルギー加速器研究機構所有の鉄ブロックの測定により、サーベイメータの測定値と放射能濃度の関係を調べました。

日本アイソトープ協会滝沢研究所PETサイクロトロンにおいて、サーベイメータによる測定の試験や、金属内の放射能の分布を調べて、放射化評価の詳細を調査しました。

左の写真です。これが日本アイソトープ協会でのサイクロトロンのサーベイメータ測定の様子です。

右上の写真が、同じサイクロトロンのコアボーリングによるサンプリングをしている様子を示しています。

Bのほうについてお話しします。ガンマカメラと呼ばれる放射線を可視化する装置を用いて、放射線イメージング撮影をしました。これまでの研究で加速器放射化物を撮影するのに適する機器要素というのが分かってきていましたので、本年度は新たに、スペック上期待できそうなPHDS GeGI-4という機種を用いた試験測定を行いました。

右下の写真が、そのイメージング映像の一例です。本機種は期待どおりの映像が撮影できました。放射化の可視化技術は加速器の放射化部位の迅速特定に役立つと期待できるということが示されました。

10ページ目の上の資料に移ります。研究の柱③測定評価マニュアルの検討について説明します。

今年度は最終年度であり、4年間の研究成果をまとめる測定評価マニュアルが重要です。現在、測定評価マニュアルの完成に向けて最終調整に入っています。ここでは、測定評価マニュアルの内容について簡単に紹介します。

1章、はじめに。廃止時において放射性廃棄物でないことを確認するための測定評価手法について記述しますよということが書かれています。具体的には、放射線発生装置の稼働中に行っておくことが推奨される測定についてや、廃止が決定された廃止措置に進める

際に行う測定法の提案について書いてあります、といったまえがきが書いてあります。

2章は、放射線発生装置使用時における測定と評価手法および評価結果です。ここでは、①で説明した規制対象施設、規制対象範囲の明確化の研究成果が中心に書かれています。

2.1.放射化の観点による、放射線発生装置および建屋の区分。2.2.放射線発生装置の使用に伴う放射化発生要因。2.3.放射化/非放射化の区分を明らかにするための調査項目。2.4.測定手法。2.5.計算手法。2.6.施設評価結果。

廃止措置時に、放射化、非放射化の区分のためにどういうことを行っておいたほうがよいかということについて、説明されています。

10ページ目の下の資料に進みます。今言った、この中で調査した施設の放射化の区分についてまとめた、重要な結果があります。

左の表が、施設の種類ごとに放射化の区分を示したものです。静電加速器施設、放射光実験施設、重粒子線治療施設、陽子線治療施設の区分があります。

建屋コンクリートについては、静電加速器施設、放射光実験施設、重粒子線治療施設、陽子線治療施設のうち、シンクロトロンタイプは放射化していないと判断されます。これらの施設において、建屋コンクリートは規制対象とはなりません。一方で、放射線治療施設のうち、サイクロトロン及びシンクロサイクロトロンタイプでは、加速器室のコンクリートの放射化のおそれがあります。ただし、ガントリー室や治療室のコンクリートは放射化していないと判断されます。

金属については、ビームの直撃を受ける金属と、ビームの直撃を受けない金属に分けて区分しています。ビームの直撃を受ける金属は、基本的に放射化物として扱います。ここで、中性子の発生しない静電加速器では、放射化しないと判断されます。一方で、ビームの直撃を受けない金属は、どの施設でも放射化していない判断されます。

この表は、廃止措置を行うに当たり、特に建屋コンクリートが放射化していないと判断されるものが多く、該当施設は大変重要です。

これら一連の放射化判定のスキームも各施設において掲載しています。静電加速器の例を右の図に示しました。マニュアル使用者が理解しやすいように工夫しております。

11ページ目の上の資料に移ります。3章、廃止措置時の測定と評価手法です。

ここでは、安全研究の一つの成果であるサーベイメータでの線量率測定から放射能濃度を決定する手法を活用した、放射化判定対象物の評価の進め方についてまとめました。

対象は、既に複数の施設で廃止措置が実施され、使用状況に大きな相違がなく定式化が

可能なPETサイクロトロン施設です。

3.1.用語の定義。一部、特別な用語を使用していますので、最初に用語を定義していません。

3.2.コンクリート構造物の放射化評価。コンクリート中の放射化評価法について記載しました。

3.3.放射線発生装置、機器類の放射化評価。ここでは、金属の放射化評価法について、記載しました。

ここで重要なことというのは、放射化判定対象物のサーベイメータでの表面線量率が、バックグラウンドと区別できないレベル、IFBと言っていますが、であれば、放射化判定対象物の放射能濃度は、クリアランスレベルを十分に下回っており、「放射化していないと判断される」物であるとするということです。

そしてこのとき、サーベイメータは目的とする放射性核種と対応するクリアランスレベルに対して適切なものでなければならないとし、IFBがクリアランスレベルに対して、十分低いことを担保します。

11ページの下資料に進みます。ここについて、コンクリートの場合の例についてのみ、簡単に説明します。

コンクリートの放射化の特徴は、運転停止の2年後において、深度分布の特徴から、表面での線量測定が有効。部屋のどこでも核種間の放射能比はほぼ同じ。Eu-152、Co-60でクリアランスレベルとの比の78%を占める。線量率とEu-152、Co-60放射能濃度の関係が分かっている。トリチウムはクリアランスレベルとの比を考慮すると無視できるということが分かっています。

右の図は、我々の準備したサーベイメータと遮蔽体の組合せでの線量率に対するEu-152とCo-60の放射能濃度の検量線です。

Eu-152とCo-60は測定しやすく、代理放射性核種としてコンクリート中の放射能濃度を求めるのに利用できます。Eu-152とCo-60以外の核種も含まれていますが、大きな割合ではなく、この場合、1.28倍してあげると、全放射能濃度とすることができます。

これらの知見を利用して、バックグラウンドの 3σ のIFBとなるかどうかを考えることができます。

例えば、我々の調査した施設では、時定数を30秒に設定すると、バックグラウンドの 3σ の線量値はおおよそ $0.02\mu\text{Sv/h}$ であり、Eu-152に換算した全放射能濃度はおおよそ

0.04Bq/gでした。この値は、クリアランスレベルの0.1Bq/gを十分下回っています。

また、測定対象のコンクリートのものの測定にもばらつきがあり、0.1Bq/gのコンクリートが誤ってIFBと判断されるおそれというのは無視できるということを確認しています。

12ページ目の上の資料に進みます。第4章、海外の状況。

海外における加速器施設のクリアランス実施例を欧州のCERNとアメリカのSLACについて記載しました。また、加速器施設に関する廃止措置検討状況をアメリカのANSIやDOEでどう書かれているかをまとめています。

第5章は、RI規制法下でのクリアランス制度への取り組みに対する課題です。

ここでは、加速器発生装置の現状とクリアランス制度の運用、小規模事業所におけるクリアランスの進め方、放射化物の取扱に関する課題について記載しました。少し、測定評価マニュアルについては詳しく説明しました。現在、最終調整中となります。

次、12ページ目の下の資料に進みます。これは、今年度当初の目標及びマイルストーンを示した表になります。

北海道大野記念病院の陽子線治療施設の放射化調査、金属の放射化測定法検討、学会発表・海外現地調査、測定評価マニュアルの作成の4項目に分けて示しました。

北海道大野記念の陽子線治療施設放射化調査について説明します。

当初は、4月に現地調査を実施する予定でしたが、新型コロナウイルスの影響で病院側から受入れができないとなりまして、調査が延期になりました。その後、様子を見ていましたが、結局状況は好転せず、現地調査ができなくなりました。病院への依頼作業で、規模縮小した中性子発生量の調査が10月に実施されました。最低限の情報は取得できました。

次、金属の放射化測定法検討について説明します。

こちらにも新型コロナウイルスの影響で、日本アイソトープ協会で行う調査に遅延が発生しました。解析完了時期が遅くなりましたが、内容は当初予定どおりに実施することができました。

次、海外発表・海外現地調査について説明します。

新型コロナウイルスの影響で、国内学会1件と、国際学会1件が中止となりました。スイスとアメリカで予定していた、海外の加速器施設の調査も行えませんでした。文献とメールのやり取りでの調査となりました。

次、測定評価マニュアルの作成について説明します。

測定評価マニュアルは、高エネルギー加速器研究機構のメンバーが原案を作成し、研究検討委員会で議論してきました。年度当初は、新型コロナウイルスの影響でなかなか検討研究委員会を開催できずに、やや遅延しましたが、オンラインでの開催の道ができてからは、研究検討委員会を順調に開催できて、議論が進んでいます。

この資料作成当時は、まだ日程が決まっていなかったので記載されていませんが、2月上旬にも研究検討委員会が開催されました。測定評価マニュアルは現在、最終調整段階にあり、予定どおりに完成する予定です。

13ページ目の、上の資料に進みます。

研究の成果は、学会等や論文で発表されました。ここにそのリストを掲載します。国内学会等での研究発表は5件ありました。全て口頭発表です。当初計画では、第17回日本放射線安全管理学会6月シンポジウムでも発表する予定で、予算を計上していましたが、新型コロナウイルスのため、中止となりました。

論文は3件となっていますが、この資料作成後に2件増えており、現在、合計5件となりました。欧文誌4件、和文誌1件です。

当初計画では、アメリカで開催される国際学会に参加して、研究成果を発表する予定で予算を計上していましたが、エントリー2件が受理されていましたが、新型コロナウイルスのために学会が中止となりました。結果として、国際学会の発表は0件となりました。

次、13ページ目の、下の資料に進みます。最後に、2020年度の自己評価について述べます。

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という研究実施の項目について、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とさせていただきます。

実施の内容は、これまで述べてきたとおりです。新型コロナウイルスの影響で、当初計画から年度途中で変更せざるを得ない部分がありました。北海道大野記念の放射化調査では、現地に行けず、病院職員に依頼した規模を縮小した調査となりました。

日本アイソトープ協会滝沢研究所放射化調査では、やや遅れてでの実施となりました。

海外の廃止措置に関する調査をする予定でしたが、渡航できず文献とメールでのやり取りでの調査となりました。

国内外の学会での議論については、一部会議自体が中止となり、機会が減ってしまいましたが、国内学会で議論はできました。

このように、新型コロナウイルスの影響で、変更を余儀なくされましたが、必要な情報は収集でき、本研究課題のまとめである「測定評価マニュアル」は予定どおり今年度に完成します。現在は、測定評価マニュアルの最終調整中です。なお、年度途中で新型コロナウイルスの影響による計画の変更の申請を一度行っております。

以上で説明を終わります。ありがとうございました。

○高山企画官 ありがとうございました。

ただいまの御報告につきまして、御意見、御質問がございましたらばお願いいたします。

小田先生、お願いいたします。

○小田評価委員 ありがとうございました。私からは、全体といたしますか、アウトラインについて、何点か質問させていただきます。

今年是最終年度なんですけど、過去2年、3年でまとめられつつあったマニュアルが完成すると。完成できそうだという見込みであると。これが一つ大きな成果だと思います。ということで確認させてください。

二つ目なんですけども、北海道の病院へ調査に行けなくなってしまったということなんですけど、予算のほうでは、ここは最終で外注してというようなことが組み込まれていたと思うんですけども、これは一応、依頼してできたということなんじゃないかな。

三つ目なんですけども、海外の調査の状況も、結局これ、行けなかったということなんですけど、文献調査等、メール等と。結局、海外の情報というのは、国内の情報と違うところはあったのか、あるいは、特殊な例があったのか、あるいは参考になったのかということについて、3点、お伺いさせていただきます。

○松村氏 一つ目ののは、質問でしょうか。

○小田評価委員 確認ですね。

○松村氏 確認ですか。はい。

これまでの4年分の成果をマニュアルのほうに入れて完成するという予定です。これが一つ目です。

二つ目の件についてなんですけども、北海道大野記念病院で調査する予定でした。予定では、我々のメンバーが現地に入って、加速器本体の放射化の状況を調査したり、中性子の測定計測器を設置して回収したりといったような、いろんな測定を計画しておりましたが、やはりこの御時世、病院側がちょっと人を受け入れられないということで、放射化の状況を直接測るということは断念しまして、中性子の発生の調査というのを、線量計とか、抽出

検査機を何種類か、向こうに依頼して設置させていただいて測定するというを行い、実際、データが取れましたので、最低限の情報は取れたかなと思っております。

この御質問にありました、コアボーリングの予算なんですが、これは北海道大野記念で行う予定のことではありませんで、我々の研究の柱の2番目であります、金属の放射化測定法の検討の中で、日本アイソトープ協会のPETサイクロトロン放射化調査を行っております。このPETサイクロトロンの本体の金属のコア抜きで深度分布等、細かな情報を集めるといったものをコアボーリングという品目で計上しております。これは、実施完了しております。

それから、海外調査に関してなんですが、海外については、かなり日本よりも先行して進んでおまして、いろんなクリアランス等実施されております。我々としては、それを参考にするというような形になりまして、実施の状況等を参考にしながら、この測定評価マニュアルというのをつくらせていただきました。特にアメリカのDOEが作っている文献というのが非常に参考になりました。

○小田評価委員 分かりました。ありがとうございました。

○高山企画官 吉田先生、お願いいたします。

○吉田評価委員 ありがとうございます。東北大学の吉田です。

幾つかあるのですが、まず細かいところから、10ページの下のところの施設ごとの放射化区分というのは、4年間の成果をここにまとめられている。非常にプラクティカルで分かりやすい区分になっているかと思うんですけども、一つ気になるのは、今年コロナの影響で、実際にシンクロサイクロタイプの一つの病院、北海道の病院しかできなかったという中で、ガントリー室であるとか、それから、そのほかの部屋は放射化していない等の一般的な話が言えるところまで、この調査が実際の測定調査ができたのかどうかというのが少し気になります。この放射化区分のこの表を書かれるときには、一体、幾つの施設について実際に測定調査をして、実際に確認をしながら、した上でのこの結果なのかということ、報告書には書いていただきたいと思えます。

それから、二つ目なんですけれども、この測定評価マニュアルについて、関係者及び課関係学会に十分にサーキュレートされたのでしょうか。この発表を見ますと、JRSMの名前は出てくるんですけども、原子力学会であるとか、それからクリアランスに関しての話が出てくるのであれば、保健物理学会であるとか、その他の関係学会というのが出てきてもいいはずなんですけれども、それが出てきていない。十分にそこがサーキュレートされた上

でのマニュアル化されているのかというのが気になります。

それから、三つ目、最後なんですけども、これは大きなところで、そもそもこの研究については、最初の課題の設定のところ、クリアランスの名称は1回も出てきていないんですね。それが途中から、測定評価マニュアルのところ、クリアランス、CLが出てきていまして、これはクリアランスのガイドラインまでここの中に盛り込むということを考えられてつくってらっしゃるのでしょうか。それについては、かなり不十分かなと思いますので、単に放射化している、非放射化であるというような、その区分けのみならず、クリアランスを見据えた上でのこのマニュアルであるということであれば、ちょっとステージが違うんじゃないかなというふうにも感じます。

以上、3点について御説明いただければと思います。お願いいたします。

○松村氏 ありがとうございます。

まず、1点目が、この施設がどれくらい調査されているかという点なんですけども、粒子線治療施設の例で述べさせていただきますと、陽子線治療施設、シンクロトロン施設タイプについては、2件行っています。サイクロトロンタイプについても2件行っております。シンクロサイクロトロンタイプについては、今年度にやった1件になります。

ちょっと数は少ないように思われると思うんですけども、シンクロトロンタイプ、サイクロトロンタイプ等、我々4施設やっていく中で、陽子線治療施設というのはどういうふうに放射化が起こっているかという状況というのは、理解が非常に進んでおりまして、シンクロサイクロトロンタイプがサイクロトロンタイプと同じようになるだろうということは、大方、ある程度予想はできていたわけです。今年度やってみて、やはり同じようになっているということが確認できましたので基本的に、1件と少ないんですけども、サイクロトロンタイプと似たような形でカテゴリーを分けられるだろうという結論に至っております。1件目、大丈夫ですかね。

次、関連学会の議論についてですけども、確かに関連学会へのサーキュレートというのは行われていないという状況ですが、研究検討委員会に入っているメンバーが比較的、関連学会に所属する方に参加されておりましたので、例えば、静電加速器の研究会のほうの周知等、そういったことというのは実施して、確認作業はされております。

それから、クリアランスを見据えての考えが不十分であるということなんですけども、基本的にクリアランスで今回の廃止の手順を検討するという考えではなくて、放射化していないと判断されるというものを、いかに判定していくかということになっておりますので、

どちらかという、このクリアランスとは離れた議論になっているかと思えます。

○吉田評価委員 すみません、1点目につきましては報告書には件数を、今の御説明のところはちゃんと書き込むようにしてください。

それから、2番目に聞いている、研究協力者だけでなく、やっぱり主任の研究者、チーム自体がやはり、限られた学会だけじゃなく、様々な学会のところに発表されて、いろいろな意見を入れるというのは必要であると思えます。

それから、三つ目については、そうであれば、この12ページの上のところの測定マニュアルの5のところ、クリアランス制度への取り組みに対する課題というのが、これ、何が書かれているのだろうか。具体的に書かれてませんが、非常に気になるところでございます。方針がはっきり見えていないという感じがいたします。

○松村氏 ありがとうございます。

○高山企画官 では、占部先生、お願いします。

○占部評価委員 ありがとうございます。

11ページ、クリアランスがちょっとかけ離れたところに目標としてあるということは、今理解できたんですが、このバックグラウンドと区別できないレベルという、この表現というのが適切なのかということと、それから、これを測るのにクリアランスレベルに対して適切なサーベイメータを使う必要があるという、このサーベイメータの特徴というのは、どのような特徴なのか。

多分、特殊なサーベイメータではないかと、先ほどの写真で、見せていただいたと思うんですけども、そういうサーベイメータの特性についての記述というか、御説明をいただかないと、バックグラウンドとの関連が不明確なままになってしまいますので、そのサーベイメータの特徴とバックグラウンドと放射化していないと判断されるレベル、この関係を少し明確にさせていただくことを、まず最初にやっていただいて。

それから、その次のページに、線量率と放射能のグラフが出ていますけども、この線量率を見せていただきますと、0.08の領域以上しかデータはないわけで、0.04とか、0.0幾つとか、先ほどの数値のところまでは、ちゃんとした信頼度を持って測定できないのではないかと思うのですが、その点のデータの取扱いということについては、どのように評価されているのか等、教えていただければと思います。

以上です。

○松村氏 まず最初ですね、バックグラウンドと区別できないレベルというのが適切かと

いうところですかね。これは、サーベイメータ自体は特殊というか、シンチレーション式のサーベイメータで測ればいいですよということを書いておりました、ただ、遮蔽体が必要ですよということが、ちょっと特別かなというふうに思います。

遮蔽体も我々の推奨では4.5cm、鉛で4.5cmの最低条件が加わっている必要がある。それがあれば、バックグラウンドと区別できないレベルであるということを確認できるというふうに書いてあります。

このバックグラウンドと区別できないという、この考え方なんです、これはアメリカのDOEの手順のほうを参考にしておりました、バックグラウンドと区別できないもの、それがシンチレーションサーベイメータで測れば区別できますよ、遮蔽体をつけて測れば区別できますよということ、実測例を基にマニュアルには説明しております。

○占部評価委員 すみません、そのときの遮蔽体をつけた場合の事例で、サーベイメータのバックグラウンドは、どのぐらいの値になるんですか。

○松村氏 バックグラウンドは、施設によって違いますが、 $0.04 \mu\text{Sv/h}$ とか、そういったレベルになるかと思います。

○占部評価委員 4センチメートルの鉛をつけた場合にですか。

○松村氏 そうですね、鉛をつけてやるとそれぐらいになると。

○占部評価委員 $0.04 \mu\text{Sv/h}$ 。

○松村氏 ぐらいに。典型的な話ですけども。それは施設によって違うと思いますが。

○占部評価委員 分かりました。じゃあ次のデータもちょっと補足説明をお願いできればと思います。

○松村氏 二つ目が、検量線の話ですかね。この検量線は基本的に、横軸が線量率になっていますけども、正味の線量率として、バックグラウンドを差し引いた値になっていますので、この直線関係というのは、基本的には点が打っていないレベルの低いところにも外挿できるというふうに考えております。

○占部評価委員 外挿値ですね、結局は。

○松村氏 はい。外挿値です。外挿が成り立たないという理由は何もないと思います。

○占部評価委員 だから、そのぐらいの差のあったところで実際計測されて、そしてその差を取ってみてユウロピウム、コバルトの濃度が幾らであったかという確認はされていないということですね。

○松村氏 確認はしております。どういうことですか。点のないところですか。

○占部評価委員 点のないところです。

○松村氏 点のないところはないです。

○占部評価委員 分かりました。ありがとうございます。

○高山企画官 ニツ川委員、お願いします。

○ニツ川評価委員 2点ほどお願いします。

一つは、これは吉田委員、占部委員がお話しになっていたことと同じなんです、クリアランスとの関係なんです、これのつながりというのは、結果的にはバックグラウンドレベル以下のものについては廃棄物とする必要はないけども、それ以上のものについては、一旦、廃棄物にして、それからクリアランスするかしないかという判断をするというふうなことだと読んでいいのでしょうか。何か非常に皆さんから言われているので分かりにくいのですが、これはあくまでもクリアランスの廃棄物の話じゃなくて、廃棄物にするかしないかの問題だから、クリアランスには特別、今回は触れないということなのかなというふうに読んだのですが、それでいいのかというのが一つと。

もう一つ、これが実施されることによって、今でもいろいろなところでサイクロ施設の廃止が進んでいると思うのですが、どれぐらいの分量を削減するように判断しているのか。その2点をお教えいただければと思います。

○松村氏 1点目は、今言われているとおりで、我々は、廃止措置時に廃棄物となるかならないかというところの判定をバックグラウンドレベルでやるということを提案しています。

2点目は廃棄物の量ですね。廃棄物の量というのは、例えば、金属の量がどれぐらいとか、そういう話でしょうか。

○ニツ川評価委員 今、何施設かはもう既に、廃止にむけて、サイクロ施設なんかは進んでいると思うんですが、これを実施することによって、それらがどれぐらい低減できると見込んでいるのかというのをお知らせいただきたいんですが。

○松村氏 まず、これは二つ大きく資料があると思うんですが、一つはコンクリートの壁とか床とかそういうところと、もう一つが本体の金属に分けられると思います。壁については、今回の測定方法で放射化しているかしていないかということを判定して、していなければ放射性廃棄物でないというふうにできますし、放射化していても、どういうふうにして掘って行ってやればいいのかということが出来ます。

今回のサーベイメータで計る方法は非常に細かく分布を測定できますので、かなり精密

なはつり量というのを決められますから、ただ単にボーリングして、今までやっていた従来のボーリングして掘るやつと比べるとかなりの量の廃棄物の削減ができると思います。

金属についてですけども、これPETサイクロトロン金属についての廃止について検討したのですが、結構PETサイクロトロンは放射化が強いということが今回の調査をやっていて実感できているところでした、減らせる量といわれると、実際には、金属の外側の部分が何分の1かというところの量で減らせる可能性がありますねということは、今回の調査で分かりました。

○二ツ川評価委員 ありがとうございます。

○高山企画官 では、時間になりましたので、これで質疑応答を終了とさせていただきますと思います。

松村先生、どうもありがとうございました。

○松村氏 ありがとうございました。

○高山企画官 次の研究課題の発表の準備をいたしますので、少々お待ちください。

JAEAの高橋先生、今、音声聞こえますでしょうか。

では、続いて三つ目の研究課題でございます。

研究課題名は、「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ございます。

高橋先生、どうぞよろしく願いいたします。

○高橋氏 どうも、御紹介ありがとうございました。原子力機構の高橋史明です。

それでは、資料14ページになるかと思いますが、こちらより、内部被ばく線量評価コード開発に関する研究につきまして、今年度の成果や進捗を報告いたします。

最初に、14ページ下のスライドで、全体概要を説明いたします。

背景・目的にありますとおり、国際放射線防護委員会(ICRP)の2007年勧告を国内の放射線規制へ取り入れた場合、新しい実効線量係数に基づいて、内部被ばく防護の基準値も改正されます。

またあわせて、各事業所等でも2007年勧告に従い、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となります。

そこで、我が国の放射線規制への2007年勧告の取入れ、事業所等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。

本研究は、こちらのロードマップに示すとおり、線量係数を計算する機能の開発、核種

摂取量を推定する機能の開発、これらを統合したコードの開発と、三つの項目を順次進める計画といたしました。

平成29年度より、4か年計画で進めており、今年度は最終年度となりますが、今年度を含めて、現在、当初に設定したロードマップどおりにほぼ研究を進捗しております。

期待される成果といたしましては、コードを完成させた場合、空气中濃度限度等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、あるいは、各事業所等における平常時や事故時のモニタリングに基づく線量評価に活用できるものと考えております。

続きまして、今度は15ページ、上のスライドで実施体制を説明いたします。

JAEA、安全研究センターが研究開発を担当し、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。一部ソフトウェア開発につきましては外注しております。また、研究開発の状況などにつきましては、定期的にプログラムオフィサー、PO、PO補佐と共有しております。

それでは、今年度の研究の概要を15ページ、下のスライドから報告いたします。

まず、こちら最初のスライドは、全体の実施内容、達成目標をまとめております。

今年度につきましては、昨年度に開発したコードのプロトタイプ(コードβ版)につきまして、内部被ばく線量に関する知見を有する専門家より意見を聴取し、ICRP Publ. 141(OIR part4)の線量評価モデルの実装を行い、この聴取した意見に基づいて、コードのβ版の改良を進めるとともに、操作マニュアルを整備させることでコードを完成させていくといたしました。

また、完成後の公開や周知、普及・利用促進の方法などを検討するとともに、ICRP2007年勧告に従う線量評価・データの検討状況などの情報を収集いたしました。

今年度の達成目標といたしましては、当初どおり、コードの完成、公開を設定いたしました。

それでは、次の16ページ上のスライドから、研究概要、実施内容の簡単な説明をいたします。

まず、コードβ版の意見聴取につきましては、国内の大学や研究機関、機構内の専門家の御協力をいただきました。これらの方々につきましては、内部被ばくモニタリングや線量評価に関する知見や経験を有しており、これまでも核種摂取量推定機能のニーズ調査なので協力をお願いしたところです。

その方法といたしましては、このコードβ版を例題とともに試用提供して、グラフィカルユーザーインターフェース(GUI)の使い勝手、計算結果の表示や出力方法等について、意見を伺いました。

この結果に基づいて、後に説明しますコードβ版の改良を行いました。

同じページの下のスライドのほうでは、線量評価モデルの実装、関連調査について取りまとめております。

コードβ版につきましては、既に上の表にありますICRP Publ.134、137に掲載されているRnを除く27元素の核種につきましては、職業被ばくにおける実効線量係数を正確に導出することを検証しております。

今年度は、2020年度に公開された、この下の表になりますけれども、ICRP Publ.141(OIR part4)に掲載されているランタノイド及びアクチノイド元素の線量評価モデルを新たに実装いたしました。

また、関連する調査といたしまして、ICRPのホームページやパブコメ用ドラフト、ICRPの活動に携わる専門家への問合せ等により、線量評価モデルの検討状況に関する情報を収集いたしました。

それとともに、現行の内部被ばく評価に関する技術基準と、公開済みの刊行物を照合し、放射性同位元素の種類や実効線量係数の検討を進めました。

17ページ、上のスライドにつきましては、コードの公開、開発等に関する検討を簡単にまとめております。

コードの開発につきましては、先ほど説明いたしました、専門家より聴取した意見を反映いたしまして、コードのβ版を改良し、ICRP Publ.141が与える線量評価モデルへの対応を検証いたしました。

またさらに、操作マニュアルを整備し、コードを完成させていきました。

公開等に関する検討につきましては、事業完了後におけるコードの公開や周知、普及・利用促進の方法及びロードマップについて、P0及びP0補佐、また、ほかにコードβ版を試用提供した専門家と意見交換をすることで進めてまいりました。

それでは、17ページ下のスライドから、コードβ版に関する意見聴取をはじめとする今年度の研究の進捗を説明いたします。

こちら17ページ下のスライドの表については、いただいた意見とコメント及びその対応実施方針のうち、主なものをまとめております。

その内容ですけれども、やはり情報を読みやすくしてほしい。摂取時の年齢の入力方法といったGUIの表示方法、また、情報として慢性摂取に対する実効線量が現状、GUIに表示されていないといった不足している情報、あるいは、一方で、必要な場面でのみ情報を表示するというコメントがありました。さらに、摂取日や測定日のカレンダー表示といった具体的な計算条件の設定や入力、結果の出力方法についてもコメントを頂戴いたしました。

さらに、全体的な内容といたしましては、インストールなどの操作性のほか、専門知識に応じた機能の選択といったコメントや指摘を多く受けることができました。

これらの意見を受けまして、18ページ上のスライドのとおり、コードβ版の改良を進めました。

まず、左上のGUIの改良として、GUIの視認性、操作性、コードの動作時間等の改善を進めました。

また、右上のインストーラの作成につきましては、様々なPC環境にコードパッケージでインストールを可能とするものを進めており、今月中に完成の見込みとなっております。

また、左下のとおり、OIR part4への対応といたしましては、新しく線量評価モデルを実装したことにより、最新版のOIR Data Viewerの収録核種の実効線量係数を再現することを検証しております。

さらにマニュアル整備も3月中に完成の見込みで進めておりまして、こちらにつきましては、専門知識に応じてマニュアルの整備を進めております。

以上につきましては、3月中には完了し、現状、年度末までに内部被ばく線量評価コードの完成の見込みとなっております。

続きまして、コードの公開準備につきまして、18ページ下のスライドで、進捗を説明させていただきます。

最初に課題を整理いたしました。ここでは、2007年勧告に準拠する線量評価モデルやデータが一部未公開であるという状況を受けて、維持管理、更新、コードの配付体制や配付先、さらに普及や利用促進への取組を検討するといたしました。

その結果、下の当面の実施方針に取りまとめましたが、JAEA、当機構におけるコード開発、公開・提供の経験を参照して、まずはJAEAで登録管理し、配布につきましては規制庁と協議するといたしました。

ほかに今後の戦略として、講習会開催による利用促進、より使いやすいコードの整備について、継続して検討することといたしました。

以上のように、関係機関などへの配布や公開の見通しを得ることはできました。

続きまして、19ページ上のスライドに線量評価モデルの調査をまとめました。

新しく公開、もしくは、今後公開予定の線量評価モデルに関しては、公開された刊行物、意見募集のためにICRPのホームページに掲載されたドラフト文書を調査いたしました。その結果、こちらの表に示しますとおり、OIRシリーズの最終版となるpart5では、こちらにある表にまとめた元素が含まれていることを把握いたしました。

また、公開済みの2007年勧告に準拠する実効線量係数の分析を行い、現行のRI数量告示との比較を技術報告書として取りまとめるとともに、OIRに含まれない半減期10分未満の核種の実効線量係数の計算など、開発中のコードの活用策を検討いたしました。

続きまして、今年度の研究成果を19ページ、下のスライドに簡単にまとめました。

技術報告書の公開、学会発表のほか、年度末までにコードが完成の見込みとなっております。

以上を踏まえまして、20ページ上のスライドのように自己評価を行いました。

コードの開発につきましては、内部被ばく線量に関する知見を有する専門家より聴取した意見に基づいて、必要な計算機能を有し、操作性や利便性の高いコードを開発し、ICRP Publ. 141の線量評価モデルを実装し、実効線量係数の正確な導出を検証しました。さらに、操作マニュアルを今年度中に整備できる見通しです。

ほかに、公開等に関する検討につきましては、コードの維持管理、配布に関する課題に対する解決策を提案するとともに、専門機関などへの配布や公開の見通しを得ることができました。

さらにICRP2007年勧告に準拠する線量評価モデル・データの検討状況の情報を収集するとともに、公開済の実効線量係数に係る分析を進め、技術報告書を作成しました。

以上を受けて、概ね当初の計画通りに進捗したものと考えております。

また、今年度が最終年度となりますため、20ページ下のスライドで、全期間、4か年の自己評価を説明いたします。

平成29年度の放射線安全規制研究戦略的推進事業費の公募要領におきまして、本テーマに係る成果の活用策といたしましては、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、活用策として示されておりました。

ただいま、説明しましたとおり、今年度中にICRP2007年勧告に基づく内部被ばく線量評

価を可能とするコードの完成が見込みとなっております。

そこで、今後の防護基準値の見直しにおいて、基礎となる実効線量係数の検証や導出を可能とする技術基盤、事業所等における被ばく管理、事故時対応に有効な技術基盤が確保できたものと考え、自己評価といたしましても当初の目標を達成したと示させていただきました。

最終ページは、今年度の研究経費の支出状況ですが、出張の制限により支出が減額した旅費を除いて、ほぼ予定通りに予算を執行しております。

本テーマの説明につきましては、以上のとおりです。御清聴ありがとうございました。

○高山企画官 ありがとうございます。ただいまの御報告につきまして、御意見、御質問がございましたらばお願いいたします。

吉田先生、お願いいたします。

○吉田評価委員 ありがとうございます。東北大学の吉田です。

今年度でこの研究が終了するわけなんですけども、この後、OIRのpart5、それから成人以外の年齢別データの公開というのが控えています、そういう新しい情報を入れて、アップデートしていくという予定はどうなりますでしょうか。この研究範囲からちょっと外れるかもしれないんですけども、それが一つ、今後のことです。

それから、もう一つは、このβ版というのは、これ日本語でしたでしょうか。英語でしたでしょうか。

○高橋氏 まず、β版は現状英語にしております。

○吉田評価委員 分かりました。そうしますと、ICRPのコミッティ2がやられているかと思うんですけども、関係者にこの研究でこういった成果を上げたということを知らせるというか、そういったことは逆にやっていただいたほうがいいのかなというふうに、ちょっと思いました。

成果のところ、成果を出せているんですけども、論文としての発表がまだこれからかなと、書かれていないので。そういったところにぜひ、使っていただければなと思います。

以上です。

○高橋氏 まず、順序は逆になるんですけども、二つ目の御指摘です。国際的な発信というのは、当然していこうかなと思っています。現状、この4年間の研究を進めるに当たって、国外の専門家の先生方とも意見聴取をしたのですけれども、類似したコードはやはり各国で、自分たちの規制のために確保しているといった情報というのは伺っておりますの

で、日本でもこういったことをやっているということでやれば、国際的にこのコードの位置づけというの、はっきりするのではないかなと考えております。

最初の方の話です。OIR part5への対応なんですけれども、実を言いますと、やはりこの事業始まった当初も、ICRPにおける線量評価モデルデータの整備状況というか、公開状況というのが分からないといったこともありますので、この4年間でそれが完了していなくても、誰でもデータを入れるだけでできるような形にアップデートしていくといった形でコードをお納めするというのを約束はしてはしまして、現に、昨年度までにコードβ版といった形のプロトタイプを開発完了はさせたのですが、今年度、新しくデータを打ち込むことで、比較的容易に、そういったアップデートはできるということも検証したということでございます。

それも今年度の成果になろうかと思うんですが、その一方でやはり、先ほどの今後のことということなんです、要するに、アップデートをするにしても、コードの管理とか、このコードを使うまでにアップデートしなきゃいけない状況がある一方で、我々が完全に手を引いてしまって、ちゃんとコードを開発したとか、記録を残していないと、やはり今度再開するときに、また混乱というか、どうしたらいいか分からないので、取りあえず、技術的にはまず大丈夫であろうということですが、そういった次に進めるために、ここまで進めた我々の責任として、コードの管理、登録を行いまして、規制庁さんのほうと、ちゃんと情報交換を進めながら、そういったアップデートが進めるような体制をつくっていきたいと考えております。

以上でございます。

○大町課長補佐 よろしいでしょうか。規制庁の大町でございます。P0補佐を務めております。音声、聞こえますでしょうか。

今、高橋先生のほうからお話がありましたが、今後はOIRの5ですとか、パブリックのデータが出てまいります。それを更新する。それとコードの普及ということに関しましては、この事業は今年度で終わるのですけれども、来年度以降も規制庁で責任を持って進めていきたいと考えております。

以上です。

○高山企画官 鈴木先生、お願いいたします。

○鈴木評価委員 ちょっと勘違いしているかもしれないんで、不適切な質問になるかもしれませんが。ICRPのPubl. 130で、コンパートメントモデル、それから、その移送等のパラ

メーター、みんな変わってきているように思うんですね。今回の先生のやっておられる線量評価コードというものと、今後ICRPのPubl. 130に基づくような評価という、どれくらいズレが出てくるのか、当面は問題がないのか、ちょっとその辺の見通しを聞かせていただければと思います。

○高橋氏 今回、コードを開発しているのは、ICRP2007年勧告に準拠するといったものが基本ですので、130のパラメーターを使った線量評価は間違いなくできまして、それにつきましては、線量評価モデルを入れた後、答え合わせじゃないんですけど、ちゃんとICRPが公開している線量係数を算出するといったことは検証しておりますので、そういった意味では問題ないかなと考えております。

あと、現在の規制との関係ですかね、ズレというのは。ちょっとその辺はやっぱり90年勧告のモデルも使えるところではありますので、またその辺もマニュアルで整備しております。そういったこともちゃんと見れるようにはなっているとは思いますが。

○高山企画官 ほかに、御質問、御意見等ございますでしょうか。

占部先生、お願いいたします。

○占部評価委員 占部です。この当初の目標は達成されているという意味では、非常に大きな意義があると思うんですが、この使い勝手という面で、いろんなユーザーの方から、いろんな要望が出ていたということがありましたけど、これはまず、ユーザーとして、どのような方々を対象とするのかということ、例えば、放射線作業従事者だとか、医療関係者だとか、あるいは地方公共団体とか、突然、内部被ばくを評価しなくちゃならない状況というのは、様々な人が遭遇すると思うんですけど、この方々のどこをターゲットにするのかということですね。

そうしないと、しょっちゅう使っている人は使い勝手はいいと言い、時々しか使わない人は、いろいろなサポートがないとちょっとできないとか、めったに使わない人はもうほとんど分からないとか、かなり幅があると思うんですね。

そのアンケートの中には、やっぱりパラメーターを入れるのは多過ぎるとかというような意見がありましたけど、これをより使い勝手のいいものにするという視点から見て、ターゲットをどのように置くのか、どのユーザーに置くのか、そうして、どの点をどう改善するのかということについての、もしビジョンがあれば教えていただければと思います。

○高橋氏 ありがとうございます。まさに今後の利用普及に対する課題になろうかなと考えておりまして、今回は、やはり全てを見たいということでかなり、専門知識を有して

いる、我々以上に、ある意味、モニタリングに関しては経験を有している先生方に試用いただいたのですが、やはりこれは、私たちは使うけれども、特に、私たちのそういった専門家は使うんだけど、皆さんで現場にいる方々で、例えば、専門家の知識を持っていても、これは使わない場面があるとか、あるいは、ここまでやるというんだったら使いたくないなという人は当然出てくるという意見は聴取しております。

ですからやはり、現状このところでは、4年間の成果としてはマニュアルでユーザーごとに、こうやって使ってくださいということで、整備をコードは一つにして整備しているんですけども、やはり今後、使いやすいコード、余計なところじゃなくて、欲しい情報を効率的にあげるとか、答えを得られる、こういったコード、あるいはマニュアルといったものを整備するといったことも検討を進められればと考えております。

○占部評価委員 ありがとうございます。

できれば、GUIの中にそういった機能、選択肢があると、使い勝手のよさという面では改善されると思いますので、よろしくお願いします。

○高橋氏 ありがとうございます。

○高山企画官 ニツ川委員、お願いいたします。

○ニツ川評価委員 すみません、一般のRIのユーザーとして見ると、このマニュアルが完成したということで、今の、現行法令の告示別表に、今回4年間の成果がまとまったということで、何か影響があるかというのがやはり、一つ気になると思うので、その辺、先生が今回やられていて、具体的にも何点かやられているとは思いますが、その辺の見込みはどうなのかというのが、一つ教えていただきたいのと、あとは、今の現行法令の中でも核種が明らかじゃなくて、非常に厳しい数値を使わざるを得ない、全体ですね、というのがあるんですが、そういうものは、ある核種については今回のものを使えば現実的な数値が使えるというふうになるんでしょうか。ちょっとその2点を教えていただければありがたいです。

○高橋氏 まず、ちょっと私のほうで、今回のRI数量告示をはじめとする基準値をどうするかとか、どうなるかというのは、このコード開発では間接的にはあるんですけど、直接的には関係はしていないんですが、ただ、私どもの内部被ばく線量評価コードの開発を進めるに当たって、線量評価モデルやデータを調査していく上で、やはり90年勧告からの変更点というのは気になりまして、そういった意味では、今年度、現在のRI数量告示にある数値ですとか、放射性同位元素の種類と新しいOIRでの放射性同位元素の種類ですとか、

実効線量係数の比較を、技術報告書として取りまとめまして、それを今年度中に公開となっておりますので、そこから今後の規制に関する議論が進むのかなとは考えております。

ちょっと御質問に完全に答えているわけではないかもしれませんが、規制に関しては、こういった形になるかなと思います。

○二ツ川評価委員 ありがとうございます。

○高山企画官 では、時間になりましたので、これで質疑応答を終了とさせていただきたいと思います。

高橋先生、どうもありがとうございました。

○高橋氏 どうもありがとうございました。

○高山企画官 午前の成果報告は以上となります。午後の成果報告は、13時ちょうどからとなりますので、よろしく願いいたします。

○小田評価委員 すみません、このまま接続をしておくんですかね。昼休みの間。

○高山企画官 失礼いたしました。一度切断いただいて構いません。

先ほど、午後の再開、13時ちょうどと申し上げましたが、申し訳ございません。13時5分とさせていただきたいと思います。申し訳ございません。

一度、切断いただいて大丈夫です。午後もどうぞよろしく願いいたします。

(休憩)

○高山企画官 それでは、ただいまから午後の成果報告会を開始いたします。

四つ目の研究課題になります。研究課題名は、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。発表者は、京都大学の谷垣先生です。先生、どうぞよろしく願いいたします。

○谷垣氏 すみません、よろしく願いします。京都大学の谷垣です。

これから、令和元年度、2年度の2年間にわたって研究いたしました、発災直後の面的な放射線モニタリング体制の技術的研究についての成果報告をさせていただきます。

まず、22ページの下側なんですけども、大体の今年度の実施状況とか、期待される成果をまとめたものになりますが。この中でのポイントとしては、まずは可搬型モニタリングポスト、自律型ネットワーク、超小型KURAM-IIという三つの開発要素について、コロナの影響があつて、若干内容については実質的な目標を達成するための変更は伴ったんですけども、概ね目的とする部分までの研究成果は到達したというような内容を記述しております。

可搬型モニタリングポストについては、改良作業と実証試験・特性試験について、出張とかの制約があったりした形で、ちょっとできなかった部分もあるんですが、そこら辺を実質的な代替策で対応したということ。

それから、自律型ネットワークについても、やはり現地試験が困難という状況がありましたが、それを実施しづらい期間の間に設計とかそういったことをやることにして、実証試験可能になった段階で通信試験を実施したということ。

超小型KURAMA-IIについても、開発について、若干やはりコロナの規制とかで、相手方の企業とかとの連携がなかなかうまくいかないところもあって少し遅れぎみだったんですけども、ようやく実証機が完成して、実証試験に入っている状況というところを報告させていただこうと思っております。

これらの開発要素を組み合わせることで期待される成果として、発災直後に機動性の高い面的な放射線モニタリングを実現できるものというふうに考えております。

それでは、23ページの上側に行きます。研究体制は、昨年度の中心でありました京都大学と松浦電弘社、S2ファクトリーの支援という体制に加えまして、先ほど申しましたいろいろな実証試験、それから試験環境の提供をいただくということで、JAEAの核サ研の吉田さん、星さん、それから島根県の田中さんに御協力をいただいて、実証試験及び特定試験のための環境提供ということを協力いただいたという形になっております。そういうこともありまして、今年度より、このお三方に研究協力者に入っていたいただいたというところが大きな変更点となっております。

それでは、研究背景の御説明をします。23ページの下側なんですけども、これ前回の説明と全く同じになるんですけども、原子力発電所等の原子力施設で災害が発生したときに、既に災害に備えた様々な対策というのが取られているということは、皆さん御承知のとおりだと思います。モニタリングカーとか、固定のモニタリングポスト、あるいは測定者がサーベイメータを携行しての各地での測定といったことが行われています。

生活圏においても、可搬型モニタリングポストやモニタリングカー、サーベイメータといったものを機動的に展開することで、生活圏にいる住民の皆さんの安全とか安心を守ることが計画されているわけですが、その辺について実際に詳しく検証をしてみると、いろいろと課題があることが分かってきます。

次の24ページの上のほうを御覧ください。実際にこれを展開しようとしたとき、例えば東日本大震災に伴う東電福島第一原子力発電所事故の際もそうなんですけども、この場合

に実際展開しようとしたときに、例えば可搬型モニタリングポストとして用意されていたものは、実機は重くて運搬困難であったり、あるいは1台当たりの単価が高くて、なかなか思ったように面的に展開することができないという課題がありました。

また、通信網です。実際には、災害直後は思ったように機能しなくて、連絡手段とか、そういう音声の通信ですら、なかなかうまくいかないというような状況もあったりとかしました。これも複合災害のときには、まま見られることで、倒壊とか、停電とかに伴う回線の逼迫、破損といったことが原因と考えられます。

さらに、面的な展開をしようとしたときにも、サーベイメータとか、そういったような機材が、どうしても線量率を測定することに特化してしまっているがために、例えば福島第一事故で、東電福島第一原発事故で問題になったような、ヨウ素、被ばくの問題なんかを評価したいと思ったときに、線量率データしかないというようなことが起きて、なかなか詳細な評価をするには困難が生じているというのが、実際のところであります。

そこで、24ページの下側に行くんですけども、今回の研究としては、これらの常に整備されている、そういう体制のそういう弱点を補強するというか、補完するという意味で、もう少し効率的、なおかつ機動的なモニタリングができるようなシステムを開発しようというのが位置づけになります。

まず最初に、従来のスキームでも一つの要とされております可搬型モニタリングポストについて、もっと価格を下げて、なおかつ機動性の高いものを開発してみよう。これは我々がこれまでに開発しているKURAMA-IIの成果を応用したものになりますが、そういうことをしてみようという。

それから、もう一つ、生活圏内でサーベイメータのようなものを展開するのに代わって、非常に小型のKURAMA-IIみたいなものを作って、そして、それを面内にきめ細かくばらまくことによって、そういうサーベイメータでできなかったような核種同定のための情報みたいなものを収集できるようなことができないかということを試みるという。

そして、もう一つは、可搬型モニタリングポストと超小型KURAMA-IIを結ぶための自律型ネットワークです。災害時でも、機動的に自分たちの都合でどんどんネットワークを構築して通信ができるような、そして生き残った既存網に接続して、拠点での情報収集に当たれるような、そういうようなものを作ろうというのが今回の位置づけということになります。

研究計画なんですけども、今言ったようなものを開発することになるんですけども、25

ページの上側に研究計画について紹介しております。新型コロナの影響がありまして、本年度の当初は、かなり活動が制約されました。それで残念ながら、当初うたっていたとおりのことができていない部分もあるんですけども、実質的には同等のことができるようにということで、最大限の努力をしたというところになります。

まず、モニタリングポストについては、前年度開発が終わっておりまして、引き続き実証試験ということで、福島ないし各地で展開する予定だったんですけども、それが長期にわたって展開するようになったときに、一度設置したはいいけども、今度回収のための出張に行けるのかどうかという、そういう問題が発生してしまうことから、ちょっと方針を変えまして、耐環境性の試験と校正施設での特性試験ということをやってみるということで、比較的アクセスしやすい場所に長期で屋外に設置して、近隣のモニタリングポストと比較しながら実証をするということにしたということと、あとJAEAの校正施設で特性試験をやって、性能評価をやったということをやっております。これは現在も試験継続しております。

自律型ネットワークについては、一応、規格を昨年度の成果を踏まえて選定しまして、その選定した規格でネットワークを実際に自分たちで構築して、通信試験を行うということをやっております。現在も通信試験の継続をしております。

超小型KURAMA-IIについては、開発要素である検出器等々が、ちょっと今年度前半でかなりちょっと製作とか、その仕様決定の会合とか、そういったところでかなり影響を受けたため、ちょっとずれ込んでしまいましたけども、一応試作機のための検出器は何とか製作を終えまして、現在、試作完了した超小型KURAMA-IIが、先ほど申しました自律型ネットワークに接続されて、測定が開始できる状況になって、それを始めているというところになっております。

それでは、各項目について、順次紹介していきます。

25ページの下側なんですけども、可搬型モニタリングポストについては、もう既に実用レベルで完成しております。もうこのまま使っていただいてもいいレベルになっております。写真左側が従来品ということで、これは新潟県が訓練の際に持ち運んでおられる様子なんですけど、それと同等、あるいはそれ以上の性能のものを、今回、右側の写真にあるような感じでまとめております。この写真は、実は長期連用のために設置しているものでして、この状態で秋から現在に至るまで、大体屋外に設置して連続的に試験を継続しているという状況になっております。

概ね予定どおりの性能は出ておりまして、数か月間の屋外利用でも、特に大きな故障とかは見られず、また、連続稼働、バッテリーでの連続稼働も行ったんですけども、概ね1週間弱の性能を達成できるということで、現在のところ当初の目標を達成しているような状況になっております。

また、JAEAのほうでの特性試験でも、一応可搬型モニタリングポストに期待される仕様というのは満たした状態であることを確認しております。今後さらに、今、試験継続を続けていきたいというふうに思っているところです。さらに、もう少し通信モジュールのほうの動作を最適化することで、今ほぼ連続通信している状態なんですけど、もう少し間欠運転することができれば、さらにバッテリーの持ちが延ばせるだろうということで、そこら辺の工夫を、今進めているところです。

可搬型モニタリングポストで取ったデータを御紹介します。26ページの上側と下側を御覧ください。これは我々がモニタリングポストを設置しております石川県野々市市での測定結果と、近隣にあります石川県の保健環境センターと辰口というところのモニタリングポストのデータ等を表示したのになります。

ここで1点注意したいところなんですけども、左、26ページ上側の左側の下側のグラフ、オレンジ色の線がKURAMA-II、可搬型モニタリングポストなんですけども、これは周辺線量当量率のH*(10)で測定しているんですが、下側のモニタリングポストのほうは緊急時ということで、1Gy=1Svという換算で行われていますので、その分の差異が発生していることを、ちょっと注意点としてお知らせしておきます。

このデータを見てもらって分かるとおおり、モニタリングポストの推移と追従しているというのが、よく分かっていただけたと思います。そして、今、この26ページの上側で示しております15時のところなんですけども、これは右側のレーダーの写真を見てもらったら分かるんですけど、そのときの降雨状況を示しているんですけども、ちょうど可搬型モニタリングポストを設置している場所と県保健環境センターとでは降雨があったんですけども、この辰口というところでは降雨がないということで、それら降雨に伴う上昇を二つは捉えているけど、辰口のほうでは上昇は観測していないというところなんです。

しかし、下側のほうに行っていただくと、全てが上がっているんですけども、そのところは右側のデータを見てもらえば分かるとおおり、3か所で激しい降雨を観測しております。きちんと気象の変化による線量変動を捉えているということが確認できるかと思えます。

では、27ページの上のほうに行きます。27ページの上のほうでは何を示しているかというと、この降雨の状況と、降雨のありなしで、線量率だけではなくてスペクトルが取れますので、スペクトルのほうがどういうふうに変化したかというのをお見せしております。

降雨ありと降雨なしで、ビスマスがちょっと微妙な、ちょっとずれは微妙になってしまっているんですが、ビスマスのピークの変動等がきちんと見えているというのが御覧いただけるかと思います。

このように天候による変動をきちんと捉えて、線量率の変動及び見えている核種のピークの変動をきちんと捉えているということが御覧いただけるとと思います。この状態で長期で継続しておりますけども、今のところ特に異常が見られることなく、測定が継続している状況となっております。

可搬型モニタリングポストの性能試験をしたと言いましたが、これはJAEAの核サ研での照射施設でのものですが、そちらのほうを説明させていただきます。

27ページの下側なんですけど、まず、これは線量率の直線性試験ですけども、大体最大2mSv/hまでモニタリングポストに要求される+22%、-15%の仕様を満たすものということで、当初の設計どおりの性能が出ています。

そして、28ページの上側なんですけども、これが方向性試験でして、前面から照射した場合なんですけど、前面からというか、水平面の特性なんですけども、ぐるっと回して±20%の偏差内に収まるという仕様をきちんと満たしているということになります。

特に乱れているのが、130、150、-225度辺りとか、135度辺りとかだと思んですけども、その辺りというのは、ちょうど中の金具とかが、留め金がちょうど影響しているところなんですけども、その影響も軽微であるということが確認されています。

下側、28ページなんですけども、これは垂直方向でして、垂直方向の照射を見てみると、これは±120度で20%以内という仕様はきちんと満たしております。以上から、JISZ4325の規定範囲ということで、可搬型モニタリングポストの性能は達成しているということが確認できました。

あと、エネルギー依存性についても、問題ないことは確認しておりますが、現在ちょっと詳細を評価中です。

では、次に行きます。次は、自律型ネットワークの試験なんですけども、前回お知らせしたとおり、二つの候補があるということで、ZETAとWi-SUNFANという二つのLPWAの規格について検討したんですけども、昨年度の実績から、ZETAを選定することとして、ZETAに

ついでに評価を行いました。その評価の様子をお知らせします。

29ページの下側なんですけども、これは宍道湖周辺で、島根県の御協力により宍道湖周辺のモニタリングポストの設置箇所に行って、そして実際にモニタリングポスト間ぐらの距離をネットワークとして結ぶことができるのかという試験をやりました。これによってモニタリングポストよりもきめ細かいメッシュを作りたいという、我々の仕様を十分満たすということが保障されると考えております。

基地局、データの集約をする基地局が赤、そしてオレンジ色が中継局で、青色が実際のモニタリングポストの地点なんですけども、これらを機動的に結ぶということをやってみました。

30ページの上側を御覧ください。例えばこれなんですけども、30ページは島根県の拠点から島根原発近辺のモニタリングポストを結んでみましょうということ、あるいは宍道湖を渡した接続を試してみよう、あるいは遠隔地の山を接続してみようということをやったんですけども、当日、にわかで右側の写真を見ていただいたら分かる通り、持っているというんですけども、数キロメートルにわたる遠距離でも安定した通信を確保しつつ、中継点を設置することで、きめ細かいモニタリングポストとの接続を実現しています。

また、30ページの下側を見ていただいたら分かるんですけども、市街地においても、松江市内、建物がかかなりありまして、直接通信することができなかつた場合でも、例えば点線の線で結んであるところなんかは通信ができなかつたんですけども、別途中継器等を立てることで、通信が実現できるということが分かっています。こういうものを機動的にその場で展開していくということが確認できたということで、緊急時の展開とか、既設モニタリングのバックアップとしても有力な手段として使えるんじゃないかというふうに考えております。

では、31ページに行きます。31ページの上側が、超小型KURAMA-IIということで、先ほども説明しましたZETAを搭載して、そしてSonyのSpresenseというCPUを用いて、なおかつ浜ホトに製作を依頼したんですけども、従来のKURAMAと同等の結晶サイズを持っているCsI+MPPCの検出器というのを試作して、それらをまとめたものを作りました。実は、ここに用意してあるんですけども、これが実機でして、これぐらいの片手で持てるぐらいの大きさで、バッテリーも全部込みで、これを実際に緊急時にばらまいて使えるというようなものにしたわけです。こういう感じにまとめてあります。

その中の要である検出器だったんですけども、31ページの下側を御覧ください。残念ながら、我々が当初開発していたMPPCが開発している浜ホトの別部署のほうで廃番とされてしまいまして、新しいMPPCに変わったんですが、そちらのほうはちょっとゲインが改善されてしまって、一般ユーザーには良好だったんですけど、我々にとっては都合の悪い結果となってしまったため、残念ながらそこにお示ししているスペクトルのとおり、エネルギースペクトルの上限が大体700keV、800keVぐらいのところまで止まっています。

しかし、これは廃番になってしまったMPPCの調整の追い込みができていないためであって、従来のアンプを小型化して実装すれば、黒線で示してあるようなスペクトルで4MeVぐらいまで取れるということは確認しておりますので、もし実用化するときには、こちら従来のアンプをそのまま基板のほうで実装して、展開すればいいということになっております。

ただ、今回の事業では、それをやるちょっと時間と資金がありませんでしたので、こういって終了ということにしておりますが、システムとしての動作は問題なくしているということを確認しております。

実際に島根県に先ほどの超小型KURAMAを持ち込みまして、LPWAネットワークに接続して、データの収集をやってみたところ成功しておりますので、近々本格的に展開して、面的なデータ収集ができることを実証しようということで準備を進めているところです。

では、32ページに行きます。これらの開発成果については、上のほうに、32ページ目、上のほうにまとめているんですが、国際会議及び国内の学会、それから研究会において発表しております。

最後に、自己評価なんですけども、いろいろと制約があったんですけども、一応、概ね当初目標としていたものは開発できまして、メッシュ型のネットワークを使ってデータ収集をするという、そういう一応の目標は達成できる技術成果が得られたのではないかとこのように考えております。

特に、もう一つ強調しておきたいのが、自律型ネットワークなんですけども、これは島根県の協力をいただいて、評価して分かったことなんですけども、従来のモニタリングポストのバックアップ回線としても非常に有効な手段であるということが実証中に分かりましたので、今後、ぜひこの成果、今回の研究成果を既設のモニタリングポストのバックアップ回線の整備というところでも生かしていただければというふうに考えております。

以上です。

○高山企画官 ありがとうございます。

ただいまの報告につきまして、御意見、御質問がございましたらば、お願いいたします。
鈴木先生、お願いします。

○鈴木評価委員 鈴木です。

面白い、前から注目していた話題で、大変うまくいっていると思っています。一番は、このネットワークがどういう形で情報共有、あるいは対策本部の人たちに情報提供をできるのかというところが、ちょっとあまりよく分かりませんでした。既存の固定ポストの代替もできる、通信の部分で代替ができるというふうに言いましたけども、やっぱりそれもどういう形で具体的にできるのか、最終的に情報共有をどういうふうにまとめるのかというところに関して、ちょっと教えてください。

○谷垣氏 分かりました。本当は、我々、実はここに載せられなかったんですけども、ウェブ上で、マップ上で線量率を可視化できるようなシステムを、もうKURAMA用に構築しておりまして、それを使うことでリアルタイムに可視化できるだろうと思います。

自律型ネットワークというのは、一応ネットワークなので、そこを流すデータというのは、通常のIP通信と同じようなもので、例えば既存のモニタリングポストであれば、線量率を時刻とともに送ってらっしゃると思うんですけども、そういうデータをそのまま流せるものです。そこで我々は、線量率データと、それと測定器の位置情報と、あとスペクトルデータも流そうというふうに考えておりまして。ですので、既存のモニタリングポストのバックアップ回線として使えるだけでなく、同じネットワークでスペクトルデータも収集できるというような感じになっていると思っていただいて結構かと。

そのデータは、最終的には、その基地局から既存のIPネットワークに乗りますので、従来のモニタリングネットワークと同様に運用していただけるというふうになっています。

よろしいでしょうか。

○高山企画官 小田先生、お願いいたします。

○小田評価委員 小田です。

昨年も多分同じ質問をしたのか、どなたかがされたのかも忘れたんですけども、緊急時のモニタリングはいう形になったときに、このシステムがどういうふうにオンサイトの中で使われていくのか、あるいは国がやるERMシステムの中に組み込まれるものかということについては、何かお考えはあるんでしょうか。

○谷垣氏 ちょっとそこは、むしろこれまでモニタリング体制を構築されてこられた方々

の補完としてうまく使っていただければと考えているので、我々としては、従来のKURAMAがそうであるように、いかなる形でもデータを共有できるような形で整備しますので、よりよい形でどう統合するのがいいのかというのは、これからこの成果を基に皆さんに御意見をいただければというふうに考えております。

○小田評価委員 もう一つ、いいですかね。ちょっとこれ、すごく細かな話で申し訳ないです。小型のKURAMA-IIというのは、ヨウ化セシウムの素子自体が、これは多分小さいんですかね。小型化できたというのは、素子自体はさほどでもなくて、どこかが工夫されて小型化できたという、そういうふうな理解でいいんですか。

○谷垣氏 そうですね、それは31ページの上側を見てもらえば分かるんですけども、そこにちょっと吹き出しがついちゃっていて、ちょっと分かりにくいんですが、基板の上にモジュールが乗っている感じになっています。まず、検出器のところですが、従来はインターフェースを積んで、USBとかに変換して、パソコンとかに取り込むということをやっていたんですけど、今回それをやめてしまったので、直接アナログパルスを取れるようにしたら小型化できたという。

それから、一つ重要なこれ技術革新なんですけども、シングルボードコンピューターです、SonyのSpresenseというやつなんですけども、こういう、これ6,000円ぐらいのCPUモジュールなんですけども、非常に小型で、それでも能力が高くて、なおかつ高速のADCを積んでいて、放射線検出器でも使えるレベルまでようやく民生品が出て、そういう高度なシングルボードコンピューターが出てきたということで、それを採用することができたという。この辺ではSonyの方にかなり協力いただいたんですけども、それがうまくいったということ。

それから、LPWAという省電力の小型の通信モジュールが実用化されてきて、それを実際、私たちが採用することができたという、大体そういうところら辺で小型化ができたというふうに考えています。

○小田評価委員 ありがとうございます。

○高山企画官 吉田委員、お願いいたします。

○吉田評価委員 吉田です。

一つ事実確認なんですけれども、27ページのスペクトルの図で、タリウムまで測れているんですけど、これって福島カーボンでは2MeVまでで、その上は測ってないですよ、それとはバージョンが違うんですか。

○谷垣氏　そうです。実は、C12137も細かい改良が進んでいて、最近のバージョンでは、広帯域のものを指定すれば、4MeV近くまで延ばせるやつが入手できるようになっています。

○吉田評価委員　そうすると、逆に、そういう福島でのカーボンサーベイ等で使っている、歩行サーベイでもそうなんですけども、あれもその上まで測ることができるわけですね。

○谷垣氏　原理的にはそうなんですけども、検出器の中の仕様がちょっと、アンプの仕様が変わりますので、そこはちょっと申し訳ないですけども、新たに購入して、交換していただくことになります。

○吉田評価委員　分かりました。ちょっと自然放射線がどんどんドミナントになっていて、そこが測れないというので、ちょっとどうなのかなと思ったので。

それともう一つなんですけども、24ページの下の図で、可搬型のモニタリングポストと超小型のKURAMA-IIのこの関係図はよく分かるんですけども、基地局とモニタリングポストの位置づけがちょっとよく分からなくて。超小型のKURAMA-IIが通信ができるように、その最善のベストな通信網を使って、けども基地局から拠点にデータを流すと。そのときの可搬型のモニタリングポストというのは、これは基地局と別個につなぐということなんですか。

○谷垣氏　可搬型モニタリングポストも緊急時の想定としては、今のLPWAの超小型KURAMAと同列で並んでいくことを想定しています。それで、誰かが基地局にアクセスしたら、そこでうまくというふうに考えています。

○吉田評価委員　そうすると、全てがつながって、緊急時のモニタリングとして、このスキームが使えるということなんですね。

○谷垣氏　そういうことです。

○吉田評価委員　分かりました。ありがとうございます。

○高山企画官　二ツ川委員、お願いいたします。

○二ツ川評価委員　すみません、2点ほどなんですけども。ちょっと先ほどの説明で分かりにくかったんですが、26ページの左上の図で、既存のモニタリングポストと、このKURAMA-IIの違い、御説明だと分かりにくかったので、その数値の違いが何かというお話がありましたよね、差です。

○谷垣氏　その線量率の差は、これは近隣のモニタリングポストが1Gyを1Svで換算して出力されているということがございまして、我々のところはH*(10)を計算しているので、それいくと、例えばセシウム換算でいくと1.3倍ぐらいげたをはいてしまうことになるとい

うことで、その差が見えているとお考えいただければ。

○二ツ川評価委員 分かりました。

もう1点なのですが、基地局から中継、直接行かないときに中継地を設定とおっしゃっていたんですが、いざというときに、中継地というのは、どういうところに中継地を置くべきかという、そういうものは何かあるんでしょうか、実際のときに。

○谷垣氏 そこら辺を、29ページの下側を見ていただければ分かると思います。29ページの下側のところで写真があって、中継局と書いてあるやつを見てもらえば分かるんですけども、我々、当日このネットワーク、最初から全部つながると思って行っているわけではなくて、臨機応変にこういう感じ、人が今、手で持っているような感じで、その場でぼいぼいと置いて試そうということをやったんです。

この基地局自体が、実は1個3万円ぐらいですので、あまり細かいことを考えずにどんどん置いていっても、それほど大したことはないということもありまして、適当に取りあえず置いてみましょうということで、見晴らしがちょっといいところにちょっと置いてみましかぐらいな感じで適当にやっていると、それで自動的にその中からいいところをZETAのモジュールが見つめてくれるということで、さくっと、言葉はちょっと口語的になってしまいましたけども、非常に簡単につながってしまうというのが、当日のこの島根県の宍道湖一帯での、市街地も含めての試験結果ということになります。そこら辺の感覚は、もう少し実際の成果報告書の中では、もうちょっと詳細に書こうとは思いますが、計画することなく、適当にそれっぽい場所に置いておくと、大体何とかしてくれるというのが、思いのほかうまくいったというのが正直なところです。

○二ツ川評価委員 じゃあ、適当なところに置くというイメージでしょうか。

○谷垣氏 場合によっては、我々、中継局いるかなと思って置いておいたんですけど、その中継局を無視して、直接通信を始めてしまったりすることもあるぐらいで。とにかくモジュール自体が自動的に自分たちの一番最善の通信経路というのを常に探索してくれるという特徴が、機動的なネットワークの展開には非常に強力な武器であるということ、今回の実証試験でむしろ私たちが発見して、実感したという、そういう感じです。

○二ツ川評価委員 ありがとうございます。

○高山企画官 占部先生、お願いいたします。

○占部評価委員 小型化、ネットワーク化というのは、緊急時のモニタリングにとって非常に重要な課題になると思うんですが。面情報を得るのは、この前回の福島の時も大変

難しかったんですけど、この面情報を得るということを実現するために、現在のところは様々な技術的な検討がなされている段階だと思うんですけども、実際には、既存のモニタリングポストだとか、それから、これから新たに置くものだとか、いろんなものをどのように配置するかという考え方がもとにあるんですよね。ちょっとここの情報が欲しいというのは、自分たちの主観的な思いからではなくて、客観的に与えられた状況の中で、今持っている小型化、ネットワーク化というメリットを生かしていくということだろうと思うんですけど。

そういう意味で、今、どういう面情報を得るために、自分たちの機器を配置するというのは、どういう考え方で配置しようとしているのかということについて、もしお考えがあればお伺いしたいというふうに思います。

それから、ごめんなさい、もう1点なんですけど、27ページのグラフが出ているところで、これ非常に小さな問題かなとも思うんですけど、照射線量率という言葉が使われています。照射線量率というのは、この $\mu\text{Sv/h}$ の単位で表されていないと思いますので、そこら辺りは正確な用語を使用すべきではないかと思うんですけど、その辺いかがでしょう。この2点です。

○谷垣氏 用語のほうは、申し訳ありません。私のほうの不注意ですので、報告書のほうではきちんと訂正させていただこうと思います。

それから、先ほどの面的な話なんですけども、私としては、既に一定の方針に基づいて配置されているモニタリングポストとか、各種モニタリング体制というのは、決して無駄ではないと思っております。やはり、それは考慮されたものであるから、当然行われるべきだと思うんですけど。

ただ、現実問題として、例えば市内でも超小型KURAMAみたいなのは、例えば住民の皆さんが避難されている場所とか、もっときめ細かい、活動がよく行われていた場所、あるいは今後継続して入りたいんだけど、これ以上その地域に入れないうちであろう、サーベイメータでモニタリングしていた場所みたいなところを、うまく先ほどのこいつです、これをうまく置いていくことで補完して、取りあえず次の体制ができるまで、何とかこいつでモニタリングをしてもらうというような、そういうことをやっていければ理想的なのかなというふうに。

だから既存のものを否定するというよりは、既存のものでちょっと足りないなというところに、こういうものを積極的に展開していただければいいのかなというふうに考えてい

ます。

○占部評価委員 分かりました。ところで、その超小型というのは、超小型ですか、今のは。

○谷垣氏 従来のKURAMAからすると、もう全てバッテリーから何から。

○占部評価委員 雲泥の差があるということ。

○谷垣氏 もう雲泥の差がありますが、実は、これもう一歩小さくする計画がちょっと進んでいまして。LPWAモジュールがもうちょっと小さくできて、先ほどのSonyのボードの上に乗るとい話がありますので、そういうのができてきたら基板を見直して、もっと小さなものにしてみようというふうには、ちょっと関係者で話をしているところです。なので、超小型になると思います。

○占部評価委員 ありがとうございます。

○高山企画官 時間になりましたので、質疑応答は以上とさせていただきたいと思います。谷垣先生、どうもありがとうございました。

○谷垣氏 ありがとうございます。

○高山企画官 次の成果報告の準備をいたしますので、少々お待ちください。

次の成果報告に移りたいと思います。次は、五つ目の研究課題でございます。研究課題名は、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。発表者は、九州大学の永田先生でございます。先生、よろしく願いいたします。

○永田氏 皆様、こんにちは。九州大学の永田と申します。本日は、よろしく願いいたします。

すみません、通信のトラブルで、一部お見苦しい点があったこととお詫び申し上げます。それでは、発表させていただきます。

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でございます。

33ページ目の下段のほうを御覧ください。本研究は、2018年～2020年までの3年間で実施させていただきました。

○事務局 すみません、事務局です。少々通信の状態をチェックさせていただきたいので、永田先生、御発表を止めて、お待ちいただけますでしょうか。申し訳ございません。

○永田氏 分かりました。

○事務局 すみません、事務局です。先ほど、音声ダブルが入ったことがありましたが、もしどなたかYouTubeを拝見されているようでしたら、一旦そちらをミュートしていただ

ければと思います。すみません、御協力をお願いいたします。

○永田氏 当方もミュートにしております。

○高山企画官 永田先生、お待たせいたしました。それでは、永田先生、御発表のほうを、申し訳ありません、最初からお願いいたします。

○永田氏 皆様、改めまして、九州大学の永田高志でございます。恐らく、私のほうの手順ミスで大変御迷惑をおかけしましたことを、最初にお詫び申し上げます。

それでは、手元資料にあります、33ページ目の下段のほうから始めさせていただこうと思います。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について、この研究は2018年～2020年までの3年間で実施させていただきました。

研究の背景・目的でございますが、平成30年度の新しい原子力災害指針に基づきまして、実効性のある原子力災害医療体制の構築を行うために、ワークショップを通じまして、全国の原子力災害拠点病院が複合災害としての原子力災害を想定とした業務継続計画、BCP、Business Continuity Planを策定し、あわせて原子力災害に必要なリスクコミュニケーションを習得することを目指しました。

今年度の実施状況でございますが、2020年に起こりました新型コロナウイルス感染症の拡大に伴いまして、令和2年度の研究実施を一部修正させていただきました。新たにオンラインでワークショップが実施できますようにコンテンツの開発を行いまして、動画配信、そしてZOOMを用いたオンライン・ワークショップの実施を行いまして、トライアルの後に、2020年10月～2021年1月までの間に合計13回のワークショップを、13の原子力災害拠点病院に対して実施しました。

アンケート調査を行いますと、満足度、あるいは時間配分については、割と高い満足度をいただきまして、ZOOMに伴う技術的な問題も限定的でございました。

アンケートの自由記載の中では、原子力災害の具体的な対応が明らかになった、あるいはリスクコミュニケーションのあり方では、安全配慮義務の重要性についても理解できたというコメントをいただいております。

原子力災害を想定としたBCPの策定を実施した施設は、合計7施設でございました。

期待される成果としましては、令和2年度に実施しましたオンライン・ワークショップ、そして、平成31年度に実施しましたワークショップを通じまして、地域におきます具体的な原子力災害のあり方が議論されまして、今後、地域において自治体や他の医療機関と協同して、実効性のある原子力災害医療体制の構築に貢献することが期待されました。

では、34ページ目の上の段を御覧ください。今年度の研究体制図について説明させていただきます。

今年度の研究体制図でございますが、私、九州大学の永田が研究の統括をさせていただきますまして、私の御指導をいただく先生方として、東京医療大学の明石先生、杏林大学の山口先生、帝京大学の坂本先生、そして国立循環器病センターの萩原先生に直接御指導いただきました。私のオンライン・ワークショップ等の様々な活動を補佐する者として、石村、南淵、濱田様、岡本弁護士、中尾先生、山本先生にいろいろ補佐をいただきました。

そして、実際には、各地域の原子力災害拠点病院にオンライン・ワークショップをしますが、その際は、各医療センターの先生方、宇佐先生、廣橋先生、長谷川先生、花田先生、そして有嶋先生、山村先生の御協力をいただきながら、オンライン・ワークショップを実施しております。

34ページ目、下段を御覧ください。実施状況のロードマップでございます。3年間の研究におきまして、四つの調査研究を組み立てさせていただきました。

調査研究1、原子力災害拠点病院における業務継続計画BCP策定のための技術的指針類の作成、調査研究2、策定されたBCPの充実度を評価する仕組みの作成、調査研究3、複合災害を想定した原子力災害拠点病院のBCP策定、調査研究4、分担研究との関連ですが、原子力災害時に原子力災害拠点病院が円滑に活動を行うため、地域社会や報道機関に向けたリスクコミュニケーションのガイドラインの確立でございます。

これらは平成30年度、31年度におきまして順調に研究を進めることができまして、その研究を踏まえまして、31年度の段階で、ワークショップという形で6施設に対してワークショップを実施することができました。今年度は、そのワークショップの経験を踏まえまして、訪問でのワークショップからオンラインでのワークショップを新たに開発するとともに、それで実施しました施設に対するフォローアップやフィードバックを得ることを実施しました。

続きまして、35ページ目の上段を御覧ください。各研究項目の今年度の実施状況について説明させていただきます。

具体的には、オンラインのワークショップで何をしたかを説明させていただきます。

調査研究1ですが、昨年度、平成31年度に完成しました技術的指針類を基に、オンライン・ワークショップを実施しました。特に各道府県にあります原子力災害拠点病院の立場に基づいて、リスク分析や業務影響分析、業務継続戦略を立案することを目指して、具体

的なものをできるように目指していきました。

調査研究2では、ワークショップを実施した施設に対してフォローアップの調査を行い、取組状況の把握に努めました。

調査研究3でございますが、各オンライン・ワークショップ、13回のオンライン・ワークショップを実施したのですが、実施する際に、地域防災計画や内閣府の原子力防災、あるいは原子力事業所の防災計画を踏まえまして、シナリオを作成し、各施設のグループディスカッションに臨みました。

調査研究4でございますが、平成31年度に完成しましたリスクコミュニケーションに関するガイドラインに準拠しまして、原子力災害に関連した具体的なシナリオを作成し、リスクコミュニケーションを実践する演習を実施しました。

35ページ目の下段を御覧ください。こちらが具体的なオンライン・ワークショップの内容、そしてモデルBCPの内容となります。

昨年度実施したワークショップでは、大体4時間ほどの半日ほどの時間をいただきまして、座学と実技、ディスカッションという編成でさせていただいたのですが、新型コロナウイルス感染症、各施設の先生方の事情を考慮しまして、事前学習でできる、座学に関しては事前学習でできるだろうということで、動画での配信を行いました。そして、残り2時間でZOOMを用いまして、我々、講師側、私と弁護士岡本先生、そして藤田医科大学の有嶋先生と3人で40分ずつ担当して、オンラインでのグループディスカッションを行いました。

私が担当したのは、昨年度作りまして、BCPを作るためのテンプレートの説明を5分ほどさせていただいた後に、各施設の状況に合わせたシナリオに基づいたグループディスカッションを行いました。

その後に、弁護士の岡本先生のほうから、法律の立場でBCPがなぜ必要なのか、そして、その中でも安全配慮義務がなぜ必要なのかを、討議形式で抗議していただきました。

最後に、藤田医科大学岡崎医療センター救急診療科の有嶋先生から、具体的な原子力災害の状況を付与した後に、傷病者を受け入れた際の報道対応、ないしは地域住民や職員への説明というシナリオを設定して、オンライン上ではありますが、疑似体験をしていただくようなことをしました。

これを40分ずつやって、2時間で終わらせています。

モデルBCP、具体的にどういうBCPを作ったらいいのかという質問を幾つかいただきましたので、我々が提示したものとしては、重要項目五つを挙げています。一つ目は、繰り返

しになりますが、内閣府原子力防災や道府県の防災計画、原子力事業所等の公開情報に基づいて、原子力災害のリスクを各原子力災害拠点病院の立場からリスク分析して、それがどういう業務に影響出のかの分析をし、その中で、病院としてどういう業務を継続するのかという戦略を立てることを明記してくださいと。

二つ目には、やはり原子力災害拠点病院としては、傷病者を診る、被ばく傷病者を診るというのが第一義ですので、それを診るための体制の整備、あるいは原子力災害医療派遣チームを他地域に派遣するための派遣計画というものを、何らかの形で書いてくださいと。

三つ目は、リスクコミュニケーションの在り方。

四つ目は、職員の安全配慮義務。

この4点を何らかの形で書くようにしてくださいというふうに伝えています。

分量につきましては、これは特に規定するものではないのですが、全50原子力災害拠点病院のほぼ全てが、厚生労働省が定めるところの災害拠点病院でありまして、もう既にBCP、業務継続計画そのものは存在しておりますので、それを上書きする形での原子力災害編として作る、あるいは、もう別途、原子力災害拠点病院としてのBCPを作る。それは特にこちらが指定するものではないのですが、我々とのワークショップ、あるいはワークショップの後で、自ら、多分施設内で皆さんで集まられて議論した内容を書き出しておくことが大事ですというふうに伝えています。ですので、具体的には、A4の紙でいくと、議論をすれば5枚、10枚ぐらいになるんじゃないでしょうかという形でお伝えをしています。

続きまして、36ページ目の上段を御覧ください。これは実際にオンライン・ワークショップをZOOMでやっているときの風景でございます。これは実はトライアルで、長崎大学、長崎大学はセンターであって原子力災害拠点病院ではないのですが、長崎大学に御協力いただきましてやった際の風景を写真で撮らせていただいたものですが。

これは岡本弁護士が、具体的に原子力災害における事例を出しながら、長崎大学の参加者、このとき10名ほど参加していただきまして、それと我々との間で双方向で議論をしながらやらせていただきました。ZOOMですが、新型コロナウイルスに伴いまして、非常に広く使われるようになりましたので、初回ではありましたが、比較的円滑にできたという印象がございます。

36ページ目の下、下段を御覧ください。これは今年度の研究班の取組を時系列で示したものです。横軸が、これは時間、縦軸は新型コロナウイルス感染症のPCR陽性者数でございます、感染の第1波、第2波、第3波とありましたが、その中で研究班として取り組んだものでご

ざいます。

平成31年度の第三回会議は1月に実施したのですが、まさか、この時点で、この新型コロナウイルス感染症が大きく影響出るといのは、正直予想がつかなかったのですが、この段階では、実はもう4月からは各道府県に積極的に赴いて、対面でのワークショップ、そしてワークショップ後の様々な議論をすることを目指して準備を進めていたのですが、2月、3月、4月の感染拡大、そして緊急事態宣言の発令に伴いまして、研究活動、訪問での活動を見送らざるを得ない状況となりました。

感染が落ち着いた段階で第1回目の班会議をしまして、その時点で感染の推移がどうなるか分からなかったのですが、可能であれば訪問をして、やっぱり原子力という難しいテーマを扱いますので、やっぱりその空気感というか、目を見て話したいというのを第一に考えつつ、やはり感染の拡大に伴って訪問ができなければオンラインでやることを考えた上で、二通りの対策を立てました。

7月から9月にかけて、オンラインでのワークショップの教材を開発しました。これは昨年度、ワークショップをもう既にやりましたので、それからは何が必要で、何が必要でないかというのを整理した上で開発しました。

この緑の矢印が、実際にオンライン・ワークショップを実施した回数でございます。感染の推移を見ながら、全国の50原子力災害拠点病院に呼びかけをしまして、その中で手を挙げていただいた13施設に対して、日程を調整しながら、このような実施をさせていただいております。

37ページ目を御覧いただければと思います。上段が、昨年8月1日の時点で指定されております全原子力災害拠点病院の一覧でございます。このうち蛍光でついているものが、今回オンライン・ワークショップに参加していただいた施設でございます。

513施設、オンライン・ワークショップできました。そして、3施設につきましては、ワークショップの準備をして、私も直接訪問をしたのですが、やはり感染拡大に伴って、人が集まらない、あるいはちょっとなかなか調整がつかないというところもございます。このような形で、センターの協力をいただきながらオンライン・ワークショップを実施することができました。

37ページ、下段のほうは、ワークショップを実施した後のアンケート調査の中間解析でございます。まず、満足度、時間配分、そしてZOOMにおける技術的問題でございますが、満足度につきましては、青色が「大変満足」、オレンジが「満足」、灰色が「どちらでも

ない・不満」ということでございますが、各項目、いずれも比較的高い満足度をいただくことができました。

こちらには記載されていませんが、時間配分につきましても、当初、私たちとしては、極力負担をかけたくないという思いでやったのですが、時間的には、ちょうどよかった、あるいは、むしろ短くて、もう少し長く話を聞きたかったという答えをいただいております。

あと、今回初めてZOOMを使った研修会を実施したのですが、接続、今のちょっと私のプレゼンもありましたように、接続や音声、画質の遅延、画質の問題、あるいは通常のワークショップに比べて、対面でのワークショップに比べて、何か支障があったか、グループ内でのディスカッションに支障があったかということを確認しましたが、思いのほか円滑にできたというのが、皆様からのお答えでございます。

そして、ZOOMに関しましては、セキュリティーの問題、情報漏えいの問題が懸念されましたが、これについてはちょっと対策の取りようがなかったのですが、我々も注意してやりました結果、特に問題となるようなものは、本日までに報告は受けておりません。

次の38枚目を御覧ください。オンライン・ワークショップの自由記載の、アンケートの自由記載の抜粋でございます。ちょっとこれ分量が多いので、ポイントのみ申し上げたいと思います。

上段、3段目の内容を紹介させていただきます。当院の実情や立地関係を踏まえたお話で、とても実践的でしたというコメントがあります。これは恐らく、私が担当したワークショップやグループディスカッションのコメントというふうに理解しております。

私がどういうことをしたか具体的な事例を出しますと、例えば1月21日、神奈川県にあります北里大学に対して、オンライン・ワークショップを実施しました。私は、それに先立ちまして、神奈川県の地域防災計画等を見ましたところ、神奈川県が定める原子力災害の想定としましては、幾つかあるのですが、一つは、神奈川県横須賀市にあります核燃料工場でありますグローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパンの事故、あるいは神奈川県横須賀市にあります米海軍基地の原子力艦艇の事故を想定として、それに関する対応や指揮所の在り方、オフサイトセンターの設置というものが記載されています。

ちょっと後者はちょっと非常に難しい内容ですので、今回は、そのうちの前者のグローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパンの事故を想定した上で、どう最初のウェブサイトの防災計画を見た上で、恐らくこの辺が病院にとってポイントになるであろうという

ころをシナリオを作りまして、その上でオンラインで北里大学と議論させていただきました。

例えば、北里大学の医療関係者の方に、このニュークリア・フュエル・ジャパンを訪問されたことはありますかとか、ウェブサイトをご覧になったことはありますかとか、あるいはオフサイトセンターはどちらにあるか御存じですとか、ニュークリア・フュエル・ジャパンと北里大学の距離はどれぐらいありますかとか、放射線の拡散はどういうふうに予想されますか、そういう議論をしながら双方向で一緒に問題を考えていく形でやらせていただきました。

ほかに、この自由記載の抜粋を見ますと、いろんなコメントをいただきまして、一つ紹介させていただきますと、訴訟例、真ん中にありますが、訴訟例を教えていただき、BCPを再度見直していきたいと思いました。これは岡本先生の講義に対するコメントだと思います。

岡本先生はやっぱり弁護士ですので、法律家の立場で、法律の立場からBCPの重要性や安全配慮義務、内部統制の重要性を説明していただきまして。この内容につきましては、特に事務方からの非常にレスポンスがよくて、いろんな質疑応答をすることができました。

それから、二つ下がって、もう一つございまして、患者を受け入れることに関し、そもそも広報対応が必要と感じていなかったのが大変参考となりました。これは有嶋先生のワークショップを受けた方からの感想だと思います。

有嶋先生も、かなりリアルな状況を、その都度付与しまして、過度に負担にならない程度で、参加者に対して行動対応の難しさや、住民対応、病院が住民対応することはないのですが、した場合のコミュニケーションの難しさというものをやっていただきました。

38ページ目の下段を御覧ください。今年度の成果について説明させていただきます。

昨年開発しました原子力災害拠点病院のためのBCPとリスクコミュニケーションの在り方、技術的指針類を基に、オンライン・ワークショップを開催しました。

新型コロナ感染症の感染の推移を見ながら、負担にならないよう十分に配慮して原子力災害拠点病院に対して、オンライン・ワークショップを実施しています。13回のオンライン・ワークショップ、そして13の原子力災害拠点病院から71名の参加者をいただきました。アンケート等でも、一定の評価をいただいたというふうに考えています。

昨年度が、ワークショップに6施設、今年度がオンライン・ワークショップに13施設、合計19施設参加していただきまして、そこの19施設も含めた50施設に対して、フォローア

ップの調査を行いましたところ、原子力災害拠点病院としてBCPを作った、あるいは策定中というものが、策定済みが4施設、作成中が3施設という結果が分かりました。

そして、今回やはりワークショップに参加できなかった施設がございます。そちらに対しては、現在ホームページを作成しておりまして、後日見た際に、参加できなかった原子力災害拠点病院が、そのホームページを見て、こういうふうに作ればいいんだというのが分かるような形で、今作成を進めております。

39ページ目を御覧ください。今年度の自己評価につきまして、まず、昨年度、報告会での指摘を受けて、今年度取り組んだことについて説明させていただきます。

指摘1、BCP研修開催回数を増やすことが求められている。こちらでございますが、繰り返しで申し訳ございませんが、原子力災害拠点病院の多くが、地域における新型コロナウイルス感染症の中核を担っておりまして、日常診療に支障がない形でのBCP研修の開催となりました。13回の実施、そして3回の訪問を実現することができました。

指摘2、効果を検証することが求められている。こちらですが、今年度実施した13施設、そして昨年実施した6施設に対して、アンケートも含めて50施設にアンケート調査を行いまして、ワークショップについては、高い満足度をいただくことができました。そして、BCPができたという施設は4施設、原子力災害拠点病院のためのBCPを作ったというのが4施設、策定中なのが3施設でございます。

指摘3、マネジメント層、病院長、事務長等の参画を促進すべき。オンライン・ワークショップの実施に当たりまして、事務局からマネジメント層への参画を、私からもお願いをしています。その結果、各施設からも事務長、そして被ばく傷病者の受入れの中核を担う救命救急センター長にも参加いただいております。また、病院長自らが参画する施設も複数ございまして、一応実現することはできたというふうに考えてございます。

39ページ目、下段の自己評価について説明させていただきます。研究の進捗ですが、概ね計画どおりできたというふうに考えてございます。新型コロナウイルス感染症の感染に伴いまして、ワークショップの在り方をオンラインに切り替えまして、可能な限り実践させていただきました。

そして、原子力災害拠点病院に関するBCPを何らかの形で作ったのは、7施設ということになっております。

本研究は今年度で終了となりますが、本年度作成したホームページに研究成果を掲載するとともに、後に、今回BCPを作るに至らなかった原子力災害拠点病院が、後に何らかの

形で、BCPが作られるような形での作り込みをしていきたいというふうに考えてございます。

私の発表は、以上でございます。

○高山企画官 ありがとうございます。

ただいまの御報告につきまして、御意見、御質問がございましたらば、お願いいたします。

鈴木先生、お願いします。

○鈴木評価委員 ありがとうございます。

一般に事業継続計画、大体の病院は取り組んでいるものだと思うんですが、原子力災害拠点病院50か所のうち、まだ取り組んだのが7か所という、まだ本当に始まったばかりという印象を受けます。

今、成功事例だけのお話をしていただいたんですが、なぜ取組が進んでないのか、その障害になっているものは何なのかということ、やはり研究評価の中では取り上げていただきたいと思いますが、いかがでしょうか。

○永田氏 御指摘ありがとうございます。

正直、コロナがなければ、この場で、30施設にBCPを作らせていただくことができましたという堂々とした発表をしたかったのですが、それが実現できなかったこと、本当に申し訳なく思っています。

実は、アンケートを取りますと、やはり皆さん関心があって、重要性は理解されているのですが、やっぱりどうしてもコロナが落ち着いてから、あるいはちょっとコロナの対応がということが最初に言われるところでございます。

もう一つは、どうしても原子力災害拠点病院は、こちらからお願いして、していただいている部分があるので、強制力を持って何月までに作ってください、提出してくださいということが、ちょっとなかなか強く我々としても言えなくて。あくまでも余裕がある中で、いうところをお願いベースのところがあるので、そういう中でちょっといま一つ進まなかったのかなと、ちょっと反省はございます。

私たちとしても、その中でも、ちょっとできるだけ進めたいと思ひまして、私たちがやった工夫としましては、あくまでもこの事業は原子力災害のためのものですが、この中で含まれているスキルや考え方というのは、今、我々が直面しているコロナ、そして今後、起こり得る様々な危機に対しても、恐らく使える汎用性の高いものであるという

ことを説明した上で、原子力や様々なことを受けてぜひ参加くださいということは、私のほうから強くお願いはさせていただきました。

○鈴木評価委員 ありがとうございます。

これは規制庁の規制委員会のほうから、何かコメントがあると、またいいのかなと思うんですが。BCPを作るということが、災害拠点病院に財政支援をする上で、何かのインセンティブ、BCPを作るインセンティブとして何か考えておられるんでしょうか。

○平瀬専門職 御質問をいただきまして、ありがとうございます。PO補佐を務めております、原子力規制庁放射線防護企画課の平瀬でございます。

今、御質問をいただいた件につきましては、財政支援というところのことかと思いますが、これは直接拠点病院に対して支援をするというところが、内閣府の担当ということになりますので、その点につきましては、内閣府と協力をしながら、何ができるかというものは考えていければというふうに考えてございます。

○高山企画官 よろしいでしょうか。

では、ほかに御質問、御意見はございますでしょうか。

吉田先生、お願いいたします。

○吉田評価委員 ありがとうございます。吉田です。

今回この状況の中で、よく頑張られたと思えました。今回、13の災害拠点病院の中で71人のご参加がオンライン・ワークショップにあったということなんですが、その前の評価委員会からの指摘である、マネジメント層での参画を促進すべきという話から、何人が実際はそういうマネジメント層からご参加があったのか。また、そういう病院長の立場でなくても、少なくともBCPの策定に関わる、担当できる、そういった方がどれぐらいいらっしまったのか、分かりましたら教えていただけますでしょうか。

○永田氏 すみません、ちょっとその数字をちゃんと出せるべきだったんですけど。私のざっくりとした数字では、大体病院長、救命センター長、あるいは事務長と呼ばれる人たちの合計は、大体30名弱いらっしまった。オンライン・ワークショップ、2名で参加される場所もあれば、10名ぐらい参加される場所とか、ちょっと幅があるのですが、必ずその中にはBCPの策定に関わる人が複数名、看護師長であるとか、救命センター長が参加しているのは確認しております。

吉田先生からの指摘については、ちょっともう一度、数字を取りまとめた上で、最終報告書の中できちんと明示させていただきたいというふうに考えております。

○吉田評価委員 ありがとうございます。それと、もう一つ、38ページの上のところ、ワークショップでのアンケート、自由記載ということで、貴重なリアルな声がかかれているんですけども。この中で、例えばマスコミや住民の理解が得られるような事前の準備資料と対応策が大きな課題であると。こういったことというのは、かなり大きなモチベーションになるのかなと思いました。やはり、これをBCPの策定だけじゃなく、何か起きたときに、対外的にご説明をするという中で、具体的に使える、プラクティカルなガイダンスとかガイドラインとか、そういったものがもし提供できるようであれば、このワークショップの中に、そういうことも組み入れていっても有用なのかなと、ちょっと思いました。

○永田氏 御指摘ありがとうございます。まさにおっしゃるとおりでございます、我々が提供した資料の中には、実は、報道機関で質疑応答でされる問答というのは、実は新型コロナでもそうですが、ある程度は、実は事前に予測されることが多いので、それは放射線防護を正しく理解していれば、本来であればきちんと答えられるものではあるのですが、そういうものを改めて分かりやすい言葉で、やっぱりこれを一つの参考にされていく、例えば米国のものであるとか、国内のものを事例として提示させていただいております。

そして、これは弁護士の岡本先生から説明があったのですが、BCPをするもう一つの、我々にとって重要な目的としてインセンティブをもらうというのも一つありますが、BCPをきちんと作っておくことが、やはり組織を守る、あるいは、よりきちんとした災害対応ができる担保になるということを考えております。

やっぱり実は、ワークショップは参加していただくこと、かなり皆さん御負担だったのですが、オンライン上ではありますが、空気感としては、受けてよかった、勉強になったという、こういうのはオンライン上を通じていただけましたので、それをまた、本来であれば、もっと多くの人に提供できなかったというのが、ちょっと我々の、本当に申し訳なかった、残念だったとは思いますが、最後まできちんと責任を持ってやらせていただきたいというふうに考えております。

○高山企画官 ほかに、御意見、御質問は。

占部先生、お願いいたします。

○占部評価委員 ちょっと通信状態が悪くて、全て聞き取れてないので、それは失礼かとは思いますが。実は、資料を見せていただいて、一昨年度、実際にワークショップというかをやられて、そのときのアンケートの結果と今回のワークショップのアンケートの結果を比べてみると、内容が相当違っているんです。今回のほうが非常に具体的で、そして

取り組まれた課題についての対応、反応が得られているように思うんですが。その違いは、どんなところで生じているのかということで、分析をされておられたら、もし教えていただければと思います。

○永田氏 占部先生、ありがとうございました。

初めての御指摘で、ちょっと我々も、ちょっとそういう意味では、もう一回、昨年度のものと比較した上で、それも報告書に踏まえて回答させていただこうと思いますが。

二つ理由が多分あるかと。一つは、やはりコロナ禍で受けてくるということで、やっぱり受講生のレベルがかなり高かったんじゃないかというのは一つ、指導する側として受けました。

もう一つは、私と岡本先生と有嶋先生、今回でやっぱり2年目となりますので、我々自身も経験値を積むことができまして、各原子力災害拠点病院がどこで困って、どういう答えが欲しいのか、どういうところにちょっとしたアドバイスが欲しいかというのが何となく分かってきましたので、そういうところで少し、昨年度よりはちょっと手が届くようになったのかなというふうには考えてございます。ちょっと解析、もう少しこれについては解析したいと思います。

○占部評価委員 そうですね。安全配慮義務に非常に関心を持ったとか、ようやくそれを理解できたとかということを含めまして、大変貴重な意見だったと思いますので、分析のほうはよろしく願いいたします。

○高山企画官 ニツ川委員、お願いいたします。

○ニツ川評価委員 すみません、なかなか。ミュート解除、なりましたでしょうか。

○高山企画官 聞こえております。

○ニツ川評価委員 永田先生の発表について二つほどなんですけども、非常に永田先生、今回コロナの中でご苦労されてやられたと思うんですが、やはりたくさんあるので、やっぱり永田先生のチームだけというわけではなくて、何かやっぱりそういう拠点の方が何人かとか、そういう方が広げていくというようなネットワークみたいなものが必要なのかなという気もしたんですが、その辺の御検討とか、その辺は進められているんでしょうか。

○永田氏 御指摘ありがとうございます。オンライン・ワークショップの自由記載でもありましたが、ある方から言われたのが、私たちの今回やらせていただいた内容が、本来なら各自分たちの県の中で訓練として使えるのではないかと、やるべきではないかという声も

ありました。ですので、我々としてはノウハウを提供するのは、国の事業でやらせていただいていますので、この事業が終わった後でも、ノウハウ、あるいは私が作ったスライドを、ある程度差し障りない範囲でもう公開して、こういうふうに真似して作ればいいんだな、あるいは原子力防災のウェブサイトでどこを見れば被害想定や国の全体の動きが見れるんだというのが分かるような形で情報提供したいというふうに思います。それがあれば、今、やっぱり皆さん、災害やコロナでかなりレベルが上がっていますので、恐らく自力でかなりのことができるのかなというふうには思っています。

○二ツ川評価委員 ありがとうございます。

もう一つ、非常に素人っぽい質問なんですけど、今回のコロナが、このBCPの内容自体に影響があるといいますか、例えばこういう感染症の中で、このBCPをどうやって原子力災害拠点として、病院として、考えていくかという、そういうようなものというのは、この中に含まれてくるんでしょうか。

○永田氏 私個人としましては、やっぱり新型コロナウイルス感染症も原子力災害も、やっぱり病院にとって、病院だけではなくて地域にとって危機ですので、やっぱりそれは我々として、医療従事者として、応えなければならないというふうには思っております。

ただ、あくまでも原子力災害を前提としてますので、やっぱりコロナを前面に出すと、ちょっと変わってしまうのですが。ただ、御存じのように、コロナと原子力、やっぱり目に見えない、やっぱり恐怖心がある、非常に影響が大きくて長期化する、まさにそういう要素は共通してしまっていて、BCPの考え方というのは重要になってくるかなというふうに思います。

実際、私、今回原子力をするに当たって、パンデミック用のアメリカが出している、もう10年前、2009年のインフルエンザのときに出たパンデミック用のBCPの在り方も見たのですが、結構共通点もありまして。あるいは、個別で聞いたお話ですが、この話は原子力災害だけれども、あと1年前に話を聞いたかったとか、1年前にこのリスコミとかBCPを作っておけば、こんなにうちも振り回されなかったというのは、ぼつぼつお伺いはしております。

○二ツ川評価委員 原子力災害のBCPの中で、例えばコロナのことを考慮しなきゃいけないとか、何かそういうようなことも含まれてくるんでしょうか。

○永田氏 何点かございます。やっぱり一つは、リスクをどう見積もるかというのもございますし。やっぱり安全配慮義務と応召義務というのが、我々、医療従事者に課せられま

すが、その辺の、やっぱり幾ら原子力災害拠点病院といえども、やっぱり本人が怖い、拒否している職員に対して従事命令を出すことは、やっぱり非常に法的には難しいだろうということも、状況によりけりですけれども、議論させていただきました。

あるいは、目に見えないものに対する恐怖心を、どうその恐怖している人を否定も肯定もしないで受け入れた上でコミュニケーションをするかという、今度はリスクコミュニケーション、コミュニケーションは原則なんですけれども、そういうことも議論することができました。

○二ツ川評価委員 ありがとうございます。

○高山企画官 では、時間になりましたので、これで質疑応答を終了とさせていただきますと思います。永田先生、どうもありがとうございました。

次の成果報告の準備をいたしますので、少々お待ちください。

では、次の研究課題でございます。研究課題名は、包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究。発表者は、量子科学技術研究開発機構の富永先生でございます。先生、どうぞよろしくお願いいたします。

○富永氏 量研機構の富永です。よろしくお願いいたします。

今年度の成果報告について、報告させていただきます。この調査研究ですけれども、2018年から3年計画で、今年度が最終年ということになっております。

この研究の目的なんですけれども、原子力災害に限らず、RI事業者での事故や放射線テロ、災害等に対応可能な被ばく医療体制の構築と。その中で、初動対応、それから医療の基準、マニュアル、それから専門的支援体制、人材育成について検証し、対応機関が包括的に被ばく医療を実践できる対処能力の実効性向上を目指すということになっております。

実施状況ですけれども、昨年度までの2年間で、研修の教材を作成したり、あるいは初動、それから医療の手順、それからマニュアル等、フローチャートを作成したりということをしております。

さらに、専門的支援体制としては、放射線モニタリングシステム等の活用を検討するというようなことを行ってございまして、本事業で作成をした教育教材です、教材を利用しての研修を開催して、さらに今年度はそれをアップデートをするという、改訂をするという作業をしております。

本年度は、研修の開催と、あと教材の改訂ということを主にやっていましたが、特にこのコロナの対応ということで、研修が全てオンラインに移行したということもありまして、

オンライン向けの研修の教材というものを作成してきました。これを初動対応、消防や警察の初動対応機関、それから原子力災害拠点病院等の医療機関で活用できる教材として公表して、今後もこれを活用していただくことで、初動対応、現場対応から原子力災害時の医療機関での対応に資する人材の育成ができるというようなことで、成果として報告できるのではないかとこのように考えております。

41ページの上になりますが、研究体制としましては、総勢、研究協力者35名と研究代表者1名の36名で、この研究を実施しております。

この研究事業全体を四つのグループに分けておまして、初動対応マニュアル等の作成で調査研究1、それから医療機関向けのマニュアルの作成というようなこと、テキストの作成等のための調査研究2のグループ、それから専門的支援体制の整備というグループで調査研究3、それからモデル地域での研修等で、作成した教材の検証を行うということで、検証1のグループ、四つに分けて研究を推進してまいりました。

41ページの下になりますが、今年度の研究概要ですけれども、昨年度までの2年間で初動対応、それから医療機関へのマニュアルや受入れ体制の整備ということで、教材を作ってきました。さらには、専門的支援体制の整備というものを行っていまして。今年度は、この教材のさらなる改訂ということと、新たな研修方法の検討ということで、コロナ禍におけるオンラインでの研修ということで、実際の対面式の研修とは違う手法を取り入れなければいけないという部分がありましたので、そういった研修の方法を検討しました。

その他の計画どおりに、初動対応のマニュアルの作成であったり、教材、それから救急車養生の資料を作成したりというようなことをしていまして。昨年度までに作成をしたテキスト、教材のほうは、高度被ばく医療センター、量研機構のウェブページで公表しておまして、その利用状況も今年度は確認をしております。

さらに、いろいろな情報システム等を使用したテストを行ったりというようなことをしておまして。実際、昨年までの課題の整理をした上で、オンラインでの研修を含めた手段、解決の手段を講じた上で、いろいろな教育、机上演習、実習等の検証を行って、最終的には、全体的な被ばく医療の実効性向上ということを目指しておりました。

42ページになりますが、上のほうになります、今年度の研究概要として、昨年度のコメントで、これまでに公表された同種の研修用のテキストとの相違点や改善点を明確にされたいということでしたので、過去の研修用のテキストというのは、基本的に内容としては、基本的な講義項目なので、あまり大きくは変わっていないんですが、一つは、これは現在

も公表はされているんですけども、24道府県の関係者にしか公表されていない、これは量研機構で管理をしていますけれども、ほかの県から申込みをされても、ちょっと公表していませんということで、ID、パスワードをお渡ししていないという限定的な使用に限られているという部分があります。

さらに、現状、医療機関向け、それから一部の消防機関向けのテキストなんですけど、基本的には、これは原子力防災のためのテキストであるので、放射線のテロ災害、CBRNEテロ災害の教材というものは、この公表されているeラーニングの中にはありません。

そういった点で、今回のこの作成をしている教材に関しては、全国の教材を必要とする全ての方がダウンロードできるようにしております。これは特に原子力に限ったことではなくて、放射線のテロ、CBRNEのテロ災害としての教材ということで作成しております。当然、医療機関向けの研修教材は、原子力災害に特化したような教材にはなっています。

それから、多くの必要とする人たちが活用できるようにということとしてのテキストとして作成をしております。さらに昨年、それから一昨年にかけて防災体制であったり、法令等が改定されたりということがありましたので、それに合わせて改善をしております。さらに本年度は感染症対策で、このテキストの教材の中には、避難所の運営とかそういったものもありましたので、一部そういった新しく必要なものを情報としては取り入れてまして、テキスト以外にもフローチャートとかマニュアルといったものを作成しております。

42ページの下の方になりますけど、今年度、特に実施した内容としては、この赤字の部分がコロナ禍で変更せざるを得なかった部分、特に全ての研修をオンラインで実施するというのを念頭に、様々なこれまで作ったテキストの検証を行い、改訂をするというようなことをしてまして。初動対応に関してなんですけれども、1.の部分なんですけど、研修も夏に実動で行うというチャンスが幾つかありました、ほとんどがもうオンラインでの研修をやらざるを得なかったという部分があります。

この班会議のほうも検討会もリモートで実施するというようなことで、9月以降、検討会をリモートで開催したり、打合せもリモートで行うというようなことをやっております。この中でオンライン向けの研修として、昨年までの教材が60分ぐらいの講義時間にしていたのを、ちょっとオンラインで60分ってかなり聞いているほうも疲れて、集中力がなくなるので、これはもう20分か30分ぐらいの短縮版を作成しています。

2.の医療機関での受け入れ体制なんですけど、これも高度被ばく医療支援センターや各拠

点病院で、様々な中核人材研修などいろいろと行われているのですが、今年はなかなかこれが対面式の研修ができなかったということで、後半、特に1月、2月に予定していた研修自体も、緊急事態宣言の発出に伴って中止をせざるを得なかったということで、予定どおりの研修ができなかったというのがあります。そこに対して、今後多分こういう状況が今年1年まだ続くだろうということも考えられるので、オンラインでの研修を実施するというのを、この研究事業の中で検討をしました。

一つ問題になってくるのは、この研修の中には実習や机上演習というものがあって、即オンラインに移行できないという部分があります。この部分については、後でまた詳細を説明しますが、オンラインで実習を実施するというのを検討しています。さらに、昨年まで作った教材を、実際のこの今年度の研修の開催の中で使用して、検証して、アップデートをする予定だったのが、予定どおりの研修の回数をできずに、支援センターとして開催できていない部分があります。検証がなかなかできない。それから、現場で対面式の研修を強行しながら検証することができなくなったので、これは研究協力者がオブザーバーとして参加するのも、なかなか感染症対策的には難しかったので、全部研修をウェブ配信して、研究協力者と教材の中身、それから実際講義での使用状況などを検証しております。さらにテキストの改訂等をしております。こちら、もちろん検討会はリモート会議で実施しております。

3.の専門的支援体制についてですが、これも放射線モニタリングシステム等、昨年度に引き続いて活用方法を検討しております。

4.のモデル地域での研修なんですが、原子力災害医療に関する研修は、先ほども申し上げましたとおり、双方向型のオンラインの研修を、実際試行的に試してみたというところになります。

それから、初動対応も、講師養成研修なども、全てオンラインでの研修の実施ということ、この研究事業の中では取り組みました。

43ページ目からは、それぞれの各班で研究してきたことの具体的な内容になりまして、初動対応手順についてですが、これまで消防や警察などの初動対応機関のための研修の教材、それからフローチャートやマニュアル、初動対応のマニュアルというのを作成してきました。本年度、これをさらに改訂をしていくというようなことを考えていたんですが、これまでは化学剤、それから放射線という、あと爆発物といえばダーティー・ボムとかなどの放射線テロ災害に関連する教材ばかりだったところに、このコロナの影響

で生物剤テロへの関心もちょっと出てきたというところがありまして、新たに生物剤テロの講義資料は追加をして、本年度作っております。

さらに、現場の実働の訓練等も、ちょっと感染症対策を気にしながら実際に行うことができたので、作成したこの初動対応のフローチャートとか、1次トリアージのフローチャートは、さらに検討し直して、訓練の中で使用してみて、検証をした上で改訂をするというようなことをしています。

さらに、先ほども少し申し上げましたが、オンラインでの研修のための講義資料として、これまで作ってきた60分の講義資料を、放射線も化学剤、それから爆発物、それぞれ20分から30分ぐらいの短い版の研修教材を作り変えて、オンラインで研修を幾つか実施してまして。オンラインの場合、今までと違って、一度に300人ぐらいが参加する研修というのも気軽にというか、簡単に、会場の設営とか必要ないので、回線がつながる状況であれば、できたというのがあります。

結果として、この初動対応のマニュアルとフローチャート、それから、それ以外にも生物剤、化学剤、それから放射線テロ対処の教材を作成しました。

それから、搬送時の汚染拡大防止対策の資料ということで、昨年、簡単に、この救急車の養生の資料を作っていたんですが、それをさらにもう少しテキスト的に、より詳細な内容に変更して、写真も多く撮影して、資料として作成をしております。

43ページの下の方なんですけど、こちらは医療機関での受け入れ体制の整備ということで、原子力災害時の医療、医療機関向けの教材、それから、初療のマニュアル等の作成を行っています。こちらは、昨年までに標準テキストを作成をする、それから、ウェブページで、昨年、年度末の3月からなんですけど、このテキストを公開する、そして、今年度は、実際にこのテキストを使用するというような流れになっておりました。ただ、幾つかの研修、なかなか対面研修はできなかったということでちょっと研修が後半になってしまったという部分があります。

もう一つ、この事業とはちょっと別に高度被ばく医療センターのほうで動いている事業として、研修制度という、新しい昨年までに提案したテキストと研修制度で実施する研修体系があるんですが、そちらのほうに、この研修体系としてもう一度ちょっと検討し直した上で、ステップアップ案を基礎研修から簡易甲状腺研修、それから中核人材から講師養成研修などの検討会の中で検討したものを提案しております。

研修自体の中身の検証の仕方としては、このウェブ配信をすることでオブザーバーが現

地に来なくても研修を評価する、視聴して研修の中身を検証するというようなことでこの検討会では対応しておりました。

標準テキストを昨年3月から高度センターのウェブページでダウンロードできるように公表しています。ただ、5月、6月はほとんど研修がなかったため、ダウンロードの実績としてはほとんどなかったんですが、夏以降ぽつぽつと研修が始まったというようなことを反映して、徐々にダウンロードの件数が伸びていまして、12月までで827件のダウンロードがありました。1月、2月になってもう少し伸びてきて、今現状としては、3月から12月までで1,600件ぐらいのテキストのダウンロードで使用されていると。これは、一つの施設で一人の方がダウンロードすれば全てコピーができるので、実際にはもう少し使用していただいている人数としては多いのではないかと推測しています。

このようにオンラインでの研修というのがあるんですけども、実習のほうについては、この後の進捗4のほうで具体的に説明しますが、除染の実習をオンラインでできるのではないかというふうにこの検討会の中でも検討して、いろんな手法を検証しております。後ほどまた詳しく説明をさせていただきます。

44ページの上のほうになります。専門的支援体制ということで、これまで、昨年までに事故等の対応における専門的な支援ということで、現場の測定等の検知結果を遠隔地から確認をしてというようなことで、助言をするといったようなことのシステムを使えないかと、専門機関と情報共有ができないかというようなことで検討してきました。さらには、情報共有するためのシステム設計ということも検討しております。

このCR警報器ですね。化学剤と放射線を同時に検知して遠隔地で現場の状況を確認できるという装置、これは、もう既に市販されているものなんですが、これを現場でいかにうまく初動対応の人たちが使いこなして、専門的な支援体制につなげていくかというようなことを検討していまして、実際に、この写真にある機材を実際の現場、現状は手で持って現場に入っていくというようなことをしなければいけないんですが、これが爆発物がある現場だと、なかなか人が持ち込むというのが時間がかかってしまうというようなこともありまして、この検討会の中ではクローラーに設置をして、スマホのリモート会議のツールを活用して、現場と救助する側が離れていても会話ができる、あるいは、現場の状況を確認できるというようなことで既存のツールを市販されている機材を用いることでちょっと現場対応の活用方法というのを検討しています。

さらに、情報共有システムのほうは、いろいろ量研の中で使用しているシステムがある

んですが、それを基に現場で活動する、原子力災害医療派遣チームの活動状況などの状況を確認するといったようなツールに使用できないかということで検討しています。

ただ、ちょっとこちらのシステムのほうの量研で使用しているものを改修をしていたんですが、ちょっとトラブルで全然改修作業が間に合っておらず、この研究事業でいろいろ検討するということまで、このシステムを使えなかったというところがありまして、ちょっと検証できていません。

この44ページの下のほうなんですけど、実際のモデル地域で研修等ということで、これまで作ったフローチャート、あるいは教材というものを実際の研修の中で使ってみました。ただ、これまでは、昨年も同じように教材を研修で使うというようなことをしているんですが、今年度の場合は、実働、それから集合の研修、幾つかありますが、ほとんどがオンラインでの研修開催ということになっています。オンラインを併せた研修の仕方、それから、教材の中身の変更ということをする、それから、実習もオンラインで実施するというようなことをこの研究事業の中では試行的に行っています。

フローチャートに関しては、警察機動隊の教育、それから消防との除染訓練を実際に今回行うことができたので、このフローチャート、それから除染の手順等の検証はできていまして、フローチャート自体は、それほど現場の対応とは齟齬なく必要な部分は盛り込んでいるというようなことで使えるフローチャートだというふうには結果として考えております。

医療のオンラインでの研修なんですけど、座学のほうはコロナ禍の影響で様々な大学や医療機関、それから教育機関でオンラインでの講義というのは行われているところです。ただ、実習に関してはやはり双方、受講する側も講義する側も慣れていないというのもあって、なかなかいろいろ検討していく中で難しい部分があるというようなことだったんですが、この研究事業の中では、除染の実習キットを作成して遠隔地とオンラインで相互にやり取りをしながら実施をするというようなことを試してみました。

ここに、写真にあるとおり、除染をするために必要なマネキンの足だけの部分とかがありますので、そういったものに傷のムラージュを作成して、実際に除染をするというような体の一部分を再現する材料を一人1セットずつ作って、これを遠隔地の受講生に事前に送付をしておいて、実習のときには講師側で1回同じキットを使うのでデモをして、こういうふうにするという説明をした後に受講者側が同じように繰り返す。これ、今回、試行的にやったときには、初めてこういう実習をするという看護師さんに参加してもらったん

ですけれども、実際分かりやすいというような意見をいただいています。

ただ、ちょっとカメラワークとかの手元をクローズアップするとか、タイミングよくカメラワークで画角を変えるというようなことは、難しいことであったというのがあります。

それから、机上演習についてもリモート会議、ブレイクアウトセッションとかというので班分けをして討議をするというようなこともオンラインのツールの中ではできまして、そういったものを組み合わせると、現場の対応とか医療機関で受入れのときの対応について、あまり器具とか具体的な配置図とか、そういったものが必要なくて、メモ的なものと、言葉だけで、音声だけで検討できる内容の机上演習であれば、ある程度実施可能だということが分かりました。

オンラインの研修に関する基礎研修と、派遣チームの研修と、それから講師養成研修というふうに3種類実施をして、それぞれちょっと手法を多少変えながら実施をしたところなんですけど、そういった研修の結果、ちょっとオンライン向けのテキストの改訂をしたり、あるいは、フローチャート、マニュアル等は実際に訓練等で使用したもので改訂をしたいというようなことをしております。

今後は、オンラインでの研修というのがリアルタイムでライブ配信をしながら双方向のやり取りをするというのは、ある程度、これまでの研修の代替になるというふうに考えています。ただ、オンデマンド型ではちょっと習熟度が判断できなかったり、どこまでの学習効果があるかというのは検証をちょっとできていません。ただ、実習についてもオンラインでの準備と説明、それから対面での実習をするという組合せがハイブリッド的なものができれば、これまで以上に効果的、効率的な実習の研修ができるのではないかという可能性を見出しました。

45ページになりますが、今年度の成果としては、標準テキストの改訂を、今、6講義分行っております、それから、初動対応者向けの研修としては新規の作成が3講義分、改訂を3講義分実施しました。それから、甲状腺簡易計測研修の実習のハンドアウトを作成するというようなことをしております。

当然、オンラインの研修を幾つかしましたので、そのオンライン向けの教材というのを作成しております。資料としては初動対応、それから救急車やヘリコプターの養生のための資料を作成しております。

45ページの下の方になりますが、自己評価ですけれども、今年度の研究計画に沿っては概ね計画どおりできたというふうに考えておりまして、もともと研修用の教材の改訂、

それから研修をいろいろと実施している中で検証をするというようなことをしていましたが、これは全てオンラインを使つての検証ということ、それから、会議等必要ないものに関しては、対面で集まる、集合する必要のないものに関しては、フローチャート、マニュアル、それから実際のシステム等については検証というのができております。これ、今後、今年度この計画事業自体は終了になりますけれども、来年度以降については、作成した教材をウェブページで公開しますので、広く活用していただくというようなことで医療機関、初動対応機関の対処能力というのは向上するという、それに貢献できるのではないかとこのように考えています。

さらに、今後も研修・訓練というのは継続していくことになりますので、そういった中の資料の活用方法というのを図っていくというふうに考えております。

私からの成果報告は以上となります。ありがとうございます。

○高山企画官 ありがとうございます。

ただいまの御報告につきまして、御意見、御質問がございますでしょうか。

小田先生、お願いいたします。

○小田評価委員 小田でございます。

最後に全体の自己評価を拝見させていただきました。これを読みますと、読みますというか、ずっとこの発表を聞いておられますと、一応計画どおりにできたというふうにおっしゃっておられるんですけども、もともとプログラムの開発、どう教えていくかというマニュアルも含めて、そういう教材の開発というのが主目的で、もともと一方向性っぽい業務だったと思うんですけども、それが実際、オンラインの例の実証という形になって、余計に一方的な、1方向的になっているんじゃないかと思うんですが、その辺をカバーするために例えば受講生に対するアンケートとか、あるいは、その効果を検証するためのちょっと小さなテストをやってみるとか、テストはちょっと言い過ぎですけど、そういう反応を聞いてみるとか、そういう工夫はされなかったんでしょうか。

○富永氏 ありがとうございます。

最初の一方通行になっていないかという部分なんですけど、確かに、講義で相手の受講者の顔が見えない状況でオンラインを1回やってみたんですけど、これだとやはり一方通行感がかなりあって、質問をチャットで受け付けますという話をしていたんですけど、やっぱりお互いに慣れていないのでタイミングが分からず、質問のタイミングが分からないというようなことがありました。

それが一度あったので、2回目以降というか、その後からのオンラインに関しては、全てカメラをオンにしてもらって、双方、顔が見えるような状況、これは逆に講義よりも受講者の顔がアップになっているのでかなり表情がよく分かるというようなことと、そこで質問というのも、もう普通に教室にいるのと変わらずに講義が終わった後、質疑応答というようなこともできますので、その部分はツールの使い方に慣れていけば、一方通行にならずに双方向のやり取りはしながら、あるいは、受講している方の雰囲気とかが分かるような状況でのオンラインでの研修というのはできております。

テストなどで反応というのはあったんですけど、これも実際にアンケートがリアルタイムでできて反映するというようなことも、このオンラインのツールに幾つかあって使用してみたんですが、講義を聞くのとアンケートに回答するのを一生懸命やっていると、なかなか作業が煩雑になってしまう部分もありまして、これはもう完全に講義だけに関しては、今までどおりの講義形式であまりアンケートとかというのは、その場では実施していません。

受講後のアンケートに関しては、通常、習熟度テストみたいな感じでテストをしたりというようなこともしているんですけども、今回のオンラインで行った研修に関しては、ちょっとその受講者側の習熟度をはかるようなテストというのは、やっていません。使用感とか、オンラインの研修を受講するに当たっての感想というような形での意見をお聞きするというようなことはしております。

○小田評価委員 すみません、もう一ついいですか。

資料の44ページの上のほうに少し写真がありますけれども、こういう専門的な内容の場合には、本当は実際に見てもらって触ってもらってということが必要なんだろうけれども、それを一応工夫されておられるというのはよく分かりますが、例えば左側にあるCR警報器、たしか予算を取ってあったと思うんですけども、この警報器を事前に送って、実際の場所で動かすと、そういうことをやれるんですか。それとも、こちら側、手元に置いておいて、それを画像で映すという、そういうやり方なんだろうかと。

○富永氏 実際にクローラーに乗せて検証は緊急事態宣言のときではなかったのですが量研に研究協力者に集まってもらって、この場で検証をしています。これ、市販品でもう既に幾つかの消防とかで使用されているものでもあるので、訓練等で実際にこちらから提供するものではなくて、実際持っているものを使用した訓練等にこちらがちょっと評価というか、協力というような形で参加させてもらって現場での使用感というのを確認したりというよ

うなことはしております。

○小田評価委員 ありがとうございます。

○高山企画官 ニツ川委員、お願いいたします。

○ニツ川評価委員 ありがとうございます。ニツ川です。

今回のテキストの中で特に今までと違うのでRIテロ、放射線に対するテロというのが含まれているということで、ちょうどRI法の改正もあったもので非常にタイムリーだとは思いますが、ここの対象となり得るのは、今、RIのほうでもセキュリティーレベルとして1、2、3とかあるわけですけれども、どの程度のものを想定されたものが今回含まれているのか、いろんな初動対応となると、消防とかいろいろな機関が入ってRIとなると非常に広い範囲になると思うんですが、その辺はどのようになっているのかを教えていただけきたいと思います。

○富永氏 ありがとうございます。

このRIテロの初動対応のための教材に関してなんですけれども、こちらは、どちらかといったら、今、研究事業が始まった当初からオリパラ向けのテロ対応というのがかなり初動対応機関の中では興味のあるところ、それから需要のあるところでした、どちらかというところ、RIの事業者でのテロが起こったときというよりも、そういう大規模集客施設や、RI施設は全然関係ないところでテロが起こったときの現場対応、初動対応ということについての教材を主に作っています。

なので、対象としては、もういつどこで起こるか分からない、そもそも原子力防災の体制の中でいろんな機材や教材、教育を受けていない初動対応者が対応できるようにということを対象として作成しています。

ちょっと教育というか、研修の中では、全国にこういうRI施設があって、どこで汚染や被ばくの事故が起こる可能性はいろんなところであるという話はしていますけれども、原理原則的な話をしていますので、さらに、RI施設、自分のところでどういふのがあるか確認できるのを紹介しているんですけど、どちらかというところやはり皆さん興味があるのは現状も含めて、施設というよりも集客施設等でのテロということになっています。この教材の対象も大規模集客施設、そういったところで突然起こるような展開ということにしております。

○ニツ川評価委員 ありがとうございます。

○高山企画官 鈴木先生、お願いいたします。

○鈴木評価委員 ありがとうございます。

二つ質問があります。一つが、先ほどの小田先生と同じ方向なんですけど、やっぱりオンラインの教育、実際、私も大学でやっていて非常に難しいと思っています。どのくらい理解してもらっているかが分からなくて、なかなか授業の最中に習熟度が遅れていると思うときに、こちらがそれに対応して新たに情報を出すことができないという非常に難しい面があると思います。

そういう意味ではやっぱり何らかのオンラインの研修を自己評価できるような習熟度をチェックするような何らかのシステムを同時に構築しないといけないんじゃないかと思っています。これは、意見です。今やっていないということは理解しています。

それから、もう一つのほうは、マニュアルを作ってくださいました。そのマニュアルを第三者評価をしているかどうか。どのくらい国際的に見てマニュアルとして完成度が高いとか、そういうような評価というのはやられているのでしょうか。

○富永氏 ありがとうございます。

1点目は自己評価の手法に関しては、様々なツールがあるのは知っているんですが、ちょっとオンラインの研修を実施することを今回は主体にしているので、受講後の習熟度の自己評価というのは、システムとしては取り入れておりません。

マニュアルの第三者の評価なんですけれども、これ、様々訓練でマニュアルとフローチャートというのを見ていただいて、実際対応するというようなことを今年度はやっています。ただ、一、二か所でしか検証できていないので、きちんとした第三者の評価というのはできていないという現状がありまして、実際に国際的な評価に関しても、IAEAとかの「First Responders Manual」とかはいろいろありますが、これは国内の消防機関、初動機関が対応するというのを主体にしていますので、まずは国内の実情、それから消防庁が出しているマニュアル等もありまして、私自身もその作成に関わっていましたので、あまりそこから離れてはいません。この研究協力者の中には初動対応で自衛隊、消防、それから警察組織のOBの方もいらっしゃいまして、そういった御意見をいただきながら作ってはおります。ただ、この研究事業の検討会を離れたところでの評価というのは受けていないというのが現状です。

○高山企画官 では、吉田先生、お願いいたします。

○吉田評価委員 一つは意見なんですけれども、標準テキストは1,600件のダウンロードがあったというお話なんですけれども、オンラインでも対面であっても、一つテキストを

作ったという後は、やはり見直しであるとかインプルーブ、改善していくというのは当然のプロセスであると思うので、必ず使われた方、研修を受けた方からのフィードバックというのは必要であると思います。作りっ放しではなく、きちんと使ってどうだったか、分かりやすかったか、どういう点がよかった、あるいは悪かったというようなことをきちんと取り入れていただくということが必要だと思います。

二つ目は質問です。今後、皆様方に活用していただくための方策は具体的に何かお考えでしょうか。でないと、作りました、ダウンロードしてください、だけでは、なかなかやはり使われる方というのが、どういうものでもそうですけれども、広がらないかなと思うので具体的な策を考えていたらお教えてください。

○富永氏 ありがとうございます。

テキストを作りっ放しではなくフィードバックで改訂するという重要性は確かに認識しております、今回の研究事業で1回研修、昨年も今年度も検証した後に、いろいろ御意見をいただいて改訂をするということにつなげておりまして、今後は、二つ目の御質問もつながるんですけれども、これ、原子力規制庁が事業として実施している各拠点病院、それから協力機関、それから高度被ばく医療センター等で実際に行う研修のテキストとして使用されると、これ、もう全て全国一律、このテキストを使用するということになっていますので、今後、各地域の行政担当、あるいは、拠点病院や協力機関等の担当者向けの研修が実施される場合は、このテキストをダウンロードして使ってくださいというようなアナウンスになります。それから、当然、高度センターで行う中核人材派遣支援とかもろもろの研修全て、この標準テキストを使うということになるので、医療関係者向けへのこのテキストの活用ということに関しては、今後、別事業として新しい研修事業の中で様々な活用されることになります。

さらに、各支援センターとかで実施する研修の後には、研修全体を含めてテキストの評価というものもアンケートを取りますので、そこから改訂に向けての意見を拾い出して、今後もこのテキストの改訂作業というのは、この調査研究事業自体は終了しますが、これは、今後、量研機構の高度被ばく医療センターのほうで引き続きテキストの改訂作業を今後やっていくということになります。毎年改訂できるか、2年に1遍の改訂になるか分かりませんが、そういった計画はあります。

初動対応向けの研修に関しては、今ちょっとウェブでは公表していませんが、こちらも様々なところから、何か所かで研修をしているんですが、いろいろ幾つか問合せは

来ていますので、こういう公表をしているということをさらにオープンにした上で、いろんなところに伝えていきたいというふうに考えているところです。

○高山企画官 占部先生、お願いいたします。

○占部評価委員 ありがとうございます。

一つ教えてほしいんですが、これまで研修というのは、座学はなかなか難しく、実習は分かりやすいという、そういう評価がなされるのが一般的傾向でした。

そういう意味で、実効性を確保するという意味では、研修の在り方というのは、すごく大事だというふうに私は認識しているんですが、今回それがオンラインにならざるを得なかったということでもいろいろ工夫されているということで、幾つかの知見も得られていると思いますが、対面でやれる研修と、それからオンラインでやられる研修のそれぞれの特徴、欠点といったものを挙げていっていただければ、すごく役に立つかなと思います。というのは、これからはハイブリッドの形で研修というのもだんだん行われるんじゃないかなと思いますので、皆さんが考えていく上でも、そういうきちっとした整理がなされるのかなというのが印象です。

そういった視点から見て、研修内容、幾つか項目があると思うんですけども、その項目のどの項目は対面がいい、あるいは、これはオンラインでも可能だといった、そういった評価が可能なのかどうかということについてお伺いできればと思います。よろしく願いします。

○富永氏 ありがとうございます。

オンラインでやる研修と、それぞれ対面式でやる研修の利点、欠点はそれぞれありますが、一つはちょっとオンラインに関しては、今年度いきなり始まったもので、受講者側も講義する側もいろんな機材の操作とか、使用感に慣れていないという部分があるので、この点はやっぱりちょっと接続の問題であったり、そういう見せ方とか話し方、そういったものがちょっと対面式とは変えなきゃいけないということで、そこに追いついていかないとお互いに理解がしにくいとか、学習効果がなくなってしまうという欠点があります。

ただ、これは、今後さらにいろんなツールがありますし、お互いに慣れてくるというようなことで、多少、座学に関しては改善していけるのではないかと考えています。

どれをオンラインとする、どこまでオンラインでできるかという検証について、これもこの夏以降、様々な、夏前ぐらいからちょっとオンラインでいろんなツールが出てきましたが、時間がたつにつれていろんな使えるツールが増えてきています。最初の頃、リモー

ト会議も、会議をリモートでする、しゃべるタイミングとかというのもなかなか難しかったのが、慣れてくることによっていろんなことが使えて、隣でチャットで別の人とやり取りをしながら音声で会議をするというようなことも慣れてくるとできるというようなことを考えていくと、ツールとして机上演習も手法ですね、参加される人たちにきちんと事前にこういうふうに使ってくださいという説明ができて、それがきちんと使える人たちが集まった場合は、机上演習も班分けをして検討するというようなことも、それほど長い時間でなければ、実際にいろんなセッション、セミナーとかウェビナーに自分自身参加してみることができるのではないかと考えています。

また、実習についてもいろんな道具があると、これもやり方の幅が広がるというふうに考えていまして、ウェブカメラだとパソコンに固定されているカメラだと、手元を映すのがなかなか難しいのが、これが普通のビデオカメラに接続をしてクローズアップしたり移動したりというようなことができるとなると、実習の場所を部屋中、動き回って説明をするということができるようになります。これ、実施の前にいろんな機材の説明とかこのをオンラインで実施するということができる、そこまではできるのではないかと考えています。

ただ、実際、手を動かすとなると、自分の受講者側にいろんな機材がないとできないので、そういうものを自分で用意できる、あるいは、今回みたいに実習のキットを作成して手元に送ってあげるといったことができるのであれば、実施ができるということになってきますので、この点も工夫次第で幅は広がると。だから、決して全てここまでしかできないというふうには考えていない状況で、いろんなやり方、それからいろんな機材、そういったものの活用をしていく上では幅がかなり今後も広がっていくのではないかと考えます。

ただ、グループで除染の医療対応の一連の流れをするというような実習に関してはやはり集まらなないと、どうしてもこの部分はできないというところがありますので、ある程度、限界はありますが、ただオンラインで実習だとか机上演習をする、今現状、自分ができる範囲で考えるのではなく、今後いろんなツールや機材等を考えていくと、まだまだできることは増えていくのではないかと考えています。

○占部評価委員 ありがとうございます。オンラインでの方法というのは、多分いろんなところで試みられていると思いますので、そういったところの経験を考慮しながら、より効率的に運用をしていただけるようになるということを期待していますので、よろしくをお願いします。

○高山企画官 それでは、時間になりましたので、これで質疑応答を終了とさせていただきます。富永先生、どうもありがとうございました。

○富永氏 ありがとうございました。

○高山企画官 ここで若干の休憩の時間を取りたいと思います。約10分弱でございますけれども15時25分まで少し休憩の時間を取りたいと思います。その間、先生方におかれましては、申し訳ありません、接続の状態でいらっしやいまして、ビデオのほうはオフにさせていただいても構いませんので、15時25分になりましたらば、また再開いたしますので、またビデオのオンのほうをよろしくお願いいたします。

(休憩)

○高山企画官 それでは、時間になりましたので再開いたします。

ここからは、令和3年度に継続いたします研究課題の報告になります。

七つ目の研究課題になります。研究課題名は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、発表者は海上・港湾・航空技術研究所の平尾先生でございます。先生、よろしくお願いいたします。先生、マイクはオンになっていらっしやいますでしょうか。

○平尾氏 聞こえますでしょうか。

○高山企画官 聞こえます。お願いいたします。

○平尾氏 研究代表者であります。海上・港湾・航空技術研究所の平尾から年次報告をさせていただきます。

プログラムオフィサーは中村尚司先生です。

46ページ目の課題の概要で、本課題の背景と目的についてですが、ICRP2007年勧告とそれに続く個別の新しい勧告等、この研究では新勧告と呼んでおります。それらを国内法令に取り入れられるということで、それによって実効線量換算係数等の基礎的数値の改定が告示されます。それに伴って、放射線の遮蔽計算で使用される線量減衰というか、あるいは外部被ばく線量計算を見直すというのが一つです。

もう一つは、最新の知見に基づいてガンマ線の遮蔽線量評価を拡張しています。最後に、それらの成果をまとめて遮蔽安全評価における新勧告取入れの効率的な運用に資するガイドラインを作成するということになっております。

研究期間は令和2年と3年の2年間です。令和2年の実施状況として、まず、海外の新勧告取入れ状況、あと、遮蔽線量計算の実態を把握するために、米国で規制利用されている最

新のガンマ線遮蔽計算コードの仕様調査を行いました。次に、その主要な仕様につきまして、国内においてそれが実用的であるか、重要であるかという点からいろいろ検討しまして、どの仕様を本研究で取り入れるかという受容性評価を行いました。

さらに、研究の協力者らから研究のレビュー委員会というのを開きまして、意見を取り入れまして、新勧告の取入れで求められる遮蔽計算と、そこで使用されるデータの見直し範囲を最終的に決定しております。

次に、その見直し範囲に従いまして、遮蔽計算用データの作成手順の検討を行いました。実用性の高い遮蔽材料を選定して、現状では、今、今年度は鉛と鉄の材料に対して新勧告に対応した遮蔽計算用データライブラリを実際に整備しております。

出力線量の種類としましては、実効線量、皮膚及び眼の水晶体の等価線量、そして、あと、空気カーマ率に対応しまして、あと、新勧告は高エネルギーに対応していますので、30MeV未満の高エネルギーガンマ線に対応するために、光核反応による中性子の線量寄与を簡易に評価するためのデータも併せて整備しました。そして、データ整備と並行しまして、新勧告に対応したガンマ線の遮蔽計算コードを開発してございまして進めております。基本的な仕様に対してテキストベースの入出力で動作を確認するところまで現在行っております。

次年度の令和3年度で実施することについては、引き続き残りの遮蔽材料に対して遮蔽計算用データの整備を行い、また、遮蔽計算法の適用性拡張を行って、計算コードの開発が一通り済んだ段階において、それら見直しの妥当性を実際に計算して評価します。最後にデータの見直しと計算法の拡張の手順と根拠をまとめまして、新勧告取入れの理解と運用に資するガイドラインの作成をいたします。

期待させる成果につきましては、新勧告に対応した遮蔽計算用データライブラリ、現状、実用性の高いものとして単元素6種類、混合物7種類を選定しています。あと、組成・密度、減衰係数、そして先ほど申し上げました実効線量光の出力に対するビルドアップ係数を計算して検討いたします。

そして、そのデータを用いて、例えば高エネルギーのガンマ線に対応するように遮蔽計算を拡張したガンマ線遮蔽線量計算コードを現在開発してございまして、それも提供いたします。それらは公開して広く運用できるようにするとともに、データの作り方とかコード、動作は全て再現できるようにガイドラインとして提供いたしますので、ユーザー側のニーズに合わせてデータやコードを拡張できるようにいたします。その結果、事業とか規制で幅広

い応用に成果を生かすことができるようになるということです。

47ページに移りまして、研究体制を示しております。上のほう、三つの四角で囲んだところは、弊所における情報セキュリティと研究業務の体制を示したものです。

その下の本研究の実施方につきまして、まず、規制庁のプログラムオフィサーの監督の下、私、研究主任、平尾が研究の全体管理をやりながら、海外対応調査、遮蔽計算法の拡張を行っています。

研究参加者は私と同じ研究グループに所属する大西、鎌田、西村の3名で、データの作成手順検討とか、実際に整備したデータの妥当性評価をします。

右下の四角で囲まれた外注作業は2件ありまして、そうした作成手順に沿って実際にデータを計算して整備する、あるいは、電子的に伝えるようにするか整備するためのデータの作成支援作業が一つと。もう一つは、計算用コード本体を我々が決めた仕様に基づいて作成する作業全般を外注しております。

それらの研究活動を外部の専門家にレビューしてもらうための研究レビュー委員会を立ち上げておりまして、右の真ん中の四角で囲まれたところです。今、12名の外部委員から成っておりまして、放射線の施設、RI施設、医療被ばく、パソコン専門家から、主に成果への意見をいただいて反映しています。遮蔽は、また発電事業にも関わりますので、電力とメーカー様から数名の委員を招いております。今年は12月と3月に開催します。

最後に、本課題は、遮蔽分野の人材育成も兼ねておりますので、私、原子力学会の放射線工学部会で簡易遮蔽計算コードレビューワーキンググループという、以前よりそれをリードしておりますので、そこに集まる事業者、メーカー、ゼネコンの若手を交えて本研究の検討を行って意見交換を行っています。

下のページに移りまして、今年度の研究概要ですが、既に申し上げましたとおり、(1)で新勧告取入れを海外がどうやっているか調査して、国内の専門家がどう考えるか意見をもって、本研究の見直しや検討の範囲を決めております。

その見直し範囲に従って、(2)で遮蔽計算用のデータの見直しの手順を検討しております。それには外部被ばく計算用のデータも含まれています。

研究の効率を上げるために、実際の計算作業によるデータ整備は外注しています。見直し範囲の中にはデータだけでなく遮蔽計算法を拡張して対応すべき点もありますので、(3)で例えば高エネルギーガンマ線の対応の手順を検討して組み込んだ遮蔽計算コードを実際に開発しています。次年度はその妥当性を検証します。

あと、(4)の成果の公表については、学会発表を1件、春に実施します。

そして、(5)事業の進捗管理は、P0を交えた研究班の会合を行うとともに、毎月月報を送っております。研究協力者によるレビュー委員会を2回開催して、進捗報告と意見交換を行っております。人材育成活動としましては、既に学会ワーキンググループを12月に開催して、研究進捗報告と意見交換、あとメンバーに研究参加もしていただいております

48ページに移りまして、研究概要(1)、繰り返しになりますけれども、米国で規制利用されるガンマ線遮蔽計算コードを調査して、最新の計算法とデータの仕様、あと、V&Vの手法についても確認しております。別途、遮蔽国際会議に参加しまして、ヨーロッパの状況をヒアリングするつもりでしたが、会議が次年度に延期されましたので、改めて次年度に調査をする予定です。代わりに、IAEAの会合を通じて欧米の規制当局に知り合いがいますので、その取入れ状況のアンケート調査を申し入れております。回答状況は今のところあまりよくないため、来年催促するつもりです。

これらの調査で得られた遮蔽計算の仕様について、どのような見直しを受け入れるかという受容性の評価をしまして、最終的にデータと計算法の見直しを予定しています。

下のページに移りまして、概要(2)の遮蔽計算データの整備につきまして、遮蔽材の選定、組成・密度の見直し、減衰係数とビルドアップ係数の整備を行っております。現状で鉛及び鉄の遮蔽材について整備を完了しました。

出力する線量種類については、実効線量、皮膚と眼の等価線量を最新のICRP116に基づいて換算係数を整備しています。眼の水晶体に関しましては、レビュー委員会の委員から国内の流れで、現在、実用量について70 μ mと1cmの深さだけではなく、3mmの深さの線量当量も考慮すべきとの意見がありまして、今後の研究で反映するつもりです。

あと、RI核種を直接指定して、線源データにすべきとのことで、最新のICRP Pub. 107から直接イールドデータを参照して計算できるようにしています。

高エネルギーガンマ線への対応として、PET施設等を想定して、30MeVが適当という意見がありました。その領域になりますと、光核反応による中性子の線量寄与を考慮する必要がありますので、そのデータを取ろうということです。

49ページに移りまして、遮蔽計算法の拡張として何を行っているかということで、一つは先ほど申し上げました高エネルギーガンマ線の中性子遮蔽計算法の導入、それから、特定の二重層遮蔽への対応ということで、海外のコードでは、最近、仕様にいろいろ組み込まれていますが、コンクリート、鉄板など、特定の頻出材料の重ね合わせについて遮蔽

透過を精度よく計算手法を組み入れる、これは次年度に予定しております。

最後に、スラブ遮蔽に対する斜め透過線量計算への対応を行うということです。基本的にこれまでは遮蔽透過の計算は、遮蔽に垂直に放射線が入射して、スラブから垂直に出てくる位置での線量を計算するものでしたが、斜めに入射して出てくる場合の線量も線量計算したいということで、それも対応する予定です。次年度の予定になっております。

下のページに移りまして、1番の研究進捗ですけれども、海外対応調査を一応終えまして、見直し範囲をそこにあるように決定しました。

項目と概要は大まかに示したのですが、動作環境はポピュラーなものを選んでいる。一番重要な計算の入力作成においては、体系要素の空間投影図を対話的に表示しながら入力。それから材料情報については、任意の組成から成るカスタム材を定義して、材料情報を自動的に作成できるようにする。線源情報はRI核種ライブラリから選択できるようにする。そうしたように、あと、先ほど申しあげました遮蔽計算法の拡張を行います。さらに、計算出力の表示につきましては、線量出力をその計算に用いたデータとともに示して、グラフを表示する。そういうことで理解を助けることにしています。

今申しあげた太字で示したところは、従来、利用されてきた古いQADといったような計算コードには全く対応していない新しい新設された仕様です。

50ページ目に移りまして、遮蔽計算用のデータ整備の進捗について、実用性の高さから遮蔽の材料を選びまして、今、組成と密度の根拠資料を作成しております。減弱係数も作成しました。あと、ビルドアップ係数については、モンテカルロ計算が必要でして、現状で鉄と鉛について30MeV未満のエネルギー、あと、遮蔽の厚さについては80mean free path、cmで大体200cmぐらいまで整備しております。

光中性子の寄与について、中性子とガンマ線のデータは今のところ分けて整備しております。

出力する線量に対するフルエンスから換算係数のデータにつきましても個別の勧告に基づいて電子的に整備をしています。

RI核種ライブラリからの線源データの取り込みにつきましても、今年度中に完了する予定です。

下のページに移りまして、データ整備の一例ですが、左から鉛の断面積のデータを最新のXCOMライブラリから引用して減弱係数を整備しております。一番上の斜めになった μ_{new} と書かれたぎざぎざのデータがそれですけど、従来、エネルギーの点数が少なかったので、

KX線などの吸収エッジを正確に反映していなかったんですが、今回はそのとおりのデータで計算できるようになっています。

真ん中の図は、30MeVの高エネルギーガンマ線に対する鉄の線量減衰曲線とビルドアップ係数です。ガンマ線と中性子を色で分けていますが、線量減衰曲線のほうは中性子の寄与がガンマ線よりも結構高くなる。あと、下の図でビルドアップ係数では中性子が捕獲されて出てくる二次ガンマ線のビルドアップが少し高くなりますので、中性子とガンマ線がよく似たようなカーブになる、そういった傾向が示されています。

一番右側の図は、鉄に対する線量ビルドアップ係数ですがけれども1MeVガンマ線に対する線量ビルドアップ係数で、モンテカルロ計算の結果ですが、それぞれ実効線量、皮膚と水晶体の等価線量、空気カーマと、これはもう従来のQADで用いられていたデータと少し変わってきますけれども、傾向は一致しており、矛盾なく計算できております。

51ページに移りまして、計算コードの開発も進んでおります。入力をテキストベースで行って動作確認するところまで現在いってございまして、項目でいうと、計算入力読込、データライブラリ読込、データのエネルギー補間、線量計算と結果出力まで今年中に完了する予定です。来年度はグラフィックでインターフェースをサポートする仕様について、計算入力の編集とか、結果のグラフ化や可視化、各種のサポートツールの開発を一通り行う予定です。

このページの背後に隠れている形になっているんですが、開発中のシステムの画面、スクリーンショットをパワーポイントで映して説明する予定だったんですが、今回それができなくなったので項目の説明だけにしておきます。

下のページに行きまして、今年度の成果、大まか今申し上げたとおりです。新勧告に鉄と鉛の材料について新勧告に対応した遮蔽計算用データライブラリを整備して、高エネルギーガンマ線へ対応するデータの整備を行った。

次に、遮蔽計算法の適用性拡張に係る研究として現在、遮蔽計算コードを開発していて、基本仕様に対してテキストベースの入出力の動作を確認するところまで開発した。

成果の公表としましては、原子力学会の2021年春の年会で概要と進捗を発表します。関連論文投稿としまして、以前から研究していた二重層遮蔽に対するガンマ線の線量計算法を今年度中に投稿する予定です。これは共著の関係がありますので時期を調整しております。

(5)の事業の進捗管理は、もう既に申し上げたとおりでございます。1点だけ、研究レビ

ユー委員会では議論になった眼の水晶体の外部被ばく評価と線量限度につきまして、委員から関連する御講演を1月にしていただきまして、意見を反映しております。

最後に、52ページ目になりますけれども、今年度の自己評価ですが、研究は概ね計画どおり進んでおります。ただし、放射線の遮蔽国際会議、これ、4年に一度の大きな会議なんです、次年度に延期になりまして、調査は一部未達になりましたので、代わりにアンケート調査を申し入れて行っておりますが、次年度は彼らと面識が深い弊所の研究員を参加させて、調査の補助をさせたいと思っています。

次年度の計画につきましては、今申し上げました会議に改めて参加しまして、ヨーロッパの取入れ状況と運用についてちょっとヒアリングで調査して、今年決めた見直しの範囲が国際的に適切かどうかを確認する予定です。全体計画に影響はありません。

本研究に対する私のエフォートは20%です。

以上です。ありがとうございます。

○高山企画官 ありがとうございます。ただいまの報告につきまして、御意見、御質問がございましたらばお願いいたします。

小田先生、お願いいたします。

○小田評価委員 この計算をしておくというのは、必要性は分かるんですけども、そのアプローチの仕方にちょっと疑問があるんですけども、例えばビルドアップ係数を最後にお示しいただいたようなそういうデータを計算するために、モンテカルロ計算とかやられるんでしょうけれども、その計算自体は、もう過去にやられているわけですよ。実際、適用範囲が広がったり、あるいは、実効線量への換算係数が変わったりという、そういうデータはあるんでしょうけれども、だから、実際計算はこの事業計画を見ますと、ほとんど外注でやられていると。ということは、この研究グループで何をされているのかと思うんですよ。そこ、ちょっと私にはよく理解できなかったんですけど、これとこれをやりなさい、こういう計算をなさいと外注させて、出てきたデータを集める、そういうような事業と考えていいんでしょうか。

○平尾氏 ありがとうございます。

実際、計算の仕方は、過去にあったものですが、過去に計算の仕方が実はあまりオープンにされていなくて個別の研究者が実際に計算に対応していたというようなことがあります。

今回、やはりその計算の仕方をきちっと標準化したいということで計算の作成手順をき

ちんと作って、それをモンテカルロ計算に対応してちゃんと標準化するということを行っております。

実際に計算をさせますと、深い透過なんかでは、線量計算のコードや、あるいはライブラリによって、あるいは相互作用、特に非探傷の計算とか、非探傷の相互作用とかを入れるか入れないかで少し計算の結果が変わって来たりします。保守的な計算結果になるためにどういう相互作用をきちんと入れるか、どういう計算のどの計算コード、どのオプションをきちんと入れるかということをやっぴり明らかにしていけないといけないということで、そういった検討を計算した結果と比べて、最終的にこれがいいだろうということを選択して、その方法をガイドラインに載せるというようなことをやっています。結構差があります。ちょっとした差でも80MFPとか、深い200cmになりますと2倍、3倍の差が出てきます。それはちょっとした0.5%ぐらいの減衰係数というか、隠れた相互作用の違いでも出てきますので、それをどのように考えるかということもきちんとガイドラインとして示します。

以上です。

○小田評価委員 そうだとすると、それも私は大事だと思うんですよ。どういうふうに計算すればいいのかという、それをきちんとこれを機にまとめるというのは、それはそれで意味があると思っています。

だとすると、タイトルも含めて、ちょっとICRPの勧告がこうだったから、次の線量体系がこう変わるからやるんじゃないかと、やっぱり遮計算のシステム全体、システムマティックにしていくんだというような目的にされたほうが分かりやすいような気がするんですけども、いかがでしょうか。

○平尾氏 おっしゃるとおりでございます。そういう形で実は前の年に応募したんですが、書類審査で落とされて、それで、今回、先ほど言いました学会のワーキンググループで、じゃあどのようなアプローチで応募したらいいのかといろいろ検討しました。そうすると、やっぱり放射線の施設とかRI施設のほうで問題になっていること、現在のICRPの勧告で問題になっていること、そして事業者や規制が実際すぐに対応しなければならないし、それに対応しないとやっぱり困ったことになるということを洗い上げた結果、このようなタイトルと流れになっております。そういうわけです。

○小田評価委員 分かりました。ありがとうございます。

○高山企画官 では、占部先生、お願いいたします。占部先生、マイクがオンになってい

らっしゃいますでしょうか。

○占部評価委員 どうですか。

○高山企画官 聞こえます。

○占部評価委員 ごめんなさい。50ページの遮蔽材料の選定というところがありますけど、そこに実用性の高さから元素6種類、混合物7種類を決定されていますけど、2007年勧告に必要なからという論旨からすると、どのような場所というか、シチュエーションを想定して、こういう材料を選定されたのかというのは、少し説明不足かなと感じましたので、実際にどういうシチュエーションを想定しながらこの材料を選ばれたかというのをちょっと御説明願えればということと、それから、もう一つは、減衰係数、これ、計算範囲が30MeVになっていますけど、これを高エネルギーというふうな形で表現されていますが、ここが高エネルギーかどうかちょっと疑問もあるんですけど、ICRPの116のあれでは、 10^4 MeVまでしたか、 10^4 か 10^3 MeVぐらいまでのデータを整備するようにしていると思うんですけども、それとの対応関係も少し曖昧な気がするんですけど、そこらあたりで、なぜ30MeV以下ということに限定されているのかということについての2点、ちょっと技術的なことですが、御説明をお願いします。

○平尾氏 分かりました。1番目の遮蔽材料の選定は非常に重要でございまして、どれを選定するかというのは、過去にビルドアップ係数を整備されたアメリカの標準、日本の標準だったらどれを選定しているかということで、全部並べて比較しました。それで、その中から、実はもともと重要なものは恐らく30核種とか混合物で10核種ぐらいあるんですけど、この研究の特に施設、放射線RIの施設、あるいは発電施設の方々につきまして、施設の設計の観点から、特に重要でよく使われる鉄、鉛、あとコンクリートとか、そういったものは外せないし、そういったものをきちんと入れたということで、受容性評価といえますか、優先度の高いものを決めて、その結果、先に我々の研究で一応比較評価するものが単元素6核種、混合物、そこに7種、書いてありますが、それを入れようということになりました。

SUSなんかははじめ入ってなかったんですが、どうしても入れてくださいと外部の専門家に聞いて、相談して決めたことになっております。

○占部評価委員 ごめんなさい。ということは、加速器施設とか、医療施設とか、それからRIや発電所の施設だとか、様々な施設の現場の情報を反映しながら選定されたということですかね。

○平尾氏　そうでございます。外部レビュー委員会の先生方は、皆さんそういう構成になっておりまして、全員が話をされました。あとプログラムオフィサーら、あと規制庁の担当課の人たちも放射線施設の情報をくれまして、きちんとそれに対応してやっております。

○占部評価委員　もう一つのほうをお願いします。

○平尾氏　もう一つの30MeVのほうは、これをどこまで高いところにするかと。ICRP 116では、もうGeVクラスのデータが入っておりますけれども、実際、実用的にそこまでのものは必要なくて、それでもこういうふうに実際対応していれば必要だというふうに申し上げ、皆さん、プログラムオフィサーとか、研究レビュー委員会の方は言うておりました。

そこで、放射線施設についていろいろ聞きますと、特にPET施設のほうで、30MeVクラスのものが使われる可能性が高いということで、30MeV未満と一応暫定的に設定して、今回整備を行ってございます。そういう形で進めております。

そんな中で、高いエネルギー領域の新しいデータになりますので、それをきちんと計算して、計算できることを確認した上で、またさらに上のほうが必要ということ、例えばテクネをつくる場合とか、そういったことが必要というのであれば、また対応して拡張していくと、また、そのための方向を示すということで、現在30MeVに設定しております。

○占部評価委員　取りあえず、1次近似でということ考えていいんですかね。

○平尾氏　おっしゃるとおりでございます。

○占部評価委員　分かりました。

○高山企画官　吉田先生、お願いいたします。

○吉田評価委員　ありがとうございます。吉田です。

海外での規制利用されている遮蔽計算コードの調査のこの本研究への使われ方のところでお伺いいたします。

これは48ページの上辺りに書いてあるんですけども、IDA、それからアメリカ、ヨーロッパなどの原子力先進国での新勧告取入れ方法、対応を調査して、それを見直し手順等に役立terると書いてあるんですけども、そこでやられているからといって、そこを外して日本版を作るといえることはないと思うので、今回の研究で作られた遮蔽計算での方法での結果と諸外国のですね、アメリカにせよ、それから、ほかのヨーロッパのそもそも新勧告を取り入れ対応された計算方法と比較して、どういう点が違って、どういう点がこの研究で推進された方法では、優れているのかというようなところも評価をしていただけますでしょうか。

○平尾氏 既に先ほど見直しの対象の範囲で、既に過去に使われていたQADコードでは、対応していない最新の仕様を、開発する遮蔽計算コードで対応するという事を太字で示させていただきました。

あの中で示した海外の遮蔽計算コードは殆ど商業的に認可されてますけれども、そういったものでは対応していますが、日本では対応していませんでした。それで、そうしたものは、やはり遮蔽の専門家で応用したものにきちんと対応して、国内の規制に反映すべきだという議論がありましたので、そういう形で一つ一つの仕様について、日本で必要なものと必要でないものを決めました。そういう形で対応しました。

アメリカは、自国の考え方がやっぱり強いようでして、深部の線量評価にICRPの新しい勧告を入れていますが、まだほとんどはICRP90年勧告の古いデータで計算していることが多いです。

フランスとか、ドイツは、やはり新しいデータをより率先して取り入れるということで、ICRP新勧告、今内部被ばくの線量評価用のSAFデータも出ておりますけれども、そういったものも含めてもうどんどん自国のデータに取り入れて寄与しています。

イギリスは少しお金が足りないのか、規制のほうと協議しながら、一つずつ入れていくといったことを聞いておりました。

そんな形で、日本として一体どういうものが必要かという、やはり日本は最新の国際的に安全性をきちんと担保するという規制上の方針でやっておりますので、やはりICRPを中心に最新のデータを、やはり即時、告示が変わったら、きちんと取り入れて遮蔽が別のときにするという事で、そういった方針で、我々は今回、遮蔽見直し範囲を決定いたしました。

以上です。

○高山企画官 ほかに御質問、御意見等はありませんでしょうか。

○二ツ川委員 すみません、二ツ川ですけど、ちょっと画像が動かないので、一つ質問させていただいてよろしいでしょうか。

○高山企画官 どうぞ。

○二ツ川委員 安全評価法の適切な見直しという表題でなっていて、先ほどからいろいろありますが、レビューの先生の中にも安全技術センターとかいらっしゃるんですが、今まで大抵のRI施設は、安全技術センターの遮蔽計算マニュアルとか、RI手帳を見ていろいろな評価をしてきたんですが、それらに変更になる、むしろそれらが今安全側じゃないとい

うようなデータが出てくるような方向なんではないでしょうか。

○平尾氏 安全側か計算をしてみて、ちょっとこれは来年比較してみなきゃ分からないところですけども、そこまで大きな差異は出てきません。ただしガンマ線、先ほど言った、光核反応の中性子を入れた高エネルギーガンマのところについては、恐らくそこを整備すると少し高い中性子が幾分高くなるかなと思いますが、現状は10MeV以下、特に8MeV以下ですね。光核反応閾値に当たる以下のところでは、ほとんど変わらない計算結果でした。

ですから、それほど変わるわけではないんですが、やはり少し違ってはきます。特に中性子なんかは少し変わってくると思います。

それと最終的に、我々ここで書いてないんですけど、最終的な評価とか、我々の成果の目的の一つで、やはり遮蔽計算マニュアルを重視するという意味で、実効線量率定数と透過率ですね。遮蔽材料に対する各RI核種に対する透過率、これを最終的にやはりちゃんと新勧告に基づいて計算できるようにしたいということがありますので、この研究の最後にそれを計算して整備できるかどうか、一応計算してみて、最終的にそれを遮蔽マニュアルの結果と比較するというようなことをしてみたいと思っております。

以上です。

○二ツ川委員 次年度にもかかるんでしょうけども、よろしく願いいたします。

ありがとうございました。

○高山企画官 では、時間になりましたので、質疑応答は以上とさせていただきます。

平尾先生、どうもありがとうございました。

○平尾氏 ありがとうございました。

○高山企画官 次の成果報告の準備をいたしますので、少々お待ちください。

では、次の成果報告でございます。

次は、本日最後の報告でございます。八つ目の研究課題、題名は染色体線量評価のためのAI自動画像判定アルゴリズムの開発、発表者は、量子科学研究開発機構の數藤先生でございます。

それでは、先生、よろしく願いいたします。

○數藤氏 よろしく願いいたします。

53ページでタイトルをお示ししております。

先ほど御紹介いただきましたように、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）の開発で、私が主任研究者の數藤でございます。よろしく願いいた

します。

今年度は、2か年研究計画の1年目になります。

それでは、次の53ページ、下の段を御覧ください。

こちらは、研究全体の今年度の全体の背景・目的と今年度の実施状況をまとめてご紹介します。

まず背景・目的としましては、染色体異常を指標とする被ばく線量評価において、染色体異常の画像判定の標準化及び効率化を目指して、人工知能、以下AIと略させていただきます。人工知能技術のひとつである深層学習法を基盤とした染色体画像の自動判定モデルの開発を行います。

本事業で開発するモデルは、量研機構の基本モデルといたしまして、来年度にはほかの機関での使用を考慮した汎用化に向けてのギムザ染色画像や多様な品質の画像に対応するための技術検討、アプリケーション化のための技術検討を来年度行います。

今年度の実施状況のところの図1で、ロードマップをお示ししておりますが、今年度は基本的に深層学習のための教師画像を試験用画像を大量に作っていくということがまず一つございます。

それで、並行してといいますか、それらを随時比べていきながら、AI染色体画像判別モデルの開発と検証を進めていくということになります。

それで、今年度の実施状況ですが、まずは精度の高い線量評価の指標となるものとしての染色体異常の条件を明らかにしました。基本的には、1回目分裂細胞で、従来の線量評価に用いられた二動原体染色体等の異常に加えて、染色体断片がきちんと使えるということの世界で初めてお示ししました。

それから、関連しまして、画像、教師画像を作成中です。

また、同一標本で2種類の染色法、ギムザとPNA-FISHを行う技術、あるいは画像の同一画像を選択して使うことができるようにする画像マッチング技術を確立いたしました。1月末で1,510組の画像を既に作成しております。

また、AIのアルゴリズムを複数並行開発して、その比較検討して、現在評価値が向上しつつあります。

本研究で期待される成果としましては、この人工AIの導入によって、画像判定が1検体につき約10分程度で可能となることが期待できます。これはコンピュータの並列化などにより、さらに短縮することができる。例えばクアッドコアとか、今これ、シングルのコア

で10分程度なんですけど、4台使うとなりますと、さらに高速化できると見込んでおります。

これによって、検査者にとっても非常に体力、あるいは時間の消耗というものも減り、精神的な負担も減りますが、何よりも大規模放射線事故でも多検体発生するような事故での患者様のトリアージの診断支援に大いに役に立つと期待されます。

では、研究体制ですが、次の54ページ上の段を御覧ください。

全体の総括を私が担当しておりますが、まず基本的な情報収集、染色体線量評価法と画像解析技術に関する情報収集は左側の2名で行っております。

また、AIを用いた画像判別による線量評価法の開発では、ここに示しますように、基本的に教師データの作成は量研機構で行っております。また、判別モデルの開発を私と外部委託でのエルピクセル社で行っております。線量評価試験を私が行っております。

また、全体的にAIの解析技術に非常に強くいらっしゃる外部の先生方に御参加いただきまして、私たちの進捗状況、方針などについて御相談しながら、いろいろな考え方とか、新しい方法も次々に生まれておりますので、そういった複数の専門家の方にチェックをしていただいている状況です。

また、この中には、工学系の中でも、特にシミュレーションや統計学が得意な先生方も入っていただいております。

では次、54ページ、下に参ります。それでは、詳しく研究概要、背景と目的について御説明いたします。

染色体の線量評価は、あらかじめ線量と染色体異常の頻度から成る線量効果関係を示した、これを検量線と呼びますが、検量線を作成しておきまして、それで被ばく患者の末梢血もリンパ球も染色体異常頻度をそれに当てはめて被ばく線量を推定する方法です。染色体画像の作成までは、装置がほぼ自動化されておきまして、非常に早く高速化されましたが、画像判定のほうは、いまだに人間が、熟練観察者の目視判定によって行われております。大体1名の患者当たりの判定に高度な熟練者で実質30時間以上かかりまして、国内でも各センターに1名、最大2名いるか、あるいはいないかといったような状況でございます。

それで、5人以上の患者が発生したとき、現状では5センター全体で一生懸命協力して観察していくことでさばいていけるのですが、20名、100名と発生したときは、非常に大変だという状況です。

一方、近年では、分子細胞遺伝学の発展によって、染色体の染色方法の選択肢が増えました。並行してAIによる画像識別手法が開発されて、その進歩は目覚ましいものがありま

す。

私たちは、平成30・31年度の本研究事業において、染色体の画像判定におけるAI導入の有効性を検証いたしました。この分野での先鞭をつけました。以下フィージビリティスタディと呼ばせていただきます。

それで、この染色体線量評価において、FISH法を適用することにより、AI利用による染色体画像判定アルゴリズム開発が非常に有望であることが示されております。

参考までに次の55ページ、上の図を御覧ください。こちらでフィージビリティスタディの中で使わせていただきました資料を御覧にいたしますが、今まで左参考図1の上の図、これがギムザ染色、単一染色画像なんです。これによって、人間あるいは、あと多くの機械学習の開発者が使っておりますギムザ染色と申しますが、このような画像を使われておりましたが、実は判定がかなり難しく、高度な熟練者でも意見が合わないことがございます。

そこで私たち、ここの参考図1の下に示しますようなFISH法を使いまして、この染色体の形態をよりはっきりとくびれ部分、動原体がはっきり分かるような方法を本研究で初めて導入いたしました。

これによって、実際にAIの学習の開発を始めまして、まだ昨年度はほんのフィージビリティスタディの段階でしたが、右の参考図2に示しますように、この染色体の異常と線量の間に関係性曲線が得られた、恐らく線量評価に使えるであろう、あるいは2Gyといったような、ほとんどの方で急性の放射線被ばく症が発症するような線量を判別できるであろうという予測を立てております。

54ページ、下に戻ります。以上の背景を踏まえまして、本研究では2年間でAI技術の一つである深層学習法を基盤とした染色体画像の自動判定モデルの開発を目標とします。

本事業で開発する目的は、量研機構の基本モデルとして設置いたします。これによりトリアージのための線量評価の画像判定が1検体につき10分以下で可能となる見込みです。

サマリーでも申しましたが、2年目の後半には、汎用化に向けて様々な品質の画像に対応するための技術検討、他機関でも利用を容易にするギムザ染色画像の適用の検討やアプリケーション化のための技術検討を行います。

それでは、今年度の実施状況で、55ページ下の段に移らせていただきます。

今年度、ここに事業計画と対応してお示ししております。

まず最初に、フィージビリティスタディで見込みがあると判断しました、線量推定のた

めの指標としての染色体断片を正確に評価いたしまして、実際に線量推定理論に適合しているかどうかを含め、利用条件を明らかにしました。

材料としましては、量研機構にありますコバルトガンマ線の照射装置を使いまして、人の末梢血、ボランティア由来の末梢血リンパ球に2.0Gyを照射しまして、それを48～72時間培養して、細胞分裂の回数ごとに染色体異常生成頻度を調べております。

第2番目は、教師画像データを作成しております。フィージビリティスタディによって教師データの量だけでなく、質も非常に重要であることが示されておりますので、今年度、より適合したFISHの教師画像を増やしつつあります。

また、汎用化の検討に備えて、ギムザ染色を同じように施した同一細胞からの画像作成技術を開発し、作成を開始しております。

3番目が、AIアルゴリズムの開発と検証で、2020年7月、今回のAIモデルと量研機構が持っておりますアジア線量評価ネットワーク、ARADOSのメンバー、それから5センターの方々の御協力を得まして、人間の目視判定との比較をテストいたしました。

これは昨年度のこの月末報告会で、そのほか、検討委員の先生方にも御指摘を受けまして、人間との成績比較をしたほうがよいというアドバイスをいただきまして、実施したものです。

それから、フィージビリティスタディを基本にして、さらにアルゴリズムの検討、開発を進めました。

最後に、全体的に随時新しい学術情報の更新と、それから、その都度、我々の得た成果を公開、発表するという、それから進捗管理として、月末にPO、PO補佐の皆様含め、月末報告書を提出してまいりました。

以上が今年度の実施項目になります。

それでは、56ページ上に進みまして、実際の研究の進捗を御報告いたします。

まず第1番目、線量推定のための指標としての染色体断片の評価になります。

まず1細胞当たりの染色体断片生成数が、線量評価の議論の基本になっておりますポアソン分布をしているかどうかという問題がありました。染色体の断片といいますのは、必ずしもこの理論で使われております二動原体染色体が発生したときに同時に生成するものだけでなく、様々な原因で発生します。したがって、二動原体よりもより多い数の断片が発生する可能性が当然あるわけです。

そこで、この理論に従っているかどうかをカイ二乗適合度検定とポアソン分布をしてい

るかといったものを調べる分散比について1,000細胞を解析しました。

まず、1回目分裂の細胞につきましては、適合が二動原体染色体と同様、この56ページ上段の一番下の黄色で参考データを載せております。これは二動原体のデータなんですけれども、同じような数値を示しまして、二動原体染色体とほぼそこから派生した断片がほとんどであろうということで、そのまま使えるだろうと。使えるということを明らかにしておりますが、2回目分裂の細胞におきましては、適合度は適合しなくなる、0.05を切っております、それから分散の1.0を遙かに超えて過分散をしているということになります。つまり、このまま従来の線量評価の理論計算式に合わせるのはどうかといったことがあります、私たちこの研究とは別に、では2回目分裂の細胞の頻度はどれぐらいのものかというのを調べました。そうしましたら、固体差とそれから同じ人でも採ったときの、例えば風邪を引いたとか、ウイルス感染ですね、いろいろな状況によってリンパ球の反応、活性度が全然違うということで、ほぼゼロ%に近い人から、最大で18%まであることが分かりました。同じ方でも別の時期に採血しますと、5%を切っていたりといったようなことがございます。

以上の基礎データも踏まえまして、今後、こういったことに注意して、で1回目分裂細胞を使うとし、患者さんによって採血した血液の培養試薬への反応性が悪くて、どうしても十分回収できないというときは、このことを踏まえた計算をするということを考えております。

この原因としまして、右側に参考の図として、2回目分裂では、細胞分裂の段階で二つの小細胞が分かれなくて染色体が不分離を起こして、片方の細胞の中に残ってしまっていて、双子の染色体断片2個残ってしまっている例とか、様々な例を発見しております、ここに載せております。

結論としましては、1回目分裂細胞の染色断片とそれから二動原体は、線量推定のための指標に使えるということを明らかにしましたので、本研究で本格的に導入します。

この二動原体と違いまして、染色体断片は、染色体技術の全く検査機関によって、上手下手が違ったりするんですけれども、その差異は比較的少ない手法なので、これも機械化に向けては非常によいところだと認識しております。

まず、一つ目のテーマにつきましては、以上です。

続きまして、教師画像データ作成の進捗状況、56ページ、下の段になります。

現在のところ、コバルト60のガンマ線で0~4.0Gyまでの末梢血の照射血を使って教師画

像を作成しております。

この分類やこのほうに示しておりますが、やはり線量を入れますと、視細胞が増えて、画像の状態が悪くなるということで、ここでちょっと品質を示しておりますが、線量が高いほうが異常細胞の画像、異常染色体を画像の中に多数存在して、必要な画像枚数を減らすことができるんですが、品質が下がるということで、このデータに基づいて、2Gy~3Gyを中心に作っていったら、異常画像を増やしていこうと考えております。

それから、同一細胞由来のFISH画像、ギムザ画像の作成とか、画像マッチング技術については、今後、特許を申請しようと考えておりますので、具体的な御説明は省略させていただきますが、今のところ、これを書いた時点で1,510組で、さらに現在増やしております。

それから、次、3番目、AIのアルゴリズムの開発と検証です。

まず最初に、これはまだ最新の開発アルゴリズムではなく、7月時点のアルゴリズムで、人間の目視と比較したものになります。

右から同じコバルト60ガンマ線3.0Gy照射の標本を用いたFISH画像で、検査者5名、人間5名と、当時のAI7月モデルで判定を行ったものです。

こちらの図3でその結果を示しております、横軸、左からAIの判定と真ん中がFISHの画像、同じFISH画像を使った検査者2名の判定、それから一番右はギムザ染色と同じようなモノクロの画像になります。DAPI判定を使ったデータです。縦軸が正解率ですね。

高度に熟練した人が判定したものを答えとしまして、それと比較したものです。ここで示しますように、AIでは分散、標準偏差ゼロといいますか、全く同じ答えが毎回出ますので、それで、ここではちょっとバーは見えていないんですけども、そういう状態です。

人間のほうは、FISH判定では、人がやった、特に染色体断片は今まで指標に使われてこなかったために、非常に間違いというか、判定の不一致が多くて、非常に大きな幅が出ておりますが、こういった状況です。

一般的にこの1年間いろいろ情報を収集したところによりますと、AIが人間の熟練者に対してどれぐらい迫るのを目標にするかで、大体7割以上、7割程度というのが恐らくいいところではないか、もちろん最高で、対象によっては95%を超える、あるいは人を超えるということもあり得るのですけれども、恐らくこの70%という目標は、今年度、来年度で行けるのではないかとといった状態がここから分かります。

それで、二動原体のほうは、やっぱり熟練者の目というのは、非常に精度が高くて、と

てもよい成績が出ておりますが、断片に関しては、AIがほぼ100%というか、人間の観察者と同等のレベルに既に達していることが分かるかと思えます。

さらに、それぞれAIと人間それぞれの答え、頻度をそれぞれの検量線に当てはめた推定値なんですが、それを一番下にお示ししております。人間の場合は、2.6~3.1Gyという診断が出てますけれども、AIの場合、特に染色体断片を使ったものが非常に近い値を3.0Gy ±0.27という結果が出ております。

では、続きまして、すみません。時間がちょっと急ぎます。

57ページ上に移ります。アルゴリズムの開発と検証の続きですが、本年度は、フィージビリティスタディで用いましたFaster-R CNN以降に登場した三つの手法をさらに加えまして、検討と改良を進めております。

ここでは、その中の二つ、昨年度まで開発して、今年度から7月のモデルまでやりましたFaster-R CNNモデルAとそれから成績が残り三つの中で一番よかったもの、Bというのをここで図示しております。

まず、平均絶対誤差ですが、これはAIが自動検出した1個の細胞の中の染色体の数と、真の染色体の数との差の絶対値から得ている平均です。

この図4に示しますように、私たちが7月、昨年度のフィージビリティスタディから今年度7月まで開発しておりましたものでは、約1.0近く、つまり例えば46個の染色体がある細胞で1個ぐらい見逃したりするといったような状態だったのが、現在さらに開発しているものでは0.5を切っている、ほぼ検出できているというように進歩しております。

それから、精度と感度ですが、これについては、図の5にお示ししておりますように、二動原体検出の感度が特に上がっていることがお分かりになるかと思えます。このオレンジ色の棒グラフで、精度、感度ともに、すみません、緑色ですね、二動原体は緑色で向上しており、染色体断片も同じ程度、あるいは向上していることが御覧になれるかと思えます。

さらに、自動判定による線量推定試験を行いました。AIが作成した検量線にAIが判定した染色体異常頻度を当てはめて、線量を推定します。

今回もISO国際標準化機構での規則としまして、人間でトリアージは50個のメタフェーズをまず見て診断をするという決まりがあるんですけども、その50個が確実に拾えるように70枚の画像を3組、ランダムに抽出したものを3組使ってそれぞれのモデルにあてております。再現実験を3回やったというふうにお考えいただいてもよろしいかと思えます。

同じ組を何度かけても全く一致した判定が出ます。それなので、一つの組に対しては1回だけ実施しております。

次のページに拡大した図を御用意しておりますので、57ページの下の図を御覧ください。

図で示しますように、染色体断片につきまして、モデルAでもBでも、いずれにしましても昨年度のフィージビリティで感触をつかんだように質をさらに向上して、恐らく今後学習量を増やしていくと、さらに1Gyと2Gyの判別ができるようになるだろうと期待しております。

それから、二動原体のほうは、昨年度までのモデルと今年度の新しい開発途上のものと比較してできるようにここに表示しました。真ん中がFaster-R CNNで、右側がさらに進化したものなんですけれども、恐らくこれも染色体断片のレベルに近づこうとしているといえますか、向上していることが分かるかと思います。

今後、さらに学習量を増やす、あるいは判定を誤った画像についてその原因というのをちょっと追求しまして、より優れたモデルに教育学習、あるいは開発させていこうと考えております。

最後にすみません。時間がオーバーしそうで申し訳ないんですが、簡単にちょっと御説明いたします。

58ページ、上の段、研究の進捗(4)で情報の更新、成果の公表、進捗管理なんですが、情報収集としまして、今年度複数の学会で私自身が招待講演をさせていただいたのに加えて、それぞれの場でも情報収集をいたしました。特に国際標準化機構ISOの会議で様々な情報を得ております。

それから、成果の公表ですが、最後の次の58ページ、下の段にお示ししましたように、論文を1報受理されておまして、3月号に掲載される予定です。

それから、招待講演、今申し上げましたように、米国のRadiation Reserch Society'sのannual meeting、それからIAEAでの講演をウェブ開催でしたが、いたしました。人類遺伝学会でもセミナーで講演をいたしました。

それから、参考としまして、59ページ、上の段に挙げましたが、国際標準化機構で私たちが高い評価を受けておりましたので、ここで御紹介いたします。

染色体技術という意味になりますけれども、昨年度、本研究のフィージビリティスタディで公開しました論文が取り上げられまして、国際標準化機構で今後新しい手順書改訂において導入していくべく、議題に入りました。

それから、Springer-Verlagとか、BBCなどで画像提供を依頼されまして、図説その他に今後使われています。3月出版予定と、BBCのほうは2030年まで使用許可を出しております。最後に59ページ下、自己評価になります。

従来のギムザ染色というか、他機関への対応ということは、かなり前倒し、来年度検討課題だったもので、既にこういった技術的なものを既に今年度で完成させておりまして、画像の作成し始めておりますが、そういう意味では、計画より前に進んでいるんですが、ここでは概ね計画どおりと記載させていただきました。フィージビリティスタディで示唆された染色体断片の有用性について、正式に染色体断片が線量評価の指標として使用できることを証明し、使用条件を明らかにし、また論文で公開しております。

以上の結果をAIの画像判定に適用します。

深層学習モデルを複数検討し、また開発しました。二動原体・染色体断片ともに検出の性能が向上しつつあります。来年度、染色体が正しく検出できていない事例の原因探索と染色体検出性能のモデル差の原因探索によって、更にまた学習する材料を増やすことで性能を向上させます。

今年度教師画像を1万3,000枚余り作成し、また、同一細胞由来については、1,500組以上作っております。来年度も引き続き教師画像、よりよい教師画像を作成し、トレーニング量を増やすことでも、AI判定の性能を向上させます。

それで、来年度の計画なんですが、軽微な変更が必要ということで、この画像作成のための作成のための会合というのを増やさせていただきますということになります。その分、旅費が必要だった会合を全てウェブ開催といたします。

以上です。御清聴ありがとうございました。

○高山企画官 ありがとうございました。

ただいまの御報告につきまして、御意見、御質問がございましたらばお願いいたします。

鈴木先生、お願いいたします。

○鈴木委員 ありがとうございました。

整理のために去年までのところと今年、今回やっているところの確認をしたいんですが、基本的には、昨年まででPNA-FISHとギムザ、あるいはPNA-FISHとDAPI染色して、それでAI学習させ、ダイセントリックとそれからフラグメントの線量効果カーブをそれぞれ一応出してもらったと思います。今回プログラムを少し改良して、A～BのAIのプログラムごとのデータを見せていただき、判定が改良したというところは分かったんですが、今年は、ギ

ムザ単染色の研究を入れています。これはギムザ単染色でFISHはやらないもので、AI学習をさせようということでしょうか。

○数藤氏 すみません。これについては、非常にクリティカルで、特許申請に関わるので、公開すること……。

○鈴木委員 いや、公開するかしないかじゃなくて、今年の研究としてFISHを使わないでギムザだけのAI学習をやらせようとしているんでしょうかという、もしそうであれば、なぜそれが必要になるかという話です。

○数藤氏 やはり基本的には、PNA-FISH法で完成させて、来年度3月末までに量研機構に設置するのは、FISHのモデルになります。この汎用化ということで、昨年度もこの年度末報告会で先生方に御指摘を受けたりしましたものの中に、汎用性という意味では、ほとんどの研究検査機関といいますか、国内の他センターですね、4センターとか、それから海外の量研機構のような担当機関が、基本的にギムザを行っているということで、汎用性といいますか、広げるための検討をするというのがこの2年間の課題です。

検討するためにギムザで、ギムザ染色が使えるかということ調べるために今年度この材料を用意しているという状況です。

○鈴木委員 本当にギムザで検討する必要があるんですかというのが、むしろ質問です。今の量研機構もそうですし、広島大、長崎大、弘前大などの被ばく医療を行っている機関は、大体みんなPNA-FISHはやってきているので、どちらかという、今先生方の作ってきたプログラムがもし特許を取れて、公開していけば、より一層普及が進むんだろと思うんです。だから、どちらかという、あまり回り道をしないで、被ばく医療機関内は普及させる方向に進んだほうがいいんじゃないかなと思います。

○数藤氏 そこは勝負としてはFISHでやるつもりで、国際標準化機構でも、新規提案でも、FISH法を導入した機械化ということで合意を得ていける方向、もちろん5センターでも、線量評価部会でも、それぞれで協力して、日本モデルを作ってそれを海外へ広げて国際標準にしていこうという考えではあります。

○高山企画官 鈴木先生、よろしいでしょうか。

○鈴木委員 ですから、研究としてギムザもやってみたいというのは分かるんですが、それから今の規制庁の研究として、妥当、いいのかどうかというのは、また別の評価になるだろうと。

○数藤氏 すみません、やってみたいといいますか、むしろ先生方から……。

○鈴木委員 そんなことないよ。

○數藤氏 そうですか。いや鈴木先生という意味ではなくて、これを昨年度の報告を御覧になった先生方複数から、こういった御指摘があったこともありまして、一応他機関への汎用性で、もともと挙げていたのは、このアプリケーション、使いやすいアプリケーションにするとか、そういった、それから品質が様々な、染色体の凝縮状態も様々な画像に対して対応するというのをやっていくつもりだったんですけれども、一応このギムザ染色のほうも、もしそういう要望があったらやるという形で、ここに材料は作っているという状況です。でも先生のおっしゃられることは了解しました。P0、P0補佐の皆様ともよく相談します。

○高山企画官 ほかに御質問、御意見は。

占部先生、お願いいたします。

○占部評価委員 一つ質問させてください。

56ページのところの正答率のグラフなんですけど、正答率というのと、それから数値として線量推定を行われてはいますけれども、これと正答率というのは、何を意味するのかというのがちょっと分からないので、教えていただければと思います。まず、それをお願いします。

○數藤氏 まず、正答率について。もう1点御質問ありますか。すみません。

○占部評価委員 というのは、2種類の画像をこれから使うというふうに言われていますけれども、正答率を上げるとか、あるいは線量推定値の精度を上げるという場合に、教師を使われてはいますが、教師というのは、それぞれ対象の画像の性質によって違ってくるのかなという、直感的な印象なんですけども、それぞれの教師の判定の仕方をそれぞれ改良することによって、それぞれの手法による画像の評価というのが上がってくる可能性はないのかなというふうに、特に疑問を持ちましたので。

○數藤氏 すみません。説明不足で申し訳ありません。実はこの教師データというのは、最初の参考図55ページ上の左側でお示ししましたように、ギムザ染色、どんな熟練者がやっても意見が合わないものがあります。そこで、この確実に動原体を染めるPNA-FISH法の画像をこれを正確な教師としております。

ここの正答率といいますのは、PNA-FISHで、これは熟練者がというか、ある程度1年以上経験のある人、誰が見ても同じ答えになるんですね。このPNA-FISHの画像も目視判定では。そういうわけで、PNA-FISHの画像の熟練者目視判定を正解としております。ですから、

基本的には、PNA-FISHが正解ということになります。それに対して、ですので、今後どんな染色法を使おうと、答えとしては、PNA-FISH画像で熟練者がそこから判定したぶれの無い答えを使います。

○占部評価委員 分かりました。じゃ、正答率は分かったんですけど、正答率が6割ということは、かなり間違いがあるということの意味するんですか、ということとは。

○数藤氏 そうですね。昨年度はもっと低かったもので、4割とかぐらいで、二動原体は4割ぐらいだったのに比べると進歩しているんですけども、この6割といいますのは、染色体同士が重なっているものがあるんですね。そういったものが混ざるために値が下がることが分かっています。

そこで、私たちは新しいアルゴリズムでもう1段階間に入れまして、判定にふさわしい画像かどうかを判定アルゴリズムというのをまず間に入れようということでも今話し合っています。

そうしますと、恐らく通常の教師データ移入を増やすとか、アルゴリズムを改善するだけでなく、そのワンクッションを入れることで、さらに改善すると期待しています。

○占部評価委員 ということは、この同じところの線量推定の結果というのは、これは正答率、正答したものを検量線に乗って評価した線量ということになるわけなんですか。

○数藤氏 いえ、両方、検量線は両方2種類作ってまして、人間が確認、熟練者が確認して作った検量線と、それから熟練者の確認のない、AIに自動につくらせた検量線を2種類を作っています。

現在、AI自動の検量線は、人間の修正が入ったものとそれほど差はないというのが実はできてきておまして、そこでこのテストでは、熟練者修正のない検量線に対して、つまり全自動ですね、検量線も画像判定もAIにさせたら、こういう57ページ下のような結果が出ているということになります。

○占部評価委員 分かりました。ありがとうございます。

○数藤氏 すみません、説明が悪くて申し訳ないです。

○高山企画官 吉田先生、お願いいたします。

○吉田評価委員 ありがとうございます。

私も図の3の意味がよく分からなくて、でも今の御説明で分かりました。

さらになんですけども、その後の研究の進捗3のアルゴリズム、AIアルゴリズムの開発と検証ということなんですが、ここの中のモデルA、B、C、Dが何が違うのかがよく分か

らない。今回の研究目的の中に、短い時間と同時に、2Gyよりさらに1Gyあたりまで線量判断を試みるということが目標の一つになっているかと思えます。

それを達成する上で、このアルゴリズムの開発によって、図の5で示されているような染色体断片も二動原体も両方ともが向上すると、今回の目標に達成できるようにまで改善ができるだろうという理解でよろしいのでしょうか。

○数藤氏 フィージビリティスタディの段階でも二動原体もかなり成績がいいことは見えていたんですけども、今年度このA、B、C、D、詳しくはちょっとここで公開できないんですけども、これがつまり特許に関わるので公開できなくて申し訳ないんですけども、例えば考え方として、染色体の検出というのと、それを分類してどのタイプの異常かを分類するのとを分けたタイプのモデルと、全部一緒にやってしまうタイプがまずありまして、その比較をしております。

それから、もう一つは、全体をグリッド化、例えば2×2、あるいは4×4、10×10といったふうに様々に分割して、それぞれから特徴を抽出するやり方と、それから、そうではなく、全体で何十枚も見せたおかげで、大体この辺に染色体ですと、大体四角い中に丸いメタフェーズが大体ここら辺に異常があるというふうなのを最初に大ざっぱに認識させて、後の情報を全部捨てさせて、真ん中だけを見るというアルゴリズムとかいろいろあるんですね。それぞれでこの評価をしますと、二動原体の成績だけはいいものとか、いろいろな成果が出ておりまして、それでその原因をどういうタイプの異常だと、どんな見方でやったらそれはよりよい成績で出てくるかといったことを今ちょっと解明して、それで、もしかしたら、染色体情報ごとに違うアルゴリズムを使うのがよいのか、あるいはもう統合して平均的に人間の助けになるレベルに達していれば、それでよいという考え方になるかは、ちょっと今月以降の来年度前半までの比較調査で決めていきたいと考えています。

それで、どうしてもグリッドをたくさんにすると計算量が増えて、つまり計算時間が増えて、診断が10分では終わらないみたいなことも兼ね合いもありますので、その速度をある程度検査に耐え得るスピードにするには、例えばクアッドコアにするとか、8個にするとか、いろんな工夫の仕方はあると思いますが、そういったことも調査に挙げまして、最終的にどんな方法が、どの程度の規模の事故に対してふさわしいかといったような御報告を来年度ですかね、していきたいと考えております。

○吉田評価委員 今の説明でよく分かりました。

ありがとうございました。

○數藤氏 すみませんでした。きちんと間でそういうお話ができなくて。

○高山企画官 ほかに御質問、御意見はございますでしょうか。

では、これで質疑応答を終了とさせていただきますと思います。

數藤先生、どうもありがとうございました。

○數藤氏 ありがとうございます。

○高山企画官 以上で、本日予定しておりました八つの研究課題について報告が終了いたしました。

研究評価委員の先生方、それからプログラムオフィサーの先生方、それから研究代表者の皆様におかれましては、本日の活発な御議論に御協力いただきまして、誠にありがとうございました。

また、予定の時間を過ぎてしまいましたことをお詫びいたします。

残りの三つの課題に関しては、2月18日の9時15分から開始いたします研究成果報告会にて御報告をいただきたいと思っております。

それでは、本日の研究成果報告会は、これで散会としたいと思います。

先生方、どうもありがとうございました。