

令和 2 年度研究成果報告会 研究代表者発表資料

○目次

- ① 短寿命アルファ線放出核種等の合理的安全規制のためのガイドライン等の作成・・・P.1
- ② 加速器施設の廃止措置に関わる測定、評価手法の確立・・・・・・・・・・・・・・P.7
- ③ 内部被ばく線量評価コードの開発に関する研究・・・・・・・・・・・・・・P.14
- ④ 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・・・・・・・・・・P.22
- ⑤ 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・・・・P.33
- ⑥ 包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究・・・・・・・・・・・・・・P.40
- ⑦ 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・・・P.46
- ⑧ 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・・・P.53
- ⑨ 健全な放射線防護実現のためのアイソトープ総合センターをベースとした放射線教育
と安全管理ネットワーク・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・P.60
- ⑩ 放射線防護研究分野における課題解決型ネットワークとアンブレラ型統合プラット
フォームの形成・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・P.67
- ⑪ 福島原発事故の経験に基づく防護措置に伴う社会弱者の健康影響と放射線リスクの比
較検討に関する研究・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・P.76



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

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
吉村 崇

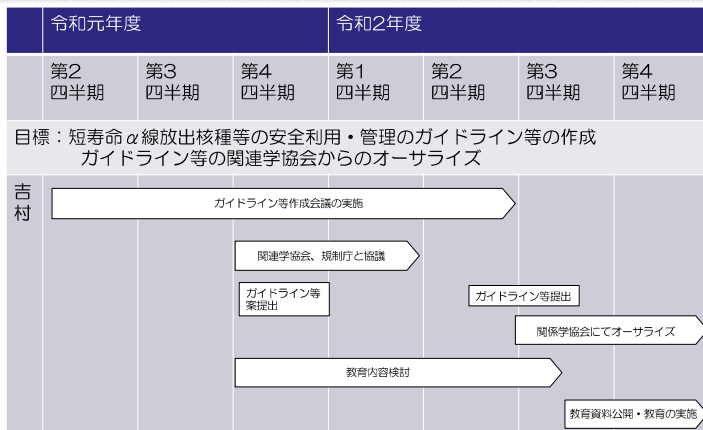
研究全体の概要

課題名

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 (H31~R2年度)

目的

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等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、ガイドライン等を作成する。



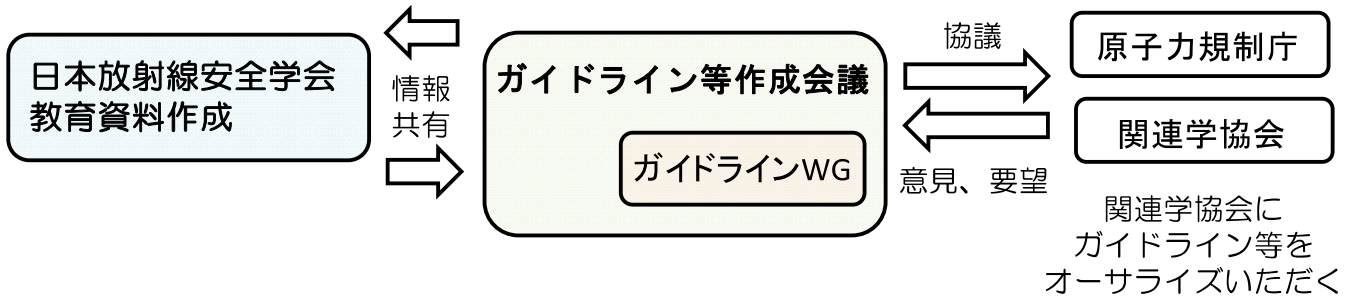
実施状況：

- ・作成会議（4回、メール会議）
- ・WG会議（随時、メール会議）
- ・原子力規制庁との打ち合わせ（3回、オンライン）
- ・関係学協会からの意見（6団体（特に意見無しを含む））
- ・関係学協会からのオーサライズ（6団体）
- ・ガイドラインは年度内公開
- ・教育資料内容検討会議（5回、オンライン）→ 年度内公開

期待される成果

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、各事業所では、合理的な安全性が担保された状態で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。

研究体制



ガイドライン等作成会議メンバー 赤：ガイドラインWGメンバー

全体取りまとめ：吉村崇（阪大）

PO：古田定昭（ペスコ）

助言：米倉義晴（RI協会）

畑澤順（RI協会）

PO補佐：西尾貴史（原子力規制庁）

古賀匡祥（原子力規制庁）

中島覚（広島大）

久下裕司（北大）

渡部浩司（東北大）

白崎謙次（東北大）

永津弘太郎（量研機構）

羽場宏光（理研）

山村朝雄（京大）

藤堂剛（阪大）

巽光朗（阪大）

兼田加珠子（阪大）

渡部直史（阪大）

山口和也（阪大）

神谷貴史（阪大）

川口修平（阪大）

篠原厚（阪大）

豊嶋厚史（阪大）

大江一弘（阪大）

永田光知郎（阪大）

オブザーバー オレンジ：若手研究者

白神宣史（阪大）

伊藤拓（日本メジフィジックス）

中村吉秀（千代田テクノル）

研究の概要（1） 研究の進め方

令和元年度

○ガイドライン等作成会議の開催
前年度まで実施された放射線安全規制研究、放射線対策委託費での研究成果をもとに、内容及び課題について議論、検討し、ガイドライン等の案を作成
（ガイドライン等作成会議での議論に必要な有識者がいれば、参加いただく）

ガイドライン等の作成に必要な新たな実験的なエビデンス等の取得

各関連学協会等及び原子力規制庁と協議を実施

令和2年度

引き続き、各関連学協会等及び原子力規制庁と協議を実施

第二四半期後にガイドライン等の内容を確定

関連学協会からのオーサライズを得る

- ・ガイドライン等の内容の公開
- ・短寿命放射性核種の安全取扱教育資料の公開

研究の概要（2）

○教育資料の作成

各事業所が規定する行為等を従事者に遵守させるためには、教育の実施が必須である。本研究では、日本放射線安全管理学会と協力して、短寿命核種等の安全取扱を教授するために必要な教育内容を検討する。

・日本放射線安全管理学会に外注
短寿命放射性核種の安全取扱のための教育資料作成アドホック委員会
がパワーポイントの資料作成

委員長：久下裕司（北大）

委員：渡部浩司（東北大）、柴和弘（金沢大）、桧垣正吾（東大）、
西弘大（長崎大）、右近直之（福島県立医大）、大江一弘（阪大）、
渡辺茂樹（量研機構高崎）、古澤哲（東京ニュークリア・サービス）

赤字：若手研究者

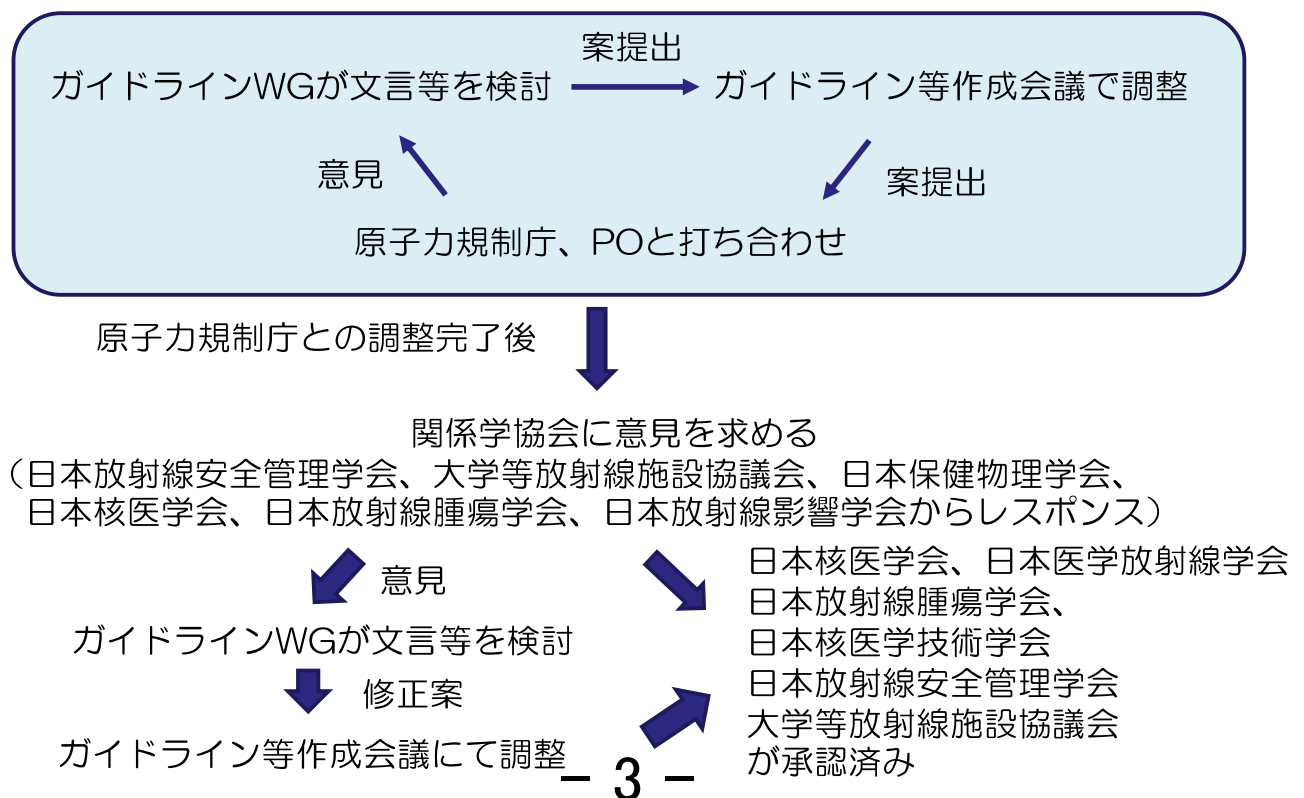
・ガイドラインの概要を説明するパワーポイントも教育資料
（補足資料：安全管理担当及び講師用）として作成
ガイドラインWGのメンバーが担当

パワーポイントの資料

補足資料含め全12項目、249枚のスライドで構成

研究の概要：今年度のガイドライン作成・承認の流れ

ガイドラインの骨子は前年度に作成済み
今年度は、細かい文言の調整、修正が主



今年度の進捗：ガイドラインのタイトル・目次

タイトル：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

目次

第1章 ガイドラインの概要、背景、及び目的

第2章 ガイドラインの適用範囲と適用RI

第3章 評価の方法
遮へい、空気中RI濃度、排気口空気中RI濃度、排水中RI濃度評価の方法

第4章 信頼性担保の方法
責任体制の構築、許可後に装備すべきマニュアル等

第5章 教育及び訓練
教育訓練の位置づけ、対象者、内容

附属書 非密封RIの許可使用者以外の者による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、不確かさの求め方と実測に基づく数値の計算例、責任体制の構築例、等

今年度の進捗：ガイドラインの内容（1）

○ガイドラインの目的・必要性

作業者や公共の安全を確保しつつ、合理的な放射線管理を行うために各放射線事業所での短寿命核種等の許可使用数量を算定する評価についての新しい方法をまとめたガイドラインを作成する。

○ガイドラインの適用範囲

「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。

放射性同位元素等の規制に関する法律で密封されていない放射性同位元素を取扱う許可事業所が対象である。

○本ガイドラインでの適用核種の目安

半減期が15日までの短寿命放射性核種対象とする。

○使用等における評価方法の概要

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評価法を使用するが、飛散率等については、実験に基づいた値を適用できるようにする。さらに各核種について、減衰も考慮にいれて評価できるものとする。

評価に用いる実測に基づいた数値は、99.7%信頼区間の上限値を標準とする。

今年度の進捗：ガイドラインの内容（2）

- 実測データの取得及びその管理に必要な事項と責任体制
 - ・各施設が外部有識者を含んだピアレビュー体制を構築して、実験の結果についてレビューする。
 - ・外部有機者を含んだレビューアの任命は実験などに関する事項を承認する委員会等の長。
- 教育及び訓練
 - ・RI規制法に従った教育訓練として実施する。
 - ・対象者は、ガイドラインに基づいて使用許可を得たRIの受入れ、払出し、使用、保管、廃棄を行う放射線業務従事者。
 - ・内容は、必須事項と必須事項であるが、一般の教育訓練で既に実施済みでガイドラインに基づくRIを使用する業務従事者が受講済みならば省略可能な項目に分けて記載。
- 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
 - ・下限数量以下まで減衰した線源について適用可能。
 - ・払出し事業所（非密封の許可施設）と受入れの施設が事前に覚え書きを交わし、ガイドラインの遵守を徹底。
 - ・受入れの施設が助言を求めた場合、払出し事業所が協力する。

今年度の進捗：短寿命RIの安全取扱の教育資料の作成

日本放射線安全管理学会アドホック委員会をオンラインで5回開催

○短寿命放射性核種の安全取扱のための教育資料
（パワーポイントスライド計249枚）

1. はじめに
 2. 用語の説明
 3. 放射能・放射線の基礎
 4. 放射線被ばく防護
 5. 取り扱いに関する項目（一般的事項）
 6. 取り扱いに関する項目（動物）
 7. 放射線の測定
 8. 廃棄物の取り扱い
 9. 汚染と除染に関する項目
 10. 法令・予防規程
 11. 核医学診療の概要（核医学診療と治療）
- 補足. 本ガイドラインの概要（安全管理担当者・講師向け）

教育資料は、日本放射線安全管理学会ホームページにて年度内に公開
講師が構成を変えることができる形で配布予定

動物へのRI投与

✓ 針刺し事故の防止

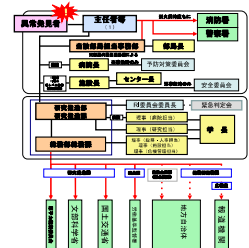


針とキャップを手で持つ

台に置いたキャップを針で引っかけ

緊急時の連絡体制（例）

◆各大学、各事業所によって異なるため、RIを使用する施設のものを必ずあらかじめ確認しておくこと。



本年度の成果

論文発表 3件

- 「短寿命放射線核種の合理的な安全規制のためのガイドライン等作成に向けた検討状況」
吉村 崇、Radioisotopes、69(7)、233-242 (2020)
- 「短寿命アルファ線放射性核種の合理的な安全規制のための研究」
吉村 崇、臨床放射線、65(9)、985-990 (2020)
- 「短寿命放射性核種の安全取扱いのための教育資料の作成」
短寿命放射線核種の安全取扱いのための教育資料作成アドホック委員会、
日本放射線安全管理学会誌、19(2)、98-101 (2020)

口頭発表 4件

- 企画セッション 「短寿命放射性核種の取扱いの実際と教育資料の作成」
「短寿命放射性核種の取扱い教育資料の紹介とアドホック委員会報告」
久下裕司
他、発表2件
日本放射線安全管理学会第19回学術大会、オンライン、12月
- 「短寿命の非密封RI利用における安全確保のための使用許可の評価等に関するガイドラインの作成」
吉村 崇
京都大学複合原子力科学研究所専門研究会、熊取、2月

自己評価・今後の課題・学協会等からの意見

評価の視点	自己評価	コメント
評価時点までの研究の実施が研究計画に沿って行われているか	1 計画を上回る 2 概ね計画どおり 3 計画を達成できない 4 計画を達成できないが代替手段によって今年度の目標を達成した	新型コロナウイルス感染症拡大防止のため、計画段階で予定していた対面での会議開催は全く出来なかったが、WGでの活動、メール会議、オンライン会議の併用により、計画された事業を実施することが出来たため、概ね計画どおりとした。
今年度の進捗や達成度を踏まえて、次年度の研究計画に変更が必要か ^{*1}	1 必要ない 2 軽微な変更が必要 ^{*2} 3 大幅な変更が必要 ^{*2}	今年度で終了する事業のため、該当しない。

今後の課題

- 本ガイドラインの改訂には、「必要に応じて見直しを行う。また必要に応じて、関連学協会の有識者によって改訂内容の検証を行う。」と定めている。改訂の際には、関連学協会とよく相談して進める必要がある。
- 現状、飛散率等の実測データがまだ少ない。今後、これらのデータが様々な核種で多数報告されるようになることを期待する。

ガイドライン等作成会議、関係学協会からの意見

- 近年、PET4核種以外のPET核種がよく利用されるようになってきている。現状のPET4核種に対する法令の内容を見直し、他の核種も適用できるようにしてほしい。その際に、短寿命の診断・治療用核種も追加してはどうか。
- 使用数量に応じたGraded approachの考え方を導入する等により、柔軟な対応も可能にしてはどうか。例えば、スウェーデンに施設で実施されている使用実績と規制当局の対話による使用数量決定の方法の導入が挙げられる。
また、今回のガイドラインの適用核種は、ニーズの観点を重視して半減期15日以内としたが、ガイドラインの内容は半減期15日以上核種にも当てはめることが可能である。本ガイドラインの内容を半減期15日より長いRIの評価にも適用できるよ~~う~~にすることも一案と思われる。

加速器施設に対するクリアランス制度運用のための研究

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

2019年度、2020年度 2年計画
(2017年度、2018年度 2年計画済み)

高エネルギー加速器研究機構(KEK)
放射線科学センター
松村 宏

課題名 加速器施設の廃止措置に係わる測定、評価手法の確立

研究期間：2019年～2020年（2年間）

背景・目的

加速器放射化において、これまでの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する。最終的に測定評価マニュアルを作成し、研究内容を反映させる。

実施状況

（1） 加速器施設の放射化／非放射化区分の明確化

2020年度は、陽子線治療施設の放射化調査による放射化／非放射化区分の明確化の内、シンクロサイクロトロンタイプの調査を北海道大野記念病院で行う。新型コロナウイルスの影響で現地入りしての調査ができず、病院職員に検出器設置を依頼して中性子発生量調査を行い、放射化／非放射化区分を行った。

（2） 非汚染・非放射化の評価手順の検討

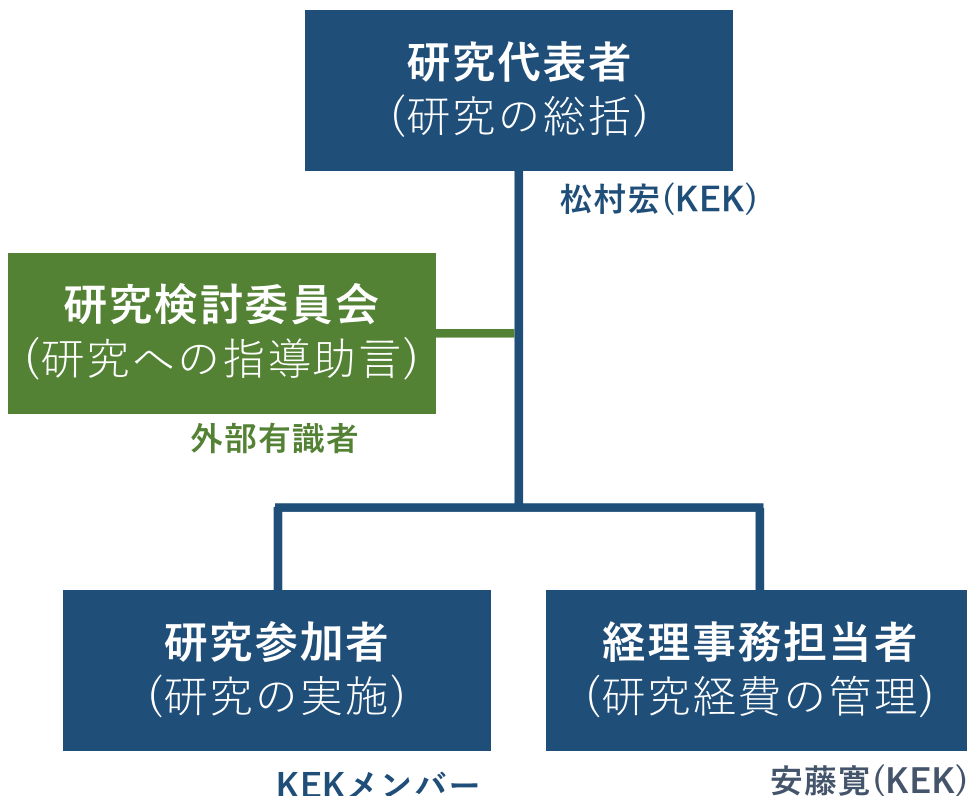
2020年度は金属の評価手順の検討のための電磁石等の放射化調査と放射化イメージングの研究を行う。実際のサイクロトロン放射化電磁石等を試料として、放射能分布やサーベイメータの線量率指示値と放射能の関係を調べる。現在、日本アイソトープ協会滝沢研究所のサイクロトロンをモデルケースとした分析を行っている。また、放射化イメージング研究においては、ガンマカメラを使用した試撮を行い、使用機器が放射化イメージングに適していることを明らかにした。

（3） 測定評価マニュアルの作成

研究評価委員会で内容を確認しつつ、2017-2020年度の4ヶ年の研究成果をもとに、加速器施設の廃止措置時の放射化の評価方法や取り扱いなどを中心にまとめている。

期待される成果

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、事業所側の双方にとって廃止措置の合理化に貢献する。



研究検討委員会	
上 義 朋	日本アイソトープ協会
渡 部 浩 司	東北大学
大 越 実	日本アイソトープ協会
米 内 俊 祐	量子科学技術研究開発機構
榮 武 二	筑波大学
想 田 光	山形大学
松 田 規 宏	原子力研究開発機構
藤 淵 俊 王	九州大学大学院

研究参加者	
松 村 宏	高エネルギー加速器研究機構
梶 本 和 義	高エネルギー加速器研究機構
三 浦 太 一	高エネルギー加速器研究機構
別 所 光 太 郎	高エネルギー加速器研究機構
吉 田 剛	高エネルギー加速器研究機構
豊 田 晃 弘	高エネルギー加速器研究機構
中 村 一	高エネルギー加速器研究機構
西 川 功 一	高エネルギー加速器研究機構

本事業の3本の柱

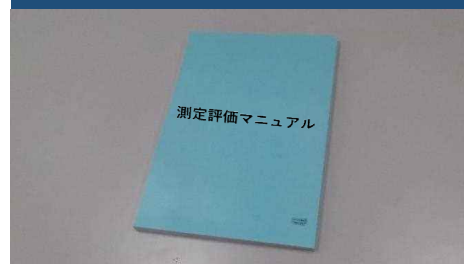
①規制対象施設・
規制対象範囲の明確化



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



2020年度の研究概要

陽子線治療施設の明確化

放射化現地調査

金属の評価手順の検討

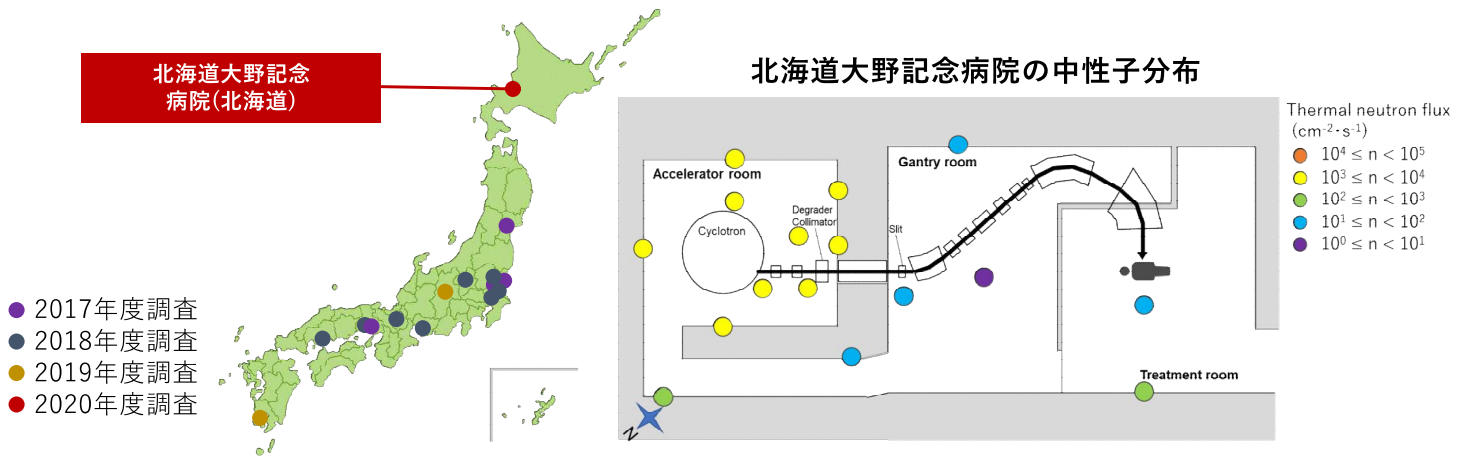
電磁石放射化調査・
イメージング研究

マニュアルの作成方針検討

盛り込む内容の検討

放射化測定・中性子生成量測定を行い、規制対象範囲の区分を行う

2017年度	静電加速器施設
2018年度	放射光施設, 粒子線治療施設
2019年度	陽子線治療施設 シンクロトロンタイプ サイクロトロンタイプ
2020年度	陽子線治療施設 シンクロサイクロタイプ



金属の放射化評価手順を明確にし、効率的な手法を確立する

- 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の検討



2020年度実績

- ・ A: 高エネルギー加速器研究機構所有鉄ブロック
- ・ A: 日本アイソトープ協会滝沢研究所PETサイクロトロン
- ・ A: (参考) 東京都健康長寿医療センターPETサイクロトロン
- ・ B: PHDS GeGI-4 @高エネルギー加速器研究機構

「測定評価マニュアル」の完成へ

◆ 1. 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
 - ・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
 - ・廃止が決定され廃止措置を進める際に行う測定法について提案

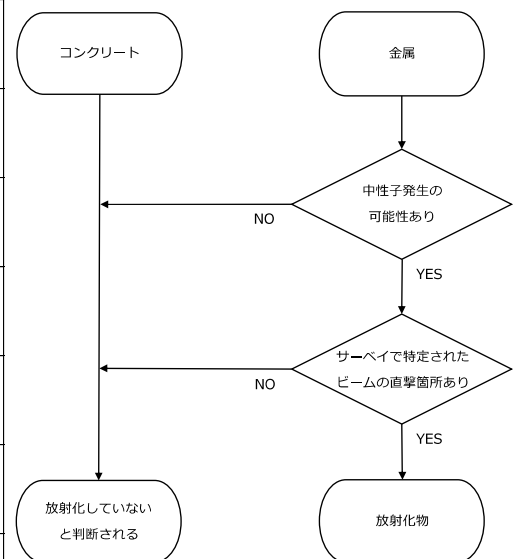
◆ 2. 放射線発生装置使用時における測定と評価手法および評価結果

- 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 金箔, CR-39, TLD, ガンマ線測定
- 2.5 計算手法 モンテカルロ計算, 実測値からの推定
- 2.6 施設評価結果 静電加速器施設, 放射光施設, 粒子線治療施設

施設ごとの放射化区分

放射化判定スキーム例：静電加速器施設

種類	建屋コンクリート	ビームの直撃を受ける金属	ビームの直撃を受けない金属
静電加速器施設 (中性子発生なし)	放射化していないと判断される	放射化していないと判断される	放射化していないと判断される
静電加速器施設 (中性子発生あり)	放射化していないと判断される	放射化物	放射化していないと判断される
放射光実験施設	放射化していないと判断される	放射化物	放射化していないと判断される
重粒子線治療施設	放射化していないと判断される	放射化物	放射化していないと判断される
陽子線治療施設 (シンクロトロン)	放射化していないと判断される	放射化物	放射化していないと判断される
陽子線治療施設 (サイクロトロン及び シンクロサイクロトロン)	加速器室：放射化のおそれがある その他：放射化していないと判断 される	放射化物	放射化していないと判断される



◆ 3. 廃止措置時の測定と評価手法

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る。

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ترون施設**である。

- 3.1.用語の定義・・・事前測定，放射線測定，代理放射性核種，IFB
- 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¹⁵²Eu, ⁶⁰Coの評価法
- 3.3.放射線発生装置、機器類の放射化評価・・・鉄ヨーク中の⁶⁰Coの評価法

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(BG)と区別できないレベル**(Indistinguishable From Background: IFB)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。

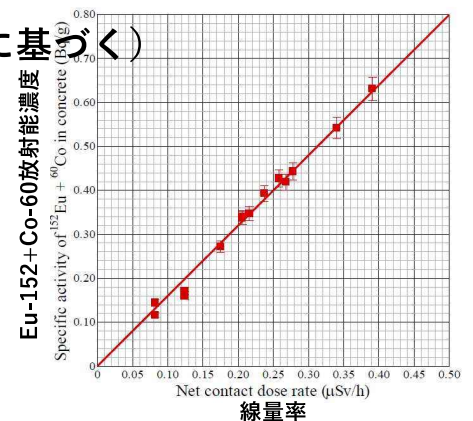
この時、サーベイメータは目的とする放射性核種と対応するクリアランスレベルに対して適切なものでなければならない。

③測定評価マニュアルの検討

コンクリートの場合の例（先端医薬薬学センターの調査に基づく）

特徴

- 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と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わかっている
- 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



代理放射性核種をEu-152, Co-60としてサーベイメータ（鉛遮蔽4.5cm以上）で線量率を測定する

測定しやすい放射性核種で、測定が困難な放射性核種の存在、放射能、線量などを、2種類の放射性核種の関係から推測するために用いることができる。

得られたEu-152とCo-60の放射能濃度に1.28をかけるとEu-152換算全放射能濃度になる

時定数を30秒に設定するとバックグラウンドの3σ線量値はおおよそ0.02 μSv/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**である。

→ クリアランスレベルを十分に下回っている

◆ 4. 海外の状況

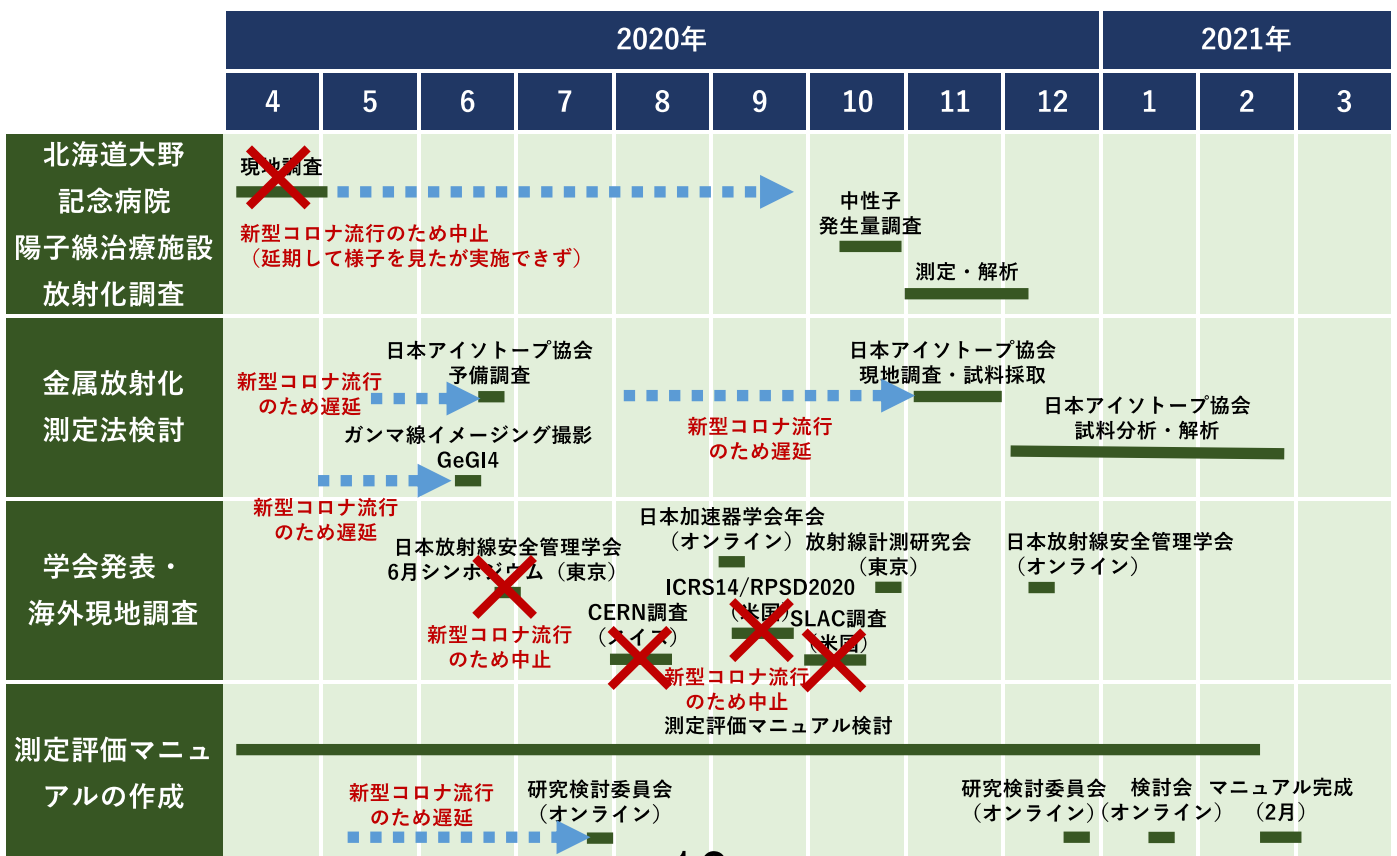
- 加速器施設のクリアランス実施例
CERN（欧州），SLAC（米国）
- 加速器施設に関する廃止措置検討状況
米国ANSI N13.12(2013),
米国DOE Technical Standard



◆ 5. 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

- 放射線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
- 放射化物の取扱いに対する課題

年度当初の目標及びマイルストーン



国内学会等

2020年度 5件

- 松村宏, 榎本和義, 吉田剛, 豊田晃弘, 中村一, 三浦太一, 齊藤勝彦, 甲村徹根, 鶴野浩行, 小崎正彦, 我妻慧, 「PET サイクロトロン本体を用いた金属鉄に対する放射化評価法の検討」, 第19回日本放射線安全管理学会学術大会, オンライン開催, 2020年12月9日~11日
- 榎本和義, 松村宏, 吉田剛, 豊田晃弘, 中村一, 西川功一, 三浦太一, 別所光太郎, 近藤尚明, 榮武二, 想田光, 米内俊祐, 「陽子線治療施設の放射化調査1 (シンクロトロンタイプ)」, 第19回日本放射線安全管理学会学術大会, オンライン開催, 2020年12月9日~11日
- 吉田剛, 榎本和義, 松村宏, 豊田晃弘, 中村一, 西川功一, 三浦太一, 別所光太郎, 須釜裕也, 中村大隆, 秋田経理, 勝田昭一, 秋元哲夫, 榮武二, 想田光, 米内俊祐, 「陽子線治療施設の放射化調査2 (サイクロトロンタイプ)」, 第19回日本放射線安全管理学会学術大会, オンライン開催, 2020年12月9日~11日
- 松村 宏, 「加速器施設の放射化評価」, 第76回 放射線計測研究会, 東京都, 三菱総合研究所, 2020年10月24日
- 松村 宏, 「加速器施設の廃止措置」, 第17回 日本加速器学会年会, オンライン開催, 2020年9月2日~4日

発表を計画していた第17回 日本放射線安全管理学会6月シンポジウムは新型コロナウイルスのため中止

論文

2020年度 3件

- G. Yoshida, K. Nishikawa, H. Nakamura, H. Yashima, S. Sekimoto, T. Miura, K. Masumoto, A. Toyoda, H. Matsumura, "Investigation of variations in cobalt and europium concentrations in concrete to prepare for accelerator decommissioning," *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 325, 801-806 (2020)
- H. Matsumura, G. Yoshida, A. Toyoda, K. Masumoto, H. Nakamura, T. Miura, K. Nishikawa, K. Bessho, K. Sasa, T. Moriguchi, F. Nobuhara, Y. Nagashima, "Nondestructive High-Sensitivity Measurement Method for Activation Estimation in Accelerator Room Concrete," *Radiation Protection*, to be published.
- 宮崎吉春, 吉田剛, 榎本和義, 松村宏, 田中正博, 「放射化した加速器室コンクリートに対する除染計画とその実施: 先端医学薬学研究センターにおけるPETデリバリー製造用サイクロトロン加速器室の廃止措置の研究事例」, *RADIOISOTOPES*, 69, 365-373 (2020)

国際学会

2020年度 0件

- H. Matsumura *et al.*, "Specific Activity of Floor Concrete at Cyclotron-type Proton Therapy Facilities," 14th International Conference on Radiatic Shielding and Protection Meeting of the Radiation Protection and Shielding Division (RPSD2020), September 13-17, 2020, Seattle, USA.
- G. Yoshida *et al.*, "Survey Methodology for the Activation of Beamline Components in an Electrostatic Proton Accelerator," 14th International Conference on Radiatic Shielding and 21st Topical Meeting of the Radiation Protection and Shielding Division (ICRS14/RPSD2020), September 13-17, 2020, Seattle, USA.

オンライン受理後
新型コロナウイルスのため中止

2020年度自己評価

研究の実施

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

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

2020年度は現地調査として,

- (1)北海道大野記念病院の放射化調査,
 - (2)日本アイソトープ協会滝沢研究所放射化調査,
 - (3)海外の廃止措置に関する調査,
 - (4)国内外の学会での議論
- が計画されていた。

新型コロナウイルスの影響

- 病院職員に依頼した規模を縮小した調査
- やや遅れて実施
- 文献とメールでの調査
- 一部会議自体中止も国内学会で議論

必要な情報は収集でき, 本研究成果のまとめである「測定評価マニュアル」は予定通り今年度に完成する。

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手続きを一度行った。

令和2年度放射線安全規制研究戦略的推進事業 -内部被ばく線量評価コードの開発に関する研究-

研究成果報告会 令和3年2月15日

国立研究開発法人 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
原子炉安全研究ディビジョン リスク評価・防災研究グループ



(研究代表者) 高橋 史明

1

【全体概要】 内部被ばく線量評価コードの開発に関する研究（平成29年度～令和2年度、4年間）

【背景・目的】

- 国際放射線防護委員会(ICRP)の2007年勧告の国内の放射線規制への取入れに伴い、新しい実効線量係数に基づき、内部被ばくの防護基準値も改正
- 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

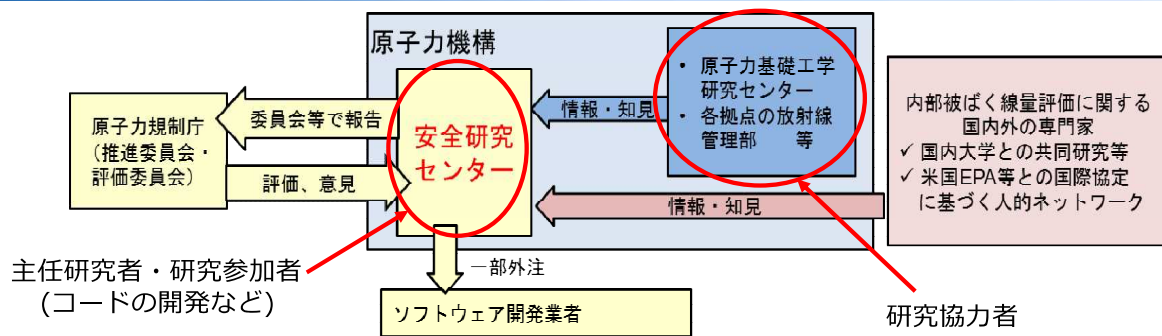
我が国の放射線規制への2007年勧告の取入れ、事業所等における内部被ばく防護に対し、有益な技術基盤となる線量評価コードを開発

【実施状況】 ロードマップに従い、当初の計画通りに進捗

実施項目	平成29年度	平成30年度	平成31/令和元年度	令和2年度
1) 線量係数計算機能の開発	ICRP刊行物の調査	ICRPの線量評価モデルの調査		
	計算機能の開発及び検証 基本機能の完成 ▲	機能の設計 機能の完成 ▲		
2) 核種摂取量推定機能の開発	機能のニーズ調査	推定機能の開発	機能の検証	
	解析法検討・概念設計	基本機能の完成 ▲	機能の完成 ▲	
3) コードの開発等		パラメータ設定法の検討		試用意見収集・改良
			GUI等の開発 β版の完成 ▲	マニュアル整備等 コード完成、公開 ▲
各年度の達成状況	平成29年度：線量係数計算機能の基本機能の完成 平成30年度：線量係数計算機能の完成、核種摂取量推定機能の基本機能の完成 平成31/令和元年度：核種摂取量推定の完成、コードβ版の完成 令和2年度：コードの完成、管理・公開の体制を決定(見込み)			

【期待される成果】

- 空气中濃度限度等の内部被ばくの防護基準値の改正におけるICRPの新しい線量係数の検証
- 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



主任研究者：高橋史明、研究参加者：真辺健太郎、佐藤薫(原子力機構 安全研究センター)

研究協力者：原子力機構 原子力基礎工学研究センター(1名)、
核燃料サイクル工学研究所及び原子力科学研究所の職員(3名)

内部被ばく線量評価コードの関する研究の体制図

- 主任研究者及び研究参加者：線量評価コードの開発を担当(原子力機構、安全研究センター)
- 研究協力者：原子力機構内で、最新の内部被ばく線量評価に関する研究の動向等の情報を入手(原子力基礎工学研究センター)、コードのユーザーとして想定される放射線モニタリングにおけるニーズ調査(主要拠点の放射線管理部に所属)
- 他に、専門知識を有する国内外の専門家に聞き取り調査や情報交換を適宜行い、線量評価コードの開発やその方針の妥当性を確認
- コードのプログラミング、GUIやグラフ表示機能の開発の一部については、ソフトウェア開発を専門とする業者へ外注し、業務を効率化
- 研究開発の状況や関連する情報については、定期的な会合の開催により、PO及びPO補佐と共有

3

【今年度の研究概要】 全体の実施内容及び達成目標

【実施内容】

- 昨年度に開発したコードのプロトタイプ (コードβ版) について、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
- ICRP Publ. 141 (OIR* part 4)の線量評価モデルの実装
- コードβ版の改良及び操作マニュアルの整備
- 完成後のコードの公開や周知、普及・利用促進の方法などを検討
- 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

*OIR : Occupational Intakes of Radionuclides (職業上における放射性核種の摂取)



【達成目標】 コードの完成、公開

概ね当初計画 (ロードマップ) の通りに研究を進捗

【対象者】

国内の大学、研究機関*1及び原子力機構*2

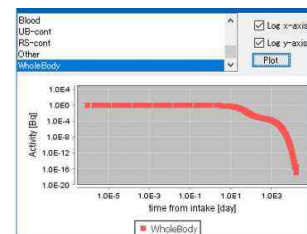
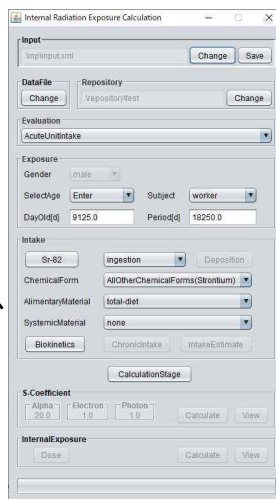
核種摂取量推定機能のニーズ調査等で協力を依頼し、内部被ばくモニタリングや線量評価に関する知見や経験を有する者

*1 弘前大学、長崎大学、福島県立医大、量研機構（放医研）

*2 研究協力者（放射線管理部）

【方法】

コードβ版を例題とともに試用提供し、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聴取



コードβ版のGUI(左図)及び結果出力(右図)



聴取した意見に基づいて、コードβ版を改良(P.7)

【今年度の研究概要】線量評価モデルの実装、関連調査

【線量評価モデルの実装】

コードβ版：ICRP Publ.134及びPubl.137に掲載されているRnを除く27元素について、職業被ばくにおける実効線量係数を正確に導出

刊行物(Publication)	掲載されている元素
ICRP Publ.134 (OIR part 2)	H, C, P, S, Ca, Fe, Co, Zn, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Tc
ICRP Publ.137 (OIR part 3)	Ru, Sb, Te, I, Cs, Ba, Ir, Pb, Bi, Po, (Rn,) Ra, Th, U



2020年に公開されたICRP Publ. 141 (OIR* part 4)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

刊行物(Publication)	掲載されている元素
ICRP Publ.141 (OIR part 4)	La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Ac, Pa, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm

【関連調査】

- ICRP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情報収集
- 現行の内部被ばくに関する技術基準(RI数量告示)と上記の刊行物を照合し、放射性同位元素の種類(核種・化学形等)及び実効線量係数を比較

【コードの開発】

- 専門家より聴取した意見 (P.5) を反映して、コードβ版を改良
- ICRP Publ. 141が与える線量評価モデルへの対応を検証 (実効線量係数の正確な導出を検証)
- 操作マニュアルを整備し、コードを完成

【公開等に関する検討】

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そのロードマップについて、PO及びPO補佐、コードβ版を試用提供した専門家と意見交換

【今年度の進捗】 コードβ版に対する意見聴取

コードβ版に対する意見、コメント及び対応実施方針(主なもの)

意見、コメント	対応実施方針
起動や核種変更に時間がかかる。	GUIの起動や操作に関する時間を軽減する。
情報を読みやすくしてほしい。(ウィンドウや表示される文字へのコメント)	文字を大きくする。ウィンドウの大きさを可変とする。
摂取時の年齢は、日齢だけではなく、月齢や年齢+月齢で入力できるとよい。	公衆被ばくの対象年齢を年、月、日で設定可能とする。
慢性摂取でも実効線量は必要な情報となるが、表示されない。	慢性摂取と摂取量推定でも実効線量係数をバックグラウンドで計算し、実効線量を表示させる。
一部の条件でしか選択する必要がない項目は、必要なときのみ表示される方がよい。	不要な入力は非アクティブにする。(例、吸入摂取での消化管に関する入力)
摂取日や測定日は、年月日だけではなく最初の摂取からの経過日数でも入力できるとよい。カレンダー表示は便利である。	経過時間による設定、及びカレンダーによる年月日の指定を可能とする。
変更できるパラメータが多すぎて、ライトユーザーには分かりにくい。	専門知識に応じて、機能を制限する。
コードの導入・実行環境の準備が難しい。	インストーラを用意して導入を簡便化する。

【GUIの改良】



GUIの視認性・操作性、
コードの動作時間等を改善

【インストーラの作成】 2月末完成見込み

- 2種類のエディション: フル機能版、簡易版
- 3種類のOS: Windows、macOS、Linux



全6種類を用意

様々なPC環境にコードパッケージ（コード、
参照データ、実行環境）をインストール

【OIR part 4への対応】

- ランタノイド・アクチノイド元素の
動態モデルデータの組込み完了

OIR Data Viewer (ver. 4.01.04.19)
収録核種の実効線量係数を再現

【マニュアル整備】 3月中完成見込み

- コードマニュアル: フル機能版
- コードマニュアル: 簡易版
- 例題解説集
- 線量評価用XMLデータ編集マニュアル

専門家からライトユーザーまで対応

内部被ばく線量評価コードは本年3月末までに完成見込み

【課題の整理】

- コードの維持管理並びに更新
(ICRP2007年勧告に準拠する線量評価モデルやデータの一部が未公開)
- コードの配付体制(受付窓口) や配付先(国内外の提供)
- 普及や利用促進への取組

【当面の実施方針】 (JAEAにおけるコード開発、公開・提供の経験を参照)

- JAEA開発コードとして登録(JAEAで管理)
- 配布については規制庁と協議(条件付きで配布、例: β版に対する意見聴取で協力頂いた大学、研究機関)
- 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、今後も継続して検討

関係機関などへの配布や公開の見通しを得た

【ICRPによる線量評価モデルやデータの検討状況】

・ 刊行物の公開

ICRP Publication 143: Paediatric Reference Computational Phantoms

⇒ 令和2年10月に公開、成人以外の年齢群の比吸収割合(SAF)データの計算に利用

・ ドラフト文書に対する意見募集

OIR part 5 のドラフト文書に対する意見募集の開始(令和2年10月)

⇒ 作業者が37元素(下記)を摂取した場合の実効線量係数等を掲載予定

	掲載されている元素
OIR part 5	Be, F, Na, Mg, Al, Si, Cl, K, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Ga, Ge, As, Se, Br, Rb, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Hf, Ta, W, Re, Os, Pt, Au, Hg, Tl, At, Fr

「RI数量告示」に掲載され、OIRシリーズに未掲載の元素： N*, O*, Ar*, Kr*, Xe*, Md

(*印：RI数量告示でサブマージョンのみ考慮)

【公開済の2007年勧告に準拠する実効線量係数の分析】

ICRP Publ.134 (OIR part 2), Publ.137(OIR part 3)及び Publ.141 (OIR part4)と

「RI数量告示」を照合し、放射性同位元素の種類(核種、化学形等)、実効線量係数を分析

- ・ 結果を技術報告書(JAEA-Review)として取りまとめ(「RI数量告示」第1欄にある放射性同位元素の種類との比較、第2欄の実効線量係数が顕著に増加する種類を提示)
- ・ コード活用策を検討(例、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)

11

【今年度の成果】

○ 成果発表

・ 技術報告書

高橋史明、真辺健太郎、佐藤薫、ICRP2007年勧告に準拠する内部被ばく線量評価に用いる実効線量係数 (JAEA-Review 2020-068)、公開準備中

・ 国内学会

高橋史明、真辺健太郎、佐藤薫、ICRP2007年勧告に準拠する内部被ばく線量評価コード、第53回日本保健物理学会研究発表会 (令和2年6月、オンライン開催)

高橋史明、真辺健太郎、田窪一也、佐藤薫、ICRP 2007年勧告に基づく内部被ばく線量評価コードの開発：コードの全体概要、日本原子力学会 2021年春の年会 (令和3年3月、オンライン開催)

○ ソフトウェア開発

ICRP2007年勧告に準拠する内部被ばく線量評価コード (令和3年3月整備予定)

【コードの開発】

- ・ 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
- ・ ICRP Publ. 141 (OIR part 4)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（今後に公開されるデータの実装に係る見通し）
- ・ 操作マニュアルの整備

【公開等に関する検討】

- ・ 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た（完成後、必要な準備を進捗）。

他、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(技術報告書を作成)

自己評価：概ね当初の計画通りに進捗

13

【全期間の自己評価】

「平成29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費）」の公募要領において記載された本テーマに係る成果の活用策

- ・ 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活用



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

- ・ 内部被ばく防護基準値（空气中濃度限度等）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**
- ・ 様々な放射性核種の摂取条件、モニタリングの遂行状況に対応して、放射性核種の摂取量、内部被ばく線量評価を可能とし、**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**

自己評価：当初の目標を達成

研究経費の支出状況

(単位：円)

年度	平成29年度	平成30年度	平成31/令和元年度	令和2年度(見込み)	
経費合計	14,053,770	19,533,159	19,822,770	8,942,811	
直接経費	設備備品費	714,776	0	571,450	0
	消耗品費	1,533,588	1,945,836	249,150	40,260
	人件費	2,234,478	5,242,422	6,476,497	4,647,306
	謝金	0	50,000	0	50,000
	旅費	895,351	674,136	857,421	41,520
	外注費	5,400,000	7,020,000	6,930,000	2,090,000
	その他(学会参加費等)	32,400	93,113	163,767	10,000
間接経費	3,243,177	4,507,652	4,574,485	2,063,725	

再委託費等、他の項目の支出なし

令和2年度は、出張の制限により支出が制限された旅費を除いて、ほぼ予定通りに予算を執行している。

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

京都大学複合原子力科学研究所 谷垣 実

課題名 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

研究期間:令和元年～3年(2年間)

背景・目的

大規模原子力災害時における防護措置や被曝医療のリソースの的確な投入と対応を支援するため、可搬モニタリングポスト、シングルボードコンピュータベースの廉価な超小型KURAMA-II、自律型のデータネットワークの構築技術の開発を行い、災害時の運用方法の検討を行う。

実施状況

最終年度である本年度は、可搬型モニタリングポストの開発、自律型ネットワークの検証、超小型KURAMA-IIの開発の完了が目標となる。しかし新型コロナ流行とそれに伴う緊急事態宣言とそれに伴う各種自粛要請が支障となり、試作や動作試験、現地試験などが当初計画通り進められず、内容を精査して実質的な目標達成を目指さざるを得なくなった。

可搬型モニタリングポストは耐候性他の改善とJAEA校正施設の照射試験を行った。福島での各種運用試験は石川県内の長期連用試験で代替し実用的な完成度を確認した。LPWAネットワークは島根原発周辺での短期及び長期の試験用通信網を構築、既設固定モニタリングポスト程度の密度でも安定に機動的な通信網の運用を確認した。超小型KURAMA-IIは検出器の試作検証やシングルボードコンピュータのファームウェア改良などを進めた。島根県のLPWAネットワークでの実証試験を実施中である。

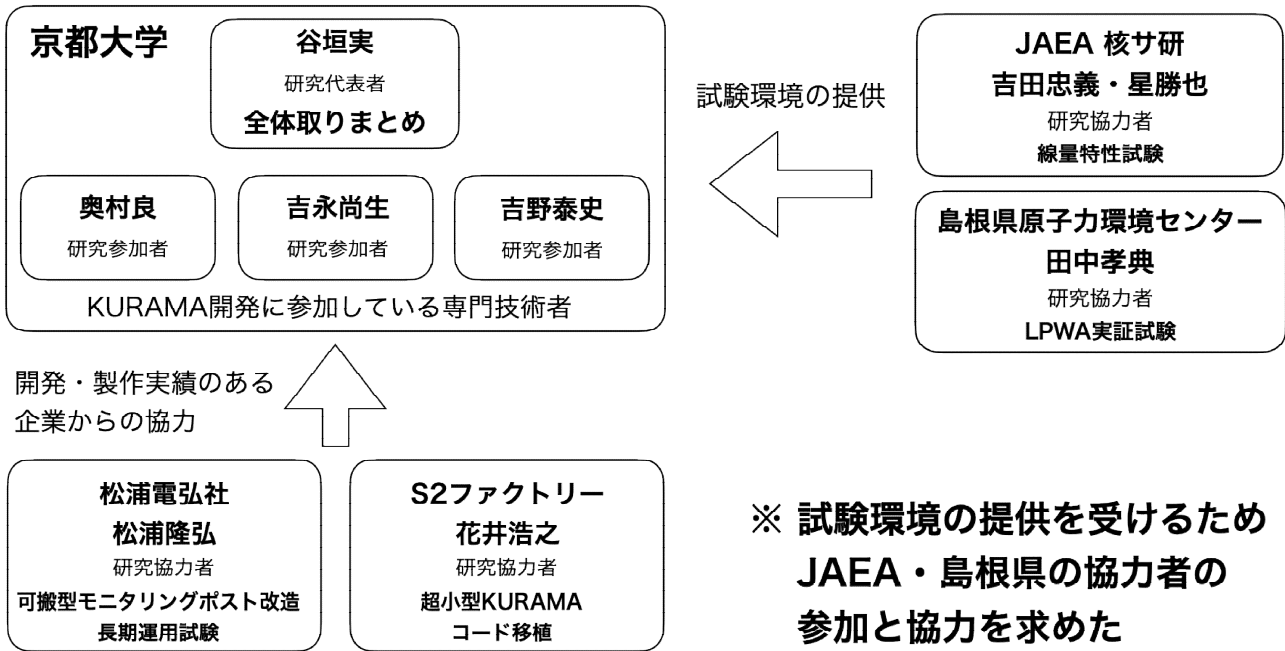
	第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期
可搬型モニタリングポスト	改良作業		実証試験・特性試験	
自律ネットワーク	サーバ整備	試験通信網設計		各種通信試験
超小型KURAMA-II	検出器試作	検出器改良		組立・最終試験

期待される成果

原子力災害発災直後のモニタリング体制の弱点であるヨウ素131等の短寿命核種等の測定機会の損失を最小限に食い止めることができる。信頼性は高いものの面的な展開の困難な試料サンプリングによる精密測定を補完し、対象地域内の分布状況の把握や住民の被曝状況の把握の上で有効なツールとなる。また、今回のLPWAネットワークの成果は極めて安価かつ簡便な既設モニタリングポストのバックアップネットワーク構築への応用が期待される。

研究体制

KURAMAの開発・製造・運用・試験に従事した人員と企業で構成



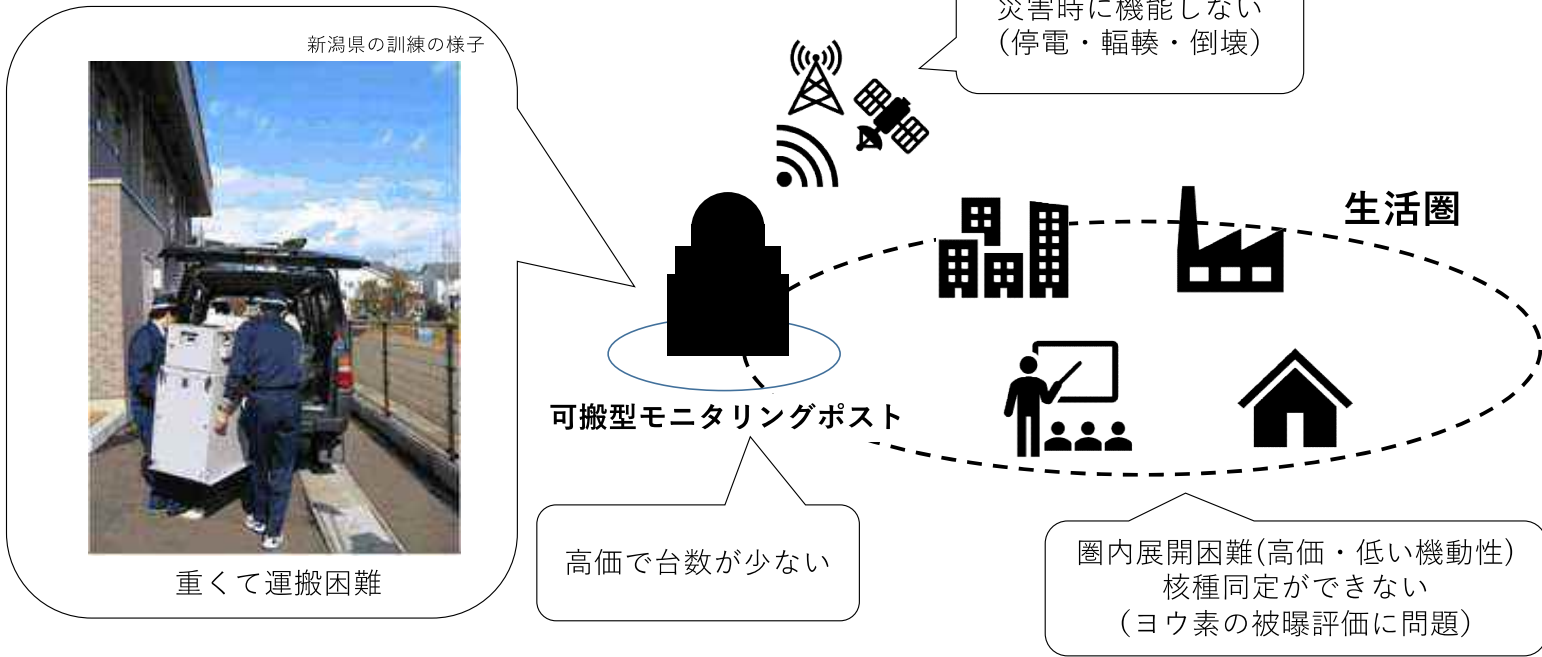
研究背景

事故に備えた様々な備えがなされている



研究背景

信頼性を優先したがための困難



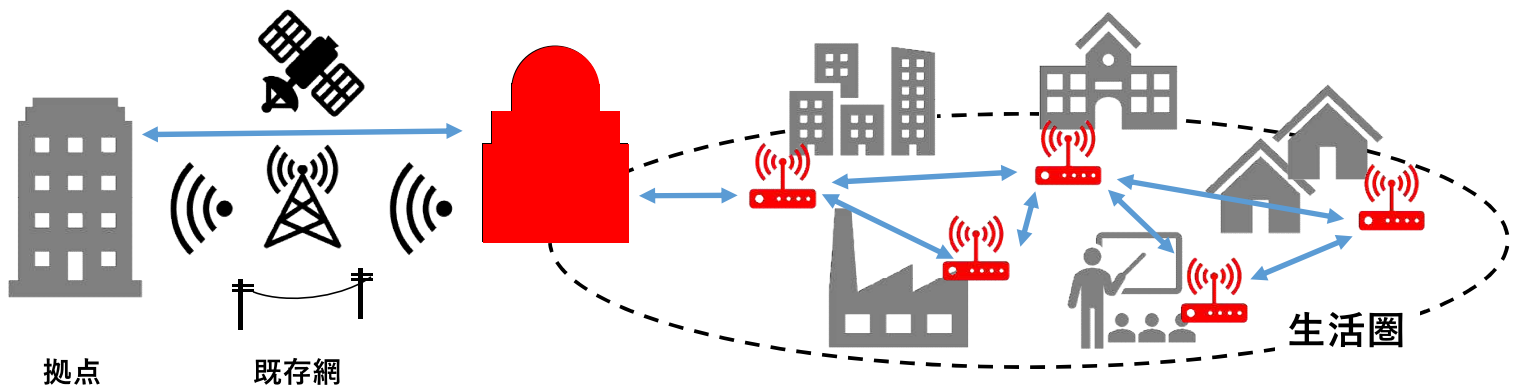
今回の研究の位置づけ

信頼性と効率的な面的モニタリング

可搬型モニタリングポスト
基幹・従来のスキームの対応力強化

超小型KURAMA-II
高い機動性と面的な補完

自律型ネットワーク
信頼性と機動性の結合



既存システムの信頼性を維持・補完し
よりきめ細やかで高い機動性の面的モニタリング

研究計画

新型コロナの影響大だができることを着実にいった

実施項目	担当者* (所属機関)	令和元年度				令和2年度			
		第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期	第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期
目標：KURAMA-IIをベースにした小型軽量なモニタリング機器の開発と災害時の運用方法の確立									
自律型可搬モニタリングポストの開発	谷垣実(京都大学) 松浦隆弘(松浦電気社)	基本設計		製作		現地試験(季節ごとに2週間程度)および各種特性試験 現地試験・特性試験に基づく不具合修正・最適化作業			
自律型ネットワークの構築技術の研究	谷垣実(京都大学) 奥村良(京都大学)	実施体制構築		各種通信規格の調査		試験用端末製作		ネットワーク半導体試験 ネットワーク試験等のための環境整備・試験内容検討	
超小型KURAMA-IIの開発	谷垣実(京都大学) 花井浩之(S2ファクトリー) 奥村良(京都大学)	実施体制構築		KURAMA-IIソフトウェア移植作業		KURAMA-IIソフトウェア最適化作業・シングルボードコンピュータ改善作業		超小型KURAMA-II単体/組み合わせ試験	
上記開発研究に使用する関連制御技術の調査、研究開発における成果発表および取りまとめ	谷垣実(京都大学)	ICALEPCS2019に参加し、計測制御技術の調査及び進捗状況発表				IRPA 15で制御技術の調査及び進捗状況発表		超小型KURAMA-IIの製作方法の開発方法について検討 結果取りまとめ論文執筆	

モニタリングポスト

- ・校正施設での特性試験終了
- ・耐候性試験および長期運用試験継続中

自律型ネットワーク

- ・候補規格選定終了
- ・候補規格の試験継続中

超小型KURAMA-II

- ・試作機の主要部分完成
- ・パッケージ設計製作中
- ・自律型ネットワークとの組み合わせ試験継続中

可搬型モニタリングポスト

実用レベルで完成している



従来品



今回開発したもの
(長期耐候性試験時に撮影)

開発の現状

- ・KURAMA-IIそのままのスペックを実装
- ・耐候性が大幅に向上(数ヶ月屋外利用可)
- ・連続稼働140時間(市販のLi-ion電源)
- ・JAEAでの特性試験で良好な成績

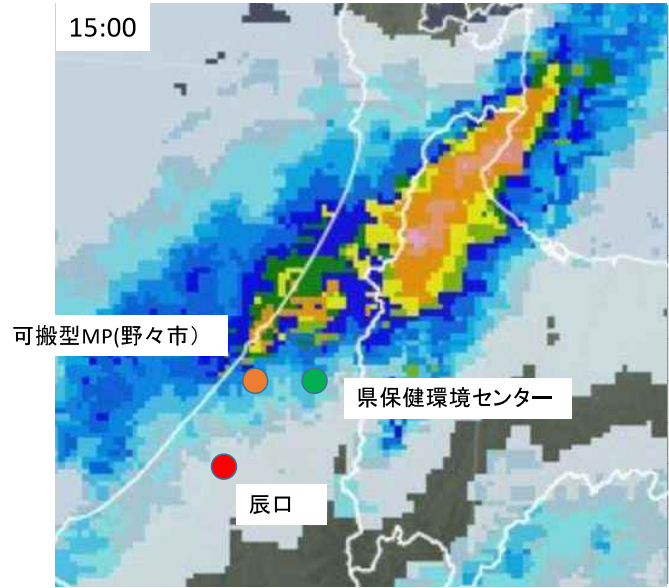
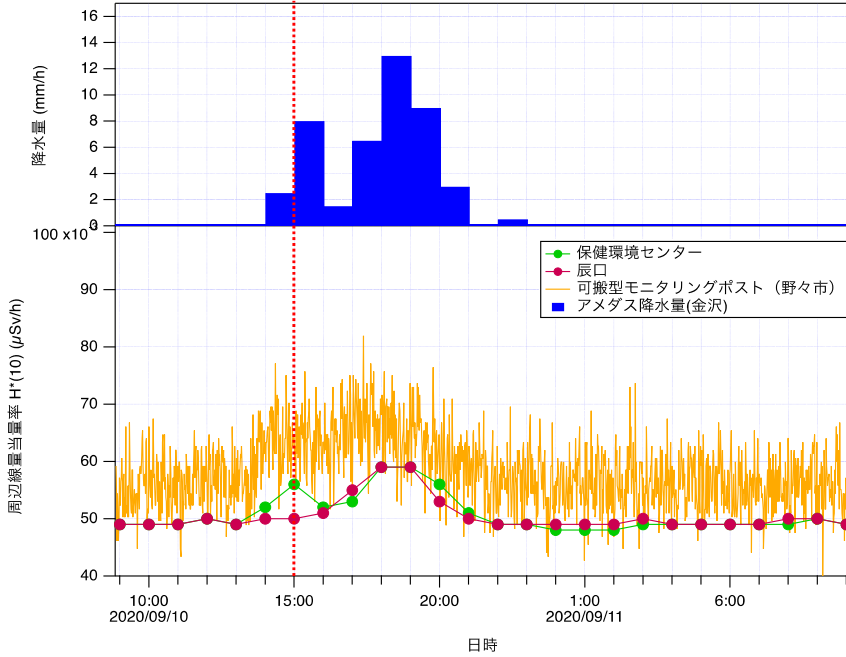
今後の予定

- ・様々な設置条件での動作試験
- ・稼働時間の延長(通信モジュールの動作モードの最適化など)

可搬型モニタリングポスト

耐候性・長期運用試験

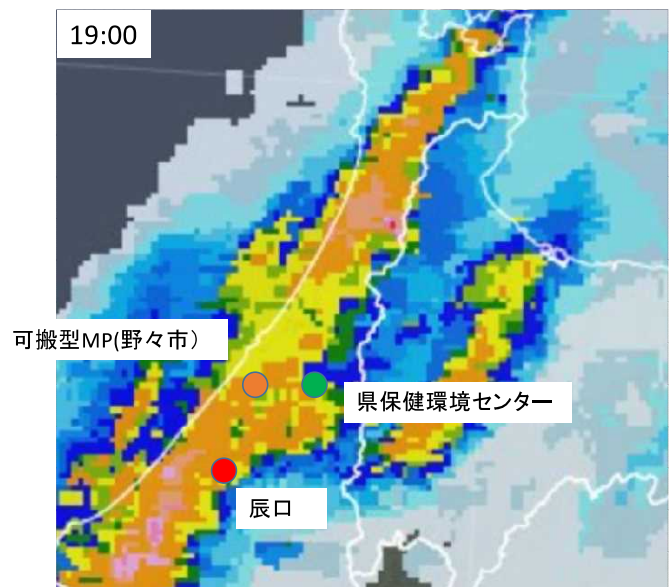
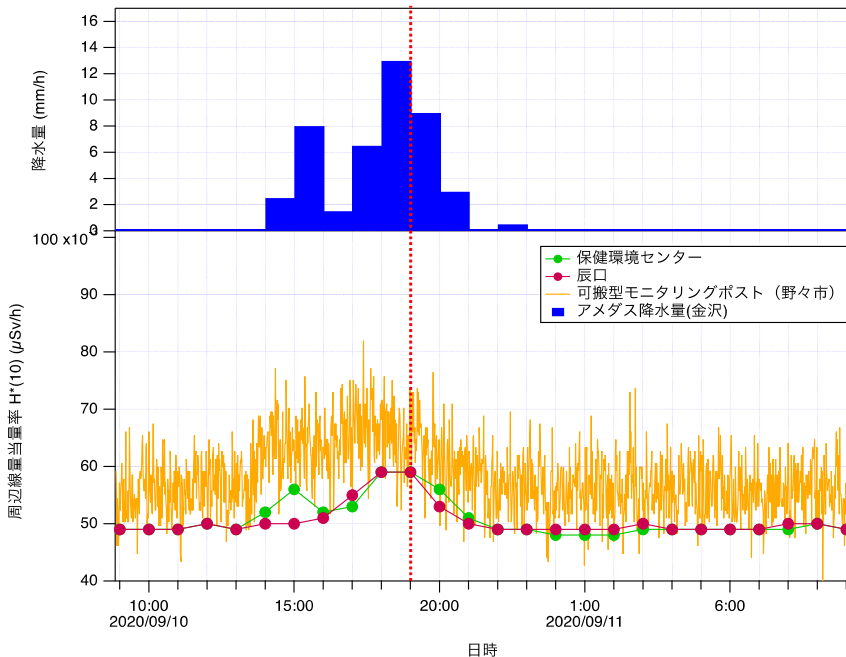
近隣モニタリングポストとの比較 (1 Gy = 1 Sv)



可搬型モニタリングポスト

耐候性・長期運用試験

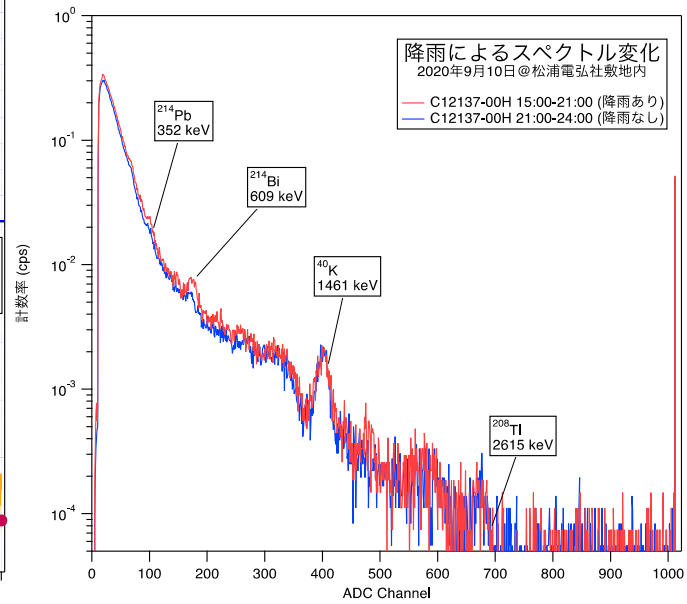
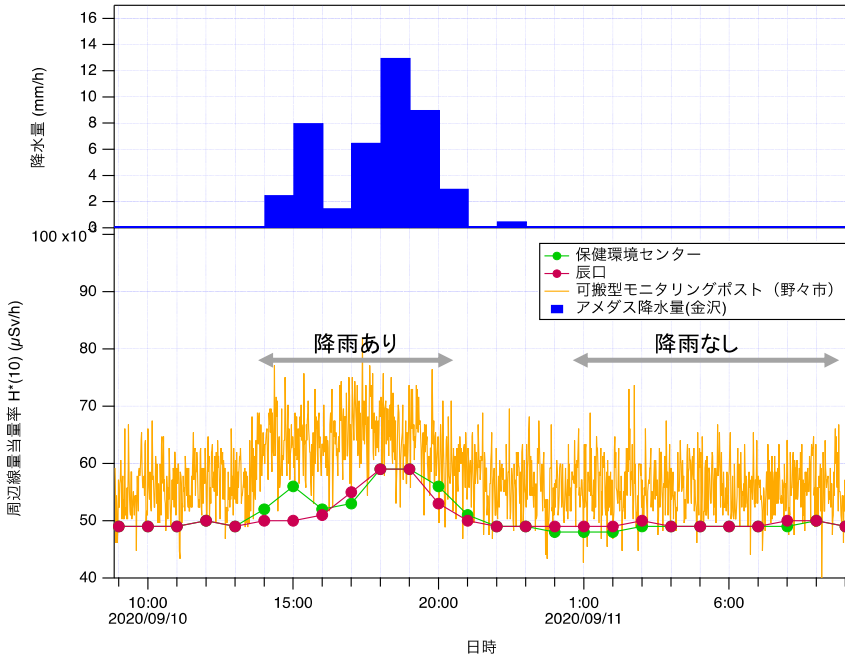
近隣モニタリングポストとの比較 (1 Gy = 1 Sv)



可搬型モニタリングポスト

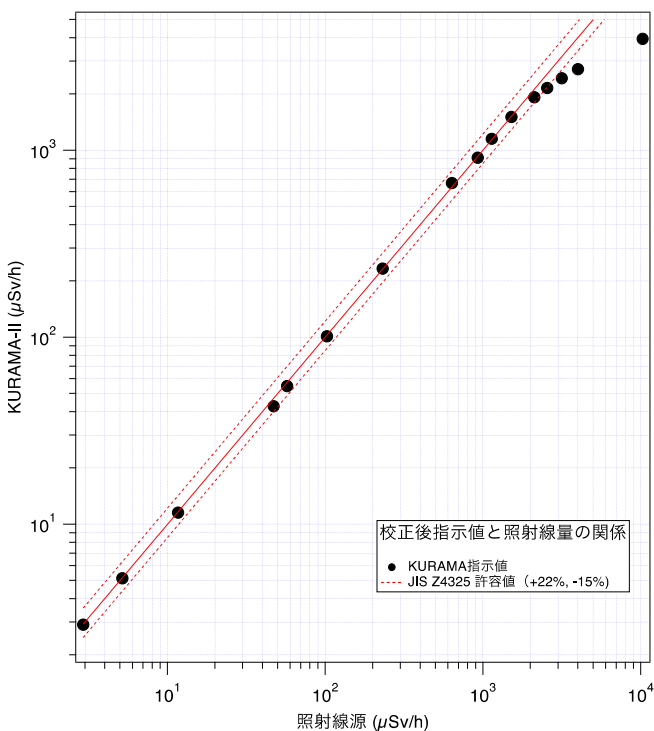
耐候性・長期運用試験

近隣モニタリングポストとの比較 (1 Gy = 1 Sv)



可搬型モニタリングポスト

JAEA核サ研での照射試験



直線性試験

- 最大2 mSv/hまで+22%, -15%を満たす

方向性試験

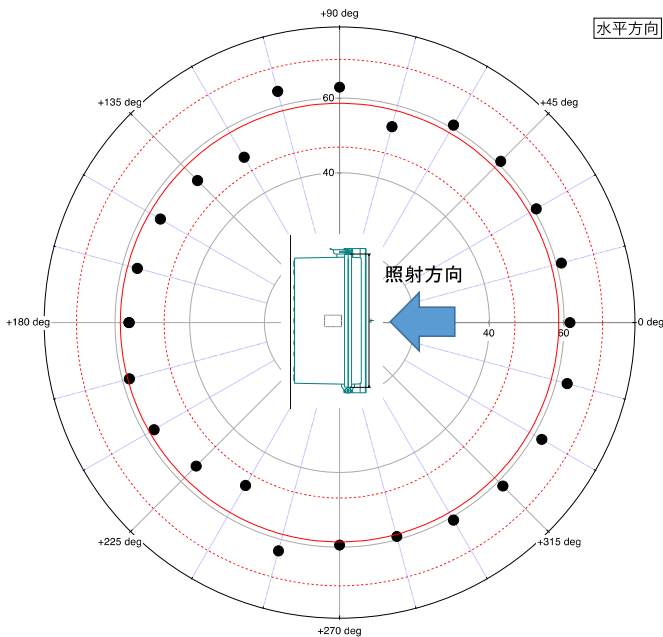
- 照射線量率は約60 μSv/h
- 水平方向は全方向で±20%以内
- 垂直方向は±120度で±20%以内

エネルギー依存性試験

- 241Am~60Coの範囲で試験。誤差の範囲で有意な逸脱はない。詳細評価中。

可搬型モニタリングポスト

JAEA核サ研での照射試験



直線性試験

- 最大2 mSv/hまで+22%, -15%を満たす

方向性試験

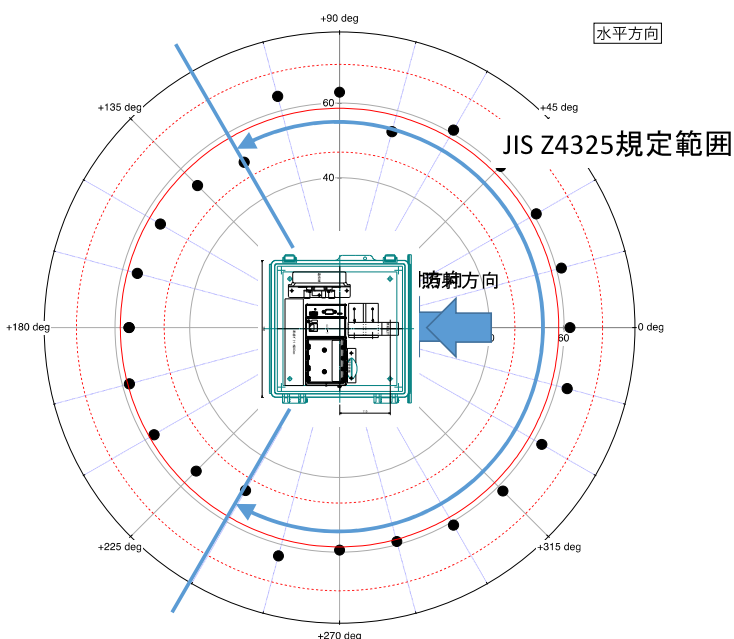
- 照射線量率は約60 μ Sv/h
- 水平方向は全方向で $\pm 20\%$ 以内
- 垂直方向は ± 120 度で $\pm 20\%$ 以内

エネルギー依存性試験

- $^{241}\text{Am}\sim^{60}\text{Co}$ の範囲で試験。誤差の範囲で有意な逸脱はない。詳細評価中。

可搬型モニタリングポスト

JAEA核サ研での照射試験



直線性試験

- 最大2 mSv/hまで+22%, -15%を満たす

方向性試験

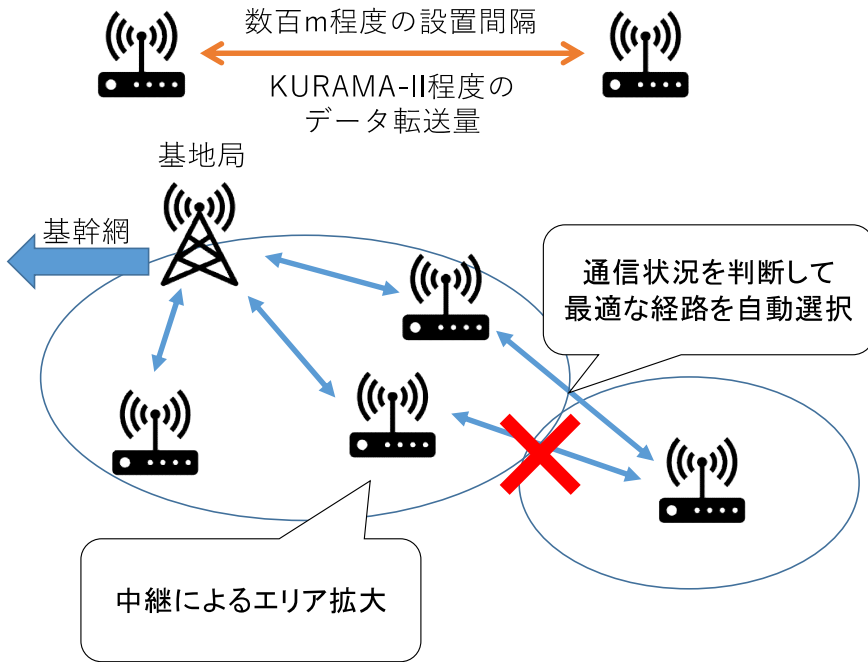
- 照射線量率は約60 μ Sv/h
- 水平方向は全方向で $\pm 20\%$ 以内
- 垂直方向は ± 120 度で $\pm 20\%$ 以内

エネルギー依存性試験

- $^{241}\text{Am}\sim^{60}\text{Co}$ の範囲で試験。誤差の範囲で有意な逸脱はない。詳細評価中。

自律型ネットワーク

ネットワーク設計の最適化なしに使えるもの



判断のポイント

- 数百m以上の到達距離
- 数百bytes/回以上の転送量
- 自営網運用
- 中継によるエリア拡大
- 伝搬状況に応じた動的な転送経路

候補規格

ZETA (ZETA Alliance)

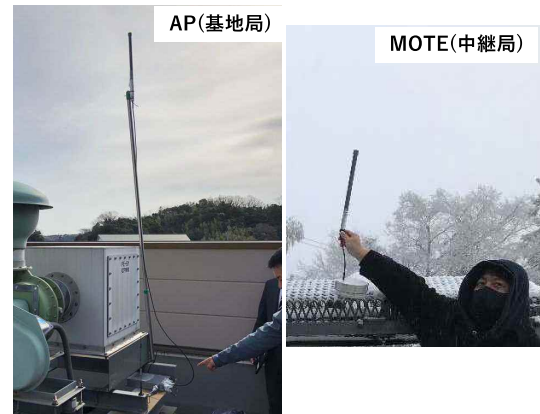
- 見通しで2~10 km
- 中継機4段まで中継可能
- 伝搬状況に応じた動的な転送経路
- 最大数十kB/s、49 bytes/送信

Wi-SUN FAN (京都大学他)

- 見通しで500 m
- 中継機20段まで中継可能
- 伝搬状況に応じた動的な転送経路
- TCP/UDP通信、最大300 kB/s
- 市販モジュールが2020年第一四半期

実証試験 (ZETA)

宍道湖周辺のモニタリングポスト間で試験実施



結果

- 直線距離で10 km以上使えた
- 不感地帯も中継器で解消
- 霧・雨・雪によらない

緊急時の展開だけでなく
既設MPのバックアップ回線としても
有力な手段

実証試験 (ZETA)

宍道湖周辺のモニタリングポスト間で試験実施



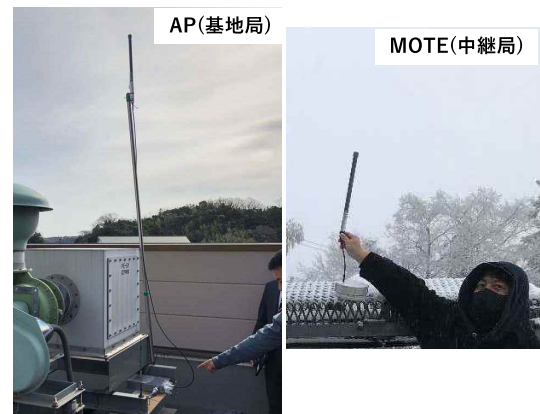
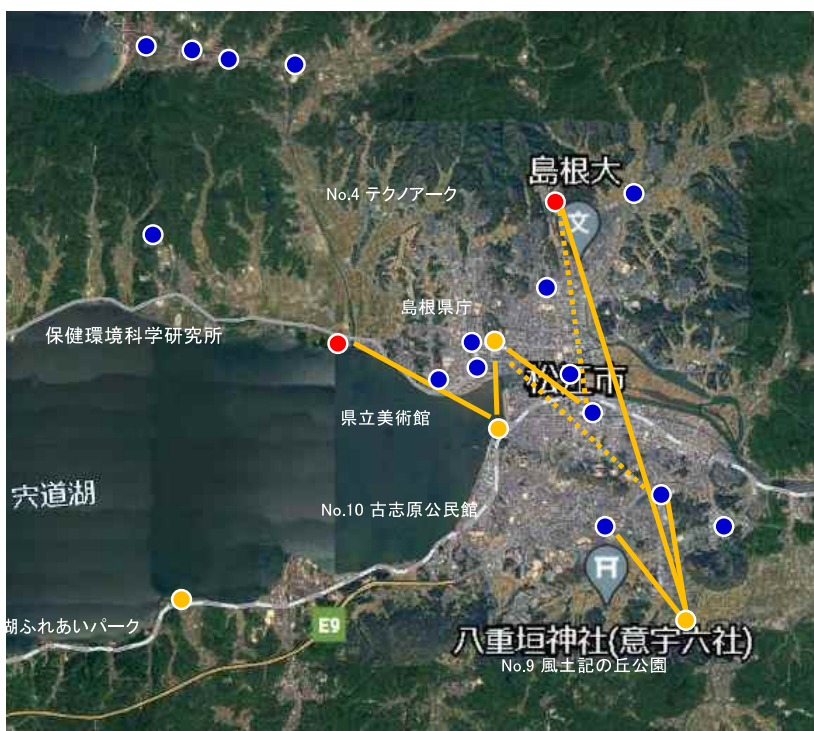
結果

- 直線距離で10 km以上使えた
- 不感地帯も中継器で解消
- 霧・雨・雪によらない

緊急時の展開だけでなく
既設MPのバックアップ回線としても
有力な手段

実証試験 (ZETA)

宍道湖周辺のモニタリングポスト間で試験実施



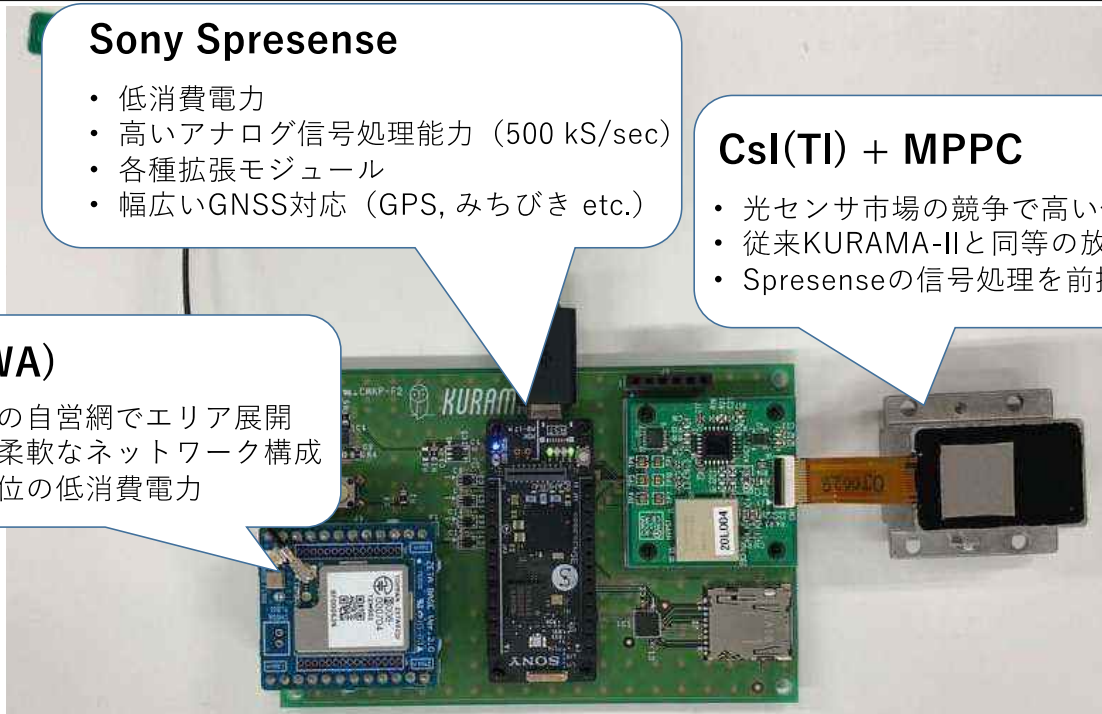
結果

- 直線距離で10 km以上使えた
- 不感地帯も中継器で解消
- 霧・雨・雪によらない

緊急時の展開だけでなく
既設MPのバックアップ回線としても
有力な手段

超小型KURAMA-II

実証試験機が完成・運用開始



Sony Spresense

- 低消費電力
- 高いアナログ信号処理能力 (500 kS/sec)
- 各種拡張モジュール
- 幅広いGNSS対応 (GPS, みちびき etc.)

CsI(Tl) + MPPC

- 光センサ市場の競争で高い価格対性能比
- 従来KURAMA-IIと同等の放射線検出能力
- Spresenseの信号処理を前提とした簡素化

ZETA(LPWA)

- 事業者非依存の自営網でエリア展開
- メッシュ型の柔軟なネットワーク構成
- 乾電池で年単位の低消費電力

超小型KURAMA-IIの内部基板

超小型KURAMA-II

検出器の帯域の追い込み要だがそれ以外は完成



本体の状況

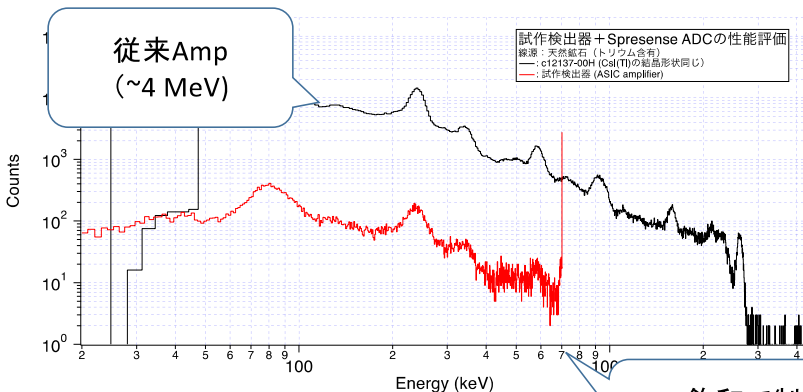
- 放射線パルスのAD変換アルゴリズム完成
- メインボードも完成
- ZETA経由で測定データ送信成功
- パッケージング作業中
- 年度末までフィールドテスト継続

CsI(Tl) + MPPC

- 廃番による代替MPPCはGain大でASICが飽和
- ゲイン以外は予定通りの能力達成
- 技術的にはASIC再設計が従来アンプで対応可 (本事業内では残りの時間と費用が足りない)

年度末に向けて

- ZETAネットワークで実証試験 (島根・東京)
- 量産化に向け企業への技術供与の方法検討



従来Amp
(~4 MeV)

ASIC飽和で制限
(~700 keV)

超小型KURAMA-II

今年度の成果

国内外で計画や成果を紹介

IRPA 15 (1月18~19日 オンライン開催)

M. Tanigaki, CURRENT STATUS OF KURAMA-II

保健物理学会53回研究発表会 (6月29日~7月31日 オンライン開催)

谷垣 実：KURAMA-IIの開発の現状

原子力学会 2019年秋の大会 (9月11~13日オンライン開催)

谷垣 実：福島における放射性物質分布調査
(2)KURAMA-IIの開発の現状

研究会での発表・一般向け講演

第8回「原発事故被災地域における放射線量マッピングシステムの技術開発・運用とデータ解析に関する研究会」および第440回生存圏研究所シンポジウム「第10回東日本大震災以降の福島の現状及び支援の取り組みについて」(11月30日~12月1日 於 福島市・京都市・オンラインのハイブリッド開催)



自己評価

開始が遅れたがほぼ当初計画まで追いついた

項目	当初計画 (第四半期時点)	現状	評価
モニタリングポスト	試作機完成 製作・不具合修正完了 現地試験完了	試作機完成・耐候性改善終了 特性試験完了 長期試験継続中	福島での試験は 見送ったものの 概ね当初計画通り ○
超小型KURAMA	単体試験完了 ネットワークとの 組合せ試験完了	単体動作完了 ネットワークと組合せ動作確認 検出器の調整継続中	概ね当初計画通り 検出器のMPPC廃番に 伴うエネルギー帯域の 問題は解決可能 ○
自律型ネットワーク構築	規格選定と実証試験 機器との組み合わせ	ZETAを候補に選定 島根県での実証試験終了 超小型KURAMAとの組合せ	当初計画通りで 既設MPの予備回線とし ての利用可能性も見出す ◎
成果発表	ICALEPCS 2021	IRPA 15 保健物理学会53回研究発表会 原子力学会2020秋の大会 KURAMA研究会	コロナ禍でも開催のあつ た国内外の学会等で成果 発表を実施 ○