

令和元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
- ② 加速器施設の廃止措置に関わる測定、評価手法の確立
- ③ 円滑な規制運用のための水晶体の放射線防護に係るガイドラインの作成
- ④ 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
- ⑤ 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
- ⑥ 包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究
- ⑦ 染色体線量評価手法の標準化に向けた画像解析技術に関する調査研究
- ⑧ 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
- ⑨ 原子力事故時における近隣住民の確実な初期内部被ばく線量の把握に向けた包括的個人内部被ばくモニタリングの確立
- ⑩ 事故等緊急時における内部被ばく線量迅速評価法の開発に関する研究
- ⑪ 放射線業務従事者に対する健康診断のあり方に関する検討
- ⑫ 内部被ばく線量評価コードの開発に関する研究
- ⑬ 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
- ⑭ 環境モニタリング線量計の現地校正に関する研究



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

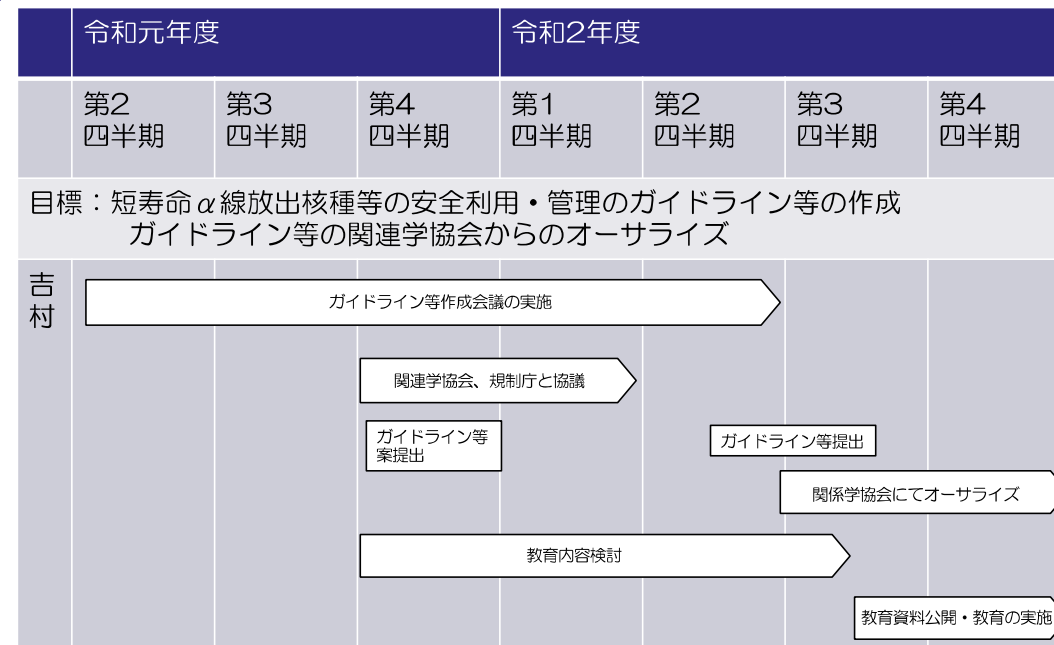
概要

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

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（3回）
- ・PO及びアドバイザーとの打ち合わせ（1回）
- ・教育資料内容検討会議（2回）
- ・実験的エビデンス取得

2月より

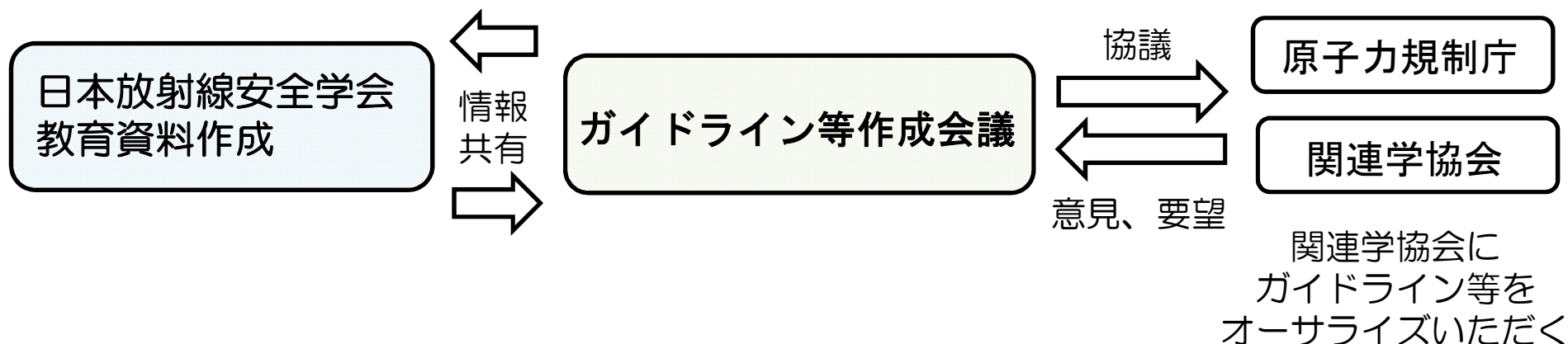
学会及び原子力規制庁との協議開始予定

現時点での達成度: 全て実施

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。

実施体制



ガイドライン等作成会議メンバー

全体取りまとめ：吉村崇（阪大）

PO：中村吉秀（RI協会）

助言：米倉義晴（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）

畑澤順（阪大）

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）

赤字：若手研究者

オブザーバー

白神宣史（阪大）

伊藤拓（日本メジフィジックス）

本年度の研究の概要（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

本年度の研究の概要（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）

赤字：若手研究者

令和元年度：次年度の教育資料作成のための調査

○新たな実験的なエビデンス等の取得

- 前年までの事業：ガラスフィルターとチャコールフィルターを両方使用
→ ^{211}At について、チャコールフィルターのみを使用して捕集
- 実験動物の管理区域からの退出に関する要件決定のための基礎的データの取得
 ^{225}Ac 及び ^{211}At を投与した動物からのRIの排出について測定

今年度の研究計画ロードマップ

	令和元年度		
	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期
目標	短寿命 α 線放出核種等の安全利用・管理のガイドライン等案の作成		
吉村			

達成状況：ガイドライン等案の提出と学会、規制庁との協議は、2月より開始予定であるが、現時点では、計画通りに研究を実施

ガイドライン等作成会議での現在の検討状況（１）

ガイドライン等作成会議３回、
PO、アドバイザーとの打ち合わせ１回 開催

○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等を作成する。

○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
取扱う使用許可事業所が対象である。

従って、医療機関における本ガイドラインの適用範囲については、
放射性同位元素の規制に関する法律に基づいて規制を受ける範囲

○本ガイドラインでの適用核種の目安

半減期が15日程度までの短寿命放射性核種対象とする。

ガイドライン等作成会議での現在の検討状況（2）

○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、**減衰も考慮に入れて評価できるものとする。**

○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**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。
- 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

- 通常の教育及び訓練とは別に実施することが望ましい。
- 前回の教育訓練を実施した年度の次の年度の開始日から1年以内とする。
- 訓練の内容：**定められた実験手法に基づいた訓練を実施**する。

○ 下限数量以下に減衰した試料等の事業所外での使用の検討 大変重要な課題であり、実現できる方策を検討中。

ガイドライン等作成会議での現在の検討状況（3）と実験

○設備

飛散防止装置に適正なRIフィルターを設置した場合は、その飛散防止装置の排気口から放出される放射性同位元素の排出率を作業室内の平均濃度や排気中濃度を算出する際に考慮することができる。
その例として、隔離操作ボックスのフード内の設置などが挙げられる。

○エビデンス取得実験1

^{211}At 飛散率実験データの取得（若手研究者が研究を実施）

- ・チャコールフィルターのみでの ^{211}At のフィルター捕集データを取得

ガイドライン等の案としては、

「飛散防止装置の排気口に使用するRIフィルターは、核種の性状に応じた適切なフィルターを使用すること」とした。

○エビデンス取得実験2

^{225}Ac 及び ^{211}At の投与動物からの排出量測定

^{225}Ac 及び ^{211}At ともに、投与後24時間以内が排出のピーク

安全管理学会アドホック委員会教育資料検討状況

委員会を2回開催

○短寿命放射性核種の安全取扱のための教育資料について
今年度：次年度の教育資料作成のための準備

- 既に出版されている教育資料、利用可能な資料について確認
→ それらの教育資料を委員が共有できるよう、クラウドのフォルダを作成し、各自アップロードして、資料を収集。
- 目次案を作成
委員の中で役割分担し、「基本的項目」、「法令、予防規程」、「取扱に関する項目」、「汚染と除染に関する項目」に関して、項目出しを行った。
- α 線放出核種の取扱の詳細に関する資料を充実させる必要がある。
本学会の非会員も含めて取扱経験を有する者に協力を依頼し、3名に新たに委員となっただくことになった。
渡辺茂樹（量研機構高崎）、大江一弘（阪大）、古澤哲（東京ニュークリア・サービス）
- 次年度の教育資料作成に向けたスケジュール決定

本年度の成果発表

学会発表

招待講演、3件

- 「短寿命アルファ核種等の安全規制のガイドライン」
吉村 崇、第2回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会、
仙台、12月
- 「短寿命放射性核種の安全取り扱いのための教育資料」
久下裕司、第2回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会、
仙台、12月
- 「短寿命アルファ線放出核種の合理的な安全規制のための研究」
吉村 崇、
第59回日本核医学会学術総会、第39回日本核医学技術学会総会学術大会
松山、11月

口頭発表

- 「Ra-223およびRn-219の飛散率の測定と短寿命アルファ線放出核種
等の安全規制に関するガイドライン等の作成」
吉村 崇、東北大学金属材料研究所 2019年度大洗アルファ合同研究会
仙台、10月

自己評価

評価の視点	自己評価	コメント
評価時点までの研究の実施が研究計画に沿って行われているか	<ol style="list-style-type: none">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	計画どおり事業を実施したため、概ね計画どおりとした。 下限数量以下に減衰した試料等の事業所外での使用は、大変重要な課題であり、実現できる方策を検討していく必要がある。
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	<ol style="list-style-type: none">1 必要ない② 軽微な変更が必要※23 大幅な変更が必要※2	追加実験の予算を計上していたが、必要無しと判断した。

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

2019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を行う。調査対象として選んだ陽子線治療施設3施設のうち、2施設の調査を完了した。残りの1施設は加速器トラブルのため今年度内の調査が完了しなかったが、重要施設であるため、2020年度に調査予定とする。

（2） 非汚染・非放射化の評価手順の検討

2019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、評価手順の検討のための基礎データとする。放射能分析のための試料採取、測定試料化を完了し、現在分析中である。また、放射化イメージングによる撮影を使用中の2加速器に対して実施し、核種ごとの放射化領域の特定が可能であることが分かった。

（3） 測定評価マニュアルの作成

研究評価委員会で方針と内容を確認した。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とまとめることとなった。

期待される成果

加速器の種類ごとに体系的に放射化領域および放射化物管理対象を明確化し、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。特に、コンクリートや電磁石等の金属について、サーベイメータやイメージング装置での測定から放射能を算定できれば、金属放射化物の合理的管理に大いに資すると期待される。

研究代表者
(研究の総括)

松村宏(KEK)

研究検討委員会
(研究への指導助言)

外部有識者

研究参加者
(研究の実施)

KEKメンバー

経理事務担当者
(研究経費の管理)

安藤寛(KEK)

研究検討委員会

上 蓑義朋	理化学研究所
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
榊本和義	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

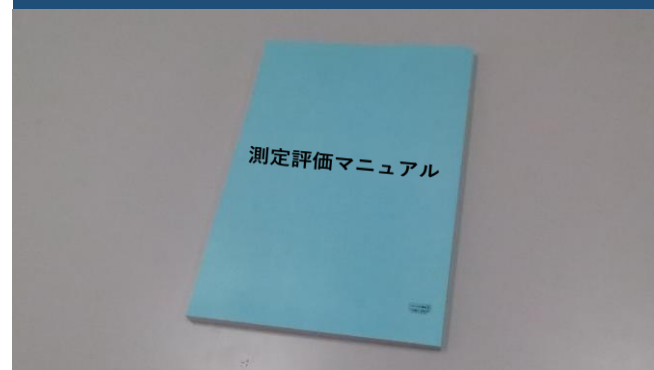
①規制対象施設・
規制対象範囲の明確化



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



2019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



①規制対象施設・規制対象範囲の明確化

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

シンクロサイクロタイプ

メディポリス国際陽子線治療センター(鹿児島)

相澤病院陽子線治療センター(長野)

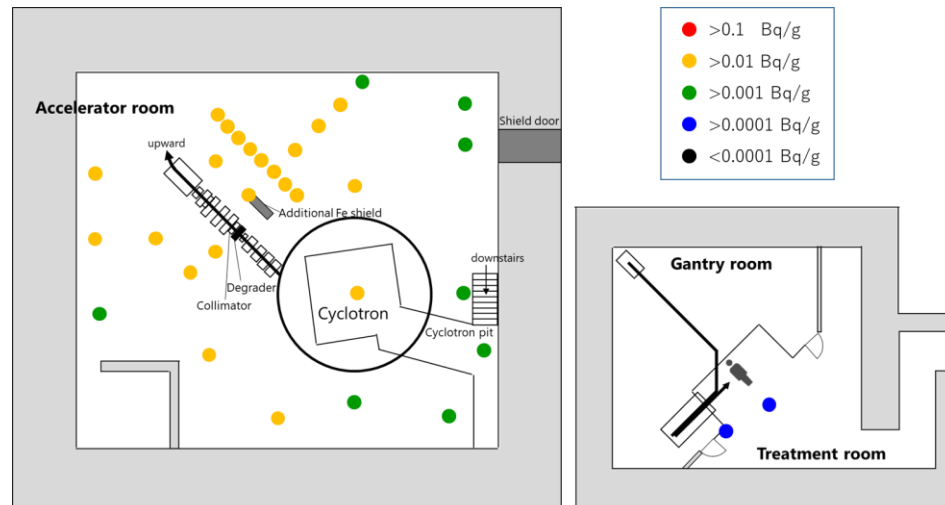
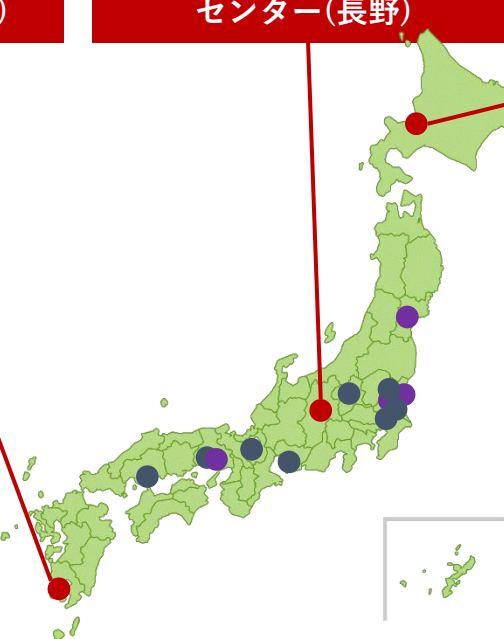
北海道大野記念病院(北海道)



加速器トラブルのため未完了

相澤記念病院のコンクリートの30年運転放射化の見積もり結果

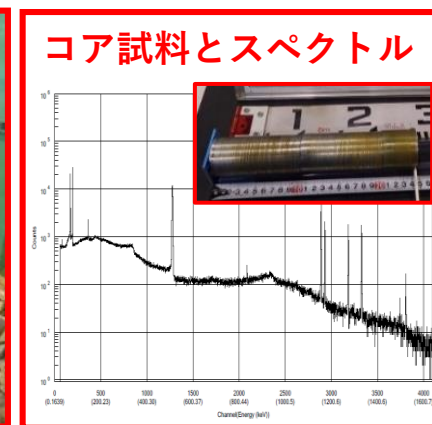
- 2017年度調査
- 2018年度調査
- 2019年度調査



金属の放射化評価手順を明確にし、効率的手法を確立する

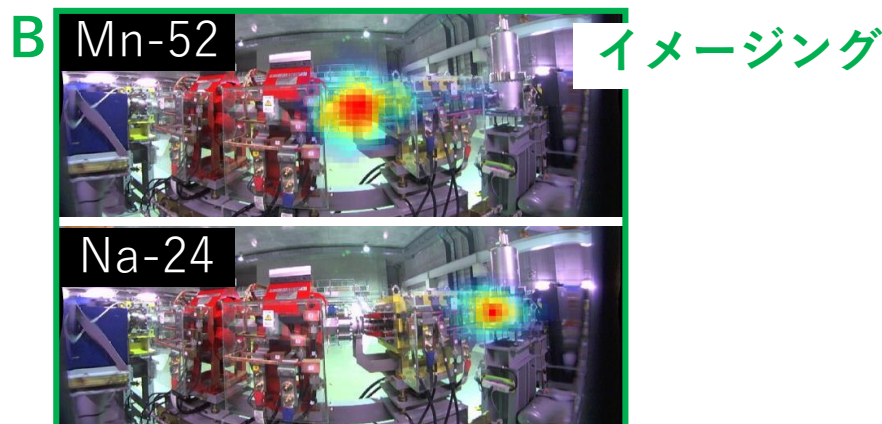
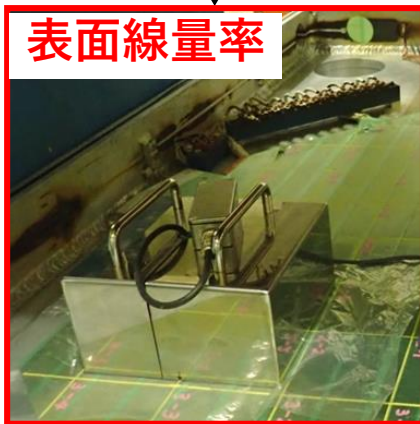
A. 表面線量率、放射能と関連づけた定量評価手法の確立のためのデータ収集

B. イメージングによる測定評価を検討するための実試料撮影



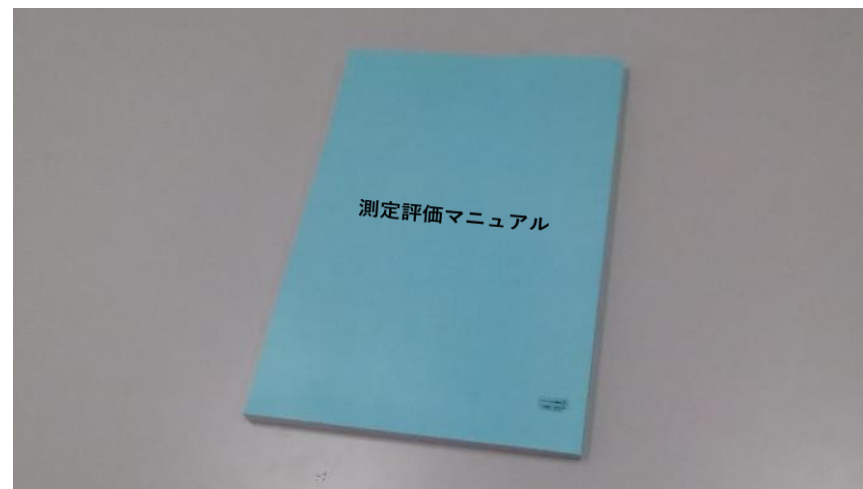
2019年度実績

- ・ 評価電磁石数: 3 台
- ・ 採取コア長 : 4.6 m
- ・ 測定検体数 : 75本
- ・ 線量率測定箇所 : 80



来年度作成する「測定評価マニュアル」の作成方針の検討

- ◆ 2017-2020年度の4ヶ年の研究成果をもとに、次年度の放射線発生装置施設廃止のための放射化測定評価マニュアルの内容を整理する。
- ◆ 稼働中の測定によって放射化／非放射化の領域を明確化する。
 - 測定手法（線量計、サーベイメータ、スペクトロメトリ）
 - 計算手法（モンテカルロ計算、簡易計算）
 - 放射化の将来予測
 - 静電加速器、放射光、粒子線治療施設の放射化／非放射化の領域を明確化
- ◆ 廃止時における放射化物の濃度確認のための測定手法
 - 建屋，構造物の放射化評価
 - 発生装置，設備機器の放射化評価
 - サイクロトロン施設での廃止事例紹介
- ◆ クリアランス制度の課題と提案
 - 事前評価の進め方
 - 検認制度のあり方
 - 海外の事例紹介



2019年度 研究実施カレンダー

2019	日	月	火	水	木	金	土
6	2	3	4	5	6	7	8
	9	10	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26			29
	30	1	2				6
7	7	8	9	10	11	12	13
						19	20
	21	22	24	25	26	27	
	28	29	30	31	1	2	3
8	4	5	6	7	8		
	11	12	13	14	15	16	17
	18	19	20	21	22	23	24
	25	26	27	28	29	30	31
9	1	2	3	4	5	6	7
	8	9					
	15	16	17	18	19	20	
						27	28
	29	30	1	2	3	4	5
10	6			9	10	11	12
	13	14	15	16	17		
				23			26
	27						2

「日本放射線安全管理学会 6月シンポ」 (東京) で研究発表

「アイトープ・放射線研究発表会」 (東京) で研究発表

国際会議「ISORD10」 (中国) で研究発表

研究検討委員会 (東京)

相澤病院陽子線治療加速器施設 (長野) 調査

放射化鉄ブロック測定調査 (KEK)

「核化学夏の学校」 (大分) で研究紹介

国際ワークショップ「ARIA19」 (韓国) で研究発表

大野記念病院陽子線治療加速器施設 (北海道) 調査

相澤病院陽子線治療加速器施設 (長野) 調査

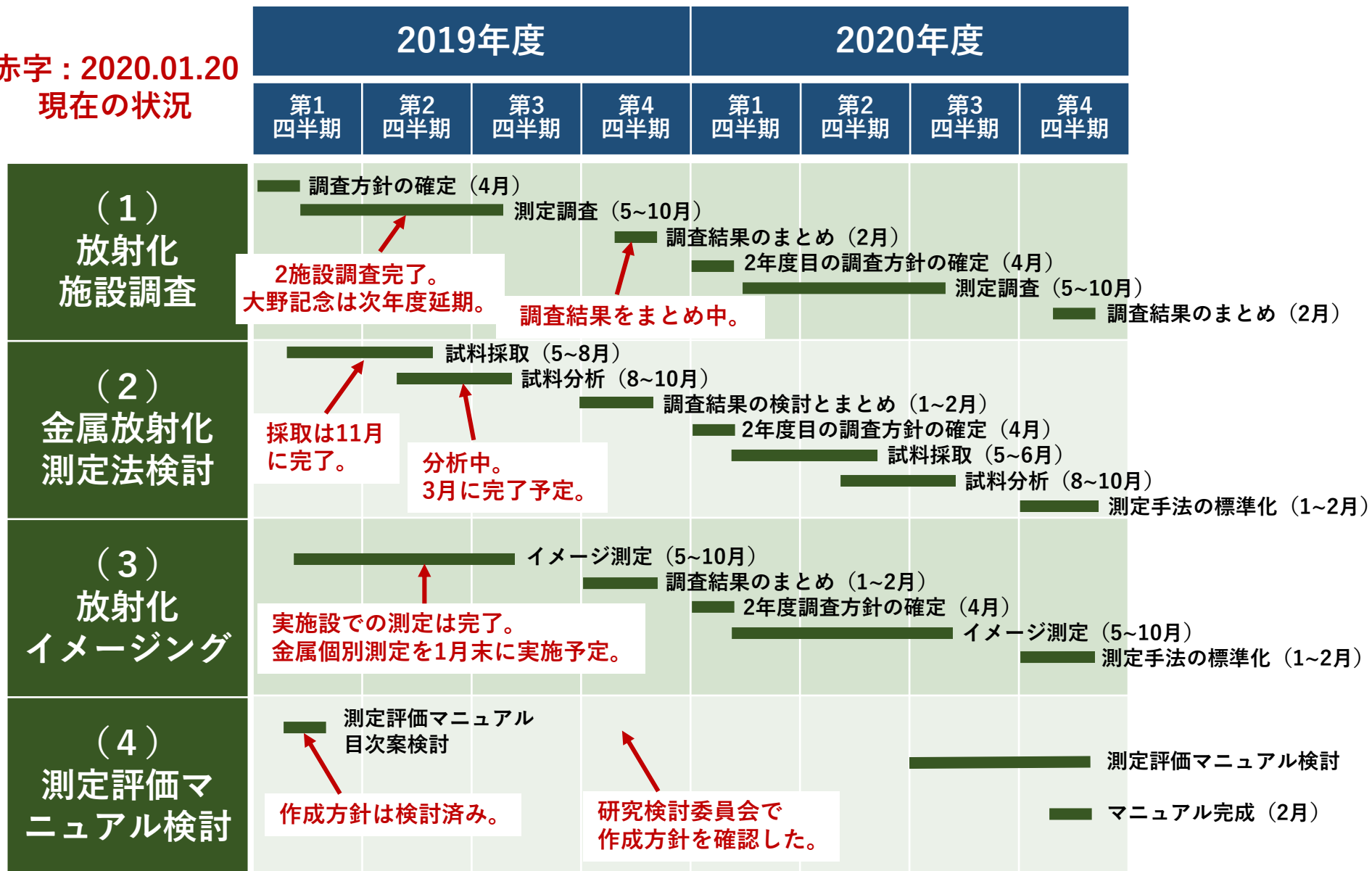
放射化電磁石金属試料採取 (KEK)

2019年度 研究実施カレンダー

2019	日	月	火	水	木	金	土
11	3	4			7	8	9
	10	11	12	13	14	15	
	17	18	19				22
	21	22	23			29	30
12	1	2	3				
	8	9	10	11	12	13	14
	15		17	18			
	22	23	24	25	26	27	28
	29	30	31	1	2	3	4
2020	5	6	7	8	9	10	11
1	12	13	14	15	16	17	18
	19	20	21	22			25
	26		28	29			1
2	2	3	4	5		7	8
	9	10	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29
3	1	2	3	4	5	6	7
	8	9	10	11	12	13	14
	15	16	17	18	19	20	21
	22	23	24	25	26	27	28
	29	30	31				

- 放射化電磁石金属試料採取 (KEK)
- 国際会議「MTAA」(インド)で研究発表
- メディポリス国際陽子線治療センター
陽子線治療加速器施設(鹿児島)予備調査
- 大野記念病院陽子線治療加速器施設(北海道)調査
- 「日本放射線安全管理学会第18回学術大会」(宮城)
で研究発表
- メディポリス国際陽子線治療センター
陽子線治療加速器施設(鹿児島)調査
- POへの途中経過報告(東京)
- 放射化電磁石イメージング(KEK)
- 大野記念病院陽子線治療加速器施設(北海道)調査(予定)
- 規制庁成果報告会(東京)で成果発表(予定)
- 研究検討委員会(東京)

赤字：2020.01.20
現在の状況



論文

2019年度 4件

- H. Matsumura *et al.*, "Simplified method for determining residual specific activity in activated concrete of a PET-cyclotron room using a survey meter," Environmental Radiochemical Analysis VI, Royal Society of Chemistry, 135-147 (2019).
- H. Nakamura *et al.*, " Investigation of Neutron-fluence Measurement Methods for Estimating Neutron-induced Activity from an Electrostatic Accelerator Source," Environmental Radiochemical Analysis VI, Royal Society of Chemistry, 152-160 (2019).
- G. Yoshida *et al.*, "Evaluation of Different Gamma-ray Imaging Techniques for Visualisation of Induced Activity in Accelerator Magnets," Environmental Radiochemical Analysis VI, Royal Society of Chemistry, 191-203 (2019).
- A. Toyoda *et al.*, "Quantitative Evaluation of Radioactivity in Concrete at PET Cyclotron Facility with Simple and Non-destructive Measurement," Environmental Radiochemical Analysis VI, Royal Society of Chemistry, 178-183 (2019).
- 吉田剛ら, 「放射線イメージングによる加速器廃止措置時の電磁石放射化判定についての基礎的検討」, 東北大学, 第2回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会, 2019年12月4日～7日
- 中村一ら, 「放射光施設の廃止措置に係わる放射化調査」, 東北大学, 第2回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会, 2019年12月4日～7日
- 豊田晃弘ら, 「粒子線治療用加速器の運転時の中性子発生量と放射化調査」, 東北大学, 第2回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会, 2019年12月4日～7日
- 松村宏ら, 「加速器廃止措置に関する研究(1) –放射線安全規制研究–」, 東京大学, 第56回アイソトープ・放射線研究発表会, 2019年7月3日～5日
- 西川功一ら, 「加速器廃止措置に関する研究(2)-加速器ビームラインの放射化調査-」, 東京大学, 第56回アイソトープ・放射線研究発表会, 2019年7月3日～5日
- 豊田晃弘ら, 「加速器廃止措置に関する研究(3) –加速器コンクリートの放射化調査–」, 東京大学, 第56回アイソトープ・放射線研究発表会, 2019年7月3日～5日
- 吉田剛ら, 「加速器廃止措置に関する研究(4)-放射化測定評価方法の検討-」, 東京大学, 第56回アイソトープ・放射線研究発表会, 2019年7月3日～5日

国内学会等

2019年度 10件

- 松村宏ら, 「加速器施設のコンクリート床に対する高感度測定法による放射化調査」, 東北大学, 第2回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会, 2019年12月4日～7日
- 松村宏ら, 「発生装置の放射化調査の概要 –規制庁安全研究–」, 東京大学, 第16回日本放射線安全管理学会6月シンポジウム, 2019年6月27日～28日

国際会議

2019年度 9件

- H. Matsumura *et al.*, **“Nondestructive High-Sensitivity Measurement Method for Activation Estimation in Accelerator Room Concrete,”** 10th International Symposium on Radiation Safety and Detection Technology (ISORD-10) , Taiyuan, China, July 16-19, 2019.
- G. Yoshida *et al.*, **“In-situ evaluation for activated concrete in the accelerator facility with scintillation type gamma-ray spectrometer,”** 10th International Symposium on Radiation Safety and Detection Technology (ISORD-10) , Taiyuan, China, July 16-19, 2019.
- K. Masumoto *et al.*, **“Evaluation of Activated Area in the Electrostatic Accelerator Facilities,”** 10th International Symposium on Radiation Safety and Detection Technology (ISORD-10) , Taiyuan, China, July 16-19, 2019.
- G. Yoshida *et al.*, **“Systematic investigation of trace elements in the concrete of accelerator room by neutron activation analysis,”** 15th International Conference on Modern Trends in Activation Analysis (MTAA-15), Bhabha Atomic Research Centre, Trombay, Mumbai, India, November 17-22, 2019.
- K. Masumoto *et al.*, **“Evaluation of Activated Areas in the Particle Radiotherapy Facilities,”** 5th International Workshop on Accelerator Radiation Induced Activation (ARIA19), Daejeon, Korea, September 23-25, 2019.
- K. Masumoto *et al.*, **“Evaluation of Activated Area in the Electrostatic Accelerator Facilities,”** 5th International Workshop on Accelerator Radiation Induced Activation (ARIA19), Daejeon, Korea, September 23-25, 2019.
- H. Matsumura *et al.*, **“Prediction of specific activity in concrete of accelerator facilities for long-term operation using the Na-24 measurement method,”** 5th International Workshop on Accelerator Radiation Induced Activation (ARIA19), Daejeon, Korea, September 23-25, 2019.
- G. Yoshida *et al.*, **“Verification of applying the current gamma-ray imaging techniques for discrimination of accelerator magnet activation,”** 5th International Workshop on Accelerator Radiation Induced Activation (ARIA19), Daejeon, Korea, September 23-25, 2019.
- G. Yoshida *et al.*, **“Investigation for activation of accelerators at various synchrotron radiation facilities in Japan,”** 10th International Workshop on Radiation Safety at Synchrotron Radiation Sources (RadSynch19), Kulturen and MAX IV Laboratory, Lund, Sweden, 22-24 May 2019.

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

概ね計画通り

2019年度は6月より活動を開始。7月のキックオフミーティングで議論した研究内容をほぼ実施済み。3月にはデータが出揃う予定。ただし、1施設の放射化調査は加速器トラブルのため完了できなかった。放射線規制に係わる重要な成果が数多く得られた。研究成果は国内外の多くの学会等で発表及び議論した。

次年度変更 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

軽微な変更が必要

加速器トラブルのため完了できなかった1施設の放射化施設調査を来年度に実施することになるが、概ね来年度の計画に変更ない。今年度実施できなかった1施設はこれまで調査した施設とは異なるタイプの施設であり、来年度情報取得の必要があると考える。予定通り、来年度で研究が完成する予定である。

放射線規制関係法令の運用に係る共通的課題の調査研究
(重点テーマ)

円滑な規制運用のための
水晶体の放射線防護に係る
ガイドラインの作成

主任研究者 横山 須美(藤田医科大学)

分担研究者 大野 和子(京都医療科学大学)

令和2年2月5日

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

課題名 円滑な規制運用のための水晶体の放射線防護に係るガイドラインの作成

研究期間: 令和元年度(1年間)

背景・目的 わが国では、眼の水晶体の等価線量限度に関する規制見直しが進展している。当該研究事業での研究成果のほか、国内外の知見を踏まえ、事業者、関連学会との連携・協力のもと、水晶体の線量限度に関する規制の円滑な運用のためのガイドライン作成に有用となる課題を整理する。

実施状況

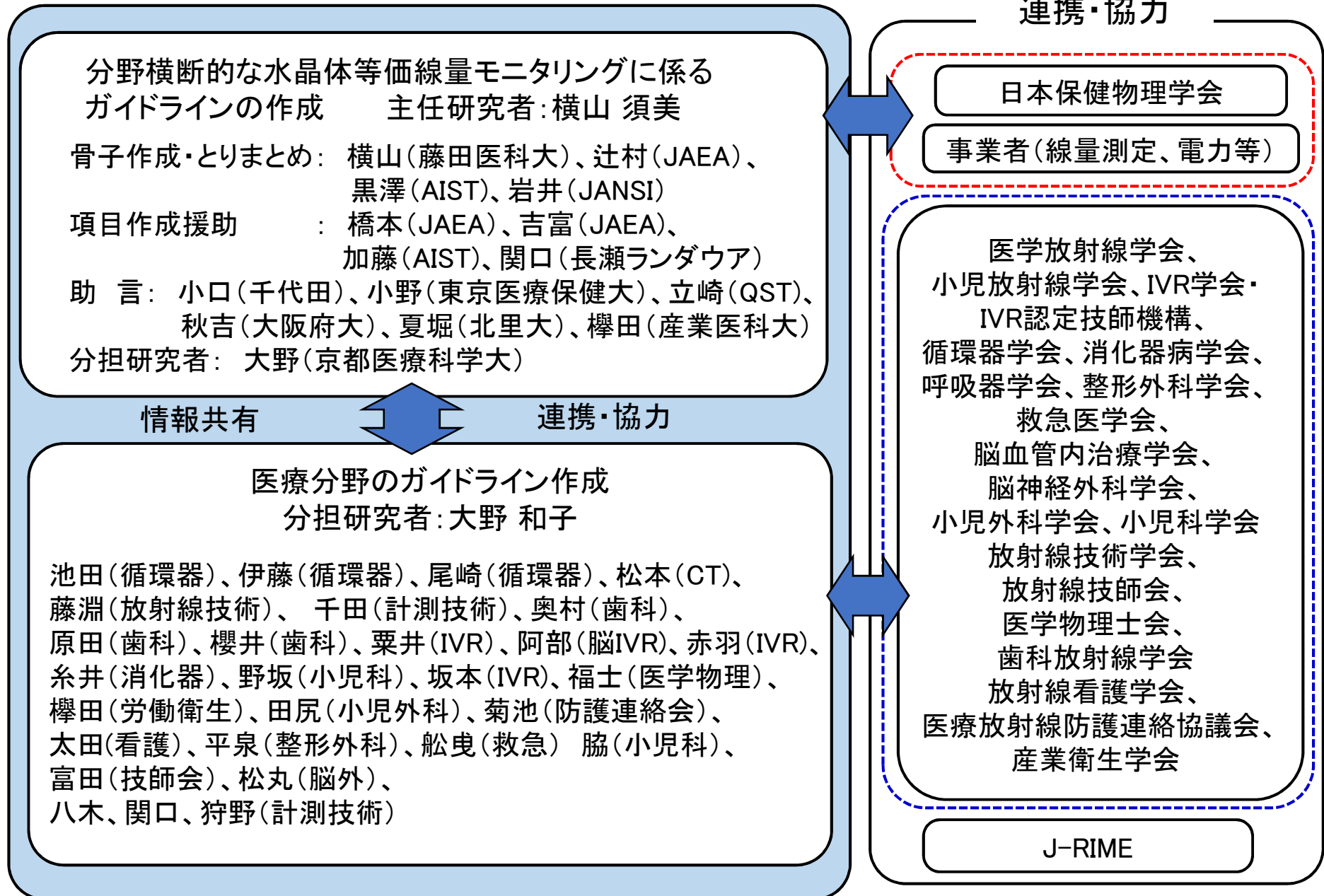
分野横断的な水晶体モニタリングガイドライン作成(横山須美): 日本保健物理学会や事業者と協力・連携のもと、ロードマップに従い、第1四半期にガイドラインに必要な項目(適用範囲、モニタリングの判断基準、考え方に関する解説、具体例等)を選定、併せて具体的な記載内容等について検討を実施。保健物理学会の放射線防護標準会委員会等において専門家の意見を聴取し、考え方については概ね整理ができた。今後、さらに多くの関係者から意見を聴取し、内容を精査し、とりまとめを行う。

医療分野のガイドライン作成(大野和子): 17学協会と連携・協力して、水晶体の被ばく管理を中心に、放射線診療従事者の放射線管理に係るガイドライン作成のための骨子案、項目、体裁等を議論し、課題を整理した。第3四半期に各学会から意見を聴取し、現在、これらの意見の反映を実施している。今後は、講習会等で本研究内容を周知、2月にはフォーラムを開催する予定。

全体: 両課題に関して日本保健物理学会の協力のもと、講演(6月)やシンポジウム(7月)等を開催するとともに、日本放射線技術学会でも関連講演(10月)を行い、考え方を紹介、意見を求めた。また、国際動向を把握するため、7月にOECD/NEA/CRPPH/EGDLE(水晶体専門家会合)に参加し、わが国の現状を報告するとともに、各国の水晶体の線量限度に関する規制動向の把握に努めた。

期待される成果 本研究でとりまとめた具体的な水晶体の線量モニタリング方法や放射線診療従事者における放射線管理方法を関連学会のガイドラインとしてとりまとめ、ホームページや冊子等で広く周知することで、新しい水晶体の線量限度に関する規制が施行された際に、事業者は専門家間でコンセンサスの得られた方法を採用し、円滑な規制運用や放射線防護の最適化を図ることができる。

研究体制



ロードマップ

	2019 年			
	第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期
分野横断的水晶体モニタリングガイドライン作成(横山他)	標準化項目選定 骨子案作成	解説記事 Q&A項目 検討・作成		意見公募 完成
	←→		←→	←→
			←→	←→
			←→	←→
医療分野のガイドライン作成(大野他)	項目設定・骨子作成	作画・レイアウト	意見聴取	意見反映 学会承認 学会内等周知
	←→	←→	←→	←→
			←→	←→
			←→	←→
総とりまとめ	★ 講演(6月)・シンポジウム(7月) (意見聴取)	★ 情報収集	★ 保物学会・標準化委員会 (意見聴取)	★ 報告書 取りまとめ 提出
		★	★	★
			★	★
			★	★

分野横断的な水晶体等価線量 モニタリングに係るガイドラインの作成

主任研究者 横山須美(藤田医科大)

今年度の研究概要：研究計画・方法

水晶体の線量モニタリングのガイドライン作成のための課題整理・検討のための会合を開催する。分担研究者・研究協力者等の協力を得て、以下のことを検討する。

- 水晶体等価線量モニタリングの考え方
- 基準(めやす)の解説
考え方や科学的根拠、国内外の動向など。
- Q&A形式で具体的な例題
類似のケースの判断や対応に利用できるよう、実務上の具体例を紹介する。

各進捗段階においてシンポジウム等を開催し、関連学協会員等から意見を聴取し、反映する。また、海外動向についても注視する。

主に、日本保健物理学会と連携・協力。
医療分野との連携・協力においては、J-RIME等を活用。

今年度の研究概要：具体的な検討内容

- 水晶体の線量モニタリングを実施するにあたり、以下の点について考え方を整理する。

- モニタリングに使用する実用量

放射線の種類や線量レベルに応じて、1cm線量当量、3mm線量当量、70 μ m線量当量をどのように選択・決定すればよいか。

- 線量計を着用する部位

体幹部基本部位、体幹部において最も多く放射線を受ける部位、眼の近傍での測定をどのような条件で選択・決定すればよいか。

- わが国の現状

従事者の多くは、1 cmまたは70 μ m線量当量での測定で対応可能[※]。眼の近傍に防護具を着用する場合または高線量の場合だけであり、TH2
限定的。

※ 40keV以上の光子による被ばくが支配的であり、かつ線量限度を大きく下回る場合が多い。

今年度の研究の進捗状況

- ガイドライン案では、適用範囲及び線量モニタリングの考え方を提示し、「解説」、「例題」を付記した。
- 「解説」では、意見具申、ICRP、IAEA、各国のガイドライン等を参照しつつ、水晶体の線量モニタリングの目的、適用範囲、関連法規、用語、水晶体モニタリングにおける算定方法等を解説。
- 「例題」においては、25項目を作成。
 - 不均等被ばくの判断方法
 - 眼の近傍で測定することを開始するための管理基準
 - 最適化での線量モニタリングの結果の使用
 - 使用できる個人線量計
 - 海外のガイドライン等の例
 - 各分野被ばくの現状 等

※ 決定のための管理基準（線量めやす）は、解説や例題をもとに、状況に応じて、事業者が決定することと整理。

【解説】項目

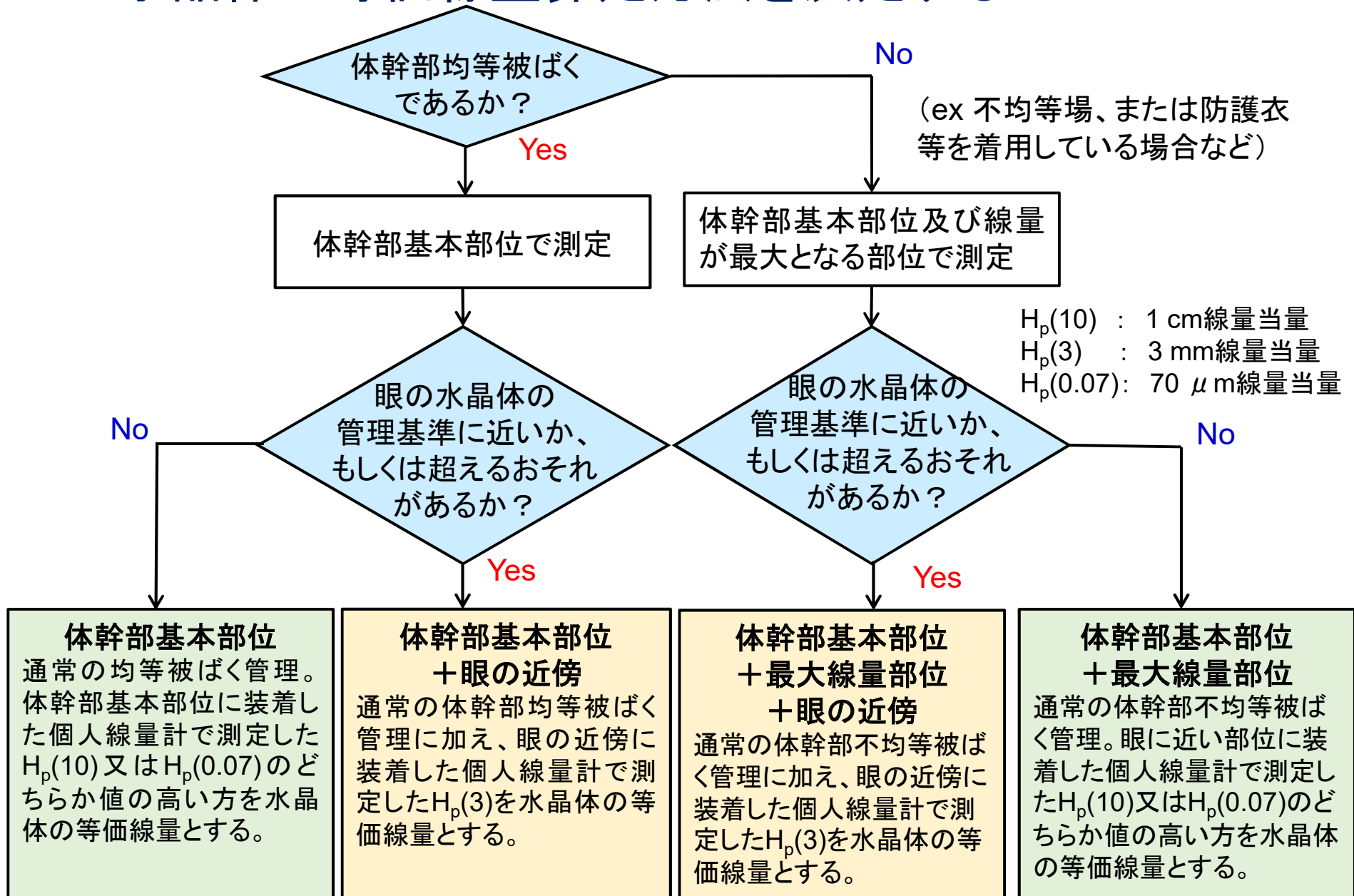
1. 目的
2. 適用範囲
3. 関連法規等
 - (1) 関係法令、規定類等
 - (2) 任意規格
 - (3) その他
4. 用語
5. 眼の水晶体の線量モニタリングにおける算定の方法
 - (1) 基本的な考え方
 - (2) 適用する放射線の種類
 - (3) 眼の近傍で直接測定することが望ましい線量レベル（管理基準）
 - (4) 眼の水晶体の等価線量の記録レベル
 - (5) 眼の水晶体の等価線量を算定するための測定部位
 - 1) 個人モニタリングに係る測定部位の考え方
 - 2) 国内法令での不均等被ばく管理における線量の測定
 - 3) 不均等被ばく状況の判断
 - 4) 眼の水晶体の線量モニタリングとしての測定部位
 - (6) 眼の水晶体の等価線量の算定に使用する実用量
 - 1) 光子
 - 2) 電子
 - 3) 中性子
 - (7) 眼の水晶体の等価線量が管理基準に近いか超えるおそれがあることの判断方法

参考文献

- 添付資料1 眼の水晶体の等価線量限度の引き下げに係る国内並びに国際機関の動向
- 添付資料2 IAEAでの眼の水晶体の等価線量に係る線量モニタリングの考え方
- 添付資料3 従来の眼の水晶体の等価線量に係る線量モニタリング方法

シンポジウム等において、各分野の専門家等から意見聴取、協力を得てとりまとめ。より実効的なガイドラインの作成に資するよう、今後、さらに関係者から意見を聴取。8

水晶体の等価線量算定方法を決定するためのフロー



医療分野のガイドライン作成 — 水晶体の等価線量限度改訂への対応 —

大野和子(京都医療科学大)

今年度の研究概要：研究計画・方法

- 放射線診療に関与する多くの診療科の医療スタッフが、水晶体の等価線量限度の引き下げに対応し、放射線を安全に継続して利用することを目的とした診療科横断的なガイドラインを作成する。**(医療従事者はガイドラインを準法令と考える慣習がある。)**
- ・放射線診療従事者の安全に関するガイドラインは初の試みのため、診療に関与する20の関連学協会の代表者を研究協力者とした。(患者のための放射線防護関係のガイドラインを有さない学会名にアンダーライン)。

医学放射線学会、小児放射線学会、IVR学会・IVR認定技師機構、循環器学会、消化器病学会、呼吸器学会、整形外科学会、救急医学会
脳血管内治療学会、脳神経外科学会、小児外科学会、小児科学会
放射線技術学会、放射線技師会、医学物理士会、歯科放射線学会
放射線看護学会、医療放射線防護連絡協議会、産業衛生学会

・基本的な合意事項

各診療科医師が放射線診療を行う我が国の実情に合わせる。
学会員間に基礎知識の差があっても理解できる内容にし、図を多用する。
水晶体の被曝低減につなげる放射線の安全利用の基本を記載する。
「診療ガイドライン」に準拠した体裁とし推奨度がわかる文章にする。

今年度の研究の進捗状況1<目次>

医療従事者の放射線安全に係るガイドラインー水晶体の被ばく管理を中心にー

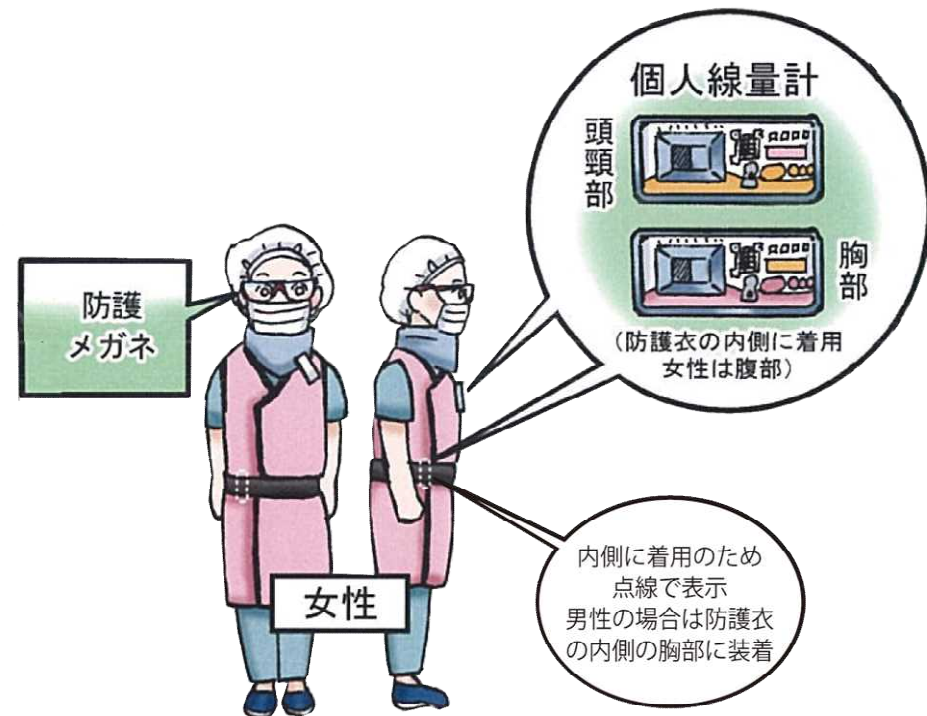
- | | |
|---------------------------|---------------------------------|
| 1. ガイドライン作成の背景と目的 | 9) 拡大透視とデジタルズーム |
| 2. 放射線の安全利用 | 10) 手技時の線量記録 |
| 2-1 放射線安全利用の基礎知識 | 11) 手技内容の共有 |
| 1) 放射線領域で特別に用いる単位 | 12) 患者線量低減と術者の線量低減の関係 |
| 2) 医療放射線の安全衛生管理の原則 | 13) 放射線診療時の検査室内の線量分布 |
| 3) 被ばく管理の基本と法令 | 14) 水晶体の線量が高くなる恐れがあるときの対応策 |
| 2-2 透視を用いた検査・治療 | 2-3 エックス線検査室内での患者対応 |
| 1) 防護衣の着用効果 | 3 歯科領域の放射線防護 |
| 2) 防護眼鏡の効果 | 3-1 歯科における水晶体の放射線防護に係るガイドラインの背景 |
| 3) 防護手袋の使用法 | 3-2 歯科領域の放射線検査 |
| 4) 遮蔽板の具体的利用方法、簡易な防護方法の紹介 | 1) 同室撮影の放射線防護 |
| 5) 立ち位置への配慮 | 2) 室外撮影の放射線防護 |
| 6) パルスレート | 4. 参考文献 |
| 7) 撮影条件 | |
| 8) 絞りの活用 | |

今年度の研究の進捗状況2<記載例>

1) 防護衣の着用効果

- 防護衣を必ず着用してください。医療従事者の被ばくは90%以上減らすことができます。

防護衣はIVRやCT透視等の放射線を用いる手技に従事するスタッフが着用します。放射線を遮る割合は、鉛を基準として表示します(鉛当量)。0.25mmと0.35mmの鉛当量の防護衣があります。JIS企画で0.25mmの防護衣の場合検査室内に散乱するエックス線を90%、0.35mmでは95%の遮蔽する能力を持つように定められています。(以下略)



親しみやすい図を多用する

今年度の成果

- 水晶体の線量モニタリング及び医療分野の放射線安全に係る考え方を、事業者(放射線管理責任者等)及び専門家間でコンセンサスを得て、ガイドラインとしてまとめることが出来た。
- 水晶体の線量モニタリングのガイドラインについては、国内外の研究成果等を踏まえ、使用する実用量と測定部位について課題を整理し、それらの考え方と合わせ、その背景となる根拠についても解説するとともに、具体事例などを示すことで、各分野での管理の現場に取入れやすいものとなるようにした。
- 医療従事者の放射線安全管理のガイドラインについては、水晶体の被ばく管理を中心に、安全利用の基本を示すとともに、「診療ガイドライン」に準拠した体裁とし、推奨度を明確化することで、診療従事者にも受け入れられるものと考えられる。本研究をもとに、各診療科においてガイドライン作成が進展することが期待できる。
- 本研究をもとに関連学会でガイドラインが制定されること等により、円滑な規制運用と防護の最適化を図ることができるものと考えられる。

今年度の自己評価

- 主任研究者及び分担研究者ともに、概ね計画通り実施できている。
- 本研究課題は、本年度で終了する。

評価時までの研究成果

- 横山須美, 水晶体ガイドライン作成について, 日本保健物理学会講演会: ICRP勧告取入れにおける国内動向(2019年6月東京)(口頭発表)
- 大野和子, 日本医学放射線学会第332回関西地方会 教育講演(日本医学放射線学会必須講習会)「医療放射線防護を取り巻く潮流」(2019年06月大阪)
- 横山須美, 大野和子他, 日本保健物理学会シンポジウム:水晶体防護に係るガイドラインを考える(7月東京)(口頭発表)
- 横山須美, 実効的な水晶体等価線量モニタリングのガイドライン作成に向けて, 第47回日本放射線技術学会秋季大会, 放射線防護フォーラム(10月大阪)(口頭発表)
- 大野和子, 横山須美他, 医療放射線防護連絡協議会 医療の安全利用フォーラムパネルフォーラム開催(2月東京予定)
- 横山須美, 水晶体線量モニタリングの在り方について,2020年日本原子力学会春の年会(口頭発表予定)(3月福島予定)

原子力規制庁・放射線安全規制研究戦略的推進事業
2020年2月5日 令和元年度研究成果報告会

発表番号: ④
大阪大学
OSAKA UNIVERSITY
OPEN 2021

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 事業報告

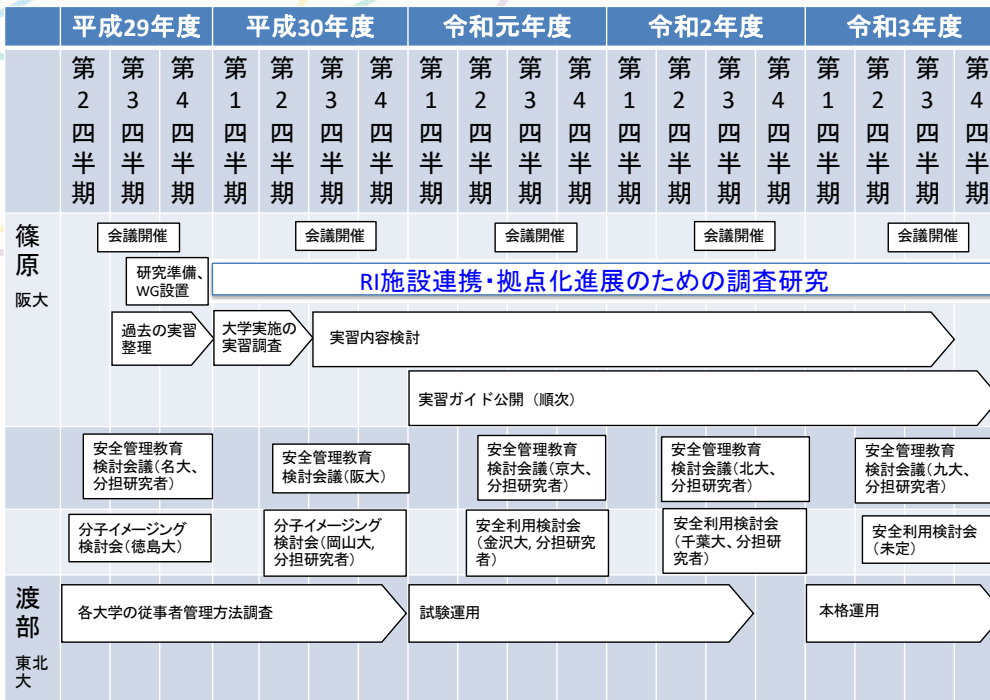
阪大院理・阪大放射線機構
篠原 厚

概要

課題名 健全な放射線防護 健全な放射線防護実現のためのアイトープ
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



目的 健全な放射線防護実現のために、国立大学アイトープ総合センター会議を母体とするネットワークを中核とした安全管理担当者、研究者に対する実習等および大学間での従事者管理の連携を行い、放射線作業員の放射線防護に対する知識と意識の向上を図る。また、RI施設連携のために、調査研究を実施する。



実施状況

○WGによる安全管理課題、RI施設連携等

- ・安全管理に関する課題、問題点の洗い出し
- ・課題の一部について、解決策を検討

○安全教育に関する事業

- ・安全管理教育プログラム検討会議を開催
- ・実習ガイド資料作成、公開準備
- ・現代に相応しいRI安全利用検討会の開催

○従事者管理連携

- 各施設での従事者管理の情報収集
- 従事者証明の共通フォーマット変換ソフト開発

○若手育成

- 大学等放射線施設協議会と連携して、協議会研修会への旅費を助成

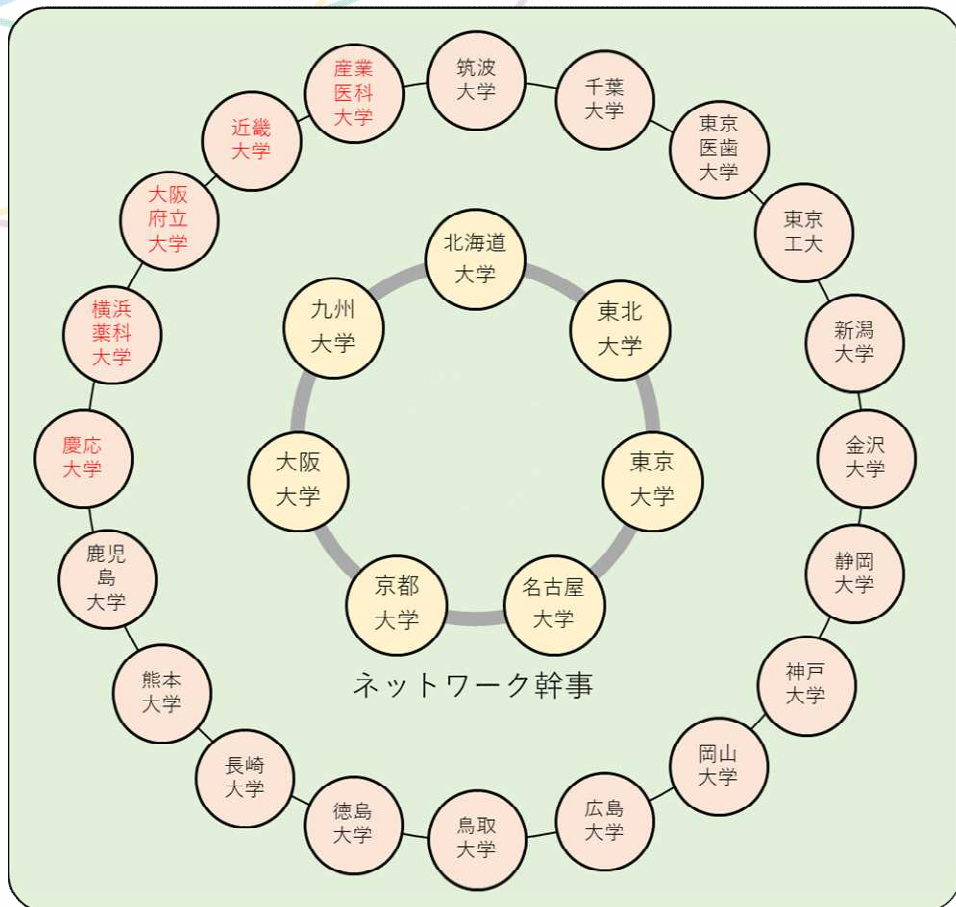
期待される成果

- ・安全利用検討会議等の開催、実習ガイド公開により、作業員の安全への知識と意識の向上
- ・放射線利用及び安全管理に係る課題及びの洗い出し、課題解決方法の提案
- ・作業員情報一元化に向けた課題洗い出し、課題解決方法の提案

研究体制

様々な専門分野からの人材の集合体、放射線教育、放射線管理の専門家集団

- 放射線管理に関する学協会の主要メンバーで構成
大学RIネットワーク



研究代表校: 大阪大学

分担研究校:

東北大学

大学・研究機関の放射線業務従事者情報の共有化と一元管理

京都大学 (幹事校でローテーション)

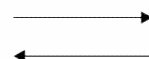
大学等に求められる放射線安全管理技術向上のための教育プログラム開発検討会議の開催

金沢大学 (参加校で選出)

現代の研究・教育・社会に相應しい放射線・放射性核種等の安全利用検討会の開催

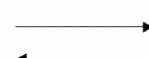
各ワーキング: 全校

情報収集
連携



他大学
研究機関

情報収集



関係学協会

公立私立大5校が参画
計27国公立大学

今年度の事業概要(1)



○幹事校会議の開催、全体会議の開催

○放射線利用及び安全管理等に係る課題解決のためのワーキンググループ会議の開催

参加大学の中から担当校を割り当て、「RI施設連携」、「管理区域な柔軟な運用」、「従事者管理」、「放射線教育」をテーマにした4つのワーキンググループを設置し、課題の洗い出しと解決策の検討を実施した。

○放射線安全管理担当教職員を対象にした高度な技術習得のための実習プログラムの開発

「放射線の利用は学際的であり、一つの施設でも利用者の利用方法が多岐に渡る。

そのため、安全利用のためには様々なプログラムを開発する必要があり、本事業では、開発したプログラムを各施設の教育訓練等に使用していただくよう資料を順次公開する」

- ・大学等に求められる放射線安全管理技術向上のための教育プログラム開発検討会議の開催（分担研究：京大に再委託）
- ・放射線実習に関するプログラムを3つ公開する（担当：名大、阪大、京大）
- ・現代の研究・教育・社会に相応しい放射線・放射性核種等の安全利用検討会の開催（分担研究：金沢大に再委託）

○放射線安全管理技術向上のための教育プログラムの開発等及び若手管理教職員の育成

- ・放射線安全管理を担当する若手教職員の資質向上のための支援

今年度の事業概要(2)



○大学・研究機関の放射線業務従事者情報の共有化と一元管理 (分担研究:東北大学に再委託)

・放射線業務従事者情報一元管理に関する課題整理

本ネットワーク参加校の放射線業務従事者に関する情報について、ネットワークでつないだ場合の問題点及び課題を洗い出し整理する。他大学の事業所に利用を行う事例における問題に対して解決方法の提案を行う。

・放射線業務従事者情報一元管理のためのアイソトープ総合センター連携ネットワークの構築等

本事業参加校を仮想ネットワーク上で接続し、大学間の放射線管理に関する情報共有を進める。各大学で放射線管理のみならず、ネットワーク管理の考え方の違いがあり、大学間の共通点・不一致点を整理する。

○事業のPDCA

○規制庁研究推進委員会での発表

今年度のロードマップ

目標

- ・放射線利用及び安全管理に係る課題及びの洗い出し
- ・作業情報一元化に向けた課題洗い出し
- ・安全管理教育・安全利用検討会議等の開催、実習ガイド公開

令和元年度				
	第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期
篠原 阪大	幹事校会議開催		幹事校会議開催	全体会議開催 幹事校会議開催
	RI施設連携・拠点化進展のための調査研究			
	実習内容の検討			
	実習ガイド公開(順次)			
川本 京大			安全管理教育 検討会議開催	
柴 金沢大			安全利用検討会議開催	
渡部 東北大	試験運用			

達成状況
計画どおり実施

事業の進捗状況(1)

OWGによる安全管理課題、問題点の洗い出し

「管理区域の柔軟な利用」

- ・施設廃止の際の問題点・費用
- ・利用者のいないRI施設(停止施設)の管理方法
- ・RI施設の統合等の場合の不合理的な手続き
- ・新規立入者の健康診断の皮膚の検査の省略
- ・有機廃液焼却処理の核種限定の見直し
- ・短半減期核種の取扱いに関する科学的に非合理的な規制
- ・RIの譲渡譲受
- ・RI施設内での国際規制物資の使用・保管

「従事者管理」

- ・各事業所での従事者管理保持データ内容の違い
- ・各事業所での従事者管理方法の差異(紙媒体での従事者証明書の提出要求等)
- ・他施設を使用する場合の従事者管理方法
- ・個人情報取扱い

「放射線教育」

- ・外部施設のみ使用する作業員の教育内容
- ・教育訓練省略決定方法の予防規程細則へ明記による臨機な対応が難しくなる恐れ
- ・教育を実施する人員の不足

上記について、解決策、解決の方向性についてWGで議論

→ 次年度以降、具体的な解決方法を提案していく

事業の進捗状況(2)



○WG による地域連携へ課題の洗い出し

- ・測定機器の相互利用化
- ・老朽化した機器延命措置のための方策（部品取り出来るか等の相互把握）
- ・受益者負担金規程調査
- ・教育の統一化のうちX線教育

→ 次年度以降、ローカルネットワークによる詳細な解析を実施し、実情を把握する。
地域連携の方法について、提案していく。

○安全教育に関する事業(1)

- ・安全管理教育プログラム検討会議を開催 参加者(うち40才以下の若手21名)
実習:測定器の確認校正方法、汚染の発見と除染方法、
机上訓練:火災発生時の対応
参加者より、実習内容等について意見をいただき、今後の教育プログラムの検討に生かした。

- ・実習ガイド資料作成、公開
過去3年間の教育プログラム検討会議で実施された実習資料を作成、
会議参加者に対して、内容に関するアンケートを実施し、ガイド資料の改定に活用した。

→ 今年度中にホームページ上で公開

事業の進捗状況(3)



○安全教育に関する事業(2)

現代の研究・教育・社会に相応しい放射線・放射性核種等の安全利用検討会の開催

参加者 11名 (うち40才以下7名)

実習を実施し、安全利用について検討した。

過去3年間、分子イメージングの研究テーマでの安全利用の検討、参加者からの意見

→ 次年度以降、分子イメージングに関する安全利用に関する資料を作成し公開する。

○安全教育事業における波及効果

今年度、新しく16大学・研究機関が、安全教育に関する事業での検討会へ参加
3年間の事業で85大学・研究機関まで増加。参加者のメーリングリストを作成。

→ ネットワークは確実に広がっている。また、安全教育に関する事業は若手育成に関しても大きな貢献がある。

○放射線安全管理を担当する若手教職員の資質向上のための支援

大学等放射線施設協議会と連携し、施設協議会が開催する研修会への旅費の助成を
4名の若手に実施した。

研修会に参加後、今後の若手支援の在り方の検討に生かすべく、「申請理由、学内の事情」

「学内における会合の議事概要、或いは管理責任者、施設長への説明内容等」「効果」「放射線管理に関する若手の人材育成やキャリアパスへの意見」に関する項目についてレポートを課した。

事業の進捗状況(4)



○大学・研究機関の放射線業務従事者情報の共有化と一元管理

・放射線業務従事者情報一元管理に関する課題整理

21国立大学RI総合センター群に従事者証明書(学外からの利用者に対して求める書類)と一人の従事者に紐付いている管理データを集計し、共通点、相違点を抽出

【基本情報】 従事者証明書の宛先、発信者名の相違

【教育訓練】 7割の事業所は直近の再教育記録のみ要求

3~4割の事業所は再教育について項目と時間数の収集は無し

【健康診断】 5割の事業所は立入前健康診断の記録を収集

ほとんどの事業所が定期健康診断の記録を収集

【被ばく記録】 実効線量は全て、等価線量は6割、内部被ばくは2割の事業所が収集
対象期間は6割の事業所が累積のみを収集

- 学外からの利用者の被ばく管理は、法的には受入事業所が行わなければならないが、累積被ばくの管理は、所属する事業所が行わなければならないため、非効率

→ 被ばくの一元管理より解決

被ばくの一元管理により、被ばく管理や健康診断は所属元の大学等で行い、受け入れ事業所は所属元から記録の提供を受ける形が実現

・放射線業務従事者情報一元管理のためのアイソトープ総合センター連携ネットワークの構築等

従事者証明書の共通フォーマット化を提案し、共通フォーマット案を作成
SINET5上で、共通フォーマット出力システムを構築し、運用テストを実施

今年度の成果発表



●招待講演:

「大学間ネットワークによる従事者管理の統一化」

渡部浩司

第2回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会

仙台、12月

●口頭発表:3件

・「大学・研究機関の放射線業務従事者情報の共有化と一元管理」

渡部浩司

先端ネットワーク利用研究に関するワークショップ「ADVNET2019」

東京、10月

・「女性の線量限度に関するアンケート調査結果」

吉村 崇

大学等における放射線安全管理研修会、東京、9月

・「阪大における放射線安全管理と規制に関する研究」

吉村 崇

東北大学金属材料研究所教育訓練、仙台、4月

今年度の自己評価(1)

事業	自己評価	事業成果	反省・今後の課題
阪大 (幹事公会 議、全体会 議、各WG)	おおむね 計画通り 次年度計 画は変更 なし	<ul style="list-style-type: none"> ・公立私立大学5校が本事業に参画した ・若手育成として、施設協議会が開催する研修会への旅費の助成を4名の若手に実施した。 ・施設連携において、機器の相互利用や部品の共有による延命措置など具体的連携項目が検討された。 ・施設の廃止や休止、短寿命各種の合理的管理などで課題が明確化された。 ・従事者管理の各施設の現状と差異、個人情報取り扱いなどの課題が明確になった。 	<ul style="list-style-type: none"> ・さらに育成支援を拡大し、若手のネットワーク事業企画への参画を検討する。 ・ローカルネットワークによる詳細な解析を実施し、実情を把握する必要がある。 ・合理的・柔軟な管理について、法改正が伴うものと運用で可能なものとの仕分けを行い検討を進めることとした。
東北大 (業務従事 者の一元 管理)	おおむね 計画通り 次年度計 画は変更 なし	<ul style="list-style-type: none"> ・従事者登録のための共通フォーマットを構築した。 ・RIセンター21校をSINET5上でネットワークを構築し各大学の従事者情報を共通フォーマットに変換し、安全に情報を送り出すソフトウェアを制作した。 	<ul style="list-style-type: none"> ・21大学で仮運用を行い、問題点の洗い出しを行う必要がある。 ・21大学以外の大学や大学共同利用機関のネットワークへの参画を検討する必要がある。

今年度の自己評価(2)

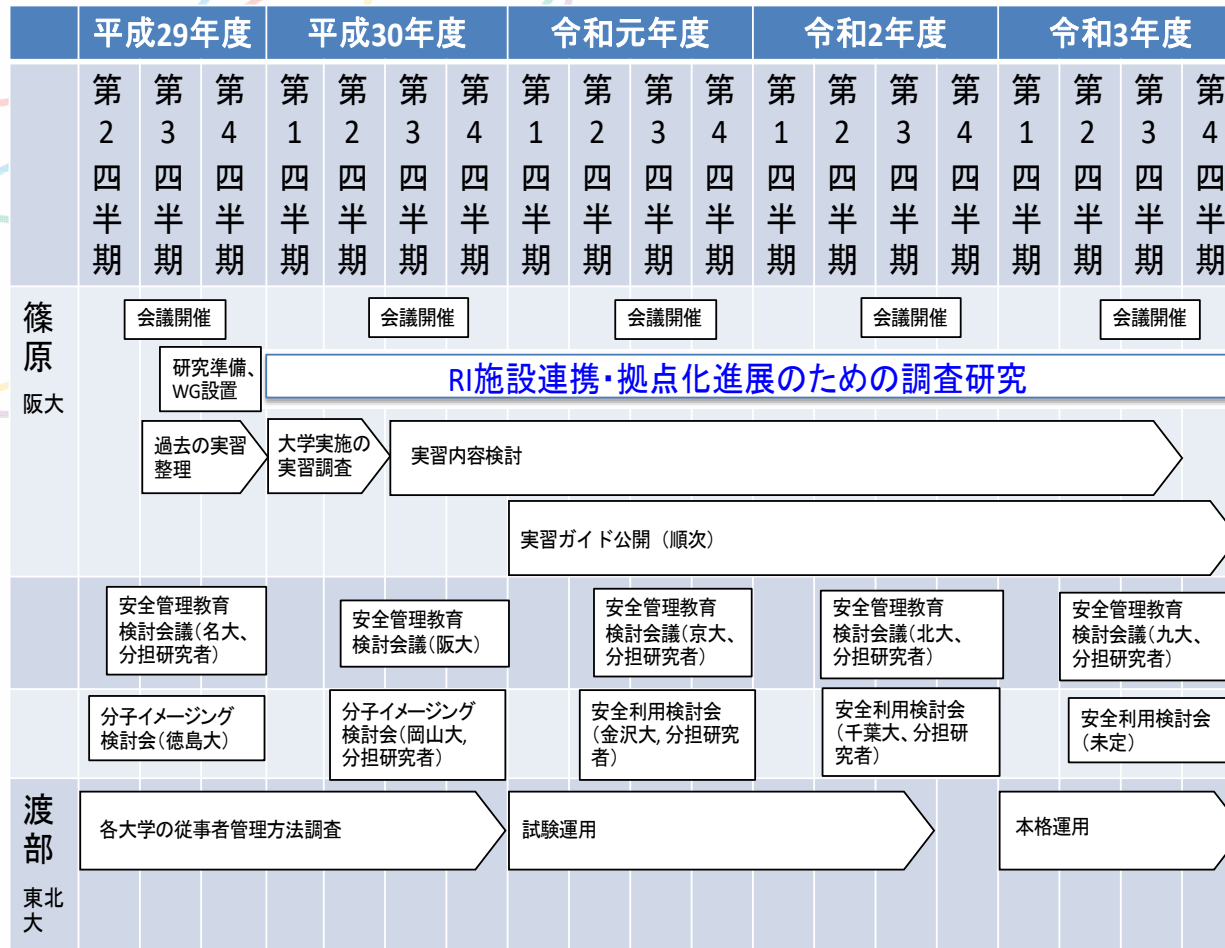


事業	自己評価	事業成果	反省・今後の課題
京大 (安全管理教育プログラム 検討会議)	おおむね計画通り 次年度計画は変更なし	<ul style="list-style-type: none"> ・若手育成の面でも有効な検討会となった。(若手21名) ・実際の管理への適用も示されたが、各施設の設備や陣容面での課題も表面化した。 ・過去3年間の検討会議で実施された実習資料を作成し、会議参加者アンケートによる意見も反映し改定後公開する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・各施設において教育プログラムを実施する際に参加者へのフォローアップの必要性が浮かび上がった。 ・実習教育プログラムをホームページ上で順次公開をすすめる。
金沢大 (放射線・放射性核種等の安全利用 検討会)	おおむね計画通り 次年度計画は変更なし	<ul style="list-style-type: none"> ・RI施設でのin vivo分子イメージング実験の普及及び安全取扱の工夫や安全管理方法の向上に役立った。 ・今後の検討会のテーマについて意見交換を行い実習資料を改善した。 	<ul style="list-style-type: none"> ・参加者の意見も反映させ、新たなテーマによる利用検討会を検討する。 ・実習資料の公開を進める。

3年間の進捗状況

本事業のロードマップ

→ 3年間で達成した主な項目



○ネットワーク
順調にネットワークが拡大
(現在、85大学・研究機関)

○連携・拠点化ワーキング
課題の洗い出しが完了

○安全管理教育プログラム
年間2-3テーマを実施、
計7つのテーマに関して、
今年度中に実習資料公開

○安全利用検討会
分子イメージングのテーマ
検討会実施、次年度以降の
安全利用の資料公開へ
の材料が集まった

○従事者管理
従事者証明の共通
フォーマットの作成

達成状況: 概ね計画の3/5を達成

予算執行状況: 5年間の予算の概ね3/5を執行

3年間の自己評価(1)

事業	自己評価	3年間の成果	次年度以降の計画・最終ゴール
阪大 (幹事公会議、 全体会議、各 WG)	2. おおむね 計画通り	<ul style="list-style-type: none"> ・幹事校会議が、各取り組みの検討とPDCAを回す司令塔として機能した。 ・若手育成として、施設協議会が開催する研修会への旅費助成を実施した。 ・施設連携において、機器の相互利用や部品の共有による延命措置など具体的連携項目が検討された。 ・施設の廃止や休止、短寿命各種の合理的管理などで課題が明確化された。 ・従事者管理の各施設の現状と差異、個人情報の取り扱いなどの課題が明確になった。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ゴールに向け引き続きPO、PO補佐を含めた幹事校会議を行う。 → さらに若手育成を拡充、若手のネットワーク事業の企画の場への参画を進める。 ・九州地区のローカルネットワークを実働させ、地域連携の方法について提案することで、ローカルネットワークを順次増やす。 → 長期ゴールとして、大学等RI施設のネットワーク拠点化を目指す。 ・合理的・柔軟な管理について、法改正が伴うものと運用で可能なものとの仕分けを行い検討を進める。 → 運用で可能なものについてはガイドライン策定等を進め、予算が必要なものについては別途予算獲得を試みる。
東北大 (業務従事者の一元管理)	2. おおむね 計画通り	<ul style="list-style-type: none"> ・従事者登録のための共通フォーマットを構築した。 ・RIセンター21校をSINET5上でネットワークを構築し各大学の従事者情報を共通フォーマットに変換し、安全に情報を送り出すソフトウェアを制作した。 	<ul style="list-style-type: none"> ・21大学で仮運用を開始し、問題点の洗い出しと改良を行う。 ・21大学以外の大学や大学共同利用機関へのネットワークの拡張を進める。 → 主要大学と大学共同利用機関のネットワークを構築し、業務従事者の一元管理を進める。さらに長期的には、アカデミアの施設間でのネットワーク一元管理を目指す。

3年間の自己評価(2)

事業	自己評価	3年間の成果	次年度以降の計画・最終ゴール
名古屋大/阪大/京大 (安全管理教育プログラム検討会議)	2. おおむね計画通り	<ul style="list-style-type: none"> ・若手育成の面でも有効な検討会となった。(若手21名) ・実際の管理への適用も示されたが、各施設の設備や陣容面での課題も表面化した。 ・過去3年間の検討会議で実施された実習資料を作成し、会議参加者アンケートによる意見も反映し改定後公開する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・これまでの全参加者のメーリングリストを作り、各現場での実習教育プログラム実施の際のフォローアップを行う。 ・安全教育検討会による教育プログラムの改善をさらに進め、実習教育プログラムをホームページ上で順次公開する。 → 放射線管理者のスキルの向上、若手育成、安全文化の醸成に貢献する。
徳島大/岡山 大/金沢大 (放射線・放射性核種等の安全利用検討会)	2. おおむね計画通り	<ul style="list-style-type: none"> ・RI施設でのin vivo分子イメージング実験の普及及び安全取扱いの工夫や安全管理方法の向上につながった。 ・安全利用実習について意見交換を行い実習資料を改善した。 ・今後の放射線安全利用のテーマについて意見聴取を行い、それに基づき検討を進めた。 	<ul style="list-style-type: none"> ・種々のテーマにおける安全利検討会を進め、実習を通して実習資料の改善を行う。 ・放射線・放射性核種等の安全利用に関する実習資料を順次公開する。 → 放射線・放射性核種等の安全な利用や利用者の拡充につなげる。
特記事項・安全規制への貢献など		<ul style="list-style-type: none"> ・新しく16大学・研究機関が、安全教育の検討会へ参加し、3年間の事業で85大学・研究機関まで増加。本事業への参画機関の拡大(確実なネットワークの拡大) ・安全利用や管理区域、多様な従事者に関する諸問題の明確化とガイドライン策定等による対応。 ・各プログラム参加者における大きな若手率。 ・管理者のスキルアップや利用者の拡大。 	<ul style="list-style-type: none"> → 施設の大学間連携の拡充は安全管理体制の向上や危機管理体制の強化につながる。 → 放射線規制における合理的な対応や柔軟な運用に向けて大きく貢献する。 → 若手人材の育成は将来の放射線安全管理と規制の根幹であり、本事業は大きく貢献が期待される。 → 当該分野の活性化につながり、我が国の健全な原子力社会実現に寄与する。

3年間の成果発表



●招待講演:

渡部浩司 「大学間ネットワークによる従事者管理の統一化」
第2回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会、仙台、令和元年12月

●学会発表(口頭発表)

渡部浩司 「放射線情報一元管理のためのアイソトープ総合センター連携ネットワークの構築
—従事者証明書の統一化に関する提案—」
大型加速器施設の利用に関する放射線業務従事者教育訓練のあり方に関するワークショップ-法令改正に向けて-、
茨木、平成30年6月22～23日

渡部浩司 「職業被ばく管理における現状の課題(大学)」
日本保健物理学会第51回研究発表会、札幌、平成30年6月29～30日

篠原 厚 「アイソトープ施設拠点構想の紹介」
大学等放射線施設協議会平成30年度大学等における放射線安全管理研修会、東京、平成30年9月11日

渡部浩司 「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について」
日本放射線事故・災害医学会パネルディスカッション「緊急時対応人材の育成・確保とネットワーク間の連携を考える」、
東海、平成30年9月22日

吉村 崇 「非密封放射線施設の拠点化」
放射線安全取扱部会年次大会パネルディスカッション「新しい放射線安全管理のフレームワークに向けて」、
仙台、平成30年10月25～26日

渡部浩司 「大学・研究機関の放射線業務従事者情報の共有化と一元管理」
先端ネットワーク利用に関するワークショップ「ADVNET2019」、東京、令和元年10月

吉村 崇 「「女性の線量限度に関するアンケート調査結果」
大学等における放射線安全管理研修会、東京、令和元年9月

吉村 崇 「阪大における放射線安全管理と規制に関する研究」
東北大学金属材料研究所教育訓練、仙台、令和元年4月

●ポスター発表

三宅正泰、渡部浩司 「アイソトープ総合センター情報連携のための専用ネットワークの構築」
放射線安全取扱部会年次大会、仙台、平成30年10月25～26日

●その他 ホームページで成果を公開、教育実習資料等(成果物)を公開している。

放射線安全規制研究戦略的推進事業費
『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』

成果報告

ネットワーク形成事業代表者

量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所 神田 玲子

ネットワーク形成事業分担者

日本原子力研究開発機構 バックエンド研究開発部門 百瀬 琢磨

日本原子力研究開発機構 原子力科学研究部門 吉澤 道夫

原子力安全研究協会 杉浦 紳之

事業概要

課題名 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

研究期間：平成29年～令和3年（5年間）

背景・目的

- 近年、放射線防護方策の決定に、**ステークホルダーの合意形成**が必要な場面が増えているが、課題が生じた際に、専門家が適切にステークホルダーの合意形成に関与するためには、事前に「**情報共有**」「**連携の場**」「**協調関係**」という条件が整っている必要がある。
- 上記の条件を満たす環境を整えるため、様々な性格のネットワーク（NW）を統合したアンブレラ型プラットフォーム（＝アンブレラ）を形成するとともに、特定の課題を調査・分析するNWを設置し、ステークホルダーとともに議論し、解決案を提示する。

実施状況

	H29	H30	H31 (R1)	R2	R3
1. 放射線防護アカデミアの立ち上げと運営	関連4学会の参画 研究の重点テーマ提案	他学会の参画によるアカデミアの拡充 放射線防護研究の国内状況調査結果報告		アカデミアの自発的政策提言や調査機能強化 自発的共同研究の提案と実践	
2. 課題解決型NWの立ち上げと運営	新規NWを2つ設置 放射線防護アカデミアと協調して課題の明確化	「医療被ばく研究情報NW」「物理学的線量評価NW会議」との連携検討(必要に応じて新規NW設置)	緊急時対応人材確保の具体的な方策提案	職業被ばく管理の標準要領に関する提案	NWの自主運営の検討

➤ 各NWの具体的成果

アカデミア：①放射線防護の重点研究のリスト化と学会連携での推進、重点テーマ提案とりまとめ、②放射線防護人材の調査、確保・育成の取り組み
 緊急時放射線防護検討N：既存のNWと連携して、緊急時に様々な活動を行う専門家の要件のリスト化、知識・技能の認定方法や登録制度の提案
 職業被ばく最適化推進NW：①様々な関係者と合意した実効性の高い個人線量登録制度を複数提案、②測定機関の認定の具体的運用・解釈の議論
 収集した情報や検討結果は、放射線審議会(2回)、研究推進委員会(3回)、眼の水晶体の被ばく限度の見直し等に関する検討会(1回)で発表

➤ 議論・合意形成プロセスの確立

規制サイドとアカデミアの意見交換、異分野の専門家との議論、合意形成の場が定着（代表者会議、報告会、学会合同委員会、学会主催イベント等）
 学会員向け調査の実施や既存NWとの連携によりアンブレラの知名度・求心力が向上⇒アカデミアの自発的共同研究やNWの自主運営の必要条件

期待される成果：

放射線規制上、必要な調査や政策提言、およびステークホルダー関与が必要な課題の設定やNWの設置・運営などを、放射線防護の学術コミュニティが自発的かつ学際連携により実施する環境の整備

事業体制

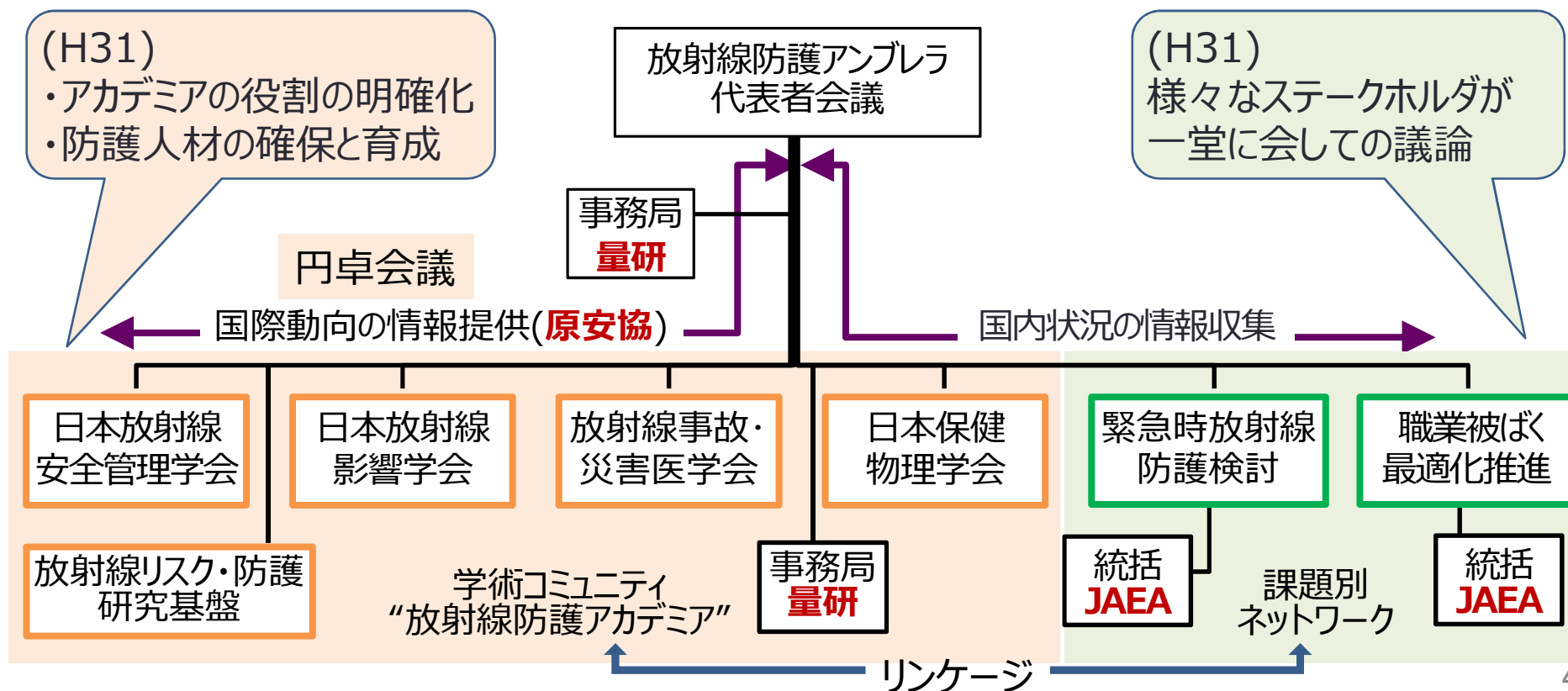
事業	担当	会議およびNWに参加する研究協力者
総括	神田玲子（主任研究者）	
1-(1)国内の放射線防護研究の推進に関する検討	神田玲子（主任研究者） 赤羽恵一（研究参加者） 山田 裕（研究参加者）	代表者会議 飯本武志(保物学会)、甲斐倫明（保物学会、PLANET）、児玉靖司（放射線影響学会）、小林純也（放射線影響学会）、酒井一夫（PLANET）、富永隆子（放射線事故・災害医学会）、中島 寛（放射線安全管理学会）、細井義夫（放射線事故・災害医学会）、松田尚樹（放射線安全管理学会） PLANET:放射線リスク・防護研究基盤
1-(2)緊急時放射線防護に関する検討	百瀬琢磨（分担研究者） 高田千恵(研究参加者) 早川 剛（研究参加者） 栗原 治（研究参加者） 立崎英夫（研究参加者）	緊急時放射線防護検討ネットワーク 込山有人（東電HD）、佐藤将(原安協)、松田尚樹(長崎大)、渡部浩司（東北大）、木内伸幸（JAEA）、高崎浩司（JAEA）、伊藤公雄（JAEA）、中根佳弘（JAEA） 1)環境モニタリングサブGr：主査は中野政尚（JAEA）、幹事は細見健司（JAEA） 2)放射線管理サブGr：主査は吉田忠義（JAEA）、幹事は佐久間修平（JAEA） 3)個人線量評価サブGr：主査は高田千恵（JAEA）、幹事は渡邊裕貴（JAEA）
1-(3)職業被ばくの最適化推進に関する検討	吉澤道夫（分担研究者） 木内伸幸（研究参加者） 小野瀬政浩（研究参加者） 谷村嘉彦（研究参加者） 高橋 聖（研究参加者）	職業被ばく最適化推進ネットワーク 1)国家線量登録制度検討グループ：飯本武志（東大）、伊藤敦夫（放影協）、岡崎龍史（産業医大）、渡部浩司（東北大学） 2)線量測定機関認定制度検討グループ：黒澤忠弘（産総研）、壽藤紀道(個線協)、辻村憲雄（JAEA）、中村吉秀（RI協会）、本田哲太郎（放計協）、柚木彰（産総研）
1-(1)国際動向に関するアンブレラ内の情報共有	杉浦紳之（分担研究者） 野村智之（研究参加者）	〈 国際動向報告会の登壇者 〉
2-(2)放射線防護に関するアンブレラ内の意思決定	神田玲子（主任研究者） 岩岡和輝（研究参加者）	代表者会議
2-(3)アンブレラから社会への情報発信	岩岡和輝（研究参加者） 坂内忠明（研究参加者）	放射線影響・放射線防護ナレッジベース運用委員会 臼田裕一郎（防災科研）、岡崎直観(東工大)、酒井一夫（東京医科大）、佐々木道也（電中研）、田内 広（茨城大学）、山口一郎（国保科院） 1) 編集部会(運用委員会委員以外) 石井伸昌（量研）、小野田真（量研）、勝部孝則（量研）、久保田善久（量研）、児玉喜明（放影研）、續 輝久（九州大学）、細谷紀子（東大）、橋本 周（JAEA）

今年度の事業概要①：アンブレラの構成

分野別の組織と課題別に組織されたネットワークを統合し、アンブレラ型プラットフォームを形成
 当面の課題として、①放射線安全規制研究の重点テーマ、②緊急時対応人材の育成、

③職業被ばくの最適化、に関する検討を実施

長期ビジョン：アカデミアによる課題抽出⇒新たなネットワークの構築（アカデミアからも参画）
 ⇒目的を達成後、ネットワークは解散・独立⇒新たな課題の抽出、といったサイクルを回す
 アンブレラ内の情報共有を目的として、年に一度、放射線影響・防護に関する国際的機関
 等の動向に関する報告会やネットワーク合同報告会を開催する。



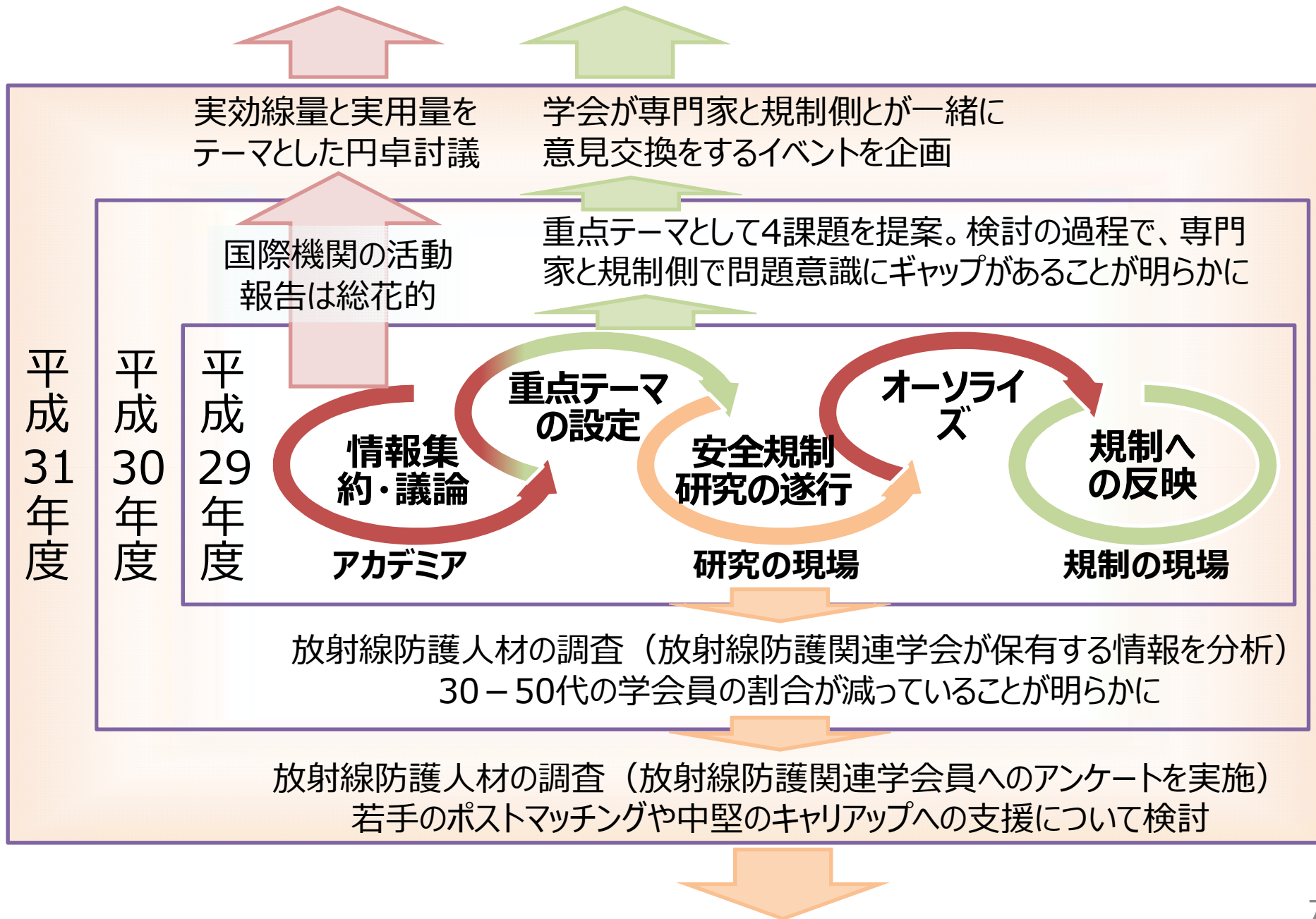
今年度の事業概要②：ロードマップ

	H29	H30	H31 (R1) 6 9 12 3	R2	R3
1. 課題解決型NWによるアウトプット創出					
(1) 放射線防護アカデミアの立ち上げと運営	<p>関連4学会の参画</p> <p>研究の重点テーマ提案</p>	<p>学会内での議論・研究推進 政策立案者と専門家の議論の場</p> <p>放射線防護人材の分布調査の実施</p>	<p>他学会の参画によるアカデミアの拡充</p> <p>放射線防護研究人材の国内状況調査結果報告</p>	<p>アカデミアの自発的政策提言や調査機能強化</p> <p>自発的共同研究の提案と実践</p>	
(2) 課題解決型NWの立ち上げと運営	<p>新規NWを2つ設置</p>	<p>「医療被ばく研究情報NW」「物理学的線量評価NW会議」との連携検討</p> <p>職業被ばく管理の議論に産業衛生学会が参加</p>	<p>放射線防護アカデミアと協調して、課題の明確化</p> <p>緊急時対応人材確保の具体的な方策提案</p>	<p>NWの自主運営の検討</p> <p>職業被ばく管理の標準要領に関する提案</p>	
2. 放射線防護アンブレラによる情報共有と合意形成					
(1) 代表者会議、ステークホルダ会議の運営	<p>代表者会議</p> <p>NWの検討結果まとめ 翌年の活動方針決定</p>	<p>運営の見直し・新規NW設置</p>	<p>ステークホルダ会議 NWのアウトプットの実現に向けた議論や合意形成</p>	<p>自主運営に向けた議論</p>	<p>事業総括</p>
(2) 国際動向報告会、NW合同報告会の企画運営、報告書作成	<p>放射線安全規制研究の重点テーマ</p>	<p>放射線防護研究の国内状況</p>	<p>実効線量・実用量をテーマにした国際動向報告会(円卓討議)</p> <p>専門家と行政との連携 防護人材の育成確保方策</p>	<p>職業被ばく管理の標準的要件</p>	<p>5年間の総括</p>
NW合同報告会開催 (主なテーマは年度ごとに設定)					

今年度の事業概要③：課題解決型NWでの議論

		緊急時放射線防護検討NW (統括：JAEA)	職業被ばく最適化推進 NW (統括：JAEA)
	解決すべき課題	緊急時対応人材の枯渇	職業被ばくの線量が個人単位で合算できない
3 年 間 の 議 論	議論のベースとなる情報の整理	担当機関であるJAEA内にサブグループを作り、分野別に整理 (若手が参加)	日本学術会議が2010年に発出した提言を利用
	主なターゲットの選択	環境モニタリング／放射線管理／ 個人線量評価	複数の施設で放射線作業をすることが多い大学と医療現場
	ステークホルダーの設定とNW化	国、指定公共機関、事業者、自治体、大学、メーカー	測定・登録機関、大学、医療機関、 国、研究機関
	検討方針	専門家の要件（力量・役割）の 明確化⇒訓練、認定・登録、NW の活動範囲	複数の具体的な制度案の長所、 短所を、ステークホルダーと議論
	成果	(例：専門家の登録) 所属区分（学会、自治体、医療、 原子力事業者）ごとに、参加希望 者を登録し、NW事業活動に係る 情報や研修への参加資格等を得る。	(例：線量登録の主体と管理対象) ・ 国 ×全放射線作業 ・ 全事業者×全放射線作業 ・ 全事業者×一部の放射線作業 ・ 業界別 ×一部の放射線作業

今年度の事業概要④：放射線防護アカデミアの議論



今年度の進捗①：専門家×行政との連携

- ▶ 重点テーマ：2019年度は、これまでに提案したテーマに加え、以下を提案
 - ・短寿命核種（Ra-223、Ga-68）の廃棄／短半減期核種の排気濃度限度管理の研究
 - ・低濃度トリチウム水問題の社会的、国際的視点からのアプローチ
 - ・**緊急時防護措置の正当化、意思決定の正当化**／医療分野の職業被ばく防護の最適化

規制側のニーズを理解するために

<p>放射線安全管理学会</p> <p>テーマ：事故対応／放射線障害予防規程提出後の対応／短寿命α核種、ネットワーク事業</p> <p>年次大会や定期シンポジウムでの企画</p>	<p>放射線影響学会</p> <p>テーマ：放射線影響研究と放射線安全規制研究の関わり（放射線影響学会への期待）</p> <p>キャッチアップセミナーでの企画</p>
<p>放射線事故災害医学会</p> <p>テーマ：被ばく医療に関する診療の手引き作成</p> <p>規制側の要請を受けた量研からの依頼を受け、理事会内で議論</p>	<p>保健物理学会</p> <p>テーマ：緊急時モニタリングに関する国内外の最新動向</p> <p>企画シンポジウムでステークホルダと議論</p>

- ▶ 来年度は、アカデミアに参加する各学会が、国内の緊急時対応に関する調査を行い、アカデミアとして、**的確な放射線防護の実施や改善に必要な提言**を行う

今年度の進捗②：放射線防護人材の育成と確保

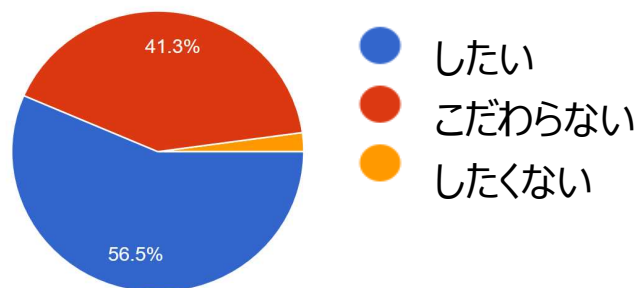
- 昨年度、放射線防護人材の現状分析を実施。10－20年前と比較し、20代の学会員の割合は増えているのに、30－50代の会員の割合が減っていることが明らかに
- NW合同報告会では、若手自身による若手を活性化する方策を提案

ポストマッチングとキャリアアップ

WEBを活用した4学会合同アンケート調査

令和元年9月～10月に実施
回答者371名(推定回答率3割) 社会人325、学生46)

放射線関連の業務に就職したい？



就職について学会の先輩に望むこと学生のコメント)

- 民間企業や公的業務の紹介・斡旋
- 就活の体験談をお聞きしたいです。
- 放射線関連施設の見学会などをひらいてほしい。
- 35歳くらいの人にキャリアパスについての話を伺いたい。

学会による若手の支援や若手を交えた検討

支援・表彰 (例)	若手活性化方策 (例)
若手奨励金事業	若手中心の委員会設置
原協会への学生招待	他分野の若手との交流
奨励賞の授与	大型予算がとれる研究テーマの創出
国際学会参加支援	

学会若手代表4名によるパネルディスカッション

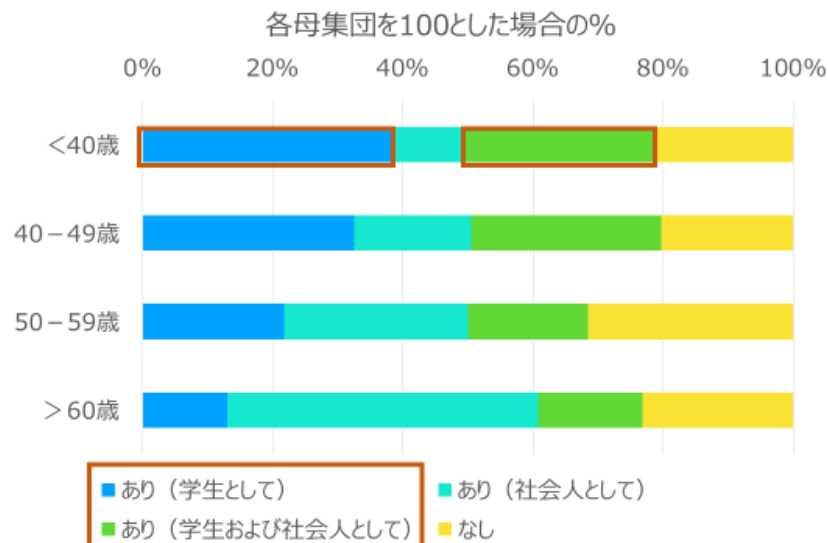
- 応募する就職先の具体的な業務内容
- アカデミックポジションを得た後の“順調ルート(助教⇒教授)”以外の選択肢に関する情報が欲しかった。

国際的機関が主催するイベントへの若手2名の派遣 (グローバル人材の育成)

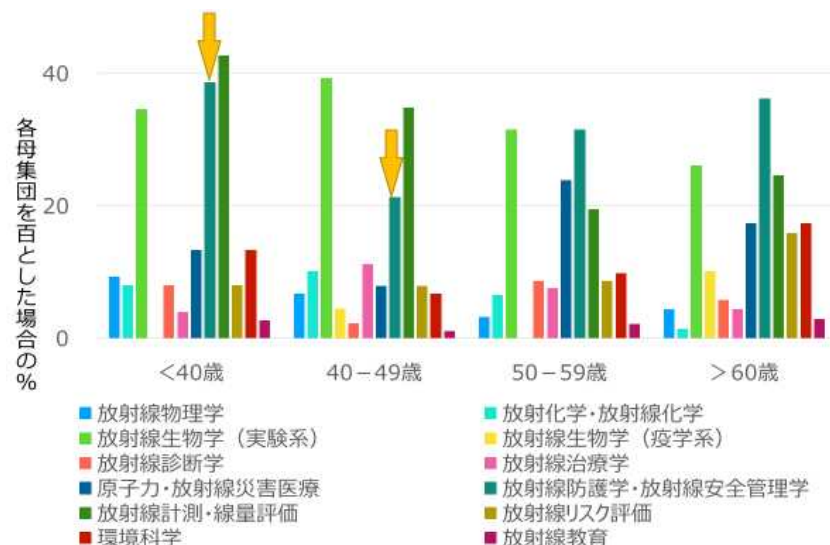
- 来年度は、年次大会などの機会を利用して、学会が若手のポストマッチングや中堅のキャリアアップを支援する場を提供する。

今年度の進捗③：4学会合同のアンケート調査

着任前の放射線研究歴



年代別専門分野



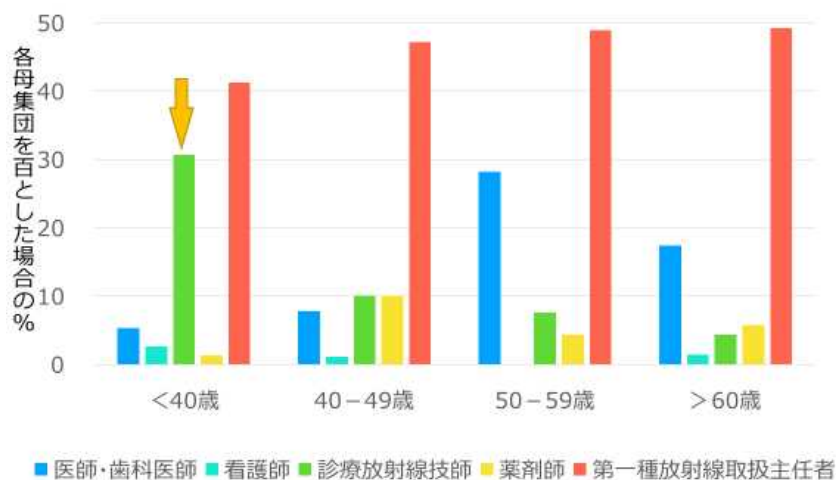
放射線防護人材アンケートの自由記載欄から
～現職からのキャリアアップについてどう思いますか～

資格との関係（40代のコメント）

- もっと若いうちに博士号の取得が必須であった。キャリアアップを検討した時期が遅かった。
- 学位取得の時間と労力と費用が在職期間に対し見合えば、チャレンジも良いと思います。
- 修士を修了したので昇格に期待している。
- 大学院（博士課程）への進学や研究論文の作成等を考えています。

（50代からは、資格に関するコメントなし）

年齢別資格取得



今年度の進捗④：国際的最新情報の国内取入れ

- 国際動向報告会：過去2回、UNSCEAR、ICRP、IAEA、OECD/NEAなどの国際機関での活動について、各機関の関係者（国内専門家）が報告してきた
- 各種の情報を一度に聞くことができるというメリットがある反面、総花的になりがち

一つのメインテーマを決めて、関係者が円卓討議

パネルディスカッション「実効線量と実用量—改定の概要となお残る課題」

- ✓ 日本として今後取り組むべき問題を整理
- ✓ ICRPを中心とした活動報告も行う
- ✓ サーベイモンキーによる会場からの質問・コメント受付

論点の例

- 線質の異なる放射線に対するRBE
- 防護量である実効線量は、その制約を認識して、便利なツールとして今後も活用
- 実用量は理解しやすくなったが、実務上の課題は何か



日時：令和元年12月24日 10:00-16:00
場所：グランパークカンファレンス 401ホール
一般やマスコミなど、様々なステークホルダも含め104名が参加し、関心の高さがうかがえた。

- 来年度は、代表者会議の下部組織として、専門部会を立ち上げ、アカデミアが**共同研究**の枠組みで**実効線量と実用量の諸問題**を引き続き検討。

今年度の成果

➤ 誌上発表2件

- 神田玲子、赤羽恵一、甲斐倫明、児玉靖司、小林純也、酒井一夫、富永隆子、中島寛、細井 義夫、松田尚樹、杉浦紳之、百瀬琢磨、吉澤道夫：放射線防護関連学会の会員に関する実態調査～放射線防護人材確保に関する将来予測～、放射線生物研究 54(2), 104-113, 2019
⇒昨年度、アカデミアが行った学会員数や年齢分布の時系列推移の調査の結果を公表
- 日本放射線影響学会・日本保健物理学会：低線量リスクに関するコンセンサスと課題、放射線生物研究 (受理)
⇒放射線影響学会と保健物理学会が合同委員会を立ち上げ、重点テーマとして提案していた「放射線安全規制の基盤となる放射線科学とその認識に関するコンセンサス」を実施し、発表

➤ 口頭発表3件

- Kawaguchi, I and Kanda, R : Discussion of Priority Topics of Radiation Safety Research using the Framework of the New Established Platform “Umbrella” in Japan, 2019 Canadian Radiation Protection Association conference, May 27-30, 2019, Ottawa
⇒アンブレラの枠組みおよび重点テーマや防護人材調査の検討結果を発表
- 神田玲子、百瀬琢磨、吉澤道夫、杉浦紳之：アンブレラ事業における取り組み、日本放射線事故・災害医学会第7回(令和元年度)学術集会、2019年9月21日、仙台
- 神田玲子、百瀬琢磨、吉澤道夫、杉浦紳之：アンブレラ事業における人材育成、第2回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会、2019年12月6日、仙台

➤ 審議会等でのプレゼン3件

- 吉澤道夫、神田玲子：国家線量登録制度に関する検討状況について（研究報告）、眼の水晶体の被ばく限度の見直し等に関する検討会第5回会合（2019年6月20日）
- 吉澤道夫、神田玲子：個人線量管理のあり方について（研究報告）、放射線審議会第146回総会（2019年9月27日）
⇒職業被ばく最適化推進NWの検討内容を報告
- 神田玲子：令和2年度放射線安全規制研究の重点テーマ案について、令和元年度第1回研究推進委員会（2019年12月12日）

今年度の自己評価①

	評価の視点	自己評価	コメント
事業全体	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	2 概ね計画どおり	採択時の計画に加え、事業の進捗によって明らかとなった新たな課題やアンブレラ内での検討結果に対応し、①防護人材のポストマッチングやキャリアアップに向けた支援、②緊急時防護方策の正当化の議論等に着手した。誌上発表や審議会での報告などアウトプット創出も順調である。
	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 必要ない	国際動向報告会での集客力や学会員対象のアンケートの回答率（30%）から、本事業が学術コミュニティに受け入れられていると判断し、採択時の事業計画書通り、自発的な政策提言や調査機能強化、共同研究を実践する。
緊急時防護NW	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	2 概ね計画どおり	①緊急時放射線防護NWの分野別の3つのサブGr活動として、放射線防護専門家向け緊急事態対応ガイドの作成に向け専門家の力量等を検討した。また②1F事故の教訓等を踏まえた防災体制に適合するNW活動のイメージ、活動のスクープをまとめた。
	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 必要ない	防災訓練等に参加する要員等を対象に、専門家の力量に係る基準等の試験的な適用及び対応ガイドの内容検討を進める。
職業被ばくNW	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	2 概ね計画どおり	①実現可能性のある複数の線量登録制度案を提案した。②線量測定サービス機関向けの認定制度発足に伴う認定基準・技能試験等の具体的な運用・解釈に関して、データの少ないX線領域の技能試験に関する基礎収集作業を行った。
	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 必要ない	複数の線量登録制度案について調査・検討を進め、それぞれのメリット・デメリットの比較及び実現に向けての課題を整理する。
国際動向報告会	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	2 概ね計画どおり	企画会議を実施し、議論のテーマを「実用量と実効線量」に絞った。研究者のみならず一般からも高い関心が寄せられたため、代表者会議による決定を経て、一般参加者も受け付けた。
	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 必要ない	新たな試みとして「テーマを絞る」「円卓会議にする」「ウェブ経由で意見を募る」ことを実施したところ、アンケート結果においても概ね好評であり、実施枠組みに関する大きな変更の必要はない。

- 研究費使用実績：契約額は26,043,617円に対し、予算執行は計画額の9割程度。
- 事業費に生じた計画との差異：予算の3分の1が委員の旅費と謝金。委員の欠席、他用務との重複などで、執行率が低い。

今年度の自己評価②：3年目(節目)での成果

1. 短期ビジョン (採択時の目標)

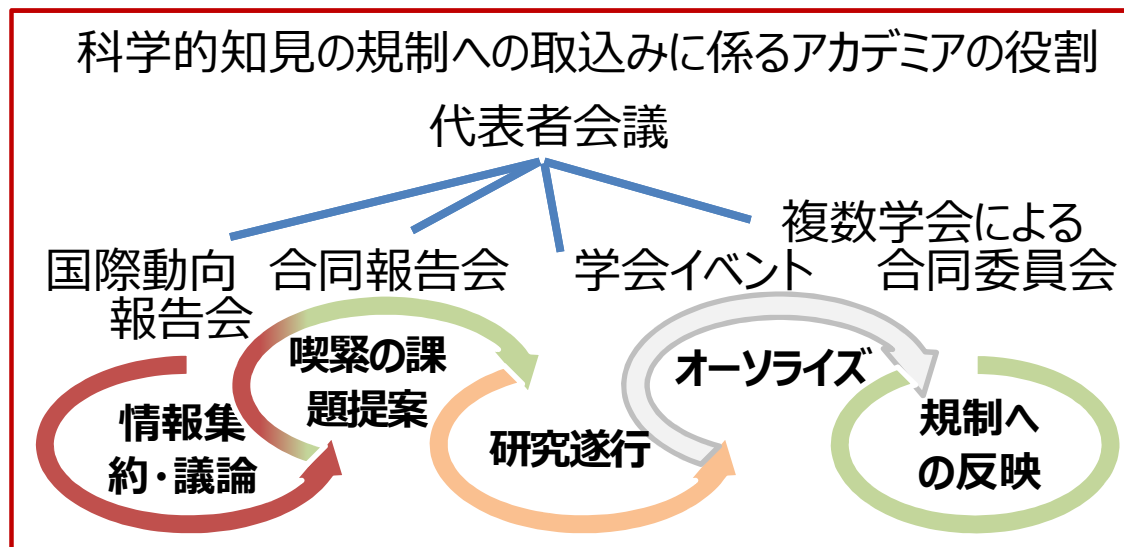
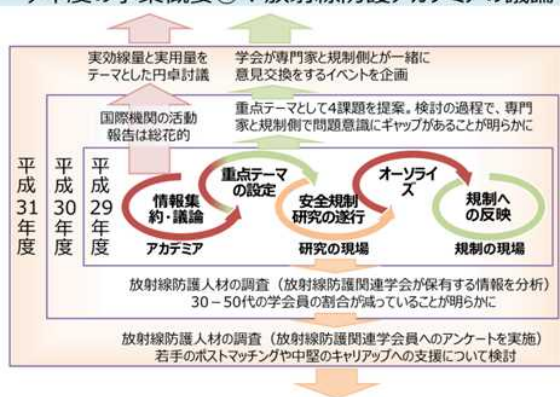
- ① 学術コミュニティの総意としての**安全規制研究の重点テーマ**の提案
 - ⇒【協議の仕組み】報告会、学会の企画イベント
 - ⇒【成果の提供】 研究推進委員会での発表、国際学会での発表、報告書
- ② 全ステークホルダ連携による**放射線審議会の審議に係る調査**の提供
 - ⇒【協議の仕組み】報告会、複数学会による合同委員会や合同調査
 - ⇒【成果の提供】審議会での報告、誌上発表

3年目の自己評価
目標達成のため
の仕組みに
ついて、
認
で
き
た
各
々
の
実
効
性
が
確
に

2. 長期ビジョン

- ① アカデミアによる**課題を抽出**し、新たなネットワークを構築する
 - ⇒【協議の仕組み】 報告会での円卓討議
 - ⇒【結論】実効線量と実用量に関する専門部会の設置

今年度の事業概要④：放射線防護アカデミアの議論



3年間の進捗①：緊急時放射線防護に関する検討

緊急時放射線防護検討NW

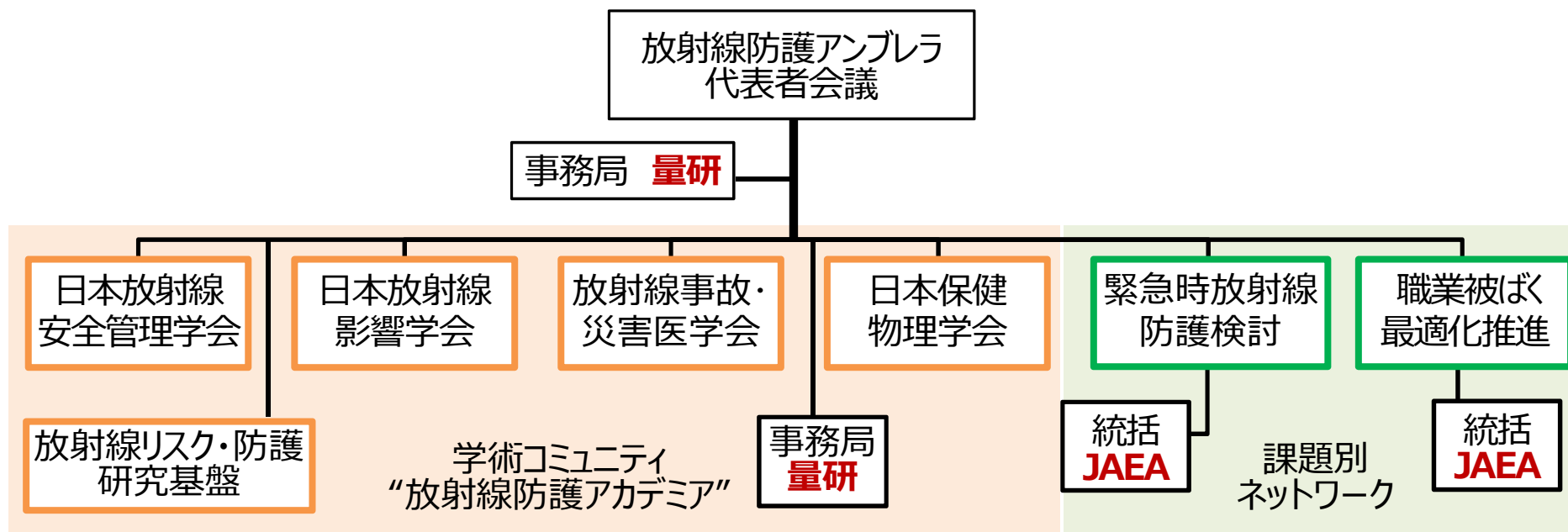
緊急時対応人材の枯渇	⇒ 緊急事態発生時に、教育研究機関、原子力事業所等の放射線防護分野の研究者／技術者、放射線管理員が、専門性を生かして適材適所で災害支援をするには 平常時からどのような活動が必要か						
担当機関であるJAEA内にサブグループを作り、分野別に整理(若手が参加)	<p>NWの活動</p> <ul style="list-style-type: none"> 事故対応・訓練における知見の情報交換 必要な力量の認識合わせ 専門家育成のための情報交換 <p>問題設定 (例) 避難退域時検査に派遣される専門家等が備えるべき要件 (力量・役割認識) は何か</p> <p>サブグループで若手も参加し、たたき台を作成。NW内様々なステークホルダーと議論</p>						
環境モニタリング／ 放射線管理 ／個人線量評価	⇒						
国、指定公共機関、事業者、自治体、大学、メーカー	⇒						
専門家の要件 (力量・役割) の明確化⇒訓練、認定・登録、NWの活動範囲	⇒ <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center;">専門家</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ○検査要員に必要な力量をレクチャーできる ○車両用ゲートモニタやサーバイメータ等の構造、特性の知識 ○検査方法に対する根拠 ○検査・除染の内容を住民等に分かりやすく説明できる </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ○放射線状況の変化に即応して、汚染管理方法や検査所の移転・退避など助言できる ○自治体責任者等に検査所運営方法の改善等を提言できる </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">検査要員</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ○車両用ゲートモニタの設置・操作方法 ○サーバイメータ等の操作方法 ○車両・住民の指定箇所検査方法 ○車両及び住民の確認検査方法 </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ○車両及び住民の簡易除染方法 ○車両及び住民の誘導方法 ○作業装備の着脱装方法 ○除染等廃棄物の処理方法 </td> </tr> </table>	専門家	<ul style="list-style-type: none"> ○検査要員に必要な力量をレクチャーできる ○車両用ゲートモニタやサーバイメータ等の構造、特性の知識 ○検査方法に対する根拠 ○検査・除染の内容を住民等に分かりやすく説明できる 	<ul style="list-style-type: none"> ○放射線状況の変化に即応して、汚染管理方法や検査所の移転・退避など助言できる ○自治体責任者等に検査所運営方法の改善等を提言できる 	検査要員	<ul style="list-style-type: none"> ○車両用ゲートモニタの設置・操作方法 ○サーバイメータ等の操作方法 ○車両・住民の指定箇所検査方法 ○車両及び住民の確認検査方法 	<ul style="list-style-type: none"> ○車両及び住民の簡易除染方法 ○車両及び住民の誘導方法 ○作業装備の着脱装方法 ○除染等廃棄物の処理方法
専門家	<ul style="list-style-type: none"> ○検査要員に必要な力量をレクチャーできる ○車両用ゲートモニタやサーバイメータ等の構造、特性の知識 ○検査方法に対する根拠 ○検査・除染の内容を住民等に分かりやすく説明できる 	<ul style="list-style-type: none"> ○放射線状況の変化に即応して、汚染管理方法や検査所の移転・退避など助言できる ○自治体責任者等に検査所運営方法の改善等を提言できる 					
検査要員	<ul style="list-style-type: none"> ○車両用ゲートモニタの設置・操作方法 ○サーバイメータ等の操作方法 ○車両・住民の指定箇所検査方法 ○車両及び住民の確認検査方法 	<ul style="list-style-type: none"> ○車両及び住民の簡易除染方法 ○車両及び住民の誘導方法 ○作業装備の着脱装方法 ○除染等廃棄物の処理方法 					
具体的な解決策の提示	NW運営母体（現在はアンブレラ事業者）が、学会、自治体、医療、原子力事業者にNW活動及び登録方法の周知を依頼。希望者は 個人で登録 し、NW活動に係る情報、教育研修への参加資格等を得る。						
課題	(NWでは解決できない問題) 個人線量評価に関しては、国の対応方針（活動の枠組み）が検討中のため、NWの活動スキームが想定できない⇒ アカデミア 内で議論。必要があれば、提言に向けた合意形成。						

3年間の進捗②：職業被ばく管理に関する検討

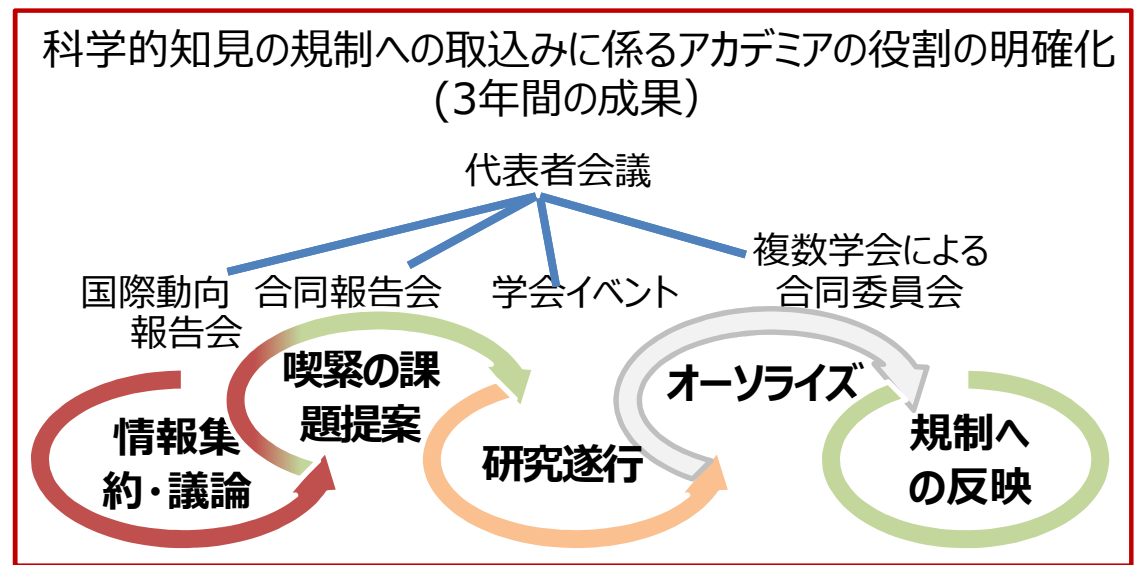
職業被ばく最適化推進NW

<p>職業被ばくの線量が個人単位で合算できない</p>	<p>⇒ 国際的には職業被ばくの把握・管理制度が存在するが、日本では具体化に向けた議論が進まない ⇒ 眼の水晶体の線量限度変更に伴い、特に大学や医療などの流動性が高く、複数の施設を利用する放射線作業員に関しては、線量が合算できるシステムが必要。</p>										
<p>日本学術会議が2010年に発出した提言を利用</p>	<p>⇒ 放射線作業員の被ばくの一元管理についての日本学術会議の提言はなかなか具体化せず ⇒ IAEAは加盟国での国家線量登録制度の設置を推進しているが、欧州と日本の線量情報収集の目的意識の違い（職種別の最適化等を見据えたデータ収集が必要）</p>										
<p>複数の施設で放射線作業をすることが多い大学と医療現場</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="533 619 651 683">主体</th> <th data-bbox="651 619 1003 683">国</th> <th data-bbox="1003 619 1346 683">全事業者</th> <th data-bbox="1346 619 1688 683">全事業者</th> <th data-bbox="1688 619 2040 683">業界別</th> </tr> <tr> <th data-bbox="533 683 651 778">対象</th> <td data-bbox="651 683 1003 778">全放射線作業員</td> <td data-bbox="1003 683 1346 778">全放射線作業員</td> <td data-bbox="1346 683 1688 778">一部作業員（複数施設を利用／異動が頻繁／一定線量以上の被ばく）</td> <td data-bbox="1688 683 2040 778"></td> </tr> </thead> </table>	主体	国	全事業者	全事業者	業界別	対象	全放射線作業員	全放射線作業員	一部作業員（複数施設を利用／異動が頻繁／一定線量以上の被ばく）	
主体	国	全事業者	全事業者	業界別							
対象	全放射線作業員	全放射線作業員	一部作業員（複数施設を利用／異動が頻繁／一定線量以上の被ばく）								
<p>測定・登録機関、大学、医療機関、国、研究機関</p>	<p>⇒</p>										
<p>複数の具体的な制度案の長所、短所を、ステークホルダーと議論</p>	<p>⇒</p>										
<p>具体的な解決策の提示</p>	<p>⇒</p> <table border="1"> <tr> <th data-bbox="533 1161 651 1257">特徴</th> <td data-bbox="651 1161 1003 1257">国としての運用で、完全さは高い</td> <td data-bbox="1003 1161 1346 1257">参加状況に依存（規制要求必要）</td> <td data-bbox="1346 1161 1688 1257">前歴把握の完全さには欠けるおそれあり</td> <td data-bbox="1688 1161 2040 1257">業界の取り組みに強く依存</td> </tr> <tr> <th data-bbox="533 1257 651 1385">登録すべき情報</th> <td colspan="4" data-bbox="651 1257 2040 1385"> ⇒ 個人識別情報 ⇒ 線量関連情報（例）実効線量、等価線量を登録、測定値（1cm線量当量等）は不要 緊急時被ばくについては、分けた登録が必要 </td> </tr> </table>	特徴	国としての運用で、完全さは高い	参加状況に依存（規制要求必要）	前歴把握の完全さには欠けるおそれあり	業界の取り組みに強く依存	登録すべき情報	⇒ 個人識別情報 ⇒ 線量関連情報 （例）実効線量、等価線量を登録、測定値（1cm線量当量等）は不要 緊急時被ばくについては、分けた登録が必要			
特徴	国としての運用で、完全さは高い	参加状況に依存（規制要求必要）	前歴把握の完全さには欠けるおそれあり	業界の取り組みに強く依存							
登録すべき情報	⇒ 個人識別情報 ⇒ 線量関連情報 （例）実効線量、等価線量を登録、測定値（1cm線量当量等）は不要 緊急時被ばくについては、分けた登録が必要										
<p>課題</p>	<p>（NWでは解決できない問題）複数の施設の利用者や異動が頻繁な作業員の実態がわからない ⇒アカデミアの協力を得て、サンプル調査ができないか</p>										

3年間の進捗③：アカデミアと解決型NWの連携



来年度以降の目標 ← リンケージ → 2年目：学会でイベント企画



【職業被ばくの国家線量登録に向けて】
日本保健物理学会2018年研究発表会

【パネル討論会：緊急時対応人材の育成・確保とネットワーク間の連携を考える】
放射線事故・災害医学会2018学術集会

4年目：解決策実現への協力(協調)ステークホルダ会合の開催

3年間の進捗④：目的の達成状況

	H29	H30	H31 (R1)	R2	R3
1. 放射線防護アカデミアの立ち上げと運営	関連4学会の参画 研究の重点テーマ提案	他学会の参画によるアカデミアの拡充 放射線防護研究の国内状況調査結果報告	アカデミアの自発的政策提言や調査機能強化	自発的共同研究の提案と実践	
2. 課題解決型NWの立ち上げと運営	新規NWを2つ設置 放射線防護アカデミアと協調して課題の明確化	「J-RIME」「物理学的線量評価NW会議」との連携検討	緊急時対応人材確保の具体的な方策提案	職業被ばく管理の標準要領に関する提案	NWの自主運営の検討

アンブレラの
自立的運営

①ステークホルダー関与のための環境整備	「情報共有」・国際動向報告会、HP 「連携の場」・学会連携、学際連携(合同委員会) NW(専門家間)、専門家×行政	「協調関係」 NWとアカデミアの連結 NW(専門家と非専門家)
②ステークホルダー関与による課題解決	主なターゲット選択、NW化⇒ 具体的解決策提案	⇒ 解決策の修正、合意形成、実施
③ネットワークの拡大状況	アカデミア以外の学会はテーマや議論の進捗に適合した関与(産業衛生学会: NWメンバー推薦、リスク学会: 聴き取り調査など) NW会合: 様々なステークホルダーの参加	リスク学会内のTGの設置 医療被ばく研究情報NWへの情報提供
④経費の支出状況	新規ポストに応募がなく、執行率は5-6割(計画達成に問題なし)	執行率は9割
⑤アンブレラが自立できる知名度・求心力獲得	重点テーマ設定への関与(アカデミアの期待大) → 学会員アンケートの実施(推定回答率3割) 国際動向報告会企画(参加者100人超え)	→ 政策提言 共同研究 → 検討結果の規制への反映

情報共有：日常的に情報や問題意識を共有している、**連携**：対等に議論ができる関係や場が用意されている、**協調**：合意形成への参加に積極的な関係である

3年間の成果

	誌上発表	口頭発表	発表内容	審議会等での報告	報告会主催	学会との共催企画
H29	1	0	アンブレラ事業の枠組みや	1	2	0
H30	3	5	目的の紹介など	2	2	4
H31	2	3	検討結果を発表	3	2	2

審議会等での報告 (H29-H31)

- 神田玲子：平成30年度放射線安全規制研究推進事業の**重点テーマ**について、平成29年度第5回研究推進委員会
- 神田玲子：平成31年度放射線安全規制研究推進事業の**重点テーマ**について、平成30年度第5回研究推進委員会
- 神田玲子：放射線防護に関する**国際動向報告会**の開催について、放射線審議会第143回総会
- 吉澤道夫、神田玲子：**国家線量登録制度**に関する検討状況について（研究報告）、眼の水晶体の被ばく限度の見直し等に関する検討会第5回会合
- 吉澤道夫、神田玲子：**個人線量管理**のあり方について（研究報告）、放射線審議会第146回総会
- 神田玲子：令和2年度放射線安全規制研究の**重点テーマ案**について、令和元年度第1回研究推進委員会

アンブレラ事業内で作成する報告書

平成29年度放射線安全規制研究戦略的推進事業費
(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)事業

放射線防護に関する国際動向報告会
報告書

国際動向報告会

平成30年2月
公益財団法人原子力安全研究協会

平成29年度放射線安全規制研究戦略的推進事業費(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)

放射線安全規制研究の重点テーマについて
～放射線防護アカデミアからの提案～

重点テーマ (H29)

平成30年3月
放射線防護アンブレラ代表者会議

各提案課題の詳細情報

放射線防護アカデミア重点テーマ提案一覧(詳細版)

提案学会	番号	提案時期
日本放射線影響学会	1	平成30年1月
日本保健物理学会		

研究課題	領域	一つ選択	研究内容
低濃度トリチウム水による内部被ばく影響に関する調査研究	<input type="checkbox"/> I. 放射線の生物学的影響とリスク <input type="checkbox"/> II. 放射線安全利用 <input type="checkbox"/> III. 原子力・放射線事故対応 <input type="checkbox"/> IV. 環境放射線と放射性廃棄物 <input type="checkbox"/> V. 放射線測定と線量評価 <input type="checkbox"/> VI. 放射線教育、リスクコミュニケーション	<input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV <input type="checkbox"/> V <input type="checkbox"/> VI	本提案課題は、福島第一原子力発電所事故後の汚染水処理で課題となっているトリチウムに着目し、低濃度トリチウム水の内臓被ばく影響に関する既存の情報を収集整理するとともに、利用可能な研究資源(実験施設、疫学対象集団等)や今後の安全規制に必要な情報の洗い出しを行い、実証可能な研究方法(実験的アプローチ、疫学的アプローチ)の検討を行うものである。調査で得られた実験的、疫学的知見に、追加可能なパイロット実験データ等を加えて整理・解析し、トリチウム水による内部被ばくに関する現在の放射線防護体系の妥当性を検証するとともに、今後の施策上の必要情報を整理する。 加えて、今やトリチウム生体影響研究者が世界的にもほとんどいないという現状があるため、実験ノウハウを含めて研究コミュニティを若返らせて維持可能とすることも本課題の活動の波及効果として期待するものである。

重点テーマ候補研究のリスト化 30件(H29) ⇒36件(H31)

研究内容	実施主体
I. 放射線の生物学的影響とリスク 低濃度トリチウム水による内部被ばく影響に関する調査研究 (影響学会から依頼の課題として H31 年度に再提案、保健物理学会から「低濃度トリチウム水による内部被ばく影響と防護に関する調査研究」として H31 年度に再提案) 低線量放射線の長期的影響とバイオマーカーの検出 がんゲノム医療時代における放射線防護の基準策定 動物実験データを用いた放射線影響リスク解析と疫学への橋渡し方策の検討 線量率効果係数(DREF)推定に必要なデータベース整備と生物学的分析からの洞察 放射線業務従事者・放射線がん治療患者を対象としたバイオバンク構築に関する検討 (影響学会から今後の課題として H31 年度に再提案) 放射線安全規制の基盤となる放射線科学とその認識に関するコンセンサス 放射線被ばくによるがんリスク表現の検討	カッコ内は実施主体 H31 重点テーマとして提案⇒不採択 (PLANE) 検討 WG を設置し、着手 (PLANE) 提案の一部に着手 (保健学会・影響学会) 合同で実施
II. 放射線安全利用 新しい利用形態への対応-短半減期核種の放射線安全評価法の確立- 多種多様な所属の研究者の放射線業務従事者管理についての検討 ICRP/ICRU の新しい線量概念の導入に関わる課題への対応研究 放射線安全管理方法の最新の知見のサイトの構築 医療分野の職業被ばくにおける防護の最適化 (保健物理学会から H31 年度に新規提案)	H31 重点テーマとして提案⇒採択 H31 重点テーマとして提案⇒一部採択 H31 重点テーマとして提案⇒不採択 (量研) H31 より対応を検討 R2 重点テーマとして提案⇒不採択
III. 原子力・放射線事故対応 福島第一原子力発電所事故汚染地帯における動物データ相互解析および試料収集組織の構築 放射線事故被ばくに対応できる生物学的線量評価の自動化モデルケースの構築 放射線急時の EPR によるイメージング法の研究 原子力災害・ゼロ等における放射線障害の治療の標準化/マニュアル化に関する調査研究 H31 重点テーマとして提案、採択 ⇒R2 重点テーマとして再提案	H31 重点テーマとして提案⇒不採択 H30 安全規制研究として採択済み H31 重点テーマとして提案 H31 重点テーマとして提案 H31 重点テーマとして提案、採択 ⇒R2 重点テーマとして再提案

3年間の自己評価

	評価の視点	H29 自己評価	H30 自己評価	H31 自己評価
事業全体	研究計画に沿って行われているか	2 概ね計画どおり	2 概ね計画どおり	2 概ね計画どおり
	次年度の研究計画に変更が必要か	1 必要ない	1 必要ない	1 必要ない
緊急時防護NW	研究計画に沿って行われているか	4 代替手段によって今年度の目標を達成した	2 概ね計画どおり	2 概ね計画どおり
	次年度の研究計画に変更が必要か	1 必要ない	1 必要ない	1 必要ない
職業被ばくNW	研究計画に沿って行われているか	2 概ね計画どおり	2 概ね計画どおり	2 概ね計画どおり
	次年度の研究計画に変更が必要か	1 必要ない	1 必要ない	1 必要ない
国際動向報告会	研究計画に沿って行われているか	2 概ね計画どおり	2 概ね計画どおり	2 概ね計画どおり
	次年度の研究計画に変更が必要か	1 必要ない	1 必要ない	1 必要ない

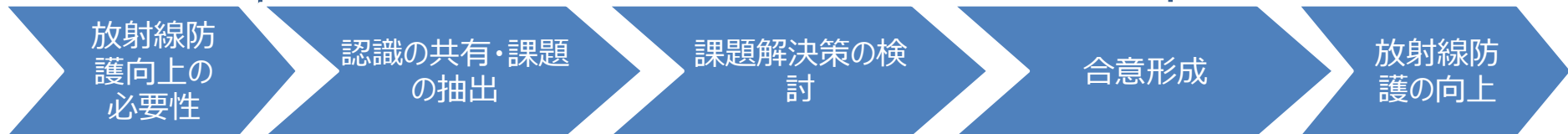
研究計画は適切だったのか

—本事業（5年間）の目標とする成果*

- ① 学術コミュニティの総意としての安全規制研究の重点テーマの提案
- ② 全ステークホルダ連携による放射線審議会の審議に係る調査や分析、防護方策の提案
- ③ ①②のアウトプット創出を可能にするネットワーク形成と自主的運営を見据えたPDCA

⇒達成
⇒達成
⇒一部達成
⇒達成
⇒今後、実施

*採択時に設定



① 3年間にわたり概ね研究計画に沿って実施した、② 採択時に目標とした成果が得られていることから研究計画も適切であった、と評価

発表番号: ⑥

平成31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)
放射線安全規制研究推進事業

包括的被ばく医療の体制構築に関する 調査研究

研究代表者

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
富永隆子

課題名 包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究

研究期間：2018年～2020年（3年間）

背景・目的 原子力災害における被ばく医療等の体制の充実、強化が図られている一方で、RI事業所での事故やRNテロ・災害等に対応できる体制については整備が遅れている。
原子力災害に限らず、RI事業所での事故、RNテロ・災害等に対応可能な被ばく医療体制構築のため、初動対応、医療の手順、マニュアル、専門的支援、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を向上させるための実際の運用方法を明らかにする。

実施状況

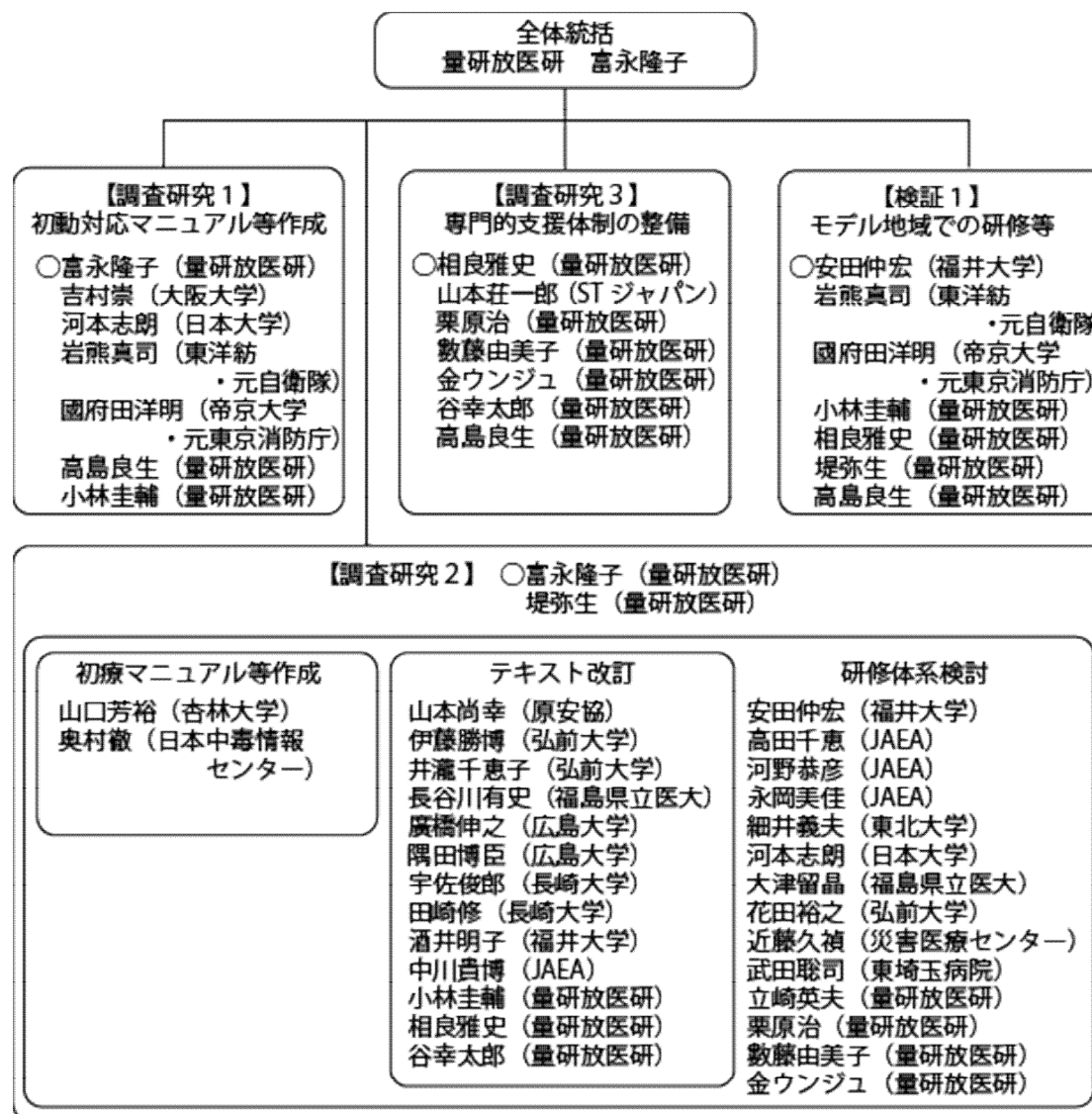
	H30年度	H31年度	H32年度
【調査研究1】 ・迅速・的確な初動対応、関係機関間の連携による実効性向上	・情報を収集 ・課題の比較・抽出・整理	・検知と初動対応手順、スクリーニング等の検討 ・マニュアル、教材等の作成 教材作成 手順フローチャート作成	・マニュアル等を再検証 ・各地域の実状に合わせて改善
【調査研究2】 ・原子力災害時の医療に関する研修の体系化、標準テキスト作成 ・全国の医療機関の被ばく医療診療能力の向上により迅速・適切な被ばく医療を提供する手段の開発	・研修体系化提案 ・標準テキスト作成 ・量研の協力協定病院等から情報を収集 ・課題の抽出・整理	・新研修体系での研修開始（パイロットコース） ・多人数の被災者対応を含めた等作成 ・効果的研修法を検証 体系化案作成、標準テキスト作成、マニュアル作成	・マニュアル等を再検証 ・医療機関の実状に合わせて改善 ・医療機関での初療マニュアル、教材
【調査研究3】 ・専門的支援の充実による初動対応、被ばく医療の実効性向上	・専門機関、NWを活用した専門的支援に必要な項目、課題の整理 ・平常時、災害時に活用できる専門的支援における情報共有システムについて課題等の整理、システム設計	・専門的支援について、具体的手順、方法、器材等を検討 放射線モニタリングシステム等の活用の検討	・EMIS、H-CRISISとの連携の検討
【検証1】 ・モデル地域での研修等による検証	・モデル地域の選定	・モデル地域で効果的な現場運用のための研修法を検討 ・調査研究1～3へ反映 研修開催	

期待される成果

- 原子力災害に限らず、RI事業所での放射線事故、RNテロ・災害における全国の初動対応、医療機関での迅速で最善の対応を実現、対応能力の向上、施策等への活用が期待される。
- 原子力災害時の初動対応、医療対応についても、原子力災害対策重点区域（24道府県）のみでなく、それ以外の地域（23都県）を含めた全国の応援および支援態勢が充実することが期待される。

研究体制

研究協力者：26名
研究参加者：9名



○はとりまとめ担当

今年度の研究概要

原子力災害とCBRNEテロ災害の相異の整理

- 測定などの詳細な技能は共通
- 原子力災害は、は地域が限定されている、器材や体制が整備されている。
- 放射線施設の事故、CBRNEテロ災害は、発災場所が事前にわからない、脅威が単独とは限らない、専門的教育がされていない初動対応者等が対応する事態になる。



包括的被災者医療の体制構築

- 相異点を踏まえた教育の検討
- 原子力災害時に全国からの支援が可能
- 全ての事象に統一的、標準的な対応が可能

課題整理

知識の習得

- 研修体系化
- 標準化

技能の習得

- 器材あるが効果的使用方法の検証ができない
- 研修機会が少ない

解決の手段

- 標準テキスト作成、改定

- 手順、フローチャート作成

- 実習方法、ノウハウの作成

検証・実績

- 教育：座学

- 机上演習

- 教育：実習

被災者医療の実効性向上

進捗 1 : 初動対応手順の検討とマニュアル等の検討

	H30年度	H31年度	H32年度
【調査研究 1】	<ul style="list-style-type: none"> 情報収集 課題の比較・抽出・整理 	<ul style="list-style-type: none"> 情報収集、課題整理 検知と初動対応手順、スクリーニング等の検討 マニュアル、教材等の作成 	<ul style="list-style-type: none"> マニュアル等を再検証 各地域の実状に合わせて改善

原子力災害、CBRNEテロ災害*に関連する訓練等への参加

- 原子力総合防災訓練（鳥取県原子力防災訓練）
- 韓国原子力防災訓練
- 成田国際空港エマルゴ訓練
- CBRNEテロ災害訓練
- 第7回日本放射線事故・災害医学会学術集会 etc.

課題整理

原子力災害とCBRNEテロ災害の相異の整理

- 発災場所が事前にわからない、脅威が単独とは限らない
- 行政機関の体制整備への理解が必要
- 避難退域時検査の実効性ある運用方法の検討
 - 避難退域時検査の効率化（多人数への対応）
 - テロ災害への応用
- 迅速な安全確保と救助手順
- 訓練想定

成果

- 災害派遣医療チームとの研修内容の検討、実施
- 初動対応手順作成
- 机上演習等のシナリオ作成

原子力災害、CBRNEテロ災害に関連する研修の開催・参加

- NIRS放射線事故初動セミナー
- 国民保護CRテロ初動セミナー
- 消防機関へのCBRNEテロ災害研修 etc.

課題整理

原子力災害以外でも対応するための教育、技能の習得

- 消防等の初動対応者への放射線テロ災害研修の必要性、研修機会の確保
- 保有する資器材の実践的な活用方法
- 化学テロ、放射線テロの統一的な研修



成果

- 初動対応の教材作成
- CBRNEテロ災害研修、実習内容と実施方法の作成

CR警報器、放射線モニタリングシステムを使用した初動対応での検知活動等の検討

- CR警報器（化学剤と放射線の同時に検知）、放射線モニタリングシステムの活用方法
 - 化学剤と放射線の同時に検知
- 遠隔地（現場と対策本部など）、複数拠点との情報共有
- 多機関での情報共有

課題整理

- 初動の警報レベルでの運用と詳細な検知による運用の区別と具体的な運用方法
- 専門機関による支援
- セキュリティ対策
- 無人機等による検知器の運搬の必要性

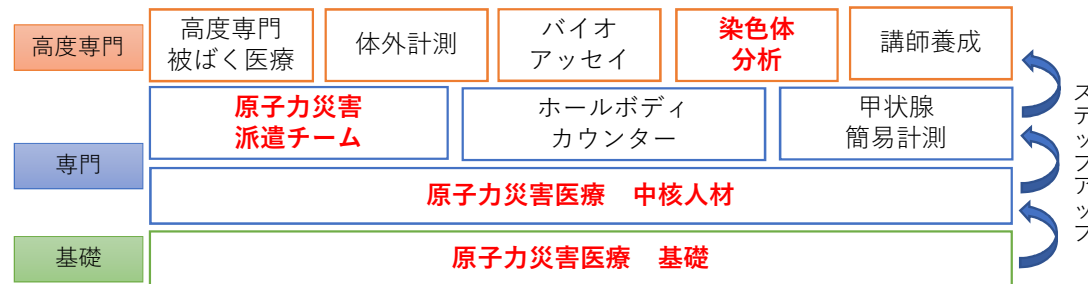
*CBRNEテロ災害とは、化学剤（Chemical）、生物剤（Biological）、放射線（Radiation）、核（Nuclear）、爆発物（Explosion）によって引き起こされるテロ災害。対応には各脅威の性質、防護方法、除染方法、処置等について特殊な知識、技術的、資器材が必要となる。

進捗 2 : 医療機関での受け入れ体制整備

	H30年度	H31年度	H32年度
【調査研究 2】 ・原子力災害時の医療に関する研修の体系化、標準テキスト作成 ・全国の医療機関の被ばく医療診療能力の向上により迅速・適切な被ばく医療を提供する手段の開発	・研修体系提案 ・標準テキスト作成 ・量研の協力協定病院等から情報を収集 ・課題の抽出・整理	・新研修体系での研修によるテキスト内容の検証 ・ テキストの改定案 の提案 ・課題整理 ・多人数の被災者対応を含めた、医療機関での初療マニュアル、教材等作成 ・診療のフローチャートを基にした医療機関での 被ばく医療対応マニュアル の作成 ・効果的研修法を検証	・マニュアル等を再検証 ・医療機関の実状に合わせて改善

研修体系化案での研修の開催、テキスト内容の検証

- 原子力災害医療基礎研修、原子力災害医療中核人材研修、原子力災害派遣チーム研修、染色体分析研修



成果

現行体制の充実

テキスト改定

- マニュアルやガイドライン、指針の改定に合わせた標準テキストの改定
- 24講義分

テキスト新規作成

- 原子力災害拠点病院等の全職員向けの研修資料

量研の実際の対応に基づく資料の整備

- G20大阪サミット対応
- 即位礼等の救急・災害医療体制

医療機関の初療マニュアル作成

- 初療のフローチャート

成果

原子力災害以外でも対応するための教育、技能の習得

- 災害医療との連携における課題の整理
- 災害派遣医療チームとの研修内容の検討と実施
- 医療機関のall hazard approachによるフローチャート、初療マニュアルの作成

進捗 3 : 専門的支援体制等の検討

	H30年度	H31年度	H32年度
<p>【調査研究 3】</p> <ul style="list-style-type: none"> 専門的支援の充実による初動対応、被ばく医療の実効性向上 	<ul style="list-style-type: none"> 専門機関、NWを活用した専門的支援に必要な項目、課題の整理 	<ul style="list-style-type: none"> 専門的支援について、具体的手順、方法、器材等を検討 平常時、災害時に活用できる専門的支援における情報共有システム等について課題等の整理、システム設計 	<ul style="list-style-type: none"> EMIS、H-CRISISとの連携の検討

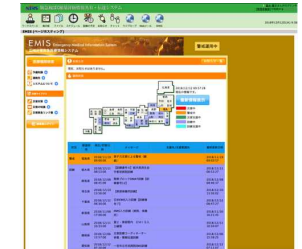
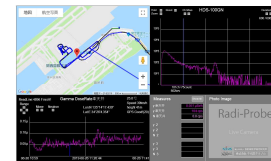
事故等の対応における専門的支援の検討

- 原子力災害とCBRNEテロ災害の相異を踏まえた専門的支援の検討
- G20大阪サミット、即位礼正殿の儀等での救急・災害医療体制における専門的支援
- CR警報器（化学剤と放射線の同時に検知）、放射線モニタリングシステムの活用方法
- 初動対応機関と専門機関の情報共有
- 複数の専門機関の連携
- 多機関での情報共有



検討結果

- 統一した規格での情報（データ）の共有が必要
- 専門が異なる機関間の連携、相互理解が必要
- セキュリティ対策
- 原子力災害医療体制と災害医療体制の情報共有が必要
 - EMIS、H-CRISISのポータルサイトに原子力災害拠点病院等の情報をリンクあるいは掲載



人材育成の支援を検討

- 日本人類遺伝学会 臨床細胞遺伝学認定士の研修のオプションとして染色体分析の画像診断の研修を開催
- 災害医療の対応者への被ばく医療の研修
- 研修へ被ばく医療の専門家派遣

検討結果

- 統一した規格での情報（データ）の共有が必要
- 専門が異なる機関間の連携、相互理解が必要
- セキュリティ対策
- 原子力災害医療体制と災害医療体制の情報共有が必要
 - EMIS、H-CRISISのポータルサイトに原子力災害拠点病院等の情報をリンクあるいは掲載

広域災害救急医療情報システム (EMIS) : 災害時に被災した都道府県を超えて医療機関の稼働状況など災害医療にかかわる情報を共有して、被災地域での迅速かつ適切な医療・救護に関わる各種情報を集約して提供するシステム。平時、災害時を問わず、災害救急医療のポータルサイトの役割も担う。

健康危機管理支援ライブラリー (H-CRISIS) : 健康危機管理事態発生時の地方公共団体や保健所等への情報配信、健康危機事例のデータベース、災害等健康危機管理事態発生時に被災地へ保健師等を派遣するための広域派遣調整データベース等。国立保健医療科学院において運用している。

進捗 4 : モデル地域での研修等

	H30年度	H31年度	H32年度
【検証 1】 ・モデル地域での研修等によるの検証	・モデル地域の選定	・モデル地域で効果的な現場運用のための研修法を検討 ・調査研究 1～3 へ反映	→

モデル地域での研修法の検討と実施

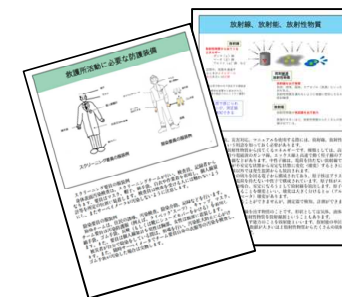
- 原子力災害とCBRNEテロ災害の相異を踏まえ、モデル地域での研修法を検討し、実施**
 - 提案した体系化に基づき、標準テキストを使用して、原子力災害医療の研修を実施
 - 染色体分析研修を実施
- 災害医療との連携として、東京DMAT隊員に被ばく医療の研修を実施
 - 活動要領でNBC災害時にも現場活動を実施する
- 核攻撃、テロ災害、労災事故、RI輸送事故については、原子力災害対策重点区域（24道府県）以外での開催を検討
- 効果的な現場運用のための研修法の検討
 - 警察、消防等の複数の関係機関とのCBRNEテロ災害を想定した机上演習を実施
 - 大規模集客施設を所管する消防本部でCBRNEテロ災害対応研修を実施
 - 各機関のニーズに応じた内容、プログラムの検討
 - 保有する資器材の効果的活動のための実習

成果

- 標準テキストの改定**
 - 床細胞遺伝学認定士・指導士の原子力災害、放射線事故時の染色体分析による線量推定への協力体制の検討
 - 染色体分析による線量推定の人材確保の可能性
- 原子力災害あるいは放射線テロ災害で、原子力災害対策重点区域（24道府県）以外の都県のDMATが活動するための**課題整理**
 - 行政機関による放射線テロ災害現場でのDMATの必要性の認識と体制整備
 - 医療機関による放射線テロ災害現場でのDMATの必要性の認識と人材育成
 - 消防機関等の初動対応機関との調整
 - 専門機関による支援
- 初動対応機関のための研修の**教材の作成**
- All hazard approachによるフローチャート**の作成

成果

- 教材作成
 - 原子力災害拠点病院等の全職員向けの研修資料
 - 原子力災害時医療研修の標準テキスト改定；18講義分
 - 初動対応者向け研修教材；2講義分
- 人材育成体制整備；研修実施
 - 原子力災害医療基礎研修、原子力災害医療中核人材研修、原子力災害派遣チーム研修
 - 染色体分析研修
 - 災害医療派遣チームとの合同研修
- 初療マニュアルのためのフローチャート、マニュアルの作成
- 初動対応のためのフローチャートの作成
- 発表
 - 第7回日本放射線事故・災害医学会(2019.9.21, 仙台市)
シンポジウム4 放射線教育の充実と人材育成「原子力災害時の医療に関する取り組み」



自己評価

評価の視点	自己評価	コメント
<p>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</p>	<p>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</p>	<ul style="list-style-type: none"> 核攻撃、放射線テロ災害等を含めた迅速、的確な初動対応、医療機関での診療、関係機関間の連携による実効性向上に必要な情報収集、課題整理、対応手順（フローチャート）、マニュアル、教材の作成は計画通り実施でき、次年度以降の検証が可能。 昨年度提案した原子力災害時の医療に関する研修体系化に基づき、標準テキストを使用した研修を実施した。さらに標準テキストを改定、新規作成し、次年度以降に使用可能。 専門的支援体制の課題整理ができ、情報共有システムの活用、災害医療との連携について検討した。 高度専門研修（染色体分析研修）、災害派遣医療チームとの研修について、具体的な研修内容を計画し、実施した。 RI事業所、輸送による事故での医療機関等との連携、危険時の措置の課題及び聞き取り調査の項目を整理する計画であったが、令和元年度放射線対策委託費（被ばく傷病者への対応のための研修）事業が実施されている。
<p>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</p>	<p>1 必要ない 2 軽微な変更が必要 3 大幅な変更が必要</p>	<ul style="list-style-type: none"> 初動対応、医療機関での対応について、整理した課題の解決策の検討、教材、マニュアル等の作成を計画通り実施予定。 今年度の成果物を使用して、研修の実施を計画通り実施予定。 専門的支援体制の具体的項目、方法、情報共有システム、放射線モニタリングシステム等の活用について検討と検証を実施予定。

次年度計画

	H30年度	H31年度	H32年度
【調査研究1】 ・迅速、的確な初動対応、関係機関間の連携による実効性向上	・情報収集 ・課題の比較・抽出・整理	・情報収集、課題整理 ・検知と初動対応手順、スクリーニング等の検討 ・マニュアル、教材等の作成	▲ ▲ ・マニュアル等を再検証 ・各地域の実状に合わせて改善
【調査研究2】 ・原子力災害時の医療に関する研修の体系化、標準テキスト作成 ・全国の医療機関の被ばく医療診療能力の向上により迅速・適切な被ばく医療を提供する手段の開発	・研修体系提案 ・標準テキスト作成 ・量研の協力協定病院等から情報を収集 ・課題の抽出・整理	・新研修体系での研修によるテキスト内容の検証 ・テキストの改定案の提案 ・課題整理 ・被ばく医療対応マニュアルの作成 ・効果的研修法を検証	▲ ▲ ▲ ▲ ・テキストの改定案の提案 ・マニュアル等を再検証 ・医療機関の実状に合わせて改善
【調査研究3】 ・専門的支援の充実による初動対応、被ばく医療の実効性向上	・専門機関、NWを活用した専門的支援に必要な項目と課題の整理	・専門的支援について、具体的手順、方法、器材等を検討 ・平常時、災害時に活用できる専門的支援における 情報共有システム について課題等の整理、システム設計 ・情報共有システムを使用した訓練等での検証	▲ ▲ ・EMIS等との連携の検討
【検証1】 ・モデル地域での研修等によるの検証	・モデル地域の選定	▲ ・モデル地域で効果的な現場運用のための研修法を検討 ・パイロットコース（災害医療等）の開催 ・調査研究1～3へ反映	・モデル地域での研修実施による研修法の検討

▲ 有識者等による技術検討会

平成31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)
放射線安全規制研究推進事業

染色体線量評価手法の標準化に向けた 画像解析技術に関する調査研究

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
数藤由美子 (主任研究者)

研究概要(1)

課題名 「染色体線量評価手法の標準化に向けた画像解析技術に関する調査研究」
研究期間:平成30年度～平成31年度(2年間)

背景・目的

- 染色体解析、特に末梢血リンパ球培養による**二動原体分析法**は、鋭敏で最も信頼性の高い生物学的線量評価法として国際的に標準化されている。細胞培養から染色体画像撮影までは自動化が成し遂げられた。しかしながら、画像判定は依然として人の目視によるため、**染色体判定基準の機関間および判定者間の変動が顕著**であること、また、**結果を得るまでの時間と労力が大きい**ことなどから、大規模放射線事故時に際し複数の機関が分析を行う場合に問題を生じることが予測される。
- 本研究(フィージビリティ・スタディ)では、染色体判定者の主観や習熟度の差に影響されない効率の良い自動画像分析技術として、**人工知能(AI)技術導入**の有用性や実現可能性を試験・評価し、**大規模放射線事故(特に初期のトリアージ段階)の被ばく医療診断支援**への適用を検討する。

期待される成果

- 染色体のAI自動解析技術の導入により、**生物学的線量評価の標準化・迅速化**(1検体3日以上要していた目視検査が僅か10分程度で可能)が達成される。これにより、**大規模放射線事故時における被ばく医療診断支援に大きく貢献**できる。

研究概要(2)

実施状況(当初の計画以上に進捗)

今年度(最終年度)は以下を実施

① 関連情報の収集・更新(随時)

- ✓ 国際会議3件、国内学会3件、国際学会1件、英国PHE研究会合(統計解析手法の情報収集を含む)
- ✓ 企業展示会(AI・人工知能EXPO)、AI関連企業ヒアリング7社、染色体検査会社ヒアリング1社→ AI技術導入試験の外部委託先候補を選定(入札により5月に1社決定)

② テスト用画像データ(0~5 Gy照射血由来)準備(前年度分を含め計14,699枚)

③ AI技術導入試験Phase 1の実施(プレテスト 5~6月、本試験 9~12月)


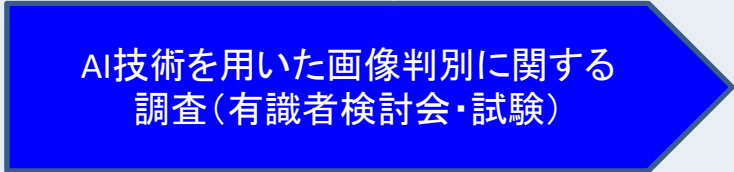

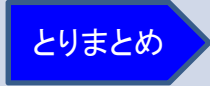
④ 検討委員会の開催(画像検討会 8回、各分野専門の検討委員による研究会合 3回)

⑤ 今後の研究課題の明確化(12月)

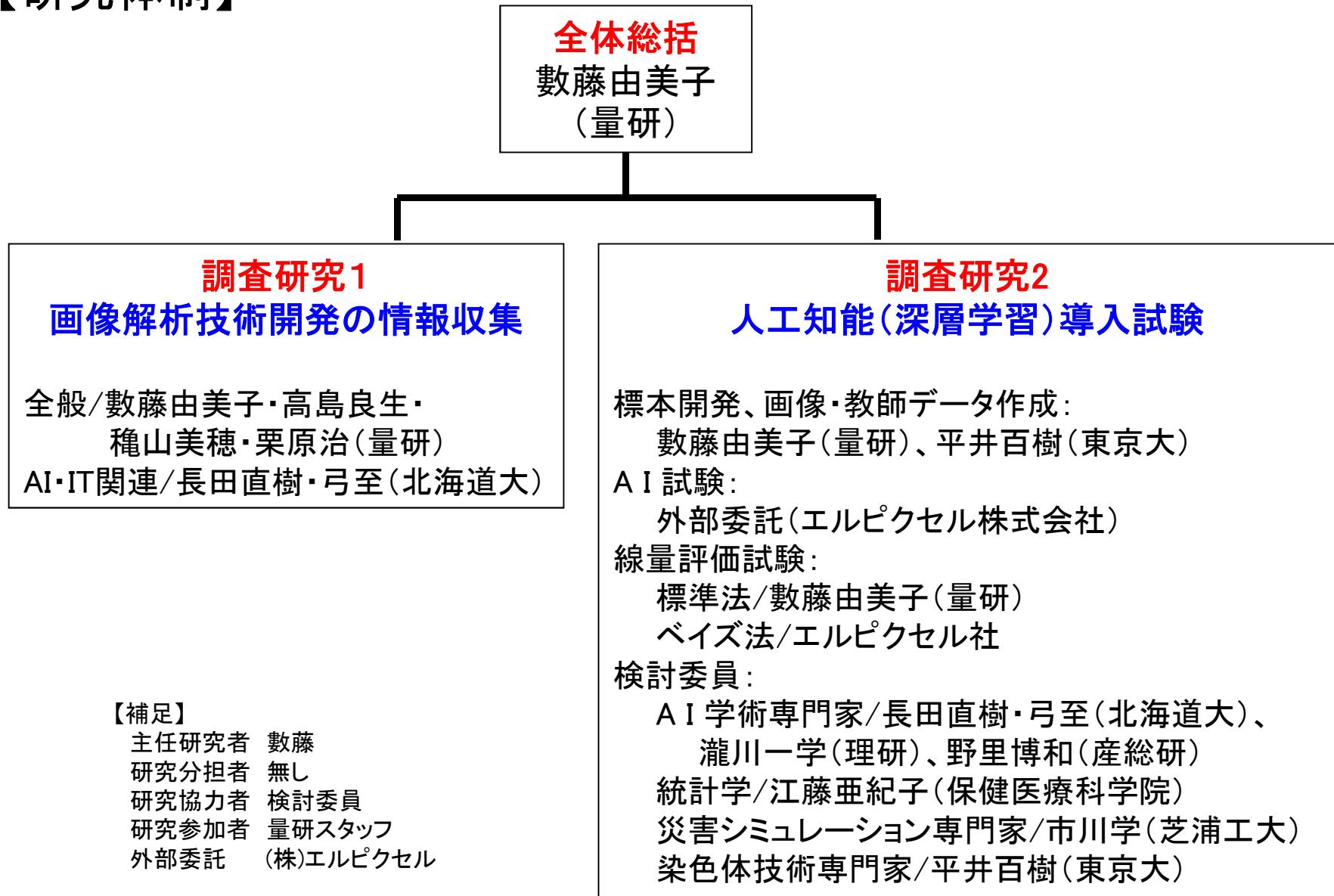
- ✓ **基盤技術の構築**: 深層学習手法を導入した**学習モデルの試作**、**AIに適した標本・画像作成法の確立**[実際の運用で必要となる多検体対応の細胞培養法の確立(論文受理)を含む]、線量推定法の検討(最尤法・ベイズ法)
- ✓ **AI導入の評価**: **試作モデル**で約50細胞の画像データ(**トリアージ・レベル**の線量評価対応の標準観察数)から、2 Gy未満と2 Gy以上の被ばくを判別できた(95%信頼区間の上限値をもとに線量推定)。
- ✓ **線量推定作業の高度の効率化**: 1検体当たりの画像判定(1000細胞として)が**3日以上(目視)から10分(AI)へ**。

⑥ 本格開発研究準備開始、線量推定試験画像数を増やして論文投稿へ(1月~3月)

【ロードマップ】

実施項目	平成30年度	平成31年度
調査研究1: 染色体線量評価における画像解析技術開発の情報収集	 <p>情報収集</p>	
調査研究2: 人工知能学習技術をはじめとする画像判別手法に関する調査 (サブテーマ: 数理統計処理に関する調査)	 <p>AI技術を用いた画像判別に関する調査(有識者検討会・試験)</p> <p>▲ 情報収集開始</p> <p>▲ 試験の準備・実施</p>	 <p>統計処理法の調査 (有識者検討会)</p>
総括		 <p>とりまとめ (課題抽出・提言)</p>

【研究体制】



【今年度実施概要1 背景と目的】

■ 染色体解析、特に末梢血リンパ球培養による**二動原体分析法**は、鋭敏で最も信頼性の高い生物線量評価法として国際的に標準化されている。細胞培養から染色体画像撮影までは自動化が成し遂げられた。ポアソン分布する染色体異常の画像判定は観察細胞数が多いが、分析の自動化は未だ完成されず、人力を頼っている。**染色体判定基準のラボ間・判定者間の変動は大きく(図1)、結果を得るまでの時間と労力が大きい(1検体当たり1000細胞観察で、高度熟練検査者でも総目視時間30時間以上、労働期間にして3日以上かかる)ことから、実際の事故対応に際しては大きな問題をはらむことが予測される。**これは実際に我々が2011年3~6月、福島原発事故緊急作業員12名の検査を実施した経験から得た教訓でもある[Y. Suto et al., Health Physics, 2013]。**画像判定の標準化・迅速化は長年の大きな課題**である。定性的な一般染色体検査(核型分析)と異なり膨大な観察細胞数が必要な二動原体分析でのAI技術導入の効果は絶大である。

■ 本フィージビリティ・スタディでは、染色体検査者の主観や習熟度の差に影響されない効率の良い自動画像分析技術として、**AI技術の導入の有用性・実現可能性を試験・評価する。**大規模放射線事故、特に初期のトリアージ段階での、被ばく医療診断支援への適用が期待される。

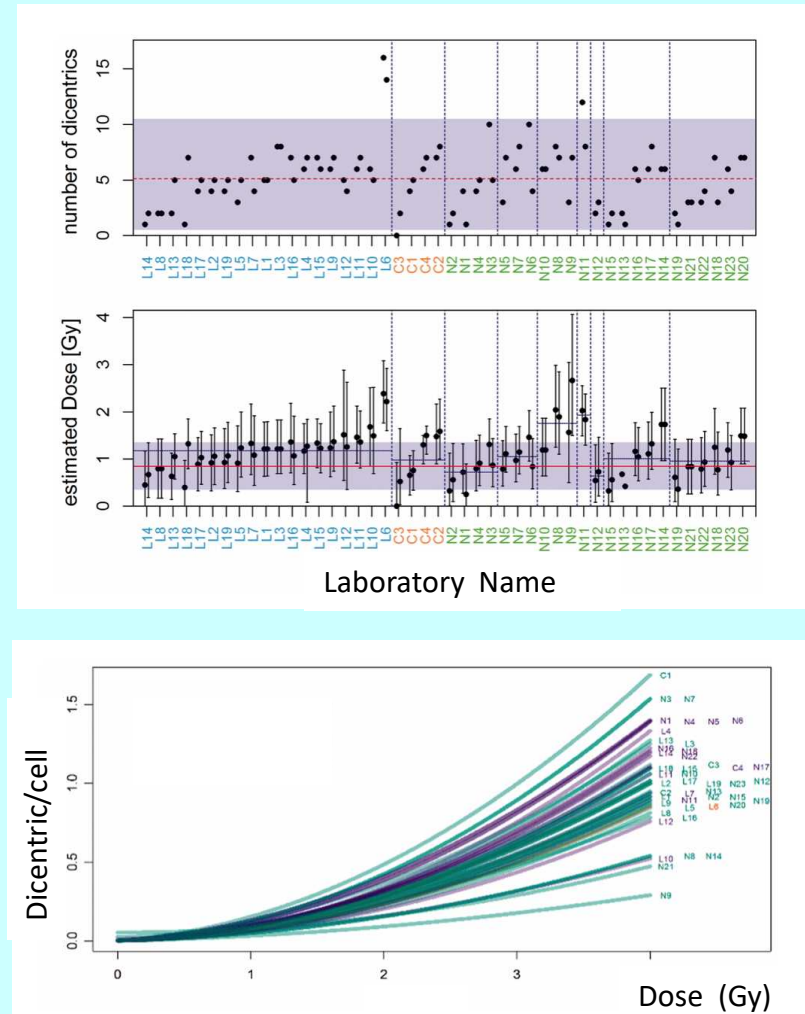


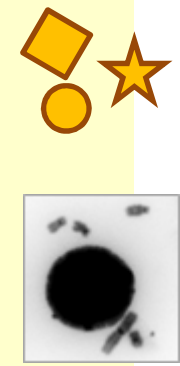
図1. 二動原体分析のラボ間比較 [U. Oestreicher ら(2017)より]。長年の訓練でもギムザ染色法による目視判定分析では、判定基準の統一化が難しい。ラボや人によって検量線は異なり(下図)、また同じ標本や画像を用いても、検出する染色体異常数や推定線量に違いが生じる(上図)。

【今年度実施概要2 研究の流れ】

4~6月
AI導入試験
Phase 1 プレテスト

Faster R-CNN (畳み込みニューラルネットワークを利用した深層学習手法)

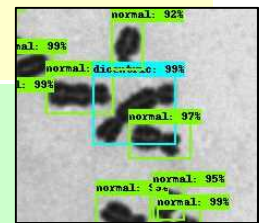
- ▶ 「COCOデータセット」(20万枚以上の一般的な画像)で形態を学習させる = 転移学習(少数データ対策)
- ▶ 少数のメタフェーズ画像で学習させる (66枚)
 - ・ 熟練者による教師データ作製(目視アノテーション)
 - ・ 教師データで深層学習→ 性能評価試験(染色体の「検出」と「分類」の性能)
- ▶ 教師データを増やして効果を確認 (95枚)



7月~
教師データの最適作成法
を確立・データ増加

教師データ増加 (0~5 Gy照射標本画像のアノテーション)

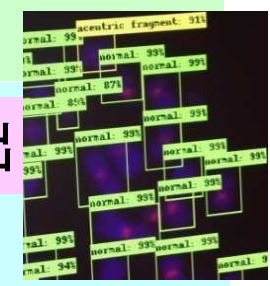
- ▶ AIによる自動アノテーション → 熟練者による修正
 - ・ 準備画像(12月末現在) 14,699枚



9月~
AI導入試験
Phase 1 本試験

AI画像判定モデルの向上・評価・課題抽出

- ▶ 再学習による染色体の「検出&分類」能力の向上
- ▶ 線量効果曲線(検量線)の試作・性能評価



1月~
とりまとめ/論文投稿/本格研究への準備

(注)一連の図は画像判別の進化をイメージしたもの

【今年度実施概要3 教師データ作成法】

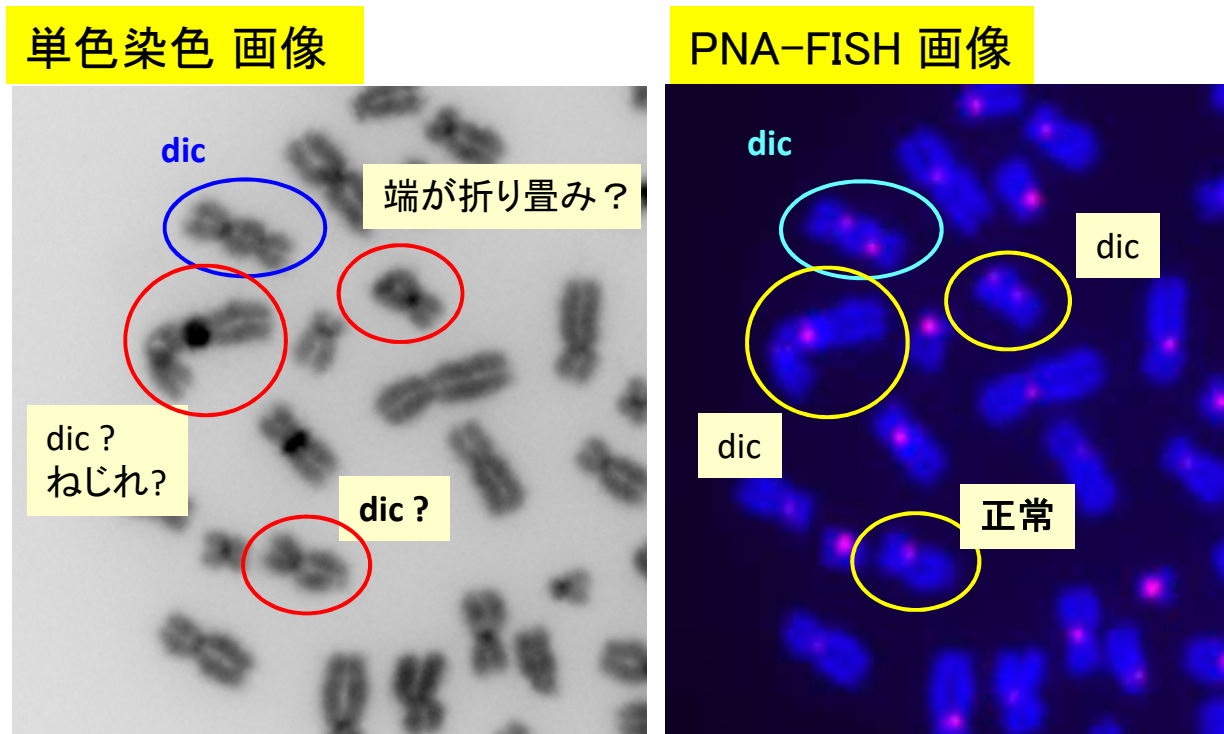


図2. メタフェーズ像(一部)。dic: 二動原体 (dicentric)

教師データ作成方法

- **ギムザ染色**では、画像判定に時間を要し、染色体のねじれなどを正確に判定することはできない(図2)。アジアネットワークの調査経験もあり(右解説参照)、本研究では、PNA-FISHの併用(単色染色による染色体形態検出と蛍光標識による動原体検出)により、**正確な教師データ**を作製することとした。**Phase 1 プレテスト**において、AI 利用に最適な標本・画像作製条件を決定した。
- 教師データ作成ではアノテーション・ソフトウェア Labellmg を用いた(図3)。各画像上の染色体に分類名をラベルすると、位置情報を伴うXML形式で保存される。

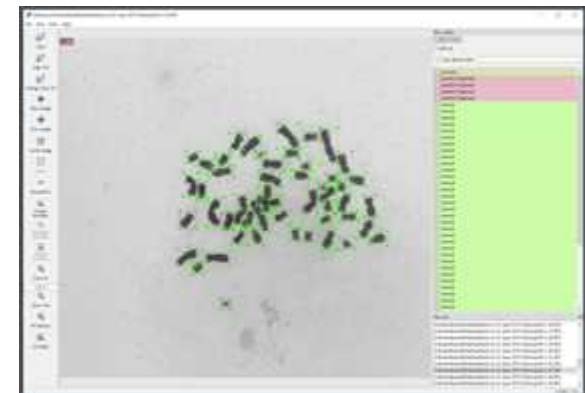


図3. Labellmg を用いたアノテーション実行イメージ。熟練者が染色体1個1個を矩形で囲み、分類名を与えることで教師データができる。

アジアネットワーク 二動原体分析比較調査 2019

* 量研機構が実施 (参加4カ国、11ラボ、32名、経験年数は2年~22年と多様)。本研究で作成した**単色染色**画像(3.0 Gy、200枚)で判定実施後、同一細胞の**PNA-FISH**画像を提供し判定、比較。

[結果]

PNA-FISH像では**全ラボ**で採択細胞も判定も一致(推定線量3.0 Gy)。
→ **PNA-FISH**解析の**精度の高さ**が証明された。

【今年度実施概要4 Phase 1・本試験の実施】

材料： 0～5 Gy照射の末梢血由来染色体画像 約15,000枚(内訳は表参照)

方法： AI導入本試験を実施し、AIによる画像判定支援の有効性を検証する。

1) 機械学習アルゴリズムを学習させるための正確なタグ(異常染色体・正常染色体など)を付したアノテーション済みのデータセットである画像1190枚(モデル学習の訓練用セット832枚、繰り返し検証用セット180枚、テスト用セット178枚)を用い、モデルの学習を行い、染色体の検出と分類の性能を調べる。

2) 1)のテスト用セットにより、線量効果関係を確認する。

3) アノテーションを行っていない残りの全画像のうち、染色体数42～50個の画像を用い、線量推定を試みる(最尤法とベイズ法)。

① 各線量からトリアージ・レベルの線量推定用のサンプルをとり(70枚×3セット)、残りのデータセットで線量効果関係式(検量線)を試作する。

② ①の検量線に対して、2Gy判別を試験する。(注)

表1. 画像の準備状況(上)および含まれる染色体の分類別個数(下)

線量 (Gy)	全画像枚数	アノテーション済み
0	1868	209
0.5	2260	0(追加予定)
1	2603	199
2	3630	217
3	2783	326
4	1432	127(追加予定)
5	112	112
合計	14688	1190

(注)急性放射線症候群の前駆症状に対し医学的な介入が必要となる基準である2 Gy以上の放射線照射血液サンプルについて検証する。

クラス分類	Total	⁶⁰ Co-ガンマ線照射における吸収線量					
		0 Gy	1 Gy	2 Gy	3 Gy	4 Gy	5 Gy
Normal	52717	9460	9080	9717	14337	5341	4782
Dicentric	598	2	15	68	197	145	171
Fragment	998	2	26	103	353	236	278
Others	137	16	5	14	51	17	34

【進捗1 染色体の検出・分類と線量効果関係】

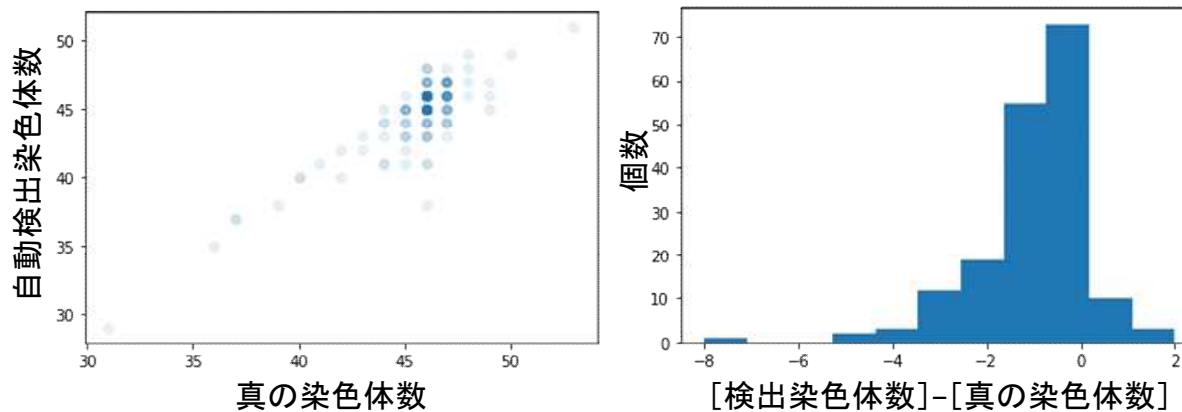


図4. 実際の染色体数とAI自動検出された染色体数(左)および自動検出された染色体数と実際の染色体数の差の分布(右)

- 染色体検出力98%(人がパラメータ設定をする機械学習法では検出力40~50%)
- 線量推定の検証では42~50染色体を含む画像を用いることとした。

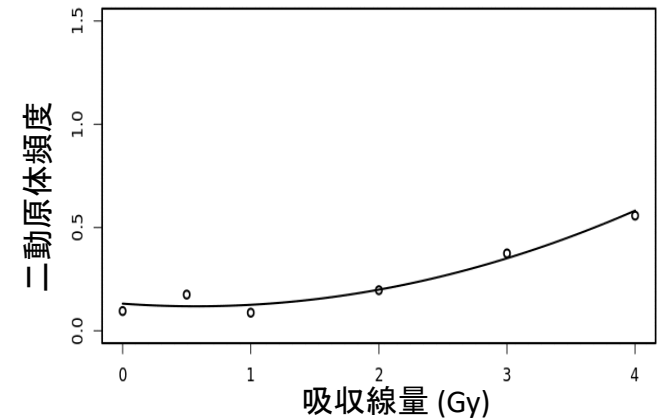


図5. 線量とAI自動検出による二動原体頻度

→ 線量効果関係が認められた。

参考:

感度 $Recall = \frac{True\ positives}{True\ positives + False\ negatives}$

精度 $Precision = \frac{True\ positives}{True\ positives + False\ positives}$

特異度 $Specificity = \frac{True\ negatives}{False\ positives + True\ negatives}$

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩		
① normal	7754	17	5	0	0	0	0	0	0	0	132	normal Recall: 0.981
② dicentric	36	36	0	0	0	0	0	0	0	0	5	Precision: 0.989
③ fragment	6	0	94	0	0	0	0	0	0	0	37	Specificity: 0.789
④ centric ring	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	<u>Dicentric chromosome</u>
⑤ broken chromosome	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	6	Recall: 0.468
⑥ tricentric	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Precision: 0.667
⑦ iso-chromatid break	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Specificity: 0.998
⑧ other abnormalities	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	<u>Acentric fragment</u>
⑨ normal (partially broken)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Recall: 0.686
⑩ not detected	35	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	Precision: 0.904
												Specificity: 0.999

図6. テスト用データセットを用いたモデルの精度検証結果

→ 1月以降の開発でいっそうの精度向上を試みる。具体策としては、現解析で用いた標本では染色体正常細胞が多く含まれているという偏りがあるので、AI画像分析で使われている諸法などで染色体異常の画像数を増やす。

【進捗2 検量線試作試験】

二動原体 (標準法) (注1)

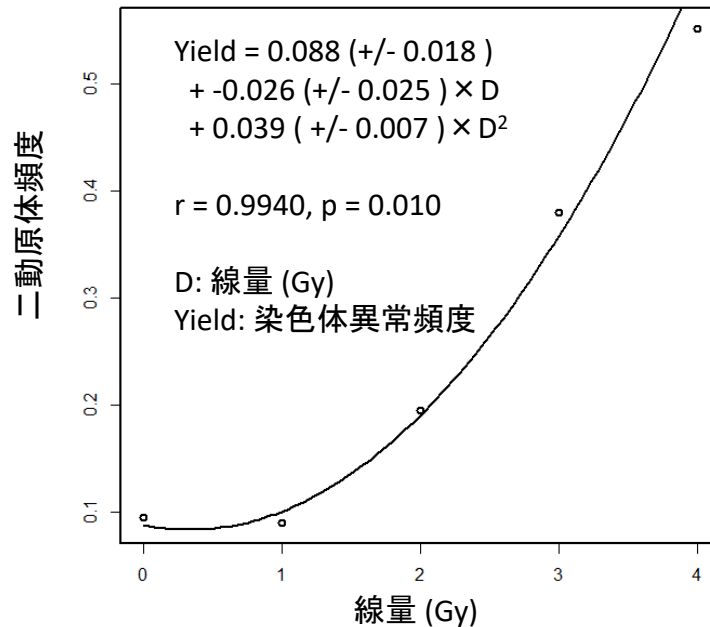


図7. AI自動画像判定により作成された検量線

→ 臨床判断で用いられる95%信頼限界上限値で、**2 Gyのトリアージ判定** (注2, 3) **が可能であることがわかった。**

* ベイズ法でも同様の結果を得た(データ省略)。

→ **十分な細胞数をとれば精度の高い線量推定も可能であると期待できる。**また、解析速度からいって、トリアージ用でも細胞数は100個以上としても良いといえる。

表2. AI画像判定によるテスト用画像のトリアージ線量評価試験結果

Dose (Gy)	Set	Dicentrics	Cells	Estimated Dose (Gy)	95% LCL	95% UCL
0	1	6	61	0.95	0.34	2.17
0	2	1	57	0.00	0.34	0.94
0	3	10	57	1.88	0.43	2.83
0	total (1-3)	17	175	0.92	0.34	1.70
0	4	126	1319	0.89	0.34	1.22
1	1	3	57	0.00	0.34	1.68
1	2	3	59	0.00	0.34	1.63
1	3	5	62	0.08	0.34	1.98
1	total (1-3)	11	178	0.00	0.34	1.17
1	4	183	2088	0.65	0.34	1.01
2	1	10	57	1.88	0.43	2.82
2	2	12	60	2.07	1.05	2.96
2	3	15	54	2.58	1.70	3.45
2	total (1-3)	37	171	2.19	1.67	2.69
2	4	553	2815	2.05	1.92	2.17
3	1	43	57	4.51	3.80	5.25
3	2	18	63	2.62	1.83	3.42
3	3	24	59	3.23	2.48	4.01
3	total (1-3)	85	179	3.52	3.10	3.95
3	4	770	2055	3.08	2.96	3.21
4	1	29	54	3.76	3.01	4.56
4	2	34	61	3.84	3.14	4.58
4	3	41	63	4.17	3.49	4.89
4	total (1-3)	104	178	3.94	3.53	4.36
4	4	576	1033	3.84	3.67	4.01

(注1) 国際標準法では染色体異常の出現がポアソン分布をとるものとして、最尤法を用いる。

(注2) 通常の被ばく事故時トリアージ・レベルの線量推定では、ISO推奨プロトコールに基づき、**目視で50メタフェーズの観察を行う。**

(注3) 深層学習を用いず人がパラメータ設定をする機械学習法では3 Gy以上しか分離できなかった。

【進捗2 検量線試作試験】

染色体断片（標準法）

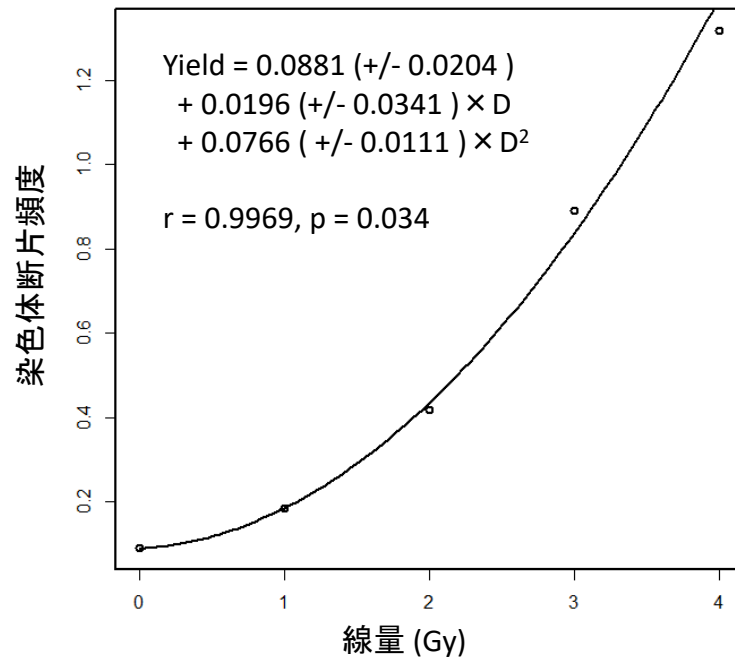


図8. AI自動画像判定により作成された検量線

表3. 染色体断片を指標としたAI画像判定によるテスト用画像のトリージ線量評価試験結果

Dose (Gy)	Set	Frg	Cells	Estimated Dose (Gy)	95% LCL	95% UCL
0	1	7	61	0.48	0.00	1.27
0	2	3	57	0.00	0.00	0.81
0	3	4	57	0.00	0.00	0.97
0	total	14	175	0.00	0.00	0.66
1	1	15	57	1.39	0.76	2.00
1	2	6	59	0.31	0.00	1.20
1	3	6	62	0.23	0.00	1.14
1	total	27	178	0.79	0.29	1.19
2	1	20	57	1.73	1.16	2.31
2	2	30	60	2.19	1.68	2.73
2	3	24	54	2.03	1.48	2.61
2	total	74	171	2.00	1.69	2.31
3	1	43	57	2.82	2.32	3.36
3	2	71	63	3.56	3.09	4.05
3	3	50	59	3.02	2.53	3.54
3	total	164	179	3.16	2.88	3.45
4	1	77	54	4.05	3.55	4.58
4	2	78	61	3.82	3.35	4.31
4	3	93	63	4.13	3.67	4.61
4	total	248	178	4.00	3.73	4.28

→ 本研究で染色体断片が線量評価の指標になることが見出された。

→ 2 Gyのトリージ判定が可能であることが示された。

* ベイズ法でも同様の結果を得た(データ省略)。

→ 二動原体と染色体断片の情報を併用するのほひとつの方法となる。

【進捗3 考察・その他の情報】

■ AIによる画像分析で、トリアージ・レベルの線量推定が試作段階でも実現した。今後の本格開発により、0.5 Gyと1 Gy、1.5 Gyと2 Gy、といったより細かな判別を高度に効率よく実施することが期待できる。

■ 年度末まで試験セット数を増やすなどしてAIによる二動原体自動分析検証を重ね、この分野での先鞭をつけた成果の論文投稿を予定。今後、細胞数を増し、本フィージビリティ・スタディで得られた従来注目されていなかった情報(染色体断片生成頻度)も加えることにより、更に効率よく線量推定が可能となることもわかった。

■ 動原体が特定できるPNA-FISH画像を用いた教師データを増加することで、単色染色画像からの情報[形態、染色の濃淡、二動原体生成に伴う付加情報(染色体断片など)]により、二動原体判別がより効率化した。将来は単色染色画像の学習モデルのプロトタイプも改善されることが期待できる。

■ 通常のラボの画像解析用PCスペックでも、1検体(1000細胞)につき10分程度で可能。

■ PNA-FISHを利用することは容易であることがわかった。

* コスト:プローブ代1検体につき約4~8円、染色時間30分~1時間(ギムザ染色は15分)。国内の多くの染色体解析ラボ・検査会社で技術は確立されている。

AI を利用した染色体画像判別の性能向上(見込み)

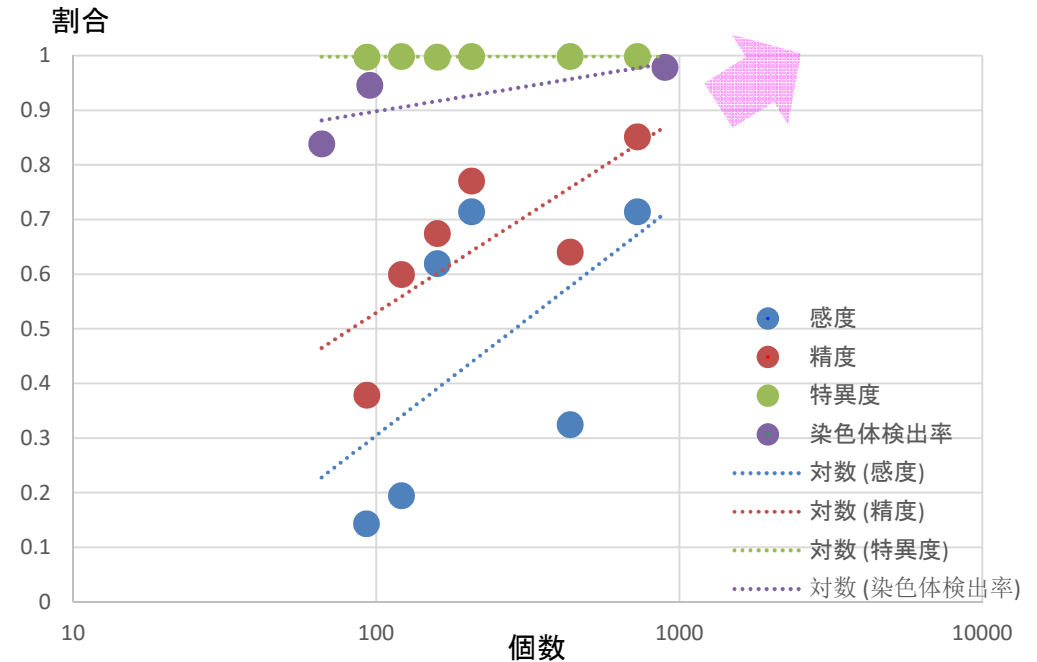


図9. テストごとの染色体検出率および検出された各種染色体異常の個数と正確さとの関係

染色体検査会社のAIによる核型分析正答率~100%(既に実用化)

医用画像研究実例 ~2000画像

→ 多検体対応で
大きな力となる

【進捗4 今後の課題】

今年度抽出した以下の課題について、1月以降、研究を進める。

- ① 現段階では、正確な教師データが得られ、かつ、実際の運用上(コスト、技術をもつラボ数など)支障が無いことがわかったPNA-FISH画像を用いたAI自動画像判定技術開発を進めていくこととする。[AIの特性から、将来、教師データや訓練回数の増加によって単色染色(PNA-FISH画像のもつ対比染色像)のみでも判定が可能となることは期待できる。]
- ② 教師データの分類種間バランスを良くし、判別精度をさらに上げ、1 Gy判定やより細かな線量の区別を可能にする。
- ② テストセット数を増やし、検証をより強く行う。
- ③ 画像品質差対策として、現段階では1000～3000枚の画像をAIにより自動選別(分析候補画像提示)する手法を提案するが、将来的には、AI自動分析ベーシック・モデルを開発し、ラボごとに一定枚数の画像を借り受けて調整する機能を持たせる方向で進める。モデルの向上・配布については量研機構で一括管理する方向で進める。
- ④ 現段階では線量推定で試用した標準法(最尤法)もベイズ法も差違が無いが、今後学習モデルの教師データ量ビッグ・データ化するとベイズ法の有用性が見えてくる可能性があるがあるので、両方法に注視していく。
- ⑤ 以上の方向性を原案に、また平成31年度に確立した多検体全血培養法・長期保存細胞培養法等を交えて、運用ストラテジーを作成する。(検体受け入れから線量評価までのシステム案・標準化・管理方法の提案を年度末報告書に記載する予定である。)

【平成31年度 成果公表】

■ 原著論文

1. Y. Suto, et al., Cytogenetic Examination of Human Peripheral Blood Lymphocytes Cryopreserved after Gamma Irradiation: A Pilot Study. *Cytologia*, 85(1), 2020, in press.

■ 学会発表

1. Y. Suto, Radiation cytogenetics in Japan: current state and perspectives. ICRR 2019, シンポジウム(マンチェスター、8月25日)
2. 弓至, et al., Chromosome dose evaluation by image recognition AI using deep learning. 日本進化学会第21回大会(札幌、8月7日～10日)
3. 弓至, et al., Abnormal chromosome detection by image recognition AI using deep learning. 日本バイオインフォマティクス学会2019年年会・第8回生命医薬情報学連合大会(東京、9月9日～11日)

■ 取材(記事)

1. 共同通信社 臨界事故20年特集「被ばく線量 AIが推定」(9月6日、西日本新聞ほかで掲載)

■ 国際標準化機構 プロトコール (Y. Suto、作成メンバー)

1. International Organization for Standardization (ISO): ISO 20046: Radiological protection – Performance criteria for laboratories using fluorescence in situ hybridization (FISH) translocation assay for assessment of overexposure to ionizing radiation (ISO/TC85/SC2, 2019).

■ 教科書 図説提供 (染色体画像等、Oxford社英語版1件、Springer社ドイツ語版1件)

【平成31年度 その他の研究会合・学会参加・情報収集】

- 1) 研究会合 3回 (なお、第1回会合を欠席された検討委員1名については個別会合をもった)
- 2) 画像検討会(教師データ作成) 8回
- 3) 染色体線量評価・人工知能研究に関連した学会・会議
 - * 国際会議: ISO, Working Group 18(生物線量評価)(マンチェスター、8月)
ISO, 本会議およびWorking Group 25(放射線事故時の住民・作業員線量モニタリング)(岡山、11月)
 - * 国際会議: ARADOS 2019(北京、11月)(アジア線量評価ネットワーク会議。本研究のテストセットを用いて目視判定による Intercomparison Studyを主催。レビュー論文投稿予定)
 - * PHE訪問・講演実施(ジドコット、8月)
 - * 国内学会: 日本メディカルAI学会(東京、1月31日～2月1日参加)
 - * 第3回AI・人工知能EXPO(東京、4月)、AI関連企業ヒアリング7社、染色体検査会社ヒアリング1回

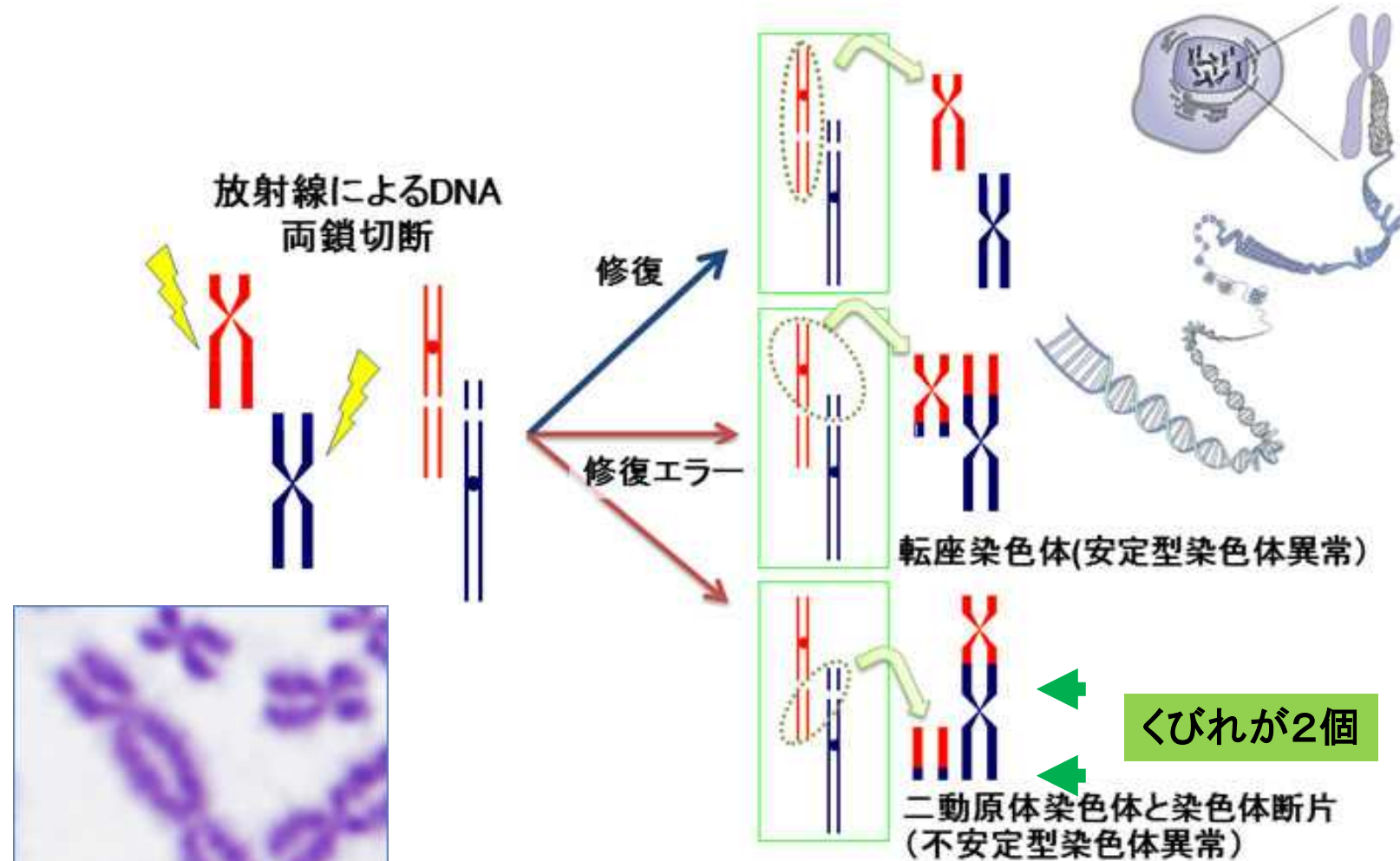
【自己評価】

1. 研究代表者(主任研究者)による自己評価

評価の視点	自己評価	コメント
評価時点までの研究の実施が研究計画に沿って行われているか	計画を上回る	AIによる画像判定支援の有効性を明らかにするために、0～5 Gyに相当する放射線照射血液から作成した染色体画像(約15,000枚)を用い、AI導入試験を実施した。深層学習により、現試作段階の学習モデルでも、これまで検査者の目視観察により、1検体(1,000細胞)当たり3日以上要していた画像判定が、AI自動画像判定10分間で良好な精度での評価が可能となった。さらに、急性放射線症候群の前駆症状に対し医学的な介入が必要となる基準である2 Gy以上の放射線照射血液サンプルについて、患者の見逃しなく判別が可能となった。本成果は原子力災害をはじめとする多数の被ばく者を生じる放射線事故に対し、トリアージに必要な判断材料として適用できる可能性を示唆するものである。AIにより画像判定の標準化が達成されることで、ラボや国の別なく協働で線量評価を行うことができるようになる。今後、本格開発研究で教師データの染色体画像を増やす等により、1 Gy以下の放射線照射血液の判別についても精度向上が期待される。
今年度の進捗や達成度を踏まえて、次年度の研究計画に変更が必要か	今年度で終了	平成31年度末に本研究(フィージビリティ・スタディ)は終了する。 本研究ではAIによる画像判定支援の有効性を示す重要な結果が得られており、今後、画像判定の標準化に向け発展させる。

2. 分担研究者による自己評価 (分担研究者 無し)

放射線被ばくによる染色体異常の形成



二動原体染色体像

[QST e-learning 教材を改変]

平成30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)
放射線安全規制研究推進事業

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

主任研究者

九州大学大学院医学研究院先端医療医学講座

災害救急医学分野

永田高志

分担研究者

鹿児島大学救命救急センター 有嶋拓郎

2020年2月5日 原子力規制庁成果報告会

課題名 「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」 研究期間:2018年～2020年(3年間)

背景・目的:

平成30年の新しい原子力災害指針に基づく実効性のある原子力災害医療体制の構築をするため、ワークショップを通じ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した業務継続計画BCP(以下単に「BCP」という。)を策定し、合わせて原子力災害時のリスクコミュニケーションのあり方を習得する。

実施状況:

- ・平成30年度での研究成果を踏まえて、平成31年度(令和元年度)は原子力災害拠点病院のためのモデルBCPを策定するとともに、原子力災害時に必要なリスクコミュニケーションのあり方に関するワークショップを開発した。
- ・リスクコミュニケーションについては、災害時の安全配慮義務や病院職員の事前の原子力災害に関する啓発を踏まえたものとした。
- ・各地域の実情を踏まえた複合災害としての原子力災害を想定し、原子力災害医療・総合支援センター(弘前大学、福島県立医科大学、広島大学、長崎大学)と協力して、茨城県(19年12月)、鹿児島県(19年12月)、青森県(20年1月)、そして島根県(20年1月)で実施した。
- ・4回のワークショップの実施で6原子力災害拠点病院から71名が参加した。アンケートによる全体評価は5点満点で4.2点で、原子力災害拠点病院にとってBCP策定の必要性とリスクコミュニケーションへの理解が得られ、参加者からは一定の評価が得られた。



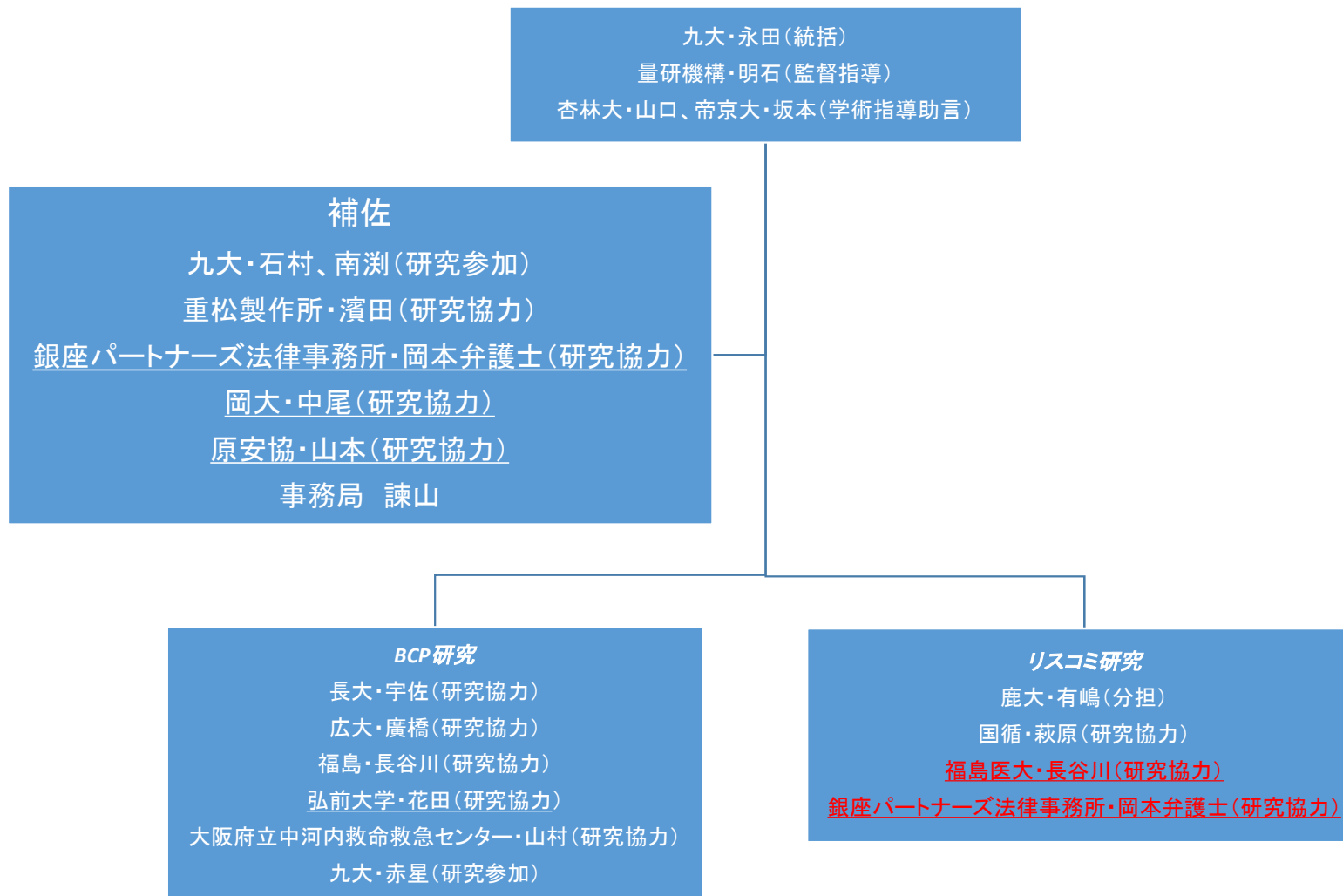
2020年1月7日青森県庁にて
住民説明会を想定したリスクコミュニケーション 演習

期待される成果:

1. 全国の原子力災害拠点病院において複合災害としての原子力災害を想定したBCPを策定することで、より実効性のある原子力災害医療体制の構築に貢献できる。
2. 病院職員への災害時の安全配慮義務やリスクコミュニケーションを通じて平時から原子力災害に備えることができる。

研究体制図(平成31年4月1日～)

(下線部はH31年度からの追加者 ※赤文字は評価委員会の指摘を受けて追加)



平成30年度報告会での指摘を受けて

指摘1 緊急対応との関係、及び外部評価・リスコミ等との関係を明確にすべき

BCPのあり方を研究する中で、BCP策定の世界的権威であるNPO団体 Disaster Resilience Institute (DRI)が提示するモデルにはBCPの中で緊急対応や危機広報が明確に位置付けられていることが明らかとなった。危機広報とはリスクコミュニケーションであり、BCPの中で病院内外の関係者にタイムリーに的確な情報を提供することが求められるとされている。このことから、原子力災害拠点病院のBCPにもリスクコミュニケーションの観点を盛り込むこととした。加えて、BCPの妥当性を担保するために、チェックリストを用いて外部評価することとした。

指摘2 リスコミの研修には座学に加えて実学が必要なので、実績のあるコミュニケーターの協力が必要ではないか

令和元年度研究班に新たに岡本正弁護士(災害復興学)に加わって頂き、論点の整理を行った。福島第一原発事故時には原子力災害や放射線に対して人々(医療従事者も含めて)は強い恐怖心を抱いたと言われているが、一方で、原子力災害時の医療対応では福島県立医科大学等の対応事例からも多くのマンパワーが必要となることが明らかになっている。原子力災害時に職員を参集させるためには、安全配慮義務の観点からも平時からのリスクコミュニケーションが必要となるが、現時点では学習する機会も少ない状況である。原子力災害拠点病院のモデルBCPにおいて、リスクコミュニケーションのあり方(ポイント)を明確に示すとともに、ワークショップでは講義に加えてシナリオに基づく演習を行うこととした。

実施状況 ロードマップ

	H30年度	H31年度(R1年度)	R2年度
【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	▲ ①情報収集(国内外の知見) ②インタビュー ③質問調査 ⇒課題の比較・抽出・整理	▲ ・研修モデルの検討開発	▲ ・モデルBCP策定 ・パイロット研修の実施 ・フィードバック
【調査研究2】 策定された業務継続計画BCPの充実度を評価する仕組みの作成		▲ ・外部評価モデル策定	▲ ・BCP外部評価の実施 ・フィードバック
【調査研究3】 複合災害を想定した原子力災害拠点病院の業務継続計画BCP策定	▲ ①情報収集(国内外の知見) ④各種モデルに基づく想定脅威分析		▲ ・モデルBCP策定 ・フィードバック
【調査研究4(分担研究と関連)】 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	▲ ①情報収集(国内外の知見) ②インタビュー ③質問調査 ⇒課題の比較・抽出・整理		▲ ・リスクコミュニケーションガイドラインの策定 ・フィードバック

【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

- 業務継続計画BCPの世界的権威であるDisaster Resilience Institute が提示する10項目に準拠して、原子力災害拠点病院がBCPを策定するための技術的指針を作成

Disaster Resilience Instituteが提唱する
業務継続計画BCPのための10項目 

1. BCP策定の開始とマネジメント
2. リスク評価
3. 業務影響分析 (Business Impact Analysis)
4. 業務継続戦略
5. 原子力災害医療対応
6. 業務継続計画と導入
7. 啓発と研修プログラム
8. 業務継続計画の演習、評価、維持
9. 危機広報
10. 外部機関との調整

【調査研究2】

策定された業務継続計画BCPの充実度を評価する仕組みの作成

- 上記の10項目に準拠したモデルBCPのテンプレートを作成
- 九州大学病院BCPを原子力災害拠点病院のモデルBCPとして作成(本年度末までに策定見込み)
- テンプレートに基づき策定されたBCPの充実度について、原子力災害医療・総合支援センター(弘前大学、福島県立医科大学、広島大学、長崎大学)と協力して評価するための素案を作成

【調査研究3】

複合災害を想定した原子力災害拠点病院の業務継続計画BCP策定

- ワークショップでは地震・津波等の複合災害により立地県・隣接県にある原子力発電所が発生したと想定して、原子力災害拠点病院の視点からリスク評価、業務影響分析(Business Impact Analysis)、業務継続戦略を実施
- 複合災害としての原子力災害を想定したBCPを元に策定

【調査研究4(分担研究と関連)】

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

- 2011年東日本大震災において放射線に対する不安・恐怖による病院職員の参集困難による病院機能低下の経験を踏まえ、安全配慮義務に留意しつつ、病院職員に対する原子力災害のリスクコミュニケーションの重要性を踏まえたガイドラインの作成
- 欧米の国際標準的な災害・危機時におけるリスクコミュニケーション・クライシスコミュニケーションのあり方を分析し、方法論を講義・演習を通じて提示

原子力災害時のコミュニケーションの手順

1. 危機を評価する
2. 対象者を特定し評価する
3. コミュニケーションの方法を決める
4. メッセージを3つ、つくる
5. メッセージの整合性に留意する
6. 公共やメディアに対してタイムリーに対応する

参考) US Environmental Protection Agency.
Communicating Radiation Risk. Crisis Communications
for Emergency Responder

実施状況 ワークショップ 時間割(2020年1月9日島根県)

	時間	講義内容	講師
開会・挨拶	13:00		
講義1	13:10 - 13:50	原子力災害拠点病院のためのBCP研修	九州大学 永田高志
講義2	13:50 - 14:40	原子力災害拠点病院のBCPと病院経営における安全配慮義務の視点	銀座パートナーズ法律事務所 弁護士 岡本 正
休憩	14:40 - 14:50		
演習1 グループ ディスカッション	14:50 - 15:40	複合災害による中国電力島根原子力発電所事故を想定した原子力災害拠点病院の対応について	九州大学 永田高志 鹿児島大学 有嶋拓郎
休憩	15:40 - 15:50		
講義3	15:50 - 16:10	原子力災害拠点病院に必要なリスク・クライシスコミュニケーションのあり方	九州大学 永田高志
演習2	16:10 - 17:00	原子力災害拠点病院のためのリスク・クライシスコミュニケーション演習	鹿児島大学 有嶋拓郎
質疑応答	17:00 - 17:15		
閉会	17:15		

原子力災害拠点病院48施設（令和元年12月1日現在）中 6施設で実施

2020年1月7日

青森県、事業者
オブザーバー参加

- 札幌医科大学附属病院
- 北海道大学病院
- 青森県立中央病院
- 八戸市立病院
- 東北大学病院
- 仙台医療センター
- 石巻赤十字病院

弘前大学

2019年12月11日

- 福島県立医科大学附属病院
- 福島赤十字病院
- 南相馬市立総合病院
- 水戸医療センター
- 筑波大学附属病院
- 茨城県立中央病院
- 新潟大学医歯学総合病院
- 新潟県立がんセンター新潟病院
- 静岡県立総合病院
- 浜松医科大学医学部附属病院

福島県立医科大学

- 金沢大学付属病院
- 金沢医療センター
- 石川県立中央病院
- 福井県立病院
- 福井大学医学部附属病院
- 福井赤十字病院
- 岐阜大学医学部附属病院
- 富山県立中央病院
- 富山大学附属病院

広島大学

- 長浜赤十字病院
- 大津赤十字病院
- 滋賀医科大学医学部附属病院
- 京都医療センター
- 京都大学医学部附属病院
- 京都府立医科大学病院
- 大阪医療センター
- 鳥取県立中央病院
- 鳥取大学医学部附属病院
- 島根県立中央病院
- 島根大学医学部附属病院
- 岡山医療センター
- 愛媛大学医学部附属病院
- 松山赤十字病院
- 愛媛県立中央病院
- 市立八幡浜総合病院

広島大学

2020年1月9日

島根県、事業者
オブザーバー参加

- 九州大学病院
- 唐津赤十字病院
- 佐賀県医療センター好生館
- 佐賀大学医学部附属病院
- 長崎医療センター
- 鹿児島大学病院

長崎大学

2019年12月23日

今年度の
進捗③

ワークショップ結果

開催日	開催場所	受講生数	講義1	講義2	講義3	講義全体	演習1	演習2	演習全体	総平均	4回平均
2019年12月11日	水戸医療センター	12	3.8	3.9	3.8	3.9	3.9	3.8	4.1	3.9	4.2
2019年12月23日	鹿児島大学病院	16	4.1	未実施	4.3	4.1	4.5	4.4	4.4	4.3	
2020年1月7日	青森県庁	23	4.3	未実施	4.3	4.4	4.3	4.4	4.3	4.3	
2020年1月9日	島根大学医学部附属病院	20	4.1	4.2	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	



ワークショップ参加者内訳(全体71名)

医師	11名
看護師	17名
放射線技師	12名
事業所	4名
病院事務	20名
その他	7名

- 演習がとても勉強になった。
- 自治体・病院・事業者・大学などの原子力災害医療にかかわる関係者が集まって取り組みをすることはとてもよい関係づくりになると思いました。
- 演習1グループディスカッション原子力災害時の対応を通じて住民避難については県マニュアルで整備されつつはありますが、傷病者の搬送、医療機関の受入れ方法等については課題がまだまだあると感じました。今回研修させていただいた内容は社内に持ち帰って情報共有したいと思います。
- グループは病院別にするとBCPの検討でよいのではないか。
- 公務員の原子力災害対応について(拒否した場合のペナルティーなど)知りたかった。
- コミュニケーションではいろいろと参考になりよかったです。
- 透明ライティングシートと地図(マッピング)での戦略は別の機会がよいかも。
- 実戦さながらの演習は良かったと思います。
- ありがとうございました。具体的なBCP内容について踏み込んで頂きたい。
- 大変参考になりました。講義によってはもう少し時間があればと良いと思いました。
- 日常業務では機会の少ない事柄であり、大変勉強になった。
- 講義2, 3は時間を増やすと良いと思った。
- リスクコミュニケーションについては事業者としてもとても参考になりました。
- 原子力災害拠点病院としてのリスク管理の重要性を痛感しました。ありがとうございました。
- もう少し具体的な作成方法について教えていただけるとありがたいです。
- 実際に災害が起こった場合、自施設の事、自施設での受入れしか考えていなかったですが、県全体の避難の流れについて理解できていませんでした。当院はUPZ30km圏内ギリギリの位置にありますが、原子力災害拠点病院となっていていいのか、疑問に思いました。

今年度の成果

1. 国内外の知見に基づき、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あり方について整理し、ワークショップを開発した。
2. 原子力災害医療・総合支援センター(弘前大学、福島県立医科大学、広島大学、長崎大学)の支援のもと、茨城県(19年12月11日)、鹿児島県(19年12月23日)、青森県(20年1月7日)、そして島根県(20年1月9日)にワークショップを実施した。
3. 4回のワークショップの実施にて6原子力災害拠点病院から71名が参加した。アンケートによる全体評価は5点満点で4.2点で、原子力災害拠点病院にとってBCP策定の必要性とリスクコミュニケーションへの理解が得られ、参加者からは一定の評価が得られた。
4. 原子力災害拠点病院のモデルBCPは現在策定中であり、本年度中に完成見込みである。
5. 第47回日本救急医学会総会学術集会において、「原子力災害時のリスクコミュニケーション 既知情報の重要性についての実験的検証」と題して学会発表を行った。

自己評価

評価の視点	自己評価	コメント
評価時点までの研究の実施が研究計画に沿って行われているか	<u>概ね計画どおり</u>	<ul style="list-style-type: none"> ・①原子力災害拠点病院のためのモデルBCP、②BCP策定のための技術的指針類、③外部評価の基準等の素案を作ることができた。 ・BCP策定のためのワークショップを開発し、原子力災害医療・総合支援センター（弘前大学、福島県立医科大学、広島大学、長崎大学）の支援のもと、茨城県、青森県、鹿児島県、島根県で実施した。 ・研究計画ロードマップと達成状況はほぼ予定通りと考える。 ・リスクコミュニケーションに関する分担研究は目的を達したと考える。
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	<u>主研究は変更の必要なし</u> <u>(分担研究は終了のため大幅な変更とした)</u>	<ul style="list-style-type: none"> ・原子力災害医療・総合支援センター（弘前大学、福島県立医科大学、広島大学、長崎大学）の支援のもと、原子力災害拠点病院のある道府県においてワークショップを実施するとともに、BCP策定のための支援活動を実施する。 ・研究終了までに全ての原子力災害拠点病院においてBCP策定を目指す。 ・原子力災害拠点病院に必要なリスクコミュニケーションのあり方について必要な知見を得ることができたため当初の目標を達成した。 ・<u>分担研究班の活動は終了し</u>、得られた知見をワークショップで活用する。

次年度計画

1. BCP/リスコミに関するワークショップの実施

原子力災害拠点病院を対象としたBCP/リスコミに関するワークショップを道府県単位で本年度に続き実施

2. 原子力災害拠点病院におけるモデルBCPの策定とフォローアップ

全ての原子力災害拠点病院にてBCP策定し、チェックリストを通じて外部評価を実施

3. 視察、聞き取り調査、情報収集

本年度に引き続き、ワークショップに先立ち地域の原子力災害拠点病院を訪問し、聞き取り調査を実施。本年度に引き続き、国内外の関係機関、専門家から情報収集を実施

4. 学会・論文発表

本研究成果を日本救急医学会、日本災害医学会、学術論文等で発表予定

平成31年度(令和元年度)原子力規制庁
放射線安全規制研究推進事業 放射線防護基盤に係る研究

原子力事故時における近隣住民の 確実な初期内部被ばく線量の把握に向けた 包括的個人内部被ばくモニタリングの確立

成果報告会
令和2年2月6日

量子科学技術研究開発機構

主任研究者

栗原 治

研究概要

課題名「放射性ヨウ素等の迅速・高精度な内部被ばくモニタリング手法に関する研究」

研究期間:2017-2019(3年間)

背景・目的(公募要領から要約)

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

実施状況(ロードマップに従い、**ほぼ当初の計画通り進捗**)

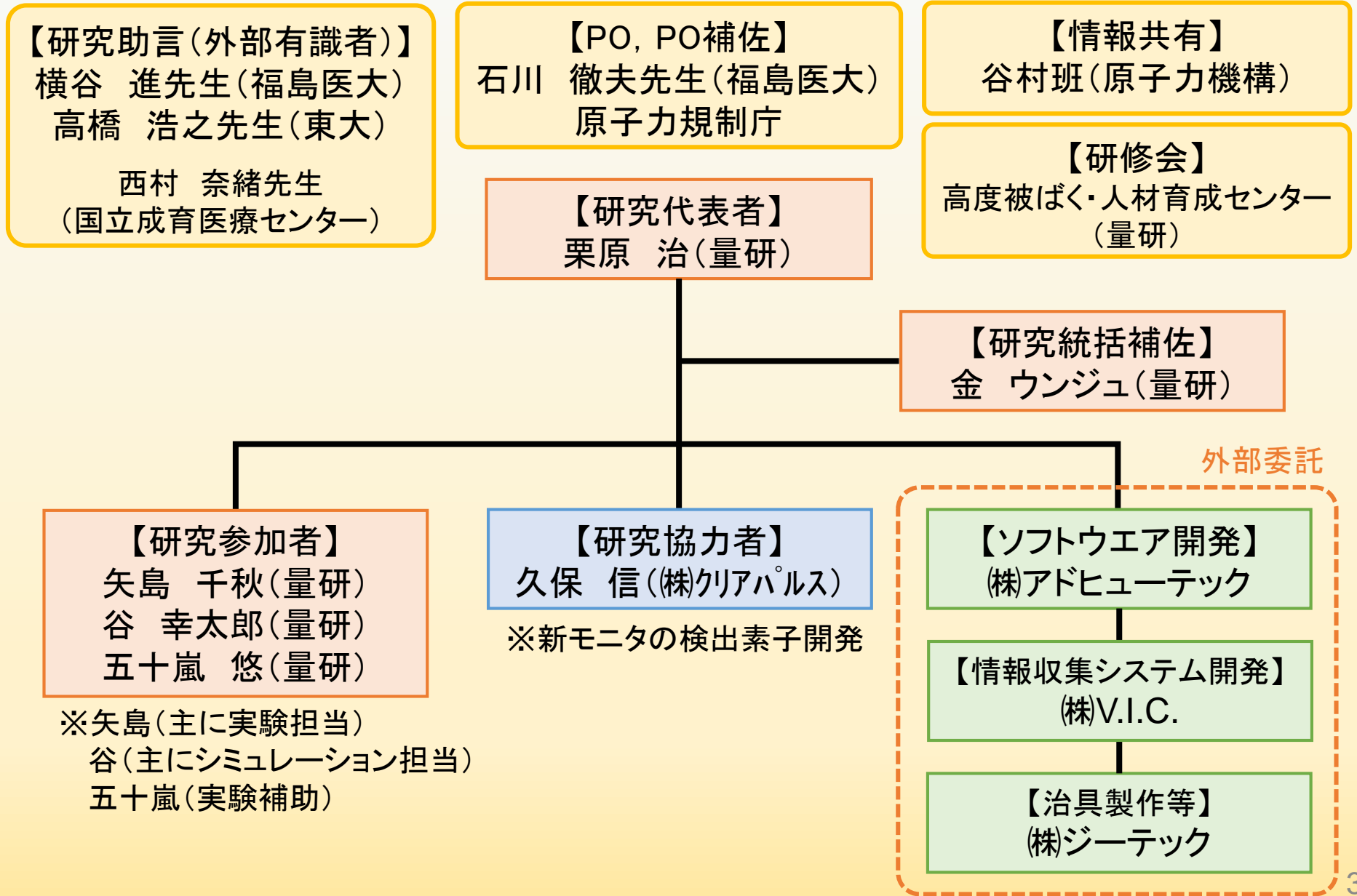
今年度(最終年度)は主に以下を実施

- **乳幼児にも適用可能な甲状腺モニタ(実用機)の開発を完了**
- **実用機の性能評価(年齢別ファントムによる校正, 高BG試験など)**
- **モニタ用ソフトウェア及び情報収集システムの改良**

期待される成果

原子力災害時の公衆の確実な内部被ばく線量の把握に貢献

研究実施体制(今年度)



ロードマップ及び研究進捗状況

項目	平成29年度	平成30年度	平成31年度(令和元年度)
1. 検出器応答評価 (スペクトル解析ソフトの 開発を含む)	<ul style="list-style-type: none"> 資機材準備 応答試験 ソフトウェア試作 	<ul style="list-style-type: none"> 数値シミュレーション 応答試験 ソフトウェア改良 	<ul style="list-style-type: none"> 測定条件決定※ ソフトウェア改良
2. 新モニタの開発	<ul style="list-style-type: none"> 試作器の製作 	<ul style="list-style-type: none"> 試作器の開発 	<ul style="list-style-type: none"> 実用機の開発
3. マニュアル作成 (情報収集システムの開 発を含む)	<ul style="list-style-type: none"> 簡易検査見直し システム概念設計 海外調査 	<ul style="list-style-type: none"> 換算係数の整備 システム試作 海外調査 	<ul style="list-style-type: none"> マニュアル作成※ システム改良
4. 研修・ワークショップ	<ul style="list-style-type: none"> 実務者会合 	<ul style="list-style-type: none"> 実務者会合 	<ul style="list-style-type: none"> 研修会 代わりに国際 学会での発表 WS

※3月末までに終了見込み

提案する原子力災害時の個人内部被ばくモニタリング

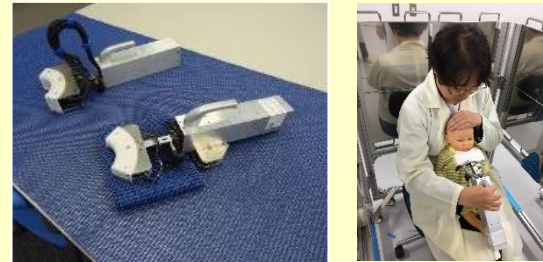
緊急時段階(放射性核種の環境放出)

中期段階(環境放出が概ね収束)

原子力緊急
事態発生

避難

避難退域時検査



複数のGAGG検出素子を用いた新モニタの提案
既存あるいは新規に開発する
スペクトロメータによる測定



車載型WBCによる
測定(セシウムを対象)



1. 簡易測定

2. 詳細測定

3. 追加測定

簡易検査の精度確認のため、
異なる方法で同一被検者の
一部を詳細検査に含める。

ヨウ素・セシウム比の評価の
ため、詳細検査の対象者の
一部を追加調査に含める。

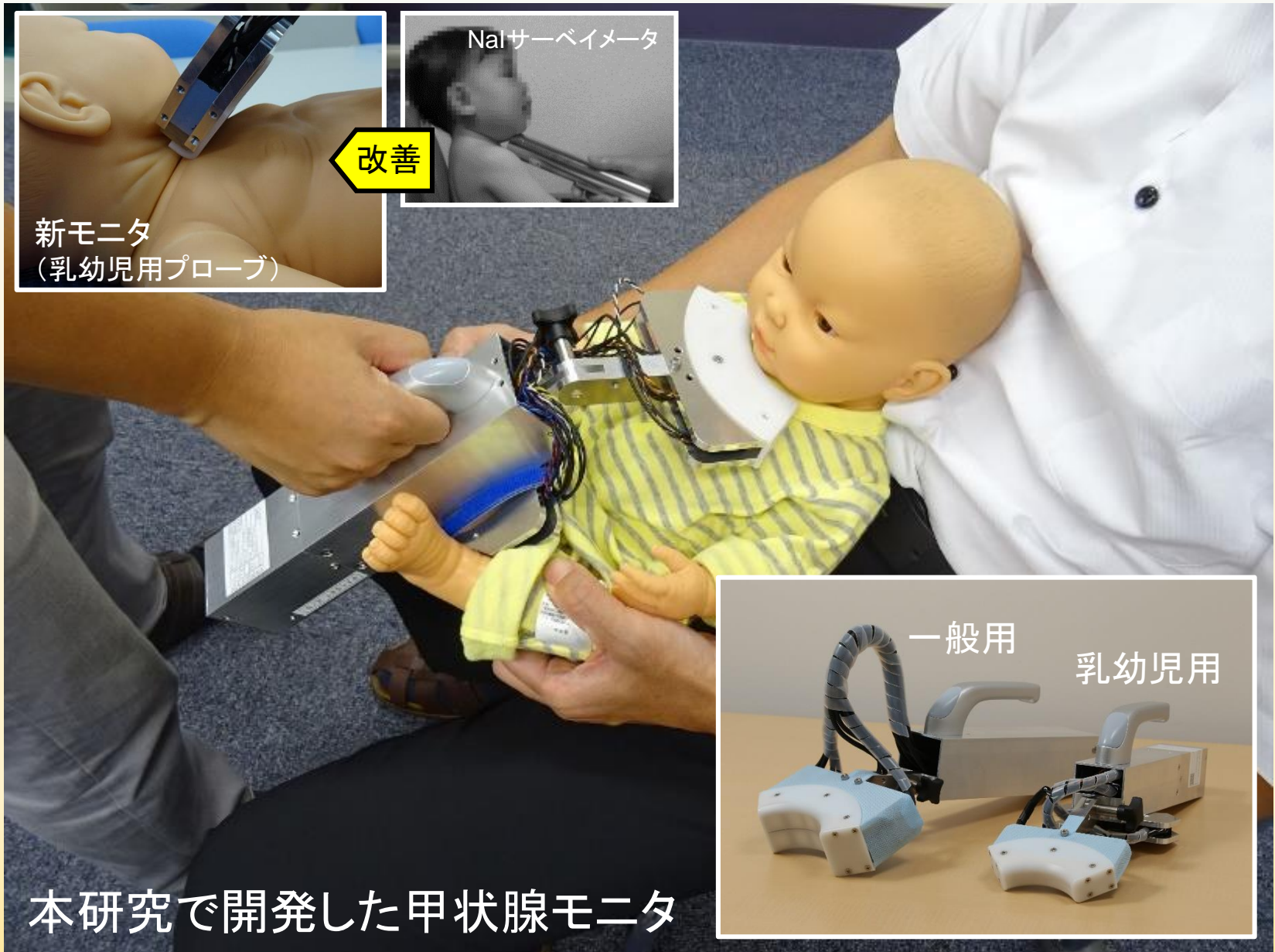
~1週間

~1ヶ月

~半年

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

【今年度の研究概要①】 新モニタの開発



【今年度の研究概要②】 モニタ用ソフトウェア・情報収集システム

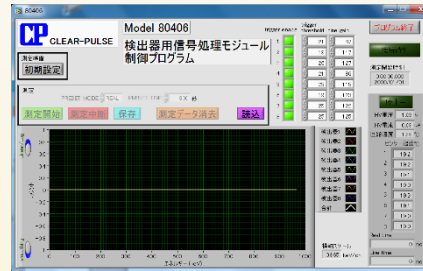
モニタ用ソフトウェア



情報収集システム

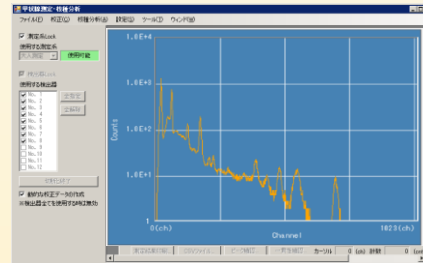
1. 検出器用プログラム起動

- 検出素子選択
- HV印加
- ゲイン設定値読込等



2. モニタ用ソフトウェア起動

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



3. 追加オプション

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

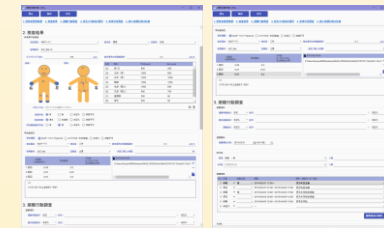
1. 避難者検査記録カード記入

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

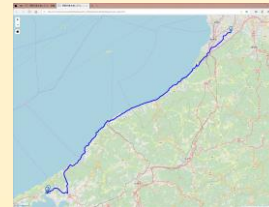


2. システムへのデータ入力

- 上記情報の入力
- 甲状腺測定データファイル選択
- 避難ルート検索



地域防災計画等を参考に、
全サイトの避難所のデータ
ベースをシステムに格納



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

【研究の進捗①】 乳幼児の測定方法

昨年度

試作機(プローブ)の開発



- ファントムを用いた検出素子配置の検討
- 検出素子固定治具の製作

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



乳幼児ファントムを用いたモックアップ
(成育医療研究センターにて)

今年度

測定体位・プローブの選択

1. 基本となる測定体位

横谷先生(福島医大)からのご助言

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



2. プローブの選択



2歳7カ月(女子)



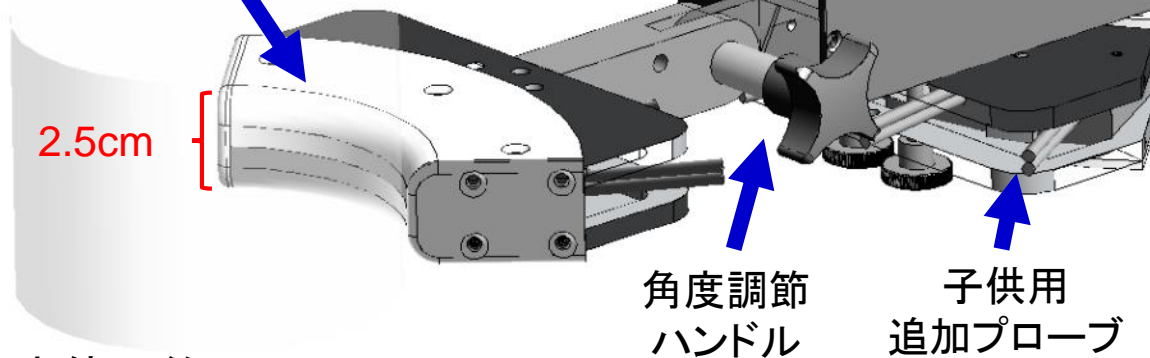
4歳(男子)

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

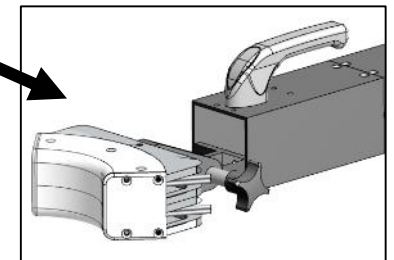
【研究の進捗②】 新モニタ(実用機)の製作

新モニタ(乳幼児・子供用)

GAGG検出素子



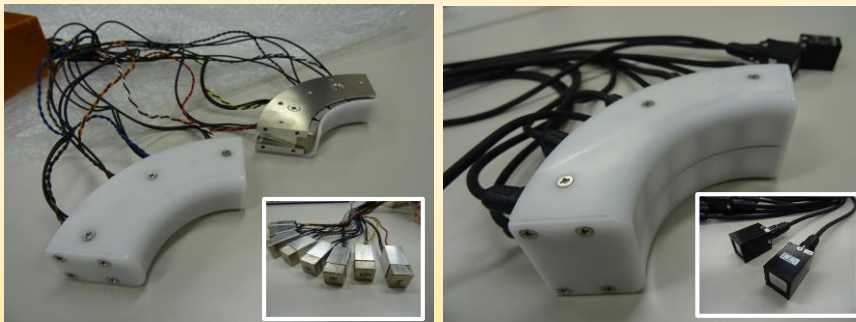
SiPMアンプヘッドユニット



モニタ本体は約1kg (成人用は1.5kg)

【新モニタの特徴】

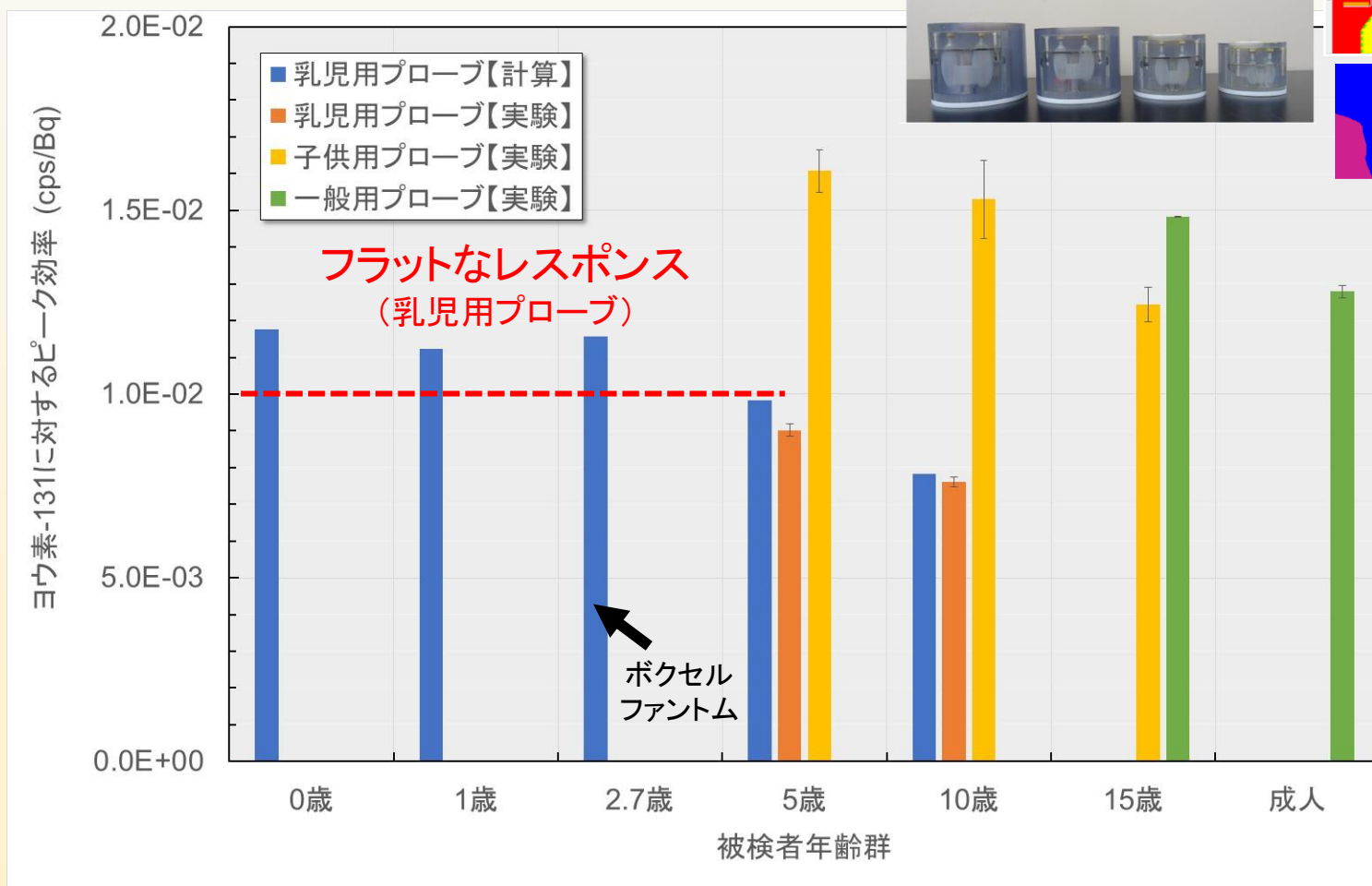
- 乳幼児にも対応可能(おそらく世界初)
- 甲状腺に対する幾何学的効率が高い
- 測定ジオメトリの再現性が高い
- 高感度・高分解能なスペクトル測定
- 温度変化に伴うゲイン変化の自動調整
- 軽量コンパクトかつ省力(USB電源供給)



プローブ(左:乳幼児用, 右:一般用)

【研究の進捗③】 新モニタ(実用機)の性能評価(1)

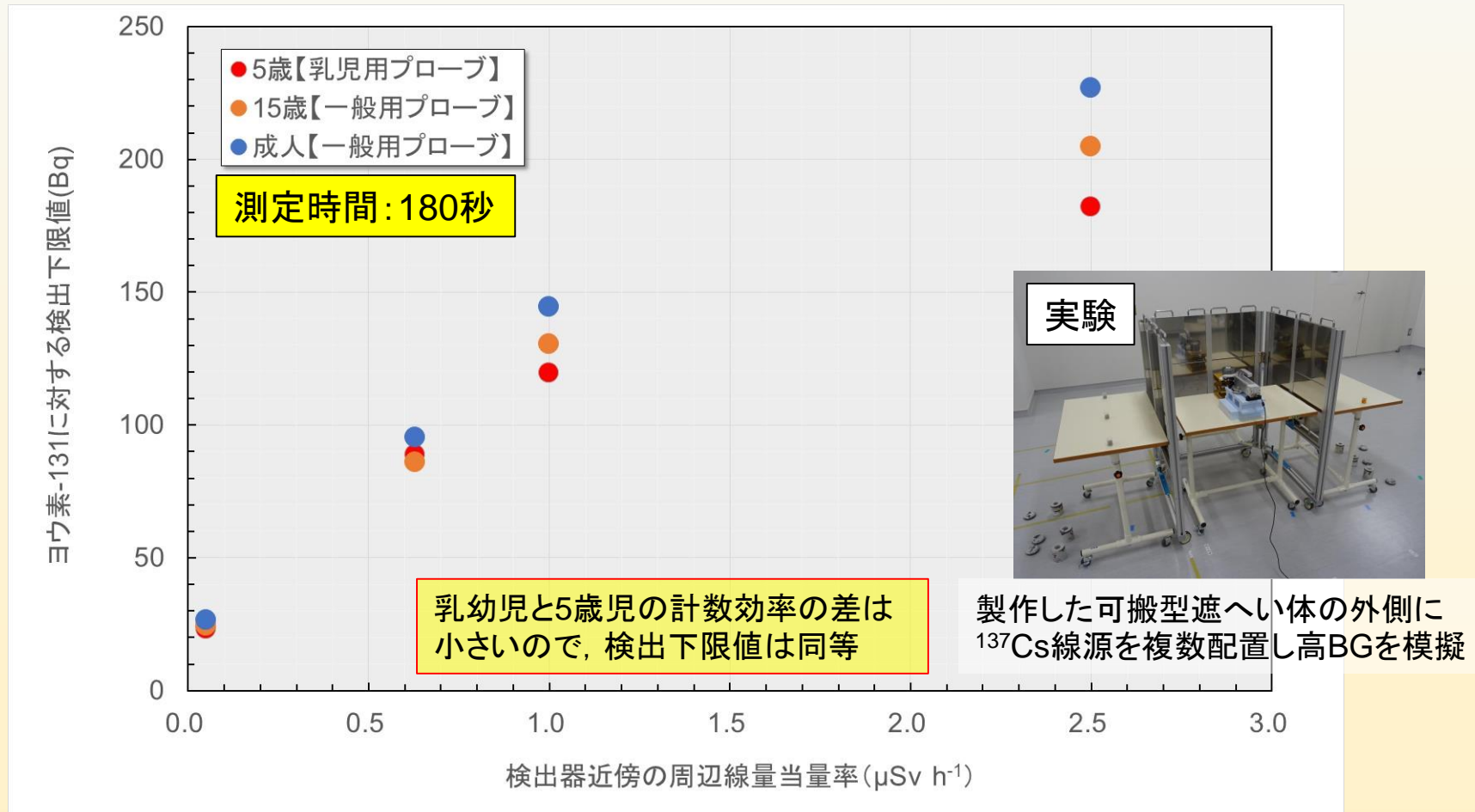
年齢別ファントムに対する¹³¹Iのピーク効率



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

【研究の進捗④】 新モニタ(実用機)の性能評価(2)

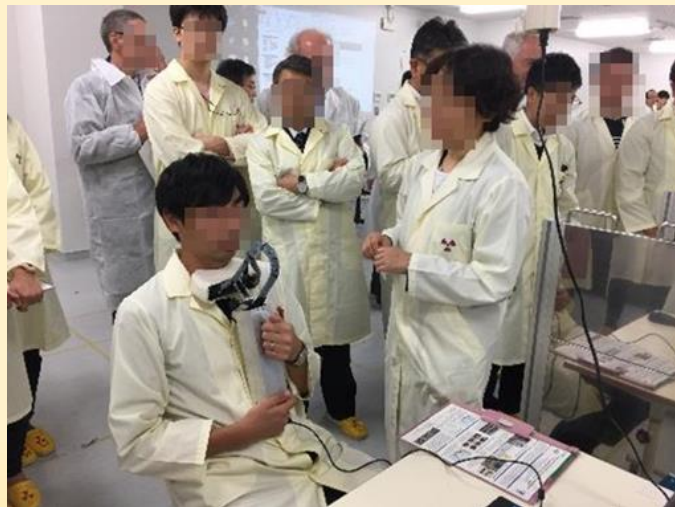
バックグラウンド線量率と¹³¹I検出限界値の関係



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

今年度の成果

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



甲状腺簡易測定研修での新モニタのデモンストレーション



新モニタのモックアップ試験

成果公表

学会発表

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

論文

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

2020年5月に開催されるIRPAでも本研究成果を紹介予定

自己評価

1. 研究代表者による自己評価

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

2. 分担研究者による自己評価

研究分担者不在のため本項目は該当しない。

評価時までの研究成果

- 本資料で示したとおり。

ご清聴ありがとうございました

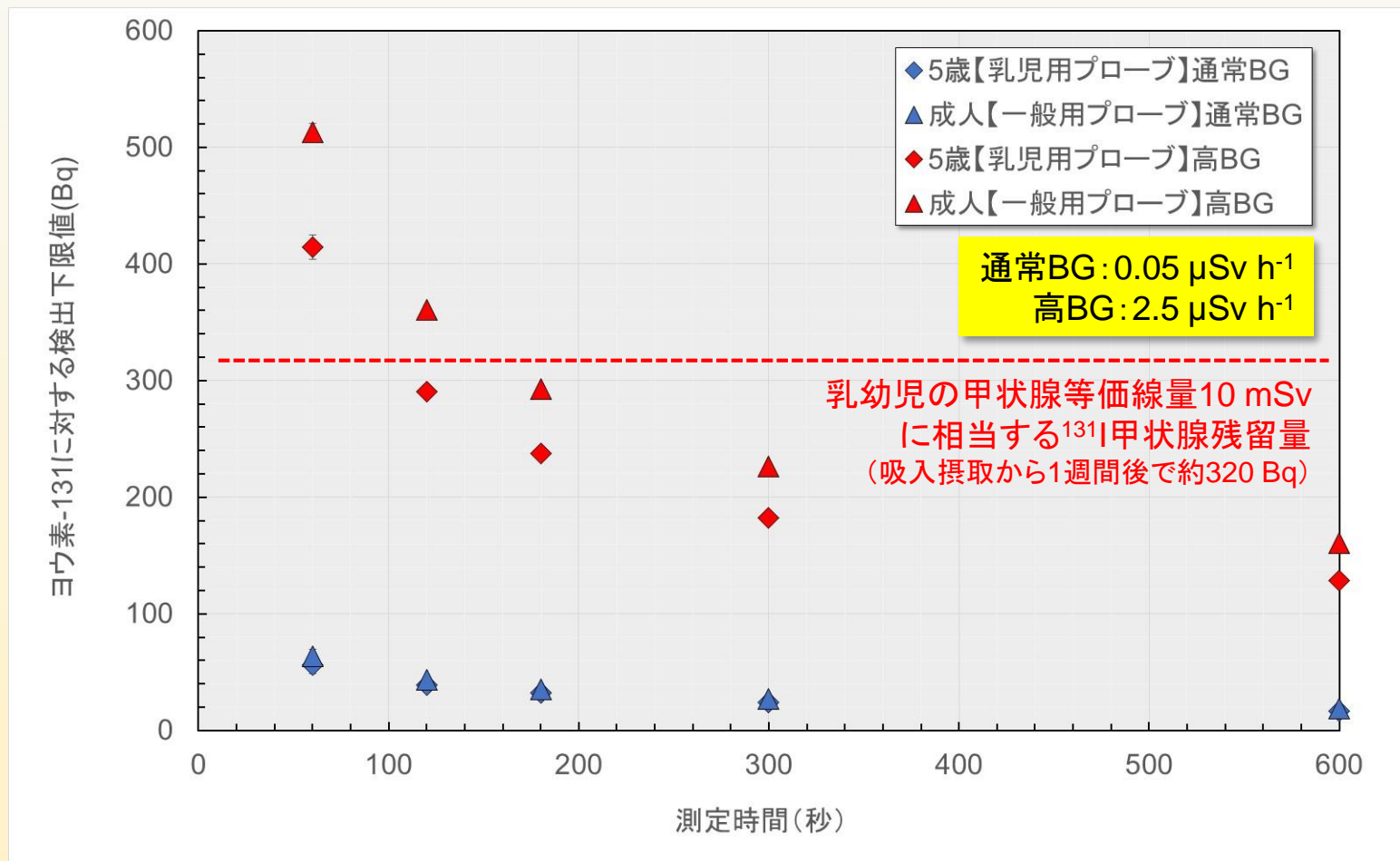
(参考)他検出器との比較

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

細田らの報告(Health Phys. 2019)によれば, 3インチNal(Tl), 2インチCeBr₃, 1.5インチSrl₂(Eu), 1インチSrl₂(Eu)の検出限界値を比較し, 通常BG(0.04 $\mu\text{Gy h}^{-1}$)で約20~40 Bq, 空間線量率1.38 μGy の環境で約200~600 Bqであった。
(ただし, 計数効率校正には成人を模擬したORINSファントムを使用し, 測定時間は300秒の結果である)

(参考)新モニタ(実用機)の性能評価(3)

検出下限値と測定時間の関係



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

(参考) 甲状腺簡易測定マニュアルの作成

Nal(Tl)サーベイメータを用いる甲状腺簡易測定に関するマニュアル

1. 甲状腺簡易測定の概要

吸入や経口を介して放射性ヨウ素が体内に取り込まれると、安定（放射性でない）ヨウ素と同様に甲状腺に蓄積するため、甲状腺内部被ばくをもたらす。原子力災害時に最も甲状腺内部被ばく線量に寄与する核種はヨウ素-131 (^{131}I) である¹⁾。甲状腺は外部放射線からも被ばくを受けるが、その線量は外部放射線による実効線量と同程度であり、甲状腺内部被ばく線量に比べて軽微である。ヨウ素-131の物理学的半減期は8.02日であるため、原子力災害時に近隣住民の内部被ばくのおそれがある場合には、速やかに対象者に対する甲状腺線量測定を開始する必要がある。

ヨウ素-131は放射性遷移（ベータ線）に伴い、幾つかのエネルギーの γ 線を放出する。最も放射率の高いガンマ線のエネルギーは365 keV (81.7%) であり、被測定者の頸部（前面）近傍にガンマ線検出器を配置することにより、甲状腺に蓄積したヨウ素-131を測定することができる（図1）。また、使用するガンマ線検出器を事前に校正（後述）しておけば、甲状腺中のヨウ素-131を定量することができる。こうした測定は体外計測とよび、ホールボディカウンタ（WBC）は体外計測装置の代表例である。

本マニュアルで述べる甲状腺簡易測定では、種々の空間線量率（または周辺線量当量率）の測定に広く使われているNal(Tl)サーベイメータを用いる。同機器では検出器固定できないものの、操作が簡易なために測定者の確保がしやすく、多数の住民を対象としたスクリーニングを目的とした測定には適している。また、事前に機器を適切に校正しておけば、必要十分な精度で甲状腺中ヨウ素-131の定量が可能である。

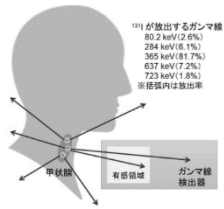


図1 甲状腺中ヨウ素の測定原理

¹⁾ ^{131}I 以外に、 ^{132}I 、 ^{133}I 等も甲状腺内部被ばく線量に寄与する可能性がある。 ^{132}I 、 ^{133}I の物理学的半減期はそれぞれ3.204日、2.295時間、20.8時間である。 ^{132}Te と ^{133}Te は速やかに放射性平衡になる。これらの核種は、原子力発電所の運転停止直後は ^{131}I よりも放射能が高い。

4. 甲状腺簡易測定の手順

図6は甲状腺簡易測定の手順を示している。各手順について以下に説明する。

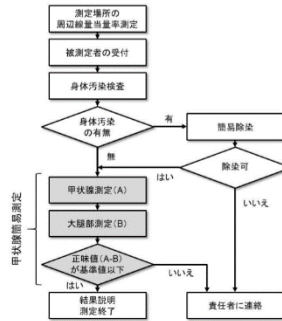


図6 甲状腺簡易測定の手順

(1) 測定場所の周辺線量当量率測定

現時点で甲状腺簡易測定を行う場所は決まっていなくても、避難遅延時検査²⁾と併せて行うことは困難³⁾であることから、同検査後の移動先となる避難所の中から選定されるものと思われる。甲状腺簡易測定の対象者としては、UPZ（緊急防護措置区域、概ね当該原発から30 km 圏内）において避難指示の出された区域の住民が第一候補として想定される⁴⁾。

(2) 被測定者の受付

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

(3) 身体汚染検査

避難遅延時検査と同様な手順（待機数3秒、スキャン速度10 cm/秒程度、測定レンジは10 kcpm）でGMサーベイメータを用いて身体汚染検査を行う。ただし、バックグラウンドの変動範囲を超える有意な汚染を検出した場合⁵⁾には、汚染箇所の特定を行い詳細なサーベイを行うとともに、被測定者に対して簡易除染を促す。

(4) 簡易除染

被測定者に上着を脱いでもらい、再度身体汚染の測定を行う。それでも汚染が残っているようであれば、濡れワイプ等を用いて簡易除染を行う。

(5) 甲状腺測定

Nal(Tl)サーベイメータのプロブを、着座した被測定者の頸部下部（左右鎖骨の中央付近の上側）に軽く密着させる形で保持し（図7）、前章の要領で指示値(A)を読み取る。測定中はなるべくプロブが動かないようにする。なお、被測定者に上を見るような形で頸部を伸展してもらおうと、プロブを密着させやすい。



図7 甲状腺測定におけるプロブ位置

(6) 大領域測定

(5)と同様な要領で被測定者の大領域部にプロブを置いて指示値(B)を読み取る。

(7) 正味値の確認

指示値(A)から指示値(B)を差し引いて正味値(A-B)を求める。正味値が下記の基準値（参考3）を超えた場合には甲状腺簡易測定の責任者に連絡する。

²⁾ 避難遅延時検査に用いる OIL4 は、緊急時に行う除染の準備として用いられるものである。甲状腺簡易測定を行う前は、可能な限り身体汚染のない状態で受検することが必須である。これは体外計測施設に書入ることである。



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

(参考) 避難者検査記録カード

昨年度成果発表スライドから

情報収集システムの入力データとなる避難者検査記録カード

作成日	20 年 月 日	原子力災害時 避難者検査記録カード	個人識別ID
検査場			
1. 受検者登録情報			
① (ふりがな) 氏名	② 生年月日 年 月 日	③ 性別 男・女	
④ 住所			
2. 検査結果 (測定担当者記入欄)			
① 体表面汚染検査			
測定器名:	測定員:	記録員:	
管理番号:	(測定場所の空間線量率: $\mu\text{Sv/h}$)		
BG:	cpm		
		部位	測定結果 cpm
		表面汚染:	有・無
		除染実施:	済み・未実施
		甲状腺検査時汚染	: 有・無
② 甲状腺測定 簡易検査 (測定機器: NaIサーベイメータ($\mu\text{Sv/h}$)・スペクトロメータ(計数値))			
測定器名:	測定員:	スペクトロメータによる測定の場合	
管理番号:	記録員:	測定時間:	
(測定場所の空間線量率: $\mu\text{Sv/h}$)		スペクトル名:	
結果	大脳部(被検者BG)	甲状腺部	その他: ピークチャンネル及び領域(ch)等
1			
2			
3			
備考			

1. 被検者情報

3. 避難行動情報

2. 体表面検査

4. 安定ヨウ素剤

5. 食事状況

6. 個人情報
利用の許諾

3. 避難行動調査			
① 避難準備指示、屋内退避指示、避難指示を受け取った場所と、その時の屋内・屋外滞在の別をご記入ください。 避難準備指示: 自宅・自宅外(場所・住所) / 屋内・屋外 屋内退避指示: 自宅・自宅外(場所・住所) / 屋内・屋外 避難指示: 自宅・自宅外(場所・住所) / 屋内・屋外			
② 避難を開始した日時をご記入ください。(月 日 :)			
③ 避難時に同行者(一緒に行動した人)がいた場合、家族・その他別に代表者のお名前と人数をご記入ください。 家族: 代表者()・人数(人) / その他: 代表者()・人数(人)			
④ 避難開始から避難完了までの避難経路(行動、移動手段、期間、場所)を教えてください。			
	行動	移動手段	期間
1	移動・滞在	車・徒歩・その他()	/ : ~ / :
2	移動・滞在	車・徒歩・その他()	/ : ~ / :
3	移動・滞在	車・徒歩・その他()	/ : ~ / :
4	移動・滞在	車・徒歩・その他()	/ : ~ / :
5	移動・滞在	車・徒歩・その他()	/ : ~ / :
6	移動・滞在	車・徒歩・その他()	/ : ~ / :
⑤ 避難中の出来事や気づいた点があればご記入ください。			
4. 安定ヨウ素剤の服用			
① 安定ヨウ素剤を服用しましたか? はい・いいえ * : ヨウ化カリウム(mg), ヨウ化カリウム錠(錠)			
② ①で「はい」の場合、服用回数、服用時期、日時、服用量を教えてください 服用回数:			
1回目	服用時期: 避難前・避難後	服用日時(月 日 :)	服用量: mg・錠
2回目	服用時期: 避難前・避難後	服用日時(月 日 :)	服用量: mg・錠
3回目	服用時期: 避難前・避難後	服用日時(月 日 :)	服用量: mg・錠
5. 食事状況調査			
① 震災後から現在まで、摂取制限指示のあった食品等を摂取しましたか? : はい・可能性あり・いいえ			
② 震災後から現在まで、放射能汚染の可能性のある食品等を摂取しましたか? : はい・可能性あり・いいえ			
③ ①②で「はい」「可能性あり」を選択した方は、その状況について詳しく教えてください			
6. 個人情報利用の許諾			
本記録カードの記載内容は、個人情報可能な情報を除いて、放射線による被ばく線量推計または推計手法の開発等にかかわる研究に用いることがあります。上記の情報利用に同意して下さる方は自筆(未成年者の場合は保護者)による署名をお願いします。			
氏名(自筆)			ご協力ありがとうございました。

甲状腺測定を行う会場の受付にて被検者に配布し、測定後にコピーを収集

平成31年度 放射線安全規制戦略的推進事業費
—事故等緊急時における内部被ばく線量迅速評価法の
開発に関する研究—

2020年2月6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

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



(主任研究者) 谷村 嘉彦

【背景・目的】

原子力事故等緊急時には、高線量率下における多数の公衆及び作業者が摂取した放射性ヨウ素の迅速かつ高精度な測定・評価が必要

→ **γ線エネルギー分析方式の可搬型甲状腺モニタシステムを開発**

【実施状況】 ロードマップに従い、ほぼ当初の計画どおりに進捗

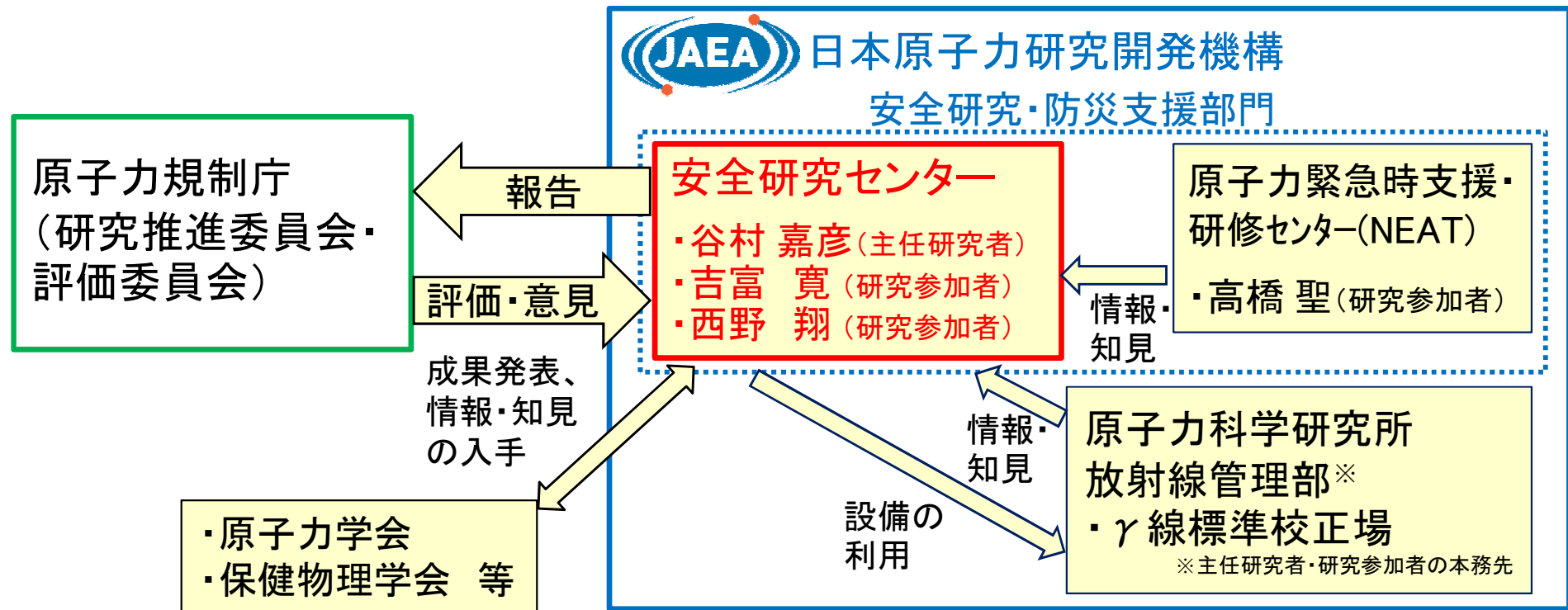
開発項目	平成29年度	平成30年度	平成31年度
① 甲状腺モニタ測定器	検出器の試験・選定 遮蔽体材質等最適化 検出器及び遮蔽の選定 ▲	測定器の試作、性能評価 試作機の完成 ▲	実機の製作、性能評価 実機の完成 ▲
② 高精度放射性ヨウ素定量法	年齢別頸部ファントム製作 頸部ファントムの製作 ▲	頸部・数値ファントムによる定量法の開発 定量法の完成 ▲	
③ 甲状腺モニタシステム		標準化用治具の設計	標準化用治具の製作 マニュアル作成 システム完成 ▲

平成29年度: 最適な検出器の選定、遮蔽体の材質・厚さの最適化、年齢別頸部ファントムの製作
 平成30年度: 甲状腺モニタ測定器の試作、放射性ヨウ素定量法の開発、標準化用治具の概念設計
 平成31年度: 甲状腺モニタ測定器実機の製作、性能評価(見込)、標準化用治具の製作、マニュアル完成(見込)

【期待される効果】

NEAT、オフサイトセンターへの集中配備と、各避難所、指揮所への緊急輸送体制の構築により、多数の公衆・作業者の高精度甲状腺等価線量モニタが可能となる

【研究体制】 平成31年度事業の研究体制



【研究分担】

研究統括
・谷村 嘉彦

- ① 甲状腺モニタ測定器実機の製作
・西野 翔(製作・評価)、谷村 嘉彦(設計)
- ③-1 標準化用治具の製作
・吉富 寛(設計)、谷村 嘉彦(製作)
- ③-2 マニュアルの作成
・西野 翔(機器操作)、吉富 寛(定量・校正法)、谷村 嘉彦(全体統括)、高橋 聖(助言)

➤ 甲状腺簡易測定研修(2019年10月、量研機構)や実務者会合(2020年1月、NEAT)における甲状腺モニタシステムのデモンストレーションを通じて防災関係者の意見を収集

【今年度の研究概要】 平成31年度の実施内容と達成目標

平成31年度(令和元年度)の研究ロードマップ及びマイルストーン(▲)

開発項目	平成31年度(令和元年度)				
① 甲状腺モニタ測定器	実機の仕様検討	実機の製作			実機の性能評価 実機の完成 ▲
③ 甲状腺モニタシステム	治具の詳細設計	治具の製作	マニュアル作成 システムの完成 ▲		
実績	↑ 実務者会合	↑ SSD-19	↑ 甲状腺研修 (試作機デモ)	↑ ARA DOS-5	↑ 実機納品 実務者会合 (実機デモ)

① 甲状腺モニタ測定器の開発

- 公衆用LaBr₃検出器の改良
- 検出器遮蔽体の最適化及び可搬性の向上
- 検出器制御・スペクトル解析用ソフトウェアの改良
- γ線標準校正場を用いた高線量率下での性能試験

➡ 目標: 甲状腺モニタ測定器実機の完成

③ 甲状腺モニタシステムの開発

- 測定条件を標準化するために必要な検出器固定治具の開発
- バックグラウンド放射線測定用治具の製作
- 甲状腺モニタシステムのマニュアルを作成

➡ 目標: 甲状腺モニタシステムの完成

【今年度の研究概要】 ①甲状腺モニタ測定器の開発

○公衆用LaBr₃検出器

シンチレータと光電子増倍管をパッケージ化

➡ 信頼性の向上と製品化へのスムーズな移行



CdZnTe検出器



LaBr₃検出器

○検出器用遮蔽体

更なるダウンサイズによる軽量化(公衆用)

持運びし易くなる構造の工夫

➡ 可搬性の向上により、柔軟な運用が可能

○ソフトウェアの改良

検出器制御系の改良、年齢群に応じたバックグラウンドスペクトル選択機能の追加等

➡ 操作に精通していなくても容易に操作可能

○甲状腺モニタ測定器実機の実機特性試験

実機について、 γ 線標準校正場で高バックグラウンド線量率環境を模擬して測定下限値などを評価

➡ 事故時の高線量率下での使用の判断基準



甲状腺モニタ試作機(平成30年度)

【今年度の研究概要】 ③甲状腺モニタシステムの開発

○標準化用治具の開発

被検者の年齢ごとに甲状腺と検出器の配置を正確に決定できる治具を開発

➡ 位置ずれの感度への影響を軽減し測定精度の向上

○バックグラウンド放射線測定用治具の開発

高線量率下での使用時には、周辺の放射性ヨウ素からのバックグラウンド γ 線の影響を受けるため、この影響補正に用いるバックグラウンドスペクトル測定用治具を開発

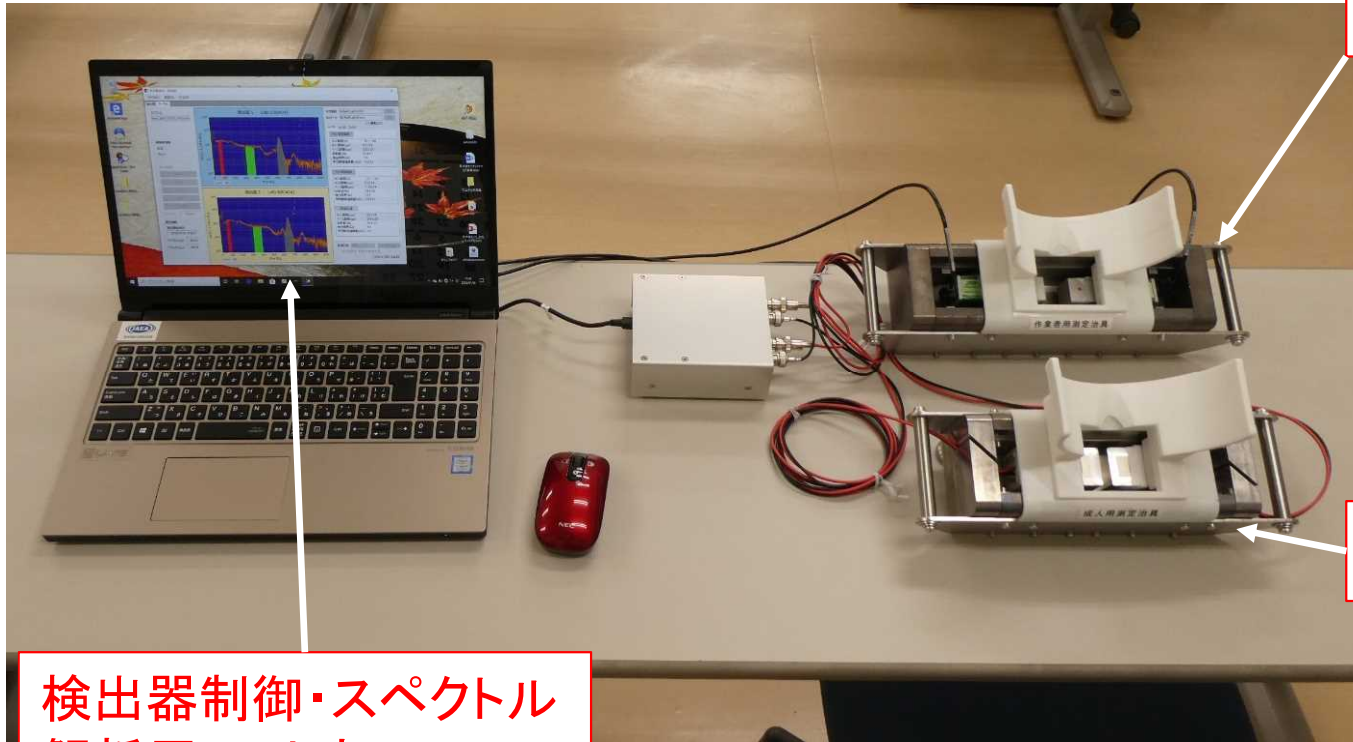
➡ バックグラウンド放射線の正確な補正による測定精度の向上

○マニュアルの作成

甲状腺モニタ測定器の設置、測定器の校正方法、バックグラウンド補正用スペクトルの取得方法、検出器制御・スペクトル解析用ソフトウェアの使用方法等をまとめたマニュアルを作成

➡ 操作に精通していなくても正確な測定が可能

【研究の進捗】 ①甲状腺モニタ測定器の開発 (1)



作業用: 16.6kg

- 遮蔽体及び検出器については試作機を活用し、持ち手を追加



試作機より可搬性が大きく向上

公衆用: 14.4kg

- 遮蔽体幅の最適化(縮小)と持ち手の追加



試作機の軽量化(-2kg)と可搬性の大幅な向上

- 検出器のパッケージ化



試作機より信頼性が向上

検出器制御・スペクトル解析用ソフトウェア

- CdZnTe検出器制御機能の改良
- 年齢別B.G.スペクトル選択機能の追加
- データ保存形式の改良
- ピーク解析機能の追加

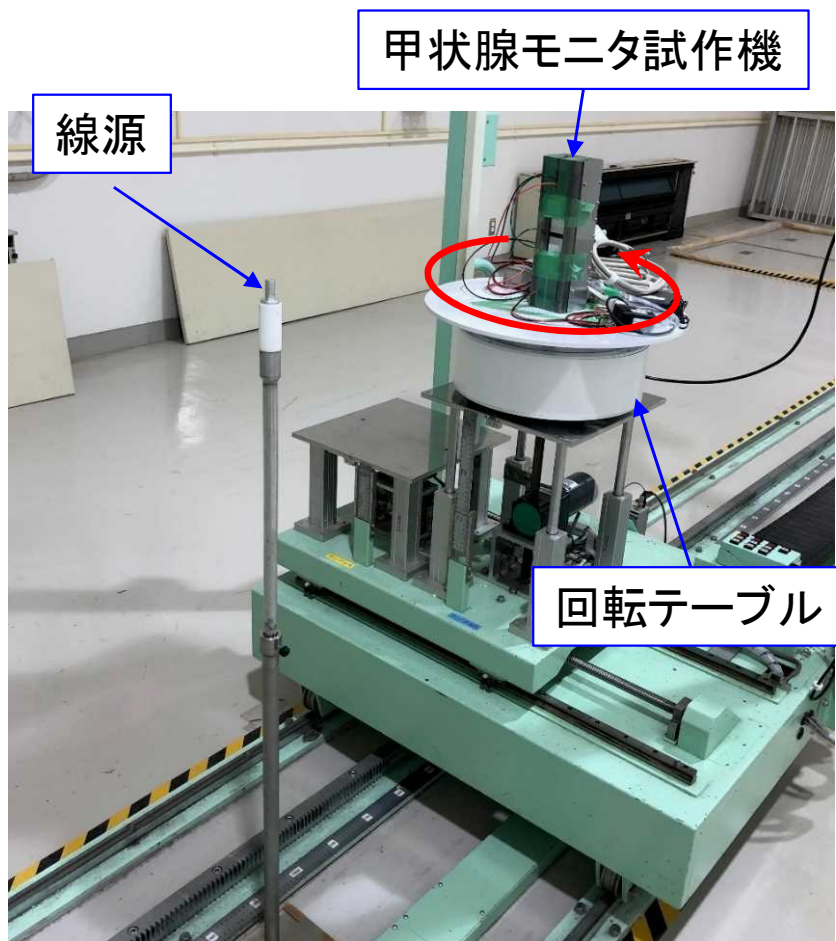


習熟者でなくても容易に操作可能

甲状腺モニタ測定器実機を製作

【研究の進捗】 ①甲状腺モニタ測定器の開発 (2)

試作機の特性試験結果 (平成30年度成果)



γ線標準場における特性試験

- Cs-137、Co-60の高線量率環境下 ($20 \mu\text{Sv/h}$) での特性試験
- 回転テーブルによる全方位照射
➡ 高B.G.環境を模擬

甲状腺等価線量評価下限値[mSv]

線源	公衆 (LaBr ₃)			作業者 (CdZnTe)
	乳児*	小児	成人	
¹³⁷ Cs	9.3	7.4	2.2	3.7
⁶⁰ Co	6.7	5.3	1.6	2.7

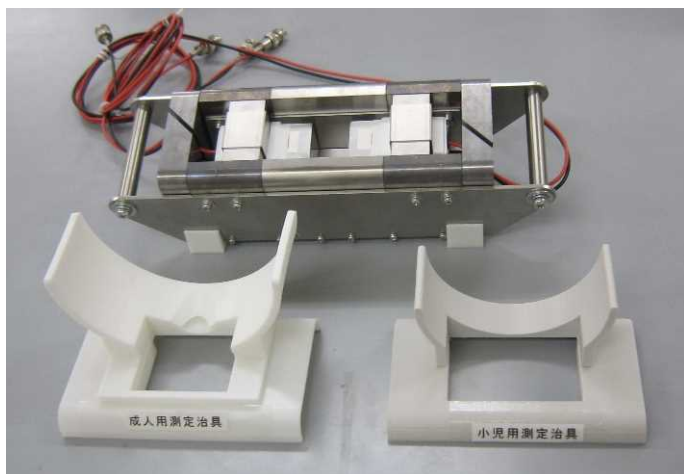
*乳児のみ測定時間: 300秒、その他: 150秒

試作機では、 $20 \mu\text{Sv/h}$ の高線量率環境下においても10mSvの評価が可能

甲状腺モニタ測定器実機についても同様の性能であることを年度内に確認予定

○標準化用治具の開発

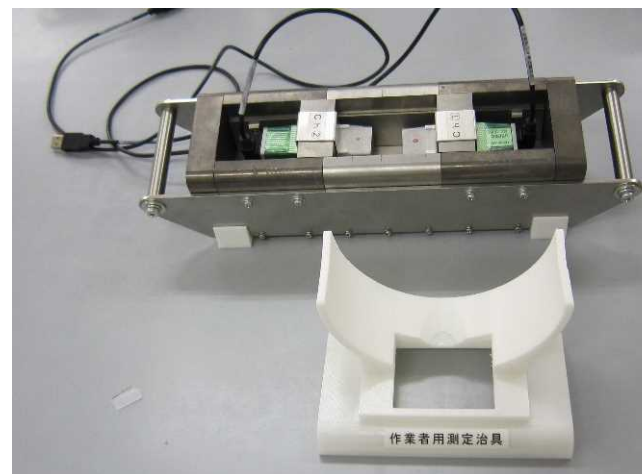
公衆用



成人用
測定治具

小児・乳児用
測定治具

作業者用

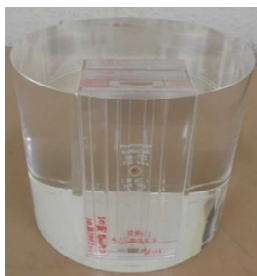


作業者用測定治具

- 治具の製作に3Dプリンタを使用 → 複雑な形状を自在に製作可
- 人体への有害性が認められず、様々な製品にも使用されている素材を採用
→ 環境負荷が小さい生分解性プラスチック樹脂、軟質ウレタン樹脂
- 被検者の頸部が接触する箇所は、軟質のウレタン樹脂を使用
→ 測定時の不快感を軽減するとともに頸径の個人差に対応

【研究の進捗】 ③甲状腺モニタシステムの開発(2)

○バックグラウンド放射線測定用治具の開発



校正用簡易頸部ファントム
(PMMA製13cmΦ×12cm)



乳児用治具



小児用治具



成人用治具

- 甲状腺モニタシステム校正用簡易頸部ファントムでバックグラウンド放射線（周辺の放射性ヨウ素からの γ 線）の被検者による遮蔽効果を模擬
- 甲状腺モニタリング時にバックグラウンド放射線のスペクトルを差引く
➡ バックグラウンド放射線の影響を正確に補正可能

○マニュアルの作成

- 試作機（平成30年度製作）用の簡易マニュアルを作成して、10月に量研機構で開催された甲状腺簡易測定研修においてデモンストレーションを実施
- 12月に納品された甲状腺モニタシステムの実機について、マニュアルの作成に着手

【成果】 主な成果の公表状況

- 19th International Conference on Solid State Dosimetry (SSD19)において
成果公表(9月15日～20日、広島、ポスター発表&論文投稿 3件)
 - S. Nishino et al.: Prototype Test of Potable Thyroid Dose Monitoring System using Gamma-ray Spectrometers
 - H. Yoshitomi et al.: Uncertainties due to the body size for the radioiodine measurements using a newly developed thyroid monitor
 - Y. Tanimura et al.: Background Correction Method for Portable Thyroid Dose Monitor Using Gamma-ray Spectrometer Developed at JAEA in High Dose Rate Environment
- 5th Asia Radiation Dosimetry Group annual meeting (ARADOS-5)において
成果公表(11月6日～8日、中国 北京、口頭発表)
 - Y. Tanimura et al.: Development of thyroid dose monitoring system using gamma-ray spectrometers
- 日本原子力学会2020年春の年会で成果発表(3月16日～18日、福島大学、口頭発表予定)
 - 谷村 他:エネルギー分析型甲状腺放射性ヨウ素モニタの開発 モニタの製作と測定手法の開発

【平成29年度の成果】

- 特許公開:特開2019-138665「甲状腺モニタ用可搬型放射線測定器及び測定方法」(平成30年2月6日出願、令和元年8月22日公開)

【自己評価】 進捗状況及び成果公表

(1) 進捗状況(平成31年度)

① 甲状腺モニタ測定器の開発

- 公衆用及び作業用者の甲状腺モニタシステムについて製作を完了(12月下旬納品)
- 動作試験に着手しており、年度内に性能試験を実施できる見込み

⇒「**実機の製作**」を達成できる見込み

③ 甲状腺モニタシステムの開発

- 被検者と検出器の配置の正確な決定に用いる標準化用治具を3Dプリンタで製作
- 平成30年度に製作した試作機について、簡易マニュアルを作成し、甲状腺簡易測定研修においてデモンストレーションを実施
- 製作が完了した実機に基づくマニュアル作成に着手しており、年度内に完成できる見込

⇒「**標準化用治具の作製及びマニュアルの作成**」を達成できる見込み



概ね計画どおりに進捗しており、目標を達成できる見込み

令和元年度放射線対策委託費(放射線安全規制研究戦略的推進事業費)
放射線安全規制研究推進事業 成果報告会

科学的根拠に基づく合理的な安全管理の実現に向けた調査研究(重点テーマ)

放射線業務従事者に対する 健康診断のあり方に関する検討

主任研究者 山本尚幸
(公財)原子力安全研究協会

令和2年2月6日

全体概要

課題名 放射線業務従事者に対する健康診断のあり方に関する検討

研究期間:平成30年～令和元年(2年間)

背景・目的 放射線業務従事者に対する**特殊健康診断**については、放射線審議会等において、その**あり方**について長年に渡り様々に**議論の対象**となってきた。法制度上は**検査の省略**が行えることになっているところ、特殊健康診断の**実態調査**を行い、**理由や課題を整理**するとともに、**国際的な考え方、海外の実態も調査**する。

実施状況 本年度の実施項目は主として4点。実施時期に若干の遅れはあったが、当初予定通りに実施。

- 1 アンケート調査:昨年度、実施者側(362件、33%)、受診者側(6148件、61%)に加えて、**実施者側の医療施設について追加**

実施者側	原子力施設	放射線施設	医療施設(115件、23%)	産業医
受診者側	原子力施設	放射線施設	医療施設	—

➤ 医療施設も省略は2%

- 2 国内各施設へのインタビュー調査:アンケート結果の**理由の深掘り**、**内規・実施要項**の確認

原子力施設:9件	放射線施設:2件	医療施設:3件 (検査機関を含む)	関連学協会・団体:2件
----------	----------	----------------------	-------------

➤ 実施にしても医師の判断
➤ 法令の規定/客先の求め
➤ 対象者の振分けが煩雑
➤ 特定健診との関係

- 3 国際的な考え方と海外実態の調査

国際的考え方(8月)	IAEA、ILO、HSE(英国)に加えて、ICRP(来日時)
各国の状況(11月)	17か国72件(同じ国からの複数回答あり)

➤ 放射線防護の観点だけからは不要
➤ 放射線健診の目的を考えることが重要
➤ 法令による規程はアジア諸国で多い
➤ 線量だけで判断し、健診を課さない国も

- 4 班会議でのディスカッションによるまとめ

➤ リスクの程度に応じた適切な検査の実施と省略(高線量被ばく時の眼の水晶体の散瞳による検査、5mSv以下)
➤ 法令間の規定や表記の不整合の統一
➤ 労働者の希望や権利

期待される成果

- ・長年継続されている特殊健康診断に関する議論に対し、省略がされていない理由や課題の整理
- ・放射線審議会での議論へのインプット(実態調査を踏まえて、規制制度がどうあるべきかの議論に資する)

研究班の構成

役割	氏名	所属	専門分野
主任研究者	山本尚幸	原安協	産業医、被ばく医療
総括補佐	杉浦紳之	原安協	放射線防護
アンケート調査	大久保靖司 黒田玲子 山本健也	東大	産業医、産業保健
アンケート調査	大野和子	京都医療科学大	放射線科医
アンケート分析	高嶋隆太 伊藤真理 福田一斗	東京理科大	社会システム工学
海外調査	飯本武志	東大	放射線防護
海外調査	酒井一夫	東京医療保健大	放射線防護(ICRP委員)
規制課題の整理	米原英典	原安協	放射線規制科学

医師(放射線科・緊急被ばく医療、産業保健)と**放射線防護の専門家**(ICRP委員、国際動向、規制科学)の必要な分野の専門家で構成

研究の概要(1): 背景・目的

ICRP2007年勧告の国内制度等への取入れについて — 第二次中間報告 — (平成23年1月)

- ・ 放射線防護・管理システムが進展した現在において、異常な被ばくの事実の発見および放射線作業環境の欠陥を、定期的特殊健康診断に求めるべきではない。

ICRP2007年勧告の国内制度等への取入れの進め方について (平成30年1~6月)

- ・ 健康診断は、各法令によって書きぶりに違いがあるものの医師の判断で柔軟に対応出来る仕組みになっている。
- ・ 放射線業務従事者の健康診断の運用状況についてヒアリングし、制度の趣旨に沿った対応がとられているかを把握する。

本研究は、放射線業務従事者に関する健康診断の実態を調査し、その意義や有効性を科学的に検討する。

【参考1】法令における健康診断の書きぶりの違い

【RI(障防)・薬機・船員】

年1回

血液、皮膚及び眼の検査・検診については医師が必要と認める場合に限って実施する。

【電離】

年2回

血液、皮膚及び眼の検査・検診については医師が必要でないと認める時は検査の全部又は一部を省略する事が出来る。

前年及び当該年度に実効線量が5ミリシーベルトを超えない者に対して血液、皮膚及び眼の検査・検診を医師が必要と認めない時には行うことを要しない。

【人事】

年2回

血液、皮膚及び眼の検査については医師が必要でないと認める時は検査の全部又は一部を省略する事が出来る。

前年及び当該年度に実効線量が5ミリシーベルトを超えない者に対しての血液、皮膚及び眼の検査は、医師が必要と認めるときに限りその全部又は一部を行うものとする。

研究の概要(2): ロードマップ(計画と進捗)

	H30				H31				H31				H32			
	6		9		12		3		6		9		12		3	
班会議	← 年4回程度、方針・内容確認、結果のまとめ、考察について共有する。 →								△ △ △ 全体会の他、担当分野の関係者で打合せを適宜実施							
アンケート調査																
状況整理									本年度の実施予定なし							
海外調査																
あり方の検討																

本年度の進捗(1): アンケート調査

※国立病院の技師長会を通じ、アンケート票を500枚配布し、115枚回収(回収率:23%)

○健康診断(検査)の機会と回数

	一般健診とは別に年2回	一般健診で1回別に1回	一般健診で1回1回は省略	実施しない(2回とも省略)	その他	未回答	回答数
原子力施設	13%	75%	1%	0%	5%	6%	178
放射線施設 一般企業	25%	40%	5%	5%	10%	15%	20
放射線施設 大学	67%	24%	2%	0%	4%	4%	55
医療施設	28%	64%	2%	0%	6%	0%	115
産業医	7%	53%	6%	3%	2%	9%	108

○**実態**: **医療施設(実施者側)**の結果は、昨年度の全体の傾向と大きな変わりはなかった。

- ・特殊健診の省略はいずれの施設でも数%にとどまった。
- ・線量(年5mSv超と以下)による区別もあまり行われていない。
- ・省略をしない理由は、「異常がないことを確認」、「法令の定めによる」、「省略の手続きが煩雑」、「省略する積極的な理由なし」などが拮抗した。
- ・受診者の多くは、特殊健康診断の説明を受け、健診結果も確認していた。
- ・受診者は特殊健康診断の受診目的は、健康状態に異常がないことの確認と捉えていた。

本年度の進捗(2): インタビュー調査

※アンケート結果がなぜそうなっているかの理由・原因、考え方、課題などを深掘り

○インタビュー先

原子力施設:9件 電力、協力会社	放射線施設:2件 大学	医療施設:3件 病院、検査機関	関連学協会・団体:2件 (ガイドライン制定にあたっての考え方、論点など)
---------------------	----------------	--------------------	---

○得られた主な意見:

- 医師の判断によるところが大きい(医師にかかる負担が大きい)
 - 医師が判断する場合、安全側の判断にならざるを得ない
 - 省略、実施のどちらにしても、医師の判断が必要
 - 労務・放管側で線量区分(5mSv以下)のリストを作成しても、省略にならない
 - (労務・放管が)線量だけで判断できるなら、省略は進むと思う
- 法令の規定にあるものは省略しづらい
 - 客先の管理区域の立入の可能性を考え、幅広に受診者を設定することになる
 - 厚労省局長通達(参考2)で、検査を希望する者の省略は適当ではないとある
- 対象者の振分けが煩雑
 - ①5mSv超/以下で分け、②5mSv以下について医師が個々に省略の判断をし、③検査結果の確認をし、④更に総合的な判断を行うのは煩雑で非現実的
 - 厚労省様式(参考3)では、医師が省略の判断を途中で行う手順としにくい
- 特定健診との兼ね合いを考える必要がある
 - 特定健診(参考4、一般健診を年2回)には線量区分がなく、省略ができない
 - 特定健診で年2回採血をするなら、特殊健診だけ省略する意味合いは小さい

本年度の進捗(3): 海外調査

ICRP, IAEA

- 放射線防護の観点^{だけ}からは、確定的影響に着目した血液検査、眼・皮膚の検査は不要
 - 放射線作業環境の改善、放射線管理実務の進展とともに、個人モニタリングが確実に実施されているため
 - IAEA: GSR Part3 (BSS), GSG-7 “Occupational Radiation Protection”(2018)は、joint sponsorがいて、放射線防護以外の観点からも記述があることには留意する必要

ILO

- 有害業務の健康診断の目的^を考えることが重要
 - 定期: (1)有害業務による障害の発見・予防、(2)従事を継続できるかの適合性の判断、(3)法的な備え など
 - 就業前: ベースラインの把握
 - 近年、BSSなど国際機関の文書において呼吸器系(全面マスク)や皮膚(非密封作業)について記述が見られるようになったが、障害の発見という意義が薄れた一方で、適合性について重視されるようになったことの表れ。
- ILOの考え方: 規制と使用者、労働者3者のバランス(調和)を保つ

各国の状況

- アジア諸国で法令要件となっている場合が多い(日本を参照、放射線利用の歴史が浅い)
- 健診の意義を放射線防護の観点で考えるのは、高線量被ばくの場合のみ
 - 雇用者と労働者(家族含む)のコミュニケーションツール(何もないことを示す)と位置づけ(主として欧州)
 - 従事者の被ばくの影響を雇用者の責任で確認をする必要はなく、健康は個人の問題(主として北米)
- 英国では、6mSv/年以下の作業者には医学的監視が課されない(線量のみで判断)

本年度の進捗(4): 論点整理・その他の視点

➤ リスクの程度に応じた適切な検査の実施と省略

- 厚労省:「眼の水晶体の被ばく限度の見直し等に関する検討会」から
 - (医療機関など)十分な放射線防護を行っても、なお高い被ばく線量を眼の水晶体に受ける可能性のある労働者は、健康診断の項目の白内障に関する眼の検査の省略は認めないことが適当である。
 - 必要に応じて散瞳による水晶体の観察を伴う検査等を行うため、当該労働者に対する健康診断の項目の白内障に関する眼の検査は、眼科医により行われることが望ましい。
- 中央労働災害防止協会:「電離放射線障害防止規則の解説」から
 - 実効線量が5mSvを超えない放射線業務従事者については、医学的検査は原則不要
 - 被ばく線量の値が低い放射線業務従事者に対しては、健康診断における医学的検査の必要性が減じられるべきものであり、それでもなお医学的検査が必要と判断するには、被ばく歴の有無の調査の結果から、当該被ばく線量の値に疑問を持つべき要素があるか、放射線の影響によると疑われる自覚症状が認められることが必要である。

➤ 法令間の規定や表記の不整合の統一(参考1)

- 頻度:年1回(RI)と年2回(電離則)
- 省略のための医師の判断:
 - 「必要と認める場合に実施」(RI)
 - 「必要でないと認める時に省略」(電離則)
 - 「必要と認めない時には行うことを要しない」(電離則、5mSv以下)
- 複数の法令による規制がかかる場合、厳しい方の規定に従うことになる
大学では、学生・院生は労働者ではないのでRI法のみ(注:電離則と同様な運用をしている大学もある)

本年度の成果：まとめ

- 本研究は、放射線健診をどうしたら省略できるかを意図しておらず、長年議論がなくならない原因がどこにあるかを実態調査を通じて整理し、あるべき姿を示すというスタンスで実施。

- 特殊健診の省略は、原子力・放射線・医療のいずれの施設でも数%にとどまっている。
- 省略をしない理由／実施する理由：
 - ★医師の判断によるところが大きい
 - ★法令で規定されているため
 - ★省略の手続きが煩雑
 - ★異常がないことを(データとして)確認
- 特殊検診の目的: (1)有害要因による障害の発見、(2)有害業務への従事の適合性判断
→確定的影響に着目した検査項目 + 肺機能(全面マスク着用)、皮膚(非密封作業)
- リスクの程度に応じた適切な検査の実施と省略
 - ★医療施設: 水晶体の散瞳による検査
 - ★5mSv以下では原則不要
- 労働者の希望や権利

- 有害業務に就く労働者の健康管理をどのように担保するかを考えると、一般の労働者よりは何かしら手厚く健康状態をチェックする方策が必要なことも確かなことと考えられる。
- 労働安全衛生規則第45条には、**特定業務**(ラジウム放射線、エックス線、その他の有害放射線にさらされる業務)に就く労働者には、一般の労働者は年1回の**一般健康診断を年2回実施**されている。この規定との関連も含めた幅広い視点からの検討が必要。

本年度の自己評価

- 昨年度実施したアンケート調査について、実施者側の施設区分として医療機関を加えた。
 - 配布数500に対して23%の回収率を得た(令和2年1月17日現在)。
- アンケート結果の考察に資するため、インタビュー調査を当初計画に基づき実施した。
 - 原子力施設、放射線施設、医療施設、関連学協会に対し、合計16件。
- 海外調査については、国際的な最新の考え方(ICRP, IAEA, ILO, HSE)に関する調査(8月)ならびに各国(17か国、72件)の健康診断実施状況(11月)を実施した。
 - 当初、計画にあった北米は、ICRP及び米国について先方の来日時に対応。
- 班会議を適宜開催し、研究協力者間での情報共有、意見交換を行うとともに、進捗管理を適切に行った。
- 健康診断のあり方のまとめについて、長年継続されてきた特殊健康診断に関する議論に関し、アンケート調査やインタビュー調査に基づいたエビデンスベースで、さらに国内及び国際的な最新の考え方について放射線防護並びに産業保健の幅広い観点から調査し、省略がされていない理由や課題の整理を実施した。これらのまとめは放射線審議会での議論へのインプットとなり、規制制度がどうあるべきかの議論に資するものと考えられる。
- 予算の執行状況は、ほぼ100%となる見込みである。
- これらのことから、当初計画通りに研究は実施されたものと考えている。
- 主任研究者のエフォート 10%

【参考2】 電離放射線障害防止規則第56条に規定する健康診断における被ばく歴の有無の調査の調査・評価項目及び健康診断の項目の省略等の可否について
(厚生労働省労働基準局長、基発第568号、平成13年6月22日)

労働安全衛生規則及び電離放射線障害防止規則の一部を改正する省令(平成13年厚生労働省令第42号)により改正された電離放射線障害防止規則(以下「改正電離則」という。)については、平成13年3月30日付け基発第253号「労働安全衛生規則及び電離放射線障害防止規則の一部を改正する省令の施行等について」により、その運用を指示したところであるが、同通達中の記の第3の23の(9)により別途に示すこととしていた改正電離則第56条第1項第1号に規定する「被ばく歴の有無の調査及びその評価」の調査・評価項目及び同条第2項から第4項までに規定する健康診断の項目の省略等の可否の判断については、下記に示す事項に留意し、関係者への周知徹底を図るとともに、その適切な運用に遺漏なきを期されたい。

記

第1 改正電離則第56条第1項第1号に規定する被ばく歴の有無の調査及びその評価に係る調査・評価項目について

1 「その他放射線による被ばくに関する事項」について

改正電離則第56条第1項第1号に規定する被ばく歴の有無の調査において事業者が被ばく歴を有する者について調査及びその評価を行わなければならない項目については、作業の場所、内容及び期間、放射線障害の有無、自覚症状の有無その他放射線による被ばくに関する事項とされたが、そのうち「その他放射線による被ばくに関する事項」は、次の事項とすること。

(1) 前回の健康診断までに受けた累積の実効線量

(2) 前回の健康診断から今回の健康診断までに受けた実効線量並びに眼及び皮膚の等価線量

2 必要に応じ調査を実施し、その評価を行うことが適当である事項について

改正電離則第56条第1項第1号の評価に当たっては、同号において調査しなければならないとされている事項に加え、必要に応じ、次の事項について調査を実施し、当該調査結果を踏まえ評価を行うことが適当であること。

(1) 雇入れ時又は放射線業務に配置替えの際の健康診断

ア 放射線業務以外の有害業務歴(業務内容、時期及び期間)

イ 喫煙習慣の有無及び1日の本数

ウ 既往歴の有無

エ 現在治療中の病気及び服用している薬の有無及びその内容

オ アレルギー等の有無及びその内容

(2) 定期の健康診断

ア 事業者より聴取すべき事項

- (ア) 健康診断を受ける労働者が作業を行っている作業場所の線量当量率
- (イ) 放射線測定器の装着状況 (不均等被ばくの有無及びそれに対する対応状況)

イ 労働者より聴取すべき事項

- (ア) 放射線業務における電離放射線の種類
- (イ) 保護具の種類及び着用状況
- (ウ) 放射線業務以外の有害業務歴 (業務内容、時期及び期間。ただし(1) アから変更がない場合は除く。)
- (エ) 喫煙の習慣の有無及び1日の本数
- (オ) 既往歴の有無
- (カ) 現在治療中の病気及び服用している薬の有無及びその内容
- (キ) 前回の健康診断後に発症したアレルギー等の有無及びその内容

第2 改正電離則第56条第2項から第4項までに規定する健康診断の項目の省略等の可否について

1 改正電離則第56条第2項に規定する健康診断の項目の省略について

次の(1)から(6)に示す業務については、第56条第2項の規定により健康診断の項目を省略することは適当でないこと。

- (1) 原子炉(臨界実験装置を含む。)施設における原子炉の運転及び原子炉周辺設備の保守点検の業務(中性子線にさらされるおそれのないことが明らかな区域での業務を除く。)
- (2) 次のような加速器を取り扱う業務(中性子線にさらされるおそれのないことが明らかな区域での業務を除く。)
 - ア 最大出力が6MeVを超える直線加速器
 - イ サイクロトロン、シンクロトロン及びシンクロサイクロトロン
 - ウ 陽子線、重陽子線その他の重荷電粒子線を発生させる加速器
 - エ その他中性子線が発生するおそれのある加速器
- (3) 中性子線を発生させる次の放射性物質を取り扱う業務(中性子線にさらされるおそれのないことが明らかな区域での業務を除く。)
 - ア ^{252}Cf
 - イ ^{226}Ra -Be及び ^{241}Am -Be
- (4) 核燃料物質(U、Pu及びTh)を取り扱う業務(核分裂を伴うおそれがないことが明らかな業務及び中性子線にさらされるおそれのないことが明らかな区域での業務を除く。)
- (5) 核融合実験装置を取り扱う業務(核融合を伴うおそれがないことが明らかな業務及び中性子線にさらされるおそれのないことが明らかな区域での業務を除く。)
- (6) エックス線装置又はガンマ線照射装置を使用する業務であって、露出した利用線錐に近づくざるを得ないような場合、長時間の透視又は撮影の作業を行う場合において照射中に受像器の後ろに待避せざるを得ない場合等、装置の仕様又は作業方法からみて当該業務に従事する労働者が眼に大量のエックス線又はガンマ線を受けるおそれのある業務

2 改正電離則第56条第3項に規定する健康診断の項目の省略について

次の各検査項目ごとに掲げる者については、第56条第3項の規定により、当該検査項目を省略することは適当でないこと。

(1) 白血球百分率

- ア 白血球百分率が生理的範囲外である者
- イ 業務上、1年間に250mSv以上の実効線量を受けたことのある者
- ウ 業務上、1年間に100mSv以上の実効線量を受けて5年間程度の期間を経過していない者
- エ 自覚症状から白血球百分率に何らかの所見が認められることが疑われる者
- オ 前回の健康診断において、白血球百分率に異常所見が認められた者
- カ 業務内容からみて、大量の実効線量を受けていることが疑われる者

(2) 白血球数

- ア 白血球数が生理的範囲外である者
- イ 業務上、1年間に250mSv以上の実効線量を受けたことのある者
- ウ 業務上、1年間に100mSv以上の実効線量を受けて5年間程度の期間を経過していない者
- エ 自覚症状から白血球数に何らかの所見が認められることが疑われる者
- オ 前回の健康診断において、白血球数に異常所見が認められた者
- カ 業務内容からみて、大量の実効線量を受けていることが疑われる者

(3) 赤血球数

- ア 赤血球数が生理的範囲外である者
- イ 業務上、1年間に250mSv以上の実効線量を受けたことのある者
- ウ 業務上、1年間に100mSv以上の実効線量を受けて5年間程度の期間を経過していない者
- エ 自覚症状から赤血球数に何らかの所見が認められることが疑われる者
- オ 前回の健康診断において、赤血球数に異常所見が認められた者
- カ 業務内容からみて、大量の実効線量を受けていることが疑われる者

(4) 血色素量又はヘマトクリット値

- ア 血色素量又はヘマトクリット値が生理的範囲外である者
- イ 業務上、1年間に250mSv以上の実効線量を受けたことのある者
- ウ 業務上、1年間に100mSv以上の実効線量を受けて5年間程度の期間を経過していない者
- エ 自覚症状から血色素量又はヘマトクリット値に何らかの所見が認められることが疑われる者
- オ 前回の健康診断において、血色素量又はヘマトクリット値に異常所見が認められた者
- カ 業務内容からみて、大量の実効線量を受けていることが疑われる者

(5) 眼

- ア 業務上、眼に大量の放射線を受けたことがある者
- イ 白内障を疑わせる自覚症状のある者
- ウ 前回の健康診断において異常所見が認められた者
- エ 業務内容からみて、眼に大量の放射線を受けていることが疑われる者

(6) 皮膚

- ア 業務上、皮膚に大量の放射線を受けたことがある者
- イ 皮膚疾患を疑わせる自他覚症状のある者
- ウ 前回の健康診断において異常所見が認められた者
- エ 業務内容からみて、皮膚に大量の放射線を受けていることが疑われる者
- オ 前回の健康診断において、皮膚に外傷、熱傷、潰瘍等、放射性物質が体内に浸透しやすく、又は放射性物質により汚染されやすい疾患があると認められた者(非密封の放射性物質を取り扱う業務に従事する者に限る。)

(7) 各検査項目について、特に実施を希望する者

3 改正電離則第56条第4項に規定する健康診断の項目の省略等について

次の各検査項目ごとに掲げる者については、第56条第4項の規定にかかわらず当該検査項目を実施することが望ましいこと。

(1) 白血球百分率

- ア 業務上、1年間に250mSv以上の実効線量を受けたことのある者
- イ 業務上、1年間に100mSv以上の実効線量を受けて5年間程度の期間を経過していない者
- ウ 自他覚症状から白血球百分率に何らかの所見が認められることが疑われる者
- エ 前回の健康診断において、白血球百分率に異常所見が認められた者
- オ 業務内容からみて、大量の実効線量を受けて、白血球百分率に異常所見が認められることが疑われる者

(2) 白血球数

- ア 業務上、1年間に250mSv以上の実効線量を受けたことのある者
- イ 業務上、1年間に100mSv以上の実効線量を受けて5年間程度の期間を経過していない者
- ウ 自他覚症状から白血球数に何らかの所見が認められることが疑われる者
- エ 前回の健康診断において、白血球数に異常所見が認められた者
- オ 業務内容からみて、大量の実効線量を受けて、白血球数に異常所見が認められることが疑われる者

(3) 赤血球数

- ア 業務上、1年間に250mSv以上の実効線量を受けたことのある者
- イ 業務上、1年間に100mSv以上の実効線量を受けて5年間程度の期間を経過していない者
- ウ 自他覚症状から赤血球数に何らかの所見が認められることが疑われる者
- エ 前回の健康診断において、赤血球数に異常所見が認められた者
- オ 業務内容からみて、大量の実効線量を受けて、赤血球数に異常所見が認められることが疑われる者

(4) 血色素量又はヘマトクリット値

- ア 業務上、1年間に250mSv以上の実効線量を受けたことのある者
- イ 業務上、1年間に100mSv以上の実効線量を受けて5年間程度の期間を経過していない者
- ウ 自他覚症状から血色素量又はヘマトクリット値に何らかの所見が認められることが疑われる者
- エ 前回の健康診断において、血色素量又はヘマトクリット値に異常所見が認められた者
- オ 業務内容からみて、大量の実効線量を受けて、血色素量又はヘマトクリット値に異常所見が認められることが疑われる者

(5) 眼

- ア 業務上、眼に大量の放射線を受けたことがある者
- イ 白内障を疑わせる自覚症状が前回の健康診断後初めて発生した者
- ウ 業務内容からみて、眼に大量の放射線を受けて、白内障が認められることが疑われる者

(6) 皮膚

- ア 業務上、皮膚に大量の放射線を受けたことがある者
- イ 皮膚疾患を疑わせる自覚症状のある者
- ウ 前回の健康診断において異常所見が認められた者
- エ 業務内容からみて、皮膚に大量の放射線を受け、皮膚疾患が認められることが疑われる者
- オ 前回の健康診断において、皮膚に外傷、熱傷、潰瘍等の疾患が認められ、かつ、業務内容から見て、放射性物質が体内に浸透し、又は放射性物質により汚染されたことが疑われる者(非密封の放射性物質を取り扱う業務に従事する者に限る。)

(7) 各検査項目について、特に実施を希望する者

電離放射線障害防止規則

(健康診断)

第五十六条 事業者は、放射線業務に常時従事する労働者で管理区域に立ち入るものに対し、雇入れ又は当該業務に配置替えの際及びその後六月以内ごとに一回、定期的に、次の項目について医師による健康診断を行わなければならない。

- 一 被ばく歴の有無(被ばく歴を有する者については、作業の場所、内容及び期間、放射線障害の有無、自覚症状の有無その他放射線による被ばくに関する事項)の調査及びその評価
- 二 白血球数及び白血球百分率の検査
- 三 赤血球数の検査及び血色素量又はヘマトクリット値の検査
- 四 白内障に関する眼の検査
- 五 皮膚の検査

2 前項の健康診断のうち、雇入れ又は当該業務に配置替えの際に行わなければならないものについては、使用する線源の種類等に応じて同項第四号に掲げる項目を省略することができる。

3 第一項の健康診断のうち、定期に行わなければならないものについては、**医師が必要でないと認めるときは、同項第二号から第五号までに掲げる項目の全部又は一部を省略することができる。**

4 第一項の規定にかかわらず、同項の健康診断(定期に行わなければならないものに限る。以下この項において同じ。)を行おうとする日の属する年の前年一年間に受けた実効線量が五ミリシーベルトを超えず、かつ、当該健康診断を行おうとする日の属する一年間に受ける**実効線量が五ミリシーベルトを超えるおそれのない者**に対する当該健康診断については、同項第二号から第五号までに掲げる項目は、**医師が必要と認めないときには、行うことを要しない。**

5 事業者は、第一項の健康診断の際に、当該労働者が前回の健康診断後に受けた線量(これを計算によつても算出することができない場合には、これを推定するために必要な資料(その資料がない場合には、当該放射線を受けた状況を知るために必要な資料))を医師に示さなければならない。

【参考4】特定業務従事者の健康診断、安衛則

(特定業務従事者の健康診断)

第四十五条 事業者は、第十三条第一項第三号に掲げる業務に常時従事する労働者に対し、当該業務への配置替えの際及び六月以内ごとに一回、定期的に、第四十四条第一項各号に掲げる項目について医師による健康診断を行わなければならない。この場合において、同項第四号の項目については、一年以内ごとに一回、定期的に、行えば足りるものとする。

2～4 省略

第十三条第一項第三号

ハ ラジウム放射線、エックス線その他の有害放射線にさらされる業務

第四十四条 事業者は、常時使用する労働者(第四十五条第一項に規定する労働者を除く。)に対し、一年以内ごとに一回、定期的に、次の項目について医師による健康診断を行わなければならない。

- 一 既往歴及び業務歴の調査
- 二 自覚症状及び他覚症状の有無の検査
- 三 身長、体重、腹囲、視力及び聴力の検査
- 四 胸部エックス線検査及び喀(かく)痰(たん)検査
- 五 血圧の測定
- 六 貧血検査
- 七 肝機能検査
- 八 血中脂質検査
- 九 血糖検査
- 十 尿検査
- 十一 心電図検査

平成31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2年2月6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
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



(研究代表者) 高橋 史明

【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

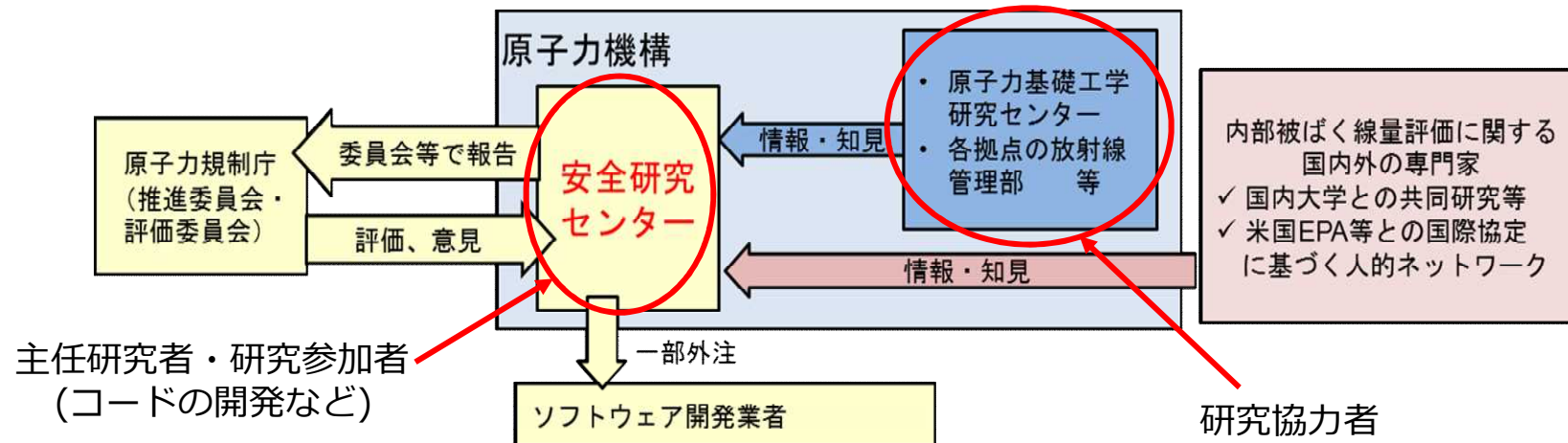
【実施状況】 ロードマップに従い、当初の計画通りに進捗

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	機能の設計		
	基本機能の完成 ▲	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（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

【研究体制】 本研究の体制



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に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

【今年度の研究概要】 全体の実施内容、目標及び達成状況



平成31/令和元年度の研究ロードマップ及びマイルストーン (MS)

実施項目	平成31/令和元年度 (上半期)	平成31/令和元年度 (下半期)
1) 線量係数計算機能の開発	ICRPの線量評価モデルの調査	
2) 核種摂取量推定機能の開発	機能の検証	
	機能の完成 ▲	
3) コードの開発等	パラメータ設定法の検討	
		GUI等の開発 β版の完成 ▲

▲ マイルストーン (MS)

- 1) 線量係数計算機能の開発
 - ICRPによる新しい線量評価モデルや線量係数の検討状況、公開予定などの調査
- 2) 核種摂取量推定機能の開発 **MS : 機能の完成** ⇒ **上半期に完了(達成)**
 - 摂取パターン (回数や経路)、モニタリング値の種類等を変えた条件で、核種摂取量や被ばく線量等を計算し、その信頼性を検証
- 3) コードの開発等 **MS : β版の完成** ⇒ **今年度末に完了の見込み(達成の見込み)**
 - 計算条件の設定に用いるGUI、計算の途中経過の出力、線量データを取りまとめた数表、体内放射能の経時変化を示すグラフ等を表示する機能を開発
 - 線量係数計算機能、核種摂取量推定機能及び利便性や操作性を向上させる機能を統合させたコードβ版を開発

当初計画 (ロードマップ) の通りに研究を進捗

【今年度の研究概要】 核種摂取量推定機能の開発



EURADOSやIAEAの例題等を活用した核種摂取量推定機能の検証

検証に用いた取込み事例の摂取・モニタリング条件

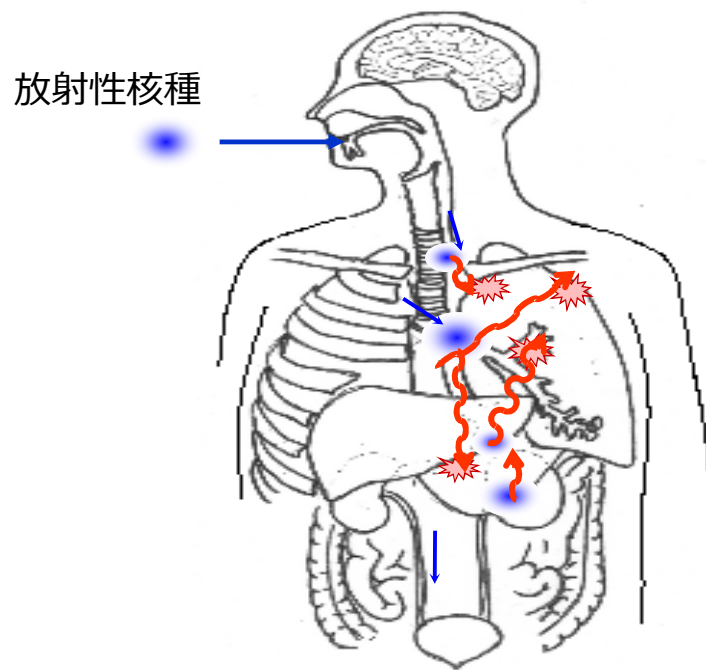
核種 (化学形等)	摂取経路 (回数)	モニタリング		特徴(出典)
		方法(対象)	回数	
Cs-137 (CsCl)	経口(2回)	全身	7	モニタリング値の不確かさを考慮(a)
I-125 (ガス)	吸入(3回)	甲状腺	5	モニタリング値の不確かさを考慮(a)
I-131 (Type F)	吸入(3回)	甲状腺	2	摂取回数よりモニタリング回数が少ない(b)
U-235 (Type M)	吸入(1回)	肺+尿	10	複数のモニタリング手法による測定値を同時に考慮(a)
Pu-238 (PuO ₂)	吸入(1回)	尿	48	検出下限値以下の結果を考慮(c)
Co-60 (Type S)	吸入(1回)	全身+尿	5	新動態モデルによる評価(d)

- a. C.M. Castellani et al., IDEAS Guidelines (Version 2), EURADOS Report 2013-01 (2013).
- b. IAEA, Safety Reports Series No. 37 (2004).
- c. A.C. James et al., User Manual for IMBA Professional Plus (Version 4.0) (2005).
- d. C.M. Castellani et al., ICIDOSE2017, EURADOS Report 2019-01 (2019).

- 出典(a)~(c)では、1990年勧告に従う線量評価モデル・データに基づいて摂取量が評価されているので、従来の体内動態モデルを実装して検証
- 各事例の出典における報告値及びIMBAコードによる評価値と比較

【今年度の研究概要】 コードの開発

- これまでに開発した線量係数計算機能及び核種摂取量推定機能を実装させる。
- GUIは両機能を統合したGUIを持たせる。計算結果としては、機能に応じて、図もしくは表で出力可能とさせる。



- 内部被ばく線量評価で必要不可欠な情報
 - 評価対象者は？⇒作業員？公衆（年齢群）？
 - 摂取した核種名は？
 - 核種の種類（化学形等）は？
 - 摂取経路は？ ⇒経口？吸入？・・・
- より精緻な線量評価を可能とする情報
 - 摂取形態 ⇒急性？複数回？慢性？
 - 体内移行の追加、移行係数データの変更
- 摂取量の推定で必要不可欠な情報
 - モニタリングの対象(方法) 及び結果
 - 摂取からモニタリングまでの経過時間

体内摂取した核種による組織・臓器へのエネルギー付与と線量評価や摂取量推定に必要な情報

【今年度の進捗】核種摂取量推定機能の開発 (1)

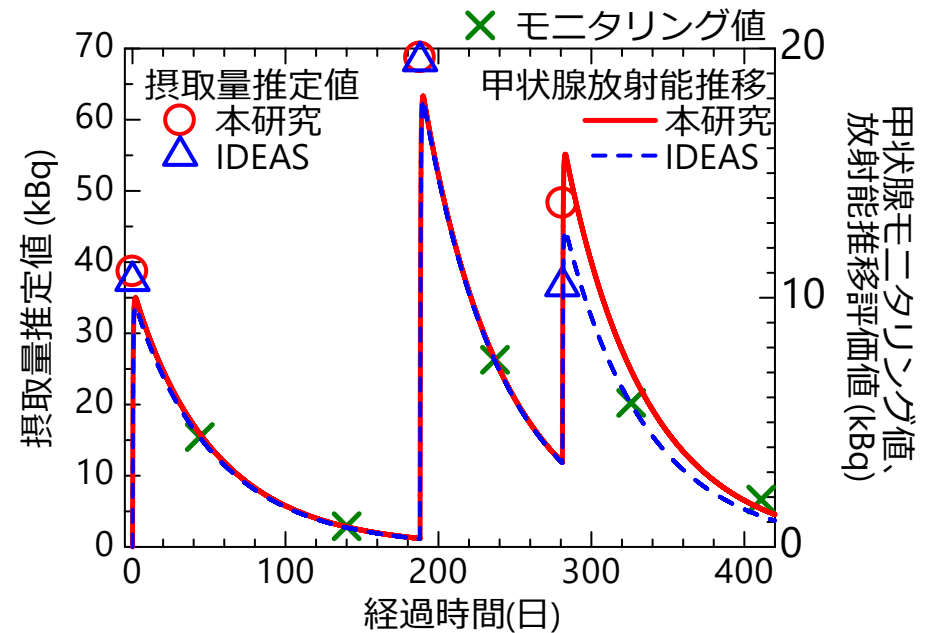
I-125の吸入摂取に関する検証

作業者がヨウ素ガスを3回吸入摂取
 ⇒2回目、3回目の摂取は、1回目の摂取から188日、281日経過

甲状腺モニタリング値

経過時間 (日)	測定値 (Bq)	SF*
44	4.41E+03	1.26
140	8.30E+02	1.27
237	7.51E+03	1.26
326	5.78E+03	1.26
411	1.90E+03	1.27

*Scattering factor. モニタリング値の全体的な不確かさとして対数正規分布を仮定した時の幾何標準偏差



1回目の摂取後のモニタリング値、甲状腺放射能及び摂取量の推定値

- IDEASのクライテリアでは、簡易評価で6 mSv以下の場合には詳細な評価を必要としない。例題はこれに該当し、直後のモニタリング値のみを用いて比例計算で評価されているため、甲状腺放射能推移は5回目のモニタリング値とは差がある。
- 本機能を用いてすべてのモニタリング結果を考慮して摂取量を推定した場合、IMBAを用いて同様の手法で推定した結果とよく一致した。IDEASと同様の手順で推定した場合は文献値とよく一致した。

Pu-238の吸入摂取に関する検証

- 摂取条件：作業者がPuを1回吸入摂取
- 尿モニタリング：17年以上（6,294日）にわたり48回を実施、最初の4回（～76日）は検出下限値（0.004 Bq/d）以下、5回目(123日～)以降のモニタリング値は0.076 Bq/d～0.580Bq/dで推移（SFは何れも1.8）

摂取量推定値

評価方法	測定値 (Bq)
本機能	1.27E+06
IMBA	1.27E+06

検出下限値以下という結果を検出下限値の半値と仮定して評価した場合、何れの結果もよく一致した。

開発した摂取量推定機能は問題なく機能していることを確認

例、本機能の特徴でもある複数モニタリング手法による結果の同時考慮についてもU吸入に対する肺及び尿モニタリングの事例により検証

本機能により、種々の摂取、モニタリング条件に対して、各種の摂取量を正確に再現することを検証（**機能の完成**）

【今年度の進捗】 コードの開発 (1)

GUIデザイン：条件設定

The screenshot shows the 'Internal Radiation Exposure Calculation' GUI. It is divided into several sections, each with a red box and a number:

- ① Input: .inp\input.xml
- ② DataFile: Change
- ③ Repository: \repository\test
- ④ Evaluation: AcuteUnitIntake
- ⑤ Exposure: Gender (male), SelectAge (Enter), Subject (worker), DayOld[d] (9125.0), Period[d] (18250.0)
- ⑥ Intake: Sr-82, ingestion, Deposition, ChemicalForm (AllOtherChemicalForms(Strontium)), AlimentaryMaterial (total-diet), SystemicMaterial (none)
- ⑦ Biokinetics: ChronicIntake
- ⑧ IntakeEstimate
- ⑨ S-Coefficient: Alpha (20.0), Electron (1.0), Photon (1.0), Calculate, View
- ⑩ InternalExposure: Dose, Calculate, View

計算条件設定画面
(線量係数計算機能選択時)

- ①使用する線量評価用モデル・データの指定
2007年勧告準拠；1990年勧告準拠；その他
- ②吸入摂取時の呼吸気道沈着割合の指定
- ③機能選択
線量係数計算機能 or 核種摂取量推定機能
- ④評価対象条件設定
作業者 or 公衆；摂取時日齢；評価期間
- ⑤摂取条件設定
放射性核種；化学形；
摂取経路（経口摂取, 吸入摂取, or 創傷取込）；
使用動態モデル指定（動態モデルが化学形依存の場合）
- ⑥体内動態モデル編集
移行経路の追加・削除；移行係数の変更
- ⑦慢性摂取時の摂取条件指定
- ⑧核種摂取量推定機能時のモニタリングデータ入力
- ⑨放射線加重S係数 計算結果の表示
- ⑩線量係数 計算結果の表示

GUIデザイン：結果出力

Time[d]	BoneMarrow	Breast	Colon
1.000000	1.099e-12	9.841e-13	1.049
2.000000	2.179e-12	1.954e-12	2.076
3.000000	3.186e-12	2.859e-12	3.034
4.000000	4.125e-12	3.703e-12	3.928
5.000000	5.002e-12	4.491e-12	4.762
6.000000	5.820e-12	5.226e-12	5.540
7.000000	6.584e-12	5.912e-12	6.266
8.000000	7.296e-12	6.553e-12	6.944
9.000000	7.961e-12	7.150e-12	7.576
10.000000	8.581e-12	7.708e-12	8.166
11.000000	9.160e-12	8.229e-12	8.716
12.000000	9.701e-12	8.715e-12	9.230
13.000000	1.021e-11	9.169e-12	9.709
14.000000	1.068e-11	9.593e-12	1.016
15.000000	1.112e-11	9.989e-12	1.057
16.000000	1.153e-11	1.036e-11	1.096
17.000000	1.191e-11	1.070e-11	1.133

線量係数計算結果表示画面

Intake estimation

DayOld[d]	Intake[Bq]	Lower95%	Upper95%
9125.000000	1.237e+05	1.237e+05	1.237e+05

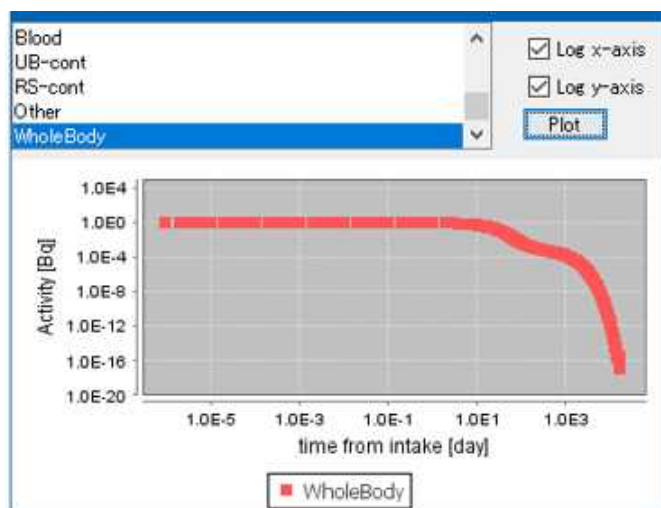
Activity for measurement and prediction

Item	Measureme...	Prediction[...
Cs-137 Fae...	5.000e+02	5.000e+02

Dose estimation

Item	Dose[Sv]
Ht Wall	1.717e-03
Uterus	1.788e-03
Remainder	1.666e-03
effective	1.999e-03

摂取量推定結果表示画面



体内放射能推移表示画面

- 線量係数計算機能と核種摂取量推定機能を統合するGUIをデザイン
- GUIで使用する機能の選択、計算条件を設定可能
- 計算結果を表や図で出力可能

**GUIを備えたコードβ版は
本年3月末までに完成見込み**

○ 成果発表

論文発表

- K. Manabe et. al.: “Development of a function calculating internal dose coefficients based on ICRP 2007 Recommendations”, Bio Conf. **14**, 03011 (2019)

学会発表

- 日本原子力学会2019年秋の大会にて口頭発表（2件）（令和元年9月）
- 5th International Symposium on the System of Radiological Protection (ICRP 2019) にてポスター発表（1件）
- 第2回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会にてポスター及び口頭発表（令和元年12月）
- 日本原子力学会2020年春の年会にて口頭発表（1件）（令和2年3月予定）

○ 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β版（令和2年3月整備予定）

【今年度の自己評価】



1. 核種摂取量推定機能の開発の達成度

核種摂取量推定機能に関し、EURADOS IDEASガイドラインの例題等により妥当性を検証し、**同機能を完成**させた。

2. 利便性や操作性の向上を図る機能、コードの開発の達成度

ユーザーによる入力設定や結果を表示する機能を整備し、線量係数計算及び核種摂取量推定が可能な**コードβ版の開発を完了する見込み**である。

他、ICRPによる新しい線量評価モデルや線量係数の公開予定など、本テーマの進捗に関連する情報の調査

⇒ 作業者によるランタノイド・アクチノイドの摂取に係る組織系動態モデル、線量係数等(OIR part 4)がPubl.141として公開準備中等の情報を収集

自己評価：概ね当初の計画通りに進捗

今後の課題（次年度の計画：当初計画から変更なし）

- β版の改良、マニュアルの整備（ユーザーによる意見聴取等）によるコードの完成
- ICRPにおける検討の動向を調査し、適宜、コード開発に反映
- 事業終了後のコードの拡張や活用策の検討(最終年度となる次年度中にICRP2007年勧告に準拠するモデル・データ、線量係数等は全て出揃わないと想定)

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-

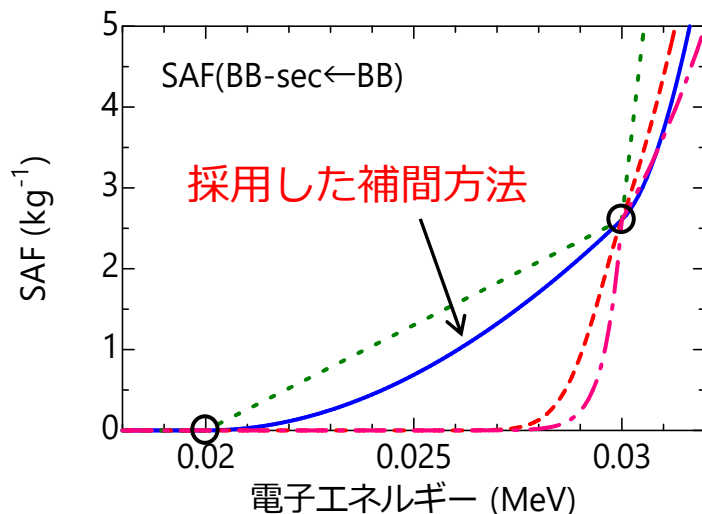
平成29年度から平成31年度の3年間における進捗、自己評価等
【中間評価】

【3年間の進捗①】 実効線量係数の検証など(1)

ICRP2007年勧告の放射線規制への取入れに伴う内部被ばく防護基準値の改正
 ⇒ 基本とするモデルやデータ等に従う実効線量係数の導出を検証する必要

ICRPのモデルやデータの対応の例 (SAFの補間方法)

SAF(比吸収割合) : 線源組織・臓器からの放出放射線が、標的組織・臓器へ付与するエネルギーを示す。



SAFデータの補間方法

○	データ点	---	PCHIP (対数変換)
—	PCHIP* (線形)	-·-	直線補間 (対数変換)
····	直線補間 (線形)		

*PCHIP:区分的 3 次エルミート内挿多項式

関連する刊行物 (Publ.133) では、具体的な方法を提示していない。



ICRP 第2委員会委員との情報交換により、採用されている “PCHIP (線形)” を実装

新しい実効線量係数の正確な導出の検証(公開済の刊行物、OIR Data Viewer)

公開済の刊行物(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

ICRP Publ.115等を参照するRnを除く27元素(284核種、1339ケース)の実効線量係数
 ⇒ 約94%が一致、約6%が四捨五入による2桁目の1の差(実効線量係数の再現に成功)

【3年間の進捗②】 実効線量係数の検証など(2)

- 今後、ICRPより順次公開されるモデル・データへの対応
- 国内の放射線安全規制へのICRP2007年勧告の取入れに係る検討に活用するため、日本人に適したパラメータ等による評価

新規に公開されるモデルやデータへの対応可能なデータ記述



組織系動態モデルと開発中のコードにおけるデータ記述

組織系動態モデルで考慮されるコンパートメント(組織等)名等をID番号を用いて正確に認識し、汎用的なソフトウェアによるデータの拡張を可能に

日本人に適したパラメータ等の設定

- 日本人SAFデータの実装、任意のパラメータを設定可能なコードを開発
- 現在の防護基準値の基本とする1990年勧告に従うモデルやデータの実装、選択可能

国内の内部被ばく防護基準値の改正における検討に有益な機能を開発

ICRP2007年勧告を国内の放射線規制に取り入れた場合、各事業所等でも新しい線量評価モデルやデータに従い、核種の摂取量を推定して内部被ばく線量を評価

国内の研究機関、大学との意見交換により聴取したニーズ(主なもの)

- 様々な摂取シナリオへの対応
慢性摂取、複数回摂取の評価、複数の摂取経路の同時考慮等
- モニタリングデータの設定や取扱
不確かさの取り扱い、摂取時期の不確かさの考慮、複数のモニタリングに対する処理
- 体内放射能・排泄率の計算条件
粒径分布や運動状態等の沈着率に影響を及ぼすパラメータの考慮
- 結果の出力
計算の途中経過の出力、不確かさの取扱、時間経過と累積被ばく線量の関係図等

核種摂取量推定機能の開発

- 様々な摂取シナリオに対する計算機能の開発及び検証(P.7-8)
- ユーザーによる条件を設定する機能、効果的に結果を表示する機能の開発(P.10)

ニーズ調査に基づいて、事業所等における内部被ばく線量評価に
有益な機能を開発

【3年間の進捗④】 研究の到達点、経費の支出状況



ロードマップ概略及び研究フロー(当初計画)

実施項目	平成29年度	平成30年度	平成31/令和元年度
1) 線量係数計算機能の開発	計算機能の開発及び検証 基本機能の完成 ▲	機能の設計 完成 ▲	
2) 核種摂取量推定機能の開発	機能のニーズ調査 概念設計等	推定機能の開発 基本機能の完成 ▲	機能検証 完成 ▲
3) コード開発等		パラメータ設定法の検討	GUI等の開発 β版の完成 ▲

(1) 線量係数計算機能の開発

- 2007年勧告に従い線量係数を計算する機能
- 日本人に適したパラメータ等の適用
- 新規モデル・データの取込みを可能とする設計

機能の活用(体内放射エネルギーの計算)

(2) 核種摂取量推定機能の開発

- モニタリング値に基づく摂取量の推定法の開発

(3) 操作性や利便性の向上を図るための開発

- パラメータ設定や結果表示機能の開発

当初計画の通り、今年度末のマイルストーンコードとしたβ版完成の見込み

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(見込み)
経費合計		14,053,770	19,533,159	19,385,228
直接経費	設備備品費	714,776	0	561,060
	消耗品費	1,533,588	1,945,836	244,620
	人件費	2,234,478	5,242,422	6,458,793
	謝金	0	50,000	0
	旅費	895,351	674,136	888,441
	外注費	5,400,000	7,020,000	6,930,000
	その他(学会参加費等)	32,400	93,113	151,241
間接経費		3,243,177	4,507,652	4,151,073

再委託費等、他の項目の支出なし

○ 成果発表

論文発表(1報)

K. Manabe et. al.: “Development of a function calculating internal dose coefficients based on ICRP 2007 Recommendations”, Bio Conf. **14**, 03011 (2019)

学会発表

・ 国際学会(3件)

International conference of the health effect of incorporated radionuclides (HEIR2018), 5th International Symposium on the System of Radiological Protection (ICRP2019)等

・ 国内学会(12件)

平成29年度以降に開催の日本原子力学会、日本保健物理学会 等

○ 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β版(令和2年3月整備予定)

【3年間の自己評価①】 自己評価



- ① ICRP2007年勧告に準拠する新しい実効線量係数等が正確に導出されている機能を開発
 - ② 新しい線量評価モデル・データに従い、モニタリング結果に基づいて核種の摂取量を推定する機能を開発
 - ③ 日本人に適したパラメータ等の設定、計算結果等を効果的に提示する機能を開発
 - ④ ①から③を統合したコードβ版を完成（今年度末、見込み）
 - ⑤ さらに、コードの開発、内部被ばく防護基準値の改正に関連する情報を収集し、POやPO補佐等と共有
- ⇒ 第146回放射線審議会総会(本年9月27日開催)において、本研究テーマの進捗や関連する情報を報告

“概ね計画通り進捗”しており、“**計画変更の必要はない**”。
(現状の到達点：**当初計画のほぼ100%**)

【3年間の自己評価②】 研究成果の活用



「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



来年度、β版の試用に基づく意見聴取によるコードの改良、マニュアル整備等により、**コード完成の見込み**

- ・ 順次公開される実効線量係数の検証、線量評価モデル・データに対応可能な線量係数計算機能の確立
- ・ 日本人パラメータや1990年勧告に準拠するモデル・データの設定も可能
⇒ 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、実効線量係数の正確な導出、国際的なデータの適用に関する検証、新旧係数の差異への影響因子の調査を可能とする技術基盤
- ・ 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する機能の確立
⇒ 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

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、自律型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

本課題における初年度目標は実証試験や運用方法検討に必要な試作機や通信規格の準備である。具体的には可搬型モニタリングポストの試作機完成と実証試験開始、自律ネットワークの評価と有力候補規格の実証用端末を開発着手、KURAMA-IIのソフトウェア移植と超小型KURAMA-II用の安価な検出器開発着手となる。

本課題は第1四半期末に契約成立着手となったが、作業の効率化等を図った結果、概ね採択時の計画通りに進行している。可搬型モニタリングポストの試作機完成と実証試験の実施、自律ネットワークも候補規格の選定が終わり、試作端末を製作した上で実証試験に着手している。また、KURAMA-IIの移植も各機能の移植は概ね完了し、全体の動作試験に入りつつある。検出器も試作品は完成済みでKURAMA-IIとの試験運用で評価中である。

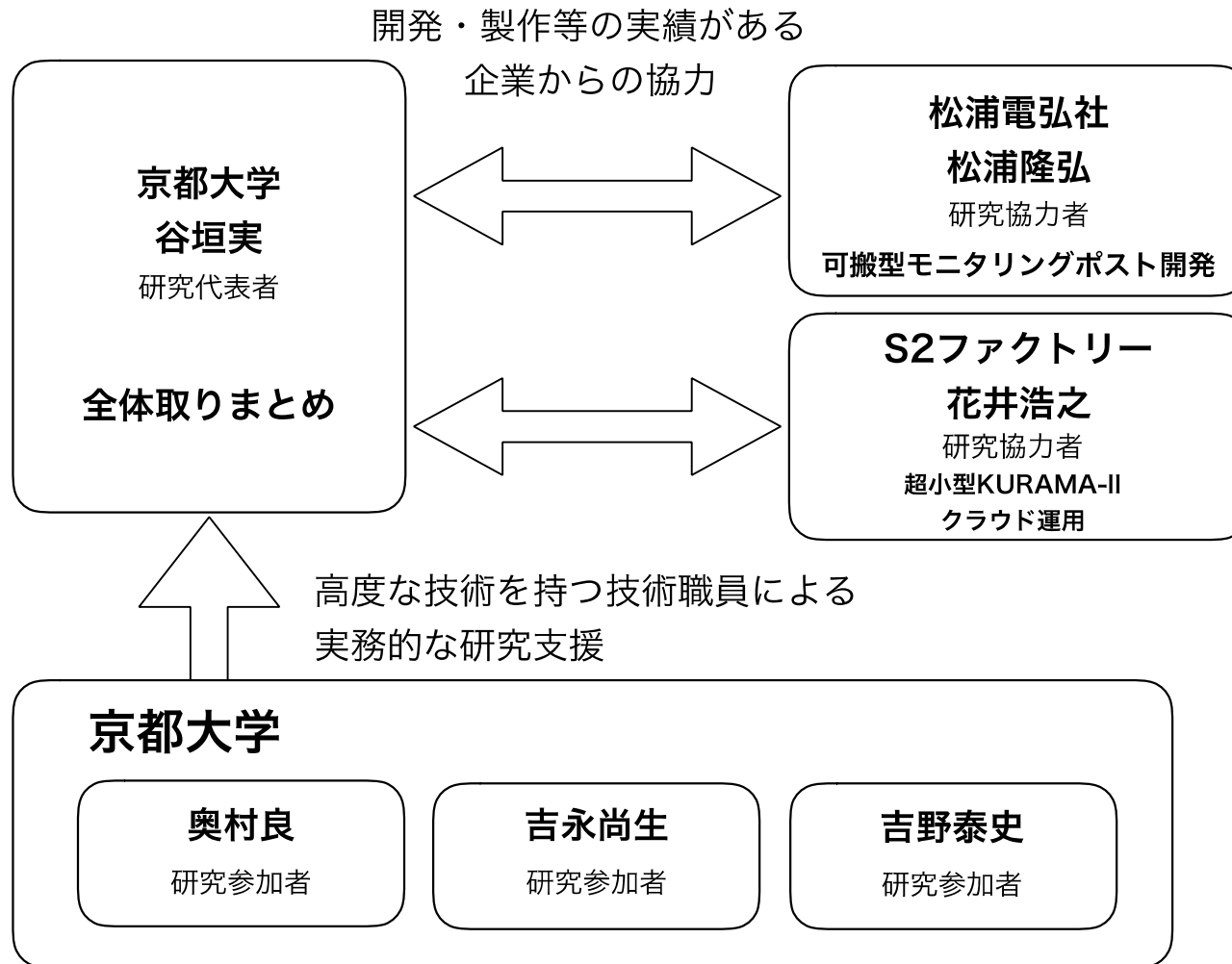
	第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期
可搬型モニタリングポスト	基本設計	製作		実証試験
自律ネットワーク	体制構築	規格調査		試験端末試作
超小型KURAMA-II	体制構築		ソフト移植	検出器試作

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。

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

新潟県の訓練の様子



重くて運搬困難

可搬型モニタリングポスト

高価で台数が少ない

災害時に機能しない
(停電・輻輳・倒壊)

生活圏

圏内展開困難(高価・低い機動性)
核種同定ができない
(ヨウ素の被曝評価に問題)

研究目標

KURAMA-IIの成果で既存モニタリング体制を補完・強化

可搬型モニタリングポストの開発

- 本当の可搬型（片手で持てる）
- バッテリー駆動で10日間
- スペクトルデータ取得

超小型KURAMA-IIの開発

- 安価に（使い捨ても視野）
- Singleboard Computerで構築
- KURAMA-IIと同等の検出能力
- 耐久性を数でカバー

自律型ネットワーク

- ばら撒かれた機器を結ぶ
- 機動性・柔軟性を確保
- 既存回線に依存しない観測網



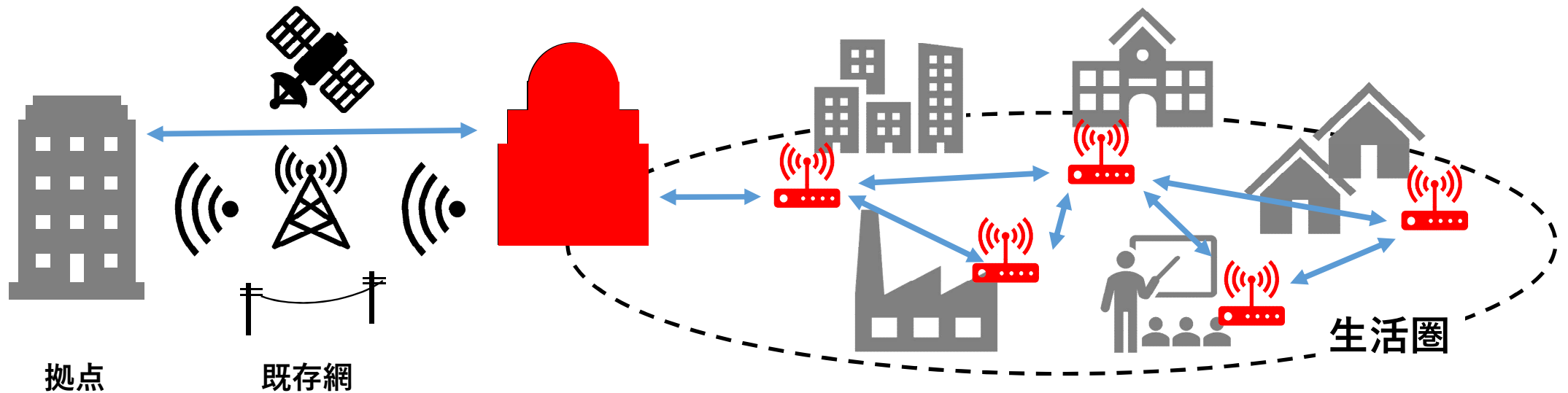
今回の研究の位置づけ

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

検出器

CsI(Tl)+MPPC・KURAMA-IIと特性を揃える

MPPCモジュールの例

MPPCモジュール
C13365シリーズ

アナログ出力

特長

- 精密計測用MPPCを内蔵
- 短波長域で高感度
- 低い雑音等価電力
- 温度補償機能を内蔵
- 小型/軽量

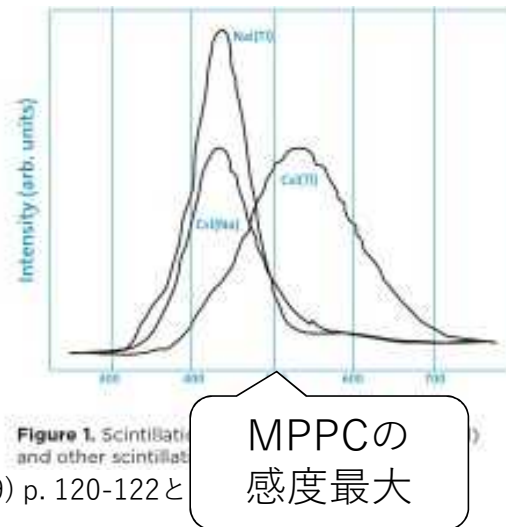
用途

- フローサイトメトリ
- 微弱光計測
- 蛍光計測



NaI(Tl)とCsI(Tl)の比較

	NaI(Tl)	CsI(Tl)
実効原子番号	50	54
密度(g/cm ³)	3.67	4.51
蛍光出力	39000	45000
蛍光減衰時間(ns)	230	1000
潮解性	大	若干
自己汚染	無	無



MPPC (Multi-Pixel Photon Counter)

- Avalanche Photo Diodeを面的に並べたもの
- 数十Vのバイアス電圧で高い増倍率・検出効率を実現
- フォトダイオードより高いS/N
- 磁場の影響を受けない安定した動作
- 市場競争により著しい価格低下と性能向上

CsI(Tl)+MPPCのメリット

- CsI(Tl)は潮解性が小さく、強度も大
- 全半導体化可能で小型かつ堅牢にできる
- CsI(Tl)の発光波長はSiフォトダイオードに適合
- 従来のCsI(Tl)+フォトダイオード並みの価格

今回の検出器仕様

- CsI(Tl)+MPPCを採用
- 放射線特性はKURAMA-IIと同じ
- 高計数率対応C12137シリーズ (可搬ポスト)
- AD変換以降を最適化 (超小型)

研究計画

1年目第4四半期開始（2020年1月時点）

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の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(松浦電弘社)	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	試験用端末試作	ネットワーク単独試験	モニタリングポスト等との組み合わせ試験			
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		超小型KURAMA-II 単体試験	ネットワークとの組み合わせ試験			
			簡素で廉価なCsl検出器の試作						
上記開発研究に使用する関連計測技術の調査、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			PCaPAC2020で計測制御技術の調査及び進捗状況発表				
					超小型KURAMA-IIの製作方法やソフトウェアのオープンソース化				
					結果取りまとめ 論文執筆				

モニタリングポスト

- ・ 試作機製作完了
- ・ 現地試験開始

自律型ネットワーク

- ・ 通信規格の調査終了
- ・ 候補規格の試験開始

超小型KURAMA-II

- ・ 移植作業遂行中
- ・ Csl(TI)検出器開発中

可搬型モニタリングポスト

大幅な小型化を達成



従来の可搬型モニタリングポスト



KURAMA-IIベースの可搬型モニタリングポスト

可搬型モニタリングポスト

フィールドテストを開始



富岡町での試験の様子



開発の現状

- 福島県内、熊取町で実証試験開始
- 連続稼働50時間以上（市販のLi-ion電源）

今後の予定

- 様々な条件での線量率測定
- 標準場での特性評価
- 耐環境性の評価と必要な改良
- 稼働時間の延長（動作サイクル等見直し）

超小型KURAMA-II

シングルボードコンピュータで計測

CXD5247 (Power/Audio)



Sony Spresenseの構成

Sony Spresense

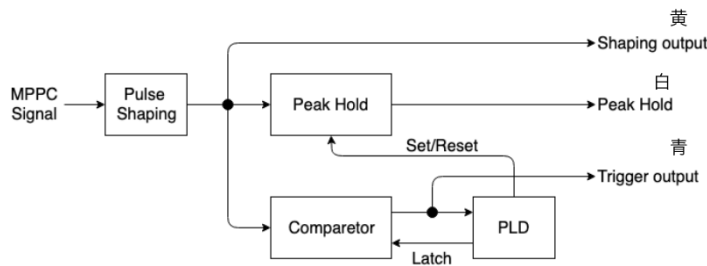
- 低消費電力とリチウムイオンバッテリー制御機能
- 高いアナログ信号処理能力 (500 kS/sec)
- LTE, Wi-Fi, LPWAモジュールが供給されている
- 幅広いGNSS対応 (GPS, みちびき etc.)

CsI(TI) + MPPC

- 光センサ市場の競争による高い価格対性能比
- 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

開発の現状

- 通信、測位等の要素技術は確立
- 放射線パルスのAD変換技術を開発中 (Spresenseのチューニングを含む)
- 評価用CsI(TI)検出器で性能評価
- 量産前提のCsI(TI)検出器試作品の構成検討中



評価用CsI(TI)検出器の構成



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

通信事業者の対応なしにエリア拡大
対応した動的な転送経路

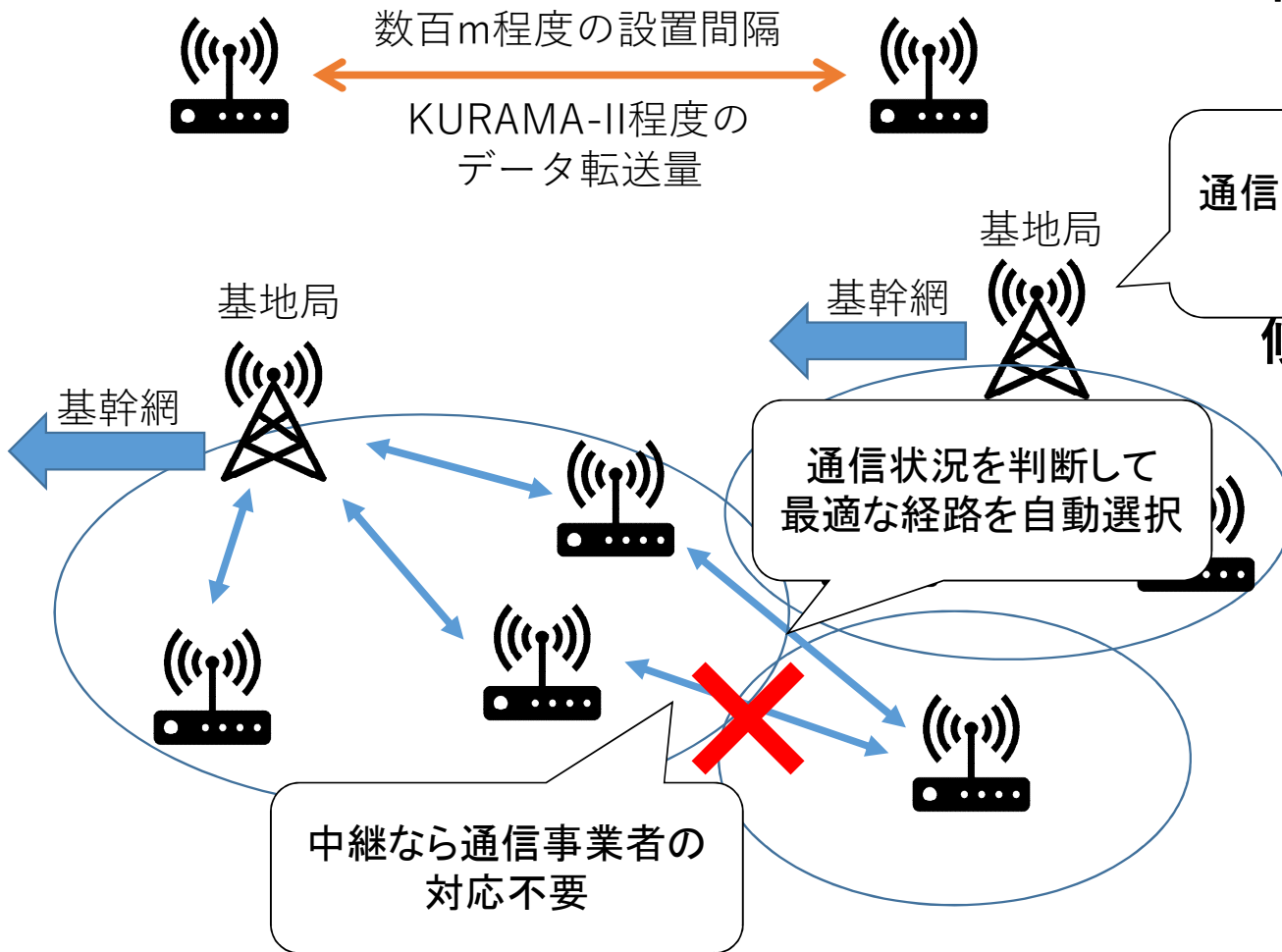
候補規格

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

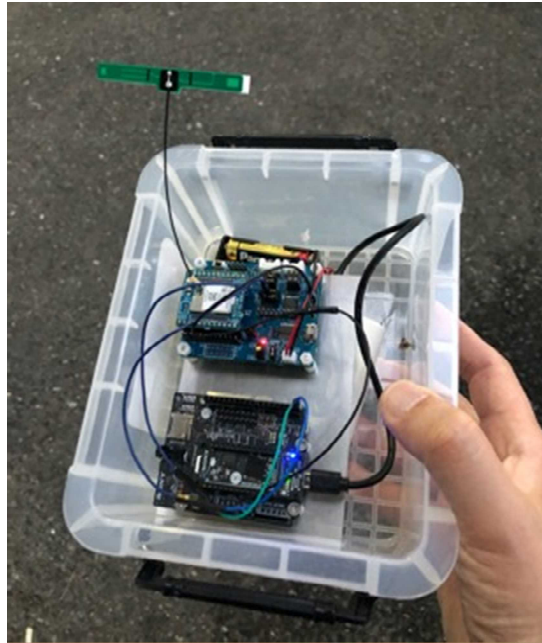
Wi-SUN FAN (京都大学他)

- 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)

評価可能なZETA規格について評価開始



評価用端末

ZETA評価モジュールと
超小型KURAMA-II (プロトタイプ)



中継器

ZETA評価モジュールと
バッテリーで構成

実証試験

- オフィス街での検証 (東京都区内)
- 中継によるエリア拡大の検証
- 伝搬状況に応じた動的な転送経路の検証
- プロトタイプ超小型KURAMA-IIと組み合わせ
- 30秒ごとにGPS (時刻・座標) とダミー線量率

結果

- 直線距離で1 km以上伝搬
- ビル陰不感地帯も中継器で解消
- 中継器で200~300 m程度範囲拡大
- 動的に直接・中継を選択
- 通信確立中は大きな遅延はない

今後

- 様々な環境で試験を継続 (住宅地・山林など)
- 既設モニタリングポスト間の通信確立検証も
- Wi-SUN FANも順次開始 (2020年2月以降?)

今年度の成果

国内外で計画や成果を紹介

ICALEPCS 2019 (10月6~11日 於 ニューヨーク)

M. Tanigaki, CURRENT STATUS OF KURAMA-II

※Speakers' Corner & Poster presentationに選ばれ、
Posterと同時に成果等のデモンストレーション実施

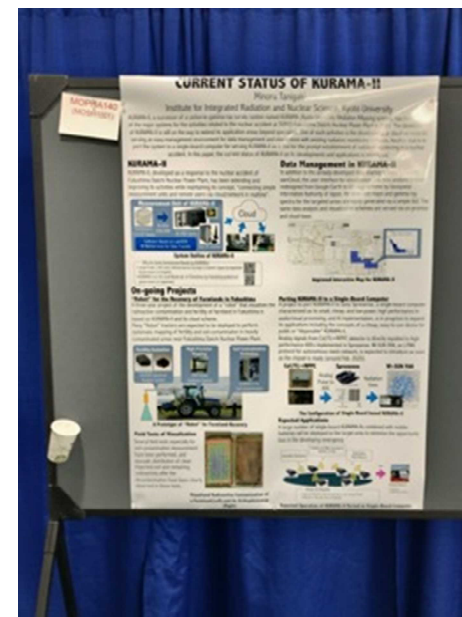
原子力学会 2019年秋の大会 (9月11~13日 於 富山大学)

谷垣 実：福島における放射性物質分布調査
(2) KURAMA-IIの展開と開発の現状と今後

研究会での発表・一般向け講演

第7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416回生存圏研究所シンポジウム「第9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」(12月11~12日 於 東京都千代田区)

アトムサイエンスフェア講演会 (10月19日 於 大阪府熊取町)



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	試作完了 現地試験開始	試作機完成 富岡町他で試験開始	当初計画通り ○
超小型KURAMA	移植作業中 検出器開発中	GPS・メモリアクセスおよび 通信機能実装済み 検出器パルス測定も目処 CsI(Tl) + MPPCモジュール	当初計画通り メーカーと連携で課題解決 市場動向で一部変更 ◎
自律型ネットワーク構築	規格調査終了	ZETA/Wi-SUNを候補に選定 開発メーカー等と実証試験開始 原発周辺でのネットワーク構築	当初計画通りだが 候補規格の一つが ロールアウト待ち ○
成果発表	ICALEPCS 2019	ICALEPCS2019 原子力学会2019秋の大会 KURAMA研究会 アトムサイエンスフェア講演会	専門家向けだけでなく 一般向けも実施 ◎

環境モニタリング線量計の 現地校正に関する研究

産業技術総合研究所
黒澤忠弘



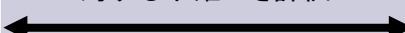
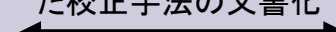
課題名 環境モニタリング線量計の現地校正に関する研究

研究期間:平成30年～令和1年(2年間)

背景・目的

現在、全国にはNaIモニタや電離箱モニタによるモニタリングポスト等、約5,000台が設置されている。モニタリングポストは、保守管理業者(メーカー)により点検・調整がなされているものの、物理的な設置条件が特異的であったりバックグラウンド線量率が高いなどの条件であったりという状況も存在する。本研究では、保守点検や日本分析センターで行われている現地校正が困難な、高バックグラウンド環境下での現地校正技術の確立を目的とする。

実施状況

	H30年度	H31年度
・校正手法の確立	現地の設置状況、バックグラウンドの調査  垂直照射、補助遮蔽材の製作、試験	現地における遮蔽性能評価・校正の実施 
・不確かさの評価		代表的なモニタリングポスト校正に対する不確かさ評価 
・マニュアル化		不確かさ評価も含めた校正手法の文書化 

期待される成果

福島県等の高バックグラウンド線量下に設置しているモニタリングポストの測定値の品質を適切に維持していくことが可能となる。また、本現地校正手法は、今後の原子力災害時における現地校正の基盤技術として活用することが期待される。ISOへの国際規格化のための提案や、国内規格であるJISへの取り込みの働きかけを行う予定である。

研究実施体制

産業技術総合研究所

黒澤 忠弘： 研究全般の総括、文書作成
加藤 昌弘： ラボでの照射装置の試験、現地校正の実施
石井 隼也： 現地校正の実施

日本分析センター(外注先)

現地校正実施場所の選定
現地校正時の作業補助
従来校正手法との比較

モニタリングポスト製造メーカー

機器の構造、校正、設置状況、
点検等に関する意見交換

今年度の研究概要

背景

- 現在、全国にはNaIモニタや電離箱モニタによるモニタリングポストや、電子式線量計及び可搬型モニタリングポスト等を合わせ、約5,000台が設置されている。
- このうち、原子力規制庁が福島県内及びその周辺自治体に設置している可搬型モニタリングポストは、約700台となっている。
- これら機器によるデータの信頼性確保のため、点検・調整のみならず校正に関しても適切に実施されることが求められ、その手法や考え方に対する課題を解決する必要がある。
- これら可搬型モニタリングポストは、保守管理業者(メーカー)により点検・調整がなされているものの、物理的な設置条件が特異的であったりバックグラウンド線量率が高いなどの条件であったりという状況も存在する。
- 国際的には不確かさまでが評価されていてトレーサブルな校正を実施することがスタンダードであり、世界にモニタリングデータを発出している我が国にも求められていることである。



本研究では、保守点検や日本分析センターで行われている現地校正が困難な、**高バックグラウンド環境下での現地校正技術の確立**を目的とする
(あらゆる条件下にも適用可能な標準的な校正手法)

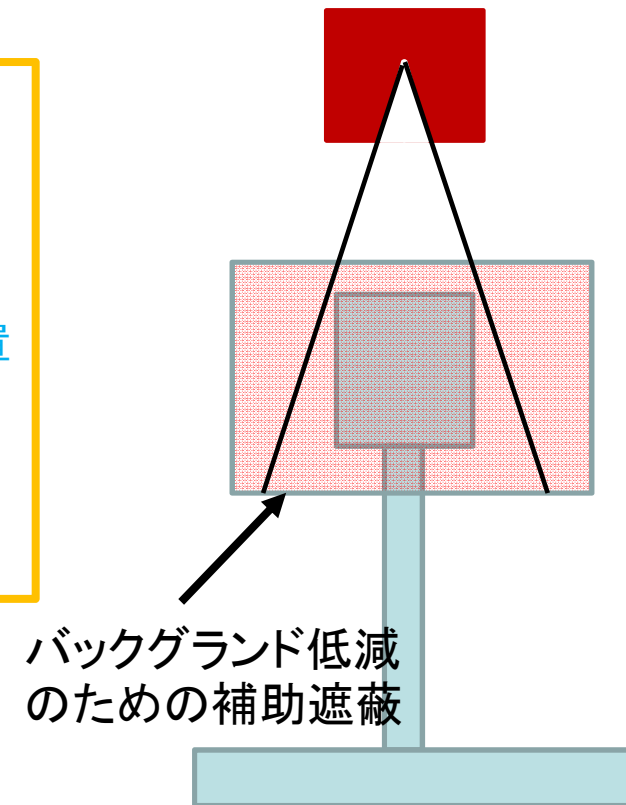
モニタリングポストの現地校正の課題点

- 高バックグラウンド
 - 安定した校正を行うには、校正時の線量に比べて優位な差がある状態にすべき(バックグラウンドのゆらぎが校正の照射時にも加算されるため)
- 設置状況のばらつき
 - ソーラーパネルや蓄電池、通信機器等の機器が、検出器周辺に様々な位置に配置されている。散乱線の寄与、またその不確かさの評価が非常に困難となっている
- 不確かさの評価
 - ISO4037やJIS Z4511に示されるように、校正定数に不確かさを付与するのは不可欠



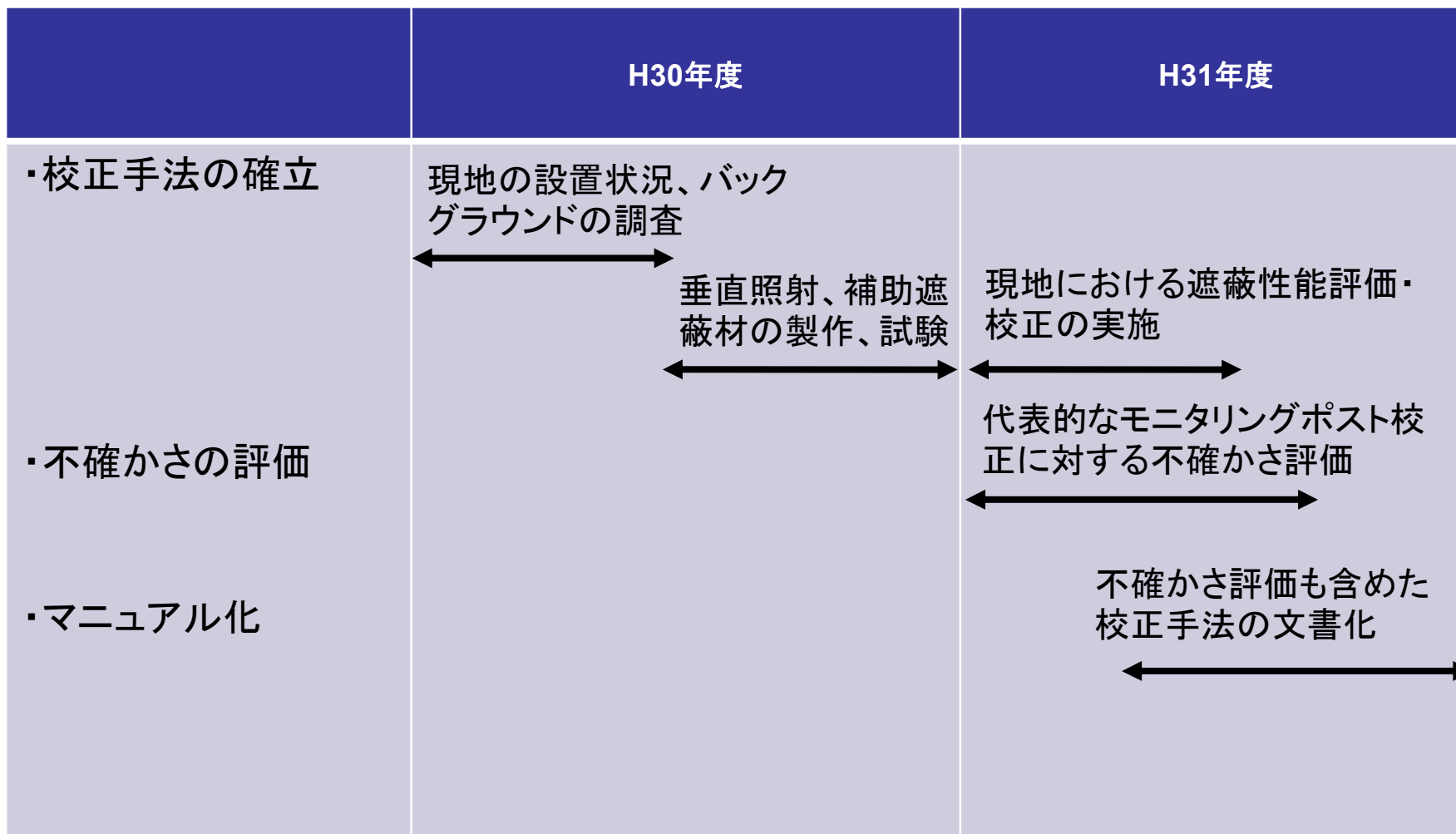
研究開発の目的

- バックグラウンドを低減させた現地校正手法の確立
 - 検出器部分を遮蔽し、バックグラウンドを低減(高バックグラウンド環境への対応)
 - ⇒校正時線量の1/10程度を目標
 - 設置環境や周辺装置に依存しないコリメート照射(設置環境のばらつき)
 - 代表的なモニタリングポストに対する校正の不確かさ評価(ISOやJISを意識した校正品質の向上)



- 校正手法のマニュアル化(規格化)
 - 一般に広く用いられるよう、不確かさ評価方法も含めたマニュアル化
 - ISOやJISへの取入れを働きかける

全体スケジュール



今年度の進捗

・ 福島県内の高線量地域での現地校正の実施

- 現在の線量率が1 $\mu\text{Sv/h}$ を超える2か所の観測点で、2ケースの校正を実施

ケース1

- ・ 日本分析センターが所有する可搬型モニタリングポストを現地に持ち込み本研究で開発した手法で校正
- ・ 事前に日本分析センター敷地内で実施した従来手法による校正結果と比較し、妥当性を確認



ケース2

- 現地に設置されているモニタリングポスト2台に対して、本研究で開発した手法で校正



日本分析センター所有の可搬型モニタリングポストの校正結果

本研究で開発した手法による福島県内での現地校正結果

校正実施地点	遮へいなしBG (μGy/h)	遮へいありBG (μGy/h)	遮へい効果 (%)	照射時指示値 (μGy/h)	校正定数
石熊	2.81	1.50	53	5.43	1.06
夫沢	3.74	1.72	46	8.65	1.07

日本分析センター敷地内で行われた従来手法による校正結果

(基準電離箱を現地に持ち込み、検出器から真上1.5mの位置に線源を設置し、線量率を測定。その後、線源をモニタリングポストの真上に設置して校正を行う。現地で微小な電流測定を行う必要があり、また線源位置も正確に設置する必要があることから5時間程度かかる。)

核種	γ線エネルギー (keV)	校正距離 (m)	線量率 (μGy/h)	校正定数	不確かさ* (%)
¹³⁷ Cs	660	1.5	0.83	1.06	7.5



- ・バックグラウンド低減のための遮へい効果は約50 %程度であった。
- ・未除染地域に設置して実施したため、真下からのγ線がBGとして寄与する部分が多かった。
- ・分析センターの事前の校正結果とほぼ同等の結果となり、現地校正手法の妥当性が確認できた。

• 現地に設置されているモニタリングポストの校正結果

本研究で開発した手法による福島県内での現地校正結果

校正実施地点	遮へいなしBG (μGy/h)	遮へいありBG (μGy/h)	遮へい効果 (%)	照射時指示値 (μGy/h)	校正定数
石熊	1.61	0.72	45	2.96	1.09
夫沢	3.45	1.55	45	7.14	0.85

- 低減により、バックグラウンドを約45 %まで低減させることができた。
- 2地点における校正結果について、ばらつきが見られた。
⇒メーカーによる点検結果との整合性について検討

メーカーによる点検結果

設置場所	点検実施日	核種	γ線エネルギー (keV)	線量率 (μGy/h)	誤差 (%)
石熊	令和元年10月10日	¹³⁷ Cs	660	2.7	-8.1
夫沢	令和元年10月16日			2.7	+6.7

⇒点検結果と同様の傾向

• 校正時の不確かさ評価

不確かさの要因	相対標準不確かさ(%)
基準線量計校正	1.4
内挿による線量率の不確かさ	1.6
照射位置設定	1.9
不均一照射	0.6
BGおよび照射時のばらつき	0.4
相対標準不確かさ	2.9
相対拡張不確かさ($k = 2$)	5.9

・不確かさ評価から見た本手法の利点

- 周辺機器からの散乱線の影響による不確かさの項目が不要
非コリメート線源を用いた場合、条件により2%~10%程度の影響あり
(シミュレーションによる評価)
- 基準電離箱を用いずコリメート照射により、不確かさ評価が簡便になった

成果について

- コリメート線源によるバックグラウンドを低減させた校正手法の開発
 - 従来手法と比較を行い、高バックグラウンド環境下においても正確に校正が行えることを確認
 - 照射時の1/10をバックグラウンド低減のための目標としたが、遮へい効果は約50 %程度、結果として照射時の1/4～1/5程度となった。
 - 従来法に比べて、校正に要する時間を大幅に短縮
(5時間程度⇒1時間程度)
 - 通常のバックグラウンド環境下でも活用できる手法であり、遮へい体を設置する必要がないことから、より校正時間を短縮できる
 - 不確かさの見積もりが容易であり、ユーザーは本手法を容易に利用可能

自己評価

評価の視点	自己評価	コメント
評価時点までの研究の実施が研究計画に沿って行われているか	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	現地調査を行い、高バックグラウンド環境下のモニタリングポストの設置状況を把握できた。これをもとに照射装置等を作成し、従来手法との比較を行った。
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	

評価時までの研究成果

- ・現地校正手法について、アジア線量評価グループ (ARADOS) にて発表 (R1年11月)
- ・アジア環太平洋計量プログラム (APMP) 放射線技術委員会 (TCRI) ワークショップにて発表 (R1年11月)
- ・日本保健物理学会にて発表 (R1年12月)
- ・ISO TC85/SC2 WG2 (基準放射線場) において、研究代表者がプロジェクトリーダーとなり、現地校正手法も含めた低線量率校正に関する規格を作成中。