

## 令和 4 年度事後評価対象課題 研究成果概要資料

## ○目次

1. 健全な放射線防護実現のためのアイソトープ総合センターをベースとした放射線教育と安全管理ネットワーク . . . . . P. 1
2. 放射線防護研究分野における課題解決型ネットワークとアンブレラ型統合プラットフォームの形成 . . . . . P. 11
3. 染色体線量評価のためのAI自動画像判定アルゴリズム（基本モデル）の開発 . . . P. 26
4. 福島原発事故の経緯に基づく防護措置に伴う社会弱者の健康影響と放射線リスクの比較検討に関する研究 . . . . . P. 38
5. ICRP2007年勧告等を踏まえた遮蔽安全評価法の適切な見直しに関する研究 . . . . P. 48
6. 看護職を活用した住民に対する放射線リスクマネジメントの推進－原子力災害支援保健チーム（NuHAT）の実現を目指して－ . . . . . P. 58
7. 自然起源放射性物質NORMによる被ばくの包括的調査 . . . . . P. 66
8. 水中の放射性ストロンチウムの安全、迅速、安価な分析法の開発 . . . . . P. 73
9. 環境放射線モニタリングに適した半導体受光素子ベースの検出器の開発 . . . . . P. 82

# 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

東北大学

サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター

渡部 浩司

課題名: 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

研究期間: 平成29年度～令和3年度(5年間)

## 背景・目的

健全な放射線防護実現のために、国立大学アイソ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、放射線作業者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

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を設置し、「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」の4テーマについて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、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、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等を行ってきた。並行して、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について、システム開発と専用ネットワークによる接続を行い、課題の洗い出し及び解決方法の検討を行ってきた。平成2年度からはテーマを放射線業務従事者情報の共有化と一元管理に絞って実施している。

放射線業務従事者情報の共有化と一元管理については、各大学の様式を調査し、共通の項目を抽出するとともに法令の要求項目を検討し、標準的な「共通フォーマット」を作成・提案した。この共通フォーマットに基づく従事者情報共有のためのシステムを開発し、SINETを利用した放射線管理のための専用ネットワーク上で稼働させ、21大学での試用を行い、実フィールドにおいて問題抽出を行った。技術的な面では、対向VPNによる簡便な接続方法の開発、データコンバータの開発等を行い、より実用的なシステムへと機能拡張を行った。運用上の問題については、特に個人情報保護の観点から、従事者本人を中心としたデータフローの提案を行った。また、運用コストの試算を経て事業化の可能性について検討を行った。海外の従事者管理についてアンケート調査を行い、本システムとの連携や将来の展開について基礎的な知見を得た。

## 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、作業者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
- ・放射線業務従事者情報一元化に向けた課題洗い出し、課題解決方法の提案

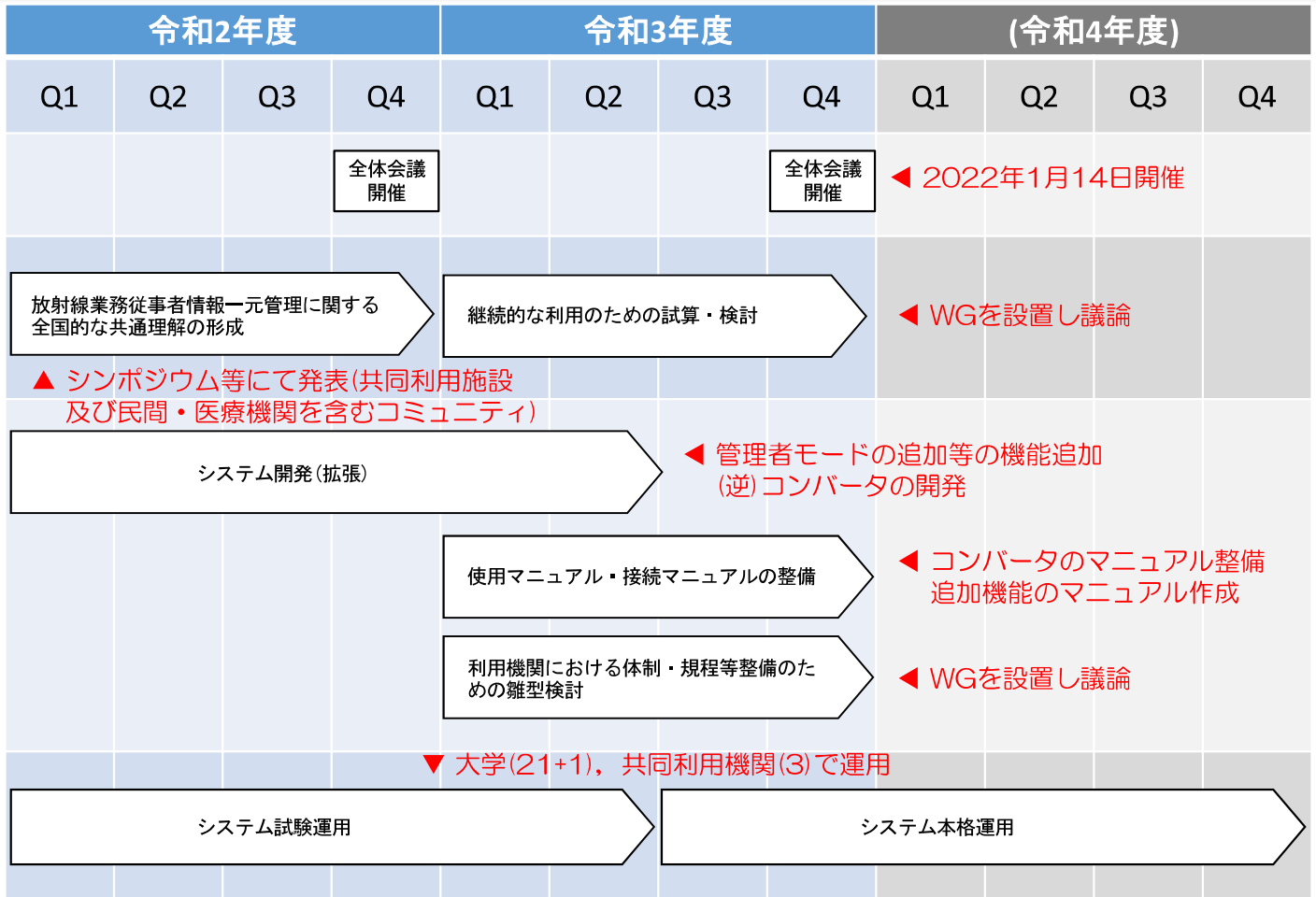
# 平成29年度～令和3年度事業計画（マイルストーン）

	平成29年度			平成30年度				令和元年度				令和2年度				令和3年度			
	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	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	第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期
篠原 阪大	会議開催			会議開催				会議開催				会議開催				会議開催			
	研究準備、WG設置			RI施設連携・拠点化進展のための調査研究															
	分子イメージング検討会(徳島大)			分子イメージング検討会(岡山大, H30分担研究者)				分子イメージング検討会(金沢大, H31分担研究者)				分子イメージング検討会(未定)				分子イメージング検討会(未定)			
吉村 阪大 H30 担当	過去の実習整理			大学実施の実習調査				実習内容検討				実習ガイド公開(順次)							
	安全管理教育検討会議(名大)			安全管理教育検討会議(阪大)				安全管理教育検討会議(京大)				安全管理教育検討会議(幹事校持ち回り)				安全管理教育検討会議(幹事校持ち回り)			
渡部 東北大	各大学の従事者管理方法調査						試験運用						本格運用						
	放射線業務従事者に係る管理情報の一元化												令和2年度より本テーマに絞って実施						

# 令和3年度事業計画（マイルストーン、事業追加項目を含む）

令和2年度				令和3年度				(令和4年度)			
Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
			全体会議開催				全体会議開催				
放射線業務従事者情報一元管理に関する全国的な共通理解の形成				継続的な利用のための試算・検討							
システム開発(拡張)											
								使用マニュアル・接続マニュアルの整備			
								利用機関における体制・規程等整備のための雛型検討			
システム試験運用								システム本格運用			

# 令和3年度事業計画（マイルストーン、事業追加項目を含む）



## 研究体制

研究代表者: 渡部 浩司 (東北大学)

研究参加者: 21大学国立大学アイソトープ総合センター



## 今年度の研究概要(1)

### 1. ネットワーク全体会議の開催

21大学国立大学アイソトープ総合センターによるネットワーク全体会議を年度内に1回以上開催し、今年度の事業の内容を報告するとともに、今後、本事業の成果をどのように展開していくかを議論する。

### 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

#### 2.1 放射線業務従事者情報一元管理に関する全国的な共通理解の形成

これまで本ネットワークを中心に行なってきた運用状況調査及び共通管理項目(様式)の検討を全国の大学及び共同利用機関に広げる。関連学協会におけるシンポジウムを開催し、広く意見を集めるとともに、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について共通理解を形成し、本プロジェクトが目指すシステムの普及につなげる。

## 今年度の研究概要(2)

#### 2.2 大学以外の機関を含めた連携ネットワークの構築

大学からの利用者が多い放射光施設・大型加速器施設のような共同利用機関との連携を推進する。共同利用機関(KEK, SPring-8, J-PARC, 理研仁科加速器センター)にどのように外部からの従事者を受け入れているか、それらの管理方法等に関して現地調査を行う。また、本事業の専用ネットワーク共同利用機関を接続し、システムの利用実験を行う。2020年度に検討した対向VPNルータによる接続方法を拡大し、21大学以外の機関(私立・公立大学を含む)をネットワークに接続し、利用の拡大を図る。

#### 2.3 システムの拡張

本システムの利用促進を図るため、追加機能の開発を行い、利便性を向上させる。特に、これまで各大学で独自に構築していた個人管理システム(以下、学内システムという)と本システムとの連携方法を確立する。

## 今年度の研究概要(3)

### 2.4 ワーキンググループ会議の開催

2.1～2.3の事業を遂行するため、次のワーキンググループを構成し、年度内に3回程度の会議を行う(オンライン)。

- ①個人情報/学内規程検討WG
- ②継続的な利用のための試算・検討WG
- ③運用拡張/利用マニュアル整備WG
- ④次世代システム機能検討WG
- ⑤教育訓練検討WG

ワーキンググループには共同利用施設からもオブザーバ参加を求め

### 3. 事業進捗のPDCA

プログラムオフィサーに対し進捗報告を月に1回程度行うほか、事業実施内容について疑問が生じた場合、その都度助言を仰ぐ。本事業における検討会その他の会合の委員を選定するときは、あらかじめ原子力規制庁担当官の確認を受けるほか、会合を開催する際には原子力規制庁に通知し、その職員の出席を認めることとする。

## 今年度の進捗(1)

### 1. 一元管理に関する全国的な共通理解の形成

大型加速器を中心とした施設の管理者を対象としたシンポジウムで本事業の紹介を行い、大学との連携を進めた。また、民間事業所や医療機関を含む広い範囲の管理担当者を対象に本事業の紹介を行い、一元管理への理解を推進した。

### 2. 大学以外の機関との連携ネットワークの構築

SPring-8, KEK, 次世代放射光施設(QST)を訪問して従事者管理体制についてヒアリングを行い、本システムとの連携方法を検討した。またこれらの施設に本システムを接続した(実施中)。SINET(学術情報ネットワーク)の都合で一時的に専用線の新規申し込みができなくなったため、対向VPN方式による接続に変更した。今後も対向VPN接続が増えると予想されるため、サーバ側(東北大学)の機器を增強し、多地点とのVPN接続ができるよう設計変更を行った。

## 今年度の進捗(2)

### 3. システムの機能追加

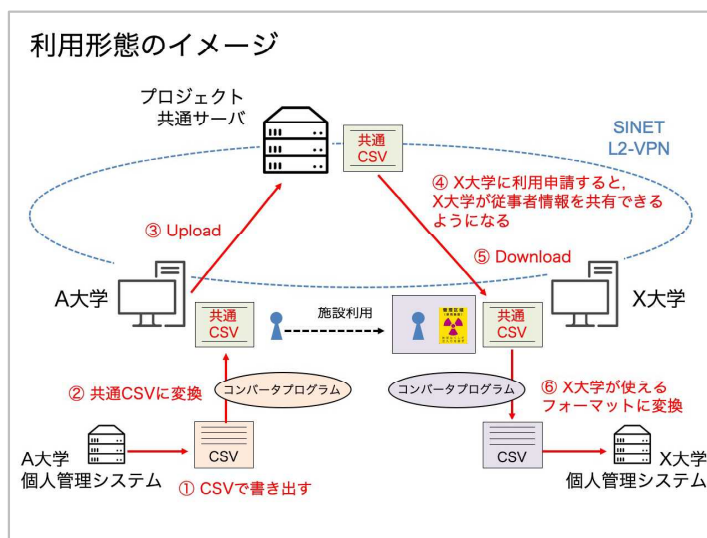
#### (1) 管理者モードの追加

- ・ 今後新規の接続申請があったときにサイトを追加する機能
- ・ システムの動作ログの取得

#### (2) 法令改正に伴う共通フォーマットの仕様変更

#### (3) 従事者情報のファイル出力(CSV形式)

本システムが出力した従事者情報ファイルを学内のシステムで利用する方法について検討し、逆コンバータの開発を行った(図)。システムの出カファイルは一部の情報が欠落するため、利用には学内システム側の変更も必要であり、今後の検討課題である。

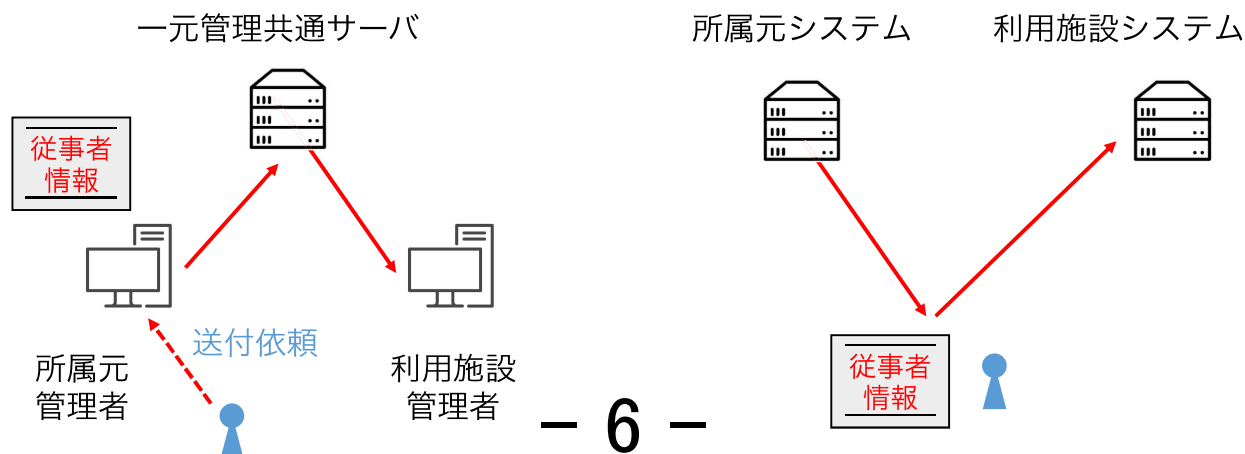


## 今年度の進捗(3)

### 4. WGによる検討

5つのWG(①個人情報/学内規程検討, ②継続的な利用のための試算・検討, ③運用拡張/利用マニュアル整備, ④次世代システム機能検討, ⑤教育訓練検討)において従事者一元管理の問題点の明確化と解決策について検討を行い、ネットワーク全体会議(令和4年1月14日)で議論を行った。主な論点は次のとおり:

- ・ 個人情報保護の観点から、事業所間での情報交換(図左)ではなく、従事者本人を介する方式(図右)が望ましい。



## 今年度の進捗(4)

### 4. WGによる検討 (つづき)

- 一元管理システムを継続的に運用するための保守費用を、従事者1人あたりあるいは1施設あたりの利用料でまかなう場合の試算を行った。従事者の初期教育訓練をオンラインで行うサービスを併設することで、負担側の理解が得られる可能性があると考えられた。一方でシステムを運用するための人員については別途考える必要がある。
- 海外では国あるいは国に準ずる機関が放射線業務従事者の一元管理を行っているケースがあり(50%, 9/18), わが国においても導入を討すべきである(健康診断, 教育訓練記録を含む)。
- 現在はRI規制法と労働安全衛生法の二重規制により雇用者と施設の双方に従事者管理の義務がかかっており非効率である。従事者(特に共同利用者)の管理義務は雇用者側に課す等の法令改正が望ましい。

## 今年度の成果(1)

### ①第8回加速器施設安全シンポジウム (主催: J-PARCセンター)

共同利用施設(主として大型加速器施設)の放射線管理担当者を対象に、本事業の紹介を行った。(2021年8月27日)

### ②令和3年度 大学等における放射線安全管理研修会

大学等の放射線管理担当者を対象に、大学における従事者管理業務の現状についてのアンケート調査結果を紹介し、問題点と一元管理の必要性について議論した。(2021年9月10日)

### ③令和3年度放射線安全取扱部会年次大会

民間事業所, 医療機関を含む広い範囲の放射線管理者担当者を対象に, 本事業の紹介を行った。(2021年10月26日)

### ④第3回日本放射線安全管理学会日本保健物理学会合同大会

原子力規制委員会放射線防護アンブレラ事業との合同シンポジウムを行い, 職業被ばくの線量登録管理制度との関連を含めて, 全国的な一元管理のあり方について議論を行った。(2021年12月17日)



## 今年度の成果(2)

### ⑤IsotopeNews誌

「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」  
(2022年2月号 No.779 p.34~37)

### ⑥放射線安全管理研修会(放射線障害防止中央協議会)

「大学における放射線業務従事者の一貫管理」  
(2022年2月25日,  
御茶ノ水ソラシティカンファレンスセンター, ハイブリッド形式)

## 今年度の自己評価

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	SINET5がSINET6に更新するため、今年度は新規の接続ができなかったが、代わりに対向VPN接続を行うこととした。計画書にはなかったが、海外の従事者調査を行った。

### 今後の課題

大学・機関ごとにばらばらだった従事者管理項目を統一し共通フォーマットを提案した。この共通フォーマットを用いた従事者情報の交換システムをセキュアな専用ネットワーク(SINET L2-VLAN)上に構築し試用した。今後はこの経験をもとに個人情報の扱いや教育訓練との連携を取り入れた次世代システムに発展させてゆく。諸大学や共同利用施設(大型加速器施設等)の従事者管理システムとの連携はこれからの課題であり、それぞれの更新のタイミングで本システムとのデータ連携を取り入れるべく働きかけてゆく。

## 評価結果のコメントへの対応(1)

### 評価結果のコメント

国立大学のアイソトープ総合センターを中核とする放射線業務従事者の被ばく管理情報の共有化と一元管理の技術的な課題について解決の見込みが立ち、実現可能な段階に達したと評価できる。成果報告書をまとめるにあたり、個人情報管理を含めた複数施設で作業に従事する場合等の問題点を抽出するとともに、それらへの対策についても検討頂きたい。

## 評価結果のコメントへの対応(2)

### (1) 法令の要求と現場の対応

#### 問題点

法令は、事業所に立ち入る者の個人管理を要求するが、本システムで提供されるのは前年度まで(あるいは申請時まで)の過去5年間の記録のみであり、その個人が派遣先事業所で作業している期間の記録をリアルタイムで提供するものではない。(これは、本システム導入前の、紙(書類)ベースでの管理でも同様である。)

#### 対策

被ばく、健康診断、教育訓練を含めた放射線業務従事者情報をシステムにより全国一元管理する。韓国、カナダなどでは、国あるいはそれに準じる公的機関が一元管理を運用しており、わが国においても国主導で導入することが望まれる。また、現行法令では従事者管理の義務が2箇所にかかっているため、これを一本化し、たとえば、個人管理の義務は所属する事業所(雇用主)を第一とし、受け入れ側施設の副次的な管理とすることも考えられる。これにはRI規制法と労働安全衛生法で整合性のある制度を作る必要がある。

### (2) 個人情報保護

#### 問題点

本従事者情報共有システムは、事業所の管理者同士で情報をやりとりすることを想定して設計したが、他の大学に個人情報を渡すことを当人が承諾する手続きを別途用意し、それぞれの大学の学内規程に入れ込む必要がある。また、大学間で情報提供を行うための覚書を交わす必要があり、参加機関が多くなれば手続きが膨大になることが予想される。

#### 対策

- 管理者同士のやりとりではなく、個人(従事者本人)を介在させる仕組みが考えられる。所属元は個人の記録を当人に交付し、それを当人が施設に許諾とともに提出する。
- 放射線業務従事者情報の共有について法令を整備し、国またはそれに準じる公的機関が運用する。関係法令の整備、運営主体の選定、開発コスト等の問題がある。

## 研究成果の放射線規制及び放射線防護分野への活用

- 本研究では、従事者管理項目の共通フォーマットを定め、従事者情報の交換システムを構築した。現在25機関で運用中である。これにより大学・機関ごとにバラバラだった従事者証明が統一され、事業所をまたいで利用する従事者の情報共有の合理化、迅速化が実現できた。
- 今後は、個人情報保護の強化や教育訓練との連携機能を追加し、さまざまなステークホルダーの意見を反映させて本システムを拡張して行く。
- 大学や共同利用施設(大型加速器施設等)の従事者管理システムとの連携はこれからの課題であり、それぞれの更新のタイミングで本システムとのデータ連携を取り入れるべく働きかけてゆく。
- 本事業で設置したWGは今後も議論を継続し、より具体的な課題の明確化と解決策の作成、提案を進めていく。

# 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』

## 事後評価用資料 (平成29年度～令和3年度)

### 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 量子生命・医学部門 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 高田 千恵  
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 米原 英典

1

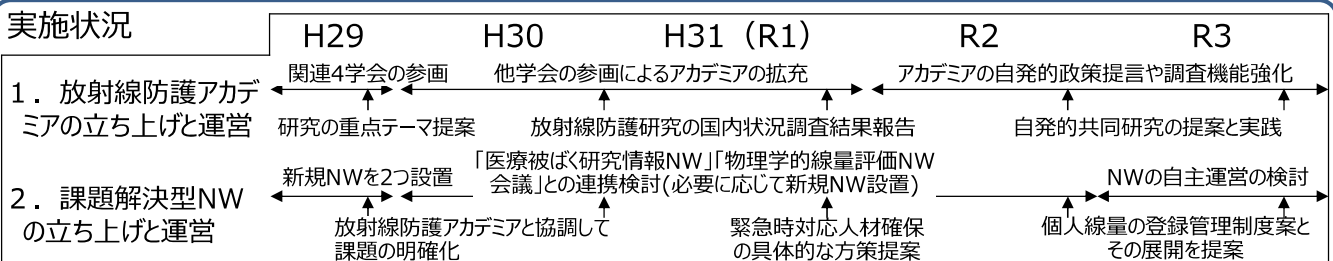
## 研究事業全体の概要

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(NW)  
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



### ▶ 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推進、放射線防護人材の調査、育成の取り組み、②線量の新概念や緊急時対応に関する提言  
緊急時放射線防護検討NW：緊急時に様々な活動を行う専門家が必要とする知識・技能の体系化やそれに基づく研修等、NWの平常時の活動の提案  
職業被ばく最適化推進NW：①実効性の高い個人線量登録制度を複数提案と医療分野での実装企画、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(4回)、研究推進委員会(4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**

2

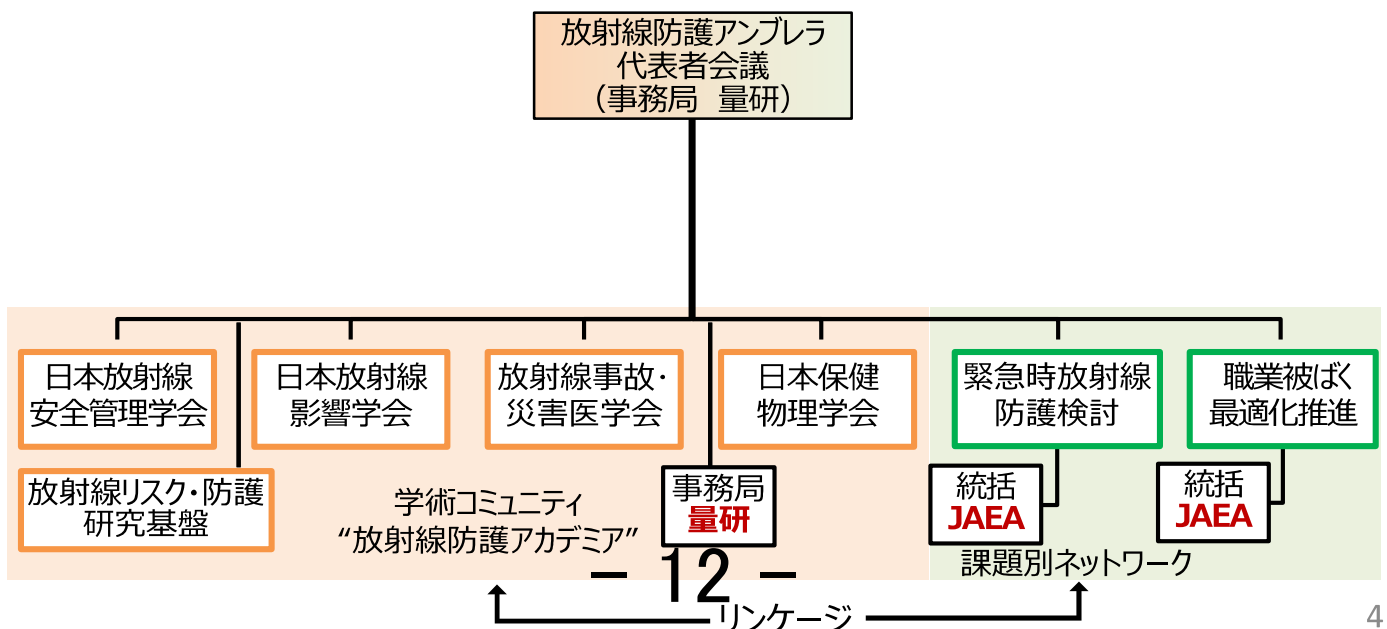
# 研究事業体制（実施者）

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)国内の放射線防護対策の推進に関する検討	<b>神田玲子（主任研究者）</b> 岩岡和輝（研究参加者） 山田 裕（研究参加者）	<b>代表者会議</b> 飯本武志・横山須美（保物学会）、児玉靖司・小林純也（放射線影響学会）、富永隆子・細井義夫（放射線事故・災害医学会）、中島覚・松田尚樹（放射線安全管理学会）、甲斐倫明・酒井一夫（放射線リスク・防護研究基） 1)実効線量と実用量に関するWG：岩岡和輝(量研)、佐々木道也(電中研)、床次眞司(弘前大)、橋本周(JAEA)、細井義夫(東北大)、保田浩志(広島大)
1-(2)緊急時放射線防護に関する検討	<b>高田千恵（分担研究者）</b> 百瀬琢磨（研究参加者） 宗像雅広（研究参加者） 中野政尚（研究参加者） 吉田忠義（研究参加者） 渡邊裕貴（研究参加者） 吉野直美（研究参加者） 栗原 治（研究参加者） 立崎英夫（研究参加者）	<b>緊急時放射線防護検討ネットワーク</b> 佐藤勝(原安協)、床次眞司(弘前大)、松田尚樹(長崎大)、宮澤晃（東電HD）、渡部浩司(東北大)、木内伸幸(JAEA原科研)、住谷秀一(JAEA核サ研)、清水勇（JAEA大洗）、石森有（JAEA敦賀）、中根佳弘（JAEA J-PARC） <b>緊急時放射線防護ネットワークサブGr（JAEA）</b> 1)環境モニタリングサブGr：主査は中野政尚 幹事：山田純也、前田英太 2)放射線管理サブGr：主査は吉田忠義、幹事：横須賀美幸、富岡哲史 3)個人線量評価サブGr：主査は高田千恵、幹事：渡邊裕貴
1-(3)職業被ばくの最適化推進に関する検討	<b>吉澤道夫（分担研究者）</b> 木内伸幸（研究参加者） 高橋 聖（研究参加者） 山口紀雄（研究参加者） 谷村嘉彦（研究参加者）	<b>職業被ばく最適化推進ネットワーク</b> 1)国家線量登録制度検討グループ：飯本武志（東大）、浅野智宏（放影協）、岡崎龍史（産業医大）、渡部浩司（東北大学） 百瀬琢磨 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)、當波弘一(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	<b>米原英典（分担研究者）</b> 野村智之（研究参加者）	<b>〈国際動向報告会の登壇者〉</b>
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） 渡辺嘉人（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(防災研)、岡崎直観(東工大)、酒井一夫(東医保大)、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)、小野田眞(量研)、勝部孝則(量研)、久保田善久(量研)、児玉喜明(放影研)、立崎英夫(量研)、續 輝久(九州大学)、細谷紀子(東大)、橋本 周(JAEA)、吉永信治（広島大学）

3

# 研究事業体制図（初年度）

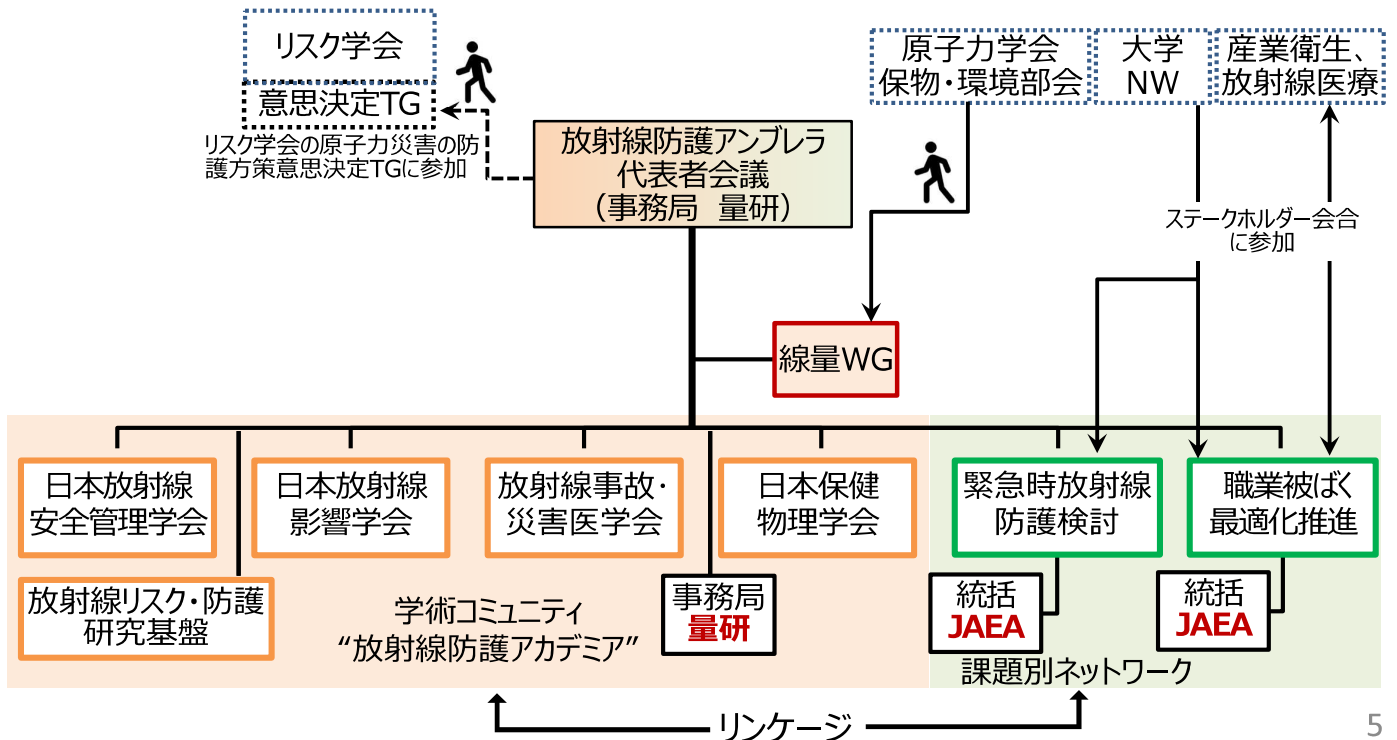
分野別の組織と課題別に組織されたネットワークを統合し、アンブレラ型プラットフォームを形成  
**当面の課題として、①放射線安全規制研究の重点テーマ、②緊急時対応人材の育成、③職業被ばくの個人線量管理**、に関する検討を実施  
 アンブレラ内の情報共有を目的として、年に一度、放射線影響・防護に係る国際的機関等の動向に関する報告会（原安協担当）やネットワーク合同報告会を開催する。



4

# 研究事業体制図（最終年度）

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職業被ばくの個人線量管理、に関する検討を実施  
**5年間に検討課題を増やしなが、課題と関係する学会やネットワークとの連携を拡張**



## 事業の概要：5年間の検討事項（事業の縦軸）

### NWの活動

初年度から

- ①緊急時対応人材の確保・育成
- ②職業被ばくの一元管理

**5年度：解決策を提言**

### アカデミアの活動

初年度から

- ③安全規制研究の重点テーマ
  - ・研究推進委員会への提案
  - ・重点テーマ候補研究の実施

2年度から

- ④放射線防護人材の課題
  - ・現状把握
  - ・若手支援策の実施

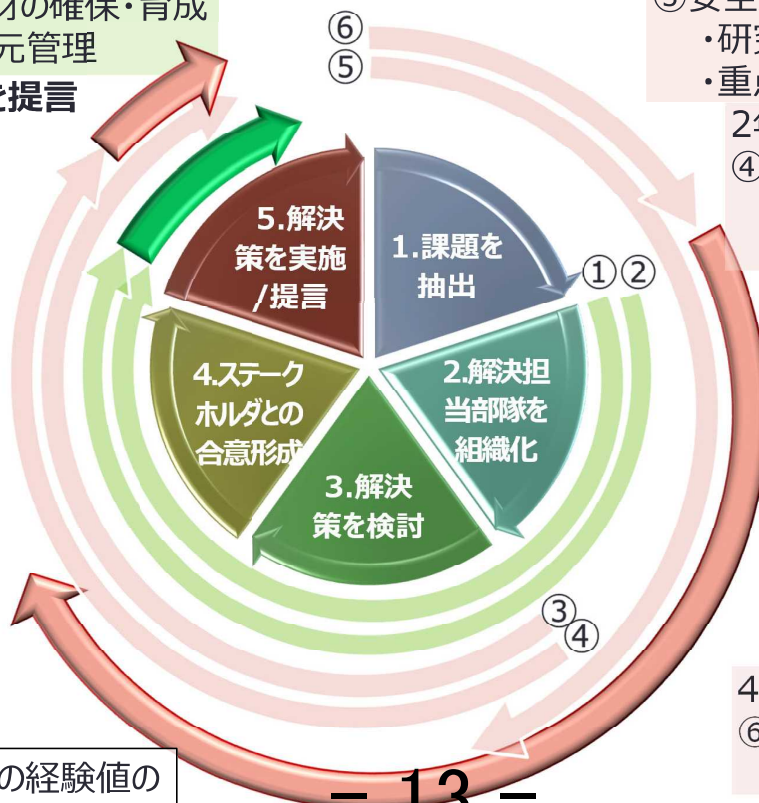
**5年度：解決策を実施**

3年度から

- ⑤線量に関する諸問題
  - ・国際動向報告会
  - ・WGの組織
  - ・Webinar開催
  - ・新概念導入の提言

4年度から

- ⑥事故予防・緊急時対応
  - ・学会ごとに調査・検討

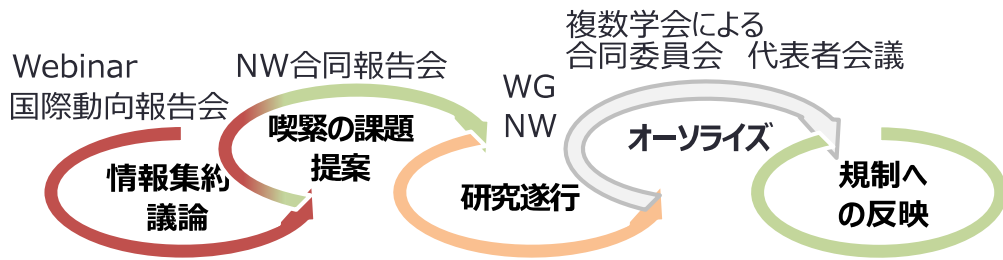


放射線防護分野の経験値の蓄積など、無形の成果も創出

**5年度：解決策についてステークホルダと対話**

# 事業の概要：アカデミアの役割と仕組み（事業の横軸）

## 科学的知見の規制への取込みに係るアカデミアの役割



仕組み	具体的な検討事例	情報共有	連携の場	協調関係
Webinar	線量の新概念、国際機関で活躍できる枠組み、低線量リスクのコンセンサス、RIの管理と廃棄	○		
国際動向報告会	線量の新概念、放射線リスク評価、ICRPの新勧告に向けての論点	○		
ネットワーク合同報告会	放射線安全研究の重点テーマ、若手人材支援	○	○	
代表者会議 (学会ごとの検討結果の統合)	放射線安全規制研究の重点テーマの提案 事故の予防及び緊急時対応に関する提言		○	○
複数学会による合同委員会	低線量リスクのコンセンサスの作成		○	
複数学会からのメンバーから成るWG	実効線量と実用量の新概念		○	
ネットワーク（ステークホルダーを含む）	職業被ばくの一元管理、緊急時対応人材の確保		○	○

7

## 事業の概要：最終年度の総括

### ▶事業の最終年度として

○6つの課題それぞれの解決策を取りまとめ、一部実行

- ・アカデミア内の合意形成に新プロセス(報告書案へのパブリックコメントや学会間の相互レビュー)
- ・放射線防護の枠外との連携：ステークホルダー会合への参加、NWから外部への説明

○Webinar、国際動向報告会は今年度も継続

- ・WebinarのテーマはHP上で募集し、決定。
- ・一部の企画を学会が分担。事業終了後の自主運営への“予行演習”を実施。

### ▶昨年度の評価結果を踏まえて

○「今後の展開に課題」とされた若手人材育成は、特定領域へのアプローチと一般論を分離

- ・放射線安全関連全般：グローバル的活動支援やすそ野の拡張をねらったWebinarを開催
- ・特定領域の人材育成：主に関連学会が実施
- ・事業内でまとめる提言内容に、人材確保や教育の視点を入れる

○事業終了後の課題解決型プラットフォーム或いはネットワークの形態や機能を検討

- ・放射線防護アカデミア⇒行事やプロジェクト協力、情報発信（Webinar）をする連合体
- ・緊急時NW⇒平常時に研修開催／構成員リスト管理／原子力防災の最新情報の提供
- ・職業被ばくNW⇒業界単位の線量管理の制度化に関与、将来統合のため業界間の橋渡し

# 実績:重点テーマ研究のフォローと実施



	原子力規制委員会等の対応状況	フォローアップ
I. 放射線の生物学的影響とリスク研究		
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 (影響学会と保健物理学会からH31に再提案)		フォローアップ 影響・防護ハッジベースで解説文作成
低線量放射線の長期的影響とバイオマーカーの検索		
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		PLANETが着手
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		PLANETが提案の一部に着手
放射線業務従事者・放射線治療患者を対象としたバイオバンク構築に関する検討 (影響学会がH31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		保物学会・影響学会が合同で遂行
放射線被ばくによるがんリスク表現の検討		
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-	H31の重点テーマ研究として採択可	
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	H31の重点テーマと研究して採択可	
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	R3の重点テーマ研究として採択可	線量WGが提言を取りまとめ 量研がサイトを構築
放射線安全管理方法の最新の知見のサイトの構築		NWが検討結果を関係者と対話
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)	R3の重点テーマ研究として採択可	
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域における動植物データ相互解析および試料収集組織の構築	原子力規制庁より環境省に情報提供	放射線影響機関協議会が検討
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	H30の重点テーマ研究として採択可	4学会と代表者会議が提言を作成
放射線緊急時のEPRによるトリアージ手法の研究	H31の重点テーマ研究として採択可	4学会と代表者会議が提言を作成
原子力災害・テ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の重点テーマ研究として採択可	
内部被ばく線量評価と早期治療介入の手法と体制の開発・調査研究	H31、R2の重点テーマ研究として採択可	
緊急時モニタリング体制の整備に関する調査研究 (保健物理学会から再提案)		保物学会の臨時委員会で実施
防護措置の正当化、意思決定の正当化 (H31年度のNW合同報告会にて規制庁から提案)	R2の重点テーマ研究として採択可	リスク学会と連携して実施
アクチノイド分析技術プラットフォームの形成 (R2年度に提案)	R3の重点テーマ研究として採択可	
クライシスコミュニケーションのための情報収集・集約・発信の体制整備 (R2年度に提案)		
IV. 環境放射線と放射性廃棄物		
短半減期核種での減衰保管の導入の是非をどう考えるか? -放射性廃棄物の課題に皆で向き合う-	H31重点テーマ研究として採択可	
短寿命核種 (Ra-223, Ga-68) の廃棄に関する研究 (放射線安全管理学会からH31年度に新規提案)		
短半減期核種の排気濃度限度管理に関する研究 (放射線安全管理学会からH31年度に新規提案)		廃棄物に関するWebinarを実施
NORMの利用や被ばくに関する国内の実態把握 (R2年度に提案)	R3重点テーマ研究として採択可	R3安全規制研究として実施
V. 放射線測定と線量評価		
放射線の検出技術の施設管理への応用	H31重点テーマ研究として採択可	
自然放射線・医療被ばくによる線量評価データベースの設計 (保健物理学会からH31年度に再提案)		保物学会の臨時委員会で実施
粒子線治療施設における作業従事者のための実用的粒子線被ばく防護基準策定を目指すデータ集積		
幅広い分野での放射線管理における線量拘束値の活用へのあり方に関する研究		
水晶体の医療被ばく管理と合理的な被ばく低減の提案 (保健物理学会からH31年度に新規提案)		量研の共同研究等で一部実施
妊婦である職業人の現行基準値とICRP勧告の数値の関係性の検討 (R2年度に提案)	R2、R3の重点テーマとして採択可	
VI. 放射線教育・リスクコミュニケーション		
放射線業務従事者に対する放射線教育の充実と不安軽減評価の調査研究		
e-learningを基盤とした放射線業務従事者教育訓練の全国標準オンラインプラットフォーム開発		安全管理学会の委員会で検討
N災害対応のための消防署員への放射線教育プログラム開発と教育教材の提供		
教育現場における放射線安全管理体制の確立		保物学会の専門研究会で検討
義務教育での放射線教育カリキュラム導入を目指した放射線教育担当教員人材育成のモデルケースの構築		
放射線診療における実践的な放射線防護教育に関する研究	R2より厚労省が着手	線量WG報告書にて提言
放射線に関するPR活動の国際状況調査		
トリチウム問題の国際的視点からのアプローチ:各国学会との対話 (保健物理学会からH31に新規提案)		保物学会のシンポジウムで検討
自然科学と社会科学との融合:サイエンスと防護実務に結び付ける研究 (R2年度に提案)		リスク学会と連携して実施
VII. 国際的な放射線防護課題の解決のための研究 = 若手育成のための研究 (R2年度に提案)		

赤字: R3に研究や検討の進捗があった課題、青字: 提言やWebinarの形で課題の重要性を共有した課題  
H29~R2で41課題を重点テーマとして抽出⇒H30~R3で29課題に進展があった (7割) 9

# 実績:放射線防護人材の育成・確保



アカデミア参加4学会の会員に関する実態調査 (平成30, 31年度に実施)

- 会員数: トータルで10年-20年前に比べ、放射線防護の専門家数は2割減少と推定  
大規模な学会は減少、小規模で特化した学会は増加傾向
- 年齢分布: 多くの学会は高齢側にシフト、しかし若年齢層が少なくなっているとも言えない  
40歳未満の会員の3割は診療放射線技師の資格を持っている。
- 大問題: 40-50代の割合が減少 (現リーダーと次世代リーダーの枯渇)

⇒ポストの獲得、そのための業績や資格(第一種主任者、博士)取得やキャリアパスの問題

## 解決策の実施

1. これまでの取り組み
  - 国際的機関が主催するイベントへの若手の派遣: COVIDパンデミック以降は中止/応募なし
  - Webによる進路等個別相談会の実施: 昨年度の利用者は1名
2. 令和3年度の取り組み
  - Webinar「国際的機関で活躍するためには」対象: 防護分野の若手・中堅/指導者
  - Webinar「放射線防護のイロハ」対象: 若手の研究者や技術者、学生
  - 若手が企画したイベントに対する支援 (第1回 若手放射線影響研究会)
  - その他: アカデミア参加学会が、研究室紹介のWebinarなどを実施 (アンブレラ事業外)
3. 特定のターゲットへの取り組み
  - 事故や緊急時対応のアカデミアの提言: 生物学的線量評価をする者
  - 緊急時NWの育成プラン: 放射線に関する知識を持ち、緊急時に専門家として対応する者

特定分野や確保・育成する人物像の明確化(的を絞る)、時宜を得た関係機関間の連携や分担が重要



# 実績: Webinarの活用



- R2 : 実効線量と実用量に関するWebinar(全5回シリーズ)を実施  
シリーズ終了後、Webinarのテーマに関するアンケートを実施  
⇒希望が多かったテーマ
  - ①生物影響、低線量域の影響と防護の問題
  - ②放射線利用現場の防護、放射性廃棄物の取扱い
  - ③医療被ばくの正当化、最適化、ビッグデータの活用

- 人材の育成・確保
  - ・グローバル的活動支援
  - ・キャリアアップになる経験
  - ・分野のすそ野の拡張
  - ・難解な放射線防護の世界を魅力的に解説

代表者会議で5回分のWebinarのテーマを決定。2,3回は影響学会と保物学会、4回は保物学会、5回は安全管理学会が担当

開催回・日	放射線防護を理解するためのWebinarシリーズの内容	参加者数
1回目 7/30	<b>国際的機関で活躍するためには</b> 藤田博喜 (ICRP)、高田モモ (産総研) ICRPで活躍中の講師が、国際的機関の研究者受け入れの枠組みを、経験談を交えて講演	82
2回目 8/20	<b>低線量放射線リスクに関するコンセンサス(1)</b> 甲斐倫明 (日本文理大)、今岡達彦 (量研) コンセンサスレポートの目的・概要と動物実験での放射線発がんの部分解説	116
3回目 9/17	<b>低線量放射線リスクに関するコンセンサス(2)</b> 小笹晃太郎 (放影研)、佐々木道也 (電中研) コンセンサスレポートの放射線の疫学および「放射線がんリスク・放射線防護の部分解説	149
4回目 10/25	<b>放射線防護のイロハ</b> 占部逸正 (福山大)、島田義也 (環境研) 放射線防護に関する背景や初歩的な知識の解説、低線量影響についての最新知見の紹介	114
5回目 11/26	<b>放射線防護の各論:放射性物質の合理的管理と廃棄</b> 桧垣正吾 (東大)、柗本和義 (KEK) 放射線施設での放射性物質の合理的管理と廃棄物の処理や施設廃止の進め方を解説	142

5回合わせてのべ603名が参加。大学・研究機関からの参加が2/3、残りは企業、病院、一般の方。1回目のWebinar終了後、視聴した若手がICRPのMenteeを希望し、TGに問い合わせをした。

代表者会議では、過去2年間のWebinar開催はアカデミアの活動の中でも成功事例であり、事業終了後も自主的に継続すべき活動と自己評価している。

11

# 実績: 国際動向報告会による情報共有と円卓討議



- 国際動向報告会 : 平成29年、30年度の2回は、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
- 令和元年度より、一つのメインテーマを決めて、関係者が円卓討議する形式に変更

## 今年度のテーマは「最新科学や経験を取り入れた放射線防護体系の改訂」

報告会の概要 : ICRP2007年勧告の改訂に向けた検討が始められたことを受けて「最新科学や経験を取り入れた放射線防護体系の改訂に関する論点」について、ICRP委員や国際機関等に関連の専門家間で討議した。

成果 : ICRP主勧告の改訂の検討において、重要な論点について明らかになった。今後の検討において、国際機関等との連携も重要であることが示された。

放射線防護体系の改訂に関する論点について、アンブレラ事業に参加する関係者に情報共有することができた。



令和3年12月23日(金) 13:00~17:00  
「Zoomウェビナー」によるライブ配信(参加者約90名)

観点	パネルディスカッションでの議論
防護体系	現状で順調に機能しているが、社会の発展、科学的理解、放射線の新用途に合わせて進歩すべき
課題 (リスク)	ヒトの防護における確率的影響と組織反応の区別や確率的影響の表現、一般公衆への説明
課題 (線量)	RBEを加重した吸収線量を用いた線量限度、医療での個人線量評価の精緻化
論点 (リスク)	リスクモデルによる線量反応関係、DDREF・RBE・放射線感受性・デトリメントの評価
論点 (線量)	個人線量評価の精緻化とシステムとしての単純化との折り合い
防護の実践	DRL以外にも必要(医療被ばく)、RAP,DCRLを用いた防護の実践(環境防護)、Well-beingの指標化

# 実績:実効線量と実用量に関する課題抽出と検討

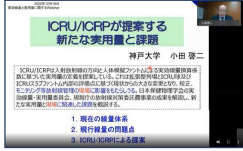


令和元年度国際動向報告会「実効線量と実用量-改定の概要となお残る課題」



- 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

令和2年度「実効線量と実用量に関するWG」を立ち上げ、アカデミアが共同研究の枠組みで線量に関する諸問題を検討



- 関係者（専門家、実務者、規制当局）の共通理解を深めるため、実効線量と実用量に関する計5回のWebinarを開催。
- 線量の歴史、リスク評価、国外動向、生物影響、コミュニケーション等様々な情報が示され、課題が共有

## 令和3年度

- 情報の整理：国際動向報告会や学会等の報告書、ICRP, ICRUの刊行物などが情報源
- 提言作成：
  - ・関連学会及び規制関連省庁に対して：新実用量を取入れる場合に必要な検討や準備
  - ・研究開発機関、専門家に対して：規制ニーズのある研究の実施と国際機関への情報提供（粒子線のRBEなど）
  - ・放射線管理・医療の実務者：実務的課題の整理
- 合意のプロセス：アンブレラ代表者会議及び放射線防護関連学会、団体等による確認。  
"パブリックコメント"スタイルでの意見聴取を実施
- 提言内容の特徴：社会への新概念の説明について言及。医療現場や緊急時において線量を説明する必要があることから、国民の理解を着実に進めなくてはならないが、説明の方法、目的、タイミングには十分に留意する必要がある、として具体的な方策を提言。

放射線に関する線量の現状と課題  
-課題解決に向けた提言-



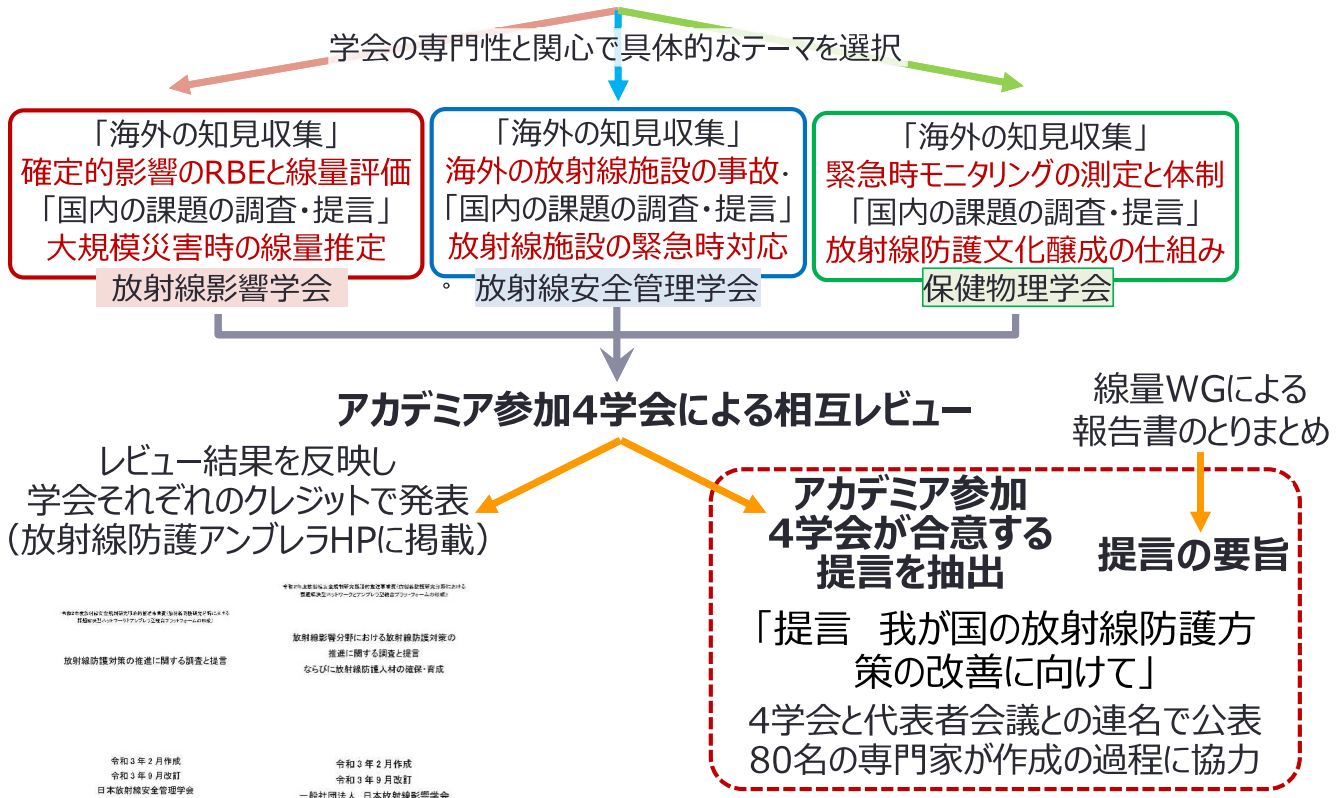
令和4年（2022年）3月  
原子力規制委員会委託事業「放射線安全規制研究戦略的推進事業  
（放射線防護研究分野における課題解決ネットワークとアンブレラ型  
統合プラットフォームの形成）」  
実効線量と実用量に関するWG

今後、提言内容に関するステークホルダーとの意見交換は、アカデミアの自主活動として実施予定

# 実績:事故・緊急時対応に関する課題抽出と検討



放射線防護アカデミア全体が関わるテーマとして「緊急時対応」を設定（令和2年度）



放射線防護関連の学会は専門性と問題意識の細分化しており、専門家の見解統一が困難  
⇒合意形成するプロセスが確立し、学会が規制に関与しやすくなった

# 実績: 提言内容と名宛人の明確化



## (1) 放射線施設における**事故・事象発生の予防および収束**に向けた方策

- 事業者に対する提言
  - ・新照射機器の新規導入やヒヤリハット事例発生の際、作業工程や訓練内容、マニュアルを見直すなど、**きめ細かい規程やマニュアルを整備**する
  - ・事故の原因究明や影響の検証ができるように常に情報共有する
- 規制当局に対する提言
  - ・事故の**情報公開**や**専門機関による分析や検証**を進め、結果を全事業者へフィードバックする

提言  
我が国の放射線防護方策の改善に向けて

令和4年3月

日本放射線安全管理学会  
日本放射線影響学会  
日本放射線事故・災害医学会  
日本保健物理学会  
放射線防護アンブレラ代表者会議

## (2) **大規模放射線災害発生時の線量推定の高度化**に向けた方策

- 高度被ばく医療支援センターに対する提言（主に生物学的線量評価分野）
  - ・センター同士の**連携体制の強化**。設備や人員に不足があれば、人材育成や交流による底上げ、支援センター以外との機関レベルの連携を行う。
  - ・多数の**トリアージ手法**について引き続き検討する。多様な被ばくに対応できるように準備する。
  - ・**全国の専門家が協力**して正確かつ迅速な線量評価を行える**ネットワークを再構築**する
- 専門家に対する提言
  - ・高度被ばく医療支援センターの制度とリンクした技術開発に協力する
- 国・地方自治体に対する提言
  - ・**原子力防災訓練に線量評価の訓練を組み込む**

・提言案のとりまとめの過程において、支援センターに対して、**事実確認**を依頼するとともに、提言内容案を説明。  
・提言の一部については支援センター連携会議/線量評価部会で検討を開始したことを確認

## 3 我が国の放射線防護方策のグローバル化に向けた中長期的提言

### (1) **実効線量と実用量に関する新概念の国内導入**に向けた方策

- 研究開発及び放射線管理の実務者に対する提言
  - ・メーカーやサービス機関と連携して、**線量計や校正手法等の規格化**に取り組む
- 放射線防護と放射線診療に関わる学会
  - ・**実効線量の意味や制約等に関する共通認識**を形成する
- 放射線関係行政機関
  - ・実効線量の意味や制約等に関する共通認識を社会全体で共有させる。

今後、提言は、規制者や事業者、国際的機関の関係者等との意見交換を行う際のベースとして活用

15

# 展望: 事業終了後の放射線防護アカデミアの形

## 検討の経緯

- 昨年度の代表者会議メンバーがアンブレラ事業を評価し、事業終了後に実施を継続する活動を選別
  - 評価が高かったもの
    - 1) 学会単位あるいは共同での同じテーマでの検討や調査、
    - 2) 国際動向報告会
    - 3) 若手の国際的機関のイベントへの派遣、
    - 4) Webinar、
    - 5) 規制庁とのクローズドの場での対話
  - 学会の活動や目的と合致しやすいもの
    - 1) **学会単位あるいは共同での同じテーマでの検討や調査、**
    - 4) **Webinar**
- 今年度の代表者会議で、事業終了後の連合体の制度設計を審議
  - ・参考となる連合体事例を調査（地球惑星科学連合、防災学術連合体、リスク研究NWなど）
  - ・もっとも緩やかな連合体を参考に、会則案を作成
  - ・ネットワークの求心力を持続的に維持するために必要な条件として、**主軸事業**に関して審議中

### 放射線防護・健康科学アカデミア会則（案）

（目的・名称）

第1条 人間や環境の放射線被ばくに関連ある研究情報の収集及び共有化をはかり、国内外の放射線防護の研究の発展に学際的に寄与することを目的として、放射線防護・健康科学アカデミア（以下、「アカデミア」と言う。）を設置する。英文名は Japan Science Academy on Radiation Protection and Health Effectsとする。

（中略）

（会員）

第3条 アカデミアを構成する会員は、第1条の目的を共有する科学的研究を行う次のような組織（以下「参加団体」という。）とする。

- (1) 国内の学術団体、またはその下部組織
- (2) 国内外の研究・教育機関、またはその下部組織
- (3) 国内外の行政機関、またはその下部組織

### ➢ 主な事業

1. 行事協力  
広報、名義使用許諾、企画支援、共催
2. プロジェクト協力(学会の共同検討に相当)  
調査協力や広報、参加者派遣、共同実施
3. 情報発信活動  
Webinarの企画・開催、WEBページ運営

### ➢ 組織（現アカデミアをベースに検討）

アカデミアの運営のために、連携者会議並びに事務局を置く

— 18 —

16

# 実績：課題解決型NWの検討プロセス

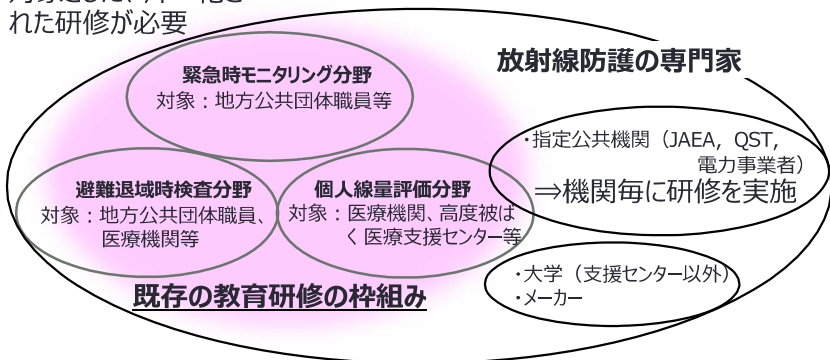


	緊急時放射線防護検討ネットワーク	職業被ばく最適化推進ネットワーク 国家線量登録制度検討グループ
検討主体	指定公共機関、大学、大学NW、高度被ばく医療支援センター、研修実施事業者、JAEA	産業医、大学、大学NW、線量登録機関、JAEA
ステークホルダーとの対話	<ul style="list-style-type: none"> <li>シンポジウム・パネル討論会の形で意見を聴取</li> <li>放射線事故・災害医学学会学術集会（平成30年9月）</li> <li>保健物理学会研究発表会（令和2年6月）</li> <li>放射線安全管理学会学術大会（令和2年10月）</li> <li>安全管理学会・保物学会合同大会（令和3年12月）</li> <li>原子力学会春の大会（令和4年3月（予定））</li> <li>記述による聴取</li> <li>原子力事業者（電気事業連合会放射線管理委員会）</li> <li>その他</li> <li>原子力規制庁（上席防災専門官含む）</li> <li>地方公共団体の関係部署の担当者等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>シンポジウム・パネル討論会の形で意見を聴取</li> <li>保健物理学会研究発表会（令和2年6月）</li> <li>放射線安全管理学会学術大会（令和2年10月）</li> <li>安全管理学会・保物学会合同大会（令和3年12月）</li> <li>医療放射線防護連絡協議会年次大会（令和3年12月）</li> <li>原子力学会春の大会（令和4年3月（予定））</li> <li>その他</li> <li>関連省庁担当者</li> <li>日本学術会議 放射線・臨床検査・病理分科会（科学的助言を发出する機関）</li> </ul>

全分野・全ターゲットを対象とした、齊一化された研修が必要

対象者が想定可  
全対象者が協力

検討により対象者を  
特定し、調査



## 【医療分野】

放射線診療を複数施設で実施している医師  
⇒現在又は1年間では22%、5年間では43%

アンケート結果に基づき、医師で線量登録管理制度登録対象者数を推定

- ① 全員：17万5000人（個線協データ）
- ② 5年間で複数勤務有の者：75000人
- ③ 有意な被ばくがある者：53000人
- ④ 有意な被ばく有で数値不明：37000人

17

# 実績：緊急時対応人材の育成確保（研修）



放射線に関して相応の知識を持った者が、原子力緊急時に専門家として力を発揮するための平常時の活動を実施

## ①「原子力緊急事態対応ガイド」の作成

準備 1.人材確保・育成における共通的な課題の整理  
準備 2.活動者として求められる力量の把握  
・関係者への聞き取りから目安をとりまとめた

構成 ・学習素材リスト：学習素材例と星取表  
・学習素材カード ※現時点83件

大分類	小分類	文書番号	学習素材例（※：緊急時に適用されるものに限る。）	放射線防護NW	職業被ばくNW	環境放射線NW	関係者団体	関係機関	関係団体
1. 法令	1.1 原子法等関係法	1.1.1	放射線物質又は放射性物質の搬入に関する規程	○	○	○	○	○	○
2. 指針類	2.1 指針類	2.1.1	緊急時モニタリングについて	○	○	○	○	○	○

↑ガイドの構成

↑学習素材カード

←学習素材リスト

## ②若手を対象とした教育の試行

目的：ガイド案の有効性等の確認

① 教育対象者（めやすとして提示）  
・年齢：～30代半ばまで  
・知識：第2種主任者、放射線技師以上

② 教育内容  
・共通編（原則全員受講）  
事前学習（基本事項を自習し、テスト）  
・EMC/避難域域時検査編（選択制）  
各約2時間  
事前学習（基本事項を自習し、テスト）  
ウェビナー（講師による講義又はその録画の視聴ののち、理解度テスト）

③ 研修会の試行  
JAEA、QST、電力事業者、大学等から  
EMC活動者編：約70名  
避難域域時検査活動者編：約80名の参加を得た。

参加者へのアンケートを実施し、反映

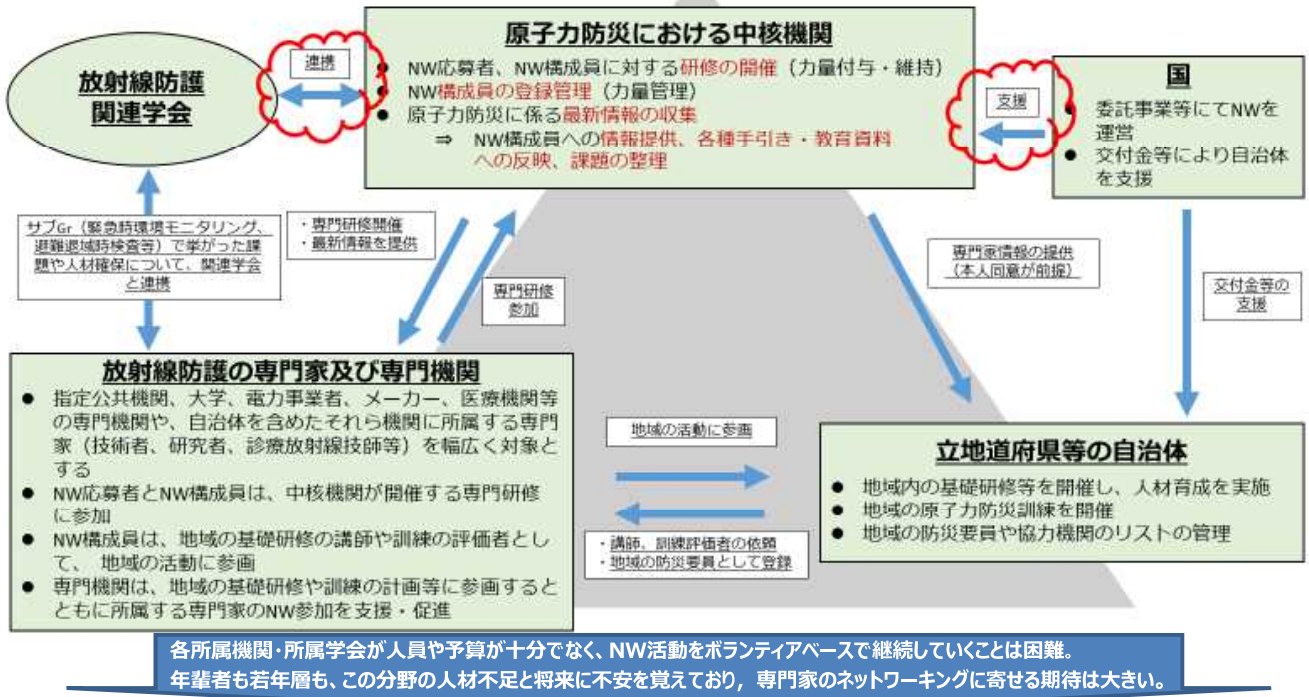
## ③分野別ネットワークの取り組み（＝若手のOJTの一環）

（例）環境モニタリングサブGrの活動として、茨城県東海・大洗地区の4つの事業所（JAEA原料研、核サ研、大洗研ならびに日本原電東海・東海第二発電所）における環境放射線モニタリングデータを収集・統合して福島第一原発事故による環境影響を検討。

⇒積極的に課題解決に向けた検討に参加することで、研修会では学べない対応能力を身に付けるとともに、シニアの経験やナレッジを若手が引き継ぐ機会とする



# 実績：緊急時対応人材の育成確保（理想形）



## 事業終了後の当面の活動：できるところから実施

- JAEAが開催する分野別Web**研修会**（＝今回の試行教育）とWebミーティングの外部への限定公開（指定公共機関を中心にオブザーバ参加）
- 緊急事態対応**ガイド**の維持や更新
- NW登録の**インセンティブ**を検討する（例：スキルを有していることの証明）
- JAEA内の取り組みを紹介し、国の事業・予算化に向けて、原子力防災関係者に対して「ネットワーク」の**認知度を上げ、有用性をアピール**する
- 事業終了後のアカデミアが検討すべきテーマの一つと位置付け、核となる機関と引き続き連携する

19

# 実績：職業被ばくの一元管理（ターゲットの特定）



### ①過去の取り組みの振り返り

～学術会議提言が実現に至らなかった要因～

- 広くステークホルダーを巻き込んだ議論ではなかったため、**ステークホルダーの理解が得られなかった**。
- 国、事業者等にインセンティブが働かなかった。
- 規制当局：線量限度担保のための線量管理（事前把握等）は雇用主・事業者の役割。原子力分野では既に事業者による運営制度が確立している。
- 事業者：**被ばく線量が低い（検出限界未満が大多数）、複数年管理はまれであるのに、コストを費やす必要性がない**

### ②分野別に異なる状況

- 原子力分野
  - 全体6万人強、複数事業所作業員10%程度、平均0.6mSv程度、年20mSv超の者あり、放射線従事者中央登録制度が確立
  - 研究・教育分野（医療以外）
    - 全体6万人程度、**検出下限未満が95%以上**、20mSv超：いても数人
    - 線量よりも健康診断・教育等の管理記録のやり取りの合理化が優先課題
  - 医療分野
    - 人数が多い（個線協で40万人程度）、**検出下限以上が20-30%程度**、年20mSv超の者あり
    - 線量計着用、被ばく線量低減などの線量管理の課題解決が優先課題
    - 眼の水晶体の線量限度変更により、**線量登録管理の必要性は高くなっている**。

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）	業界別
線量登録制度	国（放射線防護関連） 厚労省、原子力規制委員会、経産省 ↳ 被ばく統計等の関係 国家線量登録機関 （名寄せ、前歴データ提供、被ばく統計作成等） ↳ 放射線影響協会（中央登録センター） ↳ 測定サービス機関（登録代行） ↳ 各原子力・除染事業者 ↳ その他各事業者 ↳ 各雇用主 ↳ 従事者登録番号取得	国（放射線防護関連） 厚労省、原子力規制委員会、経産省 ↳ 被ばく統計等の作成依頼・報告 ↳ 疫学調査等への協力 職業登録機関 （放射線影響協会中央センター） ↳ 測定サービス機関（登録代行） ↳ 各原子力・除染事業者 ↳ その他各事業者 ↳ 各雇用主 ↳ 従事者登録番号取得	国（放射線防護関連） 厚労省、原子力規制委員会、経産省 ↳ 中核機関への協力 職業登録機関 （放射線影響協会中央センター） ↳ 測定サービス機関（登録代行） ↳ 各原子力・除染事業者 ↳ その他各事業者 ↳ 対象者の通知 ↳ 対象者のいる雇用主 ↳ 従事者登録番号取得	放射線影響協会（中央登録センター） ↳ 測定サービス機関（登録代行） ↳ 各原子力・除染事業者 ↳ その他各事業者 ↳ 対象者の通知 ↳ 対象者のいる雇用主 ↳ 従事者登録番号取得
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

### NWの結論

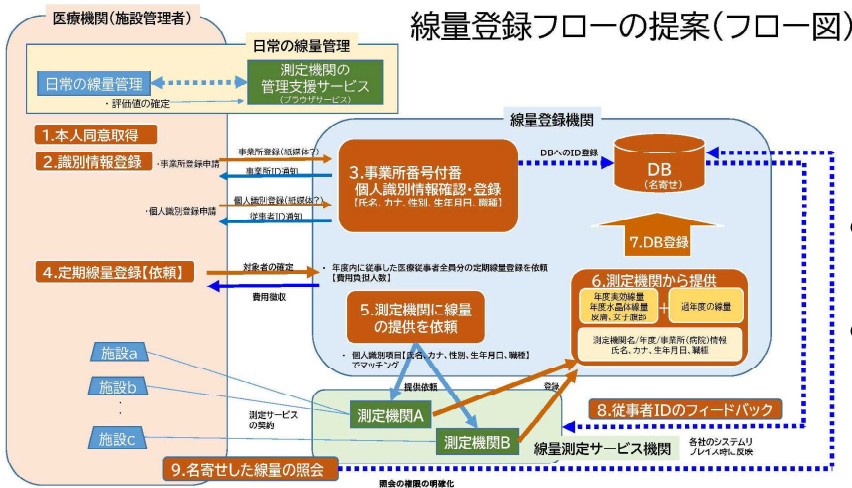
費用負担を回避するため国家線量登録機関による中央一括管理を望む声が多いが、実現の可能性は高くない。

登録管理の必要性が高く、ステークホルダーの理解が得られた業界から制度を構築するのが現実的。特に医療分野。

ただし、全分野の統合管理を目指し準備しておくことが重要

- ✓ 個人識別番号の付与
- ✓ 登録する線量の標準化
- ✓ 個人情報管理（事前同意等）

- ① 国家線量登録機関による中央一括管理 ←学術会議が提言した制度
- ② 事業者設置機関による一括管理（全作業員）
- ③ 事業者設置機関による管理（一部作業員：複数事業所作業員、一定線量以上）
- ④ 業界・分野別の管理

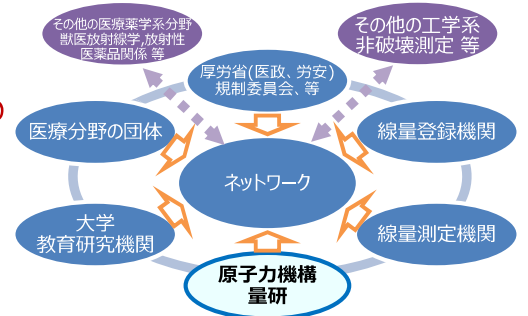


## 業界・分野ごとに線量登録管理制度を実現するために必要なこと

- 国と事業者の両方が必要性を強く認識する  
 国：業界への指導、構築のための調査の実施  
 業界：制度が必要不可欠と認識し、費用負担を受容
- 登録管理制度のためのコストの確保  
 業界・分野別制度の場合、運用コストは参加事業者が負担する必要  
 ⇒ コストダウンの検討

## 実現に向けての今後の活動

- 医療分野での線量登録管理制度の構築のために、**医療分野での検討のプロモートが必要**  
 ✓ 医療関係の学会・機関への継続的な働きかけ  
 ✓ 国（厚生労働省）からの推進指導
- **大学NWが進めている管理記録等の標準化などは、将来、共通的な課題への解決策になる可能性が大きいので継続的に注視**
- **ネットワークを維持・拡大し、情報共有・意見交換、必要に応じた推進へのアクションを行うことが重要**



本事業終了後のネットワーク活動(イメージ)

# 今年度の成果

	誌上发表	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	Webinar
H29	1	0	アンブレ事業の枠組みの紹介等	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	
R2	7	8	検討結果を発表、原著2編含む	2	2	5	5
R3	4	11	ステークホルダーとの対話、等	2	2	5	5

### ▶ 誌上发表 4件

- ・角山雄一ら、海外の放射線施設の放射線事故に係る最新知見の収集、日本放射線安全管理学会誌 20(2)、68-73 (2021)
- ・松垣正吾ら、放射線事故が発生した際の放射線施設の緊急時対応の調査と提言、日本放射線安全管理学会誌 20(2)、74-77 (2021)
- ・神田玲子ら、放射線防護分野を元気にするために、保健物理 (印刷中)
- ・阿保憲史、国際動向報告会に参加して、日本放射線安全管理学会誌 (印刷中)

### ▶ 口頭発表 11件

- ・角山雄一、海外の放射線施設の放射線事故に係る最新知見の収集WG、日本放射線安全管理学会シンポジウム、2021年6月25日
- ・松垣正吾、国内の放射線事故が発生した際の放射線施設の緊急時対応の調査と提言WG、同上
- ・神田玲子ら、原子力災害の防護方策の意思決定に関する検討 TG の活動報告、第 34 回日本リスク学会年次大会、2021年11月21日
- ・高田千恵ら、緊急時対応の人材の確保と育成に向けて、第 3 回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会、2021年12月1日
- ・吉澤道夫ら、職業被ばくの線量登録管理制度の検討、第 3 回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会、2021年12月1日
- ・吉澤道夫、個人線量管理の動向、令和 3 年度医療放射線防護連絡協議会年次大会、2021年12月10日
- ・神田玲子、医療放射線による被ばくの管理に関する最近の検討状況、日本学術振興会「第195委員会」総会2022年3月5日
- ・神田玲子、放射線防護アンブレ事業の概要、日本原子力学会2022年春の大会、2022年3月17日
- ・吉澤道夫、職業被ばくの線量登録管理制度の検討、日本原子力学会2022年春の大会、2022年3月17日
- ・高田千恵、原子力緊急時の放射線防護に関する専門家の育成・確保の取り組み、日本原子力学会2022年春の大会、2022年3月17日
- ・佐々木道也、実効線量と実用量に関するWGの活動、日本原子力学会2022年春の大会、2022年3月17日

### ▶ シンポジウムや学会セッション等の企画 5件

- ・セッション「令和2年度放射線防護アンブレ事業受託事業 最終報告」、日本放射線安全管理学会シンポジウム、2021年6月25日
- ・第1回 若手放射線影響研究会「がん細胞周期制御」、2021年8月28日
- ・セッション「緊急時対応の人材の確保と育成に向けて」、第 3 回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会、2021年12月1日
- ・セッション「職業被ばくの線量登録管理制度の検討」、第 3 回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会、2021年12月1日
- ・保健物理・環境科学部会セッション「放射線防護に関する学会連携活動と今後の展開」、日本原子力学会2022年春の大会、2022年3月17日

### ▶ 審議会等でのプレゼン 2件

- ・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153回総会、2021年6月23日
- ・神田玲子、職業被ばくの線量登録管理制度の検討状況、日本学術会議 放射線・臨床検査・病理分科会WG第2回会合、2021年12月21日

# 自己評価

	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	<p>本事業では、「緊急時人材の確保」「職業被ばくの一元管理」「放射線安全規制研究の重点テーマの提案」「放射線防護人材の枯渇」「線量の新概念の国内導入」「放射線事故の予防と緊急時対応」という喫緊の課題を解決しながら、「①アカデミアが課題を抽出⇒②課題解決に取り組む部隊を組織化⇒③解決策を検討⇒④ステークホルダーと調整⇒⑤解決策を実施あるいは解決策を実施すべき主体に提言」という各プロセスに必要な仕組みづくりを行った。今年度はいずれの課題検討においても、解決策を取りまとめて公表し、③～⑤のプロセスに到達した。結果、事業全体として①～⑤の仕組みづくりを完了した。</p> <p>昨年度の評価委員会からのコメントを踏まえ、事業内の全活動に人材確保の視点を入れつつ、グローバル人材育成や分野のすそ野の拡張を意識したWebinarを開催した。また研究終了後の放射線防護アカデミアと両NWの将来像と自主的運営について取りまとめた。</p> <p>成果の公表も例年とほぼ同程度だが、アンブレラ事業による各課題の検討結果に関心のある団体から講演依頼があり、口頭発表件数が増えた。</p>
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	<p>緊急時対応者として求められる力量（スキル）の目安を整理し、放射線防護専門家向けの「原子力緊急事態対応ガイド」案を完成させた。このガイドをテキストとして、若手を対象とした研修会を試行するとともに、参加者アンケートをもとにガイド案のさらなる改善を図った。</p> <p>またNW構築のあり方についても、「理想像「および従来の活動の範囲で実施可能な「当面の活動案」を検討し、提案した。いずれの活動においても、ステークホルダー会合において広く意見を収集し、それらの意見を反映した。</p>
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	<p>実現可能性のある線量管理に関する複数の制度案とその展開について、ステークホルダーの視点からの実現に向けた課題の検討・整理を行い、新たな実態調査結果と合わせて成果をまとめた。学会やシンポジウム等で発表し、ステークホルダーへの制度構築に向けた働きかけを行った。また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、データの少ない末端部用線量計（リングバッジ）の技能試験に関する基礎収集し、これまでの結果と合わせた成果をとりまとめた。</p>
国際動向	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	<p>今年度は議論のテーマを「最新科学や経験を取り入れた放射線防護体系の改訂に関する論点」に絞り、幅広い分野の専門家間で横串を刺した議論を行った。ICRPから出された新勧告に向けての論点を整理した論文の内容の解説やパネル討論を通じて、アンブレラ関係者へ情報提供でき、当初の計画は満たせた。</p>

● 研究費使用実績：契約額は23,633,291円に対し、予算執行予定額は計画額の92%。

23

## 事業終了後の成果発表

### 誌上発表 8件

- 吉澤道夫、個人線量管理の動向（特集Ⅱ 第32回「高橋信次・古賀佑彦記念シンポジウム」）医療放射線防護、86、57-64
- 阿保憲史、放射線防護に関する国際動向報告会に参加して、日本放射線安全管理学会誌、21(1)、10-11
- 高田千恵、緊急時の放射線防護に関する専門家の育成・確保の取り組み、2022年6月号主任者コーナー シリーズ：放射線施設の緊急時対応、アイソトープニュース（印刷中）
- 神田玲子、放射線防護アンブレラ事業の概要（特集：放射線防護に関する学会連携活動と今後の展開1）日本原子力学会誌（印刷中）
- 吉澤道夫、職業被ばくの線量登録管理制度の検討（特集：放射線防護に関する学会連携活動と今後の展開2）日本原子力学会誌（印刷中）
- 高田千恵、原子力緊急時の放射線防護に関する専門家の育成・確保の取り組み（特集：放射線防護に関する学会連携活動と今後の展開3）日本原子力学会誌（印刷中）
- 佐々木道也、実効線量と実用量に関するWGの活動（特集：放射線防護に関する学会連携活動と今後の展開4）日本原子力学会誌（印刷中）
- 迫田晃弘、辻智也、廣田誠子、渡邊裕貴、ICRP次期主勧告の議論の始まり（仮題）、保健物理（投稿予定）

### HP上発表 4件

- 職業被ばくの最適化推進ネットワーク 国家線量登録機関検討グループ、職業被ばくの線量登録管理制度に関する検討結果（令和4年2月）
- 職業被ばくの最適化推進ネットワーク 線量測定機関認定制度検討グループ、線量測定機関認定基準に関わる基礎データ収集作業の結果（令和4年2月）
- 日本放射線安全管理学会、日本放射線影響学会、日本放射線事故・災害医学会、日本保健物理学会、放射線防護アンブレラ代表者会議提言A、我が国の放射線防護方策の改善に向けて（令和4年3月）
- Japan Health Physics Society, Japanese Association for Radiation Accident/Disaster Medicine, Japanese Society of Radiation Safety Management, The Japanese Radiation Research Society, The Representatives' Council of the Japanese Umbrella-structured Platform for Radiation Protection, Advisory Opinions for Improving Radiation Protection Measures in Japan (March, 2022)

24

# 研究評価委員会による評価コメントへの対応（1）

成果報告書においては、複数の活動目標について各々の成果を総括すること。

【事業成果報告書P64～に記載】 5年間で本事業では様々な取り組みに着手し、多様なアウトプットを創出した。こうした成果は放射線規制の改善に役立てられるものであるが、直接法令や指針等の変更に資するものではないものも多く、様々な波及先で放射線安全研究の推進や適切な放射線管理が行われ、放射線規制の基盤が強固になる効果もあると考えている。

放射線防護アカデミアの個々の取組み	放射線規制との関係	成果の波及先(主なステークホルダー)
<b>重点テーマの提案</b>		
アカデミアによる提案	規制庁からの諮問への答申	当該分野の研究者
重点テーマのフォロー	規制の改善のためエビデンス作成	当該学術コミュニティ、研究機関
<b>放射線防護人材の育成・確保</b>	放射線規制の遂行を支える人材確保	
若手研究者の主体的活動の支援、若手や学生向けのWebinarの開催	放射線防護人材のすそ野の拡充	放射線利用・管理の現場、放射線防護関連の学術コミュニティ
国際的機関が主催するイベントへの若手派遣	放射線規制の国際的枠組みに参加するグローバル人材の育成	上記に加え、派遣者本人と関係者
進路相談等個別相談会開催（キャリアアップ支援）	放射線防護分野からの人材流出予防	
<b>課題の抽出と解決策の提案</b>	放射線規制の改善のための具体的な提案の提示	
線量の新たな概念を国内に導入する際の諸問題に関する調査と提言発出	規制当局が行うべき実用量の取り入れに関する技術的準備を具体的に提案 放射線関係行政機関が行うべき社会全体の理解増進のための方策を提案（学会、研究機関、専門家、放射線管理・診療の実務者の関与も提案）	放射線利用・管理の現場 特に医療放射線の利用現場
放射線事故・緊急時対応に関する諸問題に関する調査と提言発出	規制当局が行うべき、事業者による事故の情報公開推進、専門機関による検証、全事業者への展開を提案 国等に、原子力防災訓練に線量評価要素を組み込むことを提案（事業者や専門機関、専門家の関与に関しても具体的に提案）	放射線利用・管理の現場 原子力災害医療に関わる機関 国民（安全確保の観点で）
<b>国際動向に関する情報共有</b>		
国際動向報告会開催と報告書作成・公開	放射線規制に係る最新の国際動向に関する情報を入手	放射線防護関連の学術コミュニティ 放射線利用・管理の現場
国際的機関からの専門家との意見交換（オープンなシンポジウムの開催）	放射線規制に係る最新情報を入手するとともに、日本の研究成果を国際的枠組みでの議論に提供	放射線防護関連の学術コミュニティ 国民（2019年度に福島原発事故関連のシンポをICRPと共催）
国際的機関からの専門家との意見交換（クローズドなWebでの意見交換）	国内の喫緊の課題に関する国際的機関の見解を入手。日本の研究成果を国際的枠組みでの議論に提供。	放射線防護関連の学術コミュニティ

25

# 研究評価委員会による評価コメントへの対応（2）

成果報告書においては、複数の活動目標について各々の成果を総括すること。

緊急時放射線防護NWの個々の取組み	放射線規制との関係	成果の波及先(主なステークホルダー)
<b>緊急時対応人材の育成手法確立（放射線防護専門家が対象）</b>	原子力防災を支える人材確保	
緊急時環境モニタリング、避難地域時検査を支援する要員のスキルの明確化	国等が確保すべき緊急時対応要員のスキルを可視化し、研修等での育成目標の均一化が可能に。	原子力事業者、指定公共機関、研修実施事業者、地方公共団体職員、医療機関、大学など 国民（安全確保の観点で）
原子力緊急事態対応ガイドと研修会のパッケージ提案	規制当局が放射線防護専門家を育成するためのノウハウを提案	同上
緊急時対応人材の登録・認定・管理を行う平時のネットワークの提案	国が必要とする、緊急時に必要なスペックを持つ人材を確保し、動員できる枠組みを提案	同上
<b>職業被ばくの最適化推進NWの個々の取組み</b>		
<b>国家線量登録制度の提案</b>		
国家線量登録制度に関する国際動向や海外の現状および国内の業界・分野別調査	行政機関が、国家線量登録制度の議論をする上でのエビデンス作成	放射線利用の現場（事業者、放射線作業員）
現実的な業界・分野別線量登録制度の提案	線量限度の遵守や放射線作業員の安全確保に関する国レベルでの担保 他の先進国並みの被ばく状況の把握	放射線利用の現場（事業者、放射線作業員）、放射線影響や防護に関わる学術コミュニティ
<b>上記制度に登録する個人線量の信頼性確保のための線量測定機関認定制度に向けた調査</b>		
個人線量測定機関の認定基準に定める技能試験試験に関する基礎データの収集	JAB RL380に定める技能試験において 米国の基準の適用は妥当と報告。	個人線量測定機関、放射線利用の現場（事業者、放射線作業員）
放射線標準校正等に係る最新動向調査	規制当局に対し、国内の標準場を国際規格と整合するために継続的に専門家が改訂作業に貢献する必要性を提示	当該分野の研究者・技術者



# 研究評価委員会による評価コメントへの対応（3）

成果報告書においては、今後の自立したネットワークとしての活動に関する提言を加えて頂きたい。

【事業成果報告書P70～に記載】放射線防護アカデミア、緊急時放射線防護ネットワーク、職業被ばくの最適化推進ネットワークとも、課題に関する解決案を検討し、現実的な策を国等に対して提案し、実現に向けた課題を整理した段階である。そこで、今後さらなる議論や実践に向けた活動が必要のため、以下の形態と内容での事業継続を検討した。

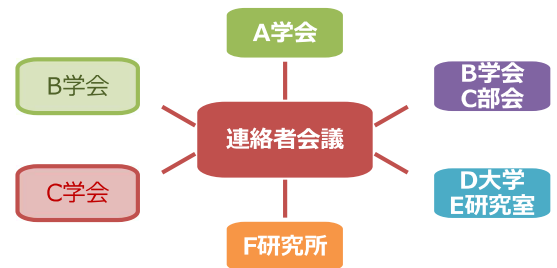
## 1) 放射線防護アカデミアの活動の継続について

➤ 形態：「放射線防護・健康科学アカデミア」（会則案より抜粋）

- ・名称を「放射線防護・健康科学アカデミア」とし、(i) 低線量被ばく（公衆、職業被ばく）ならびに緊急時被ばくの科学的知見の創出と収集、(ii) 防護体系・安全基準の策定の提言、(iii)放射線防護の人材育成を行うため、行事協力、プロジェクト協力、情報発信を行う。
- ・参加団体は (i) 国内の学術団体またはその下部組織、(ii) 国内外の研究・教育機関またはその下部組織、(iii)国内外の行政機関またはその下部組織のいずれかとする、また参加団体が推薦した者により構成される「連絡者会議」が運営を行う。
- ・事業終了後、これまでの議論をベースに、アカデミア立ち上げの趣旨書を作成し、令和4年6月～7月に各学会等に送付し、参加の意向を伺う。参加の意向を示した学会が3つ以上あれば、新しいアカデミア組織の設置に向けて本格稼働する。

➤ 当面の活動

- ・参加団体間の情報共有
- ・「放射線防護アカデミア」の活動の継続：Webinar + 人材育成、規制側との窓口
- ・国際動向への対応：ICRP次期主勧告対応（ICRP2023 への協力を含む）
- ・その他、アカデミアの成立後の検討：関連知識の体系化



27

# 研究評価委員会による評価コメントへの対応（4）

成果報告書においては、今後の自立したネットワークとしての活動に関する提言を加えて頂きたい。

## 2) 緊急時放射線防護ネットワークの活動の継続について

➤ 形態：原子力機構が中心となって、学会や関係機関の協力を得て実施

➤ 当面の活動

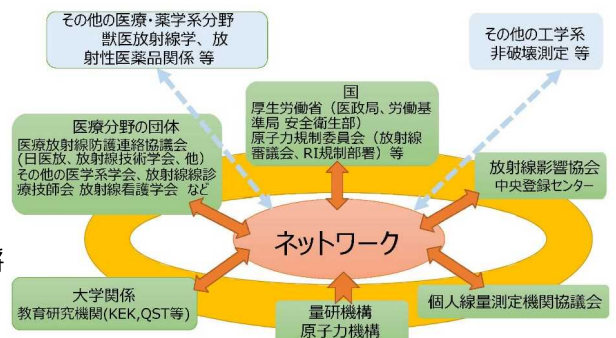
- ・原子力機構は自組織の専門家向けに実施する研修の一部を指定公共機関、電事連、関連学会・職能団体（診療放射線技師会等）の関係者に開放し、オブザーバ（的）参加を受け入れる。
- ・原子力機構は、緊急時モニタリングセンターや避難地域時検査の要員向け研修事業時に自組織の取り組みを紹介し、ネットワークの認知度、実効性に対する関係者の期待度・信頼度をあげる。
- ・原子力機構は、緊急事態対応ガイドのレビュー及び認定資格制度の創設に向けた検討を関連学会または「放射線防護・健康科学アカデミア」に依頼する。

## 3) 職業被ばくの最適化ネットワークの活動の継続について

➤ 形態：量研と原子力機構が協力して情報共有と議論の場を作るためのネットワークを維持・拡大する

➤ 当面の活動

- ・量研と原子力機構が協力して、医療関係の学協会や厚生労働省への継続的な働きかけを行い、医療分野での検討をプロモートする
- ・量研と原子力機構が協力して、大学ネットワークが進めている管理記録等の標準化をはじめ、業界・分野ごとのアクションに注視し、将来、全分野の統合管理が可能になるように必要に応じて、業界間の橋渡しを行う。
- ・職業被ばく管理に関する情報共有・意見交換の場を提供する。



24

28

# 放射線規制及び放射線防護分野への活用

## 1) 放射線防護アカデミアの調査機能の放射線規制への活用

### ➤ 検証結果（実績）

#### ○アカデミアからの提案が放射線安全規制研究推進事業の重点テーマの選定に活用された

- ・原子力規制庁の安全研究に関する方針や放射線審議会での議論も踏まえて、「放射線源規制・放射線防護による安全確保のための根拠となる調査・研究」の重点テーマに関してアカデミア内での合意を形成
- ・**研究推進委員会**にて重点テーマに関する検討結果を報告し、次年度の重点テーマの選定に関与

#### ○放射線防護に関する国際動向の報告が放射線審議会の検討課題の抽出に活用された

- ・国際動向報告会を開催し、放射線防護に関わる国際的機関での議論など、最新動向に関する情報を収集し、アカデミア内での共有、日本として今後取組むべき問題の議論（前裁き）を実施
- ・**放射線審議会**にて情報収集や議論の結果を報告し、今後、審議会が検討すべき課題の抽出に関与

### ➤ 今後の活用

#### ○アカデミアからの視点や関連する国際機関の動向から、国内の放射線規制に必要な研究開発ニーズや検討課題を抽出し、規制当局に提案をするとともに、自主的かつ戦略的に実施する。

（例）

- ・研究成果と科学的根拠に基づく政策・規制との間の迅速な道筋に関する検討
- ・社会科学および自然科学および新技術革新の観点からの研究ニーズの特定と優先順位付け

#### ○放射線防護におけるグローバル的斉一性と継続的取り組みの重要性に鑑み、アカデミアレベルでの国際連携や後継人材育成のプランニングを行い、規制当局に提案をするとともに、自主的に実施する。

（例）

- ・**ICRP次期主勧告**に対して、日本のアカデミアからのコメントのとりまとめ・提案
- ・放射線防護の専門家の世代間における**知識や経験の継承**の支援

29

# 放射線規制及び放射線防護分野への活用

## 2) 放射線防護アンブレラの政策提言機能の放射線防護への活用

### ➤ 検証結果（実績）

#### ○ステークホルダーによる役割を明確化し、関係者の合意による課題解決策を取りまとめた

- ・職業被ばくの個人線量管理に関して、**行政、ユーザ（医療、大学）、線量管理機関、アカデミア**が議論し、具体的方策をまとめ、**制度導入に向けたムーブメント**を惹起でき、アンブレラ外でも検討が開始。
- ・原子力緊急対応に関して、放射線防護の専門家の育成・確保や線量推定の高度化に関する平時の方策を提案したことで、**指定公共機関や高度被ばく医療支援センター**による自主的な取り組みが開始。

### ➤ 今後の活用

- 職業被ばくの個人線量管理および原子力緊急対応人材の確保・育成に関して、全ステークホルダー向けの情報共有や議論・連携の場（フォーラム等）を提供し、**ボトムアップでの放射線防護向上を支える**。
- 放射線防護の最適化、特にリスクと便益のバランスやウェルビーイングの考え方などに関わる意思決定に、**ステークホルダーが関与するプロセスの確立**といった社会実装に活用する。

## 3) 放射線防護アカデミアの協調活動の放射線防護理解への活用

### ➤ 検証結果（実績）

#### ○日本のアカデミアとして、科学的不確かさを伴う低線量リスクに関する統一見解を公表した

- ・低線量リスクに関しては、福島事故以降、国際機関や海外機関の見解をベースに説明されることが多かったが、**市民と専門家の理解のギャップ**や**様々な専門家同士の認識の違い**に向き合い、専門家の信頼回復に向けて統一見解を発表。出版社の協力で無料頒布になるなど、**高い求心力**を獲得。

### ➤ 今後の活用

- リスクインフォームド社会**のニーズに応えるため、**公衆へのコミュニケーションやリスク理解**に関する社会的課題にアカデミアとして取り組み、ステークホルダーの**効果的な関わり**を促進させる。

25

30

令和3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

# 染色体線量評価のための AI自動画像判定アルゴリズム (基本モデル)の開発

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)

課題名 染色体線量評価のためのAI自動画像判定アルゴリズム(基本モデル)の開発

研究期間: 令和2年度～令和3年度(2年間)

背景・目的

- 線量評価のための染色体異常判定の標準化および効率化を目指して、人工知能(AI)技術のひとつである深層学習法を基盤とした染色体画像自動判定モデルの開発を行う。
- 本事業で開発するモデルは量子科学技術研究開発機構(以下、量研)の基本モデルとする。汎用化に向けて、多様な染色体画像品質への対応やアプリケーション化のための技術検討を行う。

実施状況

- PNA-FISH画像と同一のメタフェーズのギムザ画像のペア(2.0 Gy照射、2,638組)を追加作成した。
- 量研の基本モデルを作成し、良好な性能を得た。染色体検査室の一般検査員と同等またはそれ以上の正確さで、1000細胞の解析に要する時間は1分以下、2.0 Gyトリージ判定が可能であることを示すことができた。モデルを量研に設置した。
- 低品質標本を用いたFISH画像を用いてテストし、技術検討を行った。ユーザーを考慮したアプリケーション化を検討した。

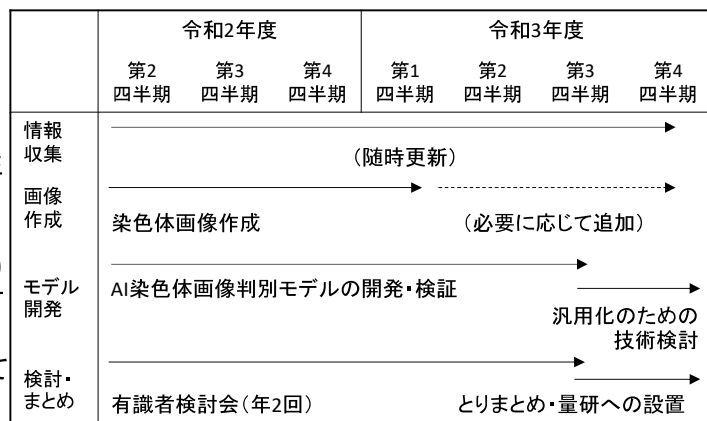
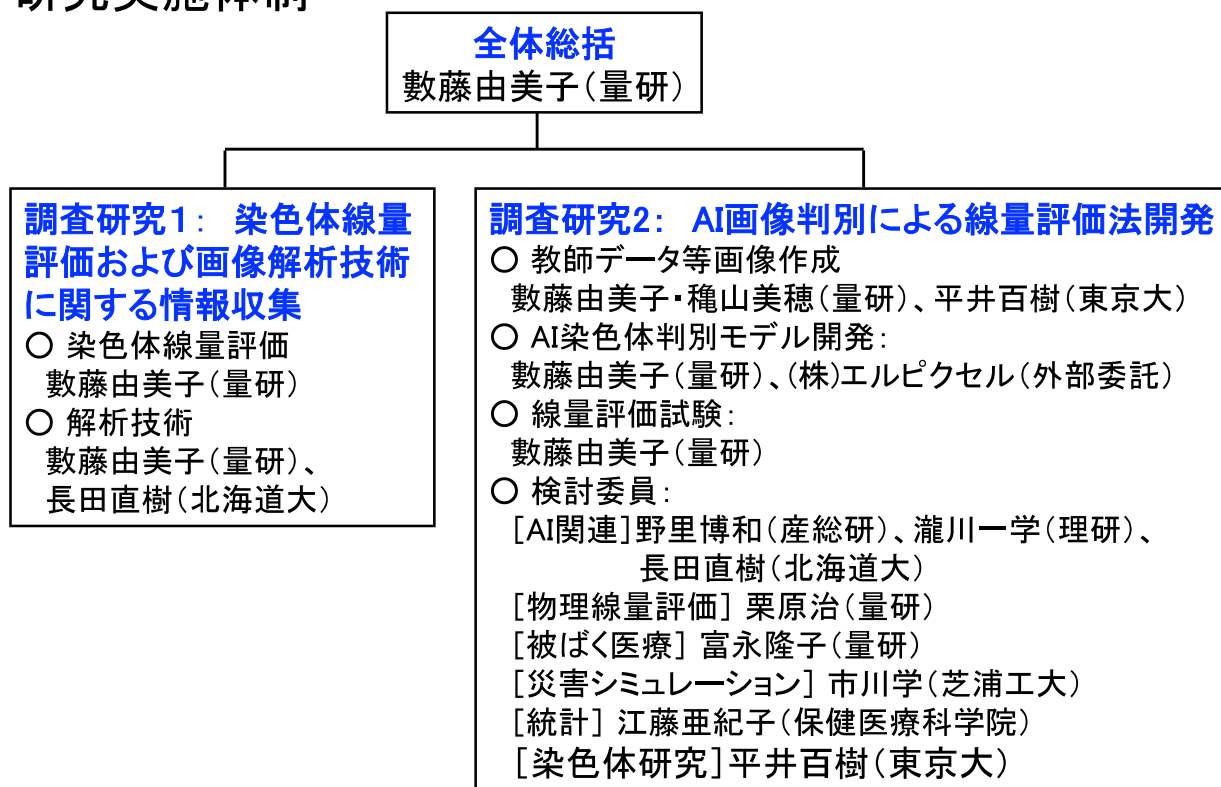


図1. ロードマップ

期待される成果

- AIの導入により、画像判定が1検体1000細胞につき1分以下で可能となった。大規模放射線事故における多検体トリージ診断支援の大きな力となる。

## 研究実施体制



## 研究概要(1) 背景と目的

染色体線量評価では、あらかじめ線量と染色体異常頻度から成る検量線を作成し、患者の末梢血リンパ球の染色体異常頻度を当てはめて被ばく線量を推定する。染色体画像の作成までは装置の自動化により高速化されたが、画像判定は依然、検査者の目視観察による(患者1人当たりの判定に高度熟練者で実質30時間以上かかる)。熟練者養成は困難で、また、検査者により判定基準にブレが生じている。大規模原子力災害等に備え、染色体異常の画像判定の標準化と効率化が最大で喫緊の課題である。

## 研究概要(1) 背景と目的 (つづき)

一方、近年、分子細胞遺伝学の発展により染色体の染色方法の選択肢が増えた。並行して人工知能(以下、AI)による画像識別手法の開発には目覚ましいものがある。主任研究者らは平成30・31年度本事業において、染色体画像判定におけるAI導入の有効性の検証を行い、この分野での先鞭をつけた。染色体線量評価において、PNA-FISH法を適用することにより、AI利用による染色体画像判定アルゴリズム開発が有望であることが示された(図2~4)。線量効果関係(検量線)も得られることが分かった。

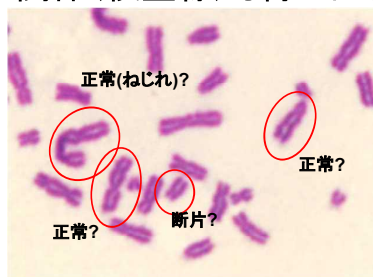


図2. メタフェーズのギムザ染色画像(一部)  
染色体異常の判定が必ずしも容易でない。

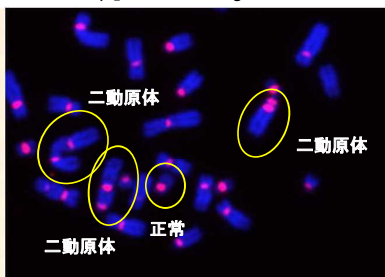


図3. メタフェーズのFISH画像(一部)  
動原体領域: 赤色; 対比染色: 青色  
図2と同一の標本でPNA-FISHを行った。  
正確な染色体異常の検出、教師データ作成が可能。

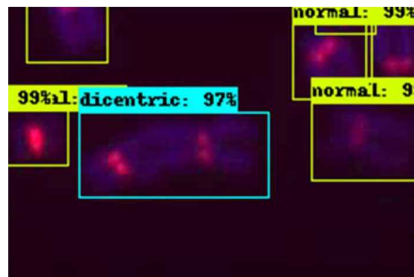


図4. AI自動画像判定により染色体異常が検出されたFISH画像の例(一部)  
dicentric: 二動原体; normal: 正常;  
%表示: 確度

\* 図2, 3, 4は「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」令和元年度報告書より改変

## 研究概要(1) 背景と目的 (つづき)

以上の背景をふまえ、本研究では2年間で、AI技術のひとつである深層学習法を基盤とした染色体画像自動判定モデルの開発を目標とする。

本事業で開発するモデルは、量研の基本モデルとし量研に設置する。これによりトリアージのための線量評価の画像判定が1検体につき約10分以下で可能となることを目指す。

加えて2年目後半には、汎用化に向けて、様々な品質の画像に対応するための技術検討、および他機関での利用を容易にするアプリケーション化のための技術検討を行う。

## 研究概要(2) 令和3年度実施事項

### (1) 量研モデル作成(事業計画2/5)

- ① 教師用とテスト用の画像データを追加作成した。
- ② 令和2年度試作モデルをもとに、画像データを用いて訓練・検証・修正を行うことで基本モデルを作成した(量研に設置したAI画像解析PCに搭載・試用)。
- ③ 画像データ検討会(40回)(専門家1名が参加)および研究会合(2回)(本研究の協力者・参加者、各分野専門家検討委員)を開催して助言を得た。

### (2) 汎用化のための検討(事業計画3/5)

- \* 他の検査機関での使用を考慮した汎用化に向けて、多様な品質の画像やギムザ染色画像に対応するための技術検討やアプリケーション化のための技術検討を行った。

### (3) 情報の更新・成果の公表・事業の進捗管理(事業計画1・4・5/5)

- \* 本研究の推進にあたり、適宜、AI・画像解析技術・染色体線量評価法に関する情報収集、成果発表、進捗報告(月末報告書提出)を行った。

## 《補足》 量研モデル作成の流れ

### (1) 画像データ作成

- ・PNA-FISH画像を作成。一部につきアノテーションを行い、教師データとした。  
(注: 2021年1月モデルによるAI自動アノテーションにより、熟練観察者の判定作業時間を大幅に減じることができた。)  
→ 二動原体分析のAI自動画像判定アルゴリズム作成へ
- ・同一細胞からギムザ染色画像およびそれに対応するPNA-FISH画像のペアを作成した。  
→ 本研究事業では、技術確立を果たし、画像作成するところまでで終了した。  
令和4年度以降、汎用化研究に進む(注: 汎用化とは、ギムザ染色画像の二動原体自動判定を指す。本研究事業における技術確立により、教師データとして、PNA-FISH画像を用いることができる。PNA-FISH画像は、ギムザ染色の人目視観察による教師データよりも正確で、判定再現性100%の教師データとなる。)

### (2) モデルの性能向上

- ・アノテーション済み画像(教師データ)を、モデル作成用画像とモデル検証用画像に分けて使用し、モデルの性能評価と向上を行った。

### (3) 線量評価試験

- ・アノテーションを行っていない画像コレクションから、線量評価試験用画像を線量ポイントごとに70枚×3組取り置き、残りの画像を用いてAIによる自動判定を行って検量線を作成した。
- ・試験用画像をAIによって自動判定させた結果を、この検量線に当てはめて線量推定を行った。  
(注: アノテーション済み画像から作成した検量線と同様な検量線が作成できた。機械学習を用いた線量評価では、検量線作成と染色体異常検出を同じ学習モデルで行うこと、その際それぞれの画像判定に人間による修正を加えない完全自動判定であることが重要である。)
- ・解析時間測定をした。

## 研究の進捗(1)

### (1) 画像データ作成

●  $^{60}\text{Co}$ -ガンマ線2.0 Gy照射末梢血リンパ球染色体標本を用いてメタフェーズ画像を追加作成した(2,638枚)。(注:2.0 Gy以上照射すると死細胞や複雑な染色体異常をもつ細胞が増え、熟練者による判定が困難になり非効率的)

#### 1) PNA-FISHの教師画像作成

\* 15,311枚の画像コレクション

→ 0 Gy (12%), 0.50 Gy (15%), 1.0 Gy (17%), 2.0 Gy (29%), 3.0 Gy (18%), 4.0 Gy (9%); 二動原体染色体数1,562個、染色体断片数2,701個で、昨年度比それぞれ約1.5倍増)。

#### 2) 同一細胞のFISH画像・ギムザ画像作成 (特許申請のため詳細は非公開)

(現在 2,638組)

→ 令和4年度以降  
汎用化の研究  
開発で利用する  
(ギムザ染色  
画像の対応へ)



図5. 同一細胞の画像マッチング例

## 研究の進捗(2)

### (2) AIアルゴリズム 量研モデルの開発と設置

● 量研モデルを開発・改良し、性能を向上させた。

→ 染色体検出効率は一定してほぼ100%であったため、分類のミス(特に二動原体で)を課題として、分類性能を上げた(詳細は論文発表まで非公開)。

《改良の結果》

① 感度・精度が向上した。特に、二動原体の検出性能が良好になった。

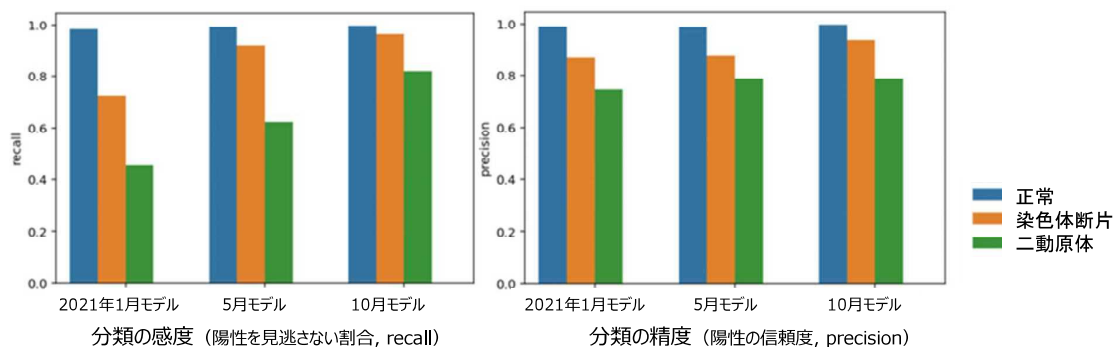


図6. AIモデルの感度と精度

[注:人目視観察の場合、二動原体および染色体断片の感度は0.95、0.95、精度は0.90、0.53(n=3).]

## 研究の進捗(3)

### 《改良の結果》(つづき)

② 熟練者の判定を正解とした場合の判定一致率が良好になった。特に二動原体の一致率が上昇した。

③ 現状、2.0 Gyを超えたかどうかのトリアージ判定については1検体当たり70メタフェーズ以上を用いることで可能であることを確認した。

④ 被ばく患者由来標本画像(2検体)に試用し、トリアージ判定を行い、有用であることを確認した。

● 量研モデルを開発し、量研に設置した。

\* 現スペックでは、**1000細胞では約56秒、70細胞ではさらに少ない時間**で判定できた。人目視観察の場合、約2000分(34時間)以上かかる。必要に応じて、複数台連結する等より高性能なPCを用意すれば更なる高速化が期待できる。

表1. 熟練者の判定を正解とした場合の判定一致率(%)

	二動原体	染色体断片
染色体検査者 (3名、経験年数は3ヶ月～20年超)	82.0±5.9	52.6±18.4
AI 2021年1月モデル	36.1	68.2
AI 2021年10月モデル	81.8	96.4

注: 染色体検査者は熟練者(教師データが作成できるような診断確定責任者)を除いた。経験年数と判定一致率に相関が無かった(熟練度は年数に比例しない)のでひとつにまとめた。人目視判定とAI 1月モデルでは同一100メタフェーズを用いた。AI 10月モデルでは177メタフェーズを用いた。AIの判定再現率は100%のため誤差は無い。

## 研究の進捗(4)

### (3) 汎用化のための技術検討

● 様々な品質の染色体画像への対応

\* QST・弘前大・福島医大・広島大・長崎大の染色体線量評価ラボ共通プロトコルに従い作成された、染色体凝縮の進んだ厚みのあるメタフェーズの画像(約2,000枚)について2021年5月モデルでテストした。熟練者目視観察が不採用とするメタフェーズを採用する率が上がり、特に染色体断片の判定性能が下がる傾向がみられた。

\* 他の医用画像診断のAI利用研究報告にみられるように、染色体画像作成する機関ごとにファイン・チューニングを行う必要があるとおもわれる(脳腫瘍の画像対応でラボ当たり20枚の画像でファイン・チューニングが行われた例があるので、可能とされるが、染色体の場合に要するチューニング用画像枚数は要検討)。ギムザ染色しかできないラボへの対応も、本研究で手法開発して得た同一細胞由来FISH画像・ギムザ画像を用いて開発可能である。

● 他機関での利用

\* 本モデルではコンピュータ言語やコマンド入力の知識が必要。他機関に配布して利用する場合、ユーザーに使いやすいようなインターフェイスを開発することは可能。特定の機関で請け負って集中的に利用するという考え方もあり、可能性のある災害規模や需要を考慮し検討した。



## 研究の進捗(5)

### (4)情報の更新、成果の公表、進捗管理

#### ● 情報収集

- 1) 人工知能EXPO(令和3年4月7日～4月9日、東京ビックサイト)
- 2) 第3回日本メディカルAI学会(令和3年6月11日～6月12日、オンライン開催)
- 3) 日本人類遺伝学会第66回大会(令和3年10月14日～10月16日、オンライン開催)
- 4) ISO/TC85/SC2 (Radiological Protection) 会議, WG-18(被ばく事故発生時の二動原体分析手順書の策定)、WG-25会議(被ばく事故・住民等対応手順書の策定)(令和3年9月7日～9月9日, 令和4年2月・予定、オンライン開催)
- 5) 文献・ウェブ情報探索(米・加グループによる二動原体解析自動化検討など)  
(注:参加予定していた国際学会1件は新型コロナウイルス感染症の影響により来年度に延期)

● 成果の公表 → スライド13参照

● 進捗管理 → 毎月末、POおよびPO補佐に報告書を提出

## 今年度の成果

- 1) 原著論文: なし (作成中1報)
- 2) 学会発表: 中止 (国際学会1件がコロナ感染症の影響で延期)
- 3) その他: RCARO/AEANTOMプロジェクト「TECHNICAL REPORT: Guideline for Radioactivity Measurements in the Environment and Individual Dose Assessment following a Nuclear or Radiological Emergency」第3版、第8章「3. Biological Dosimetry」(p. 59 - 64)執筆。(RCARO and KIRAMS, 2021年10月刊行)。
- 4) その他: 国際標準化機構ISO/TC85/SC2(放射線防護関連)WG-18(バイオドシメトリー)の策定委員として参加(会議は2021年9月, 2022年2月開催)。ISO 17099, ISO 19238の改訂に寄与。さらに新規課題「バイオドシメトリーの自動化に関する標準化」を立ち上げ2021年10月より策定委員として活動。

\* 参考業績: 関連研究として、原著論文1報、原著論文投稿4報、国際学会発表1題。

# 今年度の自己評価

## 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	2. 概ね計画通り	<p>1) 二動原体分析による線量評価において、世界で初めて、AIを用いた自動画像判定ができることを示した。具体的には、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 深層学習法などを利用した基本モデルを開発し、<b>人と同等またはそれ以上という良好な性能</b>を得た。</li> <li>● 基本モデルを量研に設置した。現状のスペックではトリアージ判定(画像70枚)で1分かからず、<b>画像1000枚は約56秒</b>で判定できた。また、基本モデルをin vitro照射試料由来標本および被ばく者由来標本に試験適用して、2.0 Gy以上かどうかの<b>トリアージ判定ができることを確認した。</b></li> </ul> <p>4) 基本モデルを染色体線量評価担当5機関共通プロトコルで作成した標本画像に試験適用した。ラボによってファイン・チューニングが必要であることが示唆された。</p> <p>5) 汎用化という点ではこのほかに、ギムザ染色しかできないラボのためのモデル開発、コンピュータ言語やコマンド入力に不慣れな人のためのインターフェース開発を検討した。</p>

## 2. 分担研究者による自己評価 → (分担研究者 無し)

### 自己評価・コメントへの補足(成果のまとめ)

本研究では、以下の成果を得た。

- 1) 深層学習法を利用した基本モデルを開発し、染色体検査者による目視判定と同等またはそれ以上という良好な性能を得た。**人の場合、個人の資質や解析状況により、安定した正しい判定ができず、本来は検査者1名につき1個の検量線を作成する必要がある。AIの場合、再現性100%であり、染色体画像判定の標準化および検量線の統一化・共有が可能であることが重要な利点である。**
- 2) 基本モデルを量研に設置した。現状のスペック(ラボ用コンピュータ)では2.0 Gy以上か否かのトリアージ判定のために画像70枚で迅速判定ができ、画像1000枚でも56秒であった。基本モデルを被ばく者由来標本に試験適用してトリアージ判定に有用であることを確認した。基本モデルを染色体線量評価担当5機関共通プロトコルで作成した標本画像に試験適用した。**ラボごとのファイン・チューニングか、あるいは、基本モデルに様々な品質の画像を大量に学習させることが必要であると考えられる。**
- 3) 汎用化という点ではこのほかに、ギムザ染色しかできないラボのためのモデル開発、コンピュータ言語やコマンド入力に不慣れな人のためのインターフェース開発を検討した。
- 4) AIの導入により、トリアージに資する染色体画像判定が1検体につき1分未満で可能となることが期待でき、大規模放射線事故における多検体トリアージ診断支援の大きな力となる。

## 年次評価結果

評価： B

委員からのコメント：

AI 画像判定の実現性に向けた研究の進展は認められるが、3種の染色体標本画像(マルチカラーFISH、PNAFISH、ギムザ染色)に対する適用性の確認(①)、二動原体に関する正答率が非熟練染色体検査者と同程度の約82%に留まっている原因(②)及び国内の染色体線量評価関連研究機関への普及を目指した戦略(③)についても言及されたい。

## 年次評価結果への対応(回答)

### ①3種の染色体標本画像(マルチカラーFISH、PNAFISH、ギムザ染色)に対する適用性の確認

本研究事業で開発した学習モデルでは、PNA-FISH画像を用い、PNA-FISHによって検出される二動原体および染色体断片を自動判定する。二動原体分析による線量評価に適用する。

本モデルは、現状、マルチカラーFISH画像、ギムザ染色画像の判定には適用できない。

#### 【以下、補足説明】

ギムザ染色に対しては、手法の世界的な普及度からいって、また不測の事態と被ばく事故が重なった場合に備えて、対応したいと考えている。本研究により、単一染色画像(DAPI、ギムザなど)での染色体検出が可能であることが示されたので、良質な教師データが得られればAIモデル開発が可能である。本稿、図2～4で示すように、ギムザ染色では正確な教師データ作成が困難で、熟練者の多大な時間と労力も要する。そこで、開発戦略として、1)本研究の基本モデルを適用して作成したPNA-FISH画像を教師データとし、2)PNA-FISH画像と同一の細胞のギムザ染色画像を判定する学習モデルを開発する、となる。2)で使用するギムザ画像の作成法は本研究事業において確立し、既に画像作成を始め、約2600組を得ている。AIのモデル開発に成功すれば、PNA-FISHでなくギムザ染色による二動原体分析が可能となる。

(次ページへ続く)

## 年次評価結果への対応(回答)

### (①、補足説明 続き)

マルチカラーFISHは線量評価にも利用できるが、試薬が高額なため、むしろ被ばく後または長期追跡調査において疾病に結びつく染色体異常の検出(核型分析)に用いられる。主として交換型染色体異常が対象になるので、本研究で開発できた学習モデルの染色体検出段階はほぼそのまま適用できる。染色体異常を分類させる(異なる2色が隣り合う染色体の検出をさせる)段階についてモデル開発を行う必要がある。なお、本研究代表者は、環境省委託研究事業(令和4~6年度)により、その基本となる3カラーFISHに対するモデル開発を行う。3カラーFISHで検出される二動原体と転座を用いることで、緊急時および遡及的な線量評価が可能となるが、加えて、患者の長期追跡調査における染色体異常のスクリーニングを行うことができると考える。3カラーからマルチカラーへの拡大は技術的に容易と予想している。

## 年次評価結果への対応(回答)

### ②二動原体に関する正答率が非熟練染色体検査者と同程度の約82%に留まっている原因

本研究で、「非熟練」という言葉は、技術レベルを、本研究において教師データ作成を担当した熟練者と区別するために用いている。具体的には、非熟練者とは染色体線量評価ラボにおける一般検査員を指す。熟練者とは単独でも再現性の高い正確な判定ができ、各ラボの染色体分析の最終診断確定を担う責任者クラスの能力をもつ人である。国内でも世界的に見ても、染色体線量評価の各ラボに1名程度しかいない。なお、本研究の調査で、一般検査員の染色体分析の正確さは、経験年数に比例しないことが分かった(各人の集中力、学習・知識、関心度が関わると考えられる)。以上から、本研究で得られたモデルは二動原体について一般検査員と同等か(誤差範囲からいって)それ以上の判定レベルにあると言え、他の医用画像判定のAI開発研究報告から見ても、現時点のAI技術で最良レベルに達している可能性はある。なお、染色体断片は一般検査員以上の成績であった(本稿、表1参照)。

本研究では、さらに性能を良くするため、原因を検討し、以下の戦略を採った。

本研究のモデルの染色体異常の分類性能が熟練者(教師データ作成者)に劣る一つの原因は、染色体同士の重なりにあった。これは、標本に播種する細胞密度を下げてメタフェーズの広がりを良くすること、1画像中に検出された染色体数が42~50個の画像のみをデータとして採択することで現状まで改善した(図6および表1)。(次ページに続く)

## 年次評価結果への対応(回答)

### (②、つづき)

もう一つの原因として、教師データ作成の、すなわちアノテーションを行う(画像上に、染色体の位置と種類を記録する)方法が、1個の染色体を1個の矩形で囲むことにあると考えられた。本研究の深層学習で用いたCNN(畳み込みニューラルネットワーク)では、畳み込みを重ねるごとに細かい情報が失われていく。そこに含まれる情報や、画像上、より遠くにある(染色体をぎりぎり囲む矩形の外にある)人間の目では分からないような情報が、分類性能を上げる鍵になる可能性が、本研究の検討委員の知見や学会報告から指摘された。本研究でも最近発展した別の公開アルゴリズムを追加導入し試した。染色体画像判定にかかる時間はアルゴリズムを追加しても同じく1000細胞で1分弱であり、モデル追加による時間的損失は無かった。ただしこの方法ではより多くの教師データを必要とするため、本研究事業終了後のさらなる教師データの追加によるモデル改良をまつこととなった。

なお、本研究の基本モデルの運用上、一致率82%をさらに上げることが必須とは限らない。染色体線量評価では、安定した判定能力があることが重要である。判定結果の一部に誤判定が含まれても、判定再現性が高ければ、安定した検量線と安定した観察データが得られ、線量評価の再現性は高くなる。人目視観察では再現性が安定しないので検量線が共有できず、熟練者の養成も困難である。AIでは再現性100%なので、判定基準、判定結果、検量線が同モデル使用者間で統一化・共有できる。基本モデルの線量評価繰り返し試験でも線量評価の安定性が示された。

## 年次評価結果への対応(回答)

### ③国内の染色体線量評価関連研究機関への普及を目指した戦略

#### 1)染色体画像の品質多様性への対策(モデルの改良方法)

本研究の目標は量研基本モデル開発だが、品質多様性への対応検討として、QST・弘前大・福島医大・広島大・長崎大の染色体線量評価ラボ共通プロトコールに従い作成された、染色体凝縮の進んだ厚みのあるメタフェーズの画像(約2,000枚)について2021年5月モデルでテストした。熟練者目視観察が不採用とするメタフェーズを採用する率が上がり、特に染色体断片の判定性能が下がる傾向がみられた。

検討委員の指摘により、今後の開発として2つの可能性があることがわかった。ひとつの方法は、他のAIによる医用画像診断開発の学会報告にみられるように、染色体画像作成機関ごとにファイン・チューニングを行うことである。しかしながら必ずしも最善であるとはいえないという経験意見もある。統一化した標本作製プロトコールを用いても、患者の血液状態によっては得られる画像の低品質化が起こる。そこで別の方法として、量研モデルに対してより多様な画像を用いて学習させ、モデル改訂をしていくことが検討された。両方法を試すには、線量評価部会の染色体グループとして既に連携研究・検査を継続中の5センターに対して本研究への協力を依頼し、多様な品質の画像を集めてモデルの改訂を行うことは一案である。

(次ページに続く)

## 年次評価結果への対応(回答)

(③、つづき)

2)モデルの運用(提供または管理・更新)、インターフェイスの開発

検討委員の解説によれば、AI専門家無しに(Pythonを学んだ程度では)モデル管理は難しいとのことだった。例えばPythonやここで組み合わせて用いている様々なアルゴリズム等はしばしば新たなバージョンに更新され、全く使えなくなることがある。AI専門家不在の機関が用いる場合、ある時点のセットで固定し使用してもらうしかないだろうということである。大事故に備え染色体判定の標準化・均質化をはかるためにも、量研でモデルの一括管理と改良・更新版の提供を行うのが最善である。

5センター間で画像データや判定結果等を共有・授受する方法として、線量評価部会全体での情報伝達ネットワークシステムの導入が難しい場合、染色体グループのネットワークシステム導入が検討できる。具体的には、全機関保有の同じ顕微鏡システムに対し、最近入手可能となった、MetaSystems社のアプリケーション「NEON」を導入することで、情報管理(画像データの共有、連絡のチャット)が可能となる。

なお、インターフェイス開発の要不要は、予算と普及の方法による。量研で画像データ回収を行い、染色体画像判定や線量評価を一括実行するのであれば開発は不要、各機関で使用する場合はユーザーからの要望が強ければ開発し、50万円程度かかる見込みである。

## 研究成果の放射線規制及び放射線防護分野への活用

AIの導入により、検量線作成および画像判定が、再現性100%、同一基準で行うことができるようになった。現モデルのスペックでは、1検体1000細胞につき1分以下で染色体判定が可能であり、2.0 Gy以上か否かの判定ができる。大規模放射線事故における多検体トリアージ診断支援の大きな力となる。

今後の運用にあたり、量研が責任機関として本モデルを維持管理し、また向上させてバージョンアップしていくことが望ましい。情報共有・伝達ネットワークを強化することで、5センター間の連携・協力を一層強め、画像データ(医用データに相当)の授受を容易にし、様々な品質への対応するモデル改良や、実際の原子力災害等事故発生時の連携(染色体分析・線量評価連携)を高めることが望まれる。

本研究事業で令和2年度に開発した長期凍結保存リンパ球へのPNA-FISH法と組み合わせることで、緊急時作業員の事故対応前の状態を保管したり(バックグラウンド検査)、全患者の同時染色体検査を行うのではなく予測される必要度とラボの対応可能な規模に応じて染色体分析を実施したりすることができる。

将来的には本研究成果を元に3カラーFISH法やマルチカラーFISH法に適用可能なモデル開発を行うことで、災害・事故発生後1ヶ月以上経った被ばく患者(候補者)の遡及的線量評価や、長期追跡調査(染色体異常モニタリング/スクリーニング)にも適用できる。

# 令和3年度放射線安全規制研究戦略的推進事業 研究成果報告書

重点テーマ2：原子力災害に対する防護措置のリスク・ベネフィット評価

研究課題名：

「福島原発事故の経験に基づく防護措置に伴う社会弱者の健康影響と放射線リスクの比較検討に関する研究」

主任研究者：福島県立医科大学医学部放射線健康管理学講座  
主任教授 坪倉正治

1

## 目次

1. 研究全体の概要	.....	P3
2. 研究体制	.....	P4
3. 今年度の研究概要	.....	P5-7
4. 今年度の進捗	.....	P8-12
5. 今年度の成果	.....	P13
6. 今年度の自己評価	.....	P14
7. コメントへの対応	.....	P15
8. 研究成果の活用	.....	P16
9. 参考資料1-4	.....	P17-P20

2

# 1. 研究全体の概要

## 課題名

福島原発事故の経験に基づく防護措置に伴う社会弱者の健康影響と放射線リスクの比較検討に関する研究  
研究期間 令和2年度～令和3年度（2年間）

## 背景目的

原子力災害時における避難などの防護措置は、放射線リスク低減のために最も重要な対策の一つである一方、住民に対し大きな精神的・心理的・身体的負担を与える。本研究は、過去の災害を参考とし、福島原発事故時の避難に伴うリスク及び困難をまとめる。そして、福島原発周辺の医療・介護施設における被ばく線量評価シミュレーションにより被ばくリスクを定量化し、避難に伴うリスクと比較検討し、その結果を用いたワークショップを行い他の原子力発電所立地地域でのより効果的な防護措置立案のための情報を生成することを目的とする。

## 実施状況

### ①. 災害時における医療・介護施設からの避難の影響について・過去報告のsystematic review

昨年度のpubmedから拡張し、Scopusを含めた5つのデータベースを用いて災害＋避難＋医療施設に関する文献を収集した。合計23編の論文が最終的に採用された。避難に伴う影響についての報告はハリケーンおよび原発事故に集中し、各文献からの災害前後での教訓のとりまとめを行った。

### ②. 福島原発事故後の地域弱者の緊急避難状況を明らかにするための症例集積研究およびインタビュー調査

福島原発事故後、実際に避難に従事した関係者へのインタビュー（昨年度）に加え、今年度は追加インタビューおよび他地域での災害（熊本地震と佐賀水害）時の病院避難の状況と比較することで、福島原発事故時の原発周辺地域の病院の避難時の困難をまとめた症例報告、および医療から見た法律上の問題点をまとめた報告を行った。

### ③. OSCARを用いた、福島第一原発周辺の医療・介護施設における被ばく線量評価シミュレーションとその結果を用いたWS

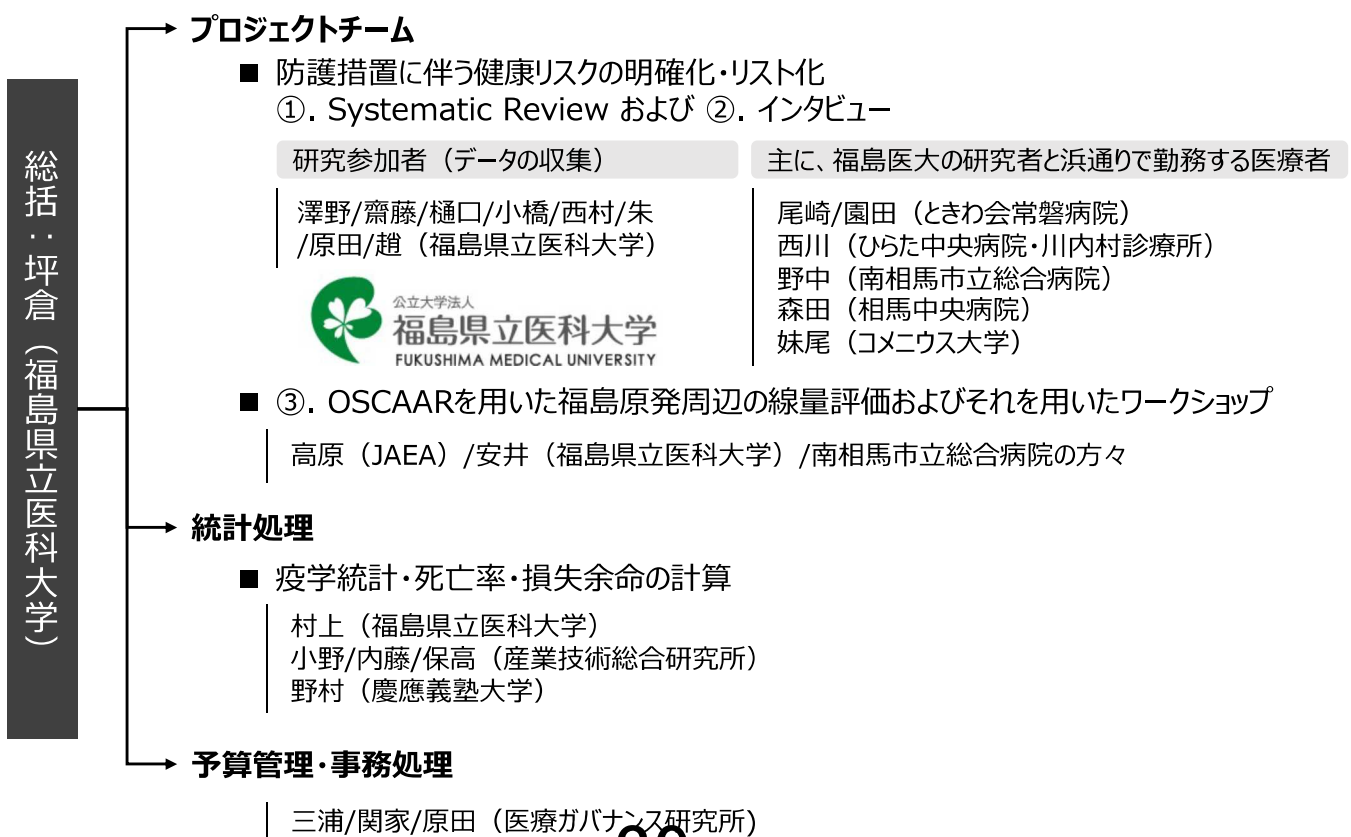
今年度は、福島第一原子力発電所事故当時、南相馬市内の医療機関に勤務していた医療従事者を招き、本研究のこれまでの成果を伝え、グループワーク形式で避難オペレーションを振り返った。今後の原発事故に対する備えとして、患者の意思の確認と選択肢、管理とシステムの改善のポイントが明らかになった。

## 期待される効果

- 原子力災害だけに留まらず、災害時の避難に関する網羅的なリスクの評価を行うことが出来る。
- 実際の福島原発事故後の医療・介護施設避難に伴うリスクを詳細に記述し、地域別に取りまとめることが出来る。
- 実際に避難に従事した方々を交えて、被ばくシミュレーションと実際の経験に基づいた、必要な防護対策について情報を取りまとめることが出来る。

3

# 2. 研究体制





### 3.今年度の研究概要①

#### 災害時における医療・介護施設からの避難の影響について・過去報告のsystematic review

##### 目的

災害時における医療・介護施設から外部への避難とその場に留まることを比較考量した既報を体系的に整理する。

##### 方法

■ Pubmed・CINAHL・Embase・APA PsycInfo・Scopusで、検索を行った (2021.6.02時点)

##### 各データベースの検索結果

Database	Total records	Unique records	Duplicate records
PubMed	942	941	1
CINAHL	509	184	325
Embase	1459	708	751
PsycInfo	106	51	55
Scopus	1990	736	1254
<b>Totals</b>	<b>5006</b>	<b>2620</b>	<b>2386</b>

■ 該当した論文を2名の独立した調査者がタイトルと抄録で適格性を審査した。相違が生じたものは合議の上判定を決定した。

■ 本文取得可能であったものを7名の調査者で分担し、適格性を審査した

■ 組入論文で記述された災害の種類や発生地、発生時期、避難に伴う影響、今後の教訓をまとめた

##### 検索式

■ Pubmedによる検索式 (例)

((((Disaster\*) OR (Hazard)) OR ("Natural Disaster\*")) OR (Disasters[MeSH Terms]))

AND (((evacuat\*) OR ("Emergency Shelter\*")) OR ("Evacuation Shelter\*")) OR (Emergency Shelter[MeSH Terms]))

AND (((("Health Facilit\*") OR (Health Facilities[MeSH Terms])) OR (Hospital\*)) OR (Hospitals[MeSH Terms])) OR ("Medical Facilit\*"))

■ 災害に関するキーワード+避難に関するキーワード+病院および医療施設に関するキーワードを組み合わせて検索を行った。

■ それぞれのデータベースにあわせたキーワードの組み合わせを変更し、検索を行った。

5

### 3.今年度の研究概要②

#### 福島原発事故後の地域弱者の緊急避難状況を明らかにするための症例集積研究およびインタビュー調査

##### 目的

福島原発事故後の地域の弱者、特に医療・介護施設からの避難の実態とその困難、留まる際に考慮すべき課題、医療・法律上の現在の問題点を公開資料およびインタビュー調査を用いて明らかにすること。

##### 方法

前年度のインタビュー結果に加えて、今年度は、

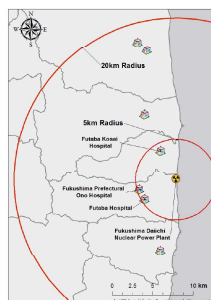
■ 追加インタビュー (双葉病院・小高病院・DMAT関係者)

■ 他地域での災害時 (熊本地震と佐賀水害、東日本大震災時の宮城県) の病院・施設避難の状況と比較することで、福島原発事故時の原発周辺地域の病院の避難時の困難をまとめた症例報告

■ 医療の立場から見た法律や取り決めの問題点をまとめた報告

を行った。

※、線量評価を行ったスタッフへのインタビューについては、病院に線量評価を主体に行ったスタッフがおらず、上記のインタビューの中で線量についてコメントが無いかを確認した。結果、線量についての知識や方法がほぼ皆無であったことが判明している。



福島第一原発周辺の病院  
赤線は5kmと20km

##### 成果・研究対象一覧

■ 1. 双葉病院 (5km圏内) の病院避難時の困難のまとめ Sawano et al. Disaster Med Public Health Prep. 2021 Oct 14;1-4.  
■ 2. 双葉厚生病院 (5km圏内) の病院避難時の困難のまとめ Sawano et al. J Radiat Res. 2021 May 5;62(Supplement\_1):i122-i128.  
■ 3. (現在の) PAZ内の病院避難時の状況比較および困難まとめ Sawano et al. submitting  
※、避難までの時間・方法・開始から完了までの所要時間について比較し、その原因について考察

■ 4. 小高赤坂病院 (精神科病院・20km圏内) の病院避難時の困難のまとめ Hori et al. submitting  
■ 5. 20~30km内の3病院の病院避難時の状況比較および困難まとめ (submission準備中)  
※、避難指示が出てから実際に避難するまでの待ち時間、情報の伝達など中心に考察

■ 6. 災害関連死の定義の歴史的変遷と現状のまとめ Tsuboi et al. submitting

■ 7. 災害対策基本法の変遷と病院避難の課題についてまとめ

Yoshida et al. J Glob Health. 2021 Oct 2;11:03108.

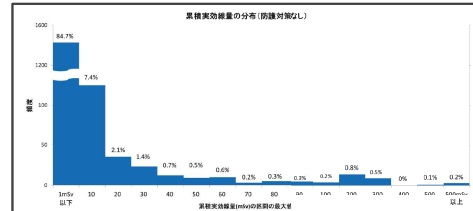
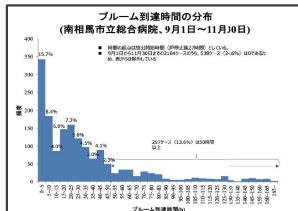
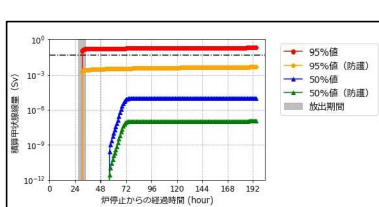
※、関連死の定義の医学的問題点、および災害対策基本法と弱者の関係について考察

### 3.今年度の研究概要③

OSCAAR (off-site consequence analysis code for atmospheric release in reactor accident) を用いた、福島第一原発周辺の医療・介護施設における被ばく線量評価シミュレーションとその結果を用いたワークショップ

目的方法	福島第一原子力発電所事故当時、南相馬市内の医療機関に勤務していた医療従事者を招き、本研究のこれまでの成果を伝え、グループワーク形式で避難オペレーションを振り返った。このワークショップは今後、再び原子力災害が発生した場合に備え、対応力を向上させるための要件を抽出することを目的として開催した。	
開催日時	2021年11月30日 17:30-20:30	開催場所 南相馬市立総合病院
参加者	14名（医師1、看護師6、放射線技師3、検査技師1、薬剤師1、リハビリテーション技師1、医療事務1） ※、全員が福島第一原発事故時、実際に病院に勤務し、病院避難のオペレーションにあたった病院幹部	
プログラムアジェンダ	<ol style="list-style-type: none"> <li>開会式 主旨説明</li> <li>グループワーク① 原発事故後に困ったこと、足りなかったこと。</li> <li><b>3 講義 OSCAARを用いた被ばく量の計算結果と本研究成果の報告</b></li> <li>グループワーク② 事故後のQOLを上げるために何が必要か。</li> <li>閉会式 全参加者が本日の内容について感想を述べる。アンケート記入。</li> </ol>	<b>「3.講義」の概要</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>施設入所の避難後の高齢者の死亡リスクと避難後生存率</li> <li>原発20-30kmの3病院の避難概要</li> <li>原発事故後の放射性プルームと被ばく量 (OSCAARによる線量評価シミュレーションの提示)</li> </ol>

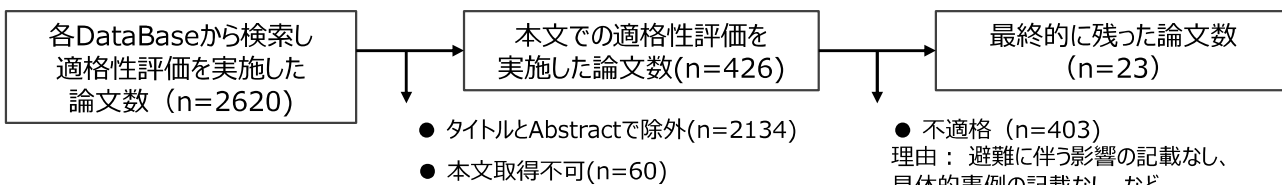
講義にて、プルーム到達時間、累積実効線量分布について提示



### 4.今年度の進捗①-1

論文組入結果およびその特性、災害と影響の種類、今後の教訓について

#### 論文組入結果



#### 災害と影響の種類

##### 災害の種類 (論文件数)

原発事故 (8)	ハリケーン (13)
死亡率 (5)	死亡率 (3)
損失余命 (1)	入院率 (1)
診療情報の喪失 (1)	せん妄スコア (1)
communication lineの崩壊 (1)	透析をできなかった割合 (1)
介護保険利用率 (1)	医療費等 (1)
	居住者の外傷 (1)
	居住者の心理的苦痛・PTSD (2)
	認知機能の低下 (1)
	看護師のストレス (1)

#### 組入論文の特性

変数		発災年 *複数回答可	
発生国	(N=23)		(N=23)
アメリカ	13(56.5%)	1998	1 (4.3%)
日本	8(34.8%)	2002	1 (4.3%)
その他	2(8.7%)	2005	6 (26.1%)
災害の種類	(N=23)	2008	4 (17.4%)
ハリケーン	13(56.5%)	2011	8 (34.8%)
原発事故・地震	8(34.8%)	2012	2 (8.6%)
その他	2(8.7%)	2017	1 (4.3%)

種類の影響

## 4.今年度の進捗①-2

※論文番号については「7.参考資料」参照

### 今後の教訓について

時期	主体	すべきことの概要
震災前	国・自治体レベル	<ul style="list-style-type: none"> <li>■各施設の現状レビュー<sup>*14</sup> / ■災害・避難計画（人的・物的・移動手段）レビュー・策定<sup>*5,8,19,22</sup></li> <li>■病院避難時の医療費保証の計画策定<sup>*8</sup> / ■被災リスクの高い場所に施設建設を許可しない<sup>*22</sup></li> </ul>
	施設レベル	<ul style="list-style-type: none"> <li>■避難計画の立案、物的・人的資源の確保<sup>*5</sup> / ■避難訓練<sup>*5</sup>（災害時の臨時スタッフ、運転手を含め）実施 /</li> <li>■外部組織との災害時協力の締結<sup>*16</sup> / ■即時避難を避けるための備蓄<sup>*16</sup> /</li> <li>■サイコソシカル・ファーストエイドについて学ぶ<sup>*10</sup></li> </ul>
	個人レベル	<ul style="list-style-type: none"> <li>■災害への意識向上<sup>*5</sup> 避難訓練への参加<sup>*5</sup></li> </ul>
	避難の受け手	<ul style="list-style-type: none"> <li>■避難者のせん妄対策 やスペース確保が必要である</li> </ul>
震災中	避難の有無の決断について	<ul style="list-style-type: none"> <li>■避難するかどうかは、リスクとベネフィットを鑑みた決断を行うべきである<sup>*13, 14</sup></li> <li>■全施設避難ではなく、ハイリスクorローリスク群のみの避難も考慮される<sup>*20</sup></li> <li>■避難を決断するタイミングは、はやいほうが良い<sup>*20</sup></li> <li>■メリット：天気・電気・交通状況・スタッフ配置・転院先と患者に関するコミュニケーションを十分に取れるなど</li> </ul>
	避難の有無の決断後	<ul style="list-style-type: none"> <li>■十分な準備ができるまでは各施設がシェルターの役割を果たすことができる<sup>*16</sup></li> <li>■避難の有無に関わらず、必要な措置を講じる（※）</li> </ul>
その他		<ul style="list-style-type: none"> <li>■災害時は平時よりも多いスタッフ数が必要とされる<sup>*20</sup></li> <li>■普段と異なる環境で働くスタッフのケアが必要とされる<sup>*19</sup></li> <li>■医療情報を含んだICチップ入りリストバンドや身体への埋め込みが考慮される</li> </ul>

#### ※.震災中に避難者が「避難の有無に関わらず、必要な措置を講じる」の具体例

避難する場合	避難しない場合
○避難援助者への検問通過バス発行	○外部からの物資供給 <sup>*16</sup>
○自治体による避難先の調整援助 <sup>*16</sup>	○入居者の心理的ストレスを減らす工夫をする <sup>*10</sup>
○顔見知りの患者・入所者及びスタッフの避難先を同じにする	

9

## 4.今年度の進捗②-1

### 福島原発事故後の地域弱者の緊急避難状況を明らかにするための症例集積研究およびインタビュー調査

#### 結果の概略①

#### PAZ内の病院の避難時の状況比較および困難まとめ

	双葉病院	双葉厚生病院	福島県立大野病院
最終的に避難を決断した要因	政府からの避難指示	災害対策本部からの助言	政府からの避難指示
緊急避難時の交通手段	バス、自衛隊車両	バス、自衛隊車両・ヘリ	バス、救急車、自家用車
インフラの供給（水・電気・ガス）	全壊	一時的な障害（水・ガス）	全壊
避難指示の時間		3月12日午前5時44分	
避難決定の時刻	3月12日午前8時00分	3月12日午前6時40分	3月12日午前6時00分
避難を開始した時刻	3月12日午後2:00	3月12日午前8時30分	3月12日午前7時40分
避難完了の時刻	3月16日午前0時35分	3月13日午前8時00分	3月12日午前8時10分
避難に要する時間	82.5時間	23.5時間	0.5時間
避難直後に死亡した人数	39 (11.5%)	4 (2.9%)	0 (0%)
避難中の医療ケア提供	途絶	持続	持続
事故後3ヵ月時点での死亡者数	不明	17 (12.5%)	不明
放射能災害を想定した訓練	なし	年に1回実施	年に1回実施
放射線に関する専門家の確保	なし	なし	なし

- 避難中から直後の死亡とその後続二峰性の死亡がありえる。
- 入院患者数(特に重症や寝たきり患者)が多いと移動手段を確保するのが難しく、避難にも時間がかかる
- 複合災害では、建物やインフラの損傷もあり、実際には避難しないという選択肢は取りづらい
- 放射線量が極めて高い場合を除き、病院避難のdecision makingには、放射線量以外の多くの変数が関与する
- 私立と公立など、病院のシステムが異なる場合、その後の対応に差が生じてしまっている。

10

## 4.今年度の進捗②-2

福島原発事故後の地域弱者の緊急避難状況を明らかにするための症例集積研究およびインタビュー調査

### 結果の概略①

20～30km圏内の3病院の病院避難時の状況比較および困難まとめ

	南相馬市立：新潟	渡辺病院：県内	大町病院：群馬
受入患者数	震災初期：33名程	震災初期：40名程	震災初期：40名程
	小高病院：68名	施設一時避難：160名程	西病院透析患者：1名
最大在院数	211名	250名超	210名程度
病院避難患者数	104名	80名程度	124名
避難先詳細	新潟 92 (32病院)	竹田：約20名	外来透析約45名
	福島 68 (6病院)	西多賀：約10名	(2病院)
	他県 2、合計162人	白河医師会：約40名	入院透析4名 (県立医大)
各日の避難者数	18日5名	記録は存在しない	群馬124名
	19日49名		19日62名
	20日に38名		20日13名
			21日62名
避難後病院機能	入院機能閉鎖。	完全閉鎖	一時閉鎖、4/4外来再開
	4/4外来診療再開		

- 原子力関連施設に近い(PAZおよびUPZ)医療機関では時として避難が避けられないのに、事故を想定した避難計画がない場合がある。
- 施設の決断をサポートする仕組みが手薄である。
- 現実的に屋内退避を続けるために物的・人的資源を支援する手段・方法の検討が不十分な場合がある。
- 特に入居者数が多い施設や体の不自由な方が多くいる施設では、避難に時間がかかるため、施設や避難を支援する機関が事前に具体的な避難の移動手段を準備が必要。
- 実際に避難を行うか行わないかという大方針が変わる可能性がある。という状況に対して職員の士気の維持が非常に難しい。(他災害との差)<sup>11</sup>

## 4.今年度の研究進捗③

OSCAAR (off-site consequence analysis code for atmospheric release in reactor accident) を用いた、福島第一原発周辺の医療・介護施設における被ばく線量評価シミュレーションとその結果を用いたワークショップ

今後の原発事故に対する備えとして、患者の意思の確認と選択肢、管理とシステムの改善のポイントが明らかになった。今後、全国の原発所在地にある病院・福祉施設の関係者に対して、原発事故時の避難に関するセミナー（事故時のリスクや線量評価、放射線の基礎知識）を提供するメリットはあると考える。

### グループワーク内容

#### ①：原発事故後に困ったこと、足りなかったこと

個人・組織・地域の3つの視点から議論を行った。抽出されたポイントは以下の表の通り。

管理	意志決定の難しさ。短時間での病院避難。避難計画がなかった。避難が患者にとって正しかったかどうかわからなかった。病院がスタッフを避難させることは大丈夫だと判断。統一された決断を下すのは難しかった。
情報	放射線の健康被害について知らなかった。相談先がなかった。患者の避難先が不明だった。他のユニットや部門の状況が分からなかった。SPEEDIは利用されなかった。
不足	医療資源の不足。人手不足。慣れない仕事をする必要性。情報シートの作成が困難。外部からの助けがなかった。
患者	慢性患者への対応が困難。重病の患者が残った。患者の避難先が決められない。避難先で汚染されているとされた。

#### ②：震災後のQOLを上げるために

講義後に本テーマでディスカッションを行った。講義の情報を知った上で、今後何が必要と考えるか。

災害前に	患者情報を詳細に理解しておく。患者に避難に関する考えを事前に尋ねておく。
管理とシステムの改善	避難計画とスタッフの周知。備蓄を増やす。電子カルテのバックアップ。外部患者との遠隔医療。リアルタイムの地域情報。
原発事故が起こったら	高齢者や重傷者の遠方への移送について熟慮する。患者は避難に関する選択肢を与えられるべき。



グループワークは職種別に3チームに分かれ、KJ法で実施

※、参考アンケート結果：今後もし同様の原発事故が発生したら避難しますか、とどまりますか。留まる=8名/状況による=6名/避難する/0名

## 5.今年度の成果

### 論文発表

- Emergency Hospital Evacuation From a Hospital Within 5 km Radius of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant: A Retrospective Analysis of Disaster Preparedness for Hospitalized Patients.Sawano et al.Disaster Med Public Health Prep. 2021 Oct 14;1-4.
- Importance of individualized disaster preparedness for hospitalized or institutionalized patients: Lessons learned from the legal revisions made to the Basic Act on Disaster Management in Japan following the Fukushima nuclear disaster  
Yoshida et al. J Glob Health. 2021 Oct 2;11:03108.
- Disaster-related deaths after the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident - Definition of the term and lessons learned  
Tsuboi et al. Environmental Advances Volume 8, July 2022, 100248
- 病院避難に関する症例報告を現在投稿中

### 口頭発表

- Process of emergency evacuation at medical institutions in Fukushima disaster and lesson for future nuclear disaster preparedness 澤野豊明 坪倉正治 ERPW 2021 2021年10月
- 放射線事故時の避難のリスクに関する研究結果 坪倉正治 澤野豊明 内閣府原子力防災研修会 2021年10月
- Overview of secondary health issues after the Fukushima incident, 坪倉正治 IAEA International Conference on a Decade of Progress after Fukushima-Daiichi: Building on the Lessons Learned to Further Strengthen Nuclear Safety 2021年11月
- Overview of secondary health issues after the Fukushima incident, 坪倉正治 SFRP FUKUSHIMA 10 years later 2021年11月
- 新型コロナと原発事故の類似点 坪倉正治 現場からの医療改革推進協議会シンポジウム 2022年11月
- 原子力災害下の入院入所者の「健康」を考える 坪倉正治 災害講演会（八幡浜）webinar 2022年1月
- 原発事故に伴う二次的な健康影響について 坪倉正治 災害関連死シンポジウム（災害関連死の本質 現場で感じるこれからの課題） 2022年2月

13

## 6.今年度の自己評価

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	福島原発事故時の病院や医療施設の避難に伴う困難に直面した関係者の多くにインタビューし、その経験をまとめることができた。今後はこのような知見を他の原発立地周辺の施設へ啓発し、可能な対応を検討する必要があると考える。
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 <sup>※1</sup>	1 必要ない 2 軽微な変更が必要 <sup>※2</sup> 3 大幅な変更が必要 <sup>※2</sup>	

## 7. コメントへの対応

### コメント

成果報告書においては、避難時の社会弱者の健康影響と放射線リスクとのバランスについても言及頂きたい。

→

成果報告書に下記を記載した。

そのような避難のリスクと放射線リスクのバランスについては、何か一つのパラメータだけで比較できるものではなく、慎重な検討が必要である。インタビュー調査でも示されたように、留まる場合であっても、病院の士気の維持や物資の補充など、留まる場合でも避難する場合でも十分な対策が必要である。ワークショップでは、被ばくリスクの定量化は、原発事故時の実際の対応をより冷静に行うための根拠となる可能性が示されたが、事故の不明確さがある中での意思決定を単純な一つのパラメータで考えることの困難さが浮き彫りとなった。

今後は

- ・福島原発事故を経験した医療スタッフや行政スタッフ、住民へのインタビューをすすめ、医療施設だけではない様々なセクターでの経験を蓄積する
- ・その中で、避難に伴うリスクや留まる際に困難となること、サポートが必要なことを明らかにしていく（特に、原発事故に伴う災害関連死といった影響に焦点を絞り、その課題についてより明らかにする）
- ・今回のワークショップのような、福島原発事故の教訓を、原子力発電所の立地する地域に還元する取り組みを強化する（例えば、福島原発事故の避難に関する教訓をまとめたテキストの作成や、ワークショップ、勉強会の開催など）
- ・他の災害と原子力災害を比較することにより、原子力災害時に特有のリスクおよび必要な対策を明らかにするといった取り組みが必要であると考えている。

15

## 8. 研究成果の放射線規制及び放射線防護分野への活用

本研究の成果については、国内国外での情報発信、国内では省庁との情報共有、国外では放射線防護に関する国際機関での発表を行った。

特に、国内では、

■ 放射線事故時の避難のリスクに関する研究結果 内閣府原子力防災での研修会を行い、原子力防災の担当者との意見交換を頻回に行った。

■ 原子力災害下の入院入所者の「健康」を考える 坪倉正治 災害講演会（八幡浜）webinar 2022年1月

■ 原発事故に伴う二次的な健康影響について 坪倉正治 災害関連死シンポジウム（災害関連死の本質 現場で感じるこれからの課題） 2022年2月

これらのシンポジウム・講演会では、八幡浜で実際に災害時に対応する医療者との情報交換や、国内の各地域での災害対応を行う医療者との情報交換を行った。

国外については、下記の機会にて、放射線防護担当者との情報交換を行った。

■ Overview of secondary health issues after the Fukushima incident, 坪倉正治 IAEA International Conference on a Decade of Progress after Fukushima-Daiichi: Building on the Lessons Learned to Further Strengthen Nuclear Safety 2021年11月

■ Overview of secondary health issues after the Fukushima incident, 坪倉正治 SFRP FUKUSHIMA 10 years later 2021年11月

■ Process of emergency evacuation at medical institutions in Fukushima disaster and lesson for future nuclear disaster preparedness 澤野豊明 坪倉正治 ERPW 2021 2021年10月

今後、福島原発事故の経験を細かく残すことで、**45** 物資や人員の確保のための対策に役立てることが出来る**16** と思われる。

## 9. 参考資料-1

No.	Title	First author	災害の種類	発生国	発生年	研究の種類
1	Small but mighty. In the face of an impending natural disaster, you need a great plan, an electronic patient record and community cooperation.	McGinty J	ハリケーン	USA	1998	事例報告
2	Emergency evacuation of the Dresden Heart Centre in the flood disaster in Germany 2002: Perceptions of patients and psychosocial burdens	Nitschke M	洪水	Germany	2002	量的研究
3	A comparison of the nursing home evacuation experience between hurricanes katrina (2005) and gustav (2008).	Blanchard G	ハリケーン	USA	2005	量的研究
4	Missed dialysis sessions and hospitalization in hemodialysis patients after Hurricane Katrina.	Anderson AH	ハリケーン	USA	2005	量的研究
5	Surviving the storms: Emergency preparedness in Texas nursing facilities and assisted living facilities.	Castro C	ハリケーン	USA	2005	量的研究
6	Evacuate or 'hunker down?' ED experts ponder options as Katrina wreaks havoc: hurricane veterans say the decision is not as easy as it may appear		ハリケーン	USA	2005	事例報告

17

## 9. 参考資料-2

No.	Title	First author	災害の種類	発生国	発生年	研究の種類
7	DISASTER STRIKES!	Cacchione PZ	ハリケーン	USA	2005	量的研究
8	The incomplete circle of the National Disaster Medical System: what Arkansas hospitals learned from hurricane Gustav.	Mason WL	ハリケーン	USA	2008	量的研究
9	Effect of forced transitions on the most functionally impaired nursing home residents.	Thomas KS	ハリケーン	USA	2008	量的研究
10	The effects of evacuation on nursing home residents with dementia	Brown LM	ハリケーン	USA	2008	量的研究
11	Balancing the risk of the evacuation and sheltering-in-place options: a survival study following Japan's 2011 Fukushima nuclear incident.	Shimada Y	原発事故	Japan (福島)	2011	量的研究
12	Long-term outcomes of patients evacuated from hospitals near the Fukushima Daiichi nuclear power plant after the Great East Japan Earthquake.	Igarashi Y	原発事故	Japan (福島)	2011	量的研究

## 9. 参考資料-3

No.	Title	First author	災害の種類	発生国	発生年	研究の種類
13	Was the Risk from Nursing-Home Evacuation after the Fukushima Accident Higher than the Radiation Risk?	Murakami M	原発事故	Japan (福島)	2011	量的研究
14	Mortality risk amongst nursing home residents evacuated after the Fukushima nuclear accident: a retrospective cohort study.	Nomura S	原発事故	Japan (福島)	2011	量的研究
15	Successful emergency evacuation from a hospital within a 5-km radius of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant: the importance of cooperation with an external body.	Sawano T	原発事故	Japan (福島)	2011	事例報告
16	Post-nuclear disaster evacuation and survival amongst elderly people in Fukushima: A comparative analysis between evacuees and non-evacuees	Nomura S	原発事故	Japan (福島)	2011	量的研究
17	Evacuation Decision Making and Expanded Roles of Adult Daycare Services in the Great East Japan Earthquake: Qualitative Analysis Using Semistructured Interviews.	Mori H	地震	Japan (宮城)	2011	質的研究
18	Delayed recovery of caregivers from social dysfunction and psychological distress after the Great East Japan Earthquake.	Sawa M	地震	Japan (福島)	2011	量的研究

19

## 9. 参考資料-4

No.	Title	First author	災害の種類	発生国	発生年	研究の種類
19	Challenges of nurses' deployment to other New York City hospitals in the aftermath of Hurricane Sandy.	VanDevanter N	ハリケーン	USA	2012	量的研究
20	Evacuate or shelter in place: A view from the water's edge.	Jarrett MP	ハリケーン	USA	2017	事例報告
21	Assisted Living Communities During Hurricane Irma: The Decision to Evacuate or Shelter in Place and Resident Acuity.	Peterson LJ	ハリケーン	USA	2017	量的研究
22	To evacuate or shelter in place: Implications of universal hurricane evacuation policies on nursing home residents	Dosa D	ハリケーン	USA	2008, 2005	量的研究
23	Exploring factors affecting the decision of emergency hospital evacuation in disasters: A qualitative study	Yaghoubi T	—	イラン	—	質的研究