

^{241}Am -Be 線源からのスペクトルについても、重水減速 ^{252}Cf 線源と同様に規定 (Normative) として掲載されていたが、近年線源の特性により変化することが明らかにされた。そこで、大小2種類の線源の代表的なスペクトルデータを、参考 (Informative) として掲載することとなった。また、最近の研究では、100keV 以下の低エネルギー領域を含む広いエネルギー範囲での中性子エネルギースペクトルが測定により得られている。しかし、現行規格では、100keV 以上の高いエネルギー領域のデータしか提供されておらず、低エネルギー中性子に高い感度を持つ測定器の校正に影響する可能性があった。そこで、100keV 以下を含む最近のスペクトルデータを改訂原案に掲載することとなった。なお、現行規格のスペクトルデータは、広く使用されていることから、継続性を確保するために改訂原案においても現行のデータを残すこととなった。

Am-B、Pu-Li、Pu-Be、Am-F、Am-Li 等の線源については、線源の特性が記載されている論文のみを参考文献として記載することとなった。報告者は、アメリカの研究者から、 ^{244}Cm 線源に関する最新の論文を入手しており、当該線源を加えることについて提案し、改訂原案に記載されることとなった。なお、 ^{244}Cm 線源は、中性子収率が低いという短所はあるが、その中性子スペクトルが核分裂スペクトルで、半減期が長いという特長を持つことから ^{252}Cf 線源の代替として利用できる可能性がある。

ISO 8529-1 については、前回の投票において技術的なコメントが提出されていることから、最終国際規格案 (FDIS) のステージに進めるのではなく、もう一度、国際規格案 (DIS) として 2021 年 1 月 (予定) に国際投票に諮ることが決定された。

(3) 今後の予定

今回の会合で議論できなかった ISO 8529-3 (中性子線量への換算方法などが規定されている) の改訂については、2021 年 3 月又は 4 月にオンライン会合を開催して議論することが決定された。

国内では中性子標準場に係る研究開発が盛んに行われているが、これらの活動が海外で認知されておらず、国内の中性子標準場を国際規格と整合させるためにも、国際規格を議論する場に継続的に日本から専門家が出席して改訂作業に貢献することが必要であることを改めて認識した。

4. その他の報告事項

特になし

別添5 ネットワーク合同報告会での報告内容



セッション：アンブレラの活動概要Ⅲ ～ネットワーク(NW)を中心とした活動～

職業被ばく最適化推進ネットワーク

吉澤 道夫

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

原子力科学研究所



2. 職業被ばくの最適化推進ネットワークの構築

●アンブレラ型プラットフォームの課題解決型ネットワークの1つとして 「職業被ばくの最適化推進ネットワーク」を設置

▶運営主体：日本原子力研究開発機構(JAEA)

●2つのグループで活動

① 国家線量登録制度検討グループ

目標：国家線量登録制度(NDR)の設立に向けた具体的な提案と合意形成

② 線量測定機関認定制度検討グループ

目標：個人線量測定機関(外部サービス機関及びインハウス事業者)の
認定要件(技能試験の内容・方法等を含む)の確立



3. 国家線量登録制度検討グループの活動(1)

●検討グループメンバー:

	氏名	所属
主査	吉澤 道夫	日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所
委員	飯本 武志	東京大学環境安全本部
委員	伊藤 敦夫	放射線影響協会 放射線従事者中央登録センター
委員	岡崎 龍史	産業医科大学 産業生態科学研究所
委員	神田 玲子	量子科学技術研究開発機構
委員	百瀬 琢磨	日本原子力研究開発機構 核燃料サイクル工学研究所
委員	渡部 浩司	東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター

●検討グループ会合: これまで計5回

①2019年2月2日、②2019年10月15日、③2020年12月22日、④2020年9月10日、⑤2021年1月15日



アンブレラ事業 第4回ネットワーク合同報告会 令和3年2月9日

3

3. 国家線量登録制度検討グループの活動(2)

●これまでの関連活動のレビュー

➤放射線作業者の被ばくの一元管理についての日本学術会議の提言

- 2010年7月(提言)「放射線作業者の被ばくの一元管理について」
- 2011年9月(記録)「放射線作業者の被ばくの一元管理を実現するための具体的な方法」
- 省庁等への働きかけ → 具体化せず。
- 2017年3月 セミナー「職業被曝の線量把握に関する国際活動を考える」 主催:放医研

➤課題・教訓

- ✓事業者(ステークホルダー)間の議論(合意形成)が進んでいない
- ✓国と事業者の役割分担があいまい

●最近の被ばく管理に関する動き

- 大学での人材流動化に伴い、大学の放射線管理関係者のネットワークで線量管理を検討(大学RIセンター連携ネットワークの活動)
- 眼の水晶体の線量限度変更に伴い、特に異動の多い医療関係者の複数年に亘る線量管理の必要性が増大



アンブレラ事業 第4回ネットワーク合同報告会 令和3年2月9日

4

3. 国家線量登録制度検討グループの活動(3)

● 線量登録制度の検討

➤ 検討の基本方針

- ・我が国の制度や各々の現場の実態を考慮し、既存システムをできるだけ活用した実現可能性のある合理的方法を複数提案する。
- ・複数の具体案について、各々のメリット・デメリットを提示する。
- ・これらを学会等で報告し、ステークホルダーによる議論を進め、課題を整理する。

● 登録すべき情報の検討

- **個人識別情報**：中央登録制度の番号の活用、医療分野は医師、看護師、技師の番号の活用が可能。今後の展開を考慮して、あらかじめ設定しておく必要あり
- **線量関連情報**：登録すべき線量は実効線量、等価線量(1cm線量当量等は不要)、外部被ばく、内部被ばくを分ける必要はない。ただし、緊急時被ばくについては分けた登録が必要



4. 線量登録制度の検討内容(1)

4つの線量登録制度の方式の提案

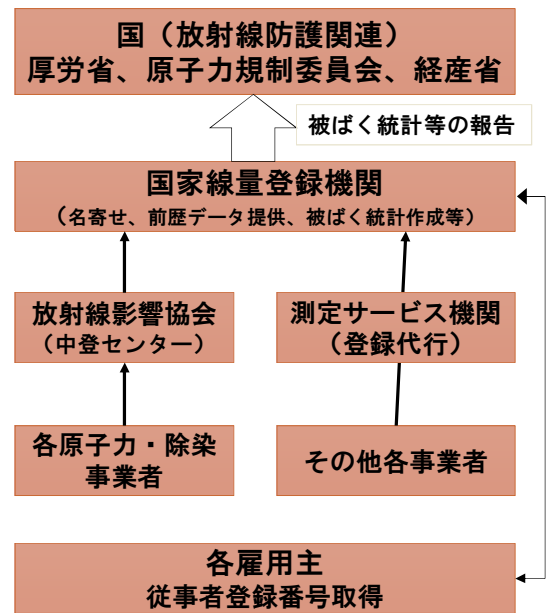
線量登録制度	実施主体	対象者
① 国家線量登録機関による中央一括管理 (日本学術会議が提言した制度)	国	全放射線作業者
② 全事業者が共同で線量登録機関を設置して 一括管理	全事業者	全放射線作業者
③ 全事業者が共同で線量登録機関を設置して 管理	全事業者	一部の作業者 ・複数施設を利用 ・異動が頻繁 ・一定線量以上の被ばく
④ 業界・分野別に線量管理制度を運用	業界別	全部/一部の作業者



① 国家線量登録機関による中央一括管理

- **対象:** 全ての放射線業務従事者
- **目的・役割:**
 - ① 規制の有効性確認
 - ② 日本人の完全な職業被ばく線量統計の作成、国民線量の把握
 - ③ 疫学研究、UNSCEAR等へのデータ提供
 - ④ 労災保険に係る被ばくデータ提供
 - ⑤ 被ばく前歴等の把握(照会対応)
 - ⑥ 個人被ばく線量記録の一括保存
- **費用負担:**
 - 機関の運営は国の予算
 - 各事業者は人数に応じた手数料負担
- **制度導入に伴う個人線量管理の合理化**
 - ① 被ばく前歴の把握が容易
 - ② 線量記録の保管義務の免除
 - ③ ある線量レベルに達した場合の作業員及び雇用主への通知

日本学術会議が提言した制度



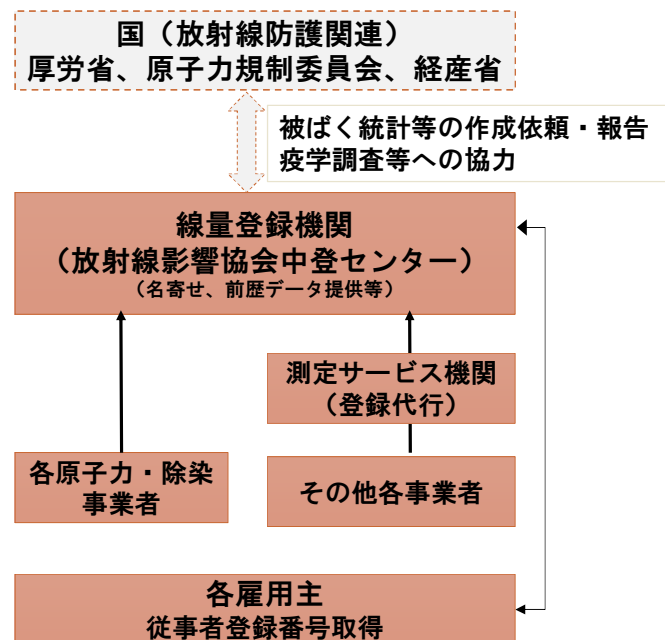
アンブレラ事業 第4回ネットワーク合同報告会 令和3年2月9日

② 事業者設置機関による一括管理

- **対象:** 全ての放射線業務従事者
- **目的・役割:**
 - ① 被ばく前歴等の把握(照会対応)
 - ② 労災保険に係る被ばくデータ提供
 - ③ 個人被ばく線量記録の一括保存
 - ✓ 法的位置付け要

<国からの委託等があれば対応>

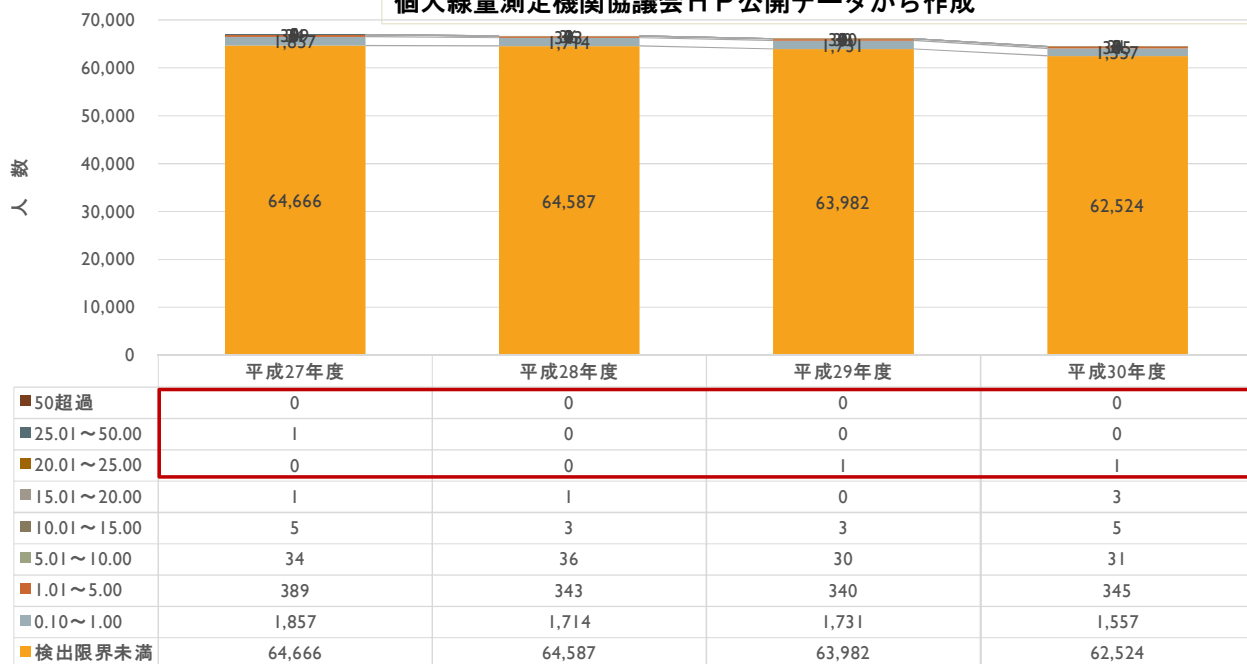
 - ① 規制の有効性確認
 - ② 日本人の完全な職業被ばく線量統計の作成、国民線量の把握
 - ③ 疫学研究、UNSCEAR等へのデータ提供
- **費用負担:**
 - 各事業者が人数に応じた費用を負担
- **制度導入に伴う個人線量管理の合理化**
 - ① 被ばく前歴の把握が容易
 - ② 線量記録の保管義務の軽減
 - ③ 5年間積算(実効線量、眼の水晶体線量)が容易



アンブレラ事業 第4回ネットワーク合同報告会 令和3年2月9日

研究開発機関の被ばく線量分布

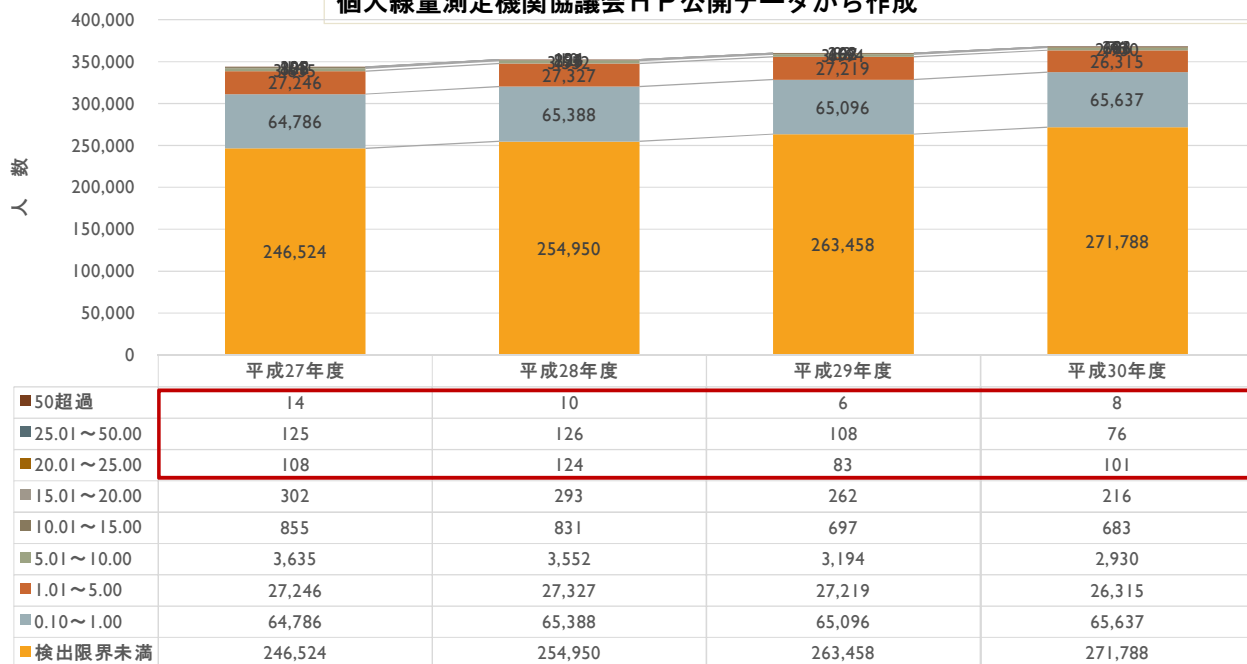
個人線量測定機関協議会HP公開データから作成



アンブレラ事業 第4回ネットワーク合同報告会 令和3年2月9日

一般医療機関の被ばく線量分布

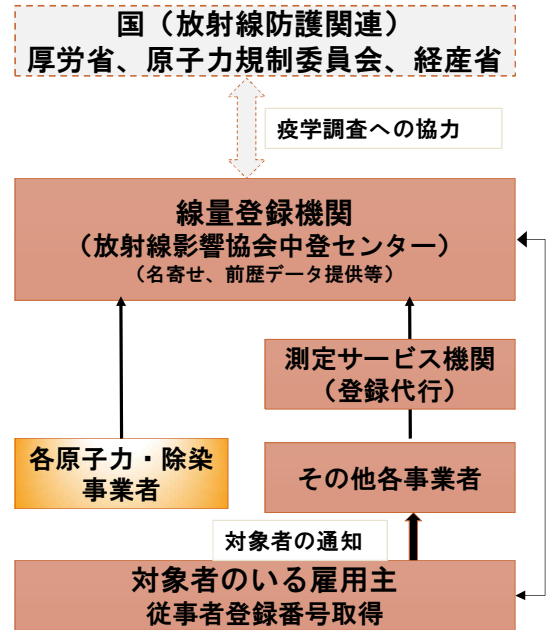
個人線量測定機関協議会HP公開データから作成



アンブレラ事業 第4回ネットワーク合同報告会 令和3年2月9日

③ 事業者設置機関による管理

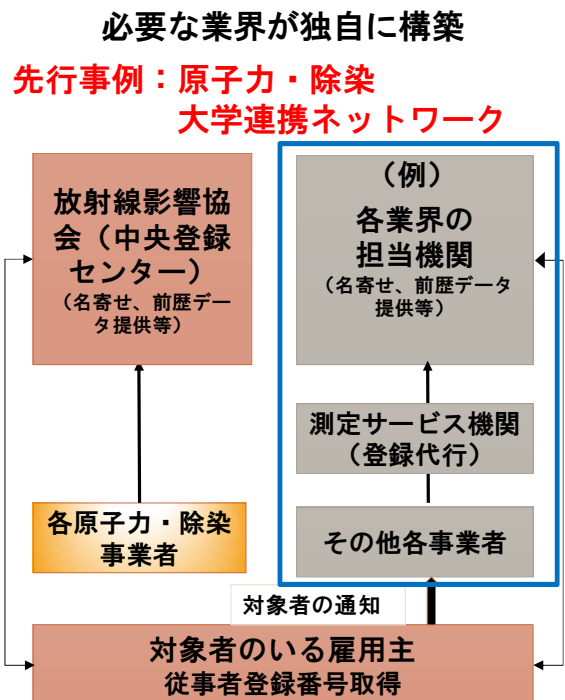
- **対象:** 一部の放射線業務従事者
 - ① 複数事業所や異動が頻繁な作業員
 - ② 一定線量(1 or 2mSv)以上の作業員
ただし原子力・除染は全て(制度有)
- **目的・役割:**
 - ① 被ばく前歴等の把握(照会対応)
 - ② 労災保険に係る被ばくデータ提供
 - ③ 疫学研究等へのデータ提供
- **費用負担:**
 - 各業界での取組みに依存
- **制度導入に伴う個人線量管理の合理化**
 - ① 被ばく前歴の照会対応
 - ② 線量記録の保管義務の軽減?
 - ③ 5年間積算(実効線量、眼の水晶体線量)が容易



アンブレラ事業 第4回ネットワーク合同報告会 令和3年2月9日

④ 業界・分野別の管理

- **対象:** 一部の放射線業務従事者
 - ① 複数事業所や異動が頻繁な作業員
 - ② 一定線量(1 or 2mSv)以上の作業員
ただし原子力・除染は全て(制度有)
- **目的・役割:**
 - ① 被ばく前歴等の把握(照会対応)
 - ② 労災保険に係る被ばくデータ提供
 - ③ 疫学研究等へのデータ提供
- **費用負担:**
 - 各業界での取組み
- **制度導入に伴う個人線量管理の合理化**
 - ① 被ばく前歴の把握が容易
 - ② 線量記録の保管義務の軽減?
 - ③ 5年間積算(実効線量、眼の水晶体線量)が容易



アンブレラ事業 第4回ネットワーク合同報告会 令和3年2月9日

各制度体系案の比較

制度	①国家線量登録機関による一括管理	②事業者設置機関による一括管理	③事業者設置機関による管理（対象限定）	④業界・分野別の管理（対象限定）
線量管理制度としての完全さ	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）	必要な者に限定した制度（規制要求必要）前歴把握の完全さには欠けるおそれ	必要な者に限定した制度。業界の取り組みに強く依存
役割分担の明確さ	国がここまで実施する必要性が論点	基本機能の分担が明確	基本機能の分担が明確	管理制度が統一されないため、曖昧さが残る
費用負担	国の負担が大	受益者負担が明確 事業者の負担大	受益者負担が明確 事業者の負担は②より限定的	管理方式に依存
個人情報管理の徹底度	一括管理のため◎ ただし、国としては重い。	設置機関が一括管理するため◎	設置機関が一括管理するため◎	各々の制度に依存するが、他に比べて低い。



5. 検討状況の学会での報告

● 日本保健物理学会第53回研究発表会（2020年6月29日）

1. 職業被ばくの個人線量管理方法の検討状況 吉澤道夫（日本原子力研究開発機構）
2. 大学間の放射線業務従事者一元管理システムの構築 渡部浩司（東北大学）
3. 指定発言
 - ①大学の実状と課題 寺東宏明（岡山大学）
 - ②医療現場の問題（1） 樺田尚樹（産業医科大学）
 - ③医療現場の問題（2） 渡辺浩（群馬パース大）
4. 質疑応答

● 日本放射線安全管理学会第19回学術大会（2020年12月10日）

1. 職業被ばくの個人線量管理方法の検討状況 吉澤道夫（原子力機構）
2. 被ばく線量登録管理制度の現状 伊藤敦夫（放射線影響協会）
3. 大学等における放射線業務従事者管理の現状と課題解決への取り組み 渡部浩司（東北大学）
4. 医療従事者における個人被ばく線量管理の課題 樺田尚樹（産業医科大学）
5. 質疑応答



アンケート・質疑のまとめ

●保健物理学会ではWeb投票でアンケートを実施

➤回答者：全70名（原子力分野:19%、研究教育機関:44%、医療:4%、その他:33%）

●どの制度案を進めていくのがよいか

➤国家機関一括管理:54%、事業者設置機関:30%、業界・分野別:14%

➤国か事業者かの観点：ほぼ半々

✓業界・分野別を選択した者は少ない ←具体的イメージがわからないとのコメント

✓所属分野別で意見に大きな差はなかった。

●主なコメント(保健物理学会、放射線安全管理学会)

➤事業の継続性や個人情報保護の観点、他国の状況からして、国が実施すべき。

➤費用負担が課題。大学等では追加費用の負担は無理。



6. 線量登録管理制度構築の進め方(案)

●理想的な制度は、①国家線量登録機関による中央一括管理 であるが、実現に向けた関係者のコンセンサスは低い

●現実的な路線としては、以下が考えられる。④(③)→②・・・①

➤④業界・分野別の構築を進める。(この中で③が検討の範囲に入る)

・原子力・除染分野は、構築済み

・線量管理の必要性の高い業界(人材流動化、線量管理の必要性の高まった業界が、現実的・合理的な管理方法を導入(ただし、将来展開を見据えた検討が必要))

・(理工系)大学関係は、ネットワークによる一元管理を検討中

・医療分野の線量管理の必要性・重要性の認識が高まっている。議論はこれから。

➤その上で、②事業者設置機関による管理(中央登録センターの拡大と分野統一)(又は①国家線量登録機関による中央一括管理)を目指す。



7. 今後の進め方

次年度(令和3年度)は最終年度として、以下を実施する予定

●これまでの活動のまとめ

- ✓制度案と構築に向けてのアプローチのまとめ
- ✓ステークホルダー視点での課題の整理
 - 特に実現に向けての大きな課題:モチベーション、費用

●今後の検討継続に向けた活動

- ✓医療分野へのアプローチ(検討結果の説明、必要性等の報告)
 - (例)医療放射線防護連絡協議会の関連行事
- ✓大学関係: 大学RIセンター連携ネットワークとの連携



アンブレラ事業 第4回ネットワーク合同報告会 令和3年2月9日

17

(参考)線量測定機関認定制度検討グループの活動

- 日本適合性認定協会(JAB)「放射線モニタリングTFG(旧分科会)」をベースに活動
 - ISO/IEC 17025「試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項」に基づく認定基準及び技能試験の内容が決まり、JABの認定がスタート(2018年7月)。
 - ・4つの測定機関が認証された。
- 検討Gr. では、次の事項を検討
 - ①認定基準・技能試験等の具体的な運用・解釈
 - 個人線量測定の技能試験の合否判定基準について、基礎データを収集
 - ・従来データの少ない線量計へのX線、β線の斜め入射に対するデータを取得
 - ②環境放射線モニタリング等への拡大の方向性について検討
 - 原子力規制庁(環境放射線モニタリング技術検討チーム)の検討状況の把握
- 参加機関
 - 日本原子力研究開発機構(JAEA)、日本適合性認定協会(JAB)、放射線計測協会、産業技術総合研究所(計量標準センター)、日本アイソトープ協会、個人線量測定機関協議会



アンブレラ事業 第4回ネットワーク合同報告会 令和3年2月9日

18

令和 2 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

令和 3 年 2 月

公益財団法人原子力安全研究協会

本報告書は、原子力規制委員会の令和 2 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）事業による委託業務として、公益財団法人原子力安全研究協会が実施した「放射線防護に関する国際動向報告会」の成果をとりまとめたものである。

まえがき

本報告書は、令和2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）事業の一部として、「国際動向に関するアンブレラ内の情報共有」を国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構より受託し、放射線防護に関する国際動向報告会で報告された内容と議論を取りまとめたものである。

原子力規制委員会は原子力に対する確かな規制を通じて人と環境を守ることを使命としており、課題に応じた安全研究を実施し科学的知見を蓄積している。平成28年7月6日には「原子力規制委員会における安全研究の基本方針」を公表し、放射線源規制・放射線防護分野に対しても調査研究活動の推進をしている。また平成29年度からは放射線源規制・放射線防護による安全確保のための調査研究を体系的かつ戦略的に実施するため、放射線安全規制研究推進事業及び放射線防護研究ネットワーク形成推進事業で構成される放射線安全規制研究戦略的推進事業を開始している。令和2年度放射線防護研究ネットワーク形成推進事業の採択事業「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」（事業代表機関：国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構放射線医学総合研究所）では、放射線規制の改善に向けて、関係研究機関によるネットワークとそのアンブレラ型統合プラットフォーム（以下「アンブレラ」という。）の構築を行っている。

本事業「国際動向に関するアンブレラ内の情報共有」では、「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」の一環として、アンブレラが情報共有の場として機能することを目的とし、ICRP等の放射線影響・防護に係る国際的機関等の動向について情報共有し、専門家も交えて広く議論を行うため、「放射線防護に関する国際動向報告会」を開催した。

令和3年2月

公益財団法人 原子力安全研究協会

目次

1	事業目的及び内容.....	1
2	実施概要.....	2
3	報告会での講演とパネルディスカッションの概要.....	3
4	附録.....	11
	講演要旨.....	12
	アンケート集計結果.....	17

1 事業目的及び内容

令和2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」では、放射線防護に関わる専門家が放射線規制の改善に向けて、自発的に関与し、ステークホルダー間の合意形成をリードするため、ネットワーク（以下「NW」という。）を構築し、情報や問題意識の共有、課題解決のための連携や協調を行っている。また関係研究機関によるNWとそのアンブレラ型統合プラットフォーム（以下「アンブレラ」という。）の構築も行っている。本事業「国際動向に関するアンブレラ内の情報共有」は、「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」の一環として、アンブレラが情報共有の場として機能すること、さらに報告会で得られた内容がNW事業においてアウトプットとして活かされることを目的とする。

アンブレラ関係者及び放射線防護に関心のある方を対象に、ICRP等の放射線影響・防護に係る国際的機関等の動向に関する報告会を、昨年度に引き続き企画して開催した。

今年度は、まず報告会に先立って企画会議を開催し、報告会の趣旨や目的、進行方法の検討を行った。企画会議における主な決定事項は以下の通り。

- ・ サブテーマは「放射線防護の基礎となる放射線リスク評価に関する国際動向」とする
- ・ UNSCEAR、ICRP/C1、NCRP、IAEA/RASSC、OECD/NEA各委員会委員により、サブテーマに関連する最新の動向（最近の検討状況）を紹介してもらう。
- ・ ICRP、UNSCEAR、IAEA/RASSC、OECD/NEA、WHO、NCRP/PAC1に関連する有識者による円卓会議で議論を実施する。
- ・ 新型コロナウイルス感染拡大防止の観点から、報告会はオンラインで実施する。

2 実施概要

1. 開催日：2021年（令和3年）1月8日（金）13:00～17:00
2. 主催：原子力規制委員会、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
3. 開催方法：「Zoom ウェビナー」によるライブ配信
4. テーマ：「放射線防護の基礎となる放射線リスク評価に関する国際動向」
5. プログラム

時間	内容（敬称略）
13:00～13:10	事務連絡：ウェビナーに関する諸注意
13:10～13:15	開会挨拶：高山 研（原子力規制庁）
13:15～13:30	講演「UNSCEARにおけるリスクに関する検討状況」 講師：川口 勇生（量子科学技術研究開発機構）
13:30～13:45	講演「ICRP 第1専門委員会（C1）における検討状況」 講師：酒井 一夫（東京医療保健大学）
13:45～14:00	講演「米国放射線防護審議会（NCRP）での放射線リスクに関する最近の検討状況」 講師：浜田 信行（電力中央研究所）
14:00～14:15	講演「IAEA放射線安全基準委員会（RASSC）における最近の検討状況」 講師：荻野 晴之（原子力規制庁）
14:15～14:30	講演「OECD/NEA放射線防護・公衆衛生委員会（CRPPH）における最近の検討状況」 講師：本間 俊充（原子力規制庁）
14:30～14:40	休憩
14:40～16:55	パネルディスカッション 「放射線リスク評価に関する国際動向」 ファシリテーター：[ICRP MC]甲斐 倫明（大分県立看護科学大学） パネリスト：[ICRP C1]酒井 一夫（東京医療保健大学） [ICRP C2]佐藤 達彦（日本原子力研究開発機構） [ICRP C4]伴 信彦（原子力規制委員会） [ICRP C4/OECD/NEA]本間 俊充（原子力規制庁） [UNSCEAR]川口 勇生（量子科学技術研究開発機構） [IAEA/RASSC]荻野 晴之（原子力規制庁） [WHO]神田 玲子（量子科学技術研究開発機構） [NCRP PAC1]浜田 信行（電力中央研究所）
16:55～17:00	閉会：高橋 知之（京都大学）

3 報告会での講演とパネルディスカッションの概要

本報告会は、「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プラットフォームの形成」の一環として、放射線防護に関連する代表的な国際的機関（原子放射線の影響に関する国連科学委員会（UNSCEAR）、国際放射線防護委員会（ICRP）第一専門委員会（C1）、米国放射線防護審議会（NCRP）、国際原子力機関（IAEA）放射線安全基準委員会（RASSC）、OECD/NEA 放射線防護・公衆衛生委員会（CRPPH））の動向の情報共有を行うとともに、放射線リスク評価に関する国際動向というテーマを中心に議論を行うために開催した。本報告会は新型コロナウイルス感染防止のため、登壇者はそれぞれ離れた場所からビデオ会議システムに接続し、一般参加者への報告会のライブ配信を行った。登壇者は9名で、一般参加者は100名であった。

1. 日時：令和3年1月8日（金）13:00～17:00
2. 開催方法：「Zoom ウェビナー」によるライブ配信
3. 概要：

3-1. 「開会挨拶」高山研氏（原子力規制庁）

開会にあたり高山研氏（原子力規制庁 長官官房 放射線防護グループ 放射線防護企画課企画官）より挨拶があり、本報告会の位置付けや目的について以下の紹介があった。

現在、原子力規制庁は放射線防護研究ネットワーク形成事業を行っており、その中で採択された事業の1つがアンブレラネットワーク形成事業である。その事業の取組みの1つとして国際動向報告会がある。内容としては、ICRP や IAEA などの国際機関の動向を踏まえて、放射線防護の基礎となる放射線リスクをテーマに関係の専門家の方々が集まり、講演し議論を行ってもらうものである。本日のテーマは放射線リスクに関する国際動向ということで、講演の後にパネルディスカッションを予定している、本報告を通じて解決すべき課題が明確にされ、規制の包括的な推進に寄与することを期待している。

3-2. 講演

講演 1 「UNSCEAR におけるリスクに関する検討状況」川口勇生氏（量子科学技術研究開発機構）

講演では UNSCEAR の組織やその役割について紹介があり、最近の動向として公表されている2013年報告書、2015年白書、2016年・2017年・2019年報告書及び白書の概要と未公表である2020年報告書の概要について報告があった。また UNSCEAR におけるリスク予測として、UNSCEAR におけるリスクの定義が紹介され、2012年附属書 A におけるリスク推定に関する放射線被ばくと健康影響の帰因性についての概説と附属書 B におけるリスク推定と予測における不確実性のレビューの紹介があった。

- ・フロアからの質問：UNSCEAR 報告書の和訳の発行状況はどうなっているのか。
- ・回答：2012年頃までは量研機構放射線医学総合研究所が和訳を作成してきた。福島報告書は UNSCEAR で和訳を作成し公開している（川口氏）。

講演 2 「ICRP 第 1 専門委員会における最近の検討状況」酒井一夫氏（東京医療保健大学）

ICRP 第 1 専門委員会（C1）の役割や最近の検討状況の紹介があった。C1 では、放射線の作

用のメカニズムと確率的影響の誘発のリスクの検討を行っており、2017年の旧C5の発展的解消に伴い「環境の放射線防護」が検討課題に追加されている。講演ではC1の下に設置されているTG64、TG91、TG99、TG102、TG111、TG115の紹介があった。TG64ではプルトニウムおよびウランといった α 核種についてがんのリスクの検討がなされており、報告書がパブリックコメントの段階を終えその反映を対応していること、TG91では低線量や低線量率の放射線によるリスク推定について検討がなされており、すでに報告書が完成しておりC1の中で共有されていると紹介があった。TG99はC5からの流れを受け、標準動物や標準植物のモデル化の検討がなされていると報告があった。その他にもTGの前段階として、「予備的な」段階と位置づけされるワーキングパーティについて、「放射線による循環器疾患」「子孫への影響および継世代影響」「異なる線種の影響」「デトリメント算定のためのパラメータの検討」と4つの検討の紹介があった。

まとめとしては、人間と放射線との関わりはTG115の宇宙空間といった新たな領域に展開されつつあること、ICRPの次期基本勧告を見据えた構成要素の整備が進んでいると検討状況の報告があった。

講演3「米国放射線防護審議会（NCRP）での放射線リスクに関する最近の検討状況」

浜田信行氏（電力中央研究所）

冒頭に米国放射線防護審議会（NCRP）の米国内での役割や刊行物について紹介があり、その後放射線リスクに関する最近の検討状況について報告があった。直接しきい線量なし（LNT）モデル/仮説、中枢神経系への宇宙放射線影響に関する検討や低LET放射線による神経変性疾患に関する報告について紹介があった。

生物学と疫学の統合に関する検討では、NCRPはCDCから財政支援を受け、Commentary No.24とReport No.186を刊行し、現在の検討状況についても紹介があった。循環器疾患に関する検討ではICRPでのC1傘下でTG設置の検討中であること、またNCRPのCommentary No.27とReport No.180の紹介、PAC1での検討状況について報告があった。

講演4「IAEA放射線安全基準委員会（RASSC）における最近の検討状況」

荻野晴之氏（原子力規制庁）

講演では、IAEA放射線安全基準委員会（RASSC）の最近の検討状況として、2020年11月に開催された放射線安全に関する国際会議、個別安全指針「規制免除の概念の適用」（DS499）と「ラドン被ばくに対する作業者の防護」（DS519）の紹介があった。

放射線安全に関する国際会合の結論として、倫理的な考慮は今後、防護に関する意思決定においてより重要な役割を果たすこと、防護の基本原則である正当化と最適化を改善する必要があること、最適化に関する決定は線量低減に焦点を当てすぎており、総合的なアプローチが必要であること、規制機関はグレーデッドアプローチの適用を強化する必要があること、免除とクリアランスの概念はより広範な応用が必要であることなどの10のKey areasの報告があった。

個別安全指針「規制免除の概念の適用」（DS499）と「ラドン被ばくに対する作業者の防護」（DS519）については、それぞれ国際基本安全基準（GSR Part 3）の関連する要件が紹介され、指針の策定状況や関連する他文書の紹介があった。

講演 5 「OECD/NEA 放射線防護・公衆衛生委員会 (CRPPH) における最近の検討状況」

本間俊充氏 (原子力規制庁)

冒頭に NEA の戦略計画の紹介があり、その中で放射線防護・公衆衛生委員会 (CRPPH) の最近の活動として、作業部会、専門家グループ、ワークショップの紹介があった。講演では、検討が開始された CRPPH 戦略的方向性の更新が紹介され、次期 ICRP 主勧告に対して CRPPH として実践的インプットを提供する戦略目標が強調され、最近開催された 2 つのワークショップ、“ステークホルダーの関与：リスクコミュニケーション” (2019) と “最適化：合理性の技術の再考” (2020) で得られた知見や課題の報告があった。CRPPH では、人と環境の防護のためのリスク管理の全体的な最適化を達成するため、重要な課題についてさらに理解を深めることに特に重点が置かれている。

3-3. パネルディスカッション「放射線リスク評価に関する国際動向」

ファシリテーター：[ICRP/MC] 甲斐 倫明 (大分県立看護科学大学)

パネリスト：[ICRP C1] 酒井 一夫 (東京医療保健大学)

[ICRP C2] 佐藤 達彦 (日本原子力研究開発機構)

[ICRP C4] 伴 信彦 (原子力規制委員会)

[ICRP C4/OECD/NEA] 本間 俊充 (原子力規制庁)

[UNSCEAR] 川口 勇生 (量子科学技術研究開発機構)

[IAEA/RASSC] 荻野 晴之 (原子力規制庁)

[WHO] 神田 玲子 (量子科学技術研究開発機構)

[NCRP PAC1] 浜田 信行 (電力中央研究所)

パネルディスカッションに先立ち、講演を行っていない国際機関から放射線リスクに関する最近の報告があった。

報告 1 「ICRP C2」佐藤達彦氏 (日本原子力研究開発機構)

ICRP C2 の委員の紹介の後に、今年の会合がオンラインで開催されたことの紹介があった。また 2020 年に C2 から発刊された刊行物 (Publ. 141 「ランタノイド・アクチノイドの線量係数」、143 「標準小児ボクセルファントム」、144 「環境放射能による外部被ばく線量係数」、145 「標準成人メッシュファントム」) の紹介があった。検討状況として、C2 の主な議題の紹介があり、2007 年勧告における職業被ばくの核種の最後として OIR Part5 が Public Consultation まで進んでいること、X 線イメージングに対する線量係数を評価する TG が C3 と共同で立ち上げられたことなどの報告があった。

報告 2 「ICRP/C4」伴信彦氏 (原子力規制委員会)

ICRP C4 の検討状況について、過去 2 年の会合開催状況や C4 の下にある TG の進捗の報告があった。TG98 ではレガシーサイトからの被ばくに関する検討を行っていること、TG97 では浅地中での放射性廃棄物の処分に関する検討を行っており、すでにドラフトが完成しており、MC のレビューワーのコメントを受け修正中であること、また C3 と共同で作業を進めている TG109

や 110 に報告があった。その他には、Publ.96 の改訂の議論や ICRP の用語集整備に関する検討状況について紹介があった。

報告 3 「WHO」 神田玲子氏（量子科学技術研究開発機構）

冒頭に量子科学技術研究開発機構と WHO の関係について紹介があり、WHO のプロジェクトの中では電離放射線の活動に関しては、チェルノブイリ事故、放射線緊急時、医療用放射線被ばく、環境放射線などがあると紹介があった。WHO の最近の刊行物として、2020 年 6 月に Covid-19 の診断において CT や X 線診断を使う場合のガイドラインが WHO Publication として公開されたこと、またその日本語版もあることが紹介された。その他にも健常人への CT 検査の正当化に関する検討について紹介があった。WHO Document については、チェルノブイリに関する報告書があり、原発事故対応でも Covid-19 対応に類似した影響があったことが報告された。また 2020 年 11 月に公開された放射線・原子力緊急事態に関するレポートの概要について紹介があった。

報告 4 「ICRP/MC」 甲斐倫明氏（大分県立看護科学大学）

ICRP 主委員会からの報告として、初めに主委員会の役割の紹介があり、最近の Publication として大規模事故に関する Publ.146 が発刊されたこと、また実効線量に関する Publ.147 が発刊予定であることの紹介があった。その他の刊行予定として標準動植物に関する Publ.148 や ICRP/ICRU の実用量に関するレポートについても紹介があった。ICRP の最新の情報として、2021 年 Bo Lindell メダル受賞者として日本の荻野晴之氏（原子力規制庁）が選ばれたこと、2021 年シンポジウムがカナダバンクーバーで開催予定であることが報告された。現在活動中の ICRP TG について紹介があり、日本からの研究者の参加・貢献についても紹介があった。

上記の報告の後、ファシリテーターから 6 つのテーマが提示され、報告会前半の最新の国際機関の動向を踏まえ、今後どのような分野で知見が変わる可能性があるのか、また我が国での期待される取組みについて、それぞれ研究や規制の観点から意見交換が行われた。

テーマ 1：低線量・低線量率のがんリスク評価 DDREF 方法論

- ① 疫学と生物学の統合、動物実験と人間の疫学データに関する情報共有が行われている。最近、放射線防護から関心のある線量率や線量での動物実験のデータの見直しがなされ、DDREF としてはあまり大きくないことが報告されてきている。
- ② NCRP は ICRP の TG91 のメンバーが重なることがあり、放射線加重係数と組織加重係数は ICRP の主勧告に従っている。
- ③ 従来は疫学データを中心に、原爆による急性被ばくのデータから DDREF の議論が行われてきたが、現在、線量率効果 (DREF) と低線量効果 (LDEF) に分けて、議論がなされてきている。近年、ロシアのマヤックの疫学データのような慢性に係る線量率効果の評価のデータがでてきているが、DDREF が 2 を超えるような疫学情報は少ない。人の疫学データ解析でマヤックデータを加えるかどうかのポイントとなっている。

- ④ JAEA と RERF の共同等で原爆線量評価に用いる人体デジタルファントムの精密が行われているが、光子エネルギースペクトルとリスクとの関連の議論はまだ行われていない。ICRP TG115 の RBE の議論も組織応答や宇宙を見据えた検討が中心となっている。
- ⑤ 従来、DREF は生物データを基礎にして、2 よりも大きい数値が示唆されていたが、ICRP の TG では、生物では発がん実験データと疫学データの分析によって検討が行われており、2 を超える値を示す情報は少ないのが現状である。日本の PLANET グループが環境研と放医研のデータをプール解析して、DREF を 3 と推定した論文を報告している。

テーマ 2 : がんリスクの修飾因子

- ① デトリメント評価では、がんの致死性が配慮されている。がん治療という観点から治癒率が向上している。治癒率の向上はリスクやデトリメント評価にどのように反映されることになるか。
- ② 従来は疫学のエンドポイントとしてがん死亡としていたが、現在はがんの罹患のデータが原爆調査でも主流となってきて、放射線リスク評価に罹患のデータが用いられている。がんでも致死性が高いものと低いものを考慮するためにがんの致死率をデトリメントの評価に加えている。
- ③ リスク評価では、被ばくしていない集団のベースラインの罹患率が重要になってくる。また ICRP 主勧告の改訂の頻度に合わせて、デトリメントを用いる場合、その時期の治療に応じた致死率が考慮されるのではないか。
- ④ 原爆データを現代の日本人や海外の人種や民族に適用する場合を考えると、ERR モデルを使うとベースラインが重要になってくる。
- ⑤ 組織加重係数のベースとなるベースラインの健康統計の充実度は国によって異なり、現在は充実した地域のデータが活用されている。今後はデータを世界で平均化することの意味を考えることが重要になってくるであろう。
- ⑥ 規制の観点からは、線量限度を設定する上で DDREF は考慮すべき複数ある要素のあくまで 1 つである。今後は、リスク評価（予測）する上で、がんの修飾因子をどこまで考慮すべきかは検討課題である。低線量域において名目集団を対象とする場合と高線量域において個人を対象とする場合で分けるなど、リスク評価（予測）の目的に応じて行われるべきであり、がんの修飾因子が問題となるとすれば高線量の場合であろう。ICRP の防護体系は、科学、倫理、経験から構成されており、Prudent (Act wisely) なアプローチを確立していくことが重要である。
- ⑦ リスク評価と放射線防護の複雑さに対する配慮では、前者は複雑化することが許容されるが、後者はどこまで必要か不確かさを減らす考慮が必要になる。

テーマ 3 : ラドン・子孫核種の線量評価とリスク評価

- ① UNSCEAR では 2019 年レポートの中でラドンの線量評価について記載されている。ICRP のレポートを含めて包括的にレビューを行った結果、線量換算係数に関しては従来の値を変更する必要はないという結論である。
- ② 疫学はウラン鉱山に関するデータでリスク評価がなれられている。ICRP は、放射線防護のための線量評価を疫学データ（原爆疫学とラドン疫学）の比較から行ってきたが、最新の

Publication では呼吸気道モデルをベースとする方法に変えた。その結果、不確かさの範囲であるが、ラドン濃度からの線量換算係数に ICRP と UNSCEAR とで違いが生じている。今後、線量評価の点から注視が必要になる。

- ③ 2019年10月に開催されたラドンの線量換算係数に関する IAEA 技術会合での結論は、GSR Part 3 の要件が作業者に対するラドン 222 の参考レベルを 1,000Bq/m³ を超えない値という幅で示しているため、直ちに基準に関する要件を変更する必要はないとしている。現在、IAEA では ILO と共同で個別安全指針 DS519 を作成中であり、今後、ラドンの線量換算係数の使用方法に関する国際的なコンセンサス文書として取りまとめられる予定である。さらに今後、IAEA は、Position paper を作成する予定である。

テーマ4：不確かさ、リスク推定とリスク予測

- ① リスク予測全体に与える不確かさとして捉えるべきである。不確かさには知識の不足によるもの、統計データのばらつきに起因する変動、性差や年齢などの取り扱いの影響などがあり、整理が必要である。防護はある程度シンプルにせざるを得ない。精緻化すると実務を複雑化することにもなりかねない。
- ② 従来、不確かさを避けるために防護上は安全側をとってきた。それとは別に真の値を探すアプローチの継続も必要になってくる。
- ③ リスク予測にはリスクの背後にあるメカニズムの理解が必要である。一方で、低線量における生物学的な実証の難しさがあることも認識しておくことが必要である。
- ④ 近年、NEA の CRPPH や IAEA の CSS でアルゼンチンからリスクの検討をさらに深める提案がなされている、これは、事故に伴って計算される集団線量にリスク係数をかけて得た将来のがん死亡数がメディアに取り上げられ、法的な賠償における放射線と影響との因果関係を明確にすることが必要になってきたことが背景にある。過去に起きた事例に対するリスク推定（放射線起因性）と防護上のリスク予測の区別が専門家の間でもできていない現状がある。

テーマ5：Graded approach、合理性、規制免除

- ① ICRP でも被ばく状況の違いによる Reasonableness の違いに関する議論が始まったところである。
- ② ICRP の考え方は、ALARA を定量化することから被ばく状況が変わってきた。NEA では放射線だけでなく well-being を視野に入れるようになってきた。次の主勧告の改定に向けた ICRP 主委員会の議論が気になる。
- ③ ICRP は Reasonableness と Tolerability の TG の議論に注目しているが、TG を Ethics に位置付けたことから、防護の根本的な考え方の一つとして取り入れるのではないか。
- ④ 来週の IRPA の大会でも Reasonableness のセッションがある。Reasonable には practical や fairness といった意味もあり、今後は方法論の fairness が重要になり、より倫理面での議論が重要になる。

テーマ6：リスクコミュニケーション

- ① IAEA は、緊急時におけるパブリックコミュニケーションに関する共通安全指針 GSG-14 を

2020年に発行した。この指針では、放射線起因性に関する UNSCEAR2012年レポートを踏まえ、放射線の健康影響を3つの色に分けて、尺度を示しており、それぞれ具体的な線量も数値が示されている。健康に害を及ぼす領域を「赤」、健康影響の可能性のある領域を「黄」、そして、観測可能な健康影響は見られない領域を「緑」としているが、これらの指針の内容が実際の社会でどこまで機能するのか、議論する余地がある。

- ② WHOは、緊急時のコミュニケーションに関する報告書を公開したが、コミュニケーションの一般化をどこまで可能か疑問である。平常時のリスクコミュニケーションについてはWHOからラドンや小児の医療被ばくについてレポートをまとめている。平常時は日本でも利用可能かと考えた。放射線のリスクの観点から線量の比較を誰が判断するのか、一般化できるものを今後検討する必要があると感じた。

3-4. 参加者からの質問および意見（パネルディスカッションの中で紹介・回答）

講演に対する質問を受け付け、パネルディスカッションの中で質疑を行った。パネルディスカッション中も質問を随時受付し、順次質疑を行った。概要は以下の通り。

Q：被ばく時年齢と到達時年齢は、それぞれの評価はどうなっているのか。

A：原爆被ばく者のデータでは両者は考慮されている。原爆被ばく者以外のデータを活用する場合は、長期間にわたる低線量率の被ばくの場合などは被ばく時年齢などの扱いが難しくなる。

Q：DDREFの値は、動物実験では高くないが、人が2と高いことは人の免疫力が高いためなのか。

A：動物実験の結果としては、放射線防護の関心のある線量の領域では、DDREFはさほど大きくないという趣旨である。

3-5. 「閉会挨拶」高橋知之プログラムオフィサー（京都大学）

閉会にあたり、プログラムオフィサーである高橋氏（京都大学）から以下の挨拶があった。

国際動向報告会は今年で4回目となり、Webでの開催であったが、参加者の尽力により実りを多いものとなった。今回のテーマは「リスク」ということで、それぞれの国際組織におけるリスクに関する検討状況について講演があった。現状の整理、今後の課題、課題解決の難しさの共通認識を得ることができた。本報告会を通じて、リスクの議論というのは自然科学の様々な分野に関わること、特に放射線防護、放射線規制、リスクコミュニケーションまで考慮すると社会科学、人文科学といった様々な分野の議論が必要になると認識した。アンブレラ事業は来年度が最終年度となる。これまでの活動を取りまとめて、学会連携をどのように進めるか検討が必要になってくる。リスクといった幅広い分野に関わるテーマのように、様々な分野における学会連携を進めるために皆さまにご議論頂きたいと考えている。積極的な参加協力をお願いしたい。

4. 当日写真



写真1 高山氏による開会挨拶



写真2 川口氏による講演



写真3 酒井氏による講演



写真4 浜田氏による講演



写真5 萩野氏による講演



写真6 本間氏による講演



写真7 佐藤氏による報告

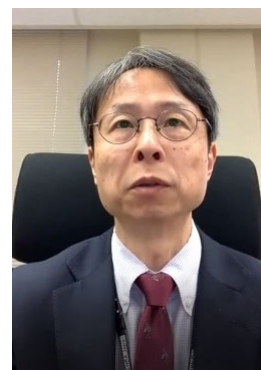


写真8 伴氏による報告



写真9 神田氏による報告



写真10 甲斐氏による報告



写真11 高橋氏による閉会挨拶

【附録】

講演要旨

アンケート結果

講演 1

「UNSCEAR におけるリスクに関する検討状況」

量子科学技術研究開発機構 川口 勇生

原子放射線の影響に関する国連科学委員会 (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation、以後 UNSCEAR)は、1950 年代において大気内核実験の影響を世界的に調査する必要性が認識されたことから、国際連合(United Nations、以降国連)の委員会として 1955 年 12 月の国連総会決議に基づき、日本を含む 15 カ国からの科学者により組織され、1956 年の第一回会合以降、年一回年次総会が開催されている。事務局は 1973 年以降ウィーンに置かれており、現在 27 加盟国に加えて複数の国際的機関がオブザーバとして参加している。UNSCEAR の主な活動としては、電離放射線に関して被ばく状況について世界的な調査・評価を行うとともに、人および環境に関して放射線影響の情報を収集・評価を行い、国連に報告することである。

近年公表された UNSCEAR 報告書のうち、リスクに関する報告書としては 2012 年報告書があり、附属書 A では Attributing health effects to ionizing radiation exposure and inferring risks として、放射線被ばくと健康影響の帰因性について概説するとともに、科学的手法によるリスク推定と、被ばくした集団に対する将来的なリスク予測に関して明確に区別することを推奨し、附属書 B の Annex B - Uncertainties in risk estimates for radiation-induced cancer において、リスク推定や予測における不確実性についてレビューを行っている。特に附属書 B において、いくつかの仮想的なシナリオを想定し、リスク予測を行っており、2019 年報告書の附属書 Evaluation of selected health effects and inference of risk due to radiation exposure では、選択された仮想的なシナリオにおいてさらに詳細にリスク予測を行い不確実性について検討を行っているが、コロナ禍の影響のため公表が遅れている。

従って、本講演では、UNSCEAR の最近の動向を紹介するとともに、リスクに関して 2012 年報告書を中心に紹介する。

講演 2

「ICRP 第 1 専門委員会 (C1) における検討状況」

ICRP 第 1 専門委員会 (東京医療保健大学) 酒井一夫

現在 ICRP C1 では、次のタスクグループ (TG) を設置して課題の検討を進めている。

TG 6 4 プルトニウムおよびウランのがんリスク

TG 9 1 低線量・低線量率放射線のリスク

TG 9 9 標準動物標準植物モノグラフ

TG102 デトリメント算定の方法論

TG111 放射線に対する応答の個人差

TG115 宇宙飛行士の放射線防護に係るリスクと線量の評価

各 TG で取りまとめられた報告書はパブリックコメントを経て刊行物 (Publication) として公表されることになる。

また、より予備的な検討を実施するワーキングパーティが設置され、下に掲げた検討が始まっている。

- 放射線による循環器疾患
- 子孫への影響および経世代影響
- 放射線の種類と影響(生物学的効果比 RBE, 線質係数 Q,放射線加重係数 wR)
- デトリメント算定のためのパラメータ

これらのワーキングパーティは順次 TG として再編され、より具体的かつ詳細な検討が進められる予定である。

放射線防護の根幹にかかわる課題が、現在の視点から再検討される事案も多い。2029 年目途とされる次期主勧告へ向けて「構成要素 (building blocks)」の整備が進められている。

講演 3

「米国放射線防護審議会（NCRP）での放射線リスクに関する最近の検討状況」

電力中央研究所 浜田信行

NCRP は、常設委員会の幹事会、審議会、7つの専門委員会（PAC）、行政委員会、事務局、アドホック委員会の科学委員会（SC）と審議会委員会により構成される[1]。このうち、疫学、生物学、リスクの議論を担当している第1専門委員会（PAC 1）での最近の検討状況について、本講演で紹介する。

PAC 1 は、科学委員会の検討結果をまとめて、ほぼ毎年、報告書を刊行している。最近の例では、直線しきい線量なしモデルに関する 2001 年の Report No. 136 [2]のうち疫学的知見について更新した Commentary No. 27 [3,4]と低エネルギー光子・電子の生物学的効果（RBE）に関する Report No. 181 [5]を 2018 年に刊行、中枢神経系への宇宙放射線影響に関する 2016 年の Commentary No. 25 [6]を発展させた Report No. 183 [7]を 2019 年に刊行した。OECD が化学物質規制のために 2012 年からプログラムを設置している有害性発現経路（AOP）について、NCRP は、生物学と疫学の統合に関する 2015 年の Commentary No. 24 [8]で放射線防護への応用を初めて提案し、Commentary No. 24 を発展させた Report No. 186 [9]を 2020 年に刊行した。放射線防護への AOP の応用について、2020 年に、OECD/NEA/CRPPH は低線量研究に関する高レベルグループ（HLG-LDR）の傘下にワーキンググループを設置するとともに、10 月と 12 月に北米主導でワークショップが開催された。2021 年 4 月に学際的欧州低線量イニシアティブ（MELODI）もワークショップを開催予定であり、放射線防護への AOP の応用に関する議論が北米と欧州を中心に精力的に進められている。

PAC 1 傘下の現行の科学委員会は、SC 1-27（肺がんリスクの性差を検討）のみである。NCRP は、1993 年の Report No. 116 [10]以来の主勧告（基本勧告）である Report No. 180 [11,12]を 2018 年に刊行し、組織反応（確定的影響）に関する等価線量限度を廃止して吸収線量限度を勧告し、その放射線加重には、 W_R ではなく RBE を勧告した。勧告された RBE は、地球低軌道での活動のために 2000 年に勧告した Report No. 132 [13]の値であり、検討が必要である。循環器疾患について、ICRP は、しきい線量を線量率によらず約 0.5 Gy と 2011 年に勧告したが、NCRP は ≤ 0.5 Gy でのリスクは不明と判断している[3,4,11,12]。このような組織反応の RBE と循環器疾患は、重要な課題であるが、科学委員会の設置には至っていない。

0.5-1.5 Gy の X 線胸部照射によって新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の肺炎を治療しようとする臨床試験が、2020 年 4 月に提案され、10 カ国以上で実施されているが、その臨床的意義を支持する科学的根拠は皆無である[15-17]。NCRP は、2020 年 7 月に国立がん研究所（NCI）と国立アレルギー感染症研究所（NIAID）と共同でワークショップを

開催して議論[18]するとともに、PAC 1 での議論を継続している。

NCRP 主導の百万人研究については、2020 年 11 月にシンポジウムを開催したところである。各コホートでの解析結果を数年以内に報告し、その後、全体の解析を開始する予定である。

NCRP は、年 1 回、公開制年会の前日に専門委員会の会合を開催している。2020 年の年会は COVID-19 の影響で中止となったが、2021 年 4 月に第 56 回年会（テーマは航空乗務員と宇宙飛行士での放射線リスク）、2022 年 3 月に第 57 回年会（テーマは各専門委員会の検討内容紹介）を開催予定である。

参考文献

- [1] 浜田信行. 米国放射線防護審議会(NCRP)の構成、刊行物、勧告と最近の動向、Isotope News 2018;760:50-53.
- [2] NCRP. Report No. 136. Evaluation of the linear-nonthreshold dose-response model for ionizing radiation. 2001.
- [3] NCRP Commentary No. 27. Implications of recent epidemiologic studies for the linear-nonthreshold model and radiation protection. 2018.
- [4] 浜田信行ほか. NCRP Commentary No. 27 「最近の疫学研究の直線しきい線量なしモデルと放射線防護への示唆」の概要. 保健物理 2018;53:47-64.
- [5] NCRP Report No. 181. Evaluation of the relative effectiveness of low-energy photons and electrons in inducing cancer in humans. 2018.
- [6] NCRP Commentary No. 25. Potential for central nervous system effects from radiation exposure during space activities Phase I: Overview. 2016.
- [7] NCRP Report No. 183. Radiation exposures in space and the potential for central nervous system effects: Phase II. 2019.
- [8] NCRP Commentary No. 24. Health effects of low doses of radiation: perspectives on integrating radiation biology and epidemiology. 2015.
- [9] NCRP Report No. 186. Approaches for integrating information from radiation biology and epidemiology to enhance low-dose health risk assessment. 2020.
- [10] NCRP Report No. 116. Limitation of exposure to ionizing radiation. 1993.
- [11] NCRP Report No. 180. Management of exposure to ionizing radiation: radiation protection guidance for the United States (2018). 2018.
- [12] 浜田信行ほか. NCRP Report No. 180 「電離放射線被ばくの管理: 米国のための放射線防護ガイダンス」の概要. 保健物理 2019;54:89-102.
- [13] NCRP Report No. 132. Radiation protection guidance for activities in low-Earth orbit. 2000.
- [14] ICRP Publication 118. ICRP Statement on Tissue Reactions/early and late effects of radiation in normal tissues and organs – threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context. 2012.
- [15] Salomaa S, et al. Low dose radiation therapy for COVID-19 pneumonia: is there any supportive evidence? Int J Radiat Biol. 2020;96:1224-1227.

[16] Salomaa S, et al. Is there any supportive evidence for low dose radiotherapy for COVID-19 pneumonia? *Int J Radiat Biol.* 2020;96:1228-1235.

[17] Little MP, et al. Pneumonia after bacterial or viral infection preceded or followed by radiation exposure: a reanalysis of older radiobiologic data and implications for low dose radiation therapy for Coronavirus Disease 2019 pneumonia. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2020;in press.

[18] Prasanna PG, et al. Low-dose radiation therapy (LDRT) for COVID-19: benefits or risks? *Radiat Res.* 2020;194:452–464.

講演 4

「IAEA 放射線安全基準委員会(RASSC)における最近の検討状況」

原子力規制庁 荻野 晴之

国際原子力機関（IAEA）は、原子力及び放射線の利用に関する安全基準を策定するために、安全基準委員会（CSS）を設置し、その下に5つの分野別安全基準委員会¹を置いている。このうち、放射線防護に関連した検討を行うのが、放射線安全基準委員会（RASSC: **R**adiation **S**afety **S**tandards **C**ommittee）である。年2回、各国のRASSC委員（2020年5月現在、62カ国）及びその技術支援者並びに関連機関²が参加し、IAEA安全基準文書の草案及び関連情報の共有並びに政策課題についての審議を行っている¹。RASSC会合資料は全てIAEAウェブページ²に掲載されている。また、原子力規制庁では、IAEAとの合意に基づき、IAEA安全基準シリーズ等を翻訳し、公開している³。

本発表では、RASSCにおける最近の検討状況について報告する。

(1) 放射線安全に関する国際会合（2020年11月9～20日）

IAEAが2014年に出版した共通安全要件GSR Part 3⁴の加盟国における履行上の課題を抽出するため、IAEA主催「放射線安全に関する国際会合」が7つの国際機関（EC, FAO, ILO, OECD/NEA, PAHO, UNEP, WHO）の協力を得て開催された^{5,6}。議長を務めたRosario Velasco Garcia氏（スペイン）は、閉会セッションにおいて、放射線安全専門職（Radiation Safety Profession）が世界でも類を見ない優れた公衆・環境防護システムを構築できた理由として、国際的にも受け入れられている科学的発展及び非政府慈善団体の勧告する普遍的なパラダイムに基づいていること、全ての関連する国際機関が共同で策定する基準を政府間体制で構築していること等を挙げて、これに匹敵する公衆の防護制度が他にあるだろうかと投げかけた。その上で、これだけの成功を収めているにも拘らず、約1世紀の運用期間を経て、同システムは確実に何らかの見直しを必要としていることを強調し、同システムを強化するための今後の検討における重要な項目として、以下の内容を挙げた⁷。

1. 現代社会における意思決定プロセスにおいて、倫理的配慮をこれまで以上に優先すること；
2. 国民が情報に基づいた意思決定を行えるよう支援するため、放射線防護の専門家には、事実に基づいた情報を提供する倫理的・道徳的責任があること；
3. 正当化と最適化の原則は、医療分野では確立されているが、他の放射線防護分野では十分に確立されておらず、結果として、決定が主に線量を考慮して行われることが多く、経済的・社会的側面があまり考慮されていないこと；
4. グレーデッドアプローチ（限られた資源を関連するリスクに比例して割り当て

¹ 緊急事態への準備と対応基準委員会（EPreSC）、原子力安全基準委員会（NUSSC）、放射線安全基準委員会（RASSC）、輸送安全基準委員会（TRANSSC）、廃棄物安全基準委員会（WASSC）

² EC, ENISS, EUR, FAO, HERCA, ICRP, IEC, ILO, IRPA, ISO, ISSPA, NEA, PAHO, UNEP, UNSCEAR, WHO, WNA（2020年5月現在）

る)を完全に採用することに消極的である。グレーデッドアプローチを適用することで放射線防護の質が低下するのではないかという懸念があるが、実際にはその逆であること；

5. 資源の再利用を可能にするクリアランスは、廃棄物の発生とそれに伴うコストの最小化のため、国の政策にとって不可欠な要素であるが、長年の間にシステムが複雑となり、規制当局の非常に保守的なアプローチは関連するリスクやグレーデッドアプローチの適用とは相反するものとなっていること；
6. 現存被ばく状況の管理は、特に困難であることが証明されており、環境中に既に存在する自然放射線源に対する、正当化及び最適化の原則並びにグレーデッドアプローチの適用に課題があること；
7. セキュリティスクリーニングや年齢測定、麻薬の密輸防止等の分野において、医療以外の目的で個人が意図的に放射線を浴びる、非医学的人体撮像 (Non-medical human imaging)³が世界の多くの地域で日常的に行われているが、時には規制当局の監督なしに行われており、利点とリスクを考慮に入れた正当化の判断が重要な問題となること。

(2) 個別安全指針「規制免除の概念の適用」(DS499) 草案

2004年に出版された安全指針 No. RS-G-1.7「除外、免除、クリアランスの概念の適用」⁸について、共通安全要件 GSR Part 3⁴に基づいて、2つの個別安全指針(免除: DS499⁹、クリアランス: DS500¹⁰)と1つの安全レポート(日用品の貿易における放射線安全)を作成し、改訂するための検討が進められている。2020年12月現在、安全基準文書策定プロセスのStep 7(分野別安全基準委員会による一回目のレビュー)の段階にある。

GSR Part 3⁴は、要件 8において、「政府又は規制機関は、どの行為又は行為内の線源が、本基準の要件の一部又は全てから免除されるのかを決定しなければならない」と述べている。また、GSR Part 3⁴の附則 I において、届出、登録又は許可などの要件から自動的に免除されるレベルとして、代表的な放射性核種に対する放射能濃度(Bq/g)及び放射能量(Bq)を示している。ここで重要なことは、これらのレベルは、政府又は規制機関が免除を決定する際の「十分条件」ということである。すなわち、仮にこれらのレベルを超えていたとしても、免除のための一般規準(附則 I, GSR Part 3⁴)を満足することがケースバイケースのアプローチによって判断されれば、規制の免除を引き続き決定することが可能となる。DS499 草案⁹では、このような免除を「個別免除(Specific Exemption)」と呼び、例として、天然起源核種を含有する大量の固体状物質や表面汚染物質等を挙げている。

本発表では、DS499 草案(2020年9月10日現在)⁹の内容に基づいて、改訂の概要(GSR Part 3⁴における規制免除に関する要件、一般免除(Generic Exemption)と個別免除(Specific Exemption)の違い、等)について報告する。

(3) 個別安全指針「ラドン被ばくに対する作業者の防護」(DS519) 文書作成計画

³ IAEA では、個別安全指針 SSG-55「Radiation Safety of X Ray Generators and Other Radiation Sources Used for Inspection Purposes and for Non-medical Human Imaging」¹¹を2020年に出版し、非医学的人体撮像(Non-medical human imaging)に対する詳細なガイダンスを提供している。

IAEA は、共通安全要件 GSR Part 3⁴に基づいて、共通安全指針 GSG-7「職業上の放射線防護」¹²を 2018 年に出版しており、現在、ラドン被ばくに対する作業者の防護に関する個別安全指針 (DS519) を出版するため、草案の検討を進めている¹³。2020 年 12 月現在、安全基準文書策定プロセスの Step 5 (草案の準備) の段階にある。

GSR Part 3⁴は、第 5 章において、現存被ばく状況に関する要件を示しており、ラドンを含む自然起源による被ばくも防護の対象としている。要件 52 では、「規制機関は、現存被ばく状況における作業者の防護のための要件を規定し、施行しなければならない」とされており、作業場におけるラドンからの被ばくについては、以下の 3 つの重要な記述がある。

(5.27) 規制機関又は他の関係当局は、²²²Rn の適切な参考レベルの確立を含む、作業場の ²²²Rn による被ばくに対する防護の戦略を確立しなければならない。²²²Rn の参考レベルは、その時点で広く見られる社会的及び経済的状况を考慮して、²²²Rn の年平均放射能濃度の 1,000 Bq/m³ を超えない値に設定されなければならない⁴；

(5.28) 雇用主は、作業場の ²²²Rn の放射能濃度が 5.27 項に従って定められている参考レベル以下で合理的に達成可能な限り低いことを確実にしなければならず、その防護が最適化されることを確実にしなければならない；

(5.29) もし、ラドンの放射能濃度低減のための雇用主によるあらゆる合理的な努力にもかかわらず、作業場の ²²²Rn の放射能濃度が 5.27 項に従って定められた参考レベルよりも高いままならば、第 3 章で定めた計画被ばく状況における職業被ばくのための当該要件を適用しなければならない。

本発表では、DS519 文書作成計画¹³に基づいて、本指針の概要を報告する。また、DS519 に関連する国際的な動向として、ラドンの単位被ばく量 (WLM: Working Level Month)⁵あたりの致死肺がんのリスク (mSv/WLM) が挙げられる。IAEA では、ICRP が 2018 年 2 月に Publication 137「Occupational Intake of Radionuclides: Part 3」¹⁴を発刊したことを受けて、2019 年 10 月に IAEA 技術会合¹⁵を開催し、GSR Part 3⁴の内容を直ちに変更する必要性はないことや、IAEA は加盟国に対してラドンの線量換算係数の使用に関するポジションペーパーを発行すべき等の結論を出している。本発表では、8 つの国際機関 (EU, FAO, IAEA, ILO, OECD/NEA, PAHO, UNSCEAR, WHO) から構成される IACRS (Inter-Agency Committee on Radiation Safety) が 2020 年 7 月に発表した「ラドンの被ばく管理に関する情報文書」¹⁶の概要についても紹介する。

⁴ ²²²Rn の平衡係数 0.4、年間 2,000 時間滞在と仮定すると、1,000 Bq/m³ という ²²²Rn の放射能濃度の値は、10 mSv のオーダーの年間実効線量に相当する (脚注 57, GSR Part 3)。

⁵ WLM (Working Level Month) とは、1 作業月 (170 時間) にわたって、1 WL (Working Level) の濃度の空気を呼吸することによる累積被ばく量。WL (Working Level) とは、1 リットルの空気中に、1.3×10⁵ MeV のポテンシャル・アルファ・エネルギーを放出するラドンの短寿命子孫核種の任意の混合濃度。1 WL=2.08×10⁻⁵ J/m³ (用語解説, ICRP Publication 115)。

参考資料

1. IAEA, Radiation Safety Standards Committee (RASSC) Membership: 2018-2020.
<https://www-ns.iaea.org/committees/files/RASSC/190/A-ListofMembers2018-2020-MAY2020.pdf>
2. IAEA, Radiation Safety Standards Committee (RASSC).
<https://www-ns.iaea.org/committees/rassc/>
3. 原子力規制庁, 国際基準等の出版物の翻訳 (IAEA 安全基準シリーズ翻訳等),
https://www.nsr.go.jp/activity/kokusai/kokusai_kijun.html
4. IAEA, Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. IAEA Safety Standards General Safety Requirements Part 3(GSR Part 3), 2014.
https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1578_web-57265295.pdf
5. IAEA, International Conference on Radiation Safety: Improving Radiation Protection in Practice. 9-20 Nov., 2020.
<https://www.iaea.org/events/international-conference-on-radiation-safety-2020>
6. IAEA, Radiation safety in the next decade: Key areas. 20 Nov., 2020.
https://www.iaea.org/sites/default/files/20/11/radiation_safety_conference-key_outcomes.pdf
7. Rosario Velasco Garcia, Summary by the Conference President of the International Conference on Radiation Safety. Closing Session. 20 Nov., 2020.
<http://streaming.iaea.org/21565>
8. IAEA, Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance. IAEA Safety Standards Series No. RS-G-1.7, 2004.
https://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/pub1202_web.pdf
9. IAEA, Application of the Concept of Exemption (DS499), First Review of the Draft by the Review Committees (Step 7, as of 10 September 2020).
<https://www-ns.iaea.org/committees/comments/default.asp?fd=2031&dt=>
10. IAEA, Application of the Concepts of Clearance (DS500), First Review of the Draft by the Review Committees (Step 7, as of 26 August 2020).
<https://www-ns.iaea.org/committees/comments/default.asp?fd=2050&dt=>
11. IAEA, Radiation Safety of X Ray Generators and Other Radiation Sources Used for Inspection Purposes and for Non-medical Human Imaging. Specific Safety Guide No. SSG-55, 2020.
https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1852_web.pdf
12. IAEA, Occupational Radiation Protection. General Safety Guide No. GSG-7, 2018.
https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1785_web.pdf
13. IAEA, Protection of Workers against Exposure due to Radon (DS519), Preparing the Draft (Step 5, as of 24 November 2020).
<https://www.iaea.org/sites/default/files/dpp519.pdf>
14. ICRP, Occupational Intakes of Radionuclides: Part 3. ICRP Publication 137. Ann. ICRP

46(3/4), 2017.

https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB_46_3-4

15. 細田正洋, ラドンに対する新しい線量換算係数の影響に関する技術会合の参加報告, 保健物理, 54(4), 226-230 (2019).

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jhps/54/4/54_226/pdf/-char/ja

16. IACRS, Managing Exposure Due to Radon at Home and at Work, Information overview prepared by the Inter-Agency Committee on Radiation Safety (IACRS), July 2020.

<http://www.iacrs->

[rp.org/products/IACRS%20Radon%20Information%20Overview%20FINAL%20-%2024_07_2020.pdf](http://www.iacrs-
rp.org/products/IACRS%20Radon%20Information%20Overview%20FINAL%20-%2024_07_2020.pdf)

講演 5

「OECD/NEA 放射線防護・公衆衛生委員会（CRPPH）における最近の検討状況」

原子力規制庁 本間 俊充

CRPPH は OECD の一部（NEA：原子力機関）である国際的な政府間組織として、また、拘束力のない文書を作成する放射線防護専門家の委員会として、放射線防護を構成する学際的な分野、公衆衛生及び環境に関して、助言、ガイダンス、枠組み、規制及び運用からのフィードバックを提供し、国の当局、政策立案者、実務者及びステークホルダーにとって、独自の権威ある情報源であるとされている。加盟国が共有する多様な経験がもたらす高い価値により、委員会の参加型の作業手法は、放射線防護の概念、規制上の問題及び実務に関する国際的なコンセンサスが求められる分野での迅速な進展を促している。

具体的には、年会などの会合、ワークショップ、ウェビナー、専門家/作業グループ、共同事業/サービス（WPNEM, ISOE）、緊急事態演習を通じて、委員会は UNSCEAR の科学、ICRP の概念、IAEA の基準を解釈し、新たな課題に直面した際に現実的に前進する道筋やグッドプラクティスを提示している。また、各国政府や国際機関が最先端のレベルを維持し、ベストプラクティスを活用するためにそのフィードバックも提供してきた。

NEA 戦略計画と CRPPH のマンデート

NEA は第 4 次戦略計画 2017-2022 [[NEA/NE\(2016\)3/FINAL](#)]で、人の健康と環境の放射線防護の分野における概念的、科学的、政策的、規制的、運用上及び社会的な問題を確認し、効果的に対処することにより、加盟国における放射線防護システムの規制、実施及び更なる発展を支援することを包括的な目標とした。この目標を達成するための一連の行動は、CRPPH のマンデート [[NEA/NE\(2016\)6](#)]で詳細に説明されている。NEA 戦略計画と CRPPH のマンデートという包括的な基盤に基づいて、加盟国における放射線防護政策、規制及び適用の現状に関する委員会の経験と評価から CRPPH の戦略的方向性が導かれている。

CRPPH の主な価値観

CRPPH では、以下の価値観が委員会の理念の中心であり、委員会が今後も付加価値を高め効果的に前進していくための基盤としている：

- 積極的かつ行動指向
- 前を向いて
- タスク指向で期間限定
- 委員会で特定された問題に迅速に対応するという点で柔軟性がある
- 科学、規制、運用の点でバランスがとれている
- 放射線防護原則の“ユーザー”へのサービスに注力

- 相互学習による継続的改善の推進
- 多様な意見を受け入れながら、コンセンサスを求める
- 放射線防護基準の適用における文化的差異の重要性の認識
- 問題の検討と評価に可能な限り多くの関係者の意見を取り入れたオープン参加型
- 他組織の業務との重複を避ける

CRPPH 戦略的方向性の検討

昨年 CRPPH では、現在進行中の戦略的方向性を踏まえ、継続性を確保しつつ、2021-2022 年の作業計画及び 2023 年以降の戦略計画を議論するために戦略的方向性の更新に着手した。この更新については各国とも歓迎しており、今回の見直しのための考え方として以下に同意した：

- 現行の放射線防護システムの実施と実践に関する CRPPH の見解と経験の可視性を高め、特に次期の ICRP 主勧告への実践的なインプットを提供する。これは、ICRP 勧告、IAEA 国際安全基準あるいは地域基準についての加盟国の教訓や経験を十分把握することによって、次期主勧告や更新に役立てられる。
- 包括的な概念やアプローチに関して委員会が主催した 2 つの主要な国際ワークショップから得られた知見を統合する。
 - “ステークホルダーの関与：リスクコミュニケーション”、2019 年 9 月 24 日～26 日、パリ
 - “最適化：合理性の技術の再考”、2020 年 1 月 13 日～15 日、リスボン
- COVID-19 パンデミックからの教訓を探る。これは、関連する教訓を CRPPH の視点に統合するために、COVID-19 の危機と回復の期間に取られたアプローチ、構成要素と影響因子、意思決定プロセスの詳細な分析を行う価値があるからである。

さらに、CRPPH の戦略的方向性では、社会経済的要因やその他の要因、リスクを考慮に入れた放射線防護に対する統合的なアプローチを引き続き推進すべきであるとした。例えば、多くの決定は放射線学的な理由のみで行われるべきではなく、他の有意なリスクや意図しない結果の増加をもたらすものであってはならない。

これを反映して、2020 年の調査では、以下の 4 つの戦略目標について加盟国のコメントを求めた：

- 戦略目標#1：放射線防護政策と実務の近代化
 - #1.1 経験のより良い反映と規制の適用性の向上
 - #1.2 基礎分野の進歩の把握と最先端の維持
 - #1.3 経験と社会の進化を反映したステークホルダーの参画と関与アプローチの発展
- 戦略目標#2：原子力緊急事態への高度な備えと緊急事態後の復旧事項の策定
- 戦略目標#3：原子力施設作業員の職業的被ばく
- 戦略目標#4：継続性を確保するための知識管理

本報告では、今後の CRPPH の戦略的方向性のベースとなる上記 2 つのワークショップで得られた知見を中心に CRPPH における最近の検討状況について報告する。戦略的方向

性に関する調査の結果にも触れる。

参考：最近の NEA/CRPPH 出版物

1. **Challenges in Nuclear and Radiological Legacy Site Management: Towards a Common Regulatory Framework**, published: 29 September 2020
https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_40359/challenges-in-nuclear-and-radiological-legacy-site-management-towards-a-common-regulatory-framework
2. **Occupational Exposures at Nuclear Power Plants (2017)**, published: 27 May 2020
https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_27292/occupational-exposures-at-nuclear-power-plants-2017
3. **Proceedings of the Fifth International Nuclear Emergency Exercise (INEX-5) Workshop**, published: 02 October 2018
https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_15110/proceedings-of-the-fifth-international-nuclear-emergency-exercise-inex-5-workshop
4. **Experience from the Fifth International Nuclear Emergency Exercise (INEX-5)**, published: 07 September 2018
https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_15064/experience-from-the-fifth-international-nuclear-emergency-exercise-inex-5
5. **Towards an All-Hazards Approach to Emergency Preparedness and Response**, published: 12 January 2018
https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_15010/towards-an-all-hazards-approach-to-emergency-preparedness-and-response
6. **Radiological Protection Science and Application (2016)**, published: 03 March 2016
https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_14968/radiological-protection-science-and-application-2016
7. **原子力緊急事態の事後管理における ステークホルダー関与の実践と経験**, published: 20 September 2012
https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_14838/
8. **Evolution of the System of Radiological Protection (Japanese version) 放射線防護体系の発展**, ICRP 2007 年勧告の取り入れに関する討論, published: 31 March 2011
https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_14596/evolution-of-the-system-of-radiological-protection-japanese-version
9. **Evolution of ICRP Recommendations – 1977, 1990 and 2007**, Changes in Underlying Science and Protection Policy and Case Study of their Impact on European and UK Domestic Regulation, published: 28 February 2011
https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_14604/evolution-of-icrp-recommendations-1977-1990-and-2007

**放射線防護に関する国際動向報告会（2021年1月8日開催）
参加者アンケート集計結果**

回答数

参加者数※	回答数	回収率
100	61	61.0%

1. 所属

	研究者	事務員	教員	技術者	その他	無回答	合計
回答数	16	3	9	10	17	6	61
割合	26.2%	4.9%	14.8%	16.4%	27.9%	9.8%	100.0%

その他内訳

- ・ コミュニケーター
- ・ NPO
- ・ 大学病院職員
- ・ 自営業
- ・ 行政
- ・ コンサルタント
- ・ 団体職員
- ・ 学生 等

2. 年齢

	20歳未満	20歳代	30歳代	40歳代	50歳代	60歳代	70歳以上	合計
回答数	0	2	6	8	23	16	6	61
割合	0.0%	3.3%	9.8%	13.1%	37.7%	26.2%	9.8%	100.0%

3. 報告会を何で知りましたか

	講演者	学会	学会 HP	アンブレラ HP	その他	合計
回答数	1	42	6	7	5	61
割合	1.6%	68.9%	9.8%	11.5%	8.2%	100.0%

4. 今後取り上げてほしいテーマは何ですか（複数回答可）

	放射線の生物学的影響とリスク	放射線安全利用	原子力・放射線事故対応	環境放射線と放射性廃棄物	放射線測定と線量評価	放射線教育、リスクコミュニケーション	その他	無回答	合計
回答数	34	13	15	16	18	31	4	1	132
割合	25.8%	9.8%	11.4%	12.1%	13.6%	23.5%	3.0%	0.8%	100%

5. その他ご意見・ご要望

- (1) 業務の都合で、あまり長い時間参加できませんでした。録画の公開をお願いしたいと思いません。(40歳代 教員)
- (2) 長時間の開催で演者の先生の皆様及び事務局の皆様、有難うございます。良い議論が行われていたと存じます。(60歳代 事務職)
- (3) 世界の動向をまとめて見ることが出来て大変良かったです。ありがとうございました。(50歳代 教員)
- (4) 医学・工学利用における放射線利用に関する国際的な規制の在り方。Graded approach の適用例。X線、放射光利用における規制の考え方。(40歳代 教員)
- (5) Graded Approach にしても Reasonableness にしても Tolerability にしても日本語にしておきたい。「段階的対処（アプローチ）」「納得性」「受忍性」など。(50歳代 NPO)
- (6) 国際情勢がよくわかり、大変有益な会議でした。web なので、場所にとらわれず参加できたのが良かったです。ありがとうございました。日本人のバックグラウンドデータにもとづいたリスク係数があるとよいと思いました。(60歳代 研究者)
- (7) ダウンロードできる講演資料があるとありがたいです。(70歳以上 研究者)
- (8) 感染症の同様な国際機関関係の専門家と合同で意見交換を行なって頂きたいです。新型コロナ禍において原子力災害が発生した際に、どちらのリスクを重視してどのような防護措置を取るべきか、国際的な議論を踏まえて、しっかりと話合っていると有難いです。(50歳代 行政)
- (9) 放射線防護関係者は、放射線のリスクを過大に考えがちと思う。実態的な放射線リスクと、放射線以外のリスクとの相対的な関係も考慮して、全体としてのリスク管理の最適化が考慮されるべきだろう。(70歳以上 研究者でもあった事務職員であろう)

- (10) 参加者からの意見コメントをできるだけ多く取り入れて討議するのが望まれる。講演者やパネリストの講演会ではなく、幅広い多くの意見と討議が必要と考える。(60歳代 研究者)
- (11) Web開催でしたので参加する機会を与えていただき有難うございました。勉強になりました。(60歳代 事務職員)
- (12) 放射線防護についての最近の動向を知ることができ、大変有益に思いました。但し、福島での原発事故に対しての日本の放射線リスクへの過剰とも思われる対応（恐らくは世論を気にししてのこと）と **well being** との関係についての議論も聞きたかった。確か、米国では、こうした日本の不経済な政策を見て、現行の ICRP の基準を見直そうと言う意見が出てきたと聞いていたと思います。(70歳以上 放射線利用の研究)
- (13) 国際動向および方向性をまとめて聞くことができ大変勉強になりました。医療現場でもご存じのように正当性、最適化が施行規則に取り入れられ、線量管理に迫られています。今後、国民の関心も高まり、精緻な線量評価が現場に求められると予想されますが、最適化に重心を置いて頑張ります。(50歳代 医療従事者)
- (14) これまでの報告会にはなかなか参加する都合がつかせませんでした。zoomによる開催で参加しやすくなりました。(30歳代 日本原子力研究開発機構)
- (15) 発表の内容を、出来る限り絞ってほしい。(60歳代 RI管理業務等)
- (16) multidisciplinaryな議論をしてもよいのではないのでしょうか。(60歳代 大学)
- (17) 本日はありがとうございました。(50歳代 技術系職員)
- (18) IAEA、ICRP等の国際機関の活動状況（着目点）等が理解でき、とても有意義でした。ただ、直接リスクに係るものではありませんでしたが、質問への回答が確認できなかったことは残念でした。(60歳代 技術者)
- (19) 動向を把握しやすいようパネルディスカッションを強化してほしい。(60歳代 放射線計測・利用会社 社員)
- (20) パネルディスカッションの内容は放射線リスクを理解するうえで大変有意義なものでした。(60歳代 公益財団職員)
- (21) パネル討論で、専門用語の多用によって、議論の要点が分かりにくかった。甲斐先生のまとめは良かった。(60歳代 所属無回答)
- (22) 多くの問題点や課題について整理され、非常に良いディスカッションを聞かせていただきました。時間も十分であったように思います。運営に携わった皆様どうもありがとうございました。(30歳代 教員)
- (23) 充実した内容であったと思います。甲斐先生のまとめながらの進行も有益でした。参加者の自発性を促す仕組みに工夫があってもよいのではないかと思います。(50歳代 研究者)

- (24) 途中で退出して申し訳ありません。予定している公開講座などで話をするときに大変参考になりました。(70歳以上 基礎研究の研究者)
- (25) 非常に有意義な報告会でした。パネルディスカッションでの甲斐先生のポイントのまとめ作成はわかりやすくよかったです。伴先生の最後の不確かさに関する Dose-response は、その通りと思いました。お疲れ様でした。(50歳代 教員)

以上

令和 2 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

第 4 回ネットワーク合同報告会 報告書

令和 3 年 3 月

国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構

本報告書は、原子力規制委員会の令和 2 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)事業による委託業務として、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構が実施した「第 4 回ネットワーク合同報告会」の成果をとりまとめたものである。

まえがき

本報告書は、令和2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（以下、「アンブレラ事業」という。）の一部として、アンブレラ内での合意形成に向けたオープンな議論を行うために開催された報告会にて報告された内容と議論を取りまとめたものである。

アンブレラ事業は、原子力規制委員会が平成29年度から開始した「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）」の一課題として採択された。本事業の実施は、原子力規制委員会から量子科学技術研究開発機構（以下、量研）、日本原子力研究開発機構（以下、原子力機構）、原子力安全研究協会（以下、原安協）が受託し、この3機関がネットワークによる自立的な議論や調査、アウトプットの創出等を支援する役割を担っている。

アンブレラ事業では、放射線防護の喫緊の課題の解決に適したネットワークを形成しながら、放射線防護に関連する学術コミュニティと放射線利用の現場をつなぐことを目的とした活動を行うこととしている。また、放射線防護の専門家集団が課題解決案を国等に提案するのみならず、ステークホルダー間での合意形成や施策の実施にも協力する存在となるため、日常的に国際動向に関する情報や問題意識を共有する環境を5年間かけて整備することを、事業目標として掲げている。

その仕組みとして考えているのが、学術コミュニティと課題解決型ネットワークをつなぐアンブレラ型のプラットフォーム、いわゆるアンブレラである。

アンブレラ事業内では、ネットワークの代表者で構成された「代表者会議」がアンブレラの運営全般に関与することで、放射線防護分野の全ステークホルダーが、個別の課題の解決といった共通の目的に向けて「情報共有」「連携」「協調」を進めている。また、国際動向報告会やネットワーク合同報告会の開催や構築したHPを通じて、関係者間の情報共有や横断的議論の場を提供している。

第4回ネットワーク合同報告会には、行政、大学・研究機関・医療機関、民間企業、一般からの40名ほどの参加があった。放射線防護アカデミアや緊急時対応人材ネットワークや職業被ばく最適化推進ネットワークがそれぞれの活動を報告した。また今年度は、5年間事業の4年目となるため、放射線防護アンブレラの事業の参加者13名がパネラーとなり、この4年間の活動を振り返り、今後の取り組みについて議論した。本報告書はその記録である。

令和3年3月

国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構

令和2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
第4回ネットワーク合同報告会

1. 主催:原子力規制委員会・量子科学技術研究開発機構
2. 日時:令和3年2月9日(火)14:00～17:00
3. 場所:WEB 開催

プログラム

全体進行 岩岡 和輝(量研)

14:00-14:05	開会のあいさつ	高山 研(原子力規制庁)
14:05-14:40	アンブレラの活動概要Ⅰ ～代表者会議や実効線量と実用量に関するWGの活動～ ・全般について(15分) ・国際動向報告会(10分) 〈質疑応答 10分〉	座長:吉澤 道夫(事業担当者、原子力機構) 神田 玲子(量研) 杉浦 紳之(原安協)
14:40-15:10	アンブレラの活動概要Ⅱ ～参加学会を中心とした活動～ ・日本放射線安全管理学会(5分) ・日本放射線影響学会(5分) ・日本放射線事故・災害医学会(5分) ・日本保健物理学会(5分) 〈質疑応答 10分〉	座長:百瀬 琢磨(事業担当者、原子力機構) 中島 覚(広島大学、日本放射線安全管理学会) 児玉 靖司(大阪府立大学、日本放射線影響学会) 富永 隆子(量研、日本放射線事故・災害医学会) 飯本 武志(東京大学、日本保健物理学会)
15:10-15:50	アンブレラの活動概要Ⅲ ～ネットワーク(NW)を中心とした活動～ ・職業被ばく最適化推進NW(15分) ・緊急時放射線防護NW(15分) 〈質疑応答 10分〉	座長:杉浦 紳之(事業担当者、原安協) 吉澤 道夫(原子力機構) 百瀬 琢磨(原子力機構)
15:50-16:50	パネルディスカッション:放射線防護アンブレラの活動の振り返りと今後 ・パネルディスカッション ・原子力規制庁からのコメント	座長:神田 玲子(量研) パネラー: 飯本 武志(東京大学、日本保健物理学会) 甲斐 倫明 (大分看護科学大学、日本保健物理学会/PLANET) 小林 純也(京都大学、日本放射線影響学会) 児玉 靖司(大阪府立大学、日本放射線影響学会) 酒井 一夫(東京医療保健大学、PLANET) 富永 隆子(量研、日本放射線事故・災害医学会) 中島 覚(広島大学、日本放射線安全管理学会) 松田 尚樹(長崎大学、日本放射線安全管理学会) 橋本 周 (日本原子力機構、日本原子力学会 保健物理・環境科学部会) 加藤 尊秋 (北九州市立大学、日本リスク学会・原子力災害の防護方策の意思決定に関する検討TG) 百瀬 琢磨(日本原子力機構) 吉澤 道夫(日本原子力機構) 杉浦 紳之(原子力安全研究協会) 高山 研(原子力規制庁)
16:50-16:55	プログラムオフィサーによる総評	高橋 知之(京都大)
16:55-17:00	閉会のあいさつ	神田 玲子(量研、事業代表者)



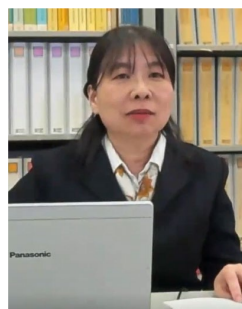
岩岡 和輝氏



高山 研氏



吉澤 道夫氏



神田 玲子氏



杉浦 紳之氏



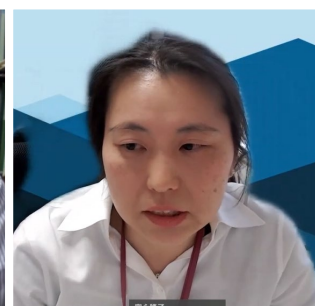
百瀬 琢磨氏



中島 覚氏



児玉 靖司氏



富永 隆子氏



飯本 武志氏



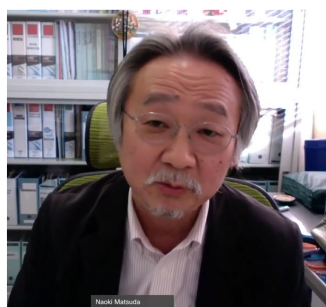
甲斐 倫明氏



小林 純也氏



酒井 一夫氏



松田 尚樹氏



橋本 周氏



加藤 尊秋氏



高橋 知之氏

プログラム掲載者の当日写真(プログラム登場順)

開会のあいさつ

高山 研（原子力規制庁）

皆さまこんにちは。原子力規制庁の高山でございます。

本日は年度末のお忙しい中、本報告会にご出席いただきましてありがとうございます。

今年度も終わりを迎えつつありますが、今年度はコロナウイルスの関係で、さまざまな活動、計画などが大きく変わった1年間だったと思います。しかしながら、そのような中でもこのアンブレラの活動に先生方、ご尽力いただきまして誠にありがとうございます。

本日は今年度のご報告をいただくという会でございます。また後半ではパネルディスカッションが行われると伺っております。出席された先生方におかれましては、本日のさまざまな各部門からのご報告を、今後の研究活動やアンブレラの活動などに生かしていただき、本日後半のパネルディスカッションでは、今後のアンブレラ活動の方向性についてディスカッションいただく伺っておりますので、より良いディスカッションにつながっていければ原子力規制委員会としても幸いです。

本日はどうぞよろしくお願いいたします。

セッション:アンブレラの活動概要I ～代表者会議の活動～

アンブレラの活動全般概要

神田 玲子 (量子科学技術研究開発機構)

量研の神田です。私からは今年度のアンブレラの活動を紹介させていただきながら、本日の報告会の流れについて説明をさせていただきます。

毎年、お話ししていることですが、本ネットワーク形成推進事業、通称アンブレラ事業では、放射線防護の喫緊の課題の解決に相応しいネットワーク(NW)を作りながら、放射線防護のアカデミアと放射線利用の現場をつなぐ活動を行うことを目的としています。そのため、現在は特定の課題の解決を目的としたネットワークが2つあります。そして課題を洗い出す枠組みとして、放射線防護に関連する学会等で構成された放射線防護アカデミアがあります。これも一つの大きなネットワークと考えております。こうしたアンブレラ内での情報共有を目的として、毎年、国際動向報告会やNW合同報告会の開催を行ってまいりました。

今年度は本事業が4年目ということで、それぞれのネットワークではこれまでの検討結果をもとにステークホルダーとその実効性について議論するステージとなりました。アカデミアでは、線量に関する学会連携での検討を開始しました。これは昨年度、国際動向報告会で行った、新たな線量の概念に関するパネルディスカッションを受けてのことです。それからアカデミアが提案した重点テーマ研究に関するフォローも行いました。また学会は、緊急時という共通テーマに関して、それぞれの学会の視点から調査や議論を行いました。

こうした活動では、この後、学会やNWにはそれぞれの取り組みについてご報告いただきますので、最初のセッションでは、私からは学会連携で行った活動について、それから杉浦先生から国際動向報告会について報告したいと思います。

事業の4年目ともなりますと、アンブレラ事業内にも、いろいろな取り組みが並行して走っていますので、事業の関係を整理してみます。

この事業では、アカデミアが課題を抽出し、課題解決に取り組む部隊を組織化して、解決策を検討して、ステークホルダーと調整をして、解決策を実施する、あるいは解決策を実施すべき主体に提言する、というサイクルを回すことを目標としています。課題抽出からスタートすると5年では間に合わない可能性があるため、多くは途中からスタートしています。2つのNWの活動は、テーマは決めうちで初年度から今まで活動して、最終年度にこれまで検討してきた方策の具体的な提案の形でまとめます。アカデミアでも、初年度は放射線安全規制研究の重点テーマ、次年度からは放射線防護人材の不足について取り組んでいますが、これら課題も決めうちで、既存の団体が検討し、一部は解決策の実施も行っていますが、若手のニーズなどはつかみかねています。

そして3年度から、課題を抽出するところにトライしました。国際動向報告会での円卓会議で取り上げたテーマである、線量に関する問題に関して、今年度は代表者会議の中にWGを設置し、解決策の検討を始めました。また今年度は各学会が調査や検討を行い、課題を抽出することに

トライをしています。このように 5 年間、委託事業の枠組みの中で、私たちはいろいろな取り組みを行い、経験値を高めているところです。

この事業のポイントは、解決策を導き出す各ステップにおいて、解決策の実効性を高めるために、適切な主体が自主的に活動する、という点にあります。そこで、ステークホルダーを包括した NW、学会単独、学会連携、あるいは学会からの推薦者で組織化した WG などが主体となって、さまざまな取り組みをしてきました。これまで、事業の経系、横系、という言い方をしてきましたが、この事業では、検討して結果を出すことだけではなく、そこに至るプロセスが重要だと思っています。こうしたチャレンジは委託事業のようなきっかけがないとなかなかできないことだったと思っています。

本報告会では、国際動向報告会や学会と NW それぞれの活動はこの後、担当者からご報告しますので、私からは学会連携で行った取り組みについて紹介したいと思います。

最初に、線量に関する諸問題に関する検討について報告します。昨年度、国際動向報告会では、国際機関の関係者が集まり、円卓討議を行ってみようということで、実効線量と実用量について、日本として今後取り組むべき問題の整理を試みることにしました。ファシリテーターの甲斐先生には論点をまとめていただきましたが、RBE のように生物系が関与すべき問題から、サーベイメータはどうなるの、といった実務的な問題までいろいろあることがわかりました。

そこで今年度、代表者会議の下部組織として、WG を立ち上げ、アカデミアが共同して、この問題の整理を引き継ぎました。アカデミアに参加する学会からメンバーを推薦いただきましたが、原子力学会の保健物理・環境科学部会にも声がけをして WG メンバーを推挙いただきました。このご縁で、原子力学会内の他の放射線関連部会にもアンブレラの情報を展開いただける関係が構築できています。

この WG の活動ですが、今年度は情報を集めてアンブレラ事業としての課題を整理し、2 年目に国内規制や研究現場、可能ならば国際機関に向けての提案をまとめる予定でおります。そして、これまでのところ Webinar を通じて情報を収集するとともに、その情報を専門家の中で共有する試みに行っています。

Webinar の開催に関しては、WG メンバーが担当回を決めて企画して講師との交渉や座長も務めています。一方的な講義ではなく、質疑やパネル討論の時間を設け、セミナー終了後には回答しきれなかった質問への回答もご用意しています。

セミナーの参加者数ですが、今は動画配信もしていて、これまでに 1 回でも参加登録していれば、全部の回が視聴できますので、2 回目以降は、1 回目ほどの参加者はいませんが、それでも 1 回あたりの動員数でいうとこれまでの対面式の報告会よりもはるかに多いです。

また今回、テーマが線量ということもあって、企業や病院からの参加も多く、いわゆる放射線防護の専門家以外の方が気軽に参加いただける企画だったかと思います。こうしたことから、代表者会議の中では、今年度の活動としては成功事例として評価されています。

続きまして、重点テーマ研究のフォローについてです。初年度の活動と4年目の活動では、かなり変わってきました。

ネットワークの代表者は過去4年間、原子力規制委員会の研究推進委員会から翌年の放射線安全規制研究の重点テーマについてヒアリングを受けています。初年度は代表者会議が組織される前のことでしたので、専門家へのアンケートを参考にしましたが、次年度以降は、アカデミア参加団体からのボトムアップの提案を代表者会議で議論して、提案してきました。ただ重点テーマとして毎年新しいものが出てくるわけではないので、今年度の提案は、代表者会議は相談という立ち位置でしたが、いくつかのテーマを提案しました。

この40ほどの課題の中で、重点テーマの決定に配慮いただいたものは3分の1程度、他の省庁で拾ってもらっているものもありますが、それでも半分は研究の実施の枠組みが決まっています。これらは、代表者会議が重要なテーマであると認めたものですので、アンブレラ事業内で可能なものは実施していますし、この活動がアンブレラの拡張に繋がっています。学会単独と連携とかいろいろな取り組みが行われていますが、時間の都合上、アカデミア以外の学会と連携した事例をご紹介します。

これまでも線量のWGや職業被ばくNWの活動のように、防護アカデミア以外の学会からもご協力いただきました。今年度は、J-RIMEという医療放射線防護関連のネットワークに呼び掛けて、今年度2回行ったステークホルダー会合に医療現場の専門家に参加いただいております。

こうした活動は、アンブレラ事業が用意した検討の場にアカデミアの外から参加いただいていたわけですが、今年度は、アンブレラの外に設けられた検討の場にアンブレラ関係者が参加することも行いました。

昨年度から、重点テーマ候補研究の中で、社会科学的要素の強いものが取り上げられるようになりました。リスク学会は、学会自体が学際性の強い学会です。そのため原子力災害の防護方策意思決定タスクグループを設置したところ、いろいろな分野の専門家やフリーライターが参加して今も輪が広がっています。昨年11月に、避難や除染のリスクトレードオフやステークホルダー関与をテーマにした企画セッションを開催した際も、規制庁をはじめ、いろいろな専門家、海外の専門家との議論ができました。

このアンブレラ事業の出口の一つが異分野連携の共同研究であると考え、良好事例になるかと思っています。ただこうした他流試合はそれなりにハードルがありますので、個人任せにしない仕組みが必要かもしれません。

昨年、アカデミアの役割について、こういう形でご報告しました。つまり、重点テーマの提案もさることながら、安全規制研究などの成果をオーソライズして、規制に反映するところに関与することが期待されている、そのための仕組みも作っている、と報告してきました。今年度は、Webinarや他分野学科との連携というノウハウも増えました。一方で、コロナの影響もあって学会の特徴も明らかになった1年でした。そこでこのまとめを少し修正したいと思います。

まず情報発信や共有については、Web を使えば、アンブレラ関係者に限ることはありません。また研究遂行に新たな共同研究の枠組みが必要の場合も、既存の学会活動で実施が可能です。しかし放射線防護の課題抽出や解決策の提言は、防護アカデミアのような学会連携での合意形成が必要だと思います。連携する学会が多かったり、カバーする分野が広がったりすれば、発信力も高まります。理想的にはそうですが、4 学会内でも問題意識が異なりますし、学会の運営や規程も別々で、これまで代表者会議メンバーという限られた先生方の献身的なご努力で支えられてきました。

現段階のまとめとしては、防護アカデミア主導で、定期的に合意形成の場を提供すること、そして規制側からカウンターパートと認められて、この 5 年間、アカデミアが悩み続けた規制ニーズと研究とのマッチングに努力することが、現時点での防護アカデミアならではの役割だと思います。

さて最後に、放射線防護人材不足の問題ですが、現状把握まではできたのですが、ポストを増やしたり、キャリアアップを助けて流出を防いだり、といったところまではできておらず、また若手のニーズもつかみかねています。

国際的機関が主催するイベントへの若手派遣は、今年はコロナの関係で中止せざるを得ませんでした。しかし今年度のみならず、ずっと応募者が少ない状況が続いています。若手とすれば、普通の海外の学会に派遣をしてほしいとか、いろいろな要望はあると思いますが、アンブレラ事業としては、他の海外渡航助成と違ってグローバル人材育成を目指すか、若手のニーズに合わせるか、代表者会議でも意見が分かれるところです。

またコロナの影響で、年次大会でのポストマッチングやキャリアアップ支援ができるかどうかわからなかったのが、急遽 Web による進路等の個別相談会を計画しました。かなりいろいろなところにアナウンスしたのですが、結果、利用者は一人でした。若手のニーズに合っていないということもあるのですが、アンブレラ事業では大学のキャリア支援室のようなことはできないわけですので、ではどんなことができるのか、今まだ実施可能な解決策が見いだせないでいます。一方、学会の活動としては成功事例がありますので、各学会から紹介いただきます。

今年度の成果ですが、誌上発表が増えましたし、NW の検討結果は、学会のシンポジウムや企画セッションという場をお借りして、ステークホルダーである緊急時要員を提供する現場や放射線利用の現場の方々との議論をする機会を得ました。

見えない成果としては、冒頭申し上げた通り、課題の抽出から解決策の実施、提言までのサイクルの中で、困ったところが今年度、新たに進みまして、サイクルが一周ほぼつながり、検討の内容が深まり、プロセスの面では経験を増やしました。以上です。



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
第4回ネットワーク合同報告会

アンブレラの活動全般概要

ネットワーク形成事業代表者

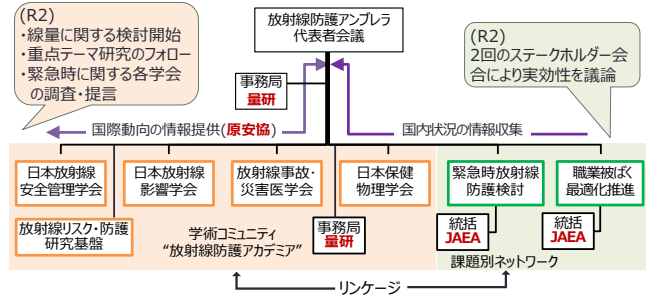
量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所 神田 玲子

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

アンブレラの概要(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。



重点テーマ研究のフォロー、候補研究の実施 ①：概要

事業4年目として

・これまでの活動の進展の総括

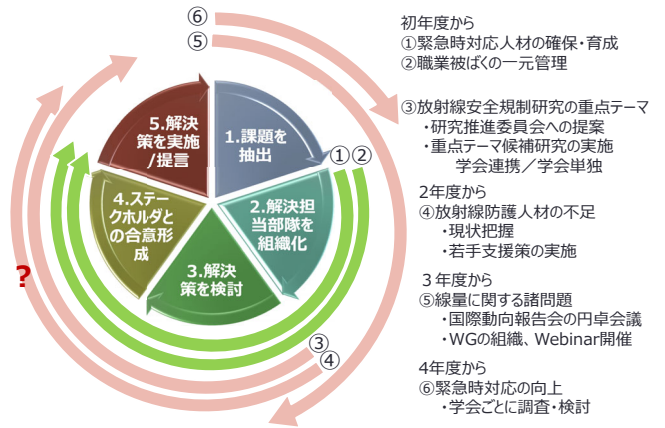
学会連携での活動

- ・新たな試み、With/Postコロナ対応
線量に関する諸問題に関する検討
- ・学会連携のあるべき姿の議論
重点テーマ研究のフォロー、候補研究の実施

最大の難問

- ・放射線防護人材の増加
若手人材のニーズへの対応

これまでの活動の進展の総括①



これまでの活動の進展の総括②

	課題解決側NW		放射線防護アカデミア			
	①緊急時人材確保	②職業被ばく一元管理	③重点テーマ研究	④防護人材の不足	⑤線量に関する諸問題	⑥緊急時対応向上
1. 課題を抽出					円卓会議のバネラー	アカデミア参加の各学会
2. 解決担当部隊を組織化	NW JAEAが主体	NW 関連機関から参加			代表者会議 アカデミア外からも参加	代表者会議
3. 解決策を検討	NW	NW	代表者会議	代表者会議	線量NW	代表者会議
4. ステークホルダとの合意形成(相手先)	緊急時対応の現場	放射線管理の現場	アカデミア規制側	若手研究者各学会		
5. 解決策を実施あるいは提言(主な主体)	NW JAEA	原規委 厚労省	学会連携 アカデミア外各学会	アカデミア各学会	原規委	原規委 関連省庁

アカデミア：安全管理学会、影響学会、事故・災害医学会、保健物理学学会、PLANET
青字は来年度（最終年度）の主な活動

これまでの活動の進展の総括②

	課題解決側NW		放射線防護アカデミア			
	①緊急時人材確保	②職業被ばく一元管理	③重点テーマ研究	④防護人材の不足	⑤線量に関する諸問題	⑥緊急時対応向上
1. 課題を抽出					円卓会議のバネラー	アカデミア参加の各学会
2. 解決担当部隊を組織化	NW JAEAが主体	NW 関連機関から参加			代表者会議 アカデミア外からも参加	代表者会議
3. 解決策を検討	NW	NW	代表者会議	代表者会議	線量NW	代表者会議
4. ステークホルダとの合意形成(相手先)	緊急時対応の現場	放射線管理の現場	アカデミア規制側	若手研究者各学会		
5. 解決策を実施あるいは提言(主な主体)	NW JAEA	原規委 厚労省	学会連携 アカデミア外各学会	アカデミア各学会	原規委	原規委 関連省庁

アカデミア：安全管理学会、影響学会、事故・災害医学会、保健物理学学会、PLANET
青字は来年度（最終年度）の主な活動

➤事業4年目として
・これまでの活動の進展の総括



➤学会連携での活動
・新たな試み、With/Postコロナ対応
線量に関する諸問題に関する検討
・学会連携のあるべき姿の議論
重点テーマ研究のフォロー、候補研究の実施

➤最大の難問
・放射線防護人材の増加
若手人材のニーズへの対応

線量に関する諸問題に関する検討①：学会連携によるWGの組織化

2019年度国際動向報告会「実効線量と実用量-改定の概要と今残る課題」

- ✓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

- 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



➤2020年度は、代表者会議の下部組織として、「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。

WGメンバー	推薦元	情報源	提案
保田浩志	放射線安全管理学会	・国際動向報告会 ・Webinar ・学会の調査や提言 ・他団体からの情報提供	国内規制に対して：新実用量を入れるために必要な検討や準備 研究現場に対して：規制ニーズのある研究機関に対して：日本から提供可能な情報(粒子線のRBE等)の取りまとめと発信
床次貞司	放射線影響学会		
細井義夫	放射線事故・災害医学会		
佐々木道也(主査)	保健物理学学会		
橋本周	原子力学会 保健物理・環境科学部会		
岩岡和輝	量研		

2020年度 実効線量と実用量に関する国際動向の把握
アンブレラ事業としての課題の整理

線量に関する諸問題に関する検討②：Webinar開催による情報収集・共有

開催日	タイトル	講師	座長
1回目 10月30日	線量の歴史的背景と意味合い —実効線量を中心として—	岩井敏	岩岡和輝
2回目 11月24日	放射線リスクと実効線量	佐々木道也	保田浩志
3回目 12月18日	ICRU/ICRPが提案する新たな実用量と課題	小田啓二	佐々木道也
4回目 1月25日	確定的影響と生物学的効果比 (RBE) について	保田浩志	床次貞司
5回目 2月24日	医療に関わる領域での実効線量表記の問題点と 課題—線量に関するコミュニケーションの観点から—	細井義夫 巴内華(赤羽正章/ 立崎英夫/甲斐倫明)	細井義夫

Webinarの運営

- ・防護アカデミア参加学会、原子力学会の関連部会、リスク学会、医療放射線関連学協会ネットワーク(J-RIME)へのアナウンス
- ・1~4回は講演1時間、質疑応答30分
- ・5回は講演30分、パネル討論1時間
- ・Webinar中の質問への回答(5分/終了後まとめてHPに掲載予定)
- ・参加登録者への動画配信(随時)
- 1回でも参加登録していれば1~5回全ての回が視聴できる

属性	人数				合計
	1回目	2回目	3回目	4回目	
大学(病院以外)	72	51	51	44	218
企業	73	46	30	27	176
研究所(大学以外)	59	36	37	38	170
病院(大学病院含む)	19	16	10	16	61
学協会(NPO、法人を含む)	20	11	10	11	52
行政	7	4	2	2	15
その他(一般人等)	6	8	6	3	23
合計	256	172	146	141	715

赤字：継続して参加している割合が高い群

➤事業4年目として
・これまでの活動の進展の総括



➤学会連携での活動
・新たな試み、With/Postコロナ対応
線量に関する諸問題に関する検討
・学会連携のあるべき姿の議論
重点テーマ研究のフォロー、候補研究の実施

➤最大の難問
・放射線防護人材の増加
若手人材のニーズへの対応

重点テーマ研究のフォロー、候補研究の実施①：概要

項目	概要	関係機関
I. 放射線の生物学的影響のリスク研究	短時間照射による放射線誘起遺伝子変異に関する共同研究(影響学会と保健物理学学会がH31年に再提案)	原子力規制委員会の対応状況 フォローアップ
II. 放射線防護の科学的根拠の再評価に関する共同研究(影響学会と保健物理学学会がH31年に再提案)	多様な照射形態の放射線誘起遺伝子変異に関する共同研究(影響学会と保健物理学学会がH31年に再提案)	PLANETが主手 PLANETが協手
III. 放射線防護の科学的根拠の再評価に関する共同研究(影響学会と保健物理学学会がH31年に再提案)	ICRPの最新の勧告と最新の科学的知見との比較	R30重点テーマ研究として採択 量研がサポーター
IV. 放射線防護の科学的根拠の再評価に関する共同研究(影響学会と保健物理学学会がH31年に再提案)	放射線防護の科学的根拠の再評価に関する共同研究(影響学会と保健物理学学会がH31年に再提案)	R30重点テーマ研究として採択 量研がサポーター
V. 放射線防護の科学的根拠の再評価に関する共同研究(影響学会と保健物理学学会がH31年に再提案)	放射線防護の科学的根拠の再評価に関する共同研究(影響学会と保健物理学学会がH31年に再提案)	R30重点テーマ研究として採択 量研がサポーター
VI. 放射線防護の科学的根拠の再評価に関する共同研究(影響学会と保健物理学学会がH31年に再提案)	放射線防護の科学的根拠の再評価に関する共同研究(影響学会と保健物理学学会がH31年に再提案)	R30重点テーマ研究として採択 量研がサポーター
VII. 放射線防護の科学的根拠の再評価に関する共同研究(影響学会と保健物理学学会がH31年に再提案)	放射線防護の科学的根拠の再評価に関する共同研究(影響学会と保健物理学学会がH31年に再提案)	R30重点テーマ研究として採択 量研がサポーター
VIII. 放射線防護の科学的根拠の再評価に関する共同研究(影響学会と保健物理学学会がH31年に再提案)	放射線防護の科学的根拠の再評価に関する共同研究(影響学会と保健物理学学会がH31年に再提案)	R30重点テーマ研究として採択 量研がサポーター
IX. 放射線防護の科学的根拠の再評価に関する共同研究(影響学会と保健物理学学会がH31年に再提案)	放射線防護の科学的根拠の再評価に関する共同研究(影響学会と保健物理学学会がH31年に再提案)	R30重点テーマ研究として採択 量研がサポーター
X. 放射線防護の科学的根拠の再評価に関する共同研究(影響学会と保健物理学学会がH31年に再提案)	放射線防護の科学的根拠の再評価に関する共同研究(影響学会と保健物理学学会がH31年に再提案)	R30重点テーマ研究として採択 量研がサポーター
XI. 放射線防護の科学的根拠の再評価に関する共同研究(影響学会と保健物理学学会がH31年に再提案)	放射線防護の科学的根拠の再評価に関する共同研究(影響学会と保健物理学学会がH31年に再提案)	R30重点テーマ研究として採択 量研がサポーター
XII. 放射線防護の科学的根拠の再評価に関する共同研究(影響学会と保健物理学学会がH31年に再提案)	放射線防護の科学的根拠の再評価に関する共同研究(影響学会と保健物理学学会がH31年に再提案)	R30重点テーマ研究として採択 量研がサポーター
XIII. 放射線防護の科学的根拠の再評価に関する共同研究(影響学会と保健物理学学会がH31年に再提案)	放射線防護の科学的根拠の再評価に関する共同研究(影響学会と保健物理学学会がH31年に再提案)	R30重点テーマ研究として採択 量研がサポーター

重点テーマ研究のフォロー、候補研究の実施②：アカデミア外の学会との連携

放射線防護アカデミア参加学会以外の学会との連携

- 1) 代表者会議の活動への参加・協力
 - 実効線量と実用量に関するWGに、原子力学会保健物理・環境科学部会からの推薦者がメンバーとしての参加 (R2~)
- 2) NWの活動への参加・協力
 - 職業被ばく(NWに、日本産業衛生学会からの推薦者が参加 (H30~))
 - 重点テーマ候補研究である「医療分野の職業被ばくにおける防護の最適化」の検討にあたり、医療放射線防護関連のNW(J-RIME)に協力要請→職業被ばく(NWのステークホルダー会合へ医療現場の専門家2名が参加 (R2))
- 3) 他学会の検討の場にアンブレラ関係者が参加
 - 重点テーマ候補研究である「防護指図の正当化」、意思決定の最適化「自然科学と社会科学との融合：サイエンスと防護実践に結び付ける研究」の検討にあたり、リスク学会のタスクグループにアンブレラ関係者が参加。

リスク学会のタスクグループ(TG)

- ・原子力災害の防護方針意思決定タスクグループ
- ・TGの目標と内容：
 - ・先般の原発事故を振り返り、防護方針の判断を正当性、広聴や定期的再評価、トレサビリティなどの要件に照らし合わせて評価する。
 - ・他の災害の対策の判断や根拠を調査する。
 - ・各防護方針の正当化判断のプロセスを提案する。
- ・リスク学会年次大会 (11月)に企画セッション
- ・原子力災害時の避難や除染に関するリスクレドオフトークホルダー間とでテーマ
- ・原子力防災(行政、研究機関)、健康リスク管理(医師)、廃棄物処理分野の専門家による講演に、福島復興を支援している専門家や社会心理学の専門家らがコメント。

・海外専門家(アンブレラ関係者による紹介)に事前インタビューを実施し、セッションで報告

T Schneider氏 (CEPN, 仏)

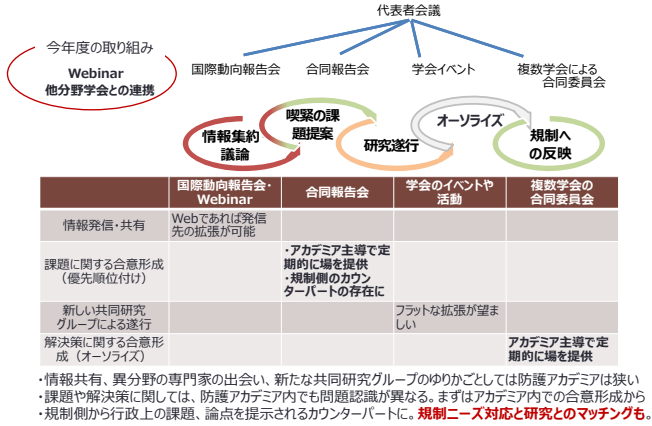
インタビュー：細井、川口、神田

・講演を依頼した自然災害の専門家もTGに参加

個人ベースのNW化(異分野との出会い、新たな共同研究グループ作り)の良好事例

重点テーマ研究のフォロー、候補研究の実施③：防護アカデミアの役割

科学的知見の規制への取込みに係るアカデミアの役割の明確化（昨年度まとめ）



事業4年目として これまでの活動の進展の総括



- ▶ 学会連携での活動
 - ・新たな試み、With/Postコロナ対応線量に関する諸問題に関する検討
 - ・学会連携のあるべき姿の議論
 - 重点テーマ研究のフォロー、候補研究の実施

最大の難問 放射線防護人材の増加 若手人材のニーズへの対応

若手人材ニーズへの対応

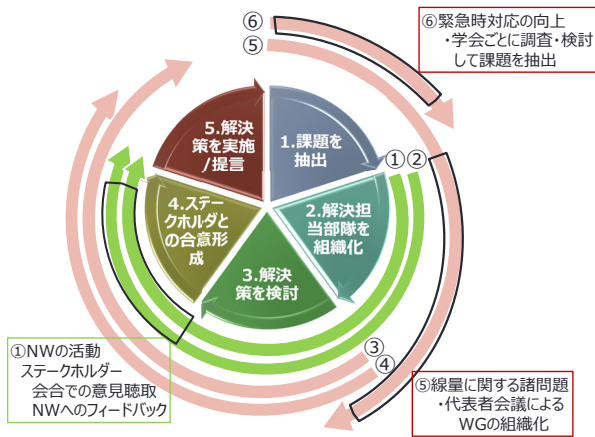
1. 国際的機関が主催するイベントへの若手の派遣（グローバル人材の育成）
 - ・IAEA 主催の放射線安全に関する国際コンファレンス（2020年11月、ウィーン）に派遣する若手を選考⇒派遣元の量研のCOVID-19対策方針に従い、**海外渡航は見合わせる**こととなった
 - ただし、新型コロナと関係なく、これまでも応募者は少なく、**若手の希望**とはマッチしていない。
 - ・対象を国際的機関のイベントに限るのではなく、海外で開催される学会も認めれば応募が増えるだろう
 - ・参加が決まっている者の中からの選考ではなく、参加登録以前に派遣を決める方が応募しやすい
 - 以前よりも海外渡航助成制度が増えている中で、**アンブレラ事業で派遣を行う意義**
 - ・アンブレラの活動にしっかりとフィードバックできる／継続的に係われる人材の派遣
 - ⇒**事業として、グローバル人材の育成を目指すか、すそ野を広げることを優先するか**代表者会議でも意見が分かれている
2. 若手のポストマッチングや中堅のキャリアアップ支援に関する取り組み
 - ・学会員へのアンケート：若手のポスト獲得と中堅のキャリアアップに障害、その結果優秀な人材が流出
 - ・各学会での実施する計画となっていた⇒**新型コロナ対策で実施が危ぶまれた**
3. Webによる進路等個別相談会の実施
 - ・学会の取り組みのセイティネットとして急遽企画
 - ・進学、就職、転職等に関する相談や質問に対応
 - ・相談者はアカデミア内に限らない、グループでもOK
 - ・アンブレラHPや学会のニュースでアウンス
 - ・放射線教育に積極的な研究室8か所に直接連絡
 - 相談者はアカデミア参加学会外から1人のみ**
 - ⇒Webは顔見知りコミュニケーションには適当だが、初対面には向かない、**若手のニーズに合っていない**
 - いまのところ、**アンブレラ事業内で実施可能な解決策が見いだせていないが**、学会単位ではいい効果をおげている方策もある



今年度の成果①：業績リスト

- ▶ 誌上发表 7件
 - Wang, B., Yasuda, H. Relative biological effectiveness of high LET particles on the reproductive system and fetal development, *Life*, **10(11)**, 298 (2020)
 - 川口勇生 他. JHPS国際シンポジウム「トリチウム問題をいかに解決すべきか?」-国際的視点および社会的視点から見た放射線防護-保健物理, **55(4)**, 173-182 (2020)
 - 松田尚樹, 中島 寛. 放射線安全管理人材の確保・育成に関する現状把握のための調査結果報告, 日本放射線安全管理学会誌, **19(2)**, 118-121 (2020).
 - 神田玲子. 放射線防護アカデミアOne teamになる. *Isotope News* 2020年6月号(No769), 3 (2020)
 - 神田玲子ら. 放射線防護関連学会の合同アンケート調査で明らかになった人材確保・育成の課題. 日本原子力学会誌ATOMOZ (印刷中)
 - 神田玲子, 本間俊充, 高原省五, 坪倉正治, 大迫政浩, 川口勇生, 加藤尊秋. 原子力災害の防護方策の意思決定 -リスクレドアウトとステークホルダー関与-, *リスク学研究* (印刷中)
 - 神田玲子ら. 放射線防護関連学会会員へのアンケート調査の報告—緊急被ばく医療人材に関する現状分析—, 日本放射線事故・災害医学会誌 (投稿中)
- ▶ シンポジウムや学会セッション等の企画 5件
 - 国際シンポジウム「トリチウム問題をいかに解決すべきか?」日本保健物理学会第53回研究発表会 (Web), 2020.6.29
 - 企画シンポジウム「放射線防護の喫緊課題への提案 ~職業被ばくの人材線量管理と緊急時対応人材の確保~」, 日本保健物理学会第53回研究発表会 (Web), 2020.6.29
 - 企画セッション「緊急事態対応人材の育成のネットワーク事業」, 日本放射線安全管理学会第19回学術大会 (Web), 2020.12.10
 - 企画セッション「職業被ばく一元化のネットワーク事業」, 日本放射線安全管理学会第19回学術大会 (Web), 2020.12.10
 - 企画セッション「若手研究者による放射線に関する研究紹介」, 日本放射線安全管理学会第19回学術大会 (Web), 2020.12.11
- ▶ 審議会等でのプレゼン 2件
 - 神田玲子: 放射線安全規制研究戦略の推進事業費(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/事業における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149回総会, 2020.7.17
 - 神田玲子: 令和3年度放射線安全規制研究の研究課題について, 令和2年度第1回研究推進委員会, 2020.11.20
- ▶ 特記事項
 - 放射線防護に関する国際動向報告会（「Zoomウェビナー」によるライブ配信）を令和3年1月8日に開催。参加者は100名であった。「放射線防護の基礎となる放射線リスク評価に関する国際動向」というテーマに基づき、放射線防護に関する代表的な国際機関（ICRP, UNSCEAR, IAEA, OECD/NEA, NCRP）における最新の動向や議論の状況について、関係者間での議論を深め、アンブレラ関係者に情報共有できた。
 - 2020年10月～2021年2月にかけて、**実効線量と実用線に関するWebinar全5回シリーズ**（1時間の講演と30分の質疑）を開催した。参加者（第1回から第4回）はのべ715名であった。

今年度の成果②：課題解決サイクルの“貫通”



国際動向報告会の開催報告

杉浦 紳之(原子力安全研究協会)

原子力安全研究協会の杉浦です。JAEA の吉澤さんと百瀬さんと原安協では、事業を再委託の形で参加させていただいており、原安協では、国際動向報告会の開催を請け負わせていただいています。本年度はコロナのこともありまして、Zoom の Webinar によるライブ配信ということになりました。本当は午前、午後と、しっかりお話を聞きたいところですが、ウェブ開催ということで、1月8日の午後半日のみの開催となりました。それでも100人と、今日よりは多くの人に参加いただきました。

当初の2年は、国際動向報告会で、国際機関の検討状況を報告いただきましたが、ちょっと総花的過ぎるかなということで、昨年と今年は、メインテーマを決めて、円卓とでもいいでしょうか、各国際機関で活躍されている国内の方々の横の連絡やディスカッションを深めていただくことを目的とした報告会にしました。今年はこのように少しやり方を変えて2回目となります。テーマは、去年が線量で今年がリスクということで、横軸と縦軸ということで進めました。内容としては、最初に5つの概要報告があって、それにプラス3名の先生方に、円卓に加わっていただきました。

プログラムについてですが、開会のあいさつを今日と同様に高山企画官をお願いして、UNSCEAR は川口先生、ICRP の Committee1は酒井先生、米国の NCRP については電中研の浜田先生、IAEA の RASSC については規制庁の荻野さん、それから CRPPH については規制庁の本間さんが講演しました。その後のパネルディスカッションでは、ICRP 主委員会の甲斐先生にファシリテーターをお願いしました。講演者以外のパネリストは ICRP Committee2 の佐藤先生、Committee 4 の伴先生、それから WHO の神田先生で、この3名に上の5人の先生よりは短いですけれども、近況について簡単にご紹介をいただいてからパネルに入りました。

時間の関係上個々の講演の内容についてまでのご紹介が難しいので、パネルディスカッションの雰囲気だけお伝えできればと思います。ファシリテーターの甲斐先生には、6つのテーマを設定して議論をリードしていただきました。最初の2つはベースとなる知見の確認、次の2つは新知見をどう展開するかに関する事、残りの2つは新しい考え方の導入といった区分になるかと思えます。規制庁の委託事業で実施しているので、単に情報交換というよりも、国際動向の芽や方向、新しい考えが適用された場合の影響、それに備えて学術面、規制面で検討しておくべきことは何かなどを考える機会になったと思います。

テーマ1のDDREFに関しては、疫学と生物学の統合が検討されている、あるいは線量率効果と低線量効果が分けて議論がされているといった状況についての話がありました。放射線防護ではがんを中心に考え、致死がんをドトリメントの評価で考慮してきました。しかしがん治療で治癒率が向上してきたことを踏まえ、テーマ2では、これまでエンドポイントはがん死亡だったが、罹患

のデータも大切といった話もありました。また罹患に着目するとなると、国ごとに集団のベースラインの罹患率が変わってきますので、その点をどう考えるかということも課題であるという話が出ていました。この修飾因子の中では、例えば年齢依存性とか、被ばく時年齢と到達年齢についても議論されました。現在、ICRP の新勧告の検討もスタートしており、放射線防護の新全体像が科学、倫理、経験から構成される中、こうした部分での考え方が変わってきていることがかいま見えるような話を聞かせていただきました。

ラドンについては、UNSCEAR、ICRP、IAEA のそれぞれの立場や観点から情報が提供・共有され、今回の円卓討議の醍醐味が出たと思っています。

また不確かさについては、新たな防護のパラダイムにつながっていくところです。不確かさの原因は知識の不足によるもの、統計データのばらつきによるもの、性差や年齢などの取り扱いの影響などによるものと整理することができます。この点を精緻化すると、実務上複雑になるので防護上はシンプルにせざるを得ず、従来、安全側の立場を取ってきました。一方、やっぱり正しい値を得るアプローチも大事であり、リスク推定にはメカニズムの理解が必要であるが、低線量における生物学的な実証は難しいといった課題があるということも意見交換されました。

続いて Graded approach、Reasonableness と Tolerability Well-being という概念など、防護全体の枠組みが少し広がっているというか、シフトしつつあることが情報共有されました。

リスクコミュニケーションにつきましては、IAEA の緊急時の話と WHO のコミュニケーションの話が出ました。緊急事態後のリスクコミュニケーションに関する推奨等が日本で適用できるか不明だが、ラドンや小児の医療被ばくのリスクコミュニケーションといった平時のものは、日本でも利用可能ではないか、といった状況紹介がありました。

去年は、会場からの質問を SurveyMonkey という形で吸い上げました。今年はウェブで質問も拾ったのですが、どうしても全部を採り上げることはできませんでした。アンケートを見ますと、質問をもうちよっと採り上げてほしいという意見も若干ありました。これまでの2回の報告会では、せっかく専門家の方が一堂に会するのだから、まずは専門家間で議論をしっかりと深めてもらう、それでもちょっとマニアックになり過ぎて聴衆が置いて行かれることがないように確認のための質問は拾う、そしてより議論が広がるような質問を拾って、ファシリテーターの先生にうまく議論を引っ張ってもらいました。そのため、聴衆は見ているだけという色彩が強いかもかもしれません。

来年、5年目になりますので、質問の扱い方については検討課題かと思っています。お話し頂いた内容については、大変いいことが聞かせていただいたと思っています。以上です。



放射線防護研究分野における課題解決型ネットワーク
アンブレラ型統合プラットフォームの形成事業
第4回ネットワーク合同報告会

セッション：アンブレラの活動概要I
～代表者会議や実効線量と実用量に関するWGの活動～

国際動向報告会

杉浦紳之
(公財) 原子力安全研究協会



1. 第4回 国際動向報告会の開催概要

- ▶開催日時：令和3年1月8日（金）13:00～17:00
- ▶開催形式：「Zoomウェビナー」によるライブ配信（一般参加者 100名）
- ▶テーマ：放射線防護の基礎となる放射線リスク評価に関する国際動向
- ▶昨年度に引き続き、一つのメインテーマを決めて、関係者がディスカッションする形式とした。（昨年度のテーマ：実効線量と実用量-改定の概要となお残る課題）
- ▶ICRPその他の国際機関での検討状況報告
- ▶円卓討議形式
- ▶Zoomの質疑応答機能を用いた一般参加者からの質問・コメント受付

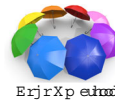


2. 国際動向報告会プログラム

- 開会 高山研（原子力規制庁）
- 講演「UNSCEARにおけるリスクに関する検討状況」 川口勇生（量研）
- 講演「ICRP第1専門委員会(C1)における検討状況」 酒井一夫（東医保大）
- 講演「米国防放射線防護審議会(NCRP)での放射線リスクに関する最近の検討状況」 浜田信行（電中研）
- 講演「IAEA放射線安全基準委員会(RASSC)における最近の検討状況」 荻野晴之（原子力規制庁）
- 講演「OECD/NEA放射線防護・公衆衛生委員会(CRPPH)における最近の検討状況」 本間俊充（原子力規制庁）

パネルディスカッション「放射線リスク評価に関する国際動向」
ファシリテーター：甲斐倫明（ICRP/MC、大分看護科学大）
パネリスト：講演者に加えて、佐藤達彦（ICRP/C2、IAEA）
伴 信彦（ICRP/C4、原子力規制委員会）
神田玲子（WHO、量研）

閉会 高橋知之（PO、京大）



3. パネルディスカッションの概要(1)

▶前半に報告された最近の動向を踏まえ、今後、どのような知見が変更され、どう取り組んでいくべきかについて、研究・規制面から意見交換があった。

- ▶テーマ1：低線量・低線量率のがんリスク評価 DDREF 方法論
- ▶テーマ2：がんリスクの修飾因子
- ▶テーマ3：ラドン・子孫核種の線量評価とリスク評価
- ▶テーマ4：不確かさ、リスク推定とリスク予測
- ▶テーマ5：Graded approach、合理性、規制免除
- ▶テーマ6：リスクコミュニケーション



3. パネルディスカッションの概要(2)

- ▶テーマ1：低線量・低線量率のがんリスク評価 DDREF 方法論
- ✓疫学と生物学の統合、動物実験と人間の疫学データに関する情報共有
→放射線防護から関心のある線量率や線量での動物実験のデータの見直し
 - ✓疫学データを中心に、原爆による急性被ばくのデータからDDREFの議論
→線量率効果（DREF）と低線量効果（LDEF）に分けて議論
 - ✓慢性的線量率効果の評価のデータ（マヤック）：DREFが2を超えるような疫学情報は少ない。
 - ✓DREFは生物データを基礎にして、2よりも大きい数値が示唆されていた
→ICRPのTGによる発がん実験データと疫学データの分析；2を超える値を示す情報は少ない。
 - ✓日本のPLANETグループが環境研と放医研のデータをプール解析して、DREFを3と推定
- ▶テーマ2：がんリスクの修飾因子
- ✓デトメント評価では、がんの致死性が考慮→がん治療の治癒率向上の反映は？
 - ✓従来、疫学のエンドポイントはがん死亡→現在、がんの罹患のデータが原爆調査でも主流
 - ✓被ばくしていない集団のベースラインの罹患率が重要
→ベースラインの健康統計の充実度は国によって異なる。現在は充実した地域のデータが活用されており、今後はデータを世界で平均化することの意味を考慮することが重要
 - ✓規制の観点からは、線量限度を設定する上でDDREFは複数ある考慮すべき要素のあくまで1つ。ICRPの防護体系は、科学、倫理、経験から構成されており、Prudent（Act wisely）なアプローチを確立していくことが重要



3. パネルディスカッションの概要(3)

- ▶テーマ3：ラドン・子孫核種の線量評価とリスク評価
- ✓ UNSCEAR2019年レポートでのラドンの線量評価は、ICRPのレポートを含めた包括的にレビューを行い、線量換算係数に関して従来値を変更する必要はないという結論
 - ✓ ICRPは、放射線防護のための線量評価を疫学データ（原爆疫学とラドン疫学）の比較から行ってきたが、最新のPublicationでは呼吸気道モデルをベースとする方法に変更。そのため、ラドン濃度からの線量換算係数にICRPとUNSCEARで違いが生じている→注視が必要
 - ✓ 2019年10月のIAEA技術会合「ラドンの線量換算係数」では、GSR Part 3の要件が作業員に対するラドン222の参考レベルを1,000Bq/m³を超えない値という幅で示しているため、直ちに基準に関する要件を変更する必要はないと結論
- ▶テーマ4：不確かさ、リスク推定とリスク予測
- ✓ リスク予測全体に与える不確かさとして捉えるべき。不確かさには知識の不足によるもの、統計データのばらつきに起因する変動、性差や年齢などの取り扱いの影響などがあり、整理が必要
 - ✓ 防護ではある程度シンプルにせざるを得ない。精緻化すると実務を複雑化しかねない。
 - ✓ 従来、不確かさを避けるために防護上は安全側をとってきた。それとは別に真の値を探すアプローチの継続も必要になってくる。
 - ✓ リスク予測にはリスクの背後にあるメカニズムの理解が必要。一方で、低線量における生物学的な実証の難しさがあることも認識しておくことが必要。



3.パネルディスカッションの概要(4)

Etjrxp etmzl

▶テーマ5 : Graded approach, 合理性、規制免除

- ✓ ICRPでも被ばく状況の違いによるReasonablenessの違いに関する議論が始まったところ
- ✓ ICRPの考え方は、ALARAを定量化することから被ばく状況に変わってきた。
NEAでは放射線だけでなくwell-beingを視野に入れるようになってきた。
次の主勧告の改定に向けたICRP主委員会の議論が気になるところ。
- ✓ ICRPはReasonablenessとTolerabilityのTGの議論に注目しているが、TGをEthicsに位置付けたことから、防護の根本的な考え方の一つとして取り入れるのではないか。

▶テーマ6 : リスクコミュニケーション

- ✓ IAEAは、緊急時におけるパブリックコミュニケーションに関する共通安全指針GSG-14を2020年に発行。放射線起因性に関するUNSCEAR2012年レポートを踏まえ、放射線の健康影響を3つの色に分けて、尺度を示しており、それぞれ具体的な線量も数値が示されている。健康に害を及ぼす領域を「赤」、健康影響の可能性のある領域を「黄」、そして、観測可能な健康影響は見られない領域を「緑」としているが、これらの指針の内容が実際の社会でどこまで機能するのか、議論する余地がある。
- ✓ WHOは、緊急時のコミュニケーションに関する報告書を公開したが、コミュニケーションの一般化がどこまで可能か疑問である。平常時のリスクコミュニケーションについてはWHOからラドンや小児の医療被ばくについてレポートをまとめており、平常時は日本でも利用可能か。
- ✓ 放射線のリスクの観点から線量の比較を誰が判断するか、一般化できるものを今後検討する必要がある。

質疑応答

【神田】 みなさんが質問を考えていただいている間に、2月22日に第5回のWebinarが開催されることをご案内させていただきます。第5回のWebinarに登録いただきますと、第1回から第4回までの過去の動画を見ることができます。第5回目は、今までとは趣向を変えて、いろんな実用量や実効線量、RBEがどういふものが分かった上で、現場で使っている線量を一般の方や患者さんに説明する場合といった視点から、線量について取り上げます。

【吉澤座長】 皆さまからご意見がなければ私からお二人に伺いますが、今年、コロナ禍の中で、いろいろやりづらいつ況にありましたが、オンラインが広がって、国際動向報告会もそうですが、活動を広げられるツールを手にしたという印象もあります。一方で、神田先生からはウェブを使うと相談とかはやりづらいつという話もありました。この状況がしばらく続くと考えると、ウェブを活用した活動に転回するののも一つの在り方と思うのですが、その点で何か考えていることはありますか。

【神田】 皆さんが手軽にオンラインシステムを使えるようになって、Webinarは成功事例だったと思います。わざわざ参加するのはハードルが高かったところが、ちょっと覗いてみようかと参加者が多くなればすごくありがたいと思っています。そこで、オンラインでできることとできないことは、明確に仕分けをして使っていかなければいけないと思っています。進路相談のように、初対面のコミュニケーションは難しいし、代表者会議の会合も今年度はウェブでしたが、それは、既にこれまでの関係で誰が何をどう言うのかがある程度分かっているから、うまくコミュニケーションができていると思います。ではウェブでできないことをどうしていくのかは、今後の課題と思っています。

【吉澤座長】 杉浦先生は先ほど、ウェブは広がっていいけれども、質疑はなかなかやりづらいつというお話もされていましたが、これから工夫しようと思っているようなことがありますか。

【杉浦】 去年は会場が集まってSurveyMonkeyで20題ぐらいのご質問が集まりました。今年度の質問も大体そのぐらいの数だったかと思います。会場にいれば2-3人で仕分けしたりできるのですが、ウェブだと、どうしても私一人で仕分けすることになりますし、ファシリテーターから振られるまで質問が渡せない、といった不便さがありました。実際に、拾ってくれたらいいのに、という質問やコメントも一つ、二つあったのですが、会場開催と比べるとリモートの不自由さがあります。一方、会場開催だと、フロアから演説されるようなこともあります。オンラインだとそういうことはないの、いい面・悪い面、どちらもあると思っています。

【吉澤座長】 このアンブレラの目的からすると、規制との対話もありますが、これはウェブではやりづらいつのかもしれませんが、ウェブを活用した活動がさらに展開できればいいかなと思っています。

セッション：アンブレラの活動概要 II～参加学会を中心とした活動～

日本放射線安全管理学会

中島 覚(広島大学)

日本放射線安全管理学会から、アンブレラの活動概要に関してご報告します。まず 1 番目として、放射線防護に係る海外の最新知見の収集についてですが、私たちの学会は、放射線施設を持っている方が多いので、海外の放射線施設の放射線事故をテーマに選び、RI 関連の事故事例に関する近年の情報を収集しました。安全管理や RI 規制の関連研究に役立つ情報を抽出するのが狙いであります。

調査の方法といたしましては、2000 年以降に発生した INES の尺度 2 以上の事象について一覧を作成しまして、その中から調査項目を明確化して知見を収集しました。調査項目は、異常被ばく事故における線量評価方法の調査、IVR の施術者における水晶体被ばくの現状調査、紛失 RI による被ばく事故例の調査、作業中の飛散事故事例の調査の 4 つです。

続きまして、国内の放射線規制の課題に関する調査・提言についてご報告します。これも放射線施設に関係することをテーマとしておりまして、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を実施しています。この調査の狙いですが、国内の放射線施設の緊急時の対応事例を集めて問題点を明らかにし、提言を行おうと考えています。

調査の方法は原子力規制庁のウェブサイトに掲載されている事故トラブル情報のうち、RI 法に関係するものを集めて、危険時措置の届け出の報告書から、その原因を抽出することとしています。法令報告事象が予防可能かどうかといった観点で分類して、報告されている事象が会員有志の所属する施設において起きた場合を仮定した場合、予防可能なものに関しては今のままで十分かどうか、予防ができないようなものに関しては問題なく対処可能かどうかを、放射線障害予防規定や緊急時マニュアルで確認して、不十分な点を明らかにするといった方法であります。その、表示付き認証機器の管理であるとか事故時の情報公開など、不十分な点が明らかになりつつあります。明らかになった問題点に対する予防として適切な処理ができるように、放射線障害予防規定や緊急時マニュアルに入れるように提言をまとめることで進めております。

3 番目の放射線防護人材の確保・育成に向けた取り組みであります。これは昨年の 12 月に学術大会を開催しました。その中で若手のセッションを開いております。その中で若手が自分たちの取り組みを報告したのですが、「自分の研究をやりながら管理をやっているが、いかにその研究を進めていくのか」、「自分の研究をやりながら、いかにその研究ができるように RI 施設を構築していくのか」、あるいは「放射線の安全管理をやりながら学内の学生や一般に対して以下に放射線教育を行っていくのか」といったが報告されました。さらには若手奨励金の授与を行いましたし、昨年度実施した、若手人材の確保・育成に関するアンブレラのアンケート結果から、安全管理学会に関する部分を中心にまとめて報告しております。

最後に、特記事項ですが、安全管理学会から放射線安全規制の重点テーマとして提案したもののの中に『放射線安全管理の新しいパラダイムの創造』というものがあります。今年度、コロナの影響で、例えば教育面が難しかったであるとか、健康診断が難しかった、あるいは安全管理に関してもいろいろ足りないことがあったわけですけども、そういったものをまとめて安全管理学会誌

に報告しております。

また、保健物理学会との連携ということでワーキングを設置しまして、今後の合同学術大会の在り方に関して検討しています。今後の連携の在り方に関するウェブでのアンケートを実施しましたし、さらに今年の12月には、第3回の合同学術大会を開催することを決定しております。

このアンブレラ内に設置された、放射線に関わる量の正確な理解と国として対応が必要な点への提言を行うワーキングに関しまして、安全管理学会からは、広島大学の保田先生に出दैただいで活動していただいております。以上です。



放射線防護研究分野における課題解決型ネットワーク
アンブレラ型統合プラットフォームの形成事業
第4回ネットワーク合同報告会

セッション：アンブレラの活動概要II ～参加学会を中心とした活動～

日本放射線安全管理学会



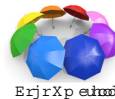
1.放射線防護に係る海外の最新知見の収集

- テーマ
海外の放射線施設の放射線事故に係る最新知見の収集
- 調査のねらい
R I 関連の海外事故事例に関する近年の情報を収集分析し、そこから我が国の R I 安全管理や R I 規制関連研究に役立つ情報を抽出する。
- 調査方法
2000年以降に発生したINES尺度 2 以上の事象について一覧を作成し、調査項目を明確化して知見を収集する。
- 結果
明確化した調査項目：①異常被ばく事故における線量評価方法の調査、②IVR 施術者における水晶体被ばくの現状調査、③紛失 R I による被ばく事故事例の調査、④作業中の飛散事故事例の調査



2.国内の放射線規制の課題に関する調査・提言

- テーマ
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低減
- 調査のねらい
国内の放射線施設での緊急時の対応の事例を集め、問題点を明らかにし、提言を行う。
- 調査方法
原子力規制庁webサイトに公開されている事故トラブル情報のうちRI法に関する26件及び危険時の措置の届出の報告書からその原因を抽出。⇒法令報告事象を予防可能可否の観点から分類⇒報告されている事象が会員有志の所属する施設において起きた場合を仮定して、予防可能なものは今ままで十分か、予防不能なものでは問題なく対処可能かを放射線障害予防規程や緊急時マニュアルで確認し、不十分な点を明らかにする。
- 結果
表示付認証機器の管理や事故時の情報公開など、不十分な点が明らかになりつつある。明らかになった問題点に対する予防、そして適切な対処ができるように、放射線障害予防規程や緊急時マニュアルに入れるよう提言をまとめる。



3.放射線防護人材確保・育成に向けた取り組み

- 学会内での取り組み
 - ・第19回日本放射線安全管理学会学術大会における若手セッション
「放射線被ばくで生じたDNA損傷を正確に修復する分子メカニズム」
山内基弘（長崎大学）
 - 「次世代核医学診療に対応可能なRI施設の構築」
志水陽一（京都大学）
 - 「放射線教育」における放射線安全管理者としての活躍促進を目指して」
岩崎智之（愛媛大学）
- ・若手奨励金の授与
- ・日本放射線安全管理学会の現状報告
松田尚樹、中島 寛、日本放射線安全管理学会誌、**19**, 118-121 (2020).
松田尚樹、「放射線安全管理人材の確保・育成に関する現状把握のための調査結果」、第19回日本放射線安全管理学会学術大会(2020).



4.特記事項

- 「放射線安全管理の新しいパラダイムの創造」
コロナ禍での放射線安全管理状況についてWebアンケートを実施し結果を公開
「新型コロナウイルス感染症拡大による放射線施設への影響調査の取りまとめ」
桧垣正吾、三好弘一、伊藤茂樹、松田尚樹、中島 寛、日本放射線安全管理学会誌、**19**, 122-129 (2020).
- 保健物理学会との連携
ワーキングを設置して今後の合同学術大会のあり方に関して検討
日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会 - 今後の連携のあり方に関するWebアンケートの実施、第3回合同学術大会開催決定（金沢、2021/12/1-3）
- その他
「放射線に関わる量の正確な理解と国として対応が必要な点への提言を行うWG」
日本放射線安全管理学会からのメンバー 保田浩志（広島大学）

日本放射線影響学会

児玉 靖司(大阪府立大学)

今年度取り組んだことですが、放射線防護に係る海外の最新知見の収集に関しては、確定的影響の RBE とその線量評価に関する諸問題に取り組みました。線質の異なる放射線が混在した場での被ばくでは、線質による生物効果の大きさの違いを考慮する必要があります。確率的影響に関しては、放射線加重係数がありますが、確定的影響に関しては、指標に RBE が加わることになるので、その最新情報を調査することにしました。調査方法としては、私たちの委員会の下に、確定的影響の RBE に関する小委員会を設置しまして、広島大の保田先生が委員長になって調査をしました。確定的影響の主要なものに関して RBE の値を広く収集、整理しました。

調査によって、確定的影響の評価には RBE で重み付けした吸収線量が広く適用されていることが分かりました。しかしながら、RBE は被ばくの条件が異なると大きく変動するという事も確認されました。そのうちの知見のいくつかを、ここに示します。まず、骨髄幹細胞の 10 パーセント生存率で見た中性子の RBE は、広いエネルギー範囲にわたって、大体 1 から 3 の範囲ということが分かりました。それから、皮膚の湿性落屑をエンドポイントにした炭素線の RBE 値に関しては、分割して 1 回当たりの線量が小さくなると RBE の値が大きくなる傾向が見られることが分かりました。三つ目に、卵母細胞ですが、その細胞死をエンドポイントとした RBE は、精巢の RBE より全体に低く、特に高エネルギーの重荷電粒子に対して感受性が低いという傾向が見られることが分かりました。また、ここには書いていませんが、水晶体では、重イオン線で非常に大きな RBE が見られる傾向がありました。最後に RBE で重み付けしたこの吸収線量の単位については、文献によって表記がまちまちで、今後、その統一を図る必要があります。

続いて、国内の放射線規制の課題に関する調査・提言に関しては、大規模な放射線災害発生時の線量推定について調査しました。わが国は、この線量推定に関する対応が遅れています。国内には 5 機関からなる高度被ばく医療支援センターが指定されていますが、そこで線量推定についての対応が定まっていないという状況です。調査方法は、この高度被ばく医療支援センターにアンケート調査して、その取り組みを調査するとともに新しい線量評価法の開発・改善等の取り組みを学会等の発表から抽出しました。

アンケート調査の回答を紹介します。大規模放射線災害発生時の線量評価の取り組みについての方針は、傷病者のトリアージをしつつ、事故現場の情報収集をして最終的には物理学線量評価および生物学線量評価を行うことになっています。大規模放射線災害時の線量評価法は物理学的線量評価と生物学的線量評価に分かれています。物理学的評価は、体面汚染検査等です。生物学的評価は、染色体異常解析や炎症応答タンパク質測定等があります。将来的には、これらのハイスループット解析の導入を考えているとの回答です。

その線量評価を依頼するタイミングでは、物理的モニタリングは速やかに、生物学的評価は 1Gy 以上の被ばくが想定される場合に依頼するとなっています。

それから線量評価のラボのスタッフが不足していることや、若手人材の育成が不十分、維持経費についてもセンターで差があるとの指摘がありました。

そこで要望としては、線量評価手法と結果のレビューができるオンラインシステムの構築、それから発災から受け入れ、評価までの共通化ワークフロー、センター間での共有可能なデータサーバーの構築と運用等が挙げられています。

改善に対する取り組みですが、物理学的線量評価に関しては6項目挙げており、最終的に個人モニタリングに頼らない推定技術の開発に力点が置かれています。生物学的線量評価についても6項目挙げており、なかでもハイスループット技術の開発が重要になります。

最後に提言です。速やかな提言として6項目、それから中期的な対応事項、長期的な対応事項もについても提言として取りまとめています。速やかな対応の中に「共通プラットフォーム」とありますが、これは線量評価システムを共通化することです。

人材確保・育成に向けた取り組みに関しては、若手部会を学会に統合し、若手会員を委員会に積極的に取り込んで40歳未満の若手会員を増やしました。また、第63回の学術大会の企画セミナーで、若手と中堅・シニア会員とのグループディスカッションを行いました。このときのキャリアパスやポスト開拓の話題が、非常に若手会員に参考になったと好評を得ました。

最後に特記事項ですが、アンブレラ事業による出版物を2点、報告いたします。



放射線防護研究分野における課題解決型ネットワーク
アンブレラ型統合プラットフォームの形成事業
第4回ネットワーク合同報告会

セッション：アンブレラの活動概要II ～参加学会を中心とした活動～

日本放射線影響学会



1.放射線防護に係る海外の最新知見の収集

Erjrxp eizmi

▶テーマ

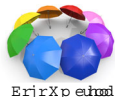
確定的影響のRBEとその線量評価における諸問題

▶調査のねらい

線質の異なる放射線が混在した場での被ばくに対しては、線質による生物効果の大きさの違いを考慮した重みづけを行った上で線量毎の吸収線量を加算し、その生物学的影響を評価する必要がある。RBE(Relative Biological Effectiveness:生物学的効果比)はその重みづけの係数として一般に用いられている。しかしながら、確定的影響については、対象とする組織や臓器ごとにどのようなRBEを適用して生物学的影響を評価し、最適な医療措置の判断に供するかという点についての具体的な指針がない。そこで、日本放射線影響学会では、確定的影響のRBEとその線量評価における諸問題について取り組むこととした。

▶調査方法

「確定的影響のRBEに関する小委員会」を設置し、6名の委員が主要な確定的影響(造血機能障害、皮膚障害、腸機能障害、中枢神経障害、生殖機能障害、白内障など)のRBE値に関する広範な情報を収集・整理すると共に、これらのRBE値を確定的影響の評価に迅速かつ的確に取り入れるうえでの課題について調査した。



1.放射線防護に係る海外の最新知見の収集

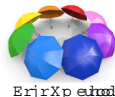
Erjrxp eizmi

▶結果

広範な文献の調査により、確定的影響の評価には、RBEで重み付けした吸収線量が適用されていることが確認できた。ただし、動物実験などで求められたRBEの値は、同じ高LET粒子と基準放射線(ガンマ線やX線などの低LET放射線)の組み合わせでも、被ばくの条件(対象とする組織/臓器、生物学的なエンドポイント、LET/エネルギー、線量率等)が異なると、大きく変動することが確認された。調査した文献のうち、主な確定的影響に関するRBEを動物実験で求めた報告から得られた知見のいくつかを抜粋して以下に記す。

- ▶骨髄幹細胞(多能性造血幹細胞CFU-S)の10%生存率で観た中性子のRBE値は、広いエネルギー範囲にわたって1～3の範囲にあった。
- ▶皮膚の湿性落屑をエンドポイントとした炭素線のRBE値には、分割回数が増える、すなわち1回当たりの線量が小さくなるとRBE値が大きくなる傾向(逆線量率効果)が認められた。
- ▶卵母細胞の細胞死をエンドポイントとしたRBE値は、精巢のRBE値より全体に低く、特に高エネルギーの重荷電粒子に対して感受性が低い傾向がみられた。

なお、RBEで重み付けした吸収線量の単位については、文献によって異なる表記の仕方(Gy, GyE, GyEq, Gy(RBE)等)が用いられており、今後その統一を図る必要があると考えられる。



2.国内の放射線規制の課題に関する調査・提言

Erjrxp eizmi

▶テーマ

大規模な放射線災害発生時の線量推定

▶調査のねらい

我が国では、大規模放射線災害発生時の線量推定に関する対応が遅れている。原子力規制庁より指定を受けた5機関からなる高度被ばく医療支援センターが被ばく医療における線量評価を担うことになっているが、放射線災害発生時の線量推定についての対応は定まっていない。そこで、大規模な放射線災害時における線量推定方法に関する調査、および各高度被ばく医療支援センターの準備状況、さらに、線量評価を担う若手人材の育成について調査した。

▶調査方法

各高度被ばく医療支援センターにアンケートにより調査協力を依頼し、各センターの取り組みや対応について取りまとめ、大規模放射線災害発生時における線量評価の課題を抽出した。さらに、線量評価法の開発や改善に関する取り組みを、日本放射線影響学会、ICRR(International Congress of Radiation Research)、EPR Biodose等の学会発表から抽出した。



2.国内の放射線規制の課題に関する調査・提言

Erjrxp eizmi

▶結果

①高度被ばく医療支援センターの回答(回答機関:福島県立医科大、長崎大、弘前大)(1)

【大規模放射線災害発生時の線量評価の取り組み】

優先されるべき救命のための医療行為と並行して、傷病者の外傷や愁訴をもとにトリアージをしつつ、傷病者の表面汚染測定や状況の聞き取りと事故現場の情報収集(放射線量等)に可能な限り取り組む。併せて、傷病者の付着物の回収や可能であれば医師の指示のもと、生体試料を回収・保存し、物理線量及び生物学的線量評価を行う。

【大規模放射線災害発生時の線量評価法】

<物理学的線量評価>

体表面汚染検査、ホールボディカウンター、甲状腺モニター、ゲルマニウム半導体検出器による核種分析(傷病者の付着物や鼻腔スミア試料等)、環境モニタリング結果又は大気拡散モデルからの内部・外部被ばく線量推定

<生物学的線量評価>

(血算)、染色体異常解析、血中炎症応答タンパク質の測定(CRPやサイトカイン等)

※将来的にはハイスループット解析を導入したい



2.国内の放射線規制の課題に関する調査・提言

Erjrxp eizmi

①高度被ばく医療支援センターの回答(回答機関:福島県立医科大、長崎大、弘前大)(2)

【大規模放射線災害発生時において線量評価を依頼する状況やタイミング】

物理的モニタリング・計測を速やかに実施し、情報をもとに可及的速やかに線量評価
生物学的線量評価は1Gy以上の被ばくが推定される場合に依頼。

【線量評価ラボのスタッフ】

センター間で差違あり ※生物学的線量評価の人材が不足している

【若手人材育成】

学生への講義による裾野の拡大、各種研修会への積極的派遣

※施設での育成体制が不十分(生物)

【維持経費】

センター間で差違あり

【要望】

- ・線量評価手法と結果のレビューができる緊急時オンラインシステム
- ・発災から受け入れ、評価までの共通化ワークフロー
- ・センター間で共有可能なデータサーバーの構築と運用



2. 国内の放射線規制の課題に関する調査・提言

Ejrp

②線量評価法の開発や改善に関する取り組み

<物理学的線量評価>

- ・無人飛行体を用いる迅速な広域線量率モニタリング技術の開発(国内・国外)
 - ・放射性物質の大気拡散シミュレーションからの線量推定法の開発(国内)
 - ・次世代型2次元個人線量計の開発(国内)
 - ・放射性物質の形態を考慮した吸入内部被ばく線量計算コードの開発(国内・国外)
 - ・半導体線量計とOSL線量計の比較(国内)
 - ・甲状腺モニタリングに適用可能なガンマ線スペクトロメーターの性能試験(国内)
- 個人モニタリングに頼らない線量推定技術の開発に力点が置かれている(実用的な取り組み)

<生物学的線量評価>

- ・血液および尿中代謝物を用いたハイスループットスクリーニング(国内・国外)
 - ・遺伝子およびmiRNA発現解析(国内・国外)
 - ・血球変化及びバイオマーカー解析によるハイスループットスクリーニング(国外)
 - ・深層学習による二動原体染色体解析法の開発(国内・国外)
 - ・高速処理を目的としたCBMN法の改善(国内)
 - ・イメージングサイトメーターによるハイスループットスクリーニング(国内・国外)
- 国内ネットワークの取り組みが少ない
ハイスループット技術の研究開発が主体(AI解析、遺伝子発現・代謝物バイオマーカー)
実用化に向けた標準化や線量効果曲線の作成が課題



2. 国内の放射線規制の課題に関する調査・提言

Ejrp

>提言

【速やかな対応が必要な事項】

- ・実効性を検証するため、原子力災害訓練に線量評価のための訓練を組み込む。
- ・実効性検証結果を踏まえて各高度被ばく医療センターの線量評価機能を拡充する。
- ・大規模災害を想定した共通プラットフォームを整備する。
- ・基幹センターだけでなく、各高度被ばく医療センターで人材を育成する。
- ・線量評価分科会に専門家を加え、実効的にネットワークを構築する。
- ・専門家及びラボスタッフ向けの技術研修を行う。

【中期的な対応事項】

- ・新規開発技術を標準化し、国際的に認証されるものにする。
- ・技術、システム、工程等のプロトコルを共通化する。

【長期的な対応事項】

- ・線量推定に係る技術を自動化する。



3. 放射線防護人材確保・育成に向けた取り組み

Ejrp

>学会内での取り組み

- ・これまで日本放射線影響学会とは別組織として活動してきた「若手放射線生物学研究会」を、2020年3月に「若手部会」として当該学会に統合した。これにより、若手部会の財政的基盤が安定し、若手会員の活躍の場を広げることにつながると期待される。
- ・今年度より、若手会員が学会活動に参画し、活躍する機会を増やすために、学会内の主要な委員会に若手部会が推薦する会員を含めて、14名の40歳未満の若手会員を委員として加えた。
- ・第63回学術大会(WEB開催、福島市)に時期を合わせて、第7回キャリアパス・男女共同参画委員会企画セミナーをオンライン開催した。この取り組みでは、学生を含めた20代若手会員と中堅・シニア会員とのグループディスカッションが行われ、これが、キャリアパスやポスト開拓の話題などに関する若手と中堅・シニア会員との意見交換の場の提供になり、若手会員より参考になったとの好評を得た。



4. 特記事項

Ejrp

> 2020年度のアンブレラ事業による出版物

- 1) 日本保健物理学会・日本放射線影響学会、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、Vol. 55, No. 2, 85-172(2020)
- 2) Wang, B., Yasuda, H. Relative biological effectiveness of high LET particles on the reproductive system and fetal development, Life, Vol.10, No. 11, 298(2020)

セッション：アンブレラの活動概要 II～参加学会を中心とした活動～

日本放射線事故・災害医学会

富永 隆子(量子科学技術研究開発機構)

本日は日本放射線事故・災害医学会の活動概要を報告させていただきます。

当学会はちょっと他の学会と違って、業務請負等の契約をしていないので、割と自由に縛られずに活動しています。ですので、今年度は、他の学会から報告があったような人材育成や放射線防護に関する具体的な活動はしておりませんが、アンブレラの活動に関係するものとして、二つほどご報告します。

まず一つはこの第8回日本放射線事故・災害医学会の学術集会に関してです。今年度のテーマは『被ばく医療で目指すべき線量評価のあり方』で、事故対応時の医療と放射線防護、それから線量評価の関係者が議論することをいたしました。オンラインでの開催で半日という短い時間でした。内容としては、基調講演として『我が国における被ばく医療の経験』を前川先生に講演していただきました。特別講演としましては『放射線輸送シミュレーションに基づく線量評価』をJAEAの佐藤先生から発表いただきました。それから大会長の栗原(量研)の『我が国の被ばく事故における線量評価の経験と課題』を講演しました。この三つの講演を元に、最後にパネルディスカッションとして、多様な被ばく事故に対峙する被ばく医療の立場から、必要とされる線量評価の質や精度、また取り組むべき技術開発等について議論をいたしました。人材育成に言及してのディスカッションではありませんでしたが、過去の事例や経験に基づいて、多くの経験を持ったパネリストに参加していただいたことから、今後についてのさまざまな議論をしたという実績になっています。

さらに学会活動のもう一つとしては、被ばく医療診療手引きの編集があります。量研機構の高度被ばく医療支援センターが主体になって編集委員会を開催していて、それに学会が参加しています。被ばく医療診療手引きというのは、医療機関における被ばく医療の診療についての手引きでして、マニュアルまではいかないですけど、それに準じたものを来年度中には完成させることとしています。その編集委員会を立ち上げて編集会議等を行っていますので、当学会からも代表理事が参加をして、この手引きの編集に関わっています。これは、当学会自体が被ばく医療とか医療関係者が多いということ。それから実際に事故のときに診療し、治療した先生方、あるいは線量評価をした先生方が多いということによります。そこでこの編集委員会のほうに学会代表として参加をしています。当学会からの報告は以上となります。



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
第4回ネットワーク合同報告会

セッション：アンブレラの活動概要II ～参加学会を中心とした活動～

日本放射線事故・災害医学会



4.特記事項

・第8回日本放射線事故・災害医学会

- ・テーマ：被ばく医療で目指すべき線量評価のあり方

多様な放射線事故に際し、患者の被ばく線量がタイムリーに得られることが理想であり、そのための技術の開発や維持が重要である。その一方で、被ばく医療に本当に役立てられる線量評価とは何かという点について、過去の様々な放射線事故事例を俯瞰しながら、医療と放射線防護の双方の関係者が議論できる機会があれば有意義である。

- ・2020年10月3日（土）13:25 - 17:00 オンラインでの開催

・プログラム

基調講演1 「我が国における被ばく医療の経験」

特別講演 「放射線輸送シミュレーションに基づく線量評価」

基調講演2 「我が国の被ばく事故における線量評価の経験と課題」

パネルディスカッション；多様な被ばく事故に対峙する被ばく医療の立場から必要とされる線量評価の質や精度、また今後取り組むべき技術開発等について議論

・被ばく医療診療手引き編集委員会への参画

- ・量研機構高度被ばく医療センターで現在編集作業中
- ・「被ばく医療診療手引き編集委員会」に学会代表理事が参加

日本保健物理学会

飯本 武志(東京大学)

当会の報告をさせていただきます。

海外知見の収集に関してですが、当学会では理事会の直下に臨時委員会を立ち上げて、緊急時モニタリングの測定評価と体制に関する調査研究をしているところです。大きな事故を経験した後、国では緊急時モニタリング体制の整備が進んではいますが、まだ学術的にも、それから体制的にも課題として議論すべきことがあるだろうということで、この臨時委員会では検討を進めているところです。

その流れの中で、本年度の活動としては、海外の知見の収集もさることながら、国内状況把握も組み合わせながら調査を進めています。現時点では、委員会提言として、体制、各種のモニタリングの情報収集、情報伝達、要員についての実態の整理、さらには県内でのモニタリングネットワークの構築の重要性および必要性についてまとめ、提言をまとめています。

次いで、国内の規制に関する検討です。こちらでも理事会直下に臨時委員会を立ち上げて、放射線防護文化あるいは安全文化を醸成する仕組みを考えています。昨今、法令改正もありまして安全文化に関して実際に行動するステージに入り、各施設における関連の意見交換、議論が行われております。この委員会で調査はまずは国内に目を向けておりますが、国際的な動きとも連動させて、何ができるか、現在、どこが問題か、を調査研究をしようということになっています。

調査方法としては、安全文化を形成する人や施設ごとに仕分けをしながら、それぞれにどんな特徴が見られるか、アンケートを中心に調査・分析をしています。2年のミッションと考えていて、今年度が1年目ということになります。その流れの中で現時点では、海外、特に英国、カナダの動向を見つつ、国内の施設では事業所別にどうなっているかを調査してある程度の結果を得ています。さらには具体的に突っ込んで、いくつかの事業所の具体的な取り組みと、法的にも大きな動きのあった医療施設関連の周辺を調べています。委員会ではいろいろ知見が得られた内容をベースに、国際会議で発表させていただきながら、その振り返りを進めるという作業を、次年度以降も続けます。

人材の確保・育成に関しては当学会の社員総会の資料の中でも若手の重要性、育成の重要性は明示されていて、それに基づいて学会としても力を入れているところになります。ここでは若手研究会、それから学友会、教員等協議会と、三つの、もともとあった組織をうまく使って、これを連動させる形でアンブレラの傘の下で今、活動を強化しているということになります。チェック印のところで、いくつかの成果をあげましたが、その二つ目のところ、若手研が主催して、例えば内部被ばくモデルの勉強会を立ち上げて、これは若手中心の勉強会なんですけど、それ以外の世代も参加できる形で、学術的な多方面からのアプローチを、みんなで議論していく、元気のいい会が今、立ち上がっているところです。あるいはIRPA、国際放射線防護学会の中で組織されている若手ネットワークの中でも、若いメンバーが個々に頑張ってくれていて、国際活動を引っ張ってくれている状況になっています。その辺りが、本学会からの3番目のポイントになろうかと思

います。次のページをお願いします。

特記事項ですが、トリチウムをキーワードとした国際シンポジウムを開催させていただいています。韓国、あるいは台湾の専門家も交えてご登壇いただきながら、世界各国からいろんな方にウェブという特長も生かして、参加していただきました。このトリチウムの国際シンポジウムを開催させていただいて、大変に評判が良かったと、報告を受けています。

もう一つ資料を進めていただいて、これが最後になります。先ほど安全管理学会さんから紹介があったとおり、このアンブレラの枠組みも上手に使いながら、他の学会と連携協力できるか、も模索しています。それから、先ほど安全文化、あるいは防護文化のところで紹介しましたが、委員会活動で得られた成果を、国際会議の若手派遣事業ともうまく組み合わせて、学会としては活動してきたところです。以上です。



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
第4回ネットワーク合同報告会

セッション：アンブレラの活動概要II ～参加学会を中心とした活動～

日本保健物理学会



1.放射線防護に係る海外の最新知見の収集

▶テーマ
緊急時モニタリングの測定評価と体制

▶調査のねらい

- ・福島事故の教訓を反映した我が国の緊急時モニタリング体制の整備は、原子力発電所の再開が行われる現状において最重要事項である。種々の研究開発が国内外で実施されているが、新しい緊急時モニタリングをどのように誰が運用していくのかは十分に整備されていない。とくに、これまでに十分に検討されてこなかった放射性ヨウ素の小児の甲状腺モニタリングのスクリーニング体制整備、緊急時モニタリング情報の迅速でわかり易い情報伝達の仕組みが福島事故の教訓から求められている。
- ・緊急時モニタリング体制に関して国際機関（IAEA、ISO等）やIRSN等の海外の拠点機関、関連大学等におけるハード及びソフトの両側面からの実態調査を行い、我が国における事故やテロ等に備えたモニタリング体制（中長期的なモニタリングを含む）の整備と強化を目的とした提言を行う。



1.放射線防護に係る海外の最新知見の収集

▶テーマ
緊急時モニタリングの測定評価と体制

▶調査方法

- ・令和2年度の活動において、以下の項目について情報収集を実施した。
- 1) 福島原子力発電所事故以前の我が国のモニタリング体制
- 2) 原子力災害対策指針における緊急時モニタリングの概要
- 3) 福島原子力発電所事故後のモニタリング概要（体制、技術、情報伝達、要員）
- 4) 海外の拠点機関における緊急時モニタリングに関する動向

▶結果

- ・課題（委員会提言）※上記項目の調査結果を踏まえ継続的に検討予定
 - ✓ 体制、環境/個人モニタリング情報収集と情報伝達、要員
 - ✓ アジア圏内での緊急時モニタリングネットワーク構築の重要性・必要性



2.国内の放射線規制の課題に関する調査・提言

▶テーマ
放射線防護文化を醸成する仕組み

▶調査のねらい

- ・放射線規制法（旧放射線障害防止法）の本格適用を受け、関連事業者の管理者および放射線ユーザーは、実務・現場の中で放射線安全文化を日々考え、実際に行動するステージに入り、各施設における関連の意見交換、議論がますます活発化している。国際的には、国際放射線防護学会（IRPA）のなかに2017年に設置されたHERT-TG（高等教育・研究施設における放射線安全文化に関するタスクグループ）が英国での経験を基盤とした「10の視点で整理されたキーワード」に基づく各国アンケートを開始し、関係国からの知見集約を開始したところである。カーナ、コロンビア等もこの具体的な活動に参画し、国際連携活動を大きなミッションのひとつとして掲げている日本保健物理学会もこのTGに代表メンバーを送り積極的な協力をしている。
- ・このように国内外の動向が活発化し、議論や活動もより具体的になってきていることから、活動の焦点を現状の調査研究にしばり、前記専門委員会の活動から途絶えることなく継続発展させる形態での検討委員会を理事会裁定に基づき設置することになった。このテーマは当学会として、法令改正を受けての放射線規制上の課題を整理、提言する流れとも完全に合致する。



2.国内の放射線規制の課題に関する調査・提言

▶テーマ
放射線防護文化を醸成する仕組み

▶調査方法

- ・安全文化を形成する人（統括者、管理者、ユーザーの別、等）や施設（教育、研究、医療、産業等の区分、施設規模、放射線利用の形態、等）の特徴に着目し、我が国における放射線安全文化についての意識と実践に関するより詳細な現状調査を実施、その結果を分析してIRPA-TGとその結果を共有すると共に、各国から得られた知見を学会構成員にフィードバックする。（2年間（2020～2021年度））
- ・学会員、研究会員または関係者へのアンケートや聴取等による情報収集、公開情報に基づく現状調査等を行い、国内各施設の活動等の現状整理及び課題の抽出・整理を行う。

▶結果

- (1) 海外（英国・カナダ）動向、国内事業所形態別状況調査
- (2) 放射線安全文化醸成に関する調査・研究
 - 国内アンケート、東大・阪大・東京電力の取り組み、医療法改正への対応
- (3) IAEA国際会議(2020年11月)の振り返り・情報交換



3.放射線防護人材確保・育成に向けた取り組み

▶2020年第9回定時社員総会資料 第7号議案「2020年度事業計画書」より
(抜粋)

若手会員数の増加および育成は強化すべき取組として、担当理事を設け、学会、大学等教員協議会、若手研究会の既存組織を活用する仕組みを動かし、企画行事や学会活動の取組に若手を集めて会員獲得および育成する工夫を重ねていく。2019年第2回合同大会で成功したYGNの国際取組も推進し、放射線防護分野の次世代を担う高い人材育成を目指す。

▶これに基づき、計画を実現、実装するため、

- (1) 3つの既存組織、すなわち「若手研究会（40歳以下の有志学会員）」、「学会（正・準学会員有志）」、「教員等協議会（教職員有志）」の組織を再整備、(2) 確実な活動実施のための予算を優先的に確保、(3) 担当理事を新たに設置
 - ✓ 「若手研」及び「学会」組織の運営について、学会理事会が（関連する予算面や人事・組織面を強化することで）積極的に後方支援する活動をさらに前進
 - ✓ 若手研主催で「内部被曝モデル勉強会（シリーズ）」をオンライン形式で開始
 - ✓ IRPAの下で組織されている若手ネットワーク（IRPA-YGN）を通じて、IRPA-15（令和3年1月18～2月5日、オンライン+韓国）で若手企画セッション等の計画・運営を主導的に
 - ✓ 「若手研」「学会」及び「教員等協議会」の3組織の合同会議を月1回のペースで開催、相互の情報・課題共有や課題解決に向けた議論等を通じて連携を強化



4.特記事項

➤ 放射線防護アカデミアが提案した重点テーマに関する取り組み

JHPS国際シンポジウム

「トリチウム問題をいかに解決するべきか？」

現在経済産業省の ALPS小委員会で議論されているトリチウム処理問題と
とりあげ、技術的な問題と社会的な問題を整理し、韓国と台湾の専門家
を含めたステークホルダーを交えた議論を通して、今後の問題解決の道
筋を明らかにすることを目指した。

- 1:トリチウムの問題 専門家への問いかけ
- 2:How much do we know about the ALPS treated water?
- 3:Social Aspects of Tritium Water Release: Messages of 3 traps from a neighbor country
- 4:福島第一原発のトリチウム水海洋放出についての私見



4.特記事項

➤ 他学会との連携

当学会と日本放射線安全管理学会とで、各学会を代表する副会長と理事
4名で構成する連携協力に関する検討を進めるワーキンググループ
を設置し、特に研究発表会・学術大会に関する合同大会の実施等に関
して、情報交換と意見交換の活動を強化

➤ 国際会議等への若手研究者の派遣

令和2年度国際的機関主催会合等への若手派遣事業で、当学会所属の
小池弘美氏（東大・院・M2）がIAEA 主催 International Conference
on Radiation Safety: Improving Radiation Protection in Practice
(2020年11月9 -13日、ウィーン) への派遣を申請、採択
演題「CONSCIOUSNESS ANALYSIS ON SAFETY CULTURE IMPROVEMENT IN
RADIATION FACILITIES OF JAPAN」を遠隔発表

質疑応答

【百瀬座長】 以上、4 つの学会から報告をいただきました。まず、それぞれのご講演で何かご質問や確認しておきたい点がございましたら、ご発言をお願いしたいと思います。

登壇いただきました先生どなたからでも結構ですが、キーワードを拝見すると、緊急時、線量評価、その線量評価のプラットフォームをつくったらどうかという提言等が含まれています。アウトプットとしては、安全規制への貢献といった切り口も必要かと思いますが、線量評価とそのプラットフォームの提案については、どういう形でまとめるのか、学会側の考えやビジョンがあれば紹介していただきたいと思います。児玉先生、いかがでしょうか。

【児玉】 まだ具体的に考えている段階ではないんですが、緊急時に線量評価するときに、いくつかの機関で手分けする場合、それぞれがばらばらに評価していたら集計できないし、後から外部の人が見ても分からないということがあると思います。例えば生物学的な線量評価ですと、染色体異常を計測するわけですが、その画像を共有しながら意見交換するということが重要なわけです。そういうとき、どういシステムで画像を共有するのかというようなシステムもできていません。ですから実際に今、大規模な事故が起きたら、線量評価が実用的に機能しないんじゃないかと危惧しているということです。そこで、共通のプラットフォームを早く構築して、整理していかないと、そういった議論が進まないという意味で申し上げました。

【百瀬座長】 関連するコメントが寄せられています。「大規模な放射線災害発生時の、影響学会の場合、線量推定の目的は何か。防護のためということではないのか。疫学調査や保健活動につなげることは想定しているのか。保健物理学会の緊急時モニタリングとの関係はどうか」といったコメントです。ここで何か答えが出るわけではありませんが、今、児玉先生からもご発言があったように、まずプラットフォームというか、共通認識を持ったものがないと、何のためか、いつまでにやるのかといったことすら分からないということかと思います。そして情報共有の標準といいますが、画像共有システムというお話もありましたが、課題解決のための具体的な方策についても検討もできないということですので、非常に重要な検討課題ということが分かるかと思います。

【酒井】 児玉先生がおっしゃった大規模災害時の線量評価についてですが、高度被ばく医療支援センターへのアンケートを作成する際に、項目の選定については、事故・災害医学会との連携などはなされたのでしょうか。アンケートの結果の分析に当たって、これも事故・災害医学会の視点からも分析するというようなことはお考えでしょうか。

【児玉】 事故・災害学会との連携は、残念ながら、今回はしていません。影響学会の小委員会の中で行ったものです。そういうご意見をいただきましたので、今後はそうした視点からも考えていきたいと思います。ご助言、どうもありがとうございました。

【百瀬座長】人材育成に関連する討論もしたいのですが、日本保健物理学会で若手研などの活動がかなり活発には、刺激になっているというお話を伺いました。若手グループのアンプレラ活動の分野への興味・関心ですとか、若手若手研の人数の変化などについて、一言、コメントをいただけたらと思うのですが、飯本先生、いかがでしょうか。

【飯本】若手の数が劇的に増えているという印象はまだないのですが、今まで、それぞれが独自に活動していたものが、こういう枠組みをうまく使いながら、若手だけではなくて学友会や教員等協議会と連携、相談をしながら、少しずつ方向性が集約してきているような気がしています。その結果、若手の活動そのものにパワーが出てきているような気がします。仕組みをうまく使いながら、今まであるものを結集していくことで、まず大きな流れをつくるのが大事であると考えています。

それから、学会の中に存在している若手、学生が元々そう多くないということも調査で分かりました。保健物理学会であれば、保健物理という学問について、別のところにいるいろんなメンバーとつながっていくにはどうしたら良いか、のような議論も、だんだんと出始めています。そういう意味では、モチベーションが上がるような効果がでてきている気がします。

【百瀬座長】最後のセッションでも、また人材育成などの話題が出るかもしれませんが、今回のアンプレラ活動が、人材育成の刺激になるには、さらにどうすればいいかというような論点も、重要な課題と認識しております。先生方のご協力により、要点のまとまった、それぞれの活動の内容の報告ができたかと思えます。以上で、このセッションを終了させていただきます。

職業被ばく最適化推進 NW

吉澤 道夫(日本原子力研究開発機構)

本セッションではネットワークを中心とした活動の報告となっております、その一つであります、職業被ばく最適化推進ネットワークについてご報告いたしたいと思っております。

この職業被ばく最適化ネットワークの下では二つのグループが活動しています。1 つ目が国家線量登録制度の検討グループ、2 つ目が線量測定機関認定制度の検討グループです。職業被ばくの個人線量管理に関しては 1 番目のグループの方で行っており、2 番目は、最近スタートした個人線量測定の認証制度について、認証機関である日本適合性認定協会の活動と一体で実施しています。今回の発表は国家線量登録制度検討グループを中心にお話をしたいと思います。

この国家線量登録制度検討グループでは私が主査をしています。グループには、既に制度の確立をしている放射線従事者中央登録センターからと、主な検討対象になっている大学関係と医療関係の方から参加いただいていますし、大学のネットワークから渡部先生も参加いただいています。これまで大きく 5 回の議論を進めてきました。この内容を紹介したいと思います。

以前も報告しましたが、関連活動のレビューから検討を始めています。この国家線量登録制度の検討のきっかけは日本学術会議の提言です。各国に国家線量登録機関があつて登録制度をスタートしていますが、わが国には相当する制度がないので、学術会議が 2010 年に提言を出し、具体的な方法を翌年に記録という形で公開しました。これを元に、学術会議メンバーが省庁への働き掛けを行い、2017 年には、セミナーも開催したのですが、具体化しませんでした。

ここまでの議論を踏まえると、うまくいかなかった大きな理由が二つあると考えられます。まず一つは、主体である実際の事業者の方を含めた議論になっていなかったということ、もう一つは国と事業者の役割分担があいまいで、特に名寄せがどちらの仕事としても受け入れられなかったという点があります。

この提言から時間がたって、大学での人材流動化に伴い、大学では管理のネットワーク連携がスタートしています。それから医療関係では、眼の水晶体の線量限度の変更に伴い、特に異動の多い医師の線量管理が今、大きなニーズになっているという状況にあります。これらを踏まえて、われわれの検討グループとしては、まず、わが国の制度に関しては、実現性を考慮して、できるだけ合理的な方法を提案したいと思っています。それも、複数提案して、メリット・デメリットを提示した形でステークホルダーを巻き込んで合意形成を目指しています。

この制度案と同時に登録すべき情報の検討もしていますので、先にご紹介しておきます。これは学術会議の報告でも言及していますが、大きく分けると個人識別情報と線量関連情報があります。個人識別情報は、やはり中央登録制度の番号を活用するのが一番いいだろうと思っています。医療分野では医師、看護師、技師の方は、固有の番号を持っているので、こういうものを活用することも考えられますが、先を踏まえて共通なものをつくっておくべきだろうと考えています。それから線量に関しても、どこまで登録するかがポイントです。今の議論としては、中央登録センターと同様に実効線量、等価線量まででいいのではないかと考えています。

これまで検討してきた四つの制度について説明します。1 つ目は、国家線量登録機関による一括管理で、日本学術会議が提言した制度となります。最もコンプライトな制度といえます。それから 2 番目目も全作業者を対象としたものですが、国ではなくて線量登録機関を事業者が設置して行う方法です。それから 3 番目、4 番目は規模をもう少し合理的にしたもので、1 つは対象者を一部に絞っていますし、もう一つは業界・分野別となっています。これから詳しく紹介します。

最初に、国家線量登録機関による中央一括管理方式を説明します。学術会議が提言しているもので、国が定めた国家線量登録機関が、名寄せを行います。この名寄せが一番重要なのですが、いろんなところで作業をした際の線量を、先ほどの登録番号を使って個人の線量として統合することを行います。また照会に応じて前歴データを提供したり、被ばく統計を作ったり国の放射線管理データを作成したりするようなことも全部やるシステムです。

特徴としては、既存のシステムである原子力分野の中登センターを活用することとしています。登録サービス機関が登録を代行して、できるだけ事業者の負担は減らすこともできます。また記録の保管義務を低減するなどのメリットを提言しています。この制度は、全てのことを一括して行うということでコンプライトなのですが、残念ながら、国からは受け入れられていません。特にこの名寄せというのは国の仕事ではないだろうと言われていています。

2 番目は事業者が設置する管理です。これは、いわゆる中央登録センターを全分野に拡大するという考え方です。この制度の特徴は、事業者が実施することで役割分担がはっきりしていること、今の中央登録センターのようにデータは国の依頼に応じて調査の形で出せるだろうということです。それから、全てのデータの合算や被ばく前歴の把握も確実にできるということで、ある意味、望ましい姿です。これは既に原子力分野では動いている制度で、対象人数は約 7 万人ですが、普通の事業者の方も約 1 割いらっしや、線量の合算や報告も行われています。

現在、原子力以外の分野では線量管理制度がないので、人数規模等のデータについてはよく分かりませんが、個人線量測定機関協議会（個線協）がガラスバッジ等の個人線量計のデータを公開しています。大学等の研究開発機関に関しては、人数は大体 6 万人程度で、ほぼ原子力と同規模の作業者がいます。特徴は、高い線量の方がほとんどおらず、多くの方が検出限界未満であるという点です。線量の合算というニーズは、大学関係は実は少ないという結果です。

一方、医療はかなり状況が異なります。まず人数規模が 35 万人です。これで全部ではないだろうということも言われていますので、かなり大きな集団であるのと同時に、高い線量の方がいるという特徴があり、この分野は線量登録管理の必要性が高いと考えています。

これらの状況を考えると、分野によってかなり様相が違うということですので、合理的という意味から考えたのが、対象を絞ったシステムです。つまり、管理のニーズがある方、つまりは複数事業者で異動が頻繁な方と一定線量以上のいる方に限定してシステムをつくるという考え方です。これで登録人数規模を縮小できますが、残念ながら、被ばく前歴の把握が不完全になります。それから、どこからこの制度の対象者にするかということで、運用という面では、いろんな課題を抱えたシステムということになります。

それから業界別の管理については、既に原子力・除染はできています。大学は大学のネットワークで考え、医療は医療で、ということになります。

制度を、完全さ、役割分担の明確さ、費用負担、個人線量という観点で比較すると、国による一括管理、事業者による一括管理、対象者を絞っての事業者による一括管理、業界別管理の順にグレードは下がっていくということになります。

こうした制度案について、今年度は、保健物理学会と日本放射線安全管理学会の二つで報告しました。医療、大学の方とセットでセッションを組んでいます。この時の質疑やアンケート結果の内容を簡単にご紹介したいと思います。

保健物理学会のセッションでは、どのシステム、制度を狙っていくのがいいか、Web でアンケートを行いました。答えとしては、やはり理想的なものを狙っていくほうがいいという結果でした。国家による一括管理が54パーセント、事業者設置機関の管理が3割ということで、やはり完全なシステムを希望している方が多かったのですが、業界分野の選択した方が少ないのは、具体的なイメージが分からなかったということもあるかと思えます。

放射線安全管理学会ではアンケートはしなかったのですが、両方の学会のセッションとも共通して、事業の継続と個人情報保護の観点では国が実施したほうがいいだろうという意見が多かったです。それから圧倒的な意見として出たのが、費用負担が課題であるということです。国が管理してほしいという理由には、費用負担を避けるためという意見も実際にあります。

これらの議論を踏まえて検討グループで考えたのは現実的な路線です。国の受け入れの状況等も考えると一足飛びには国家一括管理はできず、まず必要なところの業界が制度構築を試みるころから始めるのがいいと考えています。具体的に大学は動いていますし、手が付いていないのが医療分野ということになります。これから医療分野の制度構築を仕掛けていくのが大事だろうと考えています。これを統合して、国家か事業者による一括管理に持っていくために、今から、将来の展開を踏まえたシステム設計は必要と考えています。

次年度は最終年度になります。ただし、この検討は次年度で終わるとは思っていません。検討結果をまとめた上で、いろいろな活動を仕掛けるなど、もう少し長期的に活動しなければならぬと考えていますので、まずはこれまでの考え方をまとめたいと思っています。

大事なのは、ステークホルダーの視点での課題を整理することです。特に、制度の必要性和費用の部分については、どこまでできるか分かりませんが、もう少し考えたいと思っています。

今後の活動に向けて、やはり医療分野にアプローチをしていきたいと思っていて、医療放射線防護連絡協議会のほうにもアプローチをしているところです。それから大学関係は大学ネットワークとの連携が重要だと思っています

最後に、測定機関制度認定グループの活動の説明は省略しますが、技能試験の基礎データを収集して、これも来年まとめたいと思っています。私の報告は以上になります。



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
第4回ネットワーク合同報告会
令和3年2月9日

セッション：アンブレラの活動概要Ⅲ ～ネットワーク(NW)を中心とした活動～

職業被ばく最適化推進ネットワーク

吉澤 道夫
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
原子力科学研究所



2. 職業被ばくの最適化推進ネットワークの構築

●アンブレラ型プラットフォームの課題解決型ネットワークの1つとして 「職業被ばくの最適化推進ネットワーク」を設置

➢運営主体：日本原子力研究開発機構(JAEA)

●2つのグループで活動

① 国家線量登録制度検討グループ

目標：国家線量登録制度(NDR)の設立に向けた具体的な提案と合意形成

② 線量測定機関認定制度検討グループ

目標：個人線量測定機関(外部サービス機関及びインハウス事業者)の
認定要件(技能試験の内容・方法等を含む)の確立



アンブレラ事業 第4回ネットワーク合同報告会 令和3年2月9日

5

3. 国家線量登録制度検討グループの活動(1)

●検討グループメンバー：

	氏名	所属
主査	吉澤 道夫	日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所
委員	飯本 武志	東京大学環境安全本部
委員	伊藤 敦夫	放射線影響協会 放射線従事者中央登録センター
委員	岡崎 龍史	産業医科大学 産業生態科学研究所
委員	神田 玲子	量子科学技術研究開発機構
委員	百瀬 琢磨	日本原子力研究開発機構 核燃料サイクル工学研究所
委員	渡部 浩司	東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター

●検討グループ会合：これまで計5回

①2019年2月2日、②2019年10月15日、③2020年12月22日、④2020年9月10日、⑤2021年1月15日



アンブレラ事業 第4回ネットワーク合同報告会 令和3年2月9日

6

3. 国家線量登録制度検討グループの活動(2)

●これまでの関連活動のレビュー

➢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

- 2010年7月(提言)「放射線作業員の被ばくの一元管理について」
- 2011年9月(記録)「放射線作業員の被ばくの一元管理を実現するための具体的な方法」
- 省庁等への働きかけ → 具体化せず。
- 2017年3月 セミナー「職業被ばくの線量把握に関する国際活動を考える」主催：放医研
 - ✓具体化に向けた多くの課題が抽出
 - ✓事業者(ステークホルダー)間の議論(合意形成)が進んでいない

●最近の被ばく管理に関する動き

- 大学での人材流動化に伴い、大学の放射線管理関係者のネットワークで線量管理を検討(大学RIセンター連携ネットワークの活動)
- 眼の水晶体の線量限度変更に伴い、特に異動の多い医療関係者の複数年に亘る線量管理の必要性が増大



アンブレラ事業 第4回ネットワーク合同報告会 令和3年2月9日

7

3. 国家線量登録制度検討グループの活動(3)

●線量登録制度の検討

➢検討の基本方針

- ・我が国の制度や各々の現場の実態を考慮し、既存システムをできるだけ活用した実現可能性のある合理的方法を複数提案する。
- ・複数の具体案について、各々のメリット・デメリットを提示する。
- ・これらを学会等で報告し、ステークホルダーによる議論を進め、課題を整理する。

●登録すべき情報の検討

- 個人識別情報：中央登録制度の番号の活用、医療分野は医師、看護師、技師の番号の活用が可能。今後の展開を考慮して、あらかじめ設定しておく必要あり
- 線量関連情報：登録すべき線量は実効線量、等価線量(1cm線量当量等は不要)、外部被ばく、内部被ばくを分ける必要はない。ただし、緊急時被ばくについては分けた登録が必要



アンブレラ事業 第4回ネットワーク合同報告会 令和3年2月9日

8

4. 線量登録制度の検討内容(1)

4つの線量登録制度の方式の提案

線量登録制度	実施主体	対象者
①国家線量登録機関による中央一括管理 (日本学術会議が提言した制度)	国	全放射線作業員
②全事業者が共同で線量登録機関を設置して一括管理	全事業者	全放射線作業員
③全事業者が共同で線量登録機関を設置して管理	全事業者	一部の作業員 ・複数施設を利用 ・異動が頻繁 ・一定線量以上の被ばく
④業界・分野別に線量管理制度を運用	業界別	全部2一部の作業員

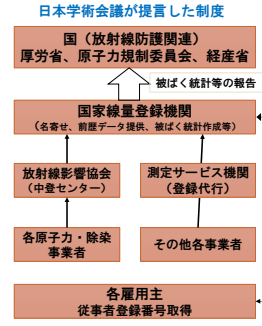


アンブレラ事業 第4回ネットワーク合同報告会 令和3年2月9日

9

① 国家線量登録機関による中央一括管理

- 対象: 全ての放射線業務従事者
- 目的・役割:
 - ① 規制の有効性確認
 - ② 日本人の完全な職業被ばく線量統計の作成、国民線量の把握
 - ③ 疫学研究、UNSCEAR等へのデータ提供
 - ④ 労災保険に係る被ばくデータ提供
 - ⑤ 被ばく前歴等の把握(照会対応)
 - ⑥ 個人被ばく線量記録の一括保存
- 費用負担:
 - 機関の運営は国の予算
 - 各事業者は人数に応じた手数料負担
- 制度導入に伴う個人線量管理の合理化
 - ① 被ばく前歴の把握が容易
 - ② 線量記録の保管義務の免除
 - ③ ある線量レベルに達した場合の作業者及び雇用主への通知



アンブレラ事業 第4回ネットワーク合同報告会 令和3年2月9日

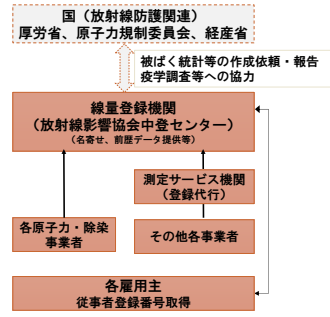
② 事業者設置機関による一括管理

- 対象: 全ての放射線業務従事者
- 目的・役割:
 - ① 被ばく前歴等の把握(照会対応)
 - ② 労災保険に係る被ばくデータ提供
 - ③ 個人被ばく線量記録の一括保存

法的位置付け要

<国からの委託等があれば対応>

 - ① 規制の有効性確認
 - ② 日本人の完全な職業被ばく線量統計の作成、国民線量の把握
 - ③ 疫学研究、UNSCEAR等へのデータ提供
- 費用負担:
 - 各事業者が人数に応じた費用を負担
- 制度導入に伴う個人線量管理の合理化
 - ① 被ばく前歴の把握が容易
 - ② 線量記録の保管義務の軽減
 - ③ 5年間積算(実効線量、眼の水晶体線量)が容易



アンブレラ事業 第4回ネットワーク合同報告会 令和3年2月9日

研究開発機関の被ばく線量分布

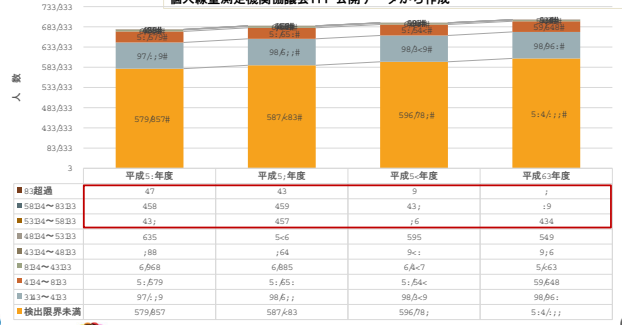
個人線量測定機関協議会HP公開データから作成



アンブレラ事業 第4回ネットワーク合同報告会 令和3年2月9日

一般医療機関の被ばく線量分布

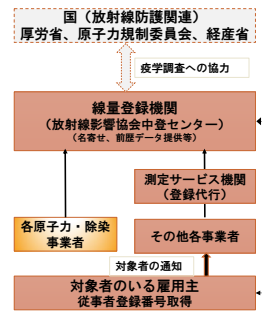
個人線量測定機関協議会HP公開データから作成



アンブレラ事業 第4回ネットワーク合同報告会 令和3年2月9日

③ 事業者設置機関による管理

- 対象: 一部の放射線業務従事者
 - ① 複数事業所や異動が頻繁な作業者
 - ② 一定線量(1 or 2mSv)以上の作業者
 - ③ ただし原子力・除染は全て(制度有)
- 目的・役割:
 - ① 被ばく前歴等の把握(照会対応)
 - ② 労災保険に係る被ばくデータ提供
 - ③ 疫学研究等へのデータ提供
- 費用負担:
 - 各業界での取組みに依存
- 制度導入に伴う個人線量管理の合理化
 - ① 被ばく前歴の照会対応
 - ② 線量記録の保管義務の軽減?
 - ③ 5年間積算(実効線量、眼の水晶体線量)が容易



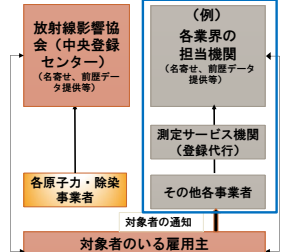
アンブレラ事業 第4回ネットワーク合同報告会 令和3年2月9日

④ 業界・分野別の管理

- 対象: 一部の放射線業務従事者
 - ① 複数事業所や異動が頻繁な作業者
 - ② 一定線量(1 or 2mSv)以上の作業者
 - ③ ただし原子力・除染は全て(制度有)
- 目的・役割:
 - ① 被ばく前歴等の把握(照会対応)
 - ② 労災保険に係る被ばくデータ提供
 - ③ 疫学研究等へのデータ提供
- 費用負担:
 - 各業界での取組み
- 制度導入に伴う個人線量管理の合理化
 - ① 被ばく前歴の把握が容易
 - ② 線量記録の保管義務の軽減?
 - ③ 5年間積算(実効線量、眼の水晶体線量)が容易

必要な業界が独自に構築

先行事例: 原子力・除染 大学連携ネットワーク



アンブレラ事業 第4回ネットワーク合同報告会 令和3年2月9日

各制度体系案の比較

制度	①国家線量登録機関による一括管理	②事業者設置機関による一括管理	③事業者設置機関による管理(対象限定)	④業界・分野別の管理(対象限定)
線量管理制度としての完全さ	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)	必要な者に限定した制度(規制要求必要) 前歴把握の完全さには欠けるおそれ	必要な者に限定した制度。業界の取り組みに強く依存
役割分担の明確さ	国がここまで実施する必要性が論点	基本機能の分担が明確	基本機能の分担が明確	管理制度が統一されないため、曖昧さが残る
費用負担	国の負担が大	受益者負担が明確 事業者の負担大	受益者負担が明確 事業者の負担は②より限定的	管理方式に依存
個人情報管理の徹底度	一括管理のため◎ただし、国としては重い。	設置機関が一括管理するため◎	設置機関が一括管理するため◎	各々の制度に依存するが、他に比べて低い。



アンブレラ事業 第4回ネットワーク合同報告会 令和3年2月9日

46

5. 検討状況の学会での報告

- 日本保健物理学会第53回研究発表会(2020年6月29日)
 1. 職業被ばくの個人線量管理方法の検討状況 吉澤道夫(日本原子力研究開発機構)
 2. 大学間の放射線業務従事者一元管理システムの構築 渡部浩司(東北大学)
 3. 指定発言
 - ①大学の実状と課題 寺東宏明(岡山大学)
 - ②医療現場の問題(1) 榎田尚樹(産業医科大学)
 - ③医療現場の問題(2) 渡辺浩(群馬バース大)
 4. 質疑応答
- 日本放射線安全管理学会第19回学術大会(2020年12月 日)
 1. 職業被ばくの個人線量管理方法の検討状況 吉澤道夫(原子力機構)
 2. 被ばく線量登録管理制度の現状 伊藤敦夫(放射線影響協会)
 3. 大学等における放射線業務従事者管理の現状と課題解決への取り組み 渡部浩司(東北大学)
 4. 医療従事者における個人被ばく線量管理の課題 榎田尚樹(産業医科大学)
 5. 質疑応答



アンブレラ事業 第4回ネットワーク合同報告会 令和3年2月9日

47

アンケート・質疑のまとめ

- 保健物理学会ではWeb投票でアンケートを実施
 - 回答者: 全70名(原子力分野:19%、研究教育機関:44%、医療:4%、その他:33%)
- どの制度案を進めていくのがよいか
 - 国家機関一括管理:54%、事業者設置機関:30%、業界・分野別:14%
 - 国か事業者かの観点: ほぼ半々
 - 業界・分野別を選択した者は少ない 一具体的イメージがわからないとのコメント
 - 所属分野別で意見に大きな差はなかった。
- 主なコメント(保健物理学会、放射線安全管理学会)
 - 事業の継続性や個人情報保護の観点、他国の状況からして、国が実施すべき。
 - 費用負担が課題。大学等では追加費用の負担は無理。



アンブレラ事業 第4回ネットワーク合同報告会 令和3年2月9日

48

6. 線量登録管理制度構築の進め方(案)

- 理想的な制度は、①国家線量登録機関による中央一括管理 であるが、実現に向けた関係者のコンセンサスは低い
- 現実的な路線としては、以下が考えられる。④(③)→②・・・>①
 - ④業界・分野別の構築を進める。(この中で③が検討の範囲に入る)
 - ・原子力・除染分野は、構築済み
 - ・線量管理の必要性の高い業界(人材流動化、線量管理の必要性の高まった業界が、現実的・合理的な管理方法を導入(ただし、将来展開を見据えた検討が必要)
 - ・(理工系)大学関係は、ネットワークによる一元管理を検討中
 - ・医療分野の線量管理の必要性・重要性の認識が高まっている。議論はこれから。
 - その上で、②事業者設置機関による管理(中央登録センターの拡大と分野統一)(又は①国家線量登録機関による中央一括管理)を目指す。



アンブレラ事業 第4回ネットワーク合同報告会 令和3年2月9日

49

7. 今後の進め方

次年度(令和3年度)は最終年度として、以下を実施する予定

- これまでの活動のまとめ
 - ✓制度案と構築に向けてのアプローチのまとめ
 - ✓ステークホルダー視点での課題の整理
 - 特に実現に向けての大きな課題:モチベーション、費用
- 今後の検討継続に向けた活動
 - ✓医療分野へのアプローチ(検討結果の説明、必要性等の報告)
 - (例)医療放射線防護連絡協議会の関連行事
 - ✓大学関係: 大学RIセンター連携ネットワークとの連携



アンブレラ事業 第4回ネットワーク合同報告会 令和3年2月9日

50

(参考)線量測定機関認定制度検討グループの活動

- 日本適合性認定協会(JAB)「放射線モニタリングTFG(旧分科会)」をベースに活動
 - ISO/IEC 17025「試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項」に基づく認定基準及び技能試験の内容が決まり、JABの認定がスタート(2018年7月)。
 - ・4つの測定機関が認証された。
- 検討Gr. では、次の事項を検討
 - ①認定基準・技能試験等の具体的な運用・解釈
 - 個人線量測定の実験の合格判定基準について、基礎データを収集
 - ・従来データの少ない線量計へのX線、β線の斜め入射に対するデータを取得
 - ②環境放射線モニタリング等への拡大の方向性について検討
 - 原子力規制庁(環境放射線モニタリング技術検討チーム)の検討状況の把握
- 参加機関
 - 日本原子力研究開発機構(JAEA)、日本適合性認定協会(JAB)、放射線計測協会、産業技術総合研究所(計量標準センター)、日本アイトーブ協会、個人線量測定機関協議会



アンブレラ事業 第4回ネットワーク合同報告会 令和3年2月9日

51

緊急時放射線防護 NW

百瀬 琢磨(日本原子力研究開発機構)

これまでの発表会においても再三申し上げてきたことですが、緊急事態に備えて平常時に専門家がどのような活動をしたらいいのかという問題意識から議論をスタートしています。方針としては、常設の JAEA の原子力緊急時支援組織をコアとして、国内の放射線防護関係者でさまざまな問題に関する意識を共有して改善を図るための仕組みをつくっていくこととしています。

平成 29 年度から今年度までで 4 年、来年度で 5 年の活動になります。第 1 段階として最初の 5 年間でネットワークの在り方の検討と運営の開始を目指してきております。関係機関の専門家に集まりいただいて、議論を重ねています。

議論の結果として、原子力災害対策組織と、これから立ち上げようとする緊急時放射線防護ネットワークの活動の関係が明確になりました。

まず、常設の指定公共機関の所属する指定専門家の方々をコアとして、関係するそれ以外の専門家にもネットワークの中に加わっていただき、平常時は人材育成、情報交換や課題解決に向けた活動をしていくことを考えています。そして緊急事態の場合には、それぞれが所属する機関のスキームに従って災害地に派遣され、専門家としてのさまざまな技術的な支援を行います。

様々な支援がある中、このネットワークでは緊急時モニタリングと避難退域時検査への支援に絞ってまず形作りを行います。今後、それ以外にも支援を広げていくことを考えています。

具体的には、来年度までに、まず原子力防災を支援する放射線防護関係者のための手引きの策定をします。それから防災体制を支援する専門家ネットワークの在り方に関する提言をしていきます。この 2 本柱で、人材の育成・確保も狙っていきます。こうして、人材育成、必要な力量の認識合わせ、標準化、手引きの改訂、それから放射線防護に関する情報交換、こういった活動を継続的に取り組んでいくことを考えています。

まず検討結果の最初のアウトプットとして、現在の原子力防災体制にフィットするネットワークの活動の在り方について考察をしています。現在の原子力防災体制ですが、基本的には国が定めた災害対策基本法や原子力災害特別措置法があり、こういった法律の下で自治体等がいろいろな計画を策定しています。その計画に基づき、各地域において原子力防災体制が整備されています。こうしたそれぞれのカウンターパートにうまくフィットする形で、専門家のネットワークの活動は展開されていくべきであると考え方を整理したところです。

また、この緊急時放射線防護ネットワークの制度を提案するに当たり、今年度、日本保健物理学会と日本放射線安全管理学会においてシンポジウムを開かせていただきました。その議論を踏まえて、ネットワークの在り方を検討しています。

一つ目は、ローカルでの顔の見える関係の構築を考えています。具体的には、ネットワーク構成員は平時において各地域で開催される基礎研修に講師などで参加したり、地域の原子力防災

訓練では指導的立場として協力したりという形で関わっていくことを想定しています。

二つ目は、緊急時における専門的な支援です。ネットワーク構成員は緊急時において各地域の防災計画に沿って活動しますが、その領域において、先導的な要員の役目を担うことで、他の要員に対して、専門的な知見から支援を行います。例えば避難退域時検査の会場に要員として派遣されたとしても、ネットワーク構成員は測定の特任者であったり、防災の特任者であったりするので、専門性を使ったきめの細かな指導を行うことを想定しています。

三つ目は、中核機関における力量付与と力量管理です。原子力災害はある意味特殊な状況で、特任者といえども原子力災害に関して十分な事前の知見や情報があるとは限りません。そういうわけでネットワーク制度を運営する中核機関において力量の付与の仕組みを提案していこうと考えています。またネットワークに応募してくださった特任者には、特任研修を開催して力量付与を行い、力量管理が行える制度設計を目指しています。

検討結果を形にすると、原子力災害における中核機関は、国の支援を受けながら事務局としての機能を果たすこととなります。ネットワークに応募する放射線防護特任者としては、指定公共機関、大学、電力事業者、自治体、医療機関の当該分野の研究者や技術者を想定しています。このメンバーは平時には特任研修に受講者あるいは講師として参加します。また、自治体が行う訓練や研修にも、評価者や講師として参加して、地域の活動のバックアップすることを想定しています。こうした活動を通じて、立地都道府県との関係が構築されていくと考えています。

またアンブレラの活動の中で放射線防護の関連学会と情報交換をして、必要に応じて課題解決などを図っていく形になります。

緊急時における活動は、原子力災害における中核機関がネットワークの構成員に情報提供し、立地都道府県の自治体と関係を持っていくと形にしています。被災地域を超えるような、非常に広い大規模な災害の場合には、被災地域の外からいろいろな応援が必要になるので、そのための情報も提供していくということを想定しています。

ネットワーク制度における力量付与・力量管理に関してですが、中核機関が NW 構成員を募集し、特任研修やネットワークの登録管理を実施して、都道府県との関係の中で適切な支援が行える関係を構築します。現在、サブグループの中でシラバスや力量の具体化を検討しています。

環境モニタリング分野と避難退域時検査の分野ごとに人材育成・確保の検討をして、現在、力量の目安や手引きの目次について検討をしているところです。

例えば環境モニタリングの分野では、既に国の枠組みの中で EMC が実務的な体制を構築しておきまして、特任者はその体制にしっかりとフィットする形で機能する必要があると考えています。

EMC の様々な役割の中で、どういう機能が要求されるかをまず考えまして、その機能に対して、どういう力量が必要かというような形でまとめています。

力量付与するための手引きに関しては、必要な項目を整理しているところです。また初級、中

級、上級と言ったグレード分けや、できれば経験年数なども考慮した認定ができればと考えています。しかし細分化は難しいという意見もあり、今、検討課題となっています。

環境モニタリング分野において、既にさまざまなところから参考となるガイドなどが出版されています。そういったもののインデックスを整理することも非常に有用ですので、教材については既存のガイドを取り込む形で、整理をしていこうと考えています。

力量の付与と認定の方法も、対面方式とオンラインによる方式が考えられ、それぞれに長所、短所があるので、いろいろな側面を考えながら具体化していこうと検討を進めている段階です。

放射線管理分野の避難退域時検査の支援等に関しましても、ほぼ同様の検討をしています。避難退域時検査の現場では、かなりさまざまな職種の方々が大人数関わっています。こうした方々をまとめていく力量も必要になりますので、具体的な活動項目に即した形で必要な力量や教材を今、整理しているというところで

詳細な説明は省きますが、避難退域時検査での力量の目安は表の形でまとめています。

またさまざまな教材のリスト化もしています。最近、自治体が行う訓練などに視察という形で参加して、有効な教材がないか、他に必要なものはないかという観点でサーベイをしています。

以上のような検討結果を手引きという形でまとめています。手引きは共通編と個別編に分け、緊急時モニタリングと避難退域時検査は個別編に含めます。

手引きの整備と力量付与の認定方法の検討の方針としては、具体的な専門家に必要な力量の目安を例示することと、認定方法の具体化として E-ラーニング、オンラインの講義などの取り入れを検討していきたいと思います。

来年度は区切りの年度になりますので、手引きの作成、教育訓練の試験的な実施、防災訓練の反映、人材の登録、認定、管理方法の提案をまとめます。以上です。



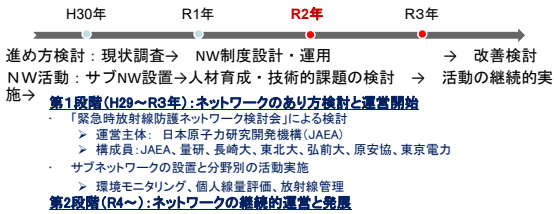
放射線防護研究分野における課題解決型ネットワークと
アンブレラ型統合プラットフォームの形成事業
第4回ネットワーク合同報告会
令和3年2月9日

セッション：アンブレラの活動概要Ⅲ ～ネットワーク(NW)を中心とした活動～ 緊急時放射線防護ネットワーク

百瀬琢彦、渡邊裕貴、中野政尚、吉田忠義、高田千恵、早川剛
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

緊急時放射線防護ネットワークの構築

実施体制(R2年度)	
PO	高橋知之
総括	押田祥子(主任研究者)
緊急時放射線防護に関する検討	百瀬琢彦(分担研究者) 高田千恵(研究参加者) 早川剛(研究参加者) 美原浩(研究参加者) 立崎英太(研究参加者) 吉野道美(研究参加者)
	緊急時放射線防護ネットワーク検討会 (JAEA原研研、住谷秀一(JAEA核サ研)、高崎浩司(JAEA大洗)、石川敬二(JAEA敦賀)、中根佳弘(JAEA-PARC) 緊急時放射線防護ネットワークサブGr ①環境モニタリングサブGr(主査)中野政尚(JAEA)、(幹事)山田純也、前田英次(JAEA) ②放射線管理サブGr(主査)吉田忠義(JAEA)、(幹事)横須賀美幸、高岡智史(JAEA) ③個人線量評価サブGr(主査)高田千恵(JAEA)、(幹事)渡邊裕貴(JAEA)



緊急時放射線防護ネットワーク活動項目

- NW構成員が緊急時に従事する活動の想定範囲**
- 緊急時環境放射線モニタリング、避難・遅延時検査の技術的支援
 - その他災害支援活動等における放射線防護に関する技術的支援

(R3年度末までに実施する項目)

- ①原子力防災を支援する放射線防護関係者のための手引きの策定
 - ✓ 専門家が備えるべき要件(力量、意識付け)の明確化
 - ✓ 手引きの作成及び教育訓練の試験の実施
 - ✓ 防災訓練の反映(ゲッドプラクティスの取り入れ)
- ②防災体制を支援する専門家ネットワークのあり方に関する提言
 - ✓ 人材確保の取り組み
 - ✓ 1F事故を教訓とした防災体制に適応したNW活動の制度設計
 - ✓ 人材の登録・認定・管理方法の提案

(継続的に実施する項目)

- ①人材育成(訓練経験の情報交換、所属機関間の教育訓練の相互協力)
- ②必要な力量の認識合わせ(標準化)、手引き等の改定
- ③緊急時放射線防護に関する情報交換、技術的課題解決

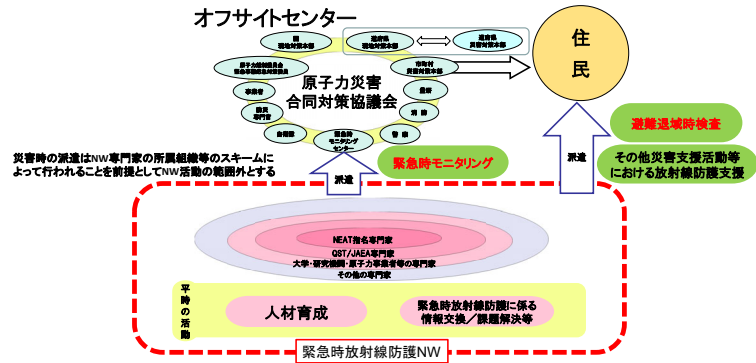
問題意識と対応方針

万一の放射線緊急事態・原子力災害発生時に、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、その専門性を生かして適材適所で災害支援活動を展開するには**平常時**にどのような活動が必要か？



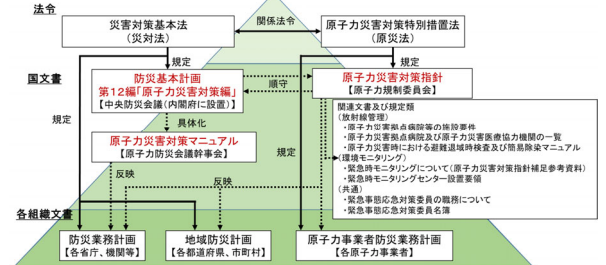
常設のJAEAの原子力緊急時支援組織をコアとして国内の放射線防護の関係者で防災対応に係る問題意識を共有し、改善に向けた活動を提案、実践していく。

原子力災害対策組織と緊急時放射線防護NW



現在の原子力防災体制について

○原子力防災に係る主な法令、文書等の体系



- ・上記の文書体系に基づき、各地域において原子力防災体制が整備されている。
⇒本ネットワークには、**現在の原子力防災体制に則した制度設計**が必要

今回提案する「緊急時放射線防護ネットワーク制度」

日本保健物理学会、日本放射線安全管理学会での議論を踏まえた提案

① ローカルでの「顔の見える関係」の構築

→NW構成員は、平時において各地域で開催される基礎研修に講師として参加する。
また、地域の原子力防災訓練に指導的立場として協力する。

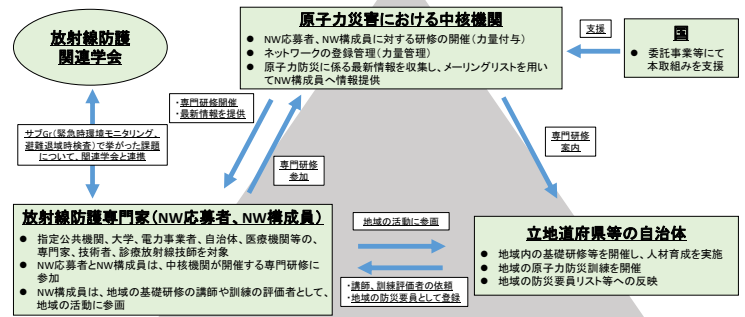
② 緊急時における専門的な支援

→NW構成員は、緊急時において各地域の防災計画に沿って活動し、先導的な要員を担うことで、他の要員に対して専門的な知見から支援を行う。
※先導的な要員とは、避難地域時検査体制のように区分されたチームにおいて、チームリーダーとなる人材を想定

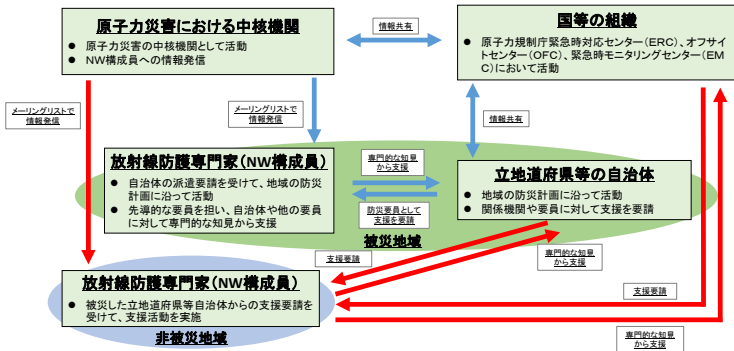
③ 中核機関による力量付与・力量管理

→NW制度には力量を付与し、その力量を管理する仕組みが必要である。
→そこで、原子力災害における中核機関が、NW応募者を対象に専門研修を開催し、NW構成員としての力量付与・力量管理を行う。

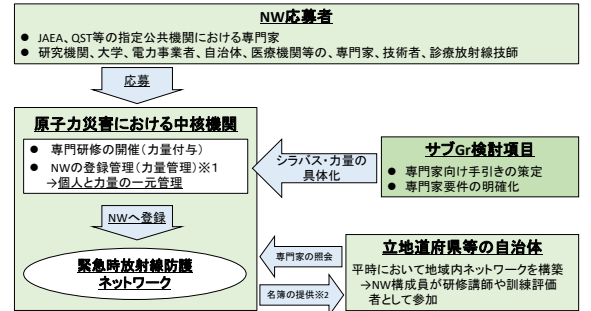
NWの全体像①<平時における取組み>



NWの全体像②<緊急時における活動>



NW制度における力量付与・力量管理について



※1 JAEA、OST、原安協等が開催する既存研修の受講や国訓練への参加実績等も力量として評価
※2 あらかじめ、中核機関と、個人や所属組織等の間で氏名、連絡先等の提供について了承を得る

環境モニタリング分野の人材確保・育成の検討

力量の目安について

- ① EMCでの各役割
- ② EMC各グループにおける力量の目安(検討中)

手引きの目次について

- ① 力量評価のための構成要素
- ② 環境モニタリング分野の教材(例)

環境モニタリング分野の力量付与・認定について

力量の目安について

① EMC各グループの役割(緊急時モニタリングセンター設置要領より)

センター長・・・緊急時モニタリング実施体制を取りまとめ、全体指揮

(1) 企画調整G・・・EMC内の総括的業務を担うとともに、緊急時モニタリングの実施内容の検討、指示等の業務を行う。

(2) 情報収集管理G・・・EMC内における情報の収集及び管理業務を担うとともに、緊急時モニタリングの結果の共有、緊急時モニタリングに係る関連情報の収集等の業務を行う。また情報共有システムの維持・異常対応等の業務を行う。

(3) 測定分析担当・・・企画調整グループで作成された指示書に基づき、測定対象範囲の測定業務を行う。

⇒ EMC派遣要員としての資質 + 専門家としての知見

(必要と思われる力量については次ページ参照)

EMC各グループにおける力量の目安(検討中)

13

グループ	力量の目安
企画調整Gr	<ul style="list-style-type: none"> 国や自治体が定める法令、指針類を踏まえつつ、限られた人員の範囲内で、何のために、どのようなモニタリングをすべきかを判断し、国が定める緊急時モニタリング案について過不足があれば根拠をもって指摘できること。 モニタリング案を作業指示書に落とし込む作業ができること。 作業者の線量管理について過不足があれば根拠をもって指摘できること。 Gr長の相談役になりうること。
情報収集管理Gr	<ul style="list-style-type: none"> 環境放射能のBGLレベルや過去の原子力事故によって、何がどの程度上昇したか等の知識を有し、放出源や気象情報、測定方法等から、測定分析担当が実施したモニタリング結果の妥当性について根拠をもって判断できること。
測定分析担当	<ul style="list-style-type: none"> (総括班) 企画調整グループからの指示書の意図が理解できること。 過去の原子力事故で検出された核種や防護装備の実例について理解しており、現場での緊急時モニタリング活動(サーベイ、採取・測定、防護装備等)の細かい部分に関し、実践的なアドバイスができること。

このような力量をもつために必要な知識(→手引きの目次)は何であり、どうしたら身に付けることができるか(→力量付与・認定のあり方)を検討した。

手引きの目次について

14

①力量評価のための構成要素(検討中)

例えば、下記構成要素のうち、◎の項目を習得・理解していることを確認できれば、各グループ専門家の力量が認定されるものとする。その際、グレード分け(初級・中級・上級)して認定することも視野に入れる。

大分類	小分類	構成要素		
		企画調整Gr	情報収集管理Gr	測定分析班
1. 国内法令	1.1 実用炉関係	◎	○	◎
	1.2 RI法及び一般	○	○	○
2. 指針・ガイド類	2.1 国内指針(緊急時)	◎	◎	◎
	2.2 国内指針(平常時)	○	○	○
	2.3 国際指針・ガイド	◎	○	◎
3. 各自治体の協定・指針等	3.1 緊急時の計画・要領・マニュアル	◎	◎	◎
	3.2 平常時の計画・結果等	○	○	○
4. モニタリング・被ばく管理に関するスキル	4.1 一般的知識、基本動作	◎	◎	◎
	4.2 過去の事故事例	◎	◎	◎
	4.3 緊急時モニタリングの知識・経験	◎	○	◎
	4.4 被ばく管理(総論・道府県別)	◎	○	◎

(◎:必須、○:あればベター)

環境モニタリング分野の教材について

15

インターネット公開資料を活用すべく、放射線防護の基本や緊急時モニタリングに関する資料を幅広くサーベイして「ネット索引」を作成中。

- 国内法令・指針、道府県の計画・要領等
- IAEAの安全基準文書(英語版、和訳版)
- その他関連文書、サイト

1. IAEAの安全基準文書(新体系)			
文書番号	文書名	年	言語
Safety Fundamentals 安全基盤			
GF-1	Fundamental Safety Principles	2009	日本語
General Safety Requirements 一般安全要件			
Part 1 (RS1)	Governmental, Legal and Regulatory Framework for Safety	2016	日本語
Part 2	Leadership and Management for Safety	2016	日本語
Part 3	Radiation Protection and Safety of Radiation Sources	2014	日本語
Part 4 (RI)	Safety Assessment for Facilities and Activities	2018	日本語
Part 5	Radioactive Management of Radioactive Waste	2009	日本語
Part 6	Decommissioning of Facilities	2014	日本語
Part 7	Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency	2015	日本語
Specialized Safety Standards 特殊安全基準			
OSQ-1	Classification of Radioactive Waste	2009	日本語
OSQ-2	Criteria for Use in Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency	2011	日本語

今後、必要なものをスクリーニングして、教育(対面教育、webinar、eラーニング)に使用する教材を選定する。

エッセンスは「EMCハンドブック」のようなものに整理する等も検討中

環境モニタリング分野の力量付与・認定について

16

コロナ禍により対面形式での研修が当面難しくなったことを考慮して、習得・理解を確認していくツールにオンラインを活用していくことも検討中。

手段	長所	短所
対面形式	<ul style="list-style-type: none"> 実機を触れての教育や訓練ができる。 同一空間ならではのコミュニケーションが可能 	<ul style="list-style-type: none"> 出張等が必要で、時間的・予算的制約がある。 感染症問題への対策が必要。
オンライン Webinar eラーニング	<ul style="list-style-type: none"> パワーポイント等を活用したリアルタイムオンライン講義は臨場感があり、質疑もできる。 教育履歴管理や確認テストによる理解度管理が容易 いつでもどこでも均質なビデオ講義(または自習教材)を受けられる。 	<ul style="list-style-type: none"> システム構築と運用に予算が必要となる。 その時間に受講できなかった人は再視聴できない(録画してアーカイブ配信は可能)。 リアルタイムならではの臨場感がない、質疑ができない。

オンラインを活用する一方で、対面形式でないといけない教育や訓練の整理も必要。これらは放射線管理分野の力量付与・認定の仕組みと合わせて検討していく。

放射線管理分野の人材確保・育成の検討 (避難退域時検査の支援を想定)

17

検査要員と専門家の役割
 専門家等が備えるべき力量の目安
 専門家等が備えるべき力量を付与するための教材等

避難退域時検査における検査要員の役割

18

- 車両指定箇所検査チーム
 - 車両モニタ・サーベイメータ等による**車両の指定箇所検査**を行う。
- 車両確認検査及び簡易除染チーム
 - サーベイメータ等による**車両の確認検査**及び簡易除染後の**除染効果の確認**を行う。
 - 車両の簡易除染**を行う。
- 住民指定箇所検査チーム
 - 体表面モニタ・サーベイメータ等による**住民の指定箇所検査**を行う。
- 住民確認検査及び携行物品検査並びに簡易除染チーム
 - サーベイメータ等による**住民の確認検査**、**携行物品の検査**及び簡易除染後の**除染効果の確認**を行う。
 - 住民及び携行物品の簡易除染**並びにその補助(説明、指導等)を行う。

⇒ 検査要員の教育・訓練は自治体で実施

避難退域時検査における専門家の役割

19

- 検査会場の管理運営を担う自治体職員（**検査責任者等**）**に対し、専門家の視点で指導・助言を行う。**（管理運営のための研修は、NEATが別事業で実施中）
- 自治体からの依頼を受けて技師会・原子力事業者等から派遣された**多様なレベル・職種・職歴の検査要員に対し、必要な指導・監督を行う**（例：防護衣の着脱装、サーベイの方法。検査要員の教育・訓練は自治体で実施）

⇒ **検査要員**として十分な資質 + **専門家**としての知見

避難退域時検査に派遣される専門家等が備えるべき力量の目安(1/2)

20

レベル	必要な力量	ポイント
検査要員	車両用ゲートモニタの設置・操作方法	検査責任者等の指示に従い、機器の設置及び操作を行い、表面汚染測定を行う。
	サーベイメータ等の操作方法	サーベイメータ等を適切に操作して、表面汚染測定を行う。
	車両・住民の指定箇所検査方法	指定箇所検査における方法（測定場所、走査速度10 cm/s、判定基準“6 kcpm”など）を理解し、適切にスクリーニングできる。
	車両・住民の確認検査方法	確認検査における方法（走査速度10 cm/s、高い箇所で10秒固定、判定基準“40 kcpm”など）を理解し、適切にスクリーニングできる。
	車両・住民の簡易除染方法	簡易除染方法（周囲から中心に向けて、1枚1拭き、1拭きで測定、拭き取り2回までなど）を理解して、適切に簡易除染できる。
	車両・住民の誘導方法	検査責任者等の指示に従い、適切に誘導する。
	作業装備の着脱装方法	タイベックスーツなど適切に着脱装できる。
	除染廃棄物の処理方法	検査責任者等の指示に従い、適切に廃棄物を処理する。

避難退域時検査に派遣される専門家等が備えるべき力量の目安(2/2)

21

レベル	必要な力量	ポイント
専門家	初級 検査要員に必要な力量をレクチャーできる	前述（検査要員）した力量の発揮に必要な指導・助言を現地で実施できる。
	中級 車両用ゲートモニタやサーベイメータ等の構造、特性の知識を有する	測定器のクセ（検出器面積、温度ドリフト、測定可能なBG上限、走査速度と応答性、光ノイズ、耐衝撃性、方向特性など）を理解し、助言できる。
	中級 検査方法に対する根拠（指定箇所、走査速度、判定基準など）を理解している	指定箇所検査の測定場所の選定理由、走査速度10 cm/s、判定基準“6 kcpm”の根拠などを理解し、状況に応じた助言ができる。
	中級 検査・除染の内容を住民等に分かりやすく説明できる	検査の目的・意義を一般の方に分かりやすく説明するとともに、検査にかかる疑問に回答することができる（放射線防護的観点で）
	上級 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	事故状況に応じて変化し得る放射線状況に対して適切な助言（BG差し引きの要否、測定継続可否、OILに基づく退避・避難など）ができる。
上級 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	検査要員配置・検査動線の最適化、放射線状況に応じた検査方法の最適化などの助言ができる。	

避難退域時検査に派遣される専門家等が備えるべき力量を付与するための教材案

22

必要な力量	教材等の例
検査要員に必要な力量をレクチャーできる	・原子力災害時における避難退避時検査及び簡易除染マニュアル（規制庁） ・平成 30 年度原子力施設等防災対策等委託費事業「原子力災害時の医療に關わる実践研修テキスト—避難退避時検査—簡易除染—」（原燃協） ・避難退避時検査の資機材設置及び運用マニュアル（内閣府原防、整備中）
車両用ゲートモニタやサーベイメータ等の構造、特性の知識	・車両モニタ/表面汚染サーベイメータの各社カタログ、取扱説明書 ・放射線計測関係の教科書 ・OSTホームページ「サーベイメータの取扱い」 https://www.nirs.nst.go.jp/publication/movie/education/education-dvd_survey/index.html ・JIS Z4320「放射性表面汚染サーベイメータ」
検査方法に対する根拠（指定箇所、走査速度、判定基準など）を理解している	・原子力災害対策指針 ・緊急時核ばく状態における汚染した物の搬出のためのガイドライン【解説】、日本保健物理学会 ・白川「サーベイメータの適切な使用のための応答実験」、ISOTOPE NEWS、635（2007） ・JIS Z4504「放射性表面汚染の測定方法」
検査・除染の内容を住民等に分かりやすく説明できる	・暮らしの放射線Q&A、日本保健物理学会 https://warp.da.ndl.go.jp/info.ndl.jp/ipid/8699165/radi-info.com/index.html ・リスクコミュニケーション関係の教科書
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	・実務人材研修（避難退避時検査等）試行研修「避難退避時検査等において検査責任者等が知っておくべき項目テキスト」（JAEA-NEAT）

原子力防災を支援する放射線防護関係者のための手引き（案） （緊急時環境モニタリング、避難退域時検査）

23

共通編

- 原子力防災の枠組みに関する基礎
 - 原子力防災に関する法令等と原子力防災体制
 - 原子力災害対策に関する法令、指針等の要点及び原子力防災体制
 - 災害支援の仕組みに関する事項
 - 指定公共機関とその役割
 - JAEA（NEAT）：防災業務計画、国民保護業務計画
 - OST：防災業務計画、国民保護業務計画
 - 地域の原子力防災支援組織の活動（例：原子力災害医療協力機関 等）
 - その他の組織における自主的取り組み
 - 原子力事業者
 - 教育研究機関（大学等）
- 緊急時放射線防護ネットワークの運営（活動計画）
 - 原子力災害における中核機関と参加募集
 - 平常時、緊急時の活動内容
 - 専門研修、登録管理、自治体等への情報提供

個別編

- 緊急時環境モニタリング
- 避難退域時検査

資料

- 各地域の原子力施設に関する情報の入手方法
 - 内閣府の防災訓練URLの案内

手引きの整備及び力量付与・認定方法の検討方針

24

手引きの整備

- 専門家に必要な力量の目安を明示するとともに、力量付与に役立つ教材等を整理する。
 - 必要な力量とそのポイントを精査し、必要な知識を具体化する。
 - 必要な知識を付与するための教材等（インターネット公開資料がより望ましい）の候補を充実化する。

力量付与・認定方法の検討

- Eラーニング等オンライン講義や実際に使われている測定器を用いた実習などを検討する。

まとめと今後の予定

25

- ①原子力防災を支援する放射線防護関係者のための手引きの策定
緊急時環境モニタリング、避難退域時検査を支援する専門家が備えるべき力量と教育素材に関する調査を行った。最終年度は下記に取り組む。
 - ✓手引きの作成及び教育訓練の試験的实施
 - ✓防災訓練の反映
- ②防災体制を支援する専門家ネットワークのあり方に関する提言
ネットワーク活動の全体像について平時の取り組み及び緊急時における活動について取りまとめた。最終年度は下記に取り組む。
 - ✓人材の登録・認定・管理方法の提案

参考資料



ステークホルダーとの議論について

日本保健物理学会 第53回研究発表会 (WEB開催)
開催日時: 令和2年6月29日(月)~30日(火)
企画シンポジウム: 放射線防護の喫緊課題への提案
第2部 緊急時対応人材の確保~ネットワーク構築の条件~

○主な議論内容

- **ローカルでの「顔の見える関係」を構築**
→地域の基礎講座の講師を担当、地域の原子力防災訓練への協力
- **要員の力量を継続的に維持・向上させる仕組みが必要**
→技能維持の講習、訓練を開催する等
- **要員の力量を確認できるツールが必要**
→例えば、資格の保有、研修や訓練の参加実績等
- **人材育成には予算の確保、時限なき支援が必要**
→継続的に運用可能な体制を整備

質疑応答

【杉浦座長】 4年目を迎え、両ネットワークとも、随分、枠組みと中身の検討が進められてきて、充実した内容になっているかと思います。パネルディスカッションの内容を先行してしまうのですが、この4年間、アンブレラの枠があってこそできた、みたいなことがあればお聞きしたいと思います。

【吉澤】 私自身は原子力分野側にいるので、大学関係や医療関係といった異なるフィールドと繋がって検討できているのが一番のポイントだと思います。従来の枠を超えた検討ができたのはアンブレラのおかげかなと思っています。

【百瀬】 緊急時放射線防護ネットワークは、緊急事態においてスムーズな活動をするを目的としています。福島事故の際には、原子力防災対策の枠組みが分からない状態で、専門知識を必要な人に提供するという活動をしました。アンブレラの活動を通して、自治体が主導となって原子力防災の枠組みをかなり進化させているということが分かりました。専門家の立場からは、そういう社会の動きに敏感になれ、情報が入ってくる、あるいは共有できるというところで、アンブレラに参加して有意義だったと考えています。

【酒井】 吉澤先生にお尋ねしたいのですが、線量評価や線量測定に関するコンプライアンスについてはどのように認識されていますか。医療放射線防護連絡協議会にアプローチというお話もありましたが、医療被ばくも含めて線量測定のコンプライアンスを上げるといったことも先生の枠組みの中でお考えでしょうか。

【吉澤】 今、医療分野ではそこが最もホットなところであることは認識していますが、コンプライアンスを上げるために何ができるかというところまでは、この検討グループでは踏み込んでいません。ただ、かなり医療分野のほうでも動いているという情報は得ていますので、コンプライアンス自身を上げるところまでは手を付けていませんが、その先の管理を見据えている状況です。

【神田】 質問がありましたので、読み上げます。「力量とは具体的にどのような内容なのか」という、百瀬先生へのご質問です。

【百瀬】 このネットワークで言っている力量というのは、さまざまな専門的な知識を知っているというよりは、防災対策や体制の枠組みに関する理解です。理解しておくべき点を標準化した上で、それを理解していることを力量がある、と呼んでいます。

そしてグレードの高い力量は、現場で実際に指導的な役割を果たせるといった能力です。今後、実際の防災訓練などの視察を踏まえて、どのような形で力量として定義していくかということについて考えていきたいと思っています。

【杉浦座長】 それから「職業登録にしても緊急時防護にしても、技師をはじめ、医療従事者がキー」ということで、今年度から始まった患者の線量記録管理に伴う研修や、水晶体防護と関連付け

るような可能性はないでしょうか」というご質問がありますが、これについてはどうでしょうか。

【吉澤】登録管理というキーワードとしては共通している面があり、一元的に管理する仕組みのベースとしては、共通点といったものがあるかもしれません。患者の管理のベースが職業被ばく管理にも使えるかどうかは、確かに興味はありますが、今のところまだ具体的なところに接触したり、取り込んでいこうといった動きにはなっていません。気にはなっています。以上です。

【杉浦座長】時間も超過しておりますので、3番目のセッションを閉じたいと思います。

セッション：パネルディスカッション：放射線防護アンブレラの活動の振り返りと今後

パネルディスカッション

【神田(ファシリテータ)】冒頭、本日のパネルディスカッションの進め方についてご説明をさせていただきます。本日のパネルディスカッションに向けて、代表者会議メンバーには自己評価をお願いしていましたのでその結果をご報告して、その評価結果が良かった項目、悪かった項目、それぞれについて、次年度、そしてその後についてディスカッションをしたいと思っています。ご参加いただいている方から QA に記載いただいたコメントも随時、ご紹介をさせていただきます。

パネラーの方々のご紹介ですが、アカデミアの参加機関からの代表者と今年度、当事業にご協力いただきました原子力学会の保健物理・環境科学部会とリスク学会のタスクグループからご参加いただいています。それに本事業の担当者も加えての 13 名がパネラーとなります。後ほど自己紹介を兼ねて、最初のポイントについて 1 人ずつコメントを頂戴したいと思っております。そして最後に規制庁の高山企画官よりコメントを頂戴いたします。

早速ですが、昨年末の代表者会議メンバーでのアンケート結果を紹介させていただきます。アンブレラ事業の中でも特にアカデミアが関与している活動について評価いただきました。大きく分けて、アカデミアが主導的に行った活動、そういった活動に関する情報発信、若手人材のための企画、さまざまな活動を企画して実行する代表者会議のガバナンスといった 4 つの項目に関しての評価です。4 つの項目をさらに細かく例示的な活動別に分けて、放射線防護の向上に役に立ったか、あるいは人材育成確保に役に立ったか、この 2 つの観点で意見を伺いました。

単純集計をして見ますと、評価が高かったものの傾向が見えてまいりました。

評価が高かった項目は、アカデミアが一年一年、方向性を確認しながら進めてきた活動とまとめることができるかと思えます。例えば原子力規制委員会の安全規制研究の重点テーマに関する検討です。テーマの提案をして、規制側と専門家の間に認識にギャップがあるとなれば意見交換をして、学会連携などで重点テーマの候補研究を遂行するといった活動であります。

人材育成関連では、学会連携で合同のアンケート調査を実施して、学会単位で若手人材育成の継続的な支援を行っておりますが、こうしたことも学会からかなり期待されているということも分かりました。

また国際動向報告会で抽出したテーマについて深く掘り下げるためにワーキンググループを設置して、Webinar を開催して広く情報発信したという活動も、代表者会議の中では評判が良かった活動となっています。

こうした活動について、自己紹介を兼ねて一言ずつコメントを頂戴したいと思っております。



放射線防護研究分野における課題解決型ネットワーク
アンブレラ型統合プラットフォームの形成事業
第4回ネットワーク合同報告会

パネルディスカッション

放射線防護アンブレラの活動の振り返りと今後 ～放射線防護アカデミアの役割～

1. 代表者会議メンバーによる自己評価結果報告
2. 評価結果が良かった活動と今後の取り組み
～アンケートの単純集計結果～
3. 改善すべき点 ～アンケートの自由筆記欄から～

QAに記載いただいたコメントは適宜座長から紹介いたします

パネルディスカッションのパネラー

パネラー

飯本 武志	東京大学	日本保健物理学会 代表
甲斐 倫明	大分看護科学大学	日本保健物理学会/放射線リスク・防護研究基盤 代表
児玉 靖司	大阪府立大学	日本放射線影響学会 代表
小林 純也	国際医療福祉大学	日本放射線影響学会 代表
酒井 一夫	東京医療保健大学	放射線リスク・防護研究基盤 代表
高永 隆子	量研	日本放射線事故・災害医学会 代表
中島 寛	広島大学	日本放射線安全管理学会 代表
松田 尚樹	長崎大学	日本放射線安全管理学会 代表
杉浦 紳之	原子力安全研究協会	国際動向報告会主催者
百瀬 琢麿	日本原子力機構	緊急時放射線防護ネットワーク 代表者
吉澤 道夫	日本原子力機構	職業被ばくの最適化推進ネットワーク 代表者
橋本 周	日本原子力機構	日本原子力学会 保健物理・環境科学部会 実効線量と実用量に関するワーキンググループメンバー
加藤 尊秋	北九州市立大学	日本リスク学会・原子力災害の防護方策の意思決定に関する検討タスクグループ主催

指定発言者

高山 研	原子力規制庁
------	--------

代表者会議メンバーへのアンケートの集計結果（2020年12月に実施）

活動項目	放射線防護向上	人材育成・確保
(1) 防護アカデミアが主導的に行った活動		
参加団体が合同で行った活動(低線量コンセンサスの策定や実効線量と実用量に関するWGの活動等)	○	○
参加団体ごとの検討や調査(重点テーマの提案、学会員の調査、事故・緊急時対応向上のための提言)	○	○
共通の活動を参加団体ごとに実施(若手人材育成のための取り組みや規制側との対話の場の提供)	○	○
課題解決型NWへの関与(学会からの参加、議論の場の提供)	○	○
(2) 情報発信		
国際動向報告会	○	○
NW合同報告会		
NWが行っているステークホルダー会合		
実効線量と実用量に関するWGが行っているWebinar(全5回シリーズ)	○	○
国際的機関からの専門家との意見交換(ICRP関連の国内会合の開催、専門家の招へい)	○	○
放射線防護アンブレラHP(掲示板機能など)の内容更新・システム運用	○	○
放射線影響・防護ナレッジベースの内容充実・更新・システム運用		
(3) 若手人材のための企画		
国際的機関が主催するイベントへの若手の派遣(グローバル人材の育成)	○	○
進路等個別相談会(Web)		
(4) 代表者会議によるアンブレラのガバナンス		
防護関連の課題抽出のための積極的関与(WGの設置、政策提言など)	○	○
アンブレラ内での情報発信・共有(具体的なイベントは(2)を参照)		
規制側との対話の場の確保(クローズドの場で)	○	○
市民との対話の場の確保(NW合同報告会等のオープンの中で)		
他学会との連携/アカデミア拡充に向けたリード(産業衛生、原子力、リスク、医療放射線分野など)	○	○

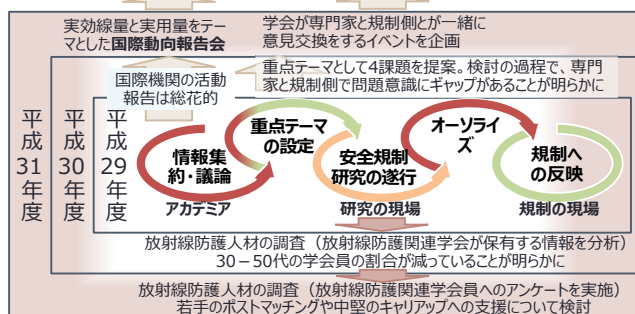
代表者会議メンバーが対象。回答者の75% (○) あるいは過半数 (○) が意義があったと判断した項目

自己評価結果が良かった活動と今後の取り組み

令和2年度

実効線量と実用量WGが検討開始、Webinarによる情報共有

緊急時対応領域からテーマを選んで各学会が検討
重点テーマ候補研究の遂行を推進
防護アカデミア外との連携



若手人材育成のための取り組みを学会ごとに実施
国際的機関が主催するイベントへの若手の派遣

パネラーからのコメント（自己紹介を兼ねて）

- 放射線防護アカデミア参加団体からの代表
・特に重要であると思う活動と今後について
- 事業担当者
・放射線防護アカデミアの活動との連携
- 他学会との連携活動への参加者
・異分野連携や規制ニーズ対応

最初に、アカデミア参加団体からの代表者の先生方に、これまでやってきて特に重要だと思う活動ですとか、今後についてという観点からお一人ずつ、コメントをいただきたいと思っています。このパネルディスカッションでは、今後、このようにしますといった結論まで導き出すことは難しいと思っておりますので、ぜひ忌憚ないご意見をお願いしたいと思います。

【飯本】 日本保健物理学会、飯本です。学会連携と若手育成に関しては、当学会はこのアンブレラの仕組みをうまく使いながら、いい活動をできていると思っています。そして、Webinar は大成功ではないかと思っています。特に学生さんを含む新しいメンバーたちに、線量についてしっかり知ってもらうという意味で、学会の中でも強く宣伝をしたつもりです。また、我々のような教える側のメンバーにとっても、私自身、いろいろな気付きがありました。いろんな視点から、今回のWebinar はいい仕組み、いい企画だったと思います。ぜひ、テーマを選びつつ、また展開いただければと思っています。

【甲斐】 保健物理学会からの甲斐です。このアンブレラの活動に学会として参加したことは、大変ありがたかったと思います。学会としても、いろんな刺激を受けました。重点テーマの提案をさせていただいたわけですが、もちろん全て採用されるわけではないですが、学会でできることとして、いくつか活動を行いました。影響学会との合同での低線量の検討であったり、学会としての実用量の検討であったり、さまざまな活動の機会をつくっていただいたという点では大変、感謝しております。

一方で最初、アカデミアが考えていた重点研究は、アカデミアサイドと申しますか、自分たちの学会での問題意識が中心になります。その問題意識と規制側が考えているものでは少し違いがあったような印象を持っています。ですから、規制側が大きな話でもいいので、ビジョンを示していただいた上で、学会で何ができるかを提案すると、もっと効果的だったのではないかと思います。

それに関連して、代表者会議の中で規制側とのキャッチボールをもっとしていかなければいけないと、何度も申し上げてきました。いろんなコミュニケーションができる場をつくったのですから、まず共通認識を持つというようにする、それぞれ向かっているところが違えばそれについてしっかり議論する、またはどういうアイデアがあるのかといったことを議論する、ということを進めていければと思います。対話の在り方というのが今後の課題ではないかと個人的には思っています。

重点研究以外では、今日、発表のあった緊急時や線量登録、それから国際動向報告会などは、非常に成功した例であると思います。それぞれの立場で勉強になったという意味では、いい成果が出たとは思っています。重点研究のテーマと規制側と対話が今後の課題があると思います。

【児玉】 日本放射線影響学会の児玉です。私は個人的な立場から反省点も含めて述べたいと思います。影響学会ではアンブレラ事業に参画するために放射線リスク・防護検討委員会を立ち上げ、私はその委員長として本事業に参画しました。しかしながらアンブレラ事業が始まってしばらくは、放射線防護に資する日本放射線影響学会としての活動というイメージが非常につかみにくいところがありました。そのために学会代表としてこの事業への関わり方に、当初は主体性が

欠けていたと現在は反省しています。本事業に参加することで機会を得て、日本保健物理学会と連携して、低線量リスクによるコンセンサスと課題をまとめるメンバーとして活動するまでは、その意義については十分に理解していなかったというところがあります。しかしながら結果として、この2学会の連携活動は、非常に実りある成果につながったと評価できると考えています。

一方、重点テーマの提案や本年度に取り組みました放射線防護対策の推進に関する調査と提言といった活動は、本事業により得られた、非常に良い機会であったと考えています。この活動は、放射線防護に関する重要なポイントの掘り起こしにつながる成果になったと確信しています。

その一方で、若手人材の育成に関しては、学会としてさまざまに取り組んでいますけれども、本事業として、その成果を評価するには時間がまだ短いと感じています。専門家を育成することは、関連分野の学協会が連携して長期に取り組むべき課題であって、短期で評価するべきものではないと考えています。その意味で、今後の活動の持続が非常に人材育成という意味では、大切だと認識しています。

【小林】 国際医療福祉大学の小林です。影響学会としては、なかなか防護というのは身近な課題ではなかったところ、4年前からこういう事業に参加して、低線量リスクのコンセンサスのまとめを保健物理学会との共同事業としてやったことは良かったと思います。今年度も、調査や提言に主体的に関わったことも非常に良かったと思っています。

ただ、人材育成に関しては、どちらかという私のコメントにはなるのですが、アンケート等で問題点を抽出することは良かったのですが、学会個々での育成に重点を置くのではなくて、もう少し何か裾野を広げる活動、例えば、学会員ではなくもう一つ外側に対する事業みたいなことがやればいいのではないかと思います。今後も、もう少し学会より間口を広げることができればいいと思います。

これは規制庁事業なので、規制庁の扱う範囲内での交流ということにはなっていましたが、実際医療分野でも福島環境関係でも防護を扱う人は非常に多いです、厚労省とか環境省とか、いろんな連携もできれば、もっとこの分野の裾野を広げられるのではないかと感じました。

【酒井】 東京医療保健大学、酒井です。放射線リスク・防護研究基盤、PLANET と略しますが、その代表という形で代表者会議に参加しています。私は一貫して放射線の生物影響の研究に携わってまいりました。あるときは放射線治療との兼ね合いで高い線量、またあるときは放射線防護との兼ね合いで低い線量という具合に関わってまいりました。

そういう観点から見てみますと、アンブレラ事業で学会間の連携が促進されたというのは非常に大きなことだと思っています。関連分野でありながら、必ずしもこれまで密に交流があったわけではなかった学会同士が、隣の様子を見ながら、かつ、ここが大事だと思うのですけれども、規制ニーズというものを視野に入れながら連携を図ることができたと思います。これまでに既にお話がありましたけれども、日本放射線影響学会と日本保健物理学会で合同の委員会が立ち上がり、低線量放射線のリスクに関するコンセンサスと課題という成果物を作り上げました。これなども非常に大きな功績だったと思っています。それから若手の研究者をさまざまな場面でオン・ザ・ジョ

ブのトレーニングに派遣をするというようなことも行いました。これは私自身の経験を振り返ってみましても、若手研究者の方たちにとっては有効だったと考えております。

【富永】放射線事故・災害学会では、アンブレラ事業に関連したアンケートを会員に配布して、いろんな意見をいただいたところです。これまでに、会員の意見を聞くとか、いろんなコメントをもらうということをあまりやってこなかったのですが、アンケートにより、いろいろな専門分野の構成メンバーがいて、多岐にわたる多様性を持った学会だというのがよく分かった、というのがこのアンブレラ事業に参画しての良かった点と考えています。

さらに、学会としてやはり人数が少ない、それから、若手の人材もかなり少ないということも分かった点です。これをどう広げていくかですが、もともと学会の中でも、どうやって新規の会員を増やしていくか、魅力ある学会にするかというテーマで議論する機会があったのですが、まだ具体的に実りあるものにできていないという部分があります。学会の中だけではなくて、医療従事者の中でも、放射線事故とか原子力災害の分野に関わる人材はすごく少なく、この分野にどうやって若手に興味を持ってもらうかということは、私の学会活動や業務とつながっています。この点をより考えさせられる機会をいただいたと考えていまして、今後も学会活動を含めて、少しでも若手の人材育成とか、裾野を広げることといった活動ができればいいと考えています。たとえば、臨床医とか臨床に関わる人たちに対して被ばく医療の分野を展開し、専門的な分野と実際に臨床をやる人たちとの懸け橋みたいな感じで貢献していくことを考えています。

【中島】広島大学の中島です。日本放射線安全管理学会の代表の一人として参加させていただいています。安全管理学会の特色は、会員が施設を管理しながら、それと同時に自分自身の研究を進めている点かと思えます。そのテーマですけれども、放射線防護がテーマの方もいますが、あまり関係ない方もたくさんいます。学会として、また私個人としても、どうやって施設管理をしながら研究をするかは非常に大きな問題です。管理も現場での管理が、かなりメインだったのですが、こういったアンブレラで放射線防護に関するいろんな学会の方と連携を取ることができて、もっと広い意味での放射線防護を考える機会になったと思っています。

それと学会連携に関しては、アンブレラの枠組みで、例えば長崎で開催された影響学会でのシンポジウムにも参加させていただきました。またアンブレラだけではないのですが、保健物理学会と合同の大会を何回か開催させていただき、いろんな刺激を受けております。例えば、仙台での合同大会で保健物理学会が国際シンポジウムを開催されていて、われわれの学会ではなかなか国際化には至っていませんけれども、大変、良い刺激を受けたと思っています。

また、若手人材の育成に関しても、学会としてもこれまで少しですが取り組んできたわけですが、アンブレラでアンケートを採って、客観的に重要性が分かるようになってきました。また、このアンブレラから支援をいただいて、1年ちょっと前に開催されたSSD(Solid State Dosimetry)の国際会議にも学会が支援して若手に参加してもらうことができました。国際化であるとか若手人材の育成に関しても非常に良かったという印象を持っています。

【松田】 長崎大学の松田でございます。中島先生と同じく、日本放射線安全管理学会の代表者です。このアカデミアと2つの課題解決型のネットワークという大きな構造からなる全体の仕組みはなかなか良かったと思います。風通しが良くなったと思いますが、ちゃんと機能したかという点では100点ではないと思います。いい構造なので、もう少し時間をかければ、もっと機能性が高まるのではないかと考えています。学会連携は、時代の趨勢ですので、やっていかなければいけないと思います。以前、甲斐先生とご一緒させていただいて、大分で保健物理学会との合同大会の第1回目をやらせていただきましたが、あのときは本当に面白かったです。いろんな情報が一気に手に入るということですし、またいろんな交流もできて大変楽しかったです。

このアンブレラでは、そういうイベントの合同開催から一歩突っ込んで、仕掛ける側に入ってきました。一緒に仕掛けようではないかという事業です。それがどうだったかということなのですが、活動によって、随分いろいろあったと思います。例えば低線量のコンセンサスを取りまとめたのは素晴らしい成果で、しばらくの間はパイブルとして考えていいのではないかと考えています。それからWebinarに関しては、安全管理学会からもいっぱいリクエストがありました。

逆に、例えば若手育成は、だいぶ苦労しました。神田先生も最大の難関と資料に書いておられました。僕は、学生時代に影響学会にまず入って、次に保健物理学会に入り、最後に安全管理学会に入っていますが、学会によって若手育成といっても捉える意味が違ってきていると思います。うちの放射線生物の研究を行っている学生をどうやって育成するかと言ったら、適したやり方があるし、防護をやっている学生の育成にもそれなりのやり方があります。安全管理をしている若手となると、学生というよりは若手の職員になってきますので、その人たちの育て方も全然、違います。同様に、学会によっても若手育成のとらえ方の差が大きいというのが分かりました。アンケートをしたことで、少なくとも、自分の学会の立ち位置や学会としての特徴が分かったというのは大きかったと思います。練り直しは必要だと思いますが、今後も、ちょっと苦しいけれど、何かやっていかなければいけないと思っています。

一つ、最後にネガティブなことを言うと、果たして、これで会員にとってどんなメリットがあったのか、会員の活性化に何か目に見えてつながったものがあったのか、という点には反省しています。このアンブレラを始めたとき、ちょうど私が会長をさせていただいていたので、ある程度トップダウン的にかんがんで引っ張ってきたのですが、何度か反省しかけたことはありました。会員に対し、あるいはその会員の活性化に何が出来たのかというところが自分としてはまだ見えないと思いました。去年あたりからは、このアンブレラ請負事業をまとめてもらっているのは、若手と中堅、40代ぐらいの会員です。彼らに前に出てもらってお任せしています。これには中島会長のご指導もあってそういう形で動いております。そういう若手や中堅に、この事業を直接関わってもらうことで、その人たちが活性化して、私たち年寄り以外のところで活性化していくよう、今後につながることを、反省とともに期待しています。

【神田】 ここまで8人の先生からのコメントをまとめさせていただきますと、アンブレラという枠組みがあって、委託でもなければ、なかなかやることがなかったことができたという例を挙げていただきました。具体的には、学会連携、会員へのアンケート、国際化、それから学会活動に今まで

以上に若手や中堅が関わった点は良かったと言っていました。先生方は大変だったと思うのですが、これらに関しては結果オーライとお認め頂いたかと思っております。

一方で、若手人材に言及された先生がたくさんいらして、短期的に評価するのは難しいというご意見、若手育成は学会による差があるので横並びは難しいといった意見、それと関連して学会の外に目を向けて裾野を広げる方が良かったのではないかといった意見もあったかと思えます。

反省点としては、重点テーマに関わることで、規制庁とのキャッチボールはもう一皮むけなければいけないというお話、それから今のアンブレラの構造は風通しはいいけれども、もう少し機能的にしなければいけないし、これに参加することによる学会員へのメリットという観点も見逃せないというご意見がありました。改善点については、またご意見をいただきたいと思っております。

パネラーの自己紹介兼コメントのほうに戻らせていただきまして、こうしたアカデミアに関してくるところで、議論の入り口役をやっていただきました国際動向報告会の主催者の杉浦先生からコメントをお願いいたします。

【杉浦】 原安協の役割は、ネットワークの吉澤さんや百瀬さんのところとは違って、神田先生は、いいところを原安協に頼んできたなと思っていました。年に1回、人を集めて会議をやるとするのは、原安協が大得意とするところですので、初めは、国際機関で活躍されている国内の専門家を一堂に集める会議を開催しました。それだけでも新しい試みだったのですが、これでは総花だよねというご意見があって、今年と去年ではテーマを絞ってという会議に変わってきています。やっているうちにだんだんと中身が濃いものになって、最前線にいる方々がお互いに議論を深めていただく機会になってきました。

それでも2つ課題があって、1つはどう発信していくかということです。ここには手をつけられていないので、来年度はまとめの5年目ですので、しっかり考えなければいけないと思っています。それから2つ目の課題ですが、防護となると影響学会の方がいつも遠いと感じるとおっしゃるのですが、全部の学会を横串にしてできるテーマが限られています。すでにX軸(線量)とY軸(リスク)をテーマにした報告会を開催していて、来年度にZ軸があるかということ、それはないです。それでテーマをどうしようかなみたいなのもあります。神田先生からご紹介いただいたように、アンブレラなりプラットフォームの中で同じ方向を向くようにする役割があるのかなと思うので、そこは考えていきたいと思えます。

【神田】 二つのネットワークには、アカデミアと関わりながら4年間検討をしていただきました。特に今年度は、各学会が緊急事態対応領域からテーマを選んで議論をして、アカデミアとネットワークが交流するタイミングになってきました。百瀬先生からコメントと自己紹介をお願いいたします。

【百瀬】 緊急時放射線防護ネットワークの活動は、当初は全体としてどこを目指すかにして若干悩んだところがあって、ちょっとスタートが遅れてしまったというのが正直なところです。ただ、昨年从去年から今年度にかけて、かなり具体的にテーマを絞って、形が見えてきました。今、神田先生からのご指摘にあったように、アカデミアとの関係がこれから佳境に入ってくると思っています。

具体的には、緊急時放射線防護ネットワークをこれから発展的に続けようとする、まず人材の登録の部分に関してアカデミアの関係が極めて重要だと思います。どういう分野の専門家なのか、普段どういったことに関心を持っているのか。こういう部分が基礎となる部分です。ぜひアカデミアから登録に協力をさせていただくことが必須であると考えています。

それから、課題解決に向けた活動も、アカデミアとの重要な接点であると思います。例えば避難退域時検査の現場に行きますと、さまざまな新しい機材などが投入されておりまして、そういうものの技術的な評価等、専門的な観点での課題が実際に見えてきます。こうした課題に対してアカデミアの中で専門研究会のような形で議論していただき、しっかりとしたアウトプットを出して、ネットワークの中で共有していくという形が理想的なのだろうと想着いて、その部分でもアカデミアとの関連が非常に重要だと思います。

また、人材育成という面でも、アカデミアが行っている専門研究会や講習会などの共有や相互の利用、あるいは相互に宣伝し合うといった協力関係が重要で、そういう活動も緊急時放射線防護ネットワークの中にも位置付けていきたいと考えています。

来年度は具体的な部分で接点を持たせていただいて、試験的に制度設計を運用してみて、フィードバックをしたいと考えていますので、引き続きよろしくお願ひしたいと思います。

【吉澤】今回はあまりお話しできませんでしたが、いわゆる個人線量測定と測定評価、それからキャリアレーションが私のバックグラウンドの分野です。ですから、そういう方面から防護全体を見てきました。アンブレラの活動を通じて、職業被ばくに関しても、原子力だけでなく、枠をかなり広げて検討できたというところが、この活動の一番大きなところだっただと思っています。

ただ、一方で課題解決型ネットワークは、最初に課題設定があって動きだしたので、アカデミアとの連携となるとメンバーは限定されていて、特に管理をしている実務のフィールドとの連携が、一番重要になってきます。そこで、アンブレラの中というよりは、他の大学連携ネットワークとか医療分野とのつなぎを通じて、原子力以外の分野との連携を進めてきました。しかし、個人的には、実務に近い安全管理学会との連携やコミュニケーションをもう少し意識して活動したほうが、より分野が広がり、ステークホルダーとの議論という意味では良かったのかもしれないと思っています。

アンブレラでは、規制とアカデミアとの距離をつなげるという縦のラインでの距離を縮められたことと、その学会の中でもいろんな分野があることで孤立していたものを横でもつなげることができたということで、縦横をつないでいけたということが一番良かったと思います。その典型が、線量に関する諸問題の Webinar で、Webinar のテーマをみているだけでまさしくこれがアンブレラの姿だろうと思いました。こういう枠組みは、ぜひ継続することが重要だと思っています。

【神田】今、本事業を担当する側の3人の先生からもコメントいただきまして、一部、次年度以降についてもお話をいただいたところです。「それはそうじゃないよ」と思われるようなご発言はないように感じました。ここまでのところいかがでしょうか。

この4年間、一緒に重い荷物を担いで走っていただいた先生方にコメントをいただきましたが、ここからは、こうした活動を外から見たときにどのようにお感じになるか伺いたいと思います。

まず橋本先生は、今年度から原子力学会の保健物理環境科学部会からのご推薦という形で、ワーキンググループに入らせていただいています。原子力学会自体はすごく大きな学会で、いろんな専門家がいる、それ自体が巨大なネットワークになっていると推察しております。また、規定ニーズ対応という点でも、たくさんの実績がおりだと思しますので、アンブレラ事業に参加されて、いろんなご助言あるかと思しますので、自己紹介とコメントをお願いいたします。

【橋本】今年度から原子力学会の保健物理環境科学部会からアンブレラ事業に参加させていただいております。私自身、実効線量と実用量に関するワーキンググループのメンバーとして参加させていただきました。まず現在、原子力学会の中では、保健物理・環境科学部会でアンブレラ事業に関与させていただき、私どもがカウンターパートとなって、放射線工学部会、バックエンド部会、それから社会環境部会には情報提供を行っています。これまで、われわれも近しく活動してきた部会で、恐らく興味があるだろうということで、お声掛けをしまして、それぞれ非常に歓迎されているところと思っております。まだ今年が1年目ですし、原子力学会はやはり大きな組織ですので、今、学会内へのいろんな浸透を進めている最中とご理解いただければと思います。

原子力学会にとって重要なテーマは原子力の安全性の評価であり、その安全の実現に向けて放射線防護の考え方が基盤になると考えています。それから、そのリスク指標として線量の概念があるので、われわれとしても、もっとアンブレラと協力できるところがあるのではないかと考えています。原子力学会としては、まさに防護は、実務やアプリケーション、プラクティスといった部分に関わるもので、アンブレラのいろいろな議論の成果がわれわれの活動に生かせるのではないかと期待しています。

【神田】パネラーの最後のご紹介となりますが、加藤先生を紹介いたします。リスク学会という分野横断的な学会におられて、異分野の専門家とのディスカッションには大変慣れていらっしゃると思います。ご専門は、環境分野や防災分野ですので、分野こそ違えど行政のニーズへの対応にもいろんな経験がある先生です。

放射線防護の専門家は、自分たちが特殊だという意識があるように思いますが、先生からご覧になると、この4学会の連携を異分野連携と呼ぶにはちょっと狭いのではないかと、外からご覧になって奇異に感じる部分もあるかと思えます。その点にもコメントをいただければと思います。

【加藤】私は北九州市立大学の加藤と申します。本日は参加させていただきまして、ありがとうございます。今のお話にもありましたけど、私は放射線防護という世界は、全然知らなくて、普段は主に廃棄物など環境政策の評価をしています。また地元の北九州市消防局との縁で防災訓練の組織連携をするための防災訓練の評価をしています。それで神田先生にお誘いいただいて、リスク学会の原子力防災の防護方策の意思決定に関する検討タスクグループのお手伝いさせていただきますので、そのご縁で、今日はパネラーに入れていただきたいと思います。

今日、お話を聞かせていただいて一つ感じたのは、すごく分野がいろいろと細分化されていて、それぞれに学会というか専門分野があって、それを放射線防護っていうキーワードの中で連携させるのもなかなか大変なんだなという点です。すごく印象に残りました。細かいところは私は分かりませんが、お話を伺っていて、いくつかキーワードが出てきた中で、若手の方を増やす話で、活動の裾野を広げるとか、もっといろいろな人に入ってもらいたいというお話が何度か出ていたことがはすごく印象に残っています。

この放射線防護や原子力は、その外側の世界との連携がすごく大事だろうという気がします。先ほど、放射線防護の世界は特殊に見えるのではないか、という話をされていましたが、放射線防護の世界の問題と外の問題に共通性がある課題もたくさんあると思います。例えば、緊急時モニタリングの話にしても、広域に飛び散ってしまった汚染物質があって、その状況をどう把握するかというのは、放射性物質と化学物質の間に共通の課題もあるのではないか、という視点で話をすると、もう少し外の人でも参加しやすいのかなという気がいたしました。

それから今日の話の中で、Webinar によって結構、入れる人が広がるのではないかという話がありました。私も個人的に Webinar は実際の集まる会議よりもはるかに参加しやすいと思っています、今年は関係ない分野の Webinar にも参加しました。そういう点では、Webinar はすごく可能性があると思います。ただし、その Webinar に外部の人を呼ぶためには、今、言ったように共通の問題があるというのを示してあげる必要があります。放射線防護や原子力にはこういう問題があるけど、あなたがたの世界にもこういう問題がありますよね、実はこれが共通ですといった形で誘い込むのがよいと思います。

最後にもう一つ、やはりどうしても専門性が必要な世界だとは思いますが、専門性を持つ人をたくさん集めたり、育てたりして確保するのは多分、難しいだろうという気がします。ですので、本業としてこの分野をしっかりとやる人はもちろん要るのですが、副業でやる人をどう増やすかというのが、多分、課題になるだろうという気がいたします。防災の世界でもそうなのですが、この点でいいアイデアが出てくるとよいと思いました。

【神田】 今、一通りご意見を伺ったところでございますが、先生方のご発言に、何かコメント等はございますか。

【飯本】 今、最後に出てきたキーワードで、「副業で防護のことをやったださる方を」というのがありました。これは当学会の若手研でかなり出ている話題の一つです。先ほど保健物理学会からの報告の中で、これからの視野の範囲は放射線の世界を超えるかもしれません、という話をしましたが、放射線を本業とするメンバーにアクセスをして、いろんなメンバーとつながりながら活動することは当然視野に入れているのですが、分野を超えて何かを考えていただけるような方を、どうやって見つけつながっていくか、考えていこうという話が出始めています。全く同じような議論が、若手との意見交換でも出てきているというご紹介です。

【神田】 恐らく、被ばく医療でもそういった議論がなされているのではないかと、と思いますが、他、

いかがでしょうか。先に進ませていただいてもよろしいでしょうか。

代表者会議の自己評価では、改善すべき点についてもアンケート欄の自由筆記欄に代表者会議メンバーがびっしり書いてくださっています。先ほどは、アンブレラ事業で良かった点についてコメントをいただいたのですが、改善点についてもしっかり議論いただいています。

例えば学会が合同で行った活動、コンセンサス策定や実効線量と実用量に関するワーキンググループの活動は概して評価は高かったのですが、若手をもっと巻き込めばよかったといった意見がありました。今では、かなり学会単位での学会には若手に入っていると思います。

それから重点テーマや学会員の調査については、意義はあったけど学会全体での浸透が難しく、学会員に理解してもらうのは難しいとか、企画委員会に丸投げになってしまった、若手の人材育成の取り組みは学会の独自性を出すのが難しい、それから基礎研究の色が濃い人だと防護人材の育成とはちょっと関係ができないといった生の声も聞かれました。

情報発信の報告会等については、アンブレラでやらなくてもいいのではないかといい意見がありました。それから、ホームページなどで情報発信する場合も、もう少し若手が見たり利用率が上がったりするような工夫が必要という意見がありました。その中でWebinarの評判がいいのは、ネタ切れになりにくいということと、費用対効果がいいという点にあると思っています。

若手人材のための企画については、国際機関のイベントの派遣は意義はあったとはいえ、改良点についてはかなり具体的な意見が出ました。また、費用援助だけでなく、発表練習をさせたらどうだという意見もありました。

そして活動の企画・実行のガバナンスについては、正直、代表者会議の先生方の苦悩が偲ばれるコメントが多くありました。規制側が学会に何をしてほしいのか明確にしてほしいとか、学会側が防護の課題を抽出するのは難しいといったことです。規制側との対話は学術的な支援よりも実学的な視点のほうが多いので、なかなか基礎分野の研究者や学会には関心が高くないといったコメントもありました。先ほど、松田先生からのお話にもありましたけども、やはり学会と会員にとってのメリットが見えないということに、くられるかと思えます。

あらためまして比較的学問領域としては近い4学会間でも、その会員の専門性や考え方に違いがあります。だから学会連携してその専門性や視点を広げて検討するというところに意味があるのですが、4学会にはそれぞれの特徴があるので同程度の貢献を期待するのは難し医というのも事実です。学会が参加できるテーマを選ぶ必要があるし、会員の理解もなかなか得られないといったことで、今後、どのような運営が適切かといった課題が残っているかと思えます。

それでは、このアンケート結果をベースに、意見交換を行いたいと思います。若干、この4年間、背伸びをして活動してきましたけれども、今後、無理なく学会連携を継続するための観点からということで、ご意見のある先生からご発言いただきたいと思います。

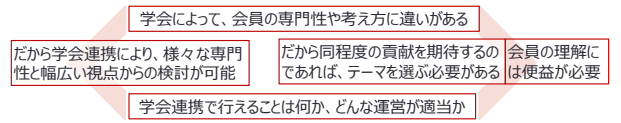
ないようでしたら、私のから代表者会議の議長として大変ご尽力いただきました酒井先生と甲斐先生に、ネットワーク事業の運営のイニシアチブに関してコメントをいただきたいと思います。

改善すべき点 ～アンケートの自由筆記欄から～

活動項目	良かったところ	改善すべき点・考慮すべき点
(1) 防護アカデミアが主導的に行った活動	・他の学会と連携を取れた ・現状の規模の学協会との意見交換の場の提供がよい	・学会間の連携程度に活動を抑えてどうか ・学会がNWに興味を見いだせたら、手弁当で継続可。事務局も各学会の持ち回りにする。
参加団体が合同で行った活動（低線量コンセンサスの策定や実効線量と実用量に関するWGの活動等）	・管理の現場でも必要な知識を提供したアンプレラらしい活動 ・学会によって防護に関する認識に差異があり、この手の活動が現実的	・若手会員を含めれば良かった
参加団体ごとの検討や調査（重点テーマの検討、学会員の調査、事故・緊急時対応向上のための提言）	・若手会員が参加した点 ・会員の動向を他学会とも共有できた ・各学会の視点で共通のテーマにアプローチできない検討がベース	・重点テーマの提案は止める ・防護に関心がある会員は少なく、活動の意義を学会員に理解してもらおうのが難しい ・責任を争って、企画委員会に丸投げ的な対応になった
共通の活動を参加団体ごとに実施（若手人材育成のための取り組みや規制側との対話の場の提供）	・若手人材の育成は継続的活動が大切 ・イベントのプログラムが理まるのでメリットはあった。	・学会の独自性を出すのは難しい ・会員によっては防護への関心に個人差があり、学会全体としては情報が生かされない ・基礎研究志向に、防護人材の育成につながりにくい
課題解決NWへの関与（学会からの参加、議論の場の提供）	・これまでない試み	・NWから学会に対して、推薦依頼が必要 ・学会への進捗の情報共有が必要 ・学会の専門研究会等の形式で実施する仕組みはどうか
(2) 情報発信		
国際動向報告会	・一般会員のベースラインアップに寄与	・同様の会合は他でも行われている。
NW合同報告会		
NWが行っているステークホルダー会合		・アンプレラとは切り離しても良い
実効線量と実用量に関するWGが行っているWebinar（全5回シリーズ）	・新たなテーマを設定すれば継続可	
国際的機関からの専門家との意見交換（ICRP関連会合開催、専門家招へい）	・一般会員のベースラインアップに寄与	・他でもやっているのでも、アンプレラと切り離してもよい ・他でやっている活動と連携するよい
放射線防護アンプレラHP（地示板機能など）の内容更新・システム運用	・情報交換に必要である	・人材育成にかかわる情報をもっと掲載し、若手に見てもらえる工夫ができる ・ログ的なデータを解析すべき
放射線影響・防護ナレッジベースの内容充実・更新・システム運用	・役に立つ	・利用率向上のための工夫が必要

改善すべき点 ～アンケートの自由筆記欄から～

活動項目	良かったところ	改善すべき点・考慮すべき点
(3) 若手人材のための企画		
国際的機関が主催するイベントへの若手の派遣（グローバル人材の育成）	・良い企画である ・アンプレラの活動にフィードバックできる ・継続的に係わるような人を派遣するシステム	・イベント申込締切の前段階で派遣者を決定する仕組みだと応募者は増える ・行き先を決め打ちする研究職希望者にはあまり馴染まない ・海外発表の経験のない若手を優先的に選び、渡航前に発表練習をさせてはどうか ・ICRPのmentor/mentee制度等を活用してはどうか
進路等個別相談会（Web）	・企画としては良い	・コンサルtantが「進路指導」のスキルを共有してはどうか ・気軽に申し込んでもらう工夫が必要
(4) 代表者会議によるアンプレラのガバナンス		
防護関連の課題抽出のための積極的関与（WGの設置、政策提言など）	・良い機会になった	・規制側が学会に何を期待しているかを明確にすべき。真に必要なことは学会の自主的な活動ではなく委託にすべき。
アンプレラ内での情報共有（具体的なイベントは以下の（3）を参照）	・アンプレラ内での情報共有は有益 ・こうした場が設けられるだけでも画期的	・規制側が必要とする標準の策定が適当 ・学会によっては防護の課題抽出への積極的関与は難しい
規制側との対話の場の確保（コースDの場）	・代表者会議に放射線防護部署から出席することが必要	・学術的視点より実務実学的視点の展開がよい ・基礎研究者にとって規制側からの情報の関心は高くはない。
市民との対話の場の確保（NW合同報告会等のオープン）の場）		・放射線影響等も含めた観点で公開の場を設定するよい ・若手も参加するよい
他学会との連携/アカデミア拡充に向けたい（産業衛生、原子力、リスク、医療放射線分野など）	・課題解決のWGにおいて、人材提供のために関係学会からの協力を得るため、連携することはよい	・アカデミア拡充の意義は放射線防護としては見いだされると思うが、学会としては疑問。 ・会員にとって何がメリットになるのかという点が大事



パネラーからのコメント

- アンケート結果に関する意見交換
 - ・特に継続的協力の観点から
- 他学会との連携活動への参加者からの助言
 - ・大規模学会や学際的学会での経験
- 事業担当者
 - ・次年度計画におけるアカデミアとの連携

【酒井】 学会組織の運営という観点では、甲斐先生が保健物理学会の会長ですので適任かと思いますが、私もアンブレラの代表者会議の議長を最初の 2 年間やらせていただき、非常に貴重な時期を担当させていただいたと思います。規制のニーズと学会から上がってくる提案課題の間にこんなにもギャップがあるものかと認識したのが、最初の段階だったと思います。そして、規制のニーズを眺めながら学会間の連携が行われました。何度か出てきていますけれども、日本放射線影響学会と日本保健物理学会が合同で低線量リスク委員会を立ち上げて、そこでの検討結果が低線量リスクに関するコンセンサスと課題として出来上がったところであります。

先ほど自己紹介の中で放射線生物をやってきましたと申し上げました。放射線生物の分野というのも広くて、規制に近いところに関心を持っている方は、実は多数派ではないと思います。放射線生物学の出口である応用先として、以前でしたら放射線治療が大きな分野だったと思います。それが近年ですと、放射線リスクであるとか低線量影響とかをイメージする方も増えていると思います。これもアンブレラの活動の一つの大きな成果なのかなという気がいたします。

そういう意味ではこのような学会間の連携をスムーズに行えるような枠組みは大事にしたいと思いますし、規制庁におかれましても、精神的には応援をし、経済的には支援をすることを考えていただければと思います。それからアカデミアのほうでも、そのような要請に応えられるような準備が必要で、あと 1 年の間にその先が見えるような活動が必要なのかなと思います。

【甲斐】 私もこの 2 年間、代表者会議の議長として務めさせていただきました。その前は学会からの代表ということで、学会とアカデミアをまとめるアンブレラ事業の関係について少し悩みながら対応してきたところがあります。そこで、私たち学会の方が、こういうことを考えたらいんじゃないかなという意味で委員会をつくり、実用量だとか低線量問題であるとか線量評価に関することとか、いくつかテーマをつくり、委員会をつくり、それで成果を出すという方向でやってきました。それがうまくいった面もありますし、この規制側のニーズに合っていない面もあったように思います。

そういう意味では、このアンブレラ事業は、アカデミアに対してしっかりしろよというような形で、いろんな機会を与えていただいて、自らテーマを考えて、われわれができることを考え、できることに取り組んでいくという機会を与えてもらったという側面があります。そしてもう一つの側面は、規制のニーズ対応です。規制側がどういうことに困っているのか、何を解決しなければいけないのかという、まさに課題解決型の取り組みにどう応えていくべきかについては、学会側もかなり悩んだ点だったように思います。

そういった意味で、いろんな面で大変いい面もあったわけですが、本来のこのアンブレラ活動の目的に戻って、何が求められていたのかということを考えますと、十分わかっていたとは思いますが、アカデミアが規制にとって何が出来るか、規制側はある程度の期待をしているだろうと思いますが、その期待と、アカデミア側が何に貢献できるかという悩みの中で、マッチングがうまくいっていなかった面がありました。そこを、うまく機能していくためにも、どういうやり方をしたらいい

のかと改善する必要があります。例えば、私から提案したのですが、アドバイザリーボード的なものをつくって規制側とのパイプ役になり、そこで学会のアカデミアと協力して、ふさわしい人材を集めて課題解決の委員会みたいな形で報告書を出していくというような仕組みがあるかと思います。

ですから、アンブレラ事業には2つの面があり、特に、私たち学会が何をどうやったら規制の課題解決に役立てられるのか、できることは何だろうかといった面については、もっと具体的な方法、仕組みを考える必要があると思っています。

【神田(ファシリテーター)】 酒井先生、甲斐先生からは、代表者会議の皆さま方の気持ちのある種、代表してまとめていただいたかなと思っています。

パネラーの先生方から何かご発言等ありますでしょうか。せっかく橋本先生と加藤先生にはおいでいただきましたので、もし何か追加でご発言ございましたらお願いいたします。

【橋本】 先ほども少し紹介しましたが、原子力学会は、今まで規制ニーズに近いところに立ってきた学会だと思います。これは私見ですけども、過去においては、原子力に関わる、かなり広い分野を原子力学会の中に取り込もうとしていた時期があったと思います。そうすると、どうしても広く薄くという状態になってしまうので、例えば防護に関して、原子力学会の中で、学会として踏み込んだ議論ができるかという、少し心もとない部分があります。そういう状況に今、原子力学会はあると思いますので、例えばこのアンブレラのような活動がまた原子力学会としても参加できればよいのではないかと思います。

【加藤】 特に行政のニーズに対して研究者側がうまく応えていくことに関しては、どの分野も課題が多いのだろうという気がいたします。ただ、行政の側のニーズも二つあって、一つはもう近々にこれをやらなくてはならないという問題への対応です。具体的な問題が起きているから解決しなければならぬ状況で、おもに技術的な課題への対応となります。もう一つは、方向性がよく分からないので、政策の方向性を決めなければいけないような場合の対応です。その両方に関して、行政の側からアカデミアに声を掛けていただくと、いろんな方が参加しやすくなるのかなという印象を持ちました。

【神田】 今、行政とのつながりに対してのご助言や、これまでのアンブレラ事業は規制側の期待に100パーセント応えられてはいなかったといった反省といった話が出てきたところですので、ここで高山企画官からコメントをお願いしたいと思います。

指定発言

高山 研(原子力規制庁)

パネルディスカッションで、さまざまなご意見、ご感想を伺うことができました。ありがとうございます。このパネルディスカッションの中で、規制側、行政側とのつながりというお話も何度かありました。また、各学会としての活動や各学会の会員の先生方にとって、このアンブレラ事業はどうあるべきかといった発言や意見もあったと認識しております。

一言だけ申し上げさせていただきますと、行政側、規制側のためだけのアンブレラではないと思います。各学会の先生方の日々の活動や仕事にも役立つ、メリットのある、そのようなアンブレラが理想的なのではないかと思います。学会の会員の先生方にとっても、そして行政側、規制側にとってもお互いメリットになるような、そのような活動がこのアンブレラ事業の理想的な姿なのではないかと感じた次第です。漠然と総論的な話ではありますが、私が本日、先生方からいただいたコメントなど、ご意見などを聞いて感じたところはそのようなところでございます。

プログラムオフィサーによる総評

高橋 知之(京都大学)

本事業の PO を仰せつかっております、京都大学の高橋と申します。本日は長時間にわたり第 4 回ネットワーク合同報告会に参加いただき、ありがとうございました。今年度は新型コロナウイルスのまん延という事情で Face to Face の打ち合わせができず、思うような活動ができない中、ウェブ会合の活用などにより、予定どおり、あるいは予定以上の活動がなされていたかと思えます。特に昨年度の国際動向報告会を受けて発足した実効線量と実用量に関する WG が企画した Webinar は、ウェブ会合の利点を生かして多くの方に参加いただき、非常に有意義な活動になったかと思えます。

また今年度は、国際動向報告会やこの報告会もウェブで開催されました。ウェブですと活発な意見交換や質疑が難しいというデメリットはありますが、これまでなかなか参加することが難しかった方、参加はハードルが高いと思われていた方、そして遠距離にお住まいの方、こういった方々などもウェブ開催となったことによりまして、気軽に参加ができるというメリットがあったかと思えます。今後もデメリットをできるだけ少なくして、こういったメリットを拡大した有意義な活動がなされることを期待いたします。

本日は各学会の取り組み、及び二つのネットワーク活動が報告され、それぞれ活発な活動がなされているということが報告されました。

パネルディスカッションにおきましては、この事業の自己評価が報告され、また、さまざまなディスカッションがありました。この事業が有意義であったというお話がある一方で、やはり若手育成、人材の育成という観点では、なかなか活動が難しいということ、あるいはその評価も難しいというお話がありました。

本日の議論をベースにいたしまして、最終年度である来年度の取りまとめ、そして今後のネットワーク活動に向けての議論を引き続きお願いいたします。特に本日報告がありましたように、改善すべき点が、この時点でリストされているということは非常に重要かと思えます。このリストを活用して最終年度の取りまとめ、そして今後の活動の議論を進めていただければと思います。

本日はご登壇いただいた方以外にも多くの方々にご参加いただいております。先ほど神田先生からご案内がありましたように、2 月 22 日には第 5 回の Webinar が開催されます。また、来年度は、この事業の取りまとめに向けまして、各学会の大会でアンブレラ関連の報告がなされ、議論がなされるかと思えます。国際動向報告会やこの合同報告会も開催されます。ぜひ本日までご参加の方も含め多くの方々にこれらの会合にご参加いただいて、本事業の取りまとめと、今後の学会連携の在り方、学会と規制との在り方、そして若手、人材育成の在り方などにつきまして活発にご議論いただき、この分野の課題解決に向けて多大なご協力をいただきたいということをお願いいたしまして、総評に代えさせていただきます。本日はありがとうございました。

閉会のあいさつ

神田 玲子(量子科学技術研究開発機構)

本日はお忙しいところお集まりいただき、ありがとうございました。
時間も押しておりますので、閉会のご挨拶に代えて、一言だけ申し上げさせていただきます。

今年度、事業の4年目だということと新型コロナ対応の2つが、大きなプレッシャーでした。まず関係する全ての先生、そして本日お集まりの方全てが、ご自身の本務で精一杯の中、効率的に事業を進めたい、という思いと、4年目なので十分な議論と合意形成をしなければ、というのがなかなか両立することは難しかったのです。その中で、特に難しかったのは、規制と専門家の意見交換と若手への支援でした。テーマによっては、Web会議でも全く問題なく、喧々諤々の議論ができると思いますが、規制側や若手からのニーズを聞き出すことは難しいと感じましたし、ある程度、顔見知り同士で相手の考え方がわかっていないとWebでのコミュニケーションは難しいとも感じました。

おそらく、Webの活用は今後も増えていくと思うのですが、これに合わせて人材育成も変わらざるを得ないと思います。例えば、私たちは、学生の頃から、一年に1,2度、年次大会やシンポジウムに参加して、発表したり、同年代や先輩、後輩と交流して、ロールモデルを目のあたりにして、という分野ぐるみの人材育成の恩恵を受けてきたのですが、これがもし難しくなるなら、どのようなやり方で、次世代の放射線防護人材をこの業界につなぎとめるのか、考える必要があると思っております。このコロナの影響は、10年後、20年後に出てくるのかもしれませんが。

今、コロナの影響が長引く中、経済への影響が危惧されているところですが、アカデミアから、もっと教育や人材育成への影響について発信したり、議論をしてもいいのではないかと思います。これまで、4年間、アンブレラ事業には5年間の計画があって、それに沿って事業を進めてきたのですが、次年度は、アカデミアの役割とは何か、学会とは何か、という原点に立ち返って、委託事業終了後の議論もしていきたいと思っております。

引き続き、ご指導、ご協力を賜りますよう、お願いいたします。
本日はどうもありがとうございました。

パネルディスカッションのまとめ(パネラーの意見の一覧)

(1) 防護アカデミアが主導的に行った活動

【学会連携全般】

- ・学会として刺激を受けた
 - ・当初は、放射線防護に資する活動のイメージがつかみにくく、意義が理解しづらかった
 - ・他学会と連携を取ることで、広い意味での放射線防護を考える機会になり、刺激を受けて、国際化を行った
 - ・学会の連携は時代の趨勢で合同大会の開催等はしていたが、アンブレラ事業は一緒に仕掛けるものとして一歩前進した
- #### 【学会連携による低線量リスクに関するコンセンサスの策定】
- ・非常に実りのある成果につながった
 - ・これまで防護が身近な課題ではなかったが、事業に主体的に参加してよかった
 - ・関連分野でありながら、密に交流があったわけではなかった学会同士が規制ニーズを視野に連携して、成果物をまとめたのは大きな功績
 - ・低線量のコンセンサスは、しばらくバイブルとして使えるもの

【学会員に関する合同調査】

- ・アンケートにより、会員の意見やバックグラウンドがわかり、多様性を持った学会とわかってよかった。特に若手の人材育成や裾野を広げることを考える機会となった
- ・アンケートにより、学会の立ち位置や学会としての特徴、人材育成の重要性が分かった

【学会による重点テーマの検討】

- ・アカデミアの問題意識と規制側が考えているものでは少し違いがあったので、規制側がビジョンを示した上で、アカデミア側が提案すると、もっと効果的だった

【事故・緊急時対応向上のための提言】

- ・放射線防護に関する重要なポイントの掘り起こしにつながる成果
- ・学会として主体的に関われたことは非常に良かった

【その他、学会での活動全般】

- ・学会員の活性化につながる事が難しかった。現在は、若手と中堅、40代の会員がアンブレラ事業を直接関わるようにしている
- ・放射線生物の分野では、規制に近いところに関心を持っている方は少数派。現在、放射線生物学の出口である応用先として、放射線治療以外に、放射線リスクや低線量影響をイメージする方が増えたのはアンブレラの活動の一つの大きな成果

<p>【課題解決型 NW の検討や、アンブレラ側からの関与】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・緊急時や線量登録の検討は、非常に成功した例 ・緊急時放射線防護ネットワークとアカデミアの関係はこれからが佳境。アカデミアからの NW への登録や NW の課題解決へ協力を期待 ・職業被ばくの個人線量管理に関しては、担当者のフィードバックを超えて他の大学連携ネットワークや医療分野との連携を進めた。実務に近い安全管理学会との連携やコミュニケーションを意識して活動することで、より分野が広がり、ステークホルダーとの議論もできる 	<p>(2) 情報発信</p> <p>【国際動向報告会】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・国際動向報告会は、非常に成功した例(甲斐) ・総花的な講演会からテーマを絞った円卓会議とだんだん中身が濃くなってきた。議論した内容の公表と、広い分野が共通して関心なるテーマの設定が今後の課題 <p>【実効線量と実用量に関する WG が行っている Webinar (全 5 回シリーズ)】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・学生を含む新しいメンバーたちに、線量についてしっかり知ってもらう機会であり、我々のような教える側のメンバーにとってもいろいろな気付きがあった。いろいろな視点から、今回の Webinar はいい仕組み、いい企画だった ・Webinar は分野外からも参加しやすいイベント。Webinar に外部の人を呼ぶためには、放射線防護にも共通する課題があることを示すとよい 	<p>(3) 若手人材のための企画</p> <p>【人材育成全般、すそ野の拡張】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・関連分野の学協会が連携して長期に取り組むべき課題で、短期で評価するべきではない。今後の活動の持続が大切 ・厚労省や環境省等と連携ができれば、この分野の裾野を広げられるのではない ・学会によって若手育成のとらえ方が違い、計画の練り直しは必要だが、今後も続けなければいけない ・副業でやる人をどう増やすかが課題、いいアイデアが出る ・放射線の世界を超えたアクセスに関して、保健物理学会の若手との意見交換でも話題として上っている <p>【国際的機関が主催するイベントへの若手の派遣(グローバル人材の育成)】</p> <p>若手の研究者を様々な場面で OJT に派遣したことは若手研究者にとって有効</p>
---	---	---

放射線防護アンブレラ事業

放射線防護の喫緊の課題の解決のために

放射線防護アンブレラ事業は、放射線防護の喫緊の課題の解決に適したネットワークを形成する活動を行っています。



<http://umbrella-rp.jp/index.php>

事業代表機関内設置組織の会合開催記録

- ・第 13 回代表者会議議事概要
- ・第 14 回代表者会議議事概要
- ・第 15 回代表者会議議事概要
- ・第 16 回代表者会議議事概要
- ・実効線量と実用量に関するワーキンググループ第 1 回会合議事概要
- ・実効線量と実用量に関するワーキンググループ第 2 回会合議事概要
- ・実効線量と実用量に関するワーキンググループ第 3 回会合議事概要

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform
in the field of radiation protection research

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費

(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)」

第 12 回代表者会合 議事概要

1. 日 時 : 2020 年 6 月 11 日(木) 15:00~17:35

2. 場 所 : Web 会議

3. 出席者(敬称略)

・放射線防護アンブレラ参加団体代表

飯本武志(JHPS)、甲斐倫明(JHPS、PLANET)、児玉靖司(JRRS)、小林純也(JRRS)、
酒井一夫(PLANET)、富永隆子(JARADM)、中島覚(JRSM)、細井義夫(JARADM)、
松田尚樹(JRSM)

JRSM:放射線安全管理学会/JRRS:放射線影響学会/JARADM:放射線事故・災害医学会/JHPS:保健物理学会

PLANET:放射線リスク・防護研究基盤

・原子力規制庁

高橋知之(本事業 PO)、大町康・荻野晴之・小林駿司・野島久美恵(放射線防護企画課)

・事業実施主体

神田玲子・岩岡和輝(QST)、百瀬琢麿・吉澤道夫(JAEA)、杉浦紳之(NSRA)

4. 議題:

議題 1 議長の選出

議題 2 前回議事概要案の承認

議題 3 今年度のネットワークの事業について

・今年度のスケジュールについて

・国際動向報告会の準備状況

・緊急時放射線防護 NW の活動計画

・職業被ばくの最適化推進 NW の活動計画

〈日本保健物理学会企画セッションの紹介〉

議題 4 放射線防護対策の推進に関する調査と提言ならびに放射線防護人材の確保・育成について(=アカデミアの活動)

・各学会の調査と提言について

・人材の確保・育成について

議題 5 2020 年度国際的機関主催会合等への若手派遣者選考について

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform in the field of radiation protection research

議題 6 重点テーマ提案課題のフォロー

- ・PLANET の活動報告
- ・その他の課題

議題 7 その他

5. 資料

資料 1 代表者会議の運営に関する内規 (ver 3)

資料 2 第 11 回代表者会議議事概要案

資料 3-1 令和 2 年度アンブレラ活動年間スケジュール(案)

資料 3-2 令和元年度放射線防護に関する「国際動向報告会」の準備状況について

資料 3-3 緊急時放射線防護ネットワーク活動計画について

資料 3-4 職業被ばくの最適化推進ネットワークの活動計画について

資料 3-5 第 53 回日本保健物理学会研究発表会 WEB 大会 企画シンポジウム:放射線防護の喫緊課題への提案

資料 4-1 放射線防護対策の推進に関する調査と提言について(放射線防護アカデミアの活動)

資料 4-2 若手人材への支援策について(放射線防護アカデミアの活動)

資料 5 2020 年度国際的機関主催会合等への若手派遣者選考について(案)

資料 6 PLANET の活動報告

参考資料 1 令和 2 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) 事業計画書

参考資料 2 日本保健物理学会企画セッションの要旨案

席上配布 「放射線防護アカデミア—One Team になる」

席上配布 「<総説>放射線防護関連学会会員へのアンケート調査の報告—緊急被ばく医療人材に関する現状分析—」素案

6. 議事内容

議題 1: 議長の選出

事務局より、議長の選出について(資料 1)を用いて説明された。審議の結果、甲斐倫明氏が承認された。

議題 2: 前回議事録概要案の承認

事務局より、前回の議事概要案(資料 2)を用いて前回の議事概要が説明された。事前にメールでも確認済みであることから、議事概要案は承認された。

議題 3: 今年度のネットワークの事業について

事務局より、今年度のネットワークの事業について、資料 3-1 を用いて説明がされた。主な議論は下記の通り。

【事務局(神田)】 本事業の中間評価結果の評価委員のコメント(医療・原子力・リスクなど放射線防護に関与する学会の参画)に対応するために、原子力にチャンネルを探している。

【飯本】 原子力学会の中にも、関連の深い保健物理・環境科学部会や放射線工学部会等があるので、そこがチャンネルになる。

【甲斐議長】 WG について、実効線量や実用量といったキーワードが示されている。

【事務局(神田)】 WG での検討を受けて、来年度 3 つ目のネットワークとして、課題解決型 WN を立ち上ることになるかもしれない。

【規制庁(荻野)】 実効線量や実用量の新概念について、IAEA としての今後の扱いに関して放射線安全基準委員会(RASSC)で質問したことがあるが、正式なレポートが発刊されるまでは検討は行わないとの回答であった。

【規制庁(大町)】 実効線量や実用量について、すでに保健物理学会等で議論が進んでおり、検討の繰り返しにならないようお願いしたい。

【甲斐議長】 保健物理学会での委員会の議論は最近終わったところ。報告書として公表する予定。

【甲斐議長】 WG のゴールをどこにするのか。

【松田】 どのようにまとめていくのか。

【事務局(神田)】 実効線量や実用量については、専門家の中でも誤解があるので、出発点として理解の共有。WG の検討の結果、解決すべき課題があり、解決の方向も明確になるなら、来年度 NW を立ち上げて、対応する

【甲斐議長】 若手の支援の一環で行う Web での個別相談は、各学会が対応するのか。

【事務局(神田)】 コロナの影響もあり、年次大会時に個別相談を行うのは難しいと感じている。Web を活用することも良いように感じていて、代案として提案した。もし賛同いただけるなら相談対応者は、各学会をお願いしたい。

【甲斐議長】 確かに、年次大会時では難しい。Web での個別相談(相談対応者)について各学会は対応可能か。

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform in the field of radiation protection research

【中島】安全管理学会は対応可能である。

【児玉】影響学会も対応可能である。

【事務局(神田)】時期はいつごろが適切か。

【児玉】大学3年生の12月～2月。

【飯本】保物学会も対応可能である。

【細井】事故災害学会も対応可能である。

【事務局(神田)】各学会からご賛同いただいたので、実施要領を策定したのち、また改めてご相談したい。

続いて、杉浦氏より、今年度の国際動向報告会の準備状況について、資料3-2を用いて説明がされた。

続いて、百瀬氏より、今年度の緊急時被ばく最適化推進NWの活動計画について、資料3-3を用いて説明がされた。主な議論は下記の通り。

【甲斐議長】人材登録するようなことを考えているか。

【百瀬】日ごろから関わる方をメンバーに入れていく。

【甲斐議長】そのメンバー以外の専門家も、ボランティアで参加できるようにするのも良いと思う。

【高橋 PO】タイムテーブルを作成していただきたい。6月の保物大会の前までに可能か。

【百瀬】承知した、作成する。

【規制庁(荻野)】人材の登録・認定などは、海外にはない取り組みとのことであるが、IAEAにiNET-EPRという取り組みがあるので、是非参考にしてほしい。また、JAEAのNEATとの関係で、作成するガイドは実効性のあるものか。

【百瀬】IAEAの情報を参考にしたい。ガイドは行政関係者を教育するものである。

【規制庁(野島)】内閣府でも似た取り組みがあるので、百瀬氏に情報を提供させていただく。

【規制庁(野島)】規制庁は元となる指針やマニュアルを発信している。それを内閣府が自治体向けに分かり易いものにして発信している。

【甲斐議長】規制庁が窓口となってとりまとめていく方が良いように思う。

続いて、吉澤氏より、今年度の職業被ばくの最適化推進NWの活動計画について、資料3-4を

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform in the field of radiation protection research

用いて説明がされた。

続いて、吉澤氏、百瀬氏より、第 53 回日本保健物理学会研究発表会の企画セッション(6 月 29 日開催予定)について、資料 3-5 を用いて説明がされた。

議題 4: 放射線防護対策の推進に関する調査と提言ならびに放射線防護人材の確保・育成について(=アカデミアの活動)

中島氏、児玉氏、飯本氏、富永氏より、放射線防護対策の推進に関する調査と提言ならびに放射線防護人材の確保・育成について、資料 4-1 と 4-2 を用いて説明がされた。

議題 5: 2020 年度国際的機関主催会合等への若手派遣者選考について

事務局より、2020 年度国際的機関主催会合等への若手派遣者選考について、資料 5 を用いて説明がされた。主な議論は下記の通り。

【甲斐議長】 コロナが落ち着いていない中、アンブレラ事業として若手を派遣させることが可能か。

【小林】 大学側(申請者の所属機関)は、派遣を認めているのか。

【事務局(神田)】 申請書では、上長が許可しているが、派遣元である量研のルールに従っていただくことになる。

【飯本】 東京大学も、現時点では海外出張できない。

【事務局(神田)】 今後、派遣ができることになって、本事業内での派遣を進めても、状況が変わって、やはり派遣できないとなれば航空券のキャンセル料は QST が負担することになる。派遣者に負担させることはない。

【細井】 派遣先でコロナに感染するリスクもある。

【飯本】 申請者(学生)は、大学側のメンバーとして渡航すると思っていた。

【事務局(神田)】 その通りであるが、QST が申請者(学生)に出張を依頼するという形になるので、量研の職員と同様の海外出張のルールに従っていただくことになる。

【富永】 渡航先で発症すれば、国内で感染したと考えられる。そのような場合に、海外渡航保険が適用されるか不明である。

【甲斐議長】 今年度の派遣事業を中止するか、あるいは条件を付けて、審査をおこなうことにするか。

【飯本】 実際に渡航、派遣できるかどうかはそのときの状況での判断でよく、派遣候補者の選定審査は進めてよいと思う。

【児玉】 海外派遣できるかどうかについて、明確に判断できる状況にない。中止が良い

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform in the field of radiation protection research

ように思う。

【酒井】派遣先の IAEA の会議はそもそも開催されるのか。

【飯本】現時点では開催の中止や延期の情報はなく、外務省も日本人参加者予定者の登録手続きを進めている。

【事務局(神田)】派遣の可否を判断する日にちを決めておいた方が良い。

【甲斐議長】それでは、7 月末の QST の渡航方針に従って、派遣するか決めたい。

【事務局(神田)】申請者の審査は審査表(別紙 2)で行う。

【甲斐議長】選考委員は今月の 17 日までに審査表(別紙 2)を記入して事務局に送ること。

議題 6: 重点テーマ提案課題のフォロー

甲斐議長より、PLANET の活動報告について、説明がされた。

議題 7: その他

本会議の議題等について、追加のコメントがあった。主な議論は下記の通り。

【酒井】議題 3 の Web での個別相談について、アンブレラが全体の窓口になると良い。

【規制庁(荻野)】議題 3 の「量の正しい理解」に関連する活動の中で、福島原発事故後に Sv とリスクについてどのような説明が実際に行われたのか(それに効果があったのか)検討すると良い。

【甲斐議長】影響学会と保物学会が一緒に取りまとめたコンセンサスレポートが参考になる。

【事務局(神田)】コンセンサスレポートの公表はいつごろか。

【小林】来月 7 月に両学会のホームページに公開する予定で進めている。

【高橋 PO】情報の共有と展開を行い、今後も取り組んでほしい。

【事務局(神田)】次回会議は、8 月頃に Web での開催を考えている。

以上

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform
in the field of radiation protection research

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費

(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)」

第 13 回代表者会合 議事概要

1. 日 時 : 2020 年 8 月 20 日(木) 10:00~12:00

2. 場 所 : Web 会議

3. 出席者(敬称略)

・放射線防護アンブレラ参加団体代表

飯本武志(JHPS)、甲斐倫明(JHPS、PLANET)、児玉靖司(JRRS)、小林純也(JRRS)、酒
井一夫(PLANET)、富永隆子(JARADM)、中島覚(JRSM)、松田尚樹(JRSM)

JRSM:放射線安全管理学会/JRRS:放射線影響学会/JARADM:放射線事故・災害医学会/JHPS:保健物理学会/

PLANET:放射線リスク・防護研究基盤

・原子力規制庁

高橋知之(本事業 PO、京都大学)、

田中桜・大町康・荻野晴之・小林駿司・野島久美恵・滝剣朗(放射線防護企画課)

・事業実施主体

神田玲子・岩岡和輝(QST)、百瀬琢麿・吉澤道夫(JAEA)、杉浦紳之(NSRA)

4. 議題:

議題 1 前回議事概要案の承認

議題 2 今年度のネットワークの事業について

・今年度のスケジュールについて

・国際動向報告会の準備状況

・Web による進路等個別相談会

・放射線の量に対する正しい理解 WG の立ち上げと Webinar の開催提案

議題 3 放射線防護対策の推進に関する調査と提言ならびに放射線防護人材の確保・育成について(=アカデミアの活動)

・各学会の活動

議題 4 報告案件

・2020 年度国際的機関主催会合等への若手派遣について

・成果の公表状況について

議題 5 その他

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform in the field of radiation protection research

5. 資料

資料 1	第 12 回代表者会議議事概要案
資料 2-1	令和 2 年度アンブレラ活動年間スケジュール
資料 2-2	令和 2 年度放射線防護に関する「国際動向報告会」の準備状況について
資料 2-3	Web による進路等個別相談会実施要領
資料 2-4	放射線の量に対する正しい理解 WG の活動について
資料 3-1	日本放射線安全管理学会
資料 3-2	日本放射線影響学会
資料 3-3	日本放射線事故・災害医学会
資料 3-4	日本保健物理学会
資料 4-1	2020 年度国際的機関主催会合等への若手派遣(採択通知書)
資料 4-2	2020 年度 成果の公表状況について
参考資料 1	令和 2 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) 事業計画書
参考資料 2	第 53 回日本保健物理学会研究発表会 企画シンポジウム開催報告
参考資料 3	重点テーマ候補課題の整理(令和 2 年 8 月現在)
席上配布 1	日本リスク学会・意思決定 TG 活動報告
席上配布 2	放射線防護関連学会の合同アンケート調査で明らかになった人材確保・育成の課題(日本原子力学会誌 ATOMOZ 投稿予定)素案
席上配布 3	学会からの報告書 フォーマット
席上配布 4	規制側の研究・調査ニーズ(具体的な課題例)

6. 議事内容

議題 1: 前回議事録の承認

事務局より、前回の議事概要案(資料 1)を用いて前回の議事概要が説明された。百瀬氏より一部修正が示され、その点を修正したとし、議事録案は承認された。なお、主な修正箇所は下記の通り。

百瀬氏の発言部分の「ガイドは行政関係者を」について、「ガイドは防護専門家を」に修正する。

議題 2: 今年度のネットワークの事業について

事務局より、「今年度のスケジュール」について資料 2-1 を用いて説明がされた。

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform in the field of radiation protection research

続いて、杉浦氏より、「国際動向報告会の準備状況」について、資料 2-2 を用いて説明がされた。主な議論は下記の通り。

【甲斐議長】国際動向報告会は WEB で実施することにしたい。

【規制庁(荻野)】主催者と参加者の双方向のコミュニケーションが可能な SLIDO という優れたサービスがあるので活用を検討すると良い。

続いて、事務局より、「Web による進路等個別相談会」について、資料 2-3 を用いて説明がされた。主な議論は下記の通り。

【甲斐議長】各学会で追加事項があれば、1 週間内に事務局に連絡していただきたい。

続いて、事務局より、「放射線の量に対する正しい理解 WG の立ち上げと Webinar の開催提案」について、資料 2-4 を用いて説明がされた。主な議論は下記の通り。

【規制庁(大町)】原子力学会の保健物理・環境科学部会とうまく連携すると良い。

【高橋(PO)】アンブレラから原子力学会の保健物理・環境科学部会の部会長に、連携したいと申し入れしてほしい。

【飯本】将来的には、原子力学会の放射線工学部会なども連携すると良い。

【規制庁(荻野)】開催日を固定にすると参加できない人もいる。録画配信も検討いただきたい。講演を繰り返し視聴することで、理解がさらに深まることも期待できる。

【甲斐議長】Webinar で開催することにする。また、名称は「実効線量と実用量に関する WG」と致したい。

【酒井】テーマは適切と思う。個別化なども議論となる。

【甲斐議長】個別化は難しい部分である。個別化について WG に含めるのか WG で議論してほしい。

【甲斐議長】国際動向報告会のテーマはいかがか。

【杉浦】WG の 12 月までの webinar を踏まえて実施したい。

【甲斐議長】本日テーマを決定するのは難しいので、WG の動きに応じて検討していただきたい。

【甲斐議長】個別化に関係する年齢に応じた線量の精度化が進んでいる。国際動向報告会では、その辺りはテーマになり得るかもしれない。

議題 3: 放射線防護対策の推進に関する調査と提言ならびに放射線防護人材の確保・育成について(=アカデミアの活動)

児玉氏より、「影響学会の活動」について、資料 3-2 を用いて説明がされた。主な議論は下記の通り。

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform in the field of radiation protection research

【甲斐議長】線量推定の小委員会はバイオドジメトリーが中心か。

【児玉】メンバーに物理学の専門家もいる。物理学や生物学の観点で、個人の線量を推定する手法の検討や問題点を議論する。

中島氏より、「安全管理の活動」について、資料 3-1 を用いて説明がされた。資料 3-1 は昨年と同様であることが事務局より説明された。主な議論は下記の通り。

【松田】コロナの影響で、放射線管理区域の利用が制限されている。教育訓練も困難な状況になっている。これらに対応するための活動も実施する。

飯本氏より、「保物学会の活動」について、資料 3-4 を用いて説明がされた。

富永氏より、「事故災害医学会の活動」について、資料 3-3 を用いて説明がされた。

【甲斐議長】年次学会は web で関係者に公開されるのか。

【富永】Webinar を使用する予定。発表を録画して一定期間配信することも検討しているが決定はしていない。

事務局より、「報告書の書き方」について、席上配布 3 を用いて説明がされた。

議題 4: 報告案件

事務局より、「国際的機関主催会合等への若手派遣」について、資料 4-1 を用いて説明がされた。主な議論は下記の通り。

【飯本】東京大学も 11 月の渡航は難しい。採択されたことが、学生のモチベーションにつながっている。

事務局より、「成果の公表状況」について、資料 4-2 を用いて説明がされた。主な議論は下記の通り。

【小林】低線量リスクに関するコンセンサスと課題の報告書は、書籍としても購入可能である。

【高橋 PO】アンブレラの活動を今年度の影響学会と安全管理学会で発表する予定はあるか。

【事務局(神田)】影響学会の学術大会の締め切りは、すでに終了している。安全学会は枠があれば発表を検討したい。

【中島】安全管理学会の学術大会については、発表プログラムを作成しているところ。アンブレラも発表を検討していただきたい。

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform in the field of radiation protection research

事務局より、「重点テーマ」について、参考資料 3 を用いて説明がされた。主な議論は下記の通り。

【甲斐議長】「医療分野の職業被ばくにおける防護の最適化」について、厚労省研究班の研究は、このテーマに合致しているものか。

【事務局(神田)】 実態(線量計を装着しているのか、施術中の線量はどの程度なのかなど)を調べ、どのように防護すべきか検討している。

議題 5: その他

事務局より、「規制上のニーズ」について、席上配布 4 を用いて説明がされた。主な議論は下記の通り。

【規制庁(大町)】 資料に示すニーズは優先度を示さず列記されているもの。アカデミアにおける課題抽出と同様、規制側も ICRP 及び IAEA の動向を踏まえ規制ニーズを抽出・設定している。国際機関の動向に応じて、ニーズは増え、優先度をつけて取り組むことになる。

【事務局(神田)】 アンブレラ事業終了後、規制上のニーズの受け皿は各学会になると思う。報告書作成などが手間とならないように、各学会が一番動きやすいやり方を検討すると良い。

【小林】 コロナの影響で、診療放射線技師の就職が厳しい状況にある。アンブレラとして病院以外の就職先(例えば研究所等)の情報について提供できると良い。

【甲斐議長】 就活生にアンブレラの Web 相談を活用してもらえると良いかもしれない。

【規制庁(田中)】 放射線防護分野の人材育成は重要な課題である。事業の継続の有無に関わらず、学術団体のプロフェッショナルオートノミーとして若手の育成を引き続きお願いする。

以上

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform
in the field of radiation protection research

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費

(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)」

第 14 回代表者会合 議事概要

1. 日 時 : 2020 年 12 月 25 日(金) 15:30~18:05

2. 場 所 : Web 会議

3. 出席者(敬称略)

・放射線防護アンブレラ参加団体代表

飯本武志(JHPS)、甲斐倫明(JHPS、PLANET)、児玉靖司(JRRS)、小林純也(JRRS)、酒井一夫(PLANET)、富永隆子(JARADM)、中島覚(JRSM)、細井義夫(JARADM)、松田尚樹(JRSM)

JRSM:放射線安全管理学会/JRRS:放射線影響学会/JARADM:放射線事故・災害医学会/JHPS:保健物理学
/PLANET:放射線リスク・防護研究基盤

・原子力規制庁

高橋知之(本事業 PO、京都大学)、

田中企画官・高山企画官・大町補佐・荻野係長・角田係長(放射線防護企画課)

・事業実施主体

神田玲子・岩岡和輝・山田裕(QST)、百瀬琢磨・吉澤道夫(JAEA)、杉浦紳之(NSRA)

4. 議題:

議題 1 前回議事概要案の承認

議題 2 今年度の事業についての報告

・今年度のスケジュールについて

・国際動向報告会の準備状況

・Web による進路等個別相談会の実施状況

議題 3 放射線防護アカデミアの今年度の事業についての審議

・実効線量と実用量に関する WG の活動報告

・各学会の活動について

議題 4 ネットワークの活動および報告会について

・NW の活動について

・NW 合同報告会の準備状況

議題 5 放射線防護アンブレラ全体に関する報告

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform in the field of radiation protection research

- ・防護アカデミアの拡充
(日本原子力学会部会との連携、日本リスク学会 TG の活動)
 - ・令和 3 年度放射線安全規制研究の重点テーマについて
 - ・成果の公表状況について
- 議題 6 委託事業終了後のアンブレラの役割について
- 議題 7 その他

5. 資料

- 資料 1 第 13 回代表者会議議事概要案
- 資料 2-1 令和 2 年度アンブレラ活動年間スケジュール(案)
- 資料 2-2 令和 2 年度国際動向報告会の準備状況について
- 資料 3-1 実効線量および実用量に関する WG の活動について
- 資料 3-2 日本放射線安全管理学会からの報告
- 資料 3-3 日本放射線影響学会からの報告
- 資料 3-5 日本保健物理学会
- 資料 4-1 緊急時放射線防護ネットワークの活動について
- 資料 4-2 職業被ばく管理最適化ネットワークの活動について
- 資料 4-3 令和 2 年度ネットワーク合同報告会プログラム案
- 資料 5 令和 2 年度 成果の公表状況について
- 参考資料 1 令和 2 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)事業計画書(変更申請)
- 参考資料 2 実効線量と実用量に関する WG 第 1 回会合 議事概要
- 参考資料 3 実効線量と実用量に関する WG 第 2 回会合 議事概要
- 参考資料 4 日本原子力学会保健物理・環境科学部会との打ち合わせ
- 参考資料 5 日本原子力学会社会環境部会からの回答
- 参考資料 6 令和 3 年度放射線安全規制研究の研究課題について
- 席上配布 1 学会からの報告書 フォーマット(案)
- 席上配布 2 日本リスク学会・意思決定 TG 活動報告
- 席上配布 3 アンケート結果のまとめ

6. 議事内容

議題 1: 前回議事録の承認

事務局より、前回の議事概要案(資料 1)を用いて前回の議事概要が説明された。事前にメールでも確認済みであることから、議事概要案は承認された。

議題 2: 今年度の事業についての報告

事務局より、「今年度のスケジュール」について資料 2-1 を用いて説明がされた。

続いて、杉浦氏より、「国際動向報告会の準備状況」について、資料 2-2 を用いて説明がされた。

続いて、事務局より、「Web による進路等個別相談会」について説明がされた。

議題 3: 放射線防護アカデミアの今年度の事業についての審議

事務局より、「実効線量と実用量に関するウェビナーの開催状況」について、資料 3-1 を用いて説明がされた。主な議論は下記の通り。

- 【富永】 webinar の動画配信はいつまでか。
- 【事務局(岩岡)】 配信期間は WG でまだ決めていない。
- 【事務局(神田)】 第 3 回 WG 会合で検討したい。
- 【甲斐議長】 WG で配信期間を検討していただくことにする。

続いて、飯本氏より、「日本保健物理学会の活動」について、資料 3-5 を用いて説明がされた。

続いて、中島氏より、「日本放射線安全管理学会の活動」について、資料 3-2 を用いて説明がされた。主な議論は下記の通り。

- 【甲斐議長】 放射線施設とはどの範囲を指すのか。RI 関連施設だけでなく、加速器なども含むのか。
- 【中島】 RI 法が関係する施設である。
- 【甲斐議長】 海外では如何。
- 【中島】 正確ではないが、加速器なども含めると思う。

続いて、児玉氏より、「日本放射線影響学会の活動」について、資料 3-3 を用いて説明がされた。主な議論は下記の通り。

- 【甲斐議長】 「大規模災害の線量推定法は確立していない」とはどういうことか。大量の人を測定する方法が確立していないということか。
- 【児玉】 線量の評価方法はある程度確立している。測定をするシステム(教育や仕組み)が確立していないということである。
- 【松田】 高度被ばく医療支援センターにアンケート調査しているようであるが、まだ届いていないようだ。確認されると良いと思う。
- 【児玉】 確認する。

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform in the field of radiation protection research

続いて、富永氏より、「放射線事故・災害医学会の活動」について、説明がされた。主な議論は下記の通り。

【高橋 PO】事務局への要望であるが、各学会の成果がアンブレラの活動の成果として見えるようにしていただきたい。

【事務局(神田)】本日の資料 5 に成果をまとめている。影響学会から提供いただいた総説、謝辞でアンブレラに関する記載がなく、アンブレラ事業の成果としてカウントしていか迷うものもある。各学会から改めて成果を教えてください。

【児玉】著者に確認して、神田氏にご報告したい。

【甲斐議長】各学会に協力をお願いします。

議題 4: ネットワークの活動および報告会について

百瀬氏より、「緊急時放射線防護ネットワークの活動」について、資料 4-1 を用いて説明がされた。主な議論は下記の通り。

【甲斐議長】スケジュールに人材登録方法が記載されているが、これは始まっているのか。

【百瀬】検討を始めたところである。

【高橋 PO】残り 2 回の NW 検討会について早めに日程調整をお願いします。視察した内容や 1 月頃実施予定のアンケートについて 3 回目の NW 検討会で紹介いただきたい。

【百瀬】承知した。

続いて、吉澤氏より、「職業被ばく管理最適化ネットワークの活動」について、資料 4-2 を用いて説明がされた。主な議論は下記の通り。

【高橋 PO】最終的にどのような結論に持っていけるかを第 2 回目の会合で検討していただきたい。

【吉澤】承知した。

【甲斐議長】4 つの制度案のメリット、デメリット、コストなどの整理になると思っている。

続いて、事務局より、「NW 合同報告会の準備状況」について、資料 4-3 を用いて説明がされた。主な議論は下記の通り。

【甲斐議長】パネラーについてどうするかがポイントとなる。医療現場の先生を加えるのはいかがか。

【事務局(神田)】今回のパネルディスカッションは、終了後に何をやっていくのかを議論する場になると思う。

【酒井】成功事例を示すのも良いように思う。

【甲斐議長】アンブレラ学会以外の方がパネラーになると、アンブレラとは何かということ

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform in the field of radiation protection research

ころから説明することになってしまう。その点に鑑みて、原子力学会、リスク学会に参加可能か伺うのはいかがか。

【高橋 PO】 参加可能か伺うよりは、参加を依頼すると良い。原子力学会を例にすれば、「アンブレラから原子力学会保健物理・環境科学部会に依頼する」ということになる。その依頼を受けて部会で検討することになると思われるが、線量 WG メンバーである橋本氏が出席することになるのではないか。

【事務局(神田)】 パネラー数に限りがある。

【甲斐議長】 パネラーは、アンブレラ加盟の各学会から 1 名でよろしいか。

【兎玉】 2 名が良い。

【甲斐議長】 アンブレラ学会から 9 名、事務局から 4 名、原子力学会から 1 名、リスク学会から 1 名。原子力学会とリスク学会には参加を依頼する。今回若手は含まない。以上としたい。

議題 5: ネットワークの活動および報告会について

事務局より、「防護アカデミアの拡充(日本原子力学会部会との連携、日本リスク学会 TG の活動)」、「令和 3 年度放射線安全規制研究の重点テーマ」、「成果の公表状況」について、資料 5 を用いて説明がされた。

議題 6: 委託事業終了後のアンブレラの役割について

事務局より、「アンケート結果のまとめ」について、席上配布 3 を用いて説明がされた。主な議論は下記の通り。

【甲斐議長】 アンケート結果をパネル討論の最初に説明するのはいかがか。

【事務局(神田)】 説明後にパネルに入るのは良案と思う。

【松田】 webinar による教育は良い取り組みである。パネル討論では、課題解決型の NW とアカデミアの融合はアンブレラの特徴なので、議論できたらと思う。

【小林】 「防護アンブレラ」という名前についてだが、委託事業終了後も影響学会が参加する場合は、「防護」以外の言葉の方が関与しやすいように思う。

【酒井】 パネル討論では行政的な面を含めてどのような展開が可能か議論できればと思う。

【高橋】 令和 4 年度以降における、各学会の学会活動の一環としての相互連携、規制庁安全規制研究に対する学会連携、この 2 つについて議論していただきたい。

【事務局(神田)】 人材育成もパネル討論のテーマに挙げていただきたい。アンブレラ事業の人材育成について、何がうまくいって失敗したのか総括したい。

【事務局(神田)】 若手海外派遣はコロナのため来年度は中止したい。

【酒井】 人材育成に力を入れていることを示すためにも、事業として残しておくのはいか

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform in the field of radiation protection research

がか。

【甲斐議長】海外派遣以外の若手支援は可能か。

【事務局(神田)】海外派遣はコロナで難しいため、他の支援方策を考えたい。

【甲斐議長】何かアイデアがあれば1月第1週までに事務局にご連絡いただきたい。

議題 7: その他

主な議論は下記の通り。

【規制庁(大町)】パネル討論は、これまでのアンブレラの活動を振り返るのが良いように思う。今後(事業終了後)については、来年度に議論していただきたい。

【事務局(神田)】アンケートで、「請負業務を遂行するのが困難であった」とのコメントをいただいている。来年度、学会として請負業務を続けることに関してはどう考えているか。

【甲斐議長】保健物理学会は臨時委員会を設置して対応可能である。

【児玉】影響学会は、共通テーマに合わせて実施するのが難しい。

【甲斐議長】1月第1週までに共通テーマの提案をしていただきたい。この件を含めて宿題について、事務局から各学会に連絡していただきたい。

【事務局(神田)】承知した。

以上

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform
in the field of radiation protection research

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費

(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)」

第 15 回代表者会合 議事概要

1. 日 時 : 2021 年 1 月 22 日(金)～29 日(金)

2. 場 所 : メール審議

3. 出席者(敬称略)

・放射線防護アンブレラ参加団体代表

飯本武志(JHPS)、甲斐倫明(JHPS、PLANET)、児玉靖司(JRRS)、小林純也(JRRS)、酒井一夫(PLANET)、富永隆子(JARADM)、中島覚(JRSM)、細井義夫(JARADM)、松田尚樹(JRSM)

JRSM:放射線安全管理学会/JRRS:放射線影響学会/JARADM:放射線事故・災害医学会/JHPS:保健物理学
/PLANET:放射線リスク・防護研究基盤

・原子力規制庁

高橋知之(本事業 PO、京都大学)、

高山研・大町康・荻野晴之・小林駿司・野島久美恵・滝剣朗(放射線防護企画課)

・事業実施主体

神田玲子・岩岡和輝(QST)、百瀬琢麿・吉澤道夫(JAEA)、杉浦紳之(NSRA)

4. 議題:

議題 1 前回議事概要案の承認

議題 2 令和 3 年度事業計画案と具体的な活動について

議題 3 その他

5. 資料

資料 1 第 14 回代表者会議議事概要案

資料 2-1 令和 3 年度の放射線防護アカデミアの事業計画について

資料 2-2 令和 3 年度具体的な活動案

資料 2-3 令和 3 年度事業計画案と過去の事業計画との比較

参考資料 1 各学会からの令和 3 年度事業提案

参考資料 2 代表者会議 内規 ver3

参考資料 3 代表者会議メンバーへのアンケート結果のまとめ

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform in the field of radiation protection research

6. 議事内容

議題 1: 前回議事録の承認

前回の議事概要案(資料 1)について、特段異論はなく、また事前に確認済みであることから議長の判断により承認された。

議題 2: 今年度の事業についての報告

「令和 3 年度事業計画案と具体的な活動」について、資料 2-1、2-2、2-3 を用いて審議が行われた。主な内容は下記の通り。

1) 資料 2-2 について

各出席者の意見を反映した。具体的な活動内容としていくつかのオプションの提案があった。これについては、第 16 回会合にて議論する。

2) 資料 2-3 について

各出席者の意見を反映し、令和 3 年度の事業計画案では以下の 2 点を修正することとした。

・代表者会議は原則 Web 会合とするが、必要に応じて 1 回程度対面会議を行う。

・広く社会一般の関心が高いテーマでの Webinar を開催する。

(具体的には「低線量影響のコンセンサス」を解説するイベント)

以上

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform
in the field of radiation protection research

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費

(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)」

第 16 回代表者会合 議事概要

1. 日 時 : 2021 年 3 月 1 日(月) 10:00~12:00

2. 場 所 : Web 会議

3. 出席者(敬称略)

・放射線防護アンブレラ参加団体代表

飯本武志(JHPS)、甲斐倫明(JHPS、PLANET)、児玉靖司(JRRS)、小林純也(JRRS)、酒井一夫(PLANET)、佐々木道也(実効線量と実用量に関する WG)、富永隆子(JARADM)、中島覚(JRSM)、松田尚樹(JRSM)

JRSM:放射線安全管理学会/JRRS:放射線影響学会/JARADM:放射線事故・災害医学会/JHPS:保健物理学
/PLANET:放射線リスク・防護研究基盤

・原子力規制庁

高橋知之(本事業 PO、京都大学)、
高山研・大町康・荻野晴之・滝剣朗(放射線防護企画課)

・事業実施主体

神田玲子・岩岡和輝・山田裕・石黒千絵(QST)、百瀬琢磨・吉澤道夫(JAEA)、
杉浦紳之(NSRA)

4. 議題:

議題 1 前回議事概要案の承認

議題 2 今年度の事業についての報告

- ・第 1~5 回 Webinar
- ・第 4 回 NW 合同報告会
- ・年次評価

議題 3 来年度の事業計画の具体的な活動についての審議

- ・放射線防護アカデミアの令和3年度の事業全般
- ・国際動向報告会と NW の事業計画:アカデミアへの連携依頼

【決議事項】

- ・学会の報告書の査読分担とタイムスケジュール
- ・若手の海外派遣事業の対象会合

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform
in the field of radiation protection research

【今後のメールでの確認】

- ・若手の海外派遣事業の応募要領
- ・令和 2 年度代表者会議報告書

【次回までの審議事項】

- ・Webinar 等、代表者会議主催イベントの提案
- ・若手の支援策とイベントの提案

議題 4 その他

5. 資料

- 資料 1 第 15 回代表者会議議事概要案
- 資料 2-1 実効線量と実用量に関する WG の活動について
(Webinar 第 1 回から 5 回の開催報告)
- 資料 2-2 NW 合同報告会 パネルディスカッションのまとめ
- 資料 2-3 令和 2 年度 事業評価結果
- 資料 3-1 令和 3 年度 アンブレラ事業 事業計画書
- 資料 3-2 令和 3 年度 具体的な活動案(第 15 回会合のまとめ)
- 参考資料 1 日本放射線安全管理学会 令和 2 年度報告書
- 参考資料 2 日本放射線影響学会 令和 2 年度報告書
- 参考資料 3 日本保健物理学会 令和 2 年度報告書

6. 議事内容

議題 1: 前回議事録の承認

前回の議事概要案(資料 1)について、修正等あれば本日中に事務局に連絡し、その修正をもって承認となった。

議題 2: 今年度の事業についての報告

事務局より、「実効線量と実用量に関する WG の活動」について、資料 2-1 を用いて説明がされた。主な議論は下記の通り。

【事務局(神田)】今回は事務局から説明させていただいたが、次回から同 WG の佐々木主査が活動報告する。

【酒井】3月4日のWG会合(甲斐先生のデトリメントの話)は、Webinar か。

【事務局(神田)】デトリメントの話は、難しい内容を含むため Webinar での配信は考えていない。

【佐々木】代表者会議のメンバーも、希望があればぜひ参加していただきたい。

【事務局(神田)】代表者会議のメンバーにも、3月4日のWG会合の Webex 招待状を

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform in the field of radiation protection research

お送りする。

事務局より、「第4回 NW 合同報告会」と「年次評価」について、資料 2-2、資料 2-3 を用いて説明がされた。主な議論は下記の通り。

【甲斐議長】評価委員のコメントの「若手人材育成…が懸念」について、懸念とはどういう意図か。

【規制庁(大町)】検討項目が広がりすぎていて、すべて実施できるのか心配という意図のコメントである。

【酒井】評価委員の中で、どれにフォーカスすべきか提案はあったか。

【規制庁(大町)】提案自体は特になかった。アンブレラに考えていただきたいという主旨のコメントがあった。

議題 3: 来年度の事業計画の具体的な活動についての審議

事務局より、「来年度の事業計画の具体的な活動」について、資料 3-1、資料 3-2 を用いて説明がされた。主な議論は下記の通り。

< 査読に関する議論 >

【飯本】報告書の査読は論文査読と異なるものか。客観的な目でチェックするということか。

【児玉】査読する人は学会側から選んでよいのか。

【事務局(神田)】専門性もあると思うので、代表者会議メンバーの代わりであれば学会側から 1~2 名を指名してほしい。

【甲斐議長】査読の視点は何か。

【事務局(神田)】提言に結びつくようなところに注意を払って査読していただきたい。

【甲斐議長】報告書はすでに出来上がっている。提言した内容の査読を行うのか。

【中島】管理学会の報告書は、具体的な提言する段階に至っていない。

【飯本】保物の資格承認制度についても、提言する段階に至っていない。

【児玉】影響学会の報告書では、いくつかの部分で提言を行っている。しかし、この報告書が事業自体の最終版という認識ではない。

【甲斐議長】報告書の「提言」に相当する内容を各学会にチェックしてもらうのか。

【事務局(神田)】提言に至ったバックグラウンドの査読である。なぜ、その提言が必要なのか、その背景がしっかり書き込まれているのかチェックしていただきたい。

【富永】スケジュールに「確認」とあるが具体的に何を行うのか。

【事務局(神田)】書かれている内容に齟齬がないか確認する程度のものを想定している。たくさんの目を通す、という意味合いである。

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform
in the field of radiation protection research

- 【酒井】 どういう観点で査読すべきなのか。
- 【児玉】 まずは、報告書を査読することで良いと思う。影響学会の RBE の内容については、最新の情報を集めたもので、提言に焦点を置いていない。報告書の内容によって査読の観点が異なるかもしれない。
- 【松田】 報告書を作ったメンバーについて、査読を受けることを事前に説明しておいた方が良い。
- 【事務局(神田)】 最終年度に向けて代表者会議で提言を取りまとめていくために、「提言」の前段階の情報、すなわち現状分析や課題抽出の論理性や妥当性を査読していただきたい。
- 【甲斐議長】 「査読」というよりは「コメント」という位置付けの方が良い。
- 【事務局(神田)】 「コメント」に改め、「必要なら修正」も「コメント対応」に改める。なお今年度の報告書や今後学会のクレジットで発表する文書に関しては、コメント対応は必須ではない。
- 【高橋 PO】 すべての学会が、コメントできるのか。
- 【甲斐議長】 資料 3-2 で割り当てられている学会によるコメント出しはマストであるが、対応が割り当てられていない学会からのコメントもウェルカムである。
- 【事務局(神田)】 各報告書も、すべての学会に見ていただけると良い。負荷を考えて担当を決めただけである。
- 【甲斐議長】 資料 3-2 のスケジュールに沿って、報告書へのコメントをお願いする。担当学会によるコメント出しはマストで、担当学会以外からのコメントも受け付けることにする。
- 【事務局(神田)】 管理学会の「コロナ禍の放射線安全管理の調査」について、今後もコロナの状況が変わりうると思うがいかがか。
- 【中島】 提言までは難しい。
- 【事務局(神田)】 管理学会の「コロナ禍の放射線安全管理の調査」について、他の調査と横並びにしないことにする。

<若手事業に関する議論>

- 【事務局(神田)】 コロナの状況を鑑みて、来年度の国際的なイベントへの若手派遣は、参加費のみの支援としたい。
- 【甲斐議長】 一般的な国際会議も派遣先として含めるのか。
- 【規制庁(荻野)】 これに関して、派遣先(イベント)として「IAEA International Conference (EPR 2021)、ICRP 2021、IRPA Regional Congress, AOCRP-6」がある。また、NEA の

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform in the field of radiation protection research

防護スクール(8月開催)もある。

【事務局(神田)】IAEAのイベントの締め切り4月30日に間に合うようにスケジュールを組むことは可能である。しかし、予算については限りがある。

【甲斐議長】1名程度は旅費を出せるかもしれないが約束はできない。基本は参加費のみの支援とする。

【事務局(神田)】これらのイベントへの若手派遣について、公募要領を作成する。

<新たな Webinar テーマに関する議論>

【事務局(神田)】来年度も Webinar を行いたい。アンブレラ HP でテーマを募集しているが、まだ1件しか登録されていない。何かテーマを挙げていただきたい。

【小林】「低線量リスクのコンセンサスと課題」について Webinar で話すのも良いと思う。

【事務局(神田)】1回限りの Webinar となるか。

【小林】2人ぐらいで複数回を考えている。夏ぐらいからの開始が適当である。

【事務局(神田)】具体的な内容とスケジュールは、小林先生と検討させていただく。

【甲斐議長】緊急時関連について、Webinar として実施できそうなテーマはあるか。

【百瀬】来年度も、ステークホルダ会合として、議論できるようなイベントを考えている。

【吉澤】百瀬氏と同様、Webinar というよりは、ディスカッションできるようなイベントを考えている。

【杉浦】国際動向報告会では、Webinar というよりは、Webinar に資するような最新テーマのイベントを考えている。

【甲斐議長】「放射線防護学のイロハ」はどんなものか。

【小林】具体案はまだ検討していない。

【児玉】放射線防護で使われる用語が難しい。影響学会の若手の中にはあまり理解していない人もいる。

【甲斐議長】現時点では、内容を詰めるのは難しい。

【事務局(神田)】この「放射線防護学のイロハ」は、NEA の防護スクールに参加した若手が若手に webinar で話すようなスタイルのものでも良いように思う。

【松田】福島原発事故から10年経過する。事故の教訓について、Webinar で何かできるかもしれない。

【飯本】Webinar に限らず、全般的なこととして、各学会が得意とする部分を説明するようなことも企画しても良いかもしれない。

【富永】事故災害医学会では、治療や線量評価に関する Webinar といったイベントの検討も重要と感じている。

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform in the field of radiation protection research

議題 4: その他

【規制庁(高山)】 来年度の方針について承知した。引き続きよろしく願います。

【事務局(神田)】 若手派遣について、公募要領を作成して代表者会議メンバーに送るので、確認をお願いします。NW 合同報告会報告書修正について、修正があれば連絡いただきたい。

【事務局(神田)】 アンブレラを今後どうするのか。例えば、J-RIME は会費なしで、緩い学会連携のもとで活動を行っている。防災学術連合体(緊急時に活動する連合団体)という組織もある。情報発信のハブ組織として活動を行うのも良いかもしれない。他組織の活動は、アンブレラの今後の在り方のモデルとして参考になるかもしれないので、情報があれば教えてほしい。

【高橋 PO】 本年度の事業評価結果が「A」であった。課題終了後をどうするのか、世代交代を見据えて、中堅や若手を巻き込みながら引き続きご検討いただきたい。

以上

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform
in the field of radiation protection research

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費
(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ワーキンググループ第1回会合 議事概要

1. 日 時 :2020 年 9 月 4 日(金) 10:00~12:00

2. 場 所 :Web 会議

3. 出席者(敬称略)

・WG メンバー

保田浩志(広島大学)、床次眞司(弘前大学)、細井義夫(東北大学)、佐々木道也(電中研)、
岩岡和輝(量研)

・代表者会議

甲斐倫明代表者会議議長(大分県立看護科学大学)

・原子力規制庁

高橋知之(本事業 PO、京都大学)、
大町康・荻野晴之・角田 潤一・石田 淳一(放射線防護企画課)

・事業担当者

神田玲子(量研)

4. 議題:

- | | |
|------|---|
| 議題 1 | WG 設置の Webinar 開催の経緯説明 |
| 議題 2 | Webinar のテーマに関する提案
・Webinar 準備の進め方
・メンバーから提案に関する説明
・5 回分のテーマの選択と開催順の決定 |
| 議題 3 | 今後の予定について |
| 議題 4 | その他 |

5. 資料

- | | |
|--------|-------------------------|
| 資料 1 | 実効線量と実用量に関する WG の活動について |
| 資料 2-1 | Webinar の準備の進め方(案) |
| 資料 2-2 | Webinar 企画提案書(保田浩志氏提出) |
| 資料 2-3 | Webinar 企画提案書(床次眞司氏提出) |

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform in the field of radiation protection research

- 資料 2-4 Webinar 企画提案書(佐々木道也氏提出)
資料 2-5 Webinar 企画提案書(岩岡和輝氏提出)
参考資料 1 第 3 回国際動向報告会開催報告
参考資料 2 第 13 回代表者会議議事概要(最終案)

6. 議事内容

議題 1: WG 設置および Webinar 開催の経緯説明

事務局より、「WG 設置および Webinar 開催の経緯説明」について資料 1 を用いて説明がされた。主な議論は下記の通り。

【保田】国際動向の情報を集めるという受け身の活動である印象を受けた。国際的に情報を発信するためにメンバーで議論する機会は持たないのか。

【事務局(神田)】議題 3 で議論したいと思っていたが、まずは Webinar を通じて議論に必要な情報を集めたいと考えている。

【甲斐議長】国際的に情報を発信するというよりは、ICRP や ICRU の動きを見て、現行法への影響などを整理して、共通の認識を持てるようなものにしたい。

【保田】規制のための基準値を変えることはあってもいいが、線量の定義そのものが変わることで線量計の校正方法などに大きな影響を与えることを放射線管理分野(現場)では危惧している。

【甲斐議長】新しい量や定義について、現場がどこまで対応できるか議論し、課題を整理することは良いことである。

議題 2: Webinar のテーマに関する提案

事務局より、「Webinar 準備の進め方」について資料 2-1 を用いて説明がされた。

続いて、「Webinar のテーマ」について、保田氏より資料 2-2、佐々木氏より 2-4、岩岡氏より 2-5 を用いて説明がされた。主な議論は下記の通り。

【事務局(神田)】3 人からのご提案は共通する部分もあるので、一連のものとして検討いただきたい。

【佐々木】放射線の量(基礎的な部分)は重要と思う。まず、放射線の量の基礎的な話をして、次の回につなげると良いかもしれない。

【保田】放射線の量の基礎的な部分は、専門家である本 WG メンバーは理解できていると思う。それよりも量に関わる歴史について話してもらいたい。岩井氏にお話していただくのが良いように思う。

【甲斐議長】放射線の量の概念や歴史をご説明いただくのは良いように思う。その一方

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform
in the field of radiation protection research

で RBE は議論するには少し難しいテーマかもしれない。

【保田】実効線量と実用量がテーマの WG なので、確定的影響は対象外と思っていたが。

【事務局(神田)】WG の名称を変更するにあたって、そこまで代表者会議では議論をしていないので対象外とまでは言えない。線量に関係する部分について 3 回に分けて Webinar を開催することになるのか。

【甲斐議長】確定的影響に関する議論を加えても良いように思う。

【事務局(神田)】1 回目は「線量の歴史的な話題」を JANSI の岩井先生に講演いただくことにする。担当は岩岡に願う。

【岩岡】承知した。

【事務局(神田)】他の 2 回目 3 回目は「実効線量の話題」、「実用量の話題」とするということではよろしいか。

【佐々木】実効線量の話題については、小田先生に実施していただくのが良いと思う。

【甲斐議長】小田先生には実用量の話題についてお願いしてはどうか。実効線量の話題については、佐々木先生はいかがか。

【佐々木】実効線量の話題について、講演を承る。

【高橋 PO】小田先生は本事業の評価委員であるが、問題ないか。

【規制庁(大町)】問題ないと思うが、念のため確認する。

【保田】小田先生が難しいようであれば、ICRU の委員をされていた高橋史明先生が適任と思う。

続いて、「Webinar のテーマ」について、床次氏より資料 2-3 を用いて説明がされた。続いて、「Webinar のテーマ」について、細井氏より説明がされた。主な議論は下記の通り。

【甲斐議長】新しい放射線の量とは如何。

【床次】本テーマの意図として、どのような線量を使って疫学研究がされてきたのかを講演できればと思っている。

【保田】ICRP の 2007 年勧告には、実効線量を疫学研究に使用するの是不適切であると明記されている。組織加重係数がどのように決められているのかを講演のテーマとすると面白いかもしれない。

【甲斐議長】組織加重係数の議論は大きな話題になるので、今回の Webinar の目的には適さないように思う。

【細井】急性障害については、Gy equivalent を使うのが良いが、一般の方が分かりやすいので実態として実効線量 Sv が使われている。一般社会への説明における問題

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform
in the field of radiation protection research

点などをテーマにした Webinar を提案する。

【甲斐議長】4 回目の webinar については、佐々木先生がご提案された RBE の話をするのが良い。そして5 回目(最後の回)で、細井先生がご提案された一般社会への説明の在り方などを話すと良い。

【細井】医療の現場でも、Sv や Gy が混在している。この問題意識も共有できればと思う。

【事務局(神田)】4 回目について、佐々木先生ご提案の RBE の話を小林先生あるいは今岡先生にさせていただく。

【甲斐議長】影響学会では委員会を立ち上げて RBE の調査をまとめているので、関係者である小林先生あるいは今岡先生が良いように思う。

【事務局(神田)】4 回目については、影響学会からのご推薦である床次先生にご担当をお願いしたい。

【床次】承知した。

【細井】5 回目の講演者はこれから少し検討したい。

【甲斐議長】内容が発散することを避けるために、リスクコミュニケーションに関しては医療被ばくのケースに絞ったほうが良い。ICRP の実効線量に関するレポートも医療被ばくのコミュニケーションを扱っている。

【高橋 PO】webinar 全体を通じて、代表者会議が指定したキーポイントがどのくらいカバーできているのか(資料 1)。

【神田(事務局)】「Sv に関する話題」は 2 回目に、「RBE」は 4 回目に、「緊急時吸収線量」は 4 回目、「緊急時実効線量」は 2 回目に、「実用量」は 3 回目に含まれる。「ドトリメントと組織加重係数」は Webinar のテーマには含まれていないので、WG 自体で検討するのはいかがか。

【保田】組織加重係数は、これまで何度か変更されてきた。WG としてその根拠などを理解しておく必要があると思う。甲斐先生がご存じと思うので一度ご説明いただきたい。

【細井】被ばく医療の観点でも、Sv は重要なテーマである。急性被ばく評価に Sv が使われ、過去には「肺に 12Sv」といった報道が行われたことがある。被ばく医療での Sv の取り扱いについてどう思うか(どう扱うべきか)。

【規制庁(大町)】そこに関しては放射線審議会で決めていただくことになると思う。個人的には非常に重要な問題であると思う。同種の記事への規制庁側の対応としては、記事解説やマスコミ対応において、これはこういう意味であるという説明をすることになる。

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform
in the field of radiation protection research

【神田(事務局)】最後に Webinar の順番等を確認したい。

【甲斐議長】1 回目 現在の線量体系の歴史的背景 講演者岩井敏先生(担当 岩岡)

2 回目 実効線量に関する課題 講演者佐々木道也先生(担当 保田)

3 回目 実用量に関する課題 講演者小田啓二先生 or 高橋史明先生(担当 佐々木)

4 回目 RBE の問題 講演者小林純也先生 or 今岡達彦先生(担当 床次)

5 回目 社会への説明の観点からの問題 講演者未定(担当 細井)

【佐々木】講演についてその場で質疑を受けるのか。

【神田(事務局)】書き込まれたコメントに回答するような形になる。

【神田(事務局)】WG メンバーに、Webinar 講演候補者に講演を依頼していただきたい。

また、本日の議論を反映して企画提案書を修正し、事務局にお送りいただきたい。

議題 3: 今後の予定について

主な議論は下記の通り。

【神田(事務局)】1 回目の Webinar は、10 月上旬には HP で案内したい。10 月下旬から 11 月上旬に 2 回目の WG を考えている。その時に、デトリメント(組織加重係数)をお話しいただくのはいかがか。

【甲斐議長】Webinar が全シリーズ終わった後が良いように思う。

【神田(事務局)】それでは来年 2 月下旬に WG を開催し、甲斐議長にデトリメント(組織加重係数)を話していただくことにする。

【神田(事務局)】原子力学会保健物理・環境科学部会との連携について、本件は承認されたとの連絡を先日いただいた。引き続き相談させていただきたい。

以上

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform
in the field of radiation protection research

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費
(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ワーキンググループ第2回会合 議事概要

1. 日 時 :2020 年 11 月 18 日(水) 10:30~12:00

2. 場 所 :Web 会議

3. 出席者(敬称略)

・WG メンバー

保田浩志(広島大学)、床次眞司(弘前大学)、細井義夫(東北大学)、佐々木道也(電中研)、
橋本周(原子力機構)、岩岡和輝(量研)

・代表者会議

甲斐倫明代表者会議議長(大分県立看護科学大学)

・原子力規制庁

高橋知之(本事業 PO、京都大学)、
大町康・小林 駿司(放射線防護企画課)

・事業担当者

神田玲子(量研)

4. 議題:

議題 1 WG 主査の互選による選出

議題 2 前回の議事概要の承認

議題 3 第 1 回 Webinar のフォローアップ

・第 1 回の開催報告(岩岡座長)

・参加者の分析結果、今後の対応(ビデオ公開、質問への回答等)

議題 4 今後の Webinar について

・第 5 回 Webinar に関する検討その他

議題 5 今後の検討について

・WG メンバーからコメント

・フリーディスカッション

5. 資料

資料 1 実効線量と実用量に関する WG 第 1 回会合議事概要(案)

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform in the field of radiation protection research

資料 2	第 1 回 Webinar 開催報告
資料 3	第 5 回 Webinar 企画提案書(細井義夫氏提出)
参考資料	日本原子力学会保健物理・環境科学部会との打ち合わせ議事概要

6. 議事内容

議題 1: WG 主査の互選による選出

事務局より、「WG 主査の互選による選出」について説明がされた。メンバーの互選により、佐々木氏が主査に決定した。

議題 2: 前回の議事概要の承認

事務局より、前回の議事概要案(資料 1)が事前にメールでも確認済みであるとの説明があり、議事概要案は承認された。

議題 3: 第 1 回 Webinar のフォローアップ

岩岡氏より、「第 1 回 Webinar のフォローアップ」について、資料 2 を用いて説明がされた。主な議論は下記の通り。

【橋本】映像の公開のみか。資料の公開は如何。

【事務局(神田)】資料(PDF)の公開は考えていない。

【保田】動画の公開について、ダウンロードできると流用されてしまう可能性がある。

【岩岡】技術的にはその可能性はある。

【甲斐議長】関係者に限定して一定期間公開するのはいかがか。さらに、動画公開時に、例えば「利用は webinar 登録者に限る。流用・コピー禁止」というメッセージを添えることはいかがか。

【事務局(神田)】承知した。そのようにしたい。

【高橋 PO】どれか 1 回でも webinar に登録した人は、全 5 回を見れるのか。

【岩岡】一つの限定ページから、全部の回の動画にアクセスできるのが良いように思う。

【事務局(神田)】動画を公開したタイミングで、登録した方に動画のアクセス先(限定ページ)とパスワードをお知らせすることにする。その際、以前の回についても情報提供するようにする。

【甲斐議長】質問について、回答可能な質問、今後の課題につながる質問、テーマにそぐわない質問の3つに分類可能と思う。質問一つずつに対して回答するのは難しいのでこの WG 内で整理が必要。5 回の webinar が終わった後に WEB に回答を載せ

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform in the field of radiation protection research

てはどうか。

【事務局(神田)】 甲斐議長からの提案通り、質問に関しては 5 回の webinar が終わったあとに対応したい。

【岩岡】 回答可能なものは、webinar で回答していただくことで良いように思う。

【事務局(神田)】 まずは 1 回目の質問を整理して、見本として WG 内で共有したい。

【岩岡】 承知した。

【高橋 PO】 公開される動画にチャット BOX の画面(質問画面)は含まれないか

【事務局(神田)】 含まれないように思う。念のため、確認する。

【事務局(神田)】 動画公開のタイミングはどうしたらいいか。

【保田】 公開が遅いと忘れてしまうので、一回ずつが良いように思う。

【事務局(神田)】 それでは第 1 回目の動画公開の限定ページ分を WG 関係者にお知らせする。一定期間確認いただき、その後、webinar 登録者にお知らせすることにした。

【橋本】 資料の公開も検討していただきたい。

【事務局(神田)】 依頼に当たり、1 回目に関しては講師に許可を取っていない。2 回以降の webinar については、担当座長から講師に録画公開と資料公開の許可を取っていただきたい。その際、著作権上の問題がないように確認していただきたい。

【佐々木】 佐々木の分については、公開してよいもので作成している。

【保田】 パネリスト(WG メンバー)もチャット BOX に質問できるようにしてほしい。パネリストは「回答」としてチャット BOX に入力されてしまう。

【事務局(神田)】 システムを確認する。

【高橋 PO】 webinar には同時に接続できる人数は限られているのか。1 回目 webinar で接続できない、というメールが事務局に届いていたかと思う。

【事務局(神田)】 1 回目 webinar 当日に事務局が対応し解決した。聴講者側(接続者側)に問題があったようだ。第 1 回目に関しては主催者側のミスによる事例は確認されていない。

【細井】 接続できないのはクッキーによるものかもしれない。

【事務局(神田)】 必要であれば、そのあたりも対応したい。

議題 4: 今後の Webinar について

細井氏より、第 5 回 Webinar 企画提案書について、資料 3 を用いて説明がされた。主な議論は

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform
in the field of radiation protection research

下記の通り。

【保田】 細井先生、赤羽先生、立崎先生の3名が発表するのか。

【細井】 私が最初に発表をして、その3名に加えて神田先生と一緒にパネルディスカッションする。

【甲斐議長】 私もパネルディスカッションに入らせていただきたい。

【細井】 承知した。

【保田】 すでにICRPにおいて、実効線量は個人の患者の被ばくに使うのは良くないとされている。事実確認として、ICRPの内容を述べるのが良いように思う。

【甲斐議長】 多くの人が共通の認識を持つことが大切である。国際的には色々な意見があると思うが、それらの考えがひとつに集約されない理由についても共有することが重要である。

【細井】 医療の分野では基本的にGyであるが、患者への説明にはSvの方が分かりやすいという現実がある。

【甲斐議長】 医療被ばくにSvを使ってコミュニケーションすると便利だという世界的な動きもある。これには様々な問題があるので整理するのが良い。

【甲斐議長】 webinarの演者やテーマなどを整理したものはあるか。

【事務局(神田)】 アンブレラHPに案内している。

【保田】 ICRUはRBE(Gy)という単位を使っている。Gy Equivalent: Gy(E)はNCRPが好んで使っている。Gy、Gy Equivalentを使うべきであると結論づけると、少し混乱を生むかもしれない。

【細井】 資料3に書いてあるものは結論ではない。webinar5回目は現状や意見について様々なディスカッションできればと良いと思う。

【佐々木】 3回目webinarで座長を務める予定である。1回目のwebinarの検討事項やWGの議論等は、座長から講演者に説明するのか。

【事務局(神田)】 座長からご説明をお願いします。

【佐々木】 承知した。

【佐々木】 Webex(Web会議)で、スライドにアニメーションを使用しない方が良いのか。

【岩岡】 ネット等で調べたところ、表示がうまくいかない場合があるようである。使わない方が安全と思う。

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform in the field of radiation protection research

【佐々木】これに関連して、パワーポイントのデフォルトのテンプレートを使うとグラデーションの表示が悪さして、見づらいスライドになってしまう場合がある。この点も注意すると良い。

【事務局(神田)】 Webinar 当日、事務局はシステムを立ち上げるが、質問の整理や質問の仕方などは講演者と座長の間で決めて実施していただきたい。

【高橋 PO】 5 回目 webinar について、ボリュームが大きいように思う。

【細井】それほど時間がかからないように思っているが、座長やパネラーと相談したい。

【高橋 PO】 いずれにしても課題を明確にできれば良いように思う。

議題 5: 今後の検討について

WG 関係者から本 WG 全体に関することについて意見があった。主な内容は下記である。

【岩岡】 webinar の質問は多岐にわたるので、各回の座長による質問の整理がポイントであると思う。

【佐々木】 実効線量は規制など社会的に関係するものである。その点を重要なポイントとと思っている。また、ICRP に特化して細かく見ていくことも良いように思う。

【床次】 緊急時の線量をどう扱うのか、ラドンの線量をどう評価するのか、やるべきこと、整理すべきところはあると思う。

【橋本】 Webinar での質問の整理が効果的な議論につながると思う。

【細井】 1 回目 webinar では、200 名を超える参加があった。Webinar は有効なやり方と思う。防護と医療で放射線の量の使い方に乖離がある。そこが今後の課題と思う。

【保田】 共通の理解の促進のため、ICRP が述べていることを、シンプルに伝えるのが良いように思う。例えば、疫学には Sv を使わないなど。

【甲斐議長】 どこまでシンプルするのか、どこまで科学的にするのか、そのバランスの中に課題が見いだされ、何をやるべきなのか提言できればと思う。

【高橋 PO】 課題解決の道筋を検討できれば良いと思う。

【事務局(神田)】 5 回の webinar が終わった段階で、甲斐先生にデトリメントについてお話いただく予定である。

【規制庁(大町)】 ICRP、ICRU の刊行物が発刊されれば、審議会での検討が始まると思う。

以上

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform
in the field of radiation protection research

**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費
(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ワーキンググループ第3回会合 議事概要**

1. 日 時 :2021 年 3 月 4 日(木) 13:00~15:00

2. 場 所 :Web 会議

3. 出席者(敬称略)

・WG メンバー

佐々木道也(電中研、主査)、保田浩志(広島大学)、床次眞司(弘前大学)、橋本周(原子力機構)、岩岡和輝(量研)

・代表者会議

甲斐倫明代表者会議議長(大分県立看護科学大学)

飯本武志(日本保健物理学会)(代理出席者:福田一斗)

児玉靖司(日本放射線影響学会)

小林純也(日本放射線影響学会)

富永隆子(放射線事故・災害医学会)

・原子力規制庁

高橋知之(本事業 PO、京都大学)、

荻野晴之・滝剣朗(放射線防護企画課)

・事業担当者

神田玲子(量研)

4. 議題:

議題 1 前回の議事概要の承認

議題 2 デトリメントに関する講演(甲斐先生)

議題 3 Webinar のとりまとめ

・質問への回答について

議題 4 収集した情報の整理(確認)

・昨年度の国際動向報告会(問題の提起)

・原安協の委託事業報告書

・日本放射線影響学会報告書(RBE についての調査)

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform in the field of radiation protection research

・Webinar(1～5 回)の資料および本日講演会資料

議題 5 今後の検討について

議題 6 その他

5. 資料

資料 1 実効線量と実用量に関するWG 第2回会合議事概要(案)

資料 2 甲斐先生 講演資料

資料 3 Webinar 第1回から5回の開催報告

資料 4 Webinar(1～5 回)の資料集

資料 5 今後の検討について(事務局案)

参考資料 1 平成31年度国際動向報告会報告書

参考資料 2 実用量及び防護量としての実効線量に係る動向調査(H30、原安協)

参考資料 3 放射線管理に係る実用量の測定等の実態調査(H31、原安協)

参考資料 4 放射線影響分野における放射線防護対策の推進に関する調査と提

6. 議事内容

議題 1: 前回の議事概要の承認

前回の議事概要案(資料 1)について、特段異論はなく、また事前に確認済みであることから主査の判断により承認された。

議題 2: デトリメントに関する講演

甲斐議長より、「デトリメント」について、資料 2 を用いて講演がされた。主な議論は下記の通り。

【規制庁(荻野)】ICRP101 代表的個人では、公衆の年齢区分は3つである。線量の観点では、複数の区分がある。これについて如何。

【甲斐議長】内部被ばくなどシメトリの点から来ているが、広い年齢層にわたる医療被ばく分野もモチベーションになっているであろう。患者とのコミュニケーションの際に、複数の年齢別の実効線量は便利である。

【保田】グラフや表で示されていた、同じ実効線量の場合における年齢とリスクの関係は、全身均一被ばくの場合に当てはまるもので、ある身体部位に偏った被ばくや組織親和性のある核種による内部被ばくでは成立しない。こうした図や表だけを見て、被ばくの形態に関わらず実効線量から年齢に応じたリスクが見積もれると勘違いする人が出てくるのが懸念される。

【甲斐議長】実効線量の背後にあるリスクが広い年齢を含んだ集団を対象にしたものであるため、実効線量をベースにしたリスクの評価はややこしい部分がある。きちん

Formation of problem-solving network and umbrella-type integrated platform in the field of radiation protection research

と年齢などの個別条件でリスク評価するツールが必要である。

【床次】ラドンのリスクに関連して、将来、名目リスク係数は変更されるのか。

【甲斐議長】ラドンの疫学データをベースにしてリスクが議論できるようになってきているので、今後はラドンの線量評価ベースの議論になっていくと思う。

【床次】ICRP や IAEA で、別々のラドンの線量係数が与えられている。ラドンの線量係数は今後どのように変わっていくと思うか。

【甲斐議長】防護には幅のない数値が登場するので、線量とリスクの不確かさを含めて、矛盾がないように情報を整理しておくのが良いと考える。

議題 3: Webinar のとりまとめ

岩岡氏より、「Webinar の開催報告と質問状況」について、資料 3 を用いて説明がされた。主な議論は下記の通り。

【佐々木主査】担当回の座長と講演者に、未回答の質問の取捨選択と回答作成をお願いする。作成した回答については、事務局(岩岡)に送るようお願いする。最終的に確認して 3 月中旬に HP にアップすることにする。

【高橋 PO】取捨選択の結果、回答しない質問もあるので、例えば「主な質問への回答」というようにすると良い。

【佐々木主査】承知した。

【佐々木主査】Webinar 未登録者から動画視聴について問い合わせがあった。ご意見いただきたい。

【事務局(神田)】この問い合わせは、Webinar 登録者からご連絡いただいたものである。

【佐々木主査】登録者からの口コミによって、未登録者から問い合わせがあった場合は、動画の視聴を許可する(限定 HP の URL を送る)。

【橋本】講演者等への確認の必要性は如何。

【事務局(神田)】限定で公開していることには変わらないので問題ないと考える。

【高橋 PO】アンブレラ HP を見た人からの視聴希望の問い合わせについて、どうする予定か。

【佐々木主査】いわゆる口コミの範囲であれば動画の視聴を許可する。

【事務局(神田)】アンブレラ HP の運用は、外部サーバーで行っている。翌々年度の事業終了後に、量研サーバーにアンブレラ HP を設置することも物理的にはできるが、セキュリティポリシーの問題で難しいかもしれない。

【佐々木主査】動画の公開の期間は、事業の終了までとする。

議題 4: 収集した情報の整理(確認) 及び議題 5: 今後の検討について

事務局より、「収集した情報の整理と今後の検討」について、資料 4、5 を用いて説明がされた。主な議論は下記の通り。

【佐々木主査】 来年度の活動のイメージについてご意見いただきたい。

【事務局(神田)】 情報が十分であるのか、また何を WG として提案するのか、そのあたりが今後の議論になるように思う。

【佐々木主査】 影響学会の報告書(RBE)は出来上がっているのか。

【保田】 すでに出来上がっている。親委員会(放射線リスク・防護検討委員会)からは RBE の小委員会は来年度も続ける意向である旨を聞いている。

【規制庁(荻野)】 UNSCEAR において、放射線防護の単位の使用について文書作成が合意されており、集団線量についても扱われる可能性がある。

【事務局(神田)】 4 つのキーワードを資料 5 に示してある。これらキーワードの問題点等について、アカデミア内の共通の回答を行えると良いと思う。

【甲斐議長】 「実効線量」と「リスク」の関係性など、一般社会への「実効線量」の説明の仕方を検討すると良いように思う。実効線量の年齢別の評価とその使い方を整理するのが良いと思う。新たな実用量をどのように日本の実務に取り入れていくのか議論しても良いように思う。

【保田】 新しい実用量が国際的に認められると、これまで対比する形で用いてきた防護量と実用量の区別が無くなるので、両用語の使い方に気を付ける必要が出てくる。

【橋本】 放射線管理に近い人は、新しい単位についてすぐに普及されるのか疑問である。

【甲斐議長】 国際的な動きが、すぐに実務に反映されるとは思わない。5年程度の時間をかけて結論をだしていくことが重要である。

【事務局(神田)】 本日、議論されたことを課題や提言としてまずは書いてみるのはいかがか。代表者会議は 6 月に開催予定である。それまでに、骨子の骨子ができていると良い(やることを決めておくと良い)。

【高橋 PO】 資料 5 に、例として書いてあるように、提言先を明確にして、取り組んでいたきたい。

【佐々木主査】 年度内に、課題と提言について、骨子の骨子を作ることにする。

議題 6: その他

【事務局(神田)】 今年の活動について、なるべく早く報告書を作成して、皆様に見ていただきたいと思っている。

【高橋 PO】 来年度に向けて引き続きよろしく願います。



以上

令和 2 年度公表資料集(一般公開されているもののみ)

- ・Wang, B., Yasuda, H. Relative biological effectiveness of high LET particles on the reproductive system and fetal development, *Life*, 10(11), 298 (2020)
- ・中野政尚 他、茨城県東海・大洗地区における福島第一原子力発電所事故後の環境放射線モニタリングデータの共有と課題検討活動, *保健物理*, 55 (2), 102-109 (2020) (付属資料 2 の別添 4 として掲載済み)
- ・川口勇生 他、JHPS 国際シンポジウム「トリチウム問題をいかに解決すべきか? -国際的視点および社会的視点から見た放射線防護- *保健物理*, 55(4), 173-182 (2021)
- ・松田尚樹、中島覚、放射線安全管理人材の確保・育成に関する現状把握のための調査結果報告、*日本放射線安全管理学会誌*, 19(2), 118-121 (2020).
- ・神田玲子、放射線防護アカデミア—One team になる、*Isotope News* 2020 年 6 月号(No769),3 (2020)
- ・令和 3 年度放射線安全規制研究の重点テーマ案について(令和 2 年度第 1 回研究推進委員会ヒアリング資料)
- ・放射線安全規制研究戦略的推進事業 成果発表会(令和 3 年 2 月 18 日) 発表資料

Review

Relative Biological Effectiveness of High LET Particles on the Reproductive System and Fetal Development

Bing Wang¹  and Hiroshi Yasuda^{2,*} 

¹ National Institute of Radiological Sciences, National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology, Chiba 263-8555, Japan; wang.bing@qst.go.jp

² Research Institute for Radiation Biology and Medicine, Hiroshima University, Hiroshima 734-8553, Japan

* Correspondence: hyasuda@hiroshima-u.ac.jp; Tel.: +81-82-257-5872

Received: 26 October 2020; Accepted: 18 November 2020; Published: 20 November 2020



Abstract: During a space mission, astronauts are inevitably exposed to space radiation, mainly composed of the particles having high values of linear energy transfer (LET), such as protons, helium nuclei, and other heavier ions. Those high-LET particles could induce severer health damages than low-LET particles such as photons and electrons. While it is known that the biological effectiveness of a specified type of radiation depends on the distribution of dose in time, type of the cell, and the biological endpoint in respect, there are still large uncertainties regarding the effects of high-LET particles on the reproductive system, gamete, embryo, and fetal development because of the limitation of relevant data from epidemiological and experimental studies. To safely achieve the planned deep space missions to the moon and Mars that would involve young astronauts having reproductive functions, it is crucial to know exactly the relevant radiological effects, such as infertility of the parent and various diseases of the child, and then to conduct proper countermeasures. Thus, in this review, the authors present currently available information regarding the relative biological effectiveness (RBE) of high-LET particles on the deterministic effects related to the reproductive system and embryonic/fetal development for further discussions about the safety of being pregnant after or during a long-term interplanetary mission.

Keywords: space radiation; high LET; relative biological effectiveness (RBE); reproductive system; embryo; fetus; deterministic effect

1. Introduction

Exposure to ionizing radiation (“radiation” hereafter) has been one of the major safety concerns in space missions [1–6]. Longer stay in the outer space environment will inevitably increase the health risks of astronauts due to the exposures to two major radiation sources: galactic cosmic rays (GCR) and solar particle events (SPEs). Both GCR and SPEs are mostly constituted from high-energy charged particles such as protons (85% on the fluence basis), helium nuclei (14%), and other heavier ions (1%) [7–10]. These particles produce various secondary radiations such as electrons, neutrons, recoiled nuclei and other smaller particles through the nuclear reactions in the walls of spacecraft, instruments and human bodies. In addition, large SPEs would significantly increase their exposures mainly to protons and their secondary radiations. Absorbed doses for the largest SPEs were estimated to be higher than 1 Gy [11] and could reach 10 Gy in a thinly-shielded spacecraft in deep space [12]. The present knowledge from radiobiology implies that this dose level of even low-LET particles could definitely cause significant biological effects. Thus, any astronauts involved in a future interplanetary exploration with a long duration up to three years would receive inevitably high radiological risks and they should be protected by proper countermeasures [13–19].

The radiation exposure of an astronaut is evaluated as the absorbed dose (D) weighted by quality factor (Q) or relative biological effectiveness (RBE) [2,6]; D is defined as the energy deposited per unit mass of the tissue; Q is a coefficient used for adjustment of radiation quality regarding stochastic effects (i.e., cancers and hereditary effects) and RBE is that regarding deterministic effects that are induced by relatively high doses. Both Q and RBE are given as functions of linear energy transfer (LET). The high-LET particles such as protons and heavy ions produce dense ionizations along the tracks and thus could induce larger biological effects than the low-LET particles such as X-rays and γ -rays [20–22]. In other words, those high-LET particles generally show RBE values higher than 1. A conceptual diagram of RBE-value determination is illustrated in Figure 1. As indicated there, RBE values could significantly change depending on combination of particle species, dose rate/fractionation, and selected level of severity/total dose, as well as the biological endpoint in respect. By lowering the targeted severity level, we could get a higher RBE values. Thus, it has been assumed that the Q values used for assessment of stochastic effects appearing after lower dose exposure would be higher than RBE values.

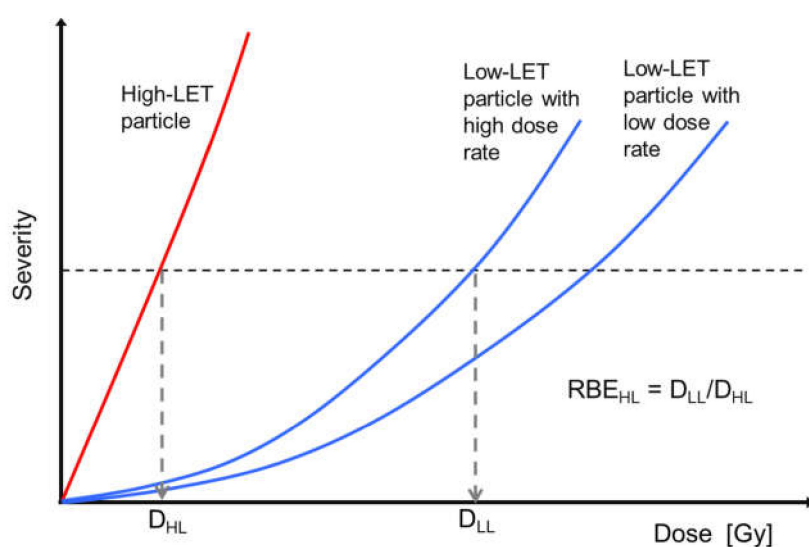


Figure 1. Diagram of the relationship between dose and severity of a deterministic effect. The RBE is calculated as the ratio of the high-LET particle dose (D_{HL}) to the low-LET, reference particle dose (D_{LL}) at the same level of severity for a specific biological endpoint. RBE values could vary depending on the particle species, dose rate/fractionation, severity level in respect, etc.

Since major components of both GCR and SPE have high LET values, it is desirable that the comprehensive knowledge base on the biological effects of the high-LET particles be established, so that the space agencies and astronauts could ensure that the associated health risks in any long-term space missions are low enough in view of radiological protection. As to low-Earth-orbit missions, the radiological risks have been long recognized and discussed based on two primary effects: late effects such as cancer and early effects such as the change of blood forming function with consideration of possible damages on the physiological function of central nervous system (CNS) [2–4]. However, the effects of space radiation exposure regarding reproductive functions have not been clearly identified. As it is probable that future interplanetary missions would involve some young astronauts who have reproductive abilities, it is desirable to collect scientifically sound information that are needed for reliable risk assessments on their possible pregnancies.

The tissue reactions of radiation exposure on the reproductive system are observed as general germ cell killing, chromosome damage in germ cells, germ cell morphological abnormalities, reproductive organ weight loss, etc. The resultant clinical symptoms include: infertility, embryonic and fetal death, stillbirths, genetic alteration, congenital malformations and other birth defects, growth retardation, mental retardation and other neurobiological effects, and cancer during pregnancy [23,24].

For low-LET particles, the detrimental effects other than cancer in the human embryo and fetus have been investigated in many experimental studies. The threshold doses for induction of those effects are briefly summarized as follows [23]: (1) in the period of the 1st to 2nd weeks postconception, 0.15–0.2 Gy for embryo lethality; (2) in the period of the 3rd to 5th weeks postconception, 0.25–0.5 Gy for embryo lethality, 0.2–0.5 Gy for permanent growth retardation in the adult and >0.5 Gy for gross anatomic malformation; (3) in the period of the 6th to 13th weeks postconception, >1 Gy for fetus lethality and 0.25–0.5 Gy for permanent growth retardation in the adult; (4) in the period of the 8th to 25th weeks postconception, >0.5 Gy for severe mental retardation and decrease in intelligence quotient (IQ) scores; (5) in the period of the 14th weeks postconception to term, >1.5 Gy fetus lethality and >0.5 Gy for gross anatomic malformation. On the other hand, there are still large uncertainties regarding the effects of exposure to high-LET particles on the embryo and fetus. It is presumed though that the threshold values of absorbed dose for the high-LET particles would be lower since they generally have the RBE values greater than the unity.

With this thought, the authors conducted a systematic literature review focusing on the RBE values of high-LET particles for the deterministic effects on the reproductive system and embryonic/fetal development. We targeted both epidemiological and experimental studies using both in vivo and in vitro systems. In the reviews of experimental investigations, the subjects were limited to the mammals and mammals and, in collecting the data from in vitro studies, the subjects were limited to eggs and embryonic/fetal primary cultures except the established cell lines derived from embryos.

2. On the Reproductive System

The radiation-induced tissue reactions on the reproductive system such as germ cell killing and morphological abnormalities depend on the dose levels and developmental stages [23]. While convincing evidences of radiation-induced germline mutation manifesting as heritable disease are unavailable in humans, relevant translational effects due to exposure to radiations were demonstrated in some studies using mice.

2.1. Effects on Female Reproductive System

In humans, there are about 2 million germ cells in the ovary at birth. The number of follicles declines rapidly from about 4 hundred thousand at 12–16 years to 8 thousand at 40–44 years due to atresia. About 4 hundred oocytes are ovulated during a reproductive period of about 35 years. According to the reports of United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) [25,26], human oocytes are radiosensitive while many oocytes can be lost without affecting fertility. A single dose up to 0.6 Gy of low-LET radiation does not induce significant deleterious effect on the reproductive function while a dose of 1.5 to 6 Gy could suppress ovulation. A dose from 3 to 8 Gy could cause permanent sterility. Radiosensitivity increased with age due to the decline in the oocyte pool size [27]. It was reported that the murine oocyte was more sensitive than the human [21].

RBE for Ovary

While it is known that the ovary is one of the most radiosensitive organs in regard to carcinogenesis [28], no RBE data on humans can be found. In mice, for killing of immature oocytes as the endpoint, the RBE value was obtained as 1.7 for 0.43 MeV neutrons [29], 1.6–3.5 for neutrons from ^{252}Cf [30]. Exposure during the pre-implantation period and major organogenesis, the RBE value of fast neutrons with an energy of 0.4 and 14 MeV was 1.0 and 1.3, respectively [31].

The RBE value of β -rays from tritiated water (HTO) for the oocyte killing in mice was in the range of 1.1 to 3.5 [32]. When being exposed from conception to the first 2 weeks of lactation, the RBE value of the HTO β -rays was in the range of 1.6 to 2.8 [33,34].

The RBE value of ^{239}Pu α -rays was about 2.5 for impairment of female fertility in mice [35].

For accelerated beams of neon (energy: 450 MeV/amu), argon (570 MeV/amu) and silicon (670 MeV/amu) ions, the RBE values were in the range of 0.4 to 0.6, 0.4 to 3.0 and 0.4 to 2.2, respectively,

for early effects (cell depletion) on the ovary of mice [21]. The RBE value of accelerated carbon ions (80 MeV/amu, LET: 31 keV/μm) was in the range of 1.32 to 2.49 for induction of chromosomal aberrations in immature oocytes [36].

In Table 1, the RBE values of electrons (β-rays), neutrons, helium nuclei (incl. α-rays), carbon, neon, silicon, and argon ions for the ovary are summarized.

Table 1. The RBE values of selected incident particles for ovary.

Particle	Source or Energy (LET ¹)	Biological Endpoint	RBE Value		
			of the Particle for the Specific Endpoint	of the Same Particle for All Endpoints	of All the Particles for All Endpoints
Electron	β-rays from HTO	Oocyte killing in mice	1.1–3.5 [32]	1.1–3.5	0.4–3.5
	β-rays from HTO 0.4 MeV	Oocyte killing in mice	1.6–2.8 [33,34]		
Neutron	0.43 MeV	Oocyte killing in mice	1.0 [31]	1.0–3.5	
	14 MeV	Oocyte killing in mice	1.7 [29]		
	from ²⁵² Cf	Oocyte killing in mice	1.3 [31]		
Helium	α-rays from ²³⁹ Pu	Impairment of fertility in mice	1.6–3.5 [30]	2.5	
Carbon	80 MeV/amu (31 keV/μm)	Oocyte killing in mice	2.5 [35]	1.3–1.5	
Neon	450 MeV/amu (>30 keV/μm)	Oocyte killing in mice	1.32–1.49 [36]	0.4–0.6	
Silicon	670 MeV/amu (>50 keV/μm)	Oocyte killing in mice	0.4–0.6 [21]	0.4–3.0	
Argon	570 MeV/amu (>85 keV/μm)	Oocyte killing in mice	0.4–3.0 [21]	0.4–2.2	

¹ Some of the LET values were estimated from the incident beam energies.

2.2. Effects on Male Reproductive System

Testis contains a wide range of cell types that are in different states of differentiation and with varied radiosensitivity. It is known that Type B spermatogonia is one of the most radiosensitive tissues, and 0.1 Gy X-rays could reduce the sperm count due to killing of the late-stage differentiating spermatogonia. An acute or fractionated dose up to 4 Gy could cause a temporary sterility. A dose higher than 6 Gy could cause a permanent sterility in men [26].

RBE for Testis

The RBE data for testis of humans are limited. In mice, for induction of sperm head abnormalities, the RBE values of Auger electron emitted by radionuclides (¹²⁵I and ¹¹¹In) were in the range of 2.5 ± 0.2 to 59 ± 4.0 [37]. For killing of spermatogonia, the RBE values of these Auger electron were in the range of 1.0 to 7.9 [37]. The RBE values of Auger and Coster-Kronig electrons from ²¹⁰Tl relative to β-rays from ²⁰¹Tl was 3.8 ± 0.4 for sperm head killing and testis weight loss as endpoints [38]. The RBE values of HTO β-rays ranged from 1.04 to 3.0 for induction of chromosome damage in human spermatozoa, depending on the absorbed dose [39].

The RBE value of α-rays emitted from ²¹⁰Po was 245 ± 23 for induction of sperm head abnormalities and those for killing of spermatogonia was 6.7 [37]. The RBE value of 3.2–8.8 MeV α-rays was maximum of 7.4 for testicular sperm head survival as the biological endpoint [40–42].

In a study using ²⁵²Cf source, the RBE values of the fission neutrons for induction of chromosome damage including structural chromosome aberrations and chromosomal abnormality in human spermatozoa were reported as 1.6 to 3.9 [43]. For the induction of chromosome aberrations in spermatogonia and primary spermatocytes, the RBE value of fission neutrons (0.85 MeV) was in the range of 10 to 24 [44]. The RBE value of 0.4 MeV neutrons was 5.65 for induction of chromosome aberrations in secondary spermatocytes [45]. Generally, the RBE value of fission neutrons and neutrons with mean energy up to 50 MeV was in the range of 2.0 to 7.0 for induction of chromosome aberrations in spermatocytes [21,46,47]. The RBE value of ²⁵²Cf neutrons for the weight loss of mouse testis was 5.1 [48].

For the neutrons with energy of 1.0, 2.3, and 5.6 MeV, the RBE values were 5.7, 4.6, and 3.0, respectively, for depletion of spermatogonia [49]. The RBE values of neutrons with an energy of 5.5 MeV were 4.57 for depletion of spermatogonia and 4.25 for mouse testis weight loss [50].

The RBE value of accelerated helium ions (228 MeV/amu, LET: ~60 keV/μm) was 1.15–1.3 for cell killing of spermatogonia in mice [51]. The RBE values of carbon ions (50 MeV/amu) were 1.67 for induction of chromosomal aberrations in spermatogonia and 1.66 for spermatocytes [52]. The RBE values of accelerated oxygen ions (60 MeV/amu) were 1.84, 1.22 and 1.29, respectively, for testis weight loss, sperm count decrease and sperm abnormalities [53]. For accelerated carbon, neon and argon ions (400 to 670 MeV/amu), the RBE values of these high-LET particles for cell killing of spermatogonia showed a maximum of 3.0 and reduced when the LET exceeded about 100 keV/μm; for testis weight loss, the RBE values obtained were 2 for carbon ions, 2.2 for neon ions, and 3.0 for argon ions in mice [51].

Regarding exposure of fetal rats in the major organogenesis period to accelerated heavy charged particles, the RBE values of carbon ions (290 MeV/amu, LET: 13 keV/μm) and that of neon ions (400 MeV/amu, LET: 40 keV/μm) were in the range of 1.0 to 1.4 and 1.0 to 1.3, respectively, for induction of apoptosis in gonocytes; the RBE values of carbon ions and neon ions were 0.9 and 1.0, respectively, for reduction of breeding ability (the mean number offspring obtained by mating the prenatally irradiated males with the non-irradiated females) [54].

In Table 2, the RBE values of electrons (including β-rays), neutrons, helium nuclei (including α-rays), carbon, oxygen, neon, and argon ions for the testis are summarized.

Table 2. The RBE values of selected incident particles for testis.

Particle	Source or Energy (LET ¹)	Biological Endpoint	RBE Value		
			of the Particle for the Specific Endpoint	of the Same Particle for All ENDPOINTS	of All the Particles for All Endpoints
Electron	Auger electrons from ¹²⁵ I and ¹¹¹ In	Sperm head abnormalities in mice	2.3–63 [37]	1.0–63	0.9–270
	Auger electrons from ¹²⁵ I and ¹¹¹ In	Spermatogonium killing in mice	1.0–7.9 [37]		
	β-rays from HTO	Spermatozoa chromosome damage in humans	1.04–3.0 [39]		
	from ²⁵² Cf	Spermatozoa chromosome damage in humans	1.6–3.9 [43]	1.6–24	
Neutron	from ²⁵² Cf	Testis weight loss in mice	5.1 [48]		
	0.4 MeV	Chromosome aberrations in secondary spermatocytes in mice	5.65 [45]		
	0.85 MeV	Chromosome aberrations in spermatogonia and primary spermatocytes in mice	10–24 [44]		
	1 MeV	Spermatogonium killing in mice	5.7 [49]		
	2.3 MeV	Spermatogonium killing in mice	4.6 [49]		
	5.5 MeV	Testis weight loss in mice	4.25 [50]		
	5.5 MeV	Spermatogonium killing in mice	4.57 [50]		
	5.6 MeV	Spermatogonium killing in mice	3 [49]		
	~50 MeV	Chromosome aberrations in spermatocytes in mice	2.0–7.0 [21,46,47]		
	α-rays (3.2–8.8 MeV)	Sperm head killing in mice	~7.4 [40–42]	~270	
Helium	α-rays from ²¹⁰ Po	Sperm head abnormalities in mice	245 ± 23 [37]		
	α-rays from ²¹⁰ Po	Spermatogonium killing in mice	6.7 [37]		
Carbon	228 MeV/amu (~60 keV/μm)	Spermatogonium killing in mice	1.15–1.3 [51]		
	50 MeV/amu (>45 keV/μm)	Chromosomal aberrations in spermatogonia in mice	1.67 [52]	0.9–3.0	
	50 MeV/amu (>45 keV/μm)	Chromosomal aberrations in spermatocytes in mice	1.66 [52]		

Table 2. Cont.

Particle	Source or Energy (LET ¹)	Biological Endpoint	RBE Value		
			of the Particle for the Specific Endpoint	of the Same Particle for All ENDPOINTS	of All the Particles for All Endpoints
Oxygen	400 to 670 MeV/amu (>11 keV/μm)	Spermatogonium killing in mice	<3 [51]		
	400 to 670 MeV/amu (>11 keV/μm)	Testis weight loss in mice	2 [51]		
	290 MeV/amu (13 keV/μm)	Gonocyte killing in mice	1.0–1.4 [54]		
	290 MeV/amu (13 keV/μm)	Impairment of fertility in mice	0.9 [54]		
	60 MeV/amu (>70 keV/μm)	Testis weight loss in mice	1.84 [53]	1.2–1.8	
	60 MeV/amu (>70 keV/μm)	Sperm count decrease in mice	1.22 [53]		
	60 MeV/amu (>70 keV/μm)	Sperm abnormalities in mice	1.29 [53]		
Neon	400 to 670 MeV/amu (>30 keV/μm)	Spermatogonium killing in mice	<3 [51]	1.0–3.0	
	400 to 670 MeV/amu (>30 keV/μm)	Testis weight loss in mice	2.2 [51]		
	400 MeV/amu (40 keV/μm)	Gonocyte killing in mice	1.0–1.3 [54]		
	400 MeV/amu (40 keV/μm)	Impairment of fertility in mice	1 [54]		
Argon	400 to 670 MeV/amu (>80 keV/μm)	Spermatogonium killing in mice	~3 [51]	~3.0	
	400 to 670 MeV/amu (>80 keV/μm)	Testis weight loss in mice	3 [51]		

¹ Some of the LET values were estimated from the incident beam energies.

3. On Embryonic and Fetal Development

Except for heritable diseases in certain animal models and cancers, the detrimental effects of radiation exposure include mainly embryonic death, fetal death, congenital malformations, microcephaly, growth retardation, mental retardation, decreased IQ, epilepsy, and neurobehavioral effects in humans. These deterministic effects have different threshold doses depending on the endpoints and the timing of exposure [23].

3.1. Effects on the Developing Embryo and Fetus

The developing embryo and fetus are extremely radiosensitive due to rapid cell proliferation, migration and differentiation. Response of each organ system depends on many factors related to both the radiation source and the physiological system, including radiation quality, quantity and dose rate, oxygen tension, cell type and the developmental stage at the time of exposure. Most of reliable data regarding the effects on human embryo and fetus have been obtained in high-dose exposure situations.

Congenital malformations occur during organogenesis; and the greatest probability in a specific organ system is with a critical period when the peak differentiation takes place. Malformations of central nervous system (CNS) are commonly divided into two groups, namely, the organogenetic and the histogenetic. The organogenetic malformations occur in the period of major organogenesis and the histogenetic malformations during the differentiation and growth of the brain mantle.

Radiological risks are related to the stage of development, being the most significant during organogenesis and the early fetal stage. The deterministic effect is with a threshold dose ≥ 100 mGy

of low LET radiation, and most malformations at the 100 mGy threshold are CNS-related [28,55,56]. In brief, (1) in the period of pre-conception, there is no increased risk of malformations in children due to exposure of parental gonads; (2) in the pre-implantation stage (from fertilization to the 9th day), an all-or-none phenomenon shows either in utero death and resorption (usually undetected) or normal fetal risk, and the deterministic effect is with a threshold dose of about 100 mGy; (3) during the organogenesis stage (from the 3rd to 8th week after fertilization), there is a substantial decrease in fetal death but an increase in congenital malformations with the peak developmental periods of various organs and systems especially at 20–40 days, and an increase in growth retardation following exposure at >4 weeks after conception. There is little risk of mental retardation before the 8th week. The deterministic effect is with a threshold dose of >100 mGy; (4) In the fetal growth stage (from >8th week after fertilization until term), there is little risk of congenital malformations. A significant mental retardation risk is at the 8th to 25th weeks, with the highest risk (5) or more times greater than in later periods) in the period from the 8th to 15th week, corresponding to the time for the most rapid proliferation and migration of neurons to the neocortex. The frequency of severe mental retardation is approximately proportional to the absorbed dose, and an increased risk of growth retardation occurs after 25th weeks. There is an apparent dose-related reduction in mean IQ in the period from the 8th to 15th week and the 16th to 25th week.

RBE for Embryonic and Fetal Development

No adequate human data on utero exposure are available to define the RBE values of high-LET particles (incl. neutrons) for induction of malformations, mental deficits, cataract and cardiovascular diseases.

Exposure of utero to β -rays from tritium during the whole period of pregnancy, the RBE value was of 1–2 using chromosomal aberrations in bone marrow cells in postnatal mice as the endpoint [57].

For embryo survival, the RBE value of neutrons with energy ranging from 1 to 800 MeV was 48 in Japanese medaka fish [58]. The RBE value of 150 MeV protons was reported to be 1.1 to 1.2 in zebrafish [59]. In mice during the pre-implantation period at the early zygote stage, the RBE value of cyclotron neutrons with a mean energy about 7 MeV was 2.3 for prenatal mortality, and 2.0 to 2.8 for malformed fetuses [60]. The RBE value of neutrons with an energy of 5.8 to 6.0 MeV was 2.0 to 3.7 for malformed fetuses [61].

In cultured pre-implantation mouse embryos, using embryo survival as the endpoint, the RBE value of neutrons was in the range of 2.0 to 10 [31,62,63], and the RBE value of β -rays from HTO was in the range of 1.0 to 1.7 [64]. Using chromosome aberrations, the RBE values of β -rays from HTO were 1.6 to 2.0 [65]. The RBE values of 6.0 MeV neutrons were 4.7, 4.8 and 7.4, respectively, for chromosomal anomalies at the first, second, and third mitosis after irradiations in one-cell mouse embryos [66].

In cultured fetal mouse midbrain cells and using varied endpoints such as cell proliferation, differentiation, cellular DNA and protein contents, the RBE value of β -rays from organically bound tritium compounds (i.e., methyl- ^3H -thymidine) was in the range of 4.6 to 8.7 [67]. The RBE values of cyclotron neutrons (7.0 MeV) for micronucleus induction in pre-implantation embryos were in the range of 2.5 to 3.5 [68]. For pre- and post-natal developmental defects including formation of micronuclei, lethality, malformations, weight defects, brain structure changes in experimental studies in mice, the RBE value of fast neutrons summarized by ICRP [31] was in the range of 1.8 to 7.4 with the mean value of 3.65. In rats, the RBE value of neutrons (0.43 MeV) was within this range with qualitatively and quantitatively different effects at least in parts [69]. The RBE value of neutrons (6 MeV) for brain anatomical defects in mice was with an average of 3.0 [31,70].

For exposure in organogenesis period, the RBE value of iron particles (500 MeV/amu, LET: 200 keV/ μm) was in the range of 3.7 to 4.2. for induction of apoptosis in the developing optic tectum in medaka fish [71]; the RBE value of neutron (peak energy: 10 MeV) was a maximum of 9.8 for induction of neuron apoptosis in cerebral cortex in fetal mice [72]. Using prenatal development and postnatal neurophysiological accomplishment as the endpoints, the RBE value of β -rays from HTO ranged from 2.3 to 3.0 in mice and rats [54,73]. Using organ malformation as the endpoint, the RBE value of

neutrons from ^{252}Cf was in the range of 2.3 to 3.1 [30,74]. The RBE value of helium (530 MeV/amu, 4–6% LET: >40 keV/ μm) was in the range of 1.0 to 1.4 for fetal killing effect in rats after exposure in early organogenesis period, showing higher values under hypoxic condition [75]. Exposure of fetal rats during major organogenesis period to accelerated heavy particles resulted in detrimental effects on prenatal development and postnatal neurophysiological accomplishment, the RBE value of carbon ions (290 MeV/amu, LET: 14 keV/ μm) and neon ions (400 MeV/amu, LET: 40 keV/ μm) was in the range of 1.0 to 2.04 and that of 1.0 to 2.14, respectively (here, the RBE values were estimated based on the data of Wang et al. [76–78]).

In Table 3, the RBE values of electron (β -rays), neutrons, protons, helium nuclei, carbon, neon and iron ions for embryonic and fetal developments are summarized.

Table 3. The RBE values of selected incident particles for embryonic and fetal development.

Particle	Source or Energy (LET ¹)	Biological Endpoint	RBE Value		
			of the Particle for the Specific Endpoint	of the Same Particle for All Endpoints	of All the Particles for All Endpoints
Electron	β -rays from HTO	Chromosomal aberrations in bone marrow cells in mice	1–2 [57]	1.0–8.7	1.0–48
	β -rays from HTO	Embryo killing in mice	1.0–1.7 [64]		
	β -rays from HTO	Chromosome aberrations in embryo cells in mice	1.6–2.0 [65]		
	β -rays from HTO	Cell proliferation, differentiation, cellular DNA and protein contents in fetal midbrain in mice	4.6–8.7 [67]		
	β -rays from HTO	Impairment of prenatal development and postnatal neurophysiological accomplishment in mice and rats	2.3–3.0 [54,73]		
Neutron	from ^{252}Cf	Malformation in mice	2.3–3.1 [30,74]	2.3–48	
	0.43 MeV	Formation of micronuclei, lethality, malformations, weight defects, brain structure changes in mice,	1.8–7.4, 3.65 in average [69]		
	1–800 MeV	Embryo killing in medaka fish	48.1 [58]		
	7 MeV	Prenatal mortality in mice	2.3 [60]		
	7 MeV	Malformation in mice	2.0–2.8 [60]		
	5.8–6.0 MeV	Malformation in mice	2.0–3.67 [61]		
		Embryo killing in mice	2.0–10 [31,62,63]		
	6.0 MeV	Chromosomal anomalies at the first mitosis in one-cell embryos in mice	4.7 [66]		
	6.0 MeV	Chromosomal anomalies at the second mitosis in one-cell embryos in mice	4.8 [66]		
	6.0 MeV	Chromosomal anomalies at the third mitosis in one-cell embryos in mice	7.4 [66]		
	6.0 MeV	Brain anatomical defects in mice	3 in average [31,70]		
Proton	7.0 MeV	Micronucleus induction in pre-implantation embryos in mice	2.5–3.5 [68]		
	Peak energy: 10 MeV	Induction of neuron apoptosis in fetal cerebral cortex in mice	9.8 [72]		
Helium	150 MeV	Embryo killing in zebrafish	1.13–1.2 [59]	1.1–1.2	
Helium	530 MeV/amu (4–6% >40 keV/ μm)	Fetal lethality in mice	1.0–1.4 [75]	1.0–1.4	
Carbon	290 MeV/amu (14 keV/ μm)	Impairment of prenatal development and postnatal neurophysiological accomplishment in rats	1.0–2.04 [76–78]	1.0–2.0	
Neon	400 MeV/amu (40 keV/ μm)	Impairment of prenatal development and postnatal neurophysiological accomplishment in rats	1.0–2.14 [76–78]	1.0–2.1	
Iron	500 MeV/amu (200 keV/ μm)	Induction of apoptosis in the developing optic tectum in medaka fish	3.7–4.2 [71]	3.7–4.2	

¹ Some of the LET values were estimated from the incident beam energies.

3.2. Effects on Developing Brain

The developing brain is more susceptible to radiation than most other embryonic and fetal structures due to its architectural complexity and long developmental period, the vulnerability of the

undifferentiated neural cells, the dependence of neuronal function on the position and migration of the neuronal cell, and the inability to replace lost neurons. Radiation exposure could induce mitotic death of glial or/and neuronal precursors, or kill post-mitotic but still immature neurons; intrude on migration via altering cell surface properties or killing the glial cells that guide the migrating neurons; impair capacity of the neurons to connect correctly; and accelerate or alter programmed cell death, essential to the normal development of brain and its adnexa.

Studies on survivors exposed in utero to atomic bombing of Hiroshima and Nagasaki focused on severe mental retardation, small head size, and reduced IQ scores. Human epidemiological studies supported a threshold of ≥ 300 mGy for severe mental retardation after exposure in the period from the 8th to 15th week [28].

3.3. Effects on Adult-Onset Noncancer Diseases

Long-term effects of prenatal radiation exposure are important to assess radiation risk [79]. In humans, epidemiological investigations including case report study showed induction of (cortical) cataract by irradiation of human fetus with doses used in medical therapeutics between 4 to 11 weeks and 30 to 33 weeks of gestation, and higher rates of congenital cataracts and truncus arteriosus in Marshallese infants [80–82]. For experimental studies in mouse models, X-ray irradiation with about 0.09 Gy of pre-cleavage ovum appeared statistically cataractogenic [83,84].

Among the atomic bomb survivors exposed in utero, positive effect on systolic hypertension in adolescence was reported [85]; cardiovascular disease risk was of great concern and cohort follow-up studies continued [86]. On the other hand, exposure in the organogenesis period showed heart proteome alterations and cardiac impairment in mice [87].

4. On Other Effects Related to Reproductive Ability

4.1. Lowering Fecundability

Though it has been reported that United States female astronauts have poor fecundability [88,89], it is hard to associate this observation with their exposures to space radiation. So far, we cannot find any data that assured the adverse effects of high-LET particles (i.e., main components of space radiation) on the reproductive abilities of the female astronauts. The observed lowering fecundability rather attributes to the older age of pregnancy [88], the occupational stress that could be significant during a space mission [89,90] and also to the small number of female astronauts who got pregnant after experiencing space flights [88].

While the contribution of space radiation to the observed low fecundability is unclear, together with other potentially hazardous factors, such as microgravity, hypergravity, circadian rhythm disruption, dehydration, limited food, altered environmental biota, and psychological stresses, exposure to space radiation could be a critical stressor affecting the reproductive health of astronauts [91–93]. We thus hope that the RBE data presented here will be useful for facilitating relevant studies to obtain evidence of the radiological effects of high-LET particles on the reproductive abilities that must be of more serious concern in future longer-term interplanetary missions than in the LEO missions.

4.2. Sexual Dysfunction

Exposure to radiation could induce sexual dysfunction (SD) in humans. Recent epidemiological studies have indicated a high prevalence of SD among the genitourinary cancer patients treated with radiotherapy, no matter their genders [94–98]. These studies have reported various SD symptoms such as decreased sexual desire, decreased intercourse frequency, erectile dysfunction (ED), premature ejaculation, inability to achieve orgasm, dyspareunia, vaginismus, and low satisfaction. The degrees of those symptoms are dependent on personal factors such as age, pretreatment potency, sexual orientation and medical treatment.

For men, erectile, ejaculatory and orgasm dysfunction are common side effects associated with prostate radiotherapy [99–103]. It is considered that morphologic arterial damage with aberrant alterations in internal pudendal arterial tone and reduction of motor function in the cavernous nerve due to axonal degeneration may contribute to ED. A reduction of testosterone level after irradiation may also affect the desire for sexual activity.

For women, exposure of the pelvic area to therapeutic radiations could affect their sex life due to inflammatory reactions of vagina and damage to ovary after the treatment (i.e., vaginal ulcers and radiation-induced menopausal symptom) [104–106]. Meanwhile, the etiology of the SD is often multifactorial and complicated, resulting from combinations of neurogenic, hormonal, muscular, as well as psychogenic causes.

In both men and women, damages to some organs such as bladder, colon and rectum could also impact their sexual functions.

The radiation-induced SD in humans is unlikely to be induced by a relatively low dose (~few Gy) that astronauts normally experience in any missions including the planned interplanetary missions. For example, the threshold dose for avoiding ED was probable to be in the range from 40 to 50 Gy [107–110]; this level is much higher than the highest absorbed dose (~10 Gy) predicted even for a long-term deep space mission. It should be noted, however, that we have no epidemiological or experimental data on various SD symptoms induced by high-energy, high-charge particles and neutrons that are common in space. It is desirable to collect more relevant data to define the RBE values of those high-LET particles that generate locally highly dense ionizations.

5. Summary

In this review, the authors presented the RBE values of some high-LET particles that astronauts will encounter in space for the reproductive system (see Tables 1 and 2) and those for embryonic and fetal developments (see Table 3). The levels of radiation doses employed in the reviewed studies were considered to be adequate in light of the estimated doses (~10 Gy) that astronauts could receive from the largest SPEs in deep space [11,12].

Through the comprehensive literature survey, we found that the RBE values of high-LET particles vary widely, depending on various factors such as characteristics of the radiation source (particle species, dose and dose rate/fractionation), targeted biological endpoint and the severity in respect. In general, the results of in-vitro studies using cultured cells indicated that: (1) increasing LET differentially reduced the shoulder region of the survival curve; (2) the single-irradiation RBE values of high-LET particles increased with decreasing dose; (3) the RBE value was less than that calculated from two isoeffective (total) responses for multiple fractionated doses or at low dose rates; and (4) the RBE values increased with increasing LET of incident particles up to 100 keV/ μm . The decrease of RBE value for higher LET region is attributable to the so-called “overkill effect” which means the lowering efficiency of a unit-dose energy deposition for induction of a certain biological effect [31]; the highly-dense energy deposition from a high-LET particle along the track is not so efficient in producing DNA stand breaks or other microscopic biological damages.

The authors found that many of the RBE values were collected from laboratory studies using small animals such as mice and rats due to the limitation of human data from clinical studies on patients or epidemiological studies on atomic bomb survivors. It is thus important to manage carefully the species-dependent differences when applying those findings to the ongoing radiological risk assessments for astronauts. Nevertheless, we believe that those data obtained by using animals should provide some, at least qualitative, relevant information for humans as long as appropriate experimental procedures were followed at comparable stages in the respective organ development. It is expected that further spread of hadron therapy treating genitourinary cancers will provide both useful experimental data and convincing theoretical methods to determine accurate RBE values for humans. In any ways, it is critically important to design and perform carefully descriptive and comparative animal-model studies with intention of applying the obtaining data to humans.

The authors hope that this review will be useful for the evaluation and reduction of pregnancy-related risks of the astronauts who have reproductive functions and plan to be involved in future interplanetary missions, expecting that further efforts will be actively made to collect relevant information regarding the combined effects of high-LET space radiation and gravity changes, e.g., [111–116], and theoretical based on the differences of the RBE values between low-LET and high-LET particles, e.g., [117], and also those of between low and high dose rates, e.g., [118].

Reproducibility is a substantial nature for all living organisms including human beings. Sex, pregnancy, reproduction, and the expansion of families have been attractive themes in scientific research. Furthermore, with the ongoing climate changes and spreading infectious diseases, science for saving humankind and their civilization from extinction will be more important in next decades. Investigations for achieving a perfectly safe interplanetary mission would facilitate revolutions in the relevant sciences. Actually, it has been indicated that colonizing other parts of the solar system should prevent the humankind from being exterminated by extinction events [119]. Along this direction, radiobiology in space, including the challenge to maintain the reproducibility of humans in deep space, will be crucial for our future as well as the success of a manned mission to Mars.

Author Contributions: Conceptualization, B.W. and H.Y.; writing—original draft preparation, B.W.; writing—review and editing, H.Y.; funding acquisition, H.Y. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research was funded in part by the Program of the Network-type joint Usage/Research Center for Radiation Disaster Medical Science funded by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science, and Technology (MEXT) of Japan.

Acknowledgments: Sincere appreciation is expressed to Akihisa Takahashi, Gunma University, for giving the authors motivation and encouragement for submission of this manuscript.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses, or interpretation of data; in the writing of the manuscript, or in the decision to publish the results.

References

1. National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP). *Guidance on Radiation Received in Space Activities*; NCRP Report No. 98; NCRP: Bethesda, MD, USA, 1989.
2. National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP). *Recommendations of Dose Limits for Low Earth Orbit*; NCRP Report No. 132; NCRP: Bethesda, MD, USA, 2000.
3. National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP). *Operational Radiation Safety Program for Astronauts in Low-Earth Orbit: A Basic Framework*; NCRP Report No. 142; NCRP: Bethesda, MD, USA, 2002.
4. National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP). *Information Needed to Make Radiation Protection Recommendations for Space Missions beyond Low-Earth Orbit*; NCRP Report No. 153; NCRP: Bethesda, MD, USA, 2006.
5. Nelson, G.A. Space radiation and human exposures, a primer. *Radiat. Res.* **2016**, *185*, 349–358. [[CrossRef](#)]
6. Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA). *Rules on Radiation Exposure Management for the Astronauts Involved in the International Space Station*; Rule no. 25–42; JAXA: Chofu, Tokyo, Japan, 2013; Available online: http://iss.jaxa.jp/med/research/radiation/pdf/kitei_130626_a.pdf (accessed on 15 October 2020). (In Japanese)
7. International Commission on Radiological Protection (ICRP). *Assessment of Radiation Exposure of Astronauts in Space*; ICRP Publication 123; SAGE: London, UK, 2013.
8. Badhwar, G.D.; O’Neill, P.M. Galactic cosmic radiation model and its applications. *Adv. Space Res.* **1996**, *17*, 7–17. [[CrossRef](#)]
9. Benton, E.R.; Benton, E.V. Space radiation dosimetry in low-Earth orbit and beyond. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B* **2001**, *184*, 255–294. [[CrossRef](#)]
10. Bourdarie, S.; Xapsos, M. The near-Earth space radiation environment. *IEEE Transact. Nucl. Sci.* **2008**, *55*, 1810–1832. [[CrossRef](#)]
11. Parsons, J.L.; Townsend, L.W. Interplanetary crew dose rates for the August 1972 solar particle event. *Radiat. Res.* **2000**, *153*, 729–733. [[CrossRef](#)]

12. Townsend, L.W.; Stephens, D.L., Jr.; Hoff, J.L.; Zapp, E.N.; Moussa, H.M.; Miller, T.M.; Campbell, C.E.; Nichols, T.F. The Carrington event: Possible doses to crews in space from a comparable event. *Adv. Space Res.* **2006**, *38*, 226–231. [[CrossRef](#)]
13. Cucinotta, F.A.; Kim, M.H.Y.; Ren, L. Evaluating shielding effectiveness for reducing space radiation cancer risks. *Radiat. Meas.* **2006**, *41*, 1173–1185. [[CrossRef](#)]
14. Cucinotta, F.A.; Kim, M.Y.; Willingham, V.; George, K.A. Physical and biological organ dosimetry analysis for International Space Station Astronauts. *Radiat. Res.* **2008**, *170*, 127–138. [[CrossRef](#)]
15. Cucinotta, F.A.; Kim, M.-H.Y.; Chappell, L.J.; Huff, J.L. How safe is safe enough? Radiation risk for a human mission to Mars. *PLoS ONE* **2013**, *8*, e74988. [[CrossRef](#)]
16. Zeitlin, C.; Hassler, D.M.; Cucinotta, F.A.; Ehresmann, B.; Wimmer-Schweingruber, R.F.; Brinza, D.E.; Kang, S.; Weigle, G.; Böttcher, S.; Böhm, E.; et al. Measurements of energetic particle radiation in transit to Mars on the Mars science laboratory. *Science* **2013**, *340*, 1080–1084. [[CrossRef](#)]
17. Slaba, T.C.; Blattnig, S.R.; Norbury, J.W.; Rusek, A.; La Tessa, C.; Walker, S.A. *GCR Simulator Reference Field and a Spectral Approach for Laboratory Simulation*; NASA Report, No. L-20550; NASA Langley Research Center: Hampton, VA, USA, 2015.
18. Sato, T.; Nagamatsu, A.; Ueno, H.; Kataoka, R.; Miyake, S.; Takeda, K.; Niita, K. Comparison of cosmic-ray environments on earth, moon, Mars and in spacecraft using PHITS. *Radiat. Prot. Dosim.* **2018**, *180*, 146–149. [[CrossRef](#)]
19. Furukawa, S.; Nagamatsu, A.; Neno, M.; Fujimori, A.; Kakinuma, S.; Katsube, T.; Wang, B.; Tsuruoka, C.; Shirai, T.; Nakamura, A.J.; et al. Space radiation biology for “Living in Space”. *BioMed Res. Int.* **2020**, 4703286. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
20. Tobias, C.A.; Lyman, J.T.; Chatterjee, A.; Howard, J.; Maccabee, H.D.; Raju, M.R.; Smith, A.R.; Sperinde, J.M.; Welch, G.P. Radiological physics characteristics of the extracted heavy ion beams of the bevatron. *Science* **1971**, *174*, 1131–1134. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
21. International Commission on Radiological Protection (ICRP). *RBE for Deterministic Effects*; ICRP Publication 58; Pergamon Press: Oxford, UK, 1989; pp. 10–35.
22. National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP). *The Relative Biological Effectiveness of Radiations of Different Quality*; NCRP Report No. 104; NCRP: Bethesda, MD, USA, 1990.
23. National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP). *Preconception and Prenatal Radiation Exposure: Health Effects and Protective Guidance*; NCRP Report No. 174; NCRP: Bethesda, MD, USA, 2013; pp. 1–150.
24. Brent, R.L. Protection of the gametes embryo/fetus from prenatal radiation exposure. *Health Phys.* **2015**, *108*, 242–274. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
25. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). *UNSCEAR 1982 Report “Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects”*; United Nations: New York, NY, USA, 1982.
26. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). *UNSCEAR 1988 Report “Source, Effects, and Risks of Ionizing Radiation”*; United Nations: New York, NY, USA, 1988.
27. International Commission on Radiological Protection (ICRP). *ICRP Statement on Tissue Reactions and Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs—Threshold Doses for Tissue Reactions in Radiation Protection Context*; ICRP Publication 118; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2012; pp. 80–86.
28. International Commission on Radiological Protection (ICRP). *The 2007 Recommendations of the International Commission of Radiological Protection*; ICRP Publication 103; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2007; pp. 57–59.
29. Straume, T.; Dobson, R.L.; Kwan, T.C. Neutron RBEs and the radiosensitive target for mouse immature oocyte killing. *Radiat. Res.* **1987**, *111*, 47–57. [[CrossRef](#)]
30. Satow, Y.; Hori, H.; Lee, J.Y. Teratogenic effect of fission neutron and tritium water on rat embryo. *J. UOEH* **1989**, *11*, 416–431.
31. International Commission on Radiological Protection (ICRP). *Relative Biological Effectiveness (RBE), Quality Factor (Q), and Radiation Weighting Factor (wR)*; ICRP Publication 92; Pergamon Press: Oxford, UK, 2003.
32. Satow, Y.; Hori, H.; Lee, J.Y.; Ohtaki, M.; Sawada, S.; Nakamura, N.; Okada, S. Effect of tritiated water on female germ cells: Mouse oocyte killing and RBE. *Int. J. Radiat. Biol.* **1989**, *56*, 293–299. [[CrossRef](#)]
33. Dobson, R.L.; Kwan, T.C. The RBE of tritium radiation measured in mouse oocytes: Increase at low exposure levels. *Radiat. Res.* **1976**, *66*, 615–625. [[CrossRef](#)]

34. Dobson, R.L.; Kwan, T.C. The tritium RBE at low-level exposure: Variation with dose, dose rate, and exposure duration. *Curr. Top. Radiat. Res. Q.* **1978**, *12*, 44–62.
35. Searle, A.G.; Beechey, C.V.; Green, D.; Howells, G.R. Comparative effects of protracted exposures to ^{60}Co gamma-radiation and ^{239}Pu alpha-radiation on breeding performance in female mice. *Int. J. Radiat. Biol. Relat. Stud. Phys. Chem. Med.* **1980**, *37*, 189–200. [[CrossRef](#)]
36. Zhang, H.; Duan, X.; Yuan, Z.; Li, W.; Zhou, G.; Zhou, Q.; Bing, L.; Min, F.; Li, X.; Xie, Y. Chromosomal aberrations induced by $^{12}\text{C}^{6+}$ ions and ^{60}Co gamma-rays in mouse immature oocytes. *Mutat. Res.* **2006**, *595*, 37–41. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
37. Rao, D.V.; Narra, V.R.; Howell, R.W.; Lanka, V.K.; Sastry, K.S. Induction of sperm head abnormalities by incorporated radionuclides: Dependence on subcellular distribution type of radiation dose rate and presence of radioprotectors. *Radiat. Res.* **1991**, *125*, 89–97. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
38. Rao, D.V.; Govelitz, G.F.; Sastry, K.S. Radiotoxicity of thallium-201 in mouse testes: Inadequacy of conventional dosimetry. *J. Nucl. Med.* **1983**, *24*, 145–153. [[PubMed](#)]
39. Kamiguchi, Y.; Tateno, H.; Mikamo, K. Dose-response relationship for the induction of structural chromosome aberrations in human spermatozoa after in vitro exposure to tritium beta-rays. *Mutat. Res.* **1990**, *228*, 125–131. [[CrossRef](#)]
40. Rao, D.V.; Narra, V.R.; Howell, R.W.; Govelitz, G.F.; Sastry, K.S.R. In-vivo radiotoxicity of DNA incorporated ^{125}I compared with that of densely ionising alpha-particles. *Lancet* **1989**, *334*, 650–653. [[CrossRef](#)]
41. Howell, R.W.; Azure, M.T.; Narra, V.R.; Rao, D.V. Relative biological effectiveness of alpha-particle emitters in vivo at low doses. *Radiat. Res.* **1994**, *137*, 352–360. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
42. Howell, R.W.; Goddu, S.M.; Narra, V.R.; Fisher, D.R.; Schenter, R.E.; Rao, D.V. Radiotoxicity of gadolinium-148 and radium-223 in mouse testes: Relative biological effectiveness of alpha-particle emitters in vivo. *Radiat. Res.* **1997**, *147*, 342–348. [[CrossRef](#)]
43. Tateno, H.; Kamiguchi, Y.; Watanabe, S.; Mikamo, K.; Sawada, S. Relative biological effectiveness (RBE) of ^{252}Cf fission neutrons for the induction of chromosome damage in human spermatozoa. *Int. J. Radiat. Biol.* **1996**, *70*, 229–235. [[CrossRef](#)]
44. Grahn, D.; Lee, C.H.; Farrington, B.F. Interpretation of cytogenetic damage induced in the germ line of male mice exposed for over 1 year to ^{239}Pu alpha particles, fission neutrons, or ^{60}Co gamma rays. *Radiat. Res.* **1983**, *95*, 566–583. [[CrossRef](#)]
45. Pacchierotti, P.; Russo, A.; Metalli, P. Meiotic non-disjunction induced by fission neutrons relative to X-rays observed in mouse secondary spermatocytes. II. Dose-effect relationships after treatment of pachytene cells. *Mutat. Res.* **1987**, *176*, 233–241. [[CrossRef](#)]
46. Matsuda, Y.; Ohara, H.; Tobar, I. Studies on radiation-induced chromosome aberrations in mouse spermatocytes. II. Dose-response relationships of chromosome aberrations induced at zygotene stage in mouse primary spermatocytes following fast neutron- and ^{60}Co gamma-irradiations. *Mutat. Res.* **1987**, *176*, 251–257. [[CrossRef](#)]
47. Lee, H.-J.; Kim, J.-S.; Moon, C.; Kim, J.-C.; Jo, S.-K.; Kim, S.-H. Relative biological effectiveness of fast neutrons in a multiorgan assay for apoptosis in mouse. *Environ. Toxicol.* **2008**, *23*, 233–239. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
48. Hwang, N.H.; Feola, J.M.; Beach, J.L.; Maruyama, Y. RBE of CF-252 neutrons by mouse testes weight loss. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* **1984**, *10*, 901–905. [[CrossRef](#)]
49. Gasinska, A.; De Ruiter-Bootsma, A.; Davids, J.A.G.; Folkard, M.; Fowler, J.F. Survival of mouse type B spermatogonia for the study of the biological effectiveness of 1 MeV, 2.3 MeV and 5.6 MeV fast neutrons. *Int. J. Radiat. Biol. Relat. Stud. Phys. Chem. Med.* **1987**, *52*, 237–243. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
50. Gasinska, A. Mouse testis weight loss and survival of differentiated spermatogonia following irradiation with 250 kV X-rays and 5.5 MeV fast neutrons. *Neoplasma* **1985**, *32*, 443–449. [[PubMed](#)]
51. Alpen, E.L.; Powers-Risius, P. The relative biological effect of high-Z, high-LET charged particles for spermatogonial killing. *Radiat. Res.* **1981**, *88*, 132–143. [[CrossRef](#)]
52. Zhang, H.; Zheng, R.L.; Wang, R.Y.; Wei, Z.Q.; Li, W.J.; Gao, Q.X.; Chen, W.Q.; Wang, Z.H.; Han, G.W.; Liang, J.P. Chromosomal aberrations induced by $^{12}\text{C}^{6+}$ heavy ion irradiation in spermatogonia and spermatocytes of mice. *Mutat. Res.* **1998**, *398*, 27–31. [[CrossRef](#)]

53. Zhang, H.; Zheng, R.L.; Wei, Z.Q.; Li, W.J.; Gao, Q.X.; Chen, W.Q.; Wang, Z.H.; He, J.; Liang, J.P.; Han, G.W.; et al. Effects of pre-exposure of mouse testis with low-dose $^{16}\text{O}^{8+}$ ions or ^{60}Co gamma-rays on sperm shape abnormalities, lipid peroxidation and superoxide dismutase (SOD) activity induced by subsequent high-dose irradiation. *Int. J. Radiat. Biol.* **1998**, *73*, 163–167. [[CrossRef](#)]
54. Wang, B.; Zhang, W.; Zhou, X.-Y. Experimental studies on biological effects of tritium exposure in late last century in China. *Indian J. Radiat. Res.* **2007**, *3*, 26–33.
55. International Commission on Radiological Protection (ICRP). *Developmental Effects of Irradiation on the Brain of the Embryo and Fetus*; ICRP Publication 49; Pergamon Press: Oxford, UK, 1986.
56. International Commission on Radiological Protection (ICRP). *Biological Effects after Prenatal Irradiation (Embryo and Fetus)*; ICRP Publication 90; Pergamon Press: Oxford, UK, 2003.
57. Kozlowski, R.; Bouffler, S.D.; Haines, J.W.; Harrison, J.D.; Cox, R. In utero haemopoietic sensitivity to alpha, beta or X-irradiation in CBA/H mice. *Int. J. Radiat. Biol.* **2001**, *77*, 805–815. [[CrossRef](#)]
58. Kuhne, W.W.; Gersey, B.B.; Wilkins, R.; Wu, H.; Wender, S.A.; George, V.; Dynan, W.S. Biological effects of high-energy neutrons measured in vivo using a vertebrate model. *Radiat. Res.* **2009**, *172*, 473–480. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
59. Szabó, E.R.; Brand, M.; Hans, S.; Hideghéty, K.; Karsch, L.; Lessmann, E.; Pawelke, J.; Schürer, M.; Beyreuther, E. Radiobiological effects and proton RBE determined by wildtype zebrafish embryos. *PLoS ONE* **2018**, *813*, e0206879. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
60. Pampfer, S.; Streffer, C. Prenatal death and malformations after irradiation of mouse zygotes with neutrons or X-rays. *Teratology* **1988**, *37*, 599–607. [[CrossRef](#)]
61. Hillebrandt, S.; Streffer, C. Relative biological effectiveness of neutrons: Induction of malformations in a mouse strain with genetic predisposition. *Radiat. Res.* **2000**, *153*, 595–598. [[CrossRef](#)]
62. Streffer, C.; Molls, M. Cultures of preimplantation mouse embryos: A model for radiobiological studies. *Adv. Radiat. Biol.* **1987**, *13*, 169–213.
63. Streffer, C.; Müller, W.-U. Malformations after radiation exposure of preimplantation stages. *Int. J. Dev. Biol.* **1996**, *40*, 355–360.
64. Yamada, T.; Yukawa, O.; Asami, K.; Nakazawa, T. Effect of chronic HTO beta or ^{60}Co gamma radiation on preimplantation mouse development in vitro. *Radiat. Res.* **1982**, *92*, 359–369. [[CrossRef](#)]
65. Matsuda, Y.; Yamada, T.; Tobar, I. Chromosome aberrations induced by tritiated water or ^{60}Co gamma-rays at early pronuclear stage in mouse eggs. *Mutat. Res.* **1986**, *160*, 87–93. [[CrossRef](#)]
66. Weissenborn, U.; Streffer, C. Analysis of structural and numerical chromosomal anomalies at the first, second, and third mitosis after irradiation of one-cell mouse embryos with X-rays or neutrons. *Int. J. Radiat. Biol.* **1988**, *54*, 381–394. [[CrossRef](#)]
67. Wang, B.; Watanabe, K.; Yamada, T.; Shima, A. Effects of beta radiation from organically bound tritium on cultured mouse embryonic mid brain cells. *Health Phys.* **1996**, *71*, 915–921. [[CrossRef](#)]
68. Pampfer, S.; Müller, W.-U.; Streffer, C. Preimplantation growth delay and micronucleus formation after in vivo exposure of mouse zygotes to fast neutrons. *Radiat. Res.* **1992**, *129*, 88–95. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
69. Solomon, H.M.; Beckman, D.A.; Buck, S.J.; Gorson, R.O.; Mills, R.E.; Brent, R.L. Comparative effects of neutron irradiation and X irradiation on the embryonic development of the rat. *Radiat. Res.* **1994**, *137*, 226–230. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
70. Konermann, G. Brain development in mice after prenatal irradiations: Modes of effect manifestation, dose-response-relationship and RBE of neutrons. In *Radiation Risk to the Developing Nervous System*; Kriegel, H., Schmahl, W., Stieve, F.F., Gerber, G.B., Eds.; Gustav Fischer Verlag: Stuttgart, Germany, 1986; pp. 93–116.
71. Yasuda, T.; Oda, S.; Yasuda, H.; Hibi, Y.; Anzai, K.; Mitani, H. Neurocytotoxic effects of iron-ions on the developing brain measured in vivo using medaka (*Oryzias latipes*), a vertebrate model. *Int. J. Radiat. Biol.* **2011**, *87*, 915–922. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
72. Ishida, Y.; Ohmachi, Y.; Nakata, Y.; Hiraoka, T.; Hamano, T.; Fushiki, S.; Ogiu, T. Dose-response and large relative biological effectiveness of fast neutrons with regard to mouse fetal cerebral neuron apoptosis. *J. Radiat. Res.* **2006**, *47*, 41–47. [[CrossRef](#)]
73. Zhou, X.Y.; Dong, J.C.; Zhou, S.Y.; Chen, J.D.; Guo, F.R. Experimental study on relative biological effectiveness of tritium and risk estimates of genetic damage. *Chin. Med. J.* **1989**, *102*, 872–878.

74. Satow, Y.; Lee, J.Y.; Hori, H.; Okuda, H.; Tsuchimoto, S.; Sawada, S.; Yokoro, K. Teratogenic effect of californium-252 irradiation in rats. *J. Radiat. Res.* **1989**, *30*, 155–163. [[CrossRef](#)]
75. Ward, W.F.; Aceto, H., Jr.; Jolly, R.; Buckle, D. Rbe and oer of extended-Bragg-peak helium ions: Survival and development of rat embryos. *Int. J. Radiat. Biol. Relat. Stud. Phys. Chem. Med.* **1976**, *30*, 317–326. [[CrossRef](#)]
76. Wang, B.; Murakami, M.; Eguchi-Kasai, K.; Nojima, K.; Shang, Y.; Tanaka, K.; Watanabe, K.; Fujita, K.; Moreno, S.G.; Coffigny, H.; et al. Effects of prenatal irradiation with an accelerated heavy-ion beam on postnatal development in rats: I. Neurophysiological alterations. *Radiat. Res.* **2005**, *164*, 561–566. [[CrossRef](#)]
77. Wang, B.; Murakami, M.; Eguchi-Kasai, K.; Nojima, K.; Shang, Y.; Tanaka, K.; Watanabe, K.; Fujita, K.; Moreno, S.G.; Coffigny, H.; et al. Effects of prenatal irradiation with an accelerated heavy-ion beam on postnatal development in rats: II. Further study on neurophysiologic alterations. *Adv. Space Res.* **2007**, *39*, 994–1003. [[CrossRef](#)]
78. Wang, B.; Tanaka, K.; Murakami, M.; Eguchi-Kasai, K.; Shang, Y.; Fujita, K.; Moreno, S.G.; Coffigny, H.; Hayata, I. Prenatal irradiations with accelerated-heavy-ion beams induced LET-dependent detrimental effects on prenatal development and postnatal neurophysiological accomplishment. *Indian J. Radiat. Res.* **2008**, *5*, 15–23.
79. Sreetharan, S.; Thome, C.; Tharmalingam, S.; Jones, D.E.; Kulesza, A.V.; Khaper, N.; Lees, S.J.; Wilson, J.Y.; Boreham, D.R.; Tai, T.C. Ionizing radiation exposure during pregnancy: Effects on postnatal development and life. *Radiat. Res.* **2017**, *187*, 647–658. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
80. Dekaban, A.S. Abnormalities in children exposed to x-radiation during various stages of gestation: Tentative timetable of radiation injury to the human fetus, part I. *J. Nucl. Med.* **1968**, *9*, 471–477. [[PubMed](#)]
81. Gustavson, K.H.; Jagell, S.; Blomquist, H.K.; Nordenson, I. Microcephaly, mental retardation and chromosomal aberrations in a girl following radiation therapy during late fetal life. *Acta Radiol. Oncol.* **1981**, *20*, 209–212. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
82. Nembhard, W.N.; McElfish, P.A.; Ayers, B.; Collins, R.T.; Shan, X.; Rabie, N.Z.; Zarate, Y.A.; Maity, S.; Cen, R.; Robbins, J.A. Nuclear radiation and prevalence of structural birth defects among infants born to women from the Marshall Islands. *Birth Defects Res.* **2019**, *111*, 1192–1204. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
83. Rugh, R.; Duhamel, L.; Chandler, A.; Varma, A. Cataract development after embryonic and fetal X-irradiation. *Radiat. Res.* **1964**, *22*, 519–534. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
84. Rugh, R.; Wohlfromm, M.; Varma, A.; Spencer, N.; Stanford, W. A reexamination of the mouse embryonic radiation cataract studies. *Radiat. Res.* **1971**, *47*, 182–190. [[CrossRef](#)]
85. Nakashima, E.; Akahoshi, M.; Neriishi, K.; Fujiwara, S. Systolic blood pressure and systolic hypertension in adolescence of atomic bomb survivors exposed in utero. *Radiat. Res.* **2007**, *168*, 593–599. [[CrossRef](#)]
86. Tatsukawa, Y.; Nakashima, E.; Yamada, M.; Funamoto, S.; Hida, A.; Akahoshi, M.; Sakata, R.; Ross, N.P.; Kasagi, F.; Fujiwara, S.; et al. Cardiovascular disease risk among atomic bomb survivors exposed in utero, 1978–2003. *Radiat. Res.* **2008**, *170*, 269–274. [[CrossRef](#)]
87. Bakshi, M.V.; Azimzadeh, O.; Merl-Pham, J.; Verreet, T.; Hauck, S.M.; Benotmane, M.A.; Atkinson, M.J.; Tapio, S. In-utero low-dose irradiation leads to persistent alterations in the mouse heart proteome. *PLoS ONE* **2016**, *11*, e0156952. [[CrossRef](#)]
88. Jennings, R.T.; Baker, E.S. Gynecological and reproductive issues for women in space: A review. *Obstet. Gynecol. Surv.* **2000**, *55*, 109–116. [[CrossRef](#)]
89. Jones, J.A.; Jennings, R.; Pietryzk, R.; Ciftcioglu, N.; Stepaniak, P. Genitourinary issues during spaceflight: A review. *Int. J. Impot. Res.* **2005**, *17*, S64–S67. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
90. Steller, J.G.; Alberts, J.R.; Ronca, A.E. Oxidative stress as cause, consequence, or biomarker of altered female reproduction and development in the space environment. *Int. J. Mol. Sci.* **2018**, *19*, 3729. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
91. Nargund, V.H. Effects of psychological stress on male fertility. *Nat. Rev. Urol.* **2015**, *12*, 373–382. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
92. Sominsky, L.; Hodgson, D.M.; McLaughlin, E.A.; Smith, R.; Wall, H.M.; Spencer, S.J. Linking stress and infertility: A novel role for ghrelin. *Endocr. Rev.* **2017**, *38*, 432–467. [[CrossRef](#)]
93. Mishra, B.; Luderer, U. Reproductive hazards of space travel in women and men. *Nat. Rev. Endocrinol.* **2019**, *15*, 713–730. [[CrossRef](#)]

94. Choi, E.; Michaels, B.; Harris, K.; Gupta, N.; Mclean, K.; Wittman, D.; Sun, Y.; Jolly, S.; Maturen, K.E. High prevalence of sexual dysfunction among gynecologic cancer patients treated with radiation therapy: Role of treatment technique and time. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* **2016**, *96*, E537. [[CrossRef](#)]
95. Stanton, A.M.; Handy, A.B.; Meston, C.M. Sexual function in adolescents and young adults diagnosed with cancer: A systematic review. *J. Cancer Surviv.* **2018**, *12*, 47–63. [[CrossRef](#)]
96. Madan, R.; Dracham, C.B.; Khosla, D.; Goyal, S.; Yadav, A.K. Erectile dysfunction and cancer: Current perspective. *Radiat. Oncol. J.* **2020**. [[CrossRef](#)]
97. Ramirez-Fort, M.K.; Rogerse, M.J.; Santiago, R.; Mahase, S.S.; Mendez, M.; Zheng, Y.; Kong, X.; Kashanian, J.A.; Niaz, M.J.; McClelland, S., III; et al. Prostatic irradiation-induced sexual dysfunction: A review and multidisciplinary guide to management in the radical radiotherapy era (Part I defining the organ at risk for sexual toxicities). *Rep. Pract. Oncol. Radiother.* **2020**, *25*, 367–375. [[CrossRef](#)]
98. The American Cancer Society medical and editorial content team. *Sex and the Adult Male with Cancer*; Available online: <https://www.cancer.org/content/dam/CRC/PDF/Public/6709.00.pdf> (accessed on 15 October 2020).
99. Helgason, A.R.; Fredrikson, M.; Adolfsson, J.; Steineck, G. Decreased sexual capacity after external radiation therapy for prostate cancer impairs quality of life. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* **1995**, *32*, 33–39. [[CrossRef](#)]
100. Beckendorf, V.; Hay, M.; Rozan, R.; Lagrange, J.L.; N’Guyen, T.; Giraud, B. Changes in sexual function after radiotherapy treatment of prostate cancer. *Br. J. Urol.* **1996**, *77*, 118–123. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
101. Joly, F.; Brune, D.; Coucette, J.E.; Lesaunier, F.; Héron, J.-F.; Pény, J.; Henry-Amar, M. Health-related quality of life and sequelae in patients treated with brachytherapy and external beam irradiation for localized prostate cancer. *Ann. Oncol.* **1998**, *9*, 751–757. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
102. Incrocci, L.; Slob, A.K.; Levendag, P.C. Sexual (dys) function after radiotherapy for prostate cancer: A review. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* **2002**, *52*, 681–693. [[CrossRef](#)]
103. Mahmood, J.; Shamah, A.A.; Creed, T.M.; Pavlovic, R.; Matsui, H.; Kimura, M.; Molitoris, J.; Shukla, H.; Jackson, I.; Vujaskovic, Z. Radiation-induced erectile dysfunction: Recent advances and future directions. *Adv. Radiat. Oncol.* **2016**, *1*, 161–169. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
104. Flay, L.D.; Matthews, J.H.L. The effects of radiotherapy and surgery on the sexual function of women treated for cervical cancer. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* **1995**, *31*, 399–404. [[CrossRef](#)]
105. Schover, L.R.; Fife, M.; Gershenson, D.M. Sexual dysfunction and treatment for early stage cervical cancer. *Cancer* **1989**, *63*, 204–212. [[CrossRef](#)]
106. Nunn, D.; Williamson, K.; Swaney, L.; Davy, M. The morbidity of surgery and adjuvant radiotherapy in the management of endometrial carcinoma. *Int. J. Gynecol. Cancer* **2000**, *10*, 233–238. [[CrossRef](#)]
107. Fisch, B.M.; Pickett, B.; Weinberg, V.; Roach, M. Dose of radiation received by the bulb of the penis correlates with risk of impotence after three-dimensional conformal radiotherapy for prostate cancer. *Urology* **2001**, *57*, 955–959. [[CrossRef](#)]
108. Hoppe, B.S.; Nichols, R.C.; Henderson, R.H.; Morris, C.G.; Williams, C.R.; Costa, J.; Marcus, R.B., Jr.; Mendenhall, W.M.; Li, Z.; Mendenhall, N.P. Erectile function, incontinence, and other quality of life outcomes following proton therapy for prostate cancer in men 60 years old and younger. *Cancer* **2012**, *118*, 4619–4626. [[CrossRef](#)]
109. Magli, A.; Giangreco, M.; Crespi, M.; Negri, A.; Ceschia, T.; De Giorgi, G.; Titone, F.; Parisi, G.; Fongione, S. Erectile dysfunction after prostate three-dimensional conformal radiation therapy—Correlation with the dose to the penile bulb. *Strahlenther Onkol.* **2012**, *188*, 997–1002. [[CrossRef](#)]
110. Del Campo, E.R.; Thomas, K.; Weinberg, V.; Roach, M. Erectile dysfunction after radiotherapy for prostate cancer: A model assessing the conflicting literature on dose–volume effects. *Int. J. Impot. Res.* **2013**, *25*, 161–165. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
111. Tou, J.; Ronca, A.; Grindeland, R.; Wade, C. Models to study gravitational biology of mammalian reproduction. *Biol. Reprod.* **2001**, *67*, 1681–1687. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
112. Vernikos, J.; Schneider, V.S. Space, gravity and the physiology of aging: Parallel or convergent disciplines? A mini-review. *Gerontology* **2010**, *56*, 157–166. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
113. Zhu, H.; Wang, H.; Liu, Z. Effects of real and simulated weightlessness on the cardiac and peripheral vascular functions of humans: A review. *Int. J. Occup. Med. Environ. Health* **2015**, *28*, 793–802. [[CrossRef](#)]
114. Rydze, R.; Schutt, A.; Gibbons, W.; Nodler, J. Gravity and embryo development. *Curr. Obstetr. Gynecol. Rep.* **2017**, *6*, 51–54. [[CrossRef](#)]

115. Yamanouchi, S.; Rhone, J.; Mao, J.-H.; Fujiwara, K.; Saganti, P.B.; Takahashi, A.; Hada, M. Simultaneous exposure of cultured human lymphoblastic cells to simulated microgravity and radiation increases chromosome aberrations. *Life* **2020**, *10*, 187. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
116. Ogneva, I.V.; Usik, M.A.; Biryukov, N.S.; Zhdankina, Y.S. Sperm motility of mice under simulated microgravity and hypergravity. *Int. J. Mol. Sci.* **2020**, *21*, 5054. [[CrossRef](#)]
117. Bertolet, A.; Carabe, A. Modelling dose effects from space irradiations: Combination of high-LET and low-LET radiations with a modified microdosimetric kinetic model. *Life* **2020**, *10*, 161. [[CrossRef](#)]
118. Suzuki, M.; Uchihori, Y.; Kitamura, H.; Oikawa, M.; Konishi, T. Biologic Impact of Different Ultra-Low-Fluence Irradiations in Human Fibroblasts. *Life* **2020**, *10*, 154. [[CrossRef](#)]
119. Schulte, P.; Alegret, L.; Arenillas, I.; Arz, J.A.; Barton, P.J.; Bown, P.R.; Bralower, T.J.; Christeson, G.L.; Claeys, P.; Cockell, C.S.; et al. The Chicxulub asteroid impact and mass extinction at the Cretaceous-Paleogene boundary. *Science* **2010**, *327*, 1214–1218. [[CrossRef](#)]

Publisher’s Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



© 2020 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

報告

JHPS 国際シンポジウム：トリチウム問題を いかに解決するべきか？ —国際的視点および社会的視点から見た放射 線防護—

川口 勇生*1, #, 山口 一郎*2,
安東 量子*3, 甲斐 倫明*4,
吉田 浩子*5, 佐々木 道也*6

1. はじめに

東京電力福島第一原子力発電所（以下、福島第一原発と略す）事故に伴うトリチウム水は、処理方法としての海洋放出に国内及び国外から社会的な注目が集まっている。経済産業省に設置された多核種除去設備（ALPS: Advanced Liquid Processing System）等処理水の取扱いに関する小委員会（以下、ALPS 小委員会と略す）は、トリチウムを希釈して海洋に放出することは技術的に可能であり現実的な選択肢としている。一方で漁業関係者を中心に「風評被害」について懸念が上がっており、社会的な合意の難しさを示している。この状況において、放射線防護の視点から（一社）日本保健物理学会が果たしていくべき役割は、技術的な課題に注目するだけでなく、社会的な課題を含めて、放射線防護のあり方はどうあるべきかを俯瞰しつつ、解決の道筋をみつける手助けをしていくことである。そこで、（一社）日本保健物理学会では、第53回研究発表会にて、トリチウム水に関するシンポジウムを行うことを理事会で決定した。シン

ポジウムは、現在経済産業省のALPS小委員会で議論されているトリチウム処理問題を取りあげ、技術的な問題と社会的な問題を整理し、韓国と台湾の専門家を含めたステークホルダーを交えた議論を通して、今後の問題解決の道筋を明らかにすることを目指して行われた。本シンポジウムは、新型コロナウイルス感染症対策のため、web開催となった。

シンポジウムは第一部として講演及び指定発言、第二部としてライブ討論の2部構成で行われた。第一部の講演者及び指定発言者は以下のとおりである。

1: 山口一郎（国立保健医療科学院）

2: Shu-Jun CHANG（台湾行政院原子能委員会技能研究所）

3: Ik Jae CHUNG（ソウル国立科学技術大学）

4: 小松理虔（地域活動家、ライター・いわき市）

5: 菊地基文（漁師・相馬市）

指定発言者：安東量子（（特非）福島ダイアログ / 福島のエートス・いわき市）

本稿では、理事会シンポジウムの報告として、第一部及び指定発言については、講演録を記載し、第二部のライブ討論は、議論の概要を記載している。第一部の講演録のうち、山口氏と安東氏については、演者自身に講演概要を寄稿していただいた。また、山口氏からは併せて所感をいただいたため、付録として記載した。

2. 第一部：講演及び指定発言

2.1 トリチウムの問題 専門家への問いかけ（山口一郎）

ALPS 処理水は、ほとんどの核種が除去されているが、トリチウムを取り除くことはできず、日々 170 t 増加しており、2022 年夏にはタンクが満杯になるとされている。陸上保管を続けることは重大な問題があり、対応時

Isao KAWAGUCHI, Ichiro YAMAGUCHI, Ryoko ANDO, Michiaki KAI, Hiroko YOSHIDA and Michiya SASAKI; JHPS International Symposium: How Do We Find the Solution to Radiological Protection of Tritium Water? —Symposium Discuss International and Social Aspects of Radiological Protection—

*1（国研）量子科学技術研究開発機構放射線医学総合研究所放射線防護情報統合センター；千葉県千葉市稲毛区穴川 4-9-1（〒263-8555）

Center for Radiation Protection Knowledge, National Institute of Radiological Sciences, National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology; 4-9-1 Anagawa, Chiba-shi, Chiba 263-8555, Japan.

*2 国立保健医療科学院；埼玉県和光市南 2-3-6（〒351-0197）National Institute of Public Health; 2-3-6 Minami, Wako-shi, Saitama 351-0197, Japan.

*3（特非）福島ダイアログ / 福島のエートス；福島県いわき市

NPO Fukushima Dialogue/Ethos in Fukushima; Iwaki-shi, Fukushima, Japan.

*4 大分県立看護科学大学；大分県大分市大字廻栖野 2944-9（〒870-1201）

Oita University of Nursing and Health Sciences; 2944-9 Megusuno, Oita-shi, Oita 870-1201, Japan.

*5 東北大学大学院薬学研究所；宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-3（〒980-8578）

Graduate School of Pharmaceutical Sciences, Tohoku University; 6-3 Aoba, Aramaki, Aoba-ku, Sendai-shi, Miyagi 980-8578, Japan.

*6（一財）電力中央研究所原子力技術研究所放射線安全研究センター；東京都狹江市岩戸北 2-11-1（〒201-8511）

Low Dose Radiation Research Center, Nuclear Technology Research Laboratory, Central Research Institute of Electric Power Industry; 2-11-1 Iwadokita, Komae-shi, Tokyo 201-8511, Japan.

Corresponding author; E-mail: kawaguchi.isao@qst.go.jp

間も限られている。したがって、経済産業省ではALPS小委員会を設けて検討を行い、現実的な方策として海洋放出及び大気放出の2つが示されている。

(1) 懸念されていること

- ・ OBTの扱い：ALPS小委員会報告書では、トリチウムにより置換された有機物(OBT)も考慮され、UNSCEAR報告書では非交換型のNxOBTのリスクも明示的に言及されている。また、ALPS小委員会報告書では元素変換によるDNA損傷も扱われている
- ・ 生物濃縮への懸念：魚介類では、水中に一樣となっている形態ではないOBTを投与し水中濃度と比較することで濃縮係数が約3,700になることがある。トリチウムで置換された標識化合物の環境放出により、生物で高濃度になることやトリチウムが環境中で集積し、生物に含まれる自由水トリチウムに対するOBTの比が高くなることも知られているが、その影響もモニタリングされている
- ・ トリチウム以外の核種：処理水には ^{129}I なども含まれており、各原子炉内の存在量が推定され安全評価上必要な概要は把握されている。 ^{129}I などでは処理後も告示濃度限度を超えた例がある。処理に関する制限から、十分な機能が発揮できなかったことがその理由とされている

(2) 市民測定所でのトリチウム計測の状況

ALPS小委員会報告書では、「第三者による測定や測定を公開すること等により、測定結果の妥当性・透明性を高めることも重要である。」とある。市民測定所の「たちね」ではOBTも測定され、2020年5月公表分で検出限界は0.15 Bq/kg-dryとなっている。また、自由水型トリチウムの検出限界は約2 Bq/Lに対して、東京電力ホールディングス(株)では1.7 Bq/kgとなっている例がある。両者ともわかりやすい動画も公開している。

2.2 How much do we know about the ALPS treated water? (Shu-Jun CHANG)

台湾行政院原子能委員会技能研究所・保健物理局長のShu-Jun CHANG氏より、「われわれはALPS処理水についてどれくらい知っているのか」と題して講演があった。CHANG氏は保健物理の専門家としての立場はもとより、台湾行政院原子能委員会(AEC)や、台湾市民としての立場を念頭に講演された。ただし、本発表は個人の考えを述べたものであり、台湾政府や国民を代表するものではない。以下に講演概要を示す。

台湾では、日本のALPS処理水について、

- ・ ALPS小委員会の報告書
 - ・ 経済産業省の公式ホームページのニュース
 - ・ 台湾行政院原子能委員会(AEC)と日本政府との情報交換
- の3つから情報を得ている。

ALPS処理水の状況は、処理水は全て福島第一原発のタンクに貯蔵されており、東京電力ホールディングス(株)(以下、東電と略す)は処理水減量に尽力したが、2022年に貯蔵は限界となる見込みである。貯蔵問題を解決するためALPS小委員会は2020年2月10日に技術報告書を発表した。ここでの疑問として、ALPS処理水の量は将来的に減少するのか、または依然として増加するのかがある。ALPS処理水の管理戦略をより最適化し透明にして放出の正当性を確保すべきである。ALPS小委員会の報告書では、5つの処分方法が提案されており、評価結果から海洋及び大気放出が最も現実的な方法とされている。一方で、福島第一原発事故以来、国民が受け入れてきたため現場での貯蔵も選択肢の一つであり、日本は関連する手法についてもっと詳細に説明すべきと考えられる。

ALPS処理水のソースタームについては、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 、 ^{129}I 、 ^{106}Ru 、 ^{60}Co 、 ^{125}Sb などが含まれており、2019年3月31日から12月31日に新たに発生したタンクにおけるトリチウム以外の62の核種について告示濃度比の総和は1より小さかった。安全評価においては、ソースタームの不確かさについて種々のシナリオを使うのが重要であり、これによって安全の信頼性を向上させると期待される。

ALPS処理水において、トリチウムだけが告示濃度を超えているが、台湾と日本の放出制限に関わる基準値の違いがあり、この違いを考慮することが必要である。ALARAのためにはBAT(Best Available Technology: 利用可能な最良の技術)を考慮すべきと考えられる。

ALPS処理水放出による被ばく線量について、ALPS小委員会の報告書ではUNSCEAR2016年報告書を使い線量評価を行っている。大気放出は0.0012 mSv/年、海洋放出は0.00081 mSv/年と低い。これらは、UNSCEAR2016年報告書において経験的なパラメータを用いたコンパートメントモデルを用いていることに加え、日本特有のパラメータを用いていることに注意が必要である。

コンパートメントモデルでは海洋放出も大気放出もほとんどリスクがないと評価されたが、この評価結果を用いて専門家ではない普通の人に対して説明し納得さ

せることができるかは不明であるため、より現実的で視覚的なモデルが必要と考えられる。また、潜在的にばく露される集団と最大被ばくする集団の選び方を特定すべきであり、日本以外で国際的な環境影響を考慮し、最大被ばくする集団を選び、台湾に対してリスク情報を提供すべきと考えられる。そこで台湾では INER (Institute of Nuclear Energy Research: 核能研究所), CWB (Central Weather Bureau: 中央気象局), NAMR (National Academy of Marine Research: 国家海洋研究院) など政府機関が、日本の ALPS 処理水放出による地元への影響を評価するモデルを開発する予定である。INER の線量評価モデルは、大気放出モデルであり、放射性核種の世界的な移動を視覚的に示すことができる。また、海洋放出については、海洋生物による放射性核種を取り込みや、海流、温度、塩分、乱流の影響も考慮することができるモデルを開発中である。また、CWR 線量評価モデルは日本のスケールと違っており、日本の数値を使って計算する予定である。

以上をまとめると、

- ・ ALPS 処理水は、日本の規制基準に適合しているように見えるが、周辺国にとってのリスク認識にはまだ重大な懸念がある。国際的な観点から、より現実的でビジュアルな大気海洋モデルは日本政府の信用を改善するチャンスとなるであろう
- ・ 情報のほとんどは日本政府か東電が発表した技術的な報告書のみ。ALPS 処理水のような国際的な問題に関しては外国のステークホルダーが入手すべき最良の情報とはどんなものかは未だ疑問。「重要な意思決定ネットワーク」の日本語、中国語、英語版などを構築することを提案する
- ・ 台湾の公衆は環境への影響などには関心を抱き続けるだろう。日本政府は影響評価、詳細な行動計画、モニタリング計画などより詳細な情報を提供し、台湾の人々が ALPS に関する「正しい情報」を得られるようにすべきである

2.3 Social Aspects of Tritium Water Release: Messages of 3 traps from a neighbor country (Ik Jae CHUNG)

ソウル国立科学技術大学の Ik Jae CHUNG 教授から、「トリチウム水放出の社会的側面：3つの罠に関する隣国からのメッセージ」と題して講演があった。CHUNG 氏は、政治学者であり、政策分析にも関わっている。以下に講演概要を示す。

最初に韓国における技術に対するリスク認知の経時的

調査及び福島第一原発事故に対する報道及び一般公衆の反応分析の2つの実証調査研究について紹介があった。

技術に対するリスク認知の経時的調査については、1994年、2001年、2007年、2013年、2015年の5回行われた。鉄道、飛行機、海上輸送、自動車、エレベーターなどの幅広い輸送に関連するリスク項目は、25年以上にわたり他の技術的リスクよりもはるかに安全であると認識されていたが、一方で、放射能の漏洩、放射性廃棄物、水汚染が非常に危険であると認識されていた。放射線関連リスクは、2000年までは相対的に低いリスクとして認識されていたが、2000年以降のランキングでは1位、2位として固定化されており、特に原子力発電について関心が高まっている。韓国の飲料水の現状は非常に信頼でき、安全とされているが、飲料水汚染に関する問題については非常に敏感であった。

リスク項目とリスク認知については、回答者の社会的背景と統計的に有意な相関がみられ、農村地域の居住者、女性、60歳以上、中卒・高卒、既婚、低所得者、ホワイトカラー層、低インターネット利用率のグループは、他のグループよりもリスクにより敏感であることがわかった。

本調査ではトリチウム水に関する直接的な質問は含まれていないが、隣国が放射性廃棄物を海に放出すると聞いた場合において寿司や刺身を食べるかという質問を含んでいた。食べ続けると答えた人は、寿司好きであるか、リスクを許容する方であり、2011年以降でも一定の割合見られた。リスクを回避したい、食べるのをやめるといふ人は予想に反して減少傾向であった。しかし、リスク嫌悪グループと考えられる NIMBY (わが家の裏庭には御免) に近いものかもしれないが、魚料理などを食べないという強い反応を示す人々は増加傾向を示した。NIMBY のような反応は想定されるものである。もう1つの質問は、なぜ原子力発電所の事故または故障が発生するのかという質問である。原子力発電所事故の最大の原因は、オペレーターのミスまたは人的ミスであると感じていることが分かった。また特に強調したいのが、政府の政策や規制の問題であるとの回答が増加傾向にある。つまり政府の政策への信頼が低下傾向にあるということを示していると思われる。

次のデータ分析は、オンラインニュースの報道と福島第一原発事故後の国民の反応の関係についてである。2011年3月11日から6月31日までの福島第一原発事故を扱った5つの主要な韓国の新聞からのニュース記事の数、新聞読者による各ニュース記事へのコメント数、

Twitter, Facebook の投稿数に加え、一般市民が事故発生後に医学的質問をするため韓国原子力医学院センターに電話をかけた回数も収集し、分析した。データ分析によると、変数間に有意な相関があり、特にニュース記事と電話の数の相関係数は0.69だった。これは、福島の事故についてのニュース記事の数が増加し、より多くの人々が緊急センターに電話をかけて質問したことを示す。福島第一原発事故による実際の医学的問題がなくても、メディア報道の増加は韓国国民が自衛行動に走ることがわかった。110日間のデータのうち、初期の43日についての分析では、最初の長期間における分析よりも変数間の相関が強くなっていた。ニュース報道と電話の相関は、最初の0.69より高い0.846であった。1日期間を延長した場合、ニュース報道と電話の相関は0.87となり、2日延長するとFacebookへの投稿と電話数の相関は0.901であった。

以上2つの研究結果をまとめると次のとおりとなる。

- ・リスク認知は客観的なリスクまたは統計に基づくリスクと一致しない
- ・リスク認知は人々の社会的あるいは文化的な背景によって有意に影響を受ける
- ・政府のリスク管理に対する一般市民の信頼は低下傾向にある
- ・韓国人は福島のトリチウム水放出あるいは原子力からの放射性物質に関連するリスクに深い懸念を抱いている
- ・リスク認知や反応、つまりコールセンターへの問い合わせなどは事故の実際の被害よりもソーシャルメディアに大きく影響される

2つの調査研究によってこの客観的リスクと主観的リスクの間の隔たりが明らかになり、さらに科学者と一般の人々との間の隔たりも明らかになった。これは専門家と一般の人々との間にレンズが存在すると、レンズによって二者間のコミュニケーションや見方が歪められてしまうという、社会心理学のレンズモデルによって説明ができる。

海洋放出されるトリチウム水の問題に関しては、科学者、一般市民、政府の3つの代表的なステークホルダーグループが想定できる。通常、各当事者は他の当事者と協力をしようとし、正のフィードバックループが生じる。正のフィードバックループが生じると、3つのステークホルダー間の双方向性が機能しており、トリチウム水の放出の問題は簡単に解決及び解決されると考えられる。

しかし、現実とは異なり、各ステークホルダーはそれぞれ、科学者は一貫性の罫、一般市民は民主主義の罫、政府はゼロリスクの罫にはまっている。科学者は原子力技術に対して一貫して安全性を主張し、公衆のリスクに関しては過小評価している。科学者のテクノロジーに対する過信は、テクノロジーに対する社会的反発を引き起こす。特に、韓国の科学者は原子力発電所を拡大するため、原子力技術に関して安全性を信じている。この考え方は、日本で放出されたトリチウム水の安全性に対しても一貫して適用できるはずである。ただ、日韓の歴史問題が存在するため、韓国の科学者は日本の決定オプションに関してそれが良くても悪くても支持ができないという背景がある。一般市民参加に関しても必ずしも社会合意に至らない場合がある。特にオンラインでのさまざまな議論では、社会的な対立が生じることもある。政府は政策目標としてあるいは政策のシンボルとしてゼロリスク政策を取る傾向が見られ、社会からの期待もこれを助長する傾向がある。しかし現実にはゼロリスク政策というのは実現が難しく、実現できたとしても莫大なコストがかかる。こういった一貫性の罫、民主主義の罫、ゼロリスクの罫はこれが互いに重なり合って混乱と行き詰まりが生じてしまうと考えられ、トリチウム水の問題に関して三つの罫の枠組みを用いて検討できると思われる。

講演のまとめの代わりに問題提起をしたい。最初の問題は、目標は何か、例えば、トリチウム水の廃棄か、それとも住民地域経済を守ることか、ということである。目標がある場合は、政府が一方的に決めたものか、関係者との話し合いや共有の下で決められたものかが問題となる。ステークホルダーの立場によっても目標は異なり、科学者は許容できる線量レベルについて話す、一般人はそれに同意しないことがあり、一方で、一般人はゼロリスクを求めがちだが実現が難しいなど、納得できる安全水準とは何かを考えなければならない。科学者は知識、信頼や社会受容は論理的に構築できると考えがちであるが、科学者の専門的知見もそれを一般人が受け入れなければ意味がなく、一般による受容があってもそれが専門的知見に裏打ちされなければ虚しいものである。知識や社会受容は論理的に構築されるだけでは不十分で、社会全体の話し合いの中で形成されるものである。二つ目は、政府は全能なる問題解決者なのかそれとも欠点のある問題児なのかということである。われわれあるいは政府も、政府が政策を推進する役割を果たすべきだと考えている。データ分析を見ると政府への信頼が低下しており、そのような状況の中で政府はリスク管理が本当にできる

か不明である。例えば目標設定の話し合いや周知のような調整役を政府以外に果たせる組織はないのかということや、一般市民は参加に意欲的かどうか、そして理性的な判断ができるのかということも重要な点である。現在、特にオンライン通信環境の中では、数の力は影響力を持つことも留意しなければならない。本講演では解決策を提示する代わりに問題点を挙げた。もし、解決策を提示できたとしても、それはおそらく自身の主張や偏見を反映したものであり、罣に陥る可能性があるということである。社会的合意は個別の結果ではなく多面的な相互に関わり合うプロセスであるため、ステークホルダー間の相互の対話から始める必要があり、そして理解を深め、社会受容に至るということが重要である。

2.4 福島第一原発のトリチウム水海洋放出についての私見（小松理虔）

いわき市で地域活動家、ライターとして活動をしている小松理虔氏より、「福島第一原発のトリチウム水海洋放出についての私見」として以下が述べられた。

2013年秋より「いわき海洋調べたい海ラボ」（海ラボと略）として、福島第一原発沖で採取した魚の放射能濃度を測定し、ブログにて公表する活動を開始した。また、水族館「アクアマリンふくしま」にて獣医とともに福島魚を食べるイベントと同時に放射能濃度を測定して公表するというイベントを行ってきた。さらに、水産加工業者ともイベントを行うなど、地域づくりを通じて産業や漁業と間接的に関わってきた。

この活動を通して得られたことは、科学的なデータは個々の消費者の選択の一つの材料に過ぎないということであった。いかに科学的に正しいデータであっても例えば福島魚を知り合いに贈り物で送るか、友人に勧めるかどうか、安全であることは分かっているから自分は食べるが子供に食べさせるかどうかなど、個々の消費者の選択にはいろいろな背景がありその中から判断材料を自分で考えながら選んでいる。自分としてもこれまで知見を発信する中で、データを理解できないのは勉強不足であるというような、上から目線の伝え方になってしまっていたが、その人に伝わるのか、どういう風になるのかを考えた上で伝えることが必要であったと思う。その観点から、「アクアマリンふくしま」での活動では、魚の生態などとともに放射性物質の体内動態も合わせて学ぶなど、魚そのものについて学ぶことの延長線上に放射線についても学ぶという、学ぶ楽しさに結び付けることも継続性につながり重要だったのではないかと思う。科

学的データの正しさを説明しようと固執すると合意形成は進まない。専門家のデータだけではなく、他の分野の専門家の知見などさまざまな人たちが一緒になって合意形成に向かって動いていくことが必要であるが、本邦では難しいのではないかと感じている。また、放射性物質は原子力や核のような言葉と結びつけられてしまい、政治的な色分けで絶対反対のような形でネットの議論が荒れたことや、中途半端な知識では関われないのではないかという、交わりにくさ、関わりにくさというのがあった。科学的な知見を持っている人たちが研究者と市民とのチャンネルを作っていくことが必要である。放射性物質について伝えるだけでは人に伝わらない。地域、環境、魚や食を通じた地域づくりなどを同時に伝えていくことで、結果として放射能や放射性物質についての情報が伝わるのではないか。また、イベントや場づくりを続けていくと、人と人との信頼関係が生まれる。信頼性がない中で、いくら情報を発信しても届かない。地域づくりやさまざまな人たちが交わる場の中でデータを出していくことが必要である。

トリチウム水については、自分自身どういうメリット、デメリットがあるのかを当事者の一人として考え、その上で困難を背負ってしまう漁業者の人とか、地元の人のことを考えたい。個人的には、トリチウム水の放出による健康被害や科学的な議論について心配はしていない。国際的な基準にしたがって粛々と流せるのであれば一番いいと思っている。しかしどれだけ国際的な基準にしたがって決めても、本当にそのとおりに放出されるのか、情報の透明性についてどこが担保するのかということについてなかなか信頼できない。東電等のこれまでの姿勢が、信頼感を作るのに障害になっており、データに対しても信頼ができないと思っている。第三者が計測していくことで、セカンドオピニオンになりデータの信頼性が生まれると思われ、これは海ラボでも同様であった。民間が調べたデータと東電のデータが一致すれば少なくとも嘘ではないということであり、第三者機関が入るといふ議論が必要である。

トリチウム水を流すとおそらく被害が出てくるということになり、さまざまな賠償が生まれる。賠償が長く続くと漁業の自立の遅れにつながりかねない。漁業が賠償から自立していくということが一番大事であると感じる。現状では水揚げ量は震災前の状況に戻っておらず、試験操業が長引くことで漁業の魅力が失われ、若手が育たないとか、漁業を志す人たちが減ってしまうのではないかと、また休業補償が切れた時に廃業してしまうような

漁師もいるのではないか。これが地域全体の魅力の低下につながる。漁業がこれからも存続するために、今後の漁業についてビジョンを決め、その中でトリチウム水をどうするのか、地域の復興が考えられたのちにトリチウム水をどう処理するのか、が論じられるべきではないか。漁業の再生、地域の再生の議論がまだまだ進んでいない現状では、トリチウム水を流すのは時期尚早だと感じる。

一方で、トリチウム水を国際的な基準にしたがって流すと安全であるという議論によって、これに反対している漁業者に対して、漁業者が反対しているから復興が進んでないのではないかと意見が出て、漁業者を追い詰めることになるのではないかと懸念している。追い詰めれば追い詰めるほど、漁業者は自分たちだけでこんな重要な問題を決められるはずがない、国民全体と一緒に決めたいという風になるが、このことがさらに漁業者を追い詰めてしまうことにもなる。安全かどうかというのは一つの問題であるが、それ以外の、地域の再生、漁業の再生の問題を同時に皆で考えていく必要がある。これまでの国の対応は海洋放出ありきで進めているような印象がある。国は責任をもって関係各所に説明をして具体的なプランを示す必要がある。国がしないのであれば、漁業者の思いに寄り添うことも必要である。国が中心になって（結論ありきで）進めるのか、あるいは漁業者に寄り添うのか、その姿勢が非常に中途半端であり、政府や関係省庁がパブリックコメントを求めるといったことはあったとしても、まだまだ議論が足りないと感じる。自分自身のこととして考えてくれる人を増やして一緒になって議論していくことが必要である。もし、トリチウム水を国際的な基準にそって放出することが本当に安全であるのなら、トリチウム水の海洋放出でこのように手間取っているようでは、今後出てくるであろう廃炉に関するさまざまな問題を解決していくことは難しいと言わざるを得ない。合意形成をしっかりと行い、漁業や地域再生のビジョンをしっかりと考え、そのうえで流すか流さないかを検討してほしい。

トリチウム水の問題は、医学とか放射線防護の問題ではなく、社会の問題として投げかけられている問題であり、合意形成、信頼関係づくりがまだ足りていない。一部自治体からはまだ陸上保管できるのではないかという声がある。その可能性も含めて本当に議論を尽くしたのか疑問であり、放出を議論する前に、まだまだ考えるべき問題が多いのではないか。

中間貯蔵施設に関して30年経過後は、県外への施設に移すという問題や、最終処分場をどうするかというよ

うな、これからより気が重くなる問題が続いていくことを考えると、このまま強引に流してしまうと、地元の人や漁業者と東電や国の省庁と関係に傷がつくのではないかと懸念する。そうならないために、ここを試金石として、ゼロベースでしっかり議論を尽くした上で流すか流さないかを定めるべきであるし、議論の場をもっと作った上で、国が責任をもって場づくりをしていかなければならないと思う。

2.5 相馬原釜漁港の漁師・菊地基文氏へのインタビュー（菊地基文）

相馬原釜漁港の漁師である菊地基文氏は講演という形式ではなく、本シンポジウムのファシリテーターである吉田氏がインタビューを事前に行う形式で、漁業者としての意見を伺う形とした。以下にインタビューの概要を示す。

原釜に生まれて育った。漁師だった父親の後を継いで20年漁師をやってきた。事故以前、相馬で水揚げされた、ヒラメ、カレイは「常磐もの」ブランドとして市場で高い評価を受けてきた。相馬松川浦原釜漁港は、相馬船籍の漁船のみが水揚げしており、家族経営が多く、会社経営が多い他の漁港と異なり、若い後継者が多いことが大きな特徴である。海が荒れていても浜値が上がるため、他の船が出ていなければ漁に向かうというのが原釜の漁師の気質である。漁は頑張ったら頑張った分だけ給料となる。これが漁業の醍醐味であると感じてきた。しかし、福島第一原発事故が起こり、現在は試験操業である。震災前と比較して、操業時間と漁場の縮小、漁獲量、魚種とも減少しており、営業補償で補てんされているが、（以前のような頑張った分だけ給料が入る状況ではなく）決められた枠組みの中での操業となってしまっている。トリチウムの安全性は国民の大半は理解できておらず、安全だというまでのプロセスも知らない人が多いため、漁業者としては風評被害への懸念が大きい。安全性が国民に浸透していないと感じている。トリチウム水の放出の問題の前に、国民の認識の薄さ、情報発信の乏しさについて検討しなければ、根深い問題になってくるのではないかと懸念する。

自分達の今後の暮らしとか生活を考えたとき、漁業者は科学者でも何でもなく、トリチウムや電力業者の問題は二の次であり、生業を地道にやっていくものである。汚染水の問題は、漁業者の職場を汚した側が頑張っている漁業者に寄り添って、サポートしていくことが人道的なあり方ではないか。補償では何の問題解決にならない。

頑張った分稼げるような文化、魅力の回復に国側としては努めてもらいたい。ブランド価値を回復するためのサポート、加工品、地元資源を生かした産業の創造を国がサポートすることが人道的、倫理的なことと考える。

2.6 指定発言「合意形成とは何だろう？トリチウム水処分を例に考える」(安東量子)

他のパネリストからの発表によって、トリチウム水処分をめぐる多岐にわたる課題が示され、また、さらにそこから取り組むべき大きな課題に「合意形成」があることも見えてきた。「合意形成」の重要性については指摘される機会も増えているものの、その語の意味するところは漠然としたイメージに止まっているように思える。そもそも、合意形成とはどういった状態のことであろうか。

まず、前提として、関係するステークホルダーそれぞれの主張や考え、利害は一致していない。そしてそれぞれの主張や利害は、それぞれの立場に立ってみれば、一定の合理性、ないしはそう信ずるに足る根拠を持つものであることがほとんどである。科学にまつわる問題を取り扱う際には、しばしば科学的に最も合理的と考えられる結論が望ましいという前提の上、あらかじめひとつの結論が想定されていることが多い。だが、トリチウム水処分といった、社会のなかで多様な人びとに影響を与える課題の場合は、その成果が学術世界に止まる研究課題とは違い、科学的な根拠と同時に、社会的、心理的、そして倫理面といった社会的・人間的側面についても考慮する必要がある。

とはいえ、社会的な紛争課題においては、すべての主張や利害を一致させることは大抵の場合困難であり、現実の制約のなかで解決案を見出していかななくてはならない。妥協や調整が必要とされるその決定プロセスにおいて最初に必要なのは、「どのような社会・将来が望ましいか」という社会像・将来像の共有である。異なる意見・利害を調整していくにあたっては、望ましい社会像、あるいは将来像といった大きな目標を共有しなければ、どこでなにをどう妥協し、意見を修正していくのかといった調整作業もできないからである。大きな方向性としては、強権的な社会を望ましいと思うか、合議的な民主主義社会を望ましいと思うかによって、合意形成の手法そのものも変わってくる。民主的社会が好ましいとすれば、透明性の高い情報公開を行い、専門的知見で十分な検討を行った上で、ステークホルダー参加の下、社会・心理・倫理さまざまな観点から合議するというプロセスを経

て、段階的に合意を形成していくことになる。強権的国家が好ましいと思うならば、政府なり専門家組織なりが決めた結論を人びとに受け入れさせるということになるだろう。私は民主的社会を好ましいと考えるため、前者を念頭に置いて考えているが、民主的な合意形成プロセスは段階的手続きを踏むという性質上、時間が必要とされることは認識しておく必要がある。

3. 第二部：ライブ討論

ライブ討論では、東北大学・吉田氏がファシリテーターとなり、4人の講演者及び指定発言者の安東氏の合計5人にパネリストとして意見を述べていただいた。(相馬の菊地氏は試験操業で漁に出られていたためライブ討論にはご参加いただけなかった)

討論の主要なテーマは「トリチウム水の科学的安全性について」と「社会的な合意形成のあり方について」である。

まず1つ目のテーマとして、第一部での講演及び指定発言の内容を踏まえて、「国内外でトリチウム水の科学的安全性について信頼を得るには具体的にはどうすればよいのか？誰に、どういうことが求められているのか、それにより何が改善されると期待されるか？」について各パネリストから意見が述べられた。

山口氏：問題は信頼性であり、専門家ができることは疑問に答えることである。

CHANG氏：トリチウム水の問題は安全性の問題であり、基準を満たすことで安全性を確保している。台湾と日本の基準の違いやリスク評価、特に海洋環境の現実的な影響について評価し、台湾に対して情報を公開してほしい。

CHUNG氏：科学者だけでなく一般市民も、独自の合理的な意思決定を行うことができるが、一方で各グループがゼロリスクの達成を目指すため、信頼関係が構築できない。科学的知識と科学的研究データも重要であるが、交渉を行うことが重要である。たとえば、経済的なインセンティブなど非常に具体的な交渉から始めるべきであり、社会的合意のためのレトリックが必要で、受容可能、不可能な事項について検討を行うことが最初のステップであり、必要なもの、提供できるものなど具体的な検討に移っていくことが次のステップになる。情報の多くはマスメディアを介して、公衆の意思決定に影響を与えるため、コミュニケーションが重要であり、科学的情報を一般公衆が理解できるように説明することが重要である。リスクがないとして説明するのではなく、段階的に交渉を行うことが必要である。

小松氏：科学者はデータに基づいて粛々と公表すべきである。しかし、ほとんどの消費者はトリチウムに関する科学的知見を理解して行動するわけではない。したがって、メディアを含めた発信者がトリチウムの性質や影響を理解して発信できるようになるため、科学者と発信者の連携が重要である。また、科学者が簡単にわかりやすく説明してしまうと、説得力がなくなるケースがあるので、科学者は科学的なデータを説明し、科学的データをわかりやすく説明するコミュニケーターが必要であるが、不足している。また、発信についてある程度任せられる関係づくりも必要である。

安東氏：トリチウム水の場合に限って言えば、一次情報の発信者が信頼できないことが大きい。東電からの情報開示や発信は、公表したデータについて外部からの指摘により訂正されたり、必要な情報が指摘により開示されたりすることがあり、東電の情報を確認して発信した結果、信頼を損なう事態があった。また、国も東電に責任があるとの立場であり、どこにも責任をもって信頼できる情報発信をするところがない。一次情報が信頼できない状況では、第三者機関が監視する体制が必要であるが未だなされていない。情報の信頼性がない状況で、一般の科学的認識は間違っているとするのはおかしいため、改善する必要がある。

次に2つ目のテーマとして、「福島第一原発事故後、重要な決定がさまざまな場面で行われてきた。多くの場合、非常に困難で複雑な状況の中で決定が行われてきている。これらの決定は科学的根拠をベースにしつつ、しかし、科学的根拠だけで決定されてきたわけではない。また、これらの決定における合意形成は、必ずしも事前に十分に行われたわけではなく、これらの決定からいろいろな意味でこぼれ落ちる人も現実にはいたし、現在もいる。トリチウム水処理に関して、社会的な合意形成のあり方、あるいは、合意形成を目指して、何が具体的に必要であるか」について考えを述べていただいた。

山口氏：不信感にある根本は、いろんな検討が甘いと思われていることであり、きちんと検討していることの説明が必要と考えられる。その場で保管を続けることに関しては少数の方の人権について考えることが重要になる。このように、多角的な視点で考えることが必要。

CHANG氏：日本政府は重要な意思決定ネットワークを構築する必要がある、重要な意思決定ネットワークは、なぜ、どこで、どのように、何を、いつするのかを説明する必要がある。日本政府はトリチウム水を放出する理由を説明し、それを行う方法を非常に詳細に説明し、放

出する方法を説明する必要があるが、いまだなされていない。何をいつするかについても明らかにすべきであり、台湾の海洋環境にどのように影響するかが関心事であるため、台湾に情報を提供してほしい。

CHUNG氏：合意形成は一つのキーワードであり、信頼が最も重要なキーワードである。福島住民は、政府や他の人々を信じておらず、政府は政府の利益を追求しており、福島住民の利益については考えていないと思われる。政府は科学的に最善を尽くしていると思うが、地元住民はすべてを理解することが難しいため、信頼を蓄積していくことにならない。ギブアンドテイクの交渉の中で、政府から地域住民、地域住民から政府の双方向で利益を侵害しないことを伝える必要がある。したがって、当事者が現実的に信頼を醸成していくことが必要と考えられる。

小松氏：トリチウム問題は、原発事故から9年以上時間が経過しているため、関心がある人が地元においても少なくなっており、小さな情報伝達場が失われている状況である。国や東電の人たちは信頼ならないという人たちは一定数いるが、地方議員は信頼がある。しかしこのような地域の顔役と語れる場がなく、限られた人しかトリチウムや廃炉について話さないため、関心がある人と一般の人との乖離が進む。メディアで情報発信するだけでなく、実際の現場で情報交換や意見交換する場が重要。大型タンク保管や地中での保管などさまざまな案に関して、議論が尽くされたという痕跡を開示することで信頼が生まれていくことがあるのだが、情報が伝わってこない。地域の小さな場で話し合いの場を作ることを時間をかけてでもやっていくべきである。

安東氏：漁協などのコメントに勝手に決められているということがあり、勝手に決められた結論は受け入れられない。結論を提示する前に、話し合う場を設けて、時間をかけてすこしずつ詰めていく必要がある。

ライブ討論中に寄せられた意見としては以下のようなものがあつた。

- ・ 海洋放出か大気放出かの論点になっていて、陸上保管の検討が十分でない（日本）
- ・ 有機トリチウムの評価の問題（日本）
- ・ 水中に含まれる自由水型のトリチウムが魚の体内でOBTになり、このOBTは自由水型のトリチウム水に比べて長く魚の体内にとどまるということを問題にされていると思われる（日本）
- ・ 食物連鎖を通じた放射線影響（線量評価）については十分に研究がなされているか（韓国）

- ・今ではタンクが飽和状態であることを国際社会が理解する必要がある。原発の最も重要な問題は、社会的受容性である。いくつかの国の専門家と一般人を参加させて確認させながら処理することが最善の方法だと思う。(韓国)
- ・原発の事故は、特定の国の問題ではない。したがって、国際社会の理解と協力の中で解決する必要があることを強調したい。(韓国)
- ・ネットワークを形成する場合にも台湾のコロナ対応では責任の所在、特に最高責任者が明確だったように思う。日本では原発でもコロナでも不明確でできていない。責任を明確にするにはどうしたらいいか、台湾からの助言がいただけるとありがたい。(日本)

このうち、最後のコロナウイルスに対する対応について、CHANG氏から台湾の状況について説明があった。台湾政府は毎日、インターネットとライブTVビデオで必要な情報を公開しており、重要な意思決定ネットワークにおいて、すべての情報を公開する準備をしておくことが重要であるとのことであった。

また、CHUNG氏からもコメントがあった。コロナウイルスに対する韓国政府の活動は成功したといわれている。一方で、対策には常にトレードオフがあり、韓国政府や韓国社会がコロナウイルスや汚染を減らすために、支払うコストも考慮することが重要である。また、リスクは常に存在しており、人々には対策の評価を成功、失敗の二分法的に考えるが、対策の成否は混ざり合っており、比率をどのように調整できるかということが重要である、とのことであった。

以上のライブ討論をまとめると、

トリチウム水の科学的安全性については、

- ・トリチウムを含む処理水の環境放出の安全性は多角的に評価されているが、今後も地道なモニタリングでその安全性を確認する必要がある
 - ・安全性は信頼の問題であり、そのためには専門家がその役割を誠実に果たす必要がある
 - ・1次データや情報の発信の仕方が信頼の点で重要であり、科学者やコミュニケーターとの連携が必要である
 - ・海外から見ると、日本政府は影響評価、詳細な行動計画、モニタリング計画などより詳細な情報提供が十分でない
- また、社会的合意形成に関しては、
- ・科学者、一般公衆、政府の3つのステークホルダーが一貫性、民主主義、ゼロリスクの3つの罫に陥っており、社会的合意は個別の結果ではなく、多くの関係者

が相互に関わり合うプロセスである

- ・安全かどうかの問題設定が漁業者を追い詰める
 - ・トリチウム水処理の問題は合意形成のあり方の問題である
 - ・トリチウムの安全性議論は地域にとっては信頼性の問題、地域に寄り添った支援が必要
 - ・各立場の主張は個別にみれば合理的に見えるが、透明で十分な情報のもとでの社会的合意のあり方が問われている
- という意見が述べられた。
- 最後にファシリテーターの吉田氏から、
- ・福島第一原発事故後、重要な決定がさまざまな場面で行われてきた
 - ・いずれの場合も合意形成はきわめて難しく、すべてのステークホルダーを満足させられるベストな答え・正解というものはなかった
 - ・科学的情報はそれらがすべてそろったとしても、科学的知識は情の鞘に包まなければ人の心には届かないこともわれわれはこれまでに学んできた(菅原道真の名言「知は情の鞘に入れなければ相手も自分も傷つける」より。知(識)は切れ味の鋭い刃のようなもの、情(なさけ)という鞘に入れて用いなければ相手も自分も傷つける、の意)
 - ・演者からの指摘にもあったように、トリチウム水問題を地域の問題に矮小化せぬようにする姿勢が必要であり、SympathyではなくEmpathyが必要である
 - ・放射線防護の専門家集団である本学会の役割として、何をなすべきか、何ができるか、本日の議論をベースにわれわれ自身もさらに考えていきたいが、本シンポジウムのまとめとして述べられた。

付録：演者追記

1. トリチウムの問題 専門家への問いかけ

シンポジウムのタイトルでは、この課題を放射線防護の問題と捉えていたが、それは適切だっただろうか？

この課題は放射線リスクを定量的に扱い最適化を目指す問題だろうか？ そうでないとすると、日本保健物理学会として貢献できるのは何だろうか？ この問いを考えるべく、福島県から漁師の方も参加くださる予定であったことから、一般の方にも楽しんでいただけるように専門家の貢献を期待し、専門家にクイズに答えてもらうスタイルとした。Webinar形式であることから、チャットとQ&Aボックスも活用した。積極的に参加下さった方々に感謝申し上げたい。

安全性は多角的に評価されているが、今後、どのような対応が取られる場合でも、総合モニタリング計画に基づく地道なモニタリングでその安全性を確認する必要がある。一方、どの対策がよいかは倫理的でやっかいな課題である。リスクをもたらす環境放出は安全には違いないが苦渋の選択肢を提示するものでもある。一方、何らかの方法で保管を続けるという案にもやっかいな不利益が隠れている。

これまでに指摘されている専門家に対する課題は、専

門家はその役割を誠実には果たしていないのではないかと不信感に帰着するのではないだろうか。わかりやすい情報提供も課題とされているところであるが、あなたは、この課題に関して心配なさる方々とよりよく向きあう準備ができているだろうか？

本発表に際し認定（特非）いわき放射能市民測定室たちね様には多大なご協力を頂いた。ここに記して感謝いたします。

（山口一郎）

第17回
JRSM
シンポジウム

放射線安全管理人材の確保・育成に関する 現状把握のための調査結果報告

放射線防護アンブレラ代表者会議
松田 尚樹, 中島 覚

「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」(以下、「アンブレラ事業」という.)は、原子力規制委員会が平成29年度から開始した「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)」の一課題として採択された事業である。本事業の実施は、原子力規制委員会から量子科学技術研究開発機構(以下、量研)、日本原子力研究開発機構(以下、原子力機構)、原子力安全研究協会(以下、原安協)が受託し、この3機関がネットワークによる自立的な議論や調査、アウトプットの創出等を支援する役割を担っている。この事業で設置された放射線影響・防護関連学会のネットワークである「放射線防護アカデミア(以下、アカデミア、と呼ぶ.)」には、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、日本保健物理学会及び放射線リスク・防護研究基盤(PLANET)が参加している(令和2年3月現在)。本学会を含め、法人格を持つ団体は、アンブレラ事業の実施代表機関である量研との間で業務請負契約を締結し、本事業に協力している。また、各団体からの代表者により構成される放射線防護アンブレラ代表者会議が、事業運営全般に深く関わっている。

平成31年度は、放射線安全規制研究の重点テーマに関する新たな提案、専門家と行政のオープン・ディスカッション、若手人材の確保・育成、の3項目について検討が進められた。このうち若手人材の確保・育成についての現状把握を目的として、令和元年9月1日から10月31日の2ヶ月間にわたり、アカデミア合同のWebアンケート調査が行われた。本稿では、すべての調査回答のうち、本学会会員から得られた回答を抽出し分析した結果を報告する。

アンケート調査の全回答者数は371名、うち本学会会員は96名で、アンケート時の会員数340名に対する回答率は28.2%であった。回答者の年齢構成は、会員の年齢分布とはほぼ同様に40~50歳代にピークが見られた。この年代の構成比は4学会平均よりも高い(図1)。一方、学生の回答者は20歳代の2名のみであった。そのため本報告では学生に関する分析は行わない。回答者の大半(71%)は大学等教育機関に所属し、これは4学会平均(51%)を大きく上回っていた(図2)。

専門分野(複数回答)は放射線防護学・放射線安全管理学及び放射線計測・線量評価が突出しており、各個人の

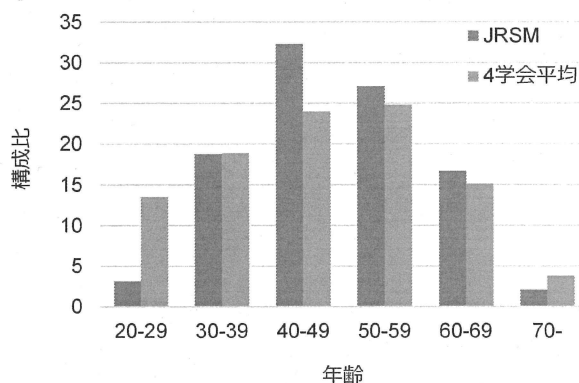


図1 年齢分布

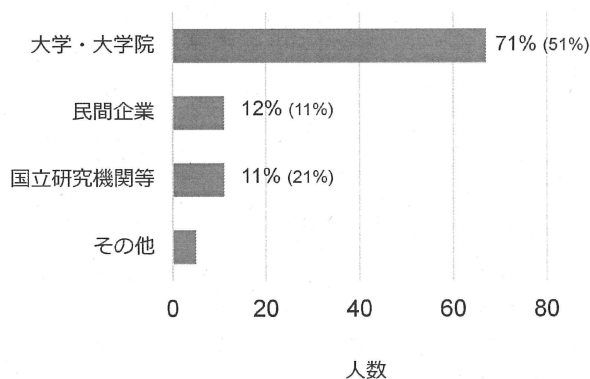


図2 所属(カッコ内は4学会平均, 以降同様)

基盤領域としては放射化学・放射線化学、放射線物理学、放射線生物学(実験系)、放射線医療系の順に多いようであった(図3)。放射線防護学・放射線安全管理学を専門とする回答率は40歳代を除いて年齢とともにわずかに増加しているのに対し、放射線計測・線量評価は30歳代が最も多く、その後年齢とともに直線的に減少した(図4)。

業務内容(複数回答)としては研究、放射線管理、教育の順、主たる業務(単一回答)では放射線管理、研究、教育の順に回答者数が多い。このうち放射線管理は、4学会平均の2倍程度の回答率がみられた(図5、図6)。放射線業務に関わる会員の割合は、年代にかかわらずほぼ一定であった(図7)。

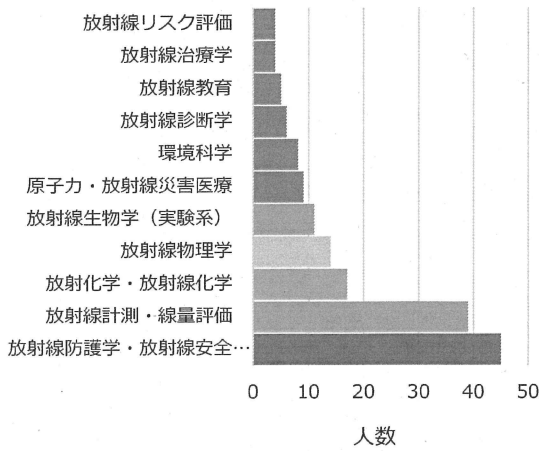


図3 専門分野(複数回答)

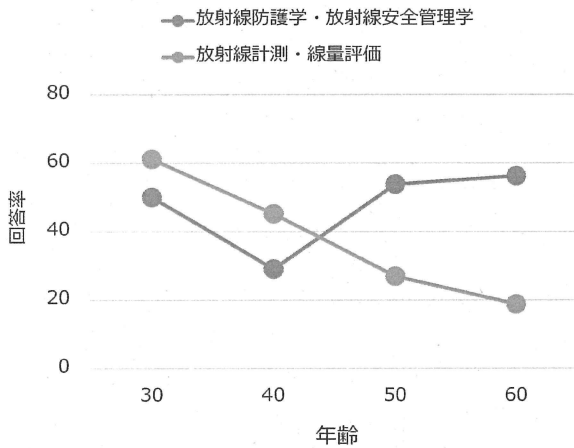


図4 専門分野の年齢別回答率

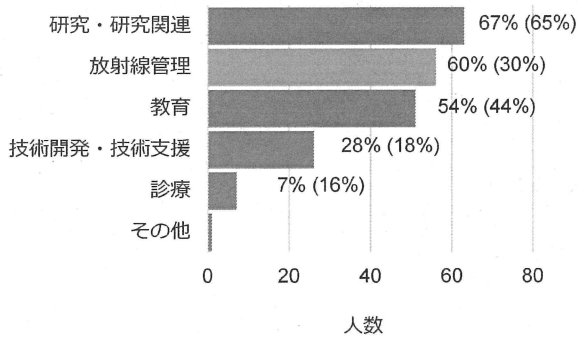


図5 業務内容(複数回答)

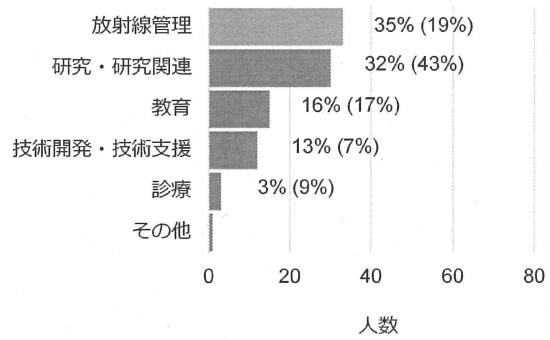


図6 主たる業務内容

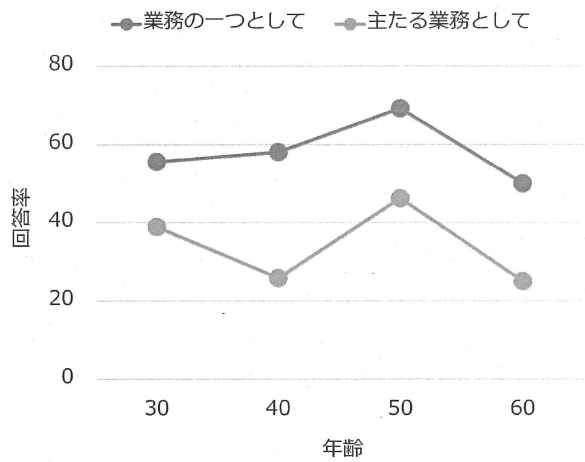


図7 放射線管理業務の年齢分布

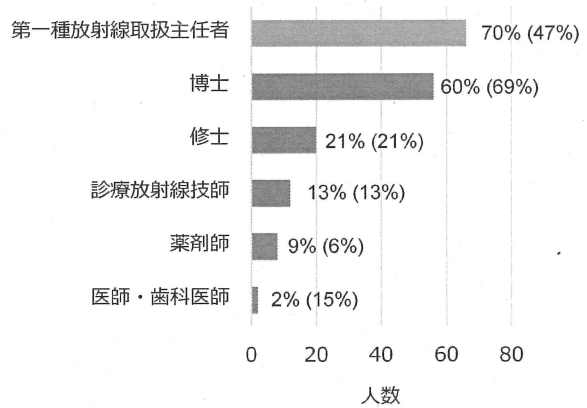


図8 資格・学位

資格・学位としては、会員の70%が第1種放射線取扱主任者資格を有しており、これは4学会平均(47%)を大きく上回った。博士号は6会員の60%が取得していたが、4学会平均(69%)よりも若干少なめであった(図8)。年

齢分布では、第1種放射線取扱主任者資格は年齢とともに微増の傾向、博士は30歳代の取得率が際立って低かった(図9)。

回答者の職位は組織の幹部(大学の准教授、助教相当)が最も多く、次いで組織の長(大学の教授相当)及び組織

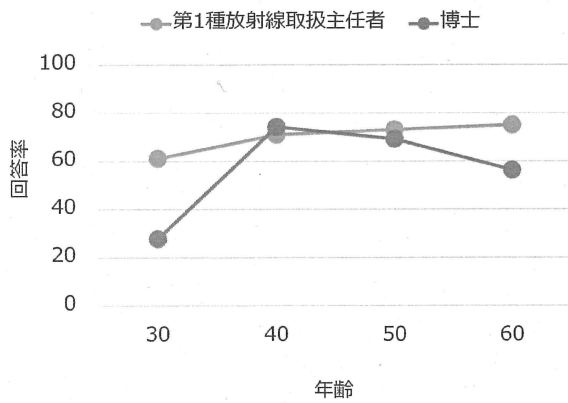


図9 資格・学位の年齢分布

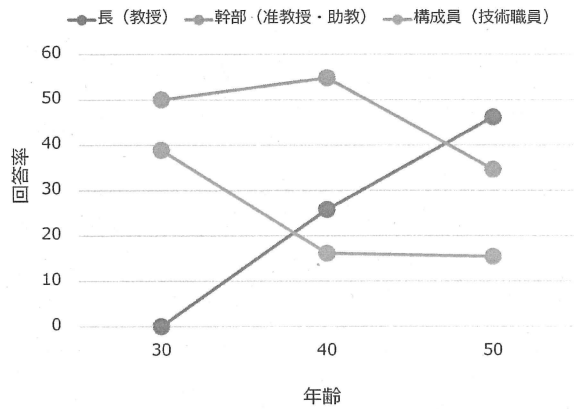


図11 職位の年齢分布

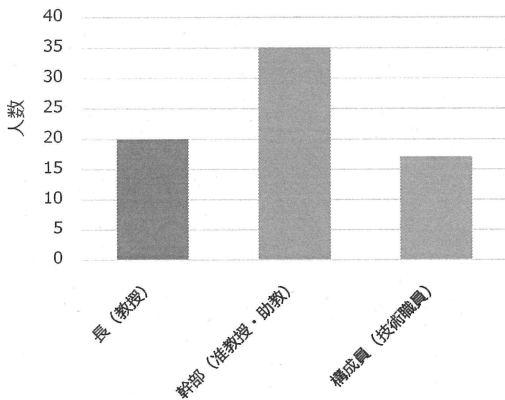


図10 職位

の常勤構成員(技術職員相当)がほぼ同程度であった(図10)。常勤構成員の割合は30歳代において多く、50歳代では組織の長の割合のみが増加した(図11)。

以上の結果に基づき考察する。

本学会の会員には40~50歳代の、いわゆる「働き盛り」の世代が多く、放射線管理業務を担当し、その基盤研究・技術となる放射線防護学・放射線安全管理学及び放射線計測・線量評価を守備範囲とする会員が多数を占める。また、教育、研究に加えて放射線管理業務に関わる大学関係者を筆頭に、複数業務をこなすオールラウンダーが多いように見受けられる。次の世代となる30歳代の会員も、その半数は放射線管理業務に就き、放射線防護学・放射線安全管理学を専門分野としており、この構成比率は他の世代と変わらない。興味深いことに、放射線計測・線量評価に関しては、むしろ30歳代が最も回答率が高かった。彼らは放射線管理区域内の業務だけでなく、東京電力福島第一原子力発電所事故を契機として環境放射線測定、被ばく線量評価などに関わり、研究領域と専門範囲を広げてきたのではないだろうか。

このような会員プロフィールからみて当然のこととし

て、第1種放射線取扱主任者を有する率は70%に達し、4学会平均を大きく上回る。その一方、博士取得者は30歳代の会員の取得率が極端に低いこともあり全体として60%で、平均(69%)を下回っている。職位の面でも、30歳代では必ずしも学位を必要としない技術職員の構成比率が高い。彼らの業務の研究的側面を支援し、発表の場を設け、学位取得やキャリアパスのためのインキュベーションの場を提供することは、本学会の重要な機能の一つである。そしてそれは、複合的、学際的、日常的な放射線安全の現場におけるノウハウを科学的に整理、公開、議論、体系化し、放射線安全管理学を確立することを目的とした本学会設立の主旨とも合致する。

過去、放射線障害防止法等に基づく放射線安全管理業務は、法令の解釈、許可申請、立入検査などでの「規制される側」としての上手な立ち振る舞いを良しとし、必ずしも若手に魅力ある仕事と映ってはいなかった。すなわち、科学になり得る一分野として成立していなかった。今回のアンケート結果から、それがどのように変化しているのかという点は明らかではないが、少なくとも、本アンブレラ事業に代表されるような、原子力規制庁の関わる安全研究や、オープンな対話機会の増加は、若手放射線安全管理学研究者の育成に大きく役立つであろう。また、それに応えられるだけの専門性と資格を有した若手会員も、決して減少はしていない。

実務における若手への技術、知識の伝承に関しては、年齢分布からみて十分な数の中堅、ベテラン会員が存在することから、彼らの暗黙知を形式知とし、的確な知識マネジメントが行われさえすれば、破綻なく進行するはずである。もちろん、そのための支援的な企画や情報発信も、今後、本学会には求められることになるだろう。むしろ、全国的な研究教育用の非密封放射性同位元素使用施設の減少により、若手がその能力を発揮する場がなくなるの方が、知識の伝承よりもクリティカルであるかもしれない。一方、大型加速器施設、特定放射性同

位元素使用施設、医療放射線施設などは増加する傾向にあり、さらにその安全管理の高度化が要求されている。長期的に見れば、放射線安全管理の業務スペクトルが変化していくことは明らかであり、それにアジャストした若手の育成が今後の大きな課題の一つであろう。

本稿はアンブレラ事業における平成31年度日本放射線安全管理学会報告書の一部を再編したものです。アンブレラ事業の全ての報告書は下記サイトより公開されています。

<http://www.umbrella-rp.jp/link.php>

巻頭言 放射線防護アカデミア —One teamになる

神田 玲子

Kanda Reiko

(国研) 量子科学技術研究開発機構



本号の特別企画が「スポーツと放射線」と伺い、巻頭言のテーマについて悩んでいたところ、放射線防護研究分野のネットワークについてではどうですか、とアドバイスをいただいた。「その心は」というと「One team」ということらしい。この「One team」とは「勝利という目標達成のため、人種や文化、キャリア等の違いを乗り越えて結束したチームになろう」というスローガンなのだそうだ。そこでやや面はゆいが、この流行語に便乗して、「放射線防護アカデミア（以下、アカデミア）」と「放射線防護アンブレラ（以下、アンブレラ）」についてご紹介させていただきたい。

「アンブレラ」は、量研、原子力機構、原安協が原子力規制委員会の委託事業内で構築している放射線防護関連機関のネットワークの名称である*。同委託事業では、アイソトープ総合センターをベースにしたネットワークも放射線教育と安全管理をテーマに活動している。放射線防護に関する課題の多くはその解決に分野横断的な検討が必要で、単独分野の研究で解決できるようなシンプルな課題は稀である。そこで、喫緊の課題をステークホルダーと共に解決しながら、専門家集団が自発的かつ学際的に放射線防護の科学政策から規制の反映に関わるための仕組みづくりを行っている。現在のアンブレラには、課題解決型ネットワークが2つあり、それぞれ、緊急時対応人材の確保と育成及び職業被ばくの個人線量管理に取り組んでいる。

アンブレラの中で、放射線防護関連の学術コミュニティ「アカデミア」は、課題の抽出や研究成果の規制への反映を担っている。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、保健物理学会が主な構成団体である。このアカデミアと課題解決型ネットワークが国内外の最新情報や問題意識を共有するために、1つの傘の下でプラットフォームを形成し、それぞれの団体の代表者から成る代表者会議が運営する—これがアンブレラの名の由来である。

近年、学会が細分化される一方、学会連合も次々と誕生しているが、アカデミアが目指すのは放射線防護の課題解決のための実務的組織である。お手本としているのは医療被ばく研究情報ネットワーク（J-RIME）である**。2010年に発足したJ-RIMEは、2015年に国内初の診断参考レベルを策定したが、線量の実態調査、医師・診療放射線技師・医学物理士らによる議論、国際機関の専門家からの助言等、策定に係る全プロセスが参加団体の自主的な取組みとして行われた。このJ-RIMEがOne teamになったのは、診断参考レベルを策定するという共通の目標があったことや、目標達成にすべての職種が不可欠であるとの認識が醸成されていたことによる。

アカデミアは、放射線研究のコミュニティに閉じており、かけ持ちの会員も多いことから、最初からOne teamかと思われた。しかし放射線安全規制研究の重点テーマを選定し、研究者不足について議論する中で、学会員の専門性や関心等に、学会間で違いがあることに改めて気づかされた。それは、合同の学術集会を開催するには望ましいが、合意形成にとってはWin-WinではなくNo dealになるかもしれない程度の差異である。しかしこの3年間、何一つNo dealになることなく、「線量の新概念の国内導入に向けた課題解決」を今後の目標として設定することができた。この解決には全参加団体の専門性が必要である。ここにきて、アカデミアはOne teamになる要件を満たしたのである。これには、学会からの代表者の方々の献身によるところが大きい。

アカデミアの持続的な運営のためには、委託事業期間内に1つでも多く成功体験を積み上げ、アカデミアの知名度と求心力を向上する必要があると心している。ぜひご指導ご鞭撻を賜りたい。

* 放射線防護アンブレラ事業については、<http://www.umbrella-rp.jp/index.php> を参照のこと

** 医療被ばく研究情報ネットワークについては、<http://www.radher.jp/J-RIME/> を参照のこと

令和3年度放射線安全規制研究の重点テーマ案について

令和2年11月20日

令和2年度放射線防護アンブレラ事業代表
量子科学技術研究開発機構 神田玲子

【令和2年度放射線防護アンブレラ事業での議論】

- ・今年度、放射線防護アンブレラ事業では、参加団体に重点テーマ案提案の依頼はしていない。
- ・一方、第13回代表者会議(令和2年8月20日)では、放射線審議会等の議論に関連した研究テーマについて、「規制からのニーズ」として情報共有を行った。
- ・今回のヒアリングに当たり、代表者会議メンバーにはメールで提案を求め(11月5日～9日)、プレゼン内容について意見を求めた(11月11日～15日)。

【提案内容】

- ① 新たに見つかった令和3年度に取り組むべき喫緊の課題について
 - 過去1年間の放射線審議会での議論から抽出された国際放射線防護委員会(ICRP)2007年勧告の国内法令等取入れに関する研究テーマ
 - (例1)「妊婦である放射線業務従事者に対する線量限度」を取り入れるにあたり、現行基準値(腹部表面の等価線量)と勧告の数値(胚/胎児に対する防護量)の関係性の整理が必要であり、放射線安全規制研究等での検討を期待されるととりまとめた。(放射線審議会第147回総会)
 - (例2)ICRPが自然起源放射性物質(NORM)の放射線防護に関する刊行物を公表したことを受けて、今後、放射線審議会ではNORMに関する考え方を整理するにあたり、NORMの利用や被ばくに関する国内の実態を把握することとした(放射線審議会第149、150回総会)
- ② 中長期的な視点から見て令和3年度に着手が望まれる課題
 - Science for Policy: 自然科学と社会科学との融合により、サイエンスを具体的な防護実務に結び付けるプロセスを確立する研究
 - (例1)サイエンスと防護実務を結びつける理解に向けた専門家、規制管理者、一般社会の間での対話の促進
 - (例2)過去において、防護方策に関する意思決定を行った事例におけるエビデンスやプロセスについて、特にステークホルダー関与の観点から検証し、防護方策に関する意思決定のプロセスの明確化や改善に資する研究(ケーススタディとしては食品の基準値等)。
 - 原子力防災:エビデンスに基づく放射線被ばく状況の迅速な把握や、防護方策の意義を説明するための研究
 - (例1)アクチノイド分析技術プラットフォームの形成:環境、廃炉関係廃棄物、汚染水、排泄物など様々な目的で行われている分析技術の横連携によるブレークスルー
 - (例2)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
 - 国際的な放射線防護課題の解決のための研究(例:Mines, Medicine, and Mars)
(特に若手の育成の観点を重視する)
 - (例)国際共同研究の枠組みにおける宇宙環境放射線の線量評価研究

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

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、放射線防護方針の決定に、**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貢献するためには、事前に「**情報共有**」「**連携の場**」「**協働関係**」の構築が必要である。
➢ 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	他学会の参画によるアカデミアの拡充	アカデミアの自発的政策提言や調査機能強化		
2. 課題解決型NWの立ち上げと運営	研究の重点テーマ提案	放射線防護研究の国内状況調査結果報告	新規NWを2つ設置	「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)	NWの自主運営の検討
	放射線防護アカデミアと協働して課題の明確化		緊急時対応人材確保の具体的な方策提案		個人線量の登録管理制度案とその展開を提案

各NWの具体的な成果
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、重点テーマ提案と共進、②放射線防護人材の調査、確保・育成の取り組み
緊急時対応放射線防護NW：既存のNWを通じて、緊急時様々な運動を行う専門家等のリスト化、知識・技術の習得方法や登録制の提案
職業被ばく(最悪化)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測定機関の認定の良質な運用・解釈の議論
収集した情報や検討結果は、放射線防護WG(2回)、研究推進委員会(3回)、線の水晶体の被ばく(最悪化)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
個別アカデミア/カカコの実用化、異なる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、学会共同委員会、学会主催（ベトナム）学会間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

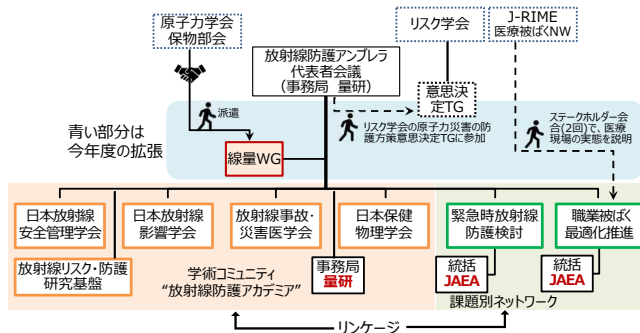
研究事業体制①

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	神田玲子（主任研究者） 若岡和輝（研究参加者） 山田 裕（研究参加者）	代表者会議 阪本武志(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(放射線リスク・防護研究学会)、高木隆子(放射線事故・災害医学学会)、中島 寛(放射線安全管理学会)、細井義夫(放射線事故・災害医学学会)、松田尚樹(放射線安全管理学会) 1)実効線量と実用線量に関するWG・岩間和輝(電研)、佐々木道也(電中研)、床次真司(弘前大)、橋本周(JAEA)、細井義夫(東北大)、保田浩志(広島大) 2)リスク学会・原子力災害の防護方策意思決定タスクグループとの連携
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） 吉野直美（研究参加者）	緊急時放射線防護検討ネットワーク 佐藤勝(原安協)、床次真司(弘前大)、松田尚樹(長崎大)、高澤晃(東電HD)、渡部浩司(東北大)、木内尚幸(JAEA)、住谷秀一(JAEA)、高崎浩司(JAEA)、石川 剛二(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) 2)放射線管理サブGr：主査は吉田忠義(JAEA) 3)個人線量評価サブGr：主査は高田千恵(JAEA)
1-(3)職業被ばくの最悪化推進に関する検討	吉澤道夫（分担研究者） 木内尚幸（研究参加者） 小野補政造（研究参加者） 合村嘉彦（研究参加者） 高橋 聖（研究参加者）	職業被ばく(最悪化)推進ネットワーク 1)国家線量登録制度検討グループ：阪本武志(東大)、伊藤孝夫(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：高澤晃(高総研)、壽藤紀道(鶴岡協)、社村直樹(JAEA)、中村吉貴(RI総合)、松野弘一(放射計)、橋本周(産総研) 3)ステークホルダー会合：上記に加え、J-RIME関係者が参加
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） 野村裕之（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） 若岡和輝（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	若岡和輝（研究参加者） 坂内定明（研究参加者） 渡辺遊人（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 山口部(放射計)、岡崎龍史(東工大)、酒井一夫(東医保大)、佐々木道也(電中研)、杉浦紳之(原安協)、田内 広(茨城大)、山口部(国保院) 1) 編集委員会(運用委員会以外) 石井伸昌(電研)、小野田真(電研)、勝野孝則(電研)、久保田善久(電研)、児玉嘉明(放影研)、立崎英夫(電研)、橋本周(九州大)、細谷純子(東大)、橋本 周(JAEA)、吉永信治(広島大)

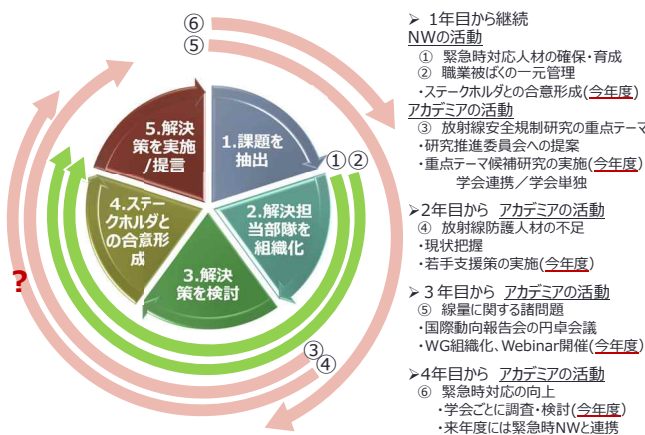
3

研究事業体制②

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1回、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。



今年度事業の概要①：事業の縦軸



今年度事業の概要②：事業の横軸

	課題解決側NW	放射線防護アカデミア				
	①緊急時人材確保	②職業被ばく一元管理	③重点テーマ研究	④防護人材の不足	⑤線量に関する諸問題	⑥緊急時対応向上
1. 課題を抽出					円卓会議のパネラー	アカデミア参加の各学会
2. 解決担当部隊を組織化	NW JAEAが主体	NW 関連機関から参加			代表者会議アカデミア外からも参加	代表者会議
3. 解決策を検討	NW	NW	代表者会議	代表者会議	線量NW	代表者会議
4. ステークホルダーの合意形成(相手先)	緊急時対応の現場	放射線管理の現場	アカデミア規制側	若手研究者各学会		
5. 解決策を実施/提言(実施者/提言先)	NW JAEA	原規委 厚労省	学会連携アカデミア外各学会	アカデミア各学会	原規委	原規委 関連省庁

アカデミア：安全管理学会、影響学会、事故・災害医学学会、保健物理学学会、PLANET
青字は来年度（最終年度）の主な活動

6

今年度事業の概要③:4年目の総括

事業4年目として

- アカデミアによる放射線防護の課題抽出から解決策の実施/提言までの全ステージを貫通。
- アカデミアの役割を果たす上で「情報共有・連携・協働の場」の実効性を検証。今年度はWebinar（情報集約）や他分野学会との連携（研究遂行）の有用性を確認。
- 規制側からの期待（採択時）であった「分野横断的な共同研究のゆりかご」としては、アカデミアの枠組みは機能している。
- 事業の項目別に代表者会議メンバーによる自己評価を実施
- ⇒個々の活動に意義があったとしても、学会間の専門性や考え方の相違、事業外で実施している同様のイベントとの重複、規制からの期待やニーズが不明確、といった指摘があった。



昨年度の評価委員会のコメントの反映

- 社会への発信
 - ⇒実効線量・実用量に関するWebinar全5回シリーズの開催、HPの充実
 - ⇒医療・原子力・リスクなど放射線防護に関与する学会の参加による放射線防護アカデミアの拡大
 - ⇒それと連携をばNW、実効線量・実用量に関するWG、重点テーマ候補研究のフォローアップに参加
- With/Postコロナとしての対応
 - ⇒5月時点で、アンブレラ主導のイベントは原則Web開催に変更して、イベント開催には影響なし
 - ⇒若手人材育成のための取り組みには影響あり
- 昨年度のアンケート結果に基づきWebによる進路等個別相談会を実施したが、利用者は1名のみ。国際機関が主催するイベントへの派遣者も選考されたものの、Web参加押しなべて防護人材の確保・育成については、各学会レベルでの活動の方が効果的。

進捗:実効線量と実用量に関する課題抽出と検討



- 論点の例
- 線量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

- 2020年度は、代表者会議の下部組織として、「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。

検討のための情報収集	
1) Webinar ⇒ 情報を広く共有 ⇒	1回目 10/30 線量の歴史的背景と意味合いー実効線量を中心としてー岩井幹 (JANSI)
2) 国際動向報告会	2回目 11/24 放射線リスクと実効線量 佐々木道也(電中研)
3) 学会の調査や提言、他団体からの情報提供	3回目 12/28 JCRU/ICRPが提案する新たな実用量と課題 小田啓二 (神戸大)
	4回目 1/25 確定的影響と生物学的効果比 (RBE) 保田志志 (広島大)
	5回目 2/22 医療に関わる領域での実効線量表記の問題点と課題ー線量に関するコミュニケーションの観点からー 福井義夫 (東北大)/ハネラー:3名

参加者の属性と傾向:
 ・1~4回の参加者は延べ715名、一度でも登録した者は全回の動画が視聴可能
 ・各国、大学・企業からの参加が半数以上を占める、一般からも多数が参加
 ・病院からの参加は1割弱だが、サイト率が最も高い

- 今年度のWGの活動
 - 実効線量と実用量に関する国際動向の把握/アンブレラ事業としての課題の整理
- 来年度の計画: 以下の提案をまとめる(ステージ3まで進める)
 - 国内規制に対して;新実用量を取り入れるために必要な検討や準備/研究現場に対して;規制ニーズのある研究国際機関に対して;日本から提供可能な情報(粒子線のRBE等)の取りまとめと発信

進捗:最新情報の共有と円卓会議

- 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
- 昨年度より、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

メインテーマは放射線防護の基礎となる放射線リスク評価に関する国際動向

- 目的: 昨年度は線量に関して日本が今後取り組むべき課題を整理した。今年度はリスクに関して取り組むべき課題を整理する
- 講演: 放射線防護に関連する代表的な国際機関 (ICRP、UNSCEAR、IAEA、OECD/NEA、NCRP) における最新の動向や議論の状況を報告
- パネルディスカッション: 最近の動向を踏まえ、今後、どのような知見が変更され、どう取り組んでいくべきかについて、研究・規制側からの意見交換
- 質疑応答機能を用いた一般参加者からの質問・コメントも受付



令和3年1月8日(金) 13:00~17:00
「Zoom」にて開催(参加者100名)

パネルディスカッションのテーマ	キーワード
低線量・低線量率のがんリスク評価	DDREF: 疫学と動物実験の差異、線量率効果と低線量率効果の区別
がんリスクの修飾因子	ゲノム編集による遺伝子改変、自然罹患率が増えるに世界共通する意味
子孫継承の線量評価とリスク評価	ICRPの線量評価手法の変更、ICRPとUNSCEARとの線量換算係数の違い
不確かさ、リスク推定とリスク予測	不確かさの原因の区別、その上で防護のための単純化、真の値の系統的追及
Graded approach、合理性、規制免除	ReasonablenessやWell-beingという概念
リスクコミュニケーション	線量やリスクを伝えるための手法開発と汎用性(誰向け、どの国にとって適当か)

来年度の計画: 議論の継続性のため、問題提起の段階で取りまとめ公表する(ステージ1に進める)

進捗:学会による放射線防護の課題抽出

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

学会の専門性と関心で具体的なテーマを選択

「海外の知見収集」
 確定的影響のRBEと線量評価
 ・文献調査による確定的影響の評価は、RBEで重み付けした吸収線量が適用されて、RBEで重み付けした見られ、動物実験から推定されたRBEの値は、被ばく条件により大きく変動することが確認された。

「海外の知見収集」
 海外の放射線防護の事故
 ・2000年以降のINESR5以上の事故の調査
 ・以下は重点的に調査: ①異常被ばく事故の線量評価方法、②IVR施設における水素発生事故、③放射線による事故事例、④作業中の放射線事故事例

「海外の知見収集」
 緊急時モニタリングの測定と体制
 ・福島事故前後の我が国のモニタリング体制や海外の拠点機関における動向を調査
 ・体制、環境/個人モニタリング情報収集と情報伝達、要員並にアジア圏内での緊急時モニタリングネットワーク構築の重要性、必要要件に関する課題を抽出

「国内の課題の調査・提言」
 大規模災害時の線量推定
 ・被災医療支援センターの準備状況、線量評価を行う人材育成、線量評価法の開発や改良に関する取り組みを調査した。
 ・体制上の課題は生物学的線量評価分野における人材不足や自施設での若手育成体制が不十分、線量評価法の課題は、生物学的線量評価分野のハイグループ解析の導入/実用化に向けた標準化や線量効果曲線の作成である。

「国内の課題の調査・提言」
 放射線防護の緊急時対応
 ・公開情報から原因を抽出し、予防可能な点の観点から分類し、予防策として十分な点を明らかにする。
 ・表示付認証機器の管理や事故時の情報公開など、十分な点が明らかになった。問題点に対する予防と適切な対応が、放射線防護の緊急時対応の修正を求めるとする。

「国内の課題の調査・提言」
 放射線防護文化醸成の仕組み
 ・安全文化を形成する人や施設ごとの特徴に着目し、我が国における放射線安全文化についての意識と実践に関する詳細な現状調査を行い、課題の抽出・整理を実施。
 ・海外動向調査アンケートも実施
 ・放射線安全文化の醸成に関連した、学会独自の認定制度、資格制度等の構築の可能性についても議論をする。

放射線影響学会 放射線安全管理学会 保健物理学会

今後、アカデミア参加4学会+緊急時NWによる巡回持ち回し査読

来年度の計画: 「放射線事故や原子力災害対応に関する提言」として取りまとめ(ステージ3に進める)

進捗:放射線安全規制研究の重点テーマのフォロー

I. 放射線の生物学的リスク研究 低線量/低線量率による放射線(電離)に関する調査研究 (影響学会と保健物理学会がH31に再提案)	原子力規制委員会との対応状況	フォローアップ
II. 放射線防護の基礎となる放射線リスク評価に関する調査研究 (影響学会と保健物理学会がH31に再提案)	原子力規制委員会との対応状況	フォローアップ
III. 放射線防護の基礎となる放射線リスク評価に関する調査研究 (影響学会と保健物理学会がH31に再提案)	原子力規制委員会との対応状況	フォローアップ
IV. 放射線防護の基礎となる放射線リスク評価に関する調査研究 (影響学会と保健物理学会がH31に再提案)	原子力規制委員会との対応状況	フォローアップ
V. 放射線防護の基礎となる放射線リスク評価に関する調査研究 (影響学会と保健物理学会がH31に再提案)	原子力規制委員会との対応状況	フォローアップ
VI. 放射線防護の基礎となる放射線リスク評価に関する調査研究 (影響学会と保健物理学会がH31に再提案)	原子力規制委員会との対応状況	フォローアップ
VII. 放射線防護の基礎となる放射線リスク評価に関する調査研究 (影響学会と保健物理学会がH31に再提案)	原子力規制委員会との対応状況	フォローアップ
VIII. 放射線防護の基礎となる放射線リスク評価に関する調査研究 (影響学会と保健物理学会がH31に再提案)	原子力規制委員会との対応状況	フォローアップ
IX. 放射線防護の基礎となる放射線リスク評価に関する調査研究 (影響学会と保健物理学会がH31に再提案)	原子力規制委員会との対応状況	フォローアップ
X. 放射線防護の基礎となる放射線リスク評価に関する調査研究 (影響学会と保健物理学会がH31に再提案)	原子力規制委員会との対応状況	フォローアップ

進捗:アカデミア外の学会との連携

- 代表者会議の活動への参加・協力
 - 実効線量と実用量に関するWGIC、原子力学会保健物理・環境科学部会からの推薦者がメンバーとしての参加 (R2~)
 - NWの活動への参加・協力
 - 職業被ばく(NW)、日本産業衛生学会からの推薦者が参加 (H30~)
 - 重点テーマ候補研究である「医療分野の職業被ばくにおける防護の最適化」の検討にあり、医療放射線防護関連のNW (J-RIME) に協力依頼→職業被ばく(NW)のステークホルダー会合に医療現場の専門家2名が参加 (R2)
 - 他学会の検討の場にアンブレラ関係者が参加
 - 重点テーマ候補研究である「防護措置の正当化、意思決定の最適化」自然科学と社会科学との融合: サイエンスと防護実践に結び付ける研究の検討にあり、リスク学会のタスクグループにアンブレラ関係者が参加。
- 来年度の計画: 引き続きアカデミア外との連携により、NWと線量WGのそれぞれが設定した課題に対し、提言の取りまとめを進める(ステージ3まで進める)
- リスク学会の原子力災害の防護方策意思決定タスクグループ(TG)

 - ・重点テーマ候補の「防護措置の正当化、意思決定の正当化」
 - ・原子力防災、医療、自然災害、社会影響等の専門家や非専門家も参加

> TGの活動内容:

 - 先般の原発事故を振り返り、防護方策の判断を正当性、広範囲でレイサビリティなどの要件に照らし合わせて評価する。他の災害の対応の判断や根拠を調査する

リスク学会年次大会 (11月) に企画セッション

 - ・テーマは、事故時の避難や除染に関するリスクオフとステークホルダー関与
 - ・原子力防災(行政、研究機関)、健康リスク管理(医師)、廃棄物処理分野の専門家による講演、福島復興の支援者や社会心理系の専門家がコメント。

個人ベースのNW化 (異分野との出会い、新たな共同研究グループ作) の良好事例
 規制側のニーズがあれば、異分野連携が進みやすい

進捗：若手人材の確保・育成

1. 国際的機関が主催するイベントへの若手の派遣（グローバル人材の育成）

- IAEA 主催の放射線安全に関する国際カンファレンス（2020年11月、ウィーン）に派遣する若手を選考 ⇒ 国際カンファレンスはWeb開催になり、**海外渡航は見合わせ**
- ただし、新型コロナと関係なく、これまで応募者は少なく、**若手の希望とはマッチしていない**。
- 以前よりも海外渡航補助制度が増えている中で、**アンブレラ事業で派遣を行う意義** ⇒ 事業として、**グローバル人材の育成を目指すか、すそ野を広げることが優先するか、代表者会議でも意見が分かれるところ**



2. コロナ禍でのWebによる進路等個別相談会の実施

- 昨年度のアンケート結果では、「〇〇について聞きたい」とのコメントが若手から多数あった
- 進学、就職、転職等に関する相談や質問に対応
- 相談者はアカデミア内に限らない、グループでもOK
- どんな人に相談したいかも指定できる
- アンブレラHPや学会のニュースでアナウンス/放射線教育に積極的な研究室8か所に直接連絡
- 相談者はアカデミア参加学会外から1人のみ ⇒ Webは初対面のコミュニケーションには向かず、受動的な活動向き。そもそも若手のニーズに合っていない。



3. 学会単位のイベントは好評

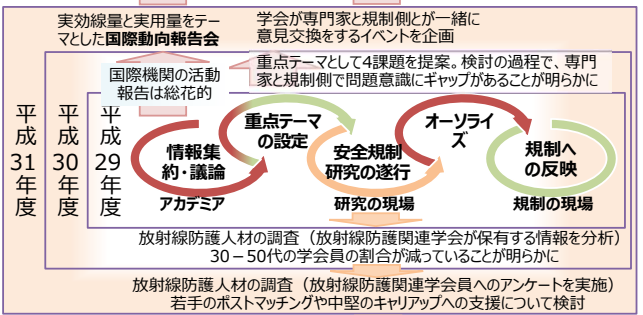
- 例）学生を含めた20代若手会員と中堅・シニア会員が、キャリアパスやポスト開拓に関して、オンラインのグループディスカッションを実施。若手から参考になったと好評（放射線影響学会の企画セミナー）

若手会員に対してニーズ調査（アンケート）は実施したものの、若手へは個別対応が中心となるため、合意形成はスキップし、アンブレラ事業で実施可能な方策を実施してきたが、いまだ若手のニーズに合った方策が見つかっていない。⇒（大学でなく学会でもなく）アカデミアができること、すべきことは何か、引き続き検討する

今年度事業の概要④：放射線防護アカデミアの活動

令和2年度

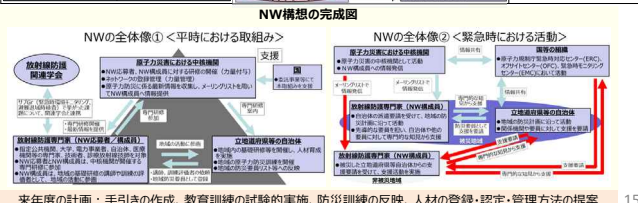
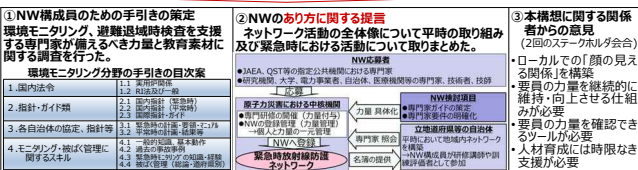
- 実効線量と実用量WGが検討開始
- 緊急時対応領域からテーマを選んで各学会が検討
- 重点テーマ候補研究の遂行を推進
- Webinarによる情報共有
- 防護アカデミア外との連携



若手人材育成のための取り組みを学会ごとに実施
国際的機関が主催するイベントへの若手の派遣

進捗：緊急時対応人材の育成確保

- 近年の問題意識：緊急時に、放射線防護分野の研究者/技術者、放射線管理員が、その専門性を生かして過剰な過剰で災害支援活動を展開するために、**平常時にどのような活動が必要か**
- 検討方針：施設のIAEAの原子力緊急時支援組織をコアとしてNWを形成し、NW構成員（=国内の放射線防護関係者）は防災対応に係る問題意識を共有し、改善に向けた活動を実践
- NW構成員の活動範囲：①環境放射線モニタリング、避難・避難後検査、その他放射線防護の技術的支援



来年度の計画：手引きの作成、教育訓練の試験の実施、防災訓練の反映、人材の登録・認定・管理方法の提案 15

進捗：職業被ばくの個人線量の一元管理

- 近年の問題意識：水の水晶の線量限度変更に伴い、特に**大学や医療など流動性が高く**、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**。
- 事業者（ステークホルダー）間の議論（合意形成）が進んでいない
- 線量が合算できるシステムだけでは解決できない問題も（医療従事者の線量計装着率の低さなど）
- 検討方針：①国の制度や現場の実態を考慮し、**既存システムでできるだけ活用**した実効性の高い方法を複数提案
- 事業者（ステークホルダー）間の議論（合意形成）が進んでいない
- 線量が合算できるシステムだけでは解決できない問題も（医療従事者の線量計装着率の低さなど）

制度	①国家線量登録機関による一括管理	②事業者設置機関による一括管理	③事業者設置機関による一括管理	④業界・分野別の管理（対象限定）
制度としての完全さ	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）	必要な者に限定、前座把握に難いが出る	必要な者に限定、業界の取り組みに強く依存
役割分担の明確さ	国が主導で実施する必要性が論点	基本機能の分担が明確	基本機能の分担が明確	管理制度が統一されないため、曖昧さが残る
費用負担	国の負担が大	受益者負担が明確、事業者の負担	受益者負担が明確、事業者の負担	管理方式に依存

今年度の進捗1：上記4制度案について意見聴取（保健物理学会第53回研究発表会、放射線安全管理学会第19回学術大会）
Web投票でのアンケート（放射線学会） 回答者：全70名（原子力分野：19%、研究教育機関：44%、医療：4%、その他：33%）
 賛成する制度案：①**国家一括54%**、②③事業者設置機関30%、④業界・分野別14%（回答者の属性の差なし）
主なコメント（両学会共通）としては
 ①**事業者の流動性や個人情報保護の観点、他国の状況が当て、国が実施すべき**。
 費用負担が課題。大学等では追加費用の負担は無理。
 今年度の進捗2：線量登録管理制度構築の進め方の議論
 理想としては、①国家の一括管理 ⇔ 実現に向けた関係者のコンセンサスは低い
 ・現実的な路線として、
 ステップ1: **将来関係を見据えながら④業界・分野別のシステム**を推進。原子力・除染分野は既存、大学は検討中、医療分野は今後ステップ2: **業界・分野を統一する形で、②事業者設置機関一括**（中央登録センターの拡大）か、①国家一括を目指す。
 来年度の計画：
 ・これまでの活動のまとめ、制度案と構築に向けてのアプローチ、ステークホルダー視点での課題の整理、**特にモチベーション、費用**
 ・今後の検討継続に向けた活動：**医療分野へのアプローチ**（検討結果が必要な性等の説明）、大学R1センター連携ネットワークの連携

今年度の成果

- 論文発表 7件
 - Wang, B., Yasuda, H. Relative biological effectiveness of high LET particles on the reproductive system and fetal development. *Life*, 10(11), 298 (2020)
 - 川口眞生 他. JHPS国際シンポジウム「トリウム問題をいかに解決すべきか - 国際的視点および社会的視点から見た放射線防護 - 保健物理」55(4), 173-182 (2020)
 - 松田尚樹、中島賢、放射線安全管理人材の確保・育成に関する現状把握の定期的調査結果報告書、日本放射線安全管理学会誌、19(2), 118-121 (2020).
 - 神田玲子、放射線防護アカデミアOne team になる。Isotope News 2020年6月号(No.769), 3 (2020)
 - 神田玲子、坂本志志、甲斐倫明、児玉靖典、小林純也、西井一夫、富永雅子、中島賢、松田尚樹、杉浦謙之、百瀬琢磨、吉澤道夫、放射線防護関連学会の合同アンケート調査で明らかになった人材確保・育成の課題、日本原子力学会誌ATOMOZ、(印刷中)
 - 神田玲子、本間俊充、高原省五、坪倉正治、太田政浩、川口眞生、加藤尊夫、原子力災害の防護方策の意思決定 - リスクレドオプティミズ - 関与・リスク研究 (印刷中)
 - 神田玲子、坂本志志、甲斐倫明、児玉靖典、小林純也、西井一夫、富永雅子、中島賢、松田尚樹、杉浦謙之、百瀬琢磨、吉澤道夫、放射線防護関連学会員へのアンケート調査の報告 - 緊急時対応人材に関する現状分析 - 日本放射線事故・災害医学学会誌 (投稿中)
- シンポジウムや学会セッション等の企画 5件
 - 国際シンポジウム「トリウム問題をいかに解決すべきか?」日本保健物理学会第53回研究発表会 (Web)、2020年6月29日
 - 企業シンポジウム「放射線防護の環境意識の醸成 - 職業被ばくの個人線量管理と緊急時対応人材の確保 -」、日本放射線安全管理学会第53回研究発表会 (Web)、2020年6月29日
 - 企業セッション「緊急時対応人材の育成のネットワーク事業」、日本放射線安全管理学会第19回学術大会 (Web)、2020年12月10日
 - 企業セッション「職業被ばくの一元化のネットワーク事業」、日本放射線安全管理学会第19回学術大会 (Web)、2020年12月10日
 - 企業セッション「若手研究員」(放射線防護に関する研究紹介)、日本放射線安全管理学会第19回学術大会 (Web)、2020年12月11日
- 研究会等でのプレゼン 2件
 - 神田玲子、放射線安全規制戦略の推進事業(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)の構築に関する国際動向報告会の開催について、放射線防護学会第149回総会、2020年7月17日
 - 神田玲子：令和2年度放射線安全規制研究の推進事業について、令和2年度第1回研究推進委員会、2020年11月20日
- 特記事項
 - 放射線防護に関する国際動向報告会（Zoomウェビナー）によるライブ配信を、令和3年1月8日に開催。参加者は110名であった。「放射線防護の基礎と応用」に関する国際動向報告会というテーマに基づき、放射線防護に関連する代表的な国際機関（ICRP、UNSCEAR、IAEA、OECD/NEA、NCRP）における最新の動向や議論の状況について、関係者同士の議論を深め、アンブレラ関係者に情報共有できた。
 - 2020年10月～2021年2月にかけて、**実効線量と実用量に関するWebinar全5回シリーズ（1時間の講演と30分の質疑）**を開催した。開催日テーマは、第1回「線量の単位と線量率と線量率中心として」（講師：岩井敏夫）、第2回「放射線リスクと実効線量」（講師：佐々木道也氏）、第3回「ICRU/ICRP提案する新たな実用量と線量」（講師：小田啓二氏）、第4回「線量の影響と生物学的効果（RBE）」（講師：保田浩志氏）、第5回「医療に用いられる線量計の線量率と線量率中心として」（講師：小田啓二氏）の5回シリーズであった。

自己評価

評価の視点	自己評価	コメント
事業全体	2 概ね計画どおり	①課題抽出から解決策の実施/提言までの全ステップを貫通し、医療・原子力・リスク分野の学会と連携して検討の幅を広げ、③全5回シリーズのWebinarを開催して社会への発信力を高めるとともに、コロナ禍で計画通り実施した。
	1 必要ない	最終年度であること意識し、アカデミア内の合意による自発的政策提言や調査の結果を取りまとめるとともに、情報共有・連携・協調のプロセスを定着する。2つのNWは、最終ステップとして、「解決策の実施」あるいは「解決策を実施すべき主体への提言」を行う。
緊急時対応人材	2 概ね計画どおり	環境モニタリング、放射線管理、個人被ばく線量測定分野別、専門家の要件（人材ベクトル）の明確化、かつ事業の推進、アンケート調査によるプラットフォームの把握を行った。平常時および緊急時のNW活動についてステークホルダーの意見聴取を経験でき、役に立った。
	1 必要ない	事業最終年度には、原子力防災を支援する放射線防護関係者のための手引きの作成をして教育訓練の試験的実施を行うとともに、防災訓練に反映する。また防災体制を支援する専門家ネットワークのあり方に関する提言として、人材の登録・認定・管理方法の提案を行う。
職業被ばくNW	2 概ね計画どおり	実現可能性のある線量管理の制度案を複数検討し、その結果を保健物理学会及び未放射線安全管理学会で発表し、ステークホルダー等と議論した。また、登録すべき線量等の情報、職業被ばくの分類等についての文献調査結果をもとに検討を進めた。
	1 必要ない	事業最終年度として、線量登録制度構築に向け、ステークホルダーへの説明・対話（特に線量分野の関係団体等）を通して課題の整理を進め、検討結果のとりまとめ（制度構築に向けた提言）を行う。
国際動向報告会	2 概ね計画どおり	本年度は議論のテーマを「放射線リスク評価」に絞り、幅広い分野の専門家間で横断を刺した議論を行った。その成果、過程をアンブレラ関係者に情報提供でき、当初の計画は満たされた。
	1 必要ない	今年度はライブ会場となったことから、参加者がの質問を全て拾うことはできなかった。専門家間の議論を円滑にすすめるという目的をむかえ前に押し出すか、Q&Aを含めて議論する場合は、テーマ選定の兼ね合いで検討する。

●研究費使用実績：契約額は23,430,591円に対し、予算執行予定額は計画額の92%。
 ・5月にはアンブレラ事業のイベントは原則Web形式にすることを決定し、旅費の多くをWeb会議の費用に変更する契約変更を行った。

放射線安全規制研究戦略的推進事業費

[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]事業

令和 2 年度 事業成果報告書

令和 3 年 3 月

国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構

本報告書は、国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構が実施した「令和2年度放射線安全規制研究戦略的推進事業費[染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]事業」の成果を取りまとめたものです。

目次

1. 背景と目的	4
2. 研究の概要(令和2年度の成果)	8
3. 令和3年度の展望	9
4. 成果発表	10
5. 文献	13
6. 資料	
6-1. 事業概要資料	15
6-2. 研究計画書	16
6-3. 研究会合 実施報告	19
6-4. 画像検討会合 実施報告	24
6-5. 学会報告	34
6-6. エルピクセル株式会社概要	35

1. 研究の背景と目的

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。特に、二動原体染色体異常[参考図1]の生成頻度に基づく分析法(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[文献1, 2, 3]。実際に、旧・放射線医学総合研究所、現・量子科学技術研究開発機構(以下、量研機構)では東京電力福島第一原子力発電所事故(2011年)で緊急時作業員の線量評価を実施し、被ばく医療に貢献した[文献4]。

二動原体染色体異常の生成頻度は個人差が小さく、かつ、バックグラウンド値が非常に低い(1000メタフェーズ当たり0~1個)。このため、直近の放射線被ばくの影響を反映するといえる。メタフェーズ1個当たりの二動原体頻度はポアソン分布にしたがうため、観察すべきメタフェーズ数は線量が低いほど大きくなる。患者1人につき、1000メタフェーズまたは二動原体染色体100個以上を観察することが国際的に推奨されて、さらに、患者1人につき、2名以上の染色体検査担当者によるブラインドテスト形式で染色体異常検出をすることが推奨されている[文献1, 2, 3]。

2010年頃までには、血液検体から染色体画像を作成するまでの過程が、装置の自動化により高速化された。染色体画像の解析自動化の開発は、この10年で、画像解析条件のパラメータを人間が設定する従来型の機械学習法によって行われてきているが、今なお実用段階には無い。具体的には、顕微鏡画像解析の自動化[文献5, 6, 7]や、フローサイトメトリーにCCDカメラによるフロー撮影を結びつけた検出と解析の迅速化[文献8]が試みられている。

画像判定は依然、検査者の目視観察によっているのであるが、患者1人当たりの判定に高度熟練者で実質30時間にかかる。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ることが知られている。長年、国際的に訓練が実施されてきたが、染色体異常の判定基準のラボ間・検査者間の変動が未だに大きいのである。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といえる。

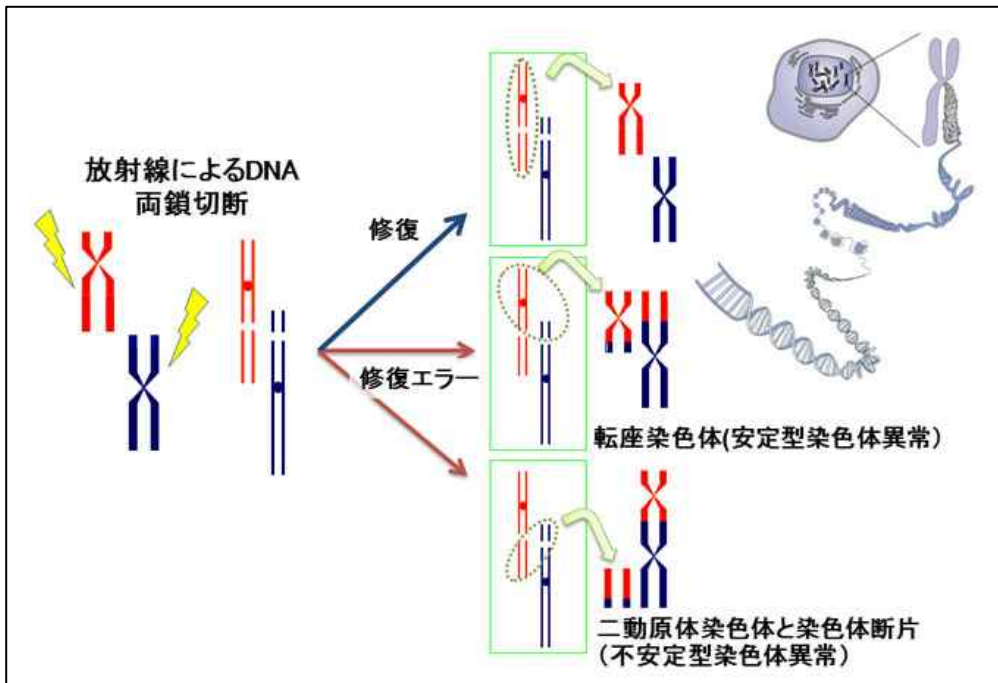
一方、近年、分子細胞遺伝学の発展により染色体の染色方法の選択肢が増えた。並行して人工知能(以下、AI)による画像識別手法の開発には目覚ましいものがある。

主任研究者らはフィージビリティ・スタディとして染色体画像判定におけるAI導入の有効性検証を行い(平成30・31年度放射線安全規制研究推進事業、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)、この分野での先鞭をつけた。染色体線量評価において、AI利用による染色体画像判定アルゴリズム開発が非常に有望であることが示唆されたのである[参考図2, 3]。重要かつ特徴的なのは、ゲノムの塩基配列の相同性に基づいて動原体領域を短時間で染め分けることのできる、蛍光標識ペプチド核酸(peptide nucleic acid, PNA)プローブを用いた蛍光 *in situ* ハイブリダイゼーション(fluorescence *in situ* hybridization, FISH)法(以下、PNA-FISH)[文献9]を併用することで、主観や習熟度の差に影響されない、しかも効率の良い、正確な教師画像データを作成することに成功したことである[参考図2]。

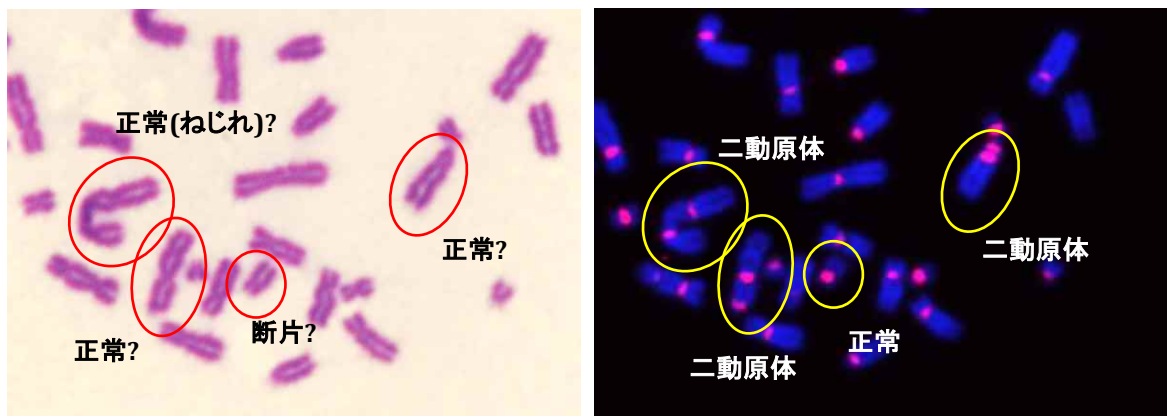
以上の背景をふまえ、本研究では2か年で、AI技術のひとつである深層学習法を基盤とした染色体画像自動判定モデルの開発を目標とした。本事業で開発するモデルは、量子科学技術研究開発機構の基本モデルとし設置する。これにより、トリアージのための線量評価の画像判定が1検体につき約10分以下で可能となる。加えて2年目後半には、汎用化に向けて、様々な品質の画像に対応するための技術検討、および、他機関での利用を容易にするギムザ染色画像の適用やアプリケーション化のための技術検討を行う。

AIによる画像識別の開発では、学習用の正解付き画像(以下、教師データ)の正確さと作成者の高い信頼性が最重要視されている。主任研究者らは染色体技術について国際的に高い評価を得ており、また量子科学技術研究開発機構(以下、量研)は国立研究機関として設備や人材の完備・維持がなされることから、長期間安定して信頼性の高い開発モデルの運用・管理・性能向上が提供できる。

研究に当たっては、主任研究者が中心となって画像データを作成し、AIの医用画像解析利用で高い実績のある外部機関と共同でモデル開発を行う。その評価・検討においては諸分野の専門家の協力を得る。人由来試料から取得した画像ファイルを利用するため、倫理委員会承認手続き・試料提供者同意取得確認等を行った試料を用いる。



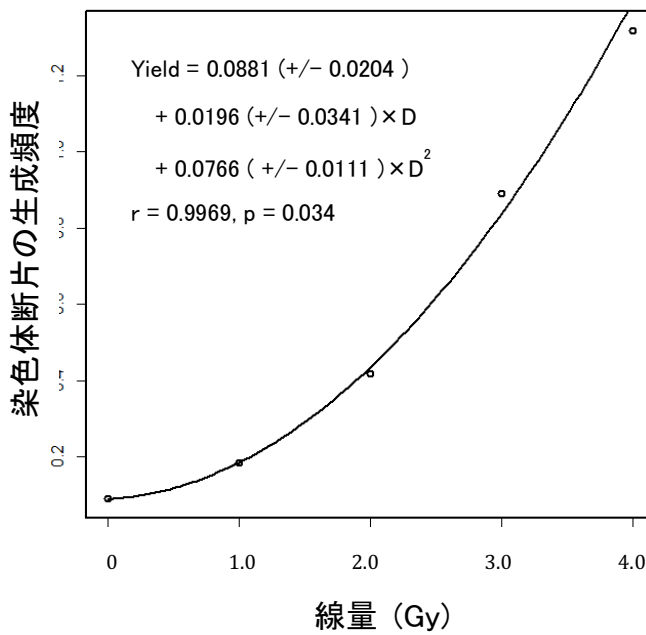
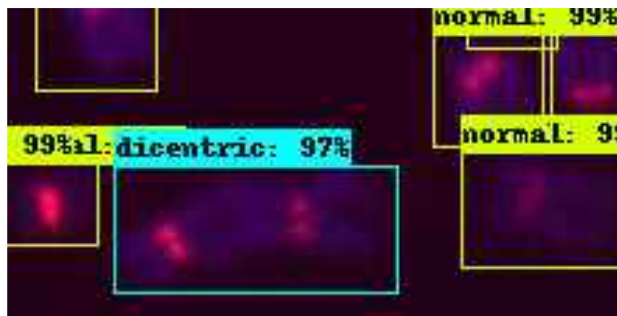
参考図1. 放射線被ばくによる染色体異常の生成
(QST e-learning を改変)



参考図2. 同一メタフェーズの部分図

ギムザ染色像(左)とPNA-FISH像(右)。PNA-FISHを用いれば、ギムザ染色より正確に染色体異常の判定ができるため、正確な教師画像が作成できることを示している。

注:「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。



参考図3. AI 自動画像判定によりメタフェーズ(上)(部分表示)から検出された染色体断片を指標とした検量線(下)

dicentric: 二動原体; normal: 正常; %表示: 確度。染色体断片を指標にすることができれば、二動原体染色体を指標とした場合より精度が高い可能性が示された。

注:「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。

2. 研究の概要(令和2年度の成果)

本研究では、2か年で、染色体異常を指標とする被ばく線量評価において、染色体異常の画像判定の標準化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の基本モデルとする。(なお、令和3年度には他機関での使用を考慮した汎用化に向けた技術検討も行う。)AIの導入により、画像判定が1検体につき約10分で可能となることが期待できる(コンピュータ並列化等によりさらに短縮される見込みである)。大規模放射線事故での多検体トリアージ診断支援の大きな力となる。

フィージビリティ・スタディでは、染色体画像判定におけるAI導入の有効性検証を行い、染色体線量評価において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強く示唆された。令和2年度(1年目)は、まず、フィージビリティ・スタディで示唆された線量評価の指標となり得る染色体異常について検証し、利用条件を明らかにした。次に、研究計画書[7.資料:7-2参照]にしたがい、成果を得た。

1)線量評価の指標となる染色体異常の条件を明らかにした。

- ・1回目分裂細胞の二動原体染色体
 - ・1回目分裂細胞の染色体断片(世界で初めて証明)
- (以上、Y. Suto et al., 2021, in press)[文献10]

2)AIのアルゴリズムを開発した。(令和3年度継続)

- ・PNA-FISH画像を作成した(令和3年3月現在、13,197枚)。
- ・2020年7月のAI学習モデルと人の目視観察の成績を比較した。
- ・アルゴリズムのさらなる検討・開発を進め、各種評価値が向上した。

3)同一標本でギムザ染色とPNA-FISHを行う技術、および同一細胞のギムザ画像とFISH画像のマッチング技術を確立した。

- ・ギムザ画像とPNA-FISH画像を作成中(1,700組)(令和3年度継続)。
- ・2)で必要なPNA-FISH画像を増やすことに資するだけでなく、次年度の汎用化検討においてギムザ画像・PNA-FISH画像ともに使用可能である。

3. 令和3年度の展望

本研究は、フィージビリティ・スタディの成果をもとに、染色体異常を指標とする被ばく線量評価において、染色体異常の画像判定の標準化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ものである。本事業で開発したモデルは、量子科学技術研究開発機構の基本モデルとし、次年度には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う。令和2年度(1年目)は、以下の4項目を推進し、良好な成果を得た。

1)フィージビリティ・スタディで示唆された染色体断片の有用性について、正式に染色体断片が線量評価の指標として使用できることを証明し、使用条件を明らかにした。

- ・二動原体、染色体断片ともに、1回目分裂細胞のみを利用すべきであることを明らかにした。以上の結果はAIによる画像判定に適用する。

2)PNA-FISH画像を精査し、AIによる画像判定により適した教師画像およびテスト画像を作成した(次年度も継続する)。

3)4つの学習アルゴリズムモデルを用いて改良と検討を重ね、PNA-FISH画像に対する染色体の検出、分類ともに性能を向上させることができた。

- ・特に、二動原体染色体の検出性能は大幅に向上した。次年度も、各アルゴリズムの正解画像・不正解画像を検討し、継続する。

4)同一細胞のPNA-FISH画像とギムザ染色画像を作成する技術および画像マッチング技術を確立した。

- ・現在、教師画像、テスト画像を作成中である。

AI画像判別による線量評価法の開発においてはPNA-FISHとギムザ染色(ないしDAPI染色)の組合せの手法を優先し、今後一層推進するとともに、本手法の他機関への実戦配備が可能となるよう、検討を急ぐ。

一方、ギムザ染色のみの画像を使った AI による自動判定は、さらなる継続研究として実用性を検討したいと考える。

4. 成果発表

4-1. 原著論文

- 1) Yumiko Suto, Takako Tominaga, Miho Akiyama, Momoki Hirai: Revisiting Microscopic Observation of Chromosomal Aberrations in Cultured Human Peripheral Blood Lymphocytes at the Second Mitotic Division after Gamma Irradiation In Vitro. *Cytologia* 86(1), 2021, in press. (令和 3 年 3 月刊行予定)

(補足)

[著者] 数藤由美子、富永隆子、穂山美穂（以上、研究参加者）、
平井百樹（研究協力者）

[概要] ガンマ線照射したヒト末梢血から得たリンパ球の第 2 回目分裂における不安定型染色体異常を、FISH 法による顕微鏡観察に基づいて精細に調べた。その結果、第 2 回目の体細胞分裂中期細胞において重複した染色体断片を観察した。このことは、過剰な染色体断片をもつ細胞が不均等分裂によって生じ、生存していることを示す。さらに、非同調的複製によって生じたと考えられる変則的な形態をもつクロマチン構造物の存在が、本研究により初めて明示された。今後の研究により、ヒトのリンパ球で生じた不安定な染色体異常をより良く理解することができると期待される。また、本研究で得られたデータは、AI を導入した先進的な染色体線量評価法が実装される際のレファレンス・データとして有用となる。

4-2. 招待講演

(本研究および前事業フィージビリティスタディの両方の成果を含めて発表した)

- 1) Yumiko Suto: Cytogenetic biodosimetry of radiation accidents. Symposium 17:
Biodosimetry, Radiation Research Society's 66th annual meeting. (2020年10月
20日、ウェブ開催)

(補足)

[発表者] 数藤由美子

[概要] Symposium 17: Biodosimetry

Abstract:

Cytogenetic dose assessment is based on the fact that the exposure dose correlates with the chromosome aberration yield. A dose-response curve can be prepared beforehand by *in vitro* irradiation of peripheral blood samples and subsequent chromosome analysis. By applying the chromosome aberration yield of a patient to the curve, one can estimate the exposure dose. Because more than 1,000 metaphases have to be scored in cases of lower doses exposure, collaboration among laboratories and automation of analysis are necessary to support medical triage in radiation accidents with mass casualties.

In the Symposium 17, activities of QST Biodosimetry Group in radiation emergency medicine will be demonstrated.

- Overview of the activities: donors received at QST (late NIRS) hospital in the past 66 years.

(1) QST biodosimetric strategy

(2) Case report: Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident (2011)

(3) Ongoing research projects for mass-casualty accidents/incidents:

- Development of metaphase image analysis system using Deep Learning.
- Assessment of the potential usefulness of lymphocytes cryopreserved for one to 15 years.

- 2) Yumiko Suto: Effective utilization of biodosimetry at Fukushima Daiichi Accident. Webinar: Biodosimetry: from fundamental science to practical application in response to nuclear and radiological safety or security related

emergencies. (Incident and Emergency Centre, IAEA, 2020年10月15日、ウェブ開催).

- 3) 数藤由美子: 放射線被ばくによる染色体異常. 第27回 臨床細胞遺伝学セミナー.(日本人類遺伝学会、ウェブ開催、2020年10月16日～11月1日配信)

4-3. 参考業績(国際的評価)

- 1) 国際標準化機構 ISO WG-18(生物線量評価ワーキンググループ)、2020年11月会議にて、本研究事業の予備研究である令和元年度放射線安全規制研究戦略的推進事業の成果論文を米国委員が採り上げ、議題となった。手順書 19238 および ISO 21243 の次回改訂において採用する方向で検討に入った(各国ラボで追試中)。

*Yumiko Suto, Takako Tominaga, Miho Akiyama, Momoki Hirai: Cytogenetic Examination of Human Peripheral Blood Lymphocytes Cryopreserved after Gamma Irradiation: A Pilot Study. *Cytologia* 85(1): 71-77, 2020. [文献11]

- 2) 図説提供(本研究事業関連の染色体技術による)

- (1) Genetik, 7th Ed. Springer, Germany (2021, in press, 3月刊行予定)
(ISBN 978-3-662-60909-5).
- (2) BBC Horizon, BBC, UK. (使用許可期間 2020年～2030年)

5. 文献

- [1] International Atomic Energy Agency (IAEA). Cytogenetic dosimetry: Applications in preparedness for and response to radiation emergencies. Vienna: IAEA Publications. 2011.
- [2] ISO 19238: Radiological Protection – Performance criteria for service laboratories performing biological dosimetry by cytogenetics. Geneva: International Organization for Standardization (ISO) TC 85/SC 2; 2004.
- [3] ISO 21243: Radiation Protection – Performance criteria for service laboratories performing cytogenetic triage for assessment of mass casualties in radiological or nuclear emergencies - general principles and application to Dicentric Assay. Geneva: ISO TC 85/SC 2; 2008.
- [4] Suto Y, Hirai M, Akiyama M, Kobashi G, Itokawa M, Akashi M, Sugiura N. Biodosimetry of restoration workers for Tokyo Electric Power Company (TEPCO) Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident. *Health Physics* 105: 366–373, 2013.
- [5] Gruel G et al. Biological dosimetry by automated dicentric scoring in a simulated emergency. *Radiation Research* 179(5): 557–569, 2013. doi: 10.1667/RR3196.1.
- [6] Romm H et al. Automatic scoring of dicentric chromosomes as a tool in large scale radiation accidents. *Mutation Research* 756: 174–183, 2013. doi: 10.1016/j.mrgentox.2013.05.013.
- [7] Rogan PK et al. Radiation Dose Estimation by Automated Cytogenetic Biodosimetry. *Radiation Protection Dosimetry* 172: 207–217, 2016. doi: 10.1093/rpd/ncw161.
- [8] Beaton LA et al. Analysis of chromosome damage for biodosimetry using imaging flow cytometry. *Mutation Research* 756: 192–195, 2013. doi: 10.1016/j.mrgentox.2013.04.002.

[9] Yumiko Suto, Takako Tominaga, Miho Akiyama, Momoki Hirai: Revisiting Microscopic Observation of Chromosomal Aberrations in Cultured Human Peripheral Blood Lymphocytes at the Second Mitotic Division after Gamma Irradiation In Vitro. *Cytologia* 86(1), 2021, in press. (令和3年3月刊行予定)

[10] Suto Y, Hirai M, Akiyama M, Suzuki T, Sugiura N. Sensitive and Rapid Detection of Centromeric Alphoid DNA in Human Metaphase Chromosomes by PNA Fluorescence In Situ Hybridization and Its Application to Biological Radiation Dosimetry. *Cytologia* 77: 261–267, 2012.

[11] Yumiko Suto, Takako Tominaga, Miho Akiyama, Momoki Hirai: Cytogenetic Examination of Human Peripheral Blood Lymphocytes Cryopreserved after Gamma Irradiation: A Pilot Study. *Cytologia* 85: 71–77, 2020.