

「放射線リスク・防護研究基盤準備委員会」報告書について

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(以下放医研)は、放射線防護や低線量放射線影響研究に係る専門家により構成され、低線量・低線量率放射線リスク評価の不確実性改善に向けた研究戦略を提案し、研究者間の連携を支援する事を目的とした「放射線リスク・防護研究基盤」(以下研究基盤)の設立に必要な準備を行うための準備委員会を設置しました。

本準備委員会は、放医研所長の諮問に応じて審議し、本報告書にまとめて答申しました。以下にその概要を示します。また、本報告書は放医研により設置された評価委員会により評価を受けました。

(1) 準備委員会審議事項

- 1) 解決すべき科学的研究課題を抽出し、課題解決に向けたロードマップを策定すること。
- 2) 研究戦略や課題優先度の検討等、研究基盤に求めるべき機能を整理すること。
- 3) 研究基盤構築に必要な体制を検討すること。
- 4) その他、研究基盤に関する一般的事項。

(2) 委員会構成員

1) 準備委員会委員

甲斐 倫明(委員長)	公立大学法人 大分県立看護科学大学 看護学部
小笹 晃太郎	公益財団法人 放射線影響研究所 疫学部
鈴木 啓司	国立大学法人 長崎大学 原爆後障害医療研究所
田内 広	国立大学法人 茨城大学 理学部
保田 浩志	国立大学法人 広島大学 原爆放射線医科学研究所 放射線影響評価研究部門 線量測定・評価研究分野
横山 須美	藤田保健衛生大学 医療科学部
杉原 崇	公益財団法人 環境科学技術研究所 生物影響研究部 分子生物学グループ
岩崎 利泰	一般財団法人 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

今岡 達彦	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 放射線影響研究部 幹細胞発がん研究チーム
-------	---

2) 評価委員会委員

丹羽 太貴	公益財団法人 放射線影響研究所
草間 朋子	東京医療保健大学
中西 準子	国立研究開発法人 産業技術総合研究所

(3) 委員会開催実績

第1回放射線防護・リスク研究基盤準備委員会(平成28年7月26日)

第2回放射線防護・リスク研究基盤準備委員会(平成28年9月26日)

第3回放射線防護・リスク研究基盤準備委員会(平成29年1月24日)

第1回放射線防護・リスク研究基盤評価委員会(平成29年3月27日)

(4) 研究基盤の目的

- ・関連する国内組織・研究者・専門家が結集し、放射線規制の基礎となる影響、リスク、防護に関する情報の収集・分析を行い、広く国内外に発信すると共に、原子力規制委員会等関係機関に提供しその活動を支援する。
- ・低線量・低線量率放射線リスクの定量評価のための詳細な研究課題について整理し、トップダウン方式を取り入れて目的達成に向けた課題を明確化し具体的な戦略を提案する。

(5) 研究基盤の機能

- ・放射線リスクに関する情報を国内外より集約し、リスクおよび防護に関する考えをまとめ報告書として発信する。
- ・行うべき研究課題及びロードマップについて検討を加えアップデートする。
- ・長期的に取り組むこととして共同研究の支援、および人材活用・育成を支援する。

(6) 優先的に取り扱う研究課題

- 1) リスク評価のために適切にデザインされた低線量・低線量率放射線の疫学研究

- 2) 低線量・低線量率放射線のリスク評価のための機構解明
- 3) 動物実験データを疫学研究での解釈に用いるための橋渡し
- 4) 年齢、性、遺伝素因、ライフスタイルと放射線との関連
- 5) ネガティブデータを含むデータ収集とデータベース化(アーカイブ化)

(7)研究基盤の体制

- ・運営委員会を設置し、放射線影響、リスク、疫学、防護の関連研究機関、大学、学協会、国・規制機関、一般社会等様々なステークホルダーが参画できるオープンでオールジャパンの体制を構築する。この体制は、放射線関連分野のみならず他分野の専門家も含み、学際的で多面的な課題検討が図られるようにする。
- ・具体的課題については運営委員会の下に分科会を設けて検討する。
- ・研究基盤の実務的な活動の窓口として量子科学技術研究開発機構放射線医学総合研究所が事務局を担当する。

(8)研究基盤の活動がもたらす効果

- ・規制機関等による、より合理的で科学的な放射線規制施策や行政施策の実施。
- ・低線量・低線量率放射線の健康影響に関する研究の効率的な進展と新たな知見の創出。
- ・一般社会における放射線に対する理解の深化と、誤解や偏見および混乱のないリスクコミュニケーションへの寄与。
- ・国内の規制機関、研究機関、及び一般社会との連携の強化、国外の規制機関や研究機関との連携も深めることによりわが国だけでは解決できない課題への取り組みの促進。
- ・共同研究や研究協力による放射線リスク・防護分野の人材育成の促進。

以上

放射線リスク・防護研究基盤準備委員会報告書

平成 29 年 3 月 31 日

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

放射線リスク・防護研究基盤準備委員会

目次

要旨

1 章 背景及び本報告書の意義	3
1－1 東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえて	6
1－2 海外の状況	6
1－3 国内の状況	7
1－4 「放射線リスク・防護研究基盤」の必要性と本報告書の意義	7
2 章 研究課題の抽出	9
2－1 既存の報告書について	9
2－2 現状及び問題点	11
2－3 推奨項目と今後の取り組み方	12
3 章 放射線リスク・防護研究基盤に要求される機能と体制	16
3－1 これまでの「プラットフォーム」に係る報告	16
3－2 「放射線リスク・防護研究基盤」の機能のあり方	21
3－2 「放射線リスク・防護研究基盤」の実施体制のあり方	22
3－2 「放射線リスク・防護研究基盤」のあり方（総括）	23
4 章 まとめ	26

参考資料

1. これまでの検討例
 - 1－1 国外の状況
 - 1－1－1 欧州の動き
 - 1－1－2 米国の動き
 - 1－2 国内の状況
2. 主な低線量・低線量率放射線影響研究の概要
 - 2－1 低線量・低線量率放射線疫学論文
 - 2－2 生物学的放射線作用機序に関する報告書
3. 日本放射線影響学会第 59 回大会 ワークショップ概要

審議経過

名簿（準備委員会委員、評価委員会委員、事務局）

要旨

放射線リスク・防護研究基盤準備委員会は、放射線リスク・防護研究基盤（以下研究基盤）の設立に向け、研究基盤で優先的に取り扱う研究課題や研究基盤の機能および体制等について審議した。以下にその概要をとりまとめた。

1. 研究基盤の必要性

現行の放射線防護の基礎にあるリスク評価は原爆被爆者の疫学調査を基礎にしたものである。疫学研究の成果だけでは統計的な限界から 100mGy 以下の低線量リスクを定量的に評価することは難しく、疫学研究を補完すべき放射線生物研究においても、これまでに基礎研究の分野として多くの研究成果は得られているものの、ヒトの低線量・低線量率放射線被ばく（約 100mSv 以下、20mSv/年以下の被ばく）によるリスク評価に直接的に結びつくような成果は十分には得られていない。東京電力福島第一原子力発電所事故以後、低線量・低線量率放射線被ばくが現実的な社会問題となった現代において、低線量・低線量率放射線被ばくの規制のあり方やその社会的な合意の基礎となるリスク評価がこれまで以上に求められている。

日本において独自に放射線影響・防護に関する情報をまとめ、評価し問題点を抽出したうえで、解決方策を企画する役割を持つ研究基盤（プラットフォーム）の構築について、放射線影響・防護研究に携わる研究者、学会、旧原子力安全委員会などにおいて長年検討されてきたところである。そのさなかに東京電力福島第一原子力発電所事故が発生し、低線量・低線量率放射線の健康影響に関する正確な情報の不足や混乱したリスクコミュニケーションによる不安が一般市民を含む社会問題となった。一般市民や放射線作業員で起こりうる可能性が高い低線量・低線量率放射線被ばくのリスクを正しく理解し、放射線防護規制に活かすことは重要な課題である。よって、低線量・低線量率放射線被ばくリスクに関する情報を収集・分析し、その科学的知見を深めるための研究をこれまで以上に戦略的に実施し、そして我が国の放射線防護規制に反映していく仕組み（放射線リスク・防護研究基盤）の構築と、規制のあり方の社会的合意を得ることが不可欠である。

2. 研究基盤の目的

- ・関連する国内組織・研究者・専門家が結集し、放射線規制の基礎となる影響、リスク、防護に関する情報の収集・分析を行い、広く国内外に発信すると共に、原子力規制委員会等関係機関に提供しその活動を支援する。

- ・低線量・低線量率放射線リスクの定量評価のための詳細な研究課題について整理し、トップダウン方式を取り入れて目的達成に向けた課題を明確化し具体的な戦略を提案する。

3. 研究基盤の機能

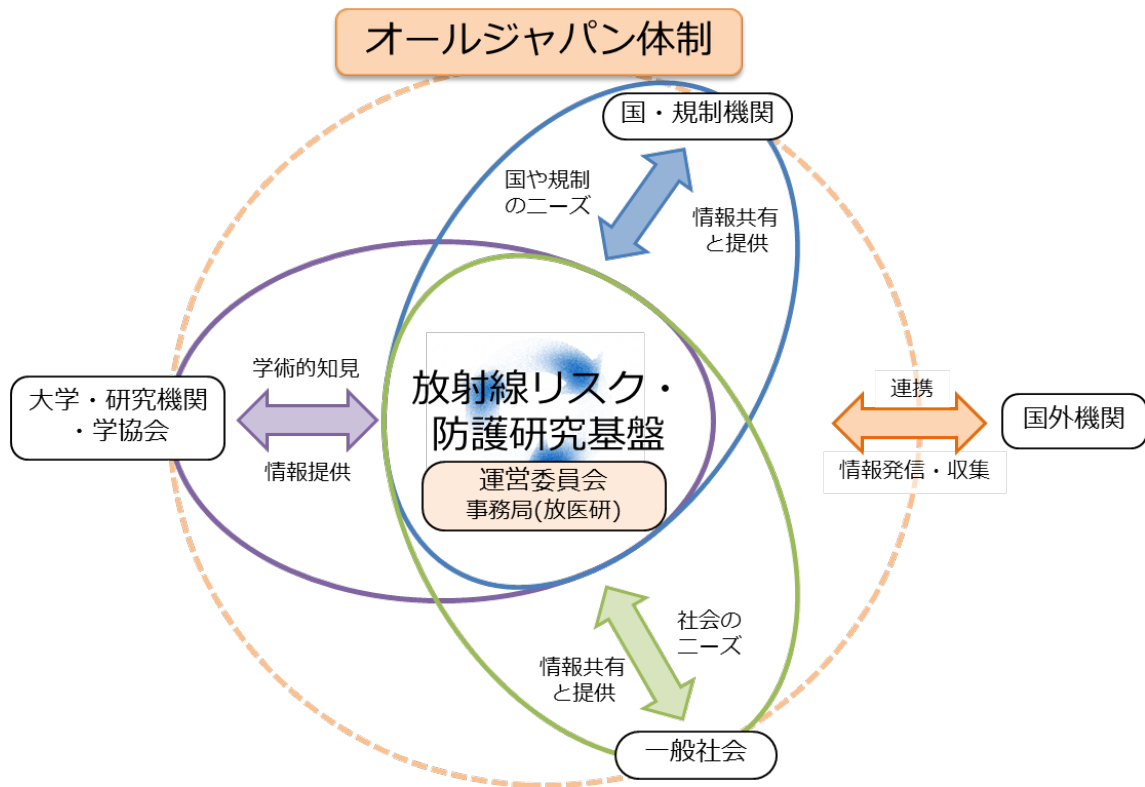
- ・放射線リスクに関する情報を国内外より集約し、リスクおよび防護に関する考えをまとめ報告書として発信する。
- ・行うべき研究課題及びロードマップについて検討を加えアップデートする。
- ・長期的に取り組むこととして共同研究の支援、および人材活用・育成を支援する。

4. 研究基盤で優先的に取り扱う研究課題の概要

- 1) リスク評価のために適切にデザインされた低線量・低線量率放射線の疫学研究
- 2) 低線量・低線量率放射線のリスク評価のための機構解明
- 3) 動物実験データを疫学研究での解釈に用いるための橋渡し
- 4) 年齢、性、遺伝素因、ライフスタイルと放射線との関連
- 5) ネガティブデータを含むデータ収集とデータベース化（アーカイブ化）

5. 研究基盤の体制

- ・運営委員会を設置し、放射線影響、リスク、疫学、防護の関連研究機関、大学、学協会、国・規制機関、一般社会等様々なステークホルダが参画できるオープンでオールジャパンの体制を構築する。この体制は、放射線関連分野のみならず他分野の専門家も含み、学際的で多面的な課題検討が図られるようにする。
- ・具体的課題については運営委員会の下に分科会を設けて検討する。
- ・研究基盤の実務的な活動の窓口として量子科学技術研究開発機構放射線医学総合研究所が事務局を担当する。



6. 研究基盤の活動がもたらす効果

- ・ 規制機関等による、より合理的で科学的な放射線規制施策や行政施策の実施。
- ・ 低線量・低線量率放射線の健康影響に関する研究の効率的な進展と新たな知見の創出。
- ・ 一般社会における放射線に対する理解の深化と、誤解や偏見および混乱のないリスクコミュニケーションへの寄与。
- ・ 国内の規制機関、研究機関、及び一般社会との連携の強化、国外の規制機関や研究機関との連携も深めることによりわが国だけでは解決できない課題への取り組みの促進。
- ・ 共同研究や研究協力による放射線リスク・防護分野の人材育成の促進。

1 章 背景及び本報告書の意義

1-1 背景

現行の放射線防護の基礎にあるリスク評価は原爆被爆者の疫学調査を基礎にしたものである。疫学研究の成果だけでは統計的な限界から 100mGy 以下の低線量リスクを定量的に評価することは難しく、疫学研究を補完すべき放射線生物研究においても、これまでに基礎研究の分野として多くの研究成果は得られているものの、ヒトの低線量・低線量率放射線被ばく（約 100mSv 以下、20mSv/年以下の被ばく）によるリスク評価に直接的に結びつくような成果は十分には得られていない。東京電力福島第一原子力発電所事故以後、低線量・低線量率放射線被ばくが現実的な社会問題となった現代において、低線量・低線量率放射線被ばくの規制のあり方やその社会的な合意の基礎となるリスク評価がこれまで以上に求められている。

1-2 海外の状況

低線量・低線量率放射線リスクに関する研究戦略について海外に目を向けると、米国では 1999 年からエネルギー省主導で低線量研究プロジェクトが実施され膨大な資金が注ぎ込まれた。各研究者・機関からの提案を集約するボトムアップ型の研究が進められたが、プロジェクトが目標達成型でなかったこともあり、放射線防護に直接反映できるような成果を生み出すには至らなかった¹。一方欧州では、放射線生物学及び放射線毒性学の専門家の減少等の低迷する放射線影響研究の将来に対する危機意識を背景として、欧州委員会が 2008 年に高度専門家グループ（HLEG）²を設置し報告書³をまとめた。この報告書の提案を受けて、国際的・学際的組織としての低線量研究プラットフォーム MELODI⁴が 2009 年に設立され、公開のワークショップを毎年開催して戦略的研究計画策定と更新のための議論を行い、プラットフォームの運営と拡大を行ってきた。その後、同様の枠組みが放射線生態学、線量評価、緊急時対応等の他の放射線関連領域にも拡大することにつながるとともに、2013 年からは包括的な上位の研究助成プログラムが構築されることになった。

こうした取り組みによって現時点において米国とは対照的に欧州は低線量・低線量率放射線に関する研究の活性化及び放射線分野の人材育成に成功しているといえる。欧州の取り組みの特徴として目標を定めてそれを解決するための課題を設定するトップダウン方式の研究戦略策定があげられる。まず HLEG 報告書において放射線防護とリスク評価の体系の堅牢さを増すという目的からトップダウン的に課題を明確化し、中長期的なロードマッ

¹ 現在もプロジェクトは継続されているものの、大幅な予算削減がなされた。

² ヨーロッパにおける低線量影響研究における高度専門家グループ（High Level Expert Group on European Low Dose Risk Research [HLEG]）

³ この報告書には、放射線防護を目的とした低線量リスク研究の政策的目標とともに、欧州における持続可能な研究の枠組みを構築するために必要な要素の特定がなされている。

⁴ 学際的欧州低線量イニシアティブ（Multidisciplinary European Low Dose Initiative [MELODI]）

ブが提示された。そして、MELODI において課題解決に向けた具体的な研究者間の議論がなされるとともに、規制者やその他のステークホルダも含めた議論により優先順位設定や研究戦略のローリング（中長期的な計画を定期的に見直し、適宜修正を加えていくこと）が行われた。このような課程において規制等に関係する政策立案者及び決定者の理解を得られたことも現在の成功に繋がったと考えられる。

1－3 国内の状況

一方、我が国においては、従前から広島長崎の疫学研究を中心に世界に冠たる研究が行われてきた。しかしながら、疫学研究の成果だけでは統計的な限界から、コントロール群のもつがんリスクの大きさや変動が影響して、100mGy 以下の低線量リスクを定量的に評価することは難しい。また、疫学研究を補完すべき放射線生物研究においても、これまでに基礎研究の分野として多くの研究成果は得られているものの、ヒトの低線量・低線量率放射線被ばくによるリスク評価に直接的に結びつくような成果は十分には得られていない。これは従来疫学で観察された現象と関連づけることや研究成果を人の影響まで外挿することを意識してデザインされた研究が足りなかったことが要因と考えられる。

このような中、東京電力福島第一原子力発電所の事故が発生し、人々は不確実性が大きい低線量率放射線被ばくと向き合うことになった。推定された線量の数値のみならず避難や食品基準といった様々な規制基準の線量レベルさらにはリスクそのものの意味について、放射線の専門家は事故直後から住民やメディアに説明をすることになったが、不確実性が大きい部分を含む科学的知見を独自の理解に基づいて組み合わせてリスクを語らざるを得なかったため、様々な専門家の間で見解が異なることになり結果的に専門家不信を招いてしまった。また、WHO⁵及び UNSCEAR⁶等は公衆の被ばく線量推定を行い生涯リスクの評価を実施し公表しているが、我が国においては個別データの提供のみにとどまり包括的な線量推定に基づくリスク評価の取り組みは進んでいない現状もある。

1－4 「放射線リスク・防護研究基盤」の必要性と本報告書の意義

今後、これらの状況を改善し国民の不安に応えるとともに放射線防護の確かな規制及び合理的な放射線利用の推進につなげるためには、低線量・低線量率でのリスク評価に直結する成果を創出することを明確に意識した上で、オールジャパン体制で様々な分野の専門家が連携して研究を進め、成果を社会に向けて適切に発信することが必要である。また、幹細胞生物学⁷を含む生物研究の進展は目覚しく、これら他分野の先進的な知見を活かして従来疫学だけでは説明困難であった現象を生物学的に解明し、低線量放射線リスクの不確実性

⁵ 世界保健機関（World Health Organization [WHO]）

⁶ 原子放射線の影響に関する国連科学委員会（The United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation [UNSCEAR]）

⁷ 幹細胞生物学は ICRP も注目しており 2015 年に放射線リスク研究への適用に関する報告書を公表している。

改善や放射線防護体系の進化発展に結びつけることも期待したい。さらには、低線量放射線研究ニーズの高まりの一方で関連する大学講座数が減り続けるなど、放射線生物学や放射線防護に係る専門家がより不足していく傾向があることから、将来にむけた人材育成も喫緊の課題となっている。

そこで、まず端緒として放射線防護及び低線量放射線影響研究に関わる専門家が結集し、低線量・低線量率放射線リスクの定量評価のための研究及び研究体制上の課題について国内外の知見や福島の実例を踏まえて幅広く整理し具体的な戦略を提案すべきである。そして取り組むべき研究課題についても、ボトムアップ型の提案を集約する方法だけでは戦略性に欠けることからトップダウン方式を取り入れて目的達成に向けた課題を明確化し、関係者が連携して研究を推進すべきである。

本委員会はこれらを実現する体制として「放射線リスク・防護研究基盤」を位置づけた。本報告書は「放射線リスク・防護研究基盤」の設立に向けこの国にとって解決すべき課題及び解決の方向性と「放射線リスク・防護研究基盤」に求められる機能及び体制について検討し、とりまとめたものである。

2 章 研究課題の抽出

2-1 既存の報告書について

低線量・低線量率に関係する科学的知見の「放射線リスク・防護研究基盤」を検討するうえで、これまでに主な3つの報告書が作成され公表されている。報告書の中で示されている提起研究課題及び取組案は次の通りである。

●「放射線影響分野の安全研究の推進に関する調査」報告書

本報告書は平成23年3月に内閣府の科学技術基礎調査等委託により放射線医学総合研究所によってとりまとめられたものであり、この中では放射線安全規制向上につながる重要な研究課題として次の3つを挙げている。

- ・「低線量・低線量率放射線長期被曝マウス等における放射線影響研究」
- ・「低線量率、反復被ばくによる発がん影響の生物学的蓄積に関する研究」
- ・「放射線疫学と放射線生物学の融合による放射線影響の包括的解析」

また、上記の課題を行う上での短期スパンでの重要課題として

- ・「低線量・低線量率放射線長期照射マウス等の組織幹細胞の生物学的応答に依拠した包括的放射線影響研究」

を挙げており、下記のような項目でのアプローチが重要としている。

- ・発がんリスクの線量・線量率効果関係
- ・リスクの年齢依存性
- ・低線量・低線量率放射線による非がん疾患の発症機構

他にも、喫緊ではないが「将来の放射線安全規制の変革につながる可能性のある重要な研究課題」として以下の課題が挙げられている。

- ・低線量・低線量率放射線長期照射マウス等における継世代影響の実験的実証
- ・発がんおよび非がん影響のバイオマーカーの探索と再評価
- ・低線量・低線量率放射線被ばく正常ヒト幹細胞における放射線影響解析
- ・非DNA標的による放射線影響
- ・放射線による非標的効果誘導の普遍化

●「低線量・低線量率放射線影響研究分野における研究推進方策」

本報告書は平成24年7月に放射線医学総合研究所によってとりまとめられたものであり、先に示した「放射線影響分野の安全研究の推進に関する調査」報告書の作成直後に発生した東京電力福島第一原子力発電所事故の経験を踏まえて新たな課題設定が検討されている。その中で推進すべき影響研究、社会的ニーズの高い研究として下記のA)～I)の関連キーワードが示されている。

- A) 低線量・低線量率被ばくリスク B) 小児被ばくリスク C) 内部被ばくの影響
- D) リスクの蓄積性（長期被ばく） E) 遺伝的影響 F) 非がん影響

G)放射線感受性の個人差 H)生体防御 I)医療被曝

これらの観点を含めたうえでリスク評価の構築に資する研究課題として下記の取り組みとそれを進める研究課題の設定が重要とされている。この中では現在の研究資源を活用し、またライフサイエンス分野で培われてきた最先端技術を導入してオールジャパン体制で取り組むことを期待するとし、次の①～④の取り組みとそれを実施する具体的課題が提起されている。(下線部が具体的課題)

- ① 既存の科学的知見やサンプルの活用
 - ・放射線健康影響調査等の包括的解析によるリスク予測
(疫学データ・サンプルアーカイブ)
- ② 最先端ライフサイエンス基盤技術との融合
 - ・次世代ゲノム・エピゲノム解析技術を利用したリスク評価
 - ・生体イメージング技術を利用した線量・影響評価
 - ・発生・再生科学技術を利用した影響機構の解明
 - ・計算科学技術を用いたリスクモデル構築
- ③ 長期間を要する研究のための方策 1
 - ・社会制度や研究基盤整備と同調した低線量・低線量率影響疫学研究
(低線量影響疫学)
- ④ 長期間を要する研究のための方策 2
 - ・リスク低減に関する動物実験からヒトへの応用研究(リスク低減の実用化研究)

●「文部科学省における放射線医科学に係る研究開発の推進方策について(中間まとめ)」

「低線量・低線量率放射線影響研究分野における研究推進方策」で挙げられた①～④については文部科学省の科学技術・学術審議会・ライフサイエンス委員会・放射線医科学戦略検討作業部会でも検討され平成25年8月にまとめられた「文部科学省における放射線医科学に係る研究開発の推進方策について(中間まとめ)」に取り入れられている。

上記の過去の報告書で研究の方向性、取り組み方針、また実行すべき研究課題が挙げられてきたが、個々の課題では進展は見受けられるものの、実際のリスク評価に貢献しうる知見を集約していくことを目指す取り組みは未だなされているとはいえない。

2-2 現状及び問題点

○ 既存のアプローチ及び集積データの特徴

低線量・低線量率放射線に関係する研究についてこれまでとられてきたアプローチとして、疫学研究、動物実験、分子・細胞実験、数理モデル等がある。そこで得られた集積データ及び知見を俯瞰すると以下の表のようなそれぞれの長所、短所があることがわかる。今後、これらのアプローチの特徴を理解した上でそれぞれ補完しあうことで低線量・低線量率放射線のリスクについて総合的な理解をするための知見が得られると考えられる。

	長所	短所
疫学研究	- 健康影響評価に不可欠なヒトでの影響評価データを提供する - ヒトにおけるサンプルの採取、提供の基盤になる。	- 制御した設定実験ではないため限られた範囲の情報になる - 線量評価の不確実性が大きい - 成果創出までに時間がかかる - 我が国の線量データが医療被ばくを含めて利用できていない
動物実験	- 制御された状況下での放射線影響を生物個体で実証できる - 遺伝子改変動物の利用により個体差の情報を得ることもできる - 個体レベルでのメカニズムを明らかにすることに役立つ	- 線量・線量率の実験での使用が防護での評価に適した範囲のものが少ない - ヒトでの影響への外挿が問題になる - 疫学と比較可能な形でデータが整理されていない
分子、細胞実験	- 微細な変化情報が得られる - 影響マーカー等の生体分子の機能を理解するのに不可欠	DNA や細胞レベルのデータを個体での影響につなげることが難しい
数理モデル (システム ズバイオロ ジー)	- 疫学と動物実験の結果を統合できる手法を提供する - 機構面のアプローチへ情報を提示する	- 放射線分野に専門家が少ない - 利用できるデータセットに依存する

○ 科学的知見と社会の関心領域とのギャップ

「不確実性が大きい部分を含む科学的知見を独自の理解に基づいて組み合わせてリスクを語らざるを得なかったため、専門家間の見解が異なることになり結果的に専門家不信を招いてしまった」ことは先に述べたとおりだが、低線量・低線量率の科学的知見と社会の関心にギャップがあることが要因となっている。そこで、実験及び疫学データが存在する線量・線量率範囲と社会の関心であろう一般公衆や作業者のリスク評価の対象となる線量・線量率範囲（関心領域）をプロットすると図1のようになることがわかる。なお、東京電力福島第一原子力発電所事故後における避難指示区域設定の要件とされた年間 20mGy の線量率も、この関心領域に含まれている。

図1で明らかなように関心領域内には疫学・生物学ともにデータがほとんど存在しない。さらに、およそ 1 mGy/時未満の低線量率では公知となっているデータが少ないことに加えて、データが豊富な 1 mGy/時以上の領域のデータと比べて必ずしも同じ傾向を示さないデータも存在している。このような中、現在、主に高線量率の原爆被ばく者の疫学データに基

づきその他のデータ（主にデータが豊富な1 mGy/時以上の領域に存在する）を参照して行われていることがリスク評価の現状である。

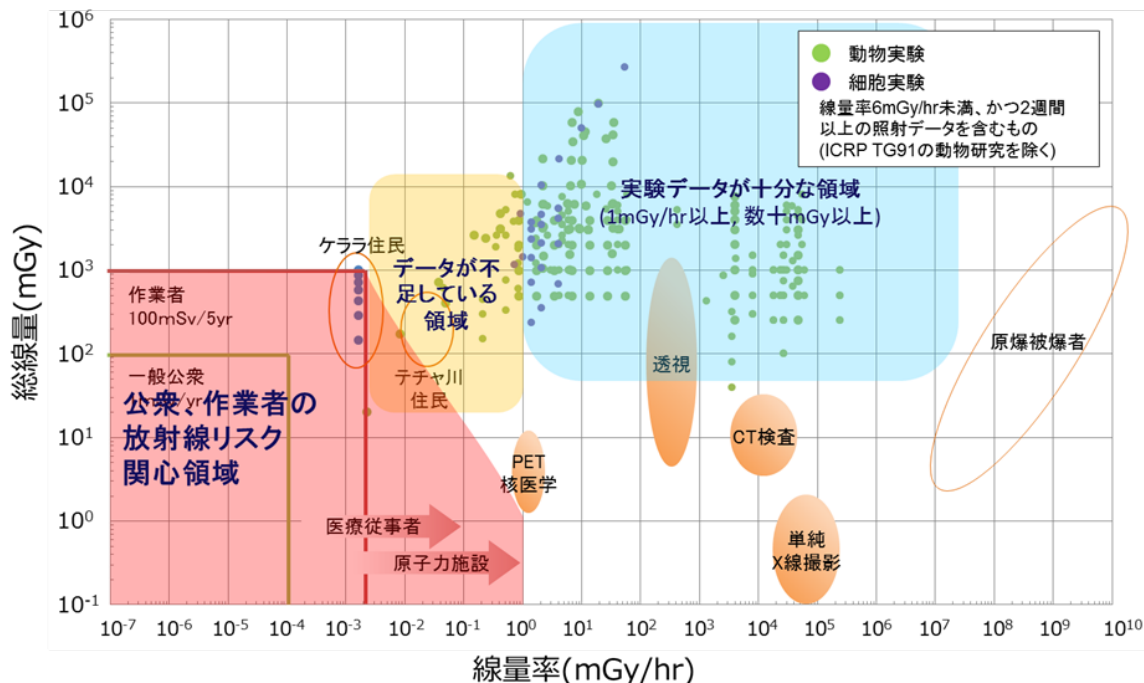


図1 線量・線量率の観点から整理した、動物実験、細胞実験及び幾つかの疫学研究の実験データの充足性と社会における放射線リスクの関心領域とのギャップ。

2-3 推奨項目と今後の取り組み方

○ 鍵となる観点

本研究基盤の役割は、関心領域のリスク評価の不確実性を改善するために、前項の長所・短所を踏まえた上で、生物学と疫学の連携により、疫学単独では困難な低線量・低線量率放射線のリスク評価を定量的に行うための課題を明確にすることである。

放射線発がんを例に考えてみると、メカニズムとして初期のDNA損傷に起因した突然変異や染色体異常が、組織幹細胞に蓄積することで発がんに至ると考え方がある。この仮定からは、DNA損傷やそれに起因する突然変異や染色体異常は、リスクに繋がる変化・応答として考えられており、バイオマーカーあるいはバイオインディケーター⁸として現れる。このうちバイオマーカーは放射線の初期反応である物理学的過程に従い線量に対して線型で増加すると考えられ、これはLNTモデルを支持することの多い疫学的知見と合致する。一方、バイオインディケーターはエンドポイントである疾患影響に直接関連しているため、リス

⁸ NCRP 解説書 24 ではバイオマーカー（被ばく応答を示す生物学的表現型）とバイオインディケーター（疾患影響に結びつくのに必要な変化因子）とを区別して用いている（詳しくは p32. 参考資料「2. 主な低線量・低線量率放射線影響研究の概要」の「2-2 生物学的放射線作用機序に関する報告書」、参考文献 13, 14 参照）。

クを定量的に評価する上でより重要な指標となる。しかしながら、現在のところ放射線リスクを定量的に評価できる有効なバイオインディケーターは見出されていない。

1 mGy/時未満の低線量率では上記仮定を支持しない実験データが存在する上に、公知となっているデータ数は限定的であるし、疫学においても否定的な知見⁹が存在する。すなわち、社会的に大きな関心事は東京電力福島第一原子力発電所事故後の現存被ばく状況、及び放射線作業員の職業被ばくにおける線量・線量率の放射線リスクを正確に把握することだと考えられるが、これまでの生物学的知見は、疫学的知見を直接実証できていない（図1参照）。

このような中、「高線量率の原爆被ばく者の疫学データに基づきその他のデータ（主にデータが豊富な1 mGy/時以上の領域に存在する）を参照して行われていることがリスク評価の現状」と前述したように、高線量・高線量率の知見が、防護の対象となる線量・線量率に対して連続的に外挿できるかが重要な課題の一つと言える。そして、影響に連続性（直線的に高い線量での影響を外挿できること）がないとすると、リスクに繋がる指標を示すためには、動物実験を中心とする生物学的アプローチによって実証データを積み重ね、数理モデル等を活用して実際のリスク評価に繋げていくことが重要である。このような生物学的アプローチの実験データは、非連続性、連続性のいずれの結果を支持するものであっても、リスク評価モデルの選択のために重要な知見を提供することになる。

以上を踏まえると、まず放射線により誘導されると考えられる疾患について、将来的にその疾患の発症に繋がるバイオインディケーターや初期症状を同定することが重要である。さらに、それに対する現状の知見のギャップを明らかにした上で、疫学、生物学、数理モデルを連携させてデータを蓄積することが不可欠である。これの実現のため、本準備委員会では喫緊に取り組むべき研究の方向性や研究基盤の活動のキーワード（鍵となる観点）を次のように推奨する。

がん・非がんリスク評価に繋がる研究に関連した、

- ・「リスク評価のために適切にデザインされた低線量・低線量率放射線の疫学研究」
- ・「低線量・低線量率放射線のリスク評価のための機構解明」
- ・「生物実験データを疫学研究の解釈に用いるための橋渡し」
- ・「年齢、性、遺伝素因、ライフスタイルと放射線リスクとの関連」
- ・「ネガティブデータを含むデータ収集とデータベース化（アーカイブ化）」

○ 課題解決に向けた方向性の提案と留意事項

低線量・低線量率の放射線影響の定量評価にあたっては、データが不足している領域での科学的知見の不確実性が大きいと、それを乗り越えるための具体的な方向性を示すことが必要である。本準備委員会は、影響の見える高線量領域を出発点にして、低線量・低線量

⁹ インドのケララ州住民の調査では平均線量率 20 mGy/年未満の対象群で発がんリスクは増加しない結果が報告されている

率領域で生物学的に何が起こり得るか、起こり得るとして何がリスクに影響するかを明確にし、その検証のための手順を検討した。

これに基づき、前述の 1)～5)の活動のキーワードに関連した個別研究に対して必要とされる方向性として、本準備委員会は次を提案する。

- 1) 低線量・低線量率のリスクに注目した疫学研究において集団設定、被ばく線量推定、健康影響の把握、曝露情報（線量率、生活習慣等）の組み込み等、学際的な過程を計画し実現する。
- 2) 2015 年に ICRP が公表した幹細胞報告書（Pub 131）が提唱した仮説を参考に、高線量率の放射線を使用した細胞競合の研究と低線量率の放射線を使用したターンオーバーの定量的評価を進める。
- 3) 生物実験及び疫学データを繋げるための数理モデルによる評価手法の開発、及び検証可能なパラメータの抽出を行う。さらに、そのパラメータの実測やオミクス的手法により低線量のリスク評価手法の検証を行う。
- 4) 疫学研究において従来考慮されていた修飾因子に加え、ばらつきの原因となる放射線リスクの個人差、放射線に対するストレスなどの精神的影響や、ライフスタイル等にも依存する内分泌・免疫系の関与について、生物学的機構を解明する。
- 5) 生物学的機構に裏付けられたリスク評価モデルの適用性を検討するため、ポジティブ/ネガティブデータを蓄積し、評価モデル選択を可能にする。

一方、上記の研究は専門分野の垣根を超え、分野横断的に進めていく必要があることから、共通認識が可能なイメージの作成や情報の共有が重要である。また、最終的に放射線リスク評価に繋げることを念頭にした議論の継続が不可欠である。そのため、共通的に認識すべき留意事項は次であると言える。

- ・ 低線量リスクの表現方法の改善、知見の集約方法の検討、及び情報共有の推進。
- ・ 「従来研究の限界は何だったのか」という視点での問題点の継続的な整理。
- ・ 放射線以外の他分野の専門家との情報共有による学際化と総合化の推進。

以上のような方向性や留意事項に沿って研究基盤の活動を進めることにより、真の値に近いリスク評価を行えるようになり、防護に資する情報が得られると期待できる。

なお、今回提案した方向性や留意事項は本準備委員会による提案であるため、研究基盤の実運営と議論を経て、適切にかつ継続的に見直していくことが妥当である。

○ ロードマップ案

低線量・低線量率に関係する研究を戦略的に着実に推進するとともに国民に広く理解を得るためには、不確定性があったとしても成果の具体的創出時期や目標を明確にし、ロードマップとして整理することが必要である。リスク評価を目的とする研究課題の成果は国内

施策のみならず国際的な放射線防護体系の枠組みに活かすべきであり、現在の ICRP の次期主勧告に向けた動きや勧告策定の工程を考えると、まずは 2020 年までに低線量・低線量率放射線リスクを定量的に示すデータの一端を提示し、低線量・低線量率放射線リスク評価の新たな一步を世界的に広めることが重要であろう。このことを踏まえ、以下のようにロードマップ案を示すが、「放射線リスク・防護研究基盤」の中で更なる議論を継続し、状況認識とその共有及び合意形成を進めるとともにブラッシュアップをはかるべきである。

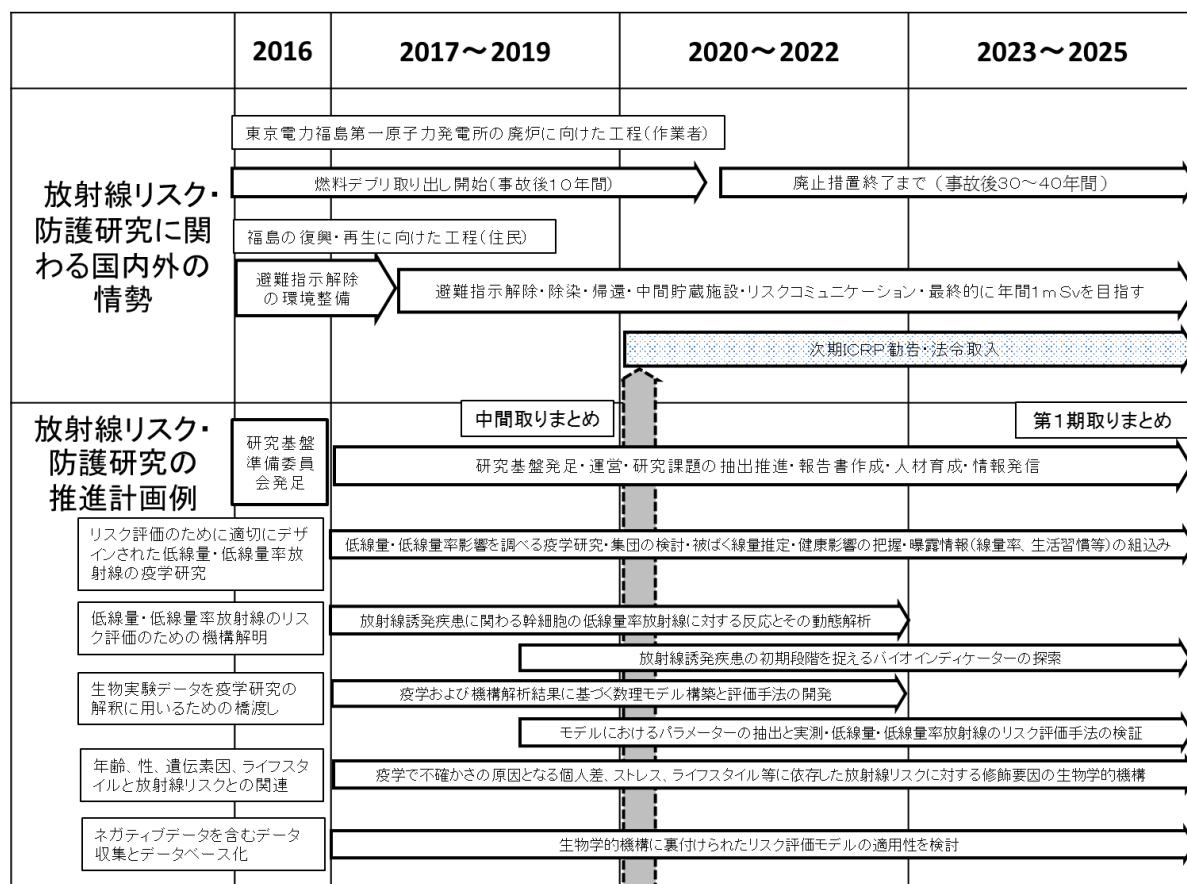


図2 放射線リスク・防護研究ロードマップ例

3 章 放射線リスク・防護研究基盤に要求される機能と体制

今回提案する「放射線リスク・防護研究基盤」については過去に「プラットフォーム」という名称で類似の検討が国内（文科省、原子力安全委員会など）で実施されてきた。これらのスコープは将来のわが国の放射線影響研究分野全体の発展を見据えたものであったり、低線量率の放射線影響における放射線医学総合研究所の研究展開を論じたものであったりとばらばらであった。今後、「放射線リスク・防護研究基盤」を設立し実効性をもって実施するためには、その果たすべき機能を極めて明確にしておくべきである。そこで、過去の「プラットフォーム」の検討において提案された機能を出発点として整理したうえで、先行的に取り組まれている欧州 MELODI の活動を参照することが効率的であると考えられることから、以下に示す過去の国内検討事例を参考とし、また、欧州 MELODI の先行事例との比較をベースに、本研究基盤に要求される機能と望まれる体制について検討した。

3-1 これまでの「プラットフォーム」に関する報告

これまで「プラットフォーム」として示されたものとして次の3つのものがある。

名称	公表日	公表元
[1] 放射線影響分野の安全研究の推進に関する調査（平成 22 年度内閣府科学技術基礎調査等委託）	平成 23 年 3 月	独立行政法人 放射線医学総合研究所，内閣府
[2] 低線量・低線量率放射線影響研究分野における研究推進方策	平成 24 年 7 月 31 日	低線量放射線影響研究に関する検討会，独立行政法人放射線医学総合研究所
[3] 文部科学省における放射線医科学に係る研究開発の推進方策について（中間まとめ）	平成 25 年 8 月 1 日	科学技術・学術審議会 ライフサイエンス委員会 放射線医科学戦略検討作業部会

本準備委員会において、上記国内の検討事例について整理するため、「プラットフォーム」の機能の提言箇所について抜粋し、以下に示した。なお、重要と考えられる記述については下線を加えた。

資料	頁	記述
[1]	35	3. 放射線安全・防護プラットフォームの機能 ● 我が国としての放射線防護の基本的認識等の検討と発信 放射線安全、原子力安全、また必要に応じて、法学、経済学、科学技術政策、心理学、哲学分野等の有識者により、直線しきい値なし仮説、非がん、個人感受性等に関わる新たな知見を踏まえた放射線防護の基本的なあるべき姿論（哲学を含む）の検討を行い、例えば米国の BEIR 報告書やフランスの科学アカデミー報告書等と対峙する日本独自の論理を構築する。その議論に資する情報および<u>関連情報</u>をプラットフォームに乗せ、<u>関係者間で共有する</u>。放射線防護のあり方の検討結果は、行政に対する提言や研究者、一般国民の相互理解に資する。また、この検討結果は、<u>定期的に国内および国外へ発信</u>する。 ● 研究推進 上記「我が国としての放射線防護の基本的認識等の検討と発信」の裏付けとなる、発がんリスクの線量・線量率効果関係の研究、放射線リスクの年齢依存性に関する研究、がんおよび非がん疾患の発症機構に関する研究、および線量評価およびその再構築に関する<u>研究等を推進するための情報の共有と発信</u>を行う。また、本報告書に述べた研究課題を推進するための基盤を整備し、日本の研究者が保持している高い研究能力と研究結果を結集して、国際的に評価される成果を挙げる。 ● <u>人材育成</u> 上記「我が国としての放射線防護の基本的認識等の検討と発信」および「研究推進」に必要な人材育成ならびに、国全体として原子力・放射線の安全確保に必要な人材育成に資する。そのために、国の推進する人材育成プロジェクトと連携し、大学、産業界および公的研究機関の<u>人材育成に関するリクルートシステムを含む人材育成ネットワーク</u>を構築する。これには再処理施設や原子力発電所などの原子力施設の立地、放射線・原子力関連の教育や研究を行っている大学や研究機関の存在、および雇用の受け皿のキャパシティーなどに基づく地域特性を反映することも有用であり、<u>人材供給・需要に関する具体的情報交換</u>ができるようにする。また、国際機関・組織において活躍し、日本の立場を代表して意見を表明できる人材の育成を目指す。 ● 具体的内容 具体的な活動内容は以下に示す通りである。 1) 安全研究や規制に関わる<u>国内外関連組織・機関の情報収集、分析、提供</u> 2) 海外関連組織・機関の日本側窓口 3) 国内外機関や原子力人材ネットワークとの連携による人材交流・育成の推進 4) 研究施設の<u>共同利用や共同研究に関する情報収集と提供</u> 5) 上記3項目（我が国としての放射線防護の基本的認識等の検討と発信、研究推進、人材育成）の政策的方向性に係る<u>情報収集、分析、検討と成果の発信・具体化</u> 6) <u>研究資金獲得のための情報収集と提供、基盤の整備</u> 7) 新知見を踏まえた放射線防護のあり方に関わる報告書の定期的刊行 特に1)および3)は早急に（2年ぐらいで）注力すべきものであるが、具体的に機能を果たすうちにしだいに活動の幅が広がるものと考えられる。
[1]	36	4. <u>各機関・組織の放射線安全・防護プラットフォームにおける役割</u> 4-1. <u>国の役割</u> 放射線安全・防護プラットフォームを立ち上げ、その活動を維持させるためには、参加

		機関が関係する<u>各省庁</u>（文部科学省、経済産業省、厚生労働省等）のプラットフォームへの<u>参画と協力</u>が必要である。大学、独立行政法人を含む研究機関、および民間研究機関との連携による研究を推進させるための<u>研究資金の確保</u>として、科学研究費、原子力イニシアチブ事業、原子力安全研究推進事業等を発展させていくことも必要となる。人材育成の一環として、放射線安全研究分野の関係機関および研究者の<u>原子力人材育成プログラム</u>への参加を進め、放射線安全と原子力安全の融合を図り、<u>幅広い分野で活躍できる人材の育成</u>を支援する。また ICRP、UNSCEAR、IAEA 等の<u>国際機関への人材派遣を支援し</u>、国際的なリーダーシップを持って国際貢献が行える人材の育成に協力する。 4-2. <u>大学の役割</u> 放射線影響防護分野に関する基礎研究を推進し、科学の進歩に資するとともに、新しい放射線防護体系の検討に資する<u>成果を提供する</u>。<u>国内外の学協会とも連携し</u>、常に最新の研究動向を把握して分析し、放射線防護のあり方の検討のために<u>情報を提供する</u>。学生に対して基礎的教育を行うと共に、将来自立した研究者を目指す学生および大学院生へのより専門的な教育、さらには国際的にも評価される研究者の育成を目指す。放射線影響研究分野を担当する研究機関との共同研究を通じて研究機関の設備や人材等のリソースを活用し、学生および大学院生への研究指導を充実させる。 4-3. <u>研究機関の役割</u> 独立行政法人 放射線医学総合研究所など国の技術支援機関は、プラットフォームの立ち上げに関わると共に、<u>その維持、運営、および新知見を踏まえた放射線防護のあり方の検討に中心的な役割を担う</u>。放射線安全・防護に関わる研究を推進し、同様な研究を行っている<u>国内外研究機関と連携</u>すると共に、その<u>規制への取り込みについて検討し</u>、プラットフォームへ<u>情報を提供する</u>。放射線防護規制に関わる国際機関で活躍できる<u>人材を育成し派遣</u>する。国内外の大学や研究機関と共同研究を推進し、その研究施設や人材の有効利用を図る。また大学からの学生および大学院生の教育および<u>就職の受け皿</u>となる。 4-4. <u>産業界の役割</u> 原子力安全は、人体に対する放射線影響の理解より得られた安全評価と防護基準に拠っており、産業界においても、これまで以上に<u>放射線影響研究の推進</u>に深く関与することが望まれる。また<u>国、大学、研究機関と連携・協力して放射線影響研究を推進</u>すると共に研究環境の整備、人材育成方策についても検討する。
[2]	17	これまでも、大学を中心に行われている機構解明研究に、研究機関が保有する施設、設備の特徴を最大限に生かすため、オールジャパンでの体制整備の重要性は認識されており、プラットフォーム構想などが提案されてきた。しかし福島原発事故に伴う住民などの健康への懸念に応えるためには、これまで考えられていた以上に広い分野、多くの機関の研究者が有機的に連携して、短期間での課題解決に努める必要がある。放射線影響プラットフォーム構想は、<u>大学、研究法人、放射線規制当局、学協会、産業界等を含めた体制</u>を想定し、その目的を<u>放射線影響研究の推進と人材育成</u>を図ることとするとともに、<u>放射線影響研究課題や研究ロードマップの策定</u>を行い、最新知見を踏まえた<u>放射線規制のあり方を検討</u>することとしている。今後、他分野の研究者の放射線影響研究の参画を進めるためには、プラットフォームが、<u>関係省庁の理解と協力を得て、研究資金を確保し、大型の研究プロジェクトを企画</u>することが現実的である。 2-3-2 プラットフォームの当面の目標 プラットフォームが当面行うべき活動としては、以下の4つに集約することが出来る。 ① 最先端ライフサイエンス基盤技術を放射線影響研究に導入するため、広範囲な研究者が参画できる<u>プロジェクトを立ち上げる</u>。がん研究については、国立がん研究センターと学習院大学を中心とした共同研究プロジェクトの準備が始まっており、日本では数少

		ないバイオインフォマティクスの専門家も参加している。こうしたプロジェクトを良好事例とし、例えば「生活習慣病と放射線」をテーマとするようなプロジェクトを立ち上げる。 ② 前述のように、200 万人の福島県県民健康管理調査の中長期にわたる継続を支援し、得られた結果の適切な解釈を可能にするためには、これまで分散して存在している疾患登録システムや医療・健康情報管理システムから有用な情報を引き出すとともに、今後の医療被ばく情報の記録に向け、標準化についての議論をまとめ、関係省庁に働きかける。 ③ 被ばく者サンプルの次世代シーケンス技術による解析等、<u>大規模な国際共同研究プロジェクトを企画し、推進する。</u> ④ <u>国際動向を適切に把握し、国際機関との連携を強化するための施策の立案を行う。</u> 2-3-3 人材育成 福島原発事故ならびに放射線診療の増加を契機に低線量・低線量率影響の問題は世界が注目しているにもかかわらず、低線量・低線量率影響を扱う大学の講座や研究者は全国的に減少傾向にある。研究分野の衰退傾向に歯止めをかけるために教育拠点の確保は大変重要である。例えば、大学での教育体制の整備に際しては、低線量・低線量率影響研究の重要性に鑑みた分野検討を行うことを学会等から要望する等、積極的な働きかけが必要である。同時に、放射線影響研究の魅力を伝える新たな取組みが不可欠であり、理科教育から一般教養教育に至るまで、幅広い放射線教育の改善が求められる。 また熱意ある研究者の継続的な育成はきわめて重要で、国による重点的な予算配分により、優秀な人材の確保と育成を図るべきである。研究成果の<u>規制や政策立案等への橋渡し</u>、教育活動や広報活動、国際機関活動といった方面にも研究者ポストを確保するとともに、医学物理士や事業所における放射線安全管理者など<u>学位取得者がキャリアアップできるオプションの幅を広げるシステムを整備</u>すべきである。同時に、大学院生や若手研究者が自由に発想して研究が行える<u>萌芽研究費の枠を広げたり、留学制度の導入</u>が望まれる。これら一部の大学がリードしている取組みへの支援が不可欠である。 さらに、大学学部教育の強化も必要である。例えば医学教育モデル・コア・カリキュラムには、被ばく医療に係わる項目が追加されたところであり、被ばく医療分野を目指す医療関係者の裾野が広がることが期待される。この例にならい、低線量・低線量率放射線影響分野においても、放射線規制(放射線防護)のニーズに立脚したコアカリキュラムを検討し、医学教育モデル・コア・カリキュラムとともに、看護学部や薬学部などの医療系学部における放射線影響に係る学部教育強化の両輪として早急に<u>教育体系を構築</u>するといった方策も考えられる。
[2]	21	放医研は <u>国連科学委員会や国際放射線防護委員会など海外関連組織・機関の日本側の窓口として機能</u> するとともに、プラットフォームの立ち上げ、維持、運営に積極的に関わり、オールジャパンで低線量・低線量率放射線影響研究を推進する際の Scientific secretary 役を果たすべきである。
[2]	22	放医研に対しては、こうした国レベルの方向性の中で、①研究病院や特殊照射施設を核とした多分野の研究の積集合、②科学的知見やサンプルを核とした <u>国内外関連組織・機関のネットワークのハブ</u> 、③科学的情報の収集・分析と発信による社会と研究のインターフェイスとして、今後継続的に機能することを期待する。
[3]	16	3-1. 放射線医科学全体に係る今後の方向性 3-1-1 医学利用と生体影響の連携・一体化 これまで医学利用や生体影響のそれぞれの細分化された分野で研究が進められてきた。しかし、放射線医科学の振興という視点で俯瞰すれば、医学利用や生体影響は相互に共通する部分が少なくなく、今後<u>連携や一体的な推進</u>により放射線医科学の更なる発展が

	見込まれる。 具体的には、以下の取組課題が挙げられる。 【求められる取組】 ○ 放射線の医学利用と生体影響に関する<u>研究の連携、相互フィードバック</u>、医学利用と人体影響に関わる研究者や技術者に共通する放射線生物学、医学物理学の<u>教育・研究のプラットフォームを構築し、共通の知識、相互理解を深める</u>が必要である。
--	---

以上のように、[1]～[3]で示されていたのは「プラットフォーム」の重要性に加え、「プラットフォーム」及び「国、大学、研究機関、学協会、産業界」の機能・役割であった。これらには、さらに踏み込んだ「具体的な活動」の提案も一部含まれているものの、全体的に総花的かつ網羅的に言及されたものだった。

3-2 「放射線リスク・防護研究基盤」の機能のあり方

○ 既存のプラットフォームに関する報告を踏まえた検討

既存の「プラットフォーム」に係る報告を踏まえて、「放射線リスク・防護研究基盤」が果たすべき機能について、時間軸と活動規模を考慮し初年度から重点的に取り組むべきコアとなる活動と長期的な視点での取り組みを目指すべき活動に分類して整理した。

表2 本研究基盤(事務局を含む)の機能/役割と具体的活動

	機能/役割	具体的活動
研究基盤	(コアとなるもの) ・ 情報収集と共有、発信 ・ 研究課題の抽出及びロードマップの策定	a) 国内外情報収集と共有による、共通の知識、相互理解の深化 b) 放射線影響研究課題の抽出及びロードマップの策定による、政策立案への橋渡し
	(長期的に取り組むもの) ・ 人材活用・育成の支援	c) 研究の連携、成果の共有(相互フィードバック)、クロスアポイント制度 ¹⁰ の活用 d) 大型の研究プロジェクトの企画、共同研究のコーディネート e) 学位取得者のキャリアアップシステム整備 f) 萌芽研究費の枠拡大、留学制度の導入 g) 教育体系の構築
参考：事務局	・ 研究基盤の維持運営	a) 科学的ネットワークのハブ b) ※情報の収集・分析と発信

※ 研究等を推進するための情報、国内外関連組織・機関の情報、共同研究等に関する情報、政策的方向性に係る情報、人材供給・需要に関する情報、研究資金獲得のための情報、科学的情報

また、国、大学、研究機関、学協会、産業界の役割として、短期的には本研究基盤への情報提供ならびにロードマップに示される課題の実行が重要な活動である。長期的には本研究基盤を活用し、人材育成や低線量放射線影響研究のさらなる発展に繋げることが期待される。これらを踏まえて、国、大学等の各組織の機能や役割、及び具体的活動は次のように整理できる。

表3 国、大学、研究機関、学協会、産業界の長期的な機能/役割と具体的活動

対象	機能/役割	具体的活動
国(各省庁、規制当局)	・ 後方の支援 ・ 人材育成の支援 ・ 情報、ニーズの提供	a) 研究資金確保 b) 原子力人材育成プログラムへの参加と国際機関への人材派遣を支援 c) 情報、ニーズの提供

¹⁰ 研究者等が大学、公的研究機関、企業の中で、二つ以上の機関に雇用されつつ、一定のエフォート管理の下で、それぞれの機関における役割に応じて研究・開発及び教育に従事することを可能にする制度[経済産業省ホームページ]。

大学、研究機関、学協会	・ 国内外の連携 ・ 国内外研究機関との連携 ・ キャリアパス	a) 成果の提供、情報の提供 b) プラットフォームを活用した研究指導の充実 c) 規制取りこみの検討 d) 人材育成と派遣
産業界	・ 国、大学、研究機関、学協会との連携・協力 ・ 情報、ニーズの提供	a) 放射線影響研究の推進 b) 情報、ニーズの提供

○ 国外状況との比較整理を踏まえた検討

次に、国外状況との比較整理について述べる。国外の事例としては、トップダウン方式で低線量放射線影響の課題を整理し、目的に沿って課題を明確化している MELODI を参考にすることとした。前述の国内検討事例の「プラットフォーム」に関連した提言と、MELODI の実態を比較すると、追加すべき機能と役割は次が考えられる。

a) ローリング体制の構築

MELODI の活動や変化を踏まえつつ、適宜体制改善、機能拡大、研究ロードマップへの反映や取り組むべき課題の検討、さらなる発展や見落とし防止などを目的として、PDCA を含め広範囲に見直していく体制が必要である。

b) 規制機関との連携

TSO¹¹の機能を持たせることを検討すべきである。

c) 最先端の他研究分野の取り込みとインフラの整備

放射線影響研究の課題の解決には、今後不可欠になると考えられ、長期的な整備を検討すべきである。

MELODI はこのようなプラットフォームの運営に実績と経験を有しており、本研究基盤について、特に上記 a) 及び b) は、研究基盤の運営方法として参考になり、取り入れるべきと考えられる。

一方で、c) で抽出された課題のうち、インフラの整備への直接的関与は、大規模な資金的基礎が必要とされる。MELODI が潤沢予算を持つ EURATOM の後方支援を得て進めていることを踏まえると、現時点において本研究基盤にとっては c) については長期的に取り組むべき課題とすべきだろう。しかしながら直接的にインフラ整備に関わらないとしても、防護研究基盤によって合意を形成したロードマップを活用し国等の関係者に長期的かつ継続的に積極的に働きかけていくことが望ましい。

3-2 「放射線リスク・防護研究基盤」の実施体制のあり方

前節で検討した本研究基盤の機能及び役割と具体的活動を着実に実践するためには、実施体制の確立が重要である。この実施体制については次のようにすることが適当である。

¹¹ Technical and Scientific Support Organization(技術支援機関)

1) 運営委員会の設置

低線量放射線リスクの研究について課題解決型のトップダウン方式による効率的な研究課題の抽出と優先順位の決定、及びロードマップと研究戦略策定を進めるため、運営委員会を設置する。運営委員会の委員は独立かつ代表的な有識者で構成すべきであり、低線量放射線や防護研究に関連するプロジェクトを独自に実施している機関の責任者、関連学会及び国際機関等から推薦される専門家によって構成することが適当である。

2) 事務局の設置

本研究基盤の実務的な活動の窓口、さらには、とりまとめられた研究課題の抽出結果やロードマップに沿って、研究機関や大学への支援や推進を図る場合、あるいは国外機関とのやり取りが行われる場合、窓口となる組織の存在が必要であることから事務局を設置する。我が国において放射線医学のみならず、影響やリスク、規制、医科学まで幅広く取り組んでいる放射線医学総合研究所が事務局を担当することが適切であり、さらに専門職員の配置により本研究基盤の活動支援を充実させることが望ましい。なお、事務局のNPO法人化等については、組織運営の独立性や透明性を明確にできる利点があるが、組織持続性の懸念も考えられるため、MELODIやAMED¹²のような事例や本研究基盤の規模、運営状況等も踏まえ、今後の検討課題とすべきである。

3) 分科会の設置

放射線リスクに関連する研究課題は、疫学研究から動物実験、分子、細胞実験まで様々であり、個別課題の取り組み方法や進め方、連携の方法は対象によって異なることが予測される。そのためには、より専門的に対処できる枠組みが必要と考えられる。

他方、共同研究プロジェクトや人材育成支援プログラムについて、共同研究プロジェクトは研究ロードマップの一部として位置づけられる一方で、人材育成については産官学で連携して取り組む必要があり、今後の長期的な検討課題と言える。研究基盤を通じた人材育成として、大学での留学制度実現やプログラム支援による人材育成、卒業後のキャリアパスの拡大、産官側から研究機関や大学への派遣によるキャリアアップ支援、国内外の規制機関との人事交流等が期待される。

したがって、個々の研究課題、並びに人材育成等の方策検討に対処する目的で運営委員会の下に特定の課題に特化した分科会を設け、対応していくべきである。個別課題に対する分科会の成果については、科学的知見に基礎的な検討を加える等して論文としての公開も検討することが重要であろう。

3-2 「放射線リスク・防護研究基盤」のあり方（総括）

これまへの検討に基づき本研究基盤のコアとなる機能や役割、構成関連団体（国、大学、

¹² Japan Agency for Medical Research and Development(国立研究開発法人 日本医療研究開発機構)の略。同組織は、医療分野の研究開発における基礎から実用化までの一貫した研究開発の推進・成果の円滑な実用化及び医療分野の研究開発のための環境の整備を総合的かつ効果的に行うため、医療分野の研究開発及びその環境の整備の実施や助成等を実施している。

研究機関、学協会、ならびに産業界及び市民団体等一般社会）に求められる役割と実施体制は次のように整理することができる。

○情報収集¹³と共有、発信

- ・ 事務局、あるいは研究機関、大学の専門家が情報を提供
- ・ 事務局がとりまとめ、研究基盤で共有
- ・ 社会への情報発信、国外機関とのやり取り

○研究課題の抽出とロードマップの策定

- ・ 国、規制機関、ならびに産業界や市民団体等一般社会からニーズを収集
- ・ 運営委員会で研究課題の抽出と戦略を立案、ロードマップを策定
- ・ 官庁やステークホルダに提供

本研究基盤のコアとなる機能と役割、及び関連団体（国、大学、研究機関、学協会、一般社会）の役割と相互関係について、体制を含めた関連図を図3にまとめて示した。また、図3には示されないものの研究基盤の活動として重要と考えられるポイントは次が挙げられる。

○適切な情報共有のための活動

個別ニーズの抽出や情報共有においては専門性のみならず、中立性、公開性を念頭におき、オールジャパン体制で推進するとともに、幅広い意見を参考にして研究課題や体制の継続的改善を促進する必要がある。そのためには放射線を含む広い分野にまたがる研究機関及び学協会に参画を呼び掛け、学際的に進めることが望ましい。そして専門的な情報交換のみならず、大学、研究機関、学協会、国、規制機関、一般社会等様々なステークホルダが参加し、オープンな議論ができる場¹⁴を設けることが適切である。

¹³ 研究等を推進するための情報、国内外関連組織・機関の情報、共同研究等に関する情報、政策的方向性に係る情報、研究資金獲得のための情報、科学的情報等が含まれる。

¹⁴ 学術集会、シンポジウム等を通じて情報発信や意見交換を定期的に行うこと等。

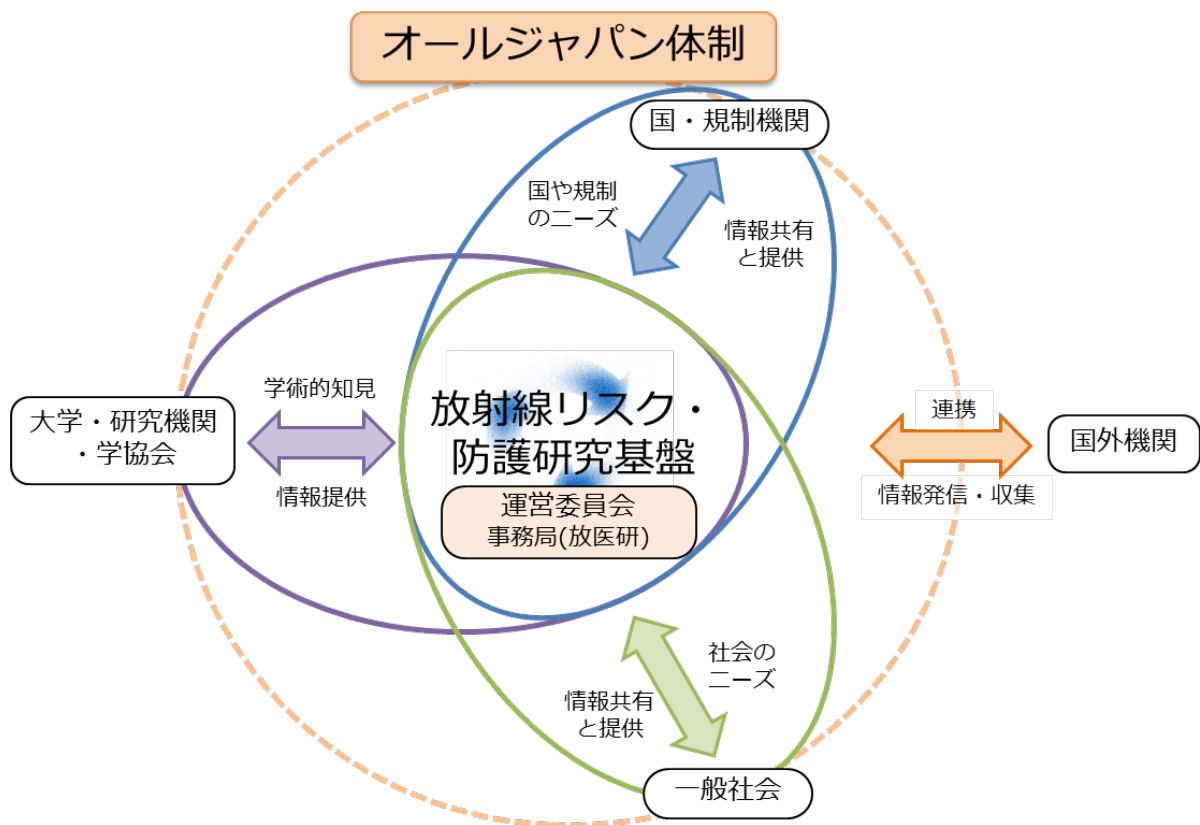


図3 研究基盤及び関連団体（国・規制機関、大学・研究機関・学協会、一般社会）の役割と相互関係。運営委員会の委員は独立的、代表的な有識者で構成されることが望ましく、また、研究基盤の活動は、適切なローリング体制を構築して見直していくことが肝要である。事務局は国外機関との連携のための窓口を担当することが適切である。

4章 まとめ

日本において独自に放射線影響・防護に関する情報をまとめ、評価し問題点を抽出したうえで、解決方策を企画する役割を持つ研究基盤（プラットフォーム）の構築について、放射線影響・防護研究に携わる研究者、学会、旧原子力安全委員会などにおいて長年検討されてきた。そのさなかに東京電力福島第一原子力発電所事故が発生し、低線量・低線量率放射線の健康影響に関する正確な情報の不足や混乱したリスクコミュニケーションによる不安が一般市民を含む社会問題となった。放射線の規制防護政策においては、正確な情報に基づく施策を合理的に行うことが求められること、加えて国民に対する低線量・低線量率放射線の健康影響に関するリスクコミュニケーションを十分かつ効果的に行うためにも、そのような研究基盤の重要性が改めて認識されることとなり、今後さらにその必要性は高まることが予想される。

今回、この研究基盤構築を目指して、本準備委員会はこれまでの研究基盤構想を踏まえた上でその内容について審議した。具体的には●解決すべき研究課題と課題解決に向けたロードマップ例、●研究戦略や重要課題の優先度の検討等、研究基盤に求めるべき機能、および●研究基盤構築に必要な体制について検討した。

その結果、まず以下の5項目を優先して進めるべき方向性として推奨し、その具体的課題例を提案した。また、得られた成果が次期ICRP主勧告に活用されることを目指して、それら研究課題遂行のロードマップ例を提示した。

- 1) 「リスク評価のために適切にデザインされた低線量・低線量率放射線の疫学研究」
- 2) 「低線量・低線量率放射線のリスク評価のための機構解明」
- 3) 「動物実験データを疫学研究での解釈に用いるための橋渡し」
- 4) 「年齢、性、遺伝素因、ライフスタイルと放射線との関連」
- 5) 「ネガティブデータを含むデータ収集とデータベース化（アーカイブ化）」

研究基盤の機能としては、リスクに関する情報の集約、それに基づくリスクおよび防護に関する考えをまとめ、行うべき研究課題及びロードマップをアップデートし、日本独自の考えを報告書として発信することを含める。長期的な取り組みとしては、研究課題を進めていくための共同研究の基盤となる情報提供、共同研究予算獲得や人材育成の支援も行うこととする。

研究基盤の体制については、運営委員会を設置し、放射線影響、リスク、疫学、防護の関連研究機関、国、大学、研究機関、学協会、一般社会等様々なステークホルダが参画できるオープンでオールジャパンの体制を構築する。この体制は、放射線関連分野のみならず他分野の専門家も含み、学際的で多面的な課題検討が図られるようにすべきである。個別案件については分科会を設けて検討し、分科会の検討結果は運営委員会で承認して報告書に取り込んでまとめる。また、研究基盤の体制改善、機能拡大、研究ロードマップへの反映や取り組むべき課題の検討、さらなる発展や見落とし防止などを目的として、広範囲なローリングを実施することとする。研究基盤の実務的な活動の窓口としては放射線医学総合研究所が事務局を担当することが適当である。

このような研究基盤の運営により期待される効果は、規制機関等が、放射線影響やリスクに関する正確な情報とその分析に基づくより合理的で科学的な規制施策や行政施策を実施できるようになることである。また解決が必要とされる研究課題を整理し、課題解決のための方策を提示することにより、低線量・低線量率放射線の健康影響に関する研究の効率的に進展と、新たな知見の創出を助ける。さらに放射線のリスクに関する正確で最新の情報と判断基準を一般社会に向けて提示及び普及することにより放射線に対する理解が深まり、誤解や偏見および混乱のないリスクコミュニケーションの醸成に寄与する。これらの研究基盤の活動により国内の規制機関、研究機関、及び一般社会との連携を強化するだけでなく、国外の規制機関や研究機関との連携も深めることによりわが国だけでは解決できない課題への取り組みも促進される。長期的には研究基盤の支援により共同研究や研究協力が進展し、放射線リスク並びに放射線防護分野の人材育成が促進する。研究基盤の活動によりもたらされる成果は、最終的に国民の厚生・安全・健康増進のために活かすことになる。

本準備委員会は、本報告書の主旨が関係学協会・研究機関・関係省庁等に広く理解され、それらの団体の支援協力の下、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が事務局の労を取る形で、我が国に放射線リスク・防護研究の確固たる基盤が速やかに形成されることを強く期待する。

参考資料

1. これまでの検討例

1-1 国外の状況

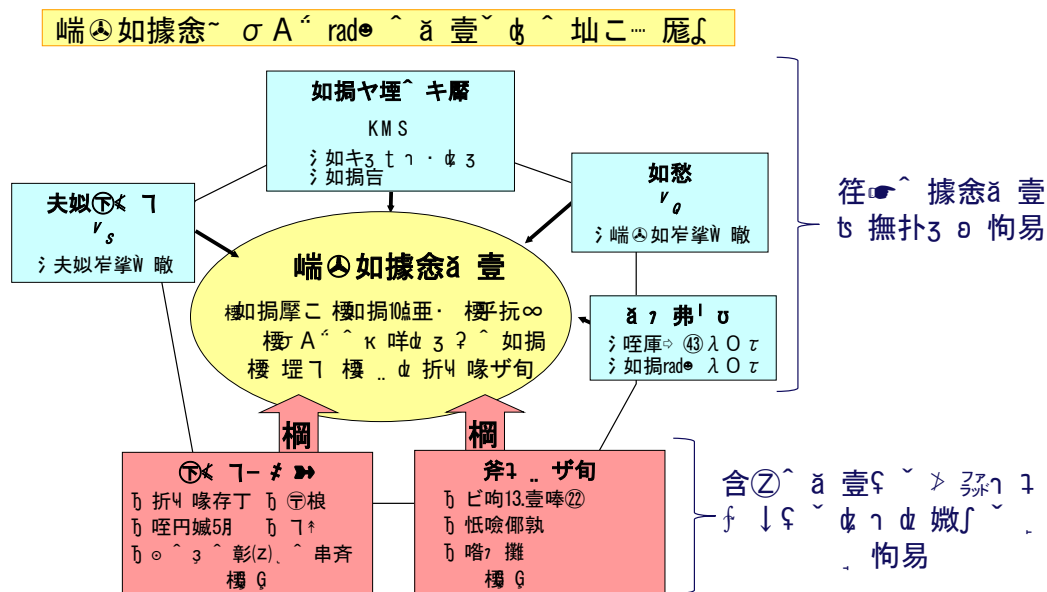
低線量放射線のリスク評価改善を目的とした研究基盤構築に関しては、世界的に欧州が先行している。また米国でも新たに、アウトカム志向研究を世界的にテコ入れするための国際的枠組みを構築しようという動きが始まりつつある。

1-1-1 欧州の動き

欧州の動きの背景には、欧州大で科学技術研究開発を統一して「共同市場」を創出し、国境を越えた研究者の交流とインフラの有効活用を行い、政策決定・実施等に活用しようとする欧州委員会（EC）の構想がある。この、2000年に提案された欧州研究領域（ERA; European Research Area）を、低線量リスク研究分野に設定することを目的として、2008年1月に欧州の低線量リスクに関する高度専門家グループ（HLEG; High Level and Expert Group on European Low Dose Risk Research）が設置された。同11月に報告書案が公表され、パブリックコメントを経て、最終報告書が2009年1月に公表された。

HLEGは、ドイツ、フランス、フィンランド、イタリア、イギリスの低線量リスク研究を重点的に進めている研究助成、規制機関もしくは国研と、欧州委員、及び低線量リスク研究に高度の専門性を有する専門家とで構成された。設置の背景として報告書では、当時の原子力発電所新設再開の動きと医学での放射線利用の増大により、放射線生物学、放射線毒性学の専門家の需要が高まっている一方、それら専門家が研究・規制の双方において減少してきているという危機感が強調されている。

HLEG 報告書は、まず、現行の放射線防護及びリスク推定の体系の堅牢さを脅かす不確かさとその改善可能性という観点から、主な課題を整理した（図：参考文献1掲載図を改変。原図はHLEG 報告書（EC, 2009））。そして、疫学、生物学及びそれらを繋げるモデル化（理論）の各アプローチについて、その科学的状況を概観した。その上で、その解決に向けては、課題の複雑さと、克服すべき不確実性の大きさに比べて、これまでの欧州原子力共同体プロジェクト（EURATOM）の枠組み計画（FP; framework programme）による研究では、研究戦略とリソースの集約が足りないとして、国際的・学際的な長期的戦略立案と研究管理を行うプラットフォームを提案した。ここで提案された新しい組織が MELODI（Multidisciplinary European Low Dose Initiative（学際的欧州低線量イニシアティブ））である。



HLEG 報告書での提案に基づき、EC 及び各国政府の支援の下、HLEG 参加国から英国を除いた 4 カ国 5 機関によって、2009 年 4 月に MELODI が設立された。2010 年 10 月には法人化し、会員からの会費で運営される独立した組織となっている。欧州全体の研究を統合するという最終目標を踏まえ、目的を共有する欧州機関・研究者に対して開かれたオープンプラットフォームと位置づけられており、2015 年には会員数が 43 に増加している。

MELODI の主な活動は、放射線防護を出口とした低線量リスク研究に関する、欧州における長期的研究戦略（SRA; Strategic Research Agenda）の提案と更新、研究活動の基盤となる重要なインフラの確保、放射線研究及び健康リスク評価の能力の長期的な維持である。特に SRA の策定・更新は、全体に係る中心的な活動と言える。MELODI は、独自の予算による公募は行っていないが、SRA を毎年見直しており、これを、各国及び欧州大の研究に関する優先順位設定の指針を与えるものであり、欧州大での競争的資金獲得に備えるものと位置付けている。また、放射線防護の課題を解決するためには学際的・革新的アプローチが必要であるとして、従来の領域外の専門家を引きこむことの重要性が強調されている。

SRA の見直しにおいては、進行中及び完了したプロジェクトの研究成果や、重要な放射線防護の論点を考慮することとされ、ウェブサイトや毎年開催される MELODI ワークショップでのオープンな意見募集を行って実際にローリングが行われてきた。すなわち、計画を立てて実行するだけでなく、その成果や外部情勢を踏まえたローリングが予め体制に組み込まれている。

2010年に、MELODIのツールとしてのDoReMi Network of Excellenceが、6年間のプロジェクトとして開始された。これは、低線量リスク研究の持続可能な統合的構造を確立することを目的として、EURATOM FP7放射線防護プログラム（2007-13年）の予算下（総額二千百

万ユーロのうち、EC から千三百万ユーロ¹⁵⁾ で、自身の公募により研究、インフラ整備、教育訓練プログラム等を行うものである。インフラ整備としては、照射施設、動物施設、データベースや high-throughput テクノロジーへのアクセスの為にネットワーク等を対象に調査・情報共有・整備を進め、特に低線量率照射施設、マイクロビーム、ラドン/トリロン暴露施設については公募を行って欧州大での整備を進めた。

このような、アウトカム志向的に課題を整理して SRA を策定し、優先順位設定に反映する方法は、2012 年以降、欧州の他の放射線防護関連プラットフォームにも広まった。2014 年には、EURADOS (線量評価)、Alliance (放射線生態学)、NERIS (緊急時対応) と協調の為に覚書を交わし、後述する 2014 年末の OPERRA の公募では、4 プラットフォーム及び ICRP 等も含めたステークホルダから広くウェブで意見募集を行った上で、プラットフォーム間で共通する優先順位設定を行った。2015 年には 5 つの医療系研究プラットフォーム¹⁶⁾とも覚書を交わし、2016 年からは医療被ばくの放射線防護研究に関するプラットフォーム EURAMED¹⁷⁾として連携を開始した。2016 年は、これら 5 プラットフォーム合同でのワークショップ (Radiological Protection Week) となり、さらに社会科学・人文科学との連携も課題であるとして、社会科学 SRA の提案に向けた議論も行われた。

研究実行面では、FP7 の後継となる Horizon 2020 (原子力は 2014-2018 年) の方針に従い、EC や加盟国の関連予算期間を取りまとめて欧州大で研究を統合し、プラットフォーム横断的な課題設定を行って公募を管理する欧州共同研究 (EJP) が立ち上げられている。現在までに OPERRA (2013-18 年)、CONCERT (2015-20 年) という二つの EJP により、共同での優先順位設定と公募による研究実施が行われている。このように、プラットフォーム連携による優先順位設定とあわせ、ローリング・実施体制がより統一的に整備されてきている。

以上のように、欧州ではアウトカム志向的に課題を整理して SRA を策定し、優先順位設定に反映する、トップダウン的な MELODI 方式が成功を収めつつある。その大きな特長の一つとして、これまで毎年行われてきた、オープンな意見収集による SRA のローリングがある。特にステークホルダからの意見を踏まえた改訂により、規制者及び研究政策決定者の低線量放射線研究への理解がより促進されてきた。そして、この MELODI 方式が放射線影響研究全体に広がることにより放射線分野全体の活性化に貢献してきている。

1-1-2 米国の動き

米国では、世界に先駆けて 1999 年に、予算総額 6,660 万ドルの 10 年計画として、エネル

¹⁵⁾ FP7 の低線量関係の EC 出資総額は、約六千万ユーロ。DoReMi の他、EpiRadBio (放射線発がんに関する疫学・生物学・モデル化)、RISK-IR (幹細胞)、ProCardio (心血管疾患)、EPI-CT (小児 CT 疫学) 等。

¹⁶⁾ EANM – European Associations of Nuclear Medicine, EFOMP – European Federation of Organisations in Medical Physics, EFRS – European Federation of Radiographer Societies, ESR – European Society of Radiology, ESTRO – European Society for Radiotherapy and Oncology

¹⁷⁾ European Alliance for Medical Radiation Protection Research

ギー省（DOE）低線量放射線研究プログラムが開始された。これは、放射性廃棄物に関する課題に応えるために、100mGy 未満での「しきい値なし線型（LNT）モデル」の妥当性を明らかにすることを目的としたものであった。しかしながら、科学的には貴重なデータが多く得られたものの、出発点の課題に十分に答えることができず、結果的に米国ではその後、低線量放射線影響研究の予算縮小に至っている。

この反省を踏まえ、また、MELODI からの国際連携の呼び掛けに応える形で、米国電力研究所（EPRI）が新しい国際的枠組みの構築を提案しつつある。

EPRI は 2009 年に DOE プログラムの中心的役割を果たした Brooks らによる低線量健康リスク報告書を発表するなど、以前から低線量影響研究に関する意見発信を行ってきた。2015 年に科学諮問委員会を設置し、研究ロードマップを見直すとともに、その助言を受けて、2016 年に International Dose Effect Alliance（IDEA）の案を提案した。

IDEA は、目的として、第一に低線量研究戦略を議論する国際的枠組みの構築を掲げている他、低線量放射線研究のための米国内部での連携構築、焦点を絞ったアウトカム志向研究に向けた世界の研究活動のテコ入れをうたっている。2016 年 11 月に第一回目のワークショップを開催し、米国に加え日欧加の低線量研究組織・機関を集めて研究優先順位、戦略、計画、成果の情報交換を行った。今後同様な対話を継続し、研究プロジェクト間のギャップを同定していくことを通じて、協力体制構築を図ろうとしている。

EPRI では、ほかにいくつかの調査・研究を行っており、その一つとして、放射線の有害影響を説明するための、疫学研究と生物学的知見を繋ぐモデル化アプローチの探索を進めつつある。全体として、大規模な生物学・疫学研究の資金的基礎は有していないものの、欧州を先行する成功事例として参考とし、その特長を拾い上げようとする姿勢がうかがえる。

参考文献

- (1) 欧州における低線量リスク研究動向の分析．岩崎利泰、吉田和生．電力中央研究所研究報告，調査報告 L09007，（2010）．

1－2 国内の状況

本報告書で検討される「放射線リスク・防護研究基盤」について、国内で組織立てて議論されるようになったのは、旧原子力安全委員会による「原子力の重点安全研究計画(第2期)」において、産学官の連携体制の構築と国際協力の推進の必要性が取り上げられたことによる。当初は「放射線安全・防護プラットフォーム」という名称で扱われていた。この重点安全研究計画に基づき、旧原子力安全委員会は、平成 22 年度内閣府科学技術基礎調査として「放射線影響分野の安全研究の推進に関する調査」を技術支援機関である放射線医学総合研究所に委託し、平成 23 年 3 月に報告書がまとめられた(1)。

その報告書では、我が国の放射線防護体系および放射線規制体系の高度化に資することを目的として、放射線安全規制のための研究ロードマップについて検討され、規制のニーズ

を踏まえた低線量・低線量率放射線影響研究課題に重点を置いた整理がなされた。そしてその放射線影響研究の推進方策として、放射線安全・防護に関わる様々な分野（研究、規制、事業、教育、人材育成等）が情報共有・連携するオールジャパン体制のプラットフォームの構築が提案された。しかしながら、報告書完成と同時に発生した東日本大震災とそれに伴う東京電力福島第一原子力発電所事故（福島原発事故）により、そのプラットフォームの構築は延期されることになった。

福島原発事故は、低線量・低線量率放射線の健康影響について、国民レベルで関心を高める契機となった。そこで放射線医学総合研究所は、「低線量放射線影響研究に関する検討会」を組織し、福島原発事故により懸念されている人体影響と科学的に明らかにすべき研究対象、その重点研究課題と課題解決に向けた方策、および重点研究課題の推進体制について諮問した。検討会では、国会事故調査委員会報告書、低線量被ばくのリスク管理に関するワーキンググループ報告書等を参考にして、福島原発事故で新たに顕在化した課題も含めて検討し、平成 24 年 7 月に報告書「低線量・低線量率放射線影響研究分野における研究推進方策」をまとめた(2)。その報告書において、重点研究課題を抽出すると共にその推進体制として、福島原発事故に伴う住民などの健康への懸念に応えるためには、これまで考えられていた以上に広い分野、多くの機関の研究者が有機的に連携して短期間での課題解決に努める必要があり、それを可能とするオールジャパンのプラットフォームの立ち上げ、維持、運営に放射線医学総合研究所が関わる事が提案されている。

これらの提案を受け、平成 28 年 4 月より放射線医学総合研究所と日本原子力研究開発機構の一部の研究所が統合して発足した量子科学技術研究開発機構の中長期計画に、「国内外の研究機関や学協会等と連携して、放射線影響に関する知見を集約・分析し、取り組むべき課題を抽出するとともに課題解決のための活動を推進する体制の構築を目指す」ことが盛り込まれた。

また、科学技術・学術審議会におけるライフサイエンス委員会の放射線医科学戦略検討作業部会においては、放射線の医学利用も含めたより広い範囲での放射線医科学の今後の研究のあり方や課題について検討し、平成 25 年 8 月に報告書「文部科学省における放射線医科学にかかわる研究開発の推進方策について（中間まとめ）」にまとめている(3)。そこでは、放射線の医学利用研究と生体影響研究の連携及び相互フィードバックのため、双方の研究者および技術者に共通する放射線生物学や医学物理学の教育・研究プラットフォームを構築し、共通の知識、相互理解を深めることが必要とされている。

日本学術会議の東日本大震災復興支援委員会放射能対策分科会では、平成 24 年 4 月に「放射能対策の新たな一歩を踏み出すために一事実の科学的探索に基づく行動を一」をまとめた(4)。プラットフォームという言葉は直接使用してはいないが、「提言 4：東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う放射能汚染の実態と健康被害をより正確に把握し、適切な除染と健康被害防止策を講じるために、我が国の政府と学術界が、放射能健康影響評価の全貌を把握する領域横断的研究体制を協働して構築することを求める」、および「提言 5：政

府は、事故を俯瞰するのに必要なデータ、健康影響の推定精度に大きな影響を与えるデータの迅速かつ着実な収集の仕組み、ならびに多くの研究者が利用・分析可能な標準化された様式でデータを提供する公的な仕組みを確立するべきである」と提言している。

また同分科会では、平成 26 年 9 月にも「復興に向けた長期的な放射能対策のために ― 学術専門家を交えた省庁横断的な放射能対策の必要性―」をまとめた(5)。「提言 1：学術専門家が参画する長期的で府省横断的な放射能調査・研究体制の必要性」において「政府は、今後国の中枢に、学術専門家が参画した府省横断的学術調査・研究企画調整体制を整備し、適切な情報を効果的に政策決定に反映させる制度を構築すべきである。現状では、これは原子力規制委員会の下に置かれることが望ましい」とまとめている。また「提言 2：原子力規制委員会に対する科学者コミュニティの貢献の必要性」では、「提言 1 で述べた総合的知見を原子力規制委員会による中長期的な放射能対策に係る決定に多様な分野から支援を行うために、科学者コミュニティは、協働して科学的知見と助言を原子力規制委員会に提供する仕組みを直ちに確立すべきである。また、原子力規制行政に対する国民の信頼を再構築するためには、科学者コミュニティが、これら行政の活動を第三者として自主的かつ客観的に評価することも重要である」と述べ、プラットフォーム機能の必要性が提言されている。さらに平成 29 年 2 月には、日本学術会議の科学者委員会における学術の大型研究計画検討分科会が「第 23 期学術の大型研究計画に関するマスタープラン（マスタープラン 2017）」を決定した。このプランでは、各分野の研究者が一致して認める重要課題について、長期間にわたって研究者を組織し研究を推進していくこと、大規模なデータ収集組織やデータベースを構築し効果的利用すること等、大規模研究計画の展開を提言している。その中の「放射線医科学イノベーション創出に向けた情報の統合と活用」では、これまで放射線医科学で行われてきた放射線の「影響解明」を目標とする研究分野と、「(医学) 利用効果の追求」を目標とする研究分野を統合し、両研究分野に関係する機関（学会・大学・研究所等）が参画する「放射線医科学コンソーシアム」を母体として、放射線医科学分野の研究成果の最大化や人材育成、国際機関との連携を図ることを提案している(6)。

参考文献

- (1) 平成 22 年度内閣府科学技術基礎調査「放射線影響分野の安全研究の推進に関する調査」放射線医学総合研究所，(2011)。
- (2) 「低線量・低線量率放射線影響研究分野における研究推進方策」放射線医学総合研究所低線量放射線影響研究に関する検討会，(2012)。
- (3) 「文部科学省における放射線医科学にかかわる研究開発の推進方策について（中間まとめ）」科学技術・学術審議会ライフサイエンス委員会 放射線医科学戦略検討作業部会，(2013)。
- (4) 「放射能対策の新たな一歩を踏み出すために一事実の科学的探索に基づく行動を一」日本学術会議 東日本大震災復興支援委員会 放射能対策分科会，(2012)。

(5)「復興に向けた長期的な放射能対策のために ―学術専門家を交えた省庁横断的な放射能対策の必要性―」日本学術会議 東日本大震災復興支援委員会 放射能対策分科会, (2014).
(6)「放射線医科学イノベーション創出に向けた情報の統合と活用」学術大型研究計画 (区分 I、計画番号 40)「第 23 期学術の大型研究計画に関するマスタープラン (マスタープラン 2017)」日本学術会議 科学者委員会 学術の大型研究計画検討分科会, (2017).

2. 主な低線量・低線量率放射線影響研究の概要

2-1 低線量・低線量率放射線疫学論文

放射線影響に関する疫学研究において、広島長崎の原爆被爆者を調べた研究がゴールドスタンダードであることは論を待たない。しかしながら、原爆被ばくは、高線量率一回被ばくのため、低線量率遷延被ばくの場合の影響がどうなるのか不明であり、そのリスクを推定することが喫緊の関心事となっている。そこでここでは、低線量・低線量率放射線影響を調査した昨今のおもな疫学報告についてまとめることとする。

環境からの放射線を一般住民が連続して被ばくしている例として、テチャ川流域住民とインドケララ地方の調査がある。テチャ川住民の被ばくは ^{137}Cs による外部被ばくと ^{90}Sr 、 ^{89}Sr 、 ^{137}Cs による内部被ばくであり、線量率が 300mGy/年 (赤色骨髄)、200mGy/年 (胃)、平均被ばく線量が 300mGy (赤色骨髄)、30mGy (胃) となっている。がんリスク (がん罹患率) ERR/Gy は、白血病 (慢性リンパ性白血病除く) で 4.9 (95% CI: 1.6, 14.3)、全がん (白血病除く) で 1.0 (95% CI: 0.3, 1.9) と統計的に有意な増加がみられる (1 - 4)。

一方、ケララ地方 (Karunagappally) の住民の被ばくは、 ^{232}Th による外部被ばくとラドン ($10\text{--}100\text{ Bq/m}^3$) による内部被ばくであり、線量率はテチャ川の調査に比べて約十分の一低く $1\text{--}15\text{mGy/年}$ (外部被ばく) であり、平均被ばく線量は 188mGy (対照地域 16mGy) であった。この線量率でのリスク (がん罹患率) ERR/Gy は全がん (白血病除く) で -0.13 (95% CI: $-0.58, 0.46$) であり、統計的有意差は観察されていない (5)。テチャ川の結果との違いは、低線量率長期被ばくにおける線量率にあるのではないかと考えられている。

職業被ばくとしての繰り返しまたは低線量率長期被ばくによる影響については 15 か国の原子力施設作業員の調査をまとめた研究がある。低線量率長期被ばくによるがん死亡リスクを直接求めることで、これまで放射線防護基準の根拠としてきた原爆生存者の高線量率急性被ばくの場合との異同を明らかにすることが目的として行われた。結論として「低線量・低線量率の被ばくにおいても白血病を除く全がん死亡リスクが増加する」ことが示された。しかしながら、カナダ一国を除いた場合では線量当たりの過剰相対リスクが有意に増加する事はなく、高値側に大きくはずれるカナダ一国のデータが全体結果を左右した可能性も残されている (6)。

同じ職業被ばくとして、国際がん研究機関が主導したフランス、米国、英国の国際共同研究の調査 (INWORKS) では、一年当たり平均 1.1mGy の低い線量率の放射線を受けた放射線作業員 30 万人以上を平均 25 年以上追跡し、 10mGy の被ばくで、白血病 (慢性リンパ性白血病

を除く)の死亡率が、1.03倍になるとしている(7)。

また、上記 INWORKS 調査の白血病を除く固形がんリスクについては、平均結腸線量 20.9 mGy (中央値 4.1 mGy)の集団において、高線量率一回被ばくの前爆被爆者データとほぼ同じ値を示したと報告している(8)。

高線量率ではあるが、低線量被ばくである診療用医療放射線被ばく事例で、しかも子供に対する放射線影響を調べた結果が報告されている。約 18 万人について調べ、10 歳未満の子供に一回頭部 CT を行くと、脳線量が 30mSv、骨髄線量が 10mSv 弱となり、将来この CT 検査を受けた 1 万から脳腫瘍 1 人と白血病 1 人が発生すると推定している (リスク増加は有意で過剰相対リスクは 1Gy あたりそれぞれ 0.023、0.036) (9)。

同じく、診断的 CT 検査による低線量放射線被ばく後の発がんリスクを地域住民からなるコホート試験により評価した研究がオーストラリアで行われた。0～19 歳の 1,090 万人を抽出して CT 検査を受けた者 (68 万 211 人)を同定し、がんデータベースおよび全国死亡データを利用して解析した。1 回の検査当たりの実効線量は 4.5mSv であり、年齢、性別、出生年で調整後、全体の発がん率は CT 検査を受けていないコホートよりも受けているコホートが有意に 24%高くなった (発症率比 : 1.24、95%CI : 1.20～1.29)。線量依存性がみられ、CT 検査が 1 回追加されるごとに発症率比が 0.16 上昇した。また CT 検査の年齢が若いほど発症率比が高くなる傾向がみられ、検査年齢が 1～4 歳のコホートの発症率比は 1.35、5～9 歳は 1.25、10～14 歳は 1.14、15 歳以上は 1.24 であった。また発症率比は、さまざまなタイプの固形がん (消化器、皮膚、軟部組織、女性生殖器、尿路、脳、甲状腺)、白血病、骨髄異形成症、その他のリンパ系腫瘍でも有意に上昇した(10)。

2-2 生物学的放射線作用機序に関する報告書

低線量・低線量率放射線の影響を理解し、そのリスク評価を精確に行うためには、疫学研究に加えて放射線生物学における機構研究を進め、その成果を取り入れていくべきとの認識が深まっている。これは、1970 ないし 80 年代に分子生物学や遺伝子操作技術が進展し、90 年代には多分野の研究領域を総合した形での生命科学の発展があって、これまでにない知識や解析技術が利用できるようになったことに基づいている。このような流れから、ICRP は、主に放射線が作用する標的である幹細胞に焦点を当て、放射線による影響のうち特に発がん機構の研究を進め、リスク評価に応用していくことについて「放射線防護の発がん面に関する幹細胞生物学」というタイトルで報告書をまとめている (11)。

そこでは、発がんの標的と幹細胞、発がんに必要な突然変異数、放射線による突然変異数と線量効果関係、絶対および相対リスクモデルと潜伏期、ニッチをめぐる幹細胞の競合と選択的淘汰について検討され、幹細胞の動態から放射線による発がんの年齢依存性、炎症依存性、低線量率効果の理論的説明が試みられている。

また、UNSCEAR は、低線量における放射線作用の生物学的機構についてショートレビューをまとめている (12)。取りあげられている項目は、ゲノム不安定性、バイスタンダー効果

およびアブスコパル効果、適応応答、活性酸素代謝とミトコンドリア機能、DNA 配列解析と遺伝子多型の影響、遺伝子およびタンパク質発現、細胞間相互作用と組織レベルの現象、システム生物学的アプローチである。

非標的効果および遅く現れる効果の機構の理解が進んでいること、低線量と高線量の被ばくによる遺伝子やタンパク質の発現には違いがあること、しかし、それらの報告にはまだ一貫性が不足していると本文書は述べている。そして、それらの現象と放射線関連の疾病との因果関係についてはまだ明らかではなく、また、免疫反応と炎症反応に関して、疾病とのよりはっきりした関係はあるが、特に低線量での放射線被ばくによるそれらの生理的プロセスへの影響についてのコンセンサスはないとしている。

本文書は発がんに関連するメカニズムに集中しているが、ここで考慮されたプロセスのいくつかは組織反応にも関連しており、したがって、低線量・低線量率放射線被ばくにおける非がん病変の潜在的リスクを評価するのに有効であろうと述べている。

さらに UNSCEAR は、ヒトの疾病に関連するかもしれない低線量放射線の作用を理解するような研究を継続し、生物学的な根拠に基づくリスクモデルと、リスク評価に機構研究のデータを統合するためのシステム生物学の枠組みをさらに発展させる事を勧めている。

また最近（2015）では米国放射線防護測定審議会（NCRP）が解説書 24 を出版し（参考文献 13、概要の邦訳は 14）、放射線生物学と疫学のよりよい統合によって低線量・低線量率放射線の健康影響を理解するための方策を展望している。その背景には、これまでの放射線生物学研究が、必ずしもヒトのリスク評価に用いられることを念頭には行われていなかったという反省がある。そこでヒトを直接観察している疫学研究と放射線生物学を統合することにより、放射線リスク評価を行う上で存在する不確実性を改善することを目指した研究を提案している。

その統合の基本的枠組みに、化学物質のリスク評価で長年用いられてきたパラレログラムアプローチの手法を取り入れることを検討している。この手法は、分子・細胞レベルの知見と個体レベルの知見を実験動物とヒトにおいてそれぞれ比較・統合し、実験できないヒト個体におけるリスクを推定するものである。そのためには、分子・細胞レベルと個体レベルにおける放射線疾患に関連した事象を結びつけ、さらに生物種を越えて共通に適用できる生物学的現象（エンドポイント）とその指標（バイオインディケーター）に注目することが重要であるとしている。

本解説書では、そのようなバイオインディケーターとして DNA 損傷と修復、低線量での DNA 損傷応答シグナル、染色体異常、遺伝子変異、放射線誘発ゲノム不安定性を挙げ、それらの線量反応を修飾しうる要因（適応応答、バイスタンダー効果、遺伝的感受性、環境、生活習慣）について説明している。最終的には、ヒトの健康影響につながる動物及び細胞モデルを利用してエンドポイントとバイオインディケーターを同定し、生物学的線量反応モデルに取り込むことにより、ヒトにおける低線量放射線リスク評価に活かすとまとめている。

参考文献

- (1) Protracted radiation exposure and cancer mortality in the Techa River Cohort. Krestinina, L.Y., et al. *Radiat. Res.* 164(5): 602-611 (2005).
- (2) Solid cancer incidence and low-dose-rate radiation exposures in the Techa River cohort: 1956-2002. Krestinina, L.Y., et al. *Int. J. Epidemiol.* 36(5): 1038-1046 (2007).
- (3) Leukemia incidence among people exposed to chronic radiation from the contaminated Techa River, 1953-2005. Krestinina, L.Y., et al. *Radiat. Environ. Biophys.* 49(2): 195-201 (2010).
- (4) Solid Cancer Incidence in the Techa River Incidence Cohort: 1956-2007. Davis, F.G., et al. *Radiat Res.* 184(1):56-65 (2015).
- (5) Background radiation and cancer incidence in Kerala, India-Karanagappally cohort study. Nair, R.R., et al. *Health Phys.* 96(1): 55-66 (2009).
- (6) Risk of cancer after low doses of ionising radiation: retrospective cohort study in 15 countries Cardis, E., et al., *British Medical Journal*, 331:77 (2005).
- (7) Ionising radiation and risk of death from leukaemia and lymphoma in radiation-monitored workers (INWORKS): an international cohort study. Leuraud K, Richardson DB, Cardis E, et al. *Lancet Haematol*, on line pub., (2015).
- (8) Risk of cancer from occupational exposure to ionising radiation: retrospective cohort study of workers in France, the United Kingdom, and the United States (INWORKS), David B Richardson, Elisabeth Cardis, Robert D Daniels, et al., *BMJ*, 351:h5359, (2015).
- (9) Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study, Mark S Pearce, et al., *Lancet*, 380, (9840), 499-505, (2012).
- (10) Cancer risk in 680 000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians. Mathews JD et al., *BMJ*. 22;346:f2360, (2013).
- (11) Stem cell biology with respect to carcinogenesis aspects of radiological protection. ICRP Publ. 131.
- (12) Biological mechanisms of radiation actions at low doses. UNSCEAR 2012, White paper.
- (13) Health Effects of Low Doses of Radiation: Perspectives on Integrating Radiation Biology and Epidemiology, NCRP Commentary No. 24. National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda (2015).

- (14) NCRP Commentary 24 on the Integration of Radiation Biology and Epidemiology: A Summary. Kakinuma, S., et al. Hoken Butsuri (in press) (2017).

日本放射線影響学会第 59 回大会において、ワークショップ「放射線リスク・防護研究基盤の構築とオールジャパン体制での連携に向けて」を行い、本研究基盤の体制と取り組むべき研究課題案を紹介すると共に、パネルディスカッションにおいて、研究基盤に必要な連携・協力の具体的内容と可能性、および成果を防護基準へ反映する上での重要な論点について意見を交換した。

座長：山田 裕（量研機構・放医研）、岩崎 利泰（電中研）

(1) 放射線リスク・防護研究基盤の構築とオールジャパン体制での連携に向けて
全体概要 山田 裕 (量研機構・放医研)

放射線リスク・防護研究基盤設立の背景と主な機能

- 福島事故を受けて、日本の放射線安全規制は文科省、経産省、内閣府から、原子力規制委員会に一元化された。
- 福島事故の教訓から、我が国の放射線安全規制に関する取組は府省を横断して情報を収集・分析し、国民に発信していく仕組みが必要。

関連する国内組織・研究者・専門家が集まり、国内の放射線安全規制の基礎となる影響、リスク、防護に関する情報の収集・分析を行い、関係者間で共有すると共に、原子力規制委員会に提供し支援する。

取り組むべき課題を検討し、必要な提言を発信するとともに、関係機関の総力を結集して課題解決のための活動を推進し、原子力規制委員会の役割をサポートする。

放射線リスク・防護研究基盤準備委員会の設置

・放射線医学総合研究所に7月に設置、事務は放射線影響研究部

目的：低線量・低線量率放射線リスク評価の不確実性改善に向けた研究戦略を提案し、研究者間の連携を支援するために、放射線防護や低線量放射線影響研究に係る専門家によりなる放射線リスク・防護研究基盤の設立に必要な準備を行う。

審議事項：放医研所長の諮問を受け答申する。**平成28年度中報告書を提出。**

(1) 解決すべき科学的な研究課題を抽出し、課題解決に向けたロードマップを策定すること。

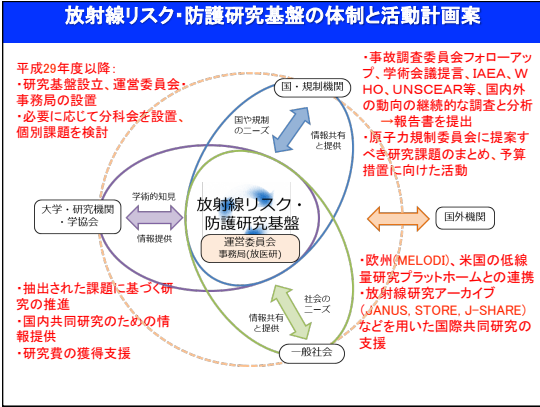
(2) 研究戦略や課題優先度の検討等、研究基盤に求めるべき機能を整理すること。

(3) 研究基盤構築に必要な体制を検討すること。

(4) その他、研究基盤に関する一般的事項。

放射線リスク・防護研究基盤準備委員会の委員			
委員長	甲斐 倫明	公立大学法人 大分県立看護科学大学 看護学部	
委員	小笹 晃太郎	公益財団法人 放射線影響研究所 疫学部	
委員	鈴木 啓司	国立大学法人 長崎大学 原爆後障害医療研究所	
委員	田内 広	国立大学法人 茨城大学 理学部	
委員	保田 浩志	国立大学法人 広島大学 原爆放射線医学研究所 放射線影響評価研究部門 線量測定・評価研究分野	
委員	横山 須美	藤田保健衛生大学 医療科学部	
委員	杉原 崇	公益財団法人 環境科学技術研究所 生物影響研究部 分子生物学グループ	
委員	岩崎 利泰	一般財団法人 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	
委員	今岡 達彦	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 放射線影響研究部 幹細胞発がん研究チーム	

放射線リスク・防護研究基盤の機能/役割と具体的活動案		
対象	機能/役割	具体的活動
研究基盤	(コアとなるもの) ・情報収集と共有、発信 ・研究課題の抽出及びロードマップの策定	a) 国内外情報収集と共有による、共通の知識、相互理解の深化 b) 放射線影響研究課題の抽出及びロードマップの策定による、政策立案への橋渡し
	(長期的に取り組むもの) ・人材育成の支援	c) 研究の連携、研究者間のコーディネート、相互フィードバック d) 大型の研究プロジェクトの企画 e) 学位取得者のキャリアアップシステム整備 f) 萌芽研究費の枠拡大、留学制度の導入 g) 教育体系の構築
事務局	・ 研究基盤の維持運営	a) 科学的ネットワークのハブ b) ※情報の収集・分析と発信



(2) 放射線リスク・防護研究基盤の構築とオールジャパン体制での連携に向けて
放射線リスク評価と放射線防護の観点から 甲斐 倫明 (大分看護大)

放射線リスク・防護研究基盤の構築と オールジャパン体制での連携に向けて

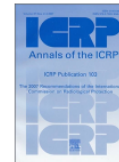
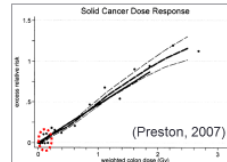
放射線リスク評価と放射線防護の観点から

甲斐 倫明
大分県立看護科学大学
日本保健物理学会長

2016年10月26日 10:30-11:30
日本放射線影響学会第59回大会
ワークショップ2:放射線安全

はじめに

- 「低線量・低線量率の放射線リスクをどのように評価するか」は放射線防護の長きにわたる課題
- 防護目的: LNTモデル、原爆被ばく者等の疫学研究の結果と線量・線量率効果係数(DDREF)を基礎にしたリスク評価方法



これまでの状況と福島事故後(1/2)

- 放射線に対する生物の応答の複雑さ
- DNA、細胞、組織や個体の各レベルによって異なり、「発がん」のメカニズムも解明には至っていない。
- 放射線リスク評価において生物学と疫学の融合の必要性については、ここ10年で一部の研究者や学術機関では関連した発表や活動の提言があったが、**全体的には将来の放射線防護の目標として位置づけられていたかもしれない。**

福島第一原子力発電所事故 2011年3月

- 「緊急時」及び「現存」被ばく状況の経験
- 低線量放射線に対する健康影響の不安
- 震災の混乱等他の要因に加え、**低線量・低線量率の放射線リスクの評価の不確かに対する社会対応の混乱**

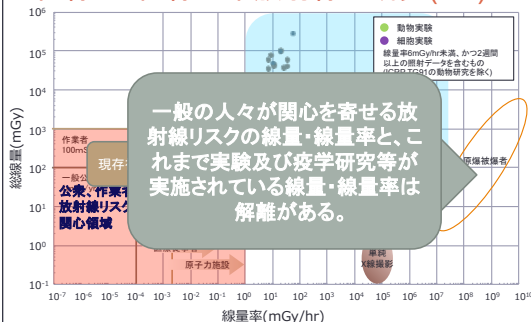
これまでの状況と福島事故後(2/2)

- 福島事故の教訓⇒放射線防護や放射線安全規制に関連する議論(国内外機関、規制基準の見直し等)が展開
- その一方、放射線防護は人々の放射線に対する不安緩和、解消のみならず、社会的ベネフィット(例えば医学利用)とのバランスにも配慮する必要がある。

放射線影響・防護・リスクに関連した研究の役割は?

- 低線量・低線量率放射線の**放射線リスクや防護に直接的に繋がる研究**の必要性、すなわち**課題解決型**の研究の位置づけが益々重要になっている。

低線量・低線量率放射線の研究(1/2)



低線量・低線量率放射線の研究(2/2)

- 生物学研究、疫学調査が独立で連携がない
- 短期的には解決不可能。
- 現在の研究を単独で延長的に深化させるだけでは、低線量・低線量率放射線のリスク、防護に結びつかない可能性が大きい。



生物学研究と疫学研究を融合させる必要性
強く推進していく枠組みの必要性
研究の方向と課題を明確にする必要性

放射線リスク評価と放射線防護課題の例

- ・生物学研究と疫学研究を融合した放射線リスク評価手法の研究
- ・放射線防護体系への応用/被ばく状況
- ・リスクの受容性
- ・低線量放射線リスクと社会への影響
- ・放射線管理上への影響
- ・規制整備、基準値(廃棄物基準など)
- ・放射線測定方法含む適用への課題
- ・...

【日本保健物理学会としての取り組み】

内部被ばく影響評価委員会(2015年9月～)

低線量放射線リスク推定法専門研究会(2016年4月～)

研究基盤への期待

- ・学際的(分野横断的)であること。
- ・オールジャパン、産官学が連携した体制であること。
- ・長期的推進する枠組みであること。



長期的な期待

- 人材の育成(研究者、規制、民間)
- 国際的連携、情報発信
- 放射線リスク評価、防護研究の深化



まとめと提案

- ・放射線リスク評価と放射線防護の観点から、これまでの低線量領域における放射線防護、福島事故の余波、**現状の課題の整理・共有**
- ・**オールジャパン体制の構築**で連携と継続を進めていくこと、学際的な取り組みであること等が必要であり、その一つとして**学協会の役割**も極めて大きい。
- ・特に、**シンポジウム等オープンな場**を通じて様々な意見を述べ合い議論することは不可欠であろう。**会議記録の作成**
- ・今後数十年に渡って長期的に取り組むことが出来るよう、**定期的なローリング**や機能の維持発展など、体制も含めて引き続き議論していくべき内容も多い。

(3) 低線量・低線量率放射線のリスク・防護研究の国際動向

ー研究プラットフォームを中心に 酒井 一夫 (東京医療保健大)

低線量・低線量率放射線のリスク・防護研究の国際動向 ー研究プラットフォームを中心に

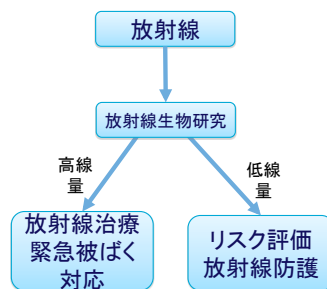
東京医療保健大学

酒井一夫

2016年10月26日

1

放射線生物研究の「出口」



ネットワークの先行事例 DOE Low Dose Program

3

米DOE低線量プロジェクト

- 1999年に開始
 - 100mGy未満でのLNTの妥当性を確かめる
 - 線量応答曲線の形と傾きを明らかにする
 - 主に細胞・分子レベルの機構解明に注力
 - 予算総額6,660万ドルの10年計画として
 - 研究の切り口として示された5領域
 - 低線量放射線と内在性の酸化損傷は同じか
 - 両者の損傷で生体応答に違いはあるか
 - 低線量におけるしきい値の有無
 - 低線量放射線への感受性に関する遺伝的素因
 - 研究成果のコミュニケーションと規制への影響

4

米DOE低線量プロジェクト

- 評価
 - 科学的に多くの知見を得た
 - 最初の10年間で約500報
 - リスク評価の改善には繋がらなかった
 - LNTの反例の「Cherry-picking」(つまみ食い)
- 個々の科学分野から提案される課題を**ボトムアップ式**に積み上げるだけでは限界がある。

5

欧州における成功事例

「音楽」シリーズ



- **MELODI** (Multidisciplinary European Low Dose Initiative)
 - 2009年4月開始(2010年10月法人化)
 - 参加機関が「会費」を払って運営
 - Open platformという方針(5→30機関)
 - 研究戦略を毎年見直す
 - 2009年から毎年公開ワークショップを開催

7

DoReMiネットワーク

- Low Dose Research Towards Multidisciplinary Integration
 - 2010 – 2015年
 - 予算総額€21M(ECから€13M)
 - 短中期的研究戦略(TRA)を定めて実行
 - 研究の他、教育訓練、インフラ整備にも注力



8

欧州の動きの背景

- RISC-RADプロジェクト
 - 最初の低線量大型プロジェクト(2004-2008年)
 - 低線量での放射線発がん過程の理解向上に貢献
 - 総額€30M(欧州委員会(EC)から€10M)
 - 資金提供側から、欧州内での統合した効率的な研究推進や優先順位付けの要望

9

高レベル専門家グループ (HLEG)

- 設置
 - コアメンバー6名
 - 2008年1月設置
 - 2009年1月最終報告書公表
- 目的
 - 低線量リスク研究ロードマップ作成
 - 持続的研究枠組構築に必要な要素を同定

10

HLEGが抽出した課題

視点 放射線防護体系を支える磐石な基盤となっているか？

- ・線量応答関係の形状
- ・組織による感受性の違い
- ・線質による効果の違い
- ・内部被ばく
- ・感受性の個人差
- ・非がん影響

HLEGレポートの答申/勧告

・プログラム遂行のためのプラットフォームの必要性

- ・科学的戦略を定めロードマップを描いて実行
- ・ステイクホルダーとの科学に基づく対話を促進
- ・放射線分野外から最先端の専門家を呼びこむ
- ・疫学、生物学、モデル化等、分野を越えた連携
- ・長期的な戦略構築（定期的な見直しと調整）
- ・インフラ整備
- ・教育訓練

成功事例に見る成功の秘訣

HLEG-MELODIモデル

- ・解決すべき課題から**トップダウン式**に戦略、ロードマップを設定
 - ・ステアリング委員会の存在 政策決定者の理解を容易に
- ・学際的・国際的協調プラットフォームを構築
 - ・リソースの有効利用を可能にする
 - ・最先端科学からの呼び込みに成功
- 予算獲得、研究推進、人材確保に貢献**
- ・長期的な視野（疫学・長期動物実験）
- ・ただし、まとまった成果はまだ多くない。枠が広がりすぎて焦点が分散する可能性も
- ・参画者の「盛り上がり」



14

RPWとは

- ・放射線防護研究の方向性を議論する場
- ・科学者と政策決定者がともに集う
- ・放射線防護研究関連プラットフォーム合同



- ・先行した成功例の**MELODIワークショップの拡大版**として企画
- ・欧州放射線防護研究の更なる統合を目指す

15

- ・2017年
 - ・ICRP2017シンポジウム(10月10-12日)との同時開催
 - ・パリ・ディズニーランドビジネスセンター
- ・2018年
 - ・10月1-5日にクロアチア・ロヴィニ(Rovinj)での開催が決定



16

(4) 低線量・低線量率放射線影響研究の展望 島田 義也 (量研機構)

日本放射線影響学会 第59回大会
ワークショップ
放射線リスク・防護研究基盤の構築と
オールジャパン体制での連携に向けて

低線量・低線量率放射線影響研究の展望

島田 義也
山田 裕、中島 徹夫

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

2016年10月26日



低線量・低線量率放射線分野における研究推進方策

- 懸念されている放射線の人体影響に関して、科学的に解決すべき課題は何か？
- 福島原発事故、医療被ばく(診断・治療)
- 国際貢献(UNSCEAR、ICRP、IAEA、WHO)
- 重点課題の抽出(サイエンス+社会ニーズ)
- 方策
 - ロードマップ
 - 他分野研究との融合・参画
 - 放射線影響学会の果たすべき役割

今後の取り組みについて

- ・ 生物学と疫学を融合
- ・ 低線量・低線量率放射線影響の定量的評価とメカニズム
- ・ がん・非がんリスク評価に繋がる研究の方向性
 - 低線量・低線量率放射線のリスク評価のための機構解明
 - 動物実験データを疫学研究での評価に用いるための橋渡し
 - 年齢、性、遺伝素因、ライフスタイルと放射線との関連
 - ネガティブデータを含むデータ収集とデータベース化(アーカイブ化とビッグデータの活用)
 - 低線量・低線量率の疫学研究* (* 原発、福島、職業被ばく、高レベル地区)

上記の研究を分野横断的に進めていくとともに、社会的な側面も考慮しながら低線量リスクの知見を集約していく。

課題の早期解決に向けた方策

既存の科学的知見や サンプルの活用	最先端ライフサイエンス 基盤技術との融合	長期間を要する研究の ための方策
・ 放射線健康影響調査等の包括的解析によるリスク予測 ・ 疫学データの利用 ・ サンプルアーカイブ ・ 論文のアーカイブ化(grading)	・ 次世代ゲノム・エピゲノム解析技術を利用したリスク評価 ・ 生体イメージング技術を利用した線量・影響評価 ・ 発生・再生科学技術を利用した影響機構の解明 ・ 計算科学技術を用いたリスクモデル構築	・ 社会制度(がん登録・線量登録)や研究基盤整備と同調した低線量・低線量率影響疫学研究 ・ リスク低減に関する動物実験からヒトへの応用研究 ・ リスコミ、教育・研修

「低線量・低線量率放射線影響研究分野における研究推進方策」放射線医学総合研究所(平成24年7月)

低線量・低線量率放射線影響の重要な論点

- ・ 低線量・低線量率被ばくリスク
- ・ 小児被ばくリスク
- ・ 内部被ばくの影響
- ・ 遺伝的影響
- ・ 非がん影響(白内障、心疾患)
- ・ 被ばく線量(医療、職業、事故)
- ・ 線量評価(内部、リアルタイム)

リスク評価

- ・ リスクの蓄積性(長期被ばく)

作用機序

- ・ 放射線感受性の個人差
- ・ 生体防御機構・リスク低減

リスク修飾

「低線量・低線量率放射線影響研究分野における研究推進方策」放射線医学総合研究所(平成24年7月)

ビッグデータ・AIの活用

システム生物学

疫学(集団) ↔ 分子 ↔ 細胞 ↔ 個体

ビッグデータ・AIの活用

交絡、相互作用

疫学

分子

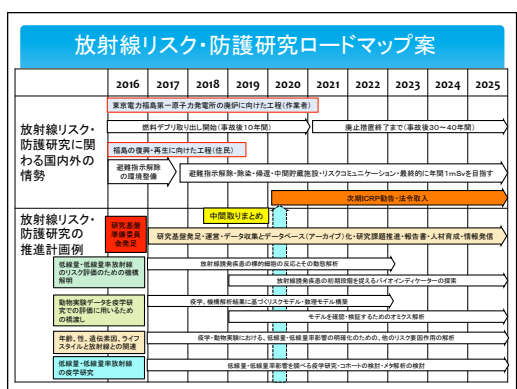
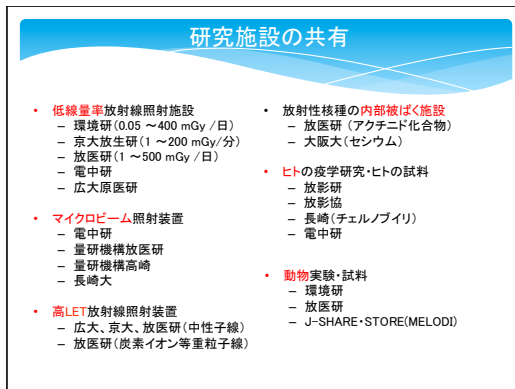
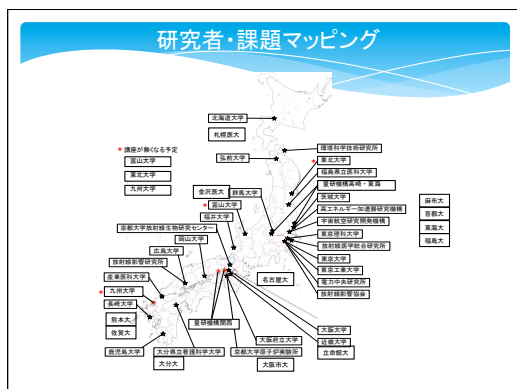
細胞

個体

(例) ワトソン君

リスク予測 低減

- ・ Omics
- ・ NGS
- ・ bioindicator
- ・ 組織依存
- ・ 年齢依存
- ・ 神経・内分泌・免疫ネットワーク
- ・ 幹細胞
- ・ Niche
- ・ 放射線応答



3-2 パネルディスカッション

パネラー：小笹 晃太郎（放影研）、鈴木 啓司（長崎大）、保田 浩志（広大・原医研）、今岡 達彦（量研機構・放医研）、甲斐 倫明（大分看護大）、酒井 一夫（東京医療保健大）、島田 義也（量研機構）

（1）パネラーコメント

- 疫学の集団設定、被ばく量推定、アウトカムの把握等、学際的な過程をプラットフォームの中で計画し実現していくことが重要である。
- 科学者とステークホルダーのコミュニケーション、避難に起因する災害関連死に対し放射線防護から何ができるかという視点、線量だけではなく感受性個人差なども含めた個人のリスクに基づいて人を防護するアプローチが重要である。
- 基礎研究としては ICRP 幹細胞報告書で提示された疫学から見た課題にチャレンジするのが最も重要である。それにより個人差、組織依存性、年齢依存性、がん・非がん影響のメカニズムの解明が期待できる。また、世界の中でも日本が、低線量率照射装置を保有し動物実験をしっかりとできるという、貴重な情報源となりうる国であり、競争的資金になじまないテーマを研究ネットワークの中で推進することに期待する。
- 災害関連死等を視野に入れた時に LNT は本当に慎重なモデルかどうか、真の値に近い

スク評価をすることを課題として掲げる必要がある。そのために定量的なメカニズムの研究が重要である。

(2) フロアからのコメント・質疑応答

- ・ 線量率の違いを無視した線量の足し算が可能か。また、ストレスの影響とそれに対する免疫系の関与について、精神的影響や免疫の専門家を含めた基盤研究を立ち上げるべきである。
- ・ 災害関連死については、緊急時においては線量等の状況がわからないため、その対応を状況確定後に後付けで解釈することが難しく、今後議論していく余地が十分ある。またストレスの問題も取り込んで放射線の問題を考えていく必要がある。
- ・ ストレスに関して、環境エンリッチメントにより免疫・内分泌を高めて放射線影響を低減する研究の試みが始まっている。
- ・ 原爆の線量率を、その時間分布を踏まえて検討すべきである。また、セシウムの発がんデータを取る必要がある。
- ・ セシウムに関しては大阪大学が科学技術振興機構の競争的資金を得て研究を進めている。
- ・ 低線量ではトリチウム研究も核融合・再処理等で重要である。また、影響学会との連携が不明確であり、早い段階で理事長等へ働きかけるべきである。
- ・ 規制の枠組みの中で低線量問題にアプローチするにはオールジャパンで行う必要があるとの考えは従来からあり、今日は放医研での議論を最初に提示している段階である。今後ご意見を踏まえて学会等の協力を求めていく。
- ・ 生物と疫学を繋ぐために、生物現象のモデルを作ってリスクを評価するアプローチが重要だが、それに向けてどのように取り組むことを考えているか。
- ・ 確かにモデルが疫学と生物のインターフェースになり、モデル関係者、特に数理科学・計算科学の専門家をどう巻き込んでいくかが重要である。数理生物学会など数理モデルをやっている専門の学会に情報を投げて協力を求めていくことが必要だろう。
- ・ 疫学、数理モデル、生物の専門家間で、相互にこういったパラメータが必要か等の意見交換など、会話することが重要であり、プラットフォームのような場で議論を深めることが大事である。
- ・ 疫学と生物の融合ということでは影響学会はその推進装置の一つとなり得るが、分子疫学以外の疫学研究者の参加が少ない気がするので、疫学研究者に来ていただくための工夫が必要である。
- ・ 疫学研究、特に放影研の原爆被爆者のデータでみられる、がんの男女差、年齢による差、臓器による差について、生物学的にメカニズムを証明すれば、定性的な結果であっても非常に有意義な成果になるだろう。
- ・ 原爆被爆者の方の疫学調査について、すでに測定項目が決まっている中で、線量率、ス

トレス等、生活習慣といったものを、いかに曝露情報として組み込んでいくかが重要になる。また、疫学は計画時点で決まってくる面があるため、今後の疫学研究立案時にどうしていくかが重要になる。

審議経過

第1回放射線防護・リスク研究基盤準備委員会

日時 平成28年7月26日（火） 13:30－16:30

場所 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 東京事務所会議室

第2回放射線防護・リスク研究基盤準備委員会

日時 平成28年9月26日（火） 13:30－16:30

場所 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 東京事務所会議室

第3回放射線防護・リスク研究基盤準備委員会

日時 平成29年1月24日（火） 13:30－16:30

場所 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 東京事務所会議室

第1回放射線防護・リスク研究基盤評価委員会

日時 平成29年3月27日（月）～

名簿

準備委員会委員

氏名	所属
----	----

甲斐 倫明 (委員長)	公立大学法人 大分県立看護科学大学 看護学部
----------------	------------------------

小笹 晃太郎	公益財団法人 放射線影響研究所 疫学部
--------	---------------------

鈴木 啓司	国立大学法人 長崎大学 原爆後障害医療研究所
-------	------------------------

田内 広	国立大学法人 茨城大学 理学部
------	-----------------

保田 浩志	国立大学法人 広島大学 原爆放射線医科学研究所 放射線影響評価研究部門 線量測定・評価研究分野
-------	--

横山 須美	藤田保健衛生大学 医療科学部
-------	----------------

杉原 崇	公益財団法人 環境科学技術研究所 生物影響研究部 分子生物学グループ
------	---------------------------------------

岩崎 利泰	一般財団法人 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
-------	--

今岡 達彦 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 放射線影響研究部 幹細胞発がん研究チーム

評価委員会委員

氏名	所属
丹羽 太貫	公益財団法人 放射線影響研究所
草間 朋子	東京医療保健大学
中西 準子	国立研究開発法人 産業技術総合研究所

事務局

山田 裕	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 放射線影響研究部 長期低線量発がん病理研究チーム
中島 徹夫	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 放射線影響研究部 生活習慣・ストレス影響研究チーム
佐々木 道也	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 放射線影響研究部
森本 泰子	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 放射線影響研究部