

学会報告

EPRBioDose2024（電子スピン共鳴吸収の応用と生物学的線量評価に関する国際学会）開催報告

藤嶋洋平¹、Anderson Donovan¹、阿部悠²、Alkebsi Lobna³
岡壽崇⁴、谷篤史⁵、Kranrod Chutima¹、豊田新⁶、濱崎幹也⁷
廣田誠子⁸、保田浩志⁸、山口一郎⁹、山中千博¹⁰、三浦富智^{1*}

¹ 弘前大学 被ばく医療総合研究所、² 長崎大学 原爆後障害医療研究所

³ 量子科学技術研究開発機構 放射線医学研究所、⁴ 日本原子力研究開発機構 原子力基礎工学研究センター

⁵ 神戸大学大学院 人間発達環境学研究所、⁶ 岡山理科大学 古生物学・年代学研究センター

⁷ 放射線影響研究所 分子生物科学部、⁸ 広島大学 原爆放射線医科学研究所

⁹ 国立保健医療科学院 生活環境研究部、¹⁰ 大阪大学大学院 理学研究科

Meeting report on the EPRBioDose2024, Hirosaki

Yohei Fujishima¹, Donovan Anderson¹, Yu Abe², Lobna Alkebsi³, Toshitaka Oka⁴, Atsushi Tani⁵,
Chutima Kranrod¹, Shin Toyoda⁶, Kanya Hamasaki⁷, Seiko Hirota⁸, Hiroshi Yasuda⁸, Ichiro Yamaguchi⁹,
Chihiro Yamanaka¹⁰, Tomisato Miura^{1*}

1 Institute of Radiation Emergency Medicine, Hirosaki University

2 Atomic Bomb Disease Institute, Nagasaki University

3 Institute for Radiological Science, National Institutes for Quantum Science and Technology

4 Nuclear Science and Engineering Center, Japan Atomic Energy Agency

5 Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University

6 Institute of Paleontology and Geochronology, Okayama University of Science

7 Department of Molecular Biosciences, Radiation Effects Research Foundation

8 Research Institute for Radiation Biology and Medicine, Hiroshima University

9 Department of Environmental Health, National Institute of Public Health

10 Graduate School of Science, Osaka University

キーワード：EPRBioDose2024、放射線、電子スピン共鳴線量評価、電子スピン共鳴年代測定、細胞遺伝学的線量評価

和文要旨：令和6年9月25～28日の4日間、弘前大学創立50周年記念会館(青森県弘前市)において、放射線の線量評価に関する国際学会EPRBioDose2024が開催された。本大会は弘前大学被ばく医療総合研究所三浦富智教授を大会長とした国際学会であり、「Dosimetry Harmony: Orchestrating Unity in Techniques（線量測定のハーモニー：技術の調和に向けて）」をテーマとし、研究発表や意見交換が行われた。本稿では、EPRBioDose2024の様子を若干の所感を交えて紹介したい。

*連絡先：三浦 富智 国立大学法人 弘前大学被ばく医療総合研究所

〒036-8564 青森県弘前市本町66-1

TEL: 0172-39-5966 FAX: 0172-39-5966

E-mail: tomisato@hirosaki-u.ac.jp

1. はじめに

国際生物線量評価学会（International Association of Biological and EPR Radiation Dosimetry, IABERD）が開催するEPRBioDoseは、電子スピン共鳴（Electron Paramagnetic Resonance, EPR）および細胞遺伝学的手法を用いた放射線の生物学的線量評価に携わる世界

各国の研究者が一堂に会する、本分野の中心的な国際会議として位置づけられてきた。本会の目的は、EPRを用いた放射線の生物学的線量評価や年代測定、細胞遺伝学的線量評価領域における国内外の一線級の研究者を交え、大規模な放射線被ばく事故等の緊急時対応や、迅速なトリアージのためのバイオマーカー探索に関する最新の知見、医療における放射線の生物学的線量評価の役割、線量評価における精度管理や国際的な施設間のネットワーク形成に関して議論・情報交換することにより、放射線生物学的線量評価の進歩と発展を図ることにある。

この度、令和6年9月25日（水）～28日（土）の期間、弘前大学創立50周年記念会館（青森県弘前市）を会場とし、IABERDと弘前大学が共催でEPRBioDose2024を開催した¹⁾。英国、米国、ドイツ、フランスなどを含む20カ国より、91名（オンライン2名含む）の参加を得ることができた（図1）。



図1. 参加者の集合写真

2. 会議1日目（令和6年9月25日）

会議1日目は、量子科学技術研究開発機構 量子医学・医療部門高度被ばく医療センター計測・線量評価部 栗原治部長より、“Reconstruction of the Radiation Emergency Medical System in Japan after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident”として、東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえた、日本における緊急被ばく医療体制がどのように見直されてきたかの招待講演があった（図2A）。

その後、“New methods and new uses for biodosimetry (生物学的線量評価の新たな方法・用途)”と題した口頭発表セッションにおいて、4題の口頭発表がなされた。放射線被ばくを推定する方法として用いられる二動原体染色体をより簡便に検出する方法や、超高線量の被ばくをした際に生物学的線量評価を

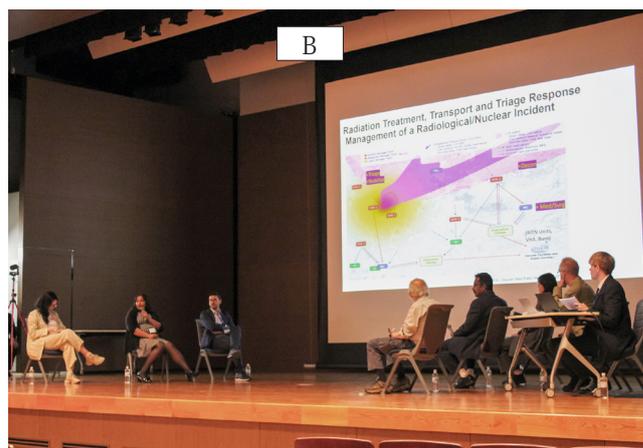
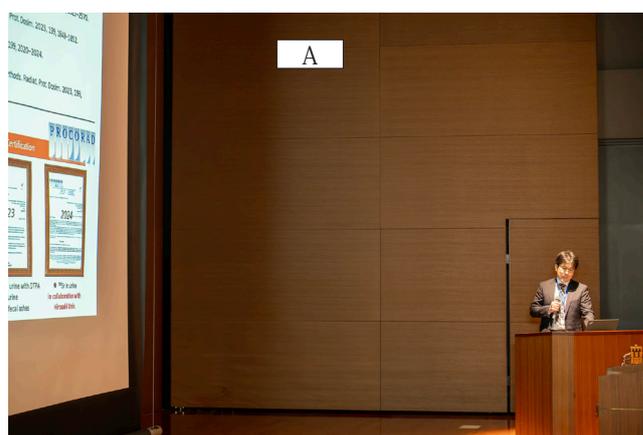


図2. 学会の様子

(A) 招待講演の栗原治先生、(B) Round table sessionの様子

応用するための手法に関する発表などがなされた。

この日の目玉は Round table session と呼ばれるパネルディスカッション式のセッションであり、“When and how should we use biodosimetry for an unplanned radiation exposure in the short and long term? (短期的または長期的に、計画外の放射線被ばくに対して生物学的線量評価をいつ、どのように使用すべきか)”の内容で専門家4名および若手研究者の2名で議論を行った。討論においては、線量測定技術の進歩やハーモナイズ、運用の規模拡大を見据えた際の課題、緊急時対応における生物学的線量評価の将来などが議論された。また、フロアの参加者には、匿名で意見の投稿が可能なオンラインフォームも準備し、より活発な質疑応答を行うことができた（図2B）。

3. 会議2日目（令和6年9月26日）

会議2日目は、University of Palermo（イタリア）の Maurizio Marrale 博士より、“Review of application of EPR alanine dosimetry in medical field (アラニンを用いたEPRの医療分野への応用)”と題した基調講

演からスタートした。近年、有効性が見込まれている粒子線治療やFLASH治療において精確な線量を担保する必要性について講演された。

続いて、“Innovations in EPR Dosimetry and Dating (EPRによる線量測定・年代測定における技術革新)”と題して8題の口頭発表がなされた。ガンマ線と電子ビームに適応可能な新たなEPR測定のための線量計材料を開発した報告や、歯を用いたEPR線量計測ではLバンド生体線量測定の精度を向上させる手法、Xバンドを用いた応用的研究、また、EPR年代測定が適用できる新しい物質についての線量応答の基礎研究などについての講演があった。

午後のセッションは、IRSN（放射線防護・原子力安全研究所、フランス）のMorgane Dos Santos博士より放射線生物研究における「線量」の重要性についての基調講演があった。これまで文献で報告されてきた照射条件と線量測定プロトコルは、研究間の比較やデータのさらなる分析を行うには詳細が不十分である現状があり、その点を改善するための取組について議論された。

この日最後の口頭発表セッションは“Radiation Exposure Assessment and Retrospective Dosimetry (被ばく線量評価と遡及的な線量評価)”と題して4件の講演があった。イメージングフローサイトメータを用いた微小核法による線量評価についての講演や、東京電力福島第一原子力発電所事故によって被災したニホンザルより得られた歯のエナメル質を用いてEPRによって遡及的な線量評価を行った例など幅広い話題が発表された。

4. 会議3日目（令和6年9月27日）

会議3日目は、国立アレルギー・感染症研究所（アメリカ）のMerriline Vedamony博士の基調講演“An Overview of Radiation Biodosimetry Approaches: Current Perspectives and Future Applications（放射線生物線量評価法の概要：現在の展望と将来の応用）”から始まり、アメリカ政府における多数傷病者の発生するような事故への体制整備や、研究の進歩に関して概説した。

“Radiation Emergency Triage and Response（放射線緊急時のトリアージや対応）”をテーマとした口頭発表セッションでは、多数傷病者が発生した際を想定した際のトリアージ体制の構築した事例や、簡易に線量評価が可能なPoint-of-Careデバイスを開発した事例など4題の報告がなされた。

続く“Artificial Intelligence and Automation in Dosimetry（線量評価における人工知能や自動化）”の口頭発表セッションでは、4題の口頭発表がなされ、人工知能を用いて、二動原体染色体法やFISH（Fluorescence *in situ* hybridization）法を用いた染色体転座解析法の自動解析技術を開発した事例などが報告された。

この日の午後はエクスカージョンとして、①弘前公園、②津軽藩ねぶた村、③弘前市りんご公園を観光した。それぞれの施設のスタッフの方々のお気遣いのおかげもあり、参加者間の懇親をより深めることができた。さらに夜のバンケットでは弘前大学津軽三味線サークルによる演奏を楽しんだ（図3）。

5. 会議4日目（令和6年9月28日）

最終日は、Williams College（アメリカ）のAnne Skinner博士より“The Place of Electron Spin Resonance (ESR) Dating among Modern Dating Methods（現代の年代測定法における電子スピン共鳴(ESR)年代測定の位置づけ）”の基調講演の後、本学会を主催するIABERD（国際生物線量評価学会）の総会が行われた。また、最後の口頭発表セッション“New Techniques in EPR and Biodosimetry (EPRおよび生物学的線量評価の新たな手法)”において、セルフリーDNAを用いた新たな線量評価手法に関する報告など、4題の口頭発表がなされた。



図3. Social programの様子

(A)「津軽藩ねぶた村」での太鼓の演奏体験、(B)「弘前公園」園内にて弘前城および岩木山を望む参加者、(C)「弘前市りんご公園」にて旬のりんごの収穫体験、(D)弘前大学津軽三味線サークルによる演奏

6. ポスター発表

ポスター発表は、会議2日目と3日目に渡って実施され、56題のポスターが掲示された(図4 A)。若手研究者のポスター発表よりポスター賞を選出し、弘前大学被ばく医療総合研究所のAnderson Donovan 博士と Seoul University の Koo Chang Uk さんが IABERD Poster Award に(図4 B)、UK Health Security Agency の Lourdes Cruz-Garcia 博士が RENE B Poster Award に選出された(図4 C)。

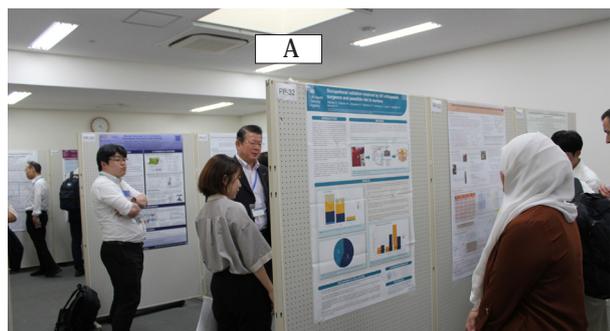


図4. (A) ポスターセッションの様子、(B) IABERD Poster Award を受賞した Anderson Donovan 博士と Koo Chang Uk さん、(C) RENE B Poster Award を受賞した Lourdes Cruz-Garcia 博士

7. 特徴的な取組

1) トレーニングコース

本大会では、EPRBioDose 初の取組として、大会開催前(令和6年9月23日(月))にEPRによる線量評価と細胞遺伝学的線量評価に関するトレーニングコースが開催された。

EPR トレーニングコースでは、第一線の研究者によ

る講義、EPR スペクトルシミュレーションソフトウェアを用いたハンズオン講義、および実機を用いた口腔内の歯を用いたEPRによる線量評価の実際について、12名の若手研究者が学んだ(図5 A, B)。

細胞遺伝学的線量評価トレーニングコースにおいては、遡及的な線量評価が可能なFISH法を用いた染色体転座解析法や、高線量被ばくの線量評価が可能なPCC(Premature chromosome condensation)法(特に化学誘導PCC法)などについて実習形式で5名の若手研究者が参加した(図5 C, D)。

2) Fukushima post-conference tour

会期終了後の令和6年9月29日(日)~30日(月)の2日間にかけて、海外研究者の要望に応じ、福島県浜通り地区へのエクスカージョンを、観光庁「国際会議の開催効果拡大実証事業」の支援を受け実施した。「被災地の未来志向を理解する」をテーマに、複合災害に理解を深めるとともに、被災地復興・再生への取組や、処理水の海洋放出、メルトダウンした炉心の廃炉に向け英知を結集した挑戦について理解するために、①東日本大震災・原子力災害伝承館の見学(図6 A, B)、②福島イノベーション・コースト構想の紹介(図6 C)、③浪江町の教育再生に関する講話(図6 D)、④東京電力福島第一原発の視察(図6 E, F)、⑤福島県産食品の理解の5つのプログラムからなるツアーを企画した。

被災地を訪問し、記録や実物を見学するだけではなく、被災地の街並み、被災地で生活する住民を直接目にする効果は絶大であったと思われる。これらは、アーカイブや電子媒体では感じることができない体験であり、地震、津波、原子力災害という世界に類を見ない複合災害を学び、被災地の現状と未来に向けた取り組みを深く理解する貴重な機会となった。また、参加者は、自然豊かな福島県産の食品を楽しみ、食の安全性についても再確認した。

参加者からは、これらのプログラムに対して素晴らしいプログラムであったとの評価を多くいただいた。以下にツアー参加者からのコメントを抜粋して紹介する。

- ・ 事故後、福島で起こった出来事について知ることがなかったので、近隣の町の復興が進んでいるのを見て感動した。
- ・ テレビ中継やソーシャル・メディアで見ると、実際に見るとでは全然違う。個人的には多くのことを学んだ。



図5. トレーニングコースの様子

(A) EPRトレーニングコースでの講義の様子、(B) 各自のパーソナルコンピュータを用いたハンズオン講義、
(C) 細胞遺伝学的線量評価トレーニングコースにおける実習 (D) FISH解析。

- ・ このツアーは、東京電力福島第一原子力発電所事故の被災地に対する私の認識を一変させた。
- ・ 当初は災害と喪失に焦点を当てていたが、今では地域社会の回復力と現在進行中の復興努力を認識している。このツアーは、課題だけでなく、福島への復興に向けた希望と進歩も浮き彫りにしてくれた。
- ・ 福島の現状をもっと知ってもらうために、このツアーを他の人にも紹介したい。
- ・ この地方を発展させようとする当局の努力に感銘を受けた。

震災から14年もの月日が経過したが、放射線の遺伝性影響や福島県産食材に対する誤解を払拭することは難しく、国内においても未だ風評被害が継続している^{2,3)}。さらに外国人は、福島県の現状についてマスメディアやSNSを介して情報を入手する機会のほうが多いと思われ、より多くの方々に対して、自らの体験を通して学ぶ機会を提供することが重要であると考えている。福島復興は道半ばであり、多くの人々の関心が継続される必要があり、それを支援する国家的取

り組みを国内外に認知していただくことが重要であろう。今回の福島県浜通り地区へのエクスカージョンがその一助となることを願う。

8. 謝辞

本学会の開催にあたり、弘前大学の共催による会場費の免除、および観光庁「国際会議の開催効果拡大実証事業」、(公財)セコム科学技術振興財団「令和5年度国際学会開催助成」、(公財)青森県国際観光交流機構「令和6年度大規模MICE開催事業」からの助成を受けた。

Clin-EPR, LLC (米国)、(株)エーディーエステック、カールツァイス(株)、日本電子(株)には会場にて機器展示を、(株)千代田テクノ、(株)シバタ医理科からは広告協賛をいただいた。また、JAつがる弘前、JAアオレンからは、開催地である弘前市を代表するりんごやりんごジュースをたくさん提供していただき、参加者が会期中にそれらを楽しむことができた。

福島県浜通り地区へのエクスカージョンでの福島イノベーション・コースト構想の紹介や浪江町の教育再生に関する講話においては、貝沼実千代様に講演およ

び質疑応答に関する通訳を担当いただき、大塚淳子様にも様々な面でサポートをいただいた。

弘前大学被ばく医療総合研究所リスク解析・生物線量評価部門に所属する佐藤佑樹さん、佐々木直美さん、弘前大学医学部保健学科検査技術科学専攻4年の沖本彩華さん、門脇由依さん、鈴木日向さん、同3年の鎌倉沙藍さん、齋藤蓮弥さん、對馬結生さんには、事務局として本会の開催を支えていただいた。

これらの支援なくして、本会の盛会は成し得ず、この場を借りて厚くお礼申し上げるしだいである。

広島および長崎の放射線影響研究所（放影研）は、日本の厚生労働省ならびに米国のエネルギー省により資金提供を受けている公益財団法人であり、平和目的の下に、放射線の人に及ぼす医学的影響及びこれによ

る疾病を調査研究し、原爆被爆者及び人類の健康と福祉に貢献することを目的とする。表明された見解は著者の見解であり、必ずしも両国政府の見解を反映するものではない。

9. 参考文献

1. IABERD, EPRBioDose2024 | Hirosaki, Japan, <https://eprbi dose2024.org/> (2025-02-01 閲覧)
2. 三菱総合研究所, 震災・復興についての東京都民と福島県民の意識の比較 第6回調査結果の報告 (2023年実施), <https://www.mri.co.jp/knowledge/column/20240306.html>, (2025-02-01 閲覧)
3. 環境省, つむぐ、つなぐ、つたわる。ぐるぐるプロジェクト, <https://www.env.go.jp/chemi/rhm/portal/communicate/> (2025-02-01 閲覧)



図6. Fukushima post-conference tourの様子。

(A) 東日本大震災・原子力災害伝承館にて、参加者全員で撮影した集合写真。(B) 津波および震災関連死に関する情報を学ぶ参加者の様子、(C) 福島イノベーション・コースト構想を学ぶ参加者の様子。(D) 福島県浪江町における教育の再生過程を学ぶ参加者の様子。(E) 東京電力廃炉資料館で福島第一原子力発電所構内で作業する際に着用する防護服の推移について説明を受ける参加者。(F) 東京電力福島第一原子力発電所の処理水海洋放出地を眺める参加者。