

放射線防護体系の進展に向けた OECD/NEA 会合 印象記

荻野 晴之, 大塚 健介, 藤通 有希, 浜田 信行
Ogino Haruyuki Otsuka Kensuke Fujimichi Yuki Hamada Nobuyuki

1. はじめに

経済協力開発機構/原子力機関 (OECD/NEA) の放射線防護・公衆衛生委員会 (CRPPH) が主催する「第3回放射線防護における科学と価値に関するワークショップ」及び「第6回放射線防護体系の進展に関するアジア会議」が、原子力規制委員会の協力、文部科学省、放射線医学総合研究所の共催の下、2012年11月6日から3日間、東京大学の山上会館において合同開催された。国際原子力機関 (IAEA) や国際放射線防護委員会 (ICRP) からの参加者もあり、計128名 (そのうち国外: 28名) が一堂に会した。本会合の目的は、“放射線防護体系の進展に向けて、科学 (Science) と価値 (Value) に焦点を当てること”、“アジア地域の専門家や若手研究者の考えを聞き入れること”とされ、全体セッションと個別セッションが行われた。全体セッションの様子は、会期中にOECD/NEAのウェブサイト¹⁾で中継され、現在では、原子力安全研究協会のウェブサイト²⁾で録画配信されている。

初日の全体セッション「福島事故の結果および管理～アジア地域における科学と価値の問題」では、CRPPHビューロー会議の一員である酒井一夫氏 (放射線医学総合研究所) の推薦の下、若手放射線生物学研究会 (YRBAJ) の会長である大塚 (筆者) が日本放射線影響学会を代表して、また、日本保健物理学会若手研究会の幹事である荻野 (筆者) が日本保健物理学会を代表して、それぞれ放射線生物学と保健物

理学を専門とする若手研究者の立場から発表を行った。また、個別セッションでは、東京電力福島第一原子力発電所事故 (以下、福島事故) の経験を考慮しながら扱うべき重要な論題として、①低線量被ばくと公衆衛生に関する評価及び管理、②子どもの防護と自助的活動、③放射線の非がん影響について議論された。

本稿では、筆者らの発表内容、本会合で取り上げられた3つの論題の議論を紹介し、本会合に参加した印象について述べる。

2. 本会合における若手研究者からの発表

チェルノブイリ原子力発電所事故やJCO臨界事故³⁾を過去の教訓として学んできた若手にとって、2011年3月11日に発生した福島事故は現在進行形で直面する衝撃的な大事故となった。同時に、自分たちの専門性をいかに社会に還元することができるか、自問自答の日々が続いた。このような状況の中、日本放射線影響学会において、福島原発事故対応Q&Aグループが事故発生直後に発足し、2011年3月18日には、「福島原子力発電所の事故に伴う放射線の人体影響に関する質問と解説 (Q&A)」⁴⁾が開設された。また、2011年3月25日には、日本保健物理学会の「専門家が答える暮らしの放射線Q&A」が発足した⁵⁾。若手研究者は、これらの活動に積極的に取り組み、国内外へ情報発信を行ってきた^{6,7)}。

大塚は、“Scientific Challenges: Scientific Challenges to Radiation Research—Views of

Young Investigators”というタイトルで、特に福島事故の教訓という側面から、低線量放射線影響に関して発表を行った。YRBAJの若手研究者の中には、それぞれが所属する研究機関・大学が行ってきた研究調査事業や、公衆への説明会を行ってきた者も多く、このような活動を通じて得た経験を、いかに将来の低線量放射線影響研究につなげるか、考え方を紹介した。フロアからは、日本の若手研究者は、福島事故を一番身近に考えられる次世代の研究者であるため、様々なツールを駆使して、生物学者だけでなく、保健物理など様々な領域の研究者と連携して将来の課題に挑戦してほしいとのコメントをいただいた。

荻野は、“Social Values: Radiological Issues and Future Perspectives on Fukushima Nuclear Accident from the Viewpoint of Young Researchers and Students”というタイトルで、Q&Aサイトの取り組みを紹介後、放射線防護の進展に関連した検討課題を2つ例示した。

1つ目は、“ゼロリスク志向にどう向き合うか”という課題である⁸⁾。自然放射線と比較してわずかな被ばく線量だったとはいえ、今回の事故による被ばくはそもそも不要な被ばくであるため、後ろ向きの意味付けには限界があるのではないかと、という問題提起である。発がんの要因は放射線に限ったことではない。そこで、解決方法の1つとして触れたのが、従前の線量評価手法から総合的リスク評価手法へのシフトである。将来に向けて何に気を付けて生活していけば良いのか、極論すれば、過去の不要な被ばくをいかに帳消しできるか、そのような前向きな姿勢が必要なのではないかと主張した。

2つ目は、“個人ではなく性別と年齢を平均した仮想の集団を防護の対象とする考え方を、緊急時被ばく状況においても子どもに適用して良いのか”という課題である。ICRP2007年勧告⁹⁾の防護体系においては、計画被ばく状況の線量限度や、緊急時及び現存被ばく状況の参考レベルは、子どもと大人を区別せずに与えられている。性別と年齢を平均した仮想の集団が防護の対象とされているからである。しかし、緊



写真1 全体セッションにおける若手研究者の発表

急時被ばく状況に対しては、妊娠中の女性や子どもに対して特別な注意を払うべきと勧告され、また、小児期早期の被ばく後のリスクは最大でも集団全体のリスクのおよそ3倍と仮定することが慎重であると勧告されている。“集団”と“個人”を放射線からどのように防護するべきかという問題は、日本保健物理学会若手研究会内での議論に基づいて、倫理 (Ethics)、価値 (Values)、原理 (Principles)、規準 (Criteria) という一連の諸概念の流れを整理した上で取り扱う必要があると指摘した。例えば、子どもが最も価値のある存在であると判断される場合には、下位にある原理が変わり、子どもに特化した規準が導かれることになる。子どもへの適用は、会合3日目の全体セッションにおいても、大きな議論となった。フロアからは、何歳までを子どもと定義するのか、男女差はどうするのか、子ども以外の放射線高感受性の集団を特別に防護する必要はないのか、など様々な意見が出された。統一した見解が与えられることはなかったが、子どもの特別な防護の在り方について出された意見を踏まえて、本会合の報告書が作成されることになった。

筆者らが発表した全体セッションでは、日本以外に、韓国、マレーシア、ベトナム、ロシアから福島事故後の取り組みについて発表があった。初日の懇親会で、各国の発表者と若手研究者のネットワークについて話をする機会があったが、放射線影響と保健物理に関して、このよ

うな若手研究者のネットワークが学会を中心として組織されている国は世界中を見ても大変珍しく、日本だけと言っても過言ではない。国内外の多くの方々からいただいた若手の今後の活躍と分野の垣根を越えた交流を激励する言葉を胸に、これからも福島事故後の経験と日本の特徴を活かしながら、放射線防護体系の進展に向けて取り組んでいきたい。

3. 本会合で取り上げられた3つの論題

3.1 低線量被ばくと公衆衛生に関する評価及び管理

低線量影響に関する議論は、個別セッション(1)で、「低線量被ばくと公衆衛生に関する評価および管理」と題して行われた。科学的側面からは、線量・線量率効果係数(DDREF)の議論や低線量影響に関する議論、価値の側面からは、専門家に対する信頼、避難されている方々にどう向き合うかについて議論が展開された。

DDREFとは、Dose and Dose Rate Effectiveness Factorの略であり、単位線量当たりの生物学的効果が低線量・低線量率の放射線被ばくでは高線量・高線量率における被ばくと比較して通常低いことを一般化した、判断によって決められた係数(ICRP2007年勧告⁹⁾)である。DDREFの扱いについては、1つの方向性が示された。ICRPがDDREFを導入したのは、高線量影響以外に情報が無い時であったが、現在までに低線量被ばくの疫学的知見が増えたこと、またその解析手法の進歩を受けてUNSCEARが再計算した結果、低線量(0.1 Gy)と高線量(1 Gy)とで線量当たりのリスクにほとんど差がなかったことから、UNSCEARの見解は、低線量域のリスク推定にDDREFを使う必要性はもはやないという方向になりつつある。一方、低線量“率”被ばくについては、細胞当たり1年に数回トラックが通るような数mSv/年レベルで起こると考えられる線量率効果を生物学的な機構から理解する必要があるとの認識を共有した。

低線量影響に関する議論では、北米で関心が集まっているとして、低線量放射線による生体

に有益な作用を指す概念であるホルミシスが取り上げられた。生物学的現象として高線量と異なる刺激作用を示す報告は存在するが、ヒトのリスクに関して確認された現象ではないこと、そもそも価値判断を含む概念であり科学的な概念ではないことなどの、既に国際的に一般化されている認識が改めて共有された。

福島事故後のリスクコミュニケーションでは、リスク係数や低線量影響についての考え方が正しく伝わらなかったことが公衆を混乱させた要因であることが問題提起された。その原因に、放射線影響に関して多くの情報が出たものの、SvやBqなどの単位の分かりづらさや、国民が知りたい「100 mSv受けたらどうなるか」に対する答えが明確でなかったことが挙げられた。単位が分かりづらければ、科学者はより正確に伝える責任があり、その積み重ねが公衆との信頼関係を築くために必要である。公衆との信頼関係の好事例として、天気予報士の事例が紹介され、ハリケーンの進路には非常に多くの進路予測モデルがあり、避難する人への影響は多大であるにもかかわらず、人々の信頼を勝ち取っている。このような事例から学ぶべきことがあるだろうとの意見があった。

同じ地域でも、線量率が異なる場所が存在する中で、帰宅希望者にどう向き合うかは、集団及び個人の両面の問題を考える必要があるとの問題提起があった。個人の自己決定を重要視する考え方が一方、個人が良くてもコミュニティが破壊されては意味がなく、コミュニティ維持のため、政府が現地での生活に伴うリスクの程度を理解し、戻ることのメリットがリスクを上回れば、帰宅できるように支援するべきとの意見があった。一方、その判断は最終的には公衆に委ねるべきであるとの意見が印象的であった。どこまで政府が介入すべきかについては、高自然放射線地域でありながら、保養地として有名なラムサール地域の住民を避難させようとしたイラン政府の事例があり、美しい土地からあえて避難しなければならない理由に住民が納得しなかったことが紹介された。つまり、放射線防護だけが価値基準でなく、ライフスタ

イルが優先されるべきという考えである。このような観点から、専門家はアドバイザーとしての立場であるべきで、専門家がインプットする情報は意思決定の参考情報に過ぎず、専門家や自治体は、状況の管理を行いつつ住民の考えを尊重するべきという議論に発展した。

3.2 子どもの防護と自助的活動

子どもの防護と自助的活動に関する議論は、個別セッション(2)で行われた。福島県伊達市の仁志田昇司市長と勝見五月氏(伊達市家庭児童相談員)が参加され、伊達市における初期の混乱や除染の現状に関して、住民からの信頼や科学者との関わり方の観点から、福島の実験を世界に直接発信した。

仁志田市長は、伊達市は発電所から約60 km 離れていたが、福島事故後には60 $\mu\text{Sv/h}$ を超えていた場所もあり、市役所でも30 $\mu\text{Sv/h}$ あったが何も対応ができず、住民からの不信につながったと述べた。そして、そのような経験を踏まえて、専決処分(本来必要な議会の議決を経ず、地方自治法の規定に基づいて議決の前に自ら処理すること)により、約10億円規模の市の財源で、伊達市の除染や学校の環境整備を実施したことで、一定の信頼回復につながったことを紹介した。保護者からは、学校が一番線量の低い場所となったため、子どもを学校に泊めておいて欲しいという声まで届いたようである。

勝見氏は、当時校長を務められていた富成小学校(伊達市保原町)における初期の対応を紹介した。10 $\mu\text{Sv/h}$ (年間100 mSvに相当)以下では何の注意もいらないという専門家の意見が耳に届く一方で、バスで迎えに行くからすぐに避難した方が良いという電話が学校にかかってくるなど、事故発生直後は情報が錯綜した。勝見氏は、自分の判断でないと責任が取れないという信念のもと、宇宙飛行士や高自然放射線地域住民の被ばく線量、過去の大気圏核実験によるフォールアウトとの比較など、ここに残っても大丈夫だと思えるプラスのファクターを探した。そして、伊達市出身の田中俊一氏(現 原子力規制委員会委員長、当時 放射線安全フォ

ラム副理事長)が現地で直接顔が見える形で専門的な知見を住民に提供したことが何よりの信頼につながったと述べた。放射線の遮蔽効果や除染方法など、理屈では分からないことでも、科学者がシンプルな実験を目の前で行うことで、短時間でより多くの住民が理解できたそうである。本会合のテーマでもある“自助的活動”においては、正に必要となる知識や情報を専門家がいかに効果的に提供できるかが重要となる。勝見氏は、“福島に住むことを決めた人にとって、科学者の力は必要。これからも協力して欲しい”と強調された。

“子どもの防護”そのものに関連した掘り下げた議論は本会合では行われなかったが、ICRPは本会合前に主委員会を福島市で開催し、福島事故の教訓に関するタスクグループ84の報告書(要約版)を2012年11月22日に発表した¹⁰⁾。同報告書では、福島事故後、20 mSv/yという参考レベルが子どもにとって受容できないほど高いと受け止められたことを取り上げ、これまでICRPでは“子どもだけ”を対象とした明確な勧告を出していないが、“大人だけ”と“子どもを含む公衆全体”を対象とする場合では、損害で調整された名目リスク係数(結果の重篤度を表現するため、損害の様々な構成要素を考慮に入れるように修正された確率的影響の発生確率)には30%程度の違いしかないと述べている。そして、近年報告されている子どもの放射線リスクに関する新しい知見を考慮に入れながら、子どもの防護について更に検討する価値はある、とまとめている。

3.3 放射線の非がん影響

循環器疾患に関する議論は、個別セッション(3)で行われた。2011年4月のICRPソウル声明¹¹⁾で、循環器疾患に対する0.5 Gyの心臓と脳へのしきい線量が初めて勧告され、その根拠となるICRP Publication 118¹²⁾が2012年8月に刊行されたところである。このしきい線量は、線量限度として放射線防護体系へ組み込むための値ではなく、介入治療の際に患者が被ばくし得る線量レベルであることから医療分野の放射線作業員へ向けた注意喚起として勧告された

が、本会合では、福島事故等における補償の観点から、主にデトリメント（ある集団が放射線源に被ばくした結果、被ばくグループとその子孫が受ける健康上の害）について議論された。

フランス原子力防護評価研究所（CEPN）のThierry Schneider氏は、広島・長崎の原爆被爆者寿命調査とマヤック核施設作業者のデータに基づいて、しきい値なし直線仮説（LNT）を採用して、フランスとイギリスの場合について計算を試みた結果、使用するデータや国ごとのバックグラウンドの発症率の違いにより過剰死亡率が異なるが、循環器疾患のデトリメントは6～8%/Svと報告した。デトリメントの算出に当たっては、Schneider氏のようにLNTを適用することも可能であるが、疫学的知見を生物学的機構で裏付けした線量応答のモデル化が最も重要である。しかし、そのために必要な2 Gy以下の疫学的知見と生物学的知見が現在は明らかに不足していることから、疫学研究の発展と生物学的機構の解明、そして、それらの統合が先決であるとされた。また、組織反応（かつての確定的影響）のしきい線量は追跡期間が長くなると低くなることから、線量応答のモデル化には、線量と時間の2つを変数として考慮したロジスティックモデルの使用が提案された。一方、循環器疾患によるバックグラウンドの死亡率が高いため、補償の観点からは放射線の起因性（attributability）の区別は難しいこと、また、0.5 Gyのしきい線量は、主として原爆被爆者のデータに基づいているが、循環器疾患によるバックグラウンドの死亡要因は国により異なり、日本では高血圧性疾患のリスクが高いが、欧米では動脈硬化のリスクが高いという指摘があった。

循環器疾患は議論を継続するべき重要な課題であるが、十分に堅固な現在の放射線防護体系の概念をすぐに変更する必要はないとされた。また、Schneider氏の算出結果のように、循環器疾患のデトリメントがあまり大きくなければ、実効線量による線量限度に組み込んでも、放射線防護体系の大勢にほとんど影響がないはずであるが、デトリメントを慎重に検討するこ



写真2 会場の様子

とは重要であるとされた。デトリメントはこれまで確率的影響（がん）に対する指標として用いられてきたが、組織反応については算出されていないことから、循環器疾患をはじめとした組織反応のデトリメントについて検討するタスクグループをICRPに設置する提案がなされた。

4. まとめ

放射線防護に関連する国際機関の主要なメンバーが一堂に会し、福島事故の経験を踏まえ、子どもの放射線防護や低線量被ばくの問題を取り上げてこのような議論を行えたことは有意義であり、発表の機会をいただいた筆者らにとっても貴重な経験となった。

通常時と緊急時、復興期において、“集団”と“個人”が放射線からどのように防護されるべきか、緊急時の錯綜した情報の中で信頼できる専門家をいかに確保し、住民とどのように関与していくのが効果的か、自然放射線レベル（数mSv/年）での線量率効果そのものを生物学的機構からいかに理解していくか、放射線の非がん影響をどのような指標で考えていくのか等、多面的な課題に焦点が当てられた会合となった。今後発行される本会合の報告書や関連するICRPタスクグループの動向を注視していきたい。そして、多面的な課題であるがゆえに様々な領域の研究者が連携し、種々の課題に挑戦していかなければならない。

最後に、本会合に若手研究者として参加させていただくに当たり、酒井一夫氏 (CRPPH ビューロー)、Ted Lazo 氏、川端正憲氏 (OECD/NEA) をはじめ、原子力規制委員会、文部科学省、放射線医学総合研究所、日本保健物理学会、日本放射線影響学会の関係者の方々に多大なるご理解とご協力をいただいた。ここに心より感謝申し上げ、本稿の結びとさせていただきます。

参考文献

- 1) 経済協力開発機構/原子力機関 (OECD/NEA) 放射線防護・公衆衛生委員会ホームページ, Available at: <http://www.oecd-nea.org/rp/workshops/tokyo2012/>
 - 2) 公益財団法人原子力安全研究協会ホームページ, Available at: <http://www.nsra.or.jp/safe/nea/index2012.html>
 - 3) 瀬谷夏美, 若手研究会セミナー「JCO 臨界事故の教訓を風化させないために」, 保健物理, **45**(1), 23-26 (2010), Available at: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jhps/45/1/45_1_23/_pdf
 - 4) 日本放射線影響学会ホームページ, 福島原子力発電所の事故に伴う放射線の人体影響に関する質問と開設 (Q & A), Available at: <http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/rb-rri/gimon.html>
 - 5) 下道國, 公衆の不安・議論—学会 Q & A サイトの分析から—, 保健物理, **46**(3), 223-226 (2011), Available at: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jhps/46/3/46_223/_pdf
 - 6) 荻野晴之, 福島第一発電所事故後 9 ヶ月間の放射線リスクコミュニケーションに関する省察, 保健物理, **47**(1), 37-43 (2012), Available at: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jhps/47/1/47_37/_pdf
 - 7) Kono, T., Ogino, H., Hayakawa, H., Shimo, M., Taniguchi, K. and Ban, N., Experience of Risk Communication Activities with Q & A Website on Radiation After Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident, Poster Area 12. 64, The 13th International Congress of the International Radiation Protection Association (IRPA), 13-18 May 2012, Glasgow, Scotland, Available at: <http://s281354445.websitehome.co.uk/Glasgow/Projects/IRPA2012/NewWebsite/wp-content/uploads/2012/05/Posters-Area12.zip>
 - 8) 荻野晴之, 谷幸太郎, 河野恭彦, 嶋田和真, 藤通有希, 福島第一原子力発電所事故を巡る放射線防護上の諸課題と今後の展開—若手, 学生より, アンケート結果等を含めて—, 保健物理, **46**(3), 197-204 (2011), Available at: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jhps/46/3/46_197/_pdf
 - 9) International Commission on Radiological Protection, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Annals of the ICRP, **37**(2-4) (2007)
 - 10) International Commission on Radiological Protection, Report of ICRP Task Group 84 on Initial Lessons Learned from the Nuclear Power Plant Accident in Japan vis-a-vis the ICRP System of Radiological Protection, ICRP ref 4832-8604-9553, November 22, 2012, Available at: <http://www.icrp.org/docs/ICRP%20TG84%20Summary%20Report.pdf>
 - 11) International Commission on Radiological Protection, Statement on Tissue Reactions, ICRP ref 4825-3093-1464, Approved by the Commission on April 21, 2011, Available at: <http://www.icrp.org/docs/ICRP%20Statement%20on%20Tissue%20Reactions.pdf>
 - 12) International Commission on Radiological Protection, 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, Annals of the ICRP, **41**(1/2) (2012)
- (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)