話 題

「保物セミナー 2016」印象記

真辺 健太郎^{*1}

1. は じ め に

平成 28 年 11 月 2 日, 大阪科学技術センターにおいて, 安全安心科学アカデミーの理事長である辻本 忠実行委員長のもと, 保物セミナー 2016 実行委員会の主催, そして (一社) 日本保健物理学会を含む多くの共催・協賛団体の協力により, 保物セミナー 2016 が開催された。参加者は 150 名であった。

本セミナーは, 第一部の講演会, 第二部のボイリング・ディスカッションと称する懇親会の二部構成となっていた。講演会は, 辻本実行委員長の開会の挨拶 (第 1 図) に続き, テーマ 1: 「防護量と実用量 最新の動向」, 特別講演: 「放射線障害防止法関係の最近の動向」, テーマ 2: 「福島から考えるこれからのリスクコミュニケーション」, テーマ 3: 「低線量放射線のヒトへの影響」という構成であった。

本稿では, 各テーマの講演内容の紹介とともに筆者の所感を述べることで本セミナーの印象記とする。

2. テーマ 1: 防護量と実用量 最新の動向

本テーマは (一社) 日本保健物理学会の企画で, 小田啓二氏 (神戸大学) を座長に 2 件の講演が行われた。このうち 1 件目の講演として, 遠藤 章氏 ((国研) 日本原子力研究開発機構) により, 「ICRP, ICRU における防護量と実用量に関する最新の検討状況」と題する発表があった。同氏は, 放射線防護に用いる諸量について最新の検討を進めている ICRP の第 2 専門委員会委員及び ICRU のレポート委員会委員を務めている。このうち, 防護量に関するトピックスとして, ICRP 2007 年勧告を

第 1 図 辻本実行委員長の開会の挨拶
(安全安心科学アカデミーのホームページより)

受けた新しい外部被ばく実効線量換算係数の導出過程や従来との相違点が紹介された。この換算係数は, ICRP Publ. 116 として公開されているが, 近年の放射線利用の拡大を受けて, 放射線の種類やエネルギーの拡張が行われたこと, そして日本の研究機関の貢献が大きいことが印象的であった。また, 放射線モニタリングに用いる実用量の課題とその解決策の検討状況の解説があった。実用量については, 定義そのものを見直すことも含めた議論が行われているとのことで, 各種測定器の設計や放射線管理の現場への影響も考慮しながら慎重に検討が進められている様子がうかがわれた。会場からは, 線量評価に使用するファントムの体格が線量に及ぼす影響について質問があった。これに対し, ICRP はコーカソイドの体格を標準として採用しているが, 体格の違いが線量に及ぼす影響については多くの研究がなされており, 成人の場合, 臓器吸収線量は 10% から 20% 以内の差であり, 放射線防護の目的においては許容できる不確かさと認識しているとのことであった。

2 件目は, 「光子放射線校正場に関する国際・国内規格の動向」と題して黒澤忠弘氏 ((国研) 産業技術総合研究所) が発表した。本講演は, 個人線量計やサーベイメータを主な対象とした校正場について, 現状の規格とその見直し作業の状況について解説された。まず, 国際規格である ISO 4037 シリーズについては, 発行から 10 年以上経過していることや, 水晶体の線量限度の見直しによって 3 mm 線量当量の測定が必要になってきたことから, 現在改訂作業を進めているとのことである。一方, 国内規格である JIS Z 4511 については, 国際整合性を重視して ISO 4037 をベースとし, 不確かさの概念を取り込みながら改訂作業が進められていることが報告された。会場からは, 規格策定における計算シミュレーショ

Kentaro MANABE; Impressions of Health Physics Seminar 2016.

^{*1} (国研) 日本原子力研究開発機構原子力科学研究部門原子力基礎工学研究センター; 茨城県那珂郡東海村大字白方 2 番地 4 (〒319-1195)

Nuclear Science and Engineering Center, Sector of Nuclear Science Research, Japan Atomic Energy Agency; 2-4 Shirakata, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1195, Japan.
E-mail: manabe.kentaro@jaea.go.jp

ンの利用状況について質問があった。これに対し、再現が困難なスペクトルの X 線や高線量域の場における換算係数整備などで利用されているケースがあるとのことであった。また、実用量の改訂との関係や実態を考慮した規格策定への要望など、放射線管理の現場に直接関係する事項に関する議論が活発に行われ、参加者の関心の高さを感じた。

3. 特別講演：放射線障害防止法関係の最近の動向

(一財) 電子科学研究所の企画による本セッションは、飯田敏行氏 ((一財) 電子科学研究所) を座長とし、斉藤雅弘氏 (原子力規制庁) による特別講演があった。講演は、①近年の事故・トラブル事例、②立入検査の実施状況、③原子力規制委員会が受けた IAEA の総合的規制評価サービス (IRRS) の結果、及び④ RI 施設を取り巻く課題、取組等という 4 つのテーマで構成されていた。①では、大阪大学の漏水事象について、結果的には法令報告事象ではあるものの、過去の事象や各種講演等を踏まえて地中埋設排水管の危険性を認識し、自主的に点検した結果発見されたものであり、安全文化の醸成につながる良好事例として紹介された。②については、立入検査を実際に行う登録検査機関への立入検査を規制庁が実施することにより、審査の品質・信頼性の向上を図ることが説明された。また、使用者への立入検査においては、指摘内容に疑義が生じた場合は積極的に根拠を問うなど、受審者側の能動的な姿勢を求める指摘もあった。③については、安全文化の醸成に係る規制強化の必要性、緊急時計画・防災対応等の事前準備や RI セキュリティの不足があり、国際的な基準から考えると随分外れているという厳しい指摘があったようである。今後、施設の RI 取扱量に応じた段階規制を十分に考慮しながら、指摘事項に対応して法改正を実施していくとのことであった。④については、近年、RI 利用の漸減に伴う施設の廃止・縮小が続いている傾向があり、放射線管理に精通した専門家の減少が危惧されているとのことであった。会場からは、ICRP 2007 年勧告の法令への取入れ状況について質問があった。これに対しては、取入れの具体的な検討はまだ進めていないとのことであった。

4. テーマ 2: 福島から考えるこれからのリスクコミュニケーション

(一財) 大阪科学技術センターの企画による本テーマは、山本幸佳氏 (大阪大学名誉教授) を座長とし、社会心理学の専門家による 2 件の講演があった。1 件目は、

木下富雄氏 ((公財) 国際高等研究所フェロー) による「福島事故のあと放射線の不安はどのように変化したか」と題する講演であった。講演では、まず、放射線への不安の原因について、これまでの公教育における放射線関連のカリキュラムが貧弱であることや日常生活で放射線の知識がほとんど必要ないことに加え、放射線は「目に見えない」、「受動的」、「他律的」、「晩発性」といった人々が不安を抱く要素をすべて兼ね備えているためであると解説された。続いて、福島事故による不安への影響に関する調査研究が紹介された。その多くは、事故を受けた調査の結果をまとめたものであり、不安の地域差や減衰の様子が解析されたものであったが、株式会社原子力安全システム研究所の北田らによる放射線の健康影響の認識に関する事故前のアンケートが含まれる唯一の調査結果も示された。これによると、放射線による健康影響への懸念は、福島事故直後に有意に下がっており、その原因は大量に科学情報が投入された理由によるとのことであった。質疑応答では、福島事故以降、原発は原爆と同様に危険であるという認識、風潮が広まっている印象があるが、これを解消する方法について質問があった。これに対し、富田氏は、広島・長崎は社会科で繰り返し学ぶ機会があり、放射線に対する負のイメージがすり込まれている一方、放射線の利用やそのリスクに関する公教育は圧倒的に不足している現状や、生物影響は非常に複雑で教育できる人材の確保にも困難があることを指摘した。

2 件目は、金川知恵氏 (追手門学院大学) から、「福島事故以来食品に対する不安はどのように変化したか」と題し、消費者庁のデータの解析結果を中心にリスクコミュニケーションの効果について講演があった。まず、食品の放射能汚染に対する不安がそもそも高いのかについてのアンケートで、食品購入時に重視する項目として「品質」、「産地」、「価格」等と同列に「安全性 (アレルギー、添加物、放射能等)」を示した際に、「価格」が顕著に重視され、項目内容に「放射能」と明記されているにも関わらず「安全性」は 6 番目でしかなかったことが示された。しかしながら、福島産の野菜が他県産の半額であっても売れないといった例にあるように、放射線に対する不安は否定的態度に対して強い影響力があるという研究結果も紹介された。続いて、放射線のリスク受容について、福島事故後リスクコミュニケーションが頻繁に実施された東北 3 県 (岩手、宮城、福島) と、リスクコミュニケーションがほとんど実施されていない大消費地である大阪について、さまざまな調査の比較が示され

た。その中で、リスク判断の根拠となった情報をネガティブなイメージを与えるものとポジティブなイメージを与えるものに分けた場合、東北3県ではポジティブな情報源も記憶されやすかったのに対し、大阪ではネガティブな情報ばかりが記憶されていたとのことである。東北3県では、情報へのニーズの高さからリスクコミュニケーションが効果的に作用し、放射線への不安があるにも関わらず否定的態度への結びつきが弱められていると推察されたとのことであった。会場からは、年齢による認識の違いについて解析する必要性やSNSの普及による影響についてコメントがあった。

本セッションを通じ、一般の方々が放射線に不安を抱くメカニズムや不安の変化、そしてリスクコミュニケーションの効果について学ぶことができた。私はまだリスクコミュニケーションの現場で直接一般の方々と話をするという経験はないが、一般の方からの公開しているレポートに対する質問への対応や相談窓口に寄せられた質問に関して情報提供するといった案件にはいくつか対応したことがある。そこで感じたことは、今なお不安を抱き、質問するといった具体的な行動を起こす人は大変勉強されており、こちらも生半可な知識では対応できないということである。また、迅速に真摯に回答することによって、当方の回答に納得はされなかったとしてもその対応姿勢は評価していただいたということがあった。こうした経験からも、被災地域においてリスクコミュニケーションが功を奏したのは、地域自治体や地元メディアの方々のひたむきな努力があったからこそと推察され、頭が下がる思いである。

5. テーマ3：低線量放射線のヒトへの影響

第1部最後のテーマは(特非)安全安心科学アカデミーの企画によるもので、齊藤眞弘氏(京都大学名誉教授)を座長として3件の講演があった。1件目の演者は島田義也氏((国研)量子科学技術研究開発機構)で、演題は「生物学から見た新しい知見」であった。まず、放射線防護において一般的に受け入れられている、100 mSvあたりの生涯のがん死亡率増加が0.5%(急性被ばくでは1.0%)という前提のエビデンスが解説された。続いて、年齢によるリスクの違い、特に小児に関する近年の研究が紹介された。低線量の影響を直接的に調べるためにヨーロッパを中心に行われている、CT検査を受けた若年層の患者の追跡調査によるリスク評価の例が示された。例えば、イギリスにおける約18万人の若年層の平均10年間の追跡による白血病リスクの調査では、51 mGyの被ばくで

リスクが3.18倍になるとのことである。しかしながら、この調査には、骨髄異形症候群の患者を除くと有意ではなくなるといった指摘もなされている。つまり、CT検査を受けるには何らかの理由があるはずであり、医療のデータは通常の集団とは異なる可能性に留意すべきとのことである。放射線以外の発がん要因との相互作用については、喫煙により不思議な作用がみられたことが紹介された。喫煙と過剰相対リスクは線形の相関がみられるが、これに1 Gyの被ばくの影響を加味すると、喫煙本数が1日10本程度の場合にピークが現れるような、相加的でも相乗的でもない結果となった。この原因について質問があったが、現在、生物学的な説明を考えている段階であり、発がんの機構が単純ではないことの証左であるとのことであった。次に、生物学的な新知見として、 γ H2AXを解析できる新技術により、放射線によるDNA2本鎖切断の量が低線量域でも定量できるようになったことが紹介された。この画期的な技術により、DNA修復の過程をリアルタイムで観察できるとのことである。また、これまでは、がん細胞にがんの原因が放射線であることを示すような爪痕はない、というのが放射線生物学の定説であった。しかし、ゴーリン症候群のモデルマウスを用いた実験では、ヘテロ接合性の消失頻度が線量に依存的であることが分かったという。そして近年、ヒトのゲノムを1週間程度ですべて解析できる次世代シーケンズといった技術が開発されたことにより、ヒトでも放射線の爪痕が解明されるかもしれないとのことである。

本テーマの2件目として、真鍋勇一郎氏(大阪大学)により、「物理学知見からの提案」と題する講演が行われた。本講演の主題であり、同氏の提案するWAM(Whack-A-Mole)モデルは、放射線の生物への影響を物理モデル(微分方程式)で表現して定量的に評価しようとするものである。これまでのところ、生物影響として突然変異の発生を対象とし、モデルの構築が進められたとのことである。このモデルでは、突然変異の発生頻度は変異細胞の数に依存したものであるとし、変異細胞数が増加する効果と減少する効果を表す項をそれぞれ自然発生的なものと放射線起因のものの2個のパラメータで表現するとともに、放射線の効果については線量率の形で組み込まれていた。つまり、WAMモデルは、線量率効果も含めてモデル化されている。そして、4つのパラメータを適宜決めることにより、過去の実験結果の多くが再現されていた。さらに、物理モデルでの実験結果の再現にはパラメータを操作しただけではないかという批

第2図 参加者の集合写真
(安全安心科学アカデミーのホームページより)

判がつきものであるとのことから、各パラメータの意味づけについても検討されていた。その結果、放射線被ばくがない状態での突然変異発生率に相当する線量率が推定されたり、進化速度との関連が見いだされたりするなど、非常に興味深い展開がみられた。また、WAMモデルからは、長期被ばくのリスクには線量率に応じた天井があることも導き出されていた。これは、線量率によりダメージと修復が釣り合うレベルが異なるためであると説明されていた。今後は、モデルを検証するための実験、がんや白血病といった他の影響への展開等を予定しているとのことである。

本セッションの最後の講演は、「保健物理知見からの提案」と題し、藤田保健衛生大学客員教授の下 道國民により行われた。ここでは、現在の保健物理が典拠とするICRPの理念、そしてこれに基づく防護体系が最初に解説された。続いて、保健物理を実践する者、“保物屋”が果たすべき役割として、社会との橋渡しが重要であるとした。社会との橋渡しとはつまり、一般公衆が正しく理解できるよう、丁寧な説明ができることである。そして、本セッションのテーマである低線量被ばくには、未解明であったり見解の統一がなされていなかったりする事象があるが、こういった事象こそ、特に丁寧な説明が必要であるとのことであった。そのためには、最新の知見を収集し、コミュニケーション技術を鍛え、社会学、心理学といった人文科学の専門家との連携が重要であるというメッセージをもって、講演は締めくくられた。

本セッションで、近年の技術革新により放射線生物学が低線量被ばくの影響を可視化、定量化するところまでもうすぐという印象を受け、大変興奮した。一方

でWAMモデルは、放射線の生物での複雑な反応機構はさて置いて物理モデルで現象を再現するという試みであり、対照的で興味深かった。実証実験や突然変異以外のエンドポイントへの拡張といった今後の展開が期待される。そして、第1部を締めくくる「保物屋はかくあるべし」という下先生の強いメッセージには気を引き締められた。私はこれまで、自分の研究に必要なことを勉強するので精一杯であったが、今後は専門分野にとらわれず、最新の知見を貪欲に吸収する姿勢が必要だと感じた。

6. 最 後 に

今回、初めて保物セミナーに参加させて頂いた。講演はいずれもホットな話題で興味深く、大いに刺激を受けた。また、ボーリング・ディスカッションでは、バンド演奏や鉄腕アトムの大合唱にくじ引き大会といった企画に加え、予定外のスピーチリレーでは多くのエピソードを聞くことができ、とても楽しい時間であった。本セミナーで受けた刺激を今後の研究に生かし、保物屋の一員として社会との橋渡しに少しでも貢献できるよう、精進したいと感じた。(第2図)

真辺 健太郎 (まなべ けんたろう)

1979年兵庫県生まれ。2005年日本原子力研究所入所。入所以来、内部被ばく線量評価に関する研究開発に従事。日本保健物理学会国民線量評価委員会委員。最近の関心事はCsボール。

E-mail: manabe.kentaro@jaea.go.jp