話題

米国保健物理学会第 58 回年次大会参加報告 —低線量放射線研究の課題を中心に—

荻野 晴之*¹, 大 葉 隆*²

1. はじめに

米国保健物理学会第 58 回年次大会が 2013 年 7 月 7 ~ 11 日にかけて、ウィスコンシン州マディソン市で開催された。マディソン市はウィスコンシン大学マディソン校を抱える学術都市であり、中西部のバークレーと呼ばれている。会場となった市営コンベンションセンターからはモノナ湖畔が一望でき、徒歩圏内にはウィスコンシン州議会議事堂もあった。

当大会における発表件数は口頭 240 件、ポスター 40 件、企業展示は 76 社であり、参加人数は 900 人であった。日本からは、著者らを含めて 3 件の発表があった。セッションには、外部／内部被ばく、医療被ばく、生物影響、リスク分析、計算コード、法規制、緊急時対応、廃棄物管理、加速器、NORM、ラドン、発電炉、廃止措置、国家安全と軍事、ナノテクノロジー等があった。

本稿では、プレナリーセッションの基調講演や、米国保健物理学会 (Health Physics Society (HPS)) と米国原子力学会 (American Nuclear Society (ANS)) の合同特別セッション“低線量放射線研究の課題”、筆者らの発表概要について報告する。

2. プレナリーセッションでの受賞記念講演

大会初日のプレナリーセッションでは、マディソン市長や A. ARMIN 学会長による挨拶の後、W. WEISS

第 1 図 大会初日プレナリーセッションの様子

氏 (MELODI (Multidisciplinary European Low Dose Risk Research Initiative) 名誉会員) が“MELODI—低線量リスク研究に対する欧州のアプローチ”と題して、特別講演“G. William Morgan Lecture”を実施した。HLEG (High Level and Expert Group), MELODI, DoReMi (Low Dose Research towards Multidisciplinary Integration), OPERRA (Open Project for the European Radiation Research Area) 等の欧州における低線量研究の枠組みや動向について、構成メンバー、目的、検討事項などの概略が紹介され、詳細は大会 3 日目の HPS-ANS 合同特別セッションに譲られた (詳細は後述)。

次に、K. MOSSMAN 氏 (アリゾナ州立大学) が“複雑さと放射線健康保護”と題して、特別講演“Robert S. Landauer Lecture”を実施した。講演では、検出できない程度に小さなリスクを管理することは非常に高価であるという問題点を指摘した上で、米国における具体例として、①ユッカマウンテンにこれまでに莫大な資源が投入されたが、一つとして処分された高レベル放射性廃棄物はない、②低レベル放射性廃棄物処分は無視できる程度のリスクしか課さず、高レベル放射性廃棄物処分のスペースを減らすことができる、③液体廃棄物処分の発生量はゼロに限りなく近い、④廃止措置コストはサイト解放基準のわずかな減少にも敏感である、⑤緊急事態発生後の措置は経済的コストや社会的コストについて述べる必要がある、⑥取るに足らない程度の被ばくであったとしても、訴訟や補償プログラムのコストは相当なものになる、という 6 点を挙げた。また、100 mSv 以下はリスク検知が困難である一方で、証拠がないことは影響がないことの証拠にはならない (Absence of evidence is not evidence of absence) と述べた。そして、放射線防護は複雑であるが実行しなければならず、その複雑な問題を解決するためには複雑な解決法が必要であるとし、LNT

Haruyuki OGINO and Takashi OHBA; Report on the 58th Annual Health Physics Society Meeting —Focused on Issues in Low-Dose Radiation Research—.

*¹ (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; 東京都狛江市岩戸北 2-11-1 (〒201-8511)
Radiation Safety Research Center, Nuclear Technology Research Laboratory, Central Research Institute of Electric Power Industry; 2-11-1 Iwado-kita, Komae, Tokyo 201-8511, Japan.
E-mail: haruyuki@criepi.denken.or.jp

*² 公立大学法人福島県立医科大学医学部放射線健康管理学講座; 福島県福島市光が丘 1 番地 (〒960-1295)
Department of Radiation Health Management, Faculty of Medicine, Fukushima Medical University; 1 Hikarigaoka, Fukushima-shi, Fukushima 960-1295, Japan.
E-mail: tohba@fmu.ac.jp

についても「捨て去る必要はないが、再解釈が必要」とした。

J. MOULDER 氏（ウィスコンシン医科大学）は“電離放射線被ばくに対する医療措置”と題して、特別講演“Dade Moeller Lecture”を実施した。同氏は、迅速な医療措置を展開することでバイオドジメトリーが可能であること、骨髄致死線量は実効的に増やすことができること、後発性の組織障害は軽減できること、などを述べた。また手に負えそうにないほどの（formidable）バリアが規制面と資金面にあり、現状の政策ではこれらのバリアに打ち勝つことはできそうにないため、何か新しいツールの登場に期待してはいけない、とした。

Mark D. HOOVER 氏（国立労働安全衛生研究所）は、“ナノテクノロジーと放射線：理解と発展”と題して発表した。講演では、“宇宙の規模（<http://htwins.net/scale2/>）”というウェブサイトを示し、「桁を超えて大きさが異なるモノの捉え方」を視覚的に分かりやすく伝える工夫について紹介した。HPS には“Nanotechnology Committee”という委員会が設置され、微細加工技術領域の研究者や開発者、製造者、ユーザーの放射線防護についての学会ガイドラインが発行予定とのことであった。

R. EMERY 氏（テキサス大学）は、“放射線リスクコミュニケーションにおける新境地”と題して発表した。公衆の放射線に対する不安は消えそうもなく、事実に基づいて重要な政策決定がなされるために、我々はどうのように公衆とコミュニケーションを取れば良いのだろうか、と投げかけた。誤報については、「健全な科学に基づいた情報」と「科学のように聞こえる情報」との戦い（Sound Science vs Sounds Like Science）と表現し、この問題にどう立ち向かうかが問われていると強調した。そして、公衆を操作するのではなく、それと戦うための事実を与えることが重要と述べ、我々の挑戦は続くと言った。

3. HPS-ANS 合同特別セッション “低線量放射線研究の課題”

大会3日目の午前と午後にかけて、HPS と ANS の合同特別セッション「低線量放射線研究の課題」が開催され、W. WEISS 氏（欧州 MELODI 名誉会員）、J. BOICE 氏（米国放射線審議会（NCRP）会長、ヴァンダービルト大学）、J. PUSKIN 氏（EPA（米国環境保護庁））らが登壇した。以下に同氏らの講演概要をまとめる。

3.1 W. WEISS 氏 “放射線防護と低線量リスク研究の挑戦”

冒頭、自分はすでにリタイアしたため現在は所属がな

く、40年間の経験から自由に語りたいとした上で、講演では主に以下の7点について述べた。①低線量放射線研究が必要な理由は、「常に新しい科学を反映する必要があるため」である、②最適化の問題も長年議論してきたが、ステークホルダーの関与は国によって様々だった（例えば、政府が言ったことをそのまま実行するだけの国では、ステークホルダー関与という考え方は存在しない）、③LNT（直線しきい値なし）モデルや DDREF（線量・線量率効果係数）を巡る論争は専門家同士で行うべきである、④低線量・低線量率被ばくの問題について、ICRP（国際放射線防護委員会）と OECD/NEA CRPPH（経済協力開発機構／原子力機関 放射線防護・公衆衛生委員会）が連携して検討すれば、2年後に全く新しい結論が導かれているかもしれない、⑤UNSCEAR（原子放射線の影響に関する国連科学委員会）の2013年報告では、何かを変えるような新しいデータは見当たらなかったが、継続して検討すべき課題を示した、⑥不確実性が大きく、バイオマーカーもなく、疫学研究の十分な検定力がないため、おおよその致死リスク係数である「1 Sv 当たり 5%」という考え方を自然放射線レベルの被ばくによる健康影響評価に適用してはいけない。⑦UNSCEAR の2006年報告では子供の感受性は大人の2～3倍と言っていたが、2013年報告では23種類の異なるがんの中で、白血病、甲状腺、皮膚、胸、脳の5種類（全体の約四分の一）で子供の感受性が高いことを示した。この結果を放射線防護にどう反映するか、まだ検討が始まったばかりである。

会場との質疑応答では、原爆被爆者の疫学データのプロットに対して、「ゼロポイント（線量と影響の原点）にも点があるため、外挿でなく内挿だ」という指摘があった。また、CT線量の正確さについて会場から質問があり、W. WEISS 氏は、「欧州ではCTの標準化が行われていなかったため、過去に行われたCTの報告から臓器線量を再構築しようとしても難しい場合がある」と回答した。

3.2 J. BOICE 氏 “米国 100 万人作業者調査”

講演では、主に以下の6点について述べた。①33万人にも及ぶ米国原子力発電所作業者の線量データ（2011年から入手可能）を解析した結果、生涯線量で10 mSv 以下が244,806人（全体の74.2%）、10–49 mSv が58,578人（17.8%）、50–99 mSv が14,917人（4.5%）、100–499 mSv が11,711人（3.6%）、500–900 mSv が82人（0.1%）、1,000 mSv 以上が5人（<0.1%）、②放射線被ばくによるがん、遺伝的影響、非がんのリスク評価プロ

セスには様々な種類や程度の不確実性があるが、これらの不確実性はリスク推定に用いられる分析手法やモデルによるものばかりではなく、インプットデータの性質から生じるものでもある、③米国放射線作業者と核実験参加者の疫学についての新しいNCRP 報告書“米国放射線作業者と核兵器実験協力者の疫学”がまもなく発表される、④米国ではこれ以外に、その他の放射線作業者が20万人存在し、そのうち工業用X線発生装置取扱者が11万5千人存在する。マイクロフィルムにして2,700ロールに相当し、2013年6月時点で1,000ロールのスクリーンが終了した結果、50 mSv以下が1,639人(2.3%)、50-99 mSvが42,393人(60.0%)、100-499 mSvが24,049人(34.1%)、500-999 mSvが1,307人(1.9%)、1,000 mSv超が1,180人(1.7%)。⑤500万人いる医療界では24万人が調査対象であり、50 mSv以下が168,561人(73.8%)、50-99 mSvが36,125人(15.8%)、100-499 mSvが22,641人(9.9%)、500-999 mSvが879人(0.4%)、1,000 mSv超が287人(0.1%)。原爆生存者で100 mSv超は18,444人であるのに対して、米国医療界では100 mSv超は23,907人であり、原爆生存者より人数が多い。⑥米国作業調査と原爆調査について、対象人数、これまでの死者数、放射線被ばくによる死者数をそれぞれ比較すると、米国作業調査の対象人数は100万人(原爆では86,611人(線量推定))、死亡者数が40万人(原爆は50,620人)、100 mSv以上が27,000人(原爆は18,444人)、放射線被ばくによる死者数はこれからの調査で明らかになる(原爆は600人)。

3.3 J. PUSKIN 氏 “低線量領域における規制上の問題”

講演では、主に以下の5点について述べた。①LNTモデルを否定する前にEPAが欲することは、NAS(全米科学アカデミー)、UNSCEAR、NCRP、ICRPなどの報告書で科学的合意が得られること、EPAが設置する科学助言委員会の合意が得られること、連邦政府で受け入れられること、科学的根拠が透明性を持って公衆に説明されることの4点。②しきい値があるとすれば、線量率やDNA修復に要する時間内に受ける線量の増加量のような形で与えられるだろう。③チェルノブイリ、マヤック、テチャ、台湾、原子力発電所などの疫学研究によって、1日あたり0.1-1 mGyあるいはそれ以下の線量率でのリスクの証拠が提供されるかもしれない。④規制が甘すぎるのであれば強化されるべきであり、その反対であれば緩和されるべき。⑤LNTと生きていくには、「リスクは不可避であるが、低線量リスクは低い」という認識が重要。科学的証拠がない中で、リスクを否定するこ

とや少なくともみせることは、放射線防護コミュニティの信頼性にダメージを与える。

同氏は発表の最後に、「低線量領域における規制上の課題」として以下の4つの論点を提示した。①それ以下ではLNTが不適切となる線量増加分あるいは線量率は何か、②存在するかしないかを含めて、実効的なしきい値を確立するには何が必要か、③規制は感受性の高い集団(年齢、性別、遺伝的な違い)をどのように扱うべきか、④規制は不確実性をどのように計算に入れるべきか。

4. 筆者らの発表

筆者(荻野)は、11日午前のセッション“リスク分析”において、“生涯がん死亡リスクベースラインの不確実性が低線量におけるがんの統計的な証明可能性に与える影響に関する予備的検討”と題する口頭発表を実施した¹⁾。発表では、ICRP Publ. 99で例示された「放射線による健康影響が統計的に有意に検出される被ばく線量と集団の大きさの関係(例:100 mSvで6千人、10 mSvで60万人、1 mSvで6千万人)」に着目し、ベースラインリスクの不確実性を相対標準偏差で与えることで、ICRP Publ. 99の計算式を拡張し、①生涯がん死亡リスクベースラインが一定ではなく不確実性を有する場合、MPD(Minimum Provable Dose: 最小証明可能線量)に下限が存在すること、②都道府県単位の国内ベースラインリスクには相対標準偏差0.04程度の不確実性が存在し、MPDの下限は100 mSvオーダーになることを報告した。

この発表に対し、会場参加者からは、重要で意義のある研究であるとした上で、ベースラインリスクが男性(30%)と女性(21%)とで異なる理由について質問があった。筆者(荻野)からは、生涯がん死亡リスクを部位別で見ると、最も高いのが肺で、次が胃と続くことから、喫煙や飲酒、食事などの生活習慣が異なることに因るものと考えられると回答した。また別の参加者からは、検出されない程度の小さなリスクに莫大な資源を投資するよりも、それ以外の大きなリスクを現実的に低減させるような対策を効果的に講じるべきであるため、「証明可能性」という切り口はバランスの取れた対策を決定する上で重要なアプローチになるとのコメントがあった。

筆者(大葉)は、“大規模災害における迅速な放射線スクリーニングに関する一考察:福島第一原発事故のスクリーニング経験から”と題するポスター発表を実施した²⁾。発表の内容は、大規模な原子力災害における多数の住民に対しての迅速な放射線スクリーニングの方法論の確立である。そこで、当院で経験した福島第一原発事

第2図 著者（大葉）のポスター発表の様子

故のスクリーニングを通して、大多数の住民への迅速な放射線スクリーニングが可能になるか検討した。対象者は、2011年3月12日から25日に当院でスクリーニングを受けた住民（336名）である。GMサーベイメータで測定した対象者の頭頸部、衣服、両手、両足の4部位の放射能測定値（cpm）と測定日、原発事故時にいた場所、年齢と性別の関係について解析した。また、前述の解析結果を受けて、4部位の放射能測定値の比較をした。最後に、左右の両手、両足と夫婦間での放射能汚染の傾向を解析した。両足を除く3部位の放射能測定値は測定日、原発事故時にいた場所が有意な関係を示した。そこで、測定日と原発事故時にいた場所の条件を加味して対象者を区分して解析したが、両足以外の3部位の放射能測定値は同じ傾向を示した。左右の両手や両足は有意な差が見られなかった。夫婦間では放射能測定値が高い相関を示した。大規模なスクリーニングにおいて、共通の汚染傾向を示す部位はサーベイを簡略化できる可能性が示唆された。さらに、同じ行動パターンの集団は汚染

第3図 HPS会長との写真(左から、K. KASE前IRPA会長、K. PRYOR前HPS会長、著者（荻野）、A. ARMIN HPS会長（大会時）)

傾向が同じ可能性があり、抽出した一部の対象者からグループ全体の放射能汚染状況を把握できる可能性も考えられた。

7月8日の13時から2時間ほどポスターの前に立っている時間があつたが、この発表に対し、参加者からは、「このサーベイで内部被ばくは測定していないのか?」といった質問があつた。この質問に対し、筆者（大葉）は、「甲状腺のヨウ素131の内部被ばくだけであれば体表面からサーベイして測れるが、対象者の皮膚自体が汚染しており、除染用の水もなかったため、放射性ヨウ素の内部被ばくを測定できる濃度になかった。」とコメントした。その後、皮膚の汚染を簡易的で効率よく除染できる方法があれば、本スクリーニング方法に加えることが可能ではないかと考えた。また、台湾の行政院原子能委員会やEPAの関係者からは両者ともに同じコメントをもらった。これらの原発を保有している国々では福島第一原発のような事故を想定して、住民の放射線防護に関するマニュアルの策定や改訂を進めているということである。私は彼らから、「この方法は今後の原発事故後の大規模な住民スクリーニングの参考になる」とのコメントをいただいた。

5. おわりに

HPS年次大会への初めての参加となった著者（荻野）にとって、HPSは「開かれた共同体」という印象を持った。基調講演では欧州における低線量研究の最新動向が学会員全体で共有され、基礎から応用まで幅広く用意されたセッションではオープンな議論が行われ、ポスター会場では規制担当者自らがパブリックコメント中の文書について大会参加者と熱心に意見交換する姿が印象的であつた。大会祝宴では、HPS会員を50年間継続したシニアメンバー（21名）や当大会参加支援を受けた学生（70名）が盛大に紹介され、各HPS支部での貢献者、学会標準（HPS/ANSI）の作業会主査、若手奨励賞受賞者などが祝福された。

また、学会の参加に際し、多くの学会員と交流する場があつた。学会前夜のウェルカムパーティーに始まり、湖畔でのバーベキューパーティーやお酒の会などもあつた。今回、筆者（大葉）は学会に参加し、改めて、世界から福島への興味や期待があるように感じた。多くの学会員から、「内部被ばくの線量はどのくらいなの?」「住民の生活環境の被ばく線量はどのくらいなの?」「津波の被害は大丈夫だったの?」など、福島第一原発事故だけでなく、震災の影響に関することまで多くの質問を受けた。

東日本大震災のこと、福島第一原発事故のことは2年半たった今でも、海外から注目されていることを改めて感じたため、これからも福島からの情報発信が重要であると思われた。

参 考 文 献

- 1) H. OGINO, T. HATTORI, T. IWASAKI, N. HAMADA, Y. FUJIMICHI and K. YOSHIDA; Preliminary study on effects of variation in baseline cancer risk on epidemiological provability of cancer at low doses, *Health Phys.*, **105** (1), S94 (Supplement) (2013).
- 2) T. OHBA, M. MIYAZAKI, H. SATO, A. HASEGAWA, T. YUSA, F. SHISHIDO, N. MATSUDA and A. OHTSURU; A strategy for rapid radiological screening survey in a large scale radiation accident: Lesson from our individual survey after the fukushima daiichi nuclear power plant accidents, *Health Phys.*, **105** (1), S4 (Supplement) (2013).

荻野 晴之（おぎの はるゆき）

1982年広島県生まれ。2006年東京大学大学院工学系研究科システム量子工学専攻修了。現在、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主任研究員。専門は放射線防護。日本保健物理

学会若手研究会会長、同学会国際対応委員会幹事、アジア・オセアニア放射線防護学会（AOARP）事務局長。博士（工学）。

E-mail: haruyuki@criepi.denken.or.jp

大葉 隆（おおば たかし）

1980年福島県生まれ。2006年より福島県立医科大学附属病院に勤務。診療放射線技師。2012年より福島県立医科大学大学院医学研究科博士課程に在学し、現在、医学部放射線健康管理学講座に所属。

福島第一原発事故を経験後、原発事故における住民の放射線防護に興味を持つ。修士（医科学）。

E-mail: tohba@fmu.ac.jp