

「第50回アイソトープ・放射線研究発表会」から

パネル討論1

福島第一原子力発電所事故により放出された放射性ヨウ素の環境分布の再構築と被ばく線量評価に向けて

村松 康行

Muramatsu Yasuyuki

放射性ヨウ素は体内に入ると甲状腺に濃縮されるため被ばく評価上重要な核種である。福島第一原子力発電所の事故により大量の ^{131}I が放出された。この核種は半減期が8日と短いため、数か月経つと減衰してしまうが、初期被ばくが大きい場合、後になって影響が出る可能性がある。チェルノブイリ原発事故では約5年後から甲状腺腫の増加が見られ、UNSCEAR報告書(2008年)によると、当時18歳以下の子供においては約6,800人が発病し、そのうち15人が死亡している。福島第一原子力発電所事故で放出された放射性ヨウ素の量はチェルノブイリ原発事故に比べて10分の1程度であり、また、ミルクなど放射性ヨウ素を多く含む食品の摂取量も少ないため、線量はそれほど高くはないと考えられる。しかし、放射性ヨウ素の広がりや住民が受けた被ばく線量の詳細は分かっていない。

そこで、放射性ヨウ素に関する諸問題を、“環境データの復元”と“内部被ばく線量評価”の観点から、それぞれの分野における専門家に話しをしてもらい、それらの成果を基に議論を行った。

パネラーと演題は以下の通りである。なお、本セッションの企画と座長は筆者が担当した。

(1) 環境に放出された放射性ヨウ素の分布：観測データより(東京大学 鶴田治雄)

今までに各機関が公表している福島県内及び関東地方のモニタリングデータを基に、 ^{131}I の時空間変化、 $^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ 比、気体状と粒子状 ^{131}I の割合などについての解析結果が紹介された。 $^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ 比は2011年3月21日の午前と午後で大きく異なり、発生源で質的に変化した状況が示された。

(2) ^{129}I を用いた ^{131}I の環境分布の再構築(東京大学 松崎浩之)

^{131}I が測定済みの土壌試料について、AMS(加速器質量分析法)を用い ^{129}I (半減期1,570万年)を分析した結果、良い相関が認められた。そこで、文部科学省が採取した試料のうち388か所について ^{129}I を分析し、今まで空白域であった地点の ^{131}I 沈着量の復元結果が紹介された。

(3) 放射性ヨウ素の環境中での広がり：モデル計算結果を基に(原子力研究開発機構 茅野政道)

SPEEDIを用いて ^{131}I と ^{137}Cs の大気拡散と地表沈着などについての予測結果が紹介された。実測値と比較するなかで、特に地表面の違いによる沈着過程の詳細化等を行い、モデルの改良を進めた結果、当初のものと比べ格段に実測に近いものに改善された。

(4) 放射性ヨウ素による初期内部被ばく線量の再構築

(放射線医学総合研究所 栗原 治)

放射性ヨウ素による内部被ばく線量について

て、事故初期に得られた人や環境の実測データを可能な限り集め、初期内部被ばく線量の推計結果が紹介された。小児甲状腺スクリーニング検査結果から推計した川俣町、いわき市、飯館村の小児甲状腺等価線量は、ほぼ 30 mSv 以下と評価された。また、WBC検査から得た¹³¹I/¹³⁷Cs比についても言及した。

(5) 放射性ヨウ素と甲状腺

(長崎大学/放射線影響協会 長瀧重信)

ヨウ素と甲状腺について、その基礎からはじまり、同氏の長年の取り組みについて紹介があった。特に、チェルノブイリ原発事故において甲状腺癌の増加が国際的な合意を得るまでの経過について興味深い説明があった。福島県においては、被ばく線量は介入線量以下という事実を基に、調査の目的やあり方を再検討しなければならないと指摘した。

総合討論及び感想

環境データの復元に関しては、モニタリングデータの掘り起こしがなされ、解析が進みつつある。ただし、ヨウ素は化学形態が異なると挙動にも差が出るため、データ解析やモデル計算を行う上で、その点も考慮する必要がある。¹²⁹Iのデータは¹³¹Iの再構築を行う上で有効と考えられる。また、降水量が少ない地域においては、再処理や核実験に起因する¹²⁹Iのバックグラウンド値も検討する必要があるだろう。

内部被ばくに関連しては、事故直後に約 1,000 人の住民の線量を測定したデータの再評価がなされ、ほぼ 30 mSv 以下という値が出されたことは意味があると考えられる。今後、再構築された環境データをいかに線量評価の精度向上に繋げるかが課題になってくる。また、住民の行動調査の結果を評価の中にどのように組み入れるかも大切な点であろう。

(学習院大学)

パネル討論 2

加速器等を用いる新しい 核プローブによる分析と応用

野村 貴美
Nomura Kiyoshi

表記パネル討論が研究会の最終日(7月5日)の午後に開催された。参加者数は約 60 名であったが、この分野では比較的多い参加数である。

核プローブとするメスバウアー分析は、物質のミクロ情報を提供してくれるので、物質科学の研究をはじめ鉱物学、考古学、生命科学、宇宙探査などに幅広く利用されている。一方、最近の加速器の進歩が目覚ましく、そのイオンビームや放射光の線源がメスバウアー分析にも利用可能となり、新しい展開が始まっている。重イオン加速器施設では放射性同位元素(RI)ビームが利用できる環境が整ったこと、また、放射光施設では安定した超単色 X 線ビームが得られるようになったことによる。

今回 4 名のパネリストに新しい測定法と最近の魅力的な研究成果を紹介していただいた。

電気通信大学先進理工学研究科の小林義男氏は「加速器インビーム・メスバウアー分光の現状と新展開」と題して、まず、その原理を分かりやすく述べ、次に理化学研究所の重イオン加速器施設と放射線医学総合研究所の HIMAC (重粒子線がん治療装置)でのシステムと応用例を紹介された。HIMACでは、500 MeV ⁵⁸Fe イオンの Be 標的核破砕反応により生成した ⁵⁷Mn (半減期: 85 秒) を試料に注入し、⁵⁷Mn から放出する γ 線を共鳴ガスカウンターを用いて測定する。このインビーム測定法の特徴は、次の通りである。(1) ⁵⁷Mn をどのような固体試料にも注入することができる、(2) 注入元素の原子数が 10^{10} 程度の極微量で測定が可能である、(3) 特定原子の固体中の動的振る舞いが観測できる、(4) 化学的效果(ホットアトム効果)を追跡できる、(5) ⁵⁷Mn による β 壊

変は格子欠陥などに及ぼす影響が少なく、注入原子の結晶中の占有サイトが分かる。また、(6) 注入直後の時間分割測定から不安定な中間体の生成・消滅、そのメカニズムの解析が進められる。

次に京都大学原子炉実験所の北尾真司氏は「放射光メスバウアー分光法と核共鳴非弾性散乱」と題して、大型放射光施設を利用した研究を紹介された。放射光の超単色ビームのエネルギー幅 (10^{-3} eV) がRI線源のもの (10^{-8} eV) に比べ広いので測定に工夫が必要になる。実験方法は、(1) パルスビーム間の核励起緩和時間スペクトルを測定する、(2) 核分光結晶を利用する、(3) 透過体と散乱体の2つの試料 (一方は標準試料) を利用する、である。そのほか、入射ビームのエネルギーを変調させながら測定する核共鳴非弾性散乱法では、弾性散乱ピークの両側に非弾性散乱ピークが観測される。これから従来のメスバウアー情報では得られなかった共鳴原子の局所フォノン状態密度が求められる。

東京理科大学理学部の山田康洋氏は「単原子・クラスター・薄膜のメスバウアー分光」と題して、研究成果を紹介された。固体中に分子・原子を単離する低温マトリックス法とメスバウアー分析を組み合わせたシステムを構築してきた。低温マトリックス単離法では、凍結させた固体中に不安定な化学種を補足して測定を行う。インビーム法により固体アルゴン中に補足された鉄の化学種は励起状態の $\text{Fe}^+(3d^7)$ であることを明らかにした。また、レーザー蒸着やアーク放電により生成する薄膜ではその基盤の形状により異方性があることが示された。

東京大学大学院総合文化研究科の小島憲道氏は「新しい外場応答型スピントロスオーバー錯体」と題して独自に開発した、(1) トリアゾール架橋鉄(II)錯体・ナフィオン膜、(2) pH応答を示すジアミノサルコファジン鉄(II)錯体・ナフィオン膜、(3) 温度変化により電荷移動相転移を起こすジチオシユウ酸架橋鉄混合原子価錯体、(4) フォトクロミック特性を有するスピロピラン・ジチオシユウ酸架橋鉄混合原子価錯体のメスバウアー分析結果を示された。また、

電荷移動相転移を起こす温度では約0.1 MHzの頻度で原子価揺動が起きていることがミュオンスピン分光 (μSR) から明らかにされた。

最後に討論が行われ、次のような意見が寄せられた。加速器等を用いた新しい測定法では、多くの研究者が利用できるような環境を整えることが必要である。メスバウアー分析は、今では汎用性のある普通の分析法になっているといえる。一方、スペクトルの微細な変化を更に詳細に解析することによって有益な情報を引き出すことができ、研究の質を上げることができる。

以上、2時間半を超えたパネル討論において、核プローブの分析法は物質の機能解明に重要なツールになることを改めて認識させられた。その進歩・発展を俯瞰するのにふさわしいパネル討論になったと思われる。

興味深い話題を提供にくださった4名の先生方に対して深く感謝する。

(元 東京大学 工学系研究科)

パネル討論3

北から南から福島を踏まえた 放射線教育の全国展開

宮川 俊晴

Miyakawa Toshiharu

7月5日(金)に東京大学弥生講堂別館において、約90名の参加者を得て開催された題記パネル討論会の概要を報告する。

パネル討論に先立って5名の先生方から各地での放射線教育の実践報告があった。

(1) 元 飯館村教育長の広瀬要人氏は、全村避難の飯館村で、放射線教育推進委員会を設立、教員研修を実施し、2012年度2学期から小学1年生～中学3年生に対する全村を挙げて取り組んだ放射線教育活動を報告した。いじめや差別をなくすためにも、放射線教育は全国の小学・中学・高校で実施すること、教材・教員不足への対策として教職員の研修の充実、専門家の豊かな知識と経験がどこでも活用できるシ

システムが必要であると報告した。

(2) 福島県郡山市立郡山第六中学校の佐々木清教諭は、2011年の夏に生徒から「放射線について教えて！」と強く求められ、中学1年生から始めた2年間の実践結果を報告した。放射線に対する生体防御機構の話は、養護の先生とのチーム・ティーチングが有効であること、また市内の他中学の理科教諭と放射線教育推進委員会を設立し、活動の輪を広げていることなどを報告した。

(3) 札幌市立白石中学校の森山正樹教諭は泊原子力発電所の立地地域として、北海道大学等との連携の活動を報告した。中学3年生の生徒と専門家とのパネル・ディスカッションの有効性と教師自らが実測した東北新幹線沿線の空間線量率がトンネルなどの影響で変化する事実が生徒の学ぶ意欲を向上させた一方、内容の詰めすぎが一部の生徒の理解不足を招いた反省点を挙げた。

(4) 福岡県立宗像高校の藤原俊夫教諭は、玄海原子力発電所の立地隣接地区として、九州大学との連携による理科クラブの活動を報告した。高校・大学との共同授業、放射線利用機関との連携による生物影響の授業の有効性が示された。放射線リスクとがんに関する説明では、肉親者をがんで亡くした生徒への配慮を要したことなど、生徒への心のケアが述べられた。また、放射線利用機関には、積極的な生徒の見学受け入れを要望した。

(5) 甲府市立西中学校の近藤達夫教諭は、電力消費地での活動として、放射線・放射能に対する生徒の理解に量的概念が備わっていないため恐怖や不安を感じている点を考慮し、霧箱と“はかるくん”の実験をベースに文部科学省の副読本を活用した実践事例を報告した。今後は

5時間の授業実績を1時間に短縮する際の内容、測定機器など実験機材の確保の必要性を訴えた。

なお、これらの先生方の報告は、本誌2014年1月号から“放射線・RI塾”にて詳細が掲載される予定である。

パネル討論は、全国中学校理科研究会の高畠勇二会長（練馬区立開進第一中学校長）をコーディネーターとして会場の参加者と共に行われた。

「設問1：福島第一の事故により、変わった点は何か？」では、3.11後は、“力を合わせ、生きるための力をつける”、“放射線に対する人体への影響を知る”、“不安を解消する”など幅広い教育の重要性・緊急性が強く認識され、新指導要領に示される中学3年生の“放射線の性質と利用”の範囲を超えた内容の充実が図られた点が指摘された。また、霧箱・簡易型計測器による実験を通じて体験的に理解を深める授業が採用された。

「設問2：どの段階での学習が効果的か？」では、広瀬氏から「子供だからといって放射線から逃れられるわけではない」との発言が象徴的であったが、発達段階に応じた教育が重要と指摘があった。会場からは幼稚園の園児にも放射線教育は可能であり、基本は教えることなく、触れる・出会う・知るという段階を経て、本人に気付かせることが大切という発言があった。高畠校長からは、「保護者への配慮も必要」との指摘もあった。時間の都合で具体的な討論に至らなかったが、今後とも検討すべき重要なテーマである。放射線教育を定着させるために関係者の一層のご理解とご支援をお願いしたい。

(放射線教育フォーラム、日本原燃(株))