

「第 56 回アイソトープ・放射線研究発表会」から

パネル討論 1

低線量率被ばく影響の新たな知見と今後の課題

山田 裕, 飯塚 大輔, 柿沼 志津子

Yamada Yutaka, Iizuka Daisuke, Kakinuma Shizuko

低線量率で長期的な被ばくによる影響について、これまでの研究で明らかになった知見を発表し、今後に残された課題についてパネル討論した。

放射線影響協会放射線疫学調査センターの工藤伸一氏からは、「放射線疫学調査に潜む誤差」と題して、誤差にはサンプル数が増えればゼロに近づく偶然誤差と、サンプル数が増えてもゼロに近づかない系統誤差があること、前者で問題になるのは検出力であり、後者で問題になるのは健康労働者効果をはじめとする選択バイアスや交絡等があること、原発作業等により多いブルーワーカーには喫煙傾向があり、高線量被ばく群に多いことが交絡因子として低線量・低線量率被ばくの疫学調査には大きく影響してくることが説明された。

(国研)量子科学技術研究開発機構放射線医学総合研究所(量研放医研)の今岡達彦氏は、「ラット乳腺がんの線量率効果と年齢依存性」と題し、乳がんリスクは、7週齢から60 mGy/時(累積4 Gy)で照射すると有意に増加したが、24 mGy/時以下では増加せず線量率に依存すること、6 mGy/時で照射した場合の乳がんリスクの線量効果関係は3週齢群では7週齢群と比較して大きく照射時年齢依存性が

あること、線量率効果係数は3週齢では2.4、7週齢では9.4という値が得られたことが報告された。

大阪大学放射線科学基盤機構の中島裕夫氏は「セシウム137の慢性的経口摂取で多世代にわたり低線量・低線量率内部被曝を続けた子孫マウスの発がん」とゲノムへの影響」と題し、100 Bq/mlの¹³⁷Csをマウスに継続的に飲水投与し(30 mGy/100日相当)、36世代ぐらいまで継続して子孫に引き起こされる影響について調べたが、両群間でほとんど差が認められなかったことから、放射線による遺伝性影響がこの程度の線量では観察される可能性が低いことを説明した。

量研放医研の鶴岡千鶴氏は、「*Ptch1*ヘテロ欠損マウスの髄芽腫発生モデルを用いた放射線シグネチャーによる低線量率リスク解析」を報告した。*Ptch1*遺伝子及び周辺領域のLOH(loss of heterozygosity)解析及びゲノムコピー数解析より、「自然に発生した髄芽腫」と「被ばくに起因する髄芽腫」に分類し、髄芽腫の発生率について、低線量率被ばく群(1.1 mGy/時、総線量0.1 Gy、及び5.4 mGy/時、総線量0.5 Gy)と非照射群の間に差は認められなかったが、遺伝子変異については、低線量率で総線量0.5 Gy被ばく群では、高線量率0.5 Gy被ばく群に比べて「放射線に起因する髄芽腫」が減少した。更に、総線量0.1 Gy被ばくでは「被ばくに起因する髄芽腫」は非照射群との差は見られなくなった。これらの結果は、従来の発がん率の増加に基づく手法では増加が見えないくらいの低い線量率の被ばくの場合に、被ばくに起因すると考えられるがんが実際にどれくらい発生しているかを直接的に示す。

広島大学原爆放射線医科学研究所の笹谷めぐみ氏は、「*Apc*^{Min/+} マウスを用いた低線量・低線量率放射線発がんリスク評価」のタイトルで講演された。鶴岡氏と同様に発がんに関わる遺伝子の変異（組み換え、分裂異常、LOH、塩基置換等）を小腸腫瘍で検出できる実験系を用いた。発がんについて、通常の Min (B6-F1) マウスでは、線量率を変えて照射すると (42, 168 mGy/時、及び 10.9 Gy/時、総線量 2 Gy)、線量率に依存して発生数の増加がみられたが、コンソミック Min マウス (18 番染色体のみ MSM マウス由来染色体) では線量率効果は見られなかった。またその B6-F1 マウスにおける遺伝子変異については、組み換え及び分裂異常が線量率に依存して増加した。このことは遺伝的背景が「線量率効果」に影響を与えることを示している。

総合討論では、低線量率被ばく影響を理解していく上で、疫学研究で染色体異常や DNA マーカーを用いること、低線量率効果のメカニズムの研究や、動物実験データのヒトへの外挿の重要性等が議論された。

(量子科学技術研究開発機構 量子医学・医療部門)

パネル討論 2

クルックス管を活用した中学校理科の放射線授業の展開—科学史から学ぶ放射線授業を目指して—

宮川 俊晴

Miyakawa Toshiharu

1 番目の秋吉優史氏 (大阪府立大学) は放射線安全管理の専門家として様々なクルックス管の特性実験データに基づき、クルックス管から放出される X 線は、20 keV 程度の低エネルギーでパルス状に放出する、電源装置の不安定性等からそれに合う低エネルギー用積算線量計で測定する必要性を示し、昨年度の全国 19 校の実態調査から、古いクルックス管が多く利用されている現状にあるが、クルックス管自体は経年劣化で X 線の放出量が増えること、更に印加電圧で X 線の放出量が大きく異なることを示し、放射線防護の視点から、①誘導コイルの放電出

力は観察が可能な範囲で最低に設定。②放電極距離は 20 mm 以下。③生徒との距離は 1 m。④演示時間は 10 分程度。とのガイドライン (暫定) を提言した。今後、多くの学校で測定を行いガイドラインの有効性を確認したいと協力を求めた。

2 番目の小鍛冶優氏 (福井県永平寺町志比北小学校) は近隣の中学校の教師のクルックス管実験に関する意識調査を行いその結果から、クルックス管の実験で X 線が出ていることがあることを知らない教師が多いこと、また、今後は安全を確認して実験を実施したいとする声が多かった。一方、安全が不明確ならば、映像教材を選定する意見もあったと報告した。自身としては、映像教材では伝わらないことが多く、実際のビームを観察する実験の重要性を説いた。また、このプロジェクトの中で放射線の専門家により危険性をしっかり調べられ、安全な方法を提示して欲しいと要望が述べられた。

3 番目の緒方良至氏 (名古屋大学、登壇予定だった森千鶴夫氏の代役) は、中学校に広くある箔検電器を利用したクルックス管からの X 線の線量測定方法について発表した。箔検電器の箔の閉鎖速度をデジカメ等で記録し、その速度と電離箱測定値との相関を取ることで線量の定量化が可能とした。また、箔の重さや導線の配置、周囲の扇風機の風、ガストープの温風、検電器の汚れによる自然放電等が閉鎖速度に影響を与える等の注意点が示された。ただし誘導電源の電極板距離が 20 mm 以下の場合には X 線量が少なく、検出できない限界があるが、X 線の有無の簡易確認は可能とした。

4 番目の若松巧倫氏 (ケニス株式会社) は、教材メーカーの立場から、クルックス管は約 70 年前から重要な実験機材として学校に整備され、以前のクルックス管はガスの封入はなく空気を残していたが、最近の漏洩 X 線の少ない装置は、ガスを入れてビームが出やすい構造とし更に電圧を 5 kV 程度に抑えている商品開発について紹介があった。また、平成 23 年度に多くの学校で簡易放射線測定器が配備された結果、クルックス管実験時に放射線の検出が報告されるという事案が生じた。日本理科振興協会からは、クルックス管を安全に取り扱う注意として、①誘導コイルの電極は 4 cm 以内。②観察は 1 m 離れること。③放電時間は 10 秒以下とすることが各メーカーに周知され、取り扱い説明書や本体

シール等で学校に注意喚起された。

最後に本プロジェクトでガイドラインが策定されれば、取り扱い説明書、ホームページまた教員研修、更には教科書会社との連携を図りたいとした。

最後のパネル討論ではまず、秋吉氏が提言した4つのガイドラインについて、会場の学校関係者から、2年生で放射線の授業をやることは非常に意義深い、安全に不安を持つ先生もいるので、安全基準について明示して欲しいと要望があった。秋吉氏から、現在国内に決めるはないが、海外では1年間で1 mSvや1個の線源当たり1年間で10 μ Svというルールもあり、今後専門家の委員会ですとめて行く予定とした。小鍛治氏から、測定を望む先生方は出てくると思われるので、簡単に測れる測定方法がないか？と問われ、緒方氏から箔検電器は、ガラスバッチのように10分間では測れないが、先生方を支援するマニュアルを考えている旨回答があった。若松氏から、身近に放射線測定器が出てきたことで、先生からの電話をいただくことが年に数回あり、機材の取り扱い説明書に記載して安全な使用方法を解説しているとし、更に文科省からの指示が最も有効でありそれへの期待も述べられた。最後に会場から使い難い装置は廃棄して新品を取得して行く方策があると発言があった。会場は70名程度の参加者が熱心に聴講した。

(六ヶ所げんねん企画株式会社 サイクル広報事業部)

2019年度 放射線基礎セミナー

松本 義久

Matsumoto Yoshihisa

2019年の放射線基礎セミナーは、第56回アイソトープ・放射線研究発表会の3日目(7月5日(金))の午後、東京大学にて開催された。今年度のテーマは「時代を語る原子のタイムカプセル～アイソトープ・放射線の考古学への応用」であった。今回の企画にあたっては、理・LS部会若手ユーザ活性化専門委員会の先生方のご協力をいただいた。アイソトープや放射線を生かしたユニークな研究分野ということで行くつかアイデアを出していただいた

中からこのテーマを選んだ。

第1部の講演は、東京大学弥生講堂一条ホールに行われ、参加者は学生を含めて62名であった。冒頭に小職から企画の趣旨と概論について簡単に述べさせていただいた。アイソトープの年代推定への応用は、1950年頃のLibbyの ^{14}C を用いた研究に端を発する(1960年にノーベル化学賞受賞)。当初は放射能測定による定量が行われていたが、加速器質量分析法の普及により、感度や精度の上昇に加え、安定同位体も利用可能となり、適用範囲は大きく広がった。 ^{14}C については、今回のテーマである考古学のほかに、神経をはじめ人体の細胞が作られた時期を特定するような研究もあることを紹介した。

続いて、坂本稔先生(国立歴史民俗博物館、総合研究大学院大学)が「炭素14年代法と較正年代」*と題して講演された。 ^{14}C は宇宙放射線によって大気中で絶えず作られ、光合成と食物連鎖によって生物体内に取り込まれる。生命活動が停止すると新たな ^{14}C が取り込まれなくなり、崩壊に伴って減少していく。しかしながら、 ^{14}C の生成は変動するため、較正が必要となる。そのため、樹木の年輪を利用した較正が行われている。炭素の循環は陸上と海洋とで異なり、北半球と南半球では異なる較正が必要である。建造物の木材の年代推定にあたっては、木目ごとの ^{14}C 存在比の変動を利用した「ウィグルマッチ法」や酸素同位体比との組み合わせにより精度の高い推定が可能である。応用例の1つとして、現存最古のものの1つとされていた福井県丸岡城の天守の建造年代推定について紹介された。

次に、中塚武先生(名古屋大学)が「樹木年輪セルロースの酸素同位体比からみた気候変動と日本史の関係性」と題して講演された。酸素の安定同位体の1つ ^{18}O は植物体内で水(H_2O)として移動し、セルロースに取り込まれる。主な光合成の場である葉において蒸散が起こる際、 ^{18}O を含む H_2O より ^{16}O を含む H_2O が優先的に蒸散するため、蒸散が起こりやすい気象条件(晴れ、低湿度)では ^{18}O の濃縮が起こる。したがって、年輪ごとの ^{18}O 存在比からそれぞれの年の降水量を推定することが可能である。年輪の幅や ^{14}C を用いた方法に比べて、個体間

* 編者注：本号42頁の「放射線・RI塾」にて坂本稔先生の講演内容が掲載されています。こちらをご参照ください。

の変動が少ないことが特色である。これまでに、2600年にわたって ^{18}O 存在比の変動曲線が作られた。これに古資料から気候に関する記述を探して照らし合わせると、生活や社会制度の変化との相関が見られる。更に、気候変動を様々な周期の変動に分解して解析すると、数十年の中程度の周期を持つ変動が生活や社会制度の変化に大きく影響していることが読み取れるということであった。

最後に、吉田邦夫先生（東京大学）が「考古科学とアイソトープ」と題して講演された。 ^{13}C 、 ^{15}N の存在比はC3植物とC4植物、海洋の貝類、魚類、哺乳類等で異なる。これを利用して、人骨中のコラーゲンや、土器に付着した炭化物の中の ^{13}C 、 ^{15}N 存在比からどのようなものを食べていたかが推定することが可能である。縄文時代の遺跡からの発掘物を分析すると、場所による食生活の違いが分かるということであった。また、Srの同位体の1つ ^{87}Sr は、岩石中に含まれる ^{87}Rb （半減期488億年）の壊変によって生じ、生体に必須で同族のCaと似た挙動を示す。 ^{87}Rb はRbが豊富で、古い岩石ほど多く、海洋地殻に比べて大陸地殻で存在比が高い。これを利用してウルシに含まれる ^{87}Sr の存在比から産地や交易の状況が分かるということであった。

第2部では、東京大学総合研究博物館の放射性炭

素年代測定室の見学会が行われた。こちらの参加者は約40名であった。大森貴之先生に研究のご紹介と実験室のご案内をいただいた。ここにある加速器質量分析装置は ^{14}C 測定に特化したもので、坂本先生のご講演でも紹介された世界標準の較正曲線作製にも貢献している。加速器の加速電圧は500 keVであるため、管理区域には指定されていない。更に、ガラス張りになっており、一般の方も実験を見ることができるようになっている。試料を調製する段階での様々な工夫によって、砂糖1かけらくらいの試料でも測定が可能ということであった。

このように、今回のセミナーでは、ありふれた元素の同位体の存在比から人類の歴史に関する多彩な情報が得られることに驚くと共に、古代への興味を大いにかきたてられるものであった。見学会で最先端の研究現場を見ることができ、更に意義深いものとなった。最後に、座長を務めていただいた青柳登先生（JAEA）はじめ理・LS部会若手ユーザ活性化専門委員会の先生方、講師の紹介や見学会にご協力いただいた松崎浩之先生（東京大学）に心から感謝申し上げます。

（東京工業大学 科学技術創成研究院
先導原子力研究所）

理工・ライフサイエンス部会 放射線設備機器利用推進専門委員会

放射線設備機器ガイド 「Gradin」 公開中

2019年Web サイト リニューアル!

- ✓ 機器・設備・サービス等の詳細な情報がジャンルごとに分類表示されており、より検索しやすくなりました。
- ✓ 放射線設備機器に関連した論文や記事等を多数掲載し、無料で閲覧・ダウンロードできます。
- ✓ 製品の新規公開・更新情報や企業様イベント・セミナー開催等のご案内を掲載します。

ぜひご覧ください!

★アクセスはこちら★

gradin.jp

検索

*日本アイソトープ協会ホームページの
バナーからもリンクできます。

