

ポスター発表

■ 2026年7月8日(水) 9:00 ~ 15:00 | 会場: ポスター会場(水星・火星・金星)

ポスター発表

[1P_E01] 米国における近年10年の小線源治療に関する事故事例について

○本庄 浩司¹、生島 仁史^{2,3}、石山 博條^{2,4}、上村 博司^{2,5}、宇野 隆^{2,6}、大西 洋^{2,7}、佐藤 威文^{2,4}、神宮 啓一^{2,8}、戸板 孝文^{2,9}、中村 和正^{2,10}、花田 剛士^{2,11}、深貝 隆志^{2,12}、村上 直也^{2,13}、門間 哲雄^{2,14}、吉岡 靖生^{2,15}、吉村 亮一^{2,16}、萬 篤憲^{2,14}、茂松 直之^{2,17} (1. 日本アイソトープ協会、2. 医学・薬学会 放射線治療専門委員会、3. 徳島大学大学院医歯薬学研究部、4. 北里大学医学部、5. 横浜市立大学附属市民総合医療センター、6. 千葉大学大学院医学研究院、7. 山梨大学医学部、8. 東北大学大学院医学系研究科、9. 沖縄県立中部病院、10. 浜松医科大学、11. 慶應義塾大学医学部、12. 昭和医科大学医学部、13. 順天堂大学医学部、14. 東京医療センター、15. がん研有明病院、16. 東京科学大学大学院医歯学総合研究科、17. 埼玉メディカルセンター)

[1P_E02] 大学共通教育における放射線教育の年度間比較：学生のイメージ・認識の質的变化に着目した再現性の検証

○廣田 昌大¹、北 実²、佐瀬 卓也³、角山 雄一⁴ (1. 信大・基盤研、2. 鳥大・研推、3. 核融合研、4. 京大・環安保)

[1P_E03] 下限数量以下密封線源と小型IPリーダーを用いたニボシX線透過像の取得と放射線教育への応用

○廣瀬 農¹ (1. 星薬大)

[1P_E04] アラニン線量計のESR信号線幅に対する光子エネルギー依存

○中川 清子¹、内田 海路¹、大原 麻希²、横谷 明德²、宇佐美 徳子³ (1. 都産技研、2. 量研、3. 高エネ研)

[1P_E05] 溶融クリアランスに関する技術的知見の調査

○古田 美憲¹、吉居 大樹¹、仲宗根 峻也¹、澁谷 憲悟¹、酒井 宏隆¹ (1. 原子力規制庁)

[1P_E06] 教育用簡易自然放射線測定による地下水ラドン濃度調査 ―多摩・県央西地域での予備調査―

○大西 和子¹ (1. 東学大)

◆ポスター賞エントリー

[2P_E01] 水溶液中からの効率的なセシウムの除去法の構築に向けた新規吸着剤の開発

○山田 次元¹、仲谷 蒼太²、宮本 直人³、狩野 直樹³ (1. 新潟大・院総合学術、2. 新潟大・自然、3. 新潟大・工)

◆ポスター賞エントリー

[2P_E02] 低酸素りん光プローブBTPDM1の放射線耐性と照射後の細胞内取り込み評価

○宮崎 陽奈^{1,2}、吉田 由香里¹、吉原 利忠³、高橋 昭久¹ (1. 群馬大学重粒子線医学研究センター生物学部門、2. 群馬大学大学院医理工学部サイエンス学環、3. 群馬大学大学院理工学府分子科学部門)

◆ポスター賞エントリー

[2P_E03] 高レベル放射性廃液からの医療用Y-90回収プロセスの高度化

○佐賀 要¹、川崎 倫弘¹、石井 翔¹、伴 康俊¹ (1. 日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所)

◆ポスター賞エントリー

[2P_E04] 原子核乾板を用いた α ・ β ・ γ 線の測定技術の開発と医学への応用

○酒々井 玲於奈¹、福田 努¹、長原 翔伍¹、竹下 漱一¹、錦織 司¹、清水 さくら¹、南野 彰宏²、歳藤 利行³ (1. 名大・院理、2. 横国学・院理工、3. 名古屋陽子線治療センター)

◆ポスター賞エントリー

[2P_E05] 消化管に発現する有機アニオン輸送体OATP4A1の薬物吸収における役割

○高橋 瑞姫¹、加藤 こなみ¹、森本 かおり¹、石井 敬¹、富田 幹雄¹ (1. 東北医薬大・薬)

◆ポスター賞エントリー

[2P_E06] 中学・高校生を対象とした放射線の医療利用に関する教育の提案

○柴井 修平¹、船生 翔太郎¹、古林 幸起¹、佐藤 佳子²、藤野 秀樹¹ (1. 兵庫医大・薬、2. 和歌山信愛中学高等学校)

◆ポスター賞エントリー

[2P_E07] 放射線計測による医薬品の品質試験の提案

○松本 愛生¹、柴井 修平¹、藤野 秀樹¹ (1. 兵庫医大・薬)

◆ポスター賞エントリー

[2P_E08] Using Radioactivity Ratios to Identify Sources and Transport of Coastal Radionuclides off Fukushima

○Nimish Sudhir Godse¹, Daisuke Tsumune¹, Hiroaki Kato¹, Yuichi Onda¹, Shigeyoshi Ootosaka² (1. University of Tsukuba, 2. The University of Tokyo)

◆ポスター賞エントリー

[2P_E09] 相互作用の複合化による短飛程放射線の簡便かつ効率的な光検出法の開発

○甘中 健登¹、数多 伸紀¹、鈴木 博元¹、上原 知也¹ (1. 千葉大院薬)

◆ポスター賞エントリー

[2P_E10] 地表徘徊性昆虫類の¹³⁷Cs濃度と炭素・窒素安定同位体比

○堀内 歩¹、加茂 楓葵¹、高階 史章²、佐藤 孝²、田中 草太² (1. 秋田県大・院生物資源、2. 秋田県大・生物資源)

◆ポスター賞エントリー

[2P_E11] PD-L1標的診断用プローブの体内動態におけるキャリア添加量の影響

○川村 柚寿¹、鈴木 博元²、数多 伸紀²、甘中 健登²、上原 知也² (1. 千葉大・薬、2. 千葉大・院薬)

◆ポスター賞エントリー

[2P_E12] 放射線取扱主任者試験対策パートナーとしての生成AIの可能性

○吉葉 友規¹、堀越 由衣¹、三家本 隆宏¹ (1. 公益社団法人日本アイソトープ協会)

◆ポスター賞エントリー

[2P_E13] 高出力レーザー光学系最適化によるガンマ線の高強度化

○藤本 啓汰¹、佐波 俊哉³、橋本 智² (1. 兵県大・院工、2. 兵県大・高度研、3. 高エネ研)

米国における近年 10 年の小線源治療に関する事故事例について Incidents Related to Brachytherapy in the United States over the last 10 years

日本アイソトープ協会^{*1}, 医学・薬学会放射線治療専門委員会^{*2}, 徳島大学大学院医歯薬学研究部^{*3},
北里大学医学部^{*4}, 横浜市立大学附属市民総合医療センター^{*5}, 千葉大学大学院医学研究院^{*6},
山梨大学医学部^{*7}, 東北大学大学院医学系研究科^{*8}, 沖縄県立中部病院^{*9}, 浜松医科大学^{*10},
慶應義塾大学医学部^{*11}, 昭和医科大学医学部^{*12}, 順天堂大学医学部^{*13}, 東京医療センター^{*14},
がん研有明病院^{*15}, 東京科学大学大学院医歯学総合研究科^{*16}, 埼玉メディカルセンター^{*17}
○本庄 浩司^{*1}, 生島 仁史^{*2,3}, 石山 博條^{*2,4}, 上村 博司^{*2,5}, 宇野 隆^{*2,6}, 大西 洋^{*2,7}, 佐藤 威文^{*2,4},
神宮 啓一^{*2,8}, 戸板 孝文^{*2,9}, 中村 和正^{*2,10}, 花田 剛士^{*2,11}, 深貝 隆志^{*2,12}, 村上 直也^{*2,13}, 門間 哲雄^{*2,14},
吉岡 靖生^{*2,15}, 吉村 亮一^{*2,16}, 萬 篤憲^{*2,14}, 茂松 直之^{*2,17}
(HONJO, Koji^{*1}; IKUSHIMA, Hitoshi^{*2,3}; ISHIYAMA, Hiromichi^{*2,4}; UEMUERA, Hiroji^{*2,5}; UNO, Takashi^{*2,6};
ONISHI, Hiroshi^{*2,7}; SATOH, Takefumi^{*2,4}; JINGU, Keiichi^{*2,8}; TOITA, Takahumi^{*2,9}; NAKAMURA, Katsumasa^{*2,10};
HANADA, Takashi^{*2,11}; FUKAGAI, Takashi^{*2,12}; MURAKAMI, Naoya^{*2,13}; MOMMA, Tetsuo^{*2,14};
YOSHIOKA, Yasuo^{*2,15}; YOSHIMURA, Ryoichi^{*2,16}; YOROZU, Atsunori^{*2,14}; SHIGEMATSU, Naoyuki^{*2,17})

1. はじめに

小線源治療の件数は増加傾向でその安全管理・対策の重要性は増していると言えるが、本邦における小線源治療に関する事故調査は少なく、近年の報告は限られている。米国には日本の約 3 倍の小線源治療実施施設があり、より多くの治療が行われていると考えられる。また米国 NRC は近年、医療事故事例の分析とその結果の公開を積極的に進めている。そこで本調査では、本邦の小線源治療の安全対策に資するため、米国の近年 10 年で発生した小線源治療に関する事故事例を集めその傾向等を調べた。

2. 方法

米国 NRC が報告対象とする Medical Event (ME) とより深刻な Abnormal Occurrence (AO) について、近年 10 年の小線源治療に関する事例を調査対象とした。NRC ACMUI の会議資料から、過去 10 年(会計年度: FY2014-2023)の ME の傾向と概要等を調べた。AO については NUREG-0090 報告書から直近 10 年(FY2015-2024)の小線源治療に関する事例を調べた。

3. 結果および考察

近年の米国での ME 報告件数は増加傾向が見られたが、小線源治療に関する報告件数は減少傾向であった。LDR 小線源治療と HDR-RALS 治療ともにヒューマンエラーを主な原因とする事例が多かった。

4. 結論

米国 NRC の ACMUI の会議資料等から米国内で発生している医療事故の発生状況の傾向を把握することができる。米国は我が国とは異なる治療や医療体制であるが、本邦の医療安全に有用な内容の情報が公開されている。

^{*1} Japan Radioisotope Association

^{*2} Subcommittee on Radiation Therapy, Medical Science and Pharmaceutical Committee

^{*3} Graduate School of Biomedical Sciences, Tokushima University

^{*4} Faculty of Medicine, Kitasato University

^{*5} Yokohama City University Medical Center

^{*6} Graduate School of Medicine, Chiba University

^{*7} Faculty of Medicine, University of Yamanashi

^{*8} Graduate School of Medicine, Tohoku University

^{*9} Okinawa Prefectural Chubu Hospital

^{*10} Hamamatsu University School of Medicine

^{*11} School of Medicine, Keio University

^{*12} School of Medicine, SHOWA Medical University

^{*13} Graduate School of Medicine, Juntendo University

^{*14} Tokyo Medical Center

^{*15} Japanese Foundation for Cancer Research

^{*16} Graduate School of Medical and Dental Sciences, Institute of Science Tokyo

^{*17} Saitama Medical Center

大学共通教育における放射線教育の年度間比較：
学生のイメージ・認識の質的变化に着目した再現性の検証

Year-to-Year Comparison of Radiation Education in University General Education: Verification of
Reproducibility in Qualitative Changes in Student Perceptions

信州大学基盤研究支援センター^{*1}，鳥取大学研究推進機構研究基盤センター^{*2}，
核融合科学研究所安全衛生推進センター^{*3}，京都大学環境安全保健機構^{*4}

○廣田 昌大^{*1}，北 実^{*2}，佐瀬 卓也^{*3}，角山 雄一^{*4}
(HIROTA, Masahiro^{*1}; KITA, Makoto^{*2}; SAZE Takuya^{*3}; TSUNOYAMA Yuichi^{*4})

1. はじめに

著者らはこれまで、大学共通教育における放射線教育が学生の知識定着や極端な認識の解消、中立的な視点の育成に有効であることを報告してきた。特に、90分×15回の講義を通じた多角的なアプローチが、知識と感情の乖離（knowledge-emotion gap）を埋め、健全なリスクコミュニケーション能力の育成に寄与することを学術的に明らかにしている（RADIOISOTOPES, 75, 33-43 (2026)）。本研究では、これらの教育効果が年度を跨いで安定的に得られるかという「再現性」を検証するため、信州大学における2024年度および2025年度の受講生を対象とした比較分析を行った。

2. 方法

信州大学「私たちと放射線」の受講生を対象に、初回（事前）と最終回（事後）のアンケート調査（放射線イメージ・身体影響の自由記述、正誤式知識問題）を実施した。自由記述データについては、AIテキストマイニングを用いた感情・語彙分析を行い、前年度の結果と対比することで認識変容の再現性を客観的に評価した。なお、調査に際しては、回答の有無が成績評価に影響しないことや学術利用への同意について事前に説明し、十分な倫理的配慮の下で実施した。

3. 結果および考察

分析の結果、両年度の教育効果に高い再現性が確認された。放射線イメージは、受講前はネガティブ感情が優勢（2024年54%、2025年43.8%）であったが、受講後は約3割（同33%、26.3%）まで減少し、中立的視点が約7割に達する変容パターンが完全に再現された。身体影響の認識も同様に、受講前は「放射能残留」や「遺伝」等の不安からネガティブ回答が半数を超えていたが（2024年54%、2025年53.6%）、受講後は線量とリスクの関係を冷静に評価する論理的記述へ変容し、ネガティブ回答は約3割へと大幅に減少（同33%、32.1%）、中立的視点も約7割へと収束した。知識面では、年度により既有知識に差が見られたが、受講後は等しく高い水準へ到達した。例えば「人体内の放射性物質」の正答率は、受講前に15ポイント以上の開きがあったが（2024年36%、2025年52.8%）、受講後は約75%で一致した。レントゲン後の放射能残留といった典型的な誤解も、受講後の誤答率は約1割まで減少しており、初期知識の多寡によらず安定した教育効果が得られることが実証された。

4. 結論

信州大学における2カ年のデータ比較により、本取り組みが放射線への恐怖心を科学的理解へと導く高い再現性を有することが実証された。今後は本知見に基づき、2025年度に同様の調査を行った鳥取大学との大学間比較を行い、地域や学生背景によらない教育効果の普遍性を検証・報告する予定である。

^{*1} Research Center for Advanced Science and Technology, Shinshu University

^{*2} Organization for Research Initiative and Promotion, Tottori University

^{*3} Safety and Health Promotion Center, National Institute for Fusion Science

^{*4} Agency for Health, Safety and Environment, Kyoto University

下限数量以下密封線源と小型 IP リーダーを用いた
ニボシ X 線透過像の取得と放射線教育への応用

Acquisition of X-ray Transmission Images of Dried Sardines Using Exempt Sealed
Sources and a Compact IP Reader for Radiation Education

星薬科大学 基礎実習研究部門^{*1}

○廣瀬 農^{*1}

(HIROSE, Atsushi ^{*1})

1. はじめに

X 線透過像撮影は、放射線教育において放射線の特性と有用性への理解を促す有効な手法である。このため、教材として X 線撮影を活用する試みは過去にも報告されているが、その多くは放射線発生装置を用いることから管理区域の設定や法令対応、安全評価が必要となり、学校等の教育現場における実施には大きな制約があった。そこで本研究では、教材貸出しや出前授業での利用実績がある下限数量以下の密封線源に小型 IP リーダーを組み合わせ、管理区域を必要としない X 線透過像取得法の確立および放射線教育への応用を試みた。

2. 方法

被写体として、骨格構造や臓器の観察が可能であり、入手性が良く、数日間露光しても変質の心配が無い「ニボシ」を選択した。線源には国内で入手性が良く、主要な光子線のエネルギーが異なる ^{55}Fe 、 ^{109}Cd 、 ^{133}Ba を用い、画質を比較検討した。撮像系は、遮光・遮へい・線源保持具を兼ねたステンレスボウルの中央に線源を固定し、遮光バッグに封入してニボシを載せた IP に、上から被せる構成とした。

3. 結果および考察

数日間の露光処理後に小型 IP リーダーで現像し、得られた画像を比較したところ、 ^{109}Cd を線源とした系で最も良好なコントラストが得られた。本系では耳石、骨等の実効原子番号の高い組織に加え、腹部臓器や水晶体も明瞭に描出された (Fig. 1)。

薬学部 5・6 年生を対象とした放射線に関する集中講義の中で、管理区域ではない一般教室で IP の読み出しを実演し、取得したニボシ画像を題材として X 線撮影について解説した。その結果、受講者約 50 名中 7 名のリフレクションペーパーに、本教材を通じて原子番号や密度の違いが X 線の透過・吸収に影響することへの理解が深まったとの記述が認められ、本手法の教育的有用性が示唆された。

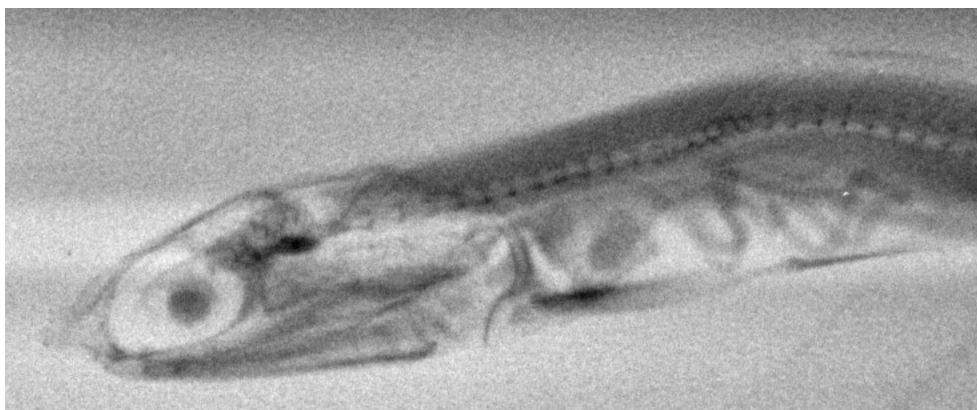


Fig. 1 ^{109}Cd 密封線源を用いて撮像したニボシの透過像

^{*1} Research Center for Fundamental Practice, Hoshi University

アラニン線量計の ESR 信号線幅に対する光子エネルギー依存 The linewidth of ESR spectra of alanine dosimeter dependence on photon energy

都産技研^{*1}, 量研機構^{*2}, 高エネ研^{*3}

○中川 清子^{*1}, 内田 海路^{*1}, 大原 麻希^{*2}, 横谷 明德^{*2}, 宇佐美 徳子^{*3}

(NAKAGAWA, Seiko^{*1}; UCHIDA, Kaiji^{*1}; OHARA, Maki^{*2}; YOKOYA, Akinari^{*2}; USAMI, Noriko^{*3})

1. はじめに

軟 X 線照射に対するアラニン線量計の応答性はガンマ線照射に比べて低く、ラジカルが高密度に生成することが原因と考えられる。ラジカル濃度の増加は、スピン・スピン緩和時間が短くなることで確認できた。スピン・スピン緩和時間の減少は、ESR スペクトルの線幅の広がりとして現れ、照射する光子のエネルギーにより、ESR スペクトルの線幅が変化すると予想される。一方、アラニンは、3 種のラジカルが生成することが知られており、マイクロ波強度によるサチレーションや昇温による消失速度が、それぞれのラジカルで異なる。これらを利用して、線幅の変化を検討することとした。

2. 方法

アラニンは、Far West Technology 社製のペレット状線量計を粉末にしたものを使用した。軟 X 線 (2, 3, 4, 5, 7-keV) 照射は、高エネ研 PF の BL-27A および BL-27B で実施した。また、都産技研所有の Cs-照射装置でガンマ線照射した。照射後、2mm φ の ESR 試料管に脱気封印し下記の測定・解析を行った。

1. X バンドで、マイクロ波強度を 1~40mW で ESR 測定し、中心部の強度比の変化を調べる。
2. Q バンドで、マイクロ波強度を 1~25mW で ESR 測定し、ラジカルを分離し、低磁場領域での線幅（ピークの傾き）を調べる。
3. 200℃で 40 分保持後、残ったラジカルを室温で X バンド ESR 測定し、低磁場領域での線幅（ピークの傾き）を調べる。

3. 結果および考察

X バンドでのマイクロ波強度依存は、2-keV の X 線照射で有意な違いが認められたが、3-keV 以上の X 線ではガンマ線照射とほぼ同じであった。

一方、Q バンドでは、低磁場領域でのラジカル分離が明確に表れ、マイクロ波強度:10mW で照射 X 線エネルギーの低下に伴いピークの傾きが小さくなり、線幅がブロードになっていることがわかった。また、昇温によるラジカル分離では、X バンド測定でも、照射 X 線エネルギーの低下に伴いピークの傾きが小さくなる傾向が確認できた。

4. 結論

Q バンド測定や昇温によるラジカル分離を利用することで、アラニンラジカル線幅の評価することが可能になった。また、照射 X 線エネルギーの低下に伴いピークの傾きが小さくなり、線幅がブロードになっていることがわかった。

参考文献：

- 1) S. Nakagawa et al., *Radiat. Phys. Chem.*, 214, 111304 (2024).
- 2) A. I. Ivannikov et al., *Radiat. Meas.*, 140, 106467 (2021).

^{*1} Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute

^{*2} National Institutes for Quantum Science and Technology

^{*3} High Energy Accelerator Research Organization

溶融クリアランスに関する技術的知見の調査 Investigation of technical information on melting clearance

原子力規制庁^{*1}

○古田 美憲^{*1}, 吉居 大樹^{*1}, 仲宗根 峻也^{*1}, 澁谷 憲悟^{*1}, 酒井 宏隆^{*1}
(FURUTA, Yoshinori^{*1}; YOSHII, Taiki^{*1}; NAKASONE, Shunya^{*1};
SHIBUYA, Kengo^{*1}; SAKAI, Hirotaka^{*1})

1. はじめに

原子力施設の廃止措置が実施されている昨今の情勢において、放射性物質により汚染された廃棄物の管理及び再資源化は、廃棄物の減容処理及び資源循環の推進の観点から事業者において検討が進められている。一例として、福井県原子力リサイクルビジネス準備株式会社は、原子力発電所の解体廃棄物を集中処理する事業の検討を始めている。当該事業では、原子力発電所で使用した金属を専用の溶融施設で溶融し、インゴット化してから放射能濃度を評価する手法が計画されている。本研究では、金属を溶融処理した後に原子力施設で用いた資材等に含まれる放射性物質について国が定める基準以下であることの確認を受ける制度を適用する手続き（以下「溶融クリアランス」という。）についての国外の事例、特にドイツ、スウェーデン及び米国における金属溶融に関する事例の調査並びに一般的な高周波誘導炉の性能に関する調査を行い、今後の行政判断に必要と考えられる技術的知見を整理した結果を報告する。

なお、ドイツ及びスウェーデンはクリアランス制度が積極的に活用されていること、米国はクリアランス制度がないが放射性物質で汚染された金属を溶融処理して処分又は再利用する事業が実施されていることから、調査対象国として選定した。

2. 方法

スウェーデン、ドイツ及び米国における溶融クリアランス又は汚染金属の溶融処理事例について、公開資料、聞き取り及び現地訪問を基に①意図的な混合・希釈の防止の考え方、②溶融後におけるサンプリングによる放射能濃度評価、③溶融による核種移行効果及び均一化効果について調査した。また、金属の溶融処理において一般的に使用されている高周波誘導炉について、当該装置の概要、性能及び使用実績について調査した。

3. 結果及び考察

スウェーデン及びドイツでは、溶融処理に際して汚染のない金属を混合する意図的な希釈は法令において明確に禁止されており、溶融炉への投入物は廃棄物受入れ基準（WAC）に基づき管理されている。また、高周波誘導炉を用いた溶融処理では、Co等は金属相に残留しやすい一方、Cs、Sr等はスラグ又はオフガス系へ移行し得ることが報告されている。誘導加熱の原理から、溶融金属に残留するCo等は電磁攪拌により全体的にほぼ均一になるが、その程度は溶融条件、炉の設計、運転条件等に依存する。したがって、溶融による核種移行及び均一化効果を前提としたサンプリングによる放射能濃度の評価を行う場合には、実証データに基づく説明が必要であると考えられる。

4. 結論

溶融クリアランスは、金属廃棄物の減容化及び再利用を促進する有効な手段となり得るが、意図的な混合・希釈の防止、溶融後におけるサンプリングによる放射能濃度評価並びに溶融による核種移行効果及び均一化効果について慎重な検討が必要である。今後、国内における制度運用に向けては、海外事例を踏まえつつ、溶融処理に関する条件及び放射能濃度評価の妥当性を確認していくことが重要である。

^{*1} Nuclear Regulation Authority

教育用簡易自然放射線測定による地下水ラドン濃度調査 —多摩・県央西地域での予備調査—

Application of a Safe and Easy Educational Method for Measuring Natural Radiation from Radon : A Preliminary Survey of Groundwater Radon Concentrations in the Tama and West-Central Kanagawa Area

東京学芸大学理科教員高度支援センター

○大西 和子

(ONISHI Kazuko)

1. はじめに

本研究では、日本各地で入手できる地下水に含まれるラドン (^{222}Rn) を放射線教育用教材として活用する可能性を検討した。ラドン (^{222}Rn) は活性炭に吸着されやすい性質があり (図 1), 筆者らは市販のタバコ用活性炭フィルター (Acti Tube) を用いて、地下水中の低濃度ラドンを安全・安価に捕集・測定する方法を開発している。今回は、多摩・神奈川西部地域の地下水を対象に予備測定を行い、この地域の地下水中のラドンの存在を確認した。

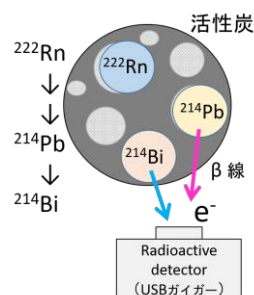


図1 ラドンと活性炭

2. 方法

実験装置 (図 2) および方法の概要を以下に示す。

- 1) 20 PET ボトルに試料水を入れ、振とうしてラドンを気相へ移行させる。
- 2) ふたを、活性炭フィルター (Acti Tube) を取り付けけたゴム栓に交換する。
- 3) ボトル内気相を活性炭へゆっくり通気し、ラドンを捕集する (計 8 L 処理)。
- 4) フィルター中の活性炭を取り出し、USB ガイガーカウンター (Strawberry Linux 社製) で測定する。



図2 実験装置

3. 結果および考察

多摩地域の国分寺市お鷹の道湧水群、八王子市上恩方町の地下水から、微量のラドンが確認された。お鷹の道湧水群 (図 3) のラドン濃度 (カウント率 cpm) は、2026 年 5 月現在も、既報^[1]の小金井市貫井神社と同程度であり、ラドンの子孫核種の減衰過程の観測に扱いやすい濃度であることが分かった。

4. 結論

多摩・神奈川西部地域の地下水 (2026 年 5 月) には、微量のラドンが含まれており、高校理数探究における自然放射線測定教材として現在も活用できる可能性が示された。他地域の測定結果も当日提示する。今回の測定地域では、地下水ラドン濃度の調査例がほとんどなく、また簡易な手法で未調査地域の測定も可能である点に意義がある。今後は、さらに地下水調査を進めるとともに、過去に測定が行われている地下水ラドン濃度の既存データとの比較・調査も含め、高校理数探究用教材への展開を検討したい。

(参考文献) [1] 大西和子, 魚野由希子, 鎌田正裕, 活性炭と地下水を利用した自然放射線を測定する安価で安全な教育用実験, 科学教育研究, 43, 4, 451-456, 2019

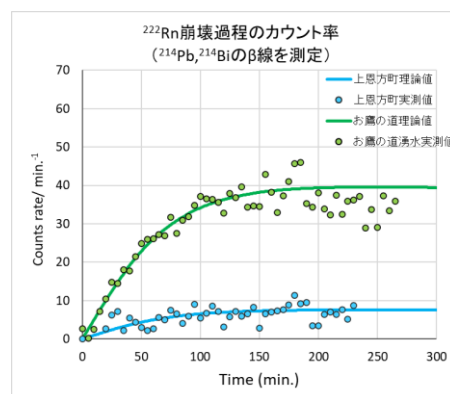


図3 測定結果 (一例)

水溶液中からの効率的なセシウムの除去法の構築に向けた新規吸着剤の開発
Development of novel adsorbents for the research of an effective cesium removal
method from aqueous solutions

(新潟大・院総合学術*1, 新潟大・自然*2, 新潟大・工*3)

○山田 次元*1, 仲谷 蒼太*2, 宮本 直人*3, 狩野 直樹*3

(YAMADA, Jigen*1; NAKAYA, Sota*2; MIYAMOTO, Naoto*3; KANO, Naoki*3)

1. はじめに

原子力施設等から発生する放射性廃液の処理や、福島第一原子力発電所事故により発生した汚染土壌の減容化プロセスにおいて、半減期が長く生体影響の大きい放射性セシウム (^{137}Cs) および放射性ストロンチウム (^{90}Sr) の効率的な除去・回収が求められている。本研究では、これらの課題に対し 2 種類の新規複合吸着材を調製し、特に ^{137}Cs に重点を置いて、その吸着特性を検討した。一つ目は、セシウム選択性の高いゼオライトの微粉化を防ぎ回収性を向上させるため、アルギン酸をハイブリッドさせた「アルギン酸-ゼオライト複合材料 (Alg-ZL)」である。二つ目は、ストロンチウムに親和性を持つヒドロキシアパタイト (HAp) を担持体とし、セシウム選択性に優れたフェロシアン化銅 (CF) を表面修飾した「CF-HAp 複合材料」である。

2. 方法

第一に Alg-ZL の合成および評価を行った。アルギン酸ナトリウム水溶液に合成ゼオライト A 型を分散させ、塩化カルシウム水溶液中に滴下して球状ゲルを合成した。混合比や濃度条件を段階的に変化させ、吸着能と機械的強度から合成条件の最適化を行った。バッチ法による安定 Cs の吸着実験に加え、 ^{137}Cs を用いた吸着試験を実施した。第二に CF-HAp の合成および評価を行った。HAp を硝酸銅(II)のアセトン溶液に加え定着させた後、フェロシアン化カリウム溶液を反応させ、HAp 表面に混成塩 (CF) を生成させた。SEM, XRD 等により特性評価を行い、バッチ法を用いて安定 Cs に対する最適条件の決定、速度論モデルおよび吸着等温線の検討を行った。

3. 結果および考察

Alg-ZL について、XPS 等の分析により複合材料の合成を確認した。アルギン酸濃度や CaCl_2 濃度等の最適化 (質量比 1:9, 2wt%アルギン酸, 0.3 M CaCl_2) により、高い吸着性能と機械的強度を両立した。速度論解析から吸着過程は擬一次および擬二次モデルに適合し、Langmuir モデルから算出された最大吸着量は 143 mg/g であった。Na, K, Mg, Ca 競合イオン共存下でも Cs 選択性が高く、 ^{137}Cs (初期濃度 1000 Bq/L) を用いた試験では、競合イオンなしで 95.3%, ^{137}Cs 初期濃度 1000 Bq/L に対して Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} 各 100ppm 添加した条件下で 79.4%の除去率を示した。CF-HAp について、XRD および FT-IR スペクトルより、HAp 表面にフェロシアン化物が修飾されたことが確認された。吸着実験の結果、Cs の吸着は擬二次モデルに高い相関を示し、化学吸着が支配的であることが示唆された。Langmuir モデルに基づく最大吸着容量は、702.77 mg/g であり、非常に高い吸着能を示した。また、Cs の 100 倍濃度の Na, K, Ca 共存イオン存在下においても Cs 除去率が 86.6%と高い値を示した。

4. 結論

Alg-ZL および CF-HAp の両複合材料は、セシウムに対して優れた吸着性能と選択性を示し、実用的かつ有望な吸着剤となり得ることが示唆された。

*1 Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Niigata University

*2 Graduate School of Science and Technology, Niigata University

*3 Faculty of Engineering, Niigata University

低酸素りん光プローブ BTPDM1 の放射線耐性と照射後の細胞内取り込み評価
Evaluation of radioresistance and intracellular uptake after irradiation
in the hypoxia-sensing phosphorescent probe BTPDM1

群馬大学重粒子線医学研究センター生物学部門^{*1},

群馬大学大学院医理工レギュラトリサイエンス学環^{*2}, 群馬大学大学院理工学府分子科学部門^{*3}

○宮崎 陽奈^{*1,2}, 吉田 由香里^{*1}, 吉原 利忠^{*3}, 高橋 昭久^{*1}

(MIYAZAKI, Hina^{*1,2}; YOSHIDA, Yukari^{*1}; YOSHIHARA, Toshitada^{*3}; TAKAHASHI, Akihisa^{*1})

1. はじめに

固形腫瘍内の低酸素領域は放射線治療の効果を低下させることが知られており、放射線がん治療向上のためには低酸素領域を把握することが重要である。我々は低酸素領域を可視化するための新たな手法として Ir(III)錯体 BTPDM1 に着目した。BTPDM1 は、りん光の動的消光を利用した低酸素りん光プローブであり、高い空間分解能とリアルタイム測定が可能である。本研究では、放射線生物学の基礎研究への応用を目指し、BTPDM1 の放射線耐性を調べる目的で、照射前後での BTPDM1 のりん光特性、細胞内局在、細胞への取り込みについて評価した。

2. 方法

HeLa 細胞（ヒト子宮頸がん由来細胞株）を用いて、X 線（MultiRad225, 0.5 mm Cu+0.5 mm Al フィルター, 200 kV, 14.6 mA, 0.02 Gy/sec）にて照射実験を行った。放射線耐性評価では、96 穴プレートに 3×10^4 個ずつ播種・接着させた細胞に BTPDM1 (5 μ M) を添加後、1 Gy または 10 Gy の X 線を照射し、照射 0.5 時間後および 1 日後にりん光スペクトルおよびりん光強度を測定した。細胞への取り込み評価は、同様に播種・接着させた細胞に X 線を 1, 10 Gy 照射した後に BTPDM1 を添加し、りん光を測定した。照射前後での BTPDM1 の細胞内局在を調べるため、細胞に BTPDM1 および Lysotracker を添加後、10 Gy の X 線を照射し、共焦点レーザー走査型顕微鏡を用いて観察した。さらに、BTPDM1 添加の有無による放射線感受性への影響をコロニー形成法にて評価した。

3. 結果および考察

BTPDM1 は X 線照射前後においてりん光強度およびスペクトルに顕著な変化がなかったことから、りん光特性が保持されることが示唆された。また、照射後に BTPDM1 を添加した細胞において、りん光強度およびスペクトルは非照射細胞と比較して顕著な違いは認められなかったことから細胞に対する取り込み特性は照射後も維持されることが示唆された。さらに、細胞内に取り込まれた BTPDM1 はリソソームと共局在を示し、照射前後においてもその局在は同様であることが確認された。加えて、コロニー形成法の結果より、BTPDM1 投与の有無による放射線感受性に有意な差は認められず、BTPDM1 による細胞毒性は低いことが示唆された。

4. 結論

BTPDM1 は放射線照射による影響を受けることなく安定して利用可能であり、放射線生物学基礎研究における低酸素イメージングへの応用可能性が示された。

^{*1} Division of Biology, Gunma University Heavy Ion Medical Center

^{*2} Interfaculty Initiative in Regulatory Science of Biomedical Science and Engineering

^{*3} Department of Chemistry, Graduate School of Science and Technology, Gunma University

高レベル放射性廃液からの医療用 Y-90 回収プロセスの高度化 Advancement of a process for recovering medical Y-90 from high-level radioactive liquid waste

日本原子力研究開発機構^{*1}

○佐賀 要¹、川崎 倫弘¹、石井 翔¹、伴 康俊¹

○Kaname Saga¹, Tomohiro Kawasaki¹, Sho Ishii¹, Yasutoshi Ban¹

1. はじめに

原子力発電に伴って発生する使用済燃料には、医療用 RI の原料として利用可能な核種が含まれている。特に ^{90}Sr は、がん治療に用いられる ^{90}Y の親核種であり、高レベル放射性廃液 (HLLW) から ^{90}Sr を分離・回収できれば、医療用 RI 供給源の多様化に資すると期待される。これまでに、クラウンエーテル抽出剤 di-*t*-butylcyclohexano-18-crown-6 [DtBuCH18C6] と 1-オクタノール／ドデカン混合溶媒を用いることで、酸の共抽出を抑制し、Sr の抽出及び逆抽出を高効率に両立できる分離条件を見出してきた。本研究では、HLLW からの医療用 ^{90}Y 回収プロセスの高度化に向けて、非放射性 Sr を含むコールド模擬廃液を用いたミキサセトラ型抽出器による連続多段抽出試験を実施し、Sr の分離能力及び回収プロセスとしての成立性を評価した。

2. 方法

連続抽出試験には、1 台あたり 20 段の段数を持つミキサセトラ型抽出器を 2 台接続した合計 40 段の多段抽出装置を用いた。この多段抽出装置は、希釈剤洗浄、Sr 抽出、硝酸スクラブ及び 1 mM 硝酸による逆抽出の各工程から構成されている。有機相には DtBuCH18C6 (50 mmol/dm³ (mM)) を 10 vol. % 1-オクタノール／ドデカン混合溶媒に溶解したものをを用いた。水相には、Sr に加えて Ca, Fe, Y, Zr, Mo, Pd, Ag, Cs, Ba, La, Nd 及び Eu を含む 5.0 M 硝酸溶液を模擬 HLLW として用いた。試験中にラフィネート、Sr 回収液、スクラブ出口液及び使用済み溶媒を経時的に採取し、試験終了後に各段の水相及び有機相を回収した。金属イオン濃度は ICP-MS 及び ICP-AES により測定し、抽出器各段における各元素の濃度、Sr の分離能力及び Sr 回収液の化学的純度を評価した。

3. 結果および考察

12 時間の連続運転において、ラフィネートの硝酸濃度は供給液の 4.9 M に対して概ね 5.0 M 付近で推移し、抽出部における酸濃度低下は限定的だった。また、Sr 回収液の硝酸濃度は 0.16 M にとどまり、逆抽出部への酸の移行が抑制されていることが確認された。Sr は 5 段目から有機相へ移行し、抽出部で段階的に濃度が増加した。13 段目では有機相中 Sr 濃度が水相中濃度より高く、Sr が優先的に有機相へ抽出されていることが示された。スクラブ部では Sr の大きな損失は認められず、逆抽出部では 25 段目から流入した Sr が 26 段目付近で速やかに水相へ移行した。一方、Ba はスクラブ部で除去され、Mo もスクラブ以降で低濃度となり、Sr 回収液への混入は抑制された。以上の結果、Sr を 90% 以上の回収率かつ 99% 以上の化学的純度で回収でき、多元素共存条件下においても Sr の連続抽出、洗浄及び逆抽出を一連の操作として実施できることを確認した。

4. 結論

10 vol. % 1-オクタノール／ドデカン混合溶媒に DtBuCH18C6 を溶解した条件を多段ミキサセトラへ適用することで、酸移行を抑制しつつ、多元素共存下で Sr を高回収率・高純度で連続回収できることを確認した。本成果は、HLLW から ^{90}Sr を回収し、医療用 ^{90}Y 供給へ接続するための連続分離プロセス高度化に資する基盤データである。

^{*1} Japan Atomic Energy Agency

原子核乾板を用いた $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 線の測定技術の開発と医学への応用
Development of Measurement Techniques for Alpha, Beta, and Gamma rays
using Nuclear Emulsion and their Medical Applications

名古屋大学大学院理学研究科^{*1}, 横浜国立大学大学院工学研究院^{*2}, 名古屋陽子線治療センター^{*3}

○酒々井 玲於奈^{*1}, 福田 努^{*1}, 長原 翔伍^{*1}, 竹下 漱一^{*1},
錦織 司^{*1}, 清水 さくら^{*1}, 南野 彰宏^{*2}, 歳藤 利行^{*3}

(SUZUI, Leona^{*1}; FUKUDA, Tsutomu^{*1}; NAGAHARA, Shogo^{*1}; TAKESHITA, Sohichi^{*1};
NISIKITORI, Tsukasa^{*1}; SHIMIZU, Sakura^{*1}; MINAMINO, Akihiro^{*2}; TOSHITO, Toshiyuki^{*3})

1. はじめに

原子核乾板とは、素粒子実験用に改良された写真フィルム的一种で、荷電粒子の飛跡をサブミクロンの空間分解能で三次元的に記録できる検出器である。荷電粒子が原子核乾板内の AgBr 結晶中で電離を起こすことによって潜像核が生じ、現像によって潜像核が銀粒子となることで荷電粒子の飛跡を顕微鏡で観察できる。名古屋大学では原子核乾板に写った飛跡の自動読み取りと解析技術を開発し、大規模な高エネルギー原子核乾板実験を行ってきた。

この原子核乾板を利用した新たな研究として、岩石中の α 線測定による地球ニュートリノ測定やニュートリノのマヨナラ性の実証のための二重 β 崩壊探索、電子対生成を利用した γ 線検出による FLASH 治療の線量測定といったものが提案されている。

従来の研究で記録される飛跡は、エネルギーが高い直線的な飛跡であり、現状の飛跡解析技術はこの直線的な飛跡の解析に特化している。それに対し、新しく提案された研究で解析対象となるのは、10MeV 以下の、20~50 μm 程度の短い α 線や曲がりくねった β 線が主であり、従来の解析技術では解析が困難であり、新しい解析手法が必要となる。本研究では、今までシグナルとして扱われなかったエネルギーの低い α 線や β 線の自動検出や解析技術の開発を行う。

2. α 線の自動検出と飛跡長解析

α 線飛跡の映った原子核乾板のスキャン画像に対して物体検出アルゴリズムで利用することで自動で高速な α 線検出を試みた。結果、目視計測と比べ 97.5%の効率で飛跡を検出することができた。また、 α 線の飛跡長の自動測定も行なった結果、目視計測と比べ 93.1%が誤差 2 μm 以内となった。

3. β 線の自動検出とエネルギー解析

原子核乾板のスキャン画像から β 線の候補となる銀粒子を拾い上げ、それらの銀粒子間の距離や角度を使って段階的に銀粒子同士を β 線飛跡として接続するアルゴリズムを構成した。ノイズを除いた β 線飛跡サンプル 42 本でそのアルゴリズムの評価を行った結果、36 本が解析に耐えられるレベルでの接続に成功した。

また、一部のみ記録された β 線飛跡のエネルギーの解析のため、モンテカルロシミュレーションで線飛跡を再現し、機械学習モデルで飛跡の散乱とエネルギーの関係を学習させた。その結果、評価用の 2MeV の β 線飛跡に対しては $\pm 13\%$ の精度でエネルギーを推定することができた。

4. 結論と展望

原子核乾板での低エネルギー荷電粒子解析の第一歩を踏み出すことができた。 α 線崩壊の親核子の特定や実践的な β 線解析や $\alpha \cdot \beta$ 線の精密読み取りに特化した装置の開発を今後は予定している。

^{*1} Graduate School of Science, Nagoya University

^{*2} Graduate School of Engineering Science, Yokohama National University

^{*3} Nagoya Proton Therapy Center

消化管に発現する有機アニオン輸送体 OATP4A1 の薬物吸収における役割

The Role of Organic Anion Transporting Polypeptide 4A1 in Intestinal Drug Absorption

東北医科薬科大学薬学部薬物動態学教室^{*1}○高橋 瑞姫^{*1}, 加藤 こなみ^{*1}, 森本 かおり^{*1}, 石井 敬^{*1}, 富田 幹雄^{*1}(TAKAHASHI, Mizuki^{*1}; KATO, Konami^{*1}; MORIMOTO, Kaori^{*1}; ISHII, Makoto^{*1};TOMITA, Mikio^{*1})1. はじめに

Organic Anion Transporting Polypeptide (OATP)のうち、OATP4A1 は、生体内物質として胆汁酸である Taurocholic acid、エストロゲンの代謝物である Estrone-3-sulfate、甲状腺ホルモンの Thyroxine (T4)、Triiodothyronine (T3) を輸送する輸送体として報告されたものの、薬物動態学的な働きは不明である。一方、OATP2B1 は、側底膜に存在し、薬物を血液側から腸管内へ排出していることが明らかにされたが、これにより消化管上皮細胞における薬物取り込み輸送体の実体が不明となり、OATP2B1 によって吸収されると考えられてきた有機アニオン系薬物の小腸上皮細胞の取り込み機構が不透明となった。

そこで、本研究では、空腸上皮細胞において OATP2B1 と同等のタンパク発現量を持ち、血液胎盤関門では刷子縁膜側に存在している OATP4A1 に焦点を当て、OATP4A1 が、これまで OATP2B1 が担うとされてきた両親媒性薬物の取り込みに関与しているという仮説を立て、一過性 OATP4A1 発現細胞への Taurocholic acid の取り込み阻害効果を指標に基質薬物の推定を行った。

2. 方法

HEK293T/OATP4A1 あるいは HEK293T/mock への^[3H] Taurocholic acid の輸送および OATP4A1 を介した 5 μ M Taurocholic acid の取り込みに対する各種薬物の阻害効果を検討した。

3. 結果および考察

HEK293T/OATP4A1 への Taurocholic acid の取り込み量が mock に比較して高く、それが非標識 Taurocholic acid で濃度依存的に阻害されたことから、OATP4A1 は Taurocholic acid を輸送するトランスポーターであることが確認された。この取り込みは緩衝液の pH に依存せず、重炭酸やグルタミン酸により促進された。また、OATP2B1 の基質薬物である、Pravastatin、Rosuvastatin、Fexofenadine、Celiprolol、5-Aminosalicylic acid、Amiodarone だけでなく、OATP2B1 に認識されない Alogliptin でも Taurocholic acid の阻害傾向がみられた。

本研究結果から、OATP4A1 が OATP2B1 よりも幅広い分子量の薬剤を輸送し、アニオン系薬物のみならず、一部のカチオン系薬物を輸送するトランスポーターであり、阻害傾向は分子量や脂溶性には依存しないことが示唆された。

4. 結論

OATP4A1 は、pH 非依存的に^[3H] Taurocholic acid を取り込み、重炭酸やグルタミン酸を駆動力とすることが推察された。また、OATP4A1 の基質認識性は、OATP2B1 と凡そ一致していることが推察された。今後は小腸上皮細胞膜における局在を明らかにし、駆動力および輸送の方向性を詳細に検討するとともに、薬物吸収の主変動要因となり得るか考察する必要がある。

^{*1} Faculty of Pharmaceutical Science, Tohoku Medical and Pharmaceutical University

中学・高校生を対象とした放射線の医療利用に関する教育の提案 Proposal of radiation education on the medical use for junior and senior high school students

兵庫医科大学薬学部^{*1}, 和歌山信愛中学高等学校^{*2}

○栄井修平^{*1}, 船生翔太郎^{*1}, 古林幸起^{*1}, 佐藤佳子^{*2}, 藤野秀樹^{*1}

(SAKAI, Shuhei^{*1}; FUNYU, Shotaro^{*1}; FURUBAYASHI, Koki^{*1}; SATO, Yoshiko^{*2}; FUJINO, Hideki^{*1})

1. はじめに

中学校及び高等学校の学習指導要領では放射線の性質や利用について学習することが定められており、医療分野における放射線利用は重要な題材である。一方、体験型の放射線教育は法令や安全管理上の制約から困難である。そこで本研究では、カードゲーム形式によるゲーミフィケーション教材、及びブラックライトを用いた PET 検査とホウ素中性子捕捉療法 (BNCT) を題材とした体験型教材を作成し、中高生を対象に薬学生ファシリテーターを交えた能動的学修を実践した。

2. 方法

45 分 1 コマの授業で、グループワーク形式による体験型学修を行った。ゲーミフィケーションでは放射線・放射能に関する事柄が記載されたカードを用いて関連性を意識させる内容とした。一方、PET 教材では、ブラックライト照射時にポリ塩化ビニルが蛍光を示す点に着目し、放射性医薬品の組織集積性を模擬的に表現した。BNCT 教材では、蛍光ビーズにて、ホウ素化合物のがん細胞への選択的移行および中性子線による核反応を表現した。

3. 結果および考察

授業後アンケートでは、90%以上の生徒から「授業内容を理解できた」および「放射線への興味が深まった」との回答が寄せられた (Fig. 1)。ワードクラウド解析では、「放射線」、「医療」、「がん」、「治療」、「興味深い」などの語が多く抽出され、関心や理解の深化が示唆された。本教材は、ゲーミフィケーションでは放射線と核種の関連性を、ブラックライトでは PET や BNCT 等の核医学診療への理解を促すことが可能であった。さらに、放射薬学の専門知識と傾聴姿勢を有する薬学生ファシリテーターの支援により、生徒間の対話や協働学修が促進され、主体的・対話的で深い学びにつながったと考えられる。

- Q1. ゲーミフィケーションは理解できましたか？
- Q2. ゲーミフィケーションは楽しかったですか？
- Q3. ゲームを通じて放射線の特徴を理解できましたか？
- Q4. ブラックライトの実習は理解できましたか？
- Q5. ブラックライトの実習は楽しかったですか？
- Q6. 授業を受けて放射線・放射能に関する興味が深まりましたか？
- Q7. 放射線・放射能を正しく理解することは重要だと思いましたか？
- Q8. このような放射線教育をもう一度受けたいと思いますか？

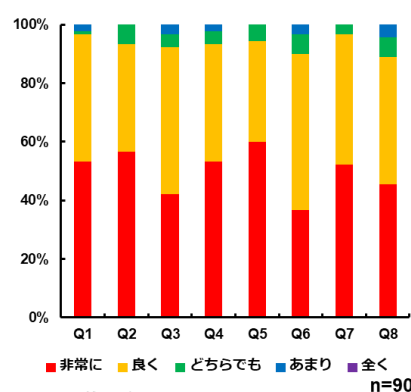


Fig. 1 授業後アンケートの集計結果

4. 結論

本教材による能動的学修では、核医学診療に対する興味および理解の向上が認められた。本教材は、放射線の医療利用を題材として科学・技術・医療を横断的に学修できる点より、STEM 教育および科学リテラシー教育の推進への寄与が期待される。

^{*1} School of Pharmacy, Hyogo Medical University

^{*2} Wakayama Shin-ai Junior and Senior High School

放射線計測のよる医薬品の品質試験の提案
Proposal for pharmaceutical quality testing using radiation measurement

兵庫医科大学薬学部
○松本 愛生, 栄井 修平, 藤野 秀樹
(MATSUMOTO, Megumi; SAKAI, Shuhei; FUJINO, Hideki)

1. はじめに

薬物濃度は薬理効果や副作用発現と密接に関係する為、医薬品の成分含量は品質評価の観点から重要である。本研究では、天然核種のカリウム 40 に着目し、化学構造にカリウムを含む薬剤についてラジオルミノグラフィー(RLG)による成分量の評価法を検討した。

2. 方法

処方箋薬として使用されているロサルタンカリウム、オテラシルカリウム、クラブラン酸カリウム、クエン酸カリウム及びヨウ化カリウムの他、市販品のカリウム含有サプリメント（4 種類）を用いた。塩化カリウム溶液を適宜 TLC プレート上に滴下し、検量線試料とした。検量線試料及び各種薬剤は PTP(Press through package)シートごとイメージングプレート（IP）と 24~96 時間密着露光した。その後、画像解析装置(Amersham Typhoon, Cytiva)にて輝尽発光値 (PSL) を測定した。得られた PSL 値をカリウム含量へ換算し、日本薬局方に準じた含量均一性試験の判定法に基づく評価を行った。

3. 結果および考察

⁴⁰K 検量線は 0.009~0.432Bq の範囲にて良好な直線性と相関性 ($R^2>0.999$)を示した。また補正係数にて mg に変換した含量均一性試験では、全ての薬剤にて真度(Accuracy)は±22%の範囲内、判定値(Acceptance Value :AV)も 14.2 以下であり、適合と判定された(Fig. 1)。さらに、カリウムを含有するサプリメントは、いずれも Accuracy は±9%の範囲内、AV は 11 以下であった。これらの成績から、ラジオルミノグラフィーによる医薬品有効成分の含量評価が可能であると考えられた。

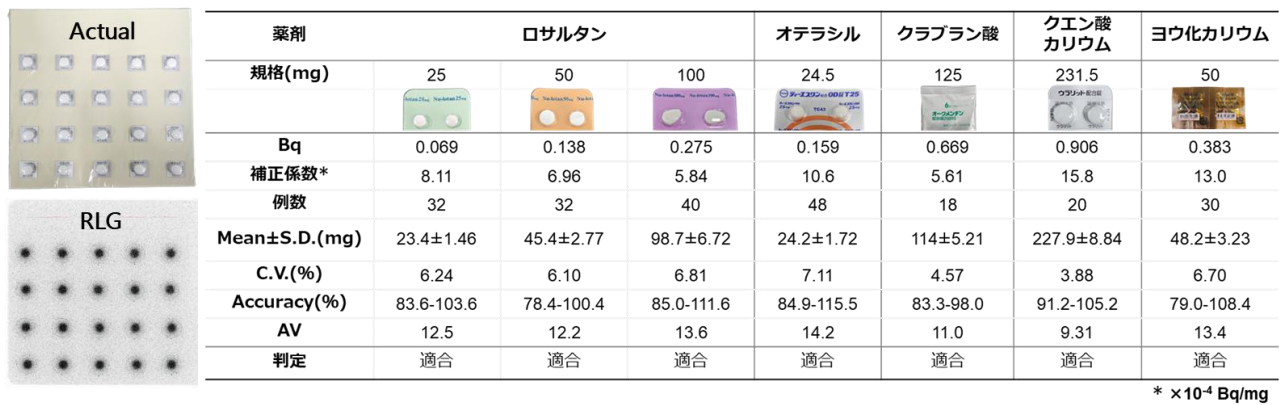


Fig. 1 ラジオルミノグラフィーによるカリウム含有医薬品の含量均一性試験評価

4. 結論

本法は、錠剤を PTP シートから取り出す必要がなく、非破壊にて検査可能である。また、比較的簡便な操作方法にて製剤の評価が可能である。これらの特徴から、新たな医薬品の品質評価法として期待される。

School of Pharmacy, Hyogo Medical University

Using Radioactivity Ratios to Identify Sources and Transport of Coastal Radionuclides off Fukushima

Godse Nimish Sudhir^{*1}, Daisuke Tsumune², Hiroaki Kato², Hiroumi Iino¹, Onda Yuichi², Shigeyoshi Otsuka³

¹University of Tsukuba, ²CRiES, University of Tsukuba, ³University of Tokyo

*Corresponding author: s2526038@u.tsukuba.ac.jp

Thirteen years after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (F1NPP) accident, ^{137}Cs and ^3H activities in coastal waters near the plant remain elevated compared to surrounding regions, indicating persistent radioactive inputs. While concentrations within the port are highest, recent estimates suggest that the leakage rate outside the port exceeds that inside, implying the presence of an additional or previously unrecognized source such as groundwater. However, the mechanisms governing these releases remain unclear.

The $^3\text{H}/^{137}\text{Cs}$ activity ratio is a useful tracer for identifying contamination sources, as it remains relatively stable in seawater over short timescales. Since approximately 2016, ^{137}Cs concentrations near the F1NPP have shown little decline, while spatial contrasts in the $^3\text{H}/^{137}\text{Cs}$ ratio have become more pronounced. Although both radionuclides peak within the port, the ratio is consistently lower there and higher offshore, suggesting that port contamination alone does not control radionuclide signatures beyond the port.

To investigate these patterns, we applied $^3\text{H}/^{137}\text{Cs}$ ratio analysis and conducted release-rate estimations for the port and adjacent coastal waters. In addition, we collected independent samples of seawater, river water, groundwater, and spring water near the F1NPP. These data were used in an end-member mixing analysis to evaluate potential terrestrial and subsurface contributions. Preliminary results indicate that non-port end-members exhibit distinct $^3\text{H}/^{137}\text{Cs}$ signatures that may explain the elevated ratios observed offshore.

To evaluate the validity of the ratio analysis and the submarine groundwater discharge (SGD) hypothesis, the ROMS ocean model was applied in two scenarios: first considering ^3H discharge only from the port, and second including both port and outside sources. The comparison between these simulations showed differences in the resulting dispersion patterns and concentration distributions.

This integrated analysis improves constraints on radionuclide sources and transport pathways in the F1NPP coastal environment and contributes to a better understanding of long-term radioactive contamination dynamics.

Keywords: $^3\text{H}/^{137}\text{Cs}$ ratio, Radionuclide dispersion, Ground water, submarine groundwater discharge (SGD)

相互作用の複合化による短飛程放射線の簡便かつ効率的な光検出法の開発
Development of a simple and efficient photo-detection technique
for short-range radiation through various interactions

千葉大院薬

○甘中 健登, 数多 伸紀, 鈴木 博元, 上原 知也

(KANNAKA, Kento; KAZUTA, Nobuki; SUZUKI, Hiroyuki; UEHARA, Tomoya)

1. はじめに

β^+ 線放出核種であるフッ素-18 (^{18}F) で標識されたグルコース誘導体 [^{18}F]FDG は、糖代謝を反映した positron emission tomography (PET) イメージングを可能とし、がん診断等に広く利用されている。[^{18}F]FDG の製造プロセスは、自動合成装置により合成された後、その品質評価を薄層クロマトグラフィ (TLC) や高速液体クロマトグラフィ (HPLC) により作業者がマニュアル操作で実施する。自動合成装置はホットセル内に格納されているため作業者の放射線被ばくを低減できるが、品質評価時の作業者の放射線被ばくは問題となる。また、その検出は飛程の短い β^+ 線ではなく、PET と同様に β^+ 線と陽電子との結合により生じる消滅放射線検出しているため、周辺放射線の影響を考慮し、別室での品質評価がなされている。ここで、 β^+ 線を簡便かつ効率的に検出できれば、画期的な放射線検出法となり、品質評価の効率化や作業者の被ばく低減につながると考えた。本研究では、 β^+ 線と周辺物質との相互作用による発光現象に着目し、[^{18}F]FDG の分離・検出を同時達成し得る光検出法の開発を目的とした。

2. 方法

本研究では、荷電粒子線が周辺物質との相互作用により生じるチェレンコフ光の検出を基礎とした。なお、発光検出は CMOS カメラ (CS-67M) と暗箱から成る装置により撮像し (f 値 : 0.95、露光時間 : 1~5 分)、 β^+ 線源には [^{18}F]FDG を使用した。まず、TLC プレートに [^{18}F]FDG を塗布し、チェレンコフ光を発光検出した。次に、[^{18}F]FDG を塗布した TLC プレートに種々のガラス板の設置や水 (溶媒) の浸漬を施し、発光検出した。さらに、それらを複合化した分離器材としてキャピラリーカラム (CPC) を選択し、[^{18}F]FDG の発光検出強度を TLC と比較した。また、有機合成化学分野で汎用される蛍光指示薬 (F_{254}) を含む TLC プレートでの発光強度についても評価した。

3. 結果および考察

まず、 F_{254} (-)TLC プレートに [^{18}F]FDG 溶液を塗布して乾燥後に発光検出したところ、1 MBq 以上で発光が検出され、 β^+ 線とシリカゲルとの相互作用によって発生したチェレンコフ光であると考えられた。次に、そのプレートにガラス板の設置や水の浸漬を実施したところ、その発光強度は増大し、シリカゲル以外の物質との相互作用により発生したチェレンコフ光の寄与が考えられた。また、その両方の組み合わせでは、相加的な増強効果が見られた。さらに、これら材料を複合化した筒状の CPC を用いて評価したところ、その発光は TLC プレートに比べ有意に高く、多成分かつ多面 (4π 方向) 的な相互作用により高い効率での発光が実現したと考えられた。一方で、 F_{254} を含むシリカゲルでは非常に高い発光強度を示し、 F_{254} を CPC の構成材料とすることでさらに高効率な検出手法になると考えられた。

4. 結論

多成分の材料から構成される CPC を用いた β^+ 線の簡便かつ効率的な発光検出法の開発により、放射性薬剤の製造プロセスの効率や安全性の向上につながる可能性が示された。本技術は、CPC 内でのみ発光するため周辺放射線の影響を受けず、さらに送液ポンプを接続した自動分析化が見込まれるため、ホットセル内で薬剤の製造を完結可能な自動合成・分析装置の開発につながる基礎的知見である。

* Graduate School of Pharmaceutical Sciences, Chiba University

地表徘徊性昆虫類の ^{137}Cs 濃度と炭素・窒素安定同位体比
**Concentrations of ^{137}Cs and carbon and nitrogen stable isotope ratio
in ground-dwelling insects**

秋田県立大学大学院生物資源科学研究科*1, 秋田県立大学生物資源科学部*2

○堀内 歩*1, 加茂 楓葵*1, 高階 史章*2, 佐藤 孝*2, 田中 草太*2

(HORIUCHI, Ayumu*1; KAMO, Fuki*1;

TAKAKAI, Fumiaki*2; SATO, Takashi*2; TANAKA, Sota*2)

1. はじめに

福島第一原子力発電所(1F)事故で放出された ^{137}Cs は森林生態系に沈着し、一部は植物に吸収され食物連鎖を通じて長期的に生態系を循環する。食物連鎖を介した ^{137}Cs の移行では、生きた生物を起源とする生食連鎖より、死んだ生物を起源とする腐食連鎖が主要な移行経路となる。地表徘徊性昆虫類は林床の有機物を餌資源としており、腐食連鎖に依存するため、林床に集積した ^{137}Cs の動態に影響を及ぼすと考えられる。さらに溪流魚の餌資源となるため、森林から河川生態系へ流入する ^{137}Cs の移行源となる可能性がある。したがって、地表徘徊性昆虫類は ^{137}Cs の食物連鎖を介した移行において重要であるが、事故後のデータは不足している。そこで本研究では、地表徘徊性昆虫類の ^{137}Cs 濃度と食性や栄養段階を示す炭素・窒素安定同位体比との相関関係から食物連鎖を介した ^{137}Cs の移行を評価した。

2. 方法

1F から北西約 11 km にある福島県浪江町の山林を調査地とした。試料採集は、2025 年 8 月から 9 月に実施し、昆虫類はピットフォールトラップおよび見取り法で採集した。地表徘徊性昆虫類は文献により食性別に分類後、胴体部と脚部に分離して乾燥・粉碎した。胴体部の ^{137}Cs 濃度は、ゲルマニウム半導体検出器(GMX30-70-LB-B-HJ, OREC)で定量し、脚部の炭素・窒素安定同位体比は、EA-IRMS (Delta V Advantage, Thermo Fisher Scientific) で測定した。また、環境媒体と昆虫類間の移行係数(CR=昆虫類 ^{137}Cs 濃度 [Bq/g]/植物質 ^{137}Cs 濃度 [Bq/g])を算出した。

3. 結果および考察

食性別の ^{137}Cs 濃度は、平均値が高い順から雑食性(エンマコオロギとカマドウマ科)、糞食性(センチュウガネ)、捕食性(オサムシ属)、腐肉食性(オオヒラタシデムシとクロシデムシ)となった。カマドウマ科では、最大 86.6 Bq/g-dw と特異的に濃度が高い個体が存在した。また、地表徘徊性昆虫類の $\delta^{13}\text{C}$ は、リターから+6‰以内であったことから、リター起源の腐食連鎖に依存することが示唆された。地表徘徊性昆虫類の ^{137}Cs 濃度と $\delta^{15}\text{N}$ は有意な負の相関を示したことから(GLM, $p<0.001$)、栄養段階の上昇に伴って、 ^{137}Cs 濃度が減少することが示唆された。一方、カマドウマおよびセンチュウガネの CR は 3.01 と 1.10 であり、濃縮を示す種が存在した。これらはリターの ^{137}Cs 濃度を上回る餌資源を摂食している可能性、もしくは高濃度の放射性セシウム含有微粒子を取り込んでいる可能性が考えられる。

4. 結論

1F 事故後から約 14 年が経過した時点において、地表徘徊性昆虫類では栄養段階の上昇に伴い ^{137}Cs 濃度が減少するが、一部の昆虫類では基質(リター)の ^{137}Cs 濃度を超える濃縮が生じていることが示された。

*1 Graduate School of Bioresource Sciences, Akita Prefectural University

*2 Faculty of Bioresource Sciences, Akita Prefectural University

PD-L1 標的診断用プローブの体内動態におけるキャリア添加量の影響
Impact of Carrier Dose on the In Vivo Pharmacokinetics and Biodistribution
of a PD-L1-Targeted Imaging Probe

千葉大学薬学部^{*1}, 千葉大学大学院薬学研究院^{*2}

○川村 柚寿^{*1}, 鈴木 博元^{*2}, 数多 伸紀^{*2}, 甘中 健登^{*2}, 上原 知也^{*2}

(KAWAMURA, Yuzu^{*1}; SUZUKI, Hiroyuki^{*2}; KAZUTA, Nobuki^{*2};

KANNAKA, Kento^{*2}; UEHARA, Tomoya^{*2})

1. はじめに

奏効率の低さが課題である免疫チェックポイント阻害剤の薬効予測手法として、PD-L1 の PET 診断が有望視されている。PD-L1 は血管内皮細胞や免疫細胞などにも発現するため、血液や脾臓などの PD-L1 発現臓器への集積が診断精度に影響を与える。キャリア添加量が低い場合、静脈内に投与された PD-L1 標的 PET プローブは、腫瘍組織へ到達する前に血液中で PD-L1 発現細胞と結合することで、腫瘍集積が低下することが想定される。キャリア添加量を増加させることで、正常組織への集積は低減できると考えられるが、添加量が多すぎれば腫瘍においてもプローブの集積を阻害し得る。従って、PD-L1 標的 PET プローブでは、至適キャリア添加量が存在するのではないかと考えた。そこで本研究では、PD-L1 標的放射性 Ga 標識抗体 Fab フラグメントに対して、異なる添加量のキャリア Fab を加え、担がんマウスに投与した際の体内動態を評価した。

2. 方法

本研究では、PET 用核種 ⁶⁸Ga の代替として、入手及び取扱いの容易な ⁶⁷Ga を使用した。抗 PD-L1 抗体 10F.9G2 から Fab フラグメントを作製し、*p*-SCN-Bn-NOTA を結合させた後、⁶⁷Ga 標識することで PD-L1 標的 ⁶⁷Ga 標識 Fab (⁶⁷Ga-Fab_{10F.9G2})を作製した。また、同じアイソタイプのコントロール抗体 LTF-2 を用い、同様の手順で ⁶⁷Ga 標識 Fab (⁶⁷Ga-Fab_{LTF-2})を作製した。両 ⁶⁷Ga 標識 Fab を、B16F10 細胞を移植した C57BL/6N 雄性マウスに尾静脈から投与し、2 時間後の主要臓器における放射能分布を測定した。⁶⁷Ga-Fab_{10F.9G2} に対しては、異なる添加量のキャリア Fab を加え、体内動態の変化を評価した。また、血液は回収後に遠心分離し、血清と血餅、それぞれの放射活性を測定した。

3. 結果および考察

⁶⁷Ga-Fab_{10F.9G2} は、⁶⁷Ga-Fab_{LTF-2} と比較して、PD-L1 発現臓器である脾臓や肺など正常組織への集積が高値であったが、血液への集積は低値であった。以上の結果から、PD-L1 特異的な結合により組織への分布が促進され、血液への滞留が減少したことが示唆される。また、⁶⁷Ga-Fab_{10F.9G2} は、キャリア Fab 添加量の増加に応じて、脾臓、肺など正常組織への集積は減少したが、腫瘍集積の減少は限定的であり、腫瘍/正常組織比は向上した。さらに、キャリア Fab 量の増加に応じて、血液への集積は増加したが、血餅成分の放射活性は減少した。従って、⁶⁷Ga-Fab_{10F.9G2} は、血餅中に存在する T 細胞などの PD-L1 を発現する血球成分に対して特異的に結合し、その結合がキャリア添加量の増加に伴い阻害されたことが示唆される。

4. 結論

⁶⁷Ga-Fab_{10F.9G2} にキャリア Fab を添加することで、正常組織における PD-L1 発現による体内動態への影響を抑制でき、腫瘍/正常組織比が向上することが示された。

^{*1} Department of Pharmacy, Chiba University

^{*2} Chiba University Graduate School of Pharmaceutical Science

放射線取扱主任者試験対策パートナーとしての生成 AI の可能性

Potential of Generative AI as a Study Partner
for the Radiation Protection Supervisor Examination(公社)日本アイソトープ協会^{*1}○吉葉 友規^{*1}, 堀越 由衣^{*1}, 三家本 隆宏^{*1}

(YOSHIBA, Yuki; HORIKOSHI, Yui; MIKAMOTO, Takahiro)

1. はじめに

近年の人工知能 (AI) の技術の発展は目覚ましく、従来の定型業務の域を超え、高度な情報処理能力や論理的思考力を要する域へと達している。例えば、東京大学入試の最難関である理科三類の合格ライン突破や、医師国家試験・司法試験の合格の常態化といったことは、AI が「知識の記憶」だけでなく、「高度な文脈理解」と「推論・思考」の力を増強させていることの表れである。

放射線取扱主任者試験は、物理・化学・生物といった自然科学分野にとどまらず、実務や法令といった応用・管理分野も知識が求められる。広範な専門知識、さらには分野横断的な理解も必要とされる受験者の負担が非常に大きい試験である。

本研究では、放射線取扱主任者試験の対策勉強において、AI がその「サポーター」としての役割を担うことができるかどうかを検証することを目的とした。

2. 方法

本研究を行うにあたり、Google の AI モデル「Gemini」に日本アイソトープ協会発行の「放射線取扱の基礎 第 10 版」に収録されている例題 (PDF 形式、高速モード) を解答させ、その性能を評価した。評価項目は各分野の正答率、誤答パターン、得意・苦手傾向である。選択肢と解説がともに正しい場合のみを正答とし、誤答は Logic (情報の解釈ミス)、Outdated (情報の陳腐化)、Calculation (計算ミス)、Recognition (問題の解読ミス) の 4 パターンに分類した。また、分野ごとの問題数の偏りによる正答率の極端な変動を抑制するため、平滑化パラメータ α を用いたラプラス平滑化を適用し、算出された修正正答率を基に分析を行った。

3. 結果および考察

全体の正答率は 71.68% であった。科目別で見ると、物理 (97.47%) や生物 (84.85%) で高い正答率を示した一方、法令 (46.67%) や実務の管理技術 (42.11%) で著しく低迷した。誤答パターンの分析では、情報の解釈ミスである「Logic」が 82 回と突出して多く、次いで「Recognition (12 回)」「Outdated (7 回)」の順であった。

考察として、AI は数理的な規則性や確立された科学的知見の処理を得意とする反面、法令特有の文脈依存性が高い複雑な条件分岐や類似する専門用語の厳密な定義の解釈を苦手とすることが浮き彫りとなった。したがって、試験対策に AI を活用する際は、特に法令や実務分野における解説の正確性を検証するファクトチェックが不可欠であると考ええる。

4. 結論

本検証により、Gemini は自然科学分野で高い正答率を示す一方、応用・管理分野で著しく低迷するという分野間の明確な傾向が結論付けられた。特に論理解釈 (Logic) の誤りが多く解答の鵜呑みは危険である。しかし、数理解処理や知識整理の能力は極めて高く、人間による厳密なファクトチェックを前提とした「学習補助ツール」として適切に活用することで、主任者試験の受験対策に大きく貢献できると期待される。

^{*1} Japan Radioisotope Association

高出力レーザー光学系最適化によるガンマ線の高強度化

Enhancement of Gamma-Ray Intensity through Optimization of a High-Power Laser Optical System

兵庫県立大学工学研究科^{*1}, 高エネルギー加速器研究機構^{*2}, 兵庫県立大学高度産業科学技術研究所^{*3}

○藤本 啓汰^{*1}, 佐波 俊哉^{*2}, 橋本 智^{*3}

(FUJIMOTO, Keita^{*1}; SANAMI, Toshiya^{*2}; HASHIMOTO, Satoshi^{*3})

兵庫県立大学ニュースバル放射光施設の光源開発ビームライン BL01 は、世界でも数少ない、レーザーコンプトン散乱 (LCS) によって準単色性、エネルギー可変性、偏光性を有するガンマ線ビームを生成できる施設である。入射レーザー光は高エネルギー電子ビームと衝突し、後方散乱によってガンマ線を生成する。BL01 は外部ユーザーにも供用されており、ガンマ線を利用した共同研究が行われているが、課題の一つとしてガンマ線強度の向上が挙げられる。高強度化により、測定精度の向上および実験時間の短縮が期待される。本研究では、KEK との光核反応による中性子生成実験に向けて高出力レーザーを導入し、ガンマ線強度を従来比約 4 倍に向上させた。

本実験では、単一バンチ電子ビーム (0.95 GeV、20 mA) とパルスレーザー光 (70 W、532 nm、300 kHz、40 ns) を高精度に衝突させ、LCS ガンマ線を生成した。レーザー光は約 30 m 伝送されるため、生成効率の最大化には両ビームの空間的重なり最適化が重要である。このため、高出力レーザーに対応した 3 枚レンズ系の光学系を構築した (図 1)。

しかし、ガンマ線強度のレーザーパワー依存性を測定した結果、理論的には比例的な増加が期待されるにもかかわらず、約 12 W を境に強度が低下する挙動が確認された。この原因として、出力増加に伴うレーザー発散角の増大により、衝突点でのビームウェストが拡大し、電子ビームとの空間的重なりが悪化したことが考えられる。発散角が 2 倍に増加した場合のビーム伝搬を評価した結果、ウェストサイズは 0.76 mm から 1.48 mm へ増大し、相互作用効率の低下が示された。

以上の結果を踏まえ、発散角増大の影響を抑制する光学系を再設計した。改良光学系では、レンズの焦点距離および配置を最適化し、発散角増加時においても衝突点でのウェストサイズの増大を抑制した。その結果、少なくともレーザー出力 25 W までは、ガンマ線強度はレーザーパワーに対して比例関係を示し、従来観測されていた強度低下は大幅に改善された。これにより、従来比約 4 倍のガンマ線強度を達成した (図 2)。

今後は、CMOS カメラを用いたビームプロファイル測定により伝搬特性を詳細に評価し、定格 70 W 動作においても比例関係を維持できるよう、さらなる光学系最適化を進める。本研究は、JSPS 科研費 JP24K03207 の助成を受けて実施された。

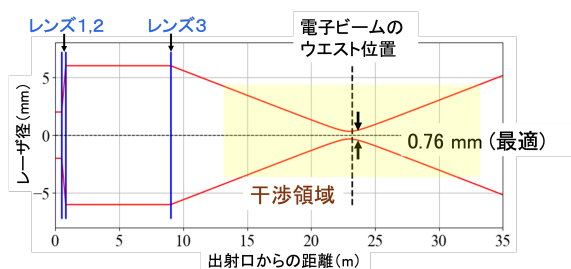


図 1 : 高出力レーザー光学系

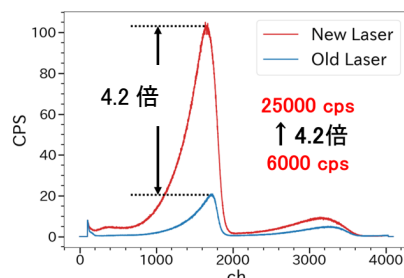


図 2 : ガンマ線光子数 (新&旧比較)

^{*1} Graduate School of Engineering, University of Hyogo

^{*2} High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

^{*3} Laboratory of Advanced Science and Technology for Industry, University of Hyogo