



Photo Yasuhiro Kirano

Index

| | |
|---|----|
| 原子力発電環境整備機構 (NUMO) の対話活動について ～北海道 2 町村における対話活動を中心に～…東 憲司・濱西 保宏 | 1 |
| 公益財団法人原子力安全技術センターからのお知らせ…………… | 5 |
| 令和 5 年度 一人平均年間被ばく実効線量0.17ミリシーベルト…中村 尚司 | 6 |
| 令和 5 年度 年齢・性別個人線量の実態 …………… | 9 |
| 〔コラム〕 71th Column 【PSMA-PET】 ……………中川 恵一 | 12 |
| 〔学生応援企画〕 近畿大学原子力研究所 放射線応用学研究室 (山田崇裕教授) 紹介……………添田 悠也 | 13 |
| 〔放射能・放射線単位・元素名の由来〕 第 8 回 ラザホージウム ₁₀₄ Rf: rutherfordium (その 1) …高橋 正 | 17 |
| 〔サービス部門からのお願い〕 ガラスバッジご返却時のお願い～シール貼付時の対応について～… | 19 |

原子力発電環境整備機構(NUMO)の 対話活動について

～ 北海道2町村における対話活動を中心に ～

東 憲司*1・濱西 保宏*2

1. はじめに

2024年6月、原子力発電環境整備機構(NUMO。以下、「機構」という)は佐賀県玄海町において高レベル放射性廃棄物の最終処分に関する文献調査を開始しました。機構では2020年11月から北海道寿都町及び神恵内村(以下、「北海道2町村」)を対象に文献調査を実施してきており、玄海町は3カ所目となります。

文献調査は、特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律に基づく処分地選定プロセス(文献調査、概要調査、精密調査)の最初の段階にあたります。地質図や学術論文などの文献・データをもとにした机上の調査のため、ボーリングなどの現地作業を行うことはなく、調査は主として機構本部(東京)で実施しますが、地域の皆さま方からは様々なご意見やご質問あるいはご不安の声をいただいております。そのような声にきめ細かくお応えするため、機構では地域の皆さま方との対話活動に取り組んでいます。

本稿では、北海道の2町村における対話活動の実施状況を紹介します。

なお、本稿は2024年7月末時点の状況をふまえて作成しております。その後、掲載までの間に情勢変化があり得ますことをあらかじめご了承下さい。

2. 交流センターの開設と「対話の場」の設置

2021年3月、機構は地域の皆さまとのコミュニケーション拠点として、北海道2町村にそれぞれ「交流センター」を開設しました。(写真1、2)

同時に、両交流センターの活動を支援するため、札幌事務所も開設しています。

当時は新型コロナウイルスの感染拡大状況の見極めが必要な時期であったことから、交流センターの開設は文献調査開始から4カ月後となりました。

そして4月には、北海道2町村に「対話の場」が設置されました。

「対話の場」は、地域の皆さまに、地層処分の技術・安全確保の考え方を含む事業内容や地域の将来ビジョン等について、事業の賛否に偏らない中庸な議論をしていただくためのものです。

寿都町の「対話の場」は寿都町が設置し、運営は寿都町と機構が共同で行っています。「対話の場」のメンバーは、寿都町に町議会議員や産業団体等の代表から指名していただきました。一方、神恵内村の「対話の場」は神恵内村と機構が共同で設置し、機構が運営の事務局を担っています。「対話の場」のメンバーは、村内の各種団体及び地区の代表に加え、公募も行っています。



写真1 NUMO寿都交流センター



写真2 NUMO神恵内交流センター

*1 Kenji HIGASHI 原子力発電環境整備機構 札幌事務所
*2 Yasuhiro HAMANISHI

「対話の場」の設置にあたっては、以下の5つの点に留意しています。

①参加者の意向を尊重

参加者が主体であり、その意思を尊重。機構は運営のための事務局の役割を担っています。

寿都町の「対話の場」における初回会合では、「会の主催者が曖昧」「目的が処分場誘致ありきで不適切」など、「対話の場」の主体や目的などに対して多くの意見が出ました。そのため、まず運営に関わる「会則」を決めるべきとの参加者の意見を踏まえ、会則の議論から始めました。その後の各回のテーマについても参加者の意向により決定しています。

神恵内村の「対話の場」では、参加者の中から運営員を3名選出し、運営委員会において、各回のテーマ等について議論した後、「対話の場」を開催しています。

当初のテーマは地層処分事業そのものに関することが中心でしたが、放射線や国のエネルギー政

策等に関連した議題や地域の将来についてへとテーマが推移しています。(図1)

地域の将来については、寿都町では「全てにおいてバランスの取れている町」「子育てし易い町」等の意見があがっています。神恵内村では「人を減らさないむらづくり」「子どもの声が聞こえる賑やかな村に」等の意見があがっています。

②合意形成の場ではない

「対話の場」は、まちづくりの観点も踏まえ、住民一人ひとりの地層処分事業に対する考え方や向き合い方の検討に資する情報提供や話し合いの場であり、概要調査の受入れ諾否等を決める合意形成の場ではありません。(写真3、4)

機構が提案した会則には、「対話の場」の目的を「地層処分事業について、その仕組みや安全確保の考え方、文献調査の進捗状況等の情報をもとに意見交換を行うこと、及び地域の将来ビジョンに資する取組みについて意見交換を行うこと、この場を

通じて広く住民に地層処分事業等の理解を深めていただくこと」としていましたが、寿都町の「対話の場」においては、目的に記載の「理解を深めていただくこと」の表現が「合意形成を目指す」と捉えられかねないという参加者の意見があったため、「地層処分事業に係る文献調査が開始されたことを契機とし、町の将来に向けたまちづくりの観点も踏まえ、一人ひとりの地層処分事業に対する考え方や向き合い方の検討に資するよう、関連する情報をもとに、地層処分事業への賛否に関わらず、会員間において自由で率直な議論を深めていただくこと」と表現を明確化しました。

| 【寿都町】 | 【神恵内村】 |
|---|---|
| 2021年 ①4/14 ・会則 ②6/25 ・会則 ・地層処分について思うこと ③7/27 ・地層処分事業 ④11/10 ・地層処分事業 ⑤12/14 ・視察報告 2022年 ⑥1/19 ・町民の皆さまに地層処分を知って頂くための取組 ・地層処分の安全確保の考え方 ⑦2/16 ・放射線の基礎知識 ⑧3/15 ・文献調査の進捗状況 ・町民の皆さまに分かりやすいパンフレット ⑨4/26 ・六ヶ所村の歩み ⑩5/27 ・エネルギー政策について ⑪7/21 ・文献調査の進捗状況 ⑫9/21 ・海外先進地の状況について ⑬11/15 ・将来の町の在り姿について ⑭12/19 ・将来の町の在り姿について ・文献調査の進捗状況 2023年 ⑮2/21 ・将来の町の在り姿について ・文献調査の進捗状況 ⑯5/9 ・将来の町の在り姿について ・文献調査の進捗状況 ⑰9/5 ・文献調査の進捗状況 (これまでの振り返り、経済社会的観点からの検討) | 2021年 ①4/15 ・会則、地層処分について思うこと ②6/30 ・地層処分について思うこと ③8/5 ・文献調査の進捗状況 ・対話の場に期待すること ④10/15 ・地層処分事業の概要について ⑤12/9 ・視察報告 ・文献調査に関するワークショップ(模擬文献調査) 2022年 ⑥3/29 ・文献調査の進捗状況 ⑦4/27 ・地層処分のリスクと安全対策について ⑧6/9 ・シンポジウムの振り返り ⑨9/8 ・文献調査の進捗状況 ・地層処分のリスクと安全対策について ⑩10/17 ・これまでの「対話の場」の振り返り ⑪12/5 ・文献調査の進捗状況 ・交付金制度の紹介と活用の考え方について 2023年 ⑫2/7 ・文献調査の進捗状況 ・交付金制度の紹介と活用の考え方について ⑬3/29 ・文献調査の進捗状況 ⑭6/8 ・文献調査の進捗状況 ・村の将来について ⑮7/27 ・放射線の基礎知識 ⑯9/26 ・まちづくりに関する振り返りと海外事例 2024年 ⑰2/7 ・シンポジウムに関する振り返り ⑱4/15 ・文献調査報告書(案) ⑲6/24 ・文献調査報告書(案) |

図1 「対話の場」の開催状況と主な議論テーマ



写真3 寿都町「対話の場」の様子



写真4 神恵内村「対話の場」の様子

③公平性、中立性の担保

事業の賛否に偏らない中庸な議論ができるよう、「対話の場」の進行は、中立的な立場のファシリテーターに依頼しています。

④透明性、公開性の確保

「対話の場」では、議論の透明性、公開性と参加者が発言しやすい環境の両立に配慮しています。

透明性、公開性を確保するため、「対話の場」の様子はライブ配信しています。その一方、ライブ配信することで、参加者が自由闊達に議論できなくなるおそれもあることから、参加者の対話や意見交換の部分について、寿都町の「対話の場」では非公開にし、後日、非公開部分を個人の発言に配慮し、発言内容をテロップで表示するなど、発言者がわからないよう処理した動画を配信しています。神恵内村の「対話の場」では、映像（音声なし）のみで配信するようにしています。なお、非公開や映像のみの箇所については、「対話の場」の終わりにファシリテーターによる振り返りを公開のもと実施しています。

また、神恵内村の「対話の場」においては、参加者の意向を確認のうえ、第4回から村民に限り傍聴できるようにしています。

⑤議論の内容の共有

「対話の場」での説明や議論の内容については、広く住民の皆さまにお知らせし共有しています。

「対話の場」の様子は、ライブ配信するとともに、資料や録画映像、議事録等を機構のホームページ

にも掲載しています。

また、各回の結果をお知らせするチラシを作成し、寿都町では町の広報誌へ折込みするとともに、地元ケーブルテレビで、チラシの配信（静止画）や録画映像を放映しています。神恵内村では交流センター職員が結果チラシを各戸に訪問しながら配布することで、全住民の皆さまに議論の内容をお伝えしています。（図2、3）

「対話の場」はこれまで（2024年7月末現在）、寿都町で17回、神恵内村で19回開催しています。

寿都町の「対話の場」について、ファシリテーターからは「皆さん、しっかりと意見が言いたいので、『どういう形でやりますか』ということをお聞きしながら進めている」「ファシリテーターは『ジャッジをしないレフェリー』と考えている。決定権はないが、円滑に進行する。もう質問はないですね、皆さんこれで出尽くしましたね、というところまで対話を継続するのが私たちの努めです」とのコメントをいただいています。

神恵内村の「対話の場」のファシリテーターからは「参加者の『不安』『不信』の本質がどこにあるのかを一緒に見つけていくことが、『対話の場』のプロセスだと思っている」「難しいテーマを、押しつけにならないようにわかっていただく『場』づくり、を考えていかなければならない」とのコメントをいただいています。

また、北海道2町村の役場からは「文献調査の『対話の場』であることを忘れるぐらい真剣に『地

図2 結果のお知らせチラシ(寿都町)

図3 結果のお知らせチラシ(神恵内村)

域の将来』で盛り上がっている。ファシリテーターがいることで、話したことを聴いてくれる、キャッチボールができる、という盛り上がるスキームができています」「文献調査が実施されたことで、地域の将来について考える人が増えたと実感している。『対話の場』をきっかけに、地域のことを考える住民がさらに増えていくことを期待している」とのコメントをいただいています。

なお、今後新たに文献調査を実施する自治体で地域対話を進める際の参考となるよう、北海道2町村の「対話の場」等における経験、教訓、留意事項を整理することを目的として、「対話の場」参加者等から多様な声を聴いた上で、地域対話等に知見のある第三者専門家からの助言・アドバイスを得つつ「対話の場」の振り返りを行いました。

3. 「対話の場」を起点とした取組み

「対話の場」で出た意見を起点に対話活動が広がりをみせています。

寿都町では「対話の場以外にも若い世代の人たちが議論する場があってもいいのでは」「話し合いの場をたくさん作って下さい」等の意見が出たことから、「対話の場」での議論とは別に、町の将来ビジョンに資する様々な勉強や意見交換等を目的とした「町の将来に向けた勉強会」が開催されています。メンバーは、町内に居住の高校1年生以上の町民を対象に公募しています。

(参考) 当日の来場者アンケートより抜粋

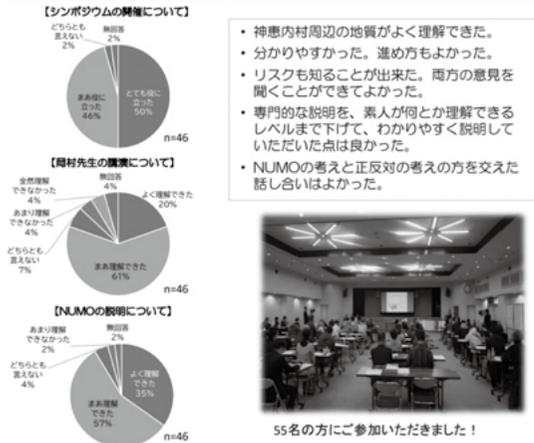


図4 神恵内村シンポジウムの結果のお知らせチラシより抜粋

また、「対話の場」や「町の将来に向けた勉強会」のメンバー等の発起による少人数での勉強会グループが組成され、施設見学会等も活発に行われています。

神恵内村では、「地層処分に関して、多様な専門家の意見を聞いてみたい」という意見から、機構とは視点の異なる専門家を招いた、村民を対象にしたシンポジウムを、これまでに2回開催しています。2023年11月に開催したシンポジウムでは大学の先生をお招きし、神恵内村の地層や地層処分の問題についてお話をいただきました。シンポジウムの来場者アンケートでは、参加者の約95%の方からシンポジウムについて、「役に立った」との回答をいただいています。(図4)

4. 顔の見える対話活動～地域の一員として～

両交流センターでは、地層処分に関する説明や文献調査の状況に関する情報提供のみならず、地域の一員として交通安全や清掃活動等の行事にも積極的に参加し、地域の皆さまとのコミュニケーション強化を図っています。地域の一員として、積極的に地域行事に参加し、顔の見える活動を実施することで、



写真5 町内花いっぱい運動に参加する交流センター職員(寿都町)



写真6 旗の波(交通安全活動)に参加する交流センター職員(神恵内村)

のような顔の見えるコミュニケーションを継続していきたくと考えています。(写真5、6)

また、周辺市町村等に対しても、「対話の場」や文献調査の状況等に関する情報提供を対面で行うなど、引き続き、丁寧な対話活動に取り組んでいきたくと考えています。

5. おわりに

北海道2町村で文献調査を開始して3年以上が経過し、前述のとおり佐賀県玄海町でも文献調査が始まりましたが、現在(2024年7月末時点)、文献調査の対象地域は計3カ所に留まっています。

北海道2町村の「対話の場」の参加者からは「寿都町や神恵内村の他にも、全国のどこかで文献調査に手を挙げてくれることが必要。そうなれば、町民も安心できる」、「全国民に自分事として考えて欲しい」といったご意見をいただいております。

また、北海道知事も高レベル放射性廃棄物の最終処分事業の全国での理解促進について、様々な

場面において発言しています。2023年12月には、「国民に向けた文献調査報告書の説明に関する要請」において、「高レベル放射性廃棄物の最終処分事業については、原子力発電所の所在の有無に関わらず、国民的な議論が必要な問題であることから、道内だけではなく、全国で説明会を開催すること」との要請をいただきました。

機構としては、佐賀県玄海町での文献調査を進めてまいりますとともに、地層処分が全国的な議論となり、新たな地域における文献調査の実施に繋がっていくことを目指し、各地で開催される「対話型全国説明会」でも北海道2町村を対象とした文献調査の状況について説明するなど、これからも積極的な対話・広報活動に取り組んでまいります。

皆さまにも、地層処分や機構の活動にご興味をお持ちいただき、機構のホームページをお訪ねいただけると幸いです。

■ 機構ホームページ

<https://www.numo.or.jp/>



公益財団法人原子力安全技術センターからのお知らせ

★講習会について★

| 講習名/月 | | 11月 | 12月 | 1月 | 2月 | 3月 |
|---|-----------------------------|--|--|-----------------------------|---------------------|-------------------------------|
| 放射線取扱主任者 定期講習 | オンライン講習(ライブ配信) | | | 1/22 (使・密) | 2/5 (販・賃) | 3/14 (使・密) |
| 特定放射性同位元素 防護管理者定期講習 | オンライン講習 (eラーニング講習、ライブ配信) | | | | ○ | |
| 放射線取扱主任者 講習 (集合講習) | 第1種 | 11/25-29 (於：京都大学) | 12/16-20 (於：京都大学) | 1/27-31 (於：京都大学) | 2/17-21 (於：京都大学) | 3/3-7 (於：京都大学) |
| | 第2種 | 11/20-22 (於：京都大学) 11/29-12/1 (於：杏林大学) | 12/4-6 (於：京都大学) 12/20-22 (於：杏林大学) | 1/22-24 (於：京都大学) | 2/9-11 (於：杏林大学) | ○ |
| | 第3種 | 11/14-15 (於：東京富士 会館ビル) | 12/9-10 (於：大阪科学 技術センター) | 1/30-31 (於：東京富士 会館ビル) | | 3/18-19 (於：大阪科学 技術センター) |
| 医療機関の放射線業務従事者のための放射性 同位元素等規制法講習会 (オンライン講習(ライブ配信)) | | | | ○ | | ○ |
| 放射線安全管理講習会(オンライン講習(ライブ配信)) | | | | ○ | | |

・最新情報や詳細日程については、当センターのホームページをご確認ください。(○は計画中)

★出版物について★ 出版物のお申込みは、当センターのホームページにて受付しております。

ホームページURL：<https://www.nustec.or.jp/> メールアドレス：kosyu@nustec.or.jp 電話：03-3814-5746



令和5年度

一人平均年間被ばく実効線量 0.17ミリシーベルト



中村 尚司

弊社の測定・算定による、令和5年度（令和5年4月～令和6年3月）の個人線量の集計の詳細については、「個人線量の実態」FBNewsNo.573（令和6年9月1日）に報告されていますが、ここでは同実効線量について、より簡略に見やすい形にして報告いたします。

集計方法

令和5年4月から令和6年3月までの間に、1回以上弊社の個人線量計を使用された323,051名（前年度は317,874名なので、5,177名と昨年度に続いての増加で、一昨年と比べると、16,940名増加しています。）を対象としました。

業種別の年実効線量は、全事業所を医療、研究教育、非破壊検査、一般工業、獣医療の5グループに分けて集計しました。職業別の年実効線量は、医療関係についてのみ職種を

医師、技師、看護師に分けました。最小検出限界未満を示す「X」は、実効線量“ゼロ”として計算してあります。

集計結果

一人平均の年実効線量は、表1に示されているように0.17mSvで、前年度(0.17mSv)と変わっていません。表1の業種別に見ると、医療が0.21mSv(前年度0.22mSv)、研究教育が0.04mSv(前年度0.03mSv)、非破壊検査が0.18mSv(前年度0.20mSv)、一般工業が0.08mSv(前年度0.07mSv)、獣医療が0.02mSv(前年度0.02mSv)となっており、医療と非破壊検査の年実効線量がやや減少しましたが、研究教育と一般工業の年実効線量がやや増加しましたので、全業種での平均年実効線量が全年度と同じでした。令和5年度を通して検出限界未満の人は、図1

表1 令和5年度業種別年実効線量人数分布表（単位：人）（カッコ内の数字は％）

| 業種 | 集団実効線量 (manmSv) | 平均年実効線量 (mSv) | X (検出せず) | ~0.10 (mSv) | 0.11~1.00 (mSv) | 1.01~5.00 (mSv) | 5.01~10.00 (mSv) | 10.01~15.00 (mSv) | 15.01~20.00 (mSv) | 20.01~50.00 (mSv) | 50.00超過 (mSv) | 合計人数 |
|-------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------|------------------|
| 医療 | 48,946.10 | 0.21 | 182,459 (79.02) | 11,288 (4.89) | 23,251 (10.07) | 12,577 (5.45) | 1,087 (0.47) | 172 (0.07) | 35 (0.02) | 22 (0.01) | 0 (0.00) | 230,891 (100.00) |
| 研究教育 | 1,451.90 | 0.04 | 38,717 (96.45) | 424 (1.06) | 594 (1.48) | 366 (0.91) | 31 (0.08) | 10 (0.02) | 1 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 40,143 (100.00) |
| 非破壊検査 | 423.90 | 0.18 | 1,858 (80.82) | 103 (4.48) | 225 (9.79) | 104 (4.52) | 8 (0.35) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 1 (0.04) | 0 (0.00) | 2,299 (100.00) |
| 一般工業 | 2,966.00 | 0.08 | 34,290 (93.57) | 541 (1.48) | 1,011 (2.76) | 700 (1.91) | 82 (0.22) | 14 (0.04) | 2 (0.01) | 6 (0.02) | 0 (0.00) | 36,646 (100.00) |
| 獣医療 | 289.60 | 0.02 | 12,634 (96.65) | 135 (1.03) | 224 (1.71) | 74 (0.57) | 4 (0.03) | 1 (0.01) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 13,072 (100.00) |
| 全体 | 54,077.50 | 0.17 | 269,958 (83.57) | 12,491 (3.87) | 25,305 (7.83) | 13,821 (4.28) | 1,212 (0.38) | 197 (0.06) | 38 (0.01) | 29 (0.01) | 0 (0.00) | 323,051 (100.00) |

注：矢印より左が分布（Ⅰ）に記載されています。
矢印より右が分布（Ⅱ）に記載されています。

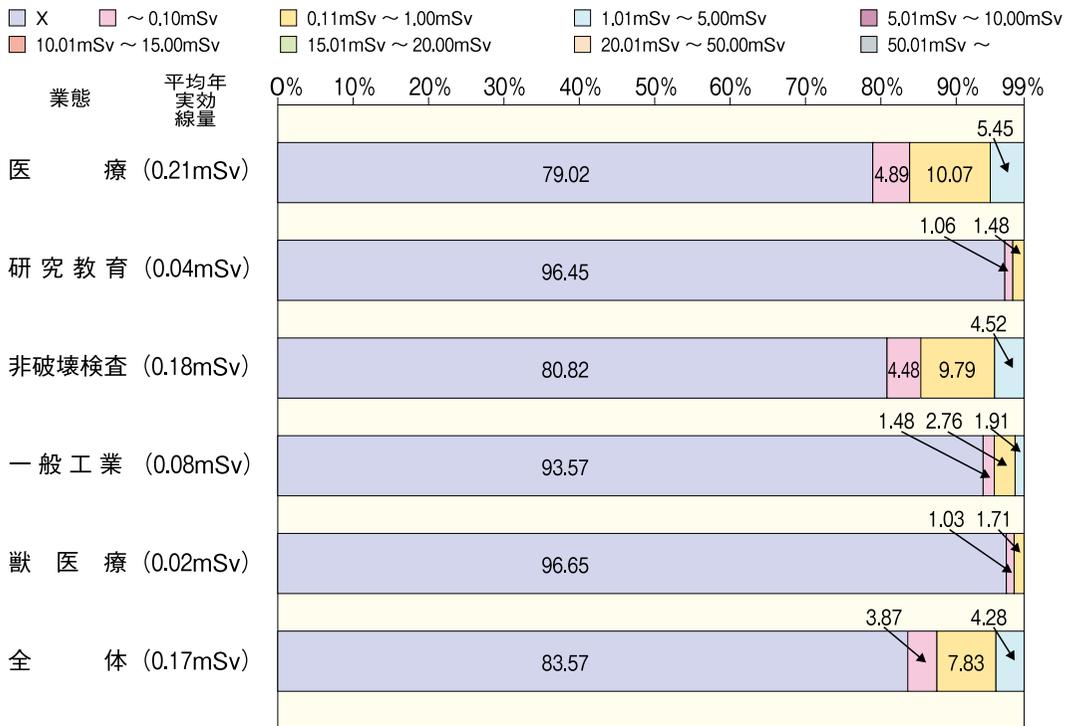


図 1 (a) 令和 5 年度業種別平均年実効線量の分布 (I)

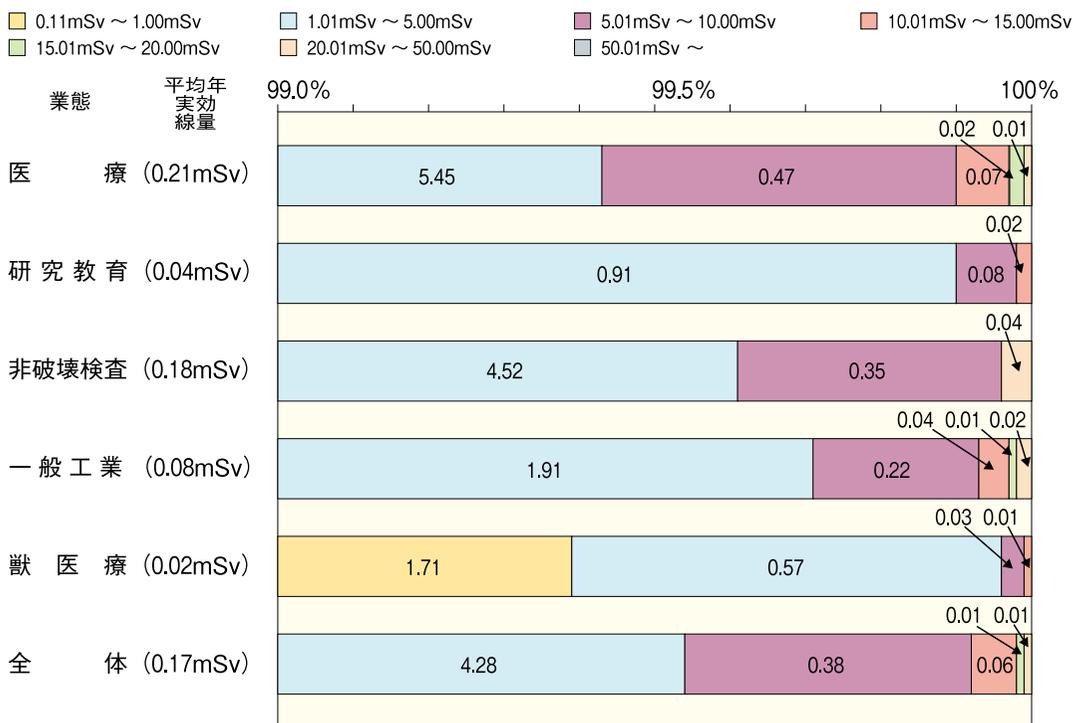


図 1 (b) 令和 5 年度業種別平均年実効線量の分布 (II)
(図 1 (a) の右端部の詳細を表す)

に示すように全体の83.57%（前年度83.24%）で、年間1.0mSv以下の方が、全体の95.27%（前年度95.14%）と、低線量当量の方の割合は、前年度と比べてわずかに増えています。また、業種別に見ると非破壊検査関係と医療関係では、その他の業種に比べて実効線量値が高い人の割合が多くなっているのも例年の傾向通りです。

表1と図1で実効線量の多い方を見ると、年間50mSvを超えた人は、前年度も今年度も1人

もいませんでした。また、年間20mSv～50mSvの人は全体の0.01%で、実数では前年度の29名と比べて29名（医療22名、非破壊検査1名、一般工業6名）となっていて、前年度と比べて医療関係は昨年より5名少なく、非破壊検査1名、一般工業が4名増えています。年間5mSv～20mSvの人は全体の0.45%（前年度は0.45%）で、実数では1,447名（前年度1,452名）で、内訳は医療1,294名（前年度1,310名）、研究教育42名（前年度47名）、非破壊検査8名（前年度13名）、一般工業98名（前年度76名）、獣医療5名（前年度6名）です。前年度と比べると、医療が16名減少、研究教育が5名減少、非破壊検査が5名減少、一般工業が22名増加、獣医療が1名減少しています。

業種別の過去10年間の推移を見ると、図2に示すように、ここ10年間は、医療が平成26年からここ10年間は減少して4割ほど低くなっています。非破壊検査は平成27年度以降4年間は減少に転じ、令和2年度は再び少し増加しましたが、令和3年度以降は再び減少しました。一般工業はずっと一定でしたが令和3年度から少し増加しています。研究教育は令和5年度が少し増加しましたが獣医療はほぼ横ばいの値です。

職種別・業種別の一人平均年実効線量は、図3に示しますが、前年度と同じく、医療関係の職種別では技師が0.59mSv（前年度0.61mSv）と最も高く、ついで医師が0.23mSv（前年度0.23mSv）、看護師0.08mSv（前年度0.09mSv）の順に低くなっています。なお、獣医療は最も低く0.02mSv（前年度0.02mSv）で、歯科も0.02mSv（昨年度0.02mSv）と低い値です。医療以外では非破壊検査が最も高く0.18mSv（前年度0.20mSv）です。なお、一般工業は0.08mSv（前年度0.07mSv）とそれに次いで高くなっています。研究教育は0.04mSv（前年度0.03mSv）です。

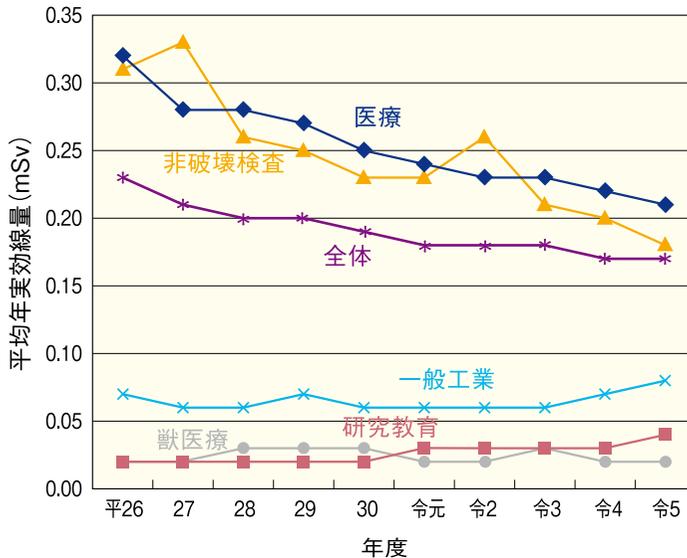


図2 過去10年間の業種別平均年実効線量の推移

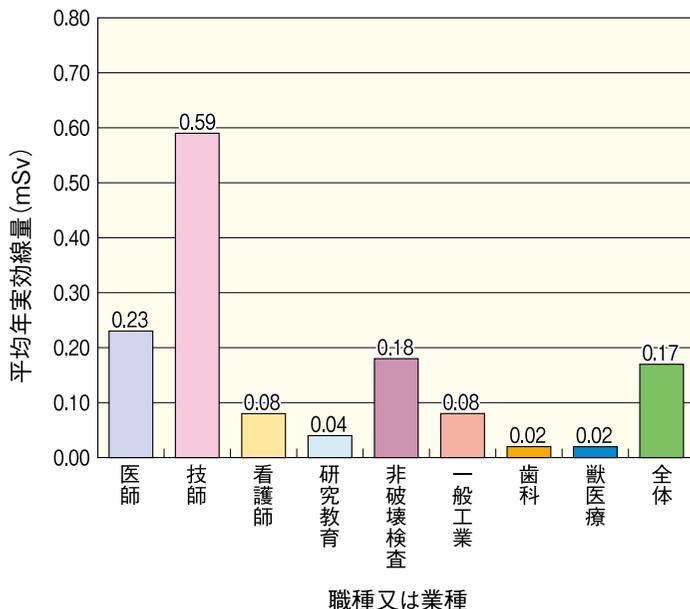


図3 令和5年度職種又は業種別平均年実効線量

令和5年度 年齢・性別個人線量の実態

1. はじめに

本資料は、弊社のガラスバッジサービスに基づく、令和5年度の年齢・性別の実効線量の実態の報告です。個人線量計で測定した1cm線量当量から算定した、実効線量を年齢・性別に集計しています。

2. 用語の定義

- (1) 年実効線量 4月1日から翌年3月31日における、1個人の実効線量の合計（単位 mSv）
- (2) 集団実効線量 集団を構成する全員の年実効線量の合計（単位 manmSv）
- (3) 平均年実効線量 集団実効線量を、集団を構成する人数で除した値（単位 mSv）

3. 実効線量の求め方

測定した1cm線量当量から実効線量を算出する方法の概略を示します。

なお、記号の意味は、次のとおりです。

H_E ：実効線量

H_{1cmP} ：1cm線量当量

P…下記の部位を表します

基：基本部位（男性は胸、女性は腹）

頭：頭頸部

胸：胸部

腹：腹部

大：体幹部の中で最大値を示した部位

3.1 体幹部均等被ばくとして個人放射線被ばく線量測定をしている場合

$$H_E = H_{1cm基}$$

3.2 体幹部不均等被ばくとして個人放射線被ばく線量測定をしている場合

$$H_E = 0.08H_{1cm頭} + 0.44H_{1cm胸} + 0.45H_{1cm腹} + 0.03H_{1cm大}$$

4. 対象とするデータ

弊社のガラスバッジサービスの申し込みをされており、令和5年4月1日から令和6年3月31日までの間で1回以上個人線量計を使用した人の年実効線量を、集計対象データとしています。

注1) 個人が受けた線量でないとお申し出のあったものは、除外しています。

注2) 個人が受けた線量でないにもかかわらず、お申し出のないものは含んでいます。

注3) 性別が不明のものは除外しています。

注4) 年齢は、令和6年3月31日現在です。

5. 集計方法

(1) 集計

Table 1の左欄に示すように年齢の区分を設け、その区分に入る個人の数と集団実効線量並びにそれらの百分率を集計の同一の欄の内に示しています。ただし、「X（検出限界未満）」は、ゼロmSvとして処理しています。測定上限は、個人線量計によって異なりますが、例えば「10超」は、10Svとして集計しています。

(2) パラメータ

パラメータは、医療・獣医療、工業、研究教育および男性、女性としました。性別は、利用者からのお申し出の内容としています。

6. 集計結果

集計結果を、以下の図表に示します。

Table 1 年齢・性別集団実効線量および平均年実効線量

Fig. 1 年齢・性別平均年実効線量分布

Fig. 2 放射線業務従事者の年齢・性別構成

Table 1 (a) 年齢・性別集団実効線量および平均年実効線量(男性)

人数(人) 人数(%)
 集団実効線量(manmSv) 線量(%)
 (R5.4.1~R6.3.31)

| 年齢 | 医 療・獣医療 | | 工 業 | | 研究教育 | | 全 体 | | 平均年実効線量(mSv) |
|-------|-----------|--------|----------|--------|----------|--------|-----------|--------|--------------|
| | | | | | | | | | |
| 18~19 | 54 | 0.04 | 462 | 1.31 | 1,110 | 3.81 | 1,626 | 0.82 | 0.02 |
| | 4.10 | 0.01 | 9.10 | 0.28 | 19.90 | 1.59 | 33.10 | 0.08 | |
| 20~24 | 5,319 | 4.00 | 2,619 | 7.43 | 11,170 | 38.32 | 19,108 | 9.68 | 0.13 |
| | 2,253.90 | 5.69 | 185.50 | 5.78 | 130.40 | 10.45 | 2,569.80 | 5.84 | |
| 25~29 | 17,654 | 13.27 | 4,084 | 11.59 | 3,204 | 10.99 | 24,942 | 12.63 | 0.23 |
| | 5,290.00 | 13.37 | 352.90 | 11.00 | 137.50 | 11.02 | 5,780.40 | 13.13 | |
| 30~34 | 17,115 | 12.86 | 4,835 | 13.73 | 2,317 | 7.95 | 24,267 | 12.29 | 0.27 |
| | 5,941.00 | 15.01 | 470.40 | 14.66 | 223.00 | 17.87 | 6,634.40 | 15.07 | |
| 35~39 | 16,537 | 12.43 | 4,636 | 13.16 | 2,091 | 7.17 | 23,264 | 11.78 | 0.27 |
| | 5,559.60 | 14.05 | 471.40 | 14.69 | 168.40 | 13.50 | 6,199.40 | 14.08 | |
| 40~44 | 15,080 | 11.33 | 4,570 | 12.97 | 2,114 | 7.25 | 21,764 | 11.02 | 0.26 |
| | 5,083.60 | 12.84 | 478.40 | 14.91 | 164.60 | 13.19 | 5,726.60 | 13.00 | |
| 45~49 | 14,031 | 10.55 | 4,862 | 13.80 | 1,908 | 6.55 | 20,801 | 10.54 | 0.25 |
| | 4,590.60 | 11.60 | 461.40 | 14.38 | 140.80 | 11.28 | 5,192.80 | 11.79 | |
| 50~59 | 24,797 | 18.64 | 6,708 | 19.04 | 3,454 | 11.85 | 34,959 | 17.71 | 0.23 |
| | 7,418.70 | 18.74 | 569.10 | 17.74 | 143.50 | 11.50 | 8,131.30 | 18.47 | |
| 60~69 | 16,210 | 12.18 | 2,125 | 6.03 | 1,522 | 5.22 | 19,857 | 10.06 | 0.16 |
| | 2,819.40 | 7.12 | 172.00 | 5.36 | 106.80 | 8.56 | 3,098.20 | 7.04 | |
| 70以上 | 5,743 | 4.32 | 221 | 0.63 | 220 | 0.75 | 6,184 | 3.13 | 0.09 |
| | 515.40 | 1.30 | 23.80 | 0.74 | 11.20 | 0.90 | 550.40 | 1.25 | |
| 年齢不明 | 505 | 0.38 | 105 | 0.30 | 38 | 0.13 | 648 | 0.33 | 0.18 |
| | 103.10 | 0.26 | 14.70 | 0.46 | 1.60 | 0.13 | 119.40 | 0.27 | |
| 合計 | 133,045 | 100.00 | 35,227 | 100.00 | 29,148 | 100.00 | 197,420 | 100.00 | |
| | 39,579.40 | 100.00 | 3,208.70 | 100.00 | 1,247.70 | 100.00 | 44,035.80 | 100.00 | |

Table 1 (b) 年齢・性別集団実効線量および平均年実効線量(女性)

人数(人) 人数(%)
 集団実効線量(manmSv) 線量(%)
 (R5.4.1~R6.3.31)

| 年齢 | 医 療・獣医療 | | 工 業 | | 研究教育 | | 全 体 | | 平均年実効線量(mSv) |
|-------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|--------|--------------|
| | | | | | | | | | |
| 18~19 | 127 | 0.11 | 106 | 2.85 | 1,119 | 10.18 | 1,352 | 1.08 | 0.00 |
| | 2.20 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.90 | 0.44 | 3.10 | 0.03 | |
| 20~24 | 12,587 | 11.35 | 669 | 17.99 | 5,246 | 47.71 | 18,502 | 14.73 | 0.05 |
| | 935.60 | 9.69 | 22.80 | 12.58 | 44.80 | 21.94 | 1,003.20 | 9.99 | |
| 25~29 | 18,616 | 16.78 | 703 | 18.91 | 1,170 | 10.64 | 20,489 | 16.31 | 0.08 |
| | 1,477.60 | 15.30 | 41.20 | 22.74 | 34.50 | 16.90 | 1,553.30 | 15.47 | |
| 30~34 | 13,753 | 12.40 | 462 | 12.43 | 714 | 6.49 | 14,929 | 11.88 | 0.08 |
| | 1,153.10 | 11.94 | 47.20 | 26.05 | 21.60 | 10.58 | 1,221.90 | 12.17 | |
| 35~39 | 13,653 | 12.31 | 383 | 10.30 | 604 | 5.49 | 14,640 | 11.65 | 0.08 |
| | 1,076.80 | 11.15 | 24.80 | 13.69 | 18.00 | 8.81 | 1,119.60 | 11.15 | |
| 40~44 | 14,910 | 13.44 | 380 | 10.22 | 622 | 5.66 | 15,912 | 12.67 | 0.09 |
| | 1,381.60 | 14.31 | 27.00 | 14.90 | 27.80 | 13.61 | 1,436.40 | 14.30 | |
| 45~49 | 14,257 | 12.85 | 366 | 9.84 | 574 | 5.22 | 15,197 | 12.10 | 0.09 |
| | 1,345.90 | 13.94 | 9.00 | 4.97 | 25.40 | 12.44 | 1,380.30 | 13.75 | |
| 50~59 | 16,903 | 15.24 | 517 | 13.91 | 728 | 6.62 | 18,148 | 14.45 | 0.10 |
| | 1,769.90 | 18.33 | 5.00 | 2.76 | 21.80 | 10.68 | 1,796.70 | 17.89 | |
| 60~69 | 5,123 | 4.62 | 94 | 2.53 | 192 | 1.75 | 5,409 | 4.31 | 0.08 |
| | 439.30 | 4.55 | 4.20 | 2.32 | 6.80 | 3.33 | 450.30 | 4.48 | |
| 70以上 | 650 | 0.59 | 7 | 0.19 | 14 | 0.13 | 671 | 0.53 | 0.07 |
| | 46.30 | 0.48 | 0.00 | 0.00 | 2.60 | 1.27 | 48.90 | 0.49 | |
| 年齢不明 | 339 | 0.31 | 31 | 0.83 | 12 | 0.11 | 382 | 0.30 | 0.07 |
| | 28.00 | 0.29 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 28.00 | 0.28 | |
| 合計 | 110,918 | 100.00 | 3,718 | 100.00 | 10,995 | 100.00 | 125,631 | 100.00 | |
| | 9,656.30 | 100.00 | 181.20 | 100.00 | 204.20 | 100.00 | 10,041.70 | 100.00 | |

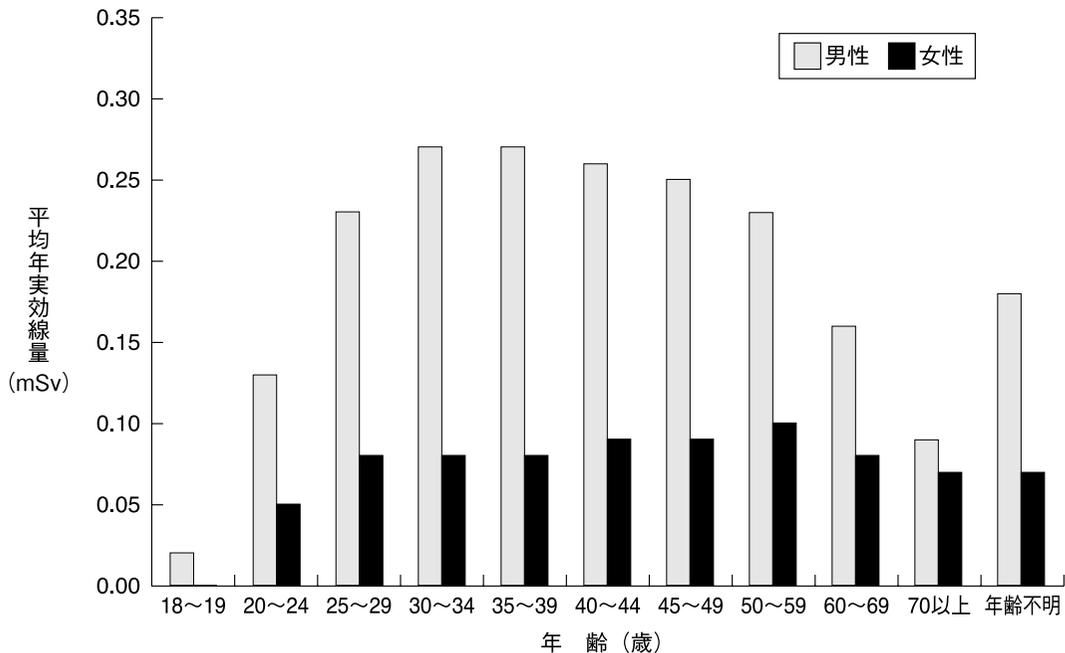


Fig. 1 年齢・性別平均年実効線量分布

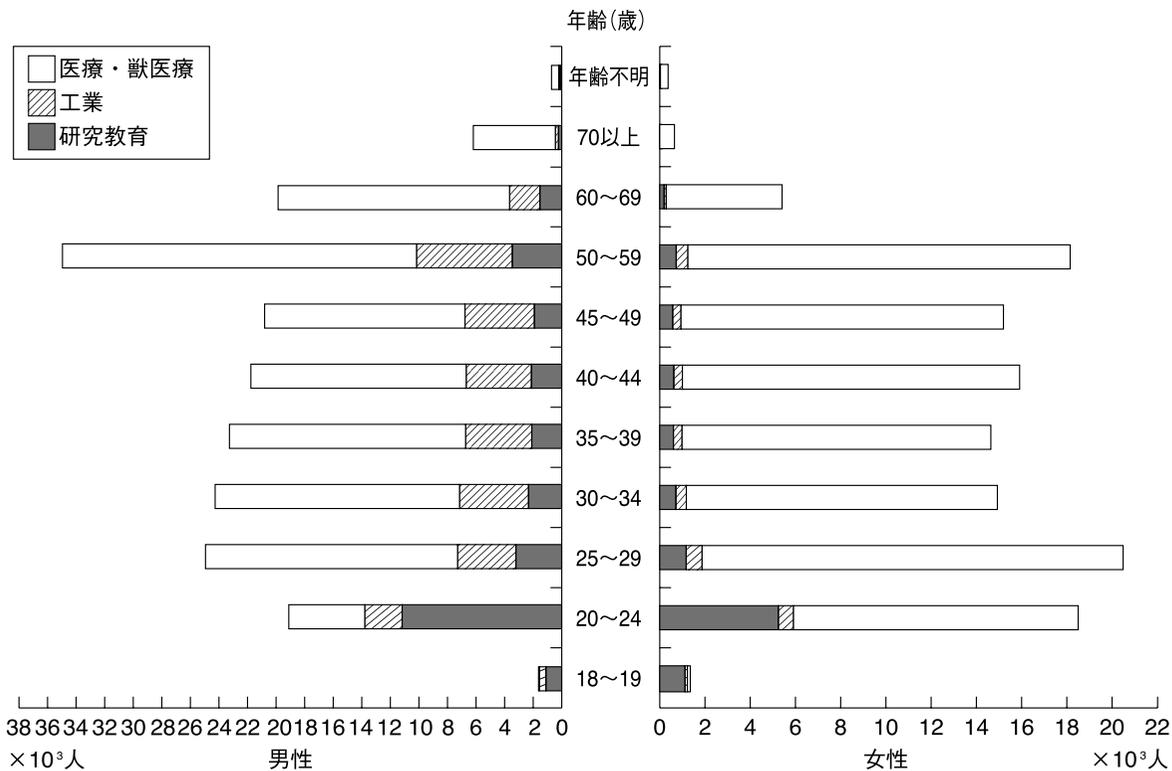


Fig. 2 放射線業務従事者の年齢・性別構成



中川 恵一

東京大学医学部附属病院

PSMA-PET

前立腺がんは日本人男性のがんのトップで、男性の9人に1人が罹患します。放射線治療の対象となるがんのなかでも、乳がん、肺がんに次ぐ第3位です。

東大病院では、5回の通院で治療が完了します。治療に要する時間は、入室から退出まで7分あまりで、患部の温度上昇は5百分の1程度ですから何も感じません。まさに、仕事と治療の両立にもピッタリです。

私が非常勤で勤務している医療法人DIC宇都宮セントラルクリニックでは、前立腺がんの検出に有効なPSMA-PET検査が始まりました。おそらく、東日本では初めての実施施設だと思います。

前立腺がんの根治治療には手術と放射線治療があります。治療後はともに、腫瘍マーカーであるPSA (Prostate Specific Antigen、前立腺特異抗原) を用いて経過観察を行います。数値が上昇しなければ、再発の可能性はほぼないといえますが、値が上昇した場合には再発転移の可能性を考える必要があります。

本当に再発があるのか、あるとすればどこにあるのかを調べるのが重要になります。前立腺がんは骨やリンパ節に転移しやすいので、MRIや骨シンチグラム、FDG-PET検査などが行われますが、再発の場所が特定できないことがしばしばあります。

再発転移の場所が分からなければ、全身に効果が期待できるホルモン療法や抗がん剤などの薬物療法を実施するしかありません。しかし、多くの場合、薬物療法は数年で効かなくなります。

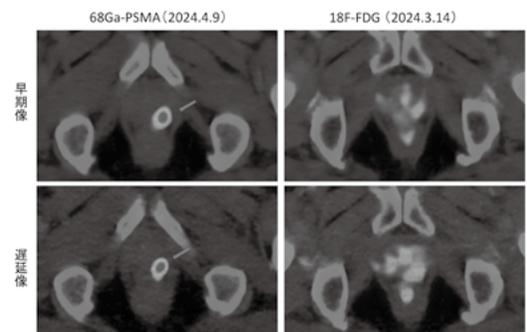
PSMA-PET検査では、前立腺がんの細胞

に特異的に発現する「前立腺特異的膜抗原」(PSMA: Prostate Specific Membrane Antigen) に親和性を有する薬物に放射性同位元素を結合させたものを投与します。この新しいPET検査によって、従来は診断できなかった転移巣を可視化することができますようになりました。

転移病巣の数が少ない状態 (オリゴ転移) であれば、ピンポイント照射 (定位放射線治療) を行うことができ、わずかな副作用で生存期間を延長することができます。

すでに海外では、根治治療後のPSA検査により再発が疑われる場合にPSMA-PET検査が推奨されています。実際に私の患者にこの検査を実施したところ、転移の部位が非常に明瞭に描出されて驚きました (図)。従来の検査では難しかった前立腺がん治療後の再発の診断に、非常に有効な検査だと実感しています。

前立腺がん放射線治療後の局所再発



ただPSMA-PET検査は、まだ保険承認されていないため、自費診療となってしまいます。

しかし、再発転移の場所が特定できると、薬物療法の他に、放射線治療も選択肢に入るため、大きなメリットとなります。一刻も早い保険承認を期待しています。



近畿大学原子力研究所 放射線応用学研究室(山田崇裕教授)紹介

添田 悠也*

1. はじめに

近畿大学は、西日本一帯に6つのキャンパスを持ち、2025年で創立100周年を迎える私立総合大学である。近畿大学といえば、近大マグロを思い浮かべる方が多いのではないだろうか。クロマグロの完全養殖は近畿大学の研究施設—水産研究所で成功したものである。話題性のある水産研究所に限らず、近畿大学には、さまざまな研究施設が充実しており、その一つに原子力研究所がある。

近畿大学原子力研究所には、教育・研究用原子炉UTR-KINKI(写真1)をはじめとした研究設備が備わっており、原子力・放射線分野に関連した研究を行うことができる。そのため、近畿大学原子力研究所の研究室は、それぞれが多様な研究課題に取り組んでいる。

本稿では、近畿大学原子力研究所の概要及び筆者が所属する放射線応用学研究室が取り組む研究課題や活動内容について紹介する。



写真1 原子炉UTR-KINKI

2. 近畿大学原子力研究所

近畿大学原子力研究所は、原子力の研究及び教育を目的とし、昭和35年4月に設立された。



写真2 RI棟

原子力研究所は、東大阪市の本部キャンパス内にあり、研究用原子炉UTR-KINKIが設置された原子炉施設及び放射性同位元素使用施設(RI棟)(写真2)の実験施設がある。UTR-KINKIは、初めて民間及び大学で国内稼働された研究用原子炉であり、現在、国内で研究用原子炉を保有する大学は、京都大学と近畿大学のみである。そのため、国内外の大学及び研究施設や企業から原子炉実習や研究利用の依頼があり、学内のみならず学外からも広く利用されている。近畿大学原子炉の熱出力は1Wと極めて小さく、原子炉を用いた実習及び研究を安全に進めることができる。

一方、RI棟では非密封の放射性同位元素(ラジオアイソトープ、以下RI)が使用でき、許可核種数は260に及ぶ。この施設内には、非密封RIの取扱いが行える使用室、設備が供えられているほか、密封線源の使用室もある。施設内には液体シンチレーションカウンタなどの測定機器が備わっている。この施設は原子力研究所のみならず、学内の薬学部、農学部、理工学部などの教員、学生も利用している。薬学部はこの施設を学生実習にも利用している。

原子力研究所には、9名の専任教員がおり、各教員の研究室は、原子炉物理、化学を扱う研

* Yuya SOETA 近畿大学大学院総合理工学研究科エレクトロニクス系工学専攻 前期博士課程1年

研究室や放射線生物、放射線安全、放射線計測、放射線工学を扱う研究室など多種多様であり、学生は原子力・放射線のさまざまな分野の研究を行うことができる。かつて近畿大学には原子炉工学科があり、多くの学生が研究所で学び、諸先輩方が産業界で活躍されていると伺っている。その後の改組で原子炉工学科はなくなったが、研究所は理工学部から学生を引き続き受け入れられている。筆者が学部3年生当時、所属していた電気電子工学科からは14名の受け入れ枠があり、原子力研究所を希望した。同じく理工学部の生命科学科からも4名の受け入れ枠があり、計18名の学部生が原子力研究所に配属された。研究所での指導教員、研究室の選択は学生の希望が尊重される。理工学部では、学部生3年の後期から研究室に配属される。当時、筆者は原子力・放射線分野については基礎的な内容しか理解していなかったが、近畿大学には、国内でも数少ない研究用原子炉があるという理由で原子力研究所を希望した。原子力研究所に配属されてからは、再度、原子力研究所内の研究室を選ぶことになる。筆者は研究室の雰囲気や指導教員をみて、山田崇裕教授が主宰する放射線応用学研究室を希望し、近畿大学大学院総合理工学研究科エレクトロニクス系工学専攻に進学、現在に至っている。

3. 放射線応用学研究室

① 研究室の概要

放射線やRIは広く産業に利用されているが、その多くが計測技術を基盤としたものである。筆者が所属する放射線応用学研究室は、特にRI応用の基盤となる放射線計測技術の高度化、新たな核種の利用に際して必要となる放射能測定手法の開発に向けた研究など、放射能測定に関連した研究課題を広く取り扱っている。

当研究室は、山田崇裕教授の下、筆者を含め前期博士課程1年の学生4名、学部4年生5名、学部3年生4名の合計13名が所属している。先に紹介したとおり筆者は理工学部電気電子工学科に所属していたが、その後学科は2022年4月に改組され、この7月に研究室に配属された3年生は新たに設置された理工学部エネルギー・物質学科の1期生にあたる。

学生の居室は研究所敷地に隣接する22号館の5階にある。研究室からの眺望は素晴らしく、研究所敷地全体を見渡せるほか、東の生駒山地から南に連なる金剛山地まで見通せる。研究室にコアタイムは設けられていないが、修士の学生を中心に多くの学生が研究室に毎日通い、研究・勉学に励んでいる。研究室の実験拠点であるRI棟で測定実験を行っている学生もいれば、居室でシミュレーションコードなどを用いた放射線挙動の解析を行っている学生、主任者試験の勉強に熱心に取り組む学生などさまざまである。週に一回行われる研究室のミーティングでは、所属する学生の何名かが研究の進捗状況を報告する。提示されたデータを元に議論し、今後の研究の進め方などについて話し合う。研究成果は積極的に学会などの場において発表する研究室の方針の下、院生のみならず学部生も外部で発表をする機会がある。筆者もこれまで数度発表の機会を得たが、学会発表が近づくと、ミーティング内で口頭発表や質疑応答を想定したりハーサルを行う。発表に向けた取りまとめやハーサルでの教授からのフィードバックは、多くの学生にとって研究内容への理解をさらに深める好機となっている。

研究室の雰囲気は非常によい。学生間も和気あいあいとしており、山田教授も話しかけやすい環境を作ってくれる。月に一回程度は懇親会(飲み会)も行っている(写真3)。このような機会もあり、研究室ミーティング以外でも学生相互のみならず教授ともよくコミュニケーションを取ることができ、研究の進捗状況や問題点をすぐに共有することや、相談もしやすい環境にある。また、さまざまな困難があっても挑戦しようという共通意識がある。こういった恵まれた環境により、国内外の学会での発表や人材育成プログラム



写真3 研究室での懇親会



写真4 大学院生4名が参加した韓国慶熙大学校での原子炉実習(文科省国際原子力人材育成イニシアティブ事業)

(写真4)への参加などアクティブに研究活動を行うことができていると感じる。

② 研究設備

当研究室はRIを用いた計測実験が中心であることから、研究に必要な設備は、研究所のRI施設に整備している。研究室には放射能測定に用いられる主な測定器がほぼ揃っている。例えばGe検出器はタイプやサイズの異なるものが複数あり、現在は相対効率50%、30%のP形検出器及びウェル形検出器が常時使用できる状態にある。Ge検出器単独で用いる用途もあるが、当研究室ではこれらと α/β 検出器を組み合わせた $4\pi\alpha/\beta-\gamma$ 同時/反同時スペクトロスコピシステム(写真5)を構築し、放射能絶対測定に関連した研究に用いている。 α/β 検出器には主にプラスチックシンチレータを用いている。当研究室では、河田燕博士(元成蹊大学教授)が提案した2枚のプラスチックシンチレータに線源を挟み込むことで 4π 検出器とする手法をとっている¹⁾。この手法では数十mgの

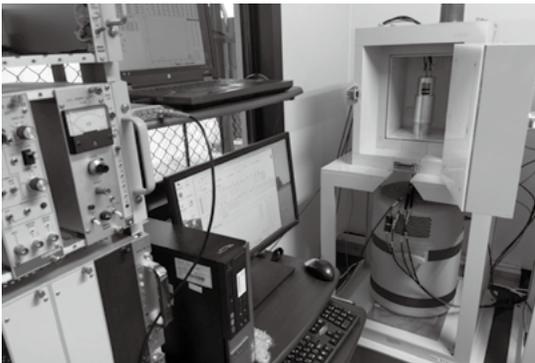


写真5 $4\pi\alpha/\beta-\gamma$ 同時/反同時スペクトロスコピシステム

放射能溶液を、最小計量値10mg未満の高性能電子天秤で秤量、シンチレータに直接滴下し、乾燥後にもう一枚のシンチレータで線源を密閉することで 4π ジオメトリでの測定を実現している。用途に応じて厚さ10 μ m~数mmのシンチレータを使い分ける。また、 γ 線検出部のオプションには $\phi 5'' \times 5''$ のウェル形NaI (Tl)シンチレーション検出器もあり、これらを目的に応じて組み換えを行う。計測回路部は米国原子力委員会が制定した放射線測定モジュール標準規格TID-20893に準拠した従来のNIMモジュールベースの回路もあるが、リストモードに対応した波形解析装置(マルチチャネルアナライザ、以下MCA)やデジタルデータ化するためのディジタイザへの置き換えを進めた。さらに当研究室にて前期博士課程を修了した森健一氏(現JAEA)が開発したPythonを用いた解析ソフトウェアによってオフラインでの同時/反同時解析を実現し、従来手法で制限のある短半減期核種や複雑壊変核種の測定に関する研究が進めやすくなった。また、 α 線スペクトル測定用の大きさの異なるSi検出器、真空チェンバを複数備えている。市販の液体シンチレーションカウンタも2機種揃えられているが、これらは当研究室の放射能測定に係る研究のみならず、ライフサイエンス系の研究などでも用いられている。

③ 最近の主な研究課題

当研究室では、放射能の精密測定手法の開発やその応用に取り組んでいる。現在取り組んでいる主なテーマには、医用 α 核種の放射能測定手法の開発に関する研究、食品・環境試料中の放射性物質測定法の高度化研究、汚染検査装置の開発などがある。本誌では、筆者の研究テーマを含む2例を紹介する。

(1) 医用 α 核種の放射能測定手法の開発

近年、短寿命 α 核種を用いたTAT (Targeted Alpha Therapy) が注目を集めており、我が国でも、前立腺がんの骨転移治療薬として²²³Ra(半減期: 11.4d)が承認され利用されている。これに引き続き臨床応用に向けたさらなる研究開発が世界中で盛んに行われている。将来の臨床への応用が期待される α 核種の多くは、子孫核種に α/β 核種をもち、このことは放射能測定を困難にする面がある。当研究室では、このような核種の放射能測定に α 線の飛程厚より薄い厚さ

50 μm 未滿の薄膜状のプラスチックシンチレータを用い、 α/β 核種混在下で α 線のみを選別し、**写真5**の装置を用いた γ 線との同時/反同時スペクトロスコーピにより放射能を測定する手法について研究を進めている²⁾。 ^{223}Ra への本手法の適用に引き続き、 ^{225}Ac (半減期: 9.9d) の放射能測定法の開発にも取り組んでいる。この研究は、量子科学技術研究開発機構の永津弘太郎博士の協力によりサイクロトロンで製造された ^{225}Ac ³⁾及び東北大学の菊永英寿博士、白崎謙次博士 (現大阪大学) の協力により ^{229}Th から抽出された ^{225}Ac を提供いただいている。 ^{225}Ac の場合は ^{223}Ra と同様に子孫核種に α/β 核種が混在する上、さらに子孫核種の一つである ^{213}Po の半減期が4.2 μs と極めて短いため、放射能測定の上でその親核種にあたる β 核種の ^{213}Bi の検出により生じる不感時間の影響によって ^{213}Po の検出効率が著しく低下する問題があった。これについて薄膜プラスチックシンチレータにより ^{213}Bi の検出を抑制し、 ^{213}Po の検出効率低下を回避するとともに、 α - γ 反同時スペクトロスコーピ手法によりその検出効率を正確に求め、放射能を決定した。この研究で、先に述べた森氏はリストモードMCAを用い、オフラインでの同時/反同時解析を実現、その成果をまとめた修士論文の内容は国際誌に掲載された⁴⁾。このほかにも国内で特に臨床応用に向けた研究が活発な ^{211}At の放射能測定手法の開発にも取り組んでいる。この研究では、理化学研究所の羽場宏光博士の多大なる協力を得ている。同博士の取り計らいで院生が理化学研究所を訪ね、製造実験に参加してもらった (**写真6**)。筆者も今年度実験に

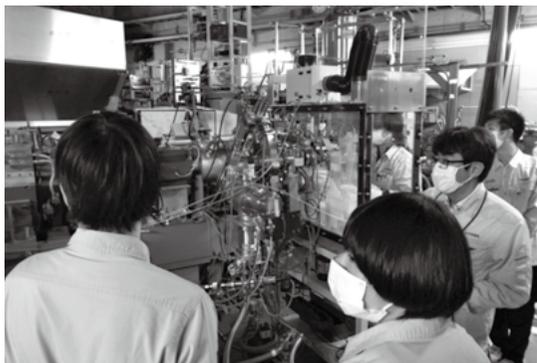


写真6 理化学研究所仁科加速器化学研究センターにて羽場先生の指導を受ける大学院生

参加させていただく予定で大変楽しみにしている。このように当研究室では他施設の先生方の協力により貴重なRIの提供を受け、これらを設備の整った自施設で実験できる優位性がある。

筆者はここに紹介した選別 α - γ 同時/反同時スペクトロスコーピ法による医用 α 核種の放射能測定法をさらに発展させ、適用核種の拡大、精度・信頼性向上を目指す研究に取り組んでいる。その一つが放射線に対する感度を有することが報告され、安価で均一性にも優れているポリエチレンナフタレート (PEN) シートの α 線選別測定への適用である。これまで ^{223}Ra を用いた計算、実測による検討を行い、優れた α 線選別性能を有することを示した。この成果は2024年4月に英国のポーツマスで開催されたThe 25th International Conference on Advances in Liquid Scintillation Spectrometry (LSC 2024) において、口頭発表にて報告した⁵⁾。

(2) 食品に含まれる放射性セシウム放射能測定システムの評価に関する研究

2011年3月の福島第一原子力発電所の事故に伴い放射性物質が放出され、食品中の放射性物質検査が広く実施された。事故からすでに13年経過したが、福島県を中心に未だ食品中の放射性物質検査が広く行われている。従来、検査対象の放射性セシウムは試料を切り刻み、規定の容器に詰めGe検出器などを用いた γ 線スペクトロメトリにより行われている。これに対し、試料を破壊せず測定が可能な非破壊式装置が開発され利用されている^{6, 7)}。このような非破壊で測定する場合、試料の形状の変化、試料の配置、試料中の放射能の不均一分布などが測定の不確かさに影響を及ぼすことが懸念される。当研究室では、本手法のスクリーニング検査への適用性評価を目的とした研究を進めている。この研究は福島県林業研究センターの協力を経て、同センターに設置した非破壊式測定装置で試料を測定し、同試料を、Ge検出器を用いた従来手法で測定して得られた結果との比較により評価を行っている。対象試料は野生キノコ、山菜類としている。また、当研究室でも林業研究センターに設置されている装置と同機種の非破壊装置を備えている。福島県では実試料を用いた検証を行っているが、この方法は信頼性が高い一方、検証に有効な放射能濃度を有する検体



写真7 福島県川俣町にて採取した野生キノコを測定

を十分な数集めるのは容易ではない。そこで大学に設置している機器では、ファントム試料を用いた測定実験を進めている。これまでの研究成果⁸⁾により、令和3年に野生のマツタケについて出荷制限指示を受けている地域で採取されたものでも、非破壊式装置により検査を行い合格したものは出荷できる出荷制限の一部解除が認められた。検査に適用できる品種は野生キノコ、山菜類を合わせて7種が認められている。今後もさらに適用品種を増やすべく研究を進めている。研究室では例年、ほかの研究室や農学部の学生と福島県川俣町に出向き実際にキノコを採取し、現地の測定所の非破壊式装置による測定を行う機会があり(写真7)、本研究が検査の合理化や信頼性確保に貢献していることが実感できる。

4. おわりに

近畿大学原子力研究所及び筆者が所属する放射線応用学研究室の概要について紹介した。研究室に配属されてから2年ほど経つが、非常に充実した研究室生活を送っており、この研究室への所属を決めて良かったと感じている。当研究室では、研究活動を通して、さまざまな経験をする機会があり、望めばいくらかでも挑戦することができる環境にある。筆者も研究室に配属されてからさまざまなことに取り組むことができた。学部生の4年時に、日本保健物理学会研究発表会にて口頭発表の機会を得て、今年の4月は先に紹介したとおり国際会議での口頭での研究発表も行うことができた。今年の9月にも

応用物理学会への参加を予定している。このように多くの学会に参加する機会に恵まれ、特に、国際学会に修士1年の早期のうちから参加させてもらえることは滅多にないことと思う。これが実現できたのは、研究室の環境に恵まれていたからだと実感している。このような環境を提供してくださる山田崇裕教授、研究活動でご協力いただいているすべての方々に感謝の意を表したい。

本稿により原子炉等の研究施設を所有する近畿大学原子力研究所の独自性、本研究室が取り組む研究課題や雰囲気が少しでも伝われば幸いである。

【研究室WEBページ】

<https://sites.google.com/view/yamada-lab-kindai-univ>



参考文献

- 1) Kawada, Y., Ohtsuka, M., Wang, Q., Hino, Y., 2004a. Absolute radioactivity measurements by the use of a 4pb-4pg detector configuration. *Appl. Radiat. Isot.* 60, 357-362
- 2) Takahiro Yamada, Yasushi Sato, Akira Yunoki, Yasushi Kawada, α -particle discrimination in the measurement of α/β decaying chains by the use of ultra-thin plastic scintillation sheets, *Appl. Radiat. Isot.* 159, 109069 (2020).
- 3) Nagatsu, K., Suzuki, H., Fukada, M. *et al.* Cyclotron production of ^{225}Ac from an electroplated ^{226}Ra target. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 49, 279-289 (2021).
- 4) Ken-ichi Mori, Takahiro Yamada, Yasushi Sato, Kotaro Nagatsu, Hidetoshi Kikunaga, α (PS) - γ (Ge) digital anti-coincidence spectroscopy and its application to activity measurement of ^{225}Ac , *Appl. Radiat. Isot.* 202, 111061 (2023).
- 5) Yuya Soeta, Takahiro Yamada, Ken-ich Mori, Yasushi Sato, Application of polyethylene naphthalate sheets to alpha particle discrimination in the use of 4π -alpha-gamma anticoincidence spectroscopy. *The 25th International Conference on Advances in Liquid Scintillation Spectrometry* (2024).
- 6) 石井慶造, 食品の汚染検査のための放射能非破壊検査装置 *Isotope News* 729, 21-27 (2015).
- 7) (株)アドフューテック, そのまはかるNDA, https://www.adfutech.com/pdf/Catalog_160108-1_AFTNDA2.pdf
- 8) Takahiro Yamada, Katsumasa Furutaka, Mayumi Hachinohe, Akiko Hachisuka, Applicability of non-destructive equipment for radioactivity measurement to screening radio-caesium in foods, *Appl. Radiat. Isot.* 194, 2023, 110671.

放射能・放射線 単位・元素名の由来 高橋 正

第 8 回

ラザホージウム $_{104}\text{Rf}$: rutherfordium (その1)

＊放射線関連分野での大きな功績を称え、その名前が単位や元素名に用いられている科学者の人物像や功績を紹介するシリーズ＊

原子番号が104以降の元素を超重元素（超アクチノイド元素）とよぶが、その最初の元素がラザホージウムである。この元素は旧ソ連のドブナ（1964年）とアメリカのバークレー（1969年）で発見された。発見が冷戦時期だったこともあって元素の命名を巡って混乱があったが、1997年にラザホージウム、Rfの命名が確定した。Rfには15種の放射性同位体が知られている。しかし核反応によるRfの生成確率が低い（ ^{261}Rf で4原子/min）うえに短半減期（ ^{261}Rf で70s）であるため、一度に1個程度の原子しか扱えない。このため化学的な性質を知るには、通常的手法を用いることができない。実験を繰り返して統計的な処理をして熱力学データとするシングルアトム化学（atom-at-a-time chemistry）の手法が使われる。Rfはハフニウムやジルコニウムと共通の化学的性質を示すことから周期表でアクチノイド元素に続く4族元素であることや、同族元素との比較から相対論効果の影響が見られることが報告されている。元素の名称は、ファラデーとならぶ実験物理学者で、原子核物理学の創始者アーネスト・ラザフォード（Ernest Rutherford, 1871-1937）によるものである。

ラザフォードはニュージーランド南島のネルソンの近郊に生まれた。父は4歳のときに祖父に連れられてスコットランドからやってきた開拓者だった。1890年にクライストチャーチにあるカンタベリーカレッジに入学した。ここで高周波放電による鉄の磁化の研究をおこない、修士号を得た。

1895年に奨学金をえてケンブリッジ大学キャンペンディッシュ研究所のJ. J. トムソン（J. J. Thomson）のもとに留学し、研究生となった。磁性の研究を続けて、無線通信の検知に繋がる一線級の成果を挙げていたが、1896年にX線が発見されるとX線による気体の電離の研究に転向し、放射能の発見後はウランによる電離の研究に取りかかった。1898年にはウランから2種類の放射線が出ていることを確かめて、物質の吸収力の違いから α 線と β 線と名付けた。また1900年にヴィラルール（P. Villard）が発見した透過力が高い放射線には γ 線と名付けた。

1898年秋に独り立ちして、カナダ・モントリオール

のマギル大学教授となった。そこは物理学研究の中心地から遠く離れた場所であったが、すぐに放射能研究の拠点の一つとなった。

手始めにトリウムから放射性の何かが出ていることを見つけて、エマネーション（Em）と名付けた。1901年10月から1年半ほどの間、オックスフォード大学を出てまもない化学者ソディー（F. Soddy）が加わり、目覚ましい成果を挙げた。トリウムからのエマネーション（ThEm） [^{220}Rn]*が化学的に不活性で、液化実験からThEmやラジウムからのエマネーション [^{222}Rn] が貴ガスであることを明らかにした。トリウム（Th）から新物質のトリウムX（ThX）を分離したところ、ThXからThEmが生じることが分かった。分離後のTh [^{232}Th] やトリウムX [^{224}Ra] の放射能の時間変化を調べると、Thの放射能の回復曲線と、ThXの放射能の減衰曲線が対称な関係にあり、二つの和は一定だった。1903年に二人は、放射線は荷電粒子で、放射性の物質が新しい物質に変化するときに放出され、同時に原子が壊れることを報告した。放射壊変の基本法則を定式化し、壊変速度は物質ごとに決まった値であることも報告した。このようにして、放射能についての現象論的理解が深まった。ラザフォードのこの功績に対して1908年にノーベル化学賞が贈られた。

ソディーは1903年にイギリスに戻り、放射壊変について化学的な側面から研究を進めた。壊変系列がだんだん明らかになったが、1913年に α 壊変や β 壊変にともなう原子の周期表での位置の変化を表す変位則（同時期にファヤンス（K. Fajans）も発見）や同位体（ソディーの命名）の概念を提案した。これらの業績により1921年にノーベル化学賞を受賞した。一方、ラザフォードは α 線の研究を進めた。

β 線は高速の電子であることが分かっていたが、 α 線については荷電粒子であることが推測されたものの、よくわかっていなかった。ラザフォードは、1903年から1904年にかけて、 α 線の比電荷がヘリウムイオンに近いことや、他の科学者も気づいていたが放射性の物質を温めるとヘリウムが出てくることから、 α 線が He^{2+} であることに確信を持つようになった。

* 現代的な表記を [] 内に示す。

サービス部門からのお願い

ガラスバッジで返却時のお願い ～シール貼付時の対応について～

平素より弊社のガラスバッジサービスをご利用いただきまして誠にありがとうございます。
ガラスバッジに使用している資材（本体やクリップ等）は、測定後再利用しております。
使用期間中、本体やクリップ等にシールを貼り付けてご使用された場合は、返却前に必ずシールを剥がして、ご返却いただけますようご協力をお願いいたします。
また、ガラスバッジ運用面でお困りごとがございましたら、最寄りの担当事務所までご相談ください。



記事に関するご意見や掲載希望の記事案については、こちらまでお送りください ctc-fbnews@c-technol.co.jp

編集後記

- 今月号は、原子力発電環境整備機構（NUMO）の対話活動について、北海道2町村、寿都町及び神恵内村における交流センターの開設とそこの対話活動を中心にした概要の紹介がありました。
- また、令和5年度（令和5年4月～令和6年3月）の個人線量の集計の詳細については、「個人線量の実態」FBNews No.573（令和6年9月1日）に報告されていますが、ここでは同実効線量について、全事業所を医療、研究教育、非破壊検査、一般工業、獣医療の5グループに分けて集計し、より簡略に見やすい形にして報告しました。1人平均年間被ばく実効線量は0.17mSvで、昨年度と変わりませんでした。
- 中川先生の今回のコラムはPSMA-PET検査について、前立腺がんの細胞に特異的に発現する「前立腺特異的膜抗原」（PSMA：Prostate Specific Membrane Antigen）に親和性を有する薬物に放射性同位元素を結合させたものを投与して、PET検査によって、従来は診断できなかった転移巣を可視化することができるようになったので、一刻も早い保険承認を期待しているとのことです。
- 学生応援企画の第4弾近畿大学原子力研究所放射線応用学研究室の紹介です。この研究室では、特にRI応用の基盤となる放射線計測技術の高度化、新たな核種の利用に際しての放射能測定手法の開発に向けた研究など、放射能測定に関連した研究課題を広く取り扱っていて、放射能測定に用いられる主な測定器として、数台のGe検出器や4π α/β - γ 同時/反同時スペクトロスコープシステムがあり、最近では医用 α 核種の放射能測定手法の開発、食品中に含まれる放射性セシウムの放射能測定システムの評価に関する研究を行っているとのことです。
- なお、高橋正先生のシリーズ企画は、今回はラザフォードです。ロシアのウクライナ侵攻が未だに続き、ガザの争いも終わらず、あちこちで紛争が続いています。何とか平和が来ることを願わずにはおれません。（T.N記）

FBNews No.575

発行日／2024年11月1日

発行人／井上任

編集委員／小山重成 小口靖弘 中村尚司 野村貴美 古田悦子 青山伸 福田達也 藤森昭彦
篠崎和佳子 高橋英典 田谷玲子 東元周平 堀口亜由美 松本和樹 丸山百合子 村山賢太郎

発行所／株式会社千代田テクノ

所在地／〒113-8681 東京都文京区湯島1-7-12 千代田御茶の水ビル

電話／03-3518-5665 FAX／03-3518-5026

<https://www.c-technol.co.jp/>

印刷／株式会社テクノサポートシステム

— 禁無断転載 — 定価400円（本体364円）