

放計協 ニュース

公益財団法人 放射線計測協会



放射性同位体の利用拡大を期待して

一般財団法人放射線利用振興協会理事長
京都大学名誉教授 柴田 誠一

私達の身の回りには様々なプロセスを経て生成した放射性同位体 (RI) が存在しています。私が大阪の熊取町にある京都大学原子炉実験所 (現: 複合原子力科学研究所) に在職していた2007年7月、中越沖地震が起きました。その時、一般の方から「大阪熊取地区の環境放射線レベルが上昇しているが、地震と環境放射線レベルの上昇に因果関係はあるのか?」との問い合わせがありました。その日熊取地区には集中的にかなりの雨が降りました。降雨時には、大気中に含まれるRIが雨とともに地表へ降下してきます。そのため地表付近では空間線量率の一時的上昇がみられます。従って地震との因果関係はありませんが、大気中には、宇宙線との核反応や天然に存在するウランやトリウムの壊変を起源とするRIが存在していることを実感できる現象です。

宇宙線照射により生成したRIの生成機構については、加速器を用いて天然で起こっている現象の再現を試みることによってその追究が可能になります。私は、40数年前アメリカ留学中にロスアラモス国立研究所で高エネルギー陽子加速器による核破砕反応の実験を行いました。ここはマンハッタン計画の原爆製造が行われたところです。この実験では核破砕反応の反応機構を調べるため、反応で生成した多様なRIを可能な限り広範に測定しました。高い反応収率で長半減期のRIは照射試料の直接測定で結果を得ることができましたが、反応収率が低く半減期が数分程度のRIも十分な精度で測定するために、迅速化学

分離法を新たに開発しました。化学分離の適用で測定バックグラウンドを下げることで低収率のRIでも測定が可能になります。この時は、5分余りの分離時間で10分以下の半減期を持つRIが測定できました。この経験は私のその後の研究生生活のベースとなりました。

現在、大学においてRIを取り扱う放射化学研究室が減少しています。RIの化学的取り扱いができる研究者も激減していて、この状況が危惧されます。RIの化学的取扱いは、我が国では「放射性同位元素等の規制に関する法律」の規制を受け、設定された管理区域内で実施しなければなりません。そのためRI利用研究は、規制上の問題から、簡単なテスト実験であっても直ちに行うことが難しい状況にあります。

このような状況の打開に向けて、2016年度から文科省・新学術領域研究・学術研究基盤形成事業「短寿命RI供給プラットフォーム」がスタートしています。RI利用の裾野を拡げ、利用者の拡大とRI利用科学の発展に資することを目指して、多様な分野の学術研究に用いられる短寿命のRIの供給が進められています。最近、アルファ線を放出するRIを用いた核医学治療が注目を集めています。このためには治療に用いるRIを加速器あるいは原子炉を用いて製造し、化学的な分離操作により純粋な形で抽出し、提供しなければなりません。これらのニーズに応えるためにもRI利用研究の重要性が再認識され、多方面での今後の進展を期待しています。

三次元線量分布測定に適した 再利用可能なゲル線量計の開発

広島大学 原爆放射線医科学研究所
線量測定評価研究分野

教授 保田 浩志

1. はじめに

ゲル状の素材から成る線量計には、媒体内の線量分布を三次元（3D）で記録・再現できるという特長がある。これは、現在線量計として広く用いられているセラミックやガラス、フィルム等の素材にはない特長で、放射線治療の品質管理（QC）や品質保証（QA）、また、放射線被ばく事故が発生した際の線量再構築等において、人体内の臓器や組織の線量分布を立体的に把握する目的で有効利用できる」と期待されている¹⁻³⁾。

ゲル線量計の素材には、ポリマーゲル、フリッケゲル、色素ゲル、それらを複合させたもの等の異なるタイプがあり、それぞれの特性や形状に適した読取技術（MRI、分光光度計、光学CT等）と合わせて、多様な研究開発が行われている。最近の傾向としては、線量に比例した濃さの着色を呈するゲル（ラジオクロミックゲル）素材の開発・応用に関心が高まっている⁴⁻¹⁹⁾。例えば、ロイコ体であるトリアリールメタン色素をポリウレタン中に分散させたPRESAGETM⁶⁾や、メチルチモールブルーとフリッケゲル線量計を組合せたTrueviewTM⁹⁾などが近年製品化された。

こうした背景のもと、私たちは、日本で進んでいたポリビニルアルコールとヨウ化物（PVA-I）をベースとしたゲルの開発研究^{11, 14)}と、イタリアのグループによる架橋剤としてグルタルアルデヒド（GTA）を用いたフリッケゲルの開発に関する先行研究^{12, 13)}を参考に、新たなラジオクロミックゲル（通称「PVA-GTA-Iゲル」、ここでは「PGIゲル」と略記）を独自に開発し、その放射線応答や再利用性等を調べてきた。そして、他のラジオクロミック線量計と比べ、PGI線量計には以下のような特長があることを見出した^{20, 21)}。

- ・放射線照射により無色透明から赤色に変化するので検出が容易である；
- ・透明度が高く厚みのある試料でも深部まで放射線色が視認できる；
- ・放射線治療や線量再構築で対象となる線量範囲（数～数十Gy）で良好な応答を示す；
- ・有害な物質を含まず、比較的製造が容易である；
- ・アニール（加熱処理）によって初期化し再利用できる。

本稿では、これらの特徴を持つPGIゲルの基本的な特性について紹介したいと思う。

2. 材料及び方法

PGIゲルは、ポリビニルアルコール（PVA）、グルタルアルデヒド（GTA）、ヨウ化カリウム（KI）、フルクトース、グルコノ- δ -ラクトン（GDL）および純水から成る。いずれも富士フイルム和光純薬株式会社（大阪市）の分析グレードの試薬を使用している。PGIゲルの化学組成を表1に示す。

表1 PGIゲルの化学組成

成分	濃度 [wt%]
H ₂ O	85.63
PVA	9.51
KI	1.42
Fructose	1.54
GDL	1.53
GTA	0.36

これらを混合して作成した溶液を、PMMA キュベット（10×10×45 mm）に移し、蓋の無い開放状態のまま真空チャンバー（ -0.08 MPa）内に2時間静置して、脱気処理を行いながらゲル状に固化させた。

その後、キュベットを蓋とパラフィルムで覆い、オーブンで50℃で12時間アニール（加熱処理）した後、室温で2時間以上安定化させた。線量応答やアニールによる再利用性を細かく調べるため、約300個のキュベット試料を準備した。

PGIゲルの照射は、広島大学病院にある医療用線形加速器（LINAC）のTrueBeam™（Varian Medical Systems, CA, USA）からの治療用X線（エネルギー：6 MV、線量率：600 MU min⁻¹）と、広島大学原爆放射線医科学研究所が保有するGammacell[®]40ガンマ線照射装置（Best Theratronics Ltd., Ottawa, Canada）からの¹³⁷Cs γ線をを用いて行った。二次電子平衡を成立させるために、試料を水等価ファントム（PH-40タフウォーターファントム[®]、株式会社京都科学、京都市）の間に配置した。線量応答を調べるため、X線に対しては1～20 Gy、γ線に対しては1～10 Gyの線量を照射した。照射した試料は直ちに冷蔵庫内（5.5℃）に移し、約24時間後に取り出して室温（約20℃）で2時間安定させた。アニール（50℃）による脱色プロセスを調べるため、治療用X線を照射した試料について、加熱を開始してから15分～24時間後に随時読取りを行った。読取りには分光光度計（NanoDropOneC™UV-Vis分光光度計、Thermo Fisher Scientific Inc., MA, USA）を使用し、350～800 nmの波長範囲で吸光度の測定を行った。

3. 結果と考察

3.1 着色特性

0（コントロール）、1、2、3、4、5、7、10 Gyの¹³⁷Cs γ線を照射したPGIゲル試料の着色状態を撮影した写真を図1に示す。照射前の試料では背景の線が綺麗に見えており、透明度が高く3次元線量分布を測定するうえで有利な素材であることが分かる。また、1～10 Gyの範囲で色の濃さが明瞭に変化していることから、このレベルの線量を用いている放射線治療や、同レベルの被ばくが問題となる放射線事故での線量再構築に適した特性があると言える。

図1の各試料について、分光光度計で測定した吸光度スペクトルを図2に示す。これより、吸光

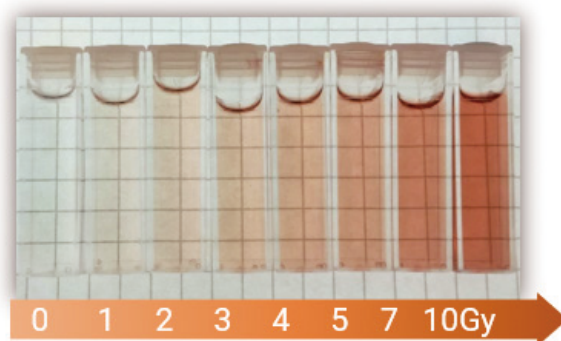


図1 左から0（コントロール）、1、2、3、4、5、7、10Gyの¹³⁷Cs γ線を照射したPGIゲルの写真；方眼紙を背景に撮影

度のピークが約490 nmの波長位置にあることが確認されたので、490 nmでの吸光度の変化（ΔAbs）、すなわち照射した試料と非照射（コントロール）試料の吸光度の差で着色レベルを評価することとした。

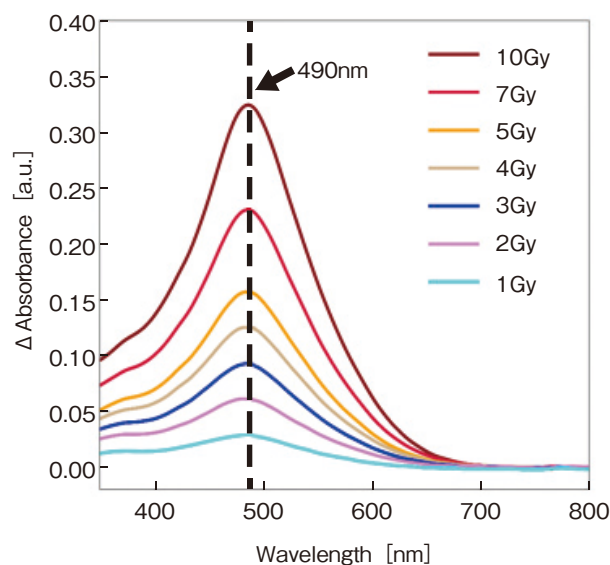


図2 ¹³⁷Cs γ線を1～10Gy照射してから48時間後に測定したPGIゲルの吸光度スペクトル

3.2 再利用性とアニール特性

PGIゲルのアニール（50℃×12時間）とγ線（1～10 Gy）照射を3回繰り返した場合における線量応答を図3に示す。ここで、各プロットの値は3つの試料の平均値で、エラーバーはその標準偏差である。同じ傾きの線形の線量応答が再現され、アニールを繰り返してもエラーバーが大きくなる傾向も見られなかったことから、PGIゲルは優れた再利用性を有していると言える。

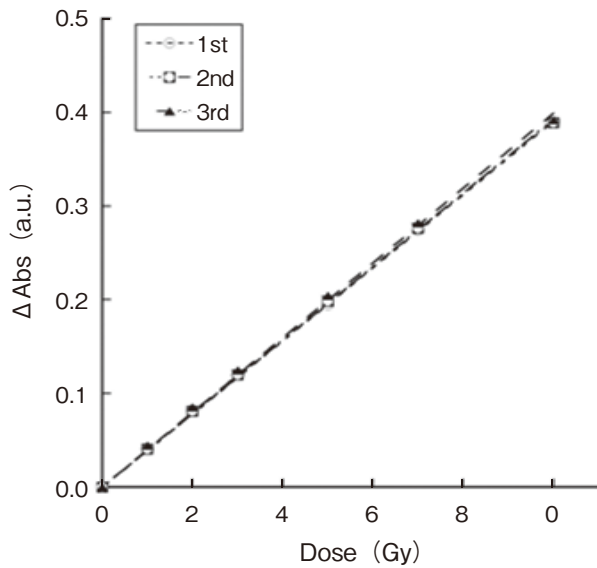


図3 アニールとγ線照射を3回繰り返して得られたPGIゲルの線量応答の比較；良好な再現性が認められる

次に、LINACの6MV X線を1～20Gy照射したPGIゲルについて、アニールを開始してから1、12、24時間後に撮影した写真を図4に示す。PGIゲルの放射線着色が、1日（24時間）後にはほぼ初期の状態に戻ることが視覚的に確認できた。

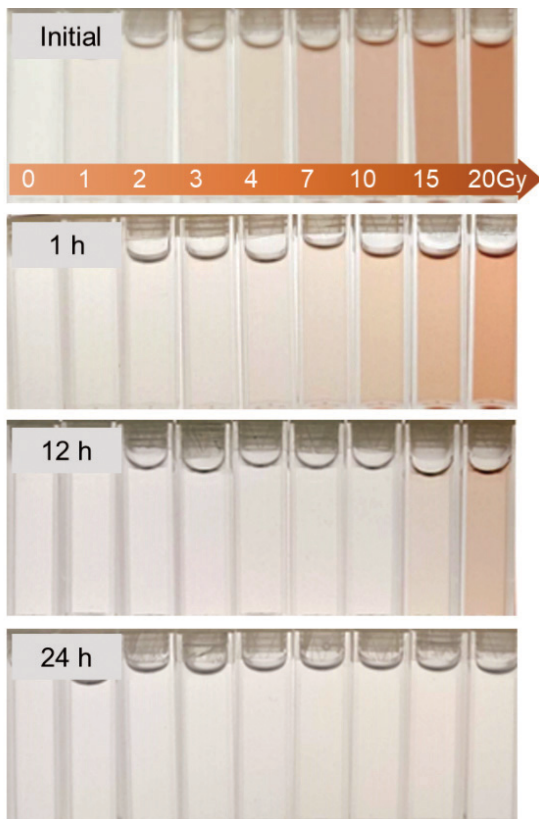


図4 アニール処理（50℃）による脱色過程の写真；上から、0、1、12、24時間後

図4の試料を含む、0～20 GyのX線を照射したPGIゲル試料について、アニール時間とΔAbs（波長約490 nmでの吸光度変化）との関係を図5に示す。各プロットは3つの試料の平均値で、各プロットのエラーバーはその標準偏差である。これらの結果から、アニールによる脱色過程の速度は線量に依存することが示唆された。

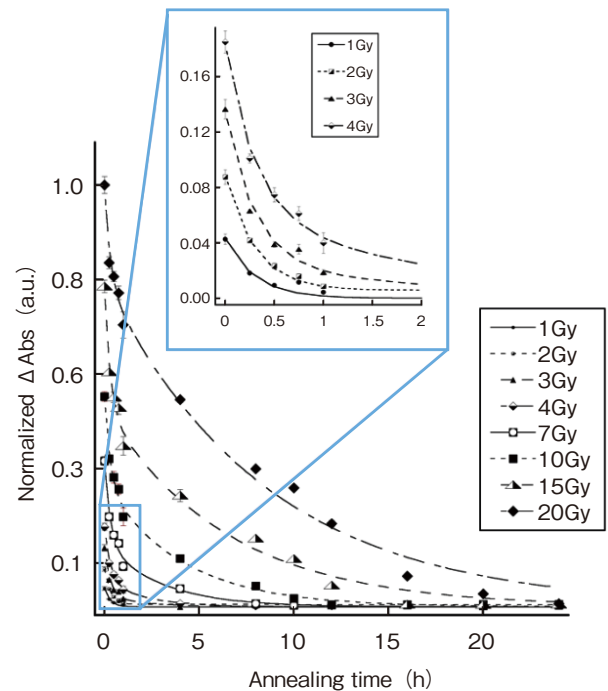


図5 1-20Gyの治療用X線を照射したPGIゲルの吸光度変化とアニール処理時間の関係；上図は1～4Gyの試料について2時間までの結果を拡大したもの

これについて確認するため、図5のプロットについて様々な関数形を用いた回帰分析を行った結果、ΔAbs値の時間変化は、次のような2つの指数関数の和で表される減衰曲線によく近似できることが分かった：

$$A(t) = A_1 e^{(-\lambda_1 * t)} + A_2 e^{(-\lambda_2 * t)} \quad (1)$$

表2は、式（1）によるフィッティングで得られたパラメータの値をまとめたものである。これらの結果から、速い減衰成分の遅い減衰成分に対する比（ A_1/A_2 ）は線量レベルの増加とともに小さくなること、又、遅い減衰成分の寄与は2Gy以下では無視できること等が確認された。すなわち、PGIゲルの放射線着色は、低線量（～数Gy）の場合は50℃の加熱で速やかに消去されるのに対

表2 アニール処理時間に対する吸光度変化の関係（図5）について、式（1）を用いた回帰分析により得られたパラメータの値

Dose (Gy)	Fitting parameters				A ₁ /A ₂ Ratio
	A ₁ (arb. unit)	λ_1 (h ⁻¹)	A ₂ (arb. unit)	λ_2 (h ⁻¹)	
1	0.0442	3.33	0	—	—
2	0.0846	3.33	0.0057	0.006	14.8
3	0.1112	3.33	0.0259	0.468	4.30
4	0.1225	3.33	0.0648	0.478	1.89
7	0.1927	3.33	0.1508	0.335	1.28
10	0.2035	3.33	0.2924	0.245	0.70
15	0.2815	3.33	0.4718	0.156	0.60
20	0.2146	3.33	0.7749	0.118	0.28

し、高線量すなわち高密度の電離によって生じた着色を消去するには、より長い時間を要することが分かった。

4. まとめ

これまでにX/γ線を用いて得られた知見から、著者らが独自に作製したPGIゲルは、放射線照射により無色透明から明瞭に識別できる赤色に変化し、～20 Gyにおいて着色が線量に比例して濃くなること、50℃で数時間～1日程度の加熱処理（アニール）により放射線着色が消去され元の無色透明な状態に戻ること、アニールと照射を繰り返した場合でも良好な線量応答が再現されること等、放射線治療等への応用にあたり有利な特性を有することが明らかになった。一方、線量が高くなるとアニールに要する時間が長くなること、長期間の保管で酸化による着色が進行すること等の特性は実用上問題になる可能性があり、それらを解決するための研究開発をさらに進める必要がある。

【付記】

本稿に掲載している研究を進めるにあたり、広島大学大学院（当時）のJolan E. Taño博士及び広島大学原爆放射線医科学研究所助教のChryzel

Angelica B. Gonzales博士から助力を得た。また、当該研究の一部はJSPS科研費18KK0147による助成を受けたものである。

【引用文献】

- Baldock, C., De Deene, Y., Doran, S., Ibbott, G., Jirasek, A., Lepage, M., McAuley, K.B., Oldham, M., Schreiner, L.J. (2010) Polymer gel dosimetry. Phys. Med. Biol. 55, R1.
- Baldock, C. (2017) Review of gel dosimetry: a personal reflection. J. Phys. Conf. Ser. 777, 01202.
- Schreiner, L.J. (2015) True 3D chemical dosimetry (gels, plastics) : Development and clinical role. J. Phys. Conf. Ser. 573.
- Solc, J., Spvek, V. (2009) New 3D radiochromic gel dosimeters with inhibited diffusion. J. Phys. Conf. Ser. 164, 1-7.
- Vandecasteele, J., Ghysel, S., Baete, S.H., Deene, Y. De. (2011) Radio-physical properties of micelle leucodye 3D integrating gel dosimeters. Phys. Med. Biol. 56, 627-651.
- Alqathami, M., Blencowe, A., Qiao, G., Butler, D., Geso, M. (2012) Optimization of the

-
- sensitivity and stability of the PRESAGE™ dosimeter using trihalomethane radical initiators. *Radiat. Phys. Chem.* 81, 867-873.
- 7 Nasr, A.T., Alexander, K.M., Olding, T., Schreiner, L.J., McAuley, K.B. (2015) Leuco-crystal-violet micelle gel dosimeters: II. Recipe optimization and testing. *Phys. Med. Biol.* 60, 4685-4704.
 - 8 Oldham, M., Juang, T., Yoon, S.W. (P.) . (2017) Radiochromic 3D Detectors. In *Clinical 3D Dosimetry in Modern Radiation Therapy*, 1st ed., Mijnheer, B. Ed., CRC Press, Boca Raton, USA.
 - 9 Penev, K.I., Mequanint, K. (2015) Methylthymol blue in Fricke gels. *J. Phys. Conf. Ser.* 573, 012030.
 - 10 Juang, T., Adamovics, J., Oldham, M. (2015) Characterization of a reusable PRESAGE® 3D dosimeter. *J. Phys. Conf. Ser.* 573, 6-11.
 - 11 Miyoshi, H., Masahiko, Y., Maeda, S., Yamada, K., Matsumura, J. (2016) Reversible radiochromic plate based on polyvinyl alcohol-iodide complex containing silica nanoparticles. *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 308, 469-475.
 - 12 d'Errico, F., Lazzeri, L., Dondi, D., Mariani, M., Marrale, M., Souza, S.O., Gambarini, G. (2017) Novel GTA-PVA Fricke gels for three-dimensional dose mapping in radiotherapy. *Radiat. Meas.* 106, 612-617.
 - 13 Marini, A., Lazzeri, L., Cascone, M.G., Ciolini, R., Tana, L., d' Errico, F. (2017) Fricke gel dosimeters with low-diffusion and high-sensitivity based on a chemically cross-linked PVA matrix. *Radiat. Meas.* 106, 618-621.
 - 14 Sunagawa, T., Harvel, G., Aoki, Y., Umeda, M., Hayami, J., Sakakibara, K., Goto, H., Ebina, T., Taguchi, M., Nagasawa, N., Yoshihashi, S., Hatashita, M., Kume, K., Sakura, T. (2017) Development of the gel indicator using PVA and KI. *Mem. Fukui Univ. Technol.*, 47, 105-110. (in Japanese)
 - 15 Colnot, J., Huet, C., Gschwind, R., Clairand, I. (2018) Characterisation of two new radiochromic gel dosimeters TruView™ and ClearView™ in combination with the vista™ optical CT scanner: A feasibility study. *Phys. Medica* 52, 154-164.
 - 16 Kouvati, K., Jaszczak, M., Papagiannis, P., Kadlubowski, S., Wach, R., Maras, P., Dudek, M., Kozicki, M. (2019) Leuco crystal violet-Pluronic F-127 3D radiochromic gel dosimeter. *Phys. Med. Biol.* 64, 175017.
 - 17 Hayashi, S., Ono, K., Fujino, K., Fujimoto, S. (2019) Influence of the components of a radiochromic PVA - Iodide gel dosimeter on the optical dose response. *J. Phys. Conf. Ser.* 1305, 012031.
 - 18 Hayashi, S., Ono, K., Fujino, K., Ikeda, S., Tanaka, K. (2020) Novel radiochromic gel dosimeter based on a polyvinyl alcohol - Iodide complex. *Radiat. Meas.* 131, 106226.
 - 19 Newton, J.R., Recht, M., Hauger, J.A., Segarra, G., Inglett, C., Romo, P.A., Adamovics, J. (2021) Feasibility of a reusable radiochromic dosimeter. *Appl. Sci.* 11, 9906.
 - 20 Taño, J.E., Hayashi, S. ichiro, Hirota, S., Gonzales, C.A.B., Yasuda, H. (2020) Effect of the glucono- δ -lactone concentration on the sensitivity and stability of PVA-GTA-I radiochromic gel dosimeter. *Radiat. Meas.* 134.
 - 21 Taño, J.E., Gonzales, C.A.B., Saito, A., Wada, T., Nagata, Y., Yasuda, H. (2021) Annealing properties of the PVA-GTA-I gel dosimeter. *Radiat. Meas.* 2021, 149, 106674.
-

令和4年度事業計画と収支予算(抜粋)

令和4年度事業計画・収支予算の概略を紹介します。(全文は協会のホームページ <http://www.irm.or.jp>で公開しています。)

事業計画

公益財団法人放射線計測協会(以下、当協会と記述)は、放射線計測の信頼性向上に必要な事業を実施するとともに、その成果の活用及び放射線計測に係る技術教育を行うことにより、原子力・放射線の利用開発の健全な発展並びに安全・安心な社会の実現に寄与している。

新型コロナウイルス感染症の流行は未だ収まる気配を見せず、原子力機構においても感染対策としての施設の利用制限等の措置が継続的に実施されている。このため、当協会の活動も一部制約を受けているが、令和2年度以降、WEB会議の活用やオンラインでの教育研修活動の実施など、新しい業務形態による事業や活動も定常化しつつある。

令和4年度においても、新型コロナウイルス感染症の影響にも適切に対応しつつ、国内の原子力関連事業の動勢や原子力機構の研究開発状況の変化に伴う関連業務への影響を的確に捉え、公益目的事業としての「放射線計測の信頼性確保に係る事業」を着実かつ積極的に実施していくこととする。

「放射線計測に係る調査・試験研究及び技術開発」の業

務では、放射線標準の移行に係る技術的基盤の整備や新しい放射線測定器校正手法の開発を継続的に実施する。また、重要な放射線測定器校正に係る技術の継承に取り組むほか、業務範囲の拡大について引き続き検討を行う。

「放射線計測器の校正、基準照射、特性試験及び放射線・放射能の計測」の業務では、国、地方公共団体、原子力研究機関、産業界等にトレーサビリティを確保した品質の高い校正サービスを提供する。また、原子力・放射線施設等で発生する各種の試料中放射能の分析・測定や放射線管理計測等の業務を着実に実施し、施設や周辺環境における放射線安全確保に寄与する。

「放射線計測に係る研修及び普及」の業務では、放射線管理及び放射線計測に係る技術者養成のための研修、並びに放射線業務従事者教育訓練を実施するとともに、国、地方公共団体等のニーズに即した放射線教育や原子力防災に係る研修、さらに一般を対象とした体験活動等、幅広い放射線知識の普及活動を実施する。また、放射線計測に係る専門機関として、関連する最新の技術的知見の獲得と普及発展に貢献するための活動を実施する。

収支予算(正味財産増減予算書)

令和4年4月1日～令和5年3月31日

(単位:円)

科 目	当 年 度	前 年 度	増 減
I 一般正味財産増減の部			
1. 経常増減の部			
(1) 経常収益			
基本財産運用益	1,000	1,000	0
特定資産運用益	6,000	8,000	△ 2,000
事業収益	314,862,000	306,665,000	8,197,000
雑収益	0	110,000	△ 110,000
経常収益計	314,869,000	306,784,000	8,085,000
(2) 経常費用			
事業費	295,637,942	288,670,064	6,967,878
管理費	24,660,058	24,356,936	303,122
経常費用計	320,298,000	313,027,000	7,271,000
当期経常増減額	△ 5,429,000	△ 6,243,000	814,000
2. 経常外増減の部			
(1) 経常外収益			
経常外収益計	499,000	481,000	18,000
(2) 経常外費用			
経常外費用計	0	0	0
当期経常外増減額	499,000	481,000	18,000
当期一般正味財産増減額	△ 4,930,000	△ 5,762,000	832,000
一般正味財産期首残高	199,701,720	192,881,766	6,819,954
一般正味財産期末残高	194,771,720	187,119,766	7,651,954
II 指定正味財産増減の部			
当期指定正味財産増減額	0	0	0
指定正味財産期首残高	0	0	0
指定正味財産期末残高	0	0	0
III 正味財産期末残高	194,771,720	187,119,766	7,651,954

令和4年度 研修講座のご案内

講 座 名		開 催 期 間	講 座 の 目 的
定 期 講 座	原子力教養講座	第 37 回 7 月13日～ 7 月15日 第 38 回 12 月 7 日～ 12 月 9 日	原子力の基礎的な知識を身につけることを目指す。
	原子力防災入門講座	第 7 回 11月24日～ 11月25日	原子力防災活動に必要な放射線（能）に係る基礎知識の習得を目指す。
	放射線管理入門講座	第 89 回 5 月30日～ 6 月 3 日 第 90 回 9 月 5 日～ 9 月 9 日 第 91 回 1 月23日～ 1 月27日	放射線管理業務に関する基本的知識の習得を目指す。
	放射線管理計測講座	第136回 6 月20日～ 6 月24日 第137回 10月17日～ 10月21日	放射線管理業務の中級程度の知識、技能の習得を目指す。
放射線業務従事者 教育訓練		初期教育・再教育共に原則として各々月 1 回開催 ＊原則オンライン（WEB 会議システム）方式での開催となります。 ＊初期教育、再教育6時間コースは同日開催、再教育2.5時間は、別日程で開催致します。 ＊開催日は当協会ホームページを参照、またはお問合せ下さい。	
講 師 派 遣		放射線教育、放射線取扱主任者受験準備講座、原子力防災に係る研修など。	

開催場所：公益財団法人 放射線計測協会 会議室等
 募集人員：定期講座 16 名、放射線業務従事者教育訓練 20 名程度
 申込方法：当協会ホームページ <http://www.irm.or.jp> から直接お申込み下さい。
 担 当：研修・普及グループ TEL：029-282-0421（直） 受付時間9：00～17：30
 ※参加申し込み人数によっては、講座の開催を中止する場合があります。
 ※詳しくはホームページを参照またはお問い合わせ下さい。

＜お知らせ＞
 研修講座につきましては、上記ご案内のとおり実施する予定でありますが、新型コロナウイルス感染拡大の状況により、定期講座など集合による研修については、やむを得ず中止とする場合もございます。
 今後のご案内につきましては、随時、当協会ホームページで発信して参りますので、研修情報をご参照下さい。
 皆様におかれましては、引き続きご理解ご協力を賜りますようお願い申し上げます。

お 知 ら せ

簡易放射線測定器を無料（運送費含む）で貸し出します。

最大10日間（輸送期間含めて2週間程度）

詳しくはホームページをご覧ください

https://www.irm.or.jp/hukyu_2.html



編 集 後 記

コロナ禍にあり、開催に向け様々な議論が渦巻いていた東京オリンピックも終わり、先日、冬季オリンピック・パラリンピックも閉幕しました。東京オリンピックの年に生まれた私は、当然当時の記憶もなく二度目（？）の東京オリンピックをしっかりと観戦することを楽しみにしていました。しかし、新型コロナまで登場し、その対応に追われあっという間に時間が過ぎてしまいました。結局、優雅にテレビ観戦もできずにニュースで結果を確認し、日本勢が頑張っていることで勇気付けられていました。ところが、平和の象徴である冬季オリンピックの開催中に有事が発生し、さらに不安な情勢となってしまいました。少し前までは、脱炭素やれ電気自動車だと気候変動にまつわる話を中心となっていましたが、その話はどこへ行ってしまったのでしょうか。テロ対策などの核セキュリティの重要性も一層身近なものとなってしまいました。子供たちが不安なく笑顔で暮らせる時代になってほしいと願っております。

放計協ニュース No. 69 Apr. 2022

発行日 令和4年4月15日

発行編集 公益財団法人 放射線計測協会

〒319-1106 茨城県那珂郡東海村白方白根2-4

TEL：029-282-5546 FAX：029-283-2157

E-mail：kensyuka@irm.or.jp

ホームページ：<http://www.irm.or.jp>