



Photo Kiranori Kirano

Index

小型で持運びが容易な遮蔽一体型 甲状腺ヨウ素モニタシステムの開発……………	谷村 嘉彦	1
〔コラム〕 44th Column 【学校でのがん教育】……………	中川 恵一	6
〔施設訪問記⑨〕 － 青森県量子科学センターの巻 － ……………		7
バイオサイエンス分野における非密封放射性同位元素実験に関する 利用者の意識調査……………	田野井慶太郎	13
令和 4 年度放射線安全取扱部会年次大会 (第63回放射線管理研修会) ……………		18
〔サービス部門からのお願い〕 返信用封筒はゼロハンテープで確実に封をしてください……………		19

小型で持運びが容易な遮蔽一体型 甲状腺ヨウ素モニタシステムの開発



谷村 嘉彦*

1. はじめに

原子力事故などの緊急時には、事故後早い段階においてできるだけ沢山の人を対象に、精度の高い計測により、内部被ばく線量評価を行う必要がある。特に、半減期が短い放射性ヨウ素の内部被ばく線量評価には、摂取後早期の甲状腺被ばく線量の測定が必要となる。東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の経験から、高バックグラウンド環境下での測定方法や甲状腺及び周囲組織の解剖学的な個人差を考慮した線量評価方法等の開発が課題としてあげられ、今後の方が一の事故に対応するための測定装置の開発と整備が必要とされている。そこで、原子力事故時に多数の公衆及び作業者について、 ^{131}I による内部被ばく線量の迅速かつ高感度な評価を可能とするために、各避難所、指揮所等に設置できる小型で持運びが容易な遮蔽一体型甲状腺ヨウ素モニタ（以下「甲状腺モニタ」という。）を開発した。原子力事故時には事故で放出された放射性物質により周辺環境の線量率が上昇することが考えられる。この高バックグラウンド環境下において、精度よく放射性ヨウ素のみを他の核種から弁別してモニタリングするために、 γ 線スペクトロメータを使用し

た γ 線エネルギー分析型とするとともに、遮蔽一体型の構造とした。

甲状腺モニタの開発にあたり、使用する放射線検出器の選定、遮蔽体の設計、甲状腺モニタシステムの開発等を行い、日本原子力研究開発機構原子力科学研究所の放射線標準施設棟（FRS）にある γ 線標準校正場を利用して、事故後の高バックグラウンド線量率を模擬した環境における性能評価試験を行った。

2. 放射線検出器及び遮蔽体の選定

甲状腺モニタで使用する放射線検出器として、図1に示すCdZnTe半導体検出器（RITEC社製 $\mu\text{spec1500}$ 、有感体積 1.5cm^3 ）、 $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ シンチレーション検出器（結晶サイズ：1インチ立方）及び $\text{SrI}_2(\text{Eu})$ シンチレーション検出器（結晶サイズ：1インチ立方）を候補に挙げた。これらの放射線検出器は、従来の測定でよく使用される $\text{NaI}(\text{Tl})$ シンチレーション検出器と比較して、エネルギー分解能が良く、バックグラウンド放射線との識別能力が優れるため、放射線ヨウ素の定量性能の向上が期待できる。また、 γ 線スペクトロメータとして広く用いられるGe半導体検出器のように、使用時に液体窒素等を用いて検出器を冷却する必要

* Yoshihiko TANIMURA 国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 原子力科学研究部門 原子力科学研究所 放射線管理部

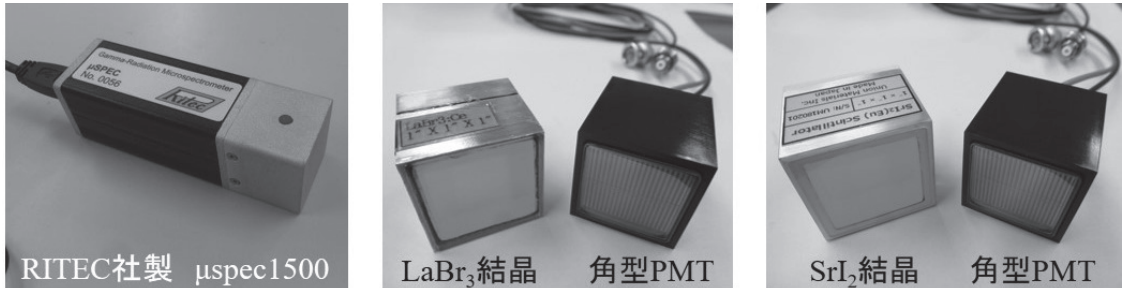


図1 選定候補とした γ 線スペクトロメータ

がなく、検出部の小型化も容易である。これらの検出器について、FRSの γ 線標準校正場で測定性能試験を行い、最適な検出器を選定した。事故現場の近く（オンサイト）では多種多様な核種が混在する可能性があるため、指揮所等に設置して作業者を対象とする甲状腺モニタには、検出感度は劣るがエネルギー分解能が高いCdZnTe半導体検出器を採用した。一方、避難所等に設置して公衆を対象とする甲状腺モニタでは、体動が多く短時間測定が要求される乳幼児が含まれることから、感度が高く、かつ、時間応答に優れるLaBr₃ (Ce) シンチレーション検出器を採用した。

高バックグラウンド環境での測定を可能とするためには、遮蔽体を用いて周辺から入り込む γ 線を遮蔽する必要がある。遮蔽に用いる材料として、 γ 線の遮蔽に広く用いられている鉛（原子番号：82、密度：11.34 g/cm³）に加えて、より高密度で高い遮蔽効果が期待できるタングステン合金（原子番号：~74、密度：17.74 g/cm³）を採用した。これらの遮蔽材について、測定対象の¹³¹I線源の γ 線（364 keV）にエネルギーが近い¹³³Ba線源からの356 keVの γ 線を用いて、遮蔽性能の試験を行ったところ、1/10,000に γ 線を減弱させるのに必要な鉛及びタングステン合金の厚さは、それぞれ、30 mm及び25 mmであり、タングステン合金の方が遮蔽性能に優れることが分かった。

3. 甲状腺モニタの設計

前述の放射線検出器及び遮蔽材を用いた甲状腺モニタの構造を図2に示す。被検者とモニタの位置関係がずれた場合の影響を少なくするとともに、検出効率の向上を図るために、放射線検出器2個を、上方のみに開口した井戸型の周辺遮蔽体の中に並べる構造とした。さらに、斜め上方から入射するバックグラウンド放射線を遮蔽するために、検出器の光電子増倍管又は信号処理回路の上に上部遮蔽体を設置した。被検者の体格（年齢）により異なる甲状腺の形状を考慮して最適な測定条件となるように、2個の放射線検出器の間隔を調整できる構造とした。

周辺遮蔽体は、図2に示すように、サイズの制限が厳しい頸部の上下方向には遮蔽効果が高いタングステン合金を、サイズの制限が緩い横方向には遮蔽効果は低下するが密度が

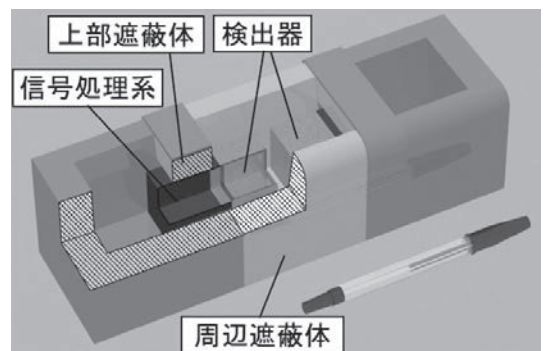


図2 開発した甲状腺モニタの概念図

小さな鉛を用いることにより、十分な遮蔽性能を確保しつつ、全体重量の低減を図った。

開発した甲状腺モニタでは、**図3**に示すとおり、甲状腺が遮蔽体開口部の上部に配置されるように被検者の喉部を“うつ伏せ”の状態（うつ伏せ）で井戸型遮蔽体開口部の上部に密着させ、検出器で放射性ヨウ素の γ 線を計数することにより、甲状腺に蓄積された放射性ヨウ素を定量できる測定方法とした。検出器と遮蔽体を一体型の構造にすることにより、効果的にバックグラウンド放射線を遮蔽することができ、被検者自身が遮蔽体に囲まれた空間に閉じ込められる必要をなくした。これにより、被検者が測定時に感じる圧迫感、恐怖感を低減できると考えられる。また、乳児、妊婦、要介護者等の被検者については、“うつ伏せ”の状態での長時間測定が困難なことから、



図3 甲状腺モニタによる測定のイメージ図

ベッドなどに甲状腺モニタシステムを設置して、“仰向け”の状態になり、首の後ろ側に井戸型遮蔽体開口部を密着させて測定する方式を採用した。

開発した甲状腺モニタシステムで被検者の甲状腺に蓄積された ^{131}I の放射能を正確に定量するためには、 $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ シンチレーション検出器又は CdZnTe 検出器の計数効率の精度が要求される。この検出効率（検出効率）は線源（被検者の甲状腺）と検出器の距離に大きく依存する。このため、被検者の甲状腺と検出器の位置関係を正確に決定できる測定治具（検出器固定用治具）の開発が必須となる。そこで、**図4**に示す検出器用遮蔽体の上部に取り付け可能な測定治具を、複雑な形状を自在に製作可能な3Dプリンタを用いて製作した。2個の検出器実効中心間の距離について、乳児及び小児に対しては6 cmに、成人に対しては4 cmに最適化されている。甲状腺モニタシステムを用いた測定時に、この検出器間距離を間違えて設定することがないように、**図4**の右側に示すように、測定治具の下部にある溝が検出器上部遮蔽体の両側を挟み込む構造とした。これにより、検出器と被検者の左右方向の位置関係が確実に固定されるのみならず、年齢群に応じた測定治具を選択することにより、適切な検出器間距離が間違えることなく設定できる。甲状腺は首の付け根にあるため、検出器固定用治具の上部側半分

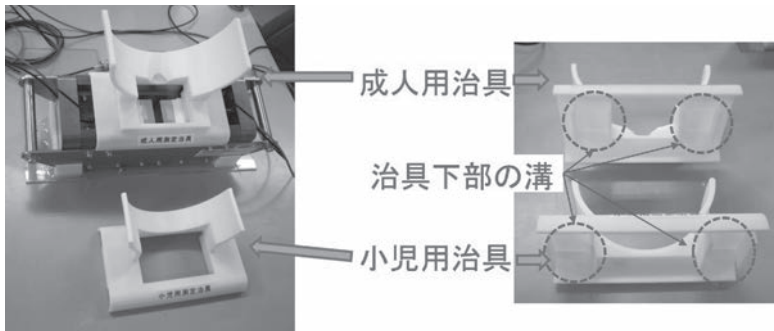


図4 被検者と検出器の位置固定に用いる測定用治具

のみに、年齢群ごとの平均的な首の直径を考慮した円弧型のサポートを取り付けることにより、検出器に対する被検者の中心軸と上下方向の位置が決定できるようにした。

完成した作業用及び公

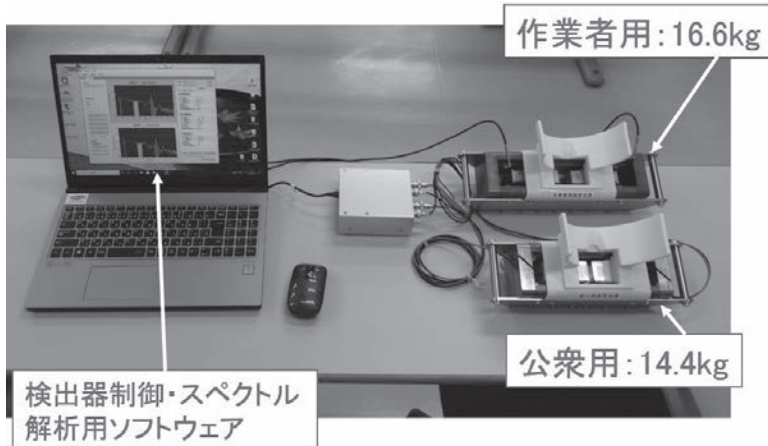


図5 完成した甲状腺モニタシステム

衆用の甲状腺モニタシステムを図5に示す。甲状腺モニタシステムでは、2個の検出器を同時に制御し、波高分布を測定・解析することにより甲状腺に蓄積された放射性ヨウ素を定量する必要がある。このために、Windows PC上で動作する検出器制御用ソフトウェアを製作した。当該ソフトウェアでは、作業用の2台のCdZnTe検出器又は公衆用の2個のLaBr₃(Ce)シンチレーション検出器を同時に制御し、それぞれの検出器からの波高分布を測定し、 γ 線のピーク計数を分析できる。¹³¹Iの364keV γ 線のピーク計数から甲状腺の放射能への換算係数と放射能から甲状腺等価線量への換算係数を予め設定しておくことにより、甲状腺に蓄積された放射能と等価線量がリアルタイムで表示されるようになっている。

4. 甲状腺モニタシステムの性能評価

原子力災害時においては、放射性物質により周辺が汚染された高バックグラウンド線量率の環境の下で甲状腺モニタ測定器が使用されることが想定される。そこで、甲状腺モニタ

タ実機について、高バックグラウンド線量率環境下における測定性能を評価するために、放射線標準施設棟に整備している γ 線標準校正場において特性試験を実施した。実際の使用環境におけるバックグラウンド源の空間分布は分からないため、図6に示すように電動回転テーブル上に横置き、縦置きした測定器を一定速度(1回転/分)で回転させることにより、全方位からの均一な照射に近い条件を模擬した。バックグラウンド環境を模擬する線源として、¹³⁷Cs及び⁶⁰Coを用い、甲状腺モニタシステムを設置して波高分布の測定を行った。そして、20 μ Sv/h(作業用)又は5 μ Sv/h(公衆)の周辺線量当量率における¹³¹Iの364keVの γ 線ピーク部に寄与するバックグラウンド計数を測定された波高分布から計算し、この計数に基づいて摂取から5日後に測定したと

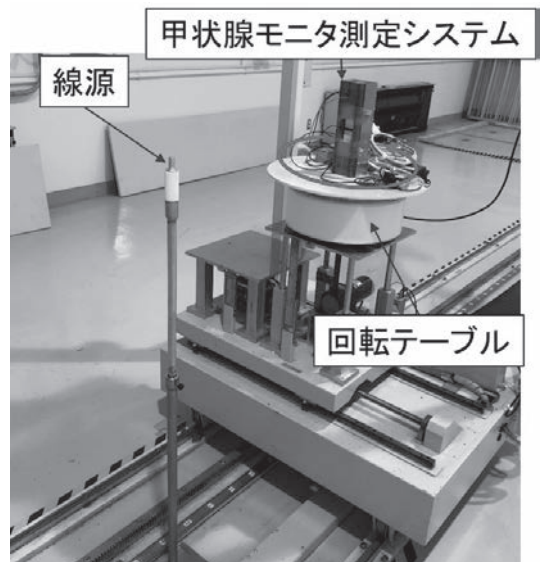


図6 γ 線標準校正場における甲状腺モニタシステムの特性試験

表 1 摂取から 5 日後に測定した場合の高バックグラウンド環境下における甲状腺等価線量の評価下限値[mSv]

線 源	測定体位	測定時間	公衆 (LaBr ₃ (Ce))			作業者 (CdZnTe)
			乳児 (3 か月)	小児 (5 歳)	成 人	
¹³⁷ Cs	うつ伏せ	150秒	7.8	3.8	1.1	5.2
	仰向け	600秒	21	11	9.2	
⁶⁰ Co	うつ伏せ	150秒	5.9	2.9	0.8	2.6
	仰向け	600秒	16	8.6	6.9	
B.G.線量率			5 μSv/h			20 μSv/h

きの甲状腺等価線量の評価下限値を導出した。測定時間をうつ伏せの状態では150秒、仰向きの状態では600秒としたときの年齢群ごとの甲状腺等価線量の評価下限値を表1にまとめる。作業者用については、20 μSv/hの高バックグラウンド線量率下においてもうつ伏せ150秒の測定で約5 mSvの甲状腺等価線量の評価下限値が担保できることが分かった。また、公衆については、5 μSv/hの高バックグラウンド線量率下においてうつ伏せで150秒または仰向けで600秒の測定で約20mSvの評価下限値で甲状腺等価線量が測定できることが分かった。

成人まで全ての年齢群で約20mSvの評価下限値で甲状腺等価線量（摂取から5日後に測定した場合）を測定できることが分かった。LaBr₃ (Ce) シンチレーション検出器の温度特性の補償など若干の改良点は残っているが、事故後の高バックグラウンド線量率下においても使用可能な実用的なシステムの開発に成功したことから、早期の製品化が望まれる。また、優れた遮蔽性能を有していることから、核医学等、原子力防災以外の分野への応用が期待される。本件は、原子力規制委員会「平成31年度放射線安全規制研究戦略的推進事業費（事故等緊急時における内部被ばく線量迅速評価法の開発に関する研究）事業」により得られた成果の一部である。

5. おわりに

各避難所、指揮所等に設置できる、公衆用及び作業者用の2種類のγ線エネルギー分析方式で持運びが容易な遮蔽一体型甲状腺モニタシステムを開発した。そして、高バックグラウンド環境下での性能をγ線標準校正場(¹³⁷Cs又は⁶⁰Co線源)において試験した。その結果、作業者用のシステムについては、20 μSv/hの高線量率環境下においてもうつ伏せ(150秒)の測定で約5 mSvの甲状腺等価線量評価下限値(摂取から5日後に測定した場合)を達成できることが分かった。また、公衆用のシステムについては、うつ伏せ(150秒)又は仰向け(600秒)の測定で乳児から

参考文献

- 1) 日本原子力研究開発機構、平成31年度放射線安全規制研究戦略的推進事業費（事故等緊急時における内部被ばく線量迅速評価法の開発に関する研究）事業成果報告書、2020年3月

著者プロフィール

2000年に日本原子力研究所に入所後、加速器を用いた単色中性子校正場、中性子線量計測技術、γ線スペクトル測定技術等の放射線管理計測技術に係る研究開発に従事。現在は、日本原子力研究開発機構原子力科学研究所にある放射線測定器の校正施設(放射線標準施設)の管理を行っている。

学校でのがん教育

日本は、男性の3人に2人、女性でも2人に1人が生涯にがん罹患する世界トップクラスの「がん大国」です。しかし、まだまだ高い喫煙率や際立って低いがん検診受診率、手術偏重のがん治療、緩和ケアの遅れなど、がん対策上の課題が山積しています。先進国のなかでもがん死亡数が増え続けているのは日本くらいです。

この背景には、国民が、「がんを知らない」という現実があると思います。がんは、ちょっとした知識とそれによる行動によって大きく運命が分かれる病気だからです。

日本では、学校でがんを習う機会はほとんどありませんでした。それどころか、病気のことをほとんど習わずに大人になった日本人がほとんどかもしれません。

一方、欧米の多くの国では、「体育」と「保健」は別の教科になっていて、保健の授業では、がんの経験者を教室に呼んで体験談を聞くなど、がん教育にも力を入れています。

しかし、わが国でも、中学と高校の保健体育の学習指導要領に「がん教育」が明記されて、中学では昨年、高校でもこの4月から授業が始まっています。ただ、マスコミなどに取り上げられることはほとんどなく、あまり知られていないのは残念です。

中学の教科書にできたがんの頁をみると、「予防法」、「早期発見・検診」などを中心にがんの入門編と言える内容となっています。それでも、「身近な大人に向けて、がんに対してどのように行動すればよいかアドバイスを考えてみましょう」にはびっくりしました。がんを学んだ子供が、習っていない大人にアドバイスする時代になったことを実感します。

先日、できたての高校の保健体育の教科書

を入手しましたが、さらに充実した内容になっており、びっくりしました。

国が推奨する5つのがん検診（胃がん、肺がん、大腸がん、乳がん、子宮頸がん）を受けることが大切だとまず強調。公的な予防対策であるため、費用は無料、もしくは少額の自己負担で受診できることを解説してあります。

がん治療では、ロボット手術、重粒子線治療、がんゲノム医療といった先端的な医療技術にも踏み込んでいます。治療法の選択については、「がん医療の均てん化」を目的に全国に整備された「がん診療連携拠点病院」が紹介され、セカンドオピニオンの有効性も強調されています。また、「緩和ケア」はがんと診断された時から治療と並行して行われるべきと、「診断時からの緩和ケア」の重要性も指摘しています。

この教科書を読めば、がんについてほぼ十分な知識が得られます。ただ、とくに放射線治療については十分に解説されているとは感じません。がんの手術の方は映画やドラマで何度も取り上げられてきましたが、放射線治療のドラマなどありませんでしたから、馴染みのうすい治療になります。結果的には、欧米ではがん患者の半数以上が放射線治療を受けているのに対して、日本では2～3割にとどまります。早期の肺がんでは4回、前立腺がんでは進行していても5回の通院治療で手術と同等の効果が得られますから、もっと知って欲しいと思います。そこで、日本放射線腫瘍学会は中高生向けに9分で放射線治療を解説するアニメを作成、公開しています。大人にもおススメのこのコンテンツは「放射線治療 アニメ」で検索ください。

教科書は時間をかけて綿密に作られた優れた書籍です。アマゾンなどでも購入が可能ですので、一度、手に取ってみるのはいかがでしょうか。



－ 青森県量子科学センターの巻 －



我々、FBNews編集委員会一同は春の足音が聞こえてきた令和4年(2022年)3月下旬、青森県六ヶ所村に立地している「青森県量子科学センター」(QSC:Aomori Prefecture Quantum Science Center)を訪問してきました。



図1 マップ(QSCのパンフレットより引用)

場所は日本原燃株式会社再処理工場の道を挟んだ向かい側、量子科学技術研究開発機構六ヶ所研究所隣に立地しています。敷地面積は12,100㎡と野球グラウンド面積(約13,000㎡)と同じ広さがあります。

予定より少し早く到着してしまいましたが、菊池宏施設長をはじめ皆様に温かく迎えていただき有難かったです。本当にありがとうございました。到着後に施設の概要を菊池宏施設長より伺い

ました。

QSCは青森県が原子力関連施設の立地環境を活かし、量子科学分野の「人材育成」、「研究開発」への貢献を目的として平成29年(2017年)10月1日に開設しました。

量子科学分野の「人材育成」の場としては、原子力・放射線に関わる職業人の養成、放射線の高度利用を推進する方の教育に活用されています。また、「研究開発」としては、サイクロトロン加速器を用いた工学、医学、農学、考古学等に係る研究などが行われています。

QSCの管理運営は、指定管理者制度のもとで実施されています。指定管理者は、施設の維持管理を適切に行うとともに、施設利用者の公正かつ公平な使用を確保するとともに使用者のサポートを行っています。現在、指定管理者は原子力人材育成・研究開発共同事業体が請け負っています。

人材育成分野では活動目標を4つ掲げています。

- ①原子力関連施設の安全性向上
- ②原子力産業への雇用促進
- ③原子力・放射線への理解促進
- ④新たな産業づくり

具体的には以下のような活動を産学官一体となって実施しています。

<原子力関連施設の安全性向上>

原子力安全・防災、危機管理、放射線防護等の専門知識や技術を習得するための講義・実習等を行っています。例えば、危機管理研修では原子力安全推進協会、青森県との共催により原子力発電所等のシビアアクシデント時のいかなる状況下においても、状況を的確にとらえ、適切な判断を行い、問題を解決するための必要な



写真1 施設紹介の様子

能力を体得する研修を実施しています。

<原子力産業への雇用促進>

放射線取扱主任者等の国家資格取得のための講義・実習等を実施しています。また、大学、産業界と連携し、現場見学やインターンシップ等の機会を積極的に提供しています。実務関連としては、原子力関連業務に従事し、または従事することが予定されている方を対象に、原子力発電施設等において一般的に使用されている弁の分解点検・手入れの実技訓練を行い、保修作業に従事する上で必要な基礎知識・技能の習得を図っています。

<原子力・放射線への理解促進>

量子科学分野への新規雇用を促進するため、中高生、高等専門学校生、大学生等を対象に原子力・放射線に関する基礎講座や現地研修、現地見学会を行っています。

また、原子燃料サイクル研修では、原子力関連企業が自社の社員を対象に、原子燃料サイクル事業の理解を深め、今後の業務に対するモチベーションを高めるため、日本原燃株式会社再処理工場における自社設計・施工の機器を見学するとともに、QSCで日本原燃株式会社幹部による講話を通じて再処理工場建設までの歴史を学べる研修を実施しています。

<新たな産業づくり>

大学生、大学院生、社会人等を対象に原子力・放射線利用技術の他分野への応用やベンチャー育成等に関する講義、実習等を産学連携して実施していくことを目指しています。

研究開発分野では、研究開発活動が計画的かつ効果的に展開されるよう青森県による委託研究（2021年度まで）と一般企業や研究機関等による一般研究が行われています。

①PET（Positron Emission Tomography）

薬剤合成用のRI製造

②ホウ素中性子捕捉療法

（BNCT：Boron Neutron Capture Therapy）

③中性子イメージング

（NRT: Neutron Radiography Testing）

④粒子線励起X線分析

（PIXE：Particle Induced X-ray Emission）

⑤小動物用PET/MRI

（Magnetic Resonance Imaging）

<PET薬剤合成用のRI製造>

がん、脳疾患などの診療技術の向上を目的として、RI薬剤の製造およびPET/CT装置を用いた基礎・臨床研究を大学と連携し実施しています。

<ホウ素中性子捕捉療法>

放射線治療法の一種で、正常細胞にはほとんど損傷を与えずにがん細胞のみを選択的に破壊する革新的ながん治療法です。細胞や小動物（マウス）を用いた研究を大学と連携し実施しています。

<中性子イメージング>

金属、プラスチック等でできた機械部品の非破壊検査等に有効な検査法で、大学と連携し青森県内産学官のニーズに応用する研究を実施しています。

<粒子線励起X線分析>

ほとんどの元素に対してppm以上の均一で高い感度を有し、測定が短時間で済むこと、試料が少量でも分析できる、試料を破壊しない等の特徴を活かし、大学と連携して青森県内産学官のニーズに応用する研究を実施しています。

<小動物用PET/MRI>

PETによる悪性腫瘍などの病変部の画像とMRIによる小動物（マウス）の構造の画像を合成することにより、病変部の位置の特定や評価を正確にできる特長を活かした研究を大学と連携して実施しています。

また、ご説明の中で「これまでは、QSCの立ち上げ期ということもあり、それぞれの研究が個々に行われてきた。今後はこれらの成果を幅広く青森県内外の学術機関・産業界等へアピールすることで、新しい活用方法の発見やそれぞれの機能を組み合わせた効果的・効率的な研究開発の実施につなげたいと考えている。また、産学官の連携をさらに活性化し、将来的には青森県の産業振興に貢献できたらと考えている。」とのお話をいただきました。



棟名	整備内容（主な装置等）
研修棟	<ul style="list-style-type: none"> ●研修室（45名）、●産学連携室(1)、(2)、研修者用ロッカー室、講師控室 ●研究員室（2名用）6室、（6名用）3室 ●宿泊室（シングル及びツイン）10室、キッチン付多目的ルーム、洗濯室 等
研究棟	<ul style="list-style-type: none"> ●化学分析室（顕微ラマン分光光度計）、●材料実験室（スモールパンチクレープ試験機、粉末粒子径計測装置、触媒分析装置）、●化学実験室（フラクションコレクター、恒温振盪機、ドラフトチャンパー）、●薬学実験室、●検出器開発実験室、●共用化学実験室（電子天秤、純水製造装置） 等
RI棟	<ul style="list-style-type: none"> ●サイクロトロン室（サイクロトロンシステム、中性子ラジオグラフィ撮影装置、BNCT装置、PIXE分析装置 等）、●PET/CT室（PET/CT装置 等）、●標識合成室1（FDG合成装置、11C-メチオン合成装置 等）●標識合成室2（多目的合成装置 等）、●品質管理室、●標識合成室前室、●血液検査室、●診察室、●化学実験室（高速液体クロマトグラフ、紫外可視分光光度計）、●物理化学実験室、●小動物PET-MRI検査室（実験動物用PET/MRI装置 等）、●機器測定室、●細胞培養分析室、細胞培養準備室、●動物飼育室 等

図2 全体の写真と各棟内の設備内容(QSCのパフレットより引用)

全体の施設の概要等をお聞きした後、施設内を見学させていただきました。

QSCは研修棟、研究棟、RI棟の3つの棟から構成されています。

研修棟

研修棟は2階建てで、1階は事務室と研修室(60名)、研究員室、2階は産学連携室2部屋（1部屋30名）と宿泊室10室、キッチン付き多目的ルーム等があります。

研修室はパーティションで30名用の部屋に分



写真2 産学連携室

けられます。パーティションを取り外し、1つの部屋にすると最大60名収容可能となります。宿泊室の中はビジネスホテルのような作りになっており、バリアフリーのツインの部屋もあ



写真3 宿泊室



写真4 多目的ルーム



写真5 洗濯機

ります。バリアフリーの部屋のシャワールームは、車いすの方が使用しやすいように広く設計されています。

研究で数日間滞在した場合でも快適に過ごせるよう、冷蔵庫、電子レンジ等を自由に使用できる多目的ルームがあり、ここで食事をとることができます。また、洗濯機も備え付けられています。

研究棟

研究棟は1階建てで、化学分析室、材料実験室、化学実験室、検出器開発実験室等があります。

こちらでは、粉末粒子径測定装置、スモールパンチクリープ試験機、触媒分析装置、顕微ラマン分光光度計があり、これらの理工学機器を使用することができます。

見学時には検出器開発実験室に多くの研究者がおられ、様々な作業等をされていました。

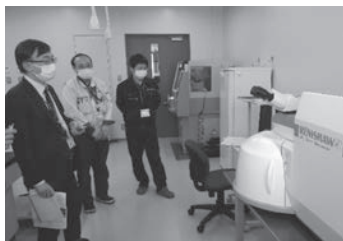


写真6 ラマン分光光度計



写真7
スモールパンチ
クリープ試験機

RI棟

RI棟は1階建てで、サイクロトロン室および工学研究エリア、薬剤合成エリア、臨床研究



写真8 ハンドフットクロズモニタ



写真9 各種サーベイメータ

エリア、動物実験エリアに分かれています。動物実験エリアと他のエリアは入口が分かれています。まずは、汚染検査室を通ります。

ハンドフットクロズモニタや各種サーベイメータが設置されていました。

次にPET/CT室へ。こちらは臨床研究用となっており、診療所の届け出はされていますが、研究のみの使用となっています。サイクロトロンを有しているため、C-11、O-15、F-18を使用した薬剤を施設内で合成し、使用することができます。



写真10 待機回復室



写真11 臨床用PET/CT装置

この次に動物実験エリアを見学しました。汚染検査室が別途設置され、先ほどのエリアと異なる管理区域となっています。こちらには動物飼育室、小動物PET/MRI検査室等があります。動物飼育室ではマウスやラットを飼育する飼育ラックがあり、マウスを最大120匹飼育することができます。

小動物PET/MRI検査室では小動物用PET/MRI装置を使用して、マウスやラットを撮影することができます。撮影時は麻酔をかけながら実施しますので、麻酔装置も部屋に設置しています。



写真12 小動物用PET/MRI装置

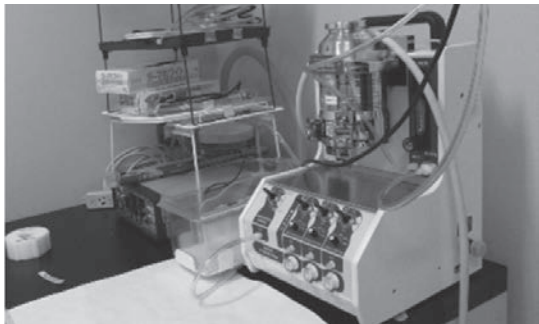


写真13 麻酔投与装置

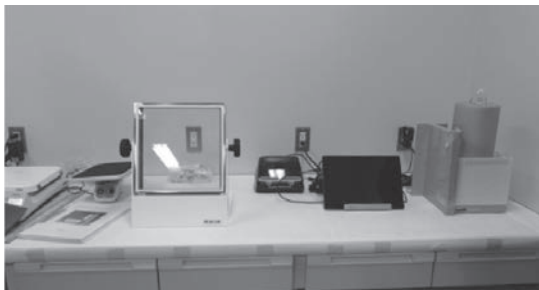


写真14 キュリーメーター類

そして、サイクロトロン室を見学させていただきました。QSCではサイクロトロンより得られる陽子および中性子をPET薬剤製造と物質への照射と大きく分けて2つの利用をしてい

サイクロトロン加速器と各主要装置の全体図

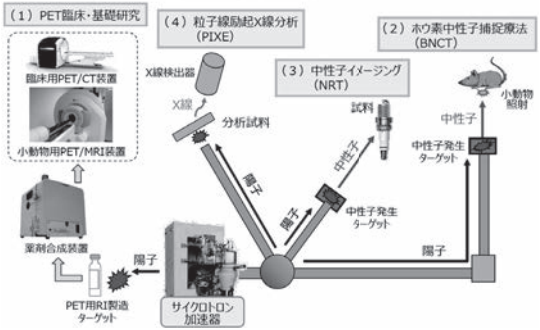


図3 サイクロトロン加速器と各主要装置の全体図

サイクロトロン加速器と各主要装置の全体写真



写真15 サイクロトロン加速器と核種装置の全体写真

ます。照射ラインはRI薬剤製造、ホウ素中性子捕捉療法 (BNCT)、中性子イメージング (NRT)、粒子線励起X線分析 (PIXE) の4つに分かれています。それぞれの装置に関する被ばく低減のためのルール作りでは、例えば、BNCTやNRTは中性子を発生させるため、周辺機器の放射化による放射線業務従事者への被ばくや管理区域・周辺監視区域の線量率監視を、RI薬剤製造では非密封RIの合成 (PET薬剤) を行うので、高線量のRIの取り扱いや排気モニタの監視等といったように、異なった視点でルールを作る必要があり苦勞されたそうです。

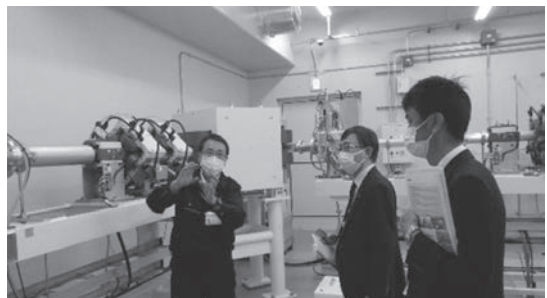


写真16 サイクロトロン室内の説明

なお、QSCでは住友重機械工業製 (HM-20) のサイクロトロンを使用しており、スペックは表1のとおりです。

表1 サイクロトロン加速のスペック一覧

加速粒子	陽子	重陽子
ビームエネルギー	20MeV	10MeV
最大ビーム電流	100μA	50μA

室内は、非常にきれいでコンパクトにまとまっている印象を受けました。サイクロトロン前で記念撮影をさせていただきました。



写真17 サイクロトロンをバックに記念撮影

QSCは、誰でも使用することができます。貸出しは部屋単位で行っています。

2020年度におけるQSCの施設利用実績は、全体で1,452件、延べ50,089人。このうち延べ364人による宿泊施設の利用がありました。宿泊施設の利用者は、県外からの研究利用者が中心となっています。

QSCの中核実験装置であるサイクロトロン利用について、2020年度では委託研究で東北大学、岩手医科大学、弘前大学、名古屋大学、八戸工業大学の利用があり、一般利用、特別措置での利用が県外の民間企業でそれぞれ1社ありました。サイクロトロン研究利用日数133日のうち、委託研究が合計126日（95%）、一般利用並びに特別措置での利用が合計7日（5%）。各ビームライン別の利用割合は、RI薬剤合成61日（46%）、BNCT12日（9%）、NRT37日（28%）、PIXE23日（17%）の実績でした。

青森県内外の利用者の割合は、青森県内23日（17%）、青森県外110日（83%）です。

また、施設や装置の使用料金は、一般企業等の営利目的での研究活動を想定した「通常料金（一般利用）」と学校や公益社団法人等あるいは研究成果を公開する研究活動を想定した「特別措置」に加えて、青森県による利用（委託研究、委託研修）の場合には、使用料を免除する制度があります。

「通常料金」は、装置等の減価償却を考慮した料金設定となっており、「特別措置」は、通常料金の半額となっています。

様々なQSCの施設を活用してみたいというご希望がある方は、青森県内外に関わらず、お問合せをしてみても如何でしょうか。

＜お問合せ先＞

青森県量子科学センター（QSC）
指定管理者 原子力人材育成・研究開発共同事業体

電話：0175-72-1270、FAX：0175-73-2101

住所：〒039-3212

青森県上北郡六ヶ所村大字尾駸字表館
2-190

ホームページ：https://www.aomori-qsc.jp/

※施設の利用状況および使用料金等は以下のアドレスより確認できます。

https://www.aomori-qsc.jp/user/calendar.php

お忙しいところ、ご対応いただきました菊池宏施設長、村中雅人安全管理グループ長、八戸慎吾研究推進グループ長、橋本整運営管理グループ長、他多くの関係者の皆様に紙面をお借りして御礼申し上げます。

今回の取材はFBNews編集委員の工藤、藤森、高橋が伺わせていただきました。



写真18 QSC入口前にて



写真19 飾られていた兜

伺った際、時節柄、QSCの入口にりっぱな兜が飾られていましたので撮影をしてみました。

（文責：高橋英典）

バイオサイエンス分野における 非密封放射性同位元素実験に関する 利用者の意識調査



田野井慶太郎*

1. 意識調査の背景

非密封放射性同位元素（RI）の利用は近年大きく減少している。2014年の調査報告によれば、10年前と比較してRIの数量、利用件数、利用者数が減少した施設は70%にのぼり、例えば日本アイソトープ協会から主要7大学への非密封RIの出荷件数は、図1のように単調減少をしている（日本学術会議、放射線・放射能の利用に伴う課題検討分科会、「大学等における非密封放射性同位元素使用施設の拠点化について」2017年9月6日）。

日本学術会議、放射線・放射能の利用に伴う課題検討分科会の提案では、全国に非密封

RI研究施設の拠点を10ないし20程度整備し、非密封RIの研究・教育を推進するネットワーク型の共同利用・共同拠点として運営することを提案している。同時に、アイソトープ総合研究センター長会議に対し、ふさわしい拠点のあり方を検討し提案するよう求めている。

非密封RIの利用は、バイオサイエンス（基礎生物学）分野に欠かせない基盤技術である。バイオサイエンス分野における非密封RI利用の管理区域には、実験機や測定装置に加えて、基礎的な分子生物学を行うための装置や器具が必要である。また生物を取り扱うことから、恒温器や人工気象器が必要な場合も多い。今後、非密封RI利用のための管理区域をセン

ター等に集約する場合、インフラの整備次第ではバイオサイエンス分野の研究者がRI実験から離れてしまう懸念がある。本著者は日常的に非密封RIを用いた植物実験を行っており、それゆえ、非密封RI実験を担当する共同研究の話をたびたびいただく。その多くは特別な技術を要するものではなく、汎用的なRI実験技術を用いるものである。こうして一緒に実験する

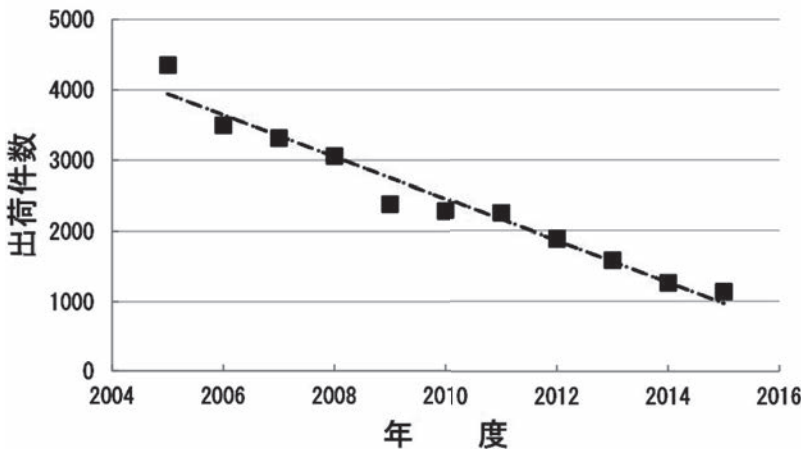


図1 主要国立大学法人への出荷件数

(出典) (公社)日本アイソトープ協会からデータを提供いただき分科会で作成
日本学術会議、放射線・放射能の利用に伴う課題検討分科会、「大学等における非密封放射性同位元素使用施設の拠点化について」より引用

* Keitaro TANOI 東京大学大学院農学生命科学研究科 教授

共同研究者は、属する大学・研究所にRIセンター等のRI管理区域を共通施設として有している組織に属するにも関わらず、植物実験に必要とする機器等がないことや、RI実験稼働率が低いために新規にRI実験を立ち上げにくいなどの理由から、本著者所属のRI施設にて実験を行っている。このような事例からも容易に想定されるようなRI実験機会の減少は、我が国のサイエンスの基盤を損なう恐れがある。そこで、本著者が専門とするバイオサイエンス分野の非密封RI利用の実際を調査し、あるべき集約化を模索することとした。

2. 非密封RI施設集約化について研究者のニーズ調査

研究者に対しアンケート調査への協力を依頼した。具体的には、東京大学アイソトープ総合センター松垣正吾先生を通して、日本放射線安全管理学会と日本アイソトープ協会安全取扱部会の会員に対して協力要請を行った他、本著者からバイオサイエンスに関連する研究者へ直接依頼した。さらに、講演会に出席したメンバーやツイッター、メーリングリスト等を活用してアンケートへの協力を呼びかけた。

(1) アンケート回答者の専門等

合計、197名から回答を得た。回答者のうち、教員が57%と過半数を占め、教員と研究員、

学生を合わせた研究や実験を行う人が90%を占めた(図2左)。技術員、技師等においても、実験を行う立場であることが想定されることから、今回の回答者はほぼ全てが実験作業や研究を行っている者であると言える。

放射線の管理にかかわる者(放射線施設の長・放射線管理者・放射線取扱主任者・放射線管理担当者)は全体の1/4であった。残る3/4は通常の実験者であると言える(図2中央)。

回答者の専門は、生物学と農学で全体の8割を占めた。今回の回答者の多くは、バイオサイエンス分野で活動していると言えるだろう(図2右)。

(2) アンケート回答者のRI利用歴と利用経験のある機器

続いて、回答者のRI利用歴を聞いたところ、およそ半分の人が、過去には使用した経験を持つが現在は使用していないこと、また1/4の人が最近でもRIを利用していること、そして残りの1/4はRIを利用した経験がないとの返答であった。今回の調査への呼びかけは、放射線関連学協会や本報告者自らの発信によるものであったことから、日本のバイオサイエンスの状況よりも放射線利用者は多い割合を示していると考えられた(図3左)。

RI利用者およびRI利用経験者に対して管理区域内で利用したことのある機器類の調査をしたところ、一般的なアイソトープ施設にあるよ

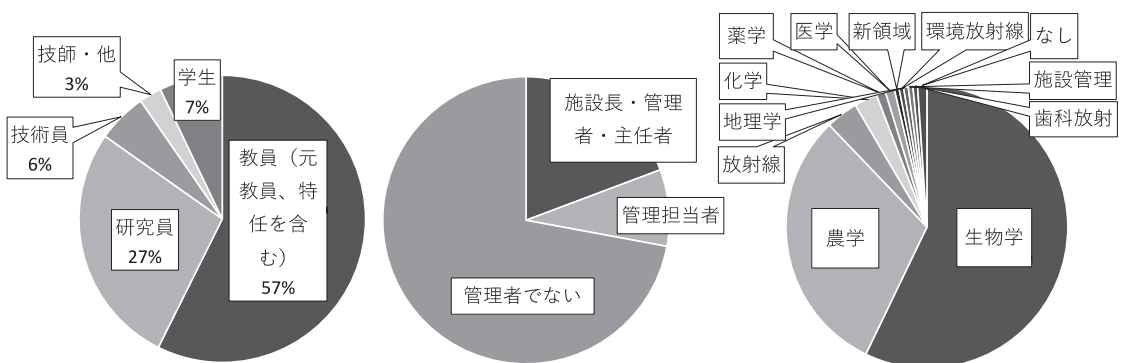


図2 アンケート回答者の職種や専門など

放射線管理区域内で利用したことのある機器類

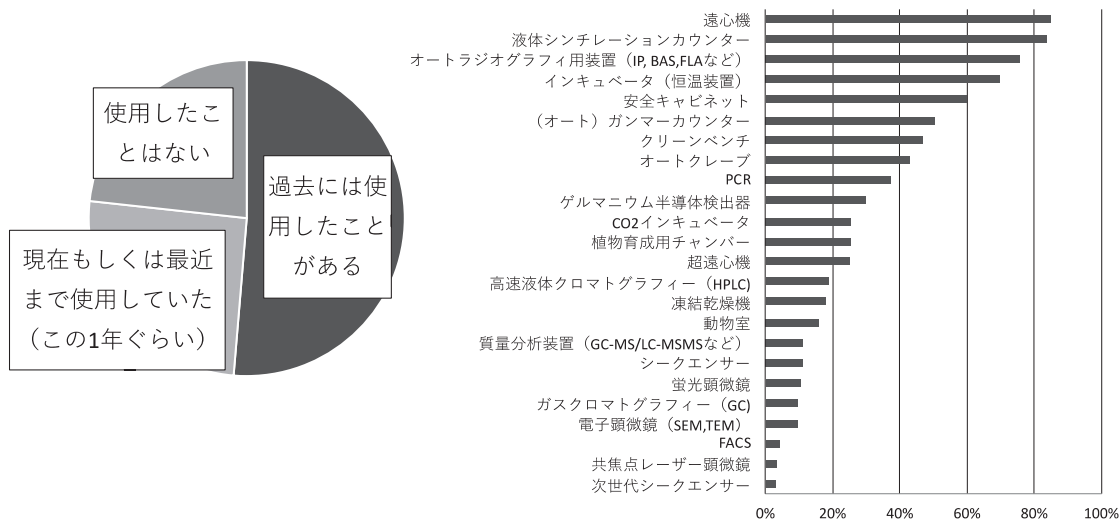


図3 回答者のRI使用の有無と、放射線管理区域内で利用経験のある機器類

うな機器類の利用経験が多い中、インキュベータや安全キャビネット、クリーンベンチやオートクレーブといった、バイオサイエンスの実験を行うのに基本的なインフラについての利用経験者は比較的多かった。一方で、近年のバイオサイエンス実験で欠かせない解析手段である質量分析装置やDNAシークエンサー、電子顕微鏡、FACS (フローサイトメトリー)、共焦点レーザー顕微鏡、次世代シークエンサーといった装置を放射線管理区域内で利用した経験を持つ人の割合は極めて少なかった (図3右)。RI実験者の多くは、基本的なインフラで対応できる手法においてRI利用の経験を持つが、通常の実験室で行われているような比較的高度な解析

手法とRI利用を組み合わせた使い方はほとんどなされていない様子が明らかとなった。

(3) 利用していたRI施設が廃止された経験

次に、利用していたRI施設が廃止された経験があるか、また廃止された経験がある場合、その後RI実験をどうしたか、を質問したところ、半分以上の人は利用施設の廃止を経験していなかった。また利用施設の廃止を経験しても、同じ実験を近くのRI施設で継続できた人が多かった。利用施設が廃止となり、これまでできていたRI実験ができなくなってしまった経験や、RI実験を止めた人は、およそ20%であった (図4)。

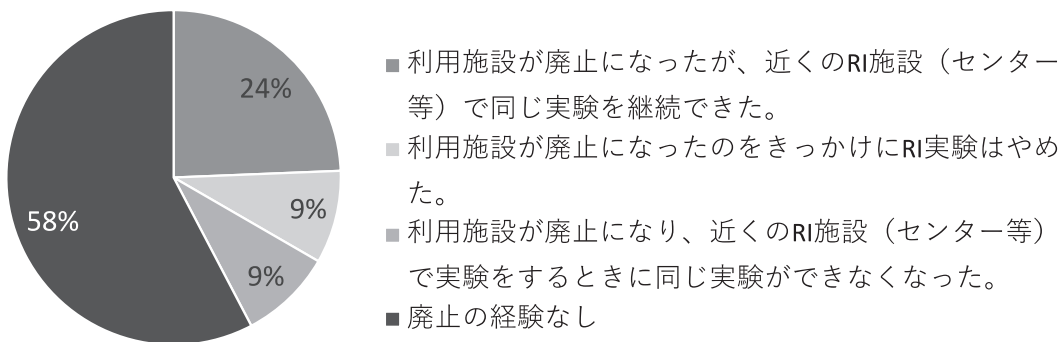


図4 自身が所属する組織のRI施設が廃止となった経験

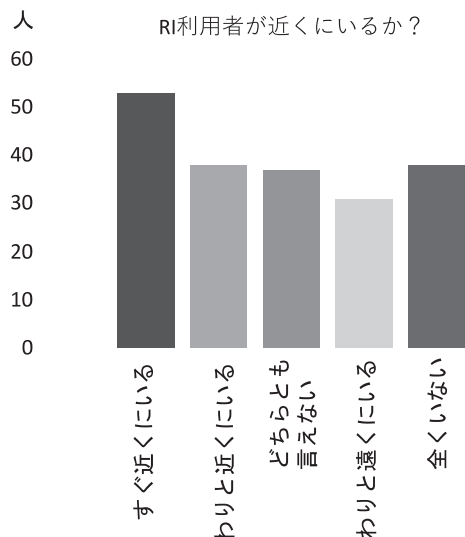
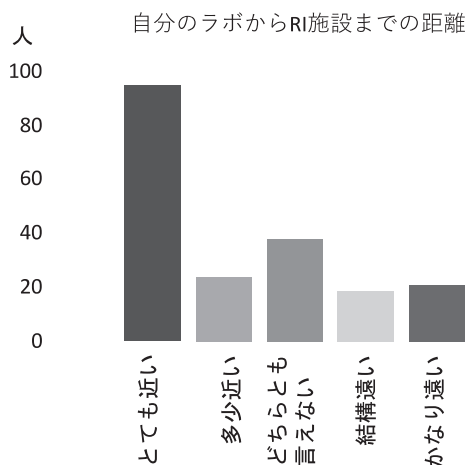


図5 RI施設やRI利用者までの距離に関する意識調査結果

(4) 現況、RI施設やRI利用者との距離感

次に、RI施設やRI利用者が近くにいるかどうか、という意識を問う質問をした結果、自分の研究室からRI施設までは「とても近い」の回答が最も多かった(図5)。一方で、RI利用者が自分の近くにいるか、という問いには、すぐ近くにいると答えた人数は、RI施設までは「とても近い」と答えた人数に比べておよそ半減した。このことは、RI施設は近くにあるものの、そのRI施設を利用している知り合いのRI利用者がいない場合がかなり多いことを示している。

(5) 将来のRI実験の可能性とその際にRI施設が近くにない場合

次に、将来的にRI実験をする可能性について、そして、将来的にRI実験を行う必要が出て来た時、仮にRI施設が自分の所属する機関になかった場合を想定したら、どう思うと思うか、について伺った。

将来的にRI実験をする可能性は、全体として半々であると言える(図6)。可能性としてRI実験が必要となる場合は想定できるが、具体的な実験まで想定している回答は半分程度であると思われた。続いて、そういった場合

にRI施設が所属機関になかった場合にどうするか尋ねたところ、実験を諦める人は少数であり、共同研究であったり、自分が利用できる施設を探して自分で実験したり、というのを想定している回答が多かった(図6)。

3. 考察と提言



近年、RIを利用できる施設を学内に1箇所を集約する場合や、RI施設を持たない選択を採る場合が増えている。生物を対象とするバイオサイエンス分野の研究においては、身近に実験室があることが重要であることから、今後ますますRI利用研究者は減少するものと予想される。今回の研究者への調査では、RIを利用した研究が必要となったら実験できる環境は保持したい意向であることが明らかとなった。こうした意向は、今回のアンケート回答者の中心が教員であるなどRIを利用した経験がある年代であるからだろう。今後、RI実験経験のほとんどない現在の学生や若手研究者が将来教員となった場合には、RI実験に発想が向かない恐れがある。ひいてはバイオサイエンス分野全体の研究力の低下につながるものと危惧する。

こうした状況を回避することを目指して、バ

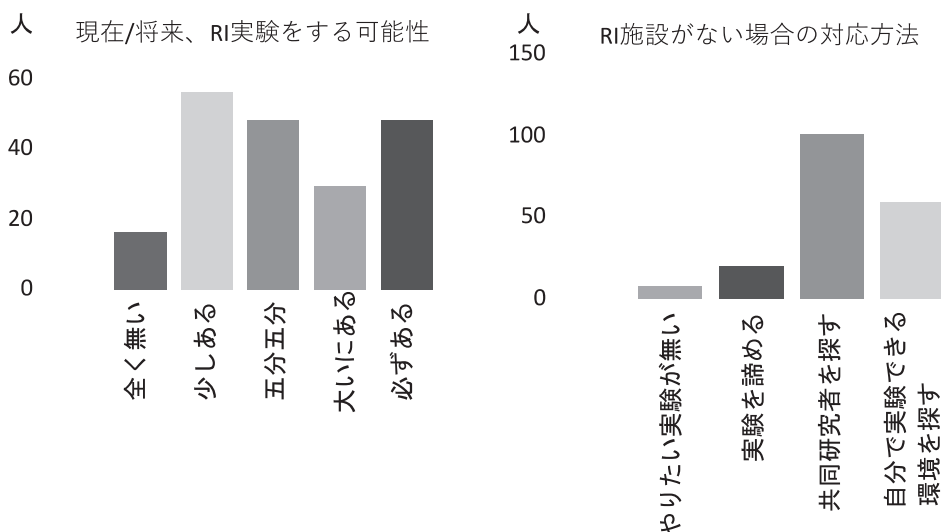


図6 将来的にRI実験をする可能性とRI施設が無い場合の対応

イオサイエンス分野の拠点化について考えてみたい。バイオサイエンス分野の非密封RI実験は主に2つに分けられるであろう。1つは、汎用的な実験、すなわちそれほど特殊な実験装置を用いる必要はなく汎用的な放射能測定機器などがあれば遂行できる実験である。汎用的な実験に対応するには、現在進められている全国のRI施設の拠点化で可能であると考えられる。その際、RI実験を思い立った場合に相談し、また共同研究できる仕組みが求められていることが本調査研究で明らかになったことを踏まえ、研究拠点では、RI実験が常に活発に行われるグループを1つでもよいので形成・維持する必要があると考える。もう1つの実験様態は、バイオサイエンスの実験装置を必要とする実験である。バイオサイエンスの実験装置としては、生物環境コントロールができる実験環境や、特殊な形態のRI（植物研究においては¹⁴C標識の二酸化炭素ガスなど）が利用できる環境が考えられる。また、解析としては、質量分析装置や大規模発現解析装置、顕微鏡（電子顕微鏡や共焦点レーザー顕微鏡など）が考えられる。専門性の高いこれらの機器をそろえたRI施設を全国共同利用施設として整備することを提案したい。その際、上記のすべてを備えた施設を1

箇所作るよりは、ある程度に分割しバイオサイエンス分野として全国に拠点がある方が技術基盤の維持としては利便性があるものと思われる。こうした拠点では、当該装置の運転やメンテナンス、受託研究を受けられるだけの人的資源を整備することが望まれる。上記のように、施設の拠点化においては、内容に応じた2種類の拠点化がニーズに沿ったものであると考える。

謝 辞



本調査研究では多くの方にインタビューやアンケート調査へのご協力を賜った。厚く御礼申し上げます。本調査研究は、一般財団法人新技術振興渡辺記念会の支援を受けて実施した。

著者プロフィール

1976年栃木県生まれ。東京大学農学部、東京大学大学院農学生命科学研究科、農学博士。2003年東京大学生物生産工学研究センター助手(後に助教)、2012年東京大学大学院農学生命科学研究科准教授、2018年同教授、現在に至る。2003年から東京大学農学部 放射線取扱主任者に選任。放射性トレーサーを用いた植物体内物質動態研究の他、2011年以降は福島第一原子力発電所事故による森林・農地環境汚染調査研究を実施している。

令和 4 年度放射線安全取扱部会年次大会 (第63回放射線管理研修会)

開催日：令和 4 年10月13日(木)、14日(金)

会 場：Web開催

テーマ：こんな今だから..主任者は安全管理を見直す

参加費：事前・当日登録 6,000円 (学生会員 2,000円)

新型コロナウイルス感染の収束が見通せないため、確実な大会の運営を目指し今年度もWeb開催となりました。担当は北海道支部です。

***** プログラム概要 (予定) *****

◆特別講演は、原子力規制庁から「最近の放射線安全行政の動向について」、また北海道ならではの話題として、北海道大学から「北海道大学電子加速器駆動中性子実験施設の活動と放射線管理」、北海道電力㈱より「泊発電所の放射線管理と北海道胆振東部地震におけるブラックアウト対応」に関する話題を紹介していただきます。シンポジウムでは「放射線測定器の精度向上と校正について」及び企画委員会の立案によるテーマで企画中です。ポスター発表はシンポジウムの中で、ショートプレゼンテーションとして演題を募集します。また、昼食休憩の時間に合わせて、相談コーナーを設けます。法令改正に関することや日頃の疑問などを申し込みいただくと法令検討専門委員会や各支部の経験豊富な相談員が対応いたします。

【連絡先】：(公社)日本アイソトープ協会放射線安全取扱部会事務局

〒113-8941 東京都文京区本駒込2-28-45

Tel. 03-5395-8081 Fax. 03-5395-8053

E-mail nenjitaikai@jrias.or.jp

・詳しくはホームページをご参照ください。

(https://www.jrias.or.jp/annual_meeting/index.html)

サービス部門からのお願い

返信用封筒はセロハンテープで確実に封をしてください

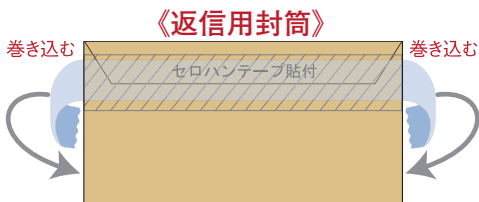
平素より弊社のガラスバッジサービスをご利用くださいますこと誠にありがとうございます。

ガラスバッジ測定依頼の際、返信用封筒をご利用のお客様は、セロハンテープで確実に封をしていただきますようお願いいたします。

セロハンテープは「セロハンテープ貼付」と書かれた位置に、封筒を巻き込むようにして、確実に貼り付けてください。

また、ホチキスの使用は、ガラスバッジが傷ついたり、完全に封ができない場合がございますので避けてください。

お客様のご理解とご協力をよろしく申し上げます。



編集後記

- 暑い日々が続いておりますが、読者の皆様にとっての夏の風物詩は何を思い浮かべますでしょうか。私、個人としては、ここ数年コロナの影響により聞こえなくなった、茹だるような暑さのこの季節さえ楽しみとになっていた祭りや花火の音に恋しさを覚えるばかりです。何か一つでも皆様の今年の夏に彩りを与える良いニュースがあることを切に願っております。
- 巻頭は、日本原子力研究開発機構の谷村 嘉彦氏より、万が一の原子力事故発生時において各避難所、指揮所等に設置可能な小型で持ち運びが容易な遮蔽一体型甲状腺ヨウ素モニタの開発に至るまでをご執筆いただきました。過去の経験を未来の対策へ、を形にした素晴らしい成果となっています。
- 東京大学医学部附属病院の中川 恵一氏のコラムを通じて、恥ずかしながら初めてがん教育について学校の教科書に載っていることを知りました。筆者自身、インターネットが普及した現在ではいわゆる“教科書”といった

物に触れる機会が減っているので、一度手に取ってみたいと思います。

- 施設訪問として、本情報誌の高橋 英典編集委員が青森県量子科学センター（QSC）を訪れています。滅多に拝見できない設備を、写真を交え読み易く解説しています。QSCは宿泊施設も整っており誰でも利用できるとのことなので、読者の皆様も一度は生で見てみてはいかがでしょうか。
- 非密封RIの利用に関する意識調査の結果について東京大学大学院農学生命科学研究科の田野井 慶太郎氏がまとめており、非密封RI実験を利用したバイオサイエンス分野の研究力低下の防止を踏まえ、全国への拠点化の利便性を述べています。技術が発展し、できることが増える一方で、日本の人口減少を考えると、こうした分野に拘わらず人的資源や設備機能維持などの観点から各種面で集約化・拠点化を考える時代に来ているのかも知れません。（山口 義樹）

FBNews No.548

発行日/2022年 8月 1日

発行人/井上任

編集委員/新田浩 小口靖弘 中村尚司 金子正人 加藤和明 青山伸 藤森昭彦
篠崎和佳子 高橋英典 廣田盛一 前原風太 山口義樹

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/03-3252-2390 FAX/03-5297-3887

<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)