

放射化学

第43号

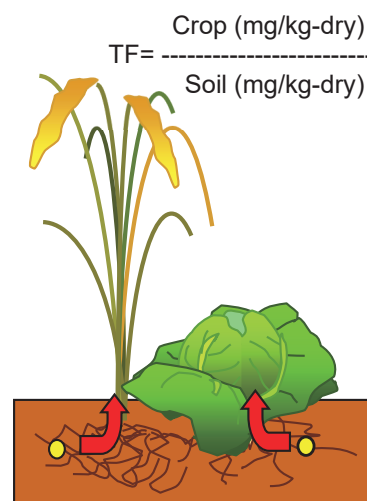
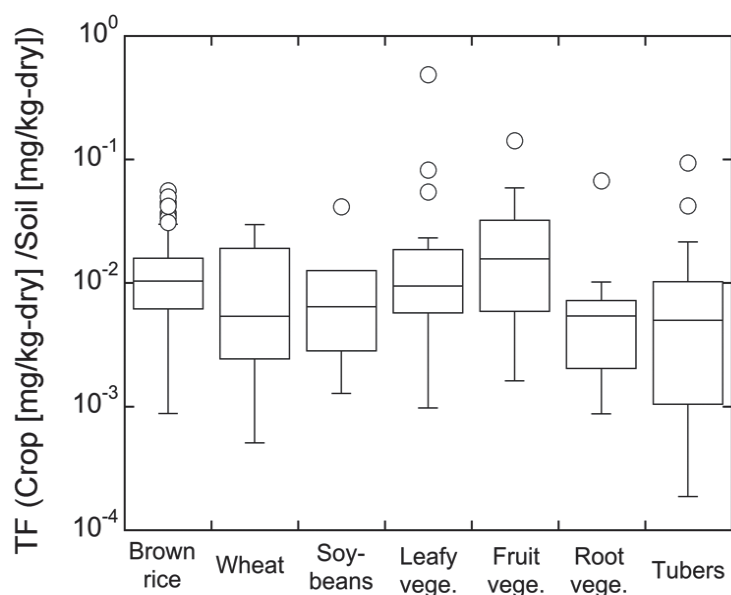
特集

日本放射化学会ロードマップの策定について

特集

2020年度学会賞

日本放射化学会第64回討論会 若手優秀発表賞受賞者による研究紹介



放射化学

第 43 号

令和 3 年 (2021 年) 3 月 20 日

目次

特集

日本放射化学会ロードマップの策定について (篠原 厚)	1
放射化学教育人材育成ロードマップ (篠原 厚)	3
核化学ロードマップ (羽場 宏光)	7
放射化分析研究のロードマップ (高宮 幸一)	11
原子核プローブの科学のロードマップ (佐藤 渉)	14
環境放射化学のロードマップ (別所 光太郎)	17

特集

学会賞

環境中の放射性核種による人の被ばく線量推定のための

生活圏移行パラメータ研究 (田上 恵子)	21
----------------------------	----

若手優秀発表賞

MRTOF+ α -TOF による ^{257}Db の直接質量測定 (庭瀬 暁隆)	31
アスタチン-211 標識金ナノ粒子の合成と腫瘍増殖抑制効果の評価 (黄 栩昊)	33
ミュオン特性 X 線測定による鉄の酸化反応の追跡 (梶野 芽都)	35
CdTe 検出器を用いた負ミュオンによる非破壊三次元イメージング法の開発 (邱 奕寰)	37
マイクロビーム X 線吸収分光法によるウラン微粒子の化学種分析 (蓬田 匠)	39
Rf の化学研究に向けた $^{89\text{m}}\text{Zr}$ の硝酸系でのオンライン陰イオン交換実験 (渡邊 瑛介)	41

コラム

日本放射化学会第 64 回討論会 (2020) のオンライン開催に関わる

アンケートの調査結果について	43
----------------------	----

会議報告

APSOT-3 参加報告 (和田 拓郎)	49
日本放射化学会第 64 回討論会 (2020) の開催報告 (篠原 厚)	51

時過ぎて

池田長生先生の思い出 (五十嵐 康人)	58
---------------------------	----

情報プラザ (国際国内会議)	59
----------------------	----

本だな

ウランの化学 (I) - 基礎と応用 - (佐々木 隆之)	61
-------------------------------------	----

学会だより	62
-------------	----

「放射化学」規定など	67
------------------	----

「放射化学」論文編集委員会規定
「放射化学」発行規定
「放射化学」論文投稿規則
「放射化学」論文投稿の手引き
学位論文要録執筆候補者の推薦について
「会員の声」欄へのご寄稿のお願い
会員の異動に伴う連絡のお願い

賛助会員リスト

広告

表紙の説明

長半減期核種 (I-129) の作物毎の土壌から植物への移行係数 (2020 年度学会賞・田上恵子博士の研究紹介より)

特集 日本放射化学会ロードマップの策定

日本放射化学会ロードマップの策定について

日本放射化学会会長 篠原 厚

(大阪大学大学院理学研究科)

日本放射化学会では、現在、法人化に向け々と手続きを進めており、4月1日から正式に新法人としてスタートします。我々の分野のベースとなる新たな学会には、その分野の教育研究にビジョンが必要で、分野としての将来構想を持っておくべきと思っています。私が、新法人に新風を吹き込み、ビジョンを描く仕掛けとして期待しているのが、本特集でご紹介する「ロードマップ」です。

放射化学は、分野によってかなり色合いも異なり、ひとまとめにした将来構想などはなかなか難しいと思います。また、全員がゴールに向けて一丸となって進みましょう、などと言うモノでは当然ありません。学会が、先生方が学生に自分の夢を語った後に、我々の分野ではこういうビジョンを、夢を持っているということを示せる場になればいいと思います。そのロードマップは、当然どんどん変わるものです。毎年のように皆さんで書き換えてゆくような雰囲気こそが必要です。

このロードマップ作製の取り組みは、ご存じの通り、学会創設20周年の記念事業の一つとして一昨年(2019年度)のいわきでの第63回討論会から始まっています。まずは、分科会を軸にして4分野(核化学、放射化分析、核プローブ、環境)と教育の5チームを立ち上げました。以下に、そのコンセプトとワーキンググループ(WG)メンバーを紹介します。WGの世話人は理事の中から、私の一存で各分野に通じる方をお願いし、足掛け2年間にわたり検討を行っていただきました。

コンセプト

- 放射化学の未来を見据えた研究テーマの推移と予想
- 現在-5年(短期)、5-20年(中期)、20-30(50)年(長期、未来)

- 網羅的にする必要はない、新しい分野創出を含める、他分野との連携融合

WGメンバー(順不同)

核化学 WG: 塚田和明(前半の世話人)、羽場宏光(後半の世話人)、笠松良崇、鷺山幸信、渡邊雅之、後藤真一、佐藤哲也

放射化分析 WG: 高宮幸一(世話人)、松尾基之、大浦泰嗣、三浦 勉、藤 暢輔、菊永英寿、松江秀明

核プローブ WG: 佐藤 渉(世話人)、山田康洋、久保謙哉、木野康志

環境 WG: 別所光太郎(世話人)、高橋嘉夫、田上恵子、坂口 綾、佐藤志彦

教育 WG: 篠原 厚(世話人)、海老原充、葉袋佳孝、工藤久昭、横山明彦

いわきの討論会では、記念セッションとして各分野から検討状況のトークがあり、パネル討論「放射化学の未来を考える」を開きました。そこで出た意見も踏まえ、さらに検討を重ね、前回の第64回討論会で、法人化記念セッションとして、各分野のロードマップを披露し、内容についての講演に続き、パネル討論「放射化学の未来を考える part-2」を行いました。その際のいろいろな意見交換は、我々の分野や学会について考える良い機会になったのではないかと思います。その中でも出ました、このロードマップをどうするか?、どう生かすか?放射化学会としての全体のロードマップを作らないのか?という課題について、その後、世話人中心に検討を続けています。現時点で出ている方針は、各分野のロードマップの公表の方法、学会として公開できる全体のロードマップの策定、活用案(まだ検討中)についてなどです。以下に簡単にまとめます。

- 現ロードマップは、あくまで分科会の有志で策定したものであり、討論会で披露し意見交換したが、一般公開についてのコンセンサスを得るプロセスは経ていない。そのため、一般に広く公表するには支障がある。
- ロードマップの有効利用を考えても、何らかの形で公表することには意味がある。そこで、「放射化学」に記事（本特集）として紹介することとする。（これによりロードマップだけ独り歩きするリスクを避け、経緯や責任の範囲を理解の上で利用してもらう。）
- 学会としてのロードマップを各分野のロードマップを元に策定する。作業は世話人が中心となり進める。また、このロードマップは、会員からのいわゆるパブリックコメントを得る期間を設けるなど、公表についてのコンセンサスを得るプロセスを経るようにする。
- 可能なら、新法人となって最初の討論会である第65回討論会で披露する。更新のシステム、有効活用の検討を常時行うこととする。

ロードマップの活用については、まだまだアイデア募集中と言ったところです。まずは、会員の皆様自身のモノとして、我々の分野の紹介や会員間の交流の切っ掛けに活用いただき、さらに学生

に夢を語る際のネタの一つにしていれば、その役目の半分以上は果たせたと思います。そのうえで、学会や学問分野のビジョンを示すものとして、予算獲得の資料や国へのアピールが必要な際の資料に使うことが考えられます。大きなプロジェクトを実現しようとする場合や学問の方向を国の施策に反映させたい場合など、学会にもある程度の政治的機能は必要です。その際、組織としてコンセンサスの取れた内容を持っている必要があります。また、以前から掲げているもう一つの施策、他学会との連携の際にも重要な資料となります。さらに、近々検討すべきと考えているのは、日本学術会議が3年ごとに更新している大型研究のマスタープランの策定への取組ですが、ロードマップが重要な役割を果たすと思います。また、白書を作ろうという提案もあります。

ロードマップに我々の分野の夢を語ってもらいますが、夢は実現するためにあります。我々の新法人日本放射化学会を、夢をリアルにする場の一つとして機能させましょう。

最後に、ロードマップの検討・作成にご尽力頂きましたWGメンバーの皆様、そして世話人役をお引き受け頂き、今なお検討を続けている担当理事の皆様に、（まだWGは続きますが）感謝申し上げます。

特集

放射化学教育人材育成ロードマップ

海老原 充¹、工藤 久昭²、薬袋 佳孝³、横山 明彦⁴、篠原 厚⁵
 (早稲田大理工¹、新潟大自然科学系²、武蔵大人文・根津化研³、
 金沢大理工⁴、阪大院理⁵)

教育にロードマップは少しそぐわない感もあるが、今後の放射化学教育に関する展望ということで、放射化学を取り巻く状況と、それに対応する方策について議論した。

放射化学のアカデミックな状況として、全国的な放射化学研究室の減少に伴い、関連する教育の機会減少が懸念されているにもかかわらず、一方では、福島第一原子力発電所の事故以降は特に、放射能汚染モニタリングや廃炉に関係する放射化学技術や研究者の必要性が叫ばれている。放射化学のソサエティーとしては専門家集団としての現状分析、対策、将来への指針の提供が必要と考える。可能なら学会で部会を設け、継続的な活動を展開し、下記のような項目について、議論を始めるべきである。

1. 現状分析
2. 教育コンテンツの集積・情報提供・開発
3. 若手・中堅への支援
4. アウトリーチ活動

その準備段階として、ワーキンググループの作業として、以下に述べるいくつかの事柄を検討した。

1. 中等教育の状況

現在の学習指導要領は次のような項目で、放射線・放射能についての教育が企画されている。その概要を示す。

中学理科

[第1分野]：「エネルギー」、「粒子」

第3学年に加えて、第2学年においても、放射線に関する内容を扱うこと

- 第2学年 [電流] 静電気と電流 (電子、放射線を含む)

(放射線に関する内容) 真空放電と関連させてX線にも触れるとともに、X線と同じように透過性などの性質をもつ放射線が存在し、医療や製造業などで利用されていることにも触れる。

- 第3学年 [エネルギーと物質] エネルギーとエネルギー資源 (放射線を含む)

(放射線に関する内容) 原子力発電では、ウランなどの核燃料からエネルギーを取り出していることに触れる。放射線については、核燃料から出ていたり、自然界にも存在し、地中や空気中の物質から出ていたり、宇宙から降り注いでいたりすることなどにも触れる。東日本大震災以降、社会において、放射線に対する不安が生じたり、関心が高まったりする中、理科においては、放射線について科学的に理解することが重要であり、放射線に関する学習を通して、生徒たちが自ら思考し、判断する力を育成することにもつながると考えられる。

高校

[物理基礎] エネルギーとその利用

(放射線に関する内容) 人類が利用可能な水力、化石燃料、原子力、太陽光などを源とするエネルギーの特性や利用などについて、物理学的な視点から理解すること。「原子力」については、関連して放射線及び原子力の利用とその安全性の問題にも触れること。関連して、 α 線、 β 線、 γ 線、中性子線などの放射線の特徴と利用、線量の単位など、放射線及び原子力の利用とその安全性の問題にも触れる。その際、放射線がその性質に応じて、医療、工業、農業などで利用されていることに触れることが考えられる。

[物理] 原子と原子核

(放射線に関する内容) 原子核の構成、原子核

の崩壊及び核反応について理解させることがねらいである。原子核の構成、原子核の崩壊、半減期、核分裂、核融合、原子核反応を扱い、質量とエネルギーの等価性にも触れる。例えば、放射線計測、霧箱を用いた放射線の観察などを行うことが考えられる。

[化学基礎] 物質の構成

(放射線に関する内容) [原子の構造] で原子番号、質量数及び同位体を扱うこと。その際、放射性同位体とその利用にも触れること。放射性同位体については、例えば、年代測定や医療などの利用方法に触れる。

[化学] (該当無し)

その他に、文部科学省発行の「放射線副読本」平成30年9月が存在し、小学生用は24ページ、中・高生用は24ページの分量がある。

放射線についての教育が一応にでもされていることには、胸をなでおろす気持ちであるが、[化学]には放射線の項目はなく、放射化学の立場からは複雑である。また、実際にどのくらい利用されているか、また教える側の先生がどの程度の知識があるかは不明である。あるアンケートによると大半の学校で放射線の授業を行ったという結果があるが、その教育を経てきた大学生を見ると、とてもそうとは思えないのが現状である。教員のスキルアップを含め、アカデミアや学会が貢献できる(すべき)ことは多くあると思われる。

2. 若手・中堅の活動の支援

学生や若手研究者への学習機会の提供は焦眉の急であるが、そのほかにも若手の会への支援、夏の学校などの短期セミナーへの支援、若手や中堅を対象とした新企画への支援、放射化学分野のキャリアパス情報の提供も必要であろう。また、他分野を含む学生の関心を高めることもソサエティを広げていくには必要で、関連分野を含むポスト情報の共有や大学共同利用や研大連携への支援も期待されるところである。同様の課題への学会の関与の例として日本地球化学会での活動を参考にした。同学会では十数年前から学会員のボラ

ンティア活動として、講師として派遣できるメンバーを募って登録し、所属、講演テーマ(実験も含む)などを公開しており、また主な対象を高校としているが、広範囲のニーズに対応できる講師派遣を、学会が窓口となって斡旋している。

3. オンラインコンテンツ：ねらいと考え方

昨今のコロナ禍でオンライン教育がクローズアップされているが、今後はオンラインでの様々な教育活動がさらに一般化されると思われる。教育コンテンツの保存・継承・共有および情報共有による新規コンテンツの開発促進は、これらコンテンツのオンライン化によって、より現実的なものとなっている。一方、科学基盤教育としての放射化学の必要性は広範な分野・対象・目的に及ぶものの、その教育を担うべき人材やポストは不足している。この状況を打開するには、放射化学に関する優良な教育コンテンツを広く公開し、他領域の基盤教育にも必須な領域であることを認識させる必要がある。また、放射化学の今後を担う世代に対しても、現在に至るまでの放射化学の叡智を出身の大学・学部・専門分野の違いを越えて継承することに繋がる訳で、資する所は大きい。このような目的のために、分野別(化学系、工学系、生物系、医歯薬系など)、対象・目的別(大学院レベル、学部専門教育、学部教養教育、初等中等教育、市民教育)のニーズにきめ細かく対応した視聴覚コンテンツ(実習に関するものを含む)並びに文書型コンテンツのオンライン提供サービスについて実施に向けての具体的な検討を開始する。

4. オンラインコンテンツ：具体例

検討すべきオンラインコンテンツの具体例として対象別に列挙する。各研究教育機関あるいは研究者がそれぞれに創り上げて来たコンテンツをベースとする。学会提供のオンラインコンテンツとすることで、研究室の世代交代やミッションの転換に伴う教育資産の散逸を防ぐとともに、次世代の学会員による継承をより容易なものとする。もちろん、新たな学会独自のコンテンツの提供も重要である。

a. 大学院生(分野外の学生も含む)

研究レベルでの実験技術の習得(加速器や原

子炉についての知識など)の「講習会」。
関連分野を含む知識についての「セミナー」。
授業(実験コンテンツも含む)、集中講義、セミナーなどの共有

b. 学部学生

放射化学の基礎(化学史も含む)についての授業(実験コンテンツも含む)の共有。化学専門教育における重要性を再確認することも検討プロセスで重要である。

c. 文系を含む他分野の学生、中高生、一般市民
FDNPPなどを契機とした教育資産の活用。放射能関連の一般的な知識を普及することに加えて、放射化学の歴史-過去・現在・未来についての関心につながるようなコンテンツを提供したい。

5. 関連学会との関係

関連学会との連携は学会全体の大きな課題であ

り、法人化を機に、連携を積極的に進める方向である。具体的に取り組みやすい内容として、若手人材の交流や人材育成での協力、シンポジウムや学会などの行事の共同開催が挙げられる。

放射化学会では、すでに若手の他学会での発表に対して学会からのサポート(個人ベース)を行ってきた。今後、関連学協会と連携して、放射線教育コンソーシアムを構築し、研究会など共同開催や、学会(当学会の討論会)を、まずは、同一日時、同一開催場所で行い、相互に参加費を優遇し、共通セッション(特別講演を含む)や共通懇親会を実施することなどから始めることが現実的である。

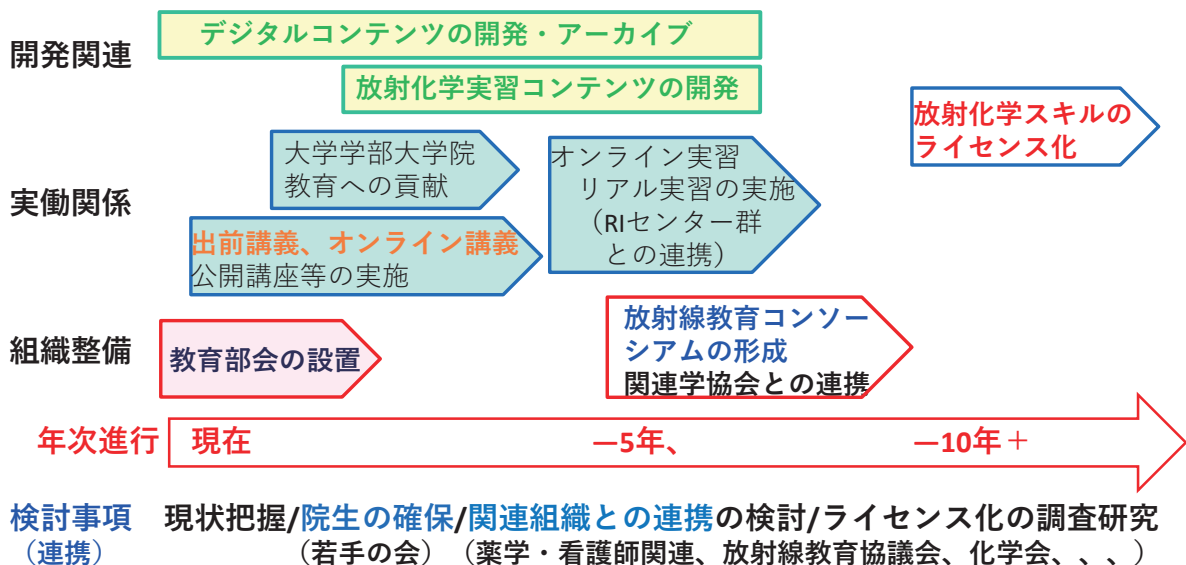
また、国際組織に対しては、APSORCを通じた国際学会との連携(開催、共催)やPACIFICHEMにおけるセッション提案、実施を行ってきたが、今後は中国や韓国の放射化学関連学会との連携を強め、MOU取り交わしによる年会での特別セッ

教育・人材育成のロードマップ

理念：学会として貢献できる教育人材育成、中立の立場による情報発信

対象：会員・学生、学校(教育・生徒)、市民、関連業界

課題：教育資源(人的、経済的)、学会外(国内外)組織・との連携



ション設定、“アジア放射化学連合”の設立など積極的な交流を目指したい。

6. その他の課題

その他の課題として、後継者育成としての大学院教育、放射化学スキルのライセンス化、リアル実験とオンライン実験のコンビネーション、国際協力、科学技術リテラシーとしての放射化学、放射化学の展開の歴史についての取り組みも考えられる。これらは、オンラインコンテンツの提供などの具体的な学会サービスの検討の対象でもある。

7. ワーキンググループからの提案

以上の放射化学教育に関する課題や将来計画を進めるにあたって、日本放射化学会に教育部会の

設置が望ましい。部会を中心に、放射化学（専門）教育、放射化学人材育成に取り組んで、現状の放射化学の教育機会減少を打破してほしい。講師派遣、オンライン授業の提供、オンラインコンテンツの開発提供、Webでの情報の公開、教材開発を実施し、またアカデミア人材の発掘については若手の会と共同で対応できれば言うことはない。また、放射線教育・アウトリーチ活動として、放射化学の専門家に対する社会のニーズに応え、放射能・放射線の正しい認識により、風評被害を回避し、市民向け、小中高校向けの啓発活動（講演会、講座等）や教養教育を実践し、ニーズ調査をして医療薬学等人材への教育も行えないだろうか。薬学、看護師業界、産業界へ講師派遣し、オンライン授業の提供を行うことも視野に入れてほしい。

特集

核化学ロードマップ

羽場 宏光¹、笠松 良崇²、後藤 真一³、佐藤 哲也⁴、塚田 和明⁴、鷲山 幸信⁵、渡邊 雅之⁶
 (理化学研究所仁科加速器科学研究センター¹、大阪大学理学研究科²、新潟大学自然科学系³、
 日本原子力研究開発機構先端基礎研究センター⁴、福島県立医科大学先端臨床研究センター⁵
 日本原子力研究開発機構原子力基礎工学研究センター⁶)

2019年、日本放射化学会設立20周年の節目にあたり、著者らは核化学ロードマップ作成ワーキンググループを結成し、今後50年の核化学分野の在り方について討論した。その内容を核化学ロードマップ(暫定版)として、2019年9月、日本放射化学会第63回討論会(2019)「20周年記念パネル討論会～放射化学の未来を考える～」において公開し、学会員に意見を求めた。著者らはその後も核化学ロードマップの改定を続け、2020年9月、日本放射化学会第64回討論会(2020)「学会法人化特別セッション」において、核化学ロードマップ2020として公開した。本稿では、作成した核化学ロードマップ2020の概要を紹介する。

核化学とは、「原子核の壊変や原子核反応が伴った化学研究分野」である。具体的には、新元素・新同位体の探索、放射性元素(特に重・超重元素)の化学、原子核構造、原子核壊変、原子核反応、原子核分裂の研究等である。核化学の使命は、元素周期表と核図表を拡大するとともに、物質の構成要素である原子・原子核の特性を究極的に理解し、得られた知見を多分野に波及させて新しい応用を開拓することにある。

核化学は、未発見のものを含めた全ての元素と同位体を研究対象にすることができる。この点において、核化学は化学のみならず、科学の“核”となり得る研究分野といえよう。図1に核化学の

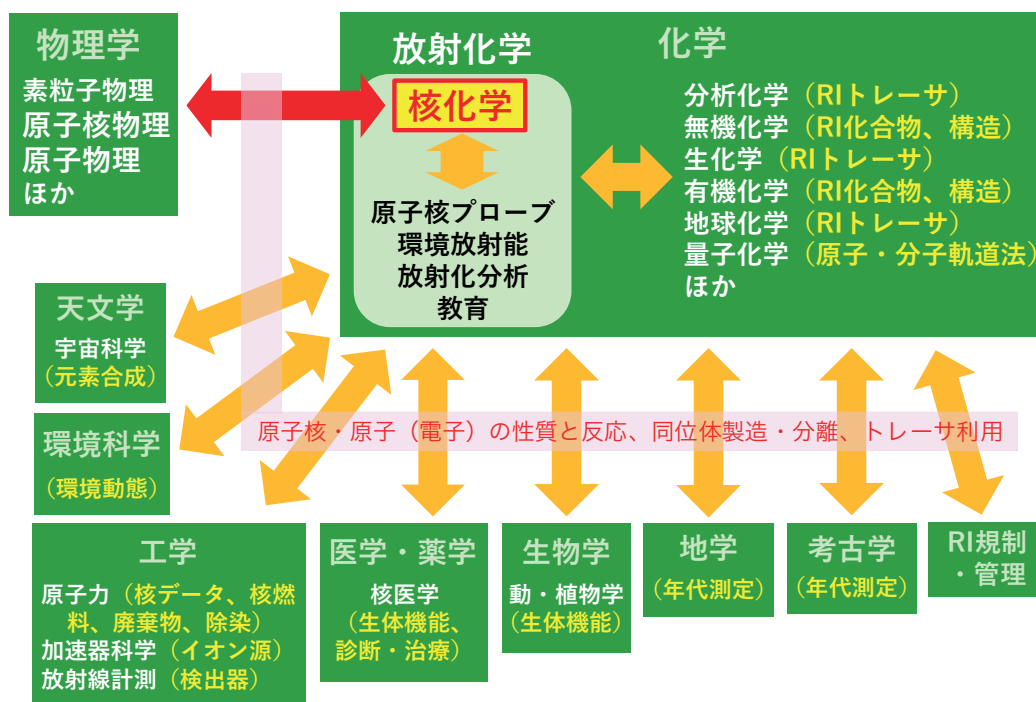


図1. 核化学の他分野との繋がり

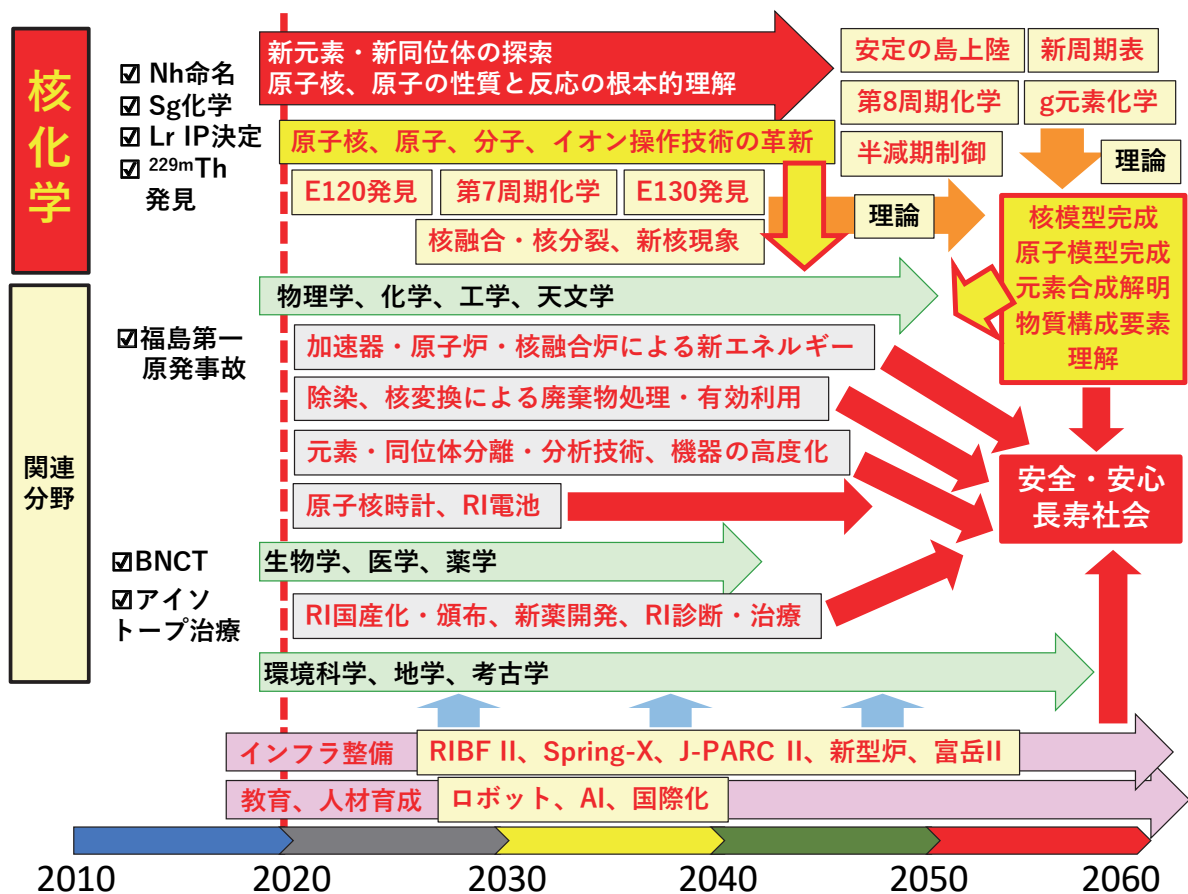


図2. 核化学ロードマップ2020

他分野との関係を示した。核化学は、原子核壊変や原子核反応を利用するため、物理学、特に原子核物理学と原子物理学に関係が深い。さらに、原子核・原子（電子）の性質と反応、同位体製造・分離、トレーサ利用を通じて、放射化学の他の分野（原子核プローブ、環境放射能、放射化分析、教育）のみならず、分析化学、無機化学、生化学、有機化学、地球化学、量子化学等、化学の広い分野と密接に関係する。さらに、天文学、環境科学、工学、医学、薬学、生物学、地学、考古学、RIの規制・管理に至るまで、他分野との繋がりには多岐にわたる。

図2に、核化学ロードマップ2020を示す。一図に多量の情報を盛り込んだため、横軸の年代スケールは粗い尺度と考えていただきたい。2010年代、日本放射化学会の核化学研究者が貢献して、アジア初・日本発の新元素ニホニウムの発見^[1]、106番超重元素シーボーギウムのカルボニル錯体

の化学合成^[2]、103番元素ローレンシウムのイオン化ポテンシャルの決定^[3]、トリウム 229m の人工的生成^[4]等、特筆すべき成果が多数上がった。今後50年においても、新元素・新同位体の探索、原子核・原子の性質と反応の解明が核化学の基軸となっていくであろう。これを実現するためには、理化学研究所RIビームファクトリー、日本原子力研究開発機構タンデム加速器施設、大阪大学核物理研究センター等、我が国が世界に誇る最先端の加速器施設を駆使し、さらにこれらの施設の高度化を進めていくことが重要である。今後、より短寿命で希少な元素と同位体を研究対象としていくためには、原子核、原子、分子、イオンを生成・分離・検出する革新的技術の開発も必要不可欠である。

核化学分野の近い未来のマイルストーンとして、119番以降の新元素の発見、第7周期元素の化学、核融合・核分裂機構の解明、新核現象の発

周期	族	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	電子軌道
1		H																	He	1s
2		Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	2s2p
3		Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar	3s3p
4		K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	4s3d4p
5		Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	5s4d5p
6		Cs	Ba	*	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	6s5d6p
7		Fr	Ra	†	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og	7s6d7p
8		119	120	‡	156	157	158	159	160	161	162	163	164	139	140	169	170	171	172	8s7d8p
9		165	166											167	168					9s9p
*ランタノイド	6	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71				4f
†アクチノイド	7	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103				5f
‡スーパー アクチノイド	8	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155				6f
‡スーパー アクチノイド	8	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	5g

図 3. 拡張周期表

見を、さらに未来のマイルストーンとして、原子核の安定の島への上陸、第 8 周期元素の化学、半減期制御等を掲げた。核化学が探求する原子核・原子の基本的性質の理解は、究極的な原子核・原子模型の完成や、宇宙での元素合成過程の解明に繋がるだけでなく、新しい応用を切り拓く基盤となることはいうまでもない。

2021 年、福島第一原子力発電所事故から丸 10 年を迎える。この事故は、放射化学に大きな影響を与えてきた。核化学の今後 50 年にも少なからず影響を与え続けるだろう。核化学は、物理学、化学、工学等、他分野と協力し、加速器・原子炉・核融合炉等を利用した新エネルギー源の実現、使用済み核燃料からの有用核種の回収、福島周辺の除染、核変換による廃棄物の処理への貢献が期待される。さらに、元素・同位体分離・分析技術、分析機器の高度化、原子核時計、RI 電池等の実現に核化学が果たすべき役割は大きい。一方、生物学、医学、薬学分野では、ホウ素中性子捕捉療法 (BNCT: Boron Neutron Capture Therapy) が

普及し、2010 年代には、アイソトープ治療、特にアルファ放射体を用いた核医学治療が大きな注目を浴びた。有用 RI 国産化・頒布、新薬開発、地方やへき地での RI 診断・治療を実現させる上で、核化学が果たすべき使命は大きい。

2021 年 1 月現在、水素から 118 番元素オガネソンまで 118 種の元素が知られ、元素周期表の第 7 周期が完成している。元素は 173 番元素くらいまで存在すると予測され、一例として図 3 に示した拡張周期表が提案されている^[5]。一方、原子核は約 10,000 種あると予測され、人類はその 3 分の 1 程度に手が届いたに過ぎない (図 4)。今後 50 年、核化学は引き続き周期表と核図表を拡大し、物質を構成する原子・原子核の究極的理解を目指すべきであろう。この過程で得られた知見と技術は、確実に社会に還元され、安全・安心・長寿社会の実現に繋がっていくと著者らは確信している。

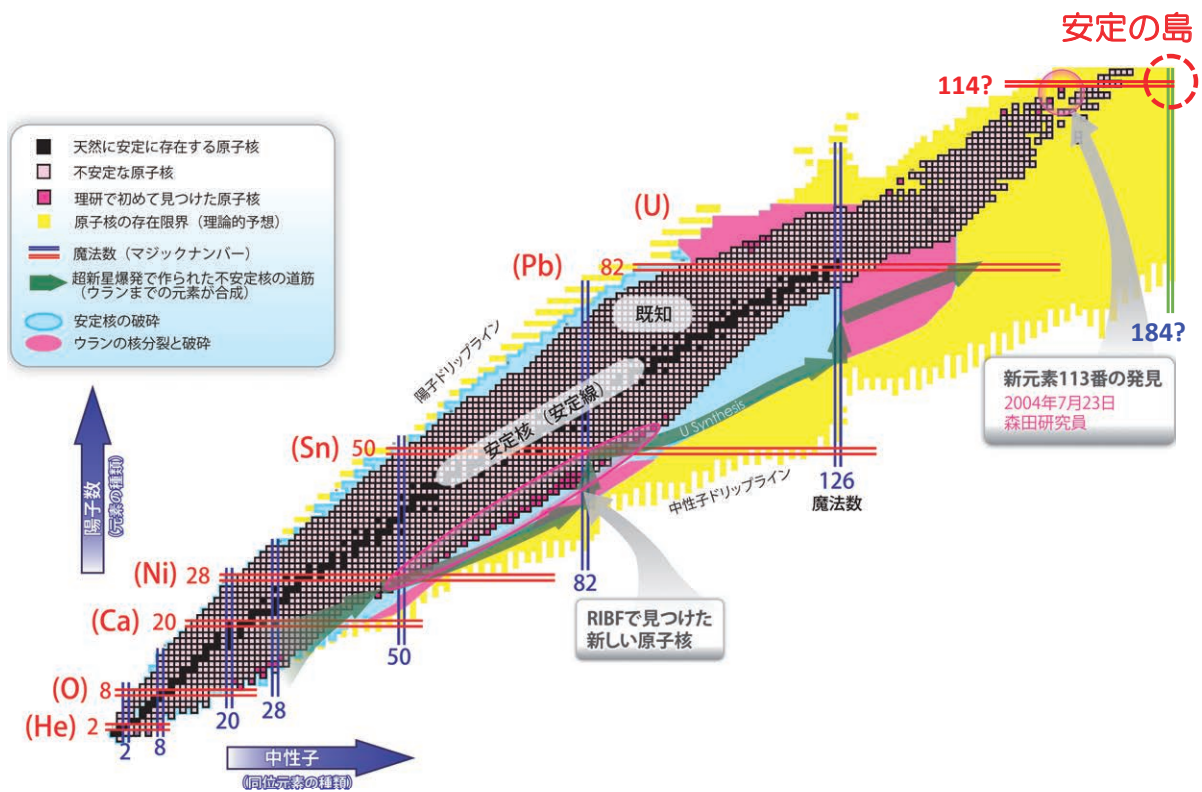


図4. 核図表 (理化学研究所 提供)

参考文献

- [1] L. Öhrström and J. Reedijk, *Pure Appl. Chem.* **88**, 1225–1229 (2016).
- [2] J. Even et al., *Science* **345**, 1491–1493 (2014).
- [3] T. K. Sato et al., *Nature* **520**, 209–211 (2015).
- [4] T. Masuda et al., *Nature* **573**, 238–242 (2019).
- [5] P. Schwerdtfeger, O. R. Smits, and P. Pyykkö, *Nat. Rev. Chem.* **4**, 359–380 (2020).

特集

放射化分析研究のロードマップ

大浦 泰嗣¹、菊永 英寿²、高宮 幸一³、藤 暢輔⁴、松江 秀明⁴、松尾 基之⁵、三浦 勉⁶(¹ 都立大、² 東北大、³ 京都大、⁴ JAEA、⁵ 東京大、⁶ 産総研)

1. 放射化分析研究の現状

放射化分析法とは、対象とする試料に中性子、光子、荷電粒子を照射することにより、試料内に含まれる原子核が原子核反応を起こし、その結果として生成する放射性核種から放出される放射線を測定することで、元素の定性、定量を行う分析法である。核反応は試料の化学状態に依存しないため、定量値は分析目的となる元素の存在状態に影響されない。また、一般的には透過能力の高いガンマ線の測定によって分析を行うため、試料を分解・溶解することなく全量分析が可能である。これらの特徴から、分析におけるトレーサビリティの確立が容易であり、特にハロゲン等の揮発性元素、溶液化が難しい貴金属元素の定量に有効な分析手法である。このため、国際度量衡委員会物質諮問委員会において正確な分析法として認知されている。代表的な放射化分析法の適用例としては、(1) 試料の完全分解が困難な土壌、鉱物、岩石、隕石、セラミックス、(2) 水素、炭素、窒素、酸素が主成分である植物などの生物試料、(3) 試料の溶液化を行う際のわずかな不純物の混入が分析精度を左右する半導体材料などの超高純度物質や宇宙塵・大気浮遊塵といった極微量試料、また(4) 認証標準物質、科学捜査、美術・考古学試料などの正確な値付けが必要な試料の元素分析などがある。

放射化分析は一般的な化学分析と異なり特殊な施設を用いる必要があり、国内では原子炉中性子による放射化分析や即発γ線分析(PGA)では、京都大学複合原子力科学研究所のKURと日本原子力研究開発機構のJRR-3(2020年度運転再開予定)が、加速器中性子によるPGAにはJ-PARC物質・生命科学研究所のANNRI、光子による放射化分析には東北大電子光物理学研究センターと

京都大学複合原子力科学研究所のLINACなどが主に利用されている。これらの施設で放射化分析法を用いて行われた分析や分析手法開発の代表例として、KURにおける(1)探査機「はやぶさ」が小惑星イトカワから回収した微粒子の元素分析(Ebihara et al., Science 2011, 333, 1119-1121)、(2)化学分離を併用した中性子放射化分析法による岩石試料中の微量ハロゲンの精密定量(Sekimoto & Ebihara, Anal. Chem. 2013, 85, 13, 6336-6341)、J-PARCのANNRIでの(3)J-PARC加速器中性子源を用いた即発ガンマ線分析法と中性子飛行時間法の融合(Toh et al., Anal. Chem. 2014, 86, 24, 12030-12036)、JRR-3で実施された(4)正確さの実証(ヒ素認証値の検証)(Miura et al., Talanta, 2010, 82, 1143-1148)などが挙げられる。

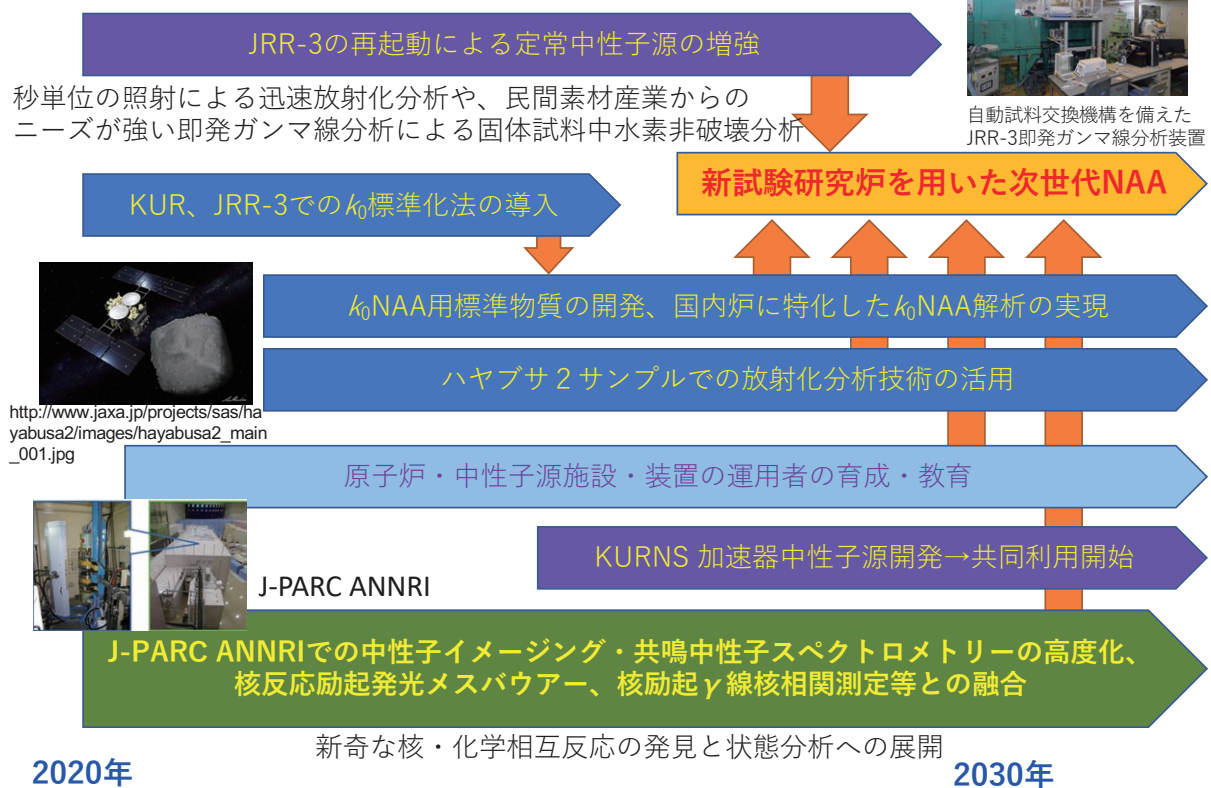
2. 放射化分析法研究の将来

これらの放射化分析法の特徴と実績および放射化分析を行うための施設の状況を加味して検討した今後の展開を図1に示す。まず、研究用原子炉を用いた中性子放射化分析に関しては、利用施設の側面からは現在(2020年12月)KURが唯一の施設であるが、2021年には新規規制基準への対応のため運転が停止しているJRR-3の再起動が計画されており、国内で2基の研究用原子炉が稼働することによる定常中性子源の増強が見込まれている。JRR-3では通常の中性子放射化分析法による元素分析に加えて、秒単位の照射による迅速放射化分析や、民間素材産業からのニーズが強い即発ガンマ線分析による固体試料中水素非破壊分析などの先進的な分析研究の実施が予定されている。分析手法の側面からは、KUR、JRR-3での中性子放射化分析のツールとして共通した k_0 標準化法の導入が検討されている。 k_0 標準化法では定

期的な中性子束や検出器特性に係るパラメーターの取得が必要となるなどの施設側の準備が必要となるが、ユーザーにとっては比較標準となる標準物質の選定や調製が不要となり、分析の利便性が向上することによるユーザーの裾野の広がりが期待される。また、 k_0 標準化法の導入と並行して k_0 NAA用標準物質の開発を行うことで、分析パラメーターの取得を簡便化し、ユーザー側にも施設側にもメリットが大きい k_0 NAA標準化法の実現を目指したいと考えている。つまり、中性子放射化分析を行う上で必要な手順をすべてパッケージ化することで、分析の利便性と信頼性の両方をともに向上させることを目指す。また、2021年にははやぶさ2がリュウグウから持ち帰ったサンプルの放射化分析法による元素分析が計画されており、このような特殊なサンプルを対象として用

いられる放射化分析技術を他の分野へ活用することによる技術の発展も見込まれる。一方、加速器施設を用いた放射化分析では、J-PARCのANNRIでの中性子イメージング・共鳴中性子スペクトロメトリーの高度化や、核反応励起発光メスbauer、核励起 γ 線核相関測定等との融合といった次世代の高度な分析手法の開発が見込まれており、新奇的な核・化学相互反応の発見と状態分析への展開が期待されている。また、京都大学複合原子力科学研究所ではサイクロトロンを用いた新たな加速器中性子源の開発が計画されており、高速中性子や極冷中性子を用いた放射化分析法の開発も計画されている。また、福井県に新しい研究用原子炉（以下、福井炉と呼ぶ）が設置されることが2020年に決定し、その概念設計が始まっており、10 MW程度の中型の研究用原子炉となるこ

放射化分析法の今後の展開



とが想定されている。我々は、この福井炉において前述の各施設で開発され培われた技術や手法を集結した次世代の放射化分析法を展開することを目指している。つまり、 k_0 NAA を機軸としたパッケージ化した分析システムを提供することによる、広く様々な分野のユーザーに提供できる汎用的な分析手法としての確立を行うとともに、高度な分析装置を複数設置することにより特殊な試料の分析にも柔軟に対応できる体制の構築を目指す。

3. 人材育成

当然のことであるが高度な装置やシステムを効果的に利用するためには、放射化分析を行うための研究用原子炉や加速器施設、および付属する設備や装置の運用を行うための人材の育成・教育が必要不可欠であり、教育研究機関である大学と大

型施設を運営する研究機関に加え、産業界とも連携しながら人材の育成を図る必要がある。

4. まとめ

放射化分析法は、研究用原子炉や加速器といった特殊な施設を用いて行う、様々な研究分野で幅広く利用されているユニークな元素分析法である。放射化分析法をより一層発展させるためには、施設の充実に加え分析の利便性を向上させることによるユーザーの裾野の拡張も必要である。そのため、新たに設置される福井炉での次世代の放射化分析の展開と人材育成を視野に入れ、 k_0 NAA を機軸とした汎用的な分析手法としての確立を行うとともに、高度な分析装置による特殊な試料の分析にも柔軟に対応できる体制の構築を目指したい。

特集

原子核プローブの科学のロードマップ

佐藤 渉¹、久保 謙哉²、木野 康志³、山田 康洋⁴(¹金沢大、²国際基督教大、³東北大、⁴東京理科大)

1. 原子核プローブの科学

物質の性質を評価する方法の一つとして、研究対象の物質中に放射性核種を探針（プローブ）として導入し、これらの崩壊過程で放出される放射線を測定することによってホストの物性を微視的視点から議論する、いわゆる原子核プローブの手法がある。この手法を用いる研究者の組織として、第4回（1960年）放射化学討論会で「ホットアトム化学グループの会」が発足し、数度の名称変更を経て、第42回（1998年）から現在の「原子核プローブ分科会」として活動している。分科会発足当初は、原子核の壊変現象が局所環境に及ぼす影響、いわゆるホットアトム効果が主な研究対象であったが、現在では実験設備・装置の目覚ましい進展により、内部磁場、局所構造、格子欠陥、プローブやその周辺の動的振舞いなど、物質内部のミクロな情報を原子レベルで議論することが可能となった。研究対象物質も固体金属化合物をはじめ、金属錯体、有機化合物、高分子化合物、ソフトマター、溶液試料、また、土壌や岩石、隕石などの天然試料など多岐にわたっている。また、放射性核種に限らず、ミュオンや陽電子をプローブとする分光法の開発も進み、物性研究に欠かせない分野として成長を遂げた。以下、便宜的にこれらの放射線の検出による物性研究を総じて「原子核プローブの科学」と呼ぶことにする。本稿では、この原子核プローブの科学で採用される各種分光法の特徴と将来的な展望を述べる。

2. 原子核プローブの科学で用いられる分光法の特徴

物質内部の局所情報を得る「原子核プローブの科学」では、研究目的（取得したい情報）に応じた物性観測が行われる。以下、それぞれの観測に用いられる主な手法の特徴を紹介する。

超微細場の測定を目的として利用されている主な分光法として、メスバウアー分光法、 γ 線摂動角相関/角分布法、 β -NMR/NQR法、低温核偏極法、そして μ SR法が挙げられる。これらの分光法によって得られる情報は、主にプローブ位置での内部磁場および電場勾配（ μ SR法を除く）であり、プローブとして採用できる原子核はそれぞれの分光法の原理に依存している。また、研究対象のホスト物質を構成する元素によってプローブに適不適があるため、研究対象によって採用できる分光法もある程度制約される。これらの手法に共通する長所（メスバウアー分光の透過法を除く）は、試料のバルク物性に影響を与えない極微量（ \sim ppt レベル以下）のプローブで局所場が観測可能な点にある。これは、安定同位体をプローブとして同様に局所場を観測するNMRやNQR、ESRとは異なる点であり、特に高純度物質中の微量不純物の挙動を調べる必要がある系（例えば不純物半導体）の研究に最適な手法といえる。また、内部磁場や電場勾配の観測に重要な核モーメントの選択において、安定同位体の基底状態には存在しないモーメントを、不安定核や励起核に求めることも可能であるため、得られる情報量も広がる。さらには、バルクの測定にはかからない局所磁場の観測が可能である点も大きな長所である。

物質中に導入される陽電子も、プローブとして原子空孔や周辺の局所構造などの情報を与える。主な分光法として、陽電子消滅寿命分光法、ドップラー拡がり法、 γ - γ 角相関法が挙げられ、さらにこれらの手法の組み合わせによってより詳細な情報を取得する方法論も確立されている。研究対象物質も金属、半導体、高分子材料など、広範囲に及んでいる。

上記の分光法にはそれぞれ長所・短所があるが、紙面の関係上、これらの詳細な記述は割愛し、表

1に要点をまとめた。

3. 今後の期待と展望

表1で示した通り、それぞれの分光法にはバルクの物性測定では得られない局所場の情報を与える長所がある反面、研究対象物質の状態、プローブのスピン偏極度など、制約も多い点が短所となっている。特に放射性核種を用いた超微細場の観測では、それぞれの分光法の原理によって適用できる核種が限定される。物質内部の局所場を「隈なく」観測するには、より多くの種類のプローブを開発することが不可欠である。このことを実現する上で、近年注目されているのが加速器を用いた新規プローブの開発である。例えば発光メスバウアー分光法や摂動角相関法では、従来プローブ核の導入には何らかの化学操作を必要としていたため、長寿命核種に限定されていたが、核反応で生成した短寿命核種を研究対象試料にイオン注入し、オンラインで測定できれば、プローブ核の種類が飛躍的に広がる可能性がある。また、原子核による放射光の共鳴吸収を利用した核共鳴散乱法は、試料中に存在する安定核をプローブとすることが可能であるため、今後、多様な研究対象に適用することが期待される。プローブの種類に加えて、導入するプローブの入射エネルギーを

制御する試みもある。物質の表面はバルクとは異なる性質を示すことから、例えば化学反応の場としての利用が期待されている。この反応場の物性を調べるには、プローブを浅い位置に選択的に導入する技術の開発が求められる。現在、原子線共鳴法による超低速・高偏極 RI ビームの開発や、超低速ミュオン、超低速陽電子ビームの開発が進められており、今後様々な物質の表面物性を微視的な視点から解き明かすことが可能となるであろう。

局所場の微視的な情報の取得に加え、物質中の元素分析にも放射性核種やミュオンの崩壊現象が利用できる。手法として、原子炉中性子を利用する中性子放射化分析法や即発 γ 線分析法、また、加速器を用いた核反応分析法やミュオン X 線分析法などが挙げられる。これらの手法の方法論や測定技術のノウハウを蓄積している放射化分析分科会の皆さんと連携協力し、局所場を観測する分光法とともに研究手法として採用することにより、さらに詳細な物性の解明が期待される。

この度、本学会が法人として新たな一步を踏み出すことを契機に、以上の内容を原子核プローブ分科会としてロードマップにまとめた(図1)。マップには日本放射化学会員が直接関与していない手法も一部含まれているが、他の組織との連携によって分野を横断した研究を展開することによ

表1: 原子核プローブの科学において用いられる分光法の特徴

分光法	得られる情報	短所	主な課題と期待	
メスバウアー分光	<ul style="list-style-type: none"> 超微細場 局所構造 電子状態 核スピン緩和(原子・分子の運動性) 	固体の物性研究に限定	新規プローブ開発	放射光を利用した核励起によるプローブ生成
γ 線摂動角相関 / 摂動角分布		汎用性の高いプローブ核が限定的		原子線共鳴法による高偏極ビームの生成
β -NMR / β -NQR		プローブのスピン偏極生成が不可欠		試料とプローブの多様な組み合わせの試み
低温核偏極				
μ SR	<ul style="list-style-type: none"> 内部磁場 ミュオンの運動性 	限られた加速器施設(世界で5ヶ所)	超低速ミュオン / 陽電子ビームの開発と応用	
陽電子消滅分光	格子欠陥・原子空孔のサイズや濃度	クリアカットな情報の取得がやや難		

り、「原子核プローブの科学」が物性研究の中で確固たる位置を占め、さらなる発展を遂げることを期待して止まない。

本稿およびロードマップの作成にあたり、三原基嗣氏（大阪大学）、筒井智嗣氏（JASRI）、大坪隆氏（新潟大学）には多大なるご協力をいただきました。この場をお借りして御礼申し上げます。

また、本ロードマップ作成ワーキングメンバーの山田康洋氏は、マップの完成を見られずにご逝去されました。原子核プローブ分科会のみならず、日本放射化学会の発展に多大なるご貢献をいただいたことに感謝申し上げますと共に、謹んでご冥福をお祈り申し上げます。

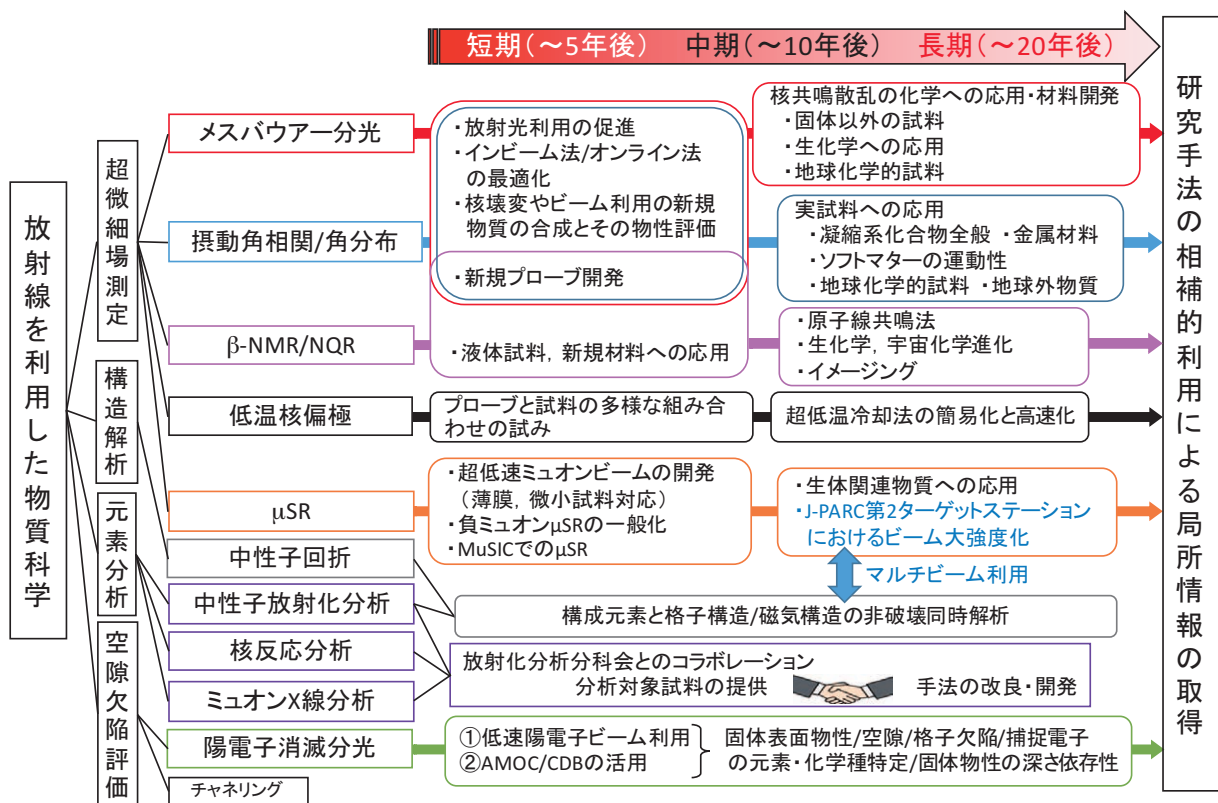


図1：原子核プローブの科学のロードマップ

特集

環境放射化学のロードマップ

別所 光太郎¹、坂口 綾²、佐藤 志彦³、田上 恵子⁴、高橋 嘉夫⁵(KEK¹、筑波大²、JAEA³、QST⁴、東大⁵)

1. 環境放射能研究の歴史と社会における位置づけ

我が国における環境放射能研究は、核関連事故と核汚染の歴史に関わる研究分野と言っても過言ではなく、負のイメージを伴うことも多い。広島・長崎原爆に関わる残留放射能評価に始まり、核実験によるグローバルフォールアウト（1950–1960年代）、チェルノブイリ原発事故（1986年）、JCO臨界事故（1999年）などが発生するたびに、環境放射能研究は重要性を認知されてきた。しかし、時間の経過と共に国民からの注目も減少し、研究者の数や予算の縮小が繰り返された。ラジウムやラドン、¹⁴C等の天然放射性核種を対象とした地球科学研究は、脈々と継続している。

直近では、2011年の福島第一原発事故で多量の放射性物質が環境に放出されたことを踏まえ、環境放射能は多くの国民により身近な存在となった。小規模な原子力施設のトラブルに関するニュースでも放射線・放射能の環境影響が触れられることから、放射能への関心が以前に比べ高まっていることがわかる。ぎりぎりその余韻が残る今こそ、この高まりを定常的なものとするため、関連学会と連携して放射化学の重要性を示す必要がある。

国策として原子力を基幹エネルギー源として位置付ける限り、その関連基礎科学である放射化学を学問としてもっと広く国民に理解してもらいたい。そのためには、各論の寄せ集めではなく、放射化学をより体系化された形で教える工夫が必要であろう。そのためにも、放射性元素が周期表に残された最後のフロンティアであること（周期表のフロンティア）、一方で重元素の化学結合にはソフト的な性質・共有結合的な性質が付与されること（化学結合論のフロンティア）、その検出には微量分析の粋を集めた技術が必要なこと（分析化学のフロンティア）など、放射化学が化学の根

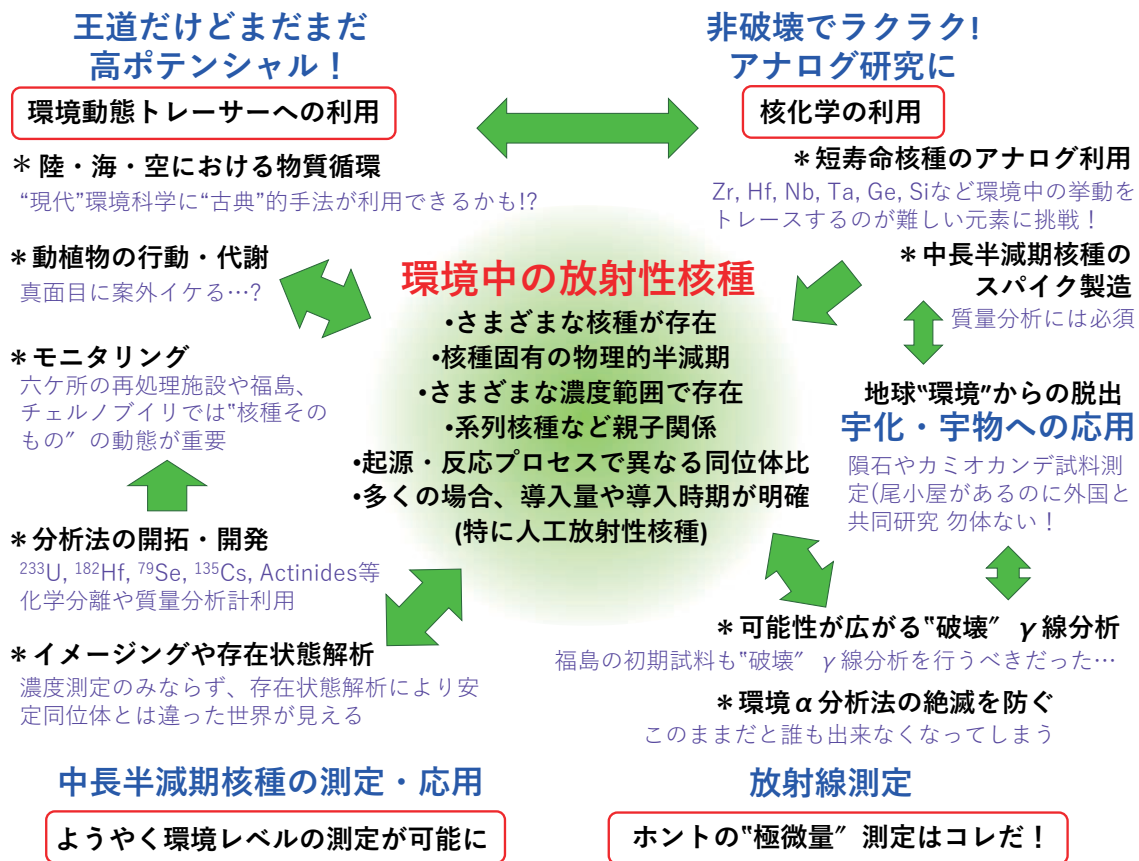
幹を担い、フロンティアを開拓するサイエンスであることを我々自身が強く認識し、その重要性をアピールすべきである。

これらはアウトリーチ活動においても同様である。放射性核種・放射能は、地球誕生以来、天然環境（無生物）や生物中に広く存在し、我々人間もそれに対応するように進化してきた。地球内部の熱源として放射能は重要であり、例えば温泉があるのは放射性核種の寄与による。このように放射能・放射性核種は人類にとって常に身近なものであったことを伝えるためにも、例えば出前授業のような活動を関連学会等と連携した活動として推進していくべきであろう。

2. 学術分野としての位置づけと今後の課題

福島第一原発事故以降、環境放射能が必ずしも専門ではない化学系や工学系の研究室や研究者が、環境放射能・環境放射化学分野に進出し、極微量のPu、Csの測定やマイクロパーティクルに関わる研究などの新たな取り組みも推進された。研究者の増加と共に、極微量同位体測定や顕微鏡などの新たな測定手法の導入も分野の発展に貢献した。また、従来は単純なアルカリ金属と捉えられてきたCsが環境中で興味深い挙動をとることが明らかとなり、その環境挙動に関わる理解が深まるなどの新たな進展も見られ、多様な学会での報告も増えた。しかし、事故から10年が経過し、再び予算縮小と研究者離れが繰り返されようとしている。事故からまだ10年である。今後これらの様々な学会と連携して、分野の重要性と存在意義をより強くアピールしていく必要がある。医歯薬（生理学）研究分野において、事故初期や現在のモニタリングデータはあまり活用されていないが、これらの分野との連携も今後重要である。

環境放射化学は、核種を「きちんと測定」して「環



(図1) 環境放射化学分野における様々な研究アプローチ

境動態研究に生かす」ことを目的とする実用科学が主の分野であり、それゆえに社会のニーズに左右されやすい。環境試料中の極微量放射性核種の分析は技術的に容易ではないことに加え、法律や規制の厳しさや複雑さ、調査地域への立入許可を得る困難さなどの問題も関係し、「きちんと測定する」ことすらできない状況も生じた。これらの側面も重なり、環境放射化学研究が分野内外から魅力的に感じられていない面もあったように感じる。今こそ我々は、環境放射化学が、放射化学の3つのフロンティアを含んだ重要な分野であることをアピールすべきである。環境放射化学は、核化学と連携しつつ、環境中で未同定の放射性核種を探索する(周期表のフロンティア)ことで様々な応用研究を生んできた。これらの研究のために、高度な分析法を開発してきた(分析化学のフロンティア)。同時に、こうした放射性核種の挙動解明のために、それらの化学結合の性質の理解を進

めてきた(化学結合論のフロンティア)。最後に、環境放射化学は、放射化学分野の中でも最も世の中と接点を持つ分野である。我々はこれらのことを認識し、その面白さと重要性を強くアピールしていくべきであろう。

環境放射化学の面白さや重要性を示す事例は枚挙に暇がない。環境中の放射性核種は、様々な核種が様々な濃度で存在すること、固有の物理半減期、系列核種などの親子関係、起源・反応プロセスで異なる同位体比、初期導入時期や導入量が多くの場合明確なことなどの特徴に対し、放射化学的手法はきわめて優れた研究ツールとなり得るものである。また、環境動態トレーサー研究、前処理も含めた分析技術の開拓、核種製造や核化学、放射化分析の利用などを通じ、地球惑星科学、宇宙科学、生物科学、年代学など他の多くの研究分野に波及し連携する可能性を有し、大きな魅力を示せる研究分野と言える。(図1)

今後の取り組みにおいて重要な点は、「堅牢な学術分野としての環境放射化学」を確立していくことである。自由な発想に基づく最先端研究、たとえば、環境中の極微量放射性核種を正確に定量し存在状態を明らかにすることや、計算科学的アプローチも組み合わせ重元素も含めた「環境中のアラユルニウム」への取り組み、などが考えられる。安定元素の存在量を測る古典的な学問から歩を進め、環境中に実際に存在する放射性核種/同位体を測定するからこそ見出すことができる新たな発見もここには期待できよう。社会の要請を満たす責務として環境動態評価を行っていくことも必須であり、これらの取り組みでも新しいサイエンスを見出しながら取り組む姿勢が重要である。福島、人形峠、広島、長崎などのレガシーサイトや、尾小屋の極微量放射線計測設備などのユニークな研究環境を、日本独自の財産として風化させない、前進するための場として活用することをこころがけながら、国際連携にも取り組んでいきたい。研究で得られた測定データや研究成果の重要

性や面白さは、国民のニーズに対応する形で提供し、理解してもらえるように取り組むことで還元する。研究と社会の関係がうまく回りはじめると、規制緩和につながる可能性も広がり、さらに自由な研究展開が可能となり研究分野も発展するよい循環につながっていくのではないかと考える。

将来に向けての重要課題である人材育成においては、残念ながら大学の放射化学関連講座は全国的に減少する傾向にあるが、魅力的な学術分野を確立することで、講座の新設・増加につながることを期待する。

3. 環境放射化学研究の発展に向けて

研究分野の推進や社会との関係性構築には、一人ひとりの研究者が各自で取り組んでいくことが基本であるが、堅牢な学術分野として生き残っていくためには、組織的に物理的な拠点を形成することで、社会問題・学術発展に一丸となって取り組むことが有効なアプローチと考える。例えば、(図2)に示す「環境放射化学研究開発機構」の



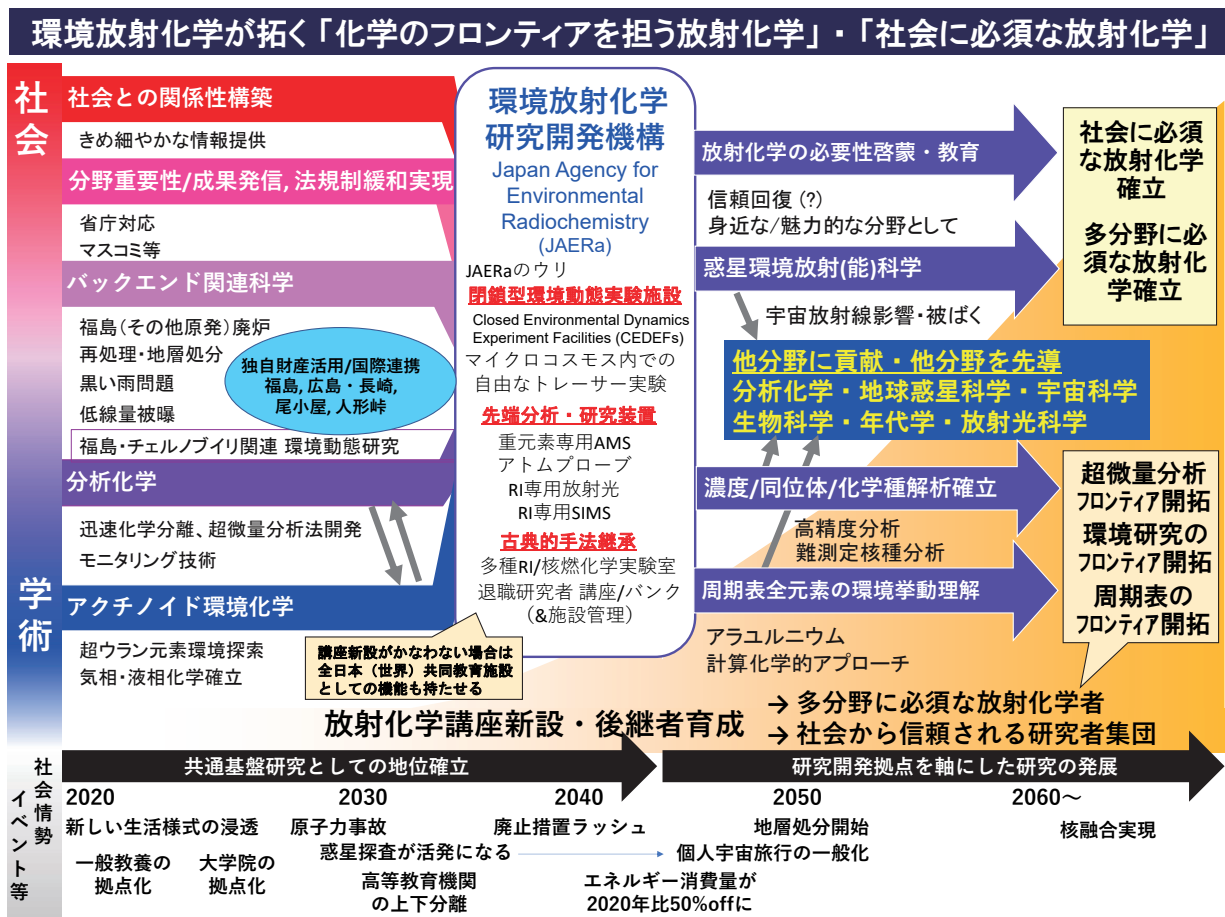
(図2) 「環境放射化学研究開発機構 (仮称)」の概念

ような大規模な研究組織の構築を目指す方法が考えられる。構想としては、様々な放射性核種を使った環境動態研究が実施可能な「閉鎖型環境動態実験施設」のような他にはない独自の実験環境を構築・実現し、さらに様々な環境試料測定に適用できる最先端の研究設備や、あらゆる元素・核種の取り扱いが可能となる化学実験室環境などの機能を持つ大規模な研究機関が考えられる。大学の放射化学研究室が十分な形で維持・継続することが容易でない状況においては、このような組織が放射化学分野における中核機関として大学院大学のような役割を果たすことができれば、教育研究の

場ともなり得るものとする。これらの組織には、人材バンクや、知識や手法の継承を担う組織としての役割も期待される。

これらを考え、社会・学術的に必須とされる放射化学分野を確立することが理想である。より詳細については、当WGメンバーの思いを詰め込んだロードマップ(図3)をぜひご欄いただきたい。ロードマップや取り組み内容に関するご意見やご提案などがございましたら、ぜひ学会事務局までお寄せください。

環境放射化学分野の発展に、皆様からのご意見、お力添えをお願いいたします。



(図3) 環境放射化学 ロードマップ

特集 2020 年度学会賞

学会賞

田上 恵子 (量子科学技術研究開発機構)

受賞題目：環境中の放射性核種による人の被ばく線量推定のための生活圏移行パラメータ研究

<授賞理由>

田上恵子博士は、生活圏における放射性核種の様々な環境移行パラメータ収集を目的として、放射性核種およびその関連元素の分析と測定、さらにパラメータデータの解析研究を長期に渡って行い、その成果は IAEA や UNSCEAR の出版物に多数引用されるなど、環境放射生態学の進展に大きく貢献してきた。

一般に、放出源から人までをつなげて被ばく線量を評価するための線量評価モデルでは、主にコンパートメントモデルが用いられている。線量評価のためには、コンパートメント間の移動の程度を示す放射性核種毎の「環境移行パラメータ値」を入れる必要があり、確からしい線量評価を行うためには、適切な移行パラメータ値を設定することが重要となってくる。コンパートメント間の放射性核種の移動の程度は、放射性核種が属する元素の化学的性質と環境に存在する物質との関係に依存する。すなわち、環境が異なれば移行パラメータ値が異なると考えられる。我が国において適切な被ばく線量評価を行うためには、我が国の環境条件を考慮した環境移行パラメータ値を設定する必要がある。特に田上博士が所属するグループでは、放射性廃棄物処分の安全評価上重要核種を念頭に研究を進めてきていた。その対象となる元素は様々であり、環境試料の測定と試料性状把握も重要な情報なので、それらの収集が必要となる。

田上博士は、まずテクネチウム-99 の環境挙動に関する研究を行い、その学術的功績に対し 2002 年に日本放射化学会から奨励賞を受けた。その後①レニウムの分布と環境挙動、②ヨウ素と塩素の植物移行、③炭素の土壌から植物への移行、④放射性 Cs の環境挙動 (福島原発事故以降) などを主たる研究テーマとしてきたほか、実測が困難な放射性核種に関して、他の元素の実測デー

タからパラメータ値を推定する方法にも研究を広げるとともに (例えばラジウムやストロンチウムの TF)、土壌中の放射性核種の移動のしやすさを表す指標である土壌-土壌溶液間分配係数 (Kd) についても、研究グループで取り組み、室内トレーサー実験によりデータの蓄積を行なってきた。また、これらの環境移行パラメータの変動も重要な問題であるが、変動の影響因子の解明なども行なった。これは、それぞれの環境条件にあった現実的なパラメータ値を提供する上で重要な情報になる。

田上博士は、我が国で取得したデータを世界で広く利用してもらうために、IAEA の研究プログラムに参加して、データ登録に努めてきた。各国の研究者らと論文を執筆するとともに、IAEA の Technical Report Series No. 472 (環境移行パラメータデータ集) や TRS-479 (野生動植物への移行パラメータデータ集) の執筆にも関わるなど、国際的にも活動の幅を広げている。これまでに多くの分析データを取得し論文として発表していることもあり、田上博士が提供しているデータは国際的にも質/量ともに極めて貴重なデータとして重要視された (例えば、TRS-472 の Table 22 および Table 23)。また、日本国内のデータが不足しているパラメータを色々な方法で埋めるための研究も進めており、沿岸海域における Kd や海産物や淡水産物への水-生物間濃縮係数 (CR) についても、文献データ収集とデータの移行パラメータへの変換を行い、公開を推進してきた。さらに特筆すべきことは、上述した IAEA の研究プロジェクトを通じて知り合った海外研究者らと協力して、福島第一原子力発電所事故以降に収集されたデータをパラメータ化し、IAEA の出版物として発行することに極めて尽力している点であろう。本出版物のとりまとめ母体は IAEA の研究プ

プログラム MODARIA II (2016-2019) である。田上博士が中心となって国内外の研究者らと提案を行い、IAEAの研究プログラム総会で承認を得た。すなわち、IAEAはチェルノブイリ原発事故後において、周辺の汚染状況に関する情報がほとんど公開されなかった反省から、福島第一原子力発電所事故後のデータ収集と環境移行パラメータ収集のとりまとめを田上博士に委ねた。提案課題の中で重視すべきは、事故直後から得られたデータが、前回の大事故であるチェルノブイリ原発事故時に比べて、極めて多かった点であり、さらに、それらから得られる情報が、環境中で放射性物質が一定の割合で動く「平衡状態」ではなく、非平衡状態における移行パラメータである、という点である。また、非平衡状態から見かけの平衡状態に達するまでの期間にも注目がおかれている。

このパラメータ集(2020年度発行予定)の中心は農業関連、森林、集水域～淡水域、海域、さらには調理加工である。田上博士が日本全国の専門家に声がけしてデータ収集と執筆を依頼し、そのとりまとめを行う等、パラメータ集発行の中心的役割を果たしてきた。IAEAは、福島第一原子力発電所事故とチェルノブイリ原発事故との違いについても関心を持ち、その比較をできるだけ書くように求めていたが、この点に関して、IAEAのScientific Secretaryや海外のレビュアーとの情報収集・とりまとめを田上博士がほとんど一手に引き受けた。なお、田上博士は、全体のとりまとめだけではなく、農業関連および調理加工の章の最終責任者となって、我が国の福島事故後に得られた移行パラメータをとりまとめた。また、パラメータが不足している部分に焦点を当て、データ収集を進め論文文化も行った。これらの田上博士の活動は、我が国の環境中の放射性核種による人の被ばく線量推定のための生活圏移行パラメータ研究を進め、データが世界的に認知され、利用されるために貢献したと高く評価できる。

これらに加えて、田上博士は、2015年から現在まで、日本放射化学会の英文誌の編集長を務めており、学会誌の質の向上に貢献している。また、日本放射化学会α放射体・環境放射能分科会が高エネ研放射線科学センターと共に主催して毎年開催している「環境放射能」研究会においては、「東

京電力福島第一原子力発電所事故以降の5年間における環境放射能研究のとりまとめ」という冊子(KEK Report 2016-3 (ISBN 978-4-9907232-9-3), 2016)の執筆に多大に貢献した。本資料は大変好評で、希望者・関係者への冊子として700部を超える配布に加え、6000件を超えるダウンロードがあった。

以上のように、田上恵子博士は、環境放射生態学に長期に携わる中で、線量評価のための我が国の環境移行パラメータの収集を進め多くの業績を残しているだけでなく、国内外においてそれらの成果が高く評価されている。また、田上博士の業績は、福島第一原子力発電所事故により環境中に放出された放射性核種の中長期にわたる挙動予測や原子力発電所の廃止措置に関わる様々な放射性廃棄物の安全評価等に役立つものであるだけでなく、構築された環境移行パラメータデータベースの更新など、今後の発展や若手研究者の育成への貢献などが見込める。したがって、核・放射化学分野への寄与は極めて大きいと評価し、選考委員会は、田上恵子博士を日本放射化学会学会賞を受けるに相応しい人物として推薦するものである。(日本放射化学会賞選考委員会)

<受賞者の紹介>

この度、田上恵子博士(量研機構)が日本放射化学会賞(受賞題目:「環境中の放射性核種による人の被ばく線量推定のための生活圏移行パラメータ研究」)を受賞された。本稿では、田上先



アメリカ アリゾナ州にて(2004)

生の受賞を記念して先生の人となりを紹介する。

田上先生は、筑波大学を卒業後、科学技術庁放射線医学総合研究所に入所された。当時、放射線医学総合研究所はまだ国立研究所であったので、国家公務員試験に合格して研究所に入所してくる人も少なくはなかったが、ほとんどは博士課程や修士課程を修了した人であり、彼女のように学部卒で研究者を希望し入所してくる人はほとんどいなかったように思う。したがって、学部卒で入って来たとき、少し驚いたのを覚えている。

放射線医学総合研究所では、環境放射生態学研究室において、長半減期核種であるテクネチウム (Tc)-99 の環境試料分析法の開発、さらに室内トレーサー実験等による環境動態研究を行なった。当時、普及し始めた誘導結合プラズマ質量分析法 (ICP-MS) により、核実験により環境中に放出された長半減期核種の Tc-99 に着目し、土壌中の Tc-99 の土壌からの分離や濃縮について様々な方法を試みていた。また、トレーサー実験により土壌中の Tc の存在形態に関する研究も実施していた。1998年1月には Tc に関する一連の研究により京都大学から農学博士を授与 (学位論文「Behavior of Technetium in Paddy Fields」) されている。

田上先生のこれまでの研究テーマを見てみると、先生は環境中に存在する放射性核種の人への移行だけでなく、動植物への移行にも関心があることが分かる。本人も、都会よりも自然がたくさんある田舎の方が好みだとのこと。野外測定は蚊

に刺されても実に楽しそうにしているし、学会等で海外に行くと目ざとく動植物園を見つける。2001年1月～2002年1月までオーストラリア原子力研究機構 (ANSTO) に留学 (1年) したが、その1年間はあの広大なオーストラリア大陸の隅々まで旅行し、大好きな野生の動植物に出会い、留学生生活を満喫したと聞いている。(写真は Waste Management Symposium2004 @ USA)

田上先生は、日本における環境移行パラメータ収集にも尽力しており、資源エネルギー庁の研究プロジェクトの中で、例えば、ヨウ素や塩素、炭素の土壌から植物への移行に関する研究も行った。また、室内実験やフィールド調査から移行パラメータを求めるだけでなく、モニタリングデータ等、公開されているデータを用いて移行パラメータも導出し、解析している。公開されているデータとは言っても、データを吟味して使えるデータを選択する必要があるため、それなりに時間や労力が必要な作業であるが、先生はあまり愚痴を言わず、黙々とこなしている。ごくたまにはあるが、「指がつる。腱鞘炎になりそう」とぼやくことはある。

これらの研究から得られた移行パラメータデータは論文としてまとめるだけでなく、IAEAが行ってきた環境安全に関する国際研究プログラム EMRAS (2003-2007)、EMRAS II (2009-2011)、MODARIA (2012-2015) および MODARIA II (2016-2019) に参加して報告すると共に IAEA 報告書 (Tecdoc-1616 や TRS [Technical Reports Series]-



筑波大学で開催された IAEA MODARIA II の参加メンバーとの写真 (2017)



IAEA MODARIA II の最後の会合が終了しホテルへ戻る途中で撮影した写真 (2019)

472, TRS-479) に、筆者も含め、国内外の研究者と共同して執筆している。

また、東京電力福島第一原子力発電所事故発生後からは、放射性Csの環境移行パラメータが長期安全評価にも重要であるとの観点からその研究にも着手している。福島第一原発事故後から数年間の環境移行パラメータを、日本国内の専門家らに協力を仰いで収集してとりまとめると共に、その成果を国内外の研究者らと一緒にIAEA Tecdoc No. 1927 (Title: Environmental Transfer of Radionuclides in Japan Following the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, 2020年10月末に刊行) にまとめた。とりまとめにあたり、主査は英国 Center for Ecology & Hydrology の B. Howard 博士であるが、田上先生はサブグループリーダーとして原稿の執筆と編集、また国内外の研究者ら意見調整を行う等の活動を行ってきた。IAEAの印刷物は専門外の人も読者として想定しているため、その編集作業は科学雑誌の投稿とは異なり、想定外のコメントが良く来る。また、IAEAは国際機関であるため、基本的にプロジェクトへの参加はオープンである。したがって、多くの国から様々な研究者が参加してくる。大半は優秀な研究者であり彼らのコメントは貴重であるが、中には科学的なコメント

ではなく、自分の仕事を売り込みたいだけのコメントもある。田上先生はどのようなコメントに対しても真摯に対応していたが、多くの時間を奪われていたことも事実である。この編集作業が大詰めであった2019年の後半から約1年間は、上述したようなコメントに対する原稿執筆者達の意見を取りまとめると共にIAEAの事務局との交渉など、このTecDocの編集作業にほぼ毎日忙殺されていた。

2019年の10月にオーストリア・ウィーンでIAEA MODARIA IIの最後の会合が開催された。田上先生が全体会議で進捗状況報告を行った直後にワーキンググループの参加者およびIAEAのスタッフを代表して、ワーキンググループリーダーとIAEAのサイエンティフィックセクレタリーから花束が贈呈された。花束を贈呈する、という事は聞いていたが会議終了直後であろうと思っていたため、カメラの準備が出来ず、贈呈式の時の写真はとれなかった。突然、花束を贈呈されて驚いている田上先生の写真が残っていないのは非常に残念である。この写真は、IAEAからホテルに帰るところで取ったものである。

田上先生にとっては、この花束贈呈は最高のご褒美であったかも知れない。

内田 滋夫 (量研機構)

＜学会賞受賞者による研究紹介＞



環境中の放射性核種による
人の被ばく線量推定のため
の生活圏移行パラメータ研
究

田上 恵子
(量子科学技術研究開発機構
被ばく医療・医学部門)

1. はじめに

環境放射能研究に長い間携わり、その一連の成果に対し日本放射化学会 2020 年学会賞を受賞できたことを大変光栄に思います。ここでは私の研究を紹介させていただきますが、重要なのはその動機付けだと思っておりますので、この節を若干長めに記載します。各研究の詳細については論文等でご覧いただければ幸いです。

さて、我々人類が様々な物質やエネルギー（ここでは電力の意）を利用して生活をしている、ということは共通認識だと思います。その利用の程度は、世界的に見れば国の富裕度によって偏りがあるのが現状です。ただ将来もこのまま現状維持では、生まれた国によって差が生じるわけですから、人道的に問題があると近代社会に生きる我々は考えます。最近よく SDGs という言葉を耳にしなんでしょうか。これは、すべての人に等しく持続可能なより良い世界が来ることを目指し、国際社会が設定した開発目標（Sustainable Development Goals）の略です。SDGs には、「7. エネルギーをみんなに、そしてクリーンに」や「13. 気候変動に具体的な対策を」が掲げられています。7. では再生可能エネルギーの利用が提言されているのですが、太陽光発電や風力発電等の方法は、安定的に供給できない弱点があるのはご存知の通りです。大規模発電かつ CO₂ が発生しない実績があるのは、現時点では水力発電や原子力発電でしょう。そして水資源が乏しい国では、これまで世界で起きた原子力発電所の事故を知りつつも、最新の対策を備えた原子力発電を導入することは可能性の高い選択肢となります。つまり、世界を見渡せば、将来的には多くの国で原子力発

電所から出る放射性廃棄物問題に直面することになります。

日本の原子力発電については、SDGs が設定されるはるか以前から、天然資源の乏しい我が国で電源を確保し、さらに新たな電源を生むシステム、すなわち核燃料サイクルの構築を目指して開発が進められてきました。福島第一原子力事故以降は再稼働が難しく電源としてほとんど利用されていませんが、現在でも 50 基ほどの商業用原子炉があり、過去には我が国の電力の約 30% を担っていました。地球温暖化が進み、化石燃料にばかり頼れない現状がありますので、今後は、停止している原子炉の再稼働が進むでしょう。ただし新規基準に合わないものは廃炉に向かい、使用可能な原子炉のうち古いものは原子炉寿命を伸ばして使い続ける検討が行われています。いずれにしても今、原子炉があるということはウラン燃料があるということですし、発電したことで生じた核分裂生成物（FP）が発生し保管されてもいます。また原子炉自体が停止していても、中性子放射した原子炉部材もあります。このように様々な性状の放射性廃棄物がすでに存在します。

人間活動によって発生した放射性核種を、このまま野放しにすることはできません。そのため、放射能レベルに応じて分類し、それらを自国で管理、処分することになります。すでに処分が開始している比較的レベルの低い廃棄物から、放射能が十分減衰して元々の線量に近づくまで長期隔離しなければならぬ高レベル放射性廃棄物まで様々な種類があります。これらの処分に当たっては、その事前評価として、処分場閉鎖後に、埋設された放射性核種が環境中に放出されることを念頭に、人がそれらから受ける被ばく線量が将来に渡って十分低いレベルで保たれているかを確認しなければなりません（環境安全評価）。標準的な放出シナリオでは、ICRP では 0.3 mSv/y を超えないことが求められています¹⁾、同委員会では不確実性が高すぎる長寿命核種を対象とする場合には、さらに低い 0.1 mSv/y を示しています。しかしながら、放射性廃棄物からだけでなく、複数の放射線源があることを考慮すると、基本的には人へのリスクが無視できる量以下に設定すべきでしょう。そのため、原子力安全委員会が 2010

年に、放射性廃棄物の処分に関しては、管理機関終了後、当該処分場から放出された人工放射性核種による被ばく線量は、管理を必要としない線量のためやす値である $10 \mu\text{Sv/y}$ よりも小さいことを示すこと、という考え方をとりまとめて報告しています²⁾。

人工放射性核種の放出源から人までをつなげて被ばく線量を評価するため、コンパートメントモデルを主流とする数学的な線量評価モデルが使われています。このモデルでは、コンパートメント間の移動の程度を示す放射性核種毎の「環境移行パラメータ値」を入れる必要があります。Fig. 1には人の生活圏における安全評価において考えられている被ばく経路を簡略化して示しました。安全側の評価においては、まずは評価結果として被ばく線量が高くなるようにパラメータ値を設定しますが、上述のような低いめやす値ですので、過度に安全側の数値を入れてしまうとクリアできなく場合が出てきます。この安全評価で目標としているのは、平常時に平均的なパラメータを使って評価した、現実的で確からしい線量評価であり、そのためには、適切な移行パラメータ値を設定することが重要になります。たとえば土壌から農作物へ、といったコンパートメント間の放射性核種の移動の程度は、放射性核種が属する元素の化学的性質と、環境に存在する物質や生物による影響

との関係に依存します。すなわち、環境が異なれば移行パラメータ値が異なると考えられます。

環境移行パラメータについて、これまでは環境放射能研究が先行している欧米において、多くの環境移行パラメータが収集され、それらが国際データとしてまとめられ³⁾、我が国の安全評価でも使われてきました⁴⁾。しかしながら上述したように、環境によって環境移行パラメータが異なる可能性があるということは、日本で他国のデータを使うことが、評価結果の不確実性を大きくしていることにつながるということになります。日本独自のデータを蓄積し、また世界で得られているデータと比較検討し、生活圏移行パラメータデータとして整理しておくことで、確度の高い安全評価を行えるようになることを期待できます。そのデータを得るためには、室内RIトレーサー実験を行うこともありますし、もちろん実環境中の放射性核種を測定する方法もあります。後者では、放射化学的手法を用いて、実環境中の極微量の放射性核種濃度を正確に測定し、どのような濃度で環境中に分布しているのか、場合によってはさらに抽出材なども使って移動性の高いフラクションを抽出して、移行の可能性を推定することもあります。このように、実際に環境移行パラメータを導こうとする際、放射化学分析が欠かせません。

得られた環境移行パラメータは、放射性廃棄物

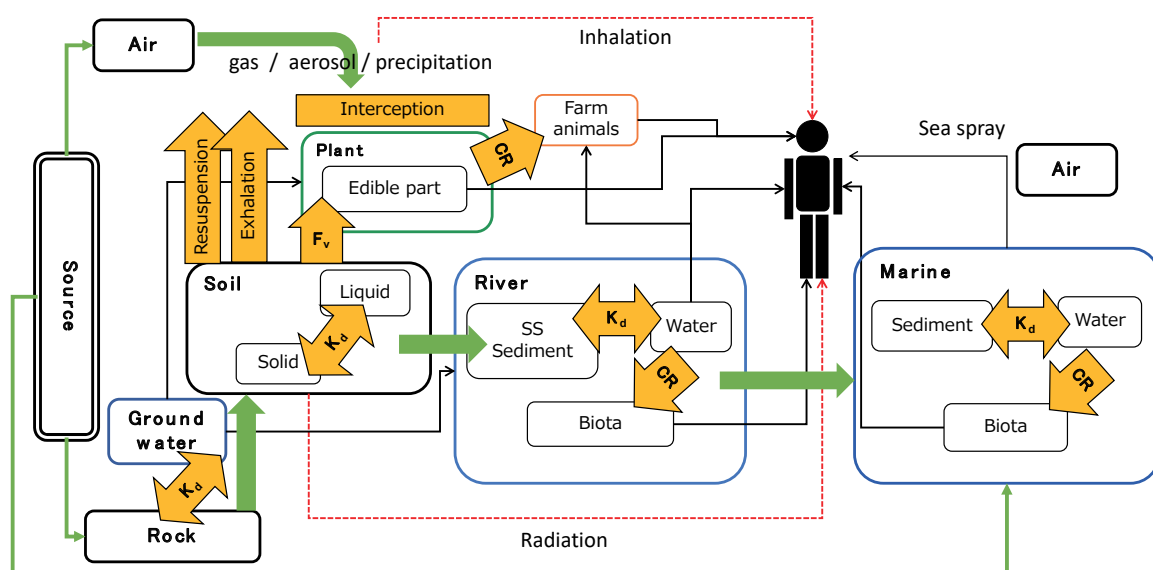


Fig. 1. Schematic of transfer pathways of radionuclides in the biosphere.

の長期安全評価のためだけでなく、現在、日本人が平常時において被ばくする量を把握するために使うことができます。このような、我が国の環境移行パラメータデータを収集・解析し、データを提供するという事は科学としては地味ですが、誰かがきちんに行わなければならないことだと思ひ、筆者は研究を続けてきました。

2. 研究の概要

筆者は2002年から我が国の環境条件を考慮した生活圏における放射性核種移行評価プロジェクト(資源エネルギー庁外部資金、プロジェクトリーダーは内田滋夫博士)に参加し、放射性核種およびその関連元素の分析と測定、さらにパラメータデータの解析研究を行ってきました。放射性廃棄物に含まれる核種は様々ですから、研究対象となる核種・元素も必然的に多くなります。環境移行パラメータ導出のための試料分析のみならず、試料性状そのものも重要な情報なので、それらを集約したデータ収集が必要となります。筆者は以前、FPの一つであるテクネチウム(Tc)-99の環境挙動に関する研究を行い、その学術的功績に対し2002年に日本放射化学会から奨励賞を受けましたが⁵⁾、その後①Tcと同族のレニウム(Re)の分布と環境挙動、②ヨウ素と塩素の植物移行、③炭素の土壌から植物への移行、④放射性Csの環境挙動(福島原発事故以降)などを主たる研究テーマとして活動を続けてきました。

同プロジェクトチームでは、「安全評価上、重要な核種の移行パラメータは、実環境を実際に測定することが実用的である」との考えから、ICPMS、ICPOES、IRMS等の様々な元素分析法を用い、環境移行パラメータを導出したばかりでなく、同時に多くの微量～多量元素も測定することにより環境要因とパラメータ値の関係についても解明してきました。さらにメカニズム解明のためにRIトレーサー実験を用いてきました。筆者が行ってきた①～④の研究について、以下に簡単に紹介します。

① Re の分布と環境挙動

Tc研究をさらに進めるためには、Tc-99そのものは極低レベルのため環境中の測定が難しいことから、挙動が類似するとされる同族のReに着眼

し、土壌から土壌溶液への溶出の程度や植物への吸収挙動について、TcとReの相違性の研究を行いました。トレーサー実験により、植物への吸収挙動については両元素とも同様に吸収されることを見出しました⁶⁾。環境中ではTc-99よりは多いものの、Re自体も環境試料中濃度が低い元素であることから、その分析法の開発も行い、土壌、植物に加え河川水や海水の分析を進めました。河川水中濃度からの供給量がわかり、加えて海水中では濃度がほぼ均一になっていることがわかりましたので、Reの海洋における滞留時間が数十万年に及ぶと推定しました。したがって、Tcもまた海に到達すると長期間保持されると考えられます。

② ヨウ素と塩素の植物移行

長半減期核種のI-129やCl-36は環境中を移動しやすいため、放射性廃棄物の安全評価では重要です。過去の文献等に当たったところ、長期的にはそれぞれの安定元素と同様の挙動をすると想定できたため、これらの核種を直接測定するよりも、土壌や植物中の安定元素を定量することにより環境移行パラメータの導出を試みました。例えば、土壌から植物への移行係数(TF)について、土壌および植物試料中のヨウ素分析は中性子放射化学法がこれまでは主に使われてきましたが、水酸化テトラメチルアンモニウム(TMAH)溶液で全量のヨウ素を溶出できることが分かったので、ICP-MSで測定する方法を開発しました⁷⁾。得られたTF⁸⁾について、作物群毎にまとめたデータをFig. 2に示しました。ANOVAテストでは作物群間に有意差はありませんでしたが、地下で生産される作物よりも地上で生産される作物の方がTFが高い傾向にあり、植物体表面への直接沈着の影響を示唆しているものと思われます。なお、環境移行パラメータ幾何平均値で表現することが多いのですが、データ数が多い玄米のヨウ素のTFで確認したところ、TFデータは正規分布ではなく対数正規分布に一致しました。他の多くの元素のTFや、他の環境移行パラメータでも対数正規分布することが多く、やはり算術平均よりも幾何平均値を代表値とすることが妥当であると考えます。

植物中のClについてはIと同様に測定できますが、土壌中の全量分析は困難です。現在のところ

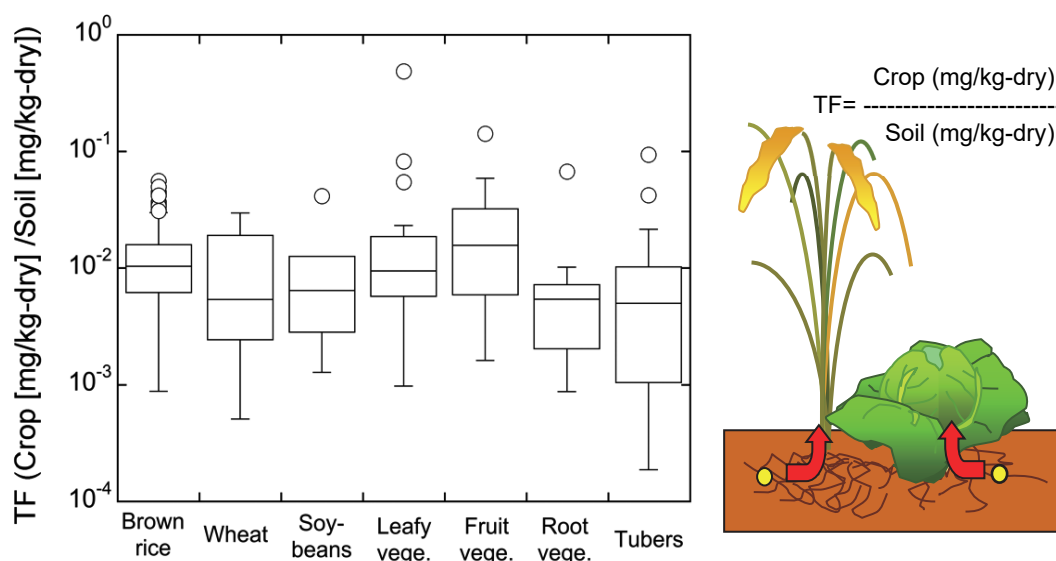


Fig. 2. Transfer factors of iodine in Japanese crops.

ろ ED-XRF を使った定量を行っています。一方で、抽出できないような部分が植物移行に本当に影響するのか？という課題については今後も引き続き検討したいと考えています。

③炭素の土壌から植物への移行

FP ではありませんが、炭素-14 も重要核種として位置づけられています。その TF について、過去には安定炭素の植物中濃度と土壌中の比で計算され、 $TF=25$ が与えられていました。しかしこれは、従来の炭素移行である大気からの二酸化炭素を利用した光合成過程が無視された評価なので、過大な移行係数ということになります。カナダのトレーサー実験で得られた結果はダイコンで 0.16-1.5 が得られており、日本では生の作物に対して 0.7 を推奨しています⁴⁾。野菜の約 80% は水分ですから、TF として約 3.5 を与えていることになります。以前に比べて低くなっていますが、日本では実測値がないのが現状でした。そこで我々は、炭素安定同位体の分別が光合成の際に行われる性質を利用し、炭素の土壌からの TF を明らかにしました⁹⁾。この方法により、これまで明らかに過大評価であった土壌から植物への C-14 の TF を適切に評価できるようになり、コメで $TF=0.3$ を報告しています。このアプローチは有用な方法であると、国際的な環境安全評価研究グループ BIOPROTA においても取り上げられまし

た¹⁰⁾。

④放射性 Cs の環境挙動

我々のプロジェクトで移行パラメータへの知見を蓄積し、国際的にも IAEA のパラメータ集に貢献しはじめた頃に、福島第一原子力発電所の事故が発生しました。このような時ばかり放射性核種の環境移行に関する専門家が、いろいろな方面に駆り出されたことを思い出します。筆者は事故直後から研究を行い、連名を含め福島原発関連の執筆論文数は 50 報を超えます。例えば水道水を煮沸することでは I-131 を除去することができないことを公表したり、関連して茶葉からの浸出等の調理加工に関するデータ収集を行ったり、植物試料、降下物、土壌試料の測定を行い逐次報告してきました。植物では落葉樹でも葉以外の地上部から放射性 Cs が吸収されたことを示しましたし、1 本の木に固定し、その葉を継続的に測定して植物からの放射性 Cs の半減期を求めました。このようなデータは国内外でもほとんどなく貴重なデータセットになっていると思います。一例を Fig. 3 に示しました。サクラの木では幹から直接生えた根に近い方の葉と、樹冠の葉を比較し、差が生じることを見出しました (Fig. 3 左図)。木に吸収された放射性 Cs はカリウムが樹体内でリサイクルされる流れに伴い、秋には葉から幹へさらには根に移動して貯蔵され、春には再びカリウ

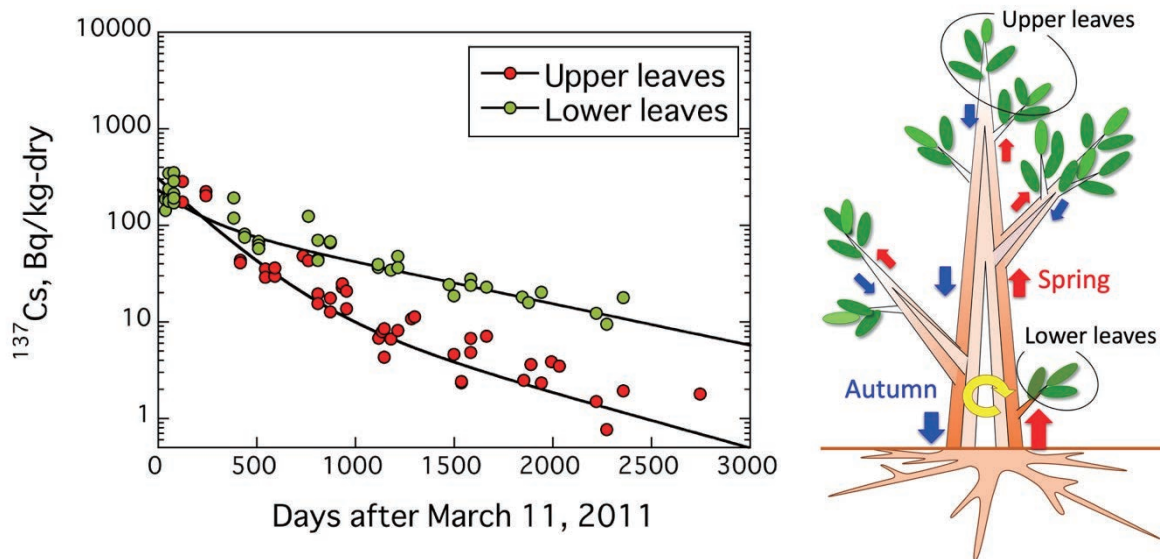


Fig. 3. Changes of ^{137}Cs concentrations in leaves of Someiyoshino Cherry.

ムの動きに伴って上昇します。その過程で幹から直接生えた芽に先に分配されますが、Csは根から吸収されにくいので、上昇するにつれ樹冠葉にはCsが到達しにくくなると推測していますが¹¹⁾、他の木でも同じ考え方が使えそうです。

3. 国際貢献

最後にこの研究分野の国際貢献について言及したいと思います。上述したように、IAEA等の国際的な組織から報告されるデータ集^{3,12)}は、安全評価で各国がよく使うものになっています。我が国で取得したデータを広く利用してもらうためには、そのようなデータ集を構成するデータベースを作っているグループとうまくコンタクトする必要があります。特に環境移行パラメータデータを報告しているのはIAEAですので、IAEAが運用している、環境中の放射線からの防護に関する国際研究プログラムに参加し、海外の研究者らと意見交換をしてきました。我々は単にデータ提供をするばかりではなく、IAEAのNo. 472 (環境移行パラメータデータ集)¹³⁾やTRS-479 (野生動植物への移行パラメータデータ集)¹⁴⁾の執筆にも積極的に関わりました。

このような研究プロジェクトを通じて知り合った海外研究者らと協力して、福島第一原子力発電所事故以降に収集されたデータをパラメータ化

し、IAEAのTecdac¹⁵⁾として発行したことは大変有意義な時間でした。このパラメータ集の注目点として、福島第一原発事故直後から日本で得られたデータの量が、前回の重大事故であるチェルノブイリ原発事故時に比べて極めて多かった点が挙げられます。さらに、それらから得られるパラメータ情報は、環境中で放射性物質が一定の割合で動く「平衡状態」ではなく、非平衡状態における移行パラメータである、という点も重要です。これまでIAEAでとりまとめた値は基本的に「平衡状態」における移行パラメータだったことを考えると、今後、どこかの国で原子力災害が発生した際に、役立つ情報はこの「非平衡」のデータであることは間違いありません。上述したように、世界で原子力発電所の導入が進むので、事故に備えるという意味でも重要です。

このIAEAパラメータ集(2020)¹⁵⁾には、農業関連、森林、集水域～淡水域、海域、さらには調理加工が含まれます(Fig. 4)。このような広範な分野を筆者一人でカバーすることはできません。そこで日本全国の専門家に協力を依頼し、データ収集と執筆をしていただきました。自身執筆も行いましたが、最終的にはご協力いただいた方々から頂戴した原稿のとりまとめを行い、海外研究者らとデータを精査し、議論を重ね、編集作業を行う等、中心的な役割を果たすことができました。

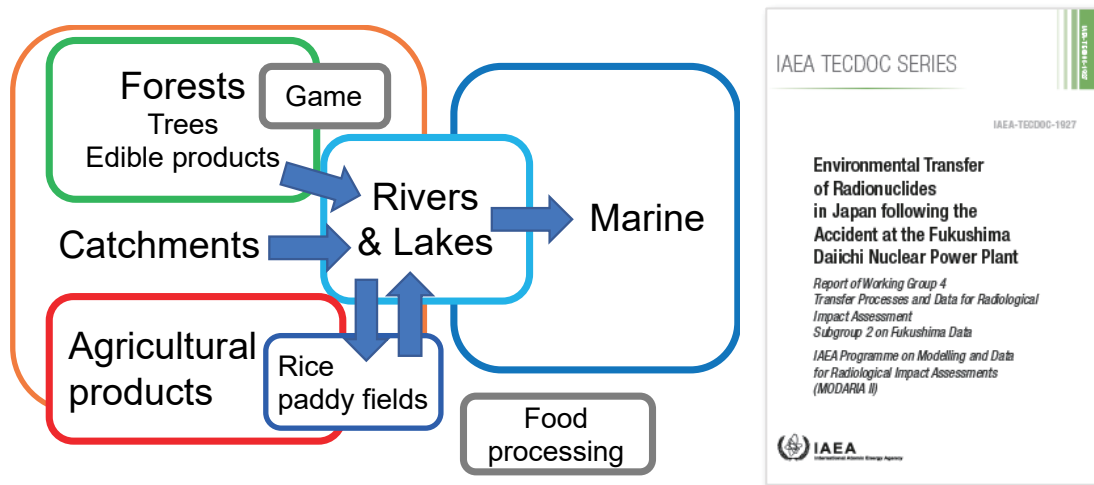


Fig. 4. Contents of IAEA Tecdoc 1927 for Environmental transfer parameters observed in Japan.

これは私にとって大変な財産です。執筆を担当してくれた方々は、農林水産省、文部科学省、環境省の関連諸研究機関、地方自治体研究機関、さらに複数の大学の研究者の方々でした。大変多くの研究者にご協力いただいたことに、改めて深く感謝申し上げます。

末筆になりましたが、本研究を進めるにあたりご指導・ご支援くださいました内田滋夫先生、百島則幸先生、別所光太郎先生、他多くの関係者の皆様に心より御礼申し上げます。今後も筆者なりに環境放射能研究を進めていきたいと考えておりますので、皆様には引き続きご指導・ご協力いただけますよう、どうぞよろしくお願いいたします。

引用文献

- 1) ICRP, The 2007 Recommendations, Publication 103 (2007).
- 2) 原子力安全委員会, 余裕深度処分の管理期間終了以後における安全評価に関する考え方 (2010).
- 3) 例えば IAEA, Safety Series No.57 (1982).
- 4) 日本原子力学会, AESJ-SC-F024 (2013).
- 5) K. Tagami, J. Nucl. Radiochem. Sci. 4, A1(2003).
- 6) K. Tagami and S. Uchida, Appl. Radiat. Isot. 61, 1203 (2004).
- 7) K. Tagami, S. Uchida, et al., Anal. Chim. Acta 570, 88 (2006).
- 8) S. Uchida, K. Tagami, Proc. Radiochim. Acta 1, 279 (2011).
- 9) 田上, 石井, 内田, Radioisotopes 58, 641 (2009).
- 10) BIOPROTA, C-14 Workshop Report (2014).
- 11) 田上, 内田, 放射化学 29, 1 (2014).
- 12) IAEA, Technical Report Series No. 364 (1994).
- 13) IAEA, Technical Report Series No. 472 (2010).
- 14) IAEA, Technical Report Series No. 479 (2014).
- 15) IAEA, Technical Document Series No. 1927 (2020).

特集 (日本放射化学会第64回討論会・学生若手優秀発表賞による研究紹介)

MRTOF+ α -TOF による ^{257}Db の直接質量測定

庭瀬 暁隆^{1,2,3}、P. Schury³、和田 道治³、P. Brionnet²、S. Chen⁴、橋本 尚志⁵、
羽場 宏光²、平山 賀一³、D. S. Hou^{6,7,8}、飯村 俊^{9,23}、石山 博恒²、石澤 倫^{10,2}、
伊藤 由太¹¹、加治 大哉²、木村 創大²、小浦 寛之¹¹、J. Liu⁴、宮武 宇也³、
J. Y. MOON⁵、森田 浩介¹²、森本 幸司²、長江 大輔¹、M. Rosenbusch²、
高峰 愛子²、渡辺 裕³、W. Xian⁴、S.X. Yan¹²、H. Wollnik¹³
(九大理¹、理研仁科セ²、高工研³、香港大⁴、IBS⁵、IMP⁶、中国科学院大⁷、
蘭州大⁸、阪大理⁹、山形大¹⁰、原子力機構¹¹、暨南大¹²、NMSU¹³)



原子核は中性子や陽子と
いった核子の集合体が、結
合エネルギー分だけ軽く
なった状態で安定した系と
考えることができる。結合
エネルギーは核の存在や安
定性を決定する指標とな

り、核子間相互作用を議論するための最も基本的かつ重要な物理量である。原子質量は核種固有の値であるため、熱い融合反応で合成される超重核のように崩壊連鎖が既知の核へ辿り着かないような原子核においても、精密な質量測定から核種の質量数と原子番号を一意に同定することができ、未知の超重元素の直接同定のための新しい道具として期待がされている。我々は理化学研究所の気体充填型反跳分離装置 (GARIS-II [1]) と多重反射型飛行時間測定式質量分光器 (MRTOF-MS [2]) を組み合わせた実験系で、重核の精密質量測定実験を行ってきた。

これまでに世界各国で重核の精密質量測定実験が行われてきたが、直接測定された最も重い元素は原子番号 103 番の Lr であり、原子番号 104 番を超えたいわゆる超重核の直接質量測定には成功していない。超重核の質量測定実験において隘路となっているのは、その小さな生成反応断面積に起因して生成量が極めて少ないという点にある。融合反応によって得られる限られた原子から核種同定を行わなければならないため、測定対象物を分子イオンや散乱粒子等による背景事象から弁別

できる、確度の高い質量測定法の開拓が急務であった。

我々はこのような課題に対し、原子核の飛行時間とそれに続いた α 崩壊特性の相関測定を可能とする革新的な検出器、“ α -TOF” を開発 [3]、性能評価 [4,5] をこれまでにを行い、超重核の直接質量測定へ向けた準備を進めてきた。

本研究では、 α -TOF を搭載した MRTOF を用いて、105 番元素 ^{257}Db の直接質量測定実験を実施した。実験は理化学研究所の RIBF にて行われた。実験セットアップは参考文献 [6] に示す。 $^{208}\text{Pb}(^{51}\text{V}, 2n)$ 反応によって合成された ^{257}Db を GARIS-II によって一次ビームから分離、焦点面への輸送を行い、マイラー膜を用いて 100 mbar の He ガスを充填したガスセル中で、イオンが停止する最適なエネルギーまで減衰させる。ガスセル内で熱化されたイオンは RF カーペットによってガスセル内から引き出された後、多段 RF トラップシステムによって MRTOF へと輸送され質量測定を行う。MRTOF にはイオン検出器として α -TOF が組み込んであり、 ^{257}Db の質量と崩壊特性の相関測定を行った。

実験で得られた飛行時間スペクトルを図 1 に示す。図 1 は幾つかの異なった周回数での実験結果を規格化するため、参照イオンとして使用した $^{85}\text{Rb}^+$ と、 $^{257}\text{Db}^{3+}$ の飛行時間比でプロットしてある。総計 105 時間のビーム照射で総計 14 個の飛行時間とそれに相関した α 崩壊事象を観測した。14 個の相関事象それぞれの α 崩壊の崩壊エネルギー

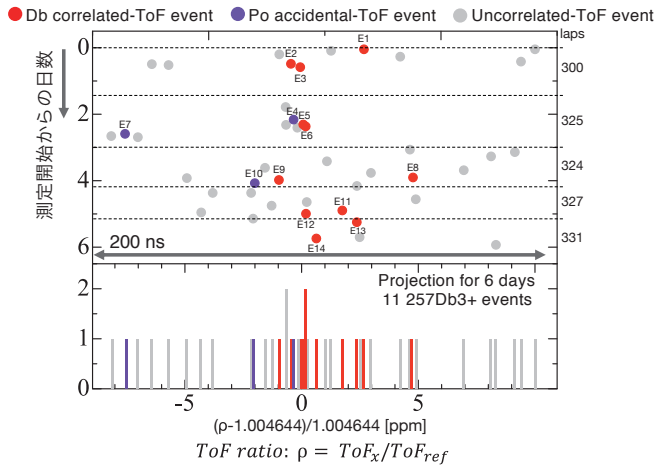


Fig.1. The time-of-flight spectrum and the time evolution of events near the $^{257}\text{Db}^{3+}$. In order to normalize the flight time for different lap numbers, we plot the time-of-flight ratio to the reference ion $^{85}\text{Rb}^+$.

ギーおよび崩壊時間の二次元プロットを図2に示す。それぞれの α 崩壊エネルギー領域における疑似相関確率を見積もり、これら14事象のうち、E4, 7, 10の3事象は ^{208}Pb 標的の多核子移行反応生成物である ^{211}Po との疑似相関事象であると判断し、解析からは除外した。

^{257}Db およびその系列核の崩壊事象と関連している11事象の飛行時間信号から、 ^{257}Db の質量を 9.7×10^{-7} の相対精度で決定し、質量超過として $\text{ME}=100\,063\,(231)\,\text{keV}$ を得た。この値は我々のグループによって過去に間接的に決定された質量値[7]と $171\,(231)\,\text{keV}$ の差であり、一致している。また、本実験で得た11事象において、一つずつの事象から導出される質量は、原子番号の違う同重体の質量とは明確に区別できた。この結果から、この領域の超重核において、精密質量測定による原子核の原子番号と質量数の同定には、確度の高い1事象で可能ということが実験的に明らかになった。

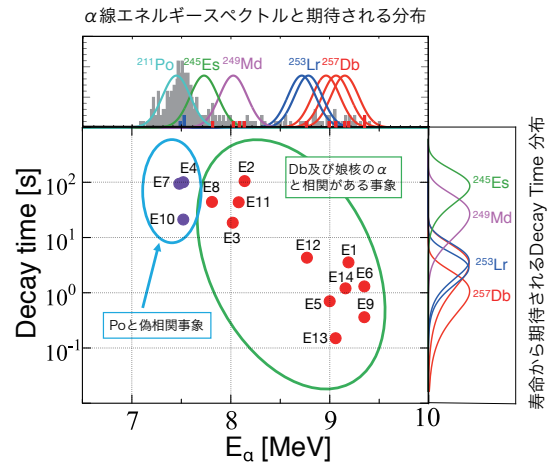


Fig.2. Two dimensional distribution of TOF-correlated α -decay events in terms of decay energy and decay time.

引用文献

- [1] D. Kaji et al., Nucl. Inst. and Methods in Physics B,317(2013)311.
- [2] P. Schury et al., Nucl. Inst. and Methods in Physics B,335(2014)39.
- [3] T. Niwase et al., Nucl. Inst. and Methods in Physics A,953(2020)163198.
- [4] 庭瀬 暁隆 ほか, 放射化学 第 39 号 P. 20
- [5] 庭瀬 暁隆 ほか, 放射化学 第 41 号 P. 48
- [6] P. Schury, T. Niwase et al., arXiv:2006.02605
- [7] Y. Ito et al., Phys. Rev. Lett. 120, 152501 (2018).

特集 (日本放射化学会第64回討論会・学生若手優秀発表賞による研究紹介)

アスタチン-211 標識金ナノ粒子の合成と腫瘍増殖抑制効果の評価

黄 栩昊¹、加藤 弘樹²、角永 悠一郎³、下山 敦史¹、樺山 一哉¹、大江 一弘²、
豊嶋 厚史³、篠原 厚^{1,3}、深瀬 浩一^{1,3}
(阪大院理¹、阪大院医²、阪大放科³)



がん患者の1/3は初診時に進行がんであり、外科的切除、放射線照射などによる治療が困難であると言われている。初診時進行がんの治療法として、 α 線放出核種を投与し体内からがんを照射

して治療する α 線核医学治療法が注目を集めている。 α 線は高エネルギーであり、がん細胞の殺傷能力が高い。一方で、飛程がヒト細胞数個分と短いため、周辺の臓器や正常細胞への侵襲がほとんどない。そのため、 α 線放出核種をがん組織に集積することにより、がん細胞のみを効率的に殺傷できる。中でも、 α 線放出核種の一つであるアスタチン-211(^{211}At)は半減期が7.2時間と短いため、投薬後速やかに体内から放射線源が消失する。そのため、通院による治療が可能であり、がん患者の生活の質(QOL)の向上が期待できる[1]。

ハロゲン族である ^{211}At は、ヨウ素と同様に投与後速やかに甲状腺に集積する。この性質を利用し、大阪大学の渡部・畑澤らの研究グループは、 $^{211}\text{At-NaAt}$ を用いた担がんモデルマウスにおける甲状腺がんの増殖抑制に成功した[2]。一方、その他のがんを殺傷する場合、 ^{211}At の甲状腺へ集

積する性質を打ち消す必要がある。大阪大学の兼田らは、がん細胞に過剰発現しているアミノ酸トランスポーターLAT1を標的とし、その基質である α -メチルチロシンの ^{211}At 標識体を調製した。この標識体はLAT1選択的にがん細胞株に取り込まれ、PANC-1(膵がん)移植マウスモデルにおいて、著しい腫瘍増殖抑制効果を示した[3]。

α 線放出核種を用いた核医学治療の一般的な方法は、静脈投与あるいは経口投与であるが、標的臓器に加え他臓器への非特異的な分布や、その排泄経路となる臓器への分布を考慮する必要がある。そのため薬剤の非特異的集積をできる限り減少させ、高い放射能の標的組織への集積を確保することが必要となる。一方、本研究では、薬剤の病巣への直接投与を可能とする手法について検討した。直接投与によって、高い放射能を標的組織に集積させ、効率が良く、被ばくが少ない局所治療を行うことを目的としている。 At が金と強く結合することに注目し[4]、 ^{211}At 担持金ナノ粒子を腫瘍に直接注入し、腫瘍を殺傷する方法について検討を行った(Fig.1)。本研究は論文文化ならびに特許化する内容が含まれるため、本寄稿では紹介的な内容としたい。

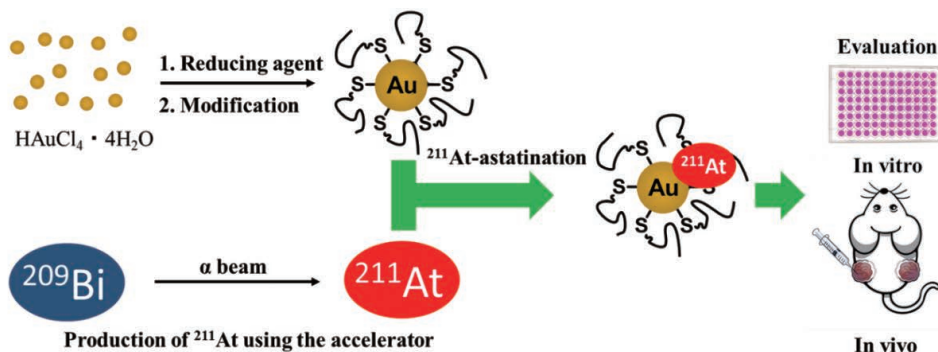


Fig.1: Schematic explanation of this research

$^{211}\text{At-AuNP-S-mPEG}$ の合成

まずは、四塩化金酸水溶液を還元条件下、加熱することにより様々なサイズの金ナノ粒子を合成した [5]。得られた金ナノ粒子に対し、粒子表面をポリ (エチレングリコール) メチルエーテルチオール (mPEG-SH) により修飾した金ナノ粒子 (AuNP-S-mPEG) を得た。その後、合成した AuNP-S-mPEG 水溶液の精製を行った。精製後の金ナノ粒子に対し、粒子サイズや形状に変化がないか透過型電子顕微鏡 (TEM) により確認した。次に、 ^{211}At 標識化検討を行った。種々の検討の結果、反応開始後 5 分で AuNP-S-mPEG の ^{211}At 標識化はほぼ完了した。本法を用い、粒子径 30 nm および 120 nm の ^{211}At 標識 AuNP-S-mPEG を得た。

 $^{211}\text{At-AuNP-S-mPEG}$ の細胞実験

合成した $^{211}\text{At-AuNP-S-mPEG}$ を C6 グリオーマ (神経膠腫) 細胞に加えたところ、120 nm $^{211}\text{At-AuNP-S-mPEG}$ において顕著な細胞毒性を示した。

 $^{211}\text{At-AuNP-S-mPEG}$ の動物実験

動物実験では、C6 グリオーマ (神経膠腫) を二か所移植したラットを用いた。担がんラットの腫瘍組織に $^{211}\text{At-AuNP-S-mPEG}$ を直接注入した。注入後、単一光子放射断層撮影 (SPECT)

撮像により、 $^{211}\text{At-AuNP-S-mPEG}$ が長時間腫瘍内に留まっていることを確認した。 $^{211}\text{At-AuNP-S-mPEG}$ を投与したことによるラットの異常な体重変化には認められなかった。動物実験の場合、120 nm の粒子径よりも 30 nm の粒子径を有する $^{211}\text{At-AuNP-S-mPEG}$ において、より顕著な腫瘍増殖抑制効果を示した。

今後の予定

以上のように、 $^{211}\text{At-AuNP-S-mPEG}$ は局所投与によって腫瘍組織に留まり、顕著な腫瘍増殖抑制効果があることが確認できた。今後は、より様々なサイズ・表面修飾を施した金ナノ粒子の合成を行い、腫瘍増殖抑制効果を逐次評価していきたい。

引用文献

- [1] Poty. Sophie, et al., J. Nucl. Med., 59, 1020-1027, (2018).
- [2] Watabe. Tadashi, et al., J. Nucl. Med., 60, 1301-1307, (2019).
- [3] Kaneda-Nakashima. Kazuko, et al., Cancer Sci., doi: 10.1111/cas.14761.
- [4] Dziawer. L., et al., RSC Adv., 7, 41024-41032, (2017).
- [5] Ziegler. Christoph, et al., J. Phys. Chem. C, 115, 4502-4506, (2011).

特集 (日本放射化学会第64回討論会・学生若手優秀発表賞による研究紹介)

ミュオン特性X線測定による鉄の酸化反応の追跡

梶野 芽都¹、二宮 和彦¹、工藤 拓人¹、寺田 健太郎¹、稲垣 誠²、佐藤 朗¹、
友野 大³、川島 祥孝³、酒井 陽一⁴、高山 努⁴、篠原 厚¹
(阪大院理¹、京大複合研²、阪大RCNP³、大同大教養部⁴)



1. 緒言

負電荷をもつ素粒子ミュオンは電子と同じように原子核に束縛され、ミュオン原子と呼ばれるエキゾチックな原子を形成する。ミュオン原子の形成時、ミュオンは主量子数の大きい外殻のミュオン原子軌道に捕獲され、その後ミュオン特性X線を放出しながら1sミュオン原子軌道へとカスケード遷移する。ミュオンは電子の207倍大きな質量を持っているために、ミュオン原子軌道の束縛エネルギーは電子の207倍であるから、ミュオン特性X線は非常に高エネルギーとなり透過力が高い。そのため、ミュオン特性X線による試料内部の非破壊分析法の開発が進められており、考古学分野等の貴重試料への適用が進められている[1]。

一方、ミュオン原子形成過程には化学的な影響があることが知られている。化学状態により捕獲されたミュオンの初期の量子状態が変化するため、ミュオン捕獲当たりの放出されるミュオン特性X線の放出確率(2p-1sと3p-1sの強度比など)が化学状態によりわずかに異なることが知られている[2]。

このような化学効果を理解することで、ミュオン特性X線による非破壊元素分析法において、元素の分析だけでなくその化学状態まで分析が可能になると考えられる。本研究グループでは、これまでに金属鉄及び複数の鉄酸化物におけるX線強度比の違いを調べ、天然の鉄酸化物である砂鉄の組成分析が可能であることを報告した[3]。本研究では、ミュオンによる化学状態分析の更なる発展形として、試料を化学反応させることでそ

の化学状態を時間とともに変化させながらミュオン特性X線を連続測定することで、化学効果を利用した化学反応の追跡を行った。

2. 実験

ミュオン照射実験は大阪大学核物理研究センター(RCNP)のミュオンビーム施設MuSICにて実施した。本研究では、化学反応の追跡の対象として、鉄の酸化反応に注目した。小さい穴をあけたポリエチレン袋に鉄粉を入れ、鉄粉を空気酸化させながら12時間ミュオンを照射し、発生したミュオン特性X線をGe検出器で測定した。また、酸化していない金属鉄及び完全に酸化が終了した鉄粉についてもそれぞれ3時間程度ミュオンを照射し、特性X線を測定した。これとは別に、空気酸化による鉄粉の化学状態の変化をメスバウアー測定にて分析した。

3. 結果と考察

取得したミュオン特性X線スペクトルを解析し、試料由来の元素ピークを同定した。12時間の連続測定を行った鉄粉試料については、0-0.5時間、0.5-3時間、3-6時間、6-12時間に測定されたイベントを分割して解析を行った。そして、化学効果による強度比の違いに関して過去に報告したFe-Lyman系列X線の強度比(全Lyman系列強度に占める比率)の時間発展を調べたところ、図1のように強度比が時間とともに変化していることが確認できた。同じように調整した試料に対するメスバウアー測定から、鉄粉が時間とともに酸化して、いくつかの鉄の酸化物を反応中間体として、最終的に β -FeOOHへと変化することが確認できた。

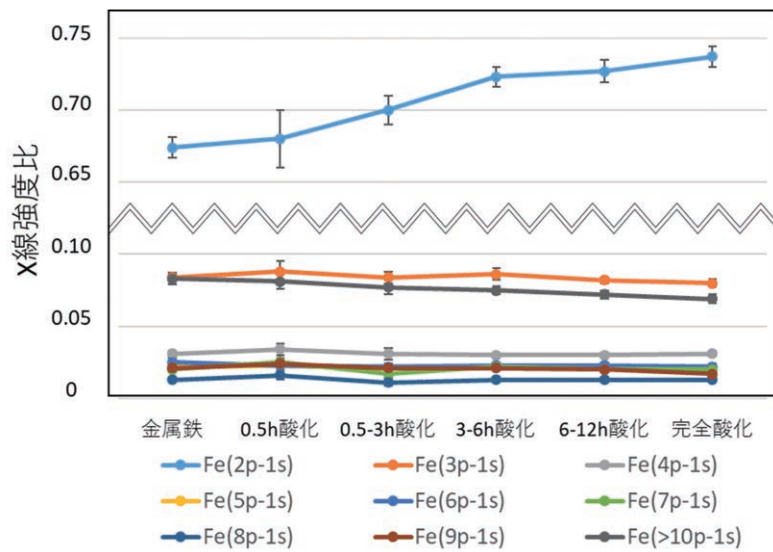


図1. 金属鉄と反応時間ごとの鉄粉の Fe-Lyman 系列 X 線強度比

本研究では、図1に示すミュオン特性X線の中で、試料ごとの値の違いが最も明確であった Fe-(2p-1s)X線の強度比の変化に注目し、反応の追跡を行った。未反応の金属鉄と、酸化反応が完全に進行した鉄試料をそれぞれ反応率0%、100%として検量線を作成した。これに各酸化時間における(2p-1s)X線強度比を当てはめることで反応進行度を見積もった。結果をメスbauer測定で調べた酸化時間ごとの反応進行度と合わせて図2に示す。ミュオンによる反応進行度の推定値はメスbauer分析の結果とよく一致しており、本研究によってミュオンによる酸化反応の追跡が可能であることを実証した。

本研究では反応が数時間かけて進行するような遅い系について追跡を行ったが、将来的にミュオンビームの高強度化が進み、化学効果に関する多くの基礎データが蓄積されることでより複雑で進行の早い反応系における追跡も可能になると期待される。本手法は非破壊の内部分析も可能であるため、例えば蓄電池などの密閉容器内部における反応を追跡可能であるという画期的な手法となる。

参考文献

- [1] K. Ninomiya *et al.*, *Anal. Chem.* 87 4597-4600 (2015)
 [2] T. von Egidy *et al.* *Phys. Rev. A* 23 427-440 (1981)

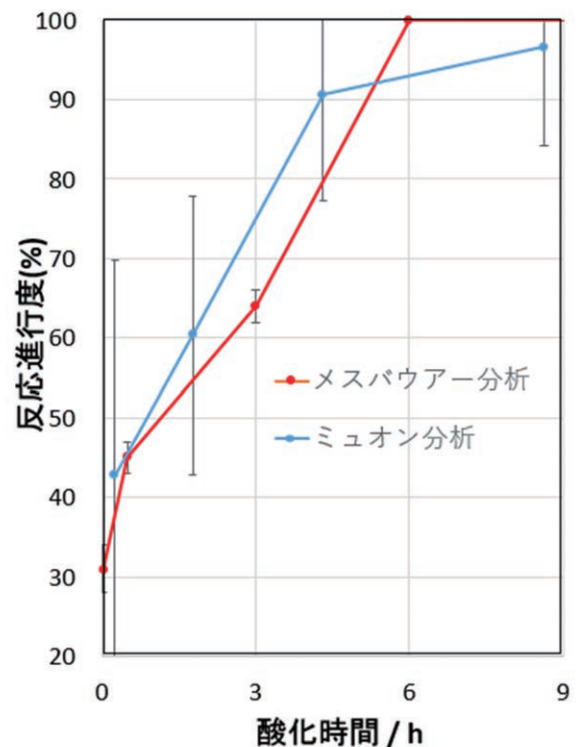


図2. ミュオンおよびメスbauer法にて分析した鉄粉の酸化時間ごとの反応進行度

- [3] 梶野芽都 日本放射化学会第63回討論会 (2019)

特集 (日本放射化学会第64回討論会・学生若手優秀発表賞による研究紹介)

CdTe 検出器を用いた負ミュオンによる非破壊三次元イメージング法の開発

邱 奕寰¹、梶野 芽都¹、篠原 厚¹、二宮 和彦¹、武田 伸一郎²、桂川 美穂²、

都丸 亮太²、藪 悟郎²、長澤 俊作²、高橋 忠幸²、渡辺 伸³

(¹ 阪大理、² Kavli IPMU、³ JAXA)



元素分析は、様々な研究分野において重要な基盤となる技術である。中でも非破壊元素分析法とは、考古物や地球外物質など貴重な試料の分析ができるだけでなく、同じ試料をほかの分析に利用できるという点からも有用である。我々は高強度の負ミュオンビームを使って、非破壊の元素分析法の開発を行ってきた[1,2]。ミュオンは電子のように原子核と相互作用して束縛状態を作ることができ、捕獲されたミュオンが基底状態まで遷移することで、軌道間のエネルギー差に相当するエネルギーが放出される。これはミュオン特性X線と呼ばれている。ミュオン特性X線は電子特性X線に比べエネルギーが207倍高く透過力が非常に高い。このため、ミュオン特性X線を利用することにより、物質内部での減衰を無視することができ、物質の深部に存在する元素を分析することが可能となる[3]。一方で近年、宇宙観測実験用に高エネルギーの光子が測定可能な位置分解能が優れた二次元テルル化カドミウム検出器(以下 CdTe 撮像検出器)が実用化された[4]。本研究ではこの検出器によるイメージング法と、負ミュオンビームによる元素分析法による物質内部の分析を組み合わせることで、非破壊三次元イメージング法を確立することを目的に実施した。

負ミュオンビーム実験用の CdTe 撮像検出器の開発に加えて、これを用いた非破壊三次元イメージング実験を、2020年3月にて J-PARC 加速器施設[5]において、ポリプロピレン製 (Polypropylene) のボールへの高強度ミュオンビームの照射することで行った。実験の全体像を Fig. 1 に示す。ビーム中心に合わせて置いたサンプルを30分ごとに

22.5度ずつ回転させ、合計16条件で CdTe 撮像検出器によるミュオン特性X線の二次元イメージを取得した。こうして得た二次元イメージについて、コンピュータ断層撮影の技術 (Computed Tomography) [6] を用いて 3D イメージとして再構成した。

宇宙観測を目的として CdTe 撮像検出器は両面にストリップ型の電極を直交するように取り付けられた検出器である。各ストリップ電極で1次元情報を取得し、両面のスプリットの信号を組み合わせることで2次元情報を取得した。そのためには、両面のスプリットの応答と入射光子の情報の再構成を調べることが重要である。光子が検出された場合は両面で読み出されるエネルギーは同じになるはずである。そこでノイズを含むイベントの影響を考え、両面の信号のエネルギー値の差が

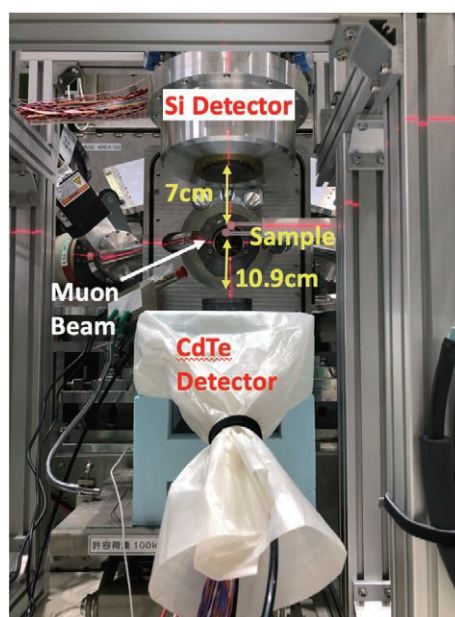


Fig. 1 Schematic overview of J-PARC muon experiment in March 2020.

5 keV 以下の場合、同じ光子からの信号と判定して検出位置を決定して、二次元イメージの取得を行うこととした。

ミュオンビーム実験から、Fig. 2 に示すミュオン X 線のスペクトルが得られた。試料由来の炭素からのミュオン特性 X 線である 75 keV エネルギー領域を選択することで、二次元イメージの再構成を行った。さらに異なる角度で取得した全 16 個イメージ像を用いることで、CT の技術で二次元イメージを三次元空間に逆投影し、ミュオン特性 X 線による 3D イメージ像を作成した。Fig. 3 は再構成した三次元イメージを示す。その結果、直径 12.7 mm のポリプロピレン製のボールの立体像を再現することができ、CdTe 撮像検出器で 3D イメージングが可能であることを示した。現在、より詳細なイメージを作成するために CdTe 撮像検出器の量産機の開発とともに、専用の検出器システムの検討が進んでいる。

本実験における CdTe 撮像検出器を用いた負ミュオンビーム実験結果と、実験データ解析法の妥当性を評価するため、素粒子や医療や天文学分野でよく使われている Geant4 プログラムによるシミュレーション実験を行った。シミュレーションのエネルギースペクトルと、ビーム実験結果は一致しており、実験結果の妥当性について検証することができた。

現在、6 台の CdTe 撮像検出器による専用の 3D イメージ検出器システムの開発が進んでいる。これにより、貴重な試料への測定が可能である。さらに、試料の微細な構造を 3D イメージで再現するため、単純な逆投影法と違う逐次近似法 (maximum likelihood expectation maximization, MLEM) [7] を用いた解析法についても検討を行っている。逐次近似法は、代数的手法で反復法を用いて再構成画像を求める方法であり、不足した投影データから十分な画質の画像を再構成できるという特徴がある。

引用文献

- [1] K. Terada et al., *Sci. Rep.*, 4, 5072 (2014).
- [2] K. Ninomiya et al., *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 320, 801 (2019).
- [3] K. Ninomiya et al., *Anal. Chem.*, 4597 (2015).

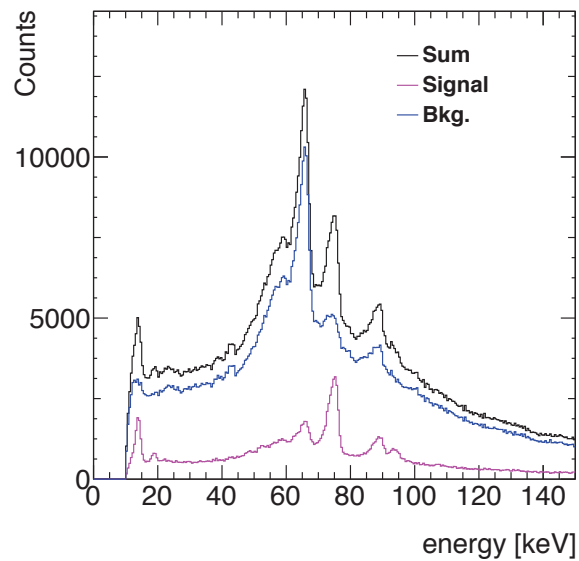


Fig. 2 Muonic X-ray energy spectrum obtained by CdTe detector. The pink line is the muonic X-ray from PP sample, and the blue line is the spectrum from background. The peak at 75 keV is selected for 3D image reconstruction.

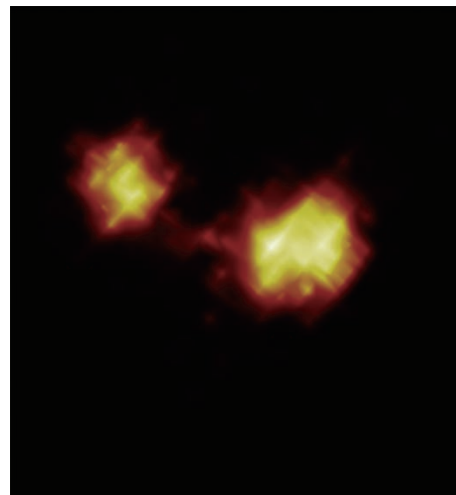


Fig. 3 The figure shows three-dimensional image of the ball with fine structure. The simple filter back-projection is used for image reconstruction. The MLEM will be applied to improve the resolution.

- [4] M. Katsuragawa et al., *Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. A*, 140 (2018).
- [5] Y. Miyake et al., *Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. B*, 46 (2012).
- [6] M. W. Vannier et al., *Radiology*, 150, 179 (1984)
- [7] T. K. Moon et al., *IEEE Signal Processing Magazine*, 47 (1996).

特集 (日本放射化学会第64回討論会・学生若手優秀発表賞による研究紹介)

マイクロビーム X線吸収分光法によるウラン微粒子の化学種分析

蓬田 匠^{1,2}、大内 和希²、北辻 章浩²、高橋 嘉夫¹(¹ 東大院理、² JAEA)

1. 緒言

福島第一原子力発電所の廃炉作業において、核燃料物質を含んだ微細な粒子の環境中への放出が懸念されている。原子力発電用燃料の主成分であるウラン(U)は、化学種により環境での移動性が大きく異なる。環境中でのウランの移行挙動を推定する上で、微粒子状のウランの化学種を把握する事が重要である。原子力発電用の燃料加工施設内で放出されたウラン粒子の粒径は、主にサブマイクロサイズからマイクロメートルサイズという報告例がある(1)。これまで、原子力施設内の環境試料に含まれた、粒径数 μm 以上のウラン粒子の化学種については、顕微ラマン分光法などにより分析されてきた(2)。しかし、顕微ラマン分光分析法では、アモルファス試料の分析はできない上に、 $1\ \mu\text{m}$ 以下の微粒子の分析は困難という課題がある。また、ラマン分光法では元素選択的な分析を行うことができないため、走査型電子顕微鏡-X線検出(SEM-EDX)などによってウラン粒子を同定する必要がある。一部の化学種のウランは、SEM-EDX観察時の電子線照射によって劣化して化学種が変化することも報じられており(3)、電子線照射を行わずにウラン粒子を検出できる手法が求められていた。

マイクロビーム X線吸収分光法は、サブマイクロメートル程度まで集光した X線を測定に用いることで、微小領域の化学種を分析できる手法であり、非晶質の物質に対しても化学種を分析できる。また、元素選択的な分析が可能であるため、各元素に由来する蛍光 X線のマッピング分析を行うことで、マイクロメートルサイズの微粒子の検出ができる。そこで、マイクロビーム X

線を用いた蛍光 X線マッピング分析によりウラン粒子を検出し、各粒子の X線吸収端近傍構造(XANES)スペクトルを測定することで、マイクロサイズのウラン粒子の化学種の判別が可能かどうかを検討した。

2. 実験方法

ウラン標準試料として、二酸化ウラン(UO_2)、過酸化ウラニル($\text{UO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)、硝酸ウラニル六水和物($\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)を用いた。まず、各ウラン試料を窒化ホウ素と混合した後、錠剤成型機でペレット試料を作製し、大型放射光施設 BL01B1 において各試料の標準となる XANES スペクトルを測定した。次に、各ウラン試料をカーボンテープ上に担持した微粒子試料を作製し、大型放射光施設 BL37XU においてマイクロビーム X線を用いた実験を行った。ビームサイズ約 $500\ \text{nm}$ に集光した X線マイクロビームを用い、U L α 線強度をマッピングして粒子を検出した後に、粒子位置においてスポット分析を行うことで各粒子の XANES スペクトルを取得した。測定した XANES スペクトルの解析は、XAFS 解析ソフトウェア Athena を用いて行った(4)。

3. 結果と考察

Fig. 1 には、カーボンテープ上の過酸化ウラニル粒子に対し、マイクロビーム X線による蛍光 X線マッピング分析を行った結果を示した。U L α 線強度が局所的に強いスポットがウラン粒子によるものであり、 $2\ \mu\text{m}$ 程度のスポットから最小で $500\ \text{nm}$ 程度のスポットが観測されている様子が分かる。この結果は、マイクロビーム X線を用いたマッピング分析を行うことで、サブマイクロサイズのウラン微粒子を検出できる事を示している。

Fig. 2 には、Fig. 1 に示した粒径 $2\ \mu\text{m}$ 程度の

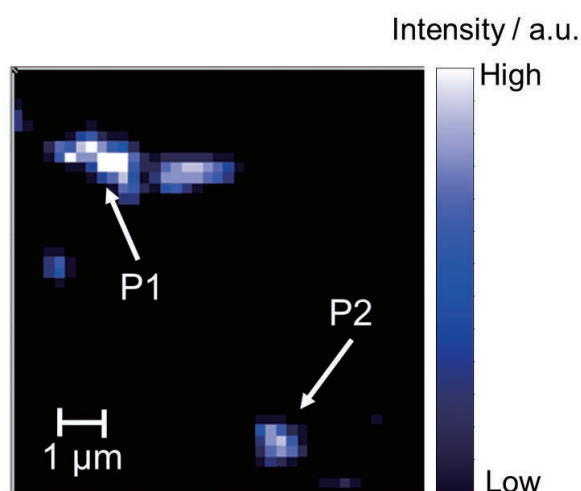


Fig. 1 X-ray fluorescence mapping image of U L α emission line.

粒子 (P1) と、粒径 1 μm 程度の粒子 (P2) に対し、XANES スペクトルを測定した結果を示した。P1、P2 ともに、ピークトップが過酸化ウラニルのピークトップ位置と一致し、U(VI) の存在を示唆する結果が得られた。一方、いずれのスペクトルも、化学種を敏感に反映する吸収端付近や微細構造に関してはノイズが大きく、過酸化ウラニルと判別することは困難であった。P1 と P2 のスペクトルを比較すると、粒径が小さい P2 の XANES スペクトルで、より大きなノイズが観測されていることが分かる。粒径が小さな粒子でスペクトルのノイズが大きくなった要因としては、測定中の試料のずれや X 線マイクロビームのずれ、カーボンテープに含まれた臭素の蛍光 X 線による影響などが考えられる。そのため、数 μm 以下のウラン粒子の化学種を判別するためには、試料の固定方法の改善や、各粒子に対する新しい XANES 測定手法が必要である事が分かった。

4. 結言

マイクロビーム X 線を用いた X 線吸収分光法により、ミクロンサイズのウラン粒子の検出と、その化学種の判別を試みた。マイクロビーム X 線

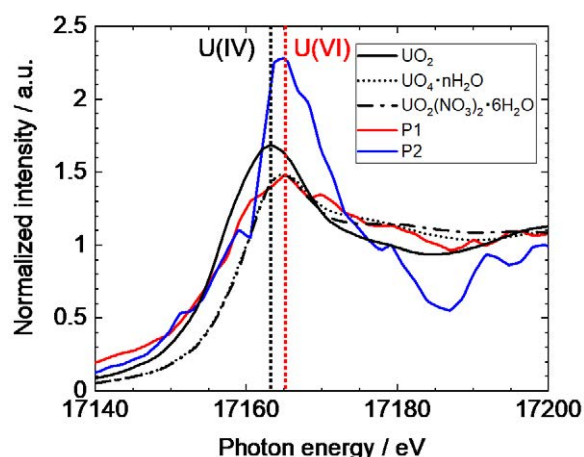


Fig. 2 X-ray absorption near edge structure (XANES) spectra of UO_2 , $\text{UO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, P1, and P2.

を用いた蛍光 X 線マッピングを行うことで、最小でサブミクロンサイズのウラン粒子の検出が可能であることが分かった。また、数 μm 程度のウラン粒子に対し、XANES のピークトップ位置からウラン粒子の酸化数を判別できた。一方で、XANES スペクトルの微細構造の違いを議論することは難しく、数 μm 以下のウラン粒子の化学種の判別を行うためには、試料の固定方法や XANES の測定手法を改善する必要があることがわかった。現在、カーボンテープを用いない試料の固定方法と、測定中の試料のずれや X 線マイクロビームのずれを補正して粒子全体の XANES スペクトルを得る測定手法について検討を行っている。

引用文献

- (1) E. Hansson et al., *Spectrochimica Acta Part B*, 131, 130 (2017).
- (2) T. Yomogida et al., *Anal. Methods*, 9, 6261 (2017).
- (3) E. A. Stefaniak et. al., *Analyst*, 139, 668 (2014).
- (4) B. Ravel et al., *J. Synchrotron Rad.*, 12, 537 (2005).

特集 (日本放射化学会第64回討論会・学生若手優秀発表賞による研究紹介)

Rfの化学研究に向けた ^{89m}Zr の硝酸系でのオンライン陰イオン交換実験

渡邊 瑛介¹、笠松 良崇¹、横北 卓也²、速水 翔¹、東内 克馬³、
重河 優大²、羽場 宏光²、篠原 厚¹
(阪大院理¹、理研仁科セ²、阪大理³)



1. 緒言

原子番号104番以降の超重元素は強い相対論効果の影響により、同族元素から予測される化学的性質を逸脱する可能性があると考えられている。超重元素は低

生成率・極短寿命のため、加速器で合成された原子を対象に迅速に化学実験を行う必要がある(加速器オンライン実験という)。化学実験では単一原子化学の原理に基づき、一原子を対象とした迅速化学操作が数百回程度繰り返して行われる。

104番元素ラザホージウム(Rf)は、半減期68秒と超重元素の中でも比較的長寿命であるため、いくつかの溶液化学研究例がある。これまでフッ化水素酸や塩酸系、硫酸系のイオン交換や溶媒抽出実験が行われ Rf^{4+} と F^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} との錯形成挙動が調べられてきたが^{1,2}、未だ系統的な理解は得られていない。

我々は、さらなる無機配位子との錯形成を調べるため、 Rf^{4+} と硝酸イオン(NO_3^-)との錯形成挙動に着目している。硝酸中において同族元素の Zr^{4+} や Hf^{4+} は陰イオン錯体を形成しないのに対して、擬同族元素の Th^{4+} は大きな配位数を持つアニオン錯体 $[\text{Th}(\text{NO}_3)_6]^{2-}$ を形成するという、明確な違いが知られている。我々はこれまでに、 $[\text{Th}(\text{NO}_3)_6]^{2-}$ の安定性には金属-配位子間のわずかな共有結合性が関与していることを量子化学計算に基づいて報じている³。Rfの硝酸アニオン錯体形成挙動を調べることで、Rfの価電子軌道すなわち6d軌道の相対論効果による膨張の影響を議論することができると考えている。具体的には、陰イオン錯体形成挙動を調べるため、以

前に当研究グループが超重元素の化学実験のために開発したバッチ型固液抽出装置(AMBER)⁴を用いて、陰イオン交換反応の平衡到達を確認した上で分配係数を取得し、 Zr^{4+} 、 Hf^{4+} 、 Th^{4+} と比較する計画である。

我々はこれまで、Rfの硝酸系陰イオン交換実験を目指し、陰イオン抽出剤Adogen 464を用いた陰イオン交換反応が迅速であることを見出しており⁵、AMBERを用いた実験条件を決定している³。本研究では実際の ^{261}Rf 実験を模して、短寿命の ^{89m}Zr ($T_{1/2}=4.18$ min)を対象に加速器オンラインの条件における硝酸系陰イオン交換実験を行い、Rf実験への適用可能性を調べた。

2. 実験

理化学研究所AVFサイクロトロンにおいて $^{89}\text{Y}(d,2n)^{89m}\text{Zr}$ 反応で ^{89m}Zr を製造し、He/KClガスジェット搬送システムにて化学室へ運搬し、AMBERの溶液化部に捕集した。 ^{89m}Zr は270 μL の8.1 M HNO_3 に溶解させ、30 mgのAdogen 464樹脂を含む反応容器に導入した。10 – 120 s振とう後に、空圧により反応容器から液相のみを溶出し、Ge検出器による γ 線測定で ^{89m}Zr の放射能 A_s を測定した。樹脂に残った ^{89m}Zr は0.1 M HCl にて4回洗浄することで除去した。 ^{261}Rf 実験を模し、この操作をコンピュータ制御のもと30回連続自動で行った。また樹脂を使用せずに同様の操作を行い、溶液の標準放射能 A_{STD} を求めた。樹脂量を w (g)、液相の体積を V (mL)として、分配係数 K_d を $K_d = (A_{\text{STD}} - \alpha A_s) V / \alpha A_s w$ の式により求めた。なお α は、一部の ^{89m}Zr の反応容器内への吸着を考慮するための補正係数である。

3. 結果と考察

振とう時間 30 秒の陰イオン交換実験を連続して 30 回行ったところ、図 1 に示すように、バッチ実験と一致する K_d 値が安定に取得された。我々は以前、長寿命トレーサー ^{234}Th を用いたオフライン実験により、高 K_d 領域でもバッチ実験と一致した K_d 値を AMBER により取得可能であることを報告している。したがって硝酸系陰イオン交換における幅広い K_d 値が AMBER で取得可能であることが分かった。

$^{89\text{m}}\text{Zr}$ の分配係数の振とう時間依存性データを図 2 に示す。どの振とう時間の分配係数もバッチ実験の平衡条件下の値と一致していることから、Zr の平衡到達が迅速であることが分かった。陰イオン錯体を形成する Th の迅速な平衡到達は以前にも報告したが、本研究から、分配係数の高低に関わらず陰イオン交換反応が迅速に平衡に到達することが分かった。したがって、半減期 68 秒の ^{261}Rf に対しても、平衡到達条件下の K_d 値が取得できることが期待される。

本研究により迅速な陰イオン交換を加速器オンラインの条件でも連続して安定に行えること、ならびに迅速に平衡到達することを確認することができたため、Adogen 464/ 硝酸系陰イオン交換実験が ^{261}Rf 実験に適用可能であると結論付けられた。

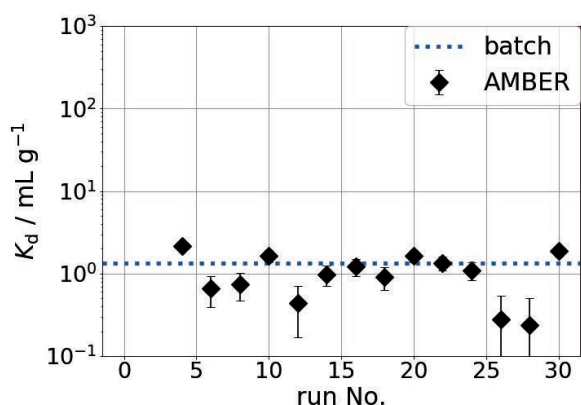


図 1. 30 回の連続実験における $^{89\text{m}}\text{Zr}$ の分配係数 (点線はバッチ法による平衡条件下の値)

4. 今後の展望

本研究により ^{261}Rf 実験の実験条件を確立することができたため、実際に Rf の陰イオン交換実験を行い、Rf の硝酸錯体形成挙動を調べていく予定である。実験から得られる物理量は Rf の分配係数のみであるが、そこから Rf にはたらく相対論効果を議論するためには、溶液中の化学種に関する構造化学的な情報やその電子状態の把握が必要不可欠である。現在我々のグループでは、溶液中の超重元素の構造や電子状態を相対論的量子化学計算により調べる試みも行っており、実験と計算化学の両側面から Rf の化学的性質を理解することを目指している。

参考文献

1. Y. Nagame et al., Nucl. Phys. A **944**, 614 (2015).
2. T. Yokokita et al., RIKEN Accel. Prog. Rep. **53**, 165 (2020).
3. 渡邊瑛介 他、日本放射化学会第 63 回討論会, 1A07 (2019).
4. Y. Kasamatsu et al., Radiochim. Acta **103**, 513-521 (2015).
5. 渡邊瑛介 他、日本放射化学会第 62 回討論会, P02 (2018).

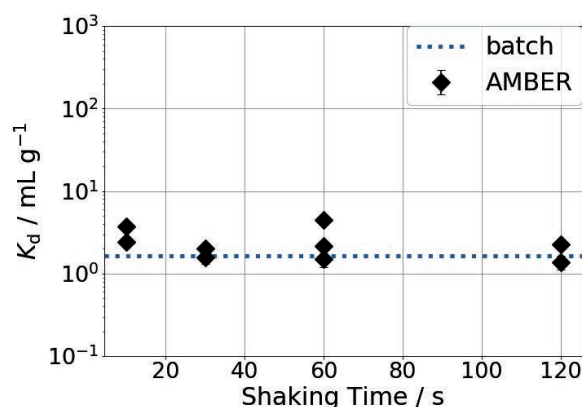


図 2. $^{89\text{m}}\text{Zr}$ の分配係数の振とう時間依存性 (点線はバッチ法による平衡条件下の値)

コラム

日本放射化学会第 64 回討論会（2020）のオンライン開催に関わるアンケートの調査結果について

日本放射化学会行事担当理事 別所 光太郎（高エネルギー加速器研究機構）

1. はじめに

2020 年 9 月 9 日～11 日に開催された日本放射化学会第 64 回討論会（2020）は、新型コロナウイルス感染症の影響を考慮して、はじめてオンラインでの開催となりました。今回の開催は、コロナ禍の状況を受けて否応なしにオンライン開催となったものですが、今回の新たな形態での開催経験を踏まえ、今後このような開催方法に移行する、もしくは部分的に取り入れる催しも増える可能性があります。日本放射化学会理事会では、今後のために今回の試みを評価し、改善や新たな方法の検討を行うことが必要と考え、討論会参加者の皆様を対象にアンケート調査を実施しました。本稿では、調査結果の概要をご報告させていただきます。

アンケートの実施にあたりましては、第 64 回討論会（2020）参加者の皆様、ならびに同実行委員会の皆様にご協力をいただきましたことを御礼申し上げます。

2. 調査方法

実施方法

第 64 回討論会（2020）参加者・登録者全員に、電子メールにより WEB 形式のアンケート内容が記載されている URL を案内し、アンケートへの回答協力を依頼した。

調査項目（設問）

- 参加区分（放射化学会正会員、放射化学会学生会員、非会員一般、非会員学生）
- 発表有無（口頭発表、ポスター発表、発表なし）
- 従来のオンサイト討論会と比較して、5 段階評価でご回答ください。
（5：とても良い ～ 3：同程度 ～ 1：よくない -：参加していないため分からない）

- ▶ オンライン討論会全体について
- ▶ 口頭発表について
- ▶ e-ポスター発表について
- ▶ 企業セッションについて
- ▶ 学会総会について
- 参加登録費について（高い、やや高い、適当、もっと高くてもよい）
- 討論会の開催方法、口頭発表の方法、e-ポスター発表の方法（特にコア時間や意見交換の方法）、その他、ご意見やご提案などありましたらご記入ください。
- 実施内容を中心にオンラインの観点も含め、5 段階評価でご回答ください。
（5：とても良い ～ 3：同程度 ～ 1：よくない -：参加していないため分からない）
- ▶ 若手優秀発表賞について
- ▶ 分科会について
- ▶ 法人化特別セッション（ロードマップセッション）について
- その他、討論会での企画内容や、放射化学会に関するご意見など、ご自由にご記入ください。

3. 調査結果の概要

3.1 討論会参加者とアンケート回答者の内訳

参加区分	討論会参加者	アンケート回答数	回答率(%)
正会員	105	52	50
学生会員	43	12	28
非会員一般	41	12	29
非会員学生	23	4	17
合計	212	80	38

第64回討論会(2020)には、日本放射化学会の正会員105名、学生会員43名、非会員一般41名(うち、共催学会会員22名)、非会員学生23名の参加がありました。参加者の総数212名は、第63回(2019年、いわき)199名、第62回(2018年、京都)185名、第61回(2017年、つくば)197名を超える人数であり、オンライン開催であるにもかかわらず、例年のオンサイト討論会と同程度以上の方々にご参加をいただいて討論会を開催することができました。

212名の参加者のうち、本アンケートに回答をいただいた参加者は80名(回答率38%)でした。回答者のうち、発表を行った参加者は、口頭発表者21名(口頭発表総数:64件)、ポスター発表者16名(ポスター発表総数:40件)でした。

3.2 オンライン討論会全体、参加登録費について

図1(a)に、従来のオンサイト討論会と比較した、第64回討論会全体に対する評価結果の分布を示します。回答結果は、評価5:23%、4:36%、3:31%(以上、合計90%)と、今回のオンライン討論会全体の開催内容については、大部分の参加者から高い評価をいただいたことがわかりました。

図1(b)には、参加登録費に関する回答結果を示します。「適当」または「もっと高くてもよい」と

の回答が全体の67%に相当し、多くの方が参加登録費の金額について妥当と感じられたことがわかりました。

オンライン学会を開催するためには、専門業者に開催支援を依頼することによる費用の支出が必要になりますが、討論会事務局の皆様方のご尽力により、多くの参加者からご理解いただける参加登録費で、多くの方が満足される実施内容のオンライン討論会を開催いただけたことに対し、深く感謝したいと思います。

3.3 口頭発表について

オンライン口頭発表は、Web会議システムZoomを利用して行われました。座長による進行の下、発表者はリモート接続した自身のPCからスライド画面を共有して15分間のプレゼンテーションを行い、発表後の質疑(最大5分間)においては、質問希望者はZoomシステム上で「挙手」し、座長が質問者を指名してマイク接続を許可する形で実施されました。

図2(a)に示す口頭発表についての評価結果では、5:26%、4:32%、3:30%(以上、合計88%)となり、大部分の参加者が、従来のオンサイトでの口頭発表と同等以上に満足する形で、口頭発表・視聴・質疑をいただけたことがわかりました。視

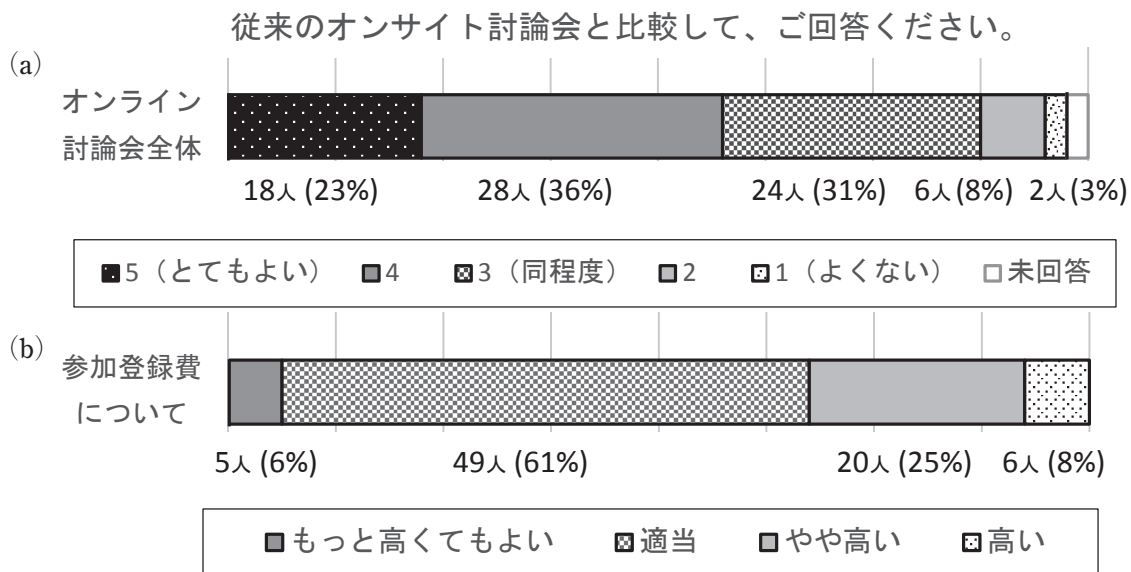


図1 オンライン討論会全体、参加登録費について

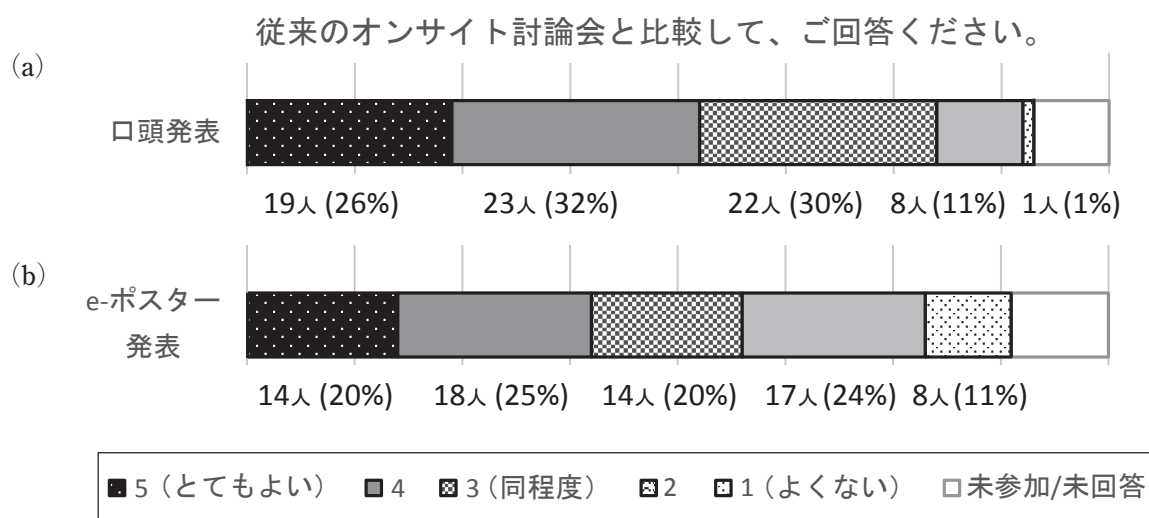


図2 口頭発表、e-ポスター発表について

聴者はPC画面で発表スライドを明瞭に確認することができ、プレゼン音声も聞き取りやすく、進行上も従来の口頭発表と同様の形でスムーズに進められたため、従来に比べて違和感のない発表と感じられたものと思われます。

口頭発表を行った参加者21名の結果に限定した評価結果についても、5：29%、4：29%、3：33%（以上、合計91%）となり、「対面でないにもかかわらず、座長の優れた采配により多くの質問をいただき、有意義な討論ができた」などのコメントもありました。発表者にとっても概ね満足のいく形で口頭発表、質疑が行えたようです。一方、「聴講者の顔が見えないため、発表時にうまく伝わっているかやや不安を感じた」、「従来の方法が発表する側としてはやりやすい」などのコメントもあり、可能な状況であれば講演会場での対面での発表を望む発表者も多いことも分かりました。

また、後述するe-ポスターセッションでの質疑方法を踏まえ、「口頭発表でも掲示板を活用することで、講演終了後も議論を継続できるとより良い」、「チャットでも質疑応答が行えれば」などのオンラインならではの機能を活用する提言も寄せられました。これらの新たな取り組みは、今後の討論会での意見交換をより有意義な形で実施することにつながる可能性も持つものと思われ、学会理事会においても今後の討論会開催のあり方に

ついて検討していきたいと考えています。

3.4 e-ポスター発表について

e-ポスター発表は、発表ごとに割り当てられた専用WEBページに、e-ポスター（15枚程度のスライド形式のPDFを原則）、および3分以内の音声付ショートプレゼンテーションファイル（若手優秀発表賞の対象発表及び希望者）を掲載し、参加登録者は会期中に自由に閲覧する形で発表が行われました。質疑は、各発表ページ内の専用掲示板にコメントを入力する方法で実施され、奇数番、偶数番の発表番号ごとに各1時間の発表コアタイムが設定され、質疑（発表者からの回答）はこのコアタイムを中心に行われました。

e-ポスター発表に対する回答結果を、図2(b)に示します。評価5：20%、4：25%、3：20%、2：24%、1：11%と、口頭発表に比べると、低い評価の割合もやや高くなりました。e-ポスター発表者16名の結果に限定しても、5：25%、4：19%、3：13%、2：25%、1：19%と、5～1に幅広く分布する類似した傾向でした。これらの回答結果の特徴は、1枚にまとめたポスターをもとに発表内容を説明しながら随時対面で質疑を行う従来のポスターセッションと比較して、発表・質疑の進め方がかなり異なっていたことに関連するものと考えられます。

特に、質疑の方法については、テキスト入力の手間や迅速性、意思疎通の難しさ、軽微な質問のしづらさ、質疑時間の制約、発表によっては書き込み数が多く読みにくい、などの感想が寄せられました。e-ポスター発表においても、できれば口頭で直接、発表者と対話しながら議論をしたいとの希望が多く参加者が共通に持たれた感想だったようです。一方、コア時間以外にも発表内容の確認や質問コメントを記載できる点、他の参加者と発表者間の議論の内容を確認できる点、多数のポスターに対して質疑対応が可能、考えを整理しながら質疑できる点、などの特徴について、ポジティブなコメントが多くありました。

発表の方法については、「発表方法が興味を引き付けにくい印象を受けた」、「動画やコア時間内に時間を設けてポスター内容の説明を行うことができる」とよいのでは」などの意見も複数寄せられ、何らかの形により口頭での説明を希望する意見も多いことを示すものと考えられます。

実施方法や運営方法の詳細に関しては、「ポスターの閲覧可能期間を学会の前後に延ばしてもらえるとよりよい」、「コアタイムは一問一答程度の質問に留め、時間がかかる質問は他の時間にしてもらう等の調整も必要か」との意見や、発表者から「ポスターファイルの提出期限が予想以上に早く、発表募集段階で提出期限を記載いただくこと

ができれば」などの今後へ向けての要望も寄せられました。

3.5 企業セッションについて

企業セッションについての評価結果を図3(a)に示します。アンケート回答者のうち、企業セッションへの参加者は回答者80人中50人(63%)でした。従来の討論会での企業展示会場の様子に比べると参加者はそれほど少なくはないようにも感じられるものの、広告資料の短時間閲覧のみになっている場合も多いように感じます。「企業セッションでも、より交流できる企画がほしい」とのコメントもありました。

オンサイト、オンラインいずれの形態の討論会においても、企業セッションの活性化は重要な課題です。協力企業、参加者双方にとって有意義と感じられる実施方法と内容を企業の方々のご協力も得て検討していくことが今後重要と考えます。

3.6 学会総会について

学会総会図3(b)については、評価5:19%、4:41%、3:39%(以上99%)と、総会参加者のほぼ全員が、オンライン開催の取り組みを高く評価いただきました。職場や自宅から総会に参加できることから、従来以上に参加しやすくなったものと考えられます。主催側としても、参加者の把握、

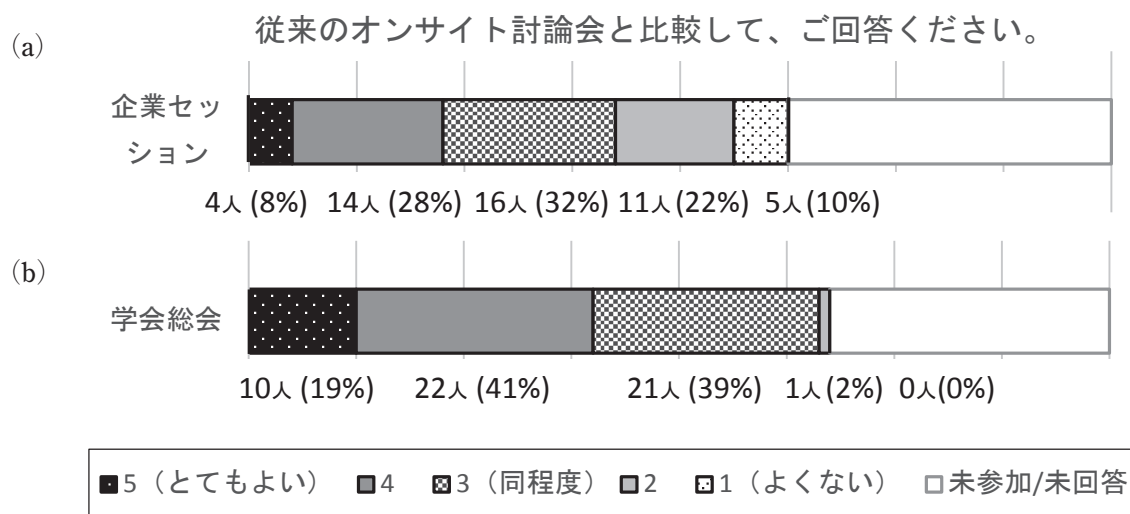


図3 企業セッション、学会総会について

投票結果の集計などの点において有益な点も多かったようです。

今後は、討論会をオンサイトで開催する場合にも、学会総会についてはオンラインを併用するなどの進め方も有効かもしれません。総会の有効な開催方法については、理事会で検討を続けます。

3.7 若手優秀発表賞について

若手優秀発表賞(図4(a))については、評価5:17%、4:28%、3:45%、と、若手優秀発表賞の実施内容と方法については大部分の方から評価・賛同する回答を得ました。「評価する側としての基準の違いが明確になった」、「専門外だと評価が難しい」、「評価結果には分野やセッションによって差があると感じられ、より公平になる工夫が必要」などのコメントも寄せられました。今後の改善に向けた検討に生かしていくつもりです。

3.8 分科会について

分科会(図4(b))については、評価5:10%、4:34%、3:48%と、参加者の多くが高評価をされました。講演や情報共有等の主催会場からの発信

型の内容を主とする分科会には、オフィス等で昼食を取りながら気軽に参加できる今回のオンライン型の実施形態は馴染みがよい面もあるかもしれません。

コメントとして「分科会の時間が重複しないようにする必要性」などのご意見をいただきました。分科会活動の活性化をめざし、学会理事会、討論会事務局、各分科会の関係者等で相談しながら、よりよい形を模索していきたいと考えます。

3.9 ロードマップセッションについて

法人化特別セッションとして実施された「放射化学の未来を考える part-2 ロードマップセッション」の実施内容については、5:20%、4:28%、3:43%との結果となり、参加者の多くが、本セッションの内容を有意義なものと感じていただけたようです。(図4(c))

本セッションに関連して寄せられたコメントとしては、「他の学会との連合なども含めて新たな分野にも進出しましょう」、「放射化学会は大変ユーザブルなテクニックを持っているので、様々な分野に進出できると思う」などがありました。

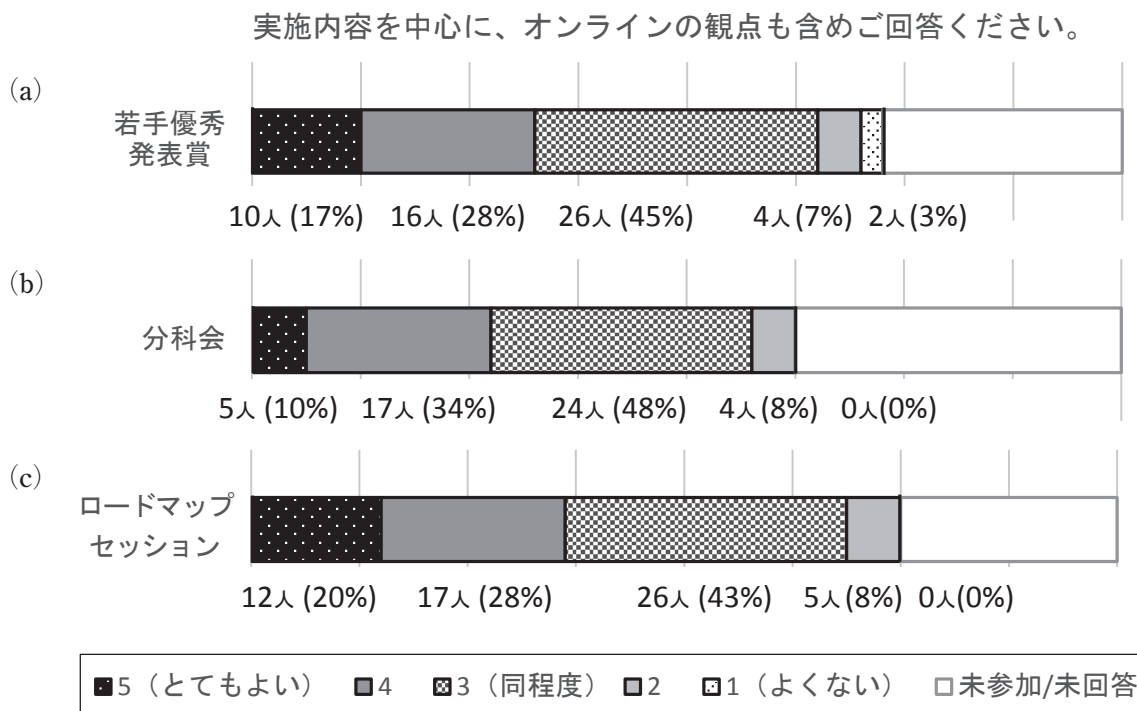


図4 若手優秀発表賞、分科会、ロードマップセッションについて

本セッションの内容と詳細については、本誌・特集「日本放射化学会ロードマップの策定」をご覧ください。

3.10 コメント欄への記載事項（抜粋）

コメント欄への記載のうち、討論会全般に関わる内容の抜粋を、以下に挙げさせていただきます。

- 参加・聴講しやすい。（移動がなく、部分的な参加も可能）
- 旅費が必要ないので、学生にはチャンスが増えてよい。
- 研究発表という観点からは、オンライン運営がはるかに勝る。対面のコミュニケーションの良さを何に求めるかにもよるが、オンライン運営への方向は停めてはならない。
- e-ポスターの経験を発展的に進化させ、より有意義なセッションが構築できると良い。
- 職場で仕事を抱えた状態では学会に集中できないため、学会だけに集中できるオンサイト開催が望ましい。
- 発表者や他の参加者と交流ができない。やはり、参加者の顔が見える方が良い。
- 人のネットワークが作れないのが少し残念で、補完する機会の創出が必要。
- 休憩時間や討論会終了後に発表者と意見交換をできる場（リモート）があるとよい。
- 通常開催の良さに改めて気づけた。
- 感染が収束して通常に開催できることを望む。
- オンサイト・オンラインを併用した開催ができると、参加者各人が何を重視するかにより参加方法を選択できてよい。
- 企画力のある人や実行力のある人同士がつながることが可能な仕組みづくりや、学会から会員への積極的な発信が今後重要。
- 教育に関しては、他団体の活動や歴史を積極的にリサーチすべき。

4. 今後に向けて

第64回討論会（2020）は、新型コロナウイルスの感染拡大を受けて、はじめてオンライン開催を余儀なくされたものですが、今回の経験を通じ、参加者・発表者・主催者の多くの皆様がそれぞれの立場から、オンラインでの討論会開催を経験し、メリットとデメリットを実感する機会ともなったように思います。

オンラインのメリットとしては、参加および発表視聴のしやすさ、発表資料の見やすさ、e-ポスターの常時掲示や掲示板を利用した質疑による時間的制約の低減、などが挙げられ、ほとんどの参加者にとってオンライン機能の便利さを実感された面はあったのではないかと思います。一方、発表の質疑や発表時間以外も含めた参加者間の直接の交流ができなくなってしまうことについて、大きな損失と感じられた方も多かったようです。

今後、コロナ禍の状況が改善された後、社会の状況がどのようなものになっていくか未知な点も多いですが、今回のオンライン討論会の経験を踏まえ、放射化学討論会が研究発表、議論、人的交流の場として、さらに有意義な形で発展していくことを願います。

理事会では、皆様からいただいたご意見を踏まえ、より有意義な討論会開催の方法について検討していく予定です。また、法人化を機に、学会主催の講演会や研究会などの開催も、オンラインも含めた有効な方法を活用し増やしていきたいと考えます。会員の皆様方におかれましても、本稿をご覧になってのご意見や、今後に向けてのご提案、ご要望などがございましたら、下記WEBページにお気軽にお寄せいただけますと幸いです。学会活動の活性化のため、引き続き皆様のご協力をお願い申し上げます。

日本放射化学会 討論会及び各種学会主催行事
に関わる意見募集 ページ

<http://rcwww.kek.jp/enviconf/RadChem/com.html>

会議報告

APSOT-3 参加報告

和田 拓郎 (静岡大学大学院総合科学技術研究科)

2020年11月3日から6日の4日間、富山大学五福キャンパスにて3rd Asia Pacific Symposium on Tritium science (APSOT-3) が開催されました。主催は富山大学水素同位体科学研究センターです。2015年の中国・綿陽市、2017年のアメリカ・カリバモアに続いて3回目の開催となりました。新型コロナウイルスの流行状況を鑑みてオンライン・オフラインの両方で参加が可能となり、発表数は口頭発表が45件、ポスター発表が36件、参加者は10カ国から合計120人と、コロナ渦にも関わらず各国から多くの研究者が参加しました。本シンポジウムはトリチウムを主題として科学、技術、工学、及びトリチウムの安全な取り扱いに関する分野の情報共有を目的としており、具体的な発表分野は燃料サイクル、核融合炉工学、環境・生体影響等がありました。

口頭発表はオンラインも同時並行で行うという性質から ZOOM で画面共有をしながら行い、会場ではその画面が表示されていました。またソー

シャルディスタンスを保つ目的で机とモニターが多く用意され(写真2)、現地参加であっても十分感染症対策が取られるよう施されていました。日本以外で参加者が多いアメリカ時間に合わせて夕方遅くまでセッションが続いた日があった一方、ヨーロッパ時間に合わせて朝早くから学会が始まった日もあり、融通を利かせて会議時間が調整されていたのは、オンライン国際学会ならではの特徴でありました。学会中はおおよそ天候に恵まれ、センター屋上からは南北に広く立山連峰を見渡すことができました(写真3)。

学会最終日には現地参加者を対象に、株式会社アライドマテリアル富山製作所の見学会が催されました。同社はタングステンやモリブデンなど高融点材料のメーカーで、国際熱核融合実験炉 ITER のプラズマ対向機器用モノブロック・タングステンを製造しています。工場は富山駅から路面電車で30分弱北に向かったところで、日本海に程近い場所に位置しています。私の研究分野の

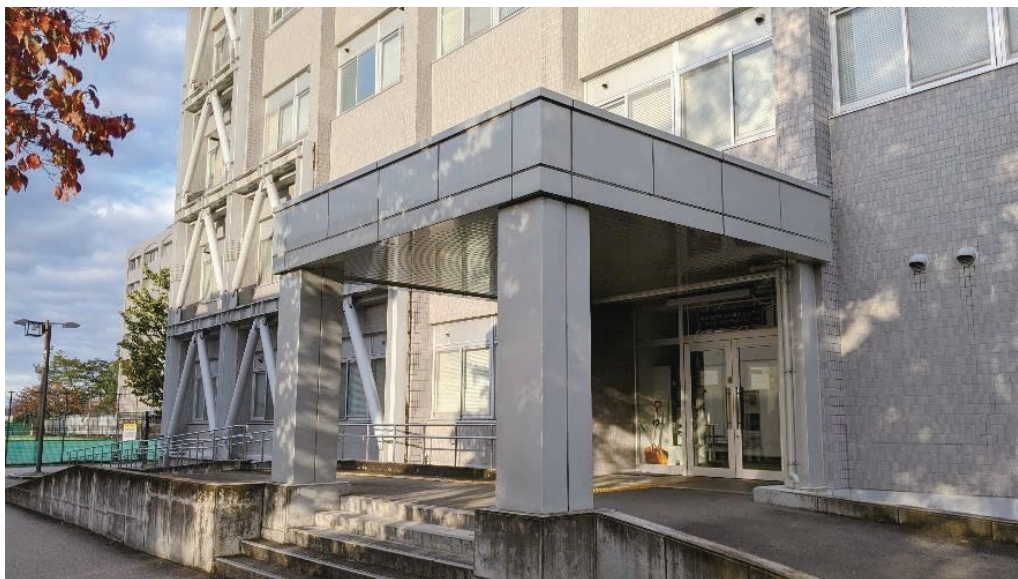


写真1 富山大学水素同位体科学研究センター

一つである核融合炉におけるプラズマ対向材料を作る代表的なメーカーであり、その製造工程を実際に見て自分の扱う材料に関する知見を得ることができました。

コロナ渦での開催で不安は多くあったものの現地参加者に新型コロナウイルス感染者は現れず、無事に終えることができました。懇親会など参加者同士で交流する場がなかったのは非常に残念でしたが、次回は感染も落ち着き更に発展した議論が行われることを祈ります。

最後に今回の国際学会参加に当たり、日本放射化学会若手の会には研究発表助成をいただきました。私の発表は、“Protective behavior of tea catechins on DNA double strand breaks by radiations with different Linear Energy Transfer (LET)”と題して放射線が及ぼす DNA 損傷への茶カテキン添加効果を評価したものであります。放射化学会では希少な分野であるにも関わらず援助をいただきましたこと、心より感謝申し上げます。



写真 2 会場の様子



写真 3 センター屋上から見渡せる立山連峰

会議報告

日本放射化学会第64回討論会(2020)の開催報告

篠原 厚 (大阪大学大学院理学研究科)
SORC64 実行委員会・委員長

昨年の日本放射化学会第64回討論会(2020)は、2020年9月9日(水)～11日(金)の3日間にわたって、オンラインで開催されました。コロナ禍の中、感染拡大を配慮しての苦渋の決断であり、日本放射化学会としては、もちろん初めても試みでした。ここでは、例年の開催報告を特にオンラインに伴う苦労や課題に焦点を当てて報告します。ちなみに、例年は会場の様子や授賞式、懇親会など、いろいろ華やかな写真をちりばめた報告になっていますが、今回はそのような写真は無く、特に懇親会の記事が書けないという残念な事態となりました。

1. はじめに

第64回討論会は、大阪大学が前回お引き受けしてから10年が経ち、(私事ですが)ちょうど私の大学現役の最後の年にも当たるため、お引き受けすることとしました。また、以前から準備を進めていました学会の法人化を迎える切り替えの討論会に当たるということで、記念討論会を想定し、少し気合を入れて準備に取り掛かるつもりで実行委員会(LOC)を組織しスタートしました。また、LOCメンバーには、会員増や発表分野の拡大をもくろみ、周辺分野・学祭分野を意識して、大阪大学と京都大学を中心に表1に示すように少し範囲を広げたメンバー(19名、内非会員・他分野7名)にお願いしました。

第1回のLOCは、2019年9月11日に行われ、大きな方針、役割分担、および特に対応が急がれる会場の検討と企業への協賛依頼等の準備開始が議論されましたが、第3回(2020年4月2日)でも、まだ通常開催を想定し、蜜を避けるべく大きな会場(ホール規模)を2会場キープし、懇親会の検討なども含め準備をしていました(9月には修まると思っていた?、一方でオンラインの場合の方法についての議論は始まっていた)。しかし、第

4回(5月28日)には、コロナの状況や他学会の動向などを考慮し、オンライン開催とする判断がなされました。もちろん、この判断には、理事の皆様への意見聴取(貴重なご意見を多くいただきました)や、非常事態宣言の状況下、大学がクローズされている現状を鑑み、発表が集まるかどうか、同様規模での開催が適当か、時期が予定のままでもいいかなど、いろいろな境界条件を考慮の上での判断でした。オンライン開催と決めた後は、現地の会場準備や懇親会等の手配は不要になった一方で、今まで経験のないオンライン学会の方法、支援業者、発表の具体的な方法(特にポスターセッションをどうするか)などの検討に入り、当初は時間的にゆとりがあると思っておりましたが、結局は前日夜中までのぎりぎりの準備状況での開催となりました。幸い、大過なく、また、皆様のご協力で、はじめてにしてはほぼ予定通り(まーまー)好評のうちに終えることができました。おそらく、参加者の皆さんが9月にはオンライン学会に慣れてきていたこともあったのではないかと考えています。以下、オンライン開催に舵を切ったからの準備内容、プログラム概要、開催状況について報告いたします。

2. 準備状況

準備については、具体的な検討や準備作業は、表にあるワーキンググループ(WG)が頻繁に会合を開き進めました。LOCは要所要所で判断や意見が必要な時の開催でしたが、初回の2019年9月11日から直前(2020年9月4日)のLOCまで7回行い、さらに終了報告として11月18日に最後の第8回LOCをメール審議で行い、慰労会もなく解散となりました。

なお、企業への協力依頼ですが、当初は、法人化記念討論会という位置づけもあったため、関連

日本放射化学会第 64 回討論会 (2020) 実行委員会 メンバーリスト (2019.9.11 現在)

委員氏名	所属	専門分野	会員	LOC 委員	プログラム 委員	作業 グループ	備考
篠原 厚	阪大院理	放射化学	○	○	○	○	委員長
畑澤 順	阪大 RCNP	核医学		○			
渡部直史	阪大院医	核医学		○			
石川直人	阪大院理	錯体化学		○			
船橋靖博	阪大院理	生物無機化学		○			
寺田健太郎	阪大院理	惑星科学		○			
佐々木隆之	京大院工	原子力・アクチノイド化学	○	○			
牟田浩明	阪大院工	核燃料化学		○			
佐藤 朗	阪大院理	ミュオン物理		○			
五十嵐康人	京大複合研	環境科学	○	○	○		
大槻 勤	京大複合研	放射科学	○	○			
山村朝雄	京大複合研	アクチノイド科学	○	○			
大久保嘉高	京大複合研	核物性	○	○	○		
吉村 崇	阪大 RIC	放射化学・錯体化学	○	○	○	○	副委員長
豊嶋厚史	阪大 IRS	放射化学	○	○	○	○	
笠松良崇	阪大院理	放射化学	○	○	○	○	
二宮和彦	阪大院理	放射化学・ミュオン化学	○	○	○	○	
大江一弘	阪大院医	放射化学	○	○		○	
永田光知郎	阪大 RIC	放射化学・生物無機化学	○	○		○	
高宮幸一	京大複合研	放射化分析・核化学	○		○		
小林大志	京大院工	アクチノイド化学	○		○		
横山明彦	金沢大院自然	核化学・医学利用・環境	○		○		
山本愛	阪大 IRS	事務担当				○	
榎原理子	阪大篠原研	事務担当				○	
学生	篠原研・吉村研					○	

企業にパイプをお持ちの LOC メンバーの先生と委員長名で、早くから（企業の次年度予算が組まれる前）依頼状を出し、出来るだけ多くの協力を得るべく動きました。ただ、途中でコロナの状況が厳しくなり、かつオンライン開催となったため、企業への依頼の催促等を行わず、応答のあったところだけに、事情の説明と合わせて丁寧に対応するようにしました。結局、それでも 11 社から協賛・広告掲載による協力が得られ、資金面でかなり助かりました。

2.1 基本方針とスケジュール

オンラインと決まってからは、まず、スケジュールの再検討を行い、大学のコロナ禍での研究の進捗状況を鑑み、各締め切りを少し後ろ倒しとし、以下のようなスケジュールで進めることとしました。

- 講演申込受付期間：6月1日（月）～
口頭発表（形式 A）受付切日：6月26日（金）

e-ポスター発表（形式 B）受付切日：7月3日（金）（途中で延期した）

- 講演要旨受付期間：
7月20日（月）～7月31日（金）
- 事前参加登録期間：
7月20日（月）～8月10日（月）
- ポスターおよび動画ファイル受付期間：8月17日（月）～8月26日（水）（業者と相談の結果、2週間前に設定）

また、オンライン開催支援会社（専門業者）を入れるかどうかについても、WG や LOC でかなり検討し他学会の情報も集めました。例年通り複数会場（オンライン）となる、ポスターもどきの発表も行う、参加費徴収の方法がクレジット支払いを可能としなければ当日参加は難しい、などの要因を考え、専門業者を入れることとしました。業者選定はこれまで経験が無いため難航しそうでしたが、結局は予算面でそれほど選択肢はなく、サービス内容と見積もりから、今回依頼した（株）

ブランドコンセプトになりました（ほかは手が届かない見積額でした）。しかし、今回はオンライン学会が急に増え、極端な売り手市場の上、専門業者の方も多くの依頼を抱えている上、不慣れな点が多々ある状況で、苦勞するところが多くありました。

なお、登録費についても検討し、会員については1000円安くする（学生会員は無料）案を理事会で検討いただき、了承されました。よって、事前登録の登録費は以下の通りとしました。

参加費（放射化学会会員）：

（一般）5,000円、（学生）無料

参加費（共催・後援学会員）：

（一般）5,000円、（学生）無料

参加費（非会員）：

（一般）8,000円、（学生）4,000円

また、今回は、プログラム冊子等の配布は当日登録ではできないため、事前登録をデフォルトとし、出来るだけ事前の登録を呼びかけることとしました。

2.2 発表方法の検討と準備

プログラムは、図1のようにできるだけ通常開催と同じようにすることを基本とし、タイプA（口頭発表）とタイプB（ポスター発表に準じる発表）で募集することとしました。発表方法は、ブランドコンセプト社の提供するアワーズと称するシステムの機能を利用し、タイプA（一般公演、特別講演、受賞講演）については、ZOOMによるリアルタイム発表、タイプBは、ポスターに当たるPDFデータをサイトにアップし、質疑応答はコメント欄で行う、また、若手優秀発表賞ノミネーターと希望者は動画もアップする（YouTubeを利用）、という形としました。

資金面でも重要となる関連企業の共催、広告協力などについても、今回オンラインとなり、例年のように企業展示等ができないため、どういう形で企業の広報活動等をお手伝いするかが問題となりました。結局、例年通りのプログラム冊子への広告掲載に加え、Web上でのロゴの掲示（企業のサイトへのリンク付き）、協賛企業については、さらにポスターセッションに企業セッションを設け、そこで資料掲示や動画配信をしていただくこ

とにしました。ただ、やはり参加者があまりそのサイトに訪れないこと、また企業側もこの種の広報に不慣れなことなどが重なり、今後の課題ではないかと思っています。今後、大きなイベントの開催には企業の参画・協力が必須と考えていますので、お互いにメリットのある形でご協力頂いた企業さんにフィードバックできる方法の検討が必要となります。

プログラムの募集、編成などは特に例年と変わったところはありませんが、一点、ポスター資料を事前に投稿していただく必要があったため、発表者の皆さんには、かなり負担もしくは予定外のこととなり、なるべく早く締め切り日をお知らせはしていたのですが、不満の声も聞かれました（が、皆さんご協力いただけました）。ただ、この種のシステムを使う限りは、ある程度事前に資料アップの必要があり、（もう少し慣れてくるともっと短くて済むとは思いますが）ある種仕方ないところかと思えます。

2.3 オンライン会場の準備

今回は、準備と並行して、討論会のホームページを徐々に充実させ、参加者との意思交流に使えるように工夫しました。会期中は、とにかくリアルタイムで色々お伝えするのが困難ですので、電話対応とホームページの掲示板を活用する形にしました。

また、今回は、特殊事情ということで、討論会事務局側からも発表者と参加者に頻繁に連絡を取り、発表や視聴法についての主にテクニカルな内容の周知を図りました。参加者も非常に協力的に対応いただき、何とか予定通り開催出来たものと思います。しかしながら、終盤の主に業者が担当するオンライン会場のプログラム構築や各資料アップなどの作業が大きく遅れ、かつ不完全であったため、その修復にも時間がかかり、結局、発表者には早めに資料提供等をしていただいたにもかかわらず、オンライン会場の準備完了には前日深夜までかかりました。

討論会会期中は本部とA、B、S会場に対応する専用の個室（各会場の声が妨害にならないように）を設定し、そこで個々にオンライン発表の進行をコントロールすることとしました。また、安

定した発表ができるように、専用PCと有線LANで直接IPアドレスを割り振ったネットワーク環境を構築しました。また、リアルタイム発表では、ZOOMウェビナーを使用し、視聴者のビデオをなくし発言(質問)もコントロールできる(座長とZOOM主催者との連携を図る)ようにしました。

2.4 各種イベントの準備(総会、開会式・授賞式・閉会式、特別セッション、分科会、若手優秀発表賞)

総会や特別セッションなど理事会ベースで行う部分は、方針は理事会で検討いただき、分科会は時間枠のみ用意して、開催は分科会世話人にお任せすることとしました。総会や授賞式は顔が見えた方がいいとの判断で、ZOOMミーティングと

採決にはその投票機能を使うことにしました。また、若手優秀発表賞は、理事会マターとして、担当理事の桐島先生が中心となり、現地委員(篠原(LOC委員長)、吉村、二宮)を加え委員会を立ち上げ、主にメールやオンラインミーティングで詳細を検討し、審査委員の選考や依頼等の準備を進めました。方法や基準はすでに規定が整備されているため、それにのっとり進めました。

3. プログラムの概要

今回の研究発表数は、周辺領域へ広げようとした当初のもくろみが、周知等が少し不完全であり効果がなかったことに加え、コロナ禍の中、特に大学での学生の研究遂行に一部支障があったことも考えると、次の通り例年程度集まり、まずは

時刻	9月9日(水)		9月10日(木)		9月11日(金)	
	A会場	B会場	A会場	B会場	A会場	B会場
00			発表準備		発表準備	
9:15	登録、参加		核化学(3)	核プローブの化学(1)	医薬・生物学におけるRI利用(1)	環境放射能(1)
9:30				休憩・発表準備		
9:45			開会式・総会1(S会場)		休憩・発表準備	休憩・発表準備
10:00			保障措置	核プローブの化学(2)	医薬・生物学におけるRI利用(2)	環境放射能(2)
10:15	特別講演(S会場)		昼食			
10:30			核化学分科会(A会場) 核プローブ分科会(別途)		昼食 放射化分析分科会(別途) α環境放射能分科会(別途)	
10:45			総会準備・S会場への移動/発表準備		発表準備/移動	
11:00			総会2(S会場)		医薬・生物学におけるRI利用(3)	測定技術・放射線教育
11:15	核化学(1)	アクチノイド・ラ ンタノイド・バック クエンド	受賞講演(S会場)			
11:30			放射化分析		法人化特別セッション・若手 優秀発表賞・閉会式 (S会場)	
11:45	休憩・発表準備		核プローブの化学(3)			
12:00	核化学(2)	福島環境放射能	休憩			
12:15			休憩		/	
12:30	発表準備/移動		休憩			
12:45			休憩			
13:00			e-ポスター発表 奇数番号コアタイム			
13:15			e-ポスター発表 偶数番号コアタイム			
13:30			特別分科会(別途)			
13:45			若手の会総会・懇親会 (別途)			
14:00					(*は若手優秀発表賞対象講演)	

図1 プログラム日程表

安心しました。

……………
 発表件数：116件（含む、特別講演1件、受賞講演1件、特別ポスター10件）

（口頭：64件、e-ポスター：40件、

企業ポスター：5件、ロードマップ：5件）

日本放射化学会総会、学会賞表彰式、若手優秀発表賞表彰式（受賞者7名）

特別講演：「福島第一原子力発電所廃炉と放射化学」

山名 元 先生（原子力損害賠償・廃炉等支援機構・理事長）

受賞講演：学会賞1件「環境中の放射性核種による人の被ばく線量推定のための生活圏移行パラメータ研究」

田上恵子 氏（量子科学技術研究開発機構）

特別セッション：放射化学の未来を考える Part-2

「放射化学分野のロードマップ」

各分野のロードマップの説明・披露、パネル討論会

総会1：法人化についての特別総会

総会2：通常総会

分科会：核化学、放射化分析、原子核プローブ、 α 放射体・環境放射能、若手の会

……………

プログラムは、図1の日程表に示した枠組みで、例年に近い形に設定しました。登録された発表をカテゴリ分けし、図1のプログラム枠に入れましたが、おおよその口頭発表の分野分布は、核化学（3セッション）、放射化分析（1）、核プローブ（3）、アクチノイド化学（1）、環境放射能（福島関連）（1）、環境放射能（2）、医学・RI利用（3）、測定技術・教育・その他（1）でした。

また、今回から、新しい試みとして開会式を行い、討論会参加への意識向上と毎回の特色やイベントの説明の機会としました。特に今回のようなオンライン開催では良かったのではないかと考えています。特別セッションとして、法人化記念セッションを計画し、ロードマップの公開とその説明、放射化学の将来についてのパネル討論を企画しました。

4. 開催状況

今回の参加者等の統計は次の通りです。参加者

数は例年程度で、学生会員が少し増えたようです。ここで、ページビュー数（30,840回）というのはどれだけ活発に参加者が実際に発表の場に行ったかを示す数値で、サイトの運営業者によると割と活発な方だそうです。

……………

参加人数：総数：212名

一般：146名（正会員：105名、共催学会委員：22名、その他：19名）

学生：66名（会員：43名、その他：23名）

アクセス状況 ページビュー数：30,840回

延べユーザー数：405名

共催学協会：10団体

協力企業・団体：11社（協賛：5社、広告協力：6社）、賛助会員：22社

……………

オンライン会場で問題になるのはアクセスが集中することによるシステムのフリーズです。そのため、当日の入室（ログイン）や当日登録などでアクセスが集中することを避けるため開会の1時間以上前からシステムを開始しました。ログインした参加者から順次S会場（開会式会場）に入ってもらい、予定通り開会式を行い、引き続き総会1を行いました。総会では非会員は退室もしくはオブザーバー参加となりますが、最初に人数確認の出欠を取りましたが、特に混乱はなかったようです。総会1と総会2とも、終了後、ほぼ全員が次の会場に移動する設定になっており、アクセスの集中が心配されましたが、これも少し時間がかかったようですが大きな混乱はなかったようです（より規模が大きい場合は問題となりそうです）。図2にオンライン会場の画面を示します。

口頭発表会場（A、B、S）では、各セッションの休憩時間に、次のセッションの座長や発表者にパネラーとして入ってもらい、発表資料の画面共有等の操作の確認をしました。発表者もこの時期になるとほとんどの方が経験があるようで、大きな混乱なく、ほぼどのセッションで予定通り進みました。特別講演と受賞講演も、多くの視聴者の下、順調に素晴らしい発表が行われ活発な質疑もなされました。ただ、質疑では顔が見えた方がよかったとの感想が寄せられています。

ポスターセッションは、資料の閲覧は会期中常

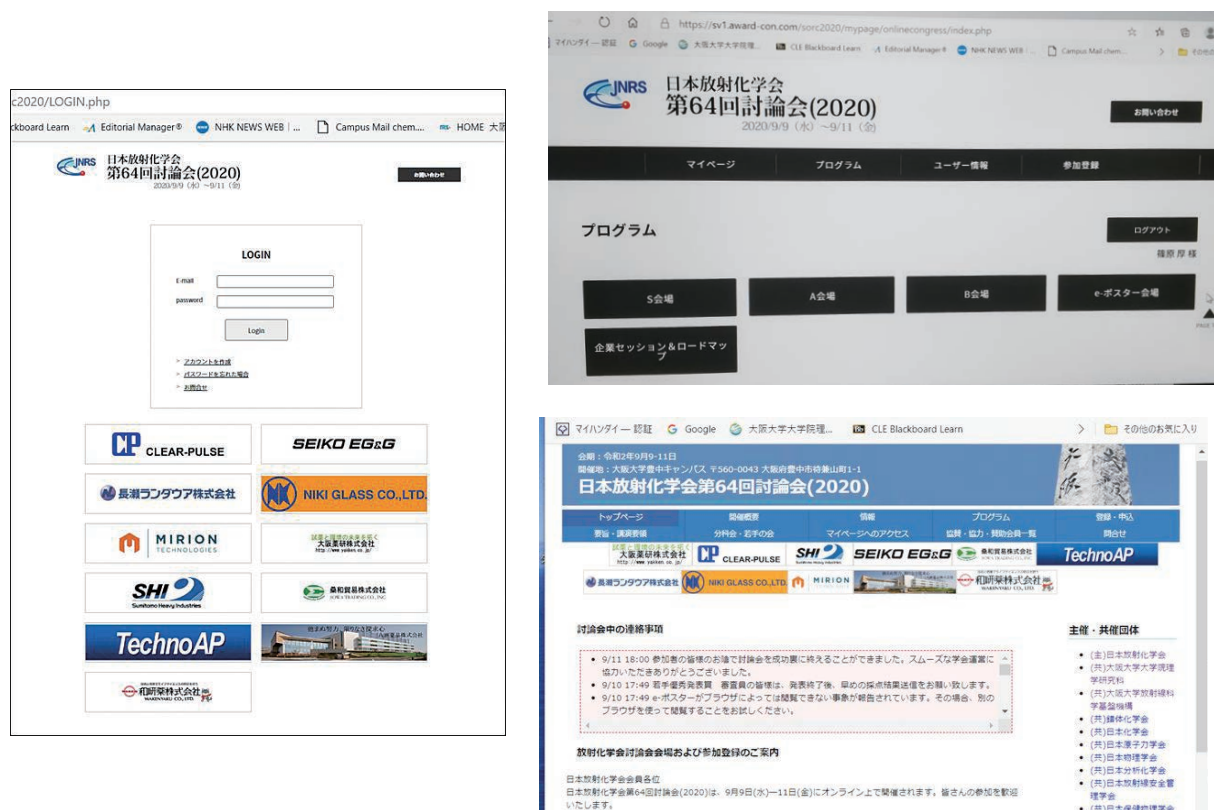


図2 オンライン会場のイメージ

左はログインページ、右上はオンライン会場、ここから各会場に入り ZOOM で参加。
右下は討論会ホームページ、連絡事項の欄にリアルタイムでアナウンスを流した。

時可能で、空いている時間に適宜見て頂き、質問等をコメント欄にテキスト入力し、ポスターセッションの割り当て時間に発表者が質問に回答し、必要ならさらに意見交換するという流れで進めました。これには後のアンケートでいろいろご意見をいただきました。動画もうまく使い有効な議論ができた場合もあるようですが、もう一工夫が必要そうです。また、先にも記しましたが、やはり企業セッションの閲覧数が少なかったのが気になります。

法人化を記念した特別セッションでは、前年度から進めている各分野のロードマップの披露（資料はポスターセッションで掲示した）とその内容説明のトーク 5 件、それに続くロードマップ作製 WG の世話人とスピーカーがパネラーとなるパネル討論「放射化学の未来を考える Part-2」が行われ、活発に意見交換がなされました。

若手優秀発表賞については、委員による採点と

選考委員会もオンラインとなるとところが例年と異なりましたが、委員長の主導のもと、審査自体はうまく進行したと思います。ただ、やはり採点の基準が委員により異なるため、大きく基準の異なる委員の影響が順位に大きく係わる場合があり、今後の課題であると思われます。解決策としては、採点基準のさらなる明確化や平均点縛りを付ける、委員の数を増やすなどがあり、理事会でさらなる検討をお願いしたいと思います。

少しやりにくかったのは、各表彰式でしょうか。表彰の際は、賞状や副賞などの写真を見せ、あとは表彰文を読んで、受賞者は受け取ったふりをする、現物は後日送付する、という形にならざるを得ません。記念写真もなかなか撮りにくく、これでよかったのかどうか分かりません。ただ、中でも若手優秀発表賞の授賞式は、担当理事の桐島先生が図 3 のような会場（音楽付き）を工夫して下さり、それらしくなったのではないかと思います。



図3 若手優秀発表賞 表彰式の画面イメージ



図4 若手優秀発表賞の副賞
(大阪特産錫製「ぐい呑」、受賞者名の刻印付き)

ます。図4に若手優秀発表賞の副賞のぐい呑を示します。今回は、後日送付になったため、受賞者のお名前を刻印することができました。賞状なども本物を後でゆっくり印刷できますので、一部良い点もあります。

分科会や特別分科会（山田先生の追悼）も行われましたが、それぞれの世話人が予定通り進めてくださったようです。

以上のように、3日間にわたる会期を通して、大きなトラブルもなく、ほとんどのイベントが皆さんのご協力により順調に進められました。もちろん少し現場対応が必要なトラブルがありました。本部で詰めて頂いた電話対応体制やホームページ上でのリアルタイムのアナウンスで、何とかうまく対応できました。

5. まとめ、終わりに

今回、初めてオンライン開催となった討論会を担当させて頂きましたが、準備中は、一次は間に合うかどうか、厳しい状況もありましたが、WGメンバー、関係者の努力で何とか無事開催にこぎつけました。ただやはり、オンライン学会支援業者とのやり取りには、かなりの苦労がありました。この種のオンライン形式に、まだまだ（双方とも）不慣れであり、対応の悪さ、スケジュールの遅れがかなり深刻な状況で、こちらの負担も増えた感じもあります。この点は、専門業者の方も学習を積むでしょうし、淘汰されてゆくとお思いますので、今後より改善されると期待しています。

今回の経験を後に残しさらに改善する資料とするため、理事会として、行事担当理事の別所先生が音頭を取り参加者へアンケートを行っていただきました。その結果と分析は本誌に掲載されていますので、参考にしていただければと思います。実施担当者として、おおむね好評であったとの結果が出ており、うれしく思っているところです。

今後、コロナが収まったとしても、この種の学会やシンポジウム、会議等は、オンラインもしくは対面とオンラインの並立（ハイブリッド）が主流となってくる可能性もあります。現状ではまだまだ方法論に工夫が必要ですが、ハード・システム面はどんどん改善されてくるものとお思いますので、それをどう生かすかが問題となります。今回オンラインでは難しかった懇親会などは、単なる懇親のみならず、新しい出会いや繋がり、アイデア、うまくすると共同研究が生まれる場でもあり、何らかの形で大事にしたいと思っています。次回の討論会 SORC65 やそれに続く APSORC22 も、まだまだ困難な状況が続くそうですので、今回の経験が少しでも参考になれば幸いです。

最後に、今回のオンライン開催の討論会の準備から開催までご尽力頂きました LOC メンバー、そして WG の皆様、理事会関係者のみなさまに感謝いたします。

時過ぎて

池田長生先生の思い出

五十嵐 康人 (京都大学複合原子力科学研究所)

筑波大学名誉教授で恩師の池田長生先生が2020年9月29日に逝去されていたとの報を奥様からの喪中はがきで11月3日に知ることとなった。コロナ禍の中のご逝去なので、お身内だけのご葬儀とされ、ご厚志は遠慮なさるとのことだった。卒寿の祝賀会から何年もお会いしておらず門下生の多くは残念に感じているが、伝え聞くところによれば、95歳での大往生とのことであった。

池田長生先生との出会いは、1970年代の終わりに筑波大第一学群自然科学類の化学専攻の放射化学の講義であった。先生はいつも白衣を着て登場され、そのお人柄からくる優しい語り口と分かりやすいお話で、出来の悪い学生だった小生にも理解できる講義をされていたのが思い起こされる。筑波大学の研究室はさほどの大所帯でもなく、最小人数となった年代では、池田先生、荘司準先生、関李紀先生と沖雄一現京都大学複合原子力研究所准教授、小生、宇部興産に就職した高橋俊之氏の6名だったことすらあり、非常にアットホームで密着指導の研究室であった。荘司先生はホットアトム、関先生が環境放射能を中心として、池田先生のご指導を得つつ、研究を進めていた。記憶に残るのは、夏の合宿だったり、ストーブを囲んだ焼肉や鍋、すき焼きだったり（先生にはやさしく注意された）、本当に勉強したのか今更ながら？（疑問符だらけ）だが、楽しい学生生活を送らせて頂いたことは間違いがない。

池田先生はこのように常にはお優しいのだが、研究に対しては非常に厳しく、自分で考えることを重要視された。「過保護な指導」との対極かも知れない。また「躰」も厳しく、学会発表スライドの枚数、発表時間厳守は必ず注意されていた。学会発表後の論文化についても「発表したなら、書きなさい」と常に指導された。なかなか書けない論文原稿をやっと仕上げた！と思い持参すると、1時間もしないうちに真っ赤に修整され戻さ

れた。現在、文章の執筆に苦手意識を持たなくなったのも、こうしたご指導の賜物と感謝している。しっかりとしたご指導の下、筑波大学の前身、東京教育大学の時代から主宰された研究室の卒業生や論文博士となった門下生は延べ80余名となり、我が国の放射化学会の発展に尽力された。小生の身近の先輩、後輩諸氏のうちでも、本学会に直接関係する人士が輩出された。

以下、簡単に略歴をご紹介します。1945年、東京帝国大学理学部化学科に入学、我が国の地球化学、放射化学の大先達であり、日本原子力研究所理事、東京女子大学長も歴任された木村健二郎教授の研究室に属された。1948年に新制東京大学理学部をご卒業なされ、1953年に理学博士を取得されたとのことである。電気通信大学助教授を経て、1954年、東京教育大学理学部助教授に着任。1964年、同教授。1977年、筑波大学教授となられた。1989年3月に定年退官され、同大学名誉教授。このほか、政府関係機関の諸委員会、審議会等委員を担われ、さらには日本アイソトープ協会の創立から2008年までの長きにわたり、役員、顧問としてご活躍されたと伺っている。2005年には瑞宝中綬章に叙された。

池田先生、ご指導ありがとうございました。安らかな眠りをお祈り申し上げます。

情報プラザ (国際国内会議)

(2021年3月時点の情報。最新の情報については、各ホームページを参照してください。)

国内会議

2021年 日本原子力学会 春の年会

日時：2021年3月17日～19日

場所：オンライン開催

URL：<https://confit.atlas.jp/guide/event/aesj2021s/top>

日本化学会 第101春季年会 (2021)

日時：2021年3月19日～22日

場所：オンライン開催

URL：<https://www.chemistry.or.jp/event/conference/index.html>

日本薬学会 第141年会

日時：2021年3月26日～29日

場所：オンライン開催

URL：<https://www.pharm.or.jp/nenkai/>

第80回 分析化学討論会

日時：2021年5月22日～23日

場所：オンライン開催

URL：<https://conference.jsac.jp/81touron/>

第58回 アイソトープ・放射線研究発表会

日時：2021年7月7日～9日

場所：オンライン開催

URL：<https://confit.atlas.jp/guide/event/jrias2021/top>

第65回 日本放射化学会

日時：2021年9月22日～24日

場所：東京都立大学 南大沢キャンパス (八王子市)

URL：<http://www.radiochem.org/index-j.html>

第3回 日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会

日時：2021年12月1日～3日

場所：金沢市文化ホール (金沢市)

URL：<http://www.jrsm.jp/jrsm.html>

国際会議

Pacificchem 2021

日時：16-21, December, 2021

場所：米国ハワイ州ホノルル市

URL：<https://pacificchem.org>

Methods and Applications of Radioanalytical Chemistry (MARC XII)

日時：3-8, April, 2022

場所：Kailua-Kona, Hawaii, USA

URL：<http://www.marconference.org>

ICRM-LLMRT 2020

日時：2-6, May, 2022

場所：Gran Sasso National Laboratory, Italy

URL：<https://icrm2022.lngs.infn.it>

19th Radiochemical Conference (RadChem-2022)

日時：2022年5月開催予定

場所：Marianske Lazne, Czech Republic

URL：<https://www.radchem.cz/place.php>

13th World Federation of Nuclear Medicine and Biology (世界核医学会) and Post-congress Cultural Social Activities

日時：7-11, 12-13, September, 2022

場所：京都・金沢

URL：<http://www2.c-linkage.co.jp/wfnmb2022/>

**The seventh international symposium in
the series of Asia-Pacific Symposium on
Radiochemistry (APSORC-21)**

日時：12 – 17, September, 2022 (予定)

場所：Hotel Hamatsu and Koriyama Public Hall
(福島県郡山市)

URL：<http://www.radiochem.org/apsorc2021/>

**International Conference on Radiochemistry
and Nuclear Chemistry (RANC-2022)**

日時：2022 年開催予定

場所：Budapest, Hungary

URL：<https://akcongress.com/jrnc-ranc/>

**10th International Conference on Nuclear
and Radiochemistry (NRC-10)**

日時：25 – 30, August, 2024

場所：Brighton, United Kingdom

URL：[https://www.rsc.org/events/detail/
38385/10th-international-conference-on-
nuclear-and-radiochemistry-nrc10](https://www.rsc.org/events/detail/38385/10th-international-conference-on-nuclear-and-radiochemistry-nrc10)

本だな

「ウランの化学 (I) -基礎と応用-

佐藤 修彰、桐島 陽、渡邊 雅之 著 (東北大学出版会)

佐々木 隆之 (京都大学工学部)

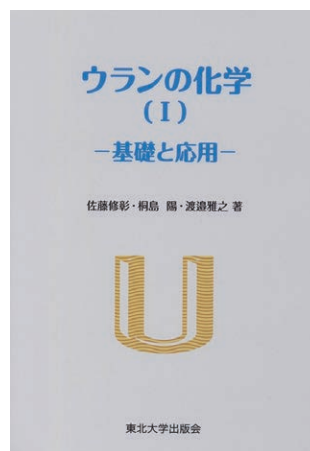
ウラン元素の発見から100年以上を経て、その膨大なエネルギー源を広く平和的に利用するようになった。しかし、福島第一原発事故や国内外で起きた様々な事故トラブルを見るに、ウランの原子力利用には、責任感や倫理観を備え、高度な専門知識を有する研究者、技術者の確保が不可欠であるとの認識に改めて至る。人材、研究施設ともに拡大傾向にない原子力関連の各組織は、人材確保の必要性を唱え、原子力や廃炉に関わる様々な教育プログラムを運用し育成に努めている。学ぶ側にとってウランを扱う実経験は座学に勝る。それが容易でないとすれば、知識としての様々なウラン物質の反応やその性質を、手に取るように会得することが次善の策であろうが、中々それに適う座学書は少ない。本書では著者らの実経験を踏まえ、まず、ウランが形成しうる様々な固体化合物について、その調製方法や化学的性質の分析評価手法が、最新の事例も交えつつ詳細に述べられている。化合物の一部は、現行の軽水炉燃料サイクルに現れないものであるが、原子力黎明期からの幅広い研究により築かれた知見を併せることで、ウランの特徴をより深く学修できるよう構成されている。さらに、燃料の製造から使用済燃料再処理に不可欠な様々な化学反応プロセスを軸に、ウランの溶液中での状態、挙動が網羅されている。また福島第一原発事故で生じた燃料デブリにも焦点を当て、その処理・処分を検討する端緒となる知見が紹介されている。ウランを利用した工業製品の実例も挙げつつ、原子力化学分野に関心のある学生、職業人が「ウランって何だろう」と思うときの専門入門書に相応しい。そして専門家がウラン化合物の反応や化学的特性を確認したいとき、傍らにまず置きたい本である。なお、続編としてウランの化学 (II) (仮) の刊行が予定されており、ウランに纏わる様々な実験手法などが

詳述される予定である。

目次

序文

- 第1部 基礎編
 - 第1章 ウランの基礎
 - 第2章 金属
 - 第3章 水素化物
 - 第4章 酸化物
 - 第5章 ハロゲン化物
 - 第6章 13族および14族元素化合物
 - 第7章 15族元素化合物
 - 第8章 カルコゲン化合物
 - 第9章 ウラニウムイオンと溶液反応
 - 第10章 塩および錯体
 - 第2部 応用編
 - 第11章 評価方法
 - 第12章 核燃料サイクル
 - 第13章 燃料デブリの生成と評価
 - 第14章 原材料と製品
- 索引



東北大学出版会 (2020年6月刊行) 190ページ
ISBN 978-4-86163-345-4 本体 3,000円 + 税)

学会だより

1. 日本放射化学会第 92 回理事会 [2020 学会 年度第 1 回理事会] 議事要録抜粋

日時：2020 年 6 月 20 日（土） 13：00 – 17：00

場所：東京大学理学部 1 号館

出席者：[会長] 篠原、[副会長] 高橋、[理事] 石岡、
緒方*、木下*、桐島*、佐藤*、高宮*、別所*、
箕輪、浅井*、五十嵐*、大浦、久保*、阪間*、
羽場*、三浦*、[監事] 酒井*、北辻

オブザーバー：田上*

*：Web 参加

報告

- 事務局より、前回議事録の確認、会員の動向・
会費納入状況、会計の報告ならびにメール回議
の報告があった。入会者の承認に続き、長期会
費未納者に関する情報提供依頼、2019 年度会
計監査報告の完了等、情報共有された。
- ネット広報委員会より、会員 ML の配信状況及
び学会 HP の更新についての報告に続き、「学
会 HP の更新、今後の方針 (2020.6.20)」が提
案され、担当理事が文書によって依頼すること
で承認した。
- 田上 JNRS 編集委員長より、掲載及び受理数に
ついて報告があった。投稿数の引き上げにつ
いて引き続き検討していくこととした。

審議

- 木下理事より、2020 年度若手助成事業への応募
状況及び審査結果について説明があり、採択
者を決定した。
- 篠原実行委員長より、日本放射化学会第 64 回
討論会 (2020) について説明があり、オンライ
ン開催及び学生会員の事前登録料の無料化を承
認した。Web 総会による議決方法等については、
具体的な検討を引き続き進めることとした。
- 総会でのロードマップ公開に向けた WG の現

状報告に続き、法人化後の部会と分科会の位置
づけについて、討論会会期中に分科会取り纏め
役に議論していただくこととした。

- 法人設立に向けた準備状況の説明に続き、次回
法人化 WG 開催時に、定款の最終調整、設立
理役員、設立スケジュール、専門家からのアド
バイス、規程類の整理、主たる事務所の体制に
ついて議論することとした。
- APSORC2021 の開催準備について、高橋副会
長より報告があった。APSORC21 組織委員会
において延期を視野に入れて議論しているこ
と、延期の場合の討論会開催地等、早急に判断
を要するとの見解に至っており、引き続き検討
を進めることとした。
- 五十嵐学会賞選考委員長より、2020 年度日本
放射化学学会賞の選考結果について説明があ
り、田上恵子氏の学会賞授与について決定した。
以上

2. 日本放射化学会第 93 回理事会 [2020 学会 年度第 2 回理事会] 議事要録抜粋

日時：2020 年 9 月 8 日（火） 13：00 – 19:00

場所：大阪大学理学部 J 棟 3 階

出席者：[会長] 篠原、[副会長] 高橋、[理事] 石岡、
緒方、木下*、桐島*、佐藤*、高宮、箕輪*、
浅井*、五十嵐*、大浦*、久保*、阪間*、羽場*、
三浦*、[監事] 酒井*、北辻

オブザーバー：田上*

欠席者：[理事] 別所

*：Web 参加

報告

- 事務局報告として、前回議事録の確認、会員の
動向・会費納入状況、会計の報告ならびにメー
ル回議の報告があった。文部科学大臣表彰受賞
候補者の推薦、平井昭司氏の永年会員認定、法

- 人化手続きの業務委託契約、入会者の承認に続き、長期会費未納者10名（正会員6名）について情報共有された。2020年度会計（一般会計）中間報告について、法人化に関する業務委託費用等の説明があり、予算の範囲内で計画通りに進んでいることが報告された。
2. ネット広報委員会より、会員MLの配信状況、学会HPの更新、メールニュースの配信ならびにドメインの名義変更について報告があった。現在準備を進めているHPの構成変更についての説明があった。
 3. 田上JNRS編集委員長より、2019年度の投稿数、2020年度の中間報告ならびに編集委員メンバーの継続が報告された。福島10周年特集号の提案があり、具体的な検討を進めることとした。
 4. 高橋副会長より、APSORC21の開催延期についてAPSORC-ICメンバーに提案し、概ね認められたことが報告された。新たな日程については、コロナや他会議等の情勢を見ながら決定することとした。なお、日本開催の次については、周期を変更せず、2025年開催を維持することがAPSORC-ICから申し渡された。
 5. 北辻監事より、法人設立準備状況について説明があった。法人設立に伴う支援業務契約の締結、会員への定款案の提示、和文誌に「日本放射化学会の法人化について」と題して原稿を執筆したことが報告された。法人設立（2/1予定）のための作業内容およびスケジュールについて情報共有がなされ、順次進めていくこととした。
 6. 篠原実行委員長より、日本放射化学会第64回討論会（2020）について、Zoomを用いたオンライン学会の開催直前状況、運営方法、タイムスケジュール等について説明があった。併せて、総会の進め方についても詳細説明があった。
- 費用を2/3へと減額することとした。J-Stage用pdf化についての現状を確認し、引き続き予算化することとした。法人費用として業務委託費用等の計上が承認された。
3. 現役会員、名誉会員の逝去を受け、学会としての慶弔対応について意見交換を行った。会員が亡くなった際には会員総会にて黙祷を捧げ、討論会の会期中のお別れ会等の実施の申し出があった場合は、経費についてはサポートしないが実施については妨げないこととした。法人化に合わせ、申し合わせの作成を検討することとした。
 4. メール審議の簡略化について提案があった。法人化後は、理事全員の合意が必要であることから、予想される事業申込等については、事前に定例理事会にて審議することとした。法人化後は、審議事項とせずに、会長判断で決定する案件を増やして対応することとした。
 5. 和文誌は、HPに掲載され、会員外の者でも容易に入手可能なことから、議事録、会員動向、決算資料等の和文誌への掲載について検討した。会員限定ファイルと非会員も含めたオープンファイルの2種類を準備することが提案され、出版担当理事を中心に編集委員長、ネット・広報委員長とで公開対象の適否について仕分けを実施することとした。併せて、他学会の状況についても調査することとした。
 6. 石岡理事より総会1,2議案説明資料の説明があり、内容確認を実施した。理事会決定予算の反映、不足資料の追加等を行った後、理事会メンバーに再確認依頼することとした。総会資料については、当初の予定通り、事前に会員MLにて配信したリンク先へアップロードし、各会員が資料を入手することとした。

以上

審議

1. 木下理事より、日本放射化学会若手の会2020年度日本国内における研究発表助成制度（二次募集）について説明があり、承認された。
2. 箕輪理事より、2021年度の予算案の説明があった。Web会議を取り入れた理事会や委員会運営を来年度も引き続き実施することから、会議

3. 日本放射化学会第94回理事会〔2020学会年度第3回理事会〕は、2020年12月19日（土）に開催されましたが、議事要録未承認のため、次号にて報告します。

4. 会員動向 (令和2年7月～令和2年12月)

新規入会 (正会員)

氏名	所属
鳥添 健次	東京大学大学院工学系研究科バイオエンジニアリング専攻

新規入会 (学生会員)

氏名	所属
Fauzia Hanum Ikhwan	長岡技術科学大学・工学部・大学院工学研究科エネルギー・環境工学専攻・放射化学研究室
青木 涼太	茨城大学理学部理学科化学コース
大谷 怜	徳島大学大学院保健科学教育部医用情報科学領域医用情報理工学先端放射分析化学
加藤 茜	広島大学大学院理学研究科化学専攻放射線反応化学研究室
櫻田 雛	新潟大学理学部理学科核・放射化学研究室
島田 尚樹	新潟大学理学部理学科核化学研究室
竹内 佑	京都大学大学院工学研究科同位体利用化学講座
趙 祺	京都大学大学院工学研究科原子核工学専攻 (佐々木研究室)
張 帥	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構福島再生支援研究部
寺澤 英知	早稲田大学大学院先進理工学研究科物理学及应用物理学専攻 (鷲尾方一研究室)
中西 諒平	国立大学法人大阪大学理学部化学科無機化学講座放射化学研究室 (篠原研究室)
西澤 颯人	大阪大学理学研究科理学部生物科学科生命理学コース (吉村研究室)
西村 峻	東京都立大学理学研究科化学専攻同位体化学研究室
馬場 一彰	大阪大学理学研究科同位体化学研究室 (吉村研究室)

福村 希翔 大阪大学大学院理学研究科化学専攻Aコース同位体化学研究室

退会 (名誉会員)

氏名	氏名
池田 長生	岩田 志郎

退会 (正会員)

氏名	氏名
片山 幸士	斎藤 裕子
古田 悦子	矢納 慎也
山口 喜朗	

退会 (学生会員)

氏名
牧戸 良憲

2019 学会年度 (2019 年 4 月 1 日-2020 年 3 月 31 日) 決算

収入の部

単位 (円)

項目	予算	決算	差額(決算-予算)	備考
個人会費	2,177,000	2,129,500	-47,500	2018 年度以前、2019 年度、入会金含む
賛助会費	1,250,000	1,100,000	-150,000	22 社 (退会 3 社)
雑収入	0	4,408,774	+4,408,774	APSORC13 実行委員会より、記念事業費より、 環境放射能研究会補助金返金、利息
前年度繰越金	6,891,570	7,107,984	+216,414	
収入合計	10,318,570	14,746,258	+4,427,688	

支出の部

単位 (円)

項目	予算	(内訳)	決算	(内訳)	差額 (予算-決算)	備考
討論会補助	400,000		300,000		+100,000	2020 年度分前倒し
出版事業費	1,660,000		1,267,918		+392,082	英文誌分残余
事務費		10,000		0		
雑誌校正・印刷費		1,350,000		951,652		放射化学 39・40 号
英文校正費		100,000		0		
発送費		150,000		122,352		送料、封入作業費含む
J-Stage 用 pdf 化費		50,000		0		
記念事業・冊子出版		-		193,914		
会議費	600,000		603,066		-3,066	
理事会		500,000		543,020		6, 9, 12, 3 月理事会
委員会等		100,000		60,046		学会賞選考委員会
研究会等補助	550,000		282,000		+268,000	
環境放射能研究会		100,000		100,000		開催中止→返金(雑収入へ)
核化学夏の学校		100,000		150,000		
若手の会		250,000		32,000		
その他		100,000		0		
事務局経費	660,000		644,302		+15,698	
事務費		100,000		15,692		振込手数料等
選挙関係		100,000		79,299		AS 委託料・通信費
外部委託費用		450,000		543,819		AS 業務委託
通信費		10,000		5,492		名簿整備・会費請求
ネットワーク管理運営費	24,500		25,331		-831	プロバイダ費用
学会賞	90,000		212,220		-122,220	学会・奨励・木村賞計 5 件
共催金等	5,000		10,000		-5,000	日本化学連合会費
APSORC 基金	-		2,000,000		-2,000,000	
APSORC21 準備金				1,500,000		APSORC21 組織委員会へ
APSORC 基金残余分				500,000		APSORC 基金定期預金へ
支出小計	3,989,500		5,344,837		-1,355,337	
予備費	6,329,070		-		-	
次年度繰越金	-		9,401,421		-	
支出合計	10,318,570		14,746,258		-4,427,688	

次年度繰越金

三井住友銀行	195,500	円
ゆうちょ銀行(振替口座)	9,201,057	円
現金	4,864	円
9,401,421		円

基金等

基金(黒田基金 40 万円を含む)	2,811,519	円
記念事業分	433,631	円
基金(斎藤基金)	300,421	円
APSORC 基金	500,007	円

4,045,578 円財産合計 (2020 年 3 月 31 日現在) **13,446,999 円**

2021 学会年度 (2021 年 4 月 1 日-2022 年 3 月 31 日) 予算

収入の部

単位 (円)

項目	2020 学会年度予算	2021 学会年度予算	差額 (2021-2020)	備考
個人会費	2,209,000	2,156,000	-53,000	正会員 284、学生 56 (2020/8/31 会員数)
賛助会費	1,100,000	1,100,000	0	22 社
雑収入	0	0	0	
前年度繰越金	7,107,984	9,401,421	+2,293,437	2020/4/1 繰越金と同額として算出
収入合計	10,416,984	12,657,421	+2,240,437	

支出の部

単位 (円)

項目	2020 学会年度 予算	(内訳)	2021 学会年度 予算	(内訳)	差額 (2021-2020)	備考
討論会補助等	300,000		300,000		0	第 65 回討論会 (2021)
討論会補助		200,000		200,000		
プログラム冊子		100,000		100,000		
出版事業費	1,310,000		1,310,000		0	
事務費		10,000		10,000		
雑誌校正・印刷費		1,000,000		1,000,000		放射化学 43, 44 号
英文誌英文校閲		100,000		100,000		英文誌 Vol. 20
発送費		150,000		150,000		
J-Stage 用 pdf 化費		50,000		50,000		
会議費	900,000		600,000		-300,000	WEB 会議併用のため減額
理事会		600,000		500,000		
委員会等		300,000		100,000		
研究会等補助	550,000		550,000		0	
環境放射能研究会		100,000		100,000		
核化学夏の学校		100,000		100,000		
若手の会		250,000		250,000		
その他		100,000		100,000		
事務局経費	560,000		670,000		+110,000	
事務費		100,000		100,000		
選挙関係		0		100,000		2021 年度選挙
外部委託費用		450,000		450,000		AS 委託
通信費		10,000		20,000		総会連絡費用のため増額
法人化費	600,000		400,000		-200,000	
設立費用		300,000		0		
運営費用		300,000		200,000		法人税手続き等
外部委託費用		-		200,000		会計士事務所顧問契約
ネットワーク管理運営費	35,900		25,000		-10,900	
プロバイダ費用		24,500		25,000		
ドメイン更新料		11,400		0		3 年毎更新 (次回 2023 年)
学会賞	90,000		90,000		0	
楯		60,000		60,000		
表彰状印刷、額縁		30,000		30,000		
共催金等	15,000		15,000		0	
共催金		5,000		5,000		
連合学会会費		10,000		10,000		日本化学連合会費
支出小計	4,360,900		3,960,000		-400,900	
予備費	6,056,084		8,697,421		+2,641,337	
支出合計	10,416,984		12,657,421		+2,240,437	

「放射化学」規定など

「放射化学」論文編集委員会規定

(名称)

第 1 条 この規定は、日本放射化学会（以下、本会という）会則第 28 条に基づき、日本放射化学会の和文誌「放射化学」の「放射化学」編集委員会を設置し、その運営に当たるために定める。

(編集委員会の構成)

第 2 条 編集委員会は、編集委員長 1 名、編集担当理事 1 名、並びに編集委員約 5 名で構成する。編集委員長は、前委員長の推薦により選任され、理事会の承認を得て、会長が任命する。編集委員は、編集委員長の推薦により選任され、理事会の承認を得て会長が委嘱する。

第 3 条 編集委員長および編集委員の任期は 2 年とし、重任を妨げない。

(編集委員会)

第 4 条 編集委員会は、次の事項について企画・審議し、「放射化学」の継続的な発行を行う。

- (1) 「放射化学」誌の編集および発行に関すること
- (2) 「放射化学」誌への投稿論文の審査に関すること
- (3) 「放射化学」誌の編集委員長候補者及び編集委員候補者の推薦に関すること

(「放射化学」誌の発行)

第 5 条 本会が発行する「放射化学」誌は、1 年に 2 回発行し、それぞれ異なる巻数を割り振る。

(論文の審査)

第 6 条 編集委員会は、「放射化学」へ投稿された論文に対して、担当編集委員 1 名を決定する。審査を要する記事については、担当編集委員は審査員 1 名を選出し、審査を依頼する。

第 7 条 論文審査の手続きは、別に定める審査内規による。

第 8 条 本規定の改定は理事会の決議による。

付則 この規定は、2013 年 1 月 1 日から施行する。

「放射化学」発行規定

(目的)

第 1 条 日本放射化学会和文誌「放射化学」は、日本放射化学会（以下、本会）の目的を達成するために、
(i) 放射化学並びにその関連領域における重要な進歩を含む学術論文と (ii) 会員および関連分野の研究者にとって有益な最新トピックスをまとめた記事を掲載する。

(「放射化学ニュース」との関係)

第 2 条

「放射化学」は「放射化学ニュース」（2012 年まで発行、第 26 号が最終号）の後継誌であり、創刊年は 2013 年、巻数は第 27 巻からの発行とする。

(掲載記事)

第 3 条 「放射化学」は審査付き論文とそれ以外の放射化学関連分野の最新トピックスを掲載する。前者には、原著論文、総説論文、短報の各欄を設け、後者はこれまでの「放射化学ニュース」を引

き継ぎ、様々な記事を積極的に掲載する。

1. 審査付き論文

1-1. 原著論文は、新規な内容にもとづき論理的に明瞭な結論を含む学術論文をいう。

1-2. 総説論文は、当該分野のこれまでの研究の進展を専門的な立場から解説する学術論文とする。

1-3. 短報は、重要な研究成果を含んだ短い学術論文で、編集委員会は特に迅速な公表を行う。(未完でも学術的価値が高い学術論文を含む。)

1-4. この他に、編集委員会が認めた場合、上記以外の学術情報を掲載することがある。

2. 審査付き論文以外の記事

上記審査付き論文以外は固定した枠にとらわれない内容とし、主に各種特集記事、解説、トピックス、学位論文要録、施設だより、学会だより、研究集会だより(国内・国外)、情報プラザなどを掲載する。

3. 審査付き論文(第3条第1項)の投稿規則を第4条以降に定めるが、審査付き論文以外の記事(第3条第2項)に関する投稿規則は特に定めず、編集委員会の編集方式に従う。また本会の英文の論文誌 *Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences* の発行規則は別に定める。

「放射化学」論文投稿規則

(投稿論文と依頼論文)

第4条 論文は投稿によるものと編集委員会からの依頼によるものとする。

(著者)

第5条 著者は本会会員であることを要しない。

(原稿の作成)

第6条 使用言語は日本語とする。

第7条 投稿論文の作成は、別に定める「放射化学」投稿の手引き(以下、「投稿の手引き」)に従うものとする。

第8条 原著論文、総説論文、短報以外の記事については、第6条、第7条に依らない形で原稿を作成できる。

(論文の受け付け)

第9条 原稿が、「投稿の手引き」に定める「投稿先」に到着した日付けをもって、論文の受付日とする。

(審査)

第10条 編集委員会は、査読者を委嘱して論文の掲載に関する意見を求め、掲載の可否に関する審査を行う。掲載可となった日付をもって受理日とする。投稿によるものと依頼によるものに関わらず、編集委員以外の査読者の意見を参考として、編集委員会が掲載の可否を決定する。

(論文の掲載)

第11条 掲載可となった論文は、速やかに論文誌上および論文誌 web サイトに掲載する。

(掲載料、別刷り)

第12条 論文および各種記事の掲載料は徴収しない。別刷りを作成する場合には実費を著者負担とする。

(著作権)

第13条 論文誌に掲載された全ての論文等の著作権は本会に帰属する。原著論文、総説論文、短報については、著者は論文受理後速やかに「著作権譲渡同意書」を本会に提出しなければならない。

(本規則の改定)

第14条 本規則の改定には理事会の決定を要する。

付則 この規則は、2015年10月1日から施行する。

「放射化学」論文投稿の手引き

1. はじめに

この「投稿の手引き」は日本放射化学会（以下、本会）和文誌「放射化学」論文投稿規定に基づき、編集委員会にて原稿の作成の指針として制定されたものである。

2. 投稿に際しての注意事項

- 1) 採否が決定するまで同一趣旨の論文を他誌に投稿してはならない。
- 2) 他誌に投稿中の論文を投稿してはならない。
- 3) 投稿後の著者に関する変更は認めない。
- 4) 図版を転載する場合は、著者にて転載許可を著作権者より得ること。
- 5) 投稿原稿は以下の「3. 原稿作成時の注意事項」に従って作成し、その電子ファイル（PDF ファイル、MS-Word ファイルなどが望ましい）を編集委員会に電子メールにより送付する。到着次第、編集委員長より受付日が記載された受け取りの電子メールが送付される。

3. 原稿作成時の注意事項

- 1) (原稿の構成) 原稿は以下の順でそれぞれ改ページして編成する。(1) 表紙（論文題名、著者名、研究の行われた機関、同所在地などを記す）、(2) 要旨およびキーワード（5つ程度）、(3) 本文、(4) 引用文献、(5) 表、(6) 図、(7) 図の説明文。
- 2) (原稿の形式) A4用紙を縦方向として、横書きに印字し、1ページに25行程度とする。
- 3) (原稿の長さ) 短報以外は制限を設けない。短報は図表を含めて刷り上り4ページ以内を原則とする。なお刷り上がり1ページは約2000字であり、図・表は1枚につき500字とカウントする。
- 4) (要旨) 要旨として英文要旨（250語以内）および和文要旨（400字以内）の両方をつけること。
- 5) (引用の形式) 番号順とする。最初に引用された箇所の順で引用文献を並べる。引用文献の記載方法はアメリカ化学会発行の雑誌と同形式とする。なお本形式は本会の *Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences* 誌と同様である。
- 6) (表) 表は説明も含めて英文で作成する。本文中では **Table** として引用する。
- 7) (図) 図は説明も含めて英文で作成する。本文中では **Fig.** として引用する。なお投稿時のファイルサイズは10 Mbyteを超えないこと。
- 8) (その他) 図表などの数値や軸の表記では物理量/単位の形式をとることとし、物理量（単位）の表記は用いない。(例: **Time/min** とし、**Time (min)** は用いない。)
- 9) (カラーの図表) カラーの図表を掲載する場合には、原則として実費を著者負担とする。なお、論文誌 web サイト公開用の PDF 版については無料でカラーとすることができる。
- 10) (注意事項) 上記に著しく逸脱した原稿については、受け付けないで返却することがある。

4. 校正および論文誌発行後の正誤訂正

- 1) 著者校正は1回行う。返送期日に著しく遅れた場合には編集委員会の校正のみで校了とする。
- 2) 発行後6ヶ月以内に著者から訂正の申し出があった場合には、正誤訂正に関する記事を掲載することがある。

5. 投稿先

〒770-8509 徳島県徳島市蔵本町 3-18-15

徳島大学大学院 医歯薬学研究部保健科学部門 放射線理工学分野 阪間 稔 編集委員長

Fax: 088-633-9862

e-mail: minorusakama@tokushima-u.ac.jp

学位論文要録執筆候補者の推薦について

「学位論文要録」欄では、最近 2 年間の範囲で博士の学位を授与された会員の方々の学位論文内容を抄録の形で掲載致しております。現代の放射化学およびその関連領域における進歩についての情報を読者の方々に提供することが主な目的であります。しかし、編集委員会が広範な領域で活躍されている執筆候補者につきまして、遺漏なく情報を得ることは困難であります。このため、会員の皆様に同欄の執筆候補者（学位取得者）を推薦いただきたく存じます。自薦・他薦は問いません。詳しくは編集委員会にご照会下さい。

☆☆☆

「会員の声」欄へのご寄稿のお願い

本誌では、学会や学会出版物に関する会員の皆様の意見を掲載するために、「会員の声」欄を設けております。1000 字以内（形式自由）におまとめいただき、編集委員会または学会事務局にお送り下さい。掲載の可否につきましては当方にご一任下さい。

☆☆☆

会員の異動に伴う連絡のお願い

会員の移動に伴い、所属、連絡先等に変更が生じた場合には、以下の web ページを参照し、事務局（jnrs@ac-square.co.jp）までご連絡下さい。

会員情報変更等の手続き：<http://www.radiochem.org/community/update.html>

放射化学

第 43 号

令和 3 年 (2021 年) 3 月 20 日発行

編集

日本放射化学会編集委員会

委員長：阪間 稔、委員：佐藤 渉、鈴木 達也、井上 睦夫、藤 暢輔、
富田 純平

連絡先：〒 770-8509 徳島県徳島市蔵本町 3-18-15

徳島大学大学院 医歯薬学研究部保健科学部門 放射線理工学分野

阪間 稔 (e-mail: minorusakama@tokushima-u.ac.jp)

発行

日本放射化学会

出版担当理事：佐藤 渉

Web: <http://www.radiochem.org/>

印刷

松枝印刷株式会社

〒 303-0034 茨城県常総市水海道天満町 2438

本誌掲載記事の著作権は日本放射化学会に帰属します。

賛助会員

クリアパルス株式会社

株式会社千代田テクノ

仁木工芸株式会社

東京ニュークリア・サービス株式会社

東京パワーテクノロジー株式会社

長瀬ランダウア株式会社

株式会社日本環境調査研究所

富士電機株式会社

ミリオンテクノロジーズ・キャンベラ株式会社

公益財団法人 原子力安全技術センター

新潟県放射線監視センター

公益社団法人 日本アイソトープ協会

国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構

公益財団法人 日本分析センター

公益財団法人 放射線影響協会

一般財団法人 放射線利用振興協会

関西電力株式会社

九州電力株式会社

中国電力株式会社

中部電力株式会社

東京電力ホールディングス株式会社

北海道電力株式会社

クリアパルス（株）が提供する主要製品

自社開発のハイブリッドICを用いた低雑音プリアンプ
 低雑音スペクトロスコープアンプファイア
 高性能パルスハイトアナライザ

多チャンネルプリアンプ、多チャンネルアンプファイア、多入力PHA

Cd Tl 検出器プローブ、Cs I (Tl) 検出器プローブ、Na I (Tl) 検出器プローブ、プラスチック検出器プローブ

電離箱、環境モニタ、高圧バイアス電源、NIMビン電源、ミニビン電源

電流電圧変換器、マルチワイヤビーム位置モニタ回路

加速器制御機器、信号変換器、アナログ/デジタル制御器

データ計測・収集・転送システム

その他物理計測器、特注機器



8630型ハンドボーン



8868A型IVC



580型プリアンプ



4066型アンプ



1216型PHA



6671型バイアス電源



E6660ミニビン電源



80110型プリアンプ



80112型MPX



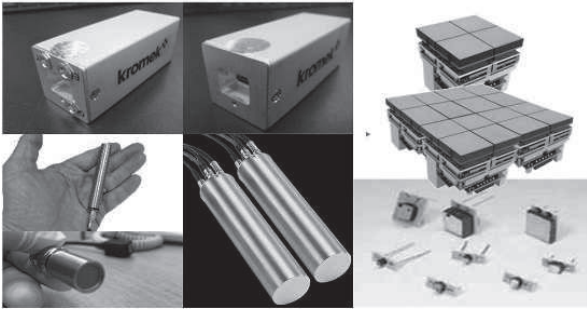
放射線の安全利用をトータルサポート



株式会社 千代田テクノル
 URL: <http://www.c-technol.co.jp>
 e-mail: ctc-master@c-technol.co.jp

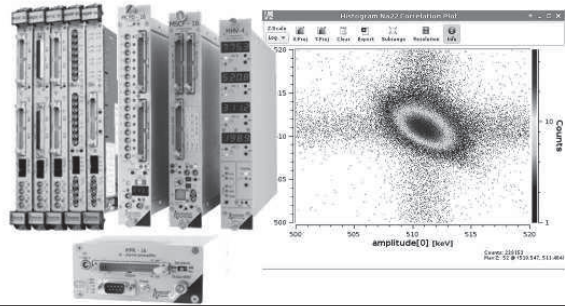
kromek
detect image identify

CdZnTe 半導体検出器



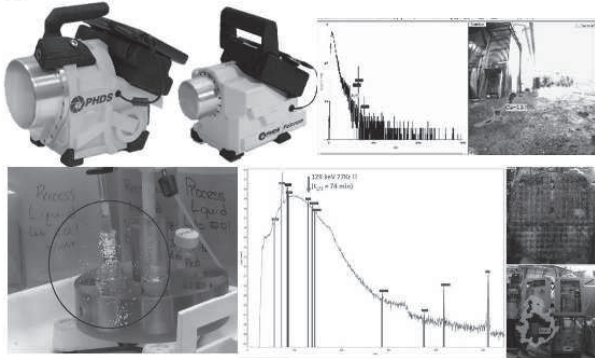
amesytec

NIM/VME Electronics



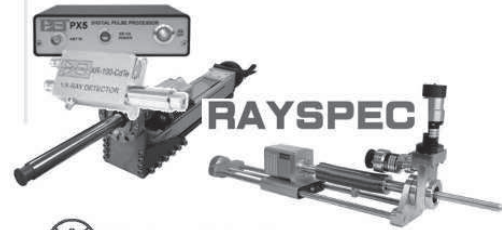
PHDS
Gamma Ray Imaging Detectors

Gamma Imager & Portable Ge



AMITTEK

X-ray detector(SDD/Si-pin/CdTe)



仁木工芸株式会社

〒140-0011 東京都品川区東大井 5-26-22
TEL 03-4218-4700 FAX 03-4212-3423
Email niki_sales@nikiglass.com

お困りではありませんか？

- サイクロ施設など**加速器施設の線量計算**や**放射化評価**をしたい！
- R I を使用した**化学実験**を代行して欲しい！
- 作業環境測定**など**法令に基づく放射線測定**を代行して欲しい！
- 放射線施設を廃止**したい！
- 施設を**変更許可申請**したいが業務が多忙のため代行して欲しい！
- サーベイメーター**を校正したい！
- 放射線障害予防規程**を見直したい！
- 放射線に係わる業務について**相談**したい！

そのお悩みTNSが解決いたします

安全設計・評価

- ◆ 施設設計
- ◆ 遮蔽設計
- ◆ 安全評価
- ◆ RI施設の許認可申請業務代行

施設の管理・運営

- ◆ 大規模施設の運用管理
- ◆ 放射線管理

研究及び技術開発サポート

- ◆ 研究サポート
- ◆ 技術開発サポート

受託試験研究

- ◆ 環境物質の分析、挙動解析
- ◆ トレーサー試験
- ◆ 解体廃棄物の物理特性試験

保守点検・工事

- ◆ 施設の保守・点検
- ◆ 施設の改造、解体工事

分析・測定・校正サービス

- ◆ 放射能分析
- ◆ 現地における放射線測定
- ◆ サーベイメータの実用校正

各種機器販売

- ◆ 放射線管理区域の空調機器の販売
- ◆ 放射線管理区域用機器の製造・販売



東京ニュークリア・サービス株式会社

詳しくは弊社WEBサイトまで！ <http://www.tokyo-nucl.co.jp>

東京本社	TEL 03(3831)7957	〒110-0016 東京都台東区台東1-3-5 反町ビル7F
東海事業センター	TEL 029(282)3114	〒319-1112 茨城県那珂郡東海村松村字平原3129-31
つくば開発センター	TEL 029(847)5521	〒300-2646 茨城県つくば市緑ヶ原4-19-2
関西事業所	TEL 078(570)5201	〒651-0096 兵庫県神戸市中央区雲井通4-2-2 マーカー神戸ビル7F
六ヶ所事業所	TEL 0175(71)0710	〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村大字尾鉾字野附1-4
いわき営業所	TEL 0246(66)1210	〒979-0202 いわき市四倉町上仁井田字南苑田74-1

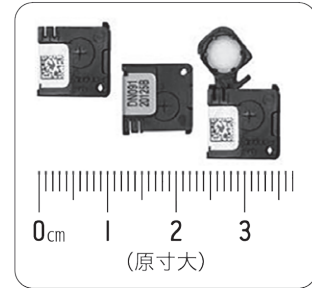
microSTAR ii

medical dosimetry system

nanoDot線量計を測定するために設計されたポータブルリーダーです。
nanoDot線量計はX線画像に写らないため、
放射線治療や診断時の患者線量の評価に適した小型OSL線量計です。



nanoDot線量計



- 外形寸法 W10×H10×D2mm
- 測定範囲 10 μ Gy~10Gy
- エネルギー範囲 5keV~20MeV

長瀬ランダウア株式会社

本社/〒300-2686 茨城県つくば市諏訪C22街区1TEL.029-839-3322
大阪営業所/〒550-8668 大阪市西区新町1丁目1番17号TEL.06-6535-2675
ホームページアドレス <https://www.nagase-landauer.co.jp>

ラジオアイソトープ(RI)取扱施設
RADIOISOTOPE(RI) HANDLING FACILITY

加速器取扱施設
ACCELERATOR HANDLING FACILITY

原子力施設
NUCLEAR POWER FACILITY

放射線モニタリング
施設の総合管理
施設・設備の設計・監理
放射能分析・測定
管理区域解除工事
コンサルタント業務
PET被験者管理システム

放射線管理
除染工事
放射能分析測定
原子力・核燃施設 D&D技術開発・事前調査・工事
コンサルタント業務

特殊施設管理技術の研究開発
放射線防護用品と機器の開発
除染関連技術の研究開発
研究・開発・調査業務の受託

ALARA
As Low As Reasonably Achievable

技術開発・研究
TECHNOLOGY STUDY AND DEVELOPMENT

JAPAN ENVIRONMENT RESEARCH CO., LTD.
株式会社 日本環境調査研究所

ホームページ <http://www.jer.co.jp/>

本社：〒160-0023 東京都新宿区西新宿 6 丁目 24-1
技術開発研究所：〒342-0008 埼玉県吉川市旭 8 番 3
青森営業所：Tel.0175-75-2130 東京営業所：Tel.048-991-9461
仙台営業所：Tel.022-715-6081 静岡営業所：Tel.0537-86-7176
柏崎営業所：Tel.0257-21-4868 掛川オフィス：Tel.0537-28-8181
福島営業所：Tel.0244-26-5245 名古屋営業所：Tel.052-588-5875
茨城営業所：Tel.029-860-5073 大阪営業所：Tel.06-4963-2500

Tel.03-5322-2271 Fax.03-5322-2272
Tel.048-991-9461 Fax.048-991-9460

作業環境測定機関11-4(放射性物質) ISO9001:2008認証

非密封放射性同位元素取扱施設(技術開発研究所)

管工事業/建具工事業/とび・土工事業/機械器具設置工事業

一般労働者派遣事業 高度管理医療機器等販売業・賃貸業

富士電機の放射線測定器

より正確に より簡単に

富士電機では、放射線管理システムをはじめ、放射線管理における様々な用途に応じた測定器類を取り揃えています。

〔取扱製品〕

放射線モニタリングシステム
R I 排水管理システム
出入管理システム
非密封R I 管理システム
従事者管理システム

各種サーベイメータ
個人線量計／環境線量計
モニタリングポスト
ホールボディカウンタ
体表面モニタ
食品放射能測定システム
その他



富士電機株式会社 放射線システム部

東京都日野市富士町1番地 〒191-8502 TEL 042 - 585 - 6024

<http://www.fujielectric.co.jp/> mail fric-info@fujielectric.co.jp

営業所

北海道	TEL 011-221-5482	東 北	TEL 022-716-0203
東 京	TEL 042-585-6024	中 部	TEL 052-746-1032
関 西	TEL 06-6455-3891	九 州	TEL 092-262-7844

放射化学のための測定システム



GENIE XPORT

SPIR-Ace™ (GenieXPort™) :
Genie 対応 核種同定サーベイメータ (RID)



PIPS® 荷電粒子検出器



ISOCS™ : ガンマ線分析システム



FASTSCAN™ : ホールボディカウンタ



ゲルマニウム半導体検出器

MIRION
TECHNOLOGIES

ミリオンテクノロジーズ・キャンベラ株式会社

URL : <http://www.canberra.com/jp/>

E-mail : jp-sales@mirion.com

東京本社

03-5835-5402

大阪営業所

06-4806-5662



公益財団法人 原子力安全技術センター

放射性同位元素等規制法に基づく登録機関業務

登録検査機関

問い合わせ先: 03-3814-7301

使用施設、貯蔵施設、廃棄施設等の施設検査・定期検査及び定期確認

登録定期確認機関

登録運搬物確認機関

問い合わせ先: 03-3814-7483

承認容器による輸送の運搬物確認

登録運搬方法確認機関

承認された積載方法による輸送の運搬方法確認

登録認証機関

問い合わせ先: 03-3814-7301

放射性同位元素装備機器の設計認証



登録資格講習機関

問い合わせ先: 03-3814-7100

第1種、第2種及び第3種の放射線取扱主任者免状取得のための講習

登録試験機関

問い合わせ先: 03-3814-7480

第1種及び第2種の放射線取扱主任者試験

登録特定放射性同位元素防護管理者定期講習機関

問い合わせ先: 03-3814-5746

特定放射性同位元素防護管理者の資質向上のための講習

登録放射線取扱主任者定期講習機関

放射線取扱主任者の資質向上のための講習

私たちは放射性同位元素等規制法に基づく登録を受け、国に代わり、法令で定められた資格要件を備えた検査員、確認員、講師等によって業務を行っています。

〒112-8604

東京都文京区白山5丁目1番3-101号 東京富山会館ビル4階

ホームページ <https://www.nustec.or.jp/>

～アイソトープと放射線を用いた研究に携わる全ての皆さまへ～

第58回アイソトープ・放射線研究発表会

オンライン開催

会 期： 2021年7月7日(水)～9日(金)

受付期間： 2021年4月1日(木)～7月9日(金)12時

参加料： 一般8,000円(税込)

学生無料(申込期限6月18日17時まで)

皆さまのご参加をお待ちしております

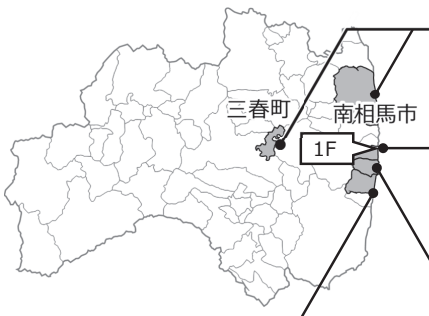
詳しくは大会サイトをご覧ください。

<https://confit.atlas.jp/guide/event/jrias2021/top>



主催 公益社団法人日本アイソトープ協会

我が国唯一の原子力に関する総合的な研究機関として、東京電力HD 福島第一原子力発電所(1F)の廃止措置及び環境回復に取り組んでいます



廃炉環境国際共同研究センター
(三春町・南相馬市)
環境回復に向け、環境動態研究、放射線計測・分析技術等の技術開発を実施

大熊分析・研究センター※
(大熊町：1F隣接地) 一部運用中
1Fのガレキ類、水処理二次廃棄物、燃料デブリ等の分析を行う施設を整備中

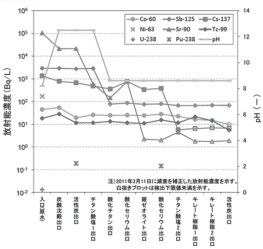
廃炉環境国際共同研究センター※
(富岡町：1F近傍)
世界の英知を結集すべく、国内外の大学、研究機関、産業界とネットワークを形成し、1F 廃炉の研究開発と未来の廃炉研究を担う人材育成を一体的に推進

楢葉遠隔技術開発センター※
(楢葉町：1F近傍)
・遠隔操作ロボット等の開発実証(実規模及び小規模エリアの試験)
・VR等による作業員の訓練
・施設共用及び技術支援

1F汚染水の放射化学分析の事例
汚染水処理に伴う二次廃棄物の管理技術の検討に資するデータを蓄積するため、処理設備(多核種除去設備)の工程から得られた水に含まれる種々の放射性核種を分析しています

◀分析の様子
JAEAの施設にて1Fサンプルの分析を行っています

1F汚染水の分析結果
処理設備の各吸着材処理後のサンプルを分析し、放射能濃度が低下していることを確認しました



JAEA 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字舟石川765番地1 TEL: 029-282-1122 (代表)

原子力機構ホームページ <https://www.jaea.go.jp/>

福島研究開発部門ホームページ <https://fukushima.jaea.go.jp/>

確かな分析力を礎に国民生活に貢献します

分析の質の保証 **世界トップクラス**

環境と安全に対する国民の認識が高まる現在、日本分析センターは、環境放射能・放射線に関する分析専門機関として、国民に信頼される環境放射能データの提供に努めています。

身の回りにある環境試料中の放射性核種の分析サービスを提供しています。ストロンチウム90、セシウム137をはじめ、トリチウム、炭素14、クリプトン85、ヨウ素129、放射性キセノン、トリウム、ウランなどの様々な放射性核種の分析に対応できます。

IAEAなど国際的な相互比較分析プログラムに参加して分析技術の客観的な評価を受けるとともに、国際標準化機構(ISO)の認証・認定の取得やJCSS校正事業者(区分:放射線・放射能・中性子)として登録しています。

確かな精度管理 **安全と信頼性**

日本分析センターは、分析結果の信頼性を確保するために、IAEAなどの国際機関が主催する環境放射能分析の国際相互比較分析のプロジェクトに参加しています。優れた成績を修めるほか、様々な認証・認定を取得しています。

一步前へ **新技術開発への挑戦**

日本分析センターは、現在の分析技術に妥協せず、たゆみなく努力による技術発展を目指し、新しい分析法の研究・開発を行っています。

放射能測定法シリーズの改訂作業を実施し、公的マニュアルの作成に貢献しています。環境放射能分析・測定分野のほか、スポーツサプリメント中のドーピング禁止物質の分析、安定同位体分析や原子炉の廃炉関連の難測定核種の迅速分析法の開発などを行っています。

JCAC Japan Chemical Analysis Center

公益財団法人 日本分析センター
〒263-0002 千葉県千葉市稲毛区山王町295番地3
電話: 043-423-5325 FAX: 043-423-5372
e-mail: koho@jcac.or.jp URL: http://www.jcac.or.jp

放射線分野における科学技術の進展に貢献しています



～ 主な業務 ～

- 放射線影響に関する知識の普及・啓発
- 放射線影響に関する研究活動への奨励助成、顕彰
 - 放射線影響に関する調査研究
 - ICRP調査・研究連絡会の運営
- 原子力施設及び除染等事業場で働く放射線業務従事者の被ばく線量の一元的な登録管理
 - RI施設で働く放射線業務従事者の被ばく線量の登録管理
 - 放射線管理手帳制度の運用管理
- 国の指定を受けた放射線管理記録等の保存業務（原子力、除染、RI等）
- 原子力施設等で働く放射線業務従事者を対象にした低線量長期間被ばくによる健康影響の疫学調査

公益財団法人 放射線影響協会

〒101-0044 東京都千代田区鍛冶町1- 9 -16 丸石第2ビル5階
TEL 03-5295-1481 FAX 03-5295-1486 <http://www.rea.or.jp>

放射線従事者中央登録センター

TEL 03-5295-1786 FAX 03-5295-1486

放射線疫学調査センター

TEL 03-5295-1494 FAX 03-5295-1485

放射線利用事業の振興と

原子力の利用に係る知識及び技術の普及を振興するために

◆ 照射サービス事業

- ・ ガンマ線・電子線照射：材料の耐放射線性試験、材料改質などいろいろな照射ニーズに応えます

◆ 技術移転事業

- ・ 産業界からの中性子利用のいろいろなニーズに応えます

◆ 原子力研修事業

- ・ 第3種放射線取扱主任者講習
- ・ 教員免許状更新講習
- ・ 放射線業務従事者のための教育訓練
- ・ 原子力・放射線に関する研修会の開催

◆ 放射線・原子力利用の普及事業

- ・ 「放射線プロセスシンポジウム」の支援

一般財団法人放射線利用振興協会

<http://www.rada.or.jp>

本部・東海事業所：〒319-1106 茨城県那珂郡東海村白方白根2-4 TEL 029(282)9533

高崎事業所：〒370-1207 群馬県高崎市綿貫町1233 TEL 027(346)1639

賛助会員はこのスペースに無料で広告を掲載することができます（年2回以上）

日本放射化学会 賛助会員募集

本会の学会活動にご参加頂ける賛助会員をご紹介下さい

連絡先： 日本放射化学会事務局

E-mail: office@radiochem.org

