

# 放射化学

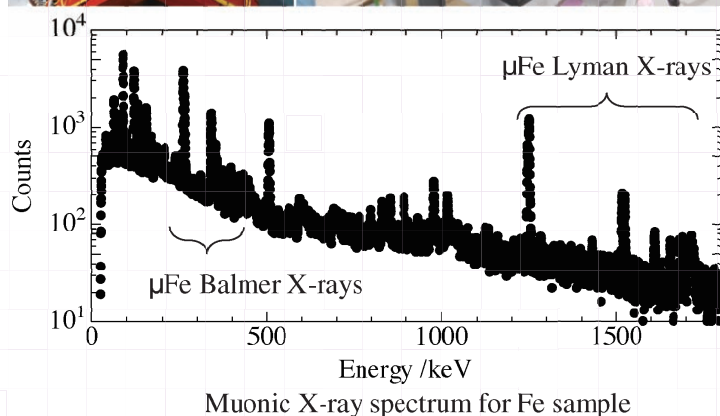
## 第37号

### 解説

福島第一原発の廃止措置—現状とその戦略—

### 特集

2017 日本放射化学会年会 若手優秀発表賞受賞者による研究紹介



---

# 放射化学

## 第 37 号

平成 30 年 (2018 年) 3 月 30 日

---

### 目次

#### 解説

福島第一原発の廃止措置—現状とその戦略— (沼田 守) ..... 1

#### 特集 2017 日本放射化学会年会 若手優秀発表賞受賞者による研究紹介

GARIS-II+MRTOF を用いた短寿命核精密質量分析 (庭瀬暁隆ほか) ..... 4

加速器質量分析法を用いた Sr-90 測定の試み (細谷青児ほか) ..... 7

環境からウシの歯への Sr-90、Cs-137 の移行機構 (小荒井一真ほか) ..... 9

鉄原子へのミュオン捕獲現象の化学状態による影響 (南部明弘ほか) ..... 12

Zr, Hf 塩化物の等温クロマトグラフィにおけるカラム通過挙動に対する分子数の  
影響 (白井香里ほか) ..... 14

東京湾底質中の鉄の化学状態を指標とした海水中の溶存酸素量の推定方法に  
関する研究 (小森昌史ほか) ..... 16

$^{233}\text{U}$  の  $\alpha$  線—電子コインシデンス測定による  $^{229\text{m}}\text{Th}$  の内部転換電子観測の試み  
(重河優大ほか) ..... 18

#### ニュース

RCNP-MuSIC が本格運転を開始 (二宮和彦) ..... 21

#### 2017 若手の会から

単独では維持することが困難な分科会について 若手の会の現状とこれから (佐藤志彦ほか) ..... 23

#### コラム

「泳ぐ焼魚」という絵 (酒井陽一) ..... 26

## 会議報告

核化学夏の学校（高宮幸一）	28
5 <sup>th</sup> International Nuclear Chemistry Congress (5th-INCC・スウェーデン) に 参加して（秋山和彦）	31
APSORC17に参加して（箕輪はるか）	32
SHE2017（加治大哉）	35
9 <sup>th</sup> Workshop on the Chemistry of Heaviest Elements (CHE9)（横北卓也）	37
2017 日本放射化学会年会・第 61 回放射化学討論会 実施報告（末木啓介）	39
京都大学原子炉実験所「福島原発事故で放出された放射性物質の多面的分析」 専門研究会（高宮幸一）	43
情報プラザ（国際国内会議）	45
学会だより	46
「放射化学」規定など	49
「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

---

- （左上）大阪大学核物理研究センター MuSIC-M1 ビームライン
- （右上）MuSIC における実験風景
- （下）MuSIC で取得した金属鉄試料のミュオン特性 X 線スペクトル

# 解 説

## 福島第一原発の廃止措置—現状とその戦略—

沼田 守

(株)キュリオン ジャパン

〒100-0011 東京都千代田区内幸町1-3-3 内幸町ダイビル5階

### 1. 東電福島第一原子力発電所事故の概要<sup>1,2)</sup>

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震発生当時、福島第一原子力発電所（以下、1F）は1～3号機が運転中、4～6号機は定期点検中であった。1～3号機の各原子炉は地震で自動停止した。地震の50分後、津波が発電所を襲い、非常用ディーゼル発電機が故障、さらに電気設備、ポンプ、燃料タンクなど多数の設備が損傷または流出した。その結果、炉心を冷却することが出来なくなり、炉心燃料が溶融した。その後、水素が大量発生し、1、3及び4号機が爆発を起こした。

### 2. 廃炉のロードマップ<sup>3)</sup>

政府及び東京電力は、事故の早期収束に向けた取り組みを進めるため、2011年5月に「1F事故の収束・検証に関する当面のロードマップ」（以下ロードマップ）を作成した。

2012年7月には、それまでの取組の進捗状況を反映し、原子力災害対策本部政府・東京電力中長期対策会議において、ロードマップの第1回改訂が行われた。その後、燃料デブリ取出しのスケジュール前倒しなどの検討結果を反映したロードマップの第二回改訂が2013年6月に行われた。次いで、目標工程を具体的に示すなどの改訂をした第三回改訂案が2015年6月に示された。その後、2017年9月に改定案が提示された。

### 3. 1Fの現状

ロードマップに従い、1Fでは汚染水対策、使用済み燃料プールからの燃料取出し等の多様な取り組みが日々行われている。以下にそれらを概説する。

#### (1) 汚染水対策<sup>4)</sup>

建屋内への地下水流入により増え続ける滞留水について、「汚染源を取り除く」、「汚染源に水を近づけない」、「汚染水を漏らさない」という3つの基本方針に基づいて、汚染水が発電所港湾内へ流れ出るリスクや、貯蔵タンクから汚染水が漏れ出るリスクに対し、様々な対策を実施している。

#### (2) 使用済燃料プールからの燃料取出し<sup>5)</sup>

1号機では、原子炉建屋上部のガレキ撤去作業を進めている。2号機では、原子炉建屋上部の解体に向けた準備が進行している。3号機においては、原子炉建屋燃料取り出し用カバー等設置工事が行われた。4号機では、使用済燃料プール内の燃料ラックに保管されている燃料集合体を取り出し、敷地内の共用プールへ移送して集中的に保管する計画である。この燃料取り出し作業は2013年11月18日より開始し、2014年12月22日に完了している。

#### (3) 燃料デブリ取出し<sup>6)</sup>

格納容器へのアクセス性向上を目指し、除染・遮へい及び燃料デブリ取出し準備に必要な技術開発を行っている。

#### (4) 固体廃棄物の発生量<sup>7)</sup>

がれき類及び伐採木の保管総量はそれぞれ、207,900 m<sup>3</sup>、99,100 m<sup>3</sup>、使用済保護衣は約 67,500 m<sup>3</sup> である（2017年4月末時点）。水処理施設からの廃棄物である廃スラッジ量は 597 m<sup>3</sup>、濃縮廃液量は 9,379 m<sup>3</sup>、使用済ベッセル・多核種除去設備の保管容器（HIC）等の保管総量は 3,628 本である（2016年5月時点）。

#### (5) 原子炉の冷却<sup>4)</sup>

原子炉は継続的な注水冷却により、低温での安定状態を維持している。

## (6) 放射線量低減

敷地外への放射線影響を可能な限り低くするため、敷地境界における実効線量低減や港湾内の水の浄化などを行っている。1Fの放射性物質の分析結果は東電のホームページで確認することが出来る。<sup>8)</sup>

## 4. 1F 廃炉の技術戦略

## (1) 戦略プラン

事故炉の廃炉を安全かつ着実に進めるために、国内外の叡智を結集し、戦略の策定と技術支援を行う専門組織を作るべく、原子力損害賠償機構が改組され、原子力損害賠償・廃炉等支援機構（以下、NDF）が発足した。2014年8月のことである。NDFでは中長期視点から1F廃炉に関する具体的な検討を行い、「1Fの廃炉のための技術戦略プラン2015」（以下、「戦略プラン2015」）を2015年4月に策定した。2016年に「戦略プラン2015」が改定され、さらに2017年8月に現場や技術開発などの進捗を踏まえ、「戦略プラン2017」を公表した。以下に「戦略プラン2017」の概要を記す。

(2) 廃炉に当たっての基本方針<sup>7)</sup>

1Fの廃炉は、「事故により発生した通常の原子

力発電所にはない放射性物質に起因するリスクを、継続的、かつ、速やかに下げること」と基本方針としている。従って、戦略プランとは中長期の時間軸に沿ったリスク低減戦略の設計と言える。これを達成するために、次の五つの基本的な姿勢を設定した。

## ①安全 ②确实 ③合理的 ④迅速 ⑤現場指向

1F廃炉を効率的且つ効果的に進めるために、海外の廃炉の知見・経験の収集・活用、また、国内外への積極的な情報発信、さらには、政府・NDF・東電・研究機関当の密接な連携を図っていく。

(3) リスク低減戦略<sup>7)</sup>

主要リスク源を抽出し、その潜在的影響度を起こりやすさに対して検討し、プロットした。それをFig. 1に示す。リスクは次のように分類した。

【分類Ⅰ】 可及的速やかに対処すべきリスク源

【分類Ⅱ】 周到な準備と技術によって安全・确实・慎重に対処し、より安定な状態に持ち込むべきリスク源

【分類Ⅲ】 より安全な状態に向けて措置すべきリスク源

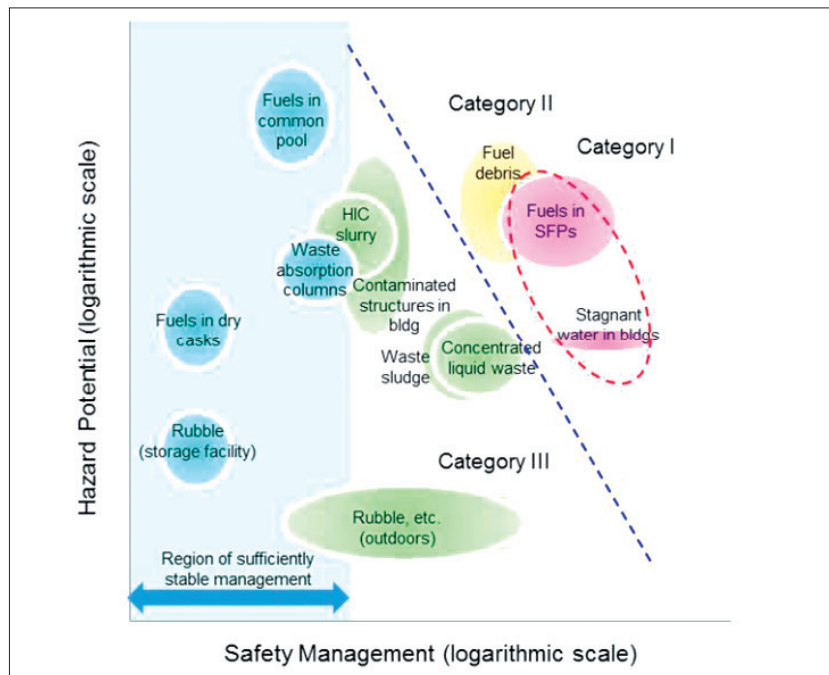


Fig. 1 Risk level of risk source at the Fukushima Daiichi NPWS.

(4) 燃料取出し分野の戦略プラン<sup>5)</sup>

燃料デブリ取出しでは、中期的リスク低減と長期的リスク低減の両方が重要であるが、前者には時間的に早い対応と炉内安定化の実効性が求められる。後者は、やや時間がかかるとしても燃料デブリの高い回収率が期待される。このため、燃料デブリ取出しの初期のオペレーションにおいては、中期的リスクの低減を重視し、できるだけ効率的な燃料デブリの改修が可能な方法を選定する必要がある。

(5) 廃棄物対策分野の戦略プラン<sup>7)</sup>

1Fで発生した固体廃棄物は、破損した燃料に由来する放射性物質などの付着や塩分の含有等、従来の原子力発電所で発生する廃棄物と異なる特徴を有する。

戦略プランでは、国際的に取りまとめられている放射性廃棄物に対する安全確保の考え方を整理し、それに関連して1F事故に由来する固体廃棄物の対策に対し、留意事項を整理した。また、固体廃棄物の処理・処分に関する基本的考え方の取りまとめに資する提言を行うとしている。

(6) 研究開発への取組<sup>7)</sup>

現在、1F廃炉に係る研究開発は、基礎・基盤研究から応用研究、開発・実用化に至るまで多様な実施主体により行われている。NDFは各機関における研究開発活動を実効的かつ効率的に推進するための全体最適化に取り組んでいる。

(7) 今後の廃炉プロジェクトの進め方<sup>7)</sup>

1Fの廃炉は、様々な取り組みが同時並行的に、かつ、相互に関連を持ちながら進められている。また、一つの取り組みも多様かつ多数の現場作業の組み合わせで成り立っている。事前の計画立案の情報や想定に加え、現場進捗に合わせて得られる情報を考慮しながら現場作業を進めることになる。

廃炉作業や資金管理の透明性を確保しつつ、プロジェクトの着実な推進を図っていくとしている。

## 5. 放射化学への期待

1Fのような事故は世界にも経験がない。また、廃炉対策に求められる技術は、広範に及ぶ。そのため、1F廃炉には国内外の叡智の結集と活用が重要である。<sup>3)</sup>

1Fの事故廃棄物には複数の放射性元素が存在する。<sup>9)</sup>放射性核種に対する知見は、放射化学を学んだ方々に他の学問分野を専攻した人たちよりも格段に多いはずである。このような知識と実験的訓練を積んだ専門家のさらなる貢献に期待したい。

## 引用文献

- (1) <http://www.ene100.jp/fukushima>
- (2) <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E7%A6%8F%E5%B3%B6%E7%AC%AC%E4%B8%80%E5%8E%9F%E5%AD%90%E5%8A%9B%E7%99%BA%E9%9B%BB%E6%89%80%E4%BA%8B%E6%95%85>.
- (3) 廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議、東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ(案)、2017年9月26日
- (4) <http://www.tepco.co.jp/decommission/planaction/waterprocessing/index-j.html>
- (5) <http://www.tepco.co.jp/decommission/planaction/removal/index-j.html>
- (6) <http://www.tepco.co.jp/decommission/planaction/research/index-j.html>
- (7) 原子力損害賠償・廃炉等支援機構、東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン2017、2017年8月31日
- (8) <http://www.tepco.co.jp/decommission/planaction/monitoring/index-j.html>
- (9) 柳原 敏、(第2部 講演4)、福島第一原子力発電所事故廃棄物を考える—現状と課題—、日本原子力学会シンポジウム「東電福島第一原子力発電所廃炉への取り組み～過去・現在・未来～」、2016年3月6日

## 特集 (2017 日本放射化学会年会 若手優秀発表賞受賞者による研究紹介)

### GARIS-II+MRTOF を用いた短寿命核精密質量分析

庭瀬暁隆<sup>1,2</sup>, 和田道治<sup>1,3</sup>, P. Schury<sup>3</sup>, 伊藤由太<sup>1,8</sup>, 木村創大<sup>1,4</sup>, M. Rosenbusch<sup>1</sup>,  
加治大哉<sup>1</sup>, 森本幸司<sup>1</sup>, 羽場宏光<sup>1</sup>, 山木さやか<sup>1,5</sup>, 田中泰貴<sup>1,2</sup>, 森田浩介<sup>1,2</sup>, 高峰  
愛子<sup>1</sup>, 宮武宏也<sup>3</sup>, 平山賀一<sup>3</sup>, 渡邊裕<sup>3</sup>, J. Y. MOON<sup>3,6</sup>, 向井もも<sup>4</sup>, H. Wollnik<sup>1,7</sup>

(理研仁科セ<sup>1</sup>, 九大理<sup>2</sup>, 高工研<sup>3</sup>, 筑波大<sup>4</sup>, 埼玉大<sup>5</sup>, IBS<sup>6</sup>, NMSU<sup>7</sup>, McGill Univ.<sup>8</sup>)



原子核の存在や安定性を決定する核種固有の値として質量欠損があり、これは実験的には質量測定から導出される。質量欠損は同重体においても、原子番号が1つ違うと僅かに異なるため、精密な質量測定から核種の一意な識別を行うことができる。質量測定方法は大きく分けて2種類がある。間接測定法は崩壊のQ値から逆算して求める方法であり、汎用的ではあるが崩壊の不定性に起因した、連鎖による誤差の積み重ねが生じ、単一原子での高精度測定は難しい。高精度に測定できる直接測定法の代表的な方法として、ペニングトラップ法 (PTMS) が従来使われてきた。PTMSを用いた高精度測定には数秒以上の測定時間が必須であり、半減期が0.1秒に満たないような短寿命核の測定には不向きである、また測定には数十個のイオンが必要であり、生成率の低い超重核の測定には適用できない。我々の研究グループでは新しい質量分析法として多重反射型飛行時間測定式質量分光器 (MRTOF)<sup>1</sup>を開発した。MRTOFはイオントラップと、イオンを往復させる1対のイオンミラー、検出器によって構成されている。イオンミラー間を複数回往復させることによって飛行距離を伸ばし、総飛行時間から原子核の質量を決定する。MRTOFは1度の測定が20ms程度であるため、寿命の短い核種への適用が可能である。また分解能は飛行距離に依存し、ミラー間の往復回数を増やすことで質量分解能 $\approx 200,000$ を得、統計と合わせて $10^7$ 程度の精度での測定が可能となる。我々は現在、MRTOFを用いた短寿命核種

の直接精密質量測定に関する研究を進めている。我々は2016-2017年にわたる複数回のマシンタイムにおいて、種々の融合反応を用い、原子番号99番以上の10核種を含む総計80核種の直接質量測定を行った<sup>2,6</sup>。原子番号の大きい領域では102番元素Noや101番元素Md、短寿命領域では半減期が10msの<sup>219</sup>Raの質量測定に成功している。これらの核種について実験の詳細を述べる。実験は理研重イオン線形加速器 (RILAC) および、気体充填型反跳分離装置GARIS-II<sup>7</sup>とMRTOFを組み合わせたシステムを用いて行われた (Fig. 1)。GARIS-IIを用いて反応生成物を一次ビームから分離し、焦点面に設置されたガスセルへと輸送し、熱化されたイオンを階下のMRTOFへと搬送したのち、質量測定を行う。融合は<sup>208</sup>Pb(<sup>48</sup>Ca, 2n)<sup>254</sup>No、<sup>nat</sup>Tl(<sup>48</sup>Ca, xn)<sup>249-251</sup>Md, <sup>238</sup>U(<sup>19</sup>F, 5n)<sup>252</sup>Md, <sup>208</sup>Pb(<sup>18</sup>O,  $\alpha$ 3n)<sup>219</sup>Raの反応を用いて行った。<sup>254</sup>Noの測定結果はPTMSにおいて高精度で測定された値と誤差の範囲内で一致している。<sup>249-252</sup>Mdは半減期が長く $\alpha$ 分岐比が小さいため、これまで間接測定値 (<sup>251</sup>Md) と理論モデルによる外挿値しか得られていなかった核種であるが、MRTOFによって初の直接質量測定がなされた。また半減期が10msの短寿命核種<sup>219</sup>Raについても $\approx 10^{-7}$ の精度で測定でき、GARIS-II+MRTOFのシステムが短寿命超重核に適用できるシステムであることが確かめられた。現在我々は、GARIS-II+MRTOFシステムを超重核領域の質量測定へ適用させるために研究を進めている。超重核は非常に小さい生成断面積に起因して、非常に少ないイベント数しか得られないため、超重核起因の信号と分子イオン等による偶発事象を確実に分離する必要がある。我々

の直接精密質量測定に関する研究を進めている。

我々は2016-2017年にわたる複数回のマシンタイムにおいて、種々の融合反応を用い、原子番号99番以上の10核種を含む総計80核種の直接質量測定を行った<sup>2,6</sup>。原子番号の大きい領域では102番元素Noや101番元素Md、短寿命領域では半減期が10msの<sup>219</sup>Raの質量測定に成功している。これらの核種について実験の詳細を述べる。

実験は理研重イオン線形加速器 (RILAC) および、気体充填型反跳分離装置GARIS-II<sup>7</sup>とMRTOFを組み合わせたシステムを用いて行われた (Fig. 1)。GARIS-IIを用いて反応生成物を一次ビームから分離し、焦点面に設置されたガスセルへと輸送し、熱化されたイオンを階下のMRTOFへと搬送したのち、質量測定を行う。融合は<sup>208</sup>Pb(<sup>48</sup>Ca, 2n)<sup>254</sup>No、<sup>nat</sup>Tl(<sup>48</sup>Ca, xn)<sup>249-251</sup>Md, <sup>238</sup>U(<sup>19</sup>F, 5n)<sup>252</sup>Md, <sup>208</sup>Pb(<sup>18</sup>O,  $\alpha$ 3n)<sup>219</sup>Raの反応を用いて行った。<sup>254</sup>Noの測定結果はPTMSにおいて高精度で測定された値と誤差の範囲内で一致している。<sup>249-252</sup>Mdは半減期が長く $\alpha$ 分岐比が小さいため、これまで間接測定値 (<sup>251</sup>Md) と理論モデルによる外挿値しか得られていなかった核種であるが、MRTOFによって初の直接質量測定がなされた。また半減期が10msの短寿命核種<sup>219</sup>Raについても $\approx 10^{-7}$ の精度で測定でき、GARIS-II+MRTOFのシステムが短寿命超重核に適用できるシステムであることが確かめられた。

現在我々は、GARIS-II+MRTOFシステムを超重核領域の質量測定へ適用させるために研究を進めている。超重核は非常に小さい生成断面積に起因して、非常に少ないイベント数しか得られないため、超重核起因の信号と分子イオン等による偶発事象を確実に分離する必要がある。我々

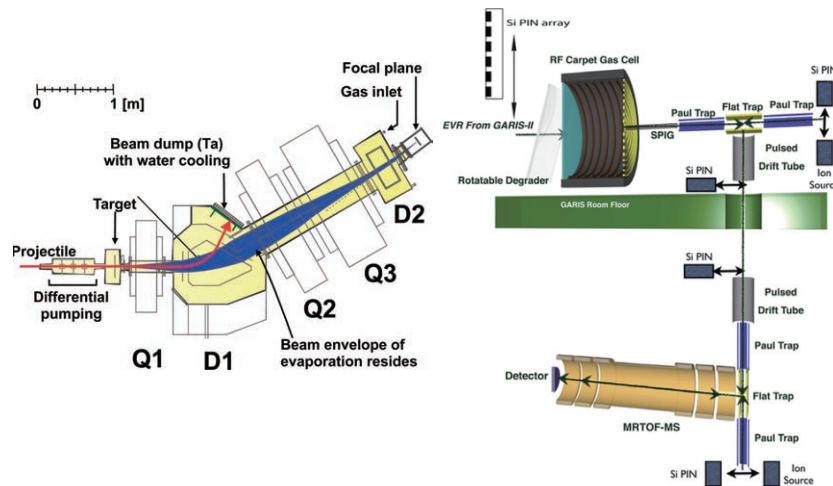
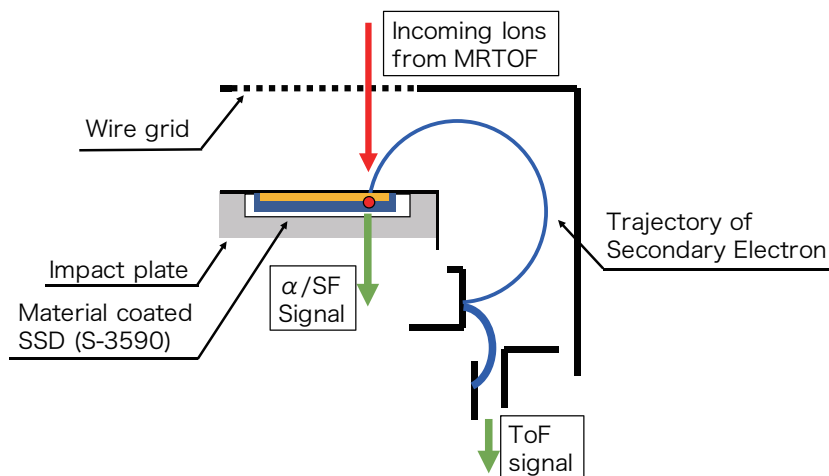


Fig.1. GARIS-II+MRTOF system.

は超重核イオンの飛行時間信号とその崩壊特性 ( $\alpha$  崩壊 / 半減期) の相関測定を行うための革新的な検出器、 $\alpha$ -ToF を開発した。超重核はその安定性から多くの核種が  $\alpha$  崩壊し、 $\alpha$  崩壊が重核の寿命を決定すると同時にそのエネルギーは固有の値を取る。飛行時間と  $\alpha$  崩壊の相関測定により、飛行時間が真の超重核の質量に相当していることを示すことができる。 $\alpha$ -ToF の概念図を Fig. 2 に示す。 $\alpha$ -ToF は市販の飛行時間検出器 (MagneToF) をベースとしている。MagneToF の Impact plate へ測定対象の重イオンが入射されると、impact plate より二次電子が放出される。放出された電子を磁場、電場によって捕集・増

幅し、イオンが入射されたタイミング信号を取得する。 $\alpha$ -ToF では、Impact plate として表面に二次電子放出物質として Au+MgO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> をコーティングした SSD (Hamamatsu S-3590) が組み込まれており、二次電子は SSD の表面から放出される。入射した重イオンは SSD へと埋め込まれ、 $\alpha$  崩壊した信号を SSD によって取得する。これによって飛行時間と崩壊事象の相関計測を行うことができる。 $\alpha$ -ToF は既に完成しており、高圧に浮いている SSD の信号を扱う専用の信号処理回路の設計・開発を行い、現在は性能試験を行っている。MCP を用いた既存の ToF 検出器と  $\alpha$ -ToF を用いて、<sup>241</sup>Am 線源から放出される  $\alpha$  線の飛行

Fig. 2.  $\alpha$ -ToF systematics.



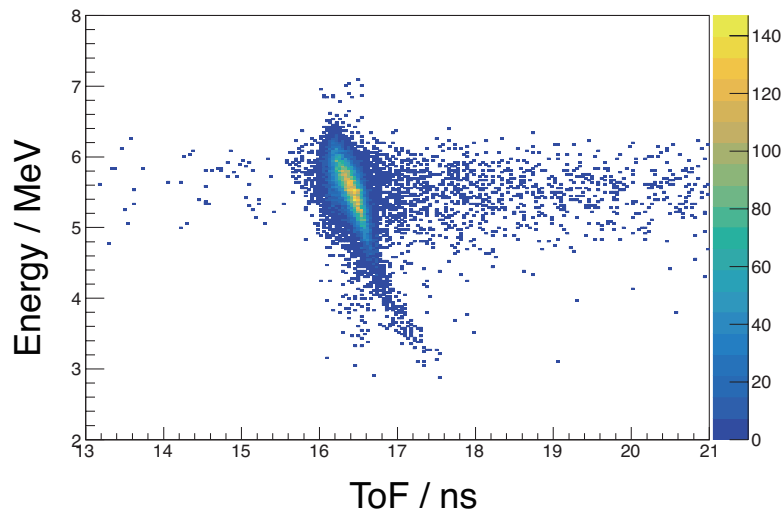


Fig. 3. Correlation mapping of ToF and Energy.

時間およびそれに相関したエネルギーを取得した (Fig. 3)。これによって  $\alpha$ -ToF の原理実証が完了し、今後は MRTOF と組み合わせたオフライン試験の後、2018 年 - 2019 年に予定されている GARIS-II+MRTOF を用いた超重核精密質量分析実験へと投入する予定である。

#### 引用文献

- (1) P. Schury et al., Nucl. Inst. and Methods in Physics B335(2014)39.
- (2) P. Schury et al., Physical Review C 95,011305 (R) (2017).
- (3) Y. Ito et al., submitted to Physical review letters.
- (4) M. Rosenbusch et al. submitted to Physical Review C.
- (5) S. Kimura et al. submitted to IJMS.
- (6) M. Wada et al., submitted to RIKEN APR Vol.51 (2017).,
- (7) D. Kaji et al., Nucl. Inst. and Methods in Physics B317(2013) 311.

## 特集 (2017 日本放射化学会年会 若手優秀発表賞受賞者による研究紹介)

### 加速器質量分析法を用いた Sr-90 測定の試み

細谷青児<sup>1</sup>・笹 公和<sup>1</sup>・高橋 努<sup>1</sup>・本多真紀<sup>1</sup>・佐藤志彦<sup>1,2</sup>・

高野健太<sup>1</sup>・落合悠太<sup>1</sup>・山口晃司<sup>1</sup>・末木啓介<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 筑波大学 AMS グループ、<sup>2</sup> 日本原子力研究開発機構)



#### 1. 研究背景・目的

加速器質量分析法 (AMS) は 1977 年に Richard A. Muller によって提唱された極微量の長寿命放射性核種を加速器によって高エネルギーに加速して、短時間で直接測定できる手法である [1]。AMS の最大特徴は極微量の放射性核種を安定同位体比  $10^{-9} \sim 10^{-16}$  程度の超高感度に測定できる点にある。Strontium-90 ( $^{90}\text{Sr}$ ;  $T_{1/2} = 28.79$  年) はウランやプルトニウムの核分裂生成物として生成され、福島第一原子力発電所の事故によって環境中に放出された。Sr は Ca と同じアルカリ土類金属元素であり、化学的性質が似ている。その為、 $^{90}\text{Sr}$  が生体内に取り込まれると骨に蓄積し、内部被曝の原因となる。

これまで  $^{90}\text{Sr}$  は主に  $\beta$  線計測によって定量してきたが、娘核種である  $^{90}\text{Y}$  との放射平衡を待つミルキングに 2-3 週間を要するという問題点があった。近年では ICP-QMS による迅速な  $^{90}\text{Sr}$  の定量方法が報告されたが [2] 検出感度は  $\beta$  線計測より劣る。そこで国内で初となる AMS による  $^{90}\text{Sr}$  の定量法を新たに開発する。AMS による新たな手法は、妨害となる同重体  $^{90}\text{Zr}$  は物質中のエネルギー損失の違いによって分離識別できる。また同重体  $^{90}\text{Y}$  に関しては永続平衡に達しても  $^{90}\text{Sr}$  の約 4000 分の 1 しか存在しない。 $^{90}\text{Sr}$  を直接計数する AMS では  $^{90}\text{Y}$  の妨害はほぼ無視できる。以上のことから、迅速かつ高感度に  $^{90}\text{Sr}$  を定量できる強力なツールになることが期待される。

#### 2. 実験方法

筑波大学の 6 MV タンデム加速器施設にて実験

を行った (図 1、表 1)。

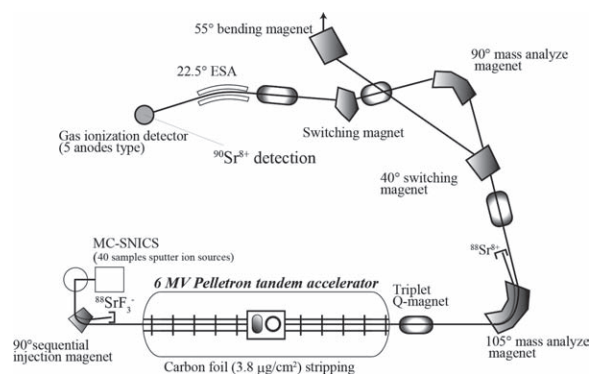


図 1 筑波大学  $^{90}\text{Sr}$ -AMS システム

表 1 加速器システムのパラメータ

試料形態	$\text{SrF}_2$
引き出しビーム	$^{88}\text{SrF}_3^-$
加速電圧	6MV
荷電変換	炭素薄膜 ( $3.8 \text{ mg/cm}^2$ )
検出イオン	$^{90}\text{Sr}^{8+}$
ビームエネルギー	51.8MeV
検出器ガス	イソブタン
検出器入射窓	$\text{Si}_3\text{N}_4$ (膜厚: 75mm)

$^{90}\text{Sr}$  の測定において問題となるのが Cs スパッタリングイオン源からの負イオンビームの引き出しである。Sr は電子親和力が低いため、単原子負イオンを形成しない。従って、 $\text{SrF}_2$  試料から負分子イオンビームを引き出す試みを行った。また  $\text{SrF}_2$  は不導体であり、Cs スパッタの際に試料がチャージアップ起こし、ビーム引き出しが不安定になる恐れがある。その為導電性の  $\text{PbF}_2$  粉末を  $\text{SrF}_2:\text{PbF}_2 = 1:4$  (重量比) で混合した。

測定系では質量分析電磁石や静電偏向分析器による質量・エネルギー識別をして検出器に入射しているが、同重体  $^{90}\text{Zr}$  は分離できないので重大な妨害となる。この妨害を減らすために5枚電極型電離箱を粒子検出器として用いた(図2)。同重体  $^{90}\text{Zr}$  と目的核種  $^{90}\text{Sr}$  をより効果的に分離識別するために電極前半部分(dE1+dE2)と後半部分(dE4+dE5)のエネルギー損失を2次元プロットにすることを行う試みをした。

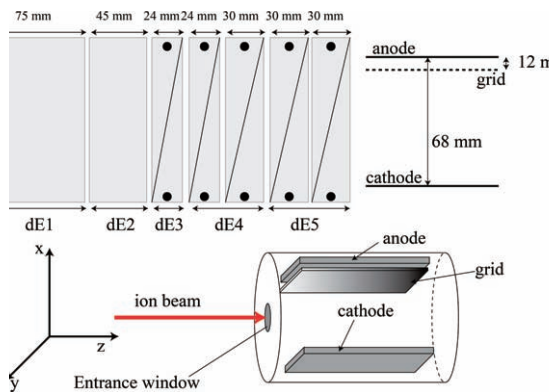


図2 5枚電極型電離箱の構造

AMSでは実試料の同位体比補正に標準試料が必要不可欠である。そこで、IAEAが世界中の放射線測定施設の測定値相互評価を行うのに用いている試料から標準試料の作成を試みた。この試料はIAEAが信頼性の高い $^{90}\text{Sr}$ 濃度を公表しているためAMSの標準試料として適している。

### 3. 実験結果

$\text{SrF}_2$  と  $\text{PbF}_2$  の混合粉末試料からの負分子イオンビームの引き出しについては、 $^{88}\text{SF}_3^-$  を最大400 nAを引き出すことができた。また、イソブタン 30 Torr を検出器に封入することによって $^{90}\text{Zr}$  を分離することに成功し、国内初となるAMSによる $^{90}\text{Sr}$  の検出に成功した(図3)。3種類の標準試料を作製し、測定系、標準試料に問題がなく実試料の測定が可能であることを確認した(図4)。図4は横軸が既知の同位体比、縦軸が測定された同位体比を示す。検出限界は $^{90}\text{Sr}/\text{Sr} \sim 5.5 \times 10^{-13}$  ( $\sim 3$  mBq)、測定精度 $\sim 3\%$  ( $^{90}\text{Sr}/\text{Sr} \sim 10^{-10}$ ) を達成した。

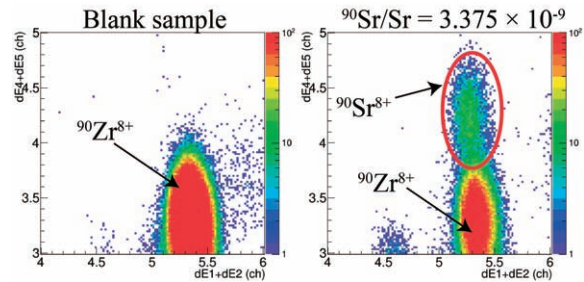


図3 ブランク試料と標準試料の測定結果

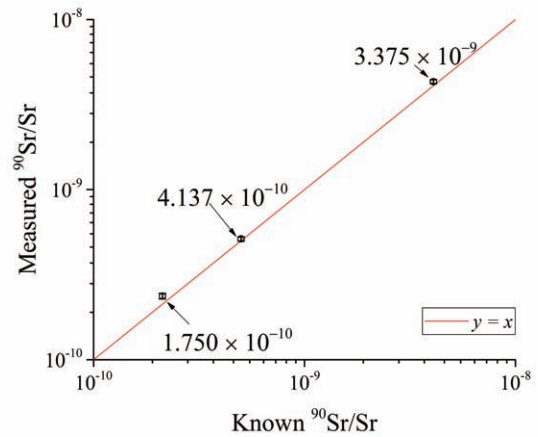


図4 標準試料の測定結果

### 4. 考察・まとめ

現在 $^{90}\text{Sr}$ をAMSによって検出できる施設は10 MV タンデム加速器を所有する米国ローレンスリバモア国立研究所のみであり、その検出限界は $^{90}\text{Sr}/\text{Sr} \sim 5.98 \times 10^{-13}$ である[3]。本研究においては世界最高の測定性能をより低いビームエネルギーで達成することができた。また、従来の $^{90}\text{Sr}$ 定量方法と比較しても $\beta$ 線計測と同等の検出限界で迅速測定ができる結果を得た。

### 5. 今後の展望

今後は $\beta$ 線計測を上回る検出限界( $^{90}\text{Sr}/\text{Sr} \sim 10^{-14}$ )を得るためにイオン源の改良によるビーム電流の増加、検出器の改良を行う。

### 参考文献

- [1] R. A. Muller, Science, 196 (1977) 489-494.
- [2] Y. Takagai et al., Anal. Meth., 6 (2013) 355-362.
- [3] S.J. Tumey et al., Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry 282 (2009) 821-824.

## 特集 (2017 日本放射化学会年会 若手優秀発表賞受賞者による研究紹介)

### 環境からウシの歯への Sr-90、Cs-137 の移行機構

小荒井一真<sup>1</sup>、木野康志<sup>1</sup>、西山純平<sup>1</sup>、金子拓<sup>2</sup>、高橋温<sup>3</sup>、鈴木敏彦<sup>4,5</sup>、  
清水良央<sup>4</sup>、千葉美麗<sup>4</sup>、小坂健<sup>4,5</sup>、佐々木啓一<sup>4</sup>、漆原佑介<sup>6</sup>、福田智一<sup>7</sup>、  
磯貝恵美子<sup>8</sup>、岡壽崇<sup>1,9</sup>、関根勉<sup>1,9</sup>、福本学<sup>10</sup>、篠田壽<sup>4</sup>  
(東北大院・理<sup>1</sup>、東北大・理<sup>2</sup>、東北大・病院<sup>3</sup>、東北大院・歯<sup>4</sup>、東北大・災害研<sup>5</sup>、  
東北大院・医<sup>6</sup>、岩手大・理工<sup>7</sup>、東北大院・農<sup>8</sup>、東北大・高教機構<sup>9</sup>、東京医大<sup>10</sup>)



#### 1. はじめに

歯は生体内でも特徴的な代謝メカニズムをもつ組織の1つである。Caの基質への沈着は形成時期がほとんどで、形成後の組織の入れ替わりはごくわずかである。この特徴に注目し、我々は福島第一原発(FNPP)事故に伴う旧警戒区域内で採取された被災ウシの歯のSr-90を歯ごとに測定した。その結果、FNPP事故時点で形成途中であったウシの歯が、事故によって放出されたSr-90を取り込んでいたことを明らかにした(1)。また、Cs-137は、Sr-90とは異なり、歯の形成後にも取り込まれることを示した(2)。

これまでの研究結果から、歯はSr-90とCs-137の環境汚染の指標となる可能性がある。特に歯中のSr-90は、形成時期の取り込み量が保存されるため、歯種毎にその形成時期での環境汚染を反映することが期待される。そこで、我々は、Sr-90、Cs-137およびその安定同位体の含有量を、環境試料とウシの歯種ごとに定量した。本稿では、環境中から歯へのSr-90とCs-137の移行機構を明らかにし、歯中のSr-90、Cs-137が環境汚染の指標となる可能性を示す。なお、歯中のSr-90の測定結果は文献(1)、Sr-90の環境中での移行に関する結果は文献(3)に基づく。

#### 2. 実験

福島県内旧警戒区域内の大熊町(FNPPより西に5 km)において、2頭のウシからそれぞれ9本の歯を採取した。これらのウシは、FNPP事故後野生化していた。ウシの年齢は全て2歳以下で、

事故時点で形成が終了した歯と形成が開始していない歯の2種類が混在していた。それぞれの歯は、粉碎・乾燥し測定試料とした。また、ウシの採取地点付近で土壌試料と植物試料を採取した。土壌は表面から2 cm程度まで採取した。土壌は風乾し測定試料とした。放射能測定後、風乾土壌から超純水ならびに1 M酢酸アンモニウム水溶液に可溶性成分を抽出した。抽出された水溶液を、本研究において「可給態(Exchangeable fraction)」と呼称する。植物はウシが現地で摂取していたと考えられる、稲わらと野草を採取した。それぞれの試料は乾燥し、測定に使用した。

Sr-90の化学分離法は、歯の分析には発煙硝酸法を、土壌ならびに可給態の分析にはSr resin法を採用した。それぞれの分離法の詳細は、文献中に記載してある(1, 3)。Sr-90・Y-90のβ線の測定は、低バックグラウンド2πガスフロー検出器によって行った。Cs-137は、試料を100 mLのU8型容器に均一に詰め、Ge半導体検出器を用いたγ線スペクトロメトリーにより定量した。また、SrとCsの安定同位体は、ICP-AESまたはICP-MSで測定した。

#### 3. 結果と考察

Sr-90やCs-137とその同位体は生体内で区別されないが、環境中では初期状態が違うため、これらの核種の化学的な挙動は必ずしも一致するとは限らない。このため、本研究では、環境中での事故放出核種の挙動を明らかにするために、試料の比放射能を比較した。Fig. 1は、歯(Cattle tooth)、可給態(Exchangeable fraction)、土壌(Bulk soil)中におけるSr-90比放射能(Sr-90の放射能/安定Sr重量)を示す。ウシの歯は、事故前後

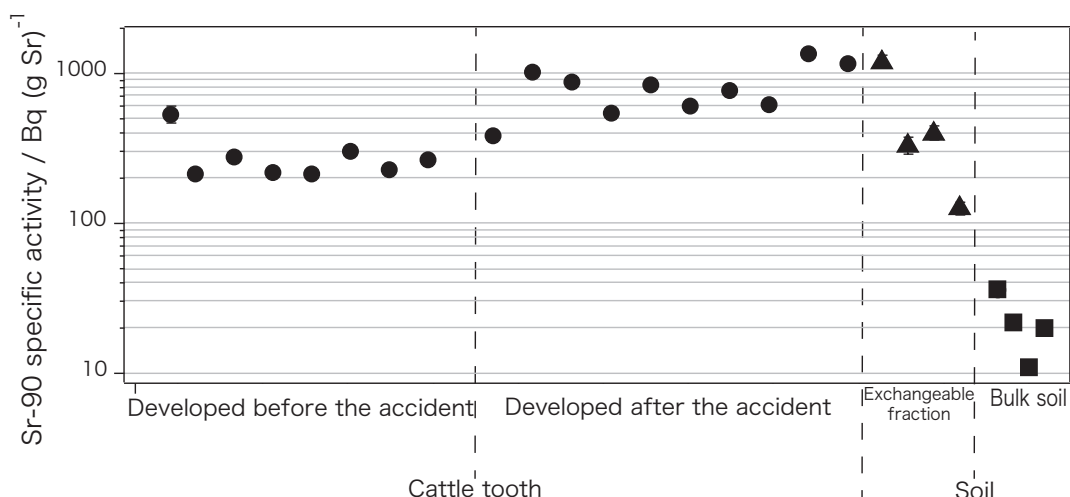


Fig. 1 Sr-90 specific activity in cattle tooth and soil. Data are taken from our previous report (1 and 3). Error bars represent the counting errors of  $\beta$ -ray measurements.

で形成に伴う Sr-90 取り込み量が異なるため、形成の時期が事故前 (Cattle tooth, developed before the accident) か事故後 (Cattle tooth, developed after the accident) かで 2 種類に分類した。可給態の比放射能は、もとの土壌の比放射能よりも高い値であった。また、歯の比放射能は、事故後に形成された歯の比放射能が可給態と同程度であり、事故前に形成された歯はそれ以下の値であった。

まず、可給態と土壌の比放射能の差は、FNPP 事故により飛散した Sr-90 が環境中に存在する安定 Sr よりも溶出しやすいことを示している。環境中での Sr-90 と安定 Sr の溶解度の違いは、次のように理解できる。事故により環境中に飛散した Sr-90 は、土壌鉱物の表面に付着、もしくは吸着しているため溶出しやすい。一方で、安定 Sr は元々環境中に存在し、Sr-90 に比べ多くが土壌鉱物内部に存在するため、溶出しづらい。

これまでの我々の測定結果から、事故後に形成されたウシの歯の Sr-90 は、環境中の Sr-90 汚染を反映すると予想された (1)。事故後に形成された歯と可給態の比放射能が近い値であったことから、歯中 Sr-90 は可給態の汚染を反映していることが示唆された。生物は Sr-90 と安定 Sr を区別できないため、歯中と可給態中の Sr-90 比放射能が等しければ、歯中の Sr-90 は可給態を経由したことを示唆していると考えられる。よって、事故後に形成された歯は、形成時期の環境中 Sr-90 汚

染の指標となると考えられる。

Fig. 2 は、歯 (Cattle tooth)、植物 (Plant)、可給態 (Exchangeable fraction)、土壌 (Bulk soil) 中における Cs-137 比放射能を示す。歯への Cs-137 の取り込みは、形成に関わらないため (2)、Fig. 1 と異なり Fig. 2 では形成時期により歯を区別しなかった。比放射能は可給態、植物の 2 つの値が同程度であり、歯と土壌の比放射能はそれらよりわずかに低かった。まず、土壌と可給態を比較する。可給態の比放射能がもとの土壌よりも高い要因は、Cs-137 が安定 Cs よりも溶出しやすいためであると考えられる。これは、Sr-90 同様に Cs-137 が FNPP 事故により沈着したため、鉱物に完全に吸着されていないためであると考えられる。植物の比放射能は、可給態の比放射能とほぼ等しかったが、1 桁以上低い値の試料もあった。可給態よりも比放射能の低い植物は、FNPP 事故以前に収穫された稲わらで、事故後の可給態との関連はない。歯の比放射能は、植物と同等かそれ以下の値であった。Sr-90 の測定から、歯の形成期は可給態の影響を受けているが、Cs-137 は、形成後も代謝により歯に取り込まれるため、稲わらの低い比放射能が影響していると考えられる。ただし、Cs は歯との結合が弱いので、代謝速度は速いと考えられる。したがって、歯の Cs-137 比放射能は採取直前の環境汚染を反映していると考えられる。

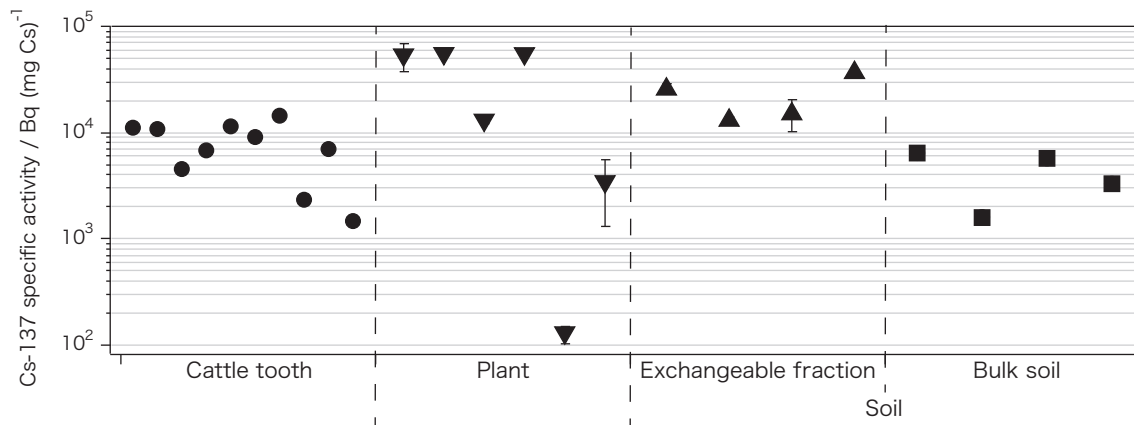


Fig. 2 Cs-137 specific activity in cattle tooth, plant, and soil. Error bars represent the counting errors of  $\beta$ -ray measurements.

#### 4. まとめ

本研究では、FNPP 事故後の環境中での Sr-90 と Cs-137 比放射能とウシの歯の比放射能の関連性を考察した。環境中からウシの歯への移行機構から、事故後に形成された歯が、形成時期における環境中の Sr-90 の汚染を記録していること、歯中の Cs-137 は、採取時の直近の環境汚染の指標になると考えられる。現在、FNPP 事故により放出された Sr-90 と Cs-137 の環境中での分布や振る舞いの全容は明らかになっていない。広範囲にわたって多量の植物を摂取する大型動物は環境調査の手段として有効であり、汚染の記録を残す歯は、過去の汚染の記録を調べる特異な試料となる。本研究は FNPP 事故後の環境汚染を評価するにあたり重要な 1 ピースとなり得る。

#### 参考文献

- (1) K. Koarai, Y. Kino, A. Takahashi, T. Suzuki, Y. Shimizu, M. Chiba, K. Osaka, K. Sasaki, T. Fukuda, E. Isogai, H. Yamashiro, T. Oka, T. Sekine, M. Fukumoto, *Sci. Rep.*, 6, 24077 (2016).
- (2) 小荒井一真, 木野康志, 高橋温, 鈴木敏彦, 清水良央, 千葉美麗, 小坂健, 佐々木啓一, 福田智一, 磯貝恵美子, 岡壽崇, 関根勉, 福本学, 篠田壽, *Proceedings of the 15th Workshop on Environmental Radioactivity*, 202-207 (2017).
- (3) K. Koarai, Y. Kino, A. Takahashi, T. Suzuki, Y. Shimizu, M. Chiba, K. Osaka, K. Sasaki, T. Fukuda, E. Isogai, H. Yamashiro, T. Oka, T. Sekine, M. Fukumoto, *J. Environ. Radioact.*, 183, 1-6 (2018).

## 特集 (2017 日本放射化学会年会 若手優秀発表賞受賞者による研究紹介)

### 鉄原子へのミュオン捕獲現象の化学状態による影響

南部明弘<sup>1</sup>、二宮和彦<sup>1</sup>、稲垣 誠<sup>1</sup>、工藤拓人<sup>2</sup>、寺田健太郎<sup>1</sup>、  
佐藤朗<sup>1</sup>、友野大<sup>3</sup>、川島祥孝<sup>3</sup>、篠原厚<sup>1</sup>  
(阪大院理<sup>1</sup>、阪大理<sup>2</sup>、阪大 RCNP<sup>3</sup>)



原子は原子核と電子が束縛することによってできている。このため、負電荷をもつ素粒子であるミュオンも同様に「ミュオン原子軌道」を作り、原子核に束縛

されてミュオン原子を形成することができる。ミュオンは電子の 207 倍もの質量をもっているため、ミュオンの軌道半径は電子よりもずっと小さい。にもかかわらず、ミュオンが原子に捕獲されるときには分子の立体構造や隣接原子の種類などの化学形によって影響を受けることがわかっている。このことは、ミュオン捕獲に電子の状態が影響していることを示している。このミュオン捕獲における化学効果は、ミュオン捕獲現象に関わる基礎科学の観点から興味深いだけでなく、化学効果を利用して、ミュオン原子形成後に放出されるミュオン特性 X 線を用いた化学元素分析法への応用の観点からも重要である。

これまでミュオン特性 X 線の放出確率の化学効果を系統的に調べた研究は少ない。また、d 電子元素に注目して、結合している元素の違いによるミュオンの捕獲確率に注目した研究は進んでいない。そこで本研究では多様な化学形を取りうる鉄に注目した。様々な鉄化合物におけるミュオン原子生成実験を行い、放出されるミュオン特性 X 線を精密に測定することによって、d 電子の状態が鉄原子のミュオン捕獲確率や、ミュオン特性 X 線尾放出確率など、ミュオン捕獲現象に及ぼす化学効果の影響を調べた。

実験は 2017 年 6 月に大阪大学核物理研究センターのミュオンビームライン MuSIC にて行った。Fe の金属板および成型した Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、FeS、FeO、FeCl<sub>2</sub> 粉末を設置し、Fig. 1 に示すセットアップ

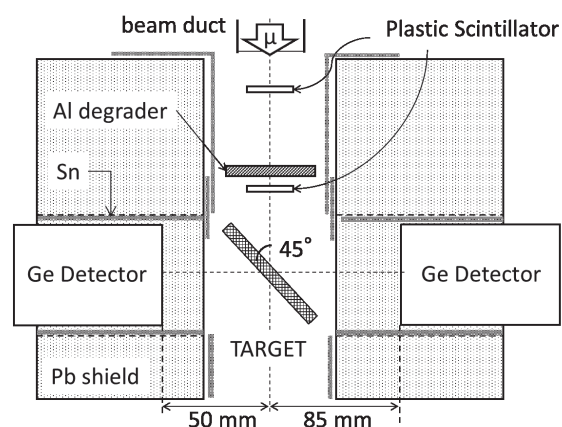


Fig. 1 Schematic view of the experimental setup

で 4-5 時間程度ずつミュオンの照射をおこなった。照射したミュオンが試料中で停止し、ミュオン原子が形成したのちに放出されるミュオン特性 X 線を 2 台のゲルマニウム半導体検出器で測定した。ミュオンの加速器からの入射タイミングをプラスチックシンチレーターで検出し、コインシデンスをとることによって、Fig. 2 に示すようなミュオン特性 X 線スペクトルを得た。ミュオン

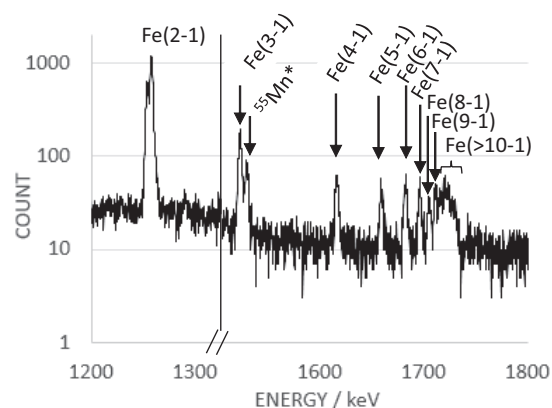


Fig. 2 Muonic X-ray spectrum for metal iron sample

は捕獲後 1s 軌道へと遷移するので、それぞれの試料に対して、ミュオン特性 X 線のうち主量子数の変化が (n-1) に対応する Lyman 系列の強度を積算することで、各元素のミュオン捕獲数を決定した。さらに、化合物中の原子数で補正することで、各元素へのミュオン捕獲比  $A(\text{Fe}/X)$  を決定した。結果を Table 1 に示す。特に FeO, FeCl<sub>2</sub> の化学形については、今回の実験により初めてミュオン捕獲比の値を決定することができた。これらの値は、ミュオン X 線による非破壊元素分析手法の応用に向けた重要な基礎データとなる。

Table 1 Per atom muon capture ratios  $A(\text{Fe}/X)$  for various iron compounds

	This work	Exp
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.12 ± 0.14	3.21 ± 0.20 <sup>[1]</sup>
FeO	3.57 ± 0.14	
FeS	2.16 ± 0.07	3.03 ± 0.17 <sup>[2]</sup>
FeCl <sub>2</sub>	2.26 ± 0.07	
FeCl <sub>3</sub>		2.01 ± 0.35 <sup>[3]</sup>
FeF <sub>3</sub>		2.44 ± 0.39 <sup>[2]</sup>

また、ミュオン X 線構造について詳細な解析をすることで、それぞれの化学形の間でピーク強度比に差を生じていることが分かった。これはミュオンが原子に捕獲される時の初期の準位（量子状態）の違いを反映していると考えられる。それぞれの X 線構造を再現するようにミュオンの脱励起過程をシミュレートすることで [4]、それぞれの化学形において Fe 原子にミュオンが捕獲された初期の準位を求めた。ミュオンが主量子数 n=16 に存在するときの角運動量量子数の分布を Fig. 3 に示す。各鉄の化合物間では、ミュオン特

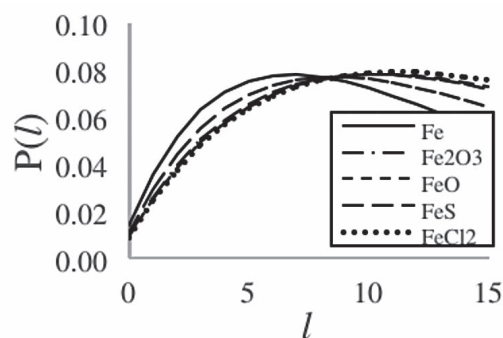


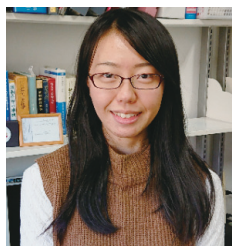
Fig. 3 Calculated distribution of angular momentum quantum number of muon at n=16 state

性 X 線の放出確率の違いに応じて、初期の準位に違いがあることが分かった。例えば Fe の単体と FeS ではミュオンが角運動量量子数 1 の小さな軌道に捕獲されやすいのに対し、他の化学形では 1 の大きな軌道に捕獲されやすく、化学形によって捕獲される準位に違いがあることがわかった。この違いは、鉄の電荷や、バンド構造の違いによってミュオン捕獲に関わる d 電子の寄与が変化し、捕獲されたミュオンの捕獲準位に影響している可能性がある。

- [1] T. von Egidy *et al.*, Phys. Rev. A **23**, 427 (1981).
- [2] F. J. Hartmann *et al.*, Z. Phys. A **308**, 103 (1982).
- [3] H. Daniel *et al.*, Z. Phys. A **300**, 25 (1981).
- [4] V. R. Akylas *et al.*, Comput. Phys. Commun. **15**, 291 (1978).



## 特集 (2017 日本放射化学会年会 若手優秀発表賞受賞者による研究紹介)

Zr, Hf 塩化物の等温クロマトグラフィにおける  
カラム通過挙動に対する分子数の影響白井香里<sup>1</sup>、後藤真一<sup>1</sup>、大江一弘<sup>1</sup>、工藤久昭<sup>2</sup>(1 新潟大学大学院自然科学研究科、<sup>2</sup> 新潟大学理学部)

これまでに超重元素 Rf の化学的性質を解明するために、4 族元素塩化物の比較的高い揮発性を利用した気相化学研究が行われてきた。超重元素の気相化学では、揮発性化学

種のカラム表面における吸着相互作用がマクロ量の結晶における分子同士の相互作用と似ている場合、吸着エンタルピー ( $\Delta_{\text{ads}}H$ ) は昇華エンタルピー ( $\Delta_{\text{sub}}H$ ) と相関があり [1]、一度に 1 原子しか取り扱うことのできない超重元素のマクロ量の性質を求めることができると考えられている。これまで当研究室では、基礎研究としてマクロ量 (約  $10^{18}$  分子) およびトレーサ量 (約  $10^9$  分子) における Zr, Hf 塩化物のカラム通過挙動を詳細に調査してきた。その結果、マクロ量では  $|\Delta_{\text{ads}}H(\text{ZrCl}_4)| > |\Delta_{\text{ads}}H(\text{HfCl}_4)|$  となり、 $|\Delta_{\text{sub}}H|$  の大小関係と一致し、トレーサ量では  $|\Delta_{\text{ads}}H(\text{ZrCl}_4)| \approx |\Delta_{\text{ads}}H(\text{HfCl}_4)|$  とマクロ量と元素間の関係が異なっていた。この結果は、マクロ量ではカラム内に存在する分子数が多いことから、塩化物同士の相互作用が観測されている可能性を示唆している。そこで本研究では、カラムに導入する分子数によってカラム通過挙動が変化するのではないかと考え、カラムに導入する分子数をマクロ量からトレーサ量にかけて変化させ、Zr, Hf 塩化物のカラム通過挙動を詳細に調査した。

実験は石英ガラス製の直管を 3 つの電气管状炉で加熱できるようにし、キャリアガス流の上流側から塩素化反応部、塩化物捕集部、等温部とした。実験操作は、 $^{88}\text{Zr}$  ( $T_{1/2}=83.4$  d) および  $^{175}\text{Hf}$  ( $T_{1/2}=70$  d) トレーサを含む種々の濃度の塩化酸化物水溶液を塩素化反応部に設置したカーボ

ンフィルターに付着させ  $650^\circ\text{C}$  で空気とともに加熱して一旦酸化物を生成した。つぎに、四塩化炭素を飽和した He ガスを流し  $600^\circ\text{C}$  で四塩化物を生成し、揮発した四塩化物を  $75^\circ\text{C}$  の塩化物捕集部に捕集した。約 90 分後、四塩化炭素の供給を断ち、塩化物捕集部を四塩化物の揮発温度以上に加熱し揮発させ、あらかじめ所定の温度にしておいた等温部カラム (内径 4.0 mm、長さ 30 cm) に導入した。カラムを通過した四塩化物を水冷捕集部にて捕集し、一定時間ごとに放射能を Ge 半導体検出器で測定して累積収率を得た。

従来のカラム通過モデル [2] による Monte Carlo simulation で解析したところ、トレーサ量から分子数を増やしていくと、 $\text{HfCl}_4$  は  $10^{14}$  分子、 $\text{ZrCl}_4$  は  $10^{15}$  分子から、 $|\Delta_{\text{ads}}H|$  が小さくなり、 $10^{18}$  分子を超えるとそれぞれのマクロ量の  $|\Delta_{\text{ads}}H|$  の値に至るという通過分子数ごとに異なる  $|\Delta_{\text{ads}}H|$  となることが分かった。従来のカラム通過モデルでは「揮発性化学種があるを  $|\Delta_{\text{ads}}H|$  示す 1 種類の吸着サイトでの相互作用」を考えており、今回の結果は通過分子数により異なる  $\Delta_{\text{ads}}H$  を示す表面が存在することを意味する。そこで、四塩化物との相互作用が石英カラム表面と四塩化物同士の 2 種類のみであると仮定し、表面が石英表面の場合は  $|\Delta_{\text{ads}}H(\text{tracer})|$ 、四塩化物の場合は  $|\Delta_{\text{ads}}H(\text{macro})|$  として、従来の計算コードを修正した。このとき、四塩化物は何層吸着してもは変化せず、また四塩化物がどちらの吸着サイトに吸着するかはランダムとした。

カラム表面の吸着サイトが四塩化物である割合を被覆率  $\theta$  とし、新たなカラム通過モデルで解析した結果を Fig. 1 に示す。すべてのカラム通過分子数において特定の被覆率  $\theta$  で実験結果をよく再現した。

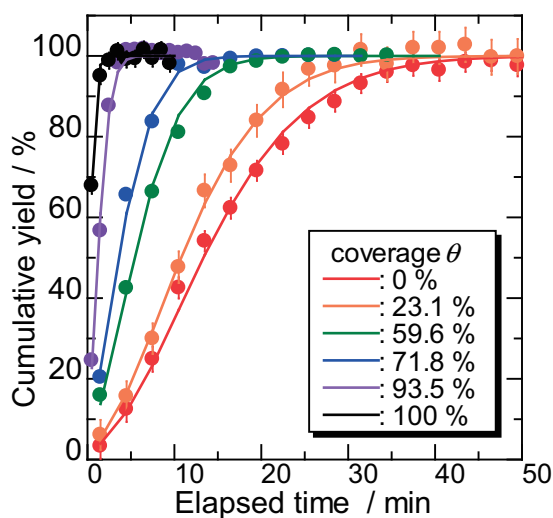


Fig. 1 Results of fitting by modified column passing model for  $ZrCl_4$  at  $T_{iso}$  140 °C.

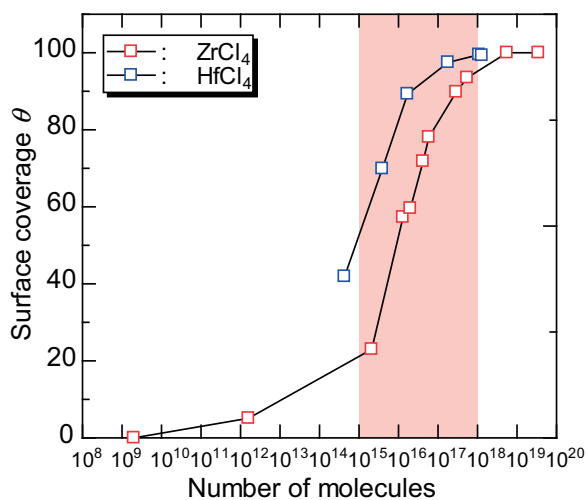


Fig. 2 Surface coverage vs. the number of molecules passed through the column for  $ZrCl_4$  and  $HfCl_4$ .

Fig. 2 にカラム通過分子数に対する被覆率を示す。  $10^{15} \sim 10^{18}$  分子で被覆率が著しく変化していることが分かる。石英表面へのイオンの吸着量を求めた研究によると [3]、吸着サイトの濃度は  $10^9 \text{ mol cm}^{-2}$  と求められている。本研究で利用したカラムの内径 (4 mm) からすると、カラム長 1 cm あたり約  $10^{15}$  個の吸着サイトが存在することとなる。これは被覆率の変化が顕著になる分子数と一致する。したがって、分子数が  $10^{15}$  個程度では、四塩化物がカラムを通過する際の平均のバンド長がおおよそ 1 cm 程度になると考えられる。

この実験により、マクロ量からトレーサ量にかけての  $ZrCl_4$  および  $HfCl_4$  のカラム通過挙動を 2 種類の吸着サイトによるカラム通過モデルで再現できることが示された。また、 $ZrCl_4$  と  $HfCl_4$  では、同じ化学種同士の相互作用は石英表面と異なっており、これは  $|\Delta_{ads}H|$  から化合物の揮発性の程度を求めることができるという仮定が成立しないことを意味する。

今後、 $ZrCl_4$  と  $HfCl_4$  とで違いが現れるような表面を持つカラムの探索などを進めていこうと考えている。

#### 引用文献

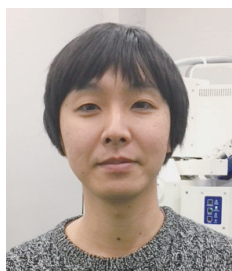
- [1] B. Eichler *et al.*, *J. phys. Chem. A* **103**, 9296 (1999).
- [2] I. Zvára, *Radiochim. Acta* **38**, 95 (1985).
- [3] H. C. Li, *Massachusetts Institute of Technology Ph. D. thesis.* **25** (1958).

## 特集 (2017 日本放射化学会年会 若手優秀発表賞受賞者による研究紹介)

### 東京湾底質中の鉄の化学状態を指標とした 海水中の溶存酸素量の推定方法に関する研究

小森昌史<sup>1,2</sup>、小豆川勝見<sup>1</sup>、松尾基之<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 東大院総合、<sup>2</sup> 横浜市環境科学研究所)



東京湾のように閉鎖的な内湾では「貧酸素水塊」と呼ばれる、溶存酸素量が極端に少ない水塊が頻繁に発生することが知られている。貧酸素水塊は、生物の生息環境を悪化させ、漁業

や養殖業、さらには生物多様性の保全にとって深刻な影響を与えている。

この問題を解決するためには、貧酸素水塊の発生原因を特定し、その有効な改善策を検証することが重要であるが、その前段階として、海水中の溶存酸素量のモニタリングが不可欠である。千葉県幕張沖には浚渫工事により自然海底より深くなっている窪地があり、その特殊な地形が貧酸素水塊の発生原因のひとつだと考えられている<sup>1</sup>。東京湾にはいくつかの水質モニタリングポストがあり、定期的に溶存酸素量を含む水質データが収集されているが、貧酸素水塊の原因になりうる浚渫窪地のような特殊な環境下での水質データは著しく不足している。

そこで我々は海底質中の鉄の化学状態から、底質堆積当時の海水の溶存酸素量を推定する方法を研究している。水質を直接モニタリングするのではなく、底質から推定することで、長期間のモニタリングを必要とせず、一度のサンプリングで過去を含めた多くの水質情報を得られるというメリットがある。

鉄は酸素が多い酸化的环境下では+3価の酸化数を取り、逆に酸素が少ない還元的环境下では+2価の酸化数をとる。また酸素が多い環境では酸化鉄が生成するが、酸素が少ない環境では酸化鉄は生成しにくい。これらの性質を利用し、海底質中の鉄の価数や化学種から、堆積当時の溶存

酸素量を推定することができる。

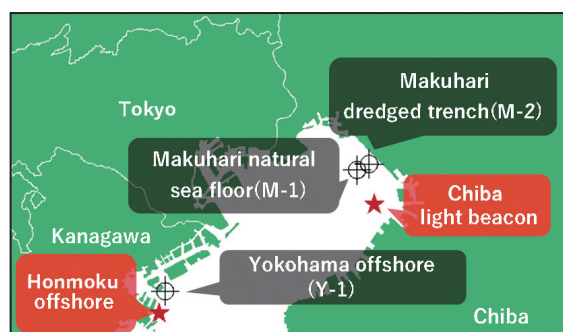


Fig. 1 Sampling locations (⊕) and water quality monitoring posts (★)

横浜沖 (Y-1)、幕張沖自然海底 (M-1)、幕張沖浚渫窪地 (M-2) の3地点 (Fig. 1) において、HR型不攪乱柱状採泥器 ( $\phi 11$  cm) を用いて底質コアサンプルを採取した。得られたコアはおよそ2 cmごとに切り分けて層別の試料とし、それぞれ室温下で<sup>57</sup>Feメスbauer分光法による鉄の化学状態の分析を行った。また湾中央および湾奥の代表的な水質データとして、本牧沖と千葉灯標の2地点の水質測定点 (Fig. 1) で測定された底層水の溶存酸素量を参照し、Fig. 2にその時間推移を示した。2003年～2014年における溶存酸素量の平均値は、千葉灯標で4.96 mg/L、本牧沖で5.67 mg/Lであった。また溶存酸素量の1か月ごとの平均値が貧酸素水塊の基準となる2.5 mg/Lを下回った頻度は、千葉灯標で23%、本牧沖で9%であった。これらのことから湾中央の本牧沖に比べ、湾奥の幕張沖では溶存酸素量が平均して低く、貧酸素水塊の発生頻度も高いことが明らかである。

地点ごとに、層別試料の鉄の化学状態別存在比を表したグラフおよび代表的な浅層試料のメスbauerスペクトルをFig. 3～Fig. 5に示す。地

点 Y-1 では切り分けた試料の全層で maghemite ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) のスペクトルに近い、酸化鉄由来の (反) 強磁性の sextet が観測された。一方で、M-1 および M-2 では酸化鉄由来の sextet は表層を含む一部の層でしか観測されなかった。このことから、横浜沖では幕張沖に比べ平均的に酸化的环境下にあったことが推定されるが、これは水質データとも一致している。

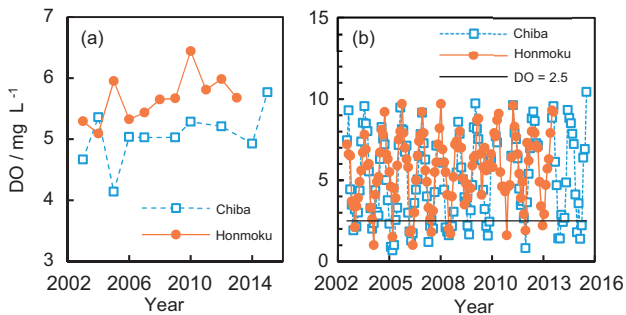


Fig. 2 Dissolved Oxygen in bottom water  
(a) Average for 1 year (b) Average for 1 month

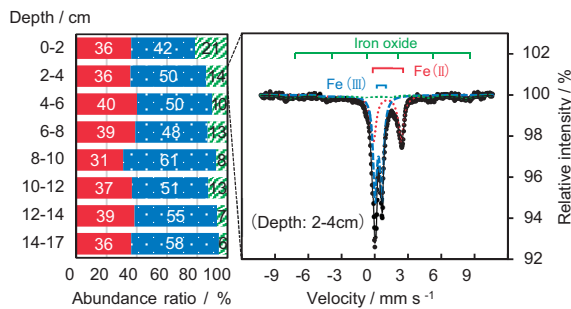


Fig. 3 [Y-1] Abundance ratio in each chemical state of iron (left) and Mössbauer spectrum (right)  
(Common caption in Fig. 3-5)

■ Paramagnetic Fe(II) ■ Paramagnetic Fe(III)  
■ (anti) ferromagnetic Iron oxide

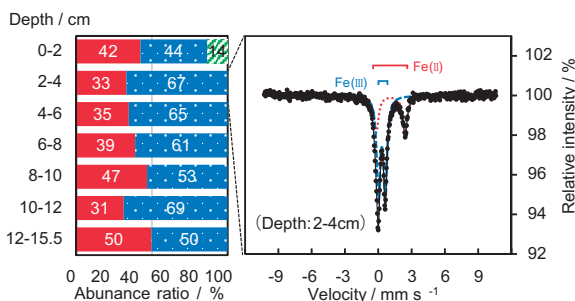


Fig. 4 [M-1] Abundance ratio in each chemical state of iron (left) and Mössbauer spectrum (right)

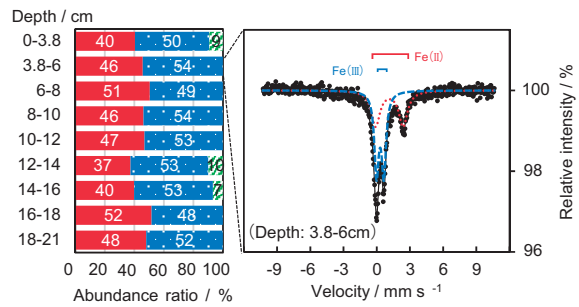


Fig. 5 [M-2] Abundance ratio in each chemical state of iron (left) and Mössbauer spectrum (right)

観測された doublet に着目すると、全ての地点の全ての試料で常磁性高スピン Fe(III) に由来する doublet と常磁性高スピン Fe(II) に由来する doublet が観測された。地点ごとに Fe(II) の存在比 (全層の平均値) を比較すると、Y-1 (36.8%) < M-1 (39.6%) < M-2 (45.2%) となっていた。このことから横浜沖が幕張沖に比べて酸化的环境下にあったことが推定され、こちらも水質データと矛盾しない結果であった。さらに採取地点がごく近傍であるにもかかわらず M-1 に比べ、M-2 で Fe(II) の割合が多くなっていたことから、浚渫窪地の特殊な地形が還元的環境の主要な原因である可能性が高いといえる。

このように、海底質中の鉄の化学状態別の存在比は、海水中の溶存酸素量データと矛盾せず、溶存酸素量のよい指標となることが示唆された。また水質データが少なかった幕張沖の浚渫窪地という特殊な地形において、周囲に比べて還元的環境であることが裏付けられ、貧酸素水塊の発生源の特定に有用な情報が得られた。今後は鉄化学種により細かい同定や、他元素の濃度情報などを用いて、本手法の高精度化および他地点への応用を目指していく。

## 引用文献

- (1) 中村由行、「我が国における浚渫跡地の現状と修復」、海洋理工学会誌、12 (2)、43-50 (2006)

## 特集 (2017 日本放射化学会年会 若手優秀発表賞受賞者による研究紹介)

 $^{233}\text{U}$  の  $\alpha$  線-電子コインシデンス測定による  $^{229\text{m}}\text{Th}$  の内部転換電子観測の試み

重河優大<sup>1</sup>、笠松良崇<sup>1</sup>、安田勇輝<sup>1</sup>、篠原 厚<sup>1</sup>、Simon Stellmer<sup>2</sup>,  
 Georgy A. Kazakov<sup>2</sup>, Veronika Rosecker<sup>2</sup>, Thorsten Schumm<sup>2</sup>  
 (大阪大学大学院理学研究科<sup>1</sup>、ウィーン工科大学<sup>2</sup>)



$^{229\text{m}}\text{Th}$  は  $^{229}\text{Th}$  の第一励起準位であり、 $7.8 \pm 0.5$  eV [1, 2] という非常に小さな励起エネルギーを持つ核種です。励起エネルギーが価電子の結合エネルギー程度であるため、化学状態に応じた壊変過程そのものの変化 (内部転換または  $\gamma$  線放出) や、化学状態に応じた 100% 以上の半減期変化など、非常に面白い現象が観測される可能性があります [3]、また、 $^{229\text{g}}\text{Th}$  を  $^{229\text{m}}\text{Th}$  にレーザーを用いて励起することで、既存の原子時計よりも精度の高い原子核時計を作製できると期待されており [4]、応用面でも非常に興味深い核種です。しかし、 $^{229\text{m}}\text{Th}$  が脱励起する際に放出される内部転換電子や  $\gamma$  線を検出しようという各国のグループの試みは、長年の間失敗に終わっていました。昨年度ついに、ミュンヘンのグループにより  $^{229\text{m}}\text{Th}$  由来の内部転換電子の観測に成功したことが報告され [5]、さらに内部転換半減期が  $7 \mu\text{s}$  であることも報告されました [6]。しかしながら、 $^{229\text{m}}\text{Th}$  の内部転換電子のエネルギーについては未だに報告されていません。7.8 eV という励起エネルギーの値は、 $^{229}\text{Th}$  の 29.2 keV の励起準位から基底状態に落ちる際の  $\gamma$  線と  $^{229\text{m}}\text{Th}$  に落ちる際の  $\gamma$  線のエネルギーの差を取ることで間接的に求められた値であり、内部転換電子のエネルギーを測定できれば、励起エネルギーの値を直接的に決定することができます。そこで我々は、 $^{229\text{m}}\text{Th}$  の内部転換電子のエネルギーの決定を目指して、 $^{233}\text{U}$  の  $\alpha$  線-電子コインシデンス (同時計数) 測定を行うことにしました。この研究のスキームを Fig. 1 に示します。Fig. 1. (left) のように、 $^{233}\text{U}$  線源の下に Si 半導体検出器を設置

し、 $\alpha$  線を検出します。 $\alpha$  線の反対方向に娘核の  $^{229\text{m}}\text{Th}$  (分岐比: 2%) が 84 keV の反跳エネルギーを持って放出されるので、それを Stopping layer に捕獲します。Stopping layer 内で中性化された  $^{229\text{m}}\text{Th}$  から  $7 \mu\text{s}$  程度の半減期で内部転換電子が放出されるので、それを MCP 検出器によって検出するというスキームです。Fig. 1. (right) のように、 $\alpha$  線検出からの経過時間を横軸、電子のカウント数を縦軸にとると、ミュンヘンのグループの報告が正しければ、 $^{229\text{m}}\text{Th}$  の内部転換電子に由来した  $7 \mu\text{s}$  程度の半減期の減衰曲線が得られると考えられます。そして、Fig. 1. (left) のように、Stopping layer と MCP 検出器の間に負電圧を印可し、負電圧の大きさに対する減衰曲線の強度変化を測定することで、内部転換電子のエネルギーを求めることができます。また、この実験では Stopping layer の種類を変えることで内部転換半減期の化学状態依存性を調べることができると期待しました。本研究は、ウィーン工科大学における海外インターンシップの一環として行いました (Fig. 2)。ウィーン工科大学の Schumm 教授らは、 $^{229\text{m}}\text{Th}$  原子核時計の作製を目指したプロジェクト (Nuclock) を主催しており、ヨーロッパや日本の研究者と多様な共同研究を行っています。

し、 $\alpha$  線を検出します。 $\alpha$  線の反対方向に娘核の  $^{229\text{m}}\text{Th}$  (分岐比: 2%) が 84 keV の反跳エネルギーを持って放出されるので、それを Stopping layer に捕獲します。Stopping layer 内で中性化された  $^{229\text{m}}\text{Th}$  から  $7 \mu\text{s}$  程度の半減期で内部転換電子が放出されるので、それを MCP 検出器によって検出するというスキームです。Fig. 1. (right) のように、 $\alpha$  線検出からの経過時間を横軸、電子のカウント数を縦軸にとると、ミュンヘンのグループの報告が正しければ、 $^{229\text{m}}\text{Th}$  の内部転換電子に由来した  $7 \mu\text{s}$  程度の半減期の減衰曲線が得られると考えられます。そして、Fig. 1. (left) のように、Stopping layer と MCP 検出器の間に負電圧を印可し、負電圧の大きさに対する減衰曲線の強度変化を測定することで、内部転換電子のエネルギーを求めることができます。また、この実験では Stopping layer の種類を変えることで内部転換半減期の化学状態依存性を調べることができると期待しました。本研究は、ウィーン工科大学における海外インターンシップの一環として行いました (Fig. 2)。ウィーン工科大学の Schumm 教授らは、 $^{229\text{m}}\text{Th}$  原子核時計の作製を目指したプロジェクト (Nuclock) を主催しており、ヨーロッパや日本の研究者と多様な共同研究を行っています。

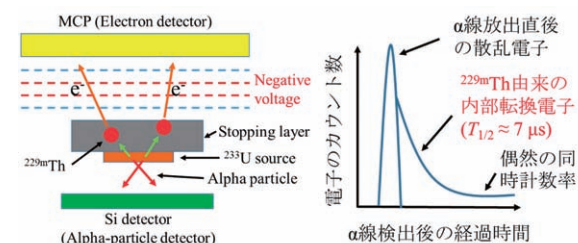


Fig. 1. Schematic view of the alpha-electron coincidence measurement of  $^{233}\text{U}$  (left) and the expected time spectrum (right).

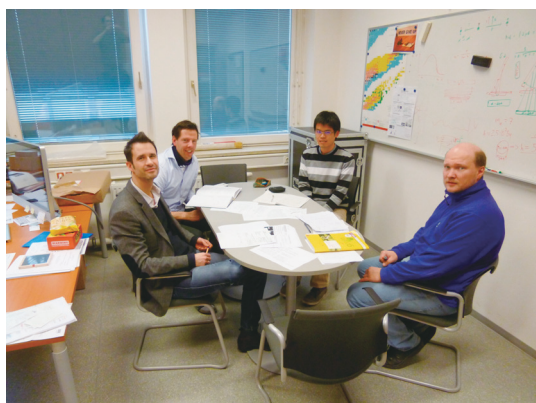


Fig. 2. The picture taken in the Vienna University of Technology. Front left: Prof. Dr. Thorsten Schumm, rear left: Dr. Simon Stellmer, front right: Dr. Georgy A. Kazakov, rear right: author.

実験の内容を以下に示します。まず、 $^{233}\text{U}$ を含む溶液を Si 検出器上でフリーズドライ法によって蒸発乾固させることで、 $^{233}\text{U}$  薄膜（厚さ 15 nm 程度）を作製しました。今回は、 $^{233}\text{U}$  薄膜自体を Stopping layer とした場合の結果のみを示します。 $^{233}\text{U}$  を薄膜にする必要があるのは、84 keV の  $^{229\text{m}}\text{Th}$  の飛程が 15 nm 程度であり、数 eV 程度の内部転換電子の平均自由行程が数 nm 程度であるからです。この試料について、 $\alpha$  線検出の時間情報及びエネルギー情報、電子検出の時間情報を測定し、 $\alpha$  線のエネルギーごとに Fig. 1. (right) のような時間スペクトルを得ました。

Fig. 3 に、負電圧 0 V のときに得られた時間スペクトルを、 $^{233}\text{U}$  の  $\alpha$  線ピーク領域 (4801-4850 keV) と  $^{232}\text{U}$  のピーク領域 (5301-5350 keV) について示します。 $^{233}\text{U}$  のピーク領域については予想通り  $7\ \mu\text{s}$  程度の半減期の減衰曲線が観測されたものの、 $^{232}\text{U}$  のピーク領域についても同様の減衰曲線が観測されてしまいました。したがって、今回観測された減衰曲線は  $^{229\text{m}}\text{Th}$  の内部転換電子由来ではないと考えられます。負電圧の大きさを変えて時間スペクトルを取得すると、Fig. 4 のような結果が得られました。 $-2.0\ \text{V}$  の電圧で、減衰曲線の強度が大きく減少していることから、観測された減衰曲線は数 eV 程度のエネルギーを持つ電子由来であると考えられます。この低エネルギー電子は、 $^{229}\text{Th}$  の持つ大きな反跳エネルギーによって  $^{233}\text{U}$  薄膜に格子欠陥ができ、それが緩

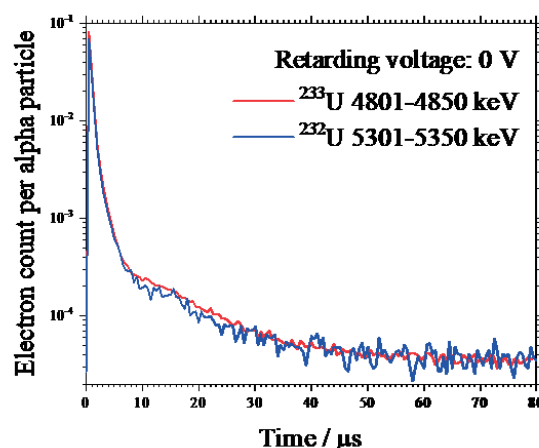


Fig. 3. Time spectra for the  $^{233}\text{U}$  alpha peak (red) and the  $^{232}\text{U}$  alpha peak (blue) when the retarding voltage was 0.0 V.

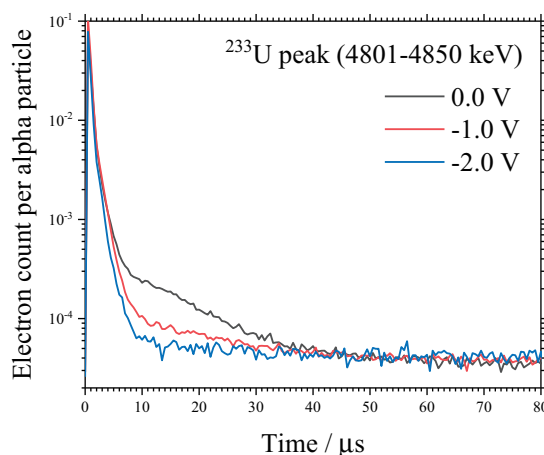


Fig. 4. Time spectra for the  $^{233}\text{U}$  alpha peak depending on the retarding voltage (0.0, -1.0, and -2.0 V).

和する際に発生したと考えられます。 $^{229\text{m}}\text{Th}$  の内部転換電子の強度は、計算上、 $^{233}\text{U}$  の  $\alpha$  線 1 個当たり  $10^{-7}\sim 10^{-6}$  であるのに対し、上記の実験で観測された減衰曲線の強度は  $10^{-5}\sim 10^{-4}$  程度であるため、比較的寿命の長い低エネルギー電子成分が測定のための大きな妨害となることがわかりました。 $^{233}\text{U}$  線源の作製方法や Stopping layer の種類を変えても同様の妨害電子成分が観測されたことから、 $^{233}\text{U}$  の  $\alpha$  線—電子コインシデンス測定では、 $^{229\text{m}}\text{Th}$  由来の内部転換電子を検出することは難しいと結論付けられました。

現在は、 $^{229}\text{Ac}$  が  $\beta$  壊変によって  $^{229\text{m}}\text{Th}$  になることを利用した、 $\beta$  線—電子コインシデンス測定

の実施を進めています。この系では、 $^{229}\text{Th}$ の反跳エネルギーが数 eV 程度と小さいため、格子欠陥の緩和由来と考えられる妨害電子成分が大きく低減すると期待されます。さらに、 $^{229}\text{Ac}$ から $^{229\text{m}}\text{Th}$ が生成される際の分岐比は、 $^{233}\text{U}$ から生成される際の分岐比(2%)よりも大きい(10%以上)と考えられ、コインシデンス測定におけるS/Nが大きく向上すると期待されます。難しい点は、 $^{229}\text{Ac}$ の半減期がわずかに62.7分であり、原子炉や加速器でしか製造できないということです。我々は、 $^{232}\text{Th}(p, \alpha)^{229}\text{Ac}$ 反応を利用して $^{229}\text{Ac}$ を製造し、大量に発生する核分裂生成物から $^{229}\text{Ac}$ を迅速に化学的手法により精製するための基礎実験を行っています。精製方法が確立すれば、 $^{229}\text{Ac}$ を電着して $\beta$ 線—電子コインシデンス測定を行うことで、 $^{229\text{m}}\text{Th}$ 由来の内部転換電子の検出およびエネルギーの決定が可能になると考えています。

#### 引用文献

- [1] B. R. Beck et al., Phys. Rev. Lett. **98**, 142501 (2007).
- [2] B. R. Beck et al., LLNL-PROC-415170 (2009).
- [3] F. F. Karpeshin and M. B. Trzhaskovskaya, Phys. Rev. **C76**, 054313 (2007).
- [4] E. Peik and Chr. Tamm, Europhys. Lett. **61**, 181 (2003).
- [5] Lars von der Wense, Benedict Seiferle, Mustapha Laatiaoui, Jürgen B. Neumayr, Hans-Jörg Maier, Hans-Friedrich Wirth, Christoph Mokry, Jörg Runke, Klaus Eberhardt, Christoph E. Düllmann, Norbert G. Trautmann, and Peter G. Thirolf, Natrue **533**, 47 (2016).
- [6] Benedict Seiferle, Lars von der Wense, and Peter G. Thirolf, Phys. Rev. Lett. **118**, 042501 (2017).

## ニュース

### RCNP-MuSIC が本格運転を開始

二宮和彦（大阪大学大学院理学研究科）

大阪大学核物理研究センター（RCNP）において、392 MeV 陽子を一次ビームとする素粒子ミュオン（ミュオン）利用施設、MuSIC (Muon Science Innovative muon beam Channel) が稼動している [1]。これまで世界にミュオン利用施設は、J-PARC (Japan Proton Accelerator Research Complex、茨城県東海村)、TRIUMF (カナダ)、RAL (Rutherford Appleton Laboratory、英国)、PSI (Paul Scherrer Institut、スイス) の 4ヶ所しかなかったが、これに新たに RCNP-MuSIC が加わった。

ミュオン利用施設においては、高エネルギーの陽子をグラファイト等の標的に当てて、パイオン（パイ中間子）を生成し、これが 26 ナノ秒の寿命で崩壊して生成するミュオンを収集することで得られる。RCNP-MuSIC は世界で唯一、パイオンを生成する標的と、ミュオンを収集するシステムが一体化した、非常にユニークな構造を持っている (図 1) [1, 2]。これにより、わずか 400 W 程度の加速器出力（一次ビームは 392 MeV 陽子が  $1 \mu\text{A}$  の強度）で、数 100 kW という 1000 倍のビーム強度を持つ他のミュオン利用施設と同等のミュオンビーム強度を達成した。

RCNP-MuSIC は 2009 年から建設が始まり、

2013 年にはミュオンを取り出すビームライン (M1 ビームライン) が整備された (図 2) [1]。装置グループによるビーム調整が進められ、2017 年 2 月には定格の  $1.1 \mu\text{A}$  の陽子ビームを受け入れた (図 3)。これにより正電荷ミュオンのビームとして  $1 \times 10^5 / \text{s}$  (運動量 29 MeV/c)、正電荷ミュオンのビームとして  $2 \times 10^4 / \text{s}$  (運動量 60 MeV/c) を達成した。装置グループによるビーム調整課題とは別に、2016 年から共同利用研究が始まっており、本稿執筆時まですでに 6 課題が実施されている。

これまで得られている装置課題や、共同利用実験について、典型的な成果について述べる。ミュオン研究でもっともユーザーの多い研究は正電荷ミュオンを用いた  $\mu\text{SR}$  実験 [3] では、偏極したミュオンスピンの速い回転の観測に成功した [4]。また、負電荷ミュオンを用いた実験では、ミュオン特性 X 線測定による元素分析 [5] が行われており、炭素質コンドライト隕石のミュオン特性 X 線測定により、炭素の定量から隕石の分類が行われた [6]。

ミュオンビームは、一次ビームのビーム構造からひとつひとつのミュオンが短い時間間隔で飛来する直流ビームと、比較的長い (数 10 ミリ秒)

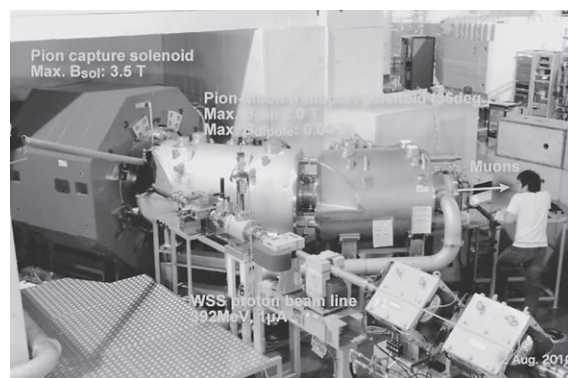
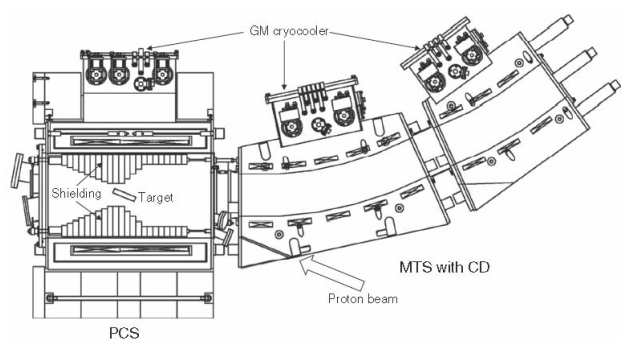


図 1 : (left) Layout of pion production and muon collection section of MuSIC beam line [2] and (right) its photograph [1].



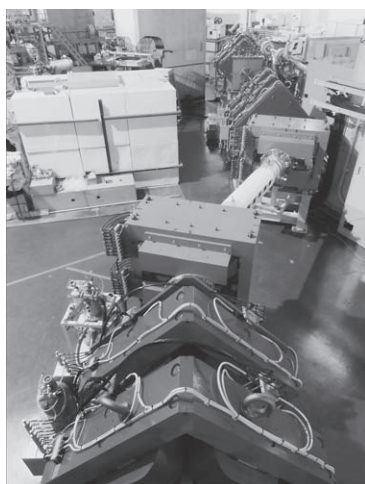


図 2 : Photograph of RCNP-MuSIC-M1 beam line [1].

繰り返し周期で一度に多くのミュオンが飛来するパルスビームの 2 種類に分けることができる。サイクロトロンからの陽子ビームを利用している RCNP-MuSIC は直流ビームであり、同様の時間構造を持っている施設は TRIUMF と PSI である。一方でパルスミュオンは J-PARC と RAL で利用できる。すなわち、日本国内では直流ビームとパルスビームの両方が利用できるミュオン施設が整備されたことになる。直流ビームとパルスビームの利用は互いに相補的で、例えば  $\mu$ SR 実験においては、連続ビームは早いミュオンの動きを見ることができ、逆にパルスビームでは遅い動きを見るのに適している。このように、日本国内に居ながら、それぞれのビーム構造を生かした実験を行うことが可能となっており、今後ミュオン利用の研究が日本国内で発展していくことが期待される。

RCNP は全国共同利用施設であり、ミュオン利用実験の環境は世界に開かれている（もちろん陽子ビーム利用実験も）。例年 2 月および 8 月に実



図 3 : Group photo of RCNP-MuSIC commission team.

験申請募集が行われている。ビームタイム申請の詳細に関しては RCNP のウェブサイトに掲載されている [7]。

#### 引用文献

- [1] 大阪大学核物理研究センター / 大阪大学大学院理学研究科 MuSIC 大強度 DC ミュオンビーム施設ウェブサイト (<http://www.rcnp.osaka-u.ac.jp/RCNPhome/music/>)
- [2] S. Cook et al., Phys. Rev. Accel. Beams 20, 030101 (2017) 030101
- [3] 小林俊一編 「物性測定の進歩 I - NMR,  $\mu$ SR, STM -」丸善株式会社 (1997)
- [4] D. Tomono et. al., RCNP Annual Report (2016)
- [5] 二宮和彦 「放射化学」第 29 号 (2014) 9-14
- [6] K. Terada et. al., Sci. Rep., 7, (2017) 15478
- [7] 大阪大学核物理研究センターウェブサイト (<http://www.rcnp.osaka-u.ac.jp/>)

## 2017 若手の会から

### 単独では維持することが困難な分科会について 若手の会の現状とこれから

佐藤志彦（日本原子力研究開発機構）

矢納慎也（理化学研究所）

吉田 剛（高エネルギー加速器研究機構）

#### はじめに

利用者の減少により「当社単独では維持することが困難な線区」を公表した大手鉄道会社のことは記憶に新しいと思う。一方、我々が日本放射化学会においても有志単独では維持が困難な分科会があることをご存じだろうか？「若手の会」という日本放射化学会年会・放射化学討論会に合わせて開催される若手が中心となり実施されてきた放射化学会の分科会の事である。この会は概ね 30 代を上限とした若手研究者で構成されており、研究内容の議論を取っ掛かりにして若手同士で親交を深めることを目的としている。特に他の研究機関とのつながりが薄い学生にとっては貴重な交流の場となっている。

我々は「若手の会」からの提案として、「若手の会」を運営する常設委員会を設置する提案を 2017 年総会（於：筑波大学）において発議した。本件については、事前の周知が不十分な中で発議となったことをこの場にてお詫び申し上げる。しかし最も多くの放射化学会員の集まる場所で、若手の会の現状についてお伝えたく、総会を選ばせていただいたことにご理解賜りたい。「若手の会」はこれまでも放射化学会内において、同じ研究分野を志す若手の集まりとして活動を展開してきた。しかしながら「若手の会」は次第に活動の維持が困難な状況に陥ってしまっている。本文では、若手の会の現状をお伝えするとともに、「若手の会」を今後長期に渡り、持続可能な組織とするために必要な施策について提案を行う。

#### 「若手の会」の今

「若手の会」は少なくとも 1984 年には実体のある「若手の会」としての活動が行われており、実

に 30 年以上もの期間に渡り継続されてきている（写真 1）。これは新潟大学放射化学研究室に保管されていた「若手の会」の活動記録ノートに残されていた記録であり、「若手の会」が独立した分科会として活動してきた何よりの根拠でもある。「若手の会」の活動記録ノートによると、当時の「若手の会」の活動は、招待講演や研究室紹介、その後の親睦会に加え、学会時の宿舎幹旋、ポスター賞授与など、幾つもの取り組みが行われてきた。特に宿舎の幹旋は、現在のようにインターネットが充実していなかった時代に、安価な宿を確保できたことに加え、若手が同じ宿に泊まることで、寝床がそのまま親睦会の会場になっていた等、充実していたことが記録に残されている。ぜひ当時を知る諸兄弟から当時の事を直接お聞きして参考にしたいものである。一方、2005 年以降の「若手の会」は学会初日の夜に開催され、その後親睦会という流れに落ち着いている。様々な理由により、ここ 10 年程は簡略化された形式で開催されている「若手の会」であるが、このような簡略化された会であっても、継続が困難になってきている。次に今の若手の会が抱える問題について紹介する。

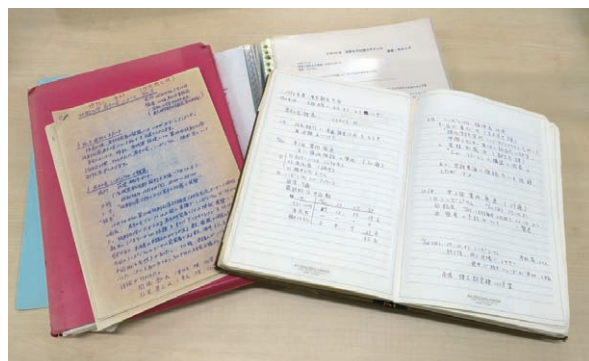


写真 1 新潟大学に保管されていた若手の会ノート

## 課題1 世話人の枯渇

表1に示すのは直近の世話人の状況である。この表を俯瞰すると、複数回世話人を担当された方がいる上に、出身大学という観点を加えれば、ほぼ関西の核化学研究活動が活発な大学関係者が世話人を歴任している。放射化学会自体は全国で開催されているが、次年度の開催地の若手が当年の若手の会に参加していない、もしくは若手がいな

い場合、世話人の引き継ぎができず、必然的に常連の若手が世話人を引き受けている状態である。また、これまでの世話人は博士課程、もしくは修了後も残っている若手が主だったが、「若手の会」がどこにどのような若手がいるか把握しきれておらず世話人候補者を挙げることも困難である。このような状況が継続しており、特定の有志に負担が集中してしまっている。

表1 直近8年の世話人

年度	主催機関	世話人(敬称略)	世話人所属	世話人出身
2010	大阪大	(大江)	大阪大	大阪大
2011	信州大	大江	新潟大	大阪大
2012	東工大	大野	学習院	
2013(APSORC)	金沢大	木下・坂口	清水建設・広島大	金沢大
2014	名古屋大	大江	新潟大	大阪大
2015	東北大	小森	理研	大阪大
2016	新潟大学	(佐藤(大))	新潟大	新潟大
2017	筑波大	佐藤(志)	JAEA	筑波大

世話人名カッコ書きは当時学生

## 課題2 時代に即した連絡体制の構築

次に連絡体制構築の必要性である。以前は郵便ベースでの連絡が行われて、さらに本当の初期には若手の会ニュースが紙ベースで発行され、会期報告等がなされていた。しかし近年は若手の会の開催案内も学会メーリングリストを利用した、電子メールベースの連絡に変化した。放射化学会に必ず出席する常連校であれば、メーリングリストで漏れることはないが、それ以外の参加者、たとえば指導教員は会員だが学生は非会員というケースだと連絡が行き届かない。学会の主催機関と世話人が同一であれば参加者登録者名簿を使用することも考えられるが、異なる場合の連絡手段は学会メーリングリストが主となり、十分に会の開催を周知することができない。また世話人の問題のところでも述べた、どの大学に世話人候補者となる会員がいるかも把握しきれていない。そして、「若手の会」独自に個人名やメールアドレスを含む個人情報の収集を行う事は、個人情報保護

に厳しい昨今において困難であると考えられる。

## 課題3 学会内での活動の周知

最後は「若手の会」の存在と意義が、会員の中に周知されていないため、参加者が固定されがちなことである。「若手の会」の活動と位置づけが不明確であり、新参者の参加を躊躇わせている。「若手の会」は若手の自発的な活動により形成されているが故に、「若手の会」独自に参加者に対する具体的なベネフィットを提示することが困難である。もし「若手の会」が委員会形式を取ることが出来れば組織立った行動が可能であり、新規参加者に明確なベネフィットを提示することも不可能では無い。

## 若手委員会(仮称)の検討

「若手の会」の現状で述べた課題を解決するためには、持続可能な世話人の確保、学生・若手会員への連絡体制の整備、学会活動における「若手

の会」の位置付けが必要である。また過去から受け継がれてきた、若手の会ノートの継承も重要である。その解決手段の1つとして「若手の会」を常設の委員会が主宰する学会活動とすることで、再度、若手にとって役立つ会とすることを検討した。委員会化した場合、世話人は委員に選任された若手と年会主催機関の若手と合同で現行の年会中の「若手の会」を開催する。委員の構成は若手研究者と現役学生を半分ずつとし、長くとも任期を3年とすることで人材の循環を促す。また若手会員の管理を学会の会員管理と並行して行うことで委員の後継者を確保する。さらに委員会化によって、これまでの「若手の会」にとらわれないさまざまな企画が可能になると期待され（詳細は4節に示す）、結果的に学生会員になり若手（とりわけ学生会員）として活動することに因るベネフィットを享受できるようにする。

#### 若手委員会（仮称）における活動

若手委員会（仮）で検討されている活動内容を以下に示す。

##### 1. 年会時の「若手の会」を開催

過去の例に倣うと初日の昼に開催されていた若手の会を、年会・討論会実行委員会と調整の上、昼、午後一セッションを利用して行う。また項目4にも関連する招待講演を開催する。

##### 2. 核化学夏の学校における若手向け企画の実施

核化学夏の学校は、同分科会の夏の風物詩イベントであるが、同時に若手の会に関わる多くのメンバーも参加している。新たな取り組みとして若手向けの企画を会期の前に半日程度追加する。年会がデビュー戦となる学生にもあらかじめ年会参加者と顔合わせをすることで、早期にコミュニケーションを図れるようにする。また企画内容についても口頭発表技術の向上に関する研修など、単純な講演会等で終わらせず、今後の研究活動に誰しものが役立つ内容を予定している。

##### 3. 若手の会から学会へ意見を届ける機能を付加する。

若手からの意見を取りまとめる組織として、学会への提言の窓口機能を果たす。具体的には、学生会員制度や学生会員の年会費について、昨今の若者がどのように考え、どのようにすればより魅力的なのかを提案できればと考えている。学生に近い立場だからこそ吸い上げられる意見があると考えており、放射化学会の未来を担う若手会員数の充実に資すると考えている。

##### 4. 他学会所属の若手による招待講演を企画

項目1の若手の会において主イベントとして、他学会に所属する若手による招待講演を企画する。また放射化学会への勧誘を行う。福島事故以降、放射化学会は様々な分野のエキスパートが集まる総合学会として発展してきたが、同時に若手層に切り込む新たな取り組みが必要である。本項目で実施する手法は、他学会で活躍する優秀な人材を取り込む作戦で、学会の裾野を広げる活動である。

##### 5. 若手会員の他学会への派遣

本会会員（個人）が所属していない他学会に発表者として派遣し、放射化学会所属の若手がすばらしい仕事をしていることを対外的にアピールする。その際、所属等で旅費が支給されない場合や、必要な登録費を負担できるようにする。

#### おわりに

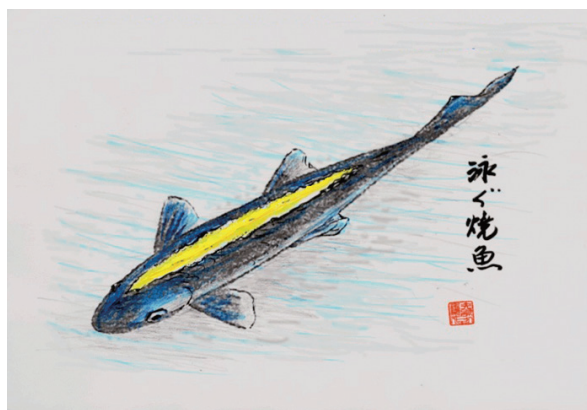
「若手の会」は30年以上の歴史があり、他の学協会でも行われている同様の会と比べかなり先駆的な組織であったことが窺える。しかし大学教室の統廃合などを経て、放射化学会に直接関わる若手は減少している。その一方で、これまで放射化学会と関わりの薄かった研究者が、福島第一原子力発電所事故をきっかけに年会に参加するようになる等、新たな参加者が増えてきたことも確かである。幅広い分野の融合学会である放射化学会を成長させるためにも、若手会員の増加と活発な活動は不可欠であり、会員の皆様におかれては、本趣旨にご賛同いただき、若手の活動にご指導、ご理解をお願い申し上げます。

## コラム

### 「泳ぐ焼魚」という絵

酒井陽一（大同大学）

本会のメールニュース（隔月）は、2018年2月初めに17号を発刊した。ニュースの数は全81となったが、そのなかの2つに「泳ぐ焼魚」と題する絵が登場する【1】。名誉会員である佐野博敏氏の筆によるものであるが、メールニュースでは紹介できなかった絵は以下である。



東京都立大学元総長、大妻女子大学名誉学長である佐野氏は、メスバウアー分光法に黎明期から着目し、放射化学、無機化学に応用した先達で国際的に高名である。2001年日本放射化学会賞・木村賞【2】、日本化学会賞（昭和62年度）などの受賞者でもある化学者、教育者だが、俳句、俳画の達人の顔ももつ。もう一つの顔は、大学を退職後に見せてくれたのであるが、広島原子爆弾の入市被爆者、その体験を語り継ぐ語り部としてのものである。「泳ぐ焼魚」は、17歳の佐野氏が原子爆弾被災直後の広島で見たものを描いたものである。

本稿では、絵とともに、それを描くに至った体験を、NHK放送番組「ラジオ深夜便」で佐野氏が語った内容【3】の要約として紹介する。

#### 戦争の惨事で見えた人間の極限状態

##### 大竹にて（発端）

17歳の佐野氏（広島工業専門学校に在学中）は、勤労作業のため派遣されていた大竹町（現大竹市、広島市より約25km）で、昭和20年（1945年）8月6日朝始業前、広島方向にピカッと光、ドンという爆音とともに、きのこ雲を目撃した。昼過ぎ頃広島市内から戻ってきた負傷者の話から、広島の様状を知った。

##### 広島へ

深夜、勤労していた工場（三菱化成工業）の蒸気船で、広島市内の自宅にいた母上の身を案じて、被爆地に向った。7日朝4時半ころ到着するが、河岸に近づいたとき「泳ぐ焼魚」を目撃する。被爆して、皮が焼け、背びれを失い、中の肉を露出し、それでも生きているフナであった。1年後、目撃時の記憶を振り返り、絵として残すことになる。

##### 広島で

悲惨な被災状態を見ながら、爆心地近くの自宅にたどりつくが母上の姿は見つけれない。それから、市内の負傷者収容所を廻り、また、遺体の浮かぶ川面などを捜索し続けた。6日目の朝連絡が入り【4】、隣村の負傷者収容所にいた母上の消息がわかり再会することができた。

##### 被爆者と科学者の立場で見た原爆

##### 放射化学へ

戦後、東京大学、同大学院に進んだ佐野氏は、所属していた研究室がビキニ環礁の水爆実験の死の灰の分析を行ったことを機に、放射化学の研究の道に入って行く。母上は放射能というということで反対したが、「無知でいるのは、戦争中の英語教育廃止の過ちと同じ」との思いからだった。研究テーマの一つであった「ホットアトム化学」の物理化学的な現象と、広島原爆投下・破壊との類似性に、佐野氏は注目している。核戦争は、物質へのホットアトム効果のように、人間の社会

の集団的破壊に対応するという。

語り継ぐこと／まとめ

被爆体験を語ることは、東京都立大学総長を退職後で、大妻女子大学の学長に就いてからあった。「極限状態の体験」というテーマで学生への講演依頼を受け被爆体験について語ったが、学生の真摯な聴講態度、レポートに、純真な感受性に気づき、それ以降は、依頼されれば「語る」ことにしている。

被爆を実感できるかは、聞き手の想像力に期待するほかない。語る側も、誇張、省略なしでの客観的な姿勢が必要である。

- 【1】 本会メールニュース 4 号 (3) 「戦後 70 年、ヒロシマ語り部としての日本放射化学会名誉会員の活躍」 <http://www.radiochem.org/publ/jnrsmn/mn004.html>、15 号 (3) 「本会名誉会員、NHK ラジオで、入市（広島）被爆体験、放射化学、ホットアトム化学、核兵器を語る」 <http://www.radiochem.org/publ/jnrsmn/mn015.html>
- 【2】 佐野博敏;放射化学ニュース、6 号、1～9 ページ (2002) [http://www.radiochem.org/rad-nw/rad\\_nw06.pdf](http://www.radiochem.org/rad-nw/rad_nw06.pdf)
- 【3】 ラジオ深夜便 No.208 2017 年 11 月号 (50～55 ページ)  
(2017 年 8 月 8 日放送の NHK ラジオ深夜便の主要内容を文章化し、月刊誌「ラジオ深夜便」の記事として刊行されたもの)
- 【4】 8 月 8 日のラジオ放送をたまたま聴いた当時の同じ収容所の負傷者の家族から、佐野氏の母の所在連絡をしたとの連絡が、放送後すぐ佐野氏にあったとのことである (私信)。

## 会議報告

### 核化学夏の学校

高宮幸一（京都大学原子炉実験所）

第56回となる核化学夏の学校を2017年8月19日から21日の2泊3日の日程で本州最南端の地である和歌山県東牟婁郡串本町にある串本ロイヤルホテルにて、京都大学原子炉実験所がホストとなって開催しました。

本誌に掲載された過去数年分の核化学夏の学校の報告を眺めると開催日程の調整には毎回苦労をされているようですが、今回も早々に日程の検討を始めたにもかかわらず調整に難航しました。というのも、校長の所属する京都大学原子炉実験所の研究用原子炉（KUR）の利用運転の再開時期がなかなか確定できず、規制庁とのやり取りの様子を伺いながら7月になってようやく開催日程を決定することとなった次第です。日程の確定が遅れ、お盆の時期に重なってしまったこともあり、参加者は一般22名、学生8名という少人数での夏の学校となりました。アナウンスを待っておられた皆様、日程の合わなかった皆様にはたいへんご迷惑をお掛けしました。この場をお借りしてお詫び致します。

さて、今回の夏の学校の開催地である本州最南端に位置する串本町の周辺には多くの観光名所があるのですが（第五福龍丸が建造された地でもあります）、開催日程中にはエクスカッションを設けず、以下のような講演満載のプログラムで行いました。

8月19日（土）

- ・開校式、自己紹介
- ・話題提供 1：小森有希子氏（理研）「Frの錯形成反応」
- ・話題提供 2：吉田剛氏（KEK）「ミュオン原子化学の紹介」
- ・話題提供 3：吉田剛氏（KEK）「加速器を壊す話」
- ・話題提供 4：二宮和彦氏（阪大）「MuSICの本格運転開始について」

8月20日（日）

- ・話題提供 5：馬場 宏氏（阪大）「固形癌の数学モデル -放射線による癌と日常生活の中での癌-」
- ・話題提供 6：重河優大氏（阪大）「低エネルギー内部転換電子分光測定による、 $^{235m}\text{U}$ と $^{229m}\text{Th}$ の核壊変過程の研究」
- ・講義：上原章寛氏「ナノパーティクルの化学」
- ・話題提供 7：横山明彦氏（金沢大）「化学便覧基礎編改訂6版の編集について」
- ・話題提供 8：吉村崇氏（阪大）「放射線安全規制研究戦略的推進事業費について」
- ・話題提供 9：篠原 厚氏（阪大）「全国RIセンターとRI施設の組織化構想について」
- ・話題提供 10：張 子見氏（阪大）「オートラジオグラフィによる放射性粒子の定量法の今昔」
- ・話題提供 11：安田健一郎氏（JAEA）「Nuclear Forensics 概論」
- ・話題提供 12：佐藤志彦氏（JAEA）「2011年文科省マップ事業土壌の再測定-Cs同位体比を利用した研究のために-」
- ・話題提供 13：二宮和彦氏（JAEA）「福島県での土壌調査について」
- ・話題提供 14：高宮幸一氏（京大炉）「土壌試料中の放射性微粒子」
- ・話題提供 15：土屋晴文氏（JAEA）「中性子共鳴反応を利用した非破壊測定について」
- ・話題提供 16：篠原 厚氏（阪大）「放射化学が中心となるべき新学術研究（領域提案型）の申請についての意見交換」
- ・懇親会

8月21日（月）

- ・閉校式

話題提供では重元素化学、ミュオン化学、福島原発事故に関連した環境科学などの分野における最新の研究結果や装置開発の状況などを、苦労話や裏話を交えて伺うことができました。また、普段の学会や研究会では聞けないような話題も多く、そのうちのいくつかを簡単に紹介します。KEKの吉田剛氏からは「加速器を壊す話」という題目で、加速器のデコミッションングを行う際の問題点と問題解決のために必要な研究開発の状況についてのお話をいただきました。新型加速器の開発やビーム利用研究といった話を聞く機会は多くありますが、いかに廃止するかという重要な課題ではあるが後向き(?)なテーマに対して前向きに取り組まれており、新鮮でたいへん興味深いお話でした。大阪大名誉教授の馬場宏氏からは、新潟での放射化学討論会でも発表された、固形癌の発生メカニズムを数学モデルで再現する試みの進捗状況についてお話していただきましたが、そのバイタリティに私を含め参加者全員が圧倒されていました。金沢大の横山明彦氏による「化学便覧基礎編 改訂6版」の編集に関する話題では、配布された資料中に登場するイニシャルで表記された人物が誰かを推測するクイズを織り交ぜ(私は1名だけ分かりませんでした。)、編集作業の進捗状況や課題についてお話していただきました。阪大の吉村崇氏と篠原厚氏からは放射線安全規制研究戦略的推進事業費で進められている、合理的規制のためのデータ取得に関する研究やRIセンターを中心とした全国的なネットワーク構築に関する話題を提供していただきました。近年、原子炉施設のみならずRI取扱施設についても規制強化の波が迫っていることもあり、我々の分野の研究のさらなる推進とRI取扱施設の合理的な管理運営のために、今何をすべきかを改めて考える機会となりました。阪大の張子見氏には福島原発事故の発生後、不溶性の放射性微粒子が発見されてから特に注目されているオートラジオグラフィ法について、歴史を紐解きながら軽快にレビューしていただきました。JAEAの安田健一郎氏には、校長からの依頼に応じていただき Nuclear Forensics (核鑑識)に関する基礎講座的な話題提供をしていただきました。核鑑識に関する研究は日本国内ではあまり馴染みのない分

野ですので、この機会に勉強させていただこうと考えて無理なお願いをしたのですが、たいへん分かりやすく講義をしていただきました。また、当初はKURの利用運転再開に合わせて、中性子科学を中心とした京大炉のスタッフによる講義をいくつか検討していたのですが、運転再開直前の開催となってしまったため講師陣の都合が合わず計画倒れになってしまいました。JAEAの藤氏から同じくJAEAの土屋晴文氏を紹介していただき「中性子共鳴反応を利用した非破壊測定について」というタイトルでJAEAにおける中性子利用分析の現状や今後の進展についてのお話をしていただくことができました。今回の夏の学校での最後の話題提供では、阪大の篠原氏を中心に核化学、放射化学の進むべき方向性などについて議論を行いました。議論の材料として、2011年に阪大が世話人となって兵庫県赤穂市で開催された核化学夏の学校50周年記念行事で作成した「核化学これからの50年ロードマップ」が提示されました。当時から状況がほとんど変わっていないようなテーマがあったり、半ば希望として掲げていたような目標が実現していたりと、楽しく近年の研究動向を振り返ることができ、これから我々が進めていくべき研究の方向性をあらためて議論することができました。唯一の講義としては、校長の同僚である上原章寛氏に、氏が英国留学中に取り組まれたナノパーティクルへの電気化学的アプローチについて「ナノパーティクルの化学」と題して講義をしていただきました。校長からの講師紹介では説明不足でしたが、ナノパーティクルと核化学の親和性は非常に高く、核化学分野における新たな研究テーマを探るための第一歩となることを期待して講義をしていただきました。上原氏には夜の学校を含めた全日程に参加をしていただき、講師であるにも関わらず世話人側の仕事も手伝っていただき、たいへんお世話になりました。この場を借りてあらためて感謝致します。

開催場所として利用させていただいた申本ロイヤルホテルは、いわゆるリゾートホテルに類する大きなホテルですが、夜の学校の会場として宴会場を準備していただいたり、広い客室を深夜の学校用に手配していただいたり、営業担当の方に細かい配慮をしていただきました。そのおかげ



できゅうぎゅう詰め講義スケジュールの後はゆったりと濃密な時間を楽しむことができました。初日の受付の際に、次々と並べられる参加者からの酒類のお土産の多さにホテルのスタッフの方が驚いておられました。部屋の清掃時に空瓶の多さにもうひとつ驚いたとのことでした。

次回の第 57 回 核化学 夏の学校の世話人は、新

潟大の後藤先生にお引き受けいただくこととなりました。また、今回の夏の学校の開催にあたり日本放射化学会から事業経費補助金をいただき、学生の参加費軽減等の目的に利用させていただきました。ありがとうございました。最後になりますが、今回の夏の学校に参加していただいた皆さんに感謝致します。

## 会議報告

### 5<sup>th</sup> International Nuclear Chemistry Congress (5th-INCC・スウェーデン) に参加して

秋山和彦 (首都大学東京大学院理工学研究科)

2017年8月27日から9月1日の日程で開催された5<sup>th</sup> International Nuclear Chemistry Congress (5th-INCC) に参加した。第1回(2005年)のクサダシ(トルコ)から数えて、第5回となる本会議はバイキングの故郷とも言える北欧スウェーデン・ヨーテボリにおいて行われた。

ヨーテボリは北緯57度(東京は北緯35度)と北極圏に近く、出国時の東京は夏の真っ盛り(気温30度越え)であったがヨーテボリ空港ロビーを出ると晩秋の頃を思わせるほど寒く(気温16度)、北欧に来たのだと実感させられた。この頃の気候は日本に比べると比較的乾燥しており、日差しも強いので日向での体感温度は実際の気温ほど低くは感じない。実際、北欧の屈強な男子がTシャツ姿で闊歩している姿を何度も目にした。ヨーテボリ市はスウェーデン第2の都市で市を二分する形で中央にイエータ川が流れており、対岸にデンマークを望むカテガット海峡に接する港湾都市である。また、ヨーテボリ大学とチャルマース工科大学という歴史ある2つの大きな大学を抱える学術都市でもある。本会議はこのチャルマース工科大学を会場として行われた。

会議では23か国から約100名程度の出席者と、規模としては同時期に行われたAPSORC2017に比べて小さいものの、研究成果の報告に対して闊達な議論が行われた。例年、本会議は途上国を中心とした研究者の参加が多いが、今回は開催地域が北欧ということもあり、欧州からの参加者がほとんどであった。会議の雰囲気は概ね良好で、時折「ん？」と思わせるような質疑が飛び出ることもあったが、若手研究者による発表や質の高いものも多かった。

エクスカーションでは Calmers 大学の裏手にある棧橋から小型のフェリーに乗り、イエータ川

河口からカテガット海峡を北に進み、カールステン砦(Fortress Carlsten)でバイキング料理を中心としたディナーをとった。小型フェリーでの川下りではひとたび船上にでると非常に冷たい風が体を芯まで冷やしたが、その後の砦でバイキング料理と共に供されるワインをあおるための良いスパイスともなった。



Fig. 1 会場となった Calmers 工科大学



Fig. 2 エクスカーションで訪れた Fortress Carlsten

## 会議報告

### APSORC17に参加して

箕輪はるか（東京慈恵会医科大学）

第6回 Asia-Pacific Symposium on Radiochemistry (APSORC17) が、韓国 済州島 国際コンベンションセンターにて2017年9月17日～22日に開催された。4年に一度行われるアジア・太平洋地域における放射化学の国際会議で、近年はヨーロッパからの参加者も増えている。前回2013年の金沢での開催に続き、日本からも近い韓国のリゾート・アイランド済州島での開催であった。関西空港から直行便で1時間半、成田空港から2時間の距離である。開期直前に台風18号が九州へと近づき、特に西日本では大荒れの天気であったが、多くの参加者がなんとか無事に会場へと辿り着いた。到着すると台風一過の南国の青空が迎えてくれた。会場は済州島最大のリゾートエリア「中文(チュンムン)」にある大規模な国際会議場であった。ウエルカム・レセプションはオーシャンビューの5階フロアにて、スパークリングワインの栓が次々に抜かれ、1997年に初回が行われてから20年目となるこの会議に集えたことを喜び合った。

初日は、オープニングセレモニーと最初の講演に引き続きヘヴェシー賞の発表があった。ヘヴェシー賞は、ノーベル化学賞を受賞したハンガリーの科学者 G.Hevesy を記念して、1968年より毎年、放射科学や核科学の分野で優れた業績をあげた研究者に与えられる賞である。2017年のヘヴェシー賞は、スロバキアの Pavel P. Ponvic 氏へ高感度放射能分析技術の研究に対して贈られた。記念講演の後は4会場に分かれて分野ごとに発表と活発な質疑応答が行われた。2日目からは毎朝9時から40分間の基調講演があり、その後それぞれの会場へと分かれた。設けられたセッションは、核拡散防止問題、過酷事故と環境修復、核化学、核エネルギー、分離・分析技術、アクチノイド化学、核鑑識、環境放射能、放射線生態学、放射性薬剤、核・放射線教育などであった。福島原子力発電所事故による環境汚染や廃炉問題も依然として大き

なテーマではあるが、事故から6年を経て少し落ち着き、核鑑識技術、薬学への応用など新たな分野の発表も増えてきた様子であった。放射化学の意外な側面が発見できるのもこの学会の楽しみである。多岐にわたる分野の方が参加しているため、専門外の人からの質問も多く、演者がそれらに丁寧に答える場面がたびたびあり印象的であった。

ポスターセッションは学会1日目と3日目の夕方から行われた。広い会場では軽食が供され、和やかな雰囲気での議論となった。国際色豊かで、若い参加者も多く見られた。公式発表によると、参加者374名、21カ国、47セッション、発表論文301（基調講演6、口頭発表167、ポスター発表127、ヘヴェシー賞記念講演1）とのことである。国別参加者数では、地元韓国が圧倒的に多く、次いで日本、第3位が中国、この3国で85%を占め、第4位がアメリカ、以下は一桁台の参加者となっていた (Table1)。

大会2日目の午後には、エクスカーションが計画され、世界遺産の城山日出峰あるいは万丈窟(洞窟)への半日バスツアーが催された。済州島は火山活動で形成された島で、景観には地球のダイナミックさが感じられた。4日目の夜のバンケットでは、ワインとともに地元の食材を使った洋食のフルコースが供された。ステージでは韓国の伝統的な舞踊と歌、そして韓国発祥の「ナンタ」という包丁とまな板を使ったパーカッション・パフォーマンスは、迫力ある楽しいものであった。済州島は、みかんの産地として有名で、あわびなどの海産物、黒豚、マッコリなどの特産品や、本場の韓国料理も堪能できた。済州島の、のどかで牧歌的な雰囲気の中で、快適な環境で会議を楽しむことができたが、これは主催である韓国原子力研究所(KAERI)を始め多くの方々のご尽力があったのことと思う。お礼申し上げたい。

なお本学会の内容は、Journal of Radioanalytical

and Nuclear Chemistry 誌でプロシーディングが は日本開催とのことである。  
発行される予定であり、次回の第7回 APSORC

Table1. 国別参加者数

Country	No. of Attendees	Country	No. of Attendees
Bangladesh	1	Mexico	2
Brazil	1	Netherlands	1
Canada	1	New Zealand	1
China	30	Pakistan	1
Czech Republic	5	Russian Federation	3
France	2	Slovakia	1
Germany	5	Switzerland	4
Hungary	2	Taiwan	5
Japan	70	United Kingdom	2
Korea, Republic of	219	United States	17
Malaysia	1		
Total 374 attendees from 21 countries			



Fig. 1 ウェルカム・レセプション



Fig. 2 メインホールでの基調講演



Fig. 3 学会参加者記念写真

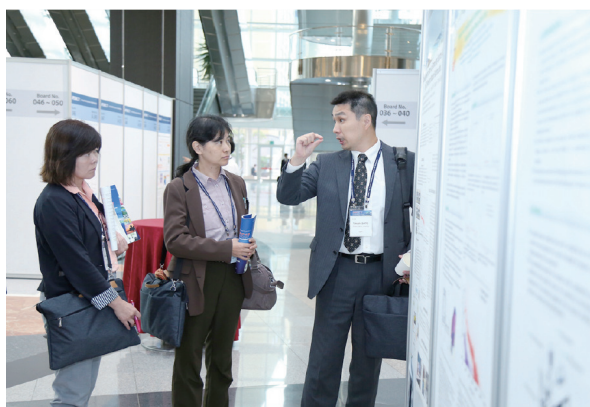


Fig. 4 ポスターセッション風景



Fig. 5 バンケットにて

## 会議報告

### SHE 2017

加治大哉 (理化学研究所 仁科加速器研究センター)

2017 年 9 月 10 日 ~ 14 日の日程で、3rd International Symposium on Super- Heavy Elements (SHE2017) が、ポーランドの Kazimierz Dolny で開催された。本会議は、2013 年と 2015 年に Texas A&M University で開催され、今回で第 3 回目を迎える超重元素を専門とする大規模な国際シンポジウムである。Scientific Scope は、以下の通り。

- \* How many protons and neutrons can a nucleus hold?
- \* What is the most effective way to synthesize even heavier nuclei and new elements?
- \* Where are the limits of the Island of Stability and of Periodic Table?
- \* How can be developed and unified description of nuclear properties for SHN?
- \* What are the effects of the strongest Coulomb fields on atomic properties?
- \* Can we understand the spontaneous fission process of SHN competing with other decay modes?

参加者は、14 カ国から 112 人、発表は全て口頭発表で行われ、招待講演 34 件、パラレルセッション 49 件という内訳であった。発表分野と講演数は以下の通りであった。

[招待講演]

Future SHE facility (3)  
 Future of the SHE research (3)  
 Status reports and new results (5)  
 Fission mechanism (5)  
 SHE synthesis (4)  
 Structure of ground state and excited states in SHE (6)

Atomic structure of SHE (4)  
 Theory (4)

[パラレルセッション]

New approaches to production and studies of SHE (5)  
 Beams and target (4)  
 Detectors (5)  
 Theoretical description of SHE (8)  
 Acceleration and separation (8)  
 Spectroscopy of SHE (7)  
 Fusion of SHE (7)  
 Atomic structure and chemistry (5)

第 7 周期までの全元素名が確定してから、超重元素関係者が一堂に介するという事もあり、祝福ムードの中で会議は開催された。日本、ロシア、アメリカの各国で催された 113 番元素 Nihonium、115 番元素 Moscovium、117 番元素 Tennessine、118 番元素 Oganesson の命名式典の様子も簡単に紹介された。Nihonium 研究に関わった者の一人として、世界共通語として 113 番元素 Nihonium が定着している事が実感でき感慨深かった。一方、会議のサブタイトル “Challenges in the studies of superheavy nuclei and atoms” が示すように、次なる研究展開に向けてどう課題を克服していくか活発な議論がなされた。

世界的な超重核研究施設である Dubna (ロシア)、RIKEN (日本)、GSI (ドイツ)、GANIL (フランス) の加速器アップグレード計画を軸に、1 pμA ( $6.2 \times 10^{12}/s$ ) を越える大強度重イオンビーム供給開発の現状について報告がなされた。とりわけ、RILAC-II (重イオン線形加速器) + RRC (リングサイクロトロン) + GARIS-II (気体充填型反跳分離器) ならびに SC-RILAC (超伝導重イオン

線形加速器) + GARIS-III (新規開発中の気体充填型反跳分離器) という二系統での超重元素研究プランが、仁科加速器研究センターより初めて紹介され大きな注目を集めていた。

大強度重イオンビームに耐えうるような標的開発としては、直径 100 mm を越える大型のアクチノイド回転標的が現実的な解として検討されている。数十ミリグラムオーダーのアクチノイド物質が必要となるが、Dubna での超重核研究で実績のあるオークリッジ国立研究所 (米国) の供給体制が、今後も各国での超重核研究においても重要な役割をはたしていく事が確認された。

検出確度を挙げるための新しい反跳分離装置や検出器の紹介があった。効率重視だけでなく、計測妨害粒子を抑制するための電磁石配置をとった Dubna の新しい気体充填型反跳分離器の性能や製作状況について報告がなされた。既知核へ到達しない超重核崩壊連鎖の同定に向けて、アンカーとなる原子核を確立するための超重核起因の特性 X 線観測や精密質量測定に関する開発状況も報告された。

ここ数年の内に、原子番号 119 番以降の新元素探索の先陣争いを含めて、大強度重イオンビームを用いた超重核研究が本格化することになる。本シンポジウムで、シェアされた研究課題をいかに克服するかが争点になる。



Fig. 1 会場となったポーランドの Kazimierz Dolny の風景。ワルシャワ・ショパン空港からバスで 4 時間ほどの郊外にある長閑な町であった。



Fig. 2 口頭発表会場の様子。118 番元素に名前をついた、オガネシアン教授の講演。

## 会議報告

### 9<sup>th</sup> Workshop on the Chemistry of Heaviest Elements (CHE9)

横北卓也 (理化学研究所 仁科加速器研究センター)

2017年10月8-10日に、スイスのアスコナにて、9<sup>th</sup> Workshop on the Chemistry of Heaviest Elements (CHE9) が開催 (主催は PSI) された。このワークショップのテーマは重元素化学であり、4年毎に開催されている。このワークショップのスイス開催は2回目であった。発表分野、件数、招待講演は以下の通りであり、すべて口頭発表であった。

- ・ Production: 3件  
招待講演: V. K. Utyonkov, "Discovery of element 113-118 and prospects for the investigation of superheavy nuclei"
- ・ Chemistry Theory: 3件  
招待講演: V. Pershina, "Recent achievements and future challenges in theoretical chemistry of the heaviest elements"
- ・ Chemistry (gas phase): 16件  
招待講演: Y. Nagame, "Recent achievements and future challenges in heaviest element chemistry"
- ・ Atomic Physics: 3件  
招待講演: M. Block, "Atomic physics studies of the heaviest elements"
- ・ Chemistry (liquid phases): 5件

これらに加え、特別講演として、ダークマターに関する講演と、2017年に亡くなられた Herrmann さんの追悼講演が行われた。発表件数から、近年は、気相化学の研究が盛んであることがわかる。一方、前回は、液相化学の研究が盛んな日本で開催されたため、液相化学の発表件数が多かったが、今回は、日本からの参加者が少なかったこともあり、液相化学の発表件数が大幅に減少したという印象である。

製造の発表では、113-118番元素の発見に関する講演に加え、119番元素以降の合成に向けた条件検討を理論計算も含めて進めていること等が報

告されていた。

理論化学の発表では、国際共同グループで研究されている112番元素コペルニシウム (Cn)、113番元素ニホニウム (Nh)、114番元素フレロビウム (Fl) の原子に関する研究と107番元素ボーリウム (Bh) のカルボニル錯体に関する研究報告等がなされていた。

気相化学の発表では、原子の化学的性質を調べる研究として、103番元素ローレンシウム (Lr)、Cn、Nh、Flを対象としたが報告がなされていた。また、化合物の化学的性質を調べる研究では、104番元素ラザホージウム (Rf) の塩化物錯体、106番元素シーボーギウム (Sg) と Bh のカルボニル錯体を対象とした報告がなされていた。報告内容は、重元素実験及び重元素実験に向けた同族元素等を用いた基礎研究や実験装置開発の報告がなされていた。考察では、実験データ及び、上記の理論化学研究を含めて行われていた。

液相化学の発表では、Sg と Bh の研究に向けた基礎研究及び装置開発 (Fig. 1)、Rf の塩化物錯体の研究、Cn、Nh、Flに向けた基礎研究の報告がなされていた。個人的に興味を持ったのは、イオン液体を使った溶媒抽出反応が速いと報告されていたことであった。

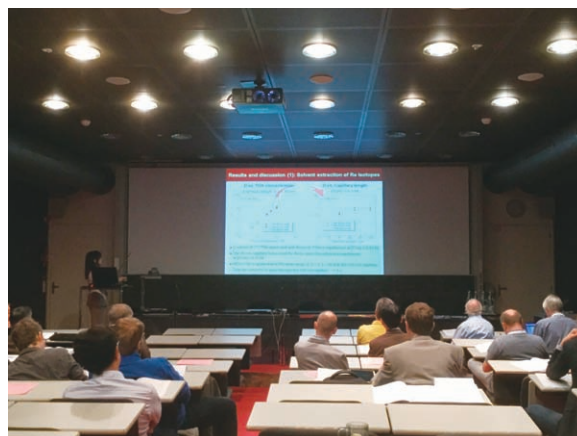


Fig. 1 発表の様子。発表者は理化学研究所の小森さん。



今回のワークショップでは、若手発表賞が設けられており、この賞を“Unexpected transport of a volatile At species to the Cryo-On-Line-Detector (COLD) setup”というタイトルで発表した原子力研究開発機構の Chiera さんが受賞されました。

また、会議期間中にコラボレーションミーティングが開催された。このミーティングでは、いくつかの研究機関の今後の研究計画や加速器施設の状況報告が行われた。

ワークショップのエクスカージョンは、ハイキング (Fig. 2) と街歩きの2つから1つを選択するというものであった。筆者はハイキングに参加した。ハイキングでは、日本人のペースが遅かったような気がした。また、ハイキング終了後から食事までに時間があつたため、街の方にも向かったが、アスコナのスーパーマーケットは 18:30 に閉まってしまい、買い物はできなかった。日本の多くのスーパーマーケットに比べ、ワークライフ

バランスがしっかりとれているのかもしれない。

会議中に、次回の CHE10 の主催の正式発表はなされなかった。中国の IMP が主催可能であれば、IMP が主催となるようだ。

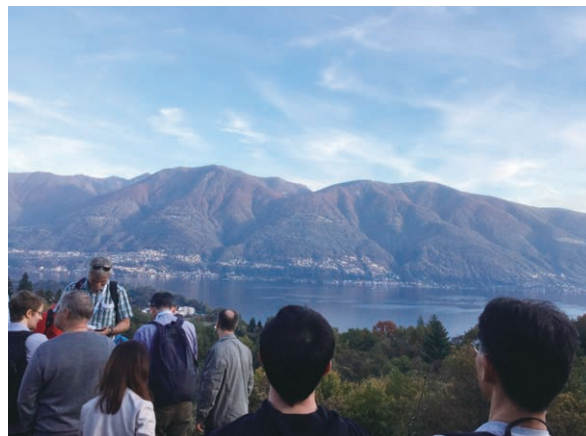


Fig. 2 エクスカージョン (ハイキング) の様子。

## 会議報告

### 2017 日本放射化学会年会・第 61 回放射化学討論会 実施報告

末木啓介（筑波大）

#### 1. はじめに

2017 放射化学会年会・第 61 回放射化学討論会を、平成 29 年 9 月 6 日（水）～8 日（金）の間、筑波大学筑波キャンパスで開催しましたので、実行委員会を代表してご報告申し上げます。

これまでつくば地域で開催された放射化学討論会は、第 25 回（1981 年）と第 43 回（1999 年）であり、今回は 18 年ぶりとなりました。第 43 回は本学会の創立記念大会として盛大に行われ、また昨年の放射化学討論会は第 60 回記念大会として新潟で盛大にいました。これを受けてではありませんが少し簡素な大会の開催とさせていただきます。要旨集は、前々回の東北大学での年会・討論会から採用されましたように年会ホームページから PDF として参加者にダウンロードしていただくこととしました。また、2018 年 3 月末には学会のホームページへアップロードする予定です。

#### 2. 年会概要

発表対象分野はこれまでと同様に幅広く、放射性核種と放射線利用をキーワードに核反応から人工放射性核種、アクチノイド、超アクチノイドの化学的性質の研究、放射分析、物性研究、医学利用そして宇宙地球科学と設定しました。特に特別企画として放射性核種の質量分析とその応用研究として募集を行いました。

##### 2-1. 発表件数、参加者数など

本年会の参加者は 197 名で、このうち学生は 71 名でした。また発表件数は、口頭発表 55 件、ポスター発表 47 件、特別講演 2 件でした。合計 102 件は昨年に引き続き、それ以前に比べるとやや少なめでした。一般発表の内訳をみるとこれまで同様に福島事故関連 28 件と環境放射能 8 件が多く、核化学 18 件、原子核プローブおよび同

位体化学 13 件、医薬生物における RI 利用 12 件、質量分析 6 件、その他 17 件でした。（写真 1）



写真 1 学会初日の受付風景

##### 2-2. 口頭発表

昨年と同じ一般発表の会場は 2 会場とし、十分な議論ができるようにと 15 分発表、5 分討論の時間を取りました。それぞれの会場では活発な議論が行われ、A 会場においては当初準備した座席では多くの立見が発生してしまい。会場内のレイアウトを途中で変更して入っていただくなど会場の規模に関してはうれしい問題が生じてしまいました。（写真 2）



写真 2 口頭発表の風景

### 2.3. ポスター発表

ポスターセッションでは、まず、セッション開始直前に、すべての発表者からスライド1枚だけ使用して1分間のショートプレゼンテーションをしていただきました。ポスター発表形式に関しては、ポスター発表者が他の発表に参加できるように、発表番号の偶奇による説明責任時間を分けるだけでなく発表番号の前半と後半でも分けて2日に及ぶポスターセッション時間の拡大の取り組みを行い、ポスター時の十分な議論ができるように試みました。(写真3, 4, 5)



写真3 ポスターのショートプレゼンテーション風景

### 2.4. 特別講演

2件の特別講演を行いました。筑波大学の太田寛紀教授は双安定性金属錯体の化学と題して鉄を含む多核錯体の多様な性質の発現を見出す研究についてその研究過程を含めて興味深いお話を講演していただきました。東京大学の高橋嘉夫教授に

は化学種および同位体比に基づく福島第一原発由来の放射性核種の挙動解析と題して福島第一原発由来の放射性核種の化学挙動に関する最先端の研究成果を分かりやすく講演していただきました。

### 2.5. 分科会

分科会は例年と同様に、 $\alpha$ 放射体・環境放射能分科会、原子核プローブ分科会、核化学分科会、放射化分析分科会及び若手の会が会期中に開催されました。各分科会の概略は次の通りです。

#### ・ $\alpha$ 放射体・環境放射能分科会

世話人：坂口綾（筑波大学）

講演：「C1-36 および同位体水文学的手法を用いた沿岸域地下水流動の研究」、国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センター、戸崎裕貴氏

#### ・原子核プローブ分科会

世話人：久保謙哉（国際基督教大学）

講演：「物性物理研究者がミュオンビームラインを作るまで」、高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所ミュオン科学研究系、幸田章宏氏

#### ・核化学分科会

世話人：豊島厚史（日本原子力研究開発機構）

講演：「不安定核の質量測定」、筑波大学数理物質系物理学域、小沢顕氏

#### ・放射化分析分科会

世話人：関本俊（京都大学原子炉実験所）

各施設からの現状報告と放射化分析研究会総会

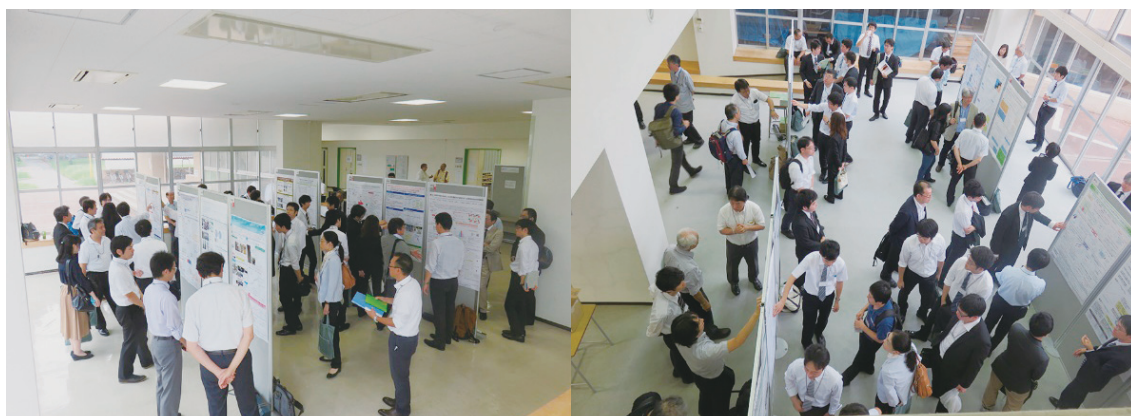


写真4, 5 ポスター会場の風景

## ・若手の会

世話人：佐藤志彦（日本原子力研究開発機構）  
研究室紹介ののち「どうする？若手の会の今後」が話し合われた。

## 3. 若手優秀発表賞

これまでの年会でも行われてきましたように、本年会でも若手優秀発表賞を設定しました。今回は、若手を30歳以下として限定し、若手発表者を奨励するための賞とし、共同発表者を含めたグループによる研究成果の評価ではなく、発表者の能力と努力を評価していただくように次の4つの審査項目を設けました。口頭発表は1. 研究テーマ（新規性・独創性・着眼点・発展性）、2. 研究実施内容（実験計画・手法・解析・結論）、3. 発表（構成・聞き手への配慮・質疑応答）および発表全体を特別評価点として加えて、3名の審査員をお願いして合計点より優秀賞を決定しました。口頭発表は対象者数が23件で、そこから厳正の集計の結果より、4名の発表者に若手優秀口頭発表賞を授与することとしました。ポスター発表は口頭発表の3つの審査項目に加えて4. 研究の発展性としてしました。審査員は学会参加者すべての方に参加をお願いして、審査数とその平均点より優秀賞を決定しました。ポスターは対象者数が20件で、そこから厳正の集計の結果より、3名の発表者に若手優秀ポスター賞を授与することとしました。閉会式で表彰しました。（写真6）

受賞者（所属）と発表題目は以下の通りです。

## 若手優秀口頭発表賞

庭瀬暁隆（九大）GARIS-II+MRTOFを用いた短寿命核精密質量分析



写真6 若手優秀賞者

細谷青児（筑波大）加速器質量分析法を用いたSr-90測定を試み

小荒井一真（東北大）環境からウシの歯の形成時期におけるSr-90、Cs-137の移行機構

南部明弘（阪大）鉄原子へのミュオン捕獲現象の化学状態による影響

## 若手優秀ポスター賞

白井香里（新潟大）Zr, Hf塩化物の等温クロマトグラフィにおけるカラム通過挙動に対する分子数の影響

小森昌史（東大）東京湾底質中の鉄の化学状態を指標とした海水中の溶存酸素量の推定方法に関する研究

重河優大（阪大）U-233の $\alpha$ 線-電子コインシデンス測定によるTh-229mの内部転換電子

## 4. 懇親会

大会2日目の夕方に学内の第2エリア食堂において120名の参加で懇親会を行いました。最初に中西友子放射化学会会長からの挨拶をいただきました。昨年は新潟の厳選されたお酒が出されたのですが、本会でもKEKの三浦太一教授が厳選された茨城県の日本酒、焼酎を提供させていただき解説付きの試飲には多くの方が集まっていました。最後に、次年度のお世話をしてくださる京都大学の大槻勤教授からご挨拶があり、お開きとなりました。（写真7）



写真7 懇親会場での三浦氏による解説風景

## 5. 最後に

本年会・討論会の開催にあたりまして、参加者の皆様はじめ多くの皆様のご協力をいただきました

た。各口頭発表セッションを手際よく運営していただきました座長の先生方、若手優秀口頭発表賞の審査にあたっていただいた多くの先生方に深く感謝いたします。若手優秀ポスター賞への審査に参加して下さったすべての参加者に深く感謝するものです。本年会に協賛していただいた富士電機、東京ニュークリアサービス(株)、サンゴバン、長瀬ランダウア(株)をはじめとする多くの企業からのご支援には大変感謝するものであります。

最後に、ホームページの作成にご尽力くださったKEKの松村宏氏、プログラム作成の中心をなしていただいた清水建設の木下哲一氏、本年会の運営にあたってご活躍いただいた筑波大学の坂口綾氏、山崎信哉氏をはじめとする実行委員会のメ

ンバーに深く感謝をして実施報告とさせていただきたいと思えます。

実行委員会メンバー(敬称略)

末木啓介(筑波大)、上殿明良(筑波大)、五十嵐康人(気象研)、大槻勤(京大)、菊永英寿(東北大)、木下哲一(清水建設)、久保謙哉(ICU)、坂口綾(筑波大)、笹公和(筑波大)、佐藤志彦(JAEA)、豊島厚史(JAEA)、土井妙子(国環研)、二瓶雅之(筑波大)、古川純(筑波大)、松村宏(KEK)、榎本和義(KEK)、三浦太一(KEK)、三浦勉(産総研)、山崎信哉(筑波大)、吉田剛(KEK)、和田彩佳(産総研)

## 会議報告

### 京大炉「福島原発事故で放出された放射性物質の多面的分析」専門研究会

高宮幸一（京都大学原子炉実験所）

2017年12月4日に京都大学原子炉実験所において、「福島原発事故で放出された放射性物質の多面的分析」専門研究会が開催された。本研究会の目的は、東京電力福島第一原子力発電所の事故で環境中に放出された放射性エアロゾルや不溶性の放射性微粒子に関する最新の研究報告をもとに議論をすることである。同様のトピックを扱った研究会はこれまでも開催されているが、京都大学原子炉実験所の専門研究会としては第1回目となるものである。研究会には開催責任者である大阪大学の篠原厚教授と京都大学原子炉実験所の大槻勤教授をはじめ、学生を含む国内の約40名の研究者が一堂に会し、以下のプログラムのような講演と議論が行われた。

#### ・セッション1「放出過程・分析技術・模擬実験」

「1号機由来の放射性粒子の特徴」

筑波大・末木啓介

「X線CTを用いた粒子内部構造の分析」

JAEA・佐藤志彦

「様々な環境試料中の放射性セシウム包有粒子について」 東大・栗原雄一

「放射光を用いた放射性セシウム濃集粒子の分析」

東大・高橋嘉夫

「富岡町で採取したコア試料の分析」

阪大・二宮和彦

「模擬放射性エアロゾル生成実験の現況」

京大炉・西澤佑介

「河川懸濁粒子中のセシウム含有微粒子がセシウムの固液分配に与える影響」

東大・三浦 輝

#### ・特別講演

「福島県内の環境回復と除染土壌等の処理の現状」

福島大学・河津賢澄

#### ・セッション2「不溶性微粒子の探索」

「大阪大における不溶性微粒子の探索」

阪大・五十嵐淳哉

「京大炉における不溶性粒子探索の取り組み」

京大炉・高宮幸一

「東北大における不溶性微粒子の探索」

東北大・小荒井一真

「国環研における不溶性微粒子の探索」

国環研・竹内幸生

「IPを用いた放射性微粒子の放射能の定量について」 広大・遠藤 暁

「IPによるセシウム含有粒子の測定」

慈恵医科大・箕輪はるか

#### ・全体討論

「不溶性微粒子の探索：分析手法の確立と今後の展開」

セッション1「放出過程・分析技術・模擬実験」では、放射性の不溶性微粒子や放射性エアロゾルの生成過程や放出過程を調べるための分析技術や模擬実験に関する研究報告が行われた。不溶性微粒子に関しては、放射能の分析結果をもとにした粒子の由来の詳細な考察の結果や、X線CTや放射光を用いた内部構造や化学組成・微量元素の存在状態などの詳細な性状分析の結果等が報告された。また、不溶性微粒子の環境中での挙動に関する研究報告もあり、その生成から環境中での振舞いに至る広範囲にわたる知見が蓄積されていることが感じられた。放射性エアロゾルに関しては、模擬的に生成した放射性エアロゾルを用いた実験を行い、溶液状放射性エアロゾルの生成過程を考察した結果が報告された。また、本研究会の出席者の多くも参加して実施した、東京電力福島第一原子力発電所の周辺での土壌サンプリングの分析結果についても報告された。これらの研究報

告をもとに、事故を起こした原子炉内でどのような過程を経て、どのような化学状態で放射性物質が放出されたのかが議論された。本研究会のタイトルにもあるように、放出された放射性物質に対して様々な分野の専門家による多面的な分析が行われ、性状の解明が着実に進んでいることが感じられた。

福島大学の河津賢澄特任教授による特別講演では、福島県内での環境回復や除染土壌等の処理の現状について様々なエピソードを交えて広範囲かつ詳細な紹介がなされた。本研究会が対象としているような環境や市民生活に直接関係する分野において、我々研究者がどのように課題に取り組むべきかを深く考えるきっかけとなり、たいへん貴重な講演であった。

セッション2「不溶性微粒子の探索」では、各研究グループがイメージングプレート (IP) を用いた溶性微粒子の探索方法を検討した結果や探索結果についての報告が行われた。研究対象はセッション1でも取り上げられた不溶性の放射性微粒子であるが、ひとつひとつの放射性微粒子を対象にした各専門家が得意とする特殊な装置や手法を用いた詳細な分析ではなく、誰もが確実に実施可能な標準的な分析方法を開発することを目的とした取り組みが報告された。大阪大学の篠原研究室

で調製された放射性の標準微粒子試料を用いた分析試験や、標準化のための手順の検討状況などが紹介され、問題点や今後の方針などが議論された。標準化を行うためには様々な分野の研究者によって検証されることが重要であり、本研究会のような組織的な取り組みが行われることは大変意義深いと感じた。また、このセッションに続いて篠原教授の座長のもとに総合討論が行われ、講演や議論によって明確となった課題や今後の方針が整理された。

本研究会の目的は、先にも述べたとおり東京電力福島第一原子力発電所の事故で環境中に放出された放射性エアロゾルや不溶性の放射性微粒子に関する最新の研究報告と、それらをもとに放射性物質の生成、放出過程について議論を行うことである。今回の研究会では、異なる専門分野の研究者が各々の専門性を活かして行っている様々なアプローチが紹介され、その性状や生成過程について様々な視点から議論されたり、不溶性微粒子の探索方法についての個々の知見が標準化に向けて集約されたりと、たいへん有意義な研究会であった。なお、本研究会は2018年度も開催される予定となっているので、興味をお持ちの方は是非ご参加ください。

情報プラザ (国際国内会議)

国内会議

第12回核融合エネルギー連合講演会

日時：2018年6月28日(木)～29日(金)

場所：ピアザ淡海(滋賀県立県民交流センター)

2018日本放射化学会年会・第62回放射化学討論会

日時：2018年9月18日(火)～20日(木)

場所：京都大学吉田キャンパス

国際会議

11th International Conference on Methods and Applications of Radioanalytical Chemistry (MARC XI)

日時：8-13, April, 2018

場所：Kailua-Kona, Hawaii, USA

18th Radiochemical Conference (RadChem 2018)

日時：13-18, May, 2018

場所：Marianske Lazne, Czech Republic

Conf. Radiobioassay & Radiochemical Measurements (RRMC 2018)

日時：20-25, May, 2018

場所：Westin Portland Harborview,  
Portland, Maine, USA

13th International Symposium on the Synthesis and Applications of Isotopes and Isotopically Labelled Compounds

日時：4-7, June, 2018

場所：Prague, Czech Republic

Sixth International Conference on Radiation and Applications in Various Fields of Research (RAD 2018)

日時：18-22, June, 2018

場所：Ohrid, Macedonia

4th International Conference on Application of RadiotraCers and Energetic Beams in Sciences (ARCEBS-2018)

日時：11-17, June, 2018

場所：Ffort Raichak, Kolkata

11th International Symposium on Target Alpha Therapy (TAT11)

日時：1-5, April, 2019

場所：Ottawa, Ontario, Canada

6th International Conference on the Chemistry and Physics of the Transactinide Elements (TAN 19)

日時：25-30, August, 2019

場所：Wilhelmshaven, Germany



## 学会だより

### 1. 日本放射化学会第 80 回理事会 [2017 学会 年度第 1 回理事会] 議事要録抜粋

日時：2017 年 6 月 17 日（土） 13：00 - 16：10

場所：東大農学部 2 号館 1 階 講義準備室

出席者：[会長] 中西、[副会長] 篠原、[理事] 大槻、  
酒井、坂口、長尾、羽場、間柄、大矢、  
北辻、塚田、渡辺、[監事] 末木、工藤

オブザーバー：田上（JNRS 編集委員長）、高橋（東大）

#### 報告

1. 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  
ル回議の報告がなされた。長期未納者につい  
て、引き続き声掛けを行うこととした。2016  
学会年度決算案が承認された。第 61 回年会・  
討論会の協賛企業からの協賛金の受け取りを  
容易にするため、協賛金を学会口座で受け取  
り、補助金に追加して討論会組織委員会口座に  
振り込むこととした。APSORC 基金の管理運  
用法について APSORC2013 実行委員会に確認  
することとした。
2. 第 61 回年会・討論会の準備状況について報告  
があり、総会の開催日時を確認した。
3. 学会誌等のバックナンバーの在庫を減らすた  
め、和文誌の印刷部数を調整する旨報告があっ  
た。

#### 審議

1. 学会賞規定及び細則の改正案について、受賞人  
数は定めず、外国人も木村賞の受賞対象とす  
ることを確認した。改正案を次回総会で報告す  
ることとなった。
2. JNRS 誌の IF 取得に向けての取り組み状況に  
ついて、田上編集委員長から説明があり、投稿  
数を増やすため、他雑誌の執筆者に勧誘のメー  
ルを送る取り組みを始めたことが報告された。

論文数を増やすためには学会員の増加が必要、  
学会賞受賞者への執筆の働きかける、討論会に  
招待講演を設け論文執筆を依頼する、などの意  
見が出された。積極的な投稿が呼びかけられ  
た。

3. 役員候補選考の報告があり承認された。役員選  
挙スケジュール、投票用紙についての提案が承  
認された。
4. 学会賞選考委員長から今年度の学会賞及び奨  
励賞の授与を見送る旨報告があり承認された。  
学会活性化のためには候補者を増やし、受賞に  
つなげる必要がある、との意見があった。
5. 第 62 回年会・討論会について、京大・吉田キャン  
パスで開催することとした。
6. APSORC-IC 規約改定案を審議し承認された。  
規約改定案に従い、次回 APSORC の日本（都  
市未定）開催を提案することが決まった。
7. 放射線サイエンス連合（仮称）の結成・参加に  
ついて審議し、参加することが承認された。
8. 日本学術協力財団からの賛助会員加入依頼に  
ついて審議し、他の学協会の動向を見て引き続  
き検討することとなった。

以上

### 2. 日本放射化学会第 81 回理事会 [2017 学会 年度第 2 回理事会] 議事要録抜粋

日時：2017 年 9 月 5 日（火） 14：00 - 17：30

場所：筑波大学 アイソトープ環境動態研究セ  
ンター アイソトープ棟 会議室

出席者：[会長] 中西、[副会長] 篠原、[理事] 大槻、  
酒井、長尾、間柄、北辻、塚田、[監事]  
末木、工藤

欠席者：[理事] 坂口、羽場、大矢、渡辺

オブザーバー：なし

\* 委任状提出：なし

**報告**

1. 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なされた。長期未納会員への対応について協議し、理事が分担して会費納入の声かけをすることとなった。2018 学会年度予算案について提案があり承認された。
2. メールニュースの記事に引用している URL のリンク切れについて指摘があり、ネット委員会では対応を協議してもらうこととなった。
3. 2017 学会年度役員選挙の結果報告があった。
4. 学会誌等のバックナンバー整理・保管について、篠原研究室での整理が完了した旨報告があった。「放射化学用語辞典」の HP での公開が可能か調査することになった。

**審議**

1. 総会での議案について審議した。各分科会への支援をアピールすることとした。
2. 日本放射化学会授賞規定及び同受賞者選考細則の改正案について、審議し承認された。
3. APSORC-IC 規約改定について審議し、APSORC-IC に中西会長と羽場理事が加わり、9 月の会合には羽場理事とオブザーバーとして篠原副会長が参加することを確認した。
4. 第 62 回年会・討論会の日程について大槻理事より提案があり、9 月 18 日～20 日（京大吉田キャンパス）とすることが承認された。

以上

**3. 第 19 回 日本放射化学会総会 報告概要**

日時：2017 年 9 月 7 日（木） 9：00 - 10：30

場所：筑波大学 筑波キャンパス 第 1 エリア  
1D 棟 201 室

出席者数 67 名、議長委任 76 名、個人委任 1 名、会員総数 370 名の 1/5 以上であり成立した。

会則の規定により、中西会長が議長となり、議事が進められた。

**報告事項**

1. 会長報告
2. 2016 学会年度事業報告  
報告事項について、会長より説明があった。

**3. 日本放射化学会授賞規定及び同細則の変更**

(1) 木村賞を学会賞から独立させ、規定・細則に明文化する。(2) 木村賞は、会員・非会員を問わず、永年にわたって放射化学およびその関連分野の発展に多大な貢献をし、この学問分野において特に優秀な研究業績を挙げた者に授与する。(3) 非会員（外国人も可）だがこの分野の発展に貢献した方、過去に学会賞を受賞した方、なども対象になる。(4) 木村賞の推薦は、理事が理事会において行い、選考委員会で審議する。(5) 学会賞・奨励賞の選考はこれまで通りとする。以上の内容の変更が報告された。

**審議事項**

1. 収支決算案及び会計監査報告  
会計担当及び監事より説明があった。一部修正のうえ、拍手をもって承認された。
2. 2018 学会年度事業計画及び収支予算案  
会長及び会計担当より提案があった。拍手をもって承認された。
3. 2018-2019 学会年度役員選出  
会長より提案があった。拍手をもって承認された。
4. その他  
若手の会世話人より、若手の会の現状説明と、同会の支援を強化するための委員会設置について提案があった。会場より、若手の会会員を増やすための方策として、若手科学者ネットワークやネット配信を活用し若手の会の広報を推進する、非会員の討論会参加登録費を割高にするよう見直し学生会員への入会を誘導する、学生会員には卒業時に正会員へ移行するよう指導教官に協力していただく、等の提案があった。理事会において、委員会設置について検討することとなった。会場より、会員の減少と学会の質の向上に対する具体的な対策について質問があった。会長より、随時 HP を更新していること、これまでの出版物の pdf 化と公開を進めること、討論会の福島セッションは発表件数も多く対外的なアピールになること、等いろいろな方策を集めて学会の活性化を実現したい旨回答があった。

4. 日本放射化学会第82回理事会〔2017学会年度第3回理事会〕は、2017年12月2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。

#### 5. 会員動向（平成29年7月～平成30年2月）

##### 新規入会（正会員）

氏名	所属
熊谷 禎晃	愛知県環境調査センター応用化学部

##### 入会（賛助会員）

社名・団体名
仁木工芸株式会社東京支社放射線計測グループ

##### 所属変更（正会員）

氏名	所属
石岡 典子	量子科学技術研究開発機構高崎量子応用研究所放射線生物応用研究部
大貫 敏彦	東京工業大学科学技術創成研究院先導原子力研究所
渡辺 智	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構量子ビーム科学研究部門高崎量子応用研究所放射線高度利用施設部利用管理課
有阪 真	日本原子力研究開発機構廃炉国際共同研究センター保管機器健全性評価グループ

島田亜佐子 日本原子力研究開発機構安全研究・防災支援部門安全研究センター環境安全研究ディビジョン環境影響評価研究グループ

宮田 佳樹 金沢大学先端科学・イノベーション推進機構ベンチャービジネスラボラトリー

吉田 茂生 東海大学工学部原子力工学科  
鷺山 幸信 福島県立医科大学ふくしま国際医療科学センター先端臨床研究センター

大江 一弘 大阪大学大学院医学系研究科核医学講座

後藤 真一 新潟大学大学院自然科学研究科

白井 香里 新潟大学大学院自然科学研究科核化学研究室

早瀬 利博 長崎大学（戸田清研究室）

##### 退会（正会員）

氏名	氏名
王 鐘堂	前田 米藏
飯島誠一郎	

##### 退会（学生会員）

氏名	氏名
松永 静	大橋 美奈子

## 「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け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。

(原稿料)

(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

〒 351-0198 埼玉県和光市広沢 2-1

理化学研究所 仁科加速器研究センター 羽場宏光 編集委員長

Fax: 048-461-5301

e-mail: houshakagaku@radiochem.org

### 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 37 号

平成 30 年 (2018 年) 3 月 30 日発行

### 編集

日本放射化学会編集委員会

委員長：羽場宏光、委員：桐島 陽、齊藤 敬、佐藤 渉、関本 俊、鷺山幸信

連絡先：〒 351-0198 埼玉県和光市広沢 2-1 理化学研究所仁科加速器研究センター

羽場宏光 (e-mail: [houshakagaku@radiochem.org](mailto:houshakagaku@radiochem.org))

### 発行

日本放射化学会

出版担当理事：長尾誠也

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

株式会社アトックス

クリアパルス株式会社

サンゴバン株式会社

株式会社千代田テクノル

仁木工芸株式会社東京支社放射線計測グループ

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

株式会社日立製作所

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



厳しく

子やこ

メイトナド。



原子力発電所、原子燃料サイクル施設などの管理、保全に携わってきたアトックス。その高度な技術とノウハウの蓄積をもとに、RI関連施設分野でも広く社会に貢献しています。大学、研究機関や製薬メーカーなど、RI等使用施設における放射性汚染除去、廃棄物処理、放射線管理から施設、設備の運転、点検保守まで、トータルメンテナンスを提供。人と地球の未来のために、安全で快適な環境を守るアトックスです。

＜業務内容＞

- 原子力発電所、原子燃料サイクル施設のトータルメンテナンス
  - 放射線管理
  - 放射性汚染除去
  - 廃棄物処理
  - ランドリー
  - 清掃・区域管理
  - 設備/装置運転・点検保守
  - 輸送
  - 分析
  - 各種工事 など
- RI等使用施設のトータルメンテナンス
  - 放射線管理
  - 作業環境測定
  - 放射性汚染除去
  - 廃棄物処理
  - 管理区域内清掃
  - 施設/設備運転・点検保守
  - 加速器運転
  - フィルター交換
  - 各種工事
  - 機器販売、同位体販売、モニター販売 など



URL: <http://www.atox.co.jp/> <http://www.atox-isotope.jp/> (同位体販売)

本社 東京都港区芝4-11-3 芝7ビル TEL.(03)6758-9000 FAX.(03)3453-3821  
 事業部 東京都港区芝4-11-3 芝7ビル TEL.(03)6758-9005 FAX.(03)3453-3822  
 技術開発センター 千葉県柏市高田1201 TEL.(04)7145-3330 FAX.(04)7145-3649  
 ●RI事業開発部 TEL.(029)262-1662 / 大塚営業所 TEL.(029)266-1331 / 東京営業所 TEL.(04)7141-1321  
 ●RI事業開発部 TEL.(06)6384-6730 / 神戸医療事業オフィス TEL.(078)599-6851 / 北海道営業所 TEL.(0956)52-3241

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リファイア  
 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リファイア、多入力PHA  
 CdTe検出器プローブ、CsI(Tl)検出器プローブ、NaI(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ピン電源、ミニピン電源  
 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



4066型アンプ



1216型PHA



6671型バイアス電源



580型プリアンプ



E6660ミニピン電源



8868A型IVC



8630型ハンドポン



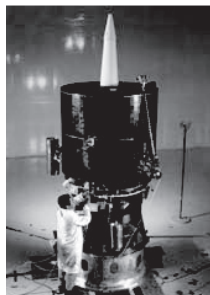
80110型プリアンプ



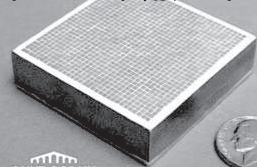
80112型MPX



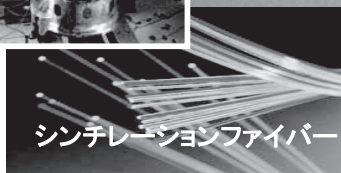
LYSO、LaCl<sub>3</sub>、LaBr<sub>3</sub>、NaI、CsI、BGO、CdWO<sub>4</sub>、ZnS、YAG ...  
 プラスチック、ファイバー、液体シンチレータ、アレイ状シンチレータ、  
 ライトガイド、GM管、比例計数管、<sup>3</sup>He検出器等  
 サンゴバンは、素材からプローブ・特殊用途まで、  
 グローバル・スタンダードな最高品質のシンチレータを提供いたします。



イメージング用アレイ



SAINT-GOBAIN  
CRYSTALS



シンチレーションファイバー



プラスチックシンチレータ



サンゴバン株式会社

〒102-0083 東京都千代田区麹町 3-7

Tel 03-3263-0559 Fax 03-5212-2196

URL <http://www.detectors.saint-gobain.com/>

お問合せ [yasuo.watanabe@saint-gobain.com](mailto:yasuo.watanabe@saint-gobain.com)

(担当 渡辺)

放射線の  
 安全利用技術を基礎に  
 人と地球の  
 “安心”を創造する。



CHIYODA TECHNOL CORPORATION

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](mailto:ctc-master@c-technol.co.jp)

# TNSは エネルギーエンジニアリングの あらゆるステージで あなたをサポートします。

TNSは原子力・アインストープに関する高度な知識と技術を駆使し、設計から施設の廃止にいたるまでのあらゆる段階でサポート業務を展開するとともに、先端技術分野における研究・開発においても、質の高いサポートを提供いたします。



## 安全設計・評価

- 施設設計
- 遮蔽設計
- 安全評価
- RII施設の申請業務代行

## 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
- 環境物質の挙動解析
- トレーサ試験
- 解体廃棄物の物理特性試験

## 工 事

- 施設の保守・点検
- 施設の解体工事
- 施設の改造工事

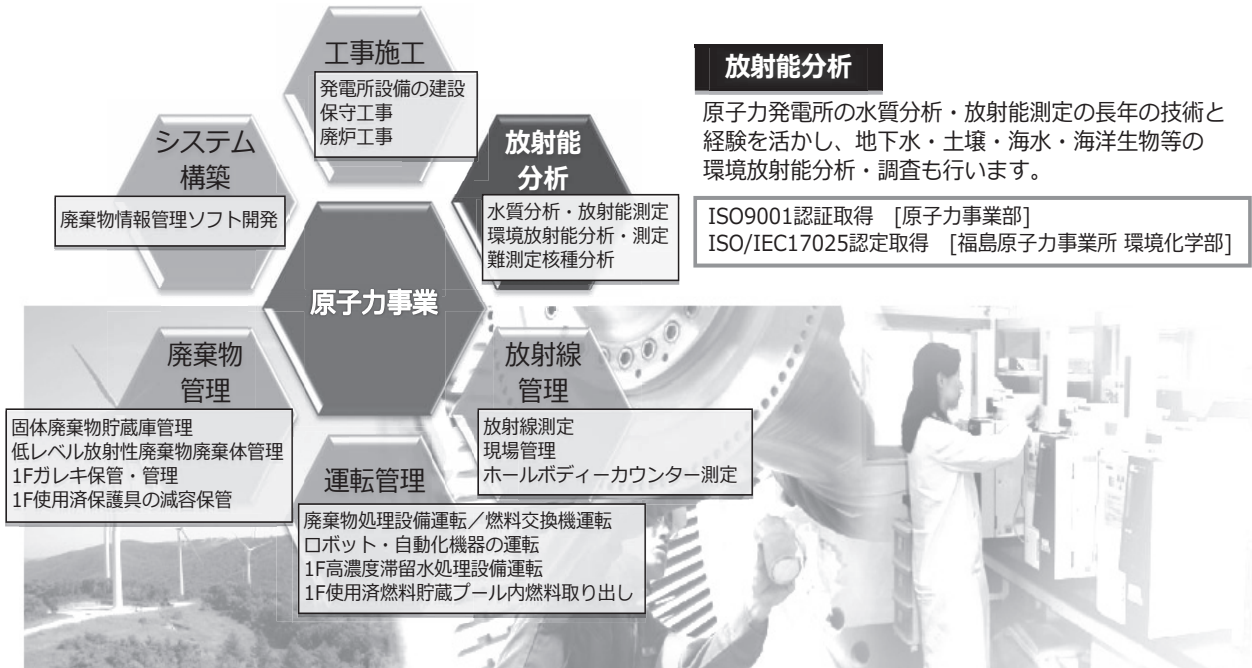
## 機器販売

- 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

 **東京ニュークリア株式会社**

東京本社：東京都台東区台東 1-3-5 (反町ビル 7F) 〒110-0016 TEL.03 (3831) 7957  
 東海営業所：茨城県那珂郡東海村村松字平原 3129-31 〒319-1112 TEL.029 (282) 3114  
 つくばセンター：茨城県つくば市緑ヶ原 4-19-2 〒300-2646 TEL.029 (847) 5521  
 大阪事業所：大阪府中央区内本町 1-2-5 (YSK ビル 5F) 〒540-0026 TEL.06 (4792) 3111  
 六ヶ所事業所：青森県上北郡六ヶ所村大字尾駿宇野附 1-4 〒039-3212 TEL.0175 (71) 0710

私たちは、エネルギービジネスにおける『豊富な経験と実績』に基づいた『コアテクノロジー』を駆使し、『様々なフィールド』でお客様をフルサポートいたします。



 **東京パワーテクノロジー株式会社**

原子力事業部  
〒135-0061 東京都江東区豊洲5-5-13 豊洲アーバンポイント  
TEL 03-6372-7165 FAX 03-6372-4161  
<http://www.tokyo-pt.co.jp/>



## 個人被ばく線量測定 クイクセルバッジサービス

- ◆ラベルの表記がリニューアルされ、見やすくなりました。
- ◆バッジの形状の変更により、着用感がさらにUP。
- ◆測定原理は、ルクセルバッジと同じOSL線量計を用いています。
- ◆バッジ製造の国内化を実現し、安定供給を可能にしました。



本社 / 〒300-2686 茨城県つくば市諏訪C22街区1 Tel. 029-839-3322 Fax. 029-836-8441  
 大阪営業所 / 〒550-8668 大阪市西区新町1-1-17 Tel. 06-6535-2675 Fax. 06-6541-0931  
 ホームページアドレス / <http://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

### 技術開発・研究 TECHNOLOGY STUDY AND DEVELOPMENT



As Low As Reasonably Achievable

## 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

# AccuFLEX LSC-8000

**HITACHI**  
Inspire the Next

## Accuracy and Flexibility

様々な場面で求められる測定結果を提供する  
スピーディーに、効率よく、正確に。  
その想いを込め AccuFLEX LSC-8000 が誕生しました。

1962年 国産初の  
液体シンチレーションシステム開発から約50年

従来製品より培われた性能・機能に、  
当社の英知と先進技術を合わせ充実した  
分析性能、メカニカル性能をここに実現しました。  
みなさまの研究のパートナーとして、  
先進技術のパフォーマンスを実感してください。



 株式会社 日立製作所

AccuFLEXは、株式会社日立製作所の登録商標です。

[www.hitachi.co.jp/healthcare](http://www.hitachi.co.jp/healthcare)

## 富士電機の放射線測定器

 富士電機

### 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](mailto:fric-info@fujielectric.co.jp)

営業所

北海道 TEL 011-221-5482  
東京 TEL 042-585-6024  
関西 TEL 06-6455-3891

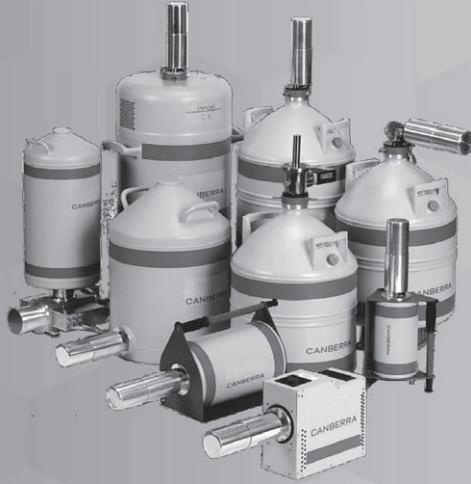
東北 TEL 022-716-0203  
中部 TEL 052-746-1032  
九州 TEL 092-262-7844



**MIRION**  
TECHNOLOGIES

放射線 安全性 さらになる水準へ

## 放射化学のための測定システム



ゲルマニウム半導体検出器



InSpector1000™ : 可搬型  
デジタルスペクトロサベイメータ



PIPS 荷電粒子検出器



ISOC™ :  
ガンマ線分析システム



FASTSCAN™ :  
ホールボディカウンタ

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](mailto:jp-sales@mirion.com)

東京本社  
大阪営業所

03-5835-5402  
06-4806-5662



## 公益財団法人 原子力安全技術センター

### 放射線障害防止法に基づく登録機関業務

#### 登録検査機関

#### 登録定期確認機関

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

#### 登録運搬物確認機関

#### 登録運搬方法確認機関

問い合わせ先: 03-3814-7483

承認容器による輸送の  
運搬物確認

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

#### 登録定期講習機関

問い合わせ先: 03-3814-5746

放射線取扱主任者の  
資質向上のための講習

私たちは放射線障害防止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 <http://www.nustec.or.jp/>

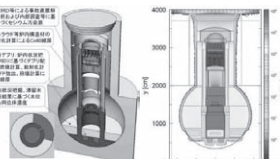
日本原子力研究開発機構は、東京電力ホールディングス福島第一原子力発電所(1F)の廃止措置と、ふくしまの環境回復と住民の早期帰還に向けた研究開発に取り組んでいます。

廃止措置に向けた取り組み

廃止措置等に関する研究開発



廃炉国際共同研究センター(CLADS)  
国際共同研究棟



シミュレーションによる線量率分布評価

研究開発拠点の整備

福島県に、「遠隔操作機器・装置開発・実証施設」及び「放射性物質分析・研究施設」を整備し、福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた研究開発を遂行します。



遠隔遠隔技術開発センター

- 原子炉格納容器下部の漏洩箇所補修技術の実証試験
- 遠隔操作ロボット等の開発実証
- 作業員の訓練、人材育成



大規模分析・研究センター  
(完成イメージ図)

- 紙・中線量のがれきり類、焼却灰、樹木、水処理二次廃棄物などの分析
- 燃料デブリ、音線量のがれきり、水処理二次廃棄物などの分析

環境回復に向けた取り組み

モニタリング・マッピング

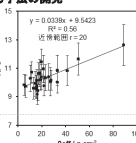


航空機モニタリング

無人ヘリを用いたセシウムの土壌濃度分布を効率的に推定する手法の開発

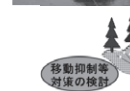


放射性セシウムの深度分布図



散乱線/直接線比と放射性セシウムの深度分布指標との関係

福島長期環境動態研究プロジェクト(F-TRACE)



放射性セシウムの環境中の挙動を解明

放射性物質が環境中でどのように移動するのか、長期にわたって調査、予測、評価し、被ばく線量の軽減につなげていく



放射性セシウムの環境中の挙動を解明



福島県環境創造センター(三春町施設)



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)  
ホームページ: <http://www.jaea.go.jp>



確かな分析力を礎に  
国民生活に貢献します

私たちは、環境放射能・放射線に関する分析専門機関です

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関心が高まる現在、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。

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。

価値ある実務研修 技術者に学ぶ

日本分析センターは、都道府県、その他各方面からの要請に応じ、環境放射能・放射線分析技術者への研修、専門技術者を派遣している技術指導などを行っています。

新しい技術を用いた安定同位体分析などを行っています。

また、ホウ素中子補足療法 (BNCT) の開発実用化に係る研究開発や、放射性核種自動分離測定装置の実用化開発を行っています。

身の回りの環境に含まれる微量の放射性核種の分析サービスを提供しています。

セシウム137、ストロンチウム90、トリチウム、プルトニウムなどの人工放射性核種からウラン、トリウムなどの自然放射性核種まで、様々な放射性核種の分析に対応します。

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。優れた成績を誇るほか、様々な認証・認定を取得しています。

環境放射線モニタリング等を行っている各都道府県の実務担当者向けの研修のほか、民間機関及び地方自治体の担当者を対象とした研修コースなど、幅広く環境放射能に関する分析・測定研修を実施しています。

一歩前へ 新技術開発への挑戦

日本分析センターは、現在の分析技術に安んぜず、ためらいによる技術開発を目指し、新しい分析法の研究・開発を行っています。

お問合せは

公益財団法人 日本分析センター 企画・広報グループ  
<http://www.jcac.or.jp> e-mail [webman@jcac.or.jp](mailto:webman@jcac.or.jp)

〒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

## 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
- 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

#### ◆ 放射線・原子力利用の普及事業

- ・ 技術誌「放射線と産業」の刊行
- ・ 「放射線プロセスシンポジウム」の支援

#### ◆ 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
- ・ 中性子照射：シリコンの半導体化

#### ◆ 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

### 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](mailto:office@radiochem.org)