

放射化学

第31号

短報

簡易放射線計測器による東京—新青森間の新幹線車内における空間線量率の経時変化／簡易放射線計測器による東京—新潟間の新幹線車内における空間線量率の経時変化

総説

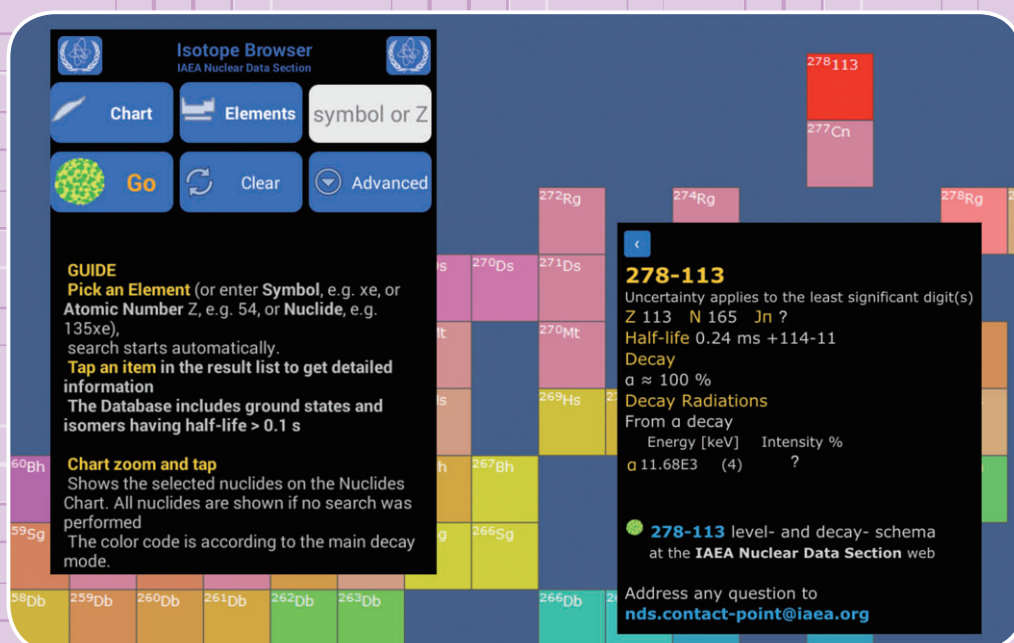
国際核データベース

ニュース

2014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

研究室紹介—2014若手の会から—

原発事故環境汚染 ～福島第一原発事故の地球科学的側面～ 書評



日本放射化学会

The Japan Society of Nuclear and Radiochemical Sciences

放射化学

第 31 号

平成 27 年 (2015 年) 3 月 31 日

目次

会長に就任して (中西友子)	1
短報	
簡易放射線計測器による東京—新青森間の新幹線車内における空間線量率の経時変化..... (田上恵子)	2
簡易放射線計測器による東京—新潟間の新幹線車内における空間線量率の経時変化..... (田上恵子)	7
総説	
国際核データベース (大塚直彦)	12
ニュース	
2014 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	
密度汎関数法を用いたマイナーアクチノイドの選択的分離に対する計算化学的アプローチ (金子政志)	25
福島第一原発北西部に広がる高線量地域の ^{110m}Ag : ^{137}Cs 比を用いた分類 (佐藤志彦)	28
^{235m}U の脱励起過程の研究に向けた反跳核捕集装置の開発 (重河優大)	30
サロフェン型配位子をもつ八配位 U(V) および U(IV) 錯体の安定構造の変化 (森本佳祐)	32
ニュース	
研究室紹介 - 2014 若手の会から -	
2014 日本放射化学会年会・第 58 回放射化学討論会 若手の会 (大江一弘)	34
大阪大学放射化学研究室、同位体化学研究室 (横北卓也)	36
金沢大学放射化学研究室 (北山雄太)	37
首都大学東京同位体化学研究室、宇宙化学研究室 (只井智浩)	39
筑波大学放射化学研究室 (佐藤志彦)	40

新潟大学核化学研究室（佐藤大輔）	42
日本原子力研究開発機構超重元素研究グループ（金谷佑亮）	43
ニュース	
原発事故環境汚染 ～福島第一原発事故の地球科学的側面～ 書評（高橋賢臣）	45
歴史と教育	
よみがえる長岡原子模型（稲村 卓）	55
時過ぎて	
Heino Nitsche 博士を偲んで（吉田善行）	64
会議報告	
・ 第 53 回核化学夏の学校（大浦泰嗣）	66
・ 2014 日本放射化学学会年会・第 58 回放射化学討論会 始末記（実行委員）	68
・ 第 9 回高崎量子応用研究シンポジウム（喜多村茜）	78
・ 新規イノベーションのためのシンポジウム「大阪大学 医・理・核物連携事業」(篠原 厚)	80
・ The Thirteenth International Conference on Accelerator Mass Spectrometry (AMS13) （末木啓介）	84
・ 第 4 回 INCC (International Nuclear Chemist Chemistry Congress) とサンパウロ大学訪問 （初川雄一）	85
・ The Fourth Joint Meeting of the Nuclear Physics Divisions of the American Physical Society and The Physical Society of Japan (Hawaii 2014) (笠松良崇)	87
・ Micro-Mini & Nano Dosimetry (MMND-2014) and International Prostate Cancer Treatment (IPCT-2014) Workshop (MMND-IPCT Conference 2014) (阪間 稔)	90
情報プラザ （国際国内会議）	92
学会だより	94
「放射化学」論文編集委員会規定	101

賛助会員リスト
 広告

表紙の説明

IAEA 核データセクション (NDS) は、1964 年の設立以来半世紀以上にわたり、核データおよび原子分子データの整備とその加盟国への配布を行っている。その業務の性格から、1996 年のウェブサイトの開設など、NDS は IAEA でも先端の情報技術をいち早く取り入れてきた。2013 年には、NDS の Marco Verpelli が開発した携帯端末のためのアプリ Isotope Browser を、IAEA 初の携帯端末アプリとして公開した。現在 Google Play および iTunes App Store から無料で入手することができる。4000 以上の核種の半減期、崩壊分岐比、放射エネルギーなどを表示させることができ、またこれらを条件として核種を検索することができる。表紙絵は、113 番元素の同位体 $^{278}113$ を検索した例。

会長に就任して

中西友子



この度、日本放射化学会の会長に就任いたしました。私は現在、大学の農学系の組織に属しておりますが、このことは放射化学の現状を物語る一面を表しているかもしれません。かつては理学系の放射化学の研究室で学んでおりましたが、その後、生命科学や医学等様々な分野を経て農学部で研究を行うようになりました。しかし、研究内容の面においては、所属とは無関係に、常に放射化学を基盤として共に歩んできたという自負があります。周囲を見回しますと、私と同様に、かつての放射化学関連の研究者の方々も様々な分野で活躍されており、必ずしも放射化学という看板の元にはおられない方がたくさん見受けられます。つまり放射化学は非常に広い分野への応用が可能であり、また、それらを支えることができる学問なのだ痛感しています。ただその応用性はさておき、根幹である「放射化学」という看板を掲げこの分野の人材を輩出する研究室が、日本にもうごく僅かしか残っていないことがひとつの大きな問題だと感じています。最近逝去された、米国カリフォルニア大学バークレー校の故 H. Nitsche 先生が、数年前、国際会議の昼食会で、全米の放射化学という名前のついた研究室の数について話されていました。先生のお話しでは、米国においてもその数はかなり減ってきてはいるものの、その減少は米国においては底を打ったということでした。

一方、日本では2011年3月11日の福島第一原発事故以来、日本中の人々が放射線や放射性物質に関心を持ち、それらは何なのか、また影響はどうか等について熱い眼差しを注いでいます。このように、かつてないほど一般の人々の放射線に関する関心が高い時に、学会としてどうそれを説明し発信していけるのか、それが放射化学討論会時代からの長い歴史を持つ放射化学者の集まりである日本放射化学会の一つの大きな役割だと感

じています。

このような背景の元で、日本の放射化学の学問の中心を成す日本放射化学会を、将来に向けていかに活力のあるものにしていくのかが私の第一の課題だと考えています。そのためには、まず、学会の基盤の強化ならびに学会の更なる活性化が必要だと考えます。学会の基盤強化については、例えば他の関係する学会や会合とのコラボレーションが考えられます。放射化学という学問の重要性をもっと広く認知させていくためにも、関連するいろいろな分野の方々と、様々な機会を通して積極的に協力していくことが大切だと思います。例えば米国の放射化学関連の国際会議はかなり内容に関連性のある分野を入れ込み、放射化学との意見交換ができるようになってきています。原子力関連の例を挙げると、事故処理のみならず、溜まっている放射性廃棄物処理などについても放射化学の知識が不可欠です。

学会の活性化について考えられることの一つは、学会内における広報活動の充実化です。例えば会員一人一人との意見や情報のやりとりをもっと活発にしていくため、会員間の積極的なネット活用が考えられます。主催や共催をしているシンポジウムなどの会議の案内などは既に行われていますが、ネットを通じた研究内容に関する情報共有や互いの議論をもっと活発に行い、特に学術面での過去の知見、今後の展開、Q&Aなど、放射化学を学ぶ上での情報が日常的に議論できるようにしたらいいのではないのでしょうか。そして研究を進める上での具体的な実験操作や測定方法、あるいはそれらの応用についても知識の共有化を図っていききたいものです。福島の事故についても、放射化学の面からの解析や意見についての発信がもっとあっていいのではないかと思います。

これらはまだ考えの一端にすぎません。理事会の方々をはじめ、会員の皆様の考えを最大限反映していく中で、日本放射化学会の活性化をいろいろな面から図っていきたいと考えています。

短 報

簡易放射線計測器による東京—新青森間の新幹線車内における空間線量率の経時変化 Measurement of air dose rate change with time in Shinkansen super express train between Tokyo and Shin-Aomori stations with a handheld radiation monitor

田上恵子*、内田滋夫、石井伸昌

放射線医学総合研究所 廃棄物技術開発研究チーム

〒263-8555 千葉県千葉市稲毛区穴川4-9-1

Keiko Tagami, Shigeo Uchida, Nobuyoshi Ishii

Office of Biospheric Assessment for Waste Disposal, National Institute of
Radiological Sciences

Anagawa 4-9-1, Inage-ku, Chiba-shi, Chiba, 263-8555 Japan

(2015年1月28日投稿、2015年2月23日受理)

要旨

簡易放射線計測器 (Horiba, PA-300) を用いて、東京駅から新青森駅の新幹線区間における空間線量率の計測を2013年7月30日と2015年1月27日に往復で行った。その結果、福島第一原子力発電所の事故を受けて空間線量率が高くなった宇都宮から白石蔵王の区間の空間線量率は減少していた。線量率が最も高かったのは郡山駅と福島駅の間であった。2015年1月27日における減少割合を求めため、2013年7月30日に最も高かったポイントを含む6ポイント/片道 (計3分間分)、往復計12ポイントの平均値からバックグラウンド計測値として $0.020 \mu\text{Sv h}^{-1}$ を差し引いた成分を求めたところ、2013年7月30日では $0.070 \mu\text{Sv h}^{-1}$ 、2015年1月27日には $0.042 \mu\text{Sv h}^{-1}$ となり、したがって、約550日で空間放射線量率は0.60にまで減少した。これは理論的に計算できる空間線量率の減衰 (0.79) よりも早かった。

キーワード

セシウム-134、セシウム-137、福島第一原子力発電所事故、空間線量率、簡易放射線測定器

Key words

Cs-134, Cs-137, Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident, Air dose rate, Handheld radiation monitor

緒言

2011年3月11日に発生した東日本大震災から4年が経過しようとしている。それに伴う津波により東京電力福島第一原子力発電所で発生した原子炉事故は、環境中に放射性物質を放出した。放射能汚染は当初いろいろな短半減期重要核種 (例えば、 ^{131}I , ^{132}Te) や重要核種 ($^{239+240}\text{Pu}$, U) の調査が行われたが^{1,6}、現在環境中に残っており、外部被ばく線量に影響しているのは ^{134}Cs と ^{137}Cs である。これらの分布、測定については多くの報

告がなされている。汚染の程度を視覚的に捉えるために、広域には航空機モニタリング¹、また道路等ではGPS連動型放射線自動計測システムKURAMA⁶が利用され成果を上げており、生活空間における被ばく線量率については、地域毎に詳しく研究され続けている。

一方国民が遠方に出かける際、頻繁に使われる交通手段としての新幹線についてはほとんどデータがない。2011年9月17日の例がネット上で公開されていたり⁷、また教材として使用され

* Corresponding author. e-mail: k_tagami@nirs.go.jp

ている例⁸が報告されているものの、継続した研究は行われておらず、乗車移動中において、空間線量率がどのように変化しているのかについての報告はほとんどない。

そこで筆者らは東京—新青森間の新幹線はやや号車内において空間線量率を連続して測定して移動中の計測結果を報告するとともに、同じ装置で2013年7月30日と2015年1月27日に測定を行い、この間の時間経過とともにこの間における減少の程度について検討を行った。

方法

測定装置は簡易型放射線計測器として購入可能なHORIBA PA-300 (商品名Radi) である。本装置は検出器部にヨウ化セシウムとシリコンフォトダイオードを使用しており、単3乾電池2本で稼働する。メモリー機能は付いていない。サンプリング時間は60秒であり、60秒の積算値(移動平均)を10秒毎に表示する。エネルギー特性は0.15-1.25 MeVにおいて¹³⁷Csを1としたときに0.5-3である。今回計測対象となるのが¹³⁴Cs(主な γ 線エネルギーは605 keVと796 keV)、¹³⁷Cs(662 keV)であり、¹³⁴Csは¹³⁷Csのエネルギーピークを挟むようにガンマ線を放出するため、ほぼ同じ効率を与えると考えられる。本測定装置は、定期的な補正を行っていないため、定量性は低いが、同じ装置を使うことで、感度としては同じ計測結果が得られたと言える。

測定日は2013年7月30日と2015年1月27日に東京から新青森、新青森から東京の往復の経路で行った。したがって、4回の測定結果がある。どの乗車においても仙台—大宮間はノンストップ運転であった。測定装置は車内窓側に接するように設置した。測定は乗車してからすぐに開始し、東京駅または新青森駅において一定間隔で3回観測を行った。次に、一定の時間(5または10分)が経過する毎に読み取り値を記録し、特に宇都宮駅から仙台駅の間においては、30秒または1分毎に記録を行った。また、駅を通過する際に駅通過と同時に空間線量率を記録した。トンネル区間も存在するが、特に避けていない。

なお、これらの測定において、ダイヤが影響して実際に乗車している時間が異なるため、結果を

時間で表記できない。また、速度が変化することから、距離も測定することができない。そこで単純に、東京駅を基点とし、通過駅間でもっとも計測を行ったケースにナンバリングを行い、それに基づいて各回の測定結果を合わせた。例えば、A駅とB駅間において、ある測定回では30秒間隔で10ポイントあるのに対し、ある測定回では1分間隔で5ポイントあれば、後者では2ポイントに1ポイントは欠測として整理した。これにより、東京—新青森間で195ポイントのデータが得られている(停車中は同じポイントに留まっていたとする)。ポイントの番号は、したがって、必ずしも距離に比例していない。ただし、福島県を挟む小山駅と仙台駅では30秒間隔計測を基本としてデータポイント番号を与えており、また、停車していないので、データナンバーと距離はほぼ比例関係になっていると考えられる。なお、参考のために、主要駅間の走行時間についても示すこととした。

結果および考察

測定結果をFig. 1に示す。横軸は上述の方法によって得られたデータポイント数を示しており、合わせて通過駅のポイントも示した。2013年および2015年の測定の両方で、郡山駅と福島駅間にピークが見られ、過去のデータ⁸とほぼ同じ傾向を示していることがわかった。ただし本測定では、計測値は60秒間の積算値であるため、東京から新青森、新青森から東京のデータに若干のずれが生じていることがわかる。どちらの測定においても、これらの駅間の福島駅より側で東京や新青森で測定された約0.02 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ になる測点もあったが、これはトンネル区間であった。

空間線量率は宇都宮駅と白石蔵王駅区間外では2015年1月27日の測定も、2013年7月30日の測定も変化がないが、同区間内では時間とともに減少していることが観察された。なお、仙台駅から盛岡駅の区間においては、トンネルが多く、そのため空間線量率が高まっていると考えられた。また詳細を見ると、他にもいくつかのポイントで上昇している区間があった。ただし、これらについては2013年および2015年でも同様の傾向であることがわかる。

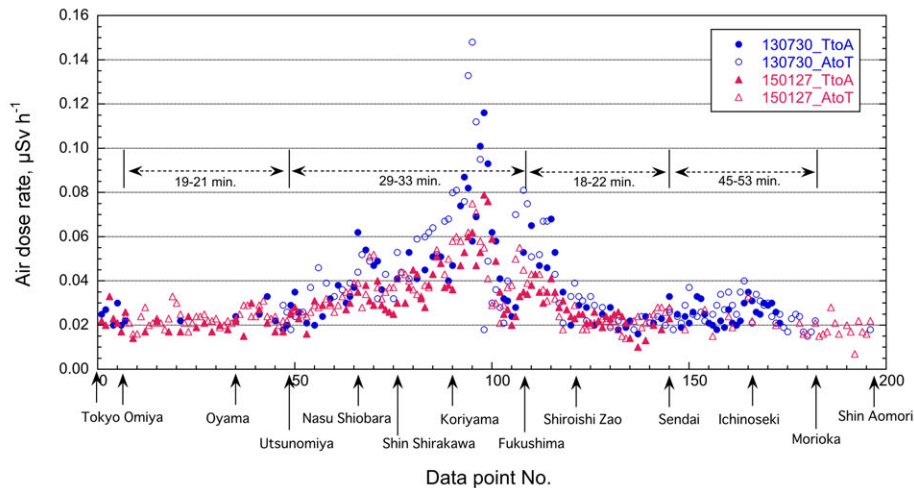


Fig. 1. Air dose rate in Shinkansen super express train between Tokyo (T) and Shin-Aomori (A) Stations measured on 30 July 2013 and 27 January 2015 with a handheld radiation monitor.

特に顕著なピークを示しているデータについては、これらのデータを含む6ポイント（片道あたり3分間）の1日2回のデータ、計12ポイントのデータを用いて平均値を計算し、さらにバックグラウンド空間線量率として大宮駅から小山駅区間で得られた平均値（ $0.020 \mu\text{Sv h}^{-1}$ ）を差し引いてネットの空間線量率、すなわち、福島第一原発事故に由来する空間線量率を導出した。その結果、2013年7月30日では $0.070 \mu\text{Sv h}^{-1}$ 、2015年1月27日には $0.042 \mu\text{Sv h}^{-1}$ となり、原発事故由来の空間線量率は最初の計測に対し546日後は0.6に減少していたことがわかった。

この期間における放射性Cs濃度減少程度については、 ^{137}Cs （物理学的半減期：30.17年、662 keVにおける放出比：85.1%）は0.97、 ^{134}Cs （物理学的半減期：2.06年、605 keVにおける放出比：97.6%、796 keVにおける放出比：85.5%）は0.61と算出できる。ここで、 ^{134}Cs は放出比の高い線を2本出し、その放出比が ^{137}Cs と類似していることから、 ^{137}Cs と ^{134}Cs の減衰を比較すると、物理学的半減期以外に、 ^{134}Cs は空間線量率について、 ^{137}Cs の2倍の減衰効果があることといえる。2013年7月30日において、 ^{134}Cs の量をA、 ^{137}Cs の量をBとすると、理論的には、空間線量率は、 $A \times 2 + B$ であったが、減衰を考慮すると、2015年1月27日には $0.61A \times 2 + 0.97B$ となる。また、福

島第一原子力発電所の事故で放出された ^{134}Cs と ^{137}Cs の比は1:1であることから、2013年7月30日において、 ^{134}Cs の量は ^{137}Cs の量の0.47、すなわち、 $A=0.47B$ である。これらから、2015年1月27日の空間線量率は2013年7月30日の0.79と導出される。しかしながら、今回得られた結果はそれよりも早い減衰を示しており、したがって、除染の効果または物質の移動に伴う減少が観測された結果と言える。

まとめ

東京駅—新青森駅区間における新幹線乗車中の空間線量率の変化の情報を提供するために、簡易型放射線計測器（HORIBA PA-300）を用いて測定した。さらに、2013年7月30日から1年半程度経過した2015年1月27日に再測定した際の空間線量率の減少の程度について考察した。その結果、東電福島第一原発事故の影響を受けたエリアにおいて空間線量率が高くなっていたことが新幹線乗車中においても確認された。最も空間線量率の高かった測定ポイントにおける経時変化による減少の程度は、理論的に得られる値よりも小さく、したがって、除染の効果または物質の移動が考えられた。今後は原発事故の影響がないと考えられる他の区間についても同様の測定を行い、自然放射線と原発事故由来放射線について

比較検討できるようにすることが必要である。

引用文献

- 1 文部科学省. 放射線量等分布マップ拡大サイト. <http://ramap.jaea.go.jp/map/> (2015.1.28 アクセス).
- 2 Kinoshita, N., Sueki, K., Sasa, K., Kitagawa, J., Ikarashi, S., Nishimura, T., Wong, Y.S., Satou, Y., Handa, K., Takahashi, T., Sato, M., Yamagata, T. Assessment of individual radionuclide distributions from the Fukushima nuclear accident covering central-east Japan. *P. Natl. Acad. Sci. USA* 108, 19526-19529 (2011).
- 3 Zheng, J., Tagami, K., Watanabe, Y., Uchida, S., Aono, T., Ishii, N., Yoshida, S., Kubota, Y., Fuma, S., Ihara, S. Isotopic evidence of plutonium release into the environment from the Fukushima DNPP accident. *Scientific Reports* (2012) doi: 10.1038/srep00304.
- 4 Zheng, J., Tagami, K., Uchida, S. Rapid analysis of U isotopes in vegetables using ICP-MS: application to the emergency U monitoring after the nuclear accident at TEPCO's Fukushima Dai-ichi power station. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 292, 171-175 (2012).
- 5 Tagami, K., Uchida, S., Ishii, N., Zheng, J., Estimation of Te-132 distribution in Fukushima Prefecture at the early stage of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant reactor failures. *Environ. Sci. Technol.* 47, 5007-5012 (2013).
- 6 京都大学原子炉実験所. GPS 連動型放射線自動計測システム KURAMA. <http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/kurama/> (2015.1.28 アクセス).
- 7 青山、池田、鷹取. 東北新幹線車内の放射

線量～東京・福島・仙台間～ (2011.9.21). <http://eritokyo.jp/independent/aoyama-col1053.html> (2015.1.28 アクセス).

- 8 森山. 中学校理科における“放射線”の実践紹介. *Isotope News* 719, 37-41(2014).

追補：宇都宮駅－福島駅間の新幹線内における空間線量率と乗車時間について

本研究で用いた簡易型放射線計測器のサンプリング時間は60秒であり、60秒の積算値（移動平均）を10秒毎に表示する。したがって、高速移動中、同じ区間を乗車していても、その区間における滞在時間が変化すれば値が異なる可能性がある。そこで2015年2月17日に東京駅—福島駅間においてやまびこ号（停車駅：上野、大宮、宇都宮、郡山、福島、仙台）に乗車し、移動時間と測定される空間線量率についてはやて号（大宮—仙台間ノンストップ）の場合と比較を行った。宇都宮—福島間では、はやて号では約30分、やまびこ号では約45分（ただし、郡山において2分停車）と1.5倍長い。測定は30秒毎に行ったが、データポイントは比較できるようにFig. 1と同様に設定した。主要駅間のポイント数はやまびこ号の方が多くなっている。

結果をFig. 1sに示す。トンネル区間については、主要なものを示したが、トンネルで空間線量率が下がる傾向は、どちらの新幹線でも同様であった。最も高い空間線量率はやまびこ号で見られた。すなわち、このような線量をもたらす汚染区間が短いため、単位時間あたり進む距離の長いはやて号の方がやまびこ号よりも汚染レベルの低いエリアを相対的に多く含むことになり、結果として低い表示になったと考えられた。したがって、データを比較する際には測定装置の特性を十分考慮する必要があるといえる。

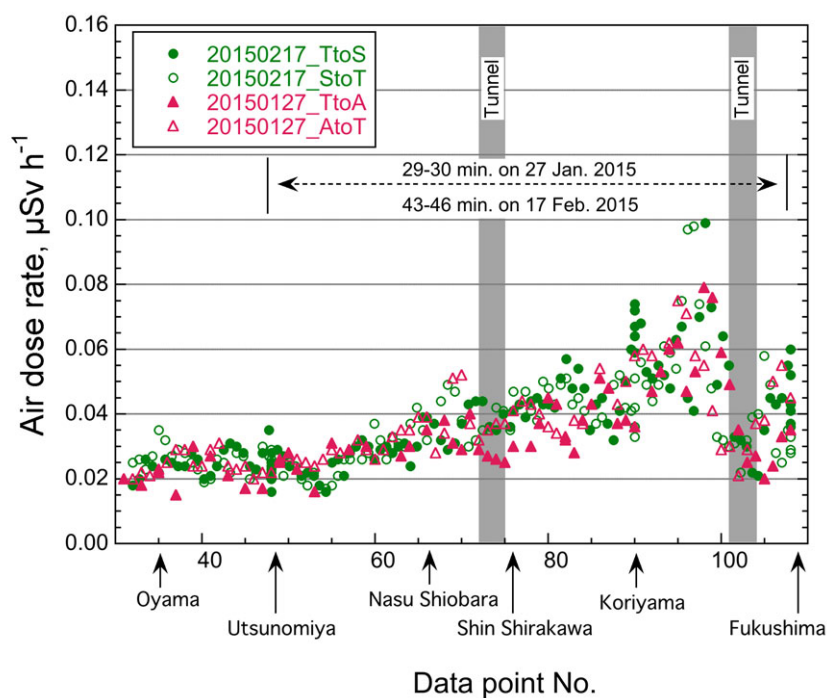


Fig. 1s. Air dose rate in Shinkansen super express train between Oyama and Fukushima stations with Hayate (between Tokyo [T] and Shin-Aomori [A]) and Yamabiko (Tokyo [T] and Sendai [S]) measured on 27 January 2015, 17 February 2015, respectively, with a handheld radiation monitor.

Abstract

Radiation dose rates in Shinkansen super express train between Tokyo and Shin-Aomori stations were measured on 30 July 2013 and 27 January 2015 using a handheld radiation monitor (Horiba, PA-300), two times a day (a return trip). Except the tunnel areas, air dose rate decreased with time between Utsunomiya and Shiroishi-Zao stations where environmental radiation dose rates increased due to the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident occurred on March 11, 2011.

Twelve points (six in one way) including the highest dose points in 2013 were averaged for both collection date and the background dose rate, $0.02 \mu\text{Sv h}^{-1}$ was then subtracted to calculate the decreasing rate between these two observation dates. The net radiation dose rate was $0.070 \mu\text{Sv h}^{-1}$ on 30 July 2013, and it became $0.042 \mu\text{Sv h}^{-1}$ on 27 January 2015. The air dose rate decreased to 0.60 in ca. 550 d, which means faster decrease when we compared it with expected value of 0.79.

短 報

簡易放射線計測器による東京—新潟間の新幹線車内における空間線量率の経時変化 Measurement of air dose rate change with time in Shinkansen super express train between Tokyo and Niigata stations with a handheld radiation monitor

田上恵子*、内田滋夫、石井伸昌

放射線医学総合研究所 廃棄物技術開発研究チーム

〒 263-8555 千葉県千葉市稲毛区穴川 4-9-1

Keiko Tagami, Shigeo Uchida, Nobuyoshi Ishii

Office of Biospheric Assessment for Waste Disposal, National Institute of
Radiological Sciences

Anagawa 4-9-1, Inage-ku, Chiba-shi, Chiba, 263-8555 Japan

(2015 年 2 月 9 日投稿、2015 年 2 月 24 日受理)

要旨

東京駅から新青森駅の新幹線区間における新幹線内での空間線量率の計測結果と比較するために、トンネル区間が長い東京駅から新潟駅の新幹線区間において、2015 年 2 月 6 日に往復で計測を行った。空間線量率簡易放射線計測器 (Horiba, PA-300) を用いて計測した結果、トンネル内においてウラン系列やトリウム系列の大地放射線の影響を受けて空間線量率が上昇することが確認された。また、新幹線ホームにおける空間線量率と新幹線車内における空間線量率を測定し、車体による遮蔽の程度を測定したところ、車外に対し 1 階席においては 0.68 ± 0.10 、2 階席においては 0.43 ± 0.06 を得た。原子力規制委員会により報告されている空間線量測定結果を用い、通過エリアに近い測定点において導出した遮蔽割合は、車外に対し平均で 1 階席においては 0.53 ± 0.08 、2 階席では 0.44 ± 0.11 となり、新幹線ホームで測定した値と同程度といえた。

キーワード

大地放射線、福島第一原子力発電所事故、空間線量率、簡易放射線測定器

Key words

Air dose rate, Handheld radiation monitor, Radiation decreasing rate, Tunnel, Natural radiation

緒言

筆者らは東京—新青森間の新幹線車内において空間線量率を連続して測定して移動中の計測結果を報告するとともに、同じ装置で 2013 年 7 月 30 日と 2015 年 1 月 27 日に測定を行い、この間の時間経過とともにどのように変化したのかについて検討を行った¹。その際、トンネル内で線量率が高くなる結果を得た。岩石内に含まれるウラン、トリウムおよびカリウムを起源とする大地放射線に取り囲まれる状態になるため、平地に

比べてトンネル内は線量率が高くなることは良く知られていることである²⁻⁴が、東京電力福島第一原子力発電所の事故を受けて、国民の放射線への興味が高まる中、事故起源以外に、どのような線量率が得られているのかを比較して示すことが重要である。

本研究では、トンネル区間が長い上越新幹線区間における空間線量率を調べると共に、新幹線車内と車外での空間線量率の差についても検討を加えた。

* Corresponding author. e-mail: k_tagami@nirs.go.jp

方法

測定装置は前報でも用いた簡易型放射線計測器、HORIBA PA-300（商品名Radi）である。本装置の詳細については前報¹を参照されたい。装置感度は0.01 $\mu\text{Sv/h}$ において10 counts/min以上である。本装置では、 γ 線エネルギーで150 keV以下はノイズを減らすためにカットし、この状態で ^{137}Cs により校正されている（国家標準に準じてメーカーで実施）。

測定日は2015年2月6日に東京から新潟、新潟から東京の往復の経路で行った。新幹線は2階車両であり、東京から新潟では1階、新潟から東京では2階席窓側で測定を行った。測定機は車内窓側に接するように設置した。測定は上野—新潟間において30秒間隔で行い、通過駅及びトンネル区間を記録した。なお、空間線量率は気象条件により異なることは良く知られている。例えば積雪によって地面が遮蔽されることによって、積雪がない期間よりも空間線量率が低くなったり、降雨によって大気中の塵等に付着したラドン子孫核種が地面に沈着することで一時的に空間線量率が高まったりする現象が見られることは注意しなければならない。測定日においては、通過する山間部を除いて降雨は確認されなかったことから、平地における空間線量率は晴天時と同程度であると考えられたが、山間部においては積雪があったことから、積雪のない時期よりも低いレベルであった可能性が高い。

今回の往復測定において、停車駅が異なることから、各測定データを距離に換算することは難しい。しかしながら、前報と同様に、東京駅を基点とし、通過駅間でもっとも計測を行ったケースにナンバリングを行い、同じ通過駅では同じ番号を用いることで測点をおおよそ揃えた。すなわちA駅とB駅間において、往路では10ポイントに対し、復路では8ポイントということが発生する。この場合、復路での測定4ポイント毎に加算を1つ多く設定し、A駅とB駅のそれぞれの番号は同じになるように調整しているが、全体として大きな差は生じていないものとする。これにより、東京—新潟間で220ポイントのデータが得られた（停車中は同じポイントに留まっていたとする）。ポイントの番号は、必ずしも距離に比例していな

いが、ほぼ近い関係にあるといえる。

新幹線の車体による遮蔽については、新潟駅においては新幹線駅ホームにおいて直後から30秒毎に10回、また乗車前に30秒毎に3回の測定を行った。新幹線内において、下車前に1階席において30秒毎に3回、乗車後発車前に2階席において30秒毎に10回測定を行った。それぞれ平均を取り、新幹線車内／車外の空間線量率の比を求めた。

また、走行中においては、原子力規制委員会が全国に配置しているモニタリングポスト⁵のうち、上越新幹線に近い測定点かつトンネル外のポイントを選択し、測定日に通過した時刻にもっとも近い時間の空間線量率を抽出する一方、当該モニタリングに最も近い地点のデータポイント前後2ポイント、計5ポイントを用いて比較を行った。ただし、トンネルが近い場合には、トンネル手前3ポイントを用いた。

結果および考察

測定結果をFig. 1に示す。横軸はデータ採取ポイント番号を示しており、合わせて通過駅のポイントも示した。ピーク位置が必ずしも一致しないのは、用いている簡易型計測器が60秒間の平均値であるためと考えられる。Fig. 1.にはトンネルとデータポイント位置との関係を示す。トンネルは上毛高原から越後湯沢間の約48 kmにあるものが最長であり、本測定では通過に約10分かかっていた。次に長いトンネルは、越後湯沢から新潟側にあるもので、通過に約7分であった。なお、トンネル区間以外の空間線量率を東京側と新潟側で比較すると新潟側で高い傾向を示していることがわかる。この地域における東電福島第一原発の影響は関東の一部と比較すると極めて低く、そのため、原発事故の影響を受けているわけではないといえる。したがって本結果は、原発事故以前に日本の空間線量率を測定した報告^{6,7}からも示されている通り、地質の違いを反映しているものと考えられた。なお、阿部の報告⁷から、新潟県内の36点および東京都と埼玉県内の43点における空間線量率は空間線量率の平均値を導出したところ、それぞれ $0.089 \pm 0.017 \mu\text{Gy/h}$ と $0.066 \pm 0.014 \mu\text{Gy/h}$ であった。

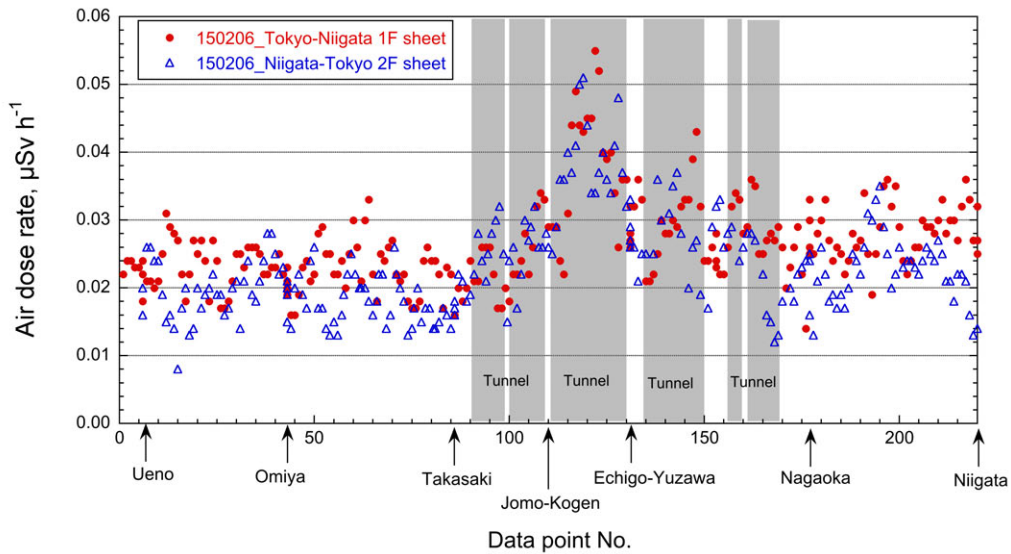


Fig. 1. Air dose rate in Shinkansen super express train between Tokyo and Niigata Stations measured on 6 February 2015 with a handheld radiation monitor.

一方、トンネル内ではこれまで報告されている計測の結果²⁻⁴と同様、空間線量率が高くなる傾向があることがわかる。全てのトンネルとトンネルの間において、間隔が広い、狭いという差があったが、空間線量率がトンネル内と比べて下がった。特に上毛高原と越後湯沢間において空間線量率が最も高くなっており（最大 $0.055 \mu\text{Sv/h}$ ）、次に長いトンネル区間においても空間線量率が他のトンネルに比べて高くなった。これらのトンネルのほぼ中間に位置する越後湯沢駅のある湯沢町における空間線量率⁵は、2015年2月6日における平均値が $0.021 \mu\text{Sv/h}$ であり、この値と比較してもトンネル内の値が高くなっていることがわかる。トンネルが長い場合、十分換気が行われなことでウラン・トリウム系列の子孫核種が滞留し、空間線量率を高める要因となっている可能性がある。例えば子孫核種のラドン (^{222}Rn) とトロニ (^{220}Rn) は希ガスではあるが閉鎖空間において濃度が高くなることが知られており⁶、さらにはラドンの子孫核種がトンネル内部に付着するなどして残留することも考えられる。他にも鉱物中に含まれるウラン・トリウムおよびカリウムの量が影響していると考えられる。

新幹線車体による遮蔽について、さらに検討を行った。車外の結果と車内の結果およびその比

を Table 1 に示す。新幹線 1 階部分での測定値は、新幹線ホームで測定した値の 0.68 であり、新幹線 2 階部分での測定値は 0.43 となった。1 階と 2 階部分での違いの有無については、さらにデータを増やす必要があるが、少なくとも、車内においては車外の 0.4-0.7 程度に減衰していたことがわかった。また、新幹線沿線に比較的近いモニタリングポイントで測定された値と、新幹線車内での計測値の比較についても同様に Table 1 に示す。1 階部分は車外に比べて平均 0.53、2 階部分で 0.44 となり、停車時における値と同程度になった。この検討においても 2 階部分で減少する傾向であった。2 階部分は 1 階の空間の方が空間線量率の減衰に影響している可能性がある。しかし今回は 1 回のみの測定例であり、新幹線の材質や形状なども考えた検討が今後必要であろう。

まとめ

本報告では簡易型放射線計測器を用いた新幹線による移動時における空間線量率について、東北新幹線区間に引き続き検討を行った。空間線量率はトンネル区間が長いほど高くなる結果が得られ、岩石内に含まれるウラン、トリウムおよびカリウムを起源とする大地放射線に取り囲まれることに加えて、ラドンの子孫核種がトンネル内

Table 1 Radiation dose in the inside and outside of Shinkansen train at 6 February 2015.

Place and time	Outside the car (Out) $\mu\text{Sv h}^{-1}$	Inside the car (In) $\mu\text{Sv h}^{-1}$	Ratio (In/Out)
Niigata Station 1 st floor, 11:25-11:40	0.041 \pm 0.003 (n=10)	0.028 \pm 0.004 (n=3)	0.68 \pm 0.10
Niigata Station 2 nd floor, 16:05-16:20	0.039 \pm 0.001 (n=3)	0.017 \pm 0.003 (n=10)	0.43 \pm 0.06
1st floor			
Saitama City, 9:47-9:49	0.049 @10:00*	0.025 (n=5)	0.51
Kazo City, 9:59-10:01	0.052 @10:00*	0.023 (n=5)	0.43
Kumagaya City, 10:04-10:06	0.056 @10:00*	0.026 (n=5)	0.46
Takasaki City, 10:17-10:18	0.034 @10:00*	0.022 (n=3)	0.64
Nagaoka City, 11:02-11:06	0.041 @11:00*	0.024 (n=5)	0.58
Niigata City, 11:20-11:22	0.050 @11:00*	0.028 (n=5)	0.56
Average			0.53 \pm 0.08
2nd floor			
Saitama City, 17:58-18:00	0.048 @18:00*	0.021 (n=5)	0.43
Kazo City, 17:45-17:47	0.051 @18:00*	0.015 (n=5)	0.30
Kumagaya City, 17:40-17:42	0.056 @18:00*	0.018 (n=5)	0.33
Takasaki City, 17:25-17:26	0.034 @17:00*	0.020 (n=3)	0.58
Nagaoka City, 16:40-16:44	0.040 @17:00*	0.021 (n=5)	0.52
Niigata City, 16:26-16:28	0.047 @16:00*	0.024 (n=5)	0.51
Average			0.44 \pm 0.11

\pm 1 sigma standard deviation of data
* Data from Ref. 5

に滞留している影響も示唆された。また、新幹線乗車時における車体の遮蔽についても新幹線内外の空間線量率測定値を求めて推定を行ったが、より詳細な検討が必要である。

引用文献

- 1 田上、内田、石井. 簡易放射線計測器による東京—新青森間の新幹線車内における空間線量率の経時変化の測定. 放射化学 31, 2-6 (2015).
- 2 松田. 東海地域の電車路線等における自然空間放射線量率の測定. Radioisotopes 45, 125-131 (1996).
- 3 下、湊、杉野. 東海3県の環境放射線のレベル調査. 日本原子力学会誌 41, 954-964 (1999).
- 4 飯野、金柿. 簡易計測器による環境放射線測定：九州におけるガンマ線線量率の走行サーベイ. 熊本大学教育学部紀要 63, 357-362 (2014).
- 5 原子力規制委員会. 全国および福島県の空間

線量測定結果. <http://radioactivity.nsr.go.jp/map/ja/index.html> (2015.2.9 アクセス).

- 6 下、真田、藤高、湊. 日本の自然放射線による線量. Isotope News 706, 23-32 (2013).
- 7 阿部. わが国における自然の空間放射線分布の測定. 保健物理 17, 169-193 (1982).

Abstract

Radiation dose rates in Shinkansen super express train between Tokyo and Niigata stations were measured on 6 February 2015 using a handheld radiation monitor (Horiba, PA-300), two times a day (a return trip). At the tunnel areas, air dose rate increased as expected due to the natural radiations from uranium and thorium decay series radionuclides. At Niigata Station, we also measured radiation dose decreasing ratio between inside and outside the train; the first floor sheet area, the

ratio was 0.68 ± 0.10 and that in the second floor sheet area was 0.43 ± 0.06 . We used other data source of radiation dose rates at several monitoring stations near the Shinkansen line measured by the Nuclear Regulation Authority

and the ratio between inside to the monitoring station data were 0.53 ± 0.08 for the first floor sheet and 0.44 ± 0.11 for the second floor sheet, which were similar to what we observed at Niigata Station.

総説

国際核データベース

International Nuclear Databases

大塚直彦（国際原子力機関原子核科学・応用局理化学部核データ課）

Naohiko Otuka

Nuclear Data Section, Division of Physical and Chemical Sciences

Department of Nuclear Sciences and Applications, International Atomic Energy Agency

要旨

核データの公開に関する歴史的背景を概観したのち、国際協力により作成されている核反応、核崩壊・構造に関する主要な核データベースの現状を解説する。最後に、核データベースにおける誤差（不確かさ）の扱いについて議論する。

キーワード

核データ、データベース、核反応データ、核崩壊・構造データ、不確かさ

Key words

Nuclear data, database, nuclear reaction data, nuclear decay and structure data, uncertainty

1. はじめに

「核データ」という言葉から、みなさんはどのような物理量を連想するだろうか。原子核のもたらす現象の豊かさゆえ、その答えは、人によりさまざまかもしれない。ここでは、さしあたり、原子核の性質（構造）とその相互作用（反応）を記述するデータの総称としておこう。原子核の巨視的な現象を精度よく予測する上で、現象を記述するモデル（あるいは計算コード）とそのモデルに与えるべきデータの双方が欠かせない。このデータの中には、反応断面積のようにモデルとは独立に物理量として確立されているものもあれば、核分裂障壁のように、それが適用されるモデルと密接に関連したデータ（パラメータ）もある。MCNPやGEANTのようなモンテカルロ粒子輸送コードは様々な核データを入力データとして読み込んでおり、従ってこれらのコードの計算結果は入力データとして採用された核データに依存する。

核データ（Nuclear Data）という言葉が、いつ頃から今日のような意味で使われだしたのか、不勉強な筆者にはよく分からない。ただ、第二次世

界大戦時の戦時研究の対象に核データがあったことは間違いない。仁科芳雄らによる二号研究や荒勝文策らによるF研究など、わが国にも核関連の戦時研究があったことはよく知られている。当時の京大の研究者とF研究の関係を、未公開の核データを引きつつ議論した政池明の報告は大変に興味深い [1]。例えば、荒勝とその大学院生の花谷暉一が1945年6月に作成した会議メモには ${}^6\text{Li}(n,\alpha t)$ を標準反応とした測定で天然ウランの熱中性子核分裂断面積として 2.9 ± 0.2 bを得たとあり、これはウラン235に対する断面積に換算するとおよそ400 bである。

この種の核データを各国がどのように見積もっているのか、戦後もしばらく公表されることがなかった。その流れを変えた大きな契機が1955年と1958年にジュネーブで開催された「原子力の平和利用に関する国連会議」（UN Conference on Peaceful Uses of Atomic Energy）である。学術雑誌Journal of Nuclear Energy（1954年創刊、その後Annals of Nuclear Energyと改題）の大塚益比古による紹介 [2] は当時の

雰囲気をよく伝えている：「(前略) 創刊号筆頭の論文はノルウェーからのもので、U235核分裂断面積の(低エネルギー領域の)エネルギー変化の測定であり、例のジュネーブ会議の1年前とて各国とも秘密裡にあつた当時のことだから、読んだわれわれは何ともいえぬ清々しい明るい気分を感じたものだった。(後略)」ここで述べられているウラン235の核分裂断面積について、1955年の会議以降の変遷を元IAEA核データ課職員Hans LemmelがまとめたものをFig. 1に挙げる。

U-235 fission cross-section, 0.0253 eV			
United Nations Conference on Peaceful Uses of Atomic Energy Geneva 1955			
USA:	580	+-	8 barns
UK:	638	+-	20 barns
USSR:	570	+-	15 barns
Geneva 1958			
world:	582	+-	10 barns
Hanna, Westcott et al 1975:			
	580.2	+-	1.8 barns
1990 until today:			
	584.25	+-	1.11 barns

Fig. 1. Thermal neutron fission cross sections for uranium-235 since the United Nations Conference on Peaceful Users of Atomic Energy (courtesy of Hans Lemmel).

この二度の国連会議の流れを推進し、核データ分野での東西協力をさらに円滑かつ持続的なものとするうえで大きな役割を果たしてきたのが、1964年にIAEAに設置された核データセクション(NDS)である。以来、半世紀に渡って、世界各地で得られた測定値やそれをもとに定められた推奨(評価)値は、IAEAを通じて加盟国に無償で提供されている。また、北米、西欧、ソ連それぞれにおける核データの拠点であった米国立核データセンター(NNDC)、経済協力開発機構原子力機関データバンク(OECD NEA DB)、ロシア核データセンター(CJD)は、IAEAを通じて情報を共有することとなった。この4センター協力は原子力開発に必要とされる20 MeVまでの中性子入射反応データを主たる対象としたものであったが、医療や分析など非原子力分野での核データ整備も、多くの発展途上国を加盟国にもつIAEAでは重要な課題とされた。そこで、IAEA

は荷電粒子入射反応データや光核反応データの収集活動を組織化し、上記の4センター協力に組み込んだ。これがNRDC(International Network of Nuclear Reaction Data Centres)であり、日本からは、北大理学研究院附属原子核反応データベース研究開発センター(JCPRG)と日本原子力研究開発機構原子力基礎工学研究センター核データ研究グループ(JAEA/NDC)が参加している。核構造・崩壊データに関しても同様の国際協力組織としてNSDD(International Network of Nuclear Structure and Decay Evaluators)があり、こちらにも、日本原子力研究開発機構ほかの日本の研究者が評価者として寄与している。

さて、「核データ」はデータ自身を指すとともに研究分野の名称でもある。核データに関する理論・測定・評価・利用それぞれに関して様々な研究が展開されており、原子力学会誌の連載講座[3]には、その現況がよく概説されている。また、各国における核データ研究の現状は3年に一度開催される核データの国際会議(Nuclear Data for Science and Technology)の会議録に詳しい。核データの研究対象は核物理や放射化学のそれと重なるが、理論・測定・評価・利用の互いの関わりが意識されるところに核データ分野固有の問題意識が形成されている(と筆者は思う)。この関わりを密接にするうえで、核データが研究者間で効率よく受け渡されること、即ち核データベースが整備されていることが欠かせない。核データベースを整え、既知の研究成果を容易に俯瞰できるようにしておくことは、核データに留まらず、核物理や放射化学においても意義深いことであろう。本稿では、国際的な枠組みの中で整備されてきた主要な核データベースの解説を試みる。

2. 書誌データ

核データ分野の主要書誌データベースのうち長い歴史を持つものとしてはCINDA(Computer Index of Nuclear Reaction Data)がよく知られている。コロンビア大学のHerbert Goldsteinが“Card Index to Neutron Data”として1958年に設計したものを、国際核反応データベースネットワーク(NRDC)の前身にあたる中性子4セ

ンター (Four Neutron Centres) が “Computer Index of Neutron Data” と改名・継承した。以降、低エネルギー中性子入射反応に関する理論・実験の文献を網羅すべく発展してきたが、今世紀に入ってから入射粒子の範囲を荷電粒子等に拡大するとともに “Computer Index of Nuclear Reaction Data” と改名し、現在に至っている。過去には冊子体で出版され日本の大学や研究所に発送されたこともあるので、黄色い表紙 (Fig. 2) の分厚い冊子群をご記憶の方がおられるかもしれない。CINDA は核反応・物理量・入射エネルギー範囲などをキーとして文献が容易に検索できるように設計されており、また同一測定から出版された複数の文献をひとまとまり (ブロック) として表示させるなど、汎用の書誌データベースにはない使い勝手の良さを長所としていた。しかし、人手不足のため、NRDC では 2010 年をもって CINDA への入力を公式に終了した。データベースの提供自身は、現在も IAEA ほかにて続けられている。

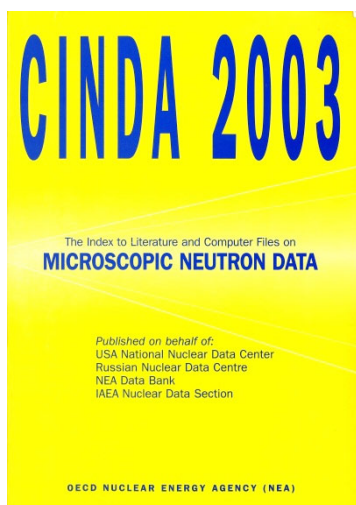


Fig. 2. Cover of CINDA 2003[4]

CINDA に代わる書誌データベースとして、核データ分野のみならず核物理で広く用いられているのが NSR (Nuclear Science References) [5] である。米国オークリッジ国立研究所の Nuclear Data Project が、核構造データの系統的評価のために “Nuclear Structure References File” として 1969 年に作成開始したものが NSR の起りであり、1980 年以降は NNDC が維持している。

1990 年代までは核構造に特化したデータベースであったが、以降は採録対象を核反応に拡張し、併せて “Nuclear Science References” と改名した。現在、NNDC とカナダの McMaster 大学が入力を行っており、NNDC のウェブサイトにて検索に供されている。かつては、理研の核データグループも日本で出版される二次文献 (研究所年報等) の入力を行っていた [6]。

URL:

IAEA: <http://www-nds.iaea.org/cinda/> (CINDA)

NNDC: <http://www.nndc.bnl.gov/nsr/> (NSR)

3. 実験核反応データ

EXFOR [7] は、2 万件以上の中性子・荷電粒子・光入射核反応の断面積等の測定データを収集したデータベースであり、筆者はその収集活動に関する国際協力の調整の任にあっている。1960 年代には、アメリカ・フランス・IAEA が、SCISRS (Sigma Center Information Storage and Retrieval System), NEUDADA (NEUtron DAta Direct Access System), DASTAR (Data Storage And Retrieval) と呼ばれる実験中性子入射反応データ格納システムをそれぞれ開発した。これら 3 収集拠点にソ連を加えた 4 収集拠点間で収集データの交換を行うために整備した書式が EXFOR (EXchange FORmat) である。中性子入射反応データに加え、1970 年代後半からは荷電粒子および光入射反応も収集対象となり、現在に至っている。収集活動開始当初に収集対象でなかった荷電粒子入射反応の遡及収集も、新規に出版されたデータの収集と並行して進められている。

現在、国際核反応データセンターネットワーク (NRDC) に属する、日本をはじめ世界 13 のデータセンター (Table 1) が、各担当地域で得られた測定データをファイル化しており、そのファイルは IAEA でのレビューを経て、IAEA ほか幾つかのデータセンターのウェブサイトにて検索に供されている。日本で測定されたデータに関しては、中性子入射反応を NEA データバンクが、荷電粒子・重イオン・光入射反応を北大 JCPRG が収集を担当している。新規に出版されたデー

タについては、平均して出版後6カ月にEXFORに格納されている。

収集に割ける人的資源との兼ね合いから、中性子入射および質量数12以下の荷電粒子入射反応に関して、EXFORが収集漏れのないデータベースとなることを当面の目標としている。例えば、西欧で測定された重イオン入射反応データの収集に責任を負っているデータセンターはなく、余力の許す範囲でIAEAが収集を行っている。手持ちの測定値がEXFORに格納されていない、という状況に遭遇した方は、そのデータを北大JCPRGあるいは筆者宛に送っていただけると幸いである。

IAEAは、毎月EXFORのマスターファイルを更新し、各データセンターに提供している。各

データセンターでは、これを独自に開発したウェブシステムに読み込んで公開している。以下に挙げる検索ウェブサイトのうち、NNDCのものはIAEAが開発したシステムを採用しており、IAEAのミラーサーバとしての役割を担っている。

URL:

IAEA: <http://www-nds.iaea.org/exfor/>

NNDC: <http://www.nndc.bnl.gov/exfor/>

NEA DB: <http://www.oecd-nea.org/janisweb/search/exfor/>

JCPRG: <http://www.jcprg.org/exfor/>

JAEA: <http://spes.jaea.org/>

Table 1. International Network of Nuclear Reaction Data Centres.

Country	Centre	Main scope*
China	China Nuclear Data Centre (CNDC), China Institute of Atomic Energy, Beijing	n+cp+hi measured in China
Hungary	Institute of Nuclear Research (ATOMKI), Debrecen	cp measured by ATOMKI researchers
India	Nuclear Data Physics Centre of India (NDPCI), Mumbai	n+cp+hi+ γ measured in India
Japan	Nuclear Reaction Data Centre (JCPRG), Hokkaido University, Sapporo	cp+hi+ γ measured in Japan
	JAEA Nuclear Data Center (JAEA/NDC), Tokai	Evaluation
Korea	Korea Nuclear Data Center (KNDC), Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon	n+cp+ γ measured in Korea
Russia	Russian Nuclear Data Centre (CJD), Institute of Physics and Power Engineering, Obninsk	n from USSR
	Centre of Photonuclear experiment data (CDFE), Moscow State University, Moscow	γ from USSR
	Centre of Nuclear Physics Data (CNPd), Sarov	cp from USSR
Ukraine	Ukrainian Nuclear Data Centre (UkrNDC), Institute for Nuclear Research, Kyiv	n+cp+ γ measured in Ukraine
USA	National Nuclear Data Center (NNDC), Brookhaven National Laboratory, Upton	n+cp+hi+ γ measured in USA and Canada
OECD	OECD NEA Data Bank (NEA DB), Issy-les-Moulineaux, France	n+cp from Western European countries and n from Japan
IAEA	IAEA Nuclear Data Section (NDS), Vienna, Austria	n+cp+ γ not covered by other centres.

*n: neutron data, cp: charged-particle ($A \leq 12$) data, hi: heavy-ion ($A > 12$) data, γ : photonuclear data. USSR means former USSR countries except Ukraine.

4. 評価済核反応データ

EXFOR に格納された実験核反応データは、そのままでは様々な応用には不便である。例えば、ある入射エネルギーに対する断面積が欲しいのに、そのエネルギーでの断面積の測定例がなかったり、逆に複数あったりする、というような状況を考えると、どの入射エネルギーでも一意に断面積が得られるようになっているのが便利である。そこで、測定で得られた知見を様々な応用に活かすべく、推奨値（評価値）を求める作業が行われる。主要なものとして、核分裂・核融合炉の設計に必要な 20 MeV までの中性子入射反応データを評価した、汎用評価済データベース（データライブラリ）が挙げられる。評価値は測定値から一意に定まるものではない。例えば、互いに矛盾する測定値があった場合、いずれかを棄却することがある。また、不安定核を標的とする反応など測定値が存在しない状況で評価を行うには理論が必要となり、評価結果は理論の不定性によりばらつく。このため、複数の評価結果を比較できるようにしておくことが重要である。

日本の JENDL（最新バージョンは JENDL-4.0 [8]）は、アメリカの ENDF/B（最新バージョンは ENDF/B-VII.1 [9]）と並ぶ世界で最も重要な汎用ライブラリである。日本の評価水準は極めて高く、JENDL-4.0 の相当部分が ENDF/B-VII.1 で採用されている。時には、図にすると差が見えないような励起関数の評価結果の差異が炉物理の実験結果の再現性に大きな影響を及ぼすことがあり、ライブラリによっては炉物理実験の再現性を改善するために評価結果を微調整することもある。また過去には ENDF/B ライブラリが非公開とされたこともある。このような事情から、日本のように核工学の盛んな国が、他国の動向に左右されず自主的に研究開発を進める上で、独自の評価活動を維持することは極めて重要である。同様の低エネルギー中性子反応の汎用ライブラリとして、ヨーロッパの JEFF と中国の CENDL [10] が知られている。これら汎用ライブラリの概要を Table 2 に示す。なお、IAEA では、核融合応用に特化した FENDL [11] や中性子ドシメトリに特化した IRDFF [12] などの特殊目的のライブラリを、国際協力プロジェクト（CRP,

Coordinated Research Project）の枠組みで整備している。

Table 2. Major general purpose evaluated neutron-induced reaction data libraries.

Library	Country	Release	Nuclides*
JENDL-4.0	Japan	2010	406
ENDF/B-VII.1	USA	2011	423
JEFF-3.2	Europe	2014	472
CENDL-3.1	China	2009	240
TENDL-2014	Nederland	2014	~ 2600

*Number of target nuclides compiled in the library

JENDL や ENDF/B は主に核工学への応用との関わりで開発された経緯があり、伝統的な核工学で重要な低エネルギー中性子入射反応に重点が置かれてきた。しかし、加速器駆動型中性子源の開発など、中性子工学の枠組みに限っても、荷電粒子入射反応データや高エネルギー反応データの重要性が高まっている。このような背景のもと、日本では 3 GeV までの高エネルギー反応データを格納した JENDL/HE と光核反応データを格納した JENDL/PD という二つのライブラリを整備・公開している。

以上で紹介したのは、測定値をベースとした伝統的な評価法に基づいて作成されたライブラリであるが、これと対照的に、反応計算コード TALYS [13] による計算結果を評価値として採用した新たなライブラリ TENDL（最新バージョンは TENDL-2014）が存在感を増しつつある。TENDL の長所は、不安定核を標的とする反応も含めて中性子・陽子・重陽子・アルファ・光子の入射反応を 200 MeV まで完備している点であり、荷電粒子入射反応や光核反応の測定結果は、TENDL と比較されることが多くなっている。TALYS は核子入射反応に対して一般に妥当な予測を与えるが、(d,p) 反応のような複雑な反応過程はうまく記述できない。共鳴構造や質量数 10 程度以下の軽核を標的とする反応など理論で記述不可能な反応に関しても、当然ながら TALYS は妥当な結果を与えない。このような領域では、測定値をもとにした伝統的な評価手法を踏むのが唯一の評価法となる。Fig. 3 と Fig. 4 にそのような領域における測定値と評価値の比較の例を挙げる。中性子入射反応の共鳴領域での評価結

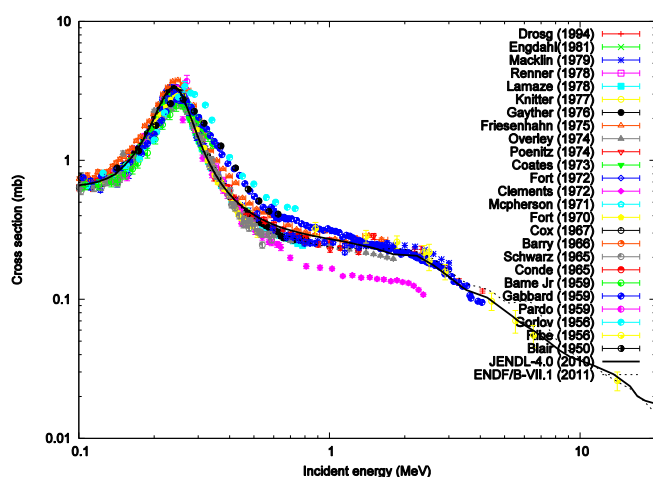


Fig. 3. Experimental (symbols) and evaluated (lines) ${}^6\text{Li}(n,t)$ ${}^4\text{He}$ cross sections.

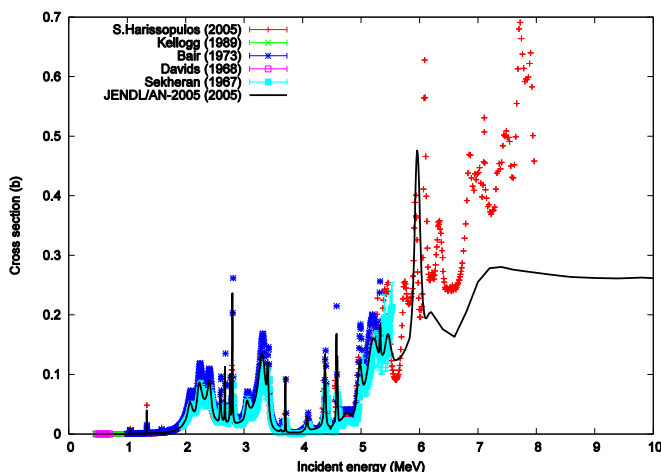


Fig. 4. Experimental (symbols) and evaluated (line) ${}^{13}\text{C}(\alpha,n)$ ${}^{16}\text{O}$ cross sections.

果は、Table 2 に挙げるような汎用ライブラリに共鳴パラメータの形で与えられている。一方、軽元素合成を理解する上で重要となる共鳴領域の荷電粒子入射反応に配慮して作成された評価済データライブラリとして、NACRE [14] がよく知られている。

URL:

IAEA: <http://www-nds.iaea.org/endl/>

NNDC: <http://www.nndc.bnl.gov/endl/>

NEA DB: <http://www.oecd-nea.org/janisweb/search/exfor/>

JCPRG: <http://www.jcprg.org/exfor/>

JAEA: <http://spes.jaea.org/>

NDG: <http://www.talys.eu/> (TALYS, TENDL)

NACRE: <http://pntpm.ulb.ac.be/Nacre/> (NACRE)

5. 評価済原子質量データ

原子質量データ [15-16] は、核データの中でも最も基礎的なもののひとつである。原子質量評価は、オランダのAaldert Wapstraを創始者とするAME (Atomic Mass Evaluation) の独壇場であり、彼らは60年の長きに渡る評価活動を継続している。2012年には最新の評価データ (AME2012) [17] が公開された。Wapstraからこの仕事を引き継いだオルセーの核分光・質量分析センター (CSNSM) のGeorges Audiが最近退職し、この仕事は蘭州の近代物理学研究所 (IMP) のWang Meng (王孟) に引き継がれた [16]。質量の測定値 (質量分析による質量差、反応・崩壊のQ値など) から、最小二乗法を通じて評価値を導出するのが、AMEの基本的な手法である。得られた評価値は、評価に使われた測定値とともに表形式で公開 [17] されている。また、評価値を格納したアスキーファイルは、ウェブサイト (AMDC, Atomic Mass Data Center) から自由にダウンロードできる。AME2012の評価データファイルmass.mas12には

3353核種 (すべて基底状態) の評価結果が、質量超過 (mass excess) ほか幾つかの表現で簡潔にまとめられており、表計算ソフトや自作のプログラムへの読み込みなどに非常に重宝する。なお、このグループでは、AMEの評価結果と後述するENSDFに格納されている核種の基本的性質の評価値を合わせたものを、NUBASEとして別途公開している。このNUBASEには原子質量に加え、半減期・スピン・パリティ・崩壊分岐比・天然同位体比などが、核異性体も含めて収録されている。全5511核種 (含、核異性体) に対する最新の評価値NUBASE2012 [18] は、データファイルnubase.mas12としてAMDCのウェブサイトか

らやはりアスキー形式で入手可能である。類似のものとして、NNDCから冊子体で配布されている“Nuclear Wallet Cards” [19] もよく知られている。スマートフォンなどの携帯端末でのこれらのデータの利用のために、IAEAでは“Isotope Browser”を開発し、AndroidおよびiOS版を、それぞれGoogle PlayおよびMac App Store iTunesから無償配布している。

AME2012およびNUBASE2012には、彼らがシステムティクスで求めた推定質量値も質量既知核種の近傍で与えられており（#記号でラベルされている）、その近傍の原子核研究にも有用な情報を与えている。しかし超新星爆発における速中性子捕獲過程（r過程）元素合成など、既知核種から（核図表上でみて）遠く離れた核種領域での研究に対して十分ではなく、例えば日本のKTUY原子核質量公式（小浦・橘・宇野・山田） [20] などの各種の質量理論計算による数表が必要となる。そのような数表はいくつかの理論研究グループがそれぞれに公開している。

URL:

IMP: <http://amdc.impcas.ac.cn/> (AME and NUBASE)

6. 評価済核構造・崩壊データ

半減期・励起エネルギー・崩壊分岐比などは、原子質量データに次いで基礎的な核構造・崩壊データであり、基礎・応用を問わず幅広い分野で用いられている。福島第一原子力発電所の事故は崩壊熱の知見が重要であることを示したが、このことは核構造・崩壊データの重要性を我々に再認識させた。このような核構造・崩壊データの評価を、核図表を網羅して実施するのは膨大な労力を要する作業であり、国際協力による評価活動の組織化が行われている。よく用いられているのは、国際核構造・崩壊データ評価者ネットワーク（NSDD） [21] により整備されているライブラリ ENSDF (Evaluated Nuclear Structure Decay Data File) [22] である。ENSDFは、書誌情報のNSRの項で登場したオークリッジのNuclear Data Projectにより設計されたものである。その評価活動を国際的なものにするための議論が

1974年にウィーンでもたれ、以降、IAEAの調整下で、NSDDに所属する各評価者（データセンター）が担当質量数に属する核種の評価を行っている。現在の分担状況をTable 3に示す。日本のJAEAほかの評価者のグループは、質量数120から129に属する核種の評価を担当している。ある特定の質量数に属する核種の評価値の全面改訂はおよそ7～10年の周期で行われ、その結果は、質量数20までの軽核の改訂結果に関してはNuclear Physics A誌に、これ以外の核種についてはNuclear Data Sheets誌に掲載される。また、論文として出版される全面改訂以外にも部分的な改訂が行われることがあり、その改訂結果はおよそ半年に一度NNDCによって更新されるENSDFのマスターファイルへの反映を通じて、ENSDFの利用者に提供される。最近は、評価者の高齢化に伴う引退に後継者の補充が追いついておらず、IAEAでは定期的にTriesteのICTP (International Centre of Theoretical Physics) でワークショップを開催するなど、後継育成に努めているが、容易ではない。

ENSDFはそれ自身が提供ウェブサイトを用意しているが、このウェブサイトはENSDFの構造を反映していて、(少なくとも)筆者には若干使い難い。ENSDFの格納情報の利用には、IAEAのLiveChart of Nuclides [23] やNNDCのNuDatをお勧めしたい。前者は接続環境によっては初期画面の読み込みに若干時間がかかる場合があるが、“Hide Chart”をクリックすることでこれを解決できる。これらのウェブサイトは、ENSDFの情報に加えて、NUBASEやNuclear Wallet Cardsに収録されている核種の基本情報も表示する。なお、質量数3から20までの軽核については、ENSDFマスターファイルへの反映前に、評価を担当するTUNL (Triangle Universities National Laboratory) のウェブサイトで開催されていることがあると聞いている。このTUNLのウェブサイトから得られる励起準位と核反応の共鳴構造との関連などを示した図を筆者はよく参照する。以上のウェブサイトから得た評価結果を用いる際には、評価報告が掲載されたNuclear Physics A誌あるいはNuclear Data Sheets誌の論文も引用することをお勧めしている。なお、国際協力に

Table 3. International Network of Nuclear Decay and Structure Data Evaluators (NSDD). "ex" = except for.

Country	Centre	Mass numbers
USA	National Nuclear Data Center, Brookhaven National Laboratory, Upton	45-50, 57, 58, 60-72(ex 62-64,67), 82-88(ex 83), 94-97, 99, 118, 119, 136-148, 150, 152-165 (ex 164), 180-183, 185, 189, 230-240, >249
	Nuclear Data Project, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge	241-249
	Isotopes Project, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley	21-30, 59, 81, 83, 90-93, 166-171, 184, 186, 187, 191-193, 210-217
	Nuclear Data Evaluation Project, Triangle University Nuclear Laboratory, Duke University, Durham	2-20
	Argonne National Laboratory, Argonne	106-112, 176-179, 199-209
India	Department of Physics, Indian Institute of Technology Roorkee, Roorkee	218-229
Russia	Nuclear Data Center, Petersburg Nuclear Physics Institute, Russian Academy of Sciences, Gatchina	130-135, 146
China	China Nuclear Data Centre, China Institute of Atomic Energy, Beijing	51, 62, 195-198
	Physics Department, Jilin University, Changchun	52-56, 63, 67, 73
France	Centre de Spectrometrie Nucleaire et de Spectrometrie de Masse, Orsay	113-117
Japan	Nuclear Data Center, Japan Atomic Energy Agency, Tokai-mura	120-129
Kuwait	Physics Department Kuwait University, Kuwait	74-80
Canada	Department of Physics and Astronomy, McMaster University, Hamilton	1, 31-44, 64, 89, 98, 100, 149, 151, 164, 188, 190, 194
Australia	Department of Nuclear Physics, Australian National University, Canberra	172-175
Hungary	Institute of Nuclear Research, Hungarian Academy of Sciences, Debrecen	101-105

よる評価活動としては、上記した NSDD による ENSDF の整備とは別に、フランスの Laboratoire National Henri Becquerel (LHNB) を中心とする DDEP (Decay Data Evaluation Project) も知られており、LHNB のウェブサイトから評価値をダウンロードすることができる。

評価済核構造・崩壊データは、しばしば核反

応データの測定結果の処理に大きな影響を及ぼす。たとえば、放射化断面積の導出において反応生成物一つがある特定の遅発 γ 線を放出する確率（遅発 γ 線放出確率）をしばしば仮定するが、導出される断面積の値は採用した確率に反比例するので、どのような確率を仮定するかは重要である。例として、 ^{175}Yb を反応生成物とする反

応をみてみたい。 ^{175}Yb の283 keVと396 keVの遅発 γ 線放出確率は、Table of Isotopes 第8版[24]やそのもととなっている1993年のENSDF評価[25]では、それぞれ3.01%と6.40%となっている。ところが、名古屋大学の宮原洋らが β 線の自己吸収に関する補正を検討した結果、過去の測定値には ^{175}Yb から ^{175}Lu の各準位への β 線分岐比に問題があり、特に自己吸収の効果の大きい低エネルギーの β 線の分岐比が著しく過小評価されていたことが判明した。宮原洋らは、再測定を通じ、283 keVと396 keVの遅発 γ 線放出確率はそれぞれ $6.103 \pm 0.033\%$ と $13.101 \pm 0.080\%$ (即ちそれまでの評価値のおよそ2倍)であると結論し[26]、これがほぼそのまま2004年のENSDFの改訂にて採用された[27]。名大グループによる一連の遅発 γ 線放出確率の精密測定に関しては、宮原による総説[28]にも詳しい。測定者の採用した遅発 γ 線放出確率の値が測定断面積にどのように影響を及ぼすかを $^{nat}\text{Yb}(d,x)^{175}\text{Yb}$ と $^{178}\text{Hf}(n,\alpha)^{175}\text{Yb}$ についてFig. 5とFig. 6にそれぞれ示す。これらの図で“renormalized”とされているのは、改訂前の遅発 γ 線放出確率を採用して導出・公開された測定値を、改訂後の遅発 γ 線放出確率を用いて筆者が再規格化したものである。測定間のばらつきが再規格化を通じて明らかに改善されている。

以上の例は、データ導出の際にはTable of Isotopes などではなく最新の評価値を用いることの重要性、また、放射化断面積の報告の際に採用した遅発 γ 線放出確率を明記しておくことの重要性を示している。

URL:

IAEA: <http://www-nds.iaea.org/livechart/>
(LiveChart of Nuclides)

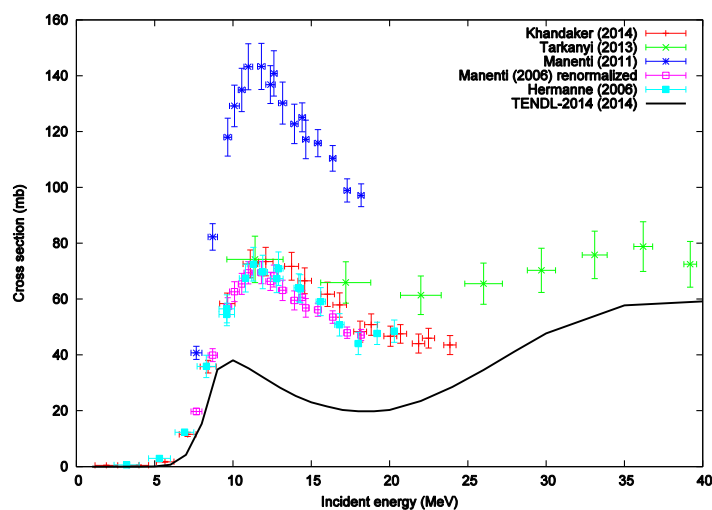


Fig. 5. Experimental (symbols) and evaluated (line) $^{nat}\text{Yb}(d,x)^{175}\text{Yb}$ cross sections. “renormalized” means that the data reported in original publications are renormalized according to the currently recommended decay gamma emission probability.

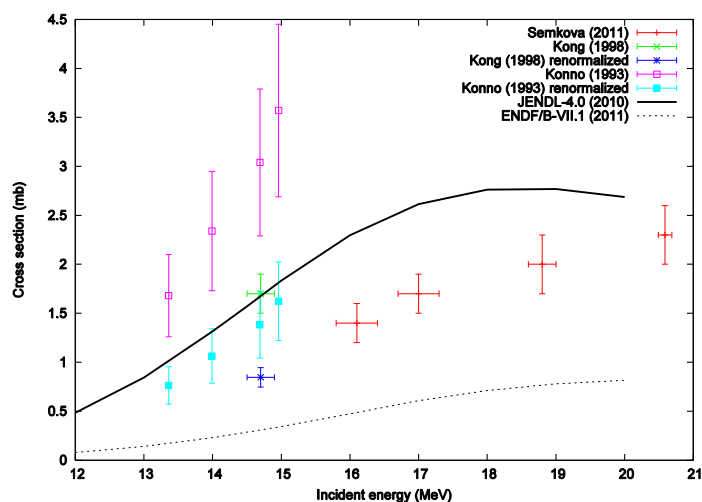


Fig. 6. Experimental (symbols) and evaluated (lines) $^{178}\text{Hf}(n,\alpha)^{175}\text{Yb}$ cross sections. “renormalized” means that the data reported in original publications are renormalized according to the currently recommended decay gamma emission probability.

NNDC: <http://www.nndc.bnl.gov/nudat/>
(NuDat)

TUNL: <http://www.tunl.duke.edu/nuclldata/>
(Energy levels of light nuclei)

LHNB: <http://www.nucleide.org/DDEP.htm>

(DDEP recommended data)

7. 核データベースにおける誤差の扱い

他分野の測定値と同様、核データの測定値はその不確かさとともに報告される。不確かさは、その測定値の確かさや他の測定との整合性を議論する上で重要である。また、核データにおいては、測定値の不確かさは評価値の不確かさに伝搬され、原子力への応用に際しては、それが炉物理の計算を通じて体系の積分量（たとえば反応度）の不確かさに伝搬され、安全性や経済性との兼ね合いから設計裕度と比較される。このため、原子力分野ではかねてより評価値にも不確かさの情報を求めてきた。但し、Table 2に記すような汎用ライブラリで不確かさの情報が系統的に与えられるようになったのは、比較的最近のことである。

評価値に不確かさの情報を付けるためには、測定値から評価値への不確かさの伝搬を正確に行うことが必要となる。ところが、EXFORのような実験データベースに格納されている不確かさの情報は、その伝搬のために必ずしも十分ではないことが多い。それは、伝搬の際に必要な、測定値間の誤差相関に関する情報が得られないことによる。たとえばあるマイナーアクチナイド核種のサンプルを定量し、その結果を採用して、複数の測定値を同一サンプルの照射によって導出した場合、測定回数が多ければ多いほど、計数に由来する不確かさはより小さくなるが、サンプルの定量の不確かさに由来する不確かさは、測定回数が増えても小さくできない。

相関を考慮した重み付き平均 (off-diagonal weighted average) [29] を用いると、二つの測定値の不確かさの平均値の不確かさへの伝搬における相関の影響を簡単に示すことができる [30]。二つの測定結果 x_1 と x_2 の重み付き平均とその不確かさは一般に

$$\langle x \rangle = [(V_{22} - V_{21})x_1 + (V_{11} - V_{21})x_2] / (V_{11} + V_{22} - 2V_{21})$$

$$\Delta \langle x \rangle = [(V_{11}V_{22} - V_{21}^2) / (V_{11} + V_{22} - 2V_{21})]^{1/2}$$

で現わされる。ここで V は x_1 と x_2 に関する 2×2 の共分散行列である。二つの測定結果 $x_1 \pm \Delta x_1$ と $x_2 \pm \Delta x_2$ を考えてみよう。簡略

化のために $\Delta x = \Delta x_1 = \Delta x_2$ とする。 Δx_1 と Δx_2 が完全に独立した誤差要因に起因するのであれば $V_{11} = V_{22} = (\Delta x)^2$ 、 $V_{21} = 0$ となり、平均値 $\langle x \rangle = (x_1 + x_2) / 2$ の不確かさは $\Delta \langle x \rangle = \Delta x / 2^{1/2} \sim 0.71 \Delta x$ である。もし Δx が二つの誤差要因に起因する部分より $\Delta x^2 = (0.8 \Delta x)^2 + (0.6 \Delta x)^2$ と合成されていて、前者 $0.8 \Delta x$ は両測定に独立した部分（たとえば計数）、後者 $0.6 \Delta x$ は共通の誤差要因に起因する部分（例えばサンプル定量）であった場合、 $V_{11} = V_{22} = (\Delta x)^2$ 、 $V_{21} = (0.6 \Delta x)^2$ となり、平均値 $\langle x \rangle = (x_1 + x_2) / 2$ の不確かさは $0.68^{1/2} \Delta x \sim 0.82 \Delta x$ となる。これは、共通の誤差要因がない時の不確かさ $0.71 \Delta x$ より若干大きく、共通の誤差要因の存在が平均操作による不確かさの改善を妨げていることが分かる。

核データの測定結果に付随する不確かさはさまざまな相関性質をもつ誤差要因の不確かさが伝搬されて得られたものである。評価者が、測定結果に付随する不確かさを正しく伝搬させるためにも、測定値の報告にあたっては、測定値に付随する不確かさを、それぞれの誤差要因ごとの内訳ごとに、その相関の性質がはっきりするような情報（たとえば放出確率の出典）などとともに記すことが望ましい。核反応データにおける相関を考慮した誤差解析の基礎とその EXFOR への格納については、文献 [31] に詳述されている。

なお、測定結果の不確かさに伝搬される不確かさには、反応生成物の計数に起因する不確かさのようにその測定自身で決定される場合もあれば、遅発 γ 線放出確率の不確かさのように文献等に記されているものをそのまま採用する場合や測定者が経験に基づき決定する場合もある。この場合、その測定を報告する論文で不確かさの情報として最も価値があるのは、その測定者自身が計数により決定した不確かさである。測定値の出版にあたっては、この部分の不確かさを別個に報告することが望ましい。 $^{241}\text{Am}(n,2n)^{239}\text{Am}$ の断面積を報告した文献 [32] は不確かさの報告のすぐれた一例である。最近の論文の一例として、重陽子のコンプトン散乱に関する文献 [33] も、中性子の電磁偏極を表現するパラメータを観測量から適切なフィットによって得るべく、断面積の不確かさを詳細に報告しており、興味深い。

なお、以上の記述では、JCGM (Joint Committee for Guides in Metrology: BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML の8機関からなるグループ) による GUM (Guide to the expression of uncertainty in measurement) の考えに基づき、誤差 (error) ではなく不確かさ (uncertainty) という言葉をあえて使用している。GUMでは、測定者が知りえない真値 (true value) や誤差 (error) という概念を導入することなく、測定結果の不確かさをどう求め、どう報告するか、ということが議論されている。「計数に起因する不確かさ」と「計数によらずに採用した不確かさ」は、古い誤差論でいうところの「統計誤差」・「系統誤差」の区別に似ている。これらは、それぞれ「ばらつき」・「かたより」というイメージでとらえられるが、GUMでは、そのいずれもがある統計分布における標準偏差であると捉える。ご関心ある方は1995年版のGUMに改訂をくわえたJCGM 100:2008という文書 [34] をご覧いただきたい。この文書のFigure D.2には誤差と不確かさをめぐる概念が分かりやすく描かれており、筆者も講演資料としてよく借用している。この図を簡略化したものをFig. 7に示す。

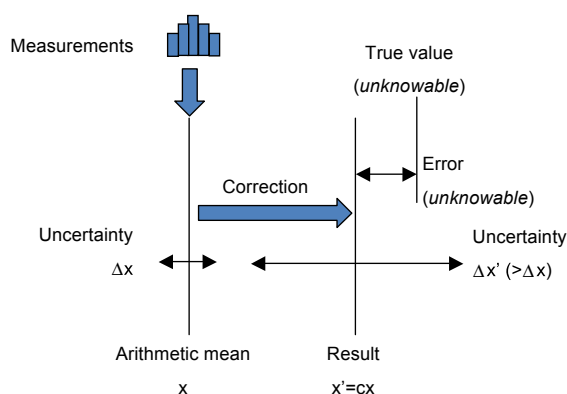


Fig. 7. Graphical illustration of value, error and uncertainty. See also Fig. D.2 of Ref. [34].

最後に、誤差と関係して補正の重要性について一言述べておきたい。ある一つの真値をめぐって二つの測定で得られた測定値が誤差棒の範囲で一致しない場合、何かがおかしいということになる。この場合、誤差棒が過小評価されているのではないかと考える向きも多いが、補正の妥当

性に問題がある可能性も考えるべきである。測定値の中に補正が妥当なものとそうでないものが混在する場合には、このような補正の問題に気付くことも可能であるが、もし全ての測定値が補正を一樣に誤っている場合、それらの測定値を図示してみただけでは問題に気付くことは難しい。全ての測定値が真値から一樣なずれ方を示す状況は、古典的な誤差論の用語を用いるならば「知られざる系統誤差の存在」といえよう。Fig. 8に示されたアメリカシウム 241 の熱中性子捕獲断面積の変遷は、飛行時間法 (time-of-flight) と放射化法 (activation) の間に系統的なずれがある場合を示している。このようなずれは、測定法に固有な補正が適切にされていないことを示唆している。「不確かさ」はあくまでも統計的なばらつきを表すものであって、補正の適否については何も情報を与えない。従って、この図のみから過去の実験で不確かさが過小評価されていた、と指摘するのは誤りである。なお、補正の目的は測定値をより真値に近づけることであるが、補正の導入は同時に新たな誤差要因を導入することでもあり、その不確かさを適切に評価し、測定結果の不確かさに伝搬させることも重要である。

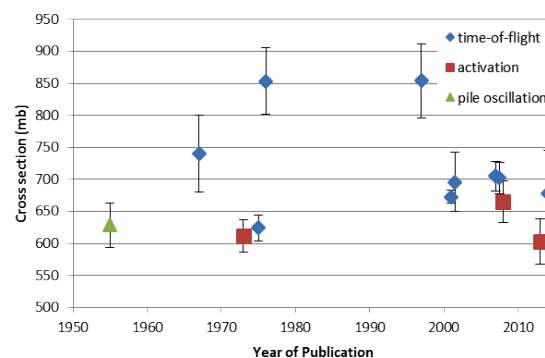


Fig. 8. Experimental ^{241}Am thermal neutron capture cross sections measured by various techniques (time-of-flight, activation, pile oscillation) published between 1955 and 2014.

8. おわりに

本稿では核データベースの歴史的背景を述べ、放射化学の研究者にとって有用と思われるいくつかの核データベースを解説した。データベース

の整備自身は純粋な研究活動とはみなしがたいかも知れないが、それらを事業として位置付け、研究者が主体となって国際協力のような形で効率的・持続的に推進できるような枠組みが整っていることが重要である。これらのデータベースを充実させる上で、研究者のボランティア精神の寄与も大きい。(かくいう私も IAEA 赴任前の5年ほどは手弁当で EXFOR 事業に参加していた。)

筆者を含む北大グループの核物理の研究者を中心として進められてきた日本の EXFOR 活動では微分断面積が収集対象の中心で、放射化法による核反応測定が話題になることはほとんどなかった。私自身、放射化法という測定法があることを知ったのは収集活動に関わり始めてしばらく経ってからのことで、それはまた日本の放射化学の研究者とのご縁を得るきっかけでもあった。本稿がきっかけで核データベースが放射化学の研究者の皆さんにとってより身近となり、またデータベースの整備に何らかの形で加わって頂くことになれば、筆者にとり望外の喜びである。

謝辞

合川正幸・岩本修・小浦寛之の各氏には本稿を閲読いただき有益なコメントをいただきました。ここに記して謝意を表します。

引用文献

- [1] 政池明、原子核研究 **55**, 76 (2010); 原子核研究 **55**, 89 (2011); 原子核研究 **57**, 85 (2012); 原子核研究 **57**, 76 (2013).
- [2] 大塚益比古、日本物理学会誌 **12**, 385 (1957).
- [3] 吉田正ほか、日本原子力学会誌 **43**, 433 (2001); 福島昌宏ほか、日本原子力学会誌 **43**, 565 (2001); 馬場護ほか、日本原子力学会誌 **43**, 655 (2001); 吉田正ほか、日本原子力学会誌 **43**, 761 (2001).
- [4] CINDA 2003, The Index to Literature and Computer Files on Microscopic Neutron Data. OECD Nuclear Energy Agency, Paris, 2003.
- [5] B. Pritychenko et al., Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. A **640**, 213 (2011).
- [6] 天道芳彦、核データニュース **71**, 92 (2002).
- [7] N. Otuka et al., Nucl. Data Sheets **120**, 272 (2014).
- [8] K. Shibata et al., J. Nucl. Sci. Technol. **48**, 1 (2011).
- [9] M.B. Chadwick, Nucl. Data Sheets **112**, 2887 (2011).
- [10] Z. G. Ge et al., J. Kor. Phys. Soc. **59**, 1052 (2011).
- [11] R.A. Forrest et al., INDC (NDS)-0628 (2012).
- [12] R. Capote et al., J. ASTM Internat. **9**, JAI104119 (2012).
- [13] A.J. Koning and D. Rochman, Nucl. Data Sheets **113**, 2841 (2012).
- [14] C. Angulo et al., Nucl. Phys. A **656**, 3, (1999).
- [15] 山田勝美ほか、日本原子力学会誌 **42**, 245 (2000).
- [16] 小浦寛之、核データニュース **101**, 20 (2012).
- [17] G. Audi et al., Chin. Phys. **C36**, 1287 (2012); M. Wang et al., Chin. Phys. **C36**, 1603, (2012).
- [18] G. Audi et al., Chin. Phys. **C36**, 1157 (2012).
- [19] J.K. Tuli, Nuclear Wallet Cards, Brookhaven National Laboratory, NY, 2011.
- [20] H. Koura et al., Prog. Theor. Phys. **113**, 305 (2005).
- [21] A.L. Nichols and J. Tuli, Proceedings of International Conference on Nuclear Data for Science and Technology, 22-27 April, 2007, Nice, France (EDP Sciences, France), p.37, 2008; V.G. Pronyaev et al., INDC (NDS)-421 (2004).
- [22] M.R. Bhat, Proceedings of International Conference on Nuclear Data for Science and Technology, 13-17 May 1991, Jülich, Germany (Springer Verlag, Germany), p.817, 1992.
- [23] M. Verpelli and D. Abriola, J. Kor. Phys. Soc. **59**, 1322 (2011).
- [24] R.B. Firestone and V.S. Shirley (Eds.), Table of Isotopes, eight ed., John Wiley & Sons, NY, 1996.

- [25] A.O. Macchiavelli and E. Browne, Nucl. Data Sheets **69**, 903 (1993).
- [26] H. Miyahara et al., Appl. Radiat. Isot. **45**, 219 (1994).
- [27] M.S. Basunia, Nucl. Data Sheets **102**, 719 (2004).
- [28] 宮原洋、核データニュース **56**, 169 (1997).
- [29] W. Mannhart, Report IAEA(NDS)-0588 (Rev.), IAEA (2013).
- [30] N. Otuka and D.L. Smith, Nucl. Data Sheets **120**, 281 (2014).
- [31] D.L. Smith and N. Otuka, Nucl. Data Sheets **113**, 3006 (2012).
- [32] C. Sage et al., Phys. Rev. C **81**, 064604 (2010).
- [33] L.S. Myers et al., Phys. Rev. Lett. **113**, 262506 (2014).
- [34] Joint Committee for Guides in Metrology, JCGM 100:2008 (2008).

◆◆◆ ニュース (2014 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) ◆◆◆

密度汎関数法を用いたマイナーアクチノイドの選択的分離に対する 計算化学的アプローチ

金子政志 (広島大学大学院理学研究科化学専攻)



マイナーアクチノイド (MA) とランタノイド (Ln) の分離研究は、高レベル放射性廃棄物の処理において重要である。溶媒抽出実験により、それらの分離挙動

が抽出剤のドナー元素に依存することが報告されてきた。例えば、Ln/MA 共存下で酸素ドナー配位子であるビス (2,4,4-トリメチルペンチル) ホスフィン酸は Ln を好み [1]、硫黄ドナーであるビス (2,4,4-トリメチルペンチル) ジチオホスフィン酸や窒素ドナー配位子である *N,N,N',N'*-テトラキス (2-ピリジルメチル) エチレンジアミン (TPEN) は MA を好む傾向を示した [1,2]。これらの分離挙動の起源は、原子価領域の f 軌道の結合性が Ln/MA 間で違うことにあることが示唆されてきたが、詳しい結合状態については未解明のままである。我々の目的は、Ln/MA のドナー元素による分離挙動の違いを分子レベルで理解することである。ここでは、f 軌道に同じ価電子数を持つ Eu(III)/Am(III) の分離挙動に限定して議論する。この研究の成果は、f ブロック化合物の基礎化学研究に対してだけでなく、Ln/MA 分離剤の新規デザインなどの応用化学研究にも寄与することが期待される。

二成分相対論法を用いた密度汎関数法 (DFT) は、重元素を含む化合物の分子計算に最も用いられている手法の一つである。ゼロ次正規近似 (ZORA) は二成分相対論法の一つであり、Breit-Pauli ハミルトニアンの問題点である原子核位置でのポテンシャルの発散を巧みに回避している [3]。全ての DFT 計算には、“ORCA” プログラム [4] を用い、スカラー ZORA ハミルトニアンに Breit-Pauli ハミルトニアンのスピン軌道相互作用項を付与したものを相対論ハミルトニアンとして採用した。基底関数は全電子の相

対論縮約型 GTO である segmented all-electron relativistically contracted (SARC) 基底 [5,6] を全ての元素に対して割り当てた。構造最適化計算にはアクチノイド錯体の結合距離の実験値をよく再現する pure 汎関数 (BP86) を用い [7]、一点エネルギー計算は BP86, B3LYP, B2PLYP の 3 つの汎関数を用いて比較した。全ての f ブロック化合物のスピン基底状態は最大のスピン多重度を持つものとし、スピン非制限法により計算を行った。

Ln/MA 分離に対する計算を行う前に、我々は本計算手法の f ブロック化合物の結合性に対する妥当性を評価した。¹⁵¹Eu, ²³⁷Np のメスバウアー異性体シフト実験値を参照し、それぞれ 10 個の錯体について DFT 計算を行った。3 つの異なる汎関数を用いた一点計算により得られた波動関数について、原子核位置での電子密度を求め、異性体シフト実験値との線形回帰によって平均二乗根偏差 (RMSD) 値を比較した。その結果、Eu 錯体の場合 BP86, B3LYP, B2PLYP について、RMSD 値はそれぞれ 1.58, 1.31, 0.20 mms⁻¹ であり、Np 錯体においてそれぞれ 5.17, 4.63, 3.48 mms⁻¹ であった。これは、B2PLYP 汎関数が Eu, Np 錯体のメスバウアー異性体シフト値をよく再現することを示した [8]。

Eu/Am の分離に用いたモデルを Fig. 1 に示した。O, S ドナーモデル錯体の化学組成・配位幾何学は、ホスフィン酸およびジチオホスフィン酸抽出剤を用いた報告を参考にして作成した [9]。N ドナーモデル錯体は、TPEN 配位子が 6 座で配位した正八面体幾何学を想定した。UBP86/SARC レベルでの平衡構造が、実験的に得られた O, S ドナー錯体の幾何学をよく再現することを確認し、一点計算による全電子エネルギーを用いて Eu/Am の錯形成による安定化エネルギー (ΔG) を求めた。3 つの異なる汎関数による計算によっ

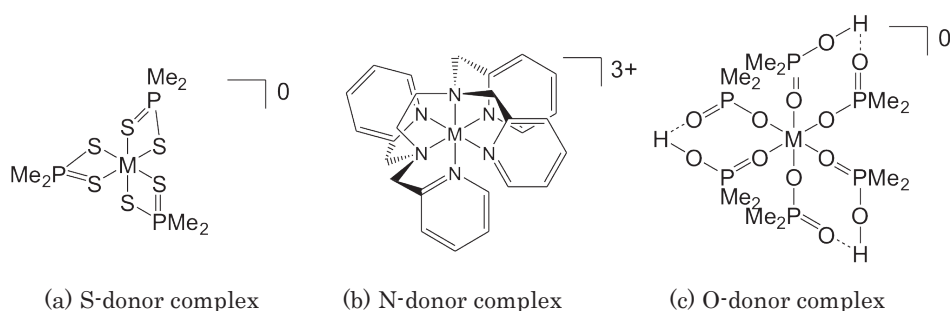


Fig. 1 Calculation models for separation study of Eu/Am.

て得られた $\Delta\Delta G_{\text{Eu/Am}}$ ($= \Delta G_{\text{Eu}} - \Delta G_{\text{Am}}$) と、報告されている分離係数 (SF) を用いて求めた標準状態での $\Delta\Delta G_{\text{Eu/Am}}$ を Table 1 に示した。O ドナー錯体の場合、BP86, B3LYP, B2PLYP による $\Delta\Delta G$ 計算値が実験値の符号を再現したが、S ドナー錯体および N ドナー錯体では B2PLYP のみが $\Delta\Delta G$ 実験値を再現した。先に述べたメスバウアー異性体シフト値の再現性の結果から、f ブロック化合物の結合状態を正しく記述可能な理論ほど Eu/Am の分離挙動を再現できることが示唆された。さらにこの結果は、ドナーに依存した Eu/Am の分離挙動の違いは、錯形成による安定化の度合いの差に起因することを意味している。

Eu/Am の選択性の起源を探るために、我々は

Table 1. Calculated $\Delta\Delta G_{\text{Eu/Am}}$ values obtained by each method.

Method	$\Delta\Delta G_{\text{Eu/Am}} / \text{kJ mol}^{-1}$		
	O-donor	S-donor	N-donor
BP86	-21.9	-14.7	-13.1
B3LYP	-27.0	-1.8	-0.2
B2PLYP	-15.2	+22.0	+13.0
Exp.	-8.1^[1]	+21.5^[10]	+11.4^[2]

原子価 f 軌道とドナー原子の結合性の違いに着目した。ここでは、B2PLYP/SARC レベルの計算結果についてのみ議論する。Fig. 2 に原子価領域における軌道スピノルエネルギーを横軸にとり、縦軸に中心金属の f 軌道の density of states (DOS) 曲線を実線でプロットした。また、着目している分子軌道の重なりを評価するために、Mulliken の molecular orbital overlap population,

$\text{MOOP}^i = \sum_{\mu, \nu} C_{\mu}^i C_{\nu}^i S_{\mu\nu}$ (C は分子軌道係数、 S は重なり積分) を計算し、Gaussian 曲線で規格化したものもプロットした。MOOP は、該当する軌道重なりがそれぞれの分子軌道においてどれだけ大きいのか、また結合性か反結合性かを判断できる指標である。S ドナー錯体について見ると (Fig. 2a)、Eu 錯体では、f 軌道の分布がある -15 eV 領域に、破線および点線で描かれたそれぞれ結合性および反結合性の重なり密度の分布が観測されなかった。それに対し、Am 錯体では、f 軌道の分布がある -10 eV 領域に、結合性の重なり密度が存在した。すなわち、Am 原子の f 軌道が結合性の相互作用に関与していることが分かった。N ドナー錯体についても同様に見てみると (Fig. 2b)、Am 錯体における f 軌道の結合重なりへの寄与は、Eu 錯体のものに比べ大きいことが分かる。しかしながら、O ドナー錯体の場合 (Fig. 2c)、Am 錯体における f 軌道の寄与は、大きな反結合性の重なり密度に対して観測された。つまり、Eu 錯体の場合、全てのドナー原子において、f 軌道とドナー原子との共有結合的な相互作用は、小さいかほぼ見られなかった。一方、Am 錯体の場合、S, N のようなソフトドナー元素とはより結合的、ハードなドナーである O ドナー元素とは反結合的な相互作用が観測された。これらの結果は、Eu/Am の選択性の起源が、f 軌道の結合性への関与の程度の大きさや、結合性 / 反結合性相互作用の差にあることを示唆している。

以上の Eu/Am の分離挙動に対する計算化学アプローチによって、ドナー元素の違いによる Eu/Am 選択性は、錯形成の安定化の差に起因するものであることが明らかになった。さらに、

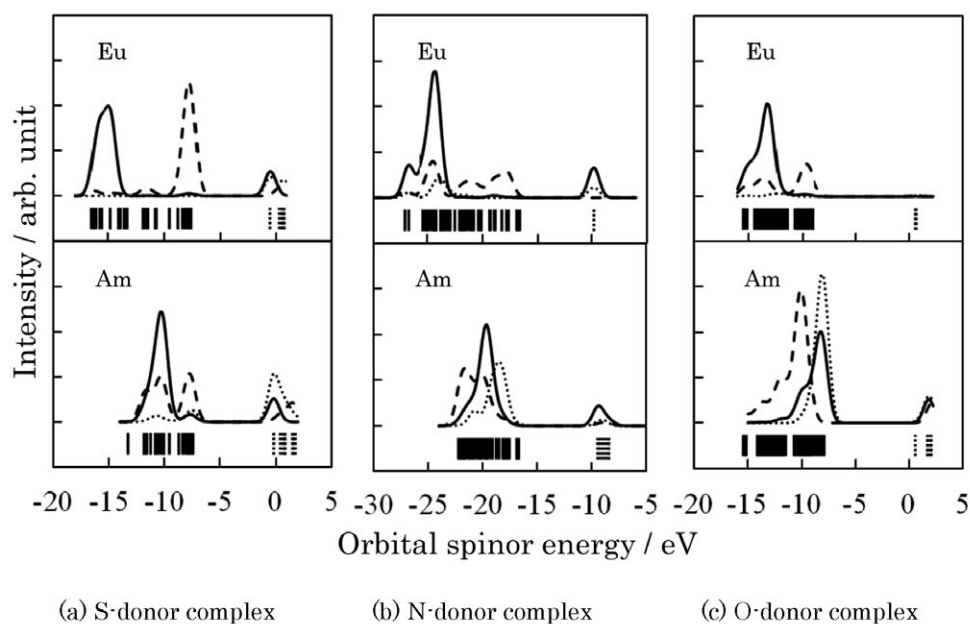


Fig. 2 Density of states (DOS) and molecular orbital overlap population (MOOP) analyses for each system. DOS of f-orbitals, bonding overlap population and anti-bonding overlap population curves were described as black solid, broken and dotted lines, respectively.

MOOP解析によって、その安定化の原因はf軌道とドナー元素との共有結合的な相互作用によるものであることが示唆された。今後は、他のLn, MAに対する分離挙動の再現性を確かめるとともに、共有結合性に対するより定量的な議論を行うための手法を開発していくつもりである。

引用文献

- (1) M. P. Jensen, and A. H. Bond, *Radiochim. Acta*, 90, 205 (2002).
- (2) M. Watanabe, R. Mirvaliev, S. Tachimori, K. Takeshita, Y. Nakano, K. Morikawa, and R. Mori, *Chem. Lett.*, 31, 1230 (2002).
- (3) E. van Lenthe, E. J. Baerends, and J. G. Sniders, *J. Chem. Phys.*, 99, 4597 (1993).
- (4) F. Neese, *ORCA ver. 3.0*, Max-Planck Institute for Chemical Energy Conversion, Germany (2013).
- (5) D. A. Pantazis, and F. Neese, *J. Chem. Theory Comput.*, 5, 2229 (2009).
- (6) D. A. Pantazis, and F. Neese, *J. Chem. Theory Comput.*, 7, 677 (2011).
- (7) G. Schreckenbach, and G. A. Shamov, *Acc. Chem. Res.*, 43, 19 (2010).
- (8) M. Kaneko, S. Miyashita, and S. Nakashima, *Dalton Trans.*, accepted.
- (9) M. P. Jensen and A. H. Bond, *J. Am. Chem. Soc.*, 124, 9870 (2002).
- (10) Y. Zhu, J. Chen, and R. Jiao, *Solv. Extr. Ion Exch.*, 14, 61 (1996).

ニュース (2014 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)

福島第一原発北西部に広がる高線量地域の $^{110m}\text{Ag}/^{137}\text{Cs}$ 比を用いた分類

佐藤志彦^a、末木啓介^a、笹公和^a、松中哲也^a、柴山尚大^a、高橋努^a、木下哲一^b

^a 筑波大学大学院数理工学物質科学研究科、^b 清水建設(株)技術研究所

2011年3月に発生した東京電力福島第一原子力発電所事故では、大量の放射性物質が大気中に放出し、その一部が地上に沈着したことで、広範囲に地上汚染を引き起こした(1,2)。とりわけ北西地域の汚染は深刻で、国による帰還困難地域指定により立入りが厳しく制限されている。この帰還困難区域(旧警戒区域)における文科省の広域土壌調査の結果から、 ^{137}Cs と ^{110m}Ag の放射能比が帰還困難区域を2分割するように変化することが確認されている(3)。福島第一原発事故では3つの原子炉から、いくつかの放出イベントにより複数回の放射性物質の放出が起きているが、北西地域は、3月15日の午後から発生した2号機の放出に降雨が重なったことで生じたと考えられており、1つの放出イベントにより大規模汚染が生じたとすると、核種の存在分布に差が生じることに疑問が生じる。しかしながら文科省による土壌調査のみで原因を解明することは、データ数の観点から困難であった。この問題を解決するため、本研究では原発から北西地域に位置する双葉郡浪江町内において、追加で25地点の土壌採取を行い、文科省の土壌調査結果と組み合わせることで $^{110m}\text{Ag}/^{137}\text{Cs}$ 比の分岐が生じる原因の解明を試みた。

本研究で得られた結果と文科省のデータをまとめて、 ^{137}Cs インベントリー(Bq/m^2)と $^{110m}\text{Ag}/^{137}\text{Cs}$ 比をプロットすると、高インベントリー試料を中心に、 $^{110m}\text{Ag}/^{137}\text{Cs}$ 比が3つの値に収束することが確認された。得られた3つの $^{110m}\text{Ag}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比を基準に 3σ の範囲を付けてそれぞれの試料をグループ化し、北西方向の地図上に示した(Fig. 1)。以下、それぞれのグループを赤、緑、および青で示す。これらの分布は、赤グループ 最も北側で原発から近傍15 km以

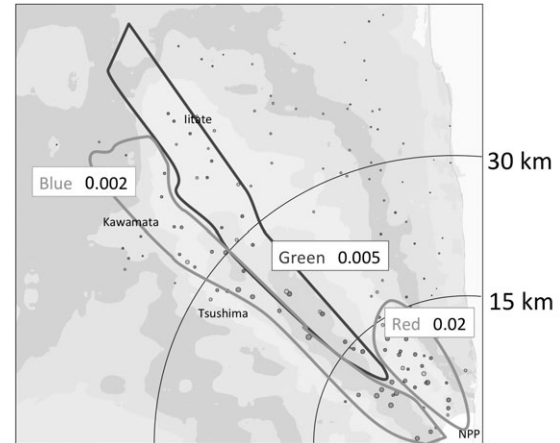


Fig. 1 Distribution map of $^{110m}\text{Ag}/^{137}\text{Cs}$ ratio divided by three groups based on the ratio.

内に存在。

緑グループ 原発から15 km離れた付近から表れ、飯舘村方向に到達。

青グループ 原発近傍から最も南側を通り、川俣町方向に到達。

となり、それぞれが明確に分かれた。また今回見いだしたグループ分けにより、原発から半径10 km以内の汚染と飯舘村に到達した汚染が異なるソースによることが明らかとなった。

これらのグループ形成要因を探るため、 $^{110m}\text{Ag}/^{137}\text{Cs}$ に加え、 $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 同位体比を用いた分析を行った。 $^{110m}\text{Ag}/^{137}\text{Cs}$ 比が最も大きい赤グループのみ $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 比が他のグループと異なる(Fig. 2)。一方、緑と青のグループはほぼ同じ値を示した。ORIGEN2 codeによる、3月11日の原子炉停止時点における原子炉内部残留放射性物質質量と本結果を比較すると(4)、 $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 比の計算値は観測値よりも全体的に大きくなる傾向を示したが、赤グループの $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 比は1号機の $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 比にほぼ一致した。また赤グ

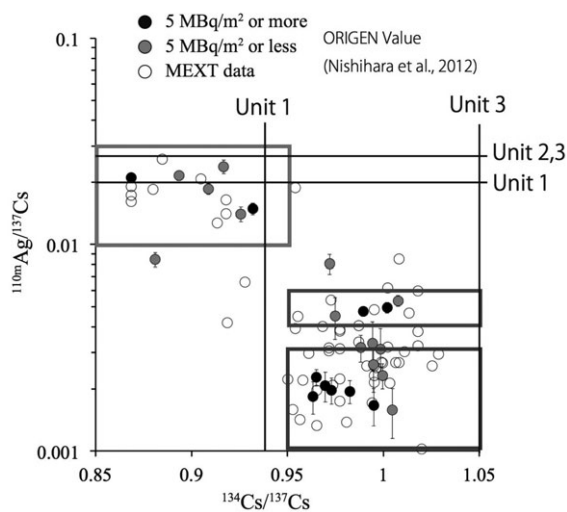


Fig. 2 Scattergram of the $^{110m}\text{Ag}/^{137}\text{Cs}$ activity ratio versus $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ ratio. The ratios in each reactor core are drawn with solid lines (4).

ループの $^{110m}\text{Ag}/^{137}\text{Cs}$ 比は計算値と完全に一致した。従って赤グループは1号機に由来する汚染であると考えられる。

AgはCsと同じ揮発性元素に分類されるが(5)、核燃料中のAg放出量は核燃料自体の温度に依存することが知られており、高温になるほど放出が増える(6)。最も早い放射性物質の放出は、1号機から12日未明に始まり、大規模な放出は水素爆発時にも観測されている。東京電力の報告書によると、11日の深夜にはメルトスルーがすでに発生し、炉内が極めて高温な状態で放出事象が発生ししたと推定される。一方、緑と青グループはNishiharaらの計算結果(4)と比較すると $^{110m}\text{Ag}/^{137}\text{Cs}$ 比は1桁近く小さい。緑グループの放出が15日の午後から発生した2号機由来とすると、献身的な努力により崩壊熱の除熱がある程度行われてきた段階で起きており、原子炉内部の核燃料自体が有する温度が低下したことでAg放出が抑止されたと考えられる。

以上をまとめると、原発から北西方向に広がる汚染地帯は、 $^{110m}\text{Ag}/^{137}\text{Cs}$ 比と $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 比を用いることで3つに地域分けすることが可能である。さらに $^{110m}\text{Ag}/^{137}\text{Cs}$ 比を応用することで、放出イベントが大まかに推定された。した

がって文科省の調査で見られた北西地域における $^{110m}\text{Ag}/^{137}\text{Cs}$ 比の分岐は、異なる放出イベントによる汚染が、偶然にも同一方向に沈着したため生じたと考えられる。今後の課題として青グループを形成した第3の放出イベントの特定と、Ag放出量からの原子炉内状況の推定が挙げられる。

引用文献

- (1) N. Kinoshita, et al., PNAS 108, 19526 (2011).
- (2) K. Saito, et al., J. Environ. Radioact. 139, 308 (2014).
- (3) C. Chartin et al., Anthropocene 1, 23 (2013).
- (4) Nishihara et al., JAEA, JAEA-Data-Code-2012-018 (2012).
- (5) G. L. Petit et al., Pure Appl. Geophys. 171, 629 (2012).
- (6) Y. Pontillon, and G. Ducros, Nucl. Eng. Des., 240, 1853 (2010).

著者紹介

佐藤志彦

1986年6月生

筑波大学大学院数理物質科学研究科化学専攻
博士後期課程2年 / 2013年4月より日本学術振興会特別研究員(DC1)



2015年1月27日 28年目のチェルノブイリにて

◆◆◆ ニュース (2014 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) ◆◆◆

$^{235\text{m}}\text{U}$ の脱励起過程の研究に向けた反跳核捕集装置の開発

重河優大 (大阪大学大学院理学研究科化学専攻)



私は、大阪大学の篠原研究室にて原子核壊変の化学効果というテーマで研究を行っています。通常、原子核壊変は化学状態に依存せず一定の確率で起こりますが、「内部転換」や「EC 壊変」といった壊変過程では原子核と軌道殻電子の相互作用を伴うため、一部の核種に対しては軌道殻電子の状態によって核壊変の確率が変化することが知られています。実際に、 $^{235\text{m}}\text{U}$ という核種では、軌道殻電子の状態、すなわち化学状態の変化に伴って、最大で 5% 程度壊変定数が変化することが観測されました [1]。 $^{235\text{m}}\text{U}$ は 76.8 eV の励起エネルギーを持ち [2]、ほぼ 100% 内部転換によって脱励起します。励起エネルギーが非常に小さいため、内部転換に大きく寄与するのは外殻電子 (特に 6p 電子) であり、化学状態が核壊変の確率に大きな影響を与えます。これまでにいくつかの化学状態に対して壊変定数の測定が行われましたが、系統的理解には至っていません。壊変定数の変化の原因を詳細に調べるためには、内部転換電子のエネルギースペクトルを測定し、原子核がどの電子軌道と相互作用して電子が放出されたのかを調べるのが適当です。しかし、内部転換電子のエネルギースペクトルを測定した例は非常に少ないです。そこで私は、内部転換電子のエネルギースペクトルを測定することで、どの殻電子がどの程度内部転換に寄与するのかを調べ、壊変定数の変化と軌道殻電子の状態の変化の関係を明らかにしたいと考えています。私は、 $^{235\text{m}}\text{U}$ の捕集方法の確立、低エネルギー内部転換電子の分光装置の開発、 $^{235\text{m}}\text{U}$ の化学状態を迅速に変化させる手法の確立、という 3 つの段階に分けて研究を行うことにしました。今回の研究は、 $^{235\text{m}}\text{U}$ の捕集方法の確立についてのものです。 $^{235\text{m}}\text{U}$ は ^{239}Pu

の α 壊変によって生成します。私は、 ^{239}Pu から反跳によって飛び出してくる $^{235\text{m}}\text{U}$ を捕集することに決め、過去の研究 [3] を参考に、反跳核捕集装置 (CARP: Collection Apparatus for Recoil Products) を製作しました (Fig. 1)。この装置は、下部の ^{239}Pu 線源から飛び出してくる陽イオンの $^{235\text{m}}\text{U}$ を、負の電圧を印加した上部の金属板に捕集するもので、捕集時の気圧を変化させることも可能です。装置を使用するにあたって、 $^{235\text{m}}\text{U}$ の捕集効率を最大にするための捕集条件を調べることは非常に重要です。しかしながら、 $^{235\text{m}}\text{U}$ は内部転換電子のみしか放出しないため、捕集した $^{235\text{m}}\text{U}$ を正確に定量することは困難です。実際に過去の研究においては、印加電圧や気圧などの捕集条件が $^{235\text{m}}\text{U}$ の捕集効率に与える影響について明らかにされてはいませんでした。そこで私は、 ^{228}Th の反跳生成物の ^{224}Ra を様々な捕集条件で捕集することで、捕集効率と捕集条件の関係を調べました。 ^{224}Ra と $^{235\text{m}}\text{U}$ の反跳エネルギーは近い値を持つため、 ^{224}Ra で得られた結果を $^{235\text{m}}\text{U}$ の場合にも適用することができると考えました。また、捕集効率の測定に加えて、捕集した ^{224}Ra を溶液に溶かして溶液化効率を求めるという実験も行いました。様々な化学状態の $^{235\text{m}}\text{U}$ の試料

の α 壊変によって生成します。私は、 ^{239}Pu から反跳によって飛び出してくる $^{235\text{m}}\text{U}$ を捕集することに決め、過去の研究 [3] を参考に、反跳核捕集装置 (CARP: Collection Apparatus for Recoil Products) を製作しました (Fig. 1)。この装置は、下部の ^{239}Pu 線源から飛び出してくる陽イオンの $^{235\text{m}}\text{U}$ を、負の電圧を印加した上部の金属板に捕集するもので、捕集時の気圧を変化させることも可能です。装置を使用するにあたって、 $^{235\text{m}}\text{U}$ の捕集効率を最大にするための捕集条件を調べることは非常に重要です。しかしながら、 $^{235\text{m}}\text{U}$ は内部転換電子のみしか放出しないため、捕集した $^{235\text{m}}\text{U}$ を正確に定量することは困難です。実際に過去の研究においては、印加電圧や気圧などの捕集条件が $^{235\text{m}}\text{U}$ の捕集効率に与える影響について明らかにされてはいませんでした。そこで私は、 ^{228}Th の反跳生成物の ^{224}Ra を様々な捕集条件で捕集することで、捕集効率と捕集条件の関係を調べました。 ^{224}Ra と $^{235\text{m}}\text{U}$ の反跳エネルギーは近い値を持つため、 ^{224}Ra で得られた結果を $^{235\text{m}}\text{U}$ の場合にも適用することができると考えました。また、捕集効率の測定に加えて、捕集した ^{224}Ra を溶液に溶かして溶液化効率を求めるという実験も行いました。様々な化学状態の $^{235\text{m}}\text{U}$ の試料

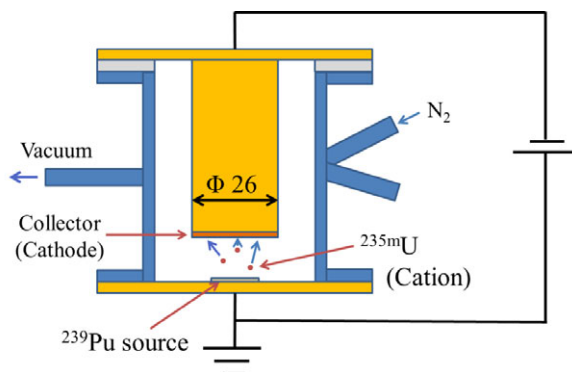


Fig. 1 The picture of the Collection Apparatus for Recoil Products (CARP).

を作製するにあたって、迅速に高効率で $^{235\text{m}}\text{U}$ を溶液化するための捕集条件や溶液の種類を決定しました。

実験の内容は次の通りです。まず、 ^{228}Th の電着線源を1種類 ($\phi 10$) と、Sm を担体とした共沈線源を3種類 ($\phi 10$, $\phi 18$ の試料、厚めの試料) 作製しました。そして、CARP を用いて様々な捕集条件で ^{228}Th ($T_{1/2} = 1.913 \text{ y}$) から反跳してくる ^{224}Ra ($T_{1/2} = 3.66 \text{ d}$) を30分間銅板に捕集し、捕集板を α 線測定して捕集効率を求めました。捕集条件は、 ^{228}Th 試料の種類 (4種類)、線源と捕集板間の距離 (1.5 mm, 5 mm)、気圧 (真空、 N_2 1 atm)、線源と捕集板間の印加電圧 (0 ~ -650 V) で変化させました。また、 ^{224}Ra を捕集した捕集板を溶液 (水、0.1 M HCl、ヘプタン) で洗い、溶液化効率を求めました。

大きさ $\phi 10$ 、厚さ 21 pg/cm^2 の電着線源を用いて捕集効率を測定した結果を Fig. 2、大きさ $\phi 10$ 、厚さ $12 \text{ }\mu\text{g/cm}^2$ の ^{228}Th 共沈線源を用いて捕集効率を測定した結果を Fig. 3 に示します。どちらの線源を用いた場合も、真空中で捕集したときは捕集効率は電圧によらず一定であったのに対して、 N_2 1 atm 中で捕集したときは電圧の増加に伴って捕集効率が増加し、ある電圧以上になると捕集効率は一定となりました。電着試料を用いた場合の捕集効率の最大値は20%程度で文献値 [4] と一致していたため、適切に反跳核が捕集されたことが確認されました。また、4種類の ^{228}Th 線源を用いた場合の捕集効率の最大値は、線源試料が厚いほど小さく、捕集効率の最大値は線源の厚さに大きく依存することが分かりました。 ^{239}Pu 試料は、必要な放射エネルギーの関係から、 $\phi 18$ 、厚さ $20 \text{ }\mu\text{g/cm}^2$ 程度で作成することにしました。その際の捕集効率は8%程度であると推定され、2時間の捕集で約8 kBq 得られると計算でき、電子測定に十分な量の $^{235\text{m}}\text{U}$ が得られると見積もることができました。次に、溶液化効率は、真空中で捕集した場合は捕集板内部まで ^{224}Ra が打ち込まれたため10~20%程度と低い値を示し、 N_2 1 atm で捕集した場合は反跳核が捕集板表面に存在し、容易に溶液化できるため、 $^{235\text{m}}\text{U}$ の化学状態を迅速に変化させるのに適して

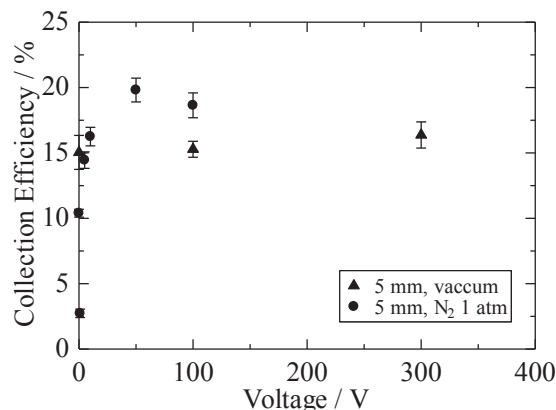


Fig. 2 Collection efficiency of ^{224}Ra from electrodeposited ^{228}Th source.

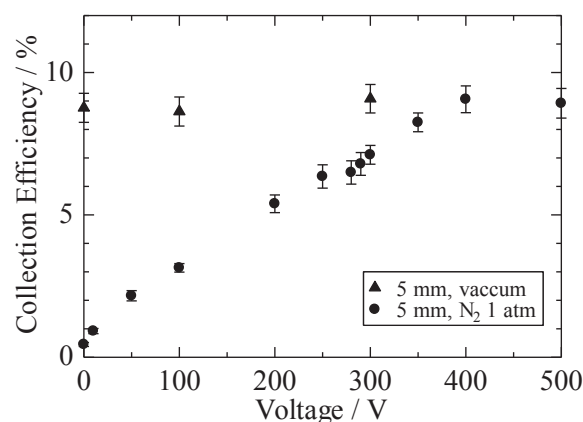


Fig. 3 Collection efficiency of ^{224}Ra from precipitated ^{228}Th source.

いると考えられます。

最近、 ^{239}Pu の精製スキームを確立させ、 ^{239}Pu の電着線源を製作しました。また、 $^{235\text{m}}\text{U}$ より放出される低エネルギーの内部転換電子を分光測定するための装置を開発・製作しました。放出される内部転換電子は少量であるため、高い検出効率を保ったまま電子を分光できるように設計しました。近々、製作した分光装置を用いて、いくつかの化学状態について $^{235\text{m}}\text{U}$ の壊変定数と内部転換電子のエネルギースペクトルの測定を試みる予定です。

引用文献

- (1) M. N. Mevergnies *et al.*, Phys. Lett. **49B** (5), 428 (1974).
- (2) V. I. Zhudov *et al.*, JETP Lett. **30**, 516 (1979).
- (3) M. N. Mevergnies, Nucl. Instr. **109**, 145 (1973).
- (4) I. Kelson *et al.*, J. Phys. D **28**, 100 (1995).

◆◆◆ ニュース (2014 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) ◆◆◆

サロフェン型配位子をもつ八配位 U(V) および U(IV) 錯体の安定構造の変化

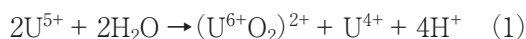
森本佳祐^a、松田佳恵^b、中塚和人^b、篠原厚^b、吉村崇^a

(^a 大阪大学大学院理学研究科ラジオアイソトープ総合センター、^b 大阪大学大学院理学研究科化学専攻)



ウランはアクチノイドに属する 92 番元素であり、外殻まで広がっている 5f 軌道を有している。アクチノイド以外の f ブロック元素群としてはランタノイド

が存在するが、アクチノイドの前半の元素（アクチニウムからプルトニウム）の f 軌道が配位子の電子軌道と相互作用できる一方、ランタノイドの f 軌道と配位子の軌道との相互作用はわずかであるという点で両者には大きな違いがある。このためアクチノイドは f 軌道及び f 電子の性質を知る上で重要な元素群である。アクチノイドは酸化還元反応活性であり、ウランは +2 ~ +6 価の多様な酸化状態を有する。そのうち +6 価が最安定、+4 価が準安定な価数として広く知られている。+2、+3 価は酸化剤と容易に反応し +4 価または +6 価となるために非常に不安定である。+5 価についても、水の存在下で式 1 に示す不均化反応を速やかに起こすために不安定であることが知られている。



上記の理由から、これまでに報告されたウラン錯体の多くは +4 価、+6 価の錯体であり、不安定価数の中でも特に合成が難しい +2、+5 価のウラン錯体の研究はほとんど進んでいない。そこで我々の研究グループではウラン(V/IV)の酸化還元反応に着目し、ウラン(V)錯体の合成を行うこととした。結果、配位子として MeSalophen (Fig. 1) を用いた 8 配位ウラン(IV)錯体 [U^{IV}(MeSalophen)₂] を合成し、これを化学的に 1 電子酸化させることで、空气中で高い安定性を有する 8 配位ウラン(V)錯体 [U^V(MeSalophen)₂]PF₆ を得ることに成功した。

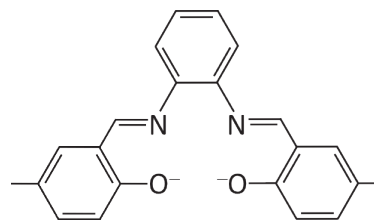


Fig. 1. MeSalophen

【ウラン(IV)錯体 [U^{IV}(MeSalophen)₂] の合成と異性化反応】

8 配位ウラン(IV)錯体は UCl₄ と 2 当量の MeSalophen とを反応させることで得られた。再結晶法の違いによって、結晶の形状が異なる 1a と 1b が析出した。これらの分子構造を解明するため X 線結晶構造解析を行ったところ、1a は 2 つの MeSalophen の窒素および酸素原子がウランに配位した 8 配位構造をとっており、MeSalophen が面同士で向かい合った 4 方逆プリズム構造であった。一方、1b は 2 つの MeSalophen の窒素および酸素原子がウランに配位した 8 配位構造をとっていたが、MeSalophen の窒素および酸素原子が成す平面同士がほぼ直行した形である 12 面体構造をとっていることが分かった (Fig. 2)。

1a、1b の ¹H NMR スペクトルや紫外可視吸収

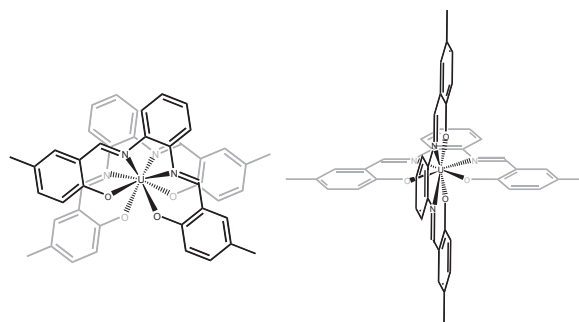


Fig. 2. 1a と 1b の構造 (左:1a、4 方逆プリズム構造 右:1b、12 面体構造)

スペクトル、ウラン (V/IV) の酸化還元電位はそれぞれ異なる結果となったことから、溶液に溶かした直後はそれぞれの構造を保っていることが分かった。これらの錯体を溶液中で放置しておく、スペクトルおよびボルタモグラムは徐々に変化し、1a と 1b の成分の足し合わせとなったため、溶液中で、1a と 1b が相互に変換する異性化反応が起きることが判明した。1a 並びに 1b いずれから出発した場合でも、スペクトル変化が終了した時点での 1a、1b 由来のスペクトルの強度比はほぼ同じになったことから、変化終了時点で 1a と 1b の変換反応が平衡状態になっていることが分かった。その際の 2 成分の強度比等を比較することでその平衡定数を式 2 に示す定義式から $K_{UV} = 0.082$ と決定した。

$$K_{UV} = \frac{[1b]}{[1a]} \quad (2)$$

従って、8 配位ウラン(IV)錯体では 4 方逆プリズム構造がより熱力学的に安定であることが分かった。

【ウラン(V)錯体 $[U^V(\text{MeSalophen})_2]PF_6$ の合成と異性化反応】

8 配位ウラン(V)錯体は 1a を化学的に 1 電子酸化させることで得られた。反応時間が短い場合、黒茶色結晶 2a が析出したが、数日間反応溶液を攪拌した場合では 2b が析出し、反応時間によって 2 種類の錯体を作り分けることができた。2a と 2b についても分子構造の同定のために X 線結晶構造解析を行ったところ、2a は 2 つの MeSalophen の窒素および酸素原子がウラン(V)に配位した 8 配位 4 方逆プリズム構造であった。一方、2b は 2 つの MeSalophen が 12 面体構造となるようにウラン(V)に結合していることが明らかとなった。2a と 2b はそれぞれ 1a、1b と同形構造をとっていたが、ウラン(V)錯体の方がウラン(IV)錯体に比べてウラン周囲の結合距離が短くなっていることが分かった。2a、2b の酸化還

元電位はそれぞれ 1a、1b で観測された値と同一であった。さらに、2a、2b の各種スペクトルは同形のウラン(IV)錯体とは大きく異なっていることから、溶液に溶かした直後は 2a、2b がそれぞれの構造を保持していると考えられる。これらの錯体を溶液中で放置すると、1a、1b の場合と同様にスペクトルおよびボルタモグラムが変化し、時間とともに 2a と 2b の成分の足し合わせになることが分かった。すなわち 2a、2b の場合も溶液中で異性化反応を起こすことが見出された。定常状態を示すスペクトルおよびボルタモグラムが得られるまで 2a、2b の溶液を放置し、それぞれの成分の強度比を算出して、式 3 から平衡定数を求めると、 $K_{UV} = 6.5$ になることが分かった。

$$K_{UV} = \frac{[2b]}{[2a]} \quad (3)$$

このことから 8 配位ウラン(V)錯体では 12 面体構造がより熱力学的に安定であることが分かった。

【まとめと今後】

これまで 8 配位ウラン(IV)錯体において異性化反応が観測された例は他のグループによって数例報告されているが、いずれも異性体の存在は溶液状態での ^1H NMR スペクトルからしか確認されておらず、2 種類の構造異性体の単離、X 線結晶構造解析までに至っていない。今回、我々は配位子として MeSalophen を用いて 8 配位ウラン(IV)およびウラン(V)錯体を合成したところ、各酸化数で 2 種類の構造異性体を単離し、それらの構造決定に初めて成功した。この結果、ウラン(IV)およびウラン(V)でそれぞれ同形構造の異性体が得られたことが分かった。また我々は各酸化数において、構造異性体間で異性化反応が起きることを見出した。これらの反応の平衡定数を決定することで熱力学的に安定な錯体構造が価数によって異なる非常に興味深い結果を得られた。

◆◆◆ ニュース (研究室紹介 — 2014 若手の会から —) ◆◆◆

2014 日本放射化学会年会・第58回放射化学討論会 若手の会

大江一弘 (新潟大学教育研究院自然科学系数理物質科学系列)

2014年9月11日に2014日本放射化学会年会・第58回放射化学討論会(会場:名古屋大学)において若手の会が開催され、49名+飛び入り数名の若手研究者(学生45名程度、一般4名程度)が参加する会となりました。

近年の若手の会は主に討論会初日の夕方に開催され、放射化学内のさまざまな分野の学生や若手研究者が集まる場として運営されております。今年度の世話人は筆者が担当致しましたが、恥ずかしながら筆者は若手の会のこれまでの活動内容や設立の経緯等を詳細には存じ上げておりませんでした。そこで、以前新潟大学の工藤久昭先生が若手の会の立ち上げに関わったということをお耳にはさんだことから、今回筆者が若手の会の世話人を仰せつかるにあたって良い機会であると考えて、設立当時のお話を伺うことに致しました。工藤先生からは、各研究グループ間の交流を行う場が少なかった昔の放射化学討論会において、若手研究者間の相互交流を深める場を作るために、分析化学会の若手の会を参考に40年近く前に放射化学若手の会が発足したこと、活動内容としては主として放射化学討論会に合わせて若手の会シンポジウムや懇親会の開催、宿の斡旋等々、様々な取り組みを行っていたということをお聞きしました。昔と比べると現在の活動は縮小傾向にあるのかもしれませんが、最近の若手の会では討論会期中における講演会と懇親会の開催を主な活動として運営されているようです。

今年度の開催内容を思案していた際、若手間の相互交流を深めることを目的とするならば、APSORC13との共同開催であった2013年度にも行われました、各研究室の研究内容紹介(2013年度は海外のグループにも紹介いただき、英語での開催となった)をメインの開催内容として、お互いの研究内容をもっとよく知ってもらおうというのはどうだろうかと考え、2014年度は

1. 若手の会主催者あいさつ
2. 各研究室の研究内容紹介
3. 相互での連絡もしくは話題提供等
4. 懇親会の開催

このような内容での開催とさせていただきます。

当日は若手の会主催者あいさつに代えて、筆者が工藤先生から伺った若手の会の設立当時のお話を紹介させていただきました。各研究室の研究内容紹介では、大阪大学、金沢大学、首都大学東京、筑波大学、新潟大学、日本原子力研究開発機構の各グループの代表者(修士あるいは博士の学生の方)に、スライドを使用して6分程度の研究内容紹介を行っていただきました。本来ならば質疑応答の時間を設けて活発な討論を促すべきでしたが、前のセッションから時間が押していたことや、筆者の司会進行の不手際により質疑応答の時間を取れなかったことが反省点であります。なお、今回本号におきまして、各研究室紹介の内容を発表者の皆様に記事にさせていただきましたので、ぜひそちらもご一読いただきたいと思います。相互での連絡もしくは話題提供等では、飛び入り参加となりました日本保健物理学会若手研究会から、第18回若手勉強会「福島原発事故前後の保健物理と放射線安全規制」が開催される旨をご紹介いただきました。最後に、来年度の若手の会の世話人を理化学研究所の小森有希子氏に依頼し、承諾を頂きまして若手の会の本会を終了しました。

その後、懇親会を名古屋市営地下鉄東山線栄駅前の居酒屋において開催しました。名古屋めしに舌鼓を打ちながら、研究室紹介の内容等を酒の肴に、若手間の一層の交流を図りました。

今回多数の学生の皆様にご参加いただきましたが、一般の若手研究者の参加がかなり少ない回となってしまいました。筆者の力不足、準備不足が一因と考えますが、若手の会の参加条件は特に

定めてられておりませんので、今回ご参加いただけなかった一般の若手研究者の皆様にも是非今後参加していただき、若手の会を共に盛り上げていければと存じます。

最後に、今回若手の会開催に関してご尽力いた

だきました、2014日本放射化学会年会・第58回放射化学討論会事務局の皆様、また研究室紹介にご協力いただきました皆様にご場を借りて深くお礼を申し上げます。



写真1 2014年度若手の会における研究室紹介の様子



写真2 2014年度若手の会懇親会の様子

◆◆◆ ニュース (研究室紹介 — 2014 若手の会から —) ◆◆◆

金沢大学放射化学研究室

北山雄太 (金沢大学大学院自然科学研究科物質化学専攻)

研究室のメンバー紹介

私たち金沢大学放射化学研究室には横山明彦教授、佐藤渉准教授を初めとして、学部生5名、博士前期課程11名、博士後期課程2名の計20名が所属している。さらに、金沢大学を卒業されたOBの2名にそれぞれ環境分析及び核反応の研究に関して研究協力をして頂いている。

学生の中には、毎日酒を飲んでたまに遅刻する者、“いつ寝ているのか”というくらい研究が大好きな者、研究はほどほどにして趣味に走る者…など、所属するメンバーは非常に濃い個性派ばかりだ。そんな中でも、その各々が日々の実験や勉学を怠らず、真面目に自らの研究に打ち込む姿が目に見えようである。

イベント

春、桜の木々が花を咲かせる季節になると、金沢大学の近くを流れる浅野川の堤防沿いに咲く満開の桜を望みながら、BBQを開催し新しく放射研に配属される4年生を迎える。秋にはソフトボール大会や化学コース全体が集まるスポーツ大会が開催される等、研究室内外でイベントは盛りだくさんだ。中でも最も盛り上がるのは、化学コース全体で開催されるいわゆる「追いコン」だ。ホテルの大ホールを貸し切って開催されるこの会はとても壮大に行われる。着席形式ではあるが、開式すると一気に盛り上がる。卒業生にとってはそれまでの学生生活のすべてを彩る、華々しい最高の舞台に違いない。

研究紹介

研究テーマは大きく横山先生の核化学班(学生13名)と、佐藤先生の核物性班(学生5名)に分かれる。各研究テーマを用いる主な核種と共に以下に示した。

【核化学研究テーマ】

- ・TTA逆相クロマトグラフィーによる超重元素

Rfの化学的性質解明 (^{261}Rf , $^{85,88}\text{Zr}$, $^{169,175}\text{Hf}$)

- ・環境放射能測定における迅速化手法の開発 (^{90}Y , ^{90}Sr)
- ・ $^{211}\text{Rn}/^{211}\text{At}$ ジェネレーターの開発に向けた基礎研究 (^{211}Rn , $^{210,211}\text{At}$)
- ・宇宙元素合成に関わる核反応断面積の取得と元素合成過程の検討 ($^{136-139}\text{Pr}$, ^{145}Eu)

【核物性研究テーマ】

- ・摂動角相関法を用いた物性研究と測定システムの開発 (^{111}In , ^{111}Ag)
 - ・メスバウアー分光法を用いた物性研究と低温測定システムの開発 (^{19}F)
 - ・陽電子消滅寿命法を用いたZnOの空孔型欠陥の研究 (^{22}Na)
- (*括弧内は用いる主な核種を示している。)

核化学の研究(環境研究を除く)では、理化学研究所のK70 AVFサイクロトロン加速器、原子力研究開発機構のタンデム型ヴァンデグラーフ加速器、大阪大学のAVFサイクロトロン加速器、これに対して核物性の研究では、京都大学の京大原子炉実験所、放射線医学総合研究所の重粒子線がん治療装置(HIMAC)、大阪大学のヴァンデグラーフ加速器を用いて製造された核種により研究を行っている。これらを用いた研究は、加速器及び原子炉施設の共同利用システムを基に成り立っている。当研究室のテーマにおいては、短半減期核種を用いたオンライン実験及び測定や、核医学の発展に寄与できるガン治療の基礎研究としてこれらの施設を大いに利用させて頂いている。

また、環境放射能測定に関する研究は当研究室でも非常に重点を置いている分野である。福島原発事故以後、人体に影響を及ぼす可能性のある放射性核種の環境中での移行挙動は随時測定され

てきたが、本研究テーマにおいては試料処理から測定までの迅速化を意図している。その他にも、外部機関から依頼された環境試料の分析も積極

的に行っており、福島原発事故の影響評価に対して、高い意識を持って取り組んでいる。



金沢大学放射化学研究室集合写真

ニュース (研究室紹介 — 2014 若手の会から —)

首都大学東京同位体化学研究室、宇宙化学研究室

只井智浩・高橋大輝 (首都大学東京大学院理工学研究科分子物質化学専攻)

首都大学東京同位体化学研究室

准教授: 久富木志郎 助教: 秋山和彦

当研究室では2つのテーマを軸において研究に取り組んでいます。久富木准教授のグループでは鉄を含む高導電性のガラスや環境浄化作用をもつガラス等の機能性材料の作成とその性質評価を行っています。具体的にはこれらの機能性材料についてメスbauer分光法や粉末X線回折を用いた構造解析、導電率測定や有機物分解実験などの性能評価を行い、その構造と性質の相関を研究しています。秋山助教のグループでは放射能を用いたフラーレンに関する研究を中心に行っています。現在の研究内容としては、核反跳を用いた金属フラーレンの合成法の開発や新規金属フラーレンの合成、さらには収率の低い金属フラーレンを酸化還元特性の差を利用して簡単に分離する手法の開発などがあり、金属フラーレンに関する研究を中心に幅広く取り組んでいます。また、トレーサーとして有用な ^{14}C で標識した C_{60} [^{14}C]研究にも取り組んでいます。



宇宙化学研究室

教授: 海老原 充 准教授: 大浦泰嗣

助教: 白井直樹 助教: 芝本幸平

当研究室は、元素組成、特に微量元素組成をもとにした宇宙・地球化学的プロセスの解明を目指しています。主として地球外物質である隕石を研究対象とし、太陽系の形成やその後の惑星系の進化の様子を探っています。そのため、元素・同位体組成を高確度・高精度に測定する手法の開発に関する研究も行っています。

近年の研究テーマ

—隕石—

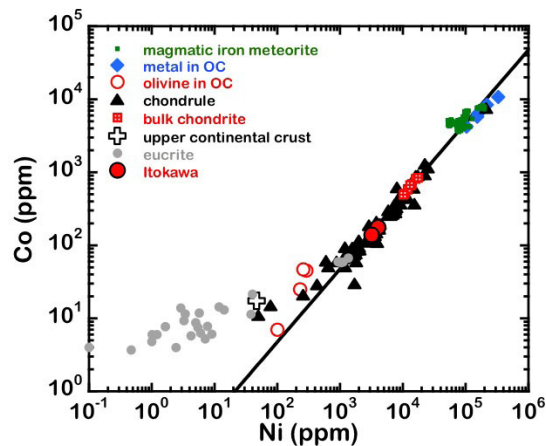
- ・炭素質コンドライトに関する研究
- ・原始的エコンドライトに関する研究
- ・エコンドライト(月, 火星, HED, 鉄隕石)に関する研究

—分析法—

- ・宇宙・地球化学的試料中の揮発性元素の定量法
- ・ICP-MSによる岩石試料中のPGE分析のための分離法の改良
- ・ICP-AESによる地球科学的試料中のVの定量

使用している分析

- ・放射化分析 (INAA, RNAA, IPAA, PGA)
- ・ICP-MS (揮発性元素, 白金族元素, 希土類元素 etc)
- ・ICP-AES (P, Mg, Al, Ca, Fe, V etc)



小惑星イトカワから採取した微粒子のNi, Coの定量値と隕石の比較 (Ebihara et al. 2011)

◆◆◆ ニュース (研究室紹介 — 2014 若手の会から —) ◆◆◆

筑波大学放射化学研究室

佐藤志彦 (筑波大学大学院数理物質科学研究科化学専攻 / 日本学術振興会特別研究員(DC1))

平成23年3月に発生した福島第一原子力発電所の事故をきっかけに、社会の放射線に対する関心が高まり、とりわけ学術領域としての環境放射能も一躍注目の的となった。筑波大学放射化学研究室は、後述するAMSグループと合同で、事故直後の福島県と北関東の地表土の汚染分布を明らかにした。迅速な調査が実施できたのはグループが培ってきた経験を発揮できたことに他ならない。しかしながら筑波大に環境放射能を研究するチームが存在する理由は、あまり知られていないように思われる。本稿では筑波大における環境放射能研究の歴史を紐解くことで、古き良き時代から現在に至る経緯と、研究室の「今」を紹介する。

筑波大放射化学の歴史は池田長生先生が開講した放射化学研究室(通称:放射研)に始まる。池田研のテーマの1つに環境放射能があり、70年代からグローバルフォールアウトやチェルノブイリ由来の放射性物質を対象に様々な分析が行われていた。当時は人間の臓器中に含まれるウラン、プルトニウムの測定のような、いまでは容易にできない実験も行われていた。なおこの研究が後にIAEAの査察につながったことは良い思い出である。

池田先生の後を引き継いだ関李紀先生は、主に長半減期核種を対象にした環境放射能研究に取り組まれた。このとき基礎医学系(当時)の長島泰夫先生と共同で、アイソトープセンター向かいの応用加速器部門で加速器質量分析(AMS)法の開発が始まった。とりわけ ^{36}Cl の定量に米国NEC製12UDペレットロンタンデム加速器は優れており、加速器面を長島先生、試料の前処理を関先生が担当する体制で開発が進められた。そして現在にいたる筑波大の放射化学とAMSの連携による環境放射能研究の基礎を築き上げていった。いまでもアイソトープ第1実験室に保管されている大型管状炉は、土壌から塩素やヨウ素を揮発

させ取り出すために用いられてきた名残である。なお関先生も生ものを扱っており、人爪のセレンをNAAで測定されていた。

平成12年に東京都立大学(現首都大学東京)から筆者の指導教員である末木啓介先生が着任し、平成14年より環境放射能と核化学の2つのテーマを持つ研究室としてスタートした。このころから土壌をターゲットにしたテーマがさらに深められ、開発からルーチン測定に移行していった。その一環として福島県や青森県六ヶ所村で採取した土壌中の ^{36}Cl や ^{129}I の測定が行われるようになった。当然のことながら、当時これらの試料が福島事故以前のバックグラウンドを示すことになること、想像していなかった。このように筑波大の放射研では長年に渡り環境放射能を主要なテーマの1つとして扱ってきており、得られたノウハウが原発事故直後の調査につながった。これらの経験を生かし、現在では環境中の放射性微粒子の分析や $^{110\text{m}}\text{Ag}/^{137}\text{Cs}$ 比を用いた沈着イベントの分離など、原発事故の実態解明を目的にしたプロジェクトが進行している。一方、従来から行ってきた環境中の放射能という、福島にとらわれないテーマも徐々に再開しつつある。なお末木研では生もの試料を扱ったテーマは今のところ行われていない。

昨年は2名の先生と新たな学生を迎え新体制がスタートした年でもある。6月に広島大学から坂口綾准教授、2ヶ月遅れで九州大学から山崎信哉助教がそれぞれ着任した。坂口先生は本会の理事であり23年度奨励賞受賞者であるため、本稿では山崎助教を紹介する。山崎先生は九州大学理学府化学専攻で竹原公先生に師事、平成23年3月に博士(理学)を取得。その後、平成25年4月から平成26年3月まで原研先端基礎研究センターにて博士研究員、そして本年4月から着任までの間、母校である九州大学で学術振興会特別研

究員（PD）として研究に従事されていた。今後は本会でも積極的な活動を希望されているので、ぜひ注目していただきたい。

最後に末木研では博士、修士、学部生、各2名ずつの6名が日々、研究に切磋琢磨している。本稿では環境放射能についてのみ触れたが、アクチ

ノイド錯体やナノパーティクルの合成といったテーマの学生もおり、特定のカテゴリーにとられない、多角的な視点で研究室は運営されている。筑波大放射化学の今後の活躍にご期待いただきたい。



平成26年度の集合写真

◆ ニュース (研究室紹介 — 2014 若手の会から —) ◆

新潟大学核化学研究室

佐藤大輔 (新潟大学大学院自然科学研究科数理物質科学専攻)

新潟大学理学部化学科核化学研究室は、工藤久昭教授を筆頭に後藤真一准教授、2013年2月に着任された大江一弘助教の教員3名と18名の学生(博士後期課程2名、博士前期課程10名、学部4年生6名)からなる研究室である(2014年度現在)。当研究室では主に原子番号104番以上の超重元素の化学に関係した研究を行っている。現在取り組んでいる研究テーマについて以下に紹介する。

○超重元素研究

- Rf, Db (4族、5族元素) の気相・液相化学研究
- ^{261}Rf , ^{262}Db および周辺核の壊変特性の研究
- 6族元素の溶媒抽出および酸化還元挙動の研究 (JAEA との共同研究)
- 新元素探索研究 (理研との共同)
- Flow Injection Analysis (FIA) を利用した迅速化学実験手法の開発

○核分裂研究

- Ir 同位体の核分裂特性の研究 (JAEA との共同研究)
- 重・超重核の自発核分裂特性研究のための装置開発

○環境放射能

- 新潟大学五十嵐キャンパスにおける継続的な大気浮遊塵中の放射能測定

2009年に研究室のある理学部棟が改修され、それまでに比べ格段に研究環境が良くなった。また、その際に自然科学系の部局が共同で利用できるRI実験施設が理学部棟内に新設され、より一層充実した実験環境のなかで各自が精力的に研

究を行っている。

最近になって、Zr, Hf 塩化物の気相化学研究や Nb, Ta のフッ化物錯体の溶媒抽出研究で興味深い成果が出始めている。今年7月には、理研にて TBP を担持した樹脂を用いた、Db フッ化物錯体の逆相抽出実験を行った。この実験を皮切りに、実際に超重元素を取り扱う実験をどんどん進めていきたいところである。

今回の放射化学討論会では、8名の学生が4件の口頭発表、6件のポスター発表を行った。発表を通じてご指導下さった方々にこの場をお借りして感謝申し上げます。



実験風景@新潟大 RI センター



集合写真@2014年度放射化学討論会

◆◆◆ ニュース (研究室紹介 — 2014 若手の会から —) ◆◆◆

日本原子力研究開発機構超重元素研究グループ

金谷佑亮 (茨城大学大学院理工学研究科宇宙地球システム科学専攻 / 日本原子力研究開発機構)

今回、若手の会での研究室紹介ということで依頼を受けましたが、私の所属する原子力機構(JAEA)の超重元素研究グループというところは、いわゆる大学の研究室とは少し環境が異なっています。所属している方々は先生ではなく研究員であり、学生も数名と少なく、研究室と言うよりもインターンシップのような環境に当たると思います。

現在、超重元素研究グループには職員5名、博士研究員1名、学生3名の計9名が所属しています。グループリーダーはMatthias Schädel氏が務めています。普段はサブリーダーの塚田和明氏がグループのまとめ役となり、浅井雅人氏、豊嶋厚史氏、佐藤哲也氏が日々研究を行っています。また本年度から新たに博士研究員としてAlessio Vascon氏を迎えました。学生は茨城大学から博士後期2年の金谷佑亮、学部4年の水飼秋葉がそれぞれ特別研究生、学生研究生として所属しています。茨城大学では総合原子科学プログラムという、卒業研究ならびに大学院での研究を原子力機構で行うことができる制度があり、私と水飼はこの制度を利用して超重元素研究グループに所属しています。他に、徳島大から修士1年の武田晋作が1年間の特別研究生として所属しています。

我々の研究グループは原子番号100番のフェルミウム以降の元素、いわゆる重アクチノイド元素、超重元素を研究対象としています。これらの元素は加速器で人工的に合成することでしか得ることができず、また生成量が少なく半減期が短いという特徴を持っているため、従来の実験手法を適用することができません。そのため、原子一個を化学分析できる手法が必要です。そこで我々は、新たに開発している原子一個の測定が可能なユニークな実験手法を超重元素の化学研究に適用し、特にイオン半径や酸化還元電位、第一イオン化エネルギー、化合物形成といった観点から、

重元素の価電子状態を明らかにしようとしています。

現在は、重元素の第一イオン化エネルギー測定と、106番元素シーボーギウムの還元電位測定という2つのテーマに集中して研究を行っています。

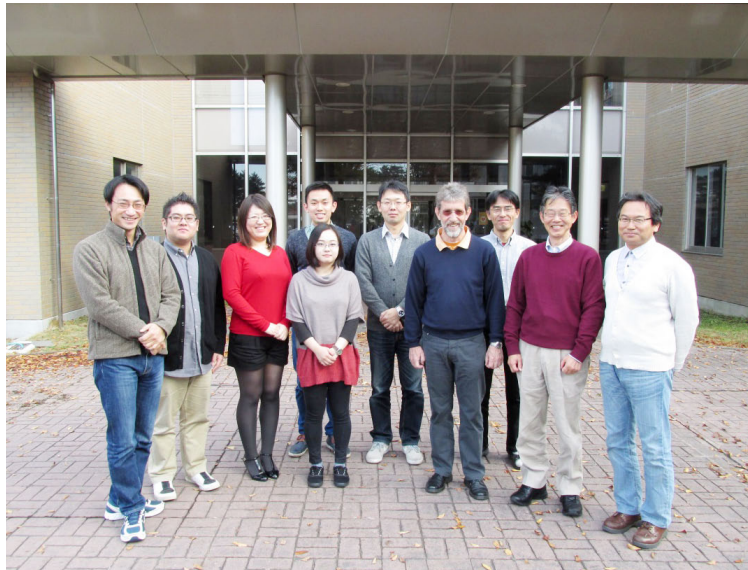
重元素の第一イオン化エネルギー測定は、原子力機構タンDEM加速器施設に設置されたオンライン同位体分離器(ISOL)を用いて実験を行っています。佐藤氏を中心に、浅井氏、金谷が研究しています。昨年は103番元素ローレンシウムについて実験を行い、世界で初めて実験的にローレンシウムの第一イオン化エネルギーを得ることができました。

106番元素シーボーギウムの還元電位測定では、最適な実験条件を決定するため、周期表で同族元素に当たり、同様の性質を示すことが予想される第6族のモリブデン、タングステンを用いて予備実験を重ねているところです。こちらは豊嶋氏を中心に、Vascon氏、水飼が参加しています。

この他にも、他の研究機関、大学と連携して共同実験を数多く行っています。最近では、ドイツの重イオン研究所、マインツ大学、理化学研究所などと協力して、106番元素シーボーギウムのカルボニル錯体の挙動に関する実験を行いました。これは、同族元素である第6族のモリブデン、タングステンのカルボニル錯体が高い揮発性を持つことから、シーボーギウムのカルボニル錯体も同様の性質を持つことが予想され、その検証を行うというものでした。実験の結果、シーボーギウムは第6族に特徴的な化学的性質を持つことが確かめられました。

最後に、超重元素研究グループでは、毎年学生を募集しています。JAEAでは研究振興のために、特別研究生(最大1年間)や夏期実習生(約2ヵ月)といった制度を用意し、学生の受け入れを行っています。昨年は2人の学生が本グループにて研究

を行いました。興味のある方は是非 JAEA のホームページをご覧ください。



グループ集合写真

◆◆◆ ニュース ◆◆◆

原発事故環境汚染 ～福島第一原発事故の地球科学的側面～ 書評

高橋賢臣 (大阪大学安全衛生管理部)

1. はじめに

東日本大震災を契機として発生した東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う、広大な範囲に及ぶ放射性物質による汚染は、あれから4年が経とうとしている現在でも国家的な問題として大きく存在している。その対応として事故当時から現在に至るまで多くの関係者によって様々な尽力が為されてきた。しかし、多くの科学者にとってもこのような甚大な環境汚染は未経験の事であり、初動対応としては政府や研究者ともどもに多くの混乱や迷走があったのも事実である。本書は、幾分か時が立った現在において過去を振り返り、あの時に何ができたのか、何が足りなかったのか、何が分かったのか、についてまとめる事は、これから長い道のりとなる環境評価と除染において重要な役割を果たすであろうという観点でまとめられている。

本書は、研究コミュニティの活動の軌跡とこれまでに得られた科学的知見を整理する事を目的に、3部構成となっており、それぞれにおいて様々な分野で活躍する専門家達の共同執筆という形になっている。第1部は、環境中の放射性物質の動態について、第2部は、防災インフラの現状を把握し今回の事故を踏まえてその整備と課題について、第3部では、視点を科学者自体の行動に移して、科学者が何を考えどのように行動したかを振り返り、そして何が足りなかったかについて検討し今後何をすべきかを提案している。

我が国において放射能に対する想いは複雑であるが、多くの国民は誰かに情報を制限されるよりも受け手の責任において情報を受けたいと考えている事や、またそれが結果的に効率的な対策に役立っていたという事実が徐々に明らかになってきた事から、本書は出来るだけ率直にそれぞれの専門家が伝えたい事実や想いが述べられている。ここでは、全てを詳細に紹介する事は難しい

が、できるだけ重要な事をお伝えできるよう各章における内容を少しずつご紹介していきたい。

2. 第一部……環境中での放射性物質の動態**1章……序論**

序論としては福島第一原発事故の概況と環境中での放射性物質の移行過程の理解に必要な基礎知識について記述してある。まず原子力発電所事故について、あの時何が原因で何が起こったのか、そしてその結果としての事態はどういう事が起こるのかの概要から始まる。そして、概要を受けて、最も根源的な部分である放射性物質とは一体何なのかについて詳しく述べられている。放射性物質そのものやそこから出される放射線について、さらにはそれを如何に正確に測定し、その測定によって得られた数値をどのように解釈すればよいのかが明確に述べられている。そしてその放射性物質から出される放射線を人間が様々な状況で浴びた場合(所謂被ばく)に想定される事柄については、おそらくは読者が最も興味がある事の一つではないだろうか。1章の最後ではその被ばくをもたらす放射性物質が、事故前にも存在していた事、そしてそれらの環境中での動き、さらには事故を受けてどのようになるのかについて紹介され、2章以降への実際の環境中の動きについて繋がるように書かれている。

2章……放射性物質の放出量の推定

本章では、原子力発電所事故によって環境中に放出された放射性物質がいったいどの程度なのかについて述べられている。事故当初の混乱や、地震や津波などによる物理的な要因によって放射性物質における様々なデータが損失してしまっていることから、正確な放出量データを知る事は難しい状況となってしまった。しかし、放射

性物質の放出量がいったい幾らなのかという情報が抜け落ちる事は、その後の対策において致命的であることから、様々なシミュレーションによる推定が行われた。ここでは、それらについていくつか紹介したい。茅野ら¹⁾は、発電所周辺100 km程度の大気中濃度データを使用し、逆推定法による¹³¹Iと¹³⁷Csの放出変動評価を行った。また平尾・山澤ら²⁾は茅野らと同様に逆推定を用いているが、使用するデータとしては東日本の大気中濃度及び沈着慮データを用いている。放射性プルームが陸側に流れた期間に限定されているが、両者の結果は非常によく一致している。気象研究所の青山は大気及び海洋拡散モデルを結合した計算結果と、測定された地表沈着量および海表面濃度から¹³⁷Csの大気中への総放出量を推定した。これらの結果を比較すると¹³¹Iの総放出量はおおよそ120-160 PBqの範囲に収まる。また、¹³⁷Csの総放出量は9-20 PBqに収まる。これらの結果は少なくとも放射性プルームが陸側に流れている期間においては合理性がある物となりつつあるが海洋側に流れた時の精度評価については、未だ不確定性が高い。今後、様々なモニタリング結果がさらに精度良く解明されて行けば、同様にシミュレーション結果の精度が高まって行くと考えられる。

3章……大気への拡散

ここでは、事故によって放出した放射性物質の大気中への拡散について記述されている。原子力発電所事故では、事故発生後比較的短時間(数時間から数日)で放射性物質の放出が起こる。また、チェルノブイリ原子力発電所事故のような爆発的な放出でない限り、放射性物質のほとんどは地表から高さ1 km程度の大気境界層内にとどまると考えられる。そのため、福島第一原子力発電所由来の放射性物質の輸送には地表付近の数日間における風系が決定的に重要である。地表付近では風が比較的弱く、放射性物質の長距離輸送は起こりにくいので、環境への影響が特に深刻となるような高濃度汚染の範囲は放出源近傍に留まるが、地形的な影響を受けやすい特徴がある。

福島第一原子力発電所から最も多量の放射性物質が大気中に放出されたのは3月14日の夜か

ら16日午前中にかけてと考えられている。このうち、15日朝に放出された多量の放射性物質は福島県沿岸から北西方面の内陸に輸送された³⁾。これは、15日午後に日本南岸を低気圧が通過したと言う巡り合わせによるところが大きい。15日の1号機および2号機からの放射性物質の放出高度は30 m程度と推定されており、そのため大部分が境界層内にとどまり下層の風により内陸へ輸送された。しかし、この時に降雨を伴わなかったため大気中からはさほど除去されなかった。この事は日本原子力研究開発機構による観測データ⁴⁾の15日8時に空間線量率3.6 μSv/hを測定後、速やかに1桁程度減少している事からも示される。

また、放射性物質を広く関東平野へと輸送したのは3月21日から3月23日にかけて吹いた北東の風である。3月17日以降、ベントや水素爆発に伴う大規模放出は起こらなくなっていたものの、福島第一原子力発電所から継続的に放出された¹³⁷Csは、3月20日には昼頃から南風によって宮城県北部から岩手県南部輸送され、夕方からの降水によって湿性沈着をした。この南風をもたらした移動性高気圧が東方に退くにつれ、全線が東日本へと南下した。このため、20日以降は福島県沿岸部の風向きが南から北東へと反転し、関東方面へと放射性物質を輸送され始めた。前線はこの時期特有のいわゆる「菜種梅雨」の状態であったため、関東平野では冷湿な北東風が降水を伴って持続し、広範囲に湿性沈着が断続的に起きる事態になった。千葉県柏市などに点在するホットスポットはこのようにして形成されたと考えられる。

また、この章では、もし事故が別の場所や別の気象条件で起こった場合はどうなったのかという思考実験を行っている。こういった思考実験は、当然あってはならないが万が一に同じような状況下に住民が置かれた際に、住民の居住地域が放出源の風上にあるのか風下なのか、行政当局は天気図等とも併せて判断をし、住民に対して即座に避難指示をだせるような訓練として高い効果があると思われる。

4章……全球への輸送

福島第一原子力発電所事故によって大気中に

放出された放射性物質は、日本国内のみならず、一部は地球全体をめぐる大気の流れによって地球規模に拡散した。事故の発生した3月中旬は強い編成風と発達する低気圧が東北地方上空を通過した。このため、大気上空に放出された放射性物質は東に向って、エアロゾル粒子または気体として大気中を輸送されたと考えられる。これまでの研究から、エアロゾル粒子は非常に遠距離まで輸送されることが知られている。例えば、中国・モンゴルを起源とする黄砂粒子は太平洋を超えて米国でも観測されており、地球を一周したという報告もある。

包括的核実験禁止条約機関 (CTBTO : Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization) では通常時から核兵器の製造や実験、原子力施設稼働の監視のため、国際監視システムとして 80 地点の粒子状放射性物質観測所と 40 地点の放射性キセノン観測所の配置を予定し、設置を進めている。このうちの 64 地点で粒子状の放射性物質、また 27 地点で放射性キセノンの観測が行われ、非常に低い濃度ではあるが北半球全域の観測所で検出がされた。

3月14日にロシア東部のCTBTOの観測点で観測されたのち、米国およびカナダでも観測がされた。CTBTO以外の機関からも観測結果の報告は多数あがっている。米国リッチランドでは16日以降放射性キセノンを観測⁵⁾し、米国シアトルでは17-18日の間に放射性のヨウ素、セシウム、テルルを検出し⁶⁾、日本からシアトルへの輸送を5-6日と推定している。欧州ではまずアイスランドにおいて19-20日に放射性ヨウ素が検出され、次いで23日に放射性セシウム等が検出されている。その後、ドイツ、ノルウェー、フランス、ギリシャなど欧州各地で観測され⁷⁾、欧州上を通過した放射性ヨウ素は総放出量の1%以下と推定されている。

欧州を通過した後、ロシア、モンゴル、中国のCTBTO観測点で検出されている。さらには韓国においても23-27日に放射性キセノンが、28日には放射性ヨウ素が検出⁸⁾されている。このように偏西風に乗って東に輸送された放射性物質は、漏えい開始後約2週間の3月28日までは北半球全体に拡散したと推定される。また、4月

半ば頃には放射性物質は南半球まで拡散し、その濃度は非常に低かったがオーストラリア、マレーシア、パプアニューギニアのCTBTO観測点でも検出されたと報告⁹⁾が上がっている。

また、これらの値をもとにシミュレーションをしたところ、シミュレーション手法によりさまざまな違いがあるが、放出開始から4日後には太平洋を横断して米国西海岸へ達し、その濃度は原発近傍の1億分の1になっており、¹³⁷Csでは72-83%が北太平洋上に沈着するという結果¹⁰⁾になっている。

5章……海洋への拡散

放射性物質の福島第一原子力発電所から海洋への主な経路は、1) 大気中へ放出され海洋への降下、2) 海洋への直接漏えい、3) 河川によって海洋に運び込まれる、の3つの経路である。この3つの経路の内、最初の2つが主要な役割を果たし、初期における海洋での汚染分布が形成された。海洋に入った放射性物質は海水と共に動くことによってその分布が変化していく。その場合、流れが速いと「移流」によって、流れが弱いと移流よりも「拡散」で広がる部分が多くなっていく。福島第一原発は沿岸に立地しており、拡散ではなく移流に従って輸送されたと考えられる。

また、一般に海洋にもたらされた物質は最終的には海底堆積物に移行する。そして、堆積物に保持された放射性物質については海水のような速やかな希釈は期待できない。海水から堆積物への移行や挙動は核種によって大きく異なるがそれを定量的に示す指標として、分配計数 (K_d) が用いられてきた。これは以下の式で表される^{11,12)}。

$K_d = (\text{堆積物中の放射能濃度 [Bq/kg]}) / (\text{海水中的放射能濃度 [Bq/L]})$ 、セシウムの K_d についてのIAEAの推奨値は外洋で2000沿岸で4000である。すなわち堆積物中のセシウム濃度は海水の数千倍になると予想される。

また、海洋生物への濃縮についても大きな問題となっている。事故後の4月初旬にコウナゴから、5月にかけてシラスなどいくつかの魚介類・海藻で暫定基準値を超える放射性セシウムが検出された¹³⁾。福島沿岸の魚種についての検出報告をみると、シラスでは海水中の放射性物質濃度

の低下に追随する形で、魚体中の放射性物質濃度は比較的早く低下した。一方底生魚のアイナメ、ヒラメ、ババガレイ等では低下の傾向は緩やかである。また、岩礁性のシロメバルでは依然として減少傾向はみられていない。今回の事故でこれまでに得られた海洋生物のデータを見ると、同じ種類の生物でも放射能濃度のレベルのばらつきが大きい事も重要な特徴としてあげられる。これは同じ種類でも生息場所や移動の度合いによって体内の放射性物質が大きく異なることを示す物であろう。いずれにしても、今後しばらくは海水、海底堆積物、海洋生物などの包括的なモニタリングの継続が必要であると考えられる。

6章……陸域への放射性物質の拡散と沈着

福島第一原子力発電所事故により地表に降下した放射性物質は、まず、地表面（森林や土壌）に沈着する。この章では、2011年6月より行われた大学連合・文部科学省で行った土壌プロジェクトについて主に述べる。

福島第一原子力発電所から100 kmまでの範囲で行われた土壌調査では3種類のデータを収集した。

1. 地表から1 mの高さでの空間線量率($\mu\text{Sv/h}$)
2. 地表から5 cmの深さまでの土壌中の放射性物質の量 (Bq/m^2)
3. 地表から20 cmの深さまでの放射性物質の深さ分布（コアサンプル）

まず、空間線量率の測定結果は2011年8月2日に2200か所の測定値をマップにして文部科学省が発表し、福島第一原子力発電所から2 kmを含む、福島県、宮城県、茨城県における空間線量が大きなパターンをもっていることがわかった。福島第一原子力発電所から北西に線量の高い場所がのびており、それにつながっていわゆる中通りと呼ばれる低地沿いに線量の高い場所が伸びている。おおまかな分布が航空機による測定などで知られていたが、現地における測定により密度が高く信頼できる情報が得られた。

土壌調査については、2011年5月に行ったパイロット調査が行われ、放射性物質の深さ分布から降下放射性物質が表層5 cmの深さにはほぼ全

量含まれていることがわかってきた。この事からその深さを土壌採取時の目安として、6月からの本格調査では11000個の土壌サンプルの採取を行った。それらの試料は日本分析センター、東京大学原子核科学研究センターに送られ、全国20の大学・研究所に郵送され測定された。2011年8月30日に ^{137}Cs 、 ^{134}Cs の土壌中の放射能マップを文部科学省から発表、 ^{131}I については9月21日に発表した。そこには、 $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 比 (Bq/m^2 での) はすべての地点においてほぼ一様で、2011年6月14日時点への換算値で0.92である。一方、 $^{131}\text{I}/\text{Cs}$ 比は地点によって大きく変化することが分かった。傾向として福島第一原子力発電所の南方にヨウ素の沈着が多い。これは、いくつかの放射性物質放出イベントがあり、各々のイベントで $^{131}\text{I}/\text{Cs}$ 比が違う事、およびイベントごとに放出された放射性物質の流れる方向が違う事の反映と理解できる。

コアサンプルの調査については、約300ヶ所を採取した。そのうち可能な限りの時間内で、深さ分布が測定できるサンプル100点について γ 線の深さ分布を測定した。どれもが深さに対して指数関数の分布を示しており、深くなるにつれて急激に放射線強度は減少している。また、 ^{134}Cs と ^{137}Cs の深さ分布はほぼ同じであった。これらは同位体であり化学的性質は同じなので、浸透の挙動が同じと理解できる。

空間線量率については γ 線の影響がほぼ全てであるので、 γ 線の減衰は非常に重要なデータとなる。これによると土壌中からの γ 線の減衰は、深さが12 cmになると半減するため、現在浸透している5 cm程度ではあまり減衰しないことがわかる。また、空気中を γ 線が通過するときの減衰では、200 m程度の距離が必要となり、空気中では γ 線の減衰は非常に少ない。これらのことから考えると、とある地点を中心に半径50 mだけの土壌を除去したとしても、その中心では γ 線が25%が残存する計算となる。

原子力発電所から放出した放射性物質の多くは森林地帯に降り注いだ。スギ林および広葉樹混交林における放射性セシウムの深度別の蓄積を調査した結果、地表面のリター層には降下した全放射性セシウム量の約50-90%以上が存在するこ

とが確認された。

また、森林内外の高さ別の空間線量率の傾向調査の結果、森林の外では空間線量率は地表面に近いほど増加し、高さが高くなるほど減少する。これに対し、広葉樹混交林では地表面に近いほど空間線量率が高く、ある高さで一定となる。また、スギ壮齢林および若齢林ともに樹冠に近いほど空間線量率が高いことが分かった。これは、スギ林では樹冠に顕著に放射性セシウムが付着しているためであると考えられる。これらのデータはその後の森林における除染の基礎データとなった。具体的には、広葉樹混交林では、落葉等のリター層における放射性セシウムの蓄積量が多いことから、表面に蓄積しているリター層の除去が効果的である。一方、スギ林では、樹冠付近の生葉や枯葉に付着した放射性セシウムの濃度が高い事から、伐採が効果的である。時間の経過につれ、今後、樹体内に放射性核種が移行していく事が予想されるため、樹木内部に汚染が進む前に伐採することが急務である。内部の汚染が少ない時期に伐採すれば材木の利用も可能となるかもしれない。

3. 第二部……防災インフラの整備と課題

7章……モニタリングシステムの整備

今回の事故では、環境中に放出された放射性物質による影響評価がすぐには十分できず、緊急時対応に大きな課題を残した。もし、その対応が即時にできていればという想いや疑問は周辺住民のみならず専門家を含む全国民共通してあるのではないだろうか。この章では、モニタリング等のインフラの準備状況やそれが事故に対応できるものであったのかを顧みるとともにあるべき姿を考察する。

これらについて考察するに辺り、被ばくの様相を理解する必要がある。事故時において回避すべき被ばくは、その影響の早さから

- (1) プルームによる外部被ばく
- (2) プルーム中の放射性物質吸入による内部被ばく
- (3) 沈着核種の外部被ばく
- (4) 飲食物接種および再浮遊核種吸入による内

部被ばく

である。とくに前二者は即時に対処する必要があるため、常時のモニタリングが重要となる。これまでの被ばく線量評価では、避難対象となっている地域での外部被ばく実効線量は1 mSv未満の人が57.0%、5 mSv未満までを含めると94.0%、最大が25.1 mSvと推計されており、そのほとんどが上記(3)の沈着核種によるものである。

一方、内部被ばくについては空間線量から求めることはできないため、当時の空気、水、農産物といった環境中の濃度を測定する必要があり、いまだ十分把握されていないことが重要な点である。それらの測定法については十分に確立され、統一的な指針類が整備されているものの、環境試料採取から測定設備のある施設までの運搬や、測定器による分析に時間を要し即応性や処理数に制約がある点が問題である。これらの一朝一夕の体制の拡充は困難であり、緊急時においては全国都道府県でこのようなポテンシャルを持った組織が十分機能するような体制・制度の整備が必要である。

原子力防災でのインフラを議論するうえで、さらにいくつか検討すべき項目がある。主に「放射能・放射線測定プラットフォーム」、「データ収集・伝達のための通信基盤」、「データ評価のための施設と組織」が挙げられ、これらからの状況の分析結果と複数の選択可能な対策オプションの立案がなされ、それがすみやかに意思決定者に提供されるのが本来の姿である。さらには、住民への情報提供手段や実際の対策実施のためのインフラ整備がなされている必要がある。この中でも現在、データ評価のための施設と組織は、事故前の計画ではオフサイトセンターとそこに設置される現地対策本部が担うものとされていた。しかし、地震の直接的な影響や、停電、食料等の補給の困難さ、要員の確保の不十分によって十分な機能を発揮できなかった。このことは、オフサイトセンターの整備状況について真摯に反省が必要であると考えられる。

また、今回の事故において様々な事柄に十分対応ができなかったことは事実であるが、不十分でありながらも影響評価、影響緩和に多くの対応が取られたのもまた事実である。これは原子力防災

として意図して準備されたものではなく、関連する研究分野での知見、人材、組織および物的資源の蓄積による部分が多い。もしこれらもなかったらと想像すれば、大学・研究機関での関連する研究活動を維持し、専門性を涵養することが、防災の真のインフラ整備としていかに重要であるかは自明である。

8章……放射性物質の拡散モデリング

SPEEDI (System for Prediction of Environmental Emergency Dose Information) は国内の原子力施設から大量の放射性物質が放出、あるいはそれが予想される場合に、放射性物質の拡散の状況と被ばく線量を迅速に予測するシステムである。開発の経緯としては、1979年のスリーマイル島の事故を契機として、旧日本原子力研究所（現在の日本原子力研究開発機構）により開発が開始された。SPEEDIには「データ収集・監視」、「気象予測」、「拡散・線量予測」、「予測結果の配信・表示」の4つの機能がある。これらの機能によって、放射線データの異常の有無について自動監視し、気象データを基に原子力施設周辺100 km四方の局地気象場を最大44時間先まで予測計算する。さらには、放射性物質の種類、放出率、放出時間などの放出源情報を基に、拡散計算を行い、線量の分布を予測する。それを地図上の分布図として表示し、国や地方公共団体の防災対策拠点に配信することができるとしている。その実際の役割や利用方法については、事故当初の時点では内閣府が定めた「原子力施設等の防災対策について」および「環境放射線モニタリング指針」に記述されており、SPEEDIのみならずERSS(Emergency Response Support System)と呼ばれる緊急時対策支援システム等の支援システムと連動して運用するように整備を進める事とされていた。つまり、SPEEDIによる予測を単独で防護対策決定に用いるのではなく、様々なモニタリングと密接に連携し、相補的に活用すべきであると謳っている。

実際にどのように運用されたのかは文部科学省の報告書に詳しく記載されている。地震発生後1時間後に原災法10条通報（全交流電源喪失）が東京電力より行われたことから文部科学省は

SPEEDIを緊急時モードへ切り替え、単位量の放出を仮定した計算を24時間体制で実施するよう原子力安全技術センターへ指示をした。これは、現在までも継続して行われていることである。文部科学省は、事故当初SPEEDIの予測分布によるモニタリング地点の選定を行い、その結果、モニタリングチームの高線量地域への的確な派遣が可能となった。さらには、様々な関係機関とも連携し、防災対策マニュアルにおいて想定されていた活用も行われた。しかし、防災対策マニュアルで想定していたERSSによる放出源情報を用いた「定量的な予測」は、電源喪失によりプラント情報が入力できないことにより実施されなかった。このように、SPEEDIの運用自体は実施されているが、放出源情報という定量的な予測に必要な入力データが得られないという要因で、SPEEDIの予測結果は信頼できないと判断され、防護対策への活用は行われなかった。このことについて、後に出された政府の事故調査報告書では、ERSSから放出源情報を得られない場合でも、SPEEDIを各地方自治体の住民避難のタイミングや方向の選択などに活用できた可能性があったと考えられるとの見解をまとめている。

上記のような今回の不備に対する反省から、文部科学省ではSPEEDIの改善に向けた課題を検討している。主要課題としては、放出源情報が得られなかった場合の予測結果の効果的な活用方法、予測結果の配信と情報共有の仕組みの強化、および予測結果の迅速かつ的確な公表があげられている。本章では、さらにそれにプラスして予測システムに対する認識についても考えを改める事を提言している。SPEEDIのような予測システムを効果的に使って防護対策に活用するには、防護対策の総括責任者が予測システムについて熟知し、的確な計算方法と予測結果の出力方法の指示を与える必要がある。今後、SPEEDIが改良される、あるいはより高性能な予測システムが開発されるとしても、的確に使うとその性能を最大限引き出すことが出来なければ、今回と同様に事故対応に有効に活用されないと考えられ、防護対策の総括責任者についても意識改革が必要である。

9章……除染

福島第一原子力発電所事故によって放出された放射性核種について、短半減期核種 (^{131}I など) については初期被ばくが主な関心事であるが、長中期の半減期をもつ核種 (^{137}Cs など) については多様な経路を移動しながら環境中に残留し、人々の健康や生活を脅かす懸念がある。それらを取り除き隔離することが求められ、そのために行うのが除染である。

除染を行う目的と対象場所の組み合わせとしては居住、就学、就業などにより、汚染地域である一定期間を過ごす人々の外部被ばく線量を減らすための市街地の除染と、農作物の汚染を軽減、防止するための農地の除染が最も典型的であろう。一方、日本は国土の3分の2が森林におおわれており、放射性物質が多量に沈着した地域には森林の除染をどう考えるかは大きな課題である。また、雨水とともに河川や湖沼を経て、海へと流れ下ることから、それら川底、湖沼底、海底の堆積物からの除染も検討対象となる。また、ここでは主たる着眼点は放射性セシウムの除去分離を考えている。除染現場からの除去方法を大別すると、

- (1) セシウムが付着した土壌表面の掘削・搬出など、放射性物質を含んだ媒体をそのまま除去する方法
 - (2) 汚染場所に存在する放射性物質をその現場で、できる限り抽出、除去する方法
- とに分けて考えることができ、この二つの方法を適用先に応じて使い分ける事となる。

除染の基本方針は2011年11月に閣議決定されており、以下のような考えの下に行われることとなった。

- 土壌等の除染措置の対象には、土壌、工作物、道路、河川、湖沼、海岸域、港湾、農用地、森林等が含まれるが、まずは、人の健康の保護の観点から必要である地域について優先的に計画を策定し、線量に応じた細かい措置を実施する必要がある。
- 大人に比べて放射線の影響が出やすい子供の生活環境については優先して実施することが重要である。
- 農用地については農業生産を再開できる条件

を回復させるという点を配慮する。

- 森林については住居等近隣における措置を優先的に行うものとし、森林自身の利用を再開できるようにすること。

除染は、避難対象となっている地域にあっては、住民が帰還できる水準まで線量を下げること、避難対象ではないが線量が一定水準以上の地域にあっては、より安全、安心に生活できるように線量を下げることが目的である。汚染の水準は様々な意見があるが、空間線量率から推定した年間の追加被ばく線量を指標として論じられることがある。これは、屋外で8時間、屋内で16時間過ごすとして仮定し、屋内では、遮蔽によって屋外の40%になるという過程で計算が行われている。この計算の下、年間1 mSvを達成しようとする、自然放射能分を足して0.23 $\mu\text{Sv/h}$ が目安に使われている。

除染された土壌の行先については非常に大きな問題となっている。除染によって放射性物質を無くすことはできないため、その現場ごとの対応として、穴を掘って埋める、人の近づきにくいところに積み上げるなどや、特定の場所に集めて仮保管を行ういわゆる仮置き場の設置も一部の自治体で実施されている。放射性物質を大量に含む汚染土壌を保管することについては、周辺住民の理解を得ることは容易ではないが、仮置き場などの搬出先が無ければ、面的な除染などの大規模な除染は行いにくい。これに対し、福島県以外では、高濃度の廃棄物や、除染に伴う土壌や廃棄物は比較的少量であるとして、事故由来の放射性物質で汚染された廃棄物のうち濃度の高いものを処分する施設を国が整備するほか、おもに既存の廃棄物処理場での最終処分を行う考え方が示されている。福島県分については、県外最終処分という方針が示されているがその具体的用途は示されていない。そのまま最終処分になるのではないかという懸念から中間貯蔵施設の整備が遅れれば、中間貯蔵施設への搬出もなされず、除染も進みにくい。これらの見通しが立たない限り、結局は市町村やコミュニティごとに、除染によるメリットと、現場保管、仮置き場の受容性のバランスを判断せざるを得ない状況となる。

4. 第三部……福島第一原発事故からの教訓と課題

10章……科学者による緊急の取り組み

福島第一原子力発電所事故のような緊急で甚大な災害時への対応を今後強化していくためには、放射性物質の環境動態の理解のみではなく、事故に際に人々がどのように動いたか、今後何をすべきかを分析しなければならない。ここでは、科学と社会の在り方の課題について示す。

大規模事故における対策に必要な情報の収集と伝達に関して、事故当時にとられた対応から読み取れることは、

- (1) 政府災害対策本部等に専門知識のある研究者が十分に配置されていれば、SPEEDIの活用や米国エネルギー省による航空機サーベイ結果の活用ができたと考えられ避難についてもっと適切に行えた可能性があること
- (2) ヨウ素剤の配布・服用に関しても自治体ごとに異なる対応とならずに済んだと考えられること
- (3) 緊急時に必要な調査のための予算措置とその適切な執行がなされたならば、より精緻な線量マップが作れたと考えられること

があげられる。

つまりは環境へ大きな影響を与える可能性のある事故に対して、その時々において判断を下す際、それが専門性の高い知識を必要とする場合にどのように的確な情報を伝えるかに関する仕組みの拙さが今回の件で明らかになったといつてよい。我が国において広い分野の研究者を含む組織は日本学術会議であるが、事故対応に素早く対応できる組織ではない。今後必要とされる組織に求められることは、

- (1) 大事故を想定した情報の収集と伝達に関する訓練を行うこと
- (2) 政府、各省庁、各自治体との連携が密であり、相互信頼が確立していること
- (3) どのような情報が必要かを検討し、平常時の情報収集を関係組織に指示すること
- (4) 関係組織が行う情報収集に必要な予算手当ての方策を持っていること
- (5) 新しい知見を対策に取り入れる努力を日常的に行うこと

などが挙げられる。

また、複雑な環境システム問題にアプローチするためには、「統合型の研究手法」と「分野横断の研究体制」が必要となる。ここで「統合型の研究手法」とは観測、室内実験、データ解析、モデリング、影響評価、技術開発・評価、経済分析、政策評価などの研究手法を組み合わせ、各研究グループ間で議論と情報交換・共有することによって目標達成を目指す研究スタイルである。また、このような統合型研究をすすめるためには、地球化学、原子核物理、社会科学等の様々な研究分野の研究者で構成される「分野横断の研究体制」が必要となる。このような研究アプローチは、日本の科学文化あるいは縦割り組織、既存の学問分野を反映しており、これまで極めて弱かった。今回の事故に際しても、電力中央研究所、海洋研究開発機構、日本原子力研究開発機構、各大学などでの一部研究機関での分野横断的研究は見られるものの、日本全体の物とは言い難い。しかし、平成24年度から新学術領域研究「福島原発事故により放出された放射性核種の環境動態に関する学際的研究」がスタートした。この研究プロジェクトには、放射化学・地球化学・大気科学・海洋科学・水文地形学・生態学・森林科学などの異なる専門分野、観測・室内実験・データ解析・モデリングなどの異なる研究アプローチの科学者が参加している。したがって、分野横断・統合型の研究アプローチによって環境動態の解明が進む基礎が作られたといえ、今後に期待したい。

東日本大震災を受け、緊急時の科学的情報発信のあり方が問い直された。とくに、放射性物質の拡散を予測するSPEEDIのデータが公開されなかった折、研究者の各個人のシミュレーション結果をウェブ上などに公開しないように呼びかけた日本気象学会の対応は、本来的には非常時における政府の一元的な掛け声を妨げないようという科学者として当たり前の誠実な対応であったが、情報隠蔽であるとの偏った報道により大きな批判を受けた。この事からも分かるように研究者が社会に有用な情報を発信する際に、クリアしておかなければならない2つの条件がある。それは、「緊急時の法整備を進める」こと、さらに「研究者が情報発信をする際の責任の所在を明

確にする」ことである。先に書いた気象学会の情報発信については、そもそも気象業務法に違反するという懸念があった。国家が危機に瀕する際に、法律違反になるからと言う理由で行動できないようでは困るため、何らかの対処が必要であろう。震災後、広島市に住む中学生がNHKの放送を「多くの人の助けになるのでは」と「ユーストリーム」とよばれるネット上の動画サイトに流した。このことは、瞬く間に情報が広がり、テレビを見ることができない多くの人が情報を得ることができた。しかし、本来ならばこれはNHKの著作権を侵害した違法行為である。とはいえ、ユーストリーム関係者もNHK職員も、迷いながらも少年を支援、その後、NHKもこの行動を是認した。このように非常時においては柔軟に動くための法的な措置は必要である。研究者が個人、あるいはグループで通常の研究発表の範囲を超えた放射性物質拡散のシミュレーションを行って発表する場合、その責任はどこにあるのだろうか。所属する研究所や大学がその責任を負うのは適当ではなく、ましてや個人が責任を負うことは不可能である。このように、責任の所在がはっきりしないことこそが、研究者が自由に情報を発信できずに萎縮してしまう要因になっている。そうすると責任の所在はやはり政府にしかないと考えられ、所轄官庁との綿密な連携を行い、官庁の責任の下で発表することが望ましい。震災後、大阪大学と東京大学の研究者を中心に、土壌の放射線測定をするグループが立ち上がったが、このグループは当初から、文部科学省と調整を重ね、データおよびその発表の責任の所在は個々の研究者やグループではなく、文部科学省と言う省庁にあるとした。このように、政府及び省庁はこうした事態に備え、研究者のデータを公表する場を議論しておくことが重要であり、研究者も責任の所在を政府や省庁に付託した形で発表することを念頭に置くべきだと考える。

11章……福島第一原発にかかわる緊急活動とメッセージ

この章は福島第一原子力発電所事故に関わる緊急活動と、研究者・学術コミュニティの動きを紹介し、一連の緊急活動では分野を超えた歴史的

ともいえる活動について、それらの動きと活動の中で感じられたこと、将来に向け考えられたことが順不同で並べられている。次世代へのメッセージとなれば思い、是非、読んでいただき当時活動を行った様々な方や研究者の思いを感じ取ってもらえたらと考える。

5. おわりに

各章ごとについて内容をかいつまんで紹介するという形を取らせて頂きましたため、まだまだご紹介をしたい内容も多数ございました。本書を手に入れて頂きご一読されましたなら、様々な問題が解り易く解説され、また新しい発見等々があるやと思いますので、是非ともお勧めさせていただきます。

福島第一原子力発電所事故は、まさに国家の一大事であったと思われれます。次々と現れる初めての事案によって混乱が混乱を呼び、それが一般公衆に対しては恐怖として蔓延していきました。一時は、もう日本はだめになってしまうのではないかと言った意見が散見された事もありました。しかしながら、その中で手探りながらもこの事態を何とかして収めよう、軽減させようとした研究者や政府関係者が多数存在したことはまさに不幸中の幸いであったと言えるでしょう。今回の問題は、環境の回復や福島第一原子力発電所自体の収束、そしてこれからの原子力・エネルギー政策、日本における社会構造の転換、そして教育全般と、ありとあらゆる学問分野に横断すると思います。適切な言葉なのかはわかりませんが、すでに起きてしまったものはとりあえずは仕方がない、その仕方がない事をしっかりと乗り越え、それを糧とするような事が肝要であり、後世への示しとなると思い締め言葉とさせていただきます。

6. 引用文献

- (1) 茅野政道、2011: <http://nsed.jaea.go.jp/ers/environment/envs/FukushimaWS/jaeal.pdf>
- (2) 平尾茂一・山澤弘美、2012:<http://nsed.jaea.go.jp/ers.environment/envs/FukushimaWS/taikihoushutsul.pdf>
- (3) Takemura, T., H. Nakamura, M. Takigawa, H. Kondo, T. Satomura, T. Miyasaka, and

- T. Nakajima, 2011: A numerical simulation of global transport of atmospheric particles emitted from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, SOLA, 7, 101-104.
- (4) 吉田定昭・住谷秀一・渡辺 均・中野政尚・今泉謙二・竹安正則・中田 陽・藤田博喜・水谷朋子・森澤正人・國分祐司・河野恭彦・永岡美佳・横山裕也・外間智規・磯崎徳重・根本正史・檜山佳典・小沼利光・加藤千明・倉知 保、2011: 福島第一原子力発電所事故に係る特別環境放射線モニタリング結果－中間報告（空間線量率、空气中放射性物質濃度、降下粉じん中放射性物質濃度）. JAEA-Review, 2011-035, 1-89.
- (5) Bowyer, T. W., S. R. Biegalski, M. Cooper, P. W. Eslinger, D. Haas, J. C. Hayes, H. S. Miley, D. J. Strom, and V. Woods, 2011: Elevated radioxenon detected remotely following the Fukushima nuclear accident, *J. Environ. Radioactiv.*, 102(7), 681-687, doi:10.1016/j.jenvrad.2011.04.009.
- (6) Diaz Leon, J., D. A. Jaffe, J. Kaspar, A. Knecht, M. L. Miller, R. G. H. Robertson, and A. G. Schubert, 2011: Arrival time and magnitude of airborne fission products from the Fukushima, Japan, reactor incident as measured in Seattle, WA, USA, *J. Environ. Radioactiv.*, 102(11), 1032-1038, doi:10.1016/j.jenvrad.2011.06.005
- (7) Manolopoulou, M., E. Vagenas, S. Stoulos, A. Ioannidou, and C. Papastefanou, 2011: Radioiodine and radiocesium in Thessaloniki, Northern Greece due to the Fukushima nuclear accident, *J. Environ. Radioactiv.* 102, 796-797.
- (8) Kim, C. -K., J. -I. Byun, J. -S. Chae, H. -Y. Choi, S. -W. Choi, D. -J. Kim, D. -M. Lee, W. -J. Park, S. A. Yim, and J. -Y. Yum, 2012: Radiological impact in Korea following the Fukushima nuclear accident, 111, 70-82.
- (9) CTBTO (Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization Preparatory Commission), 2011b: Fukushima-related measurements by the CTBTO, <http://www.ctbto.org/press-centre/highlights/2011/fukushima-related-measurements-by-the-ctbto>.
- (10) Stohl, A., P. Serbert, G. Wotawa, D. Arnold, J. F. Burkhardt, S. Eckhardt, C. Tapia, A. Vargas, and T. J. Yasunari, 2012: Xenon-133 and cesium-137 releases into the atmosphere from the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant : determination of the source term, atmospheric dispersion, and deposition, *Atmos. Chem. Phys.*, 12, 2313-2343, doi:10.5194/acp-12-2313-2012.
- (11) IAEA (International Atomic Energy Agency), 2004: Sediment distribution coefficients and concentration factors for biota in the marine environment. Technical Report Series No. 422, IAEA, Vienna, 95p.
- (12) Takata, H., T. Aono, K. Tagami, and S. Uchida, 2010: Sediment-water distribution coefficients of stable elements in four estuarine areas in Japan, *J. Nucle. Sci. Technol.*, 47(1), 111-122, doi:10.1080/18811248.2010.9711933.
- (13) 水産庁、2011: 水産物の放射性物質調査の結果について、<http://www.jfa.maff.go.jp/j/housyanou/kekka.html>, 平成 23 年度の検査結果.

歴史と教育

よみがえる長岡原子模型

稲村 卓 (takashi.inamura.pz@alum.riken.jp)

1. はじめに

長岡半太郎といえば「土星型原子模型」と、わが国のみならず世界中どこを切っても、金太郎アメのごとくになってしまっているのはなぜか自問し始めて久しい。結論は、それでは長岡原子模型が画竜点睛を欠くと言わざるをえない、であった。今こそ、長岡原子模型の物理の真髓にかえて、その復権を唱えなければならない。それほどに事は憂慮すべき事態にあることが、最近、私はわが国における過去約50年間の高校物理の教科書を調査して認識するに至った。これを日本物理学会誌に「長岡・ラザフォード・ボーア模型のすすめ」として発表した機会に[1]、長岡半太郎がわが国における最初の放射能研究者であったことも考えて、初期原子模型に関心のある方が多い放射化学分野のみなさんにさらに詳しく私の長岡半太郎論をお伝えし、教育と歴史認識を改めていただくことになればとこの論説を書くことにした。

土星模型という、そこで思考停止に陥る。したがって、現代の原子模型の基礎とされているラザフォード・ボーア模型と断絶してしまう。その一つの理由はラザフォード (E. Rutherford) の考えた原子模型は太陽系型とされているから、土星型はまるで違うと思ひ込まれるところにある。これが、長岡の考えた原子模型と自分の模型がきわめて類似していることを承知していたにもかかわらず、ラザフォードが巧みに使ったトリックである。彼は、本論文では一度も自らは太陽系と書いたことがない。にもかかわらず、世の中にはびこっていた土星系、太陽系という原子模型表示をセミナーなどの口頭発表に際しては、長岡原子模型との違いをことさらに強調して、自分のは太陽系であると言っていたことが知られている[2]。ラザフォードの門下からは13人のノーベル賞受賞者が出ている程の20世紀のほとんど神格化された偉人であるから、彼の名声は年毎に

高まるとともに長岡の「土星型原子模型」も広く人びとに知られるようになった。このために、長岡とラザフォードの原子模型は違うのだ、と人びとが考えるようになってしまったのではなからうか。それが間違いであることを原典 [3, 4] にかえて証明し、なぜその間違いが流布にしていたのかを明らかにするのが本論の目的である。

2. 長岡半太郎とキュリー夫人

長岡がキュリー夫人 (M. Skłodowska-Curie) にはじめて会ったのは、多分、1900年にパリで開かれた万国物理学会であったと思う。その会議は、第1回の国際物理学会であり、現代物理学の黎明を告げるものであった。この会議でキュリー夫人の発表した放射能は長岡に衝撃的な影響を与えた。衝撃的な影響を受けるほどに彼のなかには新しい物理学に共鳴できる準備ができていた、と言ってよかろう。以来、ラジウム放射能とラザフォードの研究に並々ならぬ関心をもって、「ラジウムと放射能做」という論文(4連載)を発表している[5]。それを端的に示しているものに、キュリー夫人から贈られたという、上記の会議で拍手喝采を博した彼女の発表の幻燈写真の一枚がある(文献5の10月号)。この号にはRa225, Th232, U238と原子量つきで出ている。12月号には、ラザフォードの名前とともに、ラムゼー (W. Ramsay, 1904年ノーベル化学賞受賞、不活性気体元素の発見と周期表内での位置の決定)、ソデー (F. Soddy, 1921年ノーベル化学賞受賞、放射性物質および同位体の起源と性質の研究)の研究が紹介されている。長岡が当時のヨーロッパにおける放射能研究事情を实によく調べていたことが、彼の4連載論文および続く論文「放射能做と原子の変脱」[6]から知ることができる。

ラザフォードはキュリー夫妻と昵懇の間柄であった。やがてラザフォードの骨折りで国際ラ

ジウム標準が確定するに至る(1912年)[2]。1908年のノーベル化学賞を受賞するまでのラザフォードはどちらかと言えば放射化学の研究者であった。そういう彼の研究を逐一フォローしていた長岡もまたわが国における放射化学のパイオニアとしてよかろう。わが国にラジウムが導入されるまでには長岡の尽力があった、と考えられる。

わが国に医療用その他のラジウム製剤が輸入されたのは1912年であったが、この年に1910年の放射学万国会議決議に基づいた国際ラジウム標準(原器)(単位Ci: curie)が制定され、各国は原器に比較標定した副原器を保有することになったのである[7]。この文献によると、わが国の副原器は1913年7月に仙台大学に入ったようである。仙台大学というのは東北帝国大学理科大学のちの東北大学理学部である。この理科大学の創設に関わったのがほかならぬ長岡半太郎であった。1910年7月から12月までのおよそ5か月、長岡は東北帝国大学理科大学設立準備のため欧州物理学実験場巡覧の旅に出ている[8]。このときに、わが国を代表する委員として放射学万国会議に出席し、キュリー夫人、ラザフォードに会っている。したがって、わが国のラジウム副原器が仙台の理科大学に入ったことは長岡のお膳立てがあったことによると考えてよかろう。

3. 長岡原子模型の実験室からの発見

それは、かれこれ20年前の出来事であった。詳しくは文献[9, 10]または日本物理学会誌「歴史の小径」“土星モデルを超えて—長岡半太郎の先駆的原子核構造研究—”[11]に譲るが、それまで気がかりであったパウリ(W. Pauli)の論文[12]を読むことから始まった。その論文に導かれてひもといた論文が長岡・杉浦・三島の原子核構造論を展開した膨大な分光実験論文であった[13]。光で原子核をみると言ってレーザー核分光を提唱したものにとって[14]、長岡らの論文を知らなかったことを大いに恥じたばかりでなく、それは人生において滅多に経験することのない背筋がぞくぞくするほどの興奮を覚えた発見であった[9-11]。研究の現場にはまったく知られていなかった論文、忘れられていたというのが正確かもしれない。日本物理学会・科学史分科会

(1997年)の会場でわが国の科学史学会の重鎮八木江里博士から「実験室からの発見」と慰めの言葉をいただいたことも忘れ難い。八木博士らはずでに大著『長岡半太郎伝』を世に出しておられた[15]。にもかかわらず、私たちの分野では、先生方も含めて、誰もこれを知らなかった。科学史と研究現場の乖離を痛感せざるを得なかった。私が指摘するまでは[10]、欧米のレーザー核分光研究者たちも、パウリが絶賛していたにもかかわらず、誰ひとり長岡らの論文を知らなかったのである。みな長岡と土星型原子模型は知っていたが、である。ヘルツベルグ(G. Herzberg)[16]やキング(W.H. King)[17]の著した有名な教科書には、無知のせいや故意か、長岡らの論文は引用されていない。したがって、私も含め誰も知らなかったのも無理のないことであった。私の話を伝えた聞いた伏見康治先生が「さもありなん。こうなると、一度Nagaokaの原論文*を見てみたいね」と言われたとのことが印象深い(1997年)。(共著者の一人三島忠雄の学位審査を伏見は担当した。)

私の「実験室からの発見」はしかし、八木博士らの長岡原子模型の解釈に疑問を持つことでもあった[11]。

4. わが国の高校物理教科書にみる長岡原子模型

この疑問のあげくの果ては、過去およそ50年間の高等学校物理教科書をすべて調べることであった(詳細は文献1参照)。

原子模型を取り扱っている教科書は187冊あり、大きく3通りに分類した。

- 分類1: 長岡半太郎の原子模型(または長岡模型)と表記するもの 81冊(43.3%)
- 分類2: 長岡模型を土星型と表記するもの 41冊(21.9%)
- 分類3: 長岡半太郎の名前が出てこないもの 65冊(34.8%)

分類1には、土星の環など土星系を引き合いにださないばかりでなく、太陽系類似とするものが少なくない、つまり、ラザフォードと同様な模型としている。この3分類が年代によりどのように変わってきたかを見るために、1955年から10年毎の統計を表1に示す(最近のみ8年間)。図1は、教科書出版社数増減の影響をなくすために、

表1 原子模型を取り扱っている高校物理教科書の年代別統計 (文献 [1] より転載)

分類 \ 年代	1955-1964 (%)	1965-1974 (%)	1975-1984 (%)	1985-1994 (%)	1995-2004 (%)	2005-2012 (%)
1	8 (50.0)	12 (34.4)	25 (51.0)	21 (45.7)	15 (46.9)	1 (8.3)
2	0 (0.0)	5 (15.6)	4 (8.2)	11 (23.9)	12 (37.5)	9 (75.0)
3	8 (50.0)	16 (50.0)	20 (40.8)	14 (30.4)	5 (15.6)	2 (16.7)

参考	大阪教育図書 大原出版 好学社 三省堂 清水書院 大日本図書 実教出版 中教出版 東京書籍 以上9社	大原出版 開隆堂 学校図書 啓林館 好学社 三省堂 清水書院 実教出版 修文館 数研出版 第一学習社 大日本図書 東京書籍 以上13社	大原出版 開隆堂 学校図書 啓林館 講談社 三省堂 清水書院 実教出版 数研出版 第一学習社 大日本図書 東京書籍 以上12社	開隆堂 学校図書 啓林館 清水書院 実教出版 数研出版 第一学習社 大日本図書 東京書籍 以上9社	啓林館 三省堂 実教出版 数研出版 第一学習社 大日本図書 東京書籍 以上7社	tti 12.08.13;20.08.13 啓林館 実教出版 数研出版 第一学習社 東京書籍 以上5社
----	---	--	---	--	--	---

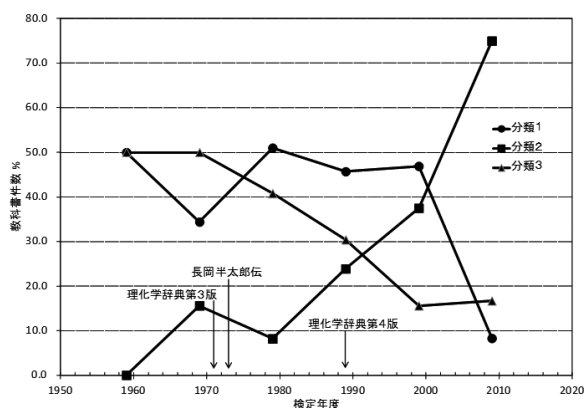


図1 高等学校物理教科書に見る「長岡半太郎の原子模型」取り扱いの変化。

分類1：長岡半太郎の原子模型（または長岡模型）と表記するもの。

分類2：長岡模型を土星型と表記するもの。

分類3：長岡半太郎の名前が出てこないもの。（詳細は本文参照。文献 [1] より転載。）

表のデータ (%) をプロットしたものである。ここでは検定年度座標は各10年間の中点を代表年としてプロットしている。図中に教科書執筆者に大きな影響を与えていると考えられる『長岡半太郎伝』[15] と『理化学辞典』(岩波書店) の出版年がわかるように示した。

この図と表からわかる非常に特徴的なことは、

『長岡半太郎伝』が出版されてそれが世の中に広まるまでは長岡の原子模型を土星型とする教科書執筆者がきわめて少なかったことである。『理化学辞典 (第3版)』でも長岡の原子模型を土星型としてはいなかった。ところが、『長岡半太郎伝』では長岡模型を土星型原子模型としていたので、それを取り入れた『理化学辞典 (第4版)』が出版されると、両者の影響は決定的になった、と言えよう。そうして、長岡の原子模型を土星型原子模型ときわめて限定的に表記する教科書が出てくるようになった。一方、1990年代までは長岡模型をラザフォード模型の先駆とする説明が多かった分類1に属する教科書が最近激減している。

1955年度検定というのは、長岡半太郎没後5年目にあたる。物理学者長岡の個人的影響がまだ色濃く残る時代であったと言ってよかろう。その時代に「土星型」とする教科書執筆者がなかったという事実は何を語るものか？長岡がそれを望んでいなかった、としてよいのではなかろうか。

長岡原子模型に関してわが国の高校物理教科書を大まかに3分類したが、仔細にみるとさまざまに違った説明がなされてきている。これは学習する生徒たちにとって甚だ迷惑なことだった、と言わざるをえない。今後は長岡とラザフォード模

型の同等性を述べて「長岡・ラザフォード・ボーア模型」と現代物理学の文脈のなかで語られるようにすべきであろう。分類1の教科書に1冊だけ、そのように意図した教科書があったことを指摘しておく [1]。分類1の教科書の代表執筆者には朝永振一郎、野上茂吉郎、有山兼孝、伏見康治、茅誠司、西川哲治、富永五郎、他の名だたる諸先生がたが名を連ねておられた。そうして、分類1での説明は次のような説明に代表される。「原子は正に帯電した小さな核、すなわち原子核と、それをかこむ電子からできている。その構造は太陽系によく似ていて、原子核と電子の間の引力はクーロンの法則にしたがい、距離の2乗に反比例する。このような原子の構造は長岡半太郎によって考えられ、ラザフォードによって実験的に確かめられた。」(富永五郎他5名、物理I、開隆堂、1978年文部省検定) 実に的確に表現されていたと思うが、最近の教科書ではこれが否定されている(図1参照)。

原子核・素粒子の分野では尊敬と親しみを込めて「武三(たけみつ)」の名で知られている武谷三男博士は、長岡原子模型に関する『長岡半太郎伝』の記述に大変ご立腹で、「愛国心がない」と嘆いたそうである [1]。彼が危惧したことがまさに最近の教科書の傾向に現れている。決して杞憂ではなかった。

残念ながら、『長岡半太郎伝』の執筆者は分類1に見られるような教科書の存在を一顧だにしなかった。これは伝記の監修者である藤岡由夫博士が長岡原子模型を評価しない分類3の教科書の代表執筆者の一人であったことと関係があるかもしれない。

5. なぜ長岡原子模型を土星型とするのは誤りか

いつのまにか人びとが長岡の原著論文 [3] にかえって長岡の原子模型を理解しようとしなくなってしまった。

ショット (G.A. Schott) との Nature 誌上での論争 [18-20] が長岡原子模型を取る足らないものとされた疑いがある。議論がナンセンスだからである。ことの始まりは電子軌道の安定性の問題にある。加速度運動する荷電粒子は放射損失が避けられないからだ。これは、ボーア (N. Bohr)

の量子論 [21] による解釈がなされる 1913 年までは解決できない問題だったので、長岡はペダンチックな議論をすべきではなかったのである。議論は、根拠のない議論なので、すべてが誤り。ショットの言いがかりなどは無視して置けばよかったのだ。その点、ラザフォードとは対照的である。彼が、 α 粒子散乱実験の論文 [4] 発表後、電子軌道の安定性に関して長岡と同様な困難さに直面していたにもかかわらず、公開の席上詰問に対してつべこべ言わず、それでも電子は回っているというような態度に始終していたことがうかがえる [2]。ときには、異端とされて宗教裁判に付せられ弾圧されたが「それでも地球は回っている」とつぶやいたと伝えられるガリレオ・ガリレイにならって事に処することも必要であろう。

ラザフォードには、 α 粒子散乱実験という明白な実験事実 [4, 22] があつたばかりでなく、ボーアをはじめとする複数の有能な理論物理学者を研究グループにもっていたことも注意しておきたい [2]。長岡にはこれがなかった。あるいは、わが国における研究制度の致命的欠陥かもしれない。

長岡の原著論文 [3] の予告編 [18] にショットが嘸みついたわけであるが、本論文では問題の数万から数十万もの正電気を帯びた電子が原子中心にあるかの如き暴論はなくなっている。きわめてスマートな物理論文(原子分光と放射能に関する粒子系の動力学)になっている。電子軌道の放射損失問題は準安定状態がありうると仮定して、動力学を展開した。数式には変更ないが、本論文のプレプリント(あるいは投稿原稿)と考えられる文献 [23] とは、上述の暴論(当時に流布していた)のほかかなりの削除・修正および図の追加があり、まったく別論文といえるほどに違っていることを指摘しておく(これまで誰一人として、これに言及していない)。したがって、長岡原子模型の議論は原著論文 [3] に限って行なうべきである。文献 [23] は、前年(1903)12月5日に口頭発表されたものであり、それを原著論文として掲げる例があるが、これは前述の理由から適正でない。また、1904年の独語論文を長岡による原著論文の一つであるかのようにいう人がいるが、これはドイツ人による文献 [23] (英文)

の翻訳であり、誤りである（文献 [23] 参照）。

このドイツ物理学者による翻訳には興味深いところがあるので指摘しておく。長岡の原文にある Saturnian 関連の文章3か所のうち2か所が翻訳されていない。残されたのは「この系は土星系とは違っている…」という文章なのだ。つまり、このドイツ語翻訳からは、人が長岡論文を土星型原子模型の提唱であると誤解するおそれはない。翻訳者は長岡論文のエッセンスを長岡以上に理解していた。

長岡とラザフォードの原著論文から荷電粒子 q の動力学を支配するポテンシャル V を書き出せば、それぞれは図2に示したようになる。一見違って見えるが、後者では原子内に外部から侵入する荷電粒子 q （この場合 α 粒子）に対するポテンシャル V なので、その第2項は半径 R の球状原子内に電子が一樣に分布していると近似したときの電子群によるポテンシャルであり、原子核によるポテンシャルは第1項である。（著者注：電子の一樣分布近似は、現代においても行なわれるもので、十分に正しい。また、ラザフォード V は大学電磁気学の格好の演習問題になる。）したがって、原子核によるポテンシャルは両者まったく同じで、原子中心から r の位置にある q に及ぼす点状核電荷の作るクーロンポテンシャルになる。これらの議論はまだ原子番号 Z が確立していなかった時代のものであることに注意されたい。両者の動力学を今風に図解すれば、図3のようになる。後者の円内が染めてあるのは、原子半径 R の球内に電子が一樣分布していることを示すためである。

荷電粒子 q の動力学を支配するポテンシャル	
長岡	ラザフォード
$V = \frac{E}{r}, E = Ze$	$V = \frac{Ne}{r} - \frac{Ne}{2R} [3 - (\frac{r}{R})^2], Ne = Ze$
\Downarrow	\Downarrow
V_c	V_c
$V_c = \frac{Ze}{r}$	
$q = -e$	$q = Ze$
$V = -\frac{Ze^2}{r}$ (引力)	$V = \frac{ZZe^2}{r}$ (斥力)
電子運動	α 粒子散乱

図2 長岡ポテンシャルとラザフォードポテンシャル。

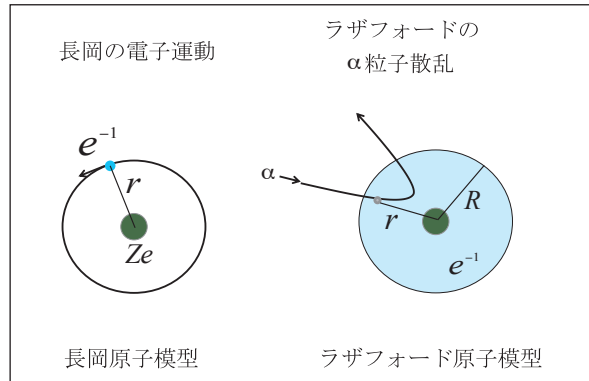


図3 原著論文に見る長岡模型とラザフォード模型の比較（中心核の電荷は両方とも Ze ）。

このように、中心に Ze に相当する電荷を有する質量の大きな点状の核をもつ3次元的原子模型は長岡とラザフォードでまったく同じなのである。後者を太陽系とし、前者を土星型とする理由はない。両者に共通して、惑星系など天体に類型を求めることは、3次元的模型を2次元的なものにしてしまうので、避けるべきである（これを長岡模型に対して意図的にやったのがラザフォード）。これらのことを論理図にまとめたものが図4である。この図から、なぜ長岡原子模型を土星型とするのが誤りか、見て取れるであろう。土星型などとすることは長岡模型の十分条件の一つにすぎない。有核原子模型すなわち長岡・ラザフォード・ボーア模型（N-R-Bモデル）とすれば必要且つ十分条件である。

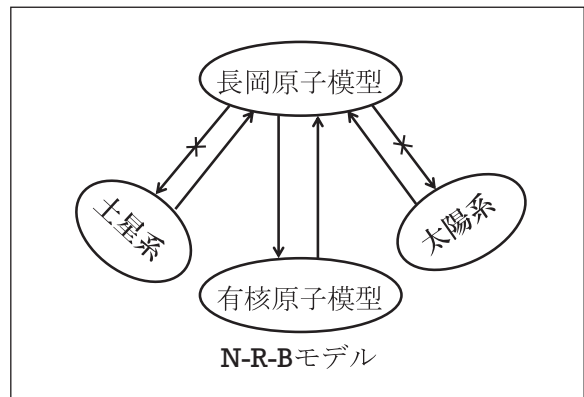


図4 長岡原子模型を N-R-B モデルとする理由。

6. ラザフォードの呪文

私は、ラザフォード論文 [4] における長岡論

文 [3] の引用の仕方をこのように呼ぶことにした。この呪文から、日本の、そして世界のすべての物理学者、化学者、科学史家を解放すべき時が来ている、と思うのである。それが「長岡・ラザフォード・ボーア模型」と呼ぶことを提唱した理由である [1]。

放射化学の先覚者であるラムゼーやソディーとラザフォードは、プライオリティに関連して確執があり、仲が疎遠になり険悪になっていたことが知られている [2]。また、ガンマ線の発見者であるヴィラード (P. Villard) を発見者は自分であるとして長年執拗に認めなかったことも知られている [2]。などなど、ことプライオリティに関しては、ラザフォードはえげつないほどに貪欲で陰險な策を弄することもいとわなかったところがある。長岡の原子模型に関しても、例外ではなからう。原子中心に核があるとする原子模型では長岡模型を“Saturnian” atom と呼んでプライオリティを長岡に譲らない策を弄した [4] (前節参照)、しかもきわめて巧妙に、と言わざるをえない。長岡はしてやられたと思ったに違いない。

ラムゼーやソディーとの仲が険悪になったように、ラザフォードが α 散乱の論文を発表したあと長岡との仲も疎遠になった。彼の実験に関してあれだけ熱烈な称賛の手紙 [24] を書き送った長岡がその後およそ10年間ラザフォードと手紙のやり取りもなかったのだから、そう言ってよからう。ラザフォードが上記論文発表前に書き送った長岡の手紙に対する返礼では [2, 25]、「私の考えた原子模型はどちらかといえばあなたの提案した模型に似ています」(You will notice that the structure assumed in my atom is somewhat similar to that suggested by you in a paper some years ago.) と書いているが、件の論文では長岡模型を“Saturnian” atom としてしまい、盤状のものとして、長岡が電子軌道面は同一平面上になくてよいとしていたことを完全に無視している。長岡が怒って当たり前だ。私はラザフォード論文を精査して、彼が長岡論文を完全に理解していたと結論した。それゆえに、ラザフォードのプライオリティに関する戸惑いもうなずけるのである。彼は、友人ブラッグ (W.H. Bragg, 1915年息子と一緒にノーベル物理学賞受

賞) が「気にするな、無視してしまえ」と言わんばかりに「どうせジャップ野郎だろう」(…, but it was a Jap anyway) [2] とやったことをそのまま受け入れて、長岡を無視することはしなかった。が、有核原子模型のプライオリティを長岡に与えることがないような引用の仕方を編み出したのだ。それが土星型原子 (“Saturnian” atom) なのだ。ラザフォードの長岡論文引用の仕方は適切であったとか (例えば文献 [2])、長岡がラザフォードに引用されたことを誇りに思っていたかのような記述があるが (例えば文献 [15])、それは長岡原子模型を土星型というバイアスで見ていることにほかならない。

ラザフォードへの手紙からわかるように、1910年9月、長岡はマンチェスター大学のラザフォードを訪ねたあとヨーロッパ各地を訪問していた。そこにはすでにラザフォード実験の結果と解析の情報が伝わっていて、彼がマンチェスターで感動したとおりの感動が人びとの間に広がりつつあったことを伝えている。そうして、行く先々で土星型原子模型の提唱者長岡教授として畏敬の念を持って歓迎された様子がうかがえる (文献 [8]、6月号)。それに気をよくしてか、ラザフォードへの手紙に“my model of Saturnian atom published in 1904” という表現が出てくる。これをラザフォードは巧みに利用した。これを「ラザフォードの呪文」ということにしたい。長岡の脇が甘かったのだ。これでは長岡が怒っても手も足も出せない。

長岡論文 [3] 発表のあと、当時の科学界の著名人ロッジ (O. Lodge, 英) [15, 26] やポアンカレ (H. Poincaré, 仏) [15, 27] がこぞって長岡の独創性を称え土星型原子模型と呼んだ。これは、当時流布していたトムソン原子模型 (プディングモデル) [28] と対比して、長岡論文を高く評価したものであった。土星型は、最初、褒め言葉だったのだ。それが、ヨーロッパのみならず、わが国においても長岡の土星型模型と称されるにいたった遠因である。しかし前述したように、ラザフォードにはプライオリティに関して作意があった。その後、さまざまな場所で講演をしては自分の模型は長岡の土星型と違っているといたことがわかる [2]。はじめに触れたように、

ラザフォードの名前は年毎に高まり、それにつれて長岡の名前も土星型原子模型とともに広く知られるようになったが、長岡論文の物理的意義は無視されるにいたった。土星型というところで、人びとは思考停止に陥るからである。ラザフォードのたくらみどおりになった。

ラザフォードは若い時から我田引水的にプライオリティにこだわってきたようであるが、遂にそれを止める時が到来した。チャドウィック (J. Chadwick) による中性子の発見 (1932年) である。そのプライオリティを愛弟子チャドウィックに譲るくだりが伝記には感動的な筆致で書かれている [2]。ラザフォードは齢61であった。彼も「六十而耳順」(論語)の境地に至ったのだ。

ちなみに、ラザフォードは数学に弱かったと伝えられている [29, 30]。後者によると、有名な α 粒子散乱公式 [4] はラザフォードの娘婿である理論物理学者フォウラー (R.H. Fowler) が導き出したのだそうだ。しかし、ラザフォードがフォウラーに言及し謝意を示した例を私は知らない。

7. ラザフォードがノーベル物理学賞を受賞できなかった怪

ラザフォードの α 粒子散乱公式はそのまま現代においても使われるきわめて稀な20世紀初頭の偉大な成果であった。それは、とりもなおさず、原子核の存在を実証した実験であった。だが、ラザフォードはプライオリティを独り占めしようと策を弄しすぎた。

α 粒子散乱の実験の詳細はガイガーとマースデンの名前で1913年に出ている [22]。当時の英国の事情を少し説明しておく、教授の権威は絶大で、その研究グループのものは勝手に論文をPhil. Mag.などに投稿できなかった。カバー・レターは教授によるもので、論文は“Communicated by Prof. …”として受理されていた。ガイガーらが長岡論文 [3] を引用したかたとしても、ラザフォードはそれを許さなかったに違いない。有名はボーアの3論文 (trilogy) [21] も“Communicated by Prof. E. Rutherford”であった。ボーアは、第3論文が印刷されるとすぐに、3論文の別刷りを長岡に敬意を表して贈っている [31]。すなわち、長岡原子模型の存在を十分に

知っていた。しかし、彼の論文には長岡論文 [3] は引用されていない。引用することが許されなかったのだ。

ボーアの trilogy が完結するとすぐに、ラザフォードは“The Structure of the Atom”という論文を発表している [32]。そこで彼は、ケルヴィン模型 [33] やトムソン模型 [28] に言及しているが、長岡模型を完全に無視している。それは何故か、読者の判断に委ねよう。すでに述べたわが国の高校物理教科書分類3に見られる記述はこの流れに沿ったものであることを指摘したい。

なぜガイガー・マースデンの論文 [22] をラザフォード論文 [4] の2年後に出させたのか？この実験はガイガーの提案によるものであった。図らずも後方散乱 α 粒子の検出ができたのは彼のすぐれた実験技術とラザフォードによると「奴隷のように働く」[2] ことをいとわなかった努力のたまものだった。精度を上げるために実験を繰り返したというのも理由の一つであろうが、文献 [4] ではすでに実験の解析結果まで示していたから、3人共著で第1論文にしても差し支えなかった。それにもかかわらず、ガイガーらに投稿を2年遅らせたのは α 散乱実験とその解析のプライオリティは自分にあるとするラザフォードのたくらみであった、と私は推論する。

α 粒子散乱の論文は、ラザフォード・ガイガー・マースデン3名の共著論文とすべきであった。マースデンは学生であったから受賞から外すとして、もし彼らの論文が長岡の提案した原子模型を実験的に検証し、核の大きさまで決めることができたとしていたならば、長岡・ラザフォード・ガイガーの3人がノーベル物理学賞の共同受賞者になったであろう。原子核の存在が揺るぎないものになっても、ノーベル賞選定委員会はラザフォード独りに「原子核の存在証明」という物理学賞の栄誉を与えることは控えざるを得なかったのだ、と私は考えている。

私は、今から19年前に長岡原子模型を調べ始めるまでは [9]、ラザフォードはノーベル物理学賞を受賞していたと思いついでいた。ところが、彼は α 崩壊の研究でノーベル化学賞 (1908年) を受賞しただけであった。ラムゼー、ソディーと並ぶ立派な放射化学の先覚者である。彼の研究業

績はその受賞に値すると思うけれども、 α 粒子散乱実験から原子核の存在を確かなものとした研究業績はノーベル物理学賞に値することは言うに及ばず、現代の原子物理学・原子核物理学の基礎を築いた偉大な業績である。にもかかわらず、物理学者として彼が期待していたであろうノーベル物理学賞を手にすることはできなかった。策を弄しすぎためであろう。

8. 長岡・ラザフォード・ボーア模型のすすめ

今こそ、長岡の原子模型を現代物理学の文脈の中に復活させるべきだ。ラザフォードによって死を宣告された長岡原子模型のよみがえりだ。

長岡の与えた原子内電子の動力学を記述する原子核のつくるクーロンポテンシャルはラザフォードの用いたポテンシャルとまったく同じであるのだから、ボーアの量子力学的原子模型をとおして現代の原子物理学につながる初期原子模型として長岡模型とラザフォード模型は同等である。ラザフォード論文にさかのぼること7年前に同じ学術誌 *Phil. Mag.* に長岡論文が掲載されていることから、長岡のプライオリティは自明のことである。それにもかかわらず、これまで、このことがあからさまに議論されることがなく今日に至っていることは甚だしく理解に苦しむ。ほとんど神格化されてしまった偉人ラザフォードに弓を引くことになるからであろうか？

科学朝日の湯川博士ノーベル賞受賞記念号に長岡が「原子核探究の思い出」として寄稿している[34]。その末尾のほうに次のようなくだりがある。「書中(著者注:ラザフォードからの手紙[25]のこと)に「貴下の原子模型はまだ読まない」との文句があるが、フィロソフィカル・マガジンはラザフォードがその論文の大部分発表した雑誌であるから、甚だ了解に苦しむのである。7年間座右にある雑誌を読まなかったとは申訳にはなるまい。しかしその考え出したモデルはいくらも予の土星型と違わないから、その心中はここに読者の賢察に委ねる他はない。」(ここで、「予の土星型」という表現に関して注釈する。本文中に「土星型原子模型」というサブタイトルがあり、長岡は科学朝日の記者の執拗な要請を断り切れずに、「やむを得ず筆を執ることになった。読者は好ん

でこれを記するのでないことを御了解あらんことを希う。」という言い訳がある。) ラザフォードをマンチェスターに訪ねてから40年も経過していたにもかかわらず鬱憤を晴らさずにいられなかった長岡の胸中が、私には痛いほどわかる。

9. おわりに

初期原子模型における長岡論文の独創性を明らかにするためには関連する重要な原著論文のすべてに目を通した。ときには、論文は原典にかえて確かめる必要があることを如実に物語る例である、と言えよう。

ラザフォードがことプライオリティになると、人一倍こだわり、そのこだわり方は伝記作家ウィルソンが“peculiarly careful”と表現しているほどだった[2]。長岡原子模型とラザフォードの模型が本質において同等であったにもかかわらず、前者が土星型模型とされ、ラザフォードのいわゆる太陽系モデルと違くとされてしまった理由を読者が納得されたことと期待したい。ラザフォードの呪文から解放されて、人びとがこれから初期の原子模型発展史において「長岡・ラザフォード・ボーア模型」とするようになり、長岡原子模型がよみがえることを期待している。やがて図1に見られる教科書分類2の傾向が下向きになり、分類1が上向き、傾向が逆転することを切望する。今日の科学史の常識的見解に真っ向から異議申し立てをした本論にご理解をいただき、長岡原子模型の新しい視点として「長岡・ラザフォード・ボーア模型」(N-R-Bモデル)の普及に努めていただければ、私の大いなる喜びである。

本論を執筆する機会を提供され、貴重なご意見をくださった本誌編集委員長羽場宏光博士に感謝の意を表したい。

引用文献

- [1] 稲村卓、日本物理学会誌 **69**, 652 (2014).
- [2] D. Wilson, “Rutherford, Simple Genius” (MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1983).
- [3] H. Nagaoka, *Phil. Mag.* **7**, 445(1904).
- [4] E. Rutherford, *Phil. Mag.* **21**, 669 (1911).
- [5] 長岡半太郎、東洋学芸雑誌 **20**, 9-12月号

- (1903).
- [6] 長岡半太郎、東洋学芸雑誌 **22**, 415 (1905).
- [7] 飯盛里安、化学の領域 **13**, 689 (1959).
- [8] 長岡半太郎、東京物理学校雑誌 2-12月号 (1912).
- [9] 稲村卓、分光研究 **46**, 123 (1997).
- [10] T.T. Inamura, Hyp. Interact. **127**, 31 (2000).
- [11] 稲村卓、日本物理学会誌 **63**, 61 (2008).
- [12] W. Pauli, Naturwiss. **12**, 741 (1924).
- [13] H. Nagaoka, Y. Sugiura and T. Mishima, Jpn. J. Phys. **2**, 121 (1923); H. Nagaoka and Y. Sugiura, *ibid.* 167.
- [14] 稲村卓、理研くりえいと (技術部ニュース) **12**, 5 (1988); RIKEN Review No. **1**, 25 (1993).
- [15] 板倉聖宣、木村東作、八木江里、『長岡半太郎伝』(藤岡由夫監修、朝日新聞社、1973).
- [16] G. Herzberg, "Atomic Spectra and Atomic Structure" 2nd ed. (Dover Publications, New York, 1944).
- [17] W.H. King, "Isotope shifts in atomic spectra" (Plenum Press, New York and London, 1984).
- [18] H. Nagaoka, Nature **69**, 392 (1904).
- [19] G.A. Schott, Nature **69**, 437 (1904).
- [20] H. Nagaoka, Nature **70**, 124 (1904).
- [21] N. Bohr, Phil. Mag. **26**, 1 (1913); *ibid.* 476; *ibid.* 857.
- [22] H. Geiger and E. Marsden, Phil. Mag. **25**, 604 (1913).
- [23] H. Nagaoka, Tokyo Sugaku-Buturigakkwai Kiji-Gaiyo. **2**, 92 (1904); Phys. Zeit. **5**, 517 (1904) (trans. A. Grandenwitz in German).
- [24] L. Badash, Physics Today **20**, No. 4, 55 (1967).
- [25] E. Yagi, Japanese Studies in the History of Science No. 3, 29 (Appendix) (1964).
- [26] O. Lodge, "Modern Views on Matter" 3rd ed. (Oxford, 1904). (See appendix.) ; (愛知敬一訳) 東洋学芸雑誌 11月号, 488 (1904).
- [27] H. Poincaré, "La Valeur de la Science" (Paris, 1905) (<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k2071994/f231.image>); Introduction to the Anniversary Volume dedicated to Prof. Hantaro Nagaoka (Tokyo, 1925).
- [28] J.J. Thomson, Phil. Mag. **7**, 237 (1904).
- [29] 長岡半太郎、科学知識 **18**, 46 (1938).
- [30] G. Gamov in "The Story of MRI" by J. Mattson and M. Simon (Dean Books Co., New York, 1996) p.105.
- [31] L. Rosenfeld (江沢洋訳)、自然 **23**, No. 6, 68 (1968).
- [32] E. Rutherford, Phil. Mag. **27**, 488 (1914).
- [33] Lord Kelvin (W. Thomson), Phil. Mag. **4**, 139 (1902).
- [34] 長岡半太郎、科学朝日 1月号, 22 (1950).

時過ぎて

Heino Nitsche 博士を偲んで

吉田善行 ((株)アトックス)



長年にわたって、主にアクチノイドや超アクチノイドを対象にした放射化学、核化学、電気・分析化学、環境化学等の基礎研究から、原子力化学の応用研究に及ぶ広範な分野で大きな貢献をされてきた世界的に

著名な科学者であり、また私たちの良き友人でもあった米国カリフォルニア大学バークレー校教授の Heino Nitsche 博士には、2014 年 7 月 15 日、オークランドのご自宅で就寝中に突然ご逝去された。64 歳というまだまだ若くしての突然の悲報にただ驚愕し、残念でたまらなく、数ヵ月たった今でも深い悲しみを吹き払うことのできないままである。

今は、亡き博士のご冥福をお祈りするばかりである。ここに、博士のこれまでの多大な貢献に対して衷心から敬意を表するとともに、筆者にとってもかけがえのない友人であった博士の在りし日を偲ばせて頂きたい。

まずご略歴を紹介させていただく。Heino Nitsche 博士は、1949 年 7 月 24 日、ドイツのミュンヘン市で生を受け、1968 年春、ミュンヘン市の Luitpold Gymnasium 高校を卒業後、同市の Erlangen Nürnberg 大学に進学。そして 1969 年には、化学を志してベルリン市の Freie 大学に転入学。1976 年、同大学の化学部で修学したのち、大学院では核化学、電気化学、分析化学の分野の研究に従事し、1980 年にネプツニウムイオンの輸率に関する研究で学位を取得された。そして 1980 年、米国ローレンスバークレー国立研究所 (LBNL) の研究員として着任後、1984 年まで研究グループを率いて主にアクチノイドの環境化学の研究、のちに重元素の研究などを進められた。ベルリンの壁が崩壊した 1989 年には Martha Boccacini さんとご成婚、同年はお二人にとって

人生で記念すべき年となったことだろう。その 4 年後の 1993 年、ご夫婦はバークレーを離れ、Nitsche 博士はドイツのロッセンドルフ研究センターの所長に着任。同センターの放射化学研究所の指揮を執るとともに、ドレスデン工業大学で放射化学の教授としてその分野の研究開発、教育に従事された。こうして大きな業績を挙げたドイツでの 5 年間の滞在後、1998 年にご夫妻は再びバークレーに帰国。博士は化学部の教授、LBNL の主任研究員、及び LBNL に新設されたグレンシーボルグセンターの初代部長とされた。

LBNL に帰国後も、重元素核・放射化学研究グループを率いて、重元素の化学的特性や周期律表中でのそれらの連続・不連続性に関する研究を継続された。とりわけ Nitsche 博士は欧米、中国そしてわが国など各国の研究者との国際協力を盛んに進められたが、ロシアドブナで最初に合成された 114 番元素の存在を確認するという顕著な業績も、欧米各国との協力によって成し遂げ得られた顕著な成果の一つであろう。最近では、LBNL の同僚や卒業生らとの共同チームによるダルムシュタット (ドイツ) の GSI ヘルムホルツ重イオン研究センターでの照射実験で、117 番元素の存在を確認するための研究を精力的に進められていた。

このような彼の業績が認められ、2014 年に著名な放射・分析化学、核化学の研究者の送られるヘベシーメダルを受賞されたのである。このように、これからという矢先のことだけに返す返すも残念でたまらない。

さて、Nitsche 博士はわが国の放射化学や原子力科学の研究の発展にも大きな寄与を果たされた。幾度となく訪日されたが、その都度非常に精力的に研究・教育活動等に尽力いただいた。我が国の多くの方々が博士と交流を持ち続け、ウィットに富んだジョークを連発しながら会話する博士の周りには常に笑いがあり、そのようなお人柄

に惹かれた方々もきっと多かったと思う。一方で、仕事のことになると厳しい姿勢で臨み、その卓越した先見力、指導力などを感じ取りながらお付き合いをされてきた方々も多かったことだろう。筆者もそのひとりであり、この25年以上にわたって、かけがえのない友人として、そして専門分野での良き協力者として交流を続けさせて頂いた。

ここで私ごとになって恐縮だが、Nitsche 博士との出会いから最近までの思い出の中から幾つかに紙面を割かせていただきたい。筆者が最初に Nitsche 博士と出会ったのは、1996年の環太平洋国際化学会議 PACIFICHEM '96 の講演会場の壇上であった。そのころ両者ともアクチノイドの電気分析を専門の一つとしていたこともあって、演者の私に最前列の席から質問をしたのが Nitsche 博士であった。二人ともその時の質問と回答の内容を不思議なくらい鮮明に記憶していたことが後年になって解るのだが。数年後、機会があって研究協力などのことを相談しにバークレー校を訪問した時のこと、出会った瞬間に二人とも「アッ、あなたはあの時のあの人！・・・」ということで瞬時に意気投合したのを今でも思い出す。そしてその日の夕刻、サンフランシスコ湾に面したバークレーマリーナの小奇麗なレストランで、ベイブリッジに沈む夕陽を眺めながら、ワインに勢いを借りて次回の PACIFICHEM でシンポジウムを企画しよう、アクチノイド・放射化学・環境化学分野を網羅するシンポジウムをやろう、招待講演者は誰と誰にしよう、などとその場で即決して、意気揚々としていた若かりし頃を思い出す。実はこれを契機に以降の5回にわたって PACIFICHEM で、同様な分野のシンポジウムを企画してきた。次回の2015年の PACIFICHEM で京都大学の佐々木隆之さんらとオーガナイズする予定の福島事故での環境汚染に関するシンポジウム、Nitsche 博士も筆者もこれが最後のお世話だと話していたが、その開催を前にオーガナイザーの主力を失ってしまった。このように、Nitsche 博士と私が出会った場所も、別れることになった場も PACIFICHEM の舞台の上であった。

このように国際会議のオーガナイザーとしての Nitsche 博士の貢献は特筆に値する。PACIFICHEM では上述のようなアクチノイド・

放射化学・環境化学分野のシンポジウムだけでなく、2004年以降、次回2015に予定されているものも含めて計三回にわたって、原子力機構の永目論一郎さんらと核化学・超重元素化学のシンポジウムを企画された。それだけでなく、国際会議 MIGRATION、超アクチノイドの化学・物理に係る国際会議、アジア太平洋放射化学シンポジウム (APSORC) を始めとする多くの国際会議の国際委員会委員を歴任するとともに、自らが現地実行委員長となって多くの国際会議をお世話してこられた。2012年4月19日に開催されたシーボルク生誕100年記念シンポジウムの主なオーガナイザーの一人として尽力されたことはまだ皆の記憶に新しい。

2011年3月に起きた(株)東京電力福島第一原子力発電所の事故の折、早い時期に見舞いのメールが何通か届いた。日本の友人らのことを大変に心配しておられる内容だが、事故の科学技術的な内容についても熱心に質問されていた。やがて一年が経ち、また一通のメールが届いた。学内で開催される福島事故一周年記念講演会で“The Post-Japan Tsunami Era: Is Nuclear Energy Still an Option?”と題する講演を依頼されているから、環境除染の最新の状況を知らせてくれるようにとの内容であった。そしてそのメールには、Nitsche 博士が講演に使う予定のスライドが添付されていた。

本稿を閉じようとしている今、二年半前に届いた上記のメールと添付のスライドにもう一度眼を通してみた。Nitsche 博士の高い学術的見識、原子力エネルギーに対する先見力などがひしひしと伝わってくる内容である。博士がご存命なら、きっとこれから先、色々と協力や指導してもらいたいことが山ほどあったに違いない。思ったように進展しない福島環境除染、修復についても、また難関が予想される福島第一原発の廃炉に向けての諸作業についても、博士の意見、コメントはきっと役に立ったことだろう。これまで以上に博士の助けが欲しかったのに、残念に思っているのは私だけではないと思う。

Heino Nitsche 博士のご冥福をお祈りいたします。

2014年10月

会議報告

第53回 核化学夏の学校

大浦泰嗣 (首都大学東京)

第53回核化学夏の学校を、岐阜県恵那市にある国民宿舎恵那山荘にて、2014年8月27日午後から29日午前まで、2泊3日の日程で開催しました。講義室(保古自然館)は、宿泊棟(恵那山荘)と別棟のため天気を心配していたのですが、残念ながらぱっとせず、2日目の午前中は雨でした。参加者は46名で、我々世話人の都合を優先した日程としたため、大学の先生方の参加が難しく、参加者の平均年齢の若い夏の学校となりました。

準備を始めた当初は、まとまりのある話題を集めるよう考えていましたが、計画倒れとなり、次のプログラムで行いました。

8/27

- 講義1 濱克広氏「深地層の研究施設計画」
- 話題提供1 二宮和彦氏「J-PARC / MLF MUSEでの元素分析」

8/28

- 講義2 角野秀一氏「ニュートリノ物理と、ミュオンによる原子炉の透視」
- 話題提供2 白井直樹氏「探査機はやぶさが小惑星イトカワから持ち帰った微粒子の中性子放射化分析」
- 核融合科学研究所(NIFS)見学
- 講義3 河野孝央氏「人、場所を選ばない自然放射能線源の開発と放射線教育への応用」

8/29

- 講義4 藤暢輔氏「J-PARC ANNRIにおける放射化分析法開発」
- 話題提供3「Zr, Hf, Rfのキレート溶媒抽出挙動の研究」

準備の動きだしが遅く、検討した宿泊施設が予約で一杯ということもあったのですが、JAEA 東濃地科学センター瑞浪超深地層研究所の見学を目論み、恵那山荘を予約しました。小泉元首相が

フィンランドのオンカロへ行き、原発中止を主張していた頃で、我が国の地層処分研究の現場を見るという意図があったのですが、先約があって見学は出来ませんでした。そこで、幌延深地層研究センターにも在籍したこともある東濃地科学センターの濱氏に、地層処分についての講義をしていただきました。我が国や諸外国での地層処分計画/現状や、深部地下水の地球化学的研究の成果についての話がありました。東濃は結晶質岩帯、幌延は堆積岩質帯で、大きく異なる地層それぞれで基礎研究が行なわれていることを知りました。首都大学東京物理学専攻の角野氏には、ニュートリノ物理の基礎から、ニュートリノ振動、ニュートリノを放出しない二重 β 壊変の探索など最先端の話題まで、講義していただきました。大変分かりやすく話をしていただき、4年生もよく理解できたのではないかと思います。また、昨年に報道発表された宇宙線ミュオンを使った原子炉建屋内部を調べる方法についても紹介いただきました。線源を用意せずとも内部を透視できる面白い方法です。

これまで夏の学校では放射線教育に関する話題はあまりなかったもので、NIFSの河野氏に、KCl 試薬や生活用品で作成した ^{40}K 線源を用いた実験による放射線教育の話をしていただきました。予想外の軽妙な語り口で、笑いのこぼれる講義でしたが、大変参考になりました。

JAEAの藤氏には、J-PARCでの核破砕中性子による即発 γ 線を多数のGe検出器で同時測定する装置ANNRIを用いた元素分析について講義していただきました。従来の中性子即発 γ 線分析法と中性子共鳴吸収分析法を組み合わせた方法で、非破壊で微量元素が定量できます。(最近、報道発表されました。) 実用に向けて開発が続けられていますが、共用装置とするために多くのユーザーによる利用を望んでいるとのことでした。

話題提供は3件でした。元素分析の話題に偏っていますが、世話人の興味によりそうしたのではなく、広く依頼しましたが結果的にこのようになってしまいました。藤氏の講義に関連して、二宮氏に話題提供をしていただきました。おかげで、J-PARC MLFで現在開発されている元素分析法をすべて勉強することができました。

中日の午後は、土岐市にある核融合科学研究所(NIFS)を見学しました。当初は全く予定していなかったのですが、恵那山荘の下見に行った時に、支配人さんから、よくNIFSまで送迎するというのを聞き、瑞浪超深地層研究所のかわりに見学することとしました。また、いい機会だったので、筆者が学部4年の時に卒研でお世話になった河野先生に講演をお願いした次第です。NIFSは、ちょうど耐震工事中で見学できる施設が限られてはいましたが、大型ヘリカル装置(LHD)を見学することができました。本体は見えずらく、配管のお化けという印象です。LHD本体室のギネス認定の世界一重たい扉(重さ720t、厚さ2m)の方が人気があったようです。

恵那山荘はほぼ貸し切り状態で、毎晩の懇親専用の部屋を確保することができ、遅くまで盛り上がっていたようです。残念ながら、我々の男子院生は早々にきりあげてしまっていました。他大学との学生間の交流は重要なことだと思いますので、最近は日程が合わず、夏の学校にほとんど参加していませんでしたが、学生を連れてなるべく毎年参加しようと反省したしだいです。

今回は金沢大学にお世話いただくこととなりました。最後になりましたが、夏の学校の開催に当たり日本放射化学会から補助をいただきました。この場を借りまして、お礼申し上げます。



世界一重たい扉。右上のはめ込みは世界一認定証。



懇親会がおわって

会議報告

2014 日本放射化学会年会・第58回放射化学討論会 始末記

実行委員（コアメンバー） 酒井陽一、小島貞男、緒方良至、小田寛貴、國分陽子、西本 寛、鈴木達也（大同大、愛知医大、名古屋大（医）、名古屋大（年代測定センター）、原子力機構（東濃）、愛知大、長岡技科大）

1. はじめに（酒井陽一）

「2014 日本放射化学会年会・第58回放射化学討論会」を愛知県のどこかで引き受けてもらおう、ということが日本放射化学会の理事会で出たのが2013年の春、初夏のようである。名古屋には多くの大学があるが、放射化学年会を一手にお世話できる大学（研究室）はなく、名古屋大学、大同大学、愛知医科大学などの名古屋市内の大学、原子力機構（東濃）に所属する放射化学会員がコアメンバーとなる連合軍が運営を任せられることとなった。放射化学会との情報交換をスムーズとするために行事担当の理事の一人もコアメンバーとして入っていただいた。名古屋で放射化学討論会が開かれるのは3度目（第13、27、58（今回））で、日本放射化学会年会としては初めてであった。

放射化学はたいへん多様な学際的研究分野で、放射性物質の化学とその応用、放射線を利用した化学分析、核反応／放射性元素の化学的手法による研究、原子核と核外電子の相互作用の化学とその応用など、守備範囲のスペクトルは大きく広がっているのが現況である。「原子核、放射能、化学」をキーワードとしている、おおらかな研究集合体だからである。この特徴を活かした研究発表会・情報交換・懇親の場となればとの一心で、実行委員会は尽力した。その一年余の期間の苦闘および結実の3日間についての始末記（始末書ではない）の幕開けである。筆をとるのは、実行委員のなかでも活動度の高かったコアメンバーの7人である。「2014 日本放射化学会年会・第58回放射化学討論会」が正式名称であることは言うまでもないが、本文書では、「年会」、「年会・討論会」、「討論会」が併用されている。文脈から使い分けに意味がある場合もあれば、執筆分担者の意思・認識による選択もある。最終編集において、統一

することは敢えて行なわなかった。

2. 日程と会場（小田寛貴）

2014 日本放射化学会年会・第58回放射化学討論会の会期は、関連する諸学会との重複を避けるため、ほぼ一義的に9月11日（木）～13日（土）と決まった。すなわち、日本原子力学会が9月8日～10日、日本地球化学会が9月16日～18日、日本分析化学会が9月17日～19日に開催されたためである。また、名古屋大学においても、国際樹木根学会・日本ソフトウェア学会等が開催されており、学会シーズンの真ただ中であった。そのため、いくつかある学会会場もおおむね予約で埋まっており、工学部IB電子情報館での開催も一義的に決まった。名古屋大学内には、会場費が無料となるところがいくつかあるが、それらは全て抑えられていた。工学部IB電子情報館ではしっかり会場費を取られることとなったが、地下鉄の名古屋大学駅に直結していることや、A・Bの二会場が同じ建物にあること、休憩室・実行委員控室なども会場近くに確保できるなどのメリットもあった。B会場の座席がやや窮屈であったが、立ち見が出ない程度の人数を収容することができた。また、巨大なポスターパネルも廊下に収納されていた。かつ、そのポスターパネルを外に出すと、収納部分に電源があり、そこで企業の機器展示ができるなど、IB電子情報館は、まさに学会開催用の構造になっていた。休憩用の机・椅子もあり、IBカフェが隣接しており、軽食をとることもできた。懇親会の時間帯にはIBカフェのスペースを利用させていただくことができ、同じ会場でポスター発表からそのまま懇親会を開始できたことも利点の一つであった。

3. 実行委員会の構築、運営準備の始動（緒方良至）

名古屋での「放射化学学会年会・放射化学討論会」開催の打診を受け、講座もなく、一人では何ともしようがないと思っていたが、小田寛貴先生にもご協力いただけるとの報を聞き、一肌を脱ごうと思った。残る問題は、「大会長」を誰にするか？ 有力候補の酒井陽一教授、小島貞男教授らとの話し合いの結果、酒井教授にお引き受けていただいた。一方、小田先生も私も、「手下」となる十分な数の院生・学生を持っていなかったし、私自身は、キャンパスが異なるので、いろいろと動きづらい。しかし、そこは、工学研究科の山澤研の助けを借りて進めることができると思った。また、名古屋地区の放射化学学会会員の数も限られているため、静岡まで声をかけた。それでも、10名前後であり、研究会当日の人手としてはとても足りない。しかし、私自身、初めて知ったのであるが、「放射化学学会会員以外」も年会の実行委員になれる、ということだった。これは、歴史的に、放射化学学会設立前に、有志によって「放射化学討論会」が開催された経緯を継承している。また、放射化学学会会員以外でも登壇可能である。「研究会開催要項」はなく、いろいろな約束事は伝承されているとのことだった。自由度は高いが、型枠がない分、やりづらさも感じた。とにもかくにも、動き出したからには、例年に劣らぬ規模で、赤字を出さないよう運営するため「走りながら考えた」。

最初の難関は、Webページの作成であったが、愛知大学の西本寛さんという強力な助っ人を得て、大船に乗った。次に、共催学会への連絡。名古屋という中途半端で、観光の魅力に不足する場所での開催では、あまり参加者が集まらないのではないかという危惧があった。そこで、少しでも関連すると思われる学会に連絡した。結果として、17の学会から共催・後援の承諾を得た。もう一つの課題は、如何に「協賛・広告・機器展示」の企業を集めるか？であった。研究会で赤字を出さないためには、できるだけ多くの企業の協力が必要となる。可能な限りに声をかけ、結果、11の企業から協力を得、予算的に赤字はなさそうだという予測を立てることができた。最後は、参加者数であるが、事前登録が順調に進んで、この時

点で、赤字がないことが判明し、胸を撫で下ろした。

さて、満を持して迎えた初日の朝、とんでもないハプニングが起きた。朝一で業者から借りることになっている会場用のパソコンが届かない。ようやく取れた連絡で、10時半にしか届かないことが分かった。セッション開始は10時、とても間に合わない。しかし、ほんの2、3日前に、休憩中のスライド上映用に別のパソコンを用意する、これは、個人のを借用する、と準備したことが功を奏した。幸運の女神が微笑んだ。開催日の3日間、さわやかな天候に恵まれ、盛会のうちに年会を運営できたことに、深く感謝する。

4. 参加者数、発表件数など（緒方良至）

結果として、実行委員を含めた参加者数は、263名、内訳としては、会員（共催学協会を含む）が203名、非会員が60名、また、一般が186名、学生が77名、懇親会には、計152名が参加した。発表件数は、口頭87件、ポスター54件、計141件で、過去7年間で最多となった。プログラムの編成、座長の依頼、要旨集の編纂も、それなりにすったもんだしたが、喉元を過ぎれば、というより、既に直腸の付近であるので熱さは忘れた。準備段階では、特に、座長依頼に即時返答された方のお顔ありがたい仏様に見え、また、その逆も真なり、であったことが浮かぶ。

5. ウェブサイト運営を一手に引き受けて（西本寛）

ウェブサイトの作成・運用には、利用者が使い易く、かつ運営者が楽できるようにという観点から、Wordpress.comとGoogle Driveという2つのサービスを利用することとした。Wordpress.comは世界的にシェアの高い無償のブログサービスである。固定ページをトップページに設定できたり、複数の固定ページを作成できるため、ブログといっても一般的なウェブサイトと変わらない見栄えに仕立てることができる。Wordpress.comを利用する最大の利点は、極めて簡単に本格的なウェブサイトを作れることである。新規ページの作成はボタン一つで完了。サイトの見た目は多彩なテンプレートから選ぶだけ。HTMLすら書けず、サーバーに関する知識も無い私でもウェブサイト構築できるのだから

ら、どれだけ簡単かはお分かりいただけるだろう。もう一つのサービス、Google Driveは演題申し込みや参加申し込みなどのフォーム作成のために利用した。ドラッグ&ドロップで簡単に高機能なフォームを作成することができる無償のウェブサービスである。Google Apps Scriptという機能を用いれば、申し込み確認メールを自動送信する設定も可能である。ただし、私の不手際により、自動送信メールが送られないトラブルが何度か発生した。ご迷惑をおかけしてしまった方々には、ここでお詫び申し上げます。

6. 研究発表レポート・核化学 (小島貞男)

1日目のA会場では、特別公演1S01を除き、すべて核化学のセッションであった。発表件数は17件であり、環境放射能のセッションに次ぐ多数の発表が行われた。以下に研究報告の内容を列挙する。① 100 MeV以上の高速中性子による核反応断面積の測定、② ホットフュージョン反応による ^{116}Lv の生成、GARISによる分離実験、③ ^{105}Db のトレーサーとしての同族元素Nb、Taの同位体生成断面性の測定、④ 核反応実験用のターゲット表面を均質に作り上げる基礎研究の重要性を再認識させる研究、⑤～⑦ 質量数140付近のpプロセス解明に向けた基礎研究3件、⑧、⑨ 水酸化サマリウム迅速共沈法、迅速溶媒抽出法による ^{104}Rf の化学分離法の検討と同族元素Zr、Hfとの比較検討、⑩、⑪ ^{105}Db の化学分離法の開発を目的とした同族元素Nb、Taのフッ化水素酸溶液からの溶媒抽出法、逆相クロマトグラフィーの検討、⑫ テノイルトリフルオロアセトン逆相クロマトグラフィーによるRfの分離の検討およびZr、Hfとの比較、⑬ ^{186}W と ^7Li の核融合反応における質量非対称核分裂、⑭ Tcの化学型による $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 半減期の変化、⑮ 気体充填型反跳分離装置GARIS-IIの性能試験、⑯ ^{102}No イオン化エネルギーの測定、⑰ ^{106}Sg と同族元素であるMo、Wの化学的挙動が類似すると仮定した、電解還元、溶媒抽出による分離法の検討。超重元素に関する研究報告の件数がこのうち半数以上であり、核化学で最も注目されている分野であると思われる。また、13件のポスター発表があり、研究分野は口頭発表とほぼ同じであった。

7. 研究発表レポート・医薬生物 (小島貞男)

B会場1日目の午後の医学・薬学・生物関連の分野における発表は6件であった。核医学診断・治療に関係する発表が5件であり、他の1件は抗がん剤シスプラチンのPtトレーサーの製造と動物内の薬物動態に関する研究発表であった。核医学診断・治療に利用されるRIの製造に関して、(d, n)反応による高速中性子を用いた ^{99}Mo 、 ^{90}Y 、 ^{64}Cu 、 ^{67}Cu のより優れた製造法の開発研究、また、同様の高速中性子核反応による製造法を ^{67}Cu に対して応用し、RI製造からさらに分離・精製までを目指した研究が行われていることが紹介された。これとは別に ^{211}At が医療現場で用いられることを目指した ^{211}At の製造と分離に関する研究発表が3件行われた。従来から一般的な ^{209}Bi (α , 2n)反応により生成された ^{211}At をより効率的・効果的に分離できる方法の開発研究が発表されている。一方、 ^{209}Bi (^7Li , 5n)反応により製造された ^{211}Rn から ^{211}At をミルクングする方法が提案され、Bi、Pb、Snをターゲットとして(^7Li , xn)反応の励起関数が求める基礎研究が行われ、また、Biターゲットから ^{211}Rn の効率的補修法、 ^{211}At の回収法の基礎研究も報告された。このように核医学に関連する分野は放射化学の最も得意とする分野の一つであり、今後大いに発展することが期待される。また、ポスター発表は、高速中性子を用いた医療用 ^{90}Y の合成、 ^{211}At の溶媒抽出に関する研究発表の2件であった。

8. 研究発表レポート・ウラン、アクチニド

(鈴木達也)

ウラン、アクチノイドの化学では、4件の口頭発表があり、具体的には、アクチノイドの電解還元に伴う微粒子形成(JAEAグループ)、酸素配位子とハードな金属イオンの錯体の系統的分類(東京大、広島大グループ)、ウラン化合物を含有するイオンの液体の合成と分光特性(JAEA、東北大グループ)、密度汎関数法を用いたマイナーアクチノイドの選択的分離に対する計算化学的アプローチ(広島大グループ)であった。

口頭発表の4件とも錯形成に関する基礎的な研究に関するものであるが、その結果及び議論は化学的に面白いだけでなく、応用面でも期待できる

ものであり、放射化学討論会での発表にまさにふさわしいものであると感じた。1件目と3件目は、ウランに関する研究で、1件目は水酸化物錯体のボルタンメトリによる凝集体生成の研究で、3件目はイオン液体中の錯体の分光学的研究であった。2件目、4件目は錯形成の理論的・計算化学的研究で、2件目は錯形成による沈殿反応に関する考察を種々イオンで行っている。4件目は希土類元素とマイナーアクチノイドのf電子との配位について酸素が配位するホスフィン系配位子とイオウが配位するジチオホスフィン系配位子について電子の密度解析を行ったものであり、その結果は大変興味深いものであった。なお、4件目の発表者である金子氏（広島大）は若手優秀発表賞に選ばれている。

9. 研究発表レポート・核プローブ（酒井陽一）

「原子核プローブの化学」とは原子核と核外電子状態の相互作用がかかわる現象をあつかう化学分野のことである。核外電子状態とは化学状態に他ならない。化学状態によって、ごく小さく(hyperfine)おこる原子核の変動をプローブする。メスバウアー分光、摂動 γ 線角相関などがこの分野であるが、本2014年会では、それぞれ7件、2件の研究発表があった。ミュオン化学もこのなかに入れるのが通例であるが、今回は特別講演とリンクした形で別セッションとされた。本報告でも別枠として述べることにする。

メスバウアー分光関連では、東京湾底質についての環境科学への応用（東京大グループ）、金属錯体の化学状態の研究手法としたもの（広島大、大同大、東邦大グループの3件）、酸化物中に希薄ドーピングした金属イオンの磁性研究への応用（金沢大グループ）の5件の発表があった。これ以外に μ SR法を併用して混合原子価揺動の解明を試みるもの（大同大グループ）、メスバウアー分光の理論計算研究の結果をアクチノイドの分離法に活用するチャレンジ（広島大グループ）があった。摂動 γ 線角相関に関わる2件は、両者とも無機固体中の微量放射性不純物（人為的にドーピング）の状態分析であり同じ研究室（金沢大グループ）からの発表であった。

原子核プローブの化学・分科会は1日目（11日）

の昼休みを利用して、年会会場で行われた。中本忠宏氏（東レリサーチセンター（専門研究員）/大同大学（客員教授））の「メスバウアー分光法を中心とした混合原子価三核鉄錯体の分子内電子移動の研究」と題する講演（40分）が行なわれ、活発な質疑応答があった。

10. 研究発表レポート・環境放射能（國分陽子）

環境放射能に関する口頭発表は、2日目（12日）及び3日目（13日）に行われ、口頭発表が30件以上、ポスター発表が20件以上あった。東京電力福島第一原子力発電所事故以降、2011日本放射化学学会年会・第55回放射化学討論会から事故関連の研究発表が多くなっていたが、今年度は従来の環境放射能研究も戻り、ほぼ半々の発表数となった。

事故関連では、事故後3年が経過したこともあり、セシウム-137等の長半減期核種を対象とした研究が多く、また土壌や植物中での移行挙動など、事故初期の核種の蓄積分布の調査から一歩踏み込んだ研究成果が発表された。一方、従来テーマの研究では、トリチウムに関するものや、環境中の放射性核種分析のための化学処理法、測定の開発に関する発表があった。対象核種は、長半減期のものが多く、事故関連の研究にもつながるものが多かった。また、3日目（13日）の昼休みには、 α 放射体・環境放射能の分科会が開催された。名古屋大学の平尾先生による「大気環境中ラドン輸送及び地表面散逸に関する研究の進展」と題する話題提供の講演が行われた。

11. 研究発表レポート・宇宙・地球化学、年代測定

（小田寛貴）

B会場の3日目最終セッションにあたる宇宙・地球化学、その他のセッションでは、計3件の発表があった。1件目は、インド洋におけるBe-10の濃度をAMSにより測定することで、深度分布の南北断面図を明らかにした研究であった。2件目は、パルスOSL測定法が、石英のOSLをその他の鉱物からのOSLと弁別できる可能性に着目し、緊急時の線量測定法に適用するための研究に関する発表であった。3件目は、クマムシの放射線耐性に関する発表であった。クリプトビオシス

と言われる休眠状態になったオニクマムシに、 γ 線照射を行い、その放射線耐性の限界値を求めた研究である。宇宙・地球化学、その他のセッションにおける発表は、以上の3件と少なかったが、宇宙・地球化学に関する発表の多くが、環境放射能のセッションにおいて発表されたためと思われる。

年代測定のセッションは、B会場の3日目の最初のセッションとして行われ、計3件の発表があった。1件目は、U・Th・Pbの濃度をEPMAで測定し年代を求めるCHIME法に関する発表であり、EPMA定量分析に用いる補正計算モデルを評価したものであった。2件目と3件目はAMSによる ^{14}C 年代測定法に関する発表であった。2件目は、AMS・顕微鏡観察・書誌学的考察を併用することで、本来は破壊分析のできない資料について間接的な ^{14}C 年代測定を実施した研究であった。3件目は、土器付着物の ^{14}C 年代測定に関する発表であり、内面に付着したものは食物起源のコゲ、外面のものは燃料起源のスズであり、両者の ^{14}C 年代に系統的な誤差があることを示したものであった。筆者の知る限り、年代測定のセッションが放射化学討論会で設定されたのは本討論会が初めてである。年代測定に限らず、放射化学討論会において、より多方面の分野の研究者からの発表の申し込みが増えることを願う次第である。

12. 研究発表レポート・放射化分析 (小島貞男)

B会場3日目の午前の放射化分析セッションでは5件の発表が行われた。地球化学試料に対するICP-AESのV定量値の信頼性向上のためにINAAを比較対照法として用い、検出限界、分析法の確定を目指す研究。標準試料中の多元素分析をINAA、ICP-AES、ICP-MSを用いて行い、相互補完することにより、より有用な情報を得ることを目的とする研究。AI泊中の不純物を比較法と k_0 -IAEA法とを比較検討する基礎的な研究。漢方薬・薬草中の元素分析にINAAを応用し、Ca、As、Hgが多量に含まれる試料についてはX線回析による結晶構造の解析を行い、人体への影響を考察する研究。加速器による放射化生成物の放射能測定から生成核種の推定を行い、放射性粒

子の粒径分布との関連に関する研究。このように放射化分析の分野では基礎研究と応用研究が並行して進められていることがうかがえる。

13. 特別講演1 (緒方良至)

特別講演1は、名大の加藤克彦教授による「核医学検査及び治療の最前線」。要旨冒頭の「核医学 (Nuclear medicine) はともすればUnclear medicineなどと揶揄されたりする、、、」に、先生のユーモア精神を感じた。放射性同位元素 (RI) の性質を利用した医学分野を「核医学」という。医療へのRIの利用は、検査=診断、にとどまらず、治療へも及んでおり、本講演は、最新の情報を含んだ包括的な内容であった。私自身も、同じ専攻に在籍しながら、これほど多くの検査があるものだと思つづく感心した。核医学検査の特徴は、それが、ある組織の機能検査と画像表示を組み合わせたものであることである。形態としての画像分解能は、X線写真やCT、MRIに及ばないが、「機能」としての代謝を通して、その臓器がどんな働きをするかを描出できる。ただ、画像が多少「ぼんやり」しているところが“Unclear”と揶揄される一因であろうか。様々な化学・生化学検査が、RIの利用から蛍光物質の利用などに代わり、「微量元素の検査法」としてのRIの使用量は下がる一方である。しかし、蛍光物質が「体外からの計測」を可能とするとは思えない。この分野では、まだまだ、RIの利用が続くであろうし、また、新しい検査の開発の余地もある。コンピュータ技術を駆使した体外からの検出装置の発達が、様々な検査の進歩のベースではある。PET検査がその代表である。しかし、放射性核種の製造か



写真1：特別講演をする加藤教授と久保教授

ら、その放出放射線の性質までを守備範囲としている放射化学屋にも多くの出番がある。相互協力が、新たな検査法・治療法の開発につながることに期待したいと思った講演であった。

14. 特別講演 2、MUSE、ANNRI セッション

(酒井陽一)

今回の年会においては、2013-2014 学会賞、奨励賞の該当者が、ともになしで受賞講演枠の必要がなかったため、素晴らしい特別講演を2件設けることができた。不幸中の幸い、と言っておこう。2件のうちのひとつは久保謙哉氏（国際基督教大学教授）による「大強度陽子加速器施設 J-PARC における放射化学研究」であった。以下は久保氏の筆による講演概要（ホームページ掲載）である。

高エネルギー加速器研究機構 (KEK) と日本原子力研究開発機構 (JAEA) の協力によって大強度陽子加速器研究施設 J-PARC (Japan Proton Accelerator Research Complex) が建設され利用が始まっている。茨城県東海村のこの施設は、400 MeV 直線型加速器と 3 GeV シンクロトロン、さらに後段の 50 GeV シンクロトロンから成り、中性子、ミュオン、K 中間子、ニュートリノ等の研究が行える。2008 年の初ビーム以来、研究装置の整備やビームの増強がたゆまなく続けられ、東日本大震災の影響をも克服し、大強度陽子ビームによる多彩な研究が行われている。特に 3 GeV シンクロトロンのビームから、物質生命科学研究所 MLF (Material and Life Science Laboratory) でミュオンと中性子が生成され、中性子散乱やミュオンスピンを用いる実験、放射化分析、さらに中性子やミュオンの基礎的性質を探索する研究等が精力的に行われている。独創的な研究課題を携え存分に装置を活用する新規利用者がこの常に成長を続ける大型施設に参入することを期待し、現状と放射化学に関連する話題を紹介する

講演者はミュオン化学を長く研究してきたのであるが、講演は素粒子物理学、加速器工学の基礎も包含した、物理学、化学、生物学、地球科学への応用例がわかりやすく語られる幅広い内容であった。最後に示されたスライドが印象的であった。「最新の装置を使い尽くす。斬新なアイ

ディアを持ち込む。ビーム強度が桁違いになったら」と書かれていた。これは上記の概要の最後の一文に通ずるものでもある。ビーム強度の数桁の増強は、遠い夢ではなく完成間近のプロジェクトであることが、講演者から紹介された。

久保氏の J-PARC 関連の特別講演に引き続き口頭発表のセッションを、今回の年会では、MUSE、ANNRI と題することした (2つのパラレルセッション)。一般に申し込まれた研究発表のなかから該当するものを配置した。MUSE とは Muon Science Establishment (ミュオン科学研究施設) の愛称であり、ANNRI は Accurate Neutron-Nucleus Reaction measurement Instrument のことで、中性子核反応測定装置である。MUSE、ANNRI とともに J-PARC/MLF ビームラインの主要な実験セクションである。MUSE セッションでは、負ミュオンの原子捕獲プロセスへの化学状態の研究が2件 (大阪大グループ)、 μ SR 法を金属錯体の原子価揺動追跡へ応用した1件 (大同大グループ) からなっていた。ANNRI セッションにおいても、3件の研究発表があった。MUSE セッションが、すべてユーザー発表であった対して、こちらは装置開発グループ (原子力機構) からの装置・測定法の進展の現状報告が2件あった。その後、ユーザー報告が1件 (産総研グループ) であったが、ANNRI を用いた放射化分析に TOF (飛行時間法) スペクトルを導入し測定精度の改善を示した。中性子ビームがパルスで得られる特長を活かした手法である。

15. ポスターセッションの運営 (小田寛貴)

ポスターセッションでは、計 54 件の発表が行われた。会場には、横幅 240 cm の巨大なポスターパネルが 13 枚備え付けられており、廊下 (プレ



写真 2: ポスター発表

ゼンテーションスペース)の中央に並べることができる。これを利用してポスターセッションを行った。ポスターパネル1枚に対し、ポスター4枚の掲示ができるが、計54件の発表には不足することと、懇親会会場のスペースを確保するため、ポスターパネル1枚を使用しなかったことから、6枚のポスターは壁に貼るような配置となった。壁は固く凹凸もあり、画鋏やセロハンテープを使用することができなかつたため、スポンジ付きの両面テープなどで、掲示してもらうことになった。廊下がポスターパネルで分断される形となるので、当日まで、かなりの閉塞感があるのではという不安があった。しかし、実際に並べてみるとポスターパネル間にも通行ができるスペースがあり、それほど狭い感じは受けなかつた。多くの聴衆が集まるとやや窮屈な感じにもなったが、許容できるものであったと思う。

懇親会の直前ということもあり、ポスター発表は盛況であった。また、ポスター発表から休憩なしで懇親会へと移るため、ポスター発表の終了時間に、懇親会の準備が急ピッチで進められた。それと同時に、大勢の当日参加者によって余裕のできた予算で購入したワインが「開栓」され始め、そこかしこで、懇親会が始まって行った。当初、乾杯の挨拶を待つことなく自然に懇親会へと移行していくことは実行委員会では考えていなかったが、さながら国際学会のような懇親会の始まりであった。

16. 懇親会 (國分陽子)

懇親会は、大会2日目(9月12日)の夜にポスター発表に続いて行われた。ポスターセッションの後半に、懇親会用のワインが配られたため、開会の際にはすでに和やかムードであった。実行委員長の酒井先生のウェルカムスピーチから始まり、以前の名古屋開催時にご尽力された名古屋大・大同大名誉教授の山寺先生よりご挨拶いただいた。当時の色々なエピソードを交えてお話いただき、本大会の移り変わりに思いを馳せながら伺った。予定にない乾杯のご発声をいただき、心の準備が整わないうちに歓談スタートとなったが、学会長の海老原先生に再度乾杯のご挨拶をいただき、本格スタート。ひつまぶしやしめん等

の名古屋飯、実行副委員長である名古屋大学の緒方先生による要旨集の名古屋城に関する紹介など名古屋を堪能いただきながら、各セッションに続く議論や久しぶりの再会による話を楽しんでいた。会の終盤では、新学会長である東京大学の中西先生、来年度の実行委員となる東北大学の関根先生より、東北大での開催が紹介され、最後に実行副委員長の愛知医大小島先生より明日のより活発な発表・議論の呼びかけの上、閉会の辞で幕を閉じた。



写真3: 懇親会

17. 若手優秀発表賞 (國分陽子)

次世代を担う若手研究者(日本放射化学会の会員であり、2015年3月31日時点で40歳以下の常勤についていないもの)を対象に若手優秀発表賞の選考を行った。総計18名の応募者があり、口頭発表及びポスター発表ともに厳正なる審査のもと、5名が受賞となった。受賞者の決定は、接戦となり、難航するであろうと思われていたが、複数名の審査員の評価は整合しており、すんなり決定することができた。表彰式では、実行委員長の酒井先生より賞状と副賞として人間国宝である塚本快示氏の快山窯の湯呑みが贈られた。この湯呑みを見るたび、受賞を励みにより研究に邁進してくれることであろう。

受賞者氏名、所属、発表題目は、以下のとおりある(敬称略)。

- ・森本佳祐(大阪大院): サロフェン型配位子をもつ八配位ウラン(V)およびウラン(IV)錯体における安定構造の変化
- ・佐藤志彦(筑波大院): 福島第一原発北西部における ^{110m}Ag : ^{137}Cs 比を用いた汚染地域の分類
- ・金子政志(広島大院): 密度汎関数法を用いた

マイナーアクチノイドの選択的分離に対する
計算化学的アプローチ

- ・奥村慎太郎（京大原子炉）：120 GeV、400 MeV 陽子とYによる軽核の核反応断面積の測定
- ・重河優大（大阪大院）：U-235mの脱励起過程の研究に向けた反跳核捕集装置の開発



写真4：若手優秀発表賞に輝いた5氏（左から、森本さん、佐藤さん、金子さん、奥村さん、重河さん）と副賞の美濃焼きの湯呑み（スクリーン映写）

18. 樹木根とのジョイントセッション（緒方良至）

放射化学会年会の日程と重なって、9月8日～13日、名古屋大学で、国際樹木根学会（6th International Symposium on Physiological Progresses in Roots of Woody Plants）が開催されることとなった。この学会でも、福島原発事故による影響、特に、森林での放射性セシウム動態に関心が高かった。期を同じくして、放射能測定の専門家の揃った放射化学会と植物の代謝の専門家が、同じキャンパスで学会を開催する、この好機を利用し、将来的な共同研究の足がかりになるとの思いで、ジョイントセッション開催の案が浮上した。最終的に、セッションは、お互いに気軽に参加できるよう、非公式な「ランチョン」形式とした。樹木根学会から名大の竹中千里教授、放射化学会側からは北大の太田朋子助教がコンビナーとして企画・運営を担当し、セミナーには、Radiocesium in Phizosphere -Three and a half years after the Fukushima Accident- というテーマが付された。

セミナーには、若手・中堅・大御所を交えて総勢30数名参加し、両サイドから3名ずつ、「菌根菌を介したセシウムの吸収」「カリウムとの比較」「Csの土壤中の状態の変化」「包括的な調査」

「タケノコ中の分布」など多岐にわたる話題提供があった。ご飯粒を飛ばしながら、活発な議論が交わされた。2時間という時間があっという間に過ぎ、多少の消化不良を感じながら、会場を後にした。本セッションでの論議が今後、研究のコラボレーションそして発展へとつながるであろう。

19. 年代測定総合研究センター見学会（小田寛貴）

2日目（9/12）の昼休み（12:20～13:00）と3日目（9/13）の討論会終了後（16:20～17:00）に名古屋大学年代測定総合研究センターの見学会を実施した。9/12には30名、9/13には12名の参加があった。第58回放射化学討論会事務局を名古屋大学年代測定総合研究センター内に置くことは、2013年10月の実行委員会発足の時点で決まっていたが、当初、施設見学等の企画は実施しない方向で進めていた。ところが、討論会開催の1カ月前に年代測定総合研究センター長よりセンターの宣伝を放射化学討論会で行ってほしいとの打診を受け、急遽開催を決定した見学会であった。

名古屋大学年代測定総合研究センターは、AMSによる¹⁴C年代測定を用いた研究を行うタンデトロン年代研究分野と、AMSによる¹⁰Be測定法の開発・CHIME法による鉱物・岩石の年代測定を行う新年代測定法開発研究分野とからなる。見学会は、この¹⁴C年代測定を行うタンデトロン加速器質量分析計とCHIME法で用いるEPMAという二つの装置・実験室の見学であった。

開催決定がスケジュールの確定した後に決まったことや、会場からセンターまでの移動時間を含み50分間で2ヶ所を見学することから、非常に慌ただしい見学会となった。また、見学会場のスペースの関係上、参加希望者は先着30名に限定せざるを得なかった。これらはもっと早くに見学会の開催をスケジュールに組み込んでおけば改善できた反省すべき点であり、参加者できなかった皆様には大変申し訳なく思う。

20. 放射化学会理事からみた2014年放射化学会年会・第58回放射化学討論会（鈴木達也）

2014年放射化学会年会・第58回放射化学討論会は、近年では最も多くの参加者が集まり、盛会

に終わったことは、日本放射化学会の年会担当理事として、大変喜ばしいことと感じている。このように盛り上げていただいた学会員の皆様に感謝したい。また、本会が盛会のうちに終わったのは、酒井先生、小島先生、緒方先生、小田先生等の現地で準備をし、また、会期中に色々作業をしていただいた実行委員の皆様方のおかげであると思っている。ここで、改めて感謝の意を示したい。

また、今回の討論会では、国際樹木根学会とジョイントセッションを設けるなど、他学会との連携と言う新たな取り組みも行われた。他学会と連携は、放射化学を他分野の研究者にも知っていただき、放射化学の分野に多くの研究者を呼び込み、放射化学の分野をより活発化させることになるものと思っており、大変良い試みであったと感じている。この取り組みについては、参考にさせていただき、今後の討論会でも検討していきたいと思っている。

開期中に行われた放射化学会の総会においては、新会長、理事が承認され、新たな体制が示された。前理事会から課題となっていた放射化学会の活性化に向けて取り組むに当たり、特に若手研究者の意見を取り入れていきたいとの、新会長からの挨拶があり、会場からも御意見をいただいた。いただいた御意見や、前理事会で取ったアンケートに基づき放射化学会および放射化学討論会を更により良いものとしていくよう、理事会としても努力していきたい。

21. 残務処理、次回運営委員へのメッセージ

(緒方良至、小田寛貴)

とにかく、年会在、盛会の内に、資金的にも不安を残すことなく閉幕したことでホッとした。2014日本放射化学会年会・第58回放射化学討論会への参加者は、総計263名であったが、その内、61名が当日参加者であった。これは、当初想定していた人数より大幅に多く、予算面で大変助かった。大幅な黒字となったため、2日目に急遽大量のワインを注文し、懇親会に提供することができた。

ひとえに実行委員の努力、学会員・参加者およびご協力をいただきました企業の皆さまのご尽

力の賜と深く感謝したい。そして、今なお、残務処理中であるので、この項は「中間報告」となる。残務は、主に「要旨集の配布」「会計処理」「Webページの完了」である。要旨集の配布は、早々に山場を超え、後はちらほらであろう。年末には終了し、それを待って、会計を閉じ、監査を受けたい。Webページは、更新の必要がなくなった時点で、放射化学会のWebページへ移行させていただきたいと思っている(本稿印刷時には、完了しているかも知れない)。

さて、反省点であるが、まずは、事前登録時、「会員」と「共催会員」を区別しなかったことを挙げたい。これからの放射化学会を考える上で、参加者が、学会員であるか否かは、重要なファクターである。後悔、先に立たず。また、「研究会開催要項」を作成し、ある程度のルールをつくっておくと、やりやすいと思った。ただ、「言い出しっぺ」として、この使命が回ってくるのは怖い。

当日の集金額も、1件のみ、不確定があったが、最終的には判明し、参加者数とピタリと一致した。学会参加費の徴収によく利用されるのは、郵便局の振替口座である。しかし、通帳がなく、入金がある程度まとまったところで、紙媒体でその知らせが来るようになっている。また、支出の際も窓口で手続きをする必要があるため、会場費・懇親会費・会場設営費等の振込や現金での支払いをするのには大変不便である。そこで、振替口座は事前申込の参加費入金の専用口座として開設しておき、別にゆうちょ銀行の総合口座も開設した。企業からの協賛金の入金や各種支払い・振込は、総合口座で行うことで、スムーズな出し入れができ、また、通帳に記録として残すことができた。

紛失物、2点。タイマーと鈴。A会場で使用していたもの。どのように紛失したかは不明である。しかし、逆に言えば、当日初対面も含めて寄せ集まりの実行委員で、紛失物がたったこの2点だけだった、というのも幸運の女神の微笑みだった?

来年、9月の仙台、観光シーズンでもあるし、「食欲の秋」を満喫する東北の味覚に「舌心あり」で期待している。

22. さいごに (小島貞男)

2014 日本放射化学会・第 58 回放射化学討論会は名古屋大学で開催されたが、名古屋で開催された直近の放射化学討論会は 1983 年であり、実に 31 年ぶりであった。今回の実行委員のうち前回の放射化学討論会の実行委員会のメンバーは佐久間洋一氏 (当時名古屋大プラ研) と筆者・小島貞男 (当時名古屋大アイソトープセンター) のわずか 2 名であり、長い期間名古屋で開催されていなかったことが実感される。当時の討論会実行委員長は垣花秀武先生 (名古屋大プラ研) が務められ、山寺秀雄先生 (名古屋大理)、水池敦先生 (名古屋大工)、天野恕先生 (名古屋大プラ研)、古川路明先生 (名古屋大理) 等そうそうたる顔ぶれが実行委員として名を連ねていた。今回の放射化学会年会・放射化学討論会は異常な状況で活動が始動したと感じられるのは、通常ならば、前年度の

大会が開催された時にはすでに次年度の実行委員長は決まっているはずであるが、今回は未定のまま実行委員会が組織されたことである。このような事態を二度と起こさないように理事会は学会運営に責任を持っていただきたい。筆者が今回の実行委員として働いた最も重要な仕事は、放射化学会の理事も務められた実績もあり実行委員長に最も適任である酒井陽一大同大学教授に、委員長就任をお願いし、お引き受けいただいたことである。今、こうして無事開催できたのは酒井実行委員長をはじめとする実行委員全員の努力のたまものであり、自負してもよいと思う。次回 2015 年度は仙台の東北大学で開催される予定であり、大会実行委員長は関根勉東北大学教授が務められるという。大会が盛況に開催されることを期待したい。

会議報告

第9回高崎量子応用研究シンポジウム

喜多村茜（日本原子力研究開発機構 高崎量子応用研究所 放射線高度利用施設部）

2014年10月9、10日に、日本原子力研究開発機構 原子力科学研究部門 高崎量子応用研究所（高崎研）主催『第9回 高崎量子応用研究シンポジウム－暮らしに役立つ量子ビーム－』が高崎シティギャラリーにおいて開催された。日本原子力研究開発機構南波秀樹理事及び文部科学省科学技術・学術政策局研究開発基盤課工藤雄之量子放射線研究推進室長からの挨拶の後、高崎研の照射施設・装置を用いて得られた最近の研究成果が、口頭及びポスターにより2日間にわたって発表された。

1日目の特別講演では、陽電子ビームを利用した実験施設や分析技術に関する最近の動向や成果が発表された。高崎研の玉田所長は閉会の挨拶で、陽電子ビームが持つ潜在的な可能性を引き出し、ガンマ線、電子線、そしてイオンビームに加えて、ビーム利用を視野に進めていくと述べた。2日目の特別セッションでは、講演に加えてパネル討論が行われた。ここでは、高崎研がこれまで取り組んできた国際協力やその貢献度を踏まえ、これからの高崎研がなすべき国際交流について議論された。全体を通してまとめると、高崎研の限られた人数を踏まえて2つのアプローチがあることが見えてきた。一つは、高崎研で技術や知識を学び他国で活躍する研究者・技術者とのネットワークを将来におけるアウトソーシングなども視野に入れて強固にすること、そしてもう一つは、活発な外部発信によって成果を示し、新たにネットワークを構築することである。日本と途上国の関係は、これまでの資金提供を重点とした援助から、学術的かつ技術的な協同により国際貢献する段階へと移行し始めたと言える。その他4つの口頭セッションでは14件の講演が、2つのポスターセッションでは155件の発表があった。福島原発事故に関する発表は、昨年の6件から今年は10件へと増加し、着実に研究成果がま

りつつある。

延べ496名に及ぶ参加者の中から、様々な角度からの質問やコメントがあり、高崎研の施設を利用している研究者同士で一体感を高め合えた有意義な2日間だったと思う。

以下にプログラムを示す。

<第1日 10月9日（木）>

セッション1. 宇宙・原子力・エネルギー

1-1「薄膜フレキシブル高効率多接合太陽電池の開発と宇宙応用」

今泉 充（宇宙航空研究開発機構 研究開発本部）

1-2「量子ビームを駆使した燃料電池用電解質膜の構造・機能解析」

澤田真一（原子力機構 量子ビーム応用研究センター）

1-3「東京電力福島第一原発の廃止措置に向けた材料の劣化に係る課題」

山本正弘（原子力機構 原子力基礎工学研究センター）

1-4「水素爆発防止を目的とした簡便な水素捕集システムの開発」

橋本直幸（北海道大学大学院 工学研究院）

特別講演

「陽電子ビーム利用研究の現状と展望」

兵頭俊夫（高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所）

セッション2. 計測・基盤技術

2-1「スピン偏極陽電子ビームによる金属表面スピン蓄積効果の研究」

張 宏俊（原子力機構 先端基礎研究センター）

2-2「高速C₆₀イオンを用いた透過型二次イオン質量分析」

中嶋 薫（京都大学大学院 工学研究科）

2-3「サイクロトロンアクセプタンス計測技術の開発」

柏木啓次（原子力機構 高崎量子応用研究所）

ポスターセッションⅠ【宇宙・原子力・エネルギー、先端材料・計測・基盤技術】

懇親会

<第2日 10月10日（金）>

特別セッション 高崎研が取り組む国際協力
基調講演「評価高い高崎研の国際協力と先駆的役割」

町 末男（原子力機構）

S-1「放射線化学基礎研究の国際動向」

勝村庸介（東京大学大学院 工学系研究科）

S-2「高分子の放射線加工に係る国際協力」

玉田正男（原子力機構 高崎量子応用研究所）

S-3「アジアにおけるイオンビーム育種の展開」

田中 淳（原子力機構 量子ビーム応用研究センター）

S-4「国際ネットワークを活用して進める半導体の照射効果研究」

大島 武（原子力機構 量子ビーム応用研究センター）

ポスターセッションⅡ【環境・資源・高機能材料、医療応用・バイオ技術】

セッション3. 環境・資源・高機能材料

3-1「単一粒子ナノ加工法を利用した高機能性ナノワイヤの形成」

大道正明（阿南工業高等専門学校）

3-2「イオン照射を用いたSiC ナノチューブの微細組織制御」

田口富嗣（原子力機構 量子ビーム応用研究センター）

3-3「放射線グラフト重合技術を用いたレアメタル捕集材料の開発」

保科宏行（原子力機構 量子ビーム応用研究センター）

セッション4. 医療応用・バイオ技術

4-1「バイスタンダー効果の線量応答と分子機構」

横田裕一郎（原子力機構 量子ビーム応用研究センター）

4-2「がん診断を目的とするBr-76標識薬剤の開発」

花岡宏史（群馬大学大学院 医学系研究科）

4-3「植物研究を目的とした最先端放射線イメージング技術の開発」

河地有木（原子力機構 量子ビーム応用研究センター）

4-4「植物試料を対象としたMicro-PIXEによる多元素分布解析」

古川 純（筑波大学 生命環境学群）

会議報告

新規イノベーションのためのシンポジウム「大阪大学 医・理・核物連携事業」

篠原 厚 (大阪大学大学院理学研究科)

昨年 2014 年の 11 月 10-11 日に、大阪大学会館に於いて、表記シンポジウムが開催されました。本誌をお読みの放射化学関係の方にも高い関心を持って大勢ご参加頂きました。お陰様さまで成功裏に終えることが出来ましたこと、まずは、主催者の一人としまして紙面をお借りして御礼申し上げます。

さて、本誌編集長より当該シンポジウムの紹介をするように仰せつかりましたので、講演の詳細につきましては時間も経ち不確かなところがありますが、開催の趣旨や成果、今後の進め方などを中心に、シンポジウムを振り返ってみたく思います。なお、プログラムと講演内容につきましては、次の URL に講演目次と発表資料（公開の承諾が得られた発表のみ）がアップされていますので、ご興味のある方はご覧頂ければと思います。
URL=<http://www.rcnp.osaka-u.ac.jp/~medsci/index.html>

本シンポジウムは、大阪大学の医学系研究科（金田研究科長）、理学研究科（篠原研究科長）、核物理研究センター（RCNP）（中野センター長）の三者が相談し 3 部局の合同で企画・開催されたものです。そもそもは、RCNP の共同利用研究・長期プロジェクトとして、RCNP 支援の下で、5-6 年前から医学部の畑澤研究室と私の研究室でスタートした医用新規 RI の製造開発と核医学利用に端を発しますが、2 年前に 3 部局長の提案により始まった医学-理学-核物理学の合同ミーティングが母体となり発展したシンポジウムです。合同ミーティングの中で、3 部局連携の概算要求を出すことが提案され、関係者の努力により H27 年度概算として大学から文科省に提出されることになった際に、全国の本テーマに関係する大学・機関、研究者、企業などに声をかけ、それぞれの分野の現状と課題を共有し、連携・共同研究の可能性を議論する場を設けようと言うことで

計画されました。結局、当日も含め参加登録者は 106 名に上る多数の参加を得ました。日程調整に時間がかかり、準備期間が短かったため、関係者の皆様にはかなり直前の案内になり申し訳なく思っていますが、多くの皆様にお集まり頂き、このテーマについての関心の高さが伺えます。

プログラムは表に示すとおりで、21 件の招待講演（基調講演 3 件を含む）や一般講演が行われ、活発な議論がなされました。ここでは、個々の発表の内容紹介は簡単に触れる程度にして、大きな流れと特に討論の対象となった話題を取り上げ、最後に説明のあった阪大の概算要求事業の概要と、最後の総合討論でも話題になりました今後の連携の進め方に関連して「医理核連携拠点」の設置のコンセプトを紹介し、関連の皆様のご協力をお願いしたいと思います。

シンポジウムは、中野センター長の司会により、金田医学系研究科長のはじめの挨拶から始まり、シンポジウム開催の経緯と目的が述べられ、これが単なる核医学の 1 療法の開発に終わるのではなく、新しい研究システムの構築につながることを期待したいと述べられました。講演は、医学分野、加速器と RI 製造、RI の分離精製から薬剤分子合成、臨床応用の各セッションとなり、関連する基調講演がなされました。はじめに、畑澤順先生（阪大院医）から基調講演として、阪大で進めようとしているプロジェクトの全体像と併せて関連分野のレビューが行われ、柴田徳思先生（RI 協会）は、放射性医薬品に用いる RI の現状と今後と題し、最近始まったアルファ線内用療法に使われる ^{223}Ra や国内供給が課題となっている $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ などの状況が紹介されました。中井浩二先生（RCNP）による基調講演では、多くの病院に流布している PET 用サイクロトロンによる $^{99\text{m}}\text{Tc}$ の製造が提案され、人材育成の問題が指摘されました。これらの基調講演により今回

のシンポジウムの背景と課題が共通認識として与えられました。

基調講演に引き続き、各セッションで実際に最先端で当該分野で活躍されている先生方に現状と課題について紹介がなされました。はじめの医学研究の現状と課題のセッションでは、巽氏（阪大病院）より悪性腫瘍のRI内用療法の現状、加藤氏（阪大院医）からは $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ の供給不足の問題についての話題提供があり、主テーマであるアルファ線内用療法への課題や $^{99\text{m}}\text{Tc}$ の国内製造の必要性が大きな課題として共通認識となりました。次の加速器とRI製造のセッションでは、企業サイドからの観点として、熊田氏（住友重機械工業）から小型サイクロトロンを紹介とそれによるRI製造や関連技術の現状について、福田氏（RCNP）からは超伝導のスケルトンサイクロトロンなど斬新なアイデアによる関連設備の話題が提供されました。また、西中氏（JAEA）と初川氏（JAEA）から原子力機構における関連研究の紹介として、 $^{211}\text{Rn}/^{211}\text{At}$ ジェネレーター及び加速器中性子による ^{99}Mo 製造に関する現状が話され、この分野への意気込みが感じられました。さらに1日目の最後に、新しいトレーサー開発と利用の一環として、阪大理学研究科と金沢大薬学系との共同研究として進めている白金トレーサー（ ^{191}Pt ）の新規製造法と抗癌作用を持つ新規Pt錯体の体内動態に関する研究が、実際に実験をしている院生（林、坂林）から発表され関心を集めました。

初日のプログラム終了後は、意見交換会として手作で実のある懇親会が開かれ、活発な議論が続けられました。はじめに、多忙にもかかわらず駆けつけて下さった大阪大学の基礎研究担当の相本当理事・副学長から大学としての本プロジェクトへの期待と激励の挨拶があり、非常に盛り上がった懇親会となりました。

2日目は、主に、RIの標識化合物の合成と基礎医学研究の現状、およびこれから本格的に研究を推進する新しいイメージングや内用療法、主にアルファ線内用療法の今後について討論されました。はじめに、高橋氏（阪大院理）からこれまで製造開発してきた核医学用核種（ ^{124}I 、 ^{62}Zn 、 ^{52}Fe 、 ^{210}At 、 ^{211}At など）の製造法や、RCNPの

AVF加速器に新しく設置されたRI製造ビームコースの紹介がされ、田中氏（理研）からは、阪大院理と共同で進めてきた新しいRI標識法と糖鎖複合体イメージングを目指した分子合成について紹介されました。最後の臨床応用のセッションでは、渡部氏（阪大院医）から最新のPET/MRI法とPET/CTの比較などを通し最新のイメージング技術の紹介、下瀬川氏（阪大院医）からは阪大のマイクロドーズ臨床試験施設の紹介があり、我が国唯一の基礎研究から臨床までで直結した研究開発システムがアピールされました。後半では、金沢大保健の鷺山氏、真鍋氏（阪大院理）、そして小川氏（金沢大薬）から、それぞれ進行中のアスタチンをはじめとするアルファ線内用療法に向けた基礎研究の発表がありました。特に、鷺山氏からは当該分野の世界の動向についての情報提供もあり、活発な議論がなされました。また、特別依頼講演として、阪大の産学連携本部の正城先生に阪大の産学連携の紹介がなされ、医理核連携の新分野の産学連携への期待が述べられました。

最後のまとめのセッションでは、深瀬氏（阪大院理）からH27年度概算要求事項として提案している医理核連携事業「医理連携による進行がん治療のための国際医療拠点形成事業」の概要が紹介され、採択への期待と関係者への連携の呼びかけがなされました。本プロジェクトは、難治がんの治療に向けた新規のアルファ線内用療法のための核種としてアスタチンに焦点を当て、その核種合成、分離精製、薬剤分子の合成、動物実験等の基礎実験、臨床試験、臨床応用といった一連の研究を一貫したシステムとして進めようとするものです。また、臨床応用に至る大規模製造用に加速器として新構想の超伝導によるスケルトンサイクロトロンを新たに開発すること、関連する人材育成プログラム、およびこれを進めるための組織作りも主な内容となっています。組織作りの中で、関係拠点を作るべく組織改編も予定されており、他部局、他機関との連携も含まれています。最後に、総合討論では、関連大学や機関との連携のあり方、アルファ線内用療法の可能性、各関連機関からの連携や共同研究に関する要望など活発な意見交換がなされ、新たな連携分野として全

国規模での発展を期して、この種のシンポジウムの継続的な実施を約束して閉会となりました。

最後に少し後日談を加えさせていただきます。このシンポジウムのきっかけとなり最後に紹介の

あった医理核連携プロジェクトの概算要求は、本年1月にめでたく採択の内示を受け、現在始動に向けた準備が進められています。その中で2件、本分野やテーマに関心をお持ちの読者の皆様に

表 シンポジウムプログラム

新規医療イノベーションのためのシンポジウム 「大阪大学 医・理・核物連携事業」
於 大阪大学会館（豊中キャンパス）

11月10日（1日目）

1. 開会

10:30		金田 安史	阪大・医学系研究科長	開会の辞
10:40	基調講演	畑澤 順	阪大・医学系研究科	医理連携に期待すること：医学・医療の視点から
11:25	基調講演	柴田 徳思	日本アイソトープ協会	放射性医薬品に用いる RI の現状と今後
12:10		(昼休み)		

2. 医学研究の現状と課題

13:30	招待講演	巽 光朗	阪大医学部附属病院 放射線部	核医学による悪性腫瘍内用療法の現状
14:00	招待講演	加藤 弘樹	阪大・医学系研究科	核医学診療の危機：モリブデン供給不足問題

3. 加速器と RI 製造

14:30	基調講演	中井 浩二	阪大・核物理研究センター	Mo99/Tc99m 自給策の可能性を求めて
15:15		(休憩)		
15:30	招待講演	熊田 幸生	住友重機械工業	小型サイクロトロンによる RI 製造と周辺技術
16:00	招待講演	福田 光宏	阪大・核物理研究センター	RI 製造用高強度小型加速器の設計検討
16:30	招待講演	西中 一朗	日本原子力研究開発機構	JAEA タンデム加速器施設での Rn-211/At-211 ジェネレータ開発
17:00	一般講演	初川 雄一	日本原子力研究開発機構	原子力機構における加速器中性子利用による Mo-99 生成研究
17:15	一般講演	林 良彦	阪大・理学研究科	Pt-191 の製造、精製、及び白金製剤トレーサーとしての利用
17:30	一般講演	坂林 加奈子	金沢大・医薬保健研究域 薬学系	抗腫瘍効果を期待する新規 Pt 錯体の放射標識による動態評価

情報交換会 18:00 アセンブリホールにて

11月11日（2日目）

4. RI 製造・分離、RI 薬候補合成

9:30	招待講演	高橋 成人	阪大・理学研究科	PET 及び α 内用療法に用いる放射性核種の製造
10:00	招待講演	田中 克典	理化学研究所	診断と治療を指向した糖鎖複合体のイメージング

5. 臨床応用（新規イメージング、内用療法）、産学連携

10:30	招待講演	渡部 直史	阪大・医学系研究科	核医学の新規イメージング技術
11:00	招待講演	下瀬川 恵久	阪大・医学系研究科	化合物から医薬品へ：大阪大学の PET マイクロドーズ臨床試験施設
11:30	招待講演	正城 敏博	阪大・産学連携本部	大阪大学の産学連携
11:50		(休憩)		
12:05	一般講演	鷺山 幸信	金沢大・医薬保健研究域 保健学系	国内外における Targeted Alpha Therapy の現状と展望
12:20	一般講演	真鍋 良幸	阪大・理学研究科	アルファ線内用療法に向けた生体分子複合体化法の検討
12:35	一般講演	小川 数馬	金沢大・医薬保健研究域 薬学系	RI 内用療法を目指したシグマ受容体標的化合物の基礎的検討

6. まとめ

12:50	招待講演	深瀬 浩一	阪大・理学研究科	H27 年度概算要求事項の概要
13:05		篠原 厚	阪大・理学研究科長	討論、今後
13:20		(終了)		

紙面をお借りしてアナウンスをしたいと思います。まず、6月から夏までの時期に本プロジェクトのキックオフシンポジウムを、本シンポジウムの第2回目として開催する予定です。日程等が決まりましたら広くアナウンスする予定ですが、是非とも今回同様に積極のご参加をお願いしたいと思います。また2件目として、計画の中で医理核連携の拠点形成をすることが歌われていますので、キックオフシンポジウムまでに、まずは阪大理学研究科の中に連携研究拠点を立ち上げる予定です。コンセプトとしては、概算要求のプロジェクトは中核として位置付けられますが、広く他機関他大学との連携も含めた拠点形成を進め、RCNPや阪大医学部の臨床試験施設などを研究の拠点

として、共同研究、連携事業などを幅広く進める体制を作りたく考えています。この件に関し皆様からのご意見やご協力を再度お願いしたいと思います。

シンポジウムの紹介という原稿依頼でしたが、宣伝とお願いの文章のようになってしまい、申し訳なく思います。ただ、本シンポジウムは、阪大の当該プロジェクトに関する概算要求がきっかけではありましたが、加速器技術やRI製造分野が医学利用と融合した新しい研究分野を創造すべく、関係機関で継続的な連携関係が作られ、さらに発展して行くだらうことを予感させるものでした。



写真1 開会の挨拶 (金田医学系研究科長)



写真3 討論の寸景1



写真2 討論の寸景1



写真4 懇親会、相本理事による挨拶

会議報告

The Thirteenth International Conference on Accelerator Mass Spectrometry (AMS13)

末木啓介 (筑波大学数理物質系 (アイソトープ環境動態研究センター))

2014年8月24日から29日にかけて、南フランス・エクス＝アン＝プロヴァンスのエクス・マルセイユ大学のモンテペリンキャンパスにおいて、CEREGEのDr. Régis BraucherとDr. Didier Bourlésの2人が会議のコンビナーとして、The Thirteenth International Conference on Accelerator Mass Spectrometry (AMS13)が開催された。

International Conference on Accelerator Mass Spectrometry (AMS)は加速器質量分析法に関する国際会議で、第1回は米国ロチェスターで1978年に開催され、前回ニュージーランドのウエリントンで2011年3月20-25日(AMS12)に行われての3年後の開催となった。筆者は前回も参加する予定であったが、会議直前の東日本大震災のもろもろの影響で、直前に参加をキャンセルしたために今回が初めての参加となった。

プログラムは125件の口頭発表と180件のポスター発表が行われた。参加者はヨーロッパ、米国他から260人以上が参加しており、日本からも25人以上の参加があった。そのトピックスは既存のAMS施設のプログレスレポート、新しい施設および計画に関すること、AMS装置におけるイオン源や装置のインタフェース、様々な技術開発、AMSに使用する担体や標準物質に関する問題、試料調製法などの様々なAMS特有の問題に関すること、そして重核種のAMS展開から、科学捜査や核保障措置などの問題、そしてAMSを用いた各種の応用研究までかなり幅広い内容で展開された。口頭発表は午前中最初のセッ

ションで招待講演が3-4件行われて、その後は2会場でのパラレルセッションで進められた。

多くの話題の中で、筆者としては ^{36}Cl などの同重体の妨害が大きな問題となる核種に関して、技術的な開発によって解決していく方向性に興味をもった。様々な提案があるが、加速器の大型化へ進む方向性はなく、できるだけ小型加速器での解決するように進められている印象を受けた。

今回の会議では ^{60}Fe に関しての話題と筑波大学の地震で壊れた加速器が大きな話題となっていた。

会議のプログラム及びアブストラクとは、<http://ams13.cerege.fr/>で得ることができる。またプロシーディング集は査読の上で *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B* に載せられることになる。

次回は会議の最後に南アフリカとカナダのオタワから立候補があり12月15日までにどちらかへ投票することになった。既にその結果は出ており、53.7%の支持を得たカナダのオタワにおいてオタワ大学のAMSグループを中心に開催されることが決定した。



AMS13参加者の集合写真

会議報告

第4回 INCC (International Nuclear Chemist Chemistry Congress) と サンパウロ大学訪問

初川雄一 (日本原子力研究開発機構)

2014年9月14-19日にブラジル・サンパウロ市郊外の大西洋に面したビーチリゾート、マレシナスで開催された表記会議に出席した。

この会議はトルコ・IzmirにあるEge大学のÜnak教授の発案で2005年にトルコKusadasiで開催されたのち2008年にメキシコ・Cancun,

2011年にはイタリア・Sicilyで開催され、4回目の今回はIPEN(Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares)のMaria Vasconcelos博士のもとブラジルでの開催となった。

29ヶ国から約200の発表論文があった。参加者の中にはHevesy賞受賞者であるチェコのKucera教授やカナダのChatt教授、さらに米国NISTのZeislar博士やハンガリーのReyav博士など日本になじみのある方々が含まれている。

まず簡単にINCCについて述べる。INCS(International Nuclear Chemistry Society)という団体が組織されており、この会の主催者であるトルコのÜnak教授の強い指導力ものとINCS Newsという広報誌を年に4回ネット上で発行しながら、3年に一度INCCをINCSの総会として開催している。今回も木曜日の午後のセッションでINCSの総会が開かれ、この場で設立時より会長としてINCSを牽引してきたÜnak教授に代わって次の会長としてイタリア・ミラノ大学のGroppi教授が選出された。さらに次回(たぶん2017年)の開催地としてLapshina博士を世話人としてモスクワが選出された。

会議の内容は[教育][関連技術][分析][放射線][原子炉][放射線防護][環境・地球科学][放射線薬品学][核・放射化学]のセッションに分かれて核・放射化学に関する広範な分野に亘った発表が行われた。著者は加速器中性子RI製造に関する発表を行ったが、同じセッションでロシア・モスクワのグループによる陽子反応を用いたAc-225およびRa-223製造研究に関する発表が2

件あった。発表された内容は分離精製法開発に関するものであるが、すでに2Ci程度の製造を行っており海外でのRI製造研究の速さに驚いた。

他のセッションではIAEAのRadioisotope Products and Radiation Technology Section(RIRT)のU.Bhonsle博士がIAEAの核医学に関する取り組みについての紹介があった。この中でRI製造のほかに放射線薬品学のための人材育成プログラムや新しい標識化合物開発の推進プロジェクトについて紹介があった。またIAEAとしては低濃縮ウランによるMo-99生成を推進しているとのことである。

招待講演者として参加していたオーストラリア・ANSTOのJ.Bennett博士からOPAL炉におけるMo-99製造について情報を得た。低濃縮ウランの原子炉中性子による核分裂反応によるMo-99製造今後本格的に行ってゆく予定であることを確認した。

会議後に引き続き現地に留まりSao Paulo大学のCENA(Centro de Energia Nuclear na Agricultura; 農業原子力研究センター)と国立研究所であるIPEN(Instituto de Pesquisas Energeticas e Nucleares; 原子核・エネルギー研究所)の訪問を行った。CENAは農業研究へのRIおよび安定同位体を利用した研究をおこなっているSao Paulo大学農学部に属する研究所であり、サンパウロ市より北西150 kmほどのピラシカバ市内に位置している。訪問したElithabete Fernandes教授のグループではIPENの研究炉を用いた放射化分析により農業生産物の元素分析を行っており、一例として栄養素に富む新しい食品として期待されている果実「Pequi」の元素分析研究についての紹介があった。ブラジルは資源・農業大国でありこの分野での新たな作物などの分析研究などは原子力機構のJRR-3に設置されている即発ガンマ線放射化分析装置などを用

いた新しい分野への発展が期待できると感じた。サンパウロ市内のサンパウロ大学のメインキャンパスに隣接する IPEN では研究用原子炉に敷設されている RI 製造施設の見学を行った。Mo-99 はカナダ、アルゼンチン、南アフリカから輸入した Mo-99 を国内においては IPEN のみで取扱い Mo-99/Tc-99m ジェネレータを作成し国内の医療機関に頒布している。取扱量は週当たり 430Ci で、ジェネレータは週当たり 400 個ほどの出荷がある。現在サンパウロ市郊外に新しい研究炉の建

設が計画されておりその炉では低濃縮ウランによる Mo-99 の国内製造が計画されている。

最後に INCC 会議やその後に訪問した CENA や IPEN において多くの日系人研究が活躍されている姿に接することが出来た。お会いしたブラジル人研究者は日系人はブラジルにおける宝物のような存在であると語ってくれた。日本から遠く離れた地で同朋の活躍に接することが出来なにか誇らしく感じる事が出来た。



実行委員会の方々。中央の男性が Ünak 教授、右隣が新会長の Gropi 教授。

会議報告

The Fourth Joint Meeting of the Nuclear Physics Divisions of the American Physical Society and The Physical Society of Japan (Hawaii 2014)

笠松良崇 (大阪大学大学院理学研究科)

2014年の10月7日から14日という日程で、「第4回日米物理学会合同核物理分科会、The Fourth Joint Meeting of the Nuclear Physics Divisions of the American Physical Society and The Physical Society of Japan (Hawaii 2014)」がハワイ島のヒルトン・ワイコロア・ビレッジで開催された(写真1)。本会議は会議名に記載されている通り、日米の物理学会が合同で行っている核物理分野の分科会であり、4~5年に一度の割合でアメリカ合衆国のハワイで開催されてきた。今回が4回目の開催であった。本会議は核物理に的を絞った国際会議ではあるが、日米の物理学会が合同で開催しているということで、非常に多くの講演があり、セッションの種類だけでも以下のように

- Strangeness Aspects of Nuclear Physics
- Spin Structure and Parton Distributions
- Mesic Nuclei and Hypernuclei
- Ultrarelativistic Heavy Ions -Theory
- Ultrarelativistic Heavy Ions -Experiment
- Instrumentation
- 3D Imaging of the Nucleon
- Heavy Ion Reactions

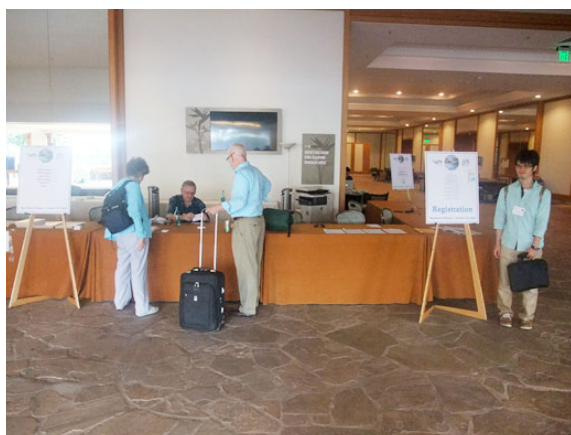


写真1 ヒルトンホテル内の学会会場

- Electromagnetic Interactions
- Theory Related to NN and Light Nuclei
- Frontiers of Gamma-Ray Spectroscopy
- Weak Processes and Symmetry Tests
- Nuclear Astrophysics
- Nuclear Theory
- Neutrino Physics
- Physics of Dense Gluon Systems
- Applications
- Physics Opportunities and Theory in Heavier Nuclei
- Hadron Physics and Lattice QCD
- Advances in Neutrino/Nuclear Physics
- Nuclear Structure of Neutron-rich Exotic Nuclei
- Ultracold Neutron Sources and Measurement
- Postdeadline Session
- Nuclear Structure
- Isotopes and Applications

多岐にわたっている上に、さらに19ものMini-Symposiumがこれらとは別に開催されていた。実際に、会場は大きなホールの他に15もの会議室を使用し、並行して講演が進められ、プログラムを見るだけでも混乱するほどであった。詳細に関しては下記サイトを参照していただきたい。

<http://web.mit.edu/lms/hawaii14/>

講演は、さすがに分野が幅広いため、特に筆者のような化学分野の者にとっては自分と馴染みのない分野の講演は難解極まるものであった。個人的に馴染みのある超重核に関するセッション「Mini-Symposium on Super Heavy and Heavy Elements」では、様々な実験と理論の研究発表を興味深く聞くことができた。特に印象に残ったのは、大掛かりな光子検出器を、質量分析器の下流に設置して実施された超重核の γ 線およびX線測定である(α 線との同時計数)。特にX線の

エネルギーからは、その核種の原子番号が決定できるため、新元素合成の証明手段として大きな意義を持つと期待されている。115番元素から続く α 崩壊鎖核種への分光測定の結果が報告され、特に109番元素Mtから107番元素Bhへの崩壊における γ 線、X線スペクトルの測定に成功したことが報告されていた。また、日本から参加されていた森田浩介先生（九州大学・理化学研究所）の講演もこのセッションで聞くことができた。113番元素の合成などのこれまでの成果に加えて将来計画の話も紹介され、非常に興味深かった。ただ、発表スライド中にたくさんの日本語が残っていて、最初は「急いでスライドを作成されたから残っていたのかな？」と思ったが、もしかしたら「日米合同なのだから、日本語が書かれていてもいいだろう！」というような、アメリカ人には負けない、というような一種の主張が込められているのかな？とも思った。あくまでも個人的な想像であるが。化学に関連する話としては、106番元素Sgのカルボニル錯体の話が紹介されていた。これは、実験自体は理化学研究所の大強度加速器を用いて行われたもので、日本の様々な機関との共同研究の成果である。以上のような比較的大きな研究課題の講演と共に、学生による新しい質量分析装置の開発の試みなどの新鮮な講演もあり、楽しむことができた。

筆者は、大阪大学の篠原研究室（大学院理学研究科化学専攻）から博士前期課程1年生の学生、重河優大君と共に二人で本会議に参加した。ホテルなどは京都大学原子炉実験所の大槻勤先生とご一緒させていただき、レンタカーの利用を含めて色々とお世話をいただいた。写真2に大槻先生の講演の様子を示す。3人ともに発表は最終日であり、学生の重河君もしっかりと筆者よりも綺麗な英語で発表し、質問にも精一杯答えていた。きっと彼にとって大きな経験になるとともにこの先の研究生活における貴重な財産になったのではないかと思う。講演後に興味を持っていたアメリカ人の方ともお話ができ、実りある会議であったと思う。懇親会は、ヒルトンホテルの敷地内の野外で開催された（写真3）。風が強かったが、ハワイの風を感じながらの食事は大変心地よかった。最初は、肉料理の大きさにテン

ションも上がったが、味は少し残念な感じであった。同じ金額を支払うのであれば、ホテルで美味しいステーキが2回食べられる、という事実で重河君と共に愕然としてしまった。ただ、アメリカに住んでいる日本人の先生と同席することができ、お互いに分野が異なるということで、新鮮な会話を楽しむことができ、その点に関しては懇親会に出席した意義があったと思う。日本物理学会の主催であるため、会議では、同じ大学の物理専攻の先生方や筆者が理化学研究所に在籍していた時の同僚など、たくさんの日本人研究者と合うことができ、核物理という分野は放射化学に近い存在であることを実感した。

会議以外の点に関しては、ハワイに行ったのは筆者にとって初めての経験であったため、溶岩が一面に広がるその景色に圧倒されてしまった。また、会場まではレンタカーで移動していたが、



写真2 大槻先生の講演



写真3 懇親会の様

筆者らが講演をする日にちょうどクロスカンントリーの大きな大会が重なってしまったために、主要な道路が封鎖されることが分かった時には、とても困惑してしまいました。講演の当日に、時間に間に合うかドキドキしながら、山道を通って遠回りをして会場に向かったことは強い印象として残っている。さらに、トラブルは続くもので、我々の帰国の飛行機（JAL）が台風の影響で大幅に遅れたことで（大槻先生の ANA は遅れなかった）、

関西国際空港からの交通手段がなくなり、ロビーのベンチで一夜を明かすことになってしまった。しかし、前日にハワイを経た飛行機のひとつは、機内で事件が起こってしまったために途中でハワイへ引き返すという事態に巻き込まれていたことを帰国後にインターネットニュースで知り、これに比べたら我々は幸福な方だったと安堵した。また機会があれば懇親会には申し込まずに参加したい会議である。

会議報告

Micro-Mini & Nano Dosimetry (MMND-2014) and International Prostate Cancer Treatment (IPCT-2014) Workshop (MMND-IPCT Conference 2014)

阪間 稔 (徳島大学大学院ヘルスバイオサイエンス研究部、大学院医歯薬学研究部)

2014年10月20日から25日、オーストラリア連邦の北東部に位置するクイーンズランド州の高級リゾート地であるポートダグラスにて、ウーロンゴン大学 (University of Wollongong) の放射線医学物理センター (Centre for Medical Radiation Center, CMRP, <http://eis.uow.edu.au/cmcp/index.html>) の主催で開催されました。Prof. Anatoly Rozenfeld は、本国際学会の大会長で、かつその放射線医学物理センター教授かつセンター長で、医学物理関係の研究分野において第一線の著名な研究者である。(特に、Medical Physics 論文誌には、彼の著書が多数掲載されている。) この国際会議は、大きく二分割での並行開催の形式を取っており、会議日程の前半 (Mini-Micro-Nano-Dosimetry, MMND-2014, 10月20-23日) ではマイクロ・ナノ線量計開発 (モンテカルロ・シミュレーション計算も含む、GEANT4が主流) に代表される放射線医学領域での理工学的研究要素から、会議日程後半 (International Prostate Cancer Treatment, IPCT-2014, 10月23-25日) では世界的に見ても癌の罹患率が非常に高い前立腺がんの放射線治療において、様々なモダリティー、体内留置型放射線治療や外部放射線治療などに関する展望や、それら放射線関連機器や線源に関わる品質管理の最前線の演者ならびにセッション構成となって、活発な議論が交わされた。この会議は、欧米諸国を中心に持ち回りで2~3年の間に1度で開催されている。今回、オセアニア地区での会議であり、学会参加人数は約400名前後でオーストラリア国内の大学や研究所、病院施設の研究者、ポスドク、大学院生、医師、看護師ら多数が出席していた。欧米諸国からの参加者は、アメリカ、スペイン、ドイツ、イタリア、カナダなどが主要であり、日本からの参加者数は少数であった。ウーロンゴン大学放射線医学物理

センターは、現在、放射線医学総合研究所とパートナーシップ協定を締結しており、放医研からの招待講演者として山谷泰賀氏 (分子イメージング研究センター生体イメージング技術開発研究チームリーダー) が、放医研のHIMAC 施設で研究開発が進んでいる粒子線治療におけるインビーム PET イメージングによる3次元線量評価システムの開発という革新的な研究を講演しており、日本の代表者として大きな存在感を示していた。

本国際会議でのトピックスは、以下のように区分されていた。

【MMND-2014, 20-23 October 2014】

- Theoretical and experimental micro- and nano-dosimetry
- Radiobiological models in hadron therapy
- Radiation detectors for mini- micro- and nano-dosimetry
- Nanoparticles in radiation therapy
- Radiation detection technology for dosimetry and imaging
- Radiation transport simulation
- Radiation damage in molecules
- Synchrotron Microbeam Radiation Therapy
- Space radiation dosimetry

【IPCT-2014, 23-25 October 2014】 Advanced treatment of prostate cancer,

- Comparison of : Brachytherapy and IMRT, IGRT, MRI Linac

本会議での中心的な存在である Rozenfeld 教授のご講演は力強く印象的であった。彼の講演発表の一つである “Advanced QA dosimetry for prostate treatment” では、体内留置型のヨウ素シード (I-125) 密封小線源永久挿入療法における in-vivo 状態での品質管理保証 (QA: Quality

Assurance) システム BrachyView を開発し、体内留置されたヨウ素シードの位置をオンラインで正確に判定でき、治療が計画通りに進捗しているかを統合的に管理できるシステムを構築している。今回、本学会に出席した主目的として、我々、徳島大学では産学官連携推進部による支援の下、シーズベースで培ってきた地域連携・医工連携の医療機器関連の実用化製品「ヨウ素シード品質管理測定システム Brachytherapy Seeds Quality Assurance System (BSQAS)」の産業展示ブースを本学会にて開設し、その開発製品の紹介と販売市場へ向けた宣伝であった。(図1の写真を参照) このブース展示の初日朝から多くの研究者や技術者、病院関連の医師や技師らが集まり、実機(プロトタイプ開発機器)を持ち込んでのデモンストレーションや装置説明を通じて、多くの方々に興味を持ってもらった。本学会に集まった参加者の多くは、ヨウ素シードの放射能強

度に関わる品質管理保証の重要性を認識していた。筆者は、このような自動化による品質管理測定システムの有用性に賛同してもらい、早々に導入されることへの期待感(多数の名刺交換の機会が得られたので)を感じ取った。

本学会開催が、南半球オーストラリアということあり、10月のポートダグラスは初夏のような気候でたいへん過ごしやすかった。連日、天候に恵まれて快適であった。ポートダグラスは基本的に高級リゾート地なので、これといった観光名所や史跡のようなものは無かったように感じられたが、その中でも唯一の観光名所として市街地の北東端に位置する展望台、フラッグスタッフヒル(Flagsstaff Hill)からのフォーマイルズビーチ(4 miles beach)の景観(図2)は、薫風の香りを受けてたいへん印象深く今でも目に焼き付いている。



図1 徳島大学の展示ブース



図2 フラッグスタッフヒルからのフォーマイルズビーチの景観

情報プラザ (国際国内会議)

国内会議

2015 日本放射化学会年会・第59回放射化学討論会

日時：2015年9月25日(金)～27日(日)

場所：東北大学川内北キャンパス

国際会議

MARC X-Methods & Applications of Radioanalytical Chemistry

日時：12-17 Apr, 2015

場所：Keauhou, Kona Hawaii, USA

9th Symposium on Targeted Alpha Therapy

日時：19-21 May, 2015

場所：Warsaw, Poland

ICRR 2015-15th International Congress of Radiation Research

日時：25-29 May, 2015

場所：Kyoto, Japan

TAN 15-5th International Conference on the Chemistry and Physics of the Transactinide Elements

日時：25-29 May, 2015

場所：Urabandai, Fukushima, Japan

ISRS2015-21st International Symposium on Radiopharmaceutical Sciences

日時：26-31 May, 2015

場所：Missouri, USA

Gordon Research Conference on Nuclear Chemistry

日時：31 May-5 Jun, 2015

場所：New London, United States

RAD 2015-Third International Conference on Radiation and Applications in Various Fields of Research

日時：8-12 June, 2015

場所：Budva, Montenegro

MTAA 14-the 14th International Conference on Modern Trends in Activation Analysis

日時：23-28 Aug, 2015

場所：Delft, The Netherlands

NAMLS 11-11th International Conference on Nuclear Analytical Methods in the Life Sciences

日時：23-28 Aug, 2015

場所：Delft, The Netherlands

Migration 2015-14th International Conference on Chemistry and Migration Behaviour of Actinides and Fission Products in the Geosphere

日時：12-18 Sep, 2015

場所：Santa Fe, New Mexico, USA

Pacificchem 2015-The 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies

日時：15-20 Dec, 2015

場所：Honolulu, Hawaii, USA

放射化学関連シンポジウム (編集委員会で選考) :

- Experimental and Theoretical Actinide Chemistry: From Fundamental Systems to Practical Applications(#42, Inorganic)

- (Organizers: John Gibson, Georg Schreckenbach, Tsuyoshi Yaita, Jun Li, Ping Yang)
- The Expanding Periodic Table: New Discoveries and Chemistry of the Heaviest Elements (#234, Inorganic)
(Organizers: Heino Nitsche, Yuichiro Nagame, Zhi Qin, Peter Schwerdtfeger, Christoph Duellmann, Andreas Tuerler)
 - Nuclear Probes in Nanoscale Characterization (#254, Inorganic)
(Organizers: Masashi Takahashi, Anita Hill, Virender Sharma, Junhu Wang, Kiyoshi Nomura, Yasuhiro Yamada)
 - Isotope Production-Providing Important Materials for Research and Applications (#363, Inorganic)
(Organizers: Dennis Phillips, Katherine Gagnon, Yuichi Hatsukawa)
 - Computational Modeling of d- and f-Block Chemistry: Challenges and Opportunities (#130, Physical, Theoretical & Computational)
(Organizers: Angela Wilson, Peter Schwerdtfeger, Kwang S. Kim, Zhenyang Lin, Tom Cundari)
 - Science with Beams of Radioactive Isotopes (#340, Physical, Theoretical & Computational)
(Organizers: Sherry Yennello, Krzysztof Starosta, Yuliang Zhao, Hiromitsu Haba)
 - Fukushima and Radiological Contaminated Environments World-wide: The Important Role of Environmental Chemistry and Radiochemistry in Remediation and Restoration (#374, Agrochemistry, Environmental, and Geochemistry)
(Organizers: Takayuki Sasaki, Heino Nitsche, Chunli Liu, Zenko Yoshida, Stepan Kalmykov, Linfeng Rao)
 - Radioactive Contaminants and Waste Management in the Environment (#390, Agrochemistry, Environmental, and Geochemistry)
(Organizers: Wooyong Um, Min-Hoon Baik, Ohnuki Toshihiko, Arokiasamy Francis, Daniel Kaplan)
 - Application of Luminescent Materials for Radiation Detection (#442, Materials & Nanoscience)
(Organizers: Keisuke Asai, Jian Zhang, Takayuki Yanagida, Safa Kasap)
 - Chemistry for Development of Theranostic Radiopharmaceuticals (#11, Bench to Bedside: Chemistry of Health Care)
(Organizers: D Scott Wilbur, Michael Adam, Paul Donnelly, Yasushi Arano, Jae Min Jeong, Xianzhong Zhang)
 - Chemistry of Molecular Imaging (#215, Bench to Bedside: Chemistry of Health Care)
(Organizers: Henry VanBrocklin, Gilles Tamagnan, Yasuhisa Fujibayashi, Len Luyt, Andrew Katsifis, Yearn Choe)
 - Non-canonical Approaches to ¹⁸F-labeling: New Frontiers in Stable Non-carbon-fluorine Bonds (#337, Bench to Bedside: Chemistry of Health Care)
(Organizers: David Perrin, Francois Gabbai, Fuyou Li)
 - Recent Advances in Microfluidics for Radiochemical Synthesis (#416, Bench to Bedside: Chemistry of Health Care)
(Organizers: Giancarlo Pascali, Yuji Kuge, Robert Michael van Dam)

IRPA 14-International Radiation Protection Association

日時 : 9-13 May, 2016

場所 : Cape Town, South Africa

NRC-9-9th International Conference on Nuclear and Radiochemistry

日時 : 29 Aug-2 Sep, 2016

場所 : Helsinki, Finland

学会だより

1. 日本放射化学会第66回理事会 [2013学会 年度第3回理事会] 議事要録抜粋

日時：2014年6月21日（土）13:00-15:45

場所：広島大学東京オフィス 408号室

出席者：[会長] 海老原、[副会長] 横山、[理事]
工藤、野村、榎本、田上、橋本、渡邊、佐々
木

欠席者：高橋、百島、鈴木、[監事] 村松、永井
オブザーバ：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、会計の報告がなされた。会員関係では、会員数等について報告があった。未納者対応として、引き続きメールによる直接の全額催促を行うことになった。会計関係では、HPの改定費用はAPSORC (proceedings費用)の余剰金で賄う予定である。
2. ネット委員会について：活動経緯について報告があった。APSORC proceedingsの発刊は一部査読対応の遅れにより遅延していることが報告された。
3. 討論会について：2015年度討論会（於 東北大学）については、現地委員長は関根勉氏を中心に準備が進められている。鈴木理事が現地委員との会合を行う予定である。
4. 学会賞について：締切期限を3月末日に延長したが、学会賞奨励賞ともに応募が無かったため、該当者なし、とすることとした。学会賞事務局理事を中心に理事会がより努力し、候補となりうる人材を検討することも今後重要であるとの意見が出された。今年度については、秋の学会までにジャーナル論文の論文賞を選定できるか、編集委員長に庶務担当から検討を依頼することとした。

5. 2013学会年度役員選挙について：事務局（庶務）から進行状況について報告があった。現在、投票用紙が各会員に送付されたところである。7月11日メ切の後、選挙管理委員会（百島理事）により開封作業が行われる。また、監事候補の選出経緯について推薦委員会委員長海老原会長から説明があった。

6. J-stage作業について：来年度からは正式に予算化する予定である旨、担当理事から説明があった。

7. その他：

- ・放射化学の事典について、会長より進捗報告がなされた。永日氏と共にAppendix作成などの作業を進めており、当初予定の秋の発刊を目指しているところである。

審議

1. 学会アンケート：

会員に対するメールアンケート結果について報告があった。各会員は様々な分野を向いているので、特定の方向性をもって学会をまとめるのは難しいことが、改めて明らかとなった。貴重な集計結果であるから次期理事会体制で役立てていただきたいとの意見があった。また、自由記述部分についても総括が必要である。総会前に次号の和文誌放射化学の発刊があれば、結果を掲載したい。編集委員長に打診する。

2. 編集委員会：

編集委員会規定・投稿規則修正の議案についての説明があった。規定の第1、5、6条の変更は承認された。（末尾付則のカッコ内の変更事項の文言は担当理事に提案（メール回議要）してもらうこととする。2014年6月25日付で施行）第3条については、投稿数も多いわけではないので、2年交代は大変ではないか。意見集約が必要であるとの意見が出された。そ

のため、次回理事会にて編集長を編集委員長に変更する理由、および任期3年を2年とする理由について、改めて担当理事からの説明を求めることとし、保留とした。投稿規則は提案どおりで承認された。投稿の手引きについては、編集委員会で今後議論していただくこととした。注:和文誌「放射化学」発行規定、和文誌「放射化学」投稿規則、および和文誌「放射化学」投稿の手引き参照。

和文誌「放射化学」編集委員会の2014学会年度(9月から)のメンバー案が紹介され、了承された。

3. 役員選挙:

今回の役員選挙に先立ち設置された次期役員推薦委員会、推薦候補のリストアップ、推薦委員会内での候補者絞込みのために行った選挙の経緯が説明された。現行のプロセスにそぐわない箇所について修文を行う旨の説明がなされた。具体的には、役員の選出方法に関する規定の第3、5、6、10条の改定、および役員選挙管理委員会内規の第3、5、6条の改定について提案があり、承認された。ネット委員会より会則HPの変更を行うこととする。

4. 2014学会年度AS契約:見積もり案について起案され、承認された。

以上

2. 日本放射化学会第67回理事会 [2013学会年度第4回理事会] 議事要録抜粋

日時: 2014年9月10日(水) 15:00-17:40

場所: 名古屋大学年代測定総合研究センター
セミナー室

出席者 [会長] 海老原、[副会長] 横山、[理事] 工藤、榎本、田上、橋本、渡邊、鈴木、[監事] 永井

欠席者: 野村、佐々木、高橋、百島、[監事] 村松

オブザーバ: 中西、酒井、坂口、間柄、羽場、末木

*委任状提出: 佐々木

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、会計の報告がなされた。会員動向へ質問や意見があった。学生会員が多く入会しているが、この時期独特なのか? 永年会員について会員係がチェックしたのか。毎回とは言わないが、チェックしてほしい。永年会員は何歳からか(75歳~)等。
- メール回議について: 報告案件なし。
- ネット委員会について: 状況報告とネット委員会の委員変更について説明があった。委員の交代が予定されており、次期理事会に任せる。ネット委員会委員の任期が明確ではない。他の雑誌の委員会は任期がある等の意見が出された。
- その他: ①放射化学の辞典(海老原)。出版社の方で作業が滞っており、出版が延期になっているが、引き続きフォローしていく。②懸案事項についての説明が求められた。-会の存続・活性化に向けての説明が副会長からあった。詳細については放射化学誌に記載。個別コメントについては、後ほど理事会向けにまとめたファイルを送信することになった。③総会において配布する資料の追加について(会長)-意見交換が行われた。

審議

1. 総会について:

会長報告(理事の担当紹介、発行雑誌関連紹介、懸案事項、論文賞)および、会計・庶務報告がなされ、承認された。外部委託費が45万円組まれているのは高すぎるのではないかとの意見に、隔年で選挙費が含まれている。理事が変更されるとやりとりで少しロードが増えることを見込んで高めに設定した。なお、来年は選挙がない、との回答があった。また名誉会員・永年会員の推薦状況について質問が出された。推薦は無く、副会長から理事会がウォッチして適切に推薦することになったことが紹介された。

- 討論会参加資格の覚書: 来年度より有効とする。当初、賛助会員は総会にも出席できることとする。としていたが、賛助会員に1票与

えるということか?との質問があり、実際には会則には学生会員と正会員に選挙権があると記載されていることから、定足数をどうするのか?という議論になったが、会則を変えず、「賛助会員は議決権がない。オブザーバとして参加していただく。」ということとなった。変更案は後ほど再提出されるが、この変更で了承された。

討論会と年会の関係について：状況としては、討論会を現地委員会にほぼ全てお願いしてしまっている。これまで通り独立性があった方が良いのではというスタンスのため、名前が並列している(会長)。ただしある程度、学会が関与していくべきではないか?、ダブルネームである必要性がない。理事会からも参加しているのは事実だが、現地に主導権があるようにしておきたい。これらの意見については、次の理事会で引き続き議論することとした。

3. 討論会への補助について：①補助金の決定と支払い、②要旨集の補助について説明があった。会員は1冊無料。欠席者に対しては、会員については無料、但し送料有料とする。共催学会員については出席者については正会員並みとし、共催学会員については無償で後日送付することはしない。
4. 2016年討論会について：まず2015年討論会について：現地委員会より、会場の都合があり総会を中日に設定して良いかとの質問があり、了承された。引き続き、要旨集は電子版で良いのではないかと、次回の年会から採用できるかとの質問について、いろいろな意見が出た；ホームページから要旨をダウンロードできるとよい。一定数の冊子体(簡易製本)は必要ではないか、賛助会員が必要ではないか。これらについてはすぐに決定することが困難であるので(会長)、次期理事会へ持ち越し審議とした。2016年討論会については、九州、北海道、北陸、四国等(徳島大、九州大、新潟大が候補)を候補とし、とりあえず、徳島大へ打診することになった。
5. その他：
補助事業について 超アクチノイド国際会議：

申請書は海老原会長に提出済み(開催は来年5月末)。審議を行ったところ、規模から考えて申請通りの金額(10万円)を支出することで了承された。

編集委員会規定(継続)：担当理事欠席につき保留とした。

以上

3. 第16回日本放射化学会総会 報告概要

日時：2014年9月12日(金) 13:00-14:05

場所：名古屋大学工学部 IB 電子情報館

出席者数 86名、議長委任 118名

会則の規定により会長が議長となり、議事が進められた。

- 1) 会長報告
- 2) 2013学会年度事業報告及び決算(案)
- 3) 会計監査報告
- 4) 2014学会年度事業計画及び予算案
- 5) 2014-2015年度役員選出

1~5について、総会資料に従って報告された。会場からの質疑は無かった。議決事項について拍手をもって承認された。

6) その他

海老原会長から、懸案事項及び会の活性化についての説明があった。

会費改正について、学会の財政状況は危機的状況を脱していると認識している。その中で、年会要旨集の無料配布をやめたのであれば、会費の値下げを継続議論してほしい。また、学会年度についても、現状はデメリットも多いので、学会年度変更についても継続議論してほしい。会の活性化に関して、10-20年後を考えたときに福島関連はサイエンスを意識する必要があるのではないかと、今から考える必要がある。若手が主体となるのも重要である一方バランスは必要であり、次期理事会はそういう構成になっていると思う。

横山副会長から、会の存続・活性化に向けてのシンポジウム及びアンケート結果についての報告があった。会の設立当時の状況と変わっているので、若手をパネラーとして、今後どうしたらよいかについて、シンポジウムを実施した(2013

年9月25日)。その結果を受け、アンケートを実施した結果について、和文誌「放射化学」に掲載した。具体策については、今後の検討課題である。

会場からは以下のような意見が出された。(1) Sr-90の分析マニュアルについて、放射化学会からも改訂版に向けての動きをしてほしい。(2) 年会のセッション分類についての再考や、座長に若手を起用してはどうか。(3) JNRSの福島特集号はいつ出るのかとの質問に対して、木村編集委員長から、投稿数が少なく、特集号を出せる状況ではないため、積極的に投稿してほしい旨の回答があった。田上次期編集委員長からも同様のコメントがあった。

最後に中西次期会長から、会の活性化をいかに図るかが、重要な課題と認識している。検討していきたい旨の挨拶があった。

以上

4. 日本放射化学会第68回理事会 [2014学会年度第1回理事会] 議事要録抜粋

日時：2014年9月12日（金）16:30-17:00

場所：名古屋大学東山キャンパス工学部IB電子情報館 実行委員控室 (IB012)

出席者：[会長] 中西、[副会長] 工藤、[理事] 間柄、坂口、橋本、羽場、鈴木、大槻、酒井、[監事] 永井、末木

欠席者：長尾、佐々木、高橋

オブザーバー：関口

*委任状提出：なし

報告 なし

審議

総会について：

担当理事および今後の活動について議論された。主な内容は以下の通りである。

- ・理事担当については、会計とネット・広報を除き、現在の理事はもう1年担当を続け、1年後の別紙の理事へ繋ぐこととした。（詳細はHPを参照して下さい。）
- ・会員からの声を反映する理事宛てサイトを設

ける（これからは広報の役割が大である）。

- ・アカデミックスクエアの会員情報を再確認する。
- ・次回年会での要旨集などの方式については実行委員長に一任する。オブザーバとして理事会に出席することを依頼した。
- ・英文ジャーナルのインパクトファクターを付ける（若い人からの要望多い）。データ集を載せる場合にもDOIを取得できるようにする。
- ・他学会との関係を模索する。
- ・福島事故関連の論文だけでなく、データ集を出したい。
- ・学会賞の応募の促進を図ることについて、今後検討する。

5. 本放射化学会第69回理事会 [2014学会年度第2回理事会] は、2014年12月13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。

6. 会員動向（平成25年8月～平成26年1月） 新規入会（正会員）

氏名	所属
該当者なし	

新規入会（学生会員）

氏名	所属
小松原健太	明治大学大学院理工学研究科 応用化学専攻放射化学研究室
清水 弘通	金沢大学理工学域物質化学類 放射化学研究室
白井 香里	新潟大学理学部化学科核化学 研究室
中川 真結	金沢大学理工学域物質化学類 放射化学研究室
樋渡 瑞幹	信州大学大学院教育学研究科 理科教育専修化学第I（村松） 研究室
水飼 秋菜	茨城大学理学部理学科化学 コース

村上 拳冬	金沢大学理工学域物質化学類 放射化学研究室
本山 李沙	新潟大学理学部化学科核化学 研究室
山田 亮平	新潟大学理学部化学科核・放 射化学研究室

所属変更（個人会員）

氏名	所属
坂口 綾	筑波大学数理物質系化学域ア イソトープ環境動態研究セン ター
沼田 守	日揮（株）第3事業本部
北川 潤一	高エネルギー加速器研究機構 放射線科学センター
吉村 崇	大阪大学ラジオアイソトープ 総合センター
関根 勉	東北大学高度教養教育・学生 支援機構教育内容開発部門
馬場 祐治	日本原子力研究開発機構福島 研究開発部門
青山 道夫	福島大学環境放射能研究所
金井 豊	産業技術総合研究所地質調査 総合センター
親松 和浩	愛知淑徳大学人間情報学部
林 巧	日本原子力研究開発機構核融 合研究開発部門トリウム工 学研究グループ

和田 彩佳	独立行政法人産業技術総合研 究所計測標準研究部門無機分 析科無機標準研究室
永目諭一郎	日本原子力研究開発機構先端 基礎研究センター
間柄 正明	日本原子力研究開発機構原子 力基礎工学研究センター原子 力化学ユニット分析化学研究 グループ
谷津由香里	金沢大学大学院自然科学研究 科物質化学専攻

退会（個人会員）

氏名	氏名
泉 雄一	大澤 孝明
小川 幸次	加藤 正明
佐藤伊佐務	清水 健彦
高橋 正人	立花 優
田中 知	

退会（賛助会員）

社名・団体名
セイコー・イージーアンドジー（株）

○ 2013 学会年度 (2013 年 9 月 1 日 - 2014 年 8 月 31 日) 決算

収入の部

単位 (円)

項目	予算	収入	差額 (収入 - 予算)	備考
個人会費	2,100,000	2,439,000	339,000	
賛助会費	1,250,000	2,150,000	900,000	2012,2013 年度分
雑収入	150,000	147	-149,853	利息
前年度繰越金	2,987,211	2,987,211	0	
収入合計	6,487,211	7,576,358	1,089,147	

支出の部

単位 (円)

項目	予算	支出	差額 (予算 - 支出)	備考
討論会補助金	200,000	200,000	0	第 58 回討論会
要旨集 (学会誌) 補助	500,000	500,000	0	APSORC13(2013)
出版事業費	1,360,000	1,191,917	168,083	
事務費	10,000	0	10,000	会議費、事務通信費等
「放射化学」印刷費	1,200,000	1,022,201	177,799	放射化学 28 号、29 号
発送費 (送料、封入作業費等)	150,000	75,216	74,784	送料、封入作業費等
J-stage 用 pdf 化費用	0	9,450	-94,500	
会議費	530,000	230,223	299,767	旅費、会場費等
理事会	450,000	230,223	219,767	旅費、運営費
委員会等	80,000	0	80,000	
研究会等補助	200,000	100,000	100,000	環境放射能研究会、夏の学校等
核化学夏の学校	0	50,000	-50,000	
環境放射能夏の学校	0	50,000	-50,000	
事務局経費	750,000	470,447	279,553	
事務費	100,000	31,412	68,588	
選挙関係	180,000	0	180,000	(一部外部委託費に含む)
外部委託費用 (会費、会員管理)	450,000	429,635	20,365	会員名簿整備、会費請求等
通信費	20,000	9,400	10,600	切手、送金手数料等
ネットワーク管理運営費	22,000	23,760	-1,760	プロバイダ費用 (年払い)
学会賞	55,000	45,255	9,745	
楯	40,000	37,800	2,200	
表彰状印刷、額縁	15,000	7,455	7,545	
共催金	5,000	0	5,000	
合計	3,622,000	2,761,612	860,388	
繰越残高	2,865,211	4,814,746		

銀行預金次年度繰越金

(内訳)

普通預金

4,814,746 円

三井住友銀行

1,729,688 円

ゆうちょ銀行

3,084,191 円

現金

867 円

定額預金

(内訳)

基金（黒田基金 40 万円を含む）	2,809,543 円
記念事業分	627,099 円
基金（斎藤基金）	300,213 円
預金合計	8,551,601 円

○ 2014 学会年度（2014 年 9 月 1 日 - 2015 年 8 月 31 日）予算

収入の部

単位（円）

項目	2013 学会年度	2014 学会年度	差 額	備 考
個人会費	2,100,000	2,100,000	0	
賛助会費	1,250,000	1,200,000	-50,000	(賛助会員数減少)
雑収入	150,000	150,000	0	バックナンバー、寄付等
前年度繰越金	2,987,211	4,814,746	1,827,535	
収入合計	6,487,211	8,264,746	1,777,535	

単位（円）

項目	2013 学会年度	2014 学会年度	差 額	備 考
討論会補助金	200,000	200,000	0	2015 学会年度年会 (2015)
要旨集補助	500,000	500,000	0	2014 学会年度年会 (2014)
出版事業費	1,360,000	1,435,000	75,000	
事務費	10,000	10,000	0	事務通信費等
雑誌印刷費	1,200,000	1,250,000	50,000	放射化学 30 号、31 号
発送費 (送料、封入作業費等)	150,000	150,000	0	送料、封入作業等
J-stage 用 pdf 化費	0	25,000	25,000	
会議費	530,000	530,000	0	旅費、会場費等
理事会	450,000	450,000	0	
委員会等	80,000	80,000	0	
研究会等補助	200,000	200,000	0	夏の学校等
事務局経費	750,000	570,000	-180,000	
事務費	100,000	100,000	0	封筒印刷等
選挙関係	180,000	0	-180,000	(選挙隔年のため)
外部委託費用 (会費、会員管理)	450,000	450,000	0	
通信費	20,000	20,000	0	切手、送信手数料等
ネットワーク管理運営費	22,000	24,000	2,000	プロバイダ費用
学会賞	55,000	55,000	0	2014 年度学会賞
楯	40,000	40,000	0	
表彰状印刷、額縁	15,000	15,000	0	
共催金	5,000	5,000	0	
予備費	2,865,211	4,745,746	1,880,535	
支出合計	6,487,211	8,264,746	1,777,535	

「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。また別刷りは作成しない。

(原稿料)

第13条 編集委員会の依頼による論文については原稿料を支給することがある。

(著作権)

第14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。

(本規則の改定)

第15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、2013年1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、実費を著者負担とする。なお、論文誌 web サイト公開用の PDF 版のみ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、受け付けずに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

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/nyukai/shubetsu.html>

放射化学 第31号

平成27年(2015年)3月31日発行

編集

日本放射化学会編集委員会(放射化学担当)

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)

発行

日本放射化学会

出版・広報担当理事：高橋嘉夫

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

日立アロカメディカル株式会社

キャンベラジャパン株式会社

クリアパルス株式会社

サンゴバン株式会社

大栄無線電機株式会社

株式会社千代田テクノル

東京ニュークリア・サービス株式会社

東北ニュークリア株式会社

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

富士フイルム RI ファーマ株式会社

株式会社ラボラトリ・イクイップメント・コーポレーション

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

独立行政法人 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

北海道電力株式会社

東北電力株式会社

中部電力株式会社

中国電力株式会社

九州電力株式会社



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

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/>

原子力機構は、福島環境回復(オフサイト)や原子炉廃止措置(オンサイト)に向けた技術開発等に取り組んでいます

オフサイトでの取り組み

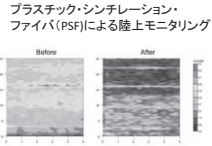
モニタリング・マッピング



航空機モニタリング



PSFによる測定の様子



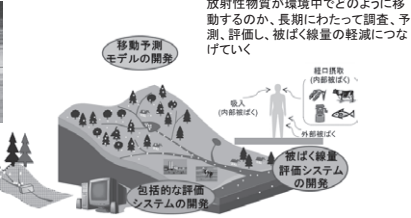
測定結果

プラスチック・シンチレーション・ファイバ(PSF)による陸上モニタリング

福島長期環境動態研究プロジェクト(F-TRACE)

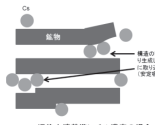


ダム調査

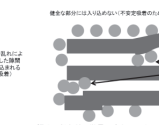


放射性物質が環境中でどのように移動するのか、長期にわたって調査、予測、評価し、被ばく量の軽減につなげていく

放射性セシウムの特殊な吸着挙動を解明



汚染土壌基準レベル濃度の場合



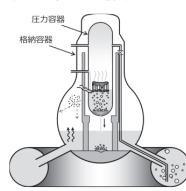
網や目利などの微量元素と同レベル濃度の場合

放射性セシウムの吸着挙動メカニズムを解明し、土壌中の放射性セシウムの効率的な除染活動に寄与する

オンサイトでの取り組み

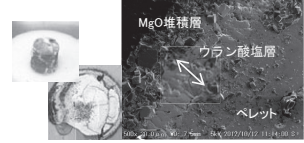
廃止措置等に関する研究開発

原子炉の内部の状態を把握するための研究



事故後の原子炉のイメージ図

熔融固化した燃料(燃料デブリ)の取り出しに向けた研究



海水塩とともに加熱した模擬デブリペレット

福島県に、「遠隔操作機器・装置の開発実証施設」及び「放射性物質の分析・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。

遠隔操作機器・装置の開発実証施設 完成予想図

試験棟

- 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

放射性物質の分析・研究施設 装置等のイメージ

研究管理棟

速い機能を有するセル

ICP-AES分析装置・グローブボックス 質量分析装置

- 燃料デブリや放射性廃棄物の性状把握、処理・処分技術等の開発
- 中長期的視点での人材育成
- 国際共同研究、海外人材の受入



独立行政法人日本原子力研究開発機構

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49

TEL: 029-282-1122 (代表)

ホームページ: <http://www.jaea.go.jp>



環境放射能、安定同位体比等の分析専門機関です

① 環境放射能に関する分析



セシウム137などのガンマ線放出核種、トリチウム、炭素14、クリプトン85、ストロンチウム90、キセノン133、トリウム、ウラン、プルトニウムなど、あらゆる放射能の分析を行います。

相互比較分析

放射性核種を添加し作製した標準試料等を、分析機関と日本分析センターが分析し、結果を比較検討しています。



② 精度管理

技能試験

玄米を微粉砕して調製した試料を用いて玄米中放射性セシウム分析の技能試験を定期的に実施しています。



③ 環境放射能分析研修

環境放射線モニタリングや食品の放射能分析の担当者を対象とした研修を行います。その他にご要望に応じた研修にも対応可能です。



ISO9001 認証取得 (2000年) ISO/IEC17025 認定取得 (2002年)
ISO/IEC27001 認証取得 (2009年) ISO14001 認証取得 (2010年)
JCSS[放射線、放射能、中性子]登録 (2010年)

JCAC 公益財団法人
Japan Chemical Analysis Center 日本分析センター

問合せ先

公益財団法人 日本分析センター 企画・総務部
<http://www.jcac.or.jp> e-mail 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～

- 放射線影響等に関する知識の普及
- 放射線影響等に関する調査研究
- 放射線影響等に関する調査研究に対する奨励助成、顕彰
 - ICRP調査・研究連絡会の運営
- 原子力施設等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
 - 除染従事者等の被ばく線量の一元的な登録管理
 - 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
- 放射線業務従事者の登録データを用いた低線量長期間被ばくによる健康影響の調査

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」、専門書等の刊行
- ・ 「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はじめました(放射線取扱主任者講習修了証が発行されます)
- ・ 原子力人材育成のための研修の実施
- ・ 教員免許状更新講座
- ・ 原子力・放射線に関する研修会の企画・開催支援

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

敵し、

みやこ

メイトナイズ。



原子力発電所、原子燃料サイクル施設などの管理、保安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＞

- 原子力発電関連施設、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
 - 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
 - 放射線管理
 - 作業環境測定
 - 放射性汚染除去
 - 機器販売、同体販売、モニタ販売 など
 - フィルター交換
 - 各種工事
 - 機器販売、同体販売、モニタ販売 など
 - 加温器運転



株式会社アトックス

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

本社：〒108-0014 東京都港区芝4-11-3 芝7コートビル TEL (03)6758-9000 FAX (03)3453-3821
東京営業所：〒108-0014 東京都港区芝4-11-3 芝7コートビル TEL (03)6758-9005 FAX (03)3453-3822
中部開発センター：〒277-0861 千葉県柏市高田1201 TEL (04)7145-3330 FAX (04)7145-3649
● 放射線管理 東京営業所 TEL (029)282-1662 ● 大洗営業所 TEL (029)282-1331 ● 東京営業所 TEL (04)7141-1321
● 放射線管理 大阪営業所 TEL (06)6384-6730 ● 神戸医療事業オフィス TEL (078)599-6851 / 北海道事業所 TEL (0955)52-3241

AccuFLEX LSC-8000

HITACHI
Inspire the Next

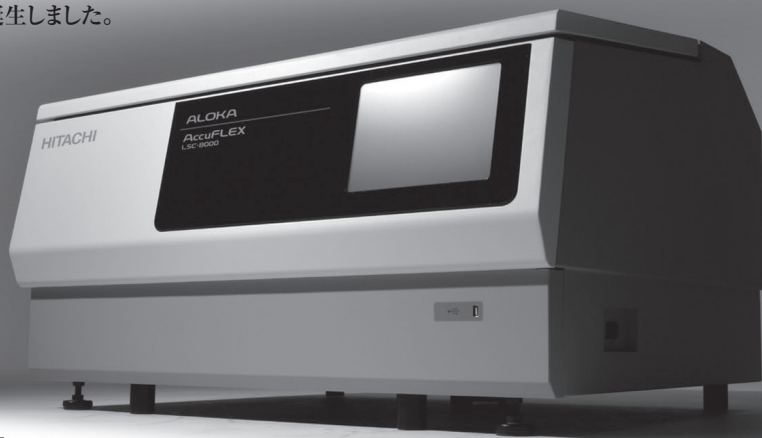
ALOKA
illuminate the change

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。



 日立アロカメディカル株式会社

〒181-8622 東京都三鷹市牟礼 6-22-1 計測システム営業部 0422-45-5131

www.hitachi-aloka.co.jp

札幌営業所 (011)722-2205 六ヶ所営業所 (0175)71-0811 仙台支店 (022)346-9520 新潟営業所 (025)241-8171 水戸支店 (029)255-1811 福島営業所 (024)555-6401
名古屋営業所 (052)805-2660 福井営業所 (0776)43-1480 掛川営業所 (0537)29-7010 大阪支店 (06)4861-4888 松山営業所 (089)969-6811 高松営業所 (087)866-6012
広島支店 (082)292-0019 松江営業所 (0852)25-5649 鳥栖営業所 (0942)87-9111

キャンベラジャパンの放射能測定システム

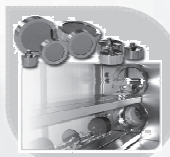
放射線測定の基礎から応用まで
広範で卓越した製品を提供しています。



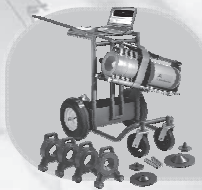
ゲルマニウム半導体検出器



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



ISOCSTM :
ガンマ線分析システム



FASTSCAN™ :
ホールボディカウンタ


CANBERRA
キャンベラジャパン株式会社

放射線測定における世界的リーディングカンパニー

東京本社 東京都台東区浅草橋4-19-8 浅草橋ビル 〒111-0053 TEL: 03-5835-5402
大阪営業所 大阪市淀川区西中島5-14-5 コッセイ新大阪南口ビル9F 〒532-0011 TEL: 06-4806-5662
URL: <http://www.canberra.com/jp/> E-mail: sales-jp@canberra.com

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

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



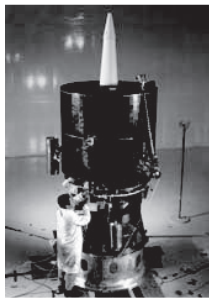
80110型プリアンプ



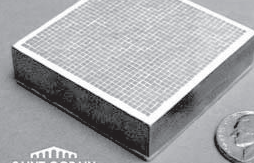
80112型MPX



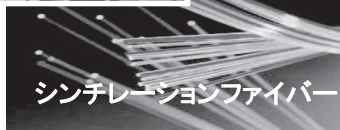
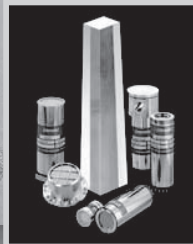
LYSO、LaCl₃、LaBr₃、NaI、CsI、BGO、CdWO₄、ZnS、YAG ...
 プラスチック、ファイバー、液体シンチレータ、アレイ状シンチレータ、
 ライトガイド、GM管、比例計数管、³He検出器等
 サンゴバンは、素材からプローブ・特殊用途まで、
 グローバル・スタンダードな最高品質のシンチレータを提供いたします。



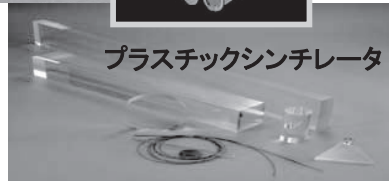
イメージング用アレイ



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

(担当 渡辺)

WISSO | メスバウア用測定装置システム

低価格でPCとMCS/PHAモジュールでメスバウア簡単測定
CMCA-500/550
 IBM PC/AT用メスバウア測定MCAモジュール

【特徴】

- MCSモード
- 外付ADCモジュールなしでPHA測定可能 (CMCA-550のみ)
- MCS [window] モードで外付SCAモジュールなしで、設定されたエネルギー範囲のパルスのみをメスバウアデータとして取得可能 (CMCA-550のみ)
- Windows用プログラムWISSOFT2003 (標準添付) で、パソコン制御
- バックグラウンドでデータ取得可能
- 外部電源なしでデータを保持
- インターフェース USB/RS-232C

【仕様】

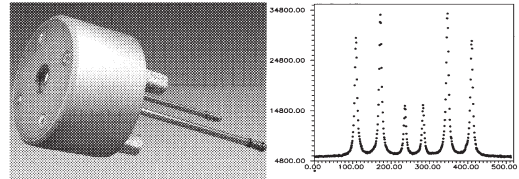
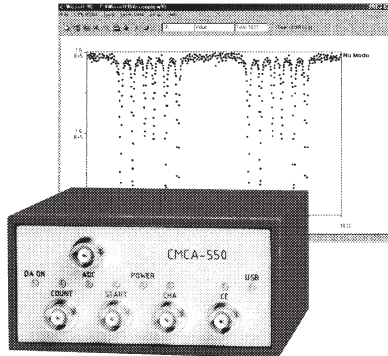
入力: COUNT, START, CHA, COUNT ENABLE, ADC (CMCA-550のみ)

MCS部:

- ・最大カウント周波数 > 100MHz
- ・チャンネル数 最大8192ch
- ・最大チャンネルアドバンス周波数 約500kHz

ADC部 (CMCA-550のみ):

- ・変換ゲイン 8kch
- ・完全デジタルピーク検出
- ・サンプリング周波数 48MHz



RiKon-5 CEMS Detector

【特徴】

- 測定温度範囲 100K~室温
- 入射γ線方向 0°~60°可能
- サンプルの交換が簡単
- 薄いフィルムや表面層の試験に相当
- 箔、粉末、結晶などのサンプルの測定が可能
- 優れたSN比、高いカウントレート
- 優れたエネルギー分解能
- 低温でもガスフローを保証
- ガスフローを維持すれば、長期の測定に相当
- X線測定も可能

NORMOSパッケージ:

メスバウアFittingプログラムSITE、DIST (SITE、DIST個々のご注文も承ります)

日本総代理店

DMD 大栄無線電機株式会社

〒101-0021 東京都千代田区外神田3-10-10
 ☎03-3255-0931(代) FAX03-3255-9869
 E-mail sales@daiei-dmd.co.jp



個人線量測定サービス

お客様の安全と安心に貢献します

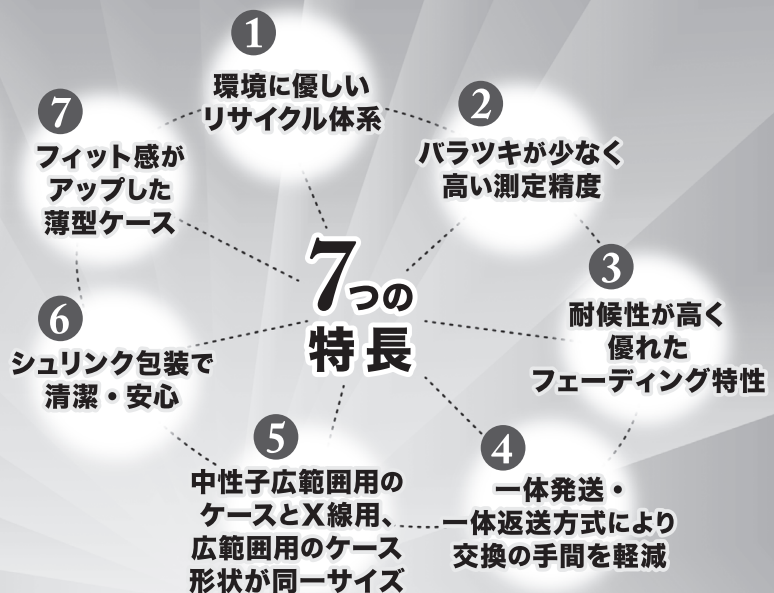
ガラスバッジモニタリングサービス



ガラスバッジ



ガラスリング



株式会社 **千代田テクノ** 営業部 <http://www.c-technol.co.jp>

〒113-8681 東京都文京区湯島1-7-12 千代田御茶の水ビル TEL 03(3816)1163 FAX 03(5840)6038

ガラスバッジ 検索

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

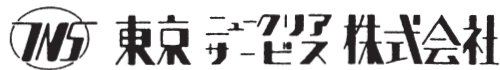
- 環境物質の分析
- 環境物質の挙動解析
- トレーサ試験
- 解体廃棄物の物理特性試験

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
 つくば開発センター：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



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 大阪府西区新町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

ALARA

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・土木工事業/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

 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
RI排水管理システム
出入管理システム
非密封RI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

FUJIFILM

いのち その“生命”のいとなみを探る

“からだ”は、小さな宇宙に例えられます。
この小宇宙に、大切な“生命”のいとなみを求めて、
私たちは宇宙船を飛ばします。

探る、診る、治す の視点から、ラジオアイソトープのエキスパート
として、明日の医療の可能性を考えています。

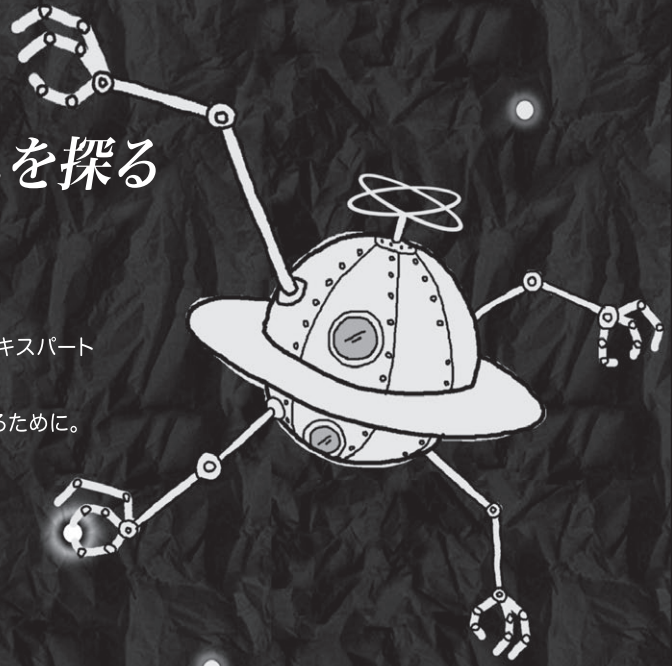
それは、患者さん一人ひとりの大切な“生命”を輝かせるために。

私たちは、富士フィルムグループの総力を結集して
医療と健康に貢献してまいります。

診断用の
放射性医薬品

治療用の
放射性医薬品

造影剤



富士フィルム RIファーマ株式会社

資料請求先：〒104-0031 東京都中央区京橋2-14-1 兼松ビル TEL.03(5250)2620
ホームページ：http://fri.fujifilm.co.jp

www.labo-eq.co.jp



ADC500

変換方式
コンバージョンゲイン

逐次比較型 15 μ sec 固定
512,1024,2048,4096

MCA510

MCA メモリ
カウント容量
インターフェイス

4kch
32bit / ch
10/100 Mbps Ethernet

MCA520

MCA / MCS メモリサイズ
カウント容量
Dwell time
インターフェイス

4kch
32bit / ch
10sec ~ 90sec
10/100 Mbps Ethernet

2100C / MCA



ADC 8kch
ウィルキンソン方式 150MHz
MCA / MCS メモリサイズ 8kch
Windows98 ~ XP 対応ソフトウェア

NT24-DUAL

- マルチパラメータ MCA -
(陽電子消滅測定等に)



ADC 15 μ sec 固定
GAIN 4096ch
MCA 4096ch (最大 8 台)
2 パラメータ表示 1024 \times 1024
時間情報を付加してのリストモード測定
WindowsXP 対応

(株)ラボラトリ・イクイップメント・コーポレーション

TEL 029-821-6051

FAX 029-821-6054

E-mail nonaka@labo-eq.co.jp

〒300-0034 茨城県土浦市港町 1-7-3

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