

ISSN 1345-2754

放射化学ニュース 第17号

日本放射化学会

2008年3月

放射化学ニュース

第 17 号

平成 20 年 (2008 年) 3 月 31 日

目次

特集 (2006-2007 年度日本放射化学会学会賞・奨励賞)

学会賞 (学会賞選考委員会)	1
学会賞受賞者による研究紹介	
低エネルギー核分裂における変形経路の解明に関する研究 (中原弘道)	3
奨励賞 (奨励賞選考委員会)	9
奨励賞受賞者による研究紹介	
古文書・古筆切の放射性炭素年代測定 (小田寛貴)	11
アクチニドおよびランタニド水酸化物錯体の生成挙動に関する 熱力学的研究 (佐々木隆之)	13

解説

天然水中のラジウム同位体 (佐藤 純、齊藤 敬、中野 (太田) 朋子)	14
---	----

放射化学討論会

2007 日本放射化学会年会・第 51 回放射化学討論会報告 (奥野健二)	24
第 52 回放射化学討論会 (中島 覚)	25

分科会だより (原子核プローブの化学分科会)

⁵⁷ Fe メスバウア分光で“見た”シリコン中の微量鉄不純物 (吉田 豊)	27
--	----

歴史と教育

ネットワークによる原子力教育の新しい試み (長谷川信、中西 孝、 藤井靖彦、小高知宏)	29
--	----

時過ぎて

立川圓造博士を偲んで (吉田善行)	36
斎藤信房先生を偲んで (富永 健)	38

施設だより

日本分析センター (岸本武士)	40
-----------------------	----

研究集会だより

1. 第44回アイソトープ・放射線研究発表会 (石川陽一)	43
2. 第46回核化学夏の学校 (関本 俊)	43
3. 第12回放射化分析の最近の動向に関する国際会議 (MTAA-12) (海老原充)	44
4. 3 rd International Conference on the Chemistry and Physics of the Transactinide Elements (TAN07) (豊嶋厚史)	44
5. International Conference on the Applications of the Mössbauer Effect 2007 (ICAME2007) (久富木志郎)	45
6. 平成19年度京都大学原子炉実験所専門研究会「原子核プローブ生成とそれを用いた物性研究Ⅲ」(秋山和彦)	46

情報プラザ

1. International Workshop on Materials & Life Science using Nuclear Probes from High-Energy Accelerators (Sakura Workshop)	48
2. Second International Nuclear Chemistry Congress (2 nd -INCC)	48
3. 11th International Conference on Muon Spin Rotation, Relaxation, and Resonance (μ SR 2008)	48
4. Seventh International Conference on Nuclear and Radiochemistry (NRC-7)	48

学位論文要録	49
--------------	----

学会だより

1. 日本放射化学会第35回理事会 [2006-2007年度第4回理事会] 議事要録	57
2. 日本放射化学会第36回理事会 [2006-2007年度第5回理事会] 議事要録	58
3. 特許法第30条等に基づく学術団体に関する指定について	59
4. 第9回日本放射化学会総会報告	59
5. 会員動向 (平成19年8月~平成20年1月)	65
6. 日本放射化学会入会勧誘のお願い	66
7. オンラインジャーナルとホームページの運営について	68
8. Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences (日本放射化学会誌) への 投稿について	69
9. Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences (日本放射化学会誌) 投稿の手引き	69
10. 日本放射化学会会則	70

特集 (2006-2007 年度学会賞・奨励賞)

学会賞・木村賞 (日本放射化学会学会賞選考委員会)

中原 弘道氏 (東京都立大学名誉教授)

受賞題目: 低エネルギー核分裂における変形経路の解明に関する研究

中原弘道氏に2006-07年度学会賞・木村賞を贈ることが、学会賞選考委員会での選考および本会理事会での承認を経て決定し、平成19年9月24～26日に開催された2007日本放射化学会年会・第51回放射化学討論会において、学会賞・木村賞の授与式が執り行われた。以下に対象となった研究業績の概要を紹介する。

その業績は、アクチノイドの陽子誘起核分裂機構の研究における二つの核分裂モードについて実験的に検証したものであり、核分裂機構の定量的理解に迫る貴重な成果である。

核分裂は原子力エネルギーにおける最も基本的な現象の一つであるが、複雑な変形過程を経由して分裂していくため、多くの実験的、理論的研究にもかかわらず、核分裂に至る質量分割機構の定量的理解はいまだ不十分である。このような背景のもとに、同氏はアクチノイドの陽子誘起核分裂の系統的研究を放射化学的手法や、物理的な飛行時間測定法を駆使して精力的に進め、核分裂生成物の質量収率とその励起エネルギー依存性、角度分布、運動エネルギー分布、核分裂片からの中性

子放出数などのデータを取得し、核分裂における二つの変形経路の存在を初めて実証した。さらに軽いアクチノイドから重いアクチノイド核に至る広範な領域での対称、非対称核分裂過程の系統的な考察から、アクチノイド領域における核分裂を二つの核分裂モードで統一的に理解できる可能性を示し、核分裂機構の解明に貢献している。

それに加えて、核反応機構、重核の核壊変、即発ガンマ線放射化分析法の研究、金属内包フラーレンの研究、核壊変をプローブとした超微細構造研究、新核種の探索など放射化学分野において広範な先導的研究を展開している。この過程で、課程博士13名、論文博士11名を指導し、本学会の学会賞受賞者2名、奨励賞受賞者2名を研究室出身者から輩出している。また、国際的には、IUPAC委員、新元素命名に関する認定委員、さらには多くの国際学会での諮問委員を務めるなどわが国の放射化学研究の国際化に大きく貢献するとともに、国内においては、本学会の設立、さらには初代会長として学会運営の基盤を築くなど、その功績は多大なものがある。

特集 (2006-2007 年度学会賞・奨励賞)

学会賞 (日本放射化学会学会賞選考委員会)

小村 和久氏 (金沢大学環日本海域環境研究センター)

受賞題目: 極低レベル放射能測定の実現と環境放射能研究への新展開

小村和久氏に2006-07年度学会賞を贈ることが、学会賞選考委員会での選考および本会理事会での承認を経て決定し、平成19年9月24～26日に開催された2007日本放射化学会年会・第51回放射化学討論会において、学会賞の授与式が執り行われた。以下に対象となった研究業績の概要を紹介する。

その業績は、石川県小松市にある旧尾小屋鉱山のトンネル内(水深270m相当)に、微弱放射能測定拠点として、「超低バックグラウンド」放射能測定室を構築し、極低レベル放射能測定による環境放射能研究において、他の追随を許さない多くの成果を挙げていることである。すなわち、この測定施設の実現によって、放射能測定におけるバックグラウンドを大きく低下させることができた。その結果、従来の測定では全く見えなかったレベルの現象を検出できるようになり、数々の新しい現象を観測し報告していることである。

原爆中性子線量再評価に際しては、広島の実地から1km以遠の ^{152}Eu の実測値と計算値との不一致が長年の課題であったが、尾小屋での超低バックグラウンド測定により、実測値と計算値が爆心から1.4km地点までほぼ完全に一致することを明らかにし、「原爆放射線被ばく線量再評価(DS02)」の策定に多大な貢献をした。また、この超低バックグラウンド測定により、環境中性子

捕獲反応により生成する種々の放射性核種を発見し、通常の測定では困難な水中、金属中での中性子分布を明らかにしたほか、青森県六ヶ所村の環境中性子評価、宇宙飛行士の被ばく評価など社会的貢献も大きい。さらに、1-2時間間隔での大気中放射性核種の変動解析、雨水中の半減期1日以下の複数の宇宙線誘導放射性核種の同時測定成功、原爆被ばく試料中の $^{108\text{m}}\text{Ag}$ (半減期418年)の発見と新しい原爆中性子評価への応用、宇宙線誘導放射性核種 ^{22}Na (半減期26年)を用いた琵琶湖湖水の滞留時間の測定、落下直後の隕石中の宇宙線誘導放射性核種の測定と ^{28}Mg 、 ^{57}Ni の発見、日本海海水中のRa同位体、 $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比の季節変動の解析など、超低レベル放射能測定技術を駆使した高感度・高精度測定を実現し、放射化学の一つの方向性を確立した。また、JCO臨界事故発生時には、社会的要請に応え環境影響を評価するための調査班をいち早く組織し、その中心的役割を果たしている。

このように、小村和久氏は一貫して低レベル放射能に関する研究と測定法の開発に取り組み、究極の微弱放射能測定施設を構築し、他の追随を許さない研究業績を挙げている。これらの業績が放射化学関連分野の発展に果たした役割は極めて大きい。

学会賞・木村賞受賞者による研究紹介



低エネルギー核分裂における変形経路の解明に関する研究

中原 弘道（東京都立大学名誉教授）

はじめに

この度、日本放射化学会の学会賞・木村賞を頂く栄誉に浴し、大変に恐縮しております。私は、学部3-4年生の時に東京大学理学部化学教室の斎藤研究室（斎藤信房教授）にて放射化学という学問分野と出会い、大学院の時には、米国マサチューセッツ工科大学大学院の無機・核化学研究グループに所属して、核分裂研究の一端を勉強しました。それ以来帰国してから、京都大学工学研究所の西研究室（西朋太教授）、新潟大学理学部の無機化学研究室（外林武教授）、東京都立大学理学部の村上研究室（村上悠紀雄教授）といろいろな大学において優れた先生方のお世話になりましたが、この間約40年に亘り一貫して核分裂メカニズムの理解に努めてまいりました。そして、幸いにも多数の優秀な大学院生の博士学位のお世話をさせて頂きました。核分裂のテーマに限れば、学位授与者は6名ですが、核と核外電子との相互作用に関するテーマでは5名、噴気ガス中のラドン・トロン及び炭素-14 (^{14}C) 測定 of テーマで1名、その他重アクチノイド核種のアルファ壊変のテーマで1名、金属内包フラーレンの研究で2名の諸氏が私の共同研究者として、若きエネルギーと情熱を注いで下さったことに感謝しております。

此処では、先ずわたしども東京都立大学グループの研究をご紹介しながら、核分裂メカニズムの理解が現在どこまで進んでいるかを説明します。そして、最後にこれからの課題について述べます。

Two-mode fission の研究 - experimental verification and characterization of two-mode fission

我々のグループは、1954年にTurkevichとNiday [1] によって提唱された two-mode fission

の実験的な検証とその性質を調べる研究を1980年頃から約20年間に亘って地道におこなってきた。その成果を以下に箇条書きして、その意義を簡単に説明する。なお、two-mode fission が広く認知されるようになったのは、荷電液滴模型に殻構造を組み入れる Strutinsky 法 [2] が開発されて、二つの核分裂経路 (two-fission paths) の存在が理論的にも予言されるようになってからである。それまでは、実験データを説明、理解するための working hypothesis として認知されていたに過ぎない。

(1) 対称質量分割生成物と非対称質量分割生成物とが異なる角度分布を示すことを確認した [3]。図1にその結果を示す。この実験データは、対称と非対称質量分割がそれぞれ異なる saddle (transition state) を経て起こることを実験的に検証したことになる。即ち、ウランやトリウムの原子核が分裂する方向に変形する際に 2種類の saddle point (鞍部点) が存在し、どちらの saddle point を経由するかによって原子核が対称に分裂するか非対称に分裂するかが決まることを示している。2種類の saddle point の存在は、後に Möller ら [4] によって、図2に示すごとく理論的にも明確に示された。

(2) 核分裂片の質量数 $A = 128-134$ 領域の核分裂片の運動エネルギー (TKE: total kinetic energy) 分布には、同じ質量数の分裂片であっても2つの成分が存在することが分かった [5]。即ち、対称質量分割生成物の TKE は低く、非対称

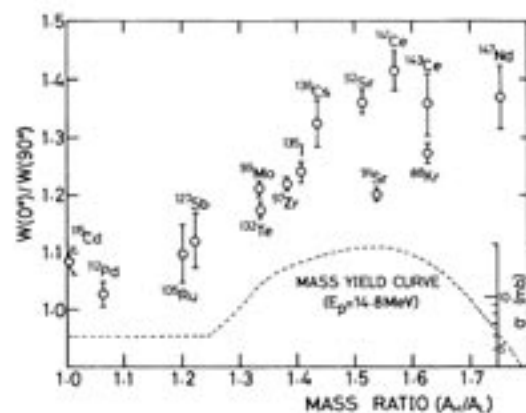


図1 ^{232}Th の 15MeV 陽子誘起核分裂における分裂片の角度分布。点線は質量収率曲線を示す [3]。

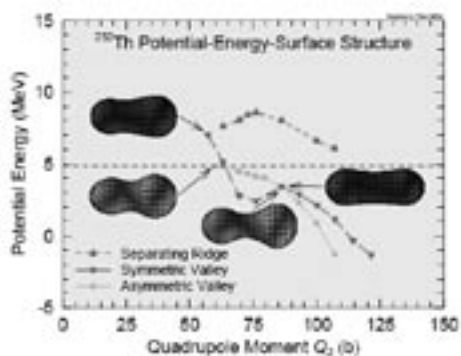


図2 液滴模型に殻構造を組み入れて計算したポテンシャルエネルギーの谷と二つの谷を隔てる尾根の変化を分裂核の変形度の関数で示してある。saddle から scission までの経路を線で結んであるが、2つの saddle と 2つの変形経路の存在が明らかである [4]。

質量分割生成物のそれは高い。核分裂片の TKE は、主として分裂する際のクーロン反発エネルギーに起因すると考えられるので、TKE はいわゆる scission point (切断点) の形状 (変形の度合い) を反映する。従ってこの実験により、対称質量分割過程での scission は十分に伸びているのに反して、非対称質量分割ではあまり変形しないでコンパクトな形状であることが分かった。即ち、原子核が2つにちぎれる瞬間の形状には、大きく分けて2種類存在することが示された。これによって核分裂の変形に伴うポテンシャルエネルギー面 (potential energy surface) の変化に2種類の核分裂に至る谷 (fission valley) が存在することが示唆された (図2参照)。

(3) 陽子誘起の核分裂を ^{233}U から ^{243}Am まで詳細に調べて軽アクチノイド核の対称質量分割と非対称質量分割のそれぞれの核分裂障壁 (fission barrier) の差を分裂する核の原子番号 Z と中性子数 N の関数として求めた [6, 7]。この研究は、2つの saddle (fission barrier height) が分裂する親核の陽子数と中性子数にどのように影響を受けているのかを知る目的で成された。図3にその結果を示す。この図は同じ核分裂核、例えば Np であっても、中性子数が少ない核種の核分裂では対称質量分割の割合が多くなることを示している。この分裂核種の中性子数に核分裂の様相が大きく依存することは、Hoffmann らによって重アクチノイ

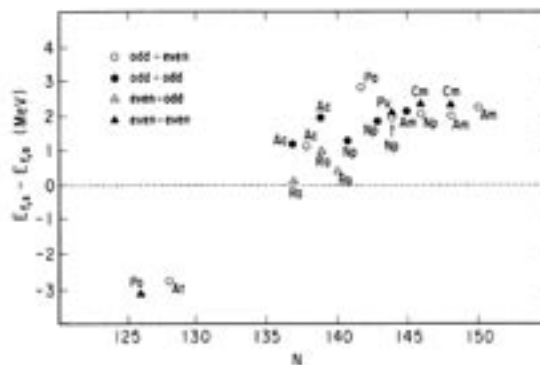


図3 対称質量分割と非対称質量分割との核分裂障壁の差を分裂核の関数として示す [7]。

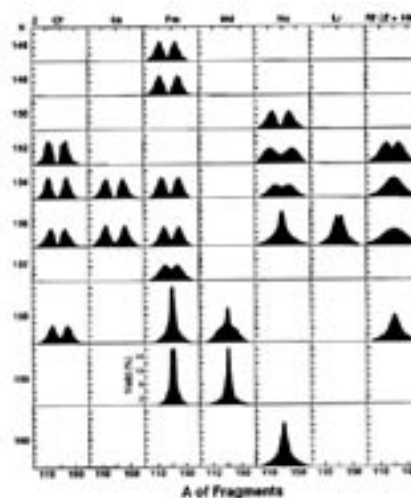


図4 重核の自発核分裂における質量収率曲線の原子番号、中性子数依存性 [8]。

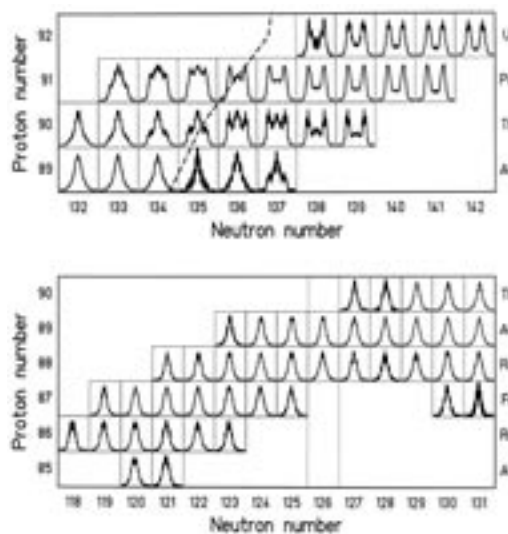


図5 プレアクチノイド、アクチノイド核分裂における質量分割の分裂核中性子、陽子数依存性 [9]。

ド核種の自発核分裂においてきわめて明瞭に示された(図4) [8]。さらに後になって、ドイツ重イオン研究所(GSI)のSchmidtらによって、広範なプレアクチノイド(pre-actinides)やアクチノイドの核分裂についても明確に示された(図5) [9]。

(4) (2) で述べた2種類の運動エネルギー(TKE)の各成分の励起エネルギー依存性を調べた。これにより、上記の変形過程において saddle から scission までに独立した二つの paths があることを実験的に示すことができた [10]。すなわち、軽アクチノイドの核分裂では、高い fission barrier を超える path は長く伸びて scission point に至り対称質量分割する。他方、低い fission barrier を経る path では、核はコンパクトにくびれて scission に至り、質量は非対称に分割されることが分かった。この様子を図6に示す。

(5) 一つの大きな核が変形して行って、二つの分裂片にちぎれる際 scission point の変形の度合いをこれまでに発表されているいろいろな核分裂系の運動エネルギー実験値から求めてみた。ここでは変形の度合いを次のように β と定義した。

$$\beta = (\text{実験的に TKE から求まる二つの分裂片の電荷中心間の距離}) / (\text{二つの球形核が接している場合の電荷中心間の距離})$$

驚くべきことに広範なアクチノイド核分裂系において、非対称質量分割では、 $\beta_{\text{asym}} = 1.53 \pm 0.02$ (図7) で対称分割では $\beta_{\text{sym}} = 1.65 \pm 0.03$ (図8) となった [11,12]。一方、重アクチノイド核種の自発核分裂で観測された bimodal fission [13, 14]

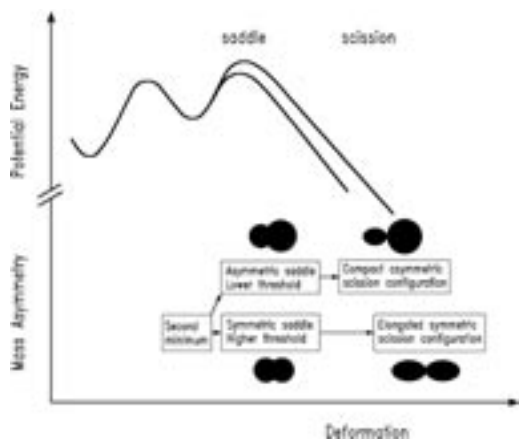


図6. 軽アクチノイドの低エネルギー核分裂における二つの核分裂経路の模式図 [10]。

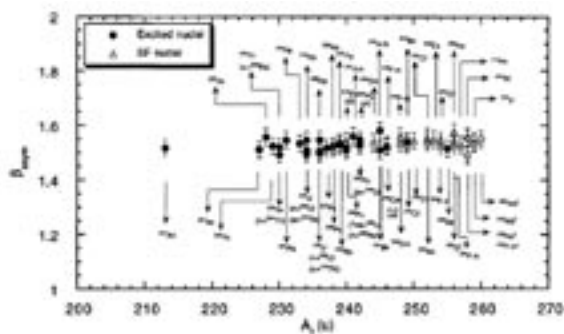


図7 非対称質量分割における scission point の変形度 β_{asym} の核分裂核質量数依存性 [12]。

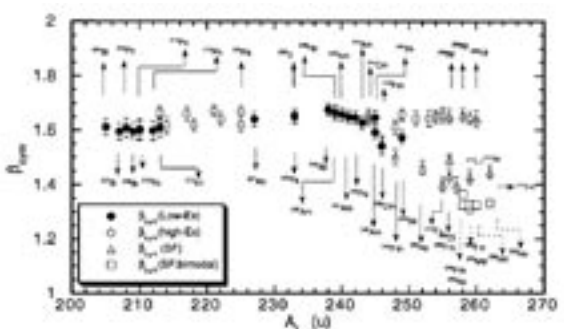


図8 対称質量分割における scission point の変形度 β_{sym} の核分裂核質量数依存性 [12]。

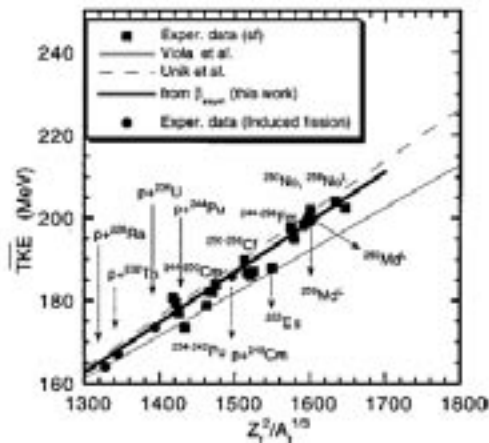


図9 核分裂片の運動エネルギー(TKE)に関する Viola の系統性と非対称質量分割生成物の運動エネルギー [12]。

の高エネルギー成分では $\beta_{\text{spher.sym}} = 1.33$ であった。この結果は浅野らの理論計算でも再現され [15]、そして古くから知られていた TKE に関する Viola の系統性 [16] は、図9のように書き換えられることになった [12]。

(6) 二つの分裂の仕方では運動エネルギーが大きく異なるため、それぞれの変形過程で生成される分裂片から放出される中性子数も異なってくる。非対称分裂片から放出される中性子数の分裂片質量数依存性は Terrell [17] のよく知られた saw-tooth 型になるが、対称質量分割生成物領域の中性子数放出数については良く分かっていなかった。しかし、対称分裂片の質量数依存性(勾配)は非対称分裂片のそれとほぼ同じで、 $A=100$ 辺りでゼロであるが、 $A=130$ 近傍では 3.4 と大きくなることが分かった (図 10) [18]。

まとめとこれからの課題

上述の研究成果から、低エネルギー核分裂には、2つの fission barrier が存在し、重アクチノイド領域では3種類の fission valley が存在することが明確になってきた。核の殻構造を考慮した最近の理論計算によれば、核変形に伴うポテンシャルエネルギー変化が作るポテンシャル面を良く調べると、fission barrier の変形より少し変形が進んだくらいので既に分裂後に生成する核の殻構造が影響を与え、その後の変形に伴うポテンシャル面の fission valley の形成に寄与することが分かってきている [19]。このような static なポテンシャルの理論計算の結果は、上記の我々の実験結果とよく符合する。即ち、図 2 の Möller らの計算が示す如く 2つの fission barrier が存在し、浅野らの two-center shell model の計算で示されたように、Fm ($Z=100$) の同位体の核分裂では、3種類の fission valley が存在する (Zhao らの系統的考察 [11] と一致する) ことがわかった。ウラン、トリウム領域の核分裂では、2種類しか存在しない。即ち、two-mode fission である。この2種類の fission barrier と複数の fission valley という核分裂の描像は Brosa らの理論的予言 (asymmetric fission barrier は supershort と standard I の scission にいたるが、symmetric fission barrier は superlong の scission に導くという理論) とも符合する [20]。なお、Brosa らの supershort は、 $Z=100$ の Fm 領域では、symmetric fission barrier を経由する対称分裂になる。Fm 領域の核分裂では、asymmetric fission barrier を経由して standard I にいたる核分裂と symmetric fission barrier を経

由して supershort と superlong に至る核分裂の3種類が観測されるので、multi-mode fission が起こっているとも言える。

近年、超重元素の製造が進み、現在では 111 番元素まで承認され、さらに 118 番元素までの合成が報告されている。これら元素の核種の安定性については、いろいろと理論計算があるが、特に、中性子数の多い同位体は自発核分裂で壊変すると予測されている (図 11) [21]。それらの核分裂の運動エネルギー分布がどのようになるのか、また質量収率分布は1つ山か2つ山かなどについては、理論的な予測も無いので上記の結果を

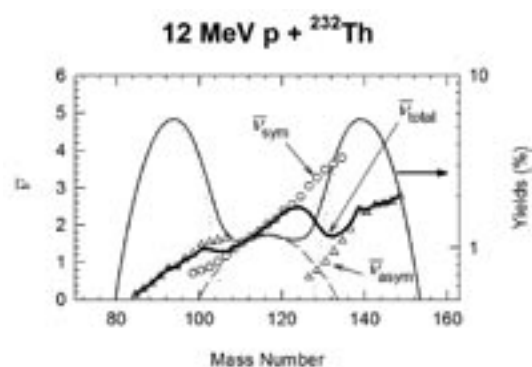


図 10 核分裂片から放出される平均中性子数の分裂片質量数依存性 [18]。

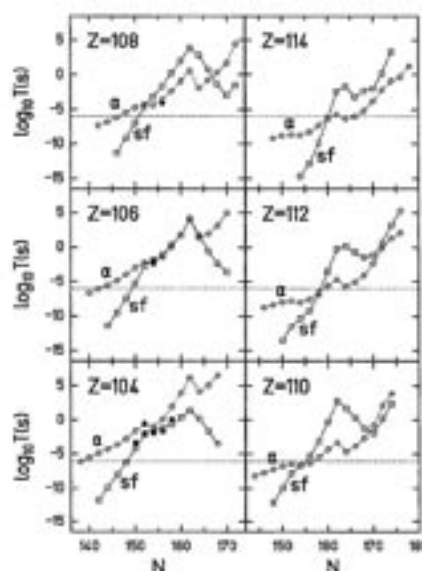


図 11 自発核分裂ならびに α 壊変半減期の予測値と核種の中性子数の関係 [21]。点線は 1 マイクロ秒の半減期を示す。

外挿して推測する以外は、全く分からない。pre-actinides やアクチノイド領域で得た核分裂についての我々の知見が超重核領域の自発核分裂についても適応できるのか、また、重核に特有な16極変形 hexadecapole deformation がどのように核分裂変形に影響するのか、また、我々に馴染み深い、核分裂生成核の $N=88$ の deformed shell (質量収率曲線の $A=140$ に非対称分裂のピークを作る) が、超重核領域の核分裂でも影響して、質量収率曲線のピークを支配的に形成するのか、Hulet や Hoffman ら [13, 14] が発見した symmetric fission に於ける supershort のチャンネルはどのくらいの重核で消滅して、液滴的な superlong のチャンネルのみに戻るのか、また、どのような新しい fission valley が生まれてくるのか、などいろいろと調べるべき点が多い。また、短半減期の自発核分裂現象を多く観測できるので、自発核分裂 (dynamical な barrier penetration) に関する理論的な理解も進むものと期待される。それに伴って、pre-actinides やアクチノイド領域での fission dynamics の理論計算も進歩すると期待される。

なお、本稿を書き終えるにあたって、日本原子力研究開発機構・先端基礎研究センターの永目論一郎博士に心からの感謝を述べたい。上記の(2)から(6)までの成果は総て永目グループとの共同研究で得られた成果であり、彼のグループが開発した二重飛行時間測定装置 (double TOF system) でのみ初めて得ることが出来た実験結果であることを申し添えておきたい。

参考文献

- [1] A. Turkevich and J. B. Niday, *Phys. Rev.* **84**, 52 (1951) .
- [2] V. M. Strutinsky, *Nucl. Phys.* **A95**, 420 (1967), *ibid.* **A122**, 1 (1968).
- [3] H. Kudo, Y. Nagame, H. Nakahara, K. Miyano, and I. Kohno, *Phys. Rev. C* **25**, 909 (1982).
- [4] P. Möller, D. G. Madland, A. J. Sierk, and A. Iwamoto, *Nature*, **409**, 785 (2001), 私信 .
- [5] T. Ohtsuki, Y. Nagame, H. Ikezoe, K. Tsukada, K. Sueki, and H. Nakahara, *Phys. Rev. Lett.* **66**, 17 (1991).
- [6] T. Ohtsuki, Y. Hamajima, K. Sueki, H. Nakahara, Y. Nagame, N. Shinohara, and H. Ikezoe, *Phys. Rev. C* **40**, 2144 (1989).
- [7] T. Ohtsuki, H. Nakahara, and Y. Nagame, *Phys. Rev. C* **48**, 1667 (1993).
- [8] M. R. Lane, K. E. Gregorich, D. M. Lee, M. F. Mohar, M. Hsu, C. D. Kacher, B. Kadkhodayan, M. P. Neu, N. J. Stoyer, E. R. Sylwester, J. C. Yang, and D. C. Hoffman, *Phys. Rev. C* **53**, 2893 (1996).
- [9] K.-H. Schmidt, S. Steinhäuser, C. Böckstiegel, A. Grewe, A. Heinz, A. R. Junghans, J. Benlliure, H. -G. Clerc, M. de Jong, J. Müller, M. Pfützner, and B. Voss, *Nucl. Phys.* **A665**, 221 (2000).
- [10] Y. Nagame, I. Nishinaka, K. Tsukada, Y. Oura, S. Ichikawa, H. Ikezoe, Y. L. Zhao, K. Sueki, H. Nakahara, M. Tanikawa, T. Ohtsuki, H. Kudo, Y. Hamajima, K. Takamiya, and Y. H. Chung, *Phys. Lett.* **B387**, 26 (1996).
- [11] Y. L. Zhao, I. Nishinaka, Y. Nagame, M. Tanikawa, K. Tsukada, S. Ichikawa, K. Sueki, Y. Oura, H. Ikezoe, S. Mitsuoka, H. Kudo, T. Ohtsuki, and H. Nakahara, *Phys. Rev. Lett.* **82**, 3408 (1999).
- [12] Y. L. Zhao, Y. Nagame, I. Nishinaka, K. Sueki, and H. Nakahara, *Phys. Rev. C* **62**, 014612 (2000).
- [13] J. P. Balagna, G. P. Ford, D. C. Hoffman, J. D. Knight, *Phys. Rev. Lett.* **26**, 145 (1971).
- [14] E. K. Hulet, J. F. Wild, R. J. Dougan, R. W. Lougheed, J. H. Landrum, A. D. Dougan, M. Schädel, R. L. Hahn, P. A. Baisden, C. M. Henderson, R. J. Dupzyk, K. Sümmerer, G. R. Bethune, *Phys. Rev. Lett.* **56**, 313 (1986).
- [15] T. Asano, T. Wada, M. Ohta, T. Ichikawa, S. Yamaji, H. Nakahara, *J. Nucl. Radiochem. Sci.* **5**, 1 (2004).
- [16] V. E. Viola, K. Kwiatkowski, and M. Walker, *Phys. Rev. C* **31**, 1550 (1985).
- [17] J. Terrell, *Phys. Rev.* **127**, 880 (1962).
- [18] I. Nishinaka, Y. Nagame, H. Ikezoe, M. Tanikawa, Y. L. Zhao, K. Sueki, and H.

- Nakahara, Phys. Rev. C **70**, 014609 (2004).
- [19] H. C. Pauli and T. Ledergerber, in *Proceedings of the Third International IAEA Symposium on the Physics and Chemistry of Fission*, Rochester, 1973 (IAEA, Viena, 1974), Vol. I, p. 463.
- [20] U. Brosa, S. Grossman, and A. Müller, Phys. Rep. **197**, 167 (1990).
- [21] R. Smlanczuk, J. Skalski, and A. Sobiczewski, Phys. Rev. C **52**, 1871 (1995).



特集 (2006-2007 年度日本放射化学学会賞・奨励賞)

奨励賞 (日本放射化学会奨励賞選考委員会)

小田 寛貴氏 (名古屋大学年代測定総合研究センター 助教)

佐々木 隆之 (京都大学大学院工学研究科原子核工学専攻 准教授)

おだ ひろたか
小田 寛貴氏

所属：名古屋大学年代測定総合研究センター助教
受賞題目：古文書・古筆切の放射性炭素年代測定

^{14}C 年代測定法は放射化学における同位体利用の一つであるが、地球科学、考古学、歴史学など広い分野で利用され、社会的にも大きな波及効果をもたらす重要な手段である。加速器質量分析法の登場により、古文書や古教典などの歴史時代の資料についても、 ^{14}C 年代測定を行うことが原理的に可能となった。しかし古文書や古教典の ^{14}C 年代が、それらが書写された年代と一致するか否かという点が問題となる。小田寛貴氏は、このような観点から、書風や奥書・記述内容などから書写年代が判明している古文書・古経典などについての ^{14}C 年代測定を系統的に行い、 ^{14}C 年代測定によって古文書・古経典の書写年代を判定することが実質的に可能であることを示した。

さらに小田寛貴氏は上記の研究成果の上に立ち、年代の明かでない和紙資料に着いても ^{14}C 年代測定を行った。特に古筆切と呼ばれる古写本の断簡についての測定である。平安・鎌倉時代に書写された物語や家集の写本で、完本の形で現存しているものは極めて稀である。それ故、古筆切歯、断簡とはいえ、稀少な写本の内容や筆跡を伝えるものであるが、その美しい筆跡を手本とした後生の臨書や、掛け軸にするために作成された偽物なども多く含まれている。こうした問題を有する古筆切に焦点を当て、 ^{14}C 年代測定によって書写年代を求めることで、潜在的なものであった古筆切の史的価値を決定し、歴史時代研究にも貢献する成果を得ている。

よって、小田寛貴氏の業績と将来性は奨励賞に値するものと認められた。

ささき たかゆき
佐々木 隆之氏

所属：京都大学大学院工学研究科原子核工学専攻
准教授

受賞題目：アクチニド及びランタニド水酸化物錯体の生成挙動に関する熱力学的研究

アクチニドや核分裂生成物のうち水溶液中で高原子価状態をとる元素は、加水分解反応により水酸化物錯体を生成し、さらに多核錯体や無定形のコロイドへと成長することが古くから知られている。これら錯体の熱力学的安定性に関する研究は多くの研究者によりなされてきたが、例えば4価金属イオンの単核加水分解種の溶解度積として報告されている値の間には数桁以上のバラツキが見られる場合があり、どの値が採用されるべきか議論が分かれるところである。この問題は、例えば放射性廃棄物処分の数万年以上に及ぶ長期安定評価において不確実性の増大につながるため、長半減期核種の熱力学データの信頼性向上が強く望まれている。佐々木隆之氏はこの状況を打破するため、水溶液内における4価金属イオンについて、見かけの溶解度の精密な測定手法を提案すると共に、多核錯体やコロイドの生成が溶解度に及ぼす影響を解釈するモデルを提案した。また、加水分解種を構成する中心金属イオン、及び水酸化物イオン等を剛体球として扱う半経験的なモデルを用い、多核錯体のそれを解析的に推定した。そして、これらの検討の結果として推定される溶解度は、安全評価に置いて特に重要な中性pH域での実験値を大きく下回ることから、実験で得られる溶解度は単核錯体によるものではなく、微小なコロイド種等を含むために過大解釈されている可能性があることを示唆した。

佐々木隆之氏はさらに、溶解度に及ぼす生物の影響についても検討した。有機酸存在下での溶解

度の予測には多様な化学構造を有する有機酸と金属イオンとの錯安定性の体系的な解釈が不可欠である。これら有機酸錯体の安定度定数を、配位子構造および官能基の系統性、類似性を考慮し、溶

媒抽出法により取得するとともに、安定度定数を整理するモデルを提案した。

よって、佐々木隆之氏の業績と将来性は奨励賞に値するものと認められた。



奨励賞受賞者による研究紹介



古文書・古筆切の放射性炭素年代測定

小田寛貴（名古屋大学年代測定総合研究センター）

考古学や歴史学の資料を対象とした ^{14}C 年代測定。その本来の目的は、測定に供した資料が何らかの役割を持った道具として歴史の中に登場した年代を探究するところにある。しかし、 ^{14}C 年代測定によって得られる結果は、資料の原料となった動植物が大気との炭素交換を停止した年代であり、歴史的に意味のある年代そのものではない。実際に、木製資料の ^{14}C 年代はその資料が作製された年代よりも数十年以上古い値を示すことがある。この誤差は、木材が一定期間乾燥や保管された後に道具に加工されることや、測定部位が必ずしも伐採年代を示す最外年輪ではないことなどに由来するものであり、old wood effect とよばれている。加速器質量分析法（AMS）では、数 mg の炭素試料について ^{14}C 年代測定が行われる。その AMS の登場により、古文書のように破壊分析に供せる量に限度のある資料についての年代測定が原理的に可能となるに至った。しかし前述のとおり、古文書・古経典について得られた ^{14}C 年代が、それらが作成・書写された年代と一致するか否かという点が問題となる。本研究では、そうした問題点に着目し、まずは、書風や奥書・記述内容などから年代が判明している古文書・古経典についての ^{14}C 年代測定を行った [1-3]。奈良時代から江戸時代にかけての年代既知資料の結果から、和紙は old wood effect による年代のずれが小さいことが示されており、 ^{14}C 年代測定によって古文書・古経典の書写年代を判定することが実質的にも可能であることが結論付けられた。和紙は、楮・雁皮など生育期間の短い低灌木、しかもその枝から生産される。また、文書・経典の主要な料紙である楮紙は、長期間の保存によって墨での書写に適さなくなる「風邪をひく」現象をおこすため、通常は漉かれてから数年の内に文字が書

かれる。それゆえ和紙は、通常の木製資料で問題になる保管期間や樹齢にともなう old wood effect による年代のずれが小さいのである。

こうした年代既知資料の研究成果の上に立ち、年代の明らかでない和紙資料についての ^{14}C 年代測定も行った [46]。特に古筆切とよばれる書の年代測定である。古筆切とは、元々は平安・鎌倉時代に書写された古写本の一頁であったものが、安土桃山時代以降、掛軸の題材などにするために裁断されてできた断簡である。さらに、江戸時代に入ると古筆切を蒐集することが流行し、集めた古筆切を張り並べたアルバム帳（古筆手鑑）が作製されるに至る。こうした事情により、平安・鎌倉時代に書写された物語や家集の写本で、完本の形で現存しているものは極めて稀である。それゆえ、断簡とはいえ稀少な写本の内容や筆跡を伝える古筆切は、高い史料価値を有するもののだが、その美しい筆跡を手本とした後世の写し・臨書や、掛軸・古筆手鑑の需要に応えるべく作製された偽物なども多く含まれている。

図1に挙げた「伝藤原定家筆古今集抜書切」は、古今集の恋歌五首が書写された古筆切である。筆線の強弱に乙張りのあるこの書風等から判ずるに、鎌倉時代の能筆である藤原定家（1162-1241年）の手になるもの、ただし、五首目にある「け」と「れ」

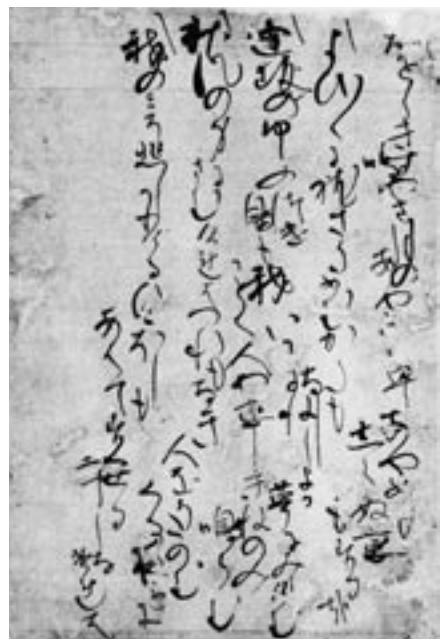


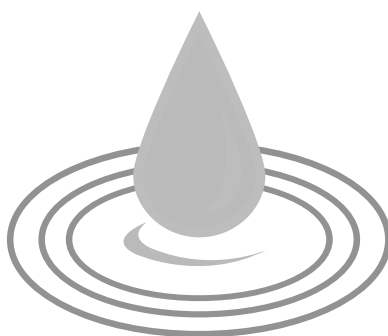
図1 「伝藤原定家筆古今集抜書切」

のくずし方が他の定家真蹟にみられるものとは異なっていることなどから、定家壮年期の筆と考えられていた。しかしながら、 ^{14}C 年代測定によって得られたのは、 $240 \pm 46\text{BP}$ (2σ) という暦年代に換算すると1640-1670年もしくは1780-1800年頃に相当する結果であった。すなわち、定家が歌人として活躍した鎌倉時代のものではなく、この古筆切は定家流を模した江戸時代の写しであることが明らかにされたのである。

書写年代や筆者が不明のままでは、古筆切の高い史料的价值も潜在的なものに過ぎない。しかも、裁断された数行の書であるため、書風や筆跡などから明確な判断を下せないものも多い。そこで、書跡史学に加えて、 ^{14}C 年代測定法という別の視点からも古筆切をみつめることで、潜在的なものであった古筆切の史料的价值を明らかにする研究を進めている。

参考文献

- [1] H.Oda, T.Nakamura, M.Furukawa, Radiocarbon 40 (1998)701.
- [2] H.Oda, Y.Yoshizawa, T.Nakamura, K.Fujita, NIMB 172 (2000)736.
- [3] H.Oda, T.Masuda, E.Niu, T.Nakamura, J. Radioanal. Nucl. Chem. 255 (2003)375.
- [4] H.Oda, K.Ikeda, T.Masuda, T.Nakamura, Radiocarbon 46 (2004)369.
- [5] H.Oda, M.Akiyama, T.Masuda, T.Nakamura, J. Radioanal. Nucl. Chem. 272 (2007)439.
- [6] H.Oda, K.Ikeda, T.Nakamura, NIMB 259 (2007)374.





アクチノイドおよびランタノイド水酸化物錯体の生成挙動に関する熱力学的研究

佐々木隆之（京都大学大学院工学研究科 原子核工学専攻）

アクチノイドや核分裂生成物のうち水溶液中で特に3価以上の高原子価状態をとる金属イオンは、加水分解反応により水酸化物錯体を生成し、さらに多核錯体や無定形のコロイドへと成長することが古くから知られている。これら錯体の熱力学的安定性に関する研究は多くの研究者によりなされてきたが、例えば4価イオンの単核加水分解種の溶解度積として報告されている値の間には数桁のばらつきが見られる場合があり、どの値が採用されるべきか議論が分かれるところである。この問題は、例えば放射性廃棄物処分の数万年以上に及ぶ長期安全評価において、不確実性の増大を招くことにつながるため、長半減期核種の熱力学データの信頼性向上が強く望まれている。

本研究では、水溶液内における4価金属イオンの安定性を検討するため、見かけの溶解度のより再現性の高い測定手法を提案するとともに、多核錯体やコロイドの生成が溶解度に及ぼす影響を解釈するモデルを提案した(図1)。即ち、溶解度制限固相が無定形コロイドや酸化物であることをX線回折法などにより確認するとともに、見かけの溶解度の限外ろ過フィルター孔径依存性(分画

分子量 3k-100kDa)を調べることにより溶存種の粒径分布を求め(Floryモデル)、単核錯体としての溶解度、溶解度積を算出した[1, 2]。また、溶媒抽出実験等から求まる単核錯体の加水分解定数をもとに、加水分解種を構成する中心金属イオンおよび水酸化物イオン等を剛体球として扱う簡単なモデル(剛体球モデル)を用い、多核錯体のそれを解析的に推定した[3]。これらの検討により算出した溶解度は、安全評価において特に重要な中性pH域での実験値を大きく下回ることから、実験で得られる溶解度は単核錯体によるものではなく、微小なコロイド種等を含むために過大解釈されている可能性があることを示唆した。本手法は核分裂生成物である4価ジルコニウムイオン等にも適用可能である。

また、有機酸共存下における溶解度は、有機酸の濃度および金属イオンとの錯生成定数 β の大きさに支配されることを明らかにし、これに加水分解定数を考慮することで、見かけの溶解度の解釈および支配的溶存化学種の予測に成功した。ただ、自然界に存在する有機酸は多様な化学構造を有することから、普遍的なモデルの構築が不可欠である。これら錯体の β を、配位子構造および官能基の系統性、類似性を考慮し、溶媒抽出法により取得するとともに、 β を整理するモデルを提案した(フラグメントモデル)[4-5]。このモデルは、化学構造が不均質なフミン物質にも応用可能であり、水酸化物イオンなどの無機イオンと有機物質が存在する環境水中での多価金属イオンの挙動の体系的な理解に役立つと考えられる。

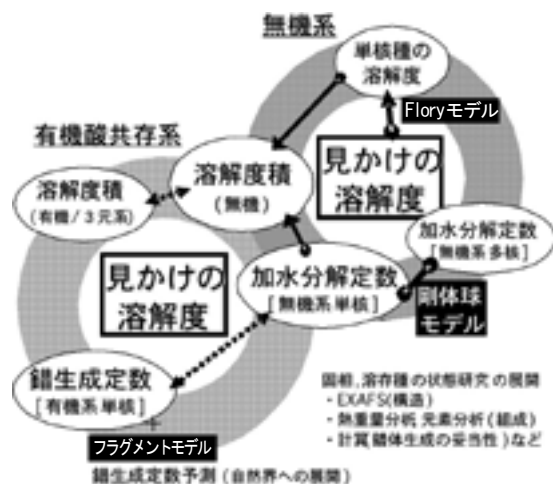


図1 溶解度の理解に関する熱力学データの相関

参考文献

- [1] T. Sasaki, T. Kobayashi, I. Takagi, H. Moriyama, *Radiochim. Acta*, **94** 489 (2006).
- [2] T. Kobayashi, T. Sasaki, I. Takagi, H. Moriyama, *J. Nucl. Sci. Technol.*, **44** 90 (2007).
- [3] H. Moriyama, T. Sasaki, T. Kobayashi, I. Takagi, *J. Nucl. Sci. Technol.*, **42**, 626 (2005).
- [4] T. Sasaki, S. Kubo, T. Kobayashi, I. Takagi, H. Moriyama, *J. Nucl. Sci. Technol.*, **42**, 724 (2005).
- [5] T. Sasaki, S. Kubo, T. Kobayashi, A. Kirishima, T. Kimura, T. Kubota, I. Takagi, H. Moriyama, *J. Nucl. Radiochem. Sci.*, **6**, 51 (2005).

解説

天然水中のラジウム同位体

佐藤 純 (明治大学名誉教授)
 齊藤 敬 (日本大学文理学部)
 中野 (太田) 朋子 (京都大学原子炉実験所)

はじめに

地下水や河川水などの天然水には微量ではあるが ^{226}Ra ($T_{1/2} = 1.6 \times 10^3 \text{ y}$) が含まれている。表面海水の ^{226}Ra の濃度は 1 mBq/L のオーダーで^{1,3)}、河川水は濃度が大きい場合でも数 mBq/L 程度である。地下水や温泉水は、河川水や海水より濃度の大きいものも多く、数十 mBq/L ないし数百 mBq/L のものもある。天然水には ^{228}Ra ($T_{1/2}=5.8 \text{ y}$) も含まれている。表面海水の濃度は 0.1 mBq/L のオーダーであるが、詳しく見ると、太平洋の濃度は日本海より小さい傾向にある^{1,4)}。このような天然水に含まれている Ra 同位体は、地殻や帯水層から溶出したものである。二つの同位体の半減期には大きな差異があるので、天然水中の $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ の放射能比は、一義的には Ra 同位体が供給源から切り離された時点からの時間経過に左右されることになると考えられ、観測対象としている水の年齢や起源などの水文学的な情報が得られる可能性が期待される。

BaSO₄ との共沈による Ra 同位体の捕集

天然水からの ^{226}Ra の分離定量は、BaSO₄ や PbSO₄ で ^{226}Ra を共沈させ、 α 線スペクトロメトリーや γ 線スペクトロメトリーあるいは液体シンチレーションスペクトロメトリーにより定量する方法が以前から行われている^{5,21)}。1978年に当時の環境庁が示した「鉱泉分析法指針(改訂)」²²⁾でも、 ^{226}Ra を BaSO₄ と共沈させ、放射平衡に達した ^{222}Rn を液体シンチレーションスペクトロメーターで測る方法を推奨している。指針の推奨する操作は、つぎのようである。

懸濁物を含まない試料水に BaCl₂ 水溶液を加え、pH 6 程度の微酸性にする。これを 80°C に加熱した後 (NH₄)₂SO₄ 溶液を加えて BaSO₄ 沈殿を作る。生成した BaSO₄ に NaOH 水溶液を加えてアルカリ性にして、EDTA・4Na 水溶液を加えて

BaSO₄ 沈殿を溶解させる。この溶液をキュリーびんに移し、溶封して 30 日以上放置して、 ^{226}Ra と ^{222}Rn の放射平衡を待つ。平衡に達した時点でキュリーびんを真空ラインに接続して、空気を carrier gas にして ^{222}Rn を水溶液から追い出して、あらかじめ真空ラインに接続させてある容器内のシンチレーターを溶かし込んだトルエン(シンチレーターカクテル)に ^{222}Rn を吸収させる。 ^{222}Rn を吸収させたシンチレーターカクテルを測定用バイアルに移し、液体シンチレーションスペクトロメーターで積分計数法により測定する。この操作は、Homma and Murakami⁷⁾ にそったものである。

よく知られているように、Ba と Ra は化学的性質が酷似しているため、Ba 化合物には Ra が微量ながら含まれていることが多い。本邦の主要な試薬メーカー数社が販売している BaCl₂・2H₂O 特級試薬中に不純物として含まれる ^{226}Ra の含有量を測ってみたところ、20-100 mBq/g の ^{226}Ra が含まれていることが観測された。Yamamoto *et al.*¹³⁾ も Ba 試薬中の ^{226}Ra 不純物の量が 100-400 mBq/g であることを報告している。このように、Ba 試薬中の ^{226}Ra の濃度は 1 Bq/g の数分の一程度あるいはそれ以下の微量とはいえ、数十 mg の Ba で ^{226}Ra を共沈させると、数十 mBq の ^{226}Ra が試薬から混入することになるので、 1 mBq/L オーダーの低濃度の ^{226}Ra を Ba と共沈させて定量するには、使用する試薬からの汚染についての十分な配慮がなければ、信頼できる結果は得られないであろうと考えられる。Yamamoto *et al.*¹³⁾ は、CyDTA (cyclohexanediaminetetraacetic acid) を溶離液にして Ba 化合物から不純物の ^{226}Ra を陽イオン交換分離することを提案している。Ra-free の Ba 試薬を用いたり、 ^{226}Ra 濃度既知の Ba 試薬を用いて BaSO₄ 共沈分離も行われている²¹⁾。

陽イオン交換樹脂による Ra 同位体の捕集

十分にコンディショニングされたイオン交換樹脂は Ra 同位体による汚染がないので、これを利用する Ra 同位体の捕集定量法が考案された^{23, 24)}。この方法は、試料水に陽イオン交換樹脂を投入攪拌し、バッチ法により Ra 同位体を捕集しようとするものである。BaSO₄ による Ra 同位体の共沈は定量的であるが、イオン交換樹脂を用いるバッチ法では、捕集は交換平衡が関係してくる。試料水は温度や共存イオン濃度など物理・化学的性質がそれぞれ異なるので、試料水ごとに回収率を求めなくてはならない。回収率および試料水中の Ra 同位体の濃度は、同一試料水について同一回収操作を 2 回続けて行うことにより求めることができる。

$$\begin{aligned} C_1 &= C_0 \cdot \alpha \\ C_2 &= (C_0 - C_1) \cdot \alpha \\ \therefore \alpha &= 1 - (C_2 / C_1) \\ C_0 &= C_1 / [1 - (C_2 / C_1)] \end{aligned}$$

ここで、

C_0 : 試料水中の Ra の全量。対象にした試料水の体積を使って濃度に変換できる。

C_1 : 1 回目の回収操作でイオン交換樹脂に回収された Ra の量。

C_2 : 1 回目の操作で Ra を回収したイオン交換樹脂を取り除いた後、残りの試料水に 1 回目と同量の樹脂を加えて同じ操作を行って、2 度目の樹脂に回収された Ra の量。

α : 一定時間の回収操作を行ったときの回収率。

である。

天然水中の Ra 同位体の濃度を観測する場合は、通常、大量の水試料を実験室へ運搬することが行われるが、この方法によれば、野外調査を行いながら、現地で採取した試料水から Ra 同位体をイオン交換樹脂に捕集して、樹脂だけを実験室へ持ち帰ればよいことになるという利点がある。

現地で行う具体的な操作はつぎのようである。Ra 濃度が比較的大きい温泉水に対しては 5L の試料水を対象にして、酸濃度を 0.1 mol/L HCl に

調節した後 30 g のイオン交換樹脂を投入して 15 分間攪拌する。通常の地下水のように Ra 濃度が小さい場合には、比較的大型の容器に 50 L の試料水を取り、0.1 mol/L HCl に調節した後 30 g のイオン交換樹脂をプラスチックの管に充填して、これを通して試料水を 15 分間循環させる。

この捕集法はイオン交換現象に基づいているので、Ra 同位体の回収率は試料水中の溶存イオンの濃度に多少なりとも影響を受ける。河川水や浅層地下水などは通常、溶存イオン濃度が小さいが、温泉水の中には濃度の大きいものも多い。室内実験の結果によると、Ca イオンは 1250 ppm まで、Fe イオンは 650 ppm までこの方法で Ra 同位体の濃度を推定することができるが示されている。本邦の 30 地域から湧出する 2350 の温泉水についての溶存イオンの濃度を調べてみると、Ca 濃度が 1000 ppm を超えるものはこのうち 42 温泉で、Fe 濃度が 500 ppm を超えるものは 9 温泉であるので^{23, 25)}、この測定法は海水以外のほとんどすべての天然水の Ra 同位体の濃度の観測に有効であると考えられる。

Mn 化合物を含浸させたアクリル繊維による Ra 同位体の捕集

Mn 化合物を含浸させた物質は、海水などの環境水中の天然放射性核種を捕集する目的で分析手法に取り入れられ始めている²⁶⁻³²⁾。MnO₂ は、水中からいろいろな陽イオンを捕集させるために以前から利用されてきた³³⁻³⁶⁾。利用例には、原子力発電施設からの廃水の除染³⁷⁾ や飲用水からのフミン物質の捕集³⁸⁾ など含まれている。

樋口・野中は、原子力施設周辺環境放射能をモニタリングするために、海水などから現場で放射性核種を効率よく捕集できるように K₂M^{II}[Fe(CN)₆] や MnO₂ で被覆したアクリル繊維を開発した^{39, 40)}。Eikenberg et al.⁴¹⁾ は、Mn 化合物を含浸させたポリアミドディスクに Ra が吸着することを報告している。Moore⁴²⁾ は、Mn 化合物を含浸させたアクリル繊維が大量の海水から²²⁸Ra を捕集できることを報告している。この Mn 化合物を含浸させたアクリル繊維 100 g は海水から 500 dpm の²²⁸Ra を捕集することができ、この海水量は 1500 L あるいはそれ以上の量に相当している。

Mn化合物を含浸させたアクリル繊維 (“Mn-fiber”と略称)は比較的簡単に作成することができる。アクリル繊維(市販のアクリル毛糸)100gを50℃あるいは70℃の0.3 mol/LのKMnO₄溶液に12時間あるいは3時間浸し、生成物を脱イオン水で十分に洗浄してから、50℃の電気乾燥器内で完全に乾燥させることにより得られる^{42,43)}。

Mn-fiber中に生じているMn化合物は、非晶質のKMn₈O₁₆・xH₂Oであろうと推定されている⁴³⁾。この化合物は、クリプトメレン(cryptomelane)というMn鉱物の一つで、日本で発見されたものである⁴⁴⁾。

Mn-fiberによるRa同位体の捕集はpH依存性があり、pHが4以上10以下で有効である⁴³⁾。このpH依存性は、pHが3以下になるとMn化合物がMn-fiberから溶け出し、pHが11までのpH領域ではRaイオンはRa²⁺が主たるイオン種であるが、pHが11を超えるとRa(OH)⁺が生成し始めるためであると考えられている⁴¹⁾。Mn-fiberによるRa同位体の捕集が有効なpH領域は、強酸性泉の温泉水以外の広範囲の天然水に適用することが可能であると考えられる。また、Mn-fiberの捕集効率には温度依存性もあり、水温が20℃から5℃に低下すると、捕集効率は半減する⁴³⁾。

河川水中のRa同位体をMn-fiberを用いて捕集する場合は、30gのMn-fiberを通水性のよい網やかごに入れ、錘を取り付けて河川の流れの中に投入し、数日から1週間程度放置しておく。この操作で大量の河川水からRa同位体を捕集することができる⁴⁵⁾。このように、Mn-fiberによるRa同位体の捕集の長所は、極めて大量の水を対象にすることができる点にあるが、この操作では対象にしている水量を知ることはできないので、観測できる量は²²⁸Ra/²²⁶Raの放射能比である。

Mn-fiberを使ってRa同位体の濃度を求めるには一工夫が必要である。イオン交換樹脂を利用した濃度測定の前項で述べたように、一定量の同一試料水に対してMn-fiberで2回引き続き捕集すれば、原理的には濃度を求めることは可能である。大容量の容器を用いなくてRa濃度の小さい水試料を対象にできるように、つぎのような操作が行われている⁴⁶⁾。

ポリカーボネート製の管の中に30gのMn-fiberを3個直列に充填し、管を垂直に立ててその中を通して数十Lから数百Lの試料水を通水させ、流出液は廃棄する。観測対象にしている水から小形の容器を用いて試料水をくみ取り、携帯ポンプを用いて連続して試料水を流入させ流出液を廃棄するので、大型の容器を必要としない。この設定では、一番上のMn-fiberに捕集されるRaの量が1回目に捕集されるRa量のC₁であり、二番目のMn-fiberに捕集されるRaの量は1回目の捕集操作後の残液に同一捕集操作を行って捕集されるRaの量で、C₂になる。三番目のMn-fiberはバックアップのためのものである。捕集率が高い場合には、この設定で観測すると、バックアップのMn-fiberに捕集されるRaは検出限界以下になるので、一番目と二番目のMn-fiberを一緒にすれば試料水中のRa量とみなしてよいことになる。

観測対象にする水によっては²²⁸Raの濃度が小さく、この方法では直接には十分な濃度の観測できない場合もある。このような場合には、この方法で²²⁶Raの濃度を求め、試料水を採水した地点の水中にMn-fiberを投入し数日放置して²²⁸Ra/²²⁶Ra比を求めて、この二つの値から²²⁸Raの濃度を計算で求めることになる。

Ra同位体のγ線スペクトロメトリー

²²⁶Raは186.2 keVのγ線を放出するので、これを²²⁶Raの定量に用いることもできるが、このγ線の分岐比は3.6%で小さい。測定試料にUの混入があると、²³⁵Uからの185.7 keV γ線(分岐比: 57.2%)の妨害を受ける。そのため、²²⁶Raと放射平衡にある娘核種の²¹⁴Pbからの352 keV γ線(分岐比: 37.6%)あるいは²¹⁴Biからの609 keV γ線(分岐比: 46.1%)を測定対象のγ線にすることが多い。これらのγ線のエネルギーは186.2 keVのγ線より大きいので、自己吸収などの補正量が小さいという利点もある。しかし、²¹⁴Biからの609 keV γ線は、geometryなどの測定条件によっては1120 keV γ線(分岐比: 15.3%)など多くのcascade γ線とchance coincidenceをする可能性が大きいので、²¹⁴Biからの609 keV γ線を用いると²²⁶Raの量を過小評価する可能性がある。一方、²¹⁴Pbからの352 keV γ線とのcascade γ線

は 487 keV γ 線 (分岐比: 0.33%) だけであるので、chance coincidence の可能性は小さい。Saito *et al.*²³⁾ は、精製した ^{226}Ra を使って ^{214}Bi と ^{214}Pb による ^{226}Ra の推定量を比較している。実験結果を見ると、 ^{214}Bi による推定量は ^{214}Pb による推定量より 10% 程度小さくなっている。

^{228}Ra の定量には、放射平衡になっている娘核種の ^{228}Ac からの 911 keV γ 線 (分岐比: 27%) を用いている。

^{226}Ra を定量するのに ^{214}Bi や ^{214}Pb を測定することで可能になるためには、測定容器中で希ガスの ^{222}Rn が ^{226}Ra と完全に放射平衡になっていることが前提である。鉱物や岩石中では ^{226}Ra と ^{222}Rn は放射平衡になっているが、イオン交換樹脂に捕らえられている ^{226}Ra から生成した ^{222}Rn は空気中に放出される。また、気体が高分子物質の膜などを通過することは、しばしば観察されるので、 ^{222}Rn が入っている容器の壁を通して ^{222}Rn が外部へ逃逸する可能性がある。

気密性のよいポリプロピレン製の容器からは、平衡量の四分の一の ^{222}Rn が 1 mm の厚さの壁を通して外部へ逃逸することが観察され、2 mm 厚のガラス製のシャーレの隙間にシリコーンを詰めて気密性を持たせた容器からは半分以上の ^{222}Rn が外部へ逃逸することが観察された。一方、0.25 mm 厚のブリキ製の密封性のよい缶(メンタム缶)では、 ^{222}Rn の逃逸は見られていない²³⁾。気体が関与する場合には、測定用の容器の材質などに配慮する必要がある。

河川水・地下水・温泉水中の $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比

これらの水の中に存在する Ra 同位体の供給源は、基本的にはその水が接している岩石や堆積物などである。したがって、 $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比の大きさは供給源の Th と U の濃度比あるいは親核種の ^{232}Th と ^{230}Th の濃度比に依存すると考えられる。河川水や地下水や温泉水中の $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比の観測例は多くあるが、観測値の幅は大きい^{14, 18, 19, 23, 31, 47, 52)}。

本邦の温泉水の観測値は 0.05-18^{14, 23, 50)} で、沖縄の地下水と河川水は 0.5-1.3¹⁹⁾ であった。中国のある地方の地下水の値は 0.3-4.1⁴⁹⁾ で、ミシシッピー川で川筋にそって 400km の間の数ヶ所の観測点

で観測された値は 0.1-1.1⁴⁷⁾ で、モロッコでの観測⁴⁸⁾ では、河川水は 1.1、湧水は 0.13、井戸水は 0.70、鉱泉水は 0.3 であった。

地下水中の値に帯水層の岩石などの関連する岩石の値を加えた観測もある。アメリカ中部の古生代の石灰岩質帯水層中の地下水の値は 0.06-1.48 で、この値は帯水層の岩石の値 0.31-1.53 と同じような値であった¹⁸⁾。ライン川上流部における浅い地下水の値は 2.1-2.2 で、河川水は 0.7-1.4 であったが、関連する岩石の値は 0.4-1.4 であって⁵²⁾、地下水の値は岩石の値より大きく、多摩川上流の三河川での連続観測によると、地下水が流入する河川水の値は 1.0-2.9 (平均値: 2.0) であったが、帯水層を構成していると推定されるこの地域の堆積岩の値は 1.2-1.7 (平均値: 1.4) で⁵³⁾、河川水の値は帯水層の岩石の値より大きい。また、南九州の京町温泉で地震の際に噴出した温泉水から沈殿した新しい二つの温泉沈殿物の値の平均値は 4.5 で、温泉水が汲み上げられていると推定される堆積層や岩石の平均値は 1.6 で⁵³⁾、この場合も地下水の値は帯水層の堆積物や岩石の値よりも大きい。

前述したように、地下水中に存在している Ra 同位体は主として岩石から溶出したものである。母岩の値より地下水の値が大きくなる機構として α 反跳の寄与が考えられるが、放射性鉱物や花崗岩から溶出する Ra 同位体の溶出挙動を観測した室内実験の結果⁵⁴⁻⁵⁶⁾ を見る限りでは、 α 反跳が関与する部分は無視できるほど小さく、地下水などに見られる $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比が帯水層の岩石より増大するという傾向をよく説明できる観測や実験は現時点ではないようである。

$^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比の時間変化と地下水の滞留時間

帯水層中の地下水には帯水層を構成する岩石から絶えず Ra 同位体が供給されていると考えられる。岩石表面の単位面積から単位時間当たり地下水中に供給される Ra 同位体の原子数を N_0 (Ra) とすると、時間 T が経過した後に地下水中に蓄積する Ra 同位体の全原子数 N (Ra) は、

$$N(\text{Ra}) = N_0(\text{Ra}) [1 - \exp(-\lambda(\text{Ra})T)] / \lambda(\text{Ra})$$

ここで、 $\lambda(\text{Ra})$ は Ra 同位体の壊変定数である。したがって、Ra 同位体の同位体比は、

$$\frac{N(^{228}\text{Ra})}{N(^{226}\text{Ra})} = \frac{N_0(^{228}\text{Ra})}{N_0(^{226}\text{Ra})} \cdot \frac{[1 - \exp(-\lambda(^{228}\text{Ra})T)]/\lambda(^{228}\text{Ra})}{[1 - \exp(-\lambda(^{226}\text{Ra})T)]/\lambda(^{226}\text{Ra})}$$

で、放射能比 $A(^{228}\text{Ra})/A(^{226}\text{Ra})$ は、

$$\frac{A(^{228}\text{Ra})}{A(^{226}\text{Ra})} = \frac{A_0(^{228}\text{Ra})}{A_0(^{226}\text{Ra})} \cdot \frac{[1 - \exp(-\lambda(^{228}\text{Ra})T)]/\lambda(^{228}\text{Ra})}{[1 - \exp(-\lambda(^{226}\text{Ra})T)]/\lambda(^{226}\text{Ra})}$$

となる。

ここで、 $A_0(\text{Ra})$ は $T=0$ の時点における Ra 同位体の放射能強度である。時間 T の変化にそった $A(^{228}\text{Ra})/A(^{226}\text{Ra})$ の変化を Fig. 1 に示す。

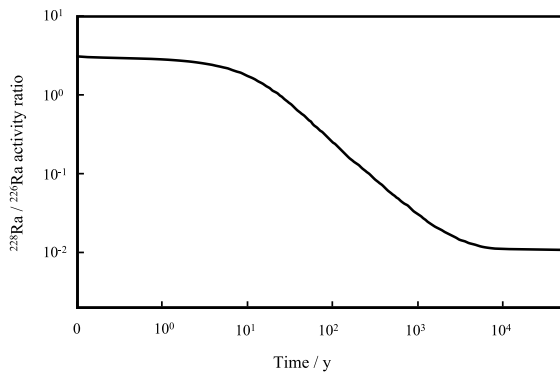


Fig. 1

$T=0$ の水は厳密に云えば降水であるので、Ra 同位体は含んでいない。 $A_0(^{228}\text{Ra})/A_0(^{226}\text{Ra})$ を何らかの方法で推定することができれば、 $A(^{228}\text{Ra})/A(^{226}\text{Ra})$ の測定値から滞留時間 (= 地下水の年齢) T を推定することが可能である。Nakano-Ohta and Sato⁵³⁾ は、同じ地質の一地域に流出する数河川の最上流部の河川水について3年間にわたって $A(^{228}\text{Ra})/A(^{226}\text{Ra})$ を連続観測した。 $A(^{228}\text{Ra})/A(^{226}\text{Ra})$ の観測値には幅があるが、そのうちで一番大きい値を一番若い水 ($T=0$ に一番近い水) と仮定した。観測点近傍に湧出する二つの温泉水の $A(^{228}\text{Ra})/A(^{226}\text{Ra})$ 値は明らかに小さく、深い帯水層に長期間滞留していた水であろうと推測された。そこで、この仮定に基づいて温泉水の年齢を計算すると、30年と35年という結果になった。

同一河川水の $A(^{228}\text{Ra})/A(^{226}\text{Ra})$ 値は、降雨により低下する傾向が見られるようである。この傾向は、やや深い帯水層に滞留しているやや古い地下水が降水によって押し出されて、浅い帯水層からの新しい水に混入するためと解釈された⁵³⁾。一つの井戸からくみ上げる地下水中の ^{222}Rn 濃度には夏季に高くなり冬季に低くなる季節変動が見られる⁵⁷⁾。この変動も降雨量の多い夏季には降水により起源の異なる地下水が押し出され混入したものと解釈された^{53,57)}。

深層海水中の Ra 同位体

前述したように、表面海水中の ^{226}Ra 濃度は 1 mBq/L のオーダーであるが、 ^{228}Ra の濃度は所により大きく異なる。海水中の Ra 同位体の源は陸地であり、陸地周辺の海底堆積物である。 ^{228}Ra の半減期が ^{226}Ra に比べて短いので、周囲を陸地で囲まれている瀬戸内海や日本海などの ^{228}Ra 濃度は高く^{3, 4, 58-60)}、陸地からはるかに離れた外洋では ^{228}Ra 濃度は小さい。 $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比も外洋では著しく小さくなる。東京湾と相模湾と伊豆大島の海水中の ^{226}Ra の濃度は 1.1-1.9 mBq/L で大きな差異はないが、 ^{228}Ra の濃度の方は、湾口の狭まっている東京湾では 0.9 mBq/L、湾口の広がっている相模湾では 0.7 mBq/L であるが、伊豆大島では 0.3-0.7 mBq/L で小さく、ここでも同じような傾向が見られるようである⁶¹⁾。

深層海水は、遠方で海水が深層に潜って時間をかけて深層中を移動して来るものであると云われている。伊豆大島泉津漁港の沖 2km に深層海水が湧昇する地点があり、海面下 510 m から採水された深層水試料について ^{226}Ra と ^{228}Ra の測定が行われた。この観測によると、伊豆大島の表面海水の ^{226}Ra 濃度は 1.1-1.5 mBq/L であるが、深層水中の ^{226}Ra 濃度は 3.1 mBq/L で表面海水の濃度の 2.5 倍である。 ^{228}Ra 濃度は 0.03 mBq/L 以下で、表面海水の濃度の 10% 以下であり、 $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比は 0.01 以下で著しく小さい⁶¹⁾。日本海の海面下 500 m の海水中の ^{226}Ra 濃度は 2.1-2.7 mBq/L で伊豆大島の深層海水と同程度である⁶²⁾。深層海水について行われたほかの観測でも、 ^{226}Ra 濃度は表面海水の 2-3 倍高いと報告されている⁶²⁻⁶⁶⁾。深層海水にある高い濃度

の ^{226}Ra は、おそらく海底に堆積している ^{230}Th に由来するものであるか表層海水からの ^{226}Ra の沈降によるものかと推測されている⁶²⁾。

温泉水中の ^{226}Ra と ^{228}Ra

温泉法によれば、 ^{226}Ra の濃度が 370 mBq/kg 以上であれば温泉となるが、一般的な温泉の ^{226}Ra 含有量はそれほど大きくはない。「ラジウム温泉」とか「放射能泉」とかよく云われているが、この言葉は温泉法の中では定義されていない。溶存成分に基づいて温泉の泉質が分類されるが、泉質の違いによる Ra 同位体の含有量の違いの調査例がある⁶⁷⁾。東京都内および周辺地域にも温泉は湧出している。泉質は、食塩泉、重炭酸泉および単純アルカリ泉の3種類である。調査された13温泉のうち食塩泉が6温泉、重炭酸泉が2温泉、単純アルカリ泉が5温泉である。これら東京周辺の温泉の場合、温泉水の泉質と温泉水を汲み上げている地層との間に関連があるようで、上総層と中新世の層からの温泉水の泉質は、化石海水の関わる食塩泉で、四万十層と秩父層からの温泉水は、降水と火成岩類との反応により生ずる単純アルカリ泉と推定されている^{68, 69)}。 ^{226}Ra の平均濃度はそれぞれ、39 mBq/L, 0.85 mBq/L, 0.6 mBq/L で、 ^{228}Ra の平均濃度はそれぞれ、55 mBq/L, 1.9 mBq/L, 0.8 mBq/L である。Ca の濃度は 0.1-100 mg/L の範囲にあり、Ra 同位体の濃度は、Ca 濃度と正の相関がある。これらの温泉水の pH は 8 付近と 10 付近であるが、この観測を見る限りでは、pH 8 付近の食塩泉の ^{226}Ra 濃度は pH 10 付近の単純アルカリ泉の濃度の 2 桁ぐらい大きい。有馬温泉は ^{226}Ra の濃度が大きく、 $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比が小さいが²³⁾、Ra 同位体が観測されている温泉^{14, 23, 67)} の ^{226}Ra 濃度と $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比の間には何か相関するような傾向は見られない。

北米大陸や中近東などの油井やガス井から湧出する高塩濃度の塩水中に高濃度の Ra 同位体が含まれているものがあるという報告があるが^{70,72)}、最近、日本海沿岸のグリーンタフ地域における大深度掘削井から得られた高塩濃度の Na-Cl 型温鉱泉に非常に高い濃度の ^{226}Ra を含むものが発見された^{73, 74)}。 ^{226}Ra の濃度は 2400 mBq/kg にもなり、 $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比は 9.7 にもなる。これら

の温鉱泉水は、水の水素と酸素の安定同位体の測定値などから、降水と海水あるいは化石海水との混合物であろうと推定された。溶存している ^{238}U の濃度は低く、最大でも 24 mBq/kg であるので、高い濃度の ^{226}Ra の供給源とはなり得ず、高濃度を示す Ra 同位体の由来は現在のところ明らかではない。

表層海水中の $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比

^{228}Ra の半減期が ^{226}Ra に比べて短いため、海水の滞留時間が長くなると $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比は小さくなる。また、 $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比は海域によっても異なる値をとるので、この特徴を利用すれば、海水の循環など海水の動きを観測することが可能になり、海洋に流出した重金属などの汚染物質の広がりなどを見積もる可能性も期待される。

能登半島周辺の沿岸で日本海の海水中の $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比を 2003 年から 2005 年にかけての 3 年間連続観測した報告がある^{3, 75-78)}。観測結果は、 ^{228}Ra の濃度の季節変動を反映して、 $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比は夏季に小さく冬季に大きくなる季節変動を示している。この季節変動は、 ^{228}Ra 濃度が高く $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比の大きい⁷⁸⁾ 東シナ海西域の海水が冬季に日本海に流入することによるものと解釈されている^{75, 76)}。

太平洋沿岸の海水についての $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比の観測もある⁷⁹⁾。伊豆大島の五つの港湾内の表面海水について行われた観測では、 $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比は秋季に高く春季には低くなる傾向が見られ、湾口が外海に大きく開いている相模湾でも春先から秋の終わりに向かって高くなるという同じ傾向が見られている。一方、湾口が狭い東京湾の奥での観測では $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比の値は大きく変動幅は小さく年間を通してほとんど変動していない。太平洋沿岸での $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比の季節変動は、 ^{228}Ra 濃度が低く $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比の小さい外洋の海水が春季に太平洋沿岸に流入するためであり、湾口が狭く外洋の海水の寄与が小さい東京湾では季節変動が小さいと解釈されている。

文 献

- 1) M. Yamada and Y. Nozaki: Radium isotopes in coastal and open ocean surface water of the western North Pacific, *Mar. Chem.*, **19**, 379-389 (1986)
- 2) Y. Nozaki and S. Tsunogai: The distribution of ^{228}Ra and ^{226}Ra in the surface waters of the northern North Pacific, *Geochem. J.*, **24**, 1-6 (1990)
- 3) M. Inoue, H. Kofuji, M. Yamamoto and K. Komura: Seasonal variation of $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ ratio in seaweed: implications for water circulation patterns in coastal areas of the Noto Peninsula, *Japan, J. Environ. Radioact.*, **80**, 341-355 (2005)
- 4) T. Okubo: ^{228}Ra in the Japan Sea, *J. Oceanogr. Soc. Jpn.*, **36**, 263-268 (1980)
- 5) G. J. Hancock and P. Martin: Determination of Ra in environmental samples by α -particle spectrometry, *Appl. Radiat. Isot.*, **42**, 63-69 (1991)
- 6) 樋口英雄: 環境試料中のラジウムの分析法, *Radioisotopes*, **30**, 618-627 (1981)
- 7) Y. Homma and Y. Murakami: Study on the applicability of the integral counting method for the determination of ^{226}Ra in various sample forms using a liquid scintillation counter, *J. Radioanal. Chem.*, **36**, 173-184 (1977)
- 8) 堀内公子、石井 忠、村上悠紀雄: 伊豆半島温泉群のラドン、トロン、ラジウムの同時定量について、*温泉科学*、**30**, 84-89 (1979)
- 9) 堀内公子、村上悠紀雄: 鉱泉中のラジウム、ラドン同時定量に関する研究、その1 - 三朝、勝浦、白浜、湯ヶ島、網代、増富におけるラジウム、ラドンの同時定量値について -、*温泉科学*、**29**, 68-75 (1978)
- 10) 池田長生: 有馬温泉の化学的研究 (第7報)、*日化誌*、**76**, 1079-1082 (1955)
- 11) M. C. Moron, R. Garcia-Tenorio, E. Garcia-Montano, M. Garcia-Leon, and Madurga: An easy method for determination of Ra isotopes and actinide alpha emitters from the same water sample, *Appl. Radiat. Isot.*, **37**, 383-389 (1986)
- 12) 佐藤 純、横沢沖彦、齋藤信房: 鹿児島県垂水市猿ヶ城の温泉およびその放射性沈殿物、*温泉工学会誌*、**10**, 47-60 (1975)
- 13) M. Yamamoto, K. Komura and K. Ueno: Determination of low-level ^{226}Ra in environmental water samples by alpha-ray spectrometry, *Radiochim. Acta*, **46**, 137-142 (1989)
- 14) 山本政儀、渡口 輝、指物和彦、小村和久、上野 馨、阪上正信: 火山噴出物ならびに温鉱泉中の ^{210}Pb と ^{210}Po (その2) - 温鉱泉中の ^{210}Pb と ^{210}Po 含量の測定 -、*温泉科学*、**44**, 18-27 (1994)
- 15) 横山祐之: 放射能泉の研究 (第1~3報)、*日化誌*、**76**, 551-562 (1955)
- 16) J. Somlai, G. Haorvath, B. Kanyar, T. Kovacs, E. Bodrogi and N. Kavasi: Concentration of ^{226}Ra in Hungarian bottled mineral water, *J. Environ. Radioact.*, **62**, 235-240 (2002)
- 17) T. C. Chu and J. J. Wang: Radioactive disequilibrium of uranium and thorium nuclide series in hot spring and river water from Peitou hot spring basin in Taipei, *J. Nucl. Radiochem. Sci.*, **1**, 5-10 (2000)
- 18) N. C. Sturchio, J. L. Banner, C. M. Binz, L. B. Heraty and M. Musgrove: Radium geochemistry of ground waters in Paleozoic carbonate aquifers mid-continent, U.S.A., *Appl. Geochem.*, **16**, 109-122 (2006)
- 19) 友寄喜貴、棚原 朗、武村盛久、渡口 輝、平良初男: 沖縄本島における湧水中の天然放射性核種について、*地球科学*、**31**, 227-233 (1997)
- 20) Z. Heyuan and N. Momoshima: Determination of ^{226}Ra in natural aqueous samples by modified method using an α/β separation liquid scintillation counter, *Proc. 3rd Workshop on Environmental Radioactivity*, 211-216 (2002)
- 21) 大久保隆、三宅 寛、道嶋正美: 瀬戸内海及び周辺海域の放射性核種の動向 (第1報、表面水中のラジウム同位体の分布)、*神戸商船大紀要、第二類*、**27**, 109-115 (1979)
- 22) 環境庁: 鉱泉分析法指針 (改訂)、*温泉工学会誌*、1-75 (1978)

- 23) T. Saito, H. Ueda, T. Ohta and J. Sato: Determination of radium concentration in hot-spring waters with cation exchange resin, *J. Balneol. Soc. Jpn.*, **52**, 3-11 (2002)
- 24) T. Saito, T. Ohta, Y. Koike and J. Sato: A new analytical approach for ^{226}Ra and ^{228}Ra in environmental waters, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, **255**, 535-538 (2003)
- 25) 比留川貴・安藤直行・角 清愛：日本の主要地熱地域の熱水の化学組成、地質調査所報告、257号 (1977)
- 26) M. Azouazi, Y. Ouahidi, S. Fakhi, J. Ch. Abbe and M. Benmansour: Natural radioactivity in phosphates, phosphogypsum and natural waters in Morocco, *J. Environ. Radioact.*, **54**, 231-242 (2001)
- 27) J. C. Bayes, E. Gomez, F. Gasas and V. Cerda: Radium determination in mineral waters, *Appl. Radiat. Isot.*, **47**, 849-853 (1996)
- 28) Y. Sun and T. Torgersen: Adsorption-desorption reactions and bioturbation transport of ^{224}Ra in marine sediments: a one-dimensional model with applications, *Mar. Chem.*, **74**, 227-243 (2001)
- 29) W. C. Sidle, D. Shanklin, P. Y. Lee and D. L. Roose: ^{226}Ra and ^{228}Ra activities associated with agricultural drainage ponds and wetland ponds in the Kankakee Watershed, Illinois-Indiana, USA, *J. Environ. Radioact.*, **55**, 29-46 (2001)
- 30) Y. Nozaki: Determination of thorium isotopes in seawater by moored MnO_2 -fiber method, *J. Oceanogr. Soc. Jpn.*, **39**, 129-135 (1983)
- 31) H. Yang, D. Hwang and G. Kim: Factors controlling excess radium in the Nakdong River estuary, Korea: submarine groundwater discharge versus desorption from riverine particles, *Mar. Chem.*, **78**, 1-8 (2002)
- 32) K. Norisue, H. Hasegawa, S. Mito, Y. Sohrin and M. Matsui: A method for preconcentrating Zr from large volumes of seawater using MnO_2 -impregnated fibers, *Talanta*, **53**, 639-644 (2000)
- 33) 安部光男、伊藤卓爾：4価、5価および6価金属元素の難溶性含水酸化物のイオン吸着性、*日化誌*、**86**, 1259-1266 (1965)
- 34) P. J. Pretorius and P. W. Linder: The adsorption characteristics of δ -manganese dioxide: a collection of diffuse double layer constants for the adsorption of H^+ , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} and Pb^{2+} , *Appl. Geochem.*, **16**, 1067-1082 (2001)
- 35) Kh. S. Abou-El-Sherbini, M. H. Askar and R. Scholhorn: Hydrated layered manganese dioxide: III. Role of bismuth oxide on the redox behavior of hydrated manganese dioxides, *Solid State Ionics*, **139**, 121-133 (2001)
- 36) Y. Tanaka and M. Tsuji: Thermodynamic study of alkali metal ions/proton exchanges on an alpha-type of manganese dioxide, *Solvent Extr. Ion Exch.*, **15**, 709-729 (1997)
- 37) Gy. Marton, T. Azanya, L. Hanak, G. Simon, J. Hideg, J. Makai and J. Schunk: Purification of nuclear power plant decontamination solutions by preparative scale reactive adsorption, *Chem. Eng. Sci.*, **51**, 2655-2660 (1996)
- 38) B. R. Eggins, F. L. Palmer and J. A. Byrne: Photocatalytic treatment of humic substances in drinking water, *Water. Res.*, **31**, 1223-1226 (1997)
- 39) 樋口英雄、野中信博：放射性核種および重金属捕集材：日本国特許、公開特許公報 (A)、昭60-260000 (1985)、昭61-4530 (1986)
- 40) H. Higuchi and N. Nonaka: Material for collecting radionuclides and heavy metals, United States Patent, Patent No. 4720455 (1988)
- 41) J. Eikenberg, A. Tricca, G. Vezzu, S. Bajo, M. Ruethi, and H. Surbeck: Determination of ^{228}Ra , ^{226}Ra and ^{224}Ra in natural water via adsorption on MnO_2 -coated discs, *J. Environ. Radioact.*, **54**, 109-131 (2001)
- 42) W. S. Moore: Sampling ^{228}Ra in the deep ocean, *Deep-Sea Res.*, **23**, 647-651 (1976)
- 43) T. Ohta, T. Saito and J. Sato: Collection of radium isotopes in natural waters by

- manganese-impregnated acrylic fiber, *Radioisotopes*, **53**, 1-11 (2004)
- 44) 高橋維一郎: 夏油温泉附近のマンガン鉱床と蛇の湯産霞石について、*岩手大学工学部研究報告*, **10**, 24-32 (1957)
- 45) 中野 (太田) 朋子・齊藤 敬・佐藤 純: マンガン化合物で被覆したアクリル繊維を利用する河川水中の $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比の測定、*BUNSEKI KAGAKU*, **54**, 1219-1222 (2005)
- 46) T. Nakano-Ohta and J. Sato: Determination of ^{228}Ra and ^{226}Ra in seawater collected on manganese-impregnated acrylic fiber, *Radioisotopes*, **55**, 443-449 (2006)
- 47) T. F. Kraemer and P. B. Curwick: Radium isotopes in the lower Mississippi river, *J. Geophys. Res.*, **96**, 2797-2806 (1991).
- 48) O. K. Hakam, A. Choukri, J.-L. Reyss and M. Lferde: Determination and comparison of uranium and radium isotopes activity ratios in samples from some natural water sources in Morocco, *J. Environ. Radioact.*, **57**, 175-189 (2001).
- 49) W. Zhuo, T. Ikeda, T. and X. Yang: Occurrence of ^{222}Rn , ^{226}Ra , ^{228}Ra and U in groundwater in Fujian Province, China, *J. Environ. Radioact.*, **53**, 111-120 (2001)
- 50) 亀谷勝昭、松村年郎: 山陰地方の温泉水中の ^{238}U , ^{234}U , ^{226}Ra および ^{228}Ra 含有量について、*Radioisotopes*, **32**, 18-21 (1983)
- 51) J. M. Krest, W. S. Moore and Rama: ^{226}Ra and ^{228}Ra in the mixing zones of the Mississippi and Atchafalaya rivers: indicators of groundwater input, *Mar. Chem.*, **64**, 129-152 (1999).
- 52) J. Eikenberg, A. Tricca, G. Vezzu, P. Sille, S. Bajo and M. Ruethi: $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}/^{224}\text{Ra}$ and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotope relationships for determining interaction between groundwater and river water in the upper valley, *J. Environ. Radioact.*, **54**, 133-162 (2001)
- 53) T. Nakano-Ohta and J. Sato: $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ activity ratio in river water in Okutama area, western district of Tokyo, *Radioisotopes*, **54**, 531-540 (2005)
- 54) K. Nagai, E. Hashimoto and J. Sato: Activity ratios of Ra and Th isotopes in leachate from monazite, *Radioisotopes*, **55**, 567-575 (2006)
- 55) K. Nagai, Y. Kurihara and J. Sato: Activity ratios of Ra and Th isotopes in leachate from euxenite, *Radioisotopes*, **56**, 719-728 (2007)
- 56) K. Nagai, M. Takahashi and J. Sato: Activity ratios of Ra and Th isotopes in leachate from granite, *Radioisotopes*, **56**, 811-818 (2007)
- 57) T. Nakano-Ohta, T. Saito and J. Sato: Seasonal variation in ^{222}Rn concentration of groundwater observed at Kawasaki, *Radioisotopes*, **54**, 593-597 (2005)
- 58) T. Okubo, K. Furuyama and M. Sakanoue: Distribution of ^{228}Ra in surface sea water of the East Indian Ocean, *Geochem. J.*, **13**, 201-206 (1979)
- 59) T. Okubo: ^{228}Ra in surface waters of the Seto Inland Sea, *J. Oceanogr. Soc. Jpn.*, **37**, 279-286 (1981)
- 60) T. Okubo: Behavior of radionuclides around the Seto Inland Sea (1st report, distribution of radium isotopes in surface sea water), *Rev. Kobe Univ. Mercant. Mar., Part II*, **27**, 109-115 (1979)
- 61) T. Nakano-Ohta and J. Sato: Determination of ^{228}Ra and ^{226}Ra in seawater collected on manganese-impregnated acrylic fiber, *Radioisotopes*, **55**, 443-449 (2006)
- 62) K. Harada and S. Tsunogai: ^{226}Ra in the Japan Sea and the residence time of the Japan Sea water, *Earth Planetary Sci. Lett.*, **77**, 236-244 (1986)
- 63) T. L. Ku, C. A. Huh and P. S. Chin: Meridional distribution of ^{226}Ra in the eastern of Pacific along geosecs cruise tracks, *Earth Planetary Sci. Lett.*, **49**, 293-308 (1980)
- 64) 原田 晃: ウラン・トリウム系列核種と海洋での物質循環、*地球科学*, **23**, 1-11 (1989)
- 65) T. Okubo, K. Furuyama and M. Sakanoue: Distribution of ^{228}Ra in surface sea water of the East Indian Ocean, *Geochem. J.*, **13**, 201-

- 206 (1979)
- 66) K. G. Knauss, T. L. Ku and W. S. Moore: Radium and thorium isotopes in the surface waters of the east Pacific and coastal southern California, *Earth Planet. Sci. Lett.*, **39**, 235-249 (1978)
- 67) T. Nakano-Ohta and J. Sato: An application of Mn-impregnated acrylic fiber to the determination of ^{226}Ra and ^{228}Ra in hot spring waters, *J. Balneol. Soc. Jpn.*, **56**, 37-46 (2006)
- 68) 日本温泉協会：平成11年度 温泉の大深度掘さく基準作成等検討調査、環境庁委託業務報告書 (1999)
- 69) T. Nakano-Ohta, T. Kubota, J. Sato and Y. Mahara: Concentrations of ^{226}Ra and ^{228}Ra in hot spring waters from Tokyo metropolis and its vicinity, Japan, *J. Nucl. Radiochem. Sci.*, **8**, 109-114 (2007)
- 70) T. F. Kraemer and D. F. Reid: The occurrence and behavior of radium in saline formation water of the U.S. Gulf Coast region, *Isot. Geosci.*, **2**, 153-174 (1984)
- 71) R. S. Fisher: Geologic and geochemical controls on naturally occurring radioactive materials (NORM) in produced water from oil, gas, and geothermal operations, *Environ. Geosci.*, **5**, 139-150 (1998)
- 72) M. S. Al-Masri: Spatial and monthly variations of radium isotopes in produced water during oil production, *Appl. Radiat. Isot.*, **64**, 615-623 (2006)
- 73) 富田純平、山本政儀、佐竹 洋：高塩濃度 Na-Cl 型温鉱泉中の Ra 同位体—石川・富山県を中心に—、第60回日本温泉科学会大会 (2007)
- 74) 富田純平、山本政儀、佐竹 洋：高塩濃度 Na-Cl 型温鉱泉中の Ra 同位体の地球化学的研究、2007 日本放射化学会年会・第51回放射化学討論会 (2007)
- 75) 井上睦夫、渡部 諭、田中 究、小藤久毅、山本政儀、小村和久：日本海 沿岸海水の $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比の季節変動、金沢大学自然計測応用研究センター、低レベル放射能実験施設研究概要・年次報告 2005.4～2006.3、23-24 (2006)
- 76) M. Inoue, K. Tanaka, S. Watanabe, H. Kofuji, M. Yamamoto and K. Komura: Seasonal variations in $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ ratio within coastal waters of the Sea of Japan: implications for water circulation patterns in coastal areas, *J. Environ. Radioact.*, **89**, 138-149 (2006)
- 77) M. Inoue, K. Tanaka, H. Kofuji, Y. Nakano and K. Komura: Seasonal variation in the $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ ratio of coastal water within the Sea of Japan: Implications for the origin and circulation patterns of the Tsushima Coastal Branch Current, *Mar. Chem.* (2007) in press
- 78) Y. Nozaki, V. Kasemsupaya and H. Tsubota: Mean residence time of the shelf water in the East China and the Yellow Seas determined by $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ measurements, *Geophys. Res. Lett.*, **16**, 1297-1300 (1989)
- 79) 吉川 真、中野(太田)朋子、佐藤 純：伊豆大島の港湾内の海水中の $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比の観測、*Proc. 7th Workshop on Environmental Radioactivity*, 82-85 (2006)

放射化学討論会

2007 日本放射化学会年会・第51回放射化学討論会報告

奥野 健二

(静岡大学理学部附属放射化学研究施設)

2007 日本放射化学会年会・第51回放射化学討論会は、日本放射化学会および静岡大学理学部附属放射化学研究施設の主催、日本化学会・日本分析化学会・日本原子力学会および日本薬学会との共催で、平成19年9月24日(月)～26日(水)の3日間を会期として、静岡市駿河区にある静岡県コンベンションアーツセンター(グランシップ)において開催された。

静岡大学が放射化学討論会(以下「討論会」と略)のお世話をさせていただくのは、1959年の第3回大会(世話人:塩川孝信先生)をはじめ、1976年第20回(世話人:神原富尚先生)、1994年第38回(世話人:長谷川圀彦先生)に次いで4度目となった。

今回の静岡での討論会開催をお引き受けしたのは2005年9月末のことで、11月下旬には実行委員会を立ち上げて会期・会場に関する検討とともに討論会のイメージづくりを始めた。討論会に参加した経験をもつ学生の意見も聞いた。その後、日本放射化学会理事会にもお諮りして2006年3月末までに会期と会場を確定し、会場の仮予約も済ませた。

第51回大会は、次の半世紀に向かって放射化学研究をさらに大きく発展させていくべき『新たな船出』との位置づけに立ち、大航海を乗り切る船をイメージした学会会場の「グランシップ」は正に最適の会場となった。討論会の初日には会場ロビーから富士山を見ることができ、開会を祝しているようであった。

今回も口頭発表を重視し、口頭発表希望者はすべて口頭発表できるように工夫するとともに1件

あたりの口頭発表+討論時間をこれまでどおり20分間確保した。また、ポスター会場も十分な広さを確保でき、口頭発表会場と同じフロアであるように配慮し会場設営がなされた。今回はこれまでのポスター賞から若手優秀賞に改め、ポスター発表のみならず口頭発表でも優れた若手優秀者を奨励することとし、広く放射化学研究を広める観点から既受賞者は除外することとした。

今回の討論会における一般研究発表の件数は120(口頭発表49件、ポスター発表71件)とやや少な目であった。なお、参加登録者数は202名(事前登録147名、当日登録55名)で、特別講演や分科会の講師などを含めた参加者の総数は220名であった。一般研究発表の分野別件数は、主のところ、例年通り環境放射能関係の27件をトップに、原子核プローブ関係の26件、宇宙・地球化学の15件、核化学関係の12件、放射化分析の11件であった。日程の概要は次のとおりである。〔第1日目〕口頭発表、ポスター発表(その1)、若手の会(昼食時)、 α 放射体・環境放射能分科会と放射化分析分科会(夕方)、〔第2日目〕口頭発表、特別講演(1件)、核化学分科会原子核プローブ分科会、総会(学会賞・奨励賞の表彰式を含む)、学会賞受賞講演、シンポジウム「放射化学研究の次の半世紀に向けて」、懇親会、〔第3日目〕口頭発表、ポスター発表(その2)、奨励賞受賞講演(2件)、若手優秀賞表彰及び閉会式。

前回に続いて今回も発表申込、参加申込、要旨集原稿(PDF)提出および口頭発表用パワーポイントファイルの提出をインターネットを利用して行った。これまでと異なり、今回は参加費振込用紙の送付を止め、参加者各自に振込手数料を負担していただく代わりに参加費を300円減額することとした。これにより事務局の作業を簡略化することができるとともに参加者にも参加費を安くすることができ、事務局および参加者ともにとても

よかったとの感想をいただいた。

口頭発表については特に若手研究者がきれいなパワーポイントファイルを作成していることが印象的であった。また、発表者自身が主体的に研究していることがわかる自信にあふれた発表が多かったことがとても印象的であった。

ポスター発表については、A0サイズの大判にカラーで印刷された素晴らしいポスターが勢ぞろいし、各ポスターの前で活発な討論が展開されていた。

これらの発表内容を若手優秀賞審査委員が研究内容、発表内容、質疑応答および研究の主体性を主な審査項目として審査し、とくに優れた発表5件に対して実行委員長名で閉会式において表彰した。今回受賞した発表は、「パイオニック X 線測定によるパイ中間子捕獲初期過程の解明」中垣麗子氏（阪大）、「固体における高エネルギーイオンのホットアトム化学的過程に関する研究 (X V) ボロン膜中における高エネルギー重水素のホットアトム化学的挙動に及ぼす酸素含有効果」吉河朗氏（静岡大）、「キャピラリー電気泳動法による三価ランタノイドとアクチノイドイオンの分離」森友隆氏（静岡大）、「トリチウムをトレーサとして用いた環境水の動態研究」広瀬篤志氏（九大）、「放射性ナノ粒子の粒径分布測定のための Graded Screen Array の開発」長田直之氏（京大）の5件であった。閉会式において賞状と副賞（日本放射化学会のシンボルマーク入りのクリスタル楯）を贈呈した。

特別講演は、「The role of radiochemical neutron activation analysis in multidisciplinary research」Prof. Jan Kucera (Academy of Sciences of the Czech Republic) であり、放射化学分析に関する学際的研究における放射化学的中性子放射化分析 (RNAA) のはたすべき役割の話であった。

受賞講演は、今回、学会賞2件、奨励賞2件があり、2日目の総会後に学会賞受賞講演「低エネルギー核分裂における変形経路の解明に関する研究」中原弘道氏（東京都立大名誉教授）があった。もう一件の「極低レベル放射能測定の実現による環境放射能研究の新展開」小村和久氏（金沢大）も予定されていたが、先生の体調がすぐれないと

のことで、来年度の討論会にて講演していただくこととなった。

次いで「放射化学研究の次の半世紀に向けて」と題して、パネラーに田中知教授（東大院工）、熊野善介教授（静岡大教育）、前田米蔵教授（九大院理）（本学会会長）を迎えシンポジウムを行った。各学会からの放射化学研究への期待が大きいことを痛感するとともに、さらに本会が主体的に活動していく必要性を示され、非常に有意義なものであったとの参加者からの感想であった。

3日目には奨励賞受賞講演「古文書・古筆切の放射性炭素年代測定」小田寛貴氏（名大）、「アクチニド及びランタニド水酸化物錯体の生成挙動に関する熱力学的研究」佐々木隆之氏（京大）が行われた。

懇親会は、第2日目の夕方、静岡駅徒歩2分のホテルアソシア静岡で、合計120名（一般90名、学生30名）のご出席をいただいて盛大に開催された。他の学会とは大きく異なり若い方の参加が比較的多く、料理が少し少なかったかと思われましたが、静岡の味をお楽しみいただき、二次会への準備には良かったのではないかとおもいます。

総会の前後には日本茶インストラクターの金沢真理子さん（静岡 O-CHA プラザ日本茶指導スタッフ）による静岡茶のサービスをお願いしました。おいしい静岡茶をご賞味いただけたことと思います。お茶の正しい入れ方について興味深く質問されている方も多く、有意義であったのではと思います。

最後に、会員各位のご協力によって本討論会を無事盛会裏に終わることができ、実行委員一同深く感謝していることを申し述べて、報告を終わらせていただきます。ありがとうございました。

第52回放射化学討論会

中島 覚

（広島大学自然科学研究支援開発センター）

広島での第52回放射化学討論会のご案内をします。

昨年、静岡大学の奥野健二先生のお世話のもと、静岡のグランシップにて第51回放射化学討論会

が開催され、次の50年に向けて新たな船出が切られました。これを受けての第52回放射化学討論会の開催であり、今後の放射化学のあり方とも関係しますので、活発な討論会にしなければならぬと意気込んでおります。

広島での放射化学討論会の開催は1965年の第9回大会（世話人：山本勇麓先生）、1989年の第33回大会（世話人：市坂純雄先生）に続き3回目の開催になります。第52回大会の実行委員は比較的若く、至らない点も多々あるとは思いますが、研究の活性化と交流の場、そして若手研究者の育成の場にすべく準備しております。そのためには、一般発表をより一層充実させなければならぬと考えております。皆様の積極的なご参加と積極的な発表を心よりお願い申し上げます。

まだこれから準備することばかりですが、現段階で分かっていることを記します。分科会担当者（敬称略）は次の通りです。

α 放射体・環境放射能分科会：

高橋嘉夫（広島大院理）

放射化分析分科会：

日高 洋（広島大院理）

核化学分科会：高橋成人（大阪大院理）

原子核プローブ分科会：

速水真也（広島大院理）

また、懇親会はひろしま美術館を予定しております。ヨーロッパ近代美術が充実しておりますので、それらをご鑑賞頂いて討論会で疲れた頭を休め、その後中庭（雨天の場合ホール）でご歓談いただければと思います。

最後に、会期、開催場所などの概要を以下にまとめておきます。

2008 日本放射化学会年会・第52回放射化学討論会

会期：平成20年9月25日（木）～27日（土）

場所：広島大学霞キャンパス内広仁会館（広島市南区霞1-2-3）（図1）

内容：口頭発表、ポスターセッション、学会賞・奨励賞受賞講演、分科会、若手の会、懇親会

討論会ホームページ：

<http://home.hiroshima-u.ac.jp/ricentr/pages/08housyakagakukaiframe.html>



図1 案内図

広島空港をご利用の方はリムジンバスが便利です。リムジンバスは広島駅新幹線口行きか広島バスセンター行きをご利用下さい。広島駅、バスセンターからは大学病院行きのバスをご利用下さい。討論会会場は大学病院があるキャンパス内です。詳細は次のホームページをご覧ください。

<http://www.hiroshima-u.ac.jp/hosp/hiroshimadaigakubyoin/index.html>

分科会だより

 ^{57}Fe メスバウア分光で“見た”シリコン中の微量鉄不純物

吉田 豊 (静岡理工科大)

半導体シリコン中の微量金属不純物や結晶欠陥は、結晶成長時やその後のデバイス製造プロセスで導入され、半導体の電気特性に大きな影響を及ぼすことが知られている。例えば、シリコン太陽電池では凝固過程で利用される坩堝離型剤に鉄不純物が含まれ、インゴットに取り込まれる。これがキャリア捕獲中心となり発電効率低下の大きな原因のひとつと考えられている。シリコン中の金属不純物に関する研究はすでに半世紀以上の研究の歴史があるが、格子位置や荷電状態、拡散などの基本的問題が未解決で、この問題は温暖化ガス削減と直結し極めて重要な研究テーマとなっている。本稿では、我々が開発した3つの異なるメスバウア分光計測技術を組み合わせた、検出限界ギリギリの極微量鉄不純物 ($10^{10}\text{-}10^{18}/\text{cm}^3$) を含むシリコン材料の基本的問題への挑戦を紹介する¹⁻³⁾。

約1nm厚の ^{57}Fe をシリコンウェーハ表面に故意汚染して拡散過程のその場観察に挑んだ「高温メスバウア分光吸収体実験」では、ドーパントやその濃度を変化させ、観測されるスペクトル成分と対応するエネルギー準位との関連を調べた。図1はn型およびp型Si中の蒸着後の室温、

1273K、そして再び室温で測定したスペクトルである。Si中のFe拡散は速く、表面に蒸着した鉄は直ちに内部に拡散する。従来のモデルで考慮されていた格子間鉄原子の成分以外に、置換格子位置の鉄成分が観察されている¹⁾。

さらに、理化学研究所・重イオン加速器を利用して、 ^{57}Fe イオン注入量 $10^{10}\sim 10^{13}$ 個によるスペクトル測定が可能で“孤立Fe原子”に関する情報が確実に得られる「インビーム・メスバウア分光法」を開発した。この“入射核破碎反応”によるインビーム・メスバウア実験では、理研リングサイクロトロンを利用して ^{58}Fe を62MeV/uまで加速し、Beターゲットに照射し入射核破碎反応生成物である ^{57}Mn をRIPS (RIken Projectile-fragment Separator)により分離する。この ^{57}Mn ビームを、250 μm のAlを通過させ数100MeVまで減速させた後、試料であるSiに 10^{12} 個程度注入する。 ^{57}Mn は半減期が1.45mで ^{57}Fe のメスバウア効果が観測可能な14.4keV励起準位に崩壊するので、注入後約2分のプローブ ^{57}Fe 原子やその周りの局所環境に関するナノスケール情報がメスバウア・スペクトルから得られると期待される。

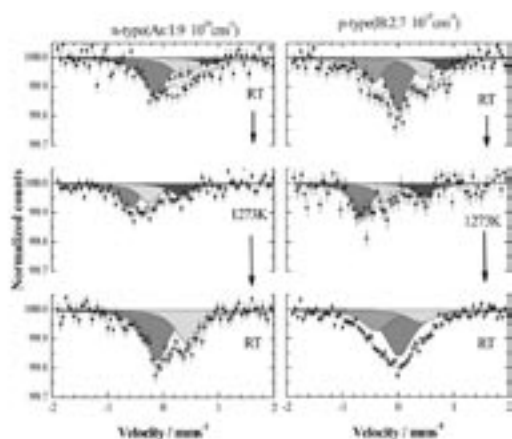
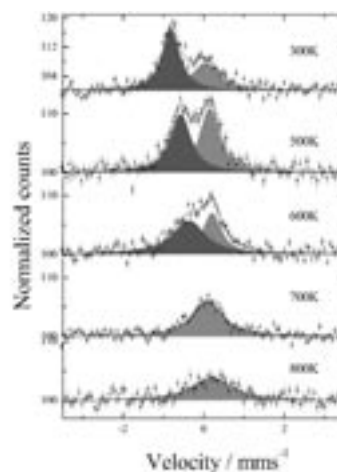
図1 n型およびp型Si中の ^{57}Fe 吸収スペクトル

図2 インビーム・メスバウアスペクトル

もちろん、イオン注入時に生成される原子空孔や格子間原子などの影響がスペクトルに現れる可能性はあるが、異なる温度での系統的な測定により、格子間位置と置換格子位置のFe原子に関する情報が得られている²⁾(図2)。

最後に紹介する「顕微メスバウア分光装置」は、材料の表面から200nmまでの深さ領域に存在する鉄原子をスペクトル成分ごとに約20 μ mの空間分解能でマッピング観察を目指す装置で、メスバウア効果を利用する鉄原子だけに敏感な顕微鏡である。本装置⁴⁾はX線マルチキャピラリーレンズ(MCX)により γ 線を材料表面に集光し、メスバウア共鳴吸収後に放出される内部転換電子をマイクロチャンネルプレート(MCP)により位置の関数で計測する。これにより2次元顕微像を実現する。この顕微装置は鉄原子のみに感度があり、検出限界濃度は1ppmFe程度の性能が得られている。さらに、異なるスペクトル成分を別々にマッピングし、⁵⁷Feで故意汚染した太陽電池多結晶シリコンの発電効率低下に直結する格子間および置換格子鉄不純物の分布測定に成功した³⁾。一部の結果を図3に示す。最近、検出感度が向上しており、故意汚染なしの材料でも観察可能になりつつある。

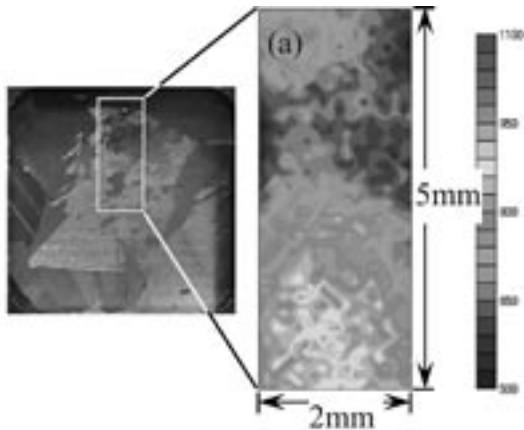


図3 ⁵⁷Feで故意汚染した多結晶シリコン表面近傍の鉄不純物分布

1. "Fermi level dependence of Mössbauer spectroscopic components corresponding to iron interstitials and their clusters in silicon", Y. Yoshida*, Y. Suzuki, A. Matsushita, K. Suzuki, and K. Sakata, Physica B 401-402 (2007) 167-170.
2. "⁵⁷Fe Diffusion in n-Type Si After GeV-Implantation of ⁵⁷Mn", Y. Yoshida, Y. Kobayashi, K. Yukihiro, K. Hayakawa, K. Suzuki, A. Yoshida, H. Ueno, A. Yoshimi, K. Shimada, D. Nagae, K. Asahi and G. Langouche, Physica B 401-402 (2007) 101-104.
3. "Iron impurities in multicrystalline silicon studied by Mössbauer spectroscopy", Y. Yoshida, S. Aoki, K. Sakata, Y. Suzuki, M. Adachi, and K. Suzuki, Physica B 401-402 (2007) 119-122.
4. "メスバウア分光測定装置" 特許出願 2007-129585

歴史と教育

ネットワークによる原子力教育の新しい試み

長谷川 信 (日本原子力研究開発機構)
 中西 孝 (金沢大学)
 藤井 靖彦 (東京工業大学)
 小高 知宏 (福井大学)

1. はじめに

地球規模での環境変化の原因となっている地球温暖化は、21世紀に解決すべき極めて重要な世界的な課題となっている。また、中国をはじめとするアジア諸国の拡大するエネルギー利用も、もう一つの重要な課題である。このような状況の中、世界的に原子力の復権が進められてきているが、わが国では内外の原子力事故をはじめ、不祥事、原子力産業の将来性・発展性に対する不透明感などにより、学生の原子力に対する人気は低迷している。このため、「原子力」という学科名自体が相次いで無くなるなど、原子力教育の危機が懸念される場所である。しかしながら、最近まとめられた「原子力政策大綱」¹⁾、「原子力立国計画」²⁾では、わが国の一次エネルギーの供給に対して、今後とも原子力エネルギーが相当な役割を果たして行くことが期待されており、これを担う技術者の育成も重要な課題として提示されている。

2. 原子力人材育成に関する現在までの動き³⁾

原子力人材育成に関する本格的な検討は、原産会議(現、原産協会)が少子高齢化社会の到来、団塊世代の退職など、原子力界の直面する人材面の状況を見据え行われてきた。その内容は、労働力のアライアンス(企業間の連携・提携)、技術者・技能者の教育、大学の原子力教育問題などに対する検討及び提言であった⁴⁾。また、ほぼ時期を同じくして、日本学術会議においても原子力人材育成について検討が行われ、従来の原子力学からパラダイム(枠組み)転換を図り、人類社会と調和した原子力学の再構築について提言が行われた⁵⁾。これらの議論の共通点は、原子力人材育成に対して、横断的な教育環境のネットワークの構築が、原子力人材育成に関する問題解決の糸口になる可能性があるという内容である。

また、茨城県、福井県、青森県等の原子力関連施設が立地されている地方自治体においても、知的コアとして地元大学の連携大学院の拡充、研究機関や企業を含めた地域と原子力の連携など、の観点から検討が進められてきている^{6), 7), 8)}。政党においても「わが国原子力の基本政策」⁹⁾、「総合エネルギー戦略」¹⁰⁾などで見られるように、原子力分野の人材育成に向けた検討がなされている。さらに、団塊世代の大量退職を背景に、「原子力政策大綱」で次世代の原子力研究・開発を支える人材確保の重要性を提言、「科学技術基本計画」¹¹⁾、「新・国家エネルギー戦略」¹²⁾などにおいても科学技術推進に関連した人材育成の重要性を謳っている。

最近の世界的な原子力の推進動向を受け、日本としても平成17年度に原子力分野が国家基盤技術として認定し、「原子力立国計画」として平成19年度からの「原子力人材育成プログラム」の取組みが進められている。

3. 原子力人材に求められる要件

ここ10年間を見通した場合、1970年代の原子力創成期に様々な経験を積み、原子力開発を支えてきた多くの人材が退職する時期を迎える。このような状況の中、これらの人材に蓄積された原子力の「知」をどのように維持・継承して行くかが今後の大きな課題である。これに対しては、具体的なプログラムを早急に立案し対処していく必要がある。現在、産業界や研究機関から要求されている原子力人材としては、基礎学力の確実な習得をはじめ、幅広い教養、柔軟な発想、論理的な思考、チャレンジ精神などの能力を有していることである。このためには、幅広い視野、スキルを持つ人材を育成していくことが求められている。

4. ネットワーク化の試み¹³⁾

提唱されたネットワークによる原子力人材育成を試みとして実践するため、日本原子力研究開発機構（当時の核燃料サイクル開発機構、以下、原子力機構）と連携大学院協定を締結している金沢大学、東京工業大学、福井大学と原子力機構の4者間で、平成16年9月からネットワーク化に関する意見交換を開始した。この結果、平成17年7月に「連携・協力推進協議会」を設置、各大学をネットワークで結び、新しい教育体系で原子力人材育成を試みるという合意が得られた。ネットワークを推進する上で基本となる考え方は、図1に示す通りである。また、ネットワークによる原子力人材育成を進める理念としては、次の4つの項目を柱としている。

- 1) 総合力のある人材育成プログラムの構築
- 2) 様々な分野に対応できる能力開発プログラムの構築
- 3) 原子力を支える技術者の養成
- 4) 実学を重視した教育プログラムの構築

なお、平成18年度までは本ネットワークを「連携大学院ネットワーク」という名称としていたが、幅広く展開するため「原子力教育大学連携ネットワーク」に名称を変更している。

5. ネットワークの活動内容¹³⁾

原子力教育大学連携ネットワークの活動は、1) 遠隔教育システムによる共通授業の実施、2) 実学としての学生実習の実施、3) ネットワークの連携・協力の強化、という3つのミッションで進められている。

(1) 遠隔教育システムによる共通授業

遠隔教育システムによる授業は、1) 授業の相互補完・共通化により基礎分野の強化を図る、2) 各大学にない授業を開講しカリキュラムの幅を広げる、3) 将来的には経費縮減に繋げる、などを目的として進めてきている。平成18年度に図2に示すような遠隔教育システムの設計、設置を進め、平成19年4月から3大学による共通授業を開始した。現在はまだ試みとして進められている段階であるため、平成19年度については、前期1講座「放射線計測・放射化学関連講座」（表1）、後期1講座「バックエンド関連講座」（表2）の2授業に限定して開講している。これら2つの授業は、表1に示すように3大学の講師によって構成され、各講師とも得意分野を講義するというプログラムとしている。このため、各講師間で、講義内容に一貫性を保てるよう、また偏った講義とならないよう、事前に遠隔教育システム専用コン

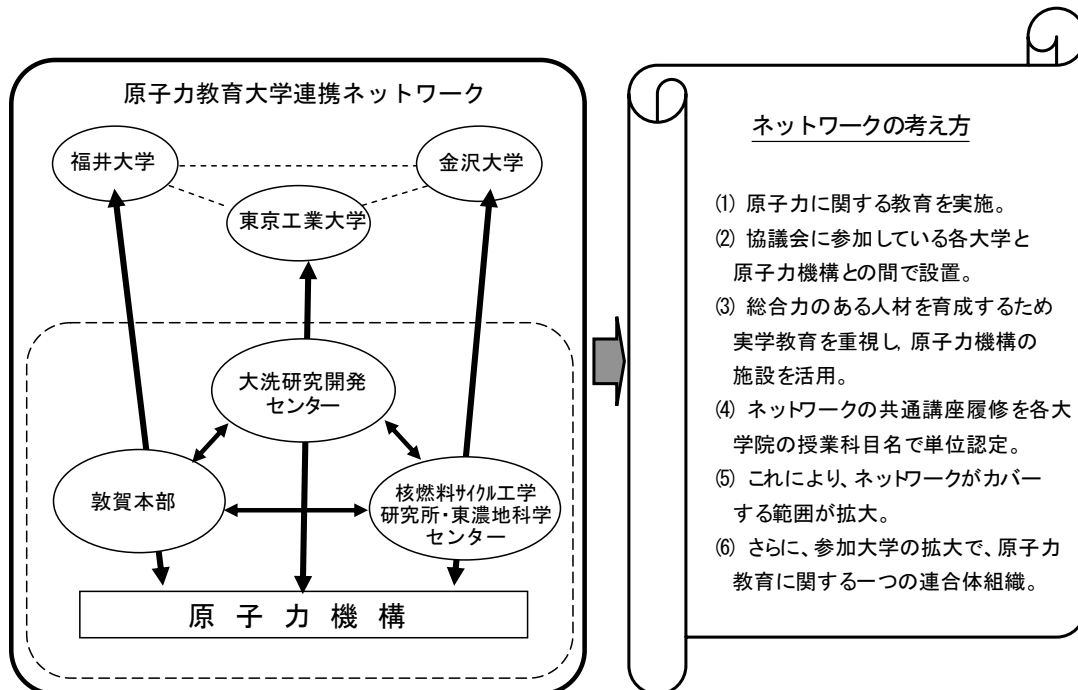


図1 原子力教育大学連携ネットワークの概念

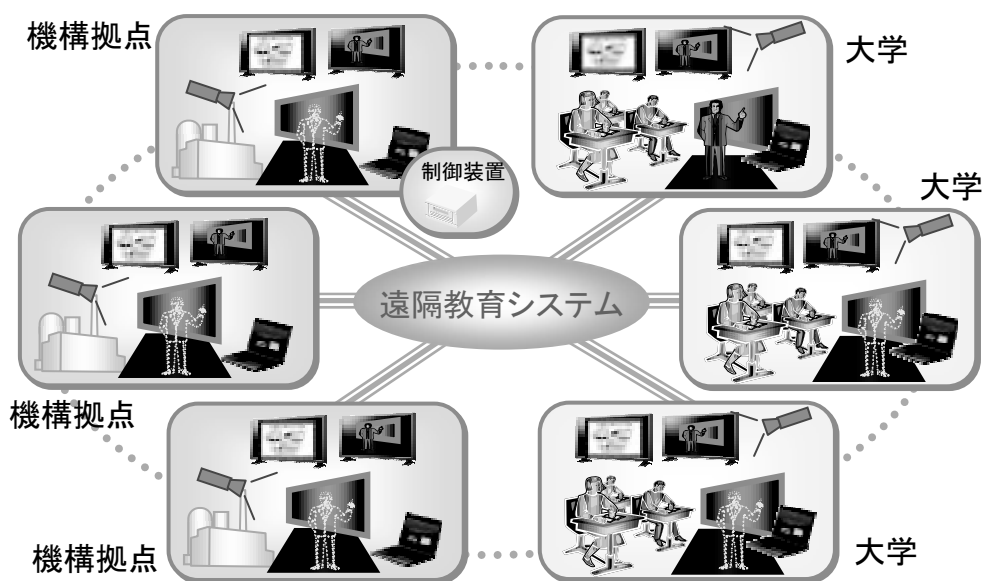


図2 遠隔教育システム概要

表1 平成19年度前期「放射線計測・放射化学関連講座」シラバス

講義単位	講義テーマ名	講義項目	講義日	講義内容	担当講師
1コマ	放射線・放射能の基礎について	・核・放射化学の基礎	4月13日	a) 核・放射化学の略、b) 放射化学史、c) 宇宙と放射線、d) 原子力への展開	東工大) 藤井教授
2コマ		・放射能の基礎	4月20日	a) 放射能、b) 放射性壊変系列	福井大) 西川教授 玉川准教授
3コマ		・放射線の基礎	4月27日	a) 電離性放射線、b) 放射線の種類、c) 放射線の発生、d) 単位	福井大) 西川教授 玉川准教授
4コマ	放射線・核科学について	・放射線計測	5月18日	a) 放射線測定の方法、b) 放射線検出器、c) 放射線計測データの解析法	東工大) 原田准教授
5コマ		・放射能と環境	6月1日	a) 線量と線量率、b) 自然放射線、c) 放射能の環境挙動、d) 放射生態学、e) 放射線防護	福井大) 西川教授 玉川准教授
6コマ		・原子核の基礎的性質(1)	6月8日	a) 原子質量と原子核の結合エネルギー、b) 原子核の安定性、c) 原子核の大きさ	金沢大) 横山准教授
7コマ		・原子核の基礎的性質(2)	6月15日	a) 原子核の量子力学的性質、b) 原子核のモデル、c) 原子核から素粒子へ	金沢大) 横山准教授
8コマ	原子核反応について	・核反応(Ⅰ)	6月22日	a) 低エネルギー核反応、b) 高エネルギー核反応、c) 重イオン核反応、d) 光核反応	金沢大) 横山准教授
9コマ		・核反応(Ⅱ)	6月22日	a) 核データの測定、b) 核データの誤差、c) 核データの利用	東工大) 原田准教授
10コマ		・核分裂	6月29日	a) 核分裂障壁、b) 自発核分裂、c) 荷電粒子誘起核分裂、d) 核分裂片の質量分布と電荷分布、e) 核分裂片の運動エネルギー分布	金沢大) 横山准教授
11コマ	核燃料サイクルの基礎化学について	・超アクチノイド元素の合成と化学的性質	7月6日	a) 重元素合成法、b) 熱い核融合と冷たい核融合、c) 単一原子化学、d) 超アクチノイド元素の化学(気相)、e) 超アクチノイド元素の化学(液相)	金沢大) 横山准教授
12コマ		・アクチノイドの化学と分離	7月13日	a) アクチノイド及びマイナーアクチノイドの溶液化学、b) ホットアトムケミストリー、c) 溶媒抽出の基礎、d) 基礎再処理プロセス化学	東工大) 小澤教授
13コマ		・核分裂生成物の溶液化学と分離・利用	7月20日	a) 核分裂生成物の溶液化学、b) RIの分離・製造、核医学・理工学利用	東工大) 小澤教授
14コマ	・同位体科学	7月27日	a) 同位体効果、b) 同位体分離科学、c) トリチウム化学(核融合化学)	東工大) 藤井教授	
15コマ	レポートガイダンス	放射線科学全般	7月27日	計5題のレポート課題提示	東工大) 藤井教授

表2 平成19年度後期「バックエンド関連講座」シラバス

講義単位	講義テーマ名	講義項目	講義内容	担当講師
1コマ	エネルギー環境概論	エネルギー問題	化石燃料エネルギーの枯渇と環境、人口問題について、現状を解説する。また、世界の安定的な経済成長と人類の豊かな生活を得るために、省エネルギー、再生可能エネルギー、原子力エネルギーなどの取り組むべき課題について解説し、エネルギーに関する問題意識を醸成する。	福井大) 榊原教授
2コマ		日本のエネルギー政策	原子力委員会から出された「原子力政策大綱」、資源エネルギー庁より出された「エネルギー基本計画」及び総合科学技術会議より出された「科学技術基本計画」について解説し、日本のエネルギー政策を理解する。	
3コマ	バックエンド工学	核燃料サイクロ論、炉工学概論	核燃料サイクル、原子炉の仕組み、構成、放射性廃棄物、高速増殖炉	東工大) 赤塚准教授
4コマ		再処理プロセスの化学と工業	再処理の意義、溶媒抽出の基礎理論、アクチニド (U, Pu, Np) 及び核分裂生成物 (Tc 他) の基礎分配特性及び分配挙動、初歩 PUREX 工学、放射性廃棄物	東工大) 小澤教授
5コマ	深地層科学	地層処分システム論	放射性廃棄物管理に関する基本的概念や地層処分システムの科学、安全評価の方法論について紹介する。	金沢大) 梅木教授
6コマ		日本列島のネオテクトニクスと地質環境の長期安定性	地層処分システムの安全評価に際して考慮すべき自然現象を理解するとともに、最新の研究成果を紹介する。	金沢大) 梅木准教授
7コマ		深地層の研究施設と地質環境調査評価技術	深地層の研究施設や地下深部の地質環境 (深部地質環境) の実体を探る調査・評価手法を概観する。	
8コマ		地層処分の安全評価技術1	核燃料サイクル施設から発生する放射性廃棄物と、それらの地層処分について安全評価の方法と評価上の留意点等について解説する。	金沢大) 亀井教授
9コマ		地層処分の安全評価技術2	地層処分の最新の安全評価事例や、安全評価モデルとナチュラルアナログ研究の関係を紹介しつつ解説する。	
10コマ	分離変換利用工学	核種分離技術	分離変換の意識、高レベル廃液の特性、MA (Am, Cm) 及び (Cm, Sr 他) 分離化学の基礎、群分離技術	東工大) 小澤教授
11コマ		分離利用技術の最先端 (新分離・利用技術)	有用核種の分離/変換/利用概念、希少金属 EP、発熱性 FP の分離利用技術、ロシア・CIS における先端的分離研究	東工大) 原田准教授
12コマ		核変換研究の基礎	核変換の歴史、多様な核変換の原理及び研究基盤を支える核データ研究について解説する。	
13コマ		核変換工学	高速炉や加速器を用いた放射性廃棄物核種の核変換システムについて解説する。	
14コマ	エネルギー環境概論	世界のエネルギー政策	世界各国のエネルギー政策の最新情報を解説し、世界のエネルギー事情を理解する。	福井大) 榊原教授
15コマ	レポートガイダンス (予備費)			金沢大) 亀井教授

テンツを作成し、講師間にて相互に講義内容の確認、調整を図っている。

今後これらの共通授業について評価・分析を行い、遠隔教育システム、講義内容などの改善を図るとともに、新たな授業についても各大学の実情を勘案しながら、ネットワークの特徴である相互補完の観点から検討を進めていく予定である。

(2) 学生実習プログラム

学生実習については、実学教育を重視する観点から、原子力機構の施設を活用したプログラムとしている。特に、大学で実施が困難である核燃料物質を取扱う実習 (写真1) も加え、「パンフレットの世界」から「現実の世界」へと体感してもらうことを基本としている。平成17年度から開

始した5日間の実習には毎回約20名の参加があり、参加学生からは貴重な体験との感想を得ている。平成19年度からは、さらなる実習効果を目指して参加学生を放射線従事者に指定、ウラン基礎化学の実習ができるよう、プログラムの見直しも行ってきている (表3)。また、学生実習の付随した特徴として、職場の雰囲気を感じてもらおう若手研究者との意見交換会 (写真2)、参加学生同士の情報交換もプログラムの一つとしている。

(3) ネットワークの連携・協力強化

原子力教育大学連携ネットワークの一環として、教員の相互派遣による特別講義も開催している。特別講義は、各大学で開講されていない講義内



写真1 核燃料物質取扱実習



写真2 若手研究者との意見交換会

容を念頭に企画しており、聴講した学生からは大変有意義との意見が多く出されている。

また、現在進めている3大学と原子力機構のネットワークは、まだ試みとして開始した段階であり、本来の趣旨として広く展開して行くためにも、希望大学が順次参加できるように、ネットワーク受入れ体制の整備を行っているところである。

6. ネットワーク活動の現在までのレビュー

原子力教育大学連携ネットワークの活動のうち、遠隔講義による共通講座及び実学としての学生実習について、現時点までの一次レビューを行った。

(1) 遠隔教育システムによる共通授業

既に、終了している前期の共通授業「放射線計測・放射化学関連講座」に対して、受講学生及び講師にアンケートを実施した。

受講した学生からの主な意見は、以下である。

- ① ネットワークによる大学間の同時講義は新しい授業形態であり、新鮮みを感じる。
- ② 他大学の特徴ある講義を受講できることは有意義である。

表3. 平成19年度学生実習スケジュール

	(東海) 8/27 (月)	(東海) 8/28 (火)	(東海) 8/29 (水)	(東海) 8/30 (木)	(大洗) 8/31 (金)
9:00 } 10:00		○放射線計測実習-I ・放射線計測の原理 ・測定器の概要及び取扱い ・体内放射能測定と線量計算	○放射線計測実習-II ・実効線量測定①	○核燃料物質取扱実習-II ・化学実験器具取扱い(コールド) ・溶媒抽出(コールド)	○原子炉工学実習 ・ガイダンス ・高速増殖炉の概要と高速実験炉「常陽」の原子炉システム(講義)
10:00 } 11:00		・人体への影響 ・被爆管理 ・放射線管理	・ γ 線スペクトロスコープ	・比色分析の概要および測定(コールド) ・酸濃度分析(コールド)	・施設見学(高速実験炉「常陽」:中央制御室、シュミレータ室)
11:00 } 12:00		○従事者指定のホールボディカウンタ(体内放射線測定)			
		昼休み	昼休み	昼休み	昼休み
13:00 } 14:00	○開講式(13:00~) ○オリエンテーリング	○核燃料物質取扱実習-I ・従事者氏名教育理解度確認テスト	・実効線量測定②	・溶媒抽出実験(管理区域内)	・施設見学(照射後試験施設)
14:00 } 15:00	○実習施設ガイダンス(従事者指定教育) ・施設、設備の構造	・身体除染 ・グローブボックス、マニプレータ操作			・原子炉の熱流動解析実習(計算、解説)
15:00 } 16:00	・非常時の措置	・マスクマンテスト	コンプトン散乱	○従事者解除のホールボディカウンタ	○修了式(15:40~)
16:00 } 17:00	○原子炉工学実習 ・原子炉の熱流動解析実習	・核燃料サイクル概論	・施設見学 高レベル放射性物質研究施設(CPF)	・溶媒抽出実験まとめ	
17:00 } 18:00				○若手研究者との意見交換会(~18:00頃)	

- ③リアルタイムで行われる他大学の講義の受講で選択肢の幅が広がる。
- ④著名な教授陣の講義を受講できることで知識が深まる。
- ⑤放射線、原子力、核燃料サイクルの基礎知識を習得できる。

また、講義を実施した講師からの主な意見は、以下である。

- ①講師の各々の得意分野を担当することで相互に補完ができる。
- ②学生の理解度を高めるためには、講義の工夫が必要である。
- ③遠隔授業は効率化を求めるのではなく教育の質的向上を求めるものと理解する。
- ④遠隔授業の成功の有無との問いでは、失敗ではなく成功である。

以上総括すると、遠隔授業としては概ね好評であったと判断できる。しかしながら、今後とも受講学生が興味を持てる遠隔授業とするためには、さらなる工夫を行う必要があると思われる。

現時点の一次評価として、今回の遠隔授業が基礎的内容に的を絞ったこともあり、非常に意義深いものになったと言える。今後の遠隔授業の方向性としては、ネットワークの幅を広げることも意識して、目的を絞った内容とすることを考える必要がある。

(2) 実学としての学生実習

参加学生からは、核燃料物質（ウラン）の取扱い実習、サイクル研究施設の見学で核燃料サイクル研究を体感できたこともあり、非常に興味を持ってたという意見が多かった。しかしながら、今年度から追加された核燃料物質取扱実習については、その準備として行う従事者指定教育（座学）に要する時間が多く、有効な時間配分となっていないという意見も寄せられている。このことについては、プログラム構成を工夫すべきと受け止め、来年度からは指定教育を事前に遠隔授業で済ませるなどの工夫を行うこととしている。

現時点の一次評価として、大学側で実施又は体験が困難な実習教育、核燃料サイクル施設の見学は非常に重要で、学生へのインパクトも大きく、意義深いものとなったと言える。

7. おわりに

「原子力人材育成に関する貢献」は、原子力機構の中期目標として掲げる重要なミッションの一つであり、原子力教育のネットワーク化はこれに対する具体的な一つの形と考えている。今後とも、各大学と緊密な協力・連携のもと、ネットワークの充実を図るとともに、原子力人材育成で抱えている諸課題を解決するためにもネットワーク化の模索を進めて行く必要がある。

連携ネットワークは、既に開始してから約3年、遠隔授業を開始してから1年が経過しようとしており、連携ネットワークの今後の展開を図るためにも、新しい試みに対する関係者の理解が必要であると考えられる。

8. 参考文献

- 1) 原子力委員会：“原子力政策大綱”（平成17年10月）
- 2) 経済産業省：“総合資源エネルギー調査会 電気事業分科会 原子力部会 報告書 ～「原子力立国計画」～”（平成18年8月）
- 3) 社団法人 日本原子力学会 教育委員会：“原子力人材育成に係る最近の検討状況と関連組織との今後の連携協力のあり方”（平成19年3月）
- 4) 社団法人 日本原子力産業会議：“基盤強化委員会 人材問題小委員会 報告書”（平成15年3月）
- 5) 日本学術会議 原子力工学研究連絡委員会 エネルギー・資源工学研究連絡委員会核工学専門委員会：“人類社会に調査した原子力学の再構築”（平成15年3月17日）
- 6) 茨城県 サイエンスフロンティア21構想懇談会：“サイエンスフロンティア21構想 報告書”（平成14年3月）
- 7) 福井県：“エネルギー研究開発拠点化計画 ～地域と原子力の自立的な連携を目指して～”（平成17年3月）
- 8) 青森県：“青森県エネルギー産業振興戦略～持続可能な社会の先進地域形成を目指して～”（平成18年11月）
- 9) 自由民主党 政策調査会：“わが国原子力の基本政策”（平成17年8月）
- 10) 自由民主党：“総合エネルギー戦略 中間報

- 告”（平成18年3月）
- 11) 総合科学技術会議：“科学技術基本計画”（平成18年3月閣議決定）
- 12) 経済産業省：“新・国家エネルギー戦略”（平成18年5月）
- 13) 日本学術会議 総合工学委員会：“原子力総合シンポジウム2007講演論文集 ～エネルギーセキュリティと地球環境問題の一体的解決に向けて～”（平成19年5月）



時過ぎて

立川圓造博士を偲んで

吉田 善行（日本原子力研究開発機構）

永年に亘り放射化学、放射線化学、原子炉化学をはじめとする幅広い研究分野において多くの業績を挙げるとともに、同分野を発展させるべく人材の育成に貢献され、日本原子力研究所（原研）東海研究所副所長や（財）日本分析センター理事を歴任された立川圓造さんが、昨年（平成19年）6月1日にご逝去されました。71歳という早すぎることご逝去の報に接し、心から哀悼の意を表すものです。

立川さんは昭和33年（1958）年に名古屋大学理学部化学科を卒業後、原研に入所し東海研究所の放射線応用部で研究者としての一步を踏み出されました。すぐに、当時原研で本格化した放射線化学の研究に従事し、有機化合物のホットアトム反応の研究で幸先よく大きな業績を挙げられました。その後、昭和38年からはフルブライト留学生として、のちにノーベル化学賞を受賞されたF. S. Rowland教授の下に渡米し、反跳トリチウムと炭化水素の反応の研究に取り組みられました。勤務先を移られたRowland先生とともに立川さんもカンサス大学からカリフォルニア大学へと移り住み、精力的な研究活動を続け、大きな飛躍を遂げられました。その間の成果を博士論文「The Abstraction of Hydrogen Atom by Energetic Tritium Atoms from Nuclear Recoil（反跳トリチウム原子による水素原子の引き抜き反応）」にまとめ、カリフォルニア大学からPh.D.の学位を授与されました。

こうして米国での4年間の留学生生活を終え、昭和41年に帰国してからの立川さんの研究業績については会員の皆様にはご周知のことと思いますので詳述は避けませんが、反跳トリチウム、反跳臭素、反跳ヨウ素の反応の研究、原子炉水中の反跳トリチウムと水の反応の研究、ホットゾーンモデルに基づく二酸化ウラン中のトリチウムの拡散挙動の研究、材料表面でのトリチウムの吸着・脱離



〔写真〕 第50回放射化学討論会記念大会（平成18年10月、於東海村）で中原大会組織委員長から感謝状を贈呈される立川さん。

反応の研究とトリチウムの吸着抑制法及び除去法の開発、オキシソルホン添着活性炭による廃液からの放射性核種の除去法の開発、原子炉一次冷却系内放射性腐食生成物（クラッド）の性状に関する研究、原子炉除染法の開発など、まさにその時代々々における原子力化学研究分野の重要課題に挑戦し続け、見事な研究成果を挙げられました。

このように立川さんは研究をこよなく愛し大きな成果を収めました。それと並行して積極的に学会活動を行い、昭和63年には、第32回放射化学討論会の開催（於東海村）をお世話されました。そのこともあってこのたび本会の会員有志が発揮人となって、第51回放射化学討論会（平成19年9月24～26日、静岡市）の会場の一角を借りて、「立川圓造さんを偲ぶ会」を開催しました。当日は50名を超える多くの方々にお集まり頂き、在りし日の立川さんのご業績やご活躍を偲ぶ良い機会とさせて頂きました。

また、偲ぶ会の開催に当たっては、立川さんのご友人、ご同僚、共同研究者、そのほか種々の係わりのある方々（45名）から立川さんとの思い出や、立川さんへの感謝をこめた追悼のお便りを頂き、これに業績概要と論文集を綴じこんで「立

川圓造博士業績集」を製本し、参加者の皆さんのお手許に届けました。この冊子にも眼を移しながら進めた“偲ぶ会”の概要は以下のとおりです。

まず中島幹雄さん（原子力機構）が、原研時代に立川さんと一緒に研究活動を進めた多くの同僚や後輩を代表して立川さんの業績を概説しましたが、参加者一同改めて立川さんの業績の偉大さに感嘆させられました。

ついで、Rowland 研究室での同僚であり、それ以来長い間にわたって、お仕事のみならず日常生活においても深くご親交を結ばれてきた富永健さん（元東京大学）から、立川さんの研究に対する厳しい取り組みの姿勢や、その一方で大胆にも見える立川さんの行動に関する楽しかった思い出が披露されました。

同じく Rowland 先生の研究室でご一緒され、その後ずっと友人としてお付き合いのあった米国在住の菊池洵さん（International Access Corporation 社）には、わざわざこの日のためにワシントン DC から駆けつけて頂きました。人並みはずれて元気者だった立川さんの思い出を多くのエピソードを交えてお話し頂きました。

原研時代からずっと親しくされてきた工藤博司さん（元東北大学）、馬場宏さん（元大阪大学）、木原壮林さん（現熊本大学）からも立川さんの偉大な業績に対する賛辞が述べられるとともに、研究を離れた時に垣間見る立川さんの愛すべきお人柄への親愛の情が語られました。

最後に中原弘道さん（元都立大）から、原研化学部長時代に大学との共同研究に道を拓いた立川

さんの献身的な努力、アクチノイド化学の研究の発展への貢献などが紹介され謝意が述べられ、2時間にわたる偲ぶ会を閉幕しました。

ご参集頂いた方々、追悼文をお寄せいただいた方々に、本紙面を借りて厚く御礼申し上げます。

最後に「立川圓造博士業績集」に寄稿して頂いた Rowland 先生からの追悼メッセージのほんの一部を以下に転載します。Rowland 先生の目に映った若かりし頃の立川さん、研究にスポーツにと何にでも精一杯の努力を惜しむことのなかった立川さんの生き方に思いを馳せながら、心からご冥福をお祈りいたします。

To Enzo; (from Professor F. S. Rowland)

Within his first few weeks in Lawrence, Kansas, Enzo became not only an active member of the laboratory but also a participant in local community affairs. I distinctly remember a softball game in which a university team mostly of graduate students (and one faculty member) was playing a team of townspeople, and Enzo was our second baseman playing alongside me in my position a first baseman. Enzo's athleticism and enthusiasm stayed with him well into middle age. (中略) Enzo was of course an excellent laboratory scientist, and he quickly became involved in our research on the gas phase reactions of energetic tritium atoms recoiling from a nuclear reaction with hundreds of thousands of electron volts of kinetic energy. . . .

時過ぎて

齋藤 信房先生を偲んで

富永 健 (東京大学名誉教授)

本会名誉会員齋藤信房先生は、肺炎のため平成19年12月19日逝去されました。享年91才でした。平成18年10月には、先生が生みの親である放射化学討論会の第50回記念大会(水戸)に出席されて、特別表彰を受け、記念講演をされるほどお元気であっただけに、突然の訃報に接し痛恨の極みであります。学界にとっての損失はいうまでもないことですが、永年お導きいただいた弟子たちにとってかけがえのない師を失ったことは、悲しみに耐えません。

先生は、大正5年東京のお生まれで、昭和15年東京帝国大学理学部化学科を卒業されました。卒業論文のテーマとして松浦二郎先生とともに、木村健二郎教授から「中性子によるウランの核分裂について」および「第93番元素の生成」を与えられて、理研のサイクロトロンで木村・仁科グループの実験を補佐された話は、昨年刊行の「放射化学研究50年の歩み」の中にも述べられています。日本チームは結局今一步のところ欧米に功を譲りましたが、このように当時最先端の研究現場に卒研究生が参加できたとは、とても印象深いことでした。昭和15年から京城帝国大学理工学部勤務され、昭和20年助教授で終戦を迎えられました。

ご帰国後、九州(帝国)大学理学部助教授(昭和21年)を経て昭和24年東京大学理学部に助教授として着任されました。昭和27年から29年までは米国カーネギー工科大学のKohman教授のもとに客員研究員として留学しておられます。昭和31年、木村健二郎先生ご退任の後をうけて理学部教授にご昇任、無機化学講座を担当され、以来昭和52年のご停年まで理学部で研究と教育に力を尽くされました。この間、理化学研究所でも主任研究員として研究室を主宰されました。昭和45年からは、先生のご尽力で新設された東京大学アイソトープ総合センターの初代センター



故 齋藤信房先生

長(併任)を6年余にわたってつとめられました。ご停年後は名誉教授となられ、東邦大学理学部教授(昭和53~62年)・理学部長(昭和54~57年)、さらに(財)日本分析センターの理事長(平成2~6年)・会長(平成6~8年)などを歴任しておられます。また、日本化学会、日本分析化学会などの会長のほか、原子力やアイソトープ、放射線に関する国内の審議会や委員会の部会長や委員長などとして、さらに国際的にも昭和38年からの2年間ウィーンで国際原子力機関(IAEA)のアイソトープ部長として、また国連科学委員会会議や国連原子力平和利用国際会議などの日本代表顧問として活躍されました。

先生のご研究は、化学教室の木村健二郎・南英一両研究室の流れを受け継ぎ、同位体地球化学(鈾泉沈殿物・岩石・鈾物など天然物中の同位体の分布など)に始まり、無機ホットアトム化学(錯体をはじめ無機化合物での核変換で生成した高エネルギーまたは高電荷の原子などの特異な挙動)、メスbauer分光法の化学への応用(無機化合物の放射線分解や熱分解など固相反応をメスbauer効果を用いて追跡)、同位体の分離・濃縮や放射化学分析の手法の開発など、無機同位体化学・放射化学の広い領域にわたって新たな開拓・発展

に取り組み、国際的にも評価の高い優れた業績を残されました。先生はこの分野における指導的な役割を果たされましたが、これらのご貢献に対して昭和49年度日本化学会賞を受賞しておられます。ホットアトム化学といえば、先生は、実験設備や測定機器も研究費も貧しかった昭和30年代に、わが国で欧米に伍して放射化学の研究を進めるには、新しい領域で独創的な着想で勝負するほかなしとしてこのテーマに着目されたのでした。また、わが国の放射科学者のための討論会の創設を提案され、これが実現して昭和32年に第1回の放射化学討論会が開催され、これはその後、放射化学の研究発表の場として中心的な役割を担って発展し、今日の盛況をみるに至っています。

斎藤先生には、最初から「インターナショナル」というイメージがぴったりでした。私どもが学生・院生であった半世紀ほど前に、黒板が英語の単語で埋めつくされて、たまに日本人名を引用する所だけに漢字（日本語）という先生の講義スタイルを初めて体験して驚いたことを記憶しています。他学部からの聴講生が英和辞典片手に講義ノートをとっていたそうです。また、先生はIAEA勤務のほかにも海外での会議や学会へのご出張が当時としては大変多い方でしたから、弟子たちはご出張の合間を縫って研究の報告や投稿する論文の校閲をお願いし、指導を受けたものでした。

先生は、豊富な海外でのご経験をふまえて常に国際的な視野で日本の立場をとらえておられました。わが国の化学の発展と国際的な地位の向上のためには、海外との研究協力や交流をもっと促進すべきであると早くからお考えで、昭和54年の日米両化学会の合同年会の実現に尽力されたのでした。「夜中の2時か3時にSeaborgさんが電話

して来たので、一体こちらは今何時だと思っているんだ、真夜中だよと云ったら恐縮していた」と先生が話しておられたのは、多分この頃のことだったと思います。ホノルルでの最初の合同年会（Chemical Congress 1979, ハワイ年会）はその後の環太平洋国際化学会議の端緒となりました。放射化学分野に限って言えば、昭和48年の第1回日米協力セミナー（大磯）も、その後の両国の研究協力・人的交流の礎となったのでした。このように、斎藤信房先生は大学・学界においても、科学行政においても、指導的な立場にあって重要な貢献を成しとげられました。それらのご功績に対して昭和54年に紫綬褒章、昭和62年には勳二等瑞宝章を受けておられます。

私が50年前に卒業研究で師事して以来今日まで、誠実で温厚な中にも厳しさを失わない紳士、という先生の印象は変わりませんでした。明治大正生まれの学者の風格、あるいは「品格」とでもいうのでしょうか。先生にはそれを感じました。ゆえに私たちの尊敬の念も一層深まったのだと思います。先生の誠実で温かなお人柄は多くの人々の敬愛するところでありました。先生はまた、「何事も100点満点を目指さず、自然体で80点を目標に、が私のモットーである」とよく云われました。それでも私たちには、先生の達成されたことは万事100点以上に感じられました。「100点とる」と公言しながら実は80点もとれないような後進に身の程をさとらせる戒めかも知れませんが。

先生の温容に接してまだまだご教示を乞いたいと願っていた不肖の弟子達にとっては、ご逝去は誠に残念でなりません。ここに心から先生のご冥福をお祈り申し上げます。

施設だより

日本分析センター

岸本 武士（日本分析センター）

環境問題や安全性に対する国民の認識が高まるなか、これらのことについて正確で信頼性のある情報を提供することは極めて重要である。とりわけ、原子力艦の寄港に伴う周辺環境監視及び原子力発電施設等の健全な運用のために、日常的な環境放射能・放射線の分析調査は欠かせないものとなっている。

当センターは、環境放射能分析専門機関として、昭和49年5月に設立された。設立当初は、理化学研究所駒込分所の一部を借用して米国原子力艦寄港に係る放射能調査業務を開始し、昭和49年11月からは、工業技術院公害資源研究所浮間分室敷地の一部を借用し、原子力施設周辺の放射能測定調査業務を開始した。昭和54年12月には、千葉市稲毛区山王町に移転し、現在に至っている。

当センターの主な業務は、米国原子力艦寄港に伴う放射能調査、環境放射能水準調査、放射能分析確認調査、放射能データの収集公開、環境放射能分析研修事業である。

米国原子力艦寄港に伴う放射能調査では、出港時に採取した海水及び出港後に採取した海底土の人工のガンマ線放出核種を測定し、冷却水の異常放出や事故等により環境への影響がないか確認を行っている。分析試料数は、年間約700試料である。

環境放射能水準調査では、我が国における環境放射能の水準を把握するため、人工放射性核種であるストロンチウム90、セシウム137及びプルトニウムの分析を行っている。分析試料数は、年間約1,400試料である。

また、我が国におけるラドン対策のための基礎調査として、ラドン濃度が高いと予想される地域の家屋について、室内のラドン濃度調査を行っている。さらに、大気中放射性希ガス濃度の全国調査として、核燃料再処理施設から環境中に放出される希ガスのクリプトン85を緯度別に採取し、バックグラウンドを把握している。

放射能分析確認調査では、47都道府県の分析機関を対象に、分析・測定技術の維持・向上のため、放射性核種分析、積算線量測定、連続モニタによる環境ガンマ線量率測定などについて、相互比較分析を行っている。

放射能データの収集公開では、当センターのデータをはじめ、関係省庁や原子力施設立地道府県の放射線監視結果などのデータを収集し、文部科学省のホームページ「日本の環境放射能と放射線」で公開している。

環境放射能分析研修事業では、47都道府県の実務担当者に、実習に重きを置いた環境放射能分析・測定の研修を行っている。

なお、環境放射能分析の専門機関として、突発的な環境放射能問題に迅速かつ正確に対応しており、最近では、北朝鮮地下核実験に伴う環境放射能調査及び新潟県中越沖地震の発生に伴う柏崎刈羽原子力発電所周辺地域の水産物や農産物の放射能測定を実施した。

以下に、当センターの主な施設・設備を示す。

1. 試料調製庫

採取された土壌や海底土試料は、分析の前処理として、バットに広げて大型乾燥機で乾燥後、土試料粉碎室で乳鉢やグラインダーを用いて微粉碎し、均質化する。

肉、野菜、魚などの生物試料は、可食部を切り分け、大型乾燥機で乾燥後、大型電気炉（図1）で灰化減容する。

なお、灰化時の排気は臭気を伴うため、白金触媒を用いて無煙・無臭化処理を行っている。



図1 大型電気炉を用いた試料の灰化

2. ストロンチウム分析室

環境試料中のストロンチウム90の分析は、試料を乾燥・灰化等の前処理後、酸による分解・抽出を行い、ストロンチウム90の単離後、壊変生成物であるイットリウム90をミルクキング（ストロンチウム90とイットリウム90が放射平衡になっている状態で、イットリウム90を分離すること：図2）し、ベータ線測定を行う。分析試料数は年間約2,000試料である。

ストロンチウム分析室では、酸による分解・抽出からミルクキングまでを行う。



図2 イットリウム90のミルクキング

3. ストロンチウムカラム室

ストロンチウム90の分析工程に、陽イオン交換樹脂カラム(図3)による分離がある。本工程は、可燃性の有機溶媒（メタノール）を使うこともあり、ストロンチウム分析室とは別に専用の実験室

を設けている。この部屋には60本のカラムが並び、送液ポンプを用いて自動処理が行われている。



図3 陽イオン交換樹脂カラム

4. 放射能測定機器

プルトニウムなどのアルファ線放出核種は、カラム分離後、アルファ線スペクトロメータでアルファ線を測定している。

ストロンチウム90やセシウム137などのベータ線放出核種は、単離後、低バックグラウンドベータ線測定装置（LBC）でベータ線を測定している。

ガンマ線放出核種は、試料の灰化や蒸発などによる濃縮や沈殿分離などを行い、ゲルマニウム半導体検出器（図4）で測定をしている。測定試料数は、年間2,000試料である。



図4 ゲルマニウム半導体検出器

5. 研修測定室

当センターでは、都道府県等の環境放射能分析・測定の実務担当者を対象に、入門、基礎、専門及び緊急時対応の環境放射能分析の研修を行っている。

研修測定室（図5）には、実際に使用しているものと同じアルファ線スペクトロメータ、LBC、ゲルマニウム半導体検出器等を備え、測定機器について十分な実習を行うことができる。



図5 研修測定室

6. モニタリングステーション

平成16年から18年にかけて、モニタリングステーションを設置し、NaI空間線量率計、電離箱線量計、ダストモニタ、ヨウ素モニタ、ラドン測定装置、気象観測装置等の測定機器を整備した（図6）。

これらの測定機器は、当センターが行っている研修事業の実習で用いられている。

なお、平成19年10月の北朝鮮地下核実験の際には、NaI空間線量率計を用いて放射線を測定した。



図6 放射線検出機器と気象観測装置

7. クリプトン測定室

原子力施設の事故時に大気環境に放出される可能性が高いものには、放射性希ガスであるクリプトン、キセノン、揮発性のヨウ素がある。事故等に備えてこれらのバックグラウンドを把握しておく必要があり、当センターを含む全国3ヶ所において連続して大気を採取し、週毎にクリプトン85の濃度を測定している（図7）。



図7 クリプトン85測定装置

当センターは、分析技術を客観的に評価するため、設立以来、国際原子力機関（IAEA）などが主催する相互比較分析に参加し、常に良い結果を得ている。

また、分析の質を保証するため、品質マネジメントシステムを審査する規格であるISO9001の認証を平成12年に、試験所の分析能力に関する規格であるISO/IEC17025の認定を平成14年に取得している。

 *
 *
 *
 *
 *
 *
 *
 *
 *

研究集会だより

1. 第44回アイソトープ・放射線研究発表会 石川 陽一（宮城県原子力センター）

2007年7月4日から6日までの3日間、日本青年館（東京都新宿区）で行われた「第44回アイソトープ・放射線研究発表会」に参加したので、その概要を報告する。本発表会は、主催が日本アイソトープ協会、ほかに61もの学会・協会等が共催して行われた。5会場で極めて広範な分野の多数の講演、発表及び討論等が行われた。特別講演は3件で「同位体が拓く未来－同位体科学の基礎から応用まで」、「世界をリードする我が国のホウ素中性子捕捉療法（BNCT）研究の現状と将来展望」、「X線計測が拓く新宇宙像－超新星でたどる過去と現代」、またパネル討論も3件で「消える魔球～陽電子～でどこまで見えるようになったのか」、「医療情報標準化技術と遠隔診断、地域医療連携への応用」、「食品照射技術の実用化に向けて」という題名で行われた。一般口頭発表数は合計136件で、その分野はコンピュータ利用、分析、放射線測定機器・測定法、線源・加速器、放射線効果、陽電子消滅、ライフサイエンス・医学への利用、環境放射能、地球科学・宇宙科学、安定同位体、放射線管理、放射線教育、トレーサー利用及びメスバウア効果、と多岐にわたった。ほかに22件のポスター発表も行われ、インフォーマルミーティングや機器展示も行われた。

筆者の専門の環境放射能及び地球科学分野では、最近環境におけるフォールアウトなどの人工放射性核種の種類・量ともに少ないため、天然放射性核種関連の発表が多かった。これらの中で、荻沼先生らによる「青森県内の牧草地土壌におけるリン肥料由来のウラン濃度の推定」、古田先生による「ホルミシス化粧品に含まれる放射性同位元素」、広島大学の竹中先生らによる「広島県の地下水ラドン及びウラン濃度の測定」及び同大学

の高取先生らによる「 γ 線スペクトロメトリによる地下水ウラン濃度の測定」、斉藤先生による「バイオ燃料の由来判別のための簡易C14測定技術の開発」が興味深かった。一方、人工放射性核種関連では、斉藤先生による「バックグラウンド計測を必要としない電解濃縮トリチウム水測定法」、河村及び澤藤の両先生による「海水中のトリチウムの蒸留を要しない分析方法の予備的検討」、山口先生らによる「都市環境（清掃工場、下水処理場）中の放射能」が興味深かった。

2. 第46回核化学夏の学校 関本 俊（京都大学原子炉実験所）

歴史ある核化学夏の学校が、京大炉の柴田誠一先生、高宮幸一先生の主催で、2007年8月8日から10日にかけて、大阪府阪南市の国民年金健康センター サンヒル阪南にて行われた。この夏の学校は伝統的に3泊4日の比較的余裕のある日程で開催されていたが、今回はエクスカッション抜きの、勉強的な要素の濃い2泊3日を、27名の参加者とともに、有意義に過ごした。講義では、京大炉の瀬戸誠先生より「核共鳴散乱に関するお話」、同じく京大炉の藤井俊行先生より「化学的に起こる同位体分別への核の大きさと形の影響」について、基礎的なことから丁寧に教えて頂いた。これらの講義に先立ち、学生参加者により、講師の先生方の最近の論文を題材にした雑誌会が行われた。これは、おそらくこの夏の学校では初の試みであり、このような面倒な宿題に参加する学生に課したことも今までに無かったであろう。講義の際に、筆者を含めた学生が主体的に質問するということまでには至らなかったが、講義内容の理解が深まった点、また初参加の学生が、ただ漠然と参加するだけにならなかったという点におい

て、良かったといえると思う。その他、以下5名による話題提供があった。笠松良崇氏（原子力機構）「単一原子の化学平衡」、豊嶋厚史氏（原子力機構）「ノーベリウムの酸化実験の話」、八島浩氏（京大炉）「RCNPで計画中的実験」、真辺健太郎氏（原子力機構）「水銀中で生成するトリチウムの化学形」、宇野正宏氏（東京薬科大）「質量公式と未知核種探索」。2008年の核化学夏の学校は新潟大学グループに主催して頂くことになった。できるだけ多くの方々が参加されることを期待する。



写真 夏の学校授業風景

3. 第12回放射化分析の最近の動向に関する国際会議 (MTAA-12)

海老原 充 (首都大学東京)

表記会議が2007年9月16日から19日まで、首都大学東京南大沢キャンパスにおいて開催された。主催は日本放射化分析研究会 (JA³) で、日本放射化学会をはじめ、日本化学会、日本分析化学会、日本地球化学会、日本原子力学会、アメリカ核科学会 (ANS)、国際原子力機関 (IAEA) の共催を受けた。開催にあたって、JA³メンバーから国内実行委員会を構成し、榎本和義、松尾基之両副委員長、大浦泰嗣事務局長の支えのもとに、海老原が責任者を務めた。さらに、(故) 斎藤信房東大名誉教授を委員長とする顧問委員会を設けさせて頂き、大所高所から機に応じて助言を頂けるような体制で臨んだ。こうした国内体制に加えて、本国際学会のいわば母体となる国際放射化分析委員会 (ICAA) が国際的視野から MTAA-12

を支えてくれた。

会議は初日午前の全体会議に始まり、午後からは二会場に分かれて、平行して口頭発表が行われた。発表申込件数は207件で、キャンセルは20件と少なく、98件のポスター発表でもほとんど空きボードがないという具合で、前回の2004年、英国ギルフォードのサリー大学で開催された MTAA-11 と比べて大きなコントラストを呈することになった。初日の全体会議では2007年のヘベシー賞贈呈式があり、米国 NIST の Robert R. Greenberg 博士が栄えある賞を受賞した。また、今回から若い研究者賞 (Young Scientist Award; YSA) の授与も正式にプログラムに組み込まれた。さらに、MTAA-12 限定として、学生の口頭発表とポスター発表のそれぞれに対して優秀賞が贈られた。これは、MTAA-12 国内実行委員会と ICAA 委員長の A. Chatt 教授の連名で贈呈されたもので、YSA 共々、木曜日の夕方開催された懇親会で贈呈式が行われ、懇親会参加者全員の祝福を受けた。

この原稿執筆時には、会議で発表された論文の編集作業を行っており、それも先が見えつつある段階まで来ている。この論文集は J. Radioanal. Nucl. Chem. の通常号として印刷出版されることになっており、個人的にはこの出版が終わった段階ですべての責任から解放されることになるわけで、もう一踏ん張りというところである。初めに述べたとおり、MTAA-12 会議そのものは二重、三重の支えのもとで無事終了することができたわけで、日本放射化学会を含めてその支えとなって頂いた関係各位にはこの場をお借りして厚くお礼申し上げる次第である。

4. 3rd International Conference on the Chemistry and Physics of the Transactinide Elements (TAN07)

豊嶋 厚史 (日本原子力研究開発機構先端基礎研究センター超重量素核化学研究グループ)

「第3回超アクチノイド元素の化学と物理に関する国際会議 (TAN07)」が2007年9月23日か

ら28日にわたって行われた。第1回(1999年)のゼーハイム(ドイツ)、第2回(2003年)のナパ(米国)に続いて、第3回となる今回はダボス(スイス)で開催された。本会議は、その名が示す通り、超アクチノイド元素(超重元素)に関する化学と物理を対象とし、今回は核合成、原子核反応、原子核分光、気相化学、溶液化学などの研究主題が取り上げられた。世界24ヶ国から約100名の参加者があり、47件の口頭発表(招待講演12件)と28件のポスター発表が行われた。我が国からは11名が参加し、10件の口頭発表と2件のポスター発表が行われた。

様々な研究発表の中で著者が興味を持ったのは、スイス・ポールシェラー研究所のグループによって報告された112番元素と114番元素の気相化学実験についての講演であった。IVO (In-situ Volatilization and On-line detection) と呼ばれるガスクロマトグラフ装置を用い、 $^{242}\text{Pu}(^{48}\text{Ca}, 3n)$ 反応で合成された $^{287}\text{114}$ の α 壊変による娘核種 $^{283}\text{112}$ を合計4原子検出する事に成功し、さらに驚くべき事には α 壊変する前の $^{287}\text{114}$ をも検出したとの報告であった。112番元素は周期性に従って同族元素のHgに類似した挙動を示す一方で、114番元素は相対論効果により周期性から逸脱するとの事であった。実験データの真偽は今後の確認が待たれるところであるが、ついに114番元素までも化学研究の範疇にとらえたという事実に驚かされる。

6日間に及ぶ会議の内容は全て超重元素に関連した発表ばかりで、最先端の研究を詳しく知ることができ、聞き応えのあるものであった。また、欧州における若手研究者の活躍ぶりを目の当たりにし、非常に良い刺激を受けた。我々日本の



写真 TAN07の開催を告げる横断幕

若手研究者も良い意味で彼らと競争的に当該研究を牽引できるよう、なお一層の努力を払っていきたいと思う。最後に、最優秀ポスター賞には原子力機構先端基礎研究センターの浅井氏による「Alpha fine structure spectroscopy for heavy- and transactinide nuclei」が見事に選ばれた事を報告しておきたい。なお、次回はロシアにおいて2011年に開催される予定である。

5. International Conference on the Applications of the Mössbauer Effect 2007 (ICAME2007)

久富木 志郎 (宇部工業高等専門学校物質工学科)

2007年10月14日から19日の6日間、メスバウアー効果の応用に関する国際会議(International Conference on the Applications of the Mössbauer Effect, ICAME2007)が、インド首都デリーの南東約400kmにある町、カンプールのインド工科大学カンプール校(IIT Kanpur)で開催された。今回のICAMEには共同研究者の近畿大学産業理工学部西田哲明先生、本校専攻科物質工学専攻2年の目宏志君と同じ計画で参加した。10月13日に関西国際空港からデリーへ入国、翌14日にデリーから国内線に乗りラクナウへ移動、その後ラクナウから学会に準備していただいた車で約1時間ドライブしてカンプールへと到着した。学会会期中は全て晴天に恵まれ、10月半ばを過ぎたにもかかわらず昼には30℃を超える日が続いた。会場となった大学講堂はクーラーがきき過ぎて室内外との温度差が大きかったせいも、参加者の中には体調が悪そうな方も何人か見うけられた。

学会初日はS.K. Date教授初め6人の先生方によるTutorialが行われた。その後午後7時よりWelcome Receptionが催された。その席で、去る2005年3月からの一年間、筆者が文部科学省海外先進教育実践支援プログラムによる派遣でお世話になったEötvös Loránd大のZ. Homonnay先生、E. Kuzmann先生、Z. Nemmeth先生と再会することができた。さらに西田先生のご友人で筆者も仲良くしていただいている、エジプト

Al-Azhar 大学の M. Y. Hassaan 先生ともお会いすることができた。飲み物を片手に各先生方とお互いの近況など報告しあい親交を深めた。

二日目は本学会の Chairman、N. S. Gajbhiye 先生による歓迎の挨拶、セレモニーの後、ハンガリー科学アカデミーの D.L.Nagy 先生による基調講演を皮切りに口頭発表 80 件、ポスター発表 283 件計 363 件の発表が開始された。プログラムは口頭発表の午前の部が午前 9 時から午後 1 時、口頭発表の午後の部が午後 2 時から午後 4 時 30 分まで、それ以降午後 8 時の夕食の時間までがポスター発表となっていた。午前、午後それぞれ冒頭の口頭発表が招待講演となっており招待講演者には 30 分、口頭発表者には 15 分の講演時間が質疑応答も含めて与えられた。発表の分野は、

1. Nanophase and Amorphous materials, Ultrafine particles
2. Solid State Physics and Magnetism
3. Surfaces, Interfaces, Thin films, Multilayers
4. Biological, Forecsis and Medical Applicaitons
5. Chemical Applications, Structure and Bonding
6. Earth Science, Mineralogy and Archeology
7. Catalysis, Electrochemistry and Corrosion
8. Materials Science and Metallurgy
9. Advances in Experimentation, Lattice Dynamics, Theory and Methodology

の 9 つに分類されており、その内容はメスバウアー分光法を利用した磁性体、合金などの新素材の構造評価から、医学への応用、鉱物の構造解析まで様々であった。

招待講演では「Mössbauer Spectroscopy in Space: Exploration of the Surface of Mars and its Moon Phobos with the Miniaturized Spectorometer MIMOSII」と銘打たれた Johannes Gutenberg 大の G.Klingelhofer 先生によるご講演が印象的であった。小型のメスバウアー分光装置 MIMOSII で採取された、火星の鉱石のメスバウアースペクトルから水の存在が明らかになったというものであった。日本の研究者で招待講演された東京理科大学の山田康洋先生はレーザーで蒸気

化された鉄の蒸着で生成した、珍しい鉄酸化物のメスバウアースペクトルについての報告を行った。

その他、スメクタイトからマイカへの転移過程で生ずる海緑石化についての口頭発表された Kuzmann 先生からは、2008 年の 8 月 17 日から 22 日の間にハンガリーの首都ブダペストで開催される、メスバウアー効果の工業的応用に関する国際会議 (International Symposium on the Industrial Applications of the Mössbauer effect (ISIAME '08)) のアナウンスが行われた。詳細はホームページ <http://www.chem.elte.hu/magkem/isiam08> をご参照いただきたい。今回の学会で発表された全ての研究成果は審査を受けた後、Hyperfine Interactions 誌に掲載される予定である。

余談ではあるが、学会二日目の夕方は Cultural evening として民族舞踊の披露があり、さらに学会四日目水曜日の午後は Excursion としてキャンブル市内を観光、バスに乗って二つの寺院を見学した。寺院への道中は人、自転車、自動車、バスが争うように走っていた。そんな中、牛だけは車やバスに轢かれずのんびり歩いているのが不思議であった。経済発展の著しいインドの新しい面と古い面を肌で感じた。

上記のように盛りだくさんのプログラムの下、J. G. Stevens 先生によるメスバウアー効果の 50 年の歴史の紹介を最後の講演とし、ICAME2007 は幕を閉じた。次回の ICAME は 2009 年 7 月 19 日から 24 日にかけてオーストリアの首都ウィーンで行われる。その二年後、2011 年 9 月には東京で行われる。今後行われる ICAME がいずれも盛会であるよう祈念し ICAME2007 参加報告とさせていただきます。

6. 平成 19 年度京都大学原子炉実験所専門研究会「原子核プローブ生成とそれを用いた物性研究Ⅲ」

秋山 和彦 (首都大学東京大学院理工学研究科)

昨年度、一昨年度に引き続き、「原子核プローブ生成とそれを用いた物性研究Ⅲ」専門研究会が

去る11月13～14日、京都大学原子炉実験所にて開催された。本研究会では放射性核種をプローブとした物性研究を主題として毎回国内の物理・化学研究者が集まり毎年活発な議論が行われている。本研究会への参加者はおよそ30名、27件の研究発表があり、講演内容は β -NMR・NQR、 μ SR、PAC、メスバウアー分光と多岐にわたっていた。筆者は本研究会には今回初の参加であったが、専門分野を超えた研究者間の活発な意見交換が行われており非常に刺激を受けた。以下、私見となるが筆者が興味をもった研究発表を一部ではあるが紹介したいと思う。(敬称略)

近大産業理工の西田と宇部高専の目はバナジン酸塩ガラスの構造緩和と電気伝導度に関する研究発表を行った。バナジン酸塩ガラスは近大と東海産業の協同開発によってNTAガラス (Nano Technology Assorted Glass) の名ですでに商品化されているが、その特徴は電気を通すガラスであるということである。バナジン酸塩ガラスは通常 $10^5 \Omega \text{ cm}$ 程度の電気抵抗率を示すが、西田らはこれをアニーリングによって食塩水と同程度の $5 \Omega \text{ cm}$ まで低下させることに成功した。また、この抵抗率の減少は加熱によりバナジン酸塩ガラスの持つネットワーク構造の歪みが解消され電子

の流れがスムーズになることに起因することをメスバウアー分光法によって突き止めた。この物質は現在テレビ・雑誌などの多くのメディアに取り上げられており、今後の展開が楽しみである。

また、他にはスピントロスオーバー錯体の化学圧力効果やスピン変化といった錯体化学的に非常に興味深い現象や近年熱電変換材料として注目されているスクッテルダイトなどに関する研究発表も行われた。

最近の研究は学際的・複合領域的な分野に広がりを見せており、すでに一線で研究に従事している研究者ばかりではなく修士課程や博士課程に在籍する大学院生についても様々な学会・研究会などに参加し、見聞を広めることが益々必要となってくるであろう。本研究会では核物理分野や物質科学分野といった様々な領域の研究者が集まっており研究会中や研究会後の懇親会などで他分野の視点からによる考え方、アドバイスなど研究を進めて行く上で有益な情報を得られる良い機会であると思う。

最後に、本研究会を準備から実施までお世話していただいた、京大炉の大久保嘉高教授と理研の小林義男博士、及び関係者の方々に謝意を表したい。

.....

情報プラザ

.....

1. International Workshop on Materials & Life Science using Nuclear Probes from High-Energy Accelerators (Sakura Workshop)

主催 理化学研究所

会期 2008年4月1日(火)～4月3日(木)

Web ページ URL : <http://www.rar.riken.go.jp/newcontents/contents/seminar.html>

2. Second International Nuclear Chemistry Congress (2nd-INCC)

会期 2008年4月13日(日)～4月18日(金)

開催地 Cancún, México

Web ページ URL : <http://depa.pquim.unam.mx/2ndincc/>

3. 11th International Conference on Muon Spin Rotation, Relaxation, and Resonance (μ SR 2008)

会期 2008年7月21日(月)～7月25日(金)

会場 Tsukuba International Congress Center (EPOCHAL TSUKUBA), Tsukuba, Japan

Web ページ URL : <http://msr08.riken.jp/>

4. Seventh International Conference on Nuclear and Radiochemistry (NRC-7)

会期 2008年8月24日(日)～8月29日(金)

会場 Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary

Web ページ URL : <http://www.nrc7.mke.org.hu/>

連絡先 Prof. László Wojnárovits
Institute of Isotopes
Hungarian Academy of Sciences
Phone: +36-1-392-2531
E-mail: nrc7@mke.org.hu

学位論文要録

Temporal and spatial distribution of plutonium released from Nagasaki atomic bomb

(長崎原爆により放出されたプルトニウムの時間的及び空間的分布)

國分（齋藤）陽子（日本原子力研究開発機構
原子力基礎工学研究部門）

学位授与：大阪市立大学 大学院理学研究科
(主査：吉川周作)
平成19年6月29日

プルトニウム型原爆が1945年8月9日長崎市上空で爆発し、プルトニウムや核分裂生成物が環境中に放出された。 ^{239}Pu 及び ^{240}Pu は半減期が長く、現在も放出時とほぼ同量が環境中に存在する。長崎に蓄積するプルトニウムは世界で最も古く人為的に放出されたものの一つであり、その放出起源が明らかでないため、その挙動の解明は数十年間の環境動態に関する知見を与える。しかし、現在環境中には、1945年以降行われた大気圏内核実験により放出されたものも蓄積しており、長崎原爆由来の成分を解析するためには、核実験由来の成分と区別して検討する必要がある。これまで長崎原爆由来のプルトニウムに関する研究は多く行われてきた。原爆由来の成分を特定するために $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ 比等の放射能比が用いられてきたが、ダイナミックレンジが狭く判断が困難な場合があった。本研究では、放出源の情報をもつプルトニウム同位体比、 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 比を用いて原爆由来成分と核実験由来成分を区別し、原爆由来成分のみの時間的及び空間的分布を明らかにすることを目標とした。

まず、黒い雨が降ったとされる長崎市西山地区の西山貯水池から採取した堆積物（約620 cm）に記録された長崎原爆由来のプルトニウム及び核分裂生成物である ^{137}Cs の蓄積を時系列に沿って



解析した。 $^{239+240}\text{Pu}$ 及び ^{137}Cs 濃度は、深度440 cm付近で鋭いピーク状を示し、深度約450 cm以深ではほとんど検出されなかった（図1）。また濃度の極大値が見られた層の $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 比（0.028）は原爆級のプルトニウムを示し、この層付近には原爆由来のプルトニウム及び ^{137}Cs が原爆直後急激に蓄積したものと考えられる。また、深度370 cm付近で ^{137}Cs 濃度のピークが見られ、

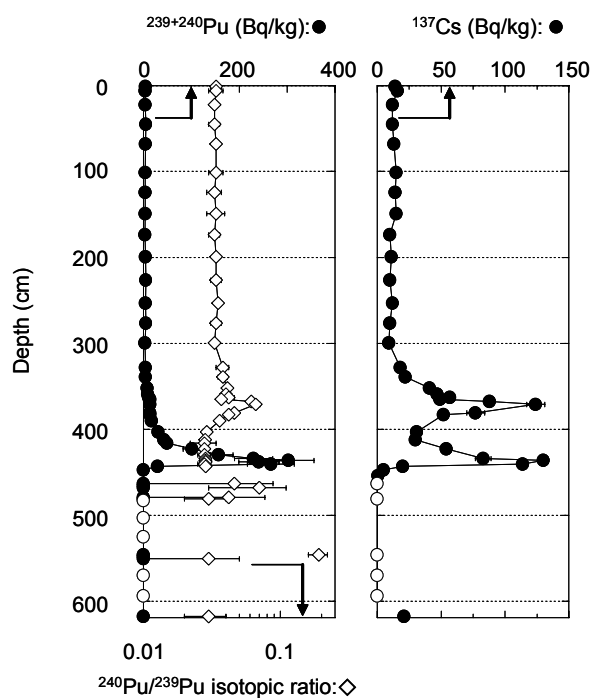


図1 柱状堆積物中の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度、 ^{137}Cs 濃度及び $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 比 ○：検出限界以下

また $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 比も上昇した。1963年頃最も多く核実験由来のPu及び ^{137}Cs が環境中に放出され、その $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 比は0.22であったことから、検出された ^{137}Cs 濃度及び同位体比の上昇は、核実験に起因したものと考えられる。また、それ以後では表層付近まで濃度及び $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 比ともほぼ一定(約0.034)であるが、同位体比は核実験由来の値(グローバルフォールアウト:約0.18)よりかなり低かった。これは現在でも貯水池に流れ込むプルトニウムの大部分は原爆由来であり、貯水池周辺の土壌から供給されていることを示唆した。また、プルトニウム及び ^{137}Cs の深度分布から1945年及び1963年に蓄積した層を特定し、その年代を基準にコア中に記録された洪水や火事の痕跡の推定も行った。

次に、西山貯水池を含む爆心地周辺の表層土壌に蓄積する原爆由来のプルトニウムの空間的分布を調べた。爆心地より半径約10 kmの範囲では、爆心地から東の地域で、核実験由来のプルトニウムより低い $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 比が検出され、原爆由来のプルトニウムが爆心地東側の地域に蓄積し、さらに遠方まで蓄積している可能性が見いだされた。調査範囲を東側に広げた結果、西山地区以外で採取された土壌中の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度は、日本の他県で検出される値と同程度であったが、核実験由来のプルトニウムより低い $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 比が、島原半島、さらに熊本県阿蘇山付近でも検出された(図2)。したがって、長崎原爆由来のプルトニウムが爆心地より東2 kmから約100 kmまで、また南北では約30 kmの範囲に蓄積していることがわかり、爆発当時の風向き、降雨、蓄積地域の地形が蓄積分布に影響していることが示された。これまでの報告では爆心地から東約18 kmの範囲内に蓄積していると言われおり、本研究によりさらに広い範囲に原爆由来のプルトニウムが蓄積していることが判明した。

本研究で用いた $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 比により長崎原爆由来のプルトニウムが特定できることが明らかにな

り、その分布を得ることができた。今後さらに長崎原爆由来のプルトニウムのみの挙動を解析することにより、プルトニウムの数十年間の環境動態を解明できると思われる。

代表的な論文

1. Y. Saito-Kokubu, K. Yasuda, M. Magara, Y. Miyamoto, S. Sakurai, S. Usuda, H. Yamazaki, S. Yoshikawa, S. Nagaoka, M. Mitamura, J. Inoue, A. Murakami, "Depositional records of plutonium and ^{137}Cs released from Nagasaki atomic bomb in sediment of Nishiyama reservoir at Nagasaki" J. Environ. Radioact, in press (2007).
2. Y. Saito-Kokubu, K. Yasuda, M. Magara, Y. Miyamoto, S. Sakurai, S. Usuda, H. Yamazaki, M. Mitamura, S. Yoshikawa, "Plutonium isotopes distribution in soils at Nagasaki, Japan", J. Geosci., Osaka City Univ., **50**, 7-13 (2007).
3. Y. Saito-Kokubu, K. Yasuda, M. Magara, Y. Miyamoto, S. Sakurai, S. Usuda, H. Yamazaki, S. Yoshikawa "Geographical distribution of plutonium derived from the atomic bomb in the eastern area of Nagasaki", J. Radioanal. Nucl. Chem., **273**(1), 183-186 (2007).

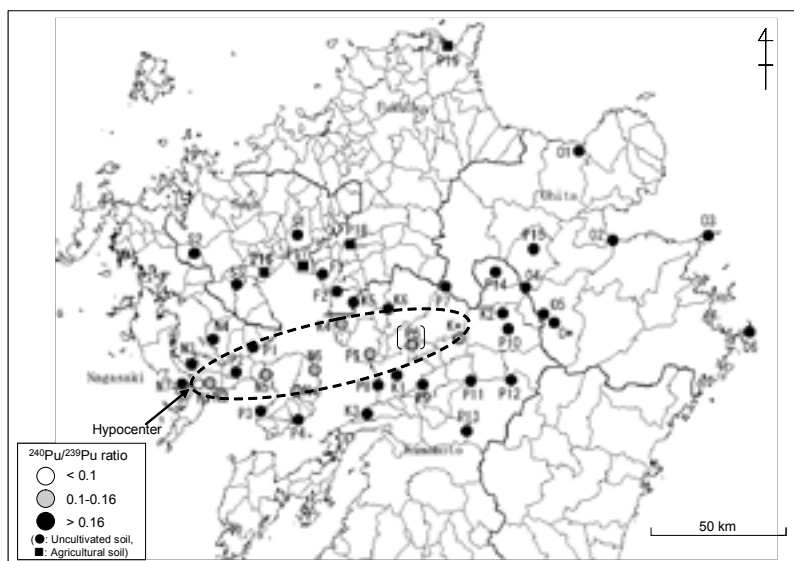


図2 長崎市より東側で採取した土壌中の $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 比
* : Isogai (2005)

Radiolysis Studies of an Efficient Extractant, *N, N, N', N'*-Tetraoctyldiglycolamide, for the Separation of Actinide Ions

(アクチノイドイオンの分離に有用な抽出剤 *N, N, N', N'*-テトラオクチルジグリコールアミドの放射線分解に関する研究)

須郷 由美 (日本原子力研究開発機構 原子力基礎工学研究部門)

学位授与：東北大学大学院理学研究科化学専攻
(主査：関根 勉)
平成 18 年 9 月 15 日

核燃料物質の有効利用や放射性廃棄物処分における負担の軽減化を目的として、使用済み核燃料から長寿命のアクチノイドを選択的に分離回収する技術の開発が進められている。これまでに筆者らは、焼却処分後に二次廃棄物を生じない炭素、水素、酸素、窒素のみから構成され、かつアクチノイドイオンと強力に錯形成する抽出剤として、*N, N, N', N'*-テトラオクチルジグリコールアミド (TODGA) を開発してきた。TODGA は 3 座配位型のジアミド化合物で、そのドデカン溶液を用いると高濃度の硝酸水溶液から 3 価、4 価のアクチノイドイオンを高収率で選択的に抽出分離できる特性をもつことから、使用済み核燃料の再処理によって生じる高レベル廃液からこれらのアクチノイドイオンを分離回収するプロセスの開発においてきわめて有力な抽出剤である。本研究では、TODGA を用いる分離プロセスを開発するにあたり、強い放射線場における抽出剤の安定性や放射線分解メカニズムを解明するとともに、アクチノイドイオンの溶媒抽出におよぼす放射線の影響について明らかにした。

まず、TODGA の耐放射線性を調べるため、TODGA およびそのドデカン溶液に ^{60}Co - γ 線を室温のもと断続的に照射した。照射後試料の分析結果から、放射線に対してアミド結合とエーテル酸素近傍の結合が比較的弱く、特に硝酸が共存する系ではアミド結合の開裂が優先し、ジオクチルアミンと *N, N*-ジオクチルジグリコールアミ

ド酸 (DODGAA) が主に生成することを明らかにした。吸収線量の増加にともないドデカン中の TODGA 濃度 (C) は指数関数的に減少するが、TODGA 初期濃度 (C_0) を変えると、 C_0 が小さいほど吸収線量に対する C/C_0 の減少率が增大した。さらに、TODGA のドデカン溶液にベンゼンやモノアミドを加えドデカン分率を低下させると TODGA の分解が抑制されたことから、ドデカンには TODGA の放射線分解を促進させる作用、すなわち増感作用があることを見出した。そこで、ドデカン溶液中の TODGA の放射線分解初期過程を観測するため、電子線パルス (パルス幅、8 ns) を室温で照射し、過渡吸収スペクトルを測定した。ドデカンの一重項励起状態の吸収 (650 nm) とラジカルカチオンによる吸収 (850 nm) の強度が TODGA の添加量増加とともに減少し、新たに TODGA 由来のラジカルカチオンによる吸収 (400 nm 付近) が現れた。この TODGA のラジカルカチオンは、主に溶媒であるドデカンから生じたラジカルカチオンから溶質分子の TODGA へと電荷が移動することによって生成したもので、溶媒-溶質間のイオン化ポテンシャルの差からもこの電荷移動反応がエネルギー的に有利であることが確かめられた。したがって、 γ 線照射実験で観測されたドデカンの増感作用は、この電荷移動反応に起因すると言える。

次に、溶媒抽出におよぼす放射線の影響を調べるため、 γ 線を照射した TODGA のドデカン溶液を用いて、硝酸水溶液からのアクチノイドイオン (Am^{3+} , Pu^{4+} , NpO_2^+ , UO_2^{2+}) の溶媒抽出実験を行った。吸収線量の増加にともないドデカン中の TODGA 濃度が減少するにもかかわらず、1.0 M 以上の高い硝酸濃度では 400 kGy を越える大線量の γ 線を照射しても TODGA のアクチノイドイオンに対する抽出能の低下はほとんど認められなかったことから、実プロセスでの繰り返し利用が可能であるとの見通しを得た。一方、低い硝酸濃度では吸収線量の増加にともなって分配比も増加した。TODGA の分解生成物を用いて溶媒抽出実験を行った結果、主な分解生成物のひとつである DODGAA がアクチノイドイオンの抽出に大きく影響していることが明らかになった。つまり、硝酸濃度が高い条件では、DODGAA は TODGA と

の間でアクチノイドイオンに対する抽出能を互いに相乗させる効果、すなわち協同効果が発現する。一方の硝酸濃度が低い条件では、DODGAAのカルボキシル基の脱プロトン化により生成するカルボキシラトアニオンがアクチノイドイオンと強く錯形成する。

さらに、本研究で得られた知見をもとに、より耐放射線性の高い高性能な抽出剤の開発に資するため、希釈剤の新たな選択基準の導出とともに放射線化学的視点から新規抽出剤の分子設計を試みた。パルスラジオリシス実験で明らかにした溶媒-溶質間の電荷移動反応を抑制させるねらいから、TODGAよりもイオン化ポテンシャルの低い溶媒を希釈剤に用いることで、TODGAの分解を抑えることができた。また、TODGAのN-置換基や中心骨格に放射線化学的に安定な芳香環を導入することによっても、抽出剤の耐放射線性を向上させることができた。

代表的な発表論文

1. Y. Sugo, Y. Izumi, Y. Yoshida, S. Nishijima, Y. Sasaki, T. Kimura, T. Sekine, and H. Kudo, Influence of diluent on radiolysis of amides in organic solution, *Radiat. Phys. Chem.*, **76**, 794-800 (2007).
2. Y. Sugo, Y. Sasaki, T. Kimura, and T. Sekine, Attempts to improve radiolytic stability of amidic extractants, *Proc. Int. Conf. Global 2007*, 1870-73 (2007).
3. Y. Sugo, Y. Sasaki and S. Tachimori, Studies on hydrolysis and radiolysis of *N, N, N', N'*-tetraoctyl-3-oxapentane-1,5-diamide, *Radiochim. Acta*, **90**, 161-165 (2002).

☆☆☆

液体および固体中の環境中性子深度分布及びエネルギー分布

濱島 靖典 (金沢大学環日本海域環境研究センター)

学位授与：金沢大学大学院自然科学研究科
(主査：奥野正幸)
平成19年9月28日

環境中性子の起源は、主に1次宇宙線と大気との核破砕反応による2次宇宙線成分の一つとして、また一部は放射性壊変による事が知られている。環境中性子誘導核種は、地球科学分野で年代測定や浸食の研究に有用に用いられている。一方、極低レベル放射能測定の際には妨害となることがある。いずれの場合も、物質中の環境中性子誘導核種分布、或いは中性子束分布(中性子エネルギーの関数として)を知る必要がある。しかし、1970年代以後、カウンターを用いた大気中の分布は報告されているが、固体や水中深度分布を詳細に実測した報告はほとんど無く、計算により推定されていた。

本研究では、

1. 金箔を環境中性子で照射し $^{197}\text{Au}(n, \gamma)^{198}\text{Au}$ 放射化反応で生成したAu-198のガンマ線を測定することにより、淡水、海水、コンクリート、鉄及び鉛中の環境中性子束分布を深度分解能、中性子束共に精度よく測定した。
2. 更に、この実験結果をよく再現するように、中性子輸送のMCNP X計算のパラメータを決定し、各物質中の環境中性子束分布を中性子エネルギーの関数として求め、環境中性子のエネルギー分布が物質表面から深くなるにつれてどのように変化するかを明らかにした。更に、核データが利用可能なら、どのような物質のどのような深度でも、環境中性子誘導放射能が推定できるようになった。
3. 本研究の測定は、旧尾小屋鉱山トンネル内の地下測定室(水深換算270m)に設置した高分解能・高効率・極低バックグラウンド(BG)Ge検出器を計11台同時に用いる事で可能となった。さらに1桁BGを下げると、Cd比などか

ら環境中性子のエネルギー分布が実験的に推定・検証できる可能性がある。このためBGの要因の1つである宇宙線成分 (μ 粒子) を除去する事を目的として、プラスチックシンチレータによる逆同時計数装置の開発を行った。プラスチックシンチレータは、厚さ3mmと薄型とし、光ガイドに波長変換ファイバーを用い、Ge検出器のBGを悪化させずにPbしゃへい内側に 2π srの立体角で組み込む事が出来、 μ 粒子だけを効果的に検出するようにした。

☆☆☆

Separation of trivalent actinoids from lanthanoids by derivatives of N,N,N',N'-tetrakis (2-pyridylmethyl) ethylenediamine (TPEN)
(N,N,N',N'-tetrakis (2-pyridylmethyl) ethylenediamine (TPEN) 誘導体による3価アクチノイドとランタノイドの分離に関する研究)

松村 達郎 (独立行政法人 日本原子力研究開発機構)

学位授与：博士 (工学) 東京工業大学総合理工学研究科
 (主査：竹下健二)
 平成18年3月26日



現在、原子力発電は重要なエネルギー源となっている。しかし、発生する使用済燃料は長期にわたって高い放射能を持ち、処分には細心の注意を要する。この解決と資源の有効利用の観点から、ウラン・プルトニウムの回収を行う核燃料サイクルの確立と、そこから発生する高レベル廃棄物か

ら超長半減期の放射性核種を分離し、加速器や高速炉から得られる高エネルギー中性子によって短半減期核種に核変換する分離変換技術の開発が進められている。対象となる核種は、ウラン、プルトニウム以外のアクチノイド元素 (マイナーアクチノイド、MA)、ストロンチウム、セシウム、テクネチウム等であるが、特にMAは放射能毒性が高く半減期が極めて長いため重要である。本研究では、分離変換技術において特に実現が困難とされている3価のMAとランタノイド元素(Ln)の分離に関して、新しい配位子と分離系について提案・検討を行った。

MAとLnは化学的挙動が類似しているため、相互分離が難しいことが知られている。特に、分離変換技術において求められる放射性廃棄物を抑制した工学規模のMA/Ln分離プロセスの実現は大きな課題となっているが、有効な配位子として利用可能な物質が未確立である。そこで、化学的に安定で、水相中におけるAm(III)とSm(III)の錯体安定度定数に 10^2 の差が報告されているN,N,N',N'-tetrakis (2-pyridylmethyl) ethylenediamine (TPEN) に注目し、これを基本構造とした誘導体の配位子としての利用及び新規な分離系の検討を試みた。

まず、分離変換技術に適した抽出系において、TPENによってAm(III)のEu(III)からの分離係数が錯体安定度定数から予想される 10^2 に近い値が得られ、溶媒抽出プロセス構築に適した分配係数が得られることを示し、抽出錯体を明らかにした。これによって、TPENによる錯体形成が3価のMAとLnの分離に有効であることを示した。次に、ピリジン環の結合位置が異なるTPEN異性体を合成し、実験的に分子内のN-ドナーのAm(III)/Eu(III)分離への関与について推定を行った。TPENは6座配位であり、そのN-ドナーには、中心部に位置するものと周囲のピリジル基に存在するものがある。これらは、錯形成に対する関与が異なるものと考えられ、高度な分離性能を発揮する誘導体を開発するには、これを理解することが不可欠である。そこで、上述の異性体を合成し、酸塩基滴定及び抽出実験を行うことにより検討を行った。その結果、TPEN分子の骨格を成すエチレンジアミン構造に存在するN-ドナーが錯形成

に重要な役割を果たしており、ピリジル基に存在するものはAm(III)/Eu(III)相互分離に関与していると推測した。

これらの知見を基に、TPENの特性向上を目指して合成した疎水化TPEN誘導体を用いて、溶媒抽出によりAm(III)をEu(III)から分離することが可能であることを示した。TPENは高い分離性能を持っているが親水性であり、溶媒抽出による分離プロセスを構築するには特性の向上が必要である。まず、分離性能を損なうことなく疎水化可能な誘導体の構造を検討し、数種の誘導体の合成を試みた。合成に成功した誘導体を用いてAm(III)とEu(III)の抽出実験を行い、TPEN分子の骨格であるエチレンジアミンにブチル基を結合させた誘導体によりAm(III)のEu(III)からの分離が可能であることを示した。また、分離性能の無い誘導体との構造の違いから、分離が可能な誘導体の構造の特性を推定した。

一方、親水性の配位子であるTPENを有効に利用できる新規分離系として、TPEN誘導体有感温性高分子ゲルに共重合した新しいコンセプトを提案した。感温性高分子ゲルとしては、N-isopropylacrylamide (NIPA) ポリマーを用い、この重合反応において架橋剤として機能するTPEN誘導体を2種類合成し、NIPAと共重合させることによって良好な感温性を持つゲルを得た。さらに、これらを用いた吸着実験を行うことによって、TPENのピリジル基にプロペニルオキシ基を結合させた誘導体を用いたゲルにAm(III)の分離性能を見出し、ゲル中においてもTPENによる錯形成が有効になされていることを明らかにした。このゲルは、低温(膨潤)でAmをEuから選択的に吸着し、高温(収縮)で吸着されているAmを放出した。水相の液性を変えることなく、ゲルの膨潤収縮によってAm(III)を選択的に吸脱着する、新しい分離系の構築が可能であることを明らかにした。

これらの成果は、分離変換技術の確立に大きく寄与できるものと考えられる。今後の誘導体開発によりMA/Ln分離プロセスが実現されることを期待したい。

大気環境動態のトレーサーとしての ^{210}Po 、 ^{210}Pb 及び ^7Be の高解像度観測

(High resolution measurements of airborne tracers ^{210}Po , ^{210}Pb , and ^7Be on environmental dynamics in the atmosphere.)

山口芳香 (公立大学法人大阪市立大学)

学位授与：博士(理学)

金沢大学大学院自然科学研究科

(主査：奥野正幸)

平成19年9月28日

<はじめに>

中国などの環日本海域諸国から排出される二酸化炭素や酸性物質、燃焼粉塵等の人為的汚染物質が、黄砂などの自然由来の物質と共に日本に飛来すると考えられている。極東アジアの中緯度域に位置する日本列島上空では、ジェット気流に伴う偏西風が卓越しており、大陸から日本海を經由し、大量の自然・人為起源の気体状及びエアロゾル状の各種物質が日本海沿岸地域に降下した後、さらには列島上空から北太平洋上にまで輸送される。このような現象が、近年の地球規模の環境変動を誘発する大きな要因と考えられている。

大気中に含まれる自然・人為起源の各種物質の発生源や環境動態を解明することは、生態系への影響やヒトへの健康影響の予測を可能とし、ひいては汚染防止対策の構築や災害を未然に防ぐことにも寄与するが、生成後すぐに大気浮遊塵(エアロゾル粒子)に吸着し、挙動を共にする大気中放射性核種は、大気及びエアロゾル粒子のトレーサーとして有用である。中でも、陸源性の ^{210}Pb (半減期22.3年)及び宇宙線誘導核種である ^7Be (同53.3日)を、それぞれ地表及び上層大気圏を起源とする大気動態のトレーサーとして用いた報告は少なくない。加えて、 ^{210}Pb 及び ^{222}Rn (半減期38日)の娘核種であり、大気浮遊塵の滞留時間の推定($^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ 放射能比より)や、気団の移動の推測、更には火山活動の影響を評価するためのトレーサーとして利用されてきた ^{210}Po (半減期138.4日)の挙動をも同時に調べることにより、大気及びエアロゾル粒子の動態や、大気中の各種物質輸送について、より詳細な情報が得られ

ることは疑いない。しかしながら、それらの核種の表層大気中濃度の低さ（ $\sim \text{mBq/m}^3$ ）に因る測定技術面での困難さも相まって、短時間スケール（高時間解像度）での観測はこれまでほとんど報告されていないが、近年、水深換算 270 m の尾小屋地下測定施設（石川県小松市）に設置した最大 16 台の Ge 半導体検出器を使用した極低バックグラウンド γ 線スペクトロメトリーを行うことにより、それらの技術的難問を克服することが可能となった。

<研究の目的及び方法>

本研究では、世界的にも特殊な地理的・気候的条件を備えた日本海沿岸地域の石川県内において、さらに地理的性状を異にする 3 箇所を観測地点として選び、その中の 1～3 地点で各々の目的に応じた時間スケール（数時間～1日）で観測を行うことにより、以下について新たな知見を得ることを目的とした。

1. 長期的な観測における日本海沿岸地域の特徴的な気候と大気中放射性核種濃度との関係
2. 急激な気象変動時における大気中放射性核種濃度の挙動
3. 複数地点における短時間間隔での同時観測によるこの地域全体の空間的な気塊の変動
4. 大気中 ^{210}Po , ^{210}Pb 及び ^7Be の 3 核種を同時にトレーサーとして用いることの有用性

短時間間隔での高解像度観測を実現させるためには、極低レベルの大気中放射性核種を測定及び解析できる手法の確立が先決であり、これも本研究の重要な目的の一つであったが、従前の技術に改良を加えることにより、汎用性のあるその手法を確立した。それを用いて、定常時には 2 観測地点において原則 1 日間隔で、台風の接近や黄砂到来時等の急激な気象変化時には、定常観測地点において 2～6 時間間隔という短時間スケールでの高解像度観測を、また複数の観測地点における高時間解像度同時観測も行った。

<結果及び考察>

尾小屋地下測定施設を利用した極低バックグラウンド測定に加え、さらに高時間解像度観測のた

めの測定技術を確立し、日本海沿岸地域の石川県内の複数の観測地点において各時間スケール・空間的スケールに応じた種々の観測により得られた知見をまとめると、以下ようになる。

1. 原則 1 日間隔で長期間にわたる観測を行った結果、日本海沿岸地域の特徴的な季節現象を反映した変動パターンが見られた。
2. 急激な気象変動時には、大気中放射性核種濃度は特徴的な挙動を示した。台風の接近時には、台風の移流に伴う気塊の性質を反映して、 ^{210}Pb 及び ^7Be は急激な減少を示し、また両核種の起源の違いに起因すると思われる回復率の違いが観察された。黄砂到来時には、降雨がなければ核種濃度は増加することがわかったが、 $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ 放射能比での検討が、黄砂による環境汚染物質の除去過程の推察等に有用であることが示唆された。
3. 複数観測地点における短時間間隔での同時観測を行い、この地域全体の空間的な気塊の変動について検討したところ、観測期間の地上天気図から予想される大きな大気塊の広がりとは矛盾しない結果を得た。このことから、複数地点における高時間解像度同時観測が、大気動態の観測に有効であることが示唆された。
4. 大気中の ^{210}Po は、概ね親核種 ^{210}Pb と似た変動パターンを示したが、急激な気象変動時には親核種とは違った挙動を示したことから、 $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ 放射能比は特徴的な変動を見せた。
5. 大気中 ^{210}Po , ^{210}Pb 及び ^7Be をトレーサーとした種々の条件下での観測により、気団の変動や環境汚染物質の挙動の類推が可能であることが示唆された。

大気浮遊塵に付着して挙動を共にする放射性核種濃度の変動を、種々の条件下で観測することにより得られたこれらの知見は、天然に存在する極低レベル放射性核種をトレーサーとして用いる今後の研究分野に、新たな情報を与えるものと期待される。

代表的な発表論文

- (1) 山口芳香、小村和久、村田祥全、Mugunta

- Manikandan, N., 飯田孝夫、森泉 純、平尾茂一、辰口、獅子吼高原、舩倉島における大気中の Rn-222, Pb-210, Po-210, Pb-212, Be-7 変動の高解像度同時観測, *Proceedings of the Fifth Workshop on Environmental Radioactivity*, 137-144 (2004).
- (2) Takuya Abe, Yoshiko Yamaguchi, Kiwamu Tanaka, Yusuke Nakano and Kazuhisa Komura, Highly Time-Resolved Measurements of Airborne Radionuclides by Extremely Low Background γ -ray Spectrometry: Their Variations by Typical Meteorological Events. *Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences*, **8-1**, 5-9 (2007) .
- (3) Yamaguchi, Y., Abe, T., Murata, Y., Muguntha Manikandan N., Tanaka, K. and Komura, K., High resolution Measurements of temporal variations of Airborne ^{210}Po , ^{210}Pb , and ^7Be at Ishikawa Prefecture, facing the Sea of Japan. *Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences*, **8**, 148-153 (2007) .



学会だより

1. 日本放射化学会第35回理事会 [2006-07年度第4回理事会] 議事要録

日時：平成19年7月7日(土) 13:30～17:30

場所：学習院大学 南1号館206号室

出席者：前田、柴田、海老原、沖、奥野、久保、齊藤、佐藤、篠原(伸)、中島、永目、藤井、三浦、村松、横山、篠原(厚)、中西、工藤(博)、坂本、白田、中原(合計21名)

報告

1. 事務局より第34回理事会の議事要録案について説明があり、一部修正の上了承された。正会員3名の入会および9名の退会、学生会員4名の退会、および賛助会員1社の退会が承認された(2007年3月20日以降)。2006-07年度の会費納入状況が報告され了承された。
2. 役員選挙について、選挙管理委員会より実施スケジュール等について報告があり、了承された。
3. 久保理事より、学会メーリングリストへの配信状況、ホームページの整備状況等につき説明があり了承された。
4. 斎藤理事よりジャーナル編集委員会の報告があり、JNRS誌 Vol.8, No.1が印刷中であり、No.2(ASR2006 Proceedings)が8月、No.3が12月にそれぞれ刊行予定であることが説明され、了承された。また、2006年論文賞として1編が選考され、賞状授与とホームページでの紹介をすでに行った旨が報告され、了承された。横山理事より放射化学ニュース第16号の刊行について報告があり、了承された。
5. 奥野理事より2007年9月24日(月)～26日(水)に静岡県コンベンションアーツセンター(グランシップ)において開催される2007日本放射化学会年会・第51回放射化学討論会について、スケジュール、予算、応募状況、参加費等について説明があり、了承された。
6. 中島理事より2008日本放射化学会年会・第52回放射化学討論会を、2008年9月25日(木)から27日(土)までの会期で、広島大学霞キャンパスにて開催予定である旨報告があり、了承された。
7. その他 1) 中原顧問より放射化学冊子出版編集委員会の報告があり、小冊子作成計画案について説明があった。 2) 三浦理事より第8回「環境放射能」研究会が、3月22～24日に高エネルギー加速器研究機構において参加者約130名にて開催され、49件の発表があったことが説明され、了承された。

審議

1. 新任の理事3名を含む2007-08年度の役員案が事務局より説明され、審議を経て了承された。また第9回総会の総会案内・委任状の文面を審議し了承された。
2. 学会賞選考委員会および奨励賞選考委員会よりそれぞれ、2006-07年度日本放射化学会学会賞および同奨励賞の候補者の紹介と詳細な選考経過の説明があり、選考された受賞候補者が報告された。審議の結果、受賞候補者を受賞者とすることが了承された。また、学会賞選考委員会より、学会賞と木村賞との関係、その受賞者数等につき考え方を明確にしておく必要があることと、選考基準の追加が提起された。審議の結果、さらに議論を深め、学会賞選考委員会から次回理事会において必要な規定の改正等を含めて報告をすることになった。
3. 事務局より2006-07年度の事業報告案、および主催や共催をした学会、シンポジウム等が説明され、審議を経て了承された。また、事

務局より会計決算の中間報告がなされ、審議の結果、了承された。

4. 事務局より2007-08年度の事業計画案および予算案が説明され、審議を経て了承された。
5. その他 1) 日本の放射化学研究50年のあゆみの刊行について、その編集方針等について活発な議論があった。2) 2009日本放射化学会年会・第53回放射化学討論会の担当について、東京地区の候補を対象として、引き続き調整を行った。3) 事務局より「理事及び監事の選挙方法に関する規定」、および「会長及び副会長推薦に関する理事会内規」において一部語句の訂正を行いたい旨説明があり、審議の上了承された。斎藤理事より「Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences 編集委員会規定」、「Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences (JNRS誌) 論文賞に関する内規」および「Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences 日本放射化学会誌投稿規則」の一部改正を行いたい旨説明があり、審議の上了承された。

2. 日本放射化学会第36回理事会 [2006-07年度第5回理事会] 議事要録

日時：平成19年9月23日(日) 13:30～17:00

場所：静岡商工会議所

出席者：前田、海老原、柴田、三浦、佐藤、横山、斎藤、篠原(伸)、村松、久保、中島、沖、中西、篠原(厚)、近藤、坂本、工藤(博)、中原、白田、木村、福島(合計21名)

報告

1. 事務局より第35回理事会の議事要録案の説明があり、了承された。2007年6月27日から9月22日までに、入会21名(正会員2名、学生会員19名)。退会5名(正会員4名、学生会員1名)および賛助会員1社(1口)。9月22日現在で個人会員498名、賛助会員28団体(31口)となっている。
2. 久保理事より、ネットワーク管理運営委員会の新年度の体制および委員の交代について説

明があり、了承された。2名が退任し、新任委員1名が加わる。放射化学用語辞典をネット掲載する件について、意見交換を行った。

3. 斎藤理事より、JNRS誌の編集状況の説明があり、了承された。Vol.8のNo.2(ASR2006のプロシーディングス)が印刷中である。投稿数が少ないので、投稿を是非お願いしたい。横山理事より8/31に放射化学ニュース第16号が発行された旨、報告があり了承された。2007年会・51回放射化学討論会のプログラム、JNRS誌の改定された投稿規定等の掲載号である。ニュース編集委員の3名の交代(学会事務局からの委員1名を含む)が報告され、了承された。
4. 奥野理事より2007年会・51回放射化学討論会の日程、プログラム、参加者の概数等が説明され、了承された。
5. 中島理事より2008年会・52回放射化学討論会の日程、実行委員など準備状況の報告があり、了承された。日程、開催場所は、2008年9月25(木)～27日(土)、広島大学霞キャンパス内広仁会館である。
6. その他 1) 学会賞選考委員会より、学会賞、木村賞の選考基準等について提案があり、了承した。学会賞選考規定の見直しは行わないこととなった。2) APSORCは2009年の開催になる予定であることが報告され、了承された。3) 中原顧問より放射化学冊子出版編集委員会の報告があり、冊子のテーマ等編集方針の説明があった。4) 本会は、特許法第30条第1項の規定に基づく学術団体に指定された。また、日本学術会議協力学術研究団体の登録申請を現在行っている。

審議

1. 役員選挙の結果、候補者全員が承認された旨報告があり、2007-08年度の役員案が了承された。第9回総会の議事次第、表彰式準備等について諮られ、了承された。
2. 2006-07年度の事業報告案、学会との共催・協賛・後援などの状況、会計決算案、監査報告について説明があり、了承された。会計から報告があり、主に出版費が財政を圧迫して

おり、毎年繰り越し金の減少が見られ、このまま行くと運転資金がなくなって、基金を取り崩して補填しなくてはならなくなることが示された。この解決のために、ニュースをWebのみにしたり印刷部数を大幅に圧縮するなどして印刷費を減額することや、会費の値上げについて議論した。この現状について総会で説明し、さらにメーリングリスト等により会員に意見を求めることとなった。

3. 2007-08年度の事業計画案と予算案が提案され、了承された。
4. 事務局より、会費未納者が多い状態を改善するため、2007年会・51回討論会の会期中に、学会受付を設け、会費納付を受付けることが説明され、了承された。
5. その他 1) 50回放射化学討論会記念事業のまとめについて説明があり、了承された。 2) 2009年会・53回討論会の担当について東京地区で候補を絞り、了承された。 3) 学会事務局は、2007-08年度から、原子力機構から京大原子炉に移ることが報告され、了承された。なお、選挙と学会賞に関する事務については、従来どおり、それぞれ静岡大学と金沢大学が担当する。 4) 事務局の京大原子炉への移転に伴い、会則の附則を改正することが事務局より説明され、了承された。 5) 事務局より、賛助会員の増加を図るために、学会のHPやメーリングリストで賛助会員の広告を掲載できるようにすることなどが提案され、基本的に了承された。関係者で運用のルールを決めることとなった。

3. 特許法第30条等に基づく学術団体に関する指定について

わが国の特許制度においては、特許出願より前に公開された発明は原則として特許を受けることはできません。しかし、刊行物への論文発表等によって自らの発明を公開した後に、その発明について特許出願をしても一切特許を受けることができないとすることは、発明者にとって酷な場合もあり、また、産業の発達への寄与という特許法の

趣旨にもそぐわないといえます。このことから、特許法では、特定の条件の下で発明を自ら公開し、その後の特許出願した場合には、先の自らの公開によってその発明の新規性が喪失しないものとして取り扱う規定が設けられています。すなわち、発明の新規性喪失の例外規定（特許法第30条第1項）では、「特許庁長官が指定する学術団体が開催する研究集会において文書をもって発表する」場合を新規性の喪失の例外として定めています。

日本放射化学会は、上記特許法第30条の規定に基づく学術団体の指定を受けるため、平成19年8月3日付けをもって特許庁に申請していましたが、同年8月27日に同規定に基づく学術団体に指定されました。これにより、日本放射化学会が開催する研究集会で発表された研究成果は、当該公開月の初日から6ヶ月以内であれば特許出願できることとなります。

本制度は、あくまで本人によって出願前に発表された論文等が、公知例として拒絶の理由とされないという効果を持つにすぎないものであり、このため本人の出願前に他人の出願があった場合には特許の取得ができない点や、同様の例外規定がない欧州特許庁をはじめとした国・機関への特許出願においては、本人の論文発表により新規性を喪失していると扱われる点に留意が必要です。このため特許庁は、適切に権利を確保するためには、論文発表の前にまず出願をすることを心がけて下さい、と呼びかけています。

文責：篠原伸夫（原子力機構）

[参考資料：特許庁ホームページ <http://www.jpo.go.jp/indexj.htm>]

4. 第9回日本放射化学会総会報告

日時：平成19年9月25日（火）13:10～14:20

場所：静岡県コンベンションアーツセンター（グランシップ）S会場

出席者：60名、委任状による出席者167名。計227名となり会則に定める定足数（会員の1/5）を上回り、総会は成立した。（会員総数490名、この1/5（98名）の出席で総会は成立）

1. 会長報告

前田会長より学会の事業、財政等の現況について以下のように報告があった。

- ア) JNRS誌および放射化学ニュースが例年通り継続的に刊行された。本会は特許法第30条第1項の規定に基づく指定学術団体の指定を受けた。また現在、日本学術会議協力学術研究団体への指定を申請中であり、日本化学連合への加入を検討している。
- イ) 50周年記念事業関連の事項として、放射化学討論会要旨集DVDの作成および放射化学用語辞典の出版を行い、関係者に配布を行った。また、「放射化学研究50年のあゆみ」のCDを作成した。冊子事業として、「放射性元素・核種の小さな物語」を出版し配布した。
- ウ) 日本放射化学学会学会賞規定に基づき、2006-07年度学会賞及び奨励賞が決定された。今回の受賞は、学会賞・木村賞1件(中原弘道氏)、学会賞1件(小村和久氏)、奨励賞2件(小田寛貴氏、佐々木隆之氏)となった。
- エ) 学会財政の悪化が緊急課題となっている。対応策として年会費値上げや放射化学ニュースをネット配信にするなどの措置が必要となる可能性がある。これらの対策について広く会員に意見を求めたい。
- オ) 高齢者会員の会費減免についての検討を行った。75才以上で申告のあった会員については、永年会員とし会費を免除する。これは会則の改正はせず、運用で対応することとするが、この永年会員制度の導入時期については今後検討することとする。永年会員の申告については、会費徴収の際に案内することとする。
- カ) 2007-08年度から総括・庶務、会員、会計に関する学会事務業務は、原子力機構より引き継いで京都大学原子炉実験所が担当する。但し会計業務に関する引継ぎのみは、2007-08年度中に行われる。JNRS誌(ジャーナル)の発行、放射化学ニュースの発行、およびHP、メーリングリストの管理については、従前どおり、JNRS編集委員会、放射化学ニュース編集委員会およびネット委員会がそれぞれ担当する。なお2006-07年度から、選挙業務は静岡大学が、学会賞業務は金沢大学

がそれぞれ分担している。

2. 2006-07年度事業報告および決算

篠原事務局長より事業報告案および決算案の報告があった。

- ア) 総会(第8回)および2006日本放射化学学会年会・第50回放射化学討論会を開催した。計4件の国際学会、研究会等を助成事業として助成し、学会、研究会等への共催、協賛、後援等を4件行った。
- イ) JNRS誌および放射化学ニュースの発行状況、学会賞の選考、理事会の開催(計5回)、各委員会の活動その他がそれぞれ報告された。
- ウ) 決算案に対して、中西監事より会計監査報告があり、決算の収支および帳簿が正確であり、かつ関係書類も適正に管理されていることを確認したことが報告された。

3. 2007-08年度事業計画および予算について

篠原事務局長より事業計画案および予算案の報告があった。

- ア) 例年通り総会(第9回)、2007日本放射化学学会年会・第51回放射化学討論会の開催と、学会賞の選考を行う。助成事業として、研究会等が3件、学会、研究会等への共催、協賛、後援等が3件予定されている。
- イ) 予算案について予備費が年々減少している現状の対応策について良いアイデアを募りたい。

4. 新役員の選任、会則の改正、年会・討論会の開催予定等について

- ア) 2007-08年度の新役員案が報告された。新任の理事は3名、再任3名、監事は再任1名となった。会長、副会長、理事8名、監事1名は留任する。
- イ) 京都大学原子炉実験所への事務局移転に伴い、会則の附則を改正し、事務局を京都大学原子炉実験所へ変更する改正案が説明された。
- ウ) 2008放射化学学会年会・第52回放射化学討論会は、2008年9月25日～28日に広島大学において、中島覚先生を代表世話人として開催される。またAPSORCは2009年秋に米国で開催される予定(世話人 Prof. Nitsche)

である。

- エ) 年会費納入について、未納者の早期の納入をお願いするとともに、学生会員へは指導教員からも納入を督促するよう案内があった。

以上の事業報告案、決算報告案、事業計画案、予算案、新役員案、学会事務の分担案、会則改正案およびその他の報告については、拍手で承認された。他に質問・コメントが3件あった。顧問の委嘱に関連して、顧問の委嘱は会員に明確に示すことと、学会運営は現役中心でしっかりやってほしいとの要望が出された。現在、顧問の委嘱に関しては会長がかかった時点で新会長が見直すことになっており、任期は1期2年で2期までの計4年である。また学会名に関する提案、および英文学会名に関する質問があった。

○ 2006-07 年度日本放射化学学会学会賞、奨励賞

今回の受賞者、および研究題目は以下のとおりである。総会に引き続き授賞式が行われた。

学会賞・木村賞 中原弘道氏（東京都立大学名誉教授）「低エネルギー核分裂における変形経路の解明に関する研究」

学会賞 小村和久氏（金沢大学自然計測応用研究センター 教授）「極低レベル放射能測定の実現と環境放射能研究への新展開」

奨励賞 小田寛貴氏（名古屋大学年代測定総合研究センター 助教）「古文書・古筆切の放射性炭素年代測定」

奨励賞 佐々木隆之氏（京都大学大学院工学研究科原子核工学専攻 准教授）「アクチニド及びランタニド水酸化物錯体の生成挙動に関する熱力学的研究」

総会で承認された事業報告、決算報告、事業計画、予算および新役員を以下にまとめて示す。

○ 2006-07 年度事業報告

1. 総会：第8回日本放射化学学会総会（2006.10.26、東海 原子力機構原科研）
2. 討論会：2006 日本放射化学学会年会・第50回放射化学討論会（2006.10.24-27、水戸・東海村）
3. 研究発表会、講演会、研究会等の開催（助成

事業)

- ・ 第6回先端基礎研究国際シンポジウム (ASR2006) (2006.10.26-27、東海村、原科研)
 - ・ 第8回「環境放射能」研究会 (2007.3.22-24、つくば市、KEK)
 - ・ 第46回核化学夏の学校 (2007.8.8-10、大阪府 阪南市、国民年金健康センター サンヒル阪南)
 - ・ 第12回放射化分析の最近の動向に関する国際会議 (MTAA-12) (2007.9.16-21、八王子、首都大)
4. 会誌、研究報告、資料等の発行
 - ・ 日本放射化学会誌別冊 (2006 日本放射化学学会年会・第50回放射化学討論会要旨集. J. Nucl. Radiochem. Sci., Vol. 7, Supplement, Oct., 2006).
 - ・ J. Nucl. Radiochem. Sci. Vol.7, No.2 (Dec., 2006).
 - ・ J. Nucl. Radiochem. Sci. Vol.8, No.1 (July, 2007).
 - ・ J. Nucl. Radiochem. Sci. Vol.8, No.2 (Aug., 2007). [ASR2006 Proceedings]
 - ・ 放射化学ニュース第15号 (2007年2月).
 - ・ 放射化学ニュース第16号 (2007年8月).
 5. 学会、研究会等への共催、協賛、後援等
 - ・ 改造 JRR-3 利用運転 15 周年記念シンポジウム (2006.12.4、東海村)
 - ・ 原子力総合シンポジウム 2007 (2007.5.30-31、東京、日本学術会議講堂)
 - ・ 第2回高崎量子応用研究シンポジウム (2007.6.21-22、高崎シティギャラリー)
 - ・ 第44回アイソトープ・放射線研究発表会 (2007.7.4-6、東京、日本青年館)
 6. 学会賞：学会賞2件（うち1件は木村賞）、奨励賞2件
 7. 理事会
 - ・ 第32回 (2006.10.26、東海村、阿漕ヶ浦クラブ)
 - ・ 第33回 (2006.12.9、東京、学習院大学)
 - ・ 第34回 (2007.3.22、つくば、KEK)
 - ・ 第35回 (2007.7.7、東京、学習院大学)
 - ・ 第36回 (2007.9.23、静岡) 計5回
 8. 委員会活動等
 - ・ ジャーナル編集委員会 (2006.10.24、2006.12.10、2007.3.23)

- ・ニュース編集委員会 (2006.10.24、2007.3.22)、
- ・企画・広報委員会
- ・インターネット管理運営委員会
- ・役員等推薦委員会
- ・選挙管理委員会
- ・学会賞選考委員会 (2007.5.26)
- ・放射化学冊子編集委員会
- ・第50回放射化学討論会記念大会組織委員会 (記念事業関係)

○2007-08年度事業計画

1. 総会：第9回日本放射化学会総会 (2007年9月25日、静岡県コンベンションアーツセンター)
2. 討論会：2007日本放射化学会年会・第51回放射化学討論会 (2007年9月24-26日、静岡)
3. 研究発表会、講演会、研究会等の開催 (助成事業)
 - ・第9回「環境放射能」研究会 (つくば市 KEK)
 - ・第47回核化学夏の学校
 - ・第9回環境放射能・放射線夏の学校
4. 会誌、研究報告、資料等の発行
 - ・日本放射化学会誌別冊 (2007日本放射化学会年会・第51回放射化学討論会要旨集、J. Nucl. Radiochem. Sci., Vol. 8, Supplement, Sep., 2007)
 - ・J. Nucl. Radiochem. Sci. Vol.8, No.3 (Dec., 2007).
 - ・J. Nucl. Radiochem. Sci. Vol.9, No.1 (June, 2008).
 - ・放射化学ニュース第17号 (2008年2月).
 - ・放射化学ニュース第18号 (2008年8月).
5. 学会、研究会等への共催、協賛、後援等
 - ・第45回アイソトープ・放射線研究発表会 (2008年7月、東京)

- ・原子力総合シンポジウム 2008 (2008年5月、東京)

- ・第3回高崎量子応用研究シンポジウム (2008年6月、高崎)

6. 学会賞、奨励賞の選考

7. 理事会

- ・第37回 (2007年12月、東京)
- ・第38回 (2008年3月、つくば、KEK)
- ・第39回 (2008年7月、東京)
- ・第40回 (2008年9月、広島) 計4回。

8. 委員会活動等

編集委員会、企画/広報委員会、インターネット管理運営委員会、役員等推薦委員会、選挙管理委員会、学会賞選考委員会

9. 放射化学冊子出版事業への取り組み (放射化学冊子編集委員会)

○2007-08年度役員

会長：前田米藏 (九大)

副会長：柴田誠一 (京大)、海老原充 (首都大)

理事 (14名)：木村貴海 (原子力機構) (新任)、福島美智子 (石巻専修大) (新任)、松尾基之 (東大) (新任)、関根勉 (東北大) (再任)、斎藤直 (大阪大) (再任)、三浦太一 (高エネ研) (再任)、沖雄一 (京大)、横山明彦 (金沢大)、永目論一郎 (原子力機構)、佐藤兼章 (分析セ)、村松康行 (学習院大)、藤井靖彦 (東工大)、久保謙哉 (基督教大)、中島覚 (広島大)

監事 (2名)：篠原厚 (大阪大)、中西孝 (金沢大) (再任)

顧問：坂本浩、工藤博司、近藤健次郎

2006-07年度(2006年9月1日-2007年8月31日)決算

収入の部

単位(円)

項 目	決算(円)	予算(円)	決算-予算	備 考
個人会費	2,335,640	2,222,000	113,640	振込手数料(¥110)、VISAカード手数料(¥250)差引
賛助会費	1,600,000	1,650,000	△ 50,000	
雑収入	35,628	1,000	34,628	利息、会誌、用語集代金等
吉原先生本売上	61,200	0	61,200	
前年度繰越金	2,396,777	2,396,777	0	
合 計	6,429,245	6,269,777	159,468	

支出の部

単位(円)

項 目	決算(円)	予算(円)	予算-決算	備 考
討論会補助金	200,000	200,000	0	第51回討論会2007
要旨集(学会誌)補助	600,000	600,000	0	第50回討論会2006
出版事業費	2,639,866	2,830,000	190,134	
事務費	22,452	150,000		会議費、事務通信費等
ニュース印刷費	1,122,423	850,000		13、14、15号
論文誌印刷費	1,084,938	1,200,000		Vol.7. No.1 及び No.2
学会誌等送料	180,053	400,000		ニュース、学会誌等送料
名簿作成費	230,000	230,000		
会議費	636,720	650,000	13,280	交通費補助等
理事会 企画委員会	636,720 0	550,000 100,000		学会賞選考委員会を含む
研究会等補助	350,000	350,000	0	環境放射能・放射線夏の学校、 ASR2006、「環境放射能」研究会、 核化学夏の学校
事務局経費	371,181	350,000	△ 21,181	
事務費	69,198	150,000		封筒作成費、収入印紙等
通信費	301,983	200,000		切手、送金手数料等
ネットワーク管理運営費	71,011	80,000	8,989	プロバイダ契約等
学会賞	203,374	250,000	46,626	学会賞楯代金等
共催金	5,000	10,000	5,000	原子力総合シンポジウム
予備費	0	949,777	949,777	
合 計	5,077,152	6,269,777	1,192,625	

繰越金(収入合計-支出合計) = 1,352,093円

財産内訳

預金	5,852,093円	預金の内容	
内訳(銀行預金)	5,557,550円)	基金(黒田基金を含む)	4,500,000円
(郵便振替口座)	294,543円)	次年度繰越金	1,352,093円

2007-08年度(2007年9月1日-2008年8月31日) 予算

収入の部

単位(円)

項目	07-08年度	06-07年度	差額	備考
個人会費	2,139,000	2,222,000	△ 83,000	
賛助会費	1,600,000	1,650,000	△ 50,000	
雑収入	1,000	1,000	0	利息、会誌等代金
前年度繰越金	1,352,093	2,396,777	△ 1,044,684	
合計	5,092,093	6,269,777	△ 1,177,684	

支出の部

単位(円)

項目	07-08年度	06-07年度	差額	備考
討論会補助金	200,000	200,000	0	第52回討論会2008
要旨集(学会誌)補助	600,000	600,000	0	第51回討論会2007
出版事業費	2,450,000	2,830,000	△ 380,000	
事務費	100,000	150,000		会議費、事務通信費等
ニュース印刷費	850,000	850,000		2回
論文誌印刷費	1,200,000	1,200,000		2回
学会誌等送料	300,000	400,000		ニュース、学会誌等送料
名簿作成費	0	230,000		
会議費	650,000	650,000	0	交通費補助等
理事会	550,000	550,000		学会賞選考委員会を含む
企画委員会	100,000	100,000		
研究会等補助	350,000	350,000	0	環境放射能研究会、夏の学校、MTAA-12等
事務局経費	350,000	350,000	0	
事務費	150,000	150,000		封筒作成費、収入印紙等
通信費	200,000	200,000		切手、送金手数料等
ネットワーク管理運営費	80,000	80,000	0	プロバイダ契約等
学会賞	250,000	250,000	0	学会賞楯代金等
共催金	10,000	10,000	0	原子力総合シンポジウム等
予備費	152,093	949,777	△ 797,684	
合計	5,092,093	6,269,777	△ 1,177,684	

5. 会員動向(平成19年8月～平成20年1月)

新規入会(正会員)

氏名	所属
宇都宮 聡	九州大学大学院 理学研究院 化学部門
加藤千香子	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
窪田 卓見	京都大学原子炉実験所 原子力基礎工学研究部門 放射能環境動態工学研究分野

新規入会(学生会員)

氏名	所属
玉理美智子	筑波大学大学院 数理物質科学研究科 化学専攻
松田 亜弓	大阪大学大学院 理学研究科 化学専攻 篠原研究室
坪内 僚平	大阪大学大学院 理学研究科 化学専攻 篠原研究室
藤沢 弘幸	大阪大学 理学部 化学科 篠原研究室
尾本 隆志	大阪大学 理学部 化学科 篠原研究室
小森有希子	大阪大学 理学部 化学科 篠原研究室
井上 史士	九州大学大学院 理学府 凝縮系科学専攻 状態解析化学講座
池田 泰大	大阪大学大学院 理学研究科 物理学専攻
周防 千明	大阪大学 理学部 化学科 篠原研究室
上杉 正樹	金沢大学大学院 自然科学研究科 放射化学研究室
清水 健彦	金沢大学 理学部 化学科 放射化学研究室
中村 操	金沢大学 理学部 化学科 放射化学研究室
荒木 幹生	金沢大学 理学部 化学科 放射化学研究室
浅野 敦史	金沢大学 理学部 化学科 放射化学研究室
永岡 美佳	金沢大学 理学部 化学科 放射化学研究室
須藤 達也	東海大学 工学研究科 応用理学専攻 吉田研究室

所属変更(個人会員)

氏名	所属
橋本 雅史	日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門 レーザー物質制御研究G
松岡 伸行	甲南大学大学院 理工学部 自然科学研究科 錯体化学研究室
阿部 琢也	東京大学大学院 工学系研究科 原子力国際専攻 小佐古研究室
黒崎 拓	Washington State University, Department of Chemistry
坂口 綾	金沢大学 理学部附属低レベル放射能実験施設
桑原 潤	核物質管理センター
中山 督	日本原燃株式会社 安全技術室 放射線管理部 放射線安全グループ
真辺健太郎	日本原子力研究開発機構 原子力基礎工学研究部門 環境・放射線工学ユニット 放射線防護研究グループ
田中 究	日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所 バックエンド技術部 放射性廃棄物管理技術課
篠塚 一典	首都大学東京 大学院理工学研究科 分子物質化学専攻 宇宙化学研究室

退会(個人会員)

氏名
田中忠三郎
勝又 啓一
新井 邦生
富岡 修
大和 愛司
吉岡 潤江
桑原 雄宇
結城 秀行

新規入会(賛助会員)

中国電力株式会社

退会(賛助会員)

日本放射線エンジニアリング(株)

6. 日本放射化学会入会勧誘のお願い

日本放射化学会では新会員の募集をしております。ぜひ新会員をご勧誘下さいますよう、よろしくお願い申し上げます。

入会申込手続「入会申込書」を事務局に提出して頂くとともに、「入会申込金（入会金と1年分の会費）」を下記口座に振り込んで下さい。

「入会申込書」提出先：

〒590-0494 大阪府泉南郡熊取町朝代西2丁目1010番地
京都大学原子炉実験所 柴田研究室内 日本放射化学会事務局

「入会申込金」振込先（郵便振替口座）：

口座名：日本放射化学会
口座番号：00100-2-577302

1. 入会申込書

次ページの書式をコピーして使用して下さい。日本放射化学会のホームページ <http://www.radiochem.org/index-j.html> からダウンロードすることもできます。後述の「入会申込書」記入のしかた”に従って記入して下さい。

2. 入会申込金（入会金と1年分の会費）

下表を参考にして下さい。振り込みの際には内訳を振込用紙に記入して下さい。

	入会金	会費	合計
正会員	1,000円	5,000円	6,000円
学生会員*	0円	3,000円	3,000円

* 学生会員とは、学部あるいは大学院に在学中の会員をさします。

3. 「入会申込書」記入のしかた

- 文字は楷書で明瞭に記入して下さい。
- ふりがな、氏名、ローマ字つづりとして、すべて姓と名を分け、氏名は自署して下さい。

文字の判別がしやすいように明確に記入願います。ローマ字は慣用のローマ字で記入して下さい。

- 生年月日 西暦で記入して下さい。
- 性別 該当する所を○で囲んで下さい。
- 会員種別 正会員、学生会員のいずれかを○で囲んで下さい。
- 勤務先・就学先 勤務先あるいは就学先の名称・部局・部・課・学科名・研究室等は詳しく記入して下さい。所在地住所には郵便番号も忘れずに記入願います。電話番号は直通以外は内線まで記入して下さい。職(学年)は、学生会員の場合には学部学生あるいは大学院生の旨を明記した上で学年も記入して下さい。また、学生会員の場合には指導教官名も記入願います。勤務先あるいは就学先で電子メールアドレスをお持ちの方は必ず記入して下さい。
- 自宅 自宅住所は、アパート名○○様方等も忘れずに記入して下さい。
- 雑誌等送付先 勤務先(就学先)あるいは自宅のいずれかを○で囲んで下さい。
- 最終学歴、年次、学位、大学、学部、学科等略さず、年次は西暦で記入して下さい。また、学位の記入もお願いします。
- 備考欄 備考欄は自由記入欄です。学会への要望事項(運営、事業、会誌、広報、部会など)についてご意見を頂戴できれば参考にさせていただきます。また、ご自身の専門分野などについて記入頂いても結構です。

4. 会員の特典

- 以下の出版物が無料購読できます。
 - (a) 学会誌 (Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences)
 - (b) 学会誌別冊 (日本放射化学会年会・放射化学討論会要旨集)
 - (c) 放射化学ニュース
- なお、学会誌への投稿料は無料です。