

ISSN 1345-2754

# 放射化学ニュース 第13号

日本放射化学会

2006年 3月

---

# 放射化学ニュース

## 第13号

平成18年(2006年)3月31日

---

### 目次

#### 特集 (2004-2005年度学会賞・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	
多くの核種のメスバウアー分光による無機化合物の構造と結合状態に関する研究(竹田満洲雄)...	2
奨励賞(奨励賞選考委員会).....	4
奨励賞受賞者による研究紹介	
水溶液中における4価ウランイオンの発光現象の研究(桐島 陽).....	6
ヘリウムガス中を運動する超重元素の平均平衡電荷に関する基礎研究 - 超重元素合成実験への寄与 - (加治大哉).....	7
中高エネルギー領域における軽核生成核反応の研究(松村 宏).....	9

#### 解説

$^{108m}\text{Ag}$ を用いる新しい原爆中性子評価(小村和久).....	11
--	----

#### 歴史と教育

黒田和夫(Paul Kazuo Kuroda)先生の若き日の自伝 “My Early Days at the Imperial University of Tokyo”について(坂本 浩).....	18
--	----

#### 施設だより

東京大学海洋研究所 共同利用研究施設(永井尚生).....	20
-------------------------------	----

#### コラム

重い核種の自発核分裂半減期について(館盛勝一).....	24
京都大学原子炉実験所と韓国原子力研究所の原子炉利用協力研究について(高宮幸一).....	26

## 放射化学討論会

2005日本放射化学会年会・第49回放射化学討論会報告(中西 孝) .....	29
第50回放射化学討論会記念大会へのおさそい(吉田善行).....	31

## 研究集会だより

1. 第7回環境放射能・放射線夏の学校 (日比野啓一).....	33
2. International Conference on the Applications of the Mössbauer Effect (ICAME05) (小林義男) .....	33
3. APSORC2005 (百島則幸).....	35
チベットへのAPSORCポストツアー(安田健一郎) .....	36
シルクロードの旅(APSORCポストツアー)(岸川俊明).....	36
4. 3 <sup>rd</sup> EMRAS合同会議(田上恵子) .....	37
5. 第2回環境放射能国際会議 ニース学会 (浜島靖典).....	38
6. 平成17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」(久保謙哉) .....	39
7. 平成17年度京都大学原子炉実験所専門研究会 「核化学・核物理の新領域としての重元素科学」(篠原 厚) .....	40
8. 北投石発見百周年記念温泉国際会議 International Conference on Centennial of Discovering Hokutolite and Hot Springs (百島則幸).....	41

情報プラザ .....	43
-------------	----

## 本だな

ガラスの地球とホモ・サピエンス 馬場 宏 著(古川路明).....	44
-----------------------------------	----

学位論文要録 .....	47
--------------	----

## 学会だより

1. 新法人“日本原子力研究開発機構”の施設共同利用に関する要望書 .....	49
2. 日本放射化学会第25回理事会[2004-2005年度第3回理事会]議事要録 .....	50
3. 日本放射化学会第26回理事会[2004-2005年度第4回理事会]議事要録 .....	50
4. 第7回日本放射化学会総会報告 .....	51
5. 会員動向 .....	56
6. Journal of Nuclear and Radiochemical Scienceのデータベースへの登録 .....	57
7. 日本放射化学会入会勧誘のお願い .....	57
8. オンラインジャーナルとホームページの運営について .....	60
9. Journal of Nuclear and Radiochemical Science (日本放射化学会誌)への投稿について .....	61
10. Journal of Nuclear and Radiochemical Science (日本放射化学会誌)投稿の手引き .....	61
11. 日本放射化学会会則 .....	62

## 特集 (2004-2005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)

竹田満洲雄氏 (東邦大学理学部)

竹田満洲雄先生に、「多くの核種のメスバウアー分光による無機化合物の構造と結合状態に関する研究」で、2004-05年度日本放射化学会賞が授与された。

竹田満洲雄先生 (東邦大学理学部) に標記学会賞が授与されることが決定し、平成17年9月29日には、金沢市で開催された本会の第7回総会において表彰式が執り行われた。先生の長年にわたる放射化学分野への貢献に謝意を表するとともに、研究成果の中から特に今回の受賞の対象となったものを以下に紹介して、お祝いに代えたい。

まず先生の大きな業績の一つは、分光法としては比較的歴史が浅いメスバウアー分光法を着実に進展させ、放射化学関連分野に大きな波及効果を及ぼされた点にある。特に実験的研究において、 $^{57}\text{Co}/\text{Pd}$ 、 $\text{Ca}^{119\text{m}}\text{SnO}_3$ 、 $^{125}\text{I}/\text{Cu}$ 、 $\text{Zn}^{125\text{m}}\text{Te}$ 、 $^{151}\text{SmF}_3$ 、 $^{241}\text{Am}$ などの多くの線源を用いて、 $^{57}\text{Fe}$ 、 $^{119}\text{Sn}$ 、 $^{125}\text{Te}$ 、 $^{151}\text{Eu}$ 、 $^{237}\text{Np}$ の一連の化合物のメスバウアースペクトルを測定し、また市販されていない核種の線源についても、サイクロトロンを用いてメスバウアー線源 $^{61}\text{Cu}/\text{Cu}$ を作製したり、原研の研究炉による中性子照射法を利用して $^{127\text{m}}\text{TeMg}_3\text{TeO}_6$ 、 $^{155}\text{Eu}/^{154}\text{SmPd}_3$ 、 $^{161}\text{Tb}/\text{GdF}_3$ 、 $^{166}\text{Ho}/\text{Ho}_{0.4}\text{Y}_{0.6}\text{H}_2$ 、 $^{197}\text{Pt}/\text{Pt}$ などの線源を作製するなどして、 $^{61}\text{Ni}$ 、 $^{127}\text{I}$ 、 $^{155}\text{Gd}$ 、 $^{161}\text{Dy}$ 、 $^{166}\text{Er}$ 、 $^{197}\text{Au}$ などの化合物のメスバウアースペクトルの測定を実現された。それによる体系的研究によってはじめて可能となる、各種の化合物の構造と結合に関する総合的な知見を取得されている。このように、他では研究が十分進んでいない核種を含む一連の金属錯体のメスバウアー分光学的研究の成果、および測定技術、方法論の開発に関する研究成果は、国際的視点からも竹田先生の独壇場であるとともに、同分光法が化学の研究にきわめて有力である事を示された貴重な成果である。

次に特筆すべき竹田先生の業績は、メスバウアー分光法の特徴を有効に活用することによって、多くの遷移金属錯体の結合状態、構造等について、他法では得がたい知見を獲得されたことである。多くの成果の中から特に興味深い次のものを例示したいが、是非、原著論文を参照されたい。酸素および窒素原子で配位した28種の $\text{Gd}(\ )$ 錯体を研究し、希土類元素錯体が共有結合性を持つことを初めて実験的に明らかにするとともに、配位原子からの電子が $\text{Gd}(\ )$ の6s軌道(4f軌道ではない!)に供与されていることを明らかにされた。また、窒素原子が配位した $\text{Np}(\ )$ 錯体について、配位原子からの電子が $\text{Np}(\ )$ の5f軌道(7s軌道ではない!)に供与されていることを明らかにするとともに、同じfブロック系でもランタノイドとアクチノイドで結合の様式が異なることを明らかにされた。さらに、 $\text{Sb}(\ )$ の52種の化合物を対象とした研究では、 $\text{Sb}(\ )$ の孤立電子対の立体化学的活性、すなわち孤立電子対のp軌道性、が配位原子の種類と配位構造に依存することを明らかにするとともに、これらの知見を基に、同様な電子配置の $\text{Te}(\ )$ の化合物でも同様な立体化学的な効果が存することを見出された。さらに、等電子構造の $\text{Sb}(\ )$ と $\text{I}(\ )$ の三方両錐型(Iは孤立電子対を含めて擬三方両錐型)の錯体の研究から、アピカル方向の超原子価結合(三中心四電子結合)の本質を明らかにし、 $\text{Fe}(\ )$ ポルフィリン錯体の研究からは、極めて稀な $\text{Fe}(\ )$ 中間スピンのスピנקロスオーバー錯体を見出された。このように枚挙に暇がないが、いずれも先生の独特な発想により、メスバウアー分光法の特徴を十分に活用して得られた成果であると考えている。竹田先生の“粘り強い”化学への挑戦と愛着とを感じつつ、ご業績の一端を紹介させて頂いた。

おめでとうございます。

## 学会賞受賞者による研究紹介



多くの核種のみスバウアー分光による無機化合物の構造と結合状態に関する研究  
竹田 満洲雄 (東邦大理)

これまでに  $^{57}\text{Fe}$ 、 $^{61}\text{Ni}$ 、 $^{119}\text{Sn}$ 、 $^{121}\text{Sb}$ 、 $^{125}\text{Te}$ 、 $^{127}\text{I}$ 、 $^{151}\text{Eu}$ 、 $^{161}\text{Dy}$ 、 $^{155}\text{Gd}$ 、 $^{166}\text{Er}$ 、 $^{197}\text{Au}$  および  $^{237}\text{Np}$  の12核種のみスバウアー分光を用いて、これらの元素の化合物の構造と結合の研究をしてきた。

一人の研究者がこのように多くのみスバウアー元素の研究をしているのは、世界的に稀有である。特に原子炉やサイクロトロンを用いて放射化学的技法により6元素のみスバウアー線源を作製してのみスバウアー分光の有用性を明らかにしたことは特筆すべきことである。

本研究はこの点のみスバウアースペクトルの測定技術・方法論の発展に大きな寄与をした。

市販のみスバウアー線源  $^{57}\text{Co}/\text{Pd}$ 、 $\text{Ca}^{119\text{m}}\text{SnO}_3$ 、 $\text{Ca}^{121\text{m}}\text{SnO}_3$ 、 $^{125}\text{I}/\text{Cu}$ 、 $\text{Zn}^{125\text{m}}\text{Te}$ 、 $^{151}\text{SmF}_3$  および  $^{241}\text{Am}$  を用いて  $^{57}\text{Fe}$ 、 $^{119}\text{Sn}$ 、 $^{121}\text{Sb}$ 、 $^{125}\text{Te}$ 、 $^{151}\text{Eu}$  および  $^{237}\text{Np}$  のみスバウアー分光を行ない、これ

らの化合物について構造化学的に極めて有用な知見を得た。

そしてサイクロトロンを用いて  $^{58}\text{Ni}(\text{,p})^{61}\text{Cu}$  反応により  $^{61}\text{Ni}$  のみスバウアー線源  $^{61}\text{Cu}/\text{Cu}$  を作製した。また東海村原研の原子炉内中性子照射を行ない、 $^{126}\text{Te}(\text{n,})^{127\text{m}}\text{Te}$ 、 $^{154}\text{Sm}(\text{n,})^{155}\text{Sm}$ 、 $^{155}\text{Eu}$  [壊変]、 $^{160}\text{Gd}(\text{n,})^{161}\text{Gd}$ 、 $^{161}\text{Tb}$  [壊変]、 $^{165}\text{Ho}(\text{n,})^{166}\text{Ho}$  および  $^{196}\text{Pt}(\text{n,})^{197}\text{Pt}$  反応により  $^{127\text{m}}\text{Te}/\text{Mg}_3\text{TeO}_6$ 、 $^{155}\text{Eu}/^{154}\text{SmPd}_3$ 、 $^{161}\text{Tb}/\text{GdF}_3$ 、 $^{166}\text{Ho}/\text{Ho}_{0.4}\text{Y}_{0.6}\text{H}_2$  および  $^{197}\text{Pt}/\text{Pt}$  みスバウアー線源を作製し、 $^{127}\text{I}$ 、 $^{155}\text{Gd}$ 、 $^{161}\text{Dy}$ 、 $^{166}\text{Er}$  および  $^{197}\text{Au}$  の化合物のみスバウアー分光を行ない構造と結合に関する重要な知見を得た。

特筆する成果として、酸素および窒素原子で配位した28種の  $\text{Gd}(\text{ })$  錯体に始めて  $^{155}\text{Gd}$  みスバウアー分光を適用し、希土類元素錯体が共有結合性を持つことを始めて実験的に明らかにした。また配位原子からの電子が  $\text{Gd}$  の  $6s$  軌道 ( $4f$  軌道でなくて) に供与されていることを見出した (Fig. 1)。窒素原子が配位した  $\text{Np}(\text{ })$  錯体の  $^{237}\text{Np}$  みスバウアー分光を始めて行ない、配位原子からの電子が  $\text{Np}$  の  $5f$  軌道 ( $7s$  軌道でなくて) に供与されていることを明らかにした。同じ  $f$  ブロック系でもランタノイドとアクチノイドで結合の様式が異なることを明確にした。

また、 $\text{Sb}(\text{ })$  の孤立電子対の立体化学的効果を52種の化合物について  $^{121}\text{Sb}$  みスバウアー分光に

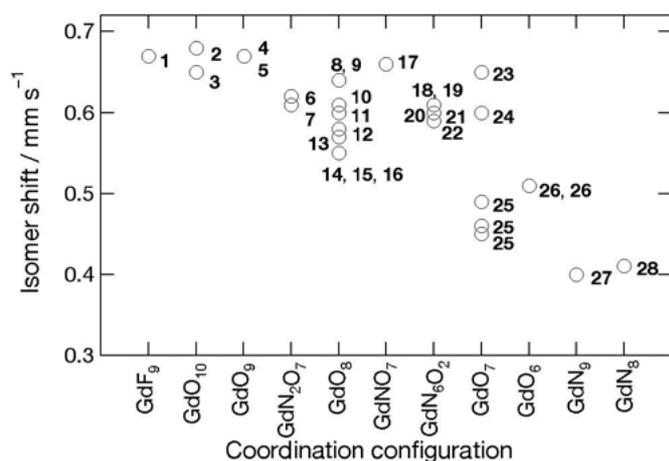


Fig. 1 Plot of isomer shifts against coordination configuration around  $\text{Gd}(\text{III})$  ions

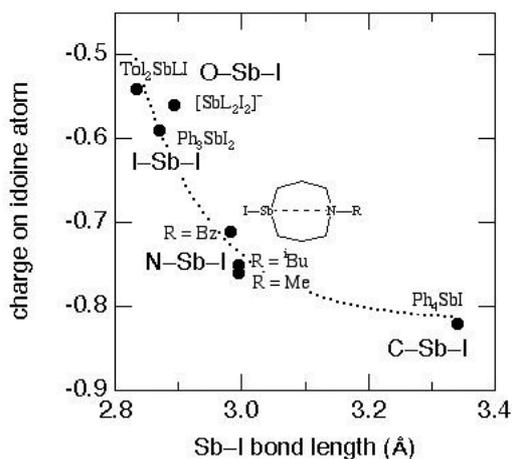


Fig. 2 Relationship between charge on iodine atom and  $\text{Sb-I}$  bond length for  $\text{Sb}$  compounds

より研究し、その立体化学的活性（孤立電子対の $p$ 軌道性）が配位原子の種類と配位構造に依存することを明らかにした。同じ電子配置のTe(Ⅱ)化合物でも同様のことを見いだした。

更に、 $^{121}\text{Sb}$ と $^{127}\text{I}$ メスバウアー分光により等電子構造のSb(Ⅲ)とI(Ⅲ)で同じ三方両錐（Iは孤立電子対を含めて擬三方両錐）型をとる錯体について、アピカル方向の超原子価結合（三中心四電子結合）の本質を明らかにした。

ヨウ素のメスバウアー分光からヨウ素原子の価電子のポピュレーション(数)を知る事が出来

る。Fig. 2はいろいろなSb-I結合を持つSb(V)化合物について、メスバウアースペクトルから得たヨウ素原子上の電荷とSb-I結合距離との関係を示したものである。結合が長くなるにつれてヨウ素原子上の負電荷が増加していく、つまり結合のイオン性が大きくなっていく事を示している。

また、 $^{57}\text{Fe}$ メスバウアー分光により鉄(Ⅱ)ポルフィリン錯体について、世界で二番目と三番目の極めて稀な鉄(Ⅱ)中間スピンのスピנקロスオーバー錯体を見つけた。



特集 (2004-2005 年度学会賞・奨励賞)

奨励賞 (日本放射化学会奨励賞選考委員会)

桐島 陽氏 (東北大学 多元物質科学研究所 助手)

加治大哉氏 (理化学研究所・加速器基盤研究部・基礎科学特別研究員)

松村 宏氏 (高エネルギー加速器研究機構 放射線科学センター 助手)

桐島 陽氏

所属：東北大学 多元物質科学研究所 助手

受賞題目：水溶液中における4価ウランイオンの  
発光現象の研究

アクチノイドの光誘起による発光現象は、これまでCm( )、Am( )、U( )などについて確認され、これらの蛍光特性を利用して開発されたいくつかの状態分析法は、溶液化学研究に飛躍的な発展をもたらしてきた。一方、4価および5価アクチノイド溶存種については、蛍光は存在しないと考えられていた。これに対し、桐島陽氏は溶液中のU<sup>4+</sup>イオンの5f電子エネルギーレベルの解析から、このイオンが蛍光を発する可能性を見出した。それに基づき、紫外～可視光を励起光として250～900nmの範囲で蛍光を探索した結果、溶液中での4価ウランの蛍光を世界で初めて検出した。さらに、同氏は蛍光の時間分解発光スペクトルにより蛍光寿命の測定も行い、室温では時間分解能以下の寿命であるが、液体窒素を用いて凍結したU<sup>4+</sup>サンプルでは、発光強度は極めて大きくなり、H<sub>2</sub>O系で150 ns、D<sub>2</sub>O系で201 nsの寿命を持つことを見出した。

このような同氏の「水溶液中における4価ウランイオンの発光現象の研究」は放射化学における新規性や独創性の点からも高く評価できる成果である。また、凍結サンプルの蛍光測定による新たな溶液中の4価ウランの高感度な化学種状態分析法の開発が今後期待され、その溶液化学的な意義は大きい。さらに、同氏は、アメリカ化学会で招待講演を行うなど、国際的にも高く評価されており、アクチノイドの溶液化学を将来リードする人材として期待される。

よって、同氏のこれまでの業績とその将来性は奨励賞に値するものと認められた。

加治 大哉氏

所属：理化学研究所・加速器基盤研究部・基礎科学特別研究員

受賞題目：ヘリウムガス中を運動する超重元素の  
平均平衡電荷に関する基礎研究 - 超重  
元素合成実験への寄与 -

超アクチノイド核種を合成するためには大強度重イオン加速器が必要不可欠であるが、合成した核種を確認するための実験装置も合わせて必要となる。加治大哉氏は、理化学研究所の気体充填型反跳分離装置をリングサイクロトロン加速器施設から重イオン線形加速器施設へ移設する際から、合成した重核を検出するために必要な実験システムの構築とその最適化に携わった。同氏は、特に、気体充填型反跳分離装置を適切に動作させるために必要となるパラメーターの一つであるヘリウムガス中における重イオンの平均平衡電荷に関して詳細に研究を行った。さらに、これらの測定結果を基にして、新元素探索のための適切な磁場設定条件を決める経験式を導き、超アクチノイド核種(<sup>271</sup>Ds、<sup>272</sup>Rg、<sup>277</sup>[112]、<sup>278</sup>[113])の探索へ適用した。

113番元素(<sup>278</sup>[113])の合成をはじめとする、最近の理化学研究所における一連の超重元素合成の成功には、合成条件の適切さに加えて、同氏の基礎研究に基づく反跳分離装置の適切な磁場設定が必須であり、これらの世界的な業績に大きく寄与したと認められる。さらに、現在、超重元素合成実験のグループ内でも中心的なメンバーとして活躍しており、将来この分野をリードする若手研究者の一人として期待されている。

よって、同氏のこれまでの業績とその将来性は奨励賞に値するものと認められた。

**松村 宏氏**

所属：高エネルギー加速器研究機構 放射線科学  
センター 助手

受賞題目：中高エネルギー領域における軽核生成  
核反応の研究

1950年代にGeV領域の陽子などハドロン誘起核反応で質量数15 - 35の生成断面積が異常に高いことが見出され、フラグメンテーション反応と呼ばれてきたが、そのメカニズムは未だはっきりしていない。松村宏氏は、長年にわたり中・高エネルギー核反応の放射化学的研究に従事しており、この中で、従来の放射化法に加えAMS等の手法を取り入れることで長寿命の軽核生成物の測定も行い、この問題に取り組んだ。その結果、軽核直接生成のフラグメンテーション過程による寄与を定量的に抽出することに成功し、重核からの軽核生成はフラグメンテーション過程が支配的であることや、フラグメント生成は標的核の組成を

強く反映することを明らかにした。次に、光核反応では $E_0 = 140\text{MeV}$ の準重陽子共鳴領域の実験、KEKの中性子科学研究施設の高エネルギー中性子場での最大エネルギー500MeVの中性子、さらに放医研HIMACの400MeV -  $\alpha$ 照射による ${}^{7,10}\text{Be}$ 生成断面積測定を行い、これらの諸反応は初期過程が全く異なるにも拘わらず、軽核生成という終状態は類似していることを明らかにした。

以上のように、実験的証明が困難であった「軽核生成核反応」の機構解明へ向けた、同氏の研究成果は高く評価される。また、本研究は長期にわたり多くの共同研究者により積み上げられた成果をベースとしたものであるが、最近のAMS等を利用した軽核測定や中性子や $\alpha$ 粒子反応への展開などは、同氏の独創的かつ積極的な研究活動によるものである。

よって、同氏のこれまでの業績とその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



水溶液中における4価ウランイオンの発光現象の研究  
桐島 陽 (東北大学 多元物質科学研究所)

アクチノイドの光誘起による発光現象はこれまでCm( ), Am( ), U( ) などについて確認され、その特性が研究されてきた。これらの発光特性を利用して開発された、いくつかの状態分析法は、対象イオンの第一配位圏内の水和数や配位環境の直接評価を可能とし、溶液化学研究に飛躍的な発展をもたらした。一方、4価および5価アクチノイド溶存種については、ごく一部の錯体種を除けば蛍光は存在しないと考えられていた [1]。この「発光が起こらない」理由としては、4+ という非常に強力な正電荷に強く引き寄せられた水分子による消光作用や、発光に適切な電子のエネルギーギャップが存在しないことなどが考えられてきた。これに対し、著者は溶液中のU<sup>4+</sup> イオンの5f電子エネルギーレベルの解析から、5f電子の<sup>1</sup>S<sub>0</sub> レベルと<sup>3</sup>P<sub>2</sub> レベル間のエネルギーギャップが約17400cm<sup>-1</sup>と比較的大きいことに着目し (Fig. 1 左) この準位を利用すればU<sup>4+</sup> イオンが蛍光を発する可能性があると考え、実験を行った。蛍光光度計により発光スペクトルを250 ~ 900nmの範囲で測定し蛍光を探索したところ、励起準位<sup>1</sup>S<sub>0</sub> に相当する40820 cm<sup>-1</sup> (245nm) の紫外光を励起光としたときに構造を持ったスペクトルが得られ (Fig. 2右) 溶液中での4価ウランの蛍光が初めて検出された[2]。それぞれの蛍光ピークで測定した励起スペクトルは全て245nmでのみ鋭い励起ピークを示した。また、これよりも低い<sup>3</sup>P<sub>2</sub> (23260 cm<sup>-1</sup>)以下の励起準位からの緩和過程では蛍光は確認されなかった。蛍光スペクトルを波形解析した結果、12個のピークが同定され、それぞれ<sup>1</sup>S<sub>0</sub> から<sup>3</sup>P<sub>2</sub>, <sup>1</sup>I<sub>6</sub>, <sup>3</sup>P<sub>1</sub>, <sup>1</sup>G<sub>4</sub>, <sup>3</sup>P<sub>0</sub>, <sup>1</sup>D<sub>2</sub>, <sup>3</sup>H<sub>6</sub>, <sup>3</sup>F<sub>3</sub>, <sup>3</sup>F<sub>4</sub>, <sup>3</sup>H<sub>5</sub>への遷移に相当する蛍光であることが分かった。この蛍光の時間

分解発光スペクトルと蛍光寿命を、エキシマ (XeCl) /色素レーザーからのパルス光 (波長490 nm) の第2高調波 (245nm) を励起光として測定した結果、室温での蛍光寿命は今回使用したレーザーのパルス幅 (約20ns) と同等かそれ以下であることが分かった。そこで、液体窒素を用いて凍結したU<sup>4+</sup> サンプルの蛍光寿命を測定したところ、発光強度は極めて大きくなり、寿命も延びて蛍光減衰曲線が得られた。ここから寿命を計算したところ、H<sub>2</sub>O系で150 ns、D<sub>2</sub>O系で201nsとなった[3]。U(IV)の蛍光寿命の温度依存性やH<sub>2</sub>OとD<sub>2</sub>O間の溶媒の同位体効果等を検討したところ、同じf-f遷移に発光が起因するランタノイドや3価アクチノイドの発光特性と異なることが分かった。このことは4価ウランの発光機構が3価アクチノイドと全く同様ではないことを示しており、今後4価ウランに対してさらなる実験検討を行い発光特性を明らかにし、そこから発光機構の解明を目指す必要がある。

[1] W. T. Carnall; *Gmelin Handbook of Inorganic Chemistry 8th Edition*, Vol. A5, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg (1982).

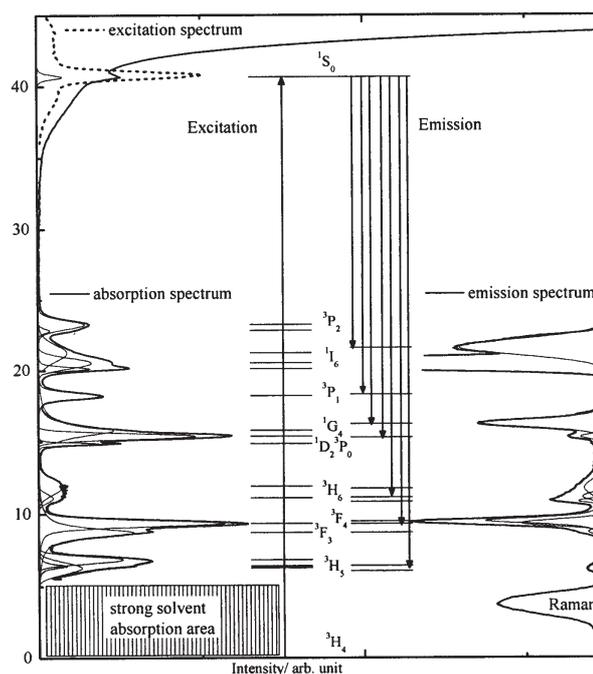


Fig. 1 Transition energies of the aqueous U<sup>4+</sup> ion in perchlorate medium as determined from the resolved absorption and emission spectra. [2]

- [2] A. Kirishima, T. Kimura, O. Tochiyama, and Z. Yoshida, Chem. Commun., 910 (2003).  
 [3] A. Kirishima, T. Kimura, R. Nagaishi, O. Tochiyama, *Radiochimica Acta*, 92, 705 (2004).



ヘリウムガス中を運動する  
 超重元素の平均平衡電荷に  
 関する基礎研究  
 - 超重元素合成実験への寄  
 与 -

加治 大哉 (独立行政法人理化学研究所 フロンテ  
 ィア研究システム 重イオン加速器科学研究  
 プログラム 原子核研究技術開発グループ)

周期表の末端に位置する超アクチノイド元素(超重元素)は全て、低エネルギー重イオン融合反応による人工的な合成手法を用いて発見がなされている。超アクチノイド核種(超重核)を合成するためには大強度重イオン加速器が必要不可欠であるが、大強度重イオンビームに耐える標的や合成した核種を確認するための実験システム(大効率かつ高分離能の反跳分離装置、原子1個からでも核種を同定できる検出器系)も合わせて必要となる。著者は、超重核探索に必要な実験システムの構築とその最適化を行うにあたり中心的役割を果たした。以下に、研究の概要を示す。

気体充填型反跳分離装置(GARIS)はD<sub>1</sub>-Q<sub>1</sub>-Q<sub>2</sub>-D<sub>2</sub> マグネット(D: 双極子、Q: 四重極)から構成される磁場型分析装置[1]で、核反応により合成した超重核を入射粒子や副反応生成物から分離して検出器系へ搬送する役割を果たす。本装置は、チェンバー内に気体(ヘリウムガス)を充填して使用するのが特徴である。標的から飛び出した直後の反跳イオンは運動量および電荷ともに幅広い分布をもっているが、気体中を運動する反跳イオンはガス原子と荷電交換衝突を繰り返しながら進行するため電荷分布は平均平衡電荷  $q_{ave}$  を中心としてガウス分布する。充填ガス条件お

よび磁場設定が最適化されていれば、真空中では収集できなかった電荷をもつ反跳イオンも集めることができるため原理的に高い収集効率が実現できる。しかしながら、充填ガス中を運動する反跳イオンの  $q_{ave}$  値を知らなければ、その特徴を生かすことはできない。そこで、未知の超重核に適用する磁場設定を予測するため、ヘリウムガス中を運動する既知核種の平衡電荷分布に関する基礎データの取得を試みた。低エネルギー重イオン源として標的物質(<sup>169</sup>Tm, <sup>208</sup>Pb, <sup>209</sup>Bi)の0度方向へのラザフォード散乱核および核反応によって生成した蒸発残留核(<sup>193</sup>Bi, <sup>196</sup>Po, <sup>200</sup>At, <sup>204,203</sup>Fr, <sup>212</sup>Ac, <sup>234</sup>Bk, <sup>245</sup>Fm, <sup>254</sup>No, <sup>255</sup>Lr)を用いて測定を行った。検出器系には飛行時間検出器と位置検出型シリコン半導体検出器の組み合わせたものをGARISの焦点面に設置し[2]、生成核およびその娘核に固有なアルファ線を観測することで核種同定を行った。GARISの磁場条件( $B_p$ )を変えながら得られた反跳イオンの強度分布から、関係式  $q_{ave}=0.02267 \times A \times (v/v_0) / B_p$  を用いて平均平衡電荷を導出した( $v$ : 反跳イオンの速度、 $v_0$ : Bohr速度、 $A$ : 反跳イオンの質量数)。得られた  $q_{ave}$  をBohrモデル[3]に基づいて  $(v/v_0) \times Z^{1/3}$  に対してプロットすることで(図1)、反跳速度と原子番号の関数で表された経験式

$$q_{ave} = 0.625 \times (v/v_0) \times Z^{1/3}$$

を得た[2]。ただし、 $9.0 < (v/v_0) \times Z^{1/3} < 19.1$ ,  $Z > 82$ 。この経験式は、コールドフュージョン反応で生成される超重核の反跳速度領域を内挿によりカバーしている。そこで、経験式から予測される磁場設定を用いて <sup>208</sup>Pb(<sup>58</sup>Fe, n)<sup>265</sup>Hs, <sup>208</sup>Pb(<sup>64</sup>Ni, n)<sup>271</sup>Ds, <sup>209</sup>Bi(<sup>64</sup>Ni, n)<sup>272</sup>Rg, および <sup>208</sup>Pb(<sup>70</sup>Zn, n)<sup>277</sup>112 反応による超重核探索を試みた。結果として、10原子の<sup>265</sup>Hs、14原子の<sup>271</sup>Ds、14原子の<sup>272</sup>Rg、2原子の<sup>277</sup>112の確認に成功し、経験式の妥当性を示すことができた(実験結果の詳細は、文献 [2, 4-6]を参照)。さらに重い113番元素に対してもこの経験式を適用し、<sup>70</sup>Zn粒子  $1.7 \times 10^{19}$  個を<sup>209</sup>Bi標的に照射することで新核種<sup>278</sup>113を合成し、その生成核に起因するアルファ壊変連鎖を1 chain 観測した[7] (図2)。<sup>278</sup>113は、

原子番号と質量数が実験的に決定された原子核の中で最も重い原子核であり、新元素発見の可能性がある。

#### 参考文献

- [1] K. Morita, A. Yoshida, T. T. Inamura, M. Koizumi, T. Nomura, M. Fujioka, T. Shinozuka, H. Miyatake, K. Sueki, H. Kudo, Y. Nagai, T. Toriyama, K. Yoshimura, and Y. Hatsukawa, Nucl. Instr. and Meth. B70, 220(1992).
- [2] D. Kaji, Doctoral Dissertation, Niigata University, 2003.
- [3] N. Bohr and J. Lindhard, Dan. Mat. Fys. Medd. 28, 1(1954).
- [4] K. Morita, K. Morimoto, D. Kaji, H. Haba, E. Ideguchi, R. Kanungo, K. Katori, H. Koura H. Kudo, T. Ohnishi, A. Ozawa, T. Suda, K. Sueki, I. Tanihata, H. Xu, A. V. Yeremin, A. Yoneda, A. Yoshida, Y.-L. Zhao, and T. Zheng, Eur. Phys. J. A21, 257(2004).

- [5] K. Morita, K. Morimoto, D. Kaji, H. Haba, E. Ideguchi, J. C. Peter, R. Kanungo, K. Katori, H. Koura H. Kudo, T. Ohnishi, A. Ozawa, T. Suda, K. Sueki, I. Tanihata, H. Xu, A. V. Yeremin, A. Yoneda, A. Yoshida, Y.-L. Zhao, T. Zheng, S. Goto, and F. Tokanai, J. Phys. Soc. Jap. 73, 1738 (2004).
- [6] K. Morita, K. Morimoto, D. Kaji, T. Akiyama, S. Goto, H. Haba, E. Ideguchi, H. Koura, H. Kudo, T. Ohnishi, A. Ozawa, T. Suda, K. Sueki, H. Xu, T. Yamaguchi, A. Yoneda, A. Yoshida, and Y. -L. Zhao, RIKEN Accel. Prog. Rep. 38, 69(2004).
- [7] K. Morita, K. Morimoto, D. Kaji, T. Akiyama, S. Goto, H. Haba, E. Ideguchi, R. Kanungo, K. Katori, H. Koura, H. Kudo, T. Ohnishi, A. Ozawa, T. Suda, K. Sueki, H. Xu, T. Yamaguchi, A. Yoneda, A. Yoshida, and Y. -L. Zhao, J. Phys. Soc. Jpn. 73, 2593(2004).

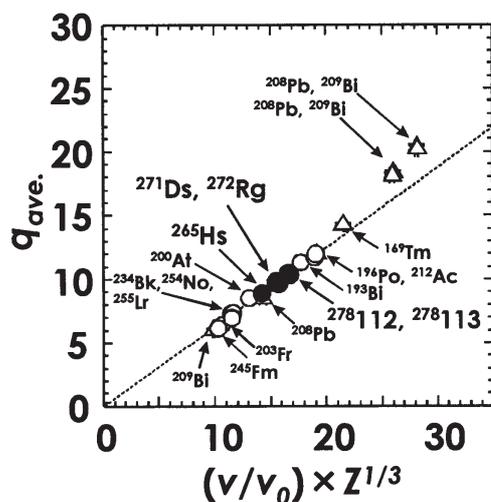


図1 ヘリウムガス中を運動する反跳イオンの平均平衡電荷の反跳速度依存性 [2]。破線は、経験式。

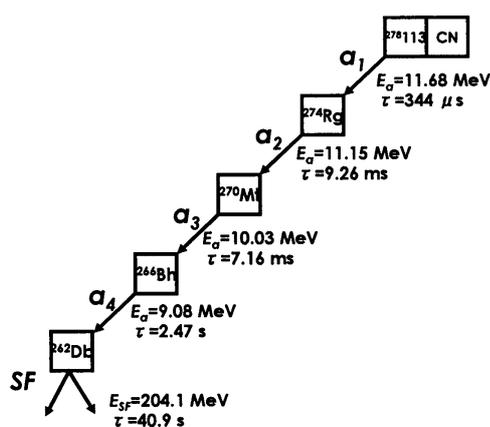


図2 観測された新核種<sup>278</sup>113起因のアルファ壊変連鎖 [7]。各々の原子核の壊変エネルギー・壊変時間を示した。



中高エネルギー領域における  
軽核生成核反応の研究  
松村 宏 (高エネルギー加  
速器研究機構・放射線  
科学センター)

重標的核のハドロンによる中高エネルギー核反応において ${}^7\text{Be}$ や ${}^{24}\text{Na}$ の様な粒子より重く質量数40位までの軽核が生成するまれな現象あり、その反応に対して1956年にR. Wolfgangら[1]が、この当時既に知られていた蒸発過程、核破砕過程、核分裂過程では説明出来ない新しい過程として大きな核片が放出されることを描像して、「フラグメンテーション」と名付けた。大きな核片を理論的に作り出すことは難しく、様々なモデルが考案されているが、現在もなおフラグメンテーションの反応機構は明確になっていない[2,3]。まれな現象であるため生成軽核は放射化学の手法で定量されてきたが、放射能を測定しやすい核種が ${}^7\text{Be}$ や ${}^{24}\text{Na}$ 位しかないため、断片的なデータから得られる情報は非常に限られていた。

そこで本研究では、東大核研の1.3GeV電子シンクロトロン及び東北大核理研の300MeV電子ライナックからの制動放射線による様々な標的核における(3,3)共鳴光核反応での軽核生成について、上記核種に加え、新しい手法である加速器質量分析法により ${}^{10}\text{Be}$ を、金沢大LLRLの極低レベル線測定装置による極低バックグラウンド測定により ${}^{22}\text{Na}$ を、さらにこれに ${}^{28}\text{Mg}$ や ${}^{39}\text{Cl}$ 等を測定することを試みた[4-6]。さらに、放医研のHIMACを用いて400MeV粒子誘起核反応による、また、高エネ研KENSの高エネルギー中性子照射コースを用いて中性子誘起核反応による ${}^7\text{Be}$ と ${}^{10}\text{Be}$ 核生成率を測定した[7,8](図1)。

軽核生成には核破砕による生成も考慮しなけ

ればならないが、生成率を核破砕生成とフラグメンテーション生成に分解することに大量のデータを分析することで成功した。これにより、図1で見られる二成分の傾向のうち、軽標的核側の成分は主に核破砕残留核として作られること、重標的核からの軽核生成はフラグメンテーションが支配的であることを明らかにした。さらに、生成比 ${}^{10}\text{Be}/{}^7\text{Be}$ ,  ${}^{24}\text{Na}/{}^{22}\text{Na}$ ,  ${}^{28}\text{Mg}/{}^{22}\text{Na}$ が標的核の中性子・陽子比を強く反映することを示した(図2)。また、生成比が1になる標的から、フラグメンテーションが多中性子放出後に軽核を放出している反応であることを提案した。入り口反応が全く異なる光核反応、粒子誘起核反応、中性子核反応の生成比間に違いが見られ、入り口の違いもフラグメント生成に影響を与えることを初めて示した。

#### 参考文献

- [1] R. Wolfgang et al., Phys. Rev., 103, 394 (1956).
- [2] W. G. Lynch, Annu. Rev. Nucl. Part. Sci., 37, 493 (1987).
- [3] J. Hüfner, Phys. Rep., 125, 129 (1985).
- [4] S. Shibata et al., Radiochim. Acta, 80, 181 (1998).
- [5] H. Matsumura et al., Radiochim. Acta, 88, 313 (2000).
- [6] H. Matsumura et al., Nucl. Instr. Meth. B, 223-224, 807 (2004).
- [7] H. Matsumura et al., Radiat. Prot. Dosim. 116, 1-5 (2005).
- [8] H. Matsumura et al., Radiochim. Acta, 93, 497 (2005).
- [9] V. di Napoli et al., J. Inorg. Nucl. Chem. 38, 1 (1976).
- [10] V. di Napoli et al., J. Inorg. Nucl. Chem. 40, 1619 (1978).

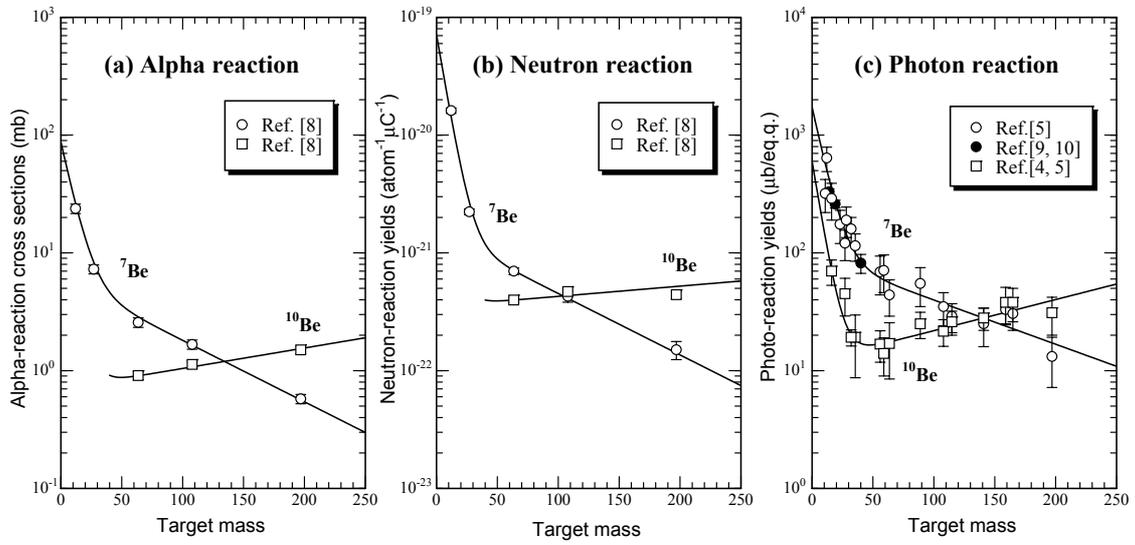


図1 (a) 核反応( $E_0=400\text{MeV}$ )、(b)中性子核反応( $E_0=500\text{MeV}$ )、(c)光核反応( $E_0=1000\text{MeV}$ )における ${}^7\text{Be}$ と ${}^{10}\text{Be}$ 生成率の標的核質量依存性

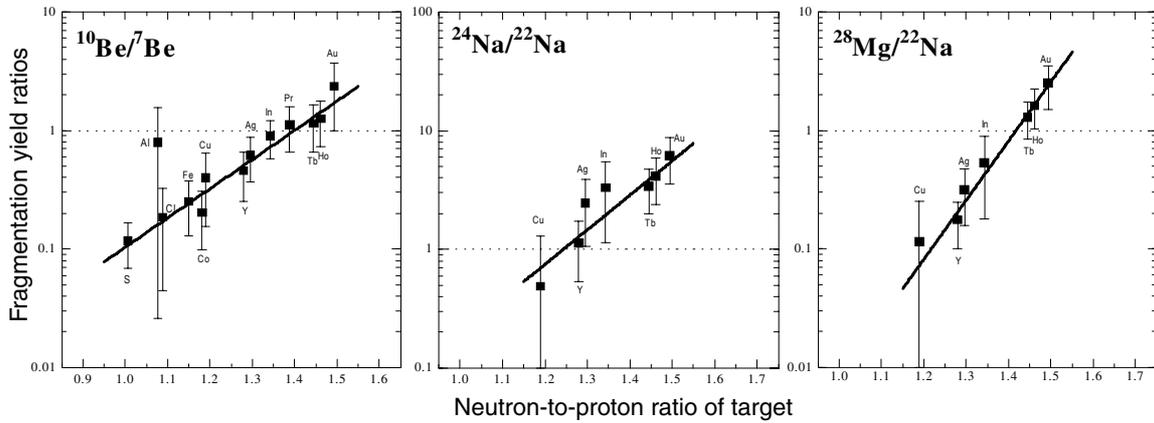


図2 光核反応( $E_0 = 1000 \text{ MeV}$ )におけるフラグメンテーション収率比の標的核の中性子・陽子比依存性

## 解説

 $^{108m}\text{Ag}$ を用いる新しい原爆中性子評価

小村和久(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)

## 1. はじめに

原爆中性子誘導核種 $^{152}\text{Eu}$ (半減期13.542年)の実測値と計算値の大きな不一致が明らかになったことが原爆線量評価法DS86の見直しの動機となった。爆心から1 km以遠の試料で実測値が計算値より1桁以上も高い試料も出始め、その原因が何かについて、20年来議論されてきたのである。この不一致問題は尾小屋地下測定室での再測定によって解決され、新しい評価法DS02がまもなく発表される。

筆者と $^{152}\text{Eu}$ の関わりは原爆ドーム内での*in situ*測定による発見(1976.8)から、大量の花崗岩試料の再測定(2002.8)に至るまで4半世紀にわたる。途中の10数年は遠ざかっていたがこの問題の火付けから消火まで関わってきたことに感慨を覚える(ワーキンググループ委員長の言葉を借りれば「Both End」はDr. Komuraの仕事だ)。本稿では $^{152}\text{Eu}$ に代り今後の主役となる $^{108m}\text{Ag}$ による新しい原爆中性子評価法について発見に至るエピソード(Serendipity)を交えて紹介する。

2. 原爆中性子誘導放射性核種 $^{108m}\text{Ag}$ の発見

2005年3月14日に広島で行なわれたDS02のワ

ーキンググループの打ち上げパーティーでは「DS02後にできることは何か」という宿題が出されていた。筆者は「半減期418年の $^{108m}\text{Ag}$ による新しい中性子評価」という答をもって参加した。翌15日にはあらかじめ訪問の約束をしてあった広島原爆平和資料館に行き、収蔵品の中に銀を含む可能性のある被爆資料(試料ではない)を幾つか見つけ、借用を申し出た。4月16日、首を長くして待っていた資料が届いたが、17日にはリオデジャネイロで開催される国際会議(NAMLS8)に向かわねばならないので、院生に450m地点で被爆した勲8等の勲章(銀含有量95%)の測定を依頼し、関西空港に向かった。学会中も測定が気掛りだったので電話すると「先生、見なれない強いピークが見えるんですが何ですか」という返事。 $^{108m}\text{Ag}$ の検出に成功したことを確信した。ホテルのビジネスルームから尾小屋(地下測定室)にアクセスし、線スペクトルをダウンロードして、解析すると $^{108m}\text{Ag}$ の標準線源並に放射能が強いことが分かった。予期していたとはいえ、地球の裏側で $^{108m}\text{Ag}$ 発見の報を得ることになるうとは思っても見なかった。

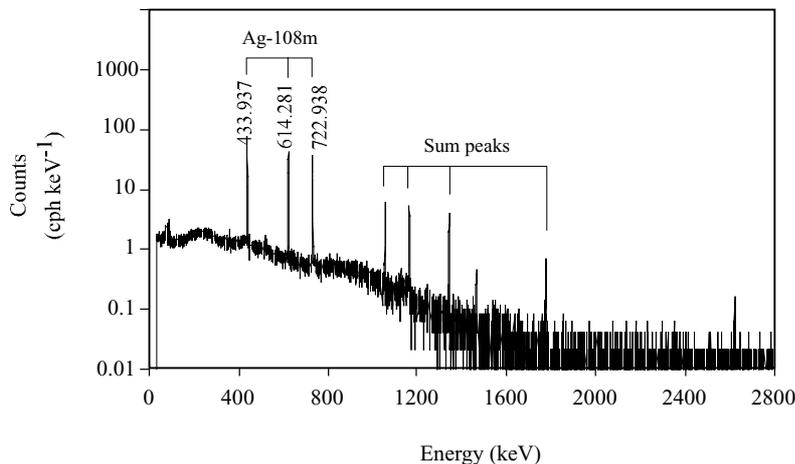


図1 爆心から450m地点で被爆した銀製の勲章(12.5g)の線スペクトル。検出器93%同軸型Ge, 測定時間215182 s

### 3. 環境試料中の $^{108m}\text{Ag}$ や $^{110m}\text{Ag}$

イカのような軟体類で $^{108m}\text{Ag}$ や $^{110m}\text{Ag}$ が検出されることは古くから知られていた。1970年代のNature誌で市場の銀には $^{108m}\text{Ag}$ や $^{110m}\text{Ag}$ で汚染されたものがあり、銀鉱石の採掘に核爆発を利用した可能性があると書かれていた。半減期が249.9日の $^{110m}\text{Ag}$ は10年経てば殆ど壊変するので問題にはならないが、半減期418年の $^{108m}\text{Ag}$ は1000年たっても1/5にしか減衰しないので厄介である。この記事を読んでから20年以上もたつてから自分が $^{108m}\text{Ag}$ と深く関わることになるとは思ってもよらなかった。

### 4. $^{108m}\text{Ag}$ で汚染された銀 あれこれ

#### (1) 遮蔽材として使った銀板（筆者にとっての銀汚染の発見の経緯）

旧尾小屋鉱山のトンネル内で極低レベル放射能測定を開始したのは、11年前の1995年6月であった。根上隕石(1995.2)、つくば隕石(1996.1)、動燃東海事業所のアスファルト固化工場の爆発事故で漏えいした $^{134}\text{Cs}$ 及び $^{137}\text{Cs}$ の測定(1997.3)など尾小屋地下測定室の性能をフルに発揮した測定が続いた。研究を推進するには、それまであまり関心がなかった鉛のK $\alpha$ X線領域(70-90keV)のバックグラウンド計数の低減が必要になった。そこでチタン、ステンレス鋼、ニッケ

ル、銅、銀、カドミウムなどの薄い金属板で検出器を遮蔽し、KX線領域のバックグラウンドスペクトルの変化を観察していた。銀を使った場合に、見たこともない線ピークの存在に気付いて調べたところ、これが $^{108m}\text{Ag}$ であることを確認した。Natureの論文(Lindner et al., Nature 240, 463(1972))を読んでから20余年を経ての $^{108m}\text{Ag}$ との再会であった。

1998年には環境中性子捕獲反応で生成する誘導核種 $^{152}\text{Eu}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{198}\text{Au}$ などの発見があった。 $^{108m}\text{Ag}$ の存在は人為的汚染の可能性が高いが、環境中性子による誘導の可能性もあると考え、古い銀試料の測定を試みた。

#### (2) 加賀藩の一分銀（ $^{108m}\text{Ag}$ は検出されず）

$^{108m}\text{Ag}$ は半減期が長いので、環境中性子による放射化を確認するには百年以上前に作られた銀製品の測定が必要である。たまたま、北前船の里として知られる加賀市橋立町の北前船博物館「蔵六園」を見学していたさいに、加賀藩の「一分銀」の展示があることに気付いた。知り合いでもあった主人をお願いしてこの一分銀（総重量172g）を借用して尾小屋地下測定室で測定した。しかし、1週間の線測定(図3)では $^{108m}\text{Ag}$ を確認することは出来なかった。この事実は、銀板で検出された $^{108m}\text{Ag}$ が人為起源であることを示す強い証拠となった。

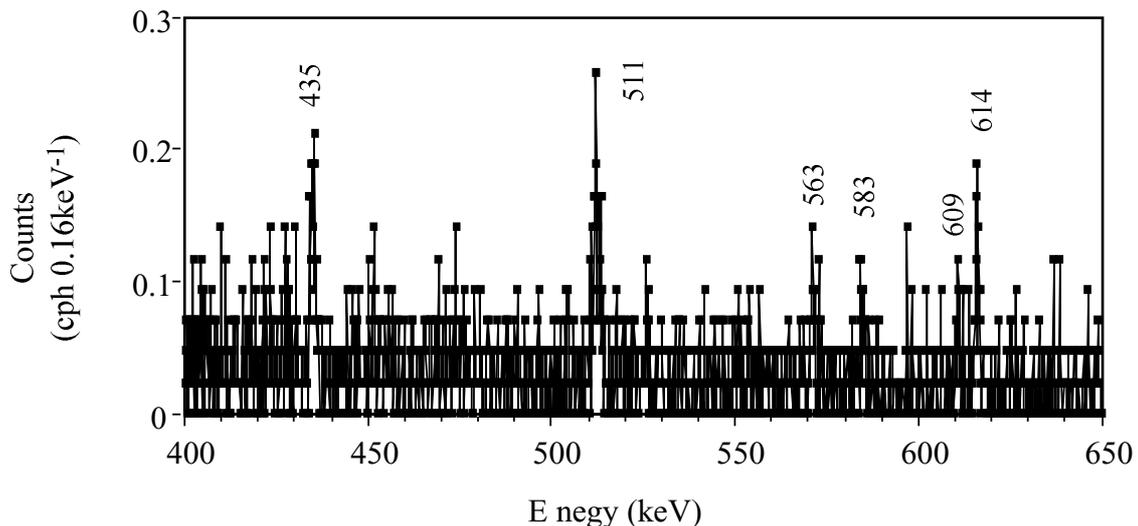


図2 鉛のKX線を低減するために銀板を遮蔽に用いた時の平板型Ge検出器のバックグラウンドスペクトル。435 keVと614 keVに $^{108m}\text{Ag}$ のピークが見える。縦軸は1時間当たりのカウント数である。

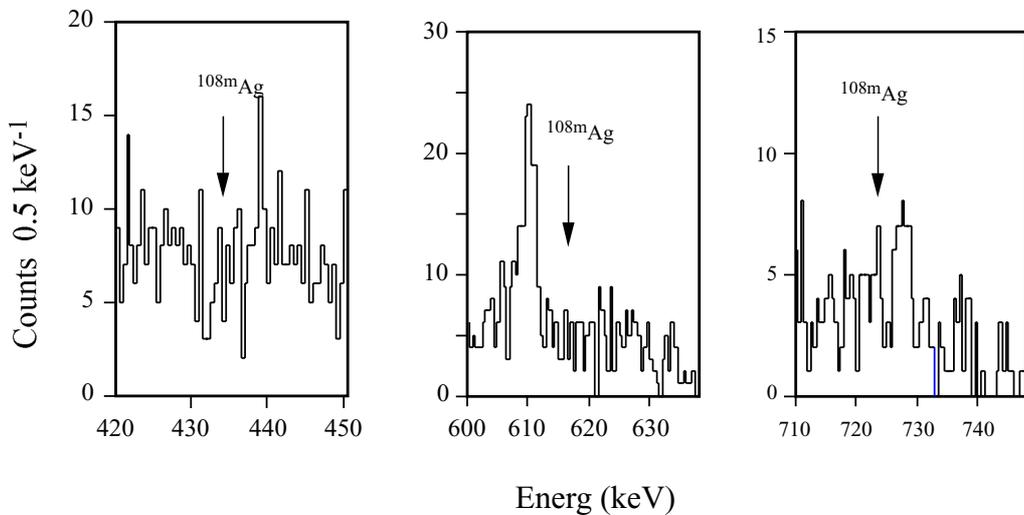


図3 加賀藩末期の銀貨「一分銀(172g)」の線スペクトル検出器。65% 井戸型Ge, 測定日1999.9.30、測定時間 630142 s.

(3) 銀試薬と記念銀貨(汚染はいつから始まったか)

銀の汚染が、いつ頃から始まったかを知るには、発行年が分る銀貨や記念メダルが有効と考え、試薬を含む様々な銀試料を測定した。表1にこれらの銀試料の測定結果を示す。これから分るように、殆どの銀試料が $^{108m}\text{Ag}$ で汚染されていることが分かった。1964年発行の東京オリンピック記念1000円銀貨では $^{108m}\text{Ag}$ が検出されなかったことから、 $^{108m}\text{Ag}$ による汚染が1964年には起こってない可能性が高いと考えられる。しかし、正確を期するには造幣局に問い合わせ

るなどして銀の購入年や生産地などの情報を得る必要がある。

5. JCO臨界事故の漏えい中性子による銀の放射化

1999年9月発生 of 東海村JCOの臨界事故では、金、ステンレス製品、食卓塩、土壌を含む様々な試料を採取して漏えい中性子による影響評価を行った。この中には、銀貨その他の銀製品もあり、尾小屋地下測定室で $^{110m}\text{Ag}$ の測定を行った。当時は $^{110m}\text{Ag}$ が検出されれば良しと考えていたので、 $^{110m}\text{Ag}$ 濃度が高い試料でも1日しか測定していない。 $^{108m}\text{Ag}$ の検出は不可能とは思いつつ、当時の $\gamma$ 線スペクトルを見直してみることにした。図4は最も $^{110m}\text{Ag}$ 濃度が高かった札幌オリンピック(1972年)の記念銀貨の $\gamma$ 線スペクトルである。図の下に示す $^{108m}\text{Ag}$ のエネルギー領域を拡大した図から、極めて小さいものの $^{108m}\text{Ag}$ のピークが有意に存在するように見えた。 $^{108m}\text{Ag}$ の $\gamma$ 線と $^{110m}\text{Ag}$ の657 keV  $\gamma$ 線(分岐比94)のピーク比から事故発生時の $^{108m}\text{Ag}/^{110m}\text{Ag}$ 放射能比として $0.03 \pm 0.01$ を得た。

一方、 $^{107}\text{Ag}$ と $^{109}\text{Ag}$ の同位体比(1:1)放射化断面積の比( $1.0 : 4.0 = 0.25$ )と半減期の比( $418 : 0.69 = 610$ )を用いると、漏えい中性子(熱中性子を仮定)で生成する $^{108m}\text{Ag}/^{110m}\text{Ag}$ 放射能比は1:2400となることから、記念銀貨で得られた値は1桁高いことになる。この違いは、中性

表1 銀板、銀貨、銀試薬等の $^{108m}\text{Ag}$ 濃度

銀試料	重量(g)	検出器*	$^{108m}\text{Ag}$ (mBq/g)
Ag粉?	20.9	A	$0.623 \pm 0.036$
AgBr	24.0	C	$0.274 \pm 0.017$
天皇在位50年記念銀貨	13.1	D	$0.211 \pm 0.033$
EXPO70記念銀貨	12.0	B	$0.156 \pm 0.040$
AgCNS	24.7	A	$0.137 \pm 0.016$
Ag <sub>2</sub> S	23.8	C	$0.135 \pm 0.010$
Ag <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	24.2	B	$0.130 \pm 0.015$
Ag <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	10.1	B	$0.129 \pm 0.035$
銀板	36.9	D	$0.079 \pm 0.018$
遮蔽に使った銀板	20.0	C	$0.043 \pm 0.014$
成婚記念銀貨	20.0	A	$0.034 \pm 0.012$
銀皿	77.8	C	$0.018 \pm 0.006$
Ag <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	49.0	B	$0.011 \pm 0.006$
東京オリンピック1000円銀貨	20.0	B	< 0.01
加賀藩1分銀	52.1	A	< 0.01

\* A: 18% planar, B: 30% coaxial, C: 93.5% coaxial, D: 40% coaxial

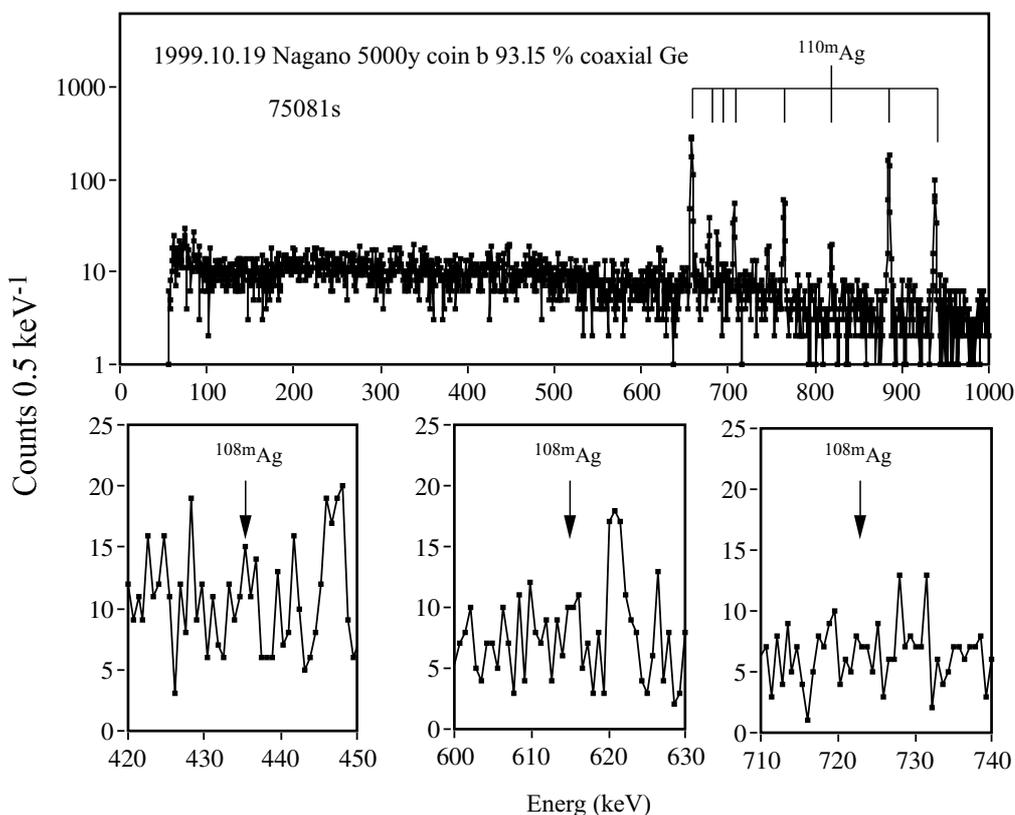


図4 JCO臨界事故で被ばくした長野オリンピック記念5000円銀貨の線スペクトル。  
上図の高エネルギー部分のピークはすべて $^{110m}\text{Ag}$ 由来の線である。下図は $^{108m}\text{Ag}$ の部分拡大したものである。

子のエネルギースペクトルを反映している可能性と考慮するほか、記念銀貨を測定し1972年当時の $^{108m}\text{Ag}$ による汚染レベルを差し引くことによって説明できるかも知れない。

## 6. 原爆中性子による誘導核種 $^{108m}\text{Ag}$ と $^{152}\text{Eu}$

### (1) $^{108m}\text{Ag}$ と $^{152}\text{Eu}$ の生成量

これまで原爆中性子評価に用いられてきた $^{60}\text{Co}$ 及び $^{152}\text{Eu}$ と新たに提案された $^{108m}\text{Ag}$ の放射化に関連するデータを表2に示す。

同位体存在度はほぼ等しいが、放射化断面積が約4桁低く半減期が30倍も長いという事実は、 $^{108m}\text{Ag}$ を測定する意欲を喪失させるに足るものである。これに対して $^{108m}\text{Ag}$ には次のような有利さがある。極微量の $^{152}\text{Eu}$ の測定ではppmレベルのユロピウムを多量の試料から化学分離・濃縮するという問題（経費と時間）に加え、化学的性質が極めて近い上に $^{152}\text{Eu}$ から放出される線のエネルギー（344.3 keV）に近接した線測

表2 銀とユロピウムの放射化に関連するデータ

項目	データ	$^{108m}\text{Ag}$	$^{152}\text{Eu}$	$^{108m}\text{Ag}/^{152}\text{Eu}$
核データ	半減期	418年	13.5年	0.032
	ターゲット同位体	$^{107}\text{Ag}$ (51.84%)	$^{151}\text{Eu}$ (47.88%)	1.083
	放射化断面積 (cm <sup>2</sup> )	1.30E-24	5.90E-21	2.20E-04
試料	被ばく試料	銀製品,他の金属製品	岩石	
	典型的元素濃度	100~1%	< 1 ppm	> 10,000~1,000,000
測定		437 keV (90.5%)		
	$\gamma$ 線 (放出率)	615 keV (89.8%) 723 keV (90.8%)	344 keV (26.6%)	10.2
壊変	2005年	0.913	0.0599	15.2
	2050年	0.840	0.0046	181.5
	2100年	0.773	0.0004	2,159.9
	3000年	0.174	3.50E-24	5.0E+22
総合 (純銀)	2005年			1,200
	2050年			14,300

定 (342.7keV)を放出し微量の $^{152}\text{Eu}$ の検出を妨害する $^{227}\text{Ac}$ を除去するための化学処理、被爆後60年間の放射壊変を考えると、1kgを超える被爆試料を使った2001~2002年の測定を上回る精度での測定は極めて困難と考えられる。

これに対して、 $^{108m}\text{Ag}$ の場合は、ターゲットの原子数が6桁（純銀）高いことに加え、半減期が長いので被爆後の時間が長いほど有利となり、

1000年以上にわたって測定できる強みがある。

(2) 原爆被爆資料の放射能測定

広島原爆平和記念資料館と長崎原爆資料館には、1000を超える被爆資料が収蔵されている。収蔵品リストを閲覧し、銀を含む可能性がある被爆資料数はそれほど多くないことが分かった。研究目的を理解していただき、順次被爆資料を

借用して測定することにした。

殆どの被爆資料（試料）はサイズが大きいので井戸型Ge検出器による測定は得策ではない。そこで井戸に入るロザリオ以外のすべての試料は相対効率93%の同軸型Ge検出器で測定した。線スペクトルの例を図5から8に示す。

図5は似島に埋葬された原爆犠牲者の墓地を整理したさいに発見された指輪の線スペクトル

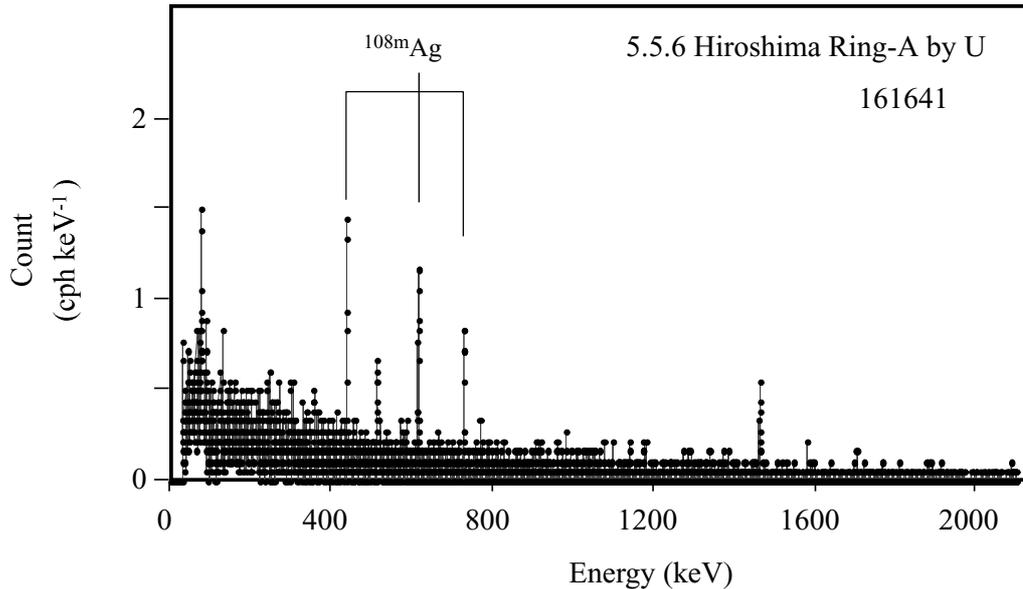


図5 似島に埋葬された犠牲者が身につけていたと考えられる真鍮製の指輪の線スペクトル。測定時間: 161641s

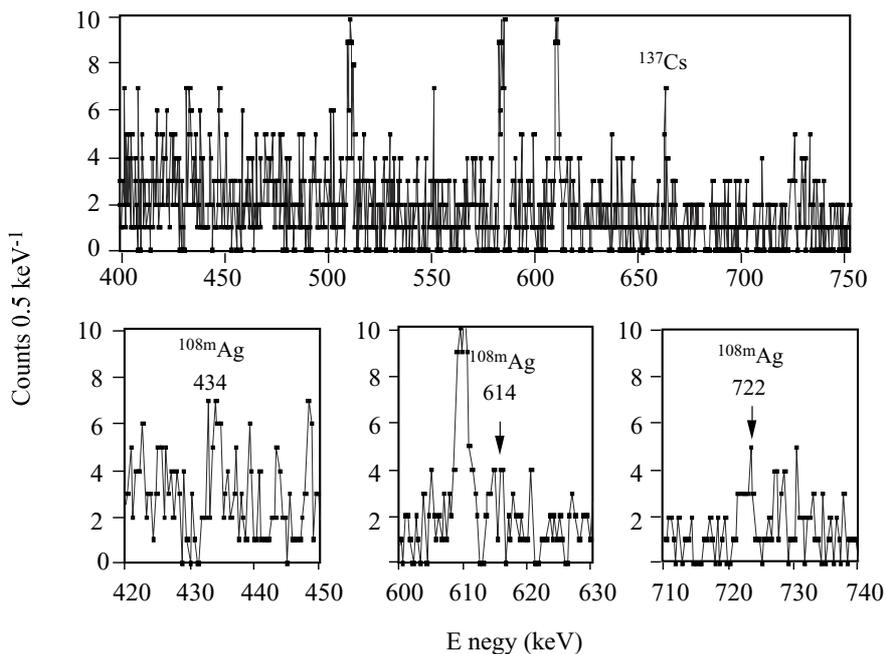


図6 広島原爆の爆心から500m地点で被爆した刀の鐔の線スペクトル

で、 $^{108m}\text{Ag}$ から放出される3本の線ピークがハッキリと見える。蛍光X線分析では、銅と亜鉛の合金（真鍮）であることが分かり銀を検出することは出来なかった。検出された $^{108m}\text{Ag}$ は不純物として極微量含まれていた銀の放射化によるものと判断された。これは $^{108m}\text{Ag}$ による中性子評価法がいかに感度が高いかを示すものである。指輪は身につけていたものと考えられることから、指輪のような試料では犠牲者が浴びた

中性子線量の直接評価が可能になったことが分かった。これまで用いられていた花崗岩中の $^{152}\text{Eu}$ や鉄材中の $^{60}\text{Co}$ の測定では得ることが出来ない重要で新しい情報である。

図6は装飾に銀象嵌を施した可能性があると考えて測定した爆心から500m地点で被爆した刀の鐔の線スペクトルである。測定した7つの鐔のうち2個で $^{108m}\text{Ag}$ 検出され、それ以外は検出限界以下であった。象嵌に使われた銀の放射化であ

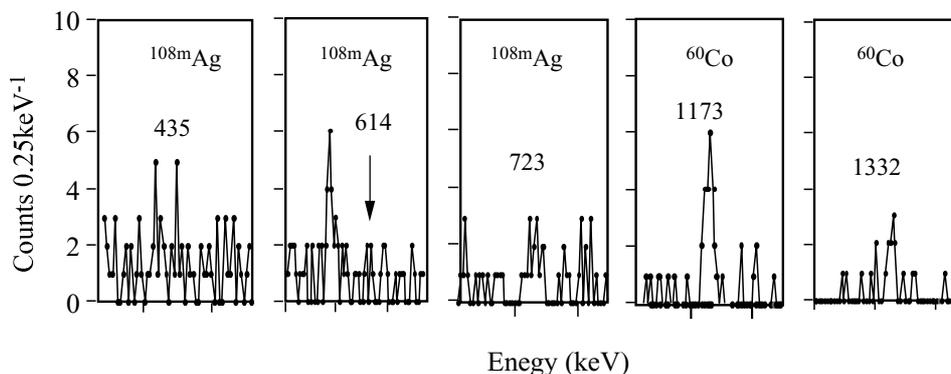


図7 長崎原爆の爆心から350m地点で被爆したスプーンの線スペクトル。

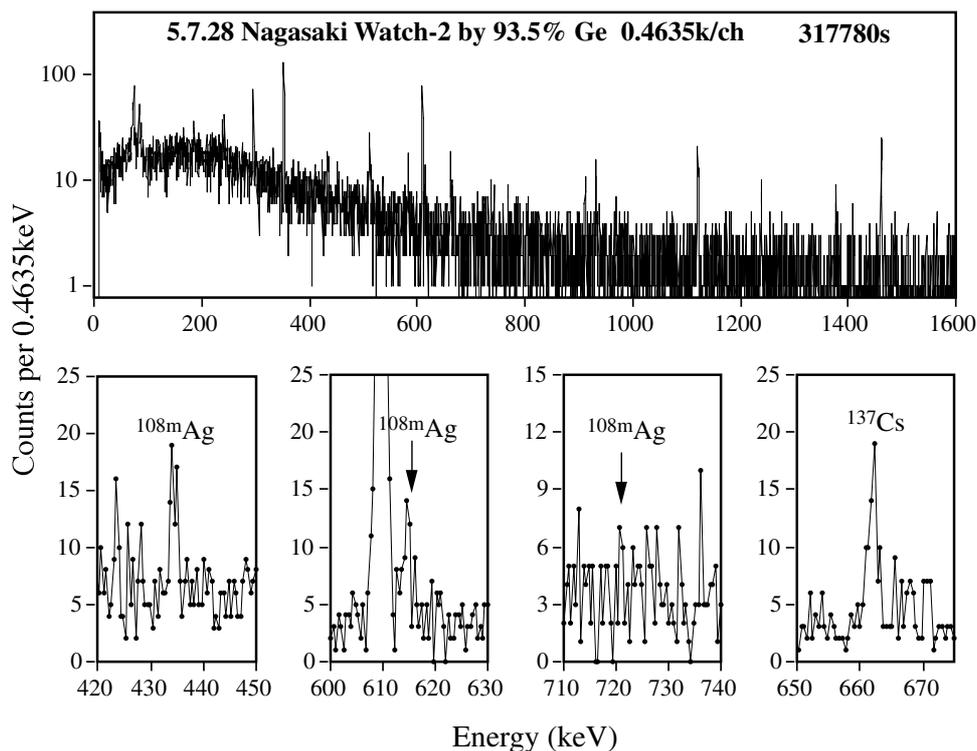


図8 長崎原爆で被爆した懐中時計の線スペクトル

る可能性は否定出来ないが、指輪で検出されていることから不純物として含まれていた銀の放射化と考えるのが妥当のように思われる。

原爆投下時のフォールアウトと考えられる<sup>137</sup>Csが検出されたことは重要である。黒い雨が降った地域以外で原爆由来の<sup>137</sup>Csを検出した例が殆どないことと、フォールアウト降下量が少ないと考えられる爆心に極めて近い地点で<sup>137</sup>Csが検出された意義は大きい。

図7は長崎の原爆で被爆したスプーンの線スペクトルである。この試料は<sup>108m</sup>Agの他に<sup>60</sup>Coも検出されたことが注目される。不純物として含まれている銀とコバルトの放射化による<sup>108m</sup>Agと<sup>60</sup>Coの生成と考えられる。このように複数の中性子誘導核種が検出される試料では、独立した中性子線量評価が可能であり、信頼性のチェックと中性子のエネルギースペクトルの情報が得られる可能性が高い。

図8は長崎原爆で被爆した懐中時計の線スペクトルで、<sup>108m</sup>Agと<sup>137</sup>Csが検出されている。時計の金属製の蓋に不純物として含まれる銀の放

射化とフォールアウトによる表面汚染だと考えられる。懐中時計のような試料では銀含有量の測定は困難で、中性子線量の評価は極めて難しいが、何とか工夫したいと考えている。

これまで測定した広島及び長崎の原爆被爆資料の線測定の概要を表3に示す。

○は確実に検出できた試料、△は検出が不確か、×は検出できなかった試料である。

## 7. おわりに

現段階では銀含有量を測定していないので、勲章以外は中性子線量の評価は困難である。すでに原爆資料館の収蔵資料の主なものはほぼ測定しており、今後は市民に呼び掛けて被爆した銀貨、銀製のロザリオや指輪等の被爆試料の提供を受けて測定したいと考えている。<sup>108m</sup>Agによる中性子評価法は、銀含有量の高い資料では<sup>152</sup>Euより3桁以上感度が高いので、遠距離で被爆した資料の測定が最も有効である。広島では爆心から1.6km、長崎では1.2kmまでは測定可能でありDS02の検証に利用できる唯一の方法だと考える。

一方、原爆中性子線量評価に必要な基礎データの取得も重要であり、模擬試料や<sup>107</sup>Ag濃縮同位体の中性子照射実験などを行う予定である。

## 謝 辞

貴重な被爆資料の長期に渡る借用を許可して下さった広島原爆平和資料館および長崎原爆資料館および、蛍光X線測定による元素分析をしていただいた金沢大学理学部分析化学講座助教授の松本健博士、貴重なコメントをしていただいた京都大学原子炉実験所助手の今中哲二博士に深く感謝致します。

表3 広島及び長崎の原爆被爆資料の線測定

被爆地	試料	測定時間(分)	<sup>108m</sup> Ag	<sup>60</sup> Co	<sup>137</sup> Cs
広島	刀鐔-64	2,984	◎	△	○
	刀鐔-68	7,073	◎	△	◎
	刀鐔-69	1,712	△	△	
	刀鐔-70	1,857		△	○
	刀鐔-72	4,568	○	○	◎
	刀鐔-73	8,913		○	○
	刀鐔-74	4,666		○	○
	勲7等勲章	2,041	◎		
	勲8等勲章	7,072	◎		△
	真鍮指輪	4,325	◎	○	
	古銅貨	2,066	○		○
	バッジ	1,543	○		
	ステンレス指輪	2,058	△	△	
	長崎	スプーン	8,547	◎	◎
メダル		6,405	◎	◎	○
水道栓		6,007	○	○	◎
金属鏡		10,780	○	○	△
銅板		1,923	○	△	○
懐中時計-1		11,013			○
懐中時計-2		5,296	◎	△	◎
懐中時計-3		7,431		△	○
懐中時計-4		5,357		△	
懐中時計-5		9,606		△	◎
腕時計		12,024			
ロザリオ		9,681			◎

◎確実に検出 ○検出 △疑わしい

## 歴史と教育

## 黒田和夫 (Paul Kazuo Kuroda) 先生の若き日の自伝 “ My Early Days at the Imperial University of Tokyo ” について

坂本 浩 (金沢大名誉教授・金沢子ども科学財団)

黒田和夫先生 (1917-2001 ; 本誌第4号10-11頁および現代化学2001年10月号45-50頁参照) は、400編を超える学術論文の他にいくつかの著書を残された。その中には一般向けの「17億年前の原子炉 - 核宇宙化学の最前線 - 」(講談社ブルーバックス、1988年) があり、御自身の学生時代の研究から、天然原子炉の予言と発見の話、消滅核種<sup>244</sup>Puの予言と発見、太陽系におけるXe同位体変動に関する“黒田の統一理論”などを面白く解説された。この度、アーカンソー大学の教え子達が、標題の遺作(1991年)を整理し、ルース・クロダ夫人の許しを得て、ミズリー大学ローラ校O. K. マニユエル教授のweb、<http://web.umar.edu/~om/>、で公開した。内容は7章タイプ打ちA3、69ページからなる。

第1章は1936年4月13日月曜日午後1時、東京帝国大学化学科に入学した20名の学生に対する39歳の木村健二郎教授の「分析化学」初回講義からはじまり、翌年2月末の地球化学のトピックス紹介に到る各回を自分のノートを基に紹介。極めてup-to-dateの内容に驚かされる。1936年6月に東大を訪れたアストンの講義「質量スペクトルと同位体」を聴くために同名の著書を前日に丸善に行って12円60銭で求めて 章まで読み上げたことなどや1922年のノーベル賞講演に触れている。

第2章は1937年4月のポーアの来日講演と著書「スペクトル理論と原子構造、1937年版(6円30銭)」とその付録の周期表中のmissing elements ( $Z=43, 72, 75, 85, 87$ ) に対する興味を描く。そして、セグレの<sup>94</sup>Mo(d,n)<sup>95</sup>Tc、<sup>96</sup>Mo(d,n)<sup>97</sup>TcによるTc発見に絡めて、前年からテスト運転に入った理研26サイクロトロンへの強い関心と無念を強調している。この第2学年までに、講義の方は1年目の「分析化学」の他、2年間の鮫島実三郎教授と片山正夫教授の「物理化学」、1年間の山口与

平教授の「電気化学」、また2年にわたる柴田雄治教授の「無機化学」と久保田弁之助教授の「有機化学」そして学生実験が行われている。先生はこれらの講義ノートすべてを製本していたそうだが、今も残る木村教授の「分析化学」以外は戦時中に焼失した由。

第3章は1938年4月からの卒業研究である。木村教授から与えられたのは“茨城県・山の尾と福島県・手代木産のペグマタイト陪伴鉱物における<sup>226</sup>Raの分配”であった。26サイクロトロンを用いた木村教授と仁科芳雄博士の共同研究のうち、同室の井川正夫氏がウランとトリウムの精製と速中性子照射後の化学分離を行っていて、1938年以降、新核種<sup>237</sup>U、<sup>231</sup>Thの発見や対称核分裂の発見が報告されるようになった。一方、欧米ではハーン、シュトラスマンの核分裂発見、シーボーグらのNp、Puの発見があり、原子炉の建設、原爆開発へと続いた。黒田先生は木村教授が何故このサイクロトロンの側の研究テーマを与えなかったのかについて些かのページを割いている。

一方、木村教授は、先のテーマを早々と進めた先生に対して夏からは“箱根湯の花沢の温泉水の化学成分分析とその季節変動”の研究を命じ、1939年3月卒業後も大学院に残って9月までこの仕事に関わる。さらに夏には山梨県増富温泉調査となり、Rn濃度が日本最高であることを見出す。ちなみに、これらの成果は1939年3報、1940年8報、1941年6報、1942年14報をほとんど単名(木村教授と連名は3報のみ)で和、英、独文で発表している。

第5章は戦時中(1941-45年)の様子。学位論文の仕上げのはずだったが、海軍の委託研究(希元素Li、Cs、Srの抽出)の一環として、“有馬温泉からのCsの抽出”をはじめ。これは大学院生となった山寺秀雄先生へのテーマで、光電管用とし

て重要であった。お二人で有馬温泉を往復するのが専らとなる。大量の温泉水からのCs抽出だけでは論文にならないからとして、CsClからの分別結晶を繰り返し溶解度の小さい部分をジークバーン型X線スペクトログラフで測定し $Z=87$  (Fr)の発見を試みた由である(空襲下の1944年11月24日)。初めに見えたLは再精製で消えたことから、1945年春までに100 gのCsClを集めてX線スペクトルを取り、かすかなL線を木村教授に見せたところBrのKと言われて大いなる勉強となったという。木村教授はこの道20年の経験者であった。このくだりには1923年のコスタとヘベシーによるHf、1925年のノダックらのReの発見が日本でなされなかったことや1934年のI. ノダックの核分裂の予言や対称分裂発見の仁科 - 木村の名前をO. Hahnが1946年のノーベル賞受賞講演で触れなかったことへの些かの憤慨の数々が続く。一方、1943年度ヘベシーの講演を挙げ、放射化分析がスペクトログラフに取って代わったと賞讃し、ヘベシーの所に留学していた木村教授が1938年に $^{228}\text{Ra}$  (MsThI ; ハーンとシュトラスマンの核分裂発見の決め手)を何故使わなかったかを自身の不明も含めて悔やむ。

黒田 - 山寺組は、米軍攻撃が最も激しくなって、自宅も焼けた1945年7月も交代で有馬 - 東京を往復していたが、その頃のアメリカ側の原爆攻撃準備に触れている。8月6日の大阪・神戸空爆の日、有馬から東京に着き、翌朝、水島三郎教授に呼ばれて広島爆弾の性質を問われたり、海軍高官に“有馬など放り出して原爆計画を作れ”の命を受

けて学士会館に泊り込み、中でもマイトナーの助手だったフリューゲの1939年の論文(天然原子炉の可能性)に感銘しつつ、核分裂関係の文献調査を15日まで続けた話が続く。その前日、仁科先生の助手の1人から、廃棄すべき「陸軍のウラニウム計画」に関する書類を手渡されたこと(2002年、理研仁科記念室に黒田夫人より寄贈、保管中)や海軍の計画に触れている。

第6章はアメリカ占領下での1945-1949年の状況である。既に1944年27歳で理博、帝国大学(最期の)助教授となっていて、GHQと掛け合いながら、増富、有馬、三朝の温泉の放射能研究を続けた由。(1949年第1回日本化学会賞を受賞され、8月12日横浜からサンフランシスコに向かった。この時まで計70編の論文著書を執筆。)

第7章「シカゴでの出来事」は、1957年木村教授のシカゴへの来訪時の様子(飛行機プロペラ故障と自動車事故)とアメリカ側の冷たい出迎えを大いなる皮肉交じりで描く。ここでは、シーボーグの1951年、ファウラーの1988年の各ノーベル賞受賞講演への不満、先生の1958年のANLでの業績「2つの箱モデルによるfall-out  $^{90}\text{Sr}$ の移動」の評価への不満が続いて終章としている。

以上、面白くするために些か後付けの話も多いが、日本の最も困難な時期を勉学・研究一途に過ごされ、頭脳流出一期生として敗戦国から戦勝国へ渡って50年、激しい気概を持って数々の画期的成果を残された黒田先生の足跡の前半は、特に日本の若い放射化学者に読んで欲しい。

## 施設だより

## 東京大学海洋研究所 共同利用研究施設

永井尚生 (日本大学文理学部)

## 1. 研究所の概要

東京大学海洋研究所は海洋に関する基礎的研究全般にわたる総合研究所であり、全国共同利用研究所として1962年に設置された。研究部門は海洋物理学部門(海洋大循環、海洋大気力学)、海洋化学部門(海洋無機化学、生元素動態)、海洋底科学部門(海洋底地質学、海洋底地球物理学、海洋底テクトニクス)、海洋生態系動態部門(浮遊生物、微生物、底生生物)、海洋生命科学部門(生理学、分子海洋科学、行動生態計測)、海洋生物資源部門(環境動態、資源解析、資源生態)の6部門から構成され、理学系の物理学・化学・地学・生物学と農学・水産学という天然現象に関するほとんどの研究分野にわたっている。海洋に関する研究所ではあるが、所在地は東京都中野区であり、海から離れた場所に設置された研究所である。発足当初から共同利用研究所として位置づけられているので、大型の機器、施設などは大部分が共同利用に供されている。海洋研究において最も特徴的な施設は当然のことながら研究船であるが、現有の主要施設としては、岩手県上閉伊郡大槌町の国際沿岸海洋センターのみである。2003年度まで海洋研究所は、白鳳丸・淡青丸の2隻の研究船を施設として保有し共同利用に供してきたが、2004年度より船籍が海洋研究開発機構(JAMSTEC)に移管されたため、現在は両船共に海洋研究所の施設ではない。しかしながら、船籍移管後も運航はJAMSTECと海洋研究所が共同で行い、海洋研究所が研究航海の立案、研究の実施を担当することになっている。また、海洋研究所は従来通り共同利用の窓口となり、研究航海の計画立案をおこなっているので、共同利用者から見れば、実質的には白鳳丸・淡青丸の2隻の研究船は従来通り海洋研究所の施設として共同利用が可能であるので、共同利用研究施設として学術研究船白鳳丸を中心に施設紹介を行う。

## 2. 学術研究船概要

白鳳丸は、平成元年5月1日竣工、全長100m幅16.2m総トン数3,991トン、航海速度16ノット航続距離12,000海里、定員89名(研究員35名)の大型研究船であり、遠洋・近海を問わず、世界の海を舞台として、長期の研究航海に使われている。学術研究船淡青丸は、昭和57年7月9日竣工、全長51m幅9.2m総トン数610トン、航海速度12ノット航続距離6,200海里、定員38名(研究者11名)の中型研究船であり、主として日本近海の調査研究を行っている。主な運航海域は異なるが両船とも、各種採水器による採水、各種コアラーによる採泥、各種ネットによる生物試料採取等の海洋試料採取、あるいは機器による海洋物理計測を行うが、淡青丸においては、狭い研究室のスペース・1週間程度の航海日程などの制約により、大部分の研究においては試料採取のみに制限されることが多い。これに対し白鳳丸においては、研究室が10室と多数あり、また航海日程が最短3週間、長期航海では2-3ヶ月に及ぶことも多い。長期航海においても3週間程度毎に入港し、物資の補給と人員の交代が行われるので、少量の試料であれば、その際に持ち帰るケースもあるが、多量・多数の試料は日本まで船で持ち帰ることになるため、その間の時間を利用して試料の処理を行うことが可能であり、さらに測定器を積み込めば試料の処理、測定までを全て船上で行うことが可能な研究もある。白鳳丸の研究室はこのようなケースに対応できるように、陸上の実験室で行う大部分のことが行えるようなものとなっている。従って乗船している殆どの研究グループは航海中に試料採取を行うだけでなく、前処理(濃縮)、化学処理、測定のいずれかの段階まで実験を進めている。

## 3. 白鳳丸

情報環境 現代の船舶は船の航行自体にコンピ

ユーターが必須となっているため、衛星データ受信処理装置、GPSなど運航に密接な関係のある設備は当然設置されているが、最近では船内LANの整備によりネットワーク環境が整い、mailの送受信などは、陸上と同様に行える。ただし、衛星回線の使用料による制約から、送受信は1日数回に制限されている。また、シービーム・PDR・3.5KHzSBP等の測深・海底地形探査機器等も常時稼働しているほか、気温・風向・風速・気圧など多数の気象要素のデータ、塩分・水温などの海洋データなど多数の項目について航海中に連続的にデータ収集を行っている。これらのデータは、各研究室を始め、食堂あるいは居室においてもその大部分についてリアルタイムに知ることが出来る(図1)。



図1 情報表示パネル

表示は3ページあり、このページは、時刻、船の方位・速度、潮流の方向・速度、目的地の位置・距離、水深、現在位置が表示されている。

**ウィンチ** 物理計測以外の研究においては研究船の利用の主たる目的は試料採取であるが、その主役はウィンチとワイヤーであり、各種機器を海水中に沈め、また引き上げる役割を担っている。一般的な海洋研究においては機器類など全て水深7000mまで使用できれば殆どの海域で観測が行える。しかしながら、西部北太平洋においては、水深10000m以上の海溝の存在により、全ての機器はこの水深で使用可能な性能が要求され、また当然ウィンチのワイヤー線長もこれ以上の長さが要求される。白鳳丸はこれに対応しており、主なウィンチのワイヤー線長は12000m以上となっている。

**試料採取** まず海水試料の採取において、主も多用されているのはCTD(C電気伝導度-塩分、T温度、D深度-圧力)の測定器を付属させたCTD-CMS(カローセル マルチ サンプラー)と呼ばれる採水装置である。この装置には36台の採水器(PVC製、12 )が装着されており、電気信号用絶縁ケーブルを内包した特殊ワイヤーによってつり下げられる。これにより、船上から海中の採水器制御装置をコントロールして、36台の採水器を独立に制御し、任意の水深において採水を行うことが可能であると同時に、CTDからの信号を連続的にモニターすることにより、リアルタイムで塩分・温度の深度分布を観測できる。この他に、放射性核種などの微量成分用に大量の海水を採取するために大量採水器が用いられる。この装置は4本の大型採水筒(PVC製、270 )が装着されており、船上からの超音波信号により採水が行われる。また、各種採水器をワイヤーに直接取り付け採水することも行われる。さらに、船底からポンプにより海水がくみ上げられており、航走中でも蛇口をひねることにより表面海水の採取が行える。海底堆積物の採取は、主にピストンコアラ-とマルチプルコアラ-を用いて、柱状(コア)試料の形態で採取する。ピストンコアラ-は長い柱状試料の採取に用いられ、15mまでの堆積物をAl製パイプで採取する。マルチプルコアラ-は短い柱状試料を同時に8本採取することが可能で、30cmまでの堆積物をアクリルパイプで採取する。生物試料は様々の種類のネットが目的に応じて用いられ、停船した状態あるいは低速で航走しながら曳航して試料採取が行われる。

**実験室** 白鳳丸の構造は、地上の建物に例えれば地下室付きの5階建ての研究所に相当する。ほぼ水面レベルのフロアが1階に相当し1甲板と呼ばれ、順に2-6甲板(屋上)までと、1甲板の下の地下室に相当する階には機関部がある。研究室(実験室)は機関部以外の全てのフロアに設置されている。5甲板(最上階)ブリッジ後部にNo.1研究室があるが、実験設備はなく、主に6甲板に設置された大気観測機器のデータ収集用コンピュータや採取口を6甲板に設けた大気の測定器の設置場所などに使用される。4甲板にはRI実験室のNo.2研究室、3甲板にはドライ汎用実験室のNo.3

研究室とクリーンルーム兼無菌室のNo.4 研究室があり、No.3 研究室には各種観測機器が常設され、CTD-CMSの制御装置も設置されている。試料採取が行われる後部甲板と同じレベルの2 甲板にはセミドライ汎用実験室のNo.5, 6 研究室とウエット汎用実験室のNo.7 研究室の他、暗室、薬品庫がある。1 甲板には低温実験室のNo.10 研究室があり、主に試料の保管に用いられている。この他に、データ・オフライン処理室、重力計・高精度ジャイロ室のNo.8,9 研究室があるが、化学系では使用されない。主要な化学操作はNo.4,5,6,7 研究室で行われ、No.5, 6 研究室にはフードが設置されている他、乾燥機、純水製造装置が常設されている。また、このレベルには研究者の居室があり、究極の職住近接環境となっている。

#### 4. RI施設

海洋研究所には共通実験施設として、RI 実験室が設置されている。この施設はRI 施設としては標準的な規模であり、面積は221m<sup>2</sup>、汚染検査室、低レベル実験室×2、中レベル実験室、高レベル実験室、測定室、暗室、保管室、廃棄物保管室が設置されている。現在の利用の大部分が生物分野であり、<sup>32</sup>P, <sup>35</sup>Sを用いた遺伝子発現解析<sup>125</sup>Iを用いたラジオイムノアッセイによるホルモンの定量、<sup>3</sup>Hを用いたステロイド活性の測定などの研究が行われている。また、測定器も生物分野が主ということで、液体シンチレーションカウンター、ガンマカウンターなどが使用されている。海洋研究所には、白鳳丸に設置された船舶上のRI 実験室という珍しい施設がある。通常の航海では施錠されて使用できないが、研究航海でRI 実験室の使用が計画されると、放射線取扱主任者資格を持つ研究者が乗船し、その研究者が乗船している間は開放され使用可能となる(図2)。設備は陸上の施設同様であるが、面積27m<sup>2</sup>と手狭なため、実験室(フード、実

験台、冷凍冷蔵庫、乾燥機など)、測定室、汚染検査室、保管庫、廃棄物保管庫(図3)が、一室でまかなわれている。現在の主な使用者は陸上と同様に生物系であるので、使用可能な核種は、<sup>3</sup>H, <sup>14</sup>C, <sup>32</sup>Pなど10核種である。また、測定器としては、液体シンチレーションカウンター(図4)が設置されている。船上におけるRIの使用は、試料採取の現場におけるRI使用といえるので、通常日本国内の陸上では不可能な、その場におけるトレーサー利用が可能であるという、きわめてユニークな施設といえる。



図2 白鳳丸RI実験室(2研究室)入口



図3 保管庫(左) 廃棄物保管庫(右)



図4 液体シンチレーションカウンター

#### 5. おわりに

東京大学海洋研究所の主要な施設として学術研究船白鳳丸を中心として紹介を行ってきたが、研究船の中でも大学に所属する研究船は研究のみならず教育も行うことが要求される。特に東京大学海洋研究所の研究船は、全国共同利用ということで、異なる大学・研究機関の教員・研究者・学生が混在し、長期間行動を共にすることになるので、研究のみならず、人材育成に果たした役割は大であると考えられ、また今後もその役割を期待されている施設であるといえる。最後に、RI施設の取材に際しご協力戴き、詳細な説明を行って下さった東京大学海洋研究所小島茂明助教授に感謝の意を表したい。



コラム

重い核種の自発核分裂半減期について

館盛勝一 ((財)日本分析センター)

重い核種の自発核分裂半減期は、原子核の構造とその安定性(殻効果、魔法数、原子番号の上限、超重核の「安定な島」の存在)、核分裂反応機構そして新たな元素(核種)の合成・探索等様々な視点から注目されるものである。私は「放射化学ニュース」第11号(2005年)の「地球環境のFP量推定における課題」という解説記事の中で、私達が通常人工放射性核種と考えている<sup>99</sup>Tcや<sup>129</sup>Iといった核種について、自然現象により地球上に存在する量を推定した。その際、Th, U, Pu元素の自発核分裂核種の半減期を表示した。それらの値は比較的古い文献から引用したものであったので、もっと信頼度の高い最新データを提示すべきであったと反省した。そして探していたところ、IUPACの発行文献である; N.E. Holden and D.C. Hoffman, Spontaneous Fission Half-Lives for Ground-State Nuclides, 2000IUPAC, Pure and Applied Chemistry, 72, 1525-1562 (2000)、があることを知った。そこには、知られている全ての自発核分裂核種の半減期データを評価した結果が示されている。ここでは、それら重い核種の自発核分

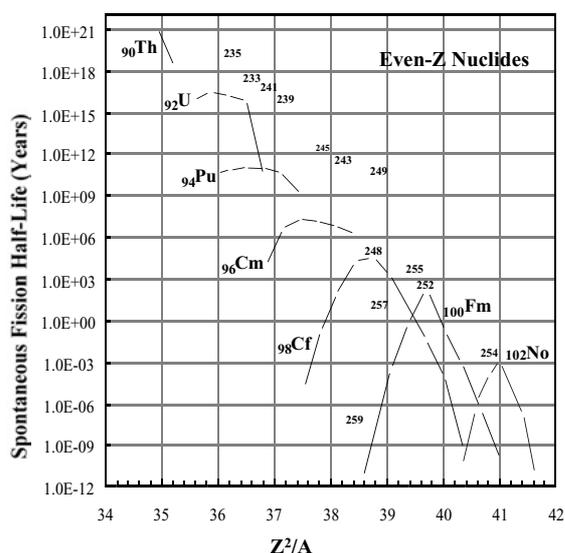


図1. 重い核種(原子番号が偶数)の自発核分裂半減期

裂半減期の一覧表と、それらのデータを加工して作成した図を示す。図-1, -2, -3, -4は半減期を核分裂パラメーター( $Z^2/A$ )との関係で表示したもので、そして図-5は、自発核分裂反応の半減期と全半減期との関係を見たものである。

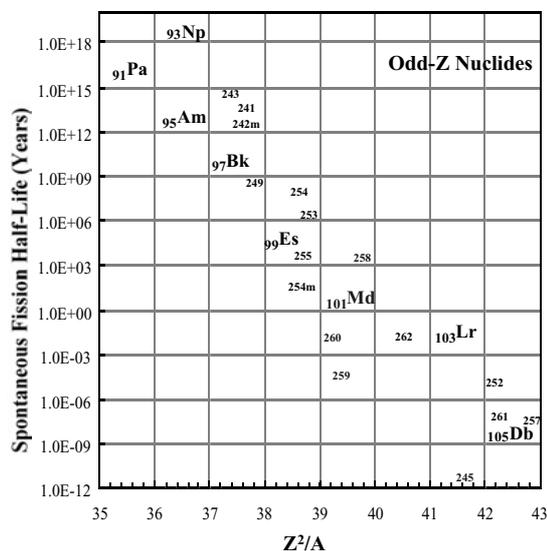


図2. 重い核種(原子番号が奇数)の自発核分裂半減期

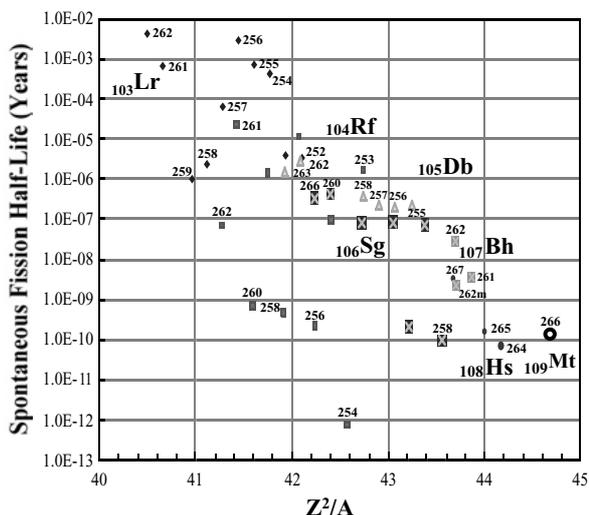


図3. 重い核種(大きな原子番号: 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109)の自発核分裂半減期

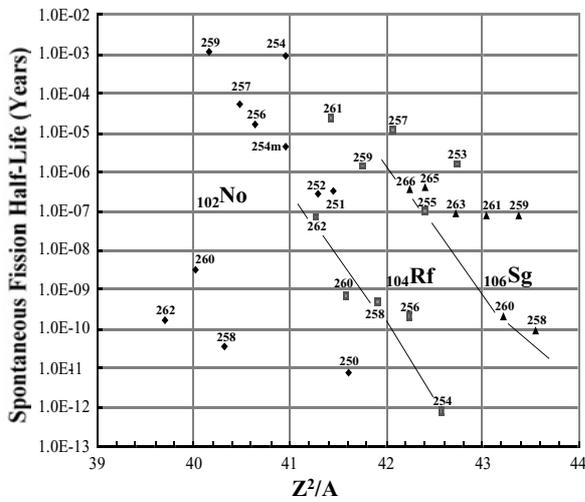


図4. 重い核種 (大きな原子番号: 102、104、106) の自発核分裂半減期の

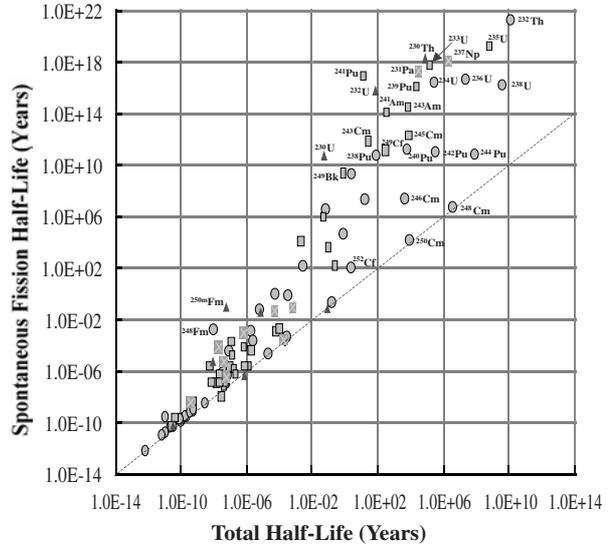


図5. 重い核種の自発核分裂半減期と全半減期の相関

重い核種の自発核分裂半減期

Nuclide	Half life	Nuclide	Half life	Nuclide	Half life
Th-230	> 2E+18y	Es-253	6.3E+05 y	Lr-256	≥ 1 d
Th-232	1.20E+21	Es-254	> 2.50E+07	Lr-257	≥ 0.55 h
		Es-254m	> 10	Lr-258	> 78 s
Pa-231	> 2E+17	Es-255	2.60E+03	Lr-259	31 s
				Lr-261	39 min
U-230	> 4E+10	Fm-242	0.8 ms	Lr-262	> 1.5 d
U-232	> 6.8E+15	Fm-243	≥ 50 s		
U-233	> 2.7E+17	Fm-244	3.3 ms	Rf-253	48 s
U-234	1.50E+16	Fm-245	> 1.1 h	Rf-254	23 μs
U-235	1.00E+19	Fm-246	15 s	Rf-255	2.9 s
U-236	2.50E+16	Fm-248	10 h	Rf-256	6.2 ms
U-238	8.20E+15	Fm-250	0.8	Rf-257	> 5.6 min
		Fm-250m	≈ 7.00E-02	Rf-258	14 ms
Np-237	> 1.00E+18	Fm-252	125	Rf-259	0.7 min
		Fm-254	228 d	Rf-260	20 ms
Pu-236	1.50E+09	Fm-255	1.00E+04	Rf-261	≈ 11 min
Pu-238	4.75E+10	Fm-256	2.9 h	Rf-262	2.1 s
Pu-239	8.00E+15	Fm-257	131		
Pu-240	1.14E+11	Fm-258	0.37 ms	Db-255	8 s
Pu-241	< 6.00E+16	Fm-259	1.5 s	Db-256	≈ 6.5 s
Pu-242	6.77E+10	Fm-260	4 ms	Db-257	8 s
Pu-244	6.60E+10			Db-258	≈ 13 s
		Md-245	0.9 ms	Db-260	16 s
Am-241	1.20E+14	Md-247	0.2 s	Db-261	< 10 s
Am-242m	> 3.00E+12	Md-248	≈ 3.9 h	Db-262	≈ 1.7 min
Am-243	2.00E+14	Md-255	≈ 12.5 d	Db-263	0.8 min
		Md-256	> 1.9 d		
Cm-240	1.90E+06	Md-257	≈ 23 d	Sg-258	2.9 ms
Cm-242	7.00E+06	Md-258	≈ 4.70E+03	Sg-259	> 2.4 s
Cm-243	5.50E+11	Md-258m	≈ 190 min	Sg-260	7 ms
Cm-244	1.32E+07	Md-259	< 1.62 h	Sg-261	> 2.6 s
Cm-245	1.40E+12	Md-260	27.8-38.1 d	Sg-263	> 2.7 s
Cm-246	1.81E+07			Sg-265	> 13 s
Cm-248	4.15E+06	No-250	0.25 ms	Sg-266	> 11 s
Cm-250	1.13E+04	No-251	> 10 s		
		No-252	9 s	Bh-261	> 0.12 s
Bk-249	1.80E+09	No-254	8 h	Bh-262	> 0.9 s
		No-254m	> 2.3 min	Bh-262m	> 0.07 s
Cf-237	21 s	No-256	9 min		
Cf-238	21 ms	No-257	> 28 min	Hs-264	2 ms
Cf-240	53 min	No-258	1.2 ms	Hs-265	> 4.8 ms
Cf-242	≥ 17 d	No-259	> 10 h	Hs-267	≈ 0.1 s
Cf-246	1.80E+03	No-260	106 ms		
Cf-248	3.20E+04	No-262	5 ms	Mt-266	> 1.7 ms
Cf-249	8.00E+10				
Cf-250	1.70E+04	Lr-252	≈ 100 s		
Cf-252	8.60E+01	Lr-253	≈ 2.2 min		
Cf-254	60.9 d	Lr-254	≈ 3.6 h		
Cf-256	12 min	Lr-255	≈ 6 h		

N.E. Holden and D.C. Hoffman, 2000IUPAC, *Pure and Applied Chemistry*, **72**, 1525-1562 (2000). 半減期に単位のないものはすべて年(y)である。

## コラム

## 京都大学原子炉実験所と韓国原子力研究所の 原子炉利用協力研究について

高宮幸一 (京都大学原子炉実験所)

はじめに

京都大学原子炉実験所の所有する研究用原子炉 KUR は、2006 年 2 月に運転を一旦休止する。KUR の休止から 1 年半から 2 年の後に予定されている新燃料を用いた 1 MW での運転再開(医療照射時は 5 MW 運転)までの間、KUR を用いた中性子放射化分析、トレーサー製造、中性子ビームラインを用いた物性研究などの共同利用も休止することとなる。しかし、様々な研究分野で有効に利用され、多くの重要な成果を生み出した中性子利用研究を、短期間とはいえ休止することはできない。そこで、京都大学原子炉実験所では、2006 年 4 月から韓国原子力研究所(KAERI)の研究用原子炉(HANARO)を利用した協力研究を開始する。2005 年末に中性子放射化分析と中性子ラジオグラフィを中心とした協力研究に対する公募が行われ、2006 年度から HANARO 利用研究を開始すべく着々と準備が進められている。また、2005 年 12 月には中性子放射化分析と中性子ラジオグラフィの専門研究会が連続して 3 日間開催され、HANARO を利用した協力研究のためのセッションも設けられた。この研究会には韓国からの研究者を招聘し、今後の協力研究のあり方についても議論された。2006 年度における本協力研究に対する公募はすでに終了しているが、本稿では 30 MW の研究用原子炉 HANARO と照射設備を紹介するとともに、協力研究の内容と将来計画についても紹介する。

研究用原子炉 HANARO の紹介

HANARO は KUR とよく似た構造のオープンボール型の研究用原子炉で、最大熱出力は 30 MW である。つまり 5 MW の最大出力である KUR の 6 倍の熱出力をもつ。休止後再開する際の KUR の出力は 1 MW(医療照射時のみ 5 MW)であるので、

これと比較すると 1 桁以上中性子フラックスの大きな中性子実験施設である。HANARO に直結した実験装置には、KUR と同様の圧気輸送管照射設備や即発ガンマ線分析装置、中性子ラジオグラフィ実験装置などがあるが、以下では中性子放射化分析に関する圧気輸送管照射設備について詳細に紹介する。

HANARO の圧気輸送管照射設備と周辺設備

圧気輸送管照射には NAA1, 2, 3 と呼ばれる 3 つの照射孔が用いられており、それぞれ  $3.9 \times 10^{13}$ ,  $9.4 \times 10^{13}$ ,  $1.6 \times 10^{14}$  nth/cm<sup>2</sup>/s の中性子束による照射ができる。KUR の 5 MW 運転時での Pn-1, 2, 3 の中性子束は、それぞれ  $1.93 \times 10^{13}$ ,  $2.75 \times 10^{13}$ ,  $2.43 \times 10^{13}$  nth/cm<sup>2</sup>/s であるので、照射可能な中性子束は現在の 2 ~ 6 倍(1 MW 運転時と比較すると 10 ~ 30 倍)となる。NAA1 は同位体製造にも用いられるが、NAA2 および NAA3 は中性子放射化分析のみに利用されている。それぞれの照射孔は PTS#1, #2, #3 と呼ばれている照射設備に各々接続されている。

PTS#1 は NAA1 に接続されており、試料の炉心への輸送と取り出しを行い、あらかじめ設定された照射時間での中性子照射ができる。PTS#2 では試料の自動照射装置が利用可能で、複数の試料キャプセルを自動的に順次照射することができる。PTS#1 と PTS#2 では試料の取り出し場所が 2 箇所用意されており、放射能が弱いものは直接フードに、強いものは遮蔽体に囲まれた格納容器に取り出すことができる。PTS#3 は現在更新作業が行われており、DNAA(遅発中性子放射化分析)を目的とした装置となる予定である。

中性子照射の方法は一般的な圧気輸送管照射装置と同様で、ポリエチレン製のキャプセルに試料を封入し、圧縮ガスを用いて(HANARO では窒素

ガスを用いている) キャプセルを照射孔に搬送し、設定した照射時間の経過後、実験室のフードもしくは遮蔽された格納容器内にキャプセルが戻ってくる。照射に用いる円筒状のキャプセルは、内径が24.3 mm、長さ(深さ)が75.3 mmであり、充填できる試料の重量は梱包材などを含めた総重量で30 gまで(試料重量は10~15 g)となっている。また照射時間の上限は4時間とされているが、HANAROの中性子放射化分析グループで安全性が認められた場合には、より長時間の照射ができる可能性もある。

照射後の試料の線スペクトル計測は、照射装置室に隣接する測定室で行う。Ge半導体検出器(20~35%)が5台設置されており、それぞれORTEC社製のマルチチャンネルアナライザーが接続されている。これらのうち2台は40個までの試料の自動測定が可能で、主に長寿命核種の測定に用いられている。HANAROの放射化分析グループはこれらの装置を用いて、主に $K_0$ 法によるINAA(機器中性子放射化分析)を行っている。 $K_0$ 法による定量精度の向上のために、定期的に測定パラメータが更新されており、解析ソフトウェアの開発などにも積極的に取り組まれている。また、照射装置室や測定室に隣接して放射性物質の取り扱いが可能な化学実験室もあるが、RNAA(放射化学的中性子放射化分析)はほとんど行われていないようである(放射性同位元素を用いた化学操作をまったく行うことができないわけではない)。

HANAROの中性子放射化分析グループでは、これらの施設を利用した元素分析サービスも行っている。試料数や定量する元素数によって価格が設定されており(京都大学原子炉実験所との協力研究では、照射および分析のための料金のユーザーへの負担は一切ない)、韓国内の研究機関や企業はもとより、海外の研究機関からも分析の依頼を受けており、現在40以上のユーザーグループがこのサービスを利用している。ここ数年間におけるHANAROでの放射化分析サービスの利用は、研究開発のための照射が1000~6000件/年、分析依頼照射が2000~9000件/年となっている。

#### HANAROを用いた協力研究

京都大学原子炉実験所では、KURが一時休止

している期間、つまり2006年4月から2年間、放射化分析および中性子ラジオグラフィを主とした協力研究をHANAROにおいて行う予定である。この協力研究では、京都大学原子炉実験所のHANARO利用プロジェクト研究として日本の研究グループから実験テーマを公募し、テーマの採択された研究グループと共同でプロジェクト研究を行うことになる。この際、京都大学原子炉実験所が窓口となり、照射実験の段取りや旅費の支給を行う。しかし予算に限りがあるので、協力研究の採択数はこれまでのKUR共同利用の場合より縮小される。また、本協力研究では京都大学原子炉実験所が上述の元素分析サービスの窓口となるのではなく、あくまでHANAROを利用した新たな放射化分析研究の開拓を目的としているため、単なる照射利用というよりはチャレンジングな研究テーマが歓迎されることになる。2006度のHANARO利用プロジェクト研究に対する公募はすでに終了し、HANAROでの実験が可能であると判断された公募(所外から3件、所内から3件)について、採択の可否について審議中である。また本協力研究はKURの再開後においても継続して行いたいと考えている。

一方、京都大学原子炉実験所ではKUR再開後の1 MW運転時における放射化分析の可能性を探るために、本年度の1 MW運転時に様々な標準試料の放射化分析試験を行い、各元素の検出限界値などの検討を行っている。また、運転を休止する約2年の間に照射装置や測定システムの更新を行い、これまで以上に簡便で精度の高い放射化分析が可能な設備を構築したいと考えている。これらの情報はウェブページなどにより広く公開し、できるだけ多くの放射化分析ユーザーの意見を伺い、KURとHANAROのお互いの利点を生かし、放射化分析の可能性の限界に挑戦していきたいと考えている。

#### 最後に

以上がHANAROの放射化分析実験設備の紹介と京都大学原子炉実験所との協力研究の紹介であるが、HANAROの非常に強力な中性子束と整備された照射設備を利用すれば、KURの圧気輸送管による照射では定量できなかったり、長期照射

を行わねば定量できなかった極微量元素についても新たに分析のターゲットとすることが可能となり、放射化分析の適用範囲を拡大することができる。しかし高中性子束であるため、KURのPn-1などで行われているような短時間照射での短寿命核種の定量については照射に多少の工夫が必要と

なるであろう。2006年の4月から開始予定の協力研究では、HANAROを利用した放射化分析の特徴をわれわれが理解し、どのような研究を展開できるのかを熟考した上で実施すれば、KURの利用だけでは不可能であった新たな放射化分析の可能性を切り開くことができるであろう。



## 放射化学討論会

### 2005日本放射化学会年会・第49回放射化学討論会報告

中西 孝

(金沢大学大学院自然科学研究科)

2005日本放射化学会年会・第49回放射化学討論会は、日本放射化学会の主催、日本化学会・日本分析化学会・日本原子力学会・日本薬学会との共催で、平成17年9月28日(水)~30日(金)の3日間を会期として、金沢市観光会館を主会場(口頭発表、ポスター発表、特別講演、総会、受賞講演、分科会)、主会場と棟続きの金沢市中央公民館本多町館を副会場(各種委員会・若手の会)として開催された。

金沢大学で放射化学討論会(以下討論会と略)のお世話をさせていただくのは、第6回(1962年、実行委員長 木羽敏泰;特別講演等を含む発表論文数78件)、第21回(1977、阪上正信;106件)、第37回(1993、坂本 浩・上野 馨;156件)に次いで4度目となった。

今回の金沢での討論会開催をお引き受けしたのは2003年9月末のことで、11月に(財)金沢コンベンションビューローに協力してもらいながら市街地での会場候補の調査を行うことから準備作業が始まった。交通・宿泊の便が良くない金沢大学角間キャンパスでの開催は最初から余り考えに無く、交通・宿泊の便が良い市街地において具合のいい会議室群が揃っており使用料が安い施設を探した。12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2004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(正式の申請は1年前)。会期については、2005年は、APSORC 2005が10月17日(月)~21日(金)を会期として北京で開催されることが予め分かっていたので、本討論会の会期をAPSORC 2005よりも先の9

月末に設定した。

口頭発表の充実を図るために、第47回討論会から口頭発表会場を2会場にするとともに(第46回までは3会場)、1件あたりの口頭発表+討論時間を20分間と長くし、また相対的に発表件数の割合が高くなったポスター発表を充実させるための工夫が施されるようになっているが、とくに不評でもなかったと考えられたので、今回もその路線を踏襲した。ただし、ポスター発表については、ポスターセッションの前にOHPを使用した3分間の要点口頭発表を2会場並行でお願いし、優れたポスター発表にポスター賞を贈ることとした。

今回の討論会における一般研究発表の件数は137(口頭発表52件、ポスター発表85件)とやや少な目であった。なお、参加登録者数は234名(事前登録215名、当日登録19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254名であった。一般研究発表の分野別件数は、主のところ、環境放射能関係の32件をトップに、原子核プローブ関係の26件、核化学関係の22件、核宇宙地球化学関係の13件、ランタノイド・アクチノイド関係の11件、放射化分析関係9件、熱ルミネッセンス関係の7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)、核化学分科会と原子核プローブ分科会(夕方)〔第2日目〕口頭発表、特別講演(2件)、総会(学会賞・奨励賞の表彰式を含む)、学会賞受賞講演、懇親会、〔第3日目〕口頭発表、ポスター発表(その2)、放射体・環境放射能分科会と放射化分析分科会(昼食時)、特別講演(1件)、奨励賞受賞講演(3件)、ポスター賞表彰及び閉会式、〔第3日目の翌日〕施設見学会。

前回に続いて今回も発表申込、参加申込、要旨集原稿(PDF)提出の全てをインターネット利用で行っていただいた。討論会事務局のサーバーの

能力に若干の不安があったが、一部手動入力・修正も行い、それぞれの申込に受付番号等を付して変更等にスムーズに対応できるようにした。しかし、とくに会期直前のキャンセルや変更は事務処理のミスを招く最大の原因であると考えられ、世話人は参加者の立場で最大限の対応をするが、参加者も世話人の立場で考えることが重要であると感じた。要旨集原稿の編集においては、討論会事務局でプリントアウトした要旨集原稿に文字化けが発見されたので、原稿チェックにかなりの時間と神経を使った。討論会の会期中は舞台裏で作業する時間が長く、口頭発表・ポスター発表の全部を勉強させてもらうことが叶わなかったが、要旨集原稿のチェックを通じて研究発表の全部に丁寧に目を通すことができた。私自身にとって、要旨集の隅々まで丁寧に目を通したのは、恥ずかしながら今回が初めてであった。

今回、ポスター発表の3分間口頭発表以外の口頭発表の全てがパワーポイントで行われ、パワーポイントファイルの事前提出に可能な限りご協力いただき、また口頭発表会場にパワーポイントの操作に習熟した会場係を配置してスムーズに発表していただけるよう努めた。パワーポイントファイルの事前提出は期待したほどには多くなく、討論会場入りしてスライドの仕上げに余念がない発表者の姿が多かったように感じた。

ポスター発表については、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。それに報いるべくポスター賞を準備した。研究の質、ポスターの見やすさ・分かりやすさ、ポスター説明の分かりやすさ・質問への対応それぞれの観点で理事会構成員、実行委員会構成員に採点していただいて、とくに優れたポスター発表3件を実行委員長名で表彰することとした。優秀なポスター発表が目白押しで、激しい点数の競り合いがあった。最終的に、「1P12 キャピラリー電気泳動法によるアクチノイドの分離とイオン半径の導出」北本優介氏(阪大)他11名、「1P27 海洋細菌 *Halomonas* sp. の Tc-99 不溶性について」藤本 賢氏 他2名(中央水研)「3P36 ミュオン原子形成過程で放出される電子 K X 線エネルギーの測定」二宮和彦氏(阪大)他9名 の3件がポスター賞に選ばれ、閉会式の中で賞状と

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、「特別講演1:放射性同位元素を用いる低酸素がんの診断から治療へ」(福井大)藤林靖久 教授、「特別講演2:カムランドが切り開くニュートリノ科学の世界」(東北大)鈴木厚人 教授、「特別講演3: Positron annihilation for characterization of solids: Advantages and limitations for the free volume studies」(ロシア) V.P. Shantarovich 教授 の3件で、これらの特別講演を依頼するにあたり、実行委員会としては、放射化学関連分野で最先端のホットな話題を分野に偏りがないように考えた。また、鈴木厚人教授の特別講演に関連して、カムランドが金沢から車で100km 足らずの距離にあるので、討論会閉会後の10月1日(土)に神岡施設の見学会も計画することとなった。

受賞講演は、今回、学会賞1件、奨励賞3件と多く、2日目の総会及び表彰式の後に学会賞受賞講演「多くの核種のメスバウアー分光による無機化合物の構造と結合状態に関する研究」が東邦大学理学部の竹田満洲雄教授からあった。3日目には奨励賞受賞講演「水溶液中における4価ウランイオンの発光現象の研究」(東北大)桐島 陽氏、「ヘリウムガス中を運動する超重元素の平均平衡電荷に関する研究 - 超重元素合成実験への寄与 -」(理研)加治大哉氏、「中高エネルギー領域における軽核生成核反応の研究」(高工ネ機構)松村 宏氏が行われた。プログラムの骨子が殆ど出来上がってから受賞講演の時間枠を考慮することになって受賞講演の時間を十分確保できず、また受賞講演の要旨原稿を急遽お願いしたため、受賞者の皆様には本当に申し訳なかった。

懇親会は、第2日目の夕方、討論会場から徒歩約15分の金沢エクセルホテル東急で会員143名(一般89名、学生54名)招待者10名の計153名のご出席をいただいて開催された。緊縮予算の都合で余興の類を企画できなかったが、金沢の味をお楽しみいただけておれば幸いである。

日本放射化学会が発足してから6年が経過し、また次回の討論会が50回記念となることを受けて、理事会(討論会第1日目の前日)と総会以外に各種委員会等が多数あり、日本の放射化学50

年のあゆみ編集委員会、冊子編集委員会、ネット委員会、ジャーナル編集委員会、ニュース編集委員会、放射化分析幹事会が、研究発表会場とは別に準備した会議室を使って開催された。

討論会閉会後の10月1日(土)には、事前に申込をいただいた43名の方々(一般29名、学生14名)の参加のもと、貸切バスで岐阜県飛騨市神岡町へ施設見学会に出かけた。曇天であったが途中で雨に合うこともなく、スーパーカミオカンデとカムランドを見学した。世界的な成果を挙げておられることは前々から知ってはいたが、巨大な実験装置を目のあたりにして我が国の実験ニュートリノ科学の研究者の意気込みや低バックグラウンド化への努力の積み重ねに深い感銘を受けた。

本討論会は会期3日間を通して好天に恵まれた。これは、参加者への最高のおもてなしでなかったかと思う。また、討論会世話人の若干の不行き届きを目立たなくしてくれたと思う。

今回の討論会を機会に日本放射化学会への入会者が約30名(学生会員が大半)あった。会員の討論会参加費や懇親会参加費をギリギリの低額に設定しているので、会員資格で参加申込をした方が得策であることをもっと理解していただけたらと思うとともに、討論会が会員増強の大きなチャンスであると思った。

本討論会の写真アルバムを第49回放射化学討論会のホームページ(<http://risite.s.kanazawa-u.ac.jp/touronkai/>)にしばらく掲載しているので、ぜひご覧ください。

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、報告を終わりたい。ありがとうございました。

## 第50回放射化学討論会記念大会へのおさそい

吉田善行

(日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所)

わが国における放射化学の研究は、昭和29年にビキニ環礁での米国の原水爆実験によって発生した“死の灰”による第二福竜丸の放射能汚染の調査活動に端を発し、その後、放射性核種の性質

を利用する化学の研究や原子力を支える基礎化学の研究へと領域を拡げつつ、木村健二郎先生を始めとする放射化学の先達のもとに力強く推進されてきました。そして昭和32年には国内の放射化学研究者が一堂に会して、第1回放射化学討論会(於東京)が斉藤信房先生のお世話で開催されました。爾来、毎年一度の定期開催となった同討論会は、わが国における放射化学の研究の発展に大きく貢献してきました。

このような放射化学討論会の長い歴史を礎にして、放射化学・核化学及び関連分野の研究の一層の発展を期し、平成11年には本会(日本放射化学会)が設立されました。現在、本会は500名を超える会員の皆さんの参画を得て、放射化学討論会の開催を始めとして、学会誌・論文誌の出版、シンポジウムの開催、学会賞の授賞など、放射化学及び関連分野の研究の活性化のために様々な取り組みを進めていることはご存知の通りです。

このような歴史を刻みつつ、平成18年に開催予定の次回の放射化学討論会は記念すべき50回を迎える事になりました。そこで本会では、50年におよぶわが国の放射化学・核化学および関連分野の研究の歴史を振り返って「温故知新」とともに、同研究分野の今後の発展を期するための第50回放射化学討論会記念大会を開催することとしました。会期、開催場所などの概要は以下の通りです。

### 第50回放射化学討論会記念大会

会期;平成18年10月24日(火曜日)~同27日(金曜日)

場所;水戸市 常陽水戸芸文センター(10月24、25日)

東海村 日本原子力研究開発機構原子力科学研究所(10月26、27日)

内容;研究発表、ポスターセッション、記念行事、祝賀懇親会、特別セッション等

さらに、記念大会にあわせて次のような記念事業を企画しました。現在、多くの会員の皆さんの協力を得て、活動を進めているところです。

放射化学討論会50周年記念事業

「日本の放射化学50年のあゆみ」の刊行

わが国の半世紀にわたる放射化学研究の歴史を紹介するとともに、学術発展への貢献や人材育成、社会からの要請への対応などについて紹介する冊子です。

「放射化学用語辞典」の刊行

研究者、学生等を対象に核・放射化学および関連分野で使用されている学術用語をわかりやすく解説した用語集です。

「放射化学討論会要旨集全巻」のPDF化とDVD作成

第1回から第50回の放射化学討論会要旨を全て収録した電子媒体です。

これらの記念事業で作成する刊行物およびPDFファイルを全会員の方に差し上げることとしておりますので楽しみにして頂きますとともに、記念大会に是非ご参加をお願いいたします。



\*\*\*\*\*  
\*  
\*  
\*  
\*  
\*  
\*  
\*  
\*  
\*  
\*\*\*\*\*

## 研究集会だより

\*\*\*\*\*

### 1. 第7回環境放射能・放射線夏の学校 日比野啓一（熊本大学自然科学研究科）

第7回環境放射能・放射線夏の学校が8月3日から5日にかけて福岡県太宰府市の国民年金保養センターで、百島則幸先生（熊本大学）を校長として開催された。主催の熊本大学を始め、電力中央研究所、放医研、産業技術総合研究所、九州環境管理協会、環境科学技術研究所、ヴィジブル・インフォメーション・センター、愛知医科大学、金沢大学、九州大学、京都大学、長崎大学等、日本各地から研究者16名、学生12名の計28名の参加があった。

今回は2名の方からトピックス講演として発表があった。環境科学技術研究所の柿内秀樹先生は「希ガスマスによる有機結合型トリチウム（OBT）測定法の開発」について講演された。液体シンチレーションカウンターでOBTを測定する際に生じる問題を避けるため、希ガス質量分析計を用いて測定する方法について紹介された。トリチウムに関する初歩的な事項の導入から、質量分析機器の説明、ヘリウム<sup>3</sup>（トリチウムの壊変生成物）の測定技術まで広範囲な内容であった。電力中央研究所の酒井一夫先生の発表は、被ばく線量に対するリスク評価に関する研究を、「低線量放射線が生体に及ぼす影響」という演題で報告された。低線量の放射線は生物にとってプラスの面もありそうだというお話は大変興味深かった。

夏の学校の恒例行事として、参加者全員が発表する機会が設けてあり、今回は一人15分の持ち時間が与えられた。発表の中のいくつかを紹介することに。大村湾の重金属を測定するために、PIXEという特性X線解析装置の開発について長崎大学から報告があった。金沢大学からは、核実験フォールアウトの<sup>239,240</sup>Puの太平洋のマンガングラスタ中での深度分布に関する発表があった。その他に、微生物によるPoのガス化（熊本大学）

ウクライナ国民の食事試料の分析結果から推定した元素摂取量についての報告（放医研）、博多湾における有機態懸濁物と堆積物の同位体比（九環協）など、多岐に渡る研究報告があり、新たな分野の知見に接することができた。4年生にとっては、おそらく初めての口頭発表であり、良い経験になったのではないかと思う。学生にとっては、他の機関の先生方からいただいたアドバイスは、今後の研究に活かされていくだろう。

特別講演として、大宰府天満宮文化研究所の味酒安則先生から「大宰府と太宰府天満宮」について、九州環境管理協会の中嶋雅孝先生から「有明海の環境変化」についてお話をいただいた。味酒先生のお話は、菅原道真公と太宰府天満宮創建との関係や、梅ヶ枝餅の名前の由来など、このような機会でないとは聞くことができない興味深い内容であった。また、エクスカーションでは、平成17年10月に開館予定の九州国立博物館のユニークな建物とあわただしい展示準備の様子などを見ることができた。隣接する太宰府天満宮を見学した後、道真公由来の梅ヶ枝餅の味を堪能した。

3日間という短期間ではあったが、内容も充実しており、有意義な時を過ごすことができた。来年、第8回夏の学校は、京都大学の高橋知之先生を校長として行われることが最終日の閉校式で決まった。来年の夏の学校も、多くの研究者や学生が集まり、盛大に行われることを期待したい。

### 2. International Conference on the Applications of the Mössbauer Effect (ICAME05)

小林義男（理化学研究所・旭応用原子核物理研究室）

「メスバウアー効果の応用に関する国際会議2005 (ICAME05)」が、2005年9月4日から9日ま

で、フランス南部の地中海に面した都市モンペリエで開催された。モンペリエは、世界最古の医科大学が作られた由緒ある大学町です。近年は、都市計画が進み、フランスの中でももっとも発展しつづけている街の一つだそうです。古い伝統を引き継ぐと同時に、デザインされた高層住宅やハイテクの路面電車が行き交う様は、若さにあふれつつも品格の漂う街でした。その街の中心にあるLe CORUM Conference Centerで行なわれた会議には、ヨーロッパ・北米・南米・アジア・アフリカなどのおよそ30数ヶ国から350名以上が参加しました。日本からは化学系や物性系分野からも26名が参加しました。

ICAMEは、物性物理のみならず化学・生命科学・工学・地球科学など幅広い分野におけるメスbauer分光法を応用した研究や新しい手法の開発の成果発表の場として、2年に一度開催されています。今回は、Prof. J.-M. Genin (Univ. Henri Poincare)、Prof. P.-E. Lippens (Univ. Montpellier II)、Prof. E. Tronc (Univ. Pierre et Marie Curie) が chair person を務められました。招待講演は19件(内1件はキャンセル)、各研究分野(Topics)における発表件数(総497件)は、以下のとおりです。

- T1: Amorphous and Nanophase Materials 78件
- T2: Biological and Medical Applications 19件
- T3: Chemistry, Structure and Bonding 63件
- T4: Earth Sciences, Mineralogy and Archaeology 62件
- T5: Electrochemistry, Catalysis and Corrosion 33件
- T6: Experimentation, Theory and Methodology 35件

- T7: Materials Science and Metallurgy 45件
- T8: Solid State Physics, Magnetism and Lattice Dynamics 104件
- T9: Surfaces, Interfaces, Thin Films and Multilayers 40件

会議前日には、大学院学生やメスbauer研究者を新たに始める研究者向けに『Tutorials』としてメスbauer効果の原理、スペクトル解析、測定技術、応用研究などに関して、P. BonvilleやF. J. Berry、P. Gütlichなどの著名な研究者による丁寧な講義が行われました。

近年では、従来の吸収スペクトルを測定する方法に加えて、放射光や重イオンビームを利用した“次世代のメスbauer測定法”の開発とその応用が世界中で活発に行なわれています。Invited lecturesの1/3は、放射光を利用した核共鳴散乱実験の話題であり、またOral presentationに選ばれた各分野のlectureにも必ず放射光実験は含まれていました。ESRF (Grenoble, France)、APS (Argonne, USA)、SPring-8 (Harima, Japan)などで精力的に進められている様子が伺い知れました。この種の実験では、ビーム特性を活かして、超高圧や極低温などの極限条件、極微量試料や生体試料、典型的な $^{57}\text{Fe}$ 以外の特殊メスbauer核種( $^{40}\text{K}$ 、 $^{61}\text{Ni}$ 、 $^{67}\text{Zn}$ など)に新しい展開が期待されるところです。

日頃の研究とは少々毛色の変った生体試料や考古学試料のトピックを聞くことができるのもこの会議の特色です。なお、会議のProceedingは「Hyperfine Interactions」特集号として発行されます。次回の2007年は、インド (Indian Institute of Technology Kanpor) で行なわれる予定です。





### 3. APSORC2005

百島則幸（熊本大学理学部）

APSORC2005 (Asia-Pacific Symposium on Radiochemistry) が2005年10月17日～21日の5日間の日程で、中国北京の北京大観園酒店で開催された。今回のAPSORC2005は、熊本大学の岸川俊明先生が1997年に熊本市で開催された第一回、九州大学の前田米蔵先生が2001年に福岡市で開催された第二回に続くもので、三回目であった。第一回と第二回のAPSORCは、国内の放射化学討論会と同時開催であったが、今回は初めて海外でAPSORCが単独で開催された。

初日の開会式は、事務局長を務めた中国IHEP(Institute of High Energy Physics)のY. L. Zhao教授の司会で進められた。APSORC国際委員会のメンバーでもある北京大学のY. F. Liu教授の歓迎挨拶に続き、中国IHEPのH. Chen所長の歓迎挨拶、APSORCの創設者である岸川先生の挨拶があった。引き続きヘベシー賞の授与式が行われ、今回のAPSORC2005の実行委員長でもある中国IHEPのZ. F. Chai教授に、カナダのA. Chatt教授から授与された。Chai教授の受賞は、核医学への多大な貢献が認められたものであり、受賞講演では広範なこれまでの業績の紹介があった。

Chai教授の受賞講演に引き続き発表が始まっ

た。会議は、招待講演、一般口頭発表、ポスター発表で構成されており、今回の会議には31カ国から約300人の参加があり、300件の発表が行われた。会議のトピックは、核反応(S1)から教育(S10)まで10個のセッションに分けられ、放射化学、核化学及び関連した分野を幅広く網羅していた。さまざまな分野の最新の研究内容に接することができたのは幸いであった。初日と2日目の口頭発表はひとつの会場で行われたが、3-4日目は2会場で並行して進められた。招待講演は、すべてひとつの会場で行われたので、参加者全員が聞くことができた。しばしば活発な討論により進行は遅れぎみであった。ポスター発表は初日と2日目の夕方に設定されていた。口頭発表、ポスター発表に限らず、論文は査読が行われた後、これまでの慣例に従って、招待講演は日本放射化学会の英文誌(Journal of Nuclear and Radiochemical Science)に、一般発表の口頭とポスター発表はJRNC誌(Journal of Radioanalytical Nuclear Chemistry)に掲載される予定になっている。

APSORCは基本的に3年ごとに開催することがAPSORC国際委員会で決定されているので、次の開催は2008年である。いくつかの候補地の中から、次回は米国N. Nitsche博士が中心となりアメリカ西海岸で開催されることが閉会式で紹介された。

北京は人口1500万人の大都市であるが、地下鉄がカバーしている範囲が少なく、移動はもっぱらタクシーとバスである。学会会場の北京大観園酒店は、北京市の南西に位置し地下鉄からも遠いため、飛行場から直接タクシーを利用したが、料金は日本の10分の1ほどであった。北京市内は大型ビルの建設ラッシュで、2008年にオリンピックが開催される頃には、町の様相は大きく変わっていることであろう。市内は慢性的な交通渋滞で、排気ガスのため大気汚染が進んでおり空気は良くなかった。日本の大気はきれいであることを帰国して強く実感した。

#### チベットへのAPSORCポストツアー

安田健一郎（日本原子力研究開発機構）

APSORC最終日、前夜の食事を食べすぎのため体調不良でダウン。念願のチベットツアーに参加できないのではないかとヒヤヒヤしたが、たっぷり睡眠をとったせいか、翌朝には比較的容易に起床できた。参加者6カ国11人（ギリシア・Polyzoidis夫妻、ベルギー・DeCorte夫妻、アメリカ・Nitsche夫妻、フィンランド・Lönnroth夫妻、ブラジル・Gomes氏、日本からは臼田氏、それに筆者）であった。

最初の宿泊地、成都ではパンダ公園に訪れた。上野動物園にいる「万年睡眠中のパンダ」しか見たことが無かったので、柵の内側とはいえ、屋外で転げ回るパンダを見たときには、あまりの可愛さに頬が緩みっぱなしであった。

2日目からチベットに向かう。シャンバラの描かれている曼陀羅や寺院など、独特の世界観には好奇心をそそられた。仏具は、三鈷杵など真言宗や天台宗で見られるものも多く、密教の源流を訪ねたのだと実感した。

そして、かなりの高地であることも空気の薄さが教えてくれた。なにせ、チベット初日に宿泊したラサでさえ富士山頂よりも高いのである。慣れるまでは、少し歩くと息が切れ、すぐに動けなくなってしまう。ツアー後半、ラサで偶然にも停電に遭遇したのだが、そのとき眺めた星空の美しいことには驚き、思わず息をのんだ。

添乗員と現地のガイドはとても親切で、快適か

つ楽しく参加できた。また、放射化学に携わる方々は、国際的にも年齢が上の方ほどお元気であるという事実を改めて実感させられた。我々若手も、負けてはいられないです。



かつてダライ・ラマの宮殿だったポタラ宮

#### シルクロードの旅（APSORCポストツアー）

岸川俊明（APSORC国際委員会事務局長、元熊本大学）

開催中の10月20日に開かれたAPSORC国際委員会において、次回開催国・開催年・オーガナイザーを決定でき、清々しい気持ちで出発した。3ヶ国から12人（ギリシャ・Misaelides夫妻ほか、メキシコ・Navarrete夫妻、日本・坂本浩夫妻と筆者夫妻）が参加し、途中から東京慈恵医大の箕輪はるかさんが一部に加わるうれしいハブニングもあった。行程は、北京 西安(2) 敦煌(1+車中泊) トルファン ウルムチ(2) 北京の7泊8日間で、距離は福岡 - 札幌2往復分に相当。

西安の圧巻は兵馬俑博物館だった。そこでは、BC221年初めて中国を統一した秦の始皇帝の陵墓近くに建造された8千体もの実物大兵士・馬・戦車の俑（テラコッタ）を発掘しながら展示し、保存している。1974年、旱魃に窮した地元農民が井戸を掘っていて、偶然発見。世を驚愕させる兵馬俑がようやく日の目を見たのだ。偶然がもたらす新たな発見 - 科学と歴史のアナロジーに心が弾んだ。

砂漠を越えるシルクロードは隊商が往来する交

易ルートであると同時に、オリエント・オクシデント両文明の交流ルートでもあった。敦煌郊外にある砂漠の山に囲まれたオアシス月牙泉へはラクダで往復。その東麓には莫高窟という中国最大の石窟遺跡があり、これは井上靖の小説「敦煌」の舞台になっている。私たち仏教徒？に日本語ガイドをつける添乗員さんのはからいで、仏教伝来にまつわる石窟の塑像や極彩色で綾なす壁画に驚き、感動した。

歴史に学ぶ - ふとAPSORCが放射化学の未来へのケルンになればと思った。



ラクダにまたがる日本人グループ



シルクロードツアーの一行

#### 4. 3<sup>rd</sup> EMRAS 合同会議

田上恵子 (放射線医学総合研究所)

国際原子力機関本部において、Environmental Modelling for RAdiation Safety (略称: EMRAS) の第3回総合会合が、11月21日から25日の5日間行われた。本プログラムはIAEAのRadiation, Transport and Waste Safety, Waste Safety Sectionの主催で、2003-2007の予定で行われている。過去2回は約80名の参加かつ20カ国程度であったが、今回は32カ国から110名余りの参加があった。

日本からは9名参加し(うち5名はトリチウムとC-14のWG)、フランスに次ぐ参加人数であった。

本プログラムの目的は、環境モデルによる予測において未だ存在する不確実性の部分に焦点をあてている。特に、あるタイプの環境(都市や水圏環境)に放出された放射性核種に起因する影響、放射性残留物汚染地域の回復、及び環境放射能による人以外の生物に対する影響を対象としている。テーマは3つに分かれている。テーマ1「放射性物質放出のアセスメント」には4つのワーキンググループ(WG)がある。まずWG1ではTechnical Report Series 364 (TRS364)の改訂を行っ

ている。筆者はこのWGに参加したので、詳細を後述する。WG2ではトリチウムとC-14の動物や人への移行モデル検討、WG3ではチェルノブイルで放出されたI-131の放出に関するモデルを、WG4では陸水から河口域を対象とした水系における放射性核種の移行モデルについての検討を行っている。テーマ2「放射性残さ残留地域のレメディエーション」では2つのWGがあり、WG1ではnaturally occurring radioactive materialsの放出と環境回復のモデル検討、WG2では放射性核種汚染を受けた市街地の回復に関わるモデル検討が行われている。テーマ3は「環境防護」に関するもので、これは現在、ICRPと同調しながら動いている。人の放射線防護のために用いられているReference Manの考え方に対しReference Environmentを構築しようとしたものである。

各WGが平行して行われた。筆者は内田滋夫氏(放医研)と共に、テーマ1のWG1「TRS364の改訂」に主に参加した。TRS364は、温帯地域環境における核種移行モデル予測のためのパラメータをまとめたものであり、日本でも廃棄物関連シナリオでは、このTRSからのデータが利用されている。すでに出版から10年経過し、また新規のデータも加わったことから、現在集められるデータをできるだけ収集して環境移行パラメータ集を出そうとしている。ただし、以前のものは欧米のデータを中心に収集したので温帯とタイトルについていたが、世界的には熱帯・亜熱帯も寒帯もあり、これらの地域も網羅したデータも必要であろうことが想像できる。加えて、このような地域では欧米とは食文化も異なる。特に日本を含むアジア各国では欧米と異なり、コメ(湛水条件)を主食としている。亜熱帯地域も含む我が国において、このTRS364のパラメータ値を用いることが適切かどうかという疑問がかねてからあった。さらに、TRS364ではコメ自体のパラメータが少なかった。そこで今回のTRS-364改訂では、我々の提案を受けて、コメChapterを設けることになった。他に話し合われたトピックスとしては、核種の土壤中垂直移行、放射性核種以外による推定(Analogue)、森林、Kdデータベース、TFデータベース、動物への核種移行、Cl-36、淡水での移行であり、それぞれディスカッションが行われ、

次回の会合までに各Chapter責任者が改訂されたドラフトを持ち寄ることが確認された。尚、次回の会合は2006年6月に行われる予定で、各WGレベルでいろいろな国に分かれて行われる。テーマ1 WG1は、同じくIAEA本部で行われる予定である。

## 5. 第2回環境放射能国際会議 ニース学会 浜島靖典 (金沢大学 LLRL)

2005年10月2-6日、ニースのAcropolis Congress Centerで開催された2nd International Conference on Radioactivity in the Environment (The International Union of Radioecology (IUR) and Norwegian Radiation Protection Authority (NRPA) 主催) & 6th International Conference on Environmental Radioactivity in the Arctic and Antarctic (NRPA, U. S. Department of Energy (DOE), Russian Federal Service of Hydrometeorology and Environmental Monitoring (ROSHYDROMET), Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), and IUR 主催)に参加した。オープニングセッションに引き続き、ICREがThe Chernobyl Accident - 20 Years after (9 oral, 6 oral poster, 12 poster 発表, 以下同様), Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials (5, 17, 12), Protection of the Environment (10, 10, 4), Monitoring and Measurement (6, 9, 14), Emergency Preparedness - Models and Systems (5, 7, 0), Environmental Transport and Transfer (13, 24, 18), Risk Assessment and Management (7, 10, 7)の7セッションとICERがArctic (13, 21, 22)の1セッション行われた。発表者はオセアニアを除く各地域から40余カ国、発表件数を地域別に見ると、最多のロシアと北欧3カ国で計約40%、それ以外ではChernobyl Accidentの影響を受けた国々の発表が多く、東欧を含むヨーロッパ諸国全体で約75%であった。日本からは放医研、気象研、金沢大などが参加、件数の約5%でロシア、ノルウェーに続いた。会議はCongress Centerの一部を用い、2つのセッション会場と1つのポスター会場で行われ、規模はおおむね放射化学討論会程度であった。

発表内容は、大気、水、土壌、動植物中の環境放射能測定と影響評価、モデル計算等で多岐にわたっていた。議題の性格上、経年変化を測定、評価、モデル化したものが多く見られた。Arcticでは旧ソ連原潜の解体廃棄方法と現状など初めて目にする発表もあった。oral posterでは持ち時間の4分をはるかに超えて、oral以上の発表を行う講演者もあったが、全体的にはoralはreviewが主であり、oral posterを含めても残念ながら議論は余り活発ではなかった。研究対象や地域があまりにも広く、議論にまで至らない結果となったようである。また正確ではないが1割以上も発表のキャンセルがあり、これも盛り上がりの欠ける原因であった。

会場はニースのほぼ中心で、旧市街や海岸までも近く、観光や食事にも便利な所であった。フランス流なのか、会議の昼休みは1時から2時半まであり、けっこうボリュームのあるplat du jour（日本で言う日替わり定食）をゆっくり楽しめる時間があつた。10月初めのニースは、太陽が顔をのぞかせると泳ぐ人も見られたが、日が陰るとかなり寒かった。特に朝晩は寒く、雨の日は15度以下の感じであった。帰路に見えたアルプスはずでに中腹まで冠雪していた。

## 6. 平成17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」 久保謙哉（国際基督教大学教養学部）

平成17年11月15、16日の二日間にわたって京都大学原子炉実験所大会議室で標記研究会が行われた。この研究会は例年11月頃開催され、放射線測定を伴う原子核をプローブとした物性研究を主題とし、国内の物理系研究者と化学系研究者が会して発表・議論をする場として定着している。息の長い研究テーマについては、毎年進捗状況を聞いて困難さに思いを馳せ、新しいテーマの登場に興奮し、古い研究テーマに新しい光が照射されて学問の進展を実感するというように、研究テーマを絞って定期的に関催される比較的小規模の研究会のよい面が連続と継承されている。

今回は参加者44名（うち学生10人、主催者発

表）であった。研究発表は33件で、手法による内訳は、メスバウアー17件、PACとNMRが5件ずつ、RIビーム3件、中性子1件、 $\mu$ SR1件、メスバウアーと $\mu$ SRの組合せ1件であった。以下私見で印象に残る話題のなかからいくつかを挙げる（以下敬称略）。

原子力機構東海事業所のTRAC施設が本格的に動きだし、片山が $^8\text{Li}$ （半減期0.8秒）のビームを利用した超イオン伝導体LiGa中のリチウムの拡散が-30度以下で急激に遅くなることを直接観測したことを報告した。

東工大の院生の島田は、低エネルギーの中性化した不安定核ビームをつくる装置の開発について報告した。ビームをアルゴンとネオンで減速したのち金属イットリウムで中性化し、Stern-Gerlach型の分離装置を用いて核種を選別するという構想で、初登場ではあつたが今後の進展が期待される。

また同じ初登場の東工大院生の長江は、理研で建設が進んでいるRIビームファクトリーの将来計画として“もどしビームライン”と呼ばれる核物性専用ラインの基本設計について報告した。大型加速器では検出系の関係から、原子核実験ではデューティー比を小さくしなければならないことがある。電磁石でビームを振り分けて、原子核実験と物性実験を同時に進めるという構想で、ビームの効率的利用法として核物性関係者が積極的に後援して推進していくべき計画である。

高輝度光科学研究センターの筒井は物性関係ではブームであるスクッテルダイト化合物の一つである $\text{SmRu}_4\text{P}_{12}$ の $^{149}\text{Sm}$ と $^{99}\text{Ru}$ の超微細相互作用について報告した。特に $^{149}\text{Sm}$ については、ルテニウムの吸収端にかかる $^{149}\text{Sm}$ の核散乱線をSpring-8の持ち味を生かして測定しており、さらなる測定結果が待たれる。放射光を利用した核共鳴散乱としては京大院生の東谷口による $^{121}\text{Sb}$ の結果も報告された。

長年スピנקロスオーバー現象を追求してきた広島大学の中島は、ビルディングブロックとして多様な分子や錯体を用いて組み立てた集積型錯体について報告した。特にメスバウアースペクトルの四極分裂の値とスピנקロスオーバー転移温度の相関を示唆した。また産総研の飯島は三脚型イミダゾールを配位子とした鉄錯体の3次元構造と

混合原子価、スピントロニクス現象について報告し、この領域の研究対象の広がり的印象づけた。

PACでは、金沢大の横山による金属タンパク中のカドミウム、大阪大佐藤の高配向グラファイト中のセリウム、大阪大院生齋宮(いつき)の酸化亜鉛中のインジウムなどの発表があった。いずれも京大炉を利用して線源作成をしたもので、平成17年度末で原子炉が一旦休止となるのは大きな痛手とすることが伺われた。

東邦大院生の北代は、半減期18.3時間の $^{197}\text{Pt}$ 線源を使った多くの金化合物 $^{197}\text{Au}$ のメスbauer測定結果を使って、博士課程の研究の成果を示した。

信州大の村松はLeuven大学のグループと共同で $\text{FeCO}_3$ を試料として準位交差によるメスbauer共鳴線の消失現象の観測を行ってきているが、今回新しく $\text{FePSe}_3$ と $\text{FePTe}_3$ を試料とした予備的結果について報告した。

大阪大学のグループを中心として展開されている $\beta$  NMRでは、松多が $\text{ZnO}$ 中の $^{12}\text{N}$ 、新潟大学の泉川が $\text{Ge}$ 中の $^{12}\text{B}$ について報告し、核磁気モーメントの測定から物性測定の手段へと着実に進んでいることを示した。

高エネ研の下村は、ワイドギャップ半導体として次世代の利用が期待されている酸化亜鉛の $\mu\text{SR}$ について報告した。酸化亜鉛の浅いドナーとして意図的ではない不純物水素が原因とする理論が提出されていたが、下村らは水素の同位体とみなせるミュオニウムを観察し、電子とミュオンの超微細相互作用の大きさから、まさに水素が浅いドナーであることを明確に実験的に証明した。この研究会ではミュオン関係の発表は少ないが、 $\mu\text{SR}$ は物性測定の手法として確立しており、研究の視野を広げるためにもミュオン関係者の参加が増えることが望まれる。

物理と化学の研究者が集まるために、互いにわかりにくいと思われる発表もあるが、それぞれの視点からのコメントや手法の紹介、情報交換により一般の学会発表とは違った刺激や収穫が得られる。特に学生の発表に対しては親切なコメントがされることも多いが、今回は大学院生の発表が8件と少なめであった。かつては修士の学生の研究会初発表の場として機能していたこともあった

が、最近若い学生や研究者を多くかかえる研究室の数が減っていることを示している。来年度の開催も確定しているようだが、さらに将来的にも継続的に開催されることを期待したい。主催の労を執られるだけでなく、会の終了後もこの研究会の報告書をまとめられてKUR Reportという形に残されている京大炉の大久保嘉高教授と理研の小林義男博士、および関係者の方々に謝意を表したい。

## 7. 平成17年度京都大学原子炉実験所専門研究会「核化学・核物理の新領域としての重元素科学」

篠原 厚(大阪大学大学院理学研究科)

2005年9月14、15日の両日にわたり、京大原子炉にて表記の専門研究会が開催された。この研究会は1999年にスタートした「重元素の核化学」、2002年度からの「重元素領域の核的・化学的性質」に続く重元素科学に関連する研究会であり、今回が新しいタイトル「核化学・核物理の新領域としての重元素科学」としての第1回目の会合であった。

これまでの一連の研究会では、重元素科学の世界の研究状況の把握と日本の研究の立上、わが国の実験の進捗状況や研究成果の報告・討論を行い、今後の計画や方向性等を議論してきた。本研究会では、次のステップとして、重元素科学を化学と物理の新領域として広く認知させ、世界的視野で研究を発展させるために、研究自身の話題に加え、研究の枠組み作りにも焦点を当てることとした。そのため、例年、年末から年度末に行われていた会合を、今回から夏期に行い、次年度の予算申請なども視野に入れた議論が出来るように配慮された。参加者は京大炉外から35名程度、内部が10名程度で、例年並であった。

今回の内容としては、関連する研究発表(5件)に加え、「各研究グループの現状報告と将来計画(6件)」というセッションが設けられた。そこでは、森田浩介氏(理研)による「理研での超重元素合成に関する将来計画」という113番元素合成に続く最新の研究計画についての発表に続き、原研、新潟大、甲南大、および阪大の各グループの

研究の現状と計画が報告され、活発な議論が行われた。また、後述するもう一つの主題と関連して、宮武宇也氏 (KEK) による「重元素生成過程と TRIAC 研究計画」が特別講義として講演された。

次に、「特定領域研究立上の準備・検討会(2)」と題して、昨年度に引き続き、H18年度発足の特定領域の領域申請についての議論が行われた。関連する申請としては2回目であるが、今回は原研グループが中心となり準備を進めた「超重元素の科学」と題する領域申請書案をたたき台として、その目的、枠組み・組織、研究の方向、計画研究の内容などについて意見が交わされた。同申請書は、今回の議論を踏えさらに改定された後、原研の永目諭一郎氏を代表として、無事、文科省に提出されたとのことである。新しい領域として採択されることを大いに期待したい。

広い意味で優れた研究を行うのが研究者としての務めではあるが、一方、大学や研究所の法人化にともない、特に外部資金調達必要性に迫られ、四苦八苦しているのが各研究者の現状ではないだろうか。後者に関しては研究者個人ではある程度限界があり、研究分野全体が組織立って動く必要性もある。本研究会の目的は、もちろん、超重元素に関連する当該分野の研究の最先端の議論を行い、研究の展開を図ることにあるが、研究会の一定部分が、上記のような議論を行う場の一つとして機能できれば幸いである。最後に、いつも本研究会の準備から実施までお世話頂いている京大原子炉の柴田誠一、高宮幸一の両氏に深く感謝します。

## 8. 北投石発見百周年記念温泉国際会議

**International Conference on Centennial of Discovering Hokutolite and Hot Springs**  
百島則幸 (熊本大学)

北投石発見100年に因んだ国際会議が、台湾台北市郊外の北投温泉に近い政治作戦学校 (Fu Hsing Kang College) で2005年10月7-8日の二日間にわたり開催された。会議は北投石と温泉に関連した講演を中心として構成されていたが、日本から36人、韓国から2名が参加し、総勢120名ほどの3カ国による国際会議であった。北投石はバ

リウムと鉛の硫酸塩鉱物でラジウムを大量に含んだ世界でもまれな鉱物である。この貴重な石は1905年に北投温泉で日本人の岡本要八郎博士によって発見され、名前は発見された場所に由来している。ほどなく、わが国の玉川温泉にも存在していることが明らかになり、1952年には特別天然記念物に指定された。会議の冒頭に、東京大学名誉教授の斉藤信房先生の祝辞が明治大学佐藤純教授により代読され、北投石研究を通じたわが国と台湾の強い絆がうかがえた。岡本要八郎博士の広範囲にわたる鉱物調査の業績紹介に続き、岡本要八郎博士の長男である正豊氏が紹介された。わが国では、北投石は天然記念物として早くから保護されてきたが、台湾では北投石が存在する正確な場所が一時不明になるなどのこともあり、保護が遅れていたが、今年から国家文化財保護法による保護が進められることになったと聞いている。正豊氏は、台湾温泉協会が中心となって繰り広げている北投石保護活動に関連して台湾へ招待されたようである。本会議も、この北投石保護活動に時期を合わせて開催されたものといえる。

会議は口頭発表15件とポスター発表22件で構成され、招待講演は、台湾清華大学・朱鉄吉名誉教授 (英語講演)、東京大学・綿貫邦彦名誉教授 (日本語講演)、台湾成功大学・余樹楨教授 (英語講演)、韓国温泉協会・曹慶度名誉会長 (日本語講演)、台湾鉱岩協会・陳嘉林名誉理事長 (中国語講演)、熊本大学・百島則幸教授 (英語講演)、日本温泉科学会・大山正雄会長 (日本語講演) があつた。中国語と日本語は相互に通訳がなされたが、専門的な言葉も適切に翻訳されていたと思われる。ちなみに通訳は、本国際会議の学術委員である台湾中原大学の黄金旺教授の娘さんで、在日歴7年とのことである。

二日目の午後にエクスカースンで北投温泉を訪問した。小雨が降っていたが泉源の地獄谷の湯煙はもうもうと周辺のホテルを包み込んでいた。岡本要八郎博士が温泉につかり北投石を発見した頃の面影は微塵もないであろう。北投温泉博物館は改装中であつたが、館長の陳氏の計らいにより内部を見学することができた。この建物は1913年に台北州庁が静岡県伊豆山温泉の方式で北投温泉公共浴場を作ったときの建物である。重さ数ト

ンにもおよぶ北投石が鎮座し、台湾総統府の時代に人々が楽しんだ温泉場の雰囲気が伝わってくる。

北投石の発見者である岡本要八郎博士は、台湾からアモイに移り、そして日本に帰った。1939年63歳のときから、九州大学の鉱物実験の手伝いをするようになった。それまで行ってきた鉱物調査は、ご子息の正豊氏によると趣味であり、63歳にして初めて鉱物学が専門となったとのことである。73歳で九州大学講師となり82歳で退官後、九州大学から博士号を得た。岡本要八郎博士が集

めたたくさんの鉱物は地質調査所に移管されている。趣味といえどもここまでくれば本業である。わが国の玉川温泉では、違法に北投石が持ち去られ見つけることは容易ではないとのことである。台湾北投温泉の北投石が、みんなの財産として保全されていくことを祈ってやまない。

日本放射化学会は本国際会議の協賛団体である。それに対して実行委員会から感謝状が授与された。



情報プラザ

**第6回核融合エネルギー連合講演会**

- 炉心・炉工の総合化とエネルギー科学としての  
の広がりに向けて -

日時 2006年6月13～14日

場所 富山国際会議場(富山)

問合せ先 (社)プラズマ・核融合学会事務局

TEL 052-735-3185

E-mail plasma@jspf.or.jp

**第43回アイソトープ・放射線 研究発表会**

日時 2006年7月5～7日

場所 日本青年館(東京都新宿区霞岳町15番地)

連絡先 アイソトープ・放射線 研究発表会 運営  
委員会事務局

日本アイソトープ協会 学術部学術課  
西島

113-8941 東京都文京区本駒込2-28-45

TEL 03-5395-8081 FAX 03-5395-8053

E-mail gakujutsu@jrias.or.jp

**15th Radiochemical Conference**

日時 2006年4月23～28日

場所 Marianske Lazne, Czech Republic

Web page : <http://www.fjfi.cvut.cz/radchem>

**1<sup>st</sup> European Chemistry Congress**

日時 2006年8月27日～31日

場所 Budapest, Hungary

Web page : <http://www.euchems-budapest2006.hu>

本だな

## 「ガラスの地球とホモ・サピエンス」

馬場 宏 著

馬場宏さんは、1998年3月まで大阪大学理学部化学科放射化学研究室の教授でした。停年退職後は自由の身で科学技術のもつさまざまな側面について考えてきたと思います。この本は、馬場さんの考察した結果のほんの一部を記したものでしょうが、読む人にとって刺激に満ちた内容を含んでいます。特に、若い人に読んでいただきたいと考えています。

## この本の内容

宇宙の起源に始まり、宇宙の中の地球、地球上の生命の危機へと話は進みます。続いて、環境破壊、化石燃料資源の枯渇、原子力の役割、原子力施設の事故、放射性廃棄物の処理と放射線の危険性について述べ、最後に地球の未来の展望を記しています。下に、各章の題を示しておきます。

- 第1章 宇宙の寿命
- 第2章 襲い来る危機
- 第3章 天変地異
- 第4章 伝染病
- 第5章 地球のガン細胞
- 第6章 化石燃料の枯渇
- 第7章 原爆と原子力発電
- 第8章 もんじゅのナトリウム漏れとJCO臨界事故
- 第9章 トイレなきマンション
- 第10章 良い放射能、悪い放射能、隣の放射能
- 終章 未来への展望

## 各章の紹介

上に挙げた内容について、馬場さんが大学にいた時からよく知っていたことだと思う人もいるはずですが、それが本としてまとまってみると、それなりの感慨をいただく人もあるでしょう。馬場さんは職を離れて自由の身で、前よりも気楽にものがいえることは確かです。

天文学の話題は必要がないという意見もあるで

しょうが、地球が宇宙の中でどのような存在であるかは確認したいところです。馬場さんは天文学の現状を手際よく紹介しています。この分野の進歩はいちじりしいので、それなりの配慮をして読むべきですが、ビッグバン以来の宇宙の進化がよく書かれています。空はロマンを感じさせる存在のように思います。余分な光の少なかった戦時中に、都会を離れて空を見ると、空が近くなるように思えたのはよい思い出です。

放射能に関連する書き物の中で、宇宙のことに触れるのは珍しくはないのですが、思い出すのは田中重男さんの書いた文章です。田中さんは日本の核化学の研究で独自の立場に立って多くの貢献をしてきた人です。下に、「高エネルギー現象」の解説<sup>1)</sup>の中で宇宙線について書いた節の書き出しを引用します。「われわれはたまたま太陽系の中の年老いた静かな地球で、太陽からの適度なエネルギーを受けて暮らしている。太陽の日陰にはいつて夜ともなると、われわれの眼でも、すぐ近くにある月や火星はもちろんいろいろな明るさの星がきらめいているのが見えるし、夏の夜空の銀河の流れはわれわれの心を和らげてくれる。」馬場さんと異なる視点ですが、地球の状況を再確認しているような気がします。

話は災害に関係する話題へと移ります。巨大な隕石の落下が地球の環境の変化につながるおそれに始まり、洪水・火山噴火・地震・伝染病と進み、テロのことに触れています。天災といつてよいものがほとんどですが、しばしば地域社会の崩壊をまねき、時には国家の解体にいたることは恐ろしいことです。馬場さんの書き方は適切です。天災といつながら、人災と考えられる面があることにも触れています。地震が起こったときに、新しい高速道路や鉄道が大きな被害を受けたこともありました。テロは質が違いますが、ここにテロを入れたのは、テロを根絶したいとの思いから

だと受け止めています。

化石燃料の枯渇は、重要な課題です。馬場さんは事態を深刻に受け止め、どう対応すべきかについての考えを述べています。私が学生だった50年前、石油の採掘できる年数は30年、核融合の実用化は30年後、といわれていました。何年経っても大きくは変わっていませんが、今では石油が得にくくなるまで50年程度、核融合炉の実現まで100年以上、という感じです。

「地球のガン細胞」という題に驚く人もいますが、これは馬場さんが長い間いい続けてきたことです。それを示すものとして、久米三四郎さんが1989年に停年を迎えたときに開かれた集会での記録<sup>2)</sup>の中の「質疑応答」での馬場さんの発言を示します。

「馬場：理学部におります馬場と申します。私も実は放射化学講座を担当して、核化学を講義しております。今日ここにおいでの方は、どちらかという久米さんと立場の同じ方が多い。私はかなり変わった立場から発言することになると思うんですが、私も科学者のはしくれですから今から申し上げることは独断と偏見に満ちております。

ある意味でショックだと思うんですが、だいたい人間というのは地球と地球上の生命にとってがん細胞だと思うんですね。人間が存在すること自体が地球にとって害になっているのは確かだと思うんです。人間がいない方が地球とその生命にとっては幸福だと思うんですが、そうはいっても私もがん細胞の一人として自分の子孫が安穩に生きられるように、ということになりますと、がん細胞はあまりのさばらずほどほどに生きて行く道を探らなければいけないだろうと思います。そういう意味から、久米さんが先頭に立ってやっていらっしゃる反原発運動も評価致します。久米さんもおっしゃるように、いま原発は営利目的、あるいは日本の場合電力会社の間の妙な競争、よそが持っていて自分が持っていないと肩身が狭いとか格が下がるとか、そういう不純な動機があって持とうとする。そういう体質的な問題がありますし、技術的にいろいろ問題があることも確かであります。チェックしなければいけない。推進する側は強大な力を持っているわけですから、それに反対するのはたいへんなことです。そういう

反対があるのはよいことだと思うんです。(後略)」

反原発運動に関わってきた久米さんの停年を機に開かれた会合での発言なので、多少気負っているようですが、馬場さんの考えは伝わってくると思います。

この後に、原子力発電と放射能の話が続きます。反原発運動を展開している「原子力資料情報室」を手伝っている私と意見が異なることもありますが、現状認識では大きな差はありません。私もこの国は原子力発電なしではやっていけないという感じはします。「原子力発電は必要悪」という表現が出てくるのは当然です。ただ、問題の多い原子力発電を基幹電力とした上では、厄介な問題にも対応を考えておくべきでした。「トイレなきマンション」といわれていましたが、トイレのことを考えねばならなくなりました。しかし、どこにおくかはもちろん、どんなトイレをつくるかも決まっています。ことは始まったばかりです。高速増殖炉と核融合炉の開発については、きびしい意見が述べられています。私も同意見です。原子力船「むつ」についての記述には興味をもちました。「むつ」のことは忘れてる人が多いと思いますが、覚えているべきことです。

原子力施設の事故についても書いてあります。スリーマイル島原発炉心溶融事故、チェルノブイリ原発暴走事故のような重大事故がありました。国内でも「もんじゅ」のナトリウム漏れ、アスファルト固化体製造施設の火事、JCO臨界事故、美浜3号炉二次冷却水漏れなどがありました。各々の事故についての馬場さんの取りあげ方は適切だと思います。私の考えと大きな違いはありませんが、JCO事故については私が強い関心をもっているの、多少の意見の相違はあります<sup>3,4)</sup>。国内で起こった事故の背景には日本の原子力が抱えている問題が反映されていますが、JCO事故ではその度合いが大きいと考えています。

最後の章は、未来への展望にあてられています。ここでの馬場さんの書き方は、決して悲観的ではないようにみえます。みんながやるべきことをやれば、未来は開かれるということでしょうか。私もそのように考えています。

#### その他のこと

馬場さんの文章は読みやすいと思います。入力ミスはありますが、気になることはありません。誤りがないことはないようです。「傍目八目」という言葉がありますが、他の人がやっていることの誤りには気づくものです。気になったのは、次の表現です。「ちなみに、国際放射線防護委員会(ICRP)が勧告している一般人に対する年間許容線量は1000分の1シーベルト(1mSv)です。この値は、1メートル離れた位置にある約40万Bqのコバルト60の放射線を1時間浴びたときに受ける線量に相当します。(p.116、下から9行目)」どこがおかしいかは書きませんが、読む人が自分で計算するか、調べてほしいと思います。

誤りがあるから、この本はよくないとは絶対に思わないでください。私が尊敬しているK先生が気楽な会話の中で、「恥かく気でなきゃ、本なんか書けないぜ」といわれました。この言葉に勇気付けられて、どうにか1冊の教科書を書くことができました。誤りはない方がよいのですが、誤りがなくてつまらない本より誤りが多少あっても面

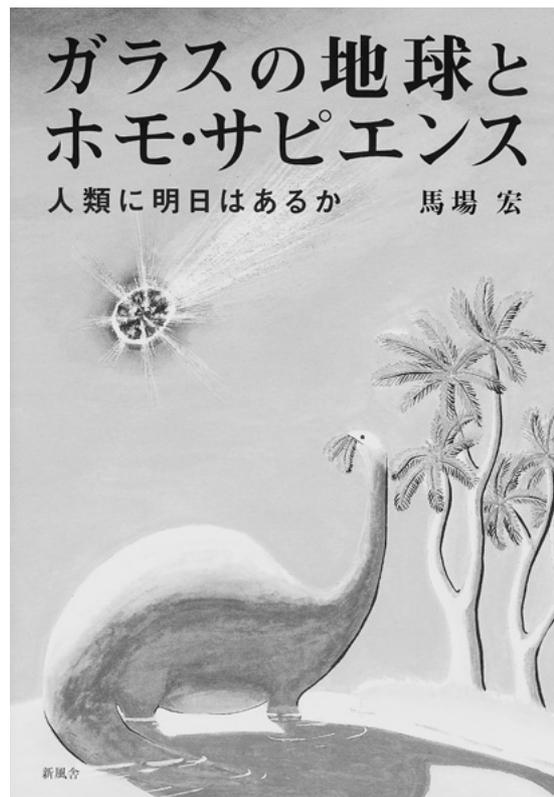
白い本の方がよいと思います。K先生は、「私の講義を学生が全部理解できたらその講義は失敗したと考えている」という意味のことを書いたこともありました。大事なことは情報を得たら、それを自分で検討し、吟味することです。

最後に、最近の出版をめぐる状況について述べます。状況はきびしく、この本は自費出版の形で世に出ました。もっと本が売れる世の中にならないかなと案じています。

#### 文献

- 1) 馬淵久夫編「新実験化学講座7 核・放射線( )」, p.428、丸善(1979)
- 2) 「反原発への道 - 久米三四郎さんに聞く - 」
- 3) 七沢潔「東海村臨界事故への道」、岩波書店(2004)
- 4) JCO臨界事故総合評価会議「青い光の警告」、七つ書館(2004)

古川路明



.....

## 学位論文要録

.....

### 低温マトリックス単離したシクロペンタジエニル希土類( )錯体の研究

宮崎 淳(東京理科大学理学研究科化学専攻)

学位授与：東京理科大学(主査：山田康洋)  
平成17年3月19日



希土類元素のトリス(シクロペンタジエニル)錯体( $\text{LnCp}_3$ )は、結晶中において隣接中心元素間をCp基が架橋して連なった鎖状構造を取っている。しかし、架橋しない単一の $\text{LnCp}_3$ の構造についての報告例はこれまで無く、中心金属と配位子の結合を単純化して研究した例は無い。 $\text{LnCp}_3$ が水に非常に不安定な事や、気相に取り出すと分解しやすいという実験的制約のため、今までに低温マトリックス単離法を用いた $\text{LnCp}_3$ の報告例は、全くない。本研究では、架橋構造を持たない単一の $\text{LnCp}_3$ の構造を知る目的で、 $\text{LnCp}_3$ の低温マトリックス単離装置の開発を行い、低温マトリックス単離した $\text{LnCp}_3$ の構造について検討を行った。

全ての実験は、真空チャンバー内で行った。閉サイクル型ヘリウム冷凍機により17Kに冷却された光学基板上をマトリックス生成面とした。対象となる試料を、試料自体の蒸気圧で導入し、ガスライン中で調整したマトリックスガス(アルゴン)と共にマトリックス生成面上で凝縮させ、低温マトリックス単離試料とした。得られた低温マトリックス単離試料を、FT-IR赤外分光器と紫外可視分光器を用いて、スペクトル測定を行った。また、スペクトルの帰属を裏付ける目的で分子軌道法、密度汎関数法を用いて構造と電子状態を計算した。

まず、 $\text{LnCp}_3$ の冷却基板上への導入方法について研究を行った。 $\text{LnCp}_3$ の低温マトリックス単離試料が得られていない理由としては、蒸気圧を得

るために試料を高温にすることで、室温以上に空気との反応性が上がるためである。そこで、極力空気との接触を断って真空系内で試料を取り扱うための装置の製作を行った。この導入装置を用いて生成した低温マトリックス単離試料の赤外吸収スペクトルでは、分解生成物であるシクロペンタジエン(Cpd)の吸収はほとんど見られず、 $\text{LnCp}_3$ が分解せずに低温マトリックス単離されたことを確認した。

自作した装置を使用して、 $\text{ScCp}_3$ の低温マトリックス単離試料と、アルゴンを導入せずに $\text{ScCp}_3$ だけを低温基板上に凝集させた低温のアモルファス試料の生成を行った。赤外吸収スペクトルから、低温マトリックス単離試料、低温のアモルファス試料、室温固体の3種類全てで異なる構造を取ることが示された。密度汎関数法による構造最適化の結果、 $\text{ScCp}_3$ は $\text{Sc}(\eta^5\text{-Cp})_3$ と $\text{Sc}(\eta^5\text{-Cp})_2(\eta^2\text{-Cp})$ の2種類の安定構造と、Sc原子間をCp基が $\eta^1$ 結合で架橋した $[(\eta^5\text{-Cp})_2\text{Sc}(\mu\text{-}\eta^1\text{-Cp}:\eta^1\text{-Cp})]_2$ の二量体の構造が安定であることが明らかとなった。また、低温マトリックス単離した $\text{ScCp}_3$ は、結晶構造とは異なり、3つのCp基が全て $\eta^5$ でScに配位した、 $\text{Sc}(\eta^5\text{-Cp})_3$ の構造を取ることが分かった。このような構造は、Sc-Cp間の結合距離を結晶状態より長く取ることで、立体障害を回避して安定構造を取ることが示された。低温のアモルファス試料は、 $\text{Sc}(\eta^5\text{-Cp})_2(\eta^2\text{-Cp})$ や二量体などの架橋構造

を持つ、幾つもの分子の集合体として存在することが示された。

低温マトリックス中でのシクロペンタジエニル希土類( )錯体の構造とLn-Cpの結合状態を知る目的で、LnCp<sub>3</sub>で実験を行った。ランタニド元素は、原子番号の増加と共にイオン半径が減少するランタニド収縮が知られているので、中心電荷が+3のままでイオン半径が異なるLnCp<sub>3</sub>の低温マトリックス単離試料を得ることが出来る。実験は、試料の昇華温度をLnCp<sub>3</sub>によって変えることで低温マトリックス単離試料を生成し、赤外分光法で測定した。低温マトリックス中のLnCp<sub>3</sub>は、中心金属に関係なく3つのCp基がすべてη<sup>5</sup>で配位したLn(η<sup>5</sup>-Cp)<sub>3</sub>の構造を取ることが、ScCp<sub>3</sub>のマトリックス単離試料のスペクトルと比較することで明らかとなった。また、Cp基のC-H変角振動において、面内変角振動が変化しないにもかかわらず、面外変角振動は希土類元素のイオン半径の減少に伴って高波数側にシフトすることが明らかとなった。この現象は、希土類元素のイオン半

径が小さくなるに連れて、Ln-Cpの共有結合性が弱まった結果、Cp基の炭素原子上に電子の局在化が起こり、C-H面外変角振動が高波数側にシフトしたと結論付けた。

本研究により、シクロペンタジエニル希土類( )錯体であるLnCp<sub>3</sub>の低温マトリックス中での構造が、中心元素に関係なくすべてLn(η<sup>5</sup>-Cp)<sub>3</sub>となる事が示され、凝集層の構造とは異なることを明らかにした。

#### 代表的な発表論文

1. Jun Miyazaki and Yasuhiro Yamada, "Photochemistry of cyclopentadiene isolated in low-temperature argon matrices", *Journal of Molecular Structure*, **692** (1-3) 145-153 (2004)
2. Jun Miyazaki and Yasuhiro Yamada, "Structure of tris(cyclopentadienyl)scandium isolated in solid argon matrices", *Journal of Molecular Structure*, **734** (1-3) 115-121 (2005)

