

ISSN 1345-2754

放射化学ニュース 第15号

日本放射化学会

2007年 3月

放射化学ニュース

第 15 号

平成 19 年 (2007 年) 3 月 31 日

目次

| | |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| 新会長挨拶 基礎研究に太陽光を (前田米蔵) | 1 |
| 特集 (2005-2006 年度学会賞・奨励賞) | |
| 学会賞 (学会賞選考委員会) | 2 |
| 学会賞受賞者による研究紹介 | |
| フラーレンに内包されたベリリウム-7 の半減期短縮と電子状態 (大槻 勤) | 4 |
| 奨励賞 (奨励賞選考委員会) | 7 |
| 奨励賞受賞者による研究紹介 | |
| 液々界面イオン移動反応の電気化学的研究とアクチノイド分離への応用 (北辻章浩) | 8 |
| 3 級ピリジン樹脂を用いるランタノイドとアクチノイドの分離 (鈴木達也) | 10 |
| 解説 | |
| インビーム・メスバウアー分光法 (小林義男) | 12 |
| 放射化学討論会 | |
| 2006 日本放射化学会年会・第 50 回放射化学討論会記念大会報告 (吉田善行) | 24 |
| The 6th International Symposium on Advanced Science Research (ASR2006) | |
| –Frontiers of Nuclear and Radiochemistry– (第 6 回先端基礎研究国際シンポジウム | |
| –核・放射化学のフロンティア–) (永目諭一郎) | 28 |
| 第 51 回放射化学討論会へのおさそい (奥野健二) | 29 |
| 時過ぎて | |
| 西 朋太先生の追悼セッションを終えて (篠原 厚) | 31 |

施設だより

| | |
|----------------------------------------------|----|
| 大阪大学核物理研究センター AVF サイクロトロン・K コース (高橋成人) | 34 |
|----------------------------------------------|----|

研究集会だより

| | |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| 1. 第 43 回アイソトープ・放射線研究発表会 (鈴木章悟) | 37 |
| 2. 第 8 回環境放射能・放射線夏の学校 (関本 俊) | 37 |
| 3. 第 45 回核化学夏の学校 (横山明彦) | 38 |
| 4. 平成 18 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Ⅱ」(佐藤 渉) | 39 |

本だな

| | |
|-------------------------------------|----|
| 化学者たちのセレンディピティー 吉原賢二 著 (関根 勉) | 40 |
|-------------------------------------|----|

学位論文要録

42

学会だより

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. 日本放射化学会第 29 回理事会 [2005-2006 年度第 2 回理事会] 議事要録 | 45 |
| 2. 日本放射化学会第 30 回理事会 [2005-2006 年度第 3 回理事会] 議事要録 | 45 |
| 3. 日本放射化学会第 31 回理事会 [2005-2006 年度第 4 回理事会] 議事要録 | 46 |
| 4. 日本放射化学会第 32 回理事会 [2006-2007 年度第 1 回理事会] 議事要録 | 47 |
| 5. 第 8 回日本放射化学会総会報告 | 47 |
| 6. 放射化学用語辞典 [2006 年版] と吉原賢二著「化学者たちのセレンディピティー」の 会員特別頒布について | 52 |
| 7. 会員動向 (平成 18 年 7 月～平成 18 年 12 月) | 52 |
| 8. 日本放射化学会入会勧誘のお願い | 53 |
| 9. オンラインジャーナルとホームページの運営について | 56 |
| 10. Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences (日本放射化学会誌) への投稿について | 57 |
| 11. Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences (日本放射化学会誌) 投稿の手引き | 57 |
| 12. 日本放射化学会会則 | 58 |

新会長挨拶

「基礎研究に太陽光を」

前田米藏（日本放射化学会会長・九州大学理学研究院教授）



私たちは、太陽の恵みを電磁波というエネルギーの形でいっぱい浴びて、毎日生きています。それは電波、赤外線、可視光線、紫外線それに放射線（エックス線、 γ 線）です。これらの電磁波は私たちに大きな恵みを与えています。むしろこれらの電磁波を享受して植物、動物の生命体が生まれています。赤外線はこの地球に暖かさを、可視光線は物に光と色を、紫外線は殺菌などの役目を果たしています。電波はこれらの電磁波の中で一番エネルギーが小さく、私たちに直接影響を与えているとは考えられていません。また、放射線はこれらの電磁波の中で一番エネルギーが大きく、他の電磁波に比べると相対的に放射強度が一番低いです。他の電磁波の源になっていると考えられ、生物や物質に対する破壊的影響が大きいです。

放射性物質は1900年代前後にベクレルやキュウリー夫妻により発見され、その存在や応用への道が切り開かれました。それから100年あまりの年月がながれ、現在は日常生活の中で、放射性物質および放射線が病気の診断と治療に、また、原子核変換がエネルギー源として大きな役割を演じています。日本放射化学会会員は放射性物質および放射線に的をあて、基礎研究をしています。社会で利用されている実用あるいは応用研究は、普遍的現象の根底となる基礎研究の上に築かれています。たとえば、癌診断に威力を発揮しているPETでは陽電子放出核種を含む化学物質が使われていますが、これを可能にしたのは、癌部位まで届く化学物質の探索と製造に関する基礎研究があつてのことなのです。化学物質の探索と製造は過去の広範な系統的研究データの蓄積と大勢の研

究者のアイデアと研究の積み上げの結果、成功したものです。現代の研究者を取り巻く時代の動向は、研究の早急な実用成果ばかりが求められ、研究者が自由に発想しようとする時間の大切さが無視されています。また、研究テーマが特定の分野に集中し、それ以外の研究者人口の少ない分野の研究が排除されようとしています。放射化学の分野もこの範疇にあります。先ほども触れたように基礎科学である放射化学は、これからの時代でも必要不可欠な学問分野です。幸いにJ-PARCが近く稼働を始めますが、放射化学の分野は特殊な機器を必要とする分野でもあり、集中して研究者を養成できるような施設が望まれます。いっぽう狭くなりがちな研究課題を再検討するためにも会員の研究交流の場を多く持ち、広い見識の吸収を通して自己の研究をさらに進化させる必要があります。

日本放射化学会は原子核の構造と性質およびその変換に起因する種々の化学現象の解明と応用を目的とする研究者集団の集まりです。設立されてから7年余りになりますが、その研究対象は化学に留まらず、生物や物理、薬学など、広範囲にわたります。放射化学は学際的研究であり、素粒子・核・原子物理学、放射線物理学、保健物理学、無機・分析化学、放射線化学、宇宙・地球化学、加速器科学、材料科学、環境科学、放射線生物学、核薬学、核医学、放射線医学などと広く接点を有しています。ラジオアイソトープの製造と利用、核医薬品の開発、核燃料サイクル技術の確立などにも寄与し、人類の福祉向上に欠かせない研究分野です。放射化学会では学会誌「JNRS」と「放射化学ニュース」をそれぞれ年2回発行しています。放射化学および関連化学における最新の話題についての解説が主な内容です。また、「放射化学会年会」を秋に、そのほか各分科会も随時開催されています。新規学会員を歓迎します。

特集 (2005-2006 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)

大槻 勤氏 (東北大学大学院理学研究科原子核理学研究施設)

受賞題目: フラーレンに内包された Be-7 の半減期短縮と電子状態

大槻先生に2005-06年度学会賞を贈ることが、学会賞受賞候補者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ました。これを受けて、平成18年10月24～27日に開催された第50回放射化学討論会記念大会において、学会賞授与式および受賞講演会が執り行われました(10月26日、東海村)。以下に対象となった研究業績の概要を紹介するとともに、大槻先生に心から祝意を表します。

その業績は、核化学・放射化学の分野で60年の長きにわたり未解決のままであった、「果たして放射性核種の半減期は変化し得るか否か?」という命題に、明確な解を提供する画期的なものである。この研究において大槻らは、フルーレンに内包された Be-7 の半減期が顕著に短縮することを発見したのである。もともと放射性同位元素の半減期は、圧力や温度などの物理的環境、あるいは化学形、結合状態などの化学的環境には依存せず一定であるとされている。そのことが、半減期を決める放射性壊変の確率が“壊変定数”と呼ばれる所以でもある。その一方で、1947年に E. Segrè らは、“ β 壊変の一形式である軌道電子捕獲壊変の確率は、物理的、化学的環境により変わる可能性がある”ことを提唱した。この予測は、原子核の位置に重なって分布する核外軌道電子の原子核位置での密度の大小が、原子核の壊変の確率に影響を及ぼすという概念に基づいている。この予測を実証するために、これまでに多くの核種を対象にして、多種多様な実験系で放射性核種の半減期の精密測定が試みられてきたが、環境の影響を最も受け易いとされる電子捕獲壊変 (EC 壊変) についてさえ、せいぜい 0.1% 程度の半減期の変化が観測されたに過ぎず、E. Segrè らの説を明確に立証するには至っていなかった。

このような半減期への物理的、化学的環境の影

響の評価に当たっては、最も適した実験系の選択と、極めて精密な半減期の測定が必須である。大槻らはまず実験系として、C₆₀ などのフルーレン内に EC 壊変核種である Be-7 を内包させた化学系を選んだ。極めて優れた着眼であり、これが今回の成功の大きな要因の一つになったと言える。なお、C₆₀ 分子の籠構造の内部は特殊な電子的環境にあり、そこに置かれた原子は真空孤立系で、通常の化学結合状態と異なった性質を持つと推測されている。ここで忘れてならないのは、大槻らの長年にわたる核的反跳法によるフルーレン内への各種元素の内包に関する研究で蓄積した数多くの知見、経験があつてはじめて、今回の実験的研究が実現できたことである。このような背景要因も、本成果の価値を一層高める素となっている。さらに大槻らは、半減期の精密測定に当たって、二試料を比較測定する新しい方法を独自に開発し、測定における系統誤差の大幅な低減を可能としている。このような方法論的な開発も並行して進めながら、これまでの困難を克服して今回の成果を達成した。これまでに多数報告されている他の研究者による実験結果の中にも、測定法の問題点を抱えたままの半減期データが多くあることも事実であり、改めて実験的研究における測定技術の重要性を痛感させる。

以上のようにして大槻らは、金属ベリリウム中の Be-7 と、C₆₀ 中の Be-7 の半減期を比較し、前者が 53.1 日、後者が 52.6 日、すなわち C₆₀ 中の Be-7 の半減期が約 1% 短くなる事を見出した。この成果は速やかに、Phys. Rev. Lett. 93, 112501 (2004) に掲載された。その後このニュースは、Nature 誌の Views and News で紹介されたのをはじめ、News @ Nature、Physics News Update (米国物理学会誌公報)、Cern qourlie、Physics Web (英国物理学会誌公報) や世界中のメディアを通じて、

“Radioactivity gets fast-forward” (Nature 誌) などの見出しで紹介され、大きな反響を呼んだ。

“放射性核種の半減期を物理的、化学的環境を制御することによって有意に変化させよう”ことを示した今回の成果は、核・放射化学、核物理学、あるいは原子力に関連する科学技術の分野にとって、大きな意義を有するものである。核・放射化学の未解決の命題に迫る貴重な成果であることは言うまでもなく、その内容はいずれ教科書に記載されるなど後世に伝えられるであろう。また、

EC 壊変核種である Be-7 中の外殻 2s 電子の原子核位置での密度が化学結合でどれほど変化するか、また 1s 電子の状態がどれほど影響されるのかの量子力学的ダイナミクスが、Be-7 の半減期変化を説明する決め手となろう。今回の成果は、このことを示唆するものであり、C₆₀ 分子内の特殊な電子状態を放射性核種の壊変挙動をプローブとして明らかにするといった新しい研究の発展にもつながり、大きな波及効果が期待される。



学会賞受賞者による研究紹介



フラーレンに内包されたベリリウム-7の半減期短縮と電子状態
 大槻 勤 (東北大学大学院理学研究科原子核理学研究施設)

私たちは「RIの壊変定数(半減期)は放射性原子核が単位時間に壊変する確率(λ [s^{-1}])で表され、この λ は環境や時刻によって変わらない」ということ知っている。しかし、 β 壊変のひとつの形式である軌道電子捕獲壊変[Electron Capture (EC)壊変]では、半減期は置かれた環境(たとえば、結晶形、化学形等)によって変わることが1947年にエミリオ セグレらによって報告された^{1,2)}。EC壊変は原子核位置に存在する軌道電子(主に1sや2s電子)を原子核に取り込んで壊変し($p+e^{-} \rightarrow n+\nu$)、その壊変確率は軌道電子の原子核位置における密度に依存することをはじめて示したものである。しかし、環境の変化が半減期に最も影響しやすいと予想される100%EC壊変核種の⁷Beでも、わずかな半減期の変化(0.15%程度)の報告がなされているにすぎなかった。

1985年に発見された炭素原子がサッカーボール状に結合した籠状構造の分子は、フラーレン(炭素第三の同素体)として多くの人に知られている。このフラーレン内は真空であり、収量の多いフラーレン(C₆₀やC₇₀)に異種元素を内包させることができれば、原子レベルでのナノデバイスや生体への応用、新しい磁性、超伝導の出現など、多くの利用の道が開かれる。しかし残念ながらアーク法やレーザー蒸発法などの方法では異種原子内包C₆₀の大量合成までには至っていない。

私たちはフラーレンをトレースする手段として放射性同位体の標識方法を検討してきたが、核反応に伴う原子の反跳に注目して、異種原子をフラーレン内に導入する方法を見出した^{3,4)}。また、核的反跳法を用いてC₆₀内に⁷Beを内包させることに成功したのにひきつづき、C₆₀内に存在する

⁷Beの壊変定数(半減期)に興味を持つことになった。

実験ではC₆₀中の⁷Beの壊変速度が金属ベリリウム中に置かれた場合と異なるかどうか比較精密測定した。ここでは⁷Beの、置かれた環境が異なった試料を、全く同じ条件で比較測定することで、系統誤差を少なくできる。最初に、C₆₀と核反応で⁷Beを生成するためのソース物質であるリチウム化合物(たとえばLi₂CO₃)をC₆₀が溶けやすい二硫化炭素(CS₂)中で均一に混合し、後にCS₂を取り除いたものを高純度アルミニウム箔で包んで試料とする。それを東北大学サイクロトロンRIセンターのサイクロトロン16MeVの陽子によって照射した。ターゲット物質中では、⁷Li(p, n)⁷Be反応が起き、この反跳核の運動エネルギーは数百keVにも達し、化学結合のエネルギーよりはるかに大きい。したがって⁷Be原子とC₆₀はターゲット物質内で一連の原子分子衝突を起こす。生成核⁷BeはうまくいけばC₆₀ケージを壊すことなくC₆₀中に内包化される。陽子照射の後、高速液体クロマトグラフ装置(HPLC)を用いて空のC₆₀と⁷Be原子が内包されたC₆₀を一緒に分離抽出した。この試料をペレット状に固化して測定試料とした。比較試料を調製するために、金属ベリリウム(10φ×0.3t)の円盤状のものを準備した。この試料を石英管内に真空封入し、東北大学原子核理学研究施設の電子ライナックで50MeVに加速された電子線を制動放射光子に変換して照射した。この照射によって核反応⁹Be(γ , 2n)⁷Beが起これ、金属ベリリウム内に均一に分布した⁷Beを適量製造することができる。照射された金属ベリリウムを真空に保ちながら、電気炉中1150℃で約1時間放置することにより、放射線損傷を受けた金属格子(hcp構造)をできるだけ回復させる。

調製された二つの試料を、自動試料交換連続測定装置に取り付け、 γ 線測定を行なった。この装置による試料の測定位置の誤差は0.01mm以下である。また、測定室内温度は20 ± 1℃に保たれており、測定中における試料の検出器に対する幾何学的配置は十分な精度で再現できる。この実験ではGe- γ 線検出器を用いて、⁷Beが壊変した⁷Liの励起状態から放出される478keVの γ 線を検出した。正確な時間間隔で測定を行なうために、日

本標準時間の電波を受信して、自動的に正しい時刻・日付を修正するシステムを測定用コンピュータに導入した。測定は150日以上連続して行ない、 γ 線スペクトルを300回以上取得した。得られた γ 線スペクトルに見られる大きなピークは ${}^7\text{Be}$ の478keVと自然放射線である ${}^{40}\text{K}$ の1461keVのみであった。目的である ${}^7\text{Be}$ の478keVのピーク面積は台形法（ピーク前後でバックグラウンドが平坦であると仮定し、ピーク内のバックグラウンドを直線で近似して台形の面積を差し引く方法）を用いて求めた。図1にふたつの試料の ${}^7\text{Be}$ の放射性壊変の様子を測定経過日数の関数として示した。ここでは測定開始時の計数率を27cpsに規格化し、ふたつの壊変曲線を直接比較できるようにプロットした。また、120日から162日のプロット部分を拡大して、壊変速度の違いが分かるようにしてある。この2本の壊変曲線を、誤差付きの指数関数で解析した。結果として C_{60} 中と金属ベリリウム中での ${}^7\text{Be}$ の半減期は、それぞれ $T_{(1/2)}=52.68 \pm 0.05$ 日及び $T_{(1/2)}=53.12 \pm 0.05$ 日と求められた⁵⁾。この実験で求められた C_{60} 中の ${}^7\text{Be}$ の半減期は金属ベリリウム中の半減期やこれまで報告されてきた値よりも約1%短く、さまざまな化学形や高圧下で測定されたものの値よりも短い。

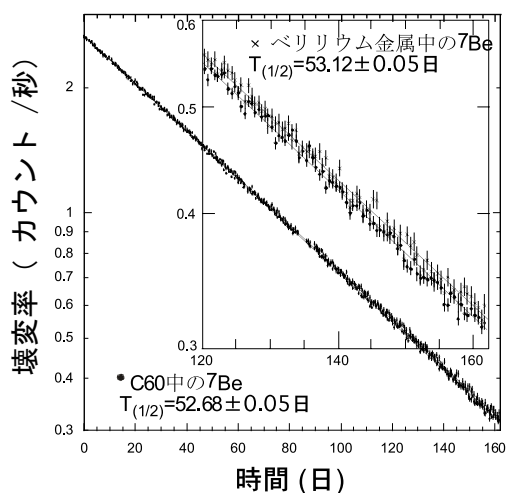


図1 C_{60} 中と金属ベリリウム中での ${}^7\text{Be}$ の壊変曲線の比較（測定開始後120日～160日の拡大図）

図2にBe原子の1s及び2s電子がどのような分布を持つか、その概略を示す。Be原子は、孤立系では $1s^2 2s^2$ の簡単な電子構造を持つ。Be原

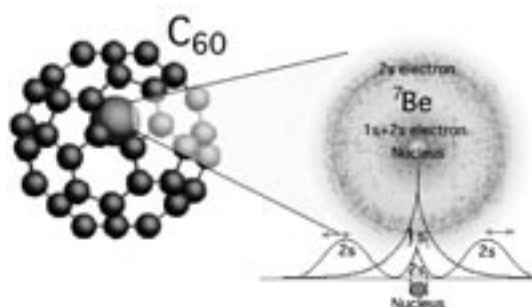


図2 C_{60} 中でのBe原子の電子状態を示す概略図

子孤立系では、原子核に接触するK殻とL殻の電子密度の比（いわゆるL/K捕獲比）は理論的に約10%程度と見積もられている。ここではBe原子の外殻である2s電子が、置かれた環境の影響（物理形や化学形、圧力等の違い）によって、L/K捕獲比が変化するのであろう。この実験では、 C_{60} 中の ${}^7\text{Be}$ の半減期はこれまでの測定値より最も小さい（壊変速度が速い）値が得られている。この場合 C_{60} 中では、 ${}^7\text{Be}$ の原子核位置での電子の密度はこれまでの値で最も大きいことを意味する。この解釈として、 C_{60} 内の真空中にある ${}^7\text{Be}$ は孤立原子系に近い状態として存在し、得られた C_{60} 中の ${}^7\text{Be}$ の半減期は、孤立原子状態($1s^2 2s^2$ 電子の殻構造)のBe原子核位置での電子密度を反映しているのではないかと考えている。ここでは2s電子(1s電子との関連も含めて)が C_{60} 中でのどのような分布をとっているのか、最も興味もたれるところである。これらの知見を得るために、現在、ヘリウム温度に試料を冷却して、Be原子の運動を抑えた条件下で半減期の測定を行なっている。また、明快に説明するために、 C_{60} 中での ${}^7\text{Be}$ 原子の安定位置を探す計算を行ない、その位置における原子核近傍での電子密度の導出を試みている。

最後に、私たちは地上において C_{60} 中に $1s^2 2s^2$ 電子構造を持った理想的なBe原子状態をはじめて作りだし、その半減期を知ったのかもしれない。だが、これは検討課題として本稿ではこれ以上すぎた推測を記述することは避けたい。

この研究は東北大学大学院理学研究科の武藤正勝氏、結城秀行氏、笠木治郎太先生、及び横浜国立大学の太野かおる先生の共同研究として行なわれました。研究遂行にあたり、多くの助言を戴い

た東京都立大学名誉教授の中原弘道先生および東北大学の三頭聡明先生に感謝いたします。さらに放射性同位元素製造にあたり東北大学サイクロトロン RI センター及び東北大学原子核理学研究施設の加速器クルーのみなさまに感謝いたします。

参考文献

- 1) E. Segrè, Phys. Rev. **71**, 274 (1947).
- 2) E. Segrè, C.E. Wiegand, Phys. Rev. **75**, 39 (1949).
- 3) T. Ohtsuki, K. Masumoto, K. Ohno, Y. Maruyama, Y. Kawazoe, K. Sueki, K. Kikuchi, Phys. Rev. Lett. **77**, 3522 (1996).
- 4) T. Ohtsuki, K. Ohno, K. Shiga, Y. Kawazoe, Y. Maruyama, K. Masumoto, Phys. Rev. Lett. **81**, 967 (1998).
- 5) T. Ohtsuki, H. Yuki, M. Muto, J. Kasagi, K. Ohno, Phys. Rev. Lett. **93**, 112501 (2004).



特集 (2005-2006 年度日本放射化学会賞・奨励賞)

奨励賞 (日本放射化学会奨励賞選考委員会)

北辻章浩氏 (日本原子力研究開発機構 原子力基礎工学研究部門 研究副主幹)

鈴木達也氏 (東京工業大学 原子炉工学研究所 助手)

きたつじ よしひろ
北辻 章浩氏

所属：日本原子力研究開発機構 原子力基礎工学
研究部門 研究副主幹
受賞題目：液々界面イオン移動反応の電気化学的
研究とアクチノイド分離への応用

北辻氏は、アクチノイドの水相と有機相界面でのイオン移動反応の研究において、最も基本的な熱力学的物性値 (標準イオン移動ギブズエネルギー： ΔG_{tr}°) を測定するために、「液々界面定電位電解法」という新しい電気化学的手法を開発し、ウランやアメリシウムで ΔG_{tr}° を決定した。この方法は、通常電気化学的手法が適用困難なアクチノイドイオンのみならず、高い原子価を持つ遷移金属イオンについても適用可能で、金属イオンの界面移動反応の系統的な研究を開いた。さらに、これらの基礎データに基づいた新しい分離・分析法をプルトニウムに適用し世界で初めてプルトニウム用のイオン選択性電極の開発に成功した。

同氏のこのような成果は、アクチノイドイオンの溶液内挙動の解明に大きく寄与をする基礎的かつ独創的な研究であり、さらに、アクチノイドの新規な分離法につながり大きな波及効果が期待される。さらに、これまでの研究成果から、同氏は、アクチノイドの溶液化学の発展に大きく貢献できる若手研究者であると判断された。

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。

すずき たつや
鈴木 達也氏

所属：東京工業大学 原子炉工学研究所 助手
受賞題目：3級ピリジン樹脂を用いるランタノイドとアクチノイドの分離

3価のアクチノイドを希土類と分離することは、原子力の高レベル廃棄物処分およびアクチノイドリサイクルの観点から重要な課題である。同氏のグループは3級ピリジン樹脂を使った独創的な方法を開発し、マイナーアクチノイドの分離にとどまらず、10cm程度のカラムによるアメリシウムとキュリウムの相互分離にも成功している。さらに、塩酸系と硝酸系におけるこれらの元素の吸着挙動を比較し、ピリジンへの吸着は塩酸系ではf電子の役割が重要であるが、硝酸系ではアクチノイド・ランタノイドに関わらず単にイオン半径のみに支配されることを明らかにし、吸着機構が大きく異なることを示した。

その成果は特筆すべきものであり、分離化学や核燃料再処理の分野での大きな貢献が期待できる。また、受賞対象となるランタノイドとアクチノイドの分離に関する研究は、特にここ数年間、同氏が中心となり強力に進めている研究であるが、同氏は、これまでに、他にも多くの実績を積んでおり、放射化学において当該分野を発展させるキーパーソンとして期待される。

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。

奨励賞受賞者による研究紹介



液々界面イオン移動反応の
電気化学的研究とアクチノ
イド分離への応用

北辻章浩 (日本原子力研究
開発機構 原子力基礎工学
研究部門 アクチノイド分
離化学研究グループ)

二つの溶液相が互いに混じりあわず界面を形成するとき、両溶液相中にある物質は、その安定性(化学ポテンシャル)の差に応じて界面を移動する。溶媒抽出の例に見られるように、液/液界面でのイオンの移動反応は、物質分離の原理的な反応のひとつである。本研究は、アクチノイドの水相/有機相界面でのイオン移動反応を調べ、同一イオンの標準イオン移動エネルギー(ΔG_{tr}°)などの熱力学的諸物性値を取得し、イオンの溶液内挙動を明らかにすること、また、界面移動反応に立脚した新しい分離法を開発することを目的としている。

二液相界面に電位差としてエネルギーを与えると、電荷を持つイオンは一溶液相から他相へ移動する。このとき、イオンの界面移動に要するエネルギーを界面電位差として、イオンの移動量を電流として測定するのが従来の電気化学的な測定法である。しかし、アクチノイドイオンは親水性が高いため電位窓内にイオン移動波を観測することは容易ではない。そこで、本研究では液々界面に一定の電位差を印加して一方の溶液相中の目的イオンを他相に移動させ、イオン移動が平衡に達した状態のイオン移動量を直接定量し、移動エネルギーと移動量の関係を求める新しい測定法「液々界面定電位電解法」[1]を試みた。開発にあたって電解時間の短縮を図るため液々界面を直接攪拌できるように工夫することにより、目的イオンの界面移動に要する電解時間を大幅に短縮できた。 UO_2^{2+} (○)及び Am^{3+} (●)の水相/ニトロベンゼン相界面移動を測定した結果を図1に示す。横軸は電解電位(E)、縦軸は目的イオンの濃度比($c_{org}/c_w=D$)である。両イオンとも $E < +0.33V$ の領域で傾きがそれぞれ約30及び20 mVの直線関

係を示した。ネルンスト式に基づくと、 UO_2^{2+} 及び Am^{3+} の ΔG_{tr}° をそれぞれ71.7kJ/mol及び113 kJ/molと決定できた。

有機相にイオンと安定な錯体を生成する配位子を加えると、イオンの界面移動エネルギーを低減させることができる(イオン移動の促進)。例えば、bis-diphenylphosphoryl methane (BDPPM)を有機相に加えると、 UO_2^{2+} や Pu^{3+} 、 Am^{3+} の水相から有機相への移動が著しく促進される。定電位電解法を用いると促進移動反応の移動電位を正確に求めることができる。一例として、0.1 mM BDPPMを含むニトロベンゼン相への UO_2^{2+} および Am^{3+} の促進移動の E -log D 関係線を図1(□および■)に示す。配位子が共存しないときの UO_2^{2+} および Am^{3+} の標準イオン移動電位 E° に比べ、促進移動反応の移動電位は負電位側に大きくシフトし、アクチノイドがより小さなエネルギーで界面移動することがわかる。両者の差は、イオンと配位子との錯生成による安定化エネルギーに相当し、その配位子濃度依存性などから、促進移動する化学種： $[UO_2(BDPPM)_3]^{2+}$ 、 $[Am(BDPPM)_3]^{3+}$ や、錯生成定数(β_3): $10^{23.9}$ 、 $10^{27.5}$ が決定できた[1]。また、 UO_2^{2+} の水相/有機相界面促進移動反応は、①BDPPMの界面吸着過程、②吸着したBDPPMと UO_2^{2+} との錯生成過程、③ UO_2^{2+} の界面移動に伴う吸着錯体の脱離過程から成ること、過程①あるいは②は遅い反応であることなどを明らかにした[2]。BDPPMやCMPO[3]などの中性配位子のみならず、キレート試薬[4, 5]によってもイオンの促進移動反応は観測できる。

イオンの界面移動電位はイオン固有のものであり、その差を利用すればイオンを分離できる[1, 6]。例えば図1において、配位子を用いない場合、 UO_2^{2+} と Am^{3+} の界面移動電位の差が小さく両イオンの分離は困難である。そこで、0.1 mM BDPPMを有機相に共存させると両者の移動電位差が大きくなり、 UO_2^{2+} のみを選択的に水相から有機相に移動させられる。例えば、+0.055 Vの界面電位差で電解すると、分離係数は $10^{2.15}$ となる。この分離係数は電解電位や配位子の濃度に依存し、電解電位を+0.025 Vとすると分離係数が $10^{2.65}$ と向上する。電解イオン移動分離法は、精

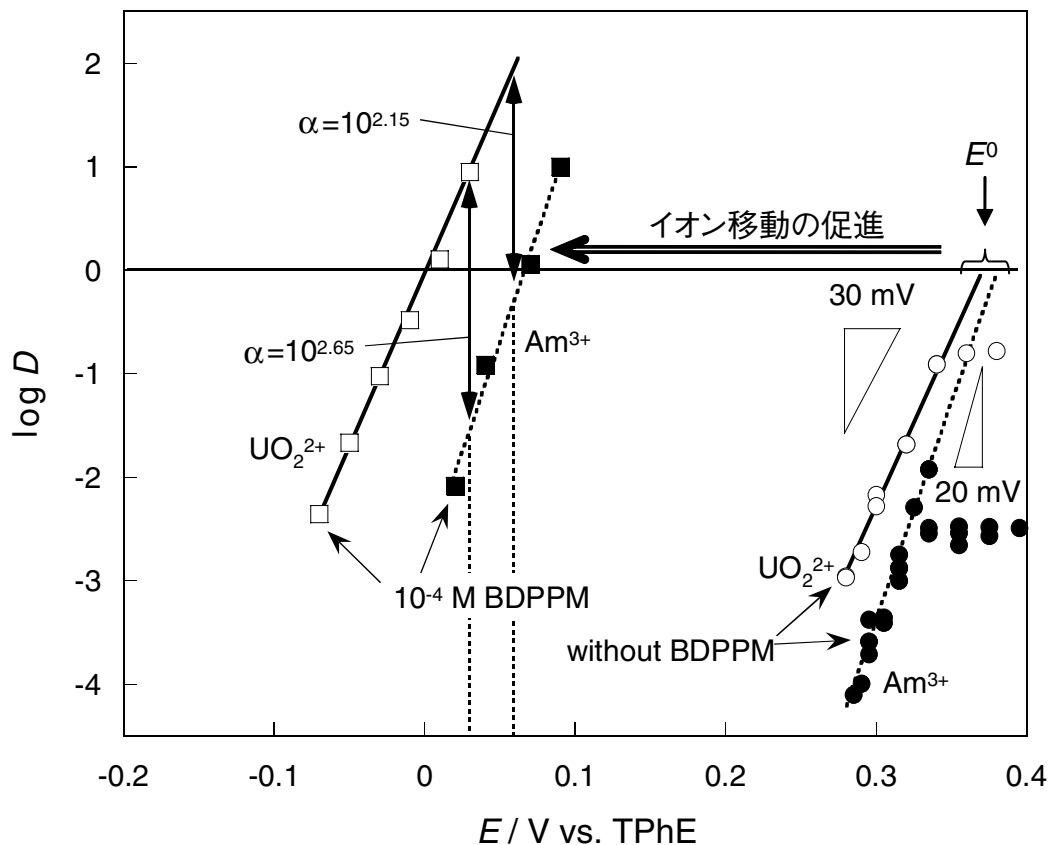


図1 BDPPMによる UO_2^{2+} 及び Am^{3+} の水相/ニトロベンゼン相界面移動の電位-イオン濃度比関係曲線

緻な電位制御によりイオンの移動量をコントロールでき、高い分離効率が得られる利点がある。現在、迅速な分離が可能な新しい手法として、フロー型セル [7] を用いたアクチノイドの界面移動分離法の研究を進めている。また、界面移動反応の分析分野への応用として、イオン選択性電極 (ISE) の開発も試み [8]、最大で 10^{-7} - 10^{-2} M と非常に広い濃度範囲の Pu^{3+} に選択的に感応する Pu^{3+} -ISE を開発した。

参考文献

[1] Y. Kitatsuji, et al., J. Electroanal. Chem., 520, 133-144 (2002).

- [2] Y. Kitatsuji, et al., Anal. Sci., 14, 67-70 (1998).
 [3] M. Ying, et al., J. Nucl. Radiochem. Sci., 2, 11-15 (2001).
 [4] A. Uehara, et al., J. Electroanal. Chem., 563 (2), 257-267 (2004).
 [5] A. Uehara, et al., Anal. Sci., 17 (Suppl), i1045-i1047 (2001).
 [6] Y. Kitatsuji, et al., J. Nucl. Sci. Technol., Suppl. 3, 259-262 (2002).
 [7] A. Yoshizumi, et al., J. Electroanal. Chem., 581, 275-283 (2005).
 [8] Y. Kitatsuji, et al., Anal. Chim. Acta, 387, 181-187 (1999).



3級ピリジン樹脂を用いる ランタノイドとアクチノイドの分離

鈴木達也（東京工業大学原子炉工学研究所）

溶液中で3価を取るアクチノイドであるアメリカシウムとキュリウムは、ランタノイドとは価数が等しく、またイオン半径が似ているため、これら3価のアクチノイドとランタノイドを互いに分離することは困難であることが知られており、また、更に互いに分離が困難な核種として知られている。また、アメリカシウムとキュリウム間の元素分離は更に困難なものとされている。これら核種の分離法として弱塩基性陰イオン交換樹脂の機能とソフトドナー配位子の機能を持つ3級ピリジン樹脂を用いて研究を行ってきた。ここではこれら分離現象について説明する。

3級ピリジン樹脂はスチレン-ジビニルベンゼン樹脂のスチレンの代わりにビニルピリジンを用いたもので Fig.1 のような化学構造を持っている。この化学構造を見るとわかるようにピリジン基は一種の3級アミンであり、水素が配位することにより正に帯電し、陰イオン交換樹脂となる弱塩基性陰イオン交換樹脂の機能を持つ、またピリジンそのものがソフト配位子としての機能を持っており、窒素に直接イオンが配位することも可能である。この二つの機能をうまく利用し、発現させることにより高度な分離が可能となる。なお、研究に用いた3級ピリジン樹脂は直径約60mmの多孔質シリカに担持したものであり、シリカ担持により、膨潤収縮の影響を受けず非常に扱いやすいものと成っている。

分離操作は、クロマトグラフィを用いて行った。

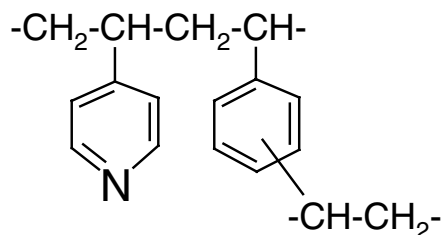


Fig. 1 Chemical structure of tertiary pyridine resin.

3級ピリジン樹脂を充填したカラム（φ1cm、樹脂高10cm）を用い、塩酸-メタノール混合溶液 [1] もしくは硝酸-メタノール溶液 [2] を用いて溶離クロマトグラフィを行った。塩酸-メタノール混合溶液（体積比7:3）を用いて行った3価アクチノイドとランタノイドのクロマトグラムを Fig. 2 に、硝酸-メタノール混合溶液（体積比7:3）のクロマトグラムを Fig. 3 に示す。この結果は明確に異なっており、塩酸系ではランタノイドが溶離した後アクチノイドが溶離し、グループ間の分離が出来ているが、硝酸系ではアクチノイドが重希土類と軽希土類に挟まれて溶離しており、グループ間の分離が出来ていないことがわかる。この違いについては分配係数で示すとよりわかりやすくなる。Fig. 4 に Fig. 2 と Fig. 3 のクロマトグラムで得られた分配係数と50cmカラムで行ったクロマトグラムで得られた希土類元素の分配係数とをイオン半径で整理したものを示す。硝酸系では、ランタノイド、アクチノイドに関係なく、イオン半径の大きなものが大きな分配係数を持つことを示している。ところで、イオン交換によるイオンの吸着は、電荷密度によって支配され、金属イオンの陰イオン交換による吸着挙動も対イオンの錯形成と言う現象が加わり、陽イオン交換よりも複雑になるが、例外ではない。価数が同じ3価であるランタノイドとアクチノイド（アメリカシウ

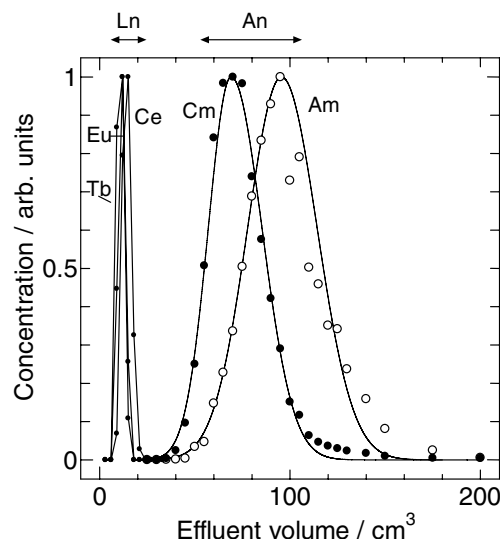


Fig. 2 Chromatogram of lanthanides and actinides by using hydrochloric acid / methanol mixed solution.

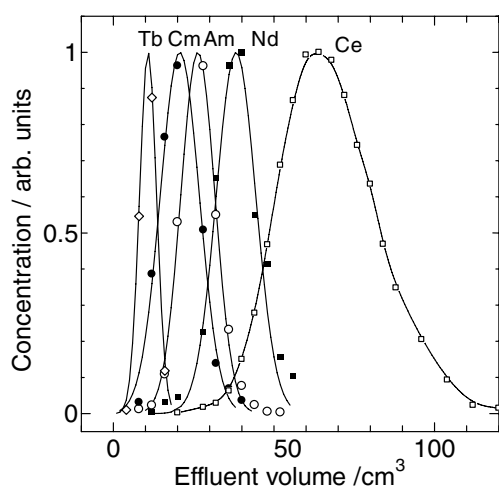


Fig. 3 Chromatogram of lanthanides and actinides by using nitric acid / methanol mixed solution.

ム、キュリウム)の電荷密度はイオン半径によって決まる。したがって、硝酸系ではイオン交換的に吸着・分離現象が発現していると考えられる。塩酸系では、硝酸系とは異なり、グループごとに分配係数が大きく異なり、また Fig. 4 では分かりづらいがテトラド構造も観測されている。ランタノイドとアクチノイドの違いはどちらも f 電子を持つが、ランタノイドが 4f 電子であり、アクチノイドは 5f 電子であることにある。5f 電子は 4f 電子と異なり、外側の電子軌道にはみ出るような軌道を持ち、その結果、4f 電子元素のランタノイドよりも 5f 電子元素のアクチノイドの方がよりソフト性を有するイオンとなっている。前述のとおり、3 級ピリジン樹脂はソフト配位子の機能も持っており、HSAB 則 (Hard and Soft Acids and Bases low) によればソフトな酸とソフトな塩基は互いに配位を作り易い性質があり、アクチノイドイオンはランタノイド比べてソフトなルイス酸であること、ピリジンはソフトなルイス塩基であることから、アクチノイドのイオンはランタノイドのイオンよりもピリジンと錯形成し易いと言える。したがって、3 級ピリジン樹脂がソフト配位子としての機能が発現したときに、ランタノイドとアクチノイドのグループ間の分離が可能となり、塩酸系でこの機能が発現していることがわかる。更に、塩酸系と硝酸系で各グループ内の元素間分離を検討するため、メタノールの割合を変化させてクロマトグラフィによる吸着・分離試験を

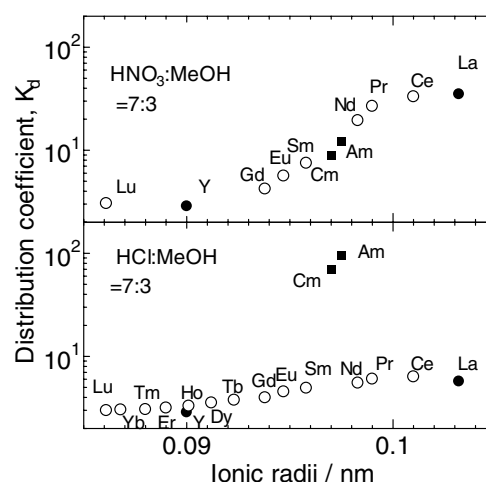


Fig. 4 Distribution coefficients of rare earth elements and actinides.

行った。その結果、硝酸系ではメタノールの割合を増加させることにより、分離係数及び分解能が増加することを確認し [3, 4]、希土類元素間の相互分離 [3]、及びアメリシウムとキュリウムの分離 [4] が可能であることを示した。以上をまとめると、3 級ピリジン樹脂を塩酸系で用いるとピリジンはソフト配位子として働き、3 価のアクチノイドとランタノイドが分離できることを見出した。また、硝酸系で用いると 3 級ピリジン樹脂は弱塩基性陰イオン交換樹脂として働き、メタノールとの混合溶液を用いることにより、ランタノイド間及びアクチノイド間の元素の相互分離が可能であることを見出した。

参考文献

- [1] T. Suzuki, M. Aida, Y. Ban, Y. Fujii, M. Hara and T. Mitsugashira, J. Radioanal. Nucl. Chem. 255 (2003) 581.
- [2] A. Ikeda, K. Itoh, T. Suzuki, M. Aida, Y. Fujii, T. Mitsugashira, M. Hara, M. Ozawa, J. Alloys & Compounds 408-412 (2006) 1052.
- [3] T. Suzuki, K. Itoh, A. Ikeda, M. Aida, M. Ozawa, Y. Fujii, J. Alloys & Compounds 408-412 (2006) 1013.
- [4] T. Suzuki, K. Otake, M. Sato, A. Ikeda, M. Aida, Y. Fujii, M. Hara, T. Mitsugashira, M. Ozawa, to be published in J. Radioanal. Nucl. Chem. Vol.207 No.2.

解 説

インビーム・メスバウアー分光法

小林義男 (理化学研究所・仁科加速器研究センター・旭応用原子核物理研究室)

『インビーム・メスバウアー分光』は、励起状態または短寿命励起核を生成し、これらを試料中に導入して測定する「発光メスバウアー分光法」の一つである。励起核プローブ自体の情報だけを集めることができるので、従来のイオン注入法に比べると格段に低い濃度での状態分析が可能なので、メスバウアー寿命程度の時間スケールでの不安定状態・非平衡状態下の情報や励起準位に至るまでの前駆過程がもたらす化学的効果の知見が得られるなどのユニークな利点を有する。本稿では、インビーム・メスバウアー分光の実験方法の概要とこれまでの実験結果について紹介する。

1. インビーム・メスバウアー分光とは

「原子核」をプローブとして、または「核現象」を利用して、物質の化学状態、電子状態、さらに熱的、電氣的、磁氣的性質などの物性を知る実験手段の代表的なものとして、核磁気共鳴法(NMR)・メスバウアー分光法・陽電子消滅法・中性子散乱法・ $\gamma\gamma$ 摂動角相関法(PAC)・ μ SR法などが挙げられる。メスバウアー分光法は、原子核が無反跳で励起状態から基底状態に遷移する時に放出する γ 線(数keV～150keVのエネルギー)を、基底状態にある同じ原子核が共鳴吸収する現象を観測するものである。メスバウアースペクトルの超微細構造の温度依存性から、軌道電子の密度やその対称性、原子価状態、スピン状態、分子内または分子間結合の強さ、磁氣的性質などの物性に関する様々な情報を得ることができるので、物性物理や化学のみならず、工学から生命科学、地球科学、宇宙科学、考古学にわたる広範囲で応用されていることは、他の核的手法に比べて特筆すべきことである。その詳しい原理や解説については、成書[1-5]を参考にしていきたい。

通常、メスバウアー分光法では、比較的長い寿命の γ 線源と測定試料(吸収体または散乱体に相

当)を用意し、 γ 線源にごくわずかなドップラーエネルギーを加減することで γ 線の透過率(または散乱率)を測定してスペクトルを得る。最も典型的な ^{57}Fe メスバウアー実験を例にとると、 ^{57}Co (半減期270日)線源のEC壊変で放出される14.4keVの γ 線を用いて測定を行なう(図1)。

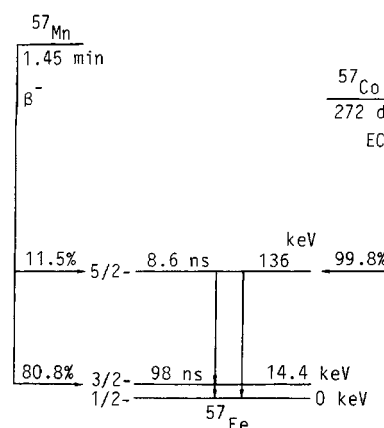


図1 ^{57}Fe の壊変図

これに対して、我々は、加速器や原子炉施設を利用した『インビーム・メスバウアー分光』を理化学研究所加速器施設を中心に1995年頃から開発してきた。この手法は、測定試料内にメスバウアー核プローブ(14.4keVの γ 放出体)をその場で直接生成しながらオンライン測定するという手法で、いわゆる線源実験(発光法)の形をとる。50keV程度の低エネルギーイオン注入法で核プローブを埋め込む従来からの実験では、長寿命親核からの崩壊を利用した励起状態を得るので、ビーム注入中に測定する必要がない。インビーム法では、短寿命メスバウアー励起状態の生成→励起核の物質中への埋め込みという一連の流れを同時進行するので、Beam ONのもと「その場」でスペクトル測定をする。試料中への核プローブの導入方法には、以下の3種類がある。

- ① 重イオンビームでクーロン励起核を生成し、

これを反跳エネルギーによりイオン注入する。

- ② 入射核破砕反応で生成した短寿命不安定核を二次ビームとして直接イオン注入する。
- ③ $^{56}\text{Fe}(n, \gamma)^{57}\text{Fe}^*$ 反応や $^{56}\text{Fe}(d, p)^{57}\text{Fe}^*$ 反応の核反応を利用して試料中に生成する ($^{57}\text{Fe}^*$ は励起状態を示す)。

メスbauer励起状態の生成方法により、プローブ核の注入エネルギーも異なる。例えば、 $^{56}\text{Fe}(n, \gamma)^{57}\text{Fe}^*$ 反応では数 eV、 $^{56}\text{Fe}(d, p)^{57}\text{Fe}^*$ 反応では数 100 keV、クーロン励起後の反跳イオン注入では数 10 MeV である。入射核破砕反応を使うと試料導入直前での全注入エネルギーは数 GeV にもなり、これまでの keV オーダーの低エネルギーイオン注入とは3桁以上も大きなエネルギーとなる。

①②③いずれの方法でも、重イオンまたは中性子ビームを利用するので、ビームのエネルギーや強度・スポットサイズ・安定性が実験の成否を左右する要因となる。ビームは的確にしかも長時間に渡って安定に標的試料を射抜く技術が要求される。加速器や原子炉において生成されるメスbauer励起準位からの γ 光子の数は、市販の長寿命 γ 線源を用いた実験に比べると圧倒的に少ない。ビームが僅かでも標的以外の箇所を照射すれば、たちどころに非メスbauer放射線がバックグラウンドを一瞬にして押し上げるので、メスbauer共鳴ピークはその中に埋もれてしまう。したがって、ビーム調整と合わせて、メスbauer γ 線検出器を中心とした計測システムも整備することが求められる。一般的な比例計数管やシンチレーション検出器では、非メスbauer放射線由来のバックグラウンドが桁違いに大きく、この種の実験には不向きである [6]。試料から放出される数少ないメスbauer γ 線を、限られたビームタイム時間内で効率良くかつ質良く測定するには特別な γ 線検出器が必要である。その目的のために開発したのが、「ガスフロー型平行平板なだれ型 γ 線検出器 (Parallel Plate Avalanche Counter; PPAC)」(写真1) である。我々の実験では、これを自作して使用している。PPACは、内蔵された吸収体 (^{57}Fe 富化ステンレススティール箔、厚さ $2\mu\text{m}$) のメスbauer効果によって放出された

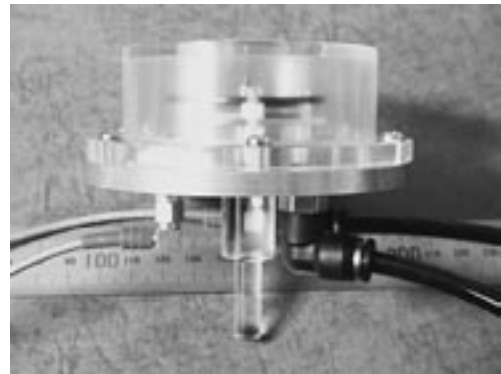


写真1 平行平板なだれ型 γ 線検出器 (PPAC)

内部転換電子の電子なだれを利用した共鳴ガスカウンターである。これをメスbauer駆動装置に取り付けてスペクトルを計測する。カウンターガスは、高純度パーフルオロプロパン (C_3F_8)、イソブタン、アセトンなどが使用できる。PPACの作製方法ならびに性能については、文献 [7] に詳しい記述がある。

試料中にその場でメスbauer核を導入するインビーム・メスbauer法には、従来の透過法や散乱法または低エネルギー・イオン注入メスbauer分光法にない優れた特徴がある。

- (1) 従来のイオン注入法よりも格段に少ない原子数 (^{57}Fe 原子数で 10^{11} 原子程度) なので、試料中におけるプローブ核の凝集や相互作用が無視でき、「孤立した原子」の局所的情報を得ることができる。
- (2) 適当な時間窓を設けることにより「孤立原子」の固体中での動的振る舞い (原子ジャンプ過程、存在箇所の熱的安定または準安定性、格子欠陥の生成と再結合過程) がメスbauerスペクトルの線幅や面積強度の変化から定量できる。
- (3) 短寿命不安定核を用いた実験では高励起核のイオン注入なので、通常の化学操作では合成が困難な新規化学種の生成が期待できる。
- (4) Fe と固溶しない系においても注入可能で、すべての凝縮系が研究対象となる。

これまでに、我々が行なったインビーム・メスbauer分光実験の概要を以下に紹介する。詳しく

い実験内容や結果については文献を参照していただきたい。

2. クーロン励起メスbauer分光法

クーロン励起核と反跳エネルギーによるイオン注入を組み合わせたメスbauer分光法は、1960年代後半から70年代にかけて、G.E. Sprou, G. M. Kalvius, F. E. Obenshain, G. Weyer [8] により初めて取り入れられ、先進的な研究が試みられた。しかし、当時の加速器の性能や γ 線検出技術等の制約があり、物性や無機化学研究への本格的な応用には至らなかった。その後80年後半に、Hahn-Meitner 研究所 (HMI Berlin) において、吉田 (現 静岡理工科大) や R. Sielemann, M. Menningen らの精力的かつ緻密な作業が結実し、インビーム・メスbauer分光が飛躍的に進歩した。この大きな発展は、重イオン加速器からの十分なエネルギーとビーム強度でかつ時間構造のきれいなシングル・バンチビームが取り出せたこと、ガス充填型メスbauer γ 線検出器 (PPAC) の安定な動作、beam-coincident な同時計測システムとスペクトル解析プログラムの確立などが成功の要因であると考えられる。これにより、吉田らは、HMI ビームホールの専用ラインに実験装置を設置し、金属単体中に「孤立した」Fe 原子の占有位置 (置換格子位置または格子間位置) や格子間原子の高速拡散に関する詳細な研究を行なった [9, 10]。彼らの努力と成果がなければ、理研の我々の研究計画も立ち上がっていなかったであろう。化学分野ではなじみが薄いこの手法について、HMI での実験成果をもとにここで紹介する。

実験方法は、HMI Berlin にある重イオン加速器 VICKSI からの 110 MeV の ^{40}Ar パルスビーム (パルス幅: 1 ~ 2 ns, パルス間隔: 200 ~ 400 ns) を ^{57}Fe 金属箔 ($3\text{mg}/\text{cm}^2$) に照射した。ビームは ^{57}Fe 金属箔を通過するが、 ^{57}Fe 核はクーロン励起状態に遷移し、同時に励起 ^{57}Fe 核は数 MeV から数十 MeV の反跳エネルギーを獲得する。この励起 ^{57}Fe 核は ^{40}Ar ビームに対し約 $20^\circ \sim 70^\circ$ の間に分布を持つピークで放出される (図2) ので、 ^{40}Ar が試料に同時に打ち込まれない角度に試料を配置すれば、励起 ^{57}Fe 核を受け止めることが出来る [11]。これが、反跳エネルギーを利

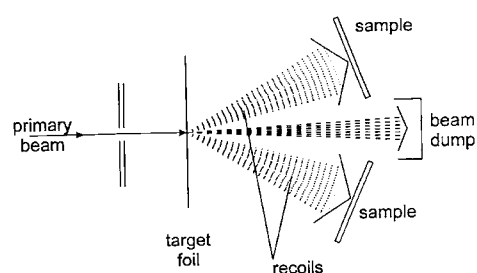


図2 クーロン励起核の反跳エネルギーによる試料への注入

用したイオン注入である。反跳エネルギーは数 MeV から数十 MeV と高く、 ^{57}Fe は試料表面から数 $10 \sim 100\mu\text{m}$ まで深く注入できる。試料中で静止後、メスbauer γ 線を放出し、これを平行平板なだれ型 γ 線検出器 (PPAC) でスペクトル測定を行なう。打込んだ ^{57}Fe 核プローブとその近傍の状態について、イオン注入直後から励起状態の寿命 ($\tau = 140\text{ ns}$) に相応して設定した時間窓で測定し、これを繰り返してデータを蓄積する。典型的な計数率は約 $5 \sim 10\text{ count/s}$ 程度で、一つのスペクトルを得るのに約数時間程度で十分である。試料近傍は $10^{-7} \sim 10^{-8}\text{ mbar}$ の真空度に保持し、試料はフロー型 Liq.He クライオスタットまたはヒーターにより $10 \sim 850\text{ K}$ の温度領域での測定が可能である。

HMI Berlin における吉田と Sielemann らの代表的な研究例として、 $\alpha\text{-Zr}$ 中の格子間間隙にある Fe 原子のケージ運動 (local motion) の観測がある [9]。クーロン励起メスbauer γ スペクトルを図3に示す。24K で通常の格子置換位置に止った Fe による成分 (65 % の相対強度) のほかに、30 % の格子間位置にある Fe による成分が観測された。この格子間 Fe 成分は、50 K 付近で四重極相互作用の緩和を伴う共鳴面積強度の急激な減少を示した (図4)。この異常な温度変化は、格子間 Fe 原子が局所的なジャンプ (cage motion; ケージ運動) をするとき起こる現象であると理論的に期待されていたものである。ケージ運動は、Al 中の格子間 Fe 原子で G.Vogl らにより初めて実験的に観測され [12]、インビーム・メスbauer分光法でも同様に見出された。Al 中では面積強度の減少のみが観測され、理論の予測にもかかわらず、四重極相互作用の緩和は明らかではなかつ

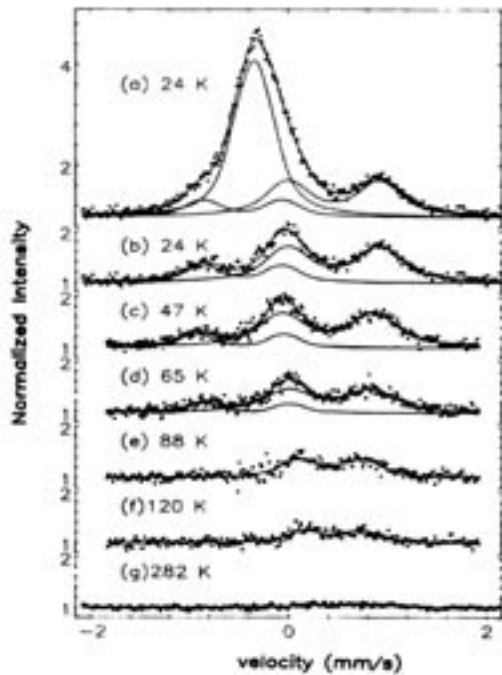


図3 α -Zr にクーロン励起 ^{57}Fe 核を注入したインピードム・メスバウアースペクトル ((b) - (g) は、格子置換位置の主成分ピークを差分したもの)

た。しかし、吉田らの実験から、メスバウアー・パラメータの温度変化より、 α -Zr 中の Fe 格子間原子は 50 K 以上で、図5のような八面体格子間位置からわずかにずれたケージ位置上を高速でジャンプしていることが明らかとなった。

この α -Zr マトリックスの他に、HMI-Berlin グ

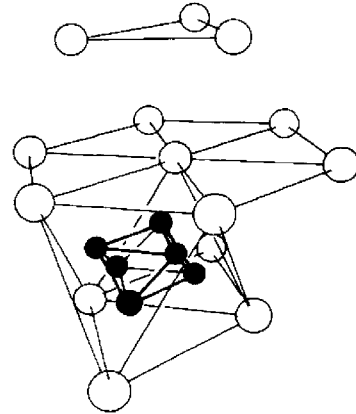


図5 α -Zr 金属における八面体格子間位置 (白丸: Zr 原子, 黒丸: 八面体格子間位置をランダムにジャンプする ^{57}Fe 原子)

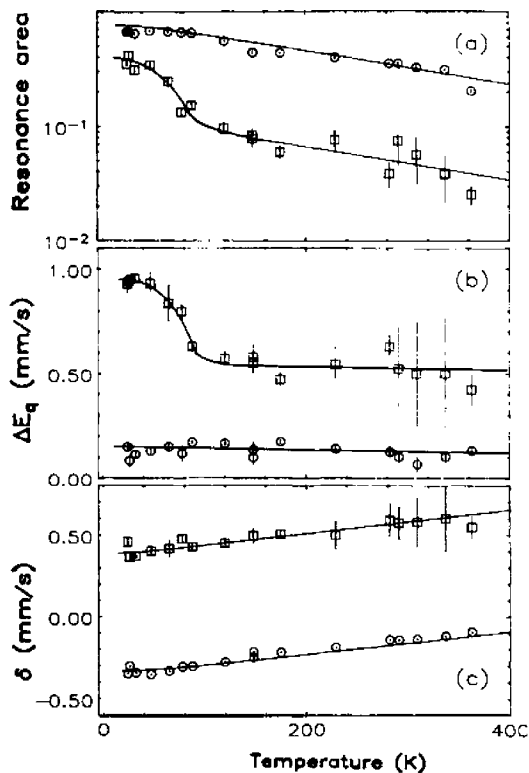


図4 主成分とダブレットの (a) 共鳴吸収面積強度、(b) 四極分裂、(c) センターシフトの温度変化

ループが中心となって行なったクーロン励起メスバウアー分光実験は、Sc、Y、Ti、Nb、Pb、Sn、Li、Na、K、さらには Si、Ge 中の ^{57}Fe の測定がある。Sc 中ではケージ運動の他に長距離拡散 [10] を、Pb 中では注入 Fe 原子がすべて格子間位置に入ること等を観測した。これらの結果から注入 ^{57}Fe 核は金属や半導体では、置換格子位置または格子間位置に止まり、その格子間位置にある Fe 原子のジャンプ過程のその場観察が可能となった。クーロン励起メスバウアー分光法では、1つのスペクトル測定に必要な ^{57}Fe の個数が約 10^{11} と極めて少なく、注入深さも数 $10 \sim 100 \mu\text{m}$ と深い。従来の低エネルギーイオン実験で問題となっていた高濃度クラスター成分やカスケード間の重なり等の複雑な解釈の必要もなくなった。さらに、物質によっては励起 ^{57}Fe 核を直接格子間位置に打ち込むことも可能である。つまり、格子間 ^{57}Fe 原子の動的振る舞いを、スペクトル線幅増加や共鳴面積の低減などを通じた超微細相互作用の緩和現象を直接観測できるので、原子スケールでの拡散現象を議論するための実験手法として有効であることが示された。

クーロン励起メスbauer分光法では、パルスビームを用いて ^{57}Fe の励起状態を生成するので、時間分割測定が比較的容易に行える利点もある。クーロン励起核注入直後をスタート時間としてパルス間隔400 ns間をいくつかの時間窓に設定すれば、注入励起 ^{57}Fe 核の動的挙動すなわちジャンプ頻度や周囲の欠陥との再結合過程をナノ秒スケールの実時間で追うことも可能である。

理化学研究所加速器施設では、HMI Berlinと同種のスペクトロメータと真空装置を整備し、固体アルゴン中における置換格子位置または格子間位置を占有するFe原子の動的振る舞いについての研究を行なった[13]。

3. ^{57}Mn インビーム・メスbauer分光

短寿命不安定核ビーム(RIビーム)をメスbauer分光法に応用した研究は、理化学研究所加速器施設を用いて我々が世界で初めて行なった。

メスbauerプローブ核 ^{57}Fe にはもうひとつの親核である ^{57}Mn がある(図1)が、これを線源として化学や物性研究に応用した実験例は極めて少ない。 ^{57}Mn 核の半減期が1.45分と非常に短いので、化合物を合成し線源として利用することが至極困難なためである。しかし、この短寿命 ^{57}Mn を線源として用いる実験は大きな魅力がある。ひとつは、 ^{57}Mn による β^- 壊変では、 ^{57}Co のEC壊変に比べて、Auger効果で引き起こされるプローブ核周囲の損傷が比較的小さく、化学的環境の乱れが少ないと考えられることである。これまで発光法といえば、長寿命 ^{57}Co を化学的にドーピングするか低エネルギーイオン注入して試料に埋め込むしか方法はなかった。 ^{57}Mn がメスbauer分光に応用できれば、 ^{57}Mn (β^- 壊変)と ^{57}Co (EC壊変)の異なる壊変過程を経て生成するプローブ核の化学状態を議論することが可能となる。

ふたつは、元素としてのMnは様々な原子価状態や電子配置をとり、FeやCoとは異なるユニークな化学的性質を有することにある。マンガン化合物では、Mnイオンの酸化数が-3から+7まで幅広く11種類あり、なかでもMn(VII)($3d^04s^0$)、Mn(VI)($3d^14s^0$)、Mn(V)($3d^24s^0$)と高い原子価状態も固体中で安定に存在するが知られている。Feは、固体中の最も高い酸化数Fe(VI)($3d^24s^0$)

が知られているが、安定に存在しない。化学的環境の乱れが少ない系では、核壊変前の元素の化学種と等電子化合物を形成することが期待できることから、高い原子価状態にあるMn核がそのMn位置でFeに壊変した際には、 ^{57}Co 線源実験では観測されないエキゾチックな化学種が生成する可能性が高く、ホットアトム化学的見地から ^{57}Mn を利用する研究が待ち望まれていた。

^{57}Mn ビームを使う実験手順は以下の通りである。 ^{59}Co または ^{58}Fe の一次ビームを理研リングサイクロトロンで核子あたり80 MeVの高エネルギーまで加速した。これを、一次標的のBe金属に衝突させると「入射核破砕反応(projectile-fragment reaction)」が起こり、陽子や中性子が剥ぎ取られた様々な核破砕片(projectileすなわち短寿命RI)が生成される。この中から、 ^{57}Mn を電磁的に質量分離するRIPS(Riken Projectile-fragment Separator)で分離収束後、 ^{57}Mn ビームをインビーム・メスbauer分光装置に導き、試料に直接注入した。図6にRIKEN RIPSの概念図を示す。破砕片は一次ビームの運動量をほぼそのまま保持して前方に進み、二段のベンディング電磁石で(A/Z)と(A^{25}/Z^{15})により目的核種のみ次の焦点面に輸送することが出来る。最適化された ^{57}Mn ビームは試料内で停止後、約2分の寿命経過後に放出される γ 線をPPACを用いてメスbauerスペクトルを測定した。PPACと並べてCdZnTe γ 線検出器でも14 keVの γ 線をモニターした。以上が、不安定短寿命核 ^{57}Mn を用いるインビーム・メスbauer分光法である。図7

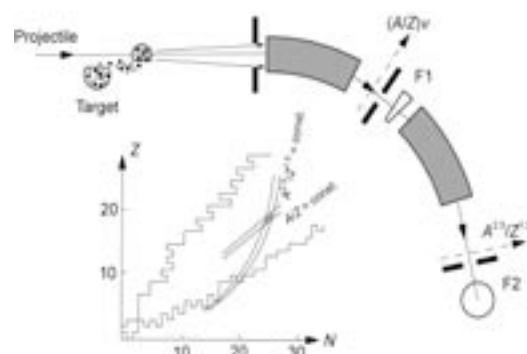


図6 RIPS (Riken Projectile-fragment Separator) 概念図 (F1, F2はfocal plane)

と写真2にインビーム・メスbauer分光装置の概略を示す。

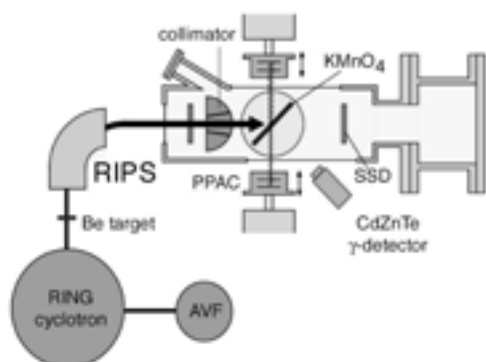


図7 ^{57}Mn インビーム・メスbauer分光実験の概念図

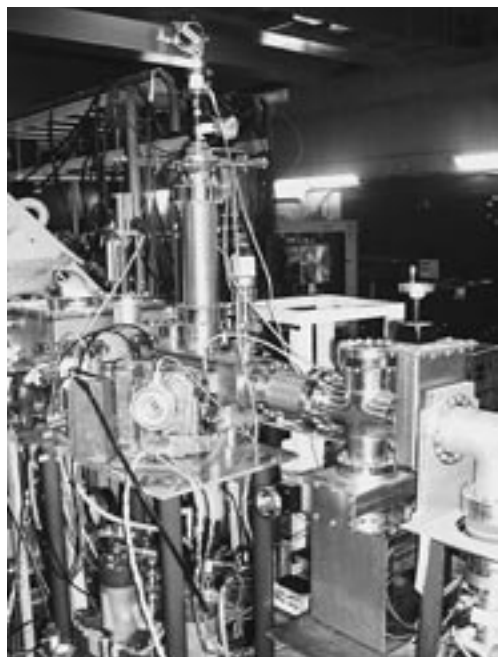


写真2 ^{57}Mn インビーム・メスbauer分光装置

3-(1) 無機化学への応用

^{57}Fe ($\leftarrow ^{57}\text{Mn}$) の KMnO_4 中での存在状態—核破碎反応による短寿命核 ^{57}Mn ビーム実験に先駆けて、1988年に都立大・東大・理研グループは、理化学研究所旧160cmサイクロトロンを使って、 ^{54}Cr (α, p) ^{57}Mn 反応を利用したメスbauer分光研究を行なった [14]。金属CrやCr化合物の α 照射により生成した ^{57}Mn を線源として利用し、発光スペクトルを観測した。得られた

結果は、 ^{57}Mn 壊変後、 ^{57}Fe は Fe (II) または Fe (III) の成分のみ観測され、高酸化状態の Fe 化学種の存在は認められなかった。しかも、この手法は、(α, p) 反応を用いるため Cr 化合物にしか適用できないという課題も残された。

その後、現在の加速器施設が完成して不安定短寿命ビームが実験に供されることとなったのを機に、Exotic 化学種の生成と探索を目的として、まず Mn (VII) からなる KMnO_4 を注入試料にして ^{57}Mn インビーム・メスbauer分光実験を開始した [14]。試料は、市販の KMnO_4 を乳鉢で細かく粉碎後、40 mm × 40 mm × 0.5 mm 厚に加圧成型し、Liq.He クライオスタットに固定した。 ^{57}Mn ビーム調整後、 KMnO_4 試料直前においたエネルギー減衰板の最適な厚さを γ 線スペクトルの 14 keV の取量から決定したところ、Al 換算でおおよそ 250 μm となった。Al 減速板通過後の ^{57}Mn ビームのエネルギーは 17 ~ 19 MeV/nucleon で、試料表面からの飛程とその広がりとは約 150 μm 、30 μm となると見積もられた。

得られた ^{57}Fe ($\leftarrow ^{57}\text{Mn}$) インビーム・メスbauerスペクトルを図8に示す。注入した ^{57}Mn の数は毎秒約 1.4×10^5 個であった。90 K 以下では、doublet 成分と singlet 成分からなる2組の共

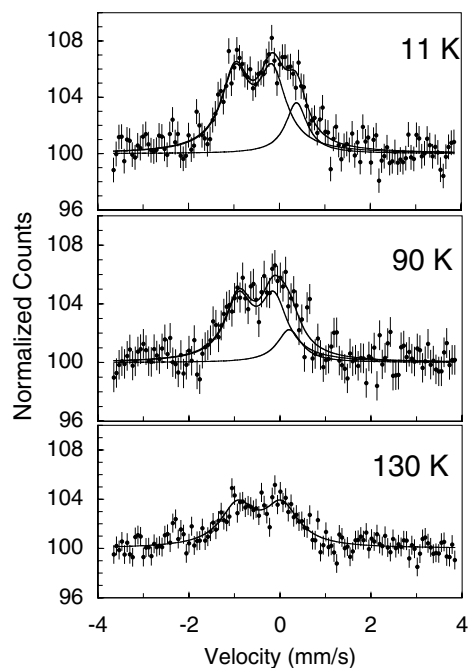


図8 KMnO_4 にイオン注入した ^{57}Mn インビーム・メスbauerスペクトル

鳴ピークで、130 K 以上では singlet 成分は消失し、1 組の doublet で解析できた。通常、プローブ核を酸化物などの化合物にイオン注入したメスバウアースペクトルでは、数本以上の吸収線が出現したり、線幅の広がり観測されて非常に複雑となり、金属や半導体に注入したケースに比べて解析が困難になる場合が多い。しかし、この実験結果は、対称な doublet と singlet の 2 成分でスペクトルを解釈することができた。これは、注入後約 2 分の寿命の間に生成した ^{57}Fe の占有位置と化学型が多種にわたっていないことを意味している。

11 K における doublet のメスバウアーパラメータ (純鉄基準) は、 $IS = 0.57(4) \text{ mm/s}$ 、 $QS = 0.82(5) \text{ mm/s}$ であった。130 K までパラメータの大きな温度依存性は認められなかった。これらの値から、doublet は高スピン型 Fe (II) で、格子間位置または K^+ イオンの置換位置にあると思われる。一方、singlet 成分は、 $IS = -0.38(5) \text{ mm/s}$ (at 11 K) で、doublet 成分に対する面積強度はおおよそ 1/4 であった。マイナスの I.S. 値は、通常の原子価状態ではない新規化学種であることを示唆している。酸素原子が四面体または八面体に配位した鉄イオンの酸化数に対する I.S. の値は、Fe (VI) (K_2FeO_4 , $IS = -0.85 \text{ mm/s}$) まではほぼ直線的に減少することが報告されている。しかし、それ以上の高い原子価状態の鉄イオンに関する研究例はこれまでなかった。

KMnO_4 は、 K^+ イオンと正四面体構造 $[\text{MnO}_4]^-$ からなるイオン性結晶である。singlet 成分は $[\text{MnO}_4]^-$ の Mn 位置を置換した $^{57}\text{Fe}^{n+}$ に起因していると考えて、Fe (II) ~ Fe (VIII) で形成される $[\text{FeO}_4]^{n-}$ の Fe 核位置での電子密度とその構造安定性について分子軌道法 (Gaussian98, DV-X α) を用いて計算した。G98 計算の構造最適化から、最も安定な四面体配置は Fe (VI) からなる $[\text{FeO}_4]^{2-}$ と Fe (VIII) からなる $[\text{FeO}_4]^0$ であり、その他の原子価状態の Fe イオンでは、 $[\text{FeO}_4]^{n-}$ 配置を形成しないことがわかった。また、Fe (VI) と Fe (VIII) はともに 4 配位の酸素の中心に位置し、電場勾配がゼロとなることが計算で求められ、観測されたメスバウアースペクトルの吸収線が singlet であることと一致し、その起源となる化学種は $[\text{FeO}_4]^{2-}$ もしくは $[\text{FeO}_4]^0$ であると考えた。

分子軌道法によって得られた鉄原子の原子価状態に対するポピュレーション解析結果から、Fe-O 結合は、鉄の原子価状態が増加するにつれてイオン結合性から共有結合性が強くなる傾向がある。したがって、結合性軌道に対する 3d 電子の寄与が増加し、反結合性軌道への寄与は減少する。Fe (II) ~ Fe (VI) では酸化数の増加に伴い反結合性電子の数が少なくなるので 3d 電子のポピュレーションは減少するが、Fe (VI) ~ Fe (VIII) では共有結合性の寄与が大きくなるので 3d 電子のポピュレーションは若干増加する傾向にあると解釈した。また、鉄原子核位置での電子密度の計算結果より、Fe (II) から Fe (VI) において核位置での電子密度は増加し、Fe (VI) で極大値をとり、さらに高酸化状態になると減少することが示された。これは、 $[\text{FeO}_4]^{2-}$ をもつオキソ酸鉄化合物の Fe (VI) の I.S. が最小値をとり、さらに原子価状態が上がると I.S. は大きくなることに対応する。したがって、今回の実験で得られた singlet 成分は、四面体 4 配位の Mn 位置を置換した高酸化状態 Fe (VIII) の $[\text{FeO}_4]^0$ によるものであると同日した [15, 16]。

— 固体酸素との反応生成物 —

高励起状態の金属イオンが、通常の化学反応とは全く異なる生成物や化学種をもたらすであろうことは上記の KMnO_4 実験から示唆された。反応性の高いマトリックス中に孤立した高励起核プローブを導入することで、異常酸化状態や新規化学種の生成を直接観測することが可能となった。 KMnO_4 実験では、 $[\text{MnO}_4]^-$ 中の Mn サイトに捕捉された ^{57}Mn を起源とするため、結晶中での四面体構造を保持した化学種であり、構造上完全孤立系を仮定することは困難である。マトリックスの立体構造に制約されることが少なく、より安定な立体構造を持つ電子状態の鉄化学種が得られるものとしてガス固体を試料に選んだ。なかでも、酸素は高酸化状態を安定化させるので、Fe 原子の高酸化状態を有した exotic な化学種の合成が期待でき、これを注入試料とする ^{57}Mn インビーム・メスバウアー分光実験を行なった。一方で、レーザー蒸発によって生成する高励起状態の Fe 原子と O_2 分子の気相反応によって得られるマトリッ

クス単離実験の Fe_xO_y 化学種に関する研究 [17] が報告されている。 ^{57}Mn インビーム・メスbauer分光実験は、マトリックス単離法と比較して桁違いに大きな並進エネルギーを持って固体酸素と反応するため、異なる活性化エネルギーを経由する新規化合物が得られると期待した。

測定用真空チャンバー直上にゲートバルブで仕切られた試料作製部において固体酸素試料を作製した。固体酸素は、試料作製部を 1×10^{-7} mbar まで真空にした後、真空度 10^{-5} mbar を保持しながら酸素ガスを導入し、液体ヘリウムクライオスタットで 15 K に冷却されたアルミ板上に凝集させて得た。厚さ約 1 mm で青白色の固体酸素試料が作製できたことを確認後酸素ガスの供給を停止し、ゲートバルブを開け、試料をビーム位置まで下ろした。 ^{57}Mn ビームは、RIPS で最適化した後、Al 減速材を通過する直前でその個数は毎秒約 3×10^5 個であった。Al 減速板通過後の ^{57}Mn ビームのエネルギーは 20 MeV/nucleon で、試料表面からの平均飛程は約 150 μm 、 ^{57}Mn ビーム運動量の誤差を $\Delta 6\%$ とすると試料表面から最大 300 μm の範囲に広く分布して停止していると思われた。

固体酸素を試料にしたインビームメスbauerスペクトルは、18、32、44 K で測定した。18 K で得られたスペクトルは、 -2.5 mm/s および 1.0 mm/s 付近に大きなピークを持ち、また固体酸素は低温で反強磁性 ($T_N \sim 30$ K) を示すことから Fe 原子の超微細磁場であろうとも解釈できそうである。しかし、この成分は、ネール温度以上の 32 K でもその分裂幅の大きさに変化がなく、さらに高い温度 44 K においても現われたことから、磁気分裂ではなく四極分裂であると考え、図 9 に示すように常磁性ダブレットのみの組み合わせで解析を行なった。その結果、4成分のダブレットを得ることができた。

今回の実験で得られたメスbauerパラメータを、山田らのマトリックス単離実験で得られたパラメータと比較して、固体酸素中で生成された Fe 化学種について検討を行なった。マトリックス単離実験では、メスbauer分光、赤外分光、および分子軌道計算を併用することで FeO、 $\text{Fe}(\text{O}_2)$ 、 FeO_3 、 $(\text{O}_2)\text{FeO}_2$ 、 OFeO などの化学種の帰属をしている。4成分のうち、 $\text{Fe}(\text{O}_2)$ 、

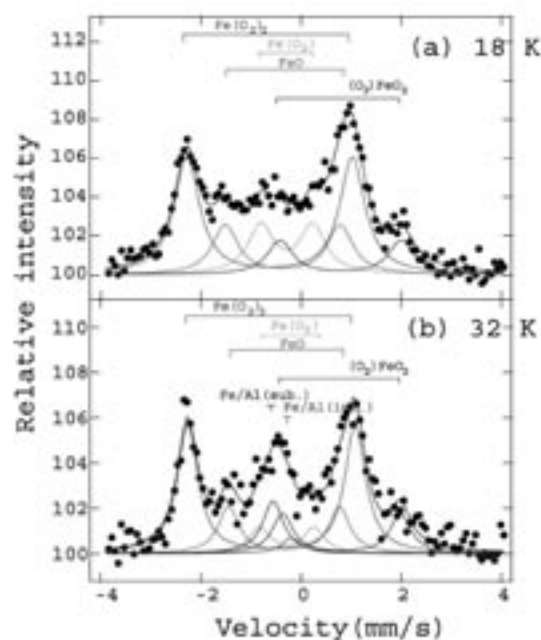


図 9 固体酸素に注入した ^{57}Fe ($\leftarrow^{57}\text{Mn}$) インビーム・メスbauerスペクトル

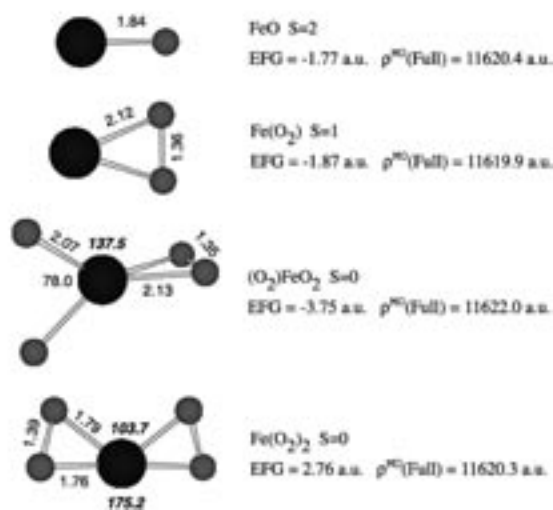


図 10 分子軌道計算 Gaussian98 で構造最適化された Fe_xO_y 化学種

FeO 、 $(\text{O}_2)\text{FeO}_2$ の 3 つについてはマトリックス単離実験のパラメータとほぼ同じであると帰属できた (図 10)。面積強度最大の成分は、山田らの実験では生成していない新しい化学種であることが明らかとなった。この成分について、分子軌道計算の結果、その IS と QS を満足する化学種は、低スピン型 Fe^{2+} の $(\text{O}_2)\text{Fe}(\text{O}_2)$ (図 10) であると示唆された [18]。これらの反応機構については、

現在検討中である。

高励起状態にある金属イオンは、通常の化学反応とは全く異なる生成物や化学種をもたらすことが実験的に見出すことが出来た。O₂分子との酸化反応は、腐食や触媒ばかりでなく大気化学にも関連する基本的な化学反応であるし、さらに、星間物質や電離層での化学反応や多様なガス固体を用いれば「凝縮系」における反応や結合様式の研究へ応用できるであろう。

3-(2) 物性物理への応用

-Si中の超微量不純物 Fe 原子の拡散過程-

不安定原子核プローブをビームとして物質に直接導入する⁵⁷Mnインビーム・メスバウアー分光法は、極超微量の「孤立原子」の固体中の電子状態や結晶格子における占有位置と動的振る舞いをその場でオンライン測定することが出来る。注入する全エネルギーはGeVオーダーに達するので、物質表面やその近傍ではなく、十分深い場所にしかも孤立できる。固体内部における孤立原子の酸化数と電子状態、周囲との結合様式、熱振動に起因する原子の動的挙動（原子ジャンプ過程）を理解する上で極めて有用かつ重要な研究手段となった。これまでに、Al・Cu・Si・グラファイトを試料として、短寿命不安定原子核⁵⁷Mn（半減期1.45分）を注入して固体物性研究に応用した。一般に、高エネルギーイオンを直接試料に注入すると原子核プローブの止まった位置では欠陥が多く、損傷が著しいと考えられていたが、我々の実験では、約2分の寿命後に損傷や欠陥は自己修復し、はっきりと分離したメスバウアー分光スペクトルを観測することに成功した。

ここでは、Si単結晶中の極微量不純物 Fe 原子の拡散過程の研究について概要を述べる [19,20]。Siウェハーの作製時には、熔融や単結晶引き上げの過程で超微量不純物となる金属原子の混入とその存在状態が大きな問題となる。金属原子が極僅かでも混入すれば半導体特性が乱され、十分な性能を発揮できない。Si中の超微量 Fe 不純物が結晶格子のどこに存在するのか、またそれは高温アニール処理により取り除くことが可能かという疑問を解決する基礎データを収集するのに、この⁵⁷Mnインビーム・メスバウアー分光法は非常に

有用である。

イオン注入後、Fe原子の占有位置は、図11に示したスペクトルから置換格子位置と格子間位置の二つに分布することが分かった。占有位置の決定は、メスバウアーパラメータと既報の電子密度計算結果から導いた。面積強度比から、室温では約65%が格子間位置を、残り35%は格子置換位置を占有している。共鳴線の幅は原子拡散の頻度に対応している。図11に示すように、格子間位置の Fe 原子は試料温度 500 ~ 600 K になるにつれて線幅が増大するとともに面積強度も低下し、かつ IS が格子置換位置のピークに寄り添うようになった。線幅の増加は、格子間 Fe 原子は温度上昇とともに原子ジャンプの頻度が高くなることを意味する。そして、動き回る格子間 Fe 原子は格子欠陥と再結合し、格子位置に落ち着くという描像を実験的に確認できた。温度上昇に伴う高速ジャンプ過程の前段階として動きやすい環境にある格子間 Fe 原子は、格子間位置と置換格子位置の間をジャンプ (motional averaging) する様が、図12に示すようにそれぞれの IS 値の二次ドップラーシフトの温度変化からのズレで説明すること

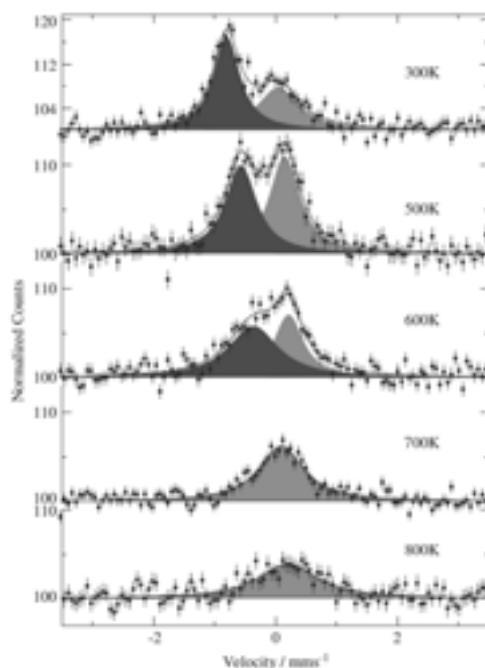


図11 Siにイオン注入した⁵⁷Fe (←⁵⁷Mn) インビーム・メスバウアー分光スペクトル (IS値がプラス側のピークが格子置換位置、マイナス側のピークが格子間位置)

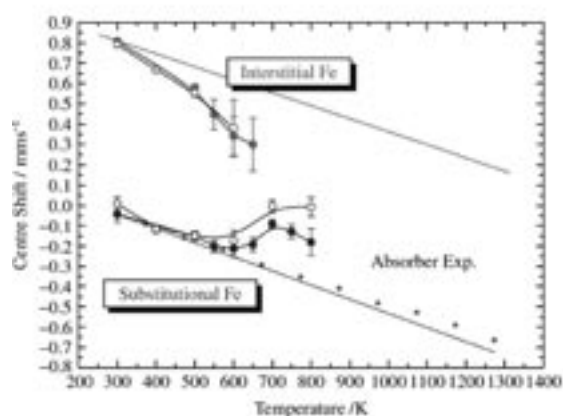


図12 Si中の ^{57}Fe ($\leftarrow ^{57}\text{Mn}$)異性体シフトの温度変化

ができた [19, 20]。

半導体中の超微量不純物原子の拡散挙動は、ドーパントの有無やその種類 (p-type と n-type)、磁場と電場の存在や光照射によるバンドギャップの制御などにより大きく変化することが予想され、それに向けた応用研究を計画中である。

4. 中性子インビーム・メスバウアー分光

中性子捕獲反応とそれに引き続いておこるカスケード γ 線放出の反跳によって生成するホットアトムは、原子炉照射後の試料を放射化学的分離分析手法により検出・定量して議論がおこなわれていた。しかし、これには数分以上の時間と溶解等の化学操作が必要とされるため、その後の化学操作によって生成した化学種を測定したり、化学操作中に生成物の分布が変化している可能性を排除できなかった。これに対して、中性子捕獲反応によるメスバウアー励起核を用いれば、生成化学種のキャラクタリゼーションを完全に非破壊的にリアルタイムで行うことができ、ホットアトムの化学的挙動の初期生成物を *in situ* で研究できる。しかし、中性子捕獲反応によって生成した励起 ^{57}Fe 核を用いるメスバウアー測定は、原子炉中性子ビームを用いることによりメスバウアー分光黎明期の1960年代に行われたが、手法としてのデモンストレーションにとどまり化学的な応用は行われていない。当時の技術では、測定に非常に時間がかかったことと化学系の研究者に注目されなかったことが原因と推測される。その後30年間中性子ビームを用いたメスバウアー研究は国

内国外を問わず行われていない。

我々は、日本原子力研究開発機構東海研究開発センター JRR-3M ビームホール内の即発 γ 線分析 (PGA) 用ポートにおいて、 $^{56}\text{Fe} (n, \gamma) ^{57}\text{Fe}^*$ で生成した短寿命励起状態 $^{57}\text{Fe}^*$ 核からの即発 γ 線を利用して、核反応直後の初期生成物を研究する方法を開発した。 α -Fe、ステンレススチールを用いたテスト実験を経て、Fe化合物を試料にして中性子インビーム・メスバウアースペクトルの測定を行なった。実験では、熱中性子束 $1.0 \times 10^8 / \text{cm}^2 \text{s}$ の中性子ビームをPGAポート手前で中性子レンズによって収斂し、さらに試料直前にLiFコリメーターにより $20 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$ のサイズにした。Fe化合物試料は、 FeS_2 の組成を持ち結晶構造の異なるパイライト (黄鉄鉱) とマーカサイト (白鉄鉱) である。両者ともFeは2価低スピン状態にあり、Sは S_2^{2-} として存在する。パイライトはNaCl型の結晶構造をとり、マーカサイトはパイライトを少し歪めた形をしている。パイライトは市販の粉末を、マーカサイトは鉱物を粉碎した粉末試料を加圧成型して、それぞれ約 0.1 g/cm^2 厚とした試料を中性子ビームとPPAC検出器ならびに即発 γ 線検出器に対して 45° の角度になるように配置し (写真3)、室温と78 Kでメスバウアースペクトルを測定した [21]。

パイライト試料で得られた室温の中性子イン



写真3 中性子インビーム・メスバウアー分光実験の試料とPPAC

ビーム・メスバウアースペクトルを図13に示す。通常の吸収スペクトルでは $IS = 0.303(1) \text{ mm/s}$ 、 $QS = 0.618(1) \text{ mm/s}$ のダブルット1成分である。中性子インビーム・スペクトルは2組のダブルッ

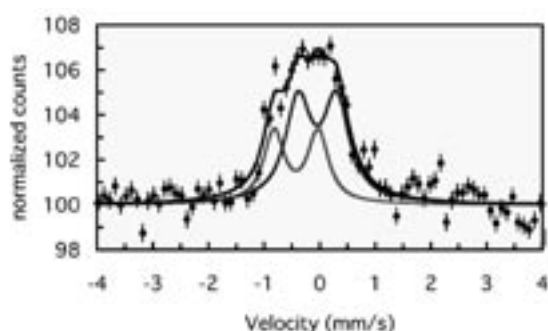


図13 室温で測定したFeS₂ (パイライト型) の中性子インビーム・メスバウアースペクトル

トで解析した。一つは、元々あるFeS₂マトリックス成分で、他方は原子核反応後の原子の反跳によって生成した新たな成分 ($IS = 0.06(3)$ mm/s, $QS = 0.67(3)$ mm/s) であると示唆された。マトリックス成分のISやQSの値がわずかに照射前よりも大きくなったが、これは γ 線放出に伴う反跳によって⁵⁷Fe原子がわずかに位置をかえたか、一度動いた原子核が格子位置に落ち着いたためと考えられる。新規成分のパラメータはAFeS₂ (A: アルカリ金属)、Ba₃FeS₅の値に近い。どちらもFeはS²⁻イオンに四面体型に囲まれたFe(III)であると報告されている。パイライトのS₂²⁻イオンは、AFeS₂、Ba₃FeS₅に含まれるS²⁻イオンと異なる結晶位置ではあるが、核反応後 γ 線放出の反跳によって格子間位置に飛び出したFe(III)の可能性もある。現在、低温測定の結果ならびにマーカサイトの実験結果について検討しているところである。

本手法は、捕獲反応直後の高エネルギー γ 線による大幅なバックグラウンドの増大が引き起こすため、S/N比の向上にかなりの労力を費やした。しかし、少しずつ対応策を講じることで低温でも十分解析に耐えうるスペクトルを観測するところまで到達したというのが現状である。

5. 今後の課題

インビーム・メスバウアー分光は、線源を試料とする「発光メスバウアー分光法」なので、極低濃度のプローブ核自身またはその近傍に関する状態分析が可能である。時間的には、メスバウアー寿命程度(核種にもよるがおおよそ100 ns程度)

までの不安定状態や非平衡状態における短時間の情報が得られる。したがって、その時間スケールまでは準安定状態を保ちうる化学状態(極低濃度の固溶体、非晶体、過渡的状态などを含め)をメスバウアー分光学的に研究しうること、メスバウアー準位をもたらすまでの前駆過程の核反応過程をもたらす化学的效果(いわゆるホットアトム効果)のデータを提供できる。共存あるいは付随するイオンやクラスターその他の放射線損傷の影響などは、メスバウアー核生成サイトへの重なりは多くない。

短寿命RIビームを利用すれば、非平衡状態の極端条件(低温・高圧・電場等)での化学反応を起こすことが可能であり、通常のマクロ量化学操作では生成困難な化学種の合成が期待できる。さらにインビーム・メスバウアー分光法を用いれば、生成した極微量化学種の*in situ*キャラクタリゼーションが出来る。特に、固体中で多彩な酸化状態をとる短寿命⁵⁷Mnをプローブにすることで、 β 壊変で生成するFe原子がどのような原子価をとるのかを議論する上で、従来行なわれて来た長寿命⁵⁷Co発光メスバウアー研究と比較することは、ホットアトム効果はもとより無機化学的見地からも興味深い。

一方、中性子捕獲反応と反跳によって生成するホットアトムの挙動は、メスバウアー励起核を用いれば、生成化学種のキャラクタリゼーションを完全に非破壊的にリアルタイムで行うことができ、ホットアトムの化学的挙動の初期生成物を*in situ*で研究できることを示した。RIビームを用いる手法と同様に、試料環境を変化させることも可能なので、温度依存性や圧力・光照射・磁場印加下でのホットアトム反応も追跡可能である。

このように、RIビームや中性子ビームを用いるインビーム・メスバウアー分光法は、短寿命励起化学種の生成と同定、ならびに中性子捕獲直後の材料中の原子のミクロな挙動を非破壊的に追跡することが可能である。ホットアトムの化学的挙動の研究に飛躍的な進展をもたらし、次世代の「量子ビーム化学」の展開に重要な役割を果たすであろう。放射光を利用した核共鳴散乱実験、まもなく稼働するRIビームファクトリー計画(理研)

や陽子加速器プロジェクト（高エネルギー加速器研究機構、原研）の大強度ビームを利用することで、すべてのメスバウアー核種のインビーム実験が可能となり、物質科学や無機化学研究の新しい展開が拓かれると期待している。

吉田 豊氏、行平憲一氏、早川一生氏（静岡理工科大）、山田康洋氏、宮崎 淳氏（東理大理）、久保謙哉氏（国際基督教大）、酒井陽一氏（大同工業大）、荘司 準氏（元筑波大）、米沢伸四郎氏、松江秀明氏（日本原子力研究所）、鈴木教之氏（理研化学分析室）、安部文敏氏（元理研）、ならびに理化学研究所加速器基盤研究部や各大学の学生諸氏には、研究開発とその応用研究に際して、多大なご協力やご助言をいただきましたことを心より感謝します。

参考文献

- [1] G. J. Long : "Mössbauer Spectroscopy Applied to Inorganic Chemistry, Volume 1", Edited by G. J. Long, (1984), (Plenum Press, New York).
- [2] 佐野博敏：“メスバウアー分光学 –その化学への応用–”, (1972), (講談社).
- [3] 佐野博敏, 片田元己：“メスバウアー分光学 –基礎と応用– (日本分光学会 測定法シリーズ 31)", (1996), (学会出版センター).
- [4] 安部文敏, 遠藤和豊：“第4版 実験化学講座 14「核・放射線」”, 日本化学会編, p429 (1992), (丸善).
- [5] 藤田英一：“メスバウアー分光学入門 –その原理と応用–”, (1999), (アグネ技術センター).
- [6] 他のエネルギーの γ 線との anticoincidence をとるという方法が実際に報告されているが、限られたビームタイムの時間内で回路調整を行なうことは現実的ではなく、かつ「本物の計数率」も大幅に低減するので、さらなる測定時間が必要になる。
- [7] 小林義男：ぶんせき, (2004) 277.
- [8] G. Weyer : "Mössbauer Effect Methodology, Volume 1", Edited by I. J. Gruverman and C. W. Seidel, p.301 (1976), (Plenum Press, New York).
- [9] Y. Yoshida, M. Menningen, R. Sielemann, G. Vogl, G. Weyer, and K. Schrör : *Phys. Rev. Lett.*, **61**, (1988) 195.
- [10] R. Sielemann and Y. Yoshida : *Hyperfine Interact.*, **68**, (1992) 119.
- [11] R. Sielemann : *Nucl. Inst. Meth. in Phys. Res. B*, **146** (1998) 329.
- [12] W. Petry, G. Vogl and W. Mansel : *Phys. Rev. Lett.*, **45** (1980) 1862.
- [13] Y. Yoshida, Y. Kobayashi, K. Hayakawa, K. Yukihiro, S. Nasu, and F. Ambe : *RIKEN Accel. Prog. Rep.*, **31**, 120 (1998).
- [14] Nakada M., Watanabe Y., Endo K., Nakahara H., Sano H., Mishima K., Kubo M. K., Sakai Y., Tominaga T., Asai K., Iwamoto M., Kobayashi Y., Okada T., Sakai N., Kohno I., and Ambe F. : *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **65**, (1992) 1.
- [15] Y. Kobayashi, Y. Yoshida, M.K. Kubo, Y. Yamada, A. Yoshida, H. Ogawa, H. Ueno, and K. Asahi : *Euro. Phys. J., A* **13**, 243 (2002).
- [16] Y. Kobayashi, M.K. Kubo, Y. Yamada, T. Saito, H. Ueno, H. Ogawa, W. Sato, K. Yoneda, H. Watanabe, N. Imai, H. Miyoshi, and K. Asahi : *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, **255**, 403 (2003).
- [17] Y. Yamada, H. Sumino, Y. Okamura, H. Shimasaki, and T. Tominaga : *Appl. Radiat. Isotopes*, **52** (2000)157.
- [18] Y. Kobayashi, H. Nonaka, J. Miyazaki, M. K. Kubo, H. Ueno, A. Yoshimi, H. Miyoshi, D. Kameda, K. Shimada, D. Nagae, K. Asahi, Y. Yamada : *Hyperfine Interact.*, **166** (2006) 357.
- [19] Y. Yoshida, Y. Kobayashi, K. Hayakawa, K. Yukihiro, F. Shimura, A. Yoshida, X. Diao, H. Ogawa, Y. Yano, and F. Ambe : *Defect and Diffusion Forum*, **194/199**, 611 (2001).
- [20] Y. Yoshida, Y. Kobayashi, K. Hayakawa, K. Yukihiro, A. Yoshida, H. Ueno, F. Shimura, F. Ambe : *Physica B*, **376-377** (2006) 69.
- [21] M. K. Kubo, Y. Kobayashi, H. Nonaka, Y. Yamada, Y. Sakai, H. Shoji, and H. Matsue : *Hyperfine Interact.*, **166** (2006) 425.

放射化学討論会

2006 日本放射化学会年会・第50回放射化学討論会記念大会報告

吉田 善行

(日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所)

1. はじめに

昭和32年に創始された放射化学討論会がこのたび半世紀の歴史を刻むことになり、これを記念して、平成18年10月24～27日の4日間、水戸市および東海村において標記記念大会を開催した。本会理事会ではこの記念大会を、半世紀の歴史を紐解き、放射化学研究の重要性の理解を一層深め、将来の研究の方向性を探る絶好機と意義付け、組織委員会（中原弘道委員長・近藤健次郎会長ほか委員36名）及び実行委員会（筆者が委員長を仰せつかり、臼田重和・篠原伸夫・永目諭一郎副委員長、ほか委員33名）を組織して約3年間かけて準備を進めた。そして記念大会には、293名（会員242名、非会員51名、そのうち学生75名）の参加を得、祝賀会のみのお出席者も含めた総参加者は304名に及んだ。このような盛大な会にさせていただいたが、これもひとえに関係各位のご協力、ご支援の賜物である。本稿では関係各位のご尽力に感謝しながら、記念大会の概要を報告する。

2. 記念事業

組織委員会は、記念事業「わが国の放射化学研究と討論会の50周年」を企画した。その内容は、(1)記念行事の開催：(i)特別表彰と感謝状贈呈、(ii)公開講演会、(iii)特別記念講演会の開催、(iv)記念式典の開催、(2)記念出版物の刊行：(i)「放射化学討論会要旨集全巻」収録DVDの刊行と第1回放射化学討論会要旨集復刻版の作成、(ii)「放射化学用語辞典」の刊行、(iii)「日本の放射化学50年のあゆみ」の刊行、(iv)放射化学教科書の企

画・編集の記念出版である。これらの記念事業を実施するにあたっては、所要経費のかなりの部分について個人会員及び賛助会員並びに関係諸機関、産業界諸企業等の方々からのご出資をお願いすることとし、募金活動を行った。これに対して、32の団体と162名の個人の方々から力強いご支援を頂き、募金目標額を達成して上記記念事業を進めることができることになった。ここに紙面を借りて、ご協賛いただいた各位に厚くお礼を申し上げたい。以下に記念事業の概要を記す。

(1) 記念行事の開催

(i) 特別表彰と感謝状の贈呈

わが国における放射化学の研究は、戦前から蓄積された研究成果を基盤としつつ、“ビキニ事件（昭和29年）”での第五福竜丸の放射能汚染調査活動を契機に活発化した。同じ頃、米国アイゼンハワー大統領の国連演説“Atoms for Peace”（昭和28年）を引き金に、各国で原子力平和利用の研究が始まったが、わが国でも日本原子力研究所や東京大学（東大）原子核研究所が創設され、東大理学部には放射化学講座が新設された。それ以降わが国の放射化学の研究は、放射性物質を利用する化学や原子力を支える基礎化学の研究へと領域を広げつつ発展してきた。そして昭和32年12月には、東大の斎藤信房教授のお世話で国内の研究者が一つ橋学士会館に集い、第1回放射化学討論会が開催された。爾来同討論会は、わが国における放射化学の研究を先導し、その発展に大きく貢献してきた。

このほど同討論会が50回を迎えるに当たり、放射化学討論会の創始者である斎藤信房先生に特別表彰状が贈呈された。斎藤先生は、東大におけるわが国初の放射化学講座の主宰者として研究、教育に携わり、同位体の化学・分離・地球化学等の幅広い分野で研究業績を挙げ、さらにIAEA

委員としての活動等を通してわが国の放射化学研究の国際化に尽力されたが、今回の特別表彰はこのような長年にわたる先生の功績を讃え、放射化学関係者一同の感謝の意を込めたものである。

また、多年に亘って放射化学研究の推進と後継者の育成、及び討論会の発展に顕著な貢献をされた次の26名の方々に感謝状が贈呈された。赤岩英夫先生、阿部俊彦先生、市坂純雄先生、上野馨先生、梅澤弘一先生、垣花秀武先生、木羽敏泰先生、日下讓先生、坂本浩先生、鈴木進先生、鈴木信男先生、瀧幸先生、立川圓造先生、富田功先生、富永健先生、戸村健児先生、内藤奎爾先生、長谷川罔彦先生、波多江一八郎先生、馬場宏先生、原禮之助先生、古川路明先生、馬淵久夫先生、森川尚威先生、山寺秀雄先生、横山裕之先生。

(ii) 公開講演会 (10月24日)、於水戸常陽藝文センター

「放射化学って何? 何に役立っている?」の設問に対して、市民の方たちにも解り易く答えることを意図して、一般公開の講演会を開催した。近藤健次郎本会会長の開会挨拶、中原弘道組織委員長の基調講演に引き続き、最新のトピックスを交えて放射化学分野の主な研究を紹介する次の4講演が行われた。①今村峯雄博士(人類文化研究機構)は、C-14の崩壊を利用する年代測定法を考古学に応用し、地球環境の変遷を解明して過去・現在・未来を繋ぐ研究について、②中西友子博士(東大)は、中性子線やラジオアイソトープを利用して、生きた植物の生理や代謝などの活動をリアルタイムで観測、解析する研究について、③海老原充博士(首都大学東京)は、中性子ビームを利用する極微量元素分析法で、隕石中の元素を分析し宇宙の様子を探る研究について、④永目論一郎博士(日本原子力研究開発機構、以下“原子力機構”)は、地球上に存在する最も重い元素を探索し、人工合成した元素の化学的性質を解明する研究について紹介した。

当日はあいにくの荒天の影響もあって一般の方の入場は僅かであったが、研究現場から社会に最新情報を発信する好機になった。

(iii) 50周年特別記念講演会 (10月25日)、於水戸常陽藝文センター

カナダ Dallhousie 大学 A. Chatt 博士、中国北

京大学 Y. F. Liu 博士、及び九州大学前田米蔵博士が、それぞれの母国における原子力界の最近の情勢や、それと密に連動する放射化学研究の動向について講演した。次いで米国カリフォルニア大学バークレー校 D. C. Hoffman 博士が、米国における放射化学の歴史と最近の原子力界の動きを概観し、今後の放射化学研究の行方を示した。最後に斎藤信房博士が「日本における放射化学研究の黎明: 北投石から U-237 まで」と題して、わが国における放射化学研究の幕開けから放射化学討論会の発足まで、当時のトピックスを織り交ぜて講演した。先達の計り知れない貢献と、それらの基盤の上に今我々が存在していることを再認識し、聴衆一同が深い感銘を受けた。

(iv) 記念式典の開催 (10月25日)、於水戸京成ホテル

記念式典は、橋本昌茨城県知事、田中俊一日本原子力学会長、横溝英明原子力機構原子力科学研究所長、簗野嘉彦同機構先端基礎研究センター長、神谷幸秀高エネルギー加速器研究機構理事を始めとする多くの来賓のご臨席のもと、216名(うち会員176名、非会員40名)が出席して盛大に執り行われた。橋本昌知事や田中俊一会長から放射化学研究への期待を込めた力強いメッセージを贈られ、会員一同が大いに発奮するものとなった。また、斎藤信房先生を取り囲んで、先輩諸氏から学生会員までの幅広い世代の関係者が自由に活発に議論する風景が印象的な、楽しくかつ有意義なひと時となった。

(2) 記念出版物の刊行

(i) 「放射化学討論会要旨集全巻」収録DVDの刊行と第1回放射化学討論会要旨集復刻版の作成

第1~50回の要旨集全巻に掲載された膨大な質、量の要旨を収録したDVDを作成し、また、第1回放射化学討論会要旨集の復刻版を作成して、会員に配布した。50年経った今でも、復刻版から当時の活気がひしひしと伝わってきて、これに触れた参加者に大いに好評であった(担当: 巻出義紘副会長)。

(ii) 「放射化学用語辞典」の刊行

会員80余名による分担執筆原稿をもとに、

約1年半をかけて編纂した「放射化学用語辞典2006」を刊行して、会員の手許に届けた。なお用語辞典の執筆に当たって、坂本浩先生には“代表的な元素・核種”の項を、長谷川罔彦先生には“著名な業績を挙げた研究者”の項を、さらに工藤博司先生には“単位と記号”の項をそれぞれまとめて執筆いただいた(編纂事務局:工藤博司先生、目黒義弘・矢板毅・北辻章浩実行委員及び筆者)。

(iii) 「日本の放射化学50年のあゆみ」の刊行

放射化学討論会50年の歴史を綴った「放射化学のあゆみ」を出版(平成19年4月ごろ刊行予定)することとし、編集作業を進めている(担当:前田米蔵副会長)。

(iv) 放射化学教科書の企画・編集

「放射化学の教科書」小冊子シリーズの出版を企画し、その編集作業を進めているところである(担当:中原弘道先生ら)。

3. 討論会、定期総会など

(1) 一般講演、(10月24~25日)於水戸常陽藝文センター、及び(10月26~27日)於原子力機構東海研究開発センター原子力科学研究所

上述の記念事業と並行して、例年通りの一般講演及び4分野の分科会等を開催した。一般講演では、4日間の会期中、核化学、分析化学、核現象をプローブとする化学、環境放射能、RI利用、アクチノイド化学、宇宙地球化学などの分野で、48件の口頭発表と56件のポスター発表が行われた。さらに、東海村の原子力機構に舞台を移した第3、4日には、同機構の先端基礎研究センター主催の国際シンポジウム(ASR2006)「核・放射化学のフロンティア」が同時開催され、討論会とASR2006の参加者が相互に会場を往来して活発な討論の場となった(ASR2006については本誌28ページ参照)。

今回、実行委員会では、若手による優秀な口頭発表、ポスター発表に対して表彰状を贈ることを決めた。参加者の中から審査委員を選ばせて頂き、受賞対象の選考に当たって頂いた。そのための選考要領の作成から審査会の運営などの実務を、塚田和明、宮本ユタカ両実行委員が担当した。その結果、次の発表を表彰することが決まり、最終日の閉会式で、実行委員長から受賞者に賞状と楯が

贈られた。

「若手優秀講演賞(2件)」

- ①二宮和彦君(阪大院理放射化学研)「電子KX線エネルギー測定によるパイ中間子原子形成後の電子状態」、②小豆川勝見君(東大院総合文化広域科学)「放射化学分析法およびXAFS法による遠洋性海洋堆積物中のMn分析」

「若手優秀ポスター賞(4件)」

- ①田代祐基君(阪大院理放射化学研)「複線式マイクロチップを用いた No^{2+} 迅速溶媒抽出」、②石川剛君(新潟大院自然科学核化学研)「カーボンクラスター搬送を用いた気相化学反応の基礎研究」③中塚敏光君(阪大院理放射化学研)「ミュオン原子の気相反応実験のための基礎研究」、④角山智子さん(国際基督教大院理放射化学研)「リン酸カルシウム中の正ミュオンの挙動の研究」。

なお実行委員会は、このような表彰制度が今後の放射化学討論会でも企画されることを希望しており、これによって学生会員を含む若手研究者による講演、発表がより活発化することを期待する。

(2) 日本放射化学会定期総会及び学会賞・奨励賞表彰式、受賞講演会、(10月26日)、於原子力機構

第3日の総会では恒例通り、本年度の事業と会計の報告、及び次年度の事業と予算計画が提案され、出席した70名の会員(委任状提出135名)によって承認された。また、新しい理事、監事の選挙結果の報告があり、新役員が承認された。

今回、新しく13名の名誉会員が推挙され、近藤健次郎会長から代表の天野恕先生に名誉会員証が伝達された。新しい名誉会員の方々は次の通りである。天野恕先生、池田長生先生、岩田志郎先生、河村正一先生、木越邦彦先生、木村幹先生、佐野博敏先生、高島良正先生、夏目晴夫先生、野崎正先生、藤原一郎先生、松浦辰男先生、吉原賢二先生。総会に引き続き、本年度の学会賞及び奨励賞の表彰式並びに受賞講演会が開催された。学会賞は大槻勤博士(東北大学核理研)に「フラーレンに内包されたBe-7の半減期短縮と電子状態」の研究により、また奨励賞は、北辻章浩博士(原子力機構)に「液々界面イオン移動反応の電気化学的研究と

「アクチノイド分離への応用」の研究により、及び鈴木達也博士（東京工業大学原子炉）に「3級ピリジン樹脂を用いるランタノイドとアクチノイドの分離」の研究により授与された。なお、これらの学会賞、奨励賞の対象となった研究の詳細については、本誌の2～10ページを参照されたい。

(3) J-PARC 見学会

第3、4日の両日、2回にわたって、原子力科学研究所の敷地内に建設中のJ-PARCへの見学会を行った。英語及び日本語での説明付きの1回目、2回目の見学会（定員各30名）に、それぞれ26名、及び32名の参加があった。なおJ-PARCは、高エネルギー加速器研究機構と原子力機構が共同して建設している大強度陽子加速器施設であり、平成13年度に建設が開始され、平成20年度の供用開始を目指して現在、整備の最終段階にはいつている。同施設からは世界最高レベルの強度のビームが提供され、それを利用する物質科学、生命科学、原子核・素粒子物理学、核変換技術開発などの研究が計画されている。放射化学の分野でも、同施設を利用する研究の活発化が期待される。

4. おわりに

現在、我々を取り巻く状況は急激に変化してき

ており、各国でエネルギー生産における原子力の占める比率が拡大する傾向が顕在化している。わが国では昨年10月に原子力大綱が決まり、核燃料サイクル路線が確認された。六ヶ所再処理工場の本格稼動が間近となり、廃棄物処分に向けても対策が動き出した。一方、アジア諸国、特に中国、インドで原子力利用が加速される状況下で、地球規模で原子力安全を確保していくためにわが国が果たすべき役割は大きい。今回の記念大会は、関係各位のご理解とご支援によってひとまず所期の目標を達成したが、これを契機に放射化学の研究が社会の要求を満たしながら、これまで以上に発展することを望んでやまない。

次回の第51回放射化学討論会は、静岡大学奥野健二先生のお世話で静岡市にて開催される予定である。放射化学研究の新しい50年の第1歩が着実に踏み出されることを祈念している。

最後に、本文中で記載できなかった組織委員、実行委員をはじめ多くの関係者に改めて感謝したい。なお、実行委員のうちとくに、大会プログラムの作成を塚田和明委員、大会会場の設営、運営を木村貴海委員、参加者名簿等の管理を間柄正明委員、会計を橋本和幸委員、庶務を國分陽子・藤原亜佐子委員、見学会を平田勝委員、広報関係を渡邊雅之委員らが担当した。



祝賀会のひとコマ。(平成18年10月25日、水戸京成ホテルにて)

The 6th International Symposium on Advanced Science Research (ASR2006)

— Frontiers of Nuclear and Radiochemistry —

第6回先端基礎研究国際シンポジウム

—核・放射化学のフロンティア—

永目諭一郎

(日本原子力研究開発機構 先端基礎研究センター)

標記国際シンポジウムが2007年10月26、27日に、日本原子力研究開発機構(原子力機構)先端基礎研究センターの主催で、同機構の原子力科学研究所で開催された。

本シンポジウムは、先端基礎研究センターが、わが国の基礎研究の中核的拠点として世界の当該分野の研究をリードし、活動の国際的展開を推進することを目的として、また当センターの成果を広く発信するとともに情報交換を行う場として2000年から開催されている。これまでに核化学、放射化学関連としては、第2回目の2001年に「重元素の最前線(ASR2001)」が、また2004年には第4回目として「重元素マイクロバイオロジーの最前線(ASR2004)」が開催されている。第6回目となる2007年は、先に報告されている第50回放射化学討論会記念大会と共同開催で、「核・放射化学のフロンティア」を取り上げ、以下のようなトピックスを討論主題とした。1. 超重元素、2. 核現象をプローブとする化学、3. 核的・放射化学的手法を用いた応用研究、4. 環境放射能およびアクチノイド科学。

海外からの参加者は7カ国19人で、国内からは放射化学討論会参加者も含めて200名を超える盛況であった。発表件数は、招待講演(口頭発表)21件、ポスター発表35件(ASR2006への論文として登録された件数)であった。

簗野嘉彦先端基礎研究センター長による開会挨拶の後、全体講演として、カリフォルニア大学バークレー校のD. C. Hoffman教授からExploring the frontiers of nuclear and radiochemistryと題して、最近の核化学、放射化学の先端研究の紹介があった。なかでも周期表の拡張を目指した超重元素の最近の進展が詳しく述べられるとともに、こ

のようなフロンティア研究が学生の興味を惹きつけ、将来の有能な放射化学研究者の育成に繋がりを、ひいては基礎研究のみならず原子力も含めた応用研究の発展へとつながるものであるという指摘は、長年の教育と研究を積み重ねた経験からか、説得力のある講演であった。また先進的原子力エネルギーシステムのための化学研究におけるフロンティアなども紹介された。さらに21世紀に放射化学者として果たすべき課題として、核物質防護に伴う核鑑識技術(nuclear forensics)、宇宙科学、生命科学、核錬金術—新しい元素の合成—などが挙げられていた。

超重元素セッションでは、まさに最先端の核錬金術が紹介された。ロシアのフレロフ核反応研究所(FLNR)からは、 ^{48}Ca という中性子過剰核をイオンビームとして用いた超重元素合成の系統的研究が報告された。本シンポジウムの直前に、FLNRと米国ローレンスリバモア国立研究所グループによる $^{48}\text{Ca} + ^{249}\text{Cf}$ 反応での118番元素の合成がニューヨークタイムズにプレス発表されたばかりでもあり、タイムリーな講演であった。その他、ドイツ重イオン研究所、米国ローレンスバークレー国立研究所、中国近代物理学研究所、原子力機構から原子1個1個を化学的に調べる超重元素の化学的研究の最前線や超重核の核構造研究の先端的研究が報告された。また理化学研究所からは113番元素の合成研究や今後の展開などが紹介された。

核プローブセッションでは、短寿命の放射性イオンビームとメスバウアー分光法を組み合わせたインビームメスバウアー分光法による薄膜や半導体物質の構造研究、時間依存のガンマ線摂動角相関法の物質科学への応用などが報告された。また ^7Be の精密半減期測定に関する報告は、化学環境の違いで放射壊変の半減期が変化するという興味ある話題であった(学会賞紹介記事参照)。

核的・放射化学的手法を用いた応用研究は、生命科学、宇宙・地球科学のみならず物質科学、環境科学など広範な分野をカバーしており、Hoffman教授による21世紀の放射化学研究の主体の一つを成すものである。放射性トレーサーを用いた生体中における金属の役割に関する系統的研究やナノ物質と生体との関係などに関する研究

は、生命科学への応用として今後の更なる発展が期待される。また放射光を含む最新の核的手法を用いた分析の紹介やその応用に関する総括的な講演、天然原子炉オクロ試料の分析、さらには共鳴イオン化質量分析法や加速器質量分析法による極微量成分分析の研究成果などが報告された。

環境放射能およびアクチノイド科学では土壤中におけるアクチノイド元素なかでもPuの挙動研究が環境放射能という観点から詳しく紹介された。また特定の微生物がPuを含んだ放射性廃棄物や土壤中に多く見ついていることから、これら微生物とPuとの相互作用に関する研究も興味を引く話題であった。将来の放射性廃棄物の処理・処分とも関連して今後の展開が期待される。またトリチウムや放射性ヨウ素の地球規模での循環を含めた挙動なども興味ある話題であった。

ポスター発表は、第50回放射化学討論会記念大会のポスターセッションと共同で開催し、それぞれの参加者が相互に発表の場を行き交いながら活発な討論が行われていた。



写真1 Hoffmann 教授の全体講演

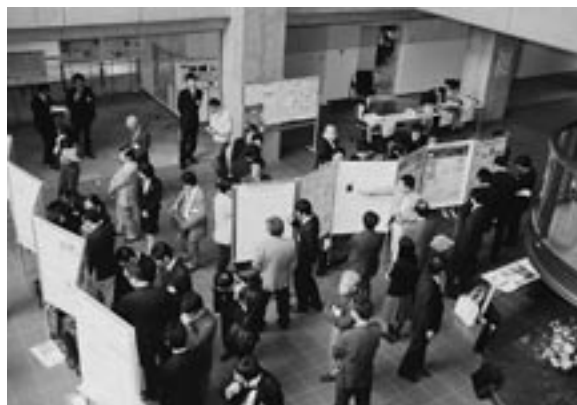


写真2 ポスター発表の様子

全体のプログラムやポスター論文、会議の詳細は下記のホームページを参照していただきたい。また発表論文の内容は、ASR2006 Program and Abstractsとしてまとめられている（下記ホームページよりダウンロード可能）。なお、プロシーディングスは日本放射化学会発行のJ. Nucl. Radiochem. Sci. 誌に特集号として掲載される予定である。

<http://asrc.tokai-sc.jaea.go.jp/ASR2006/index.html>

第51回放射化学討論会へのおさそい

奥野 健二

(静岡大学理学部附属放射化学研究施設)

昨年、日本原子力機構吉田善行氏のお世話のもと、記念すべき第50回放射化学討論会が水戸にて盛大に開催されました。本学会員各位におかれましては本会が日本はもとより世界の放射化学研究に大きな貢献をしているとの認識を新たにされたことと思います。本会のさらなる発展には先達の教えを基礎にしつつ若い力を有機的に注ぎ込み、ベストミックスさせることが大切と言えます。放射化学討論会がこのような交流にふさわしい場になればよいと考えております。そこで新しい時代の放射化学研究の旅立ちとして、静岡にて第51回放射化学討論会をお世話させていただきたいと存じます。

静岡での放射化学討論会の開催は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：長谷川罔彦先生）に続き4回目の開催になります。第51回大会は、次の50回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『新たなる船出』との位置づけに立ち、以下のとおり静岡市にあります静岡県コンベンションアーツセンター（グランシップ）を会場として盛大に開催したいと存じます。大いなる船と名づけられたコンベンションアーツセンター「グランシップ」はまさに本日本放射化学会の新たなる半世紀に向けた船出にふさわしい会場ではないかと思います。皆様の積極的なご参加を心よりお願い申し上げます。会期、開催場所などの概要は以下の通りです。

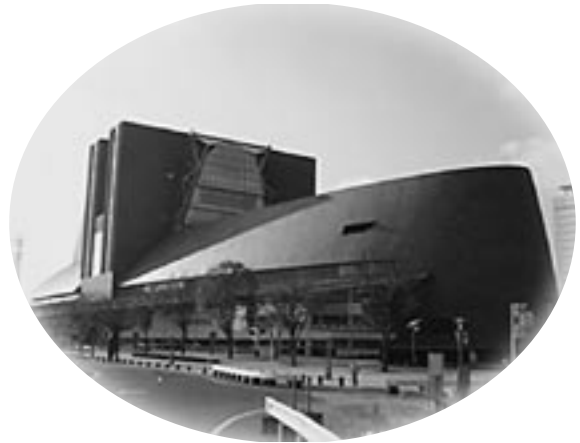
2007 日本放射化学会年会・第51回放射化学討論会

会期；平成19年9月24日(月曜日)～同26日(水曜日)

場所；静岡市 静岡県コンベンションアーツセンター (グランシップ)

内容；研究発表、ポスターセッション、学会賞記念講演、懇親会

討論会ホームページ：<http://jnrs51meeting.sci.shizuoka.ac.jp/>



- お車でお越しの場合 東名高速道路 静岡ICから6km、車で約20分。 静岡バイパス 千代田上土ICから4km、車で約10分。
- JRをご利用の場合 東海道新幹線(のりか)で東京から1時間、大塚から2時間、静岡駅下車。東海道本線より方面に東進、東静岡駅まで約3分。東静岡駅南口3分徒歩、メインエントランスまで徒歩約3分。
- お徒歩をご利用の場合 静岡鉄道 新静岡駅から6分、新清水駅から14分、長原駅下車。JR東静岡駅コンコース通過、南口出口まで徒歩約7分、メインエントランスまで徒歩約3分。

時過ぎて

西 朋太先生の追悼セッションを終えて

篠原 厚 (大阪大学大学院理学研究科)

西 朋太先生は、平成18年2月10日にご逝去されました。享年87歳でした。本稿では、50周年記念放射化学討論会で行われました「西 朋太先生・追悼セッション」のご報告をしたくと思いますが、その前に、西先生のご経歴と私にとっての西先生の思い出などを少し書かせてもらいたく思います。

西先生は、昭和17年に京都帝国大学工学部工業化学科をご卒業され、約3年間の軍役後、大学院に復学、昭和21年同工学部講師となられ、助教授を経て、昭和32年に京都大学工学研究所(後の原子エネルギー研究所)教授に就任、原子燃料研究部門を担当されました。昭和56年3月停年により原子エネルギー研究所を退官され、京都大学名誉教授の称号を受けられています。この間、原子エネルギー研究所長や大学の評議員など重職を歴任されました。さらに、学内原子力関係諸施設の整備と設立にも参画され、特に、本学会に関係が深い京都大学原子炉実験所の設置にご尽力されました。

先生のご専門は、電気化学から、原子力工学、放射化学、核化学にわたっております。初期の電気化学研究においては、pH電極の改良、電解コンデンサの改良、乾電池の研究などによって産業界にも大きく貢献されたと聞いております。続いて、第五福龍丸の放射能分析に参画して水爆の可能性を示されるとともに、原子力平和利用の重要性に着目して原子燃料および原子核化学の研究を進められ、超ウラン元素の生成、原子核分裂や原子核反応の研究などにおいて多くの業績を挙げられました。また、わが国の核化学研究グループの指導者の一人として、後進の育成はもとより、日本原子力学会等関連諸学会の発展にご尽力されました。さらに、ご退官後には、国際交流、特に外国人留学生の支援活動にもご尽力されておられました。

私が西先生に初めてお目にかかったのは、ちょうど研究所長であられた直後の昭和53年か54年あたりです。私が在籍していました阪大の音在研究室と京大の西研究室は交流が深く、当時は、高エネルギー研究所で開始する研究の勉強会をよく行っておりました。西先生が強く私の頭にインプットされましたのは、西研主催の核化学夏の学校(広河原)に初めて参加した時です。現在もお世話になっている多くの先生方や、今、いろいろな場面で協力し合っている同世代の人たちとも知り合いになった印象深い夏の学校でした。音在研と馬場研時代を通して、当時学生の私などにも、本当に親しく接していただきました。

西先生で思い出しますのは、たばこ、車、接待好きなどでしょうか。夏の学校などには、どんなに遠くても自家用車で来られました。何故か同行させて頂いたこともありましたが、あのたばこで車に同乗というのは、なかなかのものでした。さすがに腰を痛められてからは、お車をやめられ、なにか少し寂しい気もしました。西先生が最後に参加された夏の学校(於雀島)での恒例の懇親会の寸景を載せます。何時になく乗っておられて、カラオケまでされました。また、西先生はご自身はあまり飲まれません、人に飲ませる(食べさせる)のがお好きで、私などはその恩恵によくあずかりました。共同利用(出張)実験などで、夜な夜な宴を催すのも、西先生が発祥の地だと思います(私は西先生の師弟に当たる藤原先生や今西先生に伝授されましたが)。外国の方の接待については皆様ご存じの通りで、京都案内は多くの先生が頼りにされていたのではないのでしょうか。

先生のことを書き出すと切りがありませんので、そろそろ本題に入ります。実は、西先生の悲報は、告別式も終わり、亡くなられてから一週間ほどしてからでした。ご家族へのご配慮もあって、告別式も身近な方のみでなされ、その後もし

ばらくは広くは周知しないように気遣われていたとのことでした。それゆえ、放射化学会としても、オフィシャルに会員に周知することは控えたまま、討論会に至ったかと思えます。実際、プログラムにある「西 朋太先生追悼セッション」を見て初めて知ったという方も少なからずおられました。しばらくして、「西先生を偲ぶ会」を今西先生と森山先生が中心となり行われましたが、これもかなり身近な方のみしか連絡されなかったと思います。それゆえ、多くのご貢献をされ愛されていた放射化学・核化学の枠組みで、西先生を追悼する会を何らかの形で行いたく、私的にも思っておりました。

そのような時、実行委員会と事務局のお計らいで、討論会のゴールデンタイムに、しかも単独セッションとして、西先生の追悼セッションの時間が設けられました。この件に関し、少し放射化学会理事会との間でパイプ役をした経緯もあって、私がこのセッションの世話役を仰せつかりました。身に余る大役ですが、少しでもこれまでの恩返しができるのではと、お引き受けすることにしました。しかしながら、ご存じの通り、予定時間を大幅に上回る、まさに世話人の力不足を示した会になってしまいました。事務局には、非常にご迷惑をかけることになり申し訳なく思っております。当日の水戸は大嵐で常磐線が止まったため、肝心の講演者が遅れそうで、どうなることかと心配しましたが、何とか無事に開催でき、多くの方が参加して下さいました。内容的にも、時間が1.5倍になったこと以外は、西先生の放射化学への多大なご貢献とお人柄が伝わる、心のこもった会になったのではないかと考えています。

追悼セッションのプログラムを表に示します。内容は、討論会と言うこともあり、西先生の研究上のご業績を中心に、その内容をよく知る先生の師弟に当たる先生方をお願いしました。また、討論会の主賓のおひとりである D.C.Hoffman 先生にも、中原先生のご尽力で追悼スピーチをお願いできることになりました。

個々のお話の内容はここでは詳しくは触れませんが、森山先生には、西先生のご逝去から今日までの経緯をご説明いただき、ご略歴と研究歴をおまとめ頂きました。藤原先生は、主な研究テーマ

の一つである超ウラン元素について、研究に対する熱意をご自身が学生の時のエピソードも交えてお話し下さいました。中原先生は、もう一つの主要テーマである核分裂について、予想通り詳しく研究内容とその意義をお話し下さいました。Hoffman 先生は、西先生と家族ぐるみのお付き合いをするほどお親しかったとのことで、西先生を通じて交流が出来た多くの放射化学関係者の写真(写真：Hoffman 先生の追悼スピーチの寸景)を交えて、西先生が果たされた国際交流へのご貢献を中心に、心のこもったお話をして下さいました。最後に、今西先生は、超ウラン元素や核分裂以外の、西先生が熱意を傾けられました高エネルギー研究所における共同研究などいくつかのテーマを補足され、御礼のご挨拶をされました。表のプログラムにある括弧内の数値が、持ち時間(分)であることをご認識頂けていなかったこと以外は、大変すばらしいお話だったと思います。この場をお借りして、このような場を設けて頂きました討論会の実行委員会と学会事務局、そして、お話し頂きました先生方に御礼申し上げます。

最後に、西先生の放射化学・核化学に対するご貢献とこれまでのご指導に対し感謝しつつ、ご冥福を心からお祈りいたします。

西 朋太先生 追悼セッション 次第

日時：平成 18 年 10 月 24 日 13:20-14:20

場所：放射化学討論会 A 会場(水戸常陽文藝ホール 7F)

| | |
|-------------------|---------------------|
| | 進行：篠原 厚 |
| 次 第 | スピーカー(敬称略) |
| 1. 開会挨拶(5) | 近藤健次郎会長 |
| 2. 西 朋太先生のご略歴(10) | 森山裕丈 |
| 3. 西 朋太先生のご研究 | 藤原一郎 |
| 4. 西 朋太先生のご研究 | 中原弘道 |
| 5. 西先生の国際貢献(10) | Darleane C. Hoffman |
| 6. 閉会挨拶(10) | 今西信嗣 |



写真1. 2003年の核化学夏の学校（於雀島）での懇親会風景



写真2. 追悼セッションで話をされている D.C.Hoffman 先生

施設だより

大阪大学核物理研究センター AVFサイクロトロン・Kコース

高橋成人 (大阪大学大学院理学研究科)

大阪大学核物理研究センター (Research Center for Nuclear Physics, RCNP, Osaka University) は1971年に全国共同利用研究センターとして発足した。1973年にはAVFサイクロトロンが、さらに1991年には陽子最高エネルギー415MeVのリングサイクロトロンが完成し運転を行っている。また奈良県に大塔コスモ観測所、兵庫県播磨科学公園都市のSPring-8にレーザー電子光実験施設を有する。

現在、これらの加速器等を利用した核物理、天体物理、放射化学、物性科学、核医学等の研究が行われている。放射化学に関連した設備としては旧来AVF加速器本体室内にRI製造用のビームコースが設置されていたが、設置後30年を経過して機械的な故障が絶えず、2005年4月にAVFサイクロトロンS実験室内にKコースを整備し、このビームライン上に新たな照射装置を設置した。このほかに非密封のRIを使用できる地下1階、地上1階のRI棟が設置されている。今回の施設だよりではこのKコースの照射設備とRI棟の実験室について紹介します。

核物理センターの施設全体や共同利用に関しては当センターのホームページ*参照または当センター研究企画室あるいは放射線管理室へ問い合わせてください。

AVFサイクロトロンS実験室には従来2本のビームコースが設けられていた。1つはCARPという名の反跳核質量分析器が備え付けられたJコース (現在この装置は使用を停止) と未利用のKコースである。当初は旧照射装置が設置されているAVF本体室に新たな照射装置を設置する予定であったが、スペースの問題と取扱、メンテナンスの利便性を考慮して利用されていなかったK

コースを整備し新たなるRI製造装置を設置することとなった。S実験室全体を写真1に示す。

AVF加速器からのビームはアナライザーを通過後、スイッチングーマグネットによりKコー



写真1 S実験室全体写真：写真右側がKコース照射装置、左側がCARP

スへ振り分けられる。ビームダクトは本体室と実験室はロータリーシャッターにて遮断されており、このシャッターを開けるとS実験室内にビームが出る。Kコースのビームダクトはターボ分子ポンプにより真空引きされている。加速粒子は四重極マグネットによりフォーカスされ図1に示す照射装置に達する。

照射装置はプラスチックキャプセルを使用した気送管によるRI搬送とKClクラスターを用いたガスジェット搬送システムを有している。この2つの搬送システムは実験目的に応じて切り替えて使用することができる。まず気送管システムを用いたRIの製造について説明する。照射用のターゲットを写真2の左に示すアルミニウム製のホルダーに固定した後、照射チャンバー内のホルダー

* <http://www.rcnp.osaka-u.ac.jp>

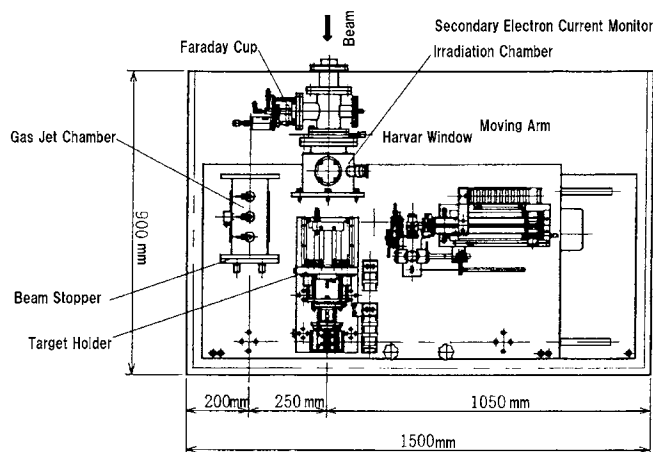


図1 照射装置図：照射チャンバーとガスジェットチャンバーは実験に応じて取り替えて使用

固定場所にセットする。照射試料は金属フォイル、酸化物等をペレットに成型したものが一般的に利用されている。このホルダーは背面より水冷される。照射チャンバーはビームダクトとはハーバーフォイルの窓にて遮断されており、ロータリーポンプ及びターボポンプで排気することができる。あるいは大気圧下での照射を選択することもできる。加速ビームはこの位置でフォーカスされるようにあらかじめ実験の最初に ZnS を塗布したビュアーを用いてチューニングされる。ターゲットをセットした後はコンソール室より遠隔操作により照射を行う。遠隔操作パネル上で照射時間を設定し照射を行うと、後は自動運転で照射が終了した後ターゲットホルダーをロボットアームが取り



写真2 照射用ターゲットホルダーと搬送用キャプセル：ターゲットホルダー（左）は照射ターゲットを固定した状態。プラスチックキャプセル（右）

出し写真2の右に示すキャプセルに投入し、気送管を通して約70m離れたRI棟の地階の実験室まで5秒ほどで搬送する。

この照射チャンバーではビーム電流が測れないので、チャンバーの上流で secondary electron current monitor (SEC) により照射中のビーム電流を測定することができるようになっている。SECは両面に70nm厚みの金を蒸着した6 μ m厚みの3枚のAl foilからなり、このfoilを加速粒子が通過するときにする2次電子を計測する。3枚のfoilの前後2枚には-300Vの電圧がかかっていて、中央のAl foilにて効率よく電流を測定することができる。またこのSECの下流には

可動式のFaraday cupが取付けられており、加速粒子の電流測定ができる。このFaraday cupを用いて照射の前にSECの電流校正を行っている。校正終了後、Faraday cupをビームライン上よりはずして照射を行う。この装置では1回の照射しかできず、複数のターゲットを照射するときは毎回ターゲットを手動でチャンバー内にセットする必要がある。これまでにこの装置を用いてp、 α 、 ^{12}C 、 ^{16}O や ^{22}Ne の照射を行った。

ガスジェット搬送システムを用いた照射を行うにはチャンバーの取替えを行わねばならない。現在2種類のガスジェットチャンバーを準備している。生成物のrecoil rangeに合わせて選択できる。通常は直径55mm、長さ55mmの円筒形をしたチャンバーを使用している。内径1.5mm、2.0mm、2.5mmの3種類のテフロンチューブがS実験室より約70mはなれたRI棟の実験室まで引いてある。このキャピラリーチューブを通し、RI実験室側でメカニカルブースターポンプにてKCIクラスターをHeガスとともに引き出し、ガスジェットチャンバー内で生成したRIを搬送する。これまでにKCIクラスター発生温度:620 $^{\circ}\text{C}$ 、He流量:2.5 ℓ/min にて約30%のRI搬送効率が得られた。

次にRI棟の実験室について簡単に説明する。図2にRI棟の平面図を示す。地上階には貯蔵庫を含め8室、地階に6室がある。Kコースにて生成したRIはドラフトを備えた地階のセミホット

実験室に到達する。これらの部屋では化学操作が可能であり、2007年4月より製造可能な核種の非密封の取扱が可能となる。

これまで阪大や金沢大学のグループが主に使用していますが、今後他のグループもRI製造のみ

ならず色々な目的で利用されることを願っています。当設備を利用されたい方は筆者まで連絡していただければ可能な限り便宜をはからせてもらいます。

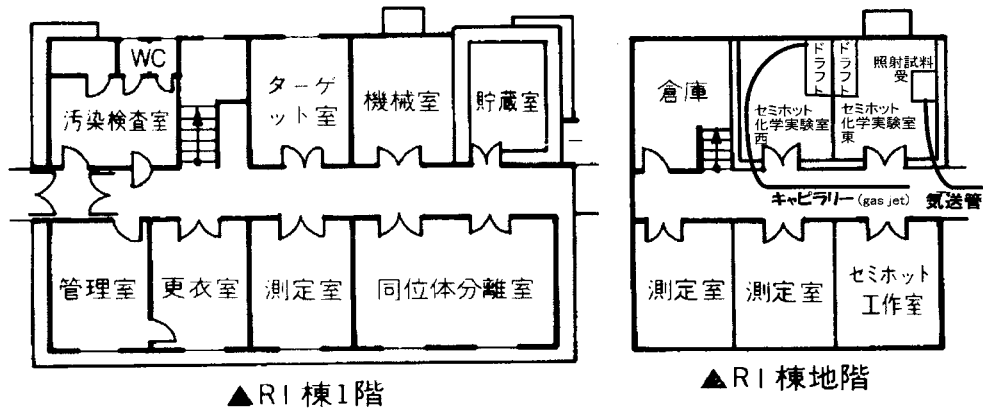


図2 RI棟の平面図：S実験室からのキャプセル及びガスジェットは地階の東西のセミホット化学実験室にそれぞれ運ばれてくる

研究集会だより

1. 第43回アイソトープ・放射線研究発表会 鈴木 章悟 (武蔵工業大学工学部)

日本アイソトープ協会が主催する「第43回アイソトープ・放射線研究発表会」が2006年7月5日から7日までの3日間、日本青年館（東京都新宿区）で開催された。各分野のアイソトープ・放射線利用の年一回の研究発表会で、日本放射化学会など61の学・協会が共催となっている。今回は、口頭発表154件（放射線効果30件、放射線測定機器・測定法30件、環境放射能24件、陽電子消滅23件、メスバウア効果14件、放射線教育11件、分析5件など）、ポスター発表30件があった。その他に特別講演5件、パネル討論5件があった。また、1日目は中・日・韓アイソトープ協会会議と同時開催であった。

特別講演は「安定同位体標識法（NBS法）によるプロテオーム解析」、「航空機内宇宙線被ばくに関する動向と課題」、「陽子線がん治療の進歩」、「量子ビームの相補的利用研究の展開」、「J-PARCにおける次世代中性子利用技術の展望」であり、パネル討論は「Current and Future of PET in China, Japan and Korea -Utilization of PET for Medical Diagnosis-」、「非密封アイソトープによる治療」、「電子線の工業利用最前線」、「極低温放射線センサーの開発現状と将来展望」、「社会的視点から放射線教育を考える」が行われた。件数は最近では最も多く、従来の3会場から今年は4会場となり、各会場とも盛況であった。

2. 第8回環境放射能・放射線夏の学校 関本 俊 (京都大学原子炉実験所)

毎年恒例となりつつある環境放射能・放射線夏の学校が、京大炉の高橋知之先生、高宮幸一先

生の主催で、2006年8月7日から9日にかけて、京都市内にて行われた。参加者が20名弱と、例年に比べて小規模での開催となったため、多方面にわたる分野の多くの研究者と出会い、刺激されるという意味では少々寂しいものであったかもしれない。しかし、その分余裕をもったプログラムが編成され、本学校のメインイベントである参加者全員による研究発表においては、より多くの議論が行われ、特に学会発表での質疑応答ではなかなか体験できないような「(お酒の勢いも手伝っての)本音の質問」に答える機会に恵まれたことは、我々学生にとって良い勉強になった。

京大炉の今中哲二先生には、「チェルノブイリ事故から20年—チェルノブイリで何が起こったか—」という題で特別講演をして頂いた。チェルノブイリ事故での放射能汚染による被害の話はもちろん、事故当時の状況証拠を時系列に並べ、旧ソ連の体制という政治的な背景もおりまぜながら事故の原因に迫る今中先生のお話は臨場感にあふれており、事故について本などでしか知らない我々の世代にとって、非常に興味深いものであった。また参加者に「『チェルノブイリ』をみつめなおす—20年後のメッセージ (*写真)」(原子力資料情報室発行)という冊子が配布された。

今回は主催者側から特別にエクスカーシオンは準備されなかったが、お世話になった旅館こうろ

自体が観光地の中心にあり、そこでの名物の鍋料理や、いかにも京都らしい湯豆腐付の朝食は質、量ともに満足できるものであった。二日目には老舗蕎麦屋である有喜屋にて美味しい昼食を頂いた。また両日とも深夜まで、旅館で用意された豪



華な肴と供に、研究にまつわるよもやま話がつづき、初めてお会いした先生方と様々なお話が出来たことは有意義であった。

2007年の環境放射能・放射線夏の学校は金沢大学の小村和久先生に主催していただく予定である。この夏の学校における、参加者全員による研究発表という良い伝統が受け継がれ、できれば盛大におこなわれることを期待している。余談ではあるが、同時期に開催される核化学夏の学校も、参加することだけが意義にならないために、この伝統を見習ってみてはどうだろうか。

3. 第45回核化学夏の学校

横山明彦（金沢大学自然科学研究科）

平成18年度の核化学夏の学校は、金沢大学理学部放射化学研究室（主催責任者：中西 孝、横山明彦）がお世話をさせていただきました。8月2日（水）～8月5日（土）の3泊4日の日程で、福井県丸岡町にある丸岡温泉「たけくらべ」にて開催され、これは夏の学校史上初めての福井県での開催でした。参加者は合わせて35名でした。

今年度の講演と話題提供について以下に紹介致します。

〈講演Ⅰ〉

南園忠則先生（大阪大学名誉教授・福井工業大学教授）

『 β -NMR 及び β -NQR による結晶内電磁場測定』

〈講演Ⅱ〉

西川嗣雄先生（福井大学原子力工学専攻）

『自然放射線環境』

〈講演Ⅲ〉

小村和久先生（金沢大学自然計測応用研究センター）

『低レベル放射能測定の現状と展望』

〈話題提供〉

塚田和明（JAEA）・工藤久昭（新潟大理）・篠原厚（阪大院理）・中西 孝（金沢大自然）『第50回放射化学討論会記念大会について』

宮本ユタカ（JAEA）『原子力機構 CLEAR 施設について』

篠原 厚（阪大院理）『阪大核物理研究センター K コースについて』

高宮幸一（KUR）『HANARO 研究炉について』

その他、藤原一郎先生（追手門学院大）を中心に昨年亡くなられた京都大学名誉教授の西朋太先生を偲んで『西先生追悼』の会も催されました。西先生は核化学夏の学校創設に尽力されたのみならず、その後長い間、御身体が許す限りつい最近まで出席され、学校開催に物心両面での援助をいただきました。夏の学校にとって恩人ともいふべき方でした。ご冥福をお祈り致します。また、新しい試みとしては阪間 稔さん（徳島大）の発案で夏の学校若手の会が催され、夜遅くまで若手の問題意識からの活発な意見交換がありました。

最後に今年のエクスカージョンですが、以下の2コースに分かれて近辺の散策を楽しみました。

（歴史散策コース）：永平寺（曹洞宗総本山）にて見学および参禅。

（湯ったり散策コース）：山中温泉（谷あいの情緒あふれる温泉街）にて、菊の湯入浴、アヤトリ橋、こおろぎ橋などを散策。

次回世話人は京都大学原子炉実験所となりました。



**4. 平成18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Ⅱ」
佐藤 渉 (大阪大学大学院理学研究科)**

昨年度の初回に引き続き、「原子核プローブ生成とそれを用いた物性研究Ⅱ」専門研究会が去る11月14～15日、京大原子炉実験所にて開催された。不安定核をプローブとする物質科学に関する研究報告をはじめ、核物理やビーム生成法の開発等について活発な議論が展開された。本研究会の特色は様々なバックグラウンドをもつ研究者達が互いに意見交換することができる点にあるが、特に今回は「停止・低速不安定核ビームを用いた核分光研究」研究会(11月15～16日)が会期を重ねて開催され、不安定核供給施設(KEK、理研、東大CNS)の紹介の特別セッションが設けられたため、両研究会の参加者の良い交流の場となった。本研究会への参加者は62名(内、原子炉実験所内10名、所外52名)、講演件数は全部で26件であった。講演の内訳は、実験手法別に分類すると、メスbauer分光法12件、 β -NMR、 β -NQR法4件、摂動角相関法3件、 μ SR法2件、その他陽電子消滅寿命測定法やXAFS等による研究も報告された。また、RI偏極核や単色X線の生成法の開発についての発表もあり、これらの

手法の応用の可能性が示された。

様々な研究が紹介される中で筆者が特に興味を持ったのは、理研の吉見彰洋博士による原子線法による不安定核の偏極生成である。スピン偏極したRIビームは原子核構造研究や物性研究に利用されているが、ストッパー中での偏極核の緩和現象が問題となり、応用の範囲が限定されているのが現状である。原子線法では希ガス中で停止させた不安定核を電場やガスの圧力差を利用してジェット気流として取り出し、中性化の後、磁場でスピン選別して検出する手法をとるため、上記の緩和の問題が解消されるという特筆すべき利点がある。現在、引き出しの高効率化を目指して開発を進めているとの報告であった。特に核物理の分野においては、本開発の進展が大いに期待されるところである。

本研究会は特別な場合を除き、全て希望者の申し込みによる発表でプログラムが構成されるため、研究会の名が示すとおり専門的な議論をする上で非常に意義のある場となっている。しかし、不純物や不安定核をプローブとする手法は、ともすると我々の認識していない他の領域でも大いに役立つ可能性がある。従って、時に異なる分野の研究者を招いて講演していただき、新しい研究分野を模索する機会をつくることもまた、研究発展のための選択肢の一つであると考えている。

本だな

化学者たちのセレンディピティー

— ノーベル賞への道のり —

吉原 賢二 著

東北大学出版会 (2006.6) A5版、164 ページ、ISBN 9784861630286 本体 1,500 円

本を見た瞬間、ブックカバーのきれいな色使いと不思議な描写に目を引かれた。つつじの鮮やかなピンクが下部に配置され（東北大学小川正孝記念園の5月の様子）、昔を思わせるような青い空へとグラデュエーションで上部につながっている。青空に浮かぶ雲の向こうには古い建物（理研1号館）がぼんやり見え、全体的に過去を回顧するような印象を受ける。ところが、中央にはセピア色の人物写真（スイス留学中の片山正夫、眞島利行の写真）が配置され、周囲の印象とは対照的にくっきりと浮かび上がっている。時の流れに翻弄されたであろうことを想いながらも、そこにしっかりと生きた化学者の存在を感じることができる。本の内容をうまく表現していると思った。

本書は、大正・昭和にかけて活躍した著名な日本の化学者12名（小川正孝、青山新一、木村健二郎、黒田和夫、水島三一郎、福井謙一、眞島利行、黒田チカ、野副鐵男、鈴木梅太郎、赤堀四郎、桜田一郎）に光をあて、戦後の日本の科学の発展

に対して彼（女）らがいかにその礎を築いていったかを著述したものである。一つの章に一人の化学者が紹介されている。全体としては二部構成になっており、第一部では「無機分析化学・物理化学」に関連する化学者、第二部は「有機化学と生化学関連・高分子化学」に関連する化学者が紹介されている。各章は、化（科）学者としてのわかりやすい業績紹介に始まり、“ひと”と“なり”、生い立ち、研究の展開 といった一連の項目を、時代背景、人との出会い、着想の創出にからませながら、軽妙なタッチで書かれている。また各章の記述があまり長すぎないのにも好感をもつ。内容を厳選して分量を減らしているわりには硬い言葉をさけて表現しているので読みやすく、全体像がつかみやすい。このような印象を持った。

著者の想いが、また一つ形を変えて本書に結実していることをしみじみと感じた。著者は1993年3月に東北大学を退官したが、ちょうどその折、「テクネチウムに関する国際シンポジウム」を仙台で開催した。この「テクネチウムのシンポジウム」と「退官」という機会・転機は、著者のエンジンに火をつけなおし、また新たな方向へと休むことなく前進させたように思えてならない。第1章に紹介されている小川正孝に関する調査はその一連のきっかけになったと想像する。20世紀初頭に43番元素（テクネチウム）を発見したと報じ、ニッポニウムと命名した東北大学ゆかりの化学者である。残念ながら元素の周期表上の位置づけを誤ったために、間違いをおかした化学者と評価されがちであった。ところが著者の精力的な調査により、小川正孝が化学分離により得た元素は当時はまだ発見されていなかったレニウムであったことが判明した。著者の退官後もたまにお会いする機会があったが、そのたびにいろいろな資料の発見が続いていることに驚かされた。それだけ



にとどまらず、小川英次郎（小川正孝の二男、第1章のコラムに紹介）や、小川を支えた青山新一（第2章に紹介）など、その調査はだんだんと空間的・時間的に広がりを持っていった。また本書に紹介されている化学者たちの縦横のつながりもあった。だんだん広まり行く調査とその結果は、日本の近代科学を支え、現代科学に橋渡しをした12名に光をあてることとなった。著者の調査努

力に敬意を表するとともに、脱帽である。

世界を代表する放射化学の大先達、木村健二郎、黒田和夫ももちろん紹介されている。種々の化学分野との関連を気にしながら放射化学を読んでみたらどうだろう、と未来を担う若い放射化学者にお薦めしてみたい。

関根 勉（東北大学）



学位論文要録

Decay Property of a Low-Lying Isomer of Thorium-229

笠松 良崇 (独立行政法人 日本原子力研究開発機構)

学位授与：大阪大学理学研究科化学専攻
(主査：篠原 厚)
平成 18 年 3 月 24 日

Th-229 には、非常に低エネルギーの核異性体、 ^{229m}Th が存在する。この励起核が注目を集めたのは、 ^{233}U の α 線遷移に対する精密な核分光測定によって基底状態と第一励起準位のエネルギー差が 35 eV と報告されてからである。というのも、このような低エネルギーの励起準位の脱励起過程としては第一に内部転換が考えられるが、励起エネルギーがトリウム原子の第一イオン化エネルギーよりも小さいためにこの過程が禁止され、これまでに明確な観測例のない軌道殻電子の介在した原子核の脱励起過程、電子架橋過程を観測するのに ^{229m}Th が絶好の準位であることが分かったのである。また、その電子架橋に関与することのできる電子がエネルギー的に最外殻価電子に限定されることから、価電子状態、つまり Th の化学種に応じて ^{229m}Th の原子核の脱励起が劇的に変化する可能性が示唆されたため、多くの研究者の興味を引くこととなった。しかし、果たして 7s や 6d といった外殻電子が原子核の脱励起にどこまで作用しうるのだろうか。この電子架橋過程は、「電子軌道遷移による核励起」(NEET) のちょうど逆過程に相当する。NEET は、筆者が所属していた大阪大学の研究室における二代前の教授である音在先生のころから世界に先駆けて取り組まれてきた研究で非常になじみの深いものであったが、当初、実験的観測が難しく、理論計算と実験結果との差も大きかったため明確に確認されている状



態ではなかった。この NEET 過程に対して、明確な観測結果が示され、理論計算との良い一致が確認されたのが 2000 年のことであった。その理論計算をしていた人物が ^{229m}Th の脱励起に関する計算を行い、中性原子に対しては γ 線遷移と同等かそれよりも大きな確率で電子架橋過程が起こると言っていたため、いよいよ電子架橋過程の実測、化学種によって作用される原子核壊変の観測が現実味を帯びてきていた。それが、ちょうど筆者が修士の学生の時であった。

核分光家が多大な努力で極端に低い励起エネルギーの測定を行い、そこから理論家が新たな科学的興味を引き出した。それを受けて ^{233}U 試料に対する可視・紫外光測定が 1997-1999 年にかけて行われたが、 ^{233}U の強い α 線の影響などによりこれらの結果はその後否定されてしまっていた。まさに、核化学家がその技術を駆使し、それまでの問題点を克服して光子測定を行うのに絶好の舞台が整っていた。

それまでの実験では、検出器の性能等に大きな関心をおいていなかったが、本研究では、ノイズの低さ、単一光子測定への適用性を重視し、検出器、回路の選定、調整を行った。実際に、光電子由来である熱ノイズのシグナルは、単一光子起源のものと同レベルであるため、検出できるように増幅器や弁別器を調整するが、この場合、電気ノイズも増幅され高ノイズ測定になってしまう。そこで、全装置の電氣的安定化

をはかり、電気ノイズだけを小さくして弁別器によって除くことを実現した。また、熱ノイズ自体も低ノイズ光電子増倍管や冷却器の使用によりその計測率を下げる事ができた。結果として、通常の CCD 分光検出器や光電子増倍管では低 S/N 比のために光子放出を観測することができない程微弱な光源に対しても、開発した光測定装置では明確に光子放出を観測することができた。また、本研究では、化学的手法を用いて $^{229\text{m}}\text{Th}$ の親核種や核反応によって生成する場合は副生成物を除くことにより、放射線強度の低い試料を作成した。実際に試料自体からの放射線によってほとんど妨害されることのない状態で、 $^{229\text{m}}\text{Th}$ の光子測定を試みることができた。

試料は化学分離中と同じ状態である塩酸溶液だけでなく、硝酸溶液、水酸化物沈殿、フッ化物沈殿を調製して光子測定を行ったが、いずれの試料からも光子放出を観測することができなかった。つまり、試料のない状態におけるバックグラウンドの測定結果とほとんど同じ計測率が試料に対しても得られ、妨害光子すら観測されなかったのである。結果として、 $^{229\text{m}}\text{Th}$ の壊変を直接観測することはできなかったが、試料から全く光子放出が観測されないという事実から $^{229\text{m}}\text{Th}$ の崩壊過程と半減期について考察することができた。 α 線測定の結果（菊永氏の学位論文要録参照）とあわせて考察し、 $^{229\text{m}}\text{Th}$ の半減期が各化学種において非常に短い（数分以下）か、各化学種において電子架橋機構が支配的であり、その放出光子エネルギーが 2eV 以下であれば、本実験結果を説明することができることがわかった。この結果は近年精力的に報告されているある理論的予測と非常に良い一致を示している。また、過去に ^{233}U 試料に対して検出された光子放出が妨害光子によるものであることを実際の光子測定によって示すことができた。

$\text{Th-}^{229\text{m}}$ の壊変過程を明確に解明することはできなかったが、本実験結果は、励起エネルギーの値などのこれまでに得られている情報をより高精度で再確認する必要性を示すものでもあり、今後の $^{229\text{m}}\text{Th}$ の研究、壊変過程の解明に貢献するものであると筆者は考えている。 $\text{Th-}^{229\text{m}}$ に関する研究は、現在も多くの研究者の興味を引き続けている

る。今後何かしら明確な結果が得られれば、本実験結果は新しい意味を持つ可能性を有している事を最後に付け加えておきたい。

代表的な発表論文

1. Search for the decay of $^{229\text{m}}\text{Th}$ by photon detection
Y. Kasamatsu, H. Kikunaga, K. Takamiya, T. Mitsugashira, T. Nakanishi, Y. Ohkubo, T. Ohtsuki, W. Sato and A. Shinohara, *Radiochim. Acta* **93**, 511-514 (2005).
2. Search for α -decay of $^{229\text{m}}\text{Th}$ produced from ^{229}Ac β -decay following $^{232}\text{Th}(\gamma, p2n)$ reaction
H. Kikunaga, Y. Kasamatsu, K. Takamiya, T. Mitsugashira, M. Hara, T. Ohtsuki, H. Yuki, A. Shinohara, S. Shibata, N. Kinoshita, A. Yokoyama and T. Nakanishi, *Radiochim. Acta* **93**, 507-510 (2005).

☆ ☆ ☆



Axonal Transport of Rubidium and Thallium in the Olfactory Nerve of Mice

(マウス嗅神経におけるルビジウムおよびタリウムの軸索輸送に関する研究)

金山 洋介 (独立行政法人理化学研究所 仁科加速器研究センター)

学位授与：金沢大学 (主査：天野良平)

匂いの感覚器である嗅神経細胞は鼻腔内の嗅上皮に存在し、粘膜上に樹状突起を、また反対側の

脳の嗅球内には篩骨篩板を通り抜けて軸索を伸ばし、シグナル伝達している。この様な形態を持つことにより嗅神経は血液脳関門を介さずに脳内と体外を直接に結ぶ経路となり得る。鼻腔内に入った物質がこの嗅神経経路に取込まれ、軸索などにより鼻腔から脳内へ移行する現象を嗅覚輸送と呼ぶ。

近年、金属イオンの中に嗅覚輸送によって脳内へ移行することが明らかとなったものが有り (Mn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+})、重金属などの生体汚染経路として考えられる一方で、Mn 強調 MRI を用いた嗅覚神経路のイメージングへ利用する研究も行われており、新たな診断法に繋がるものとして注目されている。我々はこれまでの研究において、 7Be , ^{46}Sc , ^{48}V , ^{51}Cr , ^{54}Mn , ^{56}Co , ^{59}Fe , ^{65}Zn , ^{74}As , ^{75}Se , ^{83}Rb , ^{85}Sr , ^{88}Y , ^{88}Zr , ^{95m}Tc , ^{103}Ru の 16 種の RI を含有する理研マルチトレーサーを用い、これら多くの元素の多様な投与経路による脳内集積の比較検討を行った。マルチトレーサーをマウスに静脈投与、腹腔投与など 8 種類の 방법으로投与し、脳、血液、血漿における放射能集積の経時的変化を追跡した結果、鼻腔内投与された $^{83}Rb^+$ が血液脳関門を介さずに、嗅覚輸送によって脳内へ集積する可能性を見出した。この様なアルカリ金属イオンの嗅覚輸送は、これまでに報告されていない。

核医学薬品である $^{201}TlCl$ は Tl^+ が Rb^+ と同じく、 K^+ に類似した挙動を示すことを利用したものである。 Rb^+ が嗅覚輸送によって脳内へ移行するのであれば、 $^{201}TlCl$ の嗅覚輸送による新たな核医学イメージング法の可能性が拓かれると言える。そこでこの Rb^+ の嗅覚輸送挙動を明らかにするとともに、 $^{201}TlCl$ を用いた新たな嗅神経路イメージング法の可能性を探索するため、 $^{86}RbCl$ 及び $^{201}TlCl$ を用いて嗅覚輸送による脳内集積の検討を行った。

実験は $^{86}RbCl$ 溶液を ICR マウスに片側性に鼻腔内投与して行った。3、6、12、24 時間後に解剖し、頭部を左右に分割して鼻粘膜 2 部位 (外鼻甲介 (呼吸上皮)、篩骨甲介 (嗅上皮))、脳 5 部位 (嗅球、嗅索を含む部位、梨状皮質前部・線条体を含む部位、梨状皮質後部・海馬を含む部位、小脳・延髄

を含む残りの部位) に分けて試料採取した。また対象群として尾静脈注射後同様に解剖し、それぞれ放射能測定を行った。次に $^{201}TlCl$ 溶液についても同様に片側性鼻腔内投与を行い、10、30 分、1、3、6、12、24 時間の各時点で取込挙動を検討した。

結果、投与後 6 時間における投与側の嗅球の取込率 (^{86}Rb , 0.7 %dose; ^{201}Tl , 0.5 %dose) は反対側 (^{86}Rb , 0.08 %dose; ^{201}Tl , 0.15 %dose) に比べ有意に高値を示し、さらに嗅球に集積していた放射能は経時的に嗅索、終脳、間脳の一連の脳組織へと移行することが分かった。これらの組織では嗅球で見られるのと同様の取込率の左右差が投与後 6、12 時間の時点で有意に観察できた。尾静脈注射群との比較では、血液取込率では差は見られず、脳取込率では鼻腔内投与群が高値を示しマルチトレーサー実験と同様の結果を得た。これらのことから、 Rb^+ 及び Tl^+ が嗅覚輸送により脳内へ移行することが明らかとなった。さらに、 $^{201}Tl^+$ のマウス脳オートラジオグラフィの結果から、 Tl^+ の嗅覚輸送は嗅神経内へ取込まれる軸索輸送であり、シナプス間隙を越えて、嗅神経路に沿った移行をすることが推測された。この Rb^+ と Tl^+ の脳内集積はこれまでの研究で明らかになっている Mn^{2+} の嗅覚輸送による脳内集積に比べて迅速である。

本研究により新たに Rb^+ と Tl^+ について嗅覚輸送挙動が明らかとなり、 $^{201}TlCl$ による新たな嗅神経路イメージング法の可能性が示された。この成果が核医学、鼻科学の領域の発展に寄与することを期待している。

代表的な発表論文

Yousuke Kanayama, Takae Tsuji, Shuichi Enomoto, and Ryohei Amano, Multitracer screening: Brain delivery of trace elements by eight different administration methods, *BioMetals*, **18**(6) pp. 553-565, 2005.

Yousuke Kanayama, Shuichi Enomoto, Toshiaki Irie, and Ryohei Amano, Axonal transport of rubidium and thallium in the olfactory nerve of mice, *Nucl Med Biol*, **32**(5) pp. 505-512, 2005.

学会だより

1. 日本放射化学会第29回理事会 [2005-2006 年度第2回理事会] 議事要録

日時：平成18年3月8日（水）13:30～18:30

場所：KEK 4号館1階会議室（127号室）

出席者：近藤、巻出、吉田、臼田、海老原、工藤（久）、久保、斎藤、篠原（厚）、中島、百島、三浦、中西、三頭、中原、坂本、工藤（博）（合計17名）

報告

1. 事務局から、第28回理事会議事要録の確認および第28回理事会（H17年12月3日）以降の会員の動向・会費納入状況が報告された。
2. ネット委員会から最近の活動等の報告があった。
3. ジャーナル編集委員会から、論文投稿状況、査読状況、刊行予定について報告があった。
4. 第50回放射化学討論会記念大会（2006年、原子力機構）の準備状況について、同実行委員会から報告があった。また、上記記念大会と併設で開催予定のASR（2006年、原子力機構）の概要について、事務局から報告があった。
5. その他、1) 日本化学会「専門分野別ディビジョン制度」に関する状況が報告された。2) 第7回環境放射能研究会が報告された。3) 第1回東アジアAMSシンポジウム及び第8回AMSシンポジウムが報告された。4) 第43回アイソトープ・放射線研究発表会が報告された。5) 原子力総合シンポジウム2006（2006.5.29～30）への協賛についての報告があった。6) 「化学と工業」誌の記事「放射化学討論会の主題」の執筆に関する報告があった。

審議

1. 学会賞ならびに奨励賞の応募状況が報告され、了解された。なお両賞の選考方法に関連して、

前年度学会賞選考委員会が提案した審査要領の統一が了解された。

2. 次期役員候補の推薦があり、了承された。また選挙管理委員が承認された。
3. 第50回記念大会・記念事業について、1) 実行委員会から全体計画とスケジュールが説明され、了解された。2) 組織委員会が企業、賛助会員、個人会員等に寄付金、広告料を依頼する際に使用する「趣意書」が説明され、募金の方法が審議され、了解された。3) 放射化学討論会講演予稿集〔全巻〕の展示とpdf化について、現状報告と公開の仕方、予定等の説明があり、了解された。4) 吉田副会長から「放射化学用語辞典」の編纂に関する状況と今後の予定について説明があり、了解された。5) 「放射化学冊子出版」に関する編集委員会での審議結果および今後の予定について報告があり、継続審議することになった。6) 名誉会員の選出については、継続審議して決定することになった。
4. その他、1) JNRS誌論文賞の設置について説明があり、編集委員会規定の付則を一部改訂して施行することが決議された。2) 学会事務、業務の分担、事務局の移転について近藤会長から説明があり、予定通り進めることになった。3) 放射化学分析関係の国際学会（MTAA-12）の共催について海老原理事から説明があり、了承された。4) 第52回放射化学討論会の担当について近藤会長から説明があり、継続審議することになった。

以上

2. 日本放射化学会第30回理事会 [2005-2006 年度第3回理事会] 議事要録

日時：平成18年7月8日（土）13:00～18:00

場所：東大 山上会館 会議室（002号室）

出席者：近藤、前田、巻出、吉田、臼田、海老原、奥野、工藤（久）、久保、斎藤、篠原（厚）、篠原（伸）、中島、百島、三浦、山田、中西、中原、坂本、永目（合計20名）

報告

1. 事務局から、第29回理事会議事要録の確認、第29回理事会（H18年3月8日）以降の会員の動向（2006年7月3日現在、個人会員総数：503名、賛助会員総数：30社、8名の個人会員入会を承認）および会費納入状況が報告された。
2. 選挙管理委員会から役員選挙の結果、候補者全員が当選と報告された
3. ネット委員会から最近の活動等の報告があった。
4. ジャーナル編集委員会から、論文投稿状況、査読状況、刊行予定について報告があった。
5. 第50回放射化学討論会記念大会（2006年、原子力機構）の準備状況については、審議事項5)で報告。
6. 第51回放射化学討論会の準備状況について、世話人から報告された。
7. その他、1)放射化学冊子出版編集委員会から冊子出版に係る検討状況について報告があった。2)第43回アイソトープ・放射線研究発表会について報告された。3)第7回「環境放射能」研究会について報告された。4)平成20年度科学研究費補助金「時限付き分科細目」の新分野についての要望書について報告された。

審議

1. 会長から次期体制について報告があり、承認された。
2. 2005-2006年度学会賞ならびに奨励賞の推薦についてそれぞれの審査委員会から報告があり、承認された。
3. 2005-2006年度事業報告・決算案の中間報告について説明がなされた。
4. 2006-2007年度事業計画・予算案編成方針について説明がなされた。
5. 第50回記念大会の記念行事・記念事業について説明があり、斎藤信房先生を特別表彰す

ることが了承された。公開講演および50周年記念講演の講演依頼者を決定した。

6. その他、1)第52回放射化学討論会の担当については、継続審議することになった。2)名誉会員を選考して、13名の新名誉会員が了承された。3)日本放射化学会会則、規定、内規および細則の改定について、総会に諮ることになった。4)学会事務局の移転については、予定通り進めることを確認した。

以上

3. 日本放射化学会第31回理事会 [2005-2006年度第4回理事会] 議事要録

日時：平成18年10月23日（月）14:00～18:00

場所：東海村 原子力機構 テクノ交流館 リコッティ

出席者：近藤、前田、巻出、吉田、臼田、奥野、工藤（久）、久保、篠原（厚）、篠原（伸）、山田、中西、中原、坂本、工藤（博）、岸川、永目、横山（合計18名）

報告

1. 事務局から、第30回理事会議事要録の確認、第30回理事会（H18年7月8日）以降の会員の動向（2006年10月16日現在、個人会員総数：521名、賛助会員総数：30社、26名の個人会員入会を承認）および会費納入状況が報告された。
2. ネット委員会から最近の活動等の報告があった。
3. ジャーナル編集委員会から、論文投稿状況、査読状況、刊行予定について報告があった。
4. 第50回放射化学討論会記念大会（2006年、原子力機構）の準備状況については、審議事項5)で報告。
5. 第51回放射化学討論会の準備状況について、世話人から報告された。
6. その他、1)日本化学会のディビジョン制度の状況について報告があった。

審議

1. 会長から次期体制・総会について報告があった。

2. 2005-2006 年度事業報告・決算案について了承された。
3. 2006-2007 年度事業計画・予算案について了承された。
4. 第 50 回記念大会の記念行事・記念事業の準備状況について説明があった。記念行事の進行について確認した。
5. その他、1) 第 52 回放射化学討論会の担当については、継続審議することになった。2) 日本放射化学会会則、規定、内規および細則の改定について、総会に諮ることを確認した。3) 学会事務局の移転については、予定通り進めることを確認した。

以上

4. 日本放射化学会第 32 回理事会 [2006-2007 年度第 1 回理事会] 議事要録

日時：平成 18 年 10 月 26 日 (木) 19:00 ~ 20:50

場所：原子力機構 阿漕ヶ浦クラブ (東海村)

出席者：前田、柴田、海老原、奥野、篠原 (伸)、百島、三浦、久保、中島、沖、佐藤、永目、村松、中西、篠原 (厚)、坂本、岸川、工藤 (久)、白田 (合計 19 名)

報告・審議

1. 前田会長から、2006-07 年度役員の担当について提案があり、承認された。近藤前会長を顧問とすることになった。
2. 新事務局体制については 1 年かけて構築することとして継続して検討していくことになった。
3. その他、1) 第 52 回放射化学討論会は広島大学で開催することが了承された。2) 第 53 回放射化学討論会の開催については継続審議することになった。3) シニア会員の会費免除、会費改定、企業への感謝状、顧問の任期、冊子編集委員会、用語辞典の今後の対応については継続審議することになった。4) ASR2006 会議録について説明があり、Guest Editors が了承された。5) MTAA 協賛について説明があり、黒田基金を利用させていただきたい旨の希望が述べられたが、具体的な案に

については 12 月の理事会で最終決定することになった。

以上

5. 第 8 回日本放射化学会総会報告

日時：平成 18 年 10 月 26 日 (木) 13:15 ~ 14:15

場所：日本原子力研究開発機構 原科研 (旧原研東海研) 大講堂 (D 会場)

出席者：70 名出席 +135 名委任状 (合計 205 名、会員 515 名の 1/5 (103 名) 以上の出席により総会成立)

近藤会長より、①第 50 回記念大会及び記念事業への取り組み状況、②学会賞 (大槻勤氏)・奨励賞 (北辻章浩氏、鈴木達也氏) の選考結果、③学会事務局の分担など、2005-2006 年度の活動概況が報告された。2005-2006 年度事業報告・決算案について、事務局より、①事業報告 (案) 及び学会との共催・協賛・後援、②決算案及び会計報告が提示され、承認された。2006-2007 年度事業計画・予算案について、事務局より、①事業計画 (案)、②予算案が提示され、承認された。新役員の選出結果について、近藤会長より報告があり、承認された。また、新役員が紹介された。その他では、会則の改正 (事務局の日本原子力研究所を日本原子力研究開発機構へ名称変更) が承認された。学会英語名称については、理事会で検討した結果、変更しないことが報告された。

2005-06 年度日本放射化学会学会賞

大槻 勤 (東北大学理学部 附属原子核理学研究施設) 「フラーレンに内包されたベリリウム-7 の半減期短縮と電子状態」

2005-06 年度日本放射化学会奨励賞

北辻 章浩 (原子力機構 原子力基礎工学研究部門) 「液々界面イオン移動反応の電気化学的研究とアクチノイド分離への応用」

鈴木達也 (東京工業大学 原子炉工学研究所) 「3 級ピリジン樹脂を用いるランタノイドとアクチノイドの分離」

2005-06 年度事業報告

○総会：第7回日本放射化学会総会（2005.9.29、金沢市観光会館）

○討論会：2005 日本放射化学会年会・第49回放射化学討論会（2005.9.28-30、金沢）

○研究発表会、講演会、研究会等の開催（助成事業）

1. 第7回「環境放射能」研究会（2006.3.7-9、つくば市 KEK）
2. 第45回核化学夏の学校（2006.8.2-5、福井県坂井市丸岡温泉）
3. 第8回環境放射能・放射線夏の学校（2006.8.7-9、京都市旅館こうろ）

○会誌、研究報告、資料等の発行

1. 日本放射化学会誌第6巻別冊（2005 日本放射化学会年会・第49回放射化学討論会研究発表要旨集）：J. Nucl. Radiochem. Sci., Vol. 6, Supplement、発行（2005.9）.
2. 日本放射化学会誌第6巻第1号：J. Nucl. Radiochem. Sci., Vol. 6, No. 1, [Special Issue of ASR2004]、発行（2005.7）.
3. 日本放射化学会誌第6巻第2号：J. Nucl. Radiochem. Sci., Vol. 6, No. 2、発行（2005.11）.
4. 日本放射化学会誌第6巻第3号：J. Nucl. Radiochem. Sci., Vol. 6, No. 3, [Special Issue of Internat. Sym. on Tc]、発行（2005.12）.
5. 日本放射化学会誌第7巻第1号：J. Nucl. Radiochem. Sci., Vol.7, No.1、発行（2006.6）.
6. 放射化学ニュース第13号、発行（2006.3）.
7. 放射化学ニュース第14号、発行（2006.9）.
8. 新名簿（会員番号付）、発行（2006.9）.

○学会、研究会等の共催、協賛、後援等

1. APSORC 2005、2005.10.17-21、北京
2. 第5回マイクロ波効果・応用国際シンポジウム、2005.11.2-4、つくば産総研
3. 第1回東アジア AMS 国際シンポジウム及び第8回 AMS シンポジウム、2006.1.26-28、筑波大学
4. 第44回原子力総合シンポジウム、2006.5.29-30、東京 学術会議講堂
5. 第6回核融合エネルギー連合講演会、2006.6.13-14、富山国際会議場
6. 第1回高崎量子応用研究シンポジウム、2006.6.22-23、高崎

7. 第43回アイソトープ・放射線研究発表会、2006.7.5-7、東京 日本青年館

○学会賞：学会賞1件、奨励賞2件

○理事会（4回）

第28回（2005.12.3、東大）、第29回（2006.3.8、高エネ研）、第30回（2006.7.8、東大）、第31回（2006.10.23、東海）

○委員会活動等

1. ジャーナル編集委員会（2005.9.29、2005.12.3）
2. ニュース編集委員会（2005.9.29）
3. 企画・広報委員会
4. インターネット管理運営委員会
5. 役員等推薦委員会
6. 選挙管理委員会（2006.7.3、原科研）
7. 学会賞選考委員会
8. 第50回記念大会組織委員会（幹事会 2006.6.10、東大）及び記念事業のための委員会

○第50回放射化学討論会記念大会・記念事業への取り組み

1. 記念大会：2006.10.24（火）～27（金）、水戸〔常陽藝文センター〕及び東海〔原子力機構〕
2. 記念事業：①放射化学討論会要旨集全巻の集約、②“日本の放射化学研究50年のあゆみ”の出版、③“放射化学用語辞典”の出版、④記念式典、⑤放射化学冊子出版の企画・編集
3. 会員及び企業等からの寄付・広告料

2006-07 年度事業計画

○総会：第8回日本放射化学会総会（2006.10.26、東海 原子力機構原科研）

○討論会：2006 日本放射化学会年会・第50回放射化学討論会（2006.10.24-27、水戸・東海）

○研究発表会、講演会、研究会等の開催（助成事業）

1. 第6回先端基礎研究国際シンポジウム（ASR2006）（2006.10.26-27、東海 原科研）
2. 第8回「環境放射能」研究会（つくば市 KEK）
3. 第46回核化学夏の学校
4. 第9回環境放射能・放射線夏の学校

○会誌、研究報告、資料等の発行

1. 日本放射化学会誌第7巻別冊（2006 日本放射化学会年会・第50回放射化学討論会

- 要旨集) : J. Nucl. Radiochem. Sci., Vol. 7, Supplement、発行 2006.10.
2. 日本放射化学会誌第7巻第2号 : J.Nucl. Radiochem.Sci. Vol.7, No.2、発行 2006.12.
 3. 日本放射化学会誌第8巻第1号 : J.Nucl. Radiochem.Sci. Vol.8, No.1 [ASR2006 も含めた50周年特別号]、発行 2007.6.
 4. 放射化学ニュース第15号、発行 2007.2.
 5. 放射化学ニュース第16号、発行 2007.8.
- 学会、研究会等への共催、協賛、後援等
1. 改造 JRR-3 利用運転 15 周年記念シンポジウム (2006.12.4、東海村リコッティ)
 2. 第6回マイクロ波効果・応用国際シンポジウム
 3. 第45回原子力総合シンポジウム (東京)
 4. 第2回 高崎量子応用研究シンポジウム(高崎)
 5. 第44回アイソトープ・放射線研究発表会(東京)
 6. MTAA-12 [放射化分析の国際学会] (2007.9.16-21、八王子)
- 学会賞 (学会賞、奨励賞)
- 理事会 : (5回 : 2006.10 [東海]、2006.12 [東京]、2007.3 [KEK]、2007.7 [東京]、2007.9 [静岡])
- 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
- 出版事業への取り組み : 冊子編集委員会など
- 2006-07 年度日本放射化学会役員
- 会長 前田 米藏 (九州大学大学院理学研究院)
- 副会長 柴田 誠一 (京都大学原子炉実験所)
- 海老原 充 (首都大学東京大学院理工学研究科)
- 理事 沖 雄一 (京都大学原子炉実験所)
- 横山 明彦 (金沢大学大学院自然科学研究科)
- 永目諭一郎 (日本原子力研究開発機構 先端基礎研究センター)
- 佐藤 兼章 (日本分析センター分析部)
- 村松 康行 (学習院大学理学部)
- 藤井 靖彦 (東京工業大学原子炉工学研究所)
- 久保 謙哉 (国際基督教大学教養学部)
- 中島 覚 (広島大学自然科学研究支援開発センター)
- 関根 勉 (東北大学高等教育開発推進センター)
- 斎藤 直 (大阪大学ラジオアイソトープ総合センター)
- 三浦 太一 (高エネルギー加速器研究機構大強度陽子加速器計画推進部)
- 奥野 健二 (静岡大学理学部)
- 篠原 伸夫 (日本原子力研究開発機構原子力基礎工学研究部門)
- 百島 則幸 (九州大学アイソトープ総合センター)
- 監事 篠原 厚 (大阪大学大学院理学研究科)
- 中西 孝 (金沢大学大学院自然科学研究科)
- 顧問 坂本 浩 (金沢大学名誉教授)
- 工藤 博司 (東北大学名誉教授)
- 近藤健次郎 (高エネルギー加速器研究機構名誉教授)

日本放射化学会 2005-06 決算

収入の部

単位 (円)

| 項 目 | 決 算 | 予 算 | 決算-予算 | 備 考 |
|--------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 個人会費 | 1,684,400 | 2,090,000 | △ 405,600 | |
| 賛助会費 | 1,350,000 | 1,700,000 | △ 350,000 | |
| 雑収入 | 1,227 | 1,000 | 227 | 利息、会誌等代金 |
| 前年度繰越金 | 2,808,489 | 2,808,489 | 0 | |
| 合 計 | 5,844,116 | 6,599,489 | △ 755,373 | |

支出の部

単位 (円)

| 項 目 | 決 算 | 予 算 | 予算-決算 | 備 考 |
|-------------|-----------|-----------|-----------|----------------------------|
| 討論会補助金 | 400,000 | 400,000 | 0 | (第50回討論会 2006) |
| 要旨集(学会誌)補助 | 0 | 600,000 | 600,000 | (第50回討論会 2006) |
| 出版事業費 | 1,684,321 | 3,200,000 | 1,515,679 | |
| 事務費 | 65,462 | 150,000 | | 会議費、事務通信費等 |
| ニュース印刷費 | 316,890 | 850,000 | | 12号 |
| 論文誌印刷費 | 545,580 | 950,000 | | Vol.6. No.2 |
| 学会誌送料等 | 156,389 | 400,000 | | ニュース、学会誌等送料 |
| 名簿作成費 | 0 | 250,000 | | |
| ジャーナル特別号 | 600,000 | 600,000 | | ASR2004、Tc 国際会議報告集補助 |
| 会議費 | 504,750 | 650,000 | 145,250 | 交通費補助等 |
| 理事会 | 504,750 | 550,000 | | 学会賞選考委員会を含む |
| 企画委員会 | 0 | 100,000 | | |
| 研究会等補助 | 300,000 | 350,000 | 50,000 | 環境放射能研究会、放射線夏の学校、AMSシンポジウム |
| 事務局経費 | 221,101 | 350,000 | 128,899 | |
| 事務費 | 186,551 | 150,000 | | 封筒作成費、収入印紙等 |
| 通信費 | 34,550 | 200,000 | | 切手、送金手数料等 |
| ネットワーク管理運営費 | 61,267 | 65,000 | 3,733 | プロバイダ契約等 |
| 学会賞 | 270,900 | 200,000 | △ 70,900 | 学会賞楯等代金 |
| 共催金 | 5,000 | 10,000 | 5,000 | 原子力総合シンポジウム |
| 予備費 | 0 | 774,489 | 774,489 | |
| 合 計 | 3,447,339 | 6,599,489 | 3,152,150 | |

繰越金 (収入合計 - 支出合計) = 2,396,777 円

財産内訳

| | | | |
|---------|-------------|------------|------------|
| 預金 | 6,896,777円 | 預金の内容 | |
| 内訳(銀行預金 | 5,457,845円) | 基金(黒田基金含む) | 4,500,000円 |
| (郵便口座 | 1,438,932円) | 次年度繰越金 | 2,396,777円 |

日本放射化学会 2006-07 予算

収入の部

単位 (円)

| 項 目 | 06-07 年度 | 05-06 年度 | 差 額 | 備 考 |
|--------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 個人会費 | 2,222,000 | 2,090,000 | 132,000 | |
| 賛助会費 | 1,650,000 | 1,700,000 | △ 50,000 | |
| 雑収入 | 1,000 | 1,000 | 0 | 利息、会誌等代金 |
| 前年度繰越金 | 2,396,777 | 2,808,489 | △ 411,712 | |
| 合 計 | 6,269,777 | 6,599,489 | △ 329,712 | |

支出の部

単位 (円)

| 項 目 | 06-07 年度 | 05-06 年度 | 差 額 | 備 考 |
|-------------|-----------|-----------|-----------|----------------|
| 討論会補助金 | 200,000 | 400,000 | △ 200,000 | 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 | 2,830,000 | 3,200,000 | △ 370,000 | |
| 事務費 | 150,000 | 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 | 950,000 | 250,000 | 2 回 |
| 学会誌送料等 | 400,000 | 400,000 | | ニュース、学会誌等送料 |
| 名簿作成費 | 230,000 | 250,000 | △ 20,000 | |
| ジャーナル特別号 | 0 | 600,000 | △ 600,000 | |
| 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 | 65,000 | 15,000 | プロバイダ契約等 |
| 学会賞 | 250,000 | 200,000 | 50,000 | 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 | 949,777 | 774,489 | 175,288 | |
| 合 計 | 6,269,777 | 6,599,489 | △ 329,712 | |

6. 放射化学用語辞典 [2006年版] と吉原賢二著「化学者たちのセレンディピティー」の会員特別頒布について

放射化学用語辞典 [2006年版] を入手希望の方へ

第50回放射化学討論会記念事業として刊行しました「放射化学用語辞典 2006年版」に残部があります。会員の方に、1冊1,000円（会員以外の方には1,200円）でお譲りしますので、ご入用の方は下記までご連絡ください。なお、数に限りがありますので先着順とさせていただきます。

連絡先: 〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方2-4
日本原子力研究開発機構 先端基礎研究センター 永目諭一郎
TEL: 029-282-5795
e-mail: nagame.yuichiro@jaea.go.jp

吉原賢二著「化学者たちのセレンディピティー」を購読希望の方へ

「日本の科学者が近代科学を欧米から学び、ノーベル賞級の人材が現れるようになった蔭には、先輩たちのたゆまない多くの努力があった」との視点から、小川正孝博士、青山新一博士、木村健二郎博士、黒田和夫博士ら12名の著名な先達の偉業を紐解き、それを通して科学の研究における“偶然力”すなわちセレンディピティーの重要性を説く、大変に貴重な内容の冊子です。このほど著者の吉原先生から、本学会に多数をご寄贈いただきました。会員の皆様、特に若い方々には是非読んで頂きたい1冊です。本書の購入を希望されます方には、1冊1,200円の特別価格でお譲りしますので、ご入用の方は下記までご連絡ください。

連絡先: 〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方2-4
日本原子力研究開発機構 先端基礎研究センター 永目諭一郎
TEL: 029-282-5795
e-mail: nagame.yuichiro@jaea.go.jp

7. 会員動向(平成18年7月～平成18年12月)

新規入会 (賛助会員)

新日鉱ホールディングス株式会社

新規入会 (正会員)

| 氏名 | 所 | 属 |
|-------|------------------------|--------------------------|
| 佐藤 宗一 | 日本原子力研究開発機構 ケル工業研究所 | 核燃料サイクル再処理技術開発センター 技術開発課 |
| 谷川 勝至 | 東京大学 理学部 | 放射線管理室 |
| 小田 寛貴 | 名古屋大学 | 年代測定総合研究センター |
| 小林 正規 | 日本医科大学 | 新丸子校舎 物理学教室 |

新規入会 (学生会員)

| 氏名 | 所 | 属 |
|-------|-----------|-------------------------|
| 田中奈津子 | 首都大学東京大学院 | 理工学研究科 分子物質化学専攻 宇宙化学研究科 |
| 諸町 大地 | 東京大学大学院 | 総合文化研究科 広域科学専攻 松尾研究室 |
| 片山 貴博 | 新潟大学 理学部 | 化学科 工藤研究室 |
| 白井 洋平 | 新潟大学 理学部 | 化学科 工藤研究室 |
| 橋間 一樹 | 新潟大学 理学部 | 化学科 工藤研究室 |
| 川崎 拓馬 | 新潟大学 理学部 | 化学科 工藤研究室 |
| 庄司 篤史 | 新潟大学 理学部 | 化学科 工藤研究室 |
| 大西 由子 | 東北大学 | 多元物質科学研究所 |
| 鈴木 陽介 | 埼玉工業大学 | 工学部 応用化学科 |
| 久保田理世 | 静岡大学 | 理学部附属放射化学研究施設 |
| 木下 亘 | 静岡大学 | 理学部附属放射化学研究施設 |
| 石川 寛匡 | 静岡大学 | 理学部 化学科 |
| 中垣 麗子 | 大阪大学 | 理学部 化学科 篠原研究室 |
| 矢作 亘 | 大阪大学 | 理学部 化学科 篠原研究室 |
| 菊池 洋平 | 静岡大学 | 理学部附属放射科学研究施設 |
| 森長 一朗 | 九州大学大学院 | 理学府 凝縮系科学専攻 |
| 山崎 逸郎 | 金沢大学 | 理学部 化学科 |
| 南里 朋洋 | 金沢大学 | 理学部 化学科 |
| 隅 貴弘 | 金沢大学 | 理学部 化学科 放射化学研究室 |

鈴木 大介 金沢大学 理学部 化学科
山田 記大 金沢大学 理学部 化学科 放射化学
研究室

所属変更（個人会員）

| 氏名 | 所 属 |
|-------|----------------------------------|
| 阿部 琢也 | 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 |

Muhammad Zakir Department of Chemistry
Faculty of Science Hasanuddin
University

遠藤 章 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

中野 朋子 京都大学 原子炉実験所

小池 裕也 東京大学 アイソトープ総合センター

宇野 正宏 東京薬科大学 薬学部 基礎物理学研
究室

秋山 和彦 首都大学東京 都市教養学部 理工学
系化学コース 同位体化学研究室

白田 重和 日本原子力研究開発機構 環境・原子
力微量分析研究グループ

大矢 恭久 静岡大学 理学部附属放射化学研究施設

森川 尚威 (財)相模中央化学研究所

平山 文夫 日本原子力研究開発機構 環境・原子力
微量分析研究グループ

荒谷 美智 六ヶ所村文化交流プラザスワニー

治村 圭子 理化学研究所 仁科加速器センター
応用研究部門 加速器応用研究グルー
プ RI 製造応用チーム

退会（個人会員）

| 氏名 |
|-------|
| 高木 伸司 |
| 宮崎 総司 |
| 神田 征夫 |
| 近藤 嘉秀 |
| 柴田 貞夫 |
| 治村 圭子 |

退会（賛助会員）

(財)放射線計測協会

8. 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：

〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根24
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
環境・原子力微量分析研究グループ内 日本
放射化学会
会員担当 間柄 正明 宛

「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。
本会のホームページ

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

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(円) | 会費(円) | 合計(円) |
|-------|--------|-------|-------|
| 正会員 | 1,000 | 5,000 | 6,000 |
| 学生会員* | 0 | 3,000 | 3,000 |

*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 (放射化学討論会要旨集)
 - (c) 放射化学ニュース
- 学会誌への投稿料が無料となります。