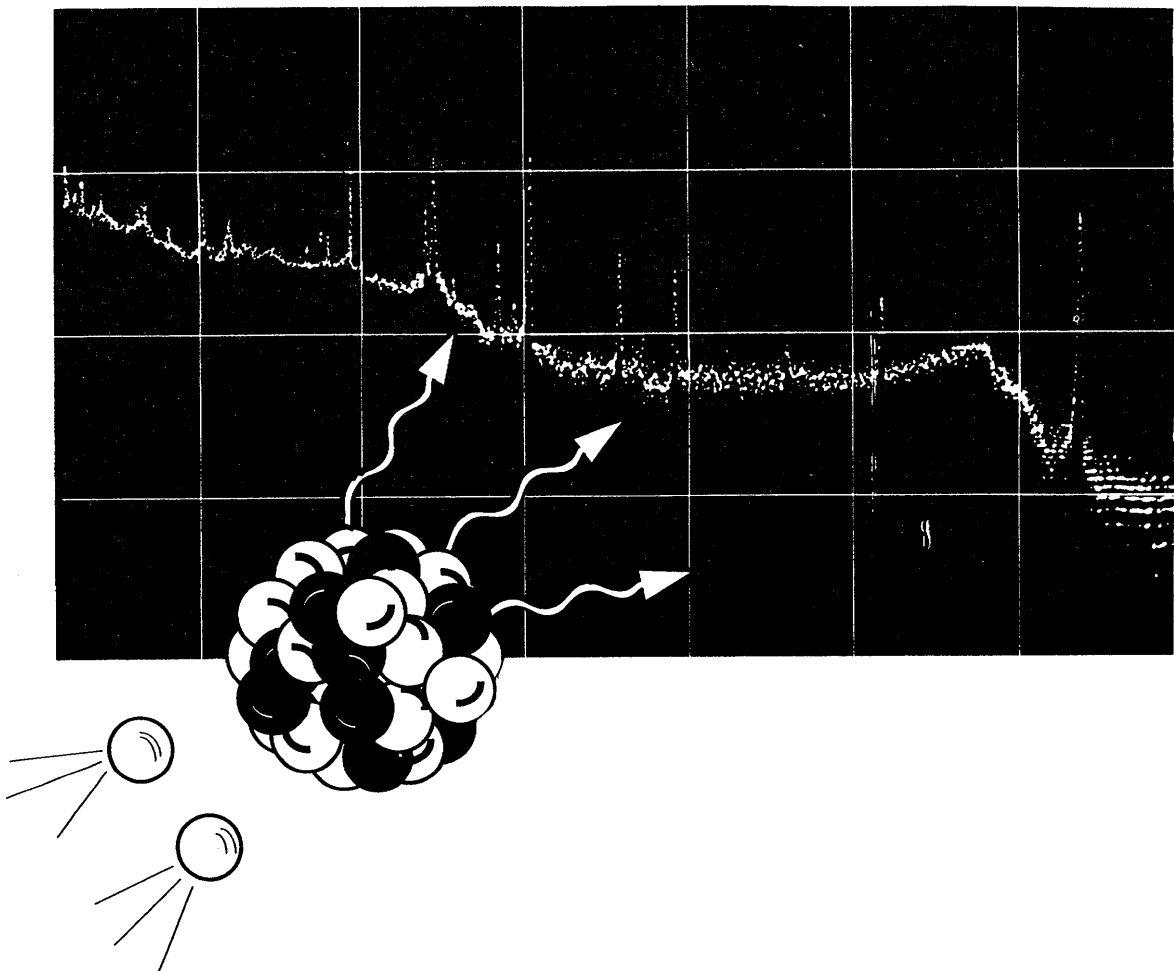


1998年10月

# 放射化分析

No. 7



放射化分析研究会

放射化分析研究会

Japan Association of Activation Analysis

(JA<sup>3</sup>)

会誌「放射化分析」

「Activation Analysis」

表紙図案は 岡田往子さん（武蔵工大原研）によるものです。

## 目 次

|  |           |      |
|--|-----------|------|
| 講座 「環境科学における放射化分析」                                       |           |      |
| 1 環境科学における放射化分析を特集して                                     | 薬袋佳孝・松尾基之 | … 1  |
| 2 機器放射化分析による大気試料の多元素同時分析とその応用                            | 溝畑 朗      | … 6  |
| 3 前化学分離濃縮放射化分析法 -CAA                                     | 酒井陽一      | … 16 |
| 研究紹介   |           |      |
| 放射化分析の標準化  | 榎本和義      | … 21 |
| 正確な化学分析の重要性と放射化分析  | 重松俊男      | … 22 |
| 若い声  |           |      |
| 僕の即発ガンマ線分析   | 佐野貴司      | … 26 |
| 談話室  |           |      |
| 分析屋の見た放射線安全管理の現場   | 榎本和義      | … 28 |
| 惑星探査と放射化分析   | 海老原 充     | … 29 |
| Q&A Lu-177 の 208keV のガンマ線を用いて Lu を定量すると<br>大きい分析値が出てくる理由 |           | … 31 |
| 研究会報告  |           | … 32 |
| 13th Radiochemical conference                            |           |      |
| シンポジウム「炭酸塩の希土類元素地球化学」                                    |           |      |
| 第8回トルコ調査研究会  |           |      |
| 日本鉄鋼協会第135回春季講演会   |           |      |
| 研究会予告  |           | … 37 |
| 放射化分析支援システム研究会   |           | … 38 |
| 施設便り   |           |      |
| 東北大学・核理研   |           |      |
| 原研施設利用共同研究   |           |      |
| 立教大学原子炉利用共同研究  |           |      |
| 京都大学原子炉実験所   |           |      |
| 会告   |           | … 45 |
| アンケート結果  |           |      |
| 日本放射化学会（仮称）と放射化分析研究会                                     |           |      |
| 電子メーリングシステムのお知らせ   |           |      |
| 会計報告・編集後記  |           | … 49 |
| 会員名簿   |           | … 51 |
| 広告   |           |      |



## 1 講座「環境科学における放射化分析を特集して」

市でのぜん息、富山県神通川流域でのイタイイタイ病などの発生は、地域的には限定されているにしても、生産に伴う廃棄物の環境への放出が人間の健康を損ない、場合によっては生存すらも危うくすることを示した。これは、人々の環境問題への関心を高めるとともに、企業などへの環境保全技術の導入の本格化の契機となった。

**個人を発生源とする環境汚染** 物質文明の発達はそれを享受する個人の生活に起因する環境汚染も顕在化させた。モータリゼーションの発達による自動車排ガスの発生は、産業に関わるものも大きな寄与を示してはいるが、生活に伴う廃棄物の発生の一例と考えられ、光化学スモッグなどの大気汚染に関わる環境問題を発生させている。また、産業廃水だけではなく生活排水も河川や湖沼の汚染の原因の一つとされている。公害問題でしばしば図式として主張される発生源=企業、被害者=住民というような単純な関係は、ここでは成立せず、個人の生活自体が環境汚染に深く関わって来ることが認識されて来た。これは、環境問題がより身近なものとして浸透してきたことを意味し、社会全体が解決に当るべき性質のものであることを示すものであった。環境問題への関心は、同時に、生存にも影響するような段階ではなくても、生活の快適性を何らかの形で犯すものも、環境問題とする認識をももたらした。

**地球環境問題** 1980年代のオゾンホールが発見は物質文明の発達が地球規模での生物種の絶滅に至る可能性を示すものであった。原因物質であるフロン自体には人体影響は知られていないが、廃棄物としての大気圏への放出が深刻な環境影響を引き起こすことは新たな環境問題の発生を意味していた。それまでの環境問題の多くは地域的に限定されたものであったが、フロンによるオゾン層破壊は地球規模での環境影響を招くものであった。その一方で、この現象がRowland教授らにより予言されていたことは、自然科学をベースとした環境科学が環境問題の解決に中核的な役割を果たすことを強く認識させるものであった。

### 1.1.2 環境科学の分野

環境科学は複合性の強い領域であるため、それぞれの元の領域を意識して、環境化学、環境地質学などの分類も行われる。より環境科学の独自性を強調すると、環境動態、環境影響評価、環境保全に区分されることがある。

人間活動にともない発生する人為起源物質の放出を契機として発生する環境問題は化学分析法である放射化分析が最も関与する所である。この場合の環境問題の発生には、(1)環境での物理的化学的変化並びに拡散・移動、(2)摂取による人体影響、(3)環境自体の破壊(最悪の場合、人類の生存条件を満たさない状態に至る)などのプロセスが関わると考えられる。以上のうち、(1)に関するものは環境動態、(2),(3)は環境影響評価と強い関わりを持っている。原因となる人為起源物質の発生の防止や低減、(1),(2),(3)のプロセスの進行に対する対策が環境保全の関与する部分である。

### 1.1.3 環境分析の役割

放射化分析のような化学分析の手法は前述したような歴史的展開を含めた環境科学の広がりの中でどのような役割を担い得るかを、ここで確認することとする。

**発生源での分析** まず、人為起源物質の発生のプロセスでは、工場などの様に発生源が特定される場合と生活一般で発生するようなケースとでは、化学分析の役割はかなり異なるように思われる。前者の場合は排気や排水中の対象物質濃度のモニタリングを廃棄の段階で実施することが可能である。この場合にはある濃度レベルでの連続的な測定が望まれ、異常値の検知が分析の主な役割となる。気体、液体の廃棄の場合には、流体であることから、このようなオンライン計測は比較的容易である。しかし、固体の場合には、粉碎して流体化しない限り、試料形状が分析システムを構築する上での制限要件ともなり得る。ただし、分析の目的は異常値の検出に求められる。

生活全般で発生する排気や排水ではそれぞれの発生源が拡散しているため、廃棄段階でのモニタリングは不可能である。大気環境ではモニタリングポストなどの形である地域での汚染状況を把握

## 1 講座「環境科学における放射化分析を特集して」

することとなる。また、排水では下水へ一括した上で廃棄することにより、最終的な排水時点でのモニタリングが可能となる。問題は固体廃棄物である。分析試料としてみた場合、不均一性が著しく、サンプリングによる誤差の発生や前処理の困難さが予見される。燃焼による減容などのプロセスで発生した残灰の分析や処分場に輸送した後での処分場からのリーク発生のモニタリングなどが、分析が活躍する主な場となる。いずれもある濃度レベルを越えた異常値の検出が重要な役割である。異常値への迅速な対応が必要とされることから、オンサイトでのオンライン分析が望まれる。

**環境動態の把握** 環境での挙動の把握では、化学変化が重要な役割を担うかどうか、分析に対する要求度の相違として現れる。環境で化学変化を伴わない場合には、その物質のみを定量できれば、分析目的を達成することが出来る。物質の拡散や生物圏も含めた移動が研究課題とすると、地球化学的試料とも位置付けられる岩石、土壌、堆積物、水や生物試料などが分析対象となり、これらに含有される物質の量を求めることとなる。最終的な環境影響が元素レベルで現れる場合には、元素の含有量の測定が主な目的となる。この場合の問題点は天然での含有量を除く必要の有無にある。場合に依っては、存在状態についての情報も必要となる。

化学変化を伴う可能性がある場合には、多数の環境試料を対象として存在状態に関する情報を得る必要も生じる。例えば、水俣病の発生機構の解明では、環境試料中の水銀の形態が無機水銀であるか有機水銀であるかが、しばしば問題となった。

**環境影響評価** 人為起源物質の人体影響、環境影響の把握を目的とした場合も分析は大きな役割を演じる。なお、ここで言う環境影響は、人間の生活環境が持つ機能を人為起源物質が犯し、過度に進行した場合は人類の生存を間接的に不可能とするような影響として定義する。例えば、土壌汚染により農作物の生育が不可能となるようなケースも含む。環境動態が研究対象である時に比べて、機構解明が研究目的の中核となるため、実験的なアプローチが重要な役割を演じる。

人体影響については、人体組織やラットなどの

動物実験で用いられるような比較的大型の生物が主な分析対象となる。人為起源物質の投与後の組織毎或いは組織内での分布についての情報が必要となる。また、生体内での化学変化の可能性についても、考慮が必要な場合もある。in vitro 及び in vivo 両面での分析技術の確立が必要であり、存在状態に関する情報は機構解明の見地から重要と位置付けられる。

環境影響では、フロンによるオゾン層破壊機構の解明が、最も適切な研究例と思われる。フロンの光化学反応機構の解明と自然環境での反応の可能性の評価が研究のポイントとみられる。実試料の分析は環境動態の領域に入るものとする、分析の主な役割は反応生成物の同定と定量と考えられる。また、別の例として、酸性雨による土壌の劣化機構の解明を研究目的とする。この場合には、酸性雨による土壌成分の溶脱が主な機構と考えられる。土壌成分自体の変化の把握、溶脱成分の同定と定量など、分析に求められる課題は重要である。

**環境保全** 環境問題の解決策についての様々な研究が、人為起源物質の放出量の減少、環境での拡散の防止、人体への摂取の可能性の遁滅などを目的として、展開されている。自動車排ガスの発生の低減を目的とした触媒の装着など、技術として実際に使用されているケースも増えて来た。ここでの分析の役割は環境保全技術が実際に有効に働くことを評価するために、主に用いられる。実験室レベルでの分析と実試料を対象とした分析の両方が要求される。室内実験では反応生成物の定量が主な役割となる。実試料の分析では環境動態の項で述べたような環境試料の分析が必要となる。想定された目標値を下回ることが重要であり、検出限界や誤差評価が大きな問題となる。

### 1.1.4 放射化分析の特徴

環境分析に対する要請は、ここまでに述べて来たとおり、極めて多様である。放射化分析の特徴は環境分析、ひいては、その目的の達成にどのように貢献し得るかについて考えてみることにする。

1. 高感度。低濃度の成分の定量が可能であり、試料の量も少なくすることが出来る。

## 1 講座「環境科学における放射化分析を特集して」

2. 非破壊法。溶液化等の試料前処理に起因する誤差が含まれない。このため、偶発誤差が小さく、分析値の信頼性は高くなる。
3.  $\gamma$ 線を検出に用いる。物質透過性が高く、X線検出で問題となるようなマトリックス効果が生じにくい。標準物質とのマトリックスの相違が分析値に影響しにくく、分析値の信頼性が高い。
4. 中性子照射は固体が望ましい。液体や気体試料を対象とした場合には、目的成分の前濃縮による固体化が必要となる。
5. 元素分析である。元素の存在状態についての情報を得るためには、化学操作との組み合わせが必要となる。
6. オンラインでの連続測定は困難。排気・排水などのオンサイトでの管理分析のニーズには答えにくい。ただし、 $^{252}\text{Cf}$ 、 $^{241}\text{Am-Be}$ 線源などの密封中性子源の利用が新たな応用の展開を拓く可能性がある。

このような放射化分析の一般的な特徴を踏まえて、環境分析へのニーズに答えて行くことは、放射化分析のこの分野での応用の活性化につながるはずである。

### 1.1.5 選択としての放射化分析

放射化分析の特徴から、オフラインで固体の環境試料中の元素含有量を非破壊で多元素について決定することに、分析法としては最も向いていることとなる。Cr, As, Cd, Sb, Hgなどの人体影響が著しい元素について高感度であることは、放射化分析(や即発 $\gamma$ 線分析)の適用を不可欠なものとしている。逆に、試料形態や目的成分がこれらの範囲から離れるほど、他の分析法が選択される可能性は高くなる。また、ICP質量分析法などの他の分析法との比較においては、放射化分析が非破壊法であることも、長所として付け加えることが出来る。

試料形態についてみると、環境水などの水試料や大気は分析対象となり難い。これを克服するには、目的成分の捕集法との組み合わせが必要である。照射試料に対する規制から、照射後に捕集等の

化学操作を行う放射化学的放射化分析は適用しにくく、試料前処理後に中性子照射を行う手法がより現実的な選択とみられる。放射化学のcommunityでは放射化学的放射化分析に比べて、放射化分析の特徴を生かしきっていないとみられがちであるが。しかし、多数の試料の分析には、前処理中に放射性物質を取り扱わない点で、むしろ向いているとも考えられる。また、前処理と分離の後に検出に至るのが一般的な機器分析の流れであり、化学操作について多様な研究の展開が期待される(同法については、本誌No.4の講座で詳しく紹介されている)。

**固体試料** 試料形態として固体試料に有効な応用が展開されていることから、本講座では大気粉塵を対象とした応用に関する溝畑朗氏の総説を掲載した。

環境における固体試料としては、他に土壌・堆積物などが挙げられる。これについても非破壊放射化分析の応用は活発に行われている。(例えばModern Trends in Activation Analysis等で発表されている。なお、この会議のプロシーディングスは1997年発行のJ. Radioanal. Nucl. Chem. 誌に掲載されている。)しかし、研究目的や対象試料の環境科学的意味合いが極めて多岐に渡ることから、今回は総説としての掲載を見送ることとした。今後の展開について敢えて一文を記すとすれば、構成成分との関連を含めた目的成分の鉛直分布(例として、A.Kuno et al., J. Radioanal. Nucl. Chem., 218, 169 (1997)、また、APSORC'97のプロシーディングスなど)、生物の影響、固液分配への影響などの環境動態の機構解明に関わる研究がより重要性を増して来るように思われる。

試料形態が固体で放射化分析に向いているとしても、目的成分に対して放射化分析が低感度であれば、分析法として採用される可能性は当然のこととして低くなる。例外とみられるのは、放射化分析で感度の良い元素を目的成分と選択的に結合させ得る場合である。

これに対して、放射化分析で高感度の分析が可能であるが、環境科学的な重要性が知られていない元素群がある。これに該当するものとして、ランタノイドや白金族元素が挙げられる。環境科学的重要性は、人為的な環境への放出、人体または

## 1 講座「環境科学における放射化分析を特集して」

環境への影響の度合いに依存すると考えられる。これらの元素は、触媒や材料としての利用が活発化しており、環境への放出の可能性は近年増加している。人体への直接的かつ著しい影響はみられていないものの、例えばランタノイドについては、RNA やDNA の極めて有効な加水分解触媒として機能することが知られている(文部省科学研究費重点領域研究「希土類錯体の新展開」報告書などに概要が報告されている。)など、新たな研究領域として注目されている。これらの研究の進展によっては、放射化分析の重要性が再び注目されるものとみられる。

**液体・気体試料** 液体または気体の環境試料として、最も重要と考えられるのは、水試料である。本講座では酒井陽一氏による水試料を対象とした前濃縮放射化分析の応用についての総説を掲載した(本誌No.4講座も参照のこと)。前濃縮法は放射化学実験設備を要さないことから、より広い範囲の分析化学関連の研究者にとって、“身近な”分析手法として展開していく可能性がある。水試料の分析に求められるポイントはスペシエーションである。元素分析法としての放射化分析を、適切な化学分離法と組み合わせることにより、有効な応用が展開されよう。

これは気体試料についても全く同様である。定量が必要とされるのは分子や分子ラジカルとして存在する成分であり、元素含有量ではない。前処理法としての化学分離法の適用が有効となる可能性がある。

### 1.1.6 まとめ

環境科学の広がりやをまず概観した上で、その中で放射化分析がその特徴をどのように生かし得るかを論ずることが、本稿の主題であった。このような本講座としては変則的な構成をとった最大の理由は現代の環境科学の特質に求められよう。環境科学は現在大きく発展しつつある分野であり、様々な既存の学問領域との関係が生じている。このような学際的な展開は、環境科学の規模としての拡大を促したものの、領域としての体系付けの混迷を招きつつあると著者らは認識している。このため、本講座においても、まず現在の環境科学

についての著者らによる体系付けを明確にした上で、本論に入っていくという形式を取らせていただいた。やや抽象的な表現が多くなってしまったことをお詫びしたい。

## 1.2 放射化分析のハウツー：環境科学版

### 1.2.1 放射化分析・環境試料の参考書について

現在までにわが国で書かれた放射化分析に関する一般的な参考書については、本誌No.4の「Q & A コーナー」にて、柘本和義氏が詳しく解説しているのので、そちらを参照していただきたい。また、種々の環境試料について、その取扱いと前処理、放射化分析の手順から標準試料の解説に至るまで、ていねいに記述されている参考書として、次のものを紹介する。

1. 木羽敏康・長島弘三・山県登・綿抜邦彦編、「環境分析の手法と評価」、東京大学出版会、東京、1982年

### 1.2.2 標準試料について

標準試料については、世界各国で作成され販売されている比較標準物質の中から、組成が近く、目的元素の含量が記載されているものがあれば、それを使うのが最も便利である。

環境標準物質132種類を含む種々の標準物質についてのホームページ紹介の記事が、本誌No.6の「資料コーナー」にあるので、ぜひ参照していただきたい。

目的元素の保証値や、参考値が記載されていない場合には、その元素については、高純度の金属や化合物を酸などに溶解し、ろ紙片等にしみ込ませて乾燥したものを標準として用いる。いくつかの元素については、原子吸光分析用またはICP-MS法用の標準溶液が市販されているので、これを利用することも可能である。

放射化分析が定量に向けた元素について、保証値、推奨値、参考値が記されていない例はしばしば経験する所である。この理由の一つは、保証値等を決定する過程で放射化分析のデータが不足しており、保証値等として公開しにくいことが挙げられる。IAEAの標準試料では放射化分析を行っている研究グループへの組織的な分析依頼が行わ



## 2 機器放射化分析による大気試料の多元素同時分析とその応用

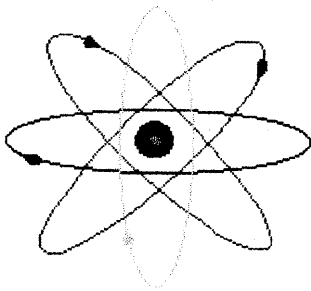
れているものの、他については、このような対応はなされていない。標準試料発行機関と放射化分析のグループとの密接な連携が望まれる。

### 1.2.3 これまでの本誌中の環境科学関連記事

本誌のこれまでの記事の中で、研究紹介や研究会報告として環境科学に関連した内容が取り上げられているので、ここで改めてまとめておく。こちらもぜひ参照願いたい。

1. 研究紹介「国設大気測定網と放射化分析」、大蔵恒彦、創刊号
2. 研究紹介「環境指標植物としての樹木」、片山幸士、第2号
3. 研究紹介「放射化分析による植物葉中の元素の特異集積について」、高田實彌、第5号
4. 研究紹介「放射化分析で見た葉面付着エアロゾルの元素組成特性とその植生生態」、高松武次郎ら、第6号
5. 研究会報告「環境科学における放射化分析」、東京大学原子力研究総合センター・立教大学原子力研究所、第5号

(武蔵大学人文学部) 薬袋佳孝  
(東京大学大学院総合文化研究科) 松尾基之



## 2 機器放射化分析による大気試料の多元素同時分析とその応用

### 2.1 はじめに

環境試料に機器中性子放射化分析 INAA (Instrumental neutron activation analysis) を適用する場合、多くの長所が挙げられる。まず、分析に際して、試料の形状をほとんど問題にすることなく多元素同時分析が可能なことであり、同一試料から30種以上の元素濃度を定量できる。同一試料から分析できると、分割した試料間の差に基づく誤差を除くことができ、精度が向上する。分析可能な多くの元素は環境試料中では痕跡元素であるが、高感度であるために試料が極微量でも分析できる。化学操作を施さない非破壊分析であるため、汚染や不溶性残留物の損失などを最小限にできるとともに、放射能が十分に減衰した後、放射化された試料を他の分析に供することも可能である。

一方、分析法上の短所は、C, N, S, Siなどの軽元素やPbなど、いくつかの重要な元素がINAAでは測定できないか、あるいは極めて感度が悪いことである。試料の大部分である母体元素が強く放射化されないことは、その中に含まれる多くの微量元素が分析できて長所とも考えられるが、その反面、分析が完全でないことを意味する。また、非破壊分析であるために、強く放射化される核種が存在すると、同程度の半減期の生成核種を測定する際に妨害となる。長寿命の生成核種を測定するためには、短・中半減期の核種が減衰するまで2~3週間待つ必要があり、迅速性に欠けることなども挙げられる。

環境試料としては、大気、水、土壌、植物などが分析の対象となる。これら環境試料の元素分析において、単一の分析法で必要なすべての情報を得ることは不可能である。一般的には、試料採取法と分析法を同時に検討して、測定の目的に最も適した方法が選択されるべきである。INAAは簡便にも関わらず、得られる情報量が多く環境試料の分析に好適である。また、物理分析であるメリットも大きい。特に、大気を対象とする場合、短時間で十分な量の試料採取を行うことが困難であり、

## 2 機器放射化分析による大気試料の多元素同時分析とその応用

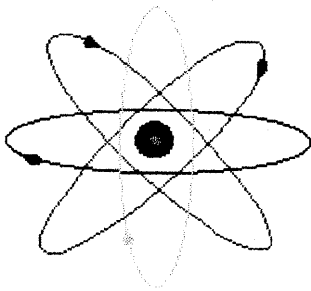
れているものの、他については、このような対応はなされていない。標準試料発行機関と放射化分析のグループとの密接な連携が望まれる。

### 1.2.3 これまでの本誌中の環境科学関連記事

本誌のこれまでの記事の中で、研究紹介や研究会報告として環境科学に関連した内容が取り上げられているので、ここで改めてまとめておく。こちらもぜひ参照願いたい。

1. 研究紹介「国設大気測定網と放射化分析」、大蔵恒彦、創刊号
2. 研究紹介「環境指標植物としての樹木」、片山幸士、第2号
3. 研究紹介「放射化分析による植物葉中の元素の特異集積について」、高田實彌、第5号
4. 研究紹介「放射化分析で見た葉面付着エアロゾルの元素組成特性とその植生生態」、高松武次郎ら、第6号
5. 研究会報告「環境科学における放射化分析」、東京大学原子力研究総合センター・立教大学原子力研究所、第5号

(武蔵大学人文学部) 薬袋佳孝  
(東京大学大学院総合文化研究科) 松尾基之



## 2 機器放射化分析による大気試料の多元素同時分析とその応用

### 2.1 はじめに

環境試料に機器中性子放射化分析 INAA (Instrumental neutron activation analysis) を適用する場合、多くの長所が挙げられる。まず、分析に際して、試料の形状をほとんど問題にすることなく多元素同時分析が可能なことであり、同一試料から30種以上の元素濃度を定量できる。同一試料から分析できると、分割した試料間の差に基づく誤差を除くことができ、精度が向上する。分析可能な多くの元素は環境試料中では痕跡元素であるが、高感度であるために試料が極微量でも分析できる。化学操作を施さない非破壊分析であるため、汚染や不溶性残留物の損失などを最小限にできるとともに、放射能が十分に減衰した後、放射化された試料を他の分析に供することも可能である。

一方、分析法上の短所は、C, N, S, Siなどの軽元素やPbなど、いくつかの重要な元素がINAAでは測定できないか、あるいは極めて感度が悪いことである。試料の大部分である母体元素が強く放射化されないことは、その中に含まれる多くの微量元素が分析できて長所とも考えられるが、その反面、分析が完全でないことを意味する。また、非破壊分析であるために、強く放射化される核種が存在すると、同程度の半減期の生成核種を測定する際に妨害となる。長寿命の生成核種を測定するためには、短・中半減期の核種が減衰するまで2~3週間待つ必要があり、迅速性に欠けることなども挙げられる。

環境試料としては、大気、水、土壌、植物などが分析の対象となる。これら環境試料の元素分析において、単一の分析法で必要なすべての情報を得ることは不可能である。一般的には、試料採取法と分析法を同時に検討して、測定の目的に最も適した方法が選択されるべきである。INAAは簡便にも関わらず、得られる情報量が多く環境試料の分析に好適である。また、物理分析であるメリットも大きい。特に、大気を対象とする場合、短時間で十分な量の試料採取を行うことが困難であり、

## 2 機器放射化分析による大気試料の多元素同時分析とその応用

簡便に非破壊で多元素同時分析が可能なINAAは最も適した分析法の1つである。

以下では、INAAの環境試料への応用例として大気試料を取り上げ、都市大気のカラクリゼーション、発生源の同定や寄与推定、化学成分変質の解明などへの適用例を紹介する。

### 2.2 大気エアロゾル粒子

大気中に浮遊するエアロゾル粒子の輸送は主として空気力学的粒径(以下粒径と呼ぶ)に支配され、特に $10\ \mu\text{m}$ 以下になると長距離輸送されるとともに人の呼吸器へ吸入され健康影響をもたらす。多くの国々では、健康影響の観点から大気エアロゾル粒子(以下PMと呼ぶ)に対する濃度の環境基準を設定し、良好な大気環境の保全に努めている。しかし、最近、微小粒子の健康影響について注目すべき事実が明らかにされ、新たな対応が必要になってきた。すなわち、米国における疫学研究によって、「現行の規制濃度レベルにおいても、微小粒子濃度と死亡率や疾病の増加との間に統計的に有意な関係があること」が明らかにされた。これを契機にして米国では、粒径 $2.5\ \mu\text{m}$ 以下のPMに対する環境指標PM<sub>2.5</sub>を導入し、新たにPM<sub>2.5</sub>規制が設定された。PMの健康影響に関して、微小粒子に含まれる原因物質の解明が大きな課題である。

PMの環境影響は、人の健康のみではなく、グローバルな大気環境に対しても無視できない。特に $2.5\ \mu\text{m}$ 以下の粒子は光散乱に最も効果があり、視程障害の原因になるのみならず、地球の放射光に対する吸収・散乱に関与して地球温暖化に直接的に影響する。さらに、雲の生成と分布や形状とも密接に関係し、その結果として放射光の雲による反射率の変化を通して地球温暖化に間接的な影響を与える。

人の健康のみならず、地球温暖化にも影響を与える大気中のエアロゾル粒子は、自然及び人為的な様々な発生源からの一次粒子とガス状の前駆物質から大気中の反応によって生成した二次生成粒子とからなっている。SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>など気体状の大気汚染物質と異なり、粒径と化学組成を有することが大きな特徴である。有害金属であるPb、As、Cd、Cr、Zn、Seなど、酸性成分、及びある種の有

機化合物は急性或いは慢性の健康障害を引き起こすため、粒子の化学組成は健康影響の観点から特に注目される。また、粒径と化学組成は粒子の生成由来を反映したものであり、粒子の生成由来や発生源を理解する上で化学成分の粒径分布は不可欠な情報である。さらに、地球環境問題に及ぼす影響をよりよく理解するためにもきわめて重要である。

### 2.3 INAAによる元素分析

一般にINAAによる分析の過程は、試料の採取、調製、放射化とγ線スペクトル測定、及びデータ解析に大別できる。一般的な分析法は成書<sup>1)</sup>に詳しいので、本章では著者が行っている方法を中心に述べる。

#### 2.3.1 試料採取

PM試料の採取は大気をポンプで吸引して行い、フィルタによる濾過捕集が一般的であるが、粒径分離を行う場合には慣性衝突を利用した方法が用いられる。濾過捕集用のフィルタホルダーやサンブラ、或いは分粒捕集用サンブラが多数市販されている。アンダーセンサンブラは比較的よく利用される分粒捕集用サンブラであり、吸引量 $28.3\ \text{l/min}$ で稼働して粒子を9粒径範囲に分粒できる。

いずれの方法によっても、INAAでは用いる捕集材の選択が最も重要であり、放射化によって生成する妨害核種が少ないほど望ましい。また、PM捕集量を正確に測定するためには、捕集材は吸湿性の小さい風袋の軽いものが適する。濾過捕集の場合、ニトロセルロース、ポリカーボネート、四フッ化エチレン等の材質によるフィルタが用いられるが、ガス成分の吸着が少ない四フッ化エチレン製が最も好ましいとされる。慣性衝突法による場合、市販フィルタの利用も可能であるが、薄いポリエチレンフィルムも利用できる。高温度雰囲気での採取や大容量吸引をする場合、耐熱性があり吸引による圧損の小さい石英繊維製フィルタが用いられる。ただし、石英繊維製フィルタはAlなどの含有量が多く、INAAには適していない。

次項に示す適用例はいずれも分粒捕集したPM試料によるものであり、試料採取にはアンダーセンサンブラを用いた。各粒径範囲の捕集量は高々

## 2 機器放射化分析による大気試料の多元素同時分析とその応用

数mgであり、可能な限り捕集材による妨害を低くするため、衝突捕集にはポリエチレンフィルム(10 $\mu$ m厚)を、最終段の濾過捕集には四フッ化エチレン製フィルタを使用した。

### 2.3.2 照射用試料の調製

放射化される試料は、分析を目的とする分析試料と定量のための標準試料である。分析試料の調製は試料の種類によって著しく異なるが、PM試料では単に適量をポリエチレン小袋に密封するだけである。照射条件によって試料の適量は異なるが、アンダーセン試料の場合、粒子が数100のスポット状に捕集されるため、分割するよりは全量を分析に供することが好ましい。

標準試料は、元素含有量が既知のものを分析試料と同様の形状にして作製する。元素濃度既知の標準物質として、米国NBSの標準物質等が利用できる。NBSの標準物質には都市大気粒子(SRM1648)、果樹園樹木葉(SRM1571)、松葉(SRM1575)、石炭燃焼灰(SRM1633a)等がある。

分析試料や標準試料をさらにポリエチレン小袋(外袋)に入れ、照射用カプセルに収納して照射に供する。照射によって揮散する恐れのある元素を扱う場合は、肉厚の厚いポリエチレン袋を用いるなどして、他の試料を汚染しない工夫が必要である。

### 2.3.3 放射化と $\gamma$ 線スペクトル測定

放射化分析に利用できる核種の半減期は数分から数年以上の範囲にあり、多元素同時分析のためには短半減期核種の生成を目的とする短時間照射および中・長半減期核種生成のための長時間照射を行う必要がある。

原子炉中性子照射による放射化は立教大学原子力研究所原子炉(TRIGA-II型、熱出力100kW)で行った。まず、短時間照射を気送管(熱中性子束 $\phi_{th} = 1.5 \times 10^{12} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ 、速中性子束 $\phi_f = 8.6 \times 10^{11} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ )で2分間行った。照射された試料の外袋を取り替えて測定用試料とし、Ge検出器と多重波高分析器からなる $\gamma$ 線スペクトロメータを用いて、生成した放射性核種からの $\gamma$ 線スペクトルを照射終了数分後に300秒間測定した。

測定が終わった短時間照射試料をFリング照射孔( $\phi_{th} = 1.4 \times 10^{12} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ 、 $\phi_f = 6.1 \times 10^{11} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ )で長時間照射した。照射時間は1日6時間ずつ3日間で合計18時間である。短時間照射の場合と同様に、生成した中・長寿命放射性核種からの $\gamma$ 線スペクトルを照射終了数日後に2,000秒間、一週間後に8,000秒間及びほぼ二週間後から20,000秒間測定した。図2-1に長時間照射後、3週間目に20,000秒間測定した $\gamma$ 線スペクトルの例を示す。また、元素1 $\mu$ gを照射した場合に、生成する核種で元素分析に利用できるものの放出 $\gamma$ 線強度を比較して表2-1に掲げる。

### 2.3.4 $\gamma$ 線スペクトルデータの解析

$\gamma$ 線スペクトルデータの解析では、測定した $\gamma$ 線スペクトルから光電ピークのピークチャンネルとそのピーク面積を計算し、ピークチャンネルに対応する $\gamma$ 線エネルギーから生成核種を同定する。さらに、生成核種に対応する元素量をピーク面積と照射及び測定条件から定量する。また、定量限界以下の元素については上限値を推定する。これらの解析処理には多大な労力と時間を要するため、必要な解析処理をコンピュータ化したソフトウェアを開発した。このソフトウェアを利用すると、定量解析が正確かつ迅速に行え、データ解析に要する労力や時間を最小限にできる。

## 2.4 大気エアロゾル粒子試料への応用

### 2.4.1 都市域のPMのキャラクタリゼーション<sup>2)</sup>

アンダーセンサンプラーを用いて測定したPM濃度の粒径分布は図2-2に示すようであり、季節に関係なく1.5~2 $\mu$ mの粒径を境にして2つのピークがみられる2山型分布となる。これらの試料の分析結果をまとめて表2-2に掲げる。これらはINAAによって30余元素を分析後、脱イオン蒸留水で抽出した水可溶性イオン8種をIC(Ion Chromatography)で、また同時併行して石英繊維フィルタに捕集した試料から熱分離炭素分析法によって炭素成分を分析した結果をまとめたものである。また、16成分の粒径分布を図2-3に示した。



## 2 機器放射化分析による大気試料の多元素同時分析とその応用

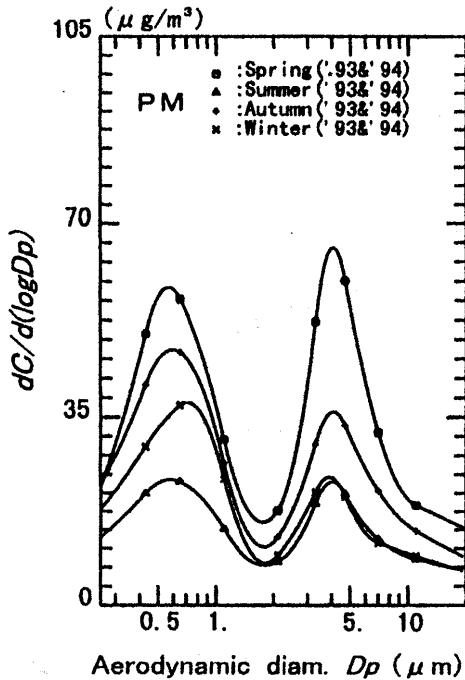


図2-2. 大気エアロゾル粒子の粒径分布

PMの化学成分濃度は時期によって差が大きい、平均的には炭素成分が最も多くほぼ30%、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ など主として二次生成粒子からなる水可溶性イオンが20%、INAAで分析された元素成分は10数%を占める。元素成分は発生源に関する多くの情報を含んでいて、発生源の同定や寄与濃度の解析には不可欠な情報である。

化学成分の粒径分布は図2-3に示したように成分によって特徴が顕著である。主として粗大粒子に含まれる成分は、 $\text{Na}(\text{Na}^+)$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}(\text{Ca}^{2+})$ 、 $\text{Al}$ 、 $\text{Sc}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Fe}$ 、 $\text{Co}$ 、 $\text{Ba}$ 、 $\text{La}$ 、 $\text{Ce}$ 、 $\text{Sm}$ 、 $\text{Eu}$ 、 $\text{Lu}$ 、 $\text{Hf}$ 、 $\text{Ta}$ 、 $\text{W}$ 、 $\text{Th}$ 、 $\text{U}$ であり、これらは主として土壌性粒子や海塩に由来する。逆に主として微小粒子に含まれる成分は、非揮発性炭素(NV-C)、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{V}$ 、 $\text{As}$ 、 $\text{Se}$ 、 $\text{Br}$ 、 $\text{Ag}$ 、 $\text{Cd}$ 、 $\text{Sb}$ 、 $\text{I}$ であり、主として自動車排気や石油燃焼など燃焼過程を経て生成した粒子や二次生成粒子に由来する。残りの成分は、揮発性炭素(V-C)、 $\text{Cl}(\text{Cl}^-)$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{K}$ 、 $\text{Mn}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{Zn}$ 、 $\text{Rb}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{Cs}$ である。これらの成分では、生成由来の異なる微小粒子部分と粗大粒子部分とに同程度存在する。例え

ばClは、微小粒子では $\text{NH}_4\text{Cl}$ として、粗大粒子では海塩粒子の成分として存在する。

### 2.4.2 CMB法による発生源寄与同定

前項に示したような分析結果に対して、CMB (Chemical Mass Balance)法を適用して発生源粒子の寄与濃度を推定することができる。CMB法では、PM濃度は測定地点にもたらされた主要な発生源粒子濃度の和であると考えられる<sup>3)</sup>。従って、化学成分濃度はそれぞれの発生源粒子に含まれるものの和となり、それらの発生源粒子の化学成分濃度パターン(化学組成プロファイル)が明らかにされると、それぞれの発生源粒子寄与濃度が推定できる。

人為的発生源は使用する燃料や原材料によって類別でき、都市域では自動車排気、廃棄物焼却、石油燃焼などが主要な発生源となっている。INAAはこれら発生源粒子試料の元素分析にも威力を発揮し、化学組成プロファイルが発生源に特徴的であることが明らかにされている<sup>4)</sup>。

主要発生源として、自然発生源である土壌、海塩、人為発生源である製鉄・製鋼業、廃棄物焼却、石油燃焼、自動車排気を選び、CMB法によって推定した結果<sup>5)</sup>を図2-4に示す。このような発生源寄与同定結果は、大気環境改善のための施策立案に有用な知見を提供することになる。

### 2.4.3 道路トンネル内大気の解析<sup>6)</sup>

自動車走行によって排気管からの排気粒子とともに道路、タイヤ、ブレーキからも粒子が発生する。排気粒子では特にディーゼル車の影響が大きいが、ガソリン車も無視できない。排気粒子の濃度や化学組成は車種や走行条件によっても差が生じる。いろいろな条件の車が多数走行する道路トンネルでは、自然に多種多様な使用過程車の実走行車状態が実現される。また、道路トンネル内は、その構造上、トンネル外大気の影響を受けにくい。自動車実走行時の平均的なPM排出実態を把握するために、山間部の自動車道路トンネル内でPMを粒径別に7組採取して成分分析を行った。トンネル内のPMは粒径も化学組成も異なった排気粒子、道路からの粉塵、タイヤやブレーキからの摩耗粒子などが混合したものである。トンネル内PMの

2 機器放射化分析による大気試料の多元素同時分析とその応用

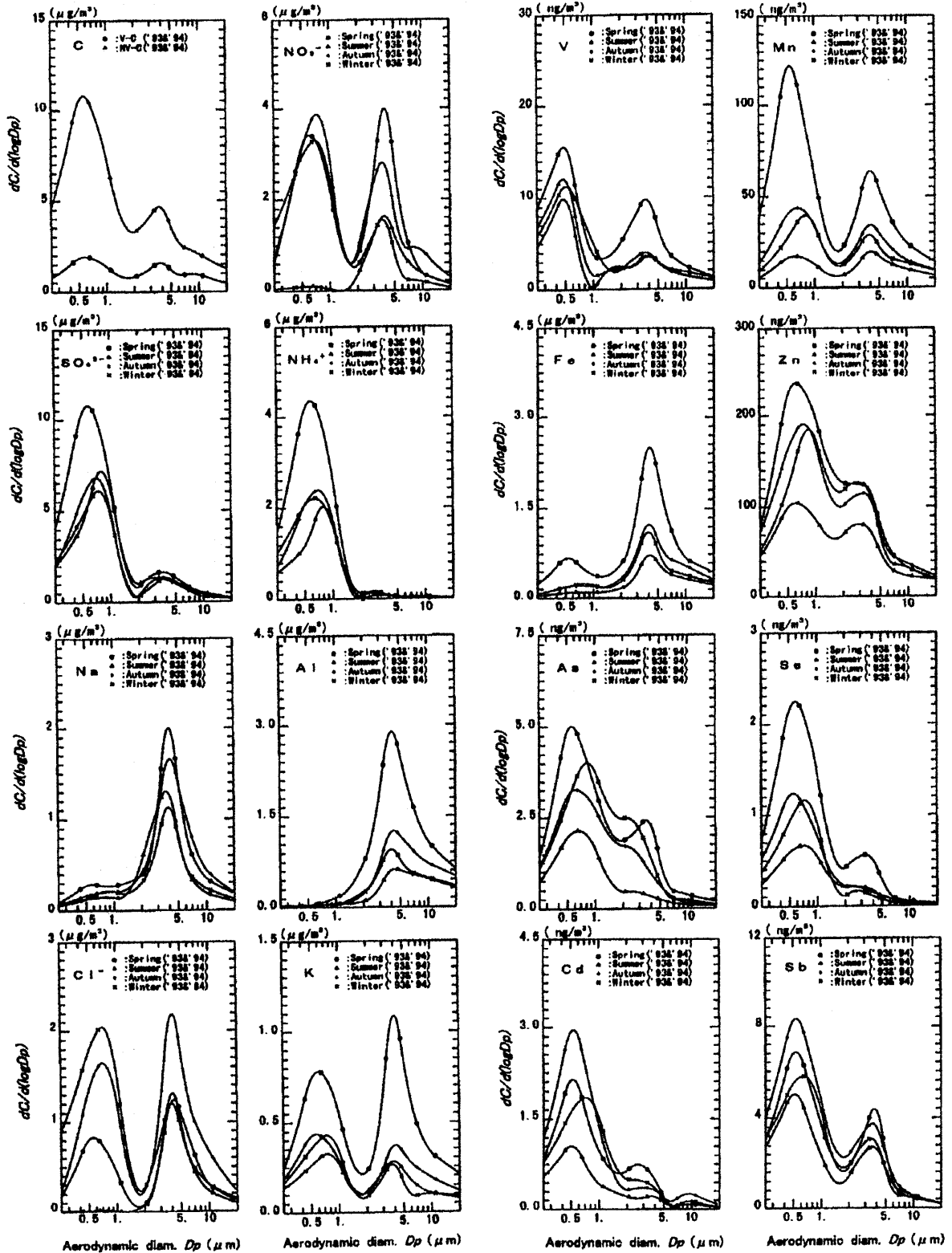


図2-3. 大気エアロゾル粒子中の16成分の粒径分布

2 機器放射化分析による大気試料の多元素同時分析とその応用

表2-2. 堺市の大気エアロゾル粒子の化学組成濃度: April, 1994 ~ February, 1996

|                               | Total                      |            | Fine (Dp < 1.5 μm)         |            |             | Coarse (Dp > 1.5 μm)       |            |             |
|-------------------------------|----------------------------|------------|----------------------------|------------|-------------|----------------------------|------------|-------------|
|                               | Ct<br>(ng/m <sup>3</sup> ) | X/PM (%)   | Cf<br>(ng/m <sup>3</sup> ) | Cf/Ct<br>% | X/PM (%)    | Cc<br>(ng/m <sup>3</sup> ) | Cc/Ct<br>% | X/PM (%)    |
| PM                            | 50900.                     | (=100%)    | 27000.                     | (53)       | (=100%)     | 23900.                     | (47)       | (=100%)     |
| <i>Carbon</i>                 |                            |            |                            |            |             |                            |            |             |
| V-C                           | 2400.                      | ( 4.7 )    | 1220.                      | (51)       | ( 4.5 )     | 1180.                      | (49)       | ( 4.9 )     |
| NV-C                          | 10500.                     | (20.6)     | 6800.                      | (65)       | (25.2)      | 3700.                      | (35)       | (15.5)      |
| <i>Water soluble ion</i>      |                            |            |                            |            |             |                            |            |             |
| Cl <sup>-</sup>               | 1280.                      | ( 2.5 )    | 600.                       | (47)       | ( 2.2 )     | 680.                       | (53)       | ( 2.8 )     |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 2460.                      | ( 4.8 )    | 1370.                      | (56)       | ( 5.1 )     | 1090.                      | (45)       | ( 4.6 )     |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 5260.                      | (10.3)     | 4340.                      | (83)       | (16.1)      | 920.                       | (17)       | ( 3.8 )     |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  | 1610.                      | ( 3.2 )    | 1540.                      | (96)       | ( 5.7 )     | 70.                        | ( 4 )      | ( 0.3 )     |
| Na <sup>+</sup>               | 670.                       | ( 1.3 )    | 140.                       | (21)       | ( 0.5 )     | 530.                       | (79)       | ( 2.2 )     |
| K <sup>+</sup>                | 380.                       | ( 0.75 )   | 290.                       | (76)       | ( 1.07 )    | 90.                        | (24)       | ( 0.38 )    |
| Mg <sup>2+</sup>              | 91.                        | ( 0.18 )   | 14.                        | (15)       | ( 0.05 )    | 77.                        | (85)       | ( 0.32 )    |
| Ca <sup>2+</sup>              | 700.                       | ( 1.4 )    | 120.                       | (18)       | ( 0.4 )     | 580.                       | (83)       | ( 2.4 )     |
| <i>Element</i>                |                            |            |                            |            |             |                            |            |             |
| Na                            | 860.                       | ( 1.7 )    | 140.                       | (16)       | ( 0.5 )     | 720.                       | (84)       | ( 3.0 )     |
| Al                            | 1040.                      | ( 2.0 )    | 50.                        | ( 5 )      | ( 0.2 )     | 990.                       | (95)       | ( 4.2 )     |
| Cl                            | 1310.                      | ( 2.6 )    | 610.                       | (47)       | ( 2.3 )     | 700.                       | (53)       | ( 2.9 )     |
| K                             | 600.                       | ( 1.2 )    | 290.                       | (49)       | ( 1.1 )     | 310.                       | (51)       | ( 1.3 )     |
| Ca                            | 1320.                      | ( 2.6 )    | 40.                        | ( 3 )      | ( 0.2 )     | 1280.                      | (97)       | ( 5.4 )     |
| Sc                            | 0.17                       | ( 0.0003 ) | 0.01                       | ( 4 )      | ( 0.00004 ) | 0.16                       | (96)       | ( 0.00067 ) |
| Ti                            | 86.                        | ( 0.17 )   | 6.                         | ( 7 )      | ( 0.02 )    | 80.                        | (93)       | ( 0.33 )    |
| V                             | 10.5                       | ( 0.021 )  | 7.0                        | (67)       | ( 0.026 )   | 3.5                        | (33)       | ( 0.015 )   |
| Cr                            | 6.4                        | ( 0.013 )  | 1.9                        | (29)       | ( 0.007 )   | 4.5                        | (71)       | ( 0.019 )   |
| Mn                            | 54.                        | ( 0.11 )   | 28.                        | (53)       | ( 0.10 )    | 26.                        | (48)       | ( 0.11 )    |
| Fe                            | 1010.                      | ( 2.0 )    | 180.                       | (18)       | ( 0.7 )     | 830.                       | (82)       | ( 3.5 )     |
| Co                            | 0.77                       | ( 0.0015 ) | 0.22                       | (29)       | ( 0.0008 )  | 0.55                       | (71)       | ( 0.0023 )  |
| Ni                            | 6.9                        | ( 0.014 )  | 3.5                        | (51)       | ( 0.013 )   | 3.4                        | (49)       | ( 0.014 )   |
| Cu                            | 26.                        | ( 0.050 )  | 12.                        | (47)       | ( 0.044 )   | 14.                        | (53)       | ( 0.059 )   |
| Zn                            | 190.                       | ( 0.38 )   | 110.                       | (59)       | ( 0.41 )    | 80.                        | (41)       | ( 0.33 )    |
| As                            | 3.0                        | ( 0.0060 ) | 2.1                        | (69)       | ( 0.0078 )  | 0.9                        | (31)       | ( 0.0038 )  |
| Se                            | 0.92                       | ( 0.0018 ) | 0.76                       | (83)       | ( 0.0028 )  | 0.16                       | (17)       | ( 0.0007 )  |
| Br                            | 13.6                       | ( 0.027 )  | 9.9                        | (73)       | ( 0.037 )   | 3.7                        | (27)       | ( 0.015 )   |
| Rb                            | 2.4                        | ( 0.0046 ) | 1.0                        | (41)       | ( 0.0037 )  | 1.4                        | (59)       | ( 0.0059 )  |
| Mo                            | 2.6                        | ( 0.0050 ) | 1.3                        | (50)       | ( 0.0048 )  | 1.3                        | (51)       | ( 0.0054 )  |
| Ag                            | 0.33                       | ( 0.0006 ) | 0.26                       | (80)       | ( 0.00096 ) | 0.07                       | (21)       | ( 0.00029 ) |
| Cd                            | 1.4                        | ( 0.0028 ) | 1.1                        | (81)       | ( 0.0041 )  | 0.3                        | (19)       | ( 0.0013 )  |
| Sb                            | 6.1                        | ( 0.012 )  | 4.3                        | (71)       | ( 0.016 )   | 1.8                        | (29)       | ( 0.007 )   |
| I                             | 4.4                        | ( 0.0087 ) | 3.8                        | (87)       | ( 0.014 )   | 0.6                        | (13)       | ( 0.0025 )  |
| Cs                            | 0.23                       | ( 0.0005 ) | 0.12                       | (52)       | ( 0.00044 ) | 0.11                       | (48)       | ( 0.00046 ) |
| Ba                            | 23.                        | ( 0.045 )  | 5.                         | (21)       | ( 0.019 )   | 18.                        | (79)       | ( 0.075 )   |
| La                            | 0.70                       | ( 0.0014 ) | 0.11                       | (16)       | ( 0.0004 )  | 0.59                       | (84)       | ( 0.0025 )  |
| Ce                            | 1.5                        | ( 0.0030 ) | 0.3                        | (17)       | ( 0.0011 )  | 1.2                        | (83)       | ( 0.0050 )  |
| Sm                            | 0.080                      | ( 0.0001 ) | 0.008                      | (10)       | ( 0.00003 ) | 0.072                      | (90)       | ( 0.00030 ) |
| Eu                            | 0.0180                     | ( 0.0000 ) | 0.002                      | (14)       | ( 0.00001 ) | 0.016                      | (86)       | ( 0.00007 ) |
| Lu                            | 0.0064                     | ( 0.0000 ) | 0.0006                     | ( 9 )      | ( 0.00000 ) | 0.0058                     | (91)       | ( 0.00002 ) |
| Hf                            | 0.11                       | ( 0.0002 ) | 0.01                       | ( 7 )      | ( 0.00004 ) | 0.10                       | (93)       | ( 0.00042 ) |
| Ta                            | 0.050                      | ( 0.0001 ) | 0.006                      | (12)       | ( 0.00002 ) | 0.044                      | (88)       | ( 0.00018 ) |
| W                             | 0.78                       | ( 0.0015 ) | 0.23                       | (30)       | ( 0.0009 )  | 0.55                       | (70)       | ( 0.0023 )  |
| Th                            | 0.19                       | ( 0.0003 ) | 0.01                       | ( 4 )      | ( 0.00004 ) | 0.18                       | (97)       | ( 0.00075 ) |
| U                             | 0.066                      | ( 0.0001 ) | 0.016                      | (24)       | ( 0.00006 ) | 0.050                      | (76)       | ( 0.00021 ) |



## 2 機器放射化分析による大気試料の多元素同時分析とその応用

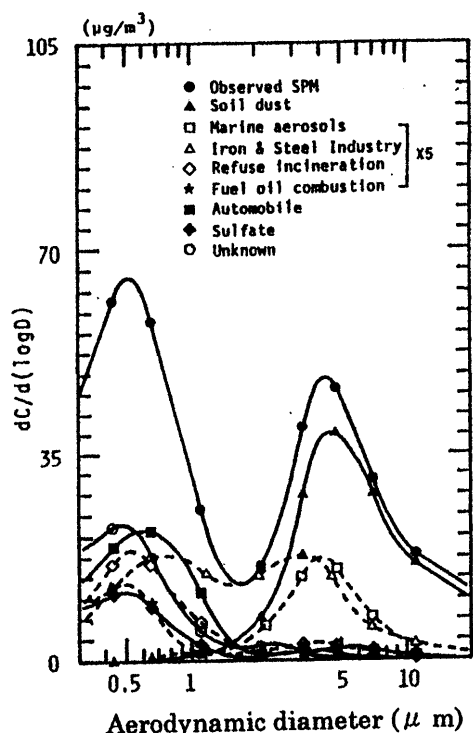


図2-4. 主要発生源粒子の粒径分布

測定から排出粒子の種類やそれらの粒径や化学組成を明かにするには、分析結果に数理的な解析を施す必要がある。

上記トンネル内PMの分析結果をTTFA (Target transformation factor analysis) 法で解析し、自動車走行に伴って発生する道路粉塵、タイヤ・ブレーキ摩耗粒子及び排気粒子の化学組成プロファイルとそれらの寄与濃度を明らかにした結果を表2-3に掲げる。TTFA法<sup>7)</sup>はCMB法と異なり、発生源粒子の成分に関する知見を必要とせず、発生源粒子の化学組成プロファイルと寄与濃度の同定を同時に行える多変量解析法である。精度のよい環境測定データを解析することによって、主要発生源数、それら発生源粒子の化学組成プロファイルと試料毎にそれぞれの発生源に対する寄与濃度を明らかにできる。また、得られた発生源粒子の化学組成プロファイルは、CMB法を適用する際に利用できる。

### 2.4.4 黄砂粒子の化学成分の変質<sup>8)</sup>

西日本地域を中心に各地の大気中の土壌性粒子濃度は、春季の3月、4月に1年中最高となる。

これは中国の砂漠・黄土地帯から輸送されてくる土壌性粒子(黄砂)の濃度が上昇するためであり、この季節に特に大規模な黄砂の飛来が観測される。黄砂粒子は自然の氷晶核として、また水溶性物質を含み雲核としても機能するため、従来から気象現象に関わる重要な粒子とされている。また、強い塩基性を示すため最近では、大気中の酸性物質との反応が注目されている。黄砂粒子の変質の過程を明かにすることは特に気象、汚染質の長距離輸送あるいは除去に関して興味深い。以下の例はINAAが物理分析であることに着目して、黄砂粒子成分の変質を調べたものである。

大規模な黄砂飛来時に採取した試料を分析し、黄砂粒子が主として存在する2~11 μmまでの粒径範囲について、Cl<sup>-</sup>とNa<sup>+</sup>の濃度比(Cl<sup>-</sup>/Na<sup>+</sup>)、硝酸イオンとAlの濃度比([NO<sub>3</sub><sup>-</sup>]/Al)、非海塩性硫酸イオンとAlの濃度比([SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>]<sub>nss</sub>/Al)及び非海塩性硫酸イオンとアンモニアイオンの濃度比([SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>]<sub>nss</sub>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)と粒径との関係を図2-5に示した。

表2-3. 自動車走行に伴う発生源粒子の化学組成プロファイルと寄与濃度

| Chemical composition              | Source profile       |                         |                       |
|-----------------------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------|
|                                   | Factor 1 (road dust) | Factor 2 (tire & brake) | Factor 3 (MV-exhaust) |
| Na (%)                            | 1.51 ± 0.05          | 0.1 ± 0.2               | 0.10 ± 0.04           |
| Al (%)                            | 6.6 ± 0.2            | 4.9 ± 0.8               | 0.24 ± 0.10           |
| K (%)                             | 1.48 ± 0.04          | 1.2 ± 0.2               | 0.090 ± 0.024         |
| Ca (%)                            | 4.1 ± 0.3            | 1.7 ± 1.3               | 0.20 ± 0.15           |
| Sc                                | 14.8 ± 0.2           | 8.6 ± 1.0               | 0.36 ± 0.12           |
| Ti                                | 5800 ± 300           | 5400 ± 1200             | 190 ± 150             |
| V                                 | 72 ± 4               | 98 ± 19                 | 9.6 ± 2.5             |
| Cr                                | 76 ± 4               | 125 ± 21                | 12 ± 3                |
| Mn                                | 1080 ± 30            | 950 ± 140               | 44 ± 14               |
| Fe (%)                            | 4.46 ± 0.08          | 5.8 ± 0.4               | 0.11 ± 0.04           |
| Co                                | 18.3 ± 0.7           | 34 ± 5                  | 0.70 ± 0.64           |
| Zn                                | 1290 ± 110           | 3600 ± 800              | 470 ± 330             |
| As                                | 7.4 ± 0.4            | 21 ± 4                  | 2.8 ± 0.6             |
| Br                                | 33 ± 7               | 59 ± 40                 | 38 ± 21               |
| Rb                                | 53 ± 2               | 34 ± 11                 | 1.9 ± 1.4             |
| Mo                                | 4.2 ± 1.1            | 190 ± 10                | 2.3 ± 1.0             |
| Sb                                | 8.2 ± 0.2            | 370 ± 32                | 4.7 ± 0.4             |
| Cs                                | 3.8 ± 0.1            | 3.7 ± 0.8               | 0.21 ± 0.10           |
| Ba                                | 500 ± 20             | 2000 ± 110              | 0 ± 20                |
| La                                | 20 ± 0.6             | 10 ± 3                  | 1.1 ± 0.4             |
| Ce                                | 53 ± 2               | 20 ± 7                  | 2.1 ± 0.9             |
| Sm                                | 2.7 ± 0.1            | 0.50 ± 0.29             | 0.13 ± 0.03           |
| Th                                | 6.8 ± 0.2            | 5.3 ± 1.0               | 0.11 ± 0.12           |
| V-C (%)                           | 2.5 ± 0.4            | 8.7 ± 2.4               | 10.7 ± 1.4            |
| NV-C (%)                          | 5.9 ± 0.6            | 51.7 ± 5.8              | 78.6 ± 4.9            |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (%) | 2.9 ± 0.6            | 3.4 ± 3.6               | 7.7 ± 2.2             |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (%)  | 0.21 ± 0.04          | 0.48 ± 0.23             | 0.78 ± 0.16           |

| Size* | Contribution concentration |                |                 |
|-------|----------------------------|----------------|-----------------|
|       | Factor 1                   | Factor 2       | Factor 3        |
| L     | 384 ± 9 (47%)              | 6 ± 1 (3%)     | 6 ± 10 (2%)     |
| M     | 386 ± 10 (47%)             | 132 ± 5 (72%)  | 12 ± 20 (3%)    |
| F     | 43 ± 3 (5%)                | 45 ± 2 (25%)   | 357 ± 40 (95%)  |
| T     | 813 ± 13 (=100)            | 183 ± 5 (=100) | 375 ± 46 (=100) |

\*): L: >11 μm, M: 2 μm-11 μm, F: <2 μm, T: total

2 機器放射化分析による大気試料の多元素同時分析とその応用

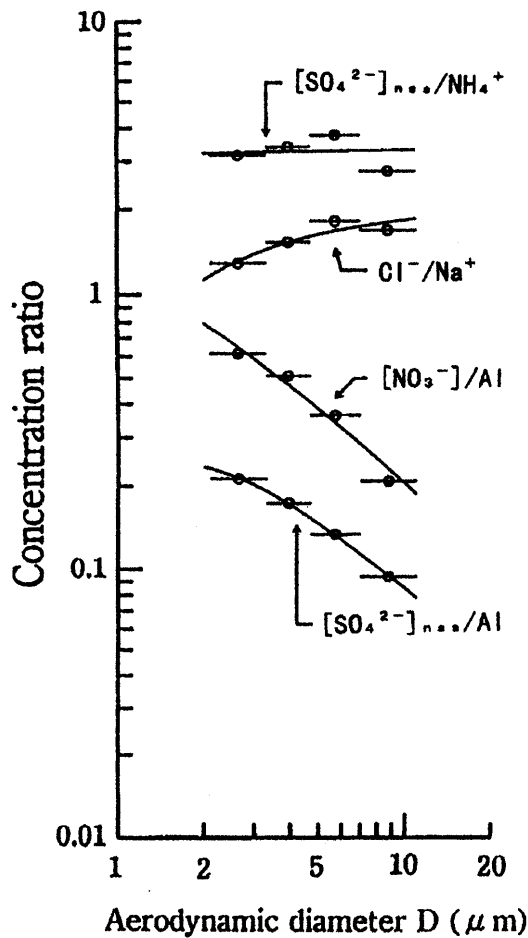


図2-5. 黄砂粒子中の  $\text{Cl}^-$  と  $\text{Na}^+$ ,  $[\text{NO}_3^-]/\text{Al}$ ,  $[\text{SO}_4^{2-}]_{nss}$  と  $\text{Al}$  及び  $[\text{SO}_4^{2-}]_{nss}$  と  $\text{NH}_4^+$  の濃度比と粒径との関係

$([\text{NO}_3^-]/\text{Al})$  は粒径によって著しく変化し、粒径が小さくなるほど値が大きくなった。この結果は粒径が  $2 \sim 11 \mu\text{m}$  の黄砂粒子に対して  $\text{NO}_3^-$  が表面から  $0.30 \mu\text{m}$  の厚さまで一様に分布するモデルでよく説明できる。すなわち、 $\text{NO}_3^-$  が黄砂粒子の表面積に比例して分布していると理解できる。また、黄砂粒子の表面に  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  が生成していたと推察された。この結果は、塩基性の強い  $\text{Ca}$  を多量に含む黄砂粒子に大気中の  $\text{HNO}_3$  ガスが凝縮したことを示唆するものである。

また、 $([\text{SO}_4^{2-}]_{nss}/\text{Al})$  も粒径によって一定ではなく、 $\text{NO}_3^-$  の場合と同様に粒径が小さくなるほど値が大きくなった。モデル計算の結果、捕集された黄砂粒子では  $\text{SO}_4^{2-}$  は粒子全体に分布するので

はなく、主に粒子の表面部分に存在したものと理解でき、元々黄砂粒子に含まれていたものでないことが示唆された。また、黄砂粒子に  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  を含む微小粒子が凝集していた可能性が高いと考えられた。

2.4.5 希土類元素<sup>9)</sup>

希土類元素は原子番号57番のLaから71番のLuまでの15元素にScとYを加えた17種の元素群をいう。これらの外側電子配置が同型であり、化学的性質が相互に類似しているため、各元素の単離分析は容易でないが、INAAでは半数以上の希土類元素を比較的容易に分析できる。

図2-6は大阪府域で測定された大気中のLaとSmの濃度比を微小粒子と粗大粒子に分けて経時的にプロットしたものである。1978年以前の結果は大部分堺におけるものである。堺の結果を比較すると、粗大粒子ではLa/Smの値は5.5~9.9の範囲にあり、1978年以前と1984年以降で顕著な差はない。他方、微小粒子では1978年以前には5~17、平均値10.6に対して、1984年以降では18~34、平均値24であり、両期間の濃度比に顕著な変化が認められる。

大気中微小粒子について、希土類元素の濃度比

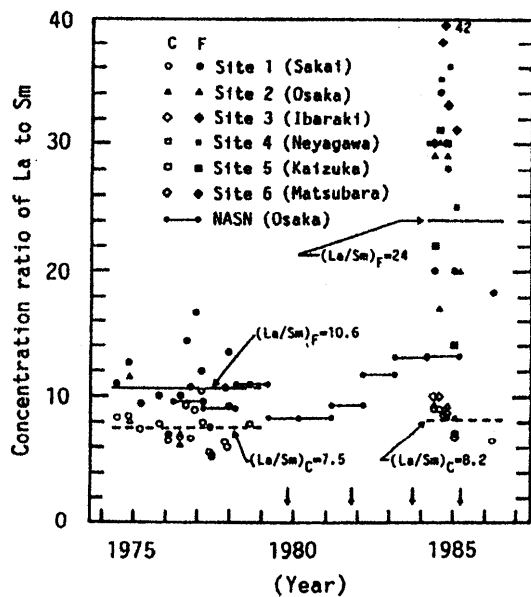


図2-6. 大気中のLaとSmの濃度比の経時変化

## 2 機器放射化分析による大気試料の多元素同時分析とその応用

を著しく変化させた要因として、新たな発生源の出現が挙げられる。第2次石油ショック以降、石油精製工業では軽質原油の値上がりや軽質油の需要増に対処するため、流動接触分解装置(FCC)が新增設された。図中の矢印は臨海部の石油精製施設にFCCが新增設された時期を示すものである。このFCCでは希土類元素の付与されたゼオライト触媒が大量に用いられ、施設からの排気粒子にはこの触媒に由来する高濃度の希土類元素が含まれる。また、チタン鉱石の製錬過程でも高濃度の希土類元素を含む粒子が発生する。さらに、ガソリンの無鉛化に伴って、希土類元素を触媒に利用した自動車排ガス処理装置も盛んに用いられるようになった。上述の観測結果はこのような発生源によると考えられる。

### 2.5 おわりに

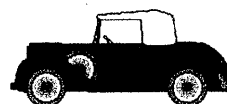
INAAの環境試料への応用として大気エアロゾル粒子を取り上げ、本法の特長を生かした適用例を紹介した。微量の試料から非破壊で多元素が同時に分析できる特長に着目して、環境試料の元素分析に利用すると、他の方法では実現不可能なユニークな成果が期待される。

### 2.6 引用文献

- 1) 日本アイソトープ協会：「放射化分析による環境調査 微量・多元素・同時分析の手法」, 日本アイソトープ協会 (1979).
- 2) Mizohata A. and Ito N.: "Size distribution of chemical composition in PM over Osaka area, Japan", Proceedings for international conference "PM2.5 A fine particle standard", pp. 247-260, Long Beach, LA, 1998.
- 3) 環境庁監修・浮遊粒子状物質対策検討会：「浮遊粒子状物質汚染予測マニュアル」, pp.267-284, 東洋館出版社 (1997).
- 4) 真室哲雄, 溝畑 朗, 久保田寅英: 大気汚染学会誌, 14, pp. 190-196 (1979), 同14, pp.296-303 (1979), 同 15, pp. 31-36 (1980), 同 15, pp. 69-76 (1980), 同 15, pp. 129-134 (1980), 同 15, pp. 167-172 (1980).
- 5) 溝畑 朗, 真室哲雄: 大気汚染学会誌, 15, pp. 198-206 (1980), 同15, pp. 225-233 (1980).

- 6) Mizohata A., Ito N., Masuda Y.: J. Jpn. Soc. Atmos. Environ., 30, pp. 243-255 (1995).
- 7) Hopke P. H.: 'Receptor Modeling in Environmental Chemistry', pp. 155-197, John Wiley & Sons, New York (1985).
- 8) 溝畑 朗, 伊藤憲男: エアロゾル研究, 10, pp. 127-134 (1995).
- 9) 溝畑 朗: エアロゾル研究, 1, pp. 274-285 (1986).

(大阪府立大学先端科学研究所) 溝畑 朗



### 3 前化学分離濃縮放射化分析法— CAA

放射化分析を、実験操作の手順の面から分類すると次の3つに大別される。

1. 機器放射化分析 Instrumental activation analysis (IAA)
2. 前化学濃縮放射化分析 Chemical activation analysis (CAA)
3. 放射化学的放射化分析 Radiochemical activation analysis (RAA)

これらの基本的なちがいは、次に示すように手順のなかの化学分離操作の有無、その手順の位置による。ここでいう化学分離操作には、試料の粉碎、乾燥、灰化、脱水濃縮などは含まれないとする。

1. IAA; 試料入手→照射→測定
2. CAA; 試料入手→化学分離→照射→測定
3. RAA; 試料入手→照射→化学分離→測定

放射化分析の特長のひとつは、「非破壊的に多元素同時定量ができる」という点にある。これを活かしてプログラムされたのがIAAである。試料を入手し、乾燥、粉碎、秤量程度の簡単な前処理で、後は照射、γ線スペクトロスコープで多くの元素の定量ができる。「こんな簡単で、効率の良い分析法はない」とばかり、多分野の研究者群たちにとって便利な手法となった。放射化分析の現状をみてもIAAによる利用者が圧倒的に多い。IAAが隆盛を極めるに至った大きな要因はγ線スペクトロメトリーの技術的進展がある。1970年代のエネルギー分解能の良い半導体検出の出現、マルチチャンネルアナライザーの性能の向上と普及は放射化分析法の一般化に大きな推進力となった。それ以前は、照射後、分析化学的操作により特定の元素を分離し、放射線エネルギー選別機能のない検出器で測定するというのが一般的放射化分析だった。これはRAAに他ならない。分離・測定試料の半減期が元素（正確には核種）の唯一のID（身分証明）だった。現在の放射化分析しか知らない世代の研究者にとっては機器放射化分析＝放射

化分析であり、なぜわざわざ「機器」あるいは「I」の接頭語がつくのかと思った経験を有するものも多かろう。

そんな現状の中CAAあるいはRAAの存在価値は、いったいどこにあるのだろうか？前述したようにIAAの特長は「多元素」定量にある。「全元素」ではなく「多元素」なのである。IAAではどうしても定量できない/できにくい元素があるのである。照射時間と測定までの冷却時間の調整により、定量できる元素数を増やす工夫は可能である。しかし試料のマトリクス元素より生成する放射性核種から放射線による妨害は避けることができない。特に、AlやVなどのように短寿命の分析核種しか得られない元素においては、妨害核種の減衰を待つことができず事実上IAAでは測定できない。そこで、測定前に予め、定量をしたい元素と妨害元素を化学分離しようということになる。化学分離操作を照射の前に行うのがCAAであり、照射後に施すのがRAAである。さらにエネルギー分解能に優れた最新のγ線スペクトロメトリーを併用することにより、定量可能な微量元素の数は飛躍的に増える。CAAとRAAにおいては、あらかじめ特定の元素あるいは元素群に狙いが定まっている。

CAAはさらに二つに分類される。(1)元素、もしくは元素群を分離・濃縮する方法、(2)元素のみの分離で終わらず、さらに化学形のちがいも含めて分離後放射化分析する方法である。RackとBlotcky[1]にしたがい、前者をElAA(Elemental activation analysis)、後者をMoAA(Molecular activation analysis)[2]と呼ぶことにする。既に戸村[3]によりCNAA(Chemical neutron activation analysis)についての解説が本誌に発表されているが、本稿ではCNAAについて、著者らの実験例を挙げながら、具体的な操作、得られた実験結果について述べる。戸村[3]により紹介された内容も一部重複して含まれるが、ご容赦いただきたい。

#### 3.1 水試料中のセレン(IV)とセレン(VI)の分別定量[4]

MoNAAに分類される分析法である。水溶液中のSe(IV)がビスムチオールII(BisII)と選択的に反応し活性炭に吸着されることが基本的な原理であ

### 3 前化学分離濃縮放射化分析法-CAA

る。図3-1にSe(IV)を吸着させる化学操作を示した(化学操作I)。図3-2の操作では、まずSe(VI)を塩化ヒドロキシルアミンでSe(IV)に還元した後、化学操作IによりSe(IV)を活性炭に吸着させた(化学操作II)。試料水を二分し、化学操作IとIIの両方で処理した。前者により試料中のSe(VI)が、後者によりSe(IV)+Se(VI)が分離濃縮される。このようにして調製した試料を立教大学原子炉気送管で20秒間照射し、直ちに20秒間γ線スペクトロメトリーをおこなった。着目した核種は $^{77m}\text{Se}$ (半減期: 17.5秒)で、分析線は162.0keV γ線であった。純水、Se濃度が検出限界以下であることが確認された海水に既知量のSe(IV)、Se(VI)を添加したモデル試料水に対し上記の手法で前化学濃縮、中性子放射化分析した結果を図3-3に示した。多少のばらつきは認めざるを得ないが、直線にのり、Se(IV)、Se(VI)の分別定量が0.1ppbレベルの濃度で、可能であることが示された。以上述べたように、CAAでは照射前に種々の試薬を加えたり、吸着媒(活性炭など)を使用する。試薬、吸着媒に定量目的とする元素の汚染があつては、この手法はまったく意味をなさなくなる。汚染の有無のチェック、汚染の防止、除去には十分留意する必要がある。

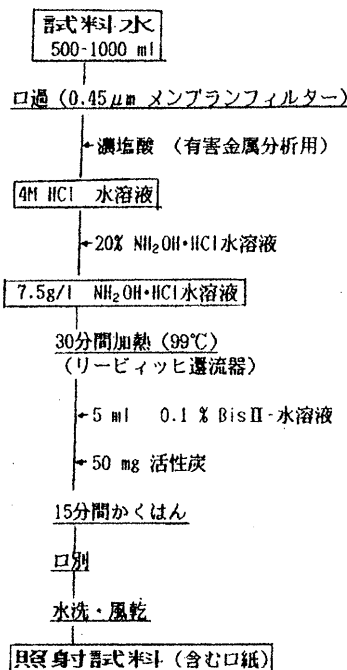


図3-2. 化学操作II. Se(IV)+Se(VI)の化学分離濃縮操作

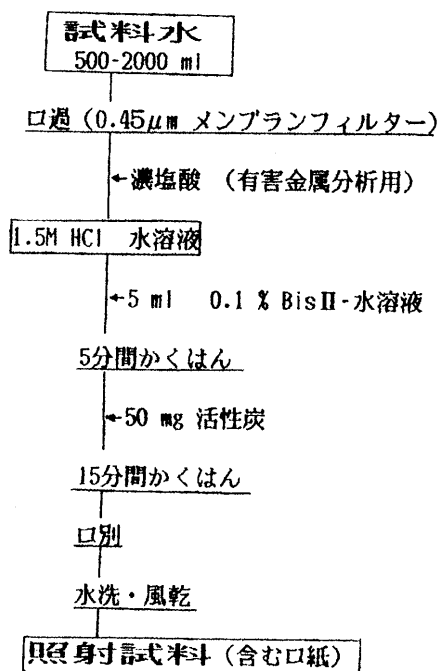


図3-1. 化学操作I. Se(IV)の化学分離濃縮操作

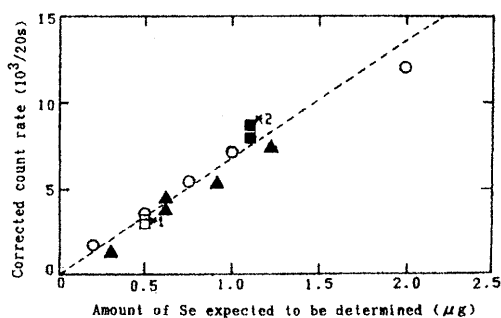


図3-3. セレンの添加量と162.0keV-γ線の補正計数値の関係。○, ●:純水にSe(IV)を添加した試料。△, ▲:純水にSe(VI)を添加した試料。□, ■:純水にSe(IV)+Se(VI)を添加した試料。白抜き記号: 化学操作I、黒色記号: 化学操作II。\*1: Seを含まない海水にSe(IV)を添加(化学操作I)。\*2: Seを含まない海水にSe(IV)+Se(VI)を添加(化学操作II)。

### 3.2 水試料中のVの前濃縮中性子放射化分析 [5],[6]

天然水、水道水中のバナジウムは、pH 領域とV濃度から5価、V(V)、であるとされる。V(V)をオキシンを吸着補助剤として用い活性炭に吸着分離し、中性子放射化分析する方法を確立した。EINAAの分類に入る。図3-4に前濃縮化学分離のスキームを示した。前濃縮により調製された試料を原子炉気送管で100秒間照射し数分間のクーリング後、100秒間の $\gamma$ 線分析を行った。分析線は $^{52}\text{V}$ から放出される1434keVの光電ピークであった。図3-5に、純水に既知量のV(V)を添加し前述の前化学濃縮操作/中性子放射化分析を行った結果(黒丸)を示す。ろ紙に既知量のVを添加し同じ条件で放射化分析した結果(白丸)も示した。傾きは一致し、水試料中のV(V)の回収率は $99.8 \pm 2.1\%$ と求められた。図3-6には水道水(V: 0.22ppb)と海水(V: 1.02ppb)に既知量のV(V)を添加した試料について、添加量と補正計数値の関係を示した。図3-5と同じ傾きをもつ直線が得られ、実試料に対するこの方法の適用の妥当性が示されている。

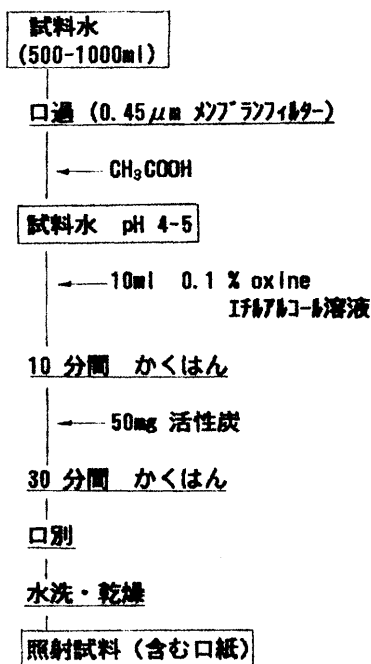


図3-4. Vの化学分離濃縮操作

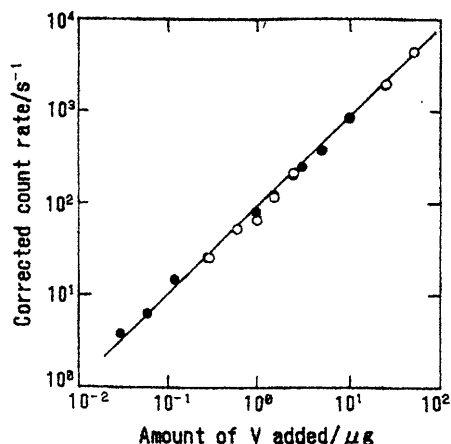


図3-5. バナジウムの添加量と1434keV- $\gamma$ 線の補正計数値の関係. ●: 1000mlの純水に既知量のV(V)を添加し図4の化学操作により調製した試料. ○: 既知量のVをろ紙に滴下した試料

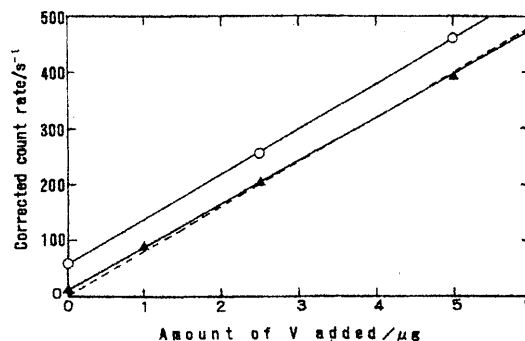


図3-6. バナジウムの添加量と1434keV- $\gamma$ 線の補正計数値の関係. ▲: 800mlの水道水(V: 0.21ppb)に既知量のV(V)を添加し図3-4の化学操作により調製した試料. ○: 700mlの海水(V: 1.02ppb)に既知量のV(V)を添加し図3-4の化学操作により調製した試料. 破線は図3-5で得られた相関を示す。

### 3.3 水試料中のCuの前濃縮中性子放射化分析 [7]

上で述べたVの前分離濃縮/NAAとまったく同じ実験条件で、 $^{66}\text{Cu}$ (半減期: 5.10分)の1039keV- $\gamma$ 線を分析線として、水試料中のCuを定量できることが分かった。結果を表3-1に示す。 $^{64}\text{Cu}$ (半

### 3 前化学分離濃縮放射化分析法-CAA

表3-1. CNAAによる水試料のCuの分析値

| Water (ml) | Cu added ( $\mu\text{g}$ ) | pH     | Cu ( $\mu\text{g}$ ) determined |
|------------|----------------------------|--------|---------------------------------|
| Pure water |                            |        |                                 |
| 1000       | 10                         | 5.2    | $10.2 \pm 0.7$                  |
| 1000       | 10                         | 4.0    | $9.6 \pm 0.9$                   |
| 1000       | 10                         | 3.8    | $10.1 \pm 0.7$                  |
| 1000       | 10                         | 3.5    | $9.7 \pm 0.7$                   |
| 1000       | 10                         | 3.4    | $11.1 \pm 0.9$                  |
| Sea water  |                            |        |                                 |
| 1000       | 0                          | 4 to 5 | N.D.                            |
| 1000       | 2                          | 4 to 5 | $1.8 \pm 0.4$                   |
| 1000       | 5                          | 4 to 5 | $5.0 \pm 0.7$                   |
| Rain water |                            |        |                                 |
| 1000       | 0                          | 4 to 5 | $1.9 \pm 0.4$                   |
| 1000       | 2.5                        | 4 to 5 | $4.5 \pm 0.6$                   |
| 1000       | 10                         | 4 to 5 | $12.8 \pm 1.4$                  |

減期: 12.7時間)を分析核種とした放射化分析も同一試料に対し行った。

### 3.4 CAAの文献について

本誌No.4の戸村による総説[3]に、多くの研究例が紹介されているので参照されたい。また、やはり戸村によるぶんせき誌の進歩総説[8]も参考になるだろう。Analytical Chemistry誌には、手法ごと、試料別にまとめられた総説が隔年、交互に毎年6月に発表される。偶数年が手法別、奇数年が試料別である。放射化分析、放射分析については、長くEhmannらがまとめてきたが、1994年[9]で終了している。1996年はこの分野のレビューがなくなったことは大変残念なことである。まもなく1998年の総説特集号が出版されるが、核・放射化学分析の項の復活を願わずにいられない(本原稿執筆日、6.9.1998)。Ehmannらのサーチは膨大な労作であり、CAAについてももちろん、放射化分析の多くの研究例をルックアップすることができる。CNAA、特に水試料に関しては、Tanizakiによる総説[10]を忘れることはできない。125の引用文献をもつ大作であり、貴重で有用な情報を得ることができる。

### 3.5 おわりに

稿を閉じるにあたり、本誌No.4における戸村の記述[3]を引用・再掲したい。

「現在、日本の放射化分析はINAAに頼り過ぎているきらいがある。日本の放射化分析研究グループ特に放射化学研究者は化学操作を駆使した放射化分析についてもっと関心を示していただきたい」

放射化分析研究の先頭を走り続け、自らの研究についてはもちろん他の研究者の実験にも目を配る立場にいる重鎮の警句だけに、限りない重みを感じるの著者だけではないと信じる。

### 3.6 参考文献と柱

- [1] E. P. Rack and A. J. Blotcky: "Hot Atom Chemistry and Activation Analysis" pp.383-391, in "Handbook of Hot Atom Chemistry" Ed. by J.-P. Adloff et al., Kodansha, Tokyo/VCH, Basel (1992)
- [2] "MoAA"という用語は、1975年GrantとRowland [2-(2)]により初めて用いられた。しかし、本稿で紹介した現在の概念とは別の意味で使用された。ホットアトム効果を放射化分析に導入し、試料中の元素の化学形態、物理的状態の情報を得ようとする野心的な試みであった。初代MoAAにおいては、試料照射後、化学分離を行う。その観点からはRAAの仲間である。RAAではホットアトム効果はむしろ邪魔者であるが、放射化された元素の化学的状態の不均一さを、状態分析として利用しようとしたのである。Koyamaによるレビュー[2-(3)]が参考になろう。最近、著者らのグループにより $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ 反応で生成する $^7\text{Li}$ のドブブラー広がりをもつ即発 $\gamma$ 線線形を測定・解析し、試料中のホウ素の物理的・化学的状態に関する情報を引き出そうとする試みがなされている[2-(4)]。「放射化状態分析」と言いたいところだが、現在研究は発展途上である。
- [2-(2)] P. M. Grant and F. S. Rowland: "Molecular Activation Analysis" pp. 219-224 in IAEA Status Report, Vienna (1975)
- [2-(3)] M. Koyama: "HAC and Activation Analysis" pp. 388-397, in "Hot Atom Chemistry" Ed. by T. Matsuura, Kodansha (1985)

### 3 前化学分離濃縮放射化分析法-CAA

[2-(4)] For example: Y. Sakai, K. Ohshita, M. K. Kubo, C. Yonezawa, H. Matsue, H. Sawahata, Y. Ito, and S. Iwama: "Mössbauer characterization and prompt  $\gamma$ -ray analysis of the products of thermit reactions", J. Radioanal. Nucl. Chemistry, in press (1999)

[3] 戸村健児: 「前濃縮中性子放射化分析」, 放射化分析, pp. 9-15, No.4, (1996)

[4] Y. Sakai, K. Tomura, and K. Ohshita: "Determination of selenium(IV) and selenium(VI) in natural water samples by neutron activation analysis after chemical pre-collection", J. Radioanal. Nucl. Chem., Lett., Vol. 187, pp. 441-450 (1994)

[5] 酒井陽一、大下一政、戸村健児、奥水達司: 「前分離濃縮/中性子放射化分析によるバナジウムの定量」 分析化学, Vol. 43, pp. 919-924 (1994)

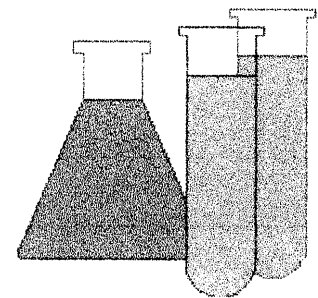
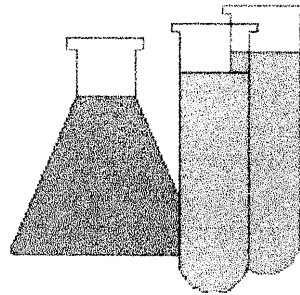
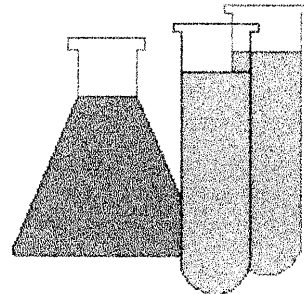
[6] Y. Sakai, K. Ohshita, S. Koshimizu, and K. Tomura: "Geochemical study of trace vanadium in water by preconcentrational neutron activation analysis", J. Radioanal. Nucl. Chem., Vol. 216, pp. 203-212 (1997)

[7] Y. Sakai, K. Tomura, K. Ohshita, and S. Koshimizu: "Determination of trace copper in water samples by neutron activation analysis by preconcentration on activated carbon powder" J. Radioanal. Nucl. Chem., Vol. 230, pp. 261-263 (1998)

[8] 戸村健児: 「進歩総説 放射化分析」、ぶんせき, pp. 360-366, No.5, (1989)

[9] W. D. Ehmann, J. D. Robertson, and S. W. Yates: "Nuclear and Radiochemical Analysis", Anal. Chem., Vol. 66, pp. 229R-251R (1994)

[10] Y. Tanizaki: "Neutron Activation Analysis of Water Samples" pp.377-405, in "Activation Analysis Volume II" Ed. by A. B. Alfassi, (CRC Press, Inc., Florida) (1990)



(大同工業大学) 酒井陽一



高エネルギー加速器研究機構・放射線科学センター

梶本 和義

「放射化分析に何を求めますか？」と質問すると、「叩いてみれば簡便に顔が見れる（照射すればそこそこの元素パターンが得られる）」というのが最もよく聞かれる答えです。多元素分析、非破壊分析、広いダイナミックレンジ、マトリックス効果等の妨害問題が少ないといった特徴を持つ放射化分析法は数ある分析法のなかでも優れたものといえます。一方、放射化分析で10%程度の誤差は「しょうがないよ」とか「いいほうだよ」とも言われることがあります。しかし、放射化分析はいつでも、どこでもできるという訳にはいかないだけに、他の方法には負けない質の高いデータを提供できることも重要な役割の一つであると思っています。

数年前、「放射化分析の標準化」という研究課題でベルギーのアントワープ大に行き、 $k_0$ が定量法としてオーソライズされてきた過程の一端を垣間見てきました。彼らの神経質なほどの厳密さ。標準化にねらいを定めて気長にじっくりと攻める態度。なんでも計算でおさえるやり方。研究協力の仕方。いろいろ得るべき点は多かったと思っています。

シングルコンパレータ法では $k$ 値はローカルな値であるためにトレーサビリティが保証できない。かといって、絶対法となると使用する核データなどに不確定要素が多すぎます。 $k_0$ 法は中性子放射化分析の標準化という課題への DeCorte の執念の大成ともいえます。彼の部屋には学会の折りロンドンの町でたまたま見つけた“Everyone needs standard”と書いた看板とともに写った写真が貼ってあります。また、彼の400ページを超える教授になる際に提出した論文“The  $k_0$ -Standardization Method - A Move to the Optimization of Neutron Activation analysis”の冒頭にもそのことが書かれています。放射化分析の位置付け、評価を社会的に高めるといふことと、「標準化の抗しがたい流れ」という時代的背景を意識したものであるといえます。1995年に世界貿易機関(WTO)が発足してから標準化の動きは加速しています。分析結果を研究として使っている場合にはどんな定量法でも構わない訳ですが、放射化分析を業とする、分析結果が品質保証に使われるとなると、オーソライズされた方法でやったかどうかが重要になります。

$k_0$ 法も最初から受け入れられた訳ではありません。

絶対法では正確さの点でカバー出来ない部分を $k_0$ という定数としてまとめてしまうことにしたために、研究炉間で $k_0$ 値、 $Q_0$ 値の相互比較が可能になった。さらには、研究炉間で測定した $Q_0$ 値の不一致の原因が、エピサーマル中性子のスペクトルの $1/E$ からのずれであることが明かとなり、 $\alpha$ 値の測定へと進みました。このようにして、まわりを巻き込んでいくことになり、 $k_0$ -Usersグループが出来上がっていきました。この流れが起きるにはアントワープ大学グループの努力はもちろんのことですが、幾つかの要素がありました。欧州でも研究用原子炉の燃料の低濃縮化のために、シングルコンパレータ法などを使っていたところはコンパレータ値の再測定を余儀なくされた。その際、シングルコンパレータからより汎用性のある方法を採用しようということになった訳です。また、欧州連合の発足によって欧州の共同研究のネットワークはさらに密なものとなり、 $k_0$ 法の各国での採用が加速したといえます。

コンパレータ法に関しては、実は、京大原子炉実験所の故小山睦夫教授が先んじていたと思います。20年ほど前に、炉内温度までおさえた方法を確立していた訳ですから。残念ながら、我が国では、それ以上進まなかった。今や、京大炉が考えている体制は放射化分析から離れつつあるように見えるのが残念な気がしてなりません。しかし、日本原子力研究所の研究炉部、分析センター、東大原子力総合センターの開放研、立教大学原研などで $k_0$ 法のインストールが進んでいます。

$k_0$ 法を理解するには、中性子放射化分析を十分に理解する必要があります。とくに、比較法ではある程度相殺されるような系統誤差の要因も $k_0$ 法の場合には一つ一つおさえておく必要があります。照射の際の中性子スペクトル、自己遮蔽、測定の際の試料の形状、密度、測定位置、カスケード $\gamma$ 線のサムコインシデンスなどです。

コンパレータとなるCoやAuのAl合金は欧州連合の Institute for Reference Materials and Measurements (IRMM)から提供されており、その値は0.4%以内の誤差で検定されています。この仕事には私も関わったのですが、その際には内標準法を組み込み、極力系統誤差を相殺させる方法を取りまし

た。彼らは、全ての誤差伝播を考慮すると、分析値には 3.5% の Uncertainty を含むことになることと述べています。各種の核データの収集、評価、妨害核反応の見積、分析値の Quality control と Quality assurance のための多元素合成標準の調製など、 $k_0$  に関わる研究プログラムは現在も進展しています。

$k_0$  法はユーザーにとっては楽になるのですが、施設を提供する側にはデューティが増えます。今後は、 $k_0$  法を我が国にあったものに消化していく必要があると思います。このためにも、若い方が参加されることを願っております。また、世界的な標準化の流れの中で、放射化分析の位置付けをはっきりさせていくことも重要かと思われま

## 正確な化学分析の重要性と放射化分析

N T T 光エレクトロニクス研究所 材料研究部  
重松俊男

「正確な分析法の重要性について考えたことがありますか？」と問われると、放射化分析に携わる大方がうなずくことと思う。一步踏み込み、「分析値の正確さをどの位把握しているか？」とか、「目的に合った、設計通りの誤差で分析値が得られているか？」と問われたら、どんな答が返ってくるのだろう。

”正確な放射化分析”の詳細は、別に講座で連載するとかあるいは確かなものにまとめるのがよいと考えている。ここでは著者が関係した理工学分野で正確な放射化分析が求められる背景を述べ、最近の研究から放射化分析の有効性を紹介することにした。

### 1 キャラクターゼーション、材料設計および基準分析法の概念

放射化分析は、一般の分析法と異なって大型施設を必要とするうえ、放射線管理に要員と経費がかかるなど、途方もなく割高な分析法である。筆者の所では、照射経費に加えて研究施設を維持する経費がかさみ、提供できる情報が二次イオン質量分析 (SIMS) など他の分析法と較べ少々優れている程度では存在意義が問われた。そこで、将来投資型の材料研究に不可欠なうえ、国の基盤技術になり得る放射化 (学) 分析の在り方を摸索し、進めたのが高精度・高精度放射化 (学) 分析である。またその思想的裏付けに用いた概念が、提案されて間もないキャ

ラクターゼーションおよび材料設計であり、さらには基準分析法である。

#### 1. 1 キャラクターゼーションおよび材料設計の概念

1967年に米国の National Research Council よりキャラクターゼーションの概念が提案された。それまで、材料の特性を手当たり次第測定し、優れた材料の製造条件を試行錯誤して探る方法が一般的であったが、そのような非科学的な固体材料の開発を反省し、考え出された概念がキャラクターゼーションである。そして”材料製造、物性研究、使用に際し、重要でかつその材料を再生産するために必要な、組成と構造 (欠陥も含む) に関する特徴や知見を記述すること”と定義されたり。さらに望ましい性質を実現するために物質系の保持すべき組成と構造を明らかにし、特性発現に有効な微量元素を制御よく添加して新しい材料を創製しようとする”材料設計”の概念が提案されている。

#### 1. 2 化学分析の標準化

キャラクターゼーションや材料設計で重要になる化学分析の標準化について、米国国立標準局 (NBS: 現、NIST) や国際標準化委員会 (ISO) などの意見をまとめた”系統図”が紹介されている<sup>2)</sup>。それによると正確さは、[SI 単位およびその誘導単位] → [基準分析法] → (基準物質あるいは一次標準物質) → [実用基準分析法] → (二次標準物質あるいは標準試料) → ... の順に伝達される (逆の流れが標準

た。彼らは、全ての誤差伝播を考慮すると、分析値には 3.5% の Uncertainty を含むことになることと述べています。各種の核データの収集、評価、妨害核反応の見積、分析値の Quality control と Quality assurance のための多元素合成標準の調製など、 $k_0$  に関わる研究プログラムは現在も進展しています。

$k_0$  法はユーザーにとっては楽になるのですが、施設を提供する側にはデューティが増えます。今後は、 $k_0$  法を我が国にあったものに消化していく必要があると思います。このためにも、若い方が参加されることを願っております。また、世界的な標準化の流れの中で、放射化分析の位置付けをはっきりさせていくことも重要かと思われます。

## 正確な化学分析の重要性と放射化分析

N T T 光エレクトロニクス研究所 材料研究部  
重松俊男

「正確な分析法の重要性について考えたことがありますか？」と問われると、放射化分析に携わる大方がうなずくことと思う。一步踏み込み、「分析値の正確さをどの位把握しているか？」とか、「目的に合った、設計通りの誤差で分析値が得られているか？」と問われたら、どんな答が返ってくるのだろう。

”正確な放射化分析”の詳細は、別に講座で連載するとかあるいは確かなものにまとめるのがよいと考えている。ここでは著者が関係した理工学分野で正確な放射化分析が求められる背景を述べ、最近の研究から放射化分析の有効性を紹介することにした。

### 1 キャラクターゼーション、材料設計および基準分析法の概念

放射化分析は、一般の分析法と異なって大型施設を必要とするうえ、放射線管理に要員と経費がかかるなど、途方もなく割高な分析法である。筆者の所では、照射経費に加えて研究施設を維持する経費がかさみ、提供できる情報が二次イオン質量分析 (SIMS) など他の分析法と較べ少々優れている程度では存在意義が問われた。そこで、将来投資型の材料研究に不可欠なうえ、国の基盤技術になり得る放射化 (学) 分析の在り方を摸索し、進めたのが高確度・高精度放射化 (学) 分析である。またその思想的裏付けに用いた概念が、提案されて間もないキャ

ラクターゼーションおよび材料設計であり、さらには基準分析法である。

#### 1. 1 キャラクターゼーションおよび材料設計の概念

1967年に米国の National Research Council よりキャラクターゼーションの概念が提案された。それまで、材料の特性を手当たり次第測定し、優れた材料の製造条件を試行錯誤して探る方法が一般的であったが、そのような非科学的な固体材料の開発を反省し、考え出された概念がキャラクターゼーションである。そして”材料製造、物性研究、使用に際し、重要でかつその材料を再生産するために必要な、組成と構造 (欠陥も含む) に関する特徴や知見を記述すること”と定義されたり。さらに望ましい性質を実現するために物質系の保持すべき組成と構造を明らかにし、特性発現に有効な微量元素を制御よく添加して新しい材料を創製しようとする”材料設計”の概念が提案されている。

#### 1. 2 化学分析の標準化

キャラクターゼーションや材料設計で重要になる化学分析の標準化について、米国国立標準局 (NBS: 現、NIST) や国際標準化委員会 (ISO) などの意見をまとめた”系統図”が紹介されている<sup>2)</sup>。それによると正確さは、[SI 単位およびその誘導単位] → [基準分析法] → (基準物質あるいは一次標準物質) → [実用基準分析法] → (二次標準物質あるいは標準試料) → ... の順に伝達される (逆の流れが標準

の求源性になる)。そのなかで基準分析法は最も正確な分析法で経済性が度外視される方法と位置付けられている。

自由貿易が促進される最近になって、化学分析の標準化に向けた新たな動きがある。欧米では、キャラクタリゼーションや材料設計の考えに基づいて、各種材料や部品の化学組成を指定し調達して、トレーサビリティを容易にしようとする動きがあり、国や地域でそれに対応できる体制が整えられつつあるという。それらを踏まえ、国際度量衡委員会で1995年に物理量諮問委員会 (CCQM) が設置され、改めて化学分析のSI単位へのトレーサビリティが議論されている。そのなかで、一次標準測定法 (基準分析法と同じ概念) が以下のように定義された。すなわち、”一次標準測定法は、最高の質を有し、その操作が完全に記述され、理解され、かつ不確かさがSI単位を用いて完全に記述される方法で、その結果は測定される量の標準を参照することなく受け入れられる”。その後の第3回CCQM (1997年) では、”その結果は測定される量の標準を参照することなく受け入れられる” とする部分について、”与えられた量、Xに関して測定方法を記述する式が有意の大きさを持つ、Xのどのような未知の関数も含んでもいけないことを意味する、と解釈し、参照値、 $X_{ref}$ を用いたXの決定は、 $X_{ref}$ それ自身が一次標準測定法によって決定されるならば、その方法を一次標準測定法と見なして良い” という注釈が付けられた。なお、一次標準測定法に該当する分析法として、同位体希釈質量分析、電量滴定、重量法、滴定および凝固点降下が挙げられている<sup>9)</sup>。

この定義に従うと、誤差の要因が詰められた放射化 (学) 分析は一次標準測定法に入らないだろうか？

## 2. キャラクタリゼーション研究における放射化 (学) 分析

1971年に入社し、材料の開発研究を目的に放射化学分析に着手して、大規模集積回路 (LSI) の製造、化合物半導体、光ファイバー、その他の材料のキャラクタリゼーション研究に携わってきた。それら研究を通して、正体が不明な材料は特性の起源が多様

であり、研究をそこからスタートさせると大変な仕事量になることを実感している。キャラクタリゼーション研究では、材料製造、物性測定および化学組成・構造の決定が三位一体となり、特性の起源を個別に整理して全体を把握する手順が必要になる。化学分析では、物性 (材料特性) との関連で (材料の化学組成 [化学状態を含む]) → (化学組成の構造) → (痕跡量の元素の組成と濃度 [化学状態を含む]) → (痕跡量の元素の位置、欠陥との関連) の順に進めて行くのがよいと考えている。一方、材料サイドでは、まず素材を高純度化して素材本来の性質を知り、続いて機能発現に有効な適量の元素を制御性よく添加し、新しい材料を創製する手順が有効になる (これは材料設計の考えに繋がる)。

筆者は、将来投資型 of 材料研究には、このように物性や構造との因果関係や起源が議論できるうえ、製造プロセスを明確に評価できる正確さと精度を持った化学分析法が不可欠になると考えている。

## 3. 放射化分析による Si / Si 酸化膜界面のリンの挙動の解明

### 3. 1. 研究の背景

高純度化が進んだ Si は、最適な条件で放射化分析して検出できる痕跡量の元素は数種に過ぎない。この抵抗率が高い高純度 Si に有効不純物を添加して伝導率を上げるが、そのような有効不純物の一つとしてリン (P : n型) がある。Pは添加されて Si の格子位置を占め、エネルギー的に浅い準位を形成して電子を供給するドナーとして働く。P濃度と抵抗率とは、Pが  $10^{14} - 10^{21} \text{atom} \cdot \text{cm}^{-3}$  の領域でほぼ反比例の関係にあり、電気特性に見合う濃度の P が制御されて添加される。LSIでは、規定の量の P が添加された Si の基板を酸素雰囲気中で熱処理して酸化膜を形成し、その一部を微細加工し目的の工程を進め、終了してから酸化膜を除去するといったプロセスが幾度となく繰り返される。

従来の集積密度が低いLSIでは、熱酸化膜の形成・除去を10数回繰り返しても電気特性の変動は許容される範囲内であり、Siに較べて拡散係数が数桁小さいSi酸化物へのPの拡散はなく、したがって酸化膜除去にともなうPの損失もないとされてきた。設計条件が厳しい超大規模集積回路

(VLSI) になると、繰り返し行なわれるプロセス後の電気特性が許容される変動の範囲内に納まらず、改めてSi酸化膜へのPの拡散と酸化膜の除去による損失の有無が問題とされた。物理分析、例えばSIMS、により測定されたSi/Si酸化膜界面近傍でのPの拡散プロファイルでは、Pが界面にパイルアップすることが示めされたが分解能からSi酸化膜へのPの拡散は確認できていなかった。

### 3. 2 リンの放射化分析

#### (1) 放射化分析の計画

Pのイオン注入量は  $10^{14} \sim 10^{15} \text{ atoms} \cdot \text{cm}^{-2}$  ( $5 \sim 50 \text{ ng} \cdot \text{cm}^{-2}$ ) である。一回の熱酸化プロセスでSi酸化膜に拡散されるPは1% ( $0.05 \sim 0.5 \text{ ng} \cdot \text{cm}^{-2}$ ) 前後と考えられる。石英管に封入し照射できる寸法に限界があり、また  $^{32}\text{P}$  ( $T_{1/2}=14.28\text{d}$ ,  $\beta^-$ ) を計数誤差1%以内で測定するため、分析試料の作製や実験条件を以下のようにし、進めた。

#### (2) 分析試料の作製および中性子照射

30nmの熱酸化膜を形成した5インチφのSiウエハに100keVでPをイオン注入(注入量:  $2 \times 10^{15} \text{ atoms} \cdot \text{cm}^{-2}$  ( $100 \text{ ng} \cdot \text{cm}^{-2}$ )) する。窒素雰囲気中、1100°Cで360分熱処理しPをSi基板に熱拡散させてから酸化膜を除去し、洗浄する。続いて酸素雰囲気中、1000°Cで120分熱処理して90nmのSi酸化膜を形成する。このSiウエハを20mmx50mmにへき開して石英管に封入、続いて約20mgの赤リンを精秤して石英管に封入し比較標準とする。これらを同一容器に詰め、JRR4のTおよびSパイプで2-3時間照射する。

#### (3) 不足当量分析によるリンの定量

$^{31}\text{Si}$ の放射能の減衰を待ち開封し、硫酸-過酸化水素-水の溶液で試料表面を洗浄する。希フッ酸で化学エッチ(エッチング速度: 30nm/分)し、P担体を加えた溶液に不足当量のモリブデンを加えモリブドリン酸としてメチルイソブチルケトンに抽出する。ステンレス製の試料皿に蒸発乾固して低バックの2πガスフローローカウンターでβ<sup>-</sup>を計測する。なお試料の面積は、Siウエハの厚さおよび重量を測定して密度から算出する。またトレーサ実験により不足当量化学分離の条件を求めるとともに、比

較標準のP濃度は、逆同位体希釈による不足当量分析で決定した。

#### (4) 定量結果

1000°Cで120分熱処理した試料を、それぞれ異なる希フッ酸の溶液中で、1分ずつ3回の化学エッチを繰り返した。さらに酸化膜が除かれたSi基板表面を軽くエッチし、続いて洗浄した。各々の溶液を不足当量化学分析し、得られたP濃度は以下のとおりである。この結果、Pが界面にパイルアップしていることが改めて確認されるとともに、Pが界面のSi酸化膜側に存在し、拡散していることが確認された。

| 試料          | リン濃度   |
|-------------|--|
| 酸化膜 表面 30nm | $0.16 \times 10^{13} \text{ atoms} \cdot \text{cm}^{-2}$ |
| 中央 30nm     | $0.10 \times 10^{13} \text{ atoms} \cdot \text{cm}^{-2}$ |
| 界面 30nm     | $4.27 \times 10^{13} \text{ atoms} \cdot \text{cm}^{-2}$ |
| 基板 エッチング液   | $2.04 \times 10^{13} \text{ atoms} \cdot \text{cm}^{-2}$ |
| 洗浄液         | $0.42 \times 10^{13} \text{ atoms} \cdot \text{cm}^{-2}$ |

### 3. 3 結果と考察

Pを注入していない熱酸化膜中のP濃度(ブランク値)は  $0.02 \times 10^{13} \text{ atoms} \cdot \text{cm}^{-2}$  であり、この中にはSiの二次核反応で生成する $^{32}\text{P}$  [ $^{30}\text{Si}(n, \gamma)^{31}\text{Si} \rightarrow ^{31}\text{P}(n, \gamma)^{32}\text{P}$ ]の寄与分が含まれている。

INAAによる多元素同時定量もそれなりに有効である。しかし、放射化分析の感度は元素によって大きく異なるから、痕跡量の元素(今回はngのP)を正確かつ高精度で定量するためには、照射時間や冷却時間など最適な条件を選ぶ必要がある。

放射化学的に純粋に分離し(全β<sup>-</sup>)放射能を測定する方法は、感度や測定のジオメトリが揃えられるうえ、不確定な要因を除くことができ、正確さや高精度化に向けて魅力ある手法になる。特に不足当量化学分離を用いると化学収率の補正は必要なく、Pを正確に分離できる。

各々の照射容器に既知量のPを注入した20mm x 20mmのSi分画を入れて中性子フルエンスの分布の変動をチェックした。しかし、分析試料と比較標準の試料形状が大きく異なり、基本的にはフルエンス

の分布の影響が反映され、系統誤差は無視できない。これについて、放射化した試料を逆同位体希釈による不足当量分析によりPを定量すると、中性子フルエンスの分布に関わりない正確な定量値が得られる。原理的には正確な定量が可能であるが、ここではSi中のPが熱処理によりSi酸化膜に拡散することが明らかにできたため、それ以上の検討は進めなかった。

大切なことは、正確かつ高精度の分析法を確立しておき、分析の目的を十分に理解したうえで、手たちの分析法のどこまでを駆使すると満足いく結果が得られるか判断し進めることである。

#### 4. まとめ

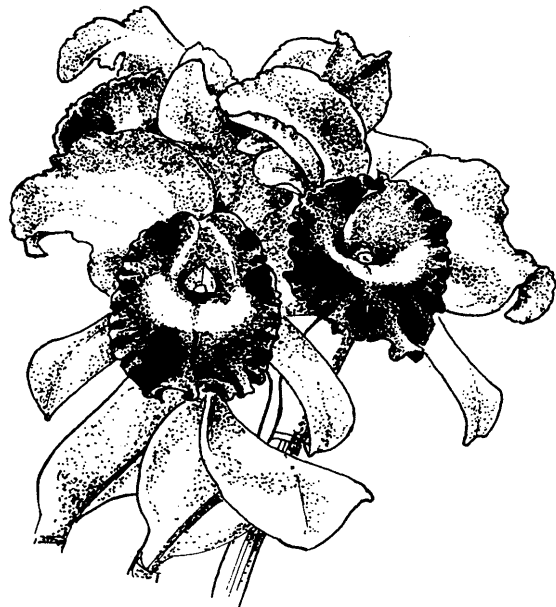
始めに述べたが、正確な放射化分析についての詳細は、別途機会を設け、明らかにするのが良い。筆者は、長い期間、不足当量化学分離を伴う放射化(学)分析の研究を続けてきた。勝手な言い分を通していただければ、放射化(学)分析の面白みは放射化学的放射化分析にあると考えている。放射化学的放射化分析までいかなくとも、簡単な化学操作を施すことにより興味ある結果を導くことができる。例えば、報告したSi/Si酸化膜界面のPの分布の測定では、酸の濃度と温度をコントロールするとSi酸化膜のエッチング速度は定速なこと、またSi

は疎水性であり希フッ酸を弾くからエッチングの終点が明瞭なことを理解していれば、不足当量分析を使わなくても同様の結果を容易に導くことができる。

これも別の機会に述べることになるのだろうが、Siに限らず高純度の平坦な表面は、重ね合わせると化学結合し一体化される。さらにバルク分析に特異な放射化分析の特徴を利用すると、極々痕跡量の表面不純物を定量可能になる。このように、高純度化された物質が示す新しい性質(本来の性質?)及び先端領域での科学技術の進歩は必ず放射化分析の新たな展開に役立つと考えている。

#### 文献

- 1) 学振第141委員会編: "マイクロビームアナリシス", 朝倉書院(1985)、p425
- 2) 日本分析化学会編: "分析化学用語辞典", 産業図書(1983)、P279
- 3) 倉橋正保: "物質質量諮問委員会(CCQM)出張報告", 物質研フォーラム(42)、1997、つくば、p2



現在、私は日本原子力研究所東海で2人の先生と一緒に即発 $\gamma$ 線分析を行っています。

この分析のために1~2ヶ月に1度、京都から東京経由で東海村へ出向いていますが、この際の私の行動について報告致します。

#### ・京都から東海へ

しゃん、しゃん、しゃん、という快適な音をたてながら朝の新幹線が東京に向かう。なんの気もなしに眺めていると、時速200 km以上という速さのために外の景色は次々と後ろに流れていく。まだ夜露に濡れている木々や家々が朝の光に照らされてきらきらと輝いている。遠くに見える山々も太陽の光を浴びて元気一杯のようだ。様々な景色を眺めるのが大好きな僕にとって、新幹線は大好きな乗り物だ。幼い頃には新幹線の運転手になるのが夢だった。でもこの時、高速移動する新幹線に乗りながら考えていたのは、これから行う即発 $\gamma$ 線分析に関することだった。おそらく今僕は研究者を目指しているのだろう。現在僕は火山岩中のホウ素を即発 $\gamma$ 線分析で定量しているが、ホウ素は中性子にぶつかられた際、 $\alpha$ 線を放出するために高速移動しながらリチウムに変化する。この高速移動に起因するドップラー効果により、ホウ素のピークは幅広いエネルギー範囲で検出されブロードな台形状となる。だけど新幹線とリチウムとどちらが速いんだろう？

新幹線が $\gamma$ 線を放出しながら走ったら、どのくらいのブロードなピークとして検出されるんだろう？そのようなことを考えているうちに新幹線は東京駅に到着する。もっと新幹線に乗っていたいが、ここから東海村へは新幹線では行けない。早く常磐新幹線が開通しないだろうか。

#### ・原研での長い1日

朝9時に大学開放研で事務手続きをおこなった後、早速実験施設へと向かう。この施設は実験室というよりも大きな工場を連想させる。見渡してしまうような広い空間の中に太いパイプと大きな機械が複数混在しており、棒高跳びでブブカが飛んだとしても決して到達しないであろうと思われる高い天井には、いくつかのクレーンがぶら下がっている。施設全体にはゴォーという工場に独特？の音が響き渡っている。施設内に入ると我々を待っていた原研および開放研の方々や先生たちの雑談が始まる。彼等の雑談を横で聞きながら分析を開始する。分析は機械への試料の設置とデータ収集を数十分の間隔で繰り返すという単純作業だ。試料の設置には気を使うが、作業を行っている時間よりも待ち時間が圧倒的に長い。しかし内職で根を詰めた仕事をする程には長くはないために、かなり退屈な思いをする。試料交換とデータ収集が自動で行うようにすれば、もっと時間を有意義に使うことができるであろう。

数時間の作業の後、前回の分析結果についての報告を行うために原研の怖い先生を尋ねる。彼の僕の研究に対する批判はいつもシビアだ。彼との議論の後は大抵落ち込む。今

回もかなり多くの問題点を指摘され、少しブルーになる。でも彼が首を縦に振るような研究ができれば世界に通用する論文が書けるのだから頑張ろう、と自分を励まして分析を再開する。

なんの気もなしに分析を行っている、つい時間を忘れてしまう。いつの間にか黄昏時となっており、外を見ると薄闇の中に隣の施設の灯が輝いている。気付くと1人の先生は開放研の方を夕食に誘う電話をしている。声ははっきりと聞こえないが、いつものように楽しそうだ。2～3分の会話の後に電話を切った瞬間、「そうか、彼は今日は彼女とデートかあー」と言いながら、うれしそうな、そしてちょっと残念そうな顔をする。どうやら今晚の夕食を断われたようだ。

夕食をとるために車で十数分走った所にある定食屋へと向かう。先生はこの店がお好みなのだが、前回と前々回の実験日は定食屋の定休日（月曜日）と重なってしまい、残念そうだった。今回は半年ぶりの来店だ。ここは天ぷら料理がおいしい。看板には「和風レストラン」と書いてある。どうして和風なのに「食堂」とか「料理店」とかにしないで「レストラン」なのだろう。こういうものを見ると僕は痒いところに手が届かない気分になる。おまけに和風なのに食後にコーヒーが出てくる。先生はこれが気に入っているらしい。がらんとした店内には高級さを醸し出す座敷席と大衆食堂によくあるテーブル席が混在しており、どのような客にも対応可能だ。このあたりも先生のお気に入りなのだろう。今回は時間があまりないために、テーブル席で焼肉定食を急いで食べることとなった。

夕食の後分析が続く。あまりに単純な作業の繰り返しを長時間行うので、深夜0を過ぎる頃にはランニングハイの状態に近くなる。おそらく眠気も手伝っているのだろうが、控室と実験室の往復時の記憶が断片的であり、夢の中の自分が試料交換を行っているような気分になる。しかし、時たま恐ろしく五感が研ぎ澄まされ、後々にも鮮明な記憶として残る瞬間が存在する。それは、あらためて実験室の大きさに圧倒されたり、控室のあまりにも静かさにびっくりしたり、控室と実験室の往復時に野外できらめく星を見て感動した瞬間などだ。おそらくこれが、深夜におこなう単純作業実験の醍醐味なのだろう。

永遠に続くと思われる夜もそのうち終わり、外はゆっくりと明るくなってくる。お日様が昇る頃には実験もほとんど終わっている。夜があまりに長いために、朝になってから実験が終わる朝9時までにはとても短く感じる。

#### ・東海から京都へ

朝9時過ぎに帰任のための事務手続きを終えたら家路につく。かなり疲れているので、ちょっと東京で遊んでから帰ろうという気にはならない。毎回、帰りの電車の中ではずっと眠っている。学生の頃はよく授業中居眠りをして先生に怒られたために、僕にとって昼寝は少し罪の意識がある。しかし徹夜の後の昼寝は悪い行為ではないと思っているので、安心して眠ってしまう。乗り物の中なので寝心地が良いわけではなく、1～2時間に1回は目が覚める。このお陰で、旅先の宿などで朝目覚めたときに一瞬「ここは何処？」と自分に問う不思議な感覚が何回も体験できる。これも僕にとっては、即発γ線分析実験の醍醐味だろう。



高エネルギー加速器研究機構・放射線科学センター  
 榎本 和義

昨年1月より田無に移ってきております。当初、原子核研究所では学際研究室という名称がありましたが、4月から高エネルギー加速器研究機構となって、学際研究室がなくなり放射線安全管理室1本になりました。遂に私も放射線安全管理を表看板にすることになった訳です。そこで、安全管理の現場を分析屋の眼で見ると何が見えてくるかについて日頃思っていることをエピソードを交えて2つ紹介します。

昨年、つくばでは、大学院を目指す人に研究所で実習を行うという企画がありました。放射線科学センターでは、加速器で放射化されたものを測定してもらおうということになりました。どんな核種が出来て、放射線安全上どのように気をつけるかということを理解してもらいたいとの主旨のようでした。

放射化分析をやってきた者は放射化されたものからどんな情報を引き出せるのでしょうか？放射化分析では核種分析が基本です。材料はどのような元素からできているか？はもちろんです。照射されたビームの種類は？照射エネルギーは？いつごろ照射されたものか？1週間後、1月後、1年後にはどれだけ減衰するか？などが見えてきます。そうすると、単に気を付けてくださいというだけでなく、いつまでは立ち入らないようにとか、どの程度の遮蔽をしてください、とうい具体的な指示を行うことができる。もっと積極的には、その部分の材料を変えるとどうなるか？という提言ができます。実際、ビームダクトはステンレスからアルミニウム合金に変わってきましたし、同じアルミニウム合金でも共存元素の種類によって2000番台がいいとか、6000番台がいいとかもっと細かい指示ができるようになりました。電子加速器ではCr-51（半減期27.7日）、Mn-54（半減期312.2日）などが測定されます。加速管列に添って測定していくと、Cr-51は最近数ヶ月間のビーム損失の傾向を示しており、Mn-54は数年の傾向を反映しています。Co-60（半減期5.27年）がみられるとすれば、これまで10年間の様子が見えてきます。このようにして運転状況を診断できる訳です。このようなことは、サーベイメータでは分かりません。放射線被曝を低減する原則は、作業の時間、距離、遮蔽と習ってきました。これは、すでにできてしまった放射能を受け身的に管理する立場といえます。分析屋からみますと、被曝の原因となる放射化が起こりにくいようにする管理、したがって加速器の設計、運転方法などにもフィードバックさせる放射線管理が見えてくるように思われます。

以前、つくばで隕石が落下し、はじめてNa-24（半減期14.7時間）が測定できたとの記事を読みました。私はNa-24はどのような情報をもって地球に飛び込んで来たのだろうと考えます。精々、2、3日の情報とすると、地球に近いところで照射されたことを記憶していることになるわけです。γ線のスペクトルを見ますと、他にもいろんなものが見えてきます。私は実際の測定に携わったわけではありませんから詳しいことは分かりま

せんが、スペクトルを見るかぎりには、つくばの陽子シンクロトロンで照射された遮蔽用の鉄材のスペクトルと酷似しています。Na-24も主に数100MeVの陽子に照射されて核破砕反応によって生成したものといえます。構成元素をおさえ、放射能測定をきちんと行えば照射された陽子の数を見積ることができます。加速器施設が宇宙と同じ照射環境を再現しているとも言えます。そうすると、加速器は宇宙と同じ「放射性物質の発生源である」という意味で宇宙環境が少し近いものに見えてきます。加速器を宇宙での生成環境を再現できる場として活用することができるわけです。同じ環境放射能といっても、従来行われてきた環境放射能の研究とは異なる立場からの研究が始まるかも知れません。

## 談話室-2

### 惑星探査と放射化分析

東京都立大学大学院理学研究科  
海老原充

アメリカのアポロ宇宙船が月に到達し、貴重な試料を地球に初めて持ち帰ったのは1969年のことである。それ以来毎年ヒューストンで開催されている月会議（途中から月惑星会議と名称が変更された）も今年で29回をむかえた。今年の会議に参加して感じたことは、これまでになく惑星探査関係の研究発表が多かったことである。これまでも決して少なくはなかったが、今年は同会議の一つの柱になるに至ったと感じられたほどである。アメリカの宇宙探査計画はこれまではアポロ計画に代表されるような大型の探査計画が主流であったが、アメリカ経済が停滞した80年代を堺にして、小型の惑星探査計画が主流となった。アメリカではこれを「安い探査 (cheep mission)」と呼んでいるが、一つの計画が100-200億円規模のもので、日本人としては決して「安い」とは認識できない額ではある。この計画を総称して「ディスカバリー探査計画 (discovery mission)」と呼んでいるが、この計画の特徴は計画の立案から探査後の成果の公表まで研究者レベルで行われることである。成果の公表に関して研究者がかかわるのは当然としても、探査ロケットの設計も含めた探査計画の立案まで研究者（正確には主任研究者 principal investigator を責任者とする研究者グループ）の責任に帰される。従って探査計画は公募制であり、希望する研究者に等しく機会が与えられる。ここ数年、平均すると一年に一つの割合で計画が採択されている。今後ディスカバリー探査計画が順調に実施されると、たとえば前記のような月惑星会議において、惑星探査関連の研究発表がますます増えるものと予想される。

さて、アメリカではこのように小型の（といっても相対的にであって、予算額からいえば後述の日本の国をあげての1探査計画予算に匹敵するが）惑星探査計画がこれから少なくとも10年間は目白押しであるが、日本でも、遅れをとっている感は否めないが、これから21世紀初頭にかけていくつかの探査計画が実行に移される予定である。こうした探査計画は大きく分けると、その場観測の探査と物質回収の探査に分けられる。前者の例として、たとえば昨年7月に火星に着陸して火星表面の調査をしたマーズパスファインダーがあげられる。また物質回収の宇宙探査としてはアポロ宇宙船が月から試料を

せんが、スペクトルを見るかぎりには、つくばの陽子シンクロトロンで照射された遮蔽用の鉄材のスペクトルと酷似しています。Na-24も主に数100MeVの陽子に照射されて核破砕反応によって生成したものといえます。構成元素をおさえ、放射能測定をきちんと行えば照射された陽子の数を見積ることができます。加速器施設が宇宙と同じ照射環境を再現しているとも言えます。そうすると、加速器は宇宙と同じ「放射性物質の発生源である」という意味で宇宙環境が少し近いものに見えてきます。加速器を宇宙での生成環境を再現できる場として活用することができるわけです。同じ環境放射能といっても、従来行われてきた環境放射能の研究とは異なる立場からの研究が始まるかも知れません。

## 談話室-2

### 惑星探査と放射化分析

東京都立大学大学院理学研究科  
海老原充

アメリカのアポロ宇宙船が月に到達し、貴重な試料を地球に初めて持ち帰ったのは1969年のことである。それ以来毎年ヒューストンで開催されている月会議（途中から月惑星会議と名称が変更された）も今年で29回をむかえた。今年の会議に参加して感じたことは、これまでになく惑星探査関係の研究発表が多かったことである。これまでも決して少なくはなかったが、今年は同会議の一つの柱になるに至ったと感じられたほどである。アメリカの宇宙探査計画はこれまではアポロ計画に代表されるような大型の探査計画が主流であったが、アメリカ経済が停滞した80年代を堺にして、小型の惑星探査計画が主流となった。アメリカではこれを「安い探査 (cheep mission)」と呼んでいるが、一つの計画が100-200億円規模のもので、日本人としては決して「安い」とは認識できない額ではある。この計画を総称して「ディスカバリー探査計画 (discovery mission)」と呼んでいるが、この計画の特徴は計画の立案から探査後の成果の公表まで研究者レベルで行われることである。成果の公表に関して研究者がかかわるのは当然としても、探査ロケットの設計も含めた探査計画の立案まで研究者（正確には主任研究者 principal investigator を責任者とする研究者グループ）の責任に帰される。従って探査計画は公募制であり、希望する研究者に等しく機会が与えられる。ここ数年、平均すると一年に一つの割合で計画が採択されている。今後ディスカバリー探査計画が順調に実施されると、たとえば前記のような月惑星会議において、惑星探査関連の研究発表がますます増えるものと予想される。

さて、アメリカではこのように小型の（といっても相対的にであって、予算額からいえば後述の日本の国をあげての1探査計画予算に匹敵するが）惑星探査計画がこれから少なくとも10年間は目白押しであるが、日本でも、遅れをとっている感は否めないが、これから21世紀初頭にかけていくつかの探査計画が実行に移される予定である。こうした探査計画は大きく分けると、その場観測の探査と物質回収の探査に分けられる。前者の例として、たとえば昨年7月に火星に着陸して火星表面の調査をしたマーズパスファインダーがあげられる。また物質回収の宇宙探査としてはアポロ宇宙船が月から試料を

持ち帰ったアポロ計画が代表例である。日本の惑星探査計画では当面、その場観測が主体であるが、2003年打ち上げ予定の「ミューゼスC」計画は物質回収を目指すはじめてのものである。

宇宙物質を回収してきた暁には物質科学を専門とするものの出番となる。宇宙物質も基本的には固体岩石物質であり（と断定してしまうのは早計かもしれないが）、その研究にはこれまで地球上の岩石物質、あるいは月や隕石試料の研究に利用してきた手法が適用できるはずである。しかし現実にはいろいろな制限が課せられることが予想される。たとえば利用できる試料の量がきわめて少量になる可能性である。アポロ計画では大型の宇宙飛行船で出かけ、宇宙飛行士が月面に降り立って自分の手で月試料を採取し、かなりの量を地球に持ち帰ることに成功した。しかし、日本の惑星探査計画やアメリカのディスカバリー計画も含めて今後の宇宙探査計画で、アポロ計画のときのような「試料持ち帰り（sample return）」の再現は望めまい。そうなるといかに少量の試料でいかに多くの情報を読み取れるかという点が研究を行う上での焦点となる。

少量の試料で多くの元素の含有量を求めようとすると放射化分析、なかでも中性子を用いた放射化分析法は最大限その特徴を發揮できる。非破壊法である機器中性子放射化分析法で主成分元素を分析し、まず試料の大まかな化学的特徴を記述する。機器中性子放射化分析法ではケイ素が正確に定量できないが、即発ガンマ線分析を利用すれば可能である。機器中性子放射化分析でケイ酸塩鉱物のアルミニウム含有量を正確に求めるためにはケイ素の含有量が正確に求められる必要があり、そのためにも即発ガンマ線分析は有効である。機器中性子放射化分析で利用する中性子束を $10^{11}$ から $10^{12}$ の桁とし、照射時間を数時間程度にとどめれば、総中性子束は $10^{16}$ の桁の数値となる。同じ試料を再度中性子照射し、定量目的元素を絞って放射化学的中性子放射化分析を行うことができる。この場合、総中性子束を機器中性子放射化分析で用いた総中性子束が無視できるくらいに大きければはじめの照射による誘導放射能は無視できる。このように、同じ試料を即発ガンマ線分析、機器中性子放射化分析、放射化学的中性子放射化分析の順番で分析することによってかなりの数の元素含有量を求めることができる。場合によっては、即発ガンマ線分析後の試料を誘導結合プラズマ原子吸光分析や同質量分析などのような放射化分析以外の元素分析に用いたり、あるいは岩石・鉱物学的研究に転用することが可能である。放射化学的中性子放射化分析法では試料を破壊してしまうために、その後の転用は不可能であるが、目的とする元素に関しては確実に分析値を求めることが可能で、繰り返し分析ができないような、いわば「一発勝負の分析」に威力を發揮する。このように、中性子を用いる放射化分析法はこれからの惑星探査計画を科学的に実りあるものとするために大きく貢献するものと期待される。

#### 参考文献

1) 海老原充：遊星人（日本惑星科学会誌）、7、18-28（1998）。

（なお、この号は「地球外物質の分析」特集号で、将来の日本における sample return mission を想定して、宇宙物質の分析についていろいろな確度から検討した論文が集められている。）

## Q & A



(回答 武内孝之・戸村健児)

### Question

・「岩石中のLuを定量する時、Lu-177 (半減期6.7d)の208keVのピークを使っています。標準岩石との比較法で定量した場合に、他のランタノイドの分析値に比べて、大きな値が得られる傾向にあります。この理由と解決法を教えてください。」

### Answer

岩石試料でLu-177(半減期6.7d)の208keVのピークを使って定量すると高めになるのは、Np-239(半減期2.3d)の209.75keVのピークと複合ピークを作るためです。ウランの含有量の多い試料で、Np-239の209.75keVのピーク成分をLu-177の208.36keVピークとして定量したことによると思います。

解決法ですが、Np-239の他のピーク、例えば228.2keV(209.75keVより3倍ほど大きい)などとの比を求めてNp-239の209.75keVのピーク成分を差し引くこともできますが、半減期が3倍程度違いますので、冷却時間をおいて、Np-239が減衰するのを待って測定する方法がよいと思います。

なお、Lu-177には208.36keVのほか112.95keVにもピークを出しますが、これはいろいろな核種のピークと重なりますので使えないと思います。

余談になりますが、 $^{176}\text{Lu}(n, \gamma)^{177}\text{Lu}$ は中性子温度の影響を最も敏感に受ける核反応で、照射場の中性子温度の測定に利用されます。しかしLu濃度が既知の標準試料を同時に照射すれば、試料も標準も同じように中性子温度の影響を受けるので全く問題になりません。

また、 $^{177}\text{Lu}$ は $^{176}\text{Yb}$ より(n,  $\gamma$ )反応で生成した半減期1.9時間の $^{177}\text{Yb}$ が $\beta$ 壊変しても生成する珍しい妨害核反応を受け一例です。LuとYbの原子量はそれぞれ174.967、173.04であり、 $^{176}\text{Lu}$ と $^{176}\text{Yb}$ の同位体存在比は2.61%、12.6%で、熱中性子に対する断面積は1778 barn、2.42 barnです。通常ケイ酸塩岩石中にはLuの約6倍のYbが含まれています。従って、熱外中性子を考慮に入れず熱中性子のみについてYbとLuから生成する $^{177}\text{Lu}$ の量比を計算すると、 $(6 \times 12.6 \times 2.42 / 173.04) \div (2.61 \times 1778 / 174.967) = 1.06 / 26.52 = 0.04$ となり、4%程度のプラスの誤差が考えられます。しかし、日本地質調査所等の標準岩石試料を標準とする場合には、Ybから生成する $^{177}\text{Lu}$ は試料と標準で相殺されてほとんど問題になりません。

なお、 $^{176}\text{Lu}(n, \gamma)^{177}\text{Lu}$ 反応で半減期160.5日の $^{177\text{m}}\text{Lu}$ も生成し、これは $^{177}\text{Yb}$ の $\beta$ 壊変では生成しません。しかし、この反応の断面積は7 barnと小さく、 $^{177}\text{Lu}$ を利用する場合に比べて感度的に不利です。

## 研究会報告

### 13th Radiochemical Conference

(19-24 April, 1998 ; Czech Republic)

(金沢大理) 中西 孝

Po・Ra 発見 100 周年を記念し故 Jiri Stary 教授を称える標記の学会 (略称 Rad-Chem'98) が、ドイツとの国境に近いチェコ共和国 (ボヘミア) のマリアーンスケ・ラーズニェ (Mariánské Lázně, 以下 M.L. と略) とヤーヒモフ (Jáchymov, 以下 Jac. と略) で開催された。M.L. (ドイツ名 Marienbad, Lazne はチェコ語で温泉という意味) は人口が 2 万人足らずとは言えチェコ第二の規模の温泉保養地である。M.L. から北方にバスで 1 時間余りの Jac. は古くから銀やウランの産出で有名な鉱山町であるが、キュリー夫妻の Po と Ra 発見の原料 (ウラン抽出の残さ) の産地だったので放射化学の歴史に出てくる場所の一つである。そのような歴史的な主旨と場所での放射化学の学会ということで、circular を手にしたとき放射化学で飯を食っている以上はこの学会にはぜひ出席したいと考えて参加申し込みをし出席してきた次第である (2nd circular を入手したのは昨年 7 月, 参加申し込みは同 9 月)。なお, チェコスロバキアで核放射化学の東西の接点をという主旨で第 1 回が開催されたのは 1961 年であったが, 前回の第 12 回は 1990 年開催という具合の学会である。

さて学会の中身であるが, トピックスのキーワードは・天然 RI の化学, ・環境放射能・放射生態学, ・放射化分析・放射分析, ・放射線科学, ・アクチニドと超アクチニドの化学, ・分離法・化学種分析, ・RI 製造と利用, ・核廃棄物管理の放射化学といったところである。なお, 発表のキャンセルが少なくなかったので正確な情報ではないが, 要旨集と出席者リストに依れば, 45 カ国から約 250 人が出席し, 特別講演 (12 件), 招待講演 (11 件), 口頭発表, ポスター発表合わせて 364 件の学会であった。東欧諸国からの発表が圧倒的に多く, 西欧諸国はどちらかと言えば冷たい反応を示したと言う感じであった。日本からは 10 名 (同伴者を除く) が出席して 11 件の発表を行った。このレポートの筆者は, Po・Ra 発見 100 周年記念の学会の主旨に合うように, リン酸中の Po-210 の定量についてのポスター発表を放射分析のセッションで行った。Po の発見から約 100 年後にリン酸中の Po-210 の問題がコンピュータのソフトウェアに関してクローズアップされてきた状況のもとで行った研究の発表である。関心のある人とじっくり議論したいと考えてポスター発表に申し込んだのであるが, 一般の口頭発表では 15 分間の割り当て時間内に言いたいことを言い尽くせず討論もないまま大概の発表が終わるのを見て, 突っ込んだ議論もできたポスター発表にしてよかったと思った。一方, 今回の学会の主旨に対応する Historical session (1 日だけ会場を Jac. に移動して行われた) は, この学会ならではのところであった。Jac. に行く日には朝 8 時前に M.L. を貸切バスで出発した。Jac. に着いて放射化学の祖キュリー夫人の記念碑前での献花式の後, 午前 10 時から昼食をはさんで午後 4 時頃まで Historical session が続いた。その後の約 2 時間は, 約 5 kBq/リットルのラドン温泉で治療を行っているサナトリウム (Jac. は現在, 世界一のラドン浴療法の地) と

銀・ウラン・ラジウム等の生産関係の展示品がある博物館を見学し、さらに Jac. 市長主催のレセプションで最高に美味しいピルゼンビールとごちそうをいただくという慌ただしいスケジュールで、Jac. の歴史的なウラン鉱山の跡は見学できずじまいになった。しかし、Jac. での採鉱と U・Ra 生産の様子や 1925 年にキュリー夫人がプラハや Jac. を訪問したときの模様を記録した映画の上映があって、非常に興味深かった。

さて、放射化分析の機関誌へのレポートであるから、その関係の話題等を若干なりとも記す必要があるだろう。R.S. Dybczński (ポーランド) の特別講演は放射化分析の信頼度 (確度と精度) に重点を置いたもので、正確な定量が目的なら 1 元素ずつ分離・測定すべきということであった。F. De Corte (ベルギー) の招待講演は Gent 大学での放射化分析関係の歴史と現状の紹介及び演者自身の研究の歩みを中心で、いろいろな元素分析法を駆使できる研究環境も整備した中で一つの分析法として放射化分析を行っているということである。D.A.W. Bossus (オランダ) の招待講演は、工業分野での放射化分析と RI 利用に関するものであるが、放射化分析のみを元素分析の手段にはしていない。放射化分析関係の一般講演・ポスター発表では、比較標準試料の開発・保証値関係や種々の応用などで、それぞれに工夫をしながら確度と精度の向上を目ざした内容の報告があった反面、信頼度の吟味なしの元素定量データで、ああでもない・こうでもないという考察の発表もあった。放射化学の学会で放射化分析の発表をするときは、方法における何がしかの新しい工夫とデータの信頼度の吟味とデータから読み取れる新知見の三点を必ず揃えてほしいものである。なお、放射化分析に限らず放射化学の研究全般において、超微量元素の化学という放射化学の特長を生かして、speciation の研究に今後の一つの活路があるのではないかと感じた。ところで、本誌の読者には既に circular が届いていると思われるので蛇足かも知れないが、次回 (第 10 回) の MTAA (Modern Trends in Activation Analysis) は 1999 年 4 月に米国 NIST で開催される旨のアナウンスがあった。

最終日 (24 日) の午後はパネルディスカッションが行われた。テーマは・放射化学教育、・核放射化学のフロンティア、・ヨーロッパにおける放射化学 (者) の連携とミーティング であった。みんな頑張っているが、核放射化学が直面している問題、とくに大学において、に国境はないと感じた。

この学会の Proceedings は Czechoslovak Journal of Physics の補遺として本年中に出版される予定になっている。(1998 年 6 月記)

## シンポジウム「炭酸塩の希土類元素地球化学」

標記シンポジウムが1998年3月5日(木)午後及び6日(金)午前に東京大学海洋研究所講堂にて約50名の参加を得て開催された。本シンポジウムは相沢省一(群馬大)、葉袋佳孝(武蔵大)、松本良(東大)をコンビーナーとして企画された。希土類元素地球化学に基づいた炭酸塩岩の成因論等について、地球化学や堆積岩岩石学などの様々な角度から最新の研究成果が報告された。主たる参加者は若手の炭酸塩研究者である。プログラムの概略は下記に記した。

希土類元素の定量には中性子放射化分析が主に用いられてきたが、最近では、ICP質量分析法の適用例が次第に増している。本シンポジウムでも同法を用いての定量結果に基づいた議論が多く見られた。炭酸塩岩及び関連試料を対象とした場合の中性子放射化分析とICP質量分析法との比較は、このシンポジウムでの分析化学的な面からの討論課題の一つであった。非破壊法としての中性子放射化分析は試料の溶解を要さず、信頼性における分析手法であることが確認された。しかし、光電ピークの帰属などに注意する必要も指摘された。これらの方法は互いの特徴を認識した上で、相補的に適用していくのが望ましいと思われる。

地質学分野の若手炭酸塩研究者の参加が多かったこともあるが、放射化分析を行うための原子炉利用共同研究のシステムが余り知られていないという印象を受けた。原子炉利用についてのPRが放射化学・原子力工学関係者以外にはまだまだ不十分であるのかも知れない。希土類元素地球化学に対する強い関心が感じられ、その背景にある分析手段についても情報提供が求められていることを新たに認識させられた。潜在的なユーザーである領域の若手研究者に対して、放射化分析についてのより実的な情報提供が望まれる。この際に留意すべきことは、放射化学・放射線に関する基礎的な内容が、物理学、化学、原子力工学、生物科学関連の学科を除けば、大学レベルでは専門科目、一般教育科目のいずれにおいても取り上げられていないことである。放射線教育との関連も踏まえた上で、諸分野の放射化分析の普及を図っていく必要性が感じられた。

### プログラム

3月5日午後1時00分～5時30分

1. 松本良(東大): 問題提起

炭酸塩岩の希土類元素から炭酸塩の生成環境を解釈する際検討すべき問題について述べる。

2. 葉袋佳孝(武蔵大): 希土類元素地球化学

3. 相沢省一(群馬大): 中性子放射化分析法による希土類元素の定量

4. 川辺岩夫(名古屋大): 希土類元素地球化学から見た海洋堆積物、炭酸塩岩の問題

5. 赤木 右(東京農工大): 希土類元素の天然炭酸塩への分配と炭酸塩結晶成長への影響

内容は天然の珊瑚中の希土類元素を精密に測定することによって、ケイ酸塩粒子の寄与を否定し、天然の炭酸塩への正確な分配比を求めた。また、希土類元素が炭酸システムの平衡に与える影響を結晶成長の観点から理解し議論した。

6. 豊田和弘(北海道大): 現世環境の深海底堆積物・生物源リン酸塩の希土類元素

太平洋深海底堆積物ピストン・コア中の生物源リン酸塩中の希土類元素パターンと初期的続成作用の影響、及び(恐らく)室内吸着実験での希土類元素の分配効果(も)



7. 伊藤俊彦（北海道教育大）：堆積岩中の方解石仮像（玄能石）とノジュール・母岩の希土類元素

玄能石は方解石集合体からなり、地質時代に冷海の底質中で生成した  $\text{CaCO}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$  から転移したものとされる。玄能石に含まれる希土類元素について、内部組織（続生作用の度合いに対応していると考えられる）との関連性、玄能石を包含する炭酸塩ノジュールの方が母岩の泥岩よりも希土類元素量が多い事例など、得られている事実をいくつか紹介する。

8. 大森 保（琉球大）：現世サンゴの希土類元素

3月6日午前9時00分～11時00分

1. 上岡 晃（地質調査所）：中・古生代および先カンブリア時代の石灰岩の希土類元素パターンの特徴

秩父帯などから採取された日本の中・古生代の石灰岩の希土類元素存在度パターンの特徴を示すとともに、石灰岩中の希土類元素の起源等についても述べる。さらに、スコットランド、南アフリカなどから得られた先カンブリアを考察する。

2. 相沢省一（群馬大）・杵島正洋（東大）：韓国、カンブリア～オルドビス系炭酸塩岩の希土類元素

3. 松本良・角和善隆（東大）：イラン、エルブールズのカンブリア～オルドビス系の希土類元素  
エルブールズの古生界炭酸塩セクションの内、下部カンブリア～オルドビス系で得られた希土類元素と炭素同位体組成変動から、当時の海洋の酸化・還元変動について検討する。

4. 渡辺大輔（東大）：イラン、エルブールズの石炭系石灰岩の堆積相と希土類元素  
堆積相解析から得られた堆積環境変動を希土類元素の変動の関係について検討する。

5. 角和善隆・松本良（東大）：イラン、ジョルファのペルム紀／トリアス紀境界の希土類元素  
絶滅事件の前後で希土類元素と炭素同位体組成、堆積相、生物相がどのように変動したか、わが国のP/Tセクションでの記録と比較しながら検討する。

6. 総合討論

(文責 薬袋佳孝)

## 第8回トルコ調査研究会

(岡田往子)

1998年3月7日、8日の両日に三鷹市にある中近東文化センターにて「第8回トルコ調査研究会」が開催された。これは財団法人中近東文化センターがトルコ共和国カマン・カレホユックにおいて発掘調査及び中央アナトリアにおける考古学的一般調査に関する報告会である。第1日目は名誉隊長である三笠宮崇仁親王殿下の御挨拶から始まり、考古学的一般調査が主であった。第2日目は具体的な発掘遺物の調査報告であった。放射化分析に関する発表としては、

第10次カマン・カレホユック発掘調査(1995年)から出土した鉄系遺物中の微量元素の挙動  
(武蔵工業大学 原子力研究所) 岡田 往子、鈴木章悟、平井昭司  
が挙げられる。中性子放射化分析法は考古学分野に情報を伝達する担い手として活躍すると思われる。

## 日本鉄鋼協会第135回春季講演大会

(岡田往子)

1998年4月1日から3日にかけて東京大学本郷キャンパスにおいて日本鉄鋼協会第135回春季講演会が開催された。放射化分析に関する発表としては、学生ポスターセッションで

発表番号PS-31 放射化学中性子放射化分析法による高純度鉄鋼中の微量モリブデンの定量  
(武蔵工業大学 工学部) 山口直樹  
が挙げられる。彼はこのポスター発表で優秀賞を授与された。

## 第59回分析化学討論会

(岡田往子)

1998年5月23日、24日の両日に北海道 小樽市にある小樽商科大学にて「第59回分析化学会」が開催された。放射化分析に関する発表としては、

1D08 水生無セキツイ動物の微量元素の分析; I. 節足動物甲殻類  
(石巻専修大理工) 福島美智子, 玉利英利

1H17 放射化学中性子放射化分析法による高純度鉄鋼中のppbレベルモリブデンの定量

(武蔵工大原研・東北大金研) 山口直樹, 岡田往子, 鈴木章悟, 平井昭司, 三頭聡明

D会場は環境・地球化学関連分析で放射化分析のセッションはH会場に分類されていたが、発表数は1件と非常に少なかった。

放射化分析研究 No. 6に掲載した標準物質一覧表のホームページのURLが変更になりました。

<http://www1.rr.i.kyoto-u.ac.jp/NAA/INTRM.HTM> →

<http://www-j.rr.i.kyoto-u.ac.jp/NAA/INTRM.HTM>

武内孝之

## 第8回トルコ調査研究会

(岡田往子)

1998年3月7日、8日の両日に三鷹市にある中近東文化センターにて「第8回トルコ調査研究会」が開催された。これは財団法人中近東文化センターがトルコ共和国カマン・カレホユックにおいて発掘調査及び中央アナトリアにおける考古学的一般調査に関する報告会である。第1日目は名誉隊長である三笠宮崇仁親王殿下の御挨拶から始まり、考古学的一般調査が主であった。第2日目は具体的な発掘遺物の調査報告であった。放射化分析に関する発表としては、

第10次カマン・カレホユック発掘調査(1995年)から出土した鉄系遺物中の微量元素の挙動  
(武蔵工業大学 原子力研究所) 岡田 往子、鈴木章悟、平井昭司  
が挙げられる。中性子放射化分析法は考古学分野に情報を伝達する担い手として活躍すると思われる。

## 日本鉄鋼協会第135回春季講演大会

(岡田往子)

1998年4月1日から3日にかけて東京大学本郷キャンパスにおいて日本鉄鋼協会第135回春季講演会が開催された。放射化分析に関する発表としては、学生ポスターセッションで

発表番号PS-31 放射化学中性子放射化分析法による高純度鉄鋼中の微量モリブデンの定量  
(武蔵工業大学 工学部) 山口直樹  
が挙げられる。彼はこのポスター発表で優秀賞を授与された。

## 第59回分析化学討論会

(岡田往子)

1998年5月23日、24日の両日に北海道 小樽市にある小樽商科大学にて「第59回分析化学会」が開催された。放射化分析に関する発表としては、

1D08 水生無セキツイ動物の微量元素の分析; I. 節足動物甲殻類  
(石巻専修大理工) 福島美智子, 玉利英利

1H17 放射化学中性子放射化分析法による高純度鉄鋼中のppbレベルモリブデンの定量

(武蔵工大原研・東北大金研) 山口直樹, 岡田往子, 鈴木章悟, 平井昭司, 三頭聡明

D会場は環境・地球化学関連分析で放射化分析のセッションはH会場に分類されていたが、発表数は1件と非常に少なかった。

放射化分析研究 No. 6に掲載した標準物質一覧表のホームページのURLが変更になりました。

<http://www1.rr.i.kyoto-u.ac.jp/NAA/INTRM.HTM> →

<http://www-j.rr.i.kyoto-u.ac.jp/NAA/INTRM.HTM>

武内孝之

## 研究会予告

## 「放射化分析支援システム研究会」の開催案内

放射化分析支援システム研究会を下記のとおり開催いたしますのでご参加ください。放射化分析支援システム研究会は、研究炉を用いた中性子放射化分析について、より簡便で使いやすいシステムを構築し、放射化分析の利用の拡大を図ることを目的として、開催するものです。

### 放射化分析支援システム研究会

開催日 ; 10年11月18日(水) 11時から17時

開催場所 ; 日本原子力研究所東海研究所研究炉実験管理棟大会議室  
(茨城県那珂郡東海村白方字白根2-4)

主催 ; 放射線利用振興協会・放射化分析研究会

### 研究会プログラム[案]

1. 期待される放射化分析へ向けて (I) 座長 片山 幸士 (京大)
  - 1.1 環境科学からみた放射化分析への期待 葉袋佳孝 (武蔵大学)
  - 1.2 宇宙・地球科学からみた放射化分析への期待 福岡孝昭 (立正大学)
  - 1.3 農学・生物学・医学からみた放射化分析への期待 中西友子 (東京大学)
  
2. 期待される放射化分析へ向けて (II) 座長 戸村 健児
  - 2.1 材料科学・工学からみた放射化分析への期待 重松俊男 (NTT)
  - 2.2 考古学・文化財科学からみた放射化分析への期待 二宮修治 (東京学芸大学)
  - 2.3 裁判科学からみた放射化分析への期待 岸 徹 (科学警察研究所)
  - 2.4 標準物質評価からみた放射化分析への期待 鈴木章悟 (武蔵工業大学)
  
3. 放射化分析の将来への展望 [自由討論]  
座長 榎本和義 高エネルギー加速器研究機構
  - 3.1 簡易化・高精度化・高正確さに向けて  
コメンテータ 米澤伸四郎 (原研) 澤畑浩之 (東大)
  - 3.2 放射化分析から見た原研研究炉のあり方  
コメンテータ 大槻勤 (東北大) 岡田往子 (武工大),  
豊田和弘 (北大)、武内孝之 (京大),  
松尾基之 (東大) 結田康一 (農環技研)
  
4. 原研研究炉の現状について (原研)
  
5. 見学会 (JRR-3MのPN-3及びJRR-4(M))

連絡先 東京大学原子力研究総合センター東海分室 伊藤泰男  
電話 ; 029-283-2374. e-メール ; itoyasuo@kaihoken.tokai.jaeri.go.jp  
(財)放射線利用振興協会 坪 長 (あくつ ちょう)  
電話 ; 029-282-9533. e-メール ; akutsu@jrr3fep2.tokai.jaeri.go.jp

# 施設便り

## 東北大学・核理研

東北大核理研（本年度より大学院理学研究科附属）は共同利用施設としてすでに30年を経過し、これまでに数多くの成果を挙げてきました。特に、電子線加速器を用いた有用なアイソトープ製造に於ては放射化学や分析化学にとどまらず、物性関連分野や医学分野等にも利用されています。

これらの分野では本年も継続的に課題が採択され、実験が行われています。本年度の採択課題を以下に示します。

### 平成10年度前期の課題採択

\*\*\*\*\*

| 課題番号 | 申込者         | 申込課題名  |
|------|-------------|--|
| 2301 | 秋葉健一 東北大素材研 | 不溶性フェロシアン化物担持多孔体のイオン交換特性                     |
| 2302 | 大槻勤 東北大核理研  | 標識化による金属内包フラーレン及びヘテロフラーレンの研究                 |
| 2303 | 鹿野弘二 NTT    | 軽元素薄膜標準試料の評価                                 |
| 2304 | 福島美智子 石巻専修大 | 水生無セキツイ動物中の金属元素の多元素同時放射化分析                   |
| 2305 | 荘司準 筑波大     | 水溶性大環状金属錯体固相における反跳現象の研究（続）                   |
| 2306 | 海老原充 都立大院理  | 光量子放射化分析法による隕石試料中のハロゲン元素の定量                  |
| 2307 | 塩川佳伸 東北大金研  | V系材料の残留放射能に関する研究                             |
| 2308 | 関根勉 東北大院理   | 長寿命放射性核種の環境中移行における基礎化学反応研究                   |
| 2309 | 三頭聡明 東北大金研  | $\alpha$ - $\gamma$ Xリスト測定による低レベルアクチニド核種の測定法 |
| 2310 | 榊本和義 KEK 田無 | 電子ライナックによる標識化有機試薬の調整と応用                      |
| 2311 | 藤川振一郎 東北大院工 | 金属合金における拡散                                   |

\*\*\*\*\*

### 平成10年度後期の課題採択

\*\*\*\*\*

|      |             |                                      |
|------|-------------|--------------------------------------|
| 2318 | 秋葉健一 東北大素材研 | AMP（リンモリブデン酸アンモニウム）担持多孔体への放射性核種の吸着挙動 |
| 2319 | 海老原充 都立大院理  | 光量子放射化分析法による隕石試料中のハロゲン元素の定量          |
| 2320 | 大槻勤 東北大核理研  | 標識化による金属内包フラーレン及びヘテロフラーレンの研究（II）     |
| 2321 | 工藤博司 東北大院理  | 宇宙空間に存在する不飽和炭化水素（PAH）の生成機構の探索        |
| 2322 | 関根勉 東北大院理   | 長寿命放射性核種の環境中移行における基礎化学反応研究           |
| 2323 | 山村朝雄 東北大金研  | 高純度 Np 化合物調整のための Np の化学的精製法の研究       |
| 2324 | 佐藤伊佐務 東北大金研 | V系材料の残留放射能に関する研究                     |
| 2325 | 荘司準 筑波大     | 水溶性大環状金属錯体固相系における反跳現象の解析とその応用        |
| 2326 | 福島美智子 石巻専修大 | 水生無セキツイ動物中の金属元素の光量子放射化分析             |
| 2327 | 榊本和義 KEK 田無 | 軽元素の光量子放射化分析のための迅速化学分離法の開発           |
| 2328 | 三頭聡明 東北大金研  | フッ化サマリウム共沈法による低レベルアクチニド核種の測定法        |
| 2329 | 藤川辰一郎 東北大院工 | 金属材料における拡散                           |

\*\*\*\*\*

電子ライナックを用いた放射化分析の研究は周知のとおり、原子炉ではできない核種の同定が可能となります。今後とも、核理研を利用して頂くことにより、放射化分析の裾野が広がることを願っています。(γ、n)反応を用いた放射化分析に興味をお持ちの方、またはテスト的に放射化分析を試みてみたい方は

大概： Ohtsuki@LNS.tohoku.ac.jp

Tel, Fax: 022-743-3426)

まで連絡下さい。

## 原研施設利用共同研究

### 一般共同研究

#### 1. 原子核をプローブとする物理・化学研究

|      |                               |        |      |
|------|-------------------------------|--------|------|
| 8101 | 大環状金属錯体における照射効果の微視的研究         | 筑波大学   | 荘司 準 |
| 8102 | メスバウアー分光法による無機化合物の研究(Ⅲ)       | 東邦大学   | 高橋 正 |
| 8103 | EC壊変を用いたX線状態分析(Ⅲ)             | 宮城教育大学 | 玉木洋一 |
| 8104 | 中性子放射化核種のガンマ線エネルギー精密測定法の開発    | 熊本大学   | 岸川俊明 |
| 8105 | 中性二座配位アミンによるレアアースの協同効果抽出と分離係数 | 八戸工業高専 | 中村重人 |

#### 2. 放射線とイオンビームによる物質構造の研究と改質・合成

|      |   |        |       |
|------|---|--------|-------|
| 8106 | 半導体中の照射誘起欠陥と不純物の相互作用  | 東北大学   | 末澤正志  |
| 8107 | NiおよびFe中の照射欠陥の陽電子消滅寿命測定法による研究   | 九州大学   | 蔵元英一  |
| 8108 | 配向分子集合系における機能性単量体の放射線重合(Ⅱ)  | 埼玉大学   | 柴崎芳夫  |
| 8109 | γ線照射法による炭素材料の開発と炭素材料の金属元素濃度   | 愛媛大学   | 中山祐輔  |
| 8110 | 機能性界面活性剤の界面配向性とγ線重合による表面金属鑄型樹脂の合成   | 熊本大学   | 小出善文  |
| 8111 | 放射線化学的に生成する捕捉活性種の蛍光スペクトル  | 京都大学   | 長谷博友  |
| 8112 | 石英中の酸素空格子のα線による生成効率、及びγ線による生成の線量率依存性の研究                                   | 大阪大学   | 豊田 新  |
| 8113 | 高エネルギー粒子線による半導体デバイスの劣化と導入格子欠陥に関する研究                                       | 熊本電波工専 | 大山英典  |
| 8114 | 電子機能性材料の放射線照射効果(Ⅱ)  | 東京大学   | 寺井隆幸  |
| 8115 | 量子ビームによる光学・記録材料の改質と創製   | 京都工繊大  | 川面 澄  |
| 8116 | 陽電子消滅及び電子スピン共鳴測定法によるシリカガラス及びシリコン中照射欠陥の研究                                  | 東北大学   | 長谷川雅幸 |
| 8117 | <sup>68</sup> Ge/ <sup>68</sup> Ga ジェネレータシステムのためのN-メチルグルカミン樹脂の開発とその放射線耐久性 | 熊本大学   | 中山守雄  |
| 8118 | 放射線反応による共役キレート金属環におけるラジカル反応   | 上智大学   | 杉森 彰  |
| 8119 | 炭酸水溶液の放射線照射効果   | 東京大学   | 勝村庸介  |
| 8120 | PEA法による電子線照射高分子中の空間電荷分布の解析とその電気的特性  | 八戸工業大学 | 藤田成隆  |
| 8121 | 鉛ハライド単結晶中の点欠陥と色中心   | 高知大学   | 広田豊春  |
| 8122 | 炭素系複合材料の界面構造と特性に及ぼすイオン照射の影響   | 茨城大学   | 奥 達雄  |
| 8123 | 高速及び熱中性子照射による石英及び長石中の点欠陥生成と物性研究   | 山口大学   | 福地龍郎  |

電子ライナックを用いた放射化分析の研究は周知のとおり、原子炉ではできない核種の同定が可能となります。今後とも、核理研を利用して頂くことにより、放射化分析の裾野が広がることを願っています。(γ、n)反応を用いた放射化分析に興味をお持ちの方、またはテスト的に放射化分析を試みてみたい方は

大概： Ohtsuki@LNS.tohoku.ac.jp

Tel, Fax: 022-743-3426)

まで連絡下さい。

## 原研施設利用共同研究

### 一般共同研究

#### 1. 原子核をプローブとする物理・化学研究

|      |                               |        |      |
|------|-------------------------------|--------|------|
| 8101 | 大環状金属錯体における照射効果の微視的研究         | 筑波大学   | 荘司 準 |
| 8102 | メスバウアー分光法による無機化合物の研究(Ⅲ)       | 東邦大学   | 高橋 正 |
| 8103 | EC壊変を用いたX線状態分析(Ⅲ)             | 宮城教育大学 | 玉木洋一 |
| 8104 | 中性子放射化核種のガンマ線エネルギー精密測定法の開発    | 熊本大学   | 岸川俊明 |
| 8105 | 中性二座配位アミンによるレアアースの協同効果抽出と分離係数 | 八戸工業高専 | 中村重人 |

#### 2. 放射線とイオンビームによる物質構造の研究と改質・合成

|      |   |        |       |
|------|---|--------|-------|
| 8106 | 半導体中の照射誘起欠陥と不純物の相互作用  | 東北大学   | 末澤正志  |
| 8107 | NiおよびFe中の照射欠陥の陽電子消滅寿命測定法による研究   | 九州大学   | 蔵元英一  |
| 8108 | 配向分子集合系における機能性単量体の放射線重合(Ⅱ)  | 埼玉大学   | 柴崎芳夫  |
| 8109 | γ線照射法による炭素材料の開発と炭素材料の金属元素濃度   | 愛媛大学   | 中山祐輔  |
| 8110 | 機能性界面活性剤の界面配向性とγ線重合による表面金属鑄型樹脂の合成   | 熊本大学   | 小出善文  |
| 8111 | 放射線化学的に生成する捕捉活性種の蛍光スペクトル  | 京都大学   | 長谷博友  |
| 8112 | 石英中の酸素空格子のα線による生成効率、及びγ線による生成の線量率依存性の研究                                   | 大阪大学   | 豊田 新  |
| 8113 | 高エネルギー粒子線による半導体デバイスの劣化と導入格子欠陥に関する研究                                       | 熊本電波工専 | 大山英典  |
| 8114 | 電子機能性材料の放射線照射効果(Ⅱ)  | 東京大学   | 寺井隆幸  |
| 8115 | 量子ビームによる光学・記録材料の改質と創製   | 京都工繊大  | 川面 澄  |
| 8116 | 陽電子消滅及び電子スピン共鳴測定法によるシリカガラス及びシリコン中照射欠陥の研究                                  | 東北大学   | 長谷川雅幸 |
| 8117 | <sup>68</sup> Ge/ <sup>68</sup> Ga ジェネレータシステムのためのN-メチルグルカミン樹脂の開発とその放射線耐久性 | 熊本大学   | 中山守雄  |
| 8118 | 放射線反応による共役キレート金属環におけるラジカル反応   | 上智大学   | 杉森 彰  |
| 8119 | 炭酸水溶液の放射線照射効果   | 東京大学   | 勝村庸介  |
| 8120 | PEA法による電子線照射高分子中の空間電荷分布の解析とその電気的特性  | 八戸工業大学 | 藤田成隆  |
| 8121 | 鉛ハライド単結晶中の点欠陥と色中心   | 高知大学   | 広田豊春  |
| 8122 | 炭素系複合材料の界面構造と特性に及ぼすイオン照射の影響   | 茨城大学   | 奥 達雄  |
| 8123 | 高速及び熱中性子照射による石英及び長石中の点欠陥生成と物性研究   | 山口大学   | 福地龍郎  |

|      |   |        |      |
|------|---|--------|------|
| 8124 | 高分子材料に対する放射線損傷の基礎過程の研究                          | KEK    | 沖 雄一 |
| 8125 | 電子線ならびにガンマー線を用いたグラフト重合によるホスホン酸型キレート繊維の開発        | 熊本大学   | 城 昭典 |
| 8126 | アルミナ皮膜へのイオン注入とそのEL特性                            | 東京都立大学 | 森崎重喜 |
| 8127 | 陽電子消滅測定法による核融合炉トリチウム増殖材の照射欠陥の研究                 | 静岡大学   | 奥野健二 |
| 8128 | 宇宙用光学ガラス材料の放射線劣化の研究                             | 東京大学   | 常田佐久 |
| 8129 | 低エネルギー重イオン照射を前処理とするTi, Zr等材料の3,000°C級高融点化表面直接改質 | 大阪大学   | 西嶋茂宏 |
| 8130 | 輝尽蛍光体のガンマ線・電子線照射効果                              | 東北大学   | 阿部 健 |

### 3. 生物に対する放射線効果

|      |                               |       |       |
|------|-------------------------------|-------|-------|
| 8131 | 穀類および園芸植物の育種への放射線照射の有効性       | 鹿児島大学 | 坂田祐介  |
| 8132 | 悪性脳腫瘍に対する中性子捕捉療法のための基礎的・臨床的研究 | 筑波大学  | 能勢 忠男 |
| 8133 | 原子炉生産短半減期核種による放射性医薬品の製造法の確率   | 金沢大学  | 安東 醇  |

### 4. 中性子利用元素分析

|      |   |           |       |
|------|---|-----------|-------|
| 8134 | 生体類似多元素合成標準物質の開発と普及(Ⅱ)                  | 秋田大学      | 岩田 吉弘 |
| 8135 | 宇宙物質の中性子放射化分析(Ⅱ)                        | 東京都立大学    | 海老原 充 |
| 8136 | 植物試料の元素分析                               | 東京大学      | 中西友子  |
| 8137 | 熱蛍光年代測定のための石英中のA1量の測定                   | 北海道教育大学   | 雁沢好博  |
| 8138 | 黒曜石フィッシュン・トラック年代測定値の標準化                 | 鹿児島大学     | 鈴木 達郎 |
| 8139 | 放射化分析による海藻由来の含ハロゲン化合物の生合成研究             | 北海道大学     | 鈴木 稔  |
| 8140 | 金属材料中の極微量元素の分析法の開発(Ⅱ)                   | 武蔵工業大学    | 平井 昭司 |
| 8141 | カエル卵成熟における亜鉛イオンの作用                      | 静岡大学      | 石川勝利  |
| 8142 | 放射化による金属フラーレンの研究                        | 東京都立大学    | 末木啓介  |
| 8143 | バイカル湖300mコア試験中のイリジウムの放射化分析              | 北海道大学     | 豊田 和弘 |
| 8144 | 海底熱水沈殿物の微量元素分析                          | 山形大学      | 中島和夫  |
| 8145 | 環境試料中の微量元素の存在形態                         | 武蔵大学      | 葉袋佳孝  |
| 8146 | 中性子放射化分析を用いた環境モニタリング法の研究                | 宇都宮文星短期大学 | 伊澤郡蔵  |
| 8147 | ヒト血清中有機態ハロゲン(Cl, Br, I)の性および年齢による変動     | 横浜市立大学    | 鹿島勇治  |
| 8148 | 胎児期および成長期における亜鉛欠乏がその後の発育に与える影響          | 静岡大学      | 矢永誠人  |
| 8149 | 環境広葉樹の放射化分析とオートラジオグラフィー                 | 東京大学      | 斎藤秀雄  |
| 8150 | 大気中エアロゾルの起源と滞留時間                        | 九州大学      | 大崎 進  |
| 8151 | 放射化分析による西南日本の花こう岩の微量元素組成測定              | 京都大学      | 石川尚人  |
| 8152 | キアシシギ( <i>Tringa brevipes</i> )の有機態ハロゲン | 愛媛大学      | 脇本忠明  |
| 8153 | 隕石試料の放射化分析(Ⅲ)                           | 日本大学      | 永井 尚生 |
| 8154 | セレンの細胞性免疫への影響                           | 北里大学      | 伊藤 伸彦 |
| 8155 | 植物の葉等への特定元素のとり込み                        | 北海道大学     | 増子 捷二 |
| 8156 | ホタテガイのカドミウム濃縮機序の研究                      | 北海道大学     | 大西 俊之 |
| 8157 | 地圏環境における元素分布・循環の研究                      | 名古屋大学     | 田中 剛  |
| 8158 | 中性子放射化分析による宇宙・火山起源物質の研究                 | 立正大学      | 福岡 孝昭 |
| 8159 | 放射化分析のための新規な予濃縮技術の開発                    | 山形大学      | 阿部 重喜 |
| 8160 | 微生物中無機元素の動態解析                           | 宮崎医科大     | 中島 暉  |



## 一般協力研究

### 1. 原子核をプローブとする物理・化学研究

- |      |                                     |       |       |
|------|-------------------------------------|-------|-------|
| 8201 | 放射性レニウム標識化合物の合成と体内動態の研究             | 東京大学  | 巻出義紘  |
| 8202 | 新規なテクネチウム及びレニウム化合物の合成とその構造、電子状態の解明  | 東北大学  | 工藤 博司 |
| 8203 | アクチノイド及びランタノイドの選択的分離濃縮法の開発と環境分析への応用 | 茨城大学  | 井村 久則 |
| 8204 | $\gamma$ 線検出効率曲線の超精密決定とその応用         | 名古屋大学 | 宮原 洋  |
| 8205 | 14MeV中性子放射化断面積の系統的測定                | 名古屋大学 | 河出 清  |

### 2. 放射線とイオンビームによる物質構造の研究と改質

- |      |  |        |       |
|------|--|--------|-------|
| 8206 | 黒鉛およびセラミックスの照射効果 (II)                        | 茨城大学   | 仁平 猛  |
| 8207 | 高エネルギー粒子照射した金属中の格子欠陥                         | 愛媛大学   | 山川浩二  |
| 8208 | 添加物入りウラン酸化物の高温での局所構造解析                       | 名古屋大学  | 松井恒雄  |
| 8209 | 放射線照射による高分子物質のモルホジェネシス                       | 京都大学   | 西本清一  |
| 8210 | 電界放射型電顕によるイオン照射損傷動的過程の高分解能観察                 | 島根大学   | 小野興太郎 |
| 8211 | セラミックスの14MeV中性子照射効果                          | 大阪大学   | 飯田敏行  |
| 8212 | 放射線化学における励起ラジカルの解離                           | 大阪府立大学 | 早川滋雄  |
| 8213 | 高純度アルミニウム合金の電顕内イオン照射による損傷形成・回復の動的過程          | 愛媛大学   | 神垣信生  |
| 8214 | プレセラミック・ハイブリッドポリマーの放射線架橋の研究                  | 大阪府立大学 | 岡村清人  |
| 8215 | Bi系酸化物超伝導体における磁束状態の照射効果                      | 筑波大学   | 吉崎亮造  |
| 8216 | イオン伝導性ホウ酸塩系ガラス及びカルコゲン系半導体ガラスの $\gamma$ 線照射効果 | 千葉大学   | 岩舘泰彦  |
| 8217 | LiAlの電気的性質の中性子照射効果の研究 (II)                   | 青森大学   | 矢萩正人  |
| 8218 | 酸化物高温超伝導体の放射線照射効果                            | 北海道大学  | 中山恒義  |
| 8219 | 特殊な作成条件による新磁性材料のX線・粒子線による研究                  | 岡山大学   | 小野文久  |
| 8220 | 放射線照射による合成ゴムの粘着防止に関する研究                      | 山形大学   | 皆川雅明  |
| 8221 | 酸化物高温超伝導体の磁束系の相転移に対する電子線照射効果                 | 東北大学   | 小林典男  |

### 3. 生物に対する放射線効果

- |      |                                   |      |       |
|------|-----------------------------------|------|-------|
| 8222 | イオン注入法による放射活性ステントの開発と動脈再狭窄予防法への応用 | 群馬大学 | 永井 良三 |
|------|-----------------------------------|------|-------|

### 4. 中性子利用元素分析

- |      |                                      |        |      |
|------|--------------------------------------|--------|------|
| 8223 | 即発ガンマ線分析の大型試料への適用 (II)               | 東京都立大学 | 中原弘道 |
| 8224 | 中性子ガイドビームを用いた中性子吸収反応の核・放射化学への応用 (II) | 熊本大学   | 岸川俊明 |
| 8225 | 植物試料中のBの分析                           | 東京大学   | 中西友子 |
| 8226 | 電気めっきスラッジのPGA分析                      | 東京都立大  | 森崎重喜 |
| 8227 | 固体環境試料および地球化学的試料の即発ガンマ線分析 (II)       | 東京大学   | 松尾基之 |
| 8228 | PGA法による高エネルギー荷電粒子の物質中での挙動の研究         | 大同工業大学 | 酒井陽一 |
| 8229 | X線・低エネルギー $\gamma$ 線検出による即発ガンマ線分析    | 武蔵大学   | 葉袋佳孝 |

- |      |                              |        |      |
|------|------------------------------|--------|------|
| 8230 | 隕石試料の即発ガンマ線分析(Ⅱ)             | 東京都立大学 | 海老原充 |
| 8231 | 火山岩試料の即発 $\gamma$ 線分析        | 学習院大学  | 福岡孝昭 |
| 8232 | 放射化分析の系統化 (放射化分析支援システムの検証試験) | 東京大学   | 伊藤泰男 |

## 5. 中性子ラジオグラフィーによる構造分析

- |      |                                      |        |       |
|------|--------------------------------------|--------|-------|
| 8233 | JRR-3M冷・熱中性子を用いたラジオグラフィーの高度化(Ⅱ)      | 京都大学   | 三島嘉一郎 |
| 8234 | 植物試料の中性子ラジオグラフィー                     | 東京大学   | 中西友子  |
| 8235 | JRR-3M冷中性子を利用するラジオグラフィー高度化技術の開発と応用研究 | 名古屋大学  | 玉置昌義  |
| 8236 | 電子撮像方式中性子ラジオグラフィーにおける高空間分解能化に関する研究   | 武蔵工業大学 | 持木幸一  |
| 8237 | Cfを用いた中性子ラジオグラフィーシステムの研究             | 武蔵工業大学 | 持木幸一  |
| 8238 | 中性子ラジオグラフィーの電池研究への応用                 | 東京学芸大学 | 鎌田正裕  |
| 8239 | フィルター変調ビームを用いた中性子ラジオグラフィー技術の開発(Ⅰ)    | 立教大学   | 小林久夫  |
| 8240 | 熱中性子ラジオグラフィーによる熱流動現象の可視化と計測          | 神戸大学   | 竹中信幸  |
| 8241 | 熱中性子ラジオグラフィーによる固気系流動層の課題可視化          | 関西大学   | 小澤 守  |

## 立教大学原子炉利用共同研究

課題番号          研究課題

### 1 放射化分析 A (地球環境科学)

- |      |                                |        |       |
|------|--------------------------------|--------|-------|
| 8901 | カーボナタイト中の微量元素の放射化分析            | 琉球大学   | 大出 茂  |
| 8902 | カザフスタン共和国の内陸閉鎖湖の塩湖化と脱塩機構       | 京都大学   | 片山幸士  |
| 8903 | 熱中性子捕獲反応を利用した環境化学の研究(2)        | 大同工業大学 | 酒井 陽一 |
| 8904 | バイカル湖湖底堆積物のコア試料の放射化分析(2)       | 北海道大学  | 豊田和弘  |
| 8905 | 環境試料の放射化分析による環境動態解析            | 大阪府大   | 溝畑 朗  |
| 8906 | 岩石の酸性変質に伴うランタノイド並びにアクチノイド元素の移動 | 上智大学   | 大井隆夫  |
| 8907 | 臭化メチル土壌くん蒸における防除効果に及ぼす影響       | 北里大学   | 田中 茂  |
| 8908 | 湖水環境での物質循環に関する研究(3)            | 金沢大学   | 山本政儀  |
| 8909 | 森林育成土壌の樹種への影響の調査               | 大妻女子大  | 寺井 稔  |
| 8910 | 熱中性子及び熱外中性子を用いた地球環境試料の放射化分析    | 東大総合文化 | 松尾基之  |
| 8911 | 隕石試料等の放射化分析(3)                 | 日本大学   | 永井尚生  |
| 8912 | 第四紀黄砂の地球化学的性質とTL年代測定           | 北海道教育  | 雁沢好博  |
| 8913 | ブナ林表層土壌の環境化学的研究                | 弘前大学   | 鶴見 実  |
| 8914 | 微量元素組成によるテフラ(火山灰)の対比と年代測定(2)   | 立正大学   | 福岡孝昭  |
| 8915 | 地球化学図作成を目的とする河川堆積物の多試料多元素分析    | 名古屋大   | 田中 剛  |
| 8916 | 地球化学・宇宙化学的試料中の揮発性元素の中性子放射化分析   | 東京都立大  | 海老原充  |
| 8917 | 天然・人造ガラス質の放射化分析                | 武蔵大学   | 薬袋佳孝  |
| 8918 | 堆積物と鉱床の放射化分析                   | 東京大学   | 松本 良  |
| 8919 | 方解石仮像の微量成分と続成作用(2)             | 北海道教育大 | 伊藤俊彦  |
| 8920 | マントルー地殻物質の希土類元素分布(2)           | 北海道教育大 | 池田保夫  |
| 8921 | 環境試料の多元素放射化分析(2)               | 大妻女子大  | 大森佐与子 |

- |      |                              |        |      |
|------|------------------------------|--------|------|
| 8230 | 隕石試料の即発ガンマ線分析(Ⅱ)             | 東京都立大学 | 海老原充 |
| 8231 | 火山岩試料の即発 $\gamma$ 線分析        | 学習院大学  | 福岡孝昭 |
| 8232 | 放射化分析の系統化 (放射化分析支援システムの検証試験) | 東京大学   | 伊藤泰男 |

## 5. 中性子ラジオグラフィーによる構造分析

- |      |                                      |        |       |
|------|--------------------------------------|--------|-------|
| 8233 | JRR-3M冷・熱中性子を用いたラジオグラフィーの高度化(Ⅱ)      | 京都大学   | 三島嘉一郎 |
| 8234 | 植物試料の中性子ラジオグラフィー                     | 東京大学   | 中西友子  |
| 8235 | JRR-3M冷中性子を利用するラジオグラフィー高度化技術の開発と応用研究 | 名古屋大学  | 玉置昌義  |
| 8236 | 電子撮像方式中性子ラジオグラフィーにおける高空間分解能化に関する研究   | 武蔵工業大学 | 持木幸一  |
| 8237 | Cfを用いた中性子ラジオグラフィーシステムの研究             | 武蔵工業大学 | 持木幸一  |
| 8238 | 中性子ラジオグラフィーの電池研究への応用                 | 東京学芸大学 | 鎌田正裕  |
| 8239 | フィルター変調ビームを用いた中性子ラジオグラフィー技術の開発(Ⅰ)    | 立教大学   | 小林久夫  |
| 8240 | 熱中性子ラジオグラフィーによる熱流動現象の可視化と計測          | 神戸大学   | 竹中信幸  |
| 8241 | 熱中性子ラジオグラフィーによる固気系流動層の課題可視化          | 関西大学   | 小澤 守  |

## 立教大学原子炉利用共同研究

課題番号          研究課題

### 1 放射化分析 A (地球環境科学)

- |      |                                |        |       |
|------|--------------------------------|--------|-------|
| 8901 | カーボナタイト中の微量元素の放射化分析            | 琉球大学   | 大出 茂  |
| 8902 | カザフスタン共和国の内陸閉鎖湖の塩湖化と脱塩機構       | 京都大学   | 片山幸士  |
| 8903 | 熱中性子捕獲反応を利用した環境化学の研究(2)        | 大同工業大学 | 酒井 陽一 |
| 8904 | バイカル湖湖底堆積物のコア試料の放射化分析(2)       | 北海道大学  | 豊田和弘  |
| 8905 | 環境試料の放射化分析による環境動態解析            | 大阪府大   | 溝畑 朗  |
| 8906 | 岩石の酸性変質に伴うランタノイド並びにアクチノイド元素の移動 | 上智大学   | 大井隆夫  |
| 8907 | 臭化メチル土壌くん蒸における防除効果に及ぼす影響       | 北里大学   | 田中 茂  |
| 8908 | 湖水環境での物質循環に関する研究(3)            | 金沢大学   | 山本政儀  |
| 8909 | 森林育成土壌の樹種への影響の調査               | 大妻女子大  | 寺井 稔  |
| 8910 | 熱中性子及び熱外中性子を用いた地球環境試料の放射化分析    | 東大総合文化 | 松尾基之  |
| 8911 | 隕石試料等の放射化分析(3)                 | 日本大学   | 永井尚生  |
| 8912 | 第四紀黄砂の地球化学的性質とTL年代測定           | 北海道教育  | 雁沢好博  |
| 8913 | ブナ林表層土壌の環境化学的研究                | 弘前大学   | 鶴見 実  |
| 8914 | 微量元素組成によるテフラ(火山灰)の対比と年代測定(2)   | 立正大学   | 福岡孝昭  |
| 8915 | 地球化学図作成を目的とする河川堆積物の多試料多元素分析    | 名古屋大   | 田中 剛  |
| 8916 | 地球化学・宇宙化学的試料中の揮発性元素の中性子放射化分析   | 東京都立大  | 海老原充  |
| 8917 | 天然・人造ガラス質の放射化分析                | 武蔵大学   | 薬袋佳孝  |
| 8918 | 堆積物と鉱床の放射化分析                   | 東京大学   | 松本 良  |
| 8919 | 方解石仮像の微量成分と続成作用(2)             | 北海道教育大 | 伊藤俊彦  |
| 8920 | マントルー地殻物質の希土類元素分布(2)           | 北海道教育大 | 池田保夫  |
| 8921 | 環境試料の多元素放射化分析(2)               | 大妻女子大  | 大森佐与子 |

- |      |                          |      |      |
|------|--------------------------|------|------|
| 8922 | 地球化学的試料中の微量元素の中性子放射化分析   | 群馬大学 | 相沢省一 |
| 8923 | 海底堆積物コア試料中のランタノイドとアクチノイド | 武蔵工大 | 本多照幸 |

## 2 放射化分析 B (ライフサイエンス)

- |      |   |        |      |
|------|---|--------|------|
| 8924 | 植物試料中のアルミニウム及び他の元素の動態分析                       | 東大農学   | 中西友子 |
| 8125 | 機器中性子放射化分析による未利用飼料資源の開発研究(2)                  | 麻布大学   | 松原利光 |
| 8926 | マウス肝臓中の微量元素の濃度と総量                             | 静岡大学   | 矢永誠人 |
| 8927 | 各種疾病ラット臓器中の微量元素の定量(3)                         | 昭和薬科大  | 遠藤和豊 |
| 8928 | 放射化分析による食品中微量元素の定量(2)                         | 大妻女子大  | 櫻井四郎 |
| 8929 | 歯科材料の放射化分析 - DICOR Porcelain Powder 中の希土類元素 - | 日本大学   | 森脇一成 |
| 8930 | 生体中に分布する微量元素の放射化分析                            | 理化学研究所 | 榎本秀一 |
| 8931 | アルミニウム投与によるラット臓器中微量元素の変動について                  | 城西大学   | 万里輝男 |

## 3 放射化分析 C (材料・他)

- |      |  |       |      |
|------|--|-------|------|
| 8932 | 鉄試料の中性子放射化分析   | 武蔵工業大 | 平井昭司 |
| 8933 | 金属フラーレンの放射化分析とその応用2  | 東京都立大 | 末木啓介 |
| 8934 | 遠距離で原爆(広島, 長崎)に被曝した試料中の $^{152}\text{Eu}/\text{Eu}$ , $^{60}\text{Co}/\text{Co}$ の測定 | 金沢大学  | 中西 孝 |
| 8935 | 微量成分元素存在量にもとづく陶磁器の生産地推定  | 東京学芸大 | 二宮修治 |

## 4 放射線応用・計測(核物理・原子核プローブ・フィッシュントラック・中性子ラジオグラフィ)

- |      |   |        |       |
|------|---|--------|-------|
| 8936 | イメージングプレートを用いる中性子ラジオグラフィ法の基礎研究とその応用                   | 名大工    | 玉置昌義  |
| 8937 | 活動的大陸縁辺域における地殻および熱構造の発達史                              | 九州大学   | 渡辺公一郎 |
| 8938 | 中性子断面積精密測定のための基礎研究                                    | 岐阜医療技術 | 加藤敏郎  |
| 8939 | 強度変調型中性子検出器の較正と中性子スペクトル測定への応用                         | 武蔵工大   | 堀内則量  |
| 8940 | フィッシュントラック年代測定における中性子照射場の再検討                          | 鹿児島大   | 鈴木達郎  |
| 8941 | 熱中性子照射によるホロン分布観察法の材料学への応用(2)                          | 東京大学   | 柴田浩司  |
| 8942 | フォッサマグナ地域の新生界代火山岩類のフィッシュントラック年代測定                     | 信州大学   | 小坂共栄  |
| 8943 | 金属間化合物(Ni <sub>3</sub> Al)またはMo鋼の $\alpha$ トラックエッチング法 | 東京大学   | 森 実   |
| 8944 | 山陰地域下部中新統のフィッシュントラック年代測定(2)                           | 島根大学   | 大平寛人  |
| 8945 | 中性子ラジオグラフィによる電池内部のリチウム・水素の可視化                         | 東京学芸   | 鎌田正裕  |
| 8946 | (n, $\gamma$ ) 反応で生成する短寿命核の $\beta$ 半減期測定             | 名古屋大   | 柴田理尋  |
| 894  | 炉内中性子・ $\gamma$ 線強度測定のための即応答性自己出力型検出器の開発              | 名古屋大学工 | 瓜谷章   |

## 5. その他(ホットアトム効果・生物照射効果など)

- |      |                                |       |      |
|------|--------------------------------|-------|------|
| 894  | 水溶性大環状金属錯体における反跳現象の研究          | 筑波大学  | 荘司 準 |
| 8949 | ホリエレンゲリコール結合10B化合物の中性子捕捉療法への応用 | 東大医科研 | 柳衛宏宣 |

## 京都大学原子炉実験所

平成10年度の共同利用研究では、プロジェクト40件、通常88件の計128件が採択されていますが、その内27件が放射化分析関係です。それらの研究課題は下記の通りです。

研究炉は6月半ばから平成11年2月半ばまで使用計画が立てられています。詳細は<http://www.rri.kyoto-u.ac.jp>を参照して下さい。

(京都大学原子炉実験所 武内孝之)

### 平成10年度共同利用採択一覧(放射化分析関係)

1. 石英中のAl・Na等不純物熱中性子放射化分析と $\gamma$ 線照射由来ESRとルミネッセンス  
新潟大・理 橋本哲夫
2. 放射化分析による植物、特にせん苔類、洋菌類の微量元素濃縮と環境評価の研究  
神戸市環境 今井佐金吾
3. 放射化分析による微量元素組成から見たガラス質火山岩類の特性に関する研究  
鳥取大・教育 吉谷昭彦
4. 放射化イメージング法による微量元素の二次元分布状態に関する研究  
都立産業技術研 谷崎良之
5. マントル物質・隕石鉱物および標準岩石の放射化分析  
金沢大・理 坂本 浩
6. 動物およびヒトにおける脳内微量元素の放射化分析  
金沢大・医 天野良平
7. 放射化分析による地球化学アトラス作成のための基礎的研究  
岡山理大・総合情報 関 達也
8. ヒト組織中の各種元素の放射化分析  
東京都神経科学総合研 佐藤武雄
9. 放射化分析による大気水圏における沈降物の地球化学的研究  
名大・大気水圏科研 加藤喜久男
10. 放射化分析による水圏における微量元素の地球化学的研究  
名大・大気水圏科研 増沢敏行
11. 層状金属鉱床と関連する火成岩類の地球化学的研究  
秋田大・鉱山 水田敏夫
12. コンクリート中に含まれる放射化断面積の大きな微量元素の定量  
名大院・工 飯田孝夫
13. 熱中性子放射化分析を用いた植物中の微量元素の定量に関する基礎的研究  
京大院・農 片山幸士
14. 大気エアロゾル粒子のキャラクタリゼーション  
阪府大・先端科学研 溝畑 朗
15. サンゴ礁・沖縄トラフ海底堆積物の微量元素含有量  
琉球大・理 平良初男
16. 環境中におけるアンチモンの動態把握とリスクの低減策に関する研究  
京大院・工 森沢真輔
17. 紙に含まれる微量元素の分析  
京大院・工 河野益近
18. 微量元素の存在度からみた中・古生代海洋性玄武岩の成因に関する研究  
愛媛大・教育 佐野 栄
19. 西南日本内帯古期泥質岩の希土類元素組成  
京教大・教育 武蔵野 實
20. 生物試料中の微量金属元素の中性子放射化分析  
石巻専修大 福島美智子
21. 放射化分析による環境中の微量元素の分布と挙動  
愛知医科大・核医学センター 小島貞男
22. 出土した金属と共存する繊維・織物などの調査研究  
元興寺文化財保存科学センター 増沢文武
23. 電子線型加速器による環境標準試料の放射化分析  
高エネルギー加速器研 榎本和義
24. ラットの各種臓器への経時的ヒ素取り込みの研究  
阪市大・生活科学 片山洋子
25. 大気浮遊粒子状物質の発生源指標元素に関する研究  
東京都環境研 鎌滝裕輝
26. 脳の病的老化と微量元素に関する研究  
静岡県立大 荒川泰昭
27. 毛髪メタルバランスによる病態把握に関する研究  
大妻女子大 大森佐與子



以下に、研究会誌についてご意見を伺います。

- |   |                 |       |
|---|-----------------|-------|
| 1. 図書登録をする (ISBN 番号を取得する)                   | 賛成(10)          | 反対(2) |
| 2. 引用しやすい体裁に整える。<br>(著者、誌名、巻、号、年、始ページ、終ページ) | 賛成(12)          | 反対(2) |
| 3. アブストラクトを付ける                              | 賛成(11)          | 反対(1) |
| 4. キーワードを付ける。                               | 賛成(14)          | 反対(1) |
| 5. 論文も掲載できるようにする。<br>(編集委員会、審査委員会を作る)       | 賛成(9)           | 反対(6) |
| 6. 投稿者のために別刷りを作る。                           | 賛成(9)           | 反対(4) |
| 7. アジア、環太平洋等の研究者へも参加を募る。                    | 賛成(10)          | 反対(4) |
| 8. 会員以外にも販売する。                              | 賛成(14)          | 反対(0) |
| 9. その他                                      | 「放射化学会の様子をみてから」 |       |

会誌の記事は、講座・特集・解説、研究紹介、実験手引き、施設・研究室紹介、談話室、若い声、研究会報告・最近の動向、アナウンス、課題採択一覧で構成されています。今後、掲載して欲しい記事、投稿してみたい記事について以下にお書きください。

「関連分野の紹介、放射化物の取扱、実験のノウハウや着想」

## 「日本放射化学会 (仮称)」設立計画と「放射化分析研究会」

最近、放射化学研究者の組織化のために「日本放射化学会 (仮称)」設立の機運が高まっております。この「日本放射化学会 (仮称)」は放射化学および関連する諸分野の研究者を積極的に取り込み、国内的には学術会議にも委員を推薦できるような「放射科学(サイエンス)」研究の中核的組織として発展を図り、また諸外国から日本の窓口として認識される組織となることを意図しております。この学会は「放射化分析研究会」と重なり合うところも多く、本研究会の今後の運営にも大きな影響を及ぼすことが考えられます。研究会としては、研究会の維持発展に努めるとともに、放射化学会との良好な関係を保つことが不可欠であると考えられます。すでに、幹事会では、当面はその動向に関心を払いつつ研究会活動を維持していくことを確認しておりますが、今後の運営や学会設立の動きについて会員各位のご意見をお聞かせいただくことが必要だと考えております。

これまでに進んでいる学会設立に関する動きをお知らせします。先日の第42回放射化学討論会(仙台、9月)の研究連絡委員会において準備会の設置が了承され、来年10月の第43回放射化学討論会の時期に「日本放射化学会 (仮称)」の設立総会の開催を目指し、準備作業を開始することが決定しました。「日本放射化学会設立準備委員会 (仮称)」では「日本放射化学会 (仮称)」設立に必要な下記細目を本年度中に煮詰めることになっています。

- 1) 名称、目的、事業、会員資格、組織、総会、分科会、研究集会、学会誌およびニュースレター等の発行、資産及び会計、事務局、会費等
- 2) 会長、副会長、理事、監事等の人事案件
- 3) 移行期間の対応(放射化学討論会および研究連絡委員会との関係等)

#### 4) その他

また、「準備委員会」の構成は主に放射化学討論会幹事会委員を中心とし、委員長は第42回放射化学討論会の世話をされた工藤博司先生となっています。実務的には、「準備委員会」内に「小委員会」を設置し、細目を検討することになります。今後のスケジュールは3月末の日本化学会春季年会（神奈川大）の会期中に「準備委員会」を開催し、「小委員会」から提案される細目最終案を審議する。「準備委員会」で細目が決定された場合、4月中に会員（賛助会員を含む）募集等の作業を開始する。なお、設立準備委員会には「放射化分析研究会」幹事から伊藤、榎本、葉袋の3名、設立準備小委員会には伊藤、海老原の2名が入っております。

上記検討細目のうち1)は「放射化分析研究会」にも影響が考えられるところです。

1) 放射化学討論会にこれまであった「放射化分析分科会」がこの先どのようになるのかも考える必要があります。この分科会に参加される方全員が「放射化分析研究会」に入っているわけではなく、「放射化分析研究会」の会員が放射化学討論会に参加されてきたわけではありません。学会となったときには、「放射化分析分科会」（あるいは部会）運営に新たな提案をすることも考えられます。

2) 学会誌およびニューズレター等の発行が考えられていますが、研究会誌「放射化分析」との関連を考える必要があります。

3) 会費をとることになりますが、二重の負担となる場合も出てきます。研究会から学会へ移る方も出てくる可能性があります。

4) 学会設立は社会的に大きな働きをすることが期待されますし、そのためにも多くの研究者に参加していただくことを期待しているようです。「放射化分析研究会」の会員はそれぞれの判断で学会に入会をされることとは思いますが、「放射化分析研究会」としても今後の運営のなかで放射化分析のネットワークを拡げ、共同利用施設の充実をはかり、諸外国とも研究協力を進めていくうえで、最良の道を探っていく必要があります。

「放射化分析研究会」会員各位のご意見を、まずは「準備小委員会、準備委員会」委員を通して「放射化学会」の細目検討に活かし、学会、研究会双方の発展にとってプラスとなるようにしていくことが大切だと考えております。

ご意見をお寄せいただければ幸いです。

以上の文章は、10月12日にJA3の電子メールシステムによって会員の皆さんに発信されたものですが、電子メールアドレスが登録されていない方のためにここに再録します。

これに関するご意見を多数お寄せ下さい。電子メールシステムを利用すると自分の意見が即座に会員に伝わるので、出来るだけ電子メールシステムを利用することをお勧めしますが、電子メールが不都合な場合はファックスにて事務局までご意見をお寄せ下さい。



## 電子メーリングシステムのお知らせ

会員及び幹事会メンバーの電子メールアドレスが、下記のエイリアスに登録されています。今後これを用いて会員相互の交流・意見交換を一層促進されることが期待されます。

会員 : JA3@kaihoken.tokai.jaeri.go.jp

幹事会 : JA3-kanjikai@kaihoken.tokai.jaeri.go.jp

JA3@kaihoken.tokai.jaeri.go.jp に発信すれば、（電子メールアドレスが登録されている）会員全体に配信されます。幹事会・事務局への連絡・要望等は JA3-kanjikai@kaihoken.tokai.jaeri.go.jp に発信して下さい。

## 放射化分析研究会メーリングリスト使用上の申し合わせ

参加資格：研究会会員

- ・ただし、本メーリングリストへの登録を望まない方は申し出てください<sup>(注)</sup>。
- ・アドレスが変更になった場合には、直ちに幹事会に連絡してください。

発送メールの制限等

- ・放射化分析研究会内の情報交換に限ります。
- ・原則として添付ファイルは付けないこと。
- ・個人宛てのメールを誤って流さないよう注意して下さい。
- ・メーリングリストに流された内容を本人に断りなく、リスト外の第三者に公表しないこと。（有益な情報の場合は本人に公表を勧めるようにして下さい。）
- ・以下の発信は行わないこと

特定個人からのメール（私信）の配付

幸福の手紙に類するメール（ウイルス情報、輸血依頼など）の発信・転送  
営利目的の利用

個人・団体の誹謗中傷のメール

メールのフォーマット

- ・必ずタイトルを付ける。タイトルの頭にはJA3:を付ける。

(注)

- ・本会事務局からの連絡は受けたいが、本メーリングリストへの登録を望まない場合は別途お申し出下さい。
- ・事務局に電子メールアドレスを連絡していない方はこのメーリングリストに登録されません。
- ・入力漏れ、入力ミスなど、お気づきの都度指摘頂ければ修正していきます。
- ・JA3@kaihoken.tokai.jaeri.go.jp は下記4グループの和です。この個別の地区に特定した発信も可能です。

JA3-1@kaihoken.tokai.jaeri.go.jp 関東・東京地区

JA3-2@kaihoken.tokai.jaeri.go.jp 北海道・東北地区

JA3-3@kaihoken.tokai.jaeri.go.jp 中部・近畿地区

JA3-4@kaihoken.tokai.jaeri.go.jp 中国・四国・九州地区

- ・発信した本人のアドレスが発信先アドレスグループに含まれていても、その人には配信されません。

#### 編集後記

会誌 No.7 予定を大幅に遅れましたが、ここにお届けします。  
遅れた理由は、講座記事担当幹事に異動があったために予定を急遽入れ替えたところに無理が生じ、企画・執筆依頼・編集の各段階で遅れが累積したためです。幹事会一同遅れの責任を強く感じていますが、会員の皆さまにはご寛容のほどお願い申し上げます。その代わりに、今回も読み応えのある記事構成であることを満足の念を持って申し上げる事の出来ることは嬉しい限りです。

今回、会員の電子メールリストを会員交流のために公開する運びになりました。このリストは事務局から会員へアナウンスメントする目的で既に使われていたものです。まだ登録率が50%程度ですが、過日放射化学討論会の分科会（9月16日）で行ったアンケートの結果で特に要望が強かったことを受けて、利用開始することに致しました。48ページに掲載されているメーリングリスト利用上の申し合わせを守って、会員相互の交流、幹事会・事務局への連絡などにご活用下さい。この電子メールアドレスリストを活用して、活発な意見交換をしていきたいと思えます。とりあえずは、「放射化学会（仮称）」設立の動きにも関連して、放射化分析研究会をどのように展開していくべきか、という問題を電子メールで討論していきましょう。なお、放射化分析研究会の事務局からまだ一度も電子メールを受け取ったことの無い方は、事務局に電子メールアドレスを通知していないか、事務局にて登録漏れになっているかのいずれかですので、ご連絡下さい。

なお研究炉の動向など、今後ホットな動きがあるかもしれません。必要なニュースは本会のホームページに適宜掲載していきますので、ご留意下さい。

(I.Y.)

# 放射化分析研究会申し合わせ

## 第1章 総則

第1条 本会は放射化分析研究会（Japan Association of Activation Analysis, JA<sup>3</sup>）と称する。

第2条 会員相互の交流を行うことによって、放射化分析および関連分野の研究の進展を図り、放射化分析の発展、普及に寄与することを目的とする。

第3条 前条の目的を達成するために次の活動を行う。

- (1) 機関誌「放射化分析」およびニュースレター（不定期）の発行
- (2) 研究会、講習会等各種学術的行事の開催
- (3) 放射化分析施設の整備、将来計画及び国際交流等の放射化分析に関わる活動に対する会員の総意のまとめと提言
- (4) その他前条の目的を達成するために必要な事業

## 第2章 会員

第4条 会員は正会員および賛助会員とする。

- 1) 正会員は本会の趣旨に賛同しその活動に参加する一般個人および学生
- 2) 賛助会員は本会の主旨に賛同し、その事業を援助する組織又は団体

第5条 所定の入会申込書によって申し込みがあり、幹事会で入会が適当と認められたものを会員とする。また退会する場合には、本会事務局に届け出なければならない。

## 第3章 幹事及び幹事会

第6条 会の運営は、幹事若干名で構成される幹事会で行う。幹事は編集・行事・庶務・会計などの業務を行う。

第7条 幹事の任期は2年とし、毎年4月に半数を交替する。幹事の再任を妨げない。幹事は専門と地域の均衡を考慮して前任の幹事会で推薦して会員に周知し（会誌またはニュースによる）、特別の問題が指摘されないことをもって選出される。

## 第4章 会費および会計監査

第8条 会員は入会時および年度初頭に以下の会費を納入しなければならない。

正会員（一般）2,000円、（学生）1,000円

賛助会員 1口 25,000円

第9条 会計年度は4月1日から翌年3月31日とする。

第10条 会計監査は会員より選出される。会計監査は会の収入、支出が正しく運用されていることを監査する。

## 第5章 事務局

第11条 本会の事務一般業務を行うため事務局を置く。事務局担当幹事を幹事会代表とする。

第12条 事務局は適宜持ち回ることとし、幹事会の合議によって決める。

## 本会誌の内容および投稿募集

放射化分析研究会の情報媒体は、定期刊行機関紙「放射化分析」と不定期のニュース紙「放射化分析研究会ニュース」を主とします。

会誌「放射化分析」は下記の記事で構成されます。

### 講座・特集・解説

専門的な記事を毎号企画していきます。

記事の内容についてのご希望や提案をお寄せください。

### 研究紹介

放射化分析に関する研究、放射化分析を用いた研究を紹介していきます。研究の当事者にまとめた内容を執筆していただくものと、秀れた論文を紹介するものがあります。特に紹介したい研究についてご意見をお寄せください。

### 実験手引き Q&A

会員から質問を受けて、回答やアドバイスを掲載します。どのような質問でも結構です。回答者は幹事会が責任をもって会員の中から選定します。

### 施設・研究室紹介

放射化分析を行うことができる施設については、毎回情報を提供します。また放射化分析を行っている研究室の紹介を適宜行います。

### 談話室（要望、話題、新刊書籍紹介、その他）

会員の気軽なおしゃべりの場です。どのような内容でも結構ですので、お寄せください。

### 若い声

学生や若手研究者およびこれから放射化分析を手がけようとする方々の新鮮な声を反映させる欄です。

### 研究会報告・最近の動向等

最近開催された研究会の報告です。放射化が取り扱われている研究は広範囲な分野に顔を出している筈です。放射化が関係している研究課題が1件でもあれば、この欄に取り上げたいと思います。会員の皆さんからの情報提供をお待ちしています。

### アナウンスメント

#### 課題採択一覧

放射化分析関係の共同利用、共同研究が行われている施設で採択されている研究課題を適宜掲載します。

### 会員名簿

以上の項目に対応する記事を積極的にお寄せください。

原稿は A4 横書き、40字×40行、上下マージン 25mm、左右マージン 20mmを標準として、そのままオフセット印刷又はコピーして使える形に清書して送付して下さい。編集の際にレイアウトを工夫させていただくこともありますので、念のためファイルをフロッピーディスク添付して下さい。（ファイルは MS-DOS のテキストモードが最適ですが、Macintosh のファイルやワープロ専用機のファイルもかなりの程度処理できます）

放射化分析研究会

事務局 319-1195 茨城県那珂郡東海村 日本原子力研究所内 大学開放研究室

TEL 029-282-5516 FAX 029-287-2464

E-mail : JA3-kanjikai@kaihoken.tokai.jaeri.go.jp

Home Page : <http://kaihoken.tokai.jaeri.go.jp/JA3.htm>

幹事

|      |      |      |      |      |      |       |
|------|------|------|------|------|------|-------|
| 伊藤泰男 | 海老原充 | 岡田往子 | 大槻 勤 | 片山幸士 | 重松俊男 | 白井英治  |
| 武内孝之 | 戸村健児 | 豊田和弘 | 福岡孝昭 | 榎本和義 | 薬袋佳孝 | 米沢仲四郎 |