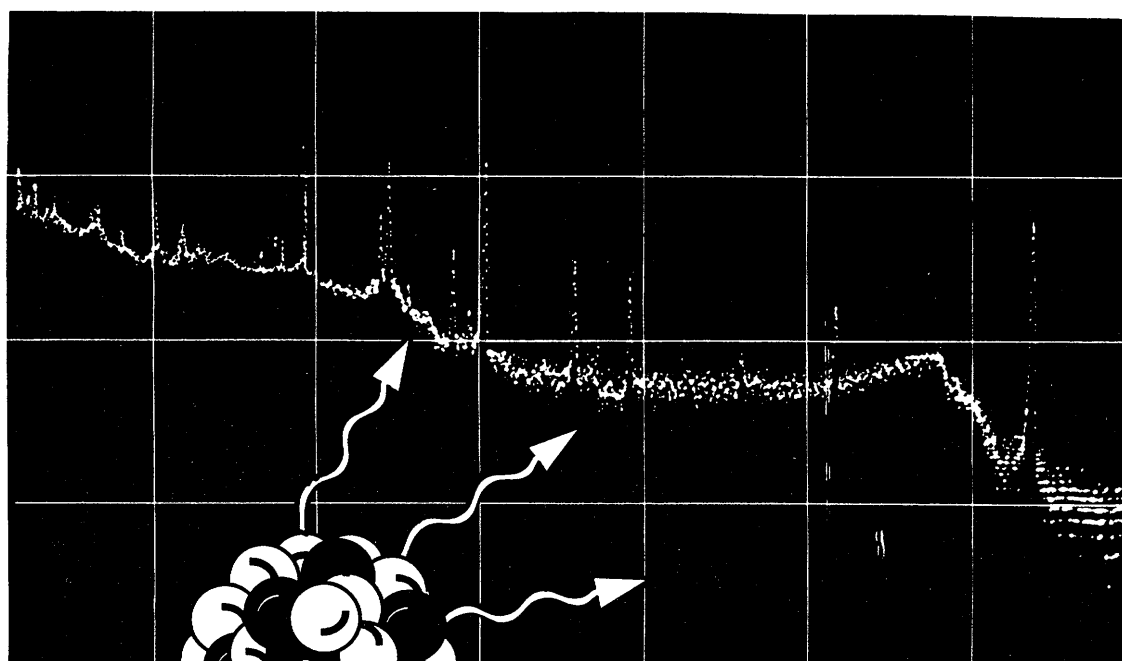


1996年10月

放射化分析

No. 4



放射化分析研究会

放射化分析研究会
Japan Association of Activation Analysis (JA³)

会誌「放射化分析」
Activation Analysis

題字は 日下 譲 先生によるものです。

表紙は 岡田往子さん（武蔵工大原研）によるものです。

放射化学分析 No. 4

目次

講座	化学操作を伴う中性子放射化分析	.....	1
	I. 放射化学分離操作を伴う中性子放射化分析	海老原 充	
	II. 前濃縮中性子放射化分析	戸村 健児	
談話室		中西 友子.....	16
研究紹介			
	岩石・鉱物の放射化分析	西村 進.....	17
	ガンマ線スペクトルのピーク解析手法 (Igor による解析)	中村 彰.....	22
若い声			
	放射化学について思うこと	尾崎卓郎.....	29
Q & A		.....	30
	放射化分析の参考書を教えてください		
	放射化物の許認可と記録簿の対応のありかたについて		
施設だより		.....	35
	東北大学原子核理学研究施設		
	立教炉の利用存続を考える有志の集まり (記録)		
研究会報告		.....	39
	放射化分析支援ネットワーク検討会		
	第57回 分析化学討論会		
	第5回 アジア地域研究炉シンポジウム		
	第33回 理工学における同位元素研究発表会		
	4th Int. Conf. Nuclear and Radiochemistry		
	第45回 分析化学会年会		
研究集会案内		.....	38
会員名簿		.....	47
会の 申し合わせ (案)		.....	53

化学操作を伴う中性子放射化分析

近年のエレクトロニクス技術の進歩は、分析化学の分野でも省力化と機器への依存度を高めてきた。中性子放射化分析においても例外ではなく、今や機器中性子放射化分析 (Instrumental Neutron Activation Analysis, INAA) が主流となっている。しかし、分析対象元素を絞り、極微量 (あるいは超極微量) の元素を分析する場合、放射化学分離操作を用いた中性子放射化分析法 (Radiochemical Neutron Activation Analysis, RNAA) が大変有効な手段となる。一般には中性子で放射化後に化学操作を行うが、照射前に定量目的元素を何らかの化学的手法で濃縮し、その後中性子照射を行う場合がある。この方法は言葉の意味でのRNAAとは異なる範疇に入るが、特定の元素に焦点を絞り、分析感度をあげるといふ点では同様の意味を持つ。本講座では化学操作を伴う中性子放射化分析に関して、(i) 照射後に放射化学分離操作を伴う中性子放射化分析、(ii) 照射前に前濃縮操作を伴う中性子放射化分析の2つの場合について解説する。

1. 放射化学分離操作を伴う中性子放射化分析

1. はじめに

中性子放射化分析 (Neutron Activation Analysis, NAA) が分析法として試みられてすでに60年になろうとするが、分析法として広く利用されるようになったのは第2次世界大戦後、研究用原子炉が普及してからのことであった。1950年代から1960年代のNAAにおいては、照射後に化学分離を行って定量に用いる放射性核種を放射化学的に精製する必要があった。わざわざ断らなくても、NAAは必然的にRNAAであった。放射能の測定には β 線と γ 線がともに用いられた。その後、1960年代の後半に γ 線のエネルギー分解能に優れたゲルマニウム製半導体検出器が開発され、 γ 線スペクトロメトリーが主流となった。

1970年代に入り、検出器に加えてマルチチャンネル・波高分析器の性能が向上し、エネルギー分解能がそれまでの測定器に比べて飛躍的に向上した。その結果、化学分離操作をしなくてもたいがいの場合 γ 線相互の分離が可能となり、試料を破壊することなく分析することが可能となった。その意味でこの方法は非破壊中性子放射化分析 (Non-destructive NAA) と呼ばれたが、一面では測定機器に大きく依存するNAAでもあることからINAAという名称が用いられ、のちに一般化した。このころからNAAといえばどちらかといえばINAAを意味するほどになり、従来のNAA即RNAAの関係はなくなり、INAAと区別する意味でRNAAの言葉が一般的に利用されるようになった。INAAでは「はじめに試料ありき。」であるのに対して、RNAAでは「はじめに元素ありき」として分析に望む。従って、RNAAの説明においては総論 (一般論) としての記述はごく限られ、目的とする元素ごとの各論の記載が中心となる。しかし、周期表の各元素ごとの記述をするのは本稿の主旨ではないので、ここでは簡単に総論を述べ、ついでいくつかの例について各論を述べることにする。なお、各論の集大成として米国エネルギー省からモノグラフ¹が刊行されている。

2. RNAAの概要

中性子照射に伴う放射性核種の生成に関してはNAA共通であり、他書²にゆずるとして、ここでは簡単にRNAAに特徴的な点について述べる。

a. 試料調製

RNAAの1つの特徴は、後述するように照射後の汚染が通常無視できることである。しかし、照射前の試料への汚染は、どの分析法でも同様であるが、極力抑える必要がある。照射後放射化学分離操作を行うので、試料を照射容器から他の実験容器に移す必要がある。この点を考慮して試料の調製を行う。たとえば岩石試料の場合、照射後にアルカリ溶解することが多いが、この場合には粉末状の試料でなくてもよい。照射前の汚染を避ける意味であえて粉末状にしない方が賢明な場合もある。照射容器も、照射条件をにらみながら試料の取り出しやすいものを用いる。固体試料では、総中性子束の低い条件ではポリエチレンなどのプラスチック容器を、反対に高い条件では合成石英管を用いることが多い。標準試料は通常、高純度試薬を用いて調製する化学標準試料 (chemical standard samples) を用いることが多い。固体試薬をそのまま用いることがあるが、一般にはいわゆる標準溶液 (standard solution) を作り、その一定量を用いる。このとき、照射時に分析する実試料と同様の形態となるように配慮する。

b. 中性子照射

RNAAでは、照射後、目的元素 (核種) を放射化学的に精製するので、高い感度を得るためには、中性子束の高い照射場でなるべく長い時間中性子を照射すれば良い。しかし照射時間と生成放射能に関しては飽和の問題があり、むやみに長い時間照射しても無意味である。また、原子炉の運転計画は勿論のことであるが、照射後に行う放射化学分離操作を考慮しても、ある制約条件が自ずと生じる。この条件は必ずしも一概に決められるものではなく、実験ごとに決められるべきものである。

c. 化学分離操作

照射後、化学分離操作を行い、目的核種を放射化学的に精製する。通常、この化学操作の収率を正しく求めるために、予め一定量の目的元素を加える。一般に実試料中の目的元素は微量であり、しかも一部放射化されているのでその元素本来の化学的挙動をとらない心配がある。照射後加える目的元素はマクロ量であり、放射化された元素 (核種) を化学的に正しく振る舞わせる役目をする。このような意味から、担体 (carrier、キャリアー) と呼ばれる。化学操作の最初の段階で、この担体として加えた元素と試料中の一部放射化された元素 (核種) との間に放射化学的に平衡を成立させる必要がある。たとえば固体試料などの場合にはアルカリ融解を行うことにより、容易に平衡を達成させることができる。

通常、複数の試料を一度に分析することが多いので、化学分離操作にはなるべく効率のよい方法を用いる。一般に、沈殿法、イオン交換法、溶媒抽出法を基本操作とし、目的に応じて適宜組み合わせる実験操作を作成する。沈殿法は最も簡単な操作で、短時間で分離操作を完了することができる反面、分離能は良くない。沈殿と上澄みの分離には濾紙を用いることもあるが、早い分離を必要とする場合には遠心分離を行う。沈殿分離の際の効率を良くするために、保持担体 (holdback carrier) とスキベンジャー (scavenger) を適宜用いる。前者は溶液中の妨害核種が目的核種の沈殿に吸着されないように溶液中に保持させるために加えるのに対して、後者は

反対に目的核種を溶液中に残しながら妨害核種を効率よく沈殿させるために加えるものである。イオン交換法は一般に最もきれいな分離が可能な方法である。樹脂と溶離液の組み合わせによって、かなりの目的に応えることができる。多くの試料を一度に処理できる点でも優れている。時間がかかる場合が多いのが欠点である。溶媒抽出法は操作は短時間で終了する点で優れているが、放射性溶液を振盪する点で、細心の注意を要する。化学操作の最終段階で、測定用試料を調製する。このとき、放射能測定装置に対する幾何学的位置（ジオメトリ）が一定となるような、再現性の良い試料形態となるようにする。図1にRNAAの一般的な操作の流れ図を示す。

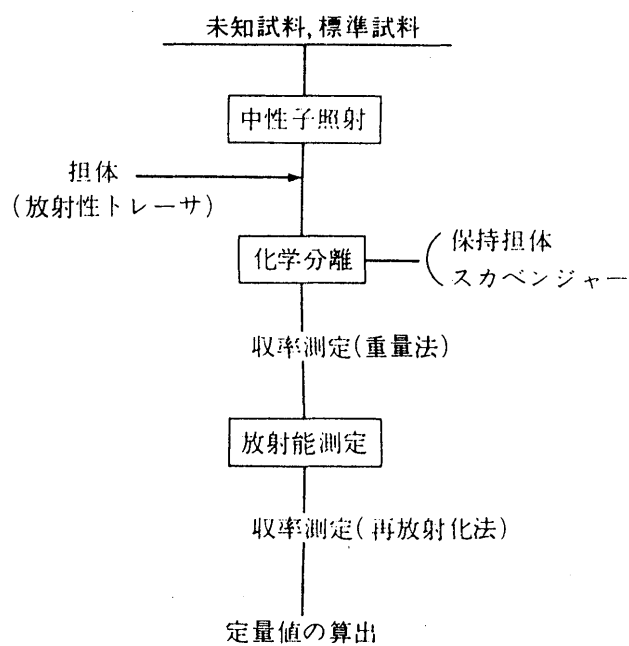


図1 RNAAにおける操作の一般的手順

d. 収率測定

RNAAの特徴の一つとして、化学操作中の元素の損失を正し求めることができることが挙げられる。INAAでは化学操作を行わないのでこのようなことは気にしなくても良いが、通常の化学分析においては収率を100%と仮定することが多く、実際に収率が正しく求められる方法は非常に限られる。化学収率を求める方法としてはかつては重量法が一般的に用いられた。しかし、収率が極めて低い場合や、いくつかの元素を群分離してそのまままとめて測定したいときなどは沈殿法は都合が悪い。また、沈殿中に不純物が混入しても見分けることができない。このような時には再放射化法が適している。沈殿法では試料の測定前に沈殿の重量を求めるのが一般的であるが、再放射化法では、放射能測定を済ませた後でもう一度試料を放射化し、はじめに担体として加えた元素量と比較して収率を求める。再放射化法を用いると、前述のような利点がある反面、放射化する操作を2度繰り返さなければいけないという難点がある。定量目的元素によっては放射性同位体をトレーサーとして利用できる場合がある。この方法では、分析に利用する核種以外の同一元素の放射性核種をトレーサーとして一定量加え、化学分離終了後に試料中に残った放射能を測ることによって収率を求めるものである。大変簡便であるが、利用できる元素に制限があり、必ずしも一般的な方法とはいえない。

3. 特徴

a. 長所

RNAAの分析法としての長所として、まず第一に確度 (accuracy) の高いことが挙げられる。通常の化学分析法では、測定に至るまでの過程で定量目的元素の損失が生じると同時に、外からの汚染を受ける可能性がある。すでに述べたとおり、RNAAでは一連の化学操作を行う前に一定量の担体を加える。この担体と放射化された元素 (核種) との間に平衡が成立すれば、化学操作後の担体量を求めることにより化学収率が求められ、目的核種の分離精製操作中の損失を正確に補正することができる。また、担体を加えることから明らかなように、中性子で放射化した後では非放射性核種が外から加わっても両者を区別することが可能であり、分析値が真の値より大きな値となることはない。ただし、汚染量が担体で加えた量に比べて無視できない場合には、化学収率が見かけより大きくなり、結果として真の値より小さな定量値を与える。同位体希釈分析も確度の高い値を与えることで知られているが、この場合には元素の損失は原理上問題とならないが、汚染に関しては全く無防備であることから、RNAAの方がより確度が高い分析法であるといえる。

確度の高いことに関連するが、確実な分析法である点を第2の長所として指摘することができる。これは、(i) 化学操作が完璧でなくても、収率が正しく求めれば定量値を得ることができること、(ii) γ 線スペクトルがINAAに比べてはるかに単純であることから、妨害ピークやバックグラウンドを視覚的に確認しながらガンマ線スペクトロメトリを行うことが容易であり、目的核種のガンマ線ピークについてもエネルギーと半減期から妨害等の確認をすることが可能であること、また、(iii) 化学操作中に失敗があったとしても、途中の段階での試料溶液を確保しておけば、再度分析操作を試みることも可能である、等々の理由による。従って、繰り返し分析ができないような試料で、かつ信頼性の高い値を得る方法としてはRNAAが最適な分析手段といえる。

分析感度の高いことも長所として挙げられる。INAAの場合と異なり妨害核種を分離除去するので、高い感度を得るためには目的核種をなるべく多く生成するような条件で分析試料を中性子照射すればよい。そのためには高い中性子束の原子炉で、なるべく長い時間照射することになる。実際は飽和という問題があるので、目的核種の半減期のせいぜい3倍程度の照射時間にとどめておくのが効率的である。しかし、最近の機器分析法の発達には目を見張らされるものがあり、分析感度の比較では放射化分析は必ずしも優位を保てないのが現状である。

b. 短所

RNAAの最大の短所は、分析に要する時間と労力が多くかかる、つまり効率が悪いという点であろう。原子炉や施設の使用料も考慮すると、RNAAは他の汎用的な分析法に比べて、1試料、あるいは1定量値あたりの分析コストが最も高い、すなわちコストパフォーマンスの最も悪い分析法の1つであることは間違いあるまい。RNAAを利用する場合にはこの点を充分考慮すべきである。INAAにおいてもある程度同様であるが、実験するための場所の制約を受ける点が欠点としてあげられる。照射するための原子炉や照射後の化学操作を行うための放射化学実験室は多くの規制のもとで使用が許される。それらの利用のためには予めかなり前から利用の申請を行い、許可を得なければならないのが通例である。これらの手続は、通常の機器分析が一般の実験室で常時、何の規制もなく行われうることを考えれば、実験者に

とって大きな心理的バリアーになっているのではないだろうか。さらに、RNAAは放射性物質を用いて化学実験を行わなければならない。昨今の放射能アレルギーの広まる時勢では、この点でも実験者（特に若い世代の実験者）にとってバリアーになるものと思われる。この点、INAAでは放射性物質に接する時間はかなり短いので、心理的負担はそれほどないであろう。また、INAAは非破壊分析であるのに対して、RNAAは試料を破壊してしまう。従って、稀少な試料で他の分析法に流用したいような場合には、RNAAは不適な方法である。

4. RNAAの具体例

a. 岩石試料中の微量ハロゲンの定量³

岩石中のハロゲン元素の含有量は、一般に原子番号の順に減少する。ハロゲン元素のうちフッ素と塩素に関しては測定例が比較的豊富にあるが、臭素、ヨウ素となるに従い減少する。これらの元素のうち、フッ素に関しては中性子放射化分析で利用できる核種である²⁰Fの半減期が11秒と非常に短く、フッ素含有量が多い試料では分析可能であるが、たとえば多くの火山岩中のフッ素は定量できない。それ以外の3元素に関しては、中性子放射化分析法が適用できる。特に岩石試料中のヨウ素や臭素に関しては放射化分析法がほとんど唯一の分析手段となっている。この場合、量の多寡によってINAAとRNAAを使い分けることは可能であるが、火

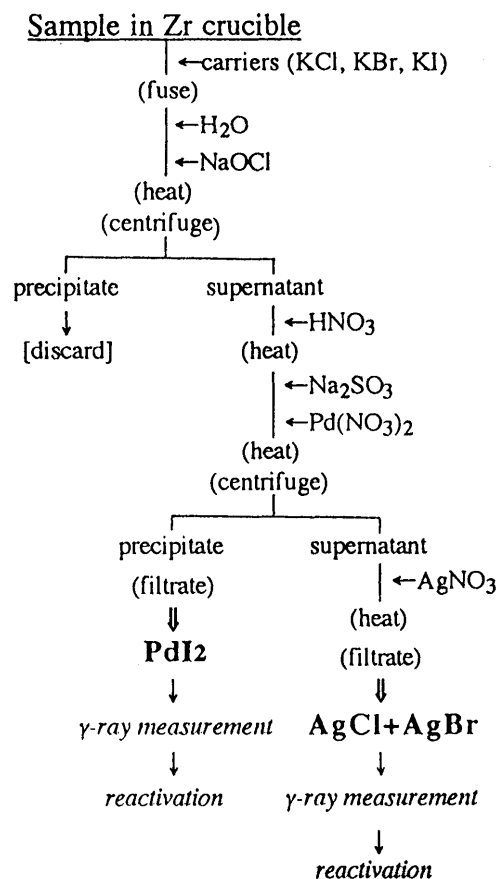


図2 岩石試料中のCl、Br、IのRNAA操作

山岩等の試料の分析にはRNAAを用いる必要がある。塩素、臭素、ヨウ素の中性子放射化分析で利用する核種はそれぞれ、³⁸Cl、⁸⁰Br（または⁸²Br）、¹²⁸Iで、半減期が³⁸Clが37分、⁸⁰Brが18分、¹²⁸Iが25分といずれも短い。従って、RNAAを行う場合は照射後すぐ化学操作を行わなければならない。臭素の分析には半減期18分の⁸⁰Brを用いる代わりに半減期35時間の⁸²Brを用いる方法もある。図2は岩石試料中の塩素、臭素、ヨウ素を同一試料から逐次定量するためのRNAA法の化学操作を示したものである。半減期に追われながら行う操作であるので、なるべく簡単な操作法とした。この操作では、2試料を同時に立教大学原子力研究所のTRIGA II型原子炉で10分から30分間中性子照射し、直ちに化学分離操作を行った。照射後1時間以内にヨウ素の測定を行い、ヨウ素の測定後塩素の測定を行った。これらの測定は原子炉サイト

で行った。臭素の定量は ^{82}Br を用いて行ったが、測定は都立大学に試料を搬入して、当日から1試料あたり数時間かけて行った。この方法では、1日あたり6~8試料の分析が可能である。化学収率は再放射化法により求めた。

b. 隕石試料中のレニウム、オスミウム、インジウムの定量⁴

レニウム、オスミウム、インジウムは宇宙・地球化学的に難揮発性親鉄元素に分類され、始原的隕石中ではお互いの存在比は変化しないものと考えられている。しかし実際は3元素間に分別が認められることがある。太陽系初期にいろいろな過程を経て隕石が形成されたが、恐らくそこでの何らかの過程で分別が生じたものと考えられる。これらの元素は金属層（鉄ニッケル合金）に濃縮しているので、同一試料から3元素を定量する事が望ましい。そこで図3に示すようなRNAA操作を考案した。このRNAAで用いる核種と半減期（各個内に示す）は、 ^{186}Re （91時間）、 ^{185}Os （94日）、 ^{192}Ir （74日）で、上記のハロゲン元素に比べていずれもかなり長い半減期を持つ。照射は日本原子力研究所の2号炉や4号炉をもちい、10~50時間

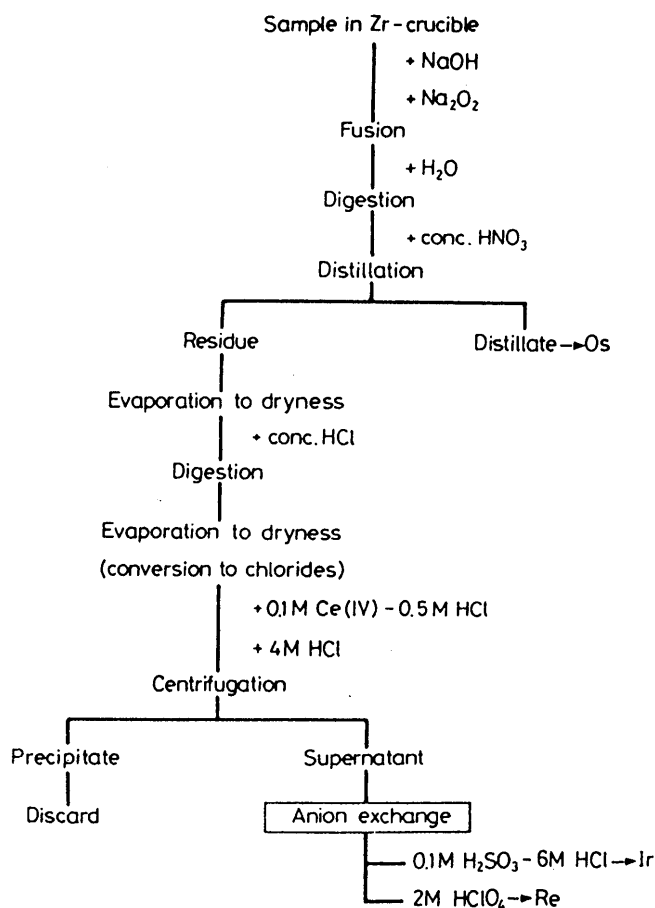


図3 隕石中のRe、Os、IrのRNAA操作

の中性子照射を行った。試料を都立大RI研究施設に搬入し、照射後1週間して化学操作を始めた。通常8~10試料を化学試薬とともに照射するが、化学操作に要する時間は約1週間であった。測定試料ができ次第、 γ 線スペクトロメトリを行った。繰り返し測定を行い、最適条件での測定をめざした。化学収率は再放射化法で求めた。

c. 隕石試料中のランタノイドの定量

ランタノイドは周期表で3族に属する元素で、57番元素のランタン（La）から71番元素のルテチウム（Lu）までの15元素の総称である。このうち61番元素のプロメチウム（Pm）は人工元素で、14元素が天然に存在する。この元素群の特徴は、4f軌

道に電子が順次充填することから、原子番号の増加につれて、原子容が小さくなり、同一価数（通常 3 価）のイオンではイオン半径が減少する、いわゆるランタノイド収縮を示すことである。最外殻の電子状態は変わらないのでイオンでの化学的挙動が各元素で酷似しており、全体として 1 つの元素のような振る舞いをすると同時に、イオン半径の微妙な連続的な変化に対応して原子ごとにわずかに違った振る舞いをする。あたかも一つの元素を構成する同位体（核種）のような関係となぞらえることもできるが、同位体よりもお互いの違いが大きいため、地質学的過程や、宇宙化学的過程に応じて微妙に挙動を変える。この変化を通して、それらの過程を推し量ろうとする。このさい、なるべく多くの元素の、なるべく精度と確度の高い分析値が議論の幅を広げることになる。ランタノイドの分析法としては、従来から RNAA と同位体希釈質量分析法が用いられてきた。RNAA の化学操作で最大の課題は同じ 3 族に属するスカンジウムの分離である。ランタノイドはスカンジウムとイットリウムを併せて希土類

元素と総称される。このことから、これらの元素は化学的挙動を一にすることがうかがわれる。岩石試料を長時間照射した際、 ^{46}Sc は最も妨害となる核種の一つである。図 4 はイオン交換法を用いてランタノイドとスカンジウムを分離する RNAA 操作法である。この場合も 10 試料程度を化学標準試料とともに原研炉で 5 ~ 10 時間程度照射し、都立大学 RI 研究施設に搬入した。照射後約 1 週間たって放射化学分離操作を開始した。図 4 で明らかなように、ランタノイドは個々に分離することなく、グループとして分離、精製した。この点が、初期の RNAA と大きく異なる点であり、測定機器の進歩に負うところが大きい。分離操作に要する時間は 2 ~ 3 日であり、測定は 1 カ月にわたって繰り返行われた。

測定器は高エネルギー用と低エネルギー用の高純度ゲルマニウム半導体検出器を併用した。化学収率はいくつかの元素について再放射化法で求め、直接測定できなかった元素については内挿法で推定した。最近では γ 線測定に用いた試料の 1 部を用い

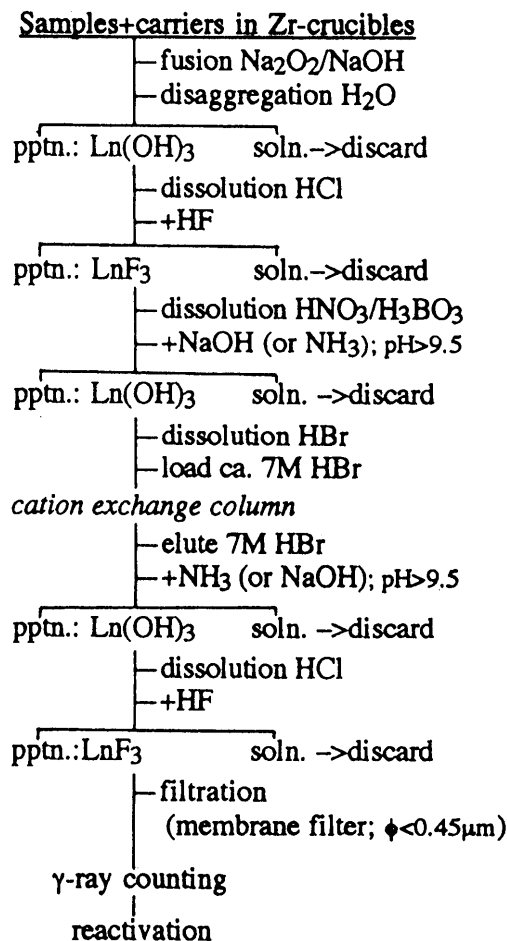


図 4 岩石試料中のランタノイドの RNAA 操作

て、誘導結合プラズマ原子発光分析（ICP-AES）を用いて化学収率を測定する方法を用いている。この操作では14元素中10元素の定量値が得られたが、方法を改良することにより、14元素の分析も可能である。ただし、隕石中のランタノイド元素含有量は地殻岩石試料中の含有量に比べて1桁から2桁低く、隕石試料で14元素分析するのはそれほど容易ではない。ランタノイドの分析に関しては、今ではICP質量分析（ICP-MS）が最も有効な分析法となりつつある。地殻岩石に関してはむろんのことであるが、含有量の小さな隕石試料の分析にも十分対応できることが明らかとなった⁶。しかしこの場合にも、正確さを評価する場合にはRNAAの法との併用が望ましい。

5. 終わりに

NAAの中でしめるRNAAのウエイトは決して大きくない。これは、特徴のところで述べたとおり、多くの機器分析法に比べて、またINAAと比べても、分析効率が悪いためである。上に取りあげた例は、それでもまだ効率の良い方と思われる。機器分析万能の世の中であることを考えれば、今後もこうした傾向は変わらないであろうと想像される。しかし、RNAAは他の分析法に比べて非常に優れた特徴を持っていることも事実であるし、上に述べた一文を読んでいただければある程度理解していただけたのではないかと密かに期待している。

当然のことながら、NAAはかつてはすべてRNAAであった。従って、RNAAの分析法としての研究に関しては大変大きな成果・業績が残されている。このことは、今後RNAAそのものを研究対象にすることはあまり望めないが、かりにそうした研究を行う場合でもまず先人の業績を調べることで無用の繰り返しをさけ、過去の財産を継承する努力をすべきである。過去と現在との大きな違いは測定系が格段に進歩した点である。従来豊富なRNAAの研究成果と、現在のハイテクノロジーを結びつけば、あるいは従来にない、効率的なRNAAの開発も可能となるかもしれない。

参考文献

1. Nuclear science series: Monographs on radiochemistry, radiochemical techniques, and nuclear medicine, USDOE.
2. 機器分析ガイドブック（日本分析化学会編）1.8 放射化分析、pp. 151-164、1996.
3. Ebihara, M., Ozaki, H., Kato, F. and Nakahara, H.: Determination of Cl, Br and I in rock samples by radiochemical neutron activation analysis, (in press).
4. Ozakai, H., Ebihara, M. and Hakahara, H.: Simultaneous determination of Re, Os and Ir in meteoritic samples by neutron activation analysis using simple and effective radiochemical procedures, J. Radioanal. Nucl. Chem. 185, 3-13 (1994).
5. Ebihara, M., Kimura S. and Akaiwa, H.: Radiochemical neutron activation analysis of trace lanthanoids in geological and cosmochemical samples, Fresenius J. Anal. Chem. 351, 514-520 (1995).
6. Shinotsuka, K., Hidaka, H. and Ebihara, M.: Detailed abundances of rare earth elements, thorium and uranium in chondritic meteorites: An ICP-MS study, Meteoritics, 30, 694-699 (1995).

（都立大・理 海老原充）

II. 前濃縮中性子放射化分析

中性子放射化分析の特色は汚染による誤差がないことと放射化学操作の収率が100%でなくてよいことである。従って、照射以前に化学操作を入れないことが放射化分析の正しいやり方である。敢えて前処理操作を導入するには、それだけのメリットがあり、しかも前処理による汚染もなく、前処理で目的元素が失われることもないことが保証される場合に限られるべきである。

ここでは、前濃縮中性子放射化分析の諸相について解説する。なお多少古くなったが、著者が「ぶんせき」の進歩総説に記した解説¹⁾も参考になるものと思われる。

1. 原子価状態や化学型別に定量を行う分子放射化分析

放射化分析の特色の一つは化学型に依存せず元素としての全量が感度良く定量できることである。しかし、放射化分析においても無機水銀と有機水銀を分けて測定できたり、3価と5価のAsのそれぞれが定量できれば、放射化分析の超高感度という特色が状態別分析にも活かせることになり、好都合である。

これらの場合、照射後放射化学操作をしたのでは、ホットアトム効果で原子価状態が変化したり、反跳により有機水銀が無機水銀に変化したり、反跳原子が再結合して無機水銀が有機水銀に変化するので、有効な情報の取得は全く期待できない。従って、照射前の化学操作の導入が必要となる。

1.1. 水中の4価と6価のセレンの定量^{2,3)}

3-phenyl-5-mercapto-1,3,4-thiadiazole-2(3H)-thion のカリウム塩（ビスムチオール II、Bis II と略記）はSe(IV)と錯体を作り、活性炭に吸着される。

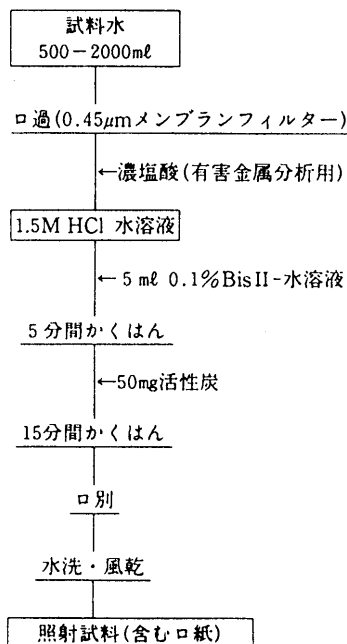


図1 Se(IV)の濃縮

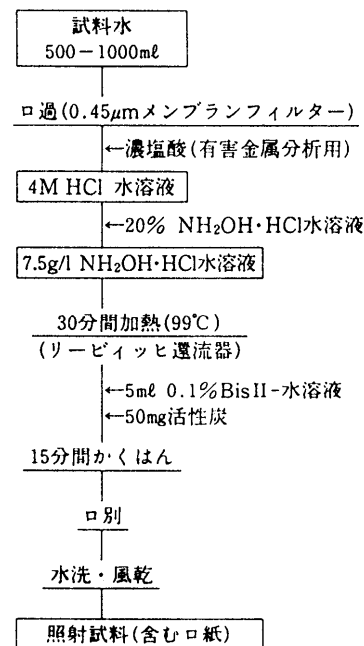


図2 Se(IV)+Se(VI)の濃縮

天然水	採取地	採取日	Se(IV) [$\mu\text{g/l}$]	Se(IV)+Se(VI) [$\mu\text{g/l}$]
河川水	天白川 名古屋市南区	1992. 7. 14	0.15 \pm 0.03	0.31 \pm 0.06
		1993. 2. 25	0.19 \pm 0.13	0.51 \pm 0.11
海水	若松海岸 知多郡南奥田	1992. 7. 9	0.06 \pm 0.03	0.15 \pm 0.06
		1993. 3. 7	0.04 \pm 0.02 N.D.	0.13 \pm 0.05
海水	桑川海岸	1992. 8. 4	N.D.	N.D.
湧水	新潟県山北部 大高緑地公園	1992. 7. 14	N.D.	0.25 \pm 0.05
湧水	名古屋市緑区 有松天満社	1992. 7. 5	N.D.	N.D.
雨水	名古屋市緑区 大同工大屋上	1992. 7. 11	N.D.	.....
		~7. 13	N.D.	.....
水道水	大同工大 名古屋市南区	1993. 3. 9	N.D.	N.D.

表1 放射化分析による天然水のセレン濃度の値

従って、水試料を2分し、図1のように、先ずSe(IV)を活性炭に吸着し、続いて、図2のようにSe(IV)+Se(VI)を塩酸ヒドロキシルアミンでSe(IV)に還元後、活性炭に吸着させ、中性子放射化分析を行い、Se(IV)とSe(VI)を定量する。前濃縮中性子放射化分析では、半減期17.5秒の $^{77\text{m}}\text{Se}$ から放出される161.6keVの γ 線をGe検出器で測定し、感度良くSe(IV)とSe(VI)が定量できた。得られた γ 線スペクトルを図3に、天然水試料に適用した結果の一部を表1に記す。

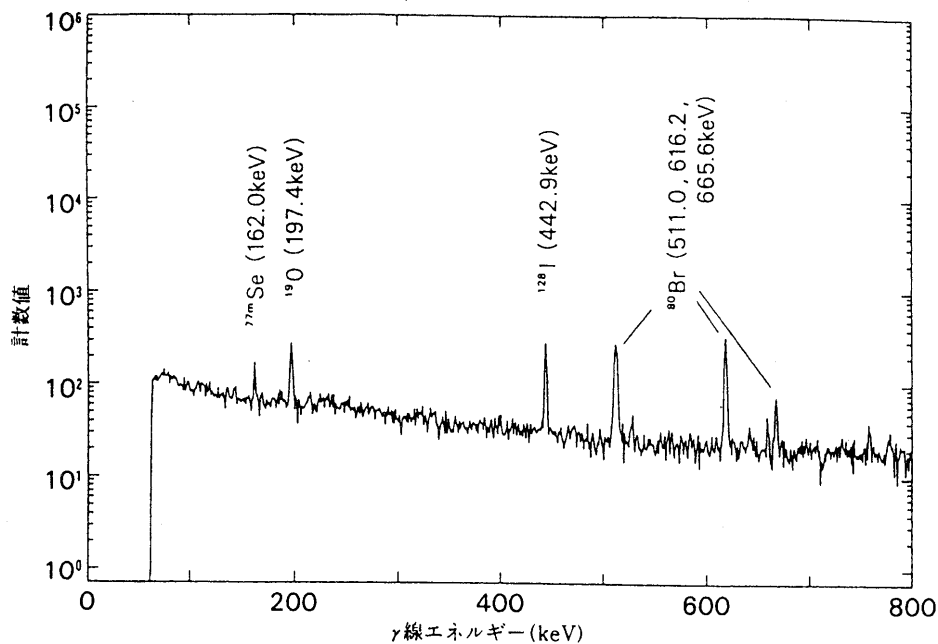


図3 γ 線スペクトル。試料は河川水(天白川)中のSe(IV)化学操作Iにより前濃縮したもので、セレンの含有量は0.39 μg であった。照射時間、冷却時間、測定時間はそれぞれ20秒、53秒、20秒である。

1.2. その他の例

As(III)のアンモニウムピロリジンカルボジチオネイト(APCDT)をクロロホルムにpH1~1.5で抽出し、As(V)はチオ硫酸ナトリウムでAs(III)に還元後、溶媒抽出し、硝酸に逆抽出し、中性子放射化分析で、水中のAs(III)とAs(V)を定量した⁴⁾。

また、As (Ⅲ) と Sb (Ⅲ) を pH3~6 で APCDT クロロホルムに抽出後、放射化し ^{76}As と ^{122}Sb の γ 線を同時測定し、3 価と 5 価の AS と Sb を定量した⁵⁾。尿中のトリメチルセレンウムとセレン酸を陰イオン交換樹脂カラムで分離した後、 $^{77\text{m}}\text{Se}$ の γ 線を測定し有機セレンと無機セレンを定量した⁶⁾。昇温気化法 (0~380c) で有機 As と無機 As を分離した後、中性子放射化分析し生物試料中の As の状態別分析が行われた⁷⁾。水中の無機水銀を Pb-ジエチルジチオカルバメートで四塩化炭素に抽出し、有機水銀をベンゼンに抽出した後、放射化し ^{197}Hg の 77.6keV γ 線を測定した例⁸⁾もある。

ポリアクリルアミドゲル電気泳動法で生体試料中の核酸、蛋白質などの高分子量物質を分割した後、INAA で Cr、Fe、Co、Zn、Se、Rb の分析も行われた⁹⁾。

2. 短半減期核種を利用するための前濃縮操作

水試料や生物試料について、短半減期核種を利用した中性子放射化分析を行おうとすると、 ^{38}Cl と ^{24}Na が大量に生成し、 γ 線スペクトロメトリーを妨害するため、多くの元素の定量はほとんど不可能に近い。この場合、沈澱分離、溶媒抽出、イオン交換カラム法等の前濃縮操作の導入が有効である。また、水試料は蒸発濃縮よりも他の濃縮法が時間もかからず有利の場合があり、ガラス器具や実験室の塵などの混入による汚染が少ない場合もある。

2.1. 水試料中の V と Cu の定量¹⁰⁾

V の定量には 3.75 分の ^{52}V の 1434keV の γ 線を、Cu の定量には 5.1 分の ^{66}Cu の 1039keV の γ 線を用いる。図 4 のように 8 オキシキノリノール (オキシシ) を補助剤として、pH4~5 で活性炭に V と Cu を吸着後、INAA で水中の V と Cu が同時定量できる。中部日本の水道水の V 濃度は富士山周辺が最も高く、新潟、富山県の水も名古屋付近に比べると高い V 濃度を示した (図 5)。

その原因としては玄武岩よりの V の溶出が考えられる。

Cu の定量については ^{66}Cu を利用するよりは V を定量した後、活性炭を再度 6 時間照射し ^{64}Cu の 511 keV 消滅放射線を測定する方が感度の点で有利であった。この場合 ^{24}Na による 511 keV 放射線に対する奇与を補正した後、減衰曲線を解析したところ ^{64}Cu の半減期に一致したことより前濃縮操作により 511 keV 放射線を出す他の放射性核種の妨害が完全に除去できたことが確認された。

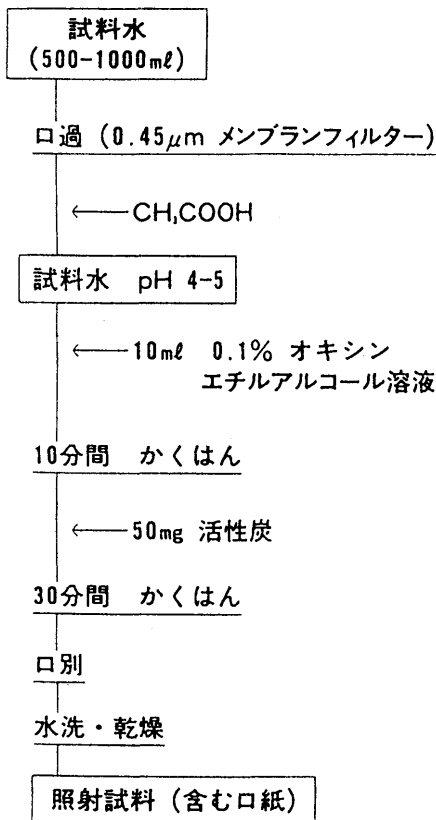


図4 水試料中のVとCuを前濃縮するための化学操作

2.2. その他の例

人間の胎盤試料をテフロンポンプで硝酸に溶解し、HAP (Hydrated Antimony Pentoxide) カラムを通しNaを除去した後、INAAを行えば¹¹⁰Ag、²⁸Al、²⁰F、^{86m}Rb、^{77m}Se、⁵²V、⁴⁹Ca、⁶⁶Cu、²⁷Mg、³⁷S、⁵¹Ti、¹³⁹Ba、⁸⁰Br、¹²⁸I、⁵⁶Mn、¹⁰¹Mo等の γ 線を使った定量が可能である¹¹⁾。

3. 間接放射化分析

目的とする元素や化合物からはほとんど放射性核種が生成しない場合や γ 線放出核種が生成しない場合でも放射化され易い元素と定量的化合物を作る場合には放射化分析ができる。これが間接放射化分析あるいは置換(誘導)放射化分析(derivative activation analysis)である。

Ehmanら¹²⁾はPをリンバナジウムモリブデン酸としてMIBKに抽出した後、放射化し、⁵²Vを測定してPを定量した。Tl(III)とヨードニトロテトラゾニウム塩化物との錯体をベンゼン抽出した後、放射化し¹²⁸Iを測定しTlの定量も行われた。

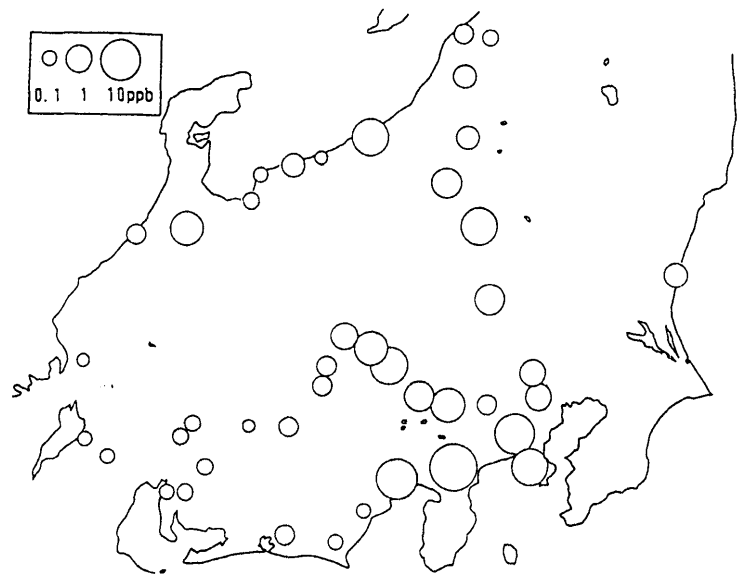
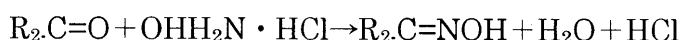


図5 中部日本の水道水中のV濃度
V濃度は丸印の直径(対数目盛)として示される。
直径と濃度の関係は図中に示す。

間接放射化分析で有機物を分析した例としては、次のようなフェニル基とヘキサメチルジシラジンとの反応と ^{31}Si (n, α) ^{28}Al を利用する 14MeV 中性子放射化分析との組合せによる石炭中の有機酸素（フェニル基）の分析がある。



カルボニル基とヒドロキシルアミンとから次のようにして、オキシムを作り、14MeV 中性子による ^{14}N ($n, 2n$) ^{13}N 反応でカルボニル基の定量も可能である。



蛋白質と銀を結合させ 2.4 分の ^{108}Ag を測る蛋白質の分析¹³⁾、食用油を臭素化した後 ^{80}Br を測定する食用油の不飽和度の測定例¹⁴⁾ 等もある。

4. 前濃縮に利用される分離操作

4.1. 溶媒抽出法

天然水や石炭灰中の Pd の定量に Bi-ジエチルジチオカルバメイト (DDC) のクロロホルム抽出が用いられ¹⁵⁾、生物標準物質中の Se の定量では Pb-DDC クロロホルム抽出により Hg、Au、Cu を抽出分離した後 Se を Na-DDC クロロホルムで抽出し、硝酸に逆抽出し、中性子放射化後、 ^{75}Se を測定している¹⁶⁾。

4.2. イオン交換法

酸性雨の研究で Chelex 100 カラムに多数の元素を吸着させた後、中性子放射化し Al、Au、Ba、Ca、Cr、Cu、Hg、La、Mg、Mn、Sc、Se、Sm、V、Zn が定量されている¹⁷⁾

水試料の前処理として 8-ヒドロキシキノリン-5-スルホン酸を付加した Dowex 1x-2 カラムに Ag、Cd、Co、Cr、Cu、Mo、Se、Zn を吸着させ、中性子放射化分析を行っている¹⁸⁾。稀土類元素を Bio-Rad AG 50WX-8 カラムに吸着させ、2MHCl で大多数の元素を溶離し、1M H_2SO_4 で Sc を除去した後、稀土類元素を 2.5MHCl で溶離し高純度アルミニウム箔上で乾燥した物を放射化している¹⁹⁾。また、AG 50WX-8 カラムより 0.1M シュウ酸-0.5 HCl で Fe、Sc、アルカリ金属を 2M HNO_3 でアルカリ土類を分離した後、6M HCl で稀土類元素を溶離した例も報告されている²⁰⁾。

銅及び銅合金の中性子放射化分析では ^{66}Cu と ^{64}Cu が大量に生成し短・中寿命核種を利用する INAA は困難である。Dowex 1x-8 カラムより 5MHCl で Mg、Al、Mn、V、Ti を溶離しテフロン上で乾燥し中性子放射化分析を行っている²¹⁾。

4.3. 沈殿法その他の分離操作

鉱物中の Cu の定量にはチオシアン酸銅沈澱を分離後、14MeV 中性子による ^{65}Cu ($n, 2n$) ^{64}Cu 反応が利用できる²²⁾。岩石中の稀土類元素の前処理としては、シュウ酸カルシウム共沈法と Dowex 1x-8 カラムが併用され²³⁾、水酸化ビスマス沈澱への稀土類元素と In の共沈法等も使われている²⁴⁾。

ウランオキシソルファートをフェノールフタレンに共沈させる U の前濃縮²⁵⁾ 等の研究例もある。灰吹法としては、鉛ビーズに Ir、Au、Pt、Ag を濃縮する方法²⁶⁾、硫化ニッケルビーズに Rh、Pd、Os、Pt、Ir、Au、Ag を濃縮した後、金属テルルに貴金属を共沈させる例²⁷⁾ がある。As、Sb、

Se の水素化物と Hg を気化させ、液体窒素温度に冷やした石英管に補集し、多数の生物標準物質が前濃縮放射化分析されている²⁸⁾。Pietra ら²⁹⁾ は表 2 に記す種々の分離法を適宜組合せて、環境・生物試料中の 50 元素の系統分析を行っている。

表 2 環境・生物試料を対象とした放射化学分離法

AAO (acid aluminium oxide)
HAP (hydrated antimony pentoxide)
CUS (copper sulphide)
CUC (copper chloride)
TDO (tin dioxide)
HMD (hydrated manganese dioxide)
CDO (cadmium oxide)
AG 50-X8, AG1 - X8, IONAC SR3
Zn 及び Bi-DDC (diethyl dithiocarbamate)

5. 終わりに

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頂きたい。それにより、日本の放射化分析は更に幅広いものとなり、得られたデータの質的向上にもつながる。β線や消滅放射線を利用する放射化分析においても放射化学分離操作は欠くことができない手段である。自動または半自動放射化学分離装置の開発は多数試料の分析にとって大切な事である。放射化分析を真に超微量分析として活かすためにも RNAA のできる技術者を確保しておくことが必要である。最近 K₀法を勉強するために Corte らの論文を見て気がついたことは、彼らも RNAA を盛んに使っているが、それは Reactor Neutron Activation Analysis であった。歴史的には Radio chemical Neutron Activation Analysisの方が早くから使われていたと思われるので、Pile NAA 等適当な別の言葉を探すべきだと感じた。

文献

- 1) 戸村健児、ぶんせき、1985, No.5, 360 (1985)
- 2) 酒井陽一、戸村健児、大下一政、大同工業大学紀要、29,63 (1993)
- 3) Y.Sakai, K.Tomura, K.Ohshita, J.Radioanal.Nucl.Chem.Letters,187 (6) 441 (1994)
- 4) W.M.Mok,N.K.Sha,C.M.Wai,Anal.Chem.,58,110 (1986)
- 5) W.M.Mok,C.M.Wal,Anal.Chem.,59,233 (1987)
- 6) A.I.Blotcky et al.,Anal.Chem.,59,2063 (1987)
- 7) A.Gallorini et al.,J.Radioanal.Nucl.Chem.Articles,112,125 (1987)
- 8) J-G.Lo,J.-Y.Yang,J.Radioanal.Nucl.Chem.Letters,94,311 (1985)
- 9) S.F.Stone et al.,J.Radioanal.Nucl.Chem.Articles,112,95 (1987)
- 10) 酒井陽一、大下一政、戸村健児、興水達司、大同工業大学紀要、30,23 (1994)
- 11) N.I.Ward et al.,J.Radioanal.Nucl.Chem.Articles,113,501 (1987)

- 12) W.D.Ehmann,R.C.Young,J.Radioanal.Nucl.Chem.Articles,112,71 (1987)
- 13) W.D.Frash et al.,J.Radioanal.Nucl.Chem.Articles,112,89 (1987)
- 14) F.Y.Iskander,J.Radioanal.Nucl.Chem.Letters,118,149 (1987)
- 15) N.K.Sha,C.M.Wai,J.Radioanal.Nucl.Chem.Letters,94,129 (1985)
- 16) N.M.Hani et al.,J.Radioanal.Nucl.Chem.Letters,104,19 (1986)
- 17) J.E.Miley,A.Chat,J.Radioanal.Nucl.Chem.Articles,110,345 (1987)
- 18) W.Zmijewska et al.,J.Radioanal.Nucl.Chem.Articles,116,243 (1987)
- 19) H.G.Stosch et al.,J.Radioanal.Nucl.Chem.Articles,112,545 (1987)
- 20) M.J.M.Duke,A.D.Smith,J.Radioanal.Nucl.Cheml.Articles,110,207 (1987)
- 21) P.Holtta,R.J.Rosenberg,J.Radioanal.Nucl.Chem.Articles,114,403 (1987)
- 22) M.Varadi et al.,J.Radioanal.Nucl.Chem.Letters,107,253 (1986)
- 23) C.Koeberl et al.,J.Radioanal.Nucl.Chem.Articles,112,481 (1987)
- 24) I.Brabaek et al.,J.Radioanal.Nucl.Chem.Articles,114,29 (1987)
- 25) V.C.Crespi et al.,J.Radioanal.Nucl.Chem.Articles,114,303 (1987)
- 26) H.T.Millard,Jr.,J.Radioanal.Nucl.Chem.Articles,113,125 (1987)
- 27) I.Shazali et al.Anal.Chim.Acta,196,49 (1987)
- 28) C.Y.Wu et al.,J.Radioanal.Nucl.Chem.Articles,112,133 (1987)
- 29) P.Pietra et al.,J.Radioanal.Nucl.Chem.Articles,102,69 (1987)

(立教大学原子力研究所 戸村健児)

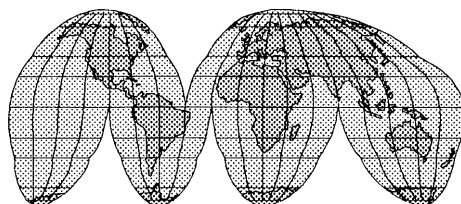
今年の1-2月、ヨーロッパと米国の原子炉、加速器などを備えた著名な研究所を一人で訪問する機会を得たので、その印象を少し書き綴ってみたい。ヨーロッパ、米国共、各2週間づつしか滞在できなかつたので、合計10箇所程廻る旅は非常に忙しい毎日であった。それでも、NIST、Oak Ridge、Brookhaven、Argonne、Ulich、Karlsruhe、Saclay など、長年一度訪ねてみたいと思っていた研究所をほぼ全て訪問することができ、非常に有益であった。

どこでも放射能関連の研究は下火の感は拭えなかつたが、最も印象に残っているのは、やはり各研究所での研究者の覇気であり、数人の第一線の研究者が常に議論を行っている Argonne のグループは大変羨ましく思った。

人以外に設備の面で最も印象的だったのは、California の LBL (Lawrence Berkeley Lab.) である。LBL の研究所はほとんど山の上に建っているが、ほぼ完成した Light source では、生物関連の研究がこれから始まる所であった。ここでは、細胞中の特定位置を顕微鏡下で設定し、その箇所を狙ってビームを照射できるという画期的な装置が設置され始めていた。細胞中のある元素に着目すると、その廻りの元素との chemical bond の性質まで解析することが可能になるとのことであった。同様の放射光設備については、Argonne では現在、LBL を念頭に計画を練っている所であった。

ヨーロッパ、特にドイツでは生物関連の研究を active に行っている所は殆ど無かつたが、Ulich では、サイクロトロンで製造された ^{14}C が直接研究室までラインで運ばれ、植物中の ^{14}C の動態が ^{14}C と合わせて測定できる自作の設備が印象に残った。ちなみに、日本原子力研究所の高崎研で最近植物をターゲットとした対都研究を開始したが、本年、ここの研究者が2ヵ月ほど招かれることになったので付け加えておきたい。

紙面の都合もあり、詳しく個々の研究所を紹介することは出来ないが、異なる研究所を単に見学するだけでなく、そこの研究者と議論することは非常に大切で得るところが大であるため、多くの人に勧めたい。



研究紹介-1

岩石・鉱物の放射化分析

京都大学理学部
地質学鉱物学教室 西村 進

1.はじめに

卒業研究から博士論文の研究までに、主に花崗岩やその接触部での放射性元素の分布の研究を測定器の制作を含めて行った。そのため岩石中や土壌・粘土、地下水での²³⁸U系列の放射非平衡の状態について非常に興味を持っていた。U,Th,Ra,Pnなどの測定法の開発を含めて研究を進めていた。1964年6月25日KUR-1が臨界に達し、その秋から利用可能となった。性能試験の一つ各照射孔の中性子のエネルギー分布の測定に参加し、並行して研究を進めていたfission-trackの手法の開発の一つの応用として、天然ウランをアルミニウム板に電着し、インド・ビバル産のウランをほとんど含有していない白雲母をdetectorとして、熱中性子束の測定を試みた。また、その応用として岩石・鉱物のウランの定量をはじめた。最初、岩石鉱物中のウランの定量のための照射と書いて共同利用の申請書を出して、物議をかました。普通の岩石鉱物中のウランの含有量は極めて少ないと説明し、以後fission-track法と申請書に書くことで共同利用が認められるようになった。

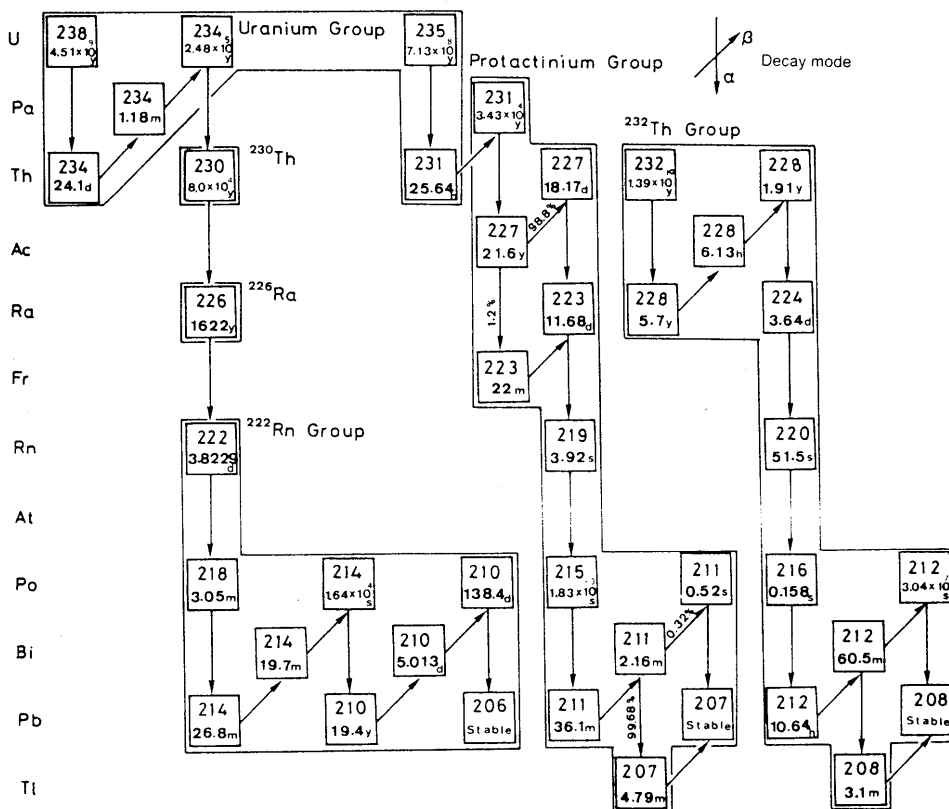


Fig.1 Th-232, U-235, U-238の放射系列と非平衡になり易いグループ分けを示す。表の中に質量数、半減期、壊変型式を示している。

1970年ごろになり、岩石中の微量成分の放射化分析を試みたが、当時の測定器はNaIのdetectorで100 - 400 channelの多重波高分析器が最新の測定器であり、照射後岩石（粉末）を溶解しグループ・セパレーションをする必要があり、圧気輸送管で20 - 60分照射し、弗酸硝酸処理で溶かした。そのためフー

ドをすりガラスにするし、空間線量が高く、保健物理ににらまれながらの実験であった。そうこうするうちにGe(Li)検出器が導入されて非破壊で希土類元素が分析できるようになった。丁度、東大・学習院大のグループも原研で同じ実験が始められた。そのため初期の苦労した実験は発表するにいたらなかった。

2. 岩石・鉱物中のウランの放射化分析

岩石・鉱物中の²³⁸U系列はFig.1に示す。その中で²³⁰Th、²²⁶Ra、²²²Rnで非平衡状態になっていることが多い。さらにウランはマグマ中では4価であるが、気成期になり6価になり、熱水や水に溶けるが、Thは4価のまままで溶けない。そのため、例えば海水中でウランは溶けているが、トリウムは沈殿するため、海底土の²³⁰Th(10)年代が求められる。²²⁶Raはイオン半径が極めて大きいので、とくに熱水にとけて粘土などに吸着される。²²²Rnは自然状態で岩盤の表面、土壌・粘土から地下水中に過飽和に溶解移動したり、地中・気中に飛散する。これらの研究にはウランの分析が必要で、われわれはfission-track法でウランの定量をしている。超塩基性岩はウラン含有量が極めて少ないが、分析感度が良いfission-track法で定量できる (Table 1)。さらに、その超塩基性岩と共存する玄武岩のウラン量も求めればウランの固相と液相の分配がわかりマントルでの部分熔融の仕方が推定できる (Nishimura,1969; 1972)。

岩 種	鉱 物	U含有量 (g/g)	産 地
1. 玄武岩	全岩	8.8×10^{-7}	佐賀県唐津市, 高島
かんらん岩ノジュール 1.	全岩	4.8×10^{-8}	"
かんらん岩ノジュール 2.	全岩	0.8×10^{-8}	"
玄武岩	かんらん石(斑晶)	4.6×10^{-8}	"
2. 玄武岩	全岩	7.2×10^{-7}	佐賀県東松浦郡鎮西町, 岩野
かんらん岩ノジュール	全岩	8.2×10^{-9}	"
かんらん岩ノジュール	単斜輝石	4.1×10^{-8}	"
かんらん岩ノジュール	斜方輝石	3.5×10^{-8}	"
かんらん岩ノジュール	かんらん石	6.1×10^{-9}	"
3. かんらん岩ノジュール	全岩	3.8×10^{-8}	秋田県男鹿市戸賀, 一の目潟
かんらん岩ノジュール	かんらん石	1.2×10^{-9}	"
かんらん岩ノジュール	輝石	4.2×10^{-8}	"
4. 玄武岩	全岩	1.3×10^{-6}	岡山県阿哲郡野馳池, 野馳明神山
かんらん岩ノジュール	全岩	1.1×10^{-8}	"
5. 玄武岩	全岩	1.2×10^{-6}	岡山県津山市, 領家
かんらん岩ノジュール	全岩	2.6×10^{-8}	"
6. 玄武岩	全岩	6.8×10^{-7}	岡山県津山市, 稼塚
かんらん岩ノジュール	全岩	3.4×10^{-9}	"
7. 玄武岩	全岩	1.3×10^{-6}	広島県豊松村, 岩ヶ瀬
かんらん岩ノジュール	全岩	2.2×10^{-8}	"
8. 玄武岩	全岩	9.1×10^{-7}	広島県甲奴郡総領町, 川上宇根
かんらん岩ノジュール	全岩	2.2×10^{-8}	"
9. かんらん岩ノジュール 1.	全岩	3.1×10^{-8}	Mauna Loa, Hawaii
かんらん岩ノジュール 1.	かんらん石	5.0×10^{-9}	"
かんらん岩ノジュール 1.	単斜輝石	8.4×10^{-8}	"
かんらん岩ノジュール 1.	斜方輝石	9.0×10^{-9}	"
かんらん岩ノジュール 2.	全岩	8.2×10^{-9}	"
かんらん岩ノジュール 2.	単斜輝石	5.4×10^{-8}	"
かんらん岩ノジュール 2.	斜方輝石	7.0×10^{-9}	"

Table 1. 玄武岩中に包含されるかんらん岩ノジュールとその構成鉱物中のU量

3. ²³⁸Uの自発核分裂の壊変分裂定数の決定

fission-track年代決定法には未決定の物理定数が多い。その一つに²³⁸Uの自発核分裂の壊変定数がある。天然ウランをアルミ板に電着したものを二分し、その一分にインド・ビバー

T(yr)	Spontaneous-fission tracks		Decay constant $\lambda_f(10^{-17} \text{ yr}^{-1})$	
	Density (cm ⁻²)	N _i	Fission-track method	Au-foil method
3.11 (25.5.1968-3.7.1971)	79.5	318	7.0 ± 0.6	6.7 ± 0.4
6.07 (23.5.1968-10.3.1974)	157	314	7.1 ± 0.6	6.8 ± 0.4
5.40 (3.7.1977-25.11.1976)	141	292	7.2 ± 0.6	6.9 ± 0.4
3.96 (11.3.1974-6.3.1978)	101	202	7.0 ± 0.7	6.7 ± 0.5
3.80 (25.11.1976-25.7.1980)	100	401	7.2 ± 0.5	6.9 ± 0.3

Table 2. U-238 自発核分裂壊変定数

雲母またはポリカーボネイトを重ねて、3~6年放置して、その間にできた飛跡数を計算して²³⁸Uの自発核分裂の壊変定数をもとめた (Table 2: Nishimura, 1981)。

4. 岩石中の微量成分の非破壊放射化分析

岩石中に含まれる微量成分は火成岩の成因や堆積岩の堆積環境の推定に役立つ。とくに、希土類元素は通常の分析法では定量できないが、放射化分析でかなりの元素が感度よくできる (Table 3; 池田、西村, 1986; Masuda et al., 1972; 1975)。

この方法を使うと考古試料の産地分析にも応用できる。この手法は現在に至るまで多くの研究例がある。

	標準試料	JG-1a	JG-2	JG-3	JR-1	JR-2	JA-1	JA-2	JA-3	JB-1a	JB-2	JB-3	JGb-1	JP-1	JF-1	JF-2
La	36.7	22.6	19.2	20.4	20.2	15.9	4.9	14.8	9.2	37.4	2.2	7.7	3.1	—	2.3	0.56
Ce	67.1	48.8	57.5	43.2	51.7	43.3	15.3	33.0	21.4	67.6	7.8	20.6	7.8	—	5.6	—
Sm	5.16	1.86	9.14	3.64	6.51	7.19	3.31	3.23	3.37	1.91	2.19	3.71	1.39	—	0.37	1.45
Eu	1.55	0.61	0.08	0.88	0.27	—	1.11	0.99	0.98	1.53	0.81	1.31	0.67	—	0.77	0.71
Tb	0.71	0.83	1.6	0.65	0.91	1.3	0.51	0.42	0.64	0.93	0.52	1.0	—	—	0.07	—
Yb	2.13	3.24	9.76	1.79	5.10	6.24	2.83	1.90	2.13	2.29	2.36	2.19	1.10	—	0.36	—
Lu	0.31	0.48	1.32	0.32	0.82	0.92	0.44	0.24	0.32	0.34	0.35	0.38	0.18	—	0.05	—
Ba	511	456	43	505	94	51	302	239	281	487	203	252	75	—	1240	292
Co	39.1	5.9	2.7	11.3	0.6	—	11.2	32.3	22.1	11.6	37.1	32.5	60.3	124	—	—
Cr	405	19	—	25	—	—	8	383	52	349	23	58	17	2390	—	—
Cs	10.1 G	10.6	6.6	2.2	20.3	22.8	0.50	1.6	2.1	1.0	0.60	—	—	—	1.9	1.0
Hf	3.59G	3.8	1.5	1.2	5.5	5.3	2.5	2.6	2.9	2.9	1.5	2.3	0.78	—	0.96	0.40
Rb	180 G	186	281	74	230	308	13	83	35	55	18	32	—	—	252	237
Sc	28.4	6.53	2.32	9.04	5.38	5.56	28.8	19.5	21.5	30.3	55.0	31.5	35.6	7.44	0.19	0.08
Ta	1.4 G	1.4	2.1	0.65	1.1	1.8	—	0.6	—	1.6	—	—	—	—	—	—
Th	13.5 G	13.6	30.3	7.85	26.7	32.0	0.50	4.3	2.8	9.5	0.40	1.2	—	—	1.1	0.40
U	3.3 G	4.2	8.5	2.5	7.6	9.3	—	2.3	—	1.4	—	—	—	—	—	—
FeO*	8.10	1.88	0.85	3.30	0.80	0.69	6.22	5.70	6.03	8.26	12.9	9.71	13.7	7.68	0.08	0.05
Na ₂ O	3.38G	3.40	3.54	3.98	4.22	3.81	3.94	3.44	3.18	2.89	2.07	2.51	1.21	—	3.34	2.44
照射試料数		5	3	3	2	3	5	3	3	3	5	1	1	3	3	3

Table 3. 岩石標準試料の放射化分析結果

標準試料としてJB-1およびJG-1を使用した。元素濃度単位はFeO*とNa₂Oは%、他の元素はすべてppmである。Gの欄はJG-1の値を示す。

5. fission-track年代決定

1964年Fleischer, Price, Walkerの当時GEのグループがエッチングによって鉱物の表面の fission-trackが普通の光学顕微鏡で観察でき、その一つの応用に年代決定法がある (Fleischer and Price, 1964)。当時永井と西村で花崗岩中から取り出したジルコンを用いてAlpha-Lead法の年代決定法の開発をしていたが、そのジルコンを燐酸で450°Cでエッチングして fission-trackを光学顕微鏡800倍で観察することに成功して、Nagai(1968)、Nishimura(1969)に初めて報告した。この手法の検討は西村(1970)にまとめている。この手法では自発核分裂の飛跡数を鉱物を研磨した面をエッチングして計数し、鉱物表面にウラン含有の極めて少ない白雲母をかさね(外部detector法)熱中性子照射をしてウラン量を定量する。このためには熱中性子以外が存在すると²³⁵Uだけが fissionを起こすのではなく²³⁸U、²³²Thの寄与もあり注意する必要がある(Tagami and Nishimura, 1992)。そのため KUR-1では小山の作った熱中性子照射孔の圧気輸送管があり、とくに良好な実験ができてい。我々の実験室では、熱年代学と言って多くの成果をえている。例えば、中央構造線での断層活動の解明(Tagami et al., 1988)、付加帯の熱史(Hasebe et al., 1991; 1993a,b)、韓国の慶尚盆地内の花崗岩の上昇史(Shin and Nishimura, 1993)、ヒマラヤの上昇史(Sorkhabi et al., 1994)がある。

熱史の理論的検討も多くなされた。(Tagami et al., 1990; Hasebe et al.; Yamada et al., 1993; 1995)。

6. 終わりに

KUR-1と立教炉を利用して、おおくの研究をすることが出来、ここに紹介することが出来た。これには岩田教授、故小山教授をはじめKURのHot Lab.の皆さんに負うところが多いのでここに感謝の意を表す。

文献

- Fleischer, R.L. and Price, P.B. (1964) Techniques for geological dating of minerals by chemical etching of fission fragment tracks, *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 28, 1705-1714.
- Hasebe, N., Tagami, T. and Nishimura, S. (1991) Thermal history of the Shimanto accretionary prism; Fission-track analyses. *Rock Mag. Paleogeophys.*, 18, 20-25.
- Hasebe, N., Tagami, T. and Nishimura, S. (1993) Towards zircon fission-track thermochronology: Reference framework for confined track length measurement. *Chem. Geol. (Isot. Geosci. Sec.)*, 110, 1-10.
- Hasebe, N., Tagami, T. and Nishimura, S. (1993, b) The evidence of along-arc differential uplift of the Shimanto accretionary complex: Fission track thermochronology of the Kumano Acidic Rocks, Southwest Japan. *Tectonophysics*, 224, 327-335.
- 池田隆, 西村進(1986) 地質調査所発行の岩石標準試料の放射化分析と分析精度について. *九十九地学*, 21, 37-44.
- Masuda, Y. Yagi, S., Nishimura, S. and Asayama, T. (1972) Rare-earths distribution in the Ibaragi granitic complex, Osaka Prefecture, Japan, *Jour. Geol. Soc. Jap.*, 78, 521-530.

- Masuda, Y., Nishimura, S., Ikeda, T. and Katsui, Y. (1975) Rare-earth and trace elements in the Quaternary volcanic rocks of Hokkaido, Japan, *Chem. Geol.*, 15, 251-271.
- Nagai, J. (1968), Étude des traces de fission dans le zircon – âge, la répartition et la concentration en uranium – ; *Mem. Fac. Sci., Kyoto Univ., Geol. & Min.*, 35, 119-130
- Nishimura, S. (1969) Radium and Uranium contents of standard Rocks, *Chem. Geol.*, 5, 139-141.
- Nishimura, S. (1969) The determination of ages and uranium content of some minerals and glasses by fission-track registration, 9th Jap. conf. Radio-isotopes, 223-225.
- 西村進 (1970) 核分裂片の飛跡の計数による年代決定. *岩鉱*, 64, 173-181, .
- Nishimura, S. (1970) Disequilibrium of the ^{238}U series in recent volcanic rocks, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 8, 293-300.
- Nishimura, S. (1981) On the fission track dating of tuffs and volcanic ashes, *Nucl. Tracks*, 5, 157-167.
- Shin., S.-C. and Nishimura, S. (1993) Thermal and uplift histories of Mesozoic granites in Southeast Korea: new fission track evidences. *Jour. Petrol. Soc. Korea*, 2, No.2, 104-121.
- Sorkhabi, R. B., Jain, A. K., Nishimura, S., Itaya, T., Lal, N., Manickavasagam, R. M. and Tagami, T. (1994) New age constraints on the cooling and unroofing history of the Trans-Himalayan Ladakh Batholith (Kargil area), N. W. India. *Proc. Indian Acad. Sci. (Earth Planet. Sci.)*, 103- 83-97.
- Tagami, T., Lal, N., Sorkhabi, R. B. and Nishimura, S. (1988) Fission track thermochronologic analysis of the Ryoke Belt and the Median Tectonic Line, Southwest Japan, *Jour. Geophys. Res.*, 93, 13705-13715.
- Tagami, T., Ito, H. and Nishimura, S. (1990) Thermal annealing characteristics of spontaneous fission tracks in zircon, *Chem. Geol. (Isot. Geosci. Sec.)*, 80, 59-69.
- Tagami, T. and Nishimura, S. (1992) Neutron dosimetry and fission-track age calibration: Insights from intercalibration of uranium and thorium glass dosimeters, *Chem. Geol. (Isot. Geosci. Sec.)*, 102, 277-296.
- Yamada, R., Tagami, T. and Nishimura, S. (1993) Assessment of overetching factor confined fission track length measurement in zircon. *Chem. Geol. (Isot. Geosci. Sec.)*, 104, 251-259.
- Yamada, R., Tagami, T. and Nishimura, S. (1995) Confined fission-track length measurement of zircon: assessment of factors affecting the paleotemperature estimate. *Chem. Geol. (Isot. Geosci. Sec.)*, 119, 293-306.

ガンマ線スペクトルのピーク解析手法 WaveMetrics社のIgorによる解析過程の省力化

秋田大学教育学部
情報処理講座 中村 彰
nakamura@quartet.ipc.akita-u.ac.jp

1. はじめに

放射化分析に携わっている全国の共同利用研究者の中で照射後に直ちにガンマ線スペクトルを測定し、それを自分の研究室に持ち帰り自分に特化した分析方法で目的の分析を遂行されている方が沢山いらっしゃるはずである。特に、即発ガンマ線分析においては、全ての利用者がこうした方法を採用されている。勿論、照射現場で用意されている解析Softwareを用いて分析処理をされている方も多数いらっしゃる。しかし、その貴重なデータを、更に多角的に解析を試みることは必要なことであり、ある場合には、持ち前のProgramming技能を發揮され、自分に適した解析を行っているのが普通である。本稿において、こうした自前の解析処理の例として、私の行っている処理の過程を出来るだけ正確に紹介し、一つの解析処理の方法論としての資料を提供したい。

2. 測定から解析の終了までの概要

まず、筆者の行っている測定から解析までの全体の流れの概要を説明する。更に続く節で個々の処理について詳しく説明したい。筆者が利用させていただいている照射場は、東京大学原子力研究総合センター大学開放研究室をとおしての日本原子力研究所東海研究所の研究用原子炉である。測定データには、遅延ガンマ線スペクトルおよび即発ガンマ線スペクトルの2種があり、それぞれ異なった保存形式でFloppy Diskに格納される。筆者の場合は、1つのデータの容量が増える欠点はあるが、保存はASCII形式（TEXT形式）で保存することになっている。理由は、通常の編集用具（Editor）で結果を容易に確かめることができるからである。

さて、こうして保存されたいわば生の0次情報は、ガンマ線を測定する装置によって、異なる保存形式であることは既に述べたところであるが、これを必要な情報（測定条件やスペクトル情報等）だけを抽出して整形することを行う。データの整形は、基本的には表計算用具（Spread Sheet）で処理できる形式に加工することである[1]。照射場でのスペクトル・データ（Binary, ASCII形式）と整形済みの加工データ（Spread Sheet形式）の容量の比較を参考のために例1示す。

例1 生データと加工データの内容と容量の比較

生データの内容（表示はASCII形式で容量は36kB，Binary形式では内容は同じで容量は18kB）

```
96/01/2916:40:57 NUM 02 (BA) FOR 1ST MEAS.
 0 3600. 3611. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0.
 1 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0.
 2 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0.
 3 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0.
 4 0. 1. 6. 951. 1719. 1975. 1817. 1848. 1785. 1771.
 5 1778. 1853. 1930. 1877. 1876. 1890. 1983. 1977. 2091.
    . . . (途中省略) . . .
408 0. 0. 0. 1. 0. 0. 0. 0. 0. 0.
409 0. 0. 0. 0. 0. 0.
```

加工データの内容（Channel数の併記と省略の2種の形式への変換例）

Channel数の併記形式（44kB）		Channel数の省略形式（28kB）	
96/01/2916:40:57 NUM FOR 1ST MEAS.		96/01/2916:40:57 NUM FOR 1ST MEAS.	
1	3600		3600
2	3611		3611
3	0		0
4	0 (Channel数とCount数の区切りはTab)		0
. . . (途中省略) . . .		. . . (途中省略) . . .	
4094	0		0
4095	0		0
4096	0		0

例1では、Channel数が4096の場合であるが、8192の場合でも同様である。ただし、表計算用具では、一般に、最大で4000点のデータまでしか扱えない欠点があるが、幾つかに分割することで乗り切れる。また、Channel数を併記する場合、ASCII形式では書類の容量が増えるが、Channel数とCount数を区切る記号としてTab記号を用いることで最小に押さえることができる。場合によっては、この区切り記号を、用いる表計算用具の指定するものに置き換えることも可能である。

加工データを表計算用具形式にするのは、グラフを描かせる場合、表計算用具のMacro命令を作成することにより、一つ一つのデータを出力させるのではなく、一連のデータを自動的に読み出し指定の内容で印刷させる処理を、例えば睡眠中に、自動的に行わせるのに便利だからである。

実際の処理は、特定の元素に着目する限り、決まったエネルギー値（Channel領域）のピークに着目して解析を行うのが普通である。また、特定のピークに着目する限り、相当込み入った処理を念入りに納得の行く方法で解析を行うことができる。そのために、筆者はWaveMetrics社のIgorを採用している。ここでいう納得の行く方法というのは、いわゆる既成の解析用具では行き届かないきめ細かな処理ができるということである。例えば、我々がピーク面積を求めるとき、1つのピークに対して、Gaussian分布にCompton散乱やBase曲線を加えて最適化を行う可能性を持ちたいのが常である。個々のピークにおいては、このような要求に選択的に指定できることが、比較的安価な波形解析用具であるIgorで実現できる。

こうして処理した注目する複数のピークに対する処理結果は、Igorでの処理において、

ASCII形式の「History」という処理の履歴書に逐一保存されている。これを適当な編集用具（Editor）で処理し、必要なデータ項目については「Tab」などの区切記号で区切ることで、再度表計算用具で最終的な処理を行う。例2には、処理履歴を編集用具を用いて処理する前後の内容を示してある。こうして、例3の様な表計算用具で取り込めるASCII書類ができあがると、あとは、普段使い慣れている表計算用具を利用して、最終的に、目的に応じた分析の仕上げを行うことができる。

例2 IgorのHistoryと編集用具による加工結果

Igorの処理の履歴書類「History」（ASCII形跡で保存されている）

```
gfit= K0+K1*exp(-((x-K2)/K3)^2)
StartCh=1370; EndCh=1400; Num_of_Ch=31
  Area=107133.093750; Error=875.750305;   vfwhm=4.956661; Error=0.040769
StartCh=1409; EndCh=1425; Num_of_Ch=17
  Area=3320.234375; Error=257.968811;   vfwhm=4.057581; Error=0.295947
StartCh=1613; EndCh=1639; Num_of_Ch=27
  Area=18524.808594; Error=222.586594;   vfwhm=5.013200; Error=0.059042
StartCh=1725; EndCh=1743; Num_of_Ch=19
  Area=4959.368652; Error=188.170227;   vfwhm=4.966771; Error=0.172018
StartCh=1792; EndCh=1815; Num_of_Ch=24
  Area=35140.351562; Error=487.369537;   vfwhm=5.105429; Error=0.067415
StartCh=1835; EndCh=1858; Num_of_Ch=24
  Area=12970.651367; Error=145.795639;   vfwhm=5.070963; Error=0.054663
StartCh=2034; EndCh=2057; Num_of_Ch=24
  Area=28947.867188; Error=383.066956;   vfwhm=5.118577; Error=0.064467
```

例3 表計算用具の形式を踏まえた加工例

こうした加工は、編集用具の文字列の置換命令を繰り返すことで容易に加工できる

```
StartCh <tab> EndCh <tab> Num_of_Ch <tab> Area <tab> Error <tab> HWHM <tab> Error
1370 <tab> 1400 <tab> 31 <tab> 107133.093750 <tab> 875.750305 <tab> 4.956661 <tab>
0.040769
1409 <tab> 1425 <tab> 17 <tab> 3320.234375 <tab> 257.968811 <tab> 4.057581 <tab>
0.295947
1613 <tab> 1639 <tab> 27 <tab> 18524.808594 <tab> 222.586594 <tab> 5.013200 <tab>
0.059042
1725 <tab> 1743 <tab> 19 <tab> 4959.368652 <tab> 188.170227 <tab> 4.966771 <tab>
0.172018
1792 <tab> 1815 <tab> 24 <tab> 35140.351562 <tab> 487.369537 <tab> 5.105429 <tab>
0.067415
1835 <tab> 1858 <tab> 24 <tab> 12970.651367 <tab> 145.795639 <tab> 5.070963 <tab>
0.054663
2034 <tab> 2057 <tab> 24 <tab> 28947.867188 <tab> 383.066956 <tab> 5.118577 <tab>
0.064467
```

3. 具体的なIgorの使用例

Igorでは、原則的に独立変数が1種の従属変数の関数関係（線形あるいは非線形）の補間を行うことができる（ $y=f(x)$ ）。ガンマ線波高分析の場合には、独立変数がChannel数ということになる。基本的には、合理的な補間関数（ $y=f(x)$ ）を定義し、 $y=f(x)$ に現れる係数に対して、適当な初期値を指定して（かなりかけ離れていてもよい）、FuncFitという

命令を行うだけである。このFuncFitという命令には幾つかの引数が必要である。その形式は「FuncFit fitfunc fitparameters ydata /D=ydata_fit」という引数の指定である。

それぞれの引数は、

- fitfunc : 補間関数の名前（この名前で合理的な補間関数を定義しておく）
- fitparameters : 補間関数に現れる係数を保存するための配列名（現れる係数の数には原則的に制限がなく、繰り返し毎に変化する係数の値を新しく保存する）
- ydata : 補間を行いたい測定データ名で、測定データの任意の名前
- ydata_fit : fitparametersをもちいて補間関数に従った出力波形の任意の名前（「/D=」はこの指定が「選択指定（Option）」であることを示す）。

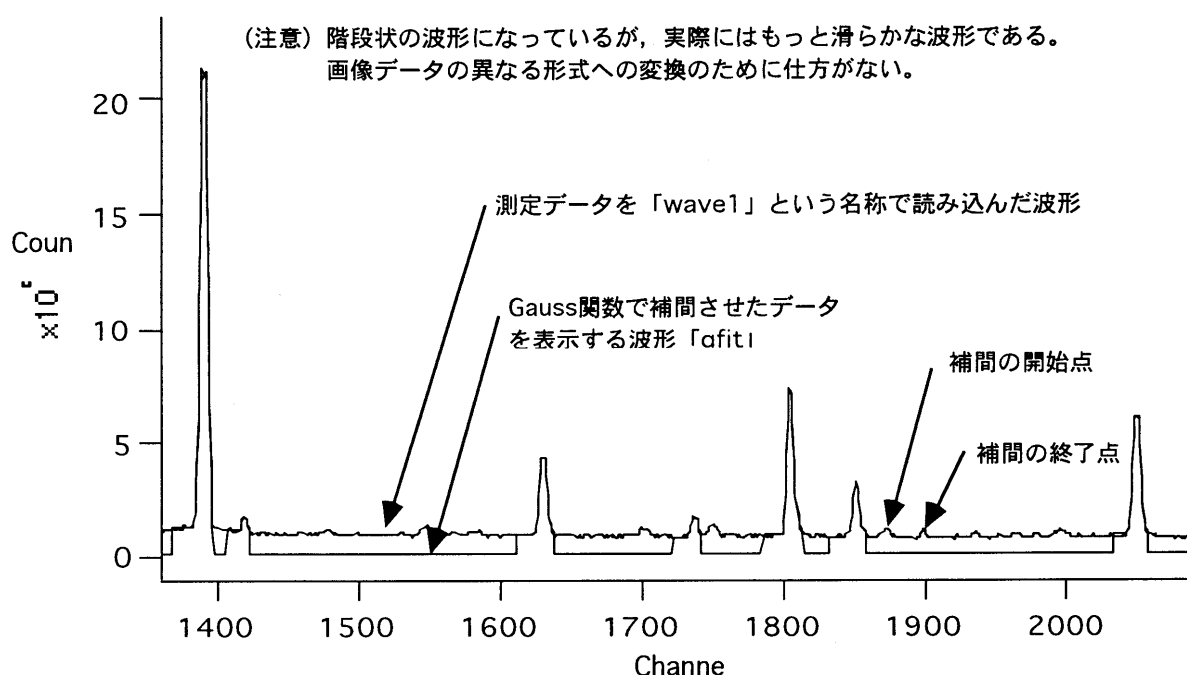
放射化分析でのガンマ線スペクトルのピークには、ガンマ線がGauss関数で散らばって記録され、これにCompton項等が混ざってくる。従って、各ピークの波形をGauss関数とCompton項等の関数表現との和で近似できる。これを合理的に表現する関数を指定して、「FuncFit」を実行させればよいことになる。この方法については、本稿では詳しく扱わない[2]。

さて、Igorによって、膨大なガンマ線測定データの自動解析が可能であることを簡単に示すために、この補間関数を「Gauss関数」だけで行うことにして、その詳しい方法を述べることにする。

Igorには、測定データを補完するために内蔵の補間関数を幾つか準備している。例えば、sin, log, gauss, polynominalなどである。こうした組み込み関数を利用して補間を行うときは、先の利用者定義関数で補完させる命令「FuncFit」ではなく、「CurveFit」という命令を利用できる。

説明に入る前に、Igorの考え方について整理しておく。Excelなどの表計算用具では、2つのColumnにChannel数の値と対応する計数値の値がしまわれていれば、この2つのColumnを選択し、グラフ用具からそのスペクトルを表示することができる（ただし、4000点以内のChannel数の範囲に限られる）。Igorでは、Channel数や計数値の情報を、全て波形（Wave）という概念で取り扱う[3]。また、取り扱えるChannel数には、記憶容量（RAM）の許す限り、原理的に制限がない。8192点のデータも十分に扱える利点がある。以下では、図1に示す画面に表示されている読み込み波形をもとにして、説明を行う。図では、実際のデータを「wave1」という波形の名称で読み込み、補間関数（Gauss関数）で出力させた波形「gfit」も併せて示してある[4]。この例でも、ガンマ線スペクトルの中の全てのピークに関心があるのでなく、幾つかの決まったエネルギーのピークだけに注目することを前提としている。図1では、説明のために、8192Channelで測定したデータの1350から2050までChannelまでの7つのピークのみに着目して解析を行う例である。

図1 Igorによる自動解析のための波形表示の例



Igorでは、利用者が指定する一連の処理を実行させるためのMacro命令記述書を「procedure」という書類の中に記しておくことができる。その内容を例4に示す。実は、Igorはこの書類を1行ずつ解読して利用者指定の処理を実行してくれる。その記述の仕方は、Igorが提供する簡易言語であるが、実は、C言語に非常に似た書式で、強いていえば、Pascal言語とC言語の折衷の様なものである。どちらかの言語を知っている人にとっては、殆ど問題なく記述できる。また、用意されている関数や処理命令のHelp Fileも準備されているので30分もこの書類を眺めれば記述の内容は自然に理解できる。筆者の場合も特段に解説書を読んで理解した記憶はない。ところで、Igorはこのprocedureに記載されている内容を、逐次1行ずつ解釈し実行するもので、「Interpreter」型簡易言語という性質を持っている[5]。従って、必要なFORTRANのSUBROUTINE (PascalのprocedureやCのfunction()) に相当する副プログラムは、それを参照される前に記載しておく必要がある。丁度古いPascal言語の制限の様なものである。書類にある「|」は、それ以後の記述がCommentであることを示す。

例 4 Igorのprocedureの内容

```
Macro GammaGaussFit()
| for the first peak ( start point 1370, end point 1400 )
  CurveFit/M gauss wave1 (1370, 1400) /D=gfit
  Variable      area,areaSig,fwhm,fwhmSig
|Calculating Peak Area
  area= K1*K3*sqrt(Pi)
  areaSig= area*sqrt( (W_sigma[1]/K1)^2 + (W_sigma[3]/K3)^2 + 2*CM_K1[3]/(K1*K3) )
|Calculating Full-Width at Half-Maximum
  fwhmSig= 2*sqrt(ln(2))
  fwhm=fwhmSig* K3
  fwhmSig *= W_sigma[3]
  printf "StartCh=%d; EndCh=%d; Num_of_Ch=%d\r",1370,1400, (1400-1370+1)
  printf "Area=%f; Error=%;   vfwhm=%f; Error=%f\r", area,areaSig,fwhm,fwhmSig
| for the second peak ( start point 1409, end point 1425 )
  CurveFit/M gauss wave1 (1409, 1425) /D=gfit
  Variable      area,areaSig,fwhm,fwhmSig
|Calculating Peak Area
  . . . (途中省略) . . .
  printf "StartCh=%d; EndCh=%d; Num_of_Ch=%d\r",1409,1425, (1425-1409+1)
  printf "Area=%f; Error=%;   vfwhm=%f; Error=%f\r", area,areaSig,fwhm,fwhmSig
| for the last peak ( start point 2034, end point 2057 )
  CurveFit/M gauss wave1 (2034, 2057) /D=gfit
  Variable      area,areaSig,fwhm,fwhmSig
|Calculating Peak Area
  . . . (途中省略) . . .
  printf "StartCh=%d; EndCh=%d; Num_of_Ch=%d\r",2034,2057, (2057-2034+1)
  printf "Area=%f; Error=%;   vfwhm=%f; Error=%f\r", area,areaSig,fwhm,fwhmSig
End
```

このprocedureによる処理の流れは、一度読み込んだスペクトルの中の必要な7つのピークに関して、Macro命令である「GammaGaussFit」を指定するだけで、自動的に面積と半値幅を各々の誤差を含めて表示してくれる。何時もお定まりの解析を幾つものスペクトルで行う場合に便利である。Macroの記述において用いている「CurveFit」命令について説明する必要がある。組み込み関数を用いて補間を行う場合、この命令を用いて、どの関数で補完するのかを指定する必要があることは容易に想像されるであろう。この例の様に、Gauss関数を用い補間では、補間すべきGauss関数で最適化するために必要な係数4種（CM_K0,CM_K1,CM_K2,CM_K3）の入れる変数領域を自動的に確保してくれる。更に、補間結果の妥当性を示す変数領域（配列W_sigma）もついでに作成してくれる。最適化の方法は独特で、詳しくは解説書を必要とするが、基本は、c二乗検定により、その妥当性を判断している[5]。このための統計データが「W_sigma」に保存されているのである。最後に、「CurveFit gauss wave1 (start, end) /D=gfit」に現れる指定について説明をしておく：

gauss : Gauss関数での補間であることを指定
wave1 : 補間の対象となる実験データの名前の指定（図に示す「wave1」という表示波形）
(Start, end) : 補間を行う範囲を、開始と終了のChannel数で指定
/D=gfit : これは、選択指定（Option）で、なくても良い（ここでは、補間結果を「gfit」という図中の波形に出力させている）

以上が、Macroの説明であるが、因みに、CM_K0,CMK1,CM_K2,CM_K3,W_sigmaの自身を示しておく。それぞれは、要素が4つの配列型の変数格納のためのものであることが判る。

	CM_K0	CMK1	CM_K2	CM_K3	W_sigma
[0]	556.879	-408.447	0.00367107	-0.35872	23.5983
[1]	-408.447	3706.31	-0.0038206	-0.819618	60.8795
[2]	0.00367107	-0.0038206	0.00051275	-1.1542e-06	0.022644
[3]	-0.35872	-0.819618	-1.1542e-06	0.00126087	0.0355087

スペクトル解析において、いわゆるProgramming言語を使用しないで、簡便に同様の処理を行う方法として、Igorの他にも、National Instruments社のLaboViewがあることを付記しておく。こちらは、準備された絵文字 (ICON) 化された道具を、線で結ぶだけで行える利点がある。詳細は、別な機会に譲りたい。

注と文献

- [1] 筆者が用いている変換Programは、大学開放研に置いてあるので、ご希望の方は自由に複写できる。SEIKO E&GとCamberraの両方の出力形式を扱えるFPRTRAN Programで、全ての権利を放棄している。あるいは、直接電子郵便で請求していただければお送りできる。
- [2] Igorにはこれまでの利用例をまとめた30種以上の「Igor TechNote」が無償で添付されている。この内の適当なものを加工し利用することが有益である。
- [3] 後で述べる、変数を保管するための配列も、配列の要素の数をデータ点と見立てた「Wave」という概念で取り扱う。
- [4] 当然2つの波形のデータ点の数は等しい方が処理上の都合がよい。
- [5] 特に、変数の表示の書式を指定する方法は、C言語と同じである。
- [6] 例えば、P.R.Bevingtonの>Data Reduction and Error Analysis for the Physical Science" McGraw-Hill (1969)。

東京大学アイソトープ総合センター 尾崎卓郎

私が初めて放射化分析というものを使って実験をするようになったのは約2年前のことです。当時、私は修士1年になりたてで、研究テーマを何にするかに頭を悩ませていました。ちょうどそのころ、お世話になっていた理化学研究所の核化学研究室でマルチトレーサー法なるものを用いた動物実験が行われるようになり、私は生体微量元素という学問領域に興味を持ち始めていました。そして、いつからか植物、特にシダ植物中の微量元素の定量を放射化分析法を用いて行うようになりました。

私にとって放射化分析のどこが一番魅力的であるかというところ、やはり非破壊分析であるというところ、化学科の学生でありながら化学操作が苦手であるというのも困った話ではありますが、化学操作の難しさを体験したことがあるからこそ操作中のコンタミがとて恐ろしく、また避け難いという気がしてならないのです。実験に使う水はどのくらいきれいなのか、試薬は大丈夫かなど自分の技術以外にも不安なところはたくさんあります。となるとやはり極微量の元素の定量は非破壊で行いたいという気がしてなりません。そして、試料が少なくてもいいということもとてもうれしい点です。植物試料を植物園などから譲り受けるときにはなるべく少量だけにしたいと思うからです。

ここで、なぜ私が放射化分析で微量元素の分析を行っているのかという事をよくよく考えてみると、単に放射化学の研究室の学生であって、放射化分析が利用しやすかったという理由からでした。しかし、これは重要なことであると思います。放射化分析が利用しやすい環境にいれば放射化分析を行うことになんの抵抗も持たなくてすむのです。

放射化学といえば近ごろでは寂しい話ばかりを耳にします。いろいろな大学から研究室がなくなってしまうたり、実際私の所属していた研究室も今では別の講座に変わってしまいました。同世

代の学生があまりいないというのもとても寂しく感じます。

放射化学というものの必要性が本当に少なくなってしまったのかどうかは私にはよくわかりません。放射性物質は危ないのではないかと、取り扱いにおいて面倒な点が多いこととか、確かに他の分析法に劣るところがあるとは思いますが、しかし、自分の関わっている分野だから特にそう思うのではありますが、放射化学という分野にはさらに発展を続けてほしいと心から思います。

「放射化分析」の創刊号、そして第2号と読ませていただきました。そこには、今まで熱中性子放射化分析以外はほとんど知らなかった私にとっては興味深いいろいろな分析法について書かれていました。そして、これからのこの分野の発展のための提案もたくさんされていました。いろいろな放射化学者が、真剣にこの領域の将来について考えていらっしゃることもわかり、とても心強く感じました。もちろん、新しい展開や、応用法を確立していくのは大事だと思います。しかし、何よりもまず放射化分析の存在自体を全く知らないという人がとても多く、知る機会も減ってしまっているということがこの分野の低迷に大きく影響しているのではないかと思います。そのような人たちの中にも、この分析法を知っていたら使ってみたいと思っていた人もいるでしょう。違う分野の人ならでの発想で放射化学がさらに発展することもあるかもしれません。「放射化分析」の第2号のこのコラムに書かれていた方も述べられていましたが、これから私たちはどんどん他の分野に出て、いろいろな人たちに放射化学の利点を知ってもらおう努力をしていかななくてはならないと感じます。私自身も自分の研究についての発表の場を植物や微量元素などについての学会に広げるなどの努力をしていきたいと思っています。

Q 放射化分析について勉強したいのですが、何か適当な参考書を教えて下さい。図書室にあるものであれば絶版になっていてもかまいません。

A 現在までに我が国で書かれた放射化分析に関する解説書は、次の4点です。

- ① 日下 譲著 「放射化分析」 (共立全書199) 共立出版、東京、1973年4月
- ② 橋本芳一編 「放射化分析の実際」 講談社、東京、1978年11月
- ③ 日本アイソトープ協会編「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、東京、1979年3月
- ④ 橋本芳一、大歳恒彦著 「放射化分析法・PIXE分析法」 (日本分析化学会編集、機器分析実技シリーズ) 共立出版、東京、1986年2月

これら4点のうち、特殊な放射化分析(即発ガンマ線分析法、パルス状中性子束法、光量子放射化分析、荷電粒子放射化分析)にまで言及しているのは、①のみで、②、③および④は原子炉を用いた機器中性子放射化分析に限定して述べられています。

いずれも放射化分析の原理、実用、応用について述べられていますが、特に②は実用編、応用例、基礎編の順序で構成されているばかりでなく、イラストもふんだんに描かれているので、これから中性子放射化分析を始めてみようと考えられておられる方には、読みやすいのでお奨めします。④は②の改訂版と考えてよく、②と同様に分かりやすく実用的です。なお③については、日本アイソトープ協会に申し込むと、協会員は会員割引価格で購入できます。

特に応用例について見ることにしますと、①では、(1)宇宙・地球科学物質として、月面試料、いん石・岩石試料について、非破壊分析、化学分離法、個別分離例 (2)医学・生物学物質として、人体組織(血液、尿、内臓)およびきしゃべつ等について、非破壊分析、化学分離法およびアクチバブルレーザー (3)環境汚染物質として、大気エアロゾル、河川水の非破壊分析およびVの化学分離例 (4)犯罪捜査に対する応用として、微量有害元素(例:毛髪中のAs)の分析、微量飛散物(鉄砲発射時のSb, Ba)の分析、元素含有比による照合(毛髪および自動車塗料、プラスチック、医薬品などの工業製品) (5)工業的応用として、14MeV中性子によるO分析、放射性同位元素中性子源および14MeV中性子源による流系連続分析(鉱石スラリー中のF, Si, Fe, Ba、種々の原料中のO, Al, Si, Cu、原油中のO, Na, S、食料品中のN、ガソリン中のPb)、高純度物質の分析(Si中のハロゲン、Al中のCd、Pb中のTl)などについて述べられています。

②では、(1)生物標準試料、均一大気粉塵試料の放射化分析結果が他の方法による結果との比較 (2)環境試料として、大気粉塵、自然水および雨水、下水処理施設汚泥、岩石、鉱石の分析結果 (3)燃料として、原油、石炭の分析結果 (4)生体試料として、玄米、魚の分析結果が示されています。

③では、(1)大気浮遊塵について、採取、比較標準試料、分析例など (2)水試料につ

いて、採取、前処理、比較標準試料、分析例など (3) 土壌試料について、採取、前処理、標準試料など (4) 動・植物試料について、米および魚の分析方法、環境汚染調査への応用例として V による汚染源の解明、柿葉の異常斑点落葉障害の原因解明、鉛精錬工場からの金属汚染 (5) 毛髪試料について、採取、前処理、標準試料などについて述べられています。

④では、(1) 標準試料として生物（果樹の葉、トマトの葉、りょうぶの葉、牛の肝臓）、大気、燃料（石炭、フライアッシュ）、岩石、底質（池底質、川底質）などの分析結果、(2) 実試料として、大気エアロゾル、河川水中の浮遊粒子、雨水と降下煤塵、石油、毛髪などの分析結果が示されています。

また、上記以外にも次のような便覧やハンドブックにも放射化分析が取り上げられているので、入門書として役に立つものと思います。

- ・分析化学ハンドブック編集委員会「分析化学ハンドブック」 pp. 243-249 (1992)
- ・日本アイソトープ協会編「アイソトープ便覧改訂3版」 pp. 127-136 (1994)
- ・石樽頭吉他編「放射線応用技術ハンドブック」 pp. 107-119 朝倉諸点 (1992)

(回答者 武内孝之)

洋書の方を紹介します。

私にとって中性子放射化分析の古典的な本は

"Neutron Activation Analysis", D. De Soete, R. Gijbels, J. Hoste Wiley-Interscience

です。これは、*"Chemical Analysis - A series of monographs on analytical chemistry and its applications"* (P. J. Elving, I. M. Kolthoff, eds.) の第34巻にあたるものです。たしか、1970年ごろのものだと思いますが、学生の頃何度も読み返したものです。原理、照射、測定、分離、解析、標準物質、誤差など全てが詳しく書かれています。もう一冊は *"Advances in Activation Analysis"* (J. M. A. Lenihan, S. J. Thomson, V. P. Guinn, eds.) Academic Press (1972)

です。これには光量子放射化、荷電粒子放射化のことも書かれていますので私にとって役に立ちました。基礎から応用分野に至る当時のトピック的なことが網羅されていると思います。その後、中性子放射化では

"Nondestructive Activation Analysis" (Ed. S. Amiel) Elsevier Scientific Publishing Co. (1981) (これは Amiel の遺稿になったものですが、彼のアイデアも紹介されています)

"Neutron Activation Analysis for Clinical Trace Element Research" K. Heydorn CRC Press (1984) (これは研究をまとめたりするとき参考になるのでは)

"Activation Analysis" (Ed. Z. B. Alfassi) CRC Press (1990)

(Vol. I が原理、Vol. II が応用を中心に書かれている)

"CRC Handbook of Radioanalytical Chemistry" (Ed. J. Tolgyessy, E. Bujdosó)

CRC Press(1991) (Vol. II が放射化分析について書かれています。)

がでています。

光量子放射化では

"Photon Activation Analysis" C. Segebade, H.-P. Weise, G. J. Lutz, Walter de Gruyter (1988)

荷電粒子放射化では

"Activation Analysis with Charged Particles" C. Vandecasteele Ellis Horwood, John Wiley & sons(1988)

が役に立ちます。

14MeV中性子放射化では

"Activation Analysis with Neutron Generators" S. S. Nargolwalla, E. P. Przybylowicz, John Wiley & Sons (1984)

があります。これは "Chemical Analysis" シリーズの39巻にあたるものです。

放射化学全般まで網羅した教科書としてまとめられたものは

"Radiochemistry and Nuclear Methods of Analysis" W. D. Ehmann, D. E. Vance, John Wiley & Sons (1991)

これは "Chemical Analysis" シリーズの 116巻 にあたるものです。

最近の放射分析まで入れた教科書的なものは

"Chemical Analysis by Nuclear Methods" (Ed. Z. B. Alfassi) John Wiley & Sons(1994)

です。

(回答者 榎本和義)



Q 放射化物の許認可に関する使用記録簿、貯蔵記録簿と申請書との対応のあり方について

(小林勝利 原研アイソトープ製造部)

A この質問の内容が分からない方も居られると思いますので、まず問題の背景について書いておきます。

放射性同位元素等の取り扱い(使用・販売・廃棄・その他の取り扱い)や放射線発生装置の使用は、「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」(障害防止法と略称されている)によって規制されています。そしてこの法律を頂点として、「同施行令」、「同施行規則」、「放射線を放出する同位元素の数量等を定める件」などの一連の政令・省令・告示の体系によって放射性同位元素の取り扱いに関する規準が細かく定められてい

ます。大学、研究機関などで放射性同位元素等を取り扱う場合には、これらの定め範囲内でそれぞれの組織に応じた内部規定を「放射線障害予防規定」として定めることが義務づけられています。現実には管理責任者や放射線取扱主任者の裁量が入り込む余地がないと云っても良いほど細かい指導が行われています。その結果多くの制約が課せられるようになり、現場の研究者や管理者に多大のストレスを感じさせるだけでなく、研究そのものも行えないことも少なくありません。昔は放射性同位元素の使用や貯蔵の許可は群別に行われ、同じ群の中では例えば第2群については“Co-60 換算”のような数値によっておおまかに行われていたのに比べ、今は一つ一つの放射性同位元素ごとに量を定めて細かく許可されるようになってきました。使用が予定される放射性同位元素の種類を許可の中に出来るだけ確保しておこうとすると総量が遮蔽能力や貯蔵能力を計算上大幅に上回ってしまうので、取り扱う放射性同位元素の種類と量を切り捨て又は縮小することを余儀なくされます。

このような中で、原子炉や加速器で照射して放射化した試料の取り扱いが輪をかけて難しくなります。例えば試料を原子炉で照射すると、この試料が原子炉の管理区域内に止まっている限り「核燃料物質で汚染された物」（この言葉も相当おかしいのですが）として扱われ、法的には「放射性同位元素」ではありません。この照射試料を原子炉の外の実験室等に持ち出すところで、法的な問題が発生します。持ち出し先の実験室では先に述べたように「放射性同位元素」を核種ごとに管理する厳しい規制がされているわけですが、照射試料をこの管理体系にあてはめなくてはなりません。単一の放射性同位元素を生産することを目的としているような場合には、これはそれほど難しいことではありません。生成した放射能が許可の範囲内かどうかを判断し、Yes ならば搬入して後は通常の「放射性同位元素」として管理していけば良いわけです。しかしこの場合でも、試料の量、中性子やビームのフルエンスが予測と異なったりして、使用や貯蔵の許可を上回る量の放射性同位元素が出来てしまうことが起こり得ます。そのときは、適当な放射能に減衰するまで照射施設内に試料を保管しておくこととなりますが、群ごとの総量で規制するようになっているとこのようなケースも柔軟に取り扱える筈なのです。

ところで放射化分析では、試料マトリクスを構成する元素の放射化は予測できても、不純物として含まれる元素の種類や量が予め分かっていないのが普通ですから、予測できない放射化があります。そこで放射線取扱主任者は出来るだけ多くの種類放射性同位元素の使用許可を確保しようとするわけですが、全ての核種が常時存在し、かつ毎日8時間・毎週5日・通年、作業者が立ち入るという前提（このような前提がそもそも問題ですが）で計算するように指導されますから、空間線量率などの規制値をクリア出来なくなります。そこで核種の種類と量をほとんど桁落として減らし、規制値内にはまるように調整して、最終的に許可されるということになります。しかしもともと無理があるので、照射試料の実体が許可内容に適合しないケースが現れかねません。

質問は、このような事態の中で使用記録簿、貯蔵記録簿を申請書に記載し許可された内容とどのように整合性をもって管理して行くべきかという悩みを吐露しているわけです。現実に対応していない規制は改めてもらうのが根本的な解決ですが、これは息の長い話になりま

す。当面、試料の主たる放射化のみを放射線管理の対象にすることにしてしまわないと管理しきれないでしょう。微量不純物元素の放射化はたとえそれが分析の目的核種であっても、放射線管理上はマイナーなものとして外してしまうのです。ただしこれもケース・バイ・ケースで、例えば鉍物などを長時間中性子放射化すると⁶⁰Coのような長寿命の放射性同位元素が生じて放射線管理上無視できなくなる場合もあります。一方生体試料では²⁴Naが中性子照射の主たる放射化の一つですが、半減期が15時間ですから、数日間で事実上放射能が無視できるようになるという事実を使用記録簿、貯蔵記録簿にこまめに反映させる管理ソフトウェアを開発することも必要となります。

この問題については科学技術庁の指導も明確ではありません。例えば、1週間の被曝線量を減衰を考慮せずに計算するように指導されるのが通常ですが、²⁴Naや⁶⁴Cuなど半減期の短いものについてこれに従うと大幅に過大評価となります。加速器照射で生成する多くの短半減期核種についても同じ問題があります。そのような問題を明らかにして説明すると、減衰を考慮して評価してよいことになったという事例があります。現在、一定のコンセンサスはないものの、実状に即した記録がされるためにも、具体的な取り扱いは放射線取扱主任者の裁量に委ねられていると理解して良いでしょう。そこで思い切って、生成放射能が多い核種、長半減期の核種など放射線管理上問題になり得る核種の最上位のもの（或いは上位2～3）を「主たる放射化」とし、その上で記録簿は正確に管理するのが一つの方法です。管理上の日時も、照射終了後などでなく、実際に使用する日時とすることにします。このような考え方が全ての施設で通用するかどうかわかりません。ある施設では、放射化分析の主たる目的核種を帳簿上の核種として記載しているそうです。研究内容と放射線管理が直結しているという意味では、こちらの方が分かりやすいと云えます。

今後一定のコンセンサスを形成するためにも、上記のようにある程度妥当と考えられかつ煩雑でない方法で実施してみて、派生する問題を出し合っていくことが必要でしょう。放射化分析研究会はそのような場としても機能することが出来ると思います。そして、共通の問題点が明らかになれば、法改正への具体的な要求にもつながるような意見の集約が可能になると思います。起こり得る最悪の事態を全て予測して安全側に規制するというのが日本のお役人の考え方ですから、“緩く見て下さい”というような要求は容れられる可能性は少ないのですが、半減期補正のような科学的に妥当な取り扱いはどんどん主張していくべきでしょう。

ここまでは法規制の厳しさを指摘してきましたが、他方では“実験者は必要以上の照射をしているのではないか”という指摘が放射線取扱主任者からされることもあります。素性の分からない試料を取り扱うのが放射化分析ですから、照射が時に不十分、時に必要以上だったということの繰り返しが行われているのが実態だと思われます。効率の良い放射化分析を行うためにどの程度の照射を行うことが適切かは、経験を積んだ分析者にとってはノウハウの一つになっていますが、新しい試料の場合には当てずっぽうに近い照射計画になることが多いものです。分析の効率を高めるだけでなく、放射線管理に余分な負担を与えないためにも、放射化分析の手法を高度化していく必要があります。この課題は今のQ&Aの範囲を越えているのでここで論じませんが、重要なことなので、別のところで改めて取り扱ってほしいものです。

(回答者 伊藤泰男)

施設だより

東北大学 原子核理学研究施設

平成8年度は11月から放射化学関連分野に限り共同利用を再開することになりました。3月までに20シフトを予定しています。年度中途でもあり、殆どの方が来年度からの予備実験的な検討に利用されるのではと思っています。照射エネルギーは60MeVまでで、アイソトープ製造、放射化分析、純 γ 線照射実験などが可能です。

「電子線科学研究センター」への改組と全国共同利用化は来年度の文部省予算案には組み込まれませんでした。平成10年度実現に向けて要求継続中です。前回のアンケートでは、従来の利用者以外に27通の返事をいただき、17名の方からは施設の利用希望もありました。関心をお寄せいただき、心強く思っております。全国共同利用化に向けて引き続きご支援いただきますようお願いいたします。個々の皆様にはまだお返事を差し上げておりませんが、まずはこの場を借りてお礼申し上げます。

(東北大学 榎本和義)

立教大学 原子炉 立教炉の利用存続を考える有志の集まり (1996年9月2日)

立教大学の研究用原子炉は長い期間運転され主として放射化分析では使いやすい研究炉として重宝されていますが、小型とはいえ原子炉を管理し、高額な維持費を負担している立教大学の苦労には並々ならぬものがあります。この度、立教大学原子力研究所の教官6名の内半数が来春に定年退職されるのを潮時に、共同利用が停止される可能性があるというニュースが国内を駆けめぐりました。これまでただありがたく使わせてもらってきたユーザーにとっては晴天の霹靂のように思われたかもしれない「共同利用停止」案は、立教大学にとっては長い間の苦渋を打開する血路なのかもしれません。一方原子力研究総合センターには多くのユーザーから共同利用が停止されては困る旨の働きかけもあったため、ユーザーとしても状況を正しく把握した上で要望等を整理する必要があるということで、1996年9月2日に原子力研究総合センターで有志が集まりました。メンバーは「立教大学原子炉利用共同研究」に参加されている大学の研究者を中心に23名ですが、民間や社団法人、また北海道や京都など遠方からの参加もありました。また立教大学原子力研究所にお願いして説明のために高見保清教授においでいただきました。会中は中原弘道先生(東京都立大学理学部教授)の司会で進行しました。以下その記録です。

先ず問題を認識するために、状況について原子力研究総合センターおよび高見教授から概略以下のよう
な説明が行われた。

・原子炉の保持は一私大にとって経済的に重圧であり、管理上も不安要素が多い。

維持費は年間2億円強と聞いている。因みに原子力研究総合センターが文部省から受けている「立教大学原子炉共同利用」経費(照射利用料金)はほぼ30,000千円である。民間等の原子炉利用の料金がほぼその2倍程度と聞いているが、これらを含わせても維持費をカバーすることは出来ない。

また、まさかの時の臨時の出費や労力を考えて、可能な限り早期に解決したいという欲求も立教大学にはあると推定されるが、それは理解できないものではない。

・来年3月に教官の半数が停年退職し、残る3人の教官の中には原子炉主任技術者が居なくなることが原子炉の運転と共同利用が困難になる大きな理由として上げられている。

・去る7月22日に立教大学総長室から原子力研究総合センター長に口頭で申し入れがあり、来年3月をもって共同利用を停止して廃炉に備えたい旨申し入

施設だより

東北大学 原子核理学研究施設

平成8年度は11月から放射化学関連分野に限り共同利用を再開することになりました。3月までに20シフトを予定しています。年度中途でもあり、殆どの方が来年度からの予備実験的な検討に利用されるのではと思っています。照射エネルギーは60MeVまでで、アイソトープ製造、放射化分析、純 γ 線照射実験などが可能です。

「電子線科学研究センター」への改組と全国共同利用化は来年度の文部省予算案には組み込まれませんでした。平成10年度実現に向けて要求継続中です。前回のアンケートでは、従来の利用者以外に27通の返事をいただき、17名の方からは施設の利用希望もありました。関心をお寄せいただき、心強く思っております。全国共同利用化に向けて引き続きご支援いただきますようお願いいたします。個々の皆様にはまだお返事を差し上げておりませんが、まずはこの場を借りてお礼申し上げます。

(東北大学 榎本和義)

立教大学 原子炉 立教炉の利用存続を考える有志の集まり (1996年9月2日)

立教大学の研究用原子炉は長い期間運転され主として放射化分析では使いやすい研究炉として重宝されていますが、小型とはいえ原子炉を管理し、高額な維持費を負担している立教大学の苦労には並々ならぬものがあります。この度、立教大学原子力研究所の教官6名の内半数が来春に定年退職されるのを潮時に、共同利用が停止される可能性があるというニュースが国内を駆けめぐりました。これまでただありがたく使わせてもらってきたユーザーにとっては晴天の霹靂のように思われたかもしれない「共同利用停止」案は、立教大学にとっては長い間の苦渋を打開する血路なのかもしれません。一方原子力研究総合センターには多くのユーザーから共同利用が停止されては困る旨の働きかけもあったため、ユーザーとしても状況を正しく把握した上で要望等を整理する必要があるということで、1996年9月2日に原子力研究総合センターで有志が集まりました。メンバーは「立教大学原子炉利用共同研究」に参加されている大学の研究者を中心に23名ですが、民間や社団法人、また北海道や京都など遠方からの参加もありました。また立教大学原子力研究所にお願いして説明のために高見保清教授においでいただきました。会中は中原弘道先生(東京都立大学理学部教授)の司会で進行しました。以下その記録です。

先ず問題を認識するために、状況について原子力研究総合センターおよび高見教授から概略以下のよう
な説明が行われた。

・原子炉の保持は一私大にとって経済的に重圧であり、管理上も不安要素が多い。

維持費は年間2億円強と聞いている。因みに原子力研究総合センターが文部省から受けている「立教大学原子炉共同利用」経費(照射利用料金)はほぼ30,000千円である。民間等の原子炉利用の料金がほぼその2倍程度と聞いているが、これらを含わせても維持費をカバーすることは出来ない。

また、まさかの時の臨時の出費や労力を考えて、可能な限り早期に解決したいという欲求も立教大学にはあると推定されるが、それは理解できないものではない。

・来年3月に教官の半数が停年退職し、残る3人の教官の中には原子炉主任技術者が居なくなることが原子炉の運転と共同利用が困難になる大きな理由として上げられている。

・去る7月22日に立教大学総長室から原子力研究総合センター長に口頭で申し入れがあり、来年3月をもって共同利用を停止して廃炉に備えたい旨申し入

れがあった。これに対して原子力研究総合センターは以下のように回答した。

- 1) 現在多くのユーザーが研究を継続中であり、予告期間を設けずに利用を停止することは影響が大きい。来年3月に共同利用を停止することについては再考してほしい。
- 2) 共同利用を停止することが廃炉の条件付けになるという形で連動していない。むしろ先ず廃炉のスケジュールを明確にし、それに応じて共同利用の停止の計画をかみ合わせることが出来るし、そのような論理ならば多くの人も納得させられる。従って廃炉のスケジュールを明示してほしい。

ついで以下の評価が付け加えられた。

- ・原子炉は廃炉完了までは（核燃料が敷地内に存在して臨界に達する可能性が残っている限りは）原子炉主任技術者を置いて管理を継続することが義務づけられており、どのみち立教大学は来年度早々から新原子炉主任技術者を配置しなければならない。
- ・このような状態で最低限の管理を行っていくとしても、炉プールの水質管理・燃料棒の腐食防止のために2週間に1回程度の運転は継続する必要があると聞いている。
- ・いずれにせよ管理しなければならないのならば有効利用（共同利用）するという積極的な方策が逆に浮かびあがる。利用の方策を探らずに単に管理していくだけで終わらせるのはもったいない。
- ・したがって、共同利用停止という立教大学当局の方針は気持ちとしては理解できるが、原子炉のおかれた学術的、社会的な位置からみて賢明な策とは思えない。
- ・一方では、これまで立教大学原子炉の問題が顕在化しておりながら日本の原子力ソサエティーは十分支援してこれなかったことも反省される。ユーザーは立教大学に対してのみ要求を出すだけでは解決にならないことを知るべきである。この問題では、ユーザーは立教大学当局と共にたたかうという視点が必要であろう。

これについて、以下の質疑応答があった。

立教大学原子力研究所の教官の人員減は補うことはないのか

定年退職の後を埋める方針はないようである。

教官が3名だけになっても共同利用の面倒をみることも出来るのか

立教大学当局が最も憂慮している点の一つだと思われる。しかし技術職員の員数は従来どおりであり、支援の幅と深さは狭まるかもしれないが、共同利用が全く不可能という状況ではない。

例えば退職される教官が嘱託として残るという便法はないのか

可能性としてありうるが、具体的にそのような形で検討が進められているわけではない。

廃炉のシナリオはどのようなものか

- ・燃料を処分するまでは敷地内に安全に管理しておくなくてはならない。その間必要になる燃料棒一時保管容器の製作に要する期間と経費は馬鹿にならない。（武蔵工大炉の例では5年間かけて2億円）
- ・アメリカで濃縮した使用済み燃料はアメリカが回収するという方針が最近打ち出された。これは研究炉の廃炉の可能性への光明のようなものであるが、その開始時期は明瞭でない。また、それを実施するには使用済燃料運搬容器の認可と作製、積み出し港の確保などに時間と経費がかかる問題が残っている。
- ・廃炉は5年以上のタイムスケールで考えなければならないであろう。

燃料のストックと原子炉の寿命はどのくらいあるのか

・燃料はこれまでどおりの運転をあと10年近く行える程ある。

・建屋やプールを含めた原子炉全体の寿命は予測不可能な部分があるが、現在危惧されている症状はない。

廃炉に至るいくつかのシナリオに対して、経費の見積もり、得失の比較などを行なっているのか

そのようなレベルまで詰めているという情報は得ていない。

次に、立教炉の必要性についての討論が行なわれ

た。原子力研究総合センターが、この会合とは別に、平成8年度の立教大学原子炉共同利用の研究代表者に対して行ったアンケートの結果が紹介されたが、それによると、立教炉の特徴は以下の点に集約される。

- ・放射化分析、フィッシュトラックなどでは中性子束が大きすぎず小さすぎず適当である。原研炉は中性子束が高いことでメリットが出る場合もある（長寿命核種を用いた超微量放射化分析、極微量の試料など）が、平均的には立教炉程度の中性子束が最も多くの要求を満たしている。

- ・試料の照射や測定などの取り扱いが簡便に行なえる（いわゆる小回りのきく炉）ので、試料取り扱い上の制約が少なく、照射試料数も数多くこなせる。立教炉は中性子スペクトルが硬いので必ずしも理想的な照射場ではないにも関わらず、“小回りの良さ”のメリットでその失を補っている。

- ・東京近辺の研究者にとっては、地の利（近い）の要因も大きい。

- ・原研炉、京大炉は、使い勝手が低下し、かつ利用の制約が多い。

- ・立教炉の共同利用が停止された場合の代替は、原研炉、京大炉、（運転再開されたとして）武蔵工大炉に求めざるを得なくなるが、原研炉、京大炉の場合は全面的に代替できるものではない。

行われた討論の内容は概ね以上の点を追認するものであったが、熱中性子束が $10^{12}/\text{cm}^2 \cdot \text{sec}$ 程度の原子炉は“小回りがきく”こと以上に、原子炉のスケールとして使いやすい規模であることが本質的に重要な点であると強調され、そのような価値の高い原子炉を利用不能にすることは社会的な損失であると指摘された。

原研炉に代替を求める可能性については、熱中性子束が $10^{12}/\text{cm}^2 \cdot \text{sec}$ 程度の照射場を原研炉（JRR-4/JRR-3M）に作ることは技術的には可能であるが、大学炉で中性子利用の基礎開発を行い、大型の原研炉で実用レベルの利用を行う（言い換えると、大学炉を原研炉のフィーダー炉として捉える）という棲み分け論が障害になって現実的な対応を妨げている節があること、仮にそのようなものが実現されたと

して、次の問題は原研の利用制度の問題（手続き煩雑、マシンタイム、小回り性がないなど使いにくい）がある、との指摘があった。

中性子利用研究の長期展望の中で立教炉がどのような位置を占めるのか、という大局的な議論もあった。“neutron gap” と呼ばれる中性子供給源が低落する時期が近い将来到来するが、そのような事態にどのように対応すべきかは重要な問題である。例えば放射化分析は10年後程度までも微量元素分析の信頼性の高い方法としての位置を保持し続けるであろうので、ユーザーは長期展望に立って中性子源を確保することに注意深くなければならない。立教炉の利用存続問題は現在の緊急課題で、当面の損失を防衛するという類のものであるが、立教炉の利用に新しい価値を付加していく努力も必要である。そのような方向の可能性として、K0標準化法を用いた（真の）多元素同時分析法を確立させる課題がある。立教炉にこれを組み込むことは今では極めて容易である。

立教炉の将来のシナリオとしてどのようなものがあり得るかも討論された。

- ・先に挙げられたアンケートの中で、文部省がこの原子炉を引き取って例えば東京大学原子力研究総合センターで管理する、原研に移管替える、適当な法人で引き受けるなどの案が出されている。public acceptance の皆と認識して電事連に引き受けてもらうことも論理的にはあり得て、他の案に比べて現実性も高い。しかしこれらのシナリオでは実現までの時間が問題である。

- ・これまでも立教炉移管の話があったが、立ち消えになっている一つの理由として、

“バックフィット”（所有者が代わる時にはその時点での規準・規制に適合するように見直す）の方針が適用されて、膨大な作業と経費がかかると予想されることがあげられる。小型の研究炉に原子力発電所並みの規制を課することの社会的な弊害がここに顕になっている。

- ・「助成」という考え方もある。科学技術庁等から相応の予算を出してもらい（法人または寄付講

座?)、立教炉の運転経費、人件費を確保する。例えば public acceptance の立場から電事連等に寄付講座のスポンサーになってもらう。

・やむを得ず廃炉に至る場合でも、来年から共同利用停止というのは多くの意味で無理がある。

・日本が立教炉程度の研究炉を維持・管理できないという状況を生じさせるのは、日本が置かれた国際的な立場から見て、貧弱な印象を与えるのではないか。

最後にユーザーとして何をすべきかが討議された。立教炉問題はこれまで立教大学内部の問題として眺められてきた面がある。今はこれを社会的な関心事にまで高めて、諸方面の応援を求めることが重要で、そのためにはユーザーの声を強くしなければならぬことは共通の認識であった。そのためには、先ずは今回の会合の内容を整理して参加できなかったユーザーにアナウンスするとともに、立教大学内での動きを見守ることになった。その間、適切な時期に文部省、科学技術庁、原子力学会、原子力産業界、学術会議など諸方面に働きかけることが出来るように準備をしておくこととなった。

研究会案内

MARC-IV Fourth Int. Conf. on Methods and Applications of Radiochemistry

1. 開催日：1997年4月6日～4月11日
2. 開催地：Kailua-Kona, Hawaii
3. トピックス：
Activation analysis and applications
Ultra-low level radioanalytical methods
Nonnuclear methods for radionuclides determination
Advances in radiochemical separation techniques
Advances in nuclear instrumentation and software
Quality assurance and standards for radioanalytical chemistry
Environmental radioactivity
Radon measurement and environmental and biomedical studies
Characterization of nuclear wastes
Remote sensing and fields applications
4. アブストラクト締切り：1996年11月1日
5. 連絡先：Dr. Steve Carpenter
P. O. Box 4044, Gaithersburg, MD 20885-4044
6. インターネット <http://www.wsu.edu:8000/~rfilby/marc4.html>

会の終了に当たって、氏平祐輔先生（東大先端研教授、立教大学原子炉利用共同研究委員会委員長）から、これまで懸念されてきた立教炉の将来問題はここに至って現実のものになりつつあるが、利用者のために最善の道を探る方向で解決を努力していきたいとの挨拶があった。

以上

(文責 東大原総センター 伊藤泰男)

出席者リスト (敬称略)

井口 明 (放射線照射協会)
伊藤泰男、小林紘一 (東大原総センター)
氏平祐輔 (東大先端研)
梅澤弘一 (RI 協会)
海老原充、中原弘道 (東京都立大学理学部)
片山幸士 (京都大学農学部)
木村 幹 (青山学院大学)
佐藤兼章、立川圓造 (日本分析センター)
重松俊男 (NTT 基礎技術総合研究所)
荳司 準、関 李紀 (筑波大)
鈴木章悟 (武蔵工業大学)
雁沢好博 (北海道教育大学)
壇原 徹 (京都フィッシュントラック K. K.)
永井尚生 (日大文理学部)
中西友子 (東大農学部)
福岡孝昭 (学習院大学)
松尾基之 (東大教養)
薬袋佳孝 (東大理)
高見保清 (立教大学原子力研究所)

座?)、立教炉の運転経費、人件費を確保する。例えば public acceptance の立場から電事連等に寄付講座のスポンサーになってもらう。

・やむを得ず廃炉に至る場合でも、来年から共同利用停止というのは多くの意味で無理がある。

・日本が立教炉程度の研究炉を維持・管理できないという状況を生じさせるのは、日本が置かれた国際的な立場から見て、貧弱な印象を与えるのではないか。

最後にユーザーとして何をすべきかが討議された。立教炉問題はこれまで立教大学内部の問題として眺められてきた面がある。今はこれを社会的な関心事にまで高めて、諸方面の応援を求めることが重要で、そのためにはユーザーの声を強くしなければならぬことは共通の認識であった。そのためには、先ずは今回の会合の内容を整理して参加できなかったユーザーにアナウンスするとともに、立教大学内での動きを見守ることになった。その間、適切な時期に文部省、科学技術庁、原子力学会、原子力産業界、学術会議など諸方面に働きかけることが出来るように準備をしておくこととなった。

研究会案内

MARC-IV Fourth Int. Conf. on Methods and Applications of Radiochemistry

1. 開催日：1997年4月6日～4月11日
2. 開催地：Kailua-Kona, Hawaii
3. トピックス：
Activation analysis and applications
Ultra-low level radioanalytical methods
Nonnuclear methods for radionuclides determination
Advances in radiochemical separation techniques
Advances in nuclear instrumentation and software
Quality assurance and standards for radioanalytical chemistry
Environmental radioactivity
Radon measurement and environmental and biomedical studies
Characterization of nuclear wastes
Remote sensing and fields applications
4. アブストラクト締切り：1996年11月1日
5. 連絡先：Dr. Steve Carpenter
P. O. Box 4044, Gaithersburg, MD 20885-4044
6. インターネット <http://www.wsu.edu:8000/~rfileby/marc4.html>

会の終了に当たって、氏平祐輔先生（東大先端研教授、立教大学原子炉利用共同研究委員会委員長）から、これまで懸念されてきた立教炉の将来問題はここに至って現実のものになりつつあるが、利用者のために最善の道を探る方向で解決を努力していきたいとの挨拶があった。

以上

(文責 東大原総センター 伊藤泰男)

出席者リスト (敬称略)

井口 明 (放射線照射協会)
伊藤泰男、小林紘一 (東大原総センター)
氏平祐輔 (東大先端研)
梅澤弘一 (RI 協会)
海老原充、中原弘道 (東京都立大学理学部)
片山幸士 (京都大学農学部)
木村 幹 (青山学院大学)
佐藤兼章、立川圓造 (日本分析センター)
重松俊男 (NTT 基礎技術総合研究所)
荳司 準、関 李紀 (筑波大)
鈴木章悟 (武蔵工業大学)
雁沢好博 (北海道教育大学)
壇原 徹 (京都フィッシュントラック K. K.)
永井尚生 (日大文理学部)
中西友子 (東大農学部)
福岡孝昭 (学習院大学)
松尾基之 (東大教養)
薬袋佳孝 (東大理)
高見保清 (立教大学原子力研究所)

研究会報告

「放射化分析支援ネットワーク」検討会

報告者 柳本和義 (東北大学核理研)

共同利用施設における放射化分析支援のためのソフト、ハード面の充実が期待されており、施設側、利用者側双方にとって負担が少なく且つ利用しやすい体制を構築していく必要があるように思える。そこで、共同利用や放射化分析に関わっている方を中心に、各施設の現状や今後の検討課題を出し合い、放射化分析研究会や放射化学討論会での提案などの活動ができるきっかけとなればと考え、3月22日に”放射化分析支援”のための勉強会を東北大学原子核理学研究施設で開催した。

武蔵工大原研 鈴木章悟氏、原研 笹島文雄氏、京大原子炉実験所 高田實弥氏、金研材料試験炉利用施設 三頭聰明氏、NTT境界研 重松俊男氏から施設の現状や今後の計画を紹介していただいた。また、核データベース等の整備の現状について金沢大理 浜嶋靖典氏から話を伺った後、討論を行った。

これまで各施設相互の研究協力体制がこれまでほとんどなかったことから、そのきっかけとなればということが集まっていたわけであるが、討論では 1) 何が必要とされているか、2) 何ができるか、3) 何からはじめられるか、といった話題のなかで、たとえば、放射化分析用測定システム、各種データフォーマットの規格化、解析ソフトの比較検討、データベース、ネットワーク作りなどについて日頃より考えていることを出し合った。また、各施設の特徴を活かしてお互いに利用し合うということの必要性も提案された。「ネットワーク」はハードウェアとしてのそれというよりも、「研究協力体制」としてより広く考えていけたらと考えている次第である。欧州の施設間の交流、協力は妥となって益々盛んであるが、狭い国であるにもかかわらず日本国内の相互協力は少々寂しい感がある。是非、多くの方からご意見を寄せていただきたいと願っている。

第57回分析化学討論会

報告者 鈴木章悟 (武蔵工業大学原子力研究所)

1996年5月25日～26日まで第57回分析化学討論会が愛媛大学(松山市)で開催された。放射化分析関係の発表は、講演が5件あった。分析対象や手法で区分されているため、5件の発表が4つのセッションに分かれて発表されていた。

半減期100秒以下の短寿命核種を利用する中性子放射化分析の基礎検討(原研東海・米沢他)は、主題講演新しい分析法の開発のセッションで発表され、秒オーダーの核種により高感度、迅速分析を行おうとするものである。機器中性子放射化分析法による河川水標準物質中の微量元素の定量(武蔵工大・鈴木他)は、日本分析化学会が作製した「河川水」標準物質の共同分析の一つとして、約30元素を定量したものである。フッ化物光ファイバ用高純度 BaHf_3 の精製(NTT光エレクトロニクス研・小林)は、新素材を精製し、その不純物の Fe などを定量している。中性子放射化分析、原子吸光分析及び全反射蛍光X線分析による濃縮同位体強制汚染シリコンウェーハ表面の極微量ニッケルのクロスチェック(NTT境界領域研・加藤他)は、中性子照射後、ウェーハ表面の Ni をエッチングにより回収し、定量している。ホウ素が共存するSi中の極微量窒素の不足当量沈殿

研究会報告

「放射化分析支援ネットワーク」検討会

報告者 柳本和義 (東北大学核理研)

共同利用施設における放射化分析支援のためのソフト、ハード面の充実が期待されており、施設側、利用者側双方にとって負担が少なく且つ利用しやすい体制を構築していく必要があるように思える。そこで、共同利用や放射化分析に関わっている方を中心に、各施設の現状や今後の検討課題を出し合い、放射化分析研究会や放射化学討論会での提案などの活動ができるきっかけとなればと考え、3月22日に”放射化分析支援”のための勉強会を東北大学原子核理学研究施設で開催した。

武蔵工大原研 鈴木章悟氏、原研 笹島文雄氏、京大原子炉実験所 高田實弥氏、金研材料試験炉利用施設 三頭聰明氏、NTT境界研 重松俊男氏から施設の現状や今後の計画を紹介していただいた。また、核データベース等の整備の現状について金沢大理 浜嶋靖典氏から話を伺った後、討論を行った。

これまで各施設相互の研究協力体制がこれまでほとんどなかったことから、そのきっかけとなればということで集まっていたわけであるが、討論では 1) 何が必要とされているか、2) 何ができるか、3) 何からはじめられるか、といった話題のなかで、たとえば、放射化分析用測定システム、各種データフォーマットの規格化、解析ソフトの比較検討、データベース、ネットワーク作りなどについて日頃より考えていることを出し合った。また、各施設の特徴を活かしてお互いに利用し合うということの必要性も提案された。「ネットワーク」はハードウェアとしてのそれというよりも、「研究協力体制」としてより広く考えていけたらと考えている次第である。欧州の施設間の交流、協力は妥となって益々盛んであるが、狭い国であるにもかかわらず日本国内の相互協力は少々寂しい感がある。是非、多くの方からご意見を寄せていただきたいと願っている。

第57回分析化学討論会

報告者 鈴木章悟 (武蔵工業大学原子力研究所)

1996年5月25日～26日まで第57回分析化学討論会が愛媛大学(松山市)で開催された。放射化分析関係の発表は、講演が5件あった。分析対象や手法で区分されているため、5件の発表が4つのセッションに分かれて発表されていた。

半減期100秒以下の短寿命核種を利用する中性子放射化分析の基礎検討(原研東海・米沢他)は、主題講演新しい分析法の開発のセッションで発表され、秒オーダーの核種により高感度、迅速分析を行おうとするものである。機器中性子放射化分析法による河川水標準物質中の微量元素の定量(武蔵工大・鈴木他)は、日本分析化学会が作製した「河川水」標準物質の共同分析の一つとして、約30元素を定量したものである。フッ化物光ファイバ用高純度 BaHf_3 の精製(NTT光エレクトロニクス研・小林)は、新素材を精製し、その不純物の Fe などを定量している。中性子放射化分析、原子吸光分析及び全反射蛍光X線分析による濃縮同位体強制汚染シリコンウェーハ表面の極微量ニッケルのクロスチェック(NTT境界領域研・加藤他)は、中性子照射後、ウェーハ表面の Ni をエッチングにより回収し、定量している。ホウ素が共存するSi中の極微量窒素の不足当量沈殿

分離/ α 放射化分析(NTT境界領域研・鹿野)は、 $^{15}\text{N}(\alpha, n)^{18}\text{F}$ による ^{18}F を不足当量分離を併用して、高感度分析を行おうとするものである。

第5回 アジア地域研究炉シンポジウム (ASRR-V)

報告者 戸村健児 (立教大学原子力研究所)

1996年5月29日から31日にかけて韓国のテジョンで標記シンポジウムが開催されました。RI製造・利用のセッションで放射化分析関連の発表がありました。極東地域における放射化分析の実態を知る上でも参考になると思ひ、タイトルだけでも記しておきました。講演番号に下線を施したものが放射化分析に関係あります。Proceedingsを持っていますので、興味のある方は私あてお申し出下さい。コピーして差し上げます。

Research Reactor Management -6 (Session A6)

- A6-1 Investigation of Air Borne Particulate Matter in the Asian Region, S. Harasawa, Tian Weizhi, Ni Bangfa, Harjoto Djojsubroto, Rukihati, A. Kasai (Rikkyo Univ., Japan)
- A6-2 System Performance Test in HANARO, Young-Cheol Park, Jong-Sup Wu (KAERI, Korea)
- A6-3 Program for Improved Facility Management from Concept through Implementation, Mark C. Davis, Douglas F. Ports (Brookhaven National Lab., U.S.A)
- A6-4 Status and Plan of Operation and Utilization of the Dalat Nuclear Research Reactor, Tran Ha Anh, Nguyen Nhi Dien, Ngo Phu Khang, Pham Van Lam, Hhynh Dong Phuong, Ha Va Thong (Vilen Nghien Cuu Hat Nhan, Vietnam)
- A6-5 Documents Control of HANARO Project, Kook-Nam Part, Man Soon Cho, Moon Lee (KAERI, Korea)

RI Production and Applications (Session C1)

- C1-1 Clinical Effects of Intra-articular Dysprosium-165 IMA in Korean Rheumatoid Knee Arthritis, Sang-Cheol Bae, S.Y. Kim, S.J. Kim S.Y. Lee, K.B. Park, J.R Kim (Hanyang Univ. Hospital, Korea)
- C1-2 Radiogauges in Cement Industry, A.N. Bilge, H.Oenal (Istanbul Technical Univ., Turkey)
- C1-3 Design and Construction of Cleanroom Facility for Production of Radiopharmaceuticals, Byung-Chul Shin, K.B. Park, J.R Kim, H.S. Han, U.J. Park, S.B. Hong (KAERI, Korea)
- C1-4 Preparation of High Specific Activity of ^{153}Sm for Palliation Pain Therapeutic Agent Based on a Small or Medium-size Research Reactor, Xiao Hai Jin, Jin Du, Daming Chen, H. Sh. Bai, F. Wang, Y.M. Liu (CIAE, China)
- C1-5 Biodistribution of ^{131}I Labeled 3-IODO-O-Methyl-L- α -Methyltyrosine (OMIMT) in Tumor Bearing Mice, C.W. Choi, S.D. Yang, K.S. Woo, W.S. Chung, S.W. Hong, S.M. Lim (Korea Cancer Center Hospital, Korea)

RI Production and Applications (Session C2)

- C2-1 Simulation of Prompt Gamma-ray Activation Analysis for the Determination of Sodium Concentration in Concretes, Wuon-Shik Kim, Kil-Oung Choi, Jong-Youl Kim, Hyeon-Soo Kim, Tae-Soon Park (KRISS, Korea)
- C2-2 Research Works and Production of Radioisotopes at the IOMwat VVR-SM Reactor of the Institute of Nuclear Physics in Uzbekistan, Bekhzad S. Yuldashev (Inst. of Nuclear

分離/ α 放射化分析(NTT境界領域研・鹿野)は、 $^{15}\text{N}(\alpha, n)^{18}\text{F}$ による ^{18}F を不足当量分離を併用して、高感度分析を行おうとするものである。

第5回 アジア地域研究炉シンポジウム (ASRR-V)

報告者 戸村健児 (立教大学原子力研究所)

1996年5月29日から31日にかけて韓国のテジョンで標記シンポジウムが開催されました。RI製造・利用のセッションで放射化分析関連の発表がありました。極東地域における放射化分析の実態を知る上でも参考になると思ひ、タイトルだけでも記しておきました。講演番号に下線を施したものが放射化分析に関係あります。Proceedingsを持っていますので、興味のある方は私あてお申し出下さい。コピーして差し上げます。

Research Reactor Management -6 (Session A6)

- A6-1 Investigation of Air Borne Particulate Matter in the Asian Region, S. Harasawa, Tian Weizhi, Ni Bangfa, Harjoto Djojotubroto, Rukihati, A. Kasai (Rikkyo Univ., Japan)
- A6-2 System Performance Test in HANARO, Young-Cheol Park, Jong-Sup Wu (KAERI, Korea)
- A6-3 Program for Improved Facility Management from Concept through Implementation, Mark C. Davis, Douglas F. Ports (Brookhaven National Lab., U.S.A)
- A6-4 Status and Plan of Operation and Utilization of the Dalat Nuclear Research Reactor, Tran Ha Anh, Nguyen Nhi Dien, Ngo Phu Khang, Pham Van Lam, Hhynh Dong Phuong, Ha Va Thong (Vilen Nghien Cuu Hat Nhan, Vietnam)
- A6-5 Documents Control of HANARO Project, Kook-Nam Part, Man Soon Cho, Moon Lee (KAERI, Korea)

RI Production and Applications (Session C1)

- C1-1 Clinical Effects of Intra-articular Dysprosium-165 IMA in Korean Rheumatoid Knee Arthritis, Sang-Cheol Bae, S.Y. Kim, S.J. Kim, S.Y. Lee, K.B. Park, J.R Kim (Hanyang Univ. Hospital, Korea)
- C1-2 Radiogauges in Cement Industry, A.N. Bilge, H.Oenal (Istanbul Technical Univ., Turkey)
- C1-3 Design and Construction of Cleanroom Facility for Production of Radiopharmaceuticals, Byung-Chul Shin, K.B. Park, J.R Kim, H.S. Han, U.J. Park, S.B. Hong (KAERI, Korea)
- C1-4 Preparation of High Specific Activity of ^{153}Sm for Palliation Pain Therapeutic Agent Based on a Small or Medium-size Research Reactor, Xiao Hai Jin, Jin Du, Daming Chen, H. Sh. Bai, F. Wang, Y.M. Liu (CIAE, China)
- C1-5 Biodistribution of ^{131}I Labeled 3-IODO-O-Methyl-L- α -Methyltyrosine (OMIMT) in Tumor Bearing Mice, C.W. Choi, S.D. Yang, K.S. Woo, W.S. Chung, S.W. Hong, S.M. Lim (Korea Cancer Center Hospital, Korea)

RI Production and Applications (Session C2)

- C2-1 Simulation of Prompt Gamma-ray Activation Analysis for the Determination of Sodium Concentration in Concretes, Wuon-Shik Kim, Kil-Oung Choi, Jong-Youl Kim, Hyeon-Soo Kim, Tae-Soon Park (KRISS, Korea)
- C2-2 Research Works and Production of Radioisotopes at the IOMwat VVR-SM Reactor of the Institute of Nuclear Physics in Uzbekistan, Bekhzad S. Yuldashev (Inst. of Nuclear

Physics, Uzbekistan)

- C2-3 Preliminary SPECT Study of 5 -IODO-2 -Deoxyuridine 5-Monophosphate (IdUMP) for Tumor Imaging in Patients with Lung Cancer, C.W. Choi, K. S. Woo, W. S. Chung, S.J. Lim, K.T. Kim, S.W. Hong (Korea Cancer Center Hospital, Korea)
- C2-4 Prompt Gamma-ray Neutron Activation Analysis Facility Using HPGe-Detector in Compton-Suppression Technique, Nguyen Trong Hiep, Vuong Huu Tan, Mai Xuan Trung (Vien Nghien Cuu Hat Nhan, Vietnam)
- C2-5 Elemental Analysis of Soil in Rural and Urban Area by Instrumental Neutron Activation Analysis, Seung-Yeon Cho, Eun Young Cho, Young Ju Chung, Young Sam Chung, (Yonsei Univ., Korea)

RI Production and Applications (Session C3)

- C3-1 Preparation of Ho-166 Macroaggregates as a Potential Liver Cancer Treatment Agent, Kyung-Bae Park, Y.M. Kim, J.R. Kim (KAERI, Korea)
- C3-2 Investigation of Minor and Trace Elements in Topaz and Tourmaline by Neutron Activation Analysis, Archara Sangarjyavanich, Chanchai Asvavijnijkulchai, Somchai Pongkasem, Pisarn Tungpittayakul, (Atomic Energy for Peace, Thailand)
- C3-3 The Determination of Trace and Toxic Elements in Korean Rice CRM by INAA, ICP and AAS, Yong-Sam Chung, Y.J. Chung, K.H. Cho, J.H. Lee, (KAERI, Korea)
- C3-4 Neutron Focusing System for Neutron Capture Experiments, Jong-Youl Kim, Kenan UenLue, Bernard W. Wehring (Yongsan College, Korea)

RI Production and Applications (Session C4)

- C4-1 Research on Preparation technology of Iridium-192 Medical Afterloading Source, Xie Guoqiang, Sun Deren, Yang Jicai (CIAE, China)
- C4-2 Current Status and Future Plan of Radioisotope Production Utilizing Research Reactor, Jae-Rok Kim, K.B. Park, H.S. Han, B.M. Yoon, B.C. Shin, H.S. Bang (KAERI, Korea)
- C4-3 The Determination of Iodine in Human Milk of Korean Lactating Mothers using Instrumental Neutron Activation Analysis, Yong-Sam Chung, Yonung Ju Chung, Jung Yeon Kim, SooJae Moon, (KAERI, Korea)
- C4-4 Percutaneous Intratumoral Injection of Holmium-166 Injection Macroaggregate for the Treatment of Small Hepatocellular Carcinoma, Jong-Tae Lee, Jong-Doo Lee, Hyung-Sik Yoo, Kwang-Hyub Han, Chan-Il Park, Kyung-Bae Park (Yonsei Univ., Korea)
- C4-5 Radionuclide Therapy of Skin Tumors with Holmium-166 : A Pilot Study in an Animal Model and Case Report, Jong-Doo Lee, Kwang-Hyun Paek, Min-Geol Lee, Kyung Bae Park, Jae-Rok Kim (Yonsei Univ., Korea)

RI Production and Applications (Session C5)

- C5-1 A New Aspect on Beam Qualification for Neutron Radiography, H. Kobayashi (Rikkyo Univ., Japan)
- C5-2 Determination of the Elemental Distribution in Mainstream and Sidestream Smoke by Instrumental Neutron Activation Analysis, Seung-Yeon Cho, Sang Mee Lee, Yong Sam Chung (Yonsei Univ., Korea)
- C5-3 Intercomparison and Determination of Trace Elements in Sediment by Instrumental Neutron Activation Analysis. Yong-Sam, Chung, Y. J. Chung, J.H. Moon (KAERI, Korea)
- C5-4 Air Pollution Monitoring Using Instrumental Neutron Activation Analysis and Nuclear-

Related Analytical Technique, Rukihati, Sutisna, Ruska P, Arlinah K, Hari Wahyudi, Liliansari (BATAN, Indonesia)

C5-5 Development of Tools Related to Target Irradiation for RI Production Utilizing HANARO, Hyon-Soo Han, J.R.Kim, J.K.Kim, B.M.Yoon, W.K.Cho, U.J.Park (KAERI, Korea)

第33回理工学における同位元素研究発表会

報告者 武内孝之 (京大原子炉)

標記研究発表会は、1996年7月1日～3日に国立教育会館（東京）にて開催された。本誌 No.1 および No.2 に報告されているように、本発表会は同位元素および放射線の利用の技術を中心とした研究、およびその技術の基礎となる研究発表と討論を行うことを目的としている。分析のセッションは三つ設けられ、そのうち放射化分析関連の発表は8件であった。なお、ポスターセッションに2件の発表があったので、合計10件の発表があった。以下に題名を挙げる。

- 2p-III-3 コバルト60ガンマ線による核異性体の励起 [I]
(広島大工・弓削商船高専) 静間 清、浜中俊一、山本俊明、岩谷和夫
- 2p-III-4 多摩川河口域底質の放射化分析および即発ガンマ線分析
(東大院総合・原研・東大原総セ) 久野章仁、松尾基之、米沢仲四郎、松江秀明、澤幡浩之
- 2p-III-6 タンデトロンMeV加速器の注入量および注入精度に関する性能評価
(東ア研) 前野智和、伊藤 寿、谷崎良之
- 2p-III-7 繰返し放射化法を併用した14Mev中性子による鉄鉱石主成分元素の迅速定量
(近畿大原研・近畿大理工) 近藤嘉秀、中井洋太、三井秀晃、三好功典、富田博稔
- 2p-III-8 中性子放射化分析法による象牙の産地推定の試み
(京大炉・九大比較社会文化) 武内孝之、中野幸広、小池裕子
- 2p-III-9 中性子放射化分析およびICP-MSによるイカ内蔵中の微量元素の定量
(日本分析セ・済州大放射能利用研・立大原研) 前山健司、宋 成俊、北村清司、佐藤兼章、樋口英雄、戸村健児
- 2p-III-10 東京湾に生息するムラサキイガイとミドリイガイ中の微量元素濃度について
(東京環科研) 山崎正夫、安藤晴夫
- 2p-III-11 中性子放射化法による河川堆積物の分析
(立大理・立大原研) 佐々木研一、泉水義大、戸村健児、白石文夫
- 1p-2 荷電粒子放射化分析による金属中の炭素の定量
(住重試験検査(株)・早大材料研・愛媛大工) 八木宏親、片岡昌治、西原善明、垂水裕司、野崎 正、富吉昇一
- 2p-2 土壌・底質に存在する有機態ハロゲン (EOX) の放射化分析
(愛媛大農・Fac Chem Univ Gdansk) 河野公栄、北村清司、辻 聡志、Jerzy FALANDYSZ

その他、分析のセッションでは、ICP-MS分析法、ミニカラム分析法、PIXE分析法についての発表が行われた。

2p-III-3は1万キュリーのCo-60線源を用いて光量子放射化分析への応用が検討され、2p-III-4では中性子放射化分析と即発ガンマ線分析の併用、2p-III-6では中性子放射化分析、2p-III-7

Related Analytical Technique, Rukihati, Sutisna, Ruska P, Arlinah K, Hari Wahyudi, Liliansari (BATAN, Indonesia)

C5-5 Development of Tools Related to Target Irradiation for RI Production Utilizing HANARO, Hyon-Soo Han, J.R.Kim, J.K.Kim, B.M.Yoon, W.K.Cho, U.J.Park (KAERI, Korea)

第33回理工学における同位元素研究発表会

報告者 武内孝之 (京大原子炉)

標記研究発表会は、1996年7月1日～3日に国立教育会館（東京）にて開催された。本誌 No.1 および No.2 に報告されているように、本発表会は同位元素および放射線の利用の技術を中心とした研究、およびその技術の基礎となる研究発表と討論を行うことを目的としている。分析のセッションは三つ設けられ、そのうち放射化分析関連の発表は8件であった。なお、ポスターセッションに2件の発表があったので、合計10件の発表があった。以下に題名を挙げる。

- 2p-III-3 コバルト60ガンマ線による核異性体の励起 [I]
(広島大工・弓削商船高専) 静間 清、浜中俊一、山本俊明、岩谷和夫
- 2p-III-4 多摩川河口域底質の放射化分析および即発ガンマ線分析
(東大院総合・原研・東大原総セ) 久野章仁、松尾基之、米沢仲四郎、松江秀明、澤幡浩之
- 2p-III-6 タンデトロンMeV加速器の注入量および注入精度に関する性能評価
(東ア研) 前野智和、伊藤 寿、谷崎良之
- 2p-III-7 繰返し放射化法を併用した14Mev中性子による鉄鉱石主成分元素の迅速定量
(近畿大原研・近畿大理工) 近藤嘉秀、中井洋太、三井秀晃、三好功典、富田博稔
- 2p-III-8 中性子放射化分析法による象牙の産地推定の試み
(京大炉・九大比較社会文化) 武内孝之、中野幸広、小池裕子
- 2p-III-9 中性子放射化分析およびICP-MSによるイカ内蔵中の微量元素の定量
(日本分析セ・済州大放射能利用研・立大原研) 前山健司、宋 成俊、北村清司、佐藤兼章、樋口英雄、戸村健児
- 2p-III-10 東京湾に生息するムラサキイガイとミドリイガイ中の微量元素濃度について
(東京環科研) 山崎正夫、安藤晴夫
- 2p-III-11 中性子放射化法による河川堆積物の分析
(立大理・立大原研) 佐々木研一、泉水義大、戸村健児、白石文夫
- 1p-2 荷電粒子放射化分析による金属中の炭素の定量
(住重試験検査(株)・早大材料研・愛媛大工) 八木宏親、片岡昌治、西原善明、垂水裕司、野崎 正、富吉昇一
- 2p-2 土壌・底質に存在する有機態ハロゲン (EOX) の放射化分析
(愛媛大農・Fac Chem Univ Gdansk) 河野公栄、北村清司、辻 聡志、Jerzy FALANDYSZ

その他、分析のセッションでは、ICP-MS分析法、ミニカラム分析法、PIXE分析法についての発表が行われた。

2p-III-3は1万キュリーのCo-60線源を用いて光量子放射化分析への応用が検討され、2p-III-4では中性子放射化分析と即発ガンマ線分析の併用、2p-III-6では中性子放射化分析、2p-III-7

では14MeV中性子による放射化分析、2p-III-8では中性子放射化分析と安定同位体分析の比較、2p-III-9では中性子放射化分析とICP-MSの併用、2p-III-10および11では中性子放射化分析、1p-2では荷電粒子放射化分析、2p-1では中性子放射化分析と光量子放射化分析について1件、中性子放射化分析について7件、即発ガンマ線分析において1件、14MeV中性子放射化分析について1件、荷電粒子放射化分析について1件、研究発表がなされた。このように本発表会では、多種類の放射化分析に関する研究発表が行われるとともに、他の分析方法との併用あるいは比較がなされたので、非常に興味深い発表会であった。

NRC-4 (4th International Conference on Nuclear and Radiochemistry)

報告者 宮本ユタカ (金沢大学理学部 化学科放射化学講座)

去る9月8日から13日までフランスの北部、ブルターニュ地方にあるサン・マロで第4回核化学、放射化学に関する国際会議がInstitut de Physique Nucleairの主催で開催された。chairmenはDr. F. DavidとDr. J. C. Krupaが務められた。この国際会議は4年毎に開かれており、今回は超アクチニド元素の放射化学及び核化学が主題であった。また、今年は放射能発見から100年にあたりその記念も兼ねていた。会議には各国から総勢、約300名が参加し、その内訳は表1にまとめたが大半がヨーロッパ圏内からであった。会議の構成はスケジュールを表2に示したように、発表の大半がポスターで講演は各セッション毎に7、8件であった。初日はオープニングセレモニーの後、Dr. Hofmannによる112番元素発見の講演から始まった。放射化分析関連ではDr. F. Grasslによるミリ秒から秒オーダーの短寿命核種の中性子放射化分析と、Dr. M. Bichlerによる火山ガスをトラップした後、凍結乾燥させNAAで分析する方法が口頭発表で行われた。一方、ポスターでは放射化分析の方法及び応用に関するものが16件で、ほとんどが通常行われている方法を使ったNAAであった。

この会議が行われたサン・マロは有名な観光地で海岸に面したところにいくつも城がある。この海域では潮力発電所がある位、潮の干満が激しく、そのため陸続きであったところが満潮時には海に囲まれた孤島となる。それを絶好の堀に利用して城が造られていた。実際、海岸から100mくらい先にある城を朝は見学できたが、夕方に見ると荒波に浮かぶ島であった。

我々が予約したホテルは、海岸に面したご角形の城郭の中（こちらは24時間海に沈むことはなかった）にあった。そこには城下町を再現したようにレストラン、ホテル、土産物屋、教会などが迷路のように並んで建っていた。石畳の道路は狭く、それに輪をかける様に一方通行であるため、レンタカーでパリから来た我々は城壁の中に入ってからホテルにたどり着くまでに1時間近くかかってしまった。ようやく探し当てたと思うと、今度は車が邪魔になるから城壁の外の駐車場に停めろといわれる始末である。

この辺は海岸に面しているだけあって、ムール貝、ほたて貝、カニ、エビなど海産物が新鮮で豊富である。その夜、ホテルの近くのレストランで夕食をフランス語のメニューに悪戦苦闘して食べた。ゆでた甘エビがナイフとフォーク付きで出てきたときに、フランスの流儀にどう従えばよいのか困ってしまった。フォークでエビを押しえながらナイフで殻をむこうとしてもこれがまたかなり難しい。半分面度臭くなって殻付きで食べていたら、愛想がいい店のおばちゃんが別のさらに5匹ほど新しいエビを乗せてやってきた。何かフランス語でしゃべっているのだが、1、2、3と“ちょうだい”しかししゃべれない1つか2つの赤ん坊の自分にはまったく解らない。そのうちおばちゃんは、にこにこ笑いながらエビの殻を手でむいて殻は食わずにこうやって食べろと実演してくれた。なんてことはない、万国

では14MeV中性子による放射化分析、2p-III-8では中性子放射化分析と安定同位体分析の比較、2p-III-9では中性子放射化分析とICP-MSの併用、2p-III-10および11では中性子放射化分析、1p-2では荷電粒子放射化分析、2p-1では中性子放射化分析と光量子放射化分析について1件、中性子放射化分析について7件、即発ガンマ線分析において1件、14MeV中性子放射化分析について1件、荷電粒子放射化分析について1件、研究発表がなされた。このように本発表会では、多種類の放射化分析に関する研究発表が行われるとともに、他の分析方法との併用あるいは比較がなされたので、非常に興味深い発表会であった。

NRC-4 (4th International Conference on Nuclear and Radiochemistry)

報告者 宮本ユタカ (金沢大学理学部 化学科放射化学講座)

去る9月8日から13日までフランスの北部、ブルターニュ地方にあるサン・マロで第4回核化学、放射化学に関する国際会議がInstitut de Physique Nucleairの主催で開催された。chairmenはDr. F. DavidとDr. J. C. Krupaが務められた。この国際会議は4年毎に開かれており、今回は超アクチニド元素の放射化学及び核化学が主題であった。また、今年は放射能発見から100年にあたりその記念も兼ねていた。会議には各国から総勢、約300名が参加し、その内訳は表1にまとめたが大半がヨーロッパ圏内からであった。会議の構成はスケジュールを表2に示したように、発表の大半がポスターで講演は各セッション毎に7、8件であった。初日はオープニングセレモニーの後、Dr. Hofmannによる112番元素発見の講演から始まった。放射化分析関連ではDr. F. Grasslによるミリ秒から秒オーダーの短寿命核種の中性子放射化分析と、Dr. M. Bichlerによる火山ガスをトラップした後、凍結乾燥させNAAで分析する方法が口頭発表で行われた。一方、ポスターでは放射化分析の方法及び応用に関するものが16件で、ほとんどが通常行われている方法を使ったNAAであった。

この会議が行われたサン・マロは有名な観光地で海岸に面したところにいくつも城がある。この海域では潮力発電所がある位、潮の干満が激しく、そのため陸続きであったところが満潮時には海に囲まれた孤島となる。それを絶好の堀に利用して城が造られていた。実際、海岸から100mくらい先にある城を朝は見学できたが、夕方に見ると荒波に浮かぶ島であった。

我々が予約したホテルは、海岸に面したご角形の城郭の中（こちらは24時間海に沈むことはなかった）にあった。そこには城下町を再現したようにレストラン、ホテル、土産物屋、教会などが迷路のように並んで建っていた。石畳の道路は狭く、それに輪をかける様に一方通行であるため、レンタカーでパリから来た我々は城壁の中に入ってからホテルにたどり着くまでに1時間近くかかってしまった。ようやく探し当てたと思うと、今度は車が邪魔になるから城壁の外の駐車場に停めろといわれる始末である。

この辺は海岸に面しているだけあって、ムール貝、ほたて貝、カニ、エビなど海産物が新鮮で豊富である。その夜、ホテルの近くのレストランで夕食をフランス語のメニューに悪戦苦闘して食べた。ゆでた甘エビがナイフとフォーク付きで出てきたときに、フランスの流儀にどう従えばよいのか困ってしまった。フォークでエビを押しえながらナイフで殻をむこうとしてもこれがまたかなり難しい。半分面度臭くなって殻付きで食べていたら、愛想がいい店のおばちゃんが別のさらに5匹ほど新しいエビを乗せてやってきた。何かフランス語でしゃべっているのだが、1、2、3と“ちょうだい”しかししゃべれない1つか2つの赤ん坊の自分にはまったく解らない。そのうちおばちゃんは、にこにこ笑いながらエビの殻を手でむいて殻は食べずにこうやって食べろと実演してくれた。なんてことはない、万国

共通の食べかたである。甘エビでは有名な金沢に住んでいる自分が、“なんでフランスまで来て甘エビの食べかたをフランス人に教えてもらわなければいけないのか。”と思いつつも、5匹サービスしてくれたのだし、まあいいかと納得して“なるほど”とうなずいて見せた。

学会の期間中に放射能発見100年記念展が城郭の教会で開催されていたが、対象は幅広い層に発見の歴史、放射能とは何か、そして実際の応用面等を説明するものであった。パリの自然史博物館でも同様に開かれていたが、そちらはベクレル家が実験に使っていたウラニル塩や写真乾板、実験装置が展示されており、非常に興味深かった。しかし説明のパネルが全部フランス語であったため、その面白さが半分しか解らず残念であった。せめてフランスの小学1年生くらいに予め覚えておくべきだったと行く場所で思い知らされる毎日であった。

表1 NRC-4の参加国および参加者数

国名	参加者数	国名	参加者数	国名	参加者数
フランス	95	オーストリア	5	カナダ	1
ドイツ	50	スペイン	4	フィンランド	1
ロシア	22	メキシコ	3	ノルウェー	1
スイス	15	中国	3	ソルベニア	1
オランダ	14	ウクライナ	3	ブラジル	1
スウェーデン	14	ハンガリー	3	台湾	1
ベルギー	13	チェコ	2	パラグアイ	1
日本	13	ペラルーシ	2	マダガスカル	1
ポーランド	7	イタリア	2	ポルトガル	1
イギリス	7	アルゼンチン	2	キエフ	1
U.S.A.	7	ウズベクスタン	2	ギリシア	1

Session B - RADIOANALYSIS AND USE OF TRACERS IN CHEMISTRY (oral)

Plenary lecture: Radioanalytical chemistry. Modern status and perspectives

B. F. Myasoedov (Russia) and V. P. Kolotov

Keynote: Radiotracers in chemistry: still crucial

I. Z. Kolar (Netherland)

Progress and problems of short-time activation analysis

F. Grass (Austria)

Age determinations in nuclear forensic analysis

R. Wellum (Germany), H. Kiihn, H. G. Schneider, G. Rassmussen and L. Koch

Low-activity lead investigated by low background HPGe γ -ray spectrometry in an underground laboratory, β -ray spectrometry and calorimetry

R. Wordel (Belgium), D. Mouchel, C. Ingelbrecht, F. Peetermans, *et al.*

Freeze dried samples of volcanic gases, a new method for the determination of trace elements by NAA

M. Bichler (Austria) and F. Sortino

Session B Radioanalysis and use of tracers in chemistry (poster)

Checking the paleoenvironment by NAA of microfossils

Y. B. Haunold, G. Dobrozemsky, L. Krystyn, M. Bichler

Mobilization of mercury out of dental amalgam sludge

D. Bissinger and K. -L. Kratz

Forensic neutron activation analysis of pencil leads

A. Brandone

Determination of the rare earth elements by neutron activation analysis, in fluorites of the Argentine Republic

I. M. Cohen, I. B. Schalamuk and J. C. Furnari

Neutron activation analysis of soils and loess deposits, for the investigation of the origin of the natural arsenic-contamination in the Argentina Pampa

M. A. Arribere, I. M. Cohen, L. H. Ferpozzi, A. J. Kestelman, V. A. Casa *et al.*
Behavior of chromium(VI) oxide in concentrated perchloric acid

S. H. Pezzin, C. H. Collins and K. E. Collins

Studying the kinetics of the europium-humic acid equilibrium by isotopic exchange with europium-152m and size exclusion chromatography

B. J. Colston, J. T. van Elteren and Z. I. Kolar

Determination of uranium by radiochemical NAA and its significance for accurate determination of molybdenum in biological materials

B. Danko and R. Dybczynski

Some aspects of tracer-scale chemistry and its applications to the separation of transition elements in the gas phase, containing vapours of S, Se, Te, P, As or Sb

V. P. Domanov

Very accurate methods by radiochemical NAA and their significance for the certification of the candidate reference materials

R. Dybczynski

A simple in situ method for igneous rocks classification

J. F. Facetti and M. Bordas

Multi-user transport system for short time activation analysis

S. S. Ismail

Interaction of $^{13}\text{N}_2$ with carbon aerosols

M. Kalberer, M. Ammann, K. Tabor, Y. Parrat, S. Nyeki, E. Weingartner, *et al.*

Determination of strontium-89/90 in milk using Sr. specTM columns and liquid scintillation counting

P. J. M. Kwakman, M. H. Tijmsmans and R. M. S. Drost

Rapid analysis and detection of uranium

T. Vincent, E. Guibal, D. Nourry, J. Ollivier and P. Le Cloirec

Antisnergic effect in adsorption of some elements at tracer scale on macroporous anionic exchanger in fluoro-thiocyanate media

F. Monroy-Guzman, D. Trubert, L. Brillard, M. Hussonnois and C. Le Naour

Investigation of aqueous iodine in BWR systems

R. Malmbeck

Minor and trace element determinations of food spices and pulses by instrumental and radiochemical neutron and photon activation analysis

Y. Miyamoto, J. H. Zaidi, A. Kajikawa, T. Nakanishi and K. Sakamoto

Enrichment and determination of radionuclides by ion

- T.L. Ramamonjisoa , R. Andrieurbololona, S. Mobius and C. Keller
HPLC behaviors of metallofullerenes of 14 lanthanide elements
- H. Nakahara, K. Sueki and K. Akiyama, M. Endo, K. Kikuchi and T. Akasaka
Enhanced application of short-time high activation analysis
- K. M. Ocksenkiihn and N. N. Papadopoulos
Determination of U and Th in ore and environmental samples by X-ray fluorescence
- J. L. Parus, A. Ciurapinski and W. Raab
Isotopic reference materials of Thorium
- K. Raptis, K. Mayer, F. Hendrickx and P. De Bievre
Investigation of air pollution and size-fractionated urban aerosols in Budapest
- I. Salma, E. Zemplen-Papp , J. Babvos and W. Maenhaut
Isotope analysis of uranium by neutron activation
- I. Salma, L. Robinson and H. Rausch
Multitracer study on stability constants of humates with various metal ions
- Y. Takahashi, Y. Minai, S. Ambe, H. Maeda, F. Ambe and T. Tominaga
Determination of some trace elements in natural and fertilised soils using INAA and ED-XRF
U. El-Ghawi
- Neutron activation analysis of atmospheric trace elements and study of their speciations
An. A. Kist
- Human hair composition and occupational risk
L. I. Zhuk, A. A. Kist, E. A. Danilova, R. B. Sapozhnikov, *et al.*

第45回 分析化学会年会

報告者 岡田 往子 (武蔵工大原研)

日本分析化学会第45年会は9月19日(木)より21日(日)、東北大学川内北キャンパスにおいて開催された。放射化分析に関する報告は4件であった。以下にその題名を挙げる。

- 2 J 0 1 機器中性子放射化分析法による河川水標準物質中の微量元素の定量(2)
(武蔵工大・原研) 鈴木章悟、岡田往子、平井昭司
- 2 J 0 2 凍結乾燥による水試料の濃縮法の回収率向上への検討
(武蔵工大・原研) 岡田往子、鈴木章悟、平井昭司
- 2 J 0 3 α 放射化分析による石英系光ファイバ母材中のニッケルの定量
(NTT基礎技術総合研究所、NTTアドバンステクノロジー*)
鹿野弘二、大録 正(捉、加藤正明)
- 2 J 0 4 即発 γ 線測定によるホウ素の非破壊放射化状態分析
(大同工大、原研東海*、東大原セ**)
酒井陽一、米沢伸四朗*、松江秀明、澤幡浩之**、

その他、ICP-MSを用いた分析の分野では、多くの講演者が放射化分析法との値の比較を行い、分析法の評価を行っていた。

- T.L. Ramamonjisoa , R. Andrieurbololona, S. Mobius and C. Keller
HPLC behaviors of metallofullerenes of 14 lanthanide elements
- H. Nakahara, K. Sueki and K. Akiyama, M. Endo, K. Kikuchi and T. Akasaka
Enhanced application of short-time high activation analysis
- K. M. Ocksenkiihn and N. N. Papadopoulos
Determination of U and Th in ore and environmental samples by X-ray fluorescence
- J. L. Parus, A. Ciurapinski and W. Raab
Isotopic reference materials of Thorium
- K. Raptis, K. Mayer, F. Hendrickx and P. De Bievre
Investigation of air pollution and size-fractionated urban aerosols in Budapest
- I. Salma, E. Zemplen-Papp , J. Babvos and W. Maenhaut
Isotope analysis of uranium by neutron activation
- I. Salma, L. Robinson and H. Rausch
Multitracer study on stability constants of humates with various metal ions
- Y. Takahashi, Y. Minai, S. Ambe, H. Maeda, F. Ambe and T. Tominaga
Determination of some trace elements in natural and fertilised soils using INAA and ED-XRF
U. El-Ghawi
- Neutron activation analysis of atmospheric trace elements and study of their speciations
An. A. Kist
- Human hair composition and occupational risk
L. I. Zhuk, A. A. Kist, E. A. Danilova, R. B. Sapozhnikov, *et al.*

第45回 分析化学会年会

報告者 岡田 往子 (武蔵工大原研)

日本分析化学会第45年会は9月19日(木)より21日(日)、東北大学川内北キャンパスにおいて開催された。放射化分析に関する報告は4件であった。以下にその題名を挙げる。

- 2 J 0 1 機器中性子放射化分析法による河川水標準物質中の微量元素の定量(2)
(武蔵工大・原研) 鈴木章悟、岡田往子、平井昭司
- 2 J 0 2 凍結乾燥による水試料の濃縮法の回収率向上への検討
(武蔵工大・原研) 岡田往子、鈴木章悟、平井昭司
- 2 J 0 3 α 放射化分析による石英系光ファイバ母材中のニッケルの定量
(NTT基礎技術総合研究所、NTTアドバンステクノロジー*)
鹿野弘二、大録 正(掟、加藤正明)
- 2 J 0 4 即発 γ 線測定によるホウ素の非破壊放射化状態分析
(大同工大、原研東海*、東大原セ**)
酒井陽一、米沢伸四朗*、松江秀明、澤幡浩之**、

その他、ICP-MSを用いた分析の分野では、多くの講演者が放射化分析法との値の比較を行い、分析法の評価を行っていた。

編集後記

第4号をお届けします。

今回の講座は「化学操作を伴う中性子放射化分析」です。化学操作を伴わない機器中性子放射化分析 (INAA) は簡便で多元素同時分析という中性子放射化分析の特徴をよく発揮できる方法ですが、分析感度を高めようとする目的元素を定めて化学操作を加えることが必要になります。最近はこのような化学操作を伴う方法を行う人が少なくなっていますが、本講座はこの分野の数少ないエキスパートによって執筆されました。

研究紹介で取り扱われている岩石・鉱物の分析は、ICP-MS などの競合する分析手法に対して依然として放射化分析の方が優位にあるものの一つです。岩石・鉱物の元素分析に放射化分析法を用いていない人が沢山居ると云われていますが、まだまだ PR不足なのでしょうか？ この人はこんな風にやっているのか...と改めて認識させられるのが中村先生の研究紹介です。ガンマ線スペクトル解析も、今後色々な方法が紹介されると面白くなります。あまり目移りするのも困りますが。

いつもながら、若い人は結構しっかりしているな...と思わせられるのが、「若い声」。こういう人たちが活躍できるように会を育てなくてはなりません。「談話室」の話題は小生直接お聞きしたことがあります。中西先生の熱意にあふれた語り口についてこちらも誘い込まれてしまいます。本号の談話室ではなんかまだ書き足りないのではないのでしょうか。

Q&Aや研究会報告などにも有益な情報が詰まっています。

本号で特記すべき項目が2つあります。

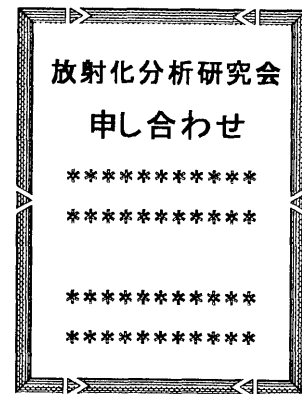
一つは、立教大学の原子炉の共同利用が停止させられるかもしれないことについてです。中性子源が少ないところをもってきて、せっかく動いている研究用原子炉も使えなくなるというのは、本研究会にとっても重大な関心事です。会としても何らかの行動をとるべきかもしれません。「施設便り」の中の「有志の集まり」の記録を読んで問題を把握して下さい、そして会員の意見を事務局に集中して下さい。

もう一つは、会の「申し合わせ」(案)です。今後この申し合わせによって会を運営していくことが次ページ以降で提案されています。

いずれも、アンケートを兼ねた「連絡票」によってご意見をお寄せ下さい。

I. Y.

放射化分析研究会 会の「申し合わせ」について



本会も少しずつ軌道に乗ってきたこともあり、そろそろ会の規約を考えたら？との指摘がありました。一定のルールに基づいて会を運営することは本質的な要件なので、幹事会でも積極的に取り組みましたが、細部にわたる「規則」を作ると、それに拘束されることも多くなって幹事会や事務局の負担が増えるという意見も多く、結局「申し合わせ」程度の簡素なルールに止めて柔軟に運営できるようにしよう、ということになりました。次ページに幹事会で考えた「申し合わせ（案）」を掲載します。内容の多くは現在の運営を認知したものになっていますが、幹事選出のルールが新たに提案されています。

本号に添付した「放射化分析研究会 連絡票」にこの申し合わせ（案）に関するアンケートがありますので、なんなりとご意見を寄せて下さい。特に問題が指摘されなければ、この申し合わせを今年の11月から発効させたいと思います。本会の会員を募り始めたのが、1994年の秋でしたから、ほぼ2年を経過して、格別のルールを設けなかった始動期を卒業することになります。

また、この「申し合わせ」の発効に伴って、来年4月には幹事を半数選任することになります。本会に積極的に関わって育てていく意欲のある方も居られるのではないかと思います。自薦・他薦を問わず是非幹事会までご連絡下さい。なお、会の幹事会の構成は現在下記のとおりです。

事務局：東京大学原子力総合センター東海分室

幹事会：

幹事会代表 伊藤泰男

幹事 井口 明、海老原充、重松俊男、鈴木章悟、武内孝之、戸村健児、
中西友子、増澤敏行、榎本和義、葉袋佳孝、米沢仲四郎

会計監査 重松俊男

放射化分析研究会申し合わせ (案)

第1章 総則

第1条 本会は放射化分析研究会 (Japan Association of Activation Analysis, JA³)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

319-11 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

幹事

井口 明	伊藤泰男	海老原充	武内孝之	重松俊男	鈴木章悟
戸村健児	中西友子	増澤敏行	榎本和義	薬袋佳孝	米沢仲四郎