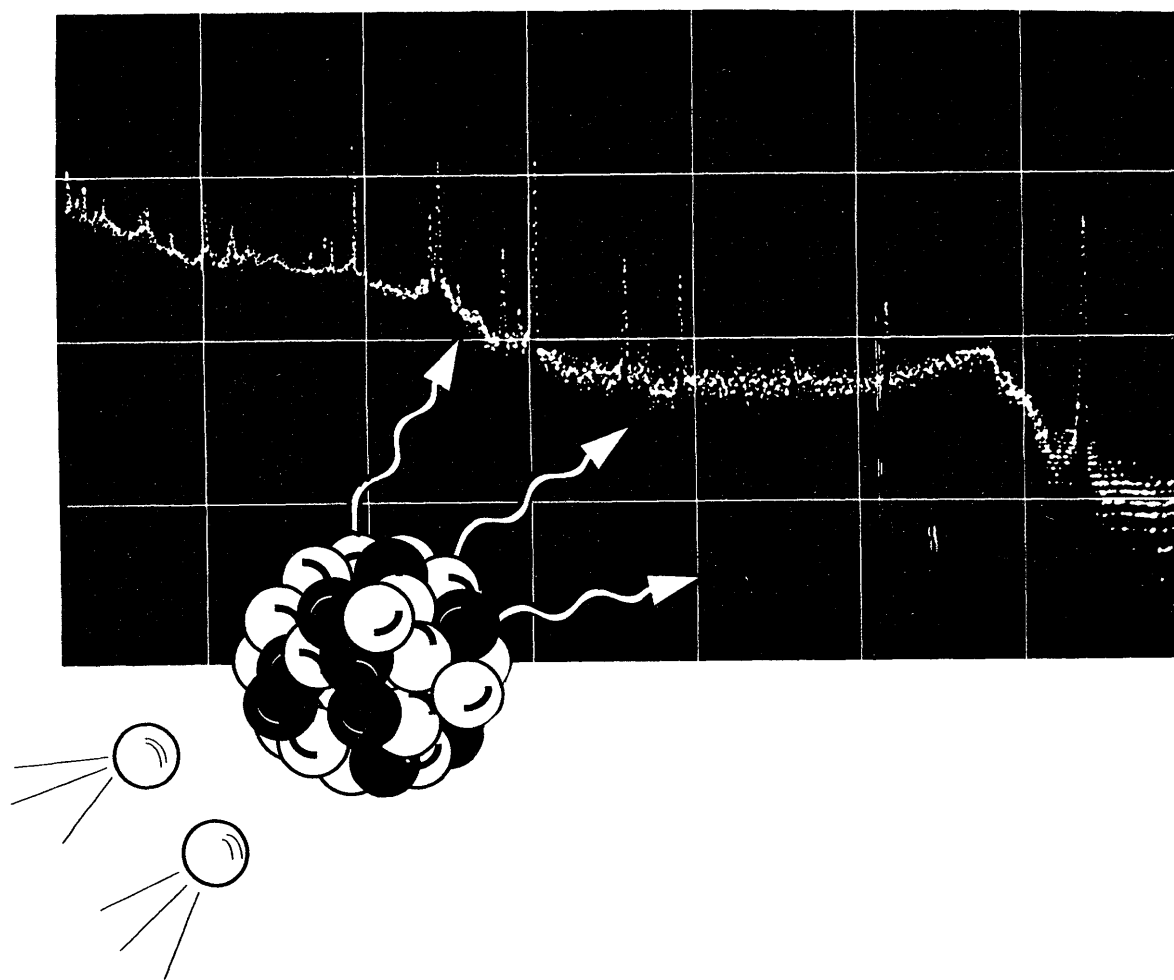


1995年11月

放射化分析

No. 2



放射化分析研究会

題字は 浜口 博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。

（次号以降の表紙のデザインを募集します。）

放射化分析 No. 2

目次

講座	原子炉施設の中性子照射装置	.....	1
	まえがき		重松 俊男
	原子炉による中性子放射化分析の基礎		武内 孝之
	熱中性子照射場およびCdカバー照射法を利用する放射化分析		松下 録治
	冷中性子及び熱中性子ガイドビームによる放射化分析		米沢 伸四郎
	研究用原子炉の照射設備の現状		
	日本原子力研究所		山田 忠則・笹島 文雄
	京都大学原子炉実験所		高田 實彌
	立教大学原子炉		戸村 健児
	武蔵工業大学原子炉		鈴木 章悟
研究紹介	.....		23
	環境指標植物としての樹木		片山 幸士
若い声	.....		28
	放射化分析を利用している一学生の戯言		尾寄 大真
	放射化分析との出会いと今思うこと		桜井 宏行
Q&A	.....		29
	放射化分析にはどのような器具や装置を用意する必要がありますか？		
	各施設を利用したい場合には、どなたに相談すれば良いのですか？		
	放射化分析は放射線を取り扱うので躊躇するのですが・・・		
	放射化分析した試料は持ち出せますか？		
談話室	.....		33
	地球化学図と放射化分析：もう一つのメリット		田中 剛
施設だより	.....		34
	東北大学原子核理学研究施設		
	原研施設利用共同研究		
	立教大学原子力研究所		
	武蔵工業大学原子力研究所		
	京都大学原子炉実験所		
研究会報告	.....		39
	第69回日本化学会年会		
	第56回分析化学会討論会		
	日本文化財科学会第12回大会		
	第32回理工学における同位元素研究発表会		
	日本分析化学会第44年会		
	第39回放射化学討論会		
	MTAA-9		
会員名簿	.....		55

原子炉施設の中性子照射装置

第2号では、「原子炉施設の中性子照射装置」を紹介いたします。

各々原子炉施設の照射装置について詳細を記述いただくと膨大になることから、「原子炉中性子のエネルギーを使い分ける放射化分析」を念頭に置いてまとめていただきました。

研究用原子炉は限られており、今後、複数の原子炉施設を利用して研究を進める機会が一層増えるものと期待されます。そのような折、小型炉の簡便さに慣れきっている方々が中・大型炉を利用いたしますと、まずは生成放射能の大きさに戸惑い、派生する問題に煩わしい思いをすることがあるのではないのでしょうか。

中・大型炉にも特徴のある複数の照射孔があり、詳細を知り、照射場を選択すると同様の熱中性子束でカドミウム比の高い（すなわち、副次的核反応を抑えた）照射が可能になります。これは、放射化分析をツールとする研究者に使いがっての効く利用に道を拓くものと考えます。重要な点は施設や装置の詳細を知り尽くし、使い分けることです。加えて中性子放射化分析で基本的な問題も幾つか記述いただけるものと期待いたしました。

原稿を拝見し、私の目論見を遥かに凌ぐ内容になりましたことに感謝しております。改めて、ご多忙中を執筆いただきました方々にお礼申し上げます。

今回、紙面の都合で「極短寿命核種の放射化分析装置」は取り上げませんでした。今後一層の進展が期待される分野であり、早い時期に新たな機会に紹介いただけると幸いです。

(N T T 境界領域研究所 重松俊男)

I. 原子炉による中性子放射化分析の基礎

1. 原理

分析しようとする試料を原子炉の内部に送り込むと、 ^{235}U の核分裂によって生じた中性子が試料中の原子核に衝突し、核反応を起こす。この結果、もとの原子核とは異なった生成核になる。この生成核は一般に放射性であり、ある時間の後に β 線および γ 線を放出して、娘核に壊変する。このときに放出される γ 線のエネルギーは生成核によって定まっているので、この γ 線のエネルギーを測定すれば、もとの試料中に含まれる元素を確定することができる。また、そのエネルギーの γ 線の個数は試料中に含まれる元素の個数に比例するので、その元素の定量が可能となる。

2. 原子炉中の中性子束

比較的によく中性子の減速が行われている照射設備における中性子スペクトルを、図1に示す。この図からわかるように、原子炉中の中性子スペクトルは、大きく分けて3つの部分から成り立っている。その第一の部分は、中性子が非常によく減速されて、熱エネルギーだけをもつにいたった熱中性子領域である。第二の部分は、減速途中の熱外中性子の領域で、あまり減速されていない中性子から熱中性子になる寸前のものまでを含む。この領域の中性子束は、大体の原子炉において、中性子のエネルギー E に逆比例した分布を示すので、 $1/E$ 領域ともいう。第三番目は、核分裂したときに与えられた大きな運動エネルギーをもったままの高速中性子の領域である。これらの三つの中性子領域における中性子束の大きさは、原子炉の構造および原子炉内の位置によって大きく変化するばかりでなく、一つの照射設備の中における位置が少し変化しても敏感に変化することがある。

原子炉施設の中性子照射装置

第2号では、「原子炉施設の中性子照射装置」を紹介いたします。

各々原子炉施設の照射装置について詳細を記述いただくと膨大になることから、「原子炉中性子のエネルギーを使い分ける放射化分析」を念頭に置いてまとめていただきました。

研究用原子炉は限られており、今後、複数の原子炉施設を利用して研究を進める機会が一層増えるものと期待されます。そのような折、小型炉の簡便さに慣れきっている方々が中・大型炉を利用いたしますと、まずは生成放射能の大きさに戸惑い、派生する問題に煩わしい思いをすることがあるのではないのでしょうか。

中・大型炉にも特徴のある複数の照射孔があり、詳細を知り、照射場を選択すると同様の熱中性子束でカドミウム比の高い（すなわち、副次的核反応を抑えた）照射が可能になります。これは、放射化分析をツールとする研究者に使いがっての効く利用に道を拓くものと考えます。重要な点は施設や装置の詳細を知り尽くし、使い分けることです。加えて中性子放射化分析で基本的な問題も幾つか記述いただけるものと期待いたしました。

原稿を拝見し、私の目論見を遥かに凌ぐ内容になりましたことに感謝しております。改めて、ご多忙中を執筆いただきました方々にお礼申し上げます。

今回、紙面の都合で「極短寿命核種の放射化分析装置」は取り上げませんでした。今後一層の進展が期待される分野であり、早い時期に新たな機会に紹介いただけると幸いです。

(NTT境界領域研究所 重松俊男)

I. 原子炉による中性子放射化分析の基礎

1. 原理

分析しようとする試料を原子炉の内部に送り込むと、 ^{235}U の核分裂によって生じた中性子が試料中の原子核に衝突し、核反応を起こす。この結果、もとの原子核とは異なった生成核になる。この生成核は一般に放射性であり、ある時間の後に β 線および γ 線を放出して、娘核に壊変する。このときに放出される γ 線のエネルギーは生成核によって定まっているので、この γ 線のエネルギーを測定すれば、もとの試料中に含まれる元素を確定することができる。また、そのエネルギーの γ 線の個数は試料中に含まれる元素の個数に比例するので、その元素の定量が可能となる。

2. 原子炉中の中性子束

比較的によく中性子の減速が行われている照射設備における中性子スペクトルを、図1に示す。この図からわかるように、原子炉中の中性子スペクトルは、大きく分けて3つの部分から成り立っている。その第一の部分は、中性子が非常によく減速されて、熱エネルギーだけをもつにいたった熱中性子領域である。第二の部分は、減速途中の熱外中性子の領域で、あまり減速されていない中性子から熱中性子になる寸前のものまでを含む。この領域の中性子束は、大体の原子炉において、中性子のエネルギー E に逆比例した分布を示すので、 $1/E$ 領域ともいう。第三番目は、核分裂したときに与えられた大きな運動エネルギーをもったままの高速中性子の領域である。これらの三つの中性子領域における中性子束の大きさは、原子炉の構造および原子炉内の位置によって大きく変化するばかりでなく、一つの照射設備の中における位置が少し変化しても敏感に変化することがある。

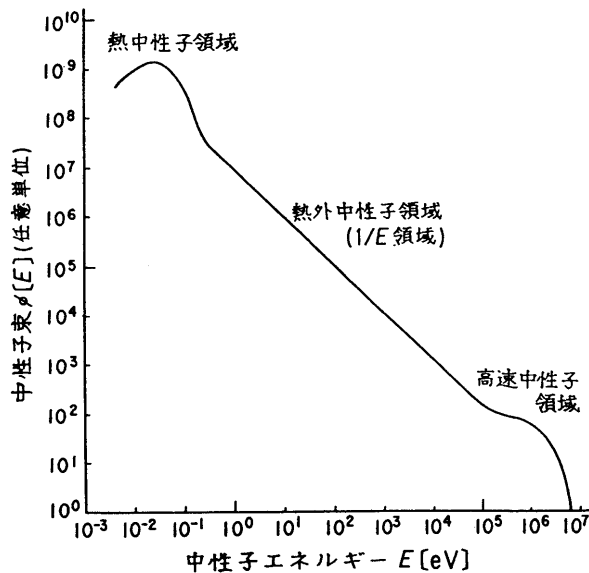


図1 原子炉中性子スペクトル

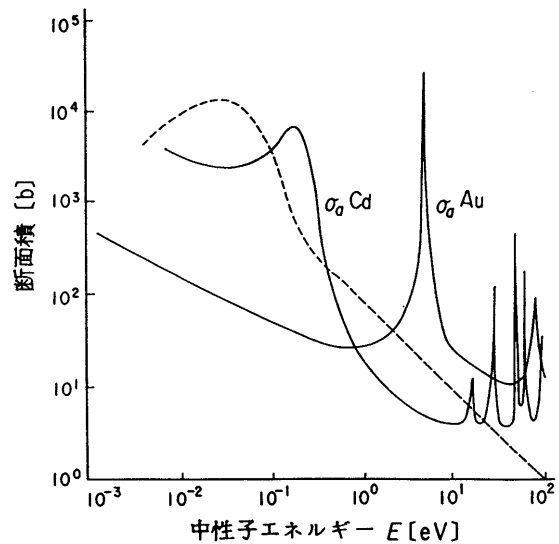
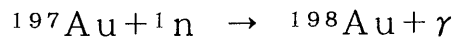


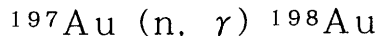
図2 Cd, Auの全吸収断面積

3. 原子核反応

ある原子核が他の粒子と反応して別の原子核を作り出す過程のことを、原子核反応という。たとえば、 ^{197}Au の原子核にエネルギーの比較的低い熱中性子または熱外中性子が衝突すると、 ^{198}Au が生成されて γ 線を放出する。このことを次のように表現する。



あるいは、次のように略記する。



このとき、 ^{197}Au は標的核、生成された ^{198}Au は生成核とよばれる。このようにして生成された ^{198}Au は、半減期2.7日で壊変する放射性核種である。一般に(n, γ)反応で放射性核種が得られるので、これを放射化ともいう。

この原子核反応が起こる確率は、一般に核反応断面積（以下、単に断面積と記す）で表現され、面積のディメンジョンをもっている。単位時間に、ある原子核反応の過程に対する断面積 σ は、次式で定義される。

$$N = \phi n \sigma \quad (1)$$

ここに N：問題としている過程が、1秒間に分析試料中で起こる数、

ϕ ：単位時間（1秒間）、単位面積（ 1 cm^2 ）あたりの入射粒子の数、

n：分析試料中の標的核の数、

σ ：指定した過程に対する断面積。

一般に断面積の値は、原子核の面積と比較できる程度であるので、最も重い原子核の半径は約 10^{-12} cm であることから、 10^{-24} cm^2 をバーン (barn, 単位記号：b) と名づけて、断面積の単位として使用する。

図2には、CdおよびAuの全吸収断面積を中性子エネルギーEの関数として示す。この図からわかるように、Auの断面積は、熱中性子領域で中性子の速度に逆比例した形になるので、これを $1/v$ 特性とよんでいる。他の多くの核種についても、近似的に $1/v$ 特性が成立する。

また、熱中性子領域といっても、ある型の分布をしていて、決して単一のエネルギーの中性子の集まりではない。そこで熱中性子の分布をMaxwell分布と仮定し、断面積は $1/v$ 特性にしたがうものとする。熱中性子領域での断面積の平均値は、 $2200\text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ の速度の中性子に対する断面積と等しく

なるので、この値を熱中性子断面積とよんでいる。一方、熱外中性子領域では、AuやCdの断面積をみるとわかるように、断面積が非常に大きくなる所が何カ所かある。これを共鳴吸収とよんでいる。熱外中性子領域では、中性子束は $1/E$ に比例すると仮定すると、この領域全体での断面積は共鳴積分 I とよばれて、次式で計算される。

$$I = \int_{E_c}^{\infty} \frac{\sigma(E)}{E} dE \quad (2)$$

ここに、 E_c は0.5eVと定められている。このようなときは、放射化断面積 σ は、次式で計算されることをWestcottは示した。

$$\sigma = \sigma_0 (g + r\sqrt{T/T_0}s) \quad (3)$$

$$s = 2I' / (\sqrt{\pi}\sigma_0) \quad (4)$$

ただし、 σ_0 : 2200m/sの速度の中性子に対する放射化断面積、

g : 熱中性子領域における断面積の $1/v$ 則からのずれ補正項、

r : 中性子スペクトル中の熱外中性子の割合、

s : 熱外中性子領域における放射化断面積の $1/v$ 則からのずれ補正項、

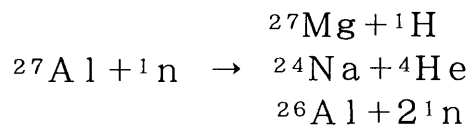
T : 照射設備の温度、

T_0 : 293.6K (20.4°C) ,

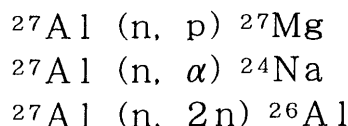
I' : $1/v$ テイルを除いた共鳴積分。

このように放射化は、熱中性子と熱外中性子とによって引き起こされるが、一般によく減速された原子炉では、熱中性子束の方がはるかに大きいので、熱中性子が主として放射化に寄与する。しかし、核種の中には、たとえば ^{238}U のように熱中性子に比較して、共鳴積分がはるかに大きいものもあり、そのような核種においては、熱外中性子の方が放射化に寄与する割合が大きくなる。そのような核種に対しては、通常の放射化分析では、他の核種の γ 線に妨害されて目的核種の γ 線が検出されない場合でも、熱中性子断面積の非常に大きいCdに包んで中性子照射を行うと、熱中性子による放射化が相対的に抑制されて、目的核種の γ 線が検出可能となる場合がある。

高速中性子領域では、放射化断面積はむしろ小さくなって、他の核反応過程の断面積が大きくなってくる。たとえば、 ^{27}Al に対しては、次のような諸反応が起こる。

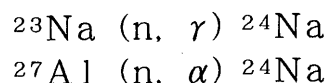


これらの反応は、次のように略記される。



これらの核反応に対する断面積を、図3に中性子のエネルギーの関数として示す。

このように、原子炉の中性子による照射では、 (n, γ) 反応以外の原子核反応も高速中性子によって同時に引き起こされるので、異なった元素からでも全く同じ生成核種ができる場合もある。たとえば、



したがって、Al中に含まれるNaの分析を行いたい場合には、 (n, α) 反応を起こすような高速中性子が存在しないように、中性子のよく減速された特別の照射設備において照射を行う必要がある。

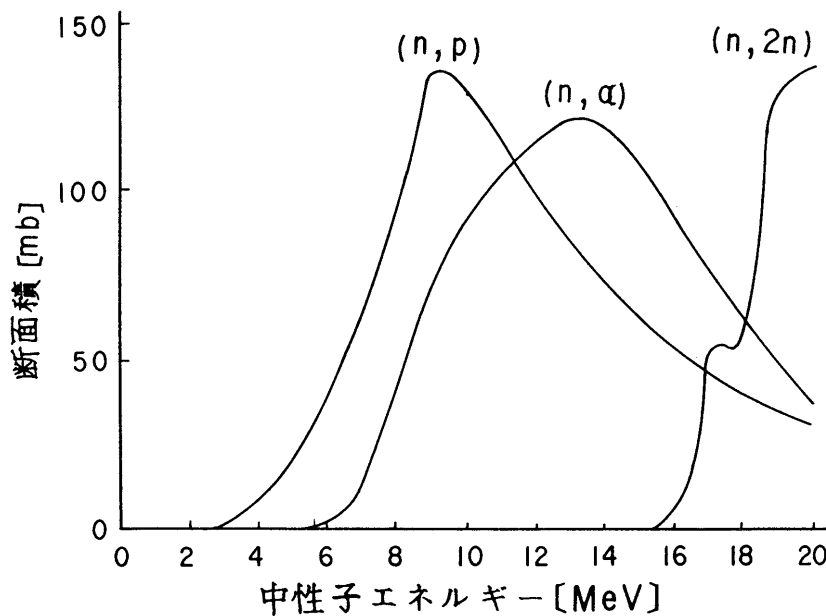


図3 ^{27}Al の (n, p) 、 (n, α) および $(n, 2n)$ 反応の励起関数

また、逆にNiのように (n, γ) 反応による ^{65}Ni よりも (n, p) 反応、すなわち、 $^{58}\text{Ni}(n, p)^{58}\text{Co}$ による ^{58}Co の方が感度が良い場合もある。この場合には、高速中性子束の割合が大きい照射設備の方が分析感度が良くなる。

4. 放射性核種の壊変

放射性核種は指数関数法則

$$N(t) = N_0 \exp(-\lambda t) \quad (5)$$

の式にしたがって壊変する。この式中、 $N(t)$ は冷却時間 t 経過したときの放射性核種数、 N_0 は $t=0$ のときの N の値、 λ は核種に特有の壊変定数である。半減期 $T_{1/2}$ は N がある値から、その半分の値にまで減衰するのに要する時間であり、壊変定数 λ との間には、

$$T_{1/2} = 0.693 / \lambda \quad (6)$$

なる関係がある。この式からわかるように、10半減期も経過すれば約 $1/1000$ に減衰してしまう。したがって、冷却時間を適当にとって測定を繰り返して行えば、半減期の短い核種は早期に減衰してしまうので、半減期毎に分離された γ 線スペクトルが得られる。実際の放射化分析において中性子照射を行った場合に、半減期が、秒、分、時間、日オーダーの核種や、一ヶ月以上の長半減期核種が混在している場合には、冷却時間を適当に選択することによって、これらすべての半減期の核種の測定が可能になる。

5. 放射性核種の生成

原子炉の照射設備に試料を送り込むと、中性子の照射が始まり、核反応が起こって放射性核種が生成されるが、一方生成された核種は壊変し始める。そこで照射開始時刻から、時間 t 経過後の単位時間あたりの放射性核種の生成数は、核反応の起こる数から壊変する数を減じたものになる。すなわち、

次式のようになる。

$$\frac{dN(t)}{dt} = \phi\sigma n - \lambda N(t) \quad (7)$$

ここに、 $N(t)$ ：照射時間 t における生成核数、

n ：試料中の標的核数、

ϕ ：熱中性子束、

σ ：放射化断面積、

λ ：生成核の壊変定数。

この式を積分して $N(t)$ を求めると、次のようになる。

$$N(t) = \phi\sigma n [1 - \exp(-\lambda t)] / \lambda \quad (8)$$

したがって、時間 t_i で照射を終了した直後の壊変率 A_0 は、次式で表される。

$$A_0 = \lambda N(t_i) = \phi\sigma n [1 - \exp(-\lambda t_i)] \quad (9)$$

一方、標的核の数 n と元素重量 m との間には、次式で示される関係がある。

$$n = 6.02 \times 10^{23} m F / M \quad (10)$$

ただし、 F ：標的核種の天然存在率、

M ：原子量。

したがって、照射中における生成核種の放射能強度は、 $[1 - \exp(-\lambda t_i)]$ により増大する。この値は飽和係数とよばれる。照射時間が生成核種の半減期の3倍程度で飽和係数はほぼ1になり、生成放射能強度は A_0 は飽和値に達し、それ以上長時間照射しても A_0 は増加しない。

したがって、比較的短寿命核種の測定に基づく放射化分析法では、照射時間を生成核種の半減期に応じてできるだけ短時間にとどめ、照射後できるだけ速やかに放射能測定を行う。このようにすれば、長寿命核種の生成をおさえることができ、有効に非破壊分析できる場合が多い。

6. 元素の定量

前記式(9)および(10)より、 m は次式のように求められる。

$$m = A_0 M / \{6.02 \times 10^{23} \phi \sigma F [1 - \exp(-\lambda t_i)]\} \quad (11)$$

この m を求めるために、分析元素の一定量 m_s を含む標準試料を作成し、分析試料と同時に中性子照射を行う。照射終了後、分析試料と同じ幾何学的条件で γ 線を測定し、光電ピークのカウント数を求めると、次式によって m を求めることができる。すなわち、

$$m = m_s A_0 / A_{0,s} \quad (12)$$

ただし、添字 s は、標準試料を示す。

しかし、実際に測定されるのは、ある冷却時間 t_w 後の光電ピークカウント率 a_w であるから、この a_w より減衰の補正を(5)式で行うことによって、照射直後の光電ピークカウント率 a_0 が求められる。

$$a_0 = a_w / \exp(-\lambda t_w) \quad (13)$$

このようにして求められた a_0 は A_0 に比例するから、この式と式(12)から、 m は次式のように求められる。

$$m = m_0 [a_w \exp(\lambda t_w)] / [a_{w,s} \exp(\lambda t_{w,s})] \quad (14)$$

ここに添字 s は、標準試料であることを示す。

(京都大学原子炉実験所 武内 孝之)

II. 熱中性子照射場およびCdカバー照射法を利用する放射化分析

1. はじめに

実際に放射化分析をおこなってみると、様々な問題が生じてあらかじめ期待したような分析結果を得られないことがあります。その主な原因の一つは副反応による妨害 ((n, p) , (n, α) , (n, f) 反応等) であり、もう一つは γ 線スペクトロメトリー上の問題で、コンプトンスペクトルの妨害で光電ピークが検出されないことや、光電ピークのエネルギーが似ていて分解できないなどです。これらの問題を試料の破壊をせずに解決するためにはいくつかの方法があります^{1), 2)} が、その一つとして、異なる中性子スペクトルで照射する方法があります。この方法は中性子スペクトルを変えることによって、生成する核種のバランスを変化させることであり、試料の種類または分析目的の元素によっては非常に有効です。

異なる中性子スペクトルで照射するには、熱中性子照射設備で照射したり、通常の照射設備で照射する際に試料をCd金属でカバーすれば、簡単にできます。

この記事では、このような方法を利用されたことのない方々のために、どのような試料に有効であるか、また問題点は何かなどについて私の経験(京大炉での)を紹介します。

2. 熱中性子照射場での放射化分析

—熱中性子照射場—

熱中性子照射場とは重水や黒鉛などに原子炉中性子を通過させ、このことにより高速または中速中性子を減速させて熱中性子を取り出した照射場所です。

京大炉には、重水熱中性子設備と黒鉛設備(サーマルカラム: TC)があります。前者は純粋な熱中性子を利用できますが、フラックスが低い ($3 \times 10^9 \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$) こと及びマシンタイムが取りにくいなど理由から、放射化分析にはあまり便利ではありません。後者は、線質は少し低下しますがフラックスは放射化分析に利用可能な程度高く、しかも気送管が設置されています(TC-Pn)ので放射化分析に便利です。

—TC-PnとPn-2の特性比較—

放射化分析によく利用されている照射設備としてPn-2を代表させ、これとTC-Pnの特性を比較するため、これらの中性子束を表1に示します(図4も参照してください)。

表1 KUR Pn-2とTC-Pnの中性子束³⁾ ($\text{n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$)

	Pn-2	TC-Pn	Pn-2/TC-Pn
熱中性子束 (Φ_{th})	2.8×10^{13}	4×10^{11}	70
熱外中性子束 (Φ_{epi})	1.1×10^{12}	6×10^8	1830
高速中性子束 (Φ_f)	6.0×10^{12}	8×10^7	75000

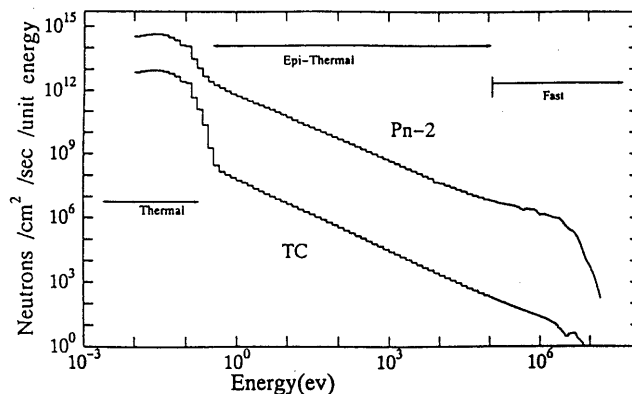


図4 Neutron Spectra at the Pn-2 and TC Facility

表1から明らかなように、TC-Pnの中性子束は各エネルギー領域ともPn-2に比べて低く、熱中性子束は1/70であるが、熱外及び高速中性子束はさらに大きく低下していることがわかります。

このTC-Pnの特性を利用する二種類の利用法があります。一つは熱中性子束に比べて高速中性子束が低いことの利用であり、もう一つは熱外中性子束が低いことの利用です。

2. 1 高速中性子成分が少ない特性の利用

通常照射 (Pn-2のような) に於て、高速中性子による反応生成核種が妨害になるような試料の場合有効です。

この一例として、高純度アルミニウム金属中の不純物を分析する場合の実例を図5に示します。このγ線スペクトルは純度99.99%の試料をPn-2とTC-Pnで照射し、約100分間冷却後に測定して得られたスペクトルです。これらのスペクトルから明らかなように、Pn-2照射では主成分の ^{28}Al と高速中性子との反応生成核種である ^{27}Mg と ^{24}Na は検出されていますが分析目的の不純物元素由来の生成核種はほとんど検出されていません。しかし、TC-Pn照射では多数の不純物元素からの生成核種が検出されていることがわかります。

この例のように、通常照射設備をTC-Pnに変更するだけで、高速中性子による妨害を簡単に、しかも劇的に減少させることができます。ここで、高速中性子による妨害反応例を表2に示します。ターゲット核種が試料の主成分の場合、これらの反応の影響を考慮すべきでしょう。

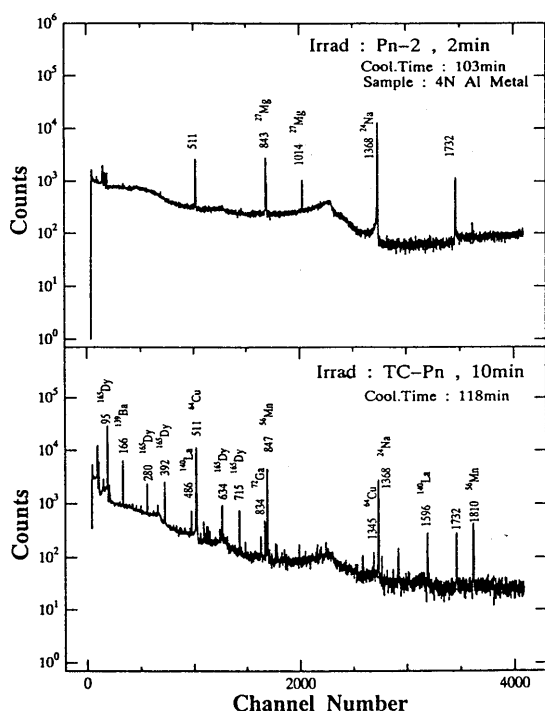


図5 Gamma Spectra of a high pure Al metal activated by Tc-Pn and Pn-2 facility

表2 高速中性子による妨害反応例

Target	Reaction	Nuclides	Target	Reaction	Nuclides
^{27}Mg	(n, p)	^{24}Na	^{46}Ti	(n, p)	^{46}Sc
^{27}Al	(n, p)	^{27}Mg	^{47}Ti	(n, p)	^{47}Sc
^{27}Al	(n, α)	^{24}Na	^{48}Ti	(n, p)	^{48}Sc
^{28}Si	(n, p)	^{28}Al	^{54}Fe	(n, p)	^{54}Mn
^{31}P	(n, α)	^{28}Al	^{56}Fe	(n, p)	^{56}Mn
^{32}S	(n, p)	^{32}P	^{58}Ni	(n, p)	^{58}Co
			^{60}Ni	(n, p)	^{60}Co

2. 2 熱外中性子成分が少ない特性の利用

TC-Pnのもう一つの有用な利用法は、通常の照射設備に比べて熱中性子に対する熱外中性子成分が少ないことの利用です。熱中性子と熱外中性子は同一の核反応を起こし、これは放射化分析において長所にもなるが短所にもなります。特に絶対法による放射化分析（小数の標準核種の放射化率から分析対象核反応の放射化率を補正する方法）では、両中性子成分の放射化率に関する補正が必要になり、この補正が正確にできないため誤差を大きくする短所があります。このことを説明するために表3を示します。表3の右側の値はPn-2とTC-Pnで照射して得たデータを絶対法で解析する際、中性子スペクトル等を補正するための値の例です⁴⁾。この値の詳しい説明は省略しますが、ここでは一応、この補正值は熱中性子での放射化に対する全放射化の割合であると考えていただきたい。このように考えると、例えば、Pn-2における $^{238}\text{U}(n, \gamma)^{239}\text{U}-(\beta^-)\rightarrow^{239}\text{Np}$ 生成反応は熱中性子による生成に熱外中性子のそれが加わることで5倍以上になることがわかります。このことはPn-2の中性子スペクトル（熱外中性子束と熱中性子束の比）が正確に評価されていないければ誤差が生じることを意味しています。ところが、この評価が難しいのです。難しい原因の一つは照射用キャプセル内の位置によって中性子スペクトルが異なることです。また、照射する日時によってスペクトルが変化しない保障はありません。さらに熱外中性子に対する放射化断面積値は不正確である核種が多く、このことによる誤差も加わります。

これに比べ、TC-Pnは熱外中性子による放射化率が小さいので、このような誤差が小さいのです。この放射化の程度は各核種のCd比（表3の値は無限希釈状態での値です）を測定すれば明確になります。Cd比の逆数（ $1/R_{\text{Cd}}$ ）は全核反応の内、熱中性子以外で生成した反応の割合を示しており、表3から、これらの値がどれも小さいことがわかります。また $1+1/R_{\text{Cd}}$ の値とTC-Pnの補正值を比較すれば、かなりラフな中性子スペクトルの評価（ $r'=0.001$ ）でも相当正確な補正が可能であることがわかります。

結果として、TC-Pnを使用した放射化分析は簡単に高い精度の分析値を得ることができます。短所としてはフラックスが低いため感度が低下することです。特に熱外中性子による放射化率が高い核種はその低下率が大きい。

また、相対法においてもキャプセル内の中性子束やスペクトルによる誤差は問題になるので10%以内の精度が必要な分析では十分な注意が必要です。

表3 TC-PnでのCd比とTc/Pn及びPn-2で照射した場合中性子スペクトル補正值

Nuclides	Cd Ratio (R_{Cd})	$1 / R_{Cd}$	中性子スペクトル補正值	
			TC-Pn $r' = 0.001$	Pn-2 $r' = 0.0459$
^{28}Al	173	0.0058	1.001	1.034
^{56}Mn	184	0.0054	1.001	1.048
^{59}Fe	776	0.0013	1.001	1.068
^{60}Co	539	0.0019	1.002	1.092
^{72}Ga	200	0.0050	1.003	1.126
^{76}As	97	0.0100	1.009	1.426
^{95}Zr	447	0.0022	1.006	1.276
^{122}Sb	27.3	0.0366	1.027	2.255
^{124}Sb	36.3	0.0275	1.033	2.538
$^{114\text{m}}\text{In}$	37.5	0.0267	1.032	2.490
$^{116\text{m}}\text{In}$	41.7	0.024	1.013	1.597
^{117}Lu	2125	0.005	1.001	1.024
^{182}Ta	24.1	0.041	1.034	2.560
^{187}W	84.4	0.0118	1.011	1.493
^{198}Au	54.3	0.0184	1.016	1.720
^{239}Np	10.3	0.0925	1.098	5.488

3. Cdカバー法による放射化分析

Cdカバー法とは、低エネルギー領域の中性子に対して非常に大きな吸収断面積を持つカドミウム金属で試料をカバーすることによって、この領域の中性子を遮蔽し、これ以上のエネルギー(約0.5eV以上)の中性子で放射化する方法です(熱外および高速中性子による放射化: TC-Pnによる放射化とは逆の関係になります)。

従って、生成する核種の強度バランスはCdカバーした場合と、しない場合では違って来ます。その影響の程度はターゲット核種の熱中性子に対する断面積(σ_0)と熱外中性子に対する断面積(RI)の比に依存し、この値を比較すれば容易にその効果を推定できます。

放射化分析によく使用される核種について、 RI/σ_0 値の大きい順に並べ、これらを三つのグループに分けたものを表4に示しました。

表4 Pn-2での熱外中性子放射化

$R = RI/\sigma_0$	Nuclides	$r' = 0.0459$
$R > 10$	$^{239}\text{Np}, ^{182}\text{Ta}, ^{124}\text{Sb}, ^{114\text{m}}\text{In}, ^{51}\text{Ti}, ^{122}\text{Sb}, ^{131}\text{Ba}, ^{128}\text{I}$	5.49
	$^{160}\text{Tb}, ^{82}\text{Br}, ^{198}\text{Au}, ^{153}\text{Sm}, ^{134}\text{Cs}, ^{116\text{m}}\text{In}, ^{110\text{m}}\text{Ag}, ^{187}\text{W}$	- 1.49
$10 - 2$	$^{233}\text{Pa}, ^{76}\text{As}, ^{86}\text{Rb}, ^{169}\text{Yb}, ^{192}\text{Ir}, ^{177}\text{Yb}, ^{72}\text{Ga}, ^{153}\text{Gd}$	1.45
	$^{65}\text{Zn}, ^{181}\text{Hf}, ^{60}\text{Co}$	- 1.09
$2 > R$	$^{64}\text{Cu}, ^{140}\text{La}, ^{59}\text{Fe}, ^{56}\text{Mn}, ^{42}\text{K}, ^{49}\text{Ca}, ^{203}\text{Hg}, ^{27}\text{Mg}, ^{141}\text{Ce}$	1.06
	$^{28}\text{Al}, ^{152}\text{Eu}, ^{24}\text{Na}, ^{175}\text{Yb}, ^{52}\text{V}, ^{177}\text{Lu}, ^{51}\text{Cr}, \text{FP}^{235}\text{U}(n, f)$	
	$^{47}\text{Ca}, ^{46}\text{Sc}, ^{38}\text{Cl}, ^{165}\text{Dy}$	- 1.006

右の覧の値は表3の中性子スペクトル補正值と同じ値であり、2.2で説明したように、この値は放射化全体に対する熱外中性子による放射化の寄与の目安になります。2.2と同様に考えると、Cd

カバーによって熱中性子は遮蔽されるので、この中性子による放射化分は減少します。つまり、第一グループの ^{239}Np の生成反応の場合は5.49から4.49に減少し、第三グループの ^{165}Dy のそれは1.006から0.006に減少します。このことは、Cdカバーによって第一グループの生成反応は抑制される程度が小さいが、第三グループのそれは大きく抑制されると言えます。この結果、第一グループの核種の生成反応が強調されることになります。

本法の利用法としては、第三グループの核種 (^{46}Sc , ^{59}Fe , ^{38}Cl , ^{24}Na 等) の生成が他のグループの核種の検出あるいは定量を妨害するような試料の場合、本法を利用すると効果が期待できます。

実際例として、通常照射とCdカバー照射を比較した γ 線スペクトルを図6に示します。この試料は標準岩石のJB-1で、照射設備はPn-2を使用し、約一週間冷却し測定して得たスペクトルです。図6から、Cdカバーしない場合(上図)第三グループの核種である ^{51}Cr , ^{140}La , ^{46}Sc , ^{59}Fe 等が主な検出核種です。Cdカバーした場合(下図)は第一および第二グループの核種が強調されており、両者のバランスが変化しています。こればかりでなく、高速中性子との反応生成物である ^{47}Sc , ^{58}Co , ^{54}Mn も強調されており、このうち ^{47}Sc と ^{58}Co はTiとNiの分析に使用できます。

この例のように、本法はかなり有用そうなのですが、問題点がいくつかあります。第一に、使用するCd金属の量的な制限があること³⁾。次に、照射中にCd金属が発熱すること(Pn-2における30分間の照射では230℃ぐらいになるため、紛体試料をポリエチレン袋に封入して照射できない)。さらに、Cdが放射化するなどがあります。

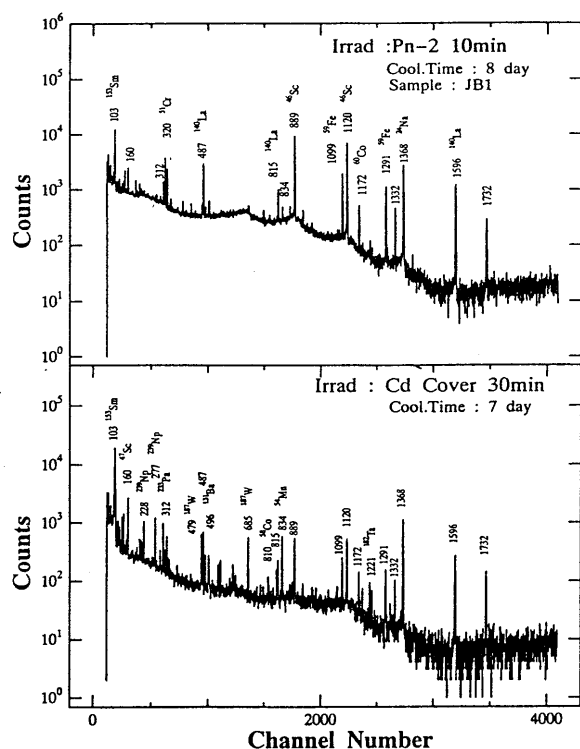


図6
Gamma Spectra of JG-1 activated
with or without Cd-cover in Pn-2

4. おわりに

重松先生より原稿執筆の依頼がありましたが、筆者が本研究会の方々に対して申しあげること何もないことと本紙を汚すだけであると強く辞退したのですが、結果として引受けてしまいました。"放射化分析の初心者を対象に"ということを書きましたが、筆者自身も同じレベルであり、多数の間違ひがあると思います。しかし、経験だけは他の方々よりも多いと思いますので、この点で僅かでも参考になればと願っています。

参考文献

- 1) Glenn F. Knoll : "Radiation Detection and Measurement"
木村逸郎、坂井英次 訳 : "放射線計測ハンドブック"、日刊工業新聞、昭和50年
- 2) 鈴木章悟、平井昭司、分析化学、41(1992)163
- 3) "京大研究炉 (KUR) 実験設備、照射設備 利用の手引"
- 4) M. Koyama, R. Matsushita, Bull. Inst. Chem. Res. Kyoto Univ., 58(1980)235

(京都大学原子炉実験所 松下録治)

Ⅲ. 冷中性子及び熱中性子ガイドビームによる放射化分析

1. はじめに

中性子は、そのエネルギーにより高速中性子、熱外中性子、熱中性子 (約 0.025 eV)、冷中性子 (約 0.001 eV) 等に分類される。このうち放射化分析にはもっぱら熱中性子及び熱外中性子が用いられ (希ではあるが高速中性子も用いられる)、試料を原子炉内の高中性子束場で照射をし、原子炉外で放射化生成物の壊変放射線測定をする方法により行われる。しかし、中性子捕獲反応等の際に放出される即発ガンマ線測定によっても元素及び同位体の分析が可能であり、この方法は中性子即発ガンマ線分析 (PGA) と呼ばれ (即発ガンマ線中性子放射化分析または中性子即発ガンマ線放射化分析等とも呼ばれている)、通常の放射化分析では分析が困難な H, B, N, Si, P, S, Cd, Gd 等を含む多元素を非破壊分析することができるという特徴を持つ。PGA も放射化分析のひとつとされている。これまでこの PGA は、1) 原子炉の水平実験孔等からのビームを用いる方法、2) 原子炉内の高中性子束場で試料を照射し、発生する即発ガンマ線を原子炉外の検出器で測定する方法、3) ^{252}Cf 等の中性子線源を用いる方法により行われてきた。このような方法の PGA は、ガンマ線バックグラウンドが高いなどの理由により検出効率を大きくとることが困難であり、分析感度が低く検出限界が高い等の欠点を持ち、中性子放射化分析法の捕捉的な方法として位置づけられてきた。

近年になり、原子炉中に熱中性子より更に低エネルギーの冷中性子を作る技術及びこのような低エネルギー中性子のみを原子炉外まで導く技術が開発され、純度の高い低速中性子ビームを原子炉外の低ガンマ線バックグラウンド場で利用できるようになった。このような低速中性子ガイドビームを PGA の中性子源として利用した場合、1) $1/v$ 則により反応断面積が増大する、2) 中性子の遮蔽に減速用の含水素材料を必要とせず、水素からの即発ガンマ線バックグラウンドが大幅に減少する、3) 試料による散乱ガンマ線及び中性子線と周囲の物質との反応によるガンマ線バックグラウンドが減少する、等従来の PGA では得られない利点が生じる。同時に試料と検出器間距離を小さくすることが可能となり、ガンマ線の検出効率を大きくとることができ、分析感度と検出限界が大幅に改善される。このようなことから、現在世界各地で冷中性子及び熱中性子ガイドビームを使用した PGA の研究が盛んに行われている。我国に於いても、1991年に原研の改造原子炉 (JRR-3M) の冷及び熱中性子ビームガイドに低ガンマ線バックグラウンドの装置が設置され、研究が行われている。

2. 冷中性子及び熱中性子ガイドビームの作り方

熱中性子は研究用原子炉の重水等による減速で作られ、また冷中性子は液体水素等の冷中性子源で熱中性子をさらに減速して作られる。冷中性子及び熱中性子ガイドビームは、このような冷中性子及び熱中性子をガイド管で原子炉外まで導びいて得られる。冷中性子源としては、液体軽水素と重水素を用いるものが最も多く、その他固体重水、冷却有機化合物及び超臨界軽水素等が用いられている。中性子の散乱及び吸収断面積は、軽水素の方が重水よりも大きいことから、液体軽水素 (20 K) の冷中性子源は、液体重水素のものより小型で、薄型のものになり、冷凍設備も液体重水のものより小規模なものとなる。これに対して液体重水素 (25 K) の冷中性子源は、液体軽水素のものよりも大型になり、冷凍設備も大型になるが、中性子の減速効率が高く、中性子の吸収も少ないこと等から高中性

参考文献

- 1) Glenn F. Knoll : "Radiation Detection and Measurement"
木村逸郎、坂井英次 訳 : "放射線計測ハンドブック"、日刊工業新聞、昭和50年
- 2) 鈴木章悟、平井昭司、分析化学、41(1992)163
- 3) "京大研究炉 (KUR) 実験設備、照射設備 利用の手引"
- 4) M. Koyama, R. Matsushita, Bull. Inst. Chem. Res. Kyoto Univ., 58(1980)235

(京都大学原子炉実験所 松下録治)

Ⅲ. 冷中性子及び熱中性子ガイドビームによる放射化分析

1. はじめに

中性子は、そのエネルギーにより高速中性子、熱外中性子、熱中性子 (約 0.025 eV)、冷中性子 (約 0.001 eV) 等に分類される。このうち放射化分析にはもっぱら熱中性子及び熱外中性子が用いられ (希ではあるが高速中性子も用いられる)、試料を原子炉内の高中性子束場で照射をし、原子炉外で放射化生成物の壊変放射線測定をする方法により行われる。しかし、中性子捕獲反応等の際に放出される即発ガンマ線測定によっても元素及び同位体の分析が可能であり、この方法は中性子即発ガンマ線分析 (PGA) と呼ばれ (即発ガンマ線中性子放射化分析または中性子即発ガンマ線放射化分析等とも呼ばれている)、通常の放射化分析では分析が困難な H, B, N, Si, P, S, Cd, Gd 等を含む多元素を非破壊分析することができるという特徴を持つ。PGA も放射化分析のひとつとされている。これまでこの PGA は、1) 原子炉の水平実験孔等からのビームを用いる方法、2) 原子炉内の高中性子束場で試料を照射し、発生する即発ガンマ線を原子炉外の検出器で測定する方法、3) ^{252}Cf 等の中性子線源を用いる方法により行われてきた。このような方法の PGA は、ガンマ線バックグラウンドが高いなどの理由により検出効率を大きくとることが困難であり、分析感度が低く検出限界が高い等の欠点を持ち、中性子放射化分析法の捕捉的な方法として位置づけられてきた。

近年になり、原子炉中に熱中性子より更に低エネルギーの冷中性子を作る技術及びこのような低エネルギー中性子のみを原子炉外まで導く技術が開発され、純度の高い低速中性子ビームを原子炉外の低ガンマ線バックグラウンド場で利用できるようになった。このような低速中性子ガイドビームを PGA の中性子源として利用した場合、1) $1/v$ 則により反応断面積が増大する、2) 中性子の遮蔽に減速用の含水素材料を必要とせず、水素からの即発ガンマ線バックグラウンドが大幅に減少する、3) 試料による散乱ガンマ線及び中性子線と周囲の物質との反応によるガンマ線バックグラウンドが減少する、等従来の PGA では得られない利点が生じる。同時に試料と検出器間距離を小さくすることが可能となり、ガンマ線の検出効率を大きくとることができ、分析感度と検出限界が大幅に改善される。このようなことから、現在世界各地で冷中性子及び熱中性子ガイドビームを使用した PGA の研究が盛んに行われている。我国に於いても、1991年に原研の改造原子炉 (JRR-3M) の冷及び熱中性子ビームガイドに低ガンマ線バックグラウンドの装置が設置され、研究が行われている。

2. 冷中性子及び熱中性子ガイドビームの作り方

熱中性子は研究用原子炉の重水等による減速で作られ、また冷中性子は液体水素等の冷中性子源で熱中性子をさらに減速して作られる。冷中性子及び熱中性子ガイドビームは、このような冷中性子及び熱中性子をガイド管で原子炉外まで導びいて得られる。冷中性子源としては、液体軽水素と重水素を用いるものが最も多く、その他固体重水、冷却有機化合物及び超臨界軽水素等が用いられている。中性子の散乱及び吸収断面積は、軽水素の方が重水よりも大きいことから、液体軽水素 (20 K) の冷中性子源は、液体重水素のものより小型で、薄型のものになり、冷凍設備も液体重水のものより小規模なものとなる。これに対して液体重水素 (25 K) の冷中性子源は、液体軽水素のものよりも大型になり、冷凍設備も大型になるが、中性子の減速効率が高く、中性子の吸収も少ないこと等から高中性

子束が得られる。一方、固体重水 (30-40 K) 及び冷却有機化合物 (メスチレン, メタン等, 30 K) の冷中性子源は, 液体水素及び液体重水に比べ取り扱いが容易なことから設備が小規模となる。しかし, 固体重水は減速効率が低く, また, 冷却有機化合物は放射線分解によりガスが発生し, 安全上の問題がある。このため, 冷却有機化合物は高中性子束の原子炉には向かない。また, 次世代の冷中性子源として超臨界軽水素及び固体重水素等も期待されている。

中性子を原子炉外に導く方法としては, ガラス表面に Ni (または ^{58}Ni) を蒸着した Ni 鏡管 (真空またはヘリウムを充填) により, 中性子の全反射を利用する方法が最も一般的である。さらに非等厚 Ni-Ti 多層膜のスーパーミラー管により, 中性子の全反射とブラッグ反射を利用し, ガイド管末端での中性子束を増加させる方法も用いられている。また, このようなガイド管で導かれる中性子ビーム中のガンマ線, 熱外及び高速中性子を取り除く方法として, 1) 中性子の反射角を利用した曲線ガイド管を用いる方法, 2) 直線のガイド管を用い Bi, Be 等のフィルターを用いる方法がある。曲線ガイド管は, 直線ガイド管に比べ純度の高いビームを得ることができるが, ビーム巾が狭く, 均一性が劣る。これに対して, 直線ガイド管は, ビームサイズを大きくとることができ, ビームの均一性も優れているが, 中性子の純度は曲線ガイド管よりも劣るようである。

現在稼働中の代表的な冷及び熱中性子ガイドビーム実験設備を表5に示す。これらの施設の他, 台湾, 韓国等でも建設を計画中のことである。原研の改造原子炉 JRR-3M の冷及び熱中性子ガイドビーム実験設備を図7に示す。JRR-3M には, 液体軽水素の冷中性子源と冷中性子3本及び熱中性子2本, 合計5本の曲線ガイド管 (Ni 鏡管) が設置されており, 最大中性子束 (ピーク) エネルギーが 2.3~20 meV の中性子ビームを中性子回折等の散乱実験, 中性子ラジオグラフィ, 中性子デバイスの開発, 超冷中性子及び PGA 等に利用されている。

3. 冷中性子及び熱中性子ガイドビームによる即発ガンマ線分析

PGA はすでに本誌創刊号でも紹介済なので, ここでは簡単に紹介する。原研JRR-3Mの即発 γ 線分析装置は, JRR-3M の冷中性子ビームポート (ピーク中性子エネルギー 3.1 meV) または, 熱中性子ビームポート (ピーク中性子エネルギー 16 meV) に設置できるようになっている。試料位置における中性子束は, 1.4×10^8 (冷中性子), 2.4×10^7 (熱中性子) $\text{n cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ が得られている。本装置は, 1) 試料回りの構造材及び遮蔽材として即発ガンマ線発生量の少ない LiF タイル及びフッ素樹脂等を使用, 2) 試料の照射雰囲気として中性子散乱断面積が小さく, 即発ガンマ線発生量の少ない He を使用, 3) Ge-BGO 検出器によるコンプトンバックグラウンドの低減化等の対策により, ガンマ線バックグラウンドは従来の装置の 1/50~1/170 と低く, さらに分析感度も 3~5 倍高い。JRR-3M 冷中性子ビームにおける元素の分析感度 (cps/mg) と検出限界 (μg) のプロットを図8に示す。図8より PGA は, 1) B, Cd, Sm, Gd, Eu が最も高感度であり, その検出限界は ng レベルと低い, 2) 有害元素の Cd 及び Hg が高感度に検出される, 3) 他の方法では分析が困難な H, B, N, Si, P, S 等の軽元素の分析, 4) 希土類元素間の分析, 5) その他多元素の非破壊同時分析に有効であることが分かる。このようなことから, 各種材料, 環境試料, 岩石, 隕石, 考古学試料, 生物試料などの元素分析分析法として, また, 同位体分析法及びホウ素の状態分析法等に関する研究が行われている。

現在このような冷中性子及び熱中性子ガイドビームを使用した即発ガンマ線分析の研究は, 米国 NIST (IENBS), ドイツユーリッヒ研究所でも行われている。また, 最近ハンガリーブタペスト中性子センターにも装置が設置され研究が開始された。更に米国テキサス大学, インドネシア原子力庁, 韓国エネルギー研究所, 台湾核能研究所及びインド等でも計画中あるいは実験中と聞いている。今後益々 PGA の研究が活発になることが予想される。

最後に, 本稿を執筆するにあたり多くの情報を提供していただいた, 京都大学原子炉実験所川端祐司博士, 原研研究炉部鈴木正年氏及び曾山和彦氏にお礼を申し上げます。

(日本原子力研究所東海研究所 米沢 伸四郎)

表5 冷中性子または熱中性子ビームガイドを備えた代表的な原子炉

国	機関	原子炉	最大熱出力	冷中性子源	ガイド管 (本数)
米国	NIST	NBSR	20 MW	D ₂ O ice→Liq. H ₂	⁵⁸ Ni 直線 (7)
	BNL	HFBR	60 MW	Liq. H ₂	
	Univ. Texas, Austine	TRIGA II	1 MW	冷却 mesitylene	⁵⁸ Ni 曲線 (1)
フランス	ILL	HFR	57 MW	Liq. D ₂	⁵⁸ Ni, Ni 曲線か直線かは不明 (14)
	CEN SACLAY	ORPHE	14 MW	Liq. H ₂	Ni 曲線 (6)+(3)
ドイツ	KFA Jülich	FRJ-2	23 MW	Liq. H ₂	⁵⁸ Ni 直線 (3)
	Hahn Meitner Institute	BR-2	10 MW	超臨界 H ₂	⁵⁸ Ni 直線または曲線 (合計 6)
デンマーク	RISOE National Laboratory	DR-3	10 MW	超臨界 H ₂	
ハンガリー	Budapest Neutron Centre	WWR-SZM	10 MW	計画 (Liq. H ₂)	⁵⁸ Ni 曲線, 直線 (合計 3)
インド	Bhabha Atomic Research Center	DHRUVA	100 MW	不明	2本
インドネシア	BATAN, SERPONG	RSG-GAS	30 MW	無し	⁵⁸ Ni 曲線 (2)
日本	京都大学	KUR	5 MW	Liq. D ₂	Ni 曲線 (3), スーパーミラー (2)
	日本原子力研究所	JRR-3M	20 MW	Liq. H ₂	Ni 曲線 (5)

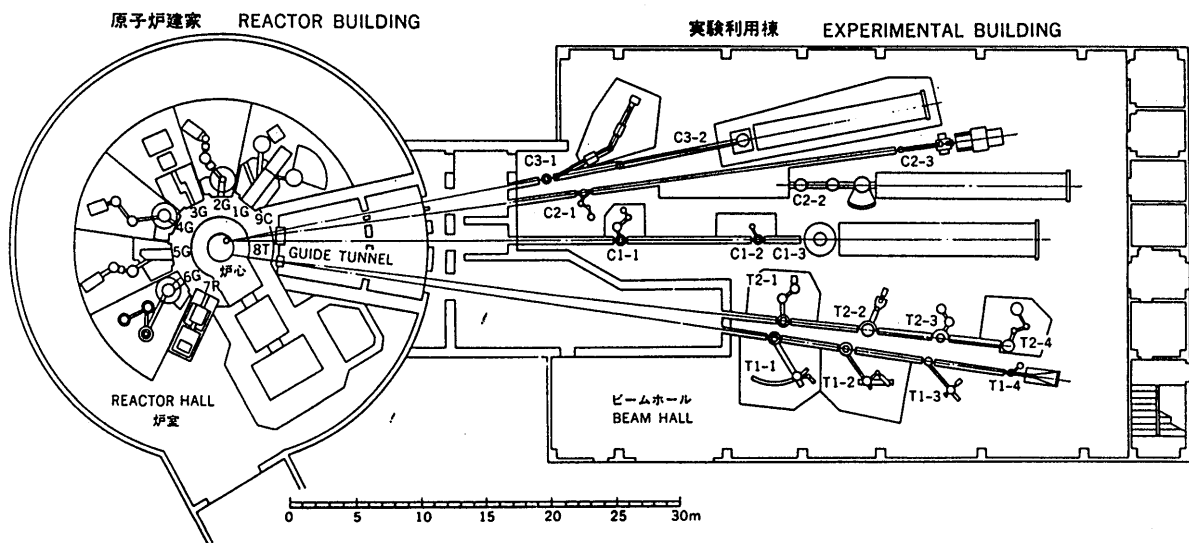


図7 JRR-3M冷中性子及び熱中性子ガイドビーム実験設備

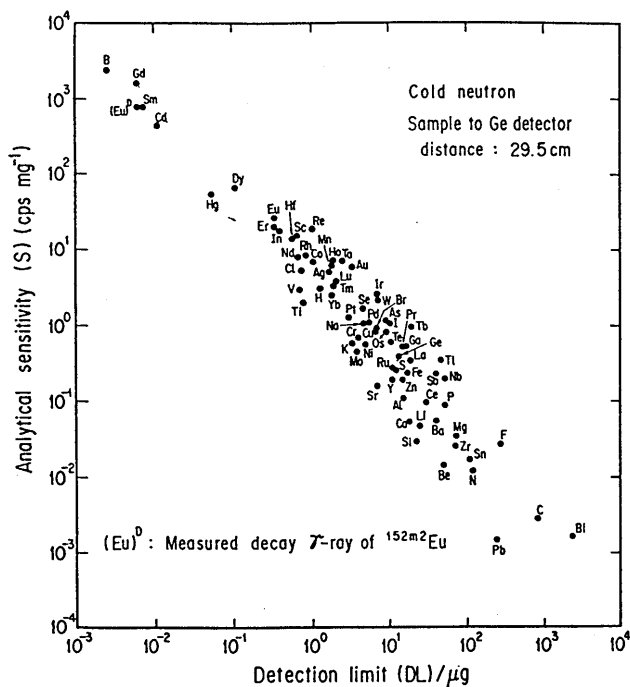


図8 JRR-3M冷中性子ビームを使用したPGAにおける元素の分析感度と検出限界

IV. 研究用原子炉の照射設備の現状

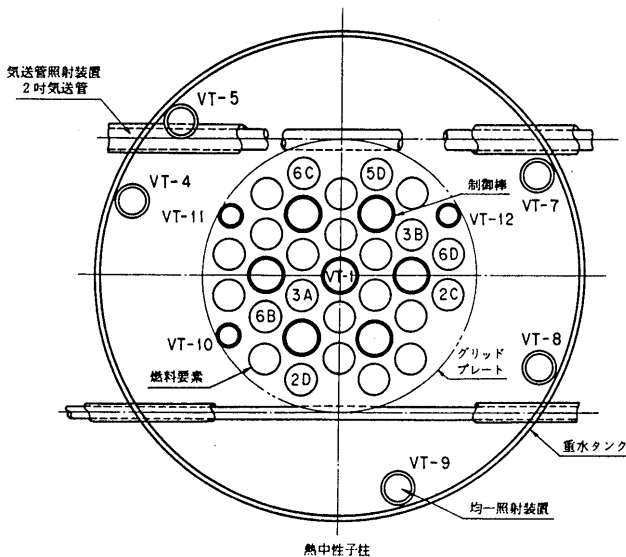
(I) 日本原子力研究所

1. はじめに

原研は、種々の研究用原子炉を保有しており、わが国の原子力研究の中心的役割を果たすため、広く学会、産業界の利用に供している。現在、東海研究所ではJRR-2、3M、4が共同利用運転を行っている。これらの研究炉には照射実験、ビーム実験のための各種設備が設置され様々な分野に有効に活用されている。一方、JRR-2は平成9年度までに運転停止とする予定であり、また、JRR-4は平成7年度末に原子炉を停止して燃料濃縮度低減化 (LEU) の改造工事を行い、LEU炉心による共同利用運転の再開は平成9年度末の予定である。なお、改造工事に併せ利用設備の整備も行われる。ここでは、各研究炉に設置されている照射設備の概要及び放射化分析に適した設備の特性について紹介する。

2. JRR-2 照射設備

JRR-2には照射設備として炉心内照射装置、垂直実験孔設備及び2インチ気送管照射設備が設置されている。図9にこれら設備の配置及び照射孔の特性を示す。炉心内照射装置は、JRR-2炉心の円筒型燃料要素の中央孔 (φ40mm) を照射孔として使用するものである。主に高速中性子を利用する燃料ピンの照射及び放射性同位元素 (RI) の生産に用いられてきたが、平成6年度よりJRR-2の運転時間が1サイクル50時間 (10MW換算) に短縮されたため利用されていない。現在、主に放射化分析の目的に2インチ気送管照射設備及び垂直実験孔設備が利用されている。また、シリコンドーピングが垂直実験孔設備 (VT-9) を専有して行われている。



照射孔特性

照射設備 (照射孔)	最大熱中性子束 (n/cm ² ·s)	最大高速中性子束 (n/cm ² ·s)	カドミウム比	媒質	
炉心内照射装置	(5.8~8.9) × 10 ¹³	(4.7~5.9) × 10 ¹²	1.6 ~ 1.7	重水	
垂直実験孔設備	VT-1	1.3 × 10 ¹⁴	1.8	重水	
	VT-10	8.7 × 10 ¹³	1.5 × 10 ¹³	重水	
	VT-11	7.0 × 10 ¹³		重水	
	VT-12	8.0 × 10 ¹³		重水	
	VT-4	1.8 × 10 ¹³	1.1 × 10 ¹¹ 1.3 × 10 ¹¹	30	軽水
VT-7	2.4 × 10 ¹³	30		軽水	
気送管	VT-5	1.2 × 10 ¹³	5.8 × 10 ¹⁰	18	空気
	VT-8	2.9 × 10 ¹³	2.1 × 10 ¹¹	12	
PN	6.5 × 10 ¹³	2.5 × 10 ¹²	5.2	空気	

- 燃料要素：炉心内照射装置
円筒燃料内 (3A, 3B, 6B, 2C, 6C, 2D, 5D, 6D)
- ◎ 垂直実験孔：燃料領域 / VT-1 VT-10~12
反射体領域 / VT-4, 5 VT-7~9
- 制御棒

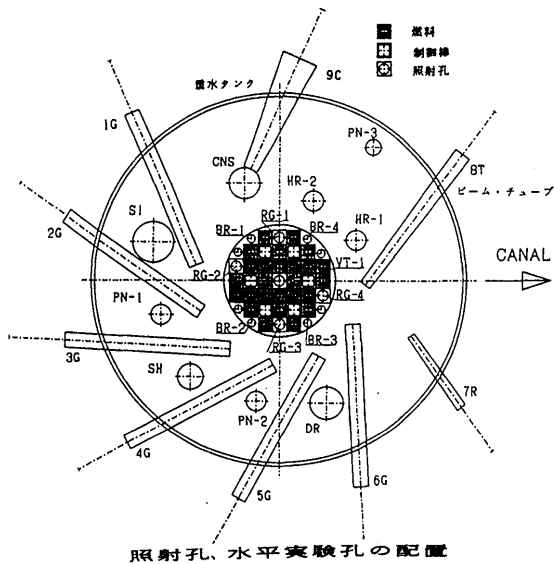
JRR-2 照射設備配置図

図9 JRR-2 照射設備の概要

3. JRR-3M照射設備

JRR-3Mには照射設備として水力照射設備(HR-1,2)、気送照射設備(PN-1,2)、放射化分析用照射設備(PN-3)、均一照射設備(SI)、垂直照射設備(VT, RG, BR, SH)及び回転照射設備(DR)が設置されている。図10にこれら設備の配置及び照射孔の特性を示す。現在、垂直照射設備及び回転照射設備はRI製造及び原子炉燃料・材料の照射試験に利用されており、シリコンドーピングのための均一照射設備は装置を改造し特性試験を行っているところである。水力照射設備、気送照射設備及び放射化分析用照射設備は主に放射化分析の目的に用いられており、それぞれの特性に対応した分析試料の照射が行われている。図11に放射化分析に最も多く利用されているPN-3設備の系統図を示す。これら放射化分析に適する設備については5. に詳しく紹介する。

また、JRR-3Mには多元素同時非破壊分析が行える中性子即発ガンマ線分析装置が設置されている。現在、JRR-3Mの中性子ガイドビームポート、T1-4-1(熱中性子)あるいはC2-3-2(冷中性子)に設置して利用されている。図12に配置図を示す。本装置は、低エネルギー中性子の利用と低バックグラウンド化により従来の装置に比べ分析感度及び検出限界が大幅に改善されている。なお、未だ研究段階のため共同利用は行われていないが、共同研究または協力研究によりさまざまな応用への研究がなされている。



照射孔特性

照射設備 (照射孔)	最大熱中性子束 (n/cm ² ・s)	最大高速中性子束 (n/cm ² ・s)	カドミウム比	媒質	
水力照射設備 (HR-1)	1.2 × 10 ¹⁴	1.7 × 10 ¹³	5	軽水	
水力照射設備 (HR-2)	1.0 × 10 ¹⁴	1.4 × 10 ¹³	5	軽水	
気送照射設備 (PN-1)	6.0 × 10 ¹³	1.7 × 10 ¹¹	26	窒素ガス	
気送照射設備 (PN-2)	5.0 × 10 ¹³	1.5 × 10 ¹¹	26	窒素ガス	
放射化分析用照射設備 (PN-3)	1.9 × 10 ¹²	6.0 × 10 ⁸	300	窒素ガス	
均一照射設備 (SI-1)	2 × 10 ¹³	—	50	軽水	
回転照射設備 (DR-1)	3 × 10 ¹³	—	50	軽水	
垂直照射設備	VT	3 × 10 ¹⁴	2 × 10 ¹⁴	3	軽水
	RG	2 × 10 ¹⁴	1 × 10 ¹⁴	4	軽水
	BR	2 × 10 ¹⁴	1 × 10 ¹⁴	4	軽水
	SH	4 × 10 ¹³	—	50	軽水

図10 JRR-3M照射設備の概要

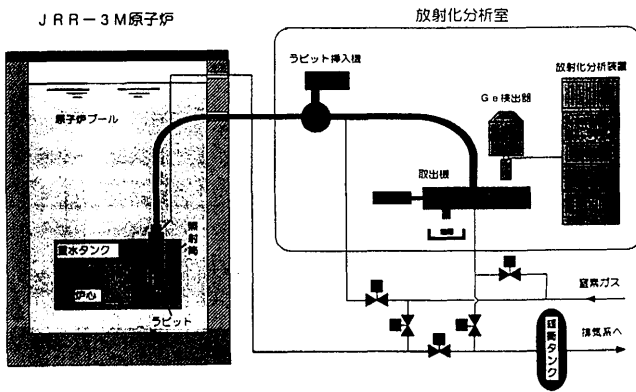


図11 JRR-3M 放射化分析用照射設備 (Pn-3) 系統図

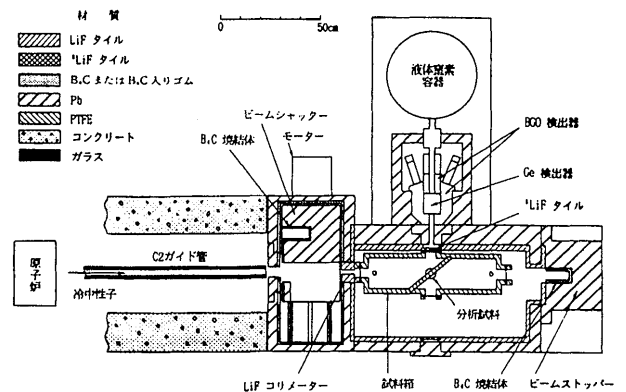
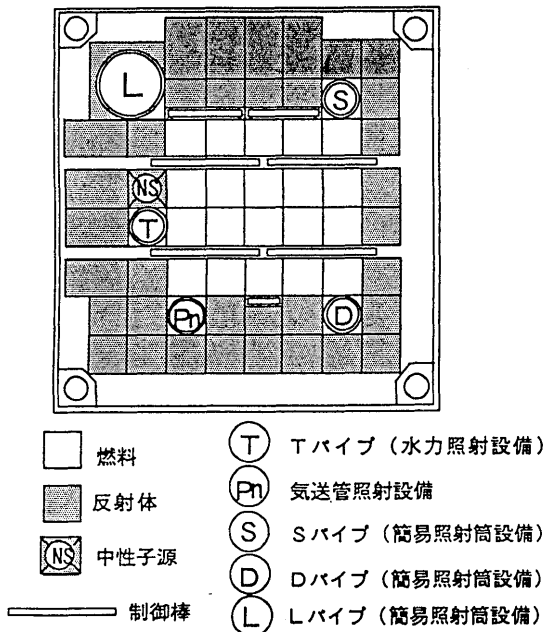


図12 JRR-3M 即発γ線分析装置の配置図 (冷中性子ビームポート)

4. JRR-4 照射設備

JRR-4には照射設備として簡易照射筒設備(Tパイプ、Sパイプ、Dパイプ、Lパイプ)及び気送管照射設備が設置されている。図13にこれら設備の配置及び照射孔の特性を示す。現在、主にTパイプはRI製造に、Sパイプ及び気送管照射設備は放射化分析の目的に用いられている。また、Dパイプ、Lパイプはシリコンドーピング専用で使用されている。なお、JRR-4の改造後は、大口径照射筒の設置により最大直径5インチのシリコン照射ができるようになる。また、気送管照射設備の整備により秒オーダーの短寿命核種分析が可能となる。



JRR-4 照射設備配置図

図13 JRR-4 照射設備の概要

照射孔特性

照射設備 (照射孔)	最大熱中性子束 (n/cm ² ·s)	最大高速中性子束 (n/cm ² ·s)	カドミウム比	媒質
簡易照射筒設備 Tパイプ	6.0×10^{13}	1.3×10^{13}	4.0	軽水
Sパイプ	5.0×10^{13}	5.5×10^{12}	5.3	軽水
Dパイプ	4.2×10^{13}	5.5×10^{12}	5.0	軽水
Lパイプ	2.0×10^{13}	1.5×10^{12}	8.8	軽水
気送管 (PN)	4.0×10^{13}	7.5×10^{12}	3.9	窒素ガス

5. 放射化分析に適した照射設備

(1) 照射設備

原研研究炉における放射化分析に適した照射設備は、照射時間及び原子炉に応じて分類すると表6のとおりである。特にJRR-3MのPN-3設備は、照射後約5秒でGe検出器部に取り出され、試料を開封せずにラビットの状態で測定を開始することが可能であり、短寿命核種の分析に有効である。また、JRR-4の気送管 (PN) は、分オーダーの短寿命及び中寿命核種分析を対象とした照射設備で、手軽に広範囲の放射化分析ができるため多くの利用者によって使用されてきた。一般的に中寿命核種の放射化分析のための照射は、JRR-2の気送管 (PN)、JRR-3Mの気送管 (PN)、JRR-4の気送管 (PN) 及びTパイプが使用される。また、長寿命核種の放射化分析のための照射は、JRR-2のVT孔、JRR-3Mの水力照射設備 (HR)、JRR-4のSパイプ等が使用される。照射された試料は原研の共同利用実験室または各利用者の研究室等へコンテナで輸送される。

(2) 共同利用実験室

共同利用のための実験室は、JRR-1実験室 (3室)、JRR-3M実験室 (2室)、JRR-3M放射化分析室 (1室) 及びJRR-4実験室 (1室) の4施設 (7室) が設置されている。これらの実験室は主に各研究炉で照射した放射化分析試料の開封及び測定などに使用されている。それぞれの実験室には、原子炉で照射した試料中の元素分析のため放射化分析装置が設置されている。また、JRR-1及びJRR-3M実験室には、長寿命核種の測定等に有効なオートサンプルチェンジャー

が設置されている。

表6 照射時間に対応した照射設備と特性

	原子炉及び照射設備	照射時間	熱中性子束	速中性子束	カドミ比	取出場所	所要取出時間
短時間照射	JRR-3M PN-3 (底部) (中間部)	5秒～ 2分	1.9×10^{13} 1×10^{12}	6.0×10^9 ～ 10^8	300 700	検出器直下 フード取出	5秒 1分
	JRR-4 PN	秒～20分	4.0×10^{13}	7.5×10^{12}	3.9	フード取出	約30秒
中時間照射	JRR-2 PN	～20分	6.5×10^{13}	2.5×10^{12}	5.2	鉛セル	数分
	JRR-3M PN-1	1分～20分	6.0×10^{13}	1.7×10^{11}	26	鉛セル	鉛セル約5分
	PN-2 ※ ¹	//	5.0×10^{13}	1.5×10^{11}	26	鉛セル	フード 6分
	JRR-3M HR-1	10分～ 1サイクル	1.2×10^{14}	1.7×10^{12}	5	鉛セル	約30分
HR-2	//	1.0×10^{14}	1.4×10^{12}	5	鉛セル	約30分	
JRR-4 PN	秒～20分	4.0×10^{13}	7.5×10^{12}	3.9	鉛セル	数分	
JRR-4 T(HR)	分～6時間	6.0×10^{13}	1.3×10^{13}	4.0	鉛セル	数分	
長時間照射	JRR-2 VT-5	サイクル単位	1.2×10^{13}	5.8×10^{10}	18	ホットケブ	1週間
	VT-7	サイクル単位	2.4×10^{13}	1.3×10^{11}	30	ホットケブ	1週間
	VT-8	サイクル単位	2.9×10^{13}	2.1×10^{11}	12	ホットケブ	1週間
	JRR-3M HR-1	10分～ 1サイクル	1.2×10^{14}	1.7×10^{12}	5	鉛セル	約30分
	HR-2	//	1.0×10^{14}	1.4×10^{12}	5	鉛セル	約30分
	DR ※ ²	サイクル単位	3×10^{13}	—	50	ホットラボ	—
SH ※ ²	サイクル単位	4×10^{13}	—	50	ホットラボ	—	
JRR-4 S	分～6時間単位	5.0×10^{13}	5.5×10^{12}	5.3	鉛セル	翌日	

※¹ フード取出可能

※² 事前相談が必要

(日本原子力研究所 東海研究所 山田忠則、笹島文雄)

(II) 京都大学原子炉実験所

京都大学研究炉 (KUR) に付設された照射設備のなかで放射化分析に利用されているものとして、1) 圧気輸送管 (略称 Pn)、2) 黒鉛設備圧気輸送管 (Tc-Pn)、3) 水圧輸送管 (Hyd)、4) 長期照射等が揚げられる。

照射後は、原子炉棟に接続しているホットラボ棟 (HL棟) で、放射能強度に応じて、ホットケブあるいは化学フード中でキャプセルを開封して放射能測定用試料の調製を行うことが多い (ホットラボ棟の概略については図14参照)。必要に応じてHL棟・化学実験室で化学分離を行うが、近年はINAAが主流になっており、化学操作の機会は減少している。

放射能測定はHL棟測定室またはトレーサ棟 (TL棟: HL棟の北側およそ80mにある) で行っている。トレーサ棟で測定する試料の調製はTL棟化学実験室で行うこともできる。

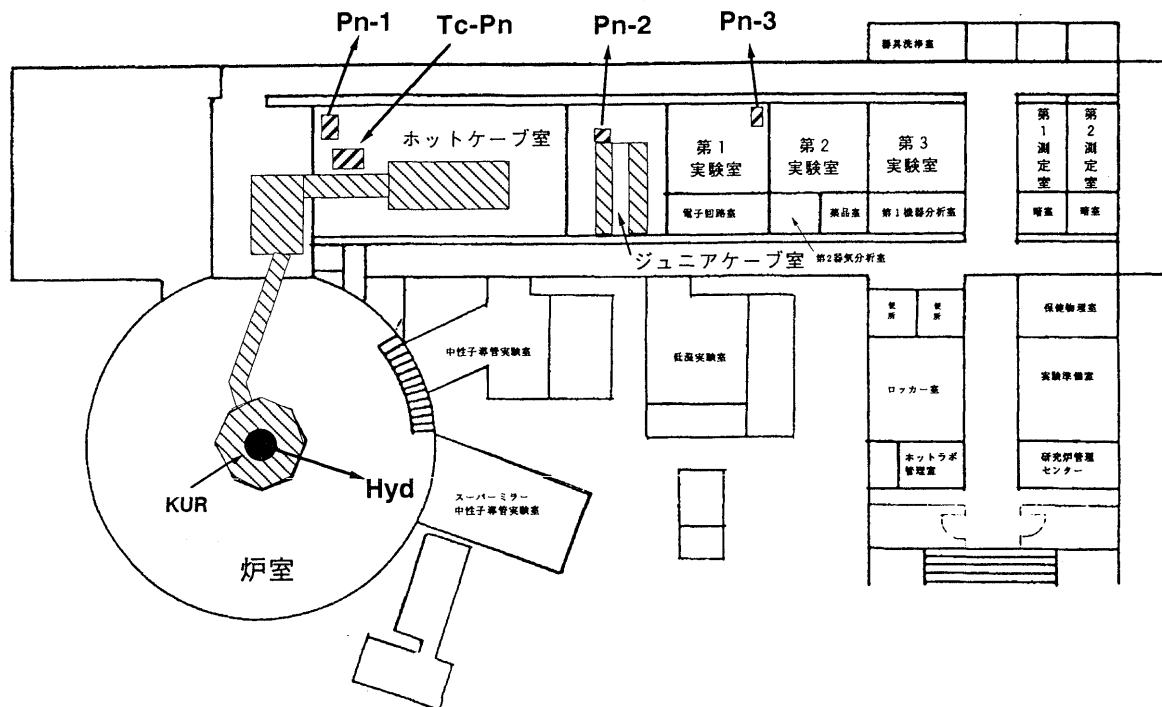


図14 ホットラボ棟概略図

各照射設備の概要を以下に説明し、それぞれの特性を表7に示す。

表7 放射化分析に利用されているKURの照射設備とその特性（5 MW運転時）

照射設備	P n - 1	P n - 2	P n - 3	T c - P n	H y d	長期照射
熱中性子束 ($n \cdot cm^{-2} \cdot sec^{-1}$)	1.9×10^{13}	2.8×10^{13}	2.3×10^{13}	4.0×10^{11}	8.2×10^{13}	4.7×10^{13}
熱外中性子束 ($n \cdot cm^{-2} \cdot sec^{-1}$)	6.5×10^{11}	1.1×10^{12}	8.4×10^{11}	6.0×10^9	6.0×10^{12}	1.7×10^{12}
速中性子束 ($n \cdot cm^{-2} \cdot sec^{-1}$)	3.1×10^{12}	6.0×10^{12}	4.8×10^{12}	8.0×10^7	3.9×10^{13}	1.4×10^{13}
金のカドミ比	6.8	5.8	6.2	-----	3.9	~6
ガンマ線量率 (R/hr)	6.0×10^7	1.2×10^8	7.0×10^7	2.0×10^5	3.0×10^9	
温度	54~70	81~100	70~90	40~55	注 ¹⁾	~90 ²⁾
最長照射時間 (hr)	1	1	1	72	10 ³⁾	4 week ⁴⁾

- 1) 炉心冷却水温度+10°C程度。ただし、試料によっては、かなりの高温になる。
- 2) 照射条件によって数十度から数百度になることも予想されるが、通常90°C程度
- 3) 原則として5時間以上、10時間以内。
- 4) 1週と4週単位のくり返しで照射し、最高12週運転単位までを原則とする。

1. 圧気輸送管 (P n)

KURでの照射で一番多く利用されている照射設備である。3系統あり、ポリエチレン製キャプセルに試料を封入して、CO₂ガスの圧力を利用して1時間までの照射が可能である。照射後は試料の取り出しが他の照射設備に比べて簡単に行えるので、放射化分析には特によく利用されている。原子炉運転は原則として火~金曜日までの連続運転である。しかし、照射は火、水曜日の週の前半に集中している。利用時間の調整を行って、放射化分析が円滑遂行できるようにしている。

P n-1

P n-1はキャプセルを取り出す場所がHL棟の測定室から最も離れている。至近の位置にTL棟へキャプセルを転送する圧気輸送管（エクステンションニューマ）が設置されているので、TL棟での放射化分析に利用される場合が多い。

P n-2

3系統のなかで熱中性子束密度が一番高い。キャプセルが鉛厚20 cmのジュニアケープ室のセル内に取り出されるので、岩石や土壌などの地質試料で照射直後の誘導放射能が一時的に高くなり被爆の恐れがある試料の照射に利用されている。

P n-3

原子炉から一番遠い照射設備であるが、HL棟の実験室、測定室に近く、照射後直ちに測定しなければならないような短寿命核種の放射化分析に好都合なので大変混雑している。

2. 黒鉛設備圧気輸送管（T c-P n）

炉心タンク内の圧気輸送管（P n）に比べて、よりやわらかい中性子スペクトル場での照射を簡単に行う目的で設置され、昭和63年度に完了した。圧気輸送管（P n-1）に比べると、 ϕ_{epi} / ϕ_{th} 比で1/20、 ϕ^f / ϕ_{th} 比で1/1000である。照射用キャプセルは炉心タンク内の圧気輸送管と同一のものを使い、キャプセルの送迎はCO₂ガスを利用している。ステーションはHL棟ホットケープ室にある。キャプセルは2個同時に照射できるように設計されていて、同一時間帯に挿入し、最低部のキャプセルを残したまま、それより上部のキャプセルを取り出すことが可能である。キャプセルの挿入及び取り出しがパソコンで自動制御されている。操作は実験者が簡単に行えるようになっている。速中性子の影響が少ないので放射化分析はもちろん、他の目的での利用希望も多く、利用調整を行っている状態である。

3. 水圧輸送管（H y d）

試料の入ったアルミ製のキャプセルを炉頂のサブプールから水圧によって炉心中央部に送り込んで、1～72時間（原則としては5時間以上、10時間以内）の照射ができる。照射設備の中では熱中性子束が一番高い（ $\phi_{th} = 8.2 \times 10^{13} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ ）。ただ、照射試料は石英管真空封入が原則となっているので、試料が限定される。

4. 長期照射

炉心内において週単位の照射ができ、最高12週までの照射が可能である。利用は多いが水圧輸送管同様、試料を石英管に真空封入するのが原則であるので、放射化分析関係者の利用はすくない。

この他、炉室内に設置されている高速オンライン圧気輸送管（最高熱中性子束= $2.8 \times 10^{12} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ ）も極短寿命核種の自動放射化分析装置として利用することができる。

（京都大学原子炉実験所 高田實彌）

(Ⅲ) 立教大学原子炉

立教大原子炉(100kW TRIGA-II型炉)は国内の他の研究炉に比し、出力が小さい。しかし、その照射装置における中性子線束密度はそれ程低くなく、中性子放射化分析に十分な検出感度を持つ。それは、主要な照射装置が炉心もしくは直ぐ周辺の反射体に設けられているからである。従って、熱中性子以外に熱外(共鳴)中性子と速中性子がかなりの量混在している。このような照射場の特性を活かした放射化分析への利用を心懸ける必要がある。

Na, Mg, Al, Si, P, Mn, Cuなど軽元素の定量の場合、(n, p), (n, α)反応による妨害の補正についての考慮を要するが、逆に速中性子による核反応を積極的に利用することもできる。例えば、 $^{58}\text{Ni}(n, p)^{58}\text{Co}$ 反応で大気浮遊塵や隕鉄中のNiが定量でき、 $^{29}\text{Si}(n, p)^{29}\text{Al}$ 反応で多くの環境試料中のけい素が定量できる。

熱外中性子が多量に混在する照射場の特色を活かしてU, As, Sb, Ag, Au等特定の元素を感度良く定量することもできる。厚さ、1mmのカドミウム筒に試料を入れ、照射すれば、熱中性子は大部分吸収され、透過した熱外中性子による共鳴吸収で(n, γ)反応により放射性核種が生成する。裸である元素を照射して生成する放射能とカドミウムに包んで照射したときの放射能比をカドミ比と言う。その値が1に近い程、共鳴吸収の割合が大きく、カドミウム筒に入れての照射効果大きい。立教炉の回転試料棚(RSR)で得られたカドミ比の小さい主要な放射性核種名とカッコ内にカドミ比を記す。

$^{59}\text{Fe}(1.77)$, $^{71\text{m}}\text{Zn}(1.38)$, $^{71}\text{Zn}(2.28)$, $^{76}\text{As}(2.31)$, $^{82}\text{Br}(2.39)$, $^{86\text{m}}\text{Rb}(2.79)$, $^{88}\text{Rb}(2.06)$,
 $^{85}\text{Sr}(2.25)$, $^{97}\text{Zr}(1.18)$, $^{101}\text{Mo}(2.37)$, $^{105}\text{Ru}(2.93)$, $^{109}\text{Pd}(2.55)$, $^{110\text{m}}\text{Ag}(2.42)$, $^{114\text{m}}\text{In}(2.04)$,
 $^{125}\text{Sn}(1.45)$, $^{122}\text{Sb}(1.79)$, $^{124}\text{Sb}(1.83)$, $^{128}\text{I}(1.87)$, $^{134}\text{Cs}(2.49)$, $^{159}\text{Gd}(1.74)$, $^{160}\text{Tb}(2.16)$,
 $^{157}\text{Dy}(1.81)$, $^{170}\text{Tm}(2.52)$, $^{176\text{m}}\text{Lu}(1.60)$, $^{182}\text{Ta}(1.31)$, $^{187}\text{W}(2.81)$, $^{186}\text{Re}(2.24)$, $^{194}\text{Ir}(2.76)$,
 $^{195\text{m}}\text{Pt}(2.36)$, $^{198}\text{Au}(2.54)$, $^{197\text{m}}\text{Hg}(1.41)$, $^{239}\text{U}(1.19)$

ウランを定量する場合、 ^{239}U またはその娘核種の ^{239}Np の放射線を測定するが、カドミ比は1.19で極めて小さく、カドミウム筒に入れても裸で照射しても生成放射能はほとんど変わらない。多くの妨害核種はカドミウム筒に入れることでその生成が抑制され、ウランの相対感度はほとんどの試料で向上できる。

炉心へのカドミウム筒の出し入れは、制御棒の挿入・引き抜きと変わりがない。カドミウム筒を急激に引き抜くと、原子炉の自動制御装置が追従できず、瞬間的に出力超過を起こし、スクラムにより炉が停止する。炉心内のFリング孔でカドミウム筒の短時間照射を行う場合は、ゆっくりと試料を引き上げる専用装置を必ず使用しなければならない。中心実験孔と気送管でのカドミウム照射は行えない。

速中性子による短時間照射には、カドミウム筒の代わりに外径2cm、孔径1cm、高さ4.5cmのチッ化ホウ素キャプセルを使用できる。

カドミウム筒の場合、誘導放射能が多く、F孔5分照射で0.25msV/時の線量率に達するのに対し、チッ化ホウ素の場合10 μsV /時に過ぎず、照射に伴う被ばくの恐れはほとんどないが、かなりの発熱がある。

立教炉の照射設備とその主要な特性を表8に記す。中心実験孔を除き、水密にしたり、石英管に溶封する必要はなく、照射試料の調製、挿入、出し入れが簡単である。回転試料棚では、ほぼ同一の熱中性子線束密度で40キャプセルが同時照射できる。

熱中性子柱は線束密度が小さく、運転中の試料の出し入れもできない。鉄試料中のけい素の定量の場合、熱中性子柱で照射し、放射化学的放射化分析を行えば、速中性子による $^{31}\text{P}(n, p)^{31}\text{Si}$ 反応による妨害が避けられる。

表8 各照射実験孔の特性 (100kW)

照射孔	熱中性子束密度 n/sec · cm ²	速中性子束密度 n/sec · cm ²	カドミウム比	r線量率 r/hr	備 考
回転試料棚 *(RSR) 下	5.5 × 10 ¹¹	4.7 × 10 ¹⁰	3.5	1.4 × 10 ⁶	} カプセルI 使用
” 上	3.8 × 10 ¹¹	2.7 × 10 ¹⁰	—	—	
Fリング孔 A	0.9 × 10 ¹²	0.8 × 10 ¹¹	—	—	} カプセルI 使用
” B	1.4 × 10 ¹²	4.8 × 10 ¹¹	3.4	—	
” C	1.7 × 10 ¹²	6.0 × 10 ¹¹	3.2	1.2 × 10 ⁷	
気送管	1.5 × 10 ¹²				ラビットI 使用
中心実験孔 *(CT)	3.7 × 10 ¹²	2.0 × 10 ¹²	~3	3 × 10 ⁷	水中, カプセルII 使用
熱中性子柱 *(TC)	3.0 × 10 ¹⁰ (6cm) 4.4 × 10 ⁹ (56cm) 4.9 × 10 ⁸ (106cm)	1 × 10 ⁸	34 350 5700	2.2 × 10 ⁴	10cm × 10cm × 1.2mのグラフィイト棒の引き抜き可能。距離は最奥部からの値
水平実験孔 *(BP)		3.5 × 10 ¹⁰		2.2 × 10 ⁶	最奥部の値

*略号はそれぞれ (RSR) Rotary Specimen Rack, (CT) Central Thimble, (TC) Thermal Column, (BP) Beam Portの略語です。

(立教大学原子力研究所 戸村 健児)

(IV) 武蔵工業大学原子炉

武蔵工大炉(TRIGA-II型, 熱出力100kW)は1989年12月に起こった原子炉タンクの漏水に係わる事象のため, 現在も停止しています。停止以前の原子炉には次のような照射設備がありました。(現在は取り外されています。)

1. 中央実験管(熱中性子束密度: $3.8 \times 10^{12} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 照射時間: 5時間/日)

原子炉の中心に挿入されているアルミニウム管。試料はポリエチレン製カプセル(内径22mm, 内長198mm)に入れ, ひも(ナイロン製)づり式に照射される。

2. Fリング管(熱中性子束密度: $1.8 \times 10^{12} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 照射時間: 5時間/日)

炉心の一番外側に挿入されているアルミニウム管。照射カプセル, 照射方法は中央実験管と同じ。厚さ1mmのカドミウムフィルターをして, 熱外中性子照射ができる。

3. 照 射 溝(熱中性子束密度: $8.0 \times 10^{11} \text{n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 照射時間:数分~数日)

炉心の周りのグラファイト反射体上部の幅65mmの溝。ここでも試料はポリエチレン製カプセル(内径32mmまたは50mm, 内長66mmまたは110mm)に入れ、ひもづり式に照射される。熱外中性子照射もできる。

4. 気 送 管(熱中性子束密度: $1.5 \times 10^{12} \text{n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 照射時間:3秒~20分)

炉心のFリング管の位置に挿入され、Ge検出器のある室の隣の気送管室まで導入管が備えられている。照射カプセルはポリエチレン製ラビット(内径15mm, 内長93mm)が用いられる。発射端から炉心までの輸送時間は約4秒間。

気送管室の挿入・取り出し口は2系統になっており、複数のグループの利用に配慮している。挿入口は8個のカプセルが入る回転テーブルで、パソコンによる自動制御で自動的に発射できる。

5. 繰返し気送管(熱中性子束密度: $7.5 \times 10^{11} \text{n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 照射時間:0.1秒~100秒)

照射溝に設置されている。測定端(発射端)は気送管室にある遮蔽体内のGe検出器の横に位置している。輸送時間は約0.7秒間であり、試料はカプセルごと γ 線測定する。数秒の短寿命核種の繰返し照射・測定による放射化分析ができる。

6. 照 射 室(熱中性子束密度: $1.0 \times 10^9 \text{n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 照射時間:5時間以内)

熱中性子柱を医療用設備に改造した照射場で、黒鉛およびビスマスにより熱中性子を取り出している。Cd比は100, 中性子ビームの大きさは直径500mmまで。

この他、中性子ラジオグラフィなどを行う水平実験孔が3本ありました。

もし原子炉を修復し、再開した場合には、ほぼ同様な照射設備になると思われますが、熱外中性子照射など、以前に比べてより使いやすいようにしたいと考えています。

(武蔵工業大学原子力研究所 鈴木章悟)

新刊書案内

Prompt Gamma Neutron Activation Analysis

Z. B. Alfassi, C. Chung 編 244p.

CRC Press ISBN 0-8493-5149-9

本書の特徴：原子炉，RI線源，加速器等を使用した
中性子即発ガンマ線分析の Review Book

(情報提供 米沢伸四郎)

研究紹介

環境指標植物としての樹木

京都大学大学院農学研究科地域環境科学

片山 幸士

1. はじめに

樹木の、年輪幅、早・晩材幅、比重などを調べることによって、それが生育した、年代、気象条件、育林・育種の状態を過去にさかのぼってある程度の情報を得られるようになってきている。これに関しては例えば深沢らの「樹木の年輪が持つ情報」にまとめられている¹⁾。ところで、上記した木材組織あるいは木材物理的な観点とは違い、その化学成分から生育環境の情報を得る試みが最近なされてきている。すなわち、樹木は、根、樹幹、樹皮および葉に分けられる。それぞれを構成する主な元素は、炭素、酸素、水素である。さらに、窒素、リン、カリウム、マグネシウム、塩素、ホウ素、鉄、銅、亜鉛、モリブデン、マンガン等が樹木の生育に必要な元素であることが認められている。この他にも多種類の元素を樹体の各部に含んでいる。樹木はこれらの元素を大気、降水、土壌等から摂取している。したがって、樹体の各部に摂取された元素量や分布はそれが生育した環境を反映している。ここでは、木部、樹皮および葉に含まれる元素、特に微量元素と生育環境との関係について述べる。

2. 環境試料としての樹木

環境情報を得る試料として樹木を用いる際には、欲しい情報は何か、どの程度の時間単位かによって、採取する樹体の部位も異なってくる。さらに、目的とする部位の採取のしやすさも現場では重要な意味を持っている。また、環境の変化に対する応答も部位によって異なる。それらについて表1に簡単にまとめた。

表1 環境試料としての樹木

部 位	年 齢	採 取	感 度
木 部	～数千年	△	△
樹 皮	～数十年	○	○
葉	～数年	◎	◎
根	?	×	?

木部は、屋久スギのように樹齢が数千年におよぶものがあり長期間の情報を得られるが、試料の入手や伐採を必要とするなどに難点がある。樹皮の採取は比較的簡単であるが、得られる情報の期間はそれほど長くない。葉は長くても数年間の情報しか得られないが試料の採取は非常に簡単である。根については年齢の特定や採取も困難で環境試料としては取り扱いにくい。

3. 環境汚染と木部中の元素濃度

最初に、年輪中の金属元素を分析して環境汚染との関係を調べたいいくつかの例について述べる。F. S. Hinemanらはストロブマツの年輪に含まれるナトリウム、カリウム、亜鉛、タングステン、マンガンを定量した²⁾。人口密度および交通量が少なく、工場のない地方で伐採した試料木8本についてのマンガン濃度の平均値と年輪形成年次の関係を図1に示した。1935年頃に形成された年輪に含まれるマンガン濃度は乾燥重量1g当り38μgで

あるが、年々増加し1970年には75 μg と2倍になっている。マンガンは大気汚染物質の1つである。したがって、年輪にいったん取り込まれたマンガンが年輪の半径方向で、すなわち、年輪間で移動しにくいなら年輪中のマンガン濃度は環境汚染の指標になる。しかし、Galliganが指摘しているように³⁾、辺材と心材でのマンガン濃度には差がある。したがって、年輪の形成年次とマンガン濃度に注目しただけでは正しい解析とは言えない。

鈴木は⁴⁾、亜鉛精錬工場から排出された重金属元素で環境が汚染された群馬県安中市で伐採したスギを試料木とし年輪幅と年輪中の重金属元素の関係を調べた(図2)。試料木中の亜鉛、鉛、カドミウムは1950年から増加し、1955年に最高値を示したのち減少している。一方、年輪幅はこれら3つの重金属元素濃度が高くなるにしたがって減少している。濃度が最高値を示した後は、濃度が減少しているにもかかわらず年輪幅の回復は認められていない。いったん高濃度の重金属元素を取り込むと生長が阻害されその影響がその後も続いている事例である。さらに、試料木の年輪に蓄積されたこれらの元素を、水、アセトン、エチルアルコール、酸等の溶媒で抽出した。その結果、亜鉛、鉛に比べてカドミウムは年輪から容易に溶出しなことが判明した。

したがって、いったん材中に取り込まれたカドミウムは移動しにくく年輪幅の減少と強い関係があること指摘している。

筆者らは⁵⁾宮崎県土呂久でスギを採取し年輪中のヒ素を分析した(図3)。土呂久では大正時代から亜硫酸精錬が行われ、その最盛期は1920~1940年代であったとされている。図3に示したように、ヒ素濃度、特に、早材部で1920年代からの20年間はその濃度が高くなっており、大気や土壌がヒ素で

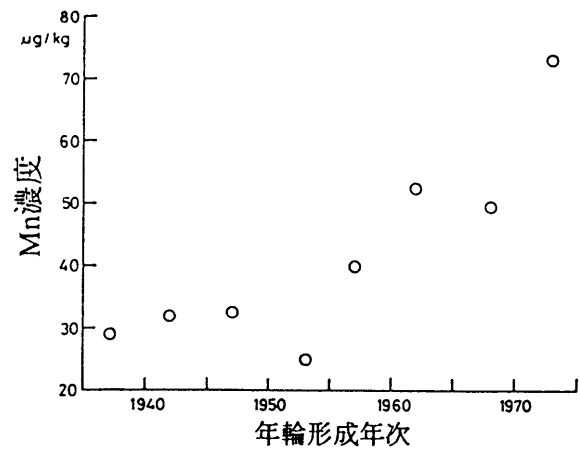


図1 ストローブマツ材中のMn濃度と年輪形成年次

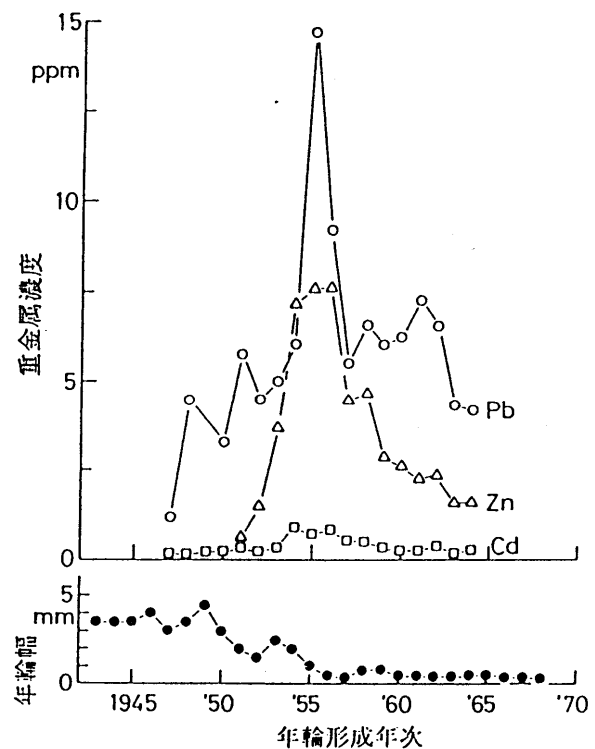


図2 スギ材中の重金属含有率および直径生長の経年変化

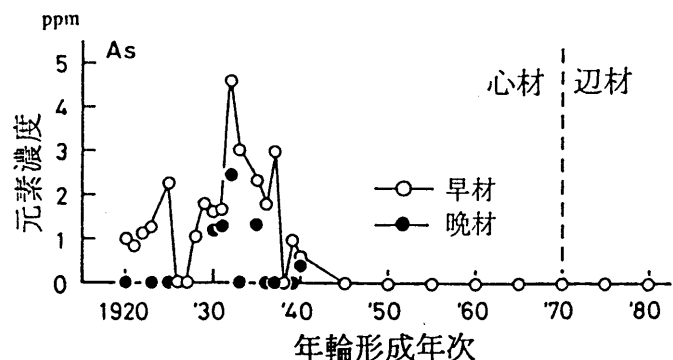


図3 土呂久スギ材中のAs濃度と年輪形成年次

汚染されていたことを明白に物語っている。

図4に京都大学農学部付属芦生演習林で採取したスギの年輪に含まれる放射性核種 ^{40}K （カリウム-40）と ^{137}Cs （セシウム-137）の放射能と示す⁶⁾。 ^{40}K は地球の誕生以来存在している自然放射性核種で、半減期も 1.28×10^9 年と長い。これに比べると、試料木の寿命は短く、自然界での ^{40}K の量的な変化は無視できる。したがって、環境因子や樹木の生育に及ぼす要因に大きな変化がないかぎり、1年、1年の樹体への ^{40}K の取込量は

ほぼ一定と考えてよい。また、年輪間で ^{40}K が移動しないなら、形成年次に関係なく各年輪での濃度の差はほとんどないと考えてよい。しかし、測定試料の年輪に含まれる ^{40}K の濃度は約10倍変動している。この結果から ^{40}K が明らかに年輪の間で移動していることが分かる。本題からは離れるがその変化に心材形成が関与していることが示唆される。人工放射性核種である ^{137}Cs は、1945年アラモゴルドの核実験、広島および長崎への原爆投下以降に環境中に放出された。また、その後の核実験や原子力の利用によって自然界に賦与され続けている。したがって、降水、粉塵、土壌等を媒体にして樹体に取り込まれた ^{137}Cs が年輪の間で移動しないなら、1945年以前の年輪にこの核種は検出されないはずである。しかるに、図4に示したように1945年以前の年輪にも心材部の1945年以降の年輪と同じレベルで ^{137}Cs が含まれている。この結果から、 ^{137}Cs が年輪の半径方向に移動していることが明らかになった。このような場合、樹木の年輪は環境指標植物として有効でない。しかし、同じ人工放射性核種である ^{90}Sr は年輪間で比較的移動しにくいことが分かり、現在ではそれを利用した研究が進められている^{7, 8)}。

以上、述べてきたように年輪に含まれる微量の元素から、過去にさかのぼって生育環境の情報を得るには、各元素の樹体内での、特に年輪間での移動性に関する基礎的な知見が必要である。

4. スギの樹皮を用いた大気中の重金属の評価

樹皮に含まれる元素を定量して環境指標とすることはかなり困難な課題である。その原因は、それぞれの元素が何に由来するかを正確に決めにくいことにある。ここでは一国の研究結果を簡単に紹介する⁹⁾。試料の樹皮は、東京都と神奈川県の間を流れる多摩川に沿って存在するスギ林で採取された。採取地を便宜上、青梅から上流のものを上流部、登戸から下流のものを下流部、その中間のものを中間部とする。上流から下流に行くにしたがって人間活動が活発になっている。垂鉛ついて、もともと樹皮に含まれていた成分、土壌粒子、および道路交通を起源とする成分についての結果を図5に示す。明らかに、上流部、中間部、下流部になるにしたがって道路交通に由来する垂鉛量が增大している。この傾向は銅やニッケルについて

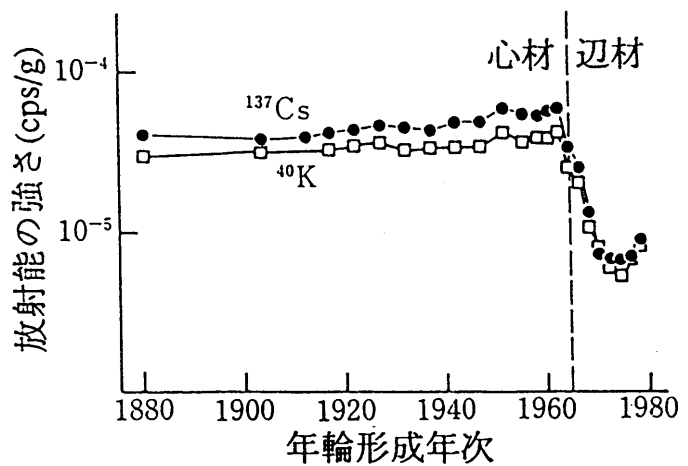


図4 芦生産スギ材中の放射性核種と年輪形成年次

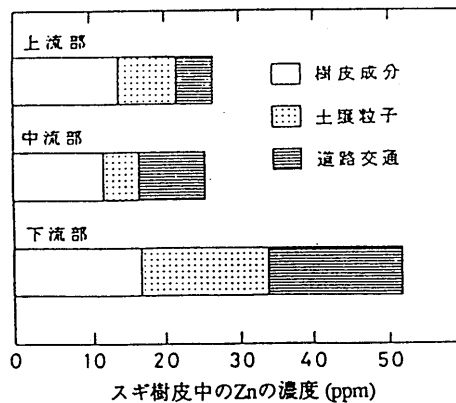


図5 多摩川の上流部、中間部、下流部で採取した樹皮について垂鉛の各供給源からの寄与率を示した図

も認められた。スギの樹皮が比較的長期間の大気粉塵の組成を反映することは事実であるが、付着したものが持たれ続けられる保証はなく、降水や風によって取り除かれる可能性は大きい。したがって付着物の組成が常に大気粉塵の組成に対応するとは断言できない。

5. 樹木葉中の元素濃度

試料のところで述べたように葉の採取は、他の部位に比べて最も簡単である。さらに生理活性の高い部位でもあるので木部に比べて含有元素量が多く、試料量が少なくても分析できることは環境指標植物としての長所の1つである。

試料数700, 200種(草本も含む)の葉について分析し、70%以上の試料から検出され定量できた元素について、最高濃度、最低濃度および全試料中の中央値を図6に示した¹⁰⁾。カルシウム、カリウム、マグネシウムなどの必須多量元素は、分布の幅が小さいのが特徴的である。これらの必須元素は、植物種が異なっても、あるいは、生育土壌環境が違っていても生育に必要なある一定の量にコントロールしていることの反映である。一方、ナトリウム、マンガン、ランタン、コバルトは、最高濃度を示した植物種と、最低濃度を示した植物種とで4桁以上もの相違がある。これらの中には特定の元素を特異的に濃縮する植物種が含まれているため、最高濃度が高くなり分布が広がった理由の1つである。

筆者らの研究に基づく最高濃度を示した植物種と、通常の植物の範囲、およびBowen¹¹⁾によるそれらの値を表2に示した。このような特定の元素を特異的に集積する植物を、鉍脈探査に利用する試みもある。

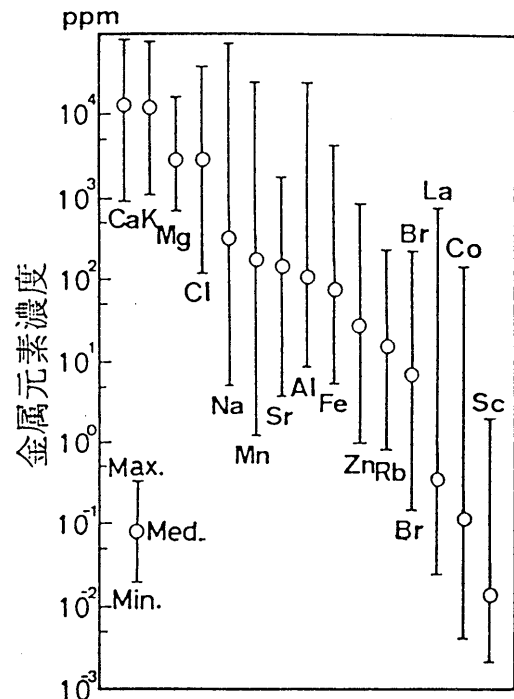


図6 植物中の金属元素濃度

表2 特異集積される元素と植物(乾重あたり)

元素	集積植物		集積植物中の濃度	通常植物の濃度	
	植物名	科名		小山、片山ら	Bowen
Al	ヒカサキ	ツバキ	15800 ppm	10-800 ppm	90-530 ppm
Sc	チャ	ツバキ	1.06	0.002-0.1	0.01-0.03
R,E,(La)	コシダ	ウラジロ	740	0.003-5	0.003-15
(Lu)	ヤシャブシ	カバノキ	1.52	0.0005-0.1	0.03
V	ミズゴケ		6.19	0.015-1.0	0.001-0.5
Cr	ヤシャブシ	カバノキ	3.7	0.02-1.0	0.03-10
Mn	コシアブラ	ウコギ	25300	10-2000	20-700
Fe	ヒメヤシャブシ	カバノキ	820	20-200	70-700
Co	シラキ	トウダイグサ	100	0.001-1.0	0.005-1
Zn	イヌツゲ	モチノキ	850	2-100	20-400
Cd	クロモジ	クスノキ	19	0.5-2	0.1-2.4
Rb	クロモジ	クスノキ	220	2-100	2-50
Ba	ウラジロ	ウラジロ	880	10-200	8-150
Br	メタセコイヤ	スギ	180	0.2-20	15?
I	メタセコイヤ	スギ	8	0.0005-0.1	3-5?

6. おわりに

従来、樹木中の元素については、造林学や樹木生理学上の観点のみに重点がおかれ、主に必須元素についての研究が進められてきた。しかし、近年、長寿命生物の1つである樹木の微量元素を定量することによって、環境指標植物として用いることが注目されてきている。このためには、非破壊法で多元素が同時に定量できる熱中性子放射化分析法 (INAA法) や荷電粒子励起X線法 (PIXE法) などが非常に有効な手法になっている。今回紹介した実験結果でも一部を除いてこれらの方法が用いられている。また、筆者らは、森林生態系での微量元素の動態や樹体中での微量元素の挙動について研究してきているが、この方面においてもINAA法やPIXE法を利用している。それらについてはまたの機会に報告させていただく。

参 考 文 献

- 1) 深沢和三編；樹木の年輪が持つ情報，平成元年度科学研究費補助金（試験研究 I）研究成果報告書
- 2) P. H. Hineman, G. Giuffre, and R. Litman; Radiochem. Radioanal. Letters, 33, 361(1978).
- 3) W. L. Galligan, H. Stern, and P. Hohenschuh; Forest Product Journal, 185 (1965).
- 4) 鈴木 哲；日本林学会誌, 57, 45(1975).
- 5) Y. Katayama, K. Nishimura, N. Kojima, Y. Ishimaru, N. Okada, and K. Minato; Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, B75, 212(1993).
- 6) 片山幸士, 岡田直紀, 石丸 優, 野淵 正, 青木 敦; RADIOISOTOPES, 35, 636(1986).
- 7) 百島則幸, 小藤博英, 江藤一郎, 高島正良; 樹木年輪, 5, 56(1992).
- 8) 青木 達, 長友恒人, 澤田昭三, 星 正治; 第29回理工学における同位元素研究発表会要旨集, p. 116(1992).
- 9) 一国雅巳; 「環境科学」研究報告集 B-288-R12-3, 24(1986).
- 10) M. Koyama, M. Shirakawa, J. Takada, and Y. Katayama; J. Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Articles; 112, 486(1987).
- 11) H. J. M. Bowen; Trace Elements in Biochemistry, Academic Press, London and New York, 1966.

若い声

放射化分析を利用している一学生の戯言

東京都立大学・理学部 尾寄大真

今回、なんの因果か私のような者がこのような物を書くことになってしまいました。正直なところ私自身がこの放射化分析研究会がどのような主旨の元に作られたのか正確には理解していないかもしれないですし、この「若い声」(って言うんですか?)にもどのようなことを書いたらいいのかよく分かっていないので、私なりに放射化分析研究会に期待すること、放射化分析に対して思うことを書いてみたいと思います。

私も放射化分析を手段として用いるようになって短くはない(とりあえず7年ほどになります)と思っていたのですが、同じ放射化分析を手段としている方というとな少ないというのが実感でした。特に、同世代となるとほとんど知らない・・・しかし、「放射化分析」創刊号には様々な方々の寄稿やら何やらがたくさんあって、私自身が思っていたほど放射化分析利用者というのは少なくはないのだなと感じました。つまり、普段は異なる分野で活躍されている方々を知ることがほとんどなかったわけです。放射化分析研究会はこのようないろいろな方々との意見交換ができる場であると、とても期待しています。ただ、私のような学生がこの研究会に望むのは放射化分析を行っていく上での事務的なことの潤滑化などではなく、純粋に学問的な情報交換であるということをお忘れしないで頂きたいのです。本来事務的な手続きなどは学生には無縁の物であるはずで、そのようなことを中心に活動する会であるならば、わざわざ身銭を切ってまでこの研究会に加入する必要はないですから。それと、私は3月に即発 γ 線分析研究会に参加した際、その後に行われた幹事会に野次馬的に参加させて頂いたのですが、そのときもしかししたらこの研究会は「年寄りの回顧会」になってしま

うんじゃないかという不安にかられました。まさかとは思いますがそんなことのないようお願いいたします。

実は私の専門は「宇宙化学」で主に隕石の化学分析していて、その手段として放射化分析を用いています。といってもこれまでは中性子を利用した方法だけに限られていました。でも、放射化分析というのは中性子放射化分析だけではないと知り、何か利用できる物はないかと最近では物色しております。できれば早期に研究会などを開いて頂いていただければ非常に嬉しいなと思う次第です。

ところで、「放射化分析」創刊号の寄稿を読んで感じたのですが、放射化分析について何か新しい展開を求めておられる方もいるようです。しかしですね、どんな分野も常に何らかの進展を求めているわけで放射化分析に限ったことではないような気がします。昔から放射化分析に携わっている先生方は、従来の放射化分析でも他の分析法に対する利点はあることぐらい御存知なはず。つまりは放射化分析はある程度完成された普通の研究項目なんだと思うんです。ただ、放射化分析を必要とすると思われる分野で若手と呼ばれる人が実際には放射化分析を行っていないだけではないでしょうか？だから、放射化分析の存在感が薄らいでるのではないのでしょうか？これはおそらく放射化学という学問全般における問題だと思いますが、若手の育成というのが滞っていたことの結果だと思うのですが、いかがなものでしょうか？

生意気な若造が戯言をつらつらと書いてみたわけですが、叱咤激励・お怒り・その他ございましたら謹んでお受けしますので、お聞かせ下さい。

放射化分析との出会いと今思うこと

三菱マテリアル(株) 総合研究所
分析・材料評価センター
桜井宏行

私の放射化分析との出会いは武蔵工業大学で3年の卒業研究の研究室を選択する際に原子力研究所を選び、原子力という未知の世界に足を踏み入れたときです。あれから早8年、未だに放射化分析の世界にしようとは当時は夢にも思いませんでした。

学生の頃より、高感度多元素同時分析をうたい文句とする放射化分析の強力な対抗馬としてICP-MSが出現し、今後の放射化分析はどのような方向に発展するのであろうか、あるいは、高感度な機器分析にこれまでの地位を追い落とされてしまうのだろうかと思

若い声

放射化分析を利用している一学生の戯言

東京都立大学・理学部 尾寄大真

今回、なんの因果か私のような者がこのような物を書くことになってしまいました。正直なところ私自身がこの放射化分析研究会がどのような主旨の元に作られたのか正確には理解していないかもしれないですし、この「若い声」(って言うんですか?)にもどのようなことを書いたらいいのかよく分かっていないので、私なりに放射化分析研究会に期待すること、放射化分析に対して思うことを書いてみたいと思います。

私も放射化分析を手段として用いるようになって短くはない(とりあえず7年ほどになります)と思っていたのですが、同じ放射化分析を手段としている方というとな少ないというのが実感でした。特に、同世代となるとほとんど知らない・・・しかし、「放射化分析」創刊号には様々な方々の寄稿やら何やらがたくさんあって、私自身が思っていたほど放射化分析利用者というのは少なくはないのだなと感じました。つまり、普段は異なる分野で活躍されている方々を知ることがほとんどなかったわけです。放射化分析研究会はこのようないろいろな方々との意見交換ができる場であると、とても期待しています。ただ、私のような学生がこの研究会に望むのは放射化分析を行っていく上での事務的なことの潤滑化などではなく、純粋に学問的な情報交換であるということをお忘れしないで頂きたいのです。本来事務的な手続きなどは学生には無縁の物であるはずで、そのようなことを中心に活動する会であるならば、わざわざ身銭を切ってまでこの研究会に加入する必要はないですから。それと、私は3月に即発 γ 線分析研究会に参加した際、その後に行われた幹事会に野次馬的に参加させて頂いたのですが、そのときもしかししたらこの研究会は「年寄りの回顧会」になってしま

うんじゃないかという不安にかられました。まさかとは思いますがそんなことのないようお願いいたします。

実は私の専門は「宇宙化学」で主に隕石の化学分析していて、その手段として放射化分析を用いています。といってもこれまでは中性子を利用した方法だけに限られていました。でも、放射化分析というのは中性子放射化分析だけではないと知り、何か利用できる物はないかと最近では物色しております。できれば早期に研究会などを開いて頂いていただければ非常に嬉しいなと思う次第です。

ところで、「放射化分析」創刊号の寄稿を読んで感じたのですが、放射化分析について何か新しい展開を求めておられる方もいるようです。しかしですね、どんな分野も常に何らかの進展を求めているわけで放射化分析に限ったことではないような気がします。昔から放射化分析に携わっている先生方は、従来の放射化分析でも他の分析法に対する利点はあることぐらい御存知なはず。つまりは放射化分析はある程度完成された普通の研究項目なんだと思うんです。ただ、放射化分析を必要とすると思われる分野で若手と呼ばれる人が実際には放射化分析を行っていないだけではないでしょうか？だから、放射化分析の存在感が薄らいでるのではないのでしょうか？これはおそらく放射化学という学問全般における問題だと思いますが、若手の育成というのが滞っていたことの結果だと思うのですが、いかがなものでしょうか？

生意気な若造が戯言をつらつらと書いてみたわけですが、叱咤激励・お怒り・その他ございましたら謹んでお受けしますので、お聞かせ下さい。

放射化分析との出会いと今思うこと

三菱マテリアル(株) 総合研究所
分析・材料評価センター
桜井宏行

私の放射化分析との出会いは武蔵工業大学で3年の卒業研究の研究室を選択する際に原子力研究所を選び、原子力という未知の世界に足を踏み入れたときです。あれから早8年、未だに放射化分析の世界にしようとは当時は夢にも思いませんでした。

学生の頃より、高感度多元素同時分析をうたい文句とする放射化分析の強力な対抗馬としてICP-MSが出現し、今後の放射化分析はどのような方向に発展するのであろうか、あるいは、高感度な機器分析にこれまでの地位を追い落とされてしまうのだろうかと思

生・職員の間で議論をしたものです。しかしながら、最近では中性子即発 γ 線分析法の開発も進んできました。さらには、 k_0 法の普及等まだまだ放射化分析の発展の余地は残されていると思います。

また、放射化分析には高純度化の最後の関門である軽元素を高感度に検出することが可能であり、分析方法が限定される軽元素分析における放射化分析の役割は非常に大きいと思います。自分としても軽元素の分析に関心を持ち、現在は、高純度材料中の軽元素（特に酸素）の分析に取り組んでいます。次には、粉末試料中の酸素の分析等にも戦いたいと考えています。

今回、放射化分析研究会が、有志の方々の御尽力によって発足しました。研究会との関わりの中で放射化分析の今後について自分なりに今一度、じっくり考えたいと思います。

ところで、放射化分析研究会の会員名簿を見てみると民間企業からの参加者は数える程しかいないことに気がきます。当社は以前より東北大学の榎本先生を始めとする大学関係者各位の協力のもと放射化分析に関する共同研究を継続して行っております。しかし、当社のような恵まれた例は希であり、放射化分析の非常に優れた点を知らない、知っていても利用する方法がわからない等の理由で企業の新規参入は難しい状況です。放射化分析研究会の役割として、広く門戸開放を行い、様々な分野の人に放射化分析のすばらしさ（高感度、多元素同時、特徴等）を知ってもらう、原子炉等様々な施設が利用可能となるように情報を公開する、産学共同の研究プロジェクトを計画する等、積極的な活動を期待いたします。

Q&A

Q. 放射化分析にはどのような器具や装置を用意する必要がありますか？

A. 放射化分析では原子炉や加速器を使う必要があります。このため、実際に放射化分析を始めるには大掛かりな道具だてが必要なように思われがちです。ここでは、最も応用が盛んな原子炉中性子を利用した放射化分析について述べることにします。この場合に使用する最も大規模な装置は原子炉ということになります。

大学などの研究者には原子炉を共同利用の形で使用する道が開かれています。放射化分析が実施可能な原子炉施設や加速器施設にはこれに必要な器具や装置が用意されており、共同利用についての研究プロポーザルが適切なものであれば、施設に設置されている器具や装置を利用して放射化分析を実施することが出来ます。また、共同利用では旅費に関する援助も得られる場合もあります。

このように、放射化分析にはいろいろな形での援助システムが設けられています。研究プロポーザルも実施に当たって無理がなければ、試行的なものも含めて、何らかの形での支援が得られる場合が多いようです。ただし、事前に原子炉施設や加速器施設の専門家と十分に打ち合わせをされた上で、研究を進めて行くことが必要かと思います。企業や国公立研究機関の研究者には、残念ながらこのような共同利用の道は開かれていません。しかし、照射料や実験施設の使用料を支払えば、大学の研究者と全く同様に放射化分析を行うことが出来ます、これらの料金は施設によってまちまちですし、年度毎に改定されます、本誌には、原子炉施設などの問い合わせ先や照射料金などについての情報も掲載される予定となっておりますので、ご注意ください。

さて、原子炉の利用が可能となったとして、他にはどのような器具を用意する必要がありますでしょうか。放射化学分離を伴わない機器中性子放射化分析を想定します。実験操作に従って、必要な器具や装置を挙げて行きます。

1. 試料の秤量：分析用天秤、分析標準、中性子フラックスモニター
2. 試料の封入：ポリエチレン溶封用シーラー、はさみ、ポリ袋(石英管に溶封する場合もある。この場合には、ガラス細工のためのバーナーなどが必要となる。)
3. 照射：原子炉
4. 詰め替え：ポリエチレン溶封用シーラー、はさみ、ピンセット、ポリ袋(石英管に溶封する場合もある。この場合には、ガラス細工のためのバーナーなどが必要となる。)
5. 測定：ガンマ線スペクトロメーター(半導体検出機、マルチチャンネルアナライザなど)
6. データ処理：パーソナルコンピューター、ソフトウェア

これらの内で、3-5の操作では放射性物質を取り扱うこととなりますので、非密封の放射性同位元素を取り扱う施設での実験となります。各項目で出て来た器具や設備については、放射化分析に関する参考書にも記載があります。また、本誌の“特集”でも取り上げて行くこととなりますので、ここでは、分析標準、フラックスモニター、ソフトウェアについて簡単に述べます。この他の実験器具や設備については、原子炉などの放射化分析が行われている施設に設置されている場合が多く、事前に密接に連絡することによって、施設からの支援を受けられる場合が多いためです。これに対して、ここで取り上げたものは試料や照射条件によって異なるものが必要となる場合が多く、ユーザーの側で準備することとなる可能性が高いためです。分析標準については、工業技術院地質調査所、国立環境研究所などの国内の発行機関に依るものの他に、米国NISTなどで発行された標準試料も入手可能です。フラックスモニターには高純度金属がよく用いられます。熱中性子捕獲断面積の大きい金などが好まれますが、短期照射では銅、長期照射では鉄なども利用することが出来ます。ソフトウェアについては市販のものもありますが、研究者により開発され、研究目的での利用については無償での利用が可能なものもあります。市販のものは放射線計測用のマルチチャンネルアナライザに付属した形で販売されるのが普通です。データ保存形式については各ソフトウェア独自のバイナリー形式の場合が多いようです。ただし、最近のソフトウェアではテキストファイル形式での入出力をサポートしていますので、原子炉施設で使用しているソフトウェアとは別のものでもデータ解析は可能なはずで

ここで簡潔に述べた分析標準、フラックスモニター、ソフトウェアも含めて、器具や装置については本誌の特集で順に取り上げられて行くことと思います、どうぞご期待下さい。

(回答者 葉袋佳孝)

Q. 各施設を利用したい場合には、どなたに相談すれば良いのですか？

A. 放射化分析を行うことの出来る施設は、原子炉では JRR-2, JRR-3M, JRR-4 (以上日本原子力研究所)、京都大学原子炉実験所 (KURR)、立教大学原子力研究所、武蔵工業大学原子力研究所があります。(ただし、JRR-4 はウラン濃縮度の低い燃料に変更するために今年の末から平成10年度まで休止、武蔵工業大学原子力研究所の原子炉は現在休止中です。) また電子線リニアックの制動放射 x 線を用いて放射化させる光量子放射化分析は東北大学原子核理学研究施設(核理研)、京都大学原子炉実験所の電子線リニアックで行えます。これらの施設は共同利用に開かれています。施設ごとに取り扱いが異なっているので、具体的にはそれぞれの窓口にお問い合わせする必要があります。以下にお問い合わせのべき窓口を示します。荷電粒子放射化分析は東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンターで行えますが、学内共同利用なので東北大学の研究者を申込責任者にする必要があります。

原研研究炉

- 1) (一般的には) 原研研究炉部研究炉利用課 TEL 029-282-6408
- 2) (大学所属の研究者) 東京大学原子力研究総合センター東海分室 (大学開放研究室)
TEL 029-282-5516
- 3) (民間等) 放射線照射振興協会 TEL 029-282-6505
放射線計測協会 TEL 029-282-5546

京都大学原子炉実験所

京都大学原子炉実験所 共同利用掛 TEL 0724-52-0901
必要な場合はそこからの連絡を受けて原子炉安全管理研究部門
(同位体製造管理研究分野) あるいは原子炉応用センター
(原子炉応用研究分野) が、ご相談に対応いたします。

立教大学原子力研究所

TEL 046-856-3131

武蔵工業大学原子力研究所

TEL 044-966-6131

(現在、依頼分析のみ受け付けています)

東北大学原子核理学研究施設

TEL 022-743-3411 FAX 022-243-0965

これから放射化分析を始めようという方は、どの施設を利用するのが良いのかも分からなくてとまどうかもしれません。そのような場合には、対象とする試料、分析の目的等を明らかにして「放射化分析研究会」事務局に書面又は FAX で問い合わせて下さい。会員の中に種々の専門分野のエキスパートや、各施設に所属している専門家が居ますので、もっとも適切な方に相談できるように幹事会が責任を持って取りはからいます。 (回答者 幹事会)

Q. 放射化分析は放射線を取り扱うので躊躇するのですが・・・

A. 質問には2つの意味合い、すなわち、1) 放射線に対して怖いものであるという印象があること、2) 取り扱いが面倒であること、があるように思いますのでそれぞれについてお答えします。

1) については、原爆被爆やチェルノブイル原発事故の記憶もあって、放射線に対して非常に敏感になっておられる事と思われます。しかし、放射化分析の際に放射線障害が発生するほどの放射線にさらされることはまず考えられません。また、われわれは自然界(宇宙線、地殻、大気、体内など)から年間約1mSvの放射線を受けていますが、通常の放射化分析の実験操作でこの自然放射線レベルを越えて被曝することもないと思われますので、ご安心ください。ただし、これにはあくまでも取り扱いのルールに従って行うということが原則になります。

この「ルールに従う」という点が、2) の取り扱いが面倒だと感じる原因にもなっているように思います。通常の化学実験でも毒物、劇物、危険物、高圧ガスなどの取扱においては種々の規制事項があります。同様に放射線の取扱については「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」によって、放射線の安全取扱のための取扱施設の基準、取り扱いの条件などが定められています。この中で、放射性同位元素等の取扱いは「使用施設」でのみ可能であり、取り扱う人は「放射線業務従事者」になることが条件になります。従事者になるには、あらかじめ健康診断を受け、放射線に対する知識や取り扱いのルールなどについての教育訓練を受講する必要があります。所属の研究機関に取扱施設がないために放射線取扱主任者がいない場合がありますが、その時は実際に放射化分析を行う施設に直接相談なさると良いと思いま

す。放射線取扱の教育訓練を受けてみると、放射線や放射性同位元素の性質が分かり、安全取扱のコツもつかめることと思います。

また、実際の分析にあたっては、無用な被曝を避けるため、事前に試料の組成から生成放射能を予想し、分析に必要な試料量、照射時間を見積っておくことが肝要です。実際に計算をしてみると、耳慣れない用語、単位、式などの理解も進む事でしょう。また、各施設には、放射化分析の経験者がいますし、放射化分析が簡便に行えるよう、測定や解析のための設備やソフトが整備されています。

放射線はどうしてもなじめないけれども、放射化分析の結果が欲しいという方にとっては、依頼分析を引き受けているところもあります。

他の質問の回答も参考にして、一度、相談したり、見学されることをお勧めします。

(回答者 榎本和義)

Q. 放射化分析した試料は持ち出せますか？

A. 放射化分析は放射性同位元素を製造し、放射線を測定するので「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」と「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」と事業所が独自に定めた「原子炉保安規定」と「放射線障害予防規定」に則って行わなければなりません。従って、放射化分析した試料の持ち出しも上記法規に従って行われます。

立教大学原子力研究所では、原子炉で照射した試料が、放射化学実験室や測定室または所外に搬出される時点から放射性同位元素として取扱います。

放射化分析で使用される放射性同位元素の量は一般に小さく、個々の試料については法律的に放射性同位元素に該当しない場合が多いと思いますが、施設で使う総量が法律で放射性同位元素と定める量を越える場合は、放射性同位元素と見なされるので、例え微量でも放射性同位元素として取扱います。

放射化した試料の持ち出しには次の事例が考えられます。

- 1) 原子炉施設で照射のみを行ない、利用者の施設に持ち帰って、測定を行う。
- 2) 原子炉施設で照射、化学操作、測定等を行った後、利用者の施設に持ち帰り再度、測定を行う、

前記の2例では、持ち帰った施設が放射性同位元素の使用事業所になっていると思いますが、利用申し込みにも先立って放射線取扱主任者の承認を受けて下さい。持出しは自家用車または業者依頼で行って下さい。

- 3) 原子炉施設で、照射、測定等放射化分析を行った後に試料を持ち出す。

放射化分析後の試料は原則的に放射性廃棄物として処理されますので、貴重な考古学資料などは廃棄されても良い小破片を分析に供した方が無難です。

放射性同位元素濃度が7 4 Bq/g以下の固体であれば放射性物質に法律的には該当しません。しかし、β線のみを放出する核種が混じっているとき、厳密にこの濃度以下と認定することは困難な手続きを必要とします。利用者が自分の施設に持ち帰って、この認定をしてもらうことは可能と思います。

いずれにしても、廃棄の許されない貴重な試料の放射化分析等は申し込みにも先立って、施設の管理責任者と十分打ち合わせをして下さい。

(回答者 戸村健児)

地球化学図と放射化分析：もう一つのメリット

名古屋大学 田中 剛

地球化学図が地圏の環境評価に有用であること、その多試料多元素の分析に中性子放射化分析が大きな力をもっていること、については何度か発表させていただいた（例えば 研究炉ひろば、1995 N0.1）。くわえてここでは地球化学図の作成が、学生の教育の面からもさまざまな優れた要素を含みもつことを紹介したい。

「近ごろの学生はキーボードをたたくことに慣れてるものの、湿式分析の基本的な操作は知らず、ましてや標準溶液などは買うものと思っている」とか「時代の流れに敏感で、流行の地球環境問題などにはかっこよく取り組んでみたいらしい」との声を聞くことが多い。私の所属する理学部地球惑星科学科でも1学年25名ほどの学生のうち、6~7名が化学系2講座（地球化学、地球惑星進化学）に進級する。彼らとて例外ではなく、分析の要領は極めて悪い。そこで、化学系2講座では4年に進級した4月の初日から5月の連休前までの1カ月間、研究室全員（教官6名、学生20名くらい）で地球化学図作りをやることにしている。フィールドは愛知県中~東部で、名古屋市や瀬戸市などの人口密集地や工場を含む花崗岩・堆積岩の分布する地帯である。新4年生と院生を混ぜて2名1組のチームを作る。試料は180 μm より細かい河川堆積物で、採集地点は各自あらかじめ1/2.5万の地図に印をつけておく。2組4名が教官の運転するレンタカーに乗り採集地点へ向かう。教官はあらかじめ印をつけた地点で1組ずつ降ろして行く。印をつけた地点へたどり着くのはオリエンテーリングである。地図を読むのがうまいチーム程早い。また次々と順序よく多くの地点をまわらねばならない。これはチームの計画性を表す。現地では2名の学生は手際よく協力しないといい試料は取れない。サンプリングは2日間行い、学生一人当たりのノルマは10個である。気心が知れて、3日目には新入生歓迎コンパとなる。すこし飲み過ぎて近くの日赤にかつぎ込まれるものもあるが、これも実習であろう。

次の日から、酸分解をおこない、教室の原子吸光とICPで分析を始める。標準試薬はできるだけ自分で調整する。150~200試料の16元素が約1週間で分析される。ここまできると調子に乗る学生が多い。自分で採集した試料にCdやCuなどが多いと、汚水の流れ込むどぶ川で採集したことがよい思い出になってデータの解釈に励みが出る。マッキントッシュを使ったグラフィックプロットや多変量解析は学生の得意中の得意である。次の一週間で数十枚の図表が出てくる。教官は全員連名の論文として公表する（1994年度の成果はGeochemical survey of the Sanage-yama area in Aichi Prefecture for environmental assessmentとしてThe Journal of earth and planetary sciences Nagoya University vol. 41, 1~31に公表、1995年度は地球化学誌に準備中）。教官にとってわずかな期間で多試料・多元素のデータが得られるのはもちろんであるが、学生にとっても

- 1) 新入生が手早く研究室にとけこめ、先輩とのコミュニケーションが強くなる。
- 2) 試料の採取、分析の基本と要領、データの取り扱いなど地球化学のひと通りの基礎的なしつけが体得できる。
- 3) これ以降のような卒業研究に従事しても就職面接のとき、目的をもった3Kに従事したというセールスポイントができる。

など数々の利点がある。そして、ここで地球化学図にのめり込んだ学生が中性子放射化分析を用いたAdvanced courseへと進む。

最後にこれは最も重要な要素かもしれないが、このプログラムの実行には強力な共同体勢を組む地球化学講座の川邊 岩夫先生の存在が大きいことを記したい。

施設だより

東北大学 原子核理学研究施設

核理研では平成7年度、8年度にかけてストレッチャー・ブースターリングの建設が行われる。このため、本年度は工事に直接関係しない第一実験室を使って放射化学関連分野の実験が変則的に行われている。来年度もこの状態が続くことになると思われるので、実験を希望される方は、所内世話人（榎本、大概）に連絡をとっていただきたい。

実験の割り当ては、昨年度末にあらかじめアンケートの形で利用者に実験希望を問い合わせ、所内世話人、共同利用係、課題採択委員との協議により決められている。実施された実験は以下のようになっている。

(9/12、9/14は予定)

(東北大学 榎本和義)

平成7年度共同利用マシンタイム割当

申込責任者	所属	実験種目	実施日
榎本和義	(核理研)	放射化分析	6/2 (昼)
三村 均	(素材研)	RI製造	6/5 (夜)
佐藤伊左務	(金研)	RI製造	6/5 (夜)、7/3 (夜)
福島美智子	(石巻専大)	放射化分析	6/5 (昼)
今野 収	(核理研)	照射損傷	6/5 (夜)
吉田武義	(理学部)	放射化分析	6/30 (昼)、9/14 (夜)
鍛冶東海	(理学部)	核化学	6/30 (昼)、7/3 (昼)
関根 勉	(理学部)	ホットAtom化学	6/30 (夜)、9/12 (夜)
荘司 準	(筑波大)	ホットAtom化学	6/30 (夜)、9/12 (夜)
藤川辰一郎	(工学部)	RI製造	7/3 (夜)
坂本 浩	(金沢大)	核化学	9/12 (昼)、9/14 (昼)

原研施設利用共同研究 (東京大学原子力研究総合センター 大学開放研究室)

東京大学原子力研究総合センターが運営している原研施設利用共同研究は、大学の研究者が原研の様々な大型研究施設を利用するためのもので、核物理・計測、放射化学、放射線化学、放射線固体物性、生物照射効果、中性子散乱、原子炉工学、原子炉材料学、などの広範な研究について大学間で共同研究を組織して行っている。研究の形態としては、一般共同研究(大学の研究者のみの組織で行うもの)、協力研究(原研の研究者と協力して行うもの)、大学・原研プロジェクト共同研究(大学と原研が共同でプロジェクト的に行う研究)などがある。平成7年度の研究課題数は総数で、467件にのぼっている。

その中で放射化分析及びその近隣の研究課題を抽出して以下に示す。その多くは一般共同研究として行われているが、(中性子捕獲)即発ガンマ線分析や中性子ラジオグラフィは協力研究として行われている。

なお、平成7年度から原研施設利用共同研究の効率化と簡素化とをめざして運営が改善され、関連する委員会が統合されました。これに伴って、これまで毎年義務づけられていた研究課題申請と研究成果報告が3年を最大とする研究期間を単位としておこなうことが出来るようになりました。すなわち採択された研究課題は3年間継続出来、研究成果報告は3年を最大とする研究継続期間の後に1回書いていただければ良いことになりました。

原研施設利用共同研究の機関紙として「きそうかん」が刊行され、共同研究に参加されている方々に配布されています。現在共同研究に参加されていないけれど配布を受けたいと希望される方は下記宛お申し出下さい。

施設だより

東北大学 原子核理学研究施設

核理研では平成7年度、8年度にかけてストレッチャー・ブースターリングの建設が行われる。このため、本年度は工事に直接関係しない第一実験室を使って放射化学関連分野の実験が変則的に行われている。来年度もこの状態が続くことになると思われるので、実験を希望される方は、所内世話人（榎本、大概）に連絡をとっていただきたい。

実験の割り当ては、昨年度末にあらかじめアンケートの形で利用者に実験希望を問い合わせ、所内世話人、共同利用係、課題採択委員との協議により決められている。実施された実験は以下のようになっている。

(9/12、9/14は予定)

(東北大学 榎本和義)

平成7年度共同利用マシンタイム割当

申込責任者	所属	実験種目	実施日
榎本和義	(核理研)	放射化分析	6/2 (昼)
三村 均	(素材研)	RI製造	6/5 (夜)
佐藤伊左務	(金研)	RI製造	6/5 (夜)、7/3 (夜)
福島美智子	(石巻専大)	放射化分析	6/5 (昼)
今野 収	(核理研)	照射損傷	6/5 (夜)
吉田武義	(理学部)	放射化分析	6/30 (昼)、9/14 (夜)
鍛冶東海	(理学部)	核化学	6/30 (昼)、7/3 (昼)
関根 勉	(理学部)	ホットAtom化学	6/30 (夜)、9/12 (夜)
荘司 準	(筑波大)	ホットAtom化学	6/30 (夜)、9/12 (夜)
藤川辰一郎	(工学部)	RI製造	7/3 (夜)
坂本 浩	(金沢大)	核化学	9/12 (昼)、9/14 (昼)

原研施設利用共同研究 (東京大学原子力研究総合センター 大学開放研究室)

東京大学原子力研究総合センターが運営している原研施設利用共同研究は、大学の研究者が原研の様々な大型研究施設を利用するためのもので、核物理・計測、放射化学、放射線化学、放射線固体物性、生物照射効果、中性子散乱、原子炉工学、原子炉材料学、などの広範な研究について大学間で共同研究を組織して行っている。研究の形態としては、一般共同研究（大学の研究者のみの組織で行うもの）、協力研究（原研の研究者と協力して行うもの）、大学・原研プロジェクト共同研究（大学と原研が共同でプロジェクト的に行う研究）などがある。平成7年度の研究課題数は総数で、467件にのぼっている。

その中で放射化分析及びその近隣の研究課題を抽出して以下に示す。その多くは一般共同研究として行われているが、（中性子捕獲）即発ガンマ線分析や中性子ラジオグラフィは協力研究として行われている。

なお、平成7年度から原研施設利用共同研究の効率化と簡素化とをめざして運営が改善され、関連する委員会が統合されました。これに伴って、これまで毎年義務づけられていた研究課題申請と研究成果報告が3年を最大とする研究期間を単位としておこなうことが出来るようになりました。すなわち採択された研究課題は3年間継続出来、研究成果報告は3年を最大とする研究継続期間の後に1回書いていただければ良いことになりました。

原研施設利用共同研究の機関紙として「きそうかん」が刊行され、共同研究に参加されている方々に配布されています。現在共同研究に参加されていないけれど配布を受けたいと希望される方は下記宛お申し出下さい。

放射化分析利用

5102	溶媒抽出を用いた希土類元素の分離分析法に関する研究	東北大学	寺前 紀夫
5107	ランタノイド(III)錯体の安定度の順序	東京大学	富永 健
5134	肝臓内銅結合蛋白と ⁶⁴ Cu-銅との反応性の解析	北海道教育大	岡安 多香子
5137	ウラン濃縮菌の放射線変異法による高性能化	宮崎医科大学	坂口 孝司
5139	海洋生物に含まれる重金属微量元素の放射化分析	北海道大学	大西 俊之
5140	植物の葉に含まれるコバルトの分布図の作成	北海道大学	増子 捷二
5141	放射化による含臭素化合物の海洋生物内の代謝の研究	北海道大学	鈴木 稔
5142	食餌中のSe含量とリンパ腫発病に関する研究	北里大学	伊藤 伸彦
5143	不足当量沈澱分離/中性子放射化による超微量分析の研究	秋田大学	岩田 吉弘
5144	JRR-3, 4号炉を主体とした分析元素のデータベース構築	秋田大学	中村 彰
5145	新規な抽出試薬による金属元素の予濃縮	山形大学	阿部 重喜
5146	レアアースの多座配位子による協同効果抽出	東北大学	中村 重人
5147	環境試料中における長寿命放射性核種の定量法の開発(II)	筑波大学	荘司 準
5148	中性子放射化分析法を用いた環境モニタリング法の研究	宇都宮文星短大	伊澤 郡蔵
5149	金属間化合物Ni ₃ Alおよびステンレス鋼中のボロン偏析の研究	東京大学	森 実
5150	微小粒鉱物中の微量元素の挙動に関する鉱物化学的研究(IV)	東京大学	豊田 和弘
5151	宇宙物質の中性子放射化分析	東京都立大学	海老原 充
5152	地下熱源による微量元素の移行挙動	青山学院大学	木村 幹
5153	中性子放射化分析及び即発γ線分析による宇宙・火山起源物質の研究	学習院大学	福岡 孝昭
5154	隕石試料の放射化分析(II)	日本大学	永井 尚生
5155	高純度材料中の極微量元素の分析法の開発	武蔵工業大学	平井 昭司
5156	隕石中の微小構成粒子の同位体・化学組成とその形成環境の研究	名古屋大学	田中 剛
5157	中国・四国地方の白亜紀~第三紀花崗岩類の希土類元素組成	山口大学	今岡 照喜
5158	ポーランド土壤中の有機態ハロゲン(Cl, Br, I)(II)	愛媛大学	立川 涼
5159	大気降下浮遊塵中の微量元素分析	九州大学	大崎 進
5160	フィッション・トラック年代測定と放射化分析に関する照射場間比較	鹿児島大学	鈴木 達郎
5202	中性多座配位子を用いるランタニド(III)の抽出選択性	茨城大学	井村 久則

ホットアトム・原子核プローブの化学

5105	メスバウアー分光法による無機化合物の研究(II)	東邦大学	高橋 正
5108	振動角相関法による新機能人工格子の研究	東京学芸大学	金沢 育三
5109	核崩壊に於ける時間反転の破れの精密測定	新潟大学	大矢 進

放射化学

5101	テクネチウム等を含む錯体合成と関連化合物を用いた放射化学研究	東北大学	工藤 博司
5103	EC壊変を用いたX線状態分析	宮城教育大学	玉木 洋一
5110	Rh-105の製造と放射性医薬品への利用	金沢大学	安東 醇
5111	Ir-192内部標準法による核ガンマ線エネルギーの再評価	熊本大学	岸川 俊明

5203	有機標識化合物の製造技術の開発（トリチウム標識化に関する研究）	東京大学	巻出 義紘
5205	^{169}Yb および ^{182}Ta の γ 線放率の精密測定	名古屋大学	宮原 洋
5209	溶媒抽出における同位体効果に関する研究	大阪大学	西澤 嘉寿成
中性子ラジオグラフィ			
5236	中性子ラジオグラフィの植物試料への応用	東京大学	中西 友子
5237	JRR-3MのTNRF2を用いた電子撮像法によるNRGの高解像度化に関する研究	武蔵工業大学	持木 幸一
5238	JRR-3MのTNRF2を用いた3次元CTに関する研究	武蔵工業大学	村田 裕
5239	TNRF2およびC2-3中性子ラジオグラフィ用照射場の定量化(I)	立教大学	小林 久夫
5240	JRR-3M高束熱・冷中性子を用いた高性能中性子ラジオグラフィ技術の開発(M)	名古屋大学	玉置 昌義
5241	JRR-3M熱・冷中性子を用いたラジオグラフィ技術の高度化	京都大学	三島 嘉一郎
5242	JRR-3M高束中性子炉NRシステムによる熱流動現象の可視化と計測に関する研究(II)	神戸大学	竹中 信幸
5243	JRR-3M高束中性子炉NRシステムによる加圧混相流動の可視化と計測に関する研究(II)	山口大学	加藤 泰生
5244	Cf中性子線源を用いたNRG法の開発研究	武蔵工業大学	持木 幸一
即発ガンマ線分析			
5227	中性子即発ガンマ線分析と放射化分析の統合・系統化	東京大学	伊藤 泰男
5228	X線・低エネルギー γ 線検出による即発ガンマ線分析	東京大学	薬袋 佳孝
5229	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	東京大学	松尾 基之
5230	PGAを用いる含ホウ素鉱物中の軽元素の定量	青山学院大学	木村 幹
5231	隕石試料の即発ガンマ線分析	東京都立大学	海老原 充
5232	陽極アルマイト皮膜中の水素含有量と分布	東京都立大学	森崎 重喜
5233	即発ガンマ線測定による非破壊状態分析法の開発	大同工業大学	酒井 陽一
5234	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	熊本大学	岸川 俊明
5235	極微量元素の中性子放射化分析(II)	東京都立大学	海老原 充

立教大学 原子力研究所

1995年度も前年同様、年間116+ α 日の原子炉運転を予定しています。全国大学共同研究（東京大学原子力研究総合センターが窓口になっています）には52件が採択され、その中40件が放射化分析です。今年度は、共同研究の進捗が遅れていますので、11月以降のマシントime確保に支障が起こるのではないかと心配しています。

立教大学原子力研究所も定年退職教員の補充がままならず、利用者へのサービスについても御迷惑をおかけすることと思います。新利用者については、特に肌理細かいアドバイスを行っていきたくと思いますので、遠慮なく所員に御相談下さい。

即発放射線測定装置の設置を行っています。ホウ素の分析等、限られたテーマにしほれば有効に活用できるものと思います。

現在、立教原研の用地を他機関に移譲する問題が起こっています。放射化分析には特に適した貴重な研究炉の一つですから、今後とも放射化分析等に有効に活用できる方途を探って行きたいと思っています。よろしく御支援下さい。

なお、原研施設利用共同研究と立教大学原子炉利用共同研究の合同機関紙として「きそうかん」が刊行さ

5203	有機標識化合物の製造技術の開発（トリチウム標識化に関する研究）	東京大学	巻出 義紘
5205	^{169}Yb および ^{182}Ta の γ 線放率の精密測定	名古屋大学	宮原 洋
5209	溶媒抽出における同位体効果に関する研究	大阪大学	西澤 嘉寿成
中性子ラジオグラフィ			
5236	中性子ラジオグラフィの植物試料への応用	東京大学	中西 友子
5237	JRR-3MのTNRF2を用いた電子撮像法によるNRGの高解像度化に関する研究	武蔵工業大学	持木 幸一
5238	JRR-3MのTNRF2を用いた3次元CTに関する研究	武蔵工業大学	村田 裕
5239	TNRF2およびC2-3中性子ラジオグラフィ用照射場の定量化(I)	立教大学	小林 久夫
5240	JRR-3M高束熱・冷中性子を用いた高性能中性子ラジオグラフィ技術の開発(M)	名古屋大学	玉置 昌義
5241	JRR-3M熱・冷中性子を用いたラジオグラフィ技術の高度化	京都大学	三島 嘉一郎
5242	JRR-3M高束中性子炉NRシステムによる熱流動現象の可視化と計測に関する研究(II)	神戸大学	竹中 信幸
5243	JRR-3M高束中性子炉NRシステムによる加圧混相流動の可視化と計測に関する研究(II)	山口大学	加藤 泰生
5244	Cf中性子線源を用いたNRG法の開発研究	武蔵工業大学	持木 幸一
即発ガンマ線分析			
5227	中性子即発ガンマ線分析と放射化分析の統合・系統化	東京大学	伊藤 泰男
5228	X線・低エネルギー γ 線検出による即発ガンマ線分析	東京大学	薬袋 佳孝
5229	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	東京大学	松尾 基之
5230	PGAを用いる含ホウ素鉱物中の軽元素の定量	青山学院大学	木村 幹
5231	隕石試料の即発ガンマ線分析	東京都立大学	海老原 充
5232	陽極アルマイト皮膜中の水素含有量と分布	東京都立大学	森崎 重喜
5233	即発ガンマ線測定による非破壊状態分析法の開発	大同工業大学	酒井 陽一
5234	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	熊本大学	岸川 俊明
5235	極微量元素の中性子放射化分析(II)	東京都立大学	海老原 充

立教大学 原子力研究所

1995年度も前年同様、年間116+ α 日の原子炉運転を予定しています。全国大学共同研究（東京大学原子力研究総合センターが窓口になっています）には52件が採択され、その中40件が放射化分析です。今年度は、共同研究の進捗が遅れていますので、11月以降のマシントime確保に支障が起こるのではないかと心配しています。

立教大学原子力研究所も定年退職教員の補充がままならず、利用者へのサービスについても御迷惑をおかけすることと思います。新利用者については、特に肌理細かいアドバイスを行っていきたく思いますので、遠慮なく所員に御相談下さい。

即発放射線測定装置の設置を行っています。ホウ素の分析等、限られたテーマにしほれば有効に活用できるものと思います。

現在、立教原研の用地を他機関に移譲する問題が起こっています。放射化分析には特に適した貴重な研究炉の一つですから、今後とも放射化分析等に有効に活用できる方途を探って行きたいと思っています。よろしく御支援下さい。

なお、原研施設利用共同研究と立教大学原子炉利用共同研究の合同機関紙として「きそうかん」が刊行さ

れ、共同研究に参加されている方々に配布されています。現在共同研究に参加されていないけれど配布を受けたいと希望される方は下記宛お申し出下さい。

319-11 茨城県那珂郡東海村 日本原子力研究所内

東京大学 原子力研究総合センター 東海分室 (大学開放研究室)

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

(立教大学 戸村 健児)

放射化分析

1-1 宇宙・地球化学

5901	中性子放射化分析法による地質調査所標準岩石の分析	北海道大学	前田 仁一郎
5902	パーアルミナス花崗岩とこれに伴う鉱床の生成条件に関する地球化学的研究	北海道大学	石原 舜三
5903	北海道北東部新第三紀玄武岩類の地球化学的研究	北海道教育大学	池田 保夫
5904	地球化学における指示元素に関する研究(Ⅱ)	群馬大学	赤岩 英夫
5905	バイカル湖湖底堆積物のコア試料の放射化分析	東京大学	豊田 和弘
5906	堆積物と鉱床の放射化分析	東京大学	松本 良
5907	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	名古屋大学	田中 剛
5908	地球化学的試料中の揮発性元素の中性子放射化分析	東京都立大学	海老原 充
5909	テフラ(火山灰)の微量元素組成とウラン系列年代測定	学習院大学	福岡 孝昭
5910	宇宙塵、隕石の組成分析(Ⅱ)	獨協医科大学	野上 謙一
5911	隕石試料等の放射化分析(Ⅱ)	日本大学	永井 尚生
5912	ハヶ岳火山周辺の火山噴出物の放射化分析	山梨学院大学	河西 秀夫

1-2 環境化学

5913	山地河川底質中の微量元素の環境化学的研究	弘前大学	鶴見 実
5914	固体環境試料及び地球化学的試料の放射化分析	東京大学	松尾 基之
5915	植物試料及び土壌の放射化分析	東京大学	中西 友子
5916	放射化分析による環境中の微量元素の分布と挙動の解析	名古屋大学	古川 路明
5917	温帯林および亜熱帯林でのリターフォールの挙動	京都大学	片山 幸士
5918	大気浮遊塵の放射化分析(Ⅱ)	金沢大学	中西 孝
5919	サンゴ礁堆積物の放射化分析	琉球大学	大出 茂
5920	T T F A法による大気粒子の発生源同定に関する研究	大阪府立大学	溝畑 朗
5921	放射性核種を含む微量元素を指標とする河川水の研究	青山学院大学	木村 幹
5922	中性子放射化分析法による天然試料中の微量元素の定量	上智大学	大井 隆夫
5923	放射化分析法による海底堆積物試料中の微量元素の定量	北里大学	小林 貴之
5924	臭化メチルくん蒸における土壌中への臭素の挙動	北里大学	田中 茂
5925	環境試料の放射化分析	大妻女子大学	大森 佐與子
5926	熱中性子捕獲反応を利用した環境化学の研究	大同工業大学	酒井 陽一
5927	ラット臓器中微量元素の放射化分析(Cu投与の影響)	城西大学	万里 輝男

1-3 生物学・医学

5928	微生物などのバイオマスを利用する水圏中重金属元素の改修除去	宮崎医科大学	坂口 孝司
5929	動物の疾病と体内の非必須微量元素の変動	北里大学	梶山 巖
5930	歯科材料の放射化分析 -米国製陶器中のウランの分析-	日本大学	森脇 一成
5931	家畜に未利用飼料を給与した場合の非破壊放射化分析	麻布大学	松原 利光
5932	放射化分析による食品中微量元素の定量	大妻女子大学	櫻井 四郎
5933	各種疾病ラット臓器中の微量元素の定量	昭和薬科大学	遠藤 和豊
5934	Down症候群患者の抜去歯を用いた放射化分析による元素組成について	神奈川歯科大学	酒井 信明
5935	動物及び植物中に分布する微量元素の放射化分析	理化学研究所	安倍 文敏

1-4 古文化財・考古学			
5936	古代ガラス・天然ガラス質の放射化分析	東京大学	富永 健
1-5 材料科学・工学			
5937	微量成分元素存在量にもとづく文化財資料の分析化学的研究	東京学芸大学	二宮 修治
5938	金属内包フラーレンの合成と放射化分析 (II)	東京都立大学	森崎 重喜
5939	金属フラーレンの放射化分析とその応用	東京都立大学	末木 啓介
5940	中性子放射化分析法による鉄試料中の微量元素の定量	武蔵工業大学	平井 昭司
ホットアトム・原子核プローブの化学			
5941	反跳インプラネーションにおける特性研究とホットアトム 化学反応との比較	東北大学	関根 勉
5942	金属錯体イオン会合体二成分系における反跳現象の研究 (II)	筑波大学	荘司 準
生物照射効果			
5943	硼素中性子捕捉療法の適用拡大に関する研究	東京大学	廉澤 剛
5944	¹¹ B封入イムノリポソームの中性子捕捉療法への応用	東京大学	藤井 祐三
核物理・計測			
5945	β 崩壊する短寿命核の半減期測定	名古屋大学	柴田 理尋
5946	核分裂生成核種の中性子捕獲断面積の測定	名古屋大学	加藤 敏郎
5947	中性子放射化核種のガンマ線エネルギー	熊本大学	岸川 俊明
フィッション (アルファ) ・トラック法			
5948	フィッショントラック年代による変成帯の冷却史と 上昇過程の研究	北海道大学	在田 一則
5949	中性子スペクトル変動のフィッション・トラック年代に 及ぼす影響	北海道教育大学	雁沢 好博
5950	熱中性子照射によるボロン分布観察法の材料学への応用	東京大学	柴田 浩司
5951	INAAとFTによる地質試料のU・Th 分析	鹿児島大学	鈴木 達郎
中性子ラジオグラフィー			
5952	凝縮系核融合場解析用デジタル中性子ラジオグラフィ システムの開発	名古屋大学	玉置 昌義

武蔵工業大学 原子力研究所

残念ながら、武蔵工大炉は1989年12月に起こった原子炉タンクの漏水に係わる事象のため、現在も停止しています。一日も早い再開に向けて日夜努力しております。現在、核燃料物質の貯蔵施設の変更(設備の新設)を行っており、今年度中に完成の予定です。新しい設備は80本の燃料棒を乾式で貯蔵できる使用済燃料貯蔵容器2基などからなり、原子炉室内に設置します。また、本研究所内の大学院原子力工学専攻は原子炉が停止している悪条件にもかかわらず、24名の修士の学生がおり、他施設を利用するなどして研究を行っています。

(武蔵工大原研 鈴木章悟)

1-4 古文化財・考古学			
5936	古代ガラス・天然ガラス質の放射化分析	東京大学	富永 健
1-5 材料科学・工学			
5937	微量成分元素存在量にもとづく文化財資料の分析化学的研究	東京学芸大学	二宮 修治
5938	金属内包フラーレンの合成と放射化分析 (II)	東京都立大学	森崎 重喜
5939	金属フラーレンの放射化分析とその応用	東京都立大学	末木 啓介
5940	中性子放射化分析法による鉄試料中の微量元素の定量	武蔵工業大学	平井 昭司
ホットアトム・原子核プローブの化学			
5941	反跳インプランテーションにおける特性研究とホットアトム 化学反応との比較	東北大学	関根 勉
5942	金属錯体イオン会合体二成分系における反跳現象の研究 (II)	筑波大学	荘司 準
生物照射効果			
5943	硼素中性子捕捉療法の適用拡大に関する研究	東京大学	廉澤 剛
5944	¹¹ B封入イムノリポソームの中性子捕捉療法への応用	東京大学	藤井 祐三
核物理・計測			
5945	β 崩壊する短寿命核の半減期測定	名古屋大学	柴田 理尋
5946	核分裂生成核種の中性子捕獲断面積の測定	名古屋大学	加藤 敏郎
5947	中性子放射化核種のガンマ線エネルギー	熊本大学	岸川 俊明
フィッション (アルファ) ・トラック法			
5948	フィッショントラック年代による変成帯の冷却史と 上昇過程の研究	北海道大学	在田 一則
5949	中性子スペクトル変動のフィッション・トラック年代に 及ぼす影響	北海道教育大学	雁沢 好博
5950	熱中性子照射によるボロン分布観察法の材料学への応用	東京大学	柴田 浩司
5951	INAAとFTによる地質試料のU・Th 分析	鹿児島大学	鈴木 達郎
中性子ラジオグラフィー			
5952	凝縮系核融合場解析用デジタル中性子ラジオグラフィ システムの開発	名古屋大学	玉置 昌義

武蔵工業大学 原子力研究所

残念ながら、武蔵工大炉は1989年12月に起こった原子炉タンクの漏水に係わる事象のため、現在も停止しています。一日も早い再開に向けて日夜努力しております。現在、核燃料物質の貯蔵施設の変更(設備の新設)を行っており、今年度中に完成の予定です。新しい設備は80本の燃料棒を乾式で貯蔵できる使用済燃料貯蔵容器2基などからなり、原子炉室内に設置します。また、本研究所内の大学院原子力工学専攻は原子炉が停止している悪条件にもかかわらず、24名の修士の学生がおり、他施設を利用するなどして研究を行っています。

(武蔵工大原研 鈴木章悟)

京都大学 原子炉実験所

京大原子炉では本年4月に組織改編が行われ、以来、6(大)研究部門・2施設(19研究分野)で構成される新組織に移行している。放射化分析に関係深い研究分野には、同位体製造管理研究分野(原子炉安全管理研究部門)、放射能環境動態研究分野(バックエンド工学研究部門)、同位体利用研究分野(放射線生命科学研究部門)、原子炉応用研究分野(附属原子炉応用センター)がある。

共同利用には主として同位体製造管理と原子炉応用の2研究分野が研究上の窓口となり、組織が改変されても共同利用研究への対応が極端に変わることのないように配慮して、柔軟な運営に努めている。

この5年余りの間、大学における研究炉のあり方が問われ、研究炉の機能や研究所の組織の検討が続いた。放射化分析は定式的利用として検討されてきた。元素分析法としての放射化分析の位置づけが近年変わりつつあることは再々指摘されるとおりである。しかし実際の共同利用研究では、その採択件数の3割以上がなんらかのかたちで放射化分析と関連しており、放射化分析に関わる所員は現時点での対応の重要性を心している。平成7年度に計画されているワークショップ、「同位体の製造と高度利用」(開催予定は12月以降)では、放射化分析に関連する機能整備についても十分に検討したいと考えている。

放射化分析施設のスタッフとして、施設間相互の交流・連携の重要性を感じ続けている。今年度は東北大核理研からの共同利用研究者を迎える機会があった、LINACを利用する放射化分析で、これを契機に所内でもLINAC利用への関心が高まっている。

京大炉は、本年12月から重水設備改修工事に入るため今年度の原子炉運転は11月で終了する。運転期間が短縮されたため、所員の一人が立教炉に共同利用でお世話になることになり、施設スタッフの交流・連携の良い機会になればと期待している。

重水設備改修工事は平成8年3月に完了し、4月からは特性試験・試験運転が予定されている。そのため、平成8年度上半期の運転期間は一部制限されると予想されている。

(京都大学原子炉実験所 小林愼江)

研究会報告

第69回 日本化学会年会

報告者 薬袋佳孝

第69回日本化学会年会は立命館大学衣笠キャンパス(京都)にて平成7年3月27日(月)より29日(木)の会期で開催された。放射化分析に関する発表としては、

- ・3B235「飲料水中のバナジウムの中性子放射化分析」
(大同工大・立大原研)酒井陽一・大下一政・輿水達司・戸村健児
- ・3B244「ホウ素を含む微粒子の粒径と $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ 反応で生成する ^7Li の即発 γ 線線形」
(大同工大・原研東海・東大原総セ)酒井陽一・米沢伸四郎・松江秀明・澤幡浩之・伊藤泰男・岩間三郎・市古忠利
- ・3B245「ホウ素を蒸着したシリコンウエハの表面状態と $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ 反応で生成する ^7Li の即発 γ 線線形」
(大同工大・原研東海・東大原総セ)酒井陽一・米沢伸四郎・松江秀明・澤幡浩之・伊藤泰男

などが挙げられる。

3B235では、前処理でのバナジウムの濃縮により、飲料水中の極微量バナジウムの定量が可能となったことが報告された。環境分析への新たな応用を開いた意味で注目される。さらに、日本全国の飲料水についての分析結果が報告され、バナジウム含有量の環境化学地球化学的考察が加えられた。3B244, 3B245は最近進展の著しい即発ガンマ線分析にかかわるものであり、ホウ素から放出される即発ガンマ線の波形を利用した状態分析の可能性について報告があった。波形の形状と微粒子のサイズなどとの関係について、実験と理論解析を組み合わせた内容が報告され、即発ガンマ線分析の新たな応用の可能性を示唆するものであった。

京都大学 原子炉実験所

京大原子炉では本年4月に組織改編が行われ、以来、6(大)研究部門・2施設(19研究分野)で構成される新組織に移行している。放射化分析に関係深い研究分野には、同位体製造管理研究分野(原子炉安全管理研究部門)、放射能環境動態研究分野(バックエンド工学研究部門)、同位体利用研究分野(放射線生命科学研究部門)、原子炉応用研究分野(附属原子炉応用センター)がある。

共同利用には主として同位体製造管理と原子炉応用の2研究分野が研究上の窓口となり、組織が改変されても共同利用研究への対応が極端に変わることはないよう配慮して、柔軟な運営に努めている。

この5年余りの間、大学における研究炉のあり方が問われ、研究炉の機能や研究所の組織の検討が続いた。放射化分析は定式的利用として検討されてきた。元素分析法としての放射化分析の位置づけが近年変わりつつあることは再々指摘されるとおりである。しかし実際の共同利用研究では、その採択件数の3割以上がなんらかのかたちで放射化分析と関連しており、放射化分析に関わる所員は現時点での対応の重要性を心している。平成7年度に計画されているワークショップ、「同位体の製造と高度利用」(開催予定は12月以降)では、放射化分析に関連する機能整備についても十分に検討したいと考えている。

放射化分析施設のスタッフとして、施設間相互の交流・連携の重要性を感じ続けている。今年度は東北大核理研からの共同利用研究者を迎える機会があった、LINACを利用する放射化分析で、これを契機に所内でもLINAC利用への関心が高まっている。

京大炉は、本年12月から重水設備改修工事に入るため今年度の原子炉運転は11月で終了する。運転期間が短縮されたため、所員の一人が立教炉に共同利用でお世話になることになり、施設スタッフの交流・連携の良い機会になればと期待している。

重水設備改修工事は平成8年3月に完了し、4月からは特性試験・試験運転が予定されている。そのため、平成8年度上半期の運転期間は一部制限されると予想されている。

(京都大学原子炉実験所 小林慎江)

研究会報告

第69回 日本化学会年会

報告者 薬袋佳孝

第69回日本化学会年会は立命館大学衣笠キャンパス(京都)にて平成7年3月27日(月)より29日(木)の会期で開催された。放射化分析に関する発表としては、

- ・3B235「飲料水中のバナジウムの中性子放射化分析」
(大同工大・立大原研)酒井陽一・大下一政・輿水達司・戸村健児
- ・3B244「ホウ素を含む微粒子の粒径と $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ 反応で生成する ^7Li の即発 γ 線線形」
(大同工大・原研東海・東大原総セ)酒井陽一・米沢伸四郎・松江秀明・澤幡浩之・伊藤泰男・岩間三郎・市古忠利
- ・3B245「ホウ素を蒸着したシリコンウエハの表面状態と $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ 反応で生成する ^7Li の即発 γ 線線形」
(大同工大・原研東海・東大原総セ)酒井陽一・米沢伸四郎・松江秀明・澤幡浩之・伊藤泰男

などが挙げられる。

3B235では、前処理でのバナジウムの濃縮により、飲料水中の極微量バナジウムの定量が可能となったことが報告された。環境分析への新たな応用を開いた意味で注目される。さらに、日本全国の飲料水についての分析結果が報告され、バナジウム含有量の環境化学地球化学的考察が加えられた。3B244, 3B245は最近進展の著しい即発ガンマ線分析にかかわるものであり、ホウ素から放出される即発ガンマ線の波形を利用した状態分析の可能性について報告があった。波形の形状と微粒子のサイズなどとの関係について、実験と理論解析を組み合わせた内容が報告され、即発ガンマ線分析の新たな応用の可能性を示唆するものであった。

以上は「核化学・放射化学」のセッションで発表された。日本化学会年会では、約50会場で研究発表が行われており、分析化学や環境化学などのセッションでも有効な成果が報告されているものと思われる。

第56回 分析化学会討論会

報告者 薬袋佳孝

第56回分析化学討論会は平成7年5月11日(木)より12日(金)の会期で大阪工業大学(大阪市)にて開催された。分析化学討論会のプログラムは一般講演と特定の討論主題に関する課題講演で構成されてきた。今回の討論主題は「環境における汚染物質の変遷とその計測」、「生体機能と分析化学」、「クロマトグラフィー・電気泳動の化学の新展開」、「機能性材料の創製と評価技術」であった。

課題講演として報告された放射化分析に関する発表を以下に挙げる。

- ・2F07「高純度アルミニウム標準物質中の微量ウラン及びトリウムの共同分析」
(武蔵工業大学原研・ジャパンエネルギー分析セ・三菱化学直江津・東芝・群馬大工)
平井昭司・中村靖・小川清広・平出直之・赤岩英夫
- ・2F08「フッ化物光ファイバー原料の精製と放射化分析」
(NTT光エレクトロ研)小林健二

また、これらの討論主題に関連して報告された一般講演を次に挙げる。

- ・2F16「荷電粒子放射化分析によるホウ素イオン注入シリコンウェーハのホウ素の定量」
(NTT境界領域研・原研)米沢洋樹・重松俊男・米沢仲四郎
- ・2F18「電子直線加速器を利用した高感度フッ素定量法」
(三菱マテリアル中研・東北大核理研)桜井宏行・佐山恭正・榎本和義・大槻 勤

また、他に一般講演として次の発表があった。

- ・1P15「中性子誘起即発ガンマ線分析による紙製品中のホウ素の定量」
(科警研・原研東海)鈴木康弘・丸茂義輝・星三千男・米沢仲四郎・松江秀明

以上のように、今回の分析化学討論会では、討論主題の内、「機能性材料の創製と評価技術」に関連した発表が主であった。いずれの発表も工業材料中の極微量元素の定量に関するものであり、放射化分析の高感度、高精度の特徴を生かしたものであった。この領域に於ける放射化分析の重要性についての認識を新たにするものであった。しかし、他の討論主題に関するものは余り見受けられず、放射化分析の展開の広がりを見ると、やや意外な印象を受けた。これは、放射化分析の発展並びに専門学会・討論会の増加のために、放射化分析に関する発表が分散していることを反映しているとみられる。

日本文化財科学会第12回大会

報告者 鈴木章悟

1995年6月17日～18日まで日本文化財科学会第12回大会が奈良市で開催された。本学会は文化財に関する自然科学・人文科学の学際的研究に関する会であり、毎年、総会・大会が関東と関西で交互に開催され、100件程度の研究発表が行われる。放射化分析関係の発表は、講演が2件、ポスターセッションが1件あった。

九州北部地域の初期須恵器の放射化分析(奈良教育大・三辻他)は、九州北部の須恵器の窯跡から出土した須恵器と古墳から出土した須恵器の放射化分析を行い、Scなどの元素で窯間の相互識別を行おうとするものである。微量元素からみた古代鉄器(武蔵工大・平井他)は、As/Sbなど微量元素の比から考古学鉄遺物の産地推定を行おうとするものである。カマン・カレホユック遺跡出土の銅製品の機器中性子放射化分析(武蔵工大・鈴木他)は、銅および青銅器遺物中の42元素の定量を行い、元素濃度の分布から産地や年代の違いの推定を行おうとするものである。

以上は「核化学・放射化学」のセッションで発表された。日本化学会年会では、約50会場で研究発表が行われており、分析化学や環境化学などのセッションでも有効な成果が報告されているものと思われる。

第56回 分析化学会討論会

報告者 葉袋佳孝

第56回分析化学討論会は平成7年5月11日(木)より12日(金)の会期で大阪工業大学(大阪市)にて開催された。分析化学討論会のプログラムは一般講演と特定の討論主題に関する課題講演で構成されてきた。今回の討論主題は「環境における汚染物質の変遷とその計測」、「生体機能と分析化学」、「クロマトグラフィー・電気泳動の化学の新展開」、「機能性材料の創製と評価技術」であった。

課題講演として報告された放射化分析に関する発表を以下に挙げる。

- ・2F07「高純度アルミニウム標準物質中の微量ウラン及びトリウムの共同分析」
(武蔵工業大学原研・ジャパンエナジー分析セ・三菱化学直江津・東芝・群馬大工)
平井昭司・中村靖・小川清広・平出直之・赤岩英夫
- ・2F08「フッ化物光ファイバー原料の精製と放射化分析」
(NTT光エレクトロ研)小林健二

また、これらの討論主題に関連して報告された一般講演を次に挙げる。

- ・2F16「荷電粒子放射化分析によるホウ素イオン注入シリコンウェーハのホウ素の定量」
(NTT境界領域研・原研)米沢洋樹・重松俊男・米沢仲四郎
- ・2F18「電子直線加速器を利用した高感度フッ素定量法」
(三菱マテリアル中研・東北大核理研)桜井宏行・佐山恭正・榎本和義・大槻 勤

また、他に一般講演として次の発表があった。

- ・1P15「中性子誘起即発ガンマ線分析による紙製品中のホウ素の定量」
(科警研・原研東海)鈴木康弘・丸茂義輝・星三千男・米沢仲四郎・松江秀明

以上のように、今回の分析化学討論会では、討論主題の内、「機能性材料の創製と評価技術」に関連した発表が主であった。いずれの発表も工業材料中の極微量元素の定量に関するものであり、放射化分析の高感度、高精度の特徴を生かしたものであった。この領域に於ける放射化分析の重要性についての認識を新たにするものであった。しかし、他の討論主題に関するものは余り見受けられず、放射化分析の展開の広がりを見ると、やや意外な印象を受けた。これは、放射化分析の発展並びに専門学会・討論会の増加のために、放射化分析に関する発表が分散していることを反映しているとみられる。

日本文化財科学会第12回大会

報告者 鈴木章悟

1995年6月17日～18日まで日本文化財科学会第12回大会が奈良市で開催された。本学会は文化財に関する自然科学・人文科学の学際的研究に関する会であり、毎年、総会・大会が関東と関西で交互に開催され、100件程度の研究発表が行われる。放射化分析関係の発表は、講演が2件、ポスターセッションが1件あった。

九州北部地域の初期須恵器の放射化分析(奈良教育大・三辻他)は、九州北部の須恵器の窯跡から出土した須恵器と古墳から出土した須恵器の放射化分析を行い、Scなどの元素で窯間の相互識別を行おうとするものである。微量元素からみた古代鉄器(武蔵工大・平井他)は、As/Sbなど微量元素の比から考古学鉄遺物の産地推定を行おうとするものである。カマン・カレホユック遺跡出土の銅製品の機器中性子放射化分析(武蔵工大・鈴木他)は、銅および青銅器遺物中の42元素の定量を行い、元素濃度の分布から産地や年代の違いの推定を行おうとするものである。

以上は「核化学・放射化学」のセッションで発表された。日本化学会年会では、約50会場で研究発表が行われており、分析化学や環境化学などのセッションでも有効な成果が報告されているものと思われる。

第56回 分析化学会討論会

報告者 葉袋佳孝

第56回分析化学討論会は平成7年5月11日(木)より12日(金)の会期で大阪工業大学(大阪市)にて開催された。分析化学討論会のプログラムは一般講演と特定の討論主題に関する課題講演で構成されてきた。今回の討論主題は「環境における汚染物質の変遷とその計測」、「生体機能と分析化学」、「クロマトグラフィー・電気泳動の化学の新展開」、「機能性材料の創製と評価技術」であった。

課題講演として報告された放射化分析に関する発表を以下に挙げる。

- ・2F07「高純度アルミニウム標準物質中の微量ウラン及びトリウムの共同分析」
(武蔵工業大学原研・ジャパンエナジー分析セ・三菱化学直江津・東芝・群馬大工)
平井昭司・中村靖・小川清広・平出直之・赤岩英夫
- ・2F08「フッ化物光ファイバー原料の精製と放射化分析」
(NTT光エレクトロ研)小林健二

また、これらの討論主題に関連して報告された一般講演を次に挙げる。

- ・2F16「荷電粒子放射化分析によるホウ素イオン注入シリコンウェーハのホウ素の定量」
(NTT境界領域研・原研)米沢洋樹・重松俊男・米沢仲四郎
- ・2F18「電子直線加速器を利用した高感度フッ素定量法」
(三菱マテリアル中研・東北大核理研)桜井宏行・佐山恭正・榎本和義・大槻 勤

また、他に一般講演として次の発表があった。

- ・1P15「中性子誘起即発ガンマ線分析による紙製品中のホウ素の定量」
(科警研・原研東海)鈴木康弘・丸茂義輝・星三千男・米沢仲四郎・松江秀明

以上のように、今回の分析化学討論会では、討論主題の内、「機能性材料の創製と評価技術」に関連した発表が主であった。いずれの発表も工業材料中の極微量元素の定量に関するものであり、放射化分析の高感度、高精度の特徴を生かしたものであった。この領域に於ける放射化分析の重要性についての認識を新たにするものであった。しかし、他の討論主題に関するものは余り見受けられず、放射化分析の展開の広がりを見ると、やや意外な印象を受けた。これは、放射化分析の発展並びに専門学会・討論会の増加のために、放射化分析に関する発表が分散していることを反映しているとみられる。

日本文化財科学会第12回大会

報告者 鈴木章悟

1995年6月17日～18日まで日本文化財科学会第12回大会が奈良市で開催された。本学会は文化財に関する自然科学・人文科学の学際的研究に関する会であり、毎年、総会・大会が関東と関西で交互に開催され、100件程度の研究発表が行われる。放射化分析関係の発表は、講演が2件、ポスターセッションが1件あった。

九州北部地域の初期須恵器の放射化分析(奈良教育大・三辻他)は、九州北部の須恵器の窯跡から出土した須恵器と古墳から出土した須恵器の放射化分析を行い、Scなどの元素で窯間の相互識別を行おうとするものである。微量元素からみた古代鉄器(武蔵工大・平井他)は、As/Sbなど微量元素の比から考古学鉄遺物の産地推定を行おうとするものである。カマン・カレホユック遺跡出土の銅製品の機器中性子放射化分析(武蔵工大・鈴木他)は、銅および青銅器遺物中の42元素の定量を行い、元素濃度の分布から産地や年代の違いの推定を行おうとするものである。

第32回 理工学における同位元素研究発表会

報告者 松江秀明

第32回 理工学における同位元素研究発表会は1995年7月10日～11日まで国立教育会館（東京）にて開催された。本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と討論を行うことを目的としており、放射性同位元素の製造から放射線測定技術に至るまで広い研究分野における発表が行われる。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6件であった。以下に題名を挙げる。

- 10a-III-4 原子炉中性子即発ガンマ線分析法による生体試料中ホウ素の定量
(農林水産省・畜産試、農林水産省・遠洋水産研、東京農工大、原研・東海)
宮本進、須藤まどか、渡邊浩一郎、塩本明弘、米沢仲四郎、星三千男
- 10a-III-5 機器放射化分析分析法による窒化ケイ素中フッ素の迅速定量
(放照協、原研・東海) 黒沢達也、米沢仲四郎、松江秀明、星三千男
- 10a-III-6 中性子即発 γ 線分析法による塩素およびイオウの同位体分析
(原研・東海、放照協) 松江秀明、米沢仲四郎、星三千男
- 10a-III-7 放射化分析用二次元位置検出システムの開発
(武蔵工大・原研) 加藤敦、岡田往子、鈴木章悟、平井昭司
- 10p-III-1 放射化分析法による稲中の微量元素の定量
(東ア研) 谷崎良之、前野智和、中村優
- 10p-III-4 水試料中の微量銅の前化学濃縮と中性子放射化分析による定量法
(大同工業大学、立大・原研) 酒井陽一、大下一政、戸村健児

その他、分析のセッションでは PIXE 分析法、ベータ線放出核種の定量についての発表などが行われた。

10a-III-4, 10a-III-6は即発 γ 線分析法に関する発表であり、前者は即発 γ 線分析法の農水分野への応用についてホウ素の定量を中心に紹介しており、後者は即発 γ 線と中性子放射化分析を相補的に利用し塩素の同位体分析を試みたものであった。また、10a-III-7は照射試料の γ 線とベータ線を同時計数することにより二次元位置検出を行うもので、今後の研究によっては、放射化分析に新たな可能性を与えるものである。10a-III-5では原研JRR-3Mの気送管における実用的な微量フッ素の迅速定量法を紹介している。10p-III-4では酒井氏等の一連のパナジウム分析に加え、前化学濃縮により水試料中の微量銅の分析が可能であることが示された。

このように本発表会では放射化分析に関して方法論から応用例まで幅広い発表がなされている。毎年、国立教育会館で行われており、参加料無料でもあるので放射化分析研究の発表、交流の場としてさらに利用されて良いのではないかとと思われる。

日本分析化学会第44年会

報告者 岡田往子

日本分析化学会第44年会は9月28～30日、北海道大学において開催された。放射化分析に関する報告は4件：放射化分析用二次元位置検出システムの開発（武蔵工大、岡田ほか）、イオンクロマトグラフ-中性子放射化分析法による希土類鉱石の分析（広島大、四俵ほか）、ニッポンジカの肝臓に含まれる微量金属元素の非破壊放射化分析（石巻専大、福島ほか）、金の放射性同位体利用によるフッ化物中の白金、金の同時定量（NTT、小林）行われ、放射能測定に関する報告は1件： α 線液体シンチレーション法による二酸化ケイ素中のポロニウムの定量（武蔵工大、赤澤ほか）行われた。

第32回 理工学における同位元素研究発表会

報告者 松江秀明

第32回 理工学における同位元素研究発表会は1995年7月10日～11日まで国立教育会館（東京）にて開催された。本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と討論を行うことを目的としており、放射性同位元素の製造から放射線測定技術に至るまで広い研究分野における発表が行われる。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6件であった。以下に題名を挙げる。

- 10a-III-4 原子炉中性子即発ガンマ線分析法による生体試料中ホウ素の定量
(農林水産省・畜産試、農林水産省・遠洋水産研、東京農工大、原研・東海)
宮本進、須藤まどか、渡邊浩一郎、塩本明弘、米沢仲四郎、星三千男
- 10a-III-5 機器放射化分析分析法による窒化ケイ素中フッ素の迅速定量
(放照協、原研・東海) 黒沢達也、米沢仲四郎、松江秀明、星三千男
- 10a-III-6 中性子即発 γ 線分析法による塩素およびイオウの同位体分析
(原研・東海、放照協) 松江秀明、米沢仲四郎、星三千男
- 10a-III-7 放射化分析用二次元位置検出システムの開発
(武蔵工大・原研) 加藤敦、岡田往子、鈴木章悟、平井昭司
- 10p-III-1 放射化分析法による稲中の微量元素の定量
(東ア研) 谷崎良之、前野智和、中村優
- 10p-III-4 水試料中の微量銅の前化学濃縮と中性子放射化分析による定量法
(大同工業大学、立大・原研) 酒井陽一、大下一政、戸村健児

その他、分析のセッションでは PIXE 分析法、ベータ線放出核種の定量についての発表などが行われた。

10a-III-4, 10a-III-6は即発 γ 線分析法に関する発表であり、前者は即発 γ 線分析法の農水分野への応用についてホウ素の定量を中心に紹介しており、後者は即発 γ 線と中性子放射化分析を相補的に利用し塩素の同位体分析を試みたものであった。また、10a-III-7は照射試料の γ 線とベータ線を同時計数することにより二次元位置検出を行うもので、今後の研究によっては、放射化分析に新たな可能性を与えるものである。10a-III-5では原研JRR-3Mの気送管における実用的な微量フッ素の迅速定量法を紹介している。10p-III-4では酒井氏等の一連のパナジウム分析に加え、前化学濃縮により水試料中の微量銅の分析が可能であることが示された。

このように本発表会では放射化分析に関して方法論から応用例まで幅広い発表がなされている。毎年、国立教育会館で行われており、参加料無料でもあるので放射化分析研究の発表、交流の場としてさらに利用されて良いのではないかとと思われる。

日本分析化学会第44年会

報告者 岡田往子

日本分析化学会第44年会は9月28～30日、北海道大学において開催された。放射化分析に関する報告は4件：放射化分析用二次元位置検出システムの開発（武蔵工大、岡田ほか）、イオンクロマトグラフ-中性子放射化分析法による希土類鉱石の分析（広島大、四俵ほか）、ニッポンジカの肝臓に含まれる微量金属元素の非破壊放射化分析（石巻専大、福島ほか）、金の放射性同位体利用によるフッ化物中の白金、金の同時定量（NTT、小林）行われ、放射能測定に関する報告は1件： α 線液体シンチレーション法による二酸化ケイ素中のポロニウムの定量（武蔵工大、赤澤ほか）行われた。

本大会で特筆すべきことは、放射化分析などの核をプローブとする核種の定量法を用いて海藻中の微量元素の新規の定量分析法の開発に取り組んでこられた秋田大学 岩田吉弘氏の奨励賞受賞講演である。氏の堂々とした講演に将来の分析学会を担うにふさわしい風格を感じたのは私だけではないようであった。

第39回放射化学討論会

報告者 鈴木章悟

1995年10月2日～4日まで、新潟大学で第39回放射化学討論会が開催された。本会は放射化分析に関する発表が最も多い学会である。

放射化分析関係の発表としては、INAAによる環境標準試料ヒジキの多元素定量(武蔵工大・鈴木他)、Trace Element Analysis of Commonly Consumed Food Spices by NAA(金沢大・Zaidi他)、放射化分析による各種シダ植物中の微量元素についての研究(東大・尾崎他)、PIXEおよび中性子放射化分析法によるラット臓器中の微量元素の定量(慈恵医大・矢永他)、神経難病とミネラル偏食ラットにおける中枢神経組織と骨の放射化分析(和医大・安井他)、中性子放射化分析法によるシリコン基板表面極微量元素分析法の標準化(NTT・加藤他)、即発 γ 線による大型試料中の主成分元素の非破壊定量法の検討(都立大・佐藤他)、古代ガラスの原子炉中性子即発 γ 線分析(慶大・富沢他)、中国・吐魯番盆地、塩類化土壌における元素の挙動(青学大・新城他)の9件講演発表と、Vの放射化分析値をプローブとする富士山周辺の天然水の移動の研究(大同工大・酒井他)、JRR-3M放射化分析設備による短寿命核種中性子放射化分析(原研・米沢他)、 K_0 法を用いた中性子放射化分析の導入(原研・松江他)、A1およびその腐食物の微量成分(京大・小林他)、中性子放射化分析法による食用豆類の微量元素組成分析(金沢大・宮本他)の5件のポスター発表があった。このほかゲント大学の De Corte氏による K_0 法に関する特別講演が満員の聴衆のもと行われた。

13年ぶりの新潟での開催であり、約300名の参加者、127件の講演、34件のポスター発表と大変な盛況で、今までで一番重い講演予稿集であった。放射化分析関係の発表は昨年より6件ほど減っているのが残念であったが、上述のように、生体等の微量元素の定量に関する報告がいくつかあり、活発な討論がなされていた。

今回のポスター発表では、最初に3分間のショートプレゼンテーションが行われた。ふだん3会場に分かれているためあまり聞く機会のなかった放射化学の他分野の研究動向を知ることができ、ポスターで質問したいポイントがわかり、大変よい試みでありこれからも続けてもらいたい方式であった。

初日の夜に行われた放射化分析分科会には32名の出席者があり、JRR-4の改造計画(原研・山田)、MTAA-9国際会議の報告(原研・米沢、京大・小林、東大・葉袋)、本研究会の活動(東大・伊藤)についての話題提供と意見交換が行われた。更にその後、本研究会の拡大幹事会が行われた。

2日目の夜に行われた懇親会には約150名の参加があり、新潟の旨い酒と肴、さらに踊りも加わり夜遅くまで懇談が続いた。次回の本討論会は1996年10月に理化学研究所で行われることになった。また、1997年は熊本大学で行われる予定である。

本大会で特筆すべきことは、放射化分析などの核をプローブとする核種の定量法を用いて海藻中の微量元素の新規の定量分析法の開発に取り組んでこられた秋田大学 岩田吉弘氏の奨励賞受賞講演である。氏の堂々とした講演に将来の分析学会を担うにふさわしい風格を感じたのは私だけではないようであった。

第39回放射化学討論会

報告者 鈴木章悟

1995年10月2日～4日まで、新潟大学で第39回放射化学討論会が開催された。本会は放射化分析に関する発表が最も多い学会である。

放射化分析関係の発表としては、INAAによる環境標準試料ヒジキの多元素定量(武蔵工大・鈴木他), Trace Element Analysis of Commonly Consumed Food Spices by NAA(金沢大・Zaidi他), 放射化分析による各種シダ植物中の微量元素についての研究(東大・尾崎他), PIXEおよび中性子放射化分析法によるラット臓器中の微量元素の定量(慈恵医大・矢永他), 神経難病とミネラル偏食ラットにおける中枢神経組織と骨の放射化分析(和医大・安井他), 中性子放射化分析法によるシリコン基板表面極微量元素分析法の標準化(NTT・加藤他), 即発 γ 線による大型試料中の主成分元素の非破壊定量法の検討(都立大・佐藤他), 古代ガラスの原子炉中性子即発 γ 線分析(慶大・富沢他), 中国・吐魯番盆地, 塩類化土壌における元素の挙動(青学大・新城他)の9件講演発表と, Vの放射化分析値をプローブとする富士山周辺の天然水の移動の研究(大同工大・酒井他), JRR-3M放射化分析設備による短寿命核種中性子放射化分析(原研・米沢他), K_0 法を用いた中性子放射化分析の導入(原研・松江他), A1およびその腐食物の微量成分(京大・小林他), 中性子放射化分析法による食用豆類の微量元素組成分析(金沢大・宮本他)の5件のポスター発表があった。このほかゲント大学の De Corte氏による K_0 法に関する特別講演が満員の聴衆のもと行われた。

13年ぶりの新潟での開催であり, 約300名の参加者, 127件の講演, 34件のポスター発表と大変な盛況で, 今までで一番重い講演予稿集であった。放射化分析関係の発表は昨年より6件ほど減っているのが残念であったが, 上述のように, 生体等の微量元素の定量に関する報告がいくつかあり, 活発な討論がなされていた。

今回のポスター発表では, 最初に3分間のショートプレゼンテーションが行われた。ふだん3会場に分かれているためあまり聞く機会のなかった放射化学の他分野の研究動向を知ることができ, ポスターで質問したいポイントがわかり, 大変よい試みでありこれからも続けてもらいたい方式であった。

初日の夜に行われた放射化分析分科会には32名の出席者があり, JRR-4の改造計画(原研・山田), MTAA-9国際会議の報告(原研・米沢, 京大・小林, 東大・葉袋), 本研究会の活動(東大・伊藤)についての話題提供と意見交換が行われた。更にその後, 本研究会の拡大幹事会が行われた。

2日目の夜に行われた懇親会には約150名の参加があり, 新潟の旨い酒と肴, さらに踊りも加わり夜遅くまで懇談が続いた。次回の本討論会は1996年10月に理化学研究所で行われることになった。また, 1997年は熊本大学で行われる予定である。

MTAA-9

標記国際会議が開催され、多くの本会会員も参加された。会議の概要について参加者の一人の小林さんに紹介して戴くとともに、会議の印象記を参加者の中から執筆して戴いた。印象記は、アイウエオ順に並べ、また、スペースの都合上各タイトルは省略させて戴いた。

MTAA-9の概要

小林 慎江（京都大学原子炉実験所）

去る9月24日から30日にかけて、第9回放射化分析における最近の動向に関する国際シンポジウム(9th International Conference on Modern Trends in Activation Analysis ; MTAA-9)が、韓国・ソウルで開催された。主催は Korea Institute of Geology, Mining and Materials(KIGAM) で、Dr. Keung-Shik Park (Kyungpook Nat. Univ.) が Local Organizing Committee の Chairman を務められた。

会場はソウル市北西部の丘に位置するスイス・グランドホテルである。24日午後からそこに登録受けのデスクが開かれ、プログラムや要旨集、参加者名簿などを受け取ることができた。資料を基に作成した国別の参加者数と発表件数の一覧を下に示す。日本の参加者26名、発表20件はいずれも最多数であった。

表1 MTAA-9 の参加者および発表件数*

国名	参加者数	口頭発表（招待講演）	ポスター発表	合計
日本	26	8(0)	12	20
韓国	16	1(0)	14	15
米国	14	12(5)	7	19
英国	10	4(1)	11	15
オランダ	7	5(3)	8	13
フランス	6	1(1)	11	12
カナダ	6	5(1)	3	8
中国	6	2(1)	6	8
ロシア	6	3(0)	5	8
マレーシャ	5	1(0)	2	3
イタリア	4	2(1)	5	7
台湾	4	2(1)	3	5
ドイツ	4		6	6
オーストリア	3	2(1)		2
オーストラリア	3	2(0)	3	5
ギリシャ	3	2(0)	2	4
ベルギー	2	2(1)	2	4
ブラジル	2	1(0)	6	7
デンマーク	2	2(1)		2
ハンガリー	2	1(0)	2	3

インド	2		2	2
イラン	2		2	2
ポルトガル	2	1(0)	2	3
ユーゴスラビア	2		2	2
メキシコ	2	1(0)	1	2
チェコ	1	2(0)		2
バングラデイッシュ	1		1	1
ポーランド	1	1(1)		1
ルーマニア	1	1(0)	1	2
スロベニア	1	1(1)		1
ウズベク	1			
タイ	1			
ノルウェー	1			

*この表は柘本和義氏（東北大・核理研）が作成されたものです。

24日夕刻から welcome reception がホテル中庭ではじまり、薄暮の快い風に吹かれつつ、久方ぶりに顔をあわせる同学の志の、弾んだ会話が交わされていった。

表 2

	MON	TUE	WED	THU	FRI
08:10	OPENING CEREMONY	S-V	E X C U R S I O N	S-IX	S-XIII
09:00	S-I GENERAL-I				ANALYTICAL TECHNIQUES-II	SEPARATION TECHNIQUES	OTHER NUCLEAR TECHNIQUES
10:00	Coffee Break	Coffee Break		Coffee Break	Coffee Break
10:20	S-II GENERAL-II	S-VI SHORT-LIVED NUCLIDES		S-X ACCURACY & QUALITY CONTROL	S-XIV COMPARISON WITH OTHER TECHNIQUES
12:10	Lunch	Lunch		Lunch	Lunch
13:40	S-III(Poster) ANALYTICAL TECHNIQUES-I	S-VII(Poster) GEOLOGICAL & MATERIAL APPLICATIONS-I		S-XI(Poster) ENVIRON. & MEDICAL APPLICATIONS	S-XV(Poster) NUCLEAR & RELATED TECHNIQUES
15:30	Coffee Break	Coffee Break		Coffee Break	Coffee Break
15:50	S-IV SPECTROSCOPY & SOFTWARES	S-VIII GEOLOGICAL & MATERIAL APPLICATIONS-II		S-XII ENVIRON. APPLICATIONS	S-XVI MEDICAL APPLICATIONS
17:10					CLOSING REMARKS
17:40					
19:00	CONFERENCE BANQUET				

会議の概要は表2に示すとおりで、翌25日8時過ぎからのopening ceremonyにつづき、V.P.Guinn 教授 (Maryland Univ. U. S. A.) の「A History of the MTAA International Conferences」と題する講演があった。1961年に第1回が開かれた経緯の説明のあと、今回までの会議の開催年度、参加国、発表件数等の一覧が示され、初めてMTAAに出席した私には大層興味深かった。(表3)

表 3 MTAAの開催年度・発表件数等

開催年度	参加国数	発表件数*	開催国 (開催地)
1961	9	32	U.S.A.(Texas A & M)
1965	14	72	U.S.A.(Texas A & M)
1968	23	161	U.S.A. (NBS)
1972	21	167	France (Saclay)
1976	31	173	West-Germany (Munich)
1981	27	160	Canada (Toronto)
1986	30	152	Denmark (Copenhagen)
1991	36	~150	Austria (Vienna)
1995	(33)	(185)	Korea (Seoul)

* 発表件数はProceedingsに掲載された論文数

この講演を皮切りに、up-to-dateな問題の発表・討論へと移行していった。

MTAA-9 印象記

海老原 充 (東京都立大学理学部)

MTAA-9と題する放射化分析関係の国際会議が9月25日(月)から29日(金)まで韓国のソウルで開催された。ちょうど別件で韓国を訪問する必要もあり、国際会議にあわせてその機会を持つこととなった。筆者と放射化分析のつきあいは大学の卒業研究で浜口博先生の研究室に所属したことに始まる。研究室に配属になって、課題が決まってすぐ渡された文献の一つがMTAAのプロシーディングであった。卒研配属が1973年の秋であることを考えると、最初期の頃のMTAAの会議の報告集であったものと察せられる。今から考えると、当時はゲルマニウム半導体検出器が普及し始め、いわゆる機器中性子放射化分析が広く利用されだした頃であった。そこでのModern Trendsとは、あるいはそれまでの放射化学的分離操作を伴う放射化分析から伴わないものへの転換が大きく反映されたものではないかと想像される。筆者は今回MTAA国際学会へ初めて参加したが、この卒研時代の出来事を思い出しながら、これまでの会議で時代時代に(というほど年数が経過していないが)どのような変化がModern Trendsと認識されてきたのか、大変興味を持たされた。今回の会議で議論されたTrendsの一つとして、放射化分析と他の分析法との併用・比較ということが挙げられる。ほかの分析方法の代表としては、PIXEであり、ICP-MSである。これは時代の流れとして当然といえばその通りであろうが、まことに的を得たものといえる。ただ、これらの放射化分析と拮抗する方法に対して放射化分析がどのような特徴を持つのかというのが我々放射化分析を手段としているものにとって大変興味があり、この先の傾向はどうかのところが一番の関心事であるところであるが、そのような主旨の報告がほとんどなかったように思う。正直なところ、現在における放射化分析のModern

Trendsとは何かを充分掴みきれなかった点、不満の残る国際会議であった。

最後に、個人的なことを2つほど。一つは、筆者にとって放射化分析と関わりを持つきっかけとなったもう一人の人物、カナダのトロント大学のジャーヴィス教授と親しく話ができて、外交辞令とは心得るものの発表論文に対して非常に好意的なコメント・感想をいただいた。このことは今回の会議に出席して得られた大きな成果であった。また、先に書いたように、会議出席後も1週間韓国にとどまり、いくつかの大学・研究所を訪問する機会を得た。そこでの経験もひっくり返して、いろいろの面での韓国の”熱意”を感じるようになった。特に国際化に向かう韓国の熱意はあるいは日本をしのいでおり、事実先をいっているのではとの危惧さえ抱かされた。総じて、大変有意義な韓国訪問であった。

岸川 俊明（熊本大学工学部）

今度のソウル学会は一番近い隣国での開催であり、欧米と比べて簡単に行けるということで、気安く準備をしてきた。つまり、熊本－ソウル間の距離は熊本－羽田や福岡－羽田の約2/3であり東京出張よりも楽なわけである。

福岡空港発のKAL便を利用する旅行日程を決め、明日出発というときになって事態は一変した。台風が接近、台風の本目が沖縄をかすめ、甌島に北上してきた。台風が「夜半には長崎・天草・熊本に上陸」の見通しとなったのだ。台風の進路によってはソウル便が欠航するかもしれない。いや、博多までのJR列車が運転見合わせ、徐行運転、はては空港到着の時点でソウル便はすでに出発、ということになる。あわてて出発を繰り上げ、博多に一泊ということにした。台風は瀬戸内海、広島を抜け山陰へ。ソウル便は何事もなかったように定刻に離陸。

開会前夜のレセプションでは、一杯のドリンクに皆、一列にならんで、それぞれビール、ワインやオンザロックを手にした。私は放射化分析国際委員会（ICAA）セクレタリーのジャーヴィス先生の次に並んだ。初対面だったので、どんな分野の研究をされているか尋ねた。答えが日本語で返ってきた。東大の浜口先生、斎藤先生のもとに滞在し、研究をされた思い出を伺った（放射化学討論会でも特別講演をされた）。

学会のセッションは8時10分開始と、朝が早いのにびっくりした。組織委員長のパク・キュンシク（朴肯植）教授はじめ韓国資源研究所（KIGMA）の、わずか4人のメンバーが学会MTAA-9を運営していた。そして、トラブルもなく学会は進行した。パク先生によると、全員が会場のスイスグランドホテルに泊り込み、パソコンとワープロを持ち込んで運営に当たっているとのことだった。

初日はジェネラルセッション、新しいテクニックやスペクトロスコーピーと続き、まさにモダントレンドの感があった。私のセッションも初日午後だった。私たちは光電ピークの精密解析のためにパルサーの使用を提唱し、波形解析に組み込んできた。ところが、デルフト工科大学/NISTのグループは、新しいパルサーの開発を手がけ、ガンマ線スペクトロメトリーにおいて波形を変形することなく不感時間やパイルアップ補正を行う工夫をしていた。デルフト工科大学は20年近く前に訪問したことがあったが、その時も、超小型の波高分析器を開発したということを知った。分析系の研究者とエレクトロニクス系の研究者・技術者のチームワークのたまものである、と感心した。

水曜日は終日エクスカージョンで楽しい一日であった。「民族村」で人参茶を一服し、パク先生、坂本先生とそぞろ歩きしながらよもやま話をした。パク先生は大のカメラマニアで数十種類のカメラコレクションを持っておられるということだった。当日の昼食はプルコギ（日本でいうジンギスカン鍋を用いて、牛の赤身の薄切りを焼き、すき焼き風のスープを加えたもの。葉野菜に包んで食べる）。パク先生が同席し、先生から食べ方を教えてもらった。夕食はビル5階のレストランであった。ほとんどの皆さんが、疲れも見せず階段を駆け上った。ここでは韓、中華、洋風のバイキング料理。ほとんどの方々が（私も同様）二はい、三ばいと食欲旺盛であった。ここでもパク先生と同席になり、手巻き寿司があると教えてもらった。ところが見つからずに席に戻ると、先生のを頂戴することになった。フランスのオールセイから参加した韓国人のキム・ジョンビンさんが2eVの精度でガンマ線のエネルギーを測定したと話しにきた。私はエネルギー測定の方法論の研究をしているので、「それは疑わしい」と議論になった。横からパク先生

が、この様な討論こそMTAA-9にふさわしいと熱心に聞いてくれた。

韓国の人々の暖かなホスピタリティーに感謝し、いつか機会をみつけ、日本でも交歓の環を拡げたいと思う国際学会であった。

酒井 陽一（大同工業大学）

オン・スケジュールであったのだが、台風の過ぎ去るのを待っていたかのように、その背後を名古屋発ソウル便は飛び立った。ソウルの9月はさわやかであった。

ソウル市の郊外、MTAA-9の会場、初日の午前、私は暗雲が覆いかぶさるのを見た。

「Dark Clouds over Research Reactors」という挑戦的・警鐘的フレーズがスクリーンに大きく映し出されたのは、オランダのデブルイン博士の「Research Reactor and Radiochemistry: Partners in a Changing World」と題する招待講演でのことである。「Dark Clouds」とは、放射化分析のアルタネイティブあるいはコンピューターとしてICP-AES、ICP-MSなど、RIトレーサー実験に対してNMR-CT、コンピューターシミュレーションといった具合に、放射性物質を生産せず、持ち込まず、使用せず、同等またはそれ以上の実験・研究が可能になっている現状を比喻したものである。このことは私達もよく認識するところであり、本会の設立のきっかけの一つになっていることは本誌の前号（創刊号）に詳しい。「どこも同じだな」というのが素直な印象であった。さて、暗雲は実体なのか？イリュージョンか？この暗雲を取り払うことはできるのか？どのように？私の関心は博士の現状分析の次にくるであろう対策・展望に向けられた。「ユーザーのコミニティの団結充実が大切である」という結論は、本研究会の設立趣旨と一致しており、私達の方向の正しさを再確認する事はできたが、既に折り込み済みの事でもあり、期待が大きすぎたせいか物足りなさを感じることは否めなかった。この講演において、もうひとつ別の観点から印象に残ったことがある。それは、トレーサー実験の代わりにコンピューターシミュレーションという発想である。これは今回の国際会議でも大きな話題の一つであった k_0 法がヨーロッパで広まりつつあることと無関係ではないように思う。

締め切りに追われて、この原稿を書いているとき、大きなニュースが飛び込んできた。ローランド博士らのノーベル化学賞受賞だ。私は以前(5-6年前)カリフォルニア大学アーバイン校(UCI)のローランド研究室にお世話になった。UCIにはTRIGA I型原子炉があり、 (n, γ) 反応で生成する ^{38}Cl 原子の気相化学反応の実験を行った。当時の、私以外のユーザーはすべて放射化分析が目的であった。この原子炉は、グイン博士らが、ケネディ大統領暗殺に使われた弾丸の放射化分析を行った施設であり、この話題は今回の国際会議の博士の講演のなかにも登場した。そのころグイン博士はUCIの名誉教授で、パイプをくゆらせながら悠然とキャンパスを歩いている姿を時々お見受けした。この大統領暗殺の謎にかかわる放射化分析はたいへん有名な話で、大学の広報関係のパンフレットにはローランド博士のオゾン層破壊の話題と並んで常に紹介されていたことを思い出す。もう一つ思いで話・・・原子炉のプラットホームで照射実験をしているときのこと、グイン博士のグループの女性のポスドクの方が照射キャプセルに分析試料とともにドライアイスを詰めている。「なぜ冷却照射するのですか。放射化分析でしょ？」と尋ねると、「水銀の分析です。揮散のおそれがあるのです」との答え・・・なるほどと感心したという放射化分析初心者（当時は放射化分析未経験者）のお粗末な思いで話・・・

坂本 浩（金沢大学理学部）

個人レベルでも、国家レベルでも多くの矛盾や苦難を克服しつつ生長・発展を遂げているときの気力や目付きは素晴らしい。韓国のそれは既に些かの余裕が見え、我々が失いつつある自信と謙虚さ（東洋的儒教精神!!）の共生が美しい。今回のMTAA-9での印象は、5年前の初訪韓時（Fourth Asia Pacific Physics Conf.）と較べると、当方の主観かも知れないが、街並みや殊に人々の表情・態度は素晴らしく、その変

様に驚きを禁じ難かった。MTAA-9の学会のあり様や客人の遇し方に現われた韓国側の"心"意気は既に我々が真似のできないところへ進みつつあり、経済力だけでは計り得ないものを感じた。

小生はMTAA初参加で期待が大きかったけれどもMTAA-9の内容に関しては、KayzeroとPGAAは一応別とすれば核化学の立場からみると"Modern Trends"の呼称が淋しい感じがなくてもなかった。主催国としての韓国研究者の論文が異常に少ない点と論文最多数の日本側にレベルの高さをも考えると invited paper と chairing ゼロの点が大変気になり、今後の問題を残した感がする。

日本側としては、例えば放射化分析研究会の昨今の動きや放射化分析支援システム研究会及び京大炉専研でサーベイの現状(設備、研究者及び研究動向)の review が1~2件あってもよかったのでは? nuclear science は、超ミクロから超マクロにわたる自然の階層理解を可能にし、かつ高度の科学・技術社会を支える不可欠の存在にまで開花しながら、nuclear age の世紀はここにきて、いわれなくも花をしばませるのかどうか? 同様に"放射化分析"も共倒れでICP-MSなど他の高感度・多元素同時分析(AA抜きにこれらだけに頼るのはかなり危険—と小生はかねがね思っているが—)に席を譲るのかどうか? "核"に吹く逆風と共に散る危険を克服しつつ、我が国からの bench marking に満ちた "modern trends" を構築し、MTAA-10に向わなければと思われる。

武内 孝之(京大原子炉実験所)

今回は韓国ソウルでの開催とあって、これまでと違って日本からの参加者が多かったし、韓国の風土、習慣、食べ物(特に食材)などが日本と非常に良く似ていたので、割りと気が楽であった。もっともハンダ文字は全然読めなくて悩まれたけれども(但し、日本語が若干話せる人が多かったので助かった)、全体的に韓国人は他人に対して非常に親切であった。会議ではおなじみの面々に再会できたが、老いてますます盛んな人も居れば、急にふけたなあと思われた人も居られた。こちらもそれだけ歳をとっているせいか、外国人に積極的に話し掛けるのがおっくうで、もっぱら日本人との交流を楽しんだ。ホテルの最寄りの地下鉄の駅の近くの食堂に入って、カルビとビビンパを食べたが、床に座布団を敷いて座って、かんできの炭火で焼いていただいたカルビは、非常に美味しかった。それと一緒に出してくれた野菜が、また日本のように水臭い味でなく、美味しかったのが印象的であった。ホテルのシャトルバスの終点まで行って、屋台で食べた食事は、材料が目の前に盛ってあるので、注文するのに苦勞せず好きなものを食べる事ができた。素麺が有ったので注文すると、日本のうどんと同じように暖めて汁の中に入れて出してくれたが、とうがらしの粉を「少し」と言いながらスプーン1杯程入れられたのには閉口した。ホテルから終点に着くまですごい渋滞で1時間半位かかったが、デモが行われたとかで盾を持った機動隊員の姿がたくさん見られたし、中にはガスマスクを付けた姿も有ったので、催涙弾も発射された様子であった。日本の昔を思い出させる光景に、韓国がまだまだ成長期にあるんだなあ実感された次第である。来年にはデジューンに30MWの研究用原子炉が完成するという話も聞いたし、MTAA-9への力の入れ方といい、放射化分析の分野でも、まだまだこれから発展しそうに思われた。

高田 實彌(京大原子炉実験所)

京都大学原子炉実験所のある熊取町から電車で10分の距離に、昨年9月に開港した関西空港(通称: 関空)があり、開港を機にぜひ海外旅行は一度はしてみたいものだと考えておりましたところ、アジアでは初めてのMTAAの大会がソウルで開催されることになり、日本からも出来るだけ沢山の参加要請があったのと、戦前の京城で生を受けましたので、一度は見ておきたいこともあり、また、今回のソウル大会の世話役に知人の李氏がいるので彼にも会いたくて参加しました。

海外旅行は初体験でしたが、同じ飛行機に原子炉から赤星氏と京大農学部の西村氏が一緒だったので不安はありませんでした。飛行時間も関空からは1時間半で、沖縄、北海道よりも短く、時差もなく、周り

の人の肌や服装も余り変わらないので異国に来た違和感があまりありませんでした。会話、通貨、自動車が左側通行、看板のハングル文字などでやっと外国に来たという感じでした。金浦空港からソウル市内への道路は道幅が広く、自動車であふれかえっていましたが、さほどひどい渋滞はなくスムーズにホテルに入りました。日本のように違法駐停車で渋滞することはありませんでした。また、バスレーンがありバスの走行時は自動車による妨害はありませんでした。ただ、排ガスのためか空がどんより曇っているのが気になりました。これが日本に酸性雨を降らせる原因かも知れません。環境対策がこれからの課題であると思われまます。

物価の方は日本より安いと聞いていましたが、ドル高円安のあおりを受けて100円が約750ウォンに目減りしたというものの、地下鉄の料金が350ウォンであり、実際買い物をした感じでも物価は日本の1/4から1/3ぐらいの感じでありました。10年から20年前の日本をイメージしたらよいと思われまます。

学会は豪華なホテルで行われたので、日本で開催したら300\$では赤字がでてしまいそうなくらいで、韓国側のもてなしは大変なものでした。日本人の出席者のほとんどが放射化学討論会で見受けた方で、京大炉からも小林、武内、松下氏らの出席もあったので、異国で開催された学会に来た感じがしませんでした。ポスターセッションの会場はホテルの一室で行われ、照明がちょっと暗いのが気になりました。質問はあまりなく、要約を読んで立ち去る方がほとんどでありましたが、マレーシアの研究者と懇談できたことが収穫でした。持ち時間の2時間は長く感じました。

李氏とは、あまりゆっくり話す時間がなく、また、ハングル語を理解できないことが残念でした。韓国と日本は距離的に非常に近いので、過去の経緯を超えて、これからはもっと協力しあう必要を痛感しました。最後に、帰宅後強烈なニンニク臭で家族に顰蹙を買いましたことを報告しておきます。

戸村 健児（立教大学原子力研究所）

アジアでの最初のMTAAであり、日本からも26人が参加し、いずれも立派な成果を披露した。開会の式には韓国の科技庁長官など多数の政府学会関係者の挨拶が続き、国を挙げてMTAA-9を盛り上げようとの意図が汲み取られた。

最初に米国のV.P. GuinnがMTAAの歴史について、カナダのR.E. Jervisが“放射化分析の将来について”と題して基調講演を行ったが、両者とも過去を振り返った思い出話がほとんどで、放射化分析の将来についてはほとんど言及されなかったようである。このことは放射化分析が技術的には完熟の域に達し、現在は隣接領域にいかにか適切かつ有効に利用するかが最大の問題であることを意味しているように思われた。

今回の会議では、ポスターセッションに重きを置き、英語の苦手の研究者にも十分なディスカッションできるよう配慮され、口頭発表も一会議場のみで行われ、すべての講演を全ての人が聴くことができた。しかし、午前8時10分から17時40分まで、中1日のエキスカージョンを挟んでの5日間の日程は少し長過ぎた感がある。もっと徹底してポスター発表に重点を移してもよいように思われた。MTAA-9に提出された論文は近くJournal of Radioanalytical and Nuclear Chemistryに掲載されるので、会議の細かい内容はこれを参考にして欲しい。

会議用のホテルは会場となったスイスグランドホテルとブカックホテルの2ヶ所で、両ホテル間に連絡バスが用意されたが、毎朝道路が渋滞し講演開始時間が30分近く遅れた。ホテル代は多少高くついたが、スイスグランドホテルに宿泊した場合はいつでも休息がとれ、非常に便利であった。

私は数年間、途中何回も挫折しながらNHKのラジオ講座でハングルを勉強して来た。現地ではほとんど私の会話は役に立たなかったが、ハングル文字を読むことはできた。漢字や英米語をハングルのに直した看板が氾濫し、発音も日本語に類似しているのので、この階段下にはスーパーやレストランがあるなどすぐ判り、行って見るとお酒や食料品などが日本の2/3から半値で買うことができた。メニューを見て柚子と読めたので注文すると、はたして柚子の香り高い熱いお茶が出て来たり、失敗も多かったが本当に楽しいソウルの旅でした。

ハングルは日本語と語順もそっくりで基本文字数も少なく、合理的に出来ていて、日本人には最も覚え

易い外国語です。若い人なら数時間で文字は一通りマスターでき、2~3か月で会話もできるようになると思います。是非ハングルを勉強し、韓国に行って見てはいかがですか。1966年5月29日~6月1日に第5回アジア地域研究用原子炉シンポジウム(ASRR-5)がテジョン(大田)で開催されます。研究炉の利用についてもテーマとして含まれています。

野崎 正(早稲田大学)

1968年秋にアメリカのNBS(当時の名称)でMeinke氏が主催したMTAA-3以来、私はこの会議に毎回出席してきた。今回は、すでに私よりずっと若い世代が学会を主導すべき時代となり、また、開催地も近いので、リラックスモードで、放射化分析を客観的に歴史的に眺めたりしながら楽しむつもりで出かけていった。ソウルは、文字の違いを除けば、やはり日本とよく似ていると感じた。かつてわが国でもこの国際会議を開催するよう呼びかけられて、そのつもりになっていたが、小山睦夫氏の急逝が原因で実現できなかった。つづいて、北京が開催予定地となって作業が進められたが、例の天安門事件のため中止となった。このたび東洋で初めて、韓国の人達がこの会議を開催してくれたのだが、私はその心意気と努力に心から感謝している。

会議の冒頭セッションで、カナダのJervis氏の、"The Future of Activation Analysis - from MTAA-9 to MTAA?"という特別講演があった。彼は約30年前日本に長く滞在し、わが国の放射化学に大いに貢献してくれた人である。講演の内容はWet ChemistryのRevivalの主張であった。要するに、会議全体からいっても、特に新奇性により目を引くような研究発表が乏しくなったのだ。でも、なごやかで平和で、意地の悪い質問や、廊下とんび等も殆ど現れない。一つの学問分野のたどるサインカーブの象限であろうが、こんな環境でこそ育ちえる独創性もあるように思える。論文数かせぎにあくせくし生き馬の目を抜くようなピリピリしたやりかたでは、間もなく独創的な種が枯渇する。放射化分析の栄枯盛衰はこの環境を活用できるか否かできまると私は思った。

1972年にフランスでおこなわれたMTAA-4は私にとって特に想出に満ちている。40才台の前半で、欧米コンプレックスがどうにか無くなった時、旅費の半額をくれて、招待発表と座長とを初めて依頼されたのだ。大変緊張し、絶えず一生懸命な時間を過ごしたが、終わったときの気持も独特のものであった。当時は、我々日本人は皆、発表前に必死になって下手な外国語での表現の練習を繰り返し、時間をオーバーしたりしないように懸命になったものだ。参加する一員としての責任感を持っており、前日遊んでいて発表時に参加者を退屈させても平気な人など一人もいなかった。私は今回は共同研究者とポスター発表を一つしただけで、気楽な旅であったが、終わってみると以前と比べ物足りなさや寂しさも感じられ、時の移り変わりが東洋の秋風とともに身に染みてくる。

樋口 英雄((財)日本分析センター)

最近の放射化分析の動向を把握しないまま、ソウル市で開催(9月24日~30日)されたMTAA-9に出席した。MTAAで発表したのは今回で2回目である。最初のは浜口先生が1968年、NBSで発表されたもので、浜口先生、戸村先生、小沼さん、高橋さんで行った10ccのGe(Li)検出器と族分離手法を用いたSr、Baの同時定量に関するものであった。当時は測定器も計算機も現在程発達しておらず、小さなGe(Li)検出器を有効に使うためには放射化学的分離の採用が不可欠であった。NBS会議から30年経った今回の発表では、機器放射化分析が主体となっており、しかも k_0 法を多く採用していることに印象をうけた。私は、貴重な岩石、鉱物試料から多くの元素を定量するために、機器放射化分析と放射化学的分離を用いた放射化分析とを併用することを行っていたためか、このような世の中の傾向には少々抵抗を感じざるを得なかった。研究目的、試料のマトリックスにもよると思うが、機器放射化分析で定量できる元素に限りがあり、定量可能な元素だけでものを論じるのには限界があるものと

考える。今日、ICP-MSが微量元素の分野で力を発揮しているが、その性能を十二分に発揮させるために化学分離・濃縮操作を取り入れていることから明らかである。ルーチン分析としての機器放射化分析の有効性を疑うものではないが、放射化分析が微量元素分析の特効薬として今後ともその位置を維持するためには放射化学的分離手法をもっと取り入れるべきものと思われる。最後に、J e r v i s 教授はC l o s i n g R e m a r k sの中で、「今回発表された研究で放射化学的分離手法を取り入れたものは僅か10%程度と少なかった」と述べられていた。私も同感である。

梶本 和義（東北大学核理研）

会議報告はみなさんにお譲りして、滞在中に感じたソウルの印象を少し報告します。

仙台から、2時間でキンポ空港に着いた。空港のパスポート・コントロールで「外国人」のところに並んで、自分の番になったところ、お前はあっちに行けと、顎でしゃくられた。意味が分からずそれでも立っていると、指をさして韓国人のところに並べといているのが理解できて、慌ててパスポートを見せた。検査官は「おっ」といってチェックしてくれたが、確にお互い似ているもんだと思った。

でも、バスで空港から街中に近づくに連れてハングル文字の看板がほとんどであることにまずびっくりしてしまった。これほど意味が読めないとはまさに「異国」である。アルファベットや漢字も多用されていると思っていただけに、最初からあてが外れてしまった。街中は渋滞であった。走っている車を見ると、マツダ、トヨタ、ホンダなどどこか似ているのだが、ほとんどが「現代」の車で、近年の経済成長ぶりがうかがい知れた。まさに、近くて遠い国であったこと着いたその場から実感した次第である。

翌日、ソウル・ツアーのバスに乗った。王宮前では、博物館（前、朝鮮総督府）の解体工事が始まっていた。また、大統領官邸のある青瓦台周辺はいまだに撮影禁止と告げられた。ガイドの話を聞いてみると、朝鮮の歴史、日本との歴史も知らないことに気づいた。また、実際、韓国の都市名とその位置関係すら良く頭に入っていないことを実感した。これは勉強不足なのだが、日本の学校ではほとんど朝鮮、韓国のことを教えていないこともあると思う。「韓国では李、朴、金などの姓がほとんどなのに、同じ姓の男女は結婚できない」と残念そうに言っているガイド嬢が印象的であった。

南大門やイテオンでは、ところ狭しと商品が氾濫し、韓国の青年が歩道にならび盛んに日本語で呼び掛けてくる。「なんでもあるよ、ニセモノからホンモノまで」、これにはびっくりであった。また、値段は有って無いようなもんでまさに「言い値」である。飲み屋では、辛いキムチと焼肉をほお張りながら、サラリーマンが議論している。良く食べ、良く喋る、元気のいい国民である。

会議最終日の夕方、街に買い物にでて、デモにあってしまった。学生のデモに、歩道からも下校時の学生がどんどんその中へ飛び込んで次第にふくれあがって行く。このままでは済まないと思っていると、警官隊がデモを規制しはじめた。危ないのでデパートに入っていたが、催涙弾の発射音が響いた。この会議の終了日は花火大会のフィナーレのように華々しい？ものであった。

韓国では、いろんなところで日本語を上手に喋る人に会った。でも、こちらはアンニョンハシムニカなど少し覚えたものの、ハングル文字では全く読めない。会議のみならず、韓国の生活・文化に触れることができてとてもいい思い出になった。MTAAをアジアで開催してくれた、KIGAM(Korea Institute of Geology, Mining and Materials)の方々に心から感謝したい。

薬袋 佳孝（東京大学理学部）

MTAAには初めての参加となりました。今回はアジア地区(ソウル)での初めての開催ということで、参加しやすい条件が整っていました。ポスターセッションにて2件を発表致しましたが、多数の方と議論することが出来、大変、勉強になりました。印象に残った発表としては、方法論では、 k_0 法と中性子ビーム

のフォーカシングに関するものなどが挙げられます。これらの放射化分析における新しい展開については、本誌でも取り上げられる機会があるかと思えます。応用に関する発表は、環境化学、生命科学、材料科学などに関わるものが多いようでした。これらの領域における微量元素化学の解明に放射化分析が大きく貢献していることを反映しているものとみられます。各国ともに中堅・若手研究者の発表が目立ち、放射化分析及び関連する核的手法の将来における発展を期待させるものでした。会議は円滑に運営され、国際交流に大きく貢献したと思われます。ホストである朴先生以下の韓国側組織委員会の御努力に厚く敬意を表します。

宮本 ユタカ（金沢大学理学部）

この学会に参加するのは容易ではなかった。まず、出発一週間前まで出張実験に参加していたことであった。そのため5日間でこの学会および放射化学討論会の準備をしなければならなかった。かなり、研究室の人々に手伝ってもらったり、討論会のポスターは全て共同研究者に任せてしまったりしたが、不完全なまま、とうとう出発当日の朝5時までかかってしまった。国外逃亡するかのようにトランクに荷物を詰めて韓国へ出発した。富山-ソウル間は約2時間と短いのだが、機内で寝ていたこともあって、まだ国内のどこかにいる感じだった。しかし、“韓国へ来た”と感じたのは、空港を出ると、ハングル文字だらけ（我々は、あれを丸、四角、棒と呼んでいた）の看板を見た時だった。これには滞在中、随分悩まされた（坂本先生の話では、地下鉄の駅では英語も表記されるようになり数年前と比べて随分わかりやすくなったとのことである）。

また、なかなか名前が通じない。例えば、ソウルで滞在したホテルである。“Buk-Ak Hotel”。タクシーに何回も乗ったが、これを“ブックアック”とか“ブカック”とか言ってもなかなか通じない。3回言っても通じない時は地図を見せると、うなずいて“ブカック”と言う。でも、自分にはどこが違うのかよくわからなかった。

空港からそのホテルまでデラックスタクシー（韓国には相乗り!タクシーと2種類ある）に乗ったのだが、これまたソウル市内は大渋滞。気の利く運転手は裏道を通ってくれたのだが、やはり途中で全然先に進まなくなってしまった。最初は機嫌よく英語で話をしてくれた彼（デラックスタクシーでは英語、日本語はある程度、OKの様だ）も無線でぶつぶつ文句を言い出し、そのうち無口になってしまった。ソウルは毎日朝晩、大渋滞になるそうだが、特にその日は週末で遊びに行く車もいてひどかった。結局、普通なら数十分で着くところを4時間もかかり、40,000W（日本円で5,300円程度、でも立派な食事ができる値段である!）支払った。彼は今日の客は我々だけで終わってしまったとぼやいていた。

学会会場はソウルでも超一流ホテルだけあって、吹き抜けのフロアがある立派な造りであった。それだけでなく、サービスもよかった。出発前の準備不足がたたって提出原稿のコピーが足りないことがわかったのだが、ビジネスセンターでする事ができた。そこは大半のことができ、学会中にコピーや飛行機の予約の確認などで何度も顔を出すことになった。向こうも“次は何をしましょうか?”といった笑顔で対応してくれた。中には、OHPにするらしき手書きの表をワープロで清書する様に頼んだ人もいるらしく、手際よく打ち込んでいた。

口頭発表は、どの発表者も時間を目一杯使うためか、質疑応答は1つあるいは個人的にするのがほとんどだった。その分、ポスターは毎日、午後から2時間あり、話し込んでいる姿がよく見受けられた。詳しい内容については他で紹介されていると思うが、 k_0 法、植物や土壌の分析、そして分析方法など多種多様であった。中には、デザートのおいしいような写真を並べ、どれが微量元素を豊富に含んでいるか（栄養学的見地とは全く別に）調べた研究もあった。ただ、唯一残念だったのは会場の明かりが暗く、非常に読みづらいことだった。学会中は毎日、豪華な昼食、それにバンケット、エクスカージョンがあり、有り余るもてなしに参加したメンバーは“この登録料でここまでできるとは”と驚いていた。また、主催者側も精力を注いでいることが強く感じられた。今回の学会では、放射化分析について得ることもあったが、その他に、ソウルの街に出て韓国の人々の活気、考え方などに幾分、触れることができたことも大きな収穫であった。

最後に盛大かつ細部に至るまで心遣いがなされた学会を催して下さったKIGAMの方々に感謝します。

米沢 伸四郎（日本原子力研究所）

MTAA-9において私達は、冷及び熱中性子ガイドビームを用いた中性子即発ガンマ線分析に関する3件の発表を行った。このうち私は、環境試料中の多元素定量について口頭発表を行った。発表は、原稿の棒読みではあったが時間内に研究の趣旨を十分に説明することができ、多くの方々に称賛の言葉を戴いた。中性子即発ガンマ線分析は、MTAA-7の頃から注目されているようであるが、今回も我々の他に米国NIST（2件）とハンガリー Institute of Isotopes からも発表があった。ハンガリー（G. Molnar）とNISTの1件（R.M.Lindstrom）の発表は装置の製作に関するものであったが、NISTのもう1件（H. Chen-Mayer）の発表はキャピラリーレンズを使用した中性子収束ビームとそれによる即発ガンマ線分析の基礎検討に関するものであった。また、関連した発表として中性子即発ガンマ線によるトモグラフィ（N.M.Spyrou、イギリスサリー大学）及び (n, α) 反応等を利用した冷中性子デプスプロファイリング（K. Ünlu、米国テキサス大学）の発表もあり、これらは中性子即発ガンマ線分析法が今後元素の分布分析法としての発展の方向づけとして興味を引いた。

通常の放射化分析としては、 k_0 法が注目された。現在ヨーロッパにおいて k_0 法に基づいた分析システムの整備並びにそのネットワーク化、さらに、多元素標準物質の調製が行われている。これら分析システムと標準物質の整備は、放射化分析の発展のための有効な手段と考えられる。現在原研の研究炉においても放射化分析システムの整備が議論されているが、ヨーロッパ等と同様に k_0 法に基づいた分析システムの導入と放射化分析用多元素標準物質の整備が望まれる。その他、中性子放射化分析の正確さに関する発表（R.Greenberg、米国NIST）も興味を引いた。

今回の会議において、研究発表を聞くだけでなく、休憩時間、昼食及び夕食時、あるいはインホームミーティング等において多くの研究者と交流し、情報交換を行うことができた。特に、会議の後半には多くの海外の研究者とも親しくなり、夕食及び市内観光等を一緒にした。これらは、私にとり大変楽しく、また、貴重な経験であった。次回MTAA-10の開催地としてNIST（米国）、Delft工科大学（オランダ）及びサリー大学（イギリス）が立候補しているとのことであるが、その次のMTAA-11には是非日本が立候補できるような状況になって欲しいものである。

編集後記

放射化分析研究会は、半年前の創刊号発行時から会員も 10 数名増え、また賛助会員の加入も得られて、軌道にのってきました。ここに会誌 No. 2 をお届けします。記事等を寄せられた方々に心から御礼申し上げます。

表紙の題字を浜口博先生にお願いしました。今後先輩の先生方に順次題字の揮毫をお願いしていく予定です。

今回から「若い声」、 「Q&A」、 「談話室」 など新しい欄が加わりました。活きの良い手応えのある「若い声」は大学などの研究室では活力と萌芽の源泉です。放射化分析研究会も、若手こそが活動の中心になることを目指さなければなりません。そのためにはまず、会員の中にも沢山居られる若い方々が意見・感想を遠慮なく云うことが大切です。臆せず記事を書いて下さい。

若いと自称することをはばかれる向きには「談話室」があります。お茶を飲みながらよもやま話をする気分で原稿をお寄せ下さい。「Q&A」は、初回にふさわしく introductory な質問が集まりましたが、時に難しい質問や珍問もあるといいと思います。どんどん質問をして幹事会メンバーをいじめてあげて下さい。

次号は来年 4 月頃刊行の予定です。投稿は随時受け付けていますが、次号に間に合うためには、2 月末までに記事を寄せて下さい。なお所属・住所等の変更の場合は早めに事務局までご連絡下さい。

最後になりましたが、会員名簿や会費の管理、通信、本機関誌を編集するにあたっての DTP への原稿の取り込みやレイアウト、などを一手に引き受けて下さっている半沢恵理さん（東京大学 原子力研究総合センター 大学開放研究室）に心から御礼申し上げます。

（伊藤、米沢）

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。

特集 または 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まっ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。

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	小林慎江	重松俊男	鈴木章悟
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