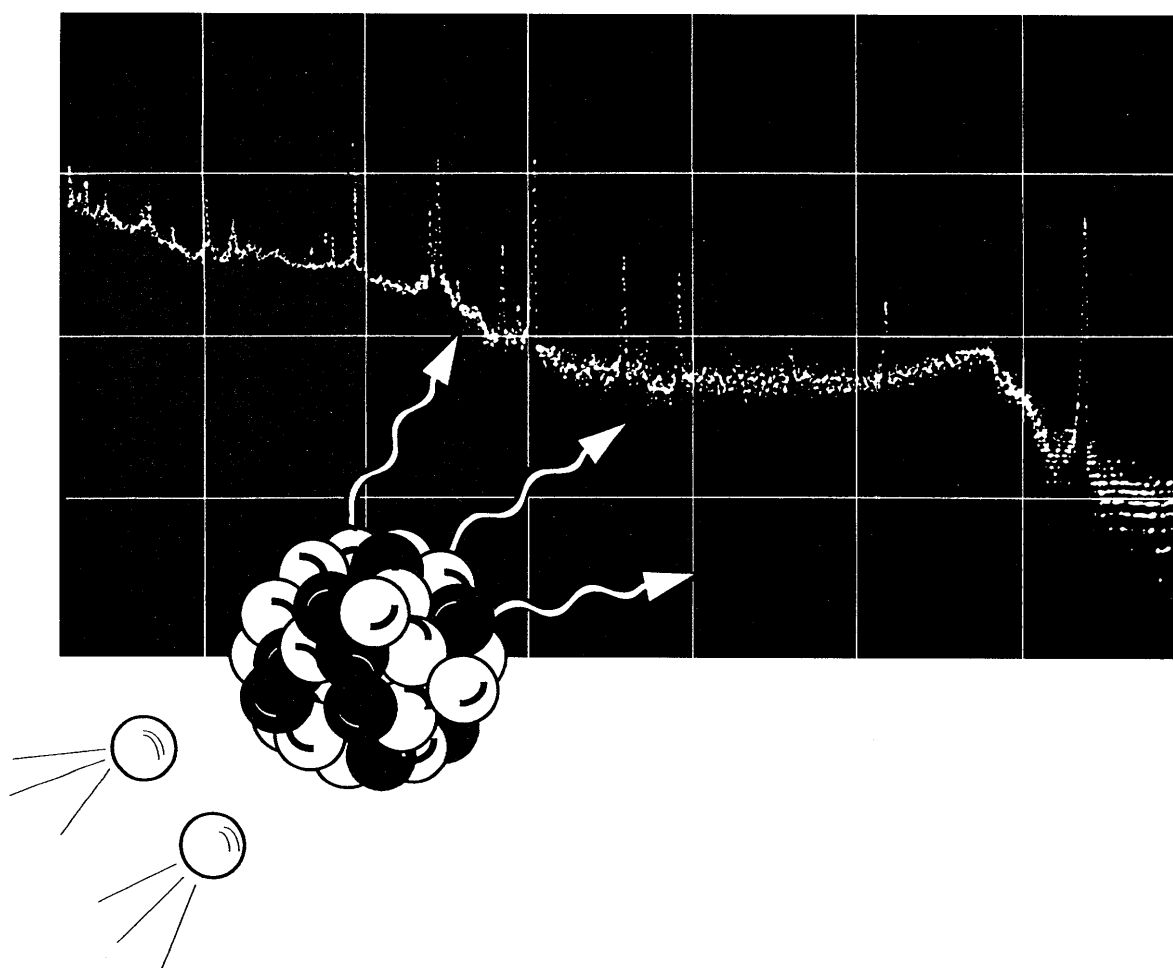


2001年3月

放射化分析

No. 12



放射化分析研究会

放射化分析研究会

Japan Association of Activation Analysis

(JA³)

会誌「放射化分析」

「Activation Analysis」

表紙図案は 岡田往子さん（武蔵工大・工学部）によるものです。

放射化分析 No.12

目次

特集 「JCO 事故と放射化分析」

1. はじめに 関 李紀 1
2. 東海村臨界事故により放出された中性子による放射化生成物の分析 2
小島貞男・今中哲二・高田実弥・三頭聡明
中西孝・関李紀・近藤宗晴・佐々木研一
斎藤直・山口喜朗・古川路明
3. JCO 敷地内で採取した土壌中の ^{36}Cl 濃度について 5
関 李紀・新井大輔・長島泰夫・高橋 努
4. 原子炉・加速器によらない放射化 小村和久 9

講演紹介

- A.Chatt 教授 原子力研究総合センターセミナー 梶本和義 20

研究会報告

- 研究炉ワークショップ 2000 に参加して 海老原充 22

施設便り

- 原研施設利用共同研究
立教大学原子力研究所
東北大学原子核理学研究施設
京都大学原子炉実験所

コラム

学会案内

- Third International Symposium on Nuclear Analytical Chemistry
3rd International K₀-Users Workshop

日本中性子科学会(仮称)との関係について

資料・学術審議会から

編集後記

会員名簿

広告

特集

JCO 事故と放射化分析

1. はじめに

1999年9月30日に茨城県の東海村で、わが国初の臨界事故が起こったことは未だ記憶に新しいと思う。とくに原子炉を使った放射化分析をしているものにとっては、かなり身近に感じられる話題であった。

JCO 事故については科学技術庁の事故調査委員会の報告書や多くの解説書、研究論文 (J. Environm. Radioactivity の特集号 Vol.50 No.1-2, 2000 など) が出版されているが、本特集は放射化分析研究会としての視点からの報告を試みようというものである。すでに、今年の3月に開かれた研究会「放射化分析の新展開」で金沢大学の中西教授の講演に JCO 事故は「放射化分析の世界である」といわれたように、多くの放射化分析研究者が放射能測定から放出された中性子を評価する報告を行っている。

中性子線量を求めるには、事故で生成した非常に微量な放射能測定をしないといけない。比較的短半減期のわずかに生成した放射能の測定であるから、これは尋常ではない。放射能の中にはガンマ線を出さないものもあり、久しぶりの放射化学分離も必要となる。しかも、それから中性子線の量を評価するためには試料中のターゲット核種の量を定量しなければならないわけで、まさに放射化分析研究者ならではの展開であった。

このように中性子などの線量を放射能測定から測ろうとするのは今回に始まったことではなく、宇宙線の線量を放射能から求めるのは宇宙化学の分野では長く行われてきたことで、その他の放射線にも多くの例があると思われるが、いわば逆放射化分析ということもできよう。それについては逆放射化分析の展開として、放射化分析研究会でも特集をされることを期待したい。

本特集で2編の JCO 関連の研究結果を示した。

JCO 事故では沈殿槽で ^{235}U 1mg が核分裂を起こした結果 (総核分裂数 2.5×10^{18} 個)、沈殿槽の南西方向 2.5mの土壤に照射された熱中性子の量は $2.5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ であることがわかった。つまり、我々が日ごろ使っている原子炉でおよそ1秒間照射する程度の中性子が約18時間環境に出たことになる。

逆放射化分析のさきがけとして、金沢大学の小村教授には宇宙線の中性子を金で測るユニークなアイデアなど環境中性子測定について執筆いただいた。

今後展開が楽しみな分野である。

(筑波大学 関 李紀)

東海村臨界事故により放出された中性子による放射化生成物の分析

小島貞男¹, 今中哲二², 高田実弥², 三頭聰明³, 中西 孝¹, 関 李紀⁵, 近藤宗晴⁵,
佐々木研一⁶, 斎藤 直⁷, 山口喜朗⁷, 古川路明⁸
(愛知医大医¹, 京大原子炉², 東北大金研³, 金沢大理⁴, 筑波大化学系⁵, 立教大理⁶,
阪大RIセンター⁷, 四日市大環境情報⁸)

【はじめに】

1999年9月30日から10月1日にかけて茨城県東海村のJCO社の臨界事故により周辺環境に中性子が放出された。環境物質中では種々の中性子誘導放射性核種が生成した。中性子が生体に与える影響はそのエネルギーによって大きく異なることが知られており、中性子のエネルギーに関する情報を得ることは重要である。(n, p)反応や(n, γ)反応など誘起される核反応は中性子のエネルギーに依存することから、(n, p)反応により生成される核種である⁵⁸Coや⁵⁴Mn, また、(n, γ)反応により生成される核種である⁶⁰Coや⁵⁹Feなどを測定することにより、中性子のエネルギーに関する情報を得ることができる。

生成した中性子誘導放射性核種の放射能濃度とターゲットとなった元素の定量分析の値は、被曝線量を評価するにあたって必要不可欠な基礎的データである。これらの測定結果をもとに中性子輸送モンテカルロ計算を行うことにより、総核分裂数の推定、中性子エネルギースペクトルおよびフルエンスの推定が可能となった。

【実験】

JCO社内から1999/10/26, 1999/11/27, 2000/2/12にステンレス・スチール製品、鉄製品および試薬などを採取した。また社外から1999/10/25にステンレス・スチール製品を採取した。図1に試料採取地点を示した。

(n, γ)反応により⁵¹Cr, ⁵⁹Fe, ⁶⁰Co, ¹³⁴Csなどが生成したと考えられる試料については井戸型Ge

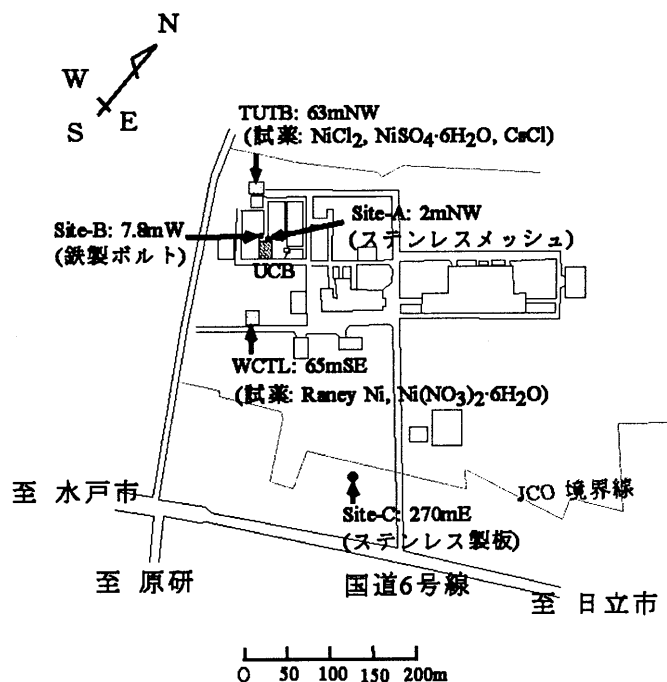


図1. 試料採取場所

UCB: 転換試験棟, TUTB: 第3ウラン試験棟, WCTL: 湿式実験室

検出器を用いて非破壊 γ 線スペクトロメトリを行った。ステンレス・スチールおよびニッケル試薬 ($\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, NiCl_2 , Raney Nickel) 中で $^{58}\text{Ni}(n, p)$ 反応により生成した ^{58}Co は放射化学分離を行い、井戸型 Ge 検出器により γ 線測定を行った。

京大原子炉でステンレス・スチールや試薬などを中性子照射し、生成した種々の放射性核種の生成放射能を、 γ 線標準線源を用いて定量した。これらの放射化試料を酸に溶解した後、モックサンプルを調製し、井戸型 Ge 検出器の計数効率を決定した。また、ステンレス・スチール製品中の Fe, Ni, Cr, Co や Raney Nickel 中の Ni および Co の定量は主に中性子放射化分析法を用いた。

【結果および考察】

測定に用いた試料の重量および測定時間を表 1 に示した。また、表 2 には放射化分析などによって求められた、測定試料に含まれるニッケル、コバルト、鉄などの元素の濃度を示した。 γ 線測定によって、 (n, γ) 反応で生成した ^{51}Cr , ^{59}Fe , ^{60}Co , ^{134}Cs , (n, p) 反応で生成した ^{58}Co , ^{54}Mn および $^{58}\text{Ni}(n, np)$ 反応により生成した ^{57}Co が検出された。これらの核種のターゲット元素 1 g 当たりの放射能濃度を表 3 に示した。

検出されたほとんどの核種は通常の放射化分析によって分析される核種であった。唯一の例外は、転換棟北西側の壁から 1.0 m (沈殿槽中心から 2.0 m) の地点のクーリングタワーのステンレスネット (SS-1) 中に検出された ^{57}Co であった。この核種は生成核反応のしきい値が高く、中性子が減速されている原子炉ではほとんど生成されない。また減速されていない核分裂中性子でさえも、しきい値を上回るエネルギーの中性子の割合は少ない。そのため中性子フルエンスが高く、かつ中性子が減速されていないという条件を満たす、臨界が起こった地点から至近距離でしか検出されていない。

表 1. 測定に用いた試料の重量および測定時間

Sample	Distance and direction from the accident site	Non-destructive r-ray spectrometry		Radiochemical analysis		
		Sample weight	Counting time	Sample weight	Counting time	Fraction
Mesh screen of stainless steel(SS-1)	2.0 m NW	9.855 g	150 ks	9.855 g	130 ks	Co
Iron bolt	7.8 m W	—	—	2.994 g	340 ks	Fe, Mn
$\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	63 m NW	—	—	100.0 g	443 ks	Co
NiCl_2	63 m NW	—	—	65.07 g	335 ks	Co
CsCl	63 m NW	4.617 g	182 ks	—	—	—
Raney Ni	65 m SE	—	—	32.26 g	360 ks	Co
$\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	65 m SE	2.477 g	160 ks	—	—	—
Stainless steel sheet(SS-2)	270 m E	346 g	643 ks	103.5 g	785 ks	Co

表 2. 測定試料中の元素濃度

Sample	Distance and direction	Cr/%	Fe/%	Co/%	Ni/%	Cs/%	Method
Mesh screen of stainless steel(SS-1)	2.0 m NW	16.3%	65.9%	0.245%	8.88%	—	INAA
Iron bolt	7.8 m W	—	56.5%	—	—	—	Colorimetry
$\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	63 m NW	—	—	—	25.4%	—	
NiCl_2	63 m NW	—	—	—	45.3%	—	
CsCl	63 m NW	—	—	—	—	78.9%	
Raney Ni	65 m SE	—	—	0.061%	49.6%	—	INAA
$\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	65 m SE	—	—	20.3%	—	—	
Stainless steel sheet(SS-2)	270 m E	16.9%	71.7%	0.200%	7.95%	—	INAA

表3. ステンレススチールおよび試薬中のターゲット元素 1 g 中に生成した放射能。

Sample	distance & direction	⁵¹ Cr/Cr (Bq·g ⁻¹)	⁵⁴ Mn/Fe (Bq·g ⁻¹)	⁵⁹ Fe/Fe (Bq·g ⁻¹)	⁵⁷ Co/Ni (Bq·g ⁻¹)	⁵⁸ Co/Ni (Bq·g ⁻¹)	⁶⁰ Co/Co (Bq·g ⁻¹)	¹³⁴ Cs/Cs (Bq·g ⁻¹)
Mesh screen of stainless steel(SS-1)	2.0 m NW	2620 ±6	2.691 ±0.008	8.89 ±0.08	0.121 ±0.005	175 ±0.3	2334 ±5	—
Bolt	7.8 m W	—	0.040 ±0.001	0.49 ±0.03	—	—	—	—
NiSO ₄ ·6H ₂ O	63 m NW	—	—	—	—	0.00068 ±0.00011	—	—
NiCl ₂	63 m NW	—	—	—	—	0.00064 ±0.00018	—	—
CsCl	63 m NW	—	—	—	—	—	—	0.290 ±0.007
Raney Ni	65 m SE	—	—	—	—	0.0029 ±0.0004	0.87 ±0.10	—
Co(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	65 m SE	—	—	—	—	—	0.634 ±0.015	—
Stainless steel sheet(SS-2)	270 m E	0.057 ±0.004	—	—	—	0.00037 ±0.00017	0.053 ±0.007	—

(1999年10月1日に減衰補正した値)

沈殿槽中心からから 2.0 m の地点のステンレスネット (SS-1) 中に検出された放射能濃度は吉澤ら¹⁾により報告されている値とよく一致している。湿式実験室で採取された Raney Nickel 中の ⁶⁰Co などの測定結果は室山ら²⁾によって得られた値とほぼ一致している。また転換試験棟から東方 270 m の Site-C から採取されたステンレス板中の ⁵¹Cr は遠藤ら³⁾により測定されており、この値は我々の値とよく一致している。従って我々の測定値は信頼性が高いと考えられる。

沈殿槽中心からから 2.0 m の地点のクーリングタワーのステンレスネット (SS-1) の測定結果をもとに、今中⁴⁾は中性子輸送モンテカルロ計算を行い、核分裂総数の推定値 2.5×10^{18} を得ている。この推定値は他に報告されている推定値とよい一致を示している⁵⁾。この地点におけるモンテカルロ計算により得られた中性子フルーエンスは $4.8 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ 、平均エネルギーは 0.85 MeV であった。

速中性子により生成された ⁵⁸Co, ⁵⁴Mn では、距離が 2.0 m から 7.8m, 65 m, 270 m と離れると、立体角の減少から予想される値の約 25%, 1.8%, 4(±2)%に減少している。一方熱中性子で生成された ⁵¹Cr, ⁵⁹Fe, ⁶⁰Co では 84%, 30~40%, 40%に減少しているにすぎない。沈殿槽からの距離が数 m から数十mにかけて中性子のエネルギースペクトルが大きく変化をしていることが測定結果から明らかになった。従ってこの範囲における中性子のエネルギースペクトルの計算は重要であり、今中⁴⁾により精力的に進められている。同時に中性子フルーエンスも計算され、被曝線量評価が行われている。

また放出された中性子は建物などにより散乱、吸収などの影響を受け、中性子フルーエンスが方向依存性を示していることが示された。北西 63mの第3ウラン試験棟と、南東方向 65mの湿式実験室で採取された試薬では、ほぼ等しい距離で採取されたにもかかわらず、その放射能濃度は大きく異なっている。特に第3ウラン試験棟と転換試験棟の間にある第2ウラン試験棟は中性子フルーエンスに非常に大きな影響を与えたことがわかる。JCO 社外への漏洩放射線量が等方的でなかったことは高田ら⁶⁾、松沢⁷⁾によっても報告されている。

【参考文献】

- 1) 吉澤道夫ら, 日本原子力学会 2000 年春の年会要旨集第Ⅲ分冊, A35, 755(2000).
- 2) 室山俊浩ら, KEK Proceedings 2000-13, 170-173(2000).
- 3) S. Endo, et al., J. Environ. Radioactivity, 50, 83-88(2000).
- 4) T. Imanaka, J. Radiat. Res.(in press).
- 5) 内山軍蔵ら, 日本原子力学会 2000 年春の年会要旨集第Ⅲ分冊, A34, 754(2000).
- 6) J. Takada, et al., J. Environ. Radioactivity, 50, 43-48(2000).
- 7) T. Matsuzawa, et al., *ibid.*, 50, 27-36(2000).

JCO 地内で採取した土壌中の ^{36}Cl 濃度について

筑波大学 AMS グループ

関 李紀、新井大輔、長島泰夫、高橋 努

はじめに

1999年9月30日に東海村で発生した臨界事故では通常的环境中には見られない量の中性子が放出された。この中性子量を推定するため、多くの研究者によって様々な研究が行われた。多くは半減期の短い放射性核種を測定することで行われた。しかし、事故からかなりの時間が経過した後に、中性子を測定するためにはもっと半減期の長い放射性核種を用いる必要がある。

本研究では筑波大学の加速器センターで開発中の ^{36}Cl の加速器質量分析法 (AMS) を適用する可能性を検討した。 ^{36}Cl は環境中では主として宇宙線によって大気中で生成するので、他の環境中に存在する長半減期放射性核種と同じく、宇宙線照射年代や地球科学的によいトレーサーとなることが期待される。 ^{36}Cl の AMS による測定は諸外国では専用の加速器を用いてすでにルーチン化されている研究所もあるが、我が国においてはまだ実用化されているとはいえない。筑波大学の加速器センターに設置されているペレトロンは加速エネルギーが高いので、 ^{36}Cl の AMS 測定に適しているが、主として原子核実験や物性実験に利用されており、マシンタイムの点や測定系の整備など種々の困難点は多くあるが、これまで、着々と整備し続けてきた。最近では、検出限界を飛躍的に下げることができ、今回のような環境試料の測定に適用できる可能性がでてきた。1)

^{36}Cl の測定

本研究で用いた AMS のシステムはイオン導入系、加速器、測定系からなる。筑波大学の加速器はタンデム加速器 (12UD ペレトロン, NEC 社製) で、原子核実験用に設計されている。AMS では非常に微量の目的イオンを加速し分離しなくてはならないが、加速電圧の安定のためにはこのイオンビームは微量すぎるため、加速器と同じ軌道をとるパイロットビームを導入し、これにより加速器を安定化し、後に分離する方法を採った。この方法をパイロットビーム方式という。 ^{36}Cl のパイロットビームとしては $^{12}\text{C}_3^-$ を用いた。 ^{36}Cl ビームとほぼ同じ軌道をとるものに ^{36}S がある。これは AMS による ^{36}Cl の測定では常に妨害となるもので、多くの研究者にとって最大の悩みである。 ^{36}S の妨害を除去する方法はまずターゲットから取り除くこと、イオン源付近から除去すること、加速器で除去すること、測定系で分離除去することなどの方策が採られる。

測定試料の作成

^{36}Cl ターゲットの化学形は塩化銀とした。塩化銀は比較的純粋な物質を精製することができ、イオン源でのイオン引き出し効率も優れているので、多くの研究者が用いている。

試料中に含まれている塩素を溶液に抽出し、硝酸銀を加えて、塩化銀の沈殿を得る方法を採ったが、この過程で、 ^{36}S を除去するために硝酸バリウム溶液を加えて、硫酸バリウムの形で硫黄を除去した。この一連の操作中で硫黄の混入を防ぐため、遠心分離を主な分離法とし、器具の洗浄に注意をはらうとともに、濃度によって器具を分類するなどの注意をした。その結果、この操作によって硫黄をほぼ完全に除去することに成功した。

加速器質量分析

イオン源は AMS 専用イオン源として設計された。方式はセシウムスパッタリングイオン源で、25 の試料を一時に挿入することができる。ターゲットホルダーはターゲット物質のつぎに ^{36}S の汚染源となる可能性がある。そのため、多くの物質についてテストした結果、タンタルを用いると比較的汚染が少ないことがわかったので、銅製のターゲットホルダーにタンタル（厚さ 0.5 mm）の板をはめ込み、ターゲット物質を詰めた。イオン源ではセシウム炉からのセシウム蒸気によってターゲットからスパッターされ出る陰イオン ($^{12}\text{C}_3^-$ および $^{36}\text{Cl}^-$ など) を加速し、 120° 磁石でイオンを分離する。この際、安定同位体の ^{35}Cl の量をファラデイカップで測定した。 120° 磁場で質量 36 の陰イオンだけを取り出し、前段加速（約 100keV）した後、入射電磁石で分離して加速器に入射する。加速された陰イオンは加速器の中央の荷電変換膜（炭素薄膜）によって陽イオンとなり、再び加速される。このうち $^{36}\text{Cl}^{9+}$ とほぼ同じ軌道をとる $^{12}\text{C}^{3+}$ をパイロットとして加速器をコントロールする。その後の調整は $^{36}\text{Cl}^{9+}$ を測定系に最大に入射するように条件を設定した。しかし、パイロットとした $^{12}\text{C}^{3+}$ が測定器に直接入射すると測定器を破壊することになるので、第 2 変換膜（炭素薄膜）を導入し、 $^{36}\text{Cl}^{13+}$ だけを通させるように電場と磁場を設定した。測定系は気体検出器と半導体検出器を組み合わせ、気体中のエネルギー損失とエネルギーの情報から、核種とエネルギーを同定した。以上のように改良を重ねた結果、ほぼ安定に $^{36}\text{Cl}/^{35}\text{Cl}$ 原子数比を測定できるようになった。

測定結果

環境中に中性子が放出されると、種々の放射性核種が中性子との反応によって生成する。JCO 事故では事故調査のために中性子捕獲反応で生成する ^{24}Na , ^{198}Au , ^{60}Co , ^{140}Fe , ^{65}Zn , ^{137}Cs , ^{46}Sc などの核種のほか、速中性子による反応で生成する ^{54}Mn , ^{58}Co など多くの放射性核種が測定された。それらの核種はいずれも半減期が比較的短く、時間の経過に従って減衰する。今回の事故においては事故調査が早い段階で行われたので、半減期の短い放射性核種の測定によって、事故時に放出された中性子の見積もりが可能であったが、われわれ筑波大学 AMS グループは ^{36}Cl という長半減期核種を用いて、検証することとした。

測定に用いた試料は事故の発生した転換試験棟から、約 80 m 離れた地点にある湿式実験棟の試薬、第 3 ウラン実験棟の試薬、事務室にあった食塩と民家にあった食塩、及び敷地内で採取された土壌である。その測定結果および今中氏によって行われた計算結果を表 1 に示した。その結果は図 1 に示したとおりで、沈殿槽からの距離に従って減少している。

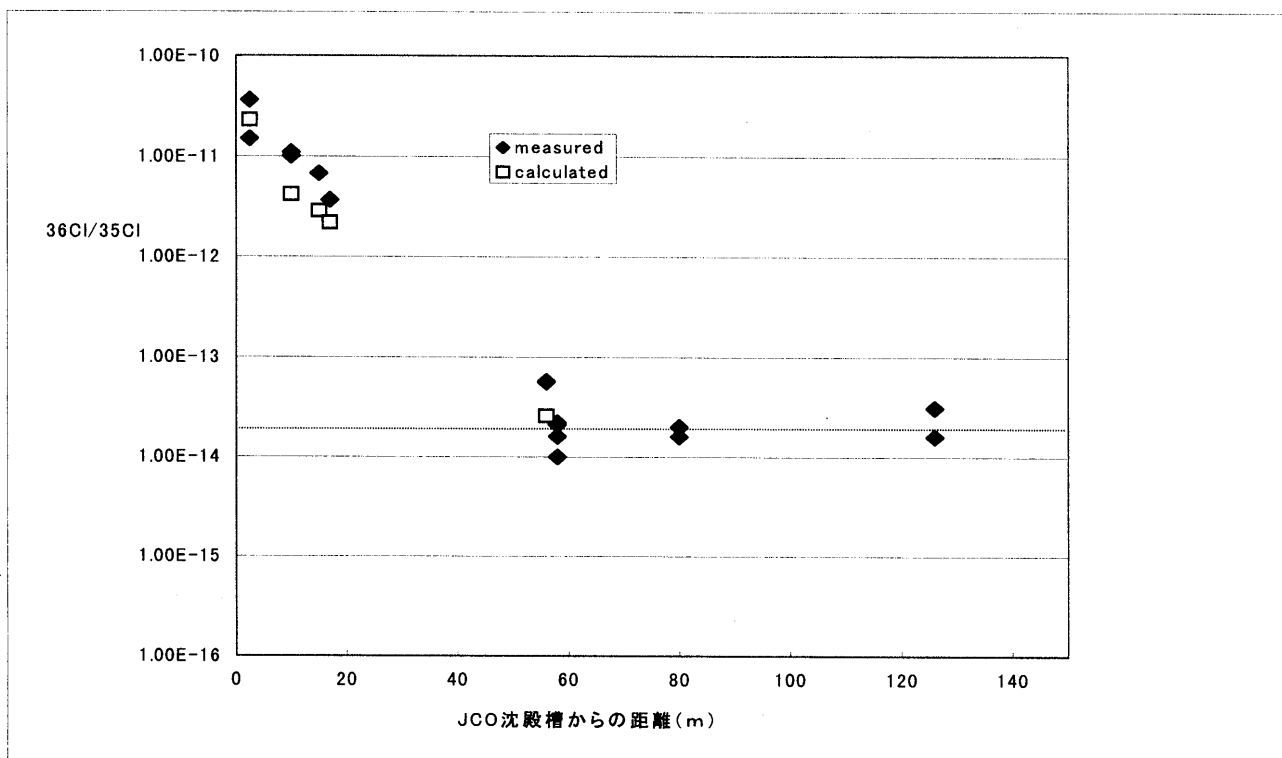


図 1. JCO 敷地内で採取した試料中の塩素の原子数比 $^{36}\text{Cl}/^{35}\text{Cl}$

JCO 敷地内で沈殿槽からの距離 58m より遠い施設で採取した試薬や食塩を測定したところ、 $^{36}\text{Cl}/^{35}\text{Cl}$ 原子数比が非常に小さく、平均値は $(1.7 \pm 0.7) \times 10^{-14}$ であった (表 2)。沈殿槽から 56m の試料は沈殿槽のある転換棟から比較的通りのよい (中性子の遮蔽になりそうな建造物がない) 湿式実験室で採取したもので、58m の試料は他の建造物によって隔てられた研究室で採取したものである。

表 1. AMS による JCO 敷地内試料の沈殿槽からの距離と測定結果

試料名	距離 (m)	$(^{36}\text{Cl}/^{35}\text{Cl})$ 測定値	$(^{36}\text{Cl}/^{35}\text{Cl})$ 計算値*
Soil A	2.5	$(15.2 \pm 0.85) \times 10^{-12}$	23.2×10^{-12}
Soil I	2.5	$(36.8 \pm 0.6) \times 10^{-12}$	23.2×10^{-12}
Soil B	10	$(11.0 \pm 0.2) \times 10^{-12}$	4.18×10^{-12}
Soil F	10	$(10.1 \pm 2.0) \times 10^{-12}$	4.18×10^{-12}
Soil G	15	$(6.79 \pm 0.12) \times 10^{-12}$	2.86×10^{-12}
Soil H	17	$(3.76 \pm 0.06) \times 10^{-12}$	2.18×10^{-12}
KCl	56	$(0.056 \pm 0.005) \times 10^{-12}$	0.0257×10^{-12}
KCl	56	$(0.057 \pm 0.004) \times 10^{-12}$	0.0257×10^{-12}

*今中氏による計算結果

バックグラウンドとしては塩化アンモニウムを試料と同じ手順で作成したターゲットを測定し、blank として表 3 に示したが、 $^{36}\text{Cl}/^{35}\text{Cl}$ の測定値の平均が $(2.2 \pm 0.8) \times 10^{-14}$ となった。また放医研的那珂湊支所で採取した海水中の $^{36}\text{Cl}/^{35}\text{Cl}$ の測定値は $(1.1 \pm 0.3) \times 10^{-14}$ となった。したがって、原子数比 $^{36}\text{Cl}/^{35}\text{Cl}$ は 2×10^{-14} 以上が有意の値と見られる。

表2. JCO 敷地内で採取した検出限界に近い試料の測定

試料名	距離 (m)	(³⁶ Cl/ ³⁵ Cl)測定値	備考
CsCl	58	$(1.0 \pm 0.2) \times 10^{-14}$	
CsCl	58	$(2.1 \pm 0.2) \times 10^{-14}$	
CsCl	58	$(1.0 \pm 0.2) \times 10^{-14}$	
BaCl ₂	58	$(2.1 \pm 0.4) \times 10^{-14}$	
BaCl ₂	58	$(1.6 \pm 0.4) \times 10^{-14}$	
NiCl ₂	58	$(2.2 \pm 0.8) \times 10^{-14}$	
NiCl ₂	58	$(1.0 \pm 0.2) \times 10^{-14}$	
slt-H2	126	$(1.6 \pm 0.3) \times 10^{-14}$	
SlT-H5	126	$(3.1 \pm 0.4) \times 10^{-14}$	
SlT-JCO	180	$(1.0 \pm 0.3) \times 10^{-14}$	
食塩	80	$(1.6 \pm 0.3) \times 10^{-14}$	敷地外の民家
食塩	80	$(2.0 \pm 0.4) \times 10^{-14}$	敷地外の民家
平均値		$(1.7 \pm 0.7) \times 10^{-14}$	

表3. ブランク試料の測定値

	(³⁶ Cl/ ³⁵ Cl)測定値
blank	$(1.5 \pm 0.3) \times 10^{-14}$
blank	$(2.1 \pm 0.3) \times 10^{-14}$
blank	$(3.1 \pm 0.5) \times 10^{-14}$
平均値	$(2.2 \pm 0.8) \times 10^{-14}$

沈殿槽の近傍で採取された土壌試料と56mの湿式実験棟で採取されたKCl試薬までが今回の事故の影響を受けている値であると推測される。また、土壌試料については今中氏の計算結果より大きな値が得られ、土壌はそれ以外の塩素試料よりも高い原子数比を示す可能性がある。

沈殿槽から10mのところの土壌 Soil B の値から熱中性子束を計算するとについて $2.5 \times 10^{11} \text{ c m}^{-2}$ となった。

参考文献

1. Status of the ³⁶Cl AMS system at the University of Tsukuba, Y. Nagashima, R. Seki, T. Takahashi, D. Arai, Nucl. Instr. Meth. B 172 (2000) 129-133

原子炉・加速器によらない放射化

金沢大学理学部附属低レベル放射能実験施設

小村和久

923-1224 石川県能美郡辰口町和気オ 24

Kazuhiisa Komura

Low Level Radioactivity Laboratory, Kanazawa University

Wake, Tatsunokuchi, Ishikawa 923-1224

E-mail address : komurak@po.incl.ne.jp

Key word : environmental neutron, neutron activation, low level counting, gamma-ray

1. はじめに

放射化分析は「原子炉か加速器を使って行うもの」であり「環境中性子を利用した放射化」は思っても見ないに違いない。しかし、極低バックグラウンド検出器を使えば、環境中性子による放射化は十分に検出可能なことが最近分ってきた。試薬を使った地上及び高所実験、飛行実験等によって、これまでに 20 を超える環境中性子誘導核種が確認されている。試薬ばかりでなく、金の指輪やネックレス、キッチンホイルや食卓塩も試料として利用できる。本稿では、放射化の観点から極低バックグラウンド検出器による環境中性子誘導核種の測定について紹介する。

2. 放射化を検出するための条件 (ターゲット量と中性子フラックス)

放射化による生成放射能(A)はターゲット原子数(N)、照射粒子数(ϕ)および反応断面積(σ)の積 $N\phi\sigma$ で表すことができる。「 ϕ が小さければターゲットの原子数 N を十分に大きくすれば同等の放射能が得られる」ことに注目して環境中性子による放射化を考える出発点となる。1 ppb レベルの元素を $10^{12} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ の中性子で照射するのと 1g のターゲットを $10^3 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ の中性子で照射することは同等である。環境中性子のフラックスは極めて低いが、十分なターゲットを使い、極低バックグラウンド検出器を使うことでこの困難を克服すればよい。本稿では旧尾小屋鉱山のトンネル内に設置した極低バックグラウンド Ge 検出器⁽¹⁾を用いて行なった環境中性子による誘導核種の検出について紹介する。

3. 中性子源

3.1 環境中性子

放射化につかう線源は大気上層で一次宇宙線と大気成分との相互作用によって生成した中性子である。大気上層で生成した中性子は、大気によって吸収され、地表におけるフラックスは極めて低くなる。環境中性子の測定データは少なく、エネルギースペクトルもよく分っていないが、地磁気緯度、海拔高度、太陽活動、気象条件等によってフラックスが変化することが分っている。海面高度におけるフラックスとして $0.008 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ (地磁気緯度 50 度)⁽²⁾が広く用いられている。

大気による中性子フラックスの減衰は $I = I_0 \exp(-d/L)$ で近似できる。L 値は大気中では $140\text{-}210 \text{ g cm}^2$ 、地表付近では地表に吸い寄せられるように $50\text{-}70 \text{ g cm}^2$ と小さくなることが知られている^(2,3)。土壌や岩石による吸収は中性子では報告が無いが、荷電粒子で測定された値⁽⁴⁾と大差がないとすれば $L = \sim 200 \text{ g cm}^2$ で近似できる。これらの値を使えば中性子フラックスは 1500m 高くなる毎に約 2 倍になり、航空機が飛行する 10~12km では約 100 倍と高くなっていることが分る。地表から入射した中性子のほとんどは 10m で吸収されてしまうが、透過力の大きなミュオンと岩石・土壌の構成成分との (μ, xn) 反応や α 線放射体と軽元素との (α, n) 反応による中性子の生成が地中で起る。ミュオンによる生成は深度とともに小さくなるが、(α, n) 反応は深さとは関係なく岩石中のウラン、トリウム、軽元素濃度に依存するので深度とは無関係であり大深度で中性子が存在することが確かめられている。

3.2 事故による中性子

1999年9月に発生したJCOの臨界事故は人工の中性子源の一つと考えてよい。事故時に発生した総中性子数はウラン溶液の分析から全核分裂数⁽⁶⁾ 2.5×10^{18} に、1核分裂当たりの中性子生成率2.5を乗じて約 6×10^{18} となる。その10~20%が環境中に漏えいしたとすれば、約 10^{18} 個の中性子が環境物質を放射化させた事になる。文部省科研費による学術調査(代表:筆者)でも事故発生地点からかなり遠方まで放射化が起ったことが確認されている⁽⁶⁾。

4. 環境中性子による誘導放射性核種の検出

4.1 研究の動機

環境中性子による放射化は頭では理解できても、極めてフラックスの低い環境中性子で本当に放射化が検出できるとは筆者にも考えられなかった。このような研究を開始したのは、1996年10月末に仏・伊国境のModernトンネル内の地下測定室(4000mwe)を訪問した際に、極低バックグラウンドGe検出器を使うと宇宙線誘導核種が検出できるという話を聞いたことがその動機である。もう一つ¹⁵²Euにまつわる話がある。筆者は1978年に可搬型のGe検出器を用いて原爆ドーム内で行なったin-situ測定で¹⁵²Euの存在をはじめて明らかにした⁽⁷⁾。その後、¹⁵²Euは原爆中性子の再評価に最も有効な核種であるとしてもう一つの誘導放射性核種⁶⁰Coと共に精力的に測定された結果、爆心近傍では実測値は理論計算でほぼ再現できるのに、遠方では実測値を大きく上回ることがわかってきた⁽⁸⁾。なぜこのような違いが起るのかが謎として残り、いまだに未解決である。この謎は環境中性子で誘導された¹⁵²Euや⁶⁰Coの存在で説明されるのではないかと考えたのが、本研究を始めた直接の動機となった。

4.2 地表レベルにおける環境中性子誘導核種

1998年4月、1gの酸化ユーロピウム試薬を30%の平板型Ge検出器で測定を始めたところ、わずか一日後には¹⁵²Euの存在を示唆する122keVと344keVの γ 線ピークが見つかった(Fig.1)。用いた試薬は1980年代に別の実験のために購入し、10年あまり試薬棚に保管してあったもので、原子炉中性子等による照射歴がないことから環境中性子によって誘導された「天然」放射性核種との確信を得た。これが環境中性子による誘導核種探査の出発点となった。

ただちに、地表における環境中性子フラックスとして報告されている $0.008 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ すべてが熱

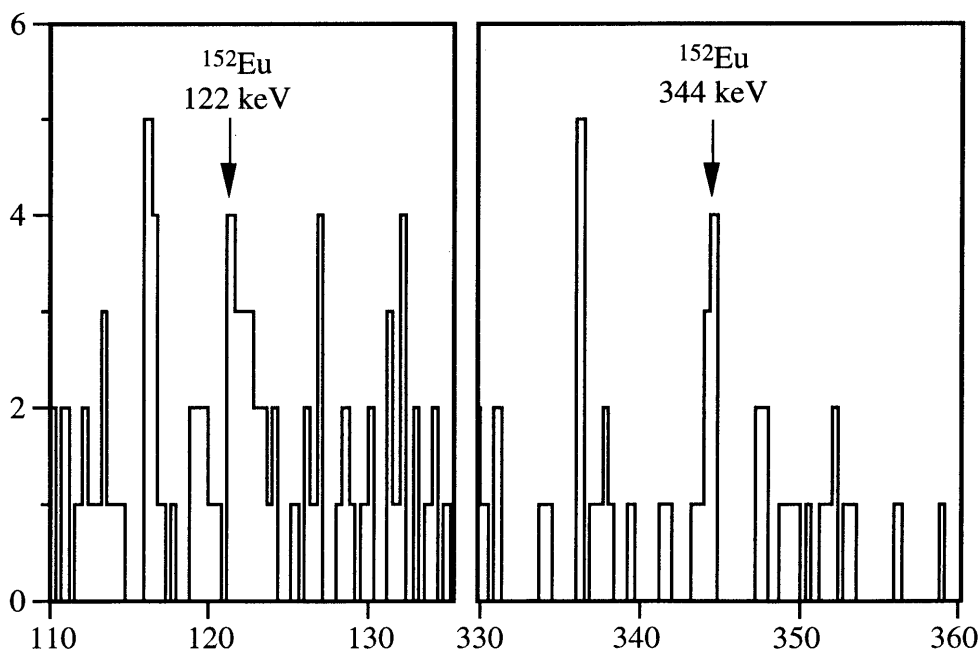


Fig. 1 Discovery of natural ¹⁵²Eu induced by environmental neutrons.

Date : April .23, 1998 Time : 85500 s

Sample : 1 g Eu₂O₃, Detector : 30% planar Ge

中性子であると仮定して天然の同位体組成をもつターゲットについて計算した。その結果 Table 1 に示すようなターゲット物質では中性子誘導核種の検出は可能性があることが分った。環境中性子照射を受けて地表レベルでの誘導核種の照射時間と生成量 (dpm g⁻¹) を Fig. 2 に示す。

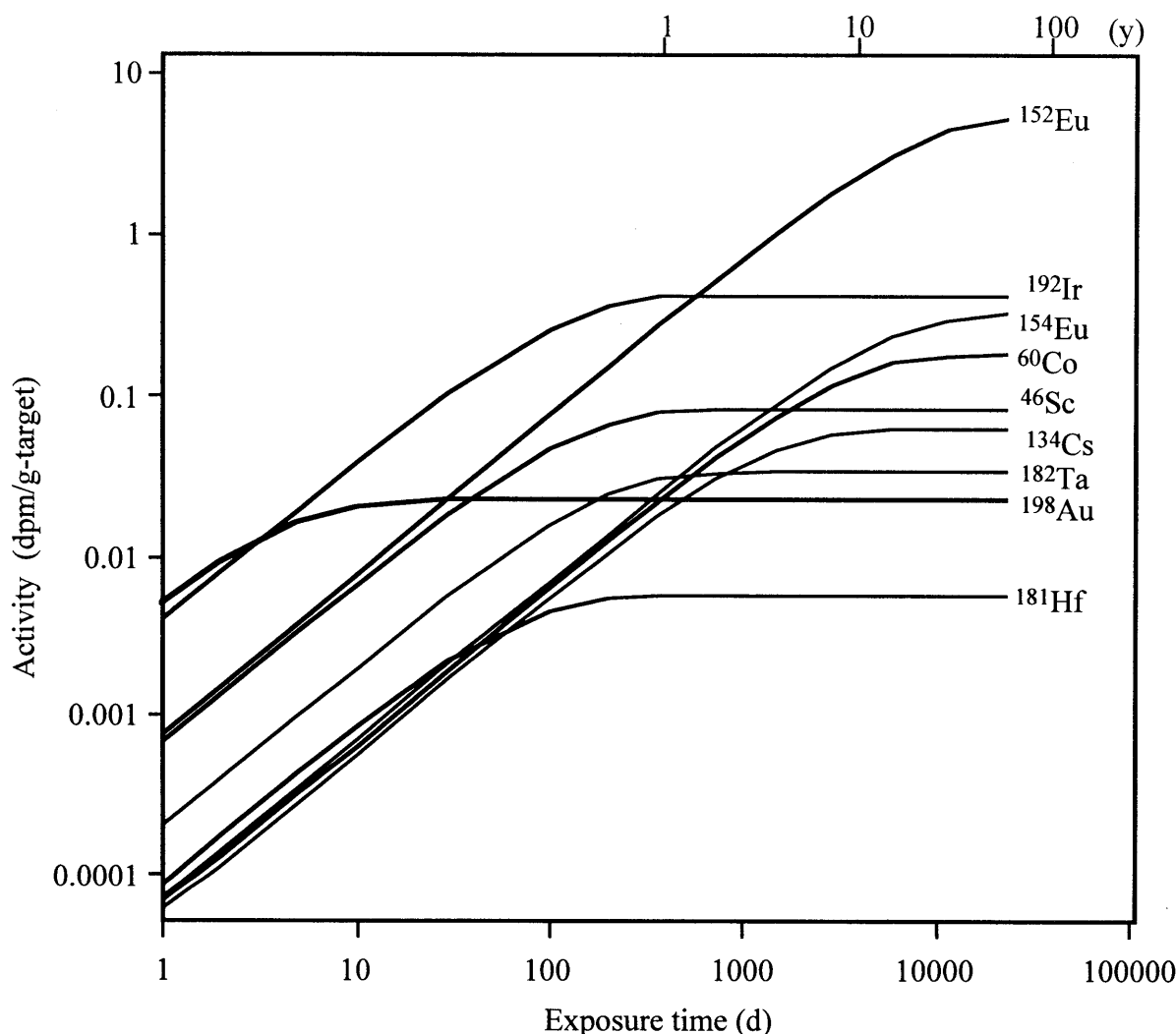


Fig. 2 Calculated growth curves of neutron induced radionuclides exposed at ground level assuming thermal neutron flux at ground level being $0.008 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$.

1998 年以来、検出に成功した環境中性子誘導核種は 20 を超える。半減期が短い核種は、中性子による生成が無視できる地下に保管して放射能を減衰 (リセット) させれば、くり返し使用が可能であり、極低レベル中性子のモニタリング法として利用できると考えられる。一方、半減期が長い核種はその減衰を待つよりも、使用前に放射能を測定しておいて、中性子照射によって増加した量を求めればよく、これも繰り返して使用できる。この場合にも「バックグラウンド」を下げるために、使用後の地下保管は必要である。

Table 2 にこれまでに地上実験および飛行実験で検出に成功しているターゲットとその使用量、検出核種等を示す。これらのうち、環境放射能あるいは核化学的な観点から興味ある中性子誘導核種のいくつかを簡単に紹介する。

(a) ⁶⁰Co

環境中性子によって誘導された ⁶⁰Co の存在を証明するには、人工の ⁶⁰Co が存在する恐れのない古い試料が必要である。このような試料として金沢大学工学部上田一正教授の好意により金沢工

Table 1. Candidates of radionuclides produced by environmental neutrons.

Target	Abund. (%)	σ (b)*	Product	Half-life*	Target	Abund. (%)	σ (b)*	Product	Half-life*
²³ Na	100	0.53	²⁴ Na	15.0 h	¹⁵¹ Eu	47.77	5300	¹⁵² Eu	13.3 y
²⁷ Al	100	0.11	²⁴ Na	15.0 h	¹⁵¹ Eu	47.77	2800	^{152m} Eu	9.30 h
⁴⁰ Ar	99.6	0.61	⁴¹ Ar	1.83 h	¹⁵³ Eu	52.23	320	¹⁵⁴ Eu	8.80 y
⁴⁵ Sc	100	27	⁴⁶ Sc	83.8 d	¹⁵⁸ Gd	24.9	3.4	¹⁵⁹ Gd	18.5 h
⁵⁵ Mn	100	13.3	⁵⁶ Mn	2.58 h	¹⁶⁴ Dy	28.18	800	¹⁶⁵ Dy	2.35 h
⁶³ Cu	69.1	4.5	⁶⁴ Cu	12.7 h	¹⁵⁹ Tb	100	46	¹⁶⁰ Tb	72.3 d
⁵⁹ Co	100	20	⁶⁰ Co	5.27 y	¹⁶⁵ Ho	100	64	¹⁶⁶ Ho	26.9 h
⁷¹ Ga	39.8	5	⁷³ Ga	14.1 h	¹⁷⁰ Er	27.07	9	¹⁷¹ Er	7.52 h
⁷⁵ As	100	4.5	⁷⁶ As	26.4 h	¹⁷⁴ Yb	31.84	46	¹⁷⁵ Yb	4.20 d
⁸¹ Br	49.48	3	⁸² Br	35.3 h	¹⁷⁶ Lu	2.59	2100	¹⁷⁷ Lu	161 h
¹⁰⁸ Pd	26.7	12	¹⁰⁹ Pd	13.4 h	¹⁸⁶ W	28.4	40	¹⁸⁷ W	23.7 h
¹²¹ Sb	57.25	6	¹²² Sb	2.7 d	¹⁸⁵ Re	37.07	110	¹⁸⁶ Re	3.72 d
¹³³ Cs	100	28	¹³⁴ Cs	2.06 y	¹⁸⁷ Re	62.93	70	¹⁸⁸ Re	16.7 h
¹³⁹ La	99.911	8.9	¹⁴⁰ La	1.68 d	¹⁸¹ Ta	99.9877	21	¹⁸² Ta	114.4 d
¹⁴¹ Pr	100	12	¹⁴² Pr	19.2 h	¹⁹¹ Ir	38.5	750	¹⁹² Ir	73.8 d
¹⁴⁸ Nd	5.72	4	¹⁴⁹ Nd	1.73 h	¹⁹³ Ir	61.5	110	¹⁹⁴ Ir	17.4 h
¹⁵² Sm	26.63	210	¹⁵³ Sm	46.8 h	¹⁹⁷ Au	100	98.8	¹⁹⁸ Au	2.70 d
¹⁵⁴ Sm	22.53	5	¹⁵⁵ Sm/ ¹⁵⁵ Eu	0.4/4.76 h/y	²³⁸ U	99.275	2.73	²³⁹ Np	2.36 d

* Taken from Karlsruher Nuclidkarte (1995)

Table 2 Target materials used in the present experiments.

(a) Ground level experiments.

Elements	Target materials	weight (g)	Product	Age of sample
Sc	oxide	5	^{46}Sc	modern
As	metal	50~200	^{76}As	modern
Co	oxide	50	^{60}Co	modern
	oxide	50		older than 50 y
	cobalt-sodium nitrite	50		older than 50 y
Cs	chloride	50	^{134}Cs	modern
Eu	oxide	1~12	$^{152}\text{Eu}/^{154}\text{Eu}$	modern
	nitrate	1		older than 20 y
	oxide	12		older than 30 y
Ta	metal	100	^{182}Ta	modern
Ir	oxide	5~15	^{192}Ir	modern
Au	99.99% sheet	8~20	^{198}Au	modern
	99.99% grain (1-2mm ϕ)	20~50		
	coin (24K)	20~31		
	necklace (18K)	5~30		
	ring (18K)	3~5		

(b) Flight experiments.

Element	Target material	weight (g)	Product	Remarks
Na	table salt	100	^{24}Na	
Al	cooking foil	22	^{24}Na	by (n, α) reaction
Br	bromide	80	^{82}Br	
Mn	metal	30~50	^{56}Mn	Mountain Exp.
Cu	copper coin	~100	^{64}Cu	
La	oxide	20~50	^{140}La	
Eu	oxide	12	$^{152\text{m}}\text{Eu}$	
Yb	oxide	20	^{175}Yb	
Re	metal	5~20	$^{186}\text{Re}/^{188}\text{Re}$	
W	metal	50	^{187}W	
Ir	oxide	15	$^{192}\text{Ir}/^{194}\text{Ir}$	

専（金沢大学工学部の前身）時代に購入した酸化コバルト及び亜硝酸コバルト・ナトリウム塩を入手し測定を行った。ラベルの漢字字体から、戦前に購入した試薬であり、人工 ^{60}Co の存在は無視できると判断した。測定の結果、両試薬ともに ^{60}Co の存在を確認することができた（Fig. 3 は亜硝酸コバルト・ナトリウム塩の測定例）。 ^{60}Co の濃度は計算による推定値とほぼ一致し、確かに環境中性子による誘導核種と考えてよい。

前述のように広島・長崎の原爆中性子で誘導された ^{60}Co の実測値は爆心からの距離とともに計算値を大きく上回ることが知られている。原爆投下後すでに 10 半減期以上経過している現在では、 ^{60}Co 濃度は生成時の 1/1000 にまで減衰しているのので、最近採取した遠方の試料では環境中性子によって誘導された ^{60}Co の寄与を十分に考慮した解析が必要となる。

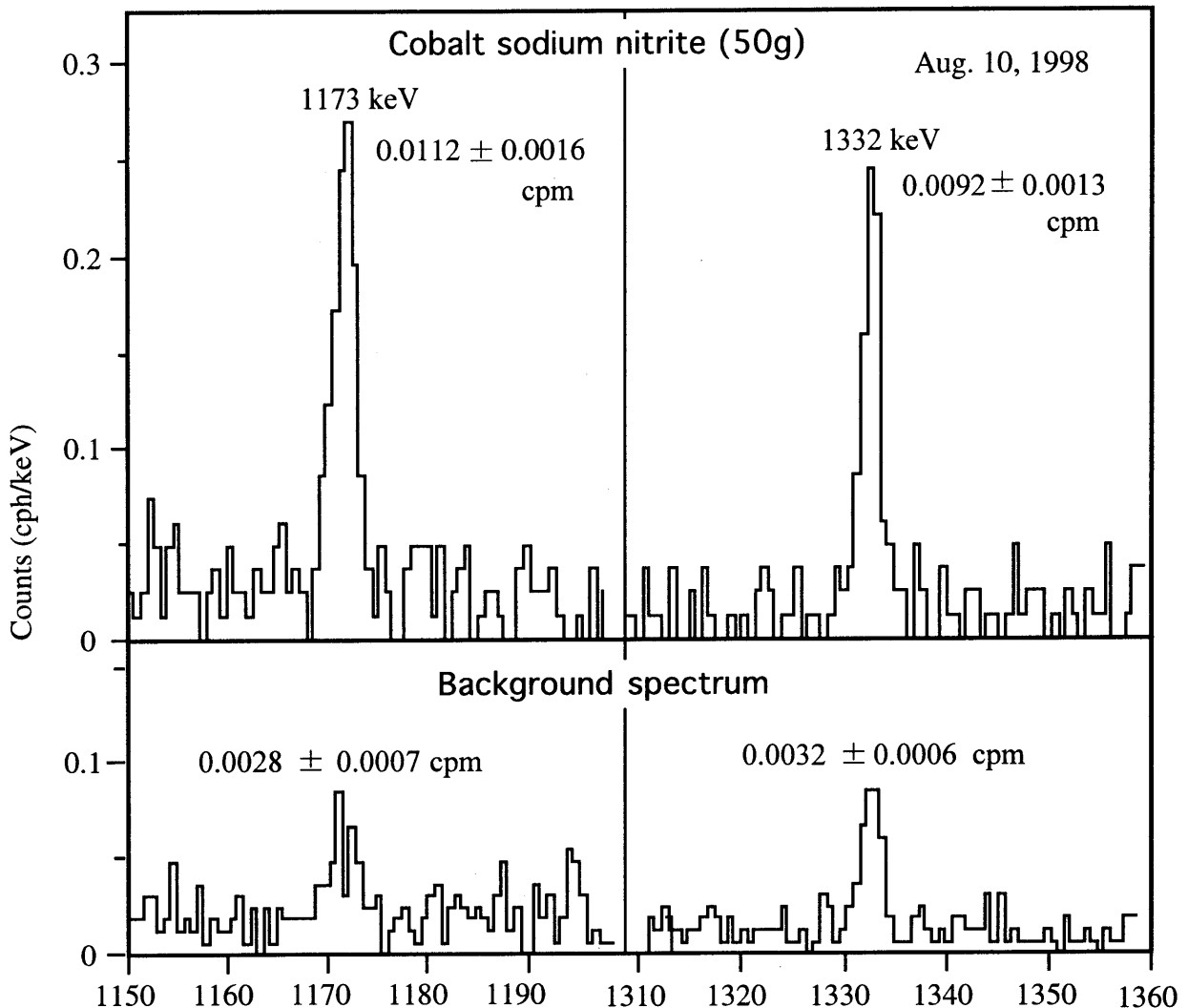


Fig. 3 Gamma-ray spectra of old cobalt sodium nitrite (upper) and background (lower) spectrum of the 93.5% coaxial Ge used for measurement.

(b) ^{155}Eu

ユーロピウム試薬では殆どの試料で ^{152}Eu と ^{154}Eu の他に ^{155}Eu が検出される (Fig. 4)。ユーロピウムの安定同位体は ^{151}Eu と ^{153}Eu しか存在しないので、ユーロピウムからの ^{155}Eu の生成は考えられない。生成源としては ^{238}U の自発核分裂と ^{154}Sm の中性子捕獲反応で生成した半減期 23.5min の ^{155}Sm の壊変による生成が考えられる。希土類鉱石中のウラン濃度がウラン鉱石並とは考えられないので前者の可能性は無視できる。 ^{155}Eu のはおそらく希土鉱物の鉱石中に存在するサ

マリウム中で ^{151}Sm から生成した ^{155}Eu がユーロピウムを分離精製するさいにユーロピウムフラクションに濃縮されたためと考えられる。この仮説が正しければ、分離後は ^{155}Eu は生成せず、壊変するのみなので、古い試薬中の ^{155}Eu 含有量は低くなっていると考えられる。購入時の分っているユーロピウム試薬 (Table 2) の測定で古い試薬では確かに ^{155}Eu 濃度が低くなっており、仮説の妥当性を実証できた。

^{155}Eu にはもう一つのエピソードがある。 ^{154}Sm 濃縮同位体 (金沢大学理学部の中西孝教授から借用) 中に多量の ^{155}Eu が存在することである (Fig. 5)。環境中性子によって誘導されたと考えるに

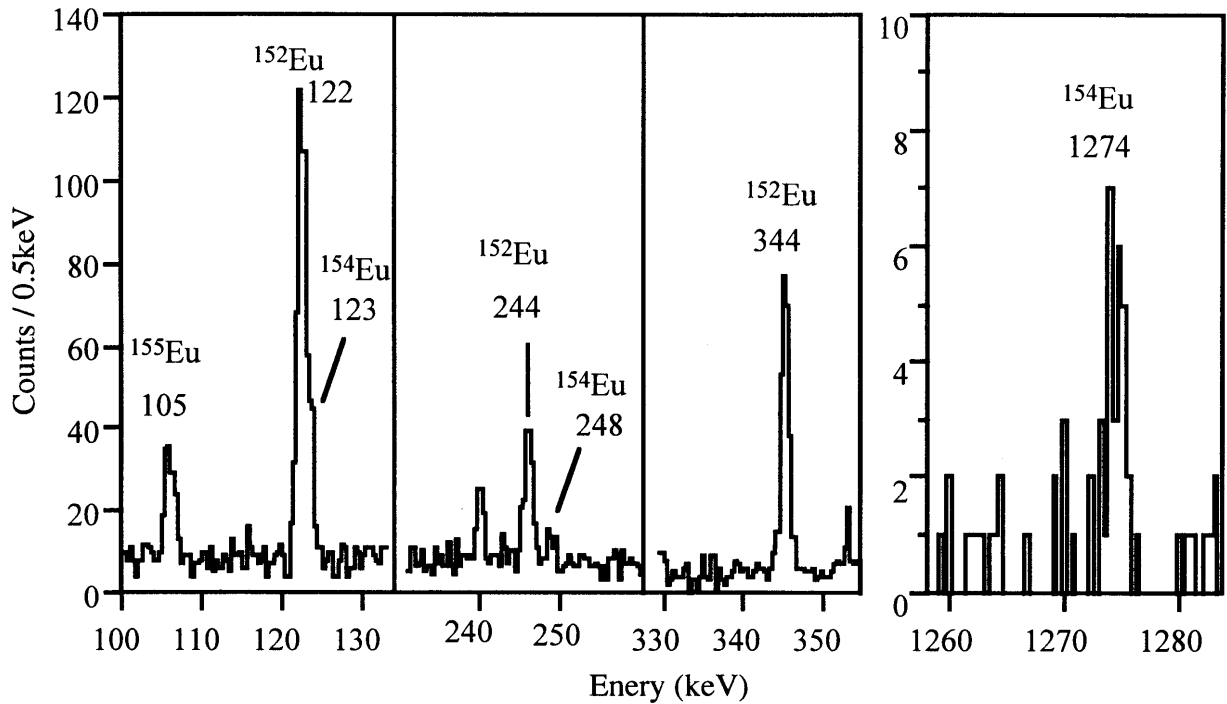


Fig. 4. Discovery of natural ^{152}Eu , ^{154}Eu and ^{155}Eu induced by environmental neutrons
 Detector : 30% planar type Ge, Sample : Eu_2O_3 (10g)

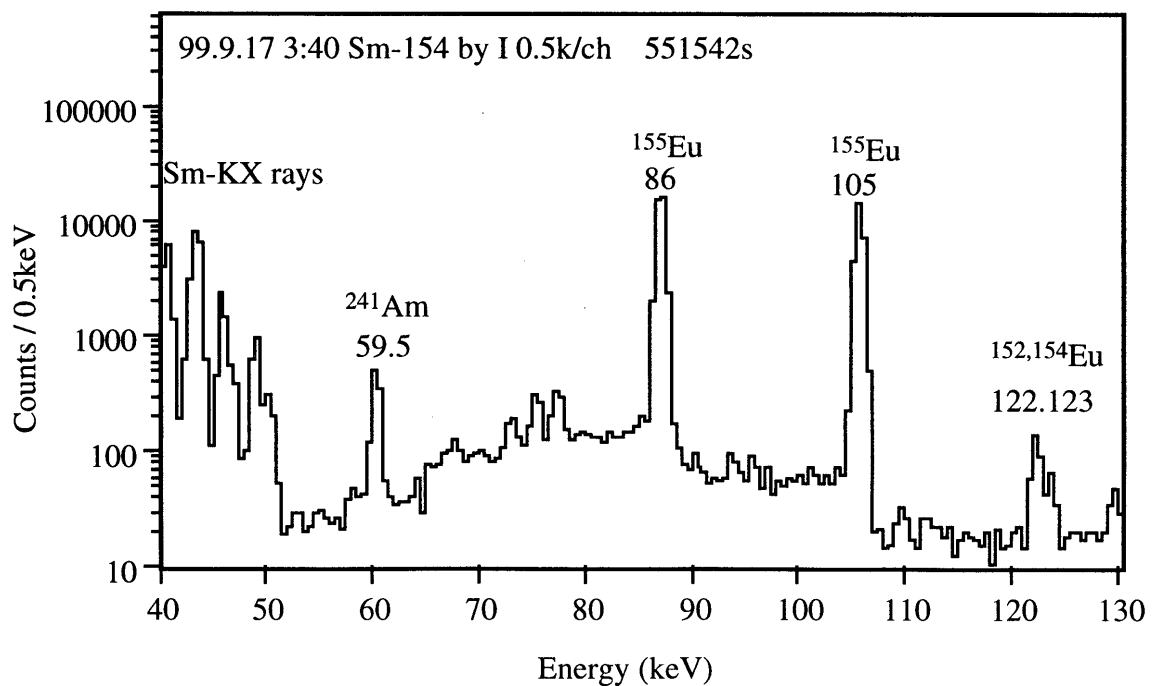


Fig. 5 ^{155}Eu detected in enriched ^{154}Sm .

は ^{155}Eu 濃度が高過ぎることに加えて、サマリウム中に存在する微量のユーロピウムから生成したと考えられる ^{152}Eu が存在していることから、同位体分離の過程あるいは保管中に人工中性子源による照射を受けて ^{155}Eu が生成したものと考えられる。

(c) ^{192}Ir

$^{191}\text{Ir} (n, \gamma) ^{192}\text{Ir}$ の反応の断面積は大きいので、数 g のイリジウムがあれば環境中性子による誘導 ^{192}Ir を検出することができる (Fig. 6) 中性子感度の最も高いターゲットの一つである。半減期が 74 日なので、数か月から 1 年程度の中性子フルエンスを評価するために有効なターゲットとして使うとよい。金とイリジウムその他の生成量の大きいターゲットを組み合わせれば数日から 1 年にわたる中性子フルエンスを測定する高感度検出器を作ることが可能と思われる。

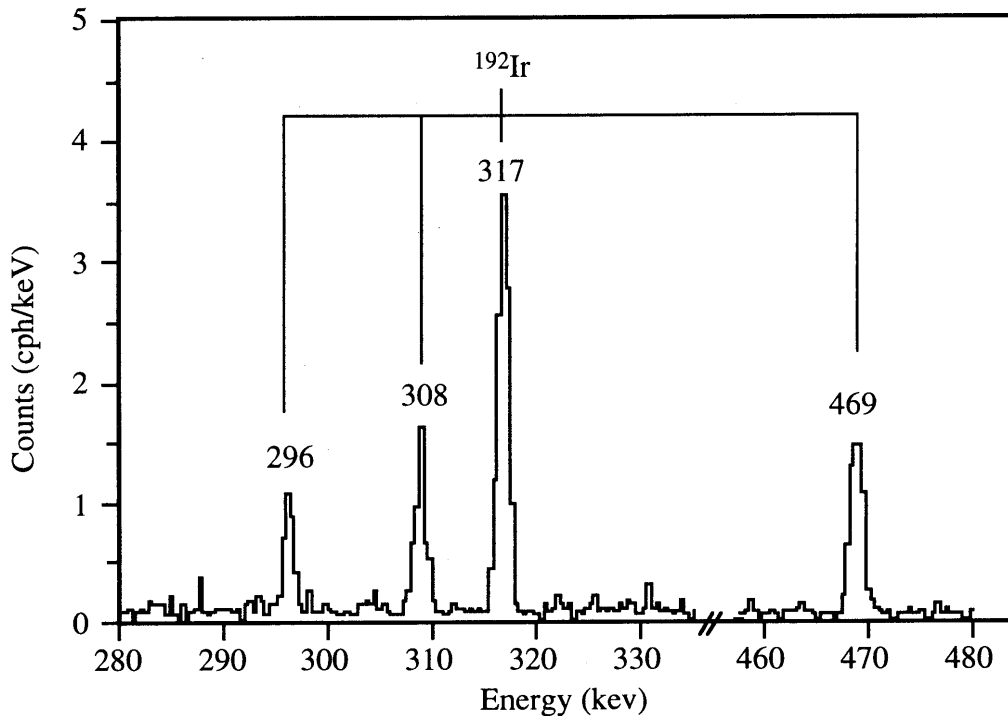


Fig. 6 Detection of "natural" ^{192}Ir induced by environmental neutrons.
Sample : 5g IrO_2 , Detector : 30% planar Ge

(d) ^{198}Au

半減期 2.7 日の ^{198}Au は生成断面積が大きく、412keV の γ 線の検出も比較的容易なので中性子評価に最も有効なターゲットである。大形の井戸型 Ge 検出器を使えば数 10g の金を使って地表レベルの環境中性子を比較的高い精度で評価することが可能である⁽⁹⁾。設置期間は 2 週間以内でも十分であり、使用後は地下に保存して繰り返して使う事ができる。カドミウム板で包んで更にパラフィン或いはポリエチレン等の中性子減速材で囲むめは運搬中の中性子被曝を避けるにことができる。

金は電源もカウンターも必要の無い超小型の中性子検出器として使う事ができる。カウンターと比較して安価で (50g で約 5 万円 余) 化学的に安定で、壊れる心配がない。また超小型の検出器なのでカウンター実験では困難な水中や土壌中での中性子分布の詳細な測定も可能である。また金製のネックレスや、指輪、金貨なども中性子測定に使う事ができる利点がある。JCO 臨界事故ではこれらが中性子評価に極めて有効であった。運搬には航空機の利用は出来ないので、陸路で尾小屋に運ぶ必要があった。測定の結果、事故地点から 1400m まで事故由来の ^{198}Au を検出する事ができた⁽¹⁰⁾。予備的な値ではあるが 1400m 地点の中性子フルエンス (臨界継続中の全中性子数) は約 $3 \times 10^4 \text{ cm}^{-2}$ と推定される。金の測定開始は事故 10 日後であり、この時点で ^{198}Au の濃度

は臨界終了時より1桁減衰していたことを考えると、事故直後に測定できれば～1600m 地点まで漏えい中性子による¹⁹⁸Auを検出できたに違いない。

(e) その他の中性子誘導核種

中性子モニターとしての実用性は低いですが、上記核種のほかに地表レベルの環境中性子による誘導核種としてこれまでに⁴⁶Sc, ⁷⁶As, ^{152m}Eu, ¹⁸²Ta の存在を確認しており、この数はさらに増える見込みである。

4.3 飛行実験

上述のように宇宙線に起因する環境中性子は高度とともに増加するので、飛行機を利用した中性子誘導核種の測定は地表実験よりも容易である。7～9km の高度を1時間前後飛行するフライトでは半減期が数時間以下の誘導核種の実験に、また数時間から10時間飛行する国際便（飛行高度11～12km）では半減期数日の誘導核種の実験に適している。これまでに実施した飛行実験で検出に成功した核種は²⁴Na, ⁵⁶Mn, ⁶⁴Cu, ⁸²Br, ^{116m}In, ¹²²Sb, ¹⁴⁰La, ¹⁶⁰Tb, ¹⁷⁵Yb, ¹⁸⁷W, ¹⁸⁶Re, ¹⁸⁸Re, ¹⁹⁴Ir である。これらのいくつかを紹介する。

(a) ²⁴Na⁽¹¹⁾

²⁷Al(n,α)²⁴Na 及び²³Na(n,γ)²⁴Na 反応で生成する半減期15時間²⁴Naを確認するために、New York-成田便の乗客にキッチンホイルと食卓塩を運んでもらい最初の飛行実験を行った。飛行時間は約14時間であり、地磁気緯度の高い北極圏を飛行するので²⁴Naの検出実験には都合がよいと考えたからである。尾小屋での測定開始は着陸後約10時間であった。測定開始後、数時間後で²⁴Naからの1368keVγ線が見え始め16時間後にはFig.7に示すように全計数はわずか10数カウントしかないが立派なピークになっている。この実験では速中性子と熱中性子を同時に評価ができた。

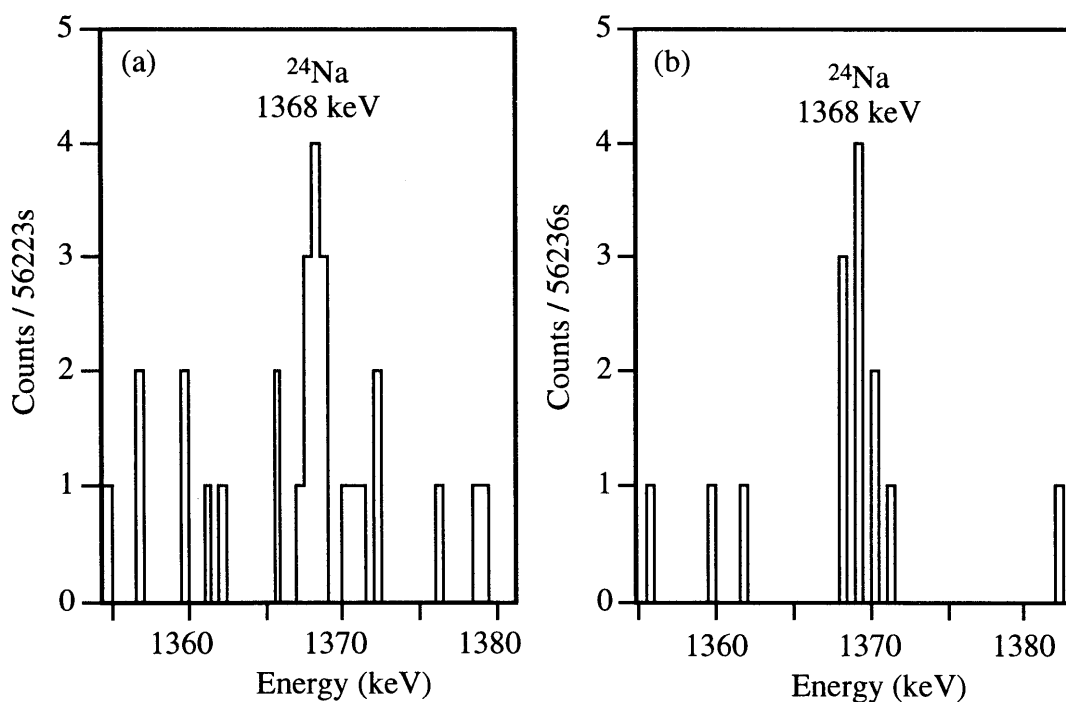


Fig. 7 Detection of ²⁴Na induced by flight experiment (New York to Narita).

(a) 43g cooking foil and (b) 110g table salt.

(b) ^{116m}In 及び ⁵⁶Mn

短半減期核種を検出するために、中性子捕獲断面籍の大きいインジウムの¹¹⁵In(n, γ)^{116m}In 反応と⁵⁵Mn(n, γ)⁵⁶Mn 反応の検証を目的として約50gの試料を使って飛行実験を行った。羽田空港から小松空港への約50分の飛行時間のうち中性子誘導反応に寄与する高度7～8kmの飛行はわずか

20 分前後である。着陸後ただちに尾小屋地下測定室へ運び、約 1 時間後に測定を開始した。Fig.8 と 9 に観えたスペクトルを示す。ピーク計数は極めて少ないが ^{116m}In 及び ^{56}Mn が確実に生成していることを確認できた。

^{56}Mn は登山実験も行った。標高 2100 地点に約 3 時間滞在した後、直ちに下山し、3 時間後に測定を開始した。Fig. 9 (b)は登山実験のさいの ^{56}Mn の検出例である。この実験の例から分るように、海面レベルの環境中性子では検出が困難な核種も 1000m クラスの高所で照射すれば検出可能

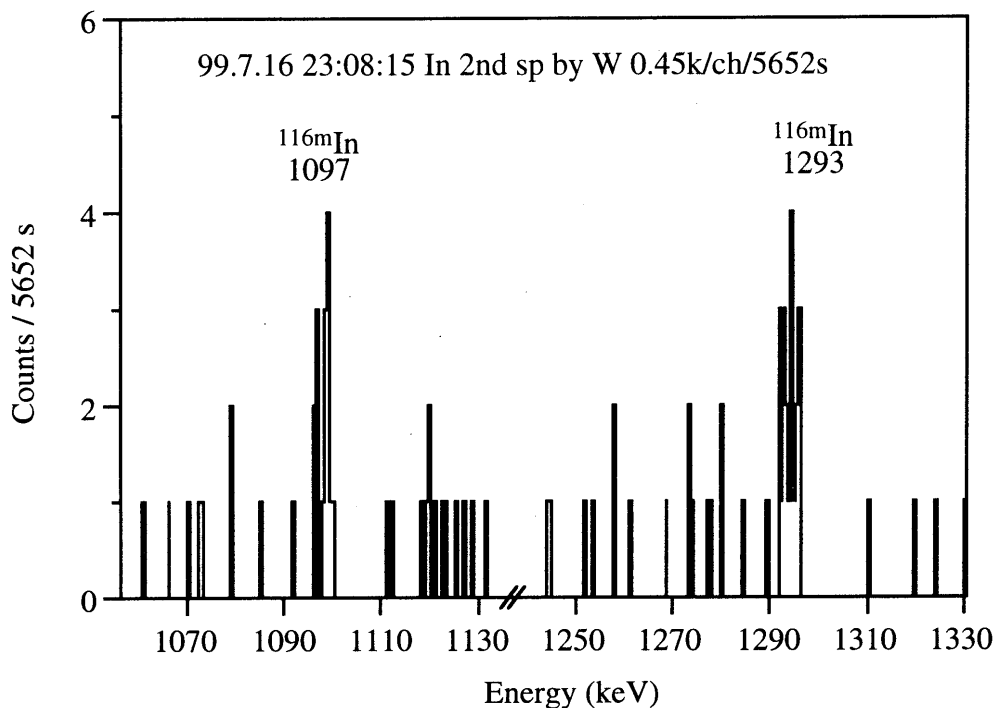


Fig. 8 Detection of ^{116m}In induced by environmental neutron. Tokyo - Komatsu flight

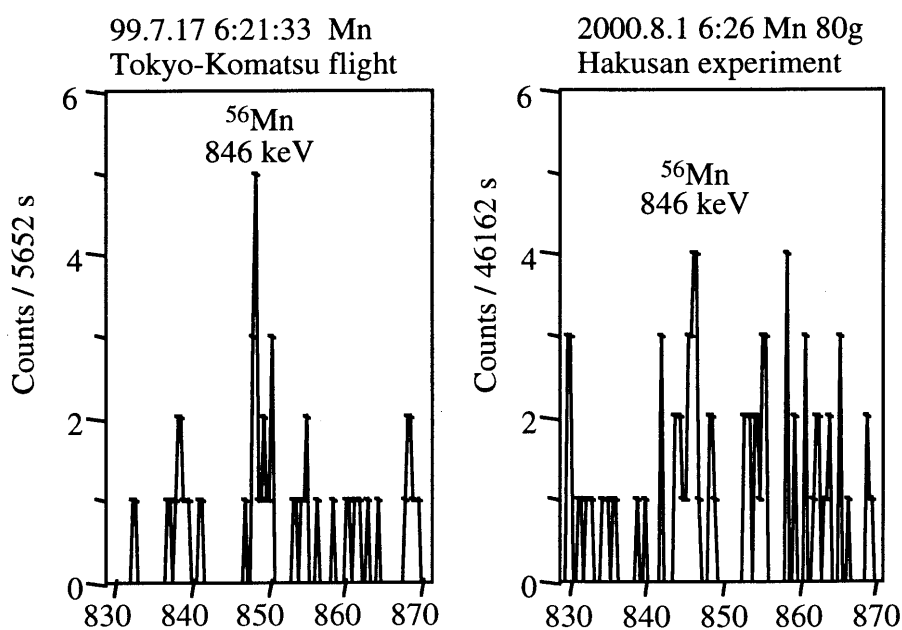


Fig.9 Detection of ^{56}Mn induced by environmental neutron. (a) Tokyo - Komatsu flight (b) Exposed at 2100 m (Hakusan)

になるものもあるに違いない。

おわりに

本稿で紹介した通常の放射化分析とは全く逆に照射粒子のフラックスを求める放射化分析について紹介した。ターゲットは極めて小さいので、旅行時にポケットや鞆に入れて運んだり、地中、水中に設置して深度分布を正確に測定するなど、カウンター実験では困難な測定ができるという特長がある。中性子の検出限界は極低バックグラウンド井戸型検出器の使用により $10^{-4}\text{cm}^2\text{s}^{-1}$ という極めて低いフラックスの中性子も測定可能であり、今後の様々な応用面の開発が期待される。

参考文献

1. 小村和久：極低レベル放射能測定を目的とする尾小屋計画。放射線科学 37(8), 281-286 (1994); 37 (10), 381-386 (1994); 小村和久：講義「低レベル放射能測定」；ぶんせき 12 月号, 730-735 (2000); 小村和久：極低レベル放射能測定最前線、放射線 26 (3), 41-57 (2000); K. Komura : Proc. Wakasa International Symposium on Environmental Radiation, Oct. 20, 1997, held at Tsuruga, Fukui, Japan. 56-75 (1997)
2. J. E. Hewitt L. Hughes, J. B. McCaslin, A. R. Smith, L. D. Stephens, C. A. Syvertson, R. H. Thomas and A. B. Tucker : Natural Radiation Environment III, Vol. (2), Proc. Symp. held at Houston, Texas, April 23-28, 1978. USDOE. pp. 855-871 (1980).
3. M. Kodam, S. Kawasaki, T. Imai, K. Takahashi and M. Wada : Anomalous atmospheric attenuation of cosmic-ray -produced neutrons near earth's surface. Natural Radiation Environment III, Vol. (2), Proc. Symp. held at Houston, Texas, April 23-28, 1978. USDOE. pp. 882-895 (1980).
4. T. E. Cerling and H. Craig : Geomorphology and in-situ cosmogenic isotopes. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 22, 273-317 (1994).
5. 原子力安全委員会ウラン加工工場臨界事故調査委員会、ウラン加工工場臨界事故委員会報告、科学技術庁 (1999) .
6. *Journal of Environmental Radioactivity* 50 (1-2) (2000).
7. 阪上正信, 小村和久：環境放射能とその線量率の In-Situ γ Spectrometry による研究成果, 京大原子炉実験所報告, *KURR-TR-155*, 20-35. (1977); T. Nakanishi, T. Imura, K. Komura and M. Sakanoue : ^{152}Eu in samples exposed to the nuclear explosions at Hiroshima and Nagasaki. *Nature*, 302 (5904), 32-34 (1983).
8. T. Nakanishi, K. Kobayashi, T. Yamamoto and K. Miyaji : Residual neutron-induced activities in samples exposed in Hiroshima, "US-Japan Joint Reassessment of Atomic Bomb Radiation Dosimetry in Hiroshima and Nagasaki" (Final Report), Radiation Effects Research Foundation, Vol. 2, 310-319 (1987).
9. 小村和久：極低レベル放射能測定技術の応用 - 金ターゲットによる中性子計測 *Isotope News*, 2000 年 5 月号. 6 - 11 (2000).
10. K. Komura, A. M. Yousef, Y. Murata, T. Mitsugashira, R. Seki and T. Imanaka : Activation of gold by the neutrons from the JCO accident. *Jour. Env. Radioactivity*. 50, 77 - 82 (2000).
11. 小村和久：環境中性子による放射化とその応用 (3). 食卓塩とキッチンホイルによる飛行高度における中性子測定、放射化学討論会要旨、p. 207 (1999).

講演紹介

原子力研究総合センター セミナー

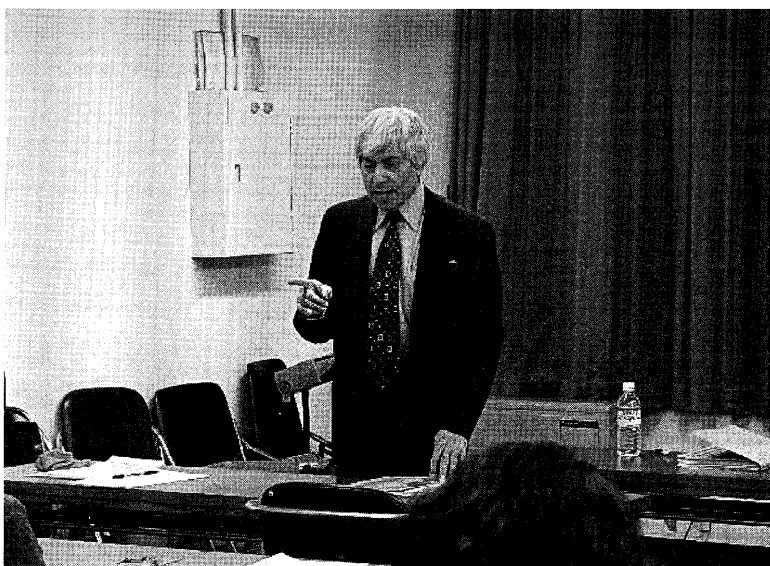
2001年2月20日（火曜日） 14:00～

場所 東京大学・原子力研究総合センター 第2会議室（5階）

講師 A.Chatt 教授

講演題目 ANALYTICAL CHEMISTRY OF SHORT-LIVED NEUTRON ACTIVATION PRODUCTS

2月20日午後2時から東京大学・原子力研究総合センターでカナダ・ダルハウジ大学のチャット教授のセミナーが開かれました。先生は光量子および中性子放射化分析の基礎および応用研究を長年にわたって続けてこられた方で、現在化学科の教授と研究用小型原子炉 SLOPOKE-2 施設の所長を併任なさっています。また、ICAA



(International Committee of Activation Analysis) の会長を務めておられます。今回は急遽短期間で来日されることになった機に先生にお話ししていただきたいということで、伊藤先生のお世話で開催されることになりました。20名弱の本研究会の方々が参加されました。先生の実に親しみやすい人柄もあって講演前から参加者と和やかに挨拶を交わされ、アットホームな雰囲気の中で会が始まりました。石巻専修大の福島先生から教授の紹介があり、“ANALYTICAL CHEMISTRY OF SHORT-LIVED NEUTRON ACTIVATION PRODUCTS”と題した講演が始まりました。先生のところにある SLOWPOKE-2 という小型原子炉を活用した短寿命核種を定量核種として利用する放射化分析のお話でした。この原子炉は出力16kWで実験室の下に設置されており、立教大などのトリガタイプの原子炉に近い中性子フラックスが得られます。また、フラックスも安定しており、1.5%程度の再現性があるとのことでした。

繰り返し放射化法 (cyclic instrumental NAA methods) によって短寿命核種を核種毎に SN 比良く検出、定量するための最適照射時間、測定時間、照射サイクル数などの実に詳細な実験データ示されました。また、独自の手法として、繰り返し照射の時間間隔を少し長くすることで、Al-28 のような分オーダーの半減期を有する核種からのバックグラウンド放

射能の蓄積を下げる方法(pseudo-cyclic INAA)も紹介されました。その際、測定法として Ge 検出器とそれを囲む大型の NaI 検出器を用いてコンプトンプラトローを機器的に除くアンチコンプトン法を取り入れるとピーク検出の SN 比が向上することを示されました。とくに、Se-77m を利用するセレンの分析への応用については、詳しい説明がありました。

1 時間の講演中にも随時質問を受けながら、また講演が終わってからも引き続き実験方法に関する質疑などがありました。先生はどんな質問にも答えられるよう豊富な OHP を準備してこられたようで、待ってましたとばかりに質問の答えになるような実験データの OHP を探し出し答えてくださいました。

平成 13 年度からスタートする大強度陽子加速器計画ではパルス中性子が得られます。そこでは試料を忙しく出し入れし測定するのではなく、試料をセットしたまま中性子ビームや測定器をオン/オフできることになりますから、繰り返し放射化も含めた照射・測定のいろんな技が発揮できるはずだと頭の片隅で思いながら聞いていた次第です。

引き続き、次回の MTAA-10 について意見交換する場を持ちたいとの幹事会の希望もあり、しばらく歓談を行いました。英国、ロシア、ドイツも開催を希望しているようですが、これから 1 年かけて決定するとのことでした。また、2004 年の春がいいのではと思っているとの個人的見解も述べられました。160 名の放射化分析の研究者の組織は他にはないとも言っておられ、日本開催に前向きな様子が感じられました。

研究会報告

研究炉ワークショップ 2000 に参加して

都立大院理 海老原充

昨年（平成12年）11月20日（月）から24日（金）まで、韓国の Daejon 市にある韓国原子力研究所（KAERI）で標記のワークショップが開催された。参加国は、日本、韓国をはじめとして、中国、インドネシア、マレーシア、フィリピン、タイ、ベトナム、オーストラリアで、アジア・オセアニア地域の研究炉をもつ主立った国ということになる。同様のワークショップはこれまでも何回か開催されてきたが、今年のワークショップの主催は日本の科学技術庁と韓国の科学技術省で、日本原子力研究所（JAERI）と KAERI が実施機関として会の運営にあたった。しかし、韓国は開催国ということで、ワークショップの運営はこれまで同様、実質的に日本（科学技術庁、及び日本原子力研究所）が行ったものである。

昨年のワークショップのテーマには「中性子散乱」、「中性子放射化分析」、「研究炉と利用技術（BNCT とその関連技術）」の3つが取り上げられ、サブテーマに「高分子試料を用いた小角散乱実験及びデータ解析」が取り上げられた。初日の午前中に全体会議があった後、午後からはそれぞれのセッションに分かれて並行して会議が進められた。

筆者は「中性子放射化分析」のセッションに参加したが、今年の「中性子放射化分析」のテーマは「支援システム」ということであったが、事前にテーマのアナウンスや取り上げ方が十分周知徹底しておらず、日本からの報告（原研研究炉部、笹島氏）がテーマに沿った唯一の報告であった。それにかわって、各国の原子炉利用の実状が報告され、それはそれで興味のあるものであった。翌火曜日にも各国の報告が行われたが、主催国ということもあり、韓国の研究者の報告が多く行われた。水曜日にはそれまでの報告を踏まえながら、今後の活動に関して議論を行った。筆者はこの日の議長を仰せつかったが、韓国の発言をいかに体よく押さえ、他の国の意見を引き出すか、と言うところに大変神経を使った。翌木曜は technical tour として、原子力発電所見学が計画されていたが、筆者は KAERI の研究者の居室にこもり、終日、これまでの会議の報告書案作成に時間を使うことになった。

最終日は全員が集まり、円卓会議が行われた。そこでは各セッションでの議論の要約が報告され、全体の報告書作成のためのまとめが行われた。それに加えて、今後のワークショップの活動方針について議論された。次年度以降はこのワークショップ開催に対して、アジア原子力協力フォーラム（FNCA）での議論が大きく反映される見込みで、より目的志向のワークショップとなるものと予想される。次年度（平成13年度）は中国で開催されることが決まったが、そこでの議論の骨子となるものは、この3月に FNCA 参加各国のコーディネータが東京に集まって話し合われる予定である。「放射化分析」に関しては引き続きテーマの一つとして取り上げられるはずである。

多くの研究発表が短い時間に入れ替わり立ち替わり報告される国際学会と異なり、持ち時間の多い、なかなか疲れる会合であったが、終わってみるとそれ相応の充実感があり、有意義な1週間との印象を強くした。アジアにおける研究炉利用者という共通の立場でいろいろな問題点を議論し、共同で行える課題を通して連携することが、今後閉塞的な環境になることが憂慮される日本の研究炉利用者にとってはますます重要になるのではないかと痛感した。

以下、参考までに本ワークショップの「放射化分析」のセッションに関する報告書（案）を掲載する。講演題名と、今後の活動に関する提言がまとめられたものである。ここに書かれた提言が必ずしもそのまま次回のワークショップに引き継がれるものではないが、大枠では次年度（平成13年度）以降とりあげられるものと期待している。

II. NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS

1. Summary of this workshop

A session of neutron activation analysis (NAA) of the 2000 workshop on Utilization of Research Reactors held in Daejeon on 20-24 November 2000 was attended by 14 participants from 7 countries (China, Indonesia, Japan, Korea, Malaysia, Thailand and Vietnam). The NAA session started with country reports presented by individual participating countries, followed by invited lectures. After these presentations, the future activity of the NAA group was discussed. In the following, presentation and discussion taken place in the NAA session are summarized in this order.

2. Country reports

At the workshop held in Yogyakarta, 1999, a long-standing project concerning NAA was finalized and future activities were discussed. In the previous report, several plans were proposed after the intense discussion. Following this, a theme of "supporting system for the neutron activation analysis" was chosen for the 2000 workshop. Unfortunately, this theme was not well announced and, therefore, was not well understood by most participating countries before attending the workshop. In place of this theme, the current situation of reactor facilities related with NAA and/or research activities of NAA were presented by several countries. Followings are brief summaries of presentations of individual countries;

a. China ("Introduction of the Neutron Activation Analysis Facilities in High Flux Engineering Test Reactor" by M. Feng).

Several facilities such as pneumatic transfer (rabbit) system and NAA system in a high flux test reactor at the Nuclear Power Institute of China (NPIC) were introduced.

b. Indonesia ("Current status of Research and Development of Neutron Activation Analysis Group at GA Siwabessy Reactor" by Sutisna).

Progress of R & D on NAA at Siwabessy research reactor was presented. Ko method is being developed for further utilization of NAA.

c-1. Japan ("Current Activity and Problem of Neutron Activation Analysis in Japan" by M. Ebihara).

The present situation concerning NAA in Japan is summarized and a possible problem about NAA in future is pointed out.

c-2. Japan ("NAA Supporting System of JAERI" by F. Sasajima)

A supporting system developed at JAERI is introduced. This system includes Ko method, data analysis, automatic sample changer and gamma ray acquisition. Some data for SRM samples obtained by using this system were shown.

d. Korea ("Application and Facility of Neutron Activation Analysis in HANARO Research Reactor" by Y.-S. Chung)

The facilities for NAA in HANARO research reactor are described and the main application of NAA in Korea are reviewed. Automatic sample changer and integrated computer software for data calculation were acknowledged to be highly effective for efficient use of NAA.

e. Malaysia ("The Use of Neutron Activation Analysis in Environmental Pollution Studies" by A. M. Yusof)

Analytical data for various environmental samples were presented and the usefulness of NAA for multi-elemental analysis of these samples was emphasized.

f. Thailand ("Utilization of NAA in Thailand" by C. Srinawach)

It was shown that how extensively and effectively the Thai Research Reactor-1 (modification-1) (TRR-1/M-1) was used in a variety of research fields.

- g. Vietnam ("Neutron Activation Analysis using the Dalat Nuclear Research Reactor" by M. V. Nguyen)
Facilities related NAA at Dalat nuclear research institute was presented. Ko method has been tried using homemade software. PGA has also been initiated.

3. Invited talks

A session of invited talks consists of 6 presentations. In each presentation, a specific research subject was clearly outlined and a contribution of NAA to its subject was emphasized. From these presentations, the usefulness, the effectiveness and the advantage of NAA in a variety of fields of applications were impressed. Titles, speakers and brief summaries of invited talks are following;

- a. "Air Pollution Study by NAA in Korea" by J. -H. Moon.
The recent air pollution in Taejon and surrounding areas including industrial complex was examined by using INAA. Data and their interpretation were presented.
- b. "Probabilistic Analysis of Airborne Toxic Metals in Korean Industrial Complex" by J. -H. Lee.
Concentration profiles and probabilistic risk analyses of toxic metals for ambient air in Taejon industrial complex were presented.
- c. "How Important can Neutron Activation Analysis be in Coming Century? - In a Case of Planetary Science" by M. Ebihara.
It was demonstrated that NAA would be of great importance in planetary science in the 21st century when a large variety of extraterrestrial materials were returned to the earth by space missions.
- d. "Application of NAA in Environmental Geology" by K. -Y. Lee.
A large number of environmental and geological materials were analyzed by different analytical methods including NAA. From these analyses, it was concluded that NAA is the most effective method for analyzing these samples. Promising candidates as indicator plants for pollution monitoring were proposed.
- e. "Application of NAA in High Purity Materials" by Y. -Y. Yoon.
Several examples of analyses of high purity materials for trace impurities were presented, demonstrating that radiochemical neutron activation analysis can be the best choice for these analysis.
- f. "The Study of Trace Element Distribution in Biological Samples with NAA for Human Health" by S. -Y. Cho.
It was shown that NAA of biological samples were essential for estimating the uptake rate of trace elements into human bodies. Such estimation was emphasized to be very important for public health.

4. Discussion for future activities

As this year is the first year after the completion of the previous project and past activities with that project were evaluated at the last meeting in Yogyakarta, we have not tried to review them. Instead, we have rather extensively discussed the future activities which we could have in the next couple of years. It must be needless to admit that we have initiated our discussion after the recognition of the last report of this workshop, in which evaluation of past activities (1992-1998) and proposal for future activities were printed.

After the discussion, we have come to the following conclusions;

- (i) This workshop is very important and efficient for promoting NAA in participating countries.
- (ii) In order to promote NAA in each country, a supporting system is highly desirable. It was acknowledged that Ko method could be one of the best choices.
- (iii) As admitted in the previous report, we need to prepare environmental samples and geological samples for the inter-laboratory comparison of NAA data.

The followings are some additional explanations for these conclusions.

It is now well recognized that not only in participating countries of this workshop but also in worldwide that mono-standard method like Ko method is very useful for end-users of NAA. The largest reason to prevent Ko method from being widely distributed is its high price for software package. There are several other problems with commercial Ko softwares: the software is written on old operation system (OS) (DOS) and the software cannot be run on computers with modern CPUs. Considering these situations, it is highly desirable that non-commercial software of Ko method which can be run on modern computers with "MS-windows" as OS is developed.

It can be agreed that NAA has been almost established as an analytical tool. This doesn't mean that an effort for refining the NAA procedure is no more necessary. NAA, especially INAA seems to be one of instrumental analytical methods, but it is not so instrumental as other real instrumental analytical methods like ICP-MS and XRF. Considering that NAA is admitted to be the best reliable method for elemental analysis and that NAA values are usually used for evaluating analytical data obtained by other methods, we definitely need to make effort to keep the analytical capability by NAA at the best level. Inter-laboratory comparison of analytical data by NAA has been carried repeatedly in the past and needs to be continued in future, considering that such an activity is very essential to keep the analytical level reasonably high. For inter-laboratory comparison, well-prepared common samples are needed.

Neutron activation analysis is particularly efficient for the analysis of solid samples such as geological samples and dust particles. These samples can be subjected to INAA without any further processing. In ICP-MS, a competitive analytical method to NAA, such solid samples need to be completely decomposed and dissolved into solution. During these procedures, contamination of impurities and/or loss of samples are more or less probable and tend to yield less reliable data. In this sense, NAA can be the best method for air pollution monitoring by measuring dust particulates. To monitor the pollution level in nation-wide of each country, a large number of samples need to be analyzed. INAA coupled with Ko method must be capable of matching such a requirement.

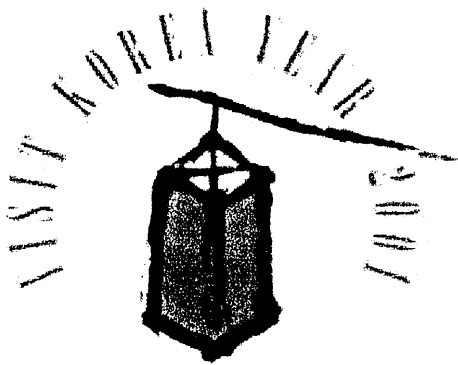
5. Proposals for future activities

Based on the discussion stated above, we would propose the following subjects for future activities.

- (i) Non-commercial Ko software will be developed. This software should be user-friendly, written on "MS-windows" as OS, run on computers with latest CPUs and able to be distributed to any user with no cost. Considering the current progress in participating countries, Japan and Vietnam are required to participate in this development. We estimate one and a half year for the completion of this project under the best condition. Korea can join this project, especially in upgrading the data calculation algorithm.
- (ii) Meanwhile, three kinds of reference materials as common samples will be prepared and/ or distributed. These common samples as follows;
 - a. Averaged Asian food diet sample. Each participating country is required to send its food diet sample to Malaysia by January 31, 2001. Malaysia is responsible to make well-mixed samples, which is designated here as an averaged Asian food diet sample, and send a portion of it to every participating countries. It is also required for Malaysia that the homogeneity of mixed sample is good enough for INAA work (an error due to heterogeneity must be less than 1%).
 - b. Geological reference samples. Korea is responsible to distribute Korean geological reference samples (eight samples in total) prepared by Korean Institute of Geology, Mining and Materials (KIGAM) by the end of February. Basic description of each sample (type of rock, sampling site, grain size, etc.) should be noticed at the same time.
 - c. Pollution samples (air particulates). Preparation of common samples of this category is not intended. Instead, air particulate samples will be collected in each participating country. In order to make the later discussion more meaningful, several conditions for collecting the samples should be unified. Korea is responsible for distributing pre-fixed conditions to each

participating country by the end of this year 2000. It must be considered that a specified dust sampler is not available in any country.

- (iii) These samples will be analyzed by using conventional NAA which is used in individual institutes/laboratories. Ko method may be applied in Japan and Vietnam. Results will be discussed in the next workshop. If any country likes to have some particular samples analyzed by other countries for confirmation of data, such a request is highly welcome and asked to announce to other countries. Communication by using e-mail helps fast and effective exchange of data and idea.
- (iv) Once a Ko software is newly developed, it is required to distribute to all participating countries. The software will be immediately evaluated by analyzing the common samples which are already distributed and analyzed in individual countries. If any bug or bug-like defect is found, it should be noted to developers. With several catching-ball communications, the software will be completed in a reasonable time.
- (v) By using the final version of Ko software, air particulate samples as well as the common samples are to be analyzed. Data from all participating countries for the common samples will be compared with each other for evaluating the usefulness of the newly developed Ko software. Data for airborne particulate samples also are compared for discussing the degree of air pollution in participating Asian countries.



施設便り

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において採択されている平成13年度研究課題は以下のとおりです。

1. 原子核をプローブとする物理・化学研究

1101	低温核偏極による局在モーメントと交換相互作用の研究	新潟大学	大矢 進
1102	メスbauer分光法による無機化合物の研究(IV)	東邦大学	高橋 正
1103	核壊変原子を用いた化学状態分析	宮城教育大学	玉木 洋一
1104	中性子寿命の精密測定	KEK	真木 晶弘
1105	α 線トラック・エッジング法を利用した鉄鋼材料中のBの解析	千葉工業大学	為広 博

2. 放射線とイオンビームによる物質構造の研究と改質・合成

1106	シリコン中の水素・点欠陥複合体の研究	東北大学	末澤 正志
1107	NiおよびFe中の照射欠陥と水素の相互作用に関する陽電子消滅寿命測定法による研究	九州大学	蔵元 英一
1108	低温水素イオン注入シリコンの欠陥構造分析	愛知工業大学	徳田 豊
1109	内部起源粒子線による石英中の常磁性格子欠陥の生成効率の研究	岡山理科大学	豊田 新
1110	陽電子消滅及び電子スピン共鳴測定によるシリコン、ダイヤモンド、黒鉛及び石英ガラス中の電子線ガンマ線照射欠陥の研究	東北大学	長谷川雅幸
1111	電子機能性材料の放射線照射効果(III)	東京大学	寺井 隆幸
1112	Si、InGaAs系デバイスの放射線損傷と導入格子欠陥に関する研究 (II)	熊本電波工業高等専門学校	大山 英典
1113	ウラン鉱床中の石英に生成する格子欠陥のカソードルミネッセンスによる可視化と定量化	筑波大学	小室 光世
1114	窒素ガス中で電子線を照射したPEEKの電気的特性	八戸工業大学	信山 克義
1115	電子線前照射グラフト重合法を用いる超高速で金属イオンを吸着するキレート繊維の開発	熊本大学	城 昭典
1116	陽極アルミナを支持体とするEL素子の開発	東京都立大学	森崎 重菴
1117	放射線と高分子との相互作用に関する基礎過程の研究	KEK	鈴木 健訓
1118	高エネルギー粒子線照射により生成される石英格子欠陥中心の物性研究	山口大学	福地 龍郎
1119	酸化物・弗化物シンチレータの放射線損傷	KEK	小林 正明

3. 生物に対する放射線効果

1120	γ 線とイオンビーム照射が植物に与える育種効果	鹿児島大学	佐藤 宗治
1121	悪性脳腫瘍に対する熱外中性子による中性子捕捉療法のための基礎的・臨床的研究	筑波大学	能勢 忠男
1122	ドラックデリバリーシステムの中性子捕捉療法への応用	東京大学	柳衛 宏宣

4. 中性子利用分析・放射化分析

1123	宇宙物質の中性子放射化分析(III)	東京都立大学	海老原 充
1124	九州南部四万十帯に関するFT年代測定と放射化分析	鹿児島大学	鈴木 達郎
1125	中性子放射化分析による環境汚染指標生物ダンゴムシの検討	武蔵野短期大学	川西 幸子
1126	地衣類を環境指標として用いるための基礎研究	筑波大学	関 李紀
1127	アーバスキュラー菌根の形成が宿主植物の各種元素の吸収に及ぼす影響	千葉大学	鈴木 弘行
1128	中国で採取された風成塵堆積物の放射化分析	北海道大学	豊田 和弘
1129	カツオドリ (Sula leucogaster)の有機態ハロゲン(Cl, Br, I)	愛媛大学	脇本 忠明
1130	岩石の酸性変質と二次鉱物の生成に伴うランタノイドの移動	上智大学	大井 隆夫
1131	西南日本弧の火成岩試料の全岩石化学分析	東京経済大	新正 裕尚
1132	地層中の年間線量評価のためのU, Thの放射化分析	北海道教育大	雁沢 好博
1133	炭素材料による環境モニターの開発と応用 (2)	九州大学	前田 米藏
1134	植物による大気中エアロゾルの補足能力と滞留時間	九州大学	大崎 進

1135	高純度鉄標準物質及び高純度金属中の微量元素の分析法開発	武蔵工業大学	平井 昭司
1136	放射化による金属フラーレンの研究(Ⅱ)	東京都立大学	末木 啓介
1137	胎児期および成長期における亜鉛欠乏がその後の発育に与える影響(Ⅱ)	静岡大学	矢永 誠人
1138	中性子放射化分析法による生体中末同定有機態ヨウ素の検索	横浜市立大学	鹿島 勇治
1139	K ₂ O標準化法を用いた炭酸塩岩中の微量元素の中性子放射化分析	群馬大学	相沢 省一
1140	河川及び干潟堆積物試料の放射化分析	東京大学	松尾 基之
1141	カンボジア・ブノンペン市の大気エアロゾル中元素濃度に関する研究	横浜市立大学	松井 三明
1142	海底堆積物コア試料における微量元素の分布と特徴	武蔵工業大学	本多 照幸
1143	沖縄トラフ熱水沈殿物の放射化分析	山形大学	中島 和夫
1144	セレン欠乏ラット生体内抗酸化ネットワークに関与する遷移金属元素の挙動解析	昭和薬科大学	遠藤 和豊
1145	環境指標としての樹木年輪中の微量元素の定量	京都大学	片山 幸士
1146	サンゴ礁ポーリング試料の放射化分析	琉球大学	大出 茂
1147	畜光性塗料の放射化分析	日本大学	森脇 一成
1148	K ₂ O法放射化分析システムの評価及びデータベース化	東京大学	伊藤 泰男
1149	痴呆疾患脳組織中における微量元素の定量解析	宮崎医科大学	植田 勇人
1150	中性子放射化分析による宇宙・火山起源物質の研究(Ⅲ)	立正大学	福岡 孝昭
1151	生理活性物質中の微量元素に関する研究(Ⅱ)	共立薬科大学	森田 裕子
1152	植物試料の元素分析(Ⅱ)	東京大学	中西 友子
1153	植物の葉等の季節変化等による特定元素のとり込み(Ⅱ)	北海道大学	増子 捷二
1154	ホタテガイのカドミウム結合分子の研究	北海道大学	大西 俊之
1155	α 線トラックによる各種鉄鋼材料中微量ボロンの観察	東京大学	柴田 浩司
1156	大気・海洋試料の放射化分析	日本大学	永井 尚生
1157	微生物による重金属元素集積機構の物理化学的解析	宮崎医科大学	中島 暉
1158	地圏環境における元素分布・循環の研究(Ⅱ)	名古屋大学	田中 剛
1159	環境水の重金属汚染指標としてのメダカの有効性に関する研究	熊本大学	百島 則幸
1160	フィッシュン・トラック法によるフォッサマグナ地域新生代火山岩類の放射化分析		小坂 共栄
5. 中性子利用分析・即発ガンマ線分析			
1161	即発 γ 線分析の大型試料への適用(Ⅲ)	東京都立大学	大浦 泰嗣
1162	電解および無電解ニッケル合金皮膜中のBとHの分布	東京都立大学	森崎 重哉
1163	隕石試料の即発 γ 線分析(Ⅲ)	東京都立大学	海老原 充
1164	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(Ⅲ)	東京大学	松尾 基之
1165	火山岩試料の即発 γ 線分析(Ⅱ)	立正大学	福岡 孝昭
6. 中性子利用分析・中性子ラジオグラフィーによる構造解析			
1166	JRR-3M冷・熱中性子を用いたラジオグラフィ技術の高度化-Ⅲ	京都大学	三島嘉一郎
1167	厚い水性試料の中性子ラジオグラフィ	藤田保健衛生	加藤 一夫
1168	JRR-3M TNRF・CNRFにおけるIP・NR技術の開発と応用研究	名古屋大学	玉置 昌義
1169	多色発光蛍光体を用いた中性子・ γ 線ラジオグラフィの研究	武蔵工業大学	持木 幸一
1170	イオン伝導性固体材料中の水素ならびにリチウムの定量と拡散挙動の解明	鳥取大学	江坂 享男
1171	中性子ラジオグラフィによる下水汚泥中の水分分布の可視化	京都大学	藤原 健史
1172	熱中性子ラジオグラフィによる固気二相流の定量評価	関西大学	小澤 守
1173	植物試料の中性子ラジオグラフィ	東京大学	中西 友子
1174	熱中性子ラジオグラフィによる熱流体機器の可視化と計測診断	神戸大学	竹中 信幸

以上の他に、協力研究、大学・原研プロジェクト共同研究(バックエンド化学、放射線高度利用研究)、中性子散乱研究などもあります、割愛します。

立教大学原子力研究所

立教炉の使用済み核燃料棒の米国への引き渡しについて、現在も手続きを進めています。2001年度中の搬出は困難との見通しになりました。従って、燃料棒の保守のために、毎月2日程度の保守運転を継続しています。基本的には、毎月第一週のみ、火、水曜日に100kWで6時間運転を行います。ただし、水曜日は利用申し込みがなければ運転を中止します。また8月7日(火)、9月11日(水)は5時間運転で、10月は定期検査のために運転は行いません。詳細は「平成13年度立教大学原子力研究所原子炉運転計画」を参照してください。

(戸村健児)

東北大学原子核理学研究施設

平成12年度後期～平成13年度前期の課題採択がなされ、順調の消化されています。採択一覧を以下に紹介します。放射化分析等、当施設利用に興味をお持ちの方は、核理研(大槻: Ohtsuki@LNS.tohoku.ac.jp)まで連絡して下さい。

放射化学関係課題採択リスト [平成12年度後期及び平成13年度前期]

平成12年度後期

2402	藤川辰一郎	東北大院工	マグネシウムに於ける拡散
2403	関根勤	東北大院理	長寿命放射性核種の環境中移行における基礎科学反応研究
2404	秋葉憲一	東北大素材研	フライアッシュのゼオライト化及び核種の分離固定
2405	鹿野弘二	NTT	ファイバアンプ用ガラス中の炭素の光量子放射化分析
2406	三頭聰明	東北大金研	^{229m}Th の製造とその崩壊特性
2407	山村朝雄	東北大金研	Csトレーサーの製造精製法の開発
2408	中西孝	金沢大理	$^{230}\text{Th}(\gamma, n)$ 反応で生成で生成する ^{229m}Th の反跳捕集
2409	大槻勤	東北大核理研	標識化による金属内包フラーレン及びヘテロフラーレン生成とその応用
2411	福島美智子	石巻専修大	海洋環境における動植物の多元素同時放射化分析
2412	海老原充	都立大院理	光量子放射化分析法による隕石試料中のハロゲン元素の定量

平成13年度前期

2420	関根勤	東北大院理	長寿命放射性核種の環境中移行における基礎科学反応研究
2421	藤川辰一郎	東北大院工	軽金属における拡散
2422	大浦泰嗣	都立大院理	光核破碎および光軽核生成反応の放射化学的研究
2423	鹿野弘二	NTT	ファイバアンプ用ガラス中の炭素の光量子放射化分析
2424	中西孝	金沢大理	$^{230}\text{Th}(\gamma, n)$ 反応で生成する $^{229m, 229}\text{Th}$ の反応収率測定
2425	海老原充	都立大院理	宇宙・地球化学的試料の光量子放射化分析
2426	三頭聰明	東北大金研	^{229m}Th の製造とその崩壊特性

立教大学原子力研究所

立教炉の使用済み核燃料棒の米国への引き渡しについて、現在も手続きを進めています。2001年度中の搬出は困難との見通しになりました。従って、燃料棒の保守のために、毎月2日程度の保守運転を継続しています。基本的には、毎月第一週のみ、火、水曜日に100kWで6時間運転を行います。ただし、水曜日は利用申し込みがなければ運転を中止します。また8月7日(火)、9月11日(水)は5時間運転で、10月は定期検査のために運転は行いません。詳細は「平成13年度立教大学原子力研究所原子炉運転計画」を参照してください。

(戸村健児)

東北大学原子核理学研究施設

平成12年度後期～平成13年度前期の課題採択がなされ、順調の消化されています。採択一覧を以下に紹介します。放射化分析等、当施設利用に興味をお持ちの方は、核理研(大槻: Ohtsuki@LNS.tohoku.ac.jp)まで連絡して下さい。

放射化学関係課題採択リスト [平成12年度後期及び平成13年度前期]

平成12年度後期

2402	藤川辰一郎	東北大院工	マグネシウムに於ける拡散
2403	関根勤	東北大院理	長寿命放射性核種の環境中移行における基礎科学反応研究
2404	秋葉憲一	東北大素材研	フライアッシュのゼオライト化及び核種の分離固定
2405	鹿野弘二	NTT	ファイバアンプ用ガラス中の炭素の光量子放射化分析
2406	三頭聰明	東北大金研	^{229m}Th の製造とその崩壊特性
2407	山村朝雄	東北大金研	Csトレーサーの製造精製法の開発
2408	中西孝	金沢大理	$^{230}\text{Th}(\gamma, n)$ 反応で生成で生成する ^{229m}Th の反跳捕集
2409	大槻勤	東北大核理研	標識化による金属内包フラーレン及びヘテロフラーレン生成とその応用
2411	福島美智子	石巻専修大	海洋環境における動植物の多元素同時放射化分析
2412	海老原充	都立大院理	光量子放射化分析法による隕石試料中のハロゲン元素の定量

平成13年度前期

2420	関根勤	東北大院理	長寿命放射性核種の環境中移行における基礎科学反応研究
2421	藤川辰一郎	東北大院工	軽金属における拡散
2422	大浦泰嗣	都立大院理	光核破碎および光軽核生成反応の放射化学的研究
2423	鹿野弘二	NTT	ファイバアンプ用ガラス中の炭素の光量子放射化分析
2424	中西孝	金沢大理	$^{230}\text{Th}(\gamma, n)$ 反応で生成する $^{229m, 229}\text{Th}$ の反応収率測定
2425	海老原充	都立大院理	宇宙・地球化学的試料の光量子放射化分析
2426	三頭聰明	東北大金研	^{229m}Th の製造とその崩壊特性

2427	大槻勤	東北大核理研	標識化による金属内包フラーレン及びヘテロフラーレンの研究 と応用
2428	秋葉憲一	東北大素材研	K-H ゼオライトへの放射性核種の吸着挙動

(大槻 勤)

京都大学原子炉実験所

KUR の現状

京大原子炉実験所は 1995 年（平成 7 年）に研究組織の再編成が行われ、新たな研究体制のもとで KUR の健全性を確保するため整備を行い、これを用いて特徴のある研究を推進し、その発展として核融合までも視野に入れて核エネルギーの新利用方式に関連した原子核エネルギーの分野と放射線・粒子線の高度利用の分野の新しい研究動向に対応する事になっている。同時にスタートした 5 ヶ年の特別整備計画において、KUR と関連実験設備の整備が順次進められて、それとともに、さらに新しい研究動向に対応するため実験所将来計画の検討が積極的に進められている。

また、長年の懸案事項である使用済燃料の処遇について新たな進展が見られ、米国への搬出が可能になり、2007 年に全ての搬送を終えることを目標に作業が進められている。一方、使用済燃料の引き渡し契約において、核不拡散政策への協力のため、手持ちの高濃縮ウラン燃料による運転の期限が 2004 年 3 月末日という約束になっている。この期限以降は高濃縮ウランを用いて KUR の運転は継続できないので、運転継続する場合は低濃縮化が必要となる。低濃縮化に向けては燃料の入手、使用済燃料の処分の方法、設置変更承認などを解決しなければならない。燃料入手は国家的問題であり、運転継続については地元の了承も必要である。それに低濃縮使用済燃料の処分方法も問題となっている。現段階では燃料の低濃縮化は 2006 年に間に合わない状況も考えられ、最悪の事態としては 2006 年で止まる恐れもあります。

今後、KUR の燃料を低濃縮化して継続運転をどの程度まで行えるかが当面の問題である。さらに実験所では KUR に代わる中性子利用の基礎研究を推進する将来計画として、未臨界炉と加速器を組み合わせたハイブリッド型中性子源の計画がある。国の財政事情、省庁再編、地元の了解、大学の独立法人化、省庁統合後の研究機関の連携など流動的要因が多々あり、構想の域を脱していない。

(高田 実弥)

2427	大槻勤	東北大核理研	標識化による金属内包フラーレン及びヘテロフラーレンの研究 と応用
2428	秋葉憲一	東北大素材研	K-H ゼオライトへの放射性核種の吸着挙動

(大槻 勤)

京都大学原子炉実験所

KUR の現状

京大原子炉実験所は 1995 年（平成 7 年）に研究組織の再編成が行われ、新たな研究体制のもとで KUR の健全性を確保するため整備を行い、これを用いて特徴のある研究を推進し、その発展として核融合までも視野に入れて核エネルギーの新利用方式に関連した原子核エネルギーの分野と放射線・粒子線の高度利用の分野の新しい研究動向に対応する事になっている。同時にスタートした 5 ヶ年の特別整備計画において、KUR と関連実験設備の整備が順次進められて、それとともに、さらに新しい研究動向に対応するため実験所将来計画の検討が積極的に進められている。

また、長年の懸案事項である使用済燃料の処遇について新たな進展が見られ、米国への搬出が可能になり、2007 年に全ての搬送を終えることを目標に作業が進められている。一方、使用済燃料の引き渡し契約において、核不拡散政策への協力のため、手持ちの高濃縮ウラン燃料による運転の期限が 2004 年 3 月末日という約束になっている。この期限以降は高濃縮ウランを用いて KUR の運転は継続できないので、運転継続する場合は低濃縮化が必要となる。低濃縮化に向けては燃料の入手、使用済燃料の処分の方法、設置変更承認などを解決しなければならない。燃料入手は国家的問題であり、運転継続については地元の了承も必要である。それに低濃縮使用済燃料の処分方法も問題となっている。現段階では燃料の低濃縮化は 2006 年に間に合わない状況も考えられ、最悪の事態としては 2006 年で止まる恐れもあります。

今後、KUR の燃料を低濃縮化して継続運転をどの程度まで行えるかが当面の問題である。さらに実験所では KUR に代わる中性子利用の基礎研究を推進する将来計画として、未臨界炉と加速器を組み合わせたハイブリッド型中性子源の計画がある。国の財政事情、省庁再編、地元の了解、大学の独立法人化、省庁統合後の研究機関の連携など流動的要因が多々あり、構想の域を脱していない。

(高田 実弥)

コラム

最近、国内（国際）会議や研究会がやたらと多い。場合によっては同じ話を何度もしたり聞かされたりしたことないだろうか。しゃべる方も聞くほうも”またこの話しを!?”というように。報告書を要求されたときは他の研究会のための原稿をそのままという訳にもいかず、何か色艶を付け加えたり、”いろいろ”するものである。

最近小生もある研究所で話をして報告書を要求された。しかし、黙って”し〜っ”としてやり過ごしている。原稿提出の要求が一回だけあった。しかしさらにそのままにしている。それに関してちょっとした裏の情報を得た。ある信頼される情報だとその前回の研究会レポートも出版されていないそうだ。なぜそのようなになっているか？つまり、こうである。前回の研究会では非常に偉い先生がしゃべったのだそうだ。その先生に原稿を何度依頼してもいっこうに書いてくれない。”わかりました。近いうちになんとかします。”と言っているそうなのだが。その報告書の号ではこの大先生の話（原稿）がないとどうにも格好がつかない。つまり、研究会は大先生の話を中心に組み立てた研究会だったのだ。前回の号が出版されなければ、小生がしゃべった研究会の号は出しにくい。それで、小生のところにも報告書の催促がこないのではなかろうか。開催される研究会が多いと、このようなこともまねく。小生は過日に別のある研究会に出席して話をしたが、報告書に関してはやはり黙ってやり過ごそうとしたが、ついに要求に屈してやり過ごすことに失敗してしまった。しかし前述の某研究所の報告書においては、大先生のがんばり（？）のおかげで、今だになにも要求されないで助かっている。その大先生にエールを送りたい。半年以上も過ぎると”近いうちになんとかします。”と言う言葉すらなくなってしまうだろうから、それまで持ちこたえてほしいものである。

一般に締切りに関しては守る人（守ろうとする人）と守らない人に分かれる。締切りに充分余裕を持って書く人（このような人は尊敬に値するが、あまり例をみない）、締切り直前になって（尻に火が付いて）やっと準備を始める人（大多数の人。小生もこのグループに入る）、そして例の大先生のように締切りなんて関係ない人（このタイプの人には特に大先生に多いようである）。

締切りに遅れても書くということはその研究会やソサイエティーにとって重要な場合もあり、書く側にとってみればその重要性を鑑みて原稿を提出するのが理想である。こうなるためには会議や研究会の数を少し減らして満足できる会を開催する必要があるように思われる。最近目立つのは（本誌に書き残すべきかどうか迷ってしまうが）、年度末になると多く開催される研究会である。ある人々はそのような研究会のことを道路工事研究会と言ひ、そしてその研究会出席のためにする出張のことを道路工事出張と呼ぶらしい。今後、大学にも独立行政法人の嵐が襲ってくるが、たとえば予算に関して単年度予算をやめれば道路工事研究会の数が多少減ることも期待される。しかし、考えてみると充分余裕を持って物事にあたる人は少なく、締切り直前にならないと尻に火がつかない人が大多数であることを考えると、予算消化に関して単年度予算消化をやめても道路工事研究会がなくなるかどうか・・・。

最後に原稿依頼に関してであるが、本誌のように会員をつのってわずかでも会費を取って会を運営している場合は、編集出版に係わっているものにとってある期間ごとに出版しなければどうにもきまりがわるい。しかし、原稿をお願いしても例の大先生のように”わかりました。近いうちになんとかします。”と言う回答を貰いつつも、いっこうに稿了にならない場合は編集者は非常に困ってしまう。そこで編集者はそのような場合に備えて、他の人にも原稿を依頼しておくのがベターである（いわゆる保険のようなものである）。もし、うまくいけば原稿が多く集まり、今号に掲載しないでも次号に使うこともでき、楽ができるかもしれない。さもないと自分で原稿を書かなければならない状況にもなりかねない。

文責 T.O

学会案内

(1) Third International Symposium on Nuclear Analytical Chemistry

すでに放射化分析研究会の会員の方には電子メールで案内が流れていますが、本号の榎本さんの紹介記事にありますカナダ、Dalhousie 大学の Chatt 教授が6月に国際学会を主催します。かなり急なアナウンスですが、会期中に Hevesy メダルも授与されるということで、かなり“重みのある”会になるものと考えられます。以下に 1st circular を掲載します。

THIRD INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NUCLEAR ANALYTICAL CHEMISTRY (NAC-III)

2001 JUNE 11-14

at

the SLOWPOKE-2 Facility
Trace Analysis Research Centre
Department of Chemistry
Dalhousie University
Halifax, Nova Scotia
B3H 4J3
Canada

First Circular

Introduction

The Third International Symposium on Nuclear Analytical Chemistry (NAC-III) is being sponsored by the SLOWPOKE-2 Facility at Dalhousie University and will be held in Halifax. It will follow the traditions set in NAC-I (1985 June in Halifax) and NAC-II (1992 June in Toronto). The primary objective of the NAC-III symposium is to provide a forum for exchange of information on recent developments in nuclear analytical chemistry. Both fundamental and applied aspects of the subject area will be covered in scientific sessions and informal discussions.

Several sessions will also be organized to honour many distinguished scientists who contributed so much to enrich the field of nuclear analytical chemistry. Their names will be listed in the Second Circular.

The Hevesy Medal Award will also be presented at NAC-III. The Hevesy Medal Award is the premier international award of excellence to honour outstanding achievements in radioanalytical and nuclear chemistry. This Award has been established by the Editor-in-Chief of the Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry (JRNC) and adjudicated by the International Committee on Activation Analysis (ICAA) of the Modern Trends in Activation Analysis (MTAA).

Technical Program

The technical program will be designed to cover various aspects of nuclear analytical chemistry. The sessions will consist of a series of plenary and invited lectures by experts as well as oral and poster presentations of contributed papers. Several internationally known scientists have agreed to present plenary and invited lectures.

A broad range of topics will be considered for presentations including: instrumental, preconcentration and radiochemical activation analysis, nuclear track techniques, nuclear probe and micro-probe techniques, stable and radioisotope tracer methodologies, gamma- and X-ray spectroscopy, and applications of these techniques to atmospheric, biological, biomedical, environmental, epidemiological, forensic, geological, industrial, nuclear, nutritional materials, etc., and to radioactive waste management, speciation, specimen banking, and related areas. A special poster session on nuclear analytical chemistry facilities will be organized.

To stimulate student participation, a student poster paper competition will be held and prizes awarded.

Call for Abstracts

Abstracts of papers to be presented at the symposium are solicited. Please use Times New Roman or similar fonts, 12 points, left justified, and single space. The abstracts should be typed in a box of 16.5 cm (6.5 in.) width and 11.4 cm (4.5 in.) length. The abstract should begin with the title of the paper (all capital letters, bold, left justified) followed by authors listed as first name, middle initial (if applicable) and family name, and complete institutional address (upper and lower cases). Please underline the name of the speaker, and write the e-mail address of the corresponding author in parenthesis beside his/her name. Please leave a blank line and then type the text of the abstract. Accepted abstracts will be photocopied and compiled in a booklet which will be distributed to the participants at the symposium. Please do not submit more than two abstracts per registered participant. One of the co-authors must be a registered participant for a poster paper to be displayed.

To expedite the process of submission, you are encouraged to send abstracts by e-mail to A.CHATT@DAL.CA (you can use either upper or lower case). If you are submitting the abstract by e-mail, please use either WordPerfect, Word or RTF.

If you are sending the abstract by airmail, please send the original and three copies of each abstract to: Prof. A. Chatt, SLOWPOKE-2 Facility, Trace Analysis Research Centre, Department of Chemistry, Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia, B3H 4J3, Canada.

All abstracts must be submitted by the deadline of 2001 April 13. Authors of the accepted abstracts will be informed through e-mail by 2001 April 27.

Publication of Papers

Full texts of all papers presented at NAC-III will be reviewed. Accepted papers will be most likely published in the Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry (JRNC), Articles. The papers from NAC-I and NAC-II were published in JRNC. Details for the preparation of full manuscripts will be sent to the authors of the accepted abstracts. The deadline for the submission of full paper is the first day of the symposium, that is 2001 June 11.

Registration Fee

A registration fee will be charged to all participants to help defray the cost of holding the symposium and its direct activities. This fee includes a copy of the abstract booklet, a copy of the journal containing NAC-III papers, 4 lunches, 8 nutrition breaks, and a banquet.

The deadline for the advance registration fee is 2001 May 05. There are five categories of the advance registration fee:

(1) Full participant	USD350.00
(2) Full participant from a developing country	USD250.00
(3) Full participant recently retired	USD250.00
(4) Full student participant	USD250.00
(5) One-day registrant	USD100.00

Notes on category (2): This symposium is being organized on a self-supporting basis. Although we would very much like to help the scientists from developing countries, we are very sorry that no financial assistance towards travel, lodging, etc. will be available from the organizers of NAC-III. We would like to encourage you to look for financial assistance from international organizations, your institution and government, and others. In order to make a strong case of your funding application to these institutions as well as to demonstrate our commitment to involve more scientists from developing countries, we have decided to reduce the cost of your full registration fee to USD250.00. On the other hand if you can afford to pay the full regular registration fee of USD350.00, we will appreciate it very much if you could do so and thereby help another participant from a developing country since the pot for the reduced registration fee is not bottomless.

Notes on categories (3) and (4): The organizing committee would also like to encourage meaningful scientific exchanges between the more experienced and the budding scientists. We all can learn from the scientists who spent their life times in the nuclear analytical chemistry field. In order to promote this interaction, we have decided to reduce the cost of the full registration fee of the recently retired but active scientists and of the students to USD250.00.

The registration fee after the deadline of 2001 May 05 for each category increases by USD100.00.

Symposium Rooms

All technical and poster sessions will be held in large lecture rooms at Dalhousie University. Slide and overhead

projectors will be available. An LCD projector will also be available for PowerPoint and Corel presentations.

Accommodation

A block of rooms is available to the NAC-III participants at a reduced rate at the Holiday Inn Select Halifax Centre, 1980 Robie Street, Halifax, NS. The rates are as follows: CAD109.00 (Single, Business Class), CAD124.00 (Double, Business Class), CAD10.00 (Each additional person, Business Class) plus applicable taxes per room per night. All rates are guaranteed for June 09-16. You must make your own reservation and say that you are attending the Nuclear Analytical Chemistry Symposium to obtain these special rates. For reservations, please contact the hotel directly by phone at 1-902-423-1161, by toll-free phone at 1-888-810-7288, by fax at 1-902-423-9069, or by e-mail to Leona Macadam at reservations@holidayinnselect.ns.ca. All reservations must be made by you before the deadline of 2001 May 05. Halifax is a very busy tourist and convention city in the summer. Neither rooms nor these rates are guaranteed after 2001 May 05.

Social Program

Informal get-together, reception, and a banquet are being planned. Sight-seeing tours may be organized depending on the interests of the participants.

Web Site

A web site for NAC-III is being constructed. We will inform you of this web site as soon as it is ready.

Deadlines at a glance

Abstract	2001 April 13
Acceptance	2001 April 27
Registration	2001 May 05
Hotel	2001 May 05
Full Paper	2001 June 11

A Final Note

We are sorry for this late circular. Most of the good hotels in Halifax were booked. The rooms became available only a few days ago. Many scientists around the world are asking about NAC-III and are planning to come. So we decided to hold it. We hope that you will understand and will also participate in NAC-III.

Please feel free to circulate this e-mail to others who may be interested in NAC-III.

If you are not interested in receiving further e-mails on NAC-III, please send me an e-mail, and I will take your address off my list. Sorry for the inconvenience.

For further information, please contact:

Professor A. Chatt
Killam Professor in Chemistry
General Chairman, NAC-III
SLOWPOKE-2 Facility
Trace Analysis Research Centre
Department of Chemistry
Dalhousie University
Halifax, Nova Scotia
B3H 4J3, Canada

Telephone / Answering Machine/ Fax: 1-902- 494-2474
Live Secretary: 1-902- 494-3305
Alternate Fax: 1-902- 494-1310
E-Mail: A.CHATT@DAL.CA

Preliminary Interest Info

Please return the following info card by e-mail to A.CHATT@DAL.CA expressing an intention to submit a paper or to attend the symposium. Inclusion of a tentative title will facilitate the planning of various sessions. Thank you in advance.

THIRD INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
NUCLEAR ANALYTICAL CHEMISTRY (NAC-III)
2001 June 11-14. Halifax, Nova Scotia, Canada

I would like to attend the symposium: YES NO

Please send future circulars: YES NO

I would like to present a paper; tentative title is:

Name (Title, First name, Middle initial, Last name):

Organization:

Department :

City:

Province/State:

Postal Code:

Country:

Telephone (country code and international number):

Fax (country code and international number):

E-Mail:

(2) 3rd International K₀-Users Workshop

今年の9月下旬にベルギーのブールージュで第3回国際 K₀ ユーザーワークショップが開催されます。以下に 2nd サーキュラーを掲載します。アブストラクトの締切は4月15日です。

3rd International k₀-User Workshop
23 – 28 September 2001
Bruges, Belgium

65 colleagues, from 27 countries, already expressed their intention to participate in our workshop. 40 preliminary titles were submitted. We are looking forward to your participation.

Scope and Topics

The 3rd International ko-Users workshop will be held 23-28 September, 2001 in Bruges, Belgium. It is jointly organised by the Institute for Reference Materials and Measurements (IRMM), an institute of the Joint Research Centre of the European Commission, and by the Belgian Nuclear Research Centre (SCK CEN).

As in the previous ko-workshops in Gent and in Ljubljana. the main incentive is to trigger an exchange of experiences among researchers and users in the field of Neutron Activation Analysis with ko-standardisation.

The following topics will be covered:

- General developments;
- Nuclear data;
- Irradiation facility characterisation;
- Detector characterisation;
- Dedicated software;
- k₀-NAA implementation and application;
- Quality assurance;

THIRD INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
NUCLEAR ANALYTICAL CHEMISTRY (NAC-III)
2001 June 11-14. Halifax, Nova Scotia, Canada

I would like to attend the symposium: YES NO

Please send future circulars: YES NO

I would like to present a paper; tentative title is:

Name (Title, First name, Middle initial, Last name):

Organization:

Department :

City:

Province/State:

Postal Code:

Country:

Telephone (country code and international number):

Fax (country code and international number):

E-Mail:

(2) 3rd International K₀-Users Workshop

今年の9月下旬にベルギーのブールージュで第3回国際 K₀ ユーザーワークショップが開催されます。以下に 2nd サーキュラーを掲載します。アブストラクトの締切は4月15日です。

3rd International k₀-User Workshop 23 – 28 September 2001 Bruges, Belgium

65 colleagues, from 27 countries, already expressed their intention to participate in our workshop. 40 preliminary titles were submitted. We are looking forward to your participation.

Scope and Topics

The 3rd International ko-Users workshop will be held 23-28 September, 2001 in Bruges, Belgium. It is jointly organised by the Institute for Reference Materials and Measurements (IRMM), an institute of the Joint Research Centre of the European Commission, and by the Belgian Nuclear Research Centre (SCK CEN).

As in the previous ko-workshops in Gent and in Ljubljana. the main incentive is to trigger an exchange of experiences among researchers and users in the field of Neutron Activation Analysis with ko-standardisation.

The following topics will be covered:

- General developments;
- Nuclear data;
- Irradiation facility characterisation;
- Detector characterisation;
- Dedicated software;
- k₀-NAA implementation and application;
- Quality assurance;

- PG-NAA

In addition, a special session on the development, preparation and characterisation of "Synthetic Multi Element Standards" (SMELS) will be scheduled.

A technical visit to the laboratories and facilities of IRMM and SCK CEN will be organised on 26 September 2001. The workshop papers will be reviewed and published in an international journal during 2002.

Call for Abstracts

Authors are kindly requested to carefully follow these instructions.

Abstracts should be limited to one page (size A4 or letter), written in Word97 for Windows format and submitted electronically as an e-mail attachment to k0NAA@sckcen.be. The deadline for receipt of abstracts is 15 April 2001.

All margins (top, bottom, right and left) should be set to 2.5 cm.

The abstract should be formatted as follows:

- Title in Times New Roman 14, bold, centered;
- one blank line;
- Author(s) name(s) in Times New Roman 12, regular, centered; presenting author underlined;
- one blank line;
- Affiliation(s) and address(es) in Times New Roman 12, regular, centered;
- two blank lines;
- Text in Times New Roman 12, normal, alignment justified, single space, no indent.

The authors are strongly encouraged to prepare their abstracts using the document template (Abstract.dot) to be downloaded from:

<http://www.sckcen.be/conf/k0NAA/>

All participants will be informed about the acceptance of their contribution before 01 June, 2001. The preliminary programme will be published on the workshop's web site, soon after.

International Scientific Committee

M. Blauw	IRI, Delft, NL
F. De Corte	INW, Gent, BE
V. Kolotov	Vernadsky Inst., Moscow, RU
R. Lindstrom	NIST, Gaithersburg, USA
Lin Xilei	TUM, Garching, DE
S. Pomme	SCK CEN, Mol, BE
P. Robouch	EC-JRC-IRMM, Geel, EU
A. Simonits	KFKI-AEKI, Budapest, HU
B. Smodi	IAEA, Vienna, AT
N. Spyrou	Univ. of Surrey, Guildford, UK
R. van Sluijs	DSM Res., Geleen, NL
C. Yonezawa	JAERI, Tokai, JP



Organising Committee

F. De Corte (Honorary Chairman)
S. Pomme and P. Robouch (Chairmen)
R. Gijbels (Member, Univ. Antwerp)
A. De Wispelaere (Member, INW)
C. Poortmans (Public Relations)
E. van Musscher (Secretary)

Venue and accommodation

The workshop will be held in the Grand Hotel Oude Burg. Located in the centre of Bruges. Often called "Venice of the North" because of its many canals, Bruges is one of the most exciting tourist attractions in Europe. Due to another large international event that will take place in Bruges, the many hotels available will be very demanded and the room availability is expected to be low. So, in order to ensure your stay, we strongly advise you to book your room as soon as possible. You must personally take care of your hotel reservations.

A number of rooms have been reserved - at the Grand Hotel Oude Burg - for the workshop participants at the special rate of 3200 BEF for a single and 3950 BEF for a double room (breakfast incl.). To benefit of these rates, please use the hotel booking form available on the workshop web site.

Grand Hotel Oude Burg***
Oude Burg 5,
8000 Brugge, Belgium
+32-50-44 51 11
+32-50-44 51 00
www.diamond-hotels.com/bruges/bruges.htm

Accommodations in hotels of other price categories (from 4000 to 1000 BEF/pers). for which no special rate arrangements were negotiated, can be found on
<http://www.brugge.be/Verlijf/en/hotelse.htm>

For more information about Bruges. visit
www.brugge.be

Registration Fee

Full registration includes attendance to all workshop sessions, lunches, coffee breaks, workshop dinner, excursion to the IRMM and SCK CEN and workshop proceedings.

Early registration (before 01.07.01) 400 EUR

Late registration (after 01.07.01) 450 EUR

Important Dates (deadlines)

- | | |
|------------------------------------|-------------|
| - Abstract Submission | 15.04.01 |
| - Notification of acceptance | 01.06.01 |
| - Registration | 01.07.01 |
| - Full paper submission | 23.09.01 |
| - corrected paper return to editor | Dec. 01 |
| - Publication | during 2002 |

SCK · CEN, GKD
Boeretang 200
B-2400 Mol, Belgium

+32 14 32 10 56
k0NAA@sckcen.be
<http://www.sckcen.be/conf/k0NAA/>

日本中性子科学会（仮称）との関係について

これまで中性子散乱研究者と中心に作られていた「中性子研究連絡会」を、「日本中性子科学会」に発展的改組する趣意書が、2001年1月11日付けで、中性子研究連絡会メール網に発信されました。その抜粋を資料に掲載します。

ここで想定されている研究の分野・課題は、

中性子源、中性子制御・検出、装置開発、中性子散乱
中性子ラジオグラフィ、即発ガンマ線分析、基礎物理
中性子産業利用、中性子医療利用、その他（ ）

とされています。これを見ると、中性子源とは云っても、中性子ビームに重点があるようです。そのためかどうか、上記キーワードには「放射化分析」が入っていない代わりに、即発ガンマ線分析が入っています。同じく、フィッション・アルファ・トラック法や RI 生産などが取り上げられていないことも、中性子ビームに力点があることの現れと考えられます。中性子ビームを中心に据えたことによって、中性子利用全般として片手落ちになってしまうのは迷惑なことになる可能性があります。例えば即発ガンマ線分析について勝手をされては放射化分析グループとして困ったことになります。

中性子研究連絡会を日本中性子科学会に発展させることについては、今年度から立ち上がろうとしている加速器中性子源計画を利用者側から支援し、利用の受け皿を形成する目的を持っていると見られます。加速器中性子源の利用については放射化分析研究会としても無関心であるわけではなく、何らかの形でコミットしていくことが望まれます。従って、日本中性子科学会と良い連携を保って協力的に進めていくことが重要です。

放射化分析研究会の幹事会ではこの件について稟議によって検討をしました。その結果、下記の意見書を中性子研究連絡会に発信しました。

2001年 1月 16日

中性子研究連絡会事務局 御中

「日本中性子科学会」設立について

拝啓、貴研究会いよいよご隆盛の段、お喜び申し上げます。

さて、貴研究会、この四月から「日本中性子科学会」に改組されるご計画の由、ご同慶に存じ上げます。中性子は、その粒子性・波動性、核反応性などを利用して多方面に使われており、これからも新しい利用が期待されていることは疑うべくもありません。このような認識に基づいて、中性子科学という分野が語られることは大いに意味のあることと思われまます。

しかし、中性子利用がこのような広がりを持っておりますことは、既にそれを糧としているグループが諸方に存在していることを意味しております。それらは、放射化分析研究会、フィッション・トラック研究会、中性子ラジオグラフィ研究会などの研究会として既に活動をしている部分も少なくありません。医療照射のように、研究会の形をとっていなくてもグループを形作っている分野もあります。中性子散乱を中心とする中性子科学研究会もその中の一つであるわけです。しかし今般「日本中性子科学会」を目指すにあたって、その設立趣意書及び入会登録書には中性子利用のほぼ全てが網羅されております。貴中性子科学研究会が現在関与している領域は中性子散乱、中性子物理・光学、中性子ターゲット系開発などに限定されており、決して中性子利用全体を代表しているわけではない現状に照らして、ある意味で僭越なことと云えます。

もし「日本中性子科学会」が中性子科学の全てを包括することを意図するならば、そ

の範囲の関係者にしかるべく相談があつて当然です。例えば、私ども日本放射化分析研究会から見て、「日本中性子科学会」がどのようなものであるか分からず、対応に戸惑うところが多いものがあります。特に貴趣意書等に「即発ガンマ線分析」というキーワードを含みながら「放射化分析」というキーワードが欠如していることについては、格別の意図があるのかとの疑惑も生まれます（即発ガンマ線分析は、放射化分析と並んで元素分析に用いられるもので、放射化分析と即発ガンマ線分析が分断されることを好みません）。

仮に又、趣意書等に記載されている研究領域や研究手法の羅列は、単に間口を拡げてみせただけで、実際には（或いは当面は）現在の中性子研究連絡会が取り扱っている範囲の活動を考えているというのであれば、「日本中性子科学会」という総称的な名前と趣意書の内容は将来に禍根を残し、放射化分析研究会はその影響をいたく被る可能性があります。

いずれにしても、貴研究会の今般の動きは色々な面で配慮に欠けたものであり、研究の社会的な在り方の視点からも、遺憾の意を表明せざるを得ません。

中性子科学の総合的な発展を心から願うならば、既に存在してグループと連携し共存共栄を目指すべきと考えます。我々も貴研究会等との良い関係を追求していくことにやぶさかではありません。この意味で、我々及び他の研究グループとどのような関係を保っていくべきか、早急に相談し調整を図る姿勢をお持ちになることを、貴研究会に要求いたします。

敬具

日本放射化分析研究会 幹事会

群馬大学	相沢省一
東京大学	伊藤泰男
東京都立大学	海老原充
同上	大浦泰嗣
武蔵工業大学	岡田往子
東北大学	大槻 勤
京都大学	片山幸士
京都薬科大学	桜井 弘
NTT	重松俊男
筑波大学	関 李紀
京都大学	高田実弥
名古屋大学	田中 剛
北海道大学	豊田和弘
KEK	榎本和義
日本原子力研究所	宮本ユタカ
熊本大学	百島則幸

この意見書に対して、2月17日付で中性子研究連絡会の会長から下記の回答がありました。

2001年2月17日

日本放射化分析研究会
幹事会 殿

中性子研究連絡会

立春の候、貴研究会におかれましては益々ご発展の事とお慶び申し上げます。

さて、さる 1 月 19 日付けの貴会よりの御意見ありがとうございます。年度末用務等で回答が遅れましたことを先ずお詫び申し上げます。

最初に「日本中性子科学会」設立を目指すに至った経緯を、簡単に説明させていただきます。1992 年に、主として中性子散乱分野ユーザーの声が結集されて自然発生的に、現「中性子研究連絡会」が発足しました。その際中性子散乱分野のみに限定すべきでなく、他の分野の方々も興味があれば気軽に参加できるようにとの考えから、公募した名前の中から「中性子研究連絡会」と名付けました。そして、その研究会の情報誌と位置付けた「波紋」(当初年 3 回、現在 4 回発行)の記事においても、中性子散乱ばかりでなく、中性子ラジオグラフィ (NRG)、中性子即発ガンマー線分析 (PGA) をはじめ、放射光、NMR などの分野の方々にも原稿をお願いして参りました。お陰で当中性子研究連絡会は以来 8 年間、ほぼ順調に推移しております。しかし、多数の非会員の方々からは、「現在の中性子研究連絡会の規定は不完全で、もっと正式な学会のような形を整えてもらわなければ、個人会員としてもあるいは協賛会員としても入会しづらい」という声が伝わって来ました。そこで第 3 期役員(会長 1 名+幹事 10 名;1997.10-1999.9)が体裁の整った組織にすべく検討を始め、年 1 回開催する総会で審議を重ね、さらに第 4 期(1999.10-2001.9)の役員により具体的な作業を進めました。そして 1999 年 12 月の第 6 回総会において事業内容と定款の骨子、2000 年 12 月の第 7 回総会において、学会名称、組織、事業内容、定款等各種規則、設立の手順を決定し現在に至っております。

次に、貴会からの具体的な主な御意見に対してお答えいたします：

(1) 今回「日本中性子科学会」を設立するに当たっても、従来を継承すること、すなわち中性子散乱研究分野が中心となるであろうが、関連する他分野の方々への壁を作らないことを申し合わせました。設立趣意書は、中性子源と中性子散乱が中心となっておりますが、中性子を利用した NRG や PGA については、歴史的事実として紹介している次第です。ここでこのような事実を省くことこそ、貴会をはじめとする関連分野に対して失礼になるとの判断です。

(2) 入会申込書の専門分野項目に NRG や PGA を入れたのは、このような分野の方を貴会や関連団体から引き抜こうとする意図は毛頭なく、興味をお持ちの方は気楽にお出で下さいという意味であり、もし入会された後にも会員相互の便宜のために設けたものです。

(3) 「日本中性子科学会」設立に関し事前に関連組織に相談しなかったとのご指摘ですが、貴研究会をはじめ関連団体と競合するとの認識は全くありませんでしたし、今も共存共栄は出来ても競合するとは考えておりません。

(4) 「日本中性子科学会」の名称が大きすぎて、他の団体に対して潜越であり将来禍根を残すとのご指摘ですが、この名称も半年にわたって会員の意見を汲み上げたものであり、ある程度好みの問題と思われれます。また研究者は自分の研究に関連した最も魅力ある研究会や学会に入会いたしますので、研究会の活動実績を無視して名称やその趣意書のみで判断するとは思われません。さらに、将来学術団体として公的に登録する場合であっても、名称ではなくその活動の中身を厳しく審査されますので、貴研究会にご迷惑をお掛けすることは決して無いと確信いたします。

以上、当中性子研究連絡会では、「日本中性子科学会」設立について、すでに 3 年半にわたって議論し、適宜「波紋」に経緯を掲載し、さらに 3 回の総会で審議決定した経緯があります。わずか会員 300 名余りの小研究会ではありますが、その決定には重大な重みがあります。

今後とも、貴研究会ならびに関連する学術団体と、共存共栄を図る努力を傾注する積もりですので、なにとぞご理解下さるようお願い申し上げます。

敬具

趣意書（資料）では中性子科学を総合的にカバーする姿勢が明白でありながら、この回答書では、中性子散乱研究分野が中心となるであろうが、関連する他分野との壁を作らない姿勢であるとされています。しかしながら、日本中性子科学会という総称を用いることについては“好みの問題”と釈明し、“活動の中身で勝負する”と強弁しています。自信の程がありありと出ていて羨ましいくらいですが、自分たちの思考と行為の正当性を疑うことなく、自己主張を貫徹するというこのグループの体質が良く現れています（私日頃から云っていることですが、ある意味で見習うべきことでもあります。）

とは云え、過去、JRR-3M のビームホールの配分（取り合い）をする際このグループの実行力が強力であったこと、その一つの結果として PGA のビームポートとマシンタイムが極めて少ないという状態が未だに続いていること、などを思い起こすと、このグループの動きには敏感にならざるを得ません。今後中性子源等を確保していくためにも、中性子科学という大きな枠で話をしていくことは有効なことであることを考えると、中性子散乱グループの体質を知りつつ、上手に一緒にやっていくことが必要になると思います。

現在、研究分野や手段が幾つかの学会組織にまたがるのが非常に多くなっています。関連する組織に全て参加しようとする経済的にも時間的にも負担が大きくなるという問題が発生します。放射化分析研究会は、二年前、日本放射化学会が発足する時にこのような問題に遭遇しました。この時は日本放射化学会側にも理解があって、数回に渡って事前協議を重ねた結果、独立に活動しつつ、兄弟的な協力関係を保っていくことが了解され今日に至っています。今回、日本中性子科学会との関係において同じ問題が発生しているわけですが、放射化分析研究会から見て、日本放射化学会と日本中性子科学会は、ベクトルの向きが違うものの、距離感的には似たようなものです。従って、相互に了解しあった良い関係を同じように築いていくことが望まれます。中性子研究連絡会会長にもそのような趣旨で話し合いをしていきたい旨、お伝えしてあります。

（文責 放射化分析研究会事務局 伊藤泰男）

2001年1月11日

中性子研究連絡会会員ならびに中性子科学関係者各位

(前略) さて、1992年に発足した、いわば同好会的な研究者の集まりである現「中性子研究連絡会」を発展的に改組して、今後の我が国の中性子科学全般(中性子源から中性子利用に至る研究と関連分野の研究)の一層の発展をはかる学術団体としての「日本中性子科学会」を2001年4月に設立することが、一昨年来の中性子研究連絡会総会において承認されております。それに基づき、これまで、いろいろな検討を重ね、設立準備を進めてきました。

つきましては、設立趣意書、定款、細則、規定、組織図を送付いたします。この新「日本中性子科学会」は、次の手順で立ち上げる予定ですので、現中性子研究連絡会会員の皆さんはもちろん、新しい会員の方々の登録を心よりお待ちしております。

「日本中性子科学会」役員予定者選挙管理委員会

319-1195 茨城県那珂郡東海村白方 2-4

日本原子力研究所東海研究所 大学開放研
東京大学物性研究所附属中性子散乱研究施設内
中性子研究連絡会事務局気付

電話 (029)282-5782

ファックス (029)282-8709

電子メール hamon@issp.u-

tokyo.ac.jp

【設立の手順】

1. 日本中性子科学会の会員登録開始(2001/1/11より)
2. 2001/2/9(金)までに登録した中から、日本中性子科学会第1期(2001/4/1-2003/3/31までの2年間)の会長、評議員予定者の選挙の有権者および被選挙者とする。2001/2/9を過ぎても会員登録は常時受け付ける。
- 3~6. (会長、評議員候補の選定の手順、省略)分野にアンバランスが生じることを避けるため、会員一覧表には専門分野(会員登録書に明記)を掲載する。
7. 選挙結果を会員に通知する(3月下旬)。同時に2001年度の会費払込の案内を配付する。
正会員(年額 一般¥6000、学生¥2000)
9. 2001/3/31に現「中性子研究連絡会」を廃止し、2001/4/1に新「日本中性子科学会」を設立する。

【会員登録】

以下の各欄を御記入の上、選挙管理委員会宛にお送り下さい。締めきり: 2001年2月9日(金)

1. 氏名(ふりがな、あるいは読み)
2. 所属(学生は、大学院、研究科、専攻、学年)
3. 連絡先住所(勤務先あるいは自宅)
電話、ファックス
4. 電子メールアドレス
5. 専門分野(次の中から選んで下さい。どれにもあてはまらない場合は、その他として、適当にお書き下さい。複数選んでも構いません。)

中性子源、中性子制御・検出、装置開発、中性子散乱、中性子ラジオグラフィ、
即発ガンマ線分析、基礎物理、中性子産業利用、中性子医療利用、その他()

資料 学術審議会から

学術審議会の特定研究領域推進分科会・原子力部会に於いて「大学における研究用原子炉の在り方について」検討され、平成12年11月24日付で提言が発表されています。学術審議会の性格上視野が学術研究への利用に限定され、かつ現在の情勢の影響を受けて、京大炉の将来計画が中心となり、加速器中性子源にも重点が置かれています。一方、“民間”である私大炉の問題はこれまでも付け足し程度の取り扱いしかされて来なかったのですが、それでも、これまでの取り扱いに比べればわずかに前進しているとは云えます。また”放射化分析”についても、僅かとは云え評価が回復しています。

以下、全文を掲載します。長文ですが

2-(3)放射化分析、

3 学術研究に供される研究用原子炉に求められる機能とその整備の考え方、

6-(4)小型研究炉の今後の在り方

などだけでも拾って読んでみて下さい。

(東京大学・原総センター伊藤泰男)

大学における研究用原子炉の在り方について

1 はじめに

研究用原子炉は、核分裂の結果発生する中性子等を利用する装置として学術研究上極めてユニークな役割を果たしてきている。このことに鑑み、本部会は平成5年には、大学に設置されている唯一のMW級研究用原子炉である京都大学研究用原子炉（以下、「KUR」という。）が今後とも学術研究の進展に着実な貢献を行うことができるか否かについてレビューを行い、平成11年には、世界で有数の能力を有している研究用原子炉JRR-3等を学術研究に係る利用にも供している日本原子力研究所（以下、「原研」という。）や有力な高速中性子の重照射場を有する高速実験炉「常陽」等を学術研究に係る利用にも供している核燃料サイクル開発機構（以下、「サイクル機構」という。）と大学との連携・協力の在り方について検討し、提言を行ってきたところである。

しかしながら、近年に至り、米国政府により研究用原子炉の使用済高濃縮ウラン燃料の引き取り期限が明示されたこと、内外において次世代の研究用中性子源として大強度加速器中性子源の計画が進みつつあること、私立大学所有の研究炉（以下、「私大炉」という。）に利用運転できないものがでてきていることなどから、研究用原子炉の学術研究装置としての位置付け等について再び検討が必要となっている。そこで、本部会は、平成12年6月より、全国の大学の研究者が共同利用するMW級研究用原子炉としてのKURの今後の在り方を中心に、大学における研究用原子炉の在り方について審議した。

2. 研究用原子炉を利用する学術研究分野の現状と今後の動向

研究用原子炉を利用する学術研究分野は、研究者の創造力の赴くところに従って多種多様であり、時とともに変化するが、それらは中性子散乱、照射効果、放射化分析、放射線計測、原子核科学、原子炉及び関連燃料サイクル工学の各分野に大別できる。平成5年7月の学術審議会報告以降の動向を踏まえて見直したこれらの研究分野の現状と今後の進展の可能性は、以下のとおりである。

(1) 中性子散乱

中性子散乱は、熱中性子ビームをプローブとして物質の結晶構造・磁気構造、原子・分子・スピンの運動状態を調べ、物質の物性や機能を発現するミクロな機構を解明する実験手段であり、これにより、超伝導体、磁性体、誘電体、高分子などの構造及び動力学の解明が行われている。近年ではさらに波長の長い冷中性子を用い、中性子が水素原子認識力に優れている特徴を活かして、生体物質などの巨大分子の構造と運動の解明が行われるなど、生命科学分野においても重要な実験手段となりつつある。国内における主な

研究の場は原子炉中性子が利用可能なKUR及び原研のJRR-3、そして加速器中性子源が利用可能な高エネルギー加速器研究機構（以下、「高エネ機構」という。）の Puls 中性子源 KENS である。

中性子散乱は今後とも生命科学・物質科学の分野で有力な研究手段であるとされていることから、これらの施設の主要な利用形態であり続けると予想される。なお、中性子ビーム強度を増大するなどして探索可能な運動量・エネルギー領域を拡大できれば、物質の構造や運動状態に関する新しい知見を得る可能性が高ま

ることから、将来においては、100MW級研究用原子炉若しくはそれに代わり得る大強度加速器中性子源の整備が望まれている。

(2) 照射効果

この研究分野はさらに材料物性、照射損傷、医療照射の研究分野に分類される。このうち材料物性の研究分野は、中性子等の照射による各種材料物性の変化を研究するものであり、照射損傷の研究分野は、照射による材料特性の劣化の発生機構及び抑制方法を研究するものである。これらの研究には大量の中性子照射が必要であり、国内における研究の場はKUR、原研のJRR-3、材料試験炉JMTR、及びサイクル機構の高速実験炉「常陽」等である。

これらの分野では、研究の進展とともに、研究対象を拡大する一方、現象をより深く理解するために照射温度領域や照射線量率の拡大、線質を含む照射条件や照射雰囲気の高精度な制御が求められているので、今後とも利用研究者、設備開発研究者は、協力してこのような照射条件の高度化や精密化の要求を実現して、これらの原子炉施設を継続して有効に活用していくことが期待される。

なお、革新的な原子炉燃料・材料や核融合炉プラズマ対向材料等の開発を目指す重照射効果に関する研究等には 10^{22}n/cm^2 を超える積分中性子束が必要な場合がある。これは原研のJMTR及びサイクル機構の「常陽」と高速増殖原型炉「もんじゅ」により辛うじて達成できる高い水準の要求であることから、これらの原子炉の利用可能性を一層拡大すること、及び、(1)で述べた100MW級研究用原子炉や大強度加速器中性子源の整備が望まれている。

医療照射の研究分野は、患者の安全を確保しつつ患部に原子炉中性子を選択的に吸収させてこれを治療する技術を開発するもので、悪性腫瘍の中性子捕捉療法の開発に代表される。この場合、熱中性子、熱外中性子をビームとして利用するが、ガンマ線の混入の少ない照射場を整備することが肝要である。過去には武蔵工業大学の研究炉や原研のJRR-2等も使われたが、現在の主な研究の場はKURと原研のJRR-4である。今後は、照射場等をさらに改善するなどして、これらの施設を引き続き効果的に活用し、深部ガン等の治療を可能にする研究が実施されることが期待されている。

(3) 放射化分析

放射化分析は、中性子照射による放射化を利用して試料の元素分析を行う手法であり、近年、物質科学はもとより、地球科学、環境科学、考古学に至る多くの学術研究分野で日常的に利用されている。この手法

は、現在のところ物質の状態分析に至らない欠点を有するが、超微量元素分析法の中では精度の点で最も優れた手法であることが認識されつつある^(注)。利用可能な中性子束レベルが高いほど多様かつ多くの分析需要に応えることができるが、数百kW級の私大炉でも多くの需要に応えることが可能である。最近、原研のJRR-3やJRR-4に中性子ビームガイドが設置されて即発ガンマ線分析などの新しい手段が実用化されたこともあって、新たな分野の研究者がこの手法の利用者として参加してきており、利用分野と利用者は今後とも増大していくと予想されている。

(注)元の文章は“精度の点で最も優れている”となっていたが、最終的には“精度”に変わっている。

(4) 放射線計測

放射線計測技術は、物質を透過してきた中性子をはじめとする各種放射線を精度よく測定し、被透過物質の特性解明に役立つ情報を得るために必須の技術であり、これまでに中性子の高感度検出技術、中性子ガンマ線相関測定技術、超短時間計測法、動的観察が可能な中性子ラジオグラフィ技術等が開発され、様々な分野の学術研究に効果的に利用されている。また、こうして開発された放射線計測技術は、医学分野における短寿命放射性同位元素(RI)を用いる診断、治療及び研究にも必須の技術となっている。この分野の研究は、今後とも学術研究や産業活動が求める高い精度の計測技術の実現していくとともに、それらを通じて放射線影響に関する知見の増大に伴って求められている線量評価技術の高度化等に寄与して、放射線防護に関する学術の発展にも貢献していくことが期待されている。

(5) 原子核科学

この研究分野は、原子核構造の究明や核データの測定・整備、アクチノイドなど核変換生成核の性質に関する研究を行うものであり、現在の代表的研究はKURに附設された同位体分離装置等を利用した中性子過剰核の特性分析、超冷中性子を用いて行われている中性子自身の基礎物理、あるいは熱中性子捕獲 γ 線の精密測定等である。この分野の研究は、MW級の研究用原子炉においても適切な研究設備を附設して実施されることにより、今後とも学術上重要で未解決な課題の解決に寄与できる可能性が少なからずあり、しかもその成果はエネルギーとしての原子力の開発利用を推進する上で基盤となる核データ等の体系化にも貢献できると期待されている。

(6) 原子炉と核燃料サイクルの工学

この研究分野は、原子炉の設計に始まり、運転管

理、定常時及び事故時の燃料の振る舞い、使用済燃料の再処理、原子炉の廃止措置を含む放射性廃棄物の管理と処分に至る、原子炉のライフサイクル全般にわたる多様な工学技術の探索と体系化を目指すものである。国内における主な研究は、KURや東京大学の高速中性子源炉「弥生」、原研及びサイクル機構等（以下、「研究開発機関」という。）や産業界の有する研究用原子炉や臨界集合体、及びその関連研究施設を利用して行われており、新しい原子炉概念や伝熱技術、燃料並びに再処理技術、中性子や放射線輸送解析技術の提案等が行われてきている。今後とも、資源や環境制約の下でエネルギー供給を安定的に確保する有力な手段の一つとして原子炉が長期にわたって利用されると予想されるので、大学等が新しい原子炉及び核燃料サイクル技術の探索とその工学技術の体系化に対して貢献することが引き続き期待されている。

なお、研究用原子炉は、以上のほか、臨界体系の振る舞いや放射線と物質の相互作用に関して臨場感のある“体験”を学部学生や大学院学生に提供して、人材養成に大きく貢献してきている。こうした体験をさせ

る教育目的には小型研究炉および臨界装置が適しており、これまでKUR、京都大学原子炉実験所の臨界集合体実験装置KUCA、東京大学の「弥生」、原研の軽水臨界実験装置TCA、高速臨界実験装置FCA、サイクル機構の重水臨界装置DCA及び私大炉が利用されてきている。近年、創造力を高める観点から教育における実験・実習の重要性が強調され、他方、原子力技術に対する国民の理解を深める観点から国民の原子力技術に関する実体験機会の充実が求められているので、これらの研究用原子炉や臨界実験装置は、今後、こうした面においても一層大きな役割を果たしていくことが期待されている。

また、医療目的に使用される短寿命RIや半導体製造に利用されるシリコンには原子炉で製造されているものもある。我が国は前者のうちで特に重要な⁹⁹Moを100%輸入に頼っているが、海外の大学等の中には、これを研究用原子炉で生産して利用しているところもある。

これらは原子炉を利用する研究分野とは言えないが、研究用原子炉の有する重要な機能として留意する必要がある。

3. 学術研究に供される研究用原子炉に求められる機能とその整備の考え方

上に述べた研究用原子炉を利用する学術研究分野の今後の動向を踏まえると、国内の研究用原子炉に関しては、様々な利用研究の場として現在の機能を引き続き着実に維持していくことが重要であるが、同時に、これらを用いて行われる研究の奥行きと広がりが増大に対応して、以下のように新しい機能を整備していくことも求められている。

(1) 高中性子束

多くの研究分野で、現状より高い中性子束を利用できることが研究の質及び効率の向上の観点から望ましくとされている。なかでも中性子散乱や照射効果の研究分野の一部では、定常中性子源である研究用原子炉で 10^{15} n/cm²secを超える高中性子束を利用できる環境を整備することに対する強い希望がある。

(1) 照射条件の制御

多くの研究分野で、研究の進展とともに、照射線量率の拡大のみならず、照射温度領域を含む照射条件の多様化、エネルギーや線質を含む照射条件や照射雰囲気の精密な制御が求められている。

(3) 新しい利用者への対応

中性子回折、放射化分析、中性子ラジオグラフィ等の中性子を利用する研究手法が一般化してきており、これまで原子炉利用に縁の薄かった研究者が、これらの手法により新しい成果を得るために、研究用原子炉を利用するようになってきている。このため、我が国の学術研究の円滑な進展に資する観点から、こうした新しい研究者にとっても利用しやすい研究炉利用環境の

整備が求められている。

(4) 原子力エネルギー技術の基盤研究

原子力発電は、地球環境制約のもとで長期にわたって安定なエネルギー供給を確保していくための有力な手段の一つとして引き続き利用していくべきとされており、そのため、安全性、信頼性、経済性、利便性、環境適合性に一層優れた新しい型式の原子炉や関連する燃料サイクル技術の開発が計画され、推進されている。そこで、これまで使われていない運転条件、機器、構造、設備、材料、核燃料物質を利用した原子炉や核燃料サイクルの開発を支える基盤となる工学技術の研究を、適切な臨界実験装置を含む研究用原子炉及び関連研究施設を利用して実施できるよう、これらの利用環境を充実・整備することが求められている。

(5) 人材養成

原子力に関する学術研究と原子力エネルギー技術の開発利用を推進するためには、人材の確保が重要であるが、原子力分野の特殊性に鑑み、人材養成の中核的機関としての大学の原子力関係研究教育施設を用い

てのこの分野の人材養成に対する期待が大きい。そこで、この分野の人材養成に利用できる研究用原子炉とその附属施設・設備の維持・充実が求められている。

これらの機能を整備する方策については、原子炉固有の制約条件に配慮しつつ検討される必要があるが、当面、以下のことが指摘できる。

(1) 大強度加速器中性子源

10^{15} n/cm²sec以上の最大熱中性子束を得るためには、高濃縮ウラン燃料を用いた100MW以上の熱出力を有する原子炉が望ましい。しかしながら、今後は高濃縮ウランの入手が困難と予想されることから、こうした原子炉の建設計画はない。一方、近年、加速器技術の進歩により加速器中性子源が注目されており、この方式による強力中性子源がいくつか計画、建設されている。

中性子散乱の分野では、原子炉から得られる定常中性子ビームは、角度分散の方法により特定の運動量・エネルギー領域内の精密な測定を行うのに適しているのに対して、加速器から得られるパルス状中性子ビームは、飛行時間法により一度に極めて広い運動量・エネルギー領域を測定するのに適していることから、これらは互いに相補的な関係にあるとされている。我が国では1980年に世界最初の中性子散乱専用のパルス中性子源 KENS（陽子ビーム出力3kW）が全国共同利用施設として現子高エネ機構に建設され、以来、原研のJRR-3と同様に、多数の中性子散乱の研究者に利用されてきている。

他の研究分野においても、原子炉は大きな体積の照射物に連続モードで大きな積分中性子束を照射するのに適しているのに対して、加速器によるパルス中性子源は10~100Hz程度の繰り返し問題にならない積分照射や高いピーク値を有する中性子束による照射に適している。なお、数MeV以上のエネルギーを有する中性子による照射は加速器中性子源によるしかない。

以上の観点から、高エネ機構・原研が共同推進している大強度陽子加速器計画において建設することが計画されているパルス中性子源（陽子ビーム出力1~5MW）は、次世代の大強度中性子源として、特に中性子散乱の研究分野を中心として多くの新しい学術研究分野の開拓に貢献することが期待される。

しかしながら、大強度加速器中性子源が利用可能になっても、その性能を最大限に発揮させるためには、事前に多様な照射条件及び精密な照射条件の設定が可能なMW級研究用原子炉で研究手法を開拓し、人材を養成することが実際的であるから、研究用原子炉との共生が不可欠であること、時間および空間で積分した中性子強度が重要な研究分野にとってはなお研究炉の方が優れた研究装置であること等から、研究用

原子炉は引き続き学術研究上重要な役割を有することを忘れてはならない。したがって、今後、この中性子源の計画の具体化に応じて、双方の特徴を活かした有効な役割分担について具体的に検討を深めていく必要がある。

(2) 照射条件の精密な制御

照射効果の研究の推進上必要とされる照射線量率の増大、照射温度領域を含む照射条件の多様化、エネルギーや線質を含む照射条件、照射雰囲気の精密な制御方法の開発には、研究者がKURのほか、原研やサイクル機構の原子炉などから研究目的に適した施設を選択し、そこで施設の運転者と共同してこれらの制御方法の開発を進めていくべきである。ただし、KURにおいて実現されたこの分野の優れた開発がそれぞれの施設でも実現できるためには、これらの施設の運転管理者と研究者との良質な共同作業が必須の条件であるから、関係者にはこれが可能となる条件を整備していくことが期待される。

また、この観点から、核破碎ターゲットを用いた加速器中性子源やこれとスペクトル制御型核燃料集合体とを組み合わせたハイブリッド方式の新しい中性子源の開発利用を進めることも重要である。

(3) フィーダーの確保

大学の研究者が大型研究用原子炉を利用する際、それが遠隔の地にあり、大学の設置・管理するものではなくても、研究を遂行する上で必須の施設やインフラ・支援体制が整備されており、研究発表の自由が保証されていれば、学術研究の進展に困難を来すことはない。ただし、大型研究用原子炉を用いた学術研究が効果的に進められるためには、新しい研究者が、そうした規模の研究用原子炉を使用する以前に、中小出力の研究用原子炉で研究方法を開発・習熟し、測定試料を開発するなどの準備研究を行うことが実際的である。このため、大型の研究用原子炉の整備に並行して、こうした「フィーダー」の役割を担う中小の研究用原子炉の研究環境を併せて整備していくことも重要である。

(4) 国内の研究施設の効果的活用

新しい燃料物質や炉心構成を用いる新しい型式の原

子炉及び関連する核燃料サイクルに係る炉物理に関する研究には、京都大学原子炉実験所のKUCAや原研のTCA、FCAのような炉心組成変更の容易な臨界集合体が有用である。また、これらに関連した核燃料サイクルに関する研究には原研のJMTRやNUCEF、サイクル機構の「常陽」も有用である。従来よりこうした施設の設置者は大学の利用者と協議する場を設けているが、今後、国内に存するこれらの研究施設を意欲ある大学の研究者が一層活用しやすくするためには、関係者が大学の研究者による利用の意義を踏まえて利用環境の整備・充実に努め、それぞれの施設の利用状況について外部評価を受け、その結果を当該施設の運営に反映していくことが重要である。

4. KURの研究の評価

平成5年7月の学術審議会報告は、研究用原子炉は一般にその出力レベルに応じた研究分野があるものの、MW級研究用原子炉は相当程度に汎用性をもった装置であること、また、これより大型の研究用原子炉が他に設置されていてもフィーダーとしての役割を果たすことができるので研究装置としての寿命は比較的長いこと、特にKURについては、我が国大学の有する唯一のMW級研究用原子炉であり、これまで学術研究の分野で優れた成果を挙げてきており、今後にも成果の期待できる萌芽的研究の準備も進められているので、今後ともこれを継続的に発展させて学術研究と人材養成の観点から大きな貢献を果たすことが期待できるとして、その運転を継続することが適当とした。ただし、そのためには原子炉の安全性と信頼性を確保することが前提であり、必要な施設・設備の整備を行うこと、また、京都大学原子炉実験所の組織運営の在り方について、施設管理に十分に配慮するとともに、先駆性に富んだ学術研究が柔軟かつ効率的に実施できるようにすること、KURを中心とした共同利用・共同研究の実施状況について少なくとも数年毎に外部評価を得つつ、確実に成果をあげることを目指すべきこととした。その後約6年を経た今日におけるKURに対するこれらの観点からの評価は以下のとおりである。

① 極冷中性子・超冷中性子の生成と利用に関する研究

本研究は、KURにおけるこれまでの冷中性子研究及び中性子光学開発研究の基礎の上に、中性子科学の先端課題に関する独創的・萌芽的研究の一層の推進と発展を目指すものの一つとして行なわれている。これらの実験研究の大部分は、主にKURに附設された液体重水素冷中性子源及び冷中性子導管並びにスーパーミラー中性子タービンを用いて推進されており、高性能金属鏡の開発から半導体の新しい応用、強磁場の利用、特殊多層膜の開発と応用、高周波磁場の使用、等々の極めて多様な研究手法、技術が活用され、既に、中性子崩壊精密実験のための超冷中性子ボトルの開発、独創的な固体型超冷中性子検出器の開発、エネルギー集束型スーパーミラー・ドップラーシフターによる超冷中性子供給性能の向上、高性能超冷中性子鏡の開発などの成果を得ている。これらの背景にある着想及びそこで展開を目指している科学、並びに得られた研究成果の深さと多様性は、中性子科学の魅力と将来性を表している。

② 制御照射場による諸材料・試料等の特性研究

固体材料中に生じた構造欠陥の物性に対する影響の解明や原子炉及び核融合炉用材料の開発を目指して、核分裂中性子照射による研究が多くの研究者によりなされてきているが、KURは特に低温照射技術を用いた研究に多くの実績を有している。これに加えて、最近、試料温度を精度よく設定できる高度な温度制御装置付きの照射設備（精密制御照射管）が設置され、反射体・炉心プラグ等の炉心要素の組み合わせ等により中性子スペクトルを変化させた照射を行うことも可能であることから、KURにおいては極低温から高温までの幅広い温度領域にわたり精密に制御された照射実験が可能となった。これにより、従来中性子スペクトルが異なるために比較検討が困難であった様々な原子炉、加速器で得られた照射効果データを比較する方式が確立されたので、中性子照射効果の研究を飛躍的に発展させることが期待できる。また、この中性子照射データの蓄積と解析を通して、材料の中性子照射損傷の基礎過程に関する研究の体系化も期待できる。

③ 超ウラン元素の核的特性に関する実験的研究

KURは超ウラン元素に関する実験的研究を行うことのできる全国でも数少ない研究施設を附設しており、KUR、KUCA、電子線型加速器LINACなどの種々の中性子源を用いて、その物理化学的性質を解明する研究が進められている。既にLINAC附設の鉛スペクトロメータとともにKURの照射設備やKUCAを用いて核データ・核特性の測定が行われ、KURで製造された超ウラン元素等を用いてプロセス化学・溶液化学に関する各種の実験が行われてきている。これらの研究に不可欠なものとしてホットラボ施設の改修、使用核種の種類・数量の増強が実施されているが、今後さらなる研究施設・設備の強化を図ることにより、一層特色のある研究が行われると期待される。超ウラン元素はエネルギーとしての原子力利用に伴い必然的に生じるものであり、現在、その分離変換や利用に関する関心が高まっているので、この研究を継続し発展させることは重要である。

(5) 研究用原子炉の人材養成への活用

臨界集合体や低出力の研究用原子炉を学術研究や原子力エネルギー分野の人材養成のための実験実習の場並びに一般国民に学習機会を提供する場として現在以上に活用していくには、適正なカリキュラムの検討に基づき所要の環境整備を行うことが必要である。なお、国民の原子力分野に関するリテラシーの向上に向けてこうした施設を利用して国民に学習機会を提供する活動は、各組織がそれぞれの使命達成に資するとの観点に立って、適切なプログラムのもとで実施されるべきものであるが、効果的かつ効率的に行うために関係者が協議し、それらをネットワーク化していくことも考えられてよい。

④ 短寿命 RI の分離と高度利用

放射性原子核をプローブとして超微細相互作用を通じて微視的電子状態を観測して行われる物性研究は、物質の基本的性質を知る上で欠くことのできない重要な役割を果たしている。KURが整備した、ヘリウムジェット系による迅速移送方式を採用し、イオン源の取り扱いを容易にした高効率のイオン源を開発利用しているオンライン同位体分離装置 (ISOL) は、我が国では数少ない核分裂片用オンライン同位体分離装置として所内外の共同利用研究に供されて、多大の研究成果を挙げるのに貢献している。最近では、RIビームを高温超伝導体などの試料中に注入してこれらの物質の磁気的性質を明らかにする試みや、RIビームの線質向上、ビーム強度増強に関する整備・拡充も実施されており、今後とも物性研究の発展に貢献していくことが期待できる。

⑤ 粒子線高度医療を目的とする生物・医学的基礎研究

中性子捕捉療法は細胞レベルで線量を集中できる特長があり、これは他の荷電重粒子線では実現できないものである。KURでは、熱外中性子が原子炉を利用した深部捕捉療法など今後のがん研究の進展に寄与できる可能性に着目して、このエネルギー領域における

生物効果及びその機構を解明するため、熱中性子に加えて熱外・高速中性子、さらには様々なエネルギースペクトルの混合中性子ビームの利用を可能にするべく重水設備が改修され、その結果、世界に冠たる中性子の深度分布が実現し、非開頭BNCTを開始できる条件が整備された。これを用いて、癌の放射線治療における“線量集中”の意味がマクロの領域レベルからミクロの細胞レベルへと発展するなかで、中性子捕捉療法を深部到達性の観点から荷電重粒子線治療と相補的な役割を担い続けるものとして確立していくことが期待される。その他、硼素化合物に関連した基礎研究、放射線一般の生物効果に関する基礎研究および200keV以下の中速中性子の生物効果とその機構を解明する研究においても多くの成果が得られている。

なお、本部会は、原子炉実験所が共同利用の研究所以ること鑑みれば、これらの研究は大学の研究者の創意工夫を結集して行われるべきこと、その研究方法等が確立され、大出力の研究用原子炉を利用した方が効果的な研究を行い得る分野については、速やかにその移転を行うべきことも指摘したが、これらの点については、つぎのように評価できる。

ア いずれの研究分野も全国の大学の研究者の参加を得て実施されており、共同利用研究所に相応しい進め方で研究が行われていると評価できる。

イ 中性子物性研究分野については、原子炉運転が1週当たり80時間弱の連続運転に限られていることもあって研究活動は萌芽的なものに限られる傾向にあり、この分野の研究者は、KURで予備的あるいは萌芽的な実験を行った後、一層の研究の発展を目指して原研の研究用原子炉 JRR-3M 等のより高中性子束の中性子源を利用し、あるいは JRR-3等に一部の装置を設置するようになってきている。この積極性は評価できる。

ウ 一方、放射化分析の手法等を用いる定形的な研究は、JRR-3に研究設備が整備された後においても、減少する傾向にはない。これは、この研究手法を利用する学術研究分野が拡大する傾向にあることを反映していることによるものと考えられる。共同利用に供されている研究施設においては、研究分野を重点化したとしても、このような利用研究に研究機会を提供する使命をおろそかにすべきではないと考えられるので、適切な対応を行っている

(3) 人材養成の観点

KURは、内外の大型研究用原子炉による優れた研究に人材供給の面で寄与するのみならず、中性子、ガンマ線、短寿命 RI を含む RI の利用に習熟した研究者や技術者の層を維持拡大していくことに寄与してきている。また、KURは KUCA とともに、エネルギーとしての原子力利用の次世代を担う研究者や技術者を養成することにも利用され、エネルギーとしての原子力の開

発利用に対しても貢献してきている。特に KUCA においては全国の原子力工学系大学院学生を対象として臨界現象の実体験を伴う特別教育プログラムが行われてきている。特殊な装置を必要とする現象の実体験を伴う教育の場の提供は、共同利用研究所の果たすべき重要な役割の一つであるが、KURはその役割も適切に果たしていると評価できる。

5. KUR の今後について

(1) 学術研究上の役割

以上述べたように、KURは、本格的な中性子利用研究を行うことが可能な出力・性能を備え、周辺に中性子利用研究用の優れた設備が多数開発整備されていることから、原研等に高中性子束研究炉が整備されている今日の状況においても、多くの学術研究分野で大学等の研究者がこれを利用して共同利用研究を実施し、着実に成果を挙げてきている。また、その中から、今後にも成果の期待できる萌芽的研究も多数芽生えている。そこで、KURにおいては、関係研究者が今後とも努力と創意工夫を凝らして研究手法や装置を開発し

ていくなれば、引き続き意義のある学術研究が行われていくことが可能と判断する。なお、これまでの研究成果を踏まえ、今後10年程度を展望すれば、重点的に研究を進めるべき分野としては、例えば、次のような分野が考えられる。

① 中性子科学

本研究分野では、中性子の波動性を利用した新しい基礎物理学分野の開拓を目的として、(1)中性子量子光学、(2)極低エネルギー中性子物理、(3)中性子散乱・回折などの研究が進められている。今後は、従来の冷中性子源設備より低いエネルギーを持つ中性子を多量に取り出せるような極冷中性子源設備を附設することにより、現在推進している特徴的研究をさらに進展させることが期待される。特に冷中性子スピン干渉実験を通じての物質波における干渉現象の解明とその応用、極低エネルギー物理現象の解明、中性子を異なるスピン固有状態により部分波に分割するという新しい原理に基づく冷中性子干渉計の利用、中性子スピンの「量子回転」という量子力学的に拡張された新しい概念の確立とその応用などが、新型高性能中性子タービンの開発や極端条件下における先進的な中性子散乱研究とともに推進されることが期待される。

② 物質科学

本研究分野では、核分裂反応などを利用して短寿命の不安定核を生成し、 β 安定線から離れた不安定核の研究を行うことやそれらを二次ビームとして高度利用を行うことを目的として、(1)不安定核の構造研究、(2)新同位元素の探索、(3)不安定核の物性研究への応用、などが進められている。今後は、中性子過剰核の構造に関する系統的研究と極短寿命の中性子過剰の未知核種の探索を継続するとともに、短寿命RIをプローブ核として凝縮系に導入し、プローブ原子の電子状態を解明するなどのユニークな物性研究を行うことが期待される。また、パルス幅の短い中性子ビーム源が整備された段階では、これまでのヘリウムジェット方式に代わる反跳型オンライン同位体分離装置を開発・整備することにより、1秒以下の極短寿命の中性子過剰核の核構造の研究や未知核種の探索を行うことや、同位体分離装置で得られた安定・不安定核種のビームを中性子源中を通して中性子捕獲反応を起こさせ、恒星内部での元素合成過程の研究や原子力関連核データにとって重要な中性子捕獲反応断面積を測定することも期待される。

(2) 原子炉施設の健全性の維持

研究用原子炉の利用に当たっては、施設の安全性と信頼性を確保することが前提である。このため施設各部の寿命予測を的確に行い、今後の運転計画を踏まえて施設の予防保全を確実に実施することとし、毎年の定期検査にあたっての多種小規模の取替え更新及び数年の間隔での機器更新などの大規模な整備を

③ 生命科学

本研究分野では、制御された中性子を用いて、生物・医学関連の基礎研究を行い、生物影響の解明や中性子捕捉療法(NCT)等への応用を図ることを目的として、(1)生物影響、(2)同位体利用、(3)医学物理、(4)腫瘍医学などの研究が進められている。今後は、これらに対して利用可能な中性子エネルギー範囲を拡大していくとともに、放射線医学(腫瘍学)の研究者を中心に、放射線生物学者、化学者、放射線医学物理学者、他科の腫瘍治療研究に従事している研究者を糾合して、悪性腫瘍の中でも発生頻度の低い悪性神経膠腫と悪性黒色腫に限らず、肺癌や肝癌のような発生頻度の高い腫瘍への適用も目指して、熱外中性子等の利用によるNCTについて研究を進めることが期待される。

④ 粒子線機器

本研究分野では、中性子をはじめとする粒子線を利用する中性子科学、物質科学及び生命科学の分野において基盤となる各種粒子線の計測・制御に関する先端的研究を推進することを目的に、(1)中性子精密制御・計測法の確立、(2)中性子ラジオグラフィ法の高度化などの研究が進められている。今後は、新たな中性子源の利用を含めて、さらに多くの研究分野からのニーズに応えるために、種々のエネルギーもしくはパルス構造を持った各種の粒子線の効率的な検出方法や効果的な制御方式について、基礎的かつ萌芽的研究を推進することが期待される。

⑤ 新型中性子源の炉心工学

この研究分野では、主としてKUCAを用いて中性子スペクトル制御型核燃料集合体の設計・開発に関する研究を行うとともに、加速器駆動未臨界炉(ハイブリッド型炉)の中性子増倍特性、中性子スペクトル特性、中性子束分布特性等の核特性を明らかにする研究を行うことにより、新しい核分裂中性子源の炉心開発に寄与することが期待される。この場合、ハイブリッド型中性子源ターゲット部として、従来から研究を続けているトリウム燃料サイクルの採用可能性についても検討することが期待される。

⑥ 極限環境工学

本研究分野は、新しい中性子源として検討されている核破砕中性子源や加速器駆動未臨界炉などの設計に必要な極限環境条件下の熱流体科学及び材料照射効果を解明しようとするものである。今後は、これまでの知見に基づいて、超高温・超低温、超高速・非平衡、超高密度エネルギー、マイクロチャンネル、無重力などの極限的な環境下の熱流動現象、あるいは熱・物質同時輸送など複合機能を有する熱流動現象の特性とその制御・利用に関する研究等を進めることが期待される。

⑦ 核燃料サイクル工学

本研究分野では、核燃料サイクルの分野で特に重要な超ウラン元素TRUについて、その管理に有用な学術知見を得ることを目的に、TRUの核的特性、TRUの物理化学的特性及びプロセス化学、TRUの環境中の振る舞い等に関する基礎的かつ系統的研究を行うものである。これにより、TRUの基礎科学の体系化に資するとともに、TRUの新しい利用法あるいは分離変換処理に関する先進的な研究を行うことや、環境中に存在する極微量のTRUの挙動に関する知見に基づき、TRUを含む放射性廃棄物処分の安全性評価、さらには広く一般産業廃棄物、特に重金属廃棄物の処分研究に資することが期待される。

⑧ 原子力安全

本研究分野は、原子力施設の安全管理と環境影響を含む総合的な原子力安全研究を推進するものである。今後は、これまでの知見を踏まえて、新しい中性子源として検討されているハイブリッド型中性子源等の安全管理に関する研究を行うとともに、制御された中性子及び荷電粒子を用いて種々の環境科学的分析を行っていくことが期待される。また、安全性に対する感覚をときずまして研究活動全体を絶えず観察し、欠落した安全研究課題や安全上の問題点の先覚的指摘を心掛け、これらの迅速な解決を図るとともに、技術者・研究者の安全教育に反映していくことも期待される。

計画的に行うことが重要である。また、運転安全管理面では、組織に安全文化を確立し、そのもとで担当職員が安全確保努力を高いモラルの下で実践するとともに、その経験、技術を次世代に継承・向上していくことが重要である。

(3) 低濃縮ウラン炉心への移行

これまで我が国の高濃縮ウランを使用した研究用原子炉の使用済燃料の処分は米国エネルギー省(DOE)に委託することとされているが、DOEがこの引き取りに期限を定めたので、高濃縮ウラン燃料による運転は現時点では平成16年3月末日までとなっている。そこで、この期限以降もKURの運転を継続するためには、市場で調達可能な低濃縮ウラン燃料を用いることを早急に決定し、そのための原子炉設置変更許可を得る必要がある。これまでの研究によりこの低濃縮ウラン炉心は学術研究装置として現在の炉心と同等の性能を有することが分かっており、しかもKURでは既に炉心の一部(燃料要素2体)を低濃縮化していることもあって、低濃縮ウラン炉心の実現に向けて今後さらに解決すべき技術的な問題は少ないとされているので、この低濃縮化炉心への移行は適切な選択である。したがって、これを今後の研究の遂行に支障を生じないように計画的に進める必要がある。

ただし、この設置変更許可の申請に際しては、低濃縮ウラン炉心の使用済み燃料は米国の引き取る場所とならないので、その取り扱いについて定める必要がある。原子力委員会は我が国における原子力開発利用活動に係る使用済み燃料は原則として再処理を行うとの方針を定めてはいるものの、研究用原子炉の使用済み燃料の再処理に関しては、そのための具体的計画は未だ検討されていない。この問題は、低濃縮ウラン燃料の合理的調達体制の整備と並んで国内の研究用原子炉に共通する課題であることから、今後速やかに関係研究機関との協議を行う必要がある。

(4) 新しい中性子源の構想

今日、研究用原子炉は、研究テーマの多様化、研究炉に求められる教育効果、安全性に関するニーズ、燃料の確保、廃棄物処理問題への対応等、多くの課題をかかえている。しかしながら、こうしたことを理由に大学における研究の自由度を減少させ、学術研究活動水準を低下させることがあってはならない。このことを踏まえれば、KURの高経年化対策に係るコストと研究装置としての将来における有用性を的確に展望して、KURの廃止も視野に入れ、新しい中性子源を構想すべき時期に来ている。

原子炉実験所では、新しい原子力システムとしての加速器駆動未臨界炉の可能性を追求するとともに、加速器中性子源と原子炉中性子源の特徴を併せ持つ加速器駆動未臨界体系に基づくハイブリッド中性子源の成立性を明らかにし、最終的にはKURと同等の性能

を有し、加速器中性子源と原子炉中性子源の範囲で制御可能な新しい中性子源を実現するべく基礎研究が進められている。この方式によれば、KURと同等の炉心規模でありながら、より拡大されたエネルギー範囲の中性子を供給できる中性子源を実現できることから、KURにて蓄積された実験データと実験技術を発展的に利用できること、設備面でも既に多くの努力と資金が投入されたホットラボ等の設備を引き続き有効に利用できることから、研究の継続性を確保することが強く求められる共同利用研究施設の発展方式として適切である。従って、既設のKUCAに小型加速器を併設することにより基礎研究を進め、早急にこの方式の中性子源計画の立案に取りかかる必要がある。

ただし、このように広いエネルギー範囲とその制御性に特徴のある中性子源は大学における創造的・萌芽的研究を効果的に進めるための施設として相応しいと考えられるが、その規模と設置のあり方を含む計画の策定に際しては、既存あるいは既に進行中の他機関の将来計画との相補性・整合性の観点から、十分な検討が必要である。なお、原子炉実験所は中性子照射場の提供のみならず、高度な原子力教育と人材の育成においても重要な役割を担っていることから、この見地からの将来の役割についても同様の検討が必要である。

(5) KURの廃止措置に向けての準備

世界的に見れば運転を停止した試験・研究炉は少なくない。我が国においても既にいくつかの研究用原子炉がその役割を終えて廃止されている。平成9年度よりは約10年計画で原研のJRR-2の解体計画が進められている。したがってKURについても次期計画の検討と並行して、その運転停止及び施設解体等の廃止措置について検討を開始するべきである。これまでの知見に照らせば、主要な課題は、解体により発生する放射性廃棄物の処分を行う事業者が存在しないため、解体により発生した放射性廃棄物を各原子炉の敷地内に保管しておかなければならないことである。このため、当面は解体にあたっての技術や安全性の検討を進めるとともに、解体に伴って発生する放射性廃棄物を運転により発生する放射性廃棄物と併せて敷地内で確実に管理する準備を進める必要がある。また、研究用原子炉を有してきている研究機関及び医療に係る放射性廃棄物を発生している機関とも協調して研究所等廃棄物の処分事業の実現を図り、これに要する費用の確保を確実にする必要がある。

6. その他

(1) 原子力エネルギー工学技術の基盤研究の充実

研究用原子炉施設や関連研究施設を有する大学においては、中性子利用研究のみならず、エネルギーとしての原子力の開発利用に基礎研究を通じて貢献する観点から、動力用原子炉及び関連燃料サイクルの安全性、信頼性、経済性、環境適合性の高度化をはじめ、核物質管理技術の高度化に資する研究まで広範囲の課題に関する研究が行われてきており、革新的な原子炉設計、原子炉モデリング、原子炉燃料の高性能化に必須の重照射下の材料挙動、粒子線計測技術、原子炉水化学、アクチニドの化学等の分野で特徴のある成果を挙げてきている。資源や環境制約の下でエネルギー供給を安定的に確保する一つの有力な手段として引き続き原子炉が利用されると予想され、世界各国で基礎研究機関を中心に次世代の原子炉の姿を模索する研究活動が開始されていることから、我が国の大学は、それぞれの特色を生かして、引き続きこれらの工学技術の発展に寄与する研究を推進していくべきである。これらの研究には、大学が設置している研究用原子炉や臨界集合体、粒子加速器、ホットラボ施設、さらには伝熱流動実験装置等が必要であるが、これらは高経年化が進んでいるものも多いので、原子炉施設等を中心に集約しつつ更新・整備していくことや、研究開発機関に「共同利用」制度の整備・充実を求め、これを活用して大型研究施設を利用していくことが検討されるべきである。また、研究の進展によっては、その研究成果を検証し発展させる手段としての試験研究炉を大学自らが構想し、関連研究開発機関の協力を得て実現を図ることも検討されてよい。

(2) 原研施設共同利用制度の見直し

原研施設共同利用制度は、原研の研究施設の利用時間の一部を大学等の研究者の利用に提供してもらい、その利用者を大学側組織が公募して決定しているもので、全国大学の研究者に大学の研究施設ではできない放射線、放射性物質を利用する研究をその独創性に基づいて計画実施する機会を提供するものとして長年にわたって利用され、我が国の学術研究の推進に貢献してきている。この方式で大学が原研施設を使用する使用料金については、JRR-3等については東大原子力研究総合センターが管理している原研施設共同利用経費として、JMTRやサイクル機構の「常陽」については東北大学金属材料研究所附属材料試験炉利用施設の共同利用経費として予算化されている。しかしながら、例えば、新しいビーム孔への装置の新設照射設備の設置等はこの経費の増大に自動的に直接リンクしていないこと、共同利用に指定されていない施設

や利用方法については、利用の途がないか、有ったとしても多くの場合所要経費が大学の研究者が通常の研究費で賄えるところを越えており、大学の研究者の自由な発想に基づくこうした施設を利用しての萌芽的な学術研究は事実上実施できない状況にあることなど、新しい学術研究の迅速な展開に支障を生じている等の問題が指摘されている。これまで、この使用施設や費用の問題は原研と大学側の共同研究という姿をとって解決することとし、「大学・原研プロジェクト共同研究」の制度も整備され利用されてきているが、研究における独創性を重視する観点からは一律に共同研究を前提にすることには慎重であるべきとの意見も強い。そこで、研究開発機関が設置する大型研究施設の大学共同利用制度については、設備使用料金問題を含めて抜本的な見直しを行い、必要に応じて新しい仕組みを作ることが検討されるべきである。

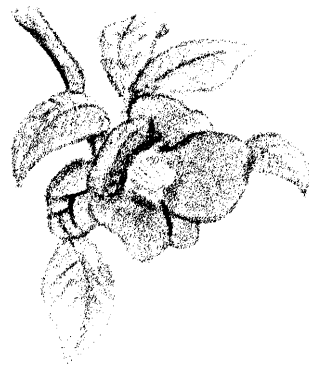
(3) 原研等の組織と大学の連携協力

本部会による平成11年4月の報告「原子力関係機関等における今後の連携・協力の在り方について」は、我が国の財政事情に鑑みれば、大学等と研究開発機関は連携・協力、特に大型研究施設の共同利用研究及び共同研究の強化・拡大を図る必要があるとし、その際、学術研究の推進という使命を有している大学等及び原子力技術の応用を目的とする研究開発の推進という使命を有している研究開発機関は、それぞれその使命の達成に当たって、連携・協力を有力な手段として認識し、これを増進させる可能性を常に追求してその実現に努力することが必要であるとした。今後ともこの提言を踏まえ、様々な分野で連携・協力体制の確立に向けて引き続き積極的な検討が行われることが期待される。

特に、現在大学側が直面しようとしている研究用原子炉の燃料サイクル及びバックエンドの問題は、研究用原子炉を有する研究開発機関にも共通する重要問題である。したがって、大学等と研究開発機関は、我が国の学術研究の推進に資する研究用原子炉が当面するこれらの問題の解決の方針について、さらにはそれを踏まえた我が国の研究用原子炉全体の管理運営の在り方について、具体的な協議を行い、それぞれの使命達成の観点から効果的な連携・協力体制を確立していくべきである。その際、サイクル機構の蓄積している核燃料供給、使用済み燃料の再処理、アクチニド取り扱い、放射性廃棄物管理、核物質管理等の分野における対応能力を効果的に活用していく可能性も視野に入れることが適切である。

(4) 小型研究炉の今後の在り方

小型研究炉である東京大学の「弥生」や京都大学原子炉実験所の KUCA は各々の特性を生かした共同研究を行うなど大学の研究者の研究の場としてのみならず、学生実験等にも使用され、大学院学生、学部学生の原子力工学教育の場としても重要な役割を果たしてきている。私大炉もほぼ同様の役割を果たしてきている。ただし、近年に至り、3つの私大炉の内2つまでは運転を停止している。そこで、我が国の研究用原子炉の望ましい多様性及び原子力に係る人材養成と社会人教育の場の確保の観点から、原子炉施設の立地が著しく困難な現実も踏まえて、それらの今後の在り方を検討し、関係者が適切な措置を講ずることが望ましい。



編集後記

No. 12号の特集は、当初は「考古学、犯罪科学における放射化分析」を取り上げる予定でしたが、世間を騒がせた JCO 関連の特集を急遽組むことにしました。すでに一年半近く経過したわけですが、放射化分析研究会の多くの会員にとってはその記憶はまだまだ新しことと思われれます。本特集を組むに当たっては、関幹事に大変なお骨折りをいただきました。また、特集記事を寄せていただいた方にも、厚くお礼申し上げます。

カナダ、Dalhousie 大学の Chatt 教授が来日したのを機に、東大原子力研究総合センターでゼミが開催され、あわせて放射化分析の国際研究集会である MTAA (Modern Trend on Activation Analysis) の日本開催を視野に入れた懇談会がもたれました。この件は放射化分析研究会の会員には事務局よりメールで案内が送られたのでご存じの方が多かったことと思いますが、東京での開催で、また時期的にも2月という、年度末の忙しい時でもあり、残念ながら参加を見合わせざるを得なかった会員も多かったのではないのでしょうか。ゼミの様子などについては本会誌に榎本幹事から報告が寄せられているので、お読みいただければと思います。その後、Chatt 教授から放射化分析研究会の会員に、国際シンポジウム開催の案内(ファーストサーキュラー)が送られてきました。今年の6月に同教授の勤務する大学(カナダ、ノヴォ・スコティア州ハリファックス)で開催されるもので、何とも急な話ではありますが、Hevesy medal を授与する場ももたれるようです。尚、本年度は10月に福岡でアジア太平洋放射化学シンポジウム(APSORC2001)が開催され、やはり Hevesy medal が授与される予定になっています。1年で2回の受賞の機会がもたれるという、21世紀のスタートをきる年として、大変おめでたい年になります。放射化分析関連の国際学会としては秋にベルギーのブルージュで Ko 法の国際ワークショップも開催されます。MTAA 日本開催を現実味をもって議論すべきときになったと痛感します。なお、カナダのシンポジウムとベルギーのワークショップとも、アブストラクトの締切が4月15日なので、それまでに本誌が会員の皆様に届いていることを信じて、本号にサーキュラーを掲載しました。

最後に、本号の作成には大浦幹事の編集協力があったことを付記し、お礼の言葉に代えます。

(M. E)

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」、不定期の「放射化分析研究会ニュース」、および電子メールです。

会誌「放射化分析」は下記の記事で構成されます。

講座・特集・解説

専門的な記事を毎号企画していきます。

記事の内容についてのご希望や提案をお寄せください。

研究紹介

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

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備です。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、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などを掲載します。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

会員の気軽なおしゃべりの場です。要望、話題、新刊紹介、その他、どのような内容でも結構です。

若い声

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

研究会報告・最近の動向等

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

アナウンスメント

論文紹介（発表論文アブストラクト）

会員から届けられた論文別刷りを元に、発表された学術論文のタイトルとアブストラクトが随時掲載されます。博士・修論文の要約も掲載します。

会員名簿

原稿はA4横書き、40字x40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のテキスト又はMS WORD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）

電子メーリングシステム

会員及び幹事会の電子メールアドレスが、下記のエイリアスに登録されています。これを用いて会員相互の交流・意見交換を促進していきます。

会員 : JA3@kaihoken.tokai.jaeri.go.jp

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

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

メールアドレスを持っているけれど、事務局等からの電子メールを受け取ったことの無い会員は、アドレスがエイリアスに正しく登録されていない可能性があります。お心当たりの方は事務局宛ご連絡下さい。入力を修正します。

放射化分析研究会

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

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

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

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

幹事

相沢省一	伊藤泰男	海老原充	大浦泰嗣	岡田往子	大槻 勤	片山幸士
桜井 弘	重松俊男	関 李紀	高田實彌	田中 剛	豊田和弘	榎本和義
宮本ユタカ	百島則幸					