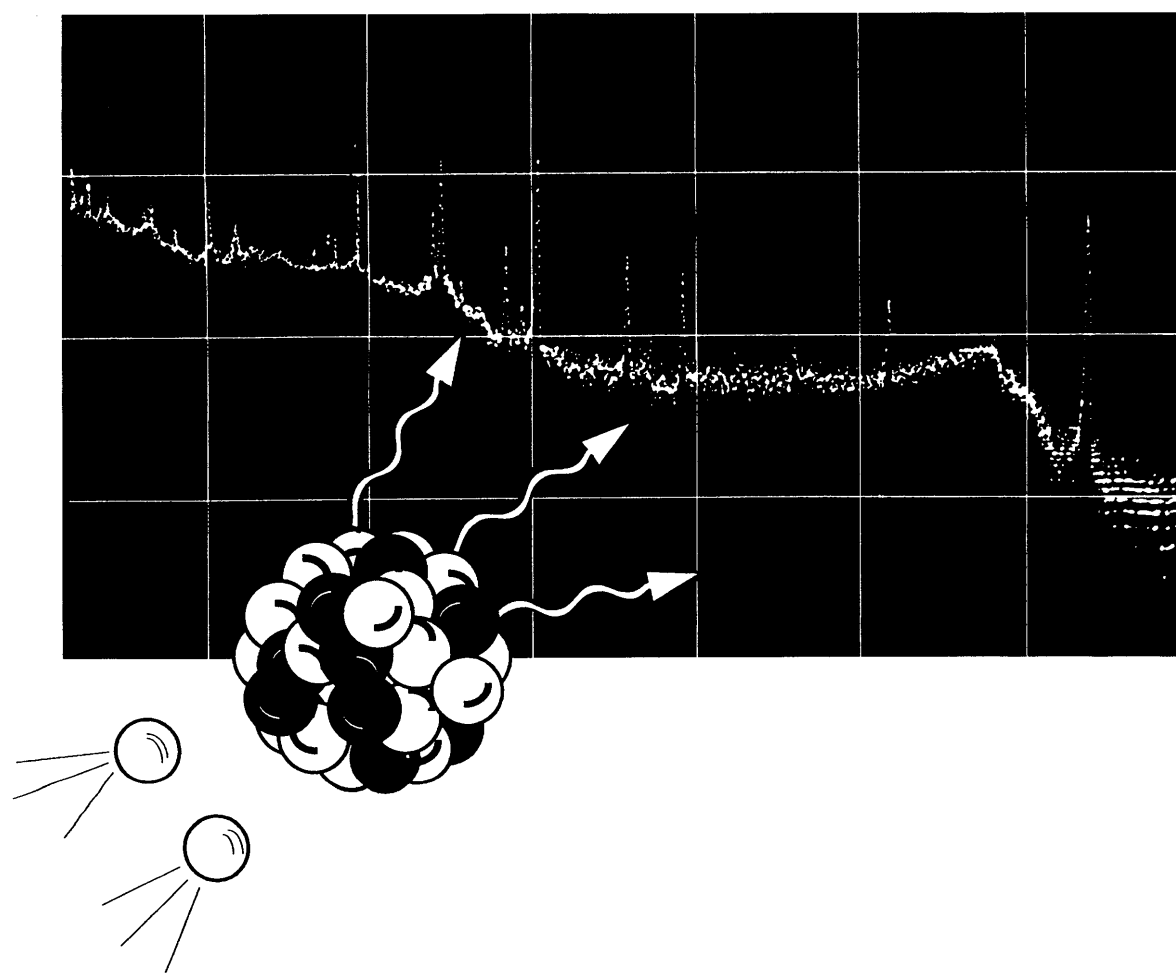


2002年8月

放射化分析

No. 14



放射化分析研究会

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

会誌
「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.14

目次

特集 「京都大学原子炉実験所」

京都大学原子炉実験所の放射化分析の紹介	高田実弥	……………1
研究例		
京大原子炉を使った岩石および植物試料の中性子放射化分析	宮本ユタカ	……………16
しんかい 2000, しんかい 6500 で採取された熱水鉱床試料の放射化分析	大森保・知念正和	……………23
京都市内公園の土壌重金属汚染のリスク評価の試み	坂内修・米田稔・森澤眞輔	……………28

博士論文・修士論文・卒業論文要旨集

Al 処理により誘導されるタバコ培養細胞の応答解析	飯倉 寛	……………31
ダイズ植物体の無機元素動態に対する Al および V の影響	奈良志ほり	……………34
東日本沿岸部における海底堆積物の堆積環境並びに堆積メカニズムに関する研究	木村賢一郎	……………35
長崎気候区における降下物中の化学成分並びに放射性核種の分布に関する研究	柳下 智	……………36
ゼオライト中に配列したアルカリ金属クラスターの電氣的・磁氣的物性	南沢俊文	……………37
隕石・岩石中の微量ハロゲン元素の定量	仲本朝嗣	……………41
大気浮遊粒子状物質の中性子放射化分析並びに組成元素の挙動に関する研究	鈴木健二	……………43
月隕石 Yamato-981031 の化学組成	唐牛 譲	……………45
放射化学的中性放射化分析による岩石中の微量 Mo, W の定量	本橋健晴	……………46
新たに調製された韓国岩石標準試料の放射化分析とその化学的特徴	赤嶺勝之	……………48

研究会報告

k ₀ 標準化放射化分析法研究会	尾寄大真	……………49
-----------------------------	------	---------

MTAA-11 日本招致顛末記	伊藤泰男	……………53
-----------------	------	---------

施設便り		……………55
------	--	---------

原研施設利用共同研究
東北大学原子核理学研究施設
京都大学原子炉実験所

特集

京都大学原子炉実験所の放射化分析の紹介

高田 実弥

はじめに

放射化分析法を用いた研究は京都大学原子炉実験所の共同利用件数の3~4割を占めていて、利用される研究分野は環境科学、宇宙地球科学、ライフサイエンス、材料科学など多岐にわたっている。放射化分析はある程度成熟した方法と言えるし、開発の余地はあまりないが、放射化分析の特徴である非破壊のまま多元素が定量出来ることで、その応用範囲が拡大してきた。ただ、立教炉が閉鎖して利用できるのは京大炉と原研の2カ所だけになった。今後、京大炉の利用の増加も予想されるので、以前本誌で紹介済みであるが、再度紹介する。

1. 共同利用の公募について

京都大学原子炉実験所は1963年4月に我が国の大学における原子力研究の必要性が高まるなかで、「原子炉による実験及びこれに関連する研究」を行うことを目的とする全国共同利用研究所として設置された。原子炉による実験及び研究を推進するため全国の国・公・私立の大学および国・公立研究機関等の教官、研究者、ならびにこれに準ずる正規の職員による共同利用の公募を実施している。公募に当たっては、以下のように分かれている。研究形態による区分は

1) 一般研究

所員以外の研究者のみによって行われる研究

2) 共同研究

所員と共同で計画し、協力して行う研究

採択方法の区分は

1) 通常採択

原則として1年を単位として研究を行うもので、年度初めから研究・実験の実施可能なように採択し、特に、希望する場合は下半期(10月~3月実施)だけの「通常採択」の応募も可能である。

2) プロジェクト採択

実験所において機動的に推進すべきプロジェクトについて、原則として所員中心となって研究グループを組織して、長期的展望に立って共同利用研究を総合的かつ能率的に行うものである。必要な設備、装置、測定器の使用については、通常の使用限度を設けない。

3) 即時採択

「通常採択」の手続きでは間に合わない緊急を要する研究課題に限り行うもので、使

用する設備、機器が採択済の共同利用研究に支障をきたさない範囲で認められる。

詳細については共同利用掛 (Tel: 0724-51-2312、E-mail: kyodo@rri.kyoto.ac.jp) に問い合わせる。

公募は11月上旬に締め切られ、採択の可否は共同利用研究委員会で実験所の設備の諸条件を検討し、審査の上、決定される。その後、照射、測定器等の実験設備の使用期間の調整は共同利用実験予定計画書に基づいてタイムスケジュール委員会で調整を行う。

2. 照射申し込み

照射や実験装置等の申込はタイムスケジュール委員会で調整した日時にあわせ、研究炉運転計画書を参照して、所定の日時までには照射使用記録、誘導放射能計算書、実験装置申込書等の書類を中央管理室まで提出する。締め切り日は原則として利用週の4週間前の木曜日である。実験内容については所内連絡者と十分打ち合わせの上、申し込む。詳細については「保安教育テキスト」並びに「利用の手引き」を参照のこと。申込後、照射実験の内容が検討されて、合格すれば運転計画会議で、照射日時が決定され、申請者に連絡される。

3. 研究炉用原子炉の概要

研究炉 (KUR) は93%の高濃縮ウランを燃料とした軽水減速のスイミングプール系タンク型原子炉であって、炉心にはMTR型の燃料要素が20数本装荷されており、定格出力は5,000kWである。KURの運転は、通常火曜日から金曜日の約75時間の連続運転が行われて定格出力週 (年間20回程度)、低出力週 (年間数回)、医療照射等で年間1,400時間程度の運転を行っている。ただ、核不拡散政策の協力でアメリカとの交渉の結果、高濃縮ウラン燃料での運転は2006年3月末日までに終えることになったが、手持ちの燃料では2006年までは1,400時間を維持出来ないため、その対策として、来年度からは5,000kW運転を主として3,000kW運転および100kW以下の低出力運転週を設けることになった。平成14年度の運転計画書 (案) は別紙に掲げる。

研究炉 (KUR) は次のような実験設備及び照射設備が配置されている。実験設備は黒鉛熱中性子設備 (TC)、重水熱中性子設備 (DC) が各々1カ所そして中性子ビームを取り出す実験孔は9本である。照射用としては水圧輸送管 (Hyd) 1本、傾斜照射孔 (SI) 1本、圧気輸送管 (Pn) 3本、黒鉛設備圧気輸送管 (Tc-Pn) 1本、長期照射 (炉心内) がある。各設備の位置は図1の建家立断面図と図2の炉体水平断面図に掲げる。

放射化分析に適した主な照射設備は水圧輸送管、圧気輸送管、黒鉛設備圧気輸送管である。各ステーションの配置図は図3に、図4は水圧輸送管、圧気輸送管、長期照射の炉心内の位置を示す。また、これらの設備の詳細については、次項で紹介する。

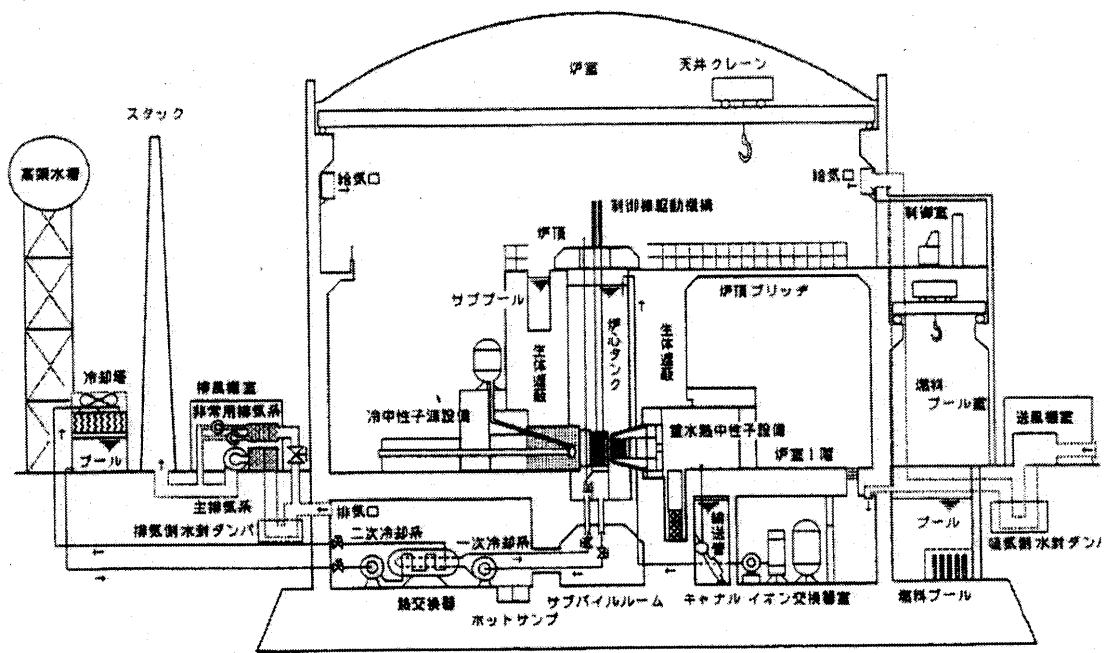


図1 京大炉(KUR)の建屋立断面

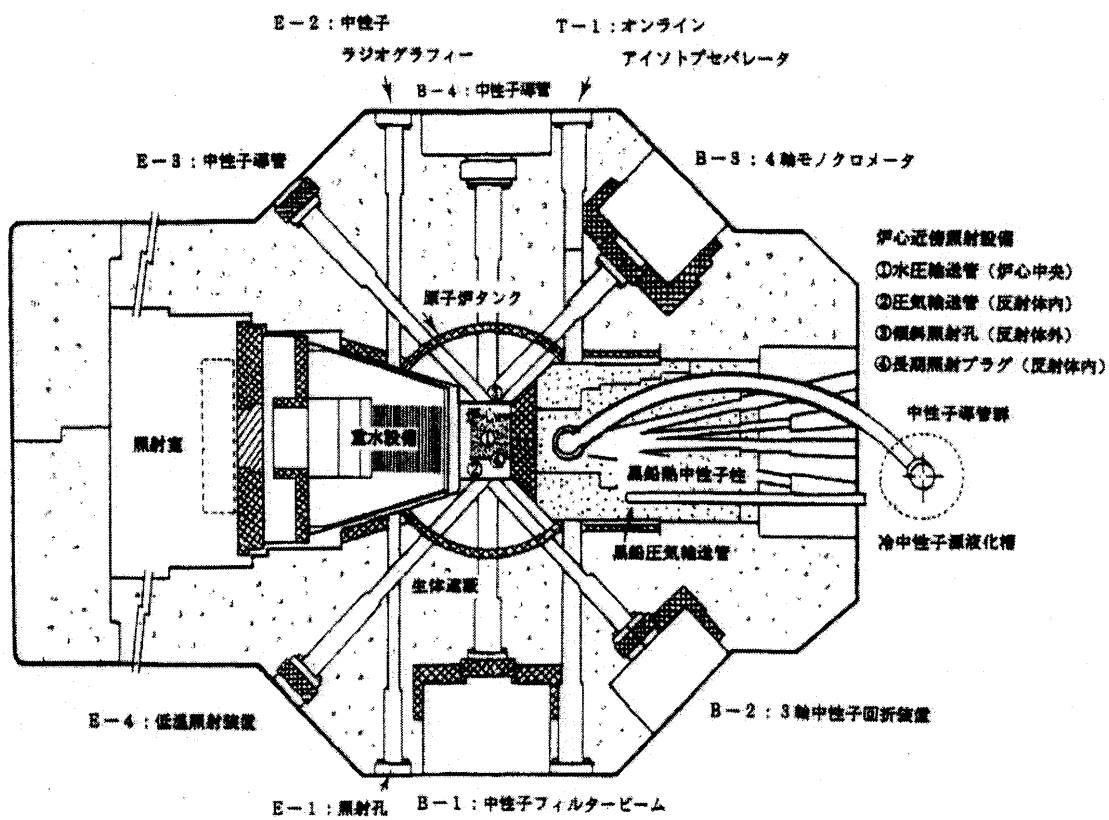


図2 京大炉(KUR)炉体水平断面図

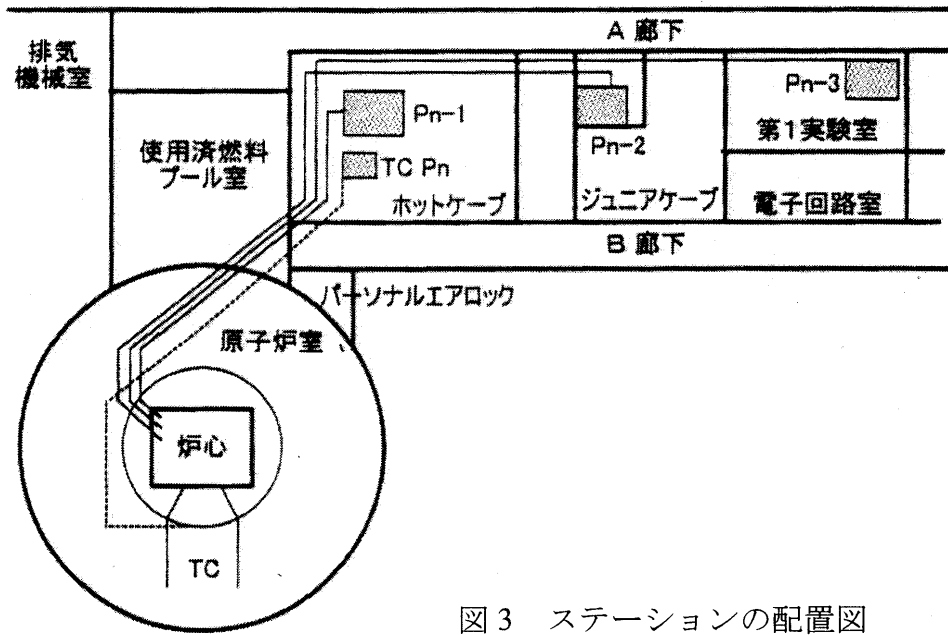
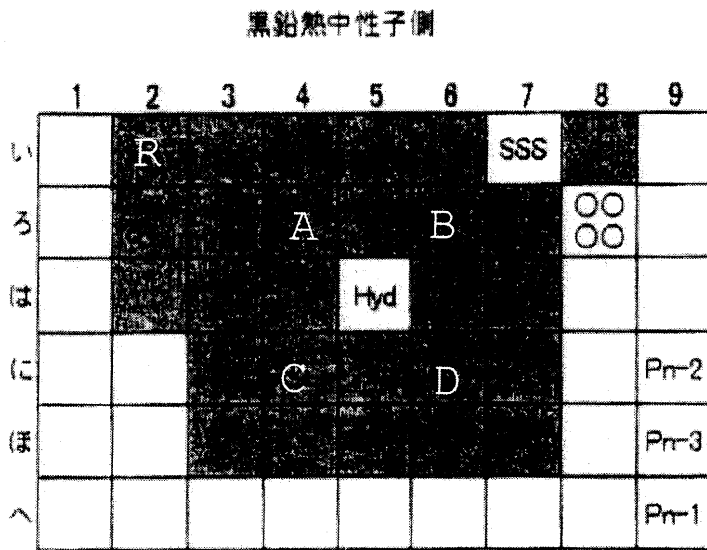
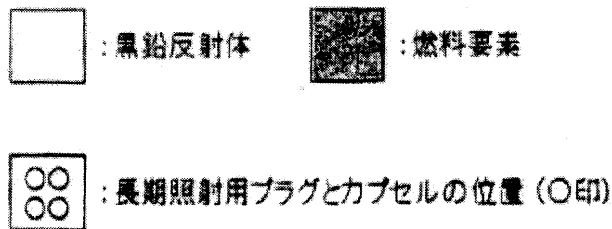


図3 ステーションの配置図



重水熱中性子側

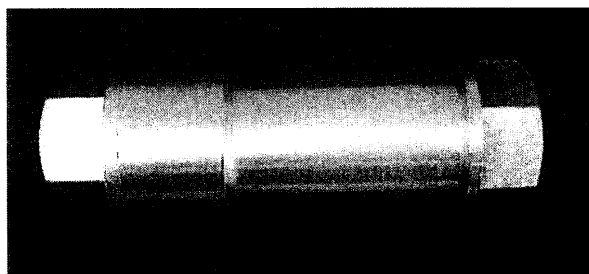
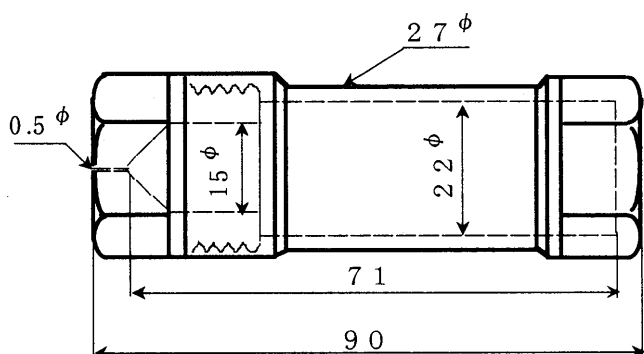


A, B, C, D: 粗調整棒 R: 微調整棒 Hyd: 水圧輸送管照射用プラグ
 SSS: 精密制御照射用プラグ Pn-1, Pn-2, Pn-3: 圧気輸送管 #1, #2, #3

図4 圧気輸送管の炉心内の位置

4. (1) 水圧輸送管(Hyd)

炉頂サブプールより駆動ワイヤーによって炉心中心部へ試料の入ったアルミ製キャプセルを出し入れする装置である。照射後、キャプセルは別の輸送管でホットケープへ送り出し、試料はホットケープで取り出す。照射設備の中で熱中性子束のみならず高速中性子についても最も高い中性子束が得られる設備である。照射時間は原則として約5時間以上、10時間以内を原則とする。ただし、マシンタイムに余裕があり、安全性が確認できる場合には一週間を限度とする照射も可能である。試料は石英ガラス管溶封またはアルミニウム管圧着封入とし、試料重量については特に制限はないが、キャプセル内に純水を満たして、水中に沈むようにする。試料が粉末、水溶性、ガス発生物、発熱物質の場合は十分注意することが必要である。



水圧輸送管照射キャプセル

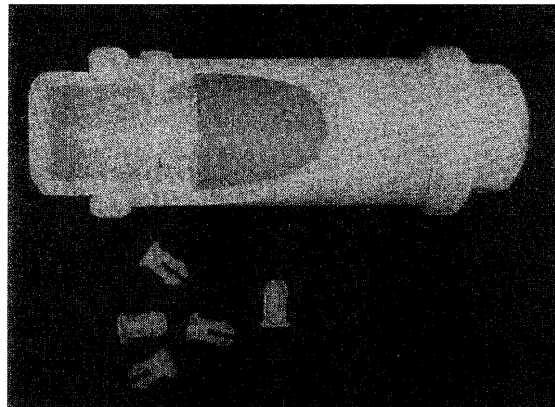
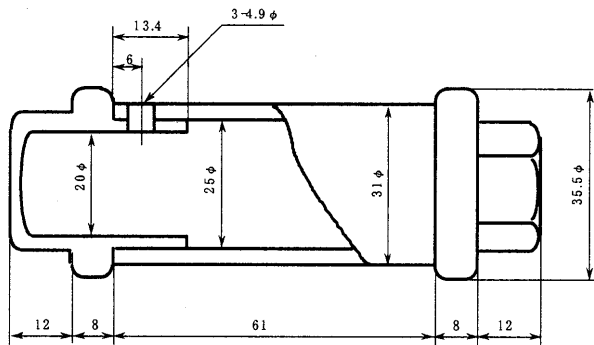
【キャプセル材質】 アルミニウム 【寸法】 内径 ϕ 25mm, 長さ 90mm

4. (2) 圧気輸送管 (Pn)

ポリエチレン製のキャプセルに封入した試料を、 CO_2 ガスの圧力を利用して、炉心内に挿入および取り出しをする設備である。ホットラボラトリーから出し入れができ、独立した3系統 (Pn-1~3) からなっている。照射中の温度上昇による試料の変質、キャプセルの溶融をさけるため、 CO_2 ガスの強制循環冷却を行っている。照射時間は最高1時間までとして、カドミウム被覆照射の場合は1分内とする。試料は10g以下として、直接キャプセルに入れずにポリエチレン製の袋や容器などに入れる。試料が粉末、水溶性物質、ガス発生物質、発熱物質である場合は十分に注意が必要である。

Pn-1ステーションには、照射後のキャプセルを別棟のトレーサー棟に輸送できる圧気輸送管 (別名エクステンションニューマ) があり、トレーサー棟での放射化分析に利用されている。

Pn-2ステーションは鉛厚20cmのジュニアケープ室のセル内に取り出されるので照射後の想定放射能が37kBqを超える場合に使用する。岩石や土壌などの地質試料の照射直後の誘導放射能が高くなるものなどに利用されている。



圧気輸送管照射キャプセル

【キャプセル材質】 ポリエチレン 【寸法】 内径 $\phi 25\text{mm}$, 長さ 101mm

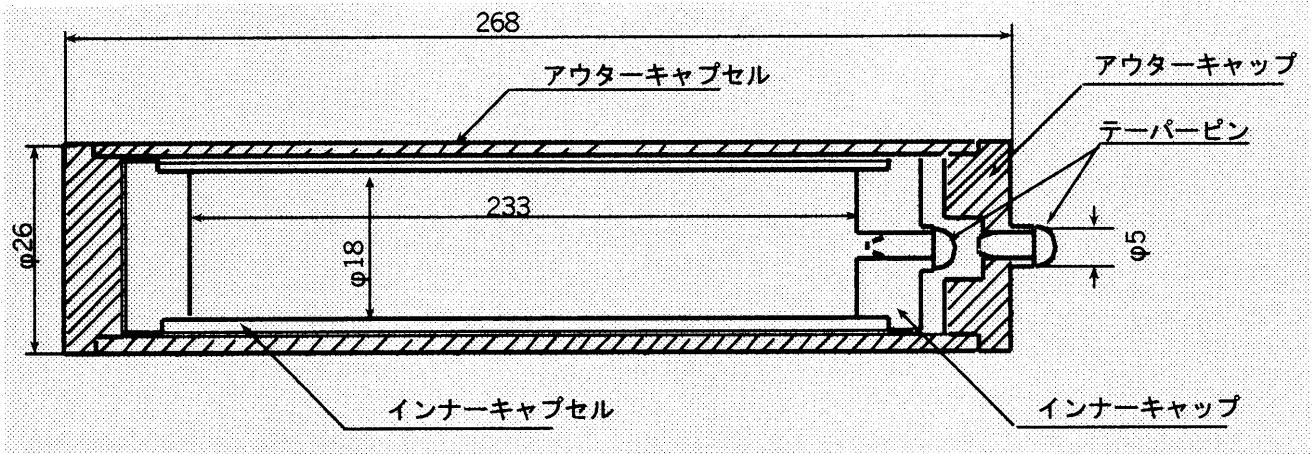
Pn-3 ステーションは他のステーションよりホットラボラトリーの実験室及び測定室の近くに設置されているので、照射後キャプセルを開封して直ちに測定しなければならない短寿命核種の放射化分析に利用されるので大変混雑している。

4. (3) 黒鉛設備圧気輸送管 (TC-Pn)

圧気輸送管 (Pn) に比べて、より柔らかい中性子スペクトル場での照射を簡単に行う目的のために黒鉛設備の改修の際に設置された。照射キャプセルは圧気輸送管と同一のものを、圧気輸送管と同様にキャプセルの送迎は CO_2 ガスを利用する。照射中の CO_2 ガスによる強制循環冷却は行わない。圧気輸送管と異なって2個のキャプセルを同一時間帯に挿入し、底部のキャプセルを残して上部のキャプセルの取り出しが可能である。最長照射時間は1週間(約75時間)である。キャプセルの挿入を含めてすべての操作がパソコンで出来るようにプログラムされている。他の照射設備の操作には所員の立会いが必要であるが、この照射設備は実験者自身で行えるのが特徴である。

4. (4) 長期照射 (炉心)

照射用プラグを用いて炉心内照射を行う設備で、照射プラグには同時に8本のキャプセルが挿入出来る。試料はアルミ製二重管に入れたのち溶接され担当者により炉心へ挿入される。照射は、通常1週間から4週間単位で行われ、最高12週運転単位まで可能である。照射によってガスを発生する恐れのある試料および照射未経験試料等については、あらかじめ気送管等で予備照射を求められることがある。照射後、キャプセルは、炉心より輸送管でホットケーブルへ送り出し、試料はホットケーブルで取り出す。



長期照射用キャプセル

【キャプセル材質】アルミニウム 【寸法】外径 $\phi 26\text{mm}$ 、長さ 268mm

5. 放射化分析に利用されている KUR の照射設備とその特性 (5,000kw 運転時)

照射設備	Pn-1	Pn-2	Pn-3	Tc-Pn
熱中性子束	1.9×10^{13}	2.8×10^{13}	2.3×10^{13}	4.0×10^{11}
熱外中性子束	6.5×10^{11}	1.1×10^{12}	8.4×10^{11}	6.0×10^8
速中性子束	3.2×10^{12}	6.0×10^{12}	4.8×10^{12}	8.0×10^7
カドミ比	6.8	5.8	6.2	-----
ガンマ線量率	6.0×10^7	1.2×10^8	7.0×10^7	2.0×10^5
温度 (°C)	54 70	81 100	70 90	40 55

照射設備	Hyd	長期照射	
熱中性子束	8.2×10^{13}	4.7×10^{13}	
熱外中性子束	6.0×10^{12}	1.7×10^{12}	
速中性子束	3.9×10^{13}	1.4×10^{13}	
カドミ比	3.9	6	
ガンマ線量率	3.0×10^9		
温度 (°C)	※	※	

※ 炉心冷却水温度+10°C程度。ただし、試料によっては、かなりの高温になる。

6. 測定システム

照射後、キャプセルはホットラボラトリーの実験室、トレーサー棟の実験室のフード内に移動して開封し、試料を取り出す。取り出した試料はポリエチレン袋などに封入し直し、

測定器を汚染しないようにして測定室へ運ぶ。

ホットラボラトリー側に 9 基、トレーサー棟側に 3 基の γ 線測定システムを設置している。その内容は表 1、2 に示す。

ホットラボラトリー側の 9 基のうち CANB-No.1, CANB-No.2, INT-100, INTGE-90 の 4 基は鉛遮蔽体内に半導体検出器を納めてある。その内の CANB-No.1 と INTGE-90 の 2 基はオートサンプルチェンジャーを付属している。それ以外は手動測定システムである。試料はアクリル板に貼り付けて測定する。検出器との距離は最大 30cm で 1cm 間隔の設定が可能である。

表 1 京大原子炉で整備している NAA 測定システム (HL 側)

NAA 測定システム	EG-A	EG-B	EG-C	EG-D
サンプルチェンジシステム	手動	手動	手動	手動
最大収納試料数	1	1	1	1
試料の固定方法	板に貼り付ける	板に貼り付ける	板に貼り付ける	板に貼り付ける
検出器	GEM-30185 (ORTEC)	GEM-30185 (ORTEC)	GEM-30185 (ORTEC)	GEM-25185 (ORTEC)
FWHM(@1.33MeV)	1.72	1.70	1.78	1.69
相対効率	30.1	33.8	34.1	30.6
MCA	LABO MCA/AT	LABO MCA/AT	LABO MCA/AT	SEIKO 918A (ADCAM)
リアンプ	ORTEC-672	ORTEC -672	ORTEC -672	ORTEC -672
高圧回路	ORTEC -459	ORTEC -459	ORTEC -459	ORTEC -459
コンピュータ	DOS/V IBM Aptiva	DOS/V EPSON ENDEAVOR	DOS/V EPSON ENDEAVOR	DOS/V GATEWAY 2000

表 1 (つづき)

NAA 測定システム	EG-E	CANB-No. 1	CANB-No. 2	INT-100	INTGE-90
サンプルチェンジシステム	手動	オートサンプル チェンジャー付き	手動	手動	オートサンプル チェンジャー付き
最大収納試料数	1	50	1	1	20
試料の固定方法	板に貼り 付ける	キャプセルに詰める (ϕ 50x13mm)	板に貼り付ける	板に貼り 付ける	板に貼り 付ける

検出器	GEM-25185 (ORTEC)	GC3020-7600SL (CANBERRA)	GC3020-7600SL (CANBERRA)	GEM-18190 (ORTEC)	GEM-15190 (ORTEC)
FWHM(@1.33MeV)	1.81	1.82	1.85	1.75	1.76
相対効率	29.5	30.8	30.5	22.8	18.0
MCA	LABO MCA/AT	LABO MCA/AT	SEIKO 918A (ADCAM)	SEIKO MODEL7800	LABO MCA 48F
リアンプ	NAIG-E511	ORTEC -672	ORTEC -672	ORTEC -672	ORTEC -672
高圧回路	ORTEC -459	ORTEC -459	ORTEC -459	NAIG E503	ORTEC -459
コンピュータ	DOS/V FUJITSU FMV-5133	DOS/V GATEWAY 2000	DOS/V FUJITSU FMV-SVIII337	DOS NEC PC-9801NA	DOS NEC PC-9801X

表2 京大原子炉で整備している NAA 測定システム (TL 側)

NAA 測定システム	EG&G-A	EG&G-B	CANB-A
サンプルチェンジシステム	手動	手動	手動
最大収納試料数	1	1	1
試料の固定方法	板に貼り付ける	板に貼り付ける	キャプセルに詰め
検出器	GEM-25185 (ORTEC)	GEM-40220 (ORTEC)	GC3020-7600SL (CANBERRA)
FWHM(@1.33MeV)	1.83	1.97	1.98
相対効率	27.3	39.7	30.2
MCA	ORTEC 92X	SEIKO 918 (ADCAM)	SEIKO 918 (ADCAM)
リアンプ	92X	ORTEC -672	ORTEC -571
高圧回路	92X	ORTEC -459	ORTEC -459
コンピュータ	DOS/V NEC PC-9801RA	DOS NEC PC-9821V13	DOS NEC PC-9821Xa7

CANB-No.1 のオートサンプルチェンジャーは気送式試料交換方式である。試料はφ50mm、厚さ13mmのプラスチック容器に入れ、別室の交換装置のホルダーにセットする。通常50個まででき、空気圧で送り出し、気送管で半導体検出器へ輸送する。到着したら試料位置調整器に乗り換え、測定を開始する。位置調整器は所定の位置(130cm)に設定可能である。測定終了後、測定データを記録し、試料容器は気送管を逆送して回収する。上記の操作はすべてパソコンにより行う。気送式試料交換装置の模式図は図5に示す。

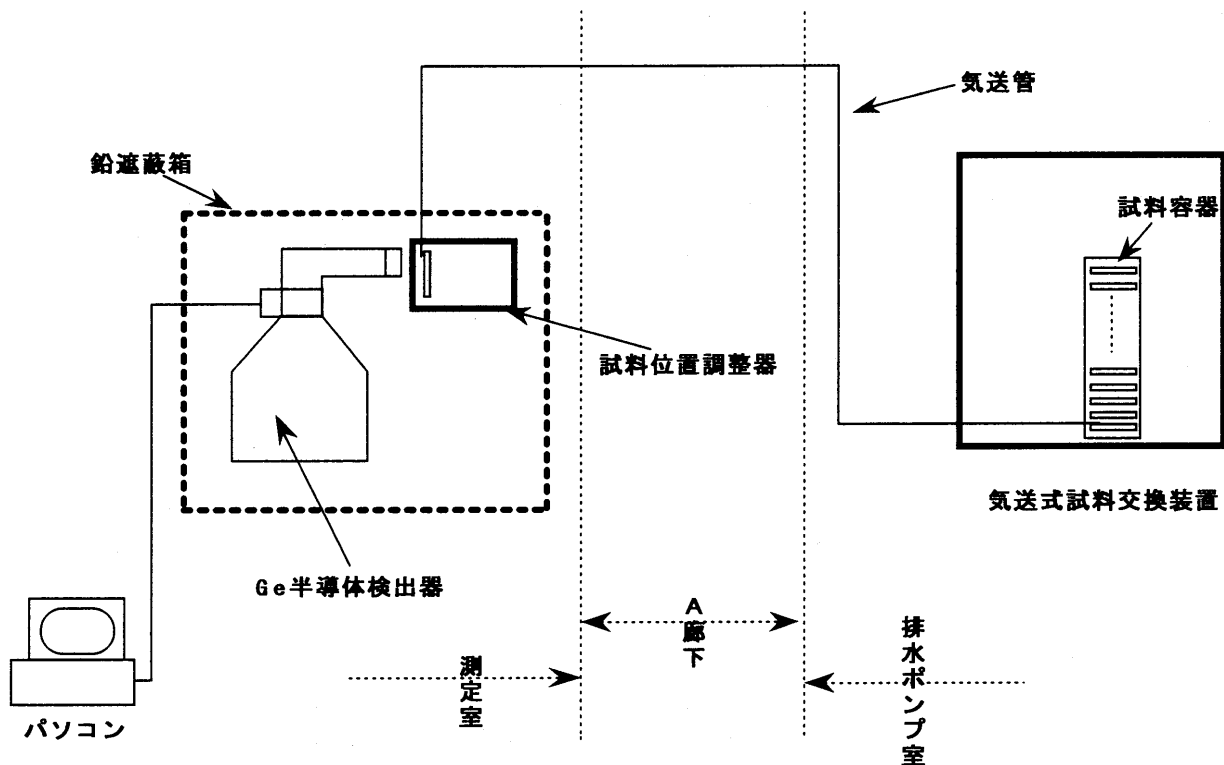


図5 気送式試料交換装置の模式図

一方、INTGE-90 の場合はモーター駆動の試料交換方針である。試料は専用ホルダーに貼り付け最大 20 個までセット可能である。試料はレール上を検出器側に移動していく。半導体検出器に到着すると測定を開始する。距離の調整は検出器を手動で動かし、3,5,10,15,20,25,30cm の固定箇所にセットする。

トレーサー棟側の 3 基は全て手動測定システムである。EG&G-A は主に短寿命測定に用いられ、試料はアクリル板に貼り付ける方式で測定距離は 0 70cm の任意の距離に設定可能である。EG&G-B、CANB-A は中長寿命測定に使用され鉛遮蔽体に検出器が納められている。CANB-A は鉛厚 30cm の遮蔽体および空間を狭くして遮蔽効率を高めている。EG&G-B は鉛厚 20cm で 24cm x 24cm の測定空間があり大きい試料や 24cm 迄測定距離が可変できる。

測定データの解析プログラムとしてカンマ線ピークをガウス関数で近似し、バックグラウンド関数として二次式を用いる。スペクトルを表示させ画面上でピークの消去、追加が可能で計算結果に不満足であれば、ピーク位置や FWHM の固定値を変更して再計算出来るプログラムを用意している。

平成 14 年度 研究炉年間運転計画 上半期

カ レ ン ダ ー		区 分	申 込 締 切 日	計 画 調 整 日	備 考	時 間	
日	月 火 水 木 金 土						
4 月	31	01 02 03 04 05 06		---	---		
	07	08 09 10 11 12 13	オーバ・ホール	---	---		
	14	15 16 17 18 19 20		---	---		
	21	22 23 24 25 26 27		---	---		
	28 29 30	01 02 03 04		---	---		
5 月	05	06 07 08 09 10 11	定期検査(施設検)	---	---		
	12	13 14 15 16 17 18	定期検査(性能検)	---	---		
	19	20 21 22 23 24 25	定期検査(運転検)	---	---	12	
	26	27 28 29 30 31 01	運転なし	---	---		
6 月	02	03 04 05 06 07 08	特性利用	5/9	5/13	6日～7日連続運転	28
	09	10 11 12 13 14 15	定格出力利用	5/16	5/20		75
	16	17[18 19]20 21 22	定格出力利用	5/23	5/27	京大・基礎実験	75
	23	24 25 26 27 28 29	3 MW運転利用	5/30	6/3		75
	30	01[2 3] 04 05 06	低出力利用	6/6	6/10	2日, 3日単日運転	12
7 月	07	08 09 10 11 12 13	定格出力利用	6/13	6/17	(CA銑削試験)	75
	14	15 16 17 18 19 20	定格出力利用	6/20	6/24	(CA銑削試験)	75
	21	22[23 24]25 26 27	低出力利用	6/27	7/1	23日, 24日単日(CA銑削)	12
	28	29 30 31 01 02 03		---	---		
8 月	04	05 06 07 08 09 10		---	---		
	11	12 13 14 15 16 17	KUR保守	---	---		
	18	19 20 21 22 23 24	点検作業	---	---		
	25	26 27 28 29 30 31		---	---	9/18～20京大工院生先端実験	
9 月	01	02 03 04 05 06 07		---	---	原子力学会: 9/14～16	
	08	09 10 11 12 13 14	特性利用	8/16	8/19	12日～13日連続運転	28
	15 16	17 18 19 20 21	定格出力利用	8/22	8/26	18日～20日連続運転	50
	22 23	24[25 26]27 28	定格出力利用	8/29	9/2	25日～27日連続運転	50
	29 30	01 02 03 04 05	保守の週	---	---		

備考：① 研究炉の定格出力利用は、通常、火曜日9時より起動前点検を開始し、約50時間～約75時間の3～5MW連続利用運転を行います。

② 低出力利用の週は、原則として、1MW又はそれ以下の単日運転となります。

但し、実際に医療照射が実施される場合に限り、5MWの単日運転を行います。

③ 特性利用の週は、研究炉の炉心内燃料要素を大幅に組み替える作業や、それに伴う各種特性試験を行います。特性試験終了後は、定格出力で数時間の運転を行う場合もあります。この場合、一部利用が可能となります。

④ [] 付きの日は、医療照射予定日となります。

定格出力利用 : 6週 3MW利用運転 : 1週
 低出力利用(単日) : 2週 特性利用 : 2週
 保守の週 : 0週 医療照射予定日 : 8日
 *合計利用週 : 11週 (保守の週を除く運転予定週のみ)

平成14年度 研究炉年間運転計画 下半期

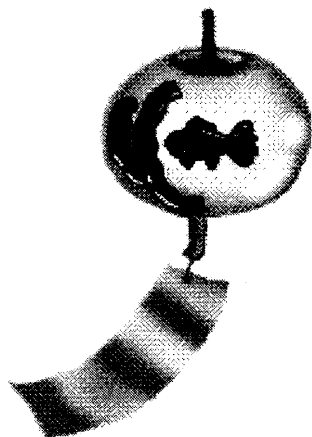
カレンダ－		区 分	申 込 締 切 日	計 画 調 整 日	備 考	時 間	
日	月 火 水 木 金 土						
10 月	29 30	01 02 03 04 05	保守の週	---	---		
	06 07	08 09 10 11 12	保守の週	---	---		
	13	14 15 16 17 18 19	定格出力利用	9/19	9/24	京大・I・院生特別実験(約20名)	75
	20	21 22 23 24 25 26	3MW利用運転	9/26	9/30		50
	27	28 29 30 31 01 02	定格出力利用	10/3	10/8	29日～31日連続運転	75
11 月	03 04	05 06 07 08 09	保守の週	---	---		
	10	11 12 13 14 15 16	定格出力利用	10/17	10/21	京大・理・院生特別実験(約20名)	75
	17	18 19 20 21 22 23	3MW利用運転	10/24	10/28		75
	24	25 26 27 28 29 30	特性利用	10/31	11/5		5
12 月	01	02 03 04 05 06 07	定格出力利用	11/7	11/11		75
	08	09 10 11 12 13 14	定格出力利用	11/14	11/18		75
	15	16 17 18 19 20 21	低出力利用	11/21	11/25	17日, 18日単日運転	12
	22 23	24 25 26 27 28	運転なし	---	---		
	29	30 31 01 02 03 04	運転なし	---	---		
1 月	05	06 07 08 09 10 11	低出力利用	12/12	12/16	9日, 10日単日運転	12
	12	13 14 15 16 17 18	定格出力利用	12/19	12/24	15日～17日連続運転	50
	19	20 21 22 23 24 25	100kW連続運転利用	12/19	12/24		75
	26	27 28 29 30 31 01	100kW連続運転利用	12/19	12/24		75
2 月	02	03 04 05 06 07 08	100kW連続運転利用	12/19	12/24		75
	09	10 11 12 13 14 15	低出力又は100kW連続	1/16	1/20	12日～14日連続運転	50
	16	17 18 19 20 21 22		---	---		
3 月	23	24 25 26 27 28 01		---	---		
	02	03 04 05 06 07 08		---	---		
	09	10 11 12 13 14 15	KUR保守作業	---	---		
	16	17 18 19 20 21 22	&	---	---		
	23	24 25 26 27 28 29	オーバ・ホール	---	---		
	30 31	01 02 03 04 05		---	---	原子力学会 : 3/27～29	

備考 : ① 研究炉の定格出力利用は、通常、火曜日9時より起動前点検を開始し、約50時間

～約75時間の3～5MW連続利用運転を行います。

- ② 低出力利用の週は、原則として、1MW又はそれ以下の単日運転となります。
但し、実際に医療照射が実施される場合に限り、5MWの単日運転を行います。
- ③ 100kW運転利用の週に医療照射が実施される場合に限り、その間は医療照射を優先して5MW運転を行います
- ④ 特性利用の週は、研究炉の炉心内燃料要素を大幅に組み替える作業や、それに伴う各種特性試験を行います。特性試験終了後は、定格出力で数時間の運転を行う場合もあります。この場合、一部利用が可能となります。
- ⑤ [] 付きの日は、医療照射予定日となります。

定格出力利用	: 6週	3MW利用運転	: 2週
低出力利用(単日)	: 3週	100kW連続運転利用	: 3週
特性利用	: 1週	保守の週	: 3週
医療照射予定日	: 14日		
*合計利用週	: 15週	(保守の週を除く運転予定週のみ)	



照射試料の誘導放射能の計算

(京大原子炉実験所 KUR・KUCA 照射記録 安全に関する説明添付資料)

試料略称

別紙 KUR・KUCA 照射記録の試料を照射した際の予想誘導放射能は下表のようになります。

ただし照射の条件及び使用した式は：

- (1) 成分 (化学組成及び量) ……………
- (2) 照射設備と中性子束密度 * ……………, $\phi_{th} =$, $\phi_{epi} =$, $\phi_f =$
- (3) 照射時間 (単位明記) …………… $T_{irr} =$ ()
- (4) 照射後取出しまでの時間 (秒) …………… $T_w =$ () (長期照射の場合は $T_w=10$ (日), 圧気輸送管の場合は $T_w=5$ (秒) とすること)
- (5) 誘導放射能計算式

$$A_i = \sigma_i \cdot N_i \cdot \phi \cdot 10^{24} \left(1 - \exp(-\epsilon T_{irr}/T_i) \right) \exp(-\epsilon T_w/T_i) \quad (\text{Bq})$$

ただし、 T_i : この反応で出来る核の半減期, $\epsilon : 0.693$

σ_i : この反応をおこす断面積 (barn), N_i : 被反応核数

熱中性子吸収断面積 (σ_{th}) に対して、実効共鳴積分 (I_{eff}) が大きい場合は断面積を次のようにする。

$$\sigma_i = \sigma_{th} + I_{eff} (\phi_{epi} / \phi_{th})$$

番号 (i)	反 応 をおこす 核種	存在比 (%)	生 成 核反応	生成 核種	生成核 放射能 A_i (Bq)	計 算 に 用 い た 定 数				飽和** 放射能 A_{si} (Bq)	飽和 係数 $1 - \exp(-\frac{\epsilon T_{irr}}{T_i})$	減 衰 係 数 $\exp(-\frac{\epsilon T_w}{T_i})$
						被反応核数 N_i	断面積 σ_i (barn)	半減期 T_i	$\phi_{th} \times \phi_f$			
1			(n,)									
2			(n,)									
3			(n,)									
4			(n,)									
5			(n,)									
6			(n,)									
7			(n,)									
8			(n,)									
9			(n,)									
10			(n,)									

* KUR (5,000KW) において、各中性子束の値は次の通りである。(単位: n/cm².sec)

	ϕ_{th}	ϕ_{epi}	ϕ_f
水圧輸送管	8.15×10^{13}	5.95×10^{12}	3.9×10^{12}
圧気輸送管 No.1	1.93×10^{13}	6.45×10^{11}	3.2×10^{12}
圧気輸送管 No.2	2.75×10^{13}	1.09×10^{12}	6.0×10^{12}
圧気輸送管 No.3	2.34×10^{13}	8.40×10^{11}	4.8×10^{12}
傾斜照射孔	3.92×10^{12}	7.95×10^9	4.4×10^{11}
長期照射プラグ	4.65×10^{13}	1.71×10^{12}	—
重水照射レーン	4.9×10^9	1.3×10^9	4.7×10^7
黒鉛設備圧気輸送管	4×10^{11}	6×10^9	8×10^7
高速オンライン圧気輸送管	2.8×10^{12}	1.3×10^{10}	8.6×10^9

** 上の表で飽和放射能 A_{si} は、次の式を用いた

$$A_{si} = \sigma_i \cdot N_i \cdot \phi \cdot 10^{24} \quad (\text{Bq})$$

計算者署名

- 註) ① 特別な容器、附属物を用いる場合はこれらについても計算する。 ② 生成核の娘核がさらに放射性の場合にはそのことを明記し、結果のみを記入する。 ③ 核燃料物質を照射する場合の誘導放射能の計算は、別様式を用いる。

京大原子炉を使った岩石および植物試料の中性子放射化分析

日本原子力研究所・環境科学研究部

宮本 ユタカ

はじめに

金沢大学・放射化学講座に在籍中、京都大学原子炉実験所研究用原子炉(KUR)の共同利用研究として岩石試料及び植物試料の機器および放射化学的中性子放射化分析(INAA, RNAA)を行ってきた。この会誌でもKURについて紹介記事が載っているように、施設には用途に応じた様々な照射設備が整えられている。放射化分析に効果的である主な照射孔とホットラボを精力的な指導教官のおかげ(?)で有効に共同利用できたので、そこで得た経験的な情報も交えながら、照射、測定などの実験方法、解析方法に重点を置き、以下の種類が異なる3つの分析例を紹介する。

- (1)標準岩石試料の放射化分析
- (2)植物試料の放射化分析
- (3)妨害核反応の影響についての定量的評価

(1)標準岩石試料の放射化分析

日本地質調査所(現産業技術総合研究所 地質総合センター,GSI)が調製・発行した比較標準岩石のうち、1989年までの火成岩シリーズ15試料、堆積岩シリーズ9試料、全24試料について、元素濃度の推奨値を求めるため、共同元素分析に参加した。分析は主としてINAAで行い、希土類元素(REE)については照射後RNAAを行い、主要及び微量元素全31元素(Na, Mg, Al, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Rb, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Gd, Sm, Eu, Tb, Dy, Ho, Er, Yb, Lu, Hf, Ta, Th)を定量した。また、ウランについてはフィッシュオントラック法で定量したが、本論から外れるので実験方法などは割愛する。

送付された試料それぞれについて、全量約100gから四分法で約10gを分取し、110℃で減圧乾燥した。試料は圧気輸送管(pn-2, TC-pn)で照射し、特に元素濃度が低いJP-1(ダナイト), JDo-1(ドロマイト), JLS-1(石灰岩), JCh-1(チャート)などの試料については、水圧輸送管(Hyd)で照射した。実験に使った照射孔それぞれについて特徴を簡単に述べておく。pn-2はKURで放射化分析をするために最もよく使われている照射孔の1つである。pn-2の照射孔はCd比が5.8であるため、速中性子による核反応による妨害は無視できない場合がある(本文(3)参照)。黒鉛設備圧気輸送管(TC-pn)の熱中性子束はpn-2に比べて $1/70^{[1]}$ と低い。しかし、速中性子束はpn-2と比べて $1/75000$ と更に低いため、速中性子による核反応による妨害反応はほとんど無視できる利点がある。炉心上に設置されているHydは照射試料をガラスアンプルなどに密封する必要があるが、pn-2よりも中性子束が高く、長時間照射できるので低濃度の試料に適している。

それぞれの照射設備に合うように照射試料は次のように調製した。pn-2またはTC-pnで照射する場合、試料50-100mgをポリエチ管に熔封したもの20-30個をガーゼの緩衝材に包み、1つの照射ラビットに詰めた。水圧輸送管の場合、試料約20mgを高純度アルミ箔(純度99.99%)に包んだもの2-3個を1本の石英管に減圧封入した。そしてその石英管5-6本を1つのHyd用Al製照射ラビットに詰めた。

測定核種が短半減期である元素(Na, K, Ti, V, Mn, Dy)を定量する場合、pn-2で1分間照射した。ただしAlとMgを定量する場合は、速中性子による妨害核反応に起因する系統誤差を避けるため、TC-pnで5分間照射した。その他の元素を定量する場合は次のように照射時間を設定した。pn-2:40分間あるいは60分間、

TC-pn : 36 時間, Hyd : 5 時間。

ラビット中の試料毎や石英管毎の中性子束の変動を補正するため、ステンレスワイヤーをポリエチ管の周囲あるいは石英管内に入れておいた。照射後、それを取り外してγ線測定を行い、ワイヤーの単位重量あたりの⁵¹Crの生成放射能を比較して補正した。

短時間照射の場合は照射直後、照射ラビットからポリエチ管を取り出し、周囲を拭き取ってポリ袋に入れてγ線測定を行った。我々の場合はpn-2を使ったが、照射ラビットの取り出し口であるジュニアケーブルからホットラボまで人間が運んでくる必要がある。照射終了から測定開始までに要する時間は、「人間ニューマ」の性能にもよるが2分～5分であった。

それ以外の照射は2日間から2週間ほどの冷却期間をおいて、ポリエチ管あるいはアルミ箔に入っている照射試料を詰め替えてγ線測定を行った。pn-2で60分間照射した場合、照射の影響を受けてポリエチ管が変色し、緩衝材のガーゼは損傷が激しい。そのため、照射ラビットからの取り出しや詰め替えの際、放射化されたものが散逸しやすい。取り扱いの際には、フードを汚染ないようにビニール袋の中で照射ラビットを開封するなどの注意が必要である。試料の一部は金沢大学に持ち帰り、γ線測定を3回以上行い、1～2ヶ月に渡って壊変を追跡した。定量は検量線を使った比較法で行った。そのための比較標準試料としてGSJより発行されてからデータの蓄積が多く、GSJ推奨値の信頼度が高いと思われるJB-1a, JA-1, JA-3を用いた。希土類元素に対しては酸化物から調製した標準溶液を高純度シリカの入っているポリエチ管に滴下、乾燥させ、それを合成標準試料として用いた。定量に使った検量線は、横軸に試薬の濃度あるいは標準試料の推奨値(ppm)をとり、縦軸に壊変曲線から求めた照射終了時における単位試料量あたりの計数率(cps/mg)をプロットして、最小二乗法で検量線の傾きを求めた。この検量線を各照射毎、定量に使うγ線ピークそれぞれに対して作製し、試料の元素濃度を求めた。全ての試料について分析を複数回行い、それぞれの分析結果の加重平均をとった。

REEの分析はINAAで行った他、試料照射後REEの群分離を伴ったRNAAでも行った。化学分離操作は、原子炉実験所内のホットラボおよび金沢大学アイソトープ理工系実験施設で行った。化学分離スキムの概要は次の通りである。試料をNaOHとNa₂O₂融剤でアルカリ溶融した後、溶融物を塩酸で溶解させる。アンモニア水による水酸化物沈殿、塩酸系陰イオン交換、フッ化物・水酸化物沈殿の順で分離・精製を行った後、シュウ酸塩沈殿をろ紙上に集めてγ測定試料とする。化学収率は、トレーサ法とNd担体の重量法のいずれか一方、あるいは両方で行った(収率60-80%)。RNAAを行うことによるのみ、定量することが出来たREEはPr, Ho, Er(試料の種類、測定条件によってはNdも)であった。

γ線スペクトル解析は、金沢大学・浜島氏が作製した"SPEC ANAL"を使った。計数不十分などでピーク形状が良くないものについては、全ピーク面積法^[8]を手計算で行った。どの解析ソフトに対しても言えることであるが、十分に計数がある単一のピークに対しては、フィッティングの善し悪しが問題になることは稀である。しかし、計数が十分でない小さなピーク、複合ピーク、計数率が高すぎてピーク形状が疑似ガウス分布から歪んでいる場合などでは解析ソフトの出力結果を鵜呑みにするべきではない。放射化分析の場合、試料の種類や測定条件が同様であれば、得られるγ線スペクトルも類似しているため、最初に照射した試料に対して、手計算との比較やピークフィッティングの様子を確認、定量に使うγ線ピークの選択などを十分に検討しておくべきであろう。言うまでもなく、基本となるγ線スペクトロメリーの解析の善し悪しが結果に大きく影響を及ぼす。

得られた結果全てを論文^{[2]~[5]}に掲載するとともにGSJに報告した。現在、公表されているGSJ推奨値のデータの一部として使われている。GSJ比較標準岩石のホームページ

(<http://www.aist.go.jp/RIODB/geostand/welcomej.html>)では、推奨値とそれを求めるために使われたデータの一覧を見ることが出来る。

(2) 植物試料の放射化分析

食用植物の中でよく使われるスパイス 18 種類 32 試料、豆類 8 種類 16 試料、合計 48 試料について放射化分析法により主要及び微量元素、最大 24 元素(Na, Mg, Al, Cl, K, Ca, Sc, V, Mn, Fe, Co, Zn, Br, Rb, Sb, Ba, Cs, La, Ce, Eu, Sm, Dy, Yb, Lu)の定量を行った。いくつかの試料に対して照射後、岩石試料と同様な希土類元素の群分離操作を行い、検出感度を高めた。

ゴマを除き、試料をメノウ乳鉢で 60 メッシュ以下になるまで粉碎した後、55°Cで重量が一定になるまで乾燥した。これをポリエチ管に熔封し、約 20 個の照射試料を 1 つのラビットに詰めて pn-2 あるいは TC-pn で照射した。

岩石試料と同様に測定核種が短半減期である元素 (Al, Mg, K, Na, Ti, V, Mn, Dy) を定量する場合、pn-2 で 1 分間、あるいは TC-pn で 5 分間照射した。その他の元素を定量する場合は pn-2 で 40 分間、TC-pn で 36 時間照射した。植物試料の場合、pn-2 では照射時間が 40 分間を超えると照射による損傷、分解がひどくなる。しかし、TC-pn では 36 時間照射しても試料の損傷、分解はほとんど起こっていなかった。岩石試料と同様に、ラビット中の試料毎の中性子束の変動はポリエチ管の周囲に巻いたステンレスワイヤーの放射能で補正した。

植物試料から REE を化学分離する方法は、次の通りである。試料の分解は、試料と硝酸、Nd 担体をテフロン製密閉容器に入れて家庭用電子レンジ(180W, 3分間)で加圧酸分解した。試料の大半は分解されたが、若干、繊維などが残っていた。また、大豆の場合、油脂が容器壁面に付着していたので、アセトンで溶液と共に洗い出した。その溶液を加熱してアセトンを蒸発させた後、過塩素酸を加えて開放系で加熱分解を完全に行った。蒸発残さを塩酸で溶かし、以降の操作は岩石試料の場合と同様に行って最終的に Nd のシュウ酸塩沈殿としてろ紙上に集めて γ 線測定試料とした。

γ 線測定は、適当な冷却期間をおいて 3 回以上行い、壊変を追跡した。定量は検量線を使った比較法で行った。そのための比較標準試料には Bowen's Kale, NIST-SRM-No.1573 (Tomato Leaves), NIES No.7 (Tea Leaves) を用い、希土類元素に対しては希土類元素の酸化物から調製した標準溶液をろ紙粉末(市販品)が入っているポリエチ管に滴下、乾燥させた合成標準試料を用いた。これら複数の標準試料から ppm-cps/mg の検量線を作製し、試料の元素濃度を求めた。結果の一例として、食用部位で分類したスパイスについて濃度を対数で表現したヒストグラムを図 1 に示す。主成分元素である K, Mg, Zn は種類や産地によらず、濃度の分布幅は 10 倍以内と狭いが、Cl, Al, Sc, Br, Na, 希土類元素では分布幅が 20 倍以上とかなり幅広い結果となった^[6]。

(3) 妨害核反応の影響についての定量的評価

中性子放射化分析において定量元素の(n, γ)反応によって生成する測定核種は、それ以外に共存する他の元素の異なる核反応によっても生じる場合があり、系統誤差の原因になる。その中で主として問題となる場合について、妨害核反応による影響の大きさを示す指標 IF を定義して調べた。また、その指標から比較標準岩石試料や植物試料の濃度に対して加算される系統誤差を定量的に調べた。その結果を表 1 に示す^{[2],[7]}。

定量元素ならびに妨害元素の高純度試薬(主として酸化物)を同じ照射カプセルに詰めて、pn-2 で 1 分間または 40 分間照射し、同じ測定条件で γ 線測定を行った。それぞれから生成した測定核種の生成放射能を比べて妨害核反応の影響の大きさを評価した。

① 共存元素の速中性子による(n, p)反応および(n, α)反応から測定核種が生じる場合

岩石試料の場合、Mg の定量に対する Al からの影響が大きく、試料の Mg 濃度に対する妨害核反応に起因したみかけの Mg 濃度の寄与分(系統誤差)は 66-182%であった。また、Al の定量に対して Si からの影響も 1.2-2.8%と無視できない。植物試料の場合、Mg は主要元素であるため、Mg 濃度に与える Al からの系統誤差は 0.3-4%である。Al 濃度に与える Si および P からの系統誤差はそれぞれ 1-2%、0.3-0.4%であるが、試料によっては 10%を越えるものもあった(図 2 参照)。Cd 比が pn-2 に比べて約 10 倍高い TC-pn で照射すると、これら速中性子による妨害は検出されなかった。

②ウランの核分裂によって測定核種が生じる場合

ウラン含有量が比較的高い GSJ 比較標準岩石試料 JR-2(流紋岩)(U: 10.9 ppm)では、Ce および Nd の濃度に対して核分裂反応による系統誤差はそれぞれ 10%、14%であった。La の場合、照射終了時から測定開始までの冷却時間 Tc が 9.4 日以内では La 濃度に対して系統誤差は 5%以下であった。また、Ba の定量において ^{131}Ba の 496.2keV- γ のピークを用いた場合、核分裂生成核種 ^{103}Ru の 497.0keV- γ のピークと重なってしまうため、それぞれの核種の壊変を追跡しないと Ba 濃度に対して系統誤差が 192%と高くなった。

(3) 共存元素の(n, γ) 反応によって測定核種を生じる場合

Ce, Lu の定量では、表のように Yb の(n, γ)反応によって測定核種、あるいは近接した γ 線エネルギーを放出する核種が生成されるため、定量結果に影響を及ぼす。岩石試料の場合、Ce 濃度に対してこの系統誤差は 6%であり、Lu では、2-3%であった。

終わりに

近年、放射化分析を行える施設が限られてきているという問題はあるが、放射化分析は、同じ多元素同時分析である ICP-MS に全て置き換わられることなく、互いの利点を生かしながら方法が確立された分析手段として幅広い分野で利用されている。利用者から「自分は放射化学を研究したいのではない。分析値を出すことが目的なのではなく、得られた結果を使って議論をしたい。分析にかかる労力は出来る限り最小限にしたい。」という言葉をよく耳にする。「放射線」という特殊な道具を扱う以上、その扱い方に慣れなければならないが、放射化学の深い専門知識を持ち合わせていなくても信頼できる分析結果が得られるように、分析する上での知恵(know-how)や情報を紹介することが必要ではないだろうか。k₀法は定量元素の標準試料を全て準備しなくても定量可能という点で、今後の放射化分析法として魅力的である。しかし、現時点では測定結果に影響を及ぼす因子が多く、「手軽に」とは言い難い。k₀法利用の開発が進んだ際には、信頼できる分析結果を得られるように、より一層、知恵や情報の紹介が必要となるであろう。

参考文献

- [1] 京大原子炉(KUR) 実験設備, 照射設備 利用の手引き
- [2] 宮本ユタカ, 金沢大学大学院博士學位論文"中性子及び光量子放射化分析における妨害核反応の定量的評価と応用" (1999 年).
- [3] N.Aota, Y.Miyamoto, S.Kosanda, Y.Oura and K.Sakamoto, "Neutron Activation Analysis of Fifteen GSJ Igneous Rock Reference Samples", Geostand. Newsl., 18, 65-84 (1994).
- [4] N.Aota, Y.Miyamoto, S.Kosanda, Y.Oura, T.Okui and K.Sakamoto, "Neutron Activation Analysis of Nine GSJ Sedimentary Rock Reference Samples", Geostand. Newsl., 18, 185-193 (1994).
- [5] K.Sakamoto, N.Aota, Y.Miyamoto, S.Kosanda, Y.Oura, T.Okui, M.Igarashi and T.Nakanishi, "Neutron and Photon

Activation Analyses of Twenty Four GSJ and Six KIER Rock Reference Samples", J. Radioanal. Nucl. Chem., 215, 69-76 (1997).

[6] Y.Miyamoto, A.Kajikawa, J.H.Zaidi, T.Nakanishi and K.Sakamoto, "Minor and Trace Elements Evaluation of Food Spices and Pulses of Different Origins by NAA and PAA", J. Radioanal. Nucl. Chem. 243, 747-765 (2000).

[7] Y.Miyamoto, H.Haba, A.Kajikawa, K.Masumoto, T.Nakanishi and K.Sakamoto, "Interferences in Neutron and Photon Activation Analyses", J. Radioanal. Nucl. Chem., 240, 165-175 (1999).

[8] 科学技術庁編 "放射能測定法シリーズ7 ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリ — 平成4年(3訂)", 日本分析センター (1997年)

表1：共存する他元素の妨害核反応が定量元素の(n,γ)反応を使ったNAAに与える影響の大きさ

①共存元素の速中性子による(n, p)反応および(n, α)反応から測定核種が生じる場合				
定量元素	定量に使う核反応	妨害核反応	IF	測定誤差 %RSD
Na	$^{23}\text{Na}(n,\gamma)^{24}\text{Na}$	$^{24}\text{Mg}(n,p)^{24}\text{Na}$	1 / 1830	3.3
		$^{27}\text{Al}(n,\alpha)^{24}\text{Na}$	1 / 4800	13
Mg	$^{26}\text{Mg}(n,\gamma)^{27}\text{Mg}$	$^{27}\text{Al}(n,p)^{27}\text{Mg}$	1 / 5.8	5.2
		$^{30}\text{Si}(n,\alpha)^{27}\text{Mg}$	1 / 4500	16
Al	$^{27}\text{Al}(n,\gamma)^{28}\text{Al}$	$^{28}\text{Si}(n,p)^{28}\text{Al}$	1 / 230	4.3
		$^{31}\text{P}(n,\alpha)^{28}\text{Al}$	1 / 670	6.0
Cl	$^{37}\text{Cl}(n,\gamma)^{38}\text{Cl}$	$^{41}\text{K}(n,\alpha)^{38}\text{Cl}$	1 / 7100	4.2
Mn	$^{55}\text{Mn}(n,\gamma)^{56}\text{Mn}$	$^{56}\text{Fe}(n,p)^{56}\text{Mn}$	1 / 70000	4.3
Fe	$^{58}\text{Fe}(n,\gamma)^{59}\text{Fe}$	$^{59}\text{Co}(n,p)^{59}\text{Fe}$	1 / 13	15
②ウランの核分裂によって測定核種が生じる場合				
Zr	$^{94}\text{Zr}(n,\gamma)^{95}\text{Zr}$	$^{235}\text{U}(n,\gamma)^{95}\text{Zr}$	11	9.1
Mo	$^{98}\text{Mo}(n,\gamma)^{99}\text{Mo}$	$^{235}\text{U}(n,\gamma)^{99}\text{Mo}$	1.75	1.7
Ru	$^{102}\text{Ru}(n,\gamma)^{103}\text{Ru}$	$^{235}\text{U}(n,\gamma)^{103}\text{Ru}$	6.25	6.3
Ba	$^{130}\text{Ba}(n,\gamma)^{131}\text{Ba}$	$^{235}\text{U}(n,\gamma)^{103}\text{Ru}$	$2.9 \times F_{\text{Ba}}$	6.9
	496.2keV-γ	497.0keV-γ	$F_{\text{Ba}} = \exp[(\lambda_{\text{Ba-131}} - \lambda_{\text{Ru-103}})Tc]$	
La	$^{139}\text{La}(n,\gamma)^{140}\text{La}$	$^{235}\text{U}(n,\gamma) \text{ } ^{140}\text{Ba} \xrightarrow{\beta^-} \text{ } ^{140}\text{La}$	$0.00268 \times F_{\text{La}}$	2.2
			$F_{\text{La}} = [\exp(\lambda_{\text{La-140}} - \lambda_{\text{Ba-140}})Tc] - 1$	
Ce	$^{140}\text{Ce}(n,\gamma)^{141}\text{Ce}$	$^{235}\text{U}(n,\gamma)^{141}\text{Ce}$	0.33	21
Nd	$^{146}\text{Nd}(n,\gamma)^{147}\text{Nd}$	$^{235}\text{U}(n,\gamma)^{147}\text{Nd}$	0.250	3.2

表 1 (つづき)

③ 共存元素の (n, γ) 反応によって測定核種を生じる場合			
Ce	$^{140}\text{Ce}(n,\gamma)^{141}\text{Ce}$ 145.4keV-γ	$^{174}\text{Yb}(n,\gamma)^{175}\text{Yb}$ 144.9keV-γ	$2.89 \times F_{\text{Ce}}$ $F_{\text{Ce}} = \exp[(\lambda_{\text{Ce-141}} - \lambda_{\text{Yb-175}})T_c]$
Lu	$^{76}\text{Lu}(n,\gamma)^{177}\text{Lu}$	$^{176}\text{Yb}(n,\gamma)^{177}\text{Yb} \xrightarrow{\beta^-} ^{177}\text{Lu}$	0.00399

Tc : 照射終了時から測定開始までの冷却時間

$$IF = \frac{(\text{妨害元素から生成した測定核種の計数率}) / (\text{妨害元素の重量})}{(\text{定量元素から生成した測定核種の計数率}) / (\text{定量元素の重量})}$$

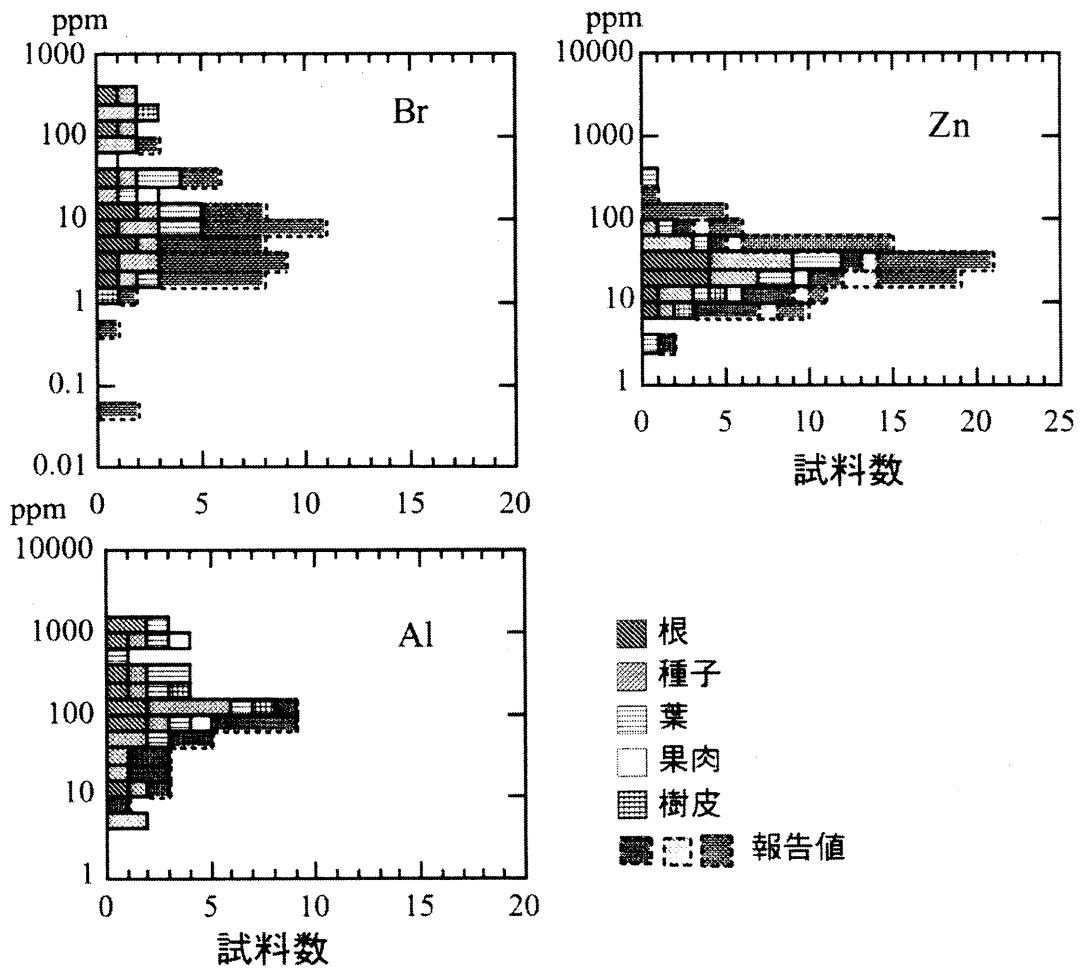


図 1 : 食用部位別に分類したスパイスの元素濃度分布

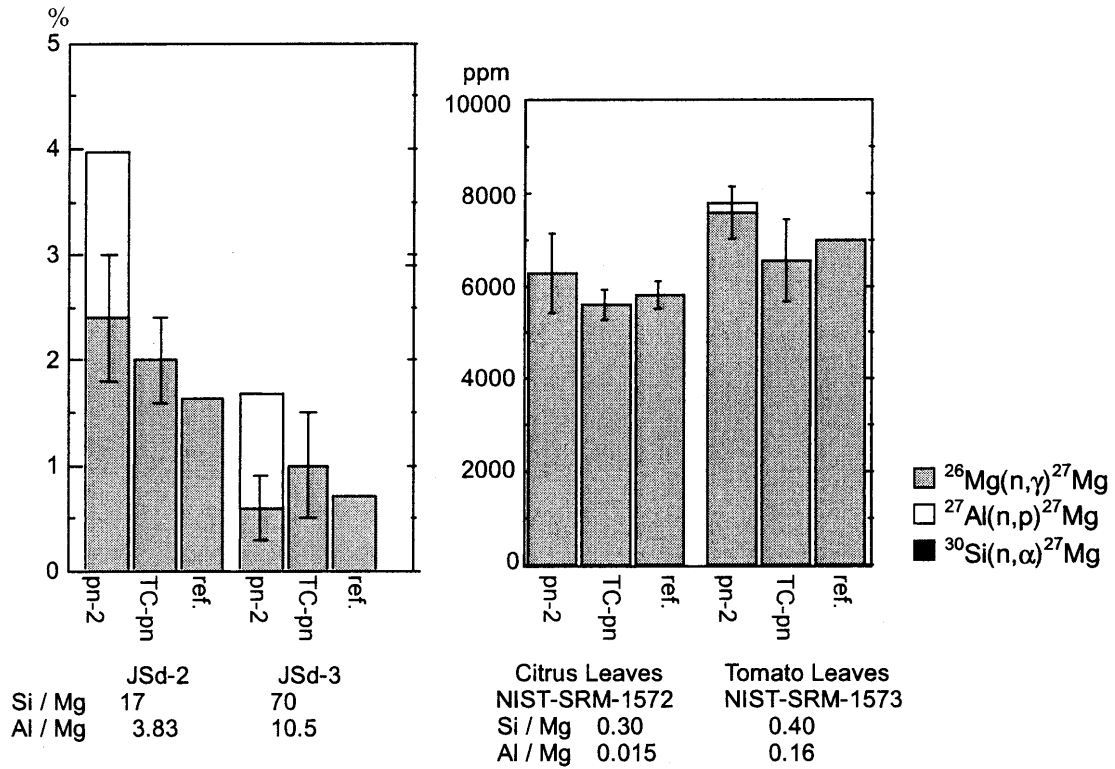


図 2 (a) : 岩石および植物試料における $^{26}\text{Mg}(n,\gamma)^{27}\text{Mg}$ 反応による Mg の定量値に及ぼす $^{27}\text{Al}(n,p)^{27}\text{Mg}$ 反応と $^{30}\text{Si}(n,\alpha)^{27}\text{Mg}$ 反応からの影響

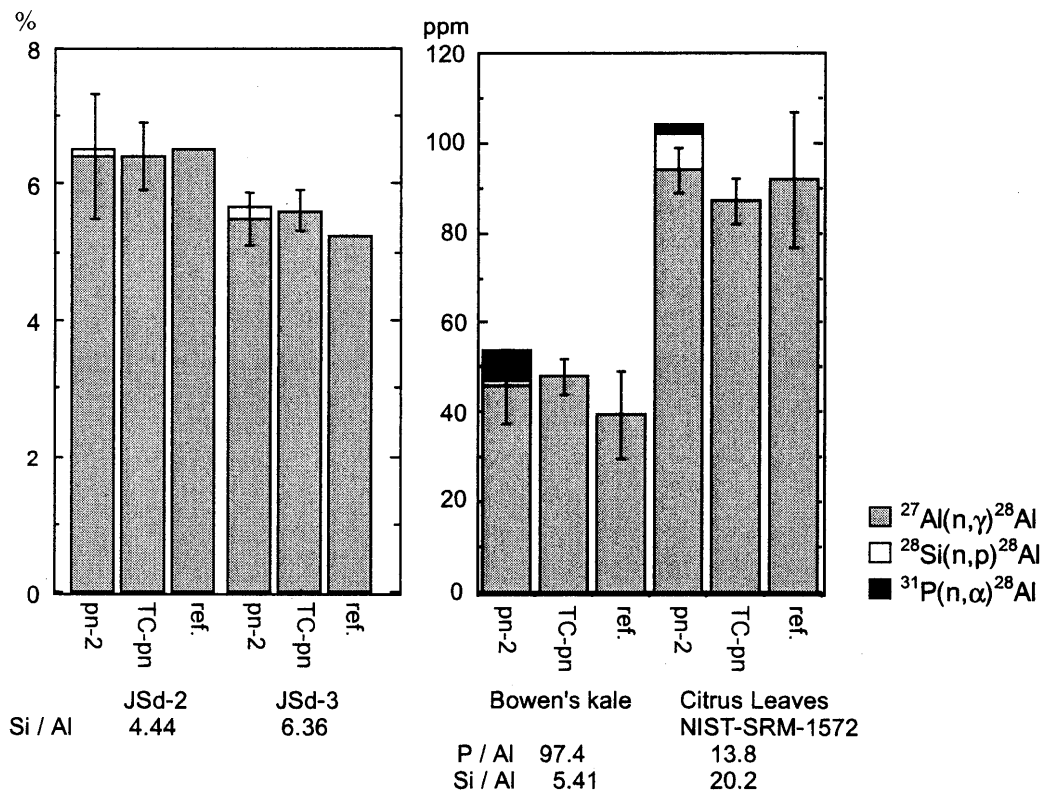


図 2 (b) : 岩石および植物試料における $^{27}\text{Al}(n,\gamma)^{28}\text{Al}$ 反応による Al の定量値に及ぼす $^{28}\text{Si}(n,p)^{28}\text{Al}$ 反応と $^{31}\text{P}(n,\alpha)^{28}\text{Al}$ 反応からの影響

(a),(b)ともに, ref.の値は推奨値。試料名の下に推奨値から得た定量元素と妨害元素の濃度比を参考に示した。

しんかい 2000, しんかい 6500 で採取された熱水鉱床試料の放射化分析

(琉球大学理学部海洋自然科学科) 大森保、知念正和

1 はじめに

1970年代末に、活動的な海底熱水活動が東太平洋海膨のガラパゴス拡大軸において発見された。その後、島弧やホットスポットにおける海山、あるいは背弧海盆などでも相次いで見つけれ、現在では海洋における普遍的な現象として理解され、多くの海域で調査が行われている(Fig. 1)。

よく知られているように、海底熱水活動は、海底に染み込んだ冷海水が、地下でマグマによって熱せられた高温の岩石と化学反応することによっておこる。海水からマグネシウムや硫酸イオンが著しく除去され、反対に鉄、マンガン、銅、亜鉛などの重金属イオンや硫化物イオン等が付加される。海底熱水域は、さまざまな金属を含む熱水鉱床の形成の場であり、また化学合成細菌や熱水域特有の生物群集が生息する場であり、長い時間スケールで海水の化学組成や地球環境に影響するものと考えられている。

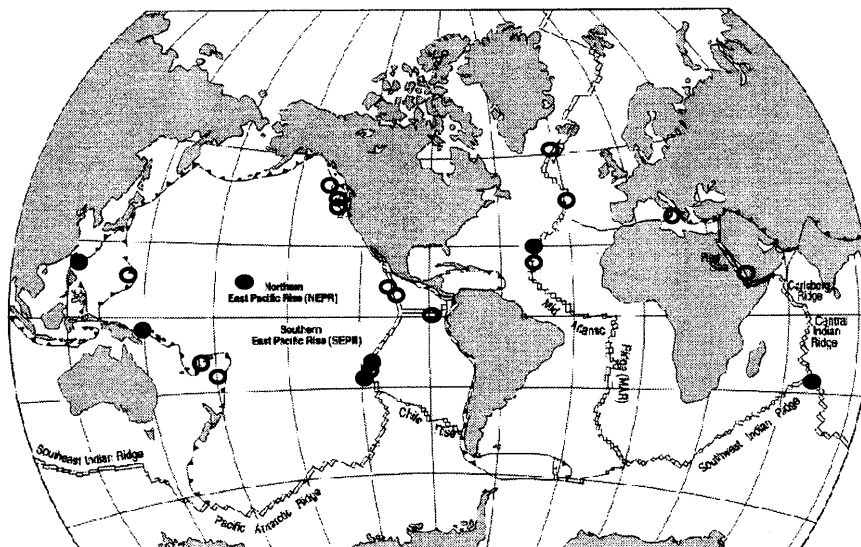


Fig. 1 Location of hydrothermal activity at modern seafloor.

私達は、熱水活動の時間的・空間的な変動に興味をもって、1984年より沖縄トラフをはじめ、東太平洋海膨、大西洋中央海嶺およびハワイ沖ロイヒ海山などの海底熱水域において採集された熱水鉱床とその関連物質の放射化分析や天然放射性核種測定などを行ってきた。幾つかの例を紹介する。

2 中央海嶺熱水鉱床試料の放射化分析

中央海嶺は約 60,000km 以上にわたって連なり地球を取り巻いている。地球表面の約 6 割を占める海洋底はそこで形成され、海洋底の拡大と冷却により、地球内部から散逸する熱の 3 分の 2 が放出されている。地球上の火山活動の 85% 以上が背弧海盆の拡大系を含めた中央海嶺で起こっていると試算されている。残りのわずか 15% が、ハワイなどのホットスポット、日本列島などの島弧火山活動によるものということになる。

2.1 試料および分析方法

試料は大西洋中央海嶺 Rainbow site で 1998 年海洋科学技術センターの潜水艇「しんかい 6500」によって行われた(MODE98). この潜航により硫化物のチムニーを中心とする 9 個の試料が採取された。

採取された硫化物チムニーの試料を表面から内側に向かって層別に切断し、めのう製乳鉢で粉体とした。鉱物組成をX線回析により、化学組成を中性子放射化分析と ICP-MS により、そして鉱床の形成年代を γ 線スペクトロメトリーによる ^{210}Pb 減衰法(硫化物)および ^{210}Pb 成長法(重晶石)によって測定した。^{1), 2)}

中性子放射化分析は、京都大学原子炉(KUR)においておこなった。まず、粉末状のサンプル20-30mg をポリエチレン袋に封入し、それぞれ短寿命核種用および中・長寿命核種用の試料をそれぞれ作成した。短寿命核種測定には標準として原子吸光用 Na (500 μg) と Mn (50 μg) を半割した繊維ろ紙上に乗せて使用した。長期照射用には、Co と Cr (25 μg) を用いた。

短寿命核種の測定には、ラビット管に試料2~3個と標準1個を詰めて圧気輸送管(Pn-3)にて10秒間中性子照射し、10-20分冷却後に200秒の計測をおこない、Ga-72、Mg-27、Mn-56、Cu-66、In-116m、V-52、Al-28、Na-24、Cl-38、Ca-49 等が測定された。

中・長寿命核種の放射化は、ラビット管に試料約13個と参照試料(標準岩石JB-2) 1個および標準1個を詰めて、圧気輸送管(Pn-2)にて1時間中性子照射しておこなわれた。中寿命核種測定では、150-200時間冷却したのち60~80分間測定した。Sm-153、Ba-131、Au-198、Cd-115、As-76、La-140 等が測定された。

長寿命核種測定では、約30~40日後冷却したのち130~150分間測定した。Ce-141、Se-75、Hg-203、Cr-51、Hf-181、Sr-85、Sb-124、Ag-110m、Sc-46、Fe-59、Zn-65、Ta-182、Eu-152、Co-60 等が測定された。

熱水鉱床試料の放射化分析における問題点では、Ba 含有量の高い試料をラビット管に詰めて中性子照射したとき、発熱によりビニール袋が融着し、サンプル名が読みづらいことがあった。試料の量を減らすことおよびサンプルの間に2枚のガーゼを入れることで対応した。測定上の問題では、MnやSb含有量の高い試料の場合には、短寿命核種または中寿命核種の測定における妨害が著しく、測定できる核種が限られてしまい、系統的な分析ができなかった。またPb、NiやSiは測定したいけれども放射化分析では困難である。

鉛の元素分析は、粉末試料の蛍光X線分析または酸分解して原子吸光法、ICP-MS にておこなった。

Table 1 The analytical results of sulfide chimney samples collected from MAR.

Sample name	Fe (%)	Zn (%)	Cu (%)	Co (ppm)	In (ppm)	Al (ppm)	Au (ppm)	As (ppm)	Cd (ppm)
Rainbow site #441-R1-D	45.5		25.8	6750	30.7		10.0		
#441-R2-E	25.5	16.80	22.4	9130	2.0		6.2	190	
#441-R3-B	31.2	3.28	4.7	1700			4.3		78
#442-R1-A	25.5		41.0	3290	14.5		16.7		
#442-R3-A	42.9	41.20	4.2	954			3.2	366	784
#443-R2-A	20.1	57.70	5.8	4540	2.1	248	11.2	735	1390
#443-R3-B	20.3	61.40	0.3	2870		135	1.2		820
#443-R6-T	42.2	2.41	31.2	4260	13.0	485	25.1	111	
TAG site #432-R1-A	32.6	1.25	0.13	97		143	4.1	156	58
#432-R2-B	11.5	2.29		12		1270	2.3	124	
#432-R2-C	29.8	2.87		235		1500	9.7	319	
#432-R3-C2	28.7	0.64	5.92	35		907	2.8	124	
#432-R4-A	41.3	16.80	0.04	527		239	13.4	236	258
#434-R1-A	25.1	0.55		52				244	
#434-R2-A	32.1			37				303	

2.2 結果と考察

1) Rainbow site のチムニーは亜鉛-鉄-銅を主成分とする多金属硫化物であった (Table 1)。試料によってはマンガンあるいはバリウムを含む試料もあった。この試料の特徴としてコバルトの含有量が高い (~1.3%) ことがあげられる。また EPMA による研究で millerite (NiS) が活動的な熱水域で初めて確認された。これらは基盤の超塩基性岩と熱水との相互作用による寄与によると考えられる。

2) チムニーの表面から深さ方向に ^{210}Pb 放射能 (dpm/g) を測定した (Fig. 2)。今まで測定したほとんどすべてのチムニーにおいて ^{210}Pb 濃度は表面からの距離が大きくなるほど濃度が低くなっている。これはチムニーの表面に近いほど年代が若いことを示しており、チムニーは内側から外側に向かって成長していくと考えられる。チムニーが細くのびたあとその鉱物の隙間から熱水がゆっくりと湧出して表面部分でだんだん太くなることが示唆される。

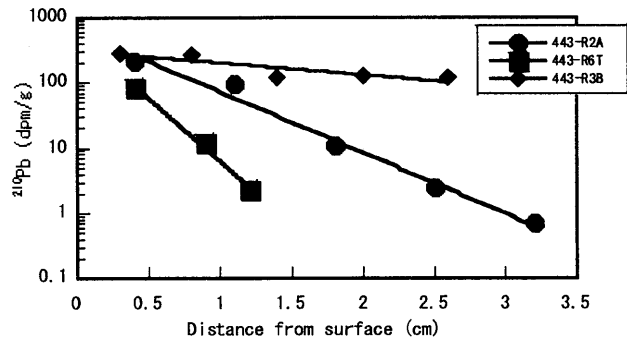


Fig. 2 Relationships between ^{210}Pb and distance from the surface of #441-R2-E, #443-R2-A and #443-R6-T (Rainbow site, MAR)

3 ハワイ島ロイヒ海山基底部の熱水活動

ロイヒ海山はハワイ島の南西沖にできた海底火山である。ハワイ列島は太平洋プレートに乗って移動し、ロイヒ海山はハワイ諸島形成の最初の段階だと考えられている。ロイヒ海山は海底から 5000m ほどの山になっており、頂上は水深約 1000m のところまできている。頂上部では高温の熱水活動があり、チムニーや熱水性生物群が存在する。基底部 (4772m) において低温 (9°C) ではあるが、活動中の熱水活動が見つけられた。この基底部の熱水活動は、知られている熱水活動中で世界最深部の活動であり、その形成過程が注目される。³⁾

3.1 試料および方法

ロイヒ海山基底部湧出口周辺で採取されて褐色沈殿物および黒色沈殿物の中性子放射化分析および γ 線測定による放射性核種の分析をおこなった。比較のために、ロイヒ海山頂上部の湧出口 (Pele's vent) で採取された褐色沈殿物および硫化物鉱床の同様な分析をおこなった。試料は色と形状によって細分画して分析試料とした。

- | | | | | |
|-------------------------------------|------------|------|---------|-------|
| (1)Loihi basal vent (Oomori's Vent) | #517-G1, | -S1, | 518-C1, | -C2 . |
| (2)Loihi summit Vent (Pele's Vent) | PV-305-#1, | -#2, | SS-P421 | |

3.2 結果と考察

ロイヒ基底部の熱水性沈積物は、おもにノントロナイト(褐色沈積物)と Mn 酸化物(黒色沈積物)を主成分とするものであった。。ノントロナイトを含む褐色沈積物(D517-G1, -S1, D518-C1, -C2)は、主要成分として Fe: 8.4-32.3%, Ca: 3.1-6.9%, Mg: 3.5-6.5%, Al: 1.0-7.1%, Mn: 0.08-15.8%, Na: 1.7-2.9%を含む。少量成分として Cr: 300-870ppm, V: 120-340ppm, As: 0-120 ppm, Co: 9-60ppm, Ce: 19-43ppm, La: 7-15ppm, Sm: 2.7-5.3ppm, Eu: 0.9-2.0ppm を含むものであり、基本的には頂上の熱水性沈積物に高い傾向にあった。ロイヒ海山基底部の低温熱水活動は、断層帯に沿って海水循環がおこる構造的な要因が大きく、未だ

マグマ成分の寄与が小さいことが示唆された。

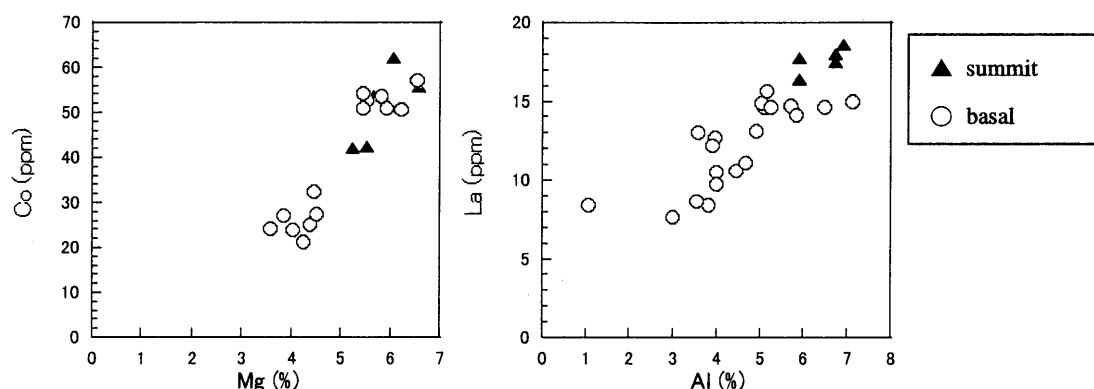


Fig. 2 Relationships of Co-Mg and La-Al

4 沖縄トラフ熱水鉱床の放射化分析

沖縄トラフ背弧海盆では1986年に比較的低温の熱水活動が最初に発見されたのを皮切りに、中部沖縄トラフ(4箇所)や南西沖縄トラフ(3箇所)において、温度320°Cに達する熱水噴出(ブラックスモーカー)、液状二酸化炭素の湧出、熱水から沈殿した硫化物や硫酸塩、炭酸塩鉱床、硫化水素をエネルギー源とする化学合成細菌を共生させた生物の群集など、生物地球化学的にきわめて興味深い現象が次々と見出された。採取された熱水、ガス、熱水性体積物などの化学分析が進むにつれ、堆積物に覆われた背弧海盆系の特徴が浮き彫りにされてきた。⁴⁾

4.1 結果

中部沖縄トラフおよび南西部沖縄トラフにおける代表的なチムニーには、亜鉛-鉄-銅を主成分とする金属硫化物と、バリウムを主成分とする硫酸塩の2種類がある。また部分的ではあるがマンガンやマグネシウムの炭酸塩チムニーもあった。硫化物チムニーでは特に亜鉛の濃度が高く20-30%含む試料もあった。硫化亜鉛の多いチムニーは熱水の温度が比較的低いとされているので、現在は全体として低温の熱水活動が行われていると思われる。微量成分としてMn, Al, Ag, As, Sb, Cd, Cr, Hg, Auが検出された。^{5), 6)}

重晶石(BaSO₄)を含有する試料はバリウムとともにラジウムも多く含むために非常に強い放射能を持っている。基盤岩となる酸性質の岩石や厚く覆われた海底堆積物と熱水との相互作用により、このように強い放射能を持つ堆積物になるものと考えられる。重晶石中の微量成分としてはAs, Sbが非常に高い値を示している。重晶石を含む鉱床の生成年代は、²¹⁰Pb成長法によってえられ、採集されたほとんどの試料は過去20-30年前までの極めて最近の熱水活動によって形成されたことを示している。

炭酸塩チムニーは、伊平屋海凹と南奄西海丘において、それぞれ硫化物を伴う菱マンガン鉱・カルサイトまたはマグネサイトが採集された。前者は堆積物と熱水、後者は基盤岩と熱水との相互作用の寄与が大きいと考えられる。

5 熱水活動の構造の違いによる化学組成の比較

海底熱水活動には中央海嶺系、背弧海盆、ホットスポットのタイプがある。それぞれ異なる基盤岩のなかで熱水循環がおこるために様々な熱水鉱床が形成される。大西洋中央海嶺 Rainbow site の硫化物鉱床は

超塩基性の基盤岩の影響を示し、シリカ成分が少なくコバルトの成分が多くなる傾向が見られた。背弧海盆の沖縄トラフの試料は砒素とアンチモン、鉛、銀含有量が高い特徴がある。これは、熱水域周辺が厚い堆積物で覆われているために、熱水が2次的に反応し、形成される熱水性沈積物中に多く存在するものと考えられる。

ハワイのホットスポットとの比較もおこないたいが、ロイヒ海山では硫化物の試料が採取されなかった。得られた低温の熱水活動に特徴的なノントロナイト中の化学組成からは、活動的な熱水活動の兆候はまだ見られなかった。今後の熱水活動の変動が注目される。

Table 2 Comparison of chemical composition of chimney and ores among different sites.

	Fe (%)	Cu (%)	Co (ppm)	Au (ppm)	In (ppm)	As (ppm)	Sb (ppm)	Pb (ppm)	Ag (ppm)
Mid-Ocean Ridge Rainbow	20-60	0-50	1000-13000	0-20	1-30	50-500	<50	100-1000	10-800
TAG	10-40	<1	10-500	0-20	—	50-200	<50	100-1000	10-500
EPR Hot Spot	20-60	0-30	<10	<0.5	1-30	50-500	10-50	100-1000	10-300
Loihi seamount	8-20	—	10-50	—	—	<100	<50	<100	<50
Back-Ark Basin						500-	1000-		
Okinawa Trough	5-15	1-10	—	1-10	—	10000	10000	1-10 (%)	500-5000

6. おわりに

採集された海底熱水鉱床試料の元素組成は常に多様であり、試料ごとに試行錯誤することが多かった。定性・定量分析のできる小山—松下プログラムによる放射化分析は未知試料の分析に大変に役に立った。関係者の方々にあらためて謝意を表す。

7. 参考文献

- 1) Kadko, D., Radioisotopic studies of submarine hydrothermal vents, *REVIEWS OF GEOPHYSICS*, 34, 349-366, 1996.
- 2) Lalou, C., and E. Brichet, On the isotopic chronology of submarine hydrothermal deposits, *Chem. Geol.*, 65, 197-207, 1987.
- 3) Malahoff, Alexander., G. M. McMurtry, J.C. Wiltshire, and H.-W. Yeh, Geology and chemistry of hydrothermal deposits from active submarine volcano Loihi, Hawaii, *Nature*, 298, 234-239, 1982.
- 4) Sakai, H., T. Gamo, E. S. Kim, M. Tsutsumi, T. Tanaka, J. Ishibashi, H. Wakita, M. Yamano, and T. Oomori, Venting of carbon dioxide-rich fluid and hydrate formation in mid-Okinawa Trough backarc basin., *Science*, 248, 1093-1096, 1990.
- 5) 大森保、木村政昭、田中武男、「しんかい2000」潜航調査で採集された沖縄トラフ海底 熱水鉱床の化学組成と同位体組成、*月刊地球* 12(2)、243-249, 1990.
- 6) 千葉仁、石橋純一郎、上野宏共、大森保、内山明紀、武田哲一、高峰朝一郎、李受映、糸満彩子、伊平屋海凹北部海丘の海底熱水活動、*JAMSTEC 深海研究*, 12, 211-219, 1996.
- 7) Rona, P. A., TAG Hydrothermal Field: Mid-Atlantic Ridge crest at latitude 26°N, *J. Geol. Soc. London*, 137, 385-402, 1980.

京都市内公園の土壤重金属汚染のリスク評価の試み

京都大学大学院 坂内 修
 京都大学大学院 米田 稔
 京都大学大学院 森澤 眞輔

目的

土壤重金属汚染はこれまで農用地や地下水で問題とされてきたが、近年では土地取引やISO14001 取得に土壤汚染調査が必須であることから工場や事業所の跡地などの市街地で土壤汚染が顕在化している。ダイオキシン類対策特別措置法でははじめて土壤中の汚染物質の直接暴露による健康影響について言及しており、重金属類についても基準が設定されようとしている。一般市街地についての土壤汚染調査事例は少ないため土壤中の重金属類の直接暴露による人の健康影響を評価する際の測定方法について検討するとともに実際に京都市内において公園土壌を採取・測定した結果を報告する。

調査・測定方法

調査対象は京都市内の3つの公園とし、内径5cm・深さ5cmのステンレス製採土器を用いて土壌を採取した。採取した土壌は前処理として60℃、12時間以上乾燥させ2mm網ふるいに通し、分析試料とした。土壌中重金属濃度を測定する方法として土壌試料を直接測定にかける蛍光X線分析、中性子放射化分析などの方法と、土壌から重金属を抽出し、原子吸光、ICP-発光、ICP-MSで測定する方法が挙げられる。本研究では直接測定にかける方法として中性子放射化分析、抽出して測定する方法として塩酸抽出+ICP-MSと硝酸抽出+ICP-MSの3つの方法で土壌中重金属濃度を測定した。

塩酸抽出法では分析試料10gと0.1N塩酸50mlを混合し35℃、12時間振とうさせた後、遠心分離にかけ上澄みを濾過・希釈して抽出液とした。硝酸抽出法では分析試料0.5gと60%濃硝酸15mlの混合液を湿式分解装置(CEM社製 MDS2000)で高温・高圧条件として土壌を溶かし、抽出液を希釈・濾過して抽出液とした。これら抽出液をICP-MS(ICP質量分析装置、HP4500)で測定した。中性子放射化分析は京都大学原子炉実験所にて行った。中性子照射時間は3600[秒]とし、中寿命核種は78日、長寿命核種は約1ヶ月冷却時間をおいた後、Ge半導体検出器によりγ線エネルギーを測定し、試料中元素濃度を算出した。各元素濃度は乾燥土壌1kgあたりのmgに換算した。塩酸抽出は土壌の一部の抽出、硝酸抽出は土壌固相内部以外の抽出、中性子放射化は

表1 測定方法と元素の関係

	塩酸抽出	硝酸抽出	中性子放射化
Cr	○	○	○
Zn	○	○	○
As	○	○	○
Se	○	○	○
Cd	○	○	×
Sb	×	×	○
Hg	△	×	×
Pb	○	○	×

○ 測定可能

△ 半分は定量限界以下

× 測定不可

土壌の構造によらない全量分析を行えるので、一般に濃度は中性子放射化>硝酸抽出>塩酸抽出となる。なお、測定対象元素はCr, Zn, As, Se, Cd, Sb, Hg, Pb の8元素とする。

測定結果

3地点の公園7サンプルについて3つの測定方法で測定し、それぞれの元素に適した測定方法を表1に示す。表1より、Cr, Zn, As, Se は3つの測定方法で測定可能であり、Cd, Pb は中性子放射化で測定できなかつた。また、Sb は中性子放射化で測定できたが塩酸・硝酸抽出で定量限界以下の濃度となった。Hg は3つとも定量限界以下であった。これらの測定方法は比較的容易に多元素同時分析が可能であるが、元素によっては測定できない場合もあるので複数組み合わせることが望ましい。またそれによって土壌中の存在形態を推定することも可能になると考えられる。

リスク評価

土壌汚染物質の人体への暴露経路には直接的な暴露と地下水や農畜産物を經由する間接的な暴露がある。直接的な暴露は、土壌の摂食（消化管を經由する摂取）、土壌粒子の皮膚接触（経皮吸収）、土壌粒子の吸入摂取（肺を經由する摂取）、土壌から蒸散した蒸気の吸入摂取（肺を經由する摂取）がある。これらの経路ごとの曝露量の算出式は環境省の資料を基に計算し、合計して土壌中濃度から一日当たりの直接曝露量を算出する式を設定した。

また、重金属類の人体への許容濃度（TDI）としてWHOの水質基準値、ICSCの許容空气中濃度、環境省の要措置レベルで設定されているTDIから最も低い値を採用した。ここではリスク評価対象元素をCr, Zn, As, Se, Cd, Sb, Pbの7つとし、それぞれの元素について直接曝露量をTDIで割った値をその元素のリスク評価指標と定義し、その値をリスク評価指標値とした。ある元素についてリスク値が1より大きいということはその元素の土壌からの直接曝露量が許容摂取量を超えていることを示している。

土壌中濃度からリスク値を計算した結果、塩酸抽出法、硝酸抽出法ではリスク値が1を越える元素はなかつたが、中性子放射化分析の結果、Asで1地点が1を越えるという結果になった。合計リスク値の平均は塩酸抽出法で0.0239、硝酸抽出法で0.1227、中性子放射化で0.8226となった。

また、それぞれの抽出方法について元素毎に7地点の平均を円グラフに示すと図1のようになる。図より、塩酸抽出法ではPb, As、硝酸抽出法ではAs, Pb、中性子放射化分析ではSb, Asが大きなリスクを占めることが明らかとなった。

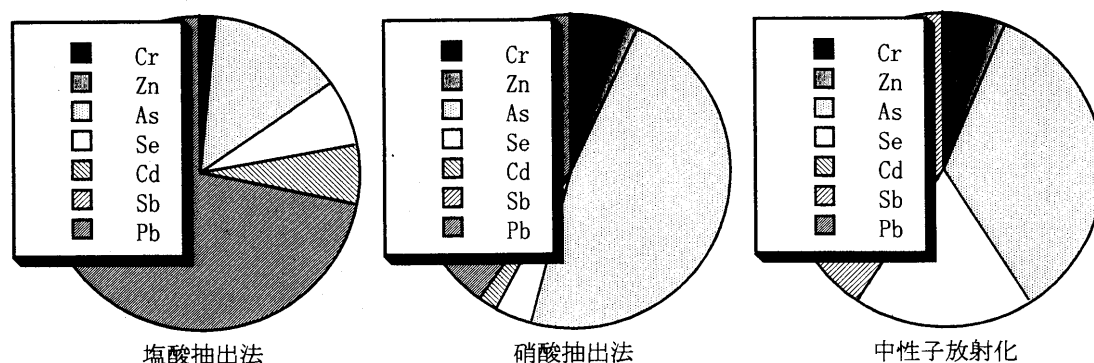


図1 重金属類のリスク値の割合

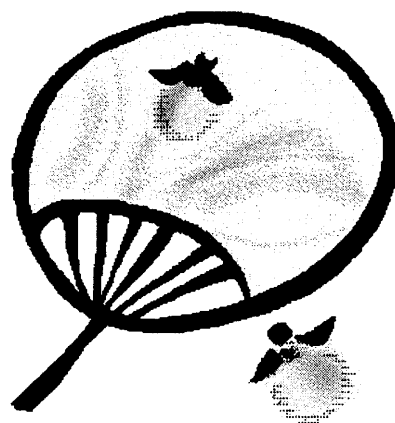
結論

土壌中の重金属類の直接暴露による健康リスクを評価するため中性子放射化分析と塩酸抽出+ICP-MS と硝酸抽出+ICP-MS の3つの方法で土壌中重金属濃度を測定した。結論を示す。

Cr, Zn, As, Se は3つの方法で濃度が測定された。

Cd, Pb はICP-MS で測定されたが中性子放射化分析では測定できなかった。逆にSb, はICP-MS で測定できないサンプルもあったが中性子放射化分析で測定できた。

土壌中含有量から健康リスクを算出することにより、土壌中重金属類の中でどの元素が大きなリスクを占めるかを明らかにできる。抽出+ICP-MS の方法ではAs, Pb のリスク値が高く、中性子放射化分析ではSb, As のリスク値が高い。リスク評価のための測定方法として何が最適であるかについては、さらに検討が必要である。



博士論文要旨

Al 処理により誘導されるタバコ培養細胞の応答解析

東京大学 応用生命化学専攻

平成 10 年度博士課程進学

氏名 飯倉 寛

指導教官 中西友子

世界の農業可能面積の約 42% (約 46 億 ha) を占める酸性土壌 (1984 年資料)、このうち 30% 以上が作物の生育不可能な強酸性土壌である。塩類溶脱や酸性雨により土壌の酸性化は現在でも地球規模で進行し、その面積も増加し続けている。土壌の酸性化に伴い、通常不溶性の化学形態をとっているアルミニウム (Al) の可溶性が高まり、交換性 Al (植物有害 Al) が生じる。この Al が酸性土壌における作物生育阻害の主要な原因の一つである。

Al による植物の生育阻害については多くの報告がなされているが、障害はまず根端の伸長阻害に現れる。植物種により Al の伸長阻害濃度は異なるが、Al は極めて短時間で組織内に取り込まれ伸長阻害を引き起こす。しかしその阻害機構については未だ説明されておらず、特に Al の化学形態の複雑性、微量 Al の検出及び定量が困難であることから、細胞内での局在様式、細胞の応答等については不明な点が多い。

近年では根における Al の細胞伸長阻害に関しての報告が多く、組織レベルでの障害メカニズムが注目されている。しかしながら細胞レベルにおける、特に核を含む細胞内オルガネラへの Al の影響についての研究はほとんど進んでいない。細胞単位での Al に対する応答を解析することは根の組織全体に対する Al の影響を解析する上での基盤研究でもある。そこで筆者は研究を通してひとつの細胞、特に細胞内オルガネラへの Al の影響も視野に入れ、Al の細胞に与える影響について調べた。

実験にはタバコ培養細胞 (BY-2) を用いた。通常 BY-2 はムラシゲ・スクーグ培地を用いて培養するが、Al 処理培地は溶液中で Al との結合が考えられるリン (P) と EDTA を除去した培養液を用いた。P の非存在下でも BY-2 は 48 時間までは通常培養と同程度の生育を示した。Al 処理濃度は基本を 100 μM とし、実験により 500 μM までの Al 処理濃度を設定した。

① Al と他の元素との相関解析

Al 処理により、他元素 (Fe, Ca, Mg 等) の細胞内含量へ及ぼす影響を細胞内 Al 含量変化の点から考察した。定量には ICP-AES による解析の他に放射化分析法も用いた。測定した元素の中でも特に細胞内 Fe 含量が Al に特異的な変動を示し、Al 処理による細胞内 Al 含量が増加するに従い Fe 含量も増加した。しかしながら処理溶液中から Fe を除去すると Al 含量の増加が抑えられたため、

細胞内への Al の取込みには Fe の存在が重要であることが示された。細胞増殖度に関する Al 障害も Fe 非存在下では低くなることが明らかとなった。また Al 処理に伴う細胞中のホウ素 (B) 含量変化を調べるため PGA (prompt-gamma-analysis) による微量ホウ素の高感度測定法を開発した。B は植物にのみ必須元素であり、かつ Al と同族元素であることから B による Al 障害の緩和作用が期待されたからである。しかしながら、細胞内 B 含量は Al 処理の影響はほとんど受けず、また Al 処理溶液中の B 濃度を 100 μM から 1 mM と変化させても特に Al 障害による細胞増殖度に差はみられなかった。

② 核への Al 処理に対する影響

細胞は定常期よりも対数増殖期の方が Al 障害をうけやすいことが示された。これは細胞壁 (膜) のみならず、細胞内 (特に核) に取り込まれる Al の影響のためではないかと考えられた。そこで、FCM (Flow cytometry) を用いて Al 処理による核の状態変化を解析した。核の検出には PI 染色法を用いたが、16 時間の Al 処理により通常の $2n$ の核よりも小さい位置における PI 蛍光発色が確認され、この発色の増加は Al 処理濃度や Al 処理時間に依存していた。この結果は DNA の断片化が生じているためと考えられ、細胞壁 (膜) だけでなく核への Al の特異的な影響が存在することが示された。そこで細胞周期における細胞の Al 感受性に差異があるかどうかを調べるため、アフィディオリン処理による同調培養も行った。同調した細胞群を通常培養に移した後、各細胞周期における細胞群に対して 16 時間の Al 処理を行ったところ、S 期と M 期に Al 処理を開始した細胞群に対して DNA の断片化が多く現れることが示された。

③ 細胞レベルでの Al 高感度検出法の確立

Al 障害メカニズムの解析が困難である最大の要因の一つに Al の検出感度が低い事が挙げられる。また実験に有効な Al の放射性同位元素の入手が困難であることから細胞内への Al 局在解析については明確な知見が得られてこなかった。これまで常用されてきたモリンやヘマトキシリン染色では細胞内の細部の Al 分布の解析を行うことは非常に困難である。そこで、高感度の Al 検出が可能な蛍光色素ルモガリオン染色法の確立は本研究を進めるに当たり不可欠な基盤技術である。本研究で確立したルモガリオン染色法により、共焦点レーザー顕微鏡下で細胞内の一定断面における微量 Al を検出することが初めて可能となった。ルモガリオンは Al と特異的に結合し、かつその安定度定数が 5.6×10^7 と非常に高く、長時間のレーザー照射による退色もほとんど認められなかったため、共焦点レーザー顕微鏡下での細胞内細部の Al 局在性解析を行うにあたり、特に優れた蛍光試薬であることが示された。本手法により Al 処理細胞の Al 局在様式の空間的分布が画像として得られ、細胞膜や核、他のオルガネラへの微量 Al の局在様式を検討することが容易となった。

ルモガリオン染色法確立に際しての最大のネックはホルムアルデヒドによる細胞固定処理の際に Al が細胞内で移動するかどうかという点であった。様々な検討の結果、ポリリジンを用いスライドガラスへ細胞を吸着させると、全く同一の細胞をモリン染色後にルモガリオン染色し観察することが可能となり、固定時の Al の移動はほとんど無視できることがわかった。また各処理段階における処理溶液への Al 溶出量を ICP-AES を用いて定量したところ、固定時の Al 溶出は微量であり、上記手法の有効性が裏付けられた。

④ Lumogallion 染色法による細胞内 Al 動態解析

ルモガリオン染色法を用いて Al 処理細胞について経時的な Al 蓄積動態の解析を行った。通常の Al 処理区では時間とともに細胞内への Al 蓄積は一定の増加傾向を示した。局在部位については細胞壁（膜）への Al 吸着のみならず、核への高い Al 局在性が示された。それに比して、-Fe 区また酸化防止剤添加区（AFD 区）においては Al 蓄積による蛍光強度の増加は低く抑えられていた。しかしながら、短時間（3 時間）の Al 処理で細胞内顆粒への非常に強い Al 局在が認められた。この現象は Fe の有無や過酸化に関わらず生じ、Al 処理時間が 3 時間をすぎると徐々に顆粒が消失していくことが確認された。当初この顆粒はプラスチド（アミロプラスチド）、つまり Al 処理によるデンプンの過剰蓄積が生じているのではないかと考えられたが、フェノール-硫酸法によるデンプン定量を行ったところ、Al 処理によるデンプンの過剰蓄積は認められなかった。

次にミトコンドリアや小胞体を染色する DiOC 6 を用いて同時染色を行ったところ、ルモガリオンによる Al 局在性と極めて高い相関が示された。

⑤ Al 処理による Apoptosis 誘導メカニズムの解析

FCM 解析で DNA の断片化が示されたことから、Al 処理によるアポトーシス様現象が生じていることが示唆された。植物細胞でのアポトーシス関連の研究は動物細胞などに比べると非常に遅れており、そのメカニズムについては不明な点が多い。Al 処理による DNA 断片化の原因として第一に考えられるのは Fe 共存下による過酸化ストレスと考えられる。そこで活性酸素検出試薬 H_2DCFDA を用いて各処理区における細胞内活性酸素の検出を行ったところ、Fe 共存下では徐々に活性酸素量が増加したが Fe 非存在下、及び AFD 区では活性酸素はほとんど検出されなかった。

Al 処理による経時的な DNA の断片化過程を詳細に検討するために断片化 DNA をビオチン標識後、フルオレセイン標識ストレプトアビジンで蛍光染色した。Al 処理後 8 時間後から DNA 断片化が現れ始めたが、興味深いことに AFD 区においても Al 処理 24 時間後には DNA の断片化が確認された。この結果は酸化ストレス以外にも断片化を誘導するメカニズムが存在することを示すものである。AFD 区に共通する Al 特異的応答として小胞体への Al 局在性が存在することから、酸化ストレスだけではなく小胞体ストレスによる DNA 断片化の誘導が生じていると考えられた。

1. Iikura, H. *et al.* In Bell, RW. and Rerkasem, B. ed, Boron in Soils and Plants. 1997: 63-67
2. Iikura, H. *et al.* Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry (JRNC). 2001:249 (2) 499-502
3. Nakanishi, T. Iikura, H. *et al.* In Bell, RW. and Rerkasem, B. ed, Boron in Soils and Plants. 1997: 69-72
4. Kataoka, T. Iikura, H. *et al.* Soil Sci. Plant Nutr. 1997, 43: 1003-1007
5. Tanoi, K. Iikura, H. *et al.* Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry (JRNC) 2001:249 (2)

ダイズ植物体の無機元素動態に対する Al および V の影響

東京大学 平成 12 年度入学 奈良 志ほり
指導教官 中西 友子

植物の物質代謝における元素の摂取や機能についての生理学的研究は多大な発展を遂げてきた。特に C、N あるいは P のような多量必須元素については作物の施肥という観点からの研究が数多く報告されてきたが、植物 1 個体中の元素分布動態を経時的かつ体系的に調べた報告はほとんど見られない。そこで本研究では、環境条件により土壤中の濃度が変化すると予想される無機元素に着目し、発根から枯れるまでの全ての生長過程において植物体全ての植物組織部位についてライフステージごとに定量を行ない、多元素の動態を同時に解析することで植物 1 個体をより総合的に捉える試みを行なった。植物体内における各元素特有の分布動態が明らかとなったため、次に植物の有害元素として知られる V や Al が過剰に存在する環境下で植物体中への元素の吸収や分布動態に対する影響について検討した。V は車の排気ガスおよび化石燃料の燃焼時に出される排煙や工業廃棄物中に含まれ、将来深刻な環境汚染を引き起こす可能性が指摘され、また Al は酸性土壌における植物の生育阻害の主な原因であると考えられている。さらに本研究では、酸性土壌で生育させたダイズ種子への無機元素の蓄積動態を明らかにすることにより、環境変化による種子への元素動態の変化に着目し、環境の次世代への影響についても検討を行なった。種子への元素の蓄積を調べることは植物生理学上のみならず安全かつ安定な食を確保する上でも重要な研究であると考えられる。

1. 生育過程におけるダイズ植物体中の無機元素濃度の分布動態

完全水耕液を用いた水耕栽培でダイズの発根から枯れるまでの各組織における Mg、K、Ca ならびに遷移金属元素 V、Mn、Fe、Zn の濃度動態について検討した。同時に水耕液に V を添加した区分も設けた。各無機元素分布動態の第一の特徴として「その大半が根に蓄積する元素」と「地上部へも移行する元素」に大別された。根に蓄積した元素は V および Fe であった。その他の元素は地上部へも運ばれていたが、それらの元素の多くは茎よりも葉での元素濃度が高かった。例外として K は植物体中に比較的均等に分布していた。Mg、Ca、Mn および Zn はより上位の葉において元素濃度が高かった。Mg についても同様の傾向が認められたが、子葉に最も高濃度に蓄積されていた。また、V を水耕液に添加した場合、根における Mg、K、Fe および Zn、地上部における Ca および Mn 濃度が減少した。以上の結果から、V がこれらの元素の植物体内への吸収および蓄積を阻害している可能性が示唆された。

2. 完全水耕液中で生育させたダイズ植物体に対する Al の影響

Al は短時間の処理で根に蓄積され、根の伸長阻害を引き起こすことが知られているが、

それらの報告の多くが Ca 単純水耕液を用いた研究である。そこで植物のライフサイクルを通して Al の与える影響について考察するために完全水耕液を用いた。はじめに双方の水耕液中の Al 単量体量を測定したところ、Ca 単純水耕液では加えた Al のほとんどが単量体として存在していたが、完全水耕液 Steinberg では $200\ \mu\text{M}$ の Al を添加しても単量体として存在していたのは $30\ \mu\text{M}$ 程度であった。次に、それぞれ Al を添加した水耕液で栽培したダイズの生育初期において、 $200\ \mu\text{M}$ の Al を完全水耕液に添加した系では、Al の根端への蓄積や根に与えた障害は Ca 単純水耕液に $10\ \mu\text{M}$ の Al を添加した系と同程度であった。次に種子の成熟過程で $200\ \mu\text{M}$ の Al 添加により植物体地上部における各無機元素の分布動態がどのように変化するのかについて検討した。Al は主に葉、特に子葉に蓄積していることが示された。他の無機元素については Al 添加区において Zn の蓄積が促進され、Ca の地上部全体の元素濃度および Fe の茎での元素濃度が減少したことが明らかになった。

3. 水耕栽培および土耕栽培におけるダイズ種子への無機元素蓄積の比較

Al を添加した完全水耕液で育てたダイズの種子およびさやにおいて、Al がどのように無機元素蓄積に影響を与えているのか、また Al 含有量が多くかつ酸性の土壌（鹿沼土）で育てたダイズの種子およびさやでは、Al の影響がどのように現れるのかについて検討した。興味深いことに Al の種子への蓄積は栽培方法や Al 添加に関わらず全く検出されなかったが、さやにおける Al 濃度は鹿沼土で育てた場合に高かった。よって、環境中の Al 濃度が増加してもさやと種子間における Al の分別機能により、種子には Al はほとんど蓄積されないことが示唆された。その他の無機元素 Mg、Mn、Fe および Zn についても種子中の濃度は Al 添加によって変化することはなかった。Ca の場合には Al 添加により種子が未熟の時期には種子とさや共に元素濃度が低くなっていた。一方で、種子が完熟すると Ca はいずれの栽培環境においても親種子より元素濃度が高くなったことから、栽培環境に応じて種子への蓄積量が変わることが示唆された。

東日本沿岸部における海底堆積物の堆積環境 並びに堆積メカニズムに関する研究

武蔵工業大学大学院工学研究科
原子力工学専攻 木村賢一郎

本研究では、東日本沿岸部（噴火湾、陸奥湾、東京湾内湾部、東京湾湾口部）の海底堆積物コア試料（水産庁提供）中の含有元素並びに放射性（ γ 線放出）核種を中性子放射化分析等により定量し、その結果を用いて、地球環境科学的な考察を試みた。また、その比較検討の対象として外洋のコア試料（国際原子力機関－IAEA 提供）である太平洋（St.9）

それらの報告の多くが Ca 単純水耕液を用いた研究である。そこで植物のライフサイクルを通して Al の与える影響について考察するために完全水耕液を用いた。はじめに双方の水耕液中の Al 単量体量を測定したところ、Ca 単純水耕液では加えた Al のほとんどが単量体として存在していたが、完全水耕液 Steinberg では $200\ \mu\text{M}$ の Al を添加しても単量体として存在していたのは $30\ \mu\text{M}$ 程度であった。次に、それぞれ Al を添加した水耕液で栽培したダイズの生育初期において、 $200\ \mu\text{M}$ の Al を完全水耕液に添加した系では、Al の根端への蓄積や根に与えた障害は Ca 単純水耕液に $10\ \mu\text{M}$ の Al を添加した系と同程度であった。次に種子の成熟過程で $200\ \mu\text{M}$ の Al 添加により植物体地上部における各無機元素の分布動態がどのように変化するのかについて検討した。Al は主に葉、特に子葉に蓄積していることが示された。他の無機元素については Al 添加区において Zn の蓄積が促進され、Ca の地上部全体の元素濃度および Fe の茎での元素濃度が減少したことが明らかになった。

3. 水耕栽培および土耕栽培におけるダイズ種子への無機元素蓄積の比較

Al を添加した完全水耕液で育てたダイズの種子およびさやにおいて、Al がどのように無機元素蓄積に影響を与えているのか、また Al 含有量が多くかつ酸性の土壌（鹿沼土）で育てたダイズの種子およびさやでは、Al の影響がどのように現れるのかについて検討した。興味深いことに Al の種子への蓄積は栽培方法や Al 添加に関わらず全く検出されなかったが、さやにおける Al 濃度は鹿沼土で育てた場合に高かった。よって、環境中の Al 濃度が増加してもさやと種子間における Al の分別機能により、種子には Al はほとんど蓄積されないことが示唆された。その他の無機元素 Mg、Mn、Fe および Zn についても種子中の濃度は Al 添加によって変化することはなかった。Ca の場合には Al 添加により種子が未熟の時期には種子とさや共に元素濃度が低くなっていた。一方で、種子が完熟すると Ca はいずれの栽培環境においても親種子より元素濃度が高くなったことから、栽培環境に応じて種子への蓄積量が変わることが示唆された。

東日本沿岸部における海底堆積物の堆積環境 並びに堆積メカニズムに関する研究

武蔵工業大学大学院工学研究科
原子力工学専攻 木村賢一郎

本研究では、東日本沿岸部（噴火湾、陸奥湾、東京湾内湾部、東京湾湾口部）の海底堆積物コア試料（水産庁提供）中の含有元素並びに放射性（ γ 線放出）核種を中性子放射化分析等により定量し、その結果を用いて、地球環境科学的な考察を試みた。また、その比較検討の対象として外洋のコア試料（国際原子力機関-IAEA 提供）である太平洋（St.9）

試料についても分析・解析を行った。コア試料は鉛直方向に何層にも正確に区分されているものである。本研究では、海底堆積物中に存在する放射性核種と含有元素を結びつけることで、より総合的に堆積環境および堆積メカニズムについての解明を試みた。

太平洋試料の Mn は沿岸部試料に比べ、高濃度であった。従って、外洋の堆積物における Mn は、海水からの寄与が大きいと考えられる。また、Fe、Mn の挙動は複雑であるが、噴火湾の第 5 層 (8~10cm) 付近に顕著な増加傾向がみられ、何らかのイベントの影響と推測される。

ランタノイド元素パターンから、東京湾内湾部及び陸奥湾は河川等陸起源物質の影響を比較的強く受けていると考えられる。また、太平洋試料も主に陸起源であるが、輸送過程は大気降下物等と考えられる。太平洋試料からは、さらに U、Th の変動のない深度分布とあわせて、ほぼ一定の堆積メカニズムと安定した堆積環境が示唆された。

通常、堆積物は還元環境下にあるが、Ce/U 比、Th/U 比から堆積物中の酸化還元状態を推測したところ、東京湾湾口部、陸奥湾の一部に酸化環境が考えられた。

Pb-210 放射能濃度深度分布から東京湾湾口部においては、試料の混合が考えられ、その堆積メカニズムの違いにより、酸化環境が生じている可能性が示唆された。しかし、陸奥湾においては、試料の混合等は考えられない。また、陸奥湾は河川等からの強い影響が示唆されながら堆積速度が遅いなど、堆積環境が他の沿岸部海底堆積物とは、異なると思われる。

Pb-210 年代測定法より、噴火湾第 5 層の堆積年代は 1940~50 年と見積もられ、有珠火山の昭和山を形成した 1943~45 年の噴火と一致した。従って、この影響が Fe、Mn の増加に反映された可能性が考えられた。

長崎気候区における降下物中の化学成分並びに放射性核種の分布に関する研究

武蔵工業大学大学院工学研究科
原子力工学専攻 柳下 智

本研究では主に 2000 年の長崎気候区における月別の降下物試料を取り上げ、ランタノイド元素等の含有元素を中性子放射化分析法を用いて定量し、さらに、Pb-210 等の天然放射性核種を γ 線スペクトロメトリにより検出、定量した。また、比較のため、つくば月別降下物の試料と長崎で採取された黄砂などの定量も行った。

その結果、長崎の降下物試料では γ 線放出核種の測定では 2 から 11 の放射性核種が定量でき、つくばの降下物試料では 1 から 7 核種が定量でき、長崎降下物試料の起源はつくば降下物試料とは異なり、多種類の放射性核種を多く含んでいると考えられる。また、 γ 線放出核種の測定結果より、長崎の降下物試料は Cs-137 が検出されたのは 2 月から 5 月と

試料についても分析・解析を行った。コア試料は鉛直方向に何層にも正確に区分されているものである。本研究では、海底堆積物中に存在する放射性核種と含有元素を結びつけることで、より総合的に堆積環境および堆積メカニズムについての解明を試みた。

太平洋試料の Mn は沿岸部試料に比べ、高濃度であった。従って、外洋の堆積物における Mn は、海水からの寄与が大きいと考えられる。また、Fe、Mn の挙動は複雑であるが、噴火湾の第 5 層 (8~10cm) 付近に顕著な増加傾向がみられ、何らかのイベントの影響と推測される。

ランタノイド元素パターンから、東京湾内湾部及び陸奥湾は河川等陸起源物質の影響を比較的強く受けていると考えられる。また、太平洋試料も主に陸起源であるが、輸送過程は大気降下物等と考えられる。太平洋試料からは、さらに U、Th の変動のない深度分布とあわせて、ほぼ一定の堆積メカニズムと安定した堆積環境が示唆された。

通常、堆積物は還元環境下にあるが、Ce/U 比、Th/U 比から堆積物中の酸化還元状態を推測したところ、東京湾湾口部、陸奥湾の一部に酸化環境が考えられた。

Pb-210 放射能濃度深度分布から東京湾湾口部においては、試料の混合が考えられ、その堆積メカニズムの違いにより、酸化環境が生じている可能性が示唆された。しかし、陸奥湾においては、試料の混合等は考えられない。また、陸奥湾は河川等からの強い影響が示唆されながら堆積速度が遅いなど、堆積環境が他の沿岸部海底堆積物とは、異なると思われる。

Pb-210 年代測定法より、噴火湾第 5 層の堆積年代は 1940~50 年と見積もられ、有珠火山の昭和山を形成した 1943~45 年の噴火と一致した。従って、この影響が Fe、Mn の増加に反映された可能性が考えられた。

長崎気候区における降下物中の化学成分並びに放射性核種の分布に関する研究

武蔵工業大学大学院工学研究科
原子力工学専攻 柳下 智

本研究では主に 2000 年の長崎気候区における月別の降下物試料を取り上げ、ランタノイド元素等の含有元素を中性子放射化分析法を用いて定量し、さらに、Pb-210 等の天然放射性核種を γ 線スペクトロメトリにより検出、定量した。また、比較のため、つくば月別降下物の試料と長崎で採取された黄砂などの定量も行った。

その結果、長崎の降下物試料では γ 線放出核種の測定では 2 から 11 の放射性核種が定量でき、つくばの降下物試料では 1 から 7 核種が定量でき、長崎降下物試料の起源はつくば降下物試料とは異なり、多種類の放射性核種を多く含んでいると考えられる。また、 γ 線放出核種の測定結果より、長崎の降下物試料は Cs-137 が検出されたのは 2 月から 5 月と

12月であり、このことよりこれら2月から5月と12月はアジア大陸からの影響を多く受けているものと考えられる。

Pb-210とBe-7は異なる起源もつと考えられているが、良い相関性を示していた。対流圏と成層圏の混合がこれらの間にある対流圏界面で行われている。これによって、Pb-210とBe-7が良い相関性をもつと考えられている。

中性子放射化分析法では2000年の長崎における降下物試料中で13から14の元素が定量できた。長崎降下物試料を3月の定量結果で規格化（各月の定量値/3月の定量値）した値を見ると、陸起源の指標とされているScやランタノイド元素は2月から5月にかけて1前後の値を示しており、このことより2月から5月にかけて陸起源物質が多く長崎地方に降下していることが推測できる。長崎降下物試料の月別のランタノイド元素パターンを見ると、3月から5月が黄砂のパターンに非常に近いことが判明した。このことより長崎降下物試料の3月から5月は黄砂の影響を強く受けているものと考えられる。

長崎降下物試料を黄砂で規格化した値（各月の定量値/黄砂）を用いて、長崎降下物試料に黄砂がどの程度影響しているのか概算した。その結果、長崎降下物中の黄砂フラックスは3月では $6.8\sim 10\text{ g/m}^2$ 、4月では $2.4\sim 3.3\text{ g/m}^2$ 、5月では $3.9\sim 4.9\text{ g/m}^2$ という値を得た。

また、地殻に存在している元素の存在比を用いて規格化すると、長崎降下物試料中のSbとBrが特に大きな値を示しており、これは都市化の進行状況を反映しているものと考えられる。

ゼオライト中に配列したアルカリ金属クラスターの電氣的・磁氣的物性

Electric and Magnetic Properties of Alkali Metal Clusters Arrayed in Zeolites

物理学専攻 南沢俊文

MINAMISAWA Toshifumi

1. はじめに

ゼオライトはガスの吸着剤や分子ふるい等で広く利用されているもので特に珍しいものではないが、アルカリ金属クラスターを支持する「容器」として用いると、新奇な物性が発現することが最近分かってきた。カリウムを吸蔵させたゼオライトLTAでは、磁性元素を全く含まないにもかかわらず強磁性が発現する。またカリウムを吸蔵させたFAUではドルーデ項、パウリ磁化率の存在から絶縁体から金属への転移ことが示唆されている。ゼオライトの種類とアルカリ金属の組み合わせは多数ありそこで発現する物性には未解決なものも多く、その探求がさかんに行われている。

12月であり、このことよりこれら2月から5月と12月はアジア大陸からの影響を多く受けているものと考えられる。

Pb-210とBe-7は異なる起源もつと考えられているが、良い相関性を示していた。対流圏と成層圏の混合がこれらの間にある対流圏界面で行われている。これによって、Pb-210とBe-7が良い相関性をもつと考えられている。

中性子放射化分析法では2000年の長崎における降下物試料中で13から14の元素が定量できた。長崎降下物試料を3月の定量結果で規格化(各月の定量値/3月の定量値)した値を見ると、陸起源の指標とされているScやランタノイド元素は2月から5月にかけて1前後の値を示しており、このことより2月から5月にかけて陸起源物質が多く長崎地方に降下していることが推測できる。長崎降下物試料の月別のランタノイド元素パターンを見ると、3月から5月が黄砂のパターンに非常に近いことが判明した。このことより長崎降下物試料の3月から5月は黄砂の影響を強く受けているものと考えられる。

長崎降下物試料を黄砂で規格化した値(各月の定量値/黄砂)を用いて、長崎降下物試料に黄砂がどの程度影響しているのか概算した。その結果、長崎降下物中の黄砂フラックスは3月では $6.8\sim 10\text{ g/m}^2$ 、4月では $2.4\sim 3.3\text{ g/m}^2$ 、5月では $3.9\sim 4.9\text{ g/m}^2$ という値を得た。

また、地殻に存在している元素の存在比を用いて規格化すると、長崎降下物試料中のSbとBrが特に大きな値を示しており、これは都市化の進行状況を反映しているものと考えられる。

ゼオライト中に配列したアルカリ金属クラスターの電氣的・磁氣的物性

Electric and Magnetic Properties of Alkali Metal Clusters Arrayed in Zeolites

物理学専攻 南沢俊文

MINAMISAWA Toshifumi

1. はじめに

ゼオライトはガスの吸着剤や分子ふるい等で広く利用されているもので特に珍しいものではないが、アルカリ金属クラスターを支持する「容器」として用いると、新奇な物性が発現することが最近分かってきた。カリウムを吸蔵させたゼオライトLTAでは、磁性元素を全く含まないにもかかわらず強磁性が発現する。またカリウムを吸蔵させたFAUではドルーデ項、パウリ磁化率の存在から絶縁体から金属への転移ことが示唆されている。ゼオライトの種類とアルカリ金属の組み合わせは多数ありそこで発現する物性には未解決なものも多く、その探求がさかんに行われている。

Fig. 1 に今回用いたゼオライト FAU の骨格の模式図を示す。骨格の組成は $\text{Al}_{85}\text{Si}_{107}\text{O}_{384}$ である。内径約 7 Å の β -cage が 6 員環の部分で酸素を介して結合し、その隙間に内径約 13 Å の supercage ができる。それぞれの cage 内には多数の陽イオンが存在する。今回用いたゼオライト FAU は陽イオンがナトリウムタイプで 1 ユニットの組成式は $\text{Na}_{85}\text{Al}_{85}\text{Si}_{107}\text{O}_{384}$ である。通称 Na-X と呼ぶ。外から吸蔵したアルカリ金属の s 電子は、元々存在しているアルカリ陽イオンと吸蔵したアルカリ陽イオンを区別することなく動き回ることができる。アルカリ陽イオンの間隔は、バルクのとときと同程度なので cage 内にアルカリ金属クラスターが形成される。

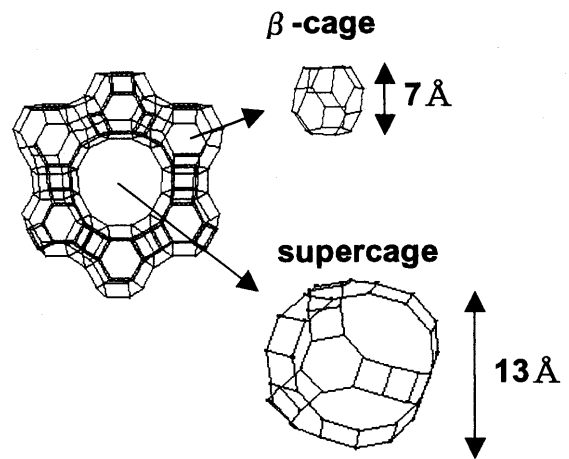


Fig. 1 Zeolite FAU の構造

本研究ではナトリウムを吸蔵した Na-X の磁化の発現機構、構造、電子状態を明らかにする目的で、①吸蔵するナトリウムの原子数を系統的に変化させた $\text{Na}_x/\text{Na-X}$ ($x=1$ ユニットあたりに吸蔵させたナトリウム原子数) を作成し、SQUID による磁化測定、NMR、X線回折測定等の物性測定を行い、②作成した試料が温度を変化させるとともに観測された色の变化からクラスターの電子状態の温度依存性の考察を行った。

2. 試料作成

試料の作成には市販の Na-X (東ソー (株) 製合成ゼオライト: $\text{Na}_{85}\text{Al}_{85}\text{Si}_{107}\text{O}_{384}$) を用いた。ゼオライトの細孔中には大量の水が存在する。アルカリ金属は水との反応性が非常に高いため、吸蔵前にゼオライト細孔中の脱水を行う。脱水は①ロータリーポンプで真空引きしながら 200°C で 6 時間加熱、②ディフュージョンポンプに切り替え、真空引きしながら 500°C で 18 時間加熱を行った。脱水を行ったゼオライトは非常に強い吸着力を示すので、ナトリウムの吸蔵は乾燥したゼオライトをナトリウム気相にさらすことにより行う。乾燥したゼオライトと計量した金属ナトリウムを試料管に真空中で封入し、300°C で加熱して、ナトリウムを気相で吸着させる。この作業だけではナトリウムは均一に吸蔵されないため、よく攪拌を行い、300°C で熱処理を 1 週間程度行う。今回作成した試料は $\text{Na}_x/\text{Na-X}$ ($x=2 \sim 18$) の低濃度吸蔵の試料である。

3. 実験及び考察 吸蔵量依存性

3-1 磁化測定

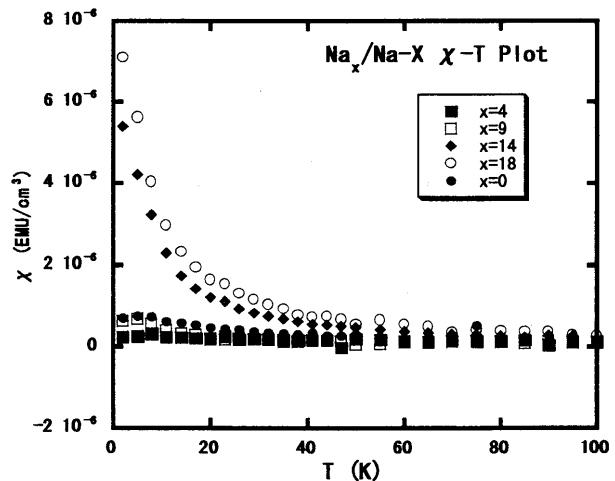


Fig. 2 磁化率の温度変化

Fig. 2 に $\text{Na}_x/\text{Na-X}$ の磁化率の温度変化の吸蔵量依存性を示す。測定は外部磁場 5T のもとで 2K から 400K の温度範囲で行った。試料管、ゼオライト骨格、吸蔵させたナトリウムイオン等の反磁性成分は差し引いてプロットした。低温域ではナトリウムの吸蔵量に応じて磁化の立ち上がりが大きくなる傾向を示した。 $x=0$ の未吸蔵 Na-X においても低温ではわずかに温度変化する成分が観測される。これは磁性不純物による磁化と考えられる。 $x=4, 9$ の試料では不純物による磁化の寄与が大きいと思われる。 $x=14, 18$ について $1/\chi-T$ プロットにしたものを Fig. 3 で示す。いずれ

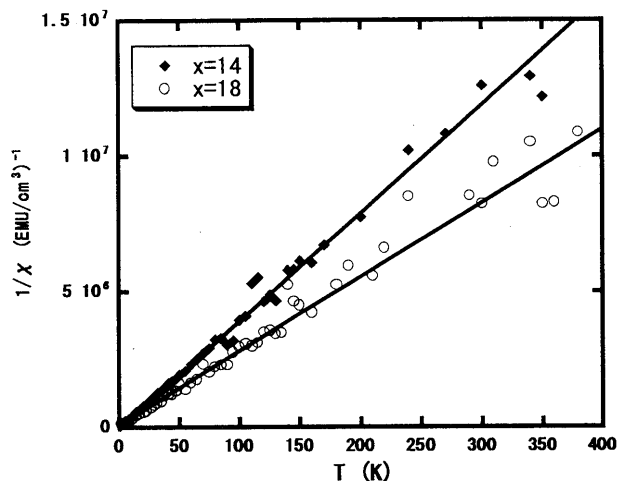


Fig. 3 $1/\chi-T$ Plot

の試料もキュリー・ワイス則に従い、伝導電子のパウリ磁化は観測されなかった。いずれの試料もわずかに負の値を示した。キュリー定数から求めたクラスター当たりの有効磁気モーメントから実際観測されているスピン磁化率は非常に小さいという結果を得た。この理由はスピンのケージ内でシングレット状態を形成している傾向が強いため、スピン同士の相殺が起こり、合計の磁化が小さく観測されているためと説明できる。

3-2 NMR

Fig. 4 に室温における $^{23}\text{Na-NMR}$ (79MHz) の吸蔵量依存性のスペクトルを示す。吸蔵量の増加に応じて信号の変化が観測されるが、ナトリウムのスピンの $I=3/2$ の為には生じる四重極相互作用による磁場のシフトの影響が大きいためと考えられる。いずれの試料でも金属状態で観測されるナイトシフトの効果は観測されないことから、金属状態ではなく絶縁体であることが強く示唆される。

3-3 X線回折測定

$\text{Na}_x/\text{Na-X}$ の室温における X線回折の結果から、FAU の骨格はダイヤモンド構造であり、ピークはダイヤモンド構造で指数付けが可能である。吸蔵後の試料では新たに出現するピークは観測されなかった。ピークの出現する 2θ を読みとり、それぞれの試料の格子定数を求めた結果、吸蔵量の増加と共に格子定数が減少するという結果を得た。これはクラスター形成に関わるナトリウムイオン、電子の増加によって電子を通じてナトリウムイオン同士が引きつけあう相互作用が働き、クラスターがシュリンクしたため、骨格全体もわずかに縮んだと考えられる。

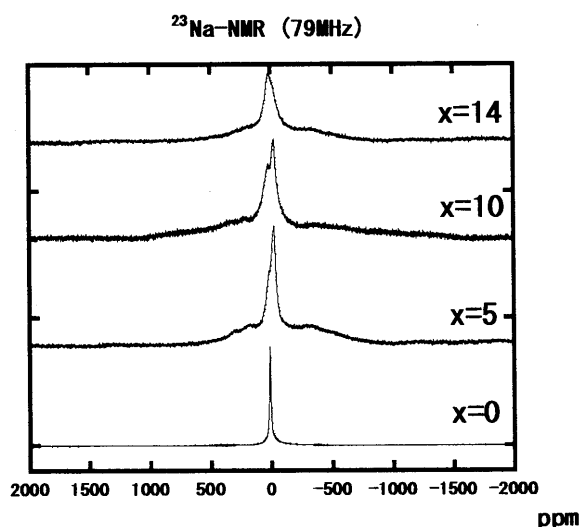


Fig. 4 $^{23}\text{Na-NMR}$ 吸蔵量依存性

4. 結果及び考察 温度依存性

4-1 色の変化

今回作成した試料の温度変化を行ったところ、 $x=8, 9, 10$ の試料では温度上昇により赤茶から紫への色の変化が観測された。この変化は可逆的であった。ナトリウムを吸蔵させた試料の色はナトリウムクラスターの量子準位による光吸収で説明できる。色が変化する試料の室温の色は赤茶色付近である。この色はエネルギー相関図より、緑から紫にかけて幅広い吸収スペクトルのピークがあると見える色である。2.5eV 付近を中心としたこの吸収は、球形井戸型ポテンシャルの内径を 7 Å としたときの 1s-1p 準位のエネルギー差と一致することから、クラスターは β -cage に形成されていると考えることができる。次に温度を 300°C 程度まで上げた試料は紫色付近である。この色は 1eV 付近にかけて幅広い吸収がある場合観測される色である。1eV 付近を中心としたこの吸収は球形井戸型ポテンシャルの内径を 13 Å としたときの 1s-1p 準位のエネルギー差と一致することから、クラスターは supercage 内にできていると考えることができる。

このモデルは、Na-X にナトリウムを希薄に吸蔵させた試料の吸収スペクトルを測定したところ 2.5eV の所でピークが現れるという東北大学のグループから報告されている結果と一致する。つまり温度変化による色の变化から電子が β -cage から supercage へ移動したと推測できる。

4-2 X線回折測定

このように色の变化する試料が温度変化とともに構造が変化する様相を調べるため X 線回折の温度変化を測定した。(Fig. 5) 温度変化は室温から 275°C

まで行った。 $x=10$ の試料では $2\theta = 6.2^\circ$ で温度上昇によるピークの成長が観測された。この成長は可逆的で、同様の実験を $x=7, x=16$ の試料について行ったが、この位置に新たなピークは観測されなかった。このピーク的位置はゼオライト骨格のダイヤモンド構造では指数付けできない。またゼオライト骨格はこの程度の温度変化では安定であることが確認されているため、骨格による構造では説明できず、骨格以外の非等価な構造が形成された可能性が考えられる。その一つとして、cage 内のナトリウムイオンが動いて非等価な構造

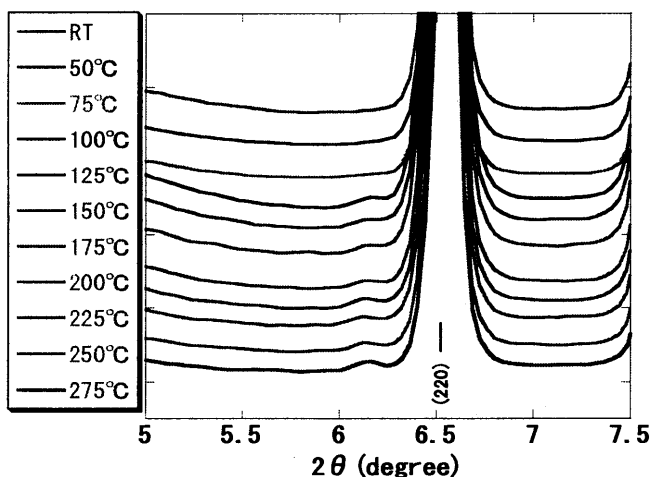


Fig. 5 Na₁₀/Na-X XRD

が形成されたと考えられる。このピークが成長する温度と色の变化する温度がほぼ一致することから cage 内のナトリウムイオンがわずかに動き、それが原因となり電子が β -cage から supercage へ移動すると考えられるが、詳細は今のところ明らかではない。

隕石・岩石中の微量ハロゲン元素の定量

東京都立大学 大学院理学研究科
宇宙化学研究室 仲本 朝嗣

[はじめに]

隕石や岩石中の微量ハロゲン元素の分析には放射化分析法が適しており、よく利用される。本研究室では、これまで隕石・岩石中ハロゲン元素の放射化学的中性子放射化分析法 (RNAA) による定量法を開発してきた。しかし、RNAA では F の定量において、表 1 で示すように利用できる核種の半減期が 11 秒と短いため困難である。また、I では定量に用いる ^{128}I の半減期が 25 分であり、定量の成否は化学分離に要する時間との兼ね合いである。一方、光量子放射化分析法では、F の定量に ^{18}F を利用することができ、また ^{126}I は半減期が

表 1 放射化分析で利用する核種

RNAA			
標的核種	同位体存在度(%)	生成核種	半減期
^{19}F	100	^{20}F	11 秒
^{37}Cl	24.23	^{38}Cl	37 分
^{81}Br	49.31	^{82}Br	1.5 日
^{127}I	100	^{128}I	25 分

RPAA			
標的核種	同位体存在度(%)	生成核種	半減期
^{19}F	100	^{18}F	110 分
^{35}Cl	75.77	$^{34\text{m}}\text{Cl}$	32 分
^{81}Br	49.31	$^{80\text{m}}\text{Br}$	4.4 時間
^{127}I	100	^{126}I	13 日

長く、化学分離中の減衰を気にしなくてすむために RNAA では困難であった F、Cl、Br、I の 4 元素を一度にすべて定量することが原理的に可能である。そこで、ハロゲン 4 元素を同時に定量できる放射化学的光量子放射化分析法 (RPAA) による分析操作の開発を行った。

I は隕石・岩石中に極微量で存在し、宇宙化学的に大変重要な元素であるため、さらなる高感度分析が必要とされる。そこで誘導結合プラズマ質量分析 (ICP-MS) 装置を用いた分析法の開発を行った。試料から I を溶液中に抽出する方法として、熱加水分解法を用いた。

[RPAA 法を用いたハロゲン元素の分析]

粉末試料約 100mg を Al 箔で二重に包み、直径 1cm のペレット状に整形して照射試料

とした。これを、光子の flux を補正するための金箔と一緒に石英管内に常圧封入した。最大エネルギー 30MeV の制動放射線を照射後、図 1 のようにアルカリ融解し、フッ素を CaF_2 、塩素と臭素を $\text{AgCl} + \text{AgBr}$ 、ヨウ素を PdI_2 としてそれぞれ分離した。

F の定量には 511keV 対消滅 γ 線を用いるため、600 秒測定を数回行って壊変曲線を作成し、汚染核種の寄与を補正した。また Na_2C を試料と一緒に照射し、 $^{23}\text{Na}(\gamma, \alpha n)^{18}\text{F}$ 妨害核反応によって生成する ^{18}F の寄与を補正した。Cl の定量では 600 秒間測定を行い、また $^{39}\text{K}(\gamma, \alpha n)^{34\text{m}}\text{Cl}$ の妨害核反応の寄与を K_2CO_3 を試料と一緒に照射して補正し

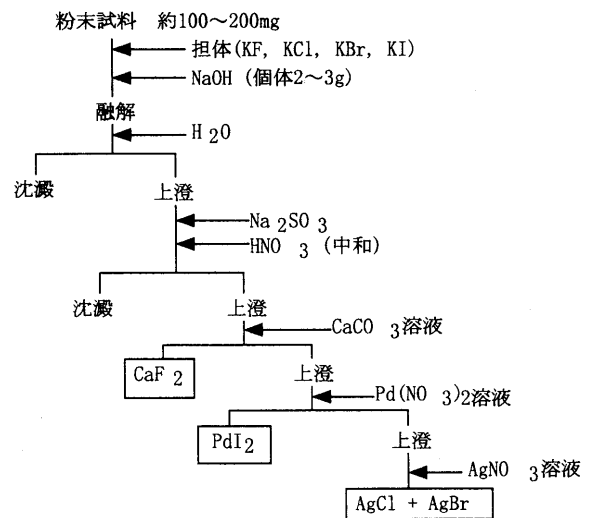


図 1 実験操作

表2 RPAA 法による岩石中ハロゲン元素の定量結果。

試料	F (ppm)	Cl (ppm)	Br (ppm)	I (ppb)
JR-1	1050±90	1170±50	2.2±0.1	76±6
	991	999±20	2.4±0.1	76±15
JR-2		844±49	2.3±1.5	
		1000±10	2.2±0.3	
JB-2	89±10	315±18	1.3±0.2	54±4
	98.5	321±13	0.8±0.1	59±8
JDo-1	244±11	40±3	0.75±0.10	1040±50
	246		0.79*(GSJ)	
JG-1	481±18	63±9		44 >
	498	58.1(GSJ)		10±6
JP-1	2.5±0.1	51±7		105±28
	14*	84±5		86±7

上段は RPAA による定量値、下段は RNAA による文献値 (F は推奨値)。

濃度に希釈し、ICP-MS 装置に導入した。¹²⁷I では ¹²⁶XeH による干渉があり、濃度の薄い試料ではこの影響が無視出来なくなる。このスペクトル干渉の影響により、機器の定量限界は 0.1ppb 程度であった。試料を添加せずに空抽出を行い操作ブランクを定量したところ約 0.2ppb 程度が検出された。この I がどこから来るのか考察したところ、V₂O₅、水蒸気からは I は検出されなかった。本実験では石英管を繰り返し使用しているため、これに残っている可能性が高い。I 濃度が岩石濃度で 10ppb 以下の試料ではこの操作ブランクの寄与が無視出来なくなる。定量の際はこの寄与を補正した。またどの程度の量の試料を用いれば信頼性の高いデータが得られるのかを考察した。その結果堆積岩のように I が ppm オーダーの濃度で存在し、抽出され易い試料に関しては数百 mg 用いた場合と数十 mg の場合とで定量値に差はなかった。火成岩で濃度が 10ppb 以下のものでは、400mg 以下用いた時の定量値と約 1g 用いた時では大きくばらつき、最大で 2 倍以上異なった。岩石濃度 10ppb 以下の試料では溶液濃度が定量限界に近くなるため、抽出の際は 0.5 1g の試料が必要であることが分かった。また堆積岩、炭素質コンドライト隕石と火成岩を用いて、抽出温度を変えて抽出を行った。その結果、堆積岩とコンドライト隕石中の I は 700℃以上で定量的に抽出されたが、火成岩では抽出温度が高くなるにつれて定量値も増加してゆき、1100℃以上による加熱が必要なことが分かった。このことから、I は岩石によって抽出のされ易さが異なることが分かった。

た。Br の定量では 3000 秒間測定を行い、また ⁴³K は ⁸⁰Br と同じエネルギーの γ 線を放出するため、分離が不十分な場合はその寄与を補正した。I の定量では半日から 1 日測定を行った。4 ハロゲンとも RNAA の文献値に近い値が得られたことから、補正は正確に行われたと思われ、隕石、岩石中のハロゲン 4 元素を 1 回の照射ですべて定量するための放射化学分離法を開発することが出来た。

[ICP-MS を用いたヨウ素の分析]

粉末試料 100 1000mg を、酸化剤として V₂O₅ を加えて石英管中で酸素ガスを水蒸気と一緒に流しながら 1100℃で燃焼し、抽出した I をアルカリ溶液中にトラップさせた。このトラップ溶液を適当な

表3 ICP-MS での I の定量結果と RNAA による文献値との比較。

試料	ICP-MS (ppb)	RNAA (ppb)
JP-1	104±8	86±7
JGb-1	99±7	74±4
JGb-2	10.4±0.3	
JR-1	82±8	75±13
JR-2	44±2	72±7
JB-1	23±4	38±7
JB-1a	19±3	20±6
JB-2	51±5	59±8
JF-1	17±5	9±4
JG-1	3±1	10±6
JG-1a	4±1	5±1
JG-2	2.2±0.7	32±12

〔まとめ〕

- F, Cl:** 妨害核反応の寄与を補正することで、高感度・高確度分析をすることができた。また妨害核反応を減少させるためにQ値以下(20MeV)での照射を行い分析したところ、寄与は1%以下となりほとんど無視出来た。岩石試料中の微量分析において、RPAA法の適用が十分に可能である。
- Br:** F, Clに比べて岩石中の濃度が1桁 2桁低いため、より高感度な分析法が必要とされる。RPAAでは用いる核種の半減期は長いが、感度は充分でない。RNAAの方がより精度良く分析出来ると思われる。
- I:** 濃度の高い堆積岩試料などでは放射化分析法によって十分に定量可能であるが、隕石・岩石中の存在度は極微量であるため、RNAA、RPAAでの定量では十分な感度が得られない。ICP-MSを用いて分析した結果、定量値は文献値とほとんどの試料で一致し、40ppb以上の試料では相対誤差10%以内の高精度測定を行うことが出来た。今後Iの存在度が極微量である隕石試料にはICP-MS法を適用し、ハロゲン元素存在度に関する宇宙化学的考察に発展させることが可能である。

卒業論文要旨

大気浮遊粒子状物質の中性子放射化分析並びに組成元素の挙動に関する研究

武蔵工業大学工学部
電気電子工学科 鈴木健二

1. 序論

大気浮遊粒子状物質(SPM)は、重力沈降の影響を無視しうる、粒径 $10\mu\text{m}$ 以下の粒子(PM10)と定義され、大気中に比較的長時間滞留し、人の呼吸器系疾患の直接的原因となりうる。このPM10の発生起源には工場や自動車などの人間活動に基づくさまざまな人為的起源が存在する。したがって、都市圏の大気には土壌性や海洋性などの地殻起源とする粒子状物質のほかに、人為的起源とするさまざまな浮遊粒子状物質が含まれていると考えられている。

本研究では、愛知県内15地点において、日本気象協会により採取されたSPMを、微小と粗大の2つの粒径に分け中性子放射化分析を行い、得られた定量結果を用いて各地点における微量元素の粒度分布や発生起源を研究し、各地点の特徴を明らかにすることを目的とする。

2. 実験

2-1. 試料の採取

愛知県内の15地点において2002年7月24日~31日の7日間連続で、アンダーセン・ローボリューム・エア・サンプラーを使用し、9つの粒径範囲に分級してSPMを採取した。

〔まとめ〕

- F, Cl:** 妨害核反応の寄与を補正することで、高感度・高確度分析をすることができた。また妨害核反応を減少させるためにQ値以下(20MeV)での照射を行い分析したところ、寄与は1%以下となりほとんど無視出来た。岩石試料中の微量分析において、RPAA法の適用が十分に可能である。
- Br:** F, Clに比べて岩石中の濃度が1桁 2桁低いため、より高感度な分析法が必要とされる。RPAAでは用いる核種の半減期は長いが、感度は充分でない。RNAAの方がより精度良く分析出来ると思われる。
- I:** 濃度の高い堆積岩試料などでは放射化分析法によって十分に定量可能であるが、隕石・岩石中の存在度は極微量であるため、RNAA、RPAAでの定量では十分な感度が得られない。ICP-MSを用いて分析した結果、定量値は文献値とほとんどの試料で一致し、40ppb以上の試料では相対誤差10%以内の高精度測定を行うことが出来た。今後Iの存在度が極微量である隕石試料にはICP-MS法を適用し、ハロゲン元素存在度に関する宇宙化学的考察に発展させることが可能である。

卒業論文要旨

大気浮遊粒子状物質の中性子放射化分析並びに組成元素の挙動に関する研究

武蔵工業大学工学部
電気電子工学科 鈴木健二

1. 序論

大気浮遊粒子状物質 (SPM) は、重力沈降の影響を無視しうる、粒径 $10\mu\text{m}$ 以下の粒子 (PM10) と定義され、大気中に比較的長時間滞留し、人の呼吸器系疾患の直接的原因となりうる。このPM10の発生起源には工場や自動車などの人間活動に基づくさまざまな人為的起源が存在する。したがって、都市圏の大気には土壌性や海洋性などの地殻起源とする粒子状物質のほかに、人為的起源とするさまざまな浮遊粒子状物質が含まれていると考えられている。

本研究では、愛知県内15地点において、日本気象協会により採取されたSPMを、微小と粗大の2つの粒径に分け中性子放射化分析を行い、得られた定量結果を用いて各地点における微量元素の粒度分布や発生起源を研究し、各地点の特徴を明らかにすることを目的とする。

2. 実験

2-1. 試料の採取

愛知県内の15地点において2002年7月24日~31日の7日間連続で、アンダーセン・ローボリューム・エア・サンプラーを使用し、9つの粒径範囲に分級してSPMを採取した。

各地点においてSPMが捕集されたフィルター9枚(1段目テフロン、他は全てポリエチレン)を1枚ずつシャーレに入れひとまとめにした。ここまでの作業は、日本気象協会にして頂きました。

2-2. 照射試料の作製

9枚のフィルターのうち1番大きい粒径(11 μ m<)だけ除き、残りの8枚を下から4枚ずつに分け、細かい粒径の4枚を微小(PM_{2.1}>)、粗い粒径の4枚を粗大(PM_{2.1}<)とした。

2-3. 中性子照射

作製した照射試料、標準試料を照射条件(PN15秒及びSパイプ20分照射)ごとにまとめて、照射用のカプセルに入れ照射を行った。中性子源には、日本原子力研究所東海研究所の原子炉(JRR-4, 3500kW)を用いた。

2-4. γ 線の測定

目的核種の半減期が短いもの(PN照射)に関しては、日本原子力研究所東海研究所で、半減期が長いもの(Sパイプ照射)に関しては、武蔵工業大学原子力研究所で高純度Ge半導体検出器を用いて、 γ 線の測定を行った。

3. 結論

本研究により以下のことが明らかになった。

- 1) 愛知県内の15地点における大気浮遊粒子状物質では、中性子放射化分析を用いて、微小粒子、粗大粒子という粒径別に8~12元素が定量できた。
- 2) 地殻規格化パターンでは、Br、Sb、Znが15~96000と大きな値となり地殻に比べ、大気浮遊粒子状物質中に多く含まれることが分かった。
- 3) 元素の粒度分布に関する値であるF値を用いることによって、Cr、Al、Sc、Ti、Feは地殻起源、V、Zn、Sb、Brは人為的起源と考えられる。
- 4) 汚染の程度が判断できる濃縮係数を用いると、汚染の少ない地域、人為的起源元素に卓越している地域、地殻起源元素に卓越している地域、および後二者の中間的な地域に分けることができた。

4. 今後の予定

冬季(2002年11月27日~12月4日)に採取した試料を現在分析中であり、季節変化等のファクターを含め、より詳細に検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 地球環境と計測化学 化学総説 No.29, 日本化学会編, 1996
- 2) 放射化分析による環境調査, 日本アイソトープ協会, 1979

月隕石 Yamato-981031 の化学組成

東京都立大学 大学院理学研究科
宇宙化学研究室 唐牛 譲

〈はじめに〉月の表土地殻の元素組成の情報は、月の地殻の起源、及び進化を知るために重要である。これまでも、衛星軌道上からの X 線蛍光分析や直接月にサンプルを取りに行くなどして、研究されてきた。しかしながら X 線蛍光分析では、感度、精度共に優れた測定値を与える幾つかの元素しか定量できず、また月の赤道を挟む狭い範囲しか測定できない。直接月にサンプルを取りに行ったアポロ計画及びびルナ計画によって 9 つの場所から月の岩石が持ち帰られたが、それらは全て地球に面している側に集中している。よって、より広範囲な月の表土地殻全体の元素組成を知るうえでは、大きな制約がある。一方、隕石の中には月起源のものがある。この月隕石は 1999 年までに 19 個見つかっており、それらは月のいたるところから飛来して来たと考えられている。これらの隕石を分析することで、月の表土地殻の広い地域の元素組成を知ることができ、そこから月の起源、及び進化を知るための重要な情報が得られるものと期待される。本研究では 1998 年に南極で採取され、研究結果がまだほとんど得られていない月隕石 Y-981031 を中心に、他の 3 つの月隕石 EET-87521、EET-96008、QUE-94281 の化学組成を放射化分析により定量し、月隕石相互の比較を行った。

〈実験〉50~100mg の Y-981031、EET-87521、EET-96008 及び QUE-94281 の 4 つの月隕石を 3 種類の非破壊放射化分析法、即ち即発 γ 線分析 (PGA)、機器中性子放射化分析 (INAA) 及び機器光量子放射化分析 (IPAA) により分析した。比較標準試料として JB-1、または Allende を用いた。また、誘導結合プラズマ質量分析 (ICP-MS) 法により希土類元素 (REE)、トリウム及びウランを定量した。約 20mg を酸溶解した後、同位体希釈法を併用した検量線法で定量した。

〈結果と考察〉以下の 44 元素を定量することができた；H、B、Na、Mg、Al、Si、S、Cl、K、Ca、Sc、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Zn、Ga、Se、Rb、Sr、Y、Zr、Nb、La、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu、Ir、Au、Th、U。表は定量した主要元素の値を、原村等 (2000 年) の湿式分析によるデータと

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	Total
This study	45.6	0.808	19.5	11.5	0.125	9.30	12.7	0.425	0.070	-	0.193	100.2
Haramura	44.88	0.71	18.44	12.43	0.20	9.42	12.85	0.34	0.04	0.13	0.26	99.70

比較したものである。全体として非常によく一致している事がわかる。

月には高地と海の 2 つの代表的な地質単

位があり、その化学組成は Fe だけでなく Al と Ti に関しても大きく違う。図 1、2 に月の海の玄武岩と高地の岩石の元素組成と本研究で得られた月隕石の元素組成を比べて示した。この結果から、測定した月隕石 Y-981031 は高地由来であることがわかった。また、K の含有量及び REE の存在度パターンから Y-981031 は、高地の岩石によく見られる KREEP 玄武岩や斜長岩、斑レイ岩とは異なる岩石であることがわかった。

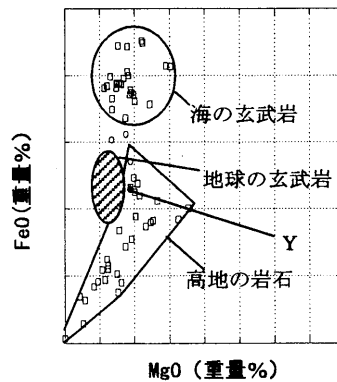


図 1 月の海の玄武岩と高地の岩石の MgO と FeO の含有量 (Y ; Y-981031)

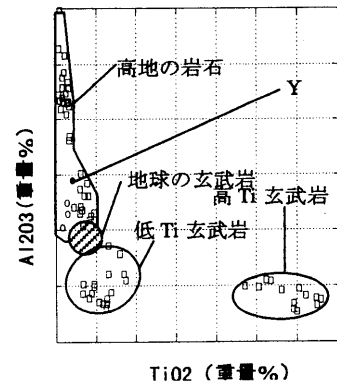


図 2 月の海の玄武岩と高地の岩石の TiO₂ と Al₂O₃ の含有量 (Y ; Y-981031)

<はじめに>

地球化学・宇宙化学的にMo, Wは親鉄性元素に分類される。従ってこの二つの元素の多くは地球のコアの部分に凝集している。しかしながらMoの方がWよりも親鉄性、親銅性が強いために、隕石中のケイ酸塩と金属との間に分布の違いが現れており、それぞれのMo, Wを定量する事により、隕石の形成過程を知る上での手がかりを得ることができる。ケイ酸塩中でのMo, Wの量は非常に微量であり機器中性子放射化分析(INAA)ではほかの元素からの妨害によって定量限界が高くなってしまふ。そこで、Mo, Wの検出限界を下げることを目的として、放射化学的中性子放射化分析(RNAA)による化学操作の開発を行った。

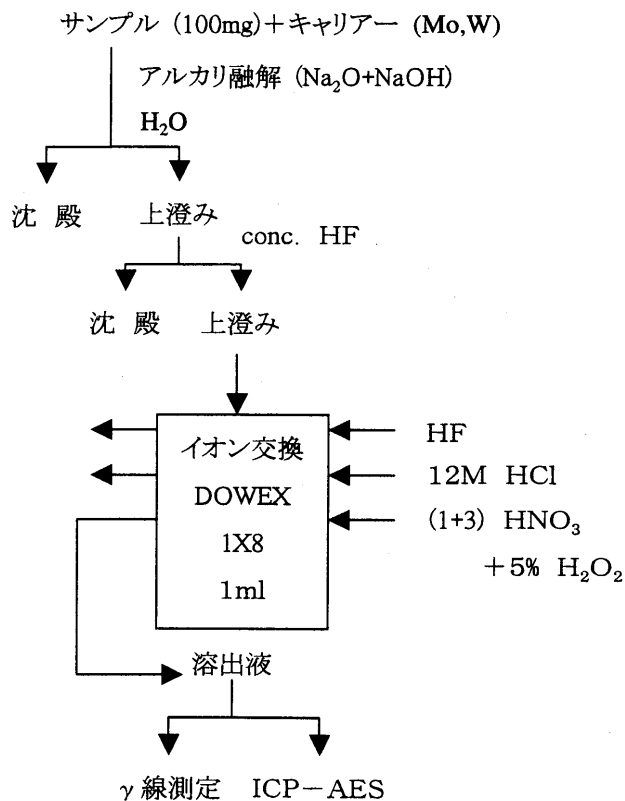
<実験操作>

Mo, Wについて陰イオン交換樹脂における挙動を誘導結合プラズマ原子発光分析(ICP-AES)および放射性トレーサーによって確認した。ほかに γ 線測定時に妨害になると考えられる元素についても同様に検討した。実試料への応用として標準岩石のJB-1a, JG-1a, JA-1, JP-1を約100mg用いて、以下のような実験を行った。試料は日本原子力研究所研究用原子炉4号炉で中性子を6時間照射し、一日冷却後次の化学操作を行った。アルカリ融解し、純水を加え上澄みと沈殿とに分離した。上澄みにHFを過剰に加え、溶液をHF系にして陰イオン交換樹脂に流した。さらに、HF, HClを10ml流した後、(1+3)HNO₃+5%H₂O₂5mlを2回合計10mlで溶離した。Ge半導体検出器を用いて γ 線を測定した。ICP-AESを用いて化学収率を求めた。

<結果と考察>

Mo, Wの陰イオン交換樹脂への吸着は、HFの濃度を0.5Mから5Mまで変化させたところ、ほぼ完全に吸着された。HClの濃度を3Mから12Mまで変化させたところ、Moは完全に樹脂へ吸着されたままであったが、Wは濃度が低いときには、樹脂に吸着せず流出することが分かった。妨害になると思われる元素のうち、Fe, CrについてはHF

で、Sc, Ce, As, Sb, HfについてはHClで溶離して除くことができ、最終的な溶出液にはMo, W, Taが残っていることを確認した。実試料を用いた予備実験では、Mo, Wは[MoO₄]⁻², [WO₄]⁻²の状態の上澄みにほとんど存在し、水酸化物沈殿を作る元素をMo, Wと分離できることが分かった。最終的な測定溶液の γ 線を30000秒測定した場合の検出下限は、Moで1.7ng、Wで0.5ngとなった。JB-1をINA

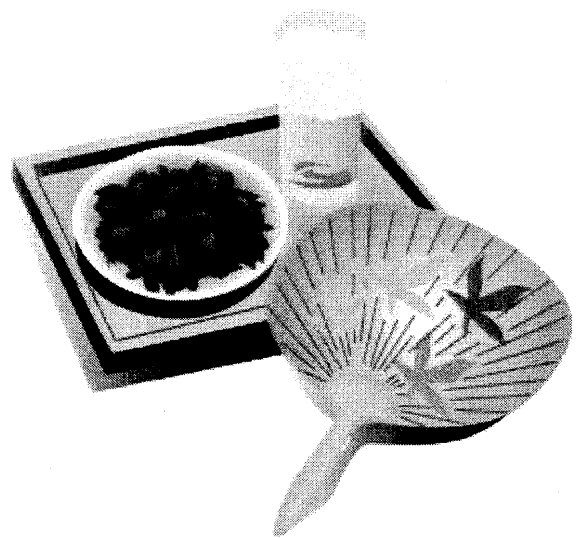


Aで測定した時とJB-1aをRNAA（本実験操作による）で測定したときの検出下限を下の表に示す。RNAAではINAAに比べて検出限界が大幅に向上していることが分かり、本実験操作は岩石中の微量のMo, Wを定量するのに大変有効であると考えられる。

表 INAAとRNAAの定量下限の比較

	INAA ⁽¹⁾	RNAA ⁽²⁾
Mo (g)	2.5E-07	2.4E-09
W (g)	1.3E-07	9.1E-10

照射条件: (1) JRR-4, 20m ; (2) JRR-4, 6h.



〔はじめに〕

機器中性子放射化分析法 (INAA) は、中性子を試料に照射することにより、安定同位体を放射性同位体に変換し、その壊変の際放出する γ 線を検出器で測定することで、もとあった元素を定性・定量する分析法である。また、即発 γ 線分析法 (PGA) は、INAA 同様、中性子を照射し、中性子捕獲と同時に放出される即発 γ 線を測定して分析する方法である。これらの方法は高感度で、少量の試料に対して、非破壊で多元素同時分析が可能である。

本研究では、INAA 及び PGA を利用して、2001 年に韓国地質科学資源研究所 (KOREA INSTITUTE OF GEOSCIENCE & MINERAL RESOURCES) で調製された標準試料 KF (Korean Feldspar) シリーズ、KP (Korean Pyrophyllite) シリーズの元素組成を求め、その化学的な特徴について検討した。

〔実験〕

岩石標準試料 KF-1、KF-2、KP-1、KP-2、KP-3 と比較標準試料として JB-1 を、それぞれ約 100mg づつ洗浄したポリエチレンの袋に入れ、日本原子力研究所の研究用原子炉 JRR-4 において、測定する核種の半減期に応じて、10 秒、1 分、20 分間、中性子照射を行った。照射後、適度な時間冷却し、 γ 線の測定を行った。

PGA では、各試料約 150mg を fluorinated ethylenepropylene (FEP) フィルムに密封し、同研究所研究用原子炉 JRR-3 の即発 γ 線分析装置を利用して、熱中性子で 3～4 時間照射しながら、即発 γ 線を測定した。

〔結果、考察〕

10 秒照射より、Si、Al、Ti、Mg、Ca、Mn、V の 7 元素を定量した。定量結果を表 1 に示す。Mg は Al からの妨害反応の寄与が大きく、定量することができなかった。KF-1、KF-2 は、長石の標準岩石試料であるが、日本の同じ長石標準試料 JF-1、JF-2 の元素組成と比較すると、Mn 以外は、ほぼ同じような濃度であった。KF-1 中の Mn は JF-1、JF-2 の約 5 倍、KF-2 では約 45 倍、多く含まれていることがわかった。現在、1 分照射、20 分照射、PGA により他の元素も定量中である。これらから得られる主成分元素、微量元素組成から、用いた標準岩石の化学的特徴を明らかにする予定である。

表 1. 韓国岩石標準試料の元素濃度 (INAA 10 秒照射による結果)

	KF-1	KF-2	KP-1	KP-2	KP-3
Si (%)	28±9	46±13	<24	32±10	21±7
Al (%)	9.8±0.3	6.9±0.2	16.1±0.4	16.2±0.5	18.7±0.5
Ti (%)	<0.06	<0.07	0.36±0.04	0.51±0.05	0.05±0.02
Mg (%)	<0.3	<0.3	<0.3	<0.2	<0.2
Ca (%)	0.26±0.05	0.22±0.05	0.11±0.04	<0.01	0.02±0.01
Mn (ppm)	54±5	452±16	2±1	3±1	3±1
V (ppm)	6±2	<4	62±4	141±8	19±2

*誤差は γ 線測定の際の計測誤差 (1σ) を示す。

研究会報告

k_0 標準化放射化分析法研究会

東京大学原子力総合センター 大学共同利用研究部門
尾寄 大真

k_0 標準化放射化分析法研究会が平成 14 年 3 月 29 日に開催され、年度末の急な開催にもかかわらず 11 件の発表と 30 人余りの参加者がありました。

この研究会は、以前より大学開放研究室で導入されている CANBERRA 製の SAMPO90、DSM Research 製の KAYZERO、SOLCOI という一連のプログラム群を用いた k_0 標準化放射化分析法について、平成 13 年度から東京大学・伊藤先生を代表者として東京大学原子力研究総合センター原研施設共同利用研究として採択された課題の初年度の総括を目的に開催されました。これまでに大学開放研としていくつかの試料の分析を行っており、また数グループの利用もあるので、それらの結果をオープンな場で広く放射化分析利用者に評価していただくことが主な目的ですが、大学開放研究室以外で k_0 法を採用している原研および中国原子力研究所からも利用の現状について報告をいただきました。

以下にそれぞれの講演の概要を記しました。

米沢 仲四郎 (原研東海)

「 k_0 法用多元素標準物質の分析についての紹介」

Gent 大学、IRMM とともに製作・評価が進められている k_0 法用の多元素標準物質についての紹介でした。この標準試料はスペクトル干渉、半減期などを考慮した 3 タイプの混合試料で、米沢氏のグループ、Gent 大学、IRMM それぞれでの k_0 法による分析の結果はよく一致していました。今後、均一性などの評価を行い、標準物質として申請を行う予定とのことでした。

笹島 文雄 (原研東海)

「原研共同利用における k_0 法の対応」

原研利用課では放射化分析支援システムとして k_0 法が運用されており、利用できる施設の概要と利用法などについて説明がありました。主に JRR-3 での利用に対応しており、JRR-3 の施設については照射場および測定器に関するパラメータは求められており、今後利用の活性化が見込まれるのではないのでしょうか。

○尾寄 大真、澤幡 浩之、川手 稔、伊藤 泰男 (東大原総セ)

「開放研における k_0 法の導入」

大学開放研における k_0 法の導入についての現況と実際の分析結果についての報告でした。 k_0 法の運用にあたって、原子炉パラメータ測定用のモニターの準備および測定器の校正などがほぼ済んでおり、いくつかのグループに利用されている。標準岩石試料と隕石試料についての分析を行った結果、ほぼ数十%の範囲内で推奨値や保証値と一致していることが示されました。

○松下 力示 (熊本大院)、百島 則幸 (熊本大理)
「 k_0 法によるメダカ分析の試み」

メダカの分析に k_0 法を適用した結果についての報告でした。メダカを河川水汚染の指標として検討しているが、その形状の特異さから標準試料の作成が困難である。そこで、標準を必要としない k_0 法を適用され、6元素ほどの定量値が示されましたが、季節や体重に対して明らかな依存性は認められなかった。Sn の分析値が示されましたが、ソフトウェアによる誤同定ではないかとの指摘がありました。

○杉原 真司、亀田 周二 (九州大理)
「 k_0 法による植物試料分析の試み」

植物試料への k_0 法の適用を試みについての報告でした。従来の比較法による結果との比較から k_0 法の信頼性について検討され、特定の元素で系統的な差が認められるなど問題点がいくつかあることが示されました。原因については検討している段階であり、解決には原理やプログラムについて正確に理解する必要があるのではとのことでした。

○大浦 泰嗣、神崎 千夏、海老原 充 (都立大)
「JRR-3 を利用した k_0 法による放射化分析」

DSM Research 製のソフトウェアにおけるいくつかの問題点について検討し、さらに実際に標準岩石について分析した結果について報告されました。ソフトウェアに関しては必ずしも大きな問題はないとのことでしたが、標準岩石の分析結果では特定の元素で系統的な差が認められ、その原因については結論が得られていないとのことでした。

Ni Bangha (中国原子力研究所)
「 k_0 NAA and its extension, software and automation」

中国原子力研究所ではこれまでに独自の k_0 法のソフトウェアを開発し、実際に分析を行っており、そのソフトウェアについての簡単な紹介がありました。DSM Research 製のものとは原子炉パラメータの求め方や測定器の校正法に違いがあり、さらに DSM Research 製のものでは現状不可能である副反応の補正が可能であるということも大きな特徴です。原研施設でそのソフトウェアを用いた標準岩石試料の分析結果が示され、ほとんどが推奨値と一致していました。

鈴木 達郎 (鹿児島大)

「中性子照射場の特性からみた放射化分析」

様々な核種の中性子捕獲反応の特性を利用して原研炉や立教炉の中性子スペクトル特性を求め、検討された結果が示されました。Cd カプセルを用いるなど多くの照射・測定をされ、厳密に中性子スペクトル特性を求められた結果、中性子スペクトル特性から見ると JRR-3 は非常に理想的であり、 k_0 法には適しているのではないかとのことでした。

○本橋 健晴、末木 啓介、海老原 充 (都立大)

「放射化学的中性子放射化分析による岩石中の微量 Mo, W の定量」

宇宙・地球化学的観点から興味深い元素である Mo、W の RNAA 法による分析法の確立についての報告でした。Mo で U の中性子捕獲核分裂片の影響を補正する必要があるものの、イオン交換法による比較的簡便な化学分離でこの2元素が分析可能であることが示されました。

○唐牛 謙、大浦 泰嗣、海老原 充 (都立大)

「月隕石 Yamato-981031 の化学組成」

PGA 法、INAA 法、非破壊光量子放射化分析(IPAA)法および ICP-MS 法を用いた元素分析の結果から月隕石試料 Yamato-981031 の化学組成的特徴について報告されました。これらの手法の組み合わせにより少量の単一試料から多くの元素の含有量が求められ、貴重な試料の化学的特徴を明らかにできることが示されました。

木川田 喜一 (上智大)

「温泉水試料に対する中性子放射化分析法の適用」

温泉水試料に対する NAA 法の適用という問題に試行錯誤した結果の発表でした。希土類元素に着目して簡単な群分離による分析法を確立され、分析結果から硫酸イオンなどとの相関関係を見いだしたことが報告されました。今後も As などに着目し分析法を検討していきたいとのことでした。

総合討論

現在、一般に利用できる k_0 法のソフトウェアは DSM Research 製のもののみで、一連のプログラムの役割分担は、 \bar{a} 線スペクトル解析が SAMPO90、中性子照射場・測定器のパラメータの計算が SOLCOI、求められたパラメータを用いた濃度計算が KAYZERO となっています。このソフトウェアを利用した k_0 法について、現状で k_0 法そのもの以前の問題および k_0 法そのもの問題がある。前者についてはピークフィッティング、照射場・測定器のパラメータの精度、そして後者については k_0 値ライブラリが不完全であること、副反応の補正ができないことなどが挙げられました。これら

の問題点を含めて DSM Research 製のソフトウェアによる結果は必ずしも盲目的に信頼できるものではなく、結果の吟味が求められる。そして、分析結果の吟味には放射化分析に対する経験が少なからず必要とされる。ソフトウェアのバージョンアップの望みが低いことから、これらの問題点を解決するには新しいソフトウェアの開発が望まれる。中国原子力研究所のプログラムは上記の問題点のいくつかを解決しており、研究炉ワークショップ内での評価・修正の後公表されるようです。



MTAA-11 日本招致顛末記

東京大学・原子力研究総合センター 伊藤泰男

MTAA (International Conference on Modern Trends in Activation Analysis) の第9回目 Seoul (韓国, 1995)、第10回目 Bethesda(USA, 1999)には本会の会員も多数参加しており、その紹介と参加記録はそれぞれ本会誌2号と9号に掲載されています。

MTAA-9 から MTAA-10 にかけて日本人参加者が増え、また放射化分析研究会の活動も軌道に乗りだしたことも相まって、次回の MTAA を日本で開くことはできないだろうか、と誰云うともなく話されるようになりました。ICAA (International Committee of Activation Analysis) のメンバーも日本開催の可能性を意識していたことは、中原弘道先生の報告にもあるとおりです (会誌 No.9, p.70)。

このような中で、1999年10月、私は当時放射化分析研究会の幹事会代表の立場で、MTAA 次期開催地を検討する責任者とされていた Prof. Jan Kucera (Nuclear Physics Institute, Prague, Czech Republic)に宛てて、MTAA-11 の開催候補地として日本から名乗りを上げたいと書簡を送りました。Kucera 先生からは、書簡を受け取ったこと、近く検討を開始する旨のメールがありましたが、その後1年進展なしでした。

2001年初頭から ICAA の委員長である A.Chatt 教授 (Dalhousie 大学、Canada) と日本の放射化分析研究者の接点が広がってきました。これは福島美智子氏と Chatt 先生との研究協力関係があって、Chatt 先生の来日の機会が多かったことも幸いしていました。東大・原子力研究総合センター・セミナーでの Chatt 先生の講演 (2001年2月、会誌12号、p.20)、「理工学におけるアイソトープ利用研究発表会」での Chatt 先生の招待講演 (2001年6月)などの折に、MTAA-11 を日本で開催することについて話が出ており、Chatt 先生も乗り気のようでした。

2001年6月に Dalhousie 大学で行われた NAC-III (Third Int. Symposium on Nuclear Analytical Chemistry)には (日にちが差し迫ってから会議開催のサーキュラーがメールで出されたという不手際にも関わらず) 日本から10名が参加しましたが、これは多分に Chatt 先生とのコネクションが深まっていたことが関係していた筈です。私はと云えば、MTAA-11 の開催地選定が気になっていたというあまり学術的でない動機で参加したのですが、ブラジル、ロシア、イギリスも名乗りをあげていることまでは分かりましたが、まだ何も決まっていなかったようでした。

2001年の末、Chatt 先生から MTAA-11 Site Proposal Format (開催予定時期、場所、主催者など17項目にわたる説明が求められている) が送られてきました。そこで、東京近辺に居てかつ MTAA 日本誘致に熱心な方 (中原弘道、海老原充、中西友子、松尾基之、榎本和義各氏) 及び Chatt 先生側の事情通として福島美智子氏にご協力いただいて提案書を作成しました。

開催時期は、関連する他の国際会議の日程との関係で、2004年しか選択肢がないことが予め Chatt 先生から示唆されていました。会場・宿泊施設ともオリンピック記念青少年セ

ンター（代々木）、主催は東京大学、組織委員会は放射化分析研究会の会員を中心に22名¹、参加登録費は250US\$などとして、比較的割安でかつ効果的なプランを立てることができました。オリンピックセンターの宿舎が安く利用できそう（バス・トイレ共有で2300円、独立バス・トイレで4300円）なので、発展途上国の研究者も参加しやすいだろうとも思われました。資金も（当面当てはなかったけれど）精力的にかせぐことにして、発展途上国からの参加者や若手研究者への支援することも強調しました。驚いたことに、Chatt先生はわざわざついでを作って来日し、オリンピック記念青少年センターの会場を実地に見、その他プランニングについて、また英語の添削も細かく助言をしてくれました。おかげで、成田空港からリムジンバスで新宿に着いたらお迎えして会場・宿舎までご案内申し上げること、昼食は参加登録料に含まれていて、お弁当形式でベジタリアンもムスリム用も準備すること（本当に出来るかという不安もあったけど）など、細かいところまで至れり尽くせり。こうして出来た提案書は誰が見ても魅力的で、とうてい他国の真似できるどころでないかと踏んでいたのですが、、、。

結局5ヶ所から提案があり、ICAA21名による選挙の結果、イギリスが選ばれたとの知らせが6月始めにChatt先生から入りました。日本は2位でしたが、評判が良かったとの裏情報がありました。あとの3ヶ所は、ドイツとブラジル2ヶ所とのことでした。日本が選ばれなかったのは残念ですが、第9回がSeoulだったから11回目はヨーロッパでという考えもあったでしょう。それに、途中から名乗りを上げた日本が即指名されたら、かえって虫が良すぎたかもしれません。

以上、MTAA-11日本招致不首尾のてん末です。しかし、これによって、その次のMTAA-12（2008年？）は日本で開かれる可能性が高いという読みも可能です。MTAA-11がイギリスに決まった以上、その成功に向けて協力していきましょう。皆さん、良い研究成果を携えて2004年にイギリスに行きましょう。

お前も行くかって？ ええ行きたいですよ。行って、我々のプランに比べて優れていることを見てやりたいと思います。

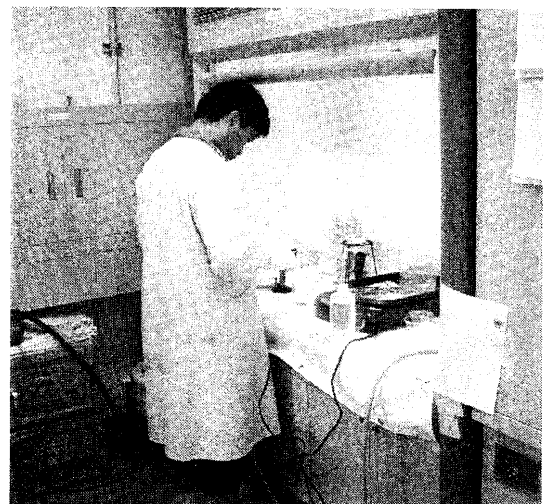
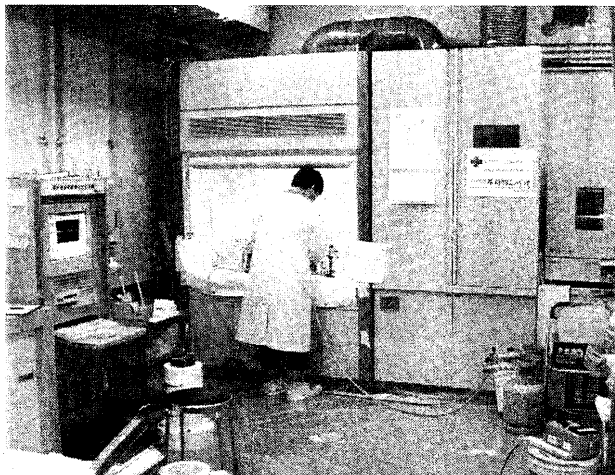
¹ この22名の方々には予めのご承諾もなく、組織委員会メンバー予定者としてお名前を使わせていただきました。実体化された時には必ずやご協力いただけるものと考えて勝手をしたわけですが、今となっては、この方々のお名前を明かす必要もなくなりました。

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)

1. 原研施設利用共同研究 平成14年度研究課題一覧は前号 (No.13) に掲載されておりますのでご参照ください。
2. 大学開放研究室のホームページ(<http://kaihoken.tokai.jaeri.go.jp/indexj.html>)では様々な情報を掲載しております。一例としては平成14年度の原子炉施設利用日程表をご案内しております。JRR-3については、(<http://kaihoken.tokai.jaeri.go.jp/nittei/H14R3.htm>) に、また、JRR-4については (<http://kaihoken.tokai.jaeri.go.jp/nittei/H14R4.htm>) に掲載しています。今後の実験計画にお役立て下さい。
3. JRR-4 における定格出力外運転の希望を随時受け付けております。定格外出力運転の日程は年度当初に決定されておりますが、JRR-4 管理部としては希望があれば対応するとの事です。詳細は (kaihoken@kaihoken.tokai.jaeri.go.jp) 或いは (kawate@kaihoken.tokai.jaeri.go.jp) までお問い合わせ下さい。
4. JRR-4 ホット実験室にて化学分離操作を伴った放射化分析 RNAA(Radiochemical Neutron Activation Analysis)が行なわれ実用化されることになりました。

JRR-4 ホット実験室は気送管照射設備を備えており、従来、短半減期核種の非破壊放射化分析(INAA)に利用されてきました。同実験室は更にスクラバー付化学実験フードも設置されており、照射直後の試料に対して化学分離操作を併用する事により非破壊法では検出が困難な半減期の短い(凡そ1時間以内)の核種の RNAA が可能となりました。化学分離操作の内容により火気の使用、フード外での一時的な RI の取扱いなど細かな留意点がありますが、ほぼ実用に適っているのではないのでしょうか。この RNAA についての詳細については東京大学の尾崎さんまでお問い合わせ下さい。



東北大学原子核理学研究施設

平成 13 年後期 14 年前期の課題申込状況

平成 13 年後期

2437	秋葉健一	東北大多元研	フライアッシュのゼオライト化及び核種の分離固定
2438	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
2439	藤川辰一郎	東北大院工	マグネシウムにおける拡散
2440	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
2441	関根 勉	東北大院理	長寿命放射性核種の環境中移行における基礎化学反応研究
2442	大槻 勤	東北大核理研	標識化による放射性クラスターの研究及びその応用
2443	中西 孝	金沢大院理	Th(γ , n) 及び Th(γ , p2n) 反応で生成する $^{229m, 229}\text{Th}$ の収率測定
2444	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
2445	三頭聡明	東北大金研	Th-229m の製造とその崩壊特性

平成 14 年度前期

2453	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化学反応の研究
2454	藤川辰一郎	東北大院工	銅における拡散
2455	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
2456	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
2457	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及びその応用
2458	中西孝	金沢大院理	$^{230}\text{Th}(\gamma, n)$ 反応で生成する $^{229m, g}\text{Th}$ の反跳捕集と ^{146}Sm の製造
2459	結城秀行	東北大核理研	電子ビームによるフリーラジカル生成の研究
2460	三頭聡明	東北大金研	Th-229m の製造とその崩壊特性
2461	榊本和義	KEK	金属及び半導体材料中の軽元素の定量のための分離、捕集法の開発
2462	秋葉憲一	東北大多元研	アルギネートマイクロカプセルによる放射性核種の一括除去
2463	大浦泰嗣	都立大院理	光核破砕および光軽核生成反応の放射化学的研究

核理研では昨年度から今年度にかけて以下のような予定で工事及びマシン調整が行われています。

平成 14 年 2 月 4 月 : 1.2GeV 新実験棟の建設工事及び第三実験室(RI 実験室)改装工事に

伴いライナックのい運転を停止

平成14年6月中旬 8月初旬：ライナックのメンテナンスのため運転停止

平成14年8月末 9月(?)：1.2GeV 新実験棟の施設検査のため共同利用の絞りこみ

ご迷惑をおかけしていますが、宜しくお願ひ致します。

京都大学原子炉実験所

平成14年度共同利用研究採択一覧表

岩本 多實	福井工大	未攪乱閉鎖系山頂池における碎屑粒子堆積物の溶脱挙動に関する研究
福島美智子	石巻専修大	海洋生物の金属結合タンパクの中性子放射化分析
片山 幸士	人間環境大・人間環	水-土壌-植物系での微量元素および放射性核種の移行
山本 政儀	金沢大・理・低レベル放能実験施設	湖沼堆積物の化学分析と近年の環境変動の解明
矢永 誠人	静岡大・理	亜鉛欠乏マウス臓器中の微量元素の分析
増澤 敏行	大院・環境	海洋の生物生産・沈降・堆積にともなう親生物微量元素動態の研究
溝畑 朗	大阪府大・先端研	大気エアロゾル粒子のキャラクタリゼーション
尾崎 誠	(財)元興寺文化財研	古文化財の放射化分析ならびに透視画像の解析
関 達也	岡山理大・総合情報	放射化分析による陸源堆積物の研究
星野 敦	岡崎国立共同研究機	アサガオ花の成長・開花にともなう各器官の元素量変化
小山 元子	東京都立産業研	放射化イメージング法による微量元素の二次元分布状態に関する研究
天野 良平	金沢大・医	動物およびヒトにおける脳内微量元素の放射化分析
武蔵野 實	京都教育大	第四紀堆積物の化学組成と環境変動
水田 敏夫	秋田大・工学資源	鉱床及び関連火成岩類の地球化学的研究
森澤 眞輔	京大院・工	環境中における重金属類の動態把握とリスクの低減策に関する研究
小林 貴之	日大・文理	宇宙物質の放射化分析
大森佐與子	大妻女子大・社会情	毛髪含有元素濃度の基礎的・応用的研究—元素濃度バランスに及ぼすストレスの影響
堀内 将人	大同工大・工	大気-水-土壌-植物系を通じた微量重金属の動態把握とリスク評価に関する研究
橋本 哲夫	新潟大・理	鉱物のγ線照射に伴うルミネッセンスとラジカルの挙動
石渡 明	金沢大・理	マントル起源岩石の中性子放射化分析
若山 育郎	関西鍼灸短大	紀伊半島における神経変性疾患の環境要因分析と東洋医学的治療薬開発のための基礎的研究
桜井 弘	京都薬科大	微量金属元素含有医薬品を投与した動物組織中の生体微量元素の定量分析
小島 貞男	愛知医科大	放射化分析による環境中の微量元素の分布と挙動
平良 初男	琉球大・理	サンゴ礁、沖縄トラフ海底堆積物の微量元素含有量

伴いライナックのい運転を停止

平成14年6月中旬 8月初旬：ライナックのメンテナンスのため運転停止

平成14年8月末 9月(?)：1.2GeV 新実験棟の施設検査のため共同利用の絞りこみ

ご迷惑をおかけしていますが、宜しくお願ひ致します。

京都大学原子炉実験所

平成14年度共同利用研究採択一覧表

岩本 多實	福井工大	未攪乱閉鎖系山頂池における碎屑粒子堆積物の溶脱挙動に関する研究
福島美智子	石巻専修大	海洋生物の金属結合タンパクの中性子放射化分析
片山 幸士	人間環境大・人間環	水-土壌-植物系での微量元素および放射性核種の移行
山本 政儀	金沢大・理・低レベル放能実験施設	湖沼堆積物の化学分析と近年の環境変動の解明
矢永 誠人	静岡大・理	亜鉛欠乏マウス臓器中の微量元素の分析
増澤 敏行	大院・環境	海洋の生物生産・沈降・堆積にともなう親生物微量元素動態の研究
溝畑 朗	大阪府大・先端研	大気エアロゾル粒子のキャラクタリゼーション
尾崎 誠	(財)元興寺文化財研	古文化財の放射化分析ならびに透視画像の解析
関 達也	岡山理大・総合情報	放射化分析による陸源堆積物の研究
星野 敦	岡崎国立共同研究機	アサガオ花の成長・開花にともなう各器官の元素量変化
小山 元子	東京都立産業研	放射化イメージング法による微量元素の二次元分布状態に関する研究
天野 良平	金沢大・医	動物およびヒトにおける脳内微量元素の放射化分析
武蔵野 實	京都教育大	第四紀堆積物の化学組成と環境変動
水田 敏夫	秋田大・工学資源	鉱床及び関連火成岩類の地球化学的研究
森澤 眞輔	京大院・工	環境中における重金属類の動態把握とリスクの低減策に関する研究
小林 貴之	日大・文理	宇宙物質の放射化分析
大森佐與子	大妻女子大・社会情	毛髪含有元素濃度の基礎的・応用的研究—元素濃度バランスに及ぼすストレスの影響
堀内 将人	大同工大・工	大気-水-土壌-植物系を通じた微量重金属の動態把握とリスク評価に関する研究
橋本 哲夫	新潟大・理	鉱物のγ線照射に伴うルミネッセンスとラジカルの挙動
石渡 明	金沢大・理	マントル起源岩石の中性子放射化分析
若山 育郎	関西鍼灸短大	紀伊半島における神経変性疾患の環境要因分析と東洋医学的治療薬開発のための基礎的研究
桜井 弘	京都薬科大	微量金属元素含有医薬品を投与した動物組織中の生体微量元素の定量分析
小島 貞男	愛知医科大	放射化分析による環境中の微量元素の分布と挙動
平良 初男	琉球大・理	サンゴ礁、沖縄トラフ海底堆積物の微量元素含有量

荒川 泰昭	静岡県立大・食品栄養科学	脳および胸腺免疫における病的老化と微量元素に関する研究
佐野 栄	愛媛大・教育	付加体構成岩類の微量元素組成
松山 奉史	京大・原子炉	有機・無機ハイブリッドポリマーの光・電気物性と機能探索
増渕 伸一	東京医科大	特異な形状を持つ物質中に形成されたクラスター集合体の電子状態

新刊書案内

「実用 ガンマ線測定ハンドブック」

Gordon Gilmore & John D. Hemingway 著

米澤仲四郎 / 松江秀明 / 宮本ユタカ / 鈴木大輔

安田健一郎 / 伊奈川潤 / 齋藤陽子

共訳

日刊工業新聞社・ISBN: 4-526-04963-8

英国 Nuclear Training Services に所属する Gordon Gilmore と John D. Hemingway が長年にわたるガンマ線スペクトロメトリーの使用経験と教育経験に基づいて執筆されたものをガンマ線スペクトロメトリーの豊富な使用経験を有する訳者らによって翻訳されたもの。(パンフレットより)

荒川 泰昭	静岡県立大・食品栄養科学	脳および胸腺免疫における病的老化と微量元素に関する研究
佐野 栄	愛媛大・教育	付加体構成岩類の微量元素組成
松山 奉史	京大・原子炉	有機・無機ハイブリッドポリマーの光・電気物性と機能探索
増渕 伸一	東京医科大	特異な形状を持つ物質中に形成されたクラスター集合体の電子状態

新刊書案内

「実用 ガンマ線測定ハンドブック」

Gordon Gilmore & John D. Hemingway 著

米澤仲四郎 / 松江秀明 / 宮本ユタカ / 鈴木大輔

安田健一郎 / 伊奈川潤 / 齋藤陽子

共訳

日刊工業新聞社・ISBN: 4-526-04963-8

英国 Nuclear Training Services に所属する Gordon Gilmore と John D. Hemingway が長年にわたるガンマ線スペクトロメトリーの使用経験と教育経験に基づいて執筆されたものをガンマ線スペクトロメトリーの豊富な使用経験を有する訳者らによって翻訳されたもの。(パンフレットより)

事務局から

I. 拡大幹事会 議事メモ

2001 年度第 3 回放射化分析研究会拡大幹事

日時：平成 14 年度 3 月 29 日（水）16:00 17:30

場所：日本原子力研究所東海研究所研究炉実験棟大会議室

出席者：伊藤泰男、海老原充、岡田往子、片山幸士、川端良子、上岡晃、岸川俊明、澤幡浩之、中西友子、福岡孝明、榎本和義、松尾基之、宮本ユタカ

議事

1. 平成 13 年度放射化分析研究会の概況説明（海老原幹事）。

1. 1 機関誌「放射化分析」

機関誌 No. 14 の編集作業を行っている。若干の原稿が遅れ気味であるが、予定の原稿が揃い次第、発行できる見込みである。No. 14 では特集記事として京大炉の特性の紹介をし、併せて京大炉を利用した研究紹介を掲載する。また、もう一つの特集としてなどを No. 14 にて掲載する学生の要旨を集めて紹介する予定である。これは、ちょうど年度末に各大学や研究機関で学生（卒研究生や大学院生）が研究成果をまとめることに合わせた企画であり、現時点で放射化分析を利用してどのような研究が行われているかを伺うことができる。原稿を集めるにあたり、開放研究室利用者の代表者にはその旨を伝えて、ご協力を要請している。まだ間に合うので、忘れている方は出来るだけ早く原稿の提出をお願いしたい。

今後の計画として、中性子放射化分析以外の放射化分析について取り上げる予定であるが、該当する施設に限りがあり、早い時点で海外、特に Asia における放射化分析の状況を紹介する特集を組むことを考えている。

1. 2 幹事会、拡大幹事会

拡大幹事会はこれまで少なくとも年 2 回程行なわれており、今後のそのペースで集まりを持ちたい。独自の集まりは旅費等の関係で持ちにくいので、これまで通り、たとえば「理工学における同位元素・放射線研究発表会」や放射化学討論会「放射化分析分科会」の場を利用して行う予定である。また、「放射化分析」No. 13 から（拡大）幹事会の議事メモを掲載することにした。

1. 3 教科書の作成

編集作業は順調に進んでいる。テキストに「how to」ものを入れて、初心者にも放射化分析が利用しやすい分析法となるように編集をしている。そのための資料を集めているが、4 月中にはかなりの原稿が集まる予定である。

1. 4 夏（or 冬）の学校について

平成 14 年度も京大原子炉実験所で開催することになった。これは同原子炉実験所における専門研究会の開催申請が受理されたため、旅費等の補助は可能である。次回はもう少し放射化分析について、テーマを絞ったより具体的な内容で行ないたい。9 月に行なう予

定であるが希望があれば調整は可能であるので片山幹事に申し出てほしい。また、放射化分析研究会に加入していない人には専門研究会の開催に付いての情報が伝わらないので、できるだけ多くのチャンネルを通して、広く情報を流すように協力をお願いしたい。

2. 役員選出（海老原幹事）

役員（幹事）の半数改選の時期になったので、これまでの方法を踏襲して行なう予定である。

3. 大強度陽子加速器中性子源

現在、利用計画を公募する段階に来ているが、締め切りが明確にアナウンスされていない。先のことを見越して、4月末提出を想定して最終案を準備する予定である。準備にあたっては、これまでの話し合いにより、原研物質科学部の大島氏と原研外研究者（代表：海老原）が協力しながら行う。原研外の研究者としては放射化分析研究会と放射化学会の合同作業グループを作り、対応している。今後、中性子利用分析グループとしての最大の問題は遮蔽体の調達（金銭的に）である。実現にはかなりの困難が伴うことは覚悟すべきであるが、将来の中性子源として唯一のものとなることもあり得ることを考え、長期的視野に立って諦めずに進める必要がある。なお、ガンマ線の測定に多重検出器を設置することを計画しているが、既存の装置（JRR-3Mのビームライン）を用いた利用についても検討すべきであろう。

4. PGAのマシントイム調整について（海老原幹事）

原研施設利用協議会のもとに位置する中性子ビーム利用専門委員会で、共同利用関係（大学側としての）の研究者に配分されるマシントイムが少ないのではないかと、との発言をおこなった。申請する側としては、マシントイムの配分を要求する際には実質の伴う成果を挙げるための申請を行なうべきであり、また、成果をきちんと公表すべきである。

5. JRR-4の新しい照射場について

平成13年度の予算で既に設置されており、現在照射場特性をとっている段階である。気送管の様な設備の設置を望む声があるが、現状では難しい。

6. JRR-4低出力運転スケジュールの調整について

現状では、JRR-4の低出力運転のマシントイムの予約がかなり先まで決定しており、後から予約が取れない状況である。もっとオープンな形でスケジュールの交通整理を行うとともに、例えば利用の1, 2週間前でも予約ができるような柔軟なスケジュール調整は可能かどうかを検討してほしい旨の希望が出された。基本的には限られた低出力運転を多くの利用者が希望している以上、現状を大きく帰ることは難しいと思われ、本質的な解決策は低出力運転の時間を増やし得もらうことであり、利用者がもっと積極的に声を挙げる必要がある。この問題については今後、放射化分析研究会としても原子炉利用課などと綿密にコンタクトをとりつつ、ユーザーの声をできるだけ反映していただくよう努力する必要

がある。

7. 今後の問題

7. 1 放射化学会との関係

この問題に関しては、これまでの経験を踏まえてよりよい関係を築くために今後も考えていく。

7. 2 開放研究室の将来構想

現段階では明確ではないが、原研及び核燃料サイクル機構の統合が一つのきっかけを作ることになると思われる。今後、開放研がどのような姿であるべきかと言うことに対して、開放研利用者の積極的な発言が求められるであろう。

II. 拡大幹事会議事メモ

2002年度第1回放射化分析研究会拡大幹事

日時：平成14年度7月17日（水）15:30 19:00

場所：東京大学原子力研究総合センター第一会議室

出席者：伊藤泰男、海老原充、岡田往子、片山幸士、川端良子、上岡晃、岸川俊明、澤幡浩之、中西友子、福岡孝明、榎本和義、松尾基之、宮本ユタカ

議事

1. 幹事の交代

海老原代表幹事より幹事の半数改選を行った結果の報告があった。これまで、幹事を毎年半数改選することにしてきたが、その際、積極的に多くの人に幹事を経験していただくことを基本としつつも、会の運営に熱心な方には幹事の留任・再任を積極的にすすめる、としてきた。幹事の選挙の手続きは、拡大幹事会（これまで幹事を経験した方）に新幹事候補を推薦していただき、現幹事が投票する、というもので、幹事の定数は特別決められていないが、これまで6~8名の幹事が毎年改選されている。今年度は5月に電子メールで新幹事候補の推薦を拡大幹事会メンバーに依頼し、推薦された13名の候補の中から新しい幹事を郵送による投票で選んだ。6月19日に澤幡、宮本、海老原幹事の立ち会いのもとで開票が行われ、得票順に6人の幹事を新たに選んだ。新幹事の任期は平成14、15年度の2年となる。今回選ばれた新幹事、及び継続幹事は以下の通りである（敬称略）；

新幹事（任期2年）：大浦泰嗣、川端良子、片山幸士、中西友子、榎本和義、松尾基之、宮本ユタカ

継続幹事（任期1年）：海老原充、岡田往子、大槻勤、上岡晃、澤幡浩之、関李紀、高田實彌、福島美智子

なお、これまで幹事の交代時期が明確でなかったが、来年度からは3月末をもって年度の切り替えを行い、それに見合う形で幹事の交代を行うようにしたい。そのためには選挙は2、3月に実施する必要がある。

2. H13年度の事業・会計報告

2. 1 事業

①幹事会、拡大幹事会（海老原幹事）

昨年度は平成13年7/11、10/31、平成14年3/29の3回行われた。いずれも拡大幹事会として開催されたもので、7/11は「理工学における同位元素・放射線研究発表会」に会わせて、10/31は放射化学会開催時の「放射化分析分科会」に会わせて、3/29は「開放研研究会」に会わせて、それぞれ開催された。これらの会は幹事、拡大幹事に加えて、会員一般の参加も得、自由な雰囲気のうちに行われた。

②夏の学校（片山幹事）

平成13年12/17-18に京大原子炉で、同実験所の専門研究会という形で開催され、盛況であった。現在報告書が作成されている。

③放射化学会「放射化分析分科会」（海老原幹事）

上記幹事会で記したとおり、平成13年10/30-11/1に福岡で放射化学会（APSORC2001と同時開催）が開かれ、その「放射化分析分科会」の場を借りて、放射化分析研究会の「拡大幹事会+総会」としての時間を持つことができた。また、分科会では現在計画が実行に移されている「大強度陽子加速器」計画に関して、その進捗状況や、放射化分析グループの取り組み方について、原研の大島真澄氏の講演が行われ、放射化分析研究会としての取り組みに関して意見が交わされた。

④会誌の発行（海老原幹事）

「放射化分析」No.13が平成14年2月に発行された。年2号という予定ではNo.14が平成13年度に発行されるべきであるが、諸般の事情から発行が遅れている。No.14については原稿がほぼそろっているので、8月はじめまでには発行できる見込みである。

2. 2 会計

澤幡幹事から平成13年度中の収入、支出の内容が資料をもって報告された。また、相沢幹事の監査結果も報告された。資料中の数値を抜粋すると以下の通りである；

前年度繰越金	503,090 円
H13年度収入	209,062 円
H13年度支出	459,370 円
次年度繰越金	252,782 円

これまで収入、支出、特に会費収入に対して年度別の区切りが明確でなかったため、上記の数字が必ずしも単年度収支の会計状況を表すものではないが、大幅な収入減であることは明らかである。主な原因は会費未納会員が少なくないことである。今後、早急にこの問題を検討し、会計の健全化に努力する必要があるとの意見で一致した。

3. H14年度の事業計画・予算

3. 1 事業

①幹事会、拡大幹事会（海老原幹事）

今年もできれば平成13年度同様、少なくとも3回の会合を持ちたい。年度の終わりに次年

度への引継が可能な（拡大）幹事会が開催できれば好都合である。ただし、会の予算から考えて、これまで通り、幹事会への旅費の援助は期待できないので、何らかの会議、集会と抱き合わせで行わざるを得ない。

②夏の学校（片山幹事）

H13 年度同様、京大原子炉実験所の専門研究会として、平成 14 年 11/5-6 に同実験所で開催する。本年度はこれまでのような研究発表を中心とするのではなく、放射化分析の方法、手法、技等々に焦点を絞り、じっくり話を聞ける会にしたい。程なくアナウンスする予定である。

③放射化学会「放射化分析分科会」（海老原幹事）

平成 14 年 9/23-25 に札幌で開催される放射化学会の折りに放射化分析分科会が開催される予定であるが、その運営についてある程度放射化分析研究会が主体性をもてるように放射化学会、あるいは本年度年会の実行委員会に申し入れる。ただし、本年度の分科会については実行委員会側から担当の人がすでに任に当たっているのであれば、その人と協力しながら分科会の運営ができるようにする。例年同様、分科会において放射化分析研究会の総会（拡大幹事会）が開催できるようにしたい。

④会誌の発行（海老原幹事幹事）

平成 14 年度の会誌の発行は No.15、16 を予定する。平成 13 年度からは放射化分析を実施する施設に関する特集が始まり、No.13、14 では中性子放射化分析に関連してそれぞれ、日本原子力研究所、京都大学原子炉実験所の特集を行った。No.15、16 では光量子放射化分析、荷電粒子放射化分析に関連する特集をそれぞれ企画する事が提案され、了承された。No.15 の光量子放射化分析の特集の編集を大槻幹事が、No.16 の荷電粒子放射化分析の特集の編集を榎本幹事が引き受けることになった。続いて No.17 以降の特集についての話題となり、分析値の精度に関する特集を企画する事で意見が一致した。具体的には、放射化分析に用いられる SRM（標準参照試料）に関する特集を上岡幹事が、データの QA/QC に関する特集を岡田幹事が、それぞれ編集責任者に当たることが了解された。これらは No.17、No.18（平成 15 年度）になる予定である。その後は、海外、特にアジアにおける放射化分析の実状に関する特集を組む方針である。

3. 2 予算

平成 13 年度の会計報告で明らかなように、これまでの収入、支出のバランスでは早晚会計は破綻する事が懸念される。この件については、今年度の会計幹事が財政建て直しを中心に検討する任にあたることになった。

4. 会の運営について（役割分担）

新年度に当たり、会の運営に関する役割を以下のように取り決めた。これまでの会の運営に比べて、各幹事の役割がより明確に示されたものであり、会の健全な運営に向けて各幹事の努力が期待される。ここに名前が挙がっていない幹事においても、それぞれの持ち分を生かして積極的に会の運営に関わっていただくことが求められる。

①事務局 海老原（澤幡）

前年度に引き続き代表幹事を海老原が務め、会の運営に責任を持つ。また会誌の最終編集

責任をもつ。伊藤前代表幹事の時のように、会誌の編集状況をできるだけこまめに幹事会メールで幹事宛に知らせ、それによって情報や原稿の収集をはかるようにする。都立大と開放研に事務局を置くかたちになる。

②会誌担当 海老原（大浦、川端）

これまで通り、代表幹事である海老原が会誌の編集の最終責任を持つ。ただし、各号の特集担当者はこれまで以上に会誌の編集に積極的に関わることで合意した。さしあたり特集担当者が負う役目は：

- (i) 特集記事に関連した研究紹介までを含めた特集の編集、
- (ii) 各幹事（拡大幹事を含む）、会員への原稿の投稿の依頼、勧誘、
- (iii) 会誌に掲載するにふさわしい情報の収集、
- (iv) 自分自身の原稿の投稿、

等々であるが、これ以外のことも含めて、当該 No.の雑誌の編集を代表幹事と協力ながら進める。今後発行予定の開始の特集担当者は以下の通りである；

平成 14 年度	No. 15	大槻
	No. 16	榊本
平成 15 年度	No. 17	上岡
	No. 18	岡田

③ホームページ 榊本（大浦、宮本、澤幡）

これまで開放研と KEK でホームページが開設されてきたが、開放研のホームページが公式サイト、KEK のそれがいわばボランティア的な運営によるサイトと位置づけられてきて、両者の間に明確な連携が（少なくとも公には）なかった。今後はこの2つのサイトを放射化分析研究会のいわば公式ホームページと位置づけ、相互に特徴を持たせながら運営する。開放研のホームページはこれまで同様、事務的事項を中心に、開放研本来の業務としての情報共々、会員向けへの速報性を重んじた情報を発信する。このサイトの運営は澤幡、宮本幹事が行う。KEK でのホームページでは会誌を中心とする情報を発信する。とりあえずこれまでの会誌のバックナンバーを例えば pdf ファイル形式で掲載するほか、最新号の「放射化分析」誌の目次や、発行予定の号の予告を掲載する。このサイトの運営は榊本、大浦両幹事が担当する。また、ホームページ全体の責任者として榊本幹事がこれにあたり、大浦幹事は「放射化分析」誌とホームページの連携をとる。

④会計 松尾（澤幡）

平成 13 年度の会計報告、平成 14 年度の予算の項でも述べたとおり、会の会計はかなり憂慮すべき状況にある。早急にこの事態に対して有効な手だてを講じる必要があり、これまでの問題点を洗い出し、その解決方法に対して具体的方策を提言することが求められる。従って、会計幹事はこれまでの役割であった監査としての働きに加え、会計健全化に対して多大の努力をお願いしたい。なお、会計の実務上の役割はこれまで通り、澤幡幹事が受け持つことになった。

⑤企画 関（大槻、中西）

これまで会の企画と位置づけられてきたものは、(i) 夏の学校、(ii) 放射化分析分科会、(iii) 研究会、であるが、企画幹事はこれらの企画に対して立案、提言をし、より円滑に運営で

きるようにする。また、各企画の責任者と連絡を取りあい、場合によっては助言をするほか、各企画の運営に直接携わるようにする。これまで(i) (iii)とも放射化分析研究会独自の企画でないことが多く、企画幹事としての活動を難しくしている面があるが、今後は各企画に対する会の立場をできるだけ明確にし(主催、共催等々)、必要に応じて積極的に関わることが望まれる。特に(ii)の放射化分析分科会については、放射化分析研究会が主体的に運営できるように放射化学会に申し入れる。なお、(i)に関しては平成14、15年度の2年間は京大原子炉実験所の専門研究会として開催される予定であり、片山、高田両幹事に責任者としてご苦労頂く予定であり、(ii)に関しては平成14年度は暫定的に福島幹事が責任者として引継をしている。

5. テキスト編集 (伊藤拡大幹事)

現在、9割方原稿が揃っており、後は細かい詰めをすれば完成する。夏休み中に作業を集中させる予定である。印刷所や出版社に対していろいろ模索しているが、採算性を考えて編集しているわけではないので、完成することを重んじ、作業を滞らせない方針である。

6. その他

以上の項目以外で、放射化分析研究会の活動に関連した最近の話題がいくつか紹介された。

6. 1 MTAA 招致 (伊藤拡大幹事)

1999年に米国で開催されたMTAA10の後を受けて、MTAA11を日本で開催すべくICAA(International Committee of Activation Analysis)に招請状を提出したが、委員会での投票の結果、英国のUniversity of Surryで開催されることが決まった旨の報告があった。2004年6月の開催である。その次の開催地として日本が選ばれる可能性が大きいので会としての態勢を整えておくべきである。なお、今回のMTAA日本開催申請とその結果に関する顛末は伊藤会員が「放射化分析」No.14に投稿した原稿があるのでそれを参照していただきたい。

6. 2 大強度陽子加速器プロジェクト (海老原幹事)

「放射化分析」誌No.13で紹介されているように、原研+KEKの共同で大強度陽子加速器の建設が進められており、それをういた各研究計画の募集が行われている。同加速器は将来、原子炉に変わる中性子源としての利用が見込まれることから、放射化分析研究会と放射化学会の合同ワーキンググループ(メンバー:酒井陽一、久保謙哉、大浦泰嗣、海老原充)が結成され、原研側の研究者と連携をはかりつつこの問題に対処することにした。研究計画原案を原研の大島氏がとりまとめ、それに対してWGが意見を述べるというプロセスを経て最終計画書の完成に至っており、申請するばかりの状態である。

6. JRR-3M ビームホール改修計画

上記の大強度陽子加速器計画の実現、加速器の完成にあわせて、JRR-3Mに備えられている中性子ビーム利用装置の将来計画について原研大学の共同の委員会で議論が始まっている。この議論は原研の委員会である中性子ビーム利用分析専門委員会(委員長:藤井東大物性研教授)のもとに設置された将来計画作業部会(部会長:吉沢東大物性研教授)で行われているもので、中性子利用分析関係者としてPGA関係として海老原が、NRG関係として名大・玉置氏がこの委員会、及び作業部会に加わっている。放射化分析研究会とし

ては PGA 装置の将来計画に関して関心の寄せられるところであるが、比較的長期の将来計画とは別に、ここ 1-2 年の改修計画が PGA 関連のビームラインに関連して持ち上がっている。これは今まで PGA グループ利用していた冷中性子ビームポートを分割して、ビームの利用効率を高めるという計画である。今後近い将来、この拡張されたビームポートをどのような利用に供するか、関係者で協議されるとともに、上記作業部会で答申案が出される見込みとなっている。PGA ではこれまで冷中性子と熱中性子のビームポートを、いわばジプシー移動をせざるを得なかったわけであるが、これを機に、この不便さを解消させるべく、積極的にこのビームポート増設後の利用に名乗りを上げている。このような議論と平行して、東大原子力研究総合センターで毎年募集する原研施設共同利用に平成 15 年度から「多重ガンマ線分析+即発ガンマ線分析」をテーマに「新版・プロジェクト共同研究」(仮称)の一つとして取り上げることが平成 14 年 7 月 21 日開催の原総センター原研施設共同研究委員会で検討された。現段階では PGA 装置の冷中性子ビームポートでの定点常設化が決定されているわけではないが、将来計画の段階から原研と大学の研究者が同じ立場で議論し、将来の装置実現に向けて予算獲得を含めた話し合いの場を組織することは望ましいことであるとして、積極的に認められる方向にある。同様の趣旨で、放射線高度利用に関するプロジェクト、バックエンド化学に関するプロジェクトがそれぞれ組織される予定である。これらの研究形態の名称はまだ正式に決まっていないが、大学と原研の研究者が等しい立場で研究を推進することを前提とするもので、その意味ではこれまでの「プロジェクト共同研究」と似たものとなる見込みである。

(4) 放射化分析研究会の今後に向けて (海老原)

放射化分析研究会も発足以来 8 年を迎え、そろそろ次期の活動を模索しても良い頃だと思われる。ここ数年来の放射化分析関係の研究者を取り巻く出来事、環境の変化として特筆されるものに、周辺国、特にアジアの国々との積極的な交流の場の拡大が挙げられよう。例えば 1997 年に熊本大学の岸川先生が創始した APSORC は 2001 年に 2 回目の会が福岡で開催され、今回は中国の開催が内諾されている。放射化分析の関係ではもっとも古い歴史を持ち、“由緒正しい” MTAA もいずれ近い将来日本で開催される機運にある。学会とは異なるが、「放射化分析」誌 No.13 で紹介されている文科省肝いりの「アジア原子力協力フォーラム (FNCA)」の研究用原子炉利用分野に中性子放射化分析がテーマとして取り上げられ、今後数年、毎年アジアの国々との交流がワークショップを介して行われる。これらの活動を考えるとき、放射化分析研究会としてアジアの同じ志を持つ研究者と積極的に情報を交換し、交流を深める時期にあることを痛感する。さらに、日本の研究用原子炉を取り巻く最近の状況はこの考えをいっそう強くさせるものである。これまでも個人ベースでの交流は決して少なくなかったと推察されるが、それはそれで大事にしつつ、研究会としての交流を模索してもいい時期に来ていると思われる。これまで放射化分析を利用する研究者はその応用分野でそれぞれを主張することはあっても、共通の武器であり、手段である「放射化分析」でまとめ、外に向けてアピールすることはなかった(あるいは、ほとんどなかった)ようである。拡大幹事会では、どのような方向からこの協力関係を具体化するかを考えるワーキンググループを拡大幹事会の中に設置する案が提案されたが、その可能性も含めて継続的に議論したい。

III. 京都大学原子炉実験所専門研究会(夏の学校)のお知らせ

京都大学原子炉実験所専門研究会のご案内
(ライフサイエンス及び環境科学への放射化分析の応用)

専門研究会世話人

人間環境大学 片山幸士 (所外)
京都大学原子炉実験所 高田實彌 (所内)

平成 12 及び 13 年度に「放射化分析の現況と今後の展望」という課題で、現在、どのような領域で、どんな方が、とくに若手の研究者の関わり方を中心に研究会を催しました。その結果、多方面で、その利用が広がっていることをあらためて認識した次第です。

そこで、今年度はさらに問題点を絞って放射化分析の応用について検討したいと考え、専門研究会を開催いたします。多数の方のご参加をお待ちします。なお、専門研究会を放射化分析研究会「夏の学校」の活動の一部といたします。

今年度は、議論を深めるため、発表にあたっては、試料の調製、照射条件、測定条件、解析方法等についての改良・工夫されていること、諸々の問題点、失敗談などについてもお話しいただきたく存じます。したがって、1 件あたりの講演時間をできるだけ取りたいと思っています。

なお、講演される大学院生には旅費を支給します。ふるってご参加下さい。また、講演領域に偏りがあつた場合には、別に講演を依頼する場合がありますがご協力下さい。

日 時：平成 14 年 11 月 5 日 (火) 13 時 30 分 17 時 (終了後、懇親会)
11 月 6 日 (水) 9 時 15 時

場 所：京都大学原子炉実験所

宿 泊：京都大学原子炉実験所 共同研究員宿舎

参加申込期限：8 月 31 日 (土) (申込みは下記の青木まで)

申込先：〒606-8501 京都市左京区吉田近衛町

京都大学放射性同位元素総合センター

青木 達

Tel: 075-753-7545 ; Fax: 075-753-7540

E-mail: a50846@sakura.kudpc.kyoto-u.ac.jp

問い合わせ先：

青木 達

Tel: 075-753-7545、Fax: 075-753-7540

E-mail: a50846@sakura.kudpc.kyoto-u.ac.jp

片山幸士

TEL/FAX: 0564-48-1014、

E-mail: katayama@uhe.ac.jp

高田實彌

TEL: 0724-51-2441、FAX: 0724-51-2622

E-mail: takada@HL.rri.kyoto-u.ac.jp

学会・研究会の開催予定

第 46 回放射化学討論会 (2002 放射化学会年会)

場所：札幌、北海道

会場：かでの 2. 7 (札幌市中央区北 2 条西 7 丁目)

期日：平成 14 年 9 月 23 日 (月) 25 日 (水)

年会 home page : <http://www.hokudai.ac.jp/radiois/radchem/radchem.htm>

今後の日程：参加申込締切 8 月 30 日

なお、会期中の初日 (9 月 23 日) の午後 5 時 30 分から C 会場において、放射化分析分科会が開催されます。また、その時間の一部を利用して、放射化分析研究会の集まりを持つ予定です。

Sixth international conference on METHODS AND APPLICATIONS OF RADIOANALYTICAL CHEMISTRY (MARC VI)

場所：Kailua-Kona, Hawaii.

会場：King Kamehameha's Kona Beach Hotel (<http://www.konabeachhotel.com/>)

期日：April 7 - 11 2003.

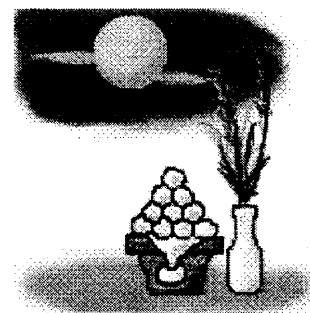
MARC VI Home page : <http://www.wsu.edu/~rfilby/marc6.htm>

今後の日程：Abstracts Due: November 15 2002

Notification to Authors: December 1 2002

Preliminary Program: December 15 2002

Draft Papers Due: At conference



編集後記

○No. 14をお送りします。これで平成13年度の事業が完結したことになります。なかなか遅れが取り戻せませんが、引き続き努力するのみです。皆様のご協力を切にお願いします。

○放射化分析研究会の平成14年度の事業と予算に関する議論を7月の拡大幹事会で行い、そこでまとまった内容を議事メモとして本誌に掲載してあります。一読していただき、研究会の現状を再確認していただければと思います。平成14年度も本会にとって取り立てて大きな変化が起こる年とは考えられませんが、一つだけ注目されるのは予算が逼迫しつつあることです。今年はこの問題に正面から取り組み、場合によっては多少の変革を考えざるを得ないかもしれないと考えています。状況に関しては会員の皆様にはメールやホームページを通して随時お知らせするつもりです。

○これまで会誌は会員相互の情報伝達の媒体として機能してきました。これは今後も変わらないと思うのですが、速報性に欠けることが欠点です。それを補うためにホームページを設けてきており、会誌といわば相補的な関係を取りながら、順調に運営されてきました。これからは、会誌とホームページの関係をより緊密にし、相補的であった関係から一段踏み込んで、相互乗り入れをする方向で検討することになりました。具体的には、例えば「放射化分析」誌のバックナンバーを pdf ファイルでいつでも読めるようにする、刊行予定の会誌の内容を予告する、等々です。そのためにホームページは、これまでの情報中心の局と、新たに会誌関連の局を加えて2本立てで運営していく予定です。前者の情報局はこれまで通り東大原子力研究総合センター大学開放研究室内に、後者の会誌関連局は高エネルギー加速器機構(KEK)放射線科学センター内にそれぞれおかれ、管理されますが、相互にリンクを張って最終的には一元化して会員の皆様の前に現れることとなります。この責任者として KEK の榎本幹事がその任にあたることになっています。会員の皆様のお持ちの情報をどのチャネルを通してでも結構ですので、どうぞ積極的にお寄せください。

○放射化分析研究会のこれまでの発展をもとに、そろそろ海外に目を向ける 때가来つつあると感じます。放射化分析の国際学会で老舗の MTAA を日本で開催しようと言う動きもその線上にあったと位置づけられますが、惜しくも選に漏れてしまいました。その顛末は本号の伊藤拡大幹事の記事に記されていますが、今回の結果は次回の MTAA を日本で開催する機運をますます高くしたと言うべきでしょう。

(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まった内容を執筆していただくものと、秀れた論文を紹介するものがあります。

特に紹介したい研究についてご意見をお寄せください。

Q&A:

会員から質問を受けて、回答やアドバイスを掲載します。どのような質問でも結構です。

回答者は幹事会が責任をもって会員の中から選定します。

施設・研究室紹介:

放射化分析を行うことができる施設については、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。

会員の皆さんか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×40行、上下マージン25mm、左右マージン20mmを標準として、

そのままオフセット印刷又はコピーして使える形に清書して送付して下さい。

編集の際にレイアウトを工夫させていただくこともありますので念のためファイルを添付して下さい。

(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

海老原 充

大浦泰嗣

大槻 勤

岡田往子

片山幸士

上岡 晃

川端良子

中西友子

澤幡浩之

関 季紀

高田實彌

松尾基之

榎本和義

福島美智子

宮本ユタカ