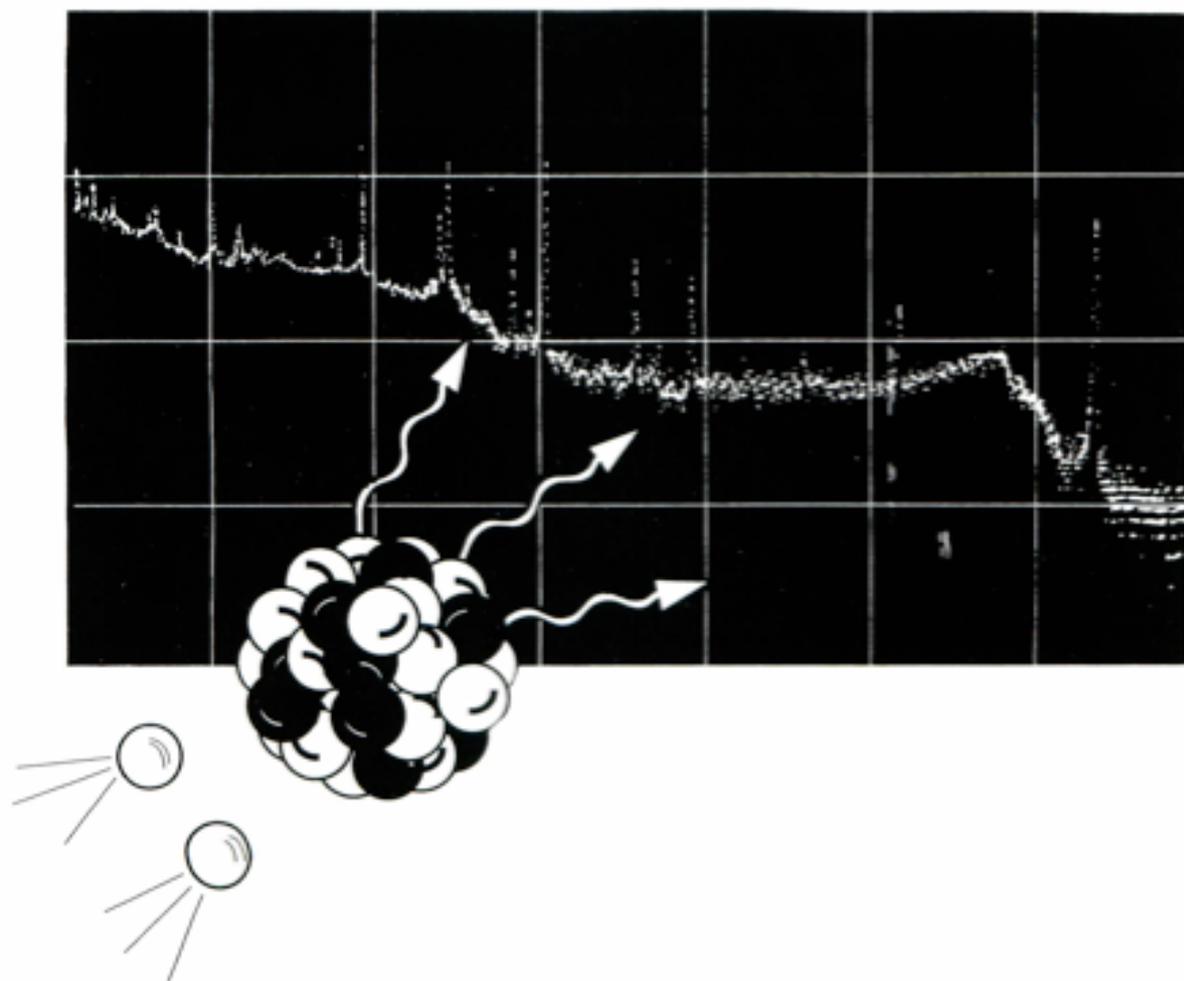


2017年8月

放射化分析

No. 31



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（東京都市大学工学部）によるものです。

放射化分析 No.31

目次

研究紹介

平成 28 年度京都大学原子炉実験所専門研究会

KUR を用いた中性子放射化分析法の高精度化の現状と今後	三浦勉	2
放射化分析を用いた半導体評価用認証標準物質の開発	高塚登志子	6
環境放射能核種の放射化分析のニーズ	蓼沼克嘉・川上智彦	11
インパクトガラス中の親鉄性元素による隕石成分の探索	白井直樹・Rabeya Akhter・海老原充	14
産業技術総合研究所における $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定システムと京大炉における中性子照射	石塚治・藤井俊行・関本俊・奥村良	17
ジルコンの微量化学成分から消滅後背地をさぐる (研究提案)	田中剛	21
テルライトガラス中の Zn, Te の定量	鹿野弘二	24

研究会報告

17th Radiochemical Conference (RadChem2014)	宮本ユタカ	29
JASIS2014 放射化分析研究会セミナー	三浦勉	36
International Conference on Radioanalytical and Nuclear Chemistry (プログラムのみ)		37

平成 26 年度博士論文抄録

底質中の元素濃度と化学状態を用いた東京湾浚渫窪地における酸化還元状態の評価	山形武広	41
---------------------------------------	------	----

平成 26 年度卒業論文抄録

光量子放射化分析のための光核反応収率の測定(2)	山口優貴	44
--------------------------	------	----

施設便り

日本原子力研究開発機構原子力科学研究所	45
東京大学大学院工学系研究科原子力専攻共同利用管理本部	45
京都大学原子炉実験所	46
東北大学電子光理学研究センター	48

事務局より	50
カレンダー	51
編集後記	

研 究 紹 介

本会の冬の学校でもある 2017 年 1 月 18 日に開催された京都大学原子炉実験所研究会「京大炉 (KUR)を用いた放射化分析の成果と今後の展望-2-」での講演の要旨を掲載いたします。

掲載する要旨は下記の通りです。

KUR を用いた中性子放射化分析法の高精度化の現状と今後	三浦勉 (産総研)
放射化分析を用いた半導体評価用認証標準物質の開発	高塚登志子 (産総研)
環境放射能核種の放射化分析のニーズ	蓼沼克嘉 (株化研) 他
インパクトガラス中の親鉄性元素による隕石成分の探索	白井直樹 (首都大学東京) 他
産業技術総合研究所における $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定システムと京大炉における中性子照射	石塚治 (産総研) 他
ジルコンの微量化学成分から消滅後背地をさぐる (研究提案)	田中剛 (名古屋大学)
テルライトガラス中の Zn, Te の定量	鹿野弘二 (函館高専)

KUR を用いた中性子放射化分析法の高精度化の現状と今後

産業技術総合研究所 物質計測標準研究部門

無機標準研究グループ

三浦 勉

はじめに：中性子放射化分析法は中性子と原子核との原子核反応に基づく分析法であり、目的元素の存在状態に影響されない。また、溶液分析法では欠かせない試料溶液化過程で揮発するハロゲンの定量には特に適している。今回 JRR-3 気送管 Pn1 と京大原子炉 PN3、TCPn で PP 樹脂ペレット中の臭素の放射化分析を実施したのでその結果を報告する。

実験

- 1) 試薬：臭素標準液は NMIJ 基準物質高純度臭化カリウム（シグマアルドリッジ社製高純度 KBr 純度：99.95 %±0.04 % ($k=2$)) を超純水で溶解し、Br 5.404 g kg⁻¹ 一次標準液を調製した。内標準に用いた金標準液は高純度金（表示純度 99.99 %）を王水で溶解し、Au 9.84 g kg⁻¹ の一次標準液を調製した。Br、Au 一次標準液を適宜希釈し、臭素濃度を段階的に変えた複数水準の臭素標準液を調製した。調製の一例は以下の通りである【Br-0 (Br: 0 μg g⁻¹, Au 52 μg g⁻¹)、Br-1 (Br: 160 μg g⁻¹, Au 53 μg g⁻¹)、Br-2 (Br: 320 μg g⁻¹, Au 52 μg g⁻¹)、Br-3 (Br: 830 μg g⁻¹, Au 53 μg g⁻¹)、Br-4 (Br: 1.5 mg g⁻¹, Au 52 μg g⁻¹)】。

日立電線製高純度ポリエチレンを照射試料の封入に用いた。溶液調製および試料前処理に使用した硝酸、塩酸は関東化学株式会社製 Ultrapur-100 グレードを用いた。試薬調製に用いた超純水はミリポア社製 Milli-Q 製造装置で製造した。

- 2) 照射試料作製：2 cm×2 cm のポリエチレン袋を作成し、PP 樹脂ペレット 100 mg から 200mg を秤量した後、酸洗浄したろ紙 No.5C (1.5 cm×1.5 cm) を入れ、再び秤量した。ポリエチレン袋中のろ紙に内標準として Au 溶液を添加した後、シーラーで熱溶封した。さらにもう一重、最終的に 2 重のポリエチレン袋とし、臭素定量用試料とした。
- 3) 比較標準試料作製：照射試料と同様なポリエチレン袋を複数作成し、酸洗浄した No.5C ろ紙 (1.5 cm×1.5 cm) を入れ秤量した。ろ紙に臭素標準液を滴下した。臭素標準液の添加量は添加前後のポリエチレンシリンジを精秤した秤量値の差分から求めた。滴下後のポリエチレンバックを 2 重に封入し比較標準試料を作成した。
- 4) JRR-3 での放射化分析実験：JRR-3 Pn1 (熱中性子束 $5 \times 10^{13} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$) で 5 分間照射した。1 日間冷却した後、照射キャプセルを開封した。Br 定量用 PP 樹脂試料、比較標準試料とも外側のポリエチレン袋を交換し、γ 線測定用試料とした。Ge 半導体検出器 (ORTEC GMX-30190 もしくは Canberra GX1519-7500SL) で臭素 (⁸²Br:554 keV, 776 keV)、金 (¹⁹⁸Au : 411 keV) が放出する γ 線を測定した。計数誤差の影響の少ない γ 線計数率比を求めるために ⁸²Br (554.3 keV、776.5 keV) 及び ¹⁹⁸Au (411.8 keV) をそれぞれ 60000 カウント以上測定した。

5) 京大原子炉での放射化分析実験：KUR PN3（熱中性子束 $5 \times 10^{12} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ）では 10 分間照射した。また KUR TCPn（熱中性子束 $8 \times 10^{10} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ）では 30 分照射した。適宜冷却した後、照射キャプセルを開封した。Br 定量用 PP 樹脂試料、比較標準試料とも外側のポリエチレン袋を交換し、 γ 線測定用試料とした。Ge 半導体検出器（ORTEC GEM30185P もしくは Canberra GC4070-7500）で臭素（ ^{82}Br :554 keV, 776 keV）、金（ ^{198}Au : 411 keV）が放出する γ 線を測定した。JRR-3 を利用した時と同様に ^{82}Br (554.3 keV、776.5 keV) 及び ^{198}Au (411.8 keV) をそれぞれ 60000 カウント以上測定した。

実験結果

1) JRR-3：定量値を以下の図 1 に示す。また定量値算出に用いた検量線を図 2 に示す。

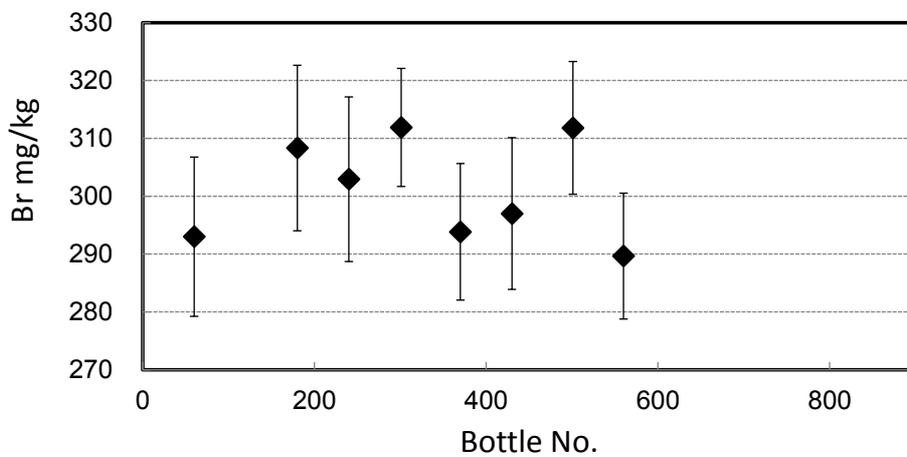


図 1 JRR-3 Pn1 を用いた PP 樹脂ペレット中臭素分析結果
(各点に付したバーは合成標準不確かさ)

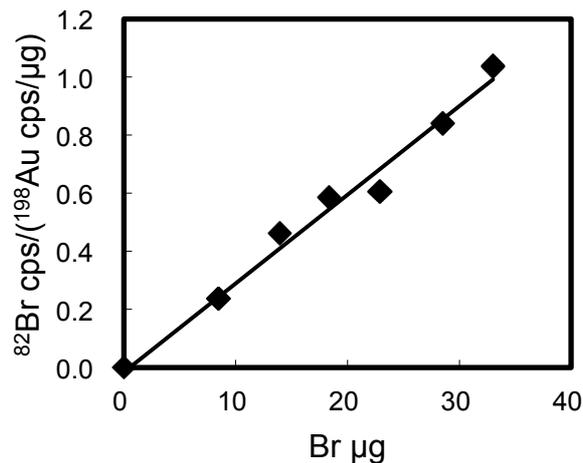


図 2 JRR-3 Pn1 における臭素検量線

臭素定量値の平均値と相対標準偏差はそれぞれ 301 mg/kg、3.0%であった。図 2 に示した検量線の相関係数は 0.9922 と不良であり、直線性が不十分であった。中性子照射に伴う放射

線化学反応等で臭素が揮発損失した可能性が考えられる。実際に見積もった拡張不確かさは検量線の直線性に起因する要因が最も高く寄与していた。

2) KUR : 定量値を以下の図 3 に示す。また定量値算出に用いた検量線を図 3、図 4 に示す。

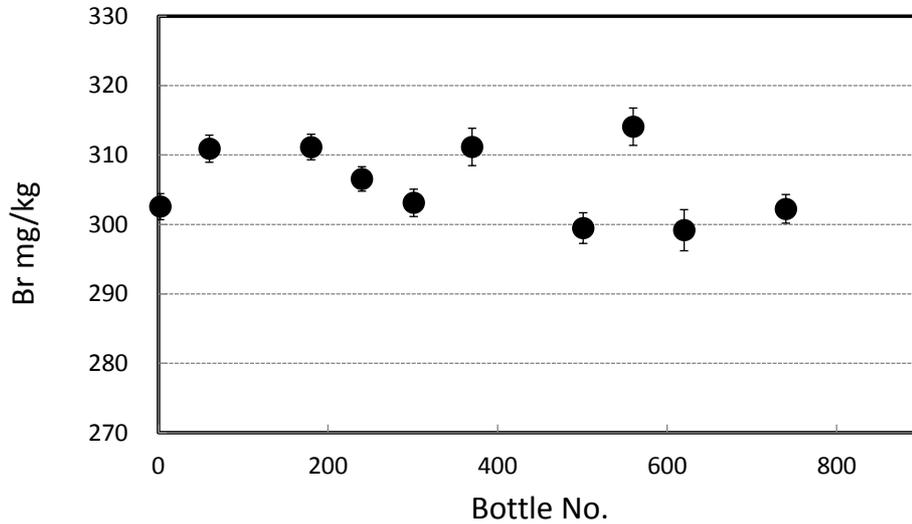


図 3 KUR TCPn、PN3 を用いた PP 樹脂ペレット中臭素分析結果
(各点に付したバーは合成標準不確かさ)

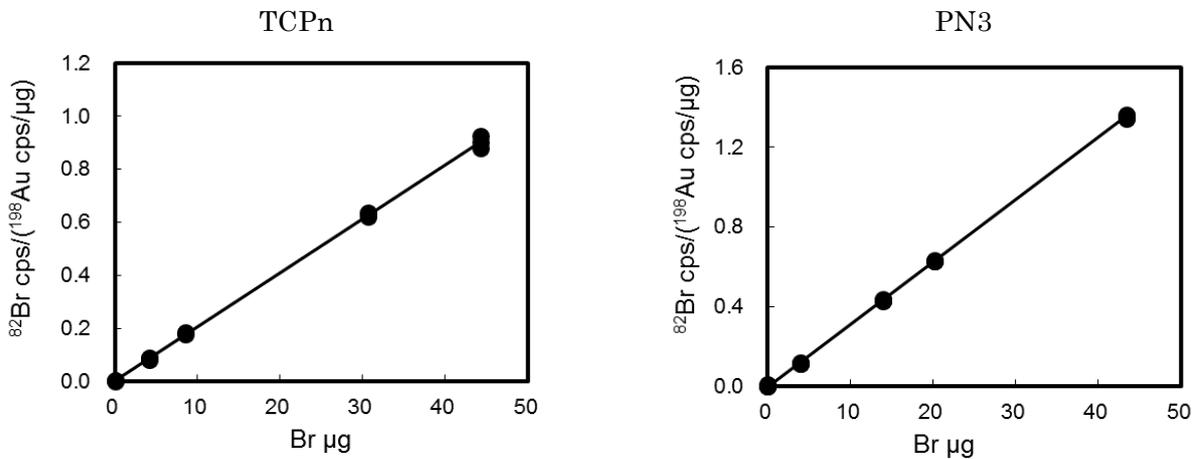


図 4 KUR TCPn、PN3 を用いた PP 樹脂ペレット中臭素分析結果

KUR における臭素定量結果は TCPn、PN3 で有意な差は見られず、臭素定量値の平均値と相対標準偏差はそれぞれ 306 mg/kg、1.8%であり、JRR-3 と比較してより精密な測定が可能であった。図 4 に示した検量線の相関係数は TCPn では 0.9997、PN3 では 0.9996 と良好な直線性を示し、JRR-3 で見られたような直線性の低下は見られなかった。この結果から臭素を含むハロゲンの放射化分析には KUR がより適していると判断できる。ここでの測定における不確かさを評価した結果を表 1 に示す。また本試料中の臭素定量値を以下に示す。

Br : 306 mg/kg \pm 5.2 mg/kg (±以下は拡張不確かさ、 $k=2$)

表1 KURにおけるPP樹脂ペレット中の臭素の放射化分析の不確かさ

要因	標準不確かさ相対値
定量用試料作製	0.0024 %
比較標準試料作製	0.0068 %
臭素標準液	0.05 %
γ 線計数率比	0.082 %
検量線に基づく推定	0.50 %
10瓶測定のおぼろつき	0.56 %
放射壊変補正 ^{82}Br	0.025 %
放射壊変補正 ^{198}Au	0.0072 %
臭素原子量	0.0007 %
合成標準不確かさ	0.76 %
拡張不確かさ ($k=2$)	1.5 %

まとめ：PP樹脂ペレット中の臭素をJRR-3気送管(Pn1)、KUR気送管(PN3、TCPn)を用いて放射化分析法により定量した。JRR-3気送管を用いた放射化分析では臭素の揮発と考えられる問題から、高い精度での定量はできなかった。一方、KUR気送管を用いた放射化分析ではPN3、TCPn双方で定量値に有意な差はなく、高精度での臭素定量が可能であった。最終的な臭素定量値は306 mg/kg \pm 5.2 mg/kg (±以下は拡張不確かさ、 $k=2$)であり、2%以下の拡張不確かさでの定量に成功した。

参考文献

1. 和田彩佳、三浦勉、大畑昌輝、日置昭治：「燃焼イオンクロマトグラフィーによるプラスチック中の塩素及び臭素の定量」、分析化学、64、543-549、2015.
2. T. Miura, R. Okumura, Y. Iinuma, S. Sekimoto, K. Takamiya, M. Ohata, A. Hioki : Precise Determination of Bromine in PP Resin Pellet by Instrumental Neutron Activation Analysis using Internal Standardization, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 303, 1417-1420, 2015.
3. M. Ohata, T. Miura : Accurate Determination and Certification of Bromine in Plastic by Isotope Dilution Mass Spectrometry, *Anal. Chim. Acta*, 837, 23-30, 2014.

放射化分析を用いた半導体評価用認証標準物質の開発

国立研究開発法人 産業技術総合研究所 物質計測標準研究部門
高塚登志子

【はじめに】

半導体デバイスはパソコンや携帯電話をはじめとして様々な電子機器に用いられており、その制御回路を微細化することにより、動作速度の向上、消費電力の減少、高集積化などの性能向上が実現できる。半導体デバイスの開発動向を示す国際半導体技術ロードマップ[1]によると、最先端シリコンデバイスのサイズは、2017年には14 nm、2025年には6.7 nmとますます縮小していくと予測されている。デバイスの微細化に伴い、トランジスタのON/OFF制御を担っているゲート絶縁膜厚の低減も必要となっている。先端デバイスでは、従来用いられてきたシリコン酸化膜に代わり高誘電体膜である酸化ハフニウム膜が導入され、その膜厚を高精度で制御する必要がある。半導体シリコン基板上の酸化ハフニウム膜を精確に定量する際には、ハフニウム元素量が既知である標準物質が必要である。

【まとめ】

シリコン基板上の酸化ハフニウム薄膜中に存在する単位面積当たりのハフニウム量を認証値とした認証標準物質を開発した[2]。ハフニウムの定量は、同位体希釈誘導結合プラズマ質量分析法および中性子放射化分析法により行い、別途測定した面積値を用いて単位面積当たりのハフニウム量を算出した。中性子放射化分析による定量では、内標準法を用いることにより不確かさ要因を減らすことができ、高精度化を実現した。また、定量に関わる不確かさを見積り、認証標準物質の値付けを行った。

【謝辞】

本研究の一部は、京都大学原子炉研究所共同利用研究により実施された。

本認証標準物質の開発担当者：伊藤賢志、高塚志子、平田浩一、野々瀬菜穂子、三浦勉

【参考文献】

[1] International Technology Roadmap for Semiconductors 2011, 2013.

[2] 計量標準総合センター 標準物質ホームページ <https://www.nmij.jp/service/C/>

中性子放射化分析によるハフニウムの定量

定量に際し、内標準法を適用する

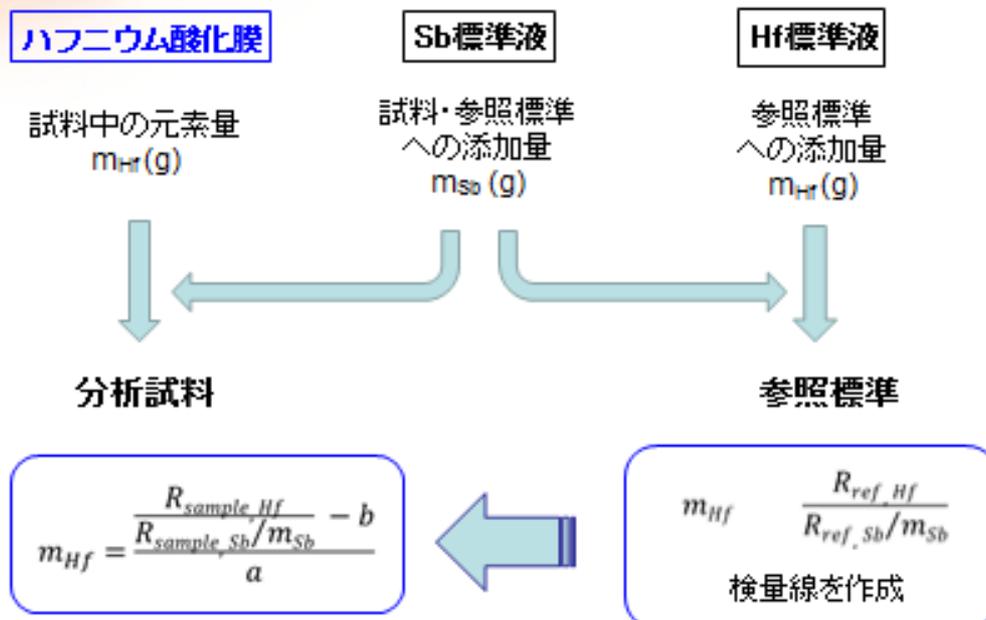


不確かさの低減を目指す

内標準法

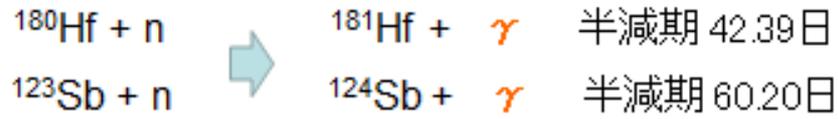
試料中のある元素を定量する場合に、試料および比較参照標準に、定量しない元素を一定量添加する。添加した元素と定量目的元素から生成する核種のガンマ線強度比を試料および比較参照標準で測定し、その強度比から定量する方法である。

ハフニウム量の定量分析：内標準法



中性子照射

*各試料をポリエチレン袋に2重封入し、ポリエチレンキャプセルに入れて照射した

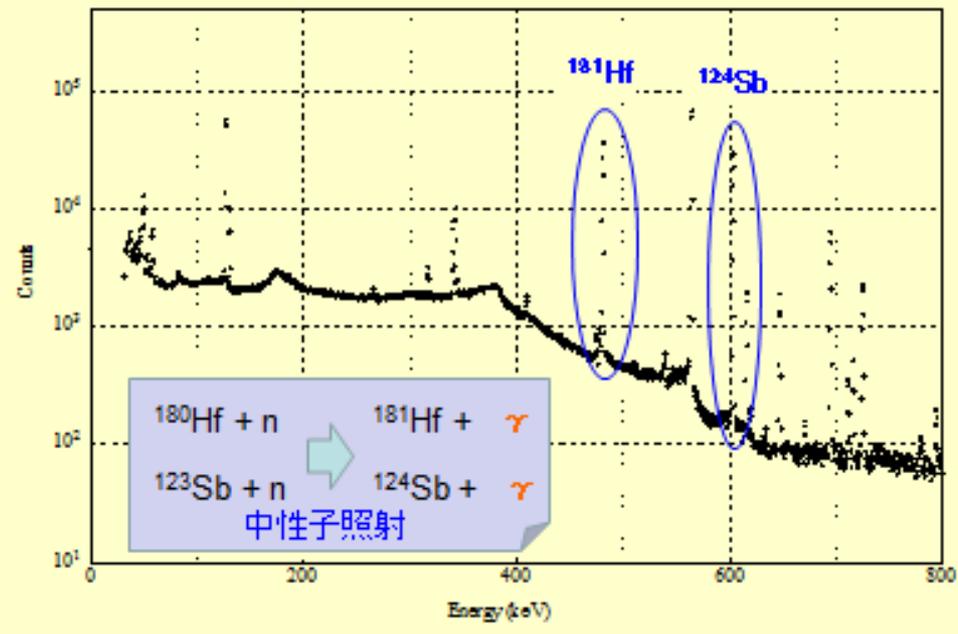


中性子照射条件

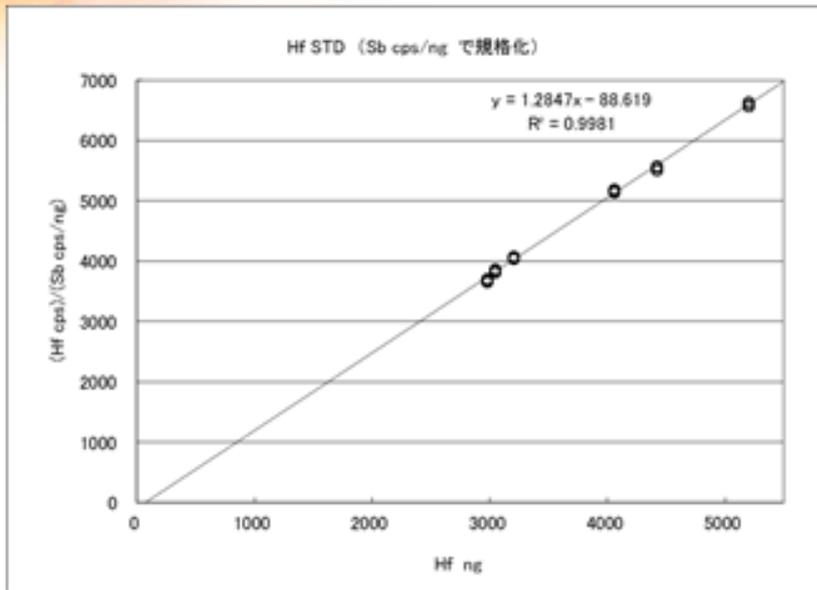
KUR@京都大学原子炉実験所 Pn-2
1 MW 4時間、 $5.5 \times 10^{12} \text{ n/cm}^2 \cdot \text{s}$ (熱中性子束)

ガンマ線スペクトル

酸化ハフニウム膜+アンチモン標準液



ハフニウムの定量分析



ハフニウムからの
ガンマ線強度

$$\frac{R_{ref, Hf}}{R_{ref, Sb}/m_{Sb}}$$

単位質量あたりの
アンチモンからの
ガンマ線強度

ハフニウムの定量

内標準法の検量線より試料中ハフニウム量を算出

ハフニウムからの
ガンマ線強度

単位質量あたりの
アンチモンからの
ガンマ線強度

$$m_{Hf} = \frac{\frac{R_{sample, Hf}}{R_{sample, Sb}/m_{Sb}} - b}{a}$$

切片

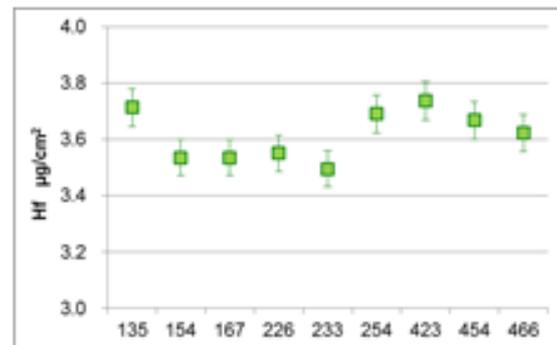
検量線傾き

試料	定量値 μg	面積 mm ²	面積密度 μg/cm ²
135	3.636	97.94	3.712
154	3.465	98.04	3.535
167	3.458	97.83	3.535
226	3.457	97.38	3.550
233	3.410	97.58	3.495
254	3.590	97.30	3.690
423	3.633	97.21	3.737
454	3.563	97.17	3.667
466	3.508	96.84	3.623
平均	3.525	97.48	3.616

放射化分析による定量の不確かさ

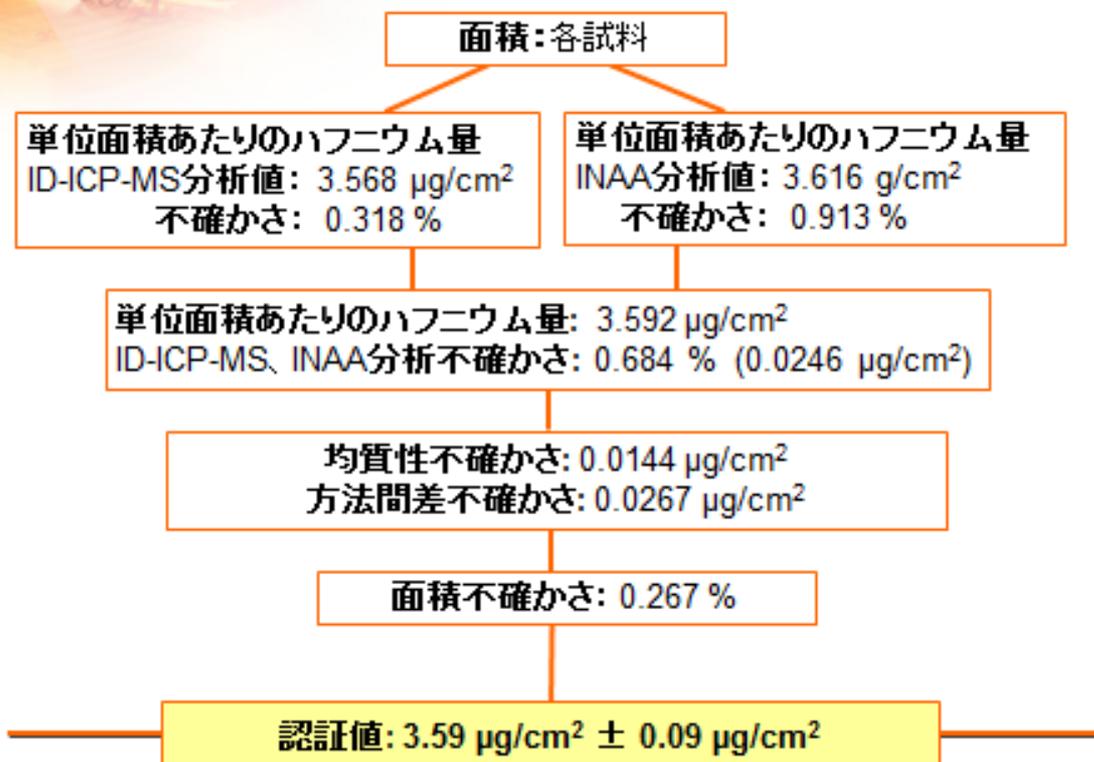
不確かさ項目	相対標準不確かさ %
ガンマ線計数率	0.339
検量線からの定量値推定	0.630
測定繰返し	0.480
標準液調製、秤量	0.304
同位体比の違い	0.011
合成標準不確かさ	0.930

内標準法を適用することにより、
 Hf/Sbガンマ線強度比を用いることで
 中性子照射不均一の影響や、測定位置
 の違いによる影響を低減できた。



エラーバーは $k=2$

値付け結果



環境放射性核種の放射化分析のニーズ

蓼沼 克嘉 Katsuyoshi TATENUMA、川上 智彦 Tomohiko KAWAKAMI

化研 Kaken Inc.

福島原発事故以来、環境中の放射性物質の汚染や分布などの状況を確認するために多くの放射能分析が行われている。福島原発事故に対応する放射能分析として、事故時のFP漏洩・放出の状況を評価する上で指標となる核種は ^{90}Sr , ^{135}Cs , ^{129}I , ^{93}Mo , ^{126}Sn , ^{237}Np などがある。それらの従来の放射化学分析法（文科省法など）においては、測定に熟練者を必要とし、結果が出るまで長い期間がかかるケースもある。これらの核種を迅速・非破壊・高精度で同時分析する技術開発は急ぐべき課題である。荷電粒子放射化分析法（CPAA法）の場合、あまり化学処理を伴わず操作が比較的簡便なため、実用化が期待される。

農水産物などに含まれる放射性核種分析は、その分析結果に対する高い信頼性は勿論のこと、結果を得るまでの迅速性も求められている。例えば、日本が輸出する農水産物を輸入する国々にとっては、含有放射能が基準値以内であることを確認した上で鮮度を保った状態で輸入したいのは、当然のことと思われる。国家戦略として、2020年の農林水産物・食品の輸出額1兆円目標の前倒しを目指し輸入規制を導入している諸外国・地域に対しその撤廃・緩和に向けた取組を行う予定であるが、その食の安全を示すためには迅速かつ膨大な分析作業が必要になる。

福島原発事故により環境測定が必要な放射性核種の中で、測定が難しい核種の例を表1に示す。

Table-1 福島原発事故による汚染核種例

難測定核種の代表例	核種	半減期	主要放射線 (MeV)	測定器
核分裂生成物 (FP)	^3H	12.32年	β (0.0186)	LSC
	^{14}C	5.7×10^3 年	β (0.156)	
	^{79}Se	2.95×10^5 年	β (0.151)	
	^{90}Sr	28.79年	β (2.280_90Y)	LBC
	^{99}Tc	2.111×10^5 年	β (0.294)	ICP-MS
	^{129}I	1.57×10^7 年	γ (0.038)	ICP-MS
	^{144}Ce	0.780年	γ (0.133)	Ge
放射化生成物 (CP)	^{36}Cl	3.01×10^5 年	β (0.709)	LSC
	^{60}Co	5.2713年	γ (1.173,1.332)	Ge
	^{63}Ni	100.1年	β (0.0669)	LBC
	^{94}Nb	2.03×10^4 年	γ (0.703,0.871)	Ge
超ウラン元素 (TRU)	^{238}Pu	87.7年	α (5.499)	SSBD
	$^{239+240}\text{Pu}$	2.411×10^4 年 (6.564×10^3 年)	α (5.106(5.168))	
	^{241}Am	432.2年	α (5.486)	
	^{244}Cm	18.10年	α (5.806)	

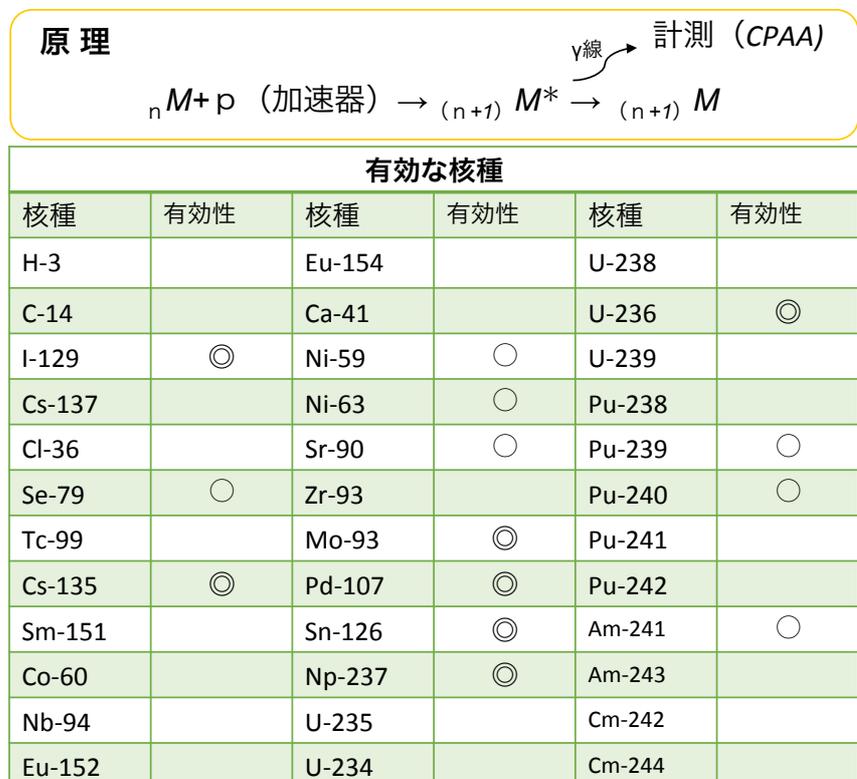
事故時に放出された ^{131}I 等の放射性ヨウ素は、当初は多く検出され、甲状腺に蓄積されやすいため人体への影響が問題になった。 ^{131}I は短い半減期のために早期に消滅してしまっており、そのためその当時の ^{131}I 放出量や分布などの詳細を調べるには、地表などに沈着した長半減期の ^{129}I を測定する必要がある。しかし、 ^{129}I は低いエネルギー（39.6keV）の光子しか放出しないため、そのまま低 γ 線を計測する測定は困難である。 ^{129}I 分析の文部科学省法としては、放射化学分析法（前処理が比較的簡単）と中性子放射化分析法（検出感度が高い）がある。前者は ^{129}I を分離精製した後、 ^{129}I の β 線あるいは γ 線を測定する方法であるが、測定感度が見込めない。後者は同じく分離精製した後、原子炉で中性子を照射して ^{129}I から ^{130}I を生成させ、 ^{130}I の γ 線を測定し ^{129}I を求める方法であり、高感度が見込める。しかし、原子炉などでの中性子照射が必要なため、ルーチン分析とするには実施が難しく、測定に熟練者を必要とし、結果が出るまで長い期間がかかる。そのため、最近では ICP-MS 法も盛んに使われるようになった。

次に、 ^{134}Cs や ^{137}Cs は Ge 半導体検出器による γ 線計測によって、これまで膨大な数の測定結果が報告されている。しかし、 ^{134}Cs や ^{137}Cs と同時に放出された ^{135}Cs ($t_{1/2}$ 2.6 $\times 10^6$ y, β max. 0.269MeV) は純 β 核種のため、 ^{134}Cs と ^{137}Cs 共存状態では ^{135}Cs の放出放射線を直接計測できない。その理由により、報告例が格段に少ない。 ^{135}Cs の同位体分離は困難であり、実際には ^{134}Cs や ^{137}Cs の測定結果から ^{135}Cs 濃度を推測しているのが実情である。なお、Cs の分離精製後 ICP-MS 法により分析されているが、結果が得られるまで長時間を要する。

さらに、 ^{90}Sr の場合は、純 β 核種であり、試料を酸分解した後、共存妨害核種の影響を除去するため分離精製し、 ^{90}Sr の娘核種である ^{90}Y を分離（スカベンジング）する。そのスカベンジングから 2 週間以上放置した後、 ^{90}Sr から生成した ^{90}Y を分離（ミルク）し、低バックグラウンド 2π ガスフローカウンタ（LBC）により ^{90}Y を測定することで ^{90}Sr 放射能値を求める。このような複雑で長い分析操作が必要になるため、熟練者による高度な分析技術が必要で、分析に 1 か月程度の時間が必要とされる。

Fig.1 加速器による放射化分析法の検討

荷電粒子放射化分析（CPAA）による多核種迅速分析法の開発



福島事故以来、土壌等の環境試料や農水産物などに含まれる ^{129}I 、 ^{135}Cs 、 ^{90}Sr やその他の難測定

核種の迅速で高精度な放射能分析に対するニーズが高まっている。そのため、新たな取り組みとして、これら難測定核種の放射化分析法の開発を目的として、まずは荷電粒子放射化分析法（CPAA 法）の有効性検討を進めている。

シミュレーションにより、図 1 に示す核種に対する CPAA 法の有効性を確認した。本研究を始めるにあたり、まずは ^{90}Sr を当面の対象核種とし、その CPAA 法 $^{90}\text{Sr}(p,n)$ 反応により生成する ^{90m}Y を Ge 半導体検出器で計測することで ^{90}Sr を短時間で分析する方法の検証を進めている。

今後、CPAA 法含めそれ以外の放射化分析法などによる ^{90}Sr 含む難測定核種の迅速高精度分析の実現に向けて検討を進める。

インパクトガラス中の親鉄性元素による隕石成分の探索

白井直樹、Rabeya Akhter、海老原充（首都大学東京）

【はじめに】隕石が地球上に衝突した時に表層物質が融解固結したガラス物質がクレーター付近から発見されている。形液滴型や溶融剥離型をとるものをテクタイトと呼ばれている。現在、テクタイトが発見されている地域は、オーストラリア・アジア（以下オーストララシアン）、北アメリカ、象牙海岸と中央ヨーロッパの4つが知られている[1]。テクタイトはそれぞれの地域ごとに共通の地球化学的特徴を持っていることが知られており、その特徴はその地域の表層物質に類似すると考えられている。オーストララシアンから発見されたテクタイトは、他の地域に比べ元素濃度に大きな変動が見られる[2,3]。この変動が、塩基性岩あるいは隕石物質の寄与だと考えられているが[2,3]、明らかにされていない。そこで、本研究ではこれまでに定量されていない白金族元素（Ru, Rh, Pd, Ir, Pt）濃度を求め、オーストララシアンテクタイトで見られる変動の考察を目的とすることとした。さらに、オーストララシアンテクタイト形成をもたらした隕石物質の考察も目的とした。

【実験】ベトナム、カンボジア、フィリピン、オーストラリアから回収された計18個のテクタイトの分析を行った。用いた分析法は、機器中性子放射化分析法と誘導結合プラズマ質量分析法である。機器中性子放射化分析法では、粉末状にしたテクタイト試料約40 mgをポリエチレン袋に入れ、京都大学原子炉実験所のpn-3にて10秒間中性子を照射し、ただちに γ 線を測定した。その後、同試料をpn-2にて4時間照射し、適当な時間間隔で数回 γ 線の測定を行った。誘導結合プラズマ質量分析法では、白金族元素（Ru, Rh, Pd, Ir, Pt）の定量を行った。約5 gのテクタイト試料を濃縮スパイク（ ^{99}Ru , ^{105}Pd , ^{193}Ir , ^{194}Pt ）、NiSと融剤とともに溶融し、白金族元素をNiS中に抽出した。NiSを塩酸に溶解して不溶性白金族硫化物を分離した後、塩酸と過酸化水素水で溶解し、誘導結合プラズマ質量分析装置に導入した。

【結果・考察】機器中性子放射化分析法によって29元素を定量することができた。ベトナムとカンボジアから回収されたテクタイトは、フィリピンとオーストラリアから回収されたテクタイトに比べ、Cr, CoとNi濃度が高いことがわかり、この3つの元素間で正の相関が見られることもわかった。これらの正の相関を説明するために、縦軸にCr濃度を、横軸にIr濃度をプロットした(図1)。ベトナムとカンボジアから回収されたテクタイトのCr濃度は、地殻物質よりも高く、それらのテクタイトは地殻物質と同様なIr濃度であった。図1から明らかなように、ベトナムとカンボジアから回収されたテクタイトは、上部地殻物質と塩基性岩の混合線上にプロットされる。オーストララシアンテクタイトで見られた、Cr, CoとNi濃度の変動は、塩基性

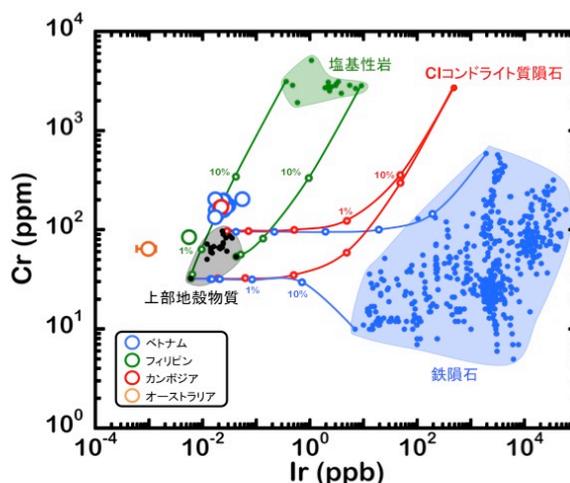


図1. オーストララシアンテクタイトのIrとCr濃度の関係。図中の赤色、緑色と青色の線は、それぞれCIコンドライト質隕石、塩基性岩、鉄隕石と上部地殻物質の混合線に対応する。

岩の寄与が原因であることがわかった。それぞれのテクタイトでの塩基性岩の寄与率は異なっており、そのため3つの元素 (Cr, Co と Ni) 間で正の相関が見られたと考えられる。

図2には、オーストララシアンテクタイトの白金族元素濃度を太陽系の平均組成を示すCIコンドライト質隕石の値で規格化した値をプロットした。比較のために、上部地殻物質もプロットした。オーストララシアンテクタイトのIr含有量は、1~55 pg/gであり、上部地殻物質と同様な濃度範囲であった。すべてのテクタイトのRuとRhはIrに比べて富んでおり、PtとPdはRhに比べて乏しかった。このような白金族元素濃度の特徴は、地球上の岩石でも見られず、上記に示したような塩基性岩の寄与でも説明することは難しい。図2からわかるように、オーストララシアンテクタイト間で白金族元素濃度に違いが見られるが、白金族元素間で見られる特徴は同じである。これは、それぞれのテクタイトの白金族元素は同じ起源であり、その寄与率に違いがあるためと考えられる。オーストララシアンテクタイト間でIr濃度とRu, Rh, Pd濃度で正の相関が見られ、Ru/Ir, Rh/IrとPd/Ir比は、それぞれ 14.6 ± 0.8 , 10.2 ± 0.9 , 2.52 ± 0.22 であった。これらの白金族元素比は、IC鉄隕石と同じであった (Ru/Ir比は1.3~42, Rh/Ir比は0.34~39, Pd/Ir比は0.29~37)。これらの一致より、オーストララシアンテクタイト間で見られた正の相関は、IC鉄隕石の寄与によるものと考えられる。以上より、オーストララシアンテクタイトを形成した衝突物は、IC鉄隕石であり、その化学組成は、上部地殻物質、塩基性岩とIC鉄隕石の混合で説明できると考えられる。

最後に、オーストララシアンテクタイトの白金族元素、Cr, CoとNi濃度が上部地殻物質、塩基性岩とIC鉄隕石の混合で説明できるかどうか、それらの含有量から考察した。図3には、オーストララシアンテクタイトの白金族元素、Cr, CoとNi濃度をCIコンドライト隕石で規格化した値をプロットした。また、96.99%の上部地殻物質、3.00%の塩基性岩と0.01%のIC鉄隕石の混合物の元素組成もプロットした。図3から、オーストララシアンテクタイトで見られる元素組成の特徴は、上部地殻物質に塩基性岩とIC鉄隕石の寄与で説明することができる。従って、オーストララシアンテクタイトを形成した衝突物は、IC鉄隕石と考えられる。

図3で見られるようにオーストララシアンテクタイトのPtとPdはRhに比べて乏しく、これらの欠乏は混合物に比べて大きい。現時点でこの違いは明らかにできてい

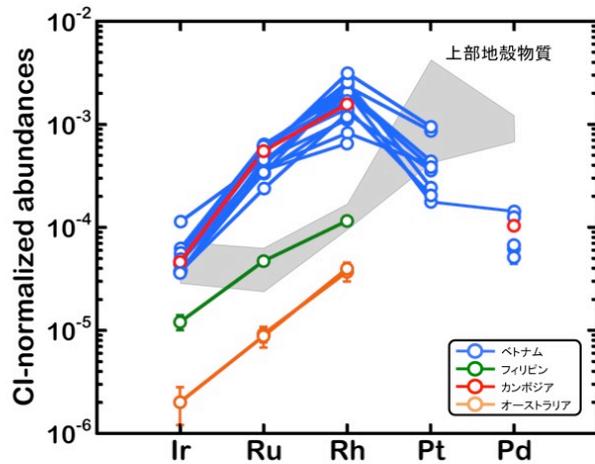


図2. オーストララシアンテクタイトの白金族元素存在度パターン。CIコンドライト質隕石に対する相対値。比較ために上部地殻物質も示した。

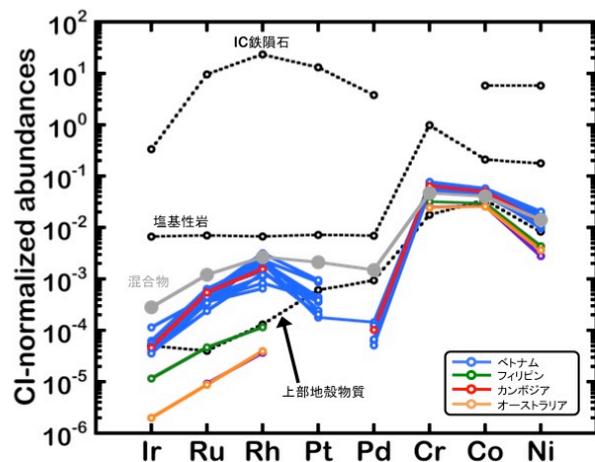


図3. オーストララシアンテクタイトの白金族元素, Cr, CoとNi存在度パターン。灰色の実線は、上部地殻物質、塩基性岩とIC鉄隕石の混合を表している。黒色の点線は、混合計算での端成分を示す。

ないが、おそらく隕石衝突時の蒸発・凝縮過程における白金族元素間での分別が可能性の一つと考えられる。しかし、この蒸発・凝縮過程での元素の挙動は、明らかになっていない。サウジアラビアには、ワーバークレーターが確認されており、このクレーターを形成したと考えられているワーバー鉄隕石と、衝突によって形成されたワーバークラスが発見されている[4]。これらの元素組成を求めることにより、隕石衝突における蒸発・凝縮過程での元素の挙動を明らかにすることができると考えられる。

文献

[1] Koeberl C. (1994) *Large Meteorite Impacts and Planetary Evolution*, 293, 133-152.

[2] Morgan J. W. et al. (1979) *GCA*, 43, 803-815.

[3] Wasson J. T. (1991) *EPSL*, 102, 95-109.

[4] Gnos E. et al. (2013) *MAPS*, 48, 2000-2014.

産業技術総合研究所における $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定システムと 京大炉における中性子照射

石塚治 (産総研), 藤井 俊行 (大阪大学), 関本 俊 (京都大学原子炉実験所), 奥村 良 (京都大学原子炉実験所)

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法は K-Ar 法と同様, 岩石中の ^{40}K の放射壊変により ^{40}Ar が生成されることを利用した年代測定法である (図 1). 2つの年代測定法で異なる点は, K-Ar 法では通常カリウムは試料を酸分解したのち炎光光度計等により測定され, アルゴンは希ガス質量分析計で定量される, すなわち別々の分取試料について別々に測定される, 一方 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法では, 試料を原子炉内で中性子照射することにより ^{39}K を ^{39}Ar に変換することで, 希ガス質量分析計による Ar 同位体比の測定のみで年代決定を行う.

この違いが $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法にいくつかのメリットをもたらしている. 質量分析のみで測定できるため, 極めて微量な試料で測定可能である (図 2). これは一般に新鮮な試料の量が限られる海底火山岩を測定する上で大きなメリットになる. さらに, 段階加熱測定を行うことで, 年代データの客観的な信頼性評価が可能という利点も, 変質の影響等を受けやすい海底火山岩類の年代決定を行う上で $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法を強力なツールにしている. 産総研のラボでは, 限られた量の海底試料を精密に測定できるシステムを構築している (図 2). 試料加熱に CO_2 レーザを用い, 透明な鉱物を含むあらゆる試料を十分加熱溶解してガスを抽出可能とすると同時に, 極めて体積の小さい試料前処理ラインを製作することにより, 装置内のバックグラウンドを低減, 微量なガスを正確に測定できるようにしている. またこの測定法では試料を均質に加熱することが重要になるが, そのためにレーザビーム内のエネルギー分布を均質化するためのレンズを導入した. これらの工夫により海底試料を微量で迅速かつ高精度で分析できるようにしている.

今回は, 京大炉における $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法測定試料の中性子照射について簡単に紹介する (図 3). 照射用試料としては, 概ね岩石を約 0.25-0.5mm 径 (1 試料あたり総重量として 5-15mg 程度) の粒状に粉砕したものを使用している. これらをアルミ箔に包んだ後, 標準試料 (中性子フラックスモニタ), 妨害同位体補正用試料とともに高純度アルミ製円筒容器 (径 9mm, 高さ 30mm) に収納する. これをさらに熱中性子カットのため, 0.5mm 厚のカドミウム箔で包む. これを照射用のアルミチューブに真空封入する. 照射は, 水圧輸送管照射設備で実施している. 照射は, 5MW 運転時で 2時間, 1MW 運転時で 8-24 時間行っている.

ここでは, 照射に関して測定した基礎的なパラメータを報告する (図 4). 照射により生成する同位体のうち, カリウム起源の ^{38}Ar , ^{40}Ar , またカルシウム起源の ^{36}Ar , ^{39}Ar は, 測定したいアルゴンの同位体比に影響を及ぼす妨害同位体である. これらの生成量は少なければ少ないほどよく, その場合図 4 に示す比は小さくなる. 今回 KUR について測定した値

は以前 JRR3 について求めた値と同等あるいは小さくなっており, 使用したカドミウム箔で十分に妨害同位体の生成を抑えられたと考えられ, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法の測定に適した条件が得られていると考える.

次に年代既知試料を照射, 分析することで見積もった照射カプセル内の高さ方向の速中性子フラックスのバリエーションを図 4 下段に示す. これによると 1 cm あたり 1.1-1.7% 程度となり, 試料位置によるフラックスのバリエーションによる不確定性も測定精度と同程度か小さく抑えられていると考えられる (図 4). 今後原子炉が稼働, 照射が再開されれば, 未知試料の測定を積極的に実施していきたい.

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定法

K-Ar法



$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法

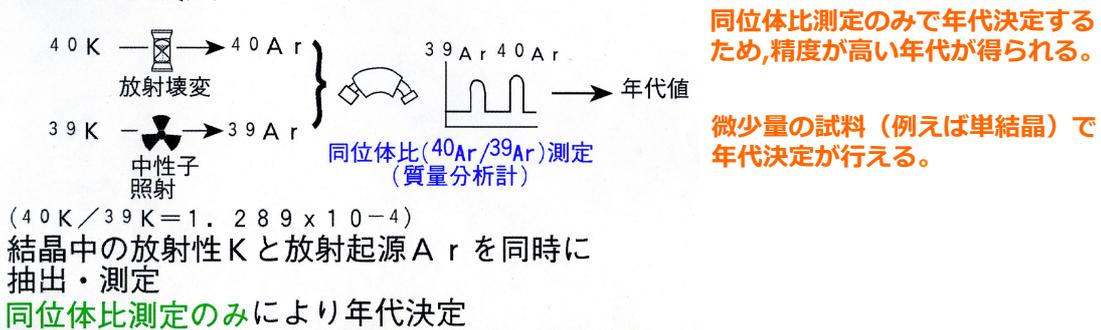


図 1 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定法の概略

レーザ加熱⁴⁰Ar-³⁹Ar年代測定

メリット

- 単結晶，極微量（数mg以下）試料の加熱.
- 年代データの客観的な評価
- 融けにくい試料の完全な脱ガス.

工夫

- 低容量でコンパクトな前処理装置の製作（低ブランク化）.
- 試料の均質加熱のため，特殊レンズの導入.



微量試料で迅速かつ高精度の分析可能

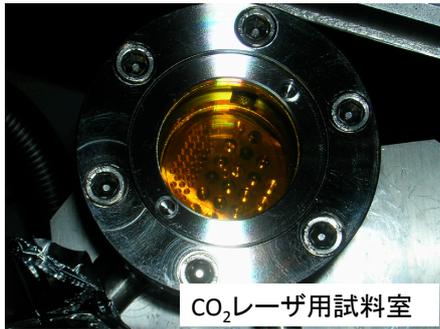


図2 産業技術総合研究所における⁴⁰Ar/³⁹Ar年代測定システム

岩石鉱物試料の中性子照射

- 妨害同位体生成の原因になる熱中性子カットのため，カドミウム箔を巻く.
- 各試料に照射される中性子量を見積もるために，年代既知の標準試料（フラックスモニタ）をはさんで，試料を積み重ねる.
- K及びCa起源の妨害同位体の影響を補正するために，K及びCaを含む合成ガラスも照射、分析する.



図3 ⁴⁰Ar/³⁹Ar年代測定における中性子照射

岩石鉱物試料の中性子照射

●妨害同位体の生成量：JRR3と同等かやや少ない

	K-derived interference		Ca-derived interference			
	$(^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{K}}$	error	$(^{39}\text{Ar}/^{37}\text{Ar})_{\text{Ca}}$	error	$(^{36}\text{Ar}/^{37}\text{Ar})_{\text{Ca}}$	error
KUR	0.01139	0.00005	0.000704	0.000014	0.000268	0.000005
KUR	0.01131	0.00010	0.000719	0.000009	0.000275	0.000005
JRR3	0.01839	0.00012	0.000918	0.000018	0.000414	0.000009

●中性子フラックスのバリエーション：1.1-1.7% / cm

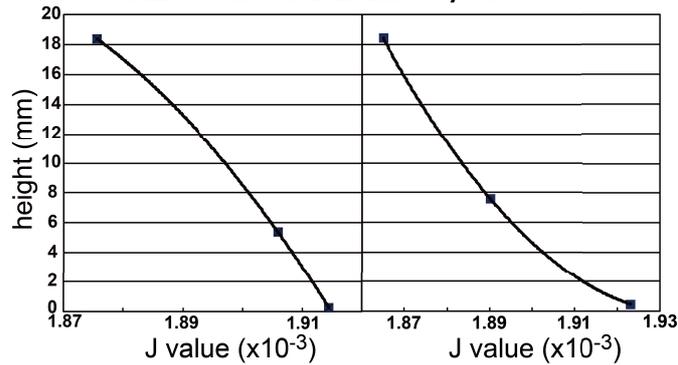


図4

図 4 京大炉 KUR で得られた照射に関するパラメータ. 上段：妨害同位体の生成量. カリウム起源の ^{39}Ar 及びカルシウム起源の ^{37}Ar に対してどのくらい妨害同位体が生成されたかの比を示している. 下段：年代既知試料（フラックスモニタ）の測定により得られた照射カプセル内の中性子フラックスの勾配.

ジルコンの微量化学成分から消滅後背地をさぐる（研究提案）

田中 剛

(名古屋大学宇宙地球環境研究所 年代測定研究部)

1. はじめに

最近地質学でよく使われる研究手法の一つに、堆積岩に含まれるジルコン粒中のウランと鉛の同位体を SIMS や LA-ICP-MS を用いて測定し、その年代からその堆積岩を供給した後背地を（その年代から）推定する手法がある。これは、世界最古のグリーンランドのアミツオクやカナダのアカスタの堆積岩が堆積したその源には〇〇年代の岩石が露出していたとするあの手法である。最近の一例を紹介する。図 1 に示すのは、常磐ほか(2016)によって研究された『紀伊半島に分布する四万十帯凝灰質砂岩の碎屑性ジルコンの U-Pb 年代とその意義』に掲載されている図版である。

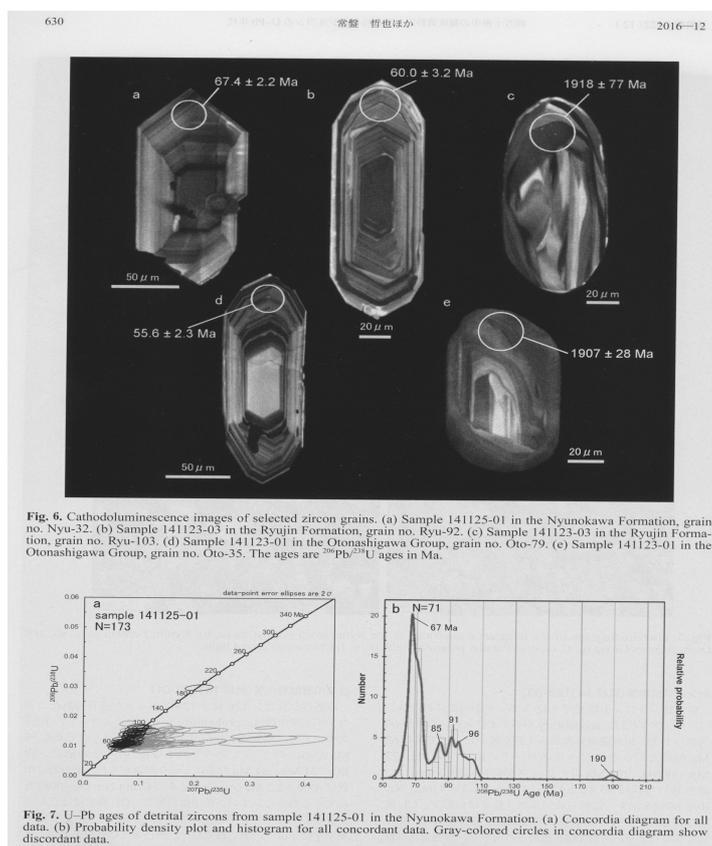


図 1 : 常磐ほか (2016) 「紀伊半島に分布する四万十帯凝灰質砂岩の碎屑性ジルコンの U-Pb 年代」より図 6 および図 7.

ここでは、試料とした岩石から写真に載っているジルコン鉱物を分離し、ジルコンの周辺部（最も最後に形成された）を LA-ICP-MS でそのウランと鉛の同位体比を測定し、その地層の堆積時にその年代の後背地が存在した、との議論がなされている。もちろんこれで十分新しい情報であるが、この放射化学分析研究会で提案したいのは、このジルコンの化学的性質が判れば、後背地として存在

した火成岩の性質が、ひいてはその火成岩を生成した地質テクトニクスが、より詳しく判るのではないか！との提案である。

2. 一粒ジルコンに反映する母岩の性質

図2に長沢(Nagasawa, 1970)によるジルコンへの希土類元素分配パターンを示す。これは、花崗岩および石英安山岩に含まれるジルコンを分離し、ジルコンとそれを含む岩石の石基について、それぞれに含まれる希土類元素を同位体希釈法で測定したものである。ジルコン中の値を石基の値で割った値(図2に示したものは、元素の分配係数と呼ばれ、結晶の構造に支配されている。ここに示した分配係数(partition coefficient)は、YbやLuなど重希土類元素の側で大きく、ジルコンの結晶構造がより小さなイオン半径を持つ元素に適合性が高い事を示している。

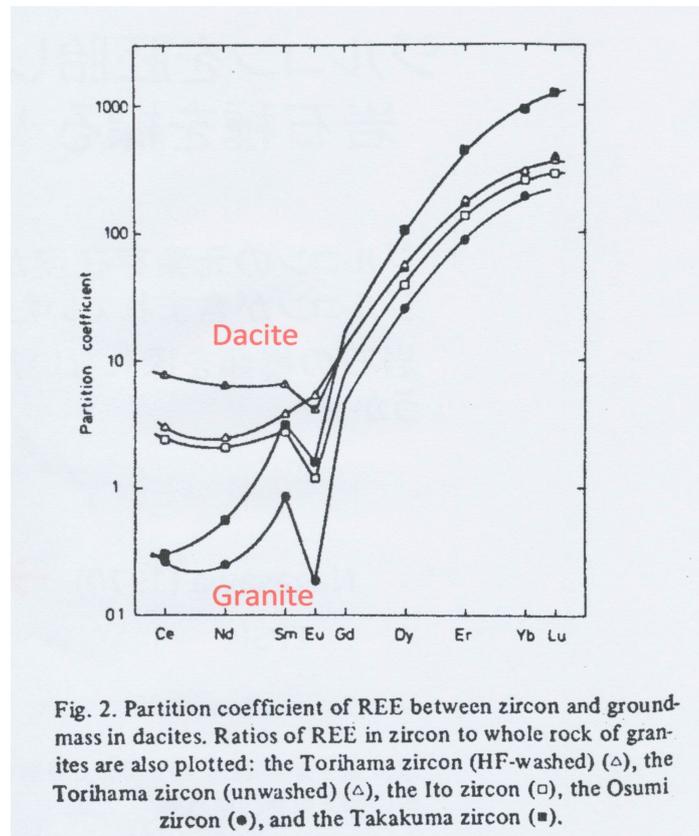


図2：ジルコンと石基の間における希土類元素分配係数 (Nagasawa, 1970).

本稿で注目すべき点は、軽希土類元素にあり、ジルコンを含む母岩が Dacite か Granite か、によって分配に 10 倍以上の差があることである。ジルコンの主成分となったジルコニウムあるいはハフニウムの存在量により、微量元素としての希土類元素に違いが生じたと考えられる (Nagasawa, 1970 にこの点は触れられていない)。Dacite か Granite か、さらには、Granite の中でも、マグネタイトシリーズかイルメナイトシリーズに属するか等等によって、花崗岩の形成地質環境が大きく異なる事が明らかになりつつある。まずは、現世の様々な岩石からジルコンを分離・分析し、その母岩の性質や形成テクトニクスがジルコンの化学組成に如何に反映されているかを調べる事であろう。

3. 難分解ジルコンの多元素分析に適した中性子放射化分析

ジルコンは地質試料に含まれる化石である。ジルコンは通常の酸では分解しにくく、アルカリ溶解や、圧力容器を用いるなどの手順が求められる。その点でも酸分解が必要な ICP-MS より非破壊で分析に供し得る中性子放射化分析の利点は大きい。さらには多元素の同時分析にも、中性子放射化分析が適している。



図 3 : 1 マイクログラムの BCR-1 が封入された合成石英管

図 1 に示したように、ジルコン試料の大きさは、おおよそ $50 \times 50 \times 200 \mu\text{m}$ 、比重を 4.7 とすれば、一粒で約 $2 \mu\text{g}$ である。KUR では、微小試料の高精度放射化分析を目指してアンチコンプトン γ 線分光分析装置の稼働がはじまった（高宮・関本，2011）。以前は、酸性岩岩石標準試料に不均質性が見られた（上岡・田中，1989）が、最近は大きく改良されている（図 3）。今後、難分解性ジルコン一粒の中性子放射化分析から、全地球 43 億年の堆積岩後背地のテクトニクスが論じられよう。

文献

- 上岡 晃・田中 剛（1989）機器中性子放射化法による地質試料の分析とその問題点
-地質調査所岩石標準試料による検討-。地質学雑誌 95 巻，835-850.
- Nagasawa, H. (1970) Rare earth concentrations in zircons and apatites and their host
dacites and granites. *Earth Planet. Sci. lett.* 9, 359-364.
- 高宮幸一・関本俊（2011）KUR における放射化分析研究の現状と将来計画。
放射化分析 No. 27, 1~18.
- 常磐哲也・竹内誠・志村侑亮・太田明里・山本鋼志（2016）紀伊半島に分布する四万十帯
凝灰質砂岩の碎屑性ジルコンの U-Pb 年代とその意義。地質学雑誌
122 巻 625-635.

テルライトガラス中の Zn, Te の定量

函館高専 物質環境工学科 鹿野弘二

1. 背景

1. 1 テルライトガラスとは

- TeO_2 を主成分とする光ファイバ増幅器用ガラス
- 原料として融点の異なる酸化物使用
- アルカリ成分として炭酸塩を使用
- ガラス作製条件によって
 - 高融点成分 (ZnO) の溶け残り
 - TeO_2 の揮発 → 組成変化
 - 気泡の残留 → 光学特性に影響
- 新原料の提案 → 亜テルル酸塩 (Li_2TeO_3 , ZnTeO_3)

1. 背景

1. 2 本研究の目的

- 作製条件により ZnO の溶け残りはあるか
 - 実態顕微鏡観察とEPMA測定
- 作製条件により組成変化はあるか
 - 主成分元素Teと高融点成分元素Znに着目
- 新原料は有効か
 - ガラス転移温度と結晶化温度に差に着目

2. 実験方法

2. 1 ガラスの作製方法

- ・原料：TeO₂, Bi₂O₃, Li₂CO₃ → mp~800°C
ZnO → mp = 1975°C
ZnTeO₃ → mp~800°C
- ・ガラス組成 (Te/Zn) : 組成 1 = 32.1 組成 2 = 15.6
- ・溶融条件：温度 600, 700, 750, 800, 850°C,
時間 1hr

2. 実験方法

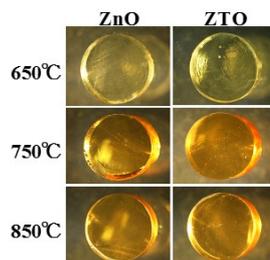
2. 2 ガラスの評価方法

- ・表面分析 → 実態顕微鏡, EPMS
- ・組成分析 → 光量子放射化分析, 中性子放射化分析
- ・比較分析 → 原子吸光分析, ICP-発光分光分析
- ・ガラス物性 → 熱分析

3. 結果と考察—表面観察

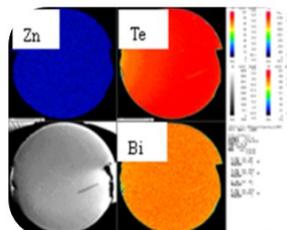
- ・実体顕微鏡観察

- 溶け残りなし
- 低温側で気泡有り
- 高温側で褐色



- ・EPMA

- 均一組成

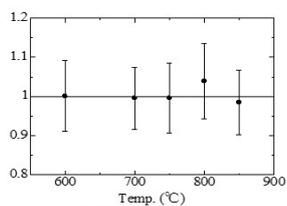


3. 結果と考察—放射化分析の結果

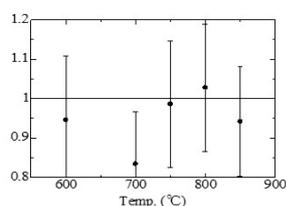
- ・光量子放射化分析 → 適当な核種なし
(東北大ライナック)

- ・中性子放射化分析 → ^{127}Te : $T_{1/2} = 9.35 \text{ h}$, $E_{\gamma} = 417 \text{ keV}$,
(KUR, 比較法) ^{131}Te : $T_{1/2} = 30 \text{ h}$, $E_{\gamma} = 774 \text{ keV}$
 ^{65}Zn : $T_{1/2} = 244.3 \text{ d}$, $E_{\gamma} = 1115 \text{ keV}$

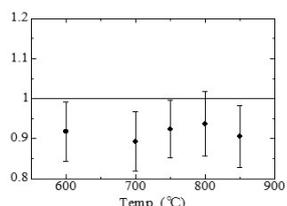
Te/Zn ratio Measured by INAA



無定形 ZnTeO₃



ZnO

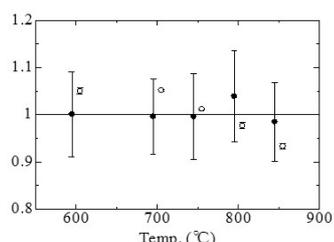


焼成 ZnTeO₃

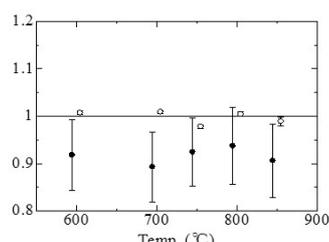
- ・ Te/Zn比 → 温度依存性なし
- ・ 原料比較 → ZnO：ばらつき大
→ ZnTeO₃：有効
→ 無定形と焼成したZnTeO₃の違い

3. 結果と考察—他の分析法との比較

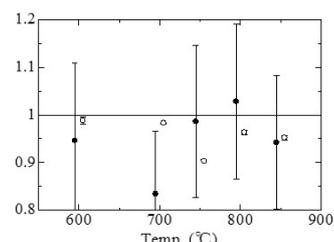
- ・ AAS → 濃度依存性大 → 測定条件の最適化困難
- ・ ICP-OES (○) → NAAと誤差内で一致



無定形 ZnTeO₃

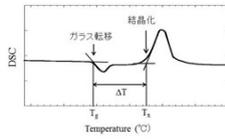


焼成 ZnTeO₃

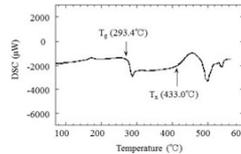
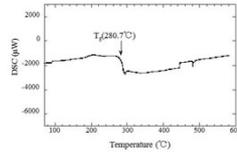


ZnO

3. 結果と考察ーガラス物性



一般的なガラスのDSC曲線



DSCの測定結果

(亜鉛原料ZnTeO₃, 熔融温度650°C)

異なる亜鉛原料を用いて作製した
テルライトガラスのT_g, T_xおよびΔT

使用原料	組成	熔融温度(°C)	T _g (°C)	T _x (°C)	ΔT
ZnO	1	650	281.8	-	-
ZnO	1	750	281.6	-	-
ZnO	1	850	280.4	-	-
ZnO	2	650	293.6	428.5	134.9
ZnO	2	750	293.8	423.7	129.9
ZnO	2	850	293.6	428.1	134.5
ZTO	1	650	280.7	-	-
ZTO	1	750	281.3	-	-
ZTO	1	850	280.7	-	-
ZTO	2	650	293.4	433	139.6
ZTO	2	750	294.5	410.9	116.4
ZTO	2	850	294.1	416.7	122.6
未焼成ZTO	1	650	281	-	-
未焼成ZTO	1	750	281.8	-	-
未焼成ZTO	1	850	281.2	-	-
未焼成ZTO	2	650	293.5	420.1	126.6
未焼成ZTO	2	750	293.1	424.7	131.6
未焼成ZTO	2	850	293.2	398.4	105.2

4. 今後の課題

- 4. 1 組成分析法の選択 → NAAの優位性は何か
- 4. 2 ZnTeO₃の有効性 → ファイバ作製には問題なし
→ 初期値からずれる理由
- 4. 3 亜テルル酸塩 (Li₂TeO₃とZnTeO₃) の有効性

研究会報告

17th Radiochemical Conference (RadChem2014)

[2014年5月11日～16日]

17th Radiochemical Conference (Radchem 2014) に参加して

宮本 ユタカ

チェコで今年(2014年)5月11日～17日に開催されたこの学会の名前は、16年前に金沢大学の坂本先生から初めて耳にした。坂本先生御一行は第13回の会議に出席されたが、私は残念ながら都合がつかず、いつか参加できたら...とずっと思っていた。それからずいぶん時間が経ったがようやく今回参加することが出来た。毎3-4年ごとに開催して今年で第17回となっていることから分かるように、50年以上続く伝統ある国際会議のようである。会議の名前が示しているように放射化学に関する全ての分野を対象としており、核化学、超重元素合成、放射化分析、環境放射能、核医学、アイソトープ製造、分離分析技術、教育などのセッションに分かれて40数カ国から300名以上が参加した。日本からは10名程度が参加した。4年前はちょうどアイスランドの火山噴火と時期が重なり、ヨーロッパ圏内外への移動は大混乱になったようである。今回の参加者が多いのはその反動なのかもしれない。参加者の多くは近郊のヨーロッパ諸国で、遠くはパラグアイから(日本もかなり遠いのだが...)の参加者もいた。開催場所は、チェコの西の端にあるマリーアンスケ・ラズーニャというこぢんまりとした歴史ある温泉保養地だった。日本で言えば箱根みたいな場所である。この学会は毎回この場所で開催しているそうなので、よく参加している人達にはなじみの場所なのだろう。会場の名前(Casino)にふさわしく、荘厳な感じの舞台に立つての発表となった。この保養地に来ている観光客の多くは、効能がある生暖かい炭酸泉に浸かったり飲んだり、女性はエステをして落ち着いた風景の中で「湯治」を楽しんでいるようだった。我々の場合は、放射化学の発表を聞いたり議論を交わしたりしながら英知を養う...となるのだろうか。季節が清々しく歩いているだけで落ち着いた気分になるので、色々な意味で効能は抜群であった。ただ問題なのは、日本からこの地にたどり着くのがかなり不便なことだった。日本からは国際線を乗り継いでチェコ(首都プラハ)まで行き、さらに目的地まで300キロも西に移動しなければならない。前後泊すると高い学会参加費(620ユーロ!)に加えて更に出費がかさむ。実はこの高い学会費には理由があった。参加者一人一人にタブレット端末が配られたのだ。これを使って保存されている電子ファイルやインターネットで学会のプログラムや要旨などを閲覧するのである。確かに要旨は印刷すると500ページにもなるし、突然の予定変更にも学会のwebサイトを修正するだけで対応できる。画面のデザインもおしゃれで、なかなか工夫が凝らされているし、普通にタブレット端末として使えるので便利...なのではある。でも、その当日の発表内容全体を眺めたいときにはすぐに取り出せる紙媒体の方に分があると思う。参加者の多くが印刷されたプログラムを眺めていたことが、それを物語っている。

今後、このような電子媒体化がどの学会においても進むかもしれない。近い将来には丸めたり折り畳めたり出来る薄くて紙みたいなタブレット端末が一般常識になっているかもしれない。そのような夢物語の将来はさておき、タブレットは1台もあれば十分なので、要旨集などが入ったUSBメモリーだけを配布する「廉価版」や「プリントアウト版」などの参加費オプションを検討することも必要だろう。

研究炉の廃炉の影響は大きく、放射化分析関連の発表件数はあまり多くなかった。それでも即発ガンマ線放射化分析法、k0法、環境物質や生体試料などの放射化分析に関する発表があった。一方、アイソトープ製造や環境放射能関連の発表は多く、放射化学の研究傾向がこの国際学会でも感じ取れた。

この学会の主催者でもあるチェコ工科大学 John Jan 教授はヨーロッパ圏における放射化学の教育とトレーニングを精力的に取り組んでいる (<http://cinch-project.eu>)。そのためか、学生の参加者が多いように思えた。米国でも主として学生を対象に、インターネットを介して専門家が放射化学の基礎を定期的に1-2時間の講義をする取り組みがなされているようだ (http://www.wipp.energy.gov/namp/en_content-30-trainingedu.html)。このように教育を重視してか、放射化学の国際学会では「教育」のセッションをよく見かけるようになった。

放射化分析は、放射線測定や放射化学分離、線量評価など、放射化学や分析化学そして原子力を総合的に実体験で学習する上でも良い教育・研究分野だと我が身をもってそう思うのだが、現在の研究用原子炉の稼働状況では座学になってしまうのが残念...などとチェコビールと和やかな景色で酔っ払い、ホテルに帰った。次回のこの国際学会は、今までの慣習に従えば4年後(2018年)に同じ場所で開催されることになるだろう。



Radochem2014 学会会場 Casino



マリーアンスケ・ラズーニャの街並み

プログラム(Nuclear Analytical Methods を抜粋)

NAM-I01, (Id: 374): Biochemical neutron activation analysis (BNAA) in pre- and post-genomic era of proteomics and metabolomics.

Amares Chatt, Channa K Jayawickreme

NAM-V02, (Id: 406): Nuclear and related analytical techniques used to study atmospheric deposition of trace elements and radionuclides in rural and urban areas experiencing environmental stress.

Marina Frontasyeva

NAM-V03, (Id: 370): Measurement of selenium levels in cultivated Japanese and Korean oysters and Japanese rock oysters using the 17.4-s neutron activation product ^{77m}Se .

Michiko Fukushima, Amares Chatt

NAM-V04, (Id: 188): Comparison of INAA and LC-ICP-MS for the determination of As species in marine tissues

Rolf Zeisler, Lee L. Yu, Rabia Oflaz, Vivian M. O. Carioni, Cassiana S. Nomura

NAM-V05, (Id: 28): Biosorption of chromium and nickel from wastewater by microalgae nostoc linckia

Inga Zinicovskaia, Ana Valuta, Liudmila Rudi, Marina Frontasyeva, Otilia Ana Culicov, Svetlana Gundorina, Tatiana Mitina, Liliana Cepoi

NAM-V06, (Id: 166): Unraveling the reaction rate conventions for use in the k_0 standardization of NAA

Frans De Corte

NAM-V07, (Id: 114): Re-determination of the half-life of ^{229}Th salt

Varga, Adian Nicholl, Mayer Klaus

NAM-V08, (Id: 254): Activation analysis in studies of tektites and impact glasses

Jirí Mizera, Zdenek Randa

NAM-V09, (Id: 352): Commercial oxo-biodegradable plastics investigated by neutron activation analysis

Elisabete De Nadai Fernandes, Mateus Boscaro

NAM-V10, (Id: 128): Determination of impurities in phosphoric acid by INAA

Hamid Amsil, Jan Kameník, Jan Kucera

NAM-V11, (Id: 386): Development of ^{151}Sm analytical method for the purpose of nuclear waste characterization

Florence Goutelard, C Roure, Lionel Bec Espitalier, Christèle Colin, Carole Frechou, Hélène Cazorla, Aurelie Calvet

NAM-V12, (Id: 214): Prompt Gamma Activation Analysis and In-Beam Activation Analysis at FRM II

Zsolt Révay, Petra Kudejova, Krzysztof Kleszcz

NAM-V13, (Id: 122): Nrd cold neutron prompt gamma-ray activation analysis spectrometer at NIST

Rick Paul, Dagistan Sahin, Christoph Brocker, Jeremy Cook, Richard Lindstrom

NAM-V14, (Id: 129): New cultural heritage projects at the high-flux PGAA instrument in Garching

Petra Kudejova, Zsolt Revay, Krzysztof Kleszcz, Stefan Soellradl

NAM-V15, (Id: 217): Features of Cold Neutron Induced Prompt Gamma Activation Analysis at HANARO Research Reactor

Jong Hwa Moon

NAM-V16, (Id: 177): Neutron Depth Profiling with Multipixel Detectors

Jirí Vacík, Ivo Tomandl, Yesid Mora, Carlos Granja, Václav Kraus

NAM-V17, (Id: 355): Photo- and digital-detectors for quantitative digital densitometry for distribution analysis of ores by means of gamma-activation

Vladimir Kolotov, Dmitry Grozdov, Nikolay Dogadkin, Andrey Shiryayev, Victor Korobkov

NAM-V18, (Id: 15): Direct analysis of americium in non-separated spent nuclear fuel using high resolution ICP-OES and sector field ICP-MS

Michael Krachler, Rafael Alvarez-Sarandes, Paul Carbol, Rikard Malmbeck, Stefaan Van Winckel

NAM-V19, (Id: 57): Determination of the $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ isotope ratio in various types of uranium samples – a new possible signature for the origin assessment in nuclear forensics

Judit Krajčó, Zsolt Varga, Ezgi Yalcintas, Maria wallenius, Klaus Mayer

NAM-V20, (Id: 289): Determination of ^{93}Zr , ^{237}Np , ^{135}Cs in radioactive waste by inductively coupled plasma mass spectrometry

Nora Vajda, Szabolcs Osvath, Peter Nagy, Eva Kovacs-Szeles, Kornel Fel, Zsuzsa Molnar, Edit Bokori

NAM-V21, (Id: 96): Activity measurements of barrels filled with radioactive waste

Matjaž Korun, Branko Vodenik, Benjamin Zorko

NAM-V22, (Id: 310): Computation of full energy peak efficiency for voluminous radioactive atmospheric sources using remote scintillation gamma-ray spectrometry

Dmitriy Grozdov, Vladimir Kolotov, Yury Lavruhin, Nikolai Dogadkin

NAM-V23, (Id: 20): Sequential separation of trace Pu, U and other elements in environmental samples

Yutaka Miyamoto, Kenichiro Yasuda, Masaaki Magara

NAM-V24, (Id: 95): Development of three methods for determination of uranium isotopes in environmental samples by liquid-liquid extraction with tri-isooctylamine or solid-phase extraction by anion-exchange resin

Lyubomir Popov

NAM-V25, (Id: 391): Accelerator mass spectrometry of uranium: titanium dioxide matrix and homogeneous precipitation

Irena Špendlíková, Gönül Keçeli, Jakub Raindl, Mojmír Nešmec, Peter Steier

NAM-V26, (Id: 238): Laser Ablation of Actinide Oxides

Keri Campbell, Ken Czerwinski

NAM-V27, (Id: 124): Optimisation of a Liquid Scintillation counter for low-level measurement of Lead-210

Peter Medley, Andreas Bollhoefer

- NAM-V28, (Id: 383): Biogeochemical aspects of mineral content in yerba mate from Paraguay
Juan F. Facetti-Masulli, Alicia Dávalos de Sánchez, Peter Kump
- NAM-V29, (Id: 311): Epithermal neutron activation analysis of forages from permanent grasslands of North-Eastern Romania
Otilia Ana Culicov, Doina Tarcau, Simona Maria Cucu-Man, Inga Zinicovscaia, Vasile Vintu, Costel Samuil, Marina Frontasyeva
- NAM-P01, (Id: 24): Neutron activation analysis of children's hair from altai republic
Zoya Goryainova
- NAM-P02, (Id: 27): Simplified determination of uranium in contaminated sea sand samples by alpha-spectroscopy after acidic desorption and liquid-liquid extraction
Maria Efstathiou, Ioannis Pashalidis
- NAM-P03, (Id: 30): Analysis of Uranium and Plutonium using Actinide Resin
Andy King
- NAM-P04, (Id: 42): Determination of u,pu, am /cm isotopes in ash resulted from the incineration of npp cernavoda low level waste
Gabriela Teodorov, Adina Sandru, Laszlo Toro, Adrian Stafie, Dorin Dumitrescu
- NAM-P05, (Id: 45): Rapid determination of gross alpha and beta activity in seafood utilizing microwave digestion and liquid scintillation
Daniel Sas, Jirí Janda, Alena Tokárová
- NAM-P06, (Id: 48): A simple determination of ^{41}Ca by ICPMS in concrete samples as a tool for the decommissioning of nuclear facilities
Maria Letizia Cozzella, Mauro Capone, Simon Jerome, Maria Garcia Miranda, Daniel Zapata Garcia, Herbert Wershofen, Mai Sobrino-Petirena
- NAM-P07, (Id: 63): Implementation of calculation codes for corrections of systematic effects in measurement laboratories
Sofia Jonsson, Henrik Ramebäck, Tim Vidmar
- NAM-P08, (Id: 76): Sequential determination of ^{90}Sr , ^{239}Pu , ^{241}Am in urine
Ján Bilohušcin, Silvia Dulanská, Lubomír Mátel, Veronika Drábová, Veronika Gardonová
- NAM-P09, (Id: 84): An elemental portrait of the Portuguese wheat collection (in 2013) by instrumental neutron activation analysis
Catarina Galinha, Adriano Pacheco, Maria do Carmo Freitas, Ana Rita Costa, Nuno Pinheiro, Benvindo Maças, Ana Sofia Almeida, Hubert Wolterbeek
- NAM-P10, (Id: 88): Innovative technique for rapid measurement of post-accidental ^{89}Sr in water: use of the Cerenkov Effect combined with color quenching
Kevin Galliez, Céline Augeray, Magalie Mouton, Lucie Tarlette, Corinne Fayolle, Jeanne Loyen, Marc

Gleizes

NAM-P11, (Id: 89): Instrumental Neutron Activation Analysis for the Determination of Gold Nanoparticles in Mice Tissues

JongHwa Moon, Beom-Su Jang

NAM-P12, (Id: 94): Development and application of method for determination of $^{89,90}\text{Sr}$ in environmental samples by the use of NaOH for separation of strontium from calcium

Lyubomir Popov

NAM-P13, (Id: 102): Selenium in bread and durum wheats grown under a soil-supplementation regime in actual field conditions, determined by cyclic and radiochemical neutron activation analysis

Adriano Pacheco, Catarina Galinha, Maria do Carmo Freitas, Marek Fikrle, Jan Kucera, José Coutinho, Benvindo Maçãs, Ana Sofia Almeida, Hubert Wolterbeek

NAM-P14, (Id: 127): In-beam neutron activation analysis at FRM II, Garching

Krzysztof Kleszcz, Zsolt Revay, Petra Kudejova

NAM-P15, (Id: 139): Determination of ^3H , ^{36}Cl , ^{22}Na , ^{85}Sr , ^{133}Ba by means of precipitation method

Lijuan Qian, Kerttuli Helariutta, Mikko Voutilainen, Lasse Koskinen, Jussi Ikonen, Marja Siitari-Kauppi

NAM-P16, (Id: 155): Rapid Analysis of Uranium Concentrations in Powder Rock Samples by a Delayed Neutron Counting

Gwang-Min SUN, Sunha KIM, Jonghwa Moon

NAM-P17, (Id: 156): Analysis of Lithium and Boron of Production and Real Samples using Cold Neutron Depth Profiling Method

Byung Gun Park, Gwang-Min SUN

NAM-P18, (Id: 172): Quality control for routine k_0 -NAA applications at Nuclear Physics Institute, Rež

Marie Kubešová, Jan Kucera

NAM-P19, (Id: 187): Characterization of multicrystalline silicon for photovoltaics by methods of neutron activation analysis

Barbara Karches, Heiko Gerstenberg, Gabriele Hampel, Petra Kudejova, Bernard Ponsard, Stephan Riepe, Christian Stieghorst, Norbert Wiehl, Christian Plonka-Spehr

NAM-P20, (Id: 192): Accelerator mass spectrometry of uranium: comparison of U_3O_8 and UF_4 target matrices

Irena Špendlíková, Miroslav Jeřkovský, Mojmír Nečmec, Robert Breier, Peter Steier, Pavel Povinec

NAM-P21, (Id: 215): Rapid separation and determination of ^{107}Pd , ^{79}Se from intermediate level radioactive waste from NPP A1

Boris Andris, Pražský Miroslav

NAM-P22, (Id: 222): Instrumental photon activation analysis with the MT-25 microtron

I. Krausová, J. Mizera, Z. Randa, D. Chvátíl, P. Krist

- NAM-P23, (Id: 223): Innovations at the MT-25 microtron aimed at applications in photon activation analysis
Jirí Mizera, David Chvátil, Pavel Krist, Zbynek Horák, Miroslav Vognar, Zdenek Randa
- NAM-P24, (Id: 232): A new formulation of effective states of “atoms in compounds”. application to study hyperfine structures and chemical shifts of x-ray emission lines.
Yuriy Lomachuk, Anatoly Titov, Leonid Skripnikov, Nikolay Mosyagin
- NAM-P27, (Id: 236): Performance Evaluation (PE) Samples as Part of Laboratory Quality Control.
Evgeny Taskaev
- NAM-P28, (Id: 255): Development and validation of robust analytical method for determination of Cr-51 in blood samples by LSC
Myroslav Zoriy, Martina Froning, Peter Hill
- NAM-P29, (Id: 288): Application of the two-step approach to investigation of chemical shifts and other electronic properties determined by core region of heavy atoms
Leonid Skripnikov, Anatoly Titov, Yuriy Lomachuk
- NAM-P30, (Id: 293): Investigation of hydrophilic materials as hypoxic phantoms
M. Alkhorayef
- NAM-P31, (Id: 298): Development of an in-situ radiotracer method to measure the adsorption phenomena of different alpha-emitters
Dávid Horváth, Tibor Kovács
- NAM-P32, (Id: 300): Determination of distribution coefficients of ^{134}Cs from Baltic Sea water using Cs-selective sorbents.
Krzysztof Borowik, Halina Polkowska-Motrenko, Jaroław Ostrowski
- NAM-P33, (Id: 308): On the development of a rapid method for the determination of Pb-210 in water samples based on TK100 Resin
Carina Dirks, Jake Surman, Jackie Pates, Steffen Happel
- NAM-P34, (Id: 315): Fast procedure for self-absorption correction for low γ energy radionuclide Pb-210 determination in solid environmental samples
Magdalena Długosz-Lisiecka
- NAM-P35, (Id: 335): Natural radionuclide extraction from aqueous solutions by ionic liquids
Gabriele Wallner, Orhan Sap, Regina Krachler
- NAM-P36, (Id: 338): Determination of Strontium Radionuclide Using Flow-Injection Analysis with ICP-MS Detection
Kamila Kołacinska, Anna Bojanowska-Czajka, Marek Trojanowicz
- NAM-P37, (Id: 376): Americium winning for its determination in boric-acid containing NPP evaporator concentrate
Pavel Bartl, Jana Šuláková, Jan John, Mojmír Nemeč

NAM-P38, (Id: 379): 90Y Cherenkov radiation measurement for ⁹⁰Sr determination

Sobeslav Neufuss, Mojmir Nemec

NAM-P39, (Id: 393): Nuclear analytical methods for studying elemental composition of calcified tissues

Mohammad Anwar Chaudhri, M. Nasir Chaudhri

NAM-P40, (Id: 411): Application of ICP-MS for the determination of ⁹⁹Tc and ⁹⁰Sr in primary coolant water.

Optimization of measurements and analysis of potential interferences.

Ewelina Chajduk, Iwona Bartosiewicz, Anna Bojanowska-Czajka, Halina Polkowska-Motrenko

NAM-P41, (Id: 413): Analysis of Hg and Pb by ICP-MS for the study of phytoremediation of Pb and Hg by

Scirpus mucronatus

Ainon Hamzah, Nur Idaya Yatim, Sukiman Sarmani

NAM-P42, (Id: 431): Determination of Uranium Isotopes Composition Using LSC

Mojmir Nemec, Katerina Cubová

NAM-P44, (Id: 437): A Comparison of expanded uncertainties for measuring iodine levels in nutritional materials by pseudo-cyclic epithermal INAA-AC using single comparator and k₀ methods

Amares Chatt, B.J.B. Nyarko, E.H.K. Akaho, J.J. Fletcher

NAM-P45, (Id: 444): Elemental determinations in biological and environmental sample using PGNA facility at Dalat Nuclear Research Institute

Canh Hai Nguyen, Huu Tan Vuong, Tuan Anh Tran

JASIS2014 放射化分析研究会セミナー

[2014年11月25日]

JASIS2014 放射化分析研究会セミナー「加速器を用いた元素分析法・放射化分析法」開催報告

産業技術総合研究所

計測標準研究部門

三浦勉

JASIS2014 展に同時開催されている JASIS コンファレンス内で 4 回目の放射化分析研究会セミナーを開催しました。日程は 2014 年 9 月 5 日（金）10 時 30 分から 16 時でした。今年のテーマは「加速器を用いた元素分析法・放射化分析法」として、加速器による先端的な元素分析法を研究されている講師に各方法の開発状況、応用例をお話ししていただきました。以下に本セミナーのタイムテーブルを示します。今回は J-PARC 中性子利用分析法、J-PARC ミュオン利用分析法を含めた 5 件の講演を行いました。

時間	タイトル	講演者 (所属)
13:15~13:20	趣旨説明	放射化分析研究会
13:20~13:50	飛行時間法を用いた即発ガンマ線分析のための J-PARC ANNRI 装置開発	藤暢輔 (日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所原子力基礎工学 研究センター)
13:50~14:20	負ミュオンによる三次元非破壊元素分析	二宮和彦 (大阪大学大学院理学研 究科化学専攻)
14:20~14:50	光量子放射化分析法による環境試料/地球科学的試料の元素分析	大浦泰嗣 (首都大学東京大学院理 工学研究科分子物質化学専攻)
14:50~15:20	生物および環境試料の PIXE 分析	矢永誠人 (静岡大学 理学部 放 射科学研究施設)
15:20~15:50	J-PARC ANNRI による銀パラジウム合金の分析	三浦勉 (産業技術総合研究所 計 測標準研究部門)
15:50~16:00	閉会挨拶	放射化分析研究会

本セミナーの参加者数は合計 17 名でした。本企画については 2011 年より継続して実施してきましたが、放射化分析研究会の活動としては 2014 年度で終了することにいたします。これまでご講演いただいた方々に深く感謝申し上げます。

International Conference on Radioanalytical and Nuclear Chemistry (RANC-2016) [2016 年 4 月 10 日~15 日]

プログラムのみ掲載 (NAA と PGAA を抜粋)

320. EIGHTY YEARS OF NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS: 1936–2016. *Amares Chatt*

358. BELIEVABLE STATEMENTS OF UNCERTAINTY. *Richard M. Lindstrom*

252. THE THING THAT BECOMES CLEAR BY A RADIATION AND THE USE OF THE RADIOISOTOPES FOR PLANT PHYSIOLOGY– WITH THE FINDINGS OF FUKUSHIMA NUCLEAR ACCIDENT. *Tomoko M. Nakanishi*

52. GEORGE DE HEVESY (1885–1966) – DISCOVERER OF HAFNIUM, FOUNDER OF RADIO ANALYTICAL CHEMISTRY AND X-RAY FLUORESCENCE ANALYSIS AND FATHER OF NUCLEAR MEDICINE. *Siegfried Niese*

184. NUCLEAR AND RADIOANALYTICAL TECHNIQUES IN METALLOBIOCHEMISTRY

- RESEARCH: STUDIES OVER 50 YEARS. *Enrico Sabbioni*
115. FOUR DECADES OF k₀-NAA: AN APPRAISAL. *Frans De Corte*
306. RADIOCHEMICAL SEPARATION OF MOSTLY SHORT-LIVED NEUTRON ACTIVATION PRODUCTS. *Jan Kucířera, Jan Kameník*
139. NAA – THE METHOD WITH NEARLY UNLIMITED MEASUREMENT RANGE. *Borut Smodiš*
182. DETERMINATION OF THERMAL NEUTRON CAPTURE CROSS SECTIONS FROM PROMPT GAMMA-RAY DATA. *Richard B. Firestone*
331. DELAYED NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS AT ANSTO. *Mellodee Anvia, Susan A. Brown*
267. INSTRUMENTAL NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS APPLIED TO ICE CORES. *Giovanni Baccolo, Massimiliano Clemenza, Barbara Delmonte, Massimiliano Nastasi, Ezio Previtali, Valter Maggi*
340. ELEMENTAL ANALYSIS OF INFANT FORMULAS BY INAA AND ICP-MS. COMPARISON OF ESTIMATED INTAKES WITH THE SAFETY LIMITS FOR TRACE ELEMENTS. *Ewelina Chajduk, Marta Pyszynska, Halina Polkowska-Motrenko*
556. THE HISTORY OF NEUTRON SELF-SHIELDING CORRECTIONS IN NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS. *Cornelia Chilian*, Gregory Kennedy*
352. LOW BACKGROUND NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS: A HIGH SENSITIVITY TECHNIQUE FOR PHYSICS OF RARE EVENTS. *Massimiliano Clemenza*
351. DEVELOPING A METHOD BASED ON NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS TO DETERMINE THE ORIGIN OF METALS USED IN ANTIQUITY. *Alessandro Contini, Massimiliano Clemenza, Giovanni Baccolo, Massimo Carpinelli, Ettore Fiorini, Ezio Previtali, Valeria Sipala, Gabriele Mulas, Stefano Enzo, Sebastiano Garroni*
367. INVESTIGATION OF PARTICULAR SPECIES OF MOSSES AND LICHENIZED FUNGI FROM ANTARCTICA: INFLUENCE OF ALTITUDE AND SUBSTRATES ON THE ELEMENTAL CONTENT. *O. A. Culicov, L. Yurukova, O. G. Dului, I. Zinicovscaia*
241. NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS AND MICROSCOPY OF EXTRA-TERRESTRIAL MATERIALS. *Marina Frontasyeva*
206. APDC/MIBK AND WATER EXTRACTABLE INORGANIC ARSENIC(III) AND ARSENIC(V) SPECIES IN JAPANESE HIJIKI BY NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS. *Michiko Fukushima, Jatechan Channuie, Arporn Busamongkol, Sirinart Laoharojanaphand, Amares Chatt*
53. CYCLIC NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS OF LARGE SAMPLES WITH A PULSED 14 MeV NEUTRON SOURCE. *Frank Mildenberger, Eric Mauerhofer*
299. ACTIVATION ANALYSIS IN GEOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF MOLDAVITES AND THEIR PARENT MATERIALS. *Jirí Mizera, Zdenek Randa, Jan Kameník, Karel Žák*
28. DETERMINATION OF ²³⁵U AND ²³⁹Pu IN RADIOACTIVE WASTE USING CYCLIC NEUTRON ACTIVATION. *T. Nicol, E. Mauerhofer, C. Carasco, B. Perot, J. Collot*

346. INVESTIGATION OF ISTANBUL'S NEOLITHIC AGE ANIMAL FINDINGS BY NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS. *Ayşe Tuba Ongül, Sevilay Hacıyakupoglu, Johannes H. Sterba, Sema Erenturk*
265. PERFORMANCE OF NAA LABORATORIES IN THE ASIA-PACIFIC REGION IN DETERMINING RARE EARTH ELEMENTS. *A. Stopic, J. W. Bennett, G. Damdinsuren, M. Ebihara, M. S. Hamzah, D. M. Ho, M. A. Islam, I. Silachyov, Sutisna, C. Xiao*
437. A MULTI-DETECTORS INTEGRATED AUTOMATION SYSTEM OF ROUTINE INAA. *Yonggang Yao, Caijin Xiao, Xiangchun Jin, Long Hua, Pingsheng Wang, Bangfa Ni*
145. INAA CONTRIBUTIONS TO THE CERTIFICATION OF ARSENIC SPECIES AND OTHER TRACE ELEMENTS IN SRM 3232 KELP. *Rolf Zeisler, Rabia O az, Rachel Stanoyevitch, Lee Yu*
371. SPIRULINA PLATENSIS AS BIOSORBENT OF HEAVY METALS FROM MODEL SOLUTIONS AND INDUSTRIAL EFFLUENTS. *I. Zinicovscaia, L. Cepoi, O. A. Culicov, M. V. Frontasyeva*
72. PROMPT GAMMA-RAY ACTIVATION ANALYSIS FOR CERTIFICATION OF SULFUR IN FUEL OIL SRMS. *Rick L. Paul*
18. FURTHER DEVELOPMENT OF IN-BEAM ACTIVATION ANALYSIS AT MLZ, GARCHING. *Zsolt Révay, Petra Kudejová*
94. FAST NEUTRONS FOR PGAA APPLICATIONS. *M. Rossbach, E. Mauerhofer, Zs. Revay*
148. ALTERNATIVE BEAM STOP FOR MINIMIZING GAMMA-RAY AND FAST-NEUTRON BACKGROUND. *Danyal Turkoglu, Greg Downing, Wangchun Chen, Dagistan Sahin, Jeremy Cook*
443. DETERMINATION OF k_0 AND Q_0 FOR $^{113}\text{In}(n,\gamma)^{114\text{m}}\text{In}$ REACTION WITH COVARIANCE ANALYSIS. *Livia F. Barros, Mauro S. Dias, Marina F. Koskinas, Ione M. Yamazaki, Renato Semmler, Rafael V. Ribeiro*
313. USE OF INAA IN THE HOMOGENEITY EVALUATION OF A BOVINE KIDNEY CANDIDATE REFERENCE MATERIAL. *Liliana Castro*, Edson G. Moreira, Marina B. A. Vasconcellos*
404. DETERMINATION OF THE NEUTRON CAPTURE CROSS-SECTION OF ^{232}Th INDUCED BY D-D/D-T NEUTRONS USING THE NEUTRON ACTIVATION METHOD. *Lan Chang-lin, Xie Bao-lin, Zhang Yi, Peng Meng, Yao Ze-en, Kong Xiang-zhong*
428. BOX-COX TRANSFORMATION ON DATASET FROM COMPOSITIONAL STUDIES OF ARCHAEOLOGICAL POTTERIES. *José Osman dos Santos, Casimiro Sepulveda Munita, José Espinola da Silva, Michel Santana Reis*
242. STATE-OF-THE-ART OF NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS AT THE REACTOR IBR-2 OF JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH IN DUBNA, RUSSIA. *Marina Frontasyeva*, Sergey Pavlov*
521. NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS USING A MODIFIED ABSOLUTE CALIBRATION METHOD. *Chun-Kai Huang, Wen-Chyi Tsai, Shiang-Huei Jiang*

466. DETERMINATION OF VANADIUM IN TITANATE-BASED FERROELECTRICS BY INAA WITH DISCRIMINATING GAMMA-RAY SPECTROMETRY. *Jan Kameník, Katerina Dragounová, Jan Kucera, Zdenek Brykner, Vladimir A. Trepakov, Vladimír Strunga*
71. ANALYSIS OF ARISTOLOCHIA LONGA MEDICINAL PLANT FROM ALGERIA. *Z. Lamari, R. Larbi, H. Neggache*
538. RARE EARTH ELEMENTS CONTENT AND LEACHABILITY IN COAL FLY ASH FROM FIGUEIRA COAL POWER PLANT. *Camila Neves Lange, Marina Beatriz Agostini Vasconcellos, Ana Maria Graciano Figueiredo, Iara Maria Carneiro de Camargo, Liliana Castro, Regina Beck Ticcianeli*
248. SOIL TRACE ELEMENT STATUS IN AN IMPOUDED VEHICLES SCRAPYARD. *Camila Neves Lange, Ana Maria Graciano Figueiredo, Jacinta Enzweiler*
444. NEUTRON AND PHOTON ACTIVATION ANALYSES IN GEOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF LIBYAN DESERT GLASS. *Jirí Mizera, Zdenek Randa, Ivana Krausová*
271. ACTIVATION CROSS-SECTION AND ISOMERIC RATIO STUDIES FOR THE $^{nat}\text{Ag}(n,x)^{106g.m.}$, $^{105,104g.m.}\text{Ag}$ REACTIONS FOR NEUTRONS WITH AVERAGE ENERGIES FROM 15.11 MeV TO 35.3 MeV. *M. Nadeem, G. N. Kim, M. Zaman, K. Kim, H. Naik, M. Shahid, T. Hien*
283. HIGH-ENERGY CALIBRATION DATA FOR NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS. *László Szentmiklósi, Zsolt Révay, Boglárka Maróti, Dénes Párkányi, Ildikó Harsány*
436. k_0 -NAA FOR DETERMINATION OF REE IN REFERENCE MATERIALS OF ORE SOURCES. *Caijin Xiao, Yonggang Yao, Long Hua, Xiangchun Jin, Pingsheng Wang, Bangfa Ni*
164. THE IMPROVEMENT OF ELEMENTS DETECTION IN AQUEOUS SOLUTION USING PGM TECHNIQUE. *Hei Daqian*, Jia Wenbao*
249. COMPLEMENTARY ANALYTICAL AND IMAGING METHODS IN THE INVESTIGATION OF ARCHAEOLOGICAL METAL FINDINGS. *Boglárka Maróti, László Szentmiklósi, Zoltán Kis, Eszter Mitsenkov-Horváth, Éva Liptay, Tamás Belgya*
405. THE MCNP SIMULATION OF A PGNA SYSTEM AT TRR-1/M1. *Siriyaporn Sangaroon, Wichian Ratanatongchai, Sasiphan Khaweerat, Roppon Picha, Jatechan Channuie*
475. HYPEGAM-P SOFTWARE FOR PROMPT GAMMA ACTIVATION ANALYSIS. *Gwang Min Sun*
485. NUMERICAL SIMULATION ON SCINTILLATOR DETECTOR RESPONSE FOR DETERMINING ELEMENT CONTENT IN PGNA SYSTEM. *Zhang Feng, Tian Lili, Liu Juntao, Wang Xinguang*

平成 26 年度博士論文抄録

底質中の元素濃度と化学状態を用いた 東京湾浚渫窪地における酸化還元状態の評価

東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻
環境分析化学研究室 山形 武広

第 1 章 緒言

貧酸素水塊とは魚介類が生存できないほど溶存酸素が欠乏している水塊を指すが、内湾および沿岸域における貧酸素水塊は 1960 年代より急速に全世界的に広まりつつあり、生態系に大きな影響を与えている。対策としては陸上からの栄養塩負荷削減や、曝気などによる溶存酸素の供給などがあるが、十分な効果を挙げているとは限らない。また、貧酸素水塊については多くの研究がなされており、栄養塩の流入負荷や溶出に着目した研究や、成層状態からの循環や湧昇に着目した研究などがあるが、貧酸素水塊の成因・挙動の特定には至っていない。

内湾である東京湾では夏季を中心に非常に強い貧酸素水塊が発生することが知られており、水質の改善を目指し、定期的な水質調査やモニタリングポストの設置など、様々な取り組みがなされている。また、東京湾には、1970 年代前後に行われた浚渫工事によってできた周囲より深い地形（浚渫窪地）が数多く存在するが、これらの浚渫窪地では海水の循環が起りづらいため、酸素が欠乏し、貧酸素水塊の発生源となっていると考えられる。そのため、貧酸素水塊の発生を抑制するために覆砂工事が行われているが、長期的な効果は分かっておらず、浚渫窪地と貧酸素水塊との関連も明らかではない。そのため、工事が行われた 1970 年代前後の貧酸素水塊の動態を知ることが重要であるが、水質の調査のみではその時点で発生している貧酸素水塊しか把握できないという問題点がある。

東京湾における過去の貧酸素水塊の動態を知るため、本研究では貧酸素水塊の挙動が直下の底質中元素の化学状態（価数・配位子など）として保存されると考え、元素濃度や化学状態から浚渫窪地における酸化還元状態の評価を行うことを目的とした。評価に用いる元素としては、酸化還元状態の変化に応じて化学状態や元素濃度が変化する、いわゆる redox-sensitive な元素を選択した。採取した底質コアを鉛直（堆積）方向に裁断した試料について、機器中性子放射化分析(INAA)法で元素濃度を求め、メスバウアー分光法および X 線吸収微細構造(XAFS)法で化学状態を調べることにより、酸化還元状態の評価を試みた。

第 2 章 元素濃度に着目した酸化還元状態の評価

元素の中には酸化数の異なる化学形が存在するものが多いが、これらの元素は環境の酸化還元電位(Eh)に対応した化学状態をとることが知られている。酸化体と還元体の濃度が等しくなるときの Eh は元素によって異なるので、環境中における元素の化学状態を分析することによって、酸化還元状態の評価を行うことができる。また、化学状態が変化することによって沈殿または溶解する元素も多いため、元素濃度から化学状態、ひいては酸化還元状態を推定することもできる。

評価に用いる元素としては、前述の redox-sensitive な元素を選択した。例えば、環境中で有機物は還元剤として働くが、有機物の段階的酸化分解においては、Fe および Mn の酸化物や硫酸イオンが強く関与する。そこで、この段階的酸化分解過程に関与し、かつ redox-sensitive な Fe, Mn, S に着目した。Fe, Mn は酸化的環境下で沈殿しやすく、S は還元的環境下で沈殿しやすいという性質をもつ。また、U の Eh が、Fe, Mn と S の間に位置することに着目し、両者の中間の酸化還元状態を評価するのに適していると考えた。そこで redox-sensitive な U, Th, Ce を指標として用い、Fe, Mn と S の間の Eh に関して酸化還元状態の評価を試みた。U は酸化的環境で溶解しやすく、還元的環境で沈殿しやすいが、Th, Ce は逆の挙動をとる。これらの性質に着目し、Th/U, Ce/U の値の変化を検討した。

底質試料採取および水質データの測定は 2011 年 2 月~2014 年 2 月の夏季と冬季に、東京湾幕張沖浚渫窪地内 1 地点または 2 地点、および比較対照点たる平場（自然海底）において行った。水質調査の結果、夏季の窪地では無酸素状態になっていることが分かった。採取した底質コアを細分化したものに付き、INAA 法を用い元素濃度を求めた。

Fe, Mn 濃度の鉛直分布を求めたところ、大部分の底質コアでは上層から下層まで濃度がほぼ一定であったが、2011 年 8 月に採取した窪地 2 地点の底質において、上層で Fe, Mn の元素濃度が減少した。このことから、窪地が還元的であったために Fe, Mn が溶脱したことが示唆された。一方、U, Th, Ce の濃度を求め、Th/U, Ce/U 比を算出したところ、窪地・平場とも上層でこれらの値が大きくなる傾向が見られた。このことから、上層は中・下層に比べて酸化的であったことが示唆された。Fe, Mn の Eh は U より高いため、窪地上層の酸化還元環境は、Fe, Mn が溶脱する程度には還元的だが、U が多く沈殿するほど還元的ではなかったと考えられる。また、Th/U, Ce/U 比の値が窪地・平場とも上層で大きいという傾向が、季節および地点を問わず変わらなかったことは、U, Th, Ce が、Fe, Mn のように底質上層にしみ込んだ海水の酸化還元状態の影響を受けて沈殿・溶脱して大きく濃度を変化させるわけではなく、堆積時の酸化還元状態を保存し続けていたことを示唆している。

また、Th/U, Ce/U 比の値をプロットしたところ、比の値が同一直線上に集中する傾向が見られた。この結果は、どの地点の底質も、供給源および Th/U, Ce/U 比の値が異なる底質の混合物ではないことを示唆しており、これらの比の値はもっぱら試料採取地点の酸化還元環境に起因するものと考えられる。さらに、2011 年 8 月、2012 年 8 月、2013 年 2 月に採取した試料における Th/U, Ce/U 比の値の分布に着目すると、これらの値は浅い窪地（水深 18~19 m）の試料で小さく、深い窪地（水深 25~26 m）の試料で大きいという傾向があった。この結果は、底質試料の Eh を測定した際、浅い窪地の試料の Eh が他の地点の試料に比べて低かったという結果により補強されており、浅い窪地が最も還元的であったことを示唆している。

以上のように、複数の redox-sensitive な元素（特に堆積時の状態を保存しているもの）の濃度を INAA 法で測定し、元素ごとに異なる Eh に着目する手法は、酸化還元状態の履歴の詳細な評価が可能であるゆえに有用であるといえる。

第 3 章 化学状態に着目した酸化還元状態の評価

酸化還元状態をより詳細に評価するためには、元素濃度に加え、化学状態を直接見ることが重要

である。例えば Fe の場合、前述のように酸化的環境下で沈殿しやすい一方、還元的環境下で生成する硫化水素と反応すると難溶性の pyrite(FeS_2)などの硫化鉄化合物を生成する。そのため、底質中の Fe 濃度が高いことは酸化的環境にあることを意味するとは限らないことになる。

S について XAFS 法による S(-II)/S(VI)価数別分析を行ったところ、2011 年 2 月および 2012 年 2 月は、水質が酸化的環境であったにも関わらず、浚渫窪地内の底質は還元的であった。一方、2011 年 8 月は、水質が還元的であったが、窪地内の底質は表層のみ酸化的環境であった。これらの結果から、水質の変化は底質中の S の化学状態には直ちに反映せず、3 ヶ月程度遅れて酸化還元状態に影響を及ぼすものと考えられる。

また、底質試料の ^{57}Fe メスバウアースペクトルを解析したところ、窪地 2 地点および平場の全ての層において、酸化的環境下で生成する maghemite が観測された。また、平場の最表層を除く全ての層、および窪地の中・下層部において、還元的環境下で生成する pyrite が観測された。INAA 法による測定結果と併せて考えると、窪地上層は、Fe, Mn が溶脱する程度に還元的であるが、pyrite が生成するほど還元的ではなかったと考えられる。pyrite の割合は、平場の方が大きかったので、平場は窪地より還元的であったものと考えられる。前章で述べた Th/U, Ce/U 比の値に関する結果と併せて考察すると、窪地中・下層は、U が沈殿する程度には還元的であるが、それより Eh の低い段階で起こる硫酸還元は平場におけるほど活発になされていなかったと考えられる。このように、複数の redox-sensitive な元素を用い、元素濃度だけでなく化学状態も直接調べることによって、中間的な酸化還元環境にある底質の状態を詳細に評価することができた。

第 4 章 結言

以上のように、本研究では、東京湾で採取した底質を対象に、元素濃度や化学状態を分析し、複数の窪地および平場の酸化還元状態の評価を試み、酸化還元状態の地点ごとの相違、および、同一地点における酸化還元状態の季節・年ごとの相違を検討した。その結果、無酸素化した海底では、嫌気性の硫酸還元菌による硫酸還元が起こり、硫化水素が生成し青潮の原因となるなど、貧酸素水塊と酸化還元状態は密接な関係を有するため、酸化還元状態の履歴を見いだすことにより、貧酸素水塊の履歴に関連する情報を提供できたといえる。

また、各地点の酸化還元状態を比較したところ、その序列は水深の順序とは完全には一致しないことが分かったが、そもそも各地点は硫酸還元が起こって pyrite が生成する程度に還元的な環境下にある点で共通しているので、Th/U, Ce/U 比を用いる方法およびメスバウアー分光法には、還元的な底質の中における酸化還元状態の程度を詳細に評価できるという有用性があるといえる。

本研究では、底質の酸化還元状態の評価のために、複数の分析手法を適用した。中でも U, Th, Ce や pyrite は、堆積当時の濃度や化学状態を保存していると考えられるので、これらを対象とする指標は、供給源や供給量に関する考慮を要するとしても、酸化還元状態の履歴を評価するのに役立つことを見いだした。また、複数の redox-sensitive な元素を用い、元素濃度だけでなく化学状態も直接調べることによって、中間的な酸化還元環境にある底質の状態を詳細に評価することができたことが分かった。これらのことから、INAA 法とメスバウアー分光法を中心に用い、試料採取地点間の比較や堆積年代別の比較を行う手法は、場所を問わず適用できると考えられ、底質の過去・現在の酸化還元状態をより緻密に調査する上で大いに有効であることを見いだした。

平成 26 年度卒業論文抄録

光量子放射化分析のための光核反応収率の測定 (2)

首都大学東京都市教養学部理工学系化学コース

山口優貴

【はじめに】

機器的光量子放射化分析(IPAA)は非破壊放射化分析法の1つであるが中性子放射化分析のようなユーザーが利用しやすいまとまった核反応収率データが少ない。池田¹⁾は京都大学原子炉実験所(KURRI)の電子加速器を用いて、IPAAで利用される(γ, n)反応収率を ^{23}Na ~ ^{204}Pb に対して測定した。本研究では照射方法が少し異なる東北大学電子光物理学研究センター(ELPH)の電子加速器を利用して収率を求め、照射方法により収率に差異が生じるかを調べた。また短半減期の核種を生成する反応の収率を新たに求めた。

【実験】

炭素から鉛の単体、酸化物、あるいは塩化物の試薬約50mgをAl箔で包み、直径10mmのペレット状の照射試料を作った。これを同じ直径のNi箔とともに石英管に封入し、東北大学ELPHの電子加速器にて最大エネルギー(E_0)が20MeVまたは30MeVの制動放射線を水冷しながら5~30分間照射した。照射後、適度な時間をおいて、試料をGe半導体検出器で複数回測定し、光核反応の収率を $^{58}\text{Ni}(\gamma, n)^{57}\text{Ni}$ 反応の収率との比として求めた。

【結果】

図1に、本研究で得られた(γ, n)反応の収率比をKURRIでの測定値とともに、標的核質量数(A_t)に対して示す。短半減期核種の測定を行ったことで、 $A_t \geq 12$ におけるデータが得られた。図から生成核種の半減期に関係なく、 A_t が12から204まで、標的核の質量数が増加するにしたがって収率比も系統的に増加していくことがわかる。本研究でのELPHで得た値は、池田によるKURRIでの測定値と誤差の範囲内ではほぼ一致したが、 $E_0 = 20\text{MeV}$ における $A_t \geq 133$ では、ELPHでの値はKURRIでの値よりも35~45%小さかった。再測定も視野に入れ、その原因を調べる必要がある。

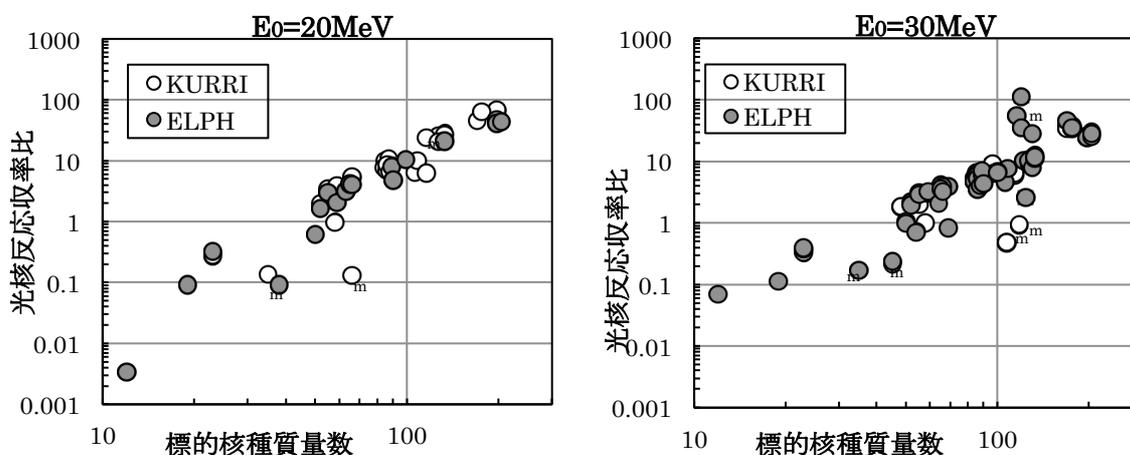


図1 標的核種質量数に対する核反応収率比。添え字 m は生成核が核異性体であることを示す。

1) 池田瞳, 首都大卒研 (2015)

施設便り

日本原子力研究開発機構原子力科学研究所

JRR-3 は再稼働に向けて、平成 26 年 9 月に原子力規制委員会に対して新規制基準への適合性確認のための原子炉設置変更許可を申請し、平成 27 年 8 月に第 1 回目の補正申請、平成 28 年 8 月に第 2 回目の補正申請を行いました。新規性基準適合性審査に係る状況については、大量の放射性物質の放出事故への対策の審査を終え、竜巻や火山等の自然現象対策について審査中です。また、地震関係では、基準地震動の策定を終え、原子炉建家等の耐震評価を行っています。(平成 29 年 5 月初旬現在)。

現在は、早期再稼働に向けた取り組みを継続しています。このため、供用施設 JRR-3 の利用課題募集につきましては、運転再開の見通しが得られた段階で実施させていただきます。

引き続き、JRR-3 運転再開に向けた状況をはじめ、JRR-3 関連情報等は随時、JRR-3 ホームページ及び JRR-3 ユーザーズオフィス等において情報を発信してまいります。

なお、供用施設の利用課題募集(定期募集)に関する情報は、研究連携成果展開部のホームページをご確認ください。

研究炉利用者の皆様方には大変ご迷惑をお掛けいたしますが、何卒ご理解の程よろしくお願い申し上げます。

JRR-3 ホームページ (<http://jrr3.jaea.go.jp/>)

JRR-3 ユーザーズオフィスホームページ (<http://jrr3uo.jaea.go.jp/>)

研究連携成果展開部ホームページ (<http://tenkai.jaea.go.jp/>)

研究炉加速器管理部 研究炉利用課

東京大学大学院工学系研究科原子力専攻共同利用管理本部

(大学開放研究室)

大学開放研は 2015 年 11 月に業務の拠点を Co-60 照射建屋から JRR-3 実験管理棟に移しました。これにより、共同利用に係るスタッフとユーザーが一カ所でコミュニケーションを図れるようになり、ひいては原子炉を取り巻く安全管理体制の強化に繋がると考えています。昨今の原子炉施設における安全管理は厳しさを増しており、研究用原子炉である JRR-3 も例外ではありません。搬出搬入する物品や実験作業に関して、リスクアセスメントが求められており、持ち込み試料についても実施する必要があります。開放研としては、持ち込む試料について、ユーザーに責任を持って

リスクアセスメントを実施して貰いたいところですが、私共も含め、ある程度の慣れが必要ですので、シミュレーションを実施したいと思っています。再稼働後に滞りなく実験に移行するためにも、データの蓄積をしていきたいと考えていますので、ユーザーの皆様には是非ともご協力頂きたいと存じます。未知試料の放射化分析に関して気になるところですが、実際のケースに照らしながら、適切な対応方法を検討します。そのための人材を充てることも検討しています。また、毎年夏に開催される連携重点研究討論会において、ユーザー講習を開催することも検討していますので、よろしくお願いたします。

管理区域及び防護区域への人の出入りに関しても厳しく管理されています。5人までの一時立入者に対し、1人の常時立入者の付き添いが義務づけられています。開放研のスタッフの人数には限りがあるので、全てに対応することは難しいと考えています。そのため、ユーザーは常時立入者の身分を得るために、教育を受けて頂くこととなりますが、身元の保証をするために第三者機関による面談を行う、いわゆる個人の信頼性確認制度が始まるとの話があり、今後とも注視していきたいと思っています。

このように、人の出入りが厳しく制限されることに対応するため、装置担当者制度や依頼照射の制度を構築していく必要があるのではないかと考えています。震災から6年が経過し、著者も含め稼働中の状況を経験しているスタッフはほとんどおりません。そのため、運用の仕方について、ユーザーの皆様にも一緒に知恵を絞って頂けると大変幸甚に存じます。

開放研に関する情報は随時ホームページ(<http://www.tokai.t.u-tokyo.ac.jp/kyodo/kaihoken/>)等でご案内してまいります。

(神野智史)

京都大学原子炉実験所

KURは2014年5月末から定期検査に入り、新規制基準への対応のため運転を停止した状態が続いています。新規制基準への対応は当初の予想より多くの時間がかかっておりますが、2017年4月の時点では5月末～6月初旬にかけて第1回の使用前検査・定検立会検査、6月中旬に保安検査、6月下旬に第2回の使用前検査・定検立会検査、7月中旬に第3回の定検立会検査を受検する予定で、すべて合格となると運転再開となります。再開時期が確定次第、共同利用掛を通じて共同利用申請者の方々へ連絡があり、利用計画の調整が行われる予定です。また、実験所のwebページにも情報が掲載される予定です。長期間の運転停止となり、共同利用者の方にはご迷惑をお掛けしていることをお詫び申し上げます。

(高宮幸一)

2017 年度通年採択課題 (放射化分析関連のみ)

採択番号	申請者	所属	研究題目
29008	岡崎 隆司	九州大学	微小地球外物質の INAA と Ar-Ar 年代測定
29011	石塚 治	産業技術総合研究所	$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定による海洋性島弧の火山活動史及び地殻構造発達史の解明
29021	鹿野 弘二	函館工業高等専門学校	放射化分析法による通信用材料中の不純物評価
29024	角野 浩史	東京大学	希ガス質量分析を用いたハロゲン・Ar-Ar・I-Xe 年代測定による地球内部の化学的進化過程の解明
29025	三浦 勉	産業技術総合研究所	内標準法を併用した中性子放射化分析法の高精度化に関する研究
29026	牧野 高紘	量子科学技術研究開発機構	炭化ケイ素半導体中の微量不純物に関する研究
29030	高塚 登志子	産業技術総合研究所	中性子放射化分析による半導体薄膜中の元素定量
29031	伊藤 憲男	大阪府立大学	大気エアロゾル粒子のキャラクレーゼーション
29034	松尾 基之	東京大学	汽水域および沿岸域堆積物の放射化分析
29057	福島 美智子	石巻専修大学	養殖マガキ軟体部の多元素を対象とする中性子放射化分析
29064	石橋 純一郎	九州大学	島弧・背弧火山の現世海底熱水鉱床におけるレアメタルの探索
29067	平野 直人	東北大学	海底岩石の Ar-Ar 年代測定から直接読み解く沈み込むプレートの変動履歴
29069	矢永 誠人	静岡大学	田の土壤除染とイネの放射化分析
29076	関本 俊	原子炉実験所	宇宙・地球化学試料中の微量ハロゲン (Cl, Br, I) の中性子放射化分析
29077	関本 俊	原子炉実験所	京大炉(KUR)における微小隕石及び標準岩石試料の中性子放射化分析
29078	関本 俊	原子炉実験所	電子線形加速器を用いた医療用放射性核種の製造技術についての基礎検討
29085	大下 和徹	京都大学	下水汚泥に含まれる有用金属、および有害金属の調査研究
29086	稲村 達也	京都大学	出土米の Cd/As 比分析による弥生時代から古墳時代の日本における水田の湛水実態の解明
29087	白井 直樹	首都大学東京	放射化分析による宇宙・地球化学的試料の元素組成の定量
29095	大平 寛人	島根大学	フィッシュン・トラック法による火砕岩・堆積岩の年代測定と熱履歴解明に関する研究
29112	兵藤 博信	岡山理科大学	先カンブリア代の変成岩における熱史の研究

東北大学電子光理学研究センター

東北大学電子光理学研究センターでは電子ライナックを用いて電子を 10 MeV から 55 MeV ま
で加速することができ、最大ビーム電流は約 120 μ A です。石英管等に封入した試料を電子または
制動放射線で照射することができ、RI 製造や光量子放射化分析に利用されています。

2016 年度は 11 月と 1 月に加速器制御系のトラブルがあり、共同利用の日程が一部変更される
など共同利用者の皆様にはご迷惑をおかけいたしました。現在は復帰し、順調にマシンタイムを
消化しています。ここ 3 年間の共同利用実績は以下の様になっています（1 シフト：12 時間）。

2014 年度：17 シフト（所内 7 シフト，所外 10 シフト）

2015 年度：25 シフト（所内 10 シフト，所外 15 シフト）

2016 年度：36 シフト（所内 10 シフト，所外 14 シフト，共同研究 10 シフト，
RI 供給プラットフォーム 2 シフト）

2017 年度は照射室（第一実験室）の工事を予定しており、1 月から 3 月のうち 1.5 ヶ月ほど共
同利用が停止いたしますので、利用を予定されている方はご注意ください。詳細が分かり次第、セ
ンターホームページ (<http://hayabusa1.lns.tohoku.ac.jp/>) 等で案内いたしますのでよろしくお願
いします。

共同利用研究の公募は半期ごとに行われ、次回募集は 8 月上旬を予定しています。採択された
研究課題は 2 年間有効なので、多数の試料を定期的に分析することも可能です。加速器の性能やこ
れまでの採択課題、当センターの利用方法など詳細な情報についてはセンターホームページ
(<http://hayabusa1.lns.tohoku.ac.jp/>) をご覧下さい。多くの方のご利用をお待ちしております。

（菊永英寿）

2017 年度の採択課題（RI 分野のみ）

採択番号	申請者	所属	研究題目
2869	白崎謙次	東北大金研	放射性バナジウム V-48 を用いたバナジウム・レドックス フロー電池の隔膜の研究

2016 年度の採択課題（RI 分野のみ）

採択番号	申請者	所属	研究題目
2836	秋山和彦	首都大	光量子放射化法によるプロメチウム (Pm) 内包金属フラ ーレンの合成を目的とした RI 製造 II
2839	大浦泰嗣	首都大	光量子放射化分析のための光核反応収率の測定(III)
2846	菊永英寿	東北大電子 光	イメージングプレートを用いた Ni-57 放射能強度分布測 定による制動放射線プロファイル計測と分布測定補正用 試料の作製

- | | | | |
|------|------|------------|-------------------------------------|
| 2847 | 菊永英寿 | 東北大電子
光 | 第 4 周期元素の原子核半減期精密測定 |
| 2849 | 高橋健 | 東北大電子
光 | 電子ライナックを用いた有用放射性トレーサー製造法の
開発 III |

事務局より

前号まで本欄にて幹事会等の議事録を掲載しておりましたが、2015年度第2回拡大幹事会で2015年に行いました会誌のweb公開に関するアンケート結果を尊重して議論を行った結果、今後は議事録などの会員向け情報はweb公開する会誌には掲載せず、パスワード付きのwebページで公開するとともに、メーリングリストによる会員への報告を行うこととなりました。閲覧用のパスワードは年1回程度の頻度で変更し、メーリングリストを通じて会員に連絡いたします。

カレンダー

2017/6/7-8

第26回日本環境化学討論会

静岡県コンベンションアーツセンター「グランシップ」

<http://www.j-ec.or.jp/conference/26th/index.html>

2017/7/5-7

第54回アイソトープ・放射線研究発表会

東京大学弥生キャンパス

http://www.jrias.or.jp/isotope_conference/index.html

2015/7/29-30

第28回日本微量元素学会学術集会

東北大学 青葉山新キャンパス

<http://www.brte28.com/>

参加締切: 2017/6/30

2017/7/31-8/4

13th International Topical Meeting on Nuclear Application Accelerators

Quebec, Canada

<http://accapp17.org/>

2017/8/13-18

Goldschmidt Conference 2017

Pari, France

<https://goldschmidt.info/2017/>

2017/8/27-9/1

5th International Nuclear Chemistry Congress 2017 (INCC 2017)

Gothenburg, Sweden

https://www.chalmers.se/en/conference/INCC_2017/Pages/default.aspx

早期参加締切: 2017/6/30

2017/9/3-8

7th k₀-users workshop

Montreal, Canada

<http://www.7thk0-naa.polymtl.ca/>

要旨締切: 2017/6/30

2017/9/3-8

4th International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity (ICRER)

Berlin, Germany

<http://www.icrer2017.com/>

2017/9/6-8

JASIS 2017

幕張メッセ国際展示場

<https://www.jasis.jp/>

2014/9/6-8

2017日本放射化学会年会・第61回放射化学討論会

筑波大学

<http://rcwww.kek.jp/hmatsu/sorc2017/>

発表申込締切: 2017/6/26

要旨締切: 2017/7/25

参加締切: 2017/7/31

2017/9/9-12

日本分析化学会第66年会

東京理科大学 葛飾キャンパス

<http://conference.wdc-jp.com/jsac/nenkai/66/index.html>

講演申込締切: 2017/6/12

要旨締切: 2017/7/5

参加締切: 2017/8/16

2014/9/13-15

2017年度日本地球化学第64回年会

東京工業大学 大岡山キャンパス

<http://www.geochem.jp/conf/2017/>

要旨締切: 2017/7/13

参加締切: 2017/8/21

2017/9/17-22

6th Asia-Pacific Symposium on Radiochemistry (APSORC17)

Jeju Island, Korea

早期参加締切: 2017/6/30

2017/11/9-10

日本法科学技術学会第23回学術集会

中野サンプラザ (東京)

<http://www.houkagaku.org/>

2017/11/12-16

9th International Conference on Isotopes & Expo (9ICI)

Qatar

<http://www.9ici.org/>

講演申込締切: 2017/6/26

早期参加締切: 2017/7/20

2017/12/1-2

日本中性子科学会第16回年会 (JSNS2017)

福岡大学

2018/3/20-23

日本化学会第98春季年会(2018)

日本大学 船橋キャンパス

<http://www.csj.jp/nenkai/98haru/index.html>

講演申込締切: 2017/11/30

要旨締切: 2018/1/16

参加締切: 2018/2/20

2018/4/3-13

11th International Conference on Methods and Applications of Radioanalytical Chemistry (MARC XI)

Hawaii, USA

<http://www.marconference.org/>

要旨締切: 2017/12/15

2018/5/13-19

18th Radiochemical Conference (RadChem 2018)

Marianske Lazne, Czech Republic

<http://www.radchem.cz/>

2018/5/26-27

第78回分析化学討論会

山口大学 常磐キャンパス

2018/9/12-14

日本分析化学会第67年会

東北大学 川内北キャンパス

2020

10th International Conference on Nuclear and Radiochemistry (NRC-10)

Manchester, UK

Eleventh International Conference
**METHODS AND APPLICATIONS OF
RADIOANALYTICAL CHEMISTRY**

FIRST CALL FOR PAPERS

Abstracts of papers to be presented at the conference are solicited at this time. An up-to-date list of session organizers is available on the MARC XI website listed below. If you are interested in submitting a paper to one of the special topic sessions, please contact the organizer before submitting your abstract. All abstracts must be submitted to the Program Chair as described on the web site (www.marconference.org) which also includes details on preparation and submission of 250-word abstracts using a pdf form template.

TENTATIVE TIMELINES

Abstracts due: December 15, 2017
Notification to authors: January 15, 2018
Preliminary program: February 15, 2018
Draft Papers Due: At conference

CONTACT PERSONS

Questions concerning the scope and organization of the conference should be addressed to the General Chair:

Stephen P. LaMont, Los Alamos National Laboratory
Tel: (505) 667-1008
E-mail: lamont@lanl.gov

Information on the scientific program of the conference can be obtained from the Program Chair:

Samuel E. Glover, NIOSH
Tel: (513) 609-2920
E-mail: glover.14@osu.edu

April 8-13, 2018
Kailua-Kona, Hawaii, USA

PROGRAM COMMITTEE

GENERAL CHAIR

Stephen LaMont, Los Alamos National Laboratory

TECHNICAL PROGRAM CHAIR

Sam Glover, NIOSH

ASSISTANT PROGRAM CHAIRS

James Bowen, Pacific Northwest National Laboratory

Lei Cao, Ohio State University

Steven Biegalski, University of Texas

Ken Inn, Retired, NIST

Heather Dion, Los Alamos National Laboratory

Matthew Douglas, Pacific Northwest National Laboratory

Alex Plionis, Remote Sensing Laboratory, USA

PUBLICITY CHAIR

Harry S. Miley, Pacific Northwest National Laboratory

ASSISTANT PUBLICITY CHAIRS

Robert Runkle, Pacific Northwest National Laboratory

Gregory Eiden, Pacific Northwest National Laboratory

Jonathan Burnett, Pacific Northwest National Laboratory

Ned Wogman, Retired, PNNL

FINANCE AND HOUSING CHAIR

James T. Tanner, Food Research, Inc

ASSISTANT FINANCE AND HOUSING CHAIR

Rob Steiner, Los Alamos National Laboratory

PUBLICATIONS AND PROCEEDINGS CHAIRS

Sam and Sherry Glover

AMERICAN NUCLEAR SOCIETY, NORTHERN

CALIFORNIA SECTION REPRESENTATIVE

Annie Kersting, Lawrence Livermore National Laboratory

CONFERENCE SECRETARY

Patti Wilson, Washington State University

IT SUPPORT

Joe Sullivan, Los Alamos National Laboratory

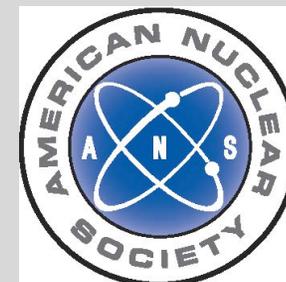
WEB DESIGN

Dann Glover

TECHNICAL PROGRAM COMMITTEE

A complete list of the technical program committee can be found on the conference web site.

<http://www.marconference.org/technical-committee/>



April 8-13, 2018

Kailua-Kona, Hawaii, USA

ABOUT THE CONFERENCE

The conference will continue the tradition set by the ten previous MARC conferences by focusing on emerging developments in radioanalytical chemistry, with particular emphasis on new applications. These conferences have grown to become a major international forum for the field of radioanalytical chemistry. The scope of the conference includes, but is not limited to, techniques such as instrumental and radiochemical activation analysis; radionuclide production; radiochemical separation methods; alpha, beta, gamma, x-ray and other nuclear spectrometries; *in situ* and remote sensing; radiochemical tracer methods, and mass spectrometry methods for the measurement of radionuclides. Applications of radioanalytical methods to environmental studies, environmental radioactivity including the actinide elements and radon, radioactivity in the ocean, biomedical, bioassay and clinical problems, geochemical, materials and energy sciences, nuclear fuel cycle and nuclear waste characterization, safeguards, nuclear forensics, treaty monitoring, and non-proliferation studies are some of the topics presented at previous MARC conferences.

The objective of the MARC conferences is to promote a broad exchange of information on radioanalytical chemistry among scientists from participating countries. The MARC X conference attracted participants from more than 35 countries who benefited from the informal nature of the conference and locale. The central geographic location of Hawaii encourages participation and attendance of scientists from Pacific Rim countries as well as providing European scientists with easy accessibility via major US airports. The isolated nature of Kailua-Kona on the Island of Hawaii provides an excellent atmosphere for informal discussions and working groups among the anticipated 325-375 attending scientists and also provides excellent recreational facilities for participating guests.

The conference will include both oral and poster sessions grouped around specific topics. Poster sessions will be organized around specific themes, similar, or in addition, to those included in the oral sessions. Continuing the policy of previous MARC conferences, high-quality research presented at the conference may be submitted to the Program Chair for peer review and publication in serial volumes of *The Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. The previous seven conferences were the venue for the presentation of the Hevesy Medal, which is awarded to individuals who have made outstanding contributions to the fields of radiochemistry or radioanalytical chemistry, and MARC XI again has been selected to have the honor to present this award.

TENTATIVE TOPICS

The following topics are not exclusive (see website) and the organizers welcome papers in any area of fundamental or applied radioanalytical chemistry. A partial listing of topics includes:

General Call for Papers

Applications of Nuclear Techniques to National Security and Treaty Monitoring

Ultra-sensitive Mass Spectrometric and Radiometric Methods Applied to Environmental and Space Applications

Current Needs and Future Challenges for Nuclear and Radiological Reference Materials

Quality Assurance Topics in Radioanalytical Chemistry: Attribution to Root Cause

Separation Chemistry and Target Preparation for Nuclear Chemistry Experiments

Advances in Actinide Analytical and Radionuclear Chemistry

Analytical Chemistry in Support of the Fuel Cycle

Actinide Mass Spectrometry Techniques and Applications

Speciation Studies of Radionuclides in the Environment

Radioecology Studies in Support of Fukushima

Environmental Radioactivity

Nuclear Decay Date for Chronometry and Forensics

Isotopic Production Needs and Applications for Geochemistry and Homeland Security

Radioanalytical Tools and Techniques for Emergency Response in the Laboratory and the in the Field

Nuclear Forensics

Instrumental, Preconcentration, Radiochemical and Speciation Activation Analysis

Instrumentation and Software for Nuclear Spectrometry

International Status and Challenges of Radiochemistry Education and Training

Radioanalytical Destructive Assay Measurements for Safeguard Applications

CONFERENCE WEB SITE

The conference web site address is:

<http://www.marconference.org/>

Most information about the conference will be distributed through the web site and by e-mail. The web site will be updated periodically as new information is published.

CONFERENCE LOCATION

The conference will be held at the Sheraton Kona at Keauhou Bay Hotel (the same hotel where MARC VIII, IX, and X were held) in Kailua-Kona, Hawaii. Kailua-Kona is on the beautiful Island of Hawaii and provides an excellent atmosphere for informal discussions and working groups among the anticipated 325-375 attending scientists.

REGISTRATION

A registration fee will be charged to all attendees to help defray the costs of the conference. The fee will include all official conference functions. Please see the website for more information.

HOUSING

The Sheraton Kona at Keauhou Bay Hotel is designated as the official headquarters hotel and attractive discounted rates will be offered to the attendees. Please make reservations early to assist the organizers with maintaining low registration fees. Please see the web site for more information.

SOCIAL AND GUEST PROGRAM

A social program is planned to provide an opportunity for informal contacts and discussions among the participants. Activities for guests on the Big Island of Hawaii and the other Hawaiian islands are many and will be offered through local agents. See the web site for links to information on Hawaii.

SPONSOR

MARC XI is sponsored by the Northern California Section of the American Nuclear Society (www.ans.org) as a Class I topical meeting.

編集後記

2014年の発行以来約2年半ぶりの発行となっしまい、大変申し訳ありません。この謝罪も毎号書いていて、今後遅れないように努力する旨も毎回書いてきましたので、もう信頼されないのではないかと考えております。

言い訳になりますが、いろいろな事情で原稿が集まらず、発行が滞っておりましたが、H28年度京都大学原子炉実験所専門研究会での講演要旨を新たに寄稿していただき、また、これまでに寄稿していただいていた原稿をすべて集めてNo.31として発行いたしました。時期外れとなっしまった原稿がありますが、御容赦ください。発行が大幅に遅れてしまい著者の皆様方におわび申し上げます。

この間、国内の研究炉は新規制基準の適合審査のため運転休止状態が続いており、残念ながら中性子放射化分析を実施できない状態でした。多くの研究室で、INAAを行ったことのない学生さんばかりになっしまったのではないかと考えます。若い人への教育が途絶えてしまい、由々しき状況です。

今年度中に、京都大原子炉の運転が再開される見通しがでてきました。大変うれしいニュースです。はやくJRR-3の運転再開見込みもでるといいのですが。

INAAはできない状況ですが、J-PARCでのパルス中性子を利用した即発 γ 線分析や、電子加速器を用いた光量子放射化分析は実施できますので、これらの利用も増えればと思っっています。

最後になりますが、会誌の発行には会員の皆様の協力が必要ですので、今後とも御協力いただけますようお願い申し上げます。私も、信頼回復に向けて、定期的な会誌の発行に努力していきます。

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」、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。

施設だより：

放射化分析を行うことができる共同利用施設の近況報告。また、採択されている研究課題などを掲載します。

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：

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

研究会報告・最近の動向等：

最近開催された研究会の報告です。放射化分析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。放射化分析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。

博士論文・修士論文・卒業論文抄録

事務局より

会員名簿

原稿は A4 横書き、40 字 x40 行、上下マージン 25mm、左右マージン 20mm を標準として、電子ファイルにより提出してください。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。これ以外でもご相談に応じます。

本会誌に掲載された著作の著作権は放射化分析研究会に帰属します。

電子メールリングシステム

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@j-activation-analysis.org

幹事会: ja3-kanji@j-activation-analysis.org

ja3@j-activation-analysis.org 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-kanji@j-activation-analysis.org 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白方白根 2-4

日本原子力研究開発機構内 東京大学共同利用管理本部

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

E-mail: ja3-kanji@j-activation-analysis.org

HomePage: <http://j-activation-analysis.org/>

幹事

石本光憲・海老原充・大浦泰嗣・大槻 勤・木川田喜一・関本 俊・高宮幸一
藤 暢輔・古田悦子・松江秀明・松尾基之(代表)・三浦 勉(副代表)・宮本ユタカ