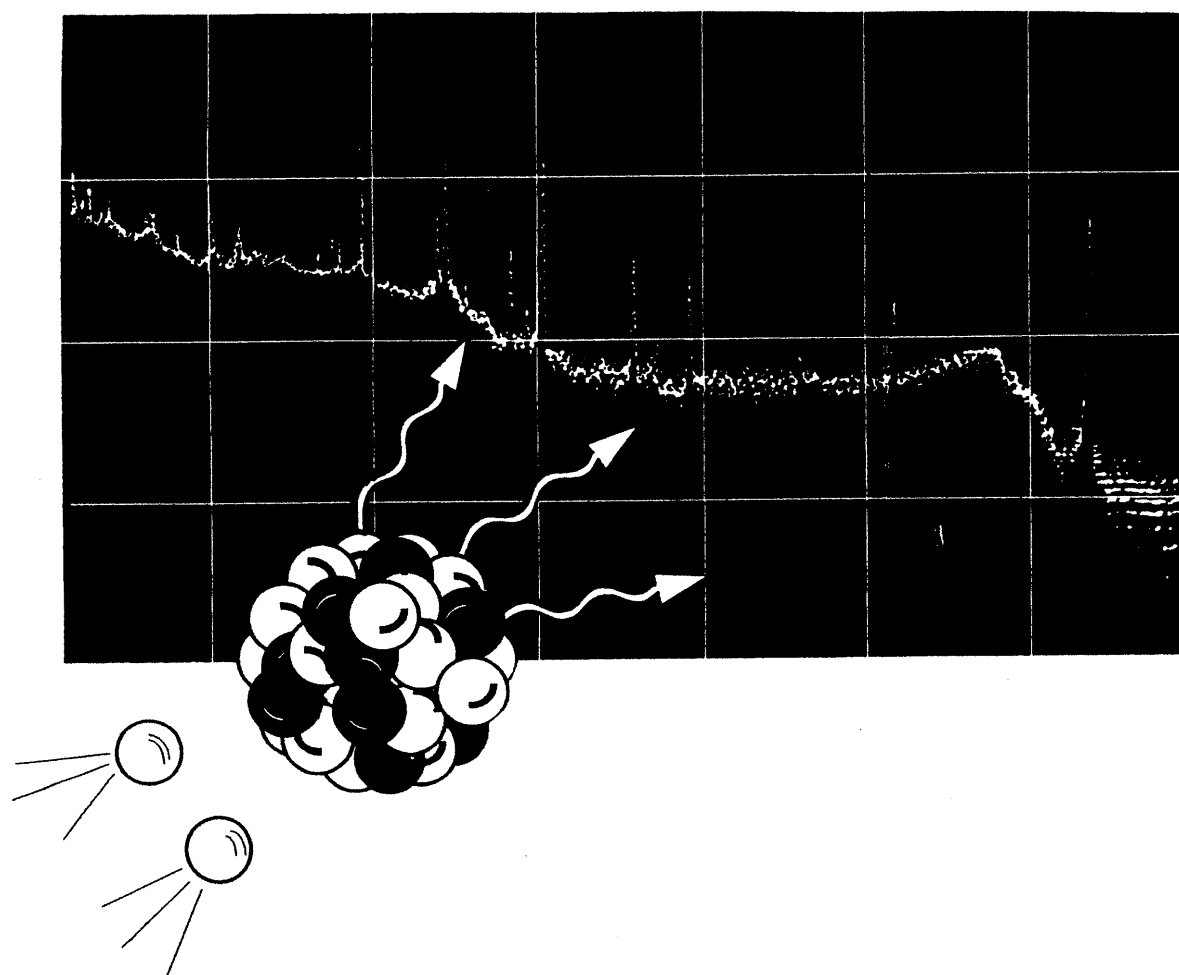


2011年11月

放射化分析

No. 28



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.28

目次

研究紹介

平成 22 年度京都大学原子炉実験所専門研究会

インクジェットプリンターを利用した簡便で高精度な中性子分布測定法の開発

瀧本真己, 高宮幸一, 柴田誠一, 奥村良, 中野幸広, J.H.Moon, S.H.Kim 1

底質中のトリウム, セリウム, ウラン濃度を指標とした東京湾深堀内の貧酸素水塊の評価

起 孝志, 小森昌史, 小豆川勝見, 松尾基之 5

Multiple Prompt Gamma-ray Analysis (MPGA) and Prompt Gamma-ray Analysis (PGA) techniques for the elemental analysis of geochemical and cosmochemical samples

M.A. Islam, M. Ebihara, Y. Toh, H. Harada 11

岩石中の宇宙線生成核種 ^{36}Cl の定量による地表面削剥プロセスの推定

松四雄騎, 末木啓介, 笹 公和, 高橋 務 12

中性子放射化分析による鉄隕石中の Mn 定量の可能性

大浦泰嗣, 新井優花, 今村典央, 海老原充 13

医療用 Gd 造影剤投与後の Gd および体内微量元素のラット体内分布に関する基礎的検討
～MRI 法と放射化分析法による検討～

服部知里, 鷺山幸信, 高宮幸一, 天野良平 19

研究会報告

平成 22 年度京都大学原子炉実験所専門研究会

京都大学原子炉実験所専門研究会に出席して 木川田喜一 29

開催報告 関本 俊 29

13th International Conference on Modern Trend in Activation Analysis

MTAA-13 に参加して 小豆川勝見 31

MTAA-13 に参加して 関本 俊 32

50 回記念 MTAA-13 参加報告 大浦泰嗣 33

平成 22 年度修士論文抄録

放射化学的中性子放射化分析法による岩石・隕石中の極微量希土類元素とウランの定量
—ユレライト隕石への適用と宇宙化学的考察—

粟飯原はるか 47

C Kコンドライト隕石グループの全岩化学組成—その特徴と隕石分類上での重要性—

伊佐美紀 49

九州火山フロントにおけるスラブ流体の組成とマグマ生成プロセス 田村智弥 51

コンドライト隕石における宇宙線生成放射性核種 ^{36}Cl の生成率 浜中芳文 52

雪氷中の粒子状物質を用いた大気環境評価に関する研究 藤井政光 54

平成 22 年度卒業論文抄録

前濃縮中性子放射化分析法による鉄隕石中の極微量 Mn の定量限界 新井優花 57

九重火山西部における岩石学的研究 有賀翔平 58

東京湾における貧酸素水塊の評価方法に関する研究 小森昌史 59

元素分析から見た Tsenkher クレーターの起源について 文字竜太 60

施設便り

日本原子力研究開発機構原子力科学研究所 61

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 61

京都大学原子炉実験所 65

東北大学電子光理学研究センター 66

事務局より 67

カレンダー 68

編集後記

会員名簿

広告

インクジェットプリンターを利用した 簡便で高精度な中性子分布測定法の開発

○瀧本真己¹、高宮幸一²、柴田誠一²、奥村良²、中野幸広²、J.H.Moon³、S.H.Kim³
(京大院工¹、京大炉²、KAERI³)

1. 緒言

研究用原子炉において、中性子照射孔などの照射設備における中性子分布は、中性子照射実験を行う際の基礎データとして大変重要である。特に、中性子放射化分析における分析精度は、照射する中性子線量の見積りの精度に依存するため、照射設備における中性子分布を正確に測定することが求められる。そこで、本研究では中性子分布を測定する中性子照射ターゲットを、インクジェットプリンターを用いて調製する方法の開発を試みた。この方法では、インクジェットプリントによって金溶液を印刷紙の上に均一に塗付することで、非常に薄い中性子照射ターゲットが調製できる。そのため、一般的な金属線を用いた中性子線量測定¹⁾の誤差要因である自己吸収効果及び自己遮蔽効果を抑えることができ、より高精度な中性子分布の測定が可能になることが期待できる。さらに、広範囲の中性子分布を高い位置分解能でかつ簡便に測定することを目的として、イメージングプレートを利用した新しい測定法の開発を試みた。

2. 実験

まず、インクジェットプリンターを用いて調製したターゲットの実用性を評価するために、韓国原子力研究所の研究炉(HANARO)において照射実験を行った。その結果から開発したターゲットを用いて中性子分布が測定可能であると考え、京都大学研究用原子炉(KUR)において、この手法を用いて照射孔内の中性子分布の測定を試みた。また、中性子スペクトルの分布に関する情報を得るために、アンチモンを含む PET シートに金を塗付することでターゲットを調製し、同様の実験を行った。さらに、KUR 起動直後からの中性子分布の時間変動を調査するため、一定時間毎に中性子分布の測定を行った。また、広範囲の中性子分布を測定するために、加速器中性子源施設においても照射実験を行った。本研究の測定には従来から用いられている Ge 半導体検出器に加えて、より簡便な測定が期待できるイメージングプレートを利用することを試み、この手法の有効性を評価した。

2-1. PET シートを用いた照射ターゲットの調製

アンチモンは中性子の照射により、 $^{121}\text{Sb}(n, \gamma)^{122}\text{Sb}$ 反応によって $^{122}\text{Sb}(T_{1/2}=2.72\text{d})$ を生成する。そこでアンチモンを含む PET シートに金を塗付して照射ターゲットとすることで金とアンチモンにおける中性子捕獲反応の励起関数の違いを利用して、中性子のエネルギーの分布に関する情報も得られると考えた。まず、PET シートに含まれるアンチモン量の均一性を確認するために、2 枚の PET シートの異なる位置から一辺 5mm の正方形に 10 ピース切り取り、それぞれを KUR の圧気輸送管照射設備 Pn-1 の照射孔を用いて中性子を照射した。放射化した試料を、Ge 半導体検出器を用いて ^{122}Sb の γ 線を測定した。得られた γ 線スペクトルを解析することにより、PET シートに含まれるアンチモンはどの位置においても均一に含まれて

おり、中性子分布を測定するための照射ターゲットとして適していることがわかった。

2-2.中性子照射キャプセル内の中性子分布測定

金溶液を含むインクカートリッジをインクジェットプリンターに装填し、金を PET シートに均一に塗付することで、Fig.1 のような中性子照射ターゲットを調製した。このターゲットを中性子照射キャプセルへ垂直に装填し、KUR の圧気輸送管照射設備(Pn-1、Pn-2、Pn-3)及び黒鉛熱中性子照射設備(TC-1、TC-2、TC-3)を用いて中性子を照射した。測定にはイメージングプレートを利用した新しい手法を試みた。照射後のターゲットをイメージングプレート上に静置し、暗室で露光した。これをイメージングリーダーで読み取り、 $^{197}\text{Au}(n, \gamma)^{198}\text{Au}$ 反応により生成した $^{198}\text{Au}(T_{1/2}=2.70 \text{ d})$ の γ 線の像と PET シートに含まれるアンチモンから生成した ^{122}Sb の像を解析することにより、中性子照射キャプセル内の垂直方向における中性子分布が得られた。さらに従来から用いられている Ge 半導体検出器でも同様に ^{198}Au と ^{122}Sb の γ 線を測定した。得られた γ 線スペクトルを解析することにより、キャプセル内の中性子分布を得て、新しい手法が有効であるかを評価した。

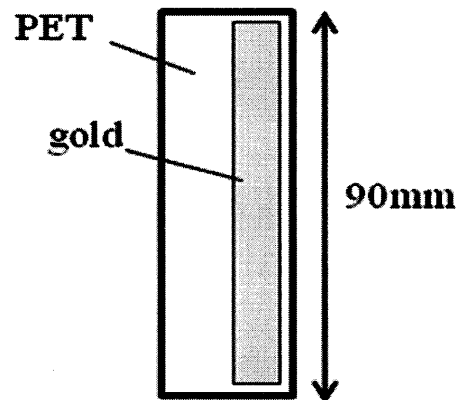


Fig.1 Neutron monitors for a neutron measurement at Pn and TC-Pn in KUR.

2-3.中性子照射キャプセル内の中性子分布時間依存性の測定

KUR 起動後の中性子照射キャプセル内における中性子分布の時間変動の観測を試みた。2-2 と同様の方法でターゲットを調製し、5つのキャプセルに1つずつターゲットを垂直に入れ、1 MW 到達直後から約 1 時間半毎に Pn-2 で 10 分間の照射を行った。照射後の5つのターゲットをイメージングプレートに 5 分間露光した。イメージングリーダーで得られた生成放射能強度を解析し、それぞれの時間における中性子照射キャプセル内の垂直方向の中性子分布を得た。

2-4.加速器中性子源施設における中性子分布測定

2-2 と同様の方法で、PET シートに金溶液を全面に塗付した中性子照射ターゲットを用いて、サイクロトロン加速器を用いた加速器中性子源施設から出射される中性子ビームにおける中性子分布の測定を試みた。中性子照射ターゲットは中性子ビームに対して垂直に設置し、中性子を照射した。照射後のターゲットをイメージングプレートに静置し、暗室で露光させた。これをイメージングリーダーで読み取り、得られたデータを解析することにより、加速器中性子源より出射される中性子ビームの中性子分布を得た。

3. 結果及び考察

Fig.2 に KUR の Pn-1、Pn-2、Pn-3 における照射位置ごとの生成放射能分布を示す。このグラフよりどの照射孔においても、中性子線量はほぼ一定であるが ^{198}Au と ^{122}Sb による測定では照射孔による中性子線量の違いが存在することがわかった。それぞれの照射孔におけるキャプセル内の ^{198}Au の最小値に対する最大値の比は Pn-1 で 1.04、Pn-2 で 1.08、Pn-3 で 1.07 であった。同様に ^{122}Sb では Pn-1 で 1.06、Pn-2 で 1.05、Pn-3 で 1.03 であった。すなわちどの照射孔においてもキャプセル内の位置によって 5%前後の中性子線量の差があることがわかった。 ^{198}Au と ^{122}Sb による線量の差は特に Pn-1 で顕著であり、これは Pn-1 において高速中性子の成分が Pn-2 及び Pn-3 と比較して小さいことを示している。また、Fig.3 に TC-1、TC-2、TC-3 における生成放射能分布を示す。TC-1、TC-2、TC-3 は同一の照射孔に直列に配置されている。このグラフより、全ての照射位置において炉心に近いほど中性子線量が大きくなることがわかった。またキャプセル内の ^{198}Au の最小値に対する最大値の比は TC-1 で 1.10、TC-2 で 1.07、TC-3 で 1.07 であり、 ^{122}Sb においては TC-1 で 1.10、TC-2 で 1.07、TC-3 で 1.10 であった。すなわちどのキャプセル内においても最大 10%近く中性子線量に分布があり、TC 照射孔全体において最大 30%程度の中性子線量の差異があることがわかった。また、イメージングプレートと Ge 検出器で測定した結果はほぼ同じ傾向を示していることがわかり、イメージングプレートを用いた線量分布測定が有効であることがわかった。

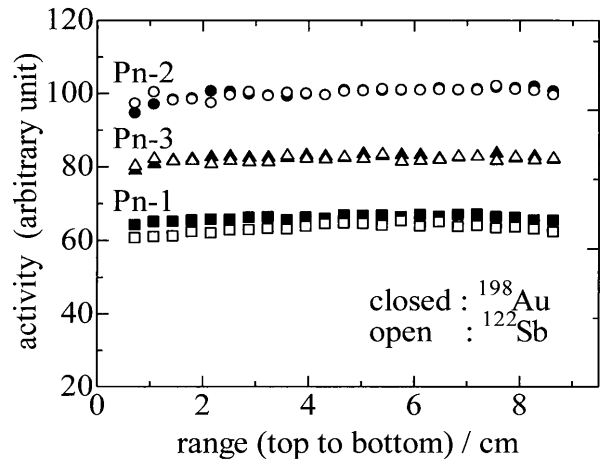


Fig.2 The activity variation of ^{198}Au (closed symbols) and ^{122}Sb (open symbols) produced in Pn-1, Pn-2 and Pn-3.

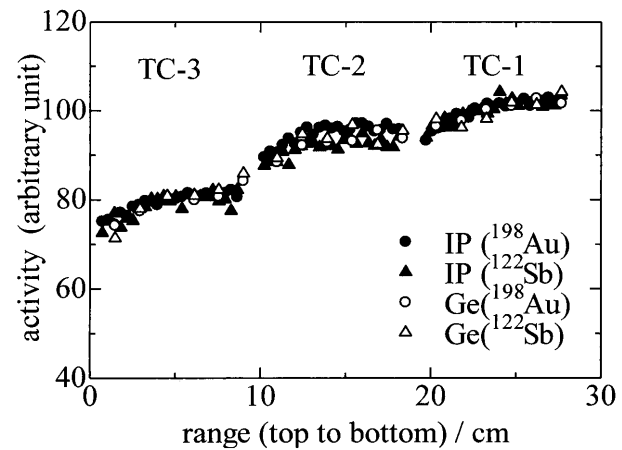


Fig.3 The activity variation of ^{198}Au (circles) and ^{122}Sb (triangles) for TC-1, TC-2 and TC-3 measured by IP (closed) and Ge-detector (open).

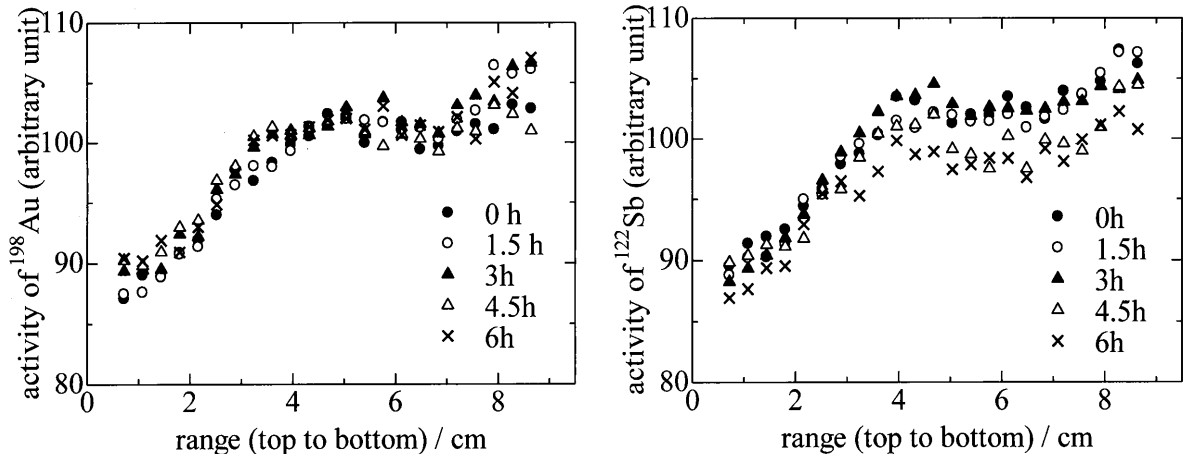


Fig.4 Variation of activities of ^{198}Au (left) and ^{122}Sb (right) as a function of elapsed time of KUR.

Fig.4 に KUR 起動後における約 1 時間半毎の中性子照射キャプセル内の中性子照射分布の変化を示す。 ^{198}Au (左)においてはキャプセル内の分布は時間による変動がほとんど見られなかったが、 ^{122}Sb (右)においては KUR 起動後 3 時間までキャプセル内の中性子分布はほぼ同じ傾向を示していたが、それ以降特にボトム側において線量が低くなっていることがわかった。そこでキャプセル内の中心からトップ側とボトム側に分け、それぞれ放射線量の和をとり、経過時間毎の相対的な線量を ^{198}Au と ^{122}Sb で比較した(Fig.5)。このグラフを見てわかるように ^{198}Au では生成放射能強度の和がほぼ一定であるのに対し、 ^{122}Sb では起動後から 3 時間経過後に放射線強度が小さくなり、ボトム側では 6 時間後に起動直後と比較して約 4%減少していることがわかった。これは中性子に対する高速中子線の割合が 3 時間以降に減少していることを示していると考えられる。

Fig.6 に加速器中性子源施設において照射された中子線の二次元分布(左)と、異なる垂直位置(A 及び B)での水平方向の中子線分布を示す(右)。このようにイメージングプレートを用いることにより、二次元の中子線分布を簡便に観測することができた。また、任意の位置での一次元の中子線分布も簡便に観測することができた。

4. 結言

インクジェットプリンターを用いた中子線照射ターゲット調製法を開発した。開発したターゲットを用いて、HANARO と KUR の照射孔においてキャプセル内の中子線分布をイメージングプレートと Ge 半導体検出器を使用して測定した。その結果、開発した手法で中子線分布を精度よく測定できることが分かった。また、KUR 起動直後からの中子線分布の運転時間依存性を測定した結果、 ^{198}Au では放射能分布に変化は見られなかったが、 ^{122}Sb では 3 時間以降に放射線量が小さくなっていることがわかった。これは中子線に対する高速中子線の割合が 3 時間以降に減少していることを示していると考えられる。さらに加速器中子線源施設において広範囲の中子線分布をイメージングプレートを用いて測定した。その結果、開発したターゲットとイメージングプレートを用いることにより、広範囲の中子線場においても 1 次元や 2 次元の分布を簡便に精度よく測定できることがわかった。

【参考文献】

- 1) Myong-Seop Kim *et al.*, Phys. Med. Biol. **52** (2007) 2552-2556.

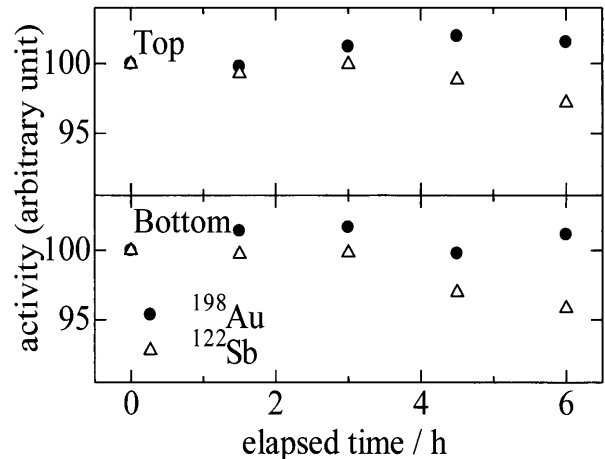


Fig.5 Activity variation of ^{198}Au and ^{122}Sb produced at upper and lower halves of a capsule.

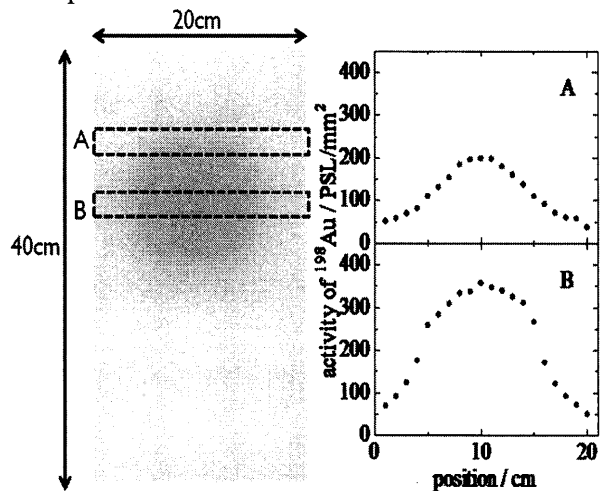


Fig.6 The two-dimensional neutron distribution (left) and horizontal neutron distributions at different positions (right) observed at the exit of neutron beam in the accelerator neutron source facility.

底質中のトリウム、セリウム、ウラン濃度を指標とした
東京湾深堀内の貧酸素水塊の評価

起 孝志, 小森昌史, 小豆川勝見, 松尾基之
東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻

(専門研究会報告書より転載)

貧酸素水塊

著しく溶存酸素量(DO)の少ない水塊

- 東京湾のような閉鎖的な内湾では夏季になると貧酸素水塊が発達する

東京湾で発生した青潮



- 海水中で多量の硫化水素が生成される



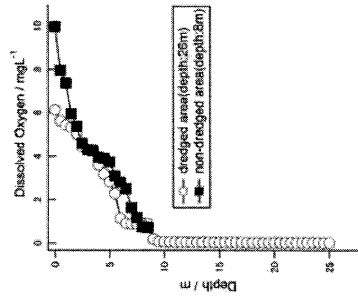
青潮の原因

底質中のトリウム、セリウム、ウラン濃度を指標とした東京湾深堀内の貧酸素水塊の評価

○起 孝志、小森 昌史、小豆川 勝見、松尾 基之 (東大院総合)

浚渫地

- 埋め立て用の土砂採取により形成された窪地
- 自然海底より掘り下げた場所では溶存酸素量が著しく低下する。
- 浚渫地内は還元的な環境にあり、貧酸素水塊の研究対象として適している。



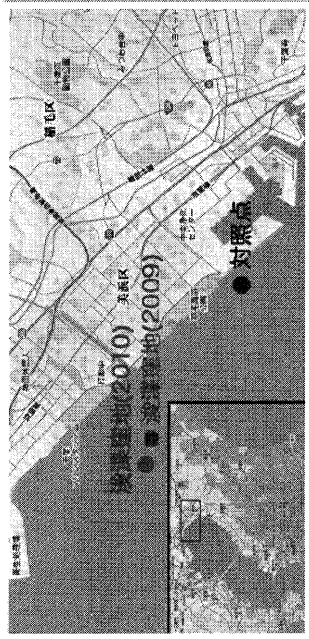
貧酸素水塊の評価

セリウム・トリウム・ウランを指標とした手法で浚渫地という特異的な環境の貧酸素水塊の評価を行う

- ◆ 水質調査：DOのモニタリング
短い時間での環境の変化しかわからない。
- ◆ 底質調査
 - 堆積物は堆積当時の状態を保存している
 - 底質中の特定の元素を見ることで、当時の環境を推定することができる
- ◆ 本研究室では浚渫地内の堆積物に注目
 - 硫黄を指標とした手法
 - マンガン、鉄を指標とした手法
 - セリウム、トリウム、ウランを指標とした手法※

※(本多ら2003,日本海水学会誌, 57 (3), 166-180)

サンプリング

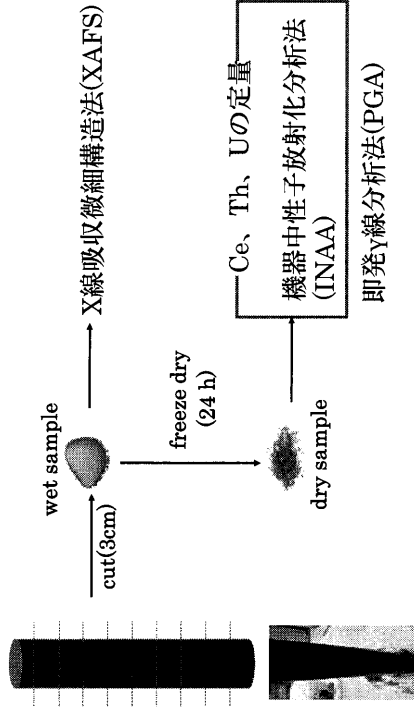


堆積物をコアサンプラーを用いて柱状に採取した

コア長

2009.9.4	後浜窪地	39cm	比較対照点	48cm
2010.7.20	後浜窪地	33cm		

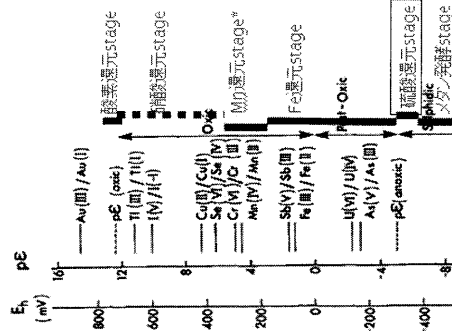
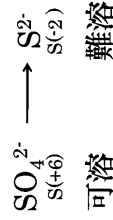
試料調製, 分析方法



Ce, Th, U濃度は日本原子力研究開発機構JRR-3Mで測定した

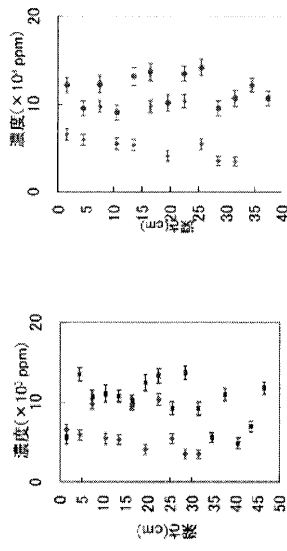
硫黄の挙動

硫黄は海水中では硫酸イオン(SO₄²⁻)として存在し、還元的环境では硫化物イオン(S²⁻)に変化する



J. Thomson, et al, Geochimica et Cosmochimica Acta, 57, 579-595, 2009に加筆

硫黄全量の比較



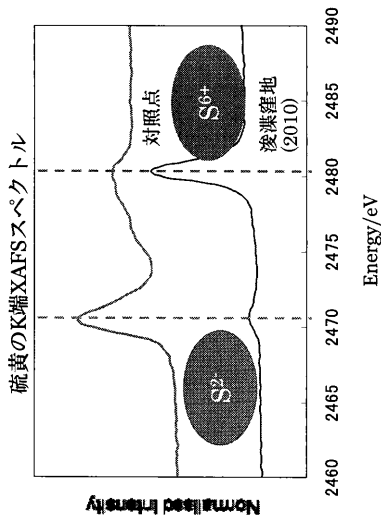
* 2010年深堀 * 対照点 * 2009年深堀 * 2010年深堀

還元度の強さ

後浜窪地と対照点の比較
後浜窪地 < 対照点

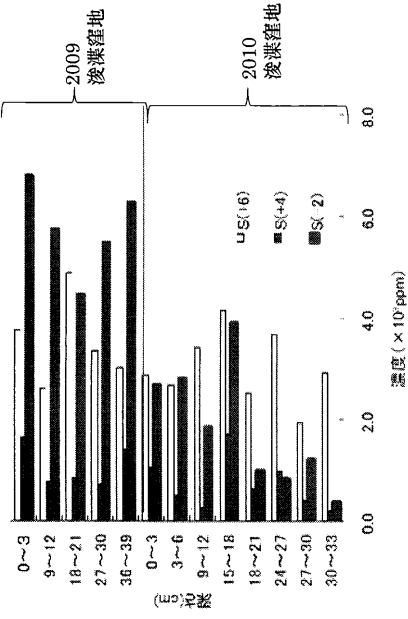
2010年と2009年の比較
2010 < 2009

XAFSを用いた硫黄の化学形態分別



ピーク面積の割合から目的元素の酸化数の割合がわかる

浸漬窪地内のS(-2)の経年比較

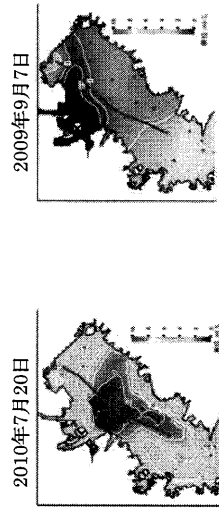


S(-2)量は2009年で多く、2010年で少ない

S(-2) \rightarrow S(+6)

水質と硫黄の化学状態の関係

硫黄の化学状態変化は水質の変化によるものである

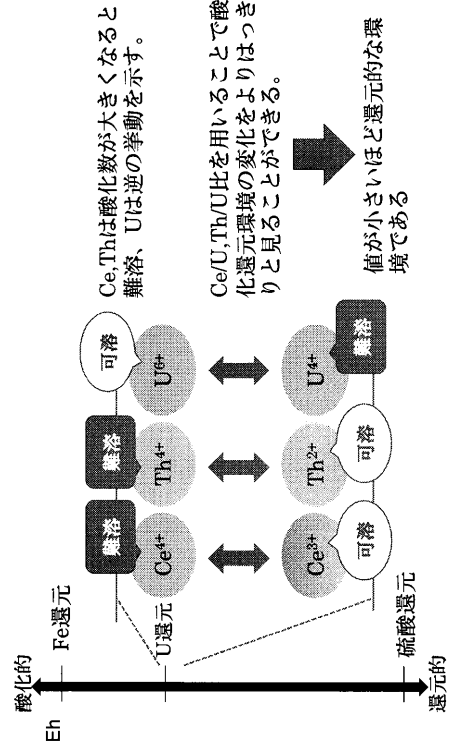


硫黄の酸化数の変化は堆積後におこなわれたものである。

堆積当時の状態が保存されていない

より還元度の弱い環境を評価できる指標が必要である

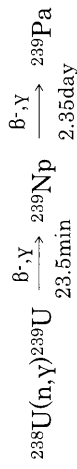
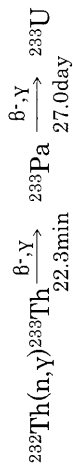
Ce, Th, Uの挙動



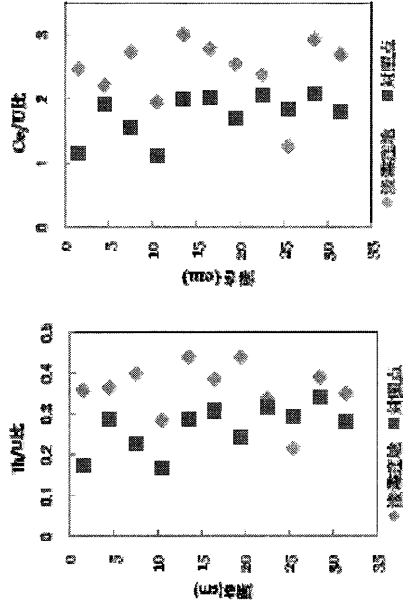
INAA測定条件

標的核種	生成核種	中性子捕獲 断面積	半減期	γ線エネルギー /KeV	放出率
Th	^{232}Th	^{233}Pa	7.4 ± 0.1	27.0day	311.9 (34)
Ce	^{140}Ce	^{141}Ce	0.58 ± 0.06	32.5day	145.06 (48)
U	^{238}U	^{239}Np	2.720 ± 0.025	2.35day	277.6 (14)

標識各種の放射衰変



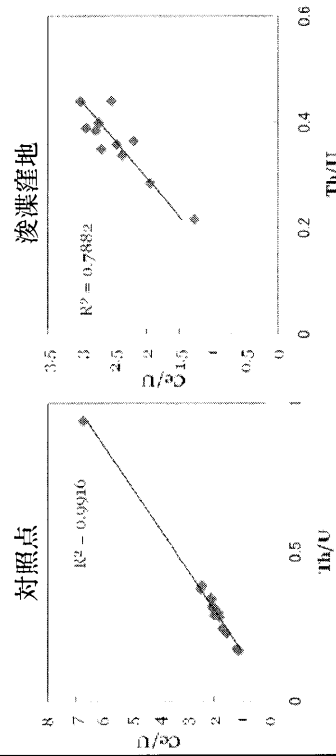
浚渫窪地と対照点の比較



浚渫窪地に比べ対照点は還元的な環境にある

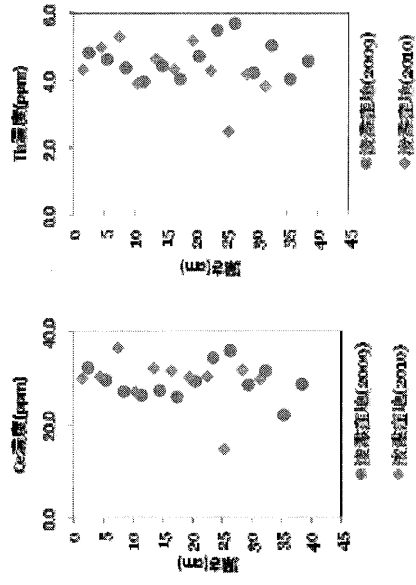
結果の結果と一致

Th/U, Ce/Uの相関

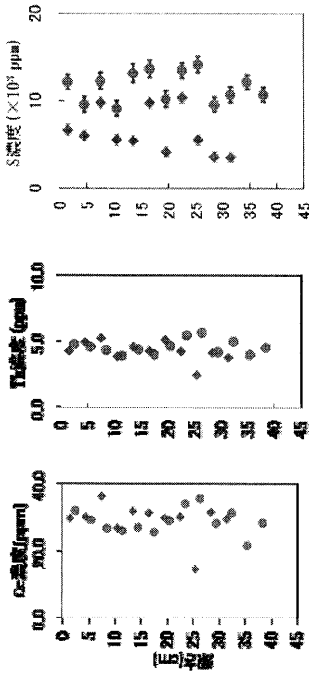


窪地内、対照点ともに良好な相関が得られ、信頼性のある指標であるといえる

2009年と2010年の比較



硫黄との比較



2009/2010比
0.99 1.07 1.83

トリウムとセリウムは硫黄に比べると、環境中で酸化数に変化しにくい元素であると考えられる

まとめ

- ◆トリウム、セリウム、ウラン濃度を用いて浚渫窪地内の貧酸素水塊の評価を行った。
- ◆浚渫窪地よりも還元的な場所があることが判明した。
- ◆トリウム、セリウム、ウラン濃度は硫黄に比べ還元度の弱い環境を評価でき、信頼性のある指標であると考えられる。

Multiple Prompt Gamma-ray Analysis (MPGA) and Prompt Gamma-ray Analysis (PGA) techniques for the elemental analysis of geochemical and cosmochemical samples

M.A. Islam¹, M. Ebihara¹, Y. Toh², H. Harada²

¹Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Metropolitan University, Hachioji, Tokyo 192-0397, Japan

²Research Group for Applied Nuclear Physics, Japan Atomic Energy Agency, Tokai-mura, Ibaraki 319-1195, Japan

Prompt gamma-ray analysis (PGA) is a highly sensitive, precise, multi-elemental and non-destructive analytical method of elements and is used in various fields such as geology, archaeology, cosmochemistry, industry and environmental science. However, PGA has an inherently low signal to noise ratio primarily because of the large background associated with it.¹ Therefore, difficulty of quantification arises when the gamma-ray intensity from the trace element of interest is not strong enough in comparison with the background gamma-rays from large amounts of other elements present in the sample. In this type of situation, multiple prompt gamma-rays analysis (MPGA) can be used to reduce background level. Moreover, as in MPGA the coincidence events of cascade prompt gamma-rays from each nuclide are collected, the spectral interference from the other elements can essentially be avoided. In this study, the newly developed MPGA system was compared with conventional PGA for elemental analysis of geological and cosmochemical samples.

The Smithsonian Allende meteorite powder sample (105.34 mg) (prepared by E. Jarosewich, the Smithsonian Institution; split/position = 22/6) and geochemical rock sample JB-1 (110.32 mg) (a basaltic standard rock sample issued by the Geological Survey of Japan) were analyzed repeatedly by MPGA in gamma-gamma coincidence mode (4 MeV energy range) to obtain suitable coincidence prompt gamma-rays pairs for element analysis. Analyses were repeated four times over half a year for JB-1 and Allende with the same samples. The powder/lump samples were sealed into thin FEP (fluorinated ethylene propylene) film bags. Analytical grade chemical reagents and JB-1 were used as reference standards for comparison method. For JB-1, recommended values of the elemental contents of the literature Imai et al. (1995) were used.² MPGA was also applied to some hydrogenous meteorites- Orgueil, Ivuna, Alais, Y-980115, B-7904, Y-793321 and Y-86720 as well as to rock sample GSJ-JB-2 (mass range about 25 - 190 mg each). Comparing the prompt gamma-ray spectra obtained by conventional PGA and MPGA method for same specimen of hydrogenous meteorite Ivuna (H at 2% mass level) shows MPGA can reduce H peak as well as Compton background relative to conventional PGA. High accuracy and precision for Mg content determination by PGA are not always guaranteed due to the known and unknown interference from other matrix elements and background sources. In this study, Mg contents of the meteorites and rock samples determined by using 2828.2-585.06 keV coincidence peak in MPGA and comparing with available literature data shows that all Mg contents determined by MPGA are in good agreement with recommended/literature data. MPGA and PGA were applied to the same specimen of Ivuna; MPGA detection limits for most of the elements studied can be reduced up to one order of magnitude when compared with PGA detection limits under the present experimental conditions.

1. Gardner, R. P.; Mayo, C. W.; El-sayyed, E. S.; Metwally, W. A.; Zheng, Y.; Poezart, M. *Appl. Radiat. Isot.* **2000**, 53, 515-526.
2. Imai, N.; Terashima, S.; Itoh, S.; Ando, A. *Geochem. J.*, **1995**, 29, 91-95.

岩石中の宇宙線生成核種 ^{36}Cl の定量による地表面削剥プロセスの推定

松四 雄騎^{1,*}・末木 啓介², 笹 公和³, 高橋 務³

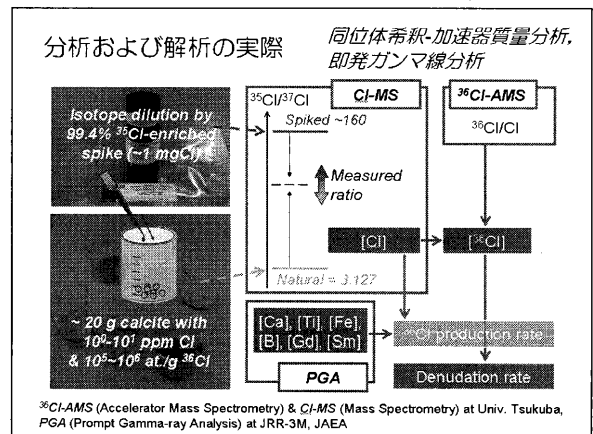
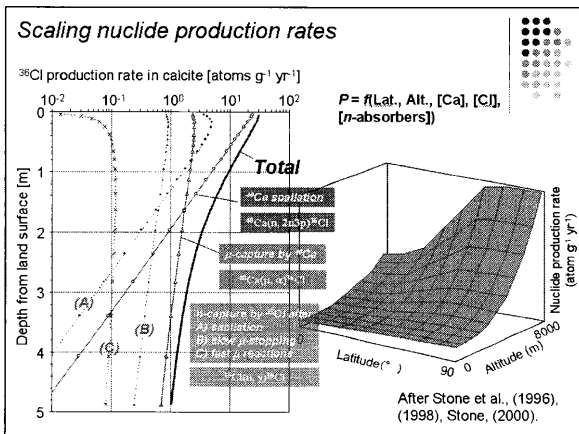
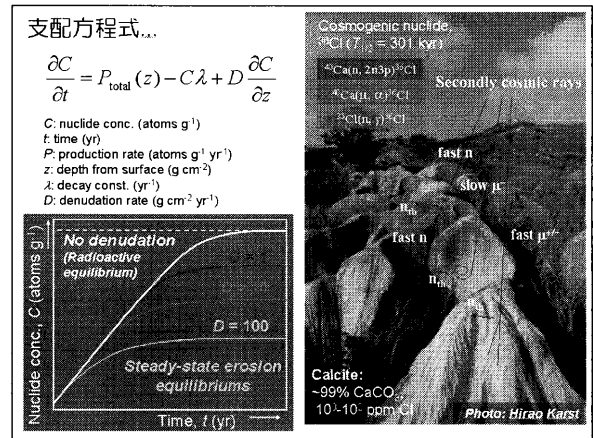
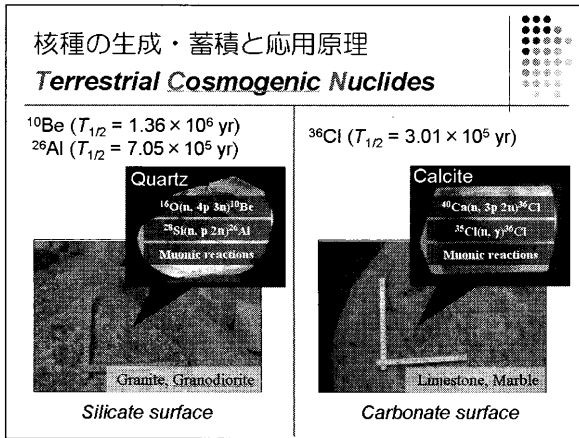
¹ 京都大学防災研究所 地盤災害研究部門 山地災害環境分野

² 筑波大学 アイソトープ総合センター

³ 筑波大学 研究基盤総合センター 応用加速器部門

* Correspondence to: Y. Matsushi; E-mail: matsushi@slope.dpri.kyoto-u.ac.jp

地表面近傍の造岩鉱物中に蓄積する宇宙線生成核種を用いれば、地表面の長期的な削剥速度を求めることが可能である。例えばカルサイト中には、宇宙線生成核種 ^{36}Cl が蓄積するが、加速器質量分析によって 10^4 atoms/g のオーダーまで定量できる。また、放射化分析（主として PGA）によって岩石中の核破碎反応標的核や中性子吸収核の定量ができ、 ^{36}Cl 生成率の決定に必要なパラメータを得られる。これらのデータから炭酸塩岩の削剥速度が推定可能であり、日本および東アジアのカルスト地域においてこれまでに $\sim 15\text{-}150 \text{ mm kyr}^{-1}$ の値が得られている。以下は、本手法を紹介した際の講演に使用したスライドの一部である。



中性子放射化分析による鉄隕石中の Mn 定量の可能性

大浦泰嗣¹, 新井優花², 今村典央², 海老原充¹

首都大学東京大学院理工学研究科¹,

首都大学東京都市教養学部理工学系²

隕石には宇宙空間を飛来していた時の宇宙線との核反応により生じた核反応生成物(宇宙線生成核種)が含まれている。様々な核種が生成するが、一般に、宇宙線生成核種として実験的に同定されるのは希ガス核種と放射性核種のみである。その他の安定核種は、特に石質隕石においては、その量が極微量のため、隕石を構成する元素/核種に対して有意に検出することは困難である。ところが鉄とニッケルの合金からなる鉄隕石は、地球化学的親石元素の含有量が非常に少ないため、これらの核種でも宇宙線生成核種として検出される。我々は、この中の⁵⁵Mn(単核種元素)に注目しているが、これまでに鉄隕石中の正確な Mn 濃度の報告はほとんどない。そこで、中性子放射化分析法による定量を試みているので、その途中経過を報告する。

鉄隕石中の Mn 濃度は、核破碎反応の生成収率の系統性と⁴⁵Sc 濃度から、30ppb 以下と推定される。多くの機器分析法において、大量の鉄マトリックスは極微量 Mn の定量を妨害することが知られている。中性子放射化分析法や光量子放射化分析法でも妨害核反応が存在するので、非破壊定量は難しい。戸村らは立教炉の、関本らは京大炉の Cd 比の大きな照射場を用いた機器中性放射化分析法で、鉄隕石や高純度鉄鋼標準試料中の数 10ppb レベルの Mn を報告している。また、藤本らは鉄マトリックスを予め化学分離で除去した ICP 質量分析法により鉄鋼標準試料の多元素分析を行った。本研究では、日本原子力研究開発機構研究炉 JRR-3 の PN3 での照射を前提とした前濃縮中性子放射化分析法により鉄隕石中の Mn の定量を計画し、PN3 での妨害反応の程度の見積もり、鉄隕石からの Mn の化学分離法、ブランクの寄与について検討を行った。

PN3 での⁵⁶Fe(n, p)⁵⁶Mn の寄与を見積もりたいが、高純度鉄試薬に含まれている Mn 含有量が不明である。そこで、Ti 板を Mn とともに照射し、⁴⁸Ti(n, p)⁴⁸Sc 反応から⁵⁶Fe(n, p)⁵⁶Mn 反応の寄与率を見積もった。⁴⁸Sc は⁴⁹Ti(n, np)反応を無視すれば、⁴⁸Ti(n, p)反応以外からは生成しない。反応断面積は JENDL-4.0 を参照し、Ti 板の計数効率を SOLCOI により計算したところ、JRR-3 PN3 での照射では、1g の Fe から 94 ng の Mn に相当する⁵⁶Mn が生成することがわかった。

我々は、前濃縮中性子放射化分析法により隕石中の⁵³Mn を定量しているが、この化学分離法は、Mn 担体を加えた溶媒抽出法とイオン交換法の組み合わせである。⁵⁵Mn 用に担体を添加しないイオン交換法のみで操作中の汚染ができるだけ少なくなる方法を藤本らの方法を参考に工夫し、Mn の収率と Fe, Co, Ni, Ir の除去率を調べた。Mn を定量的に分離することができ、99.9%以上の Fe を除去することができた。Ir の除去率が十分ではなかった。¹⁹²Ir の放出するガンマ線は、⁵⁶Mn の

ンマ線よりも低いので、直接妨害することはないと考えられるが、不感時間を増加させる恐れがあるので、Irの除去法を検討する必要がある。

分離したMnを中性子照射するために用いるろ紙と、これを封入するための高純度ポリエチレン、ならびに操作ブランクをINAAにより求めた。高純度ポリエチレンは分析を2回行ったが、ブランク値が大きく異なった。注意して洗浄しないと、逆に汚染してしまうと考えられる。用いる試薬の純度をかえて操作ブランクを2回調べた。純度がよくなるとブランクが低くなったことから、操作中の汚染よりも試薬中の不純物がブランクを支配しているようである。より高純度の試薬を用いれば、さらにブランクを低減できると考えられる。操作ブランクを調べた時のMnの検出限界は0.3ngであった。冷却時間をもう少し長くすれば、 ^{38}Cl し ^{41}Ar が減衰し、検出限界はもっと向上するであろう。

JRR-3 PN3で照射を行う前濃縮中性放射化分析法により、鉄隕石を1g用いれば、20 ppbのMnを定量可能であることがわかった。この時のブランクの寄与は50%である。超高純度試薬を用いれば、ブランク寄与率を下げることができ、中性子照射のためのろ紙と高純度ポリエチレンがブランクの主な原因となる。ブランクが低減する照射方法を検討する必要がある。

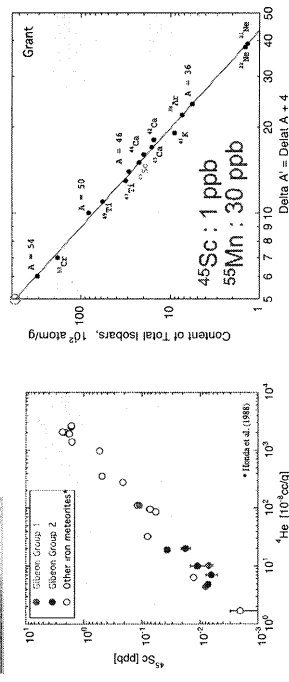
中性子放射化分析による鉄隕石中のMn定量の可能性

大浦泰嗣¹・新井優花²・今村典央²・海老原充¹
¹首都大学東京大学院理工学研究科
²首都大学東京都市教養学部理工学系

鉄隕石中のMn



鉄隕石: FeとNiの合金, 親鉄元素
 宇宙線生成安定核種: ^{41}K , ^{45}Sc , ^{55}Mn など



鉄マトリックス中のMnの定量

- > 多くの機器分析法
 - 鉄の妨害が大きイ → 鉄の除去が必要
- > 中性子放射化分析
 - $^{55}\text{Mn}(n, \gamma)^{56}\text{Mn} \leftarrow ^{56}\text{Fe}(n, p)^{56}\text{Mn}$
- > 光子放射化分析
 - $^{55}\text{Mn}(\gamma, n)^{54}\text{Mn} \leftarrow ^{56}\text{Fe}(\gamma, pn)^{54}\text{Mn}$
 $Q = -10.2 \text{ MeV} \quad Q = -20.4 \text{ MeV}$
 - Q値以下でも, $^{54}\text{Fe}(n, p)^{54}\text{Mn}$ の妨害

先行研究

- ・ 戸村・本田ら, 立教炉サーマルカラム(Cd比 = 30 - 6000)
 Guin: 46 ppb, Canyon Diablo: 68 ppb
 Odessa : 78 ppb, 定量限界: 10 ppb
- ・ 関本ら, 京大炉サーマルカラム(Cd比 = 140 - 250)
 Gibeon: 82 ~ 942 ppb
 JSS001-4: 26 ± 2 ppb [30.6 ± 5.5]
 JSS001-5: 25 ± 1 ppb [30 ± 10]
- ・ 藤本ら, ICP-MS
 JSS001-4: 20 ± 10 ppb [30.6 ± 5.5]
定量限界 69 ppb

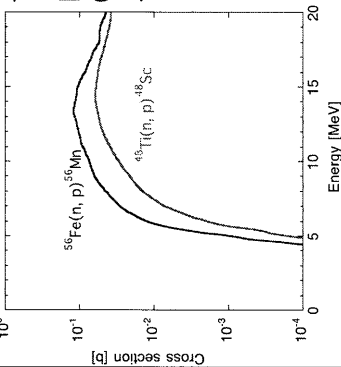
JRR-3 PN3を用いた定量

Cd比 = 290
 Mnの感度 [20分照射] = 2400 cps/ μ g @ 846 keV
 検出限界(3 σ) [20分照射, 100秒測定] = 0.3 ng

- 鉄鋼標準試料の定量
 JSS003-5 [92mg, 5分照射]
 定量値: 26.0 \pm 0.2 ppm
 保証値: 27 \pm 1 ppm
- $^{48}\text{Ti}(n, p)^{48}\text{Sc}$ を基に $^{56}\text{Fe}(n, p)^{56}\text{Mn}$ を予測

$^{56}\text{Fe}(n, p)^{56}\text{Mn}$ の予測

Ti箔をJRR-3 PN3で20分照射
 断面積: 核分裂中性子平均
 (JENDL-4.0)
 計数効率: SOLCOI



15 kBq ^{56}Mn / g Fe
 ||
 94 ng Mn/g Fe
 \approx 100 ppb

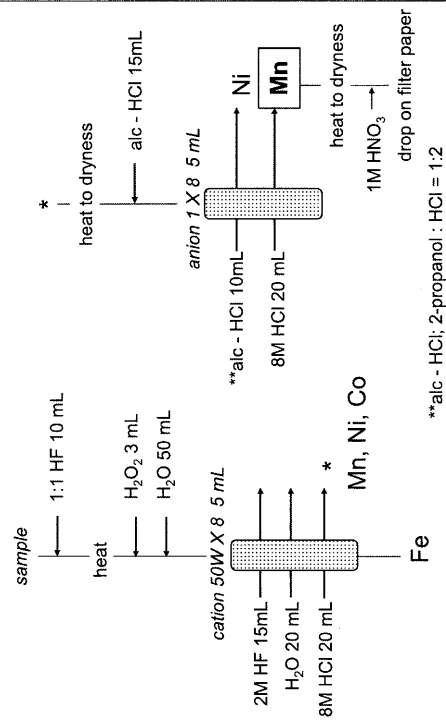
$^{48}\text{Ti}(n, np)^{48}\text{Sc}$ は無視

Mnの前濃縮NAAの検討

- イオン交換のみによる分離
 - > Mnの定量的回収
 - > 鉄の除去
 - > 微量元素の挙動 (Co, Ir)
- 操作ブランク
 - > 試薬
- 照射のための包装材のブランク
 - > ろ紙
 - > フィルム

^{53}Mn の前濃縮NAA
 担体使用
 溶媒抽出+イオン交換

化学分離



化学分離収率

Mn	RITレーサ		ICP発光	
	回収率	残存率	Fe	Ni
1	97	< 0.1	$1 < 11 \times 10^{-5}$	11
2	103	< 1.2	$2 < 10 \times 10^{-5}$	32
3	99	< 1.2	$3 < 22 \times 10^{-5}$	15

単位: %

Mn	RITレーサ			
	Co	Cr	Fe	Ni
1	93	< 0.3	< 0.2	< 0.1
2	104	< 0.2	< 0.05	< 5

単位: %

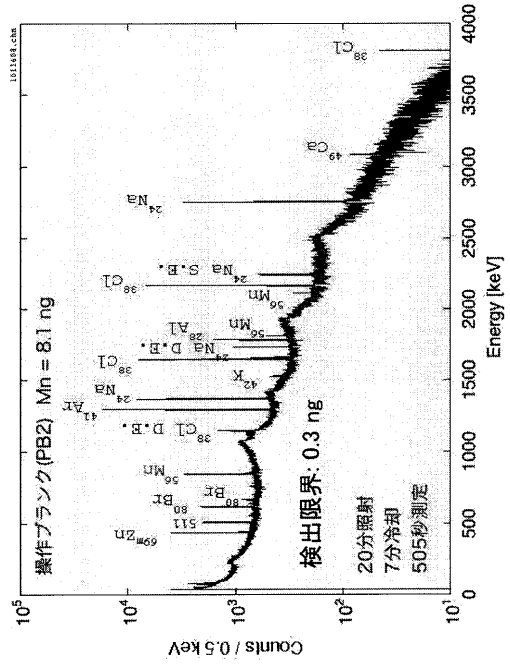
2M HFを流さなかった

ブランク

高純度ポリエチレンフィルム-1 [ng]:	0.061
高純度ポリエチレンフィルム-2 [ng]:	0.26, 0.34
ろ紙-1 未洗浄 [ng]:	0.21
ろ紙-2 硝酸洗浄 [ng]:	0.41, 0.34
操作ブランク-1 [ng]:	295, 342, 348
操作ブランク-2 [ng]:	11, 8, 6

ろ紙とフィルムのブランクは未補正
和光 特級試薬, HClのみ関東 電子工業用
和光 原子吸光用, H₂O₂; 和光 精密分析用,
HCl: 関東 電子工業用, 2-プロパノール: 関東 UGR
樹脂は溶離液であらかじめ洗浄
2M HFはあらかじめ陽イオン交換でMnを除去 (1.47 ng/mL)

鉄隕石 1g, Mn 10 ppb = 10 ng



試薬中のMn

	Ultrasure	TAMAPURE-10	TAMAPURE-100	EL-UM	Ultrasure-100	有基金属用	原子吸光用	EL	精密分析用
									UGR
HCl	0.005	< 0.01	< 0.1	< 0.1	0.1	1	1	1	10
HF	0.0025	< 0.01	< 0.1	0.1	0.1	1	1	1	10
H ₂ O ₂	0.005						0.5		
2-プロパノール									
HNO ₃	< 0.01	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1

HCl = 53 mL
HF = 5 mL
H₂O₂ = 3 mL
2-プロパノール = 8 mL

> 55 ng (11, 8, 6 ng)

ろ紙: 0.4 ng
フィルム: 0.4 ng (0.06 ng)

まとめ

JRR-3 PN3Iにおいて、

- ・ 鉄マトリックス中のMnのINAAは、ppmオーダーまで可能
- ・ $^{56}\text{Fe}(n, p)^{56}\text{Mn}$ の妨害は、100 ngMn/gFe程度
- ・ HF系イオン交換でFeを0.1%以下まで除去可能
- ・ 鉄隕石を1g用いると、前濃縮NAAで20 ppbのMnまで定量可能
(ブランクの寄与=50%の時)
試薬ブランクが主
- ・ 超高純度試薬を用いれば、2 ppbまで可能
ろ紙とフィルムのブランクが主 → 低減可?

医療用 Gd 造影剤投与後の Gd および体内微量元素のラット体内分布に関する基礎的検討 ～MRI 法と放射化分析法による検討～

服部知里¹⁾, 鷺山幸信¹⁾, 高宮幸一²⁾, 天野良平¹⁾

¹⁾金沢大学医学部保健学科, ²⁾京都大学原子炉実験所

要旨 重篤な腎機能障害をもつ患者への MRI 用 Gd 造影剤の投与は、腎性全身性線維症(NSF: Nephrogenic Systemic Fibrosis)を引き起こす可能性がある。その原因は、腎機能障害患者に投与された造影剤が、体内に長時間残留することに起因するのではないかと考えられている。本研究の目的は造影剤投与後の Gd 残留や体内微量元素の分布に、腎機能低下が及ぼす影響について検討することにある。そこで腎不全モデルと健常のラットに Gd 造影剤オムニスキャンを通常使用量の 25 倍投与し、投与 1 時間、1 日、2 日後に腹部の MRI 撮像を行い、体内(腎臓・肝臓)の Gd 濃度の経時的变化を測定した。その後解剖し、9 組織を摘出、凍結乾燥した後、中性子放射化分析法を用いて Gd および体内微量元素の定量を行った。MRI 法では腎不全モデル群と健常群の間に違いを認めることができたが、その濃度は殆ど直線性範囲以下となるため、本法では定量的に経時的变化を追うのは困難であることが考えられる。一方、放射化分析法では MRI 法の検出範囲以下の Gd 量を定量することができ、その結果、腎不全モデル群と健常群の間に違いを認めた。さらに体内微量元素の定量に関しても群間に違いを認めた。しかしこの違いに Gd 投与による影響と腎不全による影響がどれくらい関与しているのか、今後検討する必要がある。

I. 諸言

重篤な腎機能障害をもつ患者への MRI 用 Gd 造影剤の投与は、腎性全身性線維症(NSF: Nephrogenic Systemic Fibrosis)を引き起こすとされている。NSF は主に四肢に限局し、皮膚の硬化や関節拘縮を訴える全身疾患である。通常 Gd 造影剤は 24 時間後までに 98%が尿中に排泄される。しかし腎機能障害患者に造影剤を投与すると、造影剤が体内に長時間残留し、Gd がキレートから遊離、骨などに沈着した後、一定の過程を経て皮膚の繊維化が起こるとされている。中でもオムニスキャン(第一三共製薬株、一般名: ガドジアミド水和物)は他の造影剤と比べて、化合物の安定度定数が低く、投与後体内で遊離する可能性が高いと考えられている。また実際の NSF 報告例も最も多いことが知られている。

本研究の目的は造影剤投与後の Gd 残留や体内微量元素の分布に、腎機能低下が及ぼす影響について検討することにある。そこで腎不全モデルラットと健常ラットを使用し、非侵襲的に経時的变化を追うことの可能な MRI 法と、微量試料に対しても高感度に多元素同時分析が可能な放射化分析法の両方から、Gd と体内微量元素の定量を試みた。

II. 材料と方法

日本 SLC 生産, Sprague-Dawley(SD)系 9 週齢雄性ラットを 6 匹使用し、うち 3 匹を健常ラット群、残り 3 匹を腎不全モデル群とした。なお、腎不全モデルラットは日本 SLC にモデル作成を依頼し、7 週齢に左腎の 2/3 を、8 週齢に右腎の全てを摘出し、腎臓を全体の 1/6 にしたものである。

Gd 造影剤にはオムニスキャン(500mmol/kg, 第一三共製薬㈱)を使用した。中性子放射化分析では比較標準として Gd 濃度決定のために原子吸光分析用 Gd 標準溶液(1000ppm, 和光純薬工業㈱), 及びその他元素の濃度決定のために Bowen's Kale, Bovine Liver(NIST, 1577b)を使用した。

1) MRI 法

日立メディコ製 MRI 0.4T APERTO Eterna を使用し, 造影剤投与前, 投与 1 時間, 1 日, 2 日後に, 表 1 に示す条件で撮像を行った。なお, ラットはイソフルランの気化麻酔で安静にし, 通常使用量(0.1mmolGd/kg)の 25 倍量(2.5mmol/kg)のオムニスキャンを投与した。撮影の際, オムニスキャンから作成した 4, 3, 2, 1, 0.8, 0.6mM の標準溶液それぞれ 2mL をラットの横に置き, Gd の定量に用いた。

表1 撮像条件

シーケンス	3D-FSE	
TR[msec]	400	200
TE[msec]	30	
FOV[mm × mm]	100 × 80	
計測マトリクス	192 × 178	
スライス厚[mm]	1.1	
NSA	1	
ETL	5	
撮像時間	11m49s	5m55s
表面コイル	腕用コイル	

撮像終了後, 各画像の適当な断面で肝臓・腎臓・標準溶液に ROI を設定し, 信号強度を求めた。信号強度より T1 値を求め³⁾, そこから R1 値を算出した。各種補正を行った後, 標準溶液より濃度-緩和度 R1 標準曲線(線形)を作成し, 標準曲線との比較で, 腎臓・肝臓の濃度を算出した。

2)放射化分析法

造影剤投与 2 日後の撮影終了後に解剖し, 血液(BLD), 大腿骨(FMR), 腎臓(KDN), 大腸(LIT), 肝臓(LVR), 筋肉(MSL), 小腸(SIT), 皮膚(SKN), 脾臓(SPL)の 9 組織を採取, 湿重量秤量後, 凍結乾燥して, ポリエチレン袋に密封した。標準試料には Bowen's Kale, Bovine Liver をそれぞれ約 0.07~0.08g, さらに Gd(NO₃)₃, オムニスキャンをそれぞれろ紙に 100 μL, 10 μL 滴下したものを用意した。

その後, 試料を京都大学原子炉実験所に移送し, 研究用原子炉(出力 1MW)にて中性子放射化分析を行った。短時間 5 分照射では照射終了直後(測定時間 1 分), 約 15 分後(1 分), 約 2 時間後(5 分), 長時間 1 時間照射では照射 6 日後(3 分), 3~4 週間後(3 時間)に Ge 半導体検出器にて γ 線測定を行った。

各測定から得た γ スペクトルより, 各試料に含まれる元素を確認し, 生成放射能より, Bowen's Kale 又は Gd(NO₃)₃ との比較で, Gd および各体内元素の定量を行った。

III. 結果

1)MRI 法

図 1 は腎臓・肝臓における時間濃度曲線である。腎不全モデル群と健常群の間に違いがみられた。

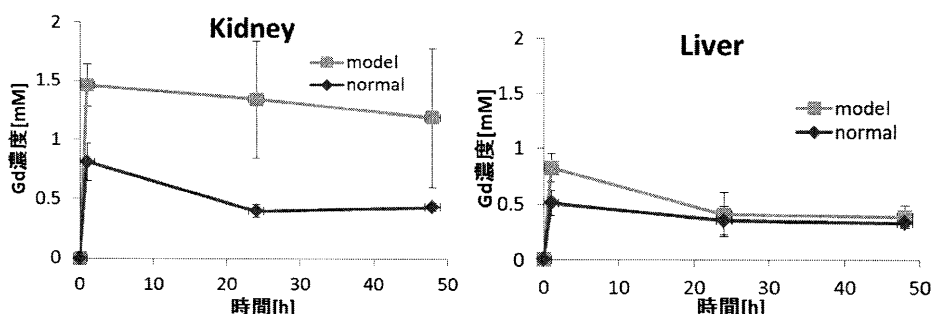


図 1 MRI 法 時間濃度曲線(左:腎臓, 右:肝臓)

2)放射化分析法

①Gd 量: 図 2 に生成核種¹⁵³Gdによる Gd 濃度定量結果を示した. 健常群より腎不全モデル群の方が, 各組織で多く残留していることが分かった. また健常群に対する腎不全モデル群の Gd 各組織集積比より, 9 組織の中では特に骨における集積の増加が特徴的であることが分った.

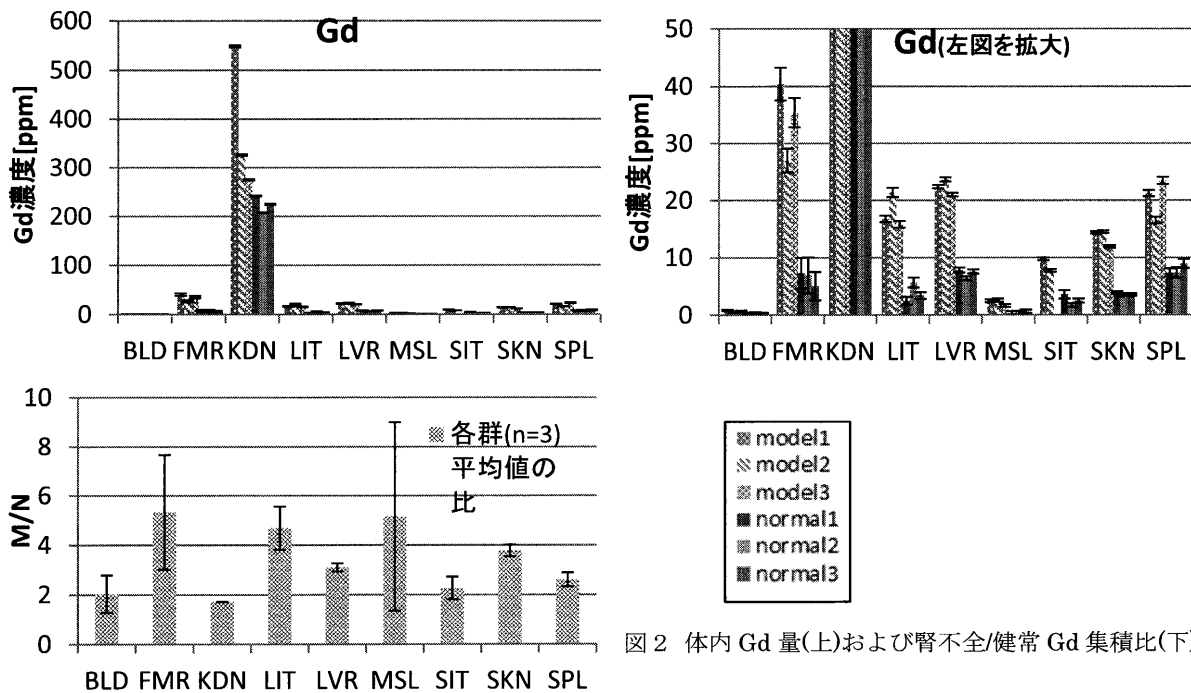


図 2 体内 Gd 量(上)および腎不全/健常 Gd 集積比(下)

②体内微量元素: 解析の対象とした元素を表 2 にまとめた. その中でも群間に特徴的な変化を示した Zn, Fe, Ca 濃度の定量結果を図 3 に示した. 腎不全モデル群における骨での Ca, Zn 量の増加, また血液・脾臓での Fe 量の減少が認められた.

表2. 放射化分析に利用した放射性核種

反応核種	反応	生成核種	半減期	解析使用γ線(放出割合)	照射方法
²³ Na	(n, γ)	²⁴ Na	14.96h	1369keV(100%)	短時間照射
³⁷ Cl		³⁸ Cl	37.24m	1643keV(31.9%)	
⁴¹ K		⁴² K	12.36h	1525keV(18.1%)	
⁵⁵ Mn		⁵⁶ Mn	2.579h	847keV(98.9%)	
¹⁶⁰ Gd		¹⁶¹ Gd	3.66m	361keV(60.12%)	
⁴⁶ Ca		⁴⁷ Ca	4.536h	1297keV(71.0%)	
⁵⁸ Fe		⁵⁹ Fe	44.50d	1099keV(56.5%)	長時間照射
⁶⁴ Zn		⁶⁵ Zn	244.3d	1116keV(50.6%)	
⁸¹ Br		⁸² Br	35.30h	777keV(83.5%)	
¹⁵² Gd		¹⁵³ Gd	240.4d	97.4keV(29.0%)	

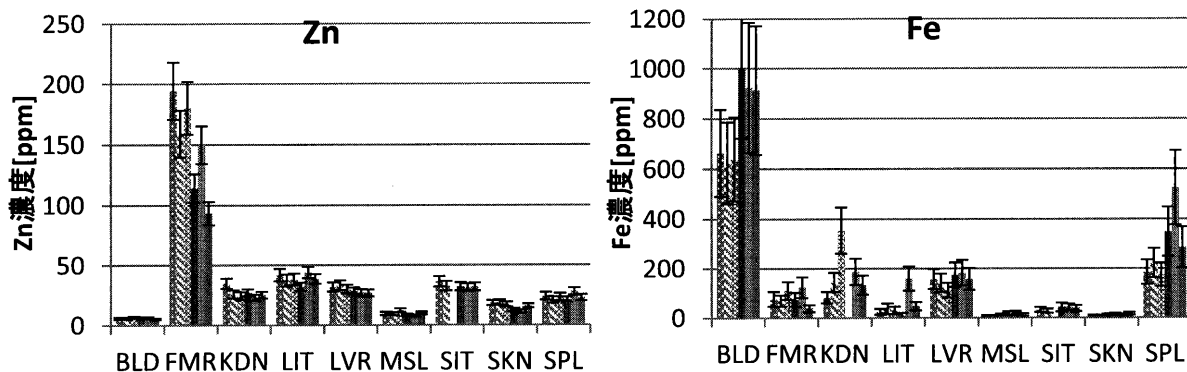
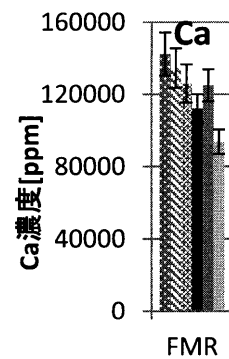


図 3 体内微量元素量

IV. 考察

①Gd量：今回のMRI法の撮像条件ではオムニスキャンを撮像する際、Gd濃度と緩和度R1値の直線性は約0.6~4mMの範囲であった(予備実験結果)。今回のMRI法の結果は殆ど直線性範囲以下の濃度となるため、本法では定量的に経時的变化を追うのは困難であると考えられる。しかし、腎臓では投与直後から2日後まで直線性範囲にあること、また放射化分析法において微量ではあるものの、違いが見られたことから考えると、腎不全モデルにおいて、投与2日後までの期間中、排泄等に違いが出たと考えられる。また放射化分析法において、骨でのGd量の集積量に違いが見られたのは、Gdが骨に沈着するという仮説が正しいのではないかと考える。

②体内微量元素：放射化分析法より、腎不全モデル群では骨におけるCa、Zn量の増加が認められた。体内に遊離したGdが多く存在すると、体内のCaやZn等微量元素と置き換わることがあると言われている。Gdの体内貯留が増えた結果、腎不全モデルの体内でGdがキレートから外れ、CaやZnと置き換わったとすれば、その結果遊離したZnやCaが貯蔵器官である骨に集積することも可能性として考えられる。ただし腎不全患者においてZn等、腎排泄がある微量元素では排泄障害が起こるため、腎不全の影響も否めない。また血液・脾臓におけるFe低下も腎不全による影響と考えられる。ただし腎不全患者の場合、リン酸塩上昇の影響で骨以外の組織でCaが集積し、骨ではむしろCa低下が起こるため、今回起こった変動は腎不全だけの影響ではないと考えられる。従って今回の微量元素集積の変動要因には、おそらく両者が関与したと考えられる。Gd残留による影響がどれくらい体内微量元素の分布に寄与するかは、今後の検討課題である。

V. まとめ

腎不全モデルラットにおけるGdおよび体内微量元素の分布について、MRI法、放射化分析法の二法により定量を行い、次の二点を明らかにした。一つはGd分布・残留量の変化である。ただし残留量は非常に低濃度であるため、MRI法での定量性は期待できないと考える。もう一つはCa、Zn、Feの分布の変化である。本研究ではGd残留による影響が、体内微量元素の分布の変化にどれくらい関与しているかは特定できなかったため、今後造影剤を投与しない腎不全モデル、またGd大量残留モデル等を用いて、体内微量元素の変動を検討する必要があると考える。

参考文献

- 1) 対馬義人：[特集]21世紀の腎移植(1)腎性全身性線維症—ガドリニウム造影剤による副作用—大阪透析研究会会誌 27(1),17-20 (2009)
- 2) 第一三共株式会社：オムニスキャン®バイアル・シリンジ総合製品情報概要。2007年3月版
- 3) 金澤祐樹ら：高速スピンエコー法を用いた造影ダイナミックT1計測MRIの最適条件の検討。日本放射線技術学会誌 63(10),1127-1132 (2008)
- 4) Pietsch, Hubertus et al. : Impact of Renal Impairment on Long-Term Retention of Gadolinium in the Rodent Skin Following the Administration of Gadolinium-Based Contrast Agents. Investigative Radiology 44(4), 226-233 (2009)
- 5) Martin A Sieber et al. : Gadolinium-based contrast agents and NSF: evidence from animal experience. Journal of Magnetic Resonance Imaging 30(6),1268-1276 (2009)

医療用Gd造影剤投与後のGdおよび生体微量元素のラット体内分布に関する基礎検討

～MRI法と放射化学分析法による検討～

1) 金沢大学医学部保健学科, 2) 京都大学原子炉実験所
服部知里¹⁾, 菊山幸信^{1)*}, 高宮幸一²⁾, 天野良平¹⁾

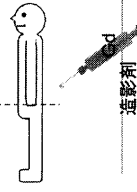
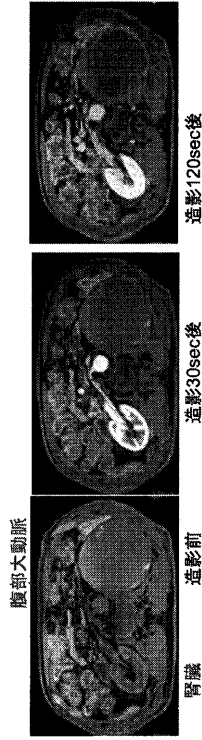
あかるく
まじかに
のびのびと
天野研究室

金沢大学
KANAZAWA
UNIVERSITY

京都大学原子炉実験所専門研究会
H23(2011)年1月26日

MRIとは

核磁気共鳴現象を利用し、生体内部を画像情報として得る



* 経時的変化を非侵襲的に追うことができる

http://www.immervision.co.jp/01inner/2010/pdf/iv1009_10.pdf

金沢大学
KANAZAWA
UNIVERSITY

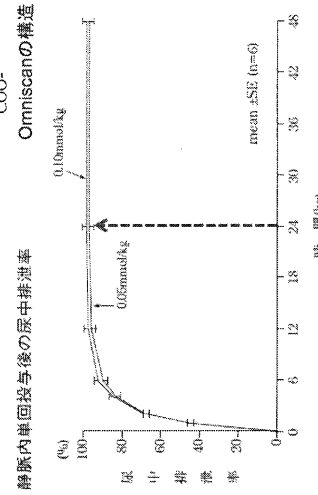
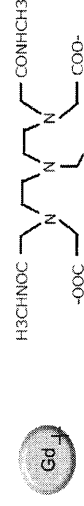
臨床応用されているGd造影剤

	Macrocyclic	Open-chain
Ionic	<p>Gd-DOTA, gadoteric meglumine, Dotarem[®]</p> <p>Gd-DTPA, gadopentate dimeglumine, MultiScan[®]</p>	<p>Gd-DTPA, gadoteric meglumine, MultiScan[®]</p> <p>Gd-DTPA, gadobutrol, Berlex[®]</p> <p>Gd-DTPA, gadobutric acid, Berlex[®]</p> <p>Gd-DTPA, gadobutric acid, Berlex[®]</p>
Non-ionic	<p>Gd-BTDO3A, gadobutrol, gadobutol, Gadovist[®]</p> <p>Gd-BTDO3A, gadobutrol, gadobutol, Gadovist[®]</p>	<p>Gd-DTPA, gadoxetic acid, Eovist[®]</p> <p>Gd-DTPA, gadoxetic acid, Eovist[®]</p> <p>Gd-DTPA, gadoxetic acid, Eovist[®]</p>

あかるく
まじかに
のびのびと
天野研究室

金沢大学
KANAZAWA
UNIVERSITY

Gd造影剤の体内動態(健康)



24時間後までに98%が尿中に排泄される

第一三共株式会社

オムニスカン注射液 32% 50ml
オムニスカン注射液 32% 100ml
オムニスカン注射液 32% 150ml
オムニスカン注射液 32% 200ml

金沢大学
KANAZAWA
UNIVERSITY

重篤な腎機能障害をもつ患者へのMRI用Gd造影剤の投与

腎性全身性線維症

(NSF: Nephrogenic Systemic Fibrosis)

主に四肢に限局して皮膚の硬化や関節拘縮を訴える全身疾患

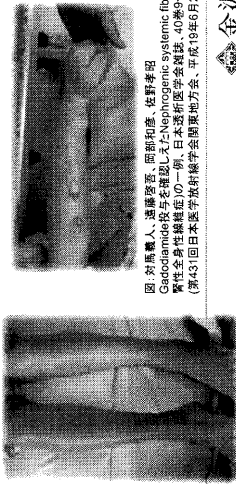
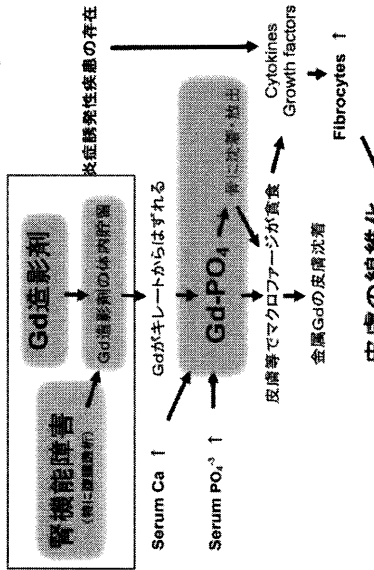


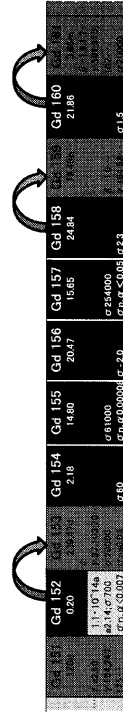
図: 片島篤人、遠藤隆彦、原野利彦、佐野寿昭
Gadodiamide投与を承認したNephrogenic systemic fibrosis (NSF: 腎性全身性線維症)の一例. 日本透析医学雑誌, 40巻9号(2007)
(第431回日本医学放射線学会関東地方会, 平成19年6月23日, 東京)

現在考えられているNSFの発生機序



Activable tracer method

Gdの放射化



- Pn-2での1時間照射
- Pn-3での5分照射
- Tc-Pnでの5分照射

本研究における目的

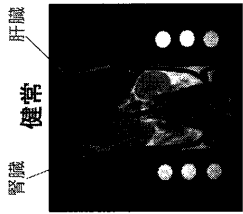
Gd造影剤の投与時, Gdの貯留量やその他体内微量元素の体内分布が腎機能によって, どのように違いが出るかを検討すること



- 腎不全モデルラットと健康ラットに造影剤投与
- (1) MRIの撮像で体内Gd濃度の経時的変化を追う
- (2) 注目組織を中性子放射化分析し, Gdおよび体内微量元素の定量を行う

腎不全モデルラット

7週齢に左腎の2/3を摘出→8週齢に右腎を全摘出



腎不全モデル



左腎の1/3 (腎臓全体の1/6) が残っている



* 9週齢のMRI T1強調画像 *

日本エル・エス・シー株式会社より購入



金沢大学
KANAZAWA
大学院医学部
放射線学

(1)MRI

使用機器：日立メディコ製MRI 0.4T APERTO Eterna

対象：健康ラット3匹

腎不全モデルラット3匹

(Sic:SD 週齢9w)

Omniscan投与

(通常使用量0.1mmolGd/kg b.w)

撮影のタイミング：造影剤投与前(pre)

投与1h after

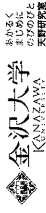
投与1d after

投与2d after

* 同時にOmniscanから作成した4,3,2,1,0,8,0.6mMの標準溶液2mLをラットの横におき、撮像した。

表 撮像条件

シーケンス	3D-FSE
TR[msec]	400
TE[msec]	30
FOV[mm x mm]	100 x 80
計測マトリクス	192 x 176
スライス厚[mm]	1.1
NSA	1
ETL	5
撮像時間	11m49s 5m55s



金沢大学
KANAZAWA
大学院医学部
放射線学

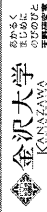
MRI撮像風景

・腕用コイルを使用



固定具

・吸入麻酔薬イソフルランを用いて気化麻酔で眠らせた



金沢大学
KANAZAWA
大学院医学部
放射線学

MRI解析

画像から信号強度を求めた
(目的臓器(腎臓,肝臓)が入るスライスでROIをとる)

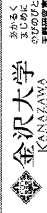
各time point のT1値・R1値(緩和度)を算出

$$T_1 = \frac{-TR_1}{\ln\left(\frac{I_2 - I_1}{I_1}\right)} \quad \dots (1) \quad (T_1: TR_1 \text{ の } T1 \text{ 値}, I_1: TR_1 \text{ の 信号強度}, I_2: TR_2 \text{ の 信号強度}, TR_1 = 200, TR_2 = 400)$$

$$R_1 = \frac{1}{T_1} \quad \dots (2) \quad (R_1: \text{時間} t \text{ における } R1 \text{ 値}, T_1: \text{時間} t \text{ における } T1 \text{ 値})$$

$$T_t = \frac{-TR_t}{\ln\left\{\frac{-I_t}{I_{1h}}(1 - \exp(-TR_t/T_{1h})) + 1\right\}} \quad \dots (3) \quad (\text{式}(3) \text{ は造影剤投与後 } 1 \text{ h} \text{ の 値 を 基準とした})$$

各種補正を行った後、標準溶液から作成した濃度-緩和度曲線(線形)よりGd濃度を算出



金沢大学
KANAZAWA
大学院医学部
放射線学

(2)放射化分析

試料：造影剤投与2日後の撮像終了後、解剖し、9組織を採取、凍結乾燥させ、密封したもの

標準試料：Bowen's Kale, Bovine Liver, $Gd(NO_3)_3$ (1mg/1mL), Omniscan

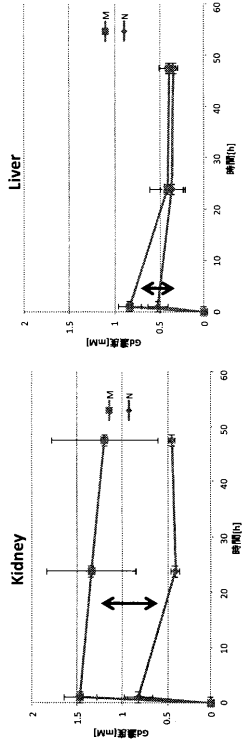
照射時間：short(5m), long(1h)

輸送管：Pn-3→N1·N2·M1, Tc-Pn→M2·M3·N3

測定器：Ge半導体検出器でγ線スペクトルを計測

[short→照射終了直後(1m), 15m after(1m), 2h after(5m)

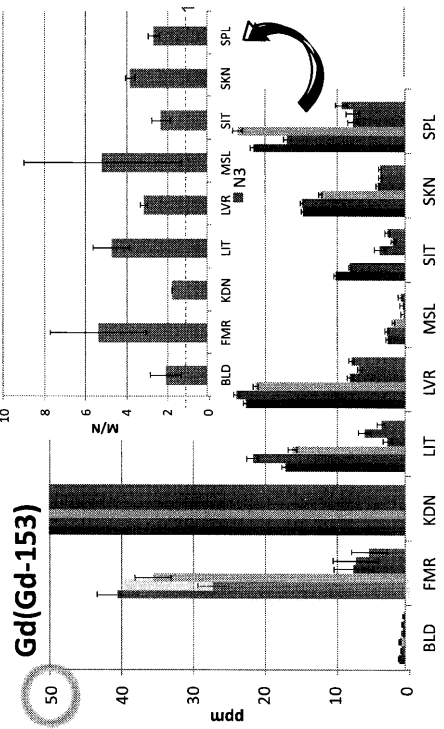
long→照射6d after(3m), 3~4w after(3h)



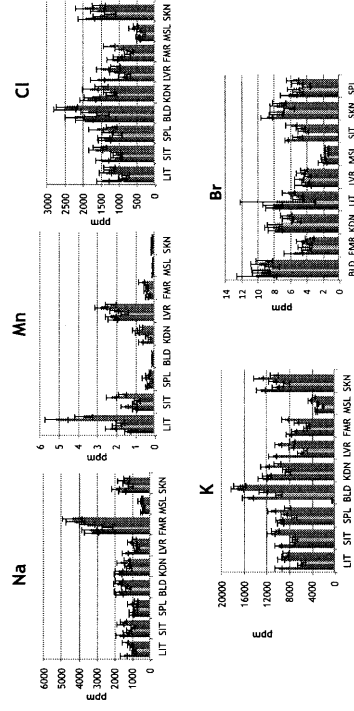
(1)MRI

腎不全モデルと健常の間に、
Gd濃度の減少に違いあり

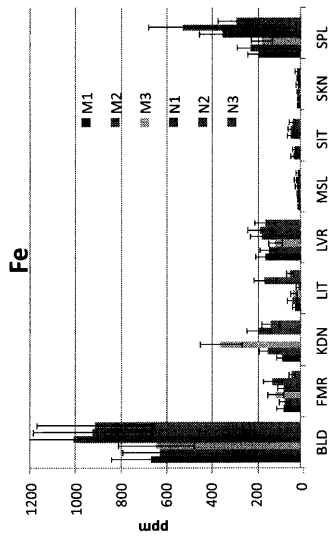
(2)放射化分析 ①Gd



(2)放射化分析 ②体内微量元素

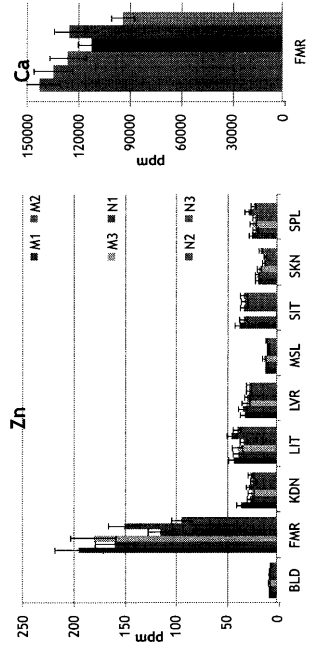


(2)放射化分析 ②体内微量元素



血液・脾臓においてFeの量が
腎不全モデルの方で低下している

(2)放射化分析 ②体内微量元素



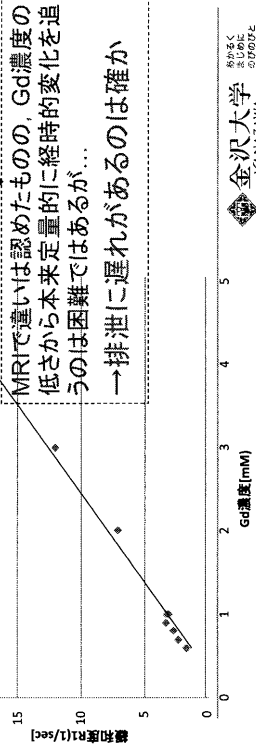
骨においてZn, Ca量が
腎不全モデルの方で増加している

Gd量

・(MRIの予備実験より)

Gd濃度と緩和度との関係
約0.6~4mMの間で線形

(放射化分析より)
2日後のGd残留量は
MRI直線性範囲以下の
微量で違い



MRIで違いは認められたものの、Gd濃度の
低さから本来定量的に経時的変化を追
うのは困難ではあるが...

→排泄が遅れがあるのは確か

Gd量

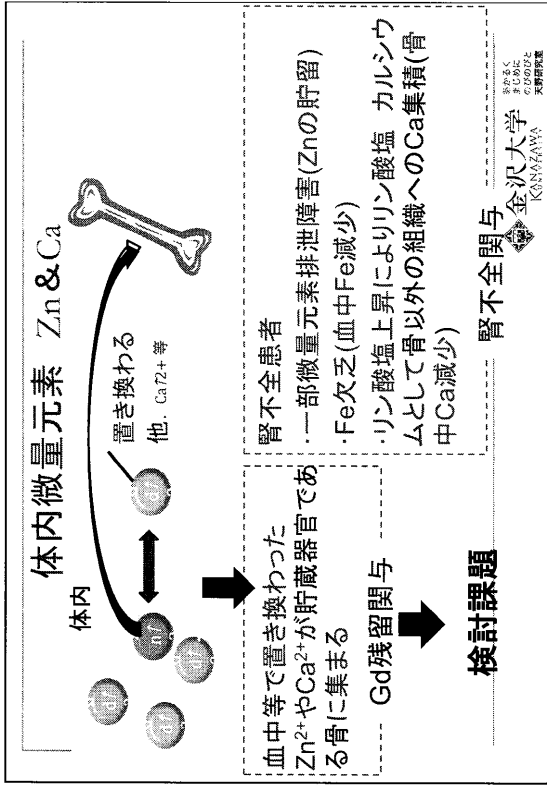
(放射化分析より)

2日後のGd残留量は
MRI直線性範囲以下の
微量で違い

MRIで違いは認められたものの、Gd濃度の
低さから本来定量的に経時的変化を追
うのは困難ではあるが...

→排泄が遅れがあるのは確か

Gdが骨に沈着する
という仮説は正しい



腎不全モデルラットにおいて

- MRIで検出できない量で Gdの分布の変化をみることができた
- 体内微量元素の分布の変化をみることができたが、Gd残留による影響がどれくらいなのかは特定できない

↓

- ・造影剤投与無の腎不全モデル
- ・Gdの up take rate を高くとした Gd 大量残留モデルなどで今後検討を要する。

あひらく まじかに せぶひに 大田原校
金沢大学
KANAZAWA UNIVERSITY

研 究 会 報 告

平成 22 年度京都大学原子炉実験所専門研究会

[2011 年 1 月 25 日]

京都大学原子炉実験所専門研究会に出席して

上智大学理工学部物質生命理工学科

木川田喜一

2011 年 1 月 25 日に京都大学原子炉実験所において、専門研究会「京大炉(KUR)における総合的微量元素計測システムの構築と応用」が開催された。この研究会は、例年、放射化分析研究会の「冬学校」を兼ねて開催されているものである。今回の研究会では計 11 件の発表が行われ、活発な議論が交わされた。これまで数年にわたり、この研究会ではアジア諸国の教育研究機関に所属する研究者との交流が持たれてきたが、今回は国内機関からの参加者のみであったため、昨年までに較べてややこぢんまりとした印象ではあった。しかし、その一方で、フランクで自由闊達な議論が存分に行われることとなり、かしくまった雰囲気の学会的なものとは異なる、研究会としての良い雰囲気が漂っていたように思う。ある程度まとまった研究成果を形式に則って報告することに捕らわれず、現在進行形の研究を紹介・提示し、オープンな雰囲気で自由に意見交換を行うことができるこのような研究会の大切さを改めて感じたものである。

なお、今回は昼食後に京大炉の見学会が設定され、希望者は京大炉の施設見学をすることができた。私個人としては、これまで、放射化分析のために武蔵工大炉、立教炉、原研炉を利用させていただいてきたが、京大炉を実際に見させていただくのは初めてであり、とても良い機会となった。このような機会を設けていただいた関係各位に感謝したい。

開催報告

京大原子炉 関本俊

平成 22 年度京都大学原子炉実験所専門研究会「京大炉 (KUR) における総合的微量元素計測システムの構築と応用」が平成 23 年 1 月 25 日 (火) に所外の研究者 13 名を迎えて開催されました。研究会においては、JAEA の研究炉を用いた機器中性子放射化分析(INAA)の結果に関する講演が 3 件、KUR を用いた INAA の結果に関する講演が 2 件、即発ガンマ線分析の結果に関する講演が 3 件、光量子放射化分析の利用に関する講演が 2 件、国内の研究用原子炉施設の現状報告及びその利用に関する紹介が 2 件ありました。また分野別にみると、宇宙地球科学分野に関する講演が 8 件、医療分野が 1 件、その他の分野が 3 件でした。

京大炉 (KUR) は、当初の予定よりだいぶ遅れましたが、平成 22 年 5 月に運転を再開し、それに伴い共同利用も再開しました。平成 23 年度の専門研究会は、「放射化分析を用いた微量元素分

研 究 会 報 告

平成 22 年度京都大学原子炉実験所専門研究会

[2011 年 1 月 25 日]

京都大学原子炉実験所専門研究会に出席して

上智大学理工学部物質生命理工学科

木川田喜一

2011 年 1 月 25 日に京都大学原子炉実験所において、専門研究会「京大炉(KUR)における総合的微量元素計測システムの構築と応用」が開催された。この研究会は、例年、放射化分析研究会の「冬学校」を兼ねて開催されているものである。今回の研究会では計 11 件の発表が行われ、活発な議論が交わされた。これまで数年にわたり、この研究会ではアジア諸国の教育研究機関に所属する研究者との交流が持たれてきたが、今回は国内機関からの参加者のみであったため、昨年までに較べてややこぢんまりとした印象ではあった。しかし、その一方で、フランクで自由闊達な議論が存分に行われることとなり、かしくまった雰囲気の学会的なものとは異なる、研究会としての良い雰囲気が漂っていたように思う。ある程度まとまった研究成果を形式に則って報告することに捕らわれず、現在進行形の研究を紹介・提示し、オープンな雰囲気で自由に意見交換を行うことができるこのような研究会の大切さを改めて感じたものである。

なお、今回は昼食後に京大炉の見学会が設定され、希望者は京大炉の施設見学をすることができた。私個人としては、これまで、放射化分析のために武蔵工大炉、立教炉、原研炉を利用させていただいてきたが、京大炉を実際に見させていただくのは初めてであり、とても良い機会となった。このような機会を設けていただいた関係各位に感謝したい。

開催報告

京大原子炉 関本俊

平成 22 年度京都大学原子炉実験所専門研究会「京大炉 (KUR) における総合的微量元素計測システムの構築と応用」が平成 23 年 1 月 25 日 (火) に所外の研究者 13 名を迎えて開催されました。研究会においては、JAEA の研究炉を用いた機器中性子放射化分析(INAA)の結果に関する講演が 3 件、KUR を用いた INAA の結果に関する講演が 2 件、即発ガンマ線分析の結果に関する講演が 3 件、光量子放射化分析の利用に関する講演が 2 件、国内の研究用原子炉施設の現状報告及びその利用に関する紹介が 2 件ありました。また分野別にみると、宇宙地球科学分野に関する講演が 8 件、医療分野が 1 件、その他の分野が 3 件でした。

京大炉 (KUR) は、当初の予定よりだいぶ遅れましたが、平成 22 年 5 月に運転を再開し、それに伴い共同利用も再開しました。平成 23 年度の専門研究会は、「放射化分析を用いた微量元素分

析の現状」というタイトルで開催予定（開催時期は未定）です。平成 22 年度の研究会では、ほとんどが宇宙地球科学分野に関する講演でしたが、今後、より幅広い分野において、より活発に放射化分析法が利用されることを目指し、特に、食品分野に代表される農学系の分野や考古学分野からも積極的に講演を募集することを計画しています。

中性子放射化分析は、再開後も休止前と同様、KUR の共同利用研究の重要な柱として位置づけられており、共同利用再開後 1 年以上が経過する来年度の研究会では、KUR を用いた研究結果の紹介、報告等をより多く募集する予定です。平成 23 年度の専門研究会についてはあらためてお知らせしますが、多くの講演が行われ、活発な議論が展開されることを期待しています。

京大炉(KUR)における総合的微量元素計測システムの構築と応用 プログラム

瀧本真己（京大院工）

「インクジェットプリンターを利用した簡便で高精度な中性子分布測定法の開発」

○起孝志，小森昌史，小豆川勝見，松尾基之（東大院総合）

「底質中のトリウム，セリウム，ウラン濃度を指標とした東京湾深堀内の貧酸素水塊の評価」

○三浦亜由美(立正大)，齊藤裕子(青山学院大)，福岡孝昭，田澤雄二(立正大)

「南極ドーム Fuji 切削水中の宇宙塵の降下量」

M. Amirul Islam

「Multiple Prompt Gamma-ray Analysis (MPGA) and Prompt Gamma-ray Analysis (PGA) techniques for the elemental analysis of geochemical and cosmochemical samples」

白井直樹

「放射化分析による宇宙化学的試料の分析」

関本俊

「再開後の KUR & その他」

松江秀明

「原子力機構における研究炉利用の現状」

○松四雄騎・末木啓介・笹公和・高橋務

「岩石中の宇宙線生成核種 ^{36}Cl の定量による地表面削剥プロセスの推定」

大浦泰嗣

「中性子放射化分析法による鉄隕石中の Mn 定量の可能性」

鷲山幸信

「医療用 Gd 造影剤投与後の Gd および生体微量元素のラット体内分布に関する基礎検討」

相澤省一

「機器中性子放射化分析法による海底堆積物標準試料(JMS-1, JMS-2)及び土壌標準試料(JSO-1)中の微量元素の定量」

*13th International Conference on Modern Trend in Activation Analysis
(MTAA-13)* [2011年3月13-18日]

MTAA-13 に参加して

東大院(総合文化研究科) 小豆川勝見

首都大学東京で MTAA-12 が開催されたのが 2008 年のことであった。このとき私は初めて国際学会というものに参加したのであるが、国内しかもラボから電車で僅か 1 時間という距離がかえって学会期間中に学内の複数の用事を持ち込んでしまう要因になってしまった。MTAA-13こそ学会に専念するぞと意気込んでいた訳である。

東大から単身乗り込んだ MTAA-13 はアメリカ合衆国テキサス州 Texas A&M University で開催された。この大学は 1961 年に MTAA が初めて開催された場所であり、ちょうど 50 年経ってまた原点の場所に回帰して開催されたという経緯がある。

私事であるが、この MTAA-13 へ参加する事には大変な困難があった。成田空港からのフライトを予定されていた方であれば恐らく同じ境遇であったと思われるが、私の往路のフライトは 3 月 12 日、東日本大震災の翌日であった。交通網の混乱によって自宅から成田までたどり着くのに 5 時間以上、空港では飛ぶとも飛ばずとも連絡の無いまま待ち続け、何時間待ったか分からない頃にどうにかこうにか飛び立つことができた。仕方のないことではあるが、参加する前から大いに気が萎えたことは事実である。

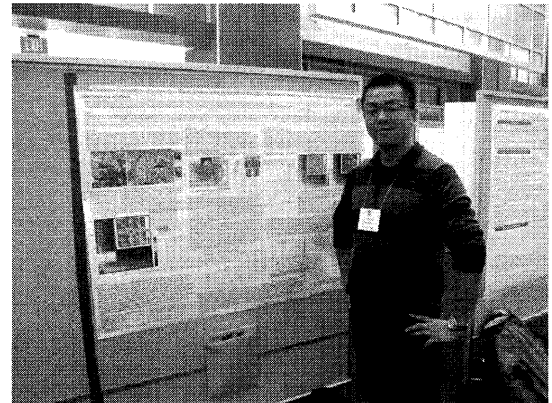
しかし、会場にたどり着くまでの間にその気持ちは一変した。ヒューストン国際空港の警備の強面も、道を尋ねたランナーも、ホテルのスタッフも、皆が皆、私が日本人であることが分かると丁寧なお見舞いの言葉をかけてくれた。海軍に友人がいるというホテルスタッフは、「俺の友達が昨日日本に急いで向かった、安心してくれ!」と言ってくれた。受験勉強で覚えて以来、初めて会話で appreciate という単語を使ったように思う。むろん、会場では福島第一原発の話題で持ちきりだった。お昼時に議論してみたところ、合意点は 1)放水(当時は海水)が冷却に効いている、2)風評被害が怖い(都心は反応が過剰)、3)すべての炉の廃炉はやむを得ない、であった。事故から数ヶ月経った今でも当時の考え方に間違いはなかったと思われる。

さて、本題の MTAA-13 であるが、参加者は合計 193 名、発表数は口頭が 84 件、ポスターが 112 件と公式サイトに掲示されている。私を含め、首都大学東京の大浦先生、大学院生の Amirul さんが JRR-3M のビームホールに設置された多重即発ガンマ線分析(MPGA)法を分析法に用いた研究報告であった。私はポスター発表であったが、事前に short presentation をビデオ撮りして、その内容をコアタイム前の講演会場に流すという大変ユニークな形式であった。MPGA 組に対する聴衆の反応は概ね好評であったが、莫大な費用が発生する機器に対して期待されているほど精度・確

度が出ていない指摘があがった。これに対しては聴衆にいた Dr.Chatt から”innovative!”の一声があった。大変ありがたいコメントではあるが、この言葉に甘えることなく今後改善を進めていきたいと考えている。

個人的には、Wien大学のDr.Koeberlはじめ Portugal の Mr.Nuno ら多くの方と親交を深めることができた。ここで得られた経験や交友関係は今後の研究生活の大きなモチベーションとなり、出発時とは全く異なる気持ちで帰国することができた。

今回の渡航にあたり放射化分析研究会から MTAA-13 への参加助成を頂きました。この場を借りて深く御礼申し上げます。



MTAA-13 に参加して

京大炉 関本 俊

2011 年 3 月に、米国テキサス州カレッジステーションのテキサス A&M 大学で行われた MTAA-13 に参加した。本国際会議への参加にあたり、筆者は放射化分析研究会より旅費の補助を受けた。ここでは、まずそのことについて感謝申し上げます。

筆者を含めた京大原子炉からの参加者 4 名は、会議にフル参加すべく、3 月 13 日の夕方から始まるレセプションにも間に合うように、3 月 12 日の夕方に関西空港を出発する予定であった。しかし、前日に起こった東日本大震災の影響により、成田空港から出国できなかつた大勢の外国人が関空からの出国を余儀なくされていたため、会議の初日に発表が予定されていなかった我々は、「やむを得ない理由が無い場合は、翌日の同じ便に変更してほしい」という航空会社の要望を受け入れ、予定を一日遅らせて、3 月 14 日の会議初日の午後のセッションから参加することとなった。

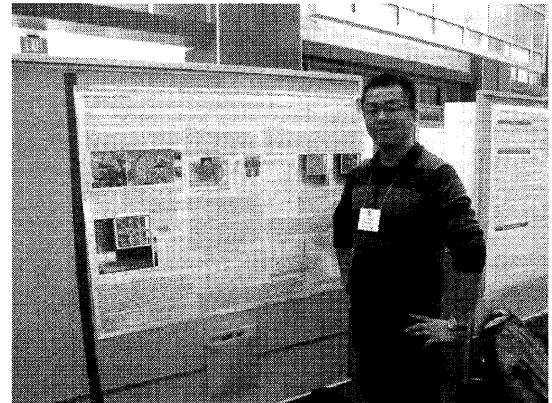
会議で印象に残っていることを二つ挙げる。一つは、許可を得た講演者のみ口頭発表を録画していたことである。後日、この様子は MTAA-13 の公式ウェブサイトプログラムにリンクしてアップされており、興味深いと思ったり、気になった発表は、その内容をこのサイトから再確認することが可能である。もう一つは、ポスター発表についてもそれらの内容をレビューするショートプレゼンテーションが実施されたことである。これについては、国内の他の学会等でも行われたことがあるが、どのような内容のポスターを、どの人が発表しているかを把握するには、良い企画であると再確認した。

個人的には MTAA は二度目の参加であり、前回の参加は首都大学東京で開催された MTAA-12 であった。前回においては、筆者自身が国際会議での初めての口頭発表を経験したこと、またそれが非常に苦い思い出として残っていることから、今回はそうはならないようにと意気込んで（とい

度が出ていない指摘があがった。これに対しては聴衆にいた Dr.Chatt から”innovative!”の一声があった。大変ありがたいコメントではあるが、この言葉に甘えることなく今後改善を進めていきたいと考えている。

個人的には、Wien 大学の Dr.Koeberl はじめ Portugal の Mr.Nuno ら多くの方と親交を深めることができた。ここで得られた経験や交友関係は今後の研究生生活の大きなモチベーションとなり、出発時とは全く異なる気持ちで帰国することができた。

今回の渡航にあたり放射化分析研究会から MTAA-13 への参加助成を頂きました。この場を借りて深く御礼申し上げます。



MTAA-13 に参加して

京大炉 関本 俊

2011 年 3 月に、米国テキサス州カレッジステーションのテキサス A&M 大学で行われた MTAA-13 に参加した。本国際会議への参加にあたり、筆者は放射化分析研究会より旅費の補助を受けた。ここでは、まずそのことについて感謝申し上げます。

筆者を含めた京大原子炉からの参加者 4 名は、会議にフル参加すべく、3 月 13 日の夕方から始まるレセプションにも間に合うように、3 月 12 日の夕方に関西空港を出発する予定であった。しかし、前日に起こった東日本大震災の影響により、成田空港から出国できなかつた大勢の外国人が関空からの出国を余儀なくされていたため、会議の初日に発表が予定されていなかった我々は、「やむを得ない理由が無い場合は、翌日の同じ便に変更してほしい」という航空会社の要望を受け入れ、予定を一日遅らせて、3 月 14 日の会議初日の午後のセッションから参加することとなった。

会議で印象に残っていることを二つ挙げる。一つは、許可を得た講演者のみ口頭発表を録画していたことである。後日、この様子は MTAA-13 の公式ウェブサイトプログラムにリンクしてアップされており、興味深いと思ったり、気になった発表は、その内容をこのサイトから再確認することが可能である。もう一つは、ポスター発表についてもそれらの内容をレビューするショートプレゼンテーションが実施されたことである。これについては、国内の他の学会等でも行われたことがあるが、どのような内容のポスターを、どの人が発表しているかを把握するには、良い企画であると再確認した。

個人的には MTAA は二度目の参加であり、前回の参加は首都大学東京で開催された MTAA-12 であった。前回においては、筆者自身が国際会議での初めての口頭発表を経験したこと、またそれが非常に苦い思い出として残っていることから、今回はそうはならないようにと意気込んで（とい

うほどでもないが) 臨んだつもりであった。そして、自分の発表が終わった直後は、前回よりはるがいぶんマシな発表をしたつもりでいた。しかし帰国後、上記サイトより自身の発表の様子を確認したところ、大して上手に発表できているわけでもないことが判明し、やはり、国際会議での口頭発表は、今後も心して準備しなければならないと思う今日この頃である。

50 回記念 MTAA-13 参加報告

首都大学東京大学院理工学研究科
大浦泰嗣

東日本大震災直後の 2011 年 3 月 13 日から 18 日に開催された MTAA-13 に参加した。MTAA-10 から参加しているのが今回で 4 回目である。第 1 回の MTAA-1 は、1961 年にアメリカの Texas A&M 大学で開催された。第 13 回の MTAA-13 は、50 周年となる本年 2011 年に MTAA-1 の開催地であった Texas A&M 大学で再び行われた。29 カ国から 174 名の参加があり、口頭 84 件、ポスター 112 件の発表があった。日本からは、13 名が参加した。

会議は、13 日夕方の welcome reception から始まった。この reception の会場は、George Bush Presidential Library & Museum で、俗にいうパパブッシュゆかりの品々や彼の功績が展示されていた。14 日からは、会場を Interdisciplinary Life Science Building にうつし、MTAA-1 の実行委員長であった Wainberdi 名誉教授による MTAA の歴史の紹介から scientific program がスタートした。その後、急逝された故 Fritz Grass 教授記念セッションが行なわれた。実は、Grass 教授を全く知らなかったのだが、特に短寿命核種を用いた INAA で先駆的な仕事をたくさんされてきた方であったことを知った。

MTAA では毎回 Hevesy 賞の授与式が行われる。本会では 2010 年と 2011 年にそれぞれ受賞された Darleane C. Hoffman カリフォルニア大学名誉教授と Peter Bode デルフト工科大学准教授が表彰された。D.C.Hoffman 名誉教授は、自然界での ^{244}Pu の発見、自発核分裂の研究、重元素の発見など 60 年にわたる放射分析化学への貢献により受賞された。"Development, Relevance, and Applications of 'Atom-at-a-Time' Techniques"と題した受賞講演が初日であった。Bode 准教授は、オランダのデルフト工科大学で中性子放射化分析を用いた研究に従事され、開発途上国での INAA の指導を頻繁に行われている。INAA 定量値の品質保証、INAA の大型試料への適用、ならびに核科学の教育の貢献によりこの度受賞された。Bode 教授は、首都大学東京で開催した MTAA-12 では、国際放射化分析委員会(ICAA)の会議録担当委員として会議録出版準備のため、会期後再来日してくれた。誠実な人柄で、短期間で多くの作業をこなしていただいた。Bode 先生の受賞講演 "Opportunities for Innovation in Neutron Activation Analysis"はバンケットで行なわれたが、お酒が入っていたこともあり、うとうとしていて内容については・・・

14 日午後から一般セッションがはじまった。口頭発表は 1 会場で行われたため、どの会場で講

うほどでもないが) 臨んだつもりであった。そして、自分の発表が終わった直後は、前回よりはるがいぶんマシな発表をしたつもりでいた。しかし帰国後、上記サイトより自身の発表の様子を確認したところ、大して上手に発表できているわけでもないことが判明し、やはり、国際会議での口頭発表は、今後も心して準備しなければならないと思う今日この頃である。

50 回記念 MTAA-13 参加報告

首都大学東京大学院理工学研究科
大浦泰嗣

東日本大震災直後の 2011 年 3 月 13 日から 18 日に開催された MTAA-13 に参加した。MTAA-10 から参加しているのが今回で 4 回目である。第 1 回の MTAA-1 は、1961 年にアメリカの Texas A&M 大学で開催された。第 13 回の MTAA-13 は、50 周年となる本年 2011 年に MTAA-1 の開催地であった Texas A&M 大学で再び行われた。29 カ国から 174 名の参加があり、口頭 84 件、ポスター 112 件の発表があった。日本からは、13 名が参加した。

会議は、13 日夕方の welcome reception から始まった。この reception の会場は、George Bush Presidential Library & Museum で、俗にいうパパブッシュゆかりの品々や彼の功績が展示されていた。14 日からは、会場を Interdisciplinary Life Science Building にうつし、MTAA-1 の実行委員長であった Wainberdi 名誉教授による MTAA の歴史の紹介から scientific program がスタートした。その後、急逝された故 Fritz Grass 教授記念セッションが行なわれた。実は、Grass 教授を全く知らなかったのだが、特に短寿命核種を用いた INAA で先駆的な仕事をたくさんされてきた方であったことを知った。

MTAA では毎回 Hevesy 賞の授与式が行われる。本会では 2010 年と 2011 年にそれぞれ受賞された Darleane C. Hoffman カリフォルニア大学名誉教授と Peter Bode デルフト工科大学准教授が表彰された。D.C.Hoffman 名誉教授は、自然界での ^{244}Pu の発見、自発核分裂の研究、重元素の発見など 60 年にわたる放射分析化学への貢献により受賞された。"Development, Relevance, and Applications of 'Atom-at-a-Time' Techniques"と題した受賞講演が初日であった。Bode 准教授は、オランダのデルフト工科大学で中性子放射化分析を用いた研究に従事され、開発途上国での INAA の指導を頻繁に行われている。INAA 定量値の品質保証、INAA の大型試料への適用、ならびに核科学の教育の貢献によりこの度受賞された。Bode 教授は、首都大学東京で開催した MTAA-12 では、国際放射化分析委員会(ICAA)の会議録担当委員として会議録出版準備のため、会期後再来日してくれた。誠実な人柄で、短期間で多くの作業をこなしていただいた。Bode 先生の受賞講演 "Opportunities for Innovation in Neutron Activation Analysis"はバンケットで行なわれたが、お酒が入っていたこともあり、うとうとしていて内容については・・・

14 日午後から一般セッションがはじまった。口頭発表は 1 会場で行われたため、どの会場で講

演を聞くか迷うこともなく、ゆったりと聞くことができた。研究炉施設や方法論、様々な応用分野等のテーマごとに発表が行われた。本会の focus の一つは、"Renewal and revitalization"で、これまでの施設の歩みや研究経過を振り返るとともに今後の計画に関する講演が多かった。また、新しい施設として中国の新研究炉 CARR の紹介、この CARR、韓国 HANARO 炉、ポルトガル RPI 炉での即発γ線分析(PGAA)装置の新設計画の講演があった。この他にも PGAA 装置の設置を希望している炉は多いと聞く。PGAA で先駆的な研究を展開しているハンガリーの Revay 氏は、原子力機構 JRR-3 の PGAA 装置は世界一の装置であると紹介され、利用者としてうれしく感じた。考古学分野の講演では、資料の元素組成分析には PGAA が一番よい、との発表もあった。残留放射能のほとんどない非破壊分析法である PGAA は今後益々利用が増えていくものと期待できる。

MTAA-13 では、新しい試みが行われた。一つは、各応用分野でのセッションのはじめに行なわれた当該分野の概観や放射化分析の役割に関する review 講演で、講演者は必ずしも自ら放射化分析を行っている研究者とは限らないのが特徴である。現在では、放射化分析は微量元素分析の一つの方法であり、いかにその特徴をうまく利用し、科学を展開していくかのヒントを与える講演であった。2つめは、ナノマテリアル、考古学、核犯罪科学の3分野での特別シンポジウムである。通常の間頭発表セッションで3分野のオーガナイザーによる review 的講演があり、buffet dinner をとった後、3会場にわかれ、シンポジウムが開始された。約1時間の間頭発表のあと、ポスター発表があった。間頭発表者は、ポスター発表も行うのが特徴である。3つめは、ポスター発表者の間頭による1分間の研究紹介である。これは、事前にビデオ撮影され、ポスターセッションの前に会場で流された。本会では、すべての間頭発表もビデオ撮影されており、その多くは web 上で見ることができる。MTAA-13 のホームページ(<http://tti.tamu.edu/conferences/mtaa13/>)からビデオへのリンク付の最終プログラムがダウンロードできるので、ご興味ある方はどうぞ。なお、残念ながらポスター発表者のビデオは見られません(筆者はほっとしています)。

本会のもう一つの focus は"Participation by students/young scientists"で、事前に Travel Award の募集が行なわれ、要旨の審査によって、16名の学生/若手研究者に参加費免除と旅費の援助が行われ、懇親会で表彰された。日本から下記5名が選ばれた(敬称略): M. Amirul Islam(首都大)、奥村良(京大)、関本俊(京大)、瀧本真己(京大)、三浦亜由美(立正大)。おめでとうございます。

アメリカへ発つ2日前、筑波大のタンデム加速器で実検している時に震災が起き、自動車でかなりの時間をかけ帰宅した。翌日、大学でポスターを印刷し、Ge 検出器の処置だけして、帰宅したら、福島原発で爆発のニュース。アメリカへ行かず大学で放射能モニタリングをすべきでは、と思ったが、沈静化したような官房長官発表があったので、羽田空港へ。出発2時間前に到着したが、チェックインの列はなかなか短くならず、走って搭乗ゲートへ。デトロイトで国内線に乗り換えるのだが、指紋採取器の不具合とかで入国審査に2時間待ち。デルタ空港職員にチケットを見せると「Hurry. Hurry.」機内で腕時計の時刻を合わせることができず、入国審査場には時計がなく、正確な現地時間がわからなかったのだが、時差から時刻を考えてそんなに急ぐ必要はないはずなのに、と思いつつも足早にターミナルへ。搭乗ゲートの確認のため案内板を見るが、搭乗するはずのフラ

イトがのってない。案内板に表示されている時刻はなんと出発 10 分前。案内コーナーのおじさんに搭乗口を尋ねて、光のトンネル(帰路でその美しさを実感)と呼ばれる長い連絡通路を走りぬけて搭乗。予想外にぎりぎりになった理由はホテルについて判明。ちょうどこの日から、夏時間が始まっていたのであった。

ホテルでテレビをつけると、連日、津波と原発事故の報道がされていた。爆発シーンが何度も繰り返し放映されていた。やはり来るべきではなかったと思いつつも、他人事のように 1 週間会議を楽しんだ(車がないとどこにも出かけられないので、毎日、ホテルと会場の往復だけ)。水曜午後のセッションは 15 時で終了し、バスでヒューストン市内の Houston Livestock Show and Rodeo へ移動。本場のロデオを楽しんでね、という企画で、帰りの出発時間の案内もなくバスから降ろされ、巨大なスタジアムへ。牛の背中から振り落とされないようにがんばってしがみつくのがロデオかと思っていたが、この他にもいろいろな競技があること、賞金をかけて戦っていることも初めて知った。ロデオとライブがセットになっており、当日は、テキサス出身の歌姫 Marinda Lambert のライブだった。知っている曲が 1 曲あったが、彼女のオリジナルなのかカバーなのかは定かではない。ロデオとともに観客の盛り上がりは大変なもので、すごい熱狂ぶりだった。最後まで楽しんで、ホテルに着いたのは、日が変わった 1 時であった。

前回の MTAA-12 で事務局を担当したので、会の運営に気がひかれた。1 会場だけということもあるが、会期中の運営のスタッフの数がわずかで、MTAA-12 では、研究室の学生を総動員して運営に当たったのとは大違いである。全般的に簡素であったが充実した会議であった。日本は、英語圏ではない、欧米から遠いという面があるが、MTAA-12 の準備/運営はいろいろ気を使いすぎたのかなあ、と思ったしだいである。会議録は、J. Radioanal. Nucl. Chem.誌に peer review 後掲載されるが、本稿執筆時で、JRNC 誌のホームページで online first としてすでに公表されており、そのスピードにも驚いている。(時同じくして、APSORC2009 の会議録の校正刷りが届いた...)

最終日の閉会式において、福島原発事故に際して"Concerning monitoring of radioactivity from the nuclear reactors at the Fukushima Dai-ichi power plant."と題した下記の決議がされた。

March 18, 2011

Concerning monitoring of radioactivity from the nuclear reactors at the Fukushima Dai-ichi power plant.

This is an offer of support from nuclear scientists attending the 13th International Conference on Modern Trends in Activation Analysis (MTAA-13).

Following the tragic earthquake and tsunami in Japan we are observing during our gathering the evolving crisis at the damaged nuclear reactors of the Fukushima Dai-ichi power plant. We express our sympathy to the people of Japan, our condolences to those who have lost their loved ones, their friends, their colleagues in

this incredible act of nature. We regret that beyond these losses we all now struggle with a nuclear crisis in motion.

As scientists with vast collective expertise on nuclear reactors, radioactivity, radioecology, and the effects of ionizing radiation, we would like to offer our help to the Japanese who are working heroically to minimize the releases of radioactivity and their effects on the population. This nuclear crisis requires that this scientific community stands together and shares their experience and knowledge on how to move from uncertainty to the certainty of accurate, reliable data.

We can help with the collection and management of samples of air particulates, soil, water, plant, and food materials and the measurement of radioactivity, down to the detection of the tiniest amounts of radionuclides. In particular conveying the experience of scientists involved in the assessments in the aftermath of the Chernobyl accident should be a great asset to the Japanese people. The Japanese scientists among us would also like to help with communications to the public. We have therefore compiled a list of available scientists from our community with their areas of expertise and contact e-mail address.

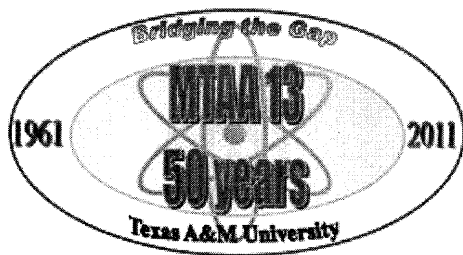
ICAA ホームページ(<http://www.icaa-mtaa.org/>)より

原発事故に関連した試料の測定等の協力を申し出ていただいた。今だ事故収束の見通しは明るくないようであるが、せっかくの申し出を無駄にしないで有効に活用できないでしょうか。 .

原発事故が研究炉の存続に影響を与えうるのかどうかわからないが、次の 50 年に向かって少しでも貢献していきたいと思う。

本会議参加にあたり、放射化分析研究会より旅費の援助をいただきました。感謝いたします。

(日本放射化学会 放射化学ニュースの原稿を加筆・修正した)



いたるところにあったテキサス A&M 大学のロゴ。毎日利用した送迎バスのシートもロゴだらけ。

Monday Morning, March 14

- 8:30 a.m. Conference Opening Remarks E.A. Schweikert and W.D. James, Co-chairs
University Welcome Texas A&M President R. Bowen Loftin
- 8:50 a.m. Session: MOAMA MTAA Anniversary Historical Review Richard E. Wainerdl, Honorary Chair
- 9:20 a.m. Session: MOAMB Fritz Grass Memorial Session Rolf Zeisler, Chair
- 9:20 303 PROFESSOR FRITZ GRASS AND I/O FACTORS FOR SHORT TIME NAA, Franz De Corte, University of Gent and Research Foundation-Flanders, Belgium
- 9:40 325 CYCLIC NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS HYPERENATED WITH HPLC-MS/MS FOR STUDY OF FLUORINATED POLLUTANTS VIA SHORT-LIVED NUCLIDE F-20, Hong Zhang, Zhifang Chai, Shenzhen University, China
- 10:00 324 ARE THERE STILL CHALLENGES AFTER 41 YEARS OF SHORT HALF-LIFE MEASUREMENTS AT REACTOR INSTITUTE DELFT, Peter Bode, Delft University of Technology, The Netherlands
- 10:20 320 ILLICIT UTILIZATION OF ARSENIC COMPOUNDS IN FIREWORKS? -AN ANALYSIS OF THE SUSPENDED PARTICLE EMISSION DURING VIENNA'S NEW YEAR FIREWORKS 2007 AND 2008, Johannes H. Sterba, Fritz Grass, Georg Steinhäuser, Johann Wernisch, Max Bichler, Atominsttitut, Vienna University of Technology, Austria
- 10:40 - 11:00 a.m. Coffee Break
- 11:00 a.m. 2010 Hevesy Medal Ceremony Amares Chatt, Chair
- 304 DEVELOPMENT, RELEVANCE, AND APPLICATIONS OF "ATOM-AT-A-TIME" TECHNIQUES, Darleane C. Hoffman, University of California at Berkeley, USA
- 12:00 - 1:00 p.m. Lunch Break

Monday Afternoon, March 14

- 1:00 p.m. Session: MOPMA Facility and Method Development (I) Zhifang Chai and Peter Bode, Chairs
- Time Log
- 1:00 218 TRENDWATCHER OR TRENDSETTER; 50 YEARS OF MTAA, Marcel de Bruin, Peter Bode, Technical University of Delft, Delft, The Netherlands
- 1:20 311 NAA FACILITIES OF CHINA ADVANCE RESEARCH REACTOR AT CIAE, Bangfa Ni, Donghui Huang, Caijing Xiao, Hongchao Sun, Guiying Zhang, Cunxiong Liu, Pingsheng Wang, Haiqing Zhang, Weizhi Tian, China Institute of Atomic Energy, China
- 1:40 119 MONTE CARLO SIMULATIONS FOR A NEW APPROACH TO PARAMETRIC NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS AT MURR, Nickie J. Peters, John D. Brockman, John D. Robertson, University of Missouri, USA
- 2:00 286 APPLICABILITY OF LAB₃ SCINTILLATION DETECTORS TO PGNAA APPLICATIONS, A. Favallini, V. Mozin, Los Alamos National Laboratory, USA
- 2:20 317 RECENT ADVANCES IN THE USE OF ASEDRA IN POST-PROCESSING SCINTILLATOR SPECTRA FOR RESOLUTION ENHANCEMENT, Glenn E. Sjoden, James Maniscalco, Mac Chapman, Georgia Institute of Technology, USA
- 2:40 - 3:10 p.m. Coffee Break
- 3:10 p.m. Session: MOPMB Facility and Method Development (II) Zhifang Chai and Peter Bode, Chairs
- Time Log
- 3:10 269 NON-DESTRUCTIVE, MULTI-ELEMENT AND SITE-SELECTIVE ANALYSIS OF BULK MATERIALS BY MUONIC X-RAY, M.K. Kubo, K. Niinomi, T. Nagatomo, P. Strasser, N. Kawamura, K. Shimomura, Y. Miyake, T. Saito, W. Higemoto, International Christian University, Japan
- 3:30 248 IRRADIATION AND MEASUREMENT DEVICES AND METHODS DEVELOPMENT FOR LSNA APPLICATIONS AT THE TRIGA-ACPR CORE, Csaba Roth, Dumitru Barbos, Daniela Gugiu, Adrian Daciu, Dumitru Dobrea, Mihai Gligor, Marin Preda, Madinka Bright Mweetwa, Institute for Nuclear Research Pitesti, Romania
- 3:50 168 COLLIMATED SCANNING FOR LARGE SAMPLE NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS OF INHOMOGENEOUS SAMPLES, Theodora Vasilopoulou, Faidra Tzika, Ion E. Stamatiatos, Institute of Nuclear Technology-Radiation Protection, Greece
- 4:10 215 LARGE SAMPLE NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS AND ISOTOPICALLY ENRICHED ACTIVABLE TRACERS: COMBINING THE STRENGTHS OF TWO METHODS, Peter Bode, Delft University of Technology, The Netherlands
- 4:30 319 NEW OPPORTUNITIES FOR THE ENHANCED NAA SERVICES THROUGH THE RESEARCH REACTOR COALITIONS AND NETWORKS, Danas Ridikas, Pablo Adelfang, Kevin Ferrari, International Atomic Energy Agency, Austria

Tuesday Morning, March 15

- 8:00 a.m. Session: TUAMA** **Epidemiology and Trace Elements in Medicine** **Steve Morris, Chair**
 Time Log
- 8:00 132** The CONTINUING ROLE FOR NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS IN TRACE-ELEMENT EPIDEMIOLOGY, J. Steven Morris, University of Missouri, USA
- 8:20 233** EPITHERMAL NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS IN APPLIED MICROBIOLOGY, Marina V. Frontasyeva, Joint Institute for Nuclear Research, Russian Federation
- 8:40 153** A RADIOCHEMICAL METHOD FOR NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS OF AS IN BIOLOGICAL SAMPLES AND ITS POTENTIAL USE IN EPIDEMIOLOGY STUDIES, John D. Brockman, University of Missouri, USA
- 9:00 339** TRACE-ELEMENT HYPOTHESES, AN EPIDEMIOLOGIST'S PERSPECTIVE: EXPERIENCES FROM THE EURAMIC STUDY, Eliseo Guallar, Johns Hopkins Medical Institutions, USA
- 9:20 231** IN-VIVO BONE LEAD MEASUREMENT USING ¹⁰⁹Cd EXCITED K-XRF: SYSTEM PERFORMANCE AND THE RELATIONSHIP BETWEEN CUMULATIVE BLOOD LEAD AND BONE LEAD, Sepideh Behniaein, David R. Chettle, Jovica Atanackovic, Lesley M Egdén, David E.B. Fleming, Norbert Richard, and Susan Stever, McMaster University, Canada
- 9:40 322** BIOCHEMICAL NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS, C.K. Jayawickreme and A. Chett, Dalhousie University, Canada

☞ ☞ **10:00 – 10:30 a.m.**

Coffee Break

10:30 a.m. Session: TUAMPA

Poster Session A

Sam Glover, Chair

Agricultural Applications

- 115** DETERMINATION OF SELENIUM IN WHEAT SAMPLES, Catarina Galinha, Mario do Carmo Freitas, Adriano M.G. Pacheco, Ana Sofia Almeida, José Coutinho, Benvindo Macás, Technical University of Lisbon, Portugal
- 164** NAA TO WHITE RICE COLLABORATIVELY PERFORMED IN SIX ASIAN COUNTRIES, J.H. Moon, M. Ebihara, B.F. Ni, B. Arporn, P. Setyo, R.M. Theresia, B.S. Wee, N.A. Abd. Salim, P.C.B. Pabros, Korea Atomic Energy Research Institute, Korea
- 212** COMPARISON OF ELEMENTAL CONTENTS OF KOREAN SPACE FOODS USING INSTRUMENTAL NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS, Yong Sam Chung, Sun Ha Kim, Gwang Min Sun, Jong Myung Lim, Jong Hwa Moon, Kye Hong Lee, Jong Il Choi, Ju Woon Lee, Korea Atomic Energy Research Institute, Korea
- 222** NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS TRACE ELEMENTS IN ELEVEN FRUITS WIDELY CONSUMED IN THE U.S. AS DETERMINED BY NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS, Sheldon Landsberger, Alexis Michenaud-Rague, Sam Robinson, University of Texas, USA
- 254** INAA STUDY OF CHEMICAL COMPOSITION OF BARLEY SILICA PHYTOLITHS, Jan Kamenik, Jiří Mizera, Zdeněk Řanda, Nuclear Physics Institute, Czech Republic
- 262** MINERAL COMPOSITION OF TARO FOR DETERMINATION OF GEOGRAPHIC ORIGIN, Yoshimi Ohmae, Natsuko I. Kobayashi, Keitaro Tanoi, Atsushi Hirose, Takayuki Saito, Akihiko Noda, Naoko Iwata, Akimasa Nakano, Satoru Nakamura, Tomoko M. Nakanishi, University of Tokyo, Japan
- 263** IDENTIFICATION OF GEOGRAPHICAL PRODUCTION SITE OF AGRICULTURAL PRODUCTS THROUGH INSTRUMENTAL ACTIVATION ANALYSIS, Tomoko M. Nakanishi, The University of Tokyo, Japan

Agricultural Applications

- 281** NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS FOR ASSESSING CHEMICAL COMPOSITION OF DRY DOG FOODS, Camila Elias, Elisabete A. De Nadai Fernandes, Márcio A. Bacchi, São Paulo University, Brazil
- 283** SOIL-TO-PLANT TRANSFER FACTORS OF CHEMICAL ELEMENTS FOR THE NATIVE TREE SPECIES IN ATLANTIC FOREST, SERRA DO MAR STATE PARK, BRAZIL, André Luis L. de Araújo, Elisabete A. De Nadai Fernandes, Elvís Joacir De Franca, Márcio Arruda Bacchi, São Paulo University, Brazil
- 291** OPTIMIZED SAMPLING IN THE BRAZILIAN SUGAR CANE INDUSTRY, Elisabete A. De Nadai Fernandes, Peter Bode, Gabriel A. Sarriés, Márcio A. Cacchi, São Paulo University, Brazil
- 293** TOMATO RESISTANCE TO PESTS AND DISEASES DEPENDING ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF LEAVES, Felipe A. Biguzzi, Elisabete A. De Nadai Fernandes, Márcio A. Bacchi, Gabriel A. Sarriés, Andrés E.L. Reyes, São Paulo University, Brazil
- 296** DISTINCTION OF PRODUCTION AREA OF KOREAN GINSENGS USING NEUTRON ACTIVATION TECHNIQUES, Y.N. Lee, G.M. Sun, S.H. Yoo, Y.J. Kim, Korea Atomic Energy Research Institute, Korea
- 300** PERFORMANCE OF COMPTON SUPPRESSION SYSTEM (CSS) AND APPLICABILITY IN FOOD MATRICES, Luís Gustavo Cofani dos Santos, Márcio Arruda Bacchi, Elisabete A. De Nadai Fernandes, Simone Silveira Nery da Silva Cofani dos Santos, São Paulo University, Brazil
- 301** CHEMICAL COMPOSITION OF BOVINE MILKS FROM TWO LARGE DAIRY BASINS IN BRAZIL, Luís Gustavo Cofani dos Santos, Elisabete A. De Nadai Fernandes, Gabriel A. Sarriés, Simone Silveira Nery da Silva Cofani dos Santos, São Paulo University, Brazil

Environmental Applications

- 117** REFLECTION OF LARGE DISTANCE AIR MASS TRANSPORTED TRACE ELEMENTS IN DIFFERENT ALTITUDES, Bruno J. Vieira, Maria C. Freitas, H.Th. Wolterbeek, Isabel Dionísio, Technical University Delft, The Netherlands
- 118** BIOMONITORS AS MONITORS OF LARGE DISTANCE AIR MASS TRANSPORTED TRACE ELEMENTS-COMPARISON WITH AEROLS RESULTS, Bruno J. Vieira, Maria C. Freitas, H.Th. Wolterbeek, Isabel Dionísio, Technical University Delft, The Netherlands.
- 124** DETERMINATION OF BASELINE RADIOACTIVITY CONCENTRATION AT MKUUJI URANIUM DEPOSIT IN TANZANIA, N.K. Mohammed, D. Mwalongo, F.P. Banzi, P. Msaki, University of Dar es Salaam, Tanzania
- 151** ELEMENTAL COMPOSITION EVALUATION IN LICHENS FROM AN INDUSTRIAL AREA OF SHALE OIL PROCESSING IN SÃO MATEUS DO SUL, PARANA, BRAZIL, Angélica B. Ferreira, Mitiko Saiki, José O. Santos, Andreza P. Ribeiro, Paulo H.N. Saldiva, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Brazil
- 159** INAA APPLIED TO THE HOMOGENEITY STUDY OF A PERNA PERNA MUSSEL REFERENCE MATERIAL, Edson G. Moreira, M.B.A. Vasconcelos, M.G.M. Catharino, V.A. Malthara, M. Saiki, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Brazil
- 161** ANALYSIS OF SALIVA FROM AMBLYOMMA CALENNENSE (ACARI: IODIDAE) SPECIES FROM BRAZIL BY NAA, Daniela G.L. Oliveira, Cibele B. Zamboni, Simone M. Simons, Ana M. Chudzinski-Tavassi, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Brazil
- 169** INVESTIGATING THE ANTIMONY DETERMINATION IN ENVIRONMENTAL SAMPLES BY NAA, Tassiane C.M. Matsubara, Mitiko Saiki, Guilherme S. Zahn, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Brazil

Environmental Applications

Log

179 EXPLORING THE POTENTIAL FOR USING NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS TO SUPPORT THE PORTUGUESE AND EU AIR POLLUTION POLICIES, S. Maria Almeida, Ho M. Dung, Marina Aleida Silva, Alexandra Silva, Maria C. Freitas, Instituto Tecnológico e Nuclear, Portugal

183 METALS AND SEMI-METALS IN STREET SOILS OF SÃO PAULO CITY, Brazil, Andreza P. Ribeiro, Ana Maria G. Figueiredo, Regina B. Ticianelli, Georges M. Nammoura-Neto, Nathalia C. Silva, Instituto Tecnológico e Nuclear, Portugal

197 CHARACTERIZATION OF DUST MATERIAL EMITTED DURING HARBOR ACTIVITIES BY KO-INAA AND PIXE, S.M. Almeida, A. Silva, M.C. Freitas, A.M. Marques, A.I. Silva, C.A. Ramos, T. Pinheiro, Instituto Tecnológico e Nuclear, Portugal

203 ASSESSMENT OF METALS AND TRACE ELEMENTS IN SEDIMENTS FROM RIO GRANDE RESERVOIR, BRAZIL, BY NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS, Robson L. Franklin, Francisco J. Ferreira, Jose E. Bevilacqua, Deborah I.T. Fávoro, Instituto Tecnológico e Nuclear, Portugal

207 THE STUDY OF RN-222 AS A NATURAL OCCURRING TRACER FOR ASSESSMENT OF NAPL CONTAMINATED AQUIFER ESTIMATION, Yoon Yeol Yoon, Dong Chan Koh, Kil Yong Lee, Soo Young Cho, Kyung Seok Ko, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Korea

230 CONCENTRATIONS OF TRACE ELEMENTS IN LIVERS OF THE GREAT EGRET (ARDEA ALBA) FROM THE METROPOLITAN REGION OF SÃO PAULO, SP, Brazil, Rita de Cássia A. Silva, Mitiko Saito, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Brazil

237 ELEMENTAL ANALYSIS OF OLIVE TREE LEAVES COLLECTED FROM THE VICINITY OF FIVE DIFFERENT CEMENT FACTORIES IN LIBYA USING INAA, Ibrahim O. Abugassa, Alia A. Al-Falah, Heyam S. Bin-Rabha, Tajoura Nuclear Research Center, Libya

261 BIOMONITORING FROM COASTAL REGIONS OF SÃO PAULO STATE, BRAZIL, (23°58'-23°39'S, 46°30'-45°25' W) USING MUSSELS PERNA PERNA (LINNAEUS, 1758), MOLLUSCA, BIVALVIA), M.G.M. Catharino, M.B.A. Vasconcelos, A.A. Kirschbaum, M.R. Gasparro, C.C. Minei, E.C.P.M. de Sousa, D. Seo, E.G. Moreira, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Brazil

266 NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS APPLIED IN SEDIMENT SAMPLES FROM THE GUARAIPRANGA RESERVOIR FOR METALS AND TRACE ELEMENTS ASSESSMENT, Guilherme M. Guimarães, Guilherme S. Zahn, Robson L. Franklin, Déborah I. T. Fávoro, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Brazil

276 DISTRIBUTION CHARACTERISTICS OF ANTIMONY AND ARSENIC CONCENTRATION IN CONTAMINATED SOIL AROUND SMELTER AND MINE IN JAPAN, Satoshi Fukutani, Masato Horiuchi, Naoya Satta, Koichi Takamiya, Tomoyuki Takahashi, Akio Koyama, Kyoto University, Japan

282 CHEMICAL COMPOSITION OF BROMELIADS OF ATMOSPHERIC AND TANK NUTRITIONAL MODES USING INAA, Camila Elias, Elisabete A. De Nadai Fernandes, Elvis J. De Franca, Márcio A. Bacchi, São Paulo University, Brazil

287 THE ELEMENTAL POLLUTION STATUS OF THE DEPOSITED COVER SOIL AT PAVE ROAD SIDE USING NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS, J.M. Lim, J.H. Jeong, B.W. Jung, J.H. Lee, J.H. Moon, Y.S. Chung, Korea Atomic Energy Research Institute

302 LICHENS USE AS BIOMONITORS AT INDOOR ENVIRONMENTS OF PRIMARY SCHOOLS, Nuno Canha, Marina Almeida, Mario do Carmo Freitas, Susana Marta Almeida, H.Th. Wolterbeek, Instituto Tecnológico e Nuclear, Portugal

309 EVALUATION OF TOXIC METALS FOR RISK ASSESSMENT AT INDUSTRIAL SITE BY INAA, Pasquale Avino, INAIL, Italy

312 PRELIMINARY STUDY OF AIR POLLUTION SOURCE IDENTIFICATION AT BEIJING SUBURB AREA, Bangfa Ni, Guiying Zhang, Donghui Huang, Cunxiong Liu, Cailong Xiao, Hongchao Sun, Haiding Zhang, Pingsheng Wang, Weizhi Tian, China Institute of Atomic Energy, China

Environmental Applications

Log

336 PARTICLE SIZE DISTRIBUTION OF A CONTAMINATED URANIUM SITE, D. Tamalis, T. Meadow, B. Clanton and S. Landsberger, Florida Memorial University, USA

Medical Applications

Log

102 ELEMENTAL ANALYSIS OF BIOLOGICAL TISSUES OF ANIMAL MODEL FOR MUSCULAR DYSTROPHY INVESTIGATION, Sabrina Metairon, Cibele B. Zamboni, Miriam F. Suzuki, Carlos R. B. Júnior, Oswaldo A. Sant'Anna, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Brazil

136 STUDIES OF LIPID CHLORINE, BROMINE AND IODINE IN BOVINE MILK BY SPE-NAA, K. Isaac-Olive, T. T. Kyaw, A. Chatt, Dalhousie University, Canada

154 RADIO-METRIC DETERMINATION OF ENZYME ACTIVITIES INVOLVED IN BIOTRANSFORMATIONS OF THYROID HORMONES, Stanislav Pavelka, Academy of Sciences of the Czech Republic, Czech Republic

155 RADIO-METRIC ENZYME ASSAYS: EXTREMELY SENSITIVE DETERMINATION OF IODOETHYRONINE DEIODINASES, Stanislav Pavelka, Academy of Sciences of the Czech Republic, Czech Republic

156 SIMULTANEOUS WHOLE-BODY GAMMA-RAY SPECTROMETRY OF ²⁴Na AND ⁸²Br RADIONUCLIDES: RELATION BETWEEN EXCRETION RATES OF SODIUM AND BROMIDE IONS, Stanislav Pavelka, Academy of Sciences of the Czech Republic, Czech Republic

170 CA AND MG DETERMINATION FROM INHABITANTS OF BRAZIL USING NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS, L.C. Oliveira, C.B. Zamboni, L. Kovacs, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Brazil

171 DETERMINATION OF ELEMENTS IN BLOOD OF WHITE RABBITS BY NAA, Cibele B. Zamboni, Laura C. Oliveira, Sabrina Metairon, Simone M. Simons, Daniela G.L. Oliveira, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Brazil

185 ANALYSIS OF ELEMENTS IN SERUM, URINE AND KIDNEY OF WISTAR RATS WITH ACUTE RENAL INSUFFICIENCY USING NAA, Laura C. Oliveira, Cibele B. Zamboni, Edson A. Pessoa, Fernanda T. Borges, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Brazil

193 CYCLIC NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS FOR STUDY OF DISTRIBUTION PATTERNS OF FLUORINATED COMPOUNDS IN BIOLOGICAL MATRICES, Hong Zhang, Shaoqiang Yin, Zhifang Chai, Bo Yang, Shenzhen University, China

194 SCANDIUM AS AN INDICATOR OF PERSISTENT EXOGENOUS CONTAMINATION IN NAIL SAMPLES IN EPIDEMIOLOGICAL INVESTIGATIONS, Ruth Ann Ngwenyama, Vickie L. Spate, Stacy B. Crane, J. Steven Morris, University of Missouri, USA

195 DETERMINATION OF SELENIUM STATUS USING THE NAIL BIOLOGIC MONITOR IN A CANINE MODEL, J. Steven Morris, Vickie L. Spate, David J. Waters, University of Missouri, USA

196 LIMITATIONS OF THE SCALP-HAIR BIOLOGIC MONITOR IN ASSESSING SELENIUM STATUS IN EPIDEMIOLOGICAL INVESTIGATIONS, Vickie L. Spate, Stacy B. Crane, Alejandra Gudino, J. Steven Morris, University of Missouri, USA

205 DETERMINATION OF IODINE CONCENTRATION IN AQUEOUS SOLUTIONS BY PROTON ACTIVATION ANALYSIS—PRELIMINARY RESULTS FOR DIGESTED HUMAN THYROIDS, Anna K. Wójcik, Paweł Zagrodzki and Jerzy W. Mielecki, The Henryk Niewodniczański Institute of Nuclear Physics Polish Academy of Sciences, Poland

208 INORGANIC ELEMENTS DETERMINATION IN WHOLE BLOOD FROM CROUILLA BREED HORSE BY ANALYTICAL NUCLEAR TECHNIQUES (NAA AND EDXRF), Tatjana S. Baptista, Marcelo M. Redigolo, Cibele B. Zamboni, Ivone M. Sato, Jose R. Marcelino, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Brazil

Medical Applications

Log

211 DETERMINATION OF IODINE IN ORIENTAL MEDICINAL PRODUCTS FOR THYROID CANCER PATIENT USING NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS, Yong Sam Chung, Sun Ha Kim, Gwang Min Sun, Jong Hwa Moon, Kye Hong Lee, Hwa Seung Yoo, Korea Atomic Energy Research Institute

224 SELENIUM AND MERCURY CONCENTRATION DETERMINATION IN BIOLOGICAL SAMPLES USING GAMMA-GAMMA COINCIDENCE AND COMPTON SUPPRESSION, Steven Horne, Sheldon Landsberger, University of Texas, USA

235 STUDIES ON ELEMENTAL ANALYSIS OF WIDELY CONSUMED TRADITIONAL HERBS IN LIBYA BY ^{60}Co INSTRUMENTAL NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS, Ibrahim O. Abugassa and Mohamed E. Abunawael, Tajoura Nuclear Research Center, Libya

260 DETERMINATION OF TRACE ELEMENTS IN SAMPLES OF PEPEROMIA PELLUCIDA BY INSTRUMENTAL NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS (INAA), Fábio V. Sussa, Paulo S.C.Silva, Barbara P. Mazzilli, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Brazil

289 THE CHEMICAL COMPOSITION IN PHLEGIUS MUSHROOMS MEASURED BY INAA AND PGAA, J. M. Lim, G. M. Sun, J. H. Moon, Y. S. Chung, J. H. Lee, Korea Atomic Energy Research Institute, Korea

306 PET IMAGING PERFORMANCE OF LONG-LIVED POSITRON EMITTERS: ^{89}Zr AND ^{124}I COMPARED TO ^{18}F USING GATE MONTE CARLO SIMULATIONS, K.S. Alzimami, A. A. Alfuraih, K. G. Alsafi, M. A. Alkhorayef, N.M. Spyrou, King Saud University, Kingdom of Saudi Arabia

Geochemical Applications

Log

338 THE USE OF ACTIVATION ANALYSIS IN THE DETERMINATION OF METEORITIC COMPONENTS IN IMPACT BRECCIAS AND MELT ROCKS, Christian Koeberl, Dieter Mader, Natural History Museum and University of Vienna, Austria

Education

Log

335 UNDERGRADUATE RESEARCH OPPORTUNITIES IN NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS FOR LOCAL, REGIONAL AND INTERNATIONAL STUDENTS, S. Landsberger, T. Tipping, J. D. Tammalis, J. Jones, S. Alexander, G. Ban, University of Texas, USA

12:30 - 1:20 p.m.

Lunch Break

Tuesday Afternoon, March 15

1:20 p.m. Session: TUPMA

Time Log

199 APPLICATIONS AND PROBLEMS OF PHOTONEUTRON REACTIONS USING MEDICAL ELECTRON ACCELERATORS FOR THERAPY AND ELEMENTAL ANALYSIS, Nicholas M. Spyrou, University of Surrey, United Kingdom

Nicholas Spyrou, Chair

234 DIGITAL NUCLEAR IMAGE METHODS IN ACTIVATION ANALYSIS AND RELATED SUBJECTS, Vladimir P. Kolotov, Dmitry S. Grozdov, Nikolai N. Dogadkin, Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of Russian Academy of Sciences, Russia

206 DEVELOPMENT OF A DELAY-LINE BASED THGEM IMAGING DETECTOR, A. Hanu, S.H. Byun, and W.Y. Prestwich, McMaster University, Canada

213 X-RAY CT IN THE DETECTION OF PALM WEEVILS, Andy K. W. Ma, Ali A. Alghamdi, Kassem Tofalli and Nicholas N. Spyrou, University of Dammam, Saudi Arabia

214 MONTE CARLO SIMULATION OF FUSED IMAGES FROM NEUTRON AND X-RAY TOMOGRAPHY FOR PALM WEEVIL DETECTION, Ali A. Alghamdi, University of Dammam, Saudi Arabia

3:00 – 3:30 p.m. Coffee Break

3:30 p.m. Session: TUPMB

Time Log

315 NANOMATERIALS: AN OPPORTUNITY FOR NAA METROLOGY, R. Gregory Downing, National Institute of Standards and Technology, USA

Sheldon Landsberger, Chair

125 ARCHAEOLOGY AND ARCHAOMETRY: USING SCIENTIFIC METHODS TO INTERPRET THE ARCHAEOLOGICAL RECORD, Michael D. Glascock, University of Missouri, USA

334 INNOVATIONS IN HARDWARE, SOFTWARE AND INFORMATION SYSTEMS TO COUNTER NUCLEAR THREATS, William S. Charlton, Texas A&M University, USA

5:00 – 6:30 p.m. Bus Transport to Hagler Center and Buffet Dinner

6:30 p.m. Session: TUPMC

Time Log

240 NUCLEAR ANALYTICAL TECHNIQUES FOR NANOTOXICOLOGY STUDIES, Zhang Zhiyong, Zhao Yuliang, Chai Zhifang, Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences, China

Nano-Technology

Greg Downing, Chair

314 APPLICATION OF INSTRUMENTAL NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS TO THE STUDY OF GOLD NANOPARTICLES IN BIOLOGICAL SYSTEMS, Russell P. Watson, Gabriela Kramer-Merak, Jacek Capala, National Institute of Standards and Technology, USA

310 QUANTIFICATION OF GOLD NANOPARTICLES IN CIRCULATING BLOOD, D. Patrick O'Neal, Gregory J. Michalak, Glenn P. Goodrich, Jon A. Schwartz and William D. James, Louisiana Tech University, USA

186 USE OF NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS FOR THE CHARACTERIZATION OF SINGLE-WALL CARBON NANOTUBE MATERIALS, Rolf Zeisler, Rabia Ofiaz, Rick L. Paul, Jeffrey Fagan, National Institute of Standards and Technology, USA

6:30 p.m. Session: TUPME Nuclear Forensics/Border Security Bill Charlton, Chair
Time Log
6:30 326 IMPROVED IAEA ENVIRONMENTAL SAFEGUARDS SAMPLE ANALYSIS AT LOS ALAMOS NATIONAL LABORATORY, Stephen LaMont, Robert Steiner, Don Dry, William Kinman, Rebecca Foley, Jeff Roach, Fred Roensch, Los Alamos National Laboratory, USA
6:42 177 PRODUCTION OF ⁹⁹Am IN THE UNIVERSITY OF TEXAS TRIGA REACTOR FACILITY, Christine M. Egnatuk, Justin Lowrey, Steven R. Biegalski, Theodore Bowyer, Derek Haas, John Orrell, and Vincent Woods, University of Texas, USA
6:54 184 XENON DIFFUSION STUDIES WITH PROMPT GAMMA ACTIVATION ANALYSIS, C. Rios Perez, J. Lowrey, S. Biegalski, M. Deinert, University of Texas, USA
7:06 329 NEUTRON DETECTING SEMICONDUCTOR CHIP (NISC) - A SENSITIVE NEW DETECTOR, Tim Z. Hossain, Cerium Laboratories, USA
7:18 328 THE POTENTIAL APPLICATION OF GALLIUM NITRIDE NEUTRON SENSOR FOR SPECIAL NUCLEAR MATERIALS DETECTION, Lei Cao, Jinghui Wang, Roberto Myers, Praneeth Kandlakunta, The Ohio State University, USA

Posters

101 AN AUTOMATED DELAYED NEUTRON COUNTING SYSTEM (DNCS) FOR MASS DETERMINATIONS OF FISSILE ISOTOPES IN SPECIAL NUCLEAR MATERIALS, Madison T. Sellers, Emily C. Corcoran, David G. Kelly, Royal Military College of Canada, Canada
162 A PERFORMANCE STUDY OF RADIO-OPAQUE PERSONAL PROTECTIVE FABRICS FOR ATTENUATION OF GAMMA-RAYS AND NEUTRONS, Emily C. Corcoran, William Forest, Robert Horton, David G. Kelly, Kristine Mattson, Kathy S. Nielsen, Kristin Topping, Ron D. Weir, Andre Yonkeu, Royal Military College of Canada, Canada
204 NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS OF CONCRETE FOR CROSS-BORDER NUCLEAR SECURITY, Christopher M. Ryan, Craig M. Marianno, William S. Charlton, William D. James, Texas A&M University, USA

6:30 p.m. Session: TUPMD Archaeometry Mike Glascock, Chair
Time Log
6:30 103 EVALUATION OF RELATIVE COMPARATOR AND k_p -NAA FOR CHARACTERIZATION OF ABORIGINAL AUSTRALIAN OCHRE, Rachel S. Popelka-Ficoff, Claire E. Lenehan, Michael D. Glascock, John W. Bennett, Attila Stopic, Phillip R. Johnson, Allan Pring and Keryn Walshe, Flinders University, Australia
6:42 148 RAISING THE TEMPER - H-SPOT ANALYSIS OF TEMPER INCLUSIONS IN EXPERIMENTAL CERAMICS, Johannes H. Sterba, Frans Munnik and Nick J. G. Pearce, Atominsttitut, Vienna University of Technology, Austria
6:54 129 MODELING CUNAL VARIATION IN CLAY GEOCHEMISTRY FOR CERAMIC PROVENANCE DETERMINATION IN THE VALLEY OF OMAHA, Leah D. Minc, Oregon State University, USA
7:06 126 COMPOSITIONAL ANALYSIS OF PREHISTORIC SHELL FROM EASTERN NORTH AMERICA, Matthew T. Boulanger, University of Missouri, USA
7:18 128 PAST AND FUTURE DIRECTIONS OF ARCHAEOLOGY AT TAMU'S CENTER FOR CHEMICAL CHARACTERIZATION AND ANALYSIS, Suzanne L. Eckert, Texas A&M University, USA

Posters

130 ELEMENTAL ANALYSIS OF FINE-GRAINED BASALT ARTIFACTS FROM SAMOA: AN INVESTIGATION OF PROCUREMENT, PRODUCTION, DISTRIBUTION, AND CONSUMPTION DURING THE TRADITIONAL SAMOAN PERIOD (1700-300BP) ON TUTUILA ISLAND, Phillip R. Johnson, Texas A&M University, USA
140 REVITALIZING ARCHAEOLOGY IN AUSTRALIA WITH THE 20 MW OPAL RESEARCH REACTOR, John W. Bennett, Attila Stopic, Peter Grave, Australian Nuclear Science and Technology Organization, Australia
163 NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS OF ARCHAEOLOGICAL ARTIFACTS USING THE CONVENTIONAL RELATIVE METHOD: A REALISTIC APPROACH FOR ANALYSIS OF LARGE SAMPLES, Patricia Bedregal Pablo Mendoza, Isaac Marcos Cohen, Eduardo Montoya, Instituto Peruano de Energia Nuclear, Peru
172 THE FERNI CLOVIS CACHE: NEW ANALYSES OF ARTIFACT FORM AND FUNCTION, Ted Goebel, Jim Wiederhold, Heather Smith, and Michael R. Waters, Texas A&M University, USA
173 TRACKING INTRA-ISLAND MOVEMENT OF TOOL-STONE: CHEMICAL CHARACTERIZATION ON LITHIC TOOLS FROM AGANOA VILLAGE, TUTUILA ISLAND, AMERICAN SAMOA, Christopher T. Crews, Texas A&M University, USA
174 INAA AND DISTRIBUTION PATTERNS OF CLASSIC MIMBRES BLACK-ON-WHITE VESSELS DURING THE CLASSIC PERIOD, Eleanor S. Dahlin, Texas A&M University, USA
175 INAA OF PRE-CONTACT BASALT QUARRIES ON THE SAMOAN ISLAND OF TUTUILA: A PRELIMINARY BASELINE FOR AN ARTIFACT-CENTERED PROVENANCE STUDY, Phillip R. Johnson, Texas A&M University, USA
176 FINDING A SUCCESSFUL TECHNIQUE TO DETERMINE THE PRODUCTION PROVENANCE OF 13TH AND 14TH CENTURY SANTA FE B/W POTTERY MADE FROM IGNEOUS CLAYS, Suzanne L. Eckert, Texas A&M University, USA
182 COMPARISON OF INAA ELEMENTAL COMPOSITION DATA BETWEEN LAGO GRANDE AND OSVALDO ARCHAEOLOGICAL SITES IN THE CENTRAL AMAZON: A FIRST PERSPECTIVE, Roberto Hazenfratz, Guilherme Mongeló, Casimiro S. Munita, Eduardo G. Neves, University of São Paulo, Brazil
282 PROVENANCE STUDIES OF ARCHAEOLOGICAL ARTIFACTS FROM BUDDHIST SITES OF INDIA BY INTERNAL MONOSTANDARD NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS, N. Lakshmana Das, K.B. Dasari, R. Acharya, A.V.R. Reddy, GITAM University, India

Wednesday Morning, March 16

8:00 a.m. Session: WEAMA	Applications in Environmental Studies	Susan Parry, Chair
Time Log		
8:00 290	THE ROLE OF NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS IN SOLVING ENVIRONMENT PROBLEMS TODAY, Susan J. Parry, Imperial College London, United Kingdom	
8:20 279	ATMOSPHERIC SUPPLY OF HALOGENS AND SELENIUM FROM OCEAN TO LAND STUDIED BY NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS, Eiliv Steinnes, Marína V. Frontasyeva, Norwegian University of Science and Technology, Norway	
8:40 190	HYBRID NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS FOR STUDY OF ORGANIC HALOGENS IN PRECIPITATION IN BEIJING, CHINA, Diandou Xu, Lingling Ma, Yang Chen, Zhifang Chai, Guofei Xu, Shuzhen Li, Guosheng Yang, Institute of High Energy Physics, Chinese Academy Sciences, China	
9:00 120	BURN WOOD INFLUENCE ON OUTDOOR AIR QUALITY IN A SMALL VILLAGE, PORTUGAL, Nuno Canha, Marina Almeida, Maria C. Freitas, Susana M. Almeida, Dung M. Ho, Isabel Dionísio, João Cardoso, Casimiro Pio, Alexandre Caseiro, Nuclear and Technological Institute, Portugal	
9:20 147	VANADIUM BIOMONITORING USING PERNA PERNA MUSSELS TRANSPLANTED IN NORTH COAST OF THE STATE OF SÃO PAULO, BRAZIL, Daniele Seo, Mariana B.A. Vasconcellos, Marília G.M. Catharino, Edson G. Moreira, Camilo D.S. Pereira, Edumetty C.P.M. de Sousa, Mikiko Saiki, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Brazil	
9:40 149	FGAA HEAVY METALS ANALYSIS IN TAILINGS IN ZAIDA ABANDONNED MINE, HIGH MOULOUYA, MOROCCO, M. Bouakhla, K. Embarch, B. Baghoad, M. Naimi, A. Bouabdil, P. Sonnet, ZS. Révay, T. Belyva, Centre National de l'Énergie des Sciences Techniques Nucléaires, Morocco	
10:00 134	NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS OF ANTIMONY IN SOILS: A COMPARISON OF NAA WITH IN SITU HF DIGESTION AND 'SENSUS' LABORATORY DATA, David G. Kelly, Kristine Mattson, Kathy S. Nielsen, and Steven D. White, Royal Military College of Canada, Canada	
10:20 - 10:50 a.m.	Coffee Break	
10:50 a.m. Session: WEAMB	Applications in Agriculture and Food	Elisabete Fernandes, Chair
Time Log		
10:50 141	METROLOGICAL IMPROVEMENTS IN FOOD & NUTRITION AND HEALTH SAFETY MEASUREMENTS: CONTRIBUTION OF NUCLEAR AND RELATED ANALYTICAL TECHNIQUES, Venkatesh Iyengar, Tufts University, USA	
11:10 116	SELENIUM AND IODINE AS RADIOTRACERS IN WHEAT SAMPLES, Catarina Galinha, Maria do Carmo Freitas, Adriano M.G. Pacheco, José Coutinho, Benwindo Mães, Ana Sofia Almeida, Technical University of Lisbon, Portugal	
11:30 285	FURTHER INVESTIGATING THE DETERMINATION OF PHOSPHORUS IN PLANTS BY INAA, Tassiane C.G. Martins, Márcio A. Bacchi, Elisabete A. De Nadai Fernandes, São Paulo University, Brazil	
11:50 238	BORON DETERMINATION IN CANADIAN VEGETABLES BY PROMPT GAMMA ACTIVATION ANALYSIS, Michiko Fukushima, Hideaki Matsue and Amares Chatt, Ishinomaki Senshu University, Japan	
12:10 178	DETERMINATION OF INORGANIC ELEMENTS IN HEAD, BODY AND LEG PART OF KOREAN RED GINSENG BY INSTRUMENTAL NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS, J. H. Moon, S. H. Kim, S. H. You, G. M. Sun, C. M. Chung, Korea Atomic Energy Research Institute, Korea	
12:30 - 1:00 p.m.	Lunch Break	

Wednesday Afternoon, March 16

1:00 p.m. Session: WEPMA	Applications in Geochemistry	Matthias Rossbach, Chair
Time Log		
1:00 110	DETERMINATION OF TRACE AMOUNT OF NICKEL IN COSMIC SPHERULES BY PHOTON ACTIVATION ANALYSIS, Shun Sekimoto, Kentaro Hirose, Masaki Takimoto, Tsutomu Ohtsuki and Seichi Shibata, Kyoto University, Japan	
1:20 241	INSTRUMENTAL NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS OF IRON METEORITES – REVISITED, M. John M. Duke, University of Alberta, Canada	
1:40 191	MEASUREMENTS OF IRIIDIUM CONCENTRATION IN GEOLOGICAL STANDARD SAMPLES USING NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS WITH GAMMA-GAMMA COINCIDENCE METHOD, Yuichi Hattokawa Takahito Osawa, Masumi Oshima, Yosuke Toh, Atsushi Kimura, Mitsuo Kozumi, Kazuyoshi Furutaka, Japan Atomic Energy Agency, Japan	
2:00 308	RARE EARTH ELEMENTS, THORIUM AND URANIUM IN ORES OF THE NORTH-LATIUM (ITALY), Geraldo Capannesi, Alberto Rosada, Pasquale Avino, DIPIA, INAIL, Italy	
2:20 105	GAMMA-ACTIVATION DIGITAL AUTORADIOGRAPHY OF LARGE SAMPLES; EQUALIZATION OF ACTIVATING DOSE OVER THE MICROTRON-IRRADIATED SAMPLE SURFACE, D.S. Grozdov, V.P. Kolotov, N.N. Dogadkin, V.I. Korobkov, V.I. Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation	
3:00 p.m.	Buses Leave for Houston Livestock Show and Rodeo	

Thursday Morning, March 17

9:00 a.m. Session: THAMA **Nuclear Beams and PGAA** **Greg Downing and Zsolt Révay, Chairs**
 Time Log

9:00 **167** PROMPT GAMMA ACTIVATION ANALYSIS: PAST, PRESENT, AND FUTURE, Zsolt Révay, Hungarian Academy of Sciences, Hungary, Technical University Munich, Germany

9:20 **265** PROMPT-GAMMA ACTIVATION ANALYSIS AT NIST: THEN, NOW, AND NEXT, Richard M. Lindstrom, Rick L. Paul, and Elizabeth A. Mackey, National Institute of Standards and Technology, USA

9:40 **143** RADIOGRAPHY-DRIVEN PROMPT-GAMMA ACTIVATION ANALYSIS AT THE BUDAPEST RESEARCH REACTOR, László Szentmiklósi, Zoltán Kis, Zsolt Révay, Tamás Belgys, Hungarian Academy of Sciences, Hungary

10:00 **113** FROM STANDARD PROMPT GAMMA ACTIVATION ANALYSIS (PGAA) TO POSITION SENSITIVE ACTIVATION ANALYSIS, Stefan Söllradl, Lea Canella, Ralf Schulze, Nathalie Münnikes, Petra Kudejova, Andreas Türler, University of Bern, Switzerland

10:20 **287** DEVELOPMENT OF A NEW COLD NEUTRON PROMPT GAMMA ACTIVATION ANALYSIS SYSTEM AT HANARO COLD NEUTRON SOURCE, G.M. Sun, Y.N. Lee, J.H. Moon, K.H. Lee, Korean Atomic Energy Research Center, Korea

10:40 – 11:10am

Coffee Break

11:10 a.m. Session: THAMPB

Poster Session B

Steve Biegalski, Chair

Detectors, Facilities and Workforce Development

Log

108 NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS AFTER THE FUEL CONVERSION TO LOW ENRICHED URANIUM AT KYOTO UNIVERSITY RESEARCH REACTOR, Ryo Okumura, Koichi Takamiya, Yukihiko Nakano, Shun Sekimoto, Yasushi Saito, Yuji Kawabata, Hajimu Yamana, Kyoto University, Japan

109 COMPARISON OF THE NEUTRON ENERGY SPECTRA AND NEUTRON FLUENCE RATES IN THE REACTOR LVR-15 WITH THE IRT-2M AND IRT-4M NUCLEAR FUEL, M. Vins, L. Viererbi, Z. Lahodova, M. Marek, A. Voljanskij, V. Klupak, M. Koleska, Nuclear Research Institute Rez p.lc, Czech Republic

133 CAPABILITIES OF CONSORT-I RESEARCH REACTOR (NAA AND GAMMA RAY SPECTROMETRY AS AN EXAMPLE), Sami Kafaia, Nasser Baghini, David Bond, Trevor Chamber, Imperial College London Reactor Centre, UK

142 DESIGN OPTIMIZATION OF A COMPROMISED SUPPRESSED PGAA SPECTROMETER, Monte Carlo Calculations, Zoltán Kis, László Szentmiklósi, Tamás Belgys, Zsolt Révay, Andrey N. Berizov, Hungarian Academy of Sciences, Hungary

144 INSTALLATION OF A PERMANENT CO-LINED IRRADIATION CHANNEL IN NIRR-1 FACILITY FOR IMPLEMENTATION OF EPITHERMAL NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS, Sunday A. Jonah, Umar Sadiq, Seydou Hankourou, Ahmadu Beilo University, Nigeria

Detectors, Facilities and Workforce Development

Log

157 PERFORMANCE TESTS OF A PORTABLE NEUTRON GENERATOR USING PGMAA TECHNIQUE, Naqvi A. A. J. M, Maslehuddin, O.S.B. Al-Amoudi, M. Raashid, Khateeb-ur-Rehman, Zameer Kalkada, King Fahd University of Petroleum & Minerals, Saudi Arabia

158 PERFORMANCE OF LA(CI) CE AND BGO DETECTORS IN PROMPT GAMMA ANALYSIS, A.A. Naqvi, M. Maslehuddin, F. Z. Khiani, A. H. Issab, M. I. Al-Jarallah, M. Raashid, Khateeb-ur-Rehman, M. Azad-ul-Islam, Al-Anezi, Zamir Kalkada, King Fahd University of Petroleum and Minerals, Saudi Arabia

180 IMPLEMENTATION OF I¹⁰⁹INAA METHOD AT THE NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS LABORATORY, LAN-IPEN, SÃO PAULO, BRAZIL. APPLICATION TO GEOLOGICAL SAMPLES, Davi B. Mariano, Ana M. G. Figueiredo, Renato Semmler, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Brazil

200 AUTOMATIC SAMPLE CHANGER FOR ROUTINE NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS, C.S. Munita, J. García-Campo E., R. Quezada G., R. Hazenfratz, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Brazil

217 ROBUSTNESS OF A MULTI-USER, MULTI-SPECTROMETER SYSTEM FOR INAA, Peter Bode, Menno Blaauw, Delft University of Technology, The Netherlands

228 AN AUTOMATED THERMAL AND EPITHERMAL NEUTRON PNEUMATIC SYSTEM USED FOR IN-CORE IRRADIATIONS USING THE TRIGA REACTOR AT THE PICKLE RESEARCH CENTER AT THE UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN, Larty Welch, Michael Krause, Blake Cople, Alex Brand, Tin Hei Pun, Kenny Dayman, Steven Biegalski, Sheldon Landsberger, University of Texas, USA

242 MEASUREMENT OF THREE GAMMA ANNIHILATION BY LANTHANUM-BASED CRYSTALS COMPARED WITH NaI(Tl) AND HPGe, M. Alkhorayef, K. Alzaimami, A. Alfuraih, M. Alnafa, N. M. Spyrou, King Saud University, Saudi Arabia

251 LARGE SAMPLE NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS (LSNAA) USING KAMINI REACTOR, N.P. Seshadreesan, E.Senthilvadivu, J.S.Brahmajji Rao, C.R.Venkata Subramani, Indira Gandhi Centre for Atomic Research, India

267 DEVELOPMENT OF AN EXTERNAL NEUTRON BEAM FACILITY AT THE OHIO STATE UNIVERSITY, Danyal J. Turkoglu, Josh Burke, Praneeth Kandlakunta, Lei R Cao, Ohio State University, USA

295 DETERMINATION OF Nb IN THE HIGHLY ACTIVATED PRESSURE TUBES OF THE WOLSONG 1ST CANDU REACTOR USING REACTIVATION METHOD, G.M. Sun, S.H. Yoo, Y.N. Lee, D.K. Cho, Korea Atomic Energy Research Institute, Korea

298 IDAHO ACCELERATOR CENTRE – A NEW LABORATORY FOR PHOTON ACTIVATION ANALYSIS, Chr. R. Segebede, D. P. Wells, H. D. G. Maschner, Idaho State University, USA

305 INVESTIGATION OF LABR3-CE PROBE FOR GAMMA-RAY SPECTROSCOPY AND DOSIMETRY MEASUREMENTS, K.S. Alzaimami, K. G. Alsaifi, M. A. Alkhorayef, N.M. Spyrou, King Saud University, Saudi Arabia

327 DEVELOPMENT OF A PROMPT GAMMA ACTIVATION ANALYSIS FACILITY AT DALAT REACTOR, Nguyen Canh Hai, Vuong Huu Tan, Nguyen Nhi Dien, Pham Ngoc Son, Tran Tuan Anh, Viet Nam Atomic Energy Institute, Viet Nam

330 REVIEW: DEVELOPMENT OF INSTRUMENTAL NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS (INAA) METHOD IN MALAYSIA, Alireza Yavar, Sukiman Sarmani, Abdul Khalid Wood, Kok Siong Khoo, The National University of Malaysia, Malaysia

Geochemical Applications

- Log
- 111** RECOGNITION OF MICROMETEORITES EXISTENCE IN ANTARCTIC ICE BY IR CONCENTRATION OF NUCLEOPORE FILTER ANALYZED BY INAA AND 120 KA AGO, ACCRETION RATE OF MICROMETEORITES, A. Miura, Y. Tazawa, T. Fukuoka, Risho University, Japan
- 166** APPLICATION OF NATURAL ACTIVATION IN SOME TASKS OF GEOLOGY, Igor O. Nevinsky, Tatyana V. Tsvetkova, Research Center of Natural Radioactivity, Russia
- 182** A COMBINED METHOD OF NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS AND RADIOMETRIC MEASUREMENTS FOR ²³⁴U AND ²³⁸U DETERMINATION IN SOIL SAMPLES OF LOW URANIUM CONCENTRATION, Eduardo H. Montoya, Oscar R. Baltuano, Pablo A. Mendoza, Patricia S. Bedregal, Isaac M. Cohen, Instituto Peruano de Energía Nuclear, Perú
- 232** ACCURATE DETERMINATION OF ULTRA-TRACE AMOUNTS OF RARE EARTH ELEMENTS IN GEOCHEMICAL AND COSMOCHEMICAL SAMPLES, Haruka Aihara, Mitsuru Ebihara, Tokyo Metropolitan University, Japan
- 239** APPLICATION OF MULTIPLE PROMPT GAMMA-RAY ANALYSIS (MPGA) TO GEOCHEMICAL AND COSMOCHEMICAL SAMPLES, Y. Oura, R. Watanabe, M. Ebihara, Y. Murakami, Y. Toh, A. Kimura, M. Koizumi, K. Furutaka, M. Oshima, K. Hara, T. Kin, S. Nakamura, H. Harada, Tokyo Metropolitan University, Japan
- 243** DETERMINATION OF RADON EMANATION FROM PHOSPHOGYPSUM BY USING AN LSC, K.Y. Lee, S.Y. Cho, Y.Y. Yoon, Y.N. Jang, Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources, Korea
- 250** THE CHEMICAL COMPOSITION OF SEDIMENTS IN MARINE SHALLOW-WATER-HYDROTHERMAL MOUNDS IN WAKAMIKO SUBMARINE CRATER REVEALED BY MULTIPLE PROMPT GAMMA-RAY ANALYSIS, Katsumi Shozugawa, Motoyuki Matsuo, Yuji Sano, Yosuke Toh, Yukihito Murakami, Kazuyoshi Furutaka, Mitsuo Koizumi, Atsushi Kimura, Kaoru Hara, Tadahiro Kin, Masumi Oshima, Shoji Nakamura, Hideo Harada, University of Tokyo, Japan
- 255** ADVANTAGE OF INAA COMPARED TO AA FOR GEOCHEMICAL SOLID SAMPLES, M. Ishimoto, T. Fukuoka, University of Tokyo, Japan
- 257** FLUORINE ASSAY IN GEOCHEMICAL AND COAL REFERENCE MATERIALS BY INSTRUMENTAL PHOTON ACTIVATION ANALYSIS, Ivana Krausová, Jiří Mizera, Zdeněk Řanda, David Chvátil, Jan Kučera, Nuclear Physics Institute, Czech Republic
- 258** NEUTRON AND PHOTON ACTIVATION ANALYSES IN GEOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF MOLDAVITES, Jiří Mizera, Zdeněk Řanda, Jan Kučera, Nuclear Physics Institute, Czech Republic
- 277** MEASURING ACTIVITY OF ²³⁵U AND ²³²Th DECAY CHAINS AND K-40 IN GEOLOGICAL SAMPLES USING PASSIVE GAMMA-RAY COUNTING AND NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS, Sheldon Landsberger, Jason Dolloff, Roger Kapsimalis, University of Texas, USA
- Methods Development**
- Log
- 137** DEVELOPMENT OF THE ⁶⁰Co-BASED CYCLIC NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS FOR SHORT-LIVED RADIONUCLIDES, Ho Manh Dung, Daniel Beasley, Menno Blaauw, Maria do Carmo Freitas, Technological and Nuclear Institute, Portugal

Methods Development

- Log
- 139** PHOTOPEAK EFFICIENCY AND THE VOLUME OF THE CALIBRATED SOURCES. INFLUENCE ON THE GAMMA SPECTROMETRY RESULTS, Solo Kuanda Th., Nembang Mulikiza R., Kabeya Ngalamulume S.D., Mbata Albert, Matamba Kaleji P.A., Tshashala Mutshipae D.A., Efoto Eale, Mukendi Kabongo.R., Commissariat Général à l'Énergie Atomique, Congo Methods Development
- 160** IMPROVING NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS ACCURACY FOR THE MEASUREMENT OF SILVER IN THE CHARACTERIZATION OF HETEROGENEOUS CATALYSTS USING A TRIGA REACTOR, Siaka Yusuf, Melinda Krahenbuhl, Bryan Haskins, The Dow Chemical Company, USA
- 165** AUTOMATIC NUCLIDE IDENTIFICATION OF HYPERGAM FOR Γ -RAY SPECTRUM ANALYSIS, B.G. Park, N.S. Jung, J.H. Kim, H.D. Choi, C.S. Park, Seoul National University, Korea
- 188** INVESTIGATION ON THE CONSISTENCY AND SUITABILITY OF SOME NUCLEAR REACTIONS FOR CHARACTERIZATION OF THE REACTOR NEUTRON SPECTRUM IN ACTIVATION ANALYSIS, Pablo A. Mendoza, Eduardo H. Montoya, Patricia S. Bedregal, Isaac M. Cohen, Instituto Peruano de Energía Nuclear, Perú.
- 198** DEVELOPMENT OF METHOD FOR CONSIDERATION OF BREMSSTRAHLUNG FIELD NON-UNIFORMITY WHILE PHOTO ACTIVATION ANALYSIS, D.S. Grozdov, V.P. Kolotov, N.N. Dogadkin, Vermadsky, Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation
- 202** DIGITAL TIME-DISCRIMINATED GAMMA-RAY SPECTROMETRY AT NIST, Bryan E. Tomlin, U.S. National Institute of Standards and Technology, USA
- 209** COMPARISON OF TWO ⁶⁰Co-BASED NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS SOFTWARE PACKAGES, Marie Kubešová, Jan Kučera, Nuclear Physics Institute (NPI), Czech Republic
- 210** THE APPLICATION OF NEUTRON-BASED ANALYTICAL TECHNOLOGIES TO ENERGY RELATED MATERIALS' CHARACTERIZATION, Lei Cao, Danyal Turkoglu, Jinsuo Zhang, Byun Thak Sang, Ohio State University, USA
- 220** MONTE CARLO ASSISTED ESTIMATION OF THE UNCERTAINTY OF MEASUREMENT IN INAA, Anneke Koster-Ammerlaan, Peter Bode, Robert R. Greenberg, Richard M. Lindstrom, Delft University of Technology, The Netherlands
- 223** A DEMONSTRATION OF SELF-SHIELDING FOR THE ANALYSIS OF GOLD WITH NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS, Kenny Dayman, Vishal Patel, Sheldon Landsberger, University of Texas, USA
- 225** NEUTRON FLUX CHARACTERIZATION TECHNIQUES FOR RADIATION EFFECTS STUDIES, Joseph Graham, Sheldon Landsberger, Paulo Ferreira, Jon Hiefield, Geoffrey Brennecke, University of Texas, USA
- 226** MONITORING OF NEUTRON FLUX CHANGES IN SHORT-LIVED NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS, Kenny Dayman, Vishal Patel and Sheldon Landsberger, University of Texas, USA
- 227** EUROPIUM INTERFERENCE WHEN DETERMINING TRACE AMOUNTS OF NICKEL IN BIOLOGICAL AND GEOLOGICAL SAMPLES BY NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS, Sheldon Landsberger, Sam Robinson, University of Texas, USA

Methods Development

Log

- 229** DETERMINATION OF SILVER USING CYCLIC EPITHERMAL NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS, Tin Hei Pun, Sheldon Landsberger, University of Texas, USA
- 244** METHODS OF CHARGED-PARTICLE ACTIVATION ANALYSIS, M. Anwar Chaudhri, M. Nasir Chaudhri, University of Erlangen-Nuernberg, Germany
- 249** COUNTING EFFICIENCY COMPUTATION FOR LSNA A APPLICATIONS, Daniela Gugliu, Csaba Roth, Alexe Ghinescu, Institute for Nuclear Research Pitesti, Romania
- 253** SOME PROBLEMS OF PARAMETRIC NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS BASED ON THE USE OF RADIOACTIVE DAUGHTERS OF LONGER-LIVED MOTHERS WITH LOW MOTHER/DAUGHTER HALF-LIFE RATIOS, Isaac M. Cohen, Maria C. Fornaciari Iljadica, Comisión Nacional de Energía Atómica, Argentina
- 272** NUCLEAR CRITICALITY SAFETY CALCULATIONAL METHODS ASSOCIATED WITH PUO₂ AND MIXED OXIDE POWDER PROCESSES, Ashraf Elsayed Mohamed Mohamed, Alhimam Mohamed Ibn Saud Islamic University, Saudi Arabia
- 288** Complete and incomplete fusion in 20Ne + 16S Ho and Mass-asymmetry Effect on Incomplete Fusion, D. Singh, R. Ali and M. Afzal Ansari, Inter University Accelerator Centre, India
- 299** THE USE OF DT FUSION NEUTRONS IN PROMPT GAMMA ANALYSIS OF LARGE SAMPLES, Alexander Barzilov, Bruce Kessler, Ivan Novikov, Phillip C. Womble, Western Kentucky University, USA
- 323** IMPROVEMENT OF DETECTION LIMITS OF SHORT-LIVED NEUTRON ACTIVATION PRODUCTS USING COMPTON-SUPPRESSION GAMMA-RAY SPECTROSCOPY, W.H. Zhang and A. Chatt, Dalhousie University, Canada
- 331** Applicability of Nisie unified formulation to ko – NAA standardization method, B.J.B. Nyarko, A.N.A. Adazabra, S.A. Bamford, E.H.K. Akaho, University of Ghana, Ghana.

- 332** DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF HÖGDAHL – WESTCOTT METHOD FOR THE KO-INAA AT MALAYSIAN NUCLEAR AGENCY REACTOR, Alireza Yavar, Sukiman Sarmani, Abdul Khalid Wood, Nurul Syakireen Zainal, Kok Siong Khoo, University Kebangsaan Malaysia, Bangi, Malaysia.

Quality Assessment

Log

- 112** ATTEMPTS TO ANALYZE THE GEOCHEMICAL REFERENCE SAMPLES BY PHOTON ACTIVATION ANALYSIS, Masaki Takimoto, Shun Sekimoto, Kentaro Hirose, Tsutomu Ohtsuki, Seiichi Shibata, Kyoto University, Japan
- 216** INHOMOGENEOUS REFERENCE MATERIALS FOR LARGE SAMPLE NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS, Peter Bode, Anneke Koster-Ammerlaan, Delft University of Technology, The Netherlands
- 252** Estimation of Expanded Uncertainties and their Agreement among Four INAA Methods for Arsenic Determination in Shellfish, R. Acharya, A. Chatt, Dalhousie University, Canada

Quality Assessment

Log

- 313** THE STUDY ON SAMPLING BEHAVIOR OF MULTIELEMENTS IN A NEW STREAM SEDIMENT MATERIAL BY USING NUCLEAR ANALYTICAL METHODS, Huang Donghui, Ni Bangfa, Tian Weizhi, Wang Pingsheng, Zhang Guiying, Liu Cunxiong, Xiao Caijin, Sun Hongchao, Zhang Haiqing, China Institute of Atomic Energy, China
- 259** EDUCATION IN NUCLEAR SCIENCE AT IPEN/CNEN, SÃO PAULO, BRAZIL, ADVANCED SCHOOL OF NUCLEAR ENERGY – EAEN, Renato Semmler, Marília G. M. Catharino, Marina B. A. Vasconcellos, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Brazil
- 337** QUANTIFICATION OF SELENIUM FROM CIGS MATERIAL USED IN PHOTOVOLTAIC CELLS USING CONVENTIONAL NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS, Latha Vasudevan, Tim Hossain, Amiya GhatakRoy, Texas A&M University, USA

1:00 - 2:00 p.m.

Lunch Break

Thursday Afternoon, March 17

- 2:00 p.m. Session: THPMA Prompt Gamma Activation Analysis Zsolt Revay, Chair**
 Time Log
 2:00 150 CONCEPTION OF THE MOROCCAN PGAA SYSTEM USING MONTE CARLO SIMULATION METHOD, H. Amsil, K. Embarch, H. Bounouira, M. Bounakhla, CNESTEN, Morocco
- 2:20 221 THE DEVELOPMENT AND OPERATION OF A BEAM CHOPPER SYSTEM AT THE UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN, Alex Brand, Steven R. F. Biegalski, Christine Egnatuk, Larry Welch, Mike Krause, University of Texas, USA
- 2:40 145 PROMPT GAMMA INVESTIGATION OF SELECTED ACTINIDES, M. Rossbach, E. Mauerhofer, Z. Revay, T. Belgia, Institute for Energy- and Climate Research, IEK-6, Forschungszentrum Juelich GmbH, Germany
- 3:00 123 A COMPARISON OF MULTIPLE PROMPT GAMMA-RAY ANALYSIS (MPGA) AND PROMPT GAMMA-RAY ANALYSIS (PGA) FOR DETERMINATION OF TRACE ELEMENTS IN GEOCHEMICAL AND COSMOCHEMICAL SAMPLES, M. A. Islam, M. Ebihara, Y. Toh, H. Harada, Toyko Metropolitan University, Japan
- 3:20 114 THE NEW PGAA FACILITY IMPLEMENTATION PROCESS AT ITN, PORTUGAL, Nuno Camba, Dung Manh Ho, Maria do Carmo Freitas, Susana Marta Almeida, Lea Canella, Stefan Soltraedl, Petra Kudějová, Zsolt Révay, Instituto Tecnológico e Nuclear, Portugal
- 3:40 – 4:10pm Coffee Break
- 4:10 p.m. Session: THPMB Method Enhancements/RNAA/Speciation Bob Greenberg, Chair**
 Time Log
 4:10 294 CURRENT AND FUTURE APPLICATIONS OF RADIOCHEMICAL NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS, Robert R. Greenberg, National Institute of Standards and Technology, USA
- 4:30 256 THE PRESENT ROLE OF RADIOCHEMICAL NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS (RNAA) FOR DETERMINATION OF ESSENTIAL AND TOXIC TRACE ELEMENTS IN BIOLOGICAL MATERIALS—A COMPARISON WITH ICP-MS AND AAS, Jan Kučera, Viktor Kanický, Jiří Dědina, Nuclear Physics Institute, Czech Republic
- 4:50 104 SEPARATION OF NO-CARRIER ADDED GD FROM THE NATURAL PRASEODYMIUM, Moumita Maiti, B.S. Tomar and Susanta Lahiri, Saha Institute of Nuclear Physics, India
- 5:10 321 STUDIES OF PROTEIC, LIPIDIC AND IONIC SPECIES OF TRACE ELEMENTS IN BIOLOGICAL MATERIALS BY NEUTRON ACTIVATION AND OTHER TECHNIQUES, A. Chett, Dalhousie University, Canada
- 5:30 268 A MULTIVARIATE APPROACH TO GAMMA-RAY SPECTRUM ANALYSIS, Gregory M. Beachley, John M. Ondov, Bryan E. Tomlin, University of Maryland, USA
- 6:00 p.m. Buses leave from LSB to Clayton Williams Former Students Center
- 6:30 – 8:30 p.m. Banquet Conference and 2011 Hevesy Award Ceremony
 333 OPPORTUNITIES FOR INNOVATION IN NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS, Peter Bode, Delft University of Technology, The Netherlands

Friday Morning, March 18

- 8:00 a.m. Session: FRAMA Metrology/QC/Standards (I) Richard Lindstrom, Chair**
 Time Log
 8:00 280 12 YEARS AFTER: THE ROLE OF NAA FOR METROLOGY IN CHEMICAL MEASUREMENTS, Elisabete A. De Nadai Fernandes, Peter Bode, Robert R. Greenberg, Universidade de São Paulo, Brazil
- 8:20 189 AN INTERNATIONAL PROFICIENCY TEST OF EIGHT NAA LABORATORIES IN ASIA USING STREAM SEDIMENTS, John W. Bennett, Mitsuru Ebihara, Tsuyoshi Tanaka, Paul Armishaw, Vu Dong Cao, Syed M. Hossain, Donghui Huang, Sutisna, Nazaratu A. Abd. Salim, Tokyo Metropolitan University, Japan
- 8:40 152 45 YEARS OF NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS IN SLOVENIA: ACHIEVEMENTS TOWARDS IMPROVED QUALITY OF MEASUREMENTS RESULTS, Borut Smoliš, Jožef Stefan Institute, Slovenia
- 9:00 146 NEUTRON SELF-SHIELDING IN IRRADIATION CHANNELS OF SMALL REACTORS IS ISOTROPIC, Gregory Kennedy, Cornelia Chilian, Radojko Jadimović, Gašper Žerovnik, Luka Snoj, Andrej Trkov, Ecole Polytechnique, Canada
- 9:20 219 PHOTONEUTRONS FROM A BERYLLIUM REFLECTOR: THE SOURCE OF PROBLEMS WITH Zr-AU FLUX MONITORING IN K0 STANDARDIZATION BASED NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS?, Annelke Koster-Ammerlaan, Peter Bode, August Einkeleman, Delft University of Technology, The Netherlands
- 9:40 – 10:00 a.m. Coffee Break
- 10:00 a.m. Session: FRAMB Metrology/QC/Standards (II) Gregory Kennedy, Chair**
 Time Log
 10:00 273 EXPERIMENTAL VALIDATION OF VARIOUS NEUTRON SELF-SHIELDING CALCULATION METHODS FOR CYLINDRICAL SAMPLES IN INAA, F. Fairina Arbocó, P. Vermaercke, K. Strijckmans, L. Verheyen, L. Sneyers, Ghent University, Belgium
- 10:20 135 An Online Analysis System for Photon Activation Analysis, Z. J. Sun, C. Segebede, D. Wells, J. Green, Idaho State University, USA
- 10:40 264 DETERMINATION OF SELF SHIELDING FACTORS AND GAMMA ATTENUATION EFFECTS FOR TREE RING SAMPLES, Dagistan Şahin, Kenan Ünlü, The Pennsylvania State University, USA
- 11:00 a.m. Session: FRAMC Next Generation/ Conference Close Emile Schweikert, Chair**
 Time Log
 11:20 316 EDUCATING THE NUCLEAR WORKFORCE: A MODEL FOR RADIOANALYTICAL EDUCATION FOR THE FUTURE, Kenneth L. Peddicord, Valerie G. Segovia, Texas A&M University, USA
- 12:00 p.m. Conference Closed

平成 22 年度修士論文抄録

放射化学的中性子放射化分析法による岩石・隕石中の極微量希土類元素 とウランの定量 — ユレライト隕石への適用と宇宙化学的考察 —

首都大学東京大学院理工学研究科分子物質化学専攻
宇宙化学研究室 栗飯原 はるか

【はじめに】

放射化学的中性子放射化分析 (Radiochemical neutron activation analysis; RNAA) は中性子照射後に定量目的元素を放射化学的に分離・精製して γ 線測定をする定量分析法である。これは破壊分析であり、試料を放射化後に化学分離するため分析の効率は悪いが、妨害元素を含めたマトリックス元素を取り除くことができるので感度の高い分析が行える。希土類元素 (Rare earth element; REE) は地球・宇宙化学的に重要な元素グループの一つである。一部の地球試料や隕石 (ユレライト隕石等) では希土類元素が枯渇しており、そのような試料に対しては RNAA が最も信頼性の高い分析法となる。

RNAA により正確な REE の定量を行うには ^{235}U の中性子誘導核分裂生成物による寄与を補正する必要があり、そのためには試料中の U 濃度を把握する必要がある。そこで本研究では REE と同時に U も定量する分離法を工夫し、核分裂生成物による寄与を見積もり補正した。またこの分析法を REE が枯渇しているユレライト隕石へ適用した。

ユレライト隕石は分化した石質隕石であるエコンドライトグループに分類されているが、始原的な性質も持つ特異な隕石グループである。主にカンラン石と輝石から成り斜長石に乏しい超苦鉄質岩である。本研究ではユレライト隕石の化学組成から宇宙化学的考察を行った。

【実験】

岩石・隕石試料を石英管に封入し、日本原子力研究開発機構の研究用原子炉 JRR-3 にて 24 時間中性子照射を行った。RNAA の分離操作は Minowa and Ebihara (2003) [1] を基にしており、これは水酸化物・フッ化物沈殿生成と陽イオン交換と抽出クロマトグラフから構成される。化学収率は誘導結合プラズマ原子発光分析により求めた。また U の同時定量のため Ba を分離し、 ^{235}U の核分裂生成物 ^{140}Ba の量から U 濃度を求めた。

ユレライト隕石に対して全岩での REE、U 定量に加え、EDTA および塩酸での浸出による相分離を行い、EDTA 浸出液・塩酸浸出液・残渣の 3 相の REE 定量も行った。EDTA 浸出液には REE を主に保持しているはずの Ca リン酸塩相、塩酸浸出液は主にカンラン石などの鉱物や金属相、残渣には輝石などの鉱物が主に含まれると考えられる。また機器中性子放射化分析、即発 γ 線分析、誘導結合プラズマ原子発光分析により主要・微量元素の全岩化学組成も求めた。

【結果・考察】

U の定量は核分裂生成核種 ^{140}Ba 及びその娘核種 ^{140}La から行った。U 定量に用いる分離した ^{140}Ba が含まれるフラクションには Ba の中性子捕獲核種 ^{131}Ba も含まれるため、極端に Ba 濃度の高い試料では定量が難しい。通常の石質隕石ならば ~ 10 ppb の定量を行うことができた。

RNAA により REE 11 元素 (La, Ce, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Ho, Tm, Yb, Lu) を定量した。本法では La, Ce, Nd の定量に ^{140}La , ^{141}Ce , ^{147}Nd を用いるが、これらの核種は中性子誘導核分裂の生成物として

も生成される。そのため定量した U 濃度を用いてその寄与を見積もり、補正を行った。REE と U の濃度を同一試料から求めるため、寄与を正確に見積もることができ、従って正確な REE の定量値を得ることができた。

ユレライト隕石 4 試料で計 39 元素に対して全岩濃度を求めた。またその内の 2 試料では相分離したフラクションごとに REE 濃度を求めた。4 試料の主要・微量全岩化学組成はユレライトグループの報告値の範囲に入り、斜長石成分に乏しい典型的なユレライトであった。

ユレライトの典型的な REE 濃度パターン (CI コンドライト濃度で規格化) には中希土類元素の枯渇した V 字型のものと、軽希土類元素 (Light REE; LREE) が枯渇している右上がりなパターンの二通りあり、どちらも Eu に負の異常を示すことが知られている。本研究で分析したユレライトは 3 試料が前者、1 試料が後者に該当した。相分離による結果を図に示した。全岩試料では NWA 4519 が V 字パターン、NWA 3222 が右上がりなパターンを示す。ユレライト中の LREE 豊富成分と重希土類元素 (Heavy REE; HREE) 豊富成分は担体が異なり、LREE 豊富なパターンはユレライト隕石本来の REE パターンではなく LREE 豊富成分が地球上での汚染により混入したためと説明されている[2]。EDTA 浸出液中の REE パターンは炭素質コンドライト中の Ca リン酸塩のもの ([3]) よりも傾きが急であり、この相中の P 濃度も低いことからこの相の REE 担体は Ca リン酸塩ではないと考えられる。その場合 LREE 豊富成分は落下後に受けた地球上での汚染の影響と考えられる。残渣成分をみると、NWA 3222 では LREE が枯渇しており、輝石の REE パターンに似ている。一方 NWA 4519 の残渣は LREE 豊富であり、これは塩酸による浸出が不十分で落下後に付加した成分が完全に除去できていなかったためと考えられる。しかし、もし NWA 4519 の残渣が本来塩酸に浸出されるものを含むと考えられると、塩酸浸出液の LREE パターンの傾きはより急になるはずであるが実際には逆の傾向を示す。また汚染の影響では EDTA 浸出液と塩酸残渣の LREE パターンが同じになることは難しいと思われる。NWA 4519 は鉱物学的に地上での風化の影響が極めて小さいと観察されていることを考えると、LREE 豊富なパターンはユレライト母天体上での分別を反映している可能性も考えられる。

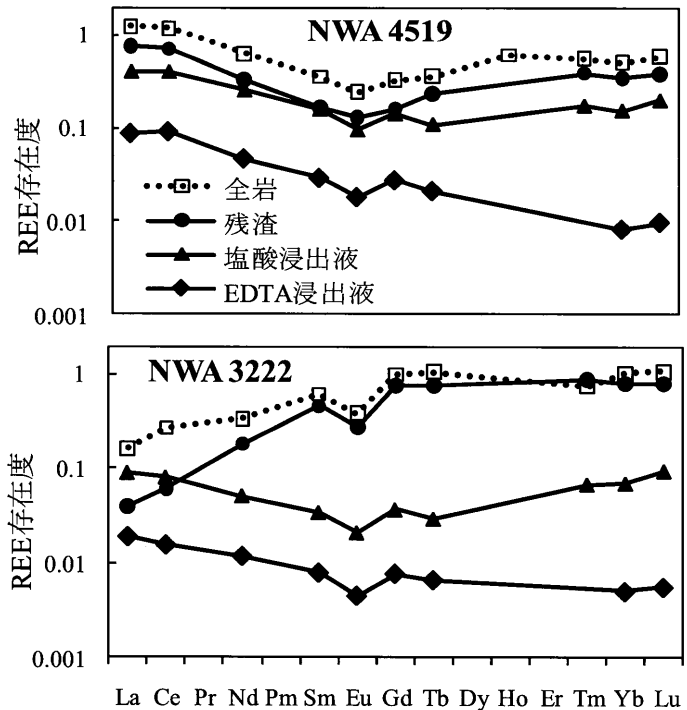


図 ユレライト NWA 4519, NWA 3222 の REE 存在度 (CI コンドライトで規格化)

全岩と EDTA 浸出液、塩酸浸出液、残渣がプロットされており、いずれも全岩質量中での濃度を表している
シンボルは 2 つの図で共通

[1] H. Minowa and M. Ebihara (2003) Anal. Chim. Acta, 498, 25-37

[2] Y. Guan and G. Crozaz (2000) Meteorit. Planet. Sci., 35, 131-144

[3] M. Ebihara and M. Honda (1987) Meteoritics, 22, 179-190

CKコンドライト隕石グループの全岩化学組成 —その特徴と隕石分類上での重要性—

首都大学東京大学院理工学研究科分子物質化学専攻
宇宙化学研究室 伊佐 美紀

【研究背景】

CKコンドライト隕石グループは炭素質コンドライト隕石に含まれ、太陽系形成初期の情報を持つと考えられる。そのCKコンドライト隕石は現在194個(2011.1.1.現在¹⁾確認されているが、そのほとんどが1980年以降に発見されている為、研究例が極めて少ない。落下隕石はKaroonda隕石とKobe隕石のみであり、その他は全てサハラ砂漠や南極大陸などで発見された発見隕石である。このグループの特徴の一つは、3から6の広い岩石学的タイプを持つことである。その中で熱変成の証拠を保持するとされる4から6に分類される隕石が存在するという事は、他の炭素質コンドライト隕石グループにはない特徴である。しかし、その熱変成に関する詳細はまだ明らかでない。他の特徴として、Feが金属としてではなく酸化物や硫化物として存在することも挙げられる。

1990年代からCKコンドライトグループは固有のグループとして分類されるようになったが²、依然としてCVコンドライトグループと同グループであるという指摘がなされている³。分類に重要な役割を果たす酸素同位体組成を用いてもCVコンドライトと区別できず、成因的に同コンドライトグループと密接な関係にあることが示唆されている。

本研究ではCKコンドライトの全岩化学組成を調べ、元素組成の点からCKコンドライトの特徴を明らかにする事を目的とした。特に、揮発性の高い元素を基にした熱変成について、また、類似点の指摘がされているCVコンドライトグループとCOコンドライトグループとの関係についてそれぞれ考察した。

【試料と分析方法】

研究に用いた試料はCK, CV, COコンドライトに分類されている南極隕石それぞれ20, 4, 2個である。CKコンドライトに関しては岩石学的分類上、type 3, 4, 5, 6に分類される隕石がそれぞれ2, 6, 8, 2個と、4/5 (type 4と5の中間) と5/6が各1個ずつである。このうちCK5にはペアと考えられている一組の隕石が含まれる。

出来るだけ代表的な元素組成を求める為に、各隕石に対して数100mgの試料を用いて中性子誘導即発γ線分析法(PGA)を行い、主要元素組成を求めた。次いで、それぞれの隕石試料を粉末化して均一にした後、その一部(約50~80mg)を用いて機器中性子放射化分析法(INAA)により、主要及び微量元素の定量を行なった。さらに約100mgを酸分解し、化学分離後、誘導結合プラズマ質量分析法(ICP-MS)を用いて揮発性元素を定量した。また、約50mgを用いて隕石中のFeの存在状態をメスバウアー分光法により調べた。

【結果と考察】

全26隕石に対して、33元素の全岩化学組成とFeの存在状態を調べる事ができた。

CK3 に分類されていた MET01149 が昨年に、R コンドライトグループであると再分類された。MET 01149 は全岩化学組成の点から R コンドライトと一致し、CK とは違う存在度パターンを示した (Fig.1)。CK3 と分類されている LAP03834 も同様の結果を示した (Fig.1)。他にも全岩化学組成から LL コンドライトと一致する隕石が二つあり、MET01149 以外にも 3 試料の分類が疑わしいことがわかった。さらに鉄の存在状態を調べた所、上記の 4 試料からは磁鉄鉱成分が検出されなかった。CK コンドライトは磁鉄鉱を豊富に含む事が特徴の一つであり、メスバウアー分光法でもこれらの 4 つの隕石が CK でないことが支持された。

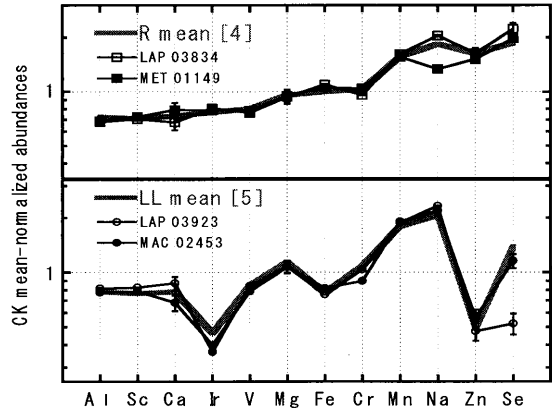


Fig. 1 分類が疑われる隕石の存在度パターン

Fig.2 に 16 個の CK コンドライトの元素濃度の平均値を CI コンドライトの元素濃度で規格化した値を灰色の実線で示した。薄灰色の範囲は CK コンドライト 16 個の標準偏差を示す。元素は凝縮温度の高い元素から低い元素の順に並べた。CK コンドライトの難揮発性元素は CI コンドライトの組成に比べてあまり分化せず、中揮発性元素から揮発性元素にかけて徐々に枯渇するという特徴を持つ。CK コンドライトの元素濃度は分析した 16 個の隕石間で大きなばらつきを示すが、元素濃度と岩石学的分類との間に関連は見出せなかった。また、CK コンドライトの平均値と CV、CO コンドライトの平均値を比べてみると両者の組成は非常に似ている事がわかった。

Fig.3 に CK、CV コンドライトの揮発性元素 (S よりも凝縮温度の低い元素) の定量値を文献値と共にプロットした。得られた定量値は文献値とほぼ一致した。CK コンドライトは CV コンドライトに比べて Bi と Tl の枯渇が目立つが、CK コンドライト間で岩石学的タイプとの相関は見られなかった。CV コンドライトと同じ母天体で熱変成によりこれらの元素が抜けたと考え、岩石学的タイプとの相関が見られるはずであるが、Fig.3 に見られるように揮発性元素含有量と岩石学的タイプの間に関連は見られない。本研究から CK コンドライトと CV コンドライトは違う母天体起源であることが示唆された。

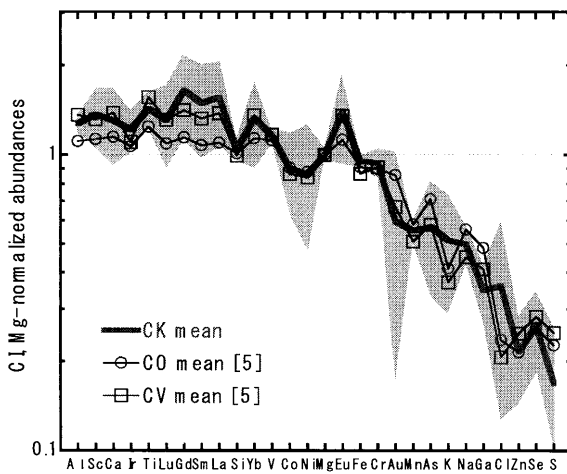


Fig. 2 CK と CV と CO の存在度パターン

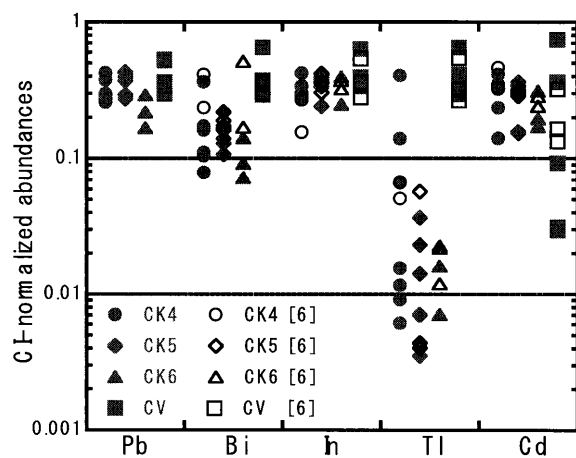


Fig. 3 CK と CV の揮発性元素の存在度パターン

[1] The Meteoritical Bulletin Online Database [2]Kallemeyn et al. (1991) GCA, 55, 881-892. [3]Greenwood et al. (2010) GCA, 74, 1684-1705. [4]Kallemeyn et al. (1996) GCA, 60, 2243-2256. [5]Wasson and Kallemeyn. (1988) Phil. Trans. Roy. Soc. Lon. Ser. A, 325, 535-544. [6]Xiao and Lipschutz. (1992) JGR, 97, 10199-10211.

九州火山フロントにおけるスラブ流体の組成とマグマ生成プロセス

熊本大学大学院自然科学研究科理学専攻
長谷中研究室 田村智弥

九州の火山フロント沿いに位置する四つの火山（阿蘇、九重、霧島、開聞）について、それらの火山噴出物中に含まれるカンラン石に捕獲されたメルト包有物の分析を行った。カンラン石はマグマの結晶分化の早期に晶出される鉱物であり、これに捕獲されたメルト包有物はより未分化なマグマの組成を保持していることが期待される。よってカンラン石中のメルト包有物の組成を調べることで、初生マグマの組成、さらにはスラブ流体の組成を推定し、九州のような島弧におけるマグマ生成プロセスを明らかにすることが可能となる。

メルト包有物の組成から初生マグマおよびスラブ流体の組成を求めた結果、九州火山フロントの四つの火山の初生マグマおよびスラブ流体の組成は、カリウムに富み火山フロントの北部に位置する阿蘇・九重のグループと、カリウムに乏しく火山フロントの南部に位置する霧島・開聞のグループに分けることができた。初生マグマのカリウム含有量は部分溶融度の違いに影響を受けておらず、スラブ流体のカリウム含有量を反映していた。また、阿蘇・九重下に沈み込んだスラブは深さ約 140km まで達しており、霧島・開聞下のスラブの到達深度である約 100km よりも深く沈み込んでいる。110km よりも深部では、スラブ中のフェンジャイト（カリウムに富む鉱物）が脱水分解反応を起こすため、阿蘇・九重下のスラブ上においてフェンジャイトの脱水分解が起こり、その結果として阿蘇・九重のスラブ流体および初生マグマのカリウム含有量が霧島・開聞のそれに比べて高くなったと推定される。さらに、部分溶融度とスラブ流体には正の相関があり、スラブ流体の主成分である水はマンツルのソリダス温度を低下させ、マグマの生成を助ける。また、開聞は他の火山に比べてマンツルへのスラブ流体の付加が少ないため、部分溶融度が小さい。開聞においてスラブ流体の付加が少ないのは、九州の南部に向かうにつれて沈み込むスラブの年代が古くなり、スラブの冷却が進んでいることと矛盾しない。

今回の研究によって、九州の火山フロントに位置する四つの火山のマグマ生成プロセスおよび初生マグマの組成は、沈み込むスラブによって付加された流体の組成を大きく反映していることが分かった。スラブ流体は島弧におけるマグマ生成プロセスおよび初生マグマの組成に多様性をもたらす重要な物質である。

コンドライト隕石における宇宙線生成放射性核種 ^{36}Cl の生成率

首都大学東京大学院理工学研究科分子物質化学専攻
宇宙化学研究室 浜中 芳文

【はじめに】宇宙空間には宇宙線と呼ばれる高エネルギーの粒子が飛び交っていて、地球外にある物質は絶えず宇宙線と衝突して核反応が起き、様々な核種が生成される。生成される核種のなかでも長い半減期を持つ放射性核種や希ガス同位体は宇宙化学的に重要な核種であり、地球外物質が宇宙線を照射されていた期間や環境、地球に落下した年代等を推測するために用いられる。

^{36}Cl は宇宙線によって生成される放射性核種の 1 つであり、およそ 30 万年の半減期をもつ。 ^{36}Cl は、主に Fe, Ni からなる鉄隕石や石質隕石の金属相中では、これらの元素の核破砕反応によって生成され、古くに地球に落下した南極隕石や砂漠隕石の落下年代を推定することによく用いられている。一方、ケイ酸塩相等その他の鉱物相では Fe, Ni に加え K, Ca, Cr などの核破砕反応や ^{35}Cl の中性子捕獲反応などによっても生成される。これらの生成反応での ^{36}Cl 生成率は、宇宙線の持つエネルギーによって異なった変化を示すため、各元素からの ^{36}Cl 生成率を求めることで、宇宙環境や地球外物質の宇宙線照射環境など、宇宙化学的な議論を進めることが出来ると期待される。そこで本研究室では、これまでに 5 つの隕石断片での各標的元素からの ^{36}Cl 生成率を推定した^{1,2}。さらに 2 つの隕石断片での生成率を求め、生成率からこれらの断片が持つ照射環境の推定を試みた。

【実験】Gold Basin 隕石断片 (#C, #D とした) を砕いて粉末化し、磁石によって珪酸塩相と磁性相に選り分けた。磁性相は HF でリーチングして付着した非磁性相を取り除いて金属相とした。得られた珪酸塩相はさらに硝酸で処理して酸に対する可溶性によって 2 つの鉱物相に分けた。このようにして得た元素濃度の異なる 5 つの相 (全岩、珪酸塩相、金属相、酸可溶相、酸不溶相) において、 ^{36}Cl 濃度を加速器質量分析法によって、Cl, K, Ca, Cr, Fe, Ni などの ^{36}Cl 生成反応の主標的元素濃度を放射化分析法や ICP 発光分析法によって求めた。また、照射環境を制限するために、4 つの断片での金属相中の宇宙線生成放射性核種 ^{10}Be 含有量を加速器質量分析法で定量した。

【生成率計算】各相の ^{36}Cl 濃度は、各元素からの生成率を $P(^{36}\text{Cl})_i$ 、各相に含まれる標的元素の濃度を $[E]_{\text{phase}}$ とすると以下の式で表せる。

$$^{36}\text{Cl}_{\text{phase}} = \sum_{i=1}^n (P(^{36}\text{Cl})_i \times [E]_{\text{phase}})$$

ここでは、主な標的元素である Cl, K+Ca, Fe+Ni についてのみ考えることとし、各断片で得た相での濃度を上式に当てはめ、最小二乗法によって生成率を求めた。

【結果・考察】Gold Basin #A~#D の金属相中の ^{36}Cl 濃度は過去に分析した試料とは異なっており、照射環境の異なる試料であることが示唆される (表 1)。金属相中の ^{10}Be 濃度は深

度に反比例するため、断片は#D, #B, #A, #C の順に浅い深度にあったと考えられる。金属相中の ^{36}Cl 濃度からも同様の結果が得られた。

各標的要素からの ^{36}Cl 生成率は表 2 に示した。以前報告した断片²も一部の標的要素をより精確な手法で分析し直したため、再度生成率を計算した。P(Fe+Ni)に対する P(Cl), P(K+Ca)の比を取ると、P(Fe+Ni)が大きいほど P(Cl) / P(Fe+Ni)が小さくなる傾向があり、P(K+Ca) / P(Fe+Ni)は大きくなる傾向があった。

Gold Basin #C, #D では P(K+Ca)が負の値となった。また、Gold Basin #A, #B の P(K+Ca) / P(Fe+Ni)はモデルで計算される比³から大きく異なる値であったため、これら 4 断片の P(K+Ca)には問題があったと考えられる。P(Cl)が高いために K+Ca からの寄与が相対的に小さくなりすぎ、正しく計算できなかったと推察される。Allegan, Barwell は P(Fe+Ni)が高いことから表層近くの試料で、P(Cl)は 0 に近いと考えられる。Gold Basin を除いて考えると、P(Fe+Ni)が低い Gao 隕石で P(K+Ca) / P(Fe+Ni)は大きくなった。

Gold Basin 隕石での金属相中の ^{36}Cl 濃度に対するケイ酸塩相中の中性子捕獲反応により生成した ^{36}Cl 濃度は文献⁴とよく似た傾向を示した (図 1)。P(Cl) / P(Fe+Ni)は金属相中の ^{36}Cl 濃度に対して逆相関があり、金属相中の ^{36}Cl 濃度が低くなる、つまり深度が大きくなるほど低エネルギー粒子が相対的に豊富であることが分かる。また、これらの P(Cl), P(Fe+Ni)は妥当な値であると考えられる。

表1 金属相中の ^{36}Cl , ^{10}Be 濃度[dpm/kg metal]

fragment	^{36}Cl	^{10}Be
#A	2.49 ± 0.07	0.57 ± 0.06
Gold #B	1.33 ± 0.04	0.21 ± 0.01
Basin #C	6.22 ± 0.22	1.66 ± 0.11
#D	0.49 ± 0.03	
Gao	7.46 ± 0.15	1.37 ± 0.03
Allegan	24.7 ± 0.9	
Barwell	22.4 ± 0.5	

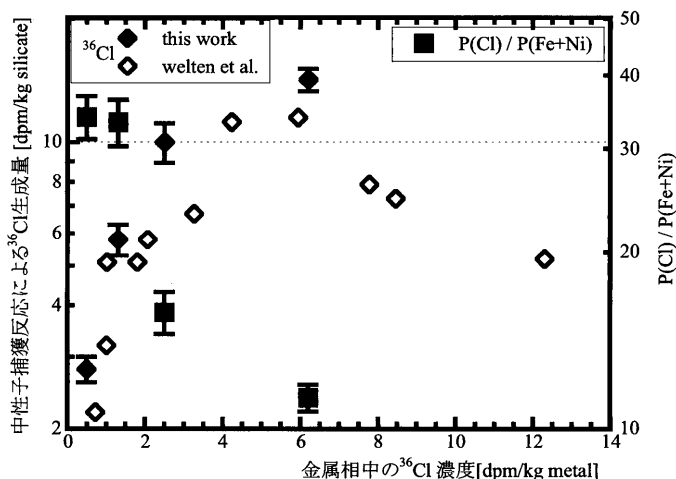


図1 Gold Basin隕石の ^{36}Cl 生成反応の相関

表2 ^{36}Cl 生成率 [dpm / kg target element(s)] と生成率比

	P(Cl)	P(K + Ca)	P(Fe + Ni)	P(Cl) / P(Fe + Ni)	P(K+Ca) / P(Fe + Ni)
#A	41000 ± 3000	14 ± 4	2.6 ± 0.1	16000 ± 1000	5.4 ± 1.6
Gold #B	50000 ± 3000	2.1 ± 1.9	1.5 ± 0.1	33000 ± 3000	1.4 ± 1.3
Basin #C	72000 ± 3000	-27 ± 9	6.4 ± 0.2	11000 ± 1000	-
#D	18000 ± 1000	-20 ± 2	0.50 ± 0.03	36000 ± 3000	-
Gao	120000 ± 10000	120 ± 10	7.7 ± 0.3	16000 ± 1000	16 ± 1
Allegan	-42000 ± 15000	340 ± 20	27 ± 1.0	-	13 ± 1
Barwell	-9300 ± 3900	220 ± 20	25 ± 1.0	-	8.8 ± 0.9

[1] 山崎 俊輔, 修士論文首都大学東京(2006)

[2] 浜中 芳文, 卒業論文首都大学東京(2008)

[3] Leya and Masarik, *Meteo. & Planet. Sci.*, vol.44 (2009)

[4] Welten et al., *Meteo. & Planet. Sci.*, vol.38 (2003)

雪氷中の粒子状物質を用いた大気環境評価に関する研究

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 藤井 政光

【序】東アジアの経済発展や中国の砂漠化によって、大気汚染物質や黄砂の発生量が増加傾向にある。我が国においても日本海側の地域で、越境する酸性物質による酸性雨が報告されており、黄砂や越境大気汚染物質の挙動に関する知見が求められている。一方で、局所的な影響に留まる大気汚染物質も存在するなど、大気汚染物質の挙動は多様である。

吸湿性のエアロゾルは、降水時に氷晶核として機能し¹⁾、さらに氷晶核は周囲のエアロゾルを捕捉する²⁾。よって、降雪後に新たな汚染を受けていない雪氷には、降雪時の大気の状態が記録されていることから、冬季の平均的な大気の状態を観測することができる。

以上を踏まえ、雪氷中の粒子状物質を用いて、多様な原因による大気汚染物質を観測し、その影響を評価することを本研究の目的とした。

【実験】冬季の北西季節風の影響や、大気汚染物質による悪影響の発生状況を考慮して、立山黒部・金精峠・北海道などの地域において雪氷試料を採取した。また、局地的な汚染が極めて大きいと考えられる試料も採取した。雪氷試料は自然融解の後、吸引濾過して雪氷中の粒子状物質を分離した。得られた粒子状物質はX線吸収微細構造法(XAFS)による状態分析、機器中性子放射化分析(INAA)と多重即発ガンマ線分析(MPGA)による元素分析、走査型電子顕微鏡(SEM-EDS)による観察と個別の粒子に対する元素分析を行った。

【結果と考察】

○状態分析

XAFSによる状態分析の結果、粒子状物質中のCaはgypsum($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)が主成分であることが分かった(Fig. 1)。Caを含む大気浮遊粉塵は大気中に長時間滞留すると、大気中の SO_4^{2-} と反応しgypsumに変化する³⁾。各試料のスペクトルをgypsumとcalcite(CaCO_3)のスペクトルでパターンフィッティングした結果、酸性物質の排出源に近い地点の試料や、大陸起源のエアロゾルの影響を強く受けている日

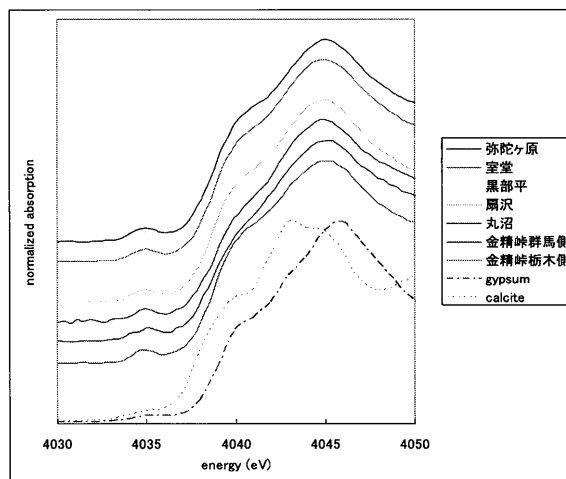


Fig. 1 立山黒部・金精峠のCaのK端XAFSスペクトル

本海に近い地点の試料でgypsumが多くなる傾向がみられた。また、gypsumが主成分であることは、雪氷中の粒子状物質が採取地点周辺の土壌粒子の巻き上げによるものではなく、大気中に長時間滞留していた大気浮遊粉塵であることを示している。

Sを対象としたXAFS測定の結果では、城端(富山県)と東京を除いた全試料において S^{2-} の状態であるSの存在が確認された。

○元素分析

INAAによる元素分析では、Ca、V、Znに注目し、濃縮係数（EF）を用いた比較を行った。Caは黄砂に豊富に含まれる元素である一方で、工業的利用もされている。V、Znは人為的には石油の燃焼の影響を調査する際に注目される元素である⁴⁾⁵⁾。EF算出用の標準物質には琵琶湖底質試料のJLk-1を使用した。

CaのEF（Fig. 2）は、立山黒部や北陸地方の試料でEF > 1となった。人為的汚染が極めて少ない地点であってもEFが高いことから、大陸由来の土壤粒子の寄与が示唆された。また、市街地の試料（夕張、越前大野、東京）でも高いEFが得られた。なお、Fig. 2 図中のCJ-1は中国の黄土の標準物質であり、比較参照のため保証値からEFを算出し、その値を点線で記載した。

VのEF（Fig. 3）は市街地の試料（夕張、越前大野）で都市大気浮遊粉塵の標準試料NIES No.28のEFを超えた。特筆すべき点として、首都圏を起源とする酸性物質の被害が顕著な金精峠栃木側の試料で高いEFを示すという結果が得られた。逆に、群馬側では低い値となった。

ZnのEF（Fig. 4）は東京の試料で非常に高い値を示し、首都圏の大気汚染を明確に反映している。金精峠の試料のうち、丸沼はVとZnとともに高いEFを示した。自動車や除雪車の排気による汚染の結果と考えられる。金精峠の栃木側と群馬側のZnのEFはVと反対の傾向を示したが、その差は小さかった。小樽、上ノ国、城端ではVとZnで似た傾向を示した。

以上の結果から、Caでは中国の土壌由来の粒子状物質による影響と、市街地を由来とする影響の両方が示唆された。また、石油の燃焼で発生するVやZnを定量することで、局地的な大気汚染の影響を評価することができた。

○個別粒子の観察と元素分析

SEM-EDSによる反射電子像の撮影と個別粒子に対する元素分析を行った。ほとんどの粒

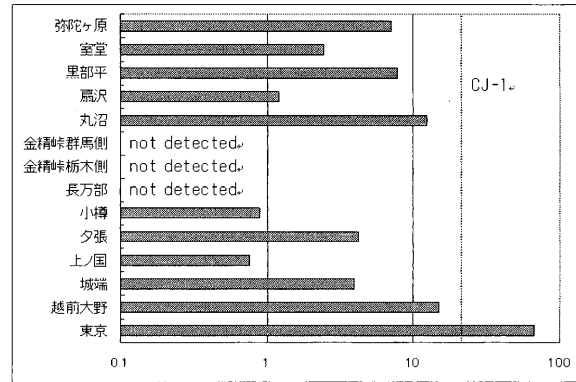


Fig. 2 CaのEFの比較

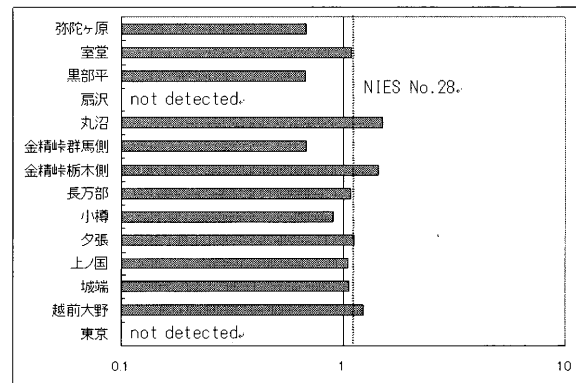


Fig. 3 VのEFの比較

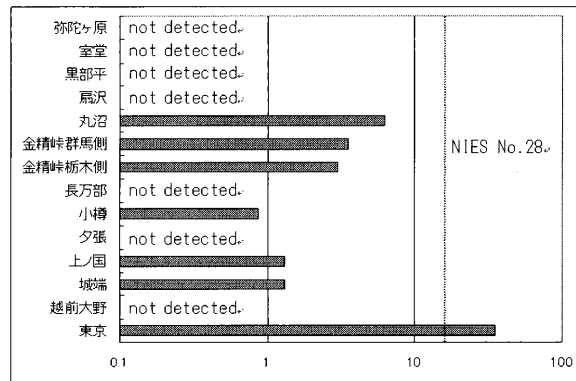


Fig. 4 ZnのEFの比較

子は Si と Al を含み、同時に Mg や K を含むものも多くみられた。これらは土壌粒子であると考えられる。Fig. 5 の弥陀ヶ原の試料からは球体の粒子状物質が見つかった（図中の○）。その組成は Si と Al で構成されるものだけでなく、Fe が主成分のものも確認された。球体の粒子は金精峠栃木側、夕張、東京を除いた全試料に存在した。この球体の粒子は、火力発電所で微粉炭を燃焼したときの排出物であるフライアッシュと考えられる⁶⁾。

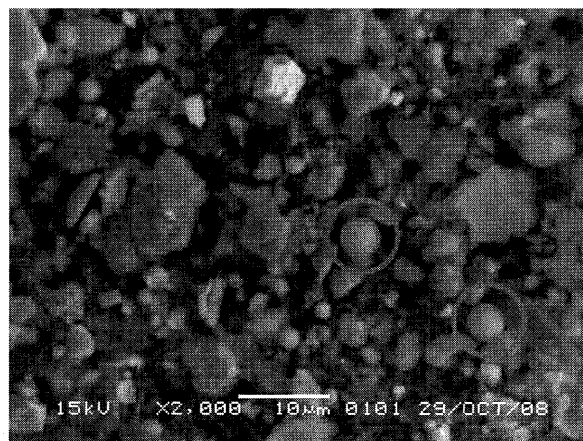


Fig. 5 弥陀ヶ原の試料の SEM 写真（2000 倍）

フライアッシュが確認された試料の中で、風上である北西方向に石炭火力発電所が存在しているのは立山黒部シリーズの試料のみであった。それ以外の日本海側の地点の試料においてもフライアッシュの存在が確認されたことから、それが海外を排出源としているということが示唆された。よって、フライアッシュは大気汚染物質の拡散の指標となると考えられる。また、排出源である火力発電所から離れるにつれて降下するフライアッシュの粒径が小さくなる傾向が認められた。

Fig. 6 の金精峠栃木側の試料からは、半透明な物体の上に粒子状物質が付着しているものがみられた。これはディーゼル排気由来の煤煙と考えられる⁷⁾⁸⁾。金精峠群馬側付近の汚染雪や市街地の試料である長万部や夕張、東京でも同様の物体がみられた。付近に汚染源のある地点の試料でのみ確認されたことから、ディーゼル排気由来の煤煙の拡散は狭い範囲で起きているといえる。

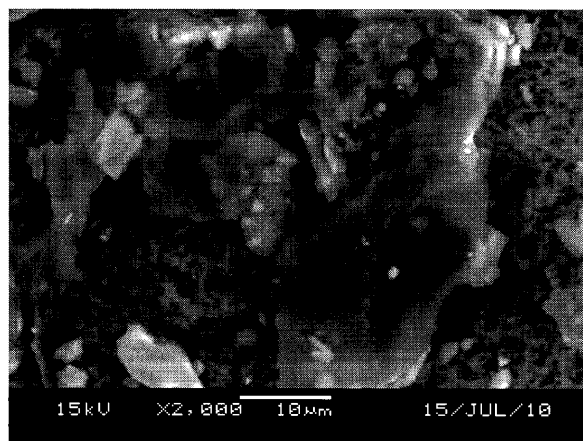


Fig. 6 金精峠栃木側の試料の SEM 写真（2000 倍）

【結論】本研究によって、以下の3点の成果を得た。(1) 雪氷中の粒子状物質は大気中に長時間滞留していたものであることが確認された。(2) 中国の土壌由来の粒子状物質による影響と局地的な大気汚染物質の影響の両方を評価することができた。(3) フライアッシュが広域的に分布していることが認められ、それが海外を排出源としていることが示唆された。

[参考文献] 1) Isono, K. et al. 1959, *J. Meteor. Soc. Japan*, 37, 211-223. 2) Murakami, M. et al. 1985, *J. Meteor. Soc. Japan*, 63, 119-128. 3) Mori, I. et al. 1998, *Sci. Tot. Environ.*, 224, 87-91. 4) Han, J. S. et al. 2005, *Atmos. Environ.*, 39, 3113-3125. 5) Wang, C. F. et al. 1999, *Anal. Chim. Acta*, 392, 299-306. 6) Kutchko, B. G. and Kim, A. G. 2006, *Fuel*, 85, 2537-2544. 7) 飯田訓正 1997, エアロゾル研究, 12(3), 183-188. 8) 鈴木健一郎ほか 2004, 分析化学, 53, 1, 7-12.

平成 22 年度卒業論文抄録

前濃縮中性子放射化分析法による鉄隕石中の極微量 Mn の定量限界

首都大学東京都市教養学部理工学系化学コース

宇宙化学研究室 新井 優花

【はじめに】

Mn は安定同位体として ^{55}Mn しか存在しない単核種元素である。しかし隕石中には、高エネルギーの宇宙線による核破碎反応により生成した放射性核種の ^{53}Mn (半減期: 3.7×10^6 年) が存在する。 ^{53}Mn のような宇宙線生成核種は、隕石の宇宙線照射環境や落下年代などの情報を得るための重要な手掛かりとなる。隕石中の ^{53}Mn の定量は、 $^{53}\text{Mn} (n, \gamma) ^{54}\text{Mn}$ 反応を利用した中性子放射化分析 (NAA) によって行われるのが一般的である。しかしこの時、 $^{55}\text{Mn} (n, 2n) ^{54}\text{Mn}$ 妨害反応も生じる。そのため、極微量 ^{53}Mn の定量のためには、鉄隕石中の ^{55}Mn 量をあらかじめ知る必要がある。昨年度今村 [1] は、鉄隕石中の Mn の定量を $^{55}\text{Mn} (n, \gamma) ^{56}\text{Mn}$ 反応を利用する前濃縮放射化分析法で行うための Mn の化学分離法を開発した。本研究では、この分離法により NAA でどこまで Mn を定量できるか操作ブランクを中心に検討した。

【実験】

鉄隕石 1g を仮定して、試料を用いずに HF 系陽イオン交換とアルコール-HCl 系陰イオン交換により Mn フラクシオンを得た。試薬には、HF は原子吸光分析用、HCl は電子工業用、2-プロパノールは UGR を使用した。Mn フラクシオンを加熱濃縮後、ろ紙に滴下・乾燥した。これを JRR3 PN-3 で 20 分間中性子照射した。また、ろ紙・ポリエチレンフィルム中の Mn 量も定量した。Fe 試薬中に含まれる Mn 濃度が明らかでないため、実験的に直接 $^{56}\text{Fe} (n, p) ^{56}\text{Mn}$ 反応の寄与を調べるのは困難なので、Ti 板を照射し、 $^{48}\text{Ti} (n, p) ^{48}\text{Sc}$ 反応からこの妨害反応の寄与を推定した。

【結果と考察】

Mn 化学分離における操作ブランクを表 1 に、ろ紙・フィルムブランクは表 2 に示した。ろ紙 1 はそのまま、ろ紙 2 は、溶液をろ紙に滴下、乾燥する時間だけ放置したものである。操作ブランクは特級試薬を用いた時よりも約 1/30 に減少した。また、Ti 板の照射から推定した $^{56}\text{Fe} (n, p) ^{56}\text{Mn}$ 反応の寄与は、 $97.3 \pm 6.31 \text{ ng Mn/g Fe}$ であった。放射性トレーサーを用いた化学分離における Mn フラクシオンでの Fe の残存量は 0.01% であったので、鉄隕石 1g を用いると $^{56}\text{Fe} (n, p) ^{56}\text{Mn}$ 反応により Mn の $9 \times 10^{-3} \text{ ng}$ 相当の ^{56}Mn が生成されることになる。これらの結果から

表1 操作ブランク(ろ紙・フィルムブランクも含む)

	Mn量 (ng)		
1	11.09	±	0.19
2	8.27	±	0.16
3	6.71	±	0.14
平均	8.69	±	0.02

表2 ろ紙・フィルムブランク

	Mn量 (ng)		
ろ紙 1	-0.02	±	0.03
ろ紙 2	0.10	±	0.00
フィルム	0.29	±	0.01

考え、本実験法での Mn 定量は操作ブランクが大きく影響することが分かる。鉄隕石 1g を用いて Mn を分離、JRR3 PN3 で 20 分間照射した場合、ブランクからの寄与が 50% であると仮定すると、前濃縮中性子放射化分析法により、Mn 濃度 9ppb まで定量可能である。鉄隕石中の Mn 濃度は、100ppb 程度以下と考えられるので、Mn 濃度の高い鉄隕石ならば測定可能である。より純度の高い試薬を使うことで、定量限界をさらに低くすることが可能であると考えられる。

【参考文献】

[1] 今村 典央 首都大学東京 卒業論文 (2009)

九重火山西部における岩石学的研究

熊本大学理学部
長谷中研究室 有賀翔平

第四紀の九重火山の活動のはじまり（約14万年前）を記録する西部域火山噴出物の岩石記載と化学分析を行い、グループ分けと岩石学的な成因関係を調べた。

西部域は黒岩山、泉水山、合頭山および狹師山の4つ山体からなり、これらはすべて角閃石安山岩～デイサイトである。一部の黒岩山溶岩を除き、溶岩は普遍的に主に針状の斜長石および普通角閃石からなる球～楕円状の暗色包有物を含む。黒岩山溶岩および泉水山溶岩に含まれる普通角閃石は清澄であるが、暗色包有物を含まない黒岩山溶岩、合頭山溶岩および狹師山溶岩の普通角閃石はオパサイト反応縁を示す。黒岩山溶岩 ($\text{SiO}_2=62\text{-}64\text{ wt.}\%$)、泉水溶岩 ($\text{SiO}_2=63\text{-}64\text{ wt.}\%$)、合頭山溶岩 ($\text{SiO}_2=58\text{-}62\text{ wt.}\%$) は九重火山より古い桶蓋火山噴出物と、暗色含有物を含まない黒岩山溶岩 ($\text{SiO}_2=60\text{-}62\text{ wt.}\%$) および狹師山溶岩 ($\text{SiO}_2=62\text{ wt.}\%$) は高 K_2O の九重火山東部域火山噴出物と似た化学組成を示す。本研究では、記載岩石学および全岩化学組成から暗色包有物を含まない黒岩山溶岩を「黒岩山西溶岩」として区別し、西部域を5つの火山噴出物に分類した。

マスバランス計算およびレイリー分別結晶作用のモデル計算の結果は、黒岩山溶岩の最も未分化な試料 ($\text{SiO}_2=62\text{ wt.}\%$) における分別結晶作用によって泉水溶岩 ($\text{SiO}_2=64\text{ wt.}\%$) が生成される可能性を示す。泉水山溶岩は黒岩山溶岩より10万年若いですが、 SiO_2 含有量が最も分化した黒岩山溶岩より SiO_2 含有量が1.5wt.%下がることから、同じマグマ溜りに同起源の親マグマが供給されて若返った可能性がある。

一方で、西部域で最も未分化な合頭山溶岩 ($\text{SiO}_2=58\text{ wt.}\%$) とその他の溶岩の間には、前述のモデル計算での分別結晶作用による成因関係を示す結果は得られず、それぞれ異なるマグマ供給系由来と考えられる。

西部域の溶岩に含まれる暗色包有物は外形および鉱物の形状は、高温のメルトの急冷を示唆する。黒岩山溶岩、泉水山溶岩および狹師山溶岩に含まれる暗色包有物とその母岩とのマグマ混合の検討において、合頭山溶岩との成因関係を示す結果は得られなかった。

以上のことから、九重山西部域では、①黒岩山・泉水山溶岩、②黒岩山西溶岩、③合頭山溶岩、④狹師山溶岩の4つの岩石学的に成因関係の異なるマグマの活動が活動したことが判明した。

東京湾における貧酸素水塊の評価方法に関する研究

東京大学教養学部広域科学科 環境分析化学研究室 小森昌史

【はじめに】貧酸素水塊とは、溶存酸素量が極端に少なくなっている水塊のことを言う。1960年代以降、この貧酸素水塊が急速に規模を拡大し、生態系や水環境に大きな影響を与えている。こういった状況の中で、貧酸素水塊がいつどのような規模で発生していたかを推定することが望まれている。

本研究では、特に東京湾に着目し、浚渫窪地と対照点における底質を元素分析することによって、過去から現在にわたっての貧酸素水塊の規模や発生時期を評価・推定する方法について検討を行った。酸化還元環境の違いによって沈殿のしやすさが異なることが分かっている元素、特にS, U, Ce, Thなどに着目し、定量した。

【実験】2010年7月に東京湾の浚渫窪地内と対照点において底質を採取した。採取した試料は鉛直深さ約3 cmごとに分割し、それぞれの試料について即発 γ 線分析(PGA)および機器中性子放射化分析(INAA)による元素の定量分析を行った。

【結果と考察】各元素濃度から求めたTh/U比、Ce/U比が2地点での試料で値が大きく異なっていた。この2比は、軽度の貧酸素水塊を反映する値であるため、東京湾においては特に対照点において軽度の貧酸素水塊の存在を確認することができた。そして硫黄の濃度比較から、対照点においては無酸素水塊の程度も大きくなっていることが分かった。

またTh/U比、Ce/U比が高い相関を示したことから(図2:線形近似の R^2 値は浚渫窪地と対照点でそれぞれ0.7882、0.9916)、これら2つの比の値は東京湾における酸化還元環境に敏感に反応し、かつ信頼性の高い値だと考えられ、東京湾の貧酸素水塊を評価する上で非常に有用であるといえる。

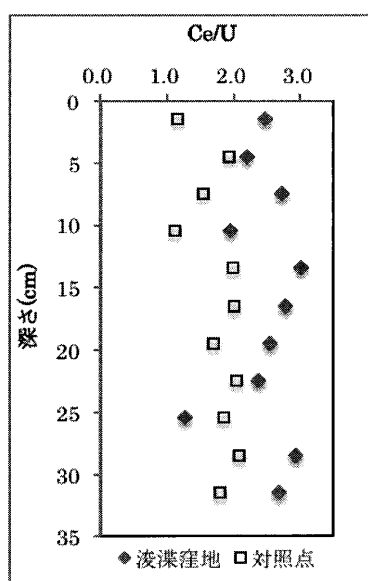


図1：深さごとのCe/U比

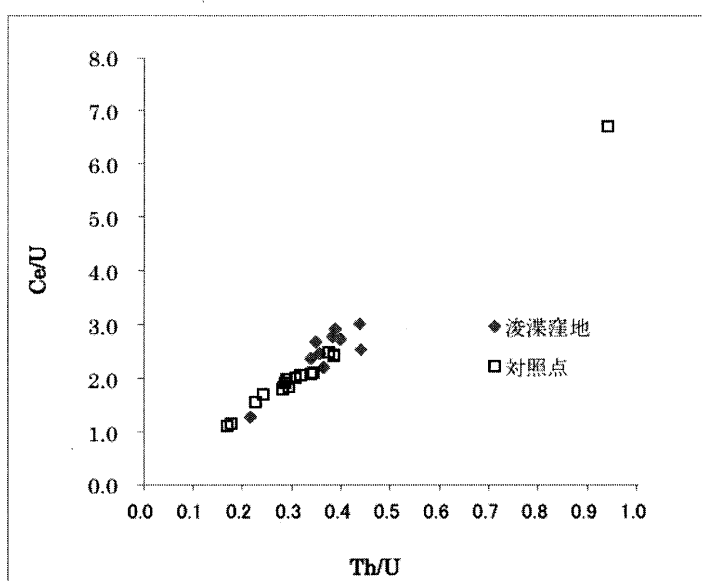


図2：浚渫窪地と対照点におけるTh/UとCe/Uの相関

元素分析から見た Tsenkher クレーターの起源について

首都大学東京都市教養学部理工学系化学コース
宇宙化学研究室 文字 竜太

◆はじめに

Tsenkher クレーターはモンゴルのゴビ - アルタイ地域にある直径 3.6km のクレーターで、その中央は浅く陥没しており、円形に近い尾根（クレーターの縁と推測される）は北西に切れ目がある。クレーターは隕石などの天体衝突や、マグマ水蒸気爆発などの大規模爆発により生成する。Tsenkher クレーターの起源は天体衝突が有力だが、火山活動起源も完全に否定できるものではない¹。地球に落下した隕石のほとんどがコンドライトであり、これは地殻よりも白金族元素に富んでいる。そのため、クレーター周辺岩石の親鉄元素、特に白金族元素の濃度が衝突起源を決定付ける一つの指標になっている。

本研究では Tsenkher クレーターの周辺で採取された岩石試料 5 つの元素濃度を求め、化学的特徴を明らかにすると共に、クレーターの起源を解明することを目的とする。

◆実験

5 つの岩石試料（22D, TK39-c, TK39-fine, TK58, 2007-68）を分析した。22D は堆積岩と衝突起源の角礫岩の接触部、TK39-c と TK39-fine は堆積岩片を含む衝突起源の角礫岩、TK58 はクレーター周辺地域の基盤岩である堆積岩、2007-68 は衝突起源の角礫岩中のメルト弾だと考えられている。各試料の一部を粉末化し、日本原子力研究開発機構の研究用原子炉で即発 γ 線分析（PGA）と機器中性子放射化分析（INAA）を行った。

◆結果

PGA では 6 元素、INAA では 34 元素、合計 40 元素の定量値を得た。このうち親鉄元素の定量値を CI コンドライトの元素濃度²で規格化した値を図 1 に示す。比較のために地殻上部の平均元素濃度³も同様に規格化し、示した。Ni は 22D, TK39-c, TK39-fine, TK58 で、Au は TK39-c, TK58, 2007-68 で検出できなかった。

本研究で分析した 5 つの岩石試料は親鉄元素存在度が CI コンドライトよりも明らかに枯渇していることがわかった。白金族元素で衝突起源の指標元素である Ir については、INAA では全試料で検出できなかった。各試料間で親鉄元素存在度パターンに違いはなく、Au を除いて地殻上部に類似している。しかし衝突起源の鉱物組織を持つその他の試料では、少量ではあるが衝突起源の一つの指標となる Ni と Co の含有量が周辺の基盤岩である TK58 よりも多いことがわかった。

INAA では白金族元素を検出できなかったため、Tsenkher クレーターの衝突起源を決定付けるには至れなかった。そこで今後より低濃度の定量も可能な ICP 質量分析法（ICP-MS）により白金族元素濃度を求め、このクレーターの起源について考察を行う。

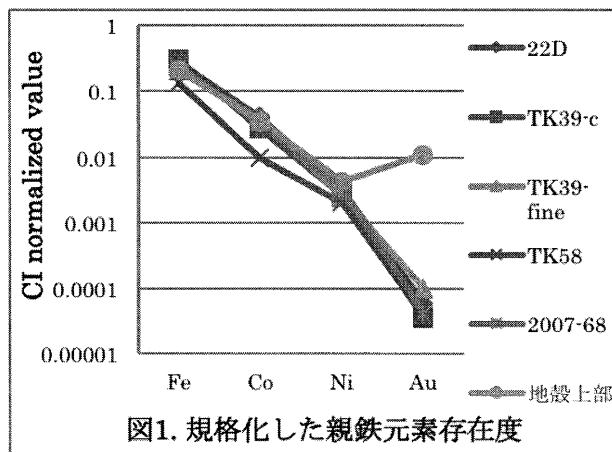


図1. 規格化した親鉄元素存在度

1. Komatsu et al. (2005) *Geomorphology*, 74, 164-180.

2. Anders and Grevesse (1989) *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 53, 197-214

3. Rudnick and Gao (2003) *The Crust*, 3, 1-64

施設便り

日本原子力研究開発機構原子力科学研究所

日頃から当部の研究炉 JRR-3 及び JRR-4 をご利用頂き、また、格別のご高配を賜り、深く感謝しております。

東日本大震災により、JRR-3 及び JRR-4 は、安全上深刻な被害が無かったものの、原子炉施設周辺の地盤沈下により原子炉に付随する施設が被害を受けました。平成 23 年 9 月現在、原子力機構ではこれらの施設の修復及び関係省庁との調整に全力をあげて取り組んでおり、原子炉の早期運転再開を目指しております。

■JRR-3 について

JRR-3 につきましては、上記被害のうち、国の定期検査受検に必要なものについて本年10月を目途に並行作業にて復旧を完了させ、11月から2月の定期検査を受けた後に運転を再開させたいと考えております。他の被害箇所については、定期検査を進めながら、2月の運転再開が可能なように復旧を進める計画です。

■JRR-4 について

JRR-4 につきましては、上記被害のうち、補修工事が国の認可対象となる可能性があり、その期間及び国の定期検査の受検期間を考慮して、復旧は来年度まで続く予定です。

以上、利用者の皆様のご理解とご協力をよろしくお願い申し上げます。

お問い合わせ等ございましたら、以下までご連絡ください。

研究炉加速器管理部 研究炉利用課 利用促進係

電話：029-282-5591 e-mail：kenkyuro-riyou@jaea.go.jp

URL <https://rrsys.tokai-sc.jaea.go.jp/rrsys/>

(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)

東北地方太平洋沖地震の被害

東北地方太平洋沖地震が 2011 年 3 月 11 日の 14 時 46 分頃発生した。三陸沖が震源地、M9.0

施設便り

日本原子力研究開発機構原子力科学研究所

日頃から当部の研究炉 JRR-3 及び JRR-4 をご利用頂き、また、格別のご高配を賜り、深く感謝しております。

東日本大震災により、JRR-3 及び JRR-4 は、安全上深刻な被害が無かったものの、原子炉施設周辺の地盤沈下により原子炉に付随する施設が被害を受けました。平成 23 年 9 月現在、原子力機構ではこれらの施設の修復及び関係省庁との調整に全力をあげて取り組んでおり、原子炉の早期運転再開を目指しております。

■JRR-3 について

JRR-3 につきましては、上記被害のうち、国の定期検査受検に必要なものについて本年10月を目途に並行作業にて復旧を完了させ、11月から2月の定期検査を受けた後に運転を再開させたいと考えております。他の被害箇所については、定期検査を進めながら、2月の運転再開が可能なように復旧を進める計画です。

■JRR-4 について

JRR-4 につきましては、上記被害のうち、補修工事が国の認可対象となる可能性があり、その期間及び国の定期検査の受検期間を考慮して、復旧は来年度まで続く予定です。

以上、利用者の皆様のご理解とご協力をよろしくお願い申し上げます。

お問い合わせ等ございましたら、以下までご連絡ください。

研究炉加速器管理部 研究炉利用課 利用促進係

電話：029-282-5591 e-mail：kenkyuro-riyou@jaea.go.jp

URL <https://rrsys.tokai-sc.jaea.go.jp/rrsys/>

(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)

東北地方太平洋沖地震の被害

東北地方太平洋沖地震が 2011 年 3 月 11 日の 14 時 46 分頃発生した。三陸沖が震源地、M9.0

で最大震度 7 (宮城県北部) を観測した。東海村及び水戸では震度 6 弱を観測した。その後、余震として同日 15 時 15 分頃、茨城県沖が震源地、M7.4 で最大震度 6 弱 (水戸 4) が発生した。茨城県内はこの 2 度の大きな地震により、ライフラインの停止や道路の陥没・隆起、橋の崩落等の多大な被害を被った。

1. 原子力科学研究所内被害状況

(1)JRR-3 の被害状況(<https://rrsys.tokai-sc.jaea.go.jp/sentan/index.html> 掲載)とその後の状況

JRR-3 は地震当日は定期自主検査につき停止中であった。被害状況として、(1)放射性物質の閉じ込め及び原子炉の運転制御に必要な設備に被害なし、(2)原子炉建家自体に被害なし、(3)原子炉建家周囲の地盤沈下により、原子炉建家外部に設置されている設備に被害がある。

主な被害として、

- ・原子炉建家周辺の地盤沈下
- ・排気系ダクトフレキ管の曲がり
- ・冷却塔周辺の地盤沈下
- ・2次冷却配管ゴム製フレキ管芯ずれ
- ・炉室天井スレートの脱落
- ・ローディングドックシャッターの作動不全
- ・上部遮蔽体駆動装置固定ピンの破損
- ・液化窒素製造施設の傾斜

被害状況の写真を図1、図2に示す。

また、現在復旧作業が終了した項目として、

- ・制御棟入口テラスのクラック補修
- ・制御室照明補修
- ・冷却塔蒸気配管の補修
- ・冷却塔消火栓埋設配管補修
- ・実験利用棟他搬入口段差補修
- ・使用済燃料貯槽室のシャッター補修
- ・一般排水枘配水管補修

JRR-3の被害状況
(建家周り)

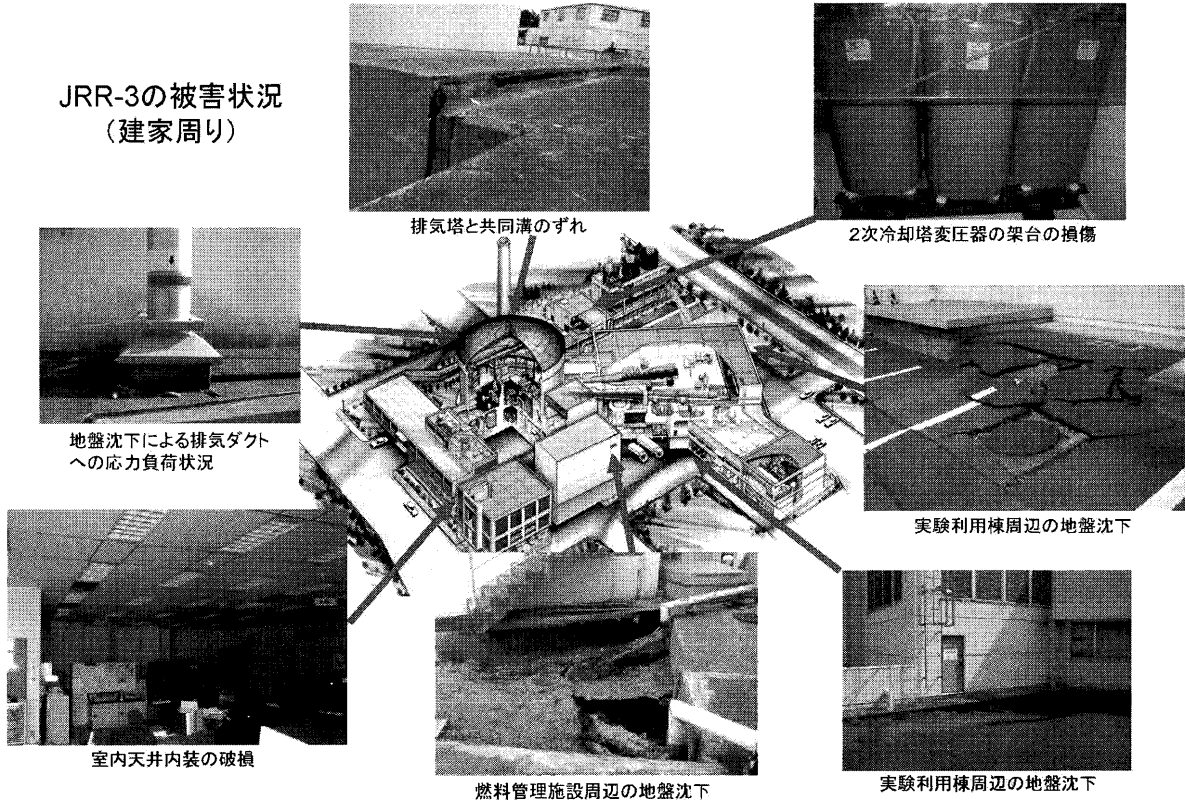
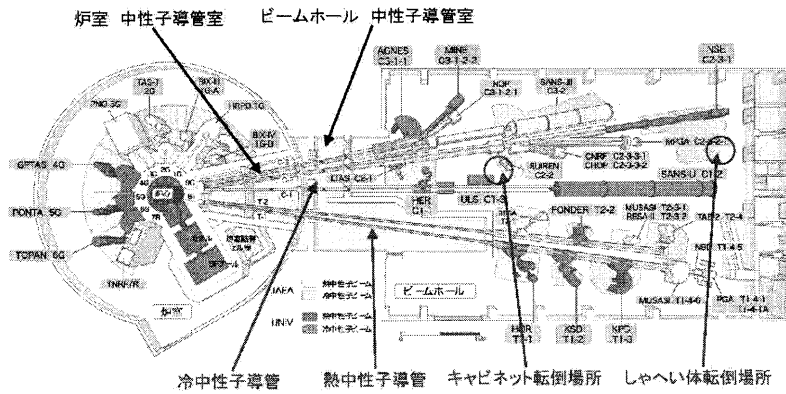
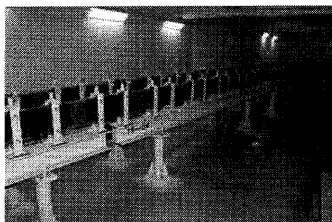


図 1

JRR-3の被害状況(ビームホール)



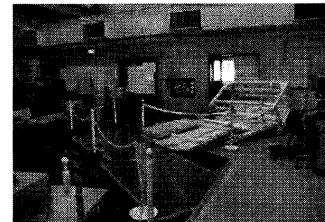
室内全景
(大きな被害は認められていない)



中性子導管
(目視では被害は認められていない)



実験者キャビネット
(転倒)



実験装置遮蔽体
(転倒)

図 2

(2) JRR-4の被害状況(<https://rrsys.tokai-sc.jaea.go.jp/sentan/index.html>掲載)とその後

JRR-4はJRR-3と同様、地震当日は定期自主検査につき停止中であった。主な被害状況は、2011/7/7現在で、排気筒の亀裂、ローディングドックBの原子炉建家への接続部の亀裂および純水製造装置の傾斜である。

今後の復旧計画としては、排気筒及びローディングドック B の補修工事が国の認可対象となる可能性があり、その期間及び国の定期検査の受検期間を考慮して、復旧は来年度まで続く予定となっている。

2.JRR-3 実験利用棟第 2 棟

JRR-3 実験利用棟第 2 棟には、JRR-3 や JRR-4 で照射した試料を中・長寿命核種の放射化分析実験を行えるホット実験室を原子力専攻で有している。地震によって、測定系の遮蔽体が数 cm 移動したり、積み重ねていた鉛ブロックが床に落下したりしたが、致命的なダメージには至らなかった。また、建屋自体もそれほどダメージはなく、搬入口の一部が崩れたり、外壁にクラックが入る程度で済んだ。地震後 1 ヶ月程度管理区域内に立入ることができなかつたため、Ge 検出器を冷却するデュワーへの液体窒素の補給ができなかったことや空調による室温の管理などできない環境が続いたことにより、Ge 検出器の真空劣化を招いた。被害状況の写真を図 3、図 4 に示す。

現在は、真空劣化の起こした Ge 検出器の修理は済み、測定系の遮蔽体も被災前の位置に戻し、実験室内も整理整頓を行った。また、建物は排気及び排水系統の異常の確認等が済み、通常通り管理区域として利用できるようになり、搬入口の補修も済んだ。



図 3

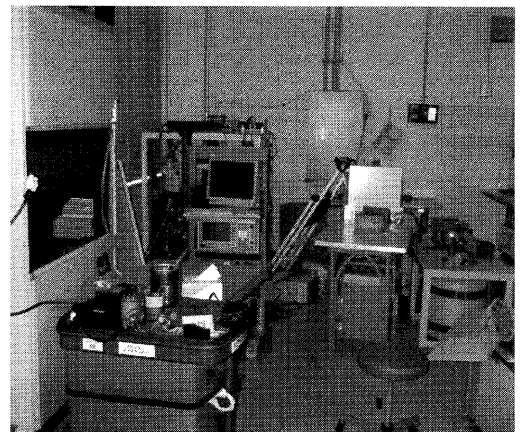


図 4

3.その他被害状況

(1)道路や建物周辺

所内至るところで地面の陥没や隆起が見られた。また、ガラス窓が割れ、破片が散乱している。現在も尚、修繕されていない場所が多々存在する。

(2)上下水道

所内の上下水道の一部で漏水等の異常が見られ、一時使用不能のエリアがあったが、現在では修繕されつつある。

(澤幡浩之)

京都大学原子炉実験所

KURの運転開始が予定より1週間遅れましたが、2011年6月より共同利用実験を開始致しました。放射化分析に係る共同利用件数は、通年採択で13件が採択されています。また、日本原子力研究開発機構において採択されていた放射化分析関連の共同利用研究の一部が、即時採択もしくは下半期採択として数件が採択されています。2011年度は火曜日の午前中にKURを1MWで起動し、木曜日の午前10時頃に5MWに出力を変更し、夕方に停止する運転パターンを基本としています。昨年度は医療照射の有無によって5MW運転の有無が決まっておりましたが、今年度は医療照射の有無にかかわらず5MWでの運転が行われます。5MW時における中性子束は1MW時に比べほぼ5倍($\sim 2.4 \times 10^{13} \text{n/cm}^2/\text{s}$ @Pn-2)となりますので、極微量元素の分析などに利用して頂けたらと思います。2012年度の共同利用研究の公募は、昨年同様10月頃に開始される予定ですので、多くの方の応募をお待ちしております。

2011年度通年採択課題

採択番号	申請者	所属	研究題目
2302	塚田 祥文	(財)環境科学技術研究所	環境中におけるヨウ素の移行動態
2307	紀平 為子	関西医療大保健医療学部	紀伊筋萎縮性側索硬化症における金属イオンと酸化的ストレス障害
2312	海老原 充	首都大学東京大学院理工学	隕石中期試料中の微量ハロゲン (Cl, Br, I) の中性子放射化分析
2321	伊藤 憲男	大阪府立大学産学官連携機構	大気エアロゾル粒子のキャラクタリーゼーション
2323	矢永 誠人	静岡大学理学部	亜鉛欠乏マウス臓器中の微量元素の分析
2339	石橋 純一郎	九州大学大学院理学研究院	海底熱水鉱床中の微量元素存在度の解明
23P1-1	高宮 幸一	京大原子炉	中性子放射化により生成する短寿命核種の定量法の開発
23P1-2	関本 俊	京大原子炉	京大炉における即発ガンマ線分析装置の開発
23P1-3	福谷 哲	京大原子炉	土壌中微量環境負荷元素の汚染経路の解明に関する研究
23P1-4	川瀬 雅也	長浜バイオ大学・バイオサイエンス学部	植物由来医薬品およびその栽培土壌中の微量元素の中性子放射化分析

(2)上下水道

所内の上下水道の一部で漏水等の異常が見られ、一時使用不能のエリアがあったが、現在では修繕されつつある。

(澤幡浩之)

京都大学原子炉実験所

KURの運転開始が予定より1週間遅れましたが、2011年6月より共同利用実験を開始致しました。放射化分析に係る共同利用件数は、通年採択で13件が採択されています。また、日本原子力研究開発機構において採択されていた放射化分析関連の共同利用研究の一部が、即時採択もしくは下半期採択として数件が採択されています。2011年度は火曜日の午前中にKURを1MWで起動し、木曜日の午前10時頃に5MWに出力を変更し、夕方に停止する運転パターンを基本としています。昨年度は医療照射の有無によって5MW運転の有無が決まっておりましたが、今年度は医療照射の有無にかかわらず5MWでの運転が行われます。5MW時における中性子束は1MW時に比べほぼ5倍($\sim 2.4 \times 10^{13} \text{n/cm}^2/\text{s}$ @Pn-2)となりますので、極微量元素の分析などに利用して頂けたらと思います。2012年度の共同利用研究の公募は、昨年同様10月頃に開始される予定ですので、多くの方の応募をお待ちしております。

2011年度通年採択課題

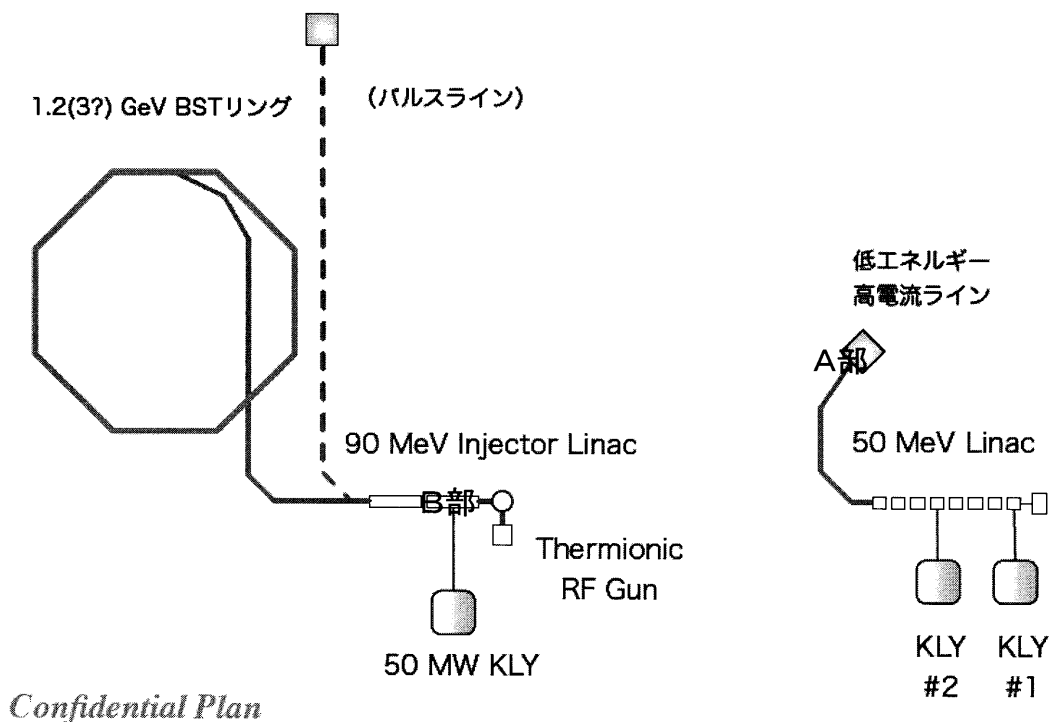
採択番号	申請者	所属	研究題目
2302	塚田 祥文	(財)環境科学技術研究所	環境中におけるヨウ素の移行動態
2307	紀平 為子	関西医療大保健医療学部	紀伊筋萎縮性側索硬化症における金属イオンと酸化的ストレス障害
2312	海老原 充	首都大学東京大学院理工学	隕石中期試料中の微量ハロゲン (Cl, Br, I) の中性子放射化分析
2321	伊藤 憲男	大阪府立大学産学官連携機構	大気エアロゾル粒子のキャラクタリゼーション
2323	矢永 誠人	静岡大学理学部	亜鉛欠乏マウス臓器中の微量元素の分析
2339	石橋 純一郎	九州大学大学院理学研究院	海底熱水鉱床中の微量元素存在度の解明
23P1-1	高宮 幸一	京大原子炉	中性子放射化により生成する短寿命核種の定量法の開発
23P1-2	関本 俊	京大原子炉	京大炉における即発ガンマ線分析装置の開発
23P1-3	福谷 哲	京大原子炉	土壌中微量環境負荷元素の汚染経路の解明に関する研究
23P1-4	川瀬 雅也	長浜バイオ大学・バイオサイエンス学部	植物由来医薬品およびその栽培土壌中の微量元素の中性子放射化分析

23P1-5	福島 美智子	石巻専修大学理工学部	中性子放射化分析法による国産緑茶の多元素分析
23P1-6	鷲山 幸信	金沢大学医薬保健研究域保健学系	MRI用ガドリニウム造影剤による副作用「腎性全身性線維症」の発症機序の解明に関する研究 -アクチバブルレーザー法の応用-

(高宮幸一)

東北大学電子光理学研究センター

電子光理学研究センターは平成 23 年 4 月 1 日よりいよいよ全国共同利用・共同研究拠点として認められて、新たなスタートを歩み始めるはずでした。ところが、3 月 11 日に発生した巨大地震・津波等のために、当センターの加速器が甚大な被害を受け、加速器は真空が劣化し、使用不能となっています。現在も復旧が行われておらず、共同利用研究はストップしたままです。この 9 月より、本格的に実験室の復旧を目指す予定ですが、まだまだ時間がかかりそうで、皆様には多大なご迷惑をお掛けしています。共同利用の再始動には約 1 年程度かかる見込みですが、出来るだけ早く復旧を目指しますので、宜しく願いいたします。今後の計画としましては下図のように、ライナック A 部と B 部を切り離し、A 部では放射化学・物性分野のみにビームが供される予定です。また、B 部に新たなインジェクター加速器を導入し、シンクロトロンリングと共に再生させる予定になっています。こちらの方は約 2 年程度が見込まれます。早く復興して皆様に喜んで使って貰えるよう、努力していこうと思います



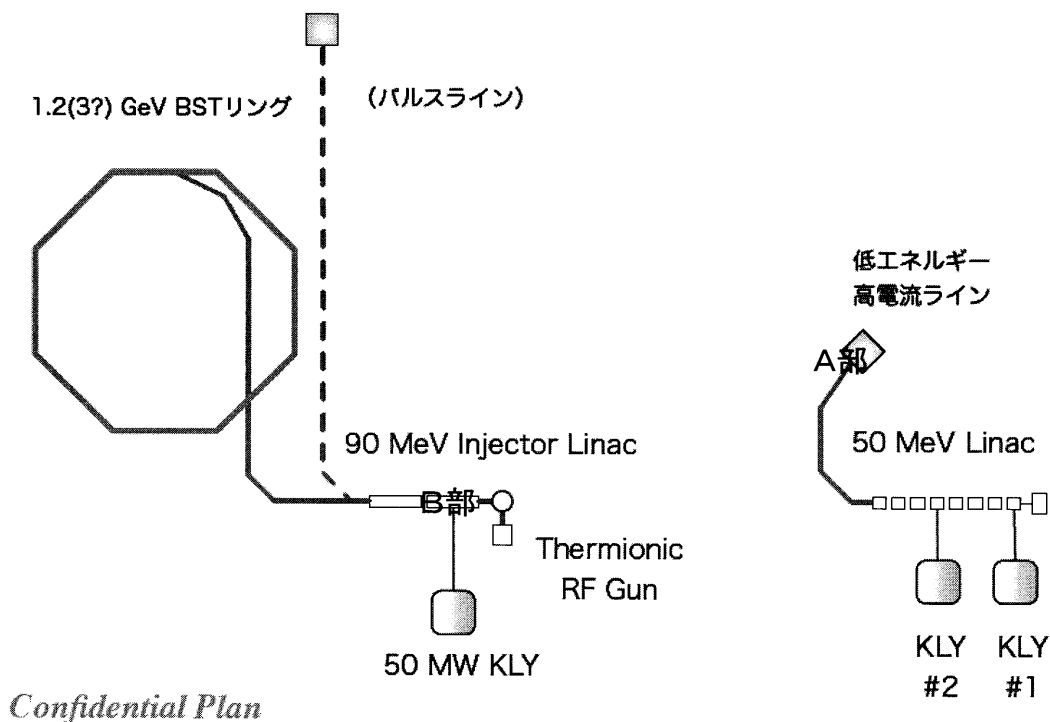
(大槻勤)

23P1-5	福島 美智子	石巻専修大学理工学部	中性子放射化分析法による国産緑茶の多元素分析
23P1-6	鷲山 幸信	金沢大学医薬保健研究域保健学系	MRI用ガドリニウム造影剤による副作用「腎性全身性線維症」の発症機序の解明に関する研究 -アクチバブルレーザー法の応用-

(高宮幸一)

東北大学電子光理学研究センター

電子光理学研究センターは平成 23 年 4 月 1 日よりいよいよ全国共同利用・共同研究拠点として認められて、新たなスタートを歩み始めるはずでした。ところが、3 月 11 日に発生した巨大地震・津波等のために、当センターの加速器が甚大な被害を受け、加速器は真空が劣化し、使用不能となっています。現在も復旧が行われておらず、共同利用研究はストップしたままです。この 9 月より、本格的に実験室の復旧を目指す予定ですが、まだまだ時間がかかりそうで、皆様には多大なご迷惑をお掛けしています。共同利用の再始動には約 1 年程度かかる見込みですが、出来るだけ早く復旧を目指しますので、宜しくお願いいたします。今後の計画としましては下図のように、ライナック A 部と B 部を切り離し、A 部では放射化学・物性分野のみにビームが供される予定です。また、B 部に新たなインジェクター加速器を導入し、シンクロトロンリングと共に再生させる予定になっています。こちらの方は約 2 年程度が見込まれます。早く復興して皆様に喜んで使って貰えるよう、努力していこうと思います



(大槻勤)

事務局より

◇新幹事

過日行われた幹事選挙によって以下の方が新しい幹事に選出されました。任期は今年度の本研究会総会開催日 2011 年 9 月 22 日から 2 年後の総会までです；

大浦泰嗣，佐野貴司，高宮幸一，松江秀明，松尾基之，箕輪はるか，矢永誠人（アイウエオ順）

また，以下の幹事は任期がもう 1 年あります；

海老原充，河野公栄，澤幡浩之，関本俊，三浦勉，宮本ユタカ（アイウエオ順）

◇会員情報

毎年度の最初に発行する会誌に会員名簿を掲載しています。本号に掲載しましたが，ご自宅と思われる情報は掲載しませんでした。掲載を希望される方，掲載を希望されない方，訂正のある方は，事務局までご連絡いただけますようお願いいたします。会員情報は会員からの連絡にもとづいて修正しております。宛先不明で返送されてきた会誌は，編集委員で調査して届けております。よって，会誌が届いていても会員情報が修正されているとは限りません。ご確認くださいませようお願いします。

カレンダー

2011/9/4 - 8

7th International Conference on Isotopes

Moscow, Russia

<http://www.ici7.com/en/ici7/>

2011/9/7 - 9

分析展2011/科学機器展2011

幕張メッセ国際展示場, 千葉市

<http://www.jaimasis.jp/2011/index.html>

2011/9/18 - 23

3rd International Nuclear Chemistry Congress (3rd-INCC)

Sicily, Italy

<http://3rdincc.mi.infn.it/>

2011/9/20 - 22

2011日本放射化学会年会/第55回放射化学討論会

若里市民文化ホール, 長野市

<http://www.radiochem.org/toronkai/index.html>

2011/9/14 - 16

日本分析化学会第60年会

名古屋大学, 名古屋市

<http://www.jsac.or.jp/nenkai/nenkai60/kouen.html>

2011/10/16 - 21

International Society of Trace Element Research in Humans (ISTERH)

Belek (Antalya), Turkey

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

2012/1/22 – 27

Tenth International Conference on Nuclear Analytical Methods in the Life Sciences
(NAMLS-10)

Bangkok, Thailand

<http://www.namls10.com>

要旨締切: 2011/10/31

早期参加申し込み: 2011/10/15

2012/3/25 – 30

Ninth International Conference on Methods and Applications of Radioanalytical Chemistry
(MARC-IX)

Hawaii, USA

<http://altmine.mie.uc.edu/nuclear/marc/index.shtml>

要旨締切: 2011/12/1

2012/6/24 – 29

Goldschmidt 2012

Montréal, Canada

<http://www.goldschmidt2012.org/>

要旨締切: 2012/2/1

早期参加申し込み: 2012/4/20

2012/9/17 – 21

8th International Conference on Nuclear and Radiochemistry (NRC-8)

Como, Italy

<http://nrc8.mi.infn.it/>

編集後記

☆ 本号も、また、発行が送れました。申し訳ありません。半年遅れの発行となっしまい、今年度最初の号となりますので、会費振込用紙を同封致しました。

△ 新幹事が決まりましたが、私は、引き続き会誌編集を担当することになりました。新しい編集担当幹事の力を借りて、会誌発行の遅れを取り戻していきたいと思ひます。正直なところ、特集のネタが尽きていますので、会員諸氏からのアイデアを募集しております。特集に取り上げて欲しいことがありましたら、ご連絡いただけますようお願いします。

(Y.O.)

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@kaihoken.nuclear.jp

幹事会： JA3-kanjikai@kaihoken.nuclear.jp

JA3@kaihoken.nuclear.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-jimu@kaihoken.nuclear.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-jimu@kaihoken.nuclear.jp

HomePage: <http://wwwsoc.nii.ac.jp/ja3/>

幹事

海老原充・大浦泰嗣・河野公栄・佐野貴司・澤幡浩之・関本 俊・高宮幸一・
矢永誠人・松江秀明・松尾基之・三浦勉・箕輪はるか・宮本ユタカ