

金沢大学自然計測応用研究センター

低レベル放射能実験施設 研究概要・年次報告 2006.4～2007.3



COE 観測拠点 バイカル湖（シベリア）

Annual Report of Low Level Radioactivity Laboratory
Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University

低レベル放射能実験施設

研究概要・年次報告

2006.4～2007.3



デザイン：自然計測応用研究センターエコテクノロジー研究部門 小林史尚 助手
兼六園のことじ灯籠は「金沢（大学）」，背景の白山は「自然」，兼六園の日本最古と
いわれる噴水は「計測」を表している。

目 次

1. 構成員	2
2. 活動報告	
2-1. 研究概況	3
2-2. 研究業績	6
2-3. 研究費	14
2-4. 研究指導	14
3. 研究報告	
旧尾小屋鉱山のトンネル内で極微量の放射能を測る	17
日本海沿岸海水の $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比の季節変動	
(2)-対馬海流沿岸分枝の起源と循環パターンにもたらす知見-	21
化学試薬における放射性核種汚染の実測値による評価	
-海水/陸水試料への共沈法の適用-	23
極低バックグラウンド γ 線スペクトロメトリーによる大気中放射性核種の高時間解像度	
測定:典型的な気象によるそれらの変動	25
湖沼堆積物のウラン・トリウムからみる古環境情報-フブスグル湖-	27
白山火山帯から湧出する温鉱泉水の起源と成因	29
液体および固体中の環境中性子エネルギー分布	31
4. 記録	
平成 18 年度見学来訪・出張の記録	33

1. 構成員

職員

- ・教授 (施設長) 小村和久 (komura@yu.incl.ne.jp)
理学博士 専攻 放射線計測・環境放射能・地球化学
- ・教授 山本政儀 (pluto@llrl.ku-unet.ocn.ne.jp)
理学博士 専攻 核地球化学・環境放射能
- ・助手 浜島靖典 (hama@cacheibm.s.kanazawa-u.ac.jp)
理学修士 専攻 核放射化学・放射線計測
- ・助手 井上睦夫 (mutsuo@llrl.ku-unet.ocn.ne.jp)
博士 (理学) 専攻 同位体地球化学
- ・COE, PD フェロー 村田祥全 (murata@llrl.ku-unet.ocn.ne.jp)
博士 (理学) 専攻 環境放射能
- ・事務補佐員 中本美智代 (nakamoto@llrl.ku-unet.ocn.ne.jp)
- ・産学官連携研究員 西川方敏 (nisi@p2242.nsk.ne.jp)

学生

- ・博士後期課程 3 年 阿部琢也
- ・博士後期課程 3 年 坂口綾
- ・博士後期課程 3 年 [社会人選抜] 及川真司
- ・博士後期課程 3 年 [社会人選抜] 大塚良仁
- ・博士後期課程 3 年 [社会人選抜] 安池賀英子
- ・博士後期課程 3 年 [社会人選抜] 山口芳香
- ・博士前期課程 2 年 田中究
- ・博士前期課程 2 年 富田純平
- ・化学科 4 年生 中野佑介

2. 活動報告

2-1. 研究概況

当施設 2 分野の研究概況

【同位体地球科学分野】

本研究分野は、放射性及び安定同位体を精密に測定し、物質の時間的・空間的分布や移行挙動の地球科学的解析を行うほか、放射性同位体をトレーサーとする研究領域の開拓を目指すことを目的としている。本年度は放射性核種をトレーサーとする地球化学研究に焦点を当て、①環日本海域に於ける自然及び人為起源物質の大陸からの輸送過程、②湖沼堆積物中のウラン、トリウム同位体組成変動からの流域環境変動解析、さらに③日本海沿岸海水の同位体情報から、日本海を取り巻く海水循環の調査を行った。また、従来からの④旧ソ連核実験場セミパラチンスク周辺の放射線影響研究、さらに今年度から新たに白山周辺における温鉱泉の同位体地球化学的研究も実施した。

1) 大陸からの汚染物質の長距離輸送 (21 世紀 COE プロジェクト)

我が国は、極東アジアの中緯度に位置するため、ジェット気流に伴う偏西風が卓越し、風上側のアジア大陸から日本海を経由して多量の自然・人為起源物質が日本列島さらに太平洋に輸送される。これらの輸送の実態把握と将来予測は気候変動の面からのみならず、黄砂を初めとする鉱物エアロゾルについては海洋への一次生産への影響評価の面からも重要視されている。当実験施設のある石川県辰口町で一月毎に採取している 10 数年継続の降下物試料を用いて放射性核種、①成層圏起源の ^7Be 、②主に大陸起源の ^{210}Pb 、③土壌起源の ^{40}K および ^{137}Cs 降下量の長期観測を実施している。これらの放射性核種は、大気エアロゾル、鉱物粒子(黄砂も含めて)の大陸から日本への輸送過程を解明する有用なトレーサーでありデータの蓄積を図っている。

2) 湖底堆積物から環境変動解析 (21 世紀 COE プロジェクト)

自然-人間系の相互作用の結果としての環境変動変遷史の記録計として、地域の集水域を含む湖沼系を取り上げ、その湖底堆積物コアから過去数百年の自然変動と人間活動による環境変動を解読する時計を提示しその有効性を検証することを目的としている。湖底堆積物は、過去における流域の変動や湖内で生息した生物などの気候変動に絡む物理、化学、生物的变化をそれぞれの化石として記録している。化学成分は堆積後、続成作用の影響を受けるものがあり、堆積当時を保存しているとは限らない。しかし基礎的な研究・検討を通じての適当な手法を用いれば、化学成分からも堆積環境変動解析が可能である。具体的には、従来の堆積物の物理・化学的測定に加えて、新規に堆積物中の天然放射性元素ウラン(トリウム) 同位体を指標にする。特に堆積物中のウランは、河川から流入する岩石・土壌に由来する成分と、湖内で溶存する成分が沈降堆積したものを含み、両者の含有割合が気候変動などによって大きく変動することが期待できる。数年前から陸域環境で気候変動に最も鋭敏なユーラシア東部を中心に、バイカル湖およびフブスグル湖で採取した long- 堆積物 core コアを用いてウラン(トリウム) 同位体組成変動からの環境変動解析を検討している。また併せて堆積年代への応用も試みる。

3) 日本海沿岸海水における $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比の研究 (21 世紀 COE プロジェクト)

日本海沿岸海域は、豊富な漁場を多くかかえている一方で、原子力発電所事故やタンカー一座礁事故など人為的な汚染物質の流入、さらにはエチゼンクラゲの被害など、様々な問題に直面している。最近では地球温暖化にともなう日本海的环境変化も懸念されるようになった。これら諸問題に対処するにあたり、沿岸域の海水循環に関する情報は不可欠である。本研究の結果、初夏に最小値を示す (主に 5.75 年と半減期の短い ^{228}Ra 濃度の変動を反映する) $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比の季節変動が、日本海沿岸分枝の入り口である対馬東水道および対馬沿岸分枝の通り道である松江、能登半島、さらには新潟の沿岸海水でもみられることが明らかになった。対馬沿岸分枝海水の供給源としての ^{228}Ra -rich な東シナ海大陸側浅層海水と ^{228}Ra -poor の黒潮海水の混合比の季節的な変化を反映していると考えられる。東水道から新潟にいたる季節変動のズレから沿岸分枝の平均流速は、およそ 20 cm/s と見積もられる。

4) 旧ソ連核実験場セミパラチンスク周辺の放射能汚染と住民への被曝線量評価

21 世紀の環境科学に課せられた最大の課題は、世界中に創りあげてきた環境問題、すなわち負の遺産の複雑現象を科学的に学び、将来に向けた新たな解決策を提示することである。こうした中、核被災や 10 年前から始まる劣化ウラン被災の住民、環境は最たるものである。旧ソ連の核実験場セミパラチンスクでは、450 回以上の核実験が行われ、それによって数十万とも言われる周辺の住民が外部および内部からの長期の低線量率被曝を受けてきた。1994 年以来、住民への放射線影響の基礎となる被曝線量評価、特に放射能汚染状況の把握と外部被曝および内部被曝線量評価を重点的に行っている。

5) 白山周辺における温鉱泉の同位体地球化学的研究

白山は石川県と岐阜県の県境に位置する第四紀の活火山である。白山はその火山活動に 450 年の周期 (活動期 100~150 年、休止期 300 年) があり、最後の噴火からすでに 340 年以上経過していることから白山が次の周期に移行しつつある可能性がある」と指摘している。最近、白山下海拔-10~-14 km にマグマの存在が示唆され、白山の微小地震の多発に伴って、将来懸念される噴火とも関連してその火山活動についての基礎研究の重要が高まっている。白山周辺には多数の温鉱泉が点在しているが、溶存成分からの地球化学的考察がなされているのみで、起源・成因についての同位体地球化学的な研究報告例はない。本研究では、白山周辺における温鉱泉について、溶存成分に加えて水素・炭素・酸素・硫黄同位体比、およびウラン・ラジウム同位体比を測定し、同位体地球化学的な視点から白山周辺における温鉱泉の水の起源と成因、火山活動と関係する温泉の有無を明らかにすることのみならず、将来懸念される白山の火山活動に備え、現時点での白山周辺における温泉水の基礎データを蓄積することを目的に研究を進めている。

【極低レベル放射能計測システム開発分野】

1) 極低バックグラウンド検出器の購入

5 年計画「極低レベル放射能測定による新研究領域開発と全国共同利用微弱放射能測定拠点の形成」の 2 年度目に当り、文科省特別教育研究経費 980 万円と学長特別研究経費 980

万円の交付をもとに尾小屋地下測定室の整備を行った。大型設備として電気冷却式の極低バックグラウンド井戸型ゲルマニウム検出器を購入した。納入が遅れたため尾小屋への移設を次年度当初にすることとした。

2) 大気中放射性核種の同時・高時間分解能測定 (21 世紀 COE プログラム)

COE プログラム最終年度事業として、大気中放射性核種 ^{210}Pb (半減期 22.3 年), ^{210}Po (138 日), ^7Be (53.3 日) 及び ^{212}Pb (10.6 時間) の変動の高解像度解析を継続し、9 月には 3 時間間隔での集中観測を実施した。研究成果は COE 最終報告書および博士論文にまとめた。

雨水中に存在する短寿命宇宙線誘導核種 ^{18}F (109.7 分), ^{24}Na (14.96 時間), ^{28}Mg (20.9 時間), ^{38}Cl (38 分), ^{39}Cl (56 分) と比較的半減期の長い ^7Be , ^{22}Na (2.60 年) の測定のための基礎データとして種々イオン交換樹脂による回収率の比較、25m² の大型シートによる捕集法試験を行った。研究成果を J. Environmental Radioactivity 誌に発表した。

3) 残留放射能測定の新展開

中性子誘導核種 $^{108\text{m}}\text{Ag}$ (418 年) による原爆中性子評価法の開発計画に対し放射線影響協会から助成を受けた。長崎原爆で 2.6km 地点で被爆した銀スプーンの測定を行ったが、検出は出来なかった。昭和 30 年代に発行された 100 円銀貨の $^{108\text{m}}\text{Ag}$ 濃度を測定し年による濃度に大きな違いが存在することを確認した。

4) その他のプロジェクト

海水中に存在する極微量の人工放射性核種 ^{137}Cs (30.5 年) の海水循環の研究 (気象研からの受託研究として共同で推進) で 250 試料を測定した。2006 年 11 月に気象研究所 (つくば) で開催の国際ワークショップ SHOTS (Southern Hemisphere Ocean Tracer Study: 代表者 気象研 広瀬勝己) で発表した。若狭湾エネルギー研究センターより、甲殻類の年齢測定の依頼受け共同研究を開始した。日本アイソトープ協会理工学部会常任委員として「超低レベル放射能測定専門委員会」の委員長をつとめ、「RADIOISOTOPES」誌 2006 年 4 月号から 11 月号にかけて 9 回の連載講座「超低レベル放射能測定の現状と展望」を発表した。

2-2. 研究業績

1) 学術論文

- (1) Abe, T., Yamaguchi, Y., Tanaka, K., Nakano, Y., Komura, K.: Highly time-resolved measurements of airborne radionuclides by extremely low background g-ray spectrometry: Their variations by typical meteorological events. *J. Nucl. Radiochem. Sci.* (accepted) (2006)
- (2) Aoyama, A., Fukawasa, M., Hirose, K., Mantoura, R. F. C., Povinec, P. P., Kim, C. S., Komura, K.: Southern Hemisphere Ocean Tracer Study (SHOTS): An overview and preliminary results. In "Radionuclides in the environment", Vol. 8, 2004, 25-29 Oct. Monaco, 511-519 (2006)
- (3) Aparin, V., Kawabata, Y., Ko, S., Shiraishi, K., Nagai, M., Yamamoto, M., Katayama, Y.: Evaluation of geocological status and anthropogenic impact on the central Kyzylkum Desert (Uzbekistan). *J. Arid Land Studies* 15-4, 219-22 (2006)
- (4) 遠藤暁、田中憲一、石川正純、小村和久、静間清、星正治：中性子バックグラウンドの現場測定。広島及び長崎における原子爆弾放射線被曝線量の再評価「線量評価システム 2002 (DS02)」第 10 章 中性子測定と計算値に寄与する因子、(財)放射線影響研究所 p. 736-740 (2006)
- (5) Hamajima, Y., Komura, K.: Depth profiles of environmental neutron fluxes in water and lead. In "Radionuclides in the Environment". *Int. Conf. on Isotopes in Environmental Studies*, 2004, 25-29, October, Monaco, p. 511-519 (2006)
- (6) 星正治、遠藤暁、田中憲一、石川正純、Straume, T., 小村和久、Ruehm, W., Nolte, E., Huber, T., 長島泰夫、福嶋浩人、今中哲二： ^{152}Eu と ^{36}Cl の放射化の相互比較。広島及び長崎における原子爆弾放射線被曝線量の再評価「線量評価システム 2002 DS02」第 8 章 熱中性子放射化測定、(財)放射線影響研究所, p. 590-599 (2006)
- (7) Imanaka, T., Fukutani, S., Yamamoto, M., Sakaguchi, A., Hoshi, M.: External radiation in Dolon village due to location fallout from the first USSR atomic bomb test in 1949. *J. Radiat. Res.*, 47, Suppl., 121-127 (2006)
- (8) Inoue, M., Tanaka, K., Watanabe, S., Kofuji, H., Yamamoto, M., Komura, K.: Seasonal variation of $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ ratio within coastal waters of the Sea of Japan: implications for water circulation patterns in coastal areas. *J. Environ. Radioactivity* 89, 138-149 (2006)
- (9) Inoue, M., Komura, K.: Determination of radionuclides in chemical reagents by low-background γ -spectrometry and application of the coprecipitation method to seawater samples (Notes). *RADIOISOTOPES* 56, 77-82 (2006)

- (10) Inoue, M., Tanaka, K., Komura, K.: Spacial and temporal variations of $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ in the Sea of Japan: Application of low-background γ -spectrometry to seawater samples. *Proc. 2006 SHOTS Workshop* 4-4 (1-9) (2006)
- (11) 井上睦夫、渡部諭、田中究、小藤久毅、山本政儀、小村和久：極低バックグラウンド γ 線測定 of 海水試料への適用. *Proc. 7th Workshop on Environ. Radioactivity* 60-63 (2006)
- (12) Kerr, C. D., 静間清, 丸山隆司, H. M. Currings, H. M., 小村和久, 奥村寛, Eggbert, S. D., 遠藤暁：コバルト(^{60}Co)の測定. 広島及び長崎における原子爆弾放射線被曝線量の再評価「線量評価システム2002 DS02」第8章 熱中性子放射化測定、(財)放射線影響研究所, p. 467-492 (2006)
- (13) Ko, S., Aparin, V, Kawabata, Y., Shiraishi, K., Yamamoto, M., Nagai, M., Katayama, Y.: Application of ICP-MS on analysis of water quality in Zerafshan River, Uzbekistan. *J. Arid Land Studies* 15-4, 375-378 (2006)
- (14) Komura, K., Manikandan, M. N., Yamaguchi, Y., Inoue, M., Abe, T., Murata, Y.: Levels of airborne radionuclides at Hegura Island, Japan. In "*Radionuclides in the environment*", Vol. 8, 2004, 25-29, Oct. Monaco, 554-561 (2006)
- (15) Komura, K., Yukawa, Y., Abe, T., Tanaka, K., Murata, Y., Inoue, M.: Measurements of short-lived cosmogenic nuclides in rain samples. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 269, 511-516 (2006)
- (16) Komura, K., Manikandan, M. N., Yamaguchi, Y., Inoue, M., Abe, T., Murata, Y.: Levels of airborne radionuclides at Hegura Island, Japan. *Proc. International Congress on Isotopes Environ. Studies* 554-561 (2006)
- (17) Komura, K., Inoue, M., Murata, Y., Manikandan, N.M., Yamaguchi, Y., Abe, T., Kuwahara, Y., Watanabe, S., Tanaka, K.: Variations of radionuclides in the atmosphere, rainwater and sea water in the northwest Pacific region. In "*Past, present and future environments of Pan-Japan Sea region*", Maruzen Co.Ltd. p. 272-291 (2006).
- (18) 小村和久: 極低レベル ^{152}Eu の測定と $^{108\text{m}}\text{Ag}$ を用いる新しい原爆中性子評価法. *放射線* 32, 138-145 (2006)
- (19) 小村和久、星正治、遠藤暁、今中哲二、福嶋浩人：広島試料中の ^{152}Eu の極低バックグラウンド測定. 広島及び長崎における原子爆弾放射線被曝線量の再評価「線量評価システム2002 DS02」第8章 熱中性子放射化測定、(財)放射線影響研究所 p. 600-604 (2006)
- (20) Oikawa, S., Yamamoto, M.: Plutonium concentration and $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ atomic ratio in liver from squid collected in the coastal areas of Japan. *J. Environ. Radioactivity* (2006) (accepted)

- (21) Sakaguchi, A., Yamamoto, M., Hoshi, M., Imanaka, T., Apsalikov, K. N., Gusef, B. I.: Radiological situation in the vicinity of Semipalatinsk Nuclear Test Site: Dolon, Mostik, Cheremuishka and Budene Settlements. *J. Radiation Research* 47, A101-A116 (2006).
- (22) Sakaguchi, A., Yamamoto, M., Sasaki, K., Kashiwaya, K.: Uranium and thorium isotope distribution in an offshore bottom sediment core of the Selenga Delta, Lake Baikal, Siberia. *J. Paleolimnology* 35, 807-818 (2006)
- (23) Stepanenko, V. F., Hoshi, M., Bariff, I. K., Ivannikov, A. I., Toyoda, S., Yamamoto, M., Simon, S., Masao, M., Kawano, M., Zhumadilov, Z., Sakaki, Rosnson, R., Apsarikov, K. N.: Around Semipalatinsk nuclear test site: Progress of dose estimations relevant to the consequences of nuclear tests. *J. Radiat. Res.* 47, Suppl. 1-13 (2006)
- (24) Stepanenko, V. F., Hoshi, M., Yamamoto, M., Sakaguchi, A., Takada, J., Sato, H., Iaskova, E., Kolizhenkov, T. V., Kryukova, I. G., Apsarikov, K. N., Gusev, B. I., Jungner, H.: International inter-comparison of retrospective luminescence dosimetry method: Sampling and distribution of the brick samples from Dolon's village, Kazakhstan. *J. Radiat. Res.* 47, Suppl., 15-21 (2006)
- (25) Stepanenko, V. F., Hoshi, M., Duvasov, Y. V., Sakaguchi, A., Yamamoto, M., Orlov, M. Y., Bailiff, I. K., Ivannikov, A. I., Skvortsov, V. G., Iaskova, E. K., Kryukova, I. G., Zhumadilov, K. S., Endo, S., Tanaka, K., Apsalokov, K. N., Gusev, B. I.: A gradient radioactive contamination in Dolon village near the SNTS and comparison of computed dose values with instrumental estimates for the 29 August, 1949 Nuclear Test. *J. Radiat. Res.* 47, Suppl., 149-158 (2006)
- (26) 田中究、井上睦夫、御園生淳、小村和久：日本海大和堆および沿岸周辺海域における Ra-226, Ra-228 および Cs-137 濃度の鉛直分布. *地球化学* 40, 167-176 (2006)
- (27) 田中究、井上睦夫、御園生淳、小村和久：極低バックグラウンド γ 線測定による深層海水の ^{228}Ra 濃度の測定. *Proc. 7th Workshop on Environ. Radioactivity* 56-59 (2006)
- (28) Tomita, J., Sakaguchi, A., Yamamoto, M.: Hokutolite collected from riverbed at Peitou Hot Spring in Taiwan: with emphasis on radiochemical studies. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 270, 567-574 (2006)
- (29) Yamamoto, M., Hoshi, M., Sakaguchi, A., Shinohara, K., Kurihara, O., Apsalikov, K. N., Gusev, B. I.: Plutonium and uranium in bones from areas surrounding the Semipalatinsk Nuclear Test Site. *J. Radiation Res.* 47, A85-A94 (2006)
- (30) Yamamoto, Y. Sakaguchi, A., Sasaki, K., Hirose, K., Igarashi, Y., Kim, C. K.: Seasonal and spatial variation of atmospheric ^{210}Pb and ^7Be deposition: features of the Japan Sea side of Japan.

J. Environ. Radioactivity 86, 110-131 (2006)

- (31) Yamamoto, M., Sakaguchi, A., Funatsu, M., Kofuji, H., Tokuyama, H.: Determination of the deposition of cosmogenic radionuclide ^{35}S and sulfate in a heavy-snowfall area facing the Sea of Japan. *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 268, 569-577 (2006)

解説・総説等

- (1) 小村和久：超低レベル放射能測定の実状と展望（第1回 低レベル・超低レベル放射能測定の実状. *RADIOISOTOPES* 55, 233-243 (2006)
- (2) 小村和久：超低レベル放射能測定の実状と展望（第2回 地下測定室紹介と放射能測定による最近の実果. *RADIOISOTOPES* 55, 293-306 (2006)
- (3) 小村和久：超低レベル放射能測定の実状と展望（第8回 超低レベル放射能測定の実状と展望 まとめ. *RADIOISOTOPES* 55, 691-697 (2006)
- (4) 小村和久{(社)日本アイソトープ協会理工学部会超低レベル放射能専門委員会}：超低レベル放射能測定の実状と展望（第9回 Ge 検出器の使用状況に関するアンケート報告. *RADIOISOTOPES* 55, 699-707 (2006)
- (5) 小村和久： $^{108\text{m}}\text{Ag}$ を用いる新しい原爆中性子評価. *放射化学ニュース* 第13号、11-17 (2006)
- (6) 小村和久：極低レベル放射能測定の実すめ. *FB News* N.358, 42-44 (2006)
- (7) 小村和久： $^{108\text{m}}\text{Ag}$ を用いる新しい原爆中性子評価法の実発（平成17年度研究奨励金交付研究の実要紹介）. (財)放射線影響協会 *放影協ニュース* No.49, 2-5 (2006)

2) 総説・資料・報告書

- (1) 小村和久：能登半島沿岸海水における $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比の研究「極低レベル放射能検出法実発と実証に関する基礎研究」. *平成17年度石川県受託研究報告書* (2006)
- (2) 小村和久：海洋環境における放射性核種の実長期挙動に関する研究. *平成17年度気象研究所受託研究報告書* (2006)
- (3) 小村和久、村田祥全、田中究：リンモリブデン酸アンモニウムによる γ 線の遮蔽効果に関する研究. *平成17年度近畿大学原子炉等共同利用研究成果報告書* p. 42-44 (2006)

3) 学術発表

- (1) 阿部 琢也、田阪 茂樹、小村 和久：南極昭和基地における大気中 ^7Be 濃度の実季節変動第9回南極エアロゾル研究会、東京 (2006. 7)

- (2) Abe, T., Yamaguchi, Y., Tanaka, K., Komura, K.: High Resolution Simultaneous Measurements of Airborne Radionuclides. COE symposium "Atmospheric pollution of East Asia and its effects on ecosystem and human health", Tokyo, Japan (2006. 9)
- (3) 阿部 琢也、山口 芳香、田中 究、小村 和久：大気中放射性核種の高解像度同時観測。2006 年日本放射化学会年会第50回放射化学討論会、水戸-東海 (2006. 10)
- (4) 阿部琢也、山口芳香、田中究、中野佑介、小村和久：大気中放射性核種の高解像度変動解析。COE 若手、金沢 (2007.3)
- (5) Aoyama, M., Hirose, K., Komura, K., Mantoura, R. F. C., Povinec, P. P., Sanchez-Cabez, J. A.: Long term behaviour of ^{137}Cs in the global ocean: Source, transport processed and present status, Tsukuba, Japan (2006. 11)
- (6) Endo, S., Tanaka, K., Imanaka, T., Yamamoto, M., Hoshi, M.: Current status for measurement of radioactive iodine in soil sample from SNTS area, *ibid* (2006)
- (7) Hamajima Y. and Komura K.: Depth profiles of environmental neutron-induced gold activities – 10th International Symposium on Environmental Radiochemical Analysis, Oxford, England (2006. 9)
- (8) 浜島靖典、小村和久：液体および固体中の環境中性子エネルギー分布。第50回放射化学討論会記念大会、水戸-東海村 (2006. 10)
- (9) Hirose, K., Aoyama, M., Fukasawa, M., Kim, C. S., Komura, K., Mantoura, R. F. C., Povinec, P. P., Sanchez-Cabez, J. A.: Distrubution of the strong organic lingand, SOL, in the South Pacific particulates, Tsukuba, Japan (2006. 11)
- (10) Hirose, K., Aoyama, M., Fukasawa M., Kim, C.S., Komura, K., Mantoura, R. F. C., Povinec, P. P., Sanchez-Cabez, J. A.: Plutonium and ^{137}Cs in surface seawaters of the South Pacific, Tsukuba, Japan (2006. 11)
- (11) 井上睦夫、小村和久：化学試薬における放射性核種汚染の実測値による評価。第50回放射化学討論会記念大会、水戸-東海村 (2006. 10)
- (12) Inoue, M., Tanaka, K., Komura, K.: Spatial and temporal variations of $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ ratio in the Sea of Japan: Application of low-background γ -spectrometry to seawater samples. Workshop on Southern Hemisphere Ocean Tracer Studies, Tsukuba, Japan (2006. 11)
- (13) 井上睦夫、田中究、渡部諭、小藤久毅、中野佑介、山本政儀、小村和久：日本海沿岸及び大和堆、日本海盆におけるラジウム同位体。COE若手、金沢 (2007. 3)
- (14) 小藤久毅、井上睦夫、田中究、河村日佐男、小村和久：津軽暖水および混合水域におけ

- る ^{226}Ra 、 ^{228}Ra 分布. 日本地球化学会第 53 回年会、東京 (2006. 9)
- (15)小村和久、村田祥、田中究、中野佑介：リンモリブデン酸金属錯体による放射線放出抑制、第 40 回保健物理学会、広島 (2006. 6)
- (16)小村和久、村田祥全、田中究、中野佑介：新現象 放射線レベルを温度で制御する. 第 49 回放射線影響学会、札幌 (2006. 9)
- (17)Komura, K., Inoue, M., Manikandan, M.N. Abe, T., Yamaguchi, Y., Tanaka, K.: Mass transportation monitored by trace level radioactivity. COE symposium "Atmospheric pollution of East Asia and its effects on ecosystem and human health", Tokyo, Japan (2006. 9)
- (18)小村和久、村田祥全、田中究、中野佑介:新現象-リンモリブデン酸錯体のラドンの異常放出効果. 第 50 回放射化学討論会、水戸-東海村(2006. 10)
- (19)Komura, K., Hamajima, Y., Aoyama M.: Measurement of ultra low-level ^{137}Cs at Ogoya Underground Laboratory, Workshop on Southern Hemisphere Ocean Tracer Studies, Tsukuba, Japan (2006. 11)
- (20)Sakaguchi, A., Yamamoto, M., Tomita, J., Kofuji, H., Aota, Y., Yokota, K., Kumagai, M.: Uranium and thorium isotopes in lake sediments, Lake Biwa system in Japan: To obtain insight into their paleoenvironmental implications, *ibid.*(2006)
- (21)坂口 綾、山本政儀、富田純平、落合伸也、中川裕文、柏谷健二：天然放射性核種 U・Th の湖底堆積物情報 -ノバイカル湖. 日本地球化学会第 53 回年会、東京 (2006. 9)
- (22)Sptepanenko, V. F., Ivannikov, A. I., Zhumadilov, K. Sh., Kadiev, A., Apsalikov, K. N., Yamamoto, M., Sakaguchi, A., Tanaka, K., Endo, S., Hoshi, M.: Comparison of instrumental estimates of external accumulated dose by retrospective luminescence and EPR dosimetry methods with computed dose values for Dolon' village near Semipalatinsk nuclear test site, International Conference on Medical-social rehabilitation of the population in ecologically unfavourable areas., Semipalatinsk City, Kazakhstan (2006. 8)
- (23)田中究、井上睦夫、小藤久毅、小村和久： $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比の季節変動からみた日本海沿岸海水循環. 日本地球化学会第 53 回年会、東京 (2006. 9)
- (24)田中究、井上睦夫、御園生淳、小村和久：日本海大和堆および沿岸周辺海域における ^{226}Ra 、 ^{228}Ra および ^{137}Cs 濃度の鉛直分布. 日本地球化学会第 53 回年会、東京 (2006. 9)
- (25)富田純平、坂口 綾、佐竹 洋、中村俊夫、山本政儀：白山山系周辺温鉱泉の地球化学的研究-起源とその成因. 日本温泉科学会第 59 回大会、秋田 (2006. 9)
- (26)富田純平、坂口 綾、山本政儀：白山山系周辺温鉱泉の地球化学的研究-天然放射性同

- 位体 U・Ra を中心に. 日本温泉科学会第 59 回大会、秋田 (2006. 9)
- (27) 富田純平、坂口 綾、佐竹 洋、中村俊夫、山本政儀：中央アジア・カザフスタン北東地域の陸水の化学的特徴とウラン同位体. 日本地球化学会第 53 回年会、東京 (2006. 9)
- (28) 山口芳香、阿部琢也、村田祥全、Manikandan, M. N.、田中究、小村和久：環日本海域における大気中の放射性核種変動の高解像度同時観測. 第 43 回アイソトープ・放射線研究発表会、東京 (2006. 7)
- (29) 山口芳香、阿部琢也、村田祥全、Manikandan, M. N.、田中究、小村和久：環日本海域における大気中放射性核種変動の高解像度同時観測. 2006 放射化学会年会・第 50 回放射化学討論会、水戸-東海村 (2006. 10)
- (30) Yamaguchi, Y., Abe, T., Murata, Y., Manikandan M. N., Tanaka, K., Komura, K.: High resolution Simultaneous Measurements of Airborne Pb-210, Be-7 and Po-210 at Ishikawa Pref., Central Japan. The 6th International Symposium on Advanced Science research –Frontiers of Nuclear and Radiochemistry-, Tokai, Japan (2006. 10)
- (31) Yamamoto, M., Hoshi, M.: Sakaguchi, A., Shinohara, K., Kurihara, O., Apsalokov, K. N., Gusev, B. I.: Plutonium and uranium in human tissues from areas surrounding the Semipalatinsk nuclear test site, *ibid* (2006)
- (32) Yamamoto, M., Sakaguchi, A., Tomita, J., Uranium-series disequilibrium application to lake sediments in geochronology –a short general review, 3rd Korea-Japan Joint International Workshop on Present Earth Surface Processes and Historical Environmental Changes in East Asia, Seoul, Korea (2006. 9)
- (33) 山本政儀、坂口 綾、富田純平、柏谷健二：湖底堆積物中のウラン・トリウム同位体変動—モンゴル・フブスグル湖. 2006 年日本放射化学会年会、水戸-東海村 (2006. 10)

4) 研究交流

・共同研究

- (1) 小村和久、個人線量モニターによる環境放射線レベル測定、金沢工業大学、南戸秀仁、2000-現在
- (2) 小村和久、甲殻類の年齢測定、若狭湾エネルギーセンター2006-現在
- (3) 山本政儀、旧ソ連核実験場セミパラチンスクの環境放射能汚染と住民の被曝線量評価、星 正治、広島大学原爆医学放射線研究所、1995-現在
- (4) 山本政儀、広島原爆フォールアウトの降下分布解明-U 同位体比測定を通じて、星 正治、

広島大学原爆医学放射線研究所、2006-現在

- (5) 山本政儀、石灰岩洞窟のウラン-トリウム年代測定、Ju. Yong. Kim, Korean Institute of Geosciences and Mineral Resources (KIGAM), Korea, 2003-現在

・ 海外渡航

- (1) 山本政儀、旧ソ連セミパラチンスク核実験周辺地域の放射能汚染状況と住民の内部被曝線量 [科学研究費補助金]、カザフスタン (2006. 8-9)
- (2) 山本政儀、3th Korea-Japan Joint International Workshop on Present Earth Surface processes and Historical Environmental Changes in East Asia, Seoul, Korea (2006. 9)
- (3) 浜島靖典、10th International Symposium on Environmental Radiochemical Analysis, オックスフォード・英国 (2006. 9)

5) 各種活動

・ 学会活動

小村和久：日本原子力学会評議員、日本アイソープ協会理工学部会第常任委員

山本政儀：日本放射線影響学会常任幹事、日本放射線影響学会 J. Radiat Res.の編集委員、日本原子力学会中部支部幹事、日本放射化学会 J. Nucl. Radiochem. Sci.の編集委員

・ 社会活動

小村和久：石川県環境放射線測定技術委員会委員、核燃料サイクル開発機構大学との研究協力実施委員会委員、辰口国際交流協会副会長、能美市文化財保護審議会委員、国連科学委員会 UNSCEAR 報告書国内委員

山本政儀：福井県原子力専門委員、福井県美浜町原子力環境安全監視委員、福井県客員研究員、石川県環境試料測定法調査検討委員、国連科学委員会 UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation:国連放射線影響科学委員会) 報告書国内対応委員、財団法人日本分析センター放射能測定法マニュアル等専門委員会、財団法人日本分析センター環境放射能測定調査委員会

・ 招待講演および特別講演

- (1) 小村和久：低レベル放射能測定の現状と展望。核化学夏の学校、福井 (2006. 8)
- (2) 小村和久：新現象、放射線とリンモリブデン酸錯体の驚異的相互作用放射線レベルを温度で制御。環境放射能・放射線夏の学校 講演、京都 (2006. 8)
- (3) 小村和久：隕石 宇宙からのメッセージ。辰口中学校特別講演、能美市 (2006.11)

- (4) 小村和久：環日本海域の放射能、市民講座、金沢市 (2007. 1)
- (5) 小村和久：微弱放射能測定による最近の話題、講演、東京工大 (2007. 1)
- (6) 小村和久：微弱環境放射能、講演、富山短大 (2007. 1)

2-3. 研究費

1) 科学研究費等

- (1) 小村和久(代表)、極低レベル放射能測定による新領域の開発と全国共同利用微弱放射能測定拠点の形成、文部科学省特別教育研究、9,800 千円
- (2) 小村和久(代表)、極低レベル放射能測定による新領域の開発と全国共同利用微弱放射能測定拠点の形成学長戦略経費（重点研究経費）、9,800 千円
- (3) 小村和久（分担）、環日本海域の環境計測と長期・短期変動予測、21 世紀 C O E（研究拠点形成費補助金）、4,500 千円
- (4) 山本政儀(代表) 基盤(C)（一般）、放射性核種を利用した環境変動解析：堆積物中のウラン・トリウム同位体、1,900 千円（H18 年度）
- (5) 山本政儀(代表) 基盤(C)(2)、放射性核種を利用した環境変動解析:湖底堆積物中のウラン・トリウム同位体、3,600 千円、平成 18-平成 19 年度
- (6) 山本政儀（分担）、環日本海域の環境計測と長期・短期変動予測、21 世紀 C O E（研究拠点形成費補助金）、2,145 千円

2) 受託研究費等

- (1) 小村和久、気象研究所受託研究、海洋環境における放射性核種の長期挙動に関する研究 5,410 千円
- (2) 小村和久、石川県受託研究、極低レベル放射能の検出方法の開発と実証に関する基礎研究、2,000 千円
- (3) 小村和久、電荷蓄積型積算線量計（DIS)の自己線量確認、東芝電力放射線テクノサービス株式会社、120 千円

2-4. 研究指導

1) 博士論文

- (1) 阿部琢也、極低バックグラウンド γ 線スペクトロメトリーによる大気中放射性核種の高解像度測定、自然科学研究科環境科学専攻、博士（理学）、小村和久

- (2) 坂口綾、Geochemical studies on environmental dynamics in lake system through naturally occurring radionuclides. 自然科学研究科物質科学専攻、博士（理学）、山本政儀
- (3) 及川真司、Development of low level plutonium measurement by ICP mass spectrometry and its application to marine environment-Pu isotopes and heavy metal elements in Surume squid. 自然科学研究科物質科学専攻、博士（理学）、山本政儀
- (4) 大塚良仁、Geochemical studies on natural cycles in a lake environment-material balances, residence times and speciation of naturally occurring radionuclides ^{210}Pb and ^{210}Pb in Lake Biwa. 自然科学研究科物質科学専攻、博士（理学）、山本政儀

2) 修士論文

- (1) 田中究、Ra-226、Ra-228 及び Cs-137 を用いた日本海海水循環の解明、自然科学研究科物質化学専攻、修士（理学）、小村和久
- (2) 富田純平、安定・放射性同位体をプローブとした温鉱泉の地球化学的研究-白山山系を中心として-、自然科学研究科物質化学専攻、修士（理学）、山本政儀

3. 研究報告

旧尾小屋鉱山のトンネル内で極微量の放射能を測る

小村和久

〒923-1224 石川県能美市 金沢大学 LLRL, K-INET

K. Komura: Measurement of ultra low-level radioactivity in the tunnel of
former Ogoya Copper Mine

γ線検出器の保有台数世界一の尾小屋地下測定施設

我が国有数の産出量を誇っていた旧尾小屋銅鉱山が小松市の南東約 20km にある。尾小屋鉱山は 40 年前に閉山され、2600 人を超える鉱夫とその家族で賑わっていた鉱山町が消え、物資の運搬や通学・通勤で使われていたトンネル（尾小屋-倉谷隧道）は通行止めになっている。

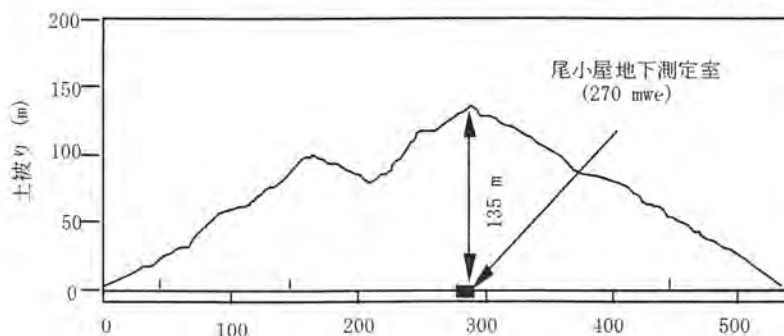
我々は、地上では計れない極めて微量の放射能の測定を目的に、小松市から道路占有許可を得て、1991 年に地下測定室の建設を始めた。4 年がかりの手作業でトンネルの整備を行ない、プレハブ小屋に備えた 2 台の検出器で測定を開始したのは 1995 年の 6 月末であった。最初の測定は、その年の 2 月 18 日に落下した「根上隕石」中に極微量存在する宇宙線が当たってできた宇宙線誘導核種の測定であった。現在、ここは極低バックグラウンド仕様のガンマ線測定装置 18 台を備えた世界トップクラスの Ogoya Underground Laboratory として知られるようになった。

測定室はトンネル入り口から 300m のトンネル中央部（水深換算の深さ 270m）地点にある。ニュートリノ観測で有名な東大宇宙線研究所のスーパーカミオカンデ（2700m）の 1/10 の深さしか



尾小屋トンネル入り口

左の小屋に 21 世紀 COE 経費で購入した検出器冷却用の液体窒素製造装置 2 台が設置されている。冬季は積雪が 1.5m を超えるので車では入り口まで登れず、15m の階段を使っている。



トンネル断面図

測定室は入口から 300m 地点にある。凝灰岩の岩盤の厚さは 135m あり水深に換算した深さは 270m に相当する。透過力の強い宇宙線ミューオンの強度は地上の 1/200、中性子強度は 1/300 のレベルまで下がっている。

いが、金沢城の建物解体時に廃棄された古い鉛を遮蔽材として使うことによって、地下 1000m クラスの地下測定室にひけを取らない微量の放射能測定が可能である。尾小屋は車でわずか 25 分の至近距離にあり、JR 小松駅や小松空港とも近い(図 1)い点で世界一便利な地下測定施設でもある。

我が国とヨーロッパ諸国の地下測定室で稼働しているゲルマニウム検出器を表に比較した。平成 18 年 6 月現在、尾小屋地下測定室には、同軸型 1 台、平板型 6 台、井戸型 8 台、合わせて 15 台の極低バックグラウンドゲルマニウム半導体検出器が稼働しており、台数ではダントツの世界一である。同じサイズの同軸型ゲルマニウム検出器より 3 倍検出効率の高い井戸型の検出器と低エネルギー γ 線に対する検出効率とエネルギー分解能の高い平板型検出器が他機関より圧倒的に多いのが尾小屋

表 1. 尾小屋と世界の主な地下測定室の比較

研究機関	設置場所	国	深さ		Ge検出器			
			(m)	(mwe)	同軸型	平板型	井戸型	合計
金沢大	尾小屋	日 本	135	270	1	6	11	18
東大	神岡	日 本	1000	2700	1			1
欧州-IRMM	ギール	ベルギー	225	500	3	1		4
Max Planck	ハイデルベルク	ドイツ	~7	15	3		1	4
VTKA	ドレスデン	ドイツ	47	110	2		1	3
L.S.C.E	フレジュストンネル	フランス	1750	4800	2		1	3
INFN-LNGS	グランサッソ	イタリア	1400	3800	2			2
IAEA	モンテカルロ	モナコ	14	35	2		2	4
PTB	ブラウシュバイク	ドイツ	925	2100	2 (広エネルギー領域型)			2
アイスランド大	レイキャビク	アイスランド	165	360	NaI(Tl)			1



尾小屋地下測定室内部。検出器は分厚い鉛と鉄で遮蔽した中にある。緑色の容器は検出器冷却のための液体窒素の入りのデューワーである。この小屋には奥に 3 台、手前に 2 台の検出器が設置されている。

の特長であり強みでもある。地下深度はそれほど深くないが、金沢城の鉛瓦を溶解して作った鉛ブロックを検出器の遮蔽に使うことによって、世界トップクラスのバックグラウンド性能を達成している。(ヨーロッパ諸国では、ローマ時代の沈没船から引き上げた古い鉛を遮蔽に使っている機関もある)

尾小屋地下測定施設での研究例

尾小屋地下測定室では、従来の 1/10 以下の試料でも高い精度で測定できる。サンプリング、試料の前処理、測定時間等の大幅節減はもとより、これまで手が出せなかった新しい研究へのチャレンジも可能になった。同時に 15 個の試料を測定できるので、複数の研究を同時に進める中で新しい研究の芽を育てたり、共同研究や受託研究の受け入れも可能である。以下、尾小屋地下測定室が稼働して 10 年の間に国内及び国外の学会で発表し、注目された研究例を紹介する。

1995 2 月 18 日落下の「根上隕石」の宇宙線誘導核種測定 (最初の測定)

1996 1 月 7 日落下の「つくば隕石 (5 破片試料)」の宇宙線誘導核種測定

1997 3 月 11 日発生の動燃アスファルト固化処理施設爆発事故で漏洩した ^{137}Cs と ^{134}Cs の測定 (気象研と共同研究、事故後数日にわたって放射能プルームの挙動を解析)

1998-2000 環境中性子により生成した宇宙線誘導核種 ^{22}Na , ^{46}Sc , ^{60}Co , ^{76}As , ^{134}Cs , ^{152}Eu , ^{187}Ir , ^{190}Au など約 20 核種発見

1999 9 月 26 日落下の「神戸隕石」の宇宙線誘導核種測定 (^{26}Mg , ^{57}Ni 等を発見)

9 月 30 日発生の東海村 JCO 臨界事故の環境影響評価調査研究グループ代表として JCO 臨界事故調査 (Elsevier 社の学術雑誌 Journal of Environmental Radioactivity 特集号で臨界事故に関する世界初の論文集発表: 21 論文中 5 編が尾小屋での研究)

2001-2002 中性子誘導核種 ^{154}Eu の測定 (20 年以上議論されてきた実測値と計算値の不一致問題の解決、新しい原爆線量評価システム (DS02) の策定に寄与)

2003 従来より 1 桁高い解像度で大気中に存在する放射性物質 ^{210}Pb と ^7Be の変動を解析

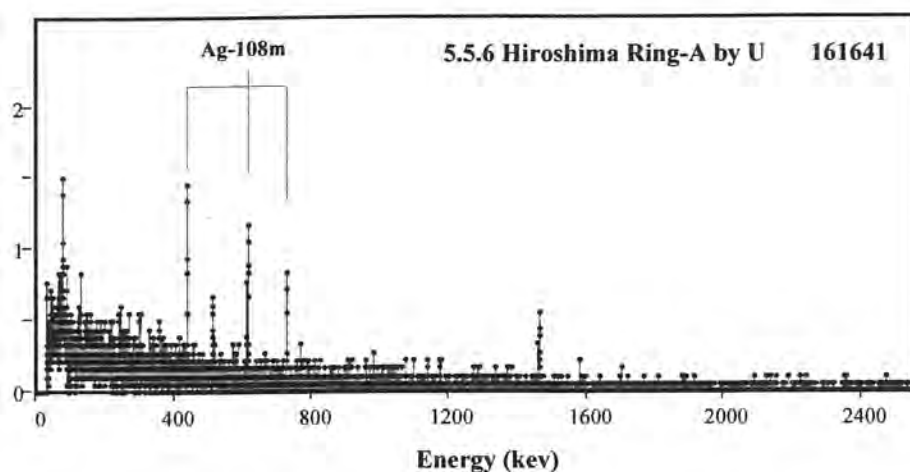
2004 雨水中の短寿命宇宙線誘導核種 ^{18}F , ^{22}Na , ^{26}Mg (^{26}Al), ^{35}Cl (^{35}S), ^{37}Cl と Be 及び ^{22}Na の同時検出に成功 (次ページ図)

宇宙線誘導核種 ^{22}Na をトレーサーとする琵琶湖水の滞留時間の解析

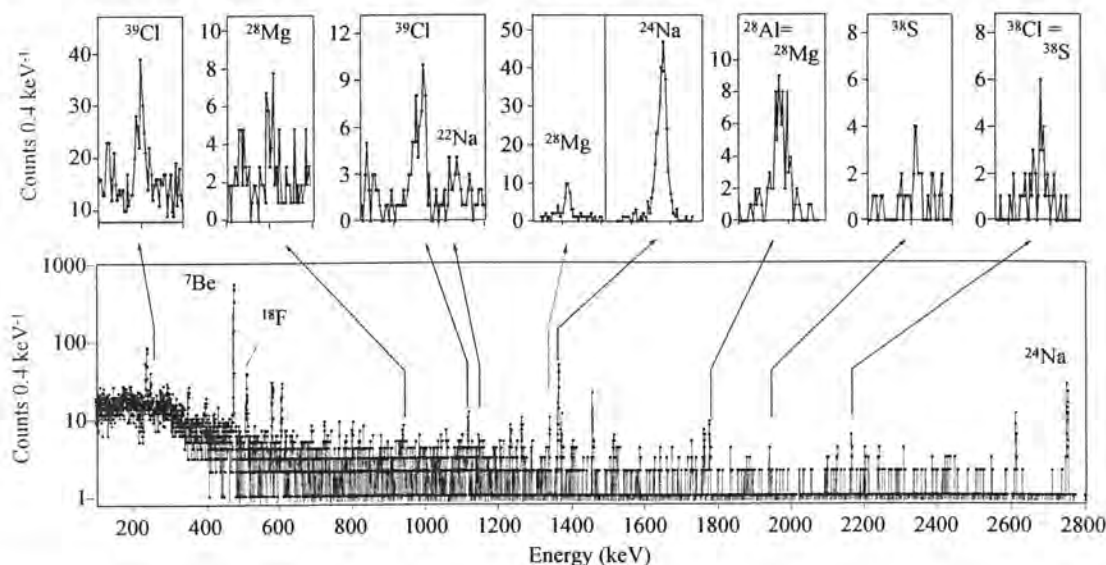
2005 ^{110m}Ag を用いる原爆中性子の新しい超高感度評価法の発見 (下図)

2006 日本海沿岸海水中のラジウム同位体比 ($^{226}\text{Ra}/^{228}\text{Ra}$) の季節変動発見

2007 $^{228}\text{Th}/^{228}\text{Ra}$ 比を用いる骨・甲殻類の年代測定の実用化



似島（広島）に埋葬された原爆犠牲者の真鍮製指輪のγ線スペクトル。不純物として含まれていた銀が原爆中性子を吸収して生成した ^{108m}Ag が検出できたことで ^{108m}Ag 法の感度の高さを実証した。指輪やロザリオなど犠牲者が身につけていた被ばく試料を測定すれば、犠牲者が受けた中性子線量を直接評価できる。従来より行なわれていた被ばくした岩石中の ^{152}Eu を測定する方法では、このような知見は得られない。



雨水試料のγ線スペクトルの例

5分で50Lという多量の雨水の短時間採取、イオン交換法による20分で2000倍濃縮、尾小屋地下測定室での極低バックグラウンド放射能測定によって初めて複数核種の同時検出に成功した。 ^{38}Cl （半減期 37.2分）、 ^{39}Cl （半減期 55.6分）、 ^{18}F （半減期 110分）、 ^{38}S （半減期 2.84時間）、 ^{24}Na （半減期 14.96時間）、 ^{28}Mg （半減期 20.91時間）、 ^{28}Al （半減期 2.24分）、 ^7Be （半減期 53.3日）、 ^{23}Na （半減期 2.60年）のガンマ線が検出されている。

日本海沿岸海水の $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比の季節変動 (2) -対馬海流沿岸分枝の起源と循環パターンにもたらす知見-

田中究¹・井上睦夫¹・小藤久毅²・中野佑介¹・小村和久¹

¹〒923-1224 石川県能美市 金沢大学 LLRL, K-INET

²〒035-0064 青森県むつ市港町 日本海洋科学振興財団

K. Tanaka, M. Inoue, H. Kofuji, Y. Nakano, K. Komura:

Seasonal variation in the $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ ratio for coastal water within the Sea of Japan (II):

Implications for the origin and circulation patterns of the Tsushima Coastal Branch Current

1. はじめに

日本海沿岸海域は、豊富な漁場を多くかかえるなど、われわれの生活に極めて重要な位置を占める一方で、原子力発電所事故やタンカー座礁事故など人為的な汚染物質の流入などの問題に直面しており、沿岸域の海水循環の情報は不可欠である。先の我々の研究で、低バックグラウンド γ 線測定法を能登半島沿岸海水に適用、短期間 (1-2 ヶ月) における海水試料の $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比の測定をおこなった。その結果、能登半島を取り巻く沿岸海水の $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比に季節変動があること、すなわち能登半島全体を取り巻く季節的な海水循環の存在が明らかになった (Inoue *et al.*, 2006)。本稿では、2006 年に日本海沿岸 5 地点において 1 ヶ月間隔で採取した海水試料の $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比の季節変動を求めることにより、対馬沿岸分枝の循環パターンの解明を試みた。

2. 試料および実験

長崎県対馬東水道 (TE), 島根県松江市 (MT), 石川県輪島市門前 (MN), 珠洲市 (SZ), 新潟県新潟市 (NU) の 5 地点において、1 ヶ月間隔で海水試料 20 L を採取した。これら沿岸海水試料に、ラジウム汚染の少ない Ba キャリア (^{226}Ra ; 0.7 mBq/g-Ba) を加え、 BaSO_4 沈殿により Ra を共沈回収した。 γ 線測定には、尾小屋地下測定室に設置した井戸型 Ge 検出器を使用した。

3. $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比の季節変動

対馬および本州沿岸各地点における海水試料の $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比の経時変動を Fig. 1 に比較した。初夏に最小値を示す (主に 5.75 年と半減期の短

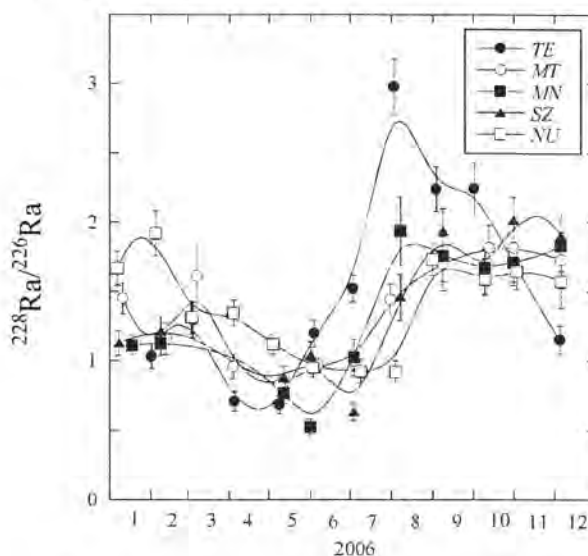


Fig. 1 Comparison of the temporal variation in the $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ ratio of coastal waters along Honshu Island within the Sea of Japan

い²²⁸Ra濃度の変動を反映する)²²⁸Ra/²²⁶Ra比の季節変動が、日本海沿岸分枝の入り口である対馬東水道および対馬沿岸分枝の通り道である松江、能登半島、さらには新潟の沿岸海水でもみられた。対馬東水道から新潟にいたる沿岸海水の²²⁸Ra/²²⁶Ra比の変動の類似性は、一つの水塊が本州沿岸に沿って北上していることを示す。対馬東水道沿岸海水に顕著な²²⁸Ra/²²⁶Ra比の季節変動が確認されたことから、対馬海峡通過以前の東シナ海を供給源とする²²⁸Raが対馬海峡から能登半島沿岸海域にいたる²²⁸Ra/²²⁶Ra比の季節変動をもたらしていると推測される。例えば、対馬沿岸分枝の供給源としての²²⁸Ra-richな東シナ海大陸側浅層海水と²²⁸Ra-poorの黒潮海水 (Nozaki *et al.*, 1989) の混合比の季節的な変化があげられる。

4. まとめ —²²⁸Ra/²²⁶Ra比から見た対馬沿岸分枝の流動パターン—

1) 対馬沿岸分枝の起源

対馬沿岸分枝の入り口である対馬東水道の²²⁸Ra/²²⁶Ra比の季節変動は、初夏に最小、秋～冬に最大であった。対馬東水道を通過する海水の東シナ海浅層海水/黒潮比が初夏に小さく、秋に大きくなることで説明できる。

2) 初夏における対馬沿岸分枝の循環パターン

²²⁸Ra/²²⁶Ra比の最小値は各地点で大きく変動せず(0.6-0.8)、そのタイムラグは東水道から新潟(～1300 km)にかけおよそ2.5ヶ月であった。この時期、沿岸分枝は本州沿岸沿いに少なくとも新潟まで存在していることが示唆された。また東水道から新潟にいたる季節変動のズレから沿岸分枝の平均流速は、およそ20 cm/sと見積もられる。

3) 秋～冬の沿岸分枝の循環パターン

初夏の場合に比較し、秋から冬の²²⁸Ra/²²⁶Ra比の最大値は地域差が大きく、タイムラグも明確ではない。要因としては、他の水塊との混合などが考えられる。

参考文献

- Inoue, M., Tanaka, K., Watanabe, S., Kofuji, H., Yamamoto, M., Komura, K. (2006) *J. Environ. Radioactivity* **89**, 138-149.
- Nozaki, Y., Kasemsupaya, V., Tsubota, H. (1989) *Geophys. Res. Lett.* **16**, 1297-1300.

謝辞

本研究の一部は石川県保健環境センターからの受託研究および笹川科学研究助成によっておこなわれた。國分英俊氏(対馬市立豆酏中学校長)、鈴木敦雄博士(静岡県環境放射線監視センター)、中島剛博士(島根県産業技術センター)、檜山智嗣氏(対馬野生生物保護センター)、八幡崇氏(新潟大学)には海水試料採取にご協力いただいた。

化学試薬における放射性核種汚染の実測値による評価 -海水/陸水試料への共沈法の適用-

井上睦夫・小村和久

〒923-1224 石川県能美市 金沢大学 LLRL, K-INET

M. Inoue, K. Komura: Determination of radionuclides in chemical reagents : Application of coprecipitation method to sea/environmental waters

1. はじめに

極低バックグラウンドγ線測定法の適用により、深層海水や陸水試料でも天然放射性核種 (^{210}Pb , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{234}Th など), 人工放射性核種 (^{137}Cs) や宇宙線生成核種 (^7Be) が地球化学的トレーサとして利用できるようになった。また原子力発電所事故や海洋への放射性廃棄物の不法投棄に対する極微弱放射性核種 (例えば ^{60}Co , ^{137}Cs) の汚染モニタリングにも有効である。一方、γ線測定のためのこれら核種の分離過程、特に微弱核種の測定や試料量が制限される場合、さらには共沈法の組み合わせによる多核種同時測定では、化学試薬由来の汚染が心配される。それに対し、試薬中の放射性核種は、通常の化学的分析法では検出できないほど微量であり、Ba試薬のRa汚染などを除き、実測例はほとんどない。

本研究では、共沈法に使用される化学試薬を中心に、放射性核種の汚染程度を、極低バックグラウンドγ線測定法の適用により、実測値から評価する。

2. 測定試薬

海水試料からのRaの分離には、主にBa (Pb) キャリアを用いた BaSO_4 (PbSO_4) 共沈法が、U, ThおよびBeの分離には、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 共沈法が、またCsにはリンモリブデン酸アンモニウム (AMP) (またはAMP/Cs compound) による沈殿濃集法が利用されてきた。本研究では、以下に示すキャリアの候補を測定試料とした。

- 1) Baキャリア : $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, BaSO_4 などのBa試薬, 重晶石粉末 (BaSO_4), 重晶石を原料の一部とする医療用X線造影剤 (BaSO_4)
- 2) Pbキャリア : PbCl_2 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, Pb_3O_4 , Pb粉末などの鉛化学試薬および旧金沢城内の建物の鉛瓦を加工した古い鉛ブロック
- 3) その他のキャリア試薬 : $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, AMP, CsCl

3. 極低バックグラウンドγ線測定

全ての試料の測定は、尾小屋地下測定室 (水深換算270 m) に設置した低バックグラウンド仕様の井戸型、同軸型または平板型Ge検出器、計9台を使用した。γ線測定は2-5日間おこなった。

4. 測定結果

1) Baキャリア

Ba化学試薬においては、化学的純度に関わらず、化学的性質の類似性を反映する大きなRaの汚染 (^{226}Ra , 6-90 mBq/g-Ba ; ^{228}Ra , 1-7 mBq/g-Ba) が確認された。造影剤については、製造会社ごとに、さらに同一商品名でもロットにより異なるが、 ^{226}Ra で1.2-17 mBq/g-Ba, ^{228}Ra で0.2-0.8 mBq/g-Baと汚染程度は小さかった。さらに、重晶石に関しては、 ^{226}Ra で0.7-1.5 mBq/g-Ba, ^{228}Ra で0.2-0.5 mBq/g-Baと汚染程度は著しく小さい。生成年代が古い (大部分の ^{226}Ra が壊変) 重晶石やそれを主原料とする造影剤がBaキャリアとして有効である。ただし難溶性の BaSO_4 は、 Na_2CO_3 , K_2CO_3 分解により酸に可溶な BaCO_3 にする必要がある。

2) Pbキャリア

全てのPb化学試薬において、 ^{210}Pb が顕著に検出された (0.4-3.3 cph/g-Pb ; 相対効率36%井戸型Ge ; 自己吸収の影響により正確な濃度の見積もりは困難)。旧金沢城の古いPbでは、 ^{210}Pb はバックグラウンドレベル (大部分の ^{210}Pb が既に壊変) であった。

3) 他のキャリア試薬

CsCl試薬において、 ^{134}Cs (0.03 mBq/g-Cs), ^{137}Cs (0.03 mBq/g-Cs), ^{234}Th (0.7 mBq/g-Cs) が検出された。 ^{134}Cs は試薬中の ^{133}Cs と環境中性子との反応生成核種、 ^{137}Cs , ^{234}Th は試薬の原料本来の汚染または製造過程における汚染が考えられる。

5. まとめ

重晶石および古い鉛中の ^{226}Ra , ^{210}Pb 濃度はそれぞれBa, Pb化学試薬に比べ著しく小さかった。これは化学的純度よりむしろ目的核種の壊変程度を反映した。他の試薬では、その原料本来の汚染や環境中性子との反応生成核種を反映する汚染がみられる場合も一部にみられたが、通常の化学分離過程における使用では全く問題のないレベルであった。極微弱放射性核種の測定において、より信頼性の高い値を得るためには、試薬ごとに汚染の確認がのぞまれる。互いに妨害にならないキャリアを利用した簡便な共沈法の組み合わせにより、多核種同時 γ 線測定が可能となる。

極低バックグラウンド γ 線スペクトロメトリーによる
大気中放射性核種の高時間解像度測定：典型的な気象によるそれらの変動

阿部 琢也、山口 芳香、田中 究、中野 佑介、小村 和久

〒923-1224 石川県能美市和気町 24

金沢大学自然計測応用研究センター・低レベル放射能実験施設

T. Abe, Y. Yamaguchi, K. Tanaka, Y. Nakano and K. Komura

Highly Time-Resolved Measurements of Airborne Radionuclides

by Extremely Low Background γ -ray Spectrometry:

Their Variations by Typical Meteorological Events

はじめに

大気中放射性核種は、そのほとんどが生成後すぐにエアロゾル粒子に吸着して挙動することから、大気及びエアロゾル粒子の良いトレーサーになり得る。その中でも陸源性の ^{210}Pb （半減期 22.3 年）および宇宙線生成核種 ^7Be （53.3 日）は、それぞれ地表及び上空を起源とする大気塊のトレーサーとしての利用を目的として、エアロゾル粒子および降下物を試料とした比較的長い観測間隔（1 日から 1 ヶ月）での観測がとりわけ多くなされてきた。これらの長寿命核種は、降水による湿性沈着といった急激な気象学的要因に対して支配的に対応して濃度変動すると考えられる。そのため、これらの核種について数時間程度の短い時間間隔（高時間解像度）で集中的な観測を行なうことは、それらの核種と挙動を供にするエアロゾル粒子の導体について重要な情報をもたらすと考えられる。しかしながら、これらの大気中濃度の低さに起因する測定の高時間解像度の困難さから、短い時間スケールでの観測はほとんどなされていなかった。

そのような背景の中、尾小屋地下測定施設（OUL）において最大 16 台の Ge 半導体検出器を使用して極低バックグラウンド γ 線スペクトロメトリーを行なうことによって、前述の問題を克服し、長寿命核種 ^7Be および ^{210}Pb 濃度変動の高時間解像度観測の実施が可能となった。したがって本研究では、大気状態が大きく変化すると考えられる典型的な気象変化（寒冷前線の通過、台風の接近および黄砂現象）時における ^7Be および ^{210}Pb の濃度変動について詳しく解析することとした。

実験

試料の採集は、当実験施設の屋上（地上約 10 m）に設置したハイボリュームエアサンプラー（SIBATA HV-1000F）に、石英繊維ろ紙（ADVANTEC QR-100）を装備し、 900 L min^{-1} の流速で表層大気中のエアロゾル粒子を吸引ろ過して行った。観測期間は 1) 寒冷前線の通過（2004/12/18 および 12/20）、2) 台風の接近（2005/9/7）および 3) 黄砂現象（2006/4/8、4/18-19 および 4/24）の発生した期間を含めて、比較としてその前後 1-2 日間とした。試料採集の間隔は、急激な変動が見込まれる時は短く、温和な大気状態の時は長く、2-8 時間の間でその都度変更した。試料採集したろ紙の加圧成型を行い γ 線測定線源を作成した後、短寿命 ^{214}Pb および ^{212}Pb は当実験施設において、長寿命 ^7Be および ^{210}Pb は短寿命核種の壊変後に OUL において、それぞれに設置された Ge 半導体検出器を用いて γ 線スペクトロメト

リーを行った。

結果および考察

寒冷前線通過時には、降雨の影響により大気中の核種濃度は全体的に減少傾向を示したが、長寿命 ^7Be および ^{210}Pb の変動は短寿命 ^{214}Pb および ^{212}Pb と比較して顕著であった。このことは、それらの起源および半減期の違いに起因する核種濃度の回復速度の差で説明される。特筆すべきことは、降雨が無かった通過前後の時間帯で ^7Be および ^{210}Pb 濃度が上昇する傾向を示したことである。このことは、Yamamoto 等¹⁾によって示されているメカニズムのように、冬季の寒冷前線通過に伴ってこれらの核種を高濃度に含む気塊が観測地に到来したことを強く示唆している。

台風接近時には、最接近の数日前からの長寿命核種濃度の激減に対して、短寿命核種については最接近直前からの風速の増加に伴う濃度減少という差が見られた。核種濃度の減少時には観測地において降雨がほとんど無かったことから、長寿命核種と短寿命核種の空間的な濃度分布が大きく異なっていることがこの差の主な原因として挙げられる。すなわち、長寿命核種はそれらが低濃度である海洋性気塊の到来によって数日前から大きく減少したのに対して、短寿命核種はそれらが高濃度である地表面大気と低濃度である上層大気が台風に伴う強風によって著しく鉛直混合したために急激に減少したと考えられる。

黄砂現象時の観測では、黄砂の質量濃度に対して短寿命核種濃度は関連性がほぼ見られなかったのに対して、長寿命核種には特徴的な関連性が見られた。黄砂の質量濃度が高い時には長寿命核種が高濃度であったが、興味深いことにその間に線形性は見られなかった。この結果の説明として以下のことが考えられる。黄砂は、その発生地域である乾燥地帯において主に春季に発生する強い上昇気流によって地上数千メートルにまで巻き上げられる。一方で、同時期中緯度地域においては、偏西風域の移動に伴う対流圏界面の褶曲によって成層圏と対流圏の大気交換が活発になることから、 ^7Be のみならず ^{210}Pb もまた高濃度である成層圏からの大気が上層対流圏へと流入し、したがってこの時期の上層対流圏での ^7Be および ^{210}Pb は比較的高いことが知られている。²⁾ 黄砂粒子が降下してくる大気状態では、上層対流圏のエアロゾル粒子も同様に降下してくる考えられるので、黄砂現象時にはこれら長寿命核種の濃度が高く、さらに、黄砂粒子の質量濃度と上層エアロゾル粒子の降下量の間には関連性が見られないことから線形性が無かったと考えられる。一方で、他に検出された人工放射性核種である ^{137}Cs については、黄砂粒子質量濃度と比例関係にあったことから、再舞い上がりによって大気中へともたらされていることが再確認された。

以上のように、大気中長寿命放射性核種 ^7Be および ^{210}Pb の濃度は、気象の変化に伴って鋭敏に変動することが確認された。したがって、高時間解像度でこれらの核種を観測することは、それらの起源に強く依存した動態の情報をより詳細に与えることから、大気トレーサーとしてこれらの核種の利用を目的とした研究分野に対して有用な情報を与えると考えられる。

参考文献

- 1) M. Yamamoto et al., J. Environ. Radioactivity 86, 110 (2006).
- 2) J. Sato et al., Geochem. J. 28, 123 (1994).

湖沼堆積物のウラン・トリウムからみる古環境情報-フブスグル湖

坂口 綾¹、山本 政儀¹、佐々木 圭一²、柏谷 健二³、河合 崇欣⁴

¹〒923-1224 石川県能美市和気町 金沢大学自然計測応用研究センター低レベル放射能実験施設

²〒920-1392 石川県金沢市末町 金沢学院大学美術文化部

³〒923-1192 石川県金沢市角間町 金沢大学自然計測応用研究センター

⁴〒464-8601 愛知県名古屋市千種区 名古屋大学環境学研究科

A. Sakaguchi, M. Yamamoto, K. Sasaki, K. Kashiwaya and T. Kawai: Uranium and Thorium Isotopes Distribution in Bottom Sediments of Lake Hovsgol, Mongolia: Sedimentary Behavior and Application to Dating

＜はじめに＞ 陸域での気候変動の将来予測を目的として、古代湖底堆積物の様々な分析・測定から短期・長期的気候変動解析が試みられている。我々はこれまでバイカル湖底堆積物中ウラン(U)・トリウム(Th)同位体組成変化に着目し、これら同位体の古環境復元プロキシとしての確立を目的とした研究を行ってきた。

フブスグル湖(モンゴル)はバイカル集水域に位置する淡水湖で、バイカル湖と比して①大きな流入河川がない②水面標高が約1000m高い③容積が約1/60であるという条件から、この地域の環境変動に対する鋭い応答を期待させる。またバイカル湖とは異なり、炭酸塩鉱物沈殿が多いため、U・Th堆積挙動に関しても非常に興味深い。本研究では、フブスグル湖底堆積物についてU・Th同位体濃度および放射能比を測定し、気候変動にからむU(Th)の沈降・堆積挙動解明さらに湖底堆積物への²³⁴U-²³⁸U法・²³⁰Th-²³⁸U年代測定法の適応を検討した。

＜方法＞ フブスグル湖最深部付近 (Fig. 1, 50°57'19" N, 100°21'32" E)において2004年に採取した柱状堆積物試料HDP04 (全長約80 m、2 cm毎にスライス)、および2005、2006年に採取した水試料(15地点)を用いた。各堆積層におけるU・Th同位体(²³⁸U, ²³⁴U, ²³²Th, ²³⁰Th)情報を得るため、HF+HNO₃+HClO₄およびアルカリ溶融による全分解後、化学分離・α線測定を行った。CR39を用いたαトラック法により、U異常濃集が見出された層、およびその前後の層(約23m)の堆積物中のU存在状態を確認・比較した。また、11.4、14.7、14.8 m深度の堆積物を0.5、2M HCl抽出し、抽出・残さフラクション中のU・Th同位体を化学分離後α線測定にて定量した。これら結果を用いて、²³⁸U-²³⁴U-²³⁰Th-3Dアイソクロン法により堆積年代を試算した。

＜結果＞ 湖水の溶存 ²³⁸U 濃度、²³⁴U/²³⁸U 放射能比は試料採取地点や深度にかかわらずほぼ一定で(それぞれ ca. 6 mBq/L、ca. 2)、バイカル湖と同様な状況であった。堆積物中 ²³⁸U 濃度は 19.9-231.2 mBq/g の範囲で変動し (Fig. 2)、年代が推測できる 20m 以浅では氷期に低く間氷期に高い傾向を示した。²³⁴U/²³⁸U 放射能比は岩石中で予想される放射平衡値(1.00)から大きくずれており(0.90-1.95)、20m 以浅では ²³⁸U 濃度深度分布との類似から、間氷期に湖内溶存 U 由来である“自生性 U”の沈積が示唆された。堆積不整合面が確認されている堆積層(約 23 m)では、異常に高い ²³⁸U 濃度が確



Fig. 1 The sampling station of HDP04 sediment core in Lake Hovsgol.

認され、 ^{238}U 濃縮物質)の沈積が予想されたが、 α トラックの結果からはそのような存在は確認されなかった。

堆積物中の U は陸源以外の自生成分の寄与も大きい上に、それぞれの成分はなんらかの変動に対応して変化する。ここでは岩石中の U 系列は放射平衡が成立していること、 Th 同位体にフラク

ショネーションがないという仮定の下、 ^{230}Th の成長量が無視できる表層堆積物の $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ 放射能比(1.04)を基準に、陸源性 $\text{U}\cdot\text{Th}$ と自生性(成長) $\text{U}\cdot\text{Th}$ を識別した。その結果、陸源 ^{238}U 変動は鉱物含有量と、自生性 ^{238}U は植物プランクトン由来のクロロフィル a の変動(personal communication, N. Tani, 2006)と非常によく対応が見い出された。現段階では各フラクションの U 堆積挙動が、どのような環境変動因子に左右されるのか不明である。しかし今後さらに詳細な分析・解析を行うことにより、環境中での $\text{U}\cdot\text{Th}$ 挙動を明らかにできるだけでなく、古環境復元プロキシとしての有用性が期待できる。

3D アイソクロン年代測定の結果を Fig. 3 に示す。堆積物表層からの深度 11.42、14.71 および 14.83m でそれぞれ 66 ± 15 、 122 ± 22 、 128 ± 44 kyr と見積もられた。これらの年代値は、C-14 で試算した年代を考慮したオービタルチューニング法による年代値とほぼ同様な値を示した。現在、手法の改良や測定精度向上により、湖沼堆積物の詳細な年代測定法としての実用化を目指して検討中である。

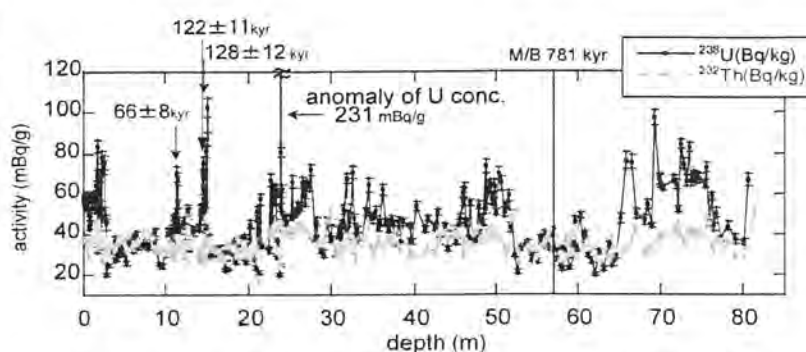


Fig. 2 Vertical distributions of ^{238}U and ^{232}Th contents and the ages by U-series isochron method in sediment core (HDP04).

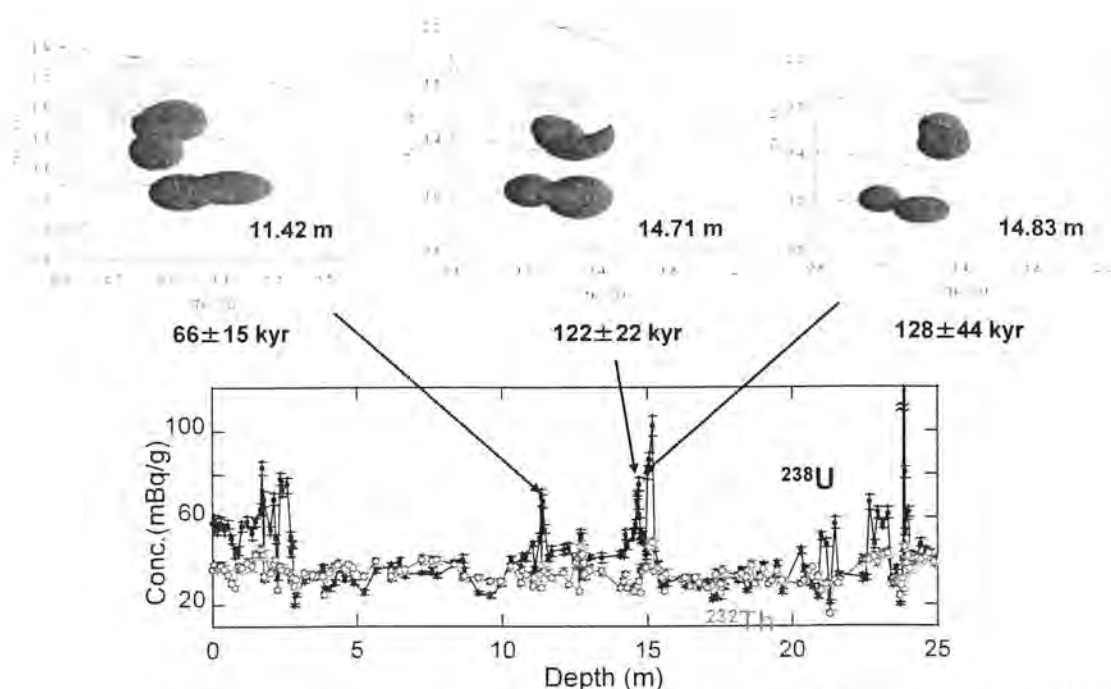


Fig. 3 The tentative ages estimated by U-series 3D-isochron method for sediments in the depth of 11.42, 14.71 and 14.83 m.

白山火山帯から湧出する温鉱泉水の起源と成因

富田純平¹、坂口 綾¹、佐竹 洋²、中村俊夫³、山本政儀¹

¹〒923-1224 石川県能美市 金沢大学自然計測応用研究センター・低レベル放射能実験施設、²〒930-8555 富山県富山市 富山大学理学部生物圏環境科学科、³〒464-8602 愛知県名古屋市 名古屋大学年代測定総合研究センター

J.Tomita¹, A.Sakaguchi¹, H.Satake², T.Nakamura³ and M.Yamamoto¹: The origins and the formation mechanisms of hot and mineral spring waters discharged from the Hakusan Volcanic area

1. はじめに

白山は石川県と岐阜県の県境に位置する第四紀、安山岩質の成層火山である。火山層序学および歴史資料研究の観点から白山の火山活動には活動期 100–150 年、休止期 300 年からなる 450 年周期があり、1659 年の最終噴火から既に 340 年以上経過している。地震学の研究結果からも白山の地下 2 km 以深にマグマの存在が確認されている。白山において、微小地震は観測されているものの、マグマ活動に関連した火山性微動や浅部での低周波地震は現在まで観測されていない。しかしながら、将来懸念される火山活動も含めて、白山の「地下」に関する基礎研究が重要となっている。

温鉱泉水は地下において熱・物質を供給され物理的・化学的变化を受け地表に現れる地下水であるため、火山ガスと比べ間接的ではあるが地下の情報を知ることが可能であると考えられる。白山周辺地域には多数の温鉱泉が点在しているが、それら温鉱泉について幾つかの研究報告例はあるものの起源・成因まで踏み込んだ考察は皆無に等しい。本研究では、新たに同位体水文学的手法を導入し、白山周辺地域に点在する温鉱泉、特に白山火山帯地域（便宜的に白山頂上から 20 km 圏内の地域を示す）に湧出する Na-Cl・HCO₃ 型の温鉱泉について水・溶存成分の起源およびその成因について考察した。

2. 実験方法

試料採取地点を Fig. 1 に示す。温泉水試料は白山火山帯地域を中心に、その周辺地域を含めた計 57 地点において行った。また、比較のため 10 地点で河川水採取も行った。泉温・pH・酸化還元電位・電気伝導度測定は現地において行った。主要溶存成分はイオンクロマトグラフにより測定した。炭酸成分は alkalinity 測定により定量した。水素同位体比 (δD) は白金触媒を用いた水素ガス平衡法、炭素同位体比 ($\delta^{13}C$) および ^{14}C 濃度は Nakamura et al. (1998)、酸素同位体比 ($\delta^{18}O$) は CO₂ ガス平衡法、硫黄同位体比 ($\delta^{34}S$) は Yanagisawa and Sakai (1983) にそれぞれに従い、 $\delta D \cdot \delta^{13}C \cdot \delta^{18}O \cdot \delta^{34}S$ は同位体比用質量分析計で、 ^{14}C 濃度はタンデム型加速器質量



Fig.1. Map of the Hakusan volcano area and locations of spring waters studied.

分析計でそれぞれ測定した。

3. 結果・考察

採取した温鉱泉水は全てほぼ中性であった。温鉱泉水は種々の化学組成を示したが、白山火山帯地域はNa-Cl・HCO₃型（一部はNa・HCO₃型）、手取・加賀地域および五箇山地域はNa・Ca-SO₄型、海岸地域はNa-Cl型、戸室地域はNa-Cl・SO₄型、白鳥地域はNa-HCO₃型、勝山地域はNa-HCO₃・Cl型と大局的に地域の特徴が見られた。白山火山帯地域のNa-Cl・HCO₃型の温鉱泉の成因について詳細に議論する。Fig. 2.に δD -Clおよび $\delta^{18}O$ -Clの関係を示す。 $\delta^{18}O$ -Cl間では天水を一方の端として正の相関を示すが、 δD はCl濃度に関係なく天水とほぼ同じ値の範囲をとる。これらの温鉱泉水の一部が δD - $\delta^{18}O$ の関係において $\delta^{18}O$ のみが世界の天水線から正の方向にシフトしていることを考慮すると、白山火山帯地域の温鉱泉は熱水-岩石反応により $\delta^{18}O$ のみ高い側にシフトした天水起源のNa-Cl型熱水と天水起源の浅層地下水との混合によって形成されていることを示唆している。Fig. 3.に $\delta^{13}C_{DIC}$ -DICおよび ^{14}C -DICの関係を示す。 $\delta^{13}C_{DIC}$ -DICの関係において、白山火山帯地域のNa-Cl・HCO₃型の温鉱泉は、理論的な混合線に沿って分布する。これは白山火山地域のNa-Cl・HCO₃型の温鉱泉が土壌CO₂ガスを溶かした地下水と火山ガス起源CO₂を溶かした地下水の混合により形成されていることを示唆する。C-14-DICの関係からも同様の傾向が見られ、火山ガス起源CO₂を含んでいることが明らかである。理論的な混合線よりもやや上方にプロットされるのは湧出時の脱ガスにより同位体比の重いCO₂が液相へ濃集した結果である。C-14-DICの関係からも同様の傾向が見られ、火山ガス起源CO₂を含んでいることが明らかである。白山周辺地域は典型的なGreen-tuff地域であるため海成炭酸塩の溶解も当然考えられ、火山ガス起源CO₂の寄与に比べるとわずかであろう。したがって、白山火山帯地域の温鉱泉水は火山地域や地熱地域に見られるNa-Cl型熱水に火山ガス起源CO₂由来の炭酸成分が加わったNa-Cl・HCO₃型であることが明らかとなった。この考察の妥当性をさらに検証するために、今後温鉱泉附随ガスのHe同位体測定を予定している。

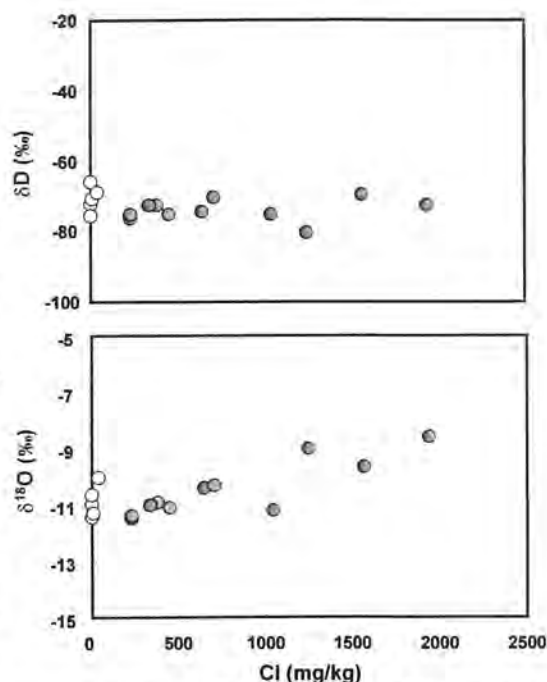


Fig. 2. Plots of δD vs. Cl and $\delta^{18}O$ vs. Cl concentration for Na-Cl・HCO₃ type spring waters in the Hakusan volcanic area.

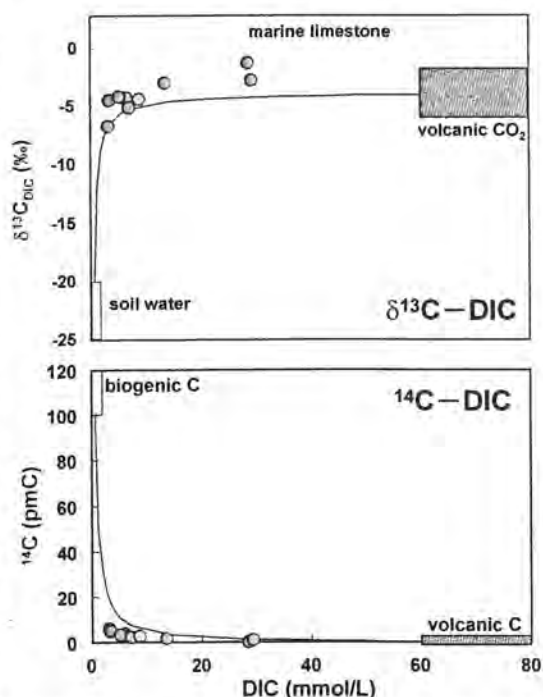


Fig. 3. Plots of $\delta^{13}C$ vs. DIC and ^{14}C vs. DIC concentration for Na-Cl・HCO₃ type spring waters in the Hakusan volcanic area.

液体および固体中の環境中性子エネルギー分布

浜島靖典・小村和久

〒923-1224 石川県能美市 金沢大学 LLRL, K-INET

HAMAJIMA, Y., KOMURA, K.: Energy distributions of environmental neutron in liquids and solids

1. はじめに

環境中性子の起源は、主に1次宇宙線と大気との核破砕反応による2次宇宙線成分の一つとして、また一部は放射性壊変による事が知られている。環境中性子誘導核種は、地球科学分野で年代測定や浸食の研究に有用に用いられている。一方、極低レベル放射能測定の際には妨害となることがある^{1, 2)}。いずれの場合も、物質中の環境中性子誘導核種分布、或いは中性子束分布を知ることが重要である。しかし、1970年代以後、カウンターを用いた大気中の高度分布は報告されているが、固体や水中深度分布の詳細な報告例は少なく、計算により推定されていた³⁾。本研究では、金箔を環境中性子で照射し $^{197}\text{Au}(n, \gamma)^{198}\text{Au}$ 反応で生成したAu-198を測定することにより、淡水、海水、コンクリート、鉄及び鉛中の環境中性子束分布を深度分解能、中性子束共に精度よく測定した。この測定は、旧尾小屋鉱山トンネル内の地下測定室(水深換算270m)に設置した計11台の高分解能・高効率・極低BGのGe検出器⁴⁾を同時に用いる事で可能となった。また本報告では、この実験結果と中性子輸送のMCNP計算結果の比較をおこなった。

2. 実験

16から33gの金箔を、淡水、海水中に水平に吊るした。また重ねたコンクリート板、鉄板、鉛板の間に挿入した。約20日照射後、尾小屋地下測定室で、生成したAu-198の412keV γ 線を約4日間同時に測定した。金標的中の放射能は全て熱中性子によると仮定し、各深度の中性子束を求めた。中性子自己しゃへい、輸送中の照射、 γ 線の自己吸収、計数効率等の補正を行った⁵⁾。

計算コードはMCNP4C, MCNPX2.4.0により再現性を検討した。3種類中性子エネルギースペクトル源を仮定してそれぞれ各物質中の深度分布を計算し、金の励起関数と積分し生成放射能を求めた。

3. 結果と考察

実験結果の中から、淡水、コンクリート及び鉛中の金の放射化法とMCNPX2.4.0計算で求めた環境中性子束深度分布を図1, 2, 3に示す。深度0 g cm^{-2} の絶対値の差は、照射期間中の空気中環境中性子束強度差に由来する。検討の結果、計算にはMCNPX2.4.0を用い、環境中性子と同等のエネルギー分布を持つ大気中一様分布の中性子源を仮定した。

淡水中の分布は実験結果では、ほぼ指数関数的に減少したが、計算では10-20 g cm^{-2} に極大が見られた。50 g cm^{-2} から200 g cm^{-2} までの範囲ではよく一致した。

コンクリート中では30 g cm^{-2} から40 g cm^{-2} まで増加後減少の実験結果を計算結果はよく再現した。

鉛中では表面付近で減少し、その後227 g cm^{-2} まで

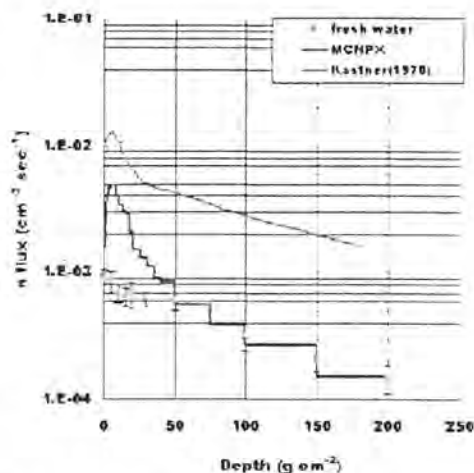


Fig.1 Depth profiles of experimental (points) and simulated (solid line) environmental neutrons in fresh water. (Upper solid line was reported by Kastner et al.⁶⁾)

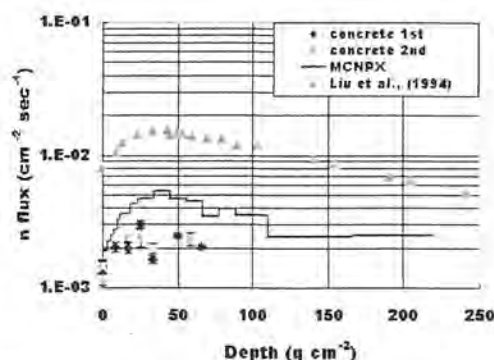


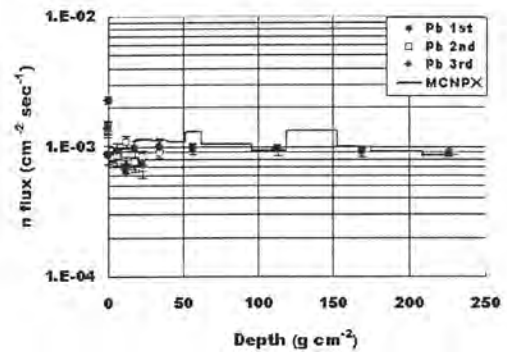
Fig.2 Depth profiles of experimental (points) and simulated (solid line) environmental neutrons in concrete. (Triangles were reported by Lue et al.⁷⁾)

の範囲ではほぼ一定で、極大は見られなかった。表面以外では計算結果は実験結果をよく再現した。

図のように、物質によって中性子束深度分布は大きく異なるが、金中の生成放射能分布は MCNPX2.4.0 計算で分布、絶対値ともよく再現された。

文献

- 1) Komura, K. and Hamajima, Y., *Applied Radiation and Isotopes*, 2004, **61**, 185-189.
- 2) Komura, K., *J. Radiation Research*, 2001, **42**, S17-S29.
- 3) Dunne, J. A. and Elmore D., *Earth and Planetary Science Letters*, 2003, **206**, 43-49.
- 4) Hamajima, Y. and Komura, K., *Applied Radiation and Isotopes*, 2004, **61**, 179-183.
- 5) Hamajima, Y. and Komura, K., *Radioactivity in the environment*, 2006, **8**, 511-519.
- 6) J. Kastner, B. G. Oltman, Y. Feige, R. Gold, and F. Congel, *IEEE, Nucl. Sci.*, 1970, **17**, 144.
- 7) B. Liu, F. M. Phillips, J.T. F. Martin, M. M. Fowler, and D. Stone, *Water Resources Res.*, 1994, **30**, 3115



Depth profiles of experimental (points) and simulated (solid line) environmental neutrons in lead.

平成18年度見学来訪・出張の記録

- 平成 18. 4.5 Prof. Peter N. Johnston (RMIT University, Australia) 研究打ち合わせ及び
尾小屋地下測定室 見学
- 4.7、6.20、9.5、9.10-13、10.11、11.10、11.25、
[輪島市舳倉島周辺環境放射能測定試料採取]
- 4.14、418 東京大学宇宙線研究所神岡宇宙素粒子研究施設 竹田 敦 氏 研究打ち合わせ及び
尾小屋地下測定室 見学
- 4.19-21、5.17-18、6.20-21、7.25-27、8.28-30、9.19-21、10.17-18、11.20-21、12.19-20、
19.3.26-28 [琵琶湖にて湖水、湖底堆積物試料採取]
- 4.28、5.26、6.30、8.4、9.1、10.27、12.4、12.26、19.1.26、2.22、
金沢工業大学 西村 明奈 氏、黒田 政志 氏、蓮沼 央規 氏 測定のため当施設及び
尾小屋地下測定施設 来所
- 5.11-21、5.29-30 岐阜大学教授 田阪 茂樹 氏 測定及び研究打ち合わせ
- 6.22、8.2 北陸大学放射薬品学 助教授 山田 芳宗 氏 測定のため来所
- 6.3-6 横田 喜一郎 氏 研究打ち合わせ
- 6.21 気象研究所 青山 道夫 氏 研究打ち合わせ
- 5.18-19、6.29-30 [近畿大学原子炉共同利用研究]
- 8.5 (財)日本海洋科学振興財団むつ海洋研究所 小藤久毅 氏 研究打ち合わせ
徳島大学 阪間 稔 氏 尾小屋地下測定室 見学
- 8.23-9.1 山本教授「放射能汚染状況と住民の内部被曝線量評価の研究」の土壌試料収集のため
カザフスタン共和国へ出張
- 8.28 気象研究所 青山 道夫 氏、猪俣 弥生 氏 研究打ち合わせ
- 9.12-16 浜島助手「10th International Symposium on Environmental Radiochemical
Analysis」出席のためイギリスへ出張
- 9.19、19.2.16 静岡県環境放射線監視センター 鈴木 敦雄 氏 研究打ち合わせ
- 9.26-30 山本教授「The 3rd Korea-Japan Joint International Workshop」出席のため韓国へ出張
- 10.12 文部科省大臣官房文教施設企画部 木村 哲治氏 尾小屋地下測定室 見学
- 11.23-12.1 Prof. Pavel Povinec (Comenius University, Bratislava, Slovakia) 研究打ち合わせ
- 12.7-8 広島大学 教授 星 正治 氏、教授 静間 清氏、助教授 遠藤 暁 氏、名誉教授
葉佐井 博巳 氏 京都大学原子炉実験所 今中 哲二 氏 研究打ち合わせ
- 12.6 (財)若狭湾エネルギー研究センター 大谷 暢夫 氏、山本 久雄 氏、白木 秀人 氏、
小野 真宏 氏 研究打ち合わせ及び尾小屋地下測定室 見学
- 12.19 琉球大学 廣澤 絵里 氏 研究打ち合わせ及び尾小屋地下測定室 見学
- 平成 19. 1.9 京都大学原子炉実験所 福谷 哲 氏 研究打ち合わせ
- 1.11 (財)若狭湾エネルギー研究センター 大谷 暢夫 氏、山本 久雄 氏、白木 秀人 氏、
若栗 史明 氏、小野 真宏 氏 研究打ち合わせ
- 1.16 理学部化学科3年生38名実習、尾小屋地下測定室見学
- 2.7-9 客員教授(気象研究所) 廣瀬 勝巳 氏 講演及び研究打ち合わせ
- 3.2 T L研究会参加者30名 尾小屋地下測定室 見学
- 3.5 日本原子力研究開発機構 安田 健一郎 氏 研究打ち合わせ
- 3.9 北陸原子力懇談会放射線取扱技術研修会参加者30名 尾小屋地下測定室 見学
- 3.19 青森県六ヶ所村文化協会 荒谷 美智 氏、鳥取県庁 伊藤 芳子 氏、
児玉 咲恵 氏 尾小屋地下測定室 見学
- 3.22 (財)日本分析センター 及川 真司 氏 研究打ち合わせ
- 3.28 高エネルギー加速器研究機構 松村 宏 氏 研究打ち合わせ



金沢大学
自然計測応用研究センター

自然計測応用研究センター 低レベル放射能実験施設

〒923-1224 石川県能美市和気

TEL (0761) 51 - 4440 FAX (0761) 51 - 5528

尾小屋測定室 TEL, FAX (0761) 67 - 1740

Low Level Radioactivity Laboratory, Kanazawa University, Wake, Nomi, Ishikawa 923-1224, JAPAN