

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 23 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25282072

研究課題名(和文)有機地球化学的分析手法を用いた先史時代の食性復元

研究課題名(英文)Reconstruction of paleo diet by organic geochemical analysis

研究代表者

宮田 佳樹 (Yoshiki, Miyata)

金沢大学・先端科学・イノベーション推進機構・博士研究員

研究者番号：70413896

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,400,000円

研究成果の概要(和文)：土器附着炭化物の炭素年代測定や安定同位体分析による食性解析法、土器残存有機物組成や分解生成物を同定するバイオマーカー分析、土器から抽出した炭素数16, 18の直鎖状飽和脂肪酸の炭素同位体比を現生物と直接比較することにより、起源物質を推定する手法、これら三つの手法()を法補的に組み合わせることにより、土器附着炭化物と土器胎土吸着物を用いて、土器で調理された食材を復元することができた。つまり、新しい縄文土器を用いた古食性研究手法を確立した。

研究成果の概要(英文)：We studied radiocarbon dates and stable isotope composition in archaeological remains and lipids in pottery from a few archaeological site, Japan. These results of radiocarbon dating, stable isotope and lipid analysis are consistent with archaeological context. Therefore we have reconstructed paleodiet using Jomon pottery from a few archaeological site.

研究分野：考古科学，考古生物化学，文化財科学，同位体地球化学

キーワード：脂質分析 古食性 土器 分子レベル炭素同位体比 GC-C-MS GC-MS 製塩土器 土器附着炭化物

1. 研究開始当初の背景

縄文時代の人々はどんなものを食べていたのでしょうか。食生活の地域、時代による変遷は、日本のみならず世界全般の考古学、人類学共通の疑問の一つである。これまでの知見から、縄文時代、日本人はドングリなどの堅果類、陸獣、海産魚介類などを主食としてきた。しかし、それらの食材の寄与は時期、場所によって大きな違いがあり、文化、生活様式、周辺環境などとも密接な関係にある。遺跡では直接食材推定につながる動植物遺体よりも土器が出土される方が一般的であるため、土器残存有機物を用いて古食性復元を試みた。

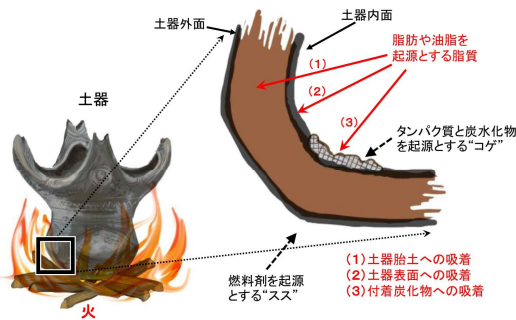


図1 食材を調理する際の土器と残存有機物との関係

外面に付着する燃料材を起源とする“スス”から土器使用時の年代が得られ(年代情報)、内面に付着する食材を起源とする“コゲ”から炭素・窒素安定同位体組成、C/N比を測定し、現生生物の値と比較することにより炭化物の起源を推定できる(起源情報;(図2参照)。さらに、“スス”より“コゲ”の方が古い炭素年代を与える場合には、海洋リザーバー効果の影響を受けた海産魚介類を調理した可能性が高い。研究代表者は、これらの手法()を活用し、北海道礼文島浜中2遺跡から出土した土器で、海獣(ニホンアシカ)を煮炊きした可能性を科学的に検証し^{文献1}、この付着物を含む同遺跡同一包含層に含まれる複数遺物の見かけ上の炭素年代差(リザーバー効果の違い)が、海洋環境における各遺物間の食性と生息域の関係で説明できることを示した^{文献2,3,4}。

さらに、滋賀県竜ヶ崎A遺跡から出土した長原式土器(弥生時代初頭)に付着した炭化穀粒に関して、付着状況の顕微鏡観察も交えて、“西日本最古のキビ”を発見するに至った(2007年10月11日朝日新聞掲載^{文献5})。これらの研究は日本独自の縄文土器型式の比定に基づき、それらの土器に付着した炭化物の起源を中心に研究したものである。

一方、海外ではプリストル大学(英国)R. Evershed(協力者)らのグループが中心になって、バイオマーカーとなる土器残存有機物組成や分解生成物をガスクロマトグラフ(GC)、ガスクロマトグラフ質量分析装置(GCMS)を用いて同定し、それらの有機物組成から起源物質を推定し、またガスクロマトグラフ質量分析・同位体比測定装置

(GC-IRMS)を駆使して、抽出した脂肪酸の分子レベル炭素同位体比(Compound-specific Stable Isotope Analysis: CSIA)を測定し、現生生物の値と比較することで直接食材を推定する試みが行われてきた^{文献6,7,8}。

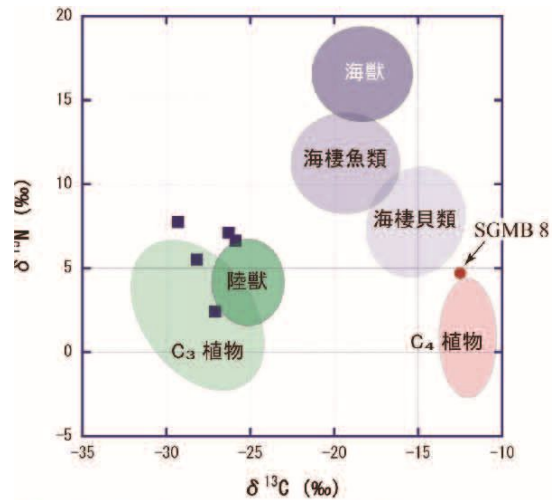


図2 竜ヶ崎A遺跡から出土した内面土器付着炭化物の安定同位体データ(宮田他、2007改)。

●は炭化キビ粒(SGMB8)、■はそれ以外の付着炭化物。

- [1] Miyata, Res. Organic Geochem., 2009
- [2] 宮田 新弥生時代のはじまり, 2009
- [3] 宮田 海洋化学研究, 2011
- [4] Miyata, Radiocarbon, 2016
- [5] 宮田 歴博研究報告, 2007
- [6] Evershed, Archaeometry 2008
- [7] Evershed, Nature 2008
- [8] Dunne, Nature 2012

2. 研究の目的

本研究の目的は、土器表面に付着する炭化物(土器付着炭化物)と土器胎土に吸着する有機物(土器胎土吸着物)、二種類の有機物の起源を最新の有機地球化学的手法で探ることにより、土器で調理された食材を復元すること、つまり、縄文土器を用いた新しい古食性研究手法を確立することである(図1)。

3. 研究の方法

土器に付着、吸着する有機物を以下、三つの手法を用いて研究する。

土器付着炭化物の放射性炭素年代測定や安定同位体測定による食性解析(図2)

バイオマーカーとなる土器残存有機物や分解生成物をGC、GC-MSを用いて同定し、それらの有機物組成から起源物質を推定

抽出した脂肪酸のCSIAをGC-IRMSを用いて測定し、現生生物の値と比較することで直接食材を推定

4. 研究成果

以下に、主要な成果を4つ挙げ、目標であった、新しい縄文土器を用いた古食性研究手法が確立できたことを示す。

1) 高感度 GC-MS の立ち上げ (手法)

ブリストル大学 (英国) での脂質分析の経験を活かしながら、本申請経費でリースした新設の土器脂質分析用高感度 GC-MS の立ち上げを行った。様々な標準物質 (脂質) の保持時間とピーク強度を基準に、GC-MS の性能を評価したところ、十分な繰り返し再現性を持つデータが得られた。

2) 松崎, 上浜田遺跡出土製塩土器

知多半島の製塩遺構である松崎, 上浜田遺跡 (愛知県東海市) から出土した製塩土器, 調理土器, 用途不明土器の胎土試料を用いて、脂質分析 (手法) ならびに塩分分析を行った。製塩土器は調理用土器と異なり、検出された脂肪酸は微量で、その炭素数は 18 以下であった。さらに、炭素鎖 10-22 までの直鎖状長鎖アルコールが脂肪酸よりも多く検出されたことが調理用土器とは大きく異なる特徴である。また、実験製塩土器と検出された脂質組成を比較検討することにより、用途不明土器が海水を加熱濃縮する鹹水作りに利用されていた可能性を示唆した。つまり、土器で調理された食材を直接推定する前段階として、考古学的コンテキストの高い土器試料を脂質分析することにより、様々な形で利用されてきた土器の用途を科学的に区別することに成功した (雑誌論文)。

3) 亀ヶ岡文化期の土器

縄文晩期、亀ヶ岡文化圏にある三つの異なった環境の遺跡、不備無遺跡、今津遺跡、杉沢遺跡から出土した大洞 C2 式を主体とする土器片に焦点を絞り、当時の縄文人が土器をどのように使用し、何を調理していたか、科学分析の観点からみえてくる食生活の地域特異性や共通性を考察した。

海浜部不備無遺跡のスス・炭化物付着深鉢は、APAA* が残留するため海洋性生物の煮炊きに使われたと推測できる土器と、APAA は含まないがコレステロールが残留するため、陸生動物を調理したと推測できる土器に大きく二分された。手法 , の結果もこの傾向を支持し、食材による土器使い分けの可能性を示唆した。製塩遺跡の今津遺跡出土土器からは APAA 等の海洋性生物の痕跡は認められなかった。しかし、動物性由来コレステロールと海洋生物に多い長鎖不飽和脂肪酸が検出されたため、陸生動物と海洋性動物が一緒に調理された可能性がある。また、用途不明壺の脂質組成が製塩土器と類似することから、鹹水作製など、製塩過程との関連性も推測された。内陸性杉沢遺跡では、堅果類に含まれる植物性脂質が陸生動物脂質と同時に検出され、脂質含量の高い、高カロリーな陸生動物が調理された事が示唆された。以上、土器による作り分けの可能性と環境に応じた食生活の差異を科学的に説明することができた (雑誌論文)。

*炭素鎖 18, 20, 22 の芳香環を含む脂肪酸 (-(o-alkylphenyl)alkanoic acids: APAA) は二重結合をもつ脂肪酸が 270 以上に加熱されると土器内で生成し、(数千年間も) 残存するため、環境中では分解し、残留できない魚類等海洋性生物に多く含まれる長鎖不飽和脂肪酸が加熱 (調理) された事を示すバイオマーカーである。

4) 礼文島浜中 2 遺跡

ニホンアシカを煮炊きした可能性の高い土器の脂質から、一群のバイオマーカーとして、海洋生態系に広く存在するプリスタン酸、フィタン酸、海産動物に多い二重結合を持った直鎖脂肪酸の加熱生成物 (270-300 以上) である APAA (環状化合物) が検出された (手法)。この環状有機物は、土器で海獣を加熱調理した際に生成したものと考えられ、付着炭化物の研究結果文献 [1], [2], [3] とも調和的である。また、この土器胎土から抽出した炭素数 16, 18 の直鎖状飽和脂肪酸の分子レベル炭素同位体組成を現生日本産生物データの上にプロットしたところ、クジラ・トドなど現生海獣類の領域によく一致した (図 3; 手法)。つまり、本事例は、試料選択を適切に行えば、一つの土器片からでも調理食材の起源を推定できることを示す大変貴重な例である (学会発表)。

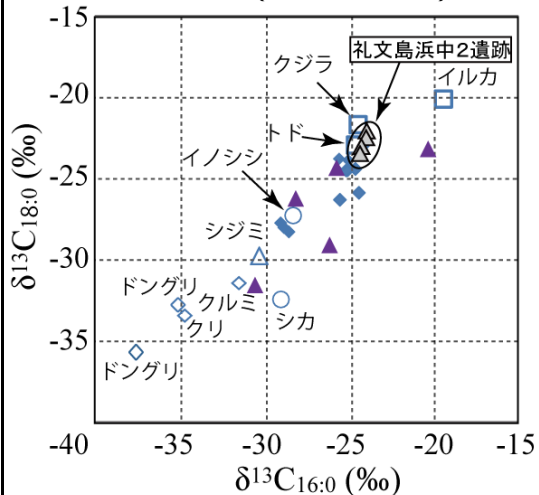


図3 現生日本産生物と土器胎土抽出脂肪酸の炭素同位体比
* 白抜きは現生生物試料。浜中 2 遺跡とその他の遺跡出土土器試料は塗りつぶしてあり、スウス効果として $\delta^{13}\text{C}$ 値を 1.2‰ 補正した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 37 件)

宮田佳樹, 南雅代, 中村俊夫, 八日市地方遺跡出土遺物の炭素年代測定と安定同位体分析, 八日市地方遺跡, 査読無, 2016, pp. 271-278

<http://www.city.komatsu.lg.jp/8969.htm>

宮田佳樹, 八日市地方遺跡出土木材の炭素年代測定結果, 八日市地方遺跡, 査読無, 2016, pp. 279-280

<http://www.city.komatsu.lg.jp/8969.htm>

宮田佳樹, 八日市地方遺跡出土土器付着炭化物の炭素年代測定結果, 八日市地方遺跡, 査読無, 2016, pp. 281-285.
<http://www.city.komatsu.lg.jp/8969.htm>

吉田邦夫, 宮内信雄, 笹山遺跡の土器付着炭化物の分析, 笹山遺跡発掘調査報告書 第8~10次調査報告書, 査読無, 2016, pp. 58-66.

<http://www.tokamachi-museum.jp/books.html>

Horiuchi, A., Miyata, Y., Kamiyo, N., Cramp, L., Evershed, R.P., A dietary study of the Kamegaoka culture population during the Final Jomon Period, Japan, using stable isotope and lipid analyses of ceramic residues, Radiocarbon, 査読有, Vol. 57, 2015, 721-736

DOI: 10.2458/azu_rc.57.18455

Gakuhari, T., Komiya, H., Sawada, J., Anezaki, T., Sato, T., Kobayashi, K., Ito, S., Kobayashi, K., Matsuzaki, H., Yoshida, K., Yoneda, M., Radiocarbon dating of a human remains and dog burials from the Kamikuroiwa rock shelter, Anthropological Science, 査読有, Vol. 123, 2015, 87-94

DOI: 10.1537/ase.150309

吉田邦夫, 贗作を見抜く最新技術【完璧な贗作を作る裏技】, -Synodos, 査読無, 181巻, 2015, 82-116

Nakamura, T., Koike H., Aizawa, J., and Okuno, M., Growth process in an elephant tusk: Age estimations based on temporal variations in bomb-radiocarbon content, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 査読有, Vol. 361, 2015, 496-499

DOI:10.1016/j.nimb.2015.04.070

Nakamura, T., Masuda, K., Miyake, F., Hakozaki, M., Kimura, K., Nishimoto, H., and Hitoki, E., High-precision age determination of Holocene samples by radiocarbon dating with accelerator mass spectrometry at Nagoya University, Quaternary International, 査読有, Vol. 397, 2015, 250-257

DOI:10.1016/j.quaint.2015.04.014

Minami, M., Kato, T., Horikawa, K., and Nakamura, T., Seasonal variations of ^{14}C and ^{13}C for cave drip waters in Ryugashi Cave, Shizuoka Prefecture, central Japan, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 査読有, Vol. 362, 2015, 202-209

DOI: 10.1016/j.nimb.2015.05.020

Khasanov., B. F., Nakamura, T., Okuno, M., Gorlova, E.N., Krylovich, O.A., West, D. L., Hatfield, V. and Savinetsky, A. B., The marine radiocarbon reservoir effect on Adak Island (Central Aleutian Island), Alaska, Radiocarbon, 査読有, Vol. 57, 2015, 955-964

DOI: 10.2458/azu_rc.57.18329

堀内晶子, 松尾彩花, 篠原香奈子, 宮田佳樹, 丸山 A 遺跡出土土器の残留有機物分析, 東京都三鷹市井の頭丸山 B 遺跡発掘調査報告書, 査読無, Vol. 35, 2015, pp. 108-112.

堀内晶子, 製塩土器同定に向けた塩の化学的検出方法の開発-実験製塩土器を使って, 考古学ジャーナル, 査読無, Vol. 654, 2014, pp. 24-28.

堀内晶子, 宮田佳樹, 松崎遺跡・上浜田遺跡出土製塩土器の塩化物イオン分析および脂質分析, 愛知県埋蔵文化財センター調査報告書, 査読無, Vol. 182, 2014, pp. 245-252.

中村俊夫, 池田晃子, 上東原遺跡 SD45 出土ウマの臼歯の ^{14}C 年代. 上東原遺跡-大下遺跡(県道太田上町志度線道路改築工事に伴う埋蔵文化財発掘調査報告), 香川県教育委員会, 査読無, 2014, pp. 128-133.

中村俊夫, 年代測定: 第3-第6貝塚より採取した試料の ^{14}C 年代. 東名遺跡群(III)-東名遺跡第3~6貝塚(保存地区)の調査-, 佐賀市埋蔵文化財調査報告書, 査読無, Vol. 85, 2014, pp. 104-107.

Minami, M. and Tomiyama, S., Radiocarbon Dating of Charcoal Remains Excavated from Qalat Said Ahmadan, Al-Rafidan, 査読有, Vol. 36, 2014, 53-57.

<http://www.kokushikan.ac.jp/research/ICSAI/publication/>

堀内晶子, 宮田佳樹, リチャード・エバーシッド, 古代土器から見つかった予想外の物質 - 残留有機物分析の課題 -, 考古学と自然科学, 査読有, Vol. 65, 2013, 27-34.

Minami, M., Sakata, K., Takigami, M. and Nakamura, T., Ultrafiltration pretreatment for ^{14}C dating of fossil bones from archaeological sites in Japan, Radiocarbon, 査読有, Vol. 55, 2013, 481-490.

DOI:

<https://doi.org/10.1017/S0033822200057611>

20 南 雅代, 市川 彰, 坂田 健, 森田 航, 伊藤伸幸, エル・サルバドル共和国から出土した先スペイン期埋葬人骨の同位体分析, 考古学と自然科学, 査読有, Vol. 64, 2013, 1-25.

- 21 Nakamura, T., Masuda, K., Miyake F., Nagaya, K., and Yoshimitsu, T., Radiocarbon ages of annual rings from Japanese Wood: Evidence age offset based on IntCal09, Radiocarbon, 査読有, Vol. 55, 763-770
Doi: 10.2458/azu_js_rc.55.16328

他 16 件

〔学会発表〕(計 65 件)

Miyata, Y., Horiuchi, A., Cramp, L., Kondo, M., Sakamoto, M., Yoshida, K., Onbe, S., Nagao, S., Minami, M. and Nakamura, T., Nishimoto T., and Evershed, R. P. (2016) Reconstruction of archaeological remains at the late Jomon period from Reibun Island in Japan: in terms of reservoir effect, stable isotope analysis, lipid analysis and compound specific isotope analysis. The 8th international symposium on Radiocarbon and archaeology, 27th June -1st July., 2016, Edinburgh, UK.

Miyata, Y., Kume, S., Abdykanova, A., Charyginov, T. and Ohnuma, K. (2016) Radiocarbon data from archeological sites in Kyrgyzstan. The 8th international symposium on Radiocarbon and archaeology, 27th June -1st July., 2016, Edinburgh, UK.

吉田邦夫(2016) 東京大学 AMS 年代測定の30年 第18回AMSシンポジウム 2016年3月4日~5日, 東京大学, 東京.

吉田邦夫(2016) 遺物の年代と漆の産地同定, 漆の講演会『亀ヶ岡遺跡 縄文時代の漆文化と科学』, 2016年02月21日~22日, 東京.

宮田佳樹, 南雅代, 中村俊夫, 下濱貴子, 長尾誠也, 多田洋平, 佐野雅規, 中塚武(2016) 動物骨の放射性炭素年代と安定同位体組成からみる水稲農耕展開期の北陸地方の遺跡環境-八日市地方遺跡を例として-, 第1回名古屋大学宇宙地球環境研究所シンポジウム, 2016年1月28日~29日, 名古屋大学, 名古屋.

Miyata, Y., Minami, M., Nakamura, T., Shimohama, T., Nagao, S., Tada, Y., Sano, T. and Nakatsuka, T. (2015) Comprehensive study of reservoir effects deduced from radiocarbon dates on archaeological remains from the Youkaichijikata site, Ishikawa, Japan. 22nd International Radiocarbon Conference, 16th -20th Nov., 2015, Dakar, Senegal.

Nakamura, T., Kunita, K. and Katoh, K. (2015) Accurate age estimation using ^{14}C content in human teeth, 22nd Radiocarbon Conference, 16th -20th

Nov., 2015, Dakar, Senegal.

Nakamura, T., Masuda, K., Miyake, F., Hakozaiki, M., Kimura, K., Nishimoto, H. (2015) High-precision age determination of Japanese wood by radiocarbon dating with accelerator mass spectrometry. The XIX INQUA Congress 2015, 26th Jul. - 2nd Aug., 2015, Nagoya, Japan.

宮田佳樹, 堀内晶子, 高田秀樹, 中村俊夫(2015) 土器胎土脂質分析による海獣資源利用の評価 - 礼文島浜中2遺跡、真脇遺跡出土土器など - . 第32回日本文化財科学会, 2015年7月11日~12日, 東京学芸大学, 東京.

篠原香奈子, 松尾彩花, 堀内晶子, 宮田佳樹(2015) 土器に残ったデンプンのバイオマーカーの検出 調理実験土器の残留有機物分析を通して, 第32回日本文化財科学会, 2015年7月11日~12日, 東京学芸大学, 東京.

松尾彩花, 篠原香奈子, 堀内晶子, 宮田佳樹(2015) 川辺に住んでいた縄文人の食生活を垣間見る - 東京都三鷹市丸山 A 遺跡出土土器の残存有機物分析, 第32回日本文化財科学会, 2015年7月11日~12日, 東京学芸大学, 東京.

宮田佳樹, 堀内晶子(2014) 土器胎土脂質分析を利用した動物性食材利用の評価, 第2回動物考古学会, 2014年11月29日~30日, 福井県立三方青年の家, 若狭三方縄文博物館, 福井.

中村俊夫(2014) 炭素を用いた年代測定法, 豊橋自然史博物館サイエンストーク(招待講演), 2014年11月24日, 豊橋自然史博物館, 豊橋市.

宮田佳樹(2014) 炭素は語る - 年代測定から環境・食の復元まで -, シンポジウム科学分析でここまでわかった八日市地方遺跡-小松式土器の時代- 樹木からのアプローチ - (招待講演), 2014年11月22日~2014年11月23日, サイエンスヒルズ小松, 石川.

Miyata, Y., Horiuchi, A., Nakamura, K., Kurohama, Y., Masuyama, T., Minami, M., Nakamura, T., Evershed, R. P. (2014) Reconstruction of paleo diets in potteries using radiocarbon dating, stable isotope analysis and lipid analysis from Late to Final Jomon Periods, Mikawa Bay, Japan, Radiocarbon and diet: aquatic food resources and reservoir effects, 24th-27th Sep., 2014, Kiel, Germany.

Miyata, Y., Onbe, S., Sakamoto, M., Matsuzaki, H., Imamura, M. (2014) Radiocarbon dating of carbonized material adhering to pottery: implication of chemical component of

inner and outer surfaces on potsherds, Radiocarbon and diet: aquatic food resources and reservoir effects, 24th-27th Sep., 2014, Kiel, Germany. Horiuchi, A., Miyata, Y., Kamiyo, N., Evershed, R. P. (2014) A dietary study of the people of Kamegaoka Culture during Final Jomon period, Japan, based on the compound-specific stable isotopes and lipid analyses of ceramic residues, Radiocarbon and diet: aquatic food resources and reservoir effects, 24th-27th Sep., 2014, Kiel, Germany.

宮田佳樹, 堀内晶子 (2014) 土器残存脂質分析による縄文時代の海産物資源利用の評価. 第29回日本地球化学会, 2014年9月16日~18日, 富山大学, 富山.

- 21 堀内晶子 (2014) 土器残留脂質分析からみえてくる古代人の食生活: 縄文晩期亀ヶ岡文化圏の食環境, 日本地球化学会 (招待講演), 第29回日本地球化学会, 2014年9月16日~18日, 富山大学, 富山.

- 22 宮田佳樹, 堀内晶子, 上條信彦 (2014) 土器残存有機物を用いた縄文時代晩期亀ヶ岡文化圏, 内陸性杉沢遺跡の食性復元. 第31回日本文化財科学会, 2014年7月5日~6日, 奈良教育大学, 奈良.

- 23 堀内晶子, 宮田佳樹, 上條信彦 (2014) 脂質分析から観えてきた青森県今津遺跡出土縄文土器の用途, 第31回日本文化財科学会, 2014年7月5日~6日, 奈良教育大学, 奈良.

- 24 中村俊夫 (2014) 加速器質量分析による古文化財の放射性炭素年代測定, 第53回放射線科学研究会. 大阪ニュークリアサイエンス協会 (招待講演), 2014年04月18日, 住友クラブ, 大阪市.

- 25 Miyata, Y., Horiuchi, A., Nakamura, K., Kuronuma, Y., Masuyama, T., Minami, M., Nakamura, T. and Evershed, R. P. (2013) Reconstruction of paleodiets in potteries using radiocarbon dating, stable isotope analysis and lipid analysis from Late to Final Jomon Periods, Atumi Peninsula, Japan, 5th East Asia Symposium on Accelerator Mass Spectrometry, 15th-18th Oct, 2013, IS-Geo, KIGAM, Daejeon, Rep. of Korea.

- 26 大木伽耶子, 高井響子, 朝倉純, 堀内晶子, 宮田佳樹, Vassil Nikolov (2013) ブルガリア、プロヴァディア-サルニツァタ遺跡出土土器の化学分析(2): 製塩、非製塩土器に対する塩化物の分析, 2013年7月6日~7日, 弘前大学, 弘前.

- 27 堀内晶子, 朝倉純, 大木伽耶子, 宮田佳樹, 北野博司 (2013) 再現調理土器に対する塩分と脂質の化学的分析, 第30回日本文化財科学会, 2013年7月6日~7日, 弘前大学, 弘前.

他 40 件

〔その他〕

<http://o-fsi.w3.kanazawa-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮田 佳樹 (MIYATA, Yoshiki)
金沢大学・先端科学・イノベーション推進機構・博士研究員
研究者番号: 70413896

(2) 研究分担者

堀内 晶子 (HORIUCHI Akiko)
国際基督教大学・アーツ・サイエンス研究科・研究員
研究者番号: 60052289

久保 謙哉 (KUBO Kenya)
国際基督教大学・教養学部・教授
研究者番号: 60214988

吉田 邦夫 (YOSHIDA Kunio)
東京大学・総合研究博物館・特招研究員
研究者番号: 10272527

中村 俊夫 (NAKAMURA Toshio)
名古屋大学・宇宙地球環境研究所・教授
研究者番号: 10135387

南 雅代 (MINAMI Masayo)
名古屋大学・宇宙地球環境研究所・准教授
研究者番号: 60052289

(4) 研究協力者

北野 博司 (KITANO Hiroshi)
東北芸術工科大学・芸術学部・教授

上條 信彦 (KAMIJO Nobuhiko)
弘前大学・人文社会科学部・准教授

遠部 慎 (ONBE Shin)
愛媛県久万高原町教育委員会・上黒岩考古間・学芸員

村本 周三 (MURAMOTO Shuzou)
北海道教育庁・生涯学習推進局文化財・博物館課・主任

リチャード・エバーシェッド (Richard Evershed)
ブリストル大学・生物有機地球化学ユニット・教授