

研究報告

調理後炭化物の蛍光X線分析による  
古代食解明へのアプローチ

Approach of elucidating paleo diet  
by X ray Fluorescence Analysis of charred food residue

大道公秀 小林孝洋 椎野博  
清水文雄 西念幸江 三舟隆之

Kimihide OHMICHl, Takahiro KOBAYASHI, Hiroshi SHIINO  
Fumio SHIMIZU, Sachie SAINEN, Takayuki MIFUNE



## 〈研究報告〉

# 調理後炭化物の蛍光X線分析による古代食解明へのアプローチ

Approach of elucidating paleo diet by X ray Fluorescence Analysis of charred food residue

大道公秀<sup>1</sup>, 小林孝洋<sup>2</sup>, 椎野博<sup>3</sup>, 清水文雄<sup>3</sup>, 西念幸江<sup>1</sup>, 三舟隆之<sup>1</sup>

1 東京医療保健大学 医療保健学部 医療栄養学科

2 東京医療保健大学 医療保健学部 医療栄養学科 卒業研究生 (大道研究室)

3 アワーズテック株式会社

Kimihide OHMACHI<sup>1</sup>, Takahiro KOBAYASHI<sup>2</sup>, Hiroshi SHIINO<sup>3</sup>, Fumio SHIMIZU<sup>3</sup>, Sachie SAINEN<sup>1</sup>, Takayuki MIFUNE<sup>1</sup>

1 Division of Medical Nutrition, Faculty of Healthcare, Tokyo Healthcare University, Tokyo Japan

2 Graduate study students (Ohmichi Laboratory), Division of Medical Nutrition, Faculty of Healthcare, Tokyo Healthcare University, Tokyo Japan

3 Ourstex corporation, Osaka Japan

**要 旨：**考古学分野では、土器内面及び口縁部に付着している黒色付着物質部分は、食品を煮炊きしてできた炭化物と推定されている。このことから、炭化物中の化学情報から、その起源となる食品の類推ができる可能性がある。そこで考古学分野での非破壊分析でよく使用される蛍光X線分析により、調理後炭化物の分析を行い、その起源となる食品群を類推する手がかりを得ようとした。測定と解析はFP (Fundamental Parameter) 法により行った。タイ、サケ、ホンビノスガイ、コメ、アワ、ワカメは炭化により、ナトリウム、リン、カリウム、カルシウムの元素組成が増加していた。これら元素の検出とその程度が、土器試料の分析時には、炭化物であることを示唆する指標となり、調理前の食材類推の手掛かりを得ることができる可能性を示した。今後は、他の分析手法も採用しながら、引き続き古代食解明の知見を集積していきたい。

**キーワード：**考古学, 考古化学, 蛍光X線, 食品炭化物, 古代食

**Keywords :** archaeology, archeological chemistry, X-ray fluorescence, charred food residue, paleo diet

## 1. はじめに

考古学分野では、土器内面及び口縁部に付着している土器黒色付着物質部分 (以下; 土器黒色部分) は、食品を煮炊きしてできた炭化物 (いわゆるコゲ) と推定されており、これまでに土器試料に付着している黒色部分の理化学分析により得られた情報から、土器に使用された食材の推定を試みた研究が国内外で報告されている<sup>1-5)</sup>。しかし、土器試料の理化学分析を行うために必要となる情報として調理前後での化学変動に関する考察は必要であり、模擬試料を用いて食品調理・加工による影響を検討した基礎的な研究例は少ない。そこで我々は、食品の調理前後での変動を検討するこ

ととした。

古代食解明のために土器試料を対象に理化学分析を行った研究では、これまで安定同位体比分析<sup>1-5)</sup> による研究例やステロール分析<sup>5)</sup> による手法が報告されている。いずれも破壊分析である。考古学試料の理化学分析で最も多用される手法は、試料を物理的に傷つけずに分析できる非破壊分析である。なかでも非破壊分析の一つである蛍光X線分析は文化財の分析に利用される有力な手法の一つであり、分析の分野ではすでに手法が確立している。しかし、蛍光X線分析を用いて古代食の食材類推の研究に活用した報告はこれまでに見当たらない。本研究では考古学分野でのオンサイト分析でも利用されているエネルギー分散型蛍光X

線分析装置100FAシリーズ<sup>6)</sup>を用い、分析を行うこととした。

さて、物質に、あるエネルギーをもったX線を照射すると電子がはじき飛ばされる。このとき生じた空孔に対し、外側軌道の電子が遷移する。この遷移に伴うエネルギーの差が蛍光X線として放出される。蛍光X線は元素毎に固有のエネルギーをもっているため、エネルギーを調べることで分析対象の物質にどのような元素が含まれているかが分かる。したがって考古試料の黒色付着物の元素組成を明らかにすることができ、このことから炭化物の起源となった食材を類推する手がかりが得られる可能性は十分にある。

そのための基礎的な実験として、実際に調理前後で元素組成の変動を確認する必要がある。そこで食材推定の基礎的な知見を得るため、食品の調理前後にて蛍光X線分析を実施したところ、若干の知見を得たため、報告したい。

## 2. 実験方法

### A. 試料

#### A-1. 食品試料

各食品（魚類・貝類・C3植物・C4植物・海藻類）群から以下の6食品を対象とした。

##### 魚類

- ・タイ切り身、愛媛県産養殖
- ・サケ切り身、宮城県産養殖

##### 貝類

- ・ホンビノスガイ、千葉県産

##### C3植物

- ・コメ（コシヒカリ）、新潟産

##### C4植物

- ・アワ、長崎県産

##### 海藻類

- ・わかめ、三陸産

上記の食材は、いずれも量販店で購入した。

#### A-2. 食品試料のコゲの作成

上記の6種類の食材（タイ、サケ、ホンビノスガイ、ワカメ、コメ、アワ）の可食部を対象とした。食材および土鍋の取り扱いから分析に至るまで、作業者の皮脂がつかないようにビニール手袋を始終着用している。食材を以下の要領で土鍋内にて茹で、煮汁を煮詰めて炭化物を得た（写真1・2）。

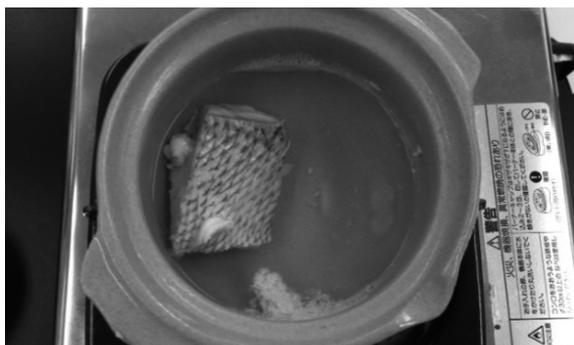


写真1 土鍋にて調理する前のタイ



写真2 土鍋に残るタイ煮汁の炭化物

##### ・魚類（タイ、サケ）

各試料を50g土鍋に量りとり、蒸留水250mlを加えた後、ガスコンロ（都市ガス用 リンナイ KGS-10BA；以下同様）にて加熱し、20分間茹でた。その後、スパークルを用いて試料を取出し、煮汁がなくなるまで加熱し、土鍋表面が炭化するまで加熱を行った。

##### ・貝類（ホンビノスガイ）

殻つきのホンビノスガイ360g（可食部としては50g相当）を土鍋に量りとり、蒸留水（250/3）mlを加えた後、ガスコンロにて加熱し、10分間茹でた。続いて試料を取出し、煮汁を煮詰めた後、取り出していた試料と蒸留水（250/3）mlを加え、10分間加熱し、茹でた。再度、試料を取出し、煮汁を煮詰めた後、取り出していた試料と蒸留水（250/3）mlを加え、10分間加熱し、茹でた。ここで試料を取出し、可食部である身を殻から外した。身は半分に分けて、土鍋に入れ、残っている煮汁を使って20分間加熱した。その後、スパークルを用いて試料を取出し、煮汁がなくなるまで加熱し、土鍋表面が炭化するまで加熱を行った。

##### ・穀類（C3植物コメ、C4植物アワ）

各試料を75gを土鍋に量りとり、蒸留水750ml

を加え、15分間浸漬させた。この後、ガスコンロにて加熱し、90分間茹でた。その後、ザルを使って固形分と重湯に分け、重湯を蒸発させ、炭化物を得るまで加熱した。土鍋表面が炭化するまで加熱を行った。

#### ・海藻類（ワカメ）

ワカメ50gを土鍋に量りとり、蒸留水250mlを加えた後、ガスコンロにて加熱し30分間茹でた。その後試料を取出し、茹でていない生のワカメを50gを土鍋に追加して入れ、残っている煮汁に蒸留水250mlを加え30分間茹でた。スパーテルで試料を取り出した後、煮汁が炭化するまで加熱を行った。

#### ・土鍋

土鍋は量販店で購入した中国製の製品を使用した。タイの調理に供した土鍋（最大直径165mm、高さ66mm、容量約900cm<sup>3</sup>）のみ異なるロットの土鍋を使用しているが、それ以外は同一ロットの土鍋（最大直径125mm、高さ74mm、容量約600cm<sup>3</sup>）を使用した。

蛍光X線分析は、照射距離が短いほど精度が高い。調理後の土鍋は、(非破壊分析も可能であったが)より照射距離を短くするために、おおよそ5センチメートル片になる目安に粉碎を行った。粉碎片は市販の蒸留水を用いて水洗いを行った。まずポリ容器（280×220mm、高さ115mm）に土鍋粉碎片を置き、蒸留水3Lを注ぎ、土鍋粉碎片を蒸留水中に1分間、浸けた。その後ビニール手袋をつけた手で1分間、ゆるやかに、土鍋粉碎片の周りをかき回して攪拌したのちに、蒸留水1Lを使ってすすぎ、洗い流した。このように水洗したものを、試験品とした。

## B. 蛍光X線分析

土鍋の素地と土鍋底部に付着した食品炭化物（コゲ）について、それぞれ平滑な面を選択し、照射部へ設置し、X線を照射した。測定はFundamental Parameter (FP) 法により行った。

装置・測定条件・測定元素は以下のとおりである。

#### 装置

エネルギー分散型蛍光X線分析装置 OURSTEX 101FA型

#### 測定条件

測定グループ：Fundamental Parameter (FP)  
法による簡易定量分析  
管電圧－管電流：40 kV-0.5 mA (管電流自動制御)  
無効率設定：30%以内  
測定時間：100秒 (Live Time)  
測定雰囲気：分光室 (真空)、試料室 (大気)  
分光モード：ダイレクト  
励起源：Ag-L線  
X線照射径：8 (mm φ)

測定元素  $_{11}\text{Na} \sim _{92}\text{U}$

## 3. 結果と考察

蛍光X線分析における、FP法ではすべての含有元素について常にトータル100%として定量計算を行っており、全体における組成割合としての結果を得た。

#### (調理前後での元素組成の変動)

食品間で元素組成が異なるように、食品炭化物（以下；炭化物）でも起源となる食品に応じて差異が生じる可能性はある。また元素組成が、調理前に比較して規則性のある変動をすることを明らかにできるのであれば、土器黒色部分の元素組成分析から、古代に使われた食材の類推の手掛かりが得られると考えた。また考古学分野では、土器黒色部分は食品の炭化物と推定されているが、科学的に証明されているわけではない。調理前後での元素組成の変動では、炭化物になることで化学組成の割合が、素地部分に比べ組成の割合が増えているのであれば、それらは炭化物であることを示す指標となりえる可能性がある。

そこで模擬土器試料として、土鍋の素地と土鍋に付着した炭化物の蛍光X線分析結果を表1に集計した。

炭化物部分のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の組成割合は全試料で素地部分に対して下がっていた。

また、素地部分に対して炭化物部分の化学組成が、各食品に共通して増えたものはNa<sub>2</sub>O、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O、CaO、Cu、Zn、Ga、Rb、Sr、Zr、Pbの11元素であった。それ以外の化学組成では変動に関する共通の規則性は観察されなかった。

炭化により組成が上昇した11元素は、土器試料分析を行った場合には、炭化物であることの指標となり、さらに食材類推に利用できる可能性がある。ただし、Zn、Ga、Pbなどの組成割合が低い元素については、他の主要元素の影響を受け、正確度及び精度の点からも、指標元素となりえるかは今後の検討事項である。

表1 土鍍素地部分と食品炭化物(黒色)部分の元素組成割合

化学組成	タイ		サゲ		ホンビノスガイ		コマ		アワ		ワカメ	
	素地部分	黒色部分	素地部分	黒色部分	素地部分	黒色部分	素地部分	黒色部分	素地部分	黒色部分	素地部分	黒色部分
Na <sub>2</sub> O	4.93	↑ 6.78	4.50	↑ 6.88	4.48	↑ 5.84	4.65	↑ 7.84	4.36	↑ 10.52	4.63	↑ 7.26
MgO	3.69	↑ 4.04	3.07	↑ 4.61	3.24	2.78	3.19	↑ 4.88	2.93	↑ 6.56	2.95	↑ 5.12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	29.99	10.76	13.41	12.88	13.51	10.29	13.46	13.39	12.86	10.46	12.72	11.19
SiO <sub>2</sub>	54.06	↑ 58.53	67.46	59.86	66.67	59.33	66.84	57.01	67.02	39.39	66.60	53.52
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.23	↑ 3.67	1.20	↑ 1.59	1.16	↑ 4.09	1.22	↑ 2.19	1.34	↑ 8.00	1.10	↑ 5.54
S	0.02	↑ 0.98	0.02	0.01	0.01	↑ 1.66	0.01	0.01	0.01	↑ 0.41	0.00	↑ 0.08
Cl	0.12	0.07	0.05	↑ 0.08	0.06	↑ 0.19	0.07	↑ 0.09	0.08	↑ 0.12	0.09	↑ 0.42
K <sub>2</sub> O	1.50	↑ 3.66	2.21	↑ 2.99	2.35	↑ 2.98	2.11	↑ 3.52	2.33	↑ 9.24	2.22	↑ 3.37
CaO	1.08	↑ 8.43	6.49	↑ 8.91	6.77	↑ 10.26	6.90	↑ 8.58	7.45	↑ 11.05	7.97	↑ 10.53
TiO <sub>2</sub>	1.12	0.17	0.06	0.05	0.07	0.07	0.06	↑ 0.11	0.04	↑ 0.15	0.04	↑ 0.10
Cr	0.19	0.07	0.03	↑ 0.06	0.04	0.04	0.02	↑ 0.08	0.02	↑ 0.07	0.04	↑ 0.07
MnO	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	↑ 0.01	0.00	↑ 0.01	0.00	↑ 0.03	0.00	↑ 0.01
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.95	1.16	0.43	0.42	0.46	↑ 0.61	0.40	↑ 0.75	0.30	↑ 1.01	0.24	↑ 0.70
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	↑ 0.01	0.00	0.00	0.00	↑ 0.01	0.00	0.00
Cu	0.00	↑ 0.01	0.01	0.01	0.01	↑ 0.02	0.01	0.01	0.01	↑ 0.02	0.01	↑ 0.02
Zn	0.02	↑ 1.51	0.99	↑ 1.54	1.08	↑ 1.74	0.98	↑ 1.43	1.19	↑ 2.77	1.32	↑ 1.92
Ga	0.02	↑ 0.05	0.03	↑ 0.04	0.03	↑ 0.06	0.03	↑ 0.04	0.03	↑ 0.08	0.04	↑ 0.05
As	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	↑ 0.03
Rb	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	↑ 0.01	0.00	0.00
Sr	0.03	↑ 0.05	0.01	↑ 0.02	0.02	↑ 0.03	0.01	↑ 0.03	0.01	↑ 0.04	0.01	↑ 0.03
Zr	0.02	↑ 0.03	0.01	↑ 0.03	0.02	↑ 0.03	0.01	↑ 0.03	0.02	↑ 0.05	0.01	↑ 0.03
Pb	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
合計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

単位 (%)

↑ : 元素組成割合が、炭化物(黒色)部分にて素地部分と比較し、増加した元素  
↑↑ : 元素組成割合が、炭化物(黒色)部分にて素地部分の2倍以上の割合を示した元素

ここで組成割合の多い元素として、ナトリウム、マグネシウム、リン、カリウム、カルシウムに着目したい。これらは食品に含まれる主要元素である。日本食品標準成分表<sup>7)</sup>では無機質の項目にて、主要な元素の上位5元素として挙げて記載されている。今回の実験対象となったタイ、サケ、コメ、アワ、ワカメの食品成分表成分値を表2に示した。なお、ホンビノスガイについては食品標準成分表に記載がなかったためハマグリ<sup>8)</sup>の成分値を代用値として表2には示した。各食品中の5元素の食品成分表成分値が、実験で得た炭化物に含まれる元素存在割合に影響を与えないかを検討してみたが、本実験では両者の相関性を明らかにするには至らなかった。

表2 食品標準成分表 2015年版に記載のある可食部 100gあたりの成分値<sup>7)</sup>

	タイ	サケ	ハマグリ	コメ	アワ	ワカメ
ナトリウム	52	48	780	1	1	610
マグネシウム	32	25	81	23	110	110
リン	240	290	96	95	280	36
カリウム	450	350	160	89	300	730
カルシウム	12	12	130	5	14	100

単位:mg

※タイはマダイ・養殖・生、サケはギンザケ・養殖・生、ハマグリは生、コメは水稲穀粒・精白米、アワは精白粒、ワカメは原藻・生の成分値を採用した。

ただし、調理後の炭化物部分の元素組成は、ホンビノスガイのみ、マグネシウム (MgO) が素地と比較して減少したものの、各食品に共通してナトリウム (Na<sub>2</sub>O)、リン (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)、カリウム (K<sub>2</sub>O)、カルシウム (CaO) の元素組成は総じて増加していた。このことから、土器黒色部分でナトリウム、リン、カリウム、カルシウムが素地に比べて存在割合が高い場合には、黒色部分が炭化物であることを示唆し、且つ、これら元素の存在割合から、調理前の食材類推の手掛かりを得ることができる可能性を示した。

このほか、製塩土器試料では塩化物イオンが検出される可能性を示す報告<sup>9)</sup>もあることから、海洋由来食品の炭化物では海水由来の塩化物イオンによりCl (塩化物)の組成が上昇すると仮説を立てた。しかしサケ、ホンビノスガイ、ワカメでは上昇したものの、タイでは減少した。このため炭化物中の塩化物イオンを海洋食品由来の痕跡と考え得る確証は得られなかった。ただし、塩化物イオンは天然では海水など限定的にしか存在しない。また、土器は調理による加熱のたびに膨張したと考えれば、その際に塩化物イオンが深部に入り込んでいっている可能性も考えられる。そこで、試料を粉碎し、深部を分析することも検討しつつ、塩化物イオンが海洋食品を食材として利用していたことを示す指標とできないかを、引き続き検討したい。

このほか、食材類推とは異なる視点からの蛍光X線を利用した研究として、土器素地部分を対象にした分

析から、年代による土器組成元素の差異の検討にも活用していただけるとも考えている。

### (分析化学上の課題)

さて、今回採用したFP法には課題もある。FP法は(測定対象元素の)すべての含有元素を常にトータル100%として示しており、1元素のみの正確度・精度を議論することは困難である。含有量の大きい元素が他の微量元素の正確度および再現精度に大きな影響を与えることもある<sup>9)</sup>。したがってFP法で論じる場合は、試験対象品が含有している元素すべてについて検討し、含有元素のバランスを考慮していく必要がある。現時点では、測定対象外の元素の影響や含有元素のバランスを考慮した解析まで検討が及んでいない。

このほか、FP法で解析するのではなく、着目すべき元素を決め、その元素について検量線法により1元素毎の正確度を評価することが場合によっては有効である。

すなわち、今後は元素バランスを考慮した上でFP法を活用する手法の検討や、検量線法による1元素毎の測定を検討したいとも考えている。解析法の工夫し、より信頼性の高い解析を実現させたい。

さて土器試料を対象にしたとき、蛍光X線分析以外の非破壊分析としては、黒色部分を掻きとる点ではサンプリングが必要ではあるが、食品の異物分析<sup>10,11)</sup>にも活用例があり有機物の定性情報を得ることが可能なFT-IR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy : フーリエ変換赤外分光法)による手法もある。しかし純粋な「炭化物 (コゲ)」ならば完全に炭化していると推察され、スペクトルを得ることは難しいはずである。FT-IRを用いた分析可能性についても今後検討したいと考えているが、逆説的には有機物に由来するスペクトルが得られないならば、黒色部分が炭化物である可能性は高いともいえよう。

破壊分析としては、これまでに研究報告例もある安定同位体比分析やステロール分析もあり、多様な分析手法から総合的に活用し、土器黒色部分から科学的に古代食の食材を解明する手法を開発したいと考えている。また、土器黒色部分は食品由来の炭化物と推定しているが、そもそも科学的に証明されているものではない。土器黒色部分が炭化物でないならば、当時の食材推定は不可能である。土器黒色部分の科学的解明も検討が必要である。また、土器黒色部分が食品の炭化物であるならば、C/N比は高くなるはずと考えている。今後は上述の手法により土器黒色部分の科学的解明と、古代食類推ツールを開発する。

## 4. おわりに

今回の実験では、調理後炭化物を対象にした分析から、蛍光X線分析による古代食解明へのアプローチを試みた。ナトリウム、リン、カリウム、カルシウムの検出とその程度が炭化物であることの指標となる可能性を示したものの、古代食解明のための確実な指標を見いだせるまでには至っていない。現時点では、FP法による蛍光X線分析の結果を古代食解明のツールに適用するには課題が残っている。しかし非破壊分析は再度、分析に供せられる利点がある。今後は、今回検討したFP法による蛍光X線分析での解析法の見直しや別の解析法での検討を行い、引き続き蛍光X線分析による古代食類推ツールの開発を行うこととしたい。

すでに古代食類推のツールとしては安定同位体比分析<sup>1-5)</sup> やステロール分析<sup>6)</sup> を行った研究例はあることから、蛍光X線分析以外の安定同位体比分析・ステロール分析を利用し、古代食解明のアプローチも行っていきたいと考えている。

古代食解明の研究分野では、考古化学的アプローチや文献研究によるものはそれぞれなされているが、土器理化学分析で得られた化学的研究成果と、歴史史料からの研究成果を考え合わせて、想定される古代の食文化・食生活を総合的に考察し、且つ古代の食生活と疾病の関係をも解明しようとする研究例は見当たらない。したがって、今後は分析化学的視座から得られた結果と、考古文献からの推論を考え合わせていき、古代の栄養状態や疾病への影響についての研究にと発展させていきたいとも考えている。

## 5. 引用文献

- 1) Alexandre Lucquin, Kevin Gibbs, Junzo Uchiyama *et al.* Ancient lipids document continuity in the use of early hunter-gather pottery though 9,000 years of Japanese prehistory. *PNAS* 2016; 113 (15) : 3991-3996
- 2) Oliver E. Craig, Hayley Saul, Alexandre Lucquin *et al.* Earliest evidence for the use of pottery. *Nature* 2013;496: 351-354
- 3) Kunio Yoshida, Dai Kunikita, Yumiko Miyazaki *et al.* Dating and stable isotope analysis of charred residues on the incipient Jomon Pottery (Japan) . *Radiocarbon* 2013;55:1322-1333
- 4) 吉田邦夫. 煮炊きしてできた土器付着炭化物の同位体分析. 新潟県立歴史博物館研究紀要 2006 ; 7 : 51-58
- 5) Yoshiki Miyata, Akiko Horiuchi, Paleo Labo AMS

Dating Group *et al.* Traces of sea mammals on pottery from the Hamasaka 2 archaeological site, Rebus Island, Japan: Implications from sterol analysis, stable isotopes, and radiocarbon dating. *Res. Org. Geochem.* 2009; 25:15-27

- 6) 永井宏樹, 椎野博. ポータブル蛍光X線分析装置. 石灰石 2005 ; 333 : 72-76
- 7) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査文科会編集. 日本食品標準成分表 2015年版(七訂). 東京:全国官報販売協同組合 2015.
- 8) Akiko Horiuchi, Nobuo Ochiai, Hitomi Kurozumi *et al.* Detection of chloride from pottery as a marker for salt: a new analytical method validated using simulated salt-making pottery and applied to Japanese ceramics. *Journal of Archeological Science* 2011; 38: 2949-2956
- 9) 中井泉 編集. 分析値の正確度の評価方法. 蛍光X線分析の実際. 東京:朝倉書店 2005: 216
- 10) 大道公秀, 春井里香, 中野辰彦. 食品中の異物の分析同定. *フードケミカル* 2011 ; 6 : 81-84
- 11) 浅倉弘幸, 木村圭介, 観公子 他. 食品の苦情事例(平成26年度). 東京都健康安全研究センター年報 2015; 66: 171-176