

# 奥尻島青苗遺跡出土土器の残存有機物分析

## —北海道博物館所蔵資料について—

村本周三・鈴木琢也・福井淳一・宮内信雄・小澤仁嗣・堀内晶子・宮田佳樹

Key Words 10～11世紀 (10th to 11th century)、擦文土器 (Satsumon earthenware)、炭素・窒素安定同位体分析 (Carbon and nitrogen stable isotope analysis)、脂質分析 (Lipid analysis)、ミリアシン (Miliacin)

### はじめに

近年の北海道における古代の古食性分析は、道東地域において特に進展した。その成果として、①炭素・窒素同位体組成で明らかにできる範囲において縄文時代からオホーツク文化期まで土器で調理された食材に大きな変化がみられない (村本ほか 2023a、b、2024、2025)、あるいは擦文文化・オホーツク文化・トビニタイ文化では海棲動物に偏る (國木田 2023)、②炭素・窒素安定同位体組成ではトビニタイ文化期後半・擦文文化期から、脂質バイオマーカーではオホーツク文化刻文期から土器での雑穀の調理がみられること (國木田 2023；村本ほか 2023a、b、2024、2025)、が明らかになった。

本調査では、北海道島日本海側の動向を把握するために、奥尻島における擦文文化期 (10～11世紀) の土器での調理を明らかにすることを目的とした。10～11世紀の奥尻島を含めた北海道渡島半島の日本海側に認められる擦文文化は、「青苗文化」とも呼ばれており、北海道島の擦文文化と本州東北地方の土師器文化の中間的様相を示す (瀬川 2005)。本調査における土器残存有機物の分析は、道東地域と並んで独特の様相を示す奥尻島出土資料を対象とすることで、擦文文化の共通性と地域性を、土器による調理の面から明らかにする第一歩になると期待される。

## 1 資料

### (1) 奥尻島青苗遺跡の概要

本調査で測定した土器は、いずれも青苗遺跡 (北海道教育委員会遺跡登録番号C-07-2) で出土したものである。青苗遺跡は、奥尻島の南端に位置する海岸段丘上

の標高約18～30mに立地している (図1・2、奥尻町教育委員会編 2023)。遺跡は複数の地区に区分されており、擦文文化期の遺構・遺物が出土したのは、山本台地地区と貝塚台地地区である (図2)。なお、縄文時代の遺構・遺物が出土したのは、墓前三叉路の西北発掘区・東南発掘区・南発掘区 (縄文時代前期～中期)、C地区 (縄文時代中期後半)、E地区 (縄文時代早期末)、F地区 (縄文時代早期中葉) である (図1)。

山本台地地区の懸崖地点では、奥尻町教育委員会を事務局とした1976年～1978年の発掘調査で墳墓が検出され、本州産の大刀と玉類が出土した (奥尻町教育委員会編 2023)。菊地芳朗はこの大刀を本州島で製作された和 (倭) 系のもので、7世紀後葉を中心とする1世紀程度の間のものとしている (菊地 2023)。玉類については、ヒスイ製勾玉1点、水晶製切子玉1点、水晶製丸玉29点、滑石製丸玉3点、ガラス製小玉14点など本州産製品が出土した。ヒスイ製勾玉の年代は3世紀後半～4世紀中葉、水晶製切子玉の年代は7世紀前葉～中葉、水晶製丸玉の年代は8～9世紀、滑石製丸玉の年代は7世紀前葉～中葉とされている (大賀 2023)。また、2023年～2025年には、墳墓が検出された懸崖地点と隣接する三浦地点の間が福島大学によって発掘調査され、札前4類 (榊田 2016：10世紀前葉～11世紀中葉) に位置づけられる長胴甕、壺、坏等の擦文文化期の土器が多数出土した (福島大学行政社会学類考古学研究室編 2025)。

貝塚台地地区は、1949年から数度にわたって発掘調査が行われ、アワビ等の貝類、魚骨、ニホンアシカ等の海獣骨、銚頭等の骨角器などが貝塚から出土した。また、札前4類に位置づけられる擦文文化期の各種の土器が多数出土した (奥尻町教育委員会編 2023)。本調査で測定した土器は、貝塚台地地区から出土したものであり、その来歴等については後述する。

村本周三：北海道環境生活部  
鈴木琢也：北海道博物館 博物館研究センター  
福井淳一：公益財団法人北海道埋蔵文化財センター  
宮内信雄・小澤仁嗣・宮田佳樹：東京大学総合研究博物館  
堀内晶子：前国際基督教大学

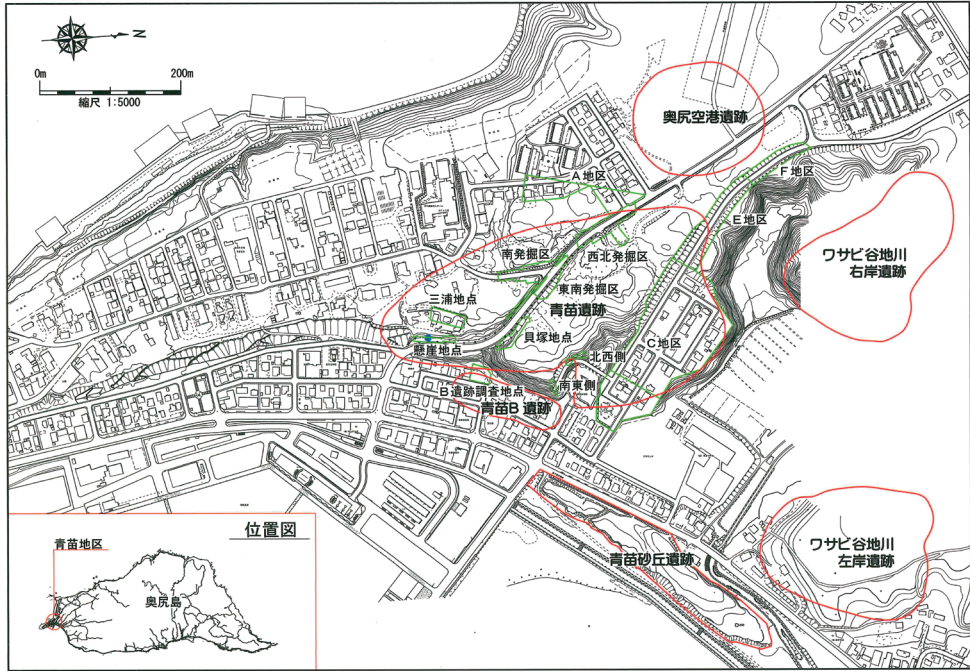


図1 青苗遺跡と周辺の遺跡（奥尻町教育委員会編 2023）

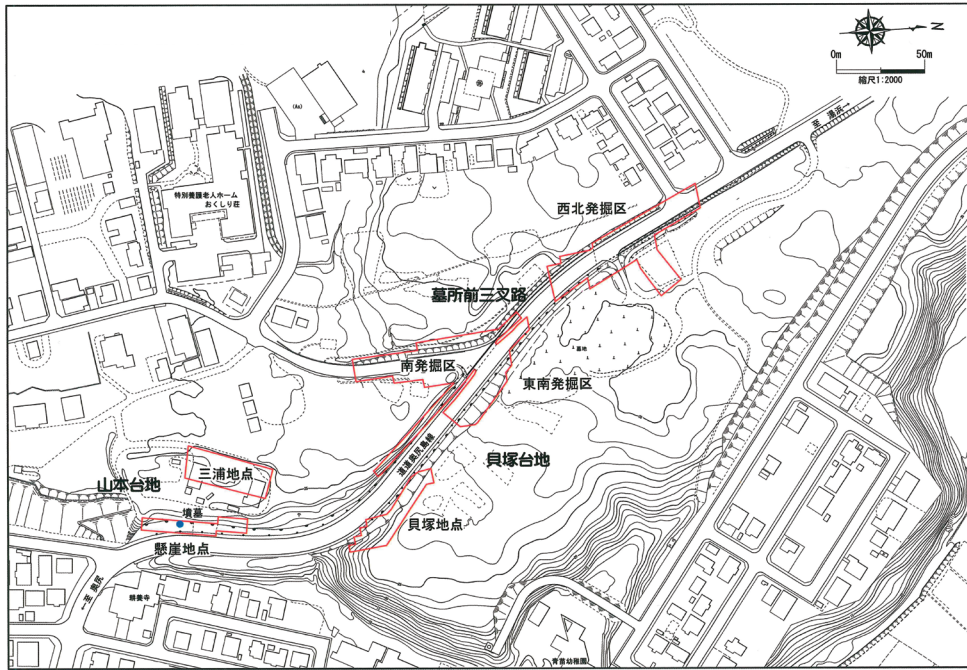


図2 青苗遺跡の発掘調査箇所位置図（奥尻町教育委員会編 2023）

以上のように、青苗遺跡からは本州産の大刀・玉類や、北海道島の擦文文化と本州東北地方の土師器文化の中間の様相を示すとされる「青苗文化」の土器が出土しており、本州との交流が活発に展開していたことが想定されている。また大量のアワビやニホンアシカを包含する貝塚が認められ、島外への交易品とされていたこともうかがわれる。さらに、青苗遺跡での活動が活発化する8～11世紀は、日本海ルートを主流とする本州との交流が確立し、擦文文化の対外交流が大きく発展していく時期にもあたる（鈴木 2025）。一方、青苗遺跡から指呼

の距離にはオホーツク文化の青苗砂丘遺跡があり、道北地域との交流も想定される。こうしたことから、青苗遺跡は本州から道北地域へと至る日本海の海上交通において重要な役割を担っていた可能性がある」と評価され、その実態解明に向けた様々な調査・研究が進められている。

## (2) 測定試料の来歴

青苗遺跡における調査は、1931年の深瀬春一（函館師範学校）の踏査にはじまり、本格的な発掘調査が江差高等学校（1949年）、札幌西高等学校（1950年）、東

京大学（1952年）、市立函館博物館（1954年）、早稲田大学（1956年）によって実施された。その後、奥尻町教育委員会を事務局とした発掘調査が1976年～1978年・1980年に実施され、2023年～2025年には福島大学と奥尻町教育委員会による発掘調査が実施された。これらの青苗遺跡の過去の発掘調査については、青苗遺跡重要資料総括報告書にまとめられている（奥尻町教育委員会編 2023）。

本調査で測定した土器は、上記のうち1950年の札幌西高等学校郷土研究部による発掘調査で出土したものである。この発掘調査は貝塚台地地点において、A～Fの6つの調査区を設け実施された。このうちA・D・E区では貝層が検出され、A区では4点の骨製銚頭が出土したとされている。D区では擦文文化期の高坏が1個置かれた炉跡のような遺構が確認され、鉄器も出土したとされている。B区では獣骨層が検出され、後頭部に孔があげられたニホンアシカの頭骨、擦文文化期の土器が出土したとされている。このA・B・D・E区から擦文文化期の土器が多数出土しており、縄文時代、続縄文文化期の土器、アイヌ文化期の内耳土器なども出土した（鈴木 1950；北海道開拓記念館編 1999）。

上記の発掘調査より出土したニホンアシカ頭骨及び土器群が、1996年に札幌西高等学校から北海道開拓記念館（現：北海道博物館）に寄贈され、現在も保管されている。なお、札幌西高等学校郷土研究部は、1947年に発足した旧制札幌第二中学校郷土研究部を受け継いで、北海道各地で遺跡の発掘調査などを行ってきたが、1985年頃に活動を休止した。その後、各地の発掘調査で採集された考古遺物群と共に、一括で北海道開拓記念館に寄贈された。

本調査で測定した土器は、上記のような経緯を経て北海道博物館で保管されている資料のなかから選定したものであり、北海道博物館収蔵資料番号は、いずれも55953である。

### (3) 測定試料の概要

本調査で測定した試料は擦文文化期の長胴甕・高坏・坏から採取した土器付着炭化物と土器胎土、縄文時代中期・後期・続縄文文化期の深鉢形土器の胎土、アイヌ文化期の内耳土器から剥離した内耳部分から採取した土器胎土である。擦文文化期の長胴甕、高坏、坏は、いずれも札前4類に位置づけられる。

縄文時代中期・後期・続縄文文化期の深鉢形土器、アイヌ文化期の内耳土器（剥離した内耳部分）から採取した土器胎土は時期による違いを検討するために測定した。また、擦文文化期の高坏・坏から採取した土器付着炭化物・土器胎土は器種による使用状況の違いを比較す

るために測定した。

## 2 分析方法

土器付着炭化物については炭素・窒素安定同位体分析を行った。また、土器付着炭化物の一部と土器胎土については酸メタノール抽出により脂質含有量及びパルミチン酸・ステアリン酸の分子レベル炭素同位体組成と脂質バイオマーカー解析、クロロホルム/メタノール抽出により脂質バイオマーカー解析をおこなった。酸メタノール抽出法ではデンプンやセルロースなどの多糖類の分解生成物であるレボグルコサンが分解されてしまうため、クロロホルム/メタノール抽出法を併用した。

### (1) 試料採取

土器付着炭化物はいずれも土器内面、層状に付着しており、ステンレス製スパチュラを軽く当てて剥がすように採取した。

土器胎土の採取はデンタルドリルを用いた。土壌等の残存や発掘後の試料汚染の影響を避けるために採取予定箇所の土器内面の表面を薄く削り、その後分析用の試料を2～3g程度採取した。土器付着炭化物と土器胎土の両方を採取したものについては、概ね土器付着炭化物を採取した場所の土器胎土を採取した。

土器付着炭化物、土器胎土のいずれも現代的な石油化学製品などの化石燃料系有機物の影響を避けることを意識し、ポスターカラーやマジックインクによる注記付近、接合のための接着剤等の付近を避けた（図3～7）。また、土器内面には調理の際に調理内容物が喫水線付近の土器胎土に浸透して炭化したコゲが残存していることを意識し、垂直方向に狭く、水平方向に広く採取することを心がけた。

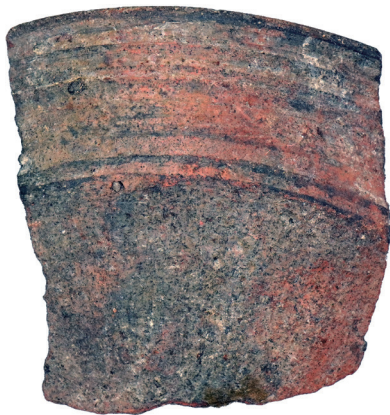
### (2) 炭素・窒素安定同位体分析

土器付着炭化物は、測定に先立ち、アセトンで洗浄後、AAA (Acid-Alkali-Acid) 処理をした。手順を以下に示す。

- ①試料を試験管に入れてアセトンを加えて超音波洗浄機で15分間処理、アセトン交換を3回繰り返す
- ②塩酸（1N-HCl）を加えて80℃で1時間加熱、塩酸を3回交換
- ③水酸化ナトリウム（1N-NaOHまたは0.1N-NaOH）を加えて80℃で1時間加熱、水酸化ナトリウム溶液に着色がみられなくなるまで5～10回程度交換を繰り返す
- ④塩酸（1N-HCl）を加えて80℃で1時間加熱、塩酸交換を2回繰り返す



図3 採取試料 (1)



HDHDH5 外面



HDHDH5 内面採取前



HDHDH5 内面採取後



HDHDH6 外面



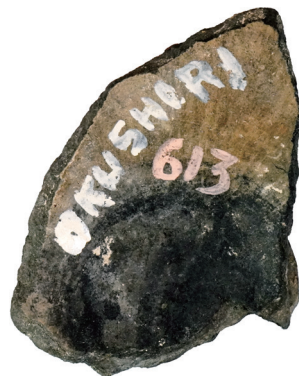
HDHDH6 内面採取前



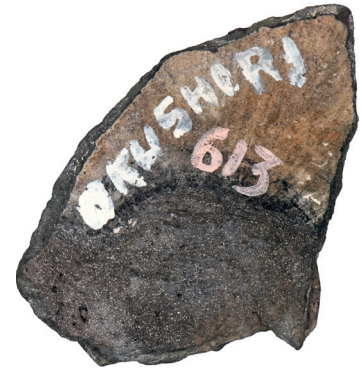
HDHDH6 内面採取後



HDHDH7 外面



HDHDH7 内面採取前



HDHDH7 内面採取後



HDHDH8・9 外面



HDHDH8・9 内面採取前



HDHDH8・9 内面採取後  
縮尺不同

図4 採取試料 (2)

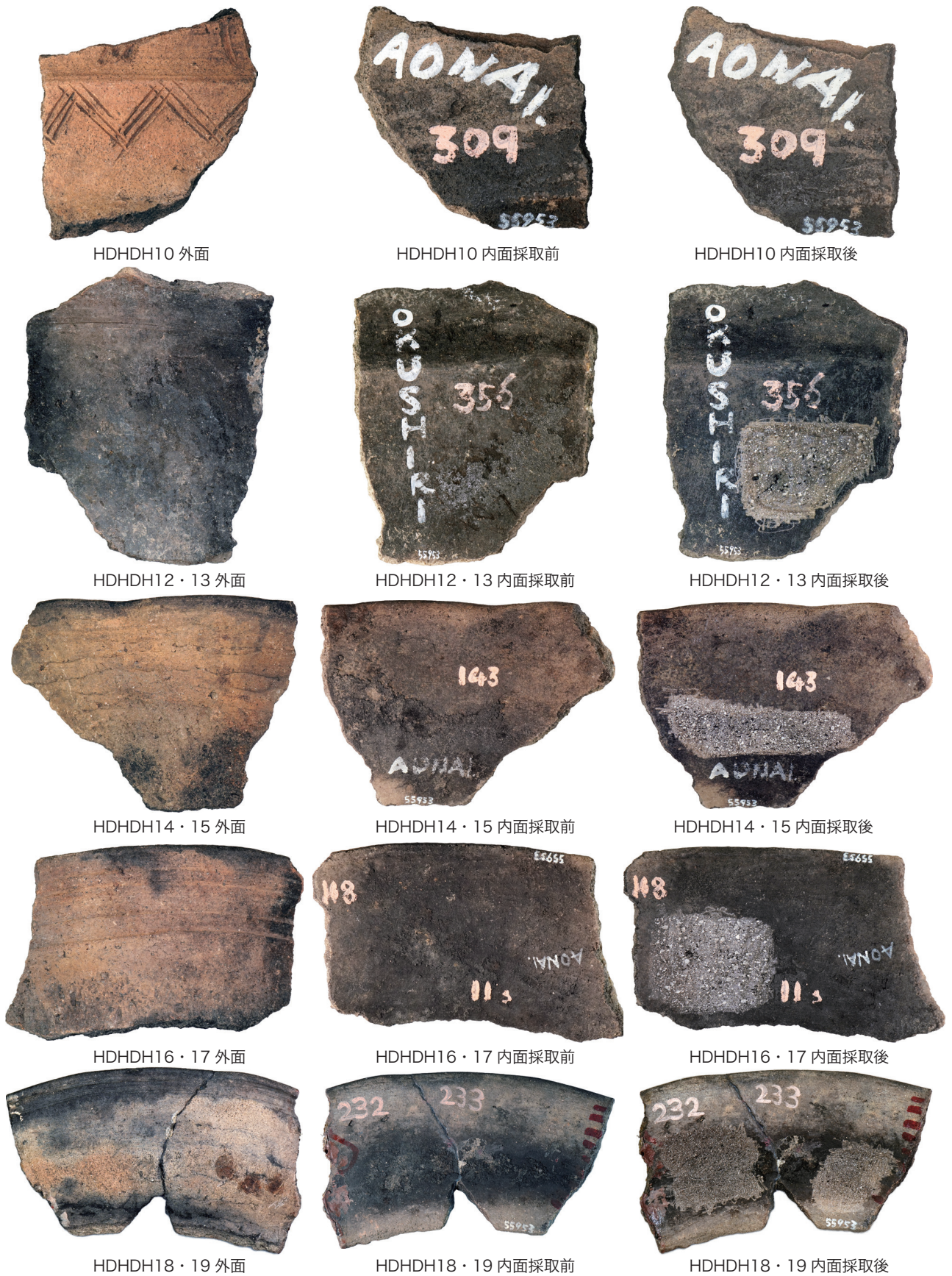
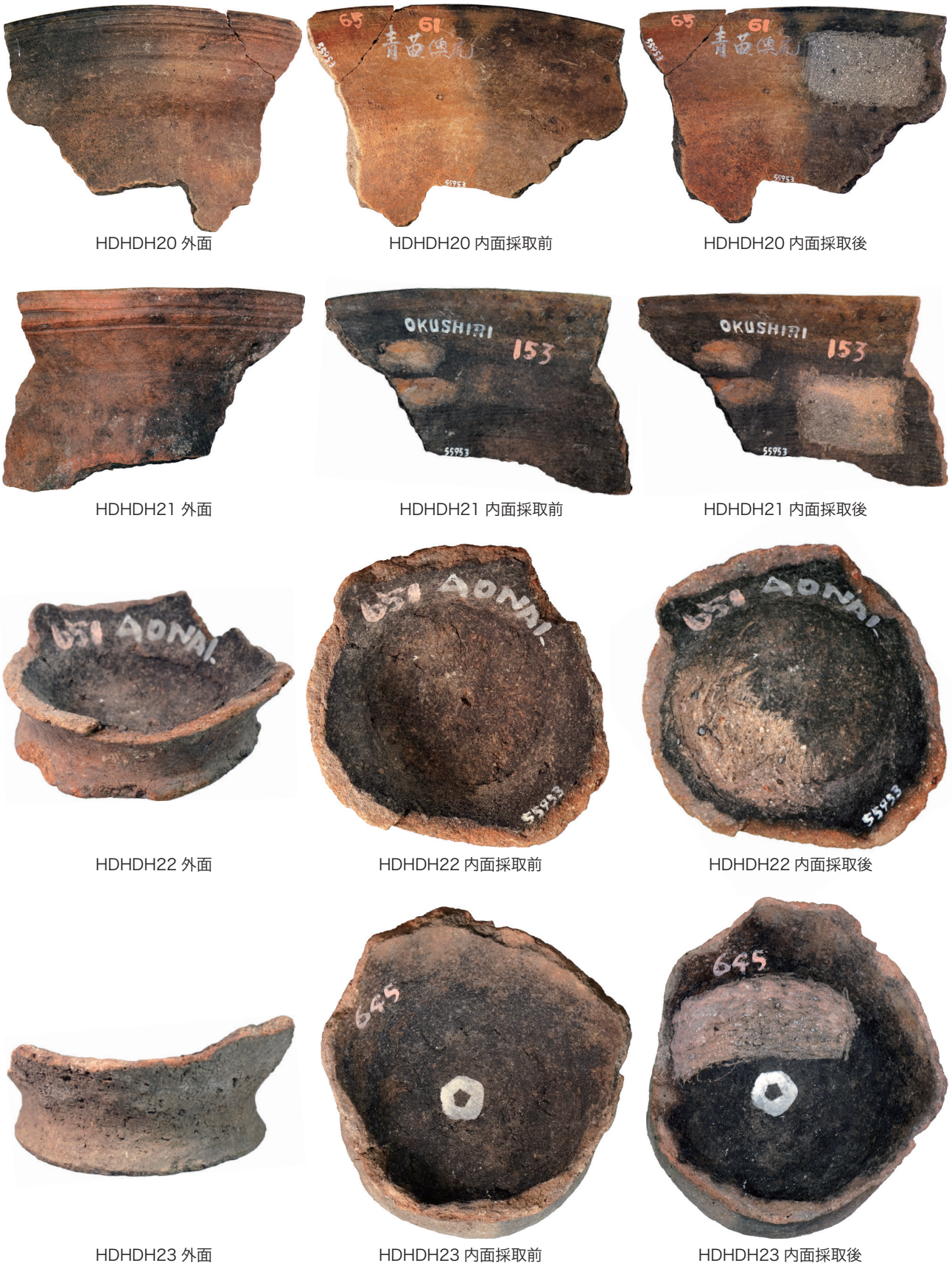


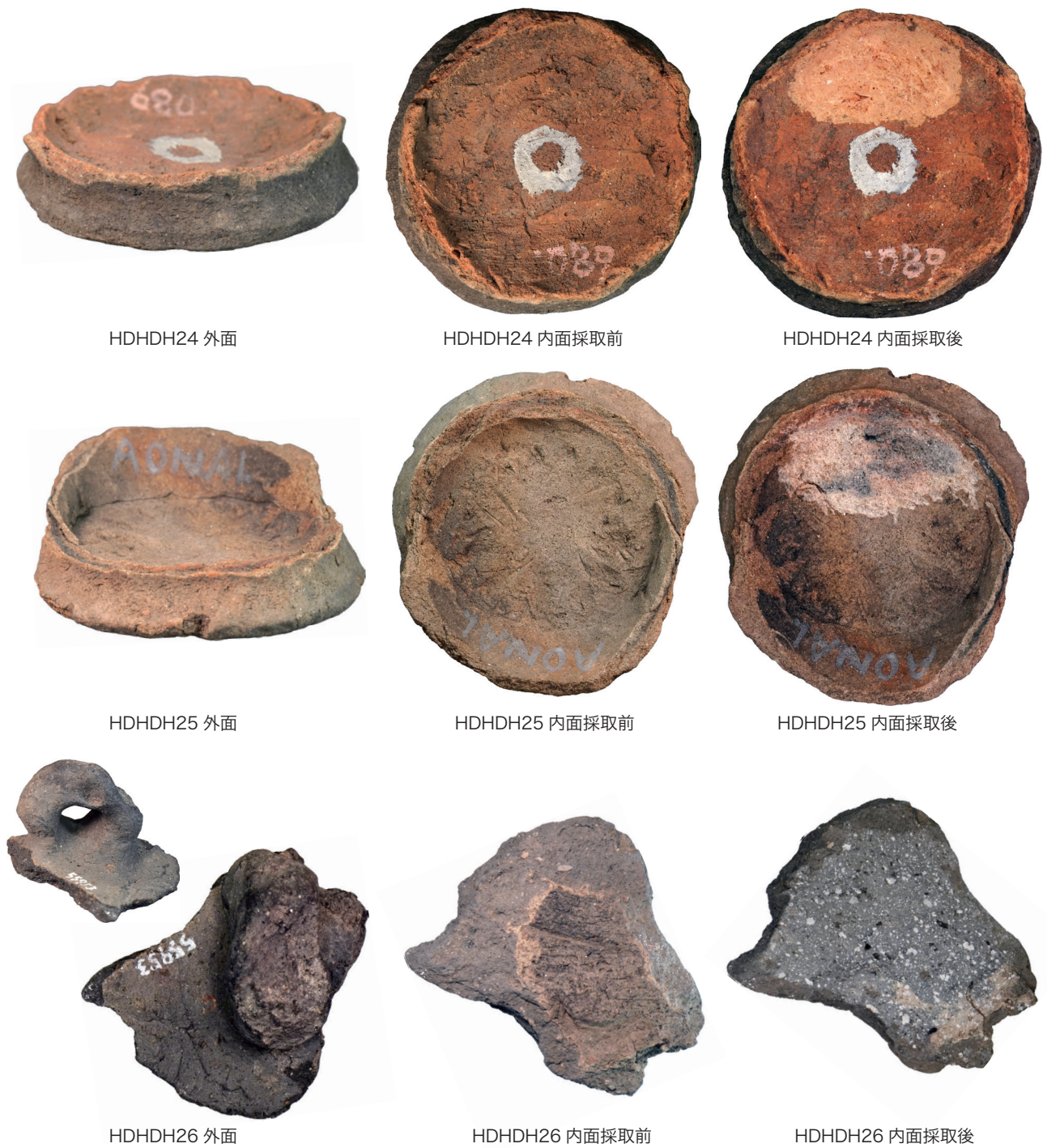
図5 採取試料 (3)

縮尺不同



縮尺不同

図6 採取試料 (4)



縮尺不同

図7 採取試料 (5)

⑤Milli-Q水 (Merck Millipore社製) を加えて80°Cで1時間加熱、溶液が中性になるまで交換を繰り返す

測定は、東京大学総合研究博物館タンデム加速器分析室に設置された分析装置を用いた。使用した分析装置と標準試料等は表1に示した。

### (3) 酸メタノール抽出

脂質の抽出は、Correa-Ascencio and Evershed

(2014) とPapakosta et al. (2015) を参考に改良した酸メタノール抽出法を用いた。脂質の抽出から測定の手順を以下に示す。

- ①粉砕した試料を試験管に入れ、メタノールを加えて超音波洗浄機で15分間処理、さらに硫酸を加え、70°Cで4時間加熱
- ②メタノール溶液中の脂質をn-ヘキサンで抽出し、ヘキサン層のみを別の試験管に移す操作を3回繰り返す

③ n-ヘキサン溶液に Milli-Q水を加えて n-ヘキサン溶液から硫酸を除去

④ n-ヘキサン溶液を窒素気流中でおだやかに蒸発乾固させ、残存脂質を得る

⑤ 抽出した脂質に、内部標準として C<sub>34</sub>アルカンを加え、測定前に *N,O*-Bis (trimethylsilyl) trifluoroacetamide (BSTFA) 溶液でトリメチルシリル (TMS) 化し、試料溶液とする

⑥ 水素炎イオン化型検出器付ガスクロマトグラフ分析装置で脂質組成とパルミチン酸とステアリン酸の含有量を確認

⑦ ガスクロマトグラフ質量分析装置で、スキャン (Scan) 法と選択的イオンモニタリング (SIM: Selected Ion Monitoring, Sleeman and Carter (2005)) 法を用いて、脂質組成を測定

⑧ 燃焼炉付ガスクロマトグラフ同位体比質量分析装置で、パルミチン酸・ステアリン酸の分子レベル炭素同位体組成 ( $\delta^{13}\text{C}_{16:0}$  (‰)、 $\delta^{13}\text{C}_{18:0}$  (‰)) を測定

測定は東京大学総合研究博物館タンデム加速器分析室に設置された分析装置を用いた。使用した分析装置と標準試料を表1に示した。

#### (4) クロロホルム/メタノール抽出

脂質の抽出は、Evershed et al. (1990)、Evershed et al. (1994)などを参考に、すでに確立しているクロロホルム/メタノール (2:1) 法を用いた。脂質の抽出から測定の手順を以下に示す。

- ① 採取時に粉末状になった試料を試験管に入れ、クロロホルム/メタノール (2:1) を加える
- ② 20分間超音波処理後、上澄みを別の試験管に移す
- ③ 溶液を遠心分離し、上澄みを別の試験管に移す
- ④ 試料が入ったバイアルにクロロホルム/メタノール (2:1) を加え、②・③の操作を3回繰り返す
- ⑤ バイアルを36°Cの恒温槽に入れ、窒素気流中で蒸発乾固させ、総脂質を得る

表1 分析装置と標準試料等の仕様

(1)炭素・窒素安定同位体分析	
分析装置	安定同位体比質量分析装置
	元素分析計/質量分析計 元素分析計: vario ISOTOPE select
	質量分析計: isoPrime visION(elementar UK社製)
標準試料等	安定同位体比レファレンスガス
	Grade 1;CO <sub>2</sub> : >99.995 vol%, N <sub>2</sub> : >99.99995 vol%
国際標準試料	$\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$ : IAEA-CO-1 ( $\delta^{13}\text{C} = 2.49 \pm 0.1 \text{ ‰}$ )、IAEA-C-08 ( $\delta^{13}\text{C} = -5.76 \pm 0.03 \text{ ‰}$ )、IAEA-CH-7 ( $\delta^{13}\text{C} = -32.15 \pm 0.0$ )
	$\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR}}$ : IAEA-N-1 ( $\delta^{15}\text{N} = 0.4 \pm 0.2 \text{ ‰}$ )、IAEA-N-2 ( $\delta^{15}\text{N} = 20.3 \pm 0.2 \text{ ‰}$ )
測定用標準試料	L-Alanine(ナカライテスク社製, Lot No. AZ100 M9R2064 $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}} = -19.9 \pm 0.2 \text{ ‰}$ , $\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR}} = 1.79 \pm 0.2 \text{ ‰}$ )
元素含有率測定標準試料	L-Alanine(C = 40.44 %, N = 15.72 %)
(2)酸メタノール抽出法(3)クロロホルム/メタノール抽出法	
分析装置	水素炎イオン化型検出器付ガスクロマトグラフ分析装置: GC-2014 (GC-FID; 島津製作所製)
	ガスクロマトグラフ質量分析装置: Thermo ISQ LT GC-MS (GC-C-IRMS; Thermo Fisher Scientific社製)
	燃焼炉付ガスクロマトグラフ同位体比質量分析装置
	ガスクロマトグラフ: Agilent7890B (GC; Agilent Technologies社製)
	燃焼炉: GC5 (Combustion; Elementar UK社製)
	質量分析計: Isoprime VisION (IRMS; Elementar社製)
標準試料	脂肪酸エステル8種混合ヘキサン溶液F8-2 (Indiana大学製)

⑥ 抽出した脂質にクロロホルム/メタノール (2:1) を加え、10分間超音波処理

⑦ 溶液をシリカゲルカラムに通す

⑧ 流出溶液を入れたバイアルを36°Cに設定した恒温槽に入れ、窒素気流中で蒸発乾固させ、残存脂質を得る

⑨ 残存脂質に、内部標準として C<sub>34</sub>アルカンを加え、測定前に *N,O*-Bis (trimethylsilyl) trifluoroacetamide (BSTFA) 溶液でトリメチルシリル化 (TMS) し、試料溶液とする

⑩ 水素炎イオン化型検出器付ガスクロマトグラフ分析装置で脂質組成を確認

⑪ ガスクロマトグラフ質量分析装置で、スキャン (Scan) 法と選択的イオンモニタリング (SIM: Selected Ion Monitoring; Sleeman and Carter (2005)) 法を用いて脂質組成を測定

測定は東京大学総合研究博物館タンデム加速器分析室に設置された分析装置を用いた。使用した分析装置と標準試料を表1に示した。

### 3 分析結果

#### (1) 炭素・窒素安定同位体分析 (表2・図8)

炭素・窒素安定同位体比は  $\delta^{13}\text{C}$  値が  $-22.7 \pm 0.6 \text{ ‰}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  値が  $13.5 \pm 1.2 \text{ ‰}$  で、概ね陸上動物・C<sub>3</sub>植物と海棲動物の2つのエンドメンバーの中間付近に分布してい

表2 測定試料の概要及び炭素・窒素安定同位体比、C/N比、分子レベル炭素同位体組成、含有脂質量

試料名	遺跡名	器種	部位	時期	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	C (%)	N (%)	C/N (mol比)	$\delta^{13}\text{C}_{16:0}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}_{18:0}$ (‰)	脂質量 ( $\mu\text{g/g}$ )
HDHDH1	青苗遺跡	深鉢	口縁	縄文中期	-	-	-	-	-	-22.5	-22.1	194.6
HDHDH2	青苗遺跡	深鉢	口縁	縄文後期	-	-	-	-	-	-24.7	-25.4	77.9
HDHDH3	青苗遺跡	深鉢	口縁	統縄文	-	-	-	-	-	-24.7	-25.7	25.3
HDHDH4	青苗遺跡	高坏	底部	擦文	-	-	-	-	-	-23.1	-24.9	103.7
HDHDH5	青苗遺跡	高坏	胴部	擦文	-	-	-	-	-	-25.1	-24.5	30.1
HDHDH6	青苗遺跡	坏	底部	擦文	-	-	-	-	-	-24.8	-23.5	78.8
HDHDH7	青苗遺跡	坏	底部	擦文	-	-	-	-	-	-25.4	-25.0	42.3
HDHDH8	青苗遺跡	長胴甕	口縁	擦文	-23.5	15.4	54.1	3.8	16.7	-	-	-
HDHDH9	青苗遺跡	長胴甕	口縁	擦文	-	-	-	-	-	-23.5	-22.3	978.0
HDHDH10	青苗遺跡	長胴甕	胴部	擦文	-23.6	14.1	56.6	2.7	24.1	-	-	-
HDHDH11	青苗遺跡	長胴甕	胴部	擦文	-	-	-	-	-	-25.3	-24.2	168.3
HDHDH12	青苗遺跡	長胴甕	胴部	擦文	-22.4	13.7	51.9	4.5	13.5	-23.9	-22.2	521.0
HDHDH13	青苗遺跡	長胴甕	胴部	擦文	-	-	-	-	-	-24.6	-23.2	119.4
HDHDH14	青苗遺跡	長胴甕	胴部	擦文	-22.7	13.6	45.2	4.5	11.8	-	-	-
HDHDH15	青苗遺跡	長胴甕	胴部	擦文	-	-	-	-	-	-25.4	-24.2	87.6
HDHDH16	青苗遺跡	長胴甕	胴部	擦文	-22.0	12.1	42.3	3.7	13.5	-	-	-
HDHDH17	青苗遺跡	長胴甕	胴部	擦文	-	-	-	-	-	-23.8	-22.5	471.9
HDHDH18	青苗遺跡	長胴甕	胴部	擦文	-	-	-	-	-	-26.4	-25.8	11.9
HDHDH19	青苗遺跡	長胴甕	胴部	擦文	-	-	-	-	-	-24.4	-24.5	20.3
HDHDH20	青苗遺跡	長胴甕	底部	擦文	-	-	-	-	-	-23.0	-22.3	153.0
HDHDH21	青苗遺跡	長胴甕	底部	擦文	-	-	-	-	-	-25.0	-23.5	64.2
HDHDH22	青苗遺跡	長胴甕	底部	擦文	-	-	-	-	-	-26.8	-26.2	4.2
HDHDH23	青苗遺跡	長胴甕	底部	擦文	-	-	-	-	-	-21.2	-22.1	7.3
HDHDH24	青苗遺跡	長胴甕	底部	擦文	-	-	-	-	-	-23.3	-21.9	37.0
HDHDH25	青苗遺跡	内耳土器	内耳	アイヌ	-	-	-	-	-	-	-	-
HDHDH26	青苗遺跡	内耳土器	内耳	アイヌ	-	-	-	-	-	-	-	-

$\delta^{13}\text{C}_{16:0}$ 、 $\delta^{13}\text{C}_{18:0}$ 、脂質量は酸メタノール抽出法で測定

た。

C/N比は $16.3 \pm 4.1$ であるが、値が24.1とやや大きいHDHDH10を除くと $14.7 \pm 1.3$ である。

### (2) 分子レベル炭素同位体組成 (表2・図9)

抽出した脂質の主成分であるパルミチン酸・ステアリン酸の分子レベル炭素同位体組成を、 $\text{C}_3$ 植物、反芻・非反芻動物、海棲動物、 $\text{C}_4$ 植物など各食材グループの同位体組成と比較することによって、調理内容物に含まれる各食材グループの比率を推定する (Evershed et al. 1994; Horiuchi et al. 2014; 宮田ほか 2015; 吉田ほか 2018; 堀内ほか 2019; Lucquin et al. 2016)。パルミチン酸・ステアリン酸の分子レベル炭素同位体組成 ( $\delta^{13}\text{C}_{16:0}$ 、 $\delta^{13}\text{C}_{18:0}$ ) の平均は、それぞれ、 $(-24.3 \pm 1.3\text{‰}, -23.8 \pm 1.4\text{‰})$  で、海棲動物とその周辺の領域に分布するものを主体とするが、非反芻動物の領域に分布するものもあった。時期や器種による違いは見出せなかった。

土器の使用痕跡が明瞭なものは脂質量が高いが、不明瞭なものは使用痕跡の明瞭さと脂質量の関係がうかがえなかった。器種による違いがみられないと共に、長胴甕でも脂質量が低いものもあった。

### (3) バイオマーカー解析 (表3)

すべての試料から植物、動物、淡水・海水を問わない水棲動物に由来する脂質 (Evershed et al. 2008b) が検出された。植物性バイオマーカーは、中・長鎖炭化水素が全ての試料から、シトステロール (Sitosterol)、カンベステロール (Campesterol)、スティグマステロール (Stigmasterol) などの植物性ステロール類のいずれかが、テルペン類、超長鎖飽和脂肪酸が多くの試料から検出された。キビ (*Panicum miliaceum*) のバイオマーカーであるミリアシン (Miliacin; Heron et al. 2016) が擦文文化期の土器であるHDHDH4、5、6、7、20、21、22、23、24、25から検出された。試料はいずれも土器胎土で、土器附着炭化物からは検出されなかった。時期や器種による違いは見出せず、高坏や坏であってもミリアシンが検出されたものがある。

デンプンやセルロースなどの多糖類の分解生成物であるレボグルコサン (Levoglucon) はすべての試料から検出された。また、HDHDH2、7、20、21、22、24、25からは、植物のバイオマーカーであるアミリン (Amyrin) が検出された。

HDHDH1、9、13、14、15、17、19、22、23、26からは、水棲動物のバイオマーカーであるプリスタン酸、フィタン酸、TMTD (4,8,12-trimethyltridecanoic acid) などのイソプレノイド類とともに、 $270^\circ\text{C}$ 以上ないし $300^\circ\text{C}$ 以上で不飽和脂肪酸が加熱された際に生成される環状有機物である炭素数20以上のAPAA類 (Alkylphenyl alkanic acids) が検出されており、魚類・海獣類などの水棲動物の煮炊きの可能性が示唆される (Hansel et al. 2004; Evershed et al. 2008b)。同時に、これらの試料の脂質量は多い傾向がある。

動物性バイオマーカーであるコレステロール (Cholesterol) は全ての試料から検出された。

## 4 考察

### (1) 擦文文化期における土器附着炭化物の炭素・窒素安定同位体比とC/N比からみた土器調理

擦文文化期、オホーツク文化期、トビニタイ文化期の土器附着炭化物を対象とした炭素・窒素安定同位体分析については、道東地域で集中的に行われている (白杵・坂本 2005; 平河内 2020; 國木田 2023; 國木田 ほか

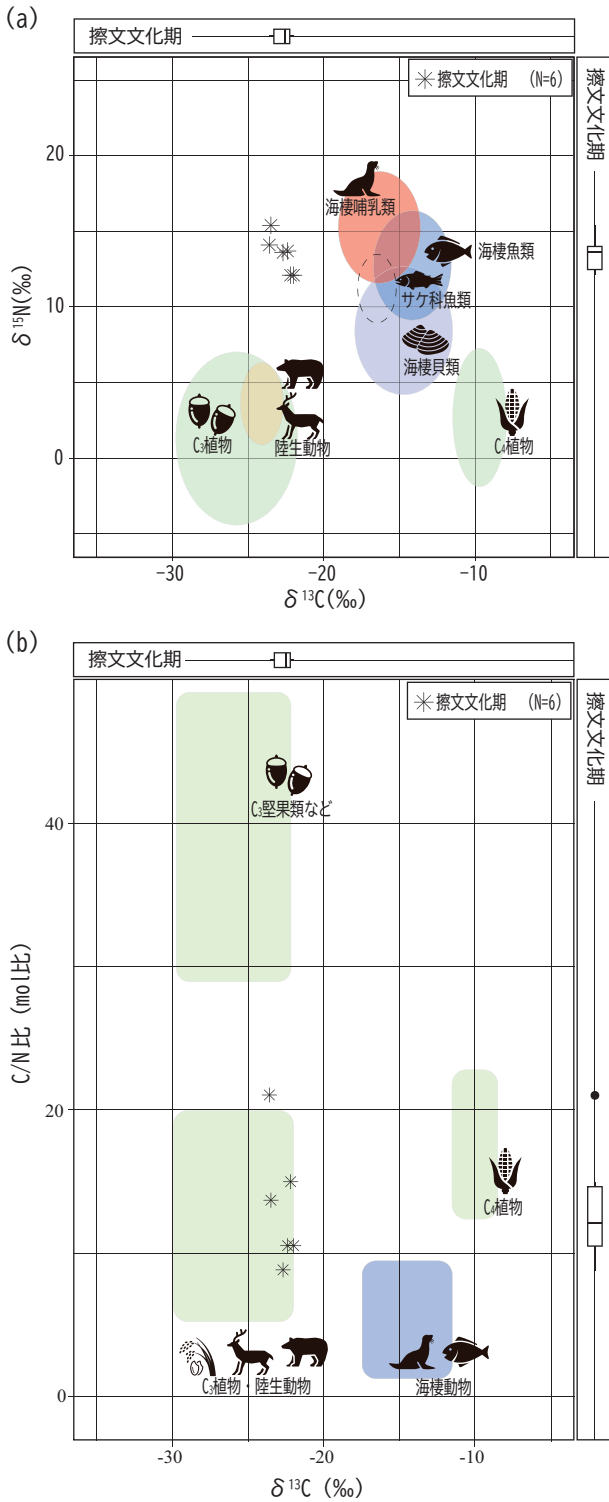


図8 炭素・窒素安定同位体比 (a) 及びC/N比 (b) と現生試料から推定した領域図 (Yoshida et al., 2013) との関係

2023aなど)。また、青苗遺跡を含む奥尻島を対象としたものとしては國木田大らの研究がある (國木田ほか 2023b)。炭素・窒素安定同位体比では、 $\delta^{13}\text{C}$ 値  $-25 \sim -20\text{‰}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 値  $10 \sim 15\text{‰}$ に集中しており、海棲哺乳類と陸上動物・ $\text{C}_3$ 植物の2つのエンドメンバーの概ね中間付近の値を示す (國木田 2023; 村本ほか 2023a) が、擦文文化期及びトビニタイ文化期の資料の一部には

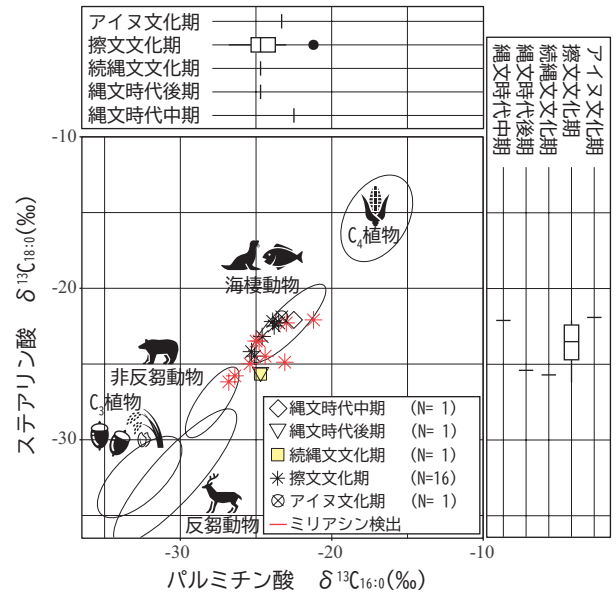


図9 パルミチン酸・ステアリン酸の分子レベル炭素同位体比と領域図 (Horiuchi et al. 2014; 宮田他 2015; Lucquin et al. 2016; 吉田他 2018) との関係

$\delta^{13}\text{C}$ 値が高く、 $\delta^{15}\text{N}$ 値が低いものがあり、 $\text{C}_4$ 植物の影響を強く受けたと評価できるものもみられる。 $\text{C}/\text{N}$ 比はオホーツク文化期やトビニタイ文化期で高めのものが散見されるが、全体としては少数である。全体の傾向は $\delta^{13}\text{C}$ 値が低いものほど $\text{C}/\text{N}$ 比が高く、炭素・窒素安定同位体比分析の結果と併せると、海棲動物と $\text{C}_3$ 植物の混合で、 $\text{C}_3$ 植物は炭水化物を多く含む堅果類や穀物類を含む可能性が高いことを示している。

本調査でも、炭素・窒素安定同位体組成は、既報の結果同様に概ね陸上動物・ $\text{C}_3$ 植物と海棲動物の2つのエンドメンバーの概ね中間付近に分布していた。

$\delta^{15}\text{N}$ 値は $15\text{‰}$ 前後とやや高く、その理由を加熱による $\delta^{15}\text{N}$ 値の上昇に求めることも可能である (阿部ほか 2021)。しかし、本州では土器内面から採取された炭化物に比べて土器外面から採取された炭化物の $\delta^{15}\text{N}$ 値が高く整合的であるが、北海道においてはそれが逆転しており (村本ほか 2021)、さらに陸上動物・ $\text{C}_3$ 植物と海棲動物の2つのエンドメンバーの概ね中間付近に分布することから、土器で調理された食材における海棲哺乳類の割合が高いことを原因とすることが適当である。なお、北海道においては、オホーツク文化期 (特に刻文期) で $\delta^{15}\text{N}$ が $15\text{‰}$ を大きく越える高いものが目立つことから (村本ほか 2023a)、特定の時期の調理や土器の使用方法の特徴を示している可能性がある。

$\text{C}_4$ 植物の影響を強く受けたと評価できるものはみられなかった。

$\text{C}/\text{N}$ 比の傾向は、道東地域でみられたオホーツク文化期、トビニタイ文化期、擦文文化期で $\text{C}/\text{N}$ 比の高いものが目立つ傾向 (村本ほか 2023a) と類似しており、本

表3 脂質組成

試料名	植物性 <sup>1)</sup>		動物性 <sup>1)</sup>		水棲動物 <sup>2)</sup>				加熱調理 <sup>2)</sup> (APAA-C <sub>X</sub> ) <sup>3)</sup>						
	中・長鎖 炭化水素	超長鎖飽和 脂肪酸	植物性ス テロール 類	動物性ス テロール 類	テルペン類	ワックス類	フィタン酸	アリスタン酸	TMTD <sup>4)</sup>	16	18	20	22	24	
HDHDH1	○	△	○	○	×	?	○	○	○	△	△	△	△	×	Sitosterol, Levoglucosan, Cholesterol, (Cholestanol)
HDHDH2	○	△	○	○	○	×	○	○	△	×	×	×	×	×	Sitosterol, Campesterol, (Stigmastanol), (Amyrin), Friedelin, Levoglucosan, Cholesterol
HDHDH3	○	△	○	○	×	×	○	○	△	×	×	×	×	×	Sitosterol, Campesterol, Stigmastanol, (Stigmastanol), Levoglucosan, Cholesterol
HDHDH4	○	△	○	○	×	×	○	○	△	×	×	×	×	×	(Sitosterol), Campesterol, (Stigmastanol), Miliacin, (Amyrin), Levoglucosan, Cholesterol
HDHDH5	○	△	○	○	×	×	○	○	△	×	×	×	×	×	(Sitosterol), (Stigmastanol), (Miliacin), Levoglucosan, Cholesterol, (Cholestanol)
HDHDH6	○	△	○	○	×	×	○	○	△	×	×	×	×	×	Sitosterol, Campesterol, Stigmastanol, Miliacin, Levoglucosan, Cholesterol, Cholestanol
HDHDH7	○	△	○	○	×	×	○	○	△	×	×	×	×	×	Sitosterol, Campesterol, Stigmastanol, Miliacin, (Amyrin), Levoglucosan, Cholesterol, (Cholestanol)
HDHDH9	○	×	×	×	×	×	○	○	△	○	○	○	○	△	Levoglucosan, Cholesterol, (Cholestanol)
HDHDH13	○	△	○	○	×	×	○	○	△	○	○	○	○	○	(Sitosterol), (Stigmastanol), Levoglucosan, Cholesterol, Cholestanol
HDHDH14	○	△	○	○	×	×	○	○	△	○	○	○	○	○	Sitosterol, (Stigmastanol), Campesterol, Levoglucosan, Cholesterol, ACPA-C <sub>18</sub> <sup>5)</sup>
HDHDH15	○	△	○	○	×	×	○	○	△	○	○	○	○	△	Sitosterol, Campesterol, Levoglucosan, Cholesterol
HDHDH17	○	△	○	○	×	×	○	○	△	○	○	○	○	○	Sitosterol, (Stigmastanol), Levoglucosan, Cholesterol, Cholestanol
HDHDH19	○	△	×	×	×	×	○	○	△	○	○	○	○	○	Levoglucosan, Cholesterol
HDHDH20	○	△	○	○	×	×	○	○	△	×	×	×	×	×	Sitosterol, Campesterol, Stigmastanol, Miliacin, (Amyrin), Friedelin, Levoglucosan, Cholesterol, Cholestanol
HDHDH21	○	△	○	○	×	×	○	○	△	×	×	×	×	×	Sitosterol, Campesterol, (Stigmastanol), Stigmastanol, Miliacin, (Amyrin), Levoglucosan, Cholesterol, (Cholestanol)
HDHDH22	△	○	○	○	×	×	○	○	△	×	△	△	△	×	Sitosterol, Campesterol, (Stigmastanol), Stigmastanol, Miliacin, (Amyrin), Friedelin, Levoglucosan, Cholesterol
HDHDH23	○	○	○	▽	×	×	○	○	△	○	○	○	○	○	Sitosterol, (Campesterol), Stigmastanol, Miliacin, Levoglucosan, Cholesterol, ACPA-C <sub>18</sub> <sup>5)</sup>
HDHDH24	○	△	○	○	×	×	○	○	△	×	×	×	×	×	Sitosterol, Campesterol, Stigmastanol, Miliacin, (Amyrin), Levoglucosan, Cholesterol
HDHDH25	○	○	○	○	×	×	○	○	△	×	×	×	×	×	Sitosterol, Campesterol, (Stigmastanol), Stigmastanol, Miliacin, (Amyrin), Friedelin, Levoglucosan, Cholesterol, Cholestanol
HDHDH26	○	○	○	○	×	×	○	○	△	△	△	△	△	×	Sitosterol, Campesterol, Stigmastanol, Levoglucosan, Cholesterol, Cholestanol

1) Evershed et al. (2008a, b), 2) Hansel et al. (2008a, b), 3) APAA-Cx: 炭素数Xのalkylphenyl alkanolic acid, 4) TMTD: 4,8,12-trimethyltridecanoic acid, 5) 炭素数18のalkylcyclopentenyl alkanolic acid

○: 酸メタノール抽出法で検出, △: 酸メタノール抽出法のみで検出, ▽: クロロホルム/メタノール抽出法のみで検出, □: クロロホルム/メタノール抽出法のみで検出, ? : 酸メタノール抽出法では検出されず, クロロホルム/メタノール抽出法では判断できず, 検出されたバイオマーカー ( ): 酸メタノール抽出法のみで検出, \_ : クロロホルム/メタノール抽出法のみで検出

調査における出現頻度と大きく変わらない。以上から、本調査の結果は、海棲動物とC<sub>3</sub>植物の混合調理を示しており、C<sub>3</sub>植物は炭水化物を多く含む堅果類や穀物類、豆類、芋類を含む可能性が高いと評価できる。

## (2) 炭素・窒素安定同位体比とC/N比、分子レベル炭素同位体組成・バイオマーカーの整合性と土器調理

付着炭化物の分子レベル炭素同位体組成は、炭素・窒素安定同位体組成と整合的であるとともに、植物・動物・水棲動物由来の脂質がいずれの試料でも検出されていることから、炭素・窒素安定同位体比、C/N比からも推測される海棲動物とC<sub>3</sub>植物の混合調理であることが支持される。また、分子レベル炭素同位体組成から非反芻動物も含まれている可能性がある。

すべての試料からデンプンやセルロースなどの多糖類のレボグルコサンが検出されていることから、C/N比から推定されるC<sub>3</sub>植物は炭水化物を多く含む堅果類や穀物類、豆類、芋類を含む可能性も支持される。なお、付着炭化物からC<sub>4</sub>植物のキビのバイオマーカーであるミリアシンが検出されたものであっても、炭素・窒素安定同位体比からC<sub>4</sub>植物の影響が高いとは考えがたいものがあった。そのことから、炭素・窒素安定同位体組成から推定されるC<sub>4</sub>植物の利用と比べて、ミリアシン等のバイオマーカー検出の感度は高いと評価できる。

分子レベル炭素同位体組成の時期による違いは、縄文時代後期・続縄文文化期がステアリン酸の炭素同位体比がやや低く、縄文時代中期・アイヌ文化期がステアリン酸・パルミチン酸の炭素同位体比共にやや高いが、擦文文化期の分布範囲内にあり、現時点では違いがあるとは評価しがたい。バイオマーカーの検出についても、擦文文化期でキビのバイオマーカーであるミリアシンが検出され、縄文時代・続縄文文化期・アイヌ文化期で検出されなかったことを除けば、大きな差はみられない。

## (3) 脂質分析からみた器種の用途の違い

擦文文化期においては高坏、坏、長胴甕で用途の違いが想定されており、一般的には長胴甕は煮炊きや炊飯、蒸し調理での使用が想定され、高坏や坏での調理は想定されていない。

しかし、高坏や坏（HDH4・5）で脂質が長胴甕と同水準のものがあり、分子レベル炭素同位体組成、脂質量、バイオマーカー解析のいずれも、器種と用途の関係をうかがわせる結果とはなっていない。むしろ、坏（HDH6・7）は長胴甕同様の煮炊きに使用した際のコゲが内面に観察されることから、一般的ではないものの調理に使用した可能性があり、脂質量やバイオマ

ーカーの検出と整合的である。

高坏（HDH4・5）のうちHDH4は内面が黒色処理されており、植物、動物、水棲動物に由来する脂質に加えて加熱のバイオマーカーであるAPAA類も検出された。土器の黒色処理について脂質分析を用いて検討した研究としては、遠賀川系土器について検討した研究（岡安ほか 2020）があるが、動物性脂質と加熱のバイオマーカーであるAPAA類の検出が報告されている。遠賀川系土器から採取された黒色物質については脂質量が135 $\mu$ g/gと高く、再現実験された土器から採取された2試料のうち1試料も同様に135 $\mu$ g/gと高い。これはHDH4に近く、調理に使用した長胴甕と同水準である。また、仮に土器の黒色処理の材料に動物性の油脂が含まれると考えれば、HDH4の測定結果と整合的である。ただし、HDH4は長胴甕などと検出されたバイオマーカー組成が類似しており、遠賀川系土器の測定1例のみであるため、更なる測定と検討を要する。

高坏でのミリアシンの検出は土器胎土へのキビの種子の埋め込みの可能性も理論上はあり得、高瀬克範らが青苗遺跡出土の擦文土器の甕からイネ（*Oryza sativa*）、アワ（*Setaria italica*）、高坏からキビ、ブドウ科（Vitaceae gen. indet.）の種子圧痕を検出している（高瀬ほか 2023）。しかし、表面を観察した限りはイネ科植物の葉か茎の可能性のある圧痕は観察されたものの、種子圧痕は観察されなかった。また、後述するウトロ遺跡出土の著しく被熱した土器の事例から、種子を埋め込んだ場合も焼成時に脂質が熱分解、揮発する可能性が高いと共に、料理の盛り付けや堆積中に土器胎土へ浸透する可能性は低いと考えられる。しかし、本調査では高坏2点共に脂質量が長胴甕と同水準であり、坏のような明瞭な調理に使用した使用痕跡も見出せないことから、ミリアシンの検出、脂質量共に、原因の解明は今後の課題である。

一方で、長胴甕でも脂質量が低いもの（HDH20・24・25）があった。調理に使われたと想定されながら同様に脂質量が著しく低い事例として、ウトロ遺跡II層出土土器（斜里町教委編 2011：第313図11）であるHDSR-10の事例がある（宮田ほか 2020）。HDSR-10は、全面の土器胎土が発泡しており、火災住居跡出土土器以上に被熱したと考えられる土器で、脂質量約6 $\mu$ g/gであった。飽和脂肪酸、不飽和脂肪酸が僅かに検出されているのみで、他のオホーツク文化貼付文土器、トビニタイ土器、擦文土器に比べて検出された脂質の種類が著しく少ないことや土器胎土の発泡から、調理時に浸透した脂質が被熱により熱分解、揮発したと評価される。一方で、この現象は、堆積中に土器胎土に浸透する脂質の影響が限定的であることも示している。本分析におけ

る脂質量が低い長胴甕は火災等の影響はうかがえないことから、使用の状況を示していると考えられる。可能性としては、①使用時間が短かったないしは回数が少なかった、②蒸し調理における湯釜専用ないし最終使用が湯釜であった、が挙げられるが、蒸し調理については、当該期では甕の出土は極めて稀であり、考古学的証拠とは整合的ではない。

## おわりに

奥尻島における擦文文化期(10~11世紀)の土器での調理を明らかにすることを目的として、長胴甕を中心に炭素・窒素安定同位体分析と脂質分析を行った。調理された食材は、海棲動物とC<sub>3</sub>植物を主体とし、一部ではキビも含まれていることが明らかになった。陸上動物の寄与については明確ではないが、同位体比に影響を与える割合ではないと考えられる。また、当該期については住居内にカマドがあり、一般的には炊飯や蒸し調理も想定されるが、炭素・窒素安定同位体分析と脂質分析及び使用痕跡から、分析した土器はいずれも複数の食材に水を加えて調理した、煮込み料理に使用されたものと考えられる。

時期差を検討するために分析した縄文時代中期・後期・続縄文文化期の深鉢形土器、アイヌ文化期の内耳土器もキビのバイオマーカーであるミリアシンが検出されなかったことを除けば、同位体比とバイオマーカーでは差が見出せなかった。道東地域との地域差も同様に見出せなかった。他の地域、時期の測定事例の増加が必要ではあるが、炭素・窒素安定同位体組成、C/N比、分子レベル炭素同位体組成、バイオマーカーのいずれも、C<sub>4</sub>植物の利用を除けば、時期による多少の変動はあっても、陸上の動植物と海棲生物の混合が主体であり、特に海棲哺乳類の影響がみられるというのが、北海道島における一般的なあり方である可能性は高い。また、ミリアシンの検出頻度が道東地域における同時期の擦文土器と同程度であることから、擦文文化期(10~11世紀)には道内全域でキビの利用が一般化している可能性が高く、雑穀農耕が生業の一部として受容されている可能性を示唆する。

器種による用途の違いは、同位体比と脂質組成・脂質量・バイオマーカーでは明瞭ではなかった。長胴甕については調理に使用されたと考えられ、坏については使用痕跡から長胴甕同様に調理に使用された可能性がある。高坏については同位体比と脂質組成・脂質量・バイオマーカーが長胴甕・坏と類似する反面、使用痕跡が見出されず用途、分析結果共に解釈ができなかった。

今後は、測定事例を増やし、長胴甕での調理の状況を確固たるものにすると共に、坏や高坏の用途について検

討を深めていきたい。

## 謝辞

本調査は、JSPS科学研究費基盤研究(C)「北方交易の展開にともなう擦文文化集団の拡散についての考古学的研究」(研究代表者 鈴木琢也;20K01084)、基盤研究(A)「北からの視点・考古科学分析・広域比較に基づく日本古墳築造の総合的研究」(研究代表者 菊地芳朗 研究分担者 鈴木琢也;23H00010)、学術変革領域研究(A)「土器の年代と使用法の化学的解明」(研究代表者 國木田大;20H05813)、基盤研究(B)「キビと水棲動物利用マップの作成—脂質バイオマーカー分析から探る弥生時代の食性—」(研究代表者 宮田佳樹;23K25405)の成果の一部である。

試料の採取にあたっては、柴野初音氏の協力を得た。また、本調査にあたり、以下の方々より有益なご助言を頂いた。記して感謝の意を表したい(敬称略)。

稲垣森太 工藤研治 佐藤智雄 関野禎

## 引用文献

- 阿部芳郎・栗島義明・米田穰 2021. 縄文土器の作り分けと使い分け—土器付着炭化物の安定同位体分析からみた後晩期の器種組成の意味—. 日本考古学 53: 41-61. 一般社団法人日本考古学協会.
- 白杵勲・坂本稔 2005. 試料の分析と年代の検討. 科学研究費補助金基盤研究(B)(2)北海道における古代から近世の遺跡の暦年代平成16年度研究成果報告書. 4-11. 札幌学院大学人文学部.
- 大賀克彦 2023. 副葬玉類からみた青苗遺跡の埋葬時期と被葬者. 青苗遺跡重要資料総括報告書. 37-56. 奥尻町教育委員会.
- 岡安雅彦・宮田佳樹・竹原弘展・堀木真美子 2021. 遠賀川系土器の黒色物質の脂質分析と塗布方法の考察. 研究紀要 22: 17-28. 愛知県埋蔵文化財センター.
- 奥尻町教育委員会編 2023. 青苗遺跡重要資料総括報告書. 114. 奥尻町教育委員会.
- 菊地芳朗 2023. 奥尻島「山本台地」墳墓出土刀とその所有者. 青苗遺跡重要資料総括報告書. 71-80. 奥尻町教育委員会.
- 國木田大 2023. 土器による調理—土器付着物からの分析—. 北海道考古学の最前線. 35-38. 雄山閣.
- 國木田大・高瀬克範・江田真毅・高倉純・中澤祐一 2023a. 土器付着炭化物を用いた擦文文化の食性分析. 第22回北アジア調査研究報告会 発表要旨. 61-64. 北アジア調査研究報告会実行委員会.
- 國木田大・高瀬克範・稲垣森太・米田穰 2023b. 土器付着炭化物を用いた奥尻島における先史文化の食性分析. 日本文化財科学会第40回大会研究発表要旨集. 208-209. 日本文化財科学会.
- 榊田朋広 2016. 擦文土器の研究. 349. 北海道出版企画センター.
- 斜里町教育委員会編 2011. ウトロ遺跡. 斜里町教育委員会.
- 鈴木和夫 1950. 奥尻島調査概報. 郷土の今昔. 創刊号. 7-9. 札幌西高等学校郷土研究部.

- 鈴木琢也 2025. 擦文文化期の交流・交易. 貿易陶磁研究 45: 67-81. 日本貿易陶磁研究会.
- 瀬川拓郎 2005. アイス・エコシステムの考古学. 245. 北海道出版企画センター.
- 高瀬克範・柴野初音・加藤永里 2023. 奥尻島における先史植物利用—レプリカ法による検討—. 第22回北アジア調査研究報告会 発表要旨. 21-24. 北アジア調査研究報告会実行委員会.
- 平河内毅 2020. 土器付着炭化物および胎土残存脂質を用いた史跡チャシコツ岬上遺跡の食性復元. 知床博物館研究報告 42: 39-46. 斜里町立知床博物館.
- 福島大学行政社会学類考古学研究室 2025. 青苗遺跡1-2023・2024北海道奥尻町青苗遺跡学術発掘調査概報. 38. 福島大学行政社会学類考古学研究室.
- 北海道開拓記念館編 1999. 札幌西高等学校郷土研究部・奥野清介氏資料目録. 49. 北海道開拓記念館.
- 堀内晶子・宮内信雄・吉田邦夫・宮田佳樹・下濱貴子 2019. 第七章 補足編3 八日市地方遺跡出土土器胎土の脂質分析及び付着物の安定同位体分析. 八日市地方遺跡V. 99-109. 小松市埋蔵文化財センター.
- 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利用の評価—礼文島浜中2遺跡、真脇遺跡出土土器など—. 日本文化財科学会第32回大会研究発表要旨集. 40-41. 日本文化財科学会.
- 宮田佳樹・宮内信雄・堀内晶子・吉田邦夫・村本周三・小林克也・平河内毅 2020. 北海道斜里町チャシコツ岬上遺跡出土土器の残存有機物分析. 知床博物館研究報告 42: 29-37. 斜里町立知床博物館.
- 村本周三・福井淳一・宮田佳樹 2021. 土器付着炭化物の安定同位体分析から見た日本列島先史時代の古食性の特徴について. 日本文化財科学会第38回大会研究発表要旨集. 32-33. 日本文化財科学会.
- 村本周三・福井淳一・宮内信雄・堀内晶子・國木田大・宮田佳樹 2023a. 北海道東部における古食性分析. 一般社団法人日本考古学協会第89回総会研究発表要旨. 54. 一般社団法人日本考古学協会.
- 村本周三・福井淳一・宮内信雄・小澤仁嗣・堀内晶子・宮田佳樹 2023b. 厚岸湖周辺における土器を用いた調理について. 日本文化財科学会第40回大会研究発表要旨集. 220-221. 日本文化財科学会.
- 村本周三・福井淳一・宮内信雄・堀内晶子・小澤仁嗣・國木田大・宮田佳樹 2024. 北海道オホーツク海沿岸地域における古代の土器調理の変遷. 一般社団法人日本考古学協会第90回総会研究発表要旨. 107. 一般社団法人日本考古学協会.
- 村本周三・福井淳一・宮内信雄・小澤仁嗣・堀内晶子・宮田佳樹 2025. 北海道網走湖周辺における先史時代の土器調理の変遷. 一般社団法人日本考古学協会第91回総会研究発表要旨. 67. 一般社団法人日本考古学協会.
- 吉田邦夫・宮内信雄・堀内晶子・宮田佳樹 2018. 日本列島産現生生物の分子レベル炭素同位体組成と脂質組成に基づく食性解析. 日本考古学協会第84回総会研究発表要旨集. 108-109. 一般社団法人日本考古学協会.
- Correa-Ascencio, M., and Evershed, RP., 2014. High throughput screening of organic residues in archaeological potsherds using direct acidified methanol extraction. *Analytical Methods* 6: 1330-1340.
- Evershed, RP., Heron, C., and Goad, LJ., 1990. Analysis of organic residues of archaeological origin by high-temperature gas chromatography and gas chromatography-mass spectrometry. *Analyst* 115: 1339-1342.
- Evershed, RP., Arnot, KI., Collister, J., Eglinton, G., and Charters, S., 1994. Application of isotope ratio monitoring gas chromatography-mass spectrometry to the analysis of organic residues of archaeological origin. *Analyst* 119: 909-914.
- Evershed RP., 2008a, Organic residue analysis in archaeology: The archaeological biomarker revolution. *Archaeometry* 50 (6) ; 895-924.
- Evershed, RP., 2008b, Experimental approaches to the interpretation of absorbed organic residues in archaeological ceramics. *World Archaeology* 40: 26-47.
- Evershed, RP., Copley, MS., Dickson, L., and Hansel, FA., 2008, Experimental evidence for the processing of marine animal products and other commodities containing polyunsaturated fatty acids in pottery vessels. *Archaeometry* 50: 101-113.
- Hansel, FA., Copley, MS., Madureira, LAS., and Evershed, RP., 2004, Thermally produced  $\omega$ - (o-alkylphenyl) alkanolic acids provide evidence for the processing of marine products in archaeological pottery vessels. *Tetrahedron Letters* 29: 2999-3002.
- Heron, C., Shoda, S., Breu Barcons, A., Czebreszuk, J., Eley, Y., Gorton, M., Kirleis, W., Kneisel, J., Lucquin, A., Müller, J., Nishida, Y., Son, J-H., and Craig, OE., 2016. First molecular and isotopic evidence of millet processing in prehistoric pottery vessels. *Scientific Reports* 6: 38767.
- Horiuchi, A., Miyata, Y., Kamijo, N., Cramp, L., and Evershed, RP., 2014. A dietary study of the Kamegaoka culture population during the final Jomon period, Japan using stable isotope and lipid analyses of ceramic residues. *Radiocarbon* 57: 721-736.
- Lucquin, A., Gibbs, K., Uchiyama, J., Saul, H., Ajimoto, M., Eley, Y., and Radini, A., 2016. Ancient lipids document continuity in the use of early hunter-gatherer pottery through 9,000 years of Japanese prehistory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113: 3991-3996.
- Papakosta, V., Smittenberg, RH., Gibbs, K., Jordan, P., and Isaksson, S., 2015. Extraction and derivatization of absorbed lipid residues from very small and very old samples of ceramic potsherds for molecular analysis by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) and single compound stable carbon isotope analysis by gas chromatography-combustion-isotope ratio mass spectrometry (GC-C-IRMS). *Microchemical Journal* 123: 196-200.
- Sleeman, R., and Carter, JF., 2005. Selected Ion Monitoring. *Mass Spectrometry, Encyclopedia of Analytical Science* (2nd ed., pp. 423-430). Elsevier.
- Yoshida, K., Kunikita, D., Miyazaki, Y., Nishida, Y., Miyao, T., and Matsuzaki, H., 2013. Dating and stable isotope analysis of charred residues on the Incipient Jomon pottery (Japan). *Radiocarbon* 55: 1322-1333.

## Organic Residue Analysis of Satsumon Pottery Excavated from the Aonae Site, Okushiri Island: Materials held in the Hokkaido Museum Collection

MURAMOTO Shuzo, SUZUKI Takuya, FUKUI Junichi, MIYAUCHI Nobuo,  
OZAWA Hitoshi, HORIUCHI Akiko and MIYATA Yoshiki

---

This study conducted carbon and nitrogen stable isotope analysis and lipid analysis of charred residues adhering to Satsumon pottery—long-bodied jars, bowls, and pedestal bowls—excavated from the 10th–11th century Aonae site on Okushiri Island. Lipid analysis was also performed on the ceramic matrix of the vessels.

The results indicate that the long-bodied jars were likely used for mixed cooking involving marine mammals and C<sub>3</sub> plants. The detection of miliacin, a biomarker for broomcorn millet (*Panicum*

*miliaceum*), further suggests that C<sub>4</sub> plants were also processed together. The bowls exhibited surface char similar to that observed on the long-bodied jars, and their lipid compositions were likewise comparable, implying that they may also have been used for cooking. Although the pedestal bowls yielded similar analytical signatures, no traces of char or other use-wear were observed, leaving the relationship between their function and lipid composition as an issue for future investigation.

---

MURAMOTO Shuzo : Department of Environment and Lifestyle, Hokkaido government  
SUZUKI Takuya : Museum Research Center, Hokkaido Museum  
FUKUI Junichi : Hokkaido Archaeological Operations Center  
MIYAUCHI Nobuo, OZAWA Hitoshi : The University Museum, The University of Tokyo  
HORIUCHI Akiko : Former International Christian University  
MIYATA Yoshiki : The University Museum, The University of Tokyo

---