

原 著

庄田慎矢¹・松谷暁子²・國木田 大³・渋谷綾子⁴：
岡山県上東遺跡出土の弥生土器に付着した炭化物の由来を探る

Shin'ya Shoda¹, Akiko Matsutani², Dai Kunikita³ and Ayako Shibutani⁴：
Multi-analytical approach to the origin of charred remains on Yayoi pottery
from the Joto site, Okayama

要 旨 煮炊きで使用された土器の内面に付着した炭化物の由来を探ることは、先史時代の食用植物の利用形態の復元に重要な役割を果たす。縄文時代の土器付着物に比べ弥生時代の分析事例は極めて少ないため、弥生土器による炊事の研究も活発に行う必要がある。本論では、内面付着炭化物が極めて良好な状態で検出された岡山県上東遺跡の弥生土器内面付着物を、煮炊き痕跡と炭化物の産状の観察に基づいてサンプリングし、①走査型電子顕微鏡による観察、②炭素・窒素安定同位体比の測定、③残存デンプン粒分析の三つの手法によって検討した。その結果、付着物の顕微鏡観察でイネ穎果の果皮の一部である横細胞層が観察されたことから、この付着物は、糠層が残存している状態のイネ穎果と考えられた。また安定同位体比は C₄ 植物の寄与を示さなかったため、この炭化物がイネ由来であるという見解が傍証された。一方残存デンプン粒分析からは、根茎・球根類を含む他の食物も調理していた可能性が示唆されたが、サンプリングにおける問題から同一土器による調理物か否かの断定はできなかった。解決すべき課題も多く残されたが、本研究で示したような総合的な方法による研究事例を蓄積することで、弥生時代の食用植物利用についての有力な議論の材料が得られることが期待される。

キーワード：安定同位体、残存デンプン粒、食性復元、土器付着炭化物、弥生土器

Abstract Unlike the studies on Jomon pottery, much fewer scientific approaches have been conducted to the residues on Yayoi pottery. Charred remains on pottery plays an important role in the reconstruction of edible plant use in the prehistoric time. This paper aims at investigating the origin of charred remains on the Yayoi pottery excavated from the Joto site in Okayama prefecture. To clarify cooking traces on the pottery, we used three methods, an observation of charred remains by scanning electron microscopy, a carbon and nitrogen stable isotopic analysis, and a starch residue analysis. We found identifiable features of rice on the broken grains that had not fully removed bran. Also the ratios of stable isotope showed that there is no contribution of C₄ plants. The starch grains extracted from the sampled pottery suggested that the residues might contain other starchy foods, although their association with the pottery could not be confirmed. Though some problems remained to be solved, the comprehensive method used in this paper can promote discussion of the edible plant use in the Yayoi period, which has not been verified from botanical perspectives yet.

Keywords: charred residue on pottery, dietary reconstruction, stable isotope, starch grains, Yayoi pottery

はじめに

土器の内面に付着したコゲなどの炭化物が、加速器を用いる測定法の開発によって土器の使用年代や調理内容物を探る資料として活用できることが注目されたのは、日本では1990年代以降である(中村ほか, 1990)。以後、食性

復元の視点から付着炭化物の由来を追究する試みが宮田(2008)や吉田(2008)らによって進められているが、分析対象が縄文時代に集中しており弥生時代の事例は少ない。弥生土器は、土鍋の大きさによる炊飯用・オカズ用の使い分けが指摘される(小林, 2004)など土器使用の面で縄

¹ 〒634-0025 奈良県橿原市木之本町 94-1 国立文化財機構 奈良文化財研究所
National Research Institute for Cultural Properties, Nara, 94-1 Kinomoto, Kashihara, Nara 634-0025, Japan

² 〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学総合研究博物館
The University Museum, The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo, Tokyo 113-0033, Japan

³ 〒093-0216 北海道常呂郡常呂町栄浦 384 東京大学文学部北海文化研究常呂実習施設
Tokoro Research Laboratory, Graduate School of Humanities and Sociology, The University of Tokyo, 384, Sakaeura, Tokoro, Hokkaido, 093-0216, Japan

⁴ 〒739-8524 広島県東広島市鏡山 1-1-1 広島大学総合博物館
Hiroshima University Museum, 1-1-1, Kagamiyama, Higashi-hiroshima, Hiroshima, 739-8524, Japan

文土器とは異なった特徴を持つ。また、コメを炊くという炊事方法がこの時期から始まるという点からも、弥生土器による炊事方法に対する研究は重要である。

岡山県上東遺跡P-ト遺構（井戸状遺構，図1）からは，通常は残ることの少ない粒状の炭化物が極めて良好な状態で付着した土器が出土している（岡山県教育委員会，1974）。これらの炭化物については調理に伴う様々な痕跡や付着物の観察による検討から，コメないしアワ，ヒエの穎果と推定されているが（笠原，1974；小林・柳瀬，2002；岡山県教育委員会，1974；徳澤ほか，2007），その植物学的根拠は明らかにされてこなかった。また，P-ト遺構から400～500 m南に位置する地点から出土した土器付着物についてもイネとアワの穎果が含まれていると報告されているが（松谷，2001），穎果の中の細かな構造を識別の根拠とするには至っていない。土器付着物の起源となる物質の同定に関しては，これまで付着物に残存する微細構造を，由来となる物質の微細構造と比較する方法（松谷，2001，2006），付着物の炭素・窒素安定同位体比を測定することで由来となる物質を探る方法（宮田，2008；Morton & Schwarcz，2004），土器付着物に残存するデンプン粒の形態によって候補となる植物を推定する方法（渋谷，2007；Zarrillo et al.，2007）などがなされているが，1つの対象について1つの方法が適用されるのみで，それぞれの利点を生かした総合的な研究は見受けられない。

そこで，本研究においては，土器付着炭化物の保存状態が良好な上東遺跡P-ト遺構出土の土器No. 315とNo. 343（いずれも弥生時代後期，上東・才の町Ⅱ式）の付着炭化物と土器表面の残存デンプン粒について，上述の3方法で分析を行い，その結果を総合して土器付着物の由来を探った。なお，本文中で「イネ」といった場合には植物としてのイネを，「コメ」「米」といった場合は食物としてのイネを指すこととし，それぞれ使い分けた。また，引用文中の表現は原著に従った。本研究と並行して同じ試料に対する古DNA分析を行った（庄田・熊谷，2010）が，それについては後述する。

分析資料と方法

1. 分析資料

分析対象としたのは，岡山県岡山市と倉敷市の市街地のほぼ中間に位置する上東遺跡P-ト遺構出土土器のうち，特に内面付着物が多く認められる土器No. 315とNo. 343（弥生時代後期，上東・才の町Ⅱ式）である。P-ト遺構は，平面長軸210 cm，短軸約140 cmで深さが260 cmの井戸状遺構である。遺構内の深さ180～80 cmで，完形の土器が積み重なるように出土した（図1）。出土した土器の総個体数は65個体を超える。土器No. 315とNo. 343は，

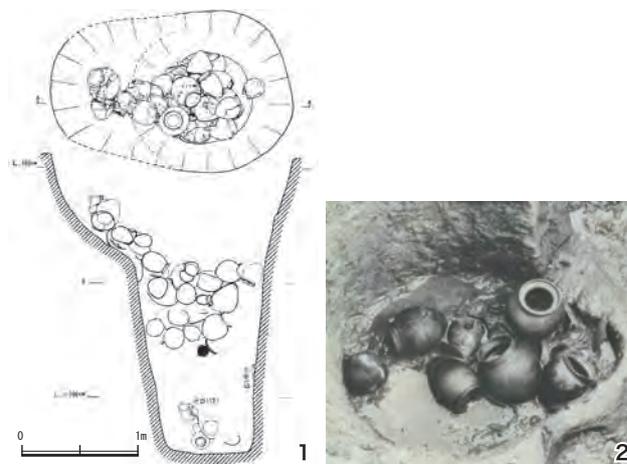


図1 岡山県上東遺跡P-ト遺構遺物出土状況（岡山県教育委員会，1974）。— 1：平面および断面図，2：出土状況。

Fig. 1 The archaeological context of excavated pottery from the Joto site, Okayama (Okayama Educational Board, 1974). — 1: Plan and cross section, 2: Excavated context.

このうちの2点である。また，同遺構からは土器だけでなく，木器やモモ核，トチノミ，センナリビヨウタン，マクワウリなどの種子が出土した（岡山県教育委員会，1974）。なお，土器No. 315とNo. 343の付着物については，小林・柳瀬（2002）らが肉眼観察で「米粒」としているが，同定の根拠は提示されていない。

2. 土器付着炭化物の観察

土器No. 315とNo. 343のそれぞれについて，外面，内面ともに互いに180度異なる向きからの肉眼観察を行い，炭化物のススや焦げ，内容物が吹きこぼれた痕跡などを土器の実測図上に記録した（図2：1）。試料は残存デンプン粒分析用（S）と顕微鏡観察および炭素・窒素安定同位体分析用（C）に区別し，土器外面底部付近から順に内面底部に向かって番号をつけた。

3. 顕微鏡観察

土器No. 315とNo. 343の内面に付着した炭化物は替刃式のメスの先端で剥がし取って採取した（サンプルの形状は図2：4を参照）。サンプリングにあたり，サンプル箇所ごとに刃を取り換え，各部位について20粒程度の炭化物を採取した。これらの炭化物を実体顕微鏡によって観察し，植物組織が残っているように見えるものを土器No. 315から7点，土器No. 343から11点選び出し，走査型電子顕微鏡観察用の試料とした。観察には東京大学総合博物館の走査型電子顕微鏡日立S2250（白金パラジウムで300秒蒸着）および東京大学理学部植田研究室の走査型

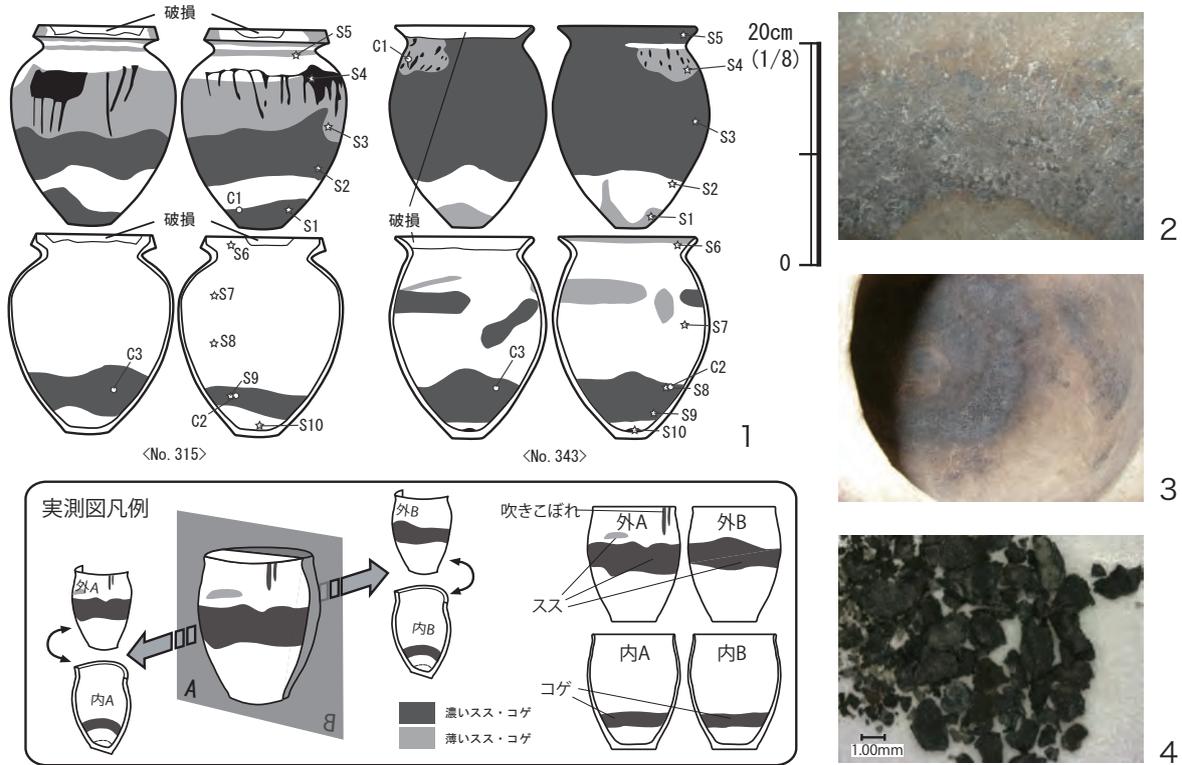


図2 分析対象土器(岡山県古代吉備文化財センター蔵)と試料。— 1: 分析対象土器の炊事痕跡とサンプリング箇所 (C: 安定同位体比測定用サンプル, S: 残存デンプン粒分析用サンプル) および炭化物の産状と形状 (小林・柳瀬, 2002 を改変), 2: 土器 No. 315 の内面付着炭化物 (C3 とその周囲), 3: 土器 No. 343 の内面付着炭化物 (C3 とその周囲), 4: 剥がし取った試料の形状 (No. 343-C2)。

Fig. 2 Pottery and samples. — 1: Cooking trace of pottery and sampling points (after Kobayashi & Yanase, 2002), 2: Charred remains attached to the interior of pottery No. 315 (around C3), 3: Charred remains attached to the interior of pottery No. 343 (around C3), 4: shapes of samples (No. 343-C2).

電子顕微鏡日立 TM1000 (無蒸着) を用いた。

4. 炭素・窒素安定同位体分析

土器付着炭化物の $\delta^{13}\text{C}$ および $\delta^{15}\text{N}$ を測定することにより、試料が海洋生物、 C_4 植物、 C_3 植物、陸上動物のどのグループに強く依存しているかを推定できる (宮田, 2008; 吉田, 2008)。顕微鏡観察用と同様に、土器 No. 315 の 2 ヶ所 (C2, C3), 土器 No. 343 の 1 ヶ所 (C2) から替刃式メスの先端で剥がし取った炭化物のうち、形状が不明確なものを試料として抽出した。No. 315-C2 試料では無作為に選んだ 4 片を、No. 315-C3 試料では 2 片、No. 343-C2 試料では 4 片について測定を行った。測定点数を増やすことで、各試料採取部分で偏りがあるかどうかの検討も行った。安定同位体比の測定は、東京大学総合研究博物館に設置されている IsoPrime EA 安定同位体比質量分析装置 (Micromass, UK) を用いた。なお、試料量が微量であったために各測定試料の化学処理は行っておら

ず、測定回数は、試料量に応じて 1~3 回測定を行っており、複数回の測定の平均値を示している。測定誤差は、標準試料 (窒素の場合は値決めされたグリシン、炭素の場合は ANU スクロース) のばらつきを付記している。したがって、誤差は試料の均一性を保障するものではない。

5. 残存デンプン粒分析

土器 No. 315 と No. 343 のそれぞれについて、外面から 5 ヶ所 (S1~S5), 内面から 5 ヶ所 (S6~S10), マイクロピペットを器面に直接あて精製水 50 μl を押し出して土器に水分を含ませ、その液体を吸い取る方法を執った。この方法は石器の表面から試料を採取する方法 (Loy & Fullagar, 2006) を参考に行った。調理物との関係を検討するために、調理物と接していたと推定される部分とそうでない部分の複数箇所から試料を採取した。採取した試料はすべて、現生標本の作製方法 (渋谷, 2010) と同じ方法でプレパラートを作製した。作製時には試料を入れな

いブランクスライドを毎回作製し、スライドガラスやカバーガラス、スライド封入剤の汚染の有無を確認した。次に、偏光顕微鏡 (Nikon ECLIPSE E600, 倍率:100 ~ 400 倍) を用いて、接眼レンズを 10 倍、対物レンズを 40 倍とした視野条件で観察した。写真については、検出した残存デンプン粒の外形や粒芯、層状構造を記録するために開放ニコルの像 (写真番号 a) を、形成核の位置や偏光十字の形状を記録するために直交ニコルの像 (写真番号 b) を撮影した。分析試料のプレパラートの作製と偏光顕微鏡による観察は、国立民族学博物館の動植物標本資料室で行った。

本研究では 2010 年までに作製した 49 属 73 種の現生デンプン粒標本の観察結果 (渋谷, 2009, 2010) をふまえ、植物の同定を可能とさせる形態学的な特徴のうち外形と大きさに着目し、検出した残存デンプン粒の植物の種類を検討した。

6. 土器によるコメの調理実験

2008 年 6 月に東北芸術工科大学において、同大学北野博司准教授らの助力を得て、庄田らが復元土器によるコメやアワの調理実験を行い、本研究の観察対象との比較資料を準備した。コメについては石川県産コシヒカリを五分搗きに精米したものを、アワについては種皮を取り除いた状態の市販のものを使用し、加熱調理を 1 時間弱行った。この実験に関する詳しい内容は未発表である。

7. 放射性炭素年代測定

炭化物の年代を検証するため、土器 No. 315 から 1 点、No. 343 から 2 点の粒状付着物について、AMS による ^{14}C 年代測定を行った (表 1)。測定は (株) 古環境研究所に委託し、パレオ・ラボ AMS 年代測定グループによって行われた。結果、土器型式の年代である弥生後期 (紀元後 1 ~ 3 世紀) と合致することを確認した。

結 果

1. 炭化物付着状態の観察

土器 No. 315 は胴部外面の上半に吹きこぼれ痕が卓越し、胴中部に薄いスス、下半では濃いススが付着しているが、強く火を受けた部分はススが酸化しているため帯状に空白部が認められた。これと対応する位置の内面下部では強い被熱のため帯状にコゲが付着しているが、コゲを詳細に観察すると粒状の塊の集合であることが分かった (図 2: 2)。

土器 No. 343 は胴部中部より上の広い範囲が濃いススでおおわれ、下部の強く火を受けた部分が酸化し、それに対応する内面下部に濃いコゲを確認した。内面上部にも帯状、パッチ状のコゲが観察される。下部のコゲでは粒状の塊を多く確認した (図 2: 3)。

2. 走査型電子顕微鏡による観察

採取したサンプルを予備的に実体顕微鏡で観察したところ、土器 No. 315 の付着炭化物は形態上の残存状態が悪く、植物の種実かどうかは判断できなかった。土器 No. 343 の内面付着炭化物 C2 および C3 では楕円形の大型の粒 (約 2.5 ~ 3.5 mm) と円形に近い小型の粒 (約 1.5 ~ 2.0 mm) が観察され、その形状から大型の粒はイネの穎果の可能性、小型の粒はアワ、キビ、ヒエなどの穎果の可能性が想定されたものの、外形のみから断定することは困難であった (図 2: 4)。

実体顕微鏡によってアワ、キビ、ヒエの穎果の可能性が想定された土器 No. 343 の 3 点の炭化物粒を走査型電子顕微鏡によって 200 倍の倍率で観察した結果、3 点ともに残存状態の良好な部分に多数の縦方向の平行線ともいえるべき共通の構造が認められた。この平行線は、倍率を 500 倍に高くすると線の間隔は均一ではなくなり、直線ではなくなるが極めて長い線が多数配列し、各線の切れ目は明確で

表 1 上東遺跡出土土器付着炭化物の放射性炭素年代測定及び暦年校正の結果
Table 1 ^{14}C dates and calibrated ages of charred remains on Yayoi pottery from the Joto site

試料データ	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	暦年校正用年代 (yr BP $\pm 1\sigma$)	^{14}C 年代 (yr BP $\pm 1\sigma$)	^{14}C 年代を暦年代に校正した年代範囲		測定番号
				1 σ 暦年代範囲	2 σ 暦年代範囲	
土器 No.315 C2						
試料の種類: 炭化米 状態: dry	-28.56 \pm 0.11	1857 \pm 20	1855 \pm 20	125AD (68.2%) 215AD	80AD (95.4%) 230AD	PED-11432
土器 No. 343 C2						
試料の種類: 炭化米 状態: dry	-27.55 \pm 0.11	1879 \pm 20	1880 \pm 20	75AD (68.2%) 135AD	70AD (95.4%) 220AD	PED-11433
土器 No.343 C3						
試料の種類: 炭化米 状態: dry	-27.52 \pm 0.10	1919 \pm 21	1920 \pm 20	60AD (40.4%) 90AD 95AD (27.8%) 125AD	20AD (95.4%) 130AD	PED-11434

^{14}C 年代の暦年校正には OxCal3.10 (校正曲線データ: INTCAL04) を使用した。

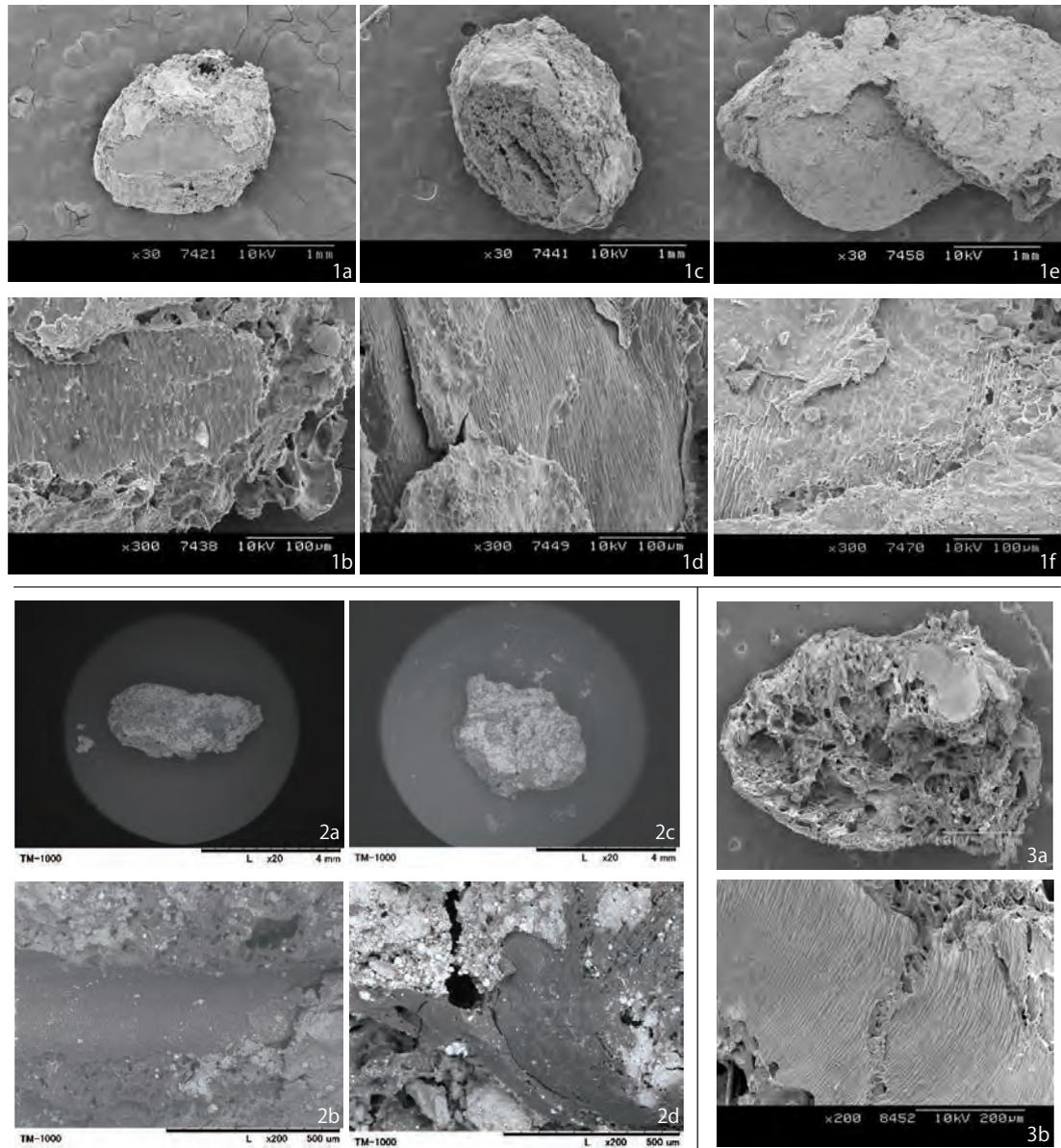


図3 試料のSEM写真。— 1: 土器 No. 343 C2 から採取された炭化物, 2: 土器 No. 343 C2 から採取されたイネ穎果と推定される粒, 3: 土器を用いた調理実験による炭化五分搗き米 (東北芸術工科大学にて作製)。上段: 外形, 下段: 拡大。

Fig. 3 SEM photos of the samples. — 1: Grains from spot C2 of pottery No. 343, 2: Two carbonized grain fragments supposed to be rice from spot C2 of pottery No. 343, 3: Experimentally carbonized rice grains with pottery (at TUAD). a, c, e: shape; b: detail.

はない (図3: 1b, 1d, 1f)。これまで、アワ・キビ・ヒエの穎果の観察では、このような構造が観察されていない。

次に、土器 No. 343 の内面付着炭化粒の中から大型の粒 (約 2.5 ~ 3.5 mm) を 8 点選び、表と裏の両側を SEM で観察したところ、8 点中 6 点から小型の粒に認められるのと類似の構造が見出された (図3: 2b, 2d)。従って、大きい粒と小さい粒は同じ種類の粒であり、小さい粒は、より

大きな粒が壊れたものと想定した。なお、残りの 2 点からは多数の平行線からなる組織は見出されなかった。

一方、土器 No. 315 から採取した 7 点の付着炭化物それぞれの表裏を SEM で観察したところ、このうち 6 点の試料から上記の土器 No. 343 の試料と同様の構造が見出された (図4: 4a-4d)。また、東北芸術工科大学における調理実験で作成された五分搗き米の炭化イネ穎果を、

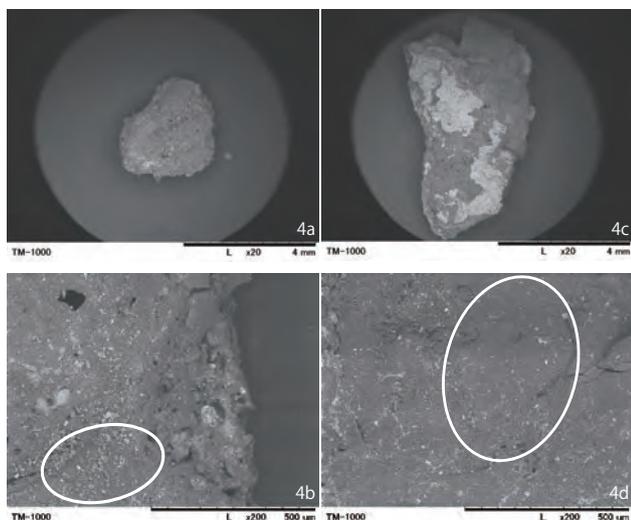


図4 土器 No. 315 C3 から採取されたイネ穎果と推定される粒のSEM写真(上段:外形, 下段:拡大)。

Fig. 4 Photomicrograph of two carbonized grain fragments supposed to be rice from spot C-3 of pottery No. 315. a, c: shape; b, d: detail.

表2 測定試料の炭素・窒素同位体比, 炭素・窒素含有率, C/N比

Table 2 Ratio and contents of carbon and nitrogen isotopes, C/N ratio

試料名	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	C(%)	N(%)	C/N
315C2-1	-26.9 ± 0.4	0.8 ± 0.2	53.6	2.4	25.7
315C2-2	-26.6 ± 0.2	1.5 ± 0.2	54.5	2.8	22.8
315C2-3	-27.3 ± 0.3	2.6 ± 0.2	54.4	3.4	18.5
315C2-4	-28.5 ± 0.3	3.1 ± 0.2	45.6	3.2	16.7
315C3-1	-27.3 ± 0.3	5.0 ± 0.2	44.9	4.9	10.8
315C3-2	-26.1 ± 0.3	2.8 ± 0.2	46.7	3.2	17.2
343C2-1	-26.1 ± 0.1	0.5 ± 0.2	43.7	3.7	13.8
343C2-2	-25.4 ± 0.1	-2.1 ± 0.2	33.2	2.9	13.2
343C2-3	-26.1 ± 0.1	-1.0 ± 0.2	39.9	2.5	18.8
343C2-4	-26.1 ± 0.1	-0.4 ± 0.2	40.7	3.5	13.5

SEMを使用して200倍で観察したところ, 極めて長い線が多数平行に存在するという, 土器 No. 315 や No. 343 で見られたものと同じ構造が見出された(図3: 3a, 3b)。

3. 炭素・窒素安定同位体比

測定の結果, $\delta^{13}\text{C}$ 値は -28.5 ± 0.3 ~ -25.4 ± 0.1 , $\delta^{15}\text{N}$ 値は -2.1 ± 0.2 ~ 5.0 ± 0.2 で, とともに C_3 植物の範囲とされる約 -30 ~ -22% ($\delta^{13}\text{C}$ 値), 約 -5 ~ 7% ($\delta^{15}\text{N}$) の値の範囲内に分布することから, C_4 植物が関与しているとは認められなかった(表2)。 $\delta^{15}\text{N}$ が -2 ~ $+3\%$ 付近(1点は 5% でやや高い)の低い範囲に分布すること(図

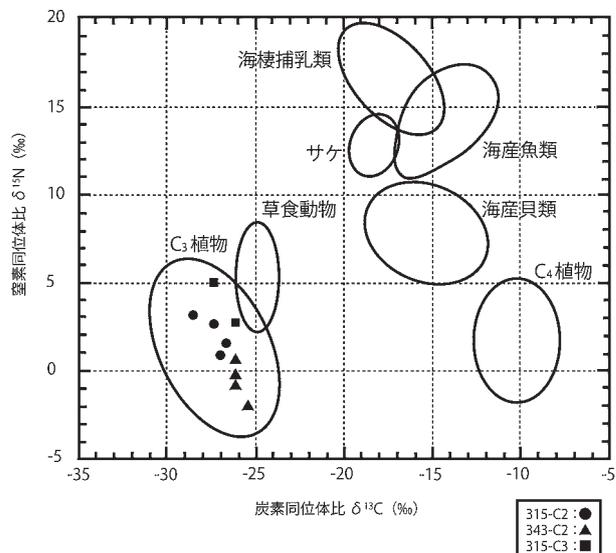


図5 測定試料の炭素・窒素同位体比。

Fig. 5 Stable carbon and nitrogen isotope ratios of samples.

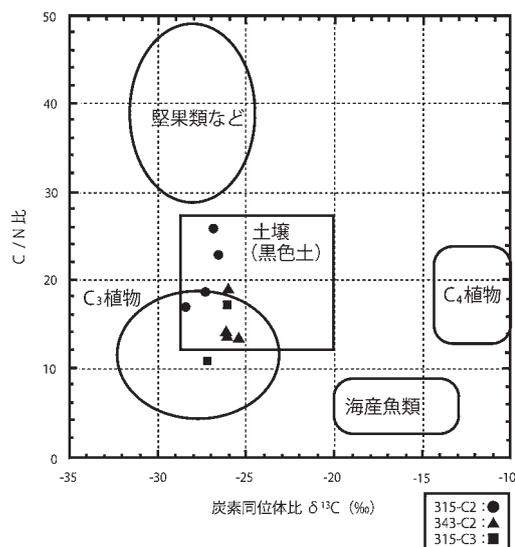


図6 測定試料の炭素同位体比とC/N比(原子量比)。

Fig. 6 Stable carbon isotope ratios and C/N atomic ratios of samples.

5), 窒素含有率が比較的低いC/N比10 ~ 30の範囲で分布している(図6)ことを考慮すると, 動物性タンパク質は関与していないと考えられる。

4. 残存デンプン粒の検出状況と検出形態

土器 No. 315 からは計94個, No. 343からは計10個のデンプン粒が検出された(表3, 4)。No. 315では土器内面だけでなく, 外面の試料からもデンプン粒が検出され, 植物繊維や細胞組織の微細な断片も検出された。残存デンプン

表3 土器 No. 315 の試料から検出したサンプル別・形態別残存デンプン粒 (個) (形態は渋谷, 2010 による)

Table 3 Types of starch grains extracted from residues of pottery No. 315 (no. of grains)(types after Shibutani, 2010)

Sample	Type of starch grains										計
	AI	AII	AIII	BI	BII	BIII	CI	CII	CIII	D	
S1	5	1	0	1	1	0	0	0	1	4	13
S2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	12	14
S3	2	1	1	0	2	0	0	0	0	0	6
S4	0	1	0	0	2	1	0	1	0	6	11
S5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
S6	0	5	4	0	0	1	0	0	0	3	13
S7	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	3
S8	9	0	0	0	0	0	0	1	0	8	18
S9	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6
S10	1	2	0	0	0	0	0	2	0	4	9
計	20	12	5	1	8	2	0	4	1	41	94

デンプン粒の大半は分解しており (図7: 1a, 1b), 粒子の部分的な損傷や熱による溶解, 偏光十字の消失などの状態を呈していた。遺存状態の良いものとして, 単独粒や複数粒 (図7: 2a, 2b), 植物の細胞組織や繊維の中にデンプン粒が含まれたもの (図7: 3a, 3b), 青色をおびたデンプン粒を確認した。

土器 No. 315 から検出したデンプン粒の形態は, 円形 (径 2 ~ 20 μm , 図7: 4a, 4b) やいびつな円形 (径 8 ~ 24 μm , 図7: 5a, 5b), 楕円形 (長径 8 ~ 34 μm , 短径 2 ~ 26 μm , 図7: 6a, 6b), 半楕円形 (長さ 10 ~ 12 μm , 幅 10 ~ 16 μm , 図7: 7a, 7b), 三角形 (1 辺 10 μm , 図7: 8a, 8b), いびつな四角形 (1 辺 10 μm , 図7: 9a, 9b), 五角形 (1 辺 10 ~ 12 μm , 図7: 10a, 10b) であった。土器 No. 343 については, 土器外面の試料 (S1 ~ S4) と内面の試料 (S8) から単独粒を検出し, 円形 (径 10 ~ 18.6 μm , 図7: 11a, 11b, 12a, 12b) や楕円形 (長径 24.3 μm , 短径 13 μm , 図7: 13a, 13b), 四角形 (1 辺 10 μm , 図7: 14a, 14b), 五角形 (1 辺 10 μm , 図7: 15a, 15b) を確認したが, S5, S6, S7, S9, S10 からは検出されなかった。

土器 No. 315 と No. 343 から検出した残存デンプン粒の形態をふまえ, 残存デンプン粒の候補となる植物の種類を検討し, 現生デンプン粒標本 49 属 73 種 (渋谷, 2009, 2010) のうち, 日本の先史時代に利用されたと想定できる有用植物の中から候補となる 37 属 59 種の植物を提示した (表 5)。残存デンプン粒の外形と大きさをこれらの植物のデンプン粒と比較したところ, 土器 No. 315 と No. 343 のどちらにおいても, 半円形や丸みをおびた三角形・卵形のデンプン粒をもつヤマノイモや, 粒径が非常に小さく, 多数の粒子が密集した状態や植物細胞内にデンプン粒

表4 土器 No. 343 の試料から検出したサンプル別・形態別残存デンプン粒 (個) (形態は渋谷, 2010 による)

Table 4 Types of starch grains extracted from residues of pottery No. 343 (no. of grains)(types after Shibutani, 2010)

Sample	Type of starch grains										計	
	AI	AII	AIII	BI	BII	BIII	CI	CII	CIII	D		
S1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
S2	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3
S3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
S4	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
S5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S8-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
S8-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
S9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計	2	1	1	0	2	0	0	0	3	0	1	10

が包含された状態で検出される場合が多いサトイモ (渋谷, 2010), 複粒構造をもつトチノキ (上條, 2010) やアズキ (渋谷, 2010) のデンプン粒の特徴は見られないことが分かった。さらに, 残存デンプン粒の粒径は現生標本のイネ, ヒエ, キビ, アワのデンプン粒の粒径よりも大きかった。このように明らかに異なる特徴をもつ植物の種類を除外すると, 土器 No. 315 は 21 属 35 種, No. 343 は 16 属 25 種が, 検出した残存デンプン粒の候補となる植物として挙げられる (表 5)。

考 察

本研究では, 肉眼による土器付着炭化物の産状の観察を基礎にして, 走査型電子顕微鏡による観察, 炭素・窒素安定同位体比の測定, 残存デンプン粒の抽出と観察という 3 種類の分析法を用いて, 上東遺跡出土の弥生土器付着物の由来を探った。

まず, 土器における調理痕跡や炭化物の産状の観察から, 小林・柳瀬 (2002) や徳澤ほか (2007) において想定されていたと同様に, 土器内面に付着していた炭化物は貯蔵されたものではなく, 加熱調理時に付着したものであると判断した。さらにこれら 2 個体の土器の調理対象物に, 小林・柳瀬 (2002) で「米粒」と推定されていた通りにイネ穎果が含まれていたという点と, 他の個体の付着物について笠原 (1974) や小林・柳瀬 (2002) で想定されたアワやキビ, ヒエ穎果が含まれていなかった可能性が非常に高いという点を新たに確認した。

通常, SEM によるイネ穎果の識別には糊の内外穎の表皮細胞が手がかりになるが, 土器 No. 315, No. 343 の付着物からは, イネ糊の特徴を示す構造は見出されなかった。

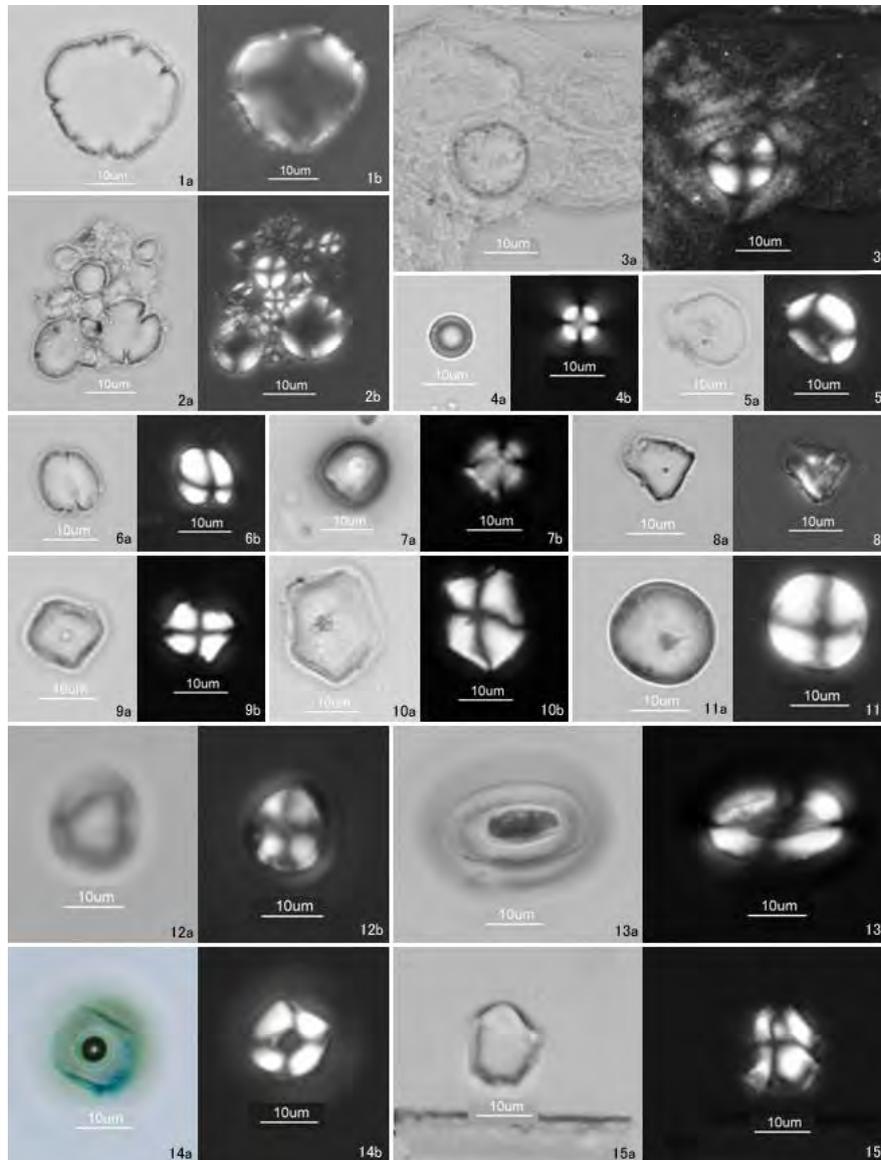


図7 上東遺跡の土器 No. 315 と No. 343 より検出した残存デンプン粒。— 1-10: 土器 No. 315 より検出 (S1:5, 9, 10, S2:1, S3:8, S4:7, S6:3, 6, S8:2, S9:4), 11-15: 土器 No. 343 より検出 (S2:11, 12, S4:14, 15, S8:13)。a : 開放ニコル, b : 直交ニコル。
 Fig. 7 Starch grains extracted from pots No. 315 and No. 343 from the Joto site. — 1-10: Starch grains from pot No. 315 (S1:5, 9, 10, S2:1, S3:8, S4:7, S6:3, 6, S8:2, S9:4), 11-15: Starch grains from pot No. 343 (S2:11, 12, S4:14, 15, S8:13). a: brightfield, b: brightfield with cross-polarised light.

粉片がまったく残っていないという状態は、比較的珍しい。地理的に近い岡山県津島遺跡の付着物でイネ粃やアワ粃が検出された例（松谷，2003）とは対照的に，上東遺跡では，今回のP-ト出土土器や別地点出土の土器付着物でも粉片がまったく検出されなかった（松谷，2001）。上東遺跡P-ト出土の土器付着物は，肉眼観察では保存状態が良いように見られるにもかかわらず，粒状の外形からは植物の種類判別は難しい状態であった。従って，外形による推定

や穎の検出以外の手段が必要であった。

イネ穎果の果皮は，表皮，中果皮，横細胞，管細胞からなり，中果皮と横細胞は，粒の長軸に直角に配列し，管細胞は長軸に沿っている（近藤，1934；星川，1979，図8）。イネの中果皮は，6～7列の細胞，横細胞は2列の細胞からなり，横細胞のほうが細長く，長さ500 μm，幅4～6 μmである。土器 No. 315 から採取された粒状炭化物7点のうち6点，No. 343 から採取された11点のうち9点から，

表5 現生資料のデンプン粒との形態上の比較によって残存デンプン粒の候補から除外できる植物 (x)

Table 5 Taxa excluded in the initial visual comparisons of ancient starch samples and modern reference samples (x)

種名	No. 315	No. 343
<i>Acorus calamus</i> L. ショウブ		
<i>Aesculus turbinata</i> Blume トチノキ	x	x
<i>Allium victorialis</i> L. subsp. <i>platyphyllum</i> Hultén ギョウジャニンニク	x	x
<i>Alocasia cucullata</i> (Lour.) Schott シマクワズイモ		
<i>A. odora</i> (Lodd.) Spach クワズイモ		
<i>Cannabis sativa</i> L. アサ		
<i>Cardiocrinum cordatum</i> (Thunb.) Makino var. <i>glehnii</i> (E. Schmidt) H. Hara オオウバユリ	x	x
<i>Castanea crenata</i> Siebold et Zucc. クリ		x
<i>Castanopsis cuspidata</i> (Thunb.) Schottky ツブラジイ		x
<i>C. sieboldii</i> (Makino) Hatus. ex T. Yamaz. et Mashiba スダジイ		x
<i>Coix lacryma-jobi</i> L. ジュズダマ		
<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott サトイモ	x	x
<i>Corylus heterophylla</i> Fisch. ex Besser var. <i>thunbergii</i> Blume ハシバミ	x	x
<i>C. sieboldiana</i> Blume ツノハシバミ	x	x
<i>Cycas rumphii</i> Miq. ナンヨウソテツ	x	x
<i>Dioscorea japonica</i> Thunb. ヤマノイモ	x	x
<i>D. opposita</i> Thunb., nom. illeg. ナガイモ	x	x
<i>Echinocloa utilis</i> Ohwi et Yabuno ヒエ	x	x
<i>Eleusine coracana</i> (L.) Gaertn. シコクビエ	x	x
<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench ソバ	x	x
<i>Fagus crenata</i> Blume ブナ		
<i>Glycine max</i> (L.) Merr. subsp. <i>max</i> 大豆		
<i>Hemerocallis fulva</i> L. var. <i>kuanso</i> Regel ヤブカンゾウ		
<i>Hordeum vulgare</i> L. オオムギ		
<i>Juglans ailanthifolia</i> Carrière オニグルミ		x
<i>Lithocarpus edulis</i> (Makino) Nakai マテバシイ		
<i>L. glaber</i> (Thunb.) Nakai シリブカガシ		
<i>Lycoris radiata</i> (L' Hér.) Herb. ヒガンバナ	x	x
<i>Nelumbo nucifera</i> Gaertn. ハス		
<i>Oryza sativa</i> L. イネ	x	x
<i>O. sativa</i> subsp. <i>japonica</i> アカマイ	x	x
<i>O. sativa</i> subsp. <i>javanica</i> クロマイ	x	x
<i>Panicum miliaceum</i> L. キビ	x	x
<i>Pisum sativum</i> L. エンドウ		
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn ワラビ		
<i>Pueraria lobata</i> (Willd.) Ohwi クズ		x
<i>Quercus acuta</i> Thunb. アカガシ		
<i>Q. acutissima</i> Carruth. クヌギ		
<i>Q. aliena</i> Blume ナラガシワ		
<i>Q. coccifera</i> マキ		
<i>Q. crispula</i> Blume ミズナラ		x
<i>Q. gilva</i> Blume イチイガシ		x
<i>Q. glauca</i> Thunb. アラクシ		
<i>Q. miyagii</i> Koidz. オキナワウラジロガシ	x	x
<i>Q. myrsinifolia</i> Blume シラカシ		
<i>Q. phillyraeoides</i> A. Gray ウバメガシ		x
<i>Q. salicina</i> Blume ウラジロガシ		
<i>Q. serrata</i> Thunb. コナラ		x
<i>Q. sessilifolia</i> Blume ツクバネガシ		
<i>Q. variabilis</i> Blume アベマキ		
<i>Sagittaria trifolia</i> L. var. <i>edulis</i> (Siebold ex Miq.) Ohwi クワイ		x
<i>Setaria glauca</i> auct. non (L.) P. Beauv. キンエノコロ	x	x
<i>S. italica</i> P. Beauv. アワ	x	x
<i>S. viridis</i> (L.) P. Beauv. エノコログサ	x	x
<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench モロコシ	x	x
<i>Torreya nucifera</i> (L.) Siebold et Zucc. カヤ		
<i>Triticum aestivum</i> L. コムギ		
<i>Typha latifolia</i> L. ガマ		
<i>Vigna angularis</i> (Willd.) Ohwi et H. Ohashi var. <i>angularis</i> アズキ	x	x
<i>V. radiata</i> (L.) Wilczek リョクトウ	x	x

現生植物の参照標本 (2010 年現在) 49 属 73 種のうち、日本や周辺地域において、先史時代に利用されたと想定される有用植物を抽出した。Candidate plants were selected from a reference collection (consisting of 73 species and 49 genera in 2010) based on their known ancient presence in Japan or elsewhere in surrounding areas.

SEM 観察によって多数の縦方向の平行線ともいべき共通の構造を確認した。この構造が上述のイネ穎果の果皮の一部である横細胞層に相当すると考えられるため、これを根拠にこれらの粒状炭化物をイネ穎果と判断した。

実際のところ、他の遺跡から出土した、外形からイネの穎果と推定される炭化粒にはこのような「多数の平行線からなる組織」がしばしば見出される。宮崎県内野々遺跡 (弥生後期) の住居床面出土長頸壺底部に付着していた炭化物 (松谷, 1992a) は、外形から判断できる粒状物が残っていないが、「多数の平行線状の構造」が認められており、神奈川県海老名本郷遺跡出土炭化粒 (松谷, 1991a) を参考にイネ穎果と推定した。また、今回の P-トとは別地点の上東遺跡の炭化物からも類似の組織が観察されている。外形と大きさからイネ穎果と推定されるにもかかわらず、粉片が見出されなため、イネ穎果との実証が困難であったが、SEM での観察で見出された「多数の平行線」からなる組織をイネ果皮の横細胞と考え、「現生のイネ粒で確認していないため、問題は残るとはいえ、イネ粒に由来すると判断」した (松谷, 2001)。

横細胞層がイネ穎果の長軸に直角方向に配列していることを考慮すれば、破片粒の長軸方向が推定可能であるので、No. 315 や No. 343 の小さな粒は壊れたイネ穎果として復元できる。粉殻を構成する表皮細胞が全く見られず、表面に横細胞層が観察されたことから、このイネ穎果は、糠層が残存している状態、つまり精白が不完全な状態で調理されたと判断される。

次に、炭素・窒素安定同位体、C/N 比分析の結果が C₃ 植物の値の範囲に収まることから、これらの土器によって C₃ 植物が煮炊きされた可能性が高く、内容物にアワ、キビ、ヒエなどの C₄ 植物は混ざっていなかったと考えられた。これは、上記の観察結果を傍証するものである。また、調理対象物に動物質食料が含まれていなかった可能性が高いことも示された。安定同位体比の値に見られる各採取部位での多少のばらつきの原因に関しては、①混合物の調理の結果生じる不均一性、②埋積中に土壌中のフミン酸等の浸透成分が影響するなどの続成作用の影響、③フミン酸除去のための化学処理 (AAA 処理) を行っていないことによる影響、のいずれかが想定されるが、現段階では判断が難しい。その他の土器付着物の測定や、上記のような同一試料内でのばらつきの原因を解明することが課題として残った。

残存デンプン粒分析では、土器 No. 315 と No. 343 のどちらの試料からもデンプン粒が検出されたが、デンプン粒の大半は分解・損傷し、原形をとどめていなかった。損傷したデンプン粒や偏光十字の消失したデンプン粒が加熱調理によって生じたものか、埋没中に土壌の pH や温度、

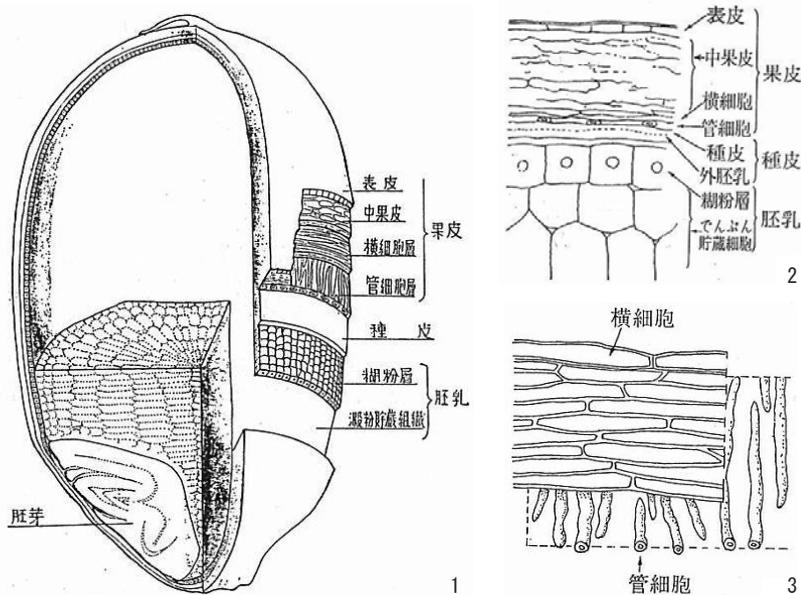


図8 イネ穎果の果皮・種皮の構造 (星川, 1979). — 1: 米粒の構造, 2: 玄米皮部の縦断面, 3: 横細胞と管細胞の部分の構造 (皮部に平行な面).

Fig. 8 The structure of pericarp and seed coat of rice grains (Hoshikawa, 1979). — 1: Structure of rice grain, 2: Tangential section of bran, 3: Structure of cross cells and tube cells (surface view).

微生物の活動の影響によって起こった酵素反応の促進によるものか識別が困難である。ただし No. 315 については、溶解したデンプン粒が調理物に接した土器内面の試料 (S6 ~ S10) において土器外面の試料よりも多く含まれていたため、加熱による影響が推定できる。

No. 343 については、残存デンプン粒の検出量が No. 315 よりも少なく、土器内面よりも外面下部の試料から残存デンプン粒が多く検出された。No. 315 についても土器外面の試料に残存デンプン粒が含まれており、いずれのデンプン粒も糖化が進んで原形をとどめていなかった。形態の判るデンプン粒のうち、円形と五角形のデンプン粒が No. 315 と No. 343 の両方から検出された。現生デンプン粒標本の観察結果 (渋谷, 2009, 2010) にもとづくと、円形と多角形のデンプン粒は植物の種類が異なるため、これら 2 形態のデンプン粒を検出したことは、試料が複数の種類の植物に由来する可能性を示唆する。しかし、イネのデンプン粒 (六角形, 粒径範囲 5.0 ~ 8.3 μm) に類似した形状のデンプン粒は確認されなかった。イネのデンプン粒は摂氏 50 度前後で膨潤を開始し、さらに時間が経つと互いに融合する (高橋ほか, 2001)。No. 315 から分解して糖化が進み、原形をとどめていないデンプン粒が多く検出されたため、これらのうちにイネのデンプン粒が含まれていた可能性は残る。

No. 343-S1, S4, S6 で確認された植物繊維や細胞組織に包含されたデンプン粒は、根茎・球根類に由来する可能性が高い。根茎・球根類の現生デンプン粒標本には、植物繊維の中に含まれた状態のデンプン粒がしばしば見られる。

堅果類の現生デンプン粒標本では果実だけでなく、果皮や殻斗、葉の部分においてもこのようなデンプン粒は確認されず、穀類やマメ類の標本でも類似したものは確認されていない (渋谷, 2009)。この細胞組織の断片は、植物のデンプン粒を貯蔵する組織であるアミロプラスト (不破ほか 2004; Gott et al. 2006; Sivak & Preis 1998) の一部と考えられるため、試料に根茎・球根類のデンプン粒が含まれている可能性がある。ただし、試料採取位置が外面および内面口縁部付近であるため、土器 No. 343 の内容物としての断定は難しい。

今回の残存デンプン粒分析では、大多数の試料が土器の付着物そのものではなく、土器表面から採取されたという試料採取における問題があった。残存デンプン粒は、土器との共存性が比較的高いと想定される付着物の表面から採取した試料 (土器 No. 315-S9, 343-S8, S9) よりも、付着物のない土器器面から採取した試料に多く含まれていた。そのため、イネのデンプン粒が確認できなかった原因として、検出したデンプン粒の中に土器と共存しないものが多く含まれていたことも推定される。

さらに問題を複雑にするのは、本研究で行った分析と同じ試料を用いた古 DNA 分析において、イネの DNA が確認されなかった一方でコムギの DNA が得られている点である (庄田・熊谷, 2010)。残存デンプン粒の候補にもコムギが含まれている (表 5) だけに、コムギが実際に含まれていたか否かの追証が必要である。同時に、なぜイネの DNA が検出されなかったのか、またなぜ顕微鏡観察でコムギ穎果の横細胞に相当する組織が観察されなかったのか

が、解決すべき課題として残っている。日本の遺跡から出土するコムギ穎果には、イネ穎果やオオムギ穎果とは異なり内外穎が残っていないが、奈良県和邇・森本遺跡(松谷, 1992b)や茨城県武田遺跡(松谷, 1991b, 1993)から出土したコムギ穎果には横細胞が観察され、イネ穎果の横細胞とは異なる形態を示す。しかしDNAによってコムギの存在が示唆された上東遺跡P-ト出土の土器 No. 315 と No. 343 から採取した試料には、コムギ穎果の横細胞に相当する組織が見出されなかった。

もともと、残存デンプン粒分析で存在が示唆された根莖類や、古DNA分析によって検出されたコムギは、C₃植物に属するという点で、炭素・窒素安定同位体比による分析結果とは矛盾していない。また、付着物の表面から採取され、土器との共存性が比較的高いと想定される試料の残存デンプン粒の検出量はわずかであるが、分解・損傷したもの他に、土器 No. 315 では小型のAI, No. 343 では大型のAIIIが検出され、これらはイネとは異なる植物に由来している可能性がある。

以上のことを考えあわせると、これらの土器の調理対象物に、具体的な種類までは分からないものの、イネ以外の植物が含まれていた可能性は残る。残存デンプン粒分析や古DNA分析においては、極めて微量な含有物が分析結果に影響を与える。土器付着炭化物の由来のさらなる追究のためには、試料の汚染を排除し、試料採取対象遺物との共存性を保証するための、試料採取方法の改良が必要である。

おわりに

本論では、上東遺跡出土土器付着物の分析を行い、調理対象物にイネが含まれる一方でアワ・キビが含まれていないことを示した。しかし同時に、調理対象物が1種類に限られている保証がないために、多数の方法を適用することでその結果同士が対一で合致しないという問題点も把握された。このような点は、分析事例の蓄積と同時に試料採取方法の改良を進めていくことで解決に近づくであろう。現段階では極めて限られた証拠しか得られていないが、弥生土器に付着した炭化物の由来に関するデータを、本研究のような実証的な研究の積み重ねによって収集してゆくことは、弥生土器の使用方法を復元することにつながるだけでなく、弥生時代の食用植物の利用形態の一部を実物資料に基づいて明らかにする有力な方法となることは間違いない。

謝辞

本論の作成にあたって、以下の方々、諸機関のご協力を得た。記して感謝致します(敬称略)。

植田信太郎, 宇垣匡雅, 河合忍, 韓志仙, 北野博司, 工

藤雄一郎, 熊谷真彦, 黄敬美, 小林正史, 坂本稔, 佐々木由香, 杉山真二, 趙志軍, 辻誠一郎, 徳澤啓一, 中沢道彦, 那須浩郎, 西田泰民, 弘田和司, 宮田佳樹, 吉田邦夫, 米田穰, 渡邊恵里子, Peter J. Matthews, 岡山県古代吉備文化財センター, 東京大学総合研究博物館, 東京大学理学部人類学教室, パレオ・ラボAMS年代測定グループ。また、数度にわたるやりとりにも関わらず丁寧かつ有益なご指摘を下さった査読者の方々にも心よりお礼申し上げます。

引用文献

- 不破英次・小巻利章・檜作 進・貝沼圭二, 編. 2004. 澱粉科学の事典. 554 pp. 朝倉書店, 東京.
- Gott, B., Barton, H., Samuel, D. & Torrence, R. 2006. Biology and starch. "Ancient Starch Research" (R. Torrence & H. Barton, eds.), 35-45. Left Coast Press, INC., Walnut Creek.
- 星川清親. 1979. 米-イネからご飯まで. 258 pp. 柴田書店, 東京.
- 上條信彦. 2010. 民具の使用痕分析と残存デンプン分析. 「日本文化財科学会第27回大会研究発表要旨集」(日本文化財科学会第27回大会実行委員会編), 198-199. 日本文化財科学会第27回大会実行委員会, 大阪.
- 笠原安夫. 1974. 川入, 上東遺跡より出土した作物および雑草種子の同定について. 「山陽新幹線建設に伴う調査II 埋蔵文化財発掘調査報告書第2集」, 337-350. 岡山県教育委員会, 岡山.
- 小林正史. 2004. 炊飯とオカズという調理の分化のはじまり. 食の科学 No. 311: 10-19.
- 小林正史・柳瀬昭彦. 2002. コゲとススからみた弥生時代の米の調理方法. 日本考古学 13: 19-47.
- 近藤万太郎. 1934. 日本農林種子学 後編. 835 pp. 養賢堂, 東京.
- Loy, T. & Fullagar, R. 2006. Residue extraction. "Ancient Starch Research" (R. Torrence & H. Barton, eds.), 197. Left Coast Press, Inc., Walnut Creek.
- 松谷暁子. 1991a. 海老名本郷遺跡出土炭化植物遺残の識別. 「海老名本郷VIII」, 288-293, 図版 102-107. 本郷遺跡調査団, 海老名.
- 松谷暁子. 1991b. 武田遺跡群出土の植物遺残の識別. 「武田IV, (財)勝田市文化・スポーツ振興公社文化財調査報告5集」, 109-113. 勝田.
- 松谷暁子. 1992a. 内野々遺跡出土炭化物の識別. 「内野々遺跡-林業試験場建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書」, 82-85. 宮崎県教育委員会, 宮崎.
- 松谷暁子. 1992b. 和邇・森本遺跡(4次)出土炭化麦粒および炭化莖状塊について. 榎原考古学研究所紀要 16: 19-26.
- 松谷暁子. 1993. 武田西端遺跡(1992)出土植物遺残について. 「武田VI, (財)勝田市文化・スポーツ振興公社文化財調査報告8集」, 108-117. 勝田.
- 松谷暁子. 2001. 上東遺跡出土土器付着炭化植物遺残の識別. 「下庄遺跡 上東遺跡(第2分冊). 岡山県埋蔵文化財発掘調査報告157」, 7-23. 岡山県教育委員会, 岡山.
- 松谷暁子. 2003. 津島遺跡出土炭化物の識別. 「津島遺跡4. 岡

- 山県埋蔵文化財発掘調査報告173」, 598-612. 岡山県教育委員会, 岡山.
- 松谷暁子. 2006. 竜ヶ崎A遺跡出土土器付着炭化粒のSEM観察による識別. 「竜ヶ崎A遺跡」, 173-178. 滋賀県教育委員会事務局文化財保護課, 大津.
- 宮田佳樹. 2008. 土器付着炭化物による古食性の研究 平成18～19年度科学研究費補助金若手研究(B)18700679研究成果報告書. 79 pp. 国立歴史民俗博物館, 佐倉.
- Morton, J. D. & Shwarcz H. P. 2004. Palaeodietary implications from stable isotopic analysis of residues on prehistoric Ontario ceramics. *Journal of Archaeological Science* 31: 503-517.
- 中村俊夫・中井信之・石原哲弥・岩花秀明. 1990. 岐阜県森ノ下遺跡出土の縄文土器に付着した炭化物の加速器による放射性炭素年代測定. 第四紀研究 28: 389-397.
- 岡山県教育委員会. 1974. 山陽新幹線建設に伴う調査II 埋蔵文化財発掘調査報告書第2集. 369. 岡山県教育委員会, 岡山.
- 渋谷綾子. 2007. 佃遺跡・更良岡山遺跡の石皿および三宅西遺跡の土器付着物における残存デンプン. 古代文化 59: 116-126.
- 渋谷綾子. 2009. 日本の先史時代における植物性食料の加工と利用: 残存デンプン分析法の理論と応用. 博士論文, 260 pp. 総合研究大学院大学, 葉山町.
- 渋谷綾子. 2010. 日本列島における現生デンプン粒標本と日本考古学研究への応用—残存デンプン粒の形態分類をめざして—. 植生史研究 18: 13-27.
- 庄田慎矢・熊谷真彦. 2010. 古DNAとトロミ: 土器付着物の研究番外編. 奈良文化財研究所紀要 2010: 30-31.
- Sivak, M. & Preis, J. 1998. Starch: Basic science to biotechnology. "Advances in Food and Nutrition Research" (M. Sivak & J. Preis, eds.), 41. Academic Press, London.
- 高橋一典・松田智明・新田洋司. 2001. 炊飯に伴う米粒中のデンプン粒の糊化過程に関する走査電子顕微鏡観察. 日本作物学会記事 70: 47-53.
- 徳澤啓一・河合 忍・石田為成. 2007. 弥生土鍋の炊飯過程とスス・コゲの産状. 「土器研究の新視点」(大手前大学史学研究所編), 43-75. 六一書房, 東京.
- 吉田邦夫. 2008. 縄文人の食性と生業. 季刊考古学 No. 105: 51-56.
- Zarrillo, S., Pearsall, D. M., Rayond, J. S., Tisdale, M. A & Quon, D. J. 2007. Directly dated starch residues document early formative maize (*Zea mays* L.) in tropical Ecuador. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America (PNAS)* 105: 5006-5011.

(2011年1月28日受理)