



中岳山麓窯跡群の研究

中村直子 篠藤マリア 編

鹿児島大学埋蔵文化財調査センター

2015年3月



金峰山より万之瀬川下流域を望む



Fトレンチ西壁（窯跡南側）

序 文

日本学術振興会の科学研究補助金を得て、平成 25 年度に鹿児島県南さつま市に所在する中岳山麓窯跡群荒平第 2 支群の発掘調査を実施した。中岳山麓窯跡群は古代須恵器の窯跡であり、須恵器窯跡としては、日本列島で最南端に位置する。

中岳山麓窯跡群が位置する万之瀬川下流域は、縄文時代以来、遠距離交易物が通時的に出土し、交易拠点として重要な位置を占めていたと考えられる地域である。中岳山麓窯跡群も、南西諸島にある程度流通していると想定されており、政庁等に須恵器を供給するためだけの窯ではなかった可能性がある。私自身の中岳山麓窯跡群についての最も強い関心は、この地を窯業生産の場として選択した理由についてであった。窯の場所選定の理由としては、やはり、土・水・燃料が基本であり、中岳山麓の地が、特に、須恵器の材料である粘土について優位性を持っていたとすれば、至極基本的な理由で窯の場所が選定された事になる。また、中岳山麓窯跡群産須恵器の特徴は熊本県荒尾窯跡群に非常に類似しており、荒尾からの技術導入によって開かれた窯ではないかとの見方が強い。

以上の事から、本プロジェクトでは、窯跡の構造の把握と良好な一括資料を得ることを目的として、発掘調査を実施した。また同時に、中岳山麓産須恵器の特徴を科学的に解明し、生産過程の復原と消費地、特に琉球列島などの遠隔地で出土する中岳山麓産須恵器を同定することによって、流通についても従来の説を検証するという目的があった。これらの解明には、考古学的な調査や型式学的な遺物の検討と同時に、緻密な自然科学分析が必要であると考えた。

そこで、すでに南さつま市に隣接する日置市辻堂原遺跡出土の成川式土器の研究において、鉱物学的検討を行い、研究成果を出されていたハイデルベルグ大学の篠藤マリア氏にご助力を願った。氏の惜しみないご尽力のおかげで、この分野で研究実績をあげられているドイツ・オーストリアの考古学者や鉱物学者、物理学者との共同研究が実現した次第である。また、顕微鏡観察等で胎土研究を積極的に行われている鹿児島国際大学の鐘ヶ江賢二氏と、九州の須恵器研究で研究成果をあげられている同大学の大西智和氏にも研究分担者として本プロジェクトに参加していただき、伝統的な考古学の方法と自然科学分析の総合的検討を目指した。今回は、発掘調査も小規模で、分析も中岳山麓窯跡群に適した方法を探りながら行うという、テストケースのような研究であったが、興味深い結果が出たと同時に、本格的な発掘調査やそれに関連する分析についての道筋をつける事ができたと自負している。

このプロジェクトにご尽力くださった海外研究者はじめ、発掘調査でお世話になった南さつま市花瀬の方々や教育委員会、わざわざ発掘調査に足をお運びいただき、様々な支援をくださった方々、分析のための資料をご提供くださった鹿児島県内外の関係機関、および遺物整理作業を担当してくれた学生諸子にお礼を申し上げたい。

また、本プロジェクトについて様々なアドバイスをくださった新田栄治センター長（平成 25 年度）や本田道輝センター長（平成 26 年度）はじめ、発掘調査期間中不在であった私の埋蔵文化財調査センター業務を引き受けてくれた同僚のみなさん、そして年度末に行った発掘調査の事務処理に対応してくださった施設部企画課の方々にも、心から感謝申し上げます。

2015 年 3 月

中村 直子

例言

- 1 本書は科学研究補助金による鹿児島県南さつま市の中岳山麓窯跡群の調査報告書である。
研究課題 南九州の古代須恵器に関する学術的研究 - その生産技術の導入と展開 -
課題番号：25580170 (挑戦的萌芽研究)
研究代表者：中村直子，研究分担者；大西智和，鐘ヶ江賢二
平成 25 年度： 1,100,000 円
平成 26 年度： 1,700,000 円
- 2 発掘調査実施に当たっては，小窪久美子氏，久保田昇氏，山下涼子氏および南さつま市教育委員会に，多大なご理解とご協力を賜った。
- 3 調査時における図面・写真の担当は，中村直子，大西智和，鐘ヶ江賢二，松崎大嗣，別府佳祐，吉本美咲，田畑春菜，印南早織，志崎江莉子，島袋舞，アンドレ・ベーク，篠藤マリアである。
- 4 本書の執筆・編集については抄録のとおりである。
- 5 遺物整理作業および，実測トレースについては，以下のとおりである。
洗浄・注記など：松崎，吉本，印南，田畑，野元奈津季，鎌田京香，川畑彩乃，立場采奈，徳田朱華，牟禮健太郎，吉元伸一
遺物実測：松崎，吉本，田畑，鎌田，川畑，立場，徳田，吉元，中村
遺物写真：田畑，印南，中村
トレース：松崎，別府，吉本，印南，田畑
作表：吉本，田畑，中村
- 6 本書掲載の中岳山麓窯跡群に関連する周辺遺跡，出土遺物等について，以下の方々にご教授を賜った。
有元彰順，池畑耕一，上床真，大久保浩二，上村俊雄，黒川忠広，中村和美，永山修一，新納征史郎，橋本達也，福永裕暁，本田道輝，馬籠亮道，渡辺芳郎，南さつま市歴史交流金峰 (敬称略，五十音順)
- 7 分析資料に関連する遺物の保管・保存方法，分析準備の協力や分析についての助言やご教授を，以下の方々にご賜った。
石堂和博，伊仙町教育委員会，鹿児島県立埋蔵文化財調査センター，喜界町教育委員会，小脇有希乃，堺市泉北すえむら資料館，新里亮人，澄田直敏，堂込秀人，松原信之，南種子町教育委員会，森村健一，四元延宏，Beate Spiering (ベアーテ・シュペーリング)，Christina Regner (クリスティーナ・レーグナー)，Georg Hartke (ゲオルク・ハルトケ)，Hans Mommsen (ハンス・モムゼン)，Holger Becker (ホルガー・ベッカー)，Johannes Sterba (ヨハネス・シュテルバ)，Michael Raith (ミヒアエル・ライト)，Michael Schmauder (ミヒアエル・シュマウダー)，Radegund Hoffbauer (ラーデグント・ホッフバウアー)，Silvia Kalabis (シルヴィア・カラビス)，Ute Knipprath (ウーテ・クニップラート) (敬称略，五十音順，アルファベット順)
- 8 本書で報告している遺物は，当分の間，鹿児島大学埋蔵文化財調査センターにて保管するが，将来的には南さつま市教育委員会にて保管する予定である。

凡例

- 1 本書における座標は世界測地系である。
- 2 本書における方位は真北方向を示す。
- 3 本書で使用したレベル高は、海拔高である。
- 4 土層の色調は『新版標準土色帖』（農林水産技術会議事務局監修）を使用した。
- 5 遺物に関しては観察表を作成した。色調については『新版標準土色帖』（農林水産技術会議事務局監修）を使用し、この色調に当てはまらないものについては、「～に類似」と表記した。
- 6 本文中の遺物番号は、挿図 (Fig), 図版 (Plate), 遺物観察表 (Table) と一致している。
- 7 自然科学分析についての凡例等は、本文内に提示した。

抄録

ふりがな	なかだけさんろくかまあとぐんのけんきゅう							
シリーズ名								
書名	中岳山麓窯跡群の研究							
編著者	編集：中村直子, 篠藤マリア 執筆：大西智和, 鐘ヶ江賢二, 篠藤マリア, 中村直子, 吉本美咲, 古環境研究所, Johannes H. Sterba, Michael Raith, Radegund Hoffbauer, Holger Becker, Georg Hartke, Ute Knipprath							
編集機関	鹿児島大学埋蔵文化財調査センター							
所在地	〒 890-8580 鹿児島市郡元一丁目 21 番 24 号 TEL 099-285-7270 Fax 099-285-7271							
発行年月日	2015 年 3 月							
所収遺跡	所在地	コード		北緯	東経	調査期間	調査面積 (m ²)	調査起因
		市町村	遺跡番号					
中岳山麓窯跡群 (荒平第 2 支群)	南さつま市	220	242	31° 25' 32"	130° 20' 53"	2014 年 2 月 27 日～ 3 月 7 日	1500	学術
所収遺跡名	種別	主な時代	主な遺構	主な遺物				特記事項
中岳山麓窯跡群	須恵器窯跡	古代	須恵器窯跡, 灰原	須恵器片, 窯体片				

目次

巻頭カラー写真

序文

例言

凡例

抄録

I 中岳山麓窯跡群の発掘調査	1
I.1 遺跡の位置と環境	1
I.2 過去の調査と採集遺物	1
I.2.1 鹿児島大学考古学研究室による調査	1
I.2.2 中野明浩氏採集の遺物	3
I.2.3 2012年度踏査の概要	7
I.3 発掘調査の報告	10
I.3.1 調査に至る経過	10
I.3.2 調査期間と体制	10
I.3.3 調査の経過とトレンチ配置	10
I.3.4 地中レーダー探査	13
I.3.5 トレンチ調査	15
II 発掘調査のまとめ	49
II.1 中岳山麓窯跡群の窯構造の推定	49
II.2 荒平第2支群出土須恵器の分類	55
III 自然科学分析	58
III.1 中岳山麓窯跡群の調査に伴う生産と流通に関する自然科学的研究について	58
III.2 Neutron Activation Analysis of samples from pottery, kilns and soil in Nakadake Sanroku and related sites in South Japan	67
III.3 Mineralogical research on production and provenance characteristics in the Nakadake Sanroku kiln site cluster	75
III.4 芝原遺跡・諏訪牟田遺跡出土土師器の岩石学的分析	106
III.5 Report of the X-ray examinations and sampling extraction from a kiln wall	114
III.6 中岳山麓窯跡群における放射性炭素年代測定	117
IV 中岳山麓窯跡群における発掘調査と関連調査についてのまとめ	119
Summary of the excavation and related research on a Sue ware kiln site cluster in Nakadake Sanroku, South Japan, 2013-2015	121

I 中岳山麓窯跡群の発掘調査報告

中村直子, 吉本美咲

I. 1 遺跡の位置と環境

中岳山麓窯跡群は、鹿児島市南さつま市金峰町花瀬に所在する古代須恵器窯跡群である。遺跡は標高 288 m の中岳の山麓にあり、南西方向に開く谷の斜面で窯跡が確認されている（上村 1984）。遺跡は田布施平野の南東部に面しており、その南側には東シナ海へそそぐ万之瀬川が流れている。

遺跡周辺では先史時代から近世にいたるまで多くの遺跡が確認されている。中でも、九州・西日本各地や南西諸島由来の遺物が通時的に確認されている事がこの地域の特徴的である。高橋貝塚（Fig. 2 220-213）は、北部九州や琉球列島の土器や南海産の貝製品等が出土しており、「南海産貝交易」（木下 1996）の中継点的遺跡として知られている。また、弥生時代後期の環濠が確認されている松木藪遺跡（Fig. 2 220-216）では、九州各地および瀬戸内系の土器も多く出土している（本田 2008 他）。田布施平野の南に隣接する奥山古墳は円墳で、薩摩半島にある数少ない古墳の一つである（橋本他 2009）。持株松遺跡（Fig. 2 220-327）では輸入陶磁器やカムイヤキなどが出土し、対外交易の拠点であったと考えられている（抜水他 2007）。また、芝原遺跡や渡畑遺跡（Fig. 2 220-227・228）では、中岳山麓産須恵器と考えられる須恵器片が大量に出土しており、港湾的な遺跡であると想定されている（関他 2012, 小林他 2011）。同じく古代の遺跡としては、この付近の郡の名でもある「阿多」の刻書土器が出土した小中原遺跡（Fig. 2 220-240）や、石組みを持つ火葬墓が検出された白檜野遺跡（Fig. 2 220-305）など、南九州の他地域に比べて律令の様相が色濃く確認できる地域でもある。このように当該地域は、先史時代以来、遠距離交易の拠点的作用を果たし、外来文化も積極的に取り入れてきた地域である。

I. 2 過去の調査と採集遺物

I. 2. 1 鹿児島大学考古学研究室による調査

中岳山麓窯跡群は中岳山麓窯跡群が所在する花瀬集落の住人、諏訪下忠雄氏によって採集された須恵器片や窯壁片がきっかけとなり、須恵器窯跡の発見につながった（上村 1984）。

その後、1984 年 4 月に鹿児島大学考古学研究室有志が遺跡の踏査と荒平第 1 支群の測量調査を実施している（上村 1984, 上村・坪根 1985）。

荒平第 1 支群では中岳山麓窯跡群の東側に位置するが、南に傾斜する川沿いの斜面に 5 基の窯跡が確認されている（Fig. 4）。このうち、4 号窯跡は露出部分で床面から天井部まで約 80 cm の高さがあり、半地下構造の無段登窯であると推定されている。荒平第 2 支群では、諏訪下氏が同年 11 月に遺物の散布しているのを発見している。

同年 11 月～翌 1985 年 2 月にかけて諏訪下氏および研究室有志が踏査を実施し、嶽山第 1・第 2 支群、テンド堀古窯跡で窯跡および関連遺物を発見している（Fig. 3 左）。また、嶽山支群の西方 100 m で須恵器片の散布が確認されており、「実吉原須恵器散布地」として報告された¹⁾。

これらの踏査によって、多くの遺物が採取され報告されているが、その一部を抜粋し、紹介する（Fig. 5）。

須恵器の器種は甕と壺が主体となっており、食膳具である杯・椀等はない。壺は平底で、胴部に把手をもつものもある（Fig. 5-6・10）。



Fig. 1 中岳山麓古窯跡群の位置

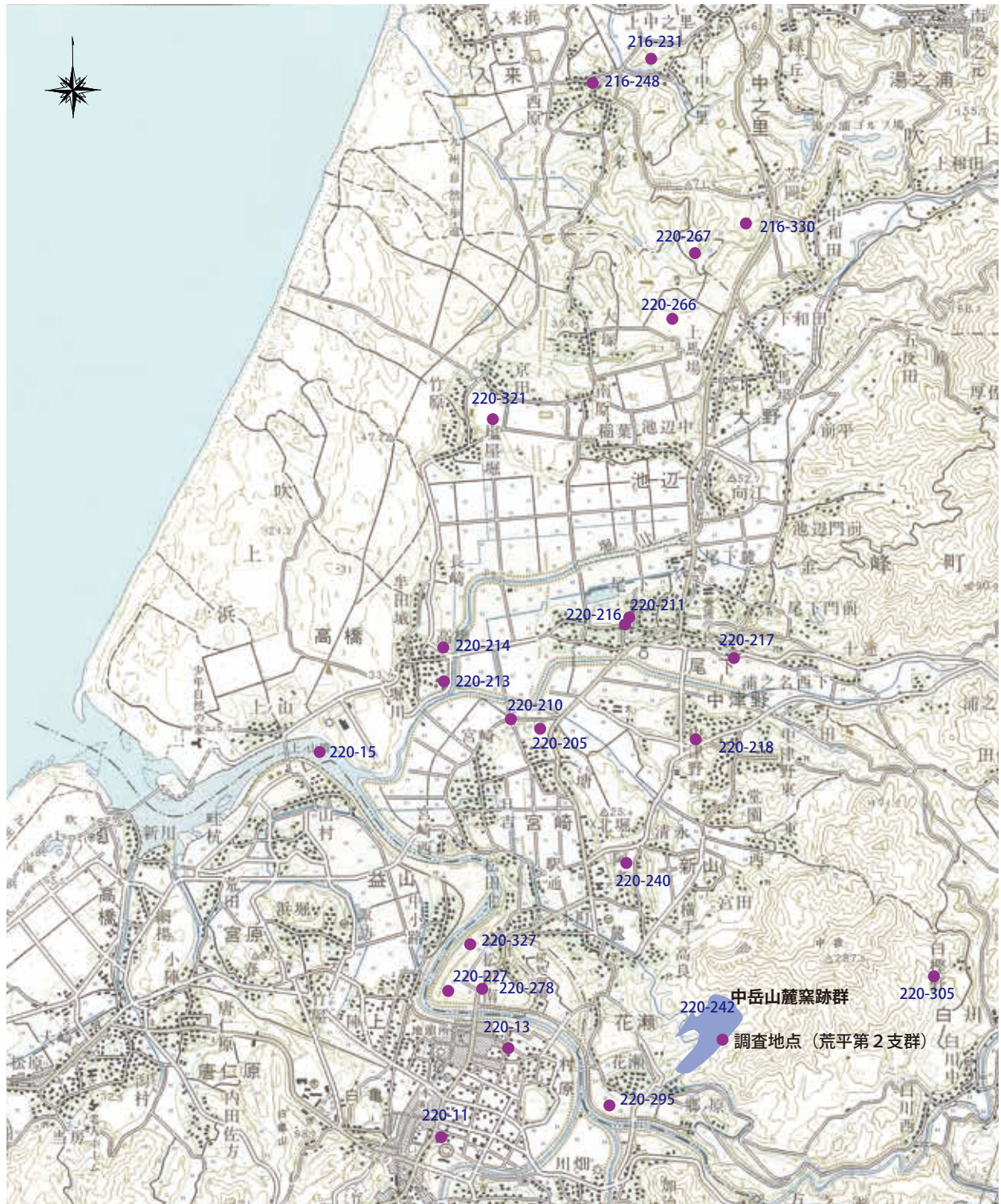


Fig. 2 中岳山麓窯跡群周辺の主要遺跡

216-231：白寿 216-330：小中原 216-248：入来 220-11：上加世田 220-13：椿ノ原 220-15：万之瀬川床 220-205：阿多貝塚
 220-210：上焼田 220-211：山野原 220-213：高橋貝塚 220-214：下小路 220-216：松木藪 220-217：筆付 220-218：中津野
 220-266：諏訪脇 220-267：尾ヶ原 220-227：渡畑 220-278：芝原 220-321：小堀 220-240：小中原 220-242：中岳山麓古窯跡群
 220-295：上水流 220-305：白檉野 B 220-327：持鉢松

国土地理院発行 5万分の1地形図：加世田 と鹿児島県立埋蔵文化財センター「遺跡分布地図」をもとに作成



Fig. 3 中岳山麓古窯跡群の支群の位置 (左) と 2012 年踏査の表採ポイント (右)
上村 (1984) を元に、Google earth にて作成

平底底面に当て具痕である同心円状のスタンプが残されているものもある (Fig.5-5・29)。

粘土塊と釉着したもの、破片が複数重なっているもの、ゆがんだものなどが多く見られ (Fig. 5-16), 粘土塊の中にはいわゆる「スサ入り粘土塊」と呼ばれる植物繊維を混ぜ込んだと思われるものも採集されている。

I. 2. 2 中野明浩氏採集の遺物 (Fig.6・7)

中岳山麓窯跡群近隣の住人である中野明浩氏によって中岳山麓周辺で採集されたとされる須恵器を実見する機会を得た²⁾ので、実測可能なものについて、以下に説明する。

1～3は壺の口縁部である。1は口径推定 13 cm, 頸部径推定 8 cmを測る。口縁部は外に開き, 端部はナデによって平坦に仕上げられている。頸部内面には粘土紐の接合痕がみられる。2は口径推定 17 cm, 頸部径 10 cmを測る。口縁端部はナデ調整により平坦に仕上げられており, 頸部の中段には 1 条の稜線が巡る。内面にはオリーブ黒色の自然釉が一部付着している。3は大きく外反し, 上部で直立する口縁部である。口縁端部は 1・2と同様にナデによって平坦に仕上げられている。外面は横位の平行タタキによる調整, 内面にはナデ調整が施されている。

4・5は壺の肩部である。4は頸部径推定 10 cm, 肩部径推定 20.3 cmを測る。外面には粘土紐の接合痕がみられるが, 摩滅が著しいため調整は不明である。内面にはしぼり痕がみられ, 肩部にはユビオサエの痕跡が明瞭に残る。5は肩部径推定 16 cmである。肩部には粘土紐の接合部分をナデ消した痕跡がみられ, 外面には横位の平行タタキによる調整が施されている。

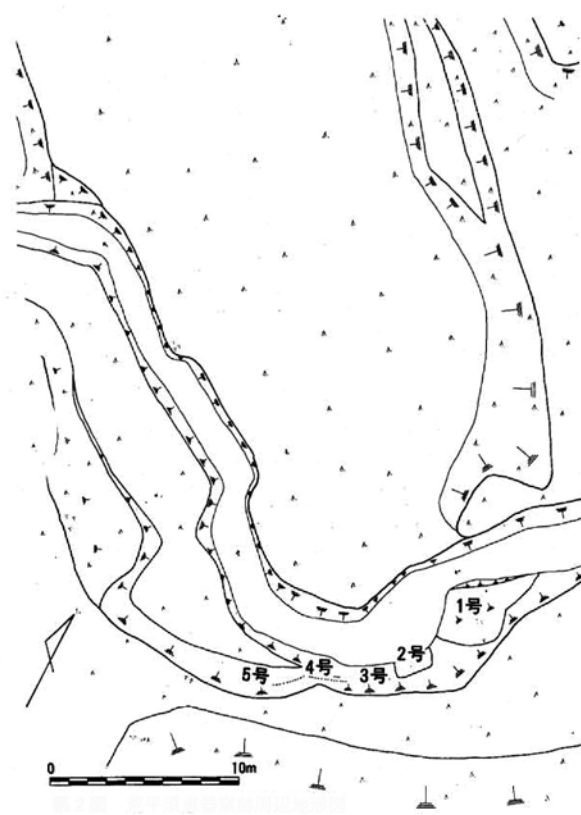


Fig. 4 荒平第 1 支群の平面図

上村 (1984) より引用



Fig. 5 中岳山麓窯跡群採集遺物

(上村・坪根 1985 より抜粋)

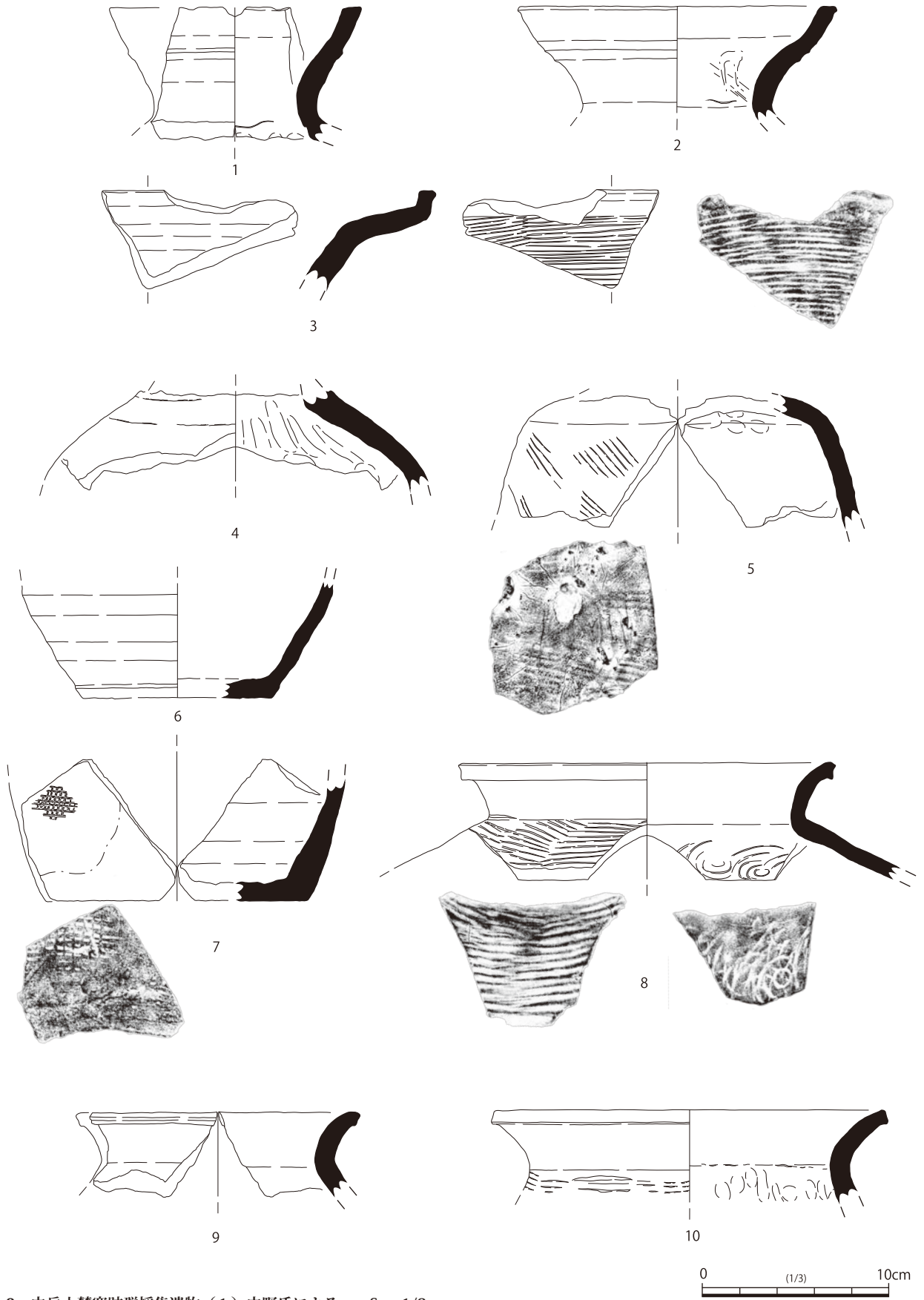


Fig. 6 中岳山麓窯跡群採集遺物 (1) 中野氏による S = 1/3

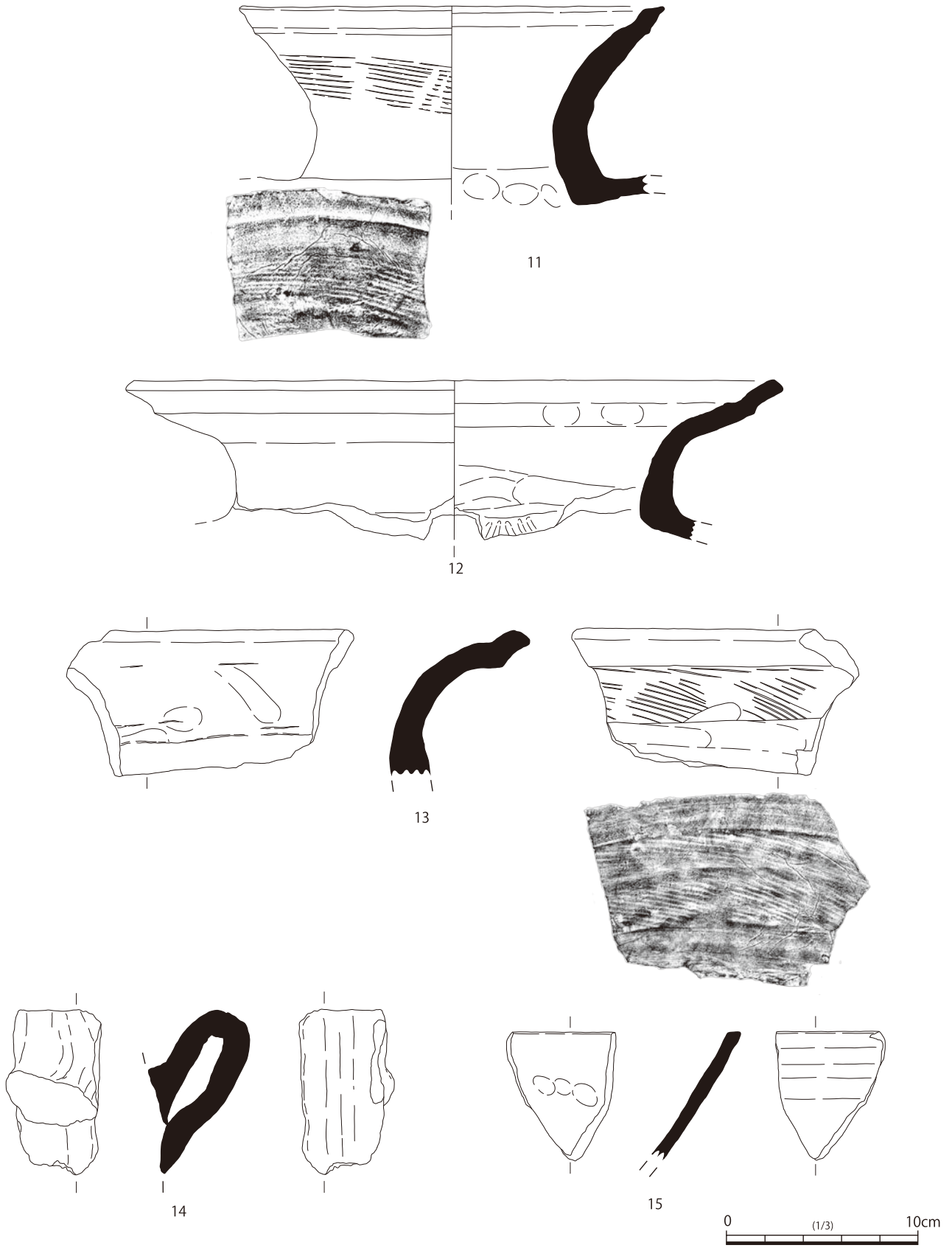


Fig. 7 中岳山麓窯跡群採集遺物（2）中野氏による S = 1/3

6・7は壺の底部である。6は底径推定10cmを測る。外面は回転ナデによる調整が施され、段を呈する。また、底面にはヘラ切りの痕跡がみられる。一部剥落しているが、内外面ともオリーブ黄色の自然釉が付着している。7は底径推定14cmを測る。外面が摩滅しており、全体の調整は不明であるが、一部格子目タタキによる調整の痕跡がみられる。内外面には灰オリーブ色の自然釉が一部付着している。

8～13は甕の口縁部である。8は口径推定20cm、頸部径推定17cmを測る。口縁端部は断面M字状に仕上げられており、頸部はやや強く屈曲する。外面には平行タタキが施され、内面は同心円文当て具の痕跡がみられる。9は口径推定15cm、頸部推定12.4cmを測る。口縁端部は8と同様、断面M字状を呈する。内外面ともナデ調整が施されている。10は口径推定21cm、頸部径推定17cmを測る。口縁端部はナデにより平坦に仕上げられており、頸部は緩く外反する。外面には平行タタキが施され、内面の頸部付近には粘土紐の接合痕がみられる。胎土は明黄褐色を呈し、軟質である。11は口径推定32cm、頸部径推定14cmを測り、上部でやや直立気味に立ち上がる口縁形態を呈している。口縁端部は平坦に仕上げられており、頸部は強く屈曲する。外面は平行タタキによる調整が施されている。12は口径推定34cm、頸部径推定22.6cmを測る。頸部は強く屈曲したあとやや緩く立ち上がる形態を呈している。頸部と肩部の接合部には、接合を高めるための刻みの痕跡がみられる。13は外面に平行タタキが施されている。12と同様、頸部と肩部の接合部には接合を高めるための刻みの痕跡がみられる。

14は壺の把手部で、焼成時に大きく歪んだとみられる。外面にはしぼり痕がみられる。

15は鉢の口縁部で、内外面ともヨコナデによる調整が施されている。

I.2.3 2012年度踏査の概要

(1) 踏査の概要

2012年4月に有志による荒平第1支群・第2支群の踏査を実施した。調査参加者等は以下の通りである。

調査日 2012年4月14日

参加者 上村俊雄・本田道輝・中村和美・上床真・恵島瑛子・大西智和・鐘ヶ江賢二・相美伊久雄・寒川朋枝・新里貴之・中村直子・深川裕子・福井俊彦・別府佳祐・松崎大嗣・真邊彩・米森祐太

踏査は、荒平第1支群と荒平第2支群、およびその周辺について行い、関連遺物の表面採集を実施した。採集した遺物は、地点ごとに取り上げた。表採地点はGPS付きカメラで撮影することによって、位置情報を記録した。記録されたGPSデータをGoogle earthで表示したのがFig. 3(2012-1～4)である。遺物は、第1支群・第2支群とその中間地点にも散布していた。荒平第1支群は1984年測量時と地形がかなり変わっていた。樹木の倒壊による土砂崩れや、この地点を流れる河川によって川岸が削られているためだと考えられる。倒壊した樹木の樹根部に炭化物を多く含んだ須恵器片を含む土がかんでおり、灰原の一部であったと考えられる。これらのことから、荒平第1支群は遺構を含む遺物包含層が崩壊し、そこに含まれていた遺物が河川によって下流に流されているものと推定される。そのため、河川沿いに遺物が多く散布していた。

第2支群は、1984年に比べると樹木の成長がすすんでいるものの、発見当時の状況を比較的良好に残しているようであった。杉の植林前は北側に開く谷を利用した棚田もしくは段々畑であったようだが、現在は杉林である。谷部両脇の東側と北側は斜面となっているが、当時の耕作面である平坦面に多くの遺物が散布しているのが確認された。地表面は多くの杉の枝葉や下草に覆われて、詳細な地層の確認は難しかった。採集遺物のうち、実測可能なものを以下に紹介する。

(2) 採集遺物 (Fig. 8・9)

16は壺の口縁部である。口径は推定14cm、頸部径は推定8cmを測る。口縁端部は平坦に仕上げられており、外面には灰オリーブ色の自然釉が一部付着している。17～19は壺の肩部である。17は頸部～肩部にかけての破片で、外面には平行タタキによる調整が施されている。18・19は耳状の把手が肩部直下についており、外面に平行タタキが施されている。20は壺の底部で、底径は推定14cmを測る。外面に斜位の平行タタキによる調整が施され、底部付近では回転ヘラケズリが施されている。21は頸部付近に「真」と思われる文字がヘラ書きされた壺の肩部

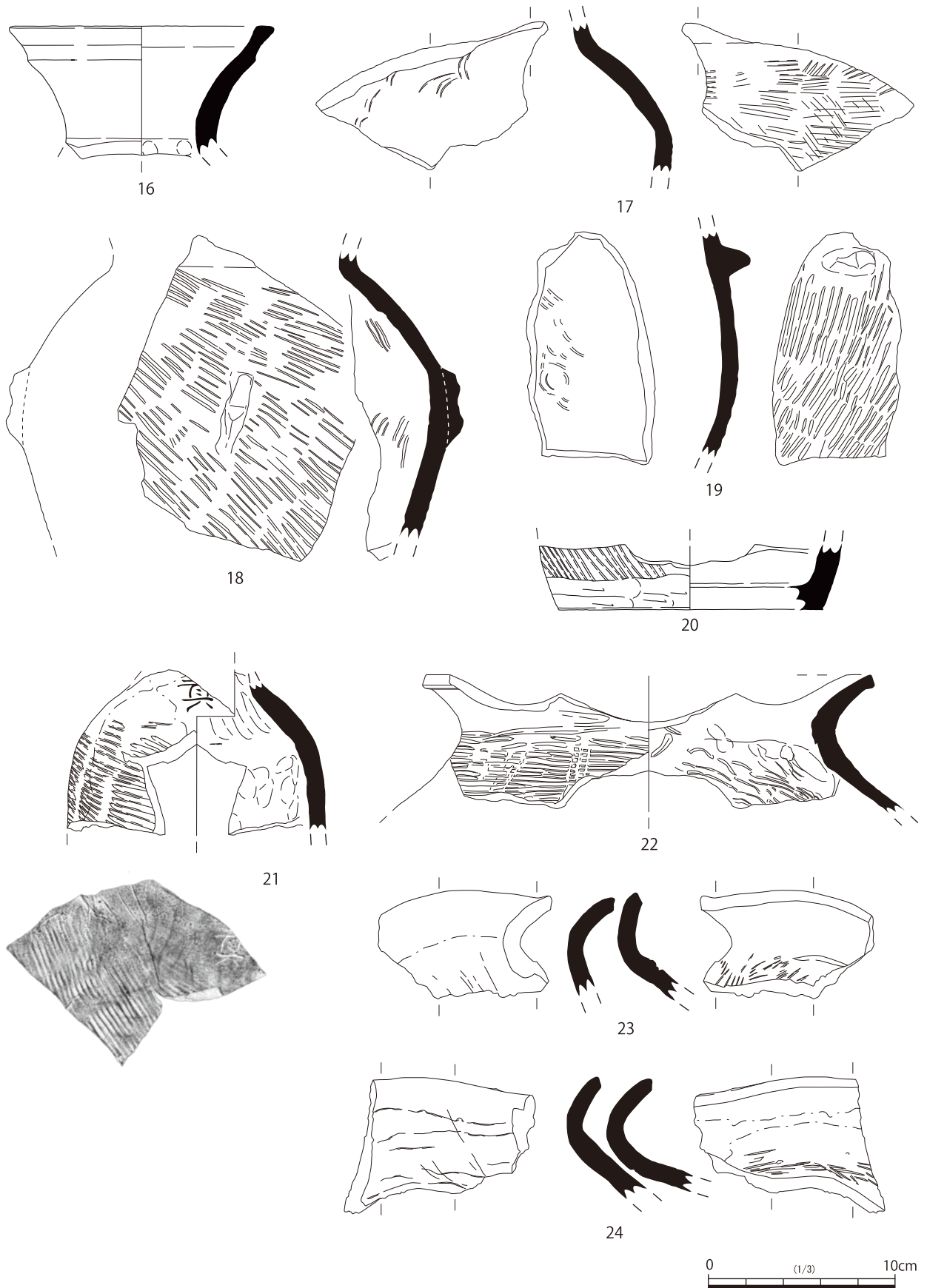


Fig. 8 中岳山麓窯跡群 採集遺物 2012年度踏査(1) S = 1/3

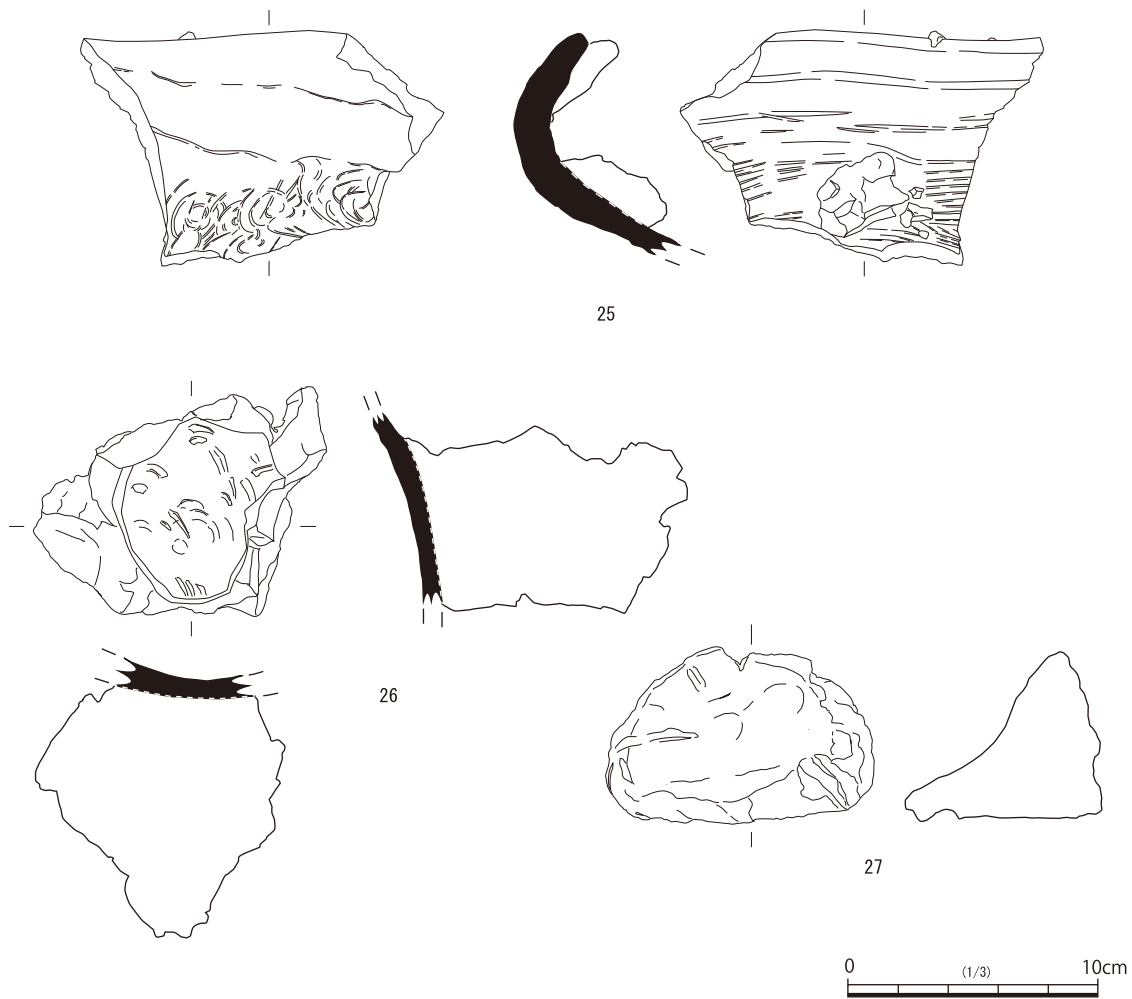


Fig. 9 中岳山麓窯跡群採集遺物 2012年度踏査(2) S = 1/3

である。頸部径は推定 8 cm, 肩部径は推定 12.5 cmを測る。

22～25 は甕の口縁部である。22 はナデ調整によって口縁端部が平坦に仕上げられており、外面に擬格子目タタキによる調整が施されている。内面には同心円文当て具の痕跡がみられ、頸部と肩部の接合痕が明瞭に残る。胎土は軟質で、淡黄色を呈す。23・24 は焼成時に大きく歪んだと考えられる。外面には平行タタキによる調整が施されており、一部自然釉が付着している。25 は外面に平行タタキが施され、内面には同心円文当て具の痕跡がみられる。口縁部は大きく歪み、口縁部直下に稜線を呈する。

26・27 は粘土塊である。26 は粘土塊に須恵器の胴部片と思われる破片が付着している。須恵器の内面には同心円文の当て具の痕跡がみられ、幾十にも折り重なっている。粘土塊は浅黄橙やにぶい褐色を呈している。27 の一部には面を呈しており、窯築造時に粘土塊を壁に押し付けた際に形成された痕跡と考えられる。

I.3 発掘調査の報告

I.3.1 調査に至る経過

平成 25・26 年度の JSPS 科研費の採択を受けて、南九州の古代須恵器の生産技術の解明を目的とした中岳山麓窯跡群の発掘調査を計画した。本書 I.2 で報告した 2012 年の踏査結果から、荒平第 2 支群が最も発掘調査に適していると判断したが、荒平第 1 支群も調査対象として、2013 年 6 月に南さつま市教育委員会と打ち合わせを実施した。調査予定地は民有地であったが、南さつま市教育委員会のご協力のもと、当該地の所有関係者に調査の趣旨をご理解いただき、発掘調査への承諾を得る事ができた。

I.3.2 調査期間と体制

発掘調査は鹿児島大学中村直子・鹿児島国際大学大西智和の指導のもと、以下の体制で行った。なお、ボン大学のホッフバウアー・ラーデグントとハイデルベルグ大学の篠藤マリアは胎土等の鉱物学的検討のため、発掘調査に参加した。

調査期間 2014 年 2 月 27 日～3 月 7 日

調査体制 中村直子、印南早織、川畑彩乃、立場采奈、田畑春菜、松崎大嗣、真邊彩、吉本美咲（鹿児島大学）、大西智和、鐘ヶ江賢二、別府佳祐（鹿児島国際大学）、志崎江莉子、島袋舞（東海大学）、ベーケ・アンドレ（三重大学）、篠藤マリア（ハイデルベルグ大学）、ラーデグント・ホッフバウアー（ボン大学）

調査協力者 上村俊雄（鹿児島大学名誉教授）、本田道輝（鹿児島大学）、新納征史郎（陶芸家・史窯）、黒川忠広（鹿児島県立埋蔵文化財調査センター）

I.3.3 調査の経過とトレンチ配置 (Fig. 10～12)

荒平第 2 支群の北側を流れる河川より南側平坦面を 1～6 区と設定し (Fig. 10)、遺物の散布状況と各平坦面の境界にある段部の層位断面観察を実施した (Fig. 11)。この地点は南から河川へ向かって傾斜しており、この斜面を利用した窯跡が存在している可能性があるかと推定したためである。遺物は 3・4 区西側とその境界段部に多く散布していたが、断面観察では遺構など確認できなかった。また、4・5 区の境界段部東側に幅 1 m、長さ 5 m ほどのくぼ地があったため、これらを含めて A～E トレンチを設定した。D トレンチからは多くの遺物が出土したが、いずれも新しい時期の耕作土中であった。

表面での遺物散布状況は西側傾斜にむかって密度が高くなっていったことから、西側の傾斜を利用した遺構が存在している可能性が考えられ、探査地点 1・2 で地中レーダ探査を実施した。探査の結果、探査地点 1 で傾斜と平行方向の強い反射が認められたので、窯跡を想定し、F・H トレンチを設置した。その結果、F トレンチ南側で、地表下 1.5m から焼成され赤変した土塊と、高温焼成された粘土塊が約 1m の幅で検出され、窯跡の一部であると推定した。なお、H トレンチでは直下に遺物包含層があり、傾斜面にそって須恵器片などが出土した。また、C トレンチでは表土直下より遺物小片が密集し、その下部には炭化物を多く含む層が確認された。灰原の一部であると推定している。

A・B・C・D・E・H トレンチは、黄色シルトを基調として硬くしまっている層（基本層位 IV）を少し掘り下げたところ、遺物の出土がなくなったので、掘削を終了した。F トレンチは、窯跡の一部と考えられる焼土塊を確認したレベルで掘削を終了した。G トレンチは、南側の西斜面の状況を確認するために設置したが、耕作土を除去したところ、その直下は岩盤（基本層位 V）であったため、そこで調査を終了した。調査区全体の地形とトレンチの配置状況は Fig. 12 のとおりである。

なお、反対の東斜面でも地中レーダ探査を実施し (Fig. 10 探査地点 3)、傾斜面と並行方向の反射反応があることを確認している。地中レーダ探査結果については、次章に説明する。

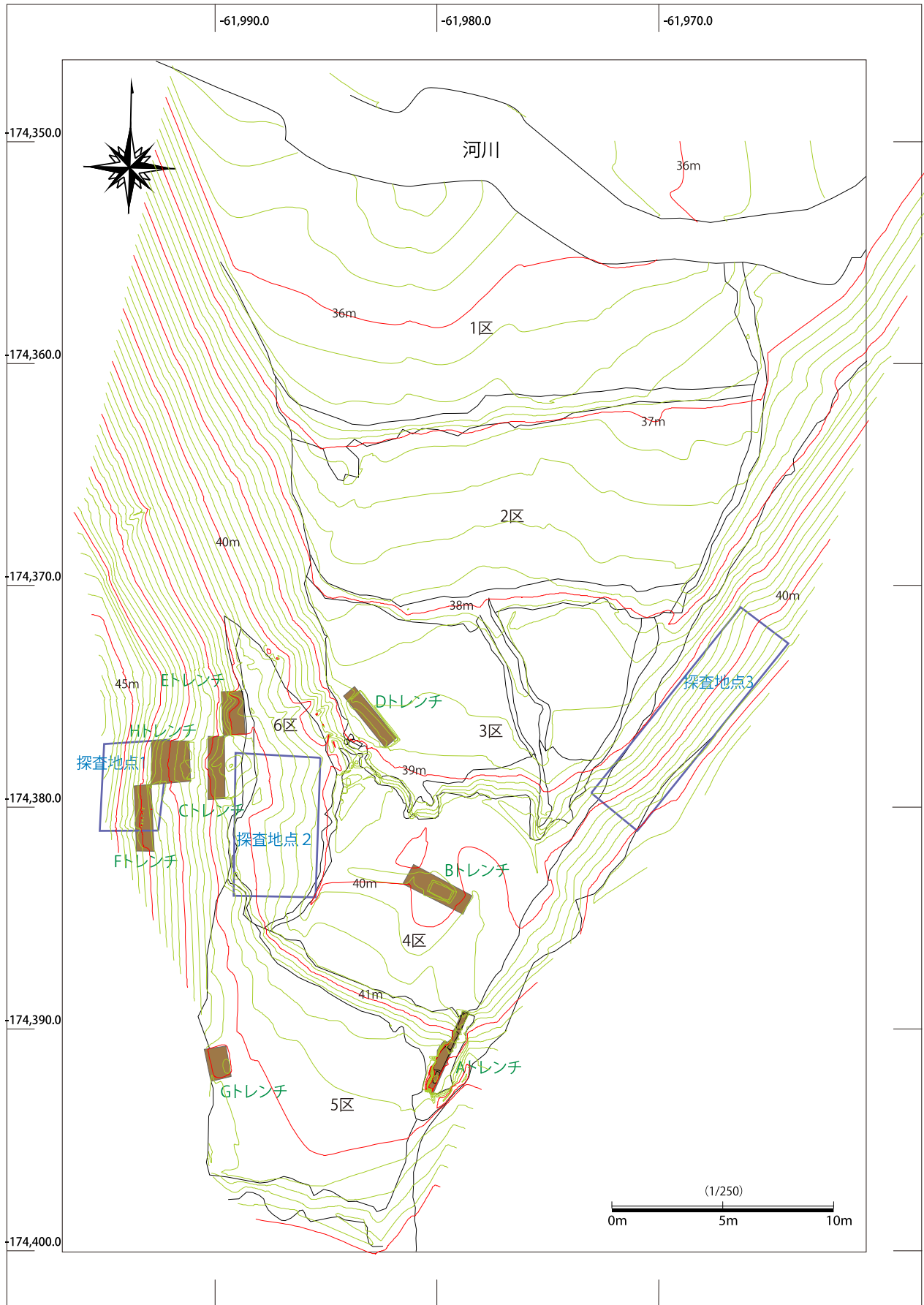


Fig. 10 荒平第2支群 トレンチ配置図 S=1/250

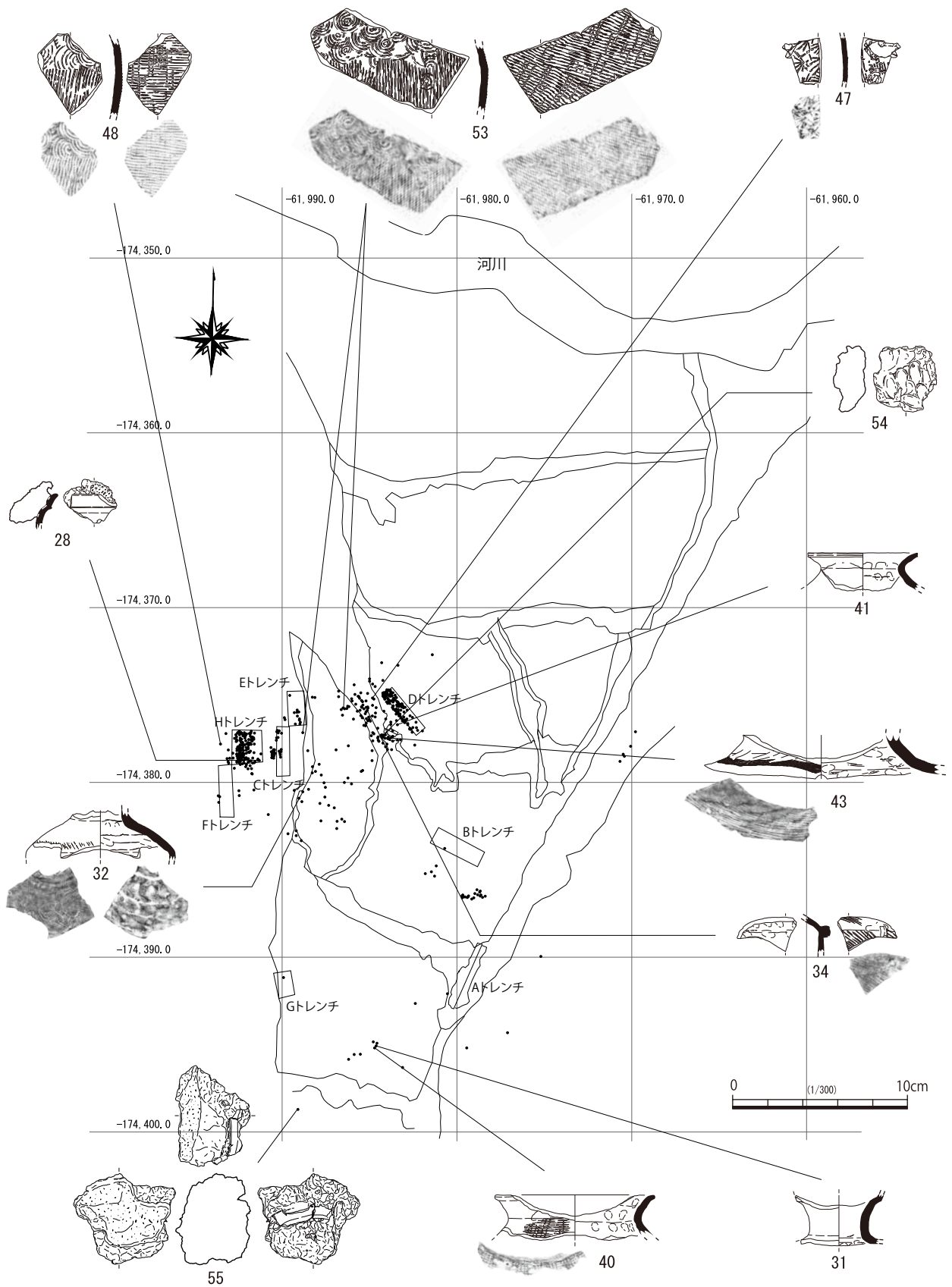


Fig. 11 調査区表層遺物散布状況 S=1/300

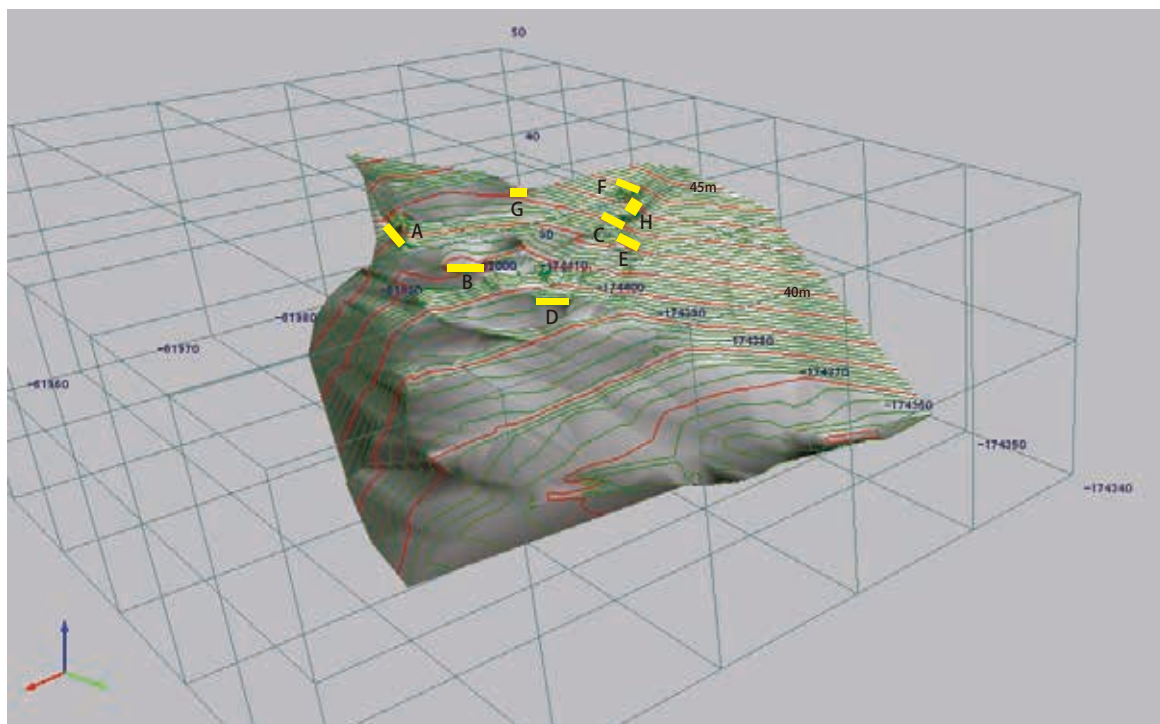


Fig. 12 荒平第2支群の地形模式図とトレンチの位置（北東から）

I. 3. 4 地中レーダー探査 (Fig. 13)

(1) 探査の目的

本遺跡では、須恵器窯跡が存在していると推定されており、過去の踏査から半地下式構造が推定されていた（上村 1984）。半地下式の場合、当時の地山を溝状に掘りこんだ遺構や強く焼成を受け硬化した窯壁や、灰原では多くの関連遺物が堆積している可能性があり、これらが反射反応を示すのではないかと予想された。そのため、これらの遺構の場所を推定し、掘削調査を実施するトレンチ設定を行う事を目的とした。

(2) 探査の概要

探査は Sensors & Software 社製 NOGGIN 250MHz アンテナを用い、3か所の探査地点で実施した (Fig. 13)。

探査地点 1

調査区西側斜面について探査を実施した。東西 4 m、南北 4 m の範囲の範囲を、0.5 m 間隔の測線配置で東西 1 方向のみ測定した。傾斜度 40° の斜面であったため、アンテナが地表面に密着しにくく、不連続を生じている部分もあるが、タイムスライス ns10 以下から南から 1 ~ 2.5 m の帯状に反応が抜けている部分が認められた。Fig. 13 には ns28-30 のタイムスライス図を表示した。探査当初は強い反応に窯跡が残存している可能性があるとして、それを横断する F トレンチを設定したが、F トレンチ層位との比較の結果、プライマリーな層である岩盤部分に強い反射反応をしていたものと推定される。F トレンチでは、窯跡はその岩盤を掘りぬいて作られており、窯跡は天井が崩れ、その上にシルト層が堆積している。他の地点も同様な層位だと仮定すると、傾斜方向に並行な溝状の反射反応が抜けている部分が窯跡である可能性があると考えられる。

探査地点 2

調査区西側の斜面下部で少し平坦面を有する 6 区の探査を実施した。東西 4 m、南北 6 m の範囲を、0.5 m 間隔の測線配置で東西・南北の 2 方向で測定した。Fig. 13 に、ns22-24 のタイムスライス平面図を示した。探査区の南東部に強い反応がある。探査地点 2 では掘削調査を実施していないので、層位との具体的な比較はできないが、b-b' の反射断面図を見ると、ある程度の深さの幅で反射が弱くなっており、岩盤がない可能性がある。人為的掘

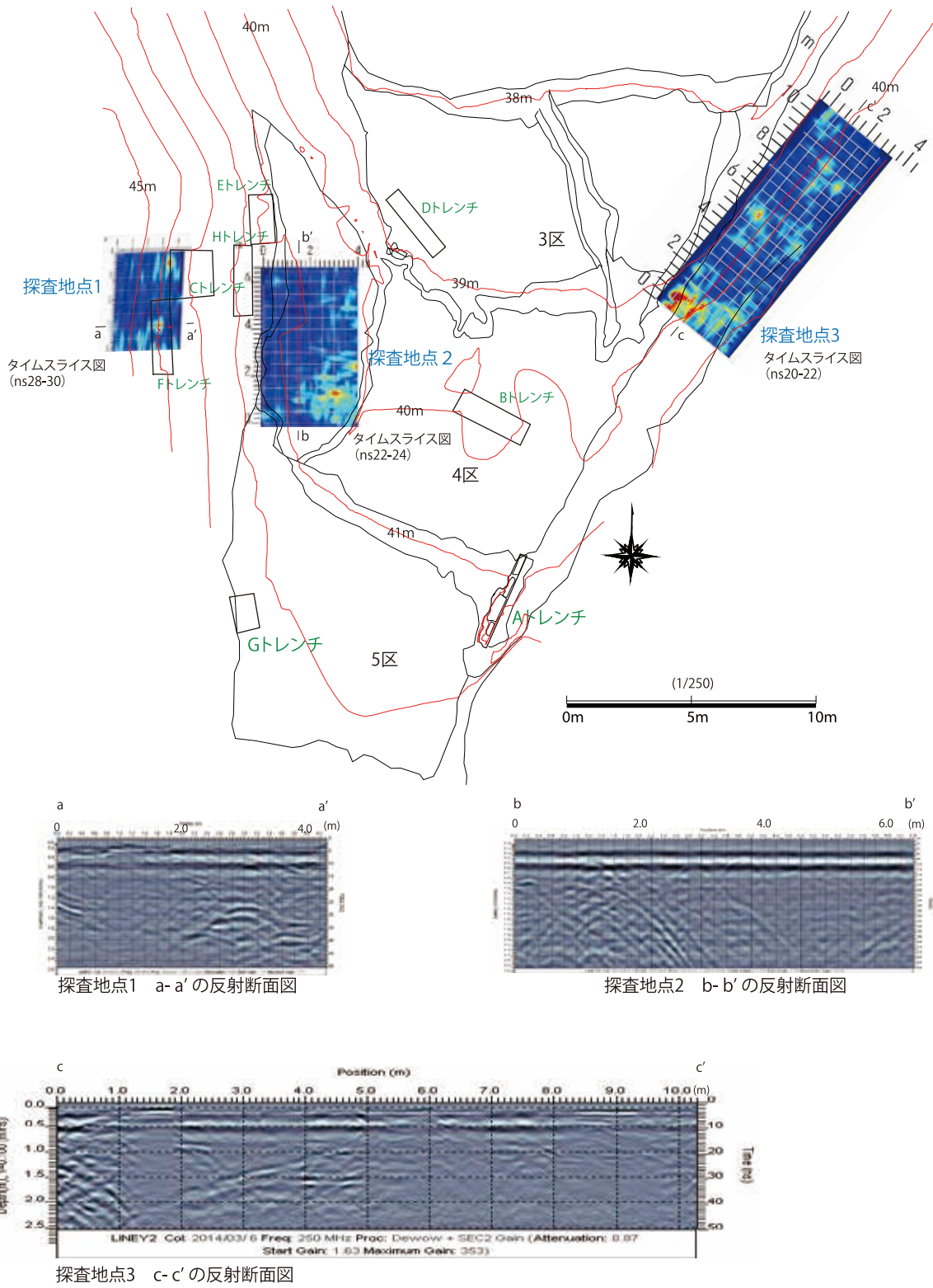


Fig. 13 地中レーダー探査の結果

削によるものか、地形によるものかはわからない。

探査地点3

調査区東側の斜面の探査を実施した。この場所は、1980年代の踏査で壁に窯跡の断面が露出していた³⁾とされていた場所である。東西3m、南北10mの範囲を、0.5m間隔の測線配置で東西・南北の2方向で測定した。Fig13に、ns20-22のタイムスライス平面図を示した。傾斜方向に平行な強い反射反応が南北0-1mと5-6m付近に見られ、途中の反応が弱い。c-c'反射断面を見ても、その範囲の反応がns10以下で抜けており、探査地点1の反応とよく似ている。窯跡が数基存在している可能性もあると考える。

1.3.5 トレンチ調査

(1) 層位 (Fig. 14)

トレンチによって層位の堆積状況は異なるが、基本層位としては、I～V層までを確認した。

I層 表土 葉や枝等の腐植土。樹根を多く含む。

II層 黒褐色シルト質、砂耕作土を基調とする。陶磁器・須恵器片・窯壁片等含む。

III層 オリーブ褐色砂質シルトを基調とするが、やや褐色を帯び、炭化物や礫等を含む。須恵器片・窯壁片等含む。

IV層 明黄褐色砂質シルトを基調とする。少し礫を含む。

V層 明黄褐色の砂岩礫を基調とする。岩盤。

調査区の中央部に位置するA・B・D・Gトレンチでは、II層の耕作土が厚く堆積しており、その中に遺物が含まれていた。B・DトレンチII層には磁器が含まれており、近世以降のものであると推定される。またこれらのトレンチでは、西側斜面に見られるIII層はない。もっとも南側に位置するGトレンチでは、耕作土直下が岩盤層(V層)であり、この岩盤層を掘削して耕作地を造成している事がわかる。西側に位置するC・E・F・Hトレンチは、II層耕作土が無く、III層が堆積している。III層には、古代須恵器や窯体片と思われる粘土塊が含まれており、新しい時期の遺物もない事から、窯跡が操業されている時期に近いものと推定する。IV層については、よくしまつて

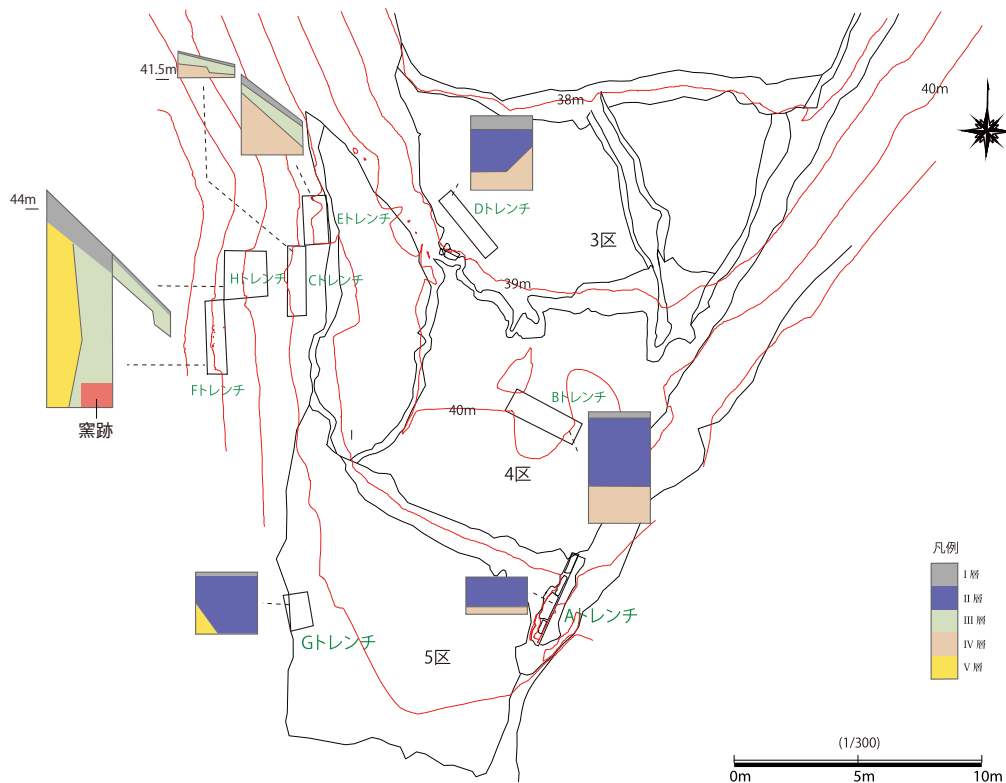


Fig. 14 土層柱状図とその分布

おり、V層の風化土のようにも見える。出土遺物も少ないが、IV層を完全に掘削したトレンチはHトレンチのみであるため、この層の位置づけについては保留したい。

(2) 表層で採集した遺物 (Fig. 15 ~ 18)

表層で採集した遺物について、実測可能なもののみここに紹介する。

28 ~ 31 は壺の口縁部である。28 は外反した口縁部で、口縁端部はナデ調整によって丸く収められている。中段部分にはつまみ出し状の突帯が一条巡っており、突帯以下には自然釉が付着している。内面には礫混じりの焼成粘土塊が付着している。29 は頸部から外反した後に中段付近でやや直立気味に立ち上がる口縁部である。口縁端部はナデによって丸く収められており、内外面にはオリーブ黒色の自然釉が付着している。30 は緩く外反する口縁部で、器壁が最大約5 cmと薄い。口縁端部は丸く収められており、直下に段を形成する。外面には黒色の自然釉が一部付着している。31 は頸部から外反した後に立ち上がる形態を呈した口縁部で、立ち上がり部分に稜を形成する。

32 は外反する二重口縁壺だが、屈曲部以上が欠損している。33 は壺の頸部～肩部にかけての部分であり、頸部径推定9 cm、肩部径推定23 cmを測る。外面には平行タタキの痕跡がみられるが、摩滅しているため全体の調整は不明である。内面には粘土紐の接合痕が明瞭に残っている。34 は大きく外反する壺の口縁部で、上部は欠損しているが内面に段が形成されていることから、立ち上がりを有すると考えられる。

35 ~ 37 は壺の肩部である。35 は肩部直下に耳状の把手がついており、外面には平行タタキが施されている。36 は外面に擬格子目タタキが施されており、内面には粘土紐の接合痕がみられる。37 は外面に擬格子目タタキが施され、一部オリーブ黒色の自然釉が付着している。

38・39 は壺の底部である。38 は外面に擬格子目タタキが施されており、39 は平行タタキが施されている。

40 ~ 44 は甕の口縁部である。40 は口径推定25 cm、頸部径推定20.6 cmを測る。口縁端部はやや丸く収められ、頸部は緩く屈曲する。外面には擬格子目タタキが施されており、一部表面の剥離がみられる。内面には粘土紐の接合痕がみられる。41 は口径推定19 cm、頸部径推定13 cmを測る。口縁端部は断面M字状を呈しており、頸部は強く屈曲する。内外面ともナデ調整が施されており、一部分暗オリーブ色の釉が付着している。42 は口縁端部が平坦に仕上げられており、外面には平行タタキが施されている。43 は緩く立ち上がる口縁部で、口縁端部は欠損している。44 は頸部径推定12.4 cmを測る。外面には平行タタキが施されており、内面はナデ調整が施される。器壁は最大2 cmとやや厚く仕上げられている。

46 は壺の頸部～肩部にかけての部分である。頸部径推定13.2 cmを測り、頸部から肩部にかけてやや強く屈曲している。外面は横位の平行タタキによる調整が施され、内面は同心円文当て具の痕跡がみられる。内面の頸部部分には粘土を指で折り返して押さえたような痕跡が残っている。

45・47 ~ 51 は傾きが不明な胴部片で、器種は甕と思われる。45 は緩く屈曲しているが、焼成時における歪みによるものと考えられる。外面は擬格子目タタキが施され、内面は同心円文当て具と平行線文当て具の痕跡がみられる。47 は外面に粘土塊が付着しているため調整が見えない部分もあるが、一部で平行タタキの痕跡がみられる。内面は放射状当て具である。48・49 は外面に擬格子目タタキによる調整が施され、内面は同心円文当て具と平行線文当て具の痕跡が残る。胎土は軟質で、浅黄色を呈する。50 は底径19.4 cm、高台高1.2 cm ~ 1.3 cmを測る。高台部は「ハ」の字状に開き、口唇部は丸く収まる。調整は内外面にナデ調整が施され、底部外面にはへら切り技法が施されている。胎土は灰白色を呈し、軟質である。51 は内面に放射状文当て具の一部がみられる。

52 は薩摩磁器で19世紀と考えられる。口径推定10.6 cmを測り、外面には草花文が描かれている。

53 は甕の胴部で、外面には擬格子目タタキによる調整が施されており、一部タタキの重なりがみられる。内面は同心円文当て具と平行線文当て具の痕跡が残る。胎土は淡黄色を呈し、軟質である。

54・55 は粘土塊である。54 は表面に指の痕跡が明瞭に残っており、一部では重なりがみられる。色調はにぶい橙色を呈する。55 は粘土塊に須恵器の口縁部片が付着しており、上部の方では面を呈している。須恵器の口縁端部はナデ調整により平坦に仕上げられている。色調は粘土塊が赤褐色、須恵器が灰白色を呈する。

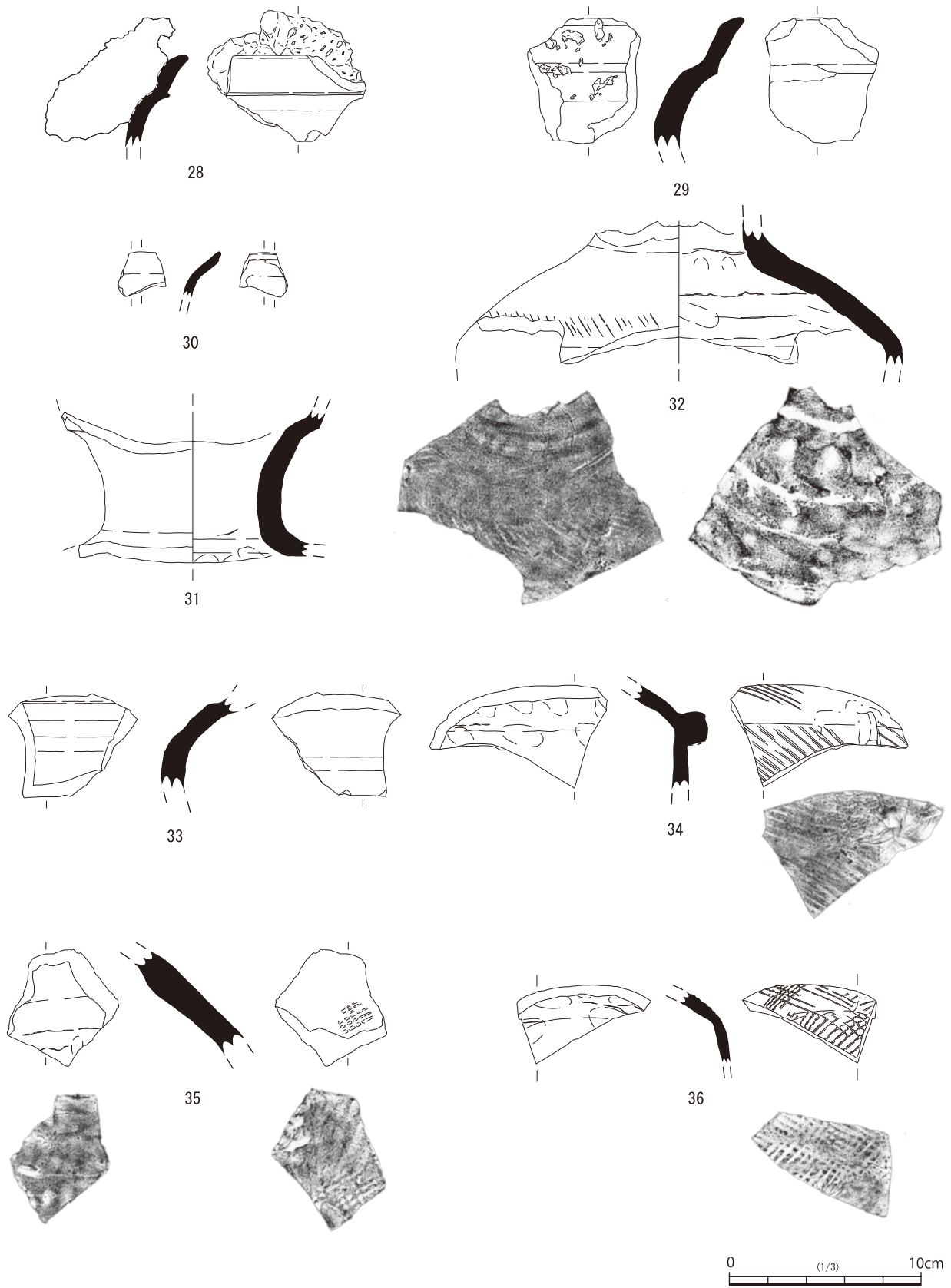


Fig. 15 調査区表層散布遺物 (1) S = 1/3

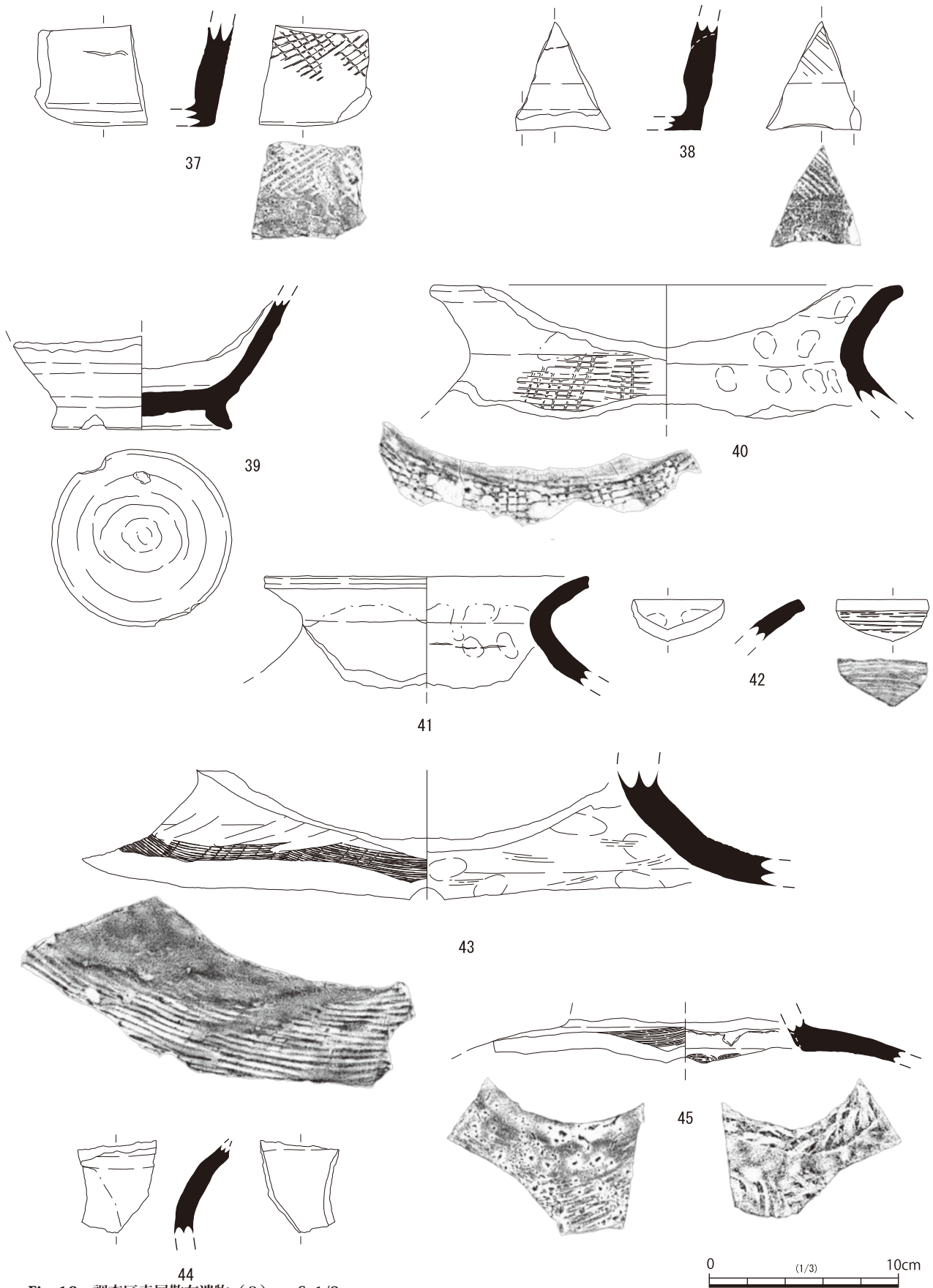


Fig. 16 調査区表層散布遺物 (2) S=1/3

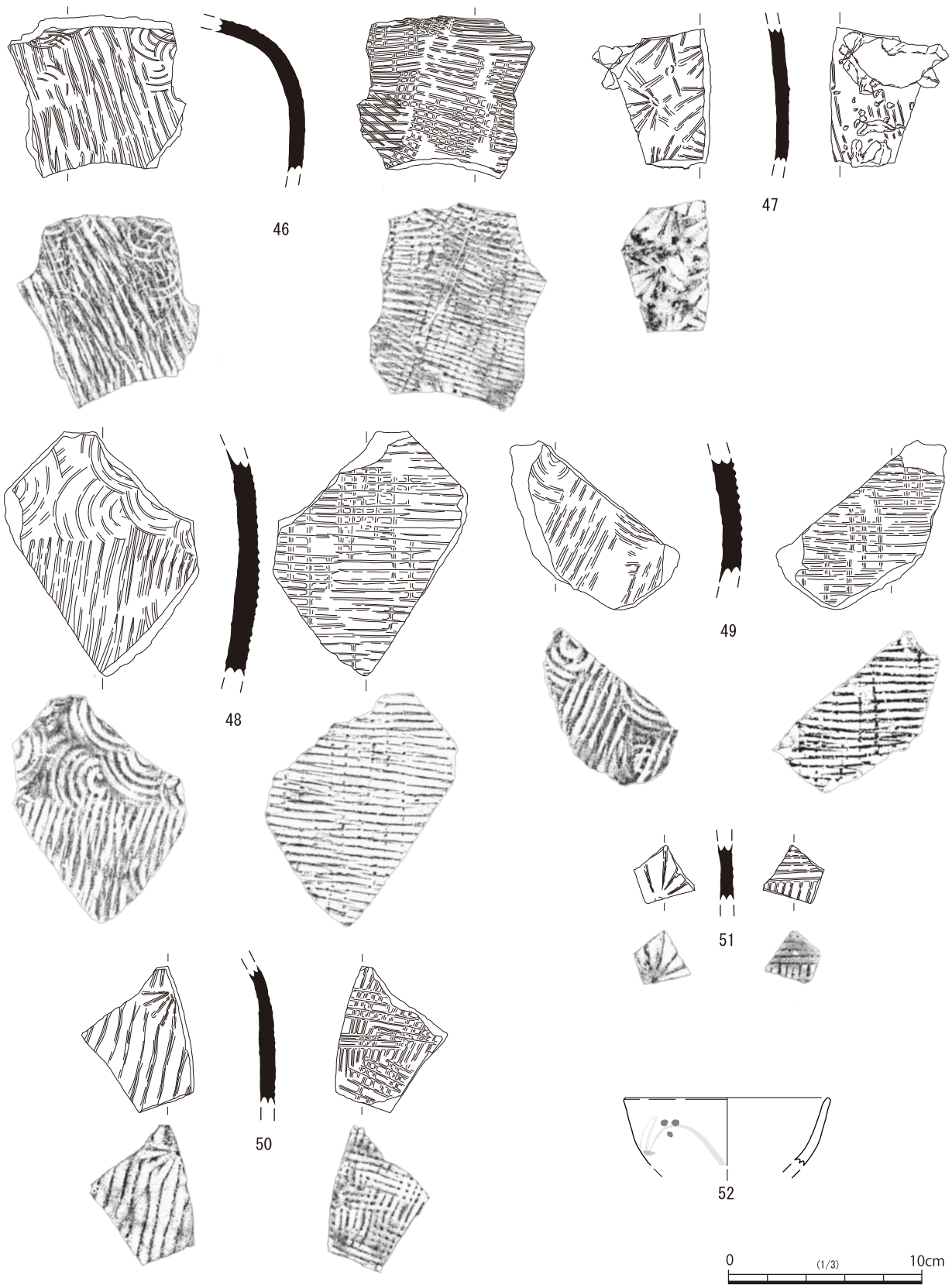


Fig. 17 調査区表層散布遺物 (3) S = 1/3

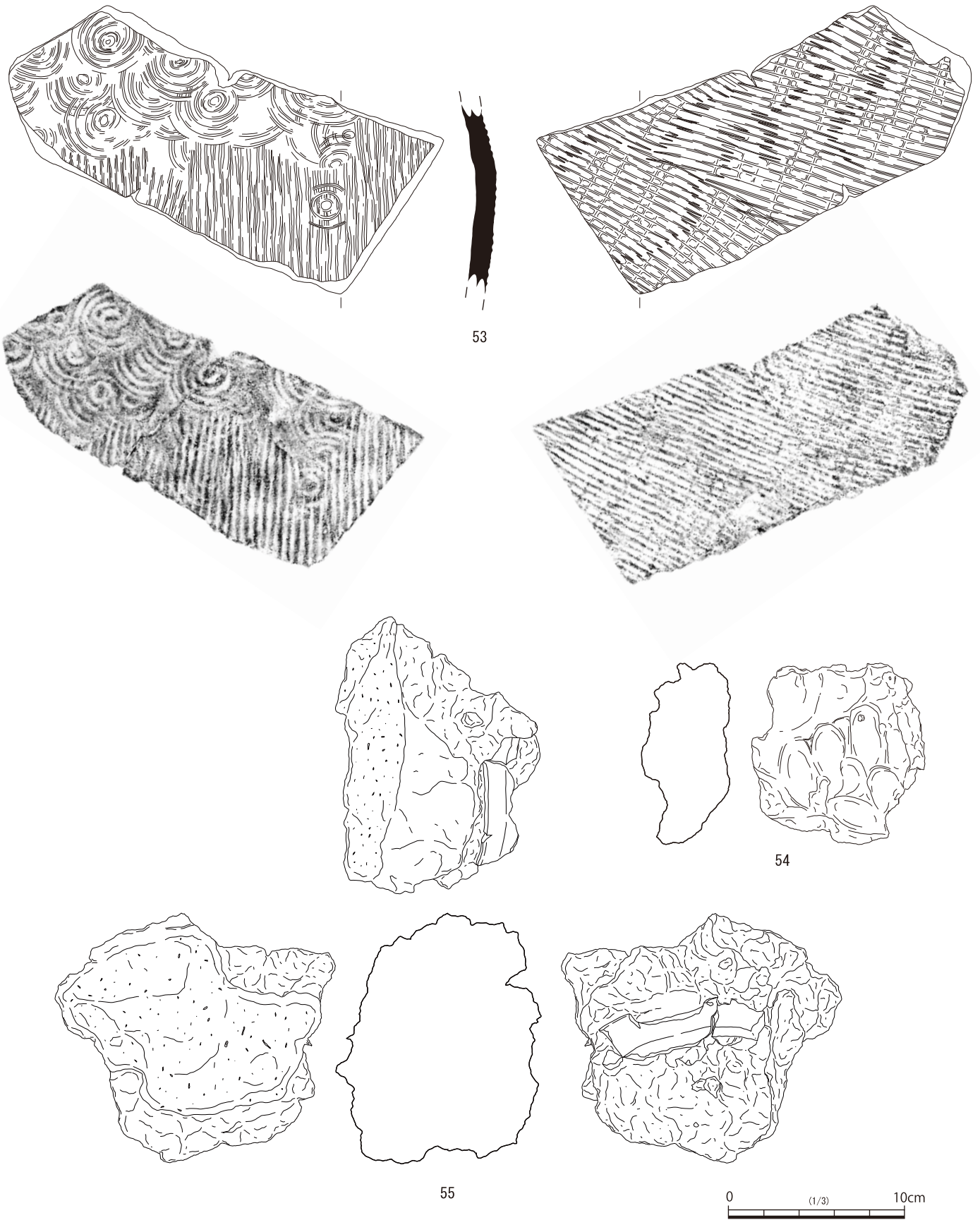


Fig. 18 調査区表層散布遺物 (4) S=1/3

(3) Aトレンチ (Fig. 19)

4・5区の境界段部東端に幅約1m、長さ5mの溝状のくぼ地部分西側半分をAトレンチとして掘削した。2012年の踏査時にこのくぼ地はあり、窯跡もしくは窯関連遺構の可能性を考えていた。

掘削したところ、耕作土（基本土層I）直下ではIV層の検出され、遺物も出土しなかった。くぼ地の底面はステップ状を呈するが、焼成された様子は無く、4・5区の境界である段の東端であった事などから、耕作に関連する溝状の遺構か、自然流路によって削られた跡であろうと推定される。

(4) Bトレンチ (Fig. 20, 21)

4区中央部に東西方向2m、南北1mのトレンチを設定した。地表下1mまで掘削し、4層の途中で終了した。遺物は3層上面（基本土層II層中）より磁器が1点出土した。

56はBトレンチの3層から出土しており、白磁の蓮華の柄の部分である。端部の一部が内側に折り返されている。文様は描かれておらず、詳細は不明である。

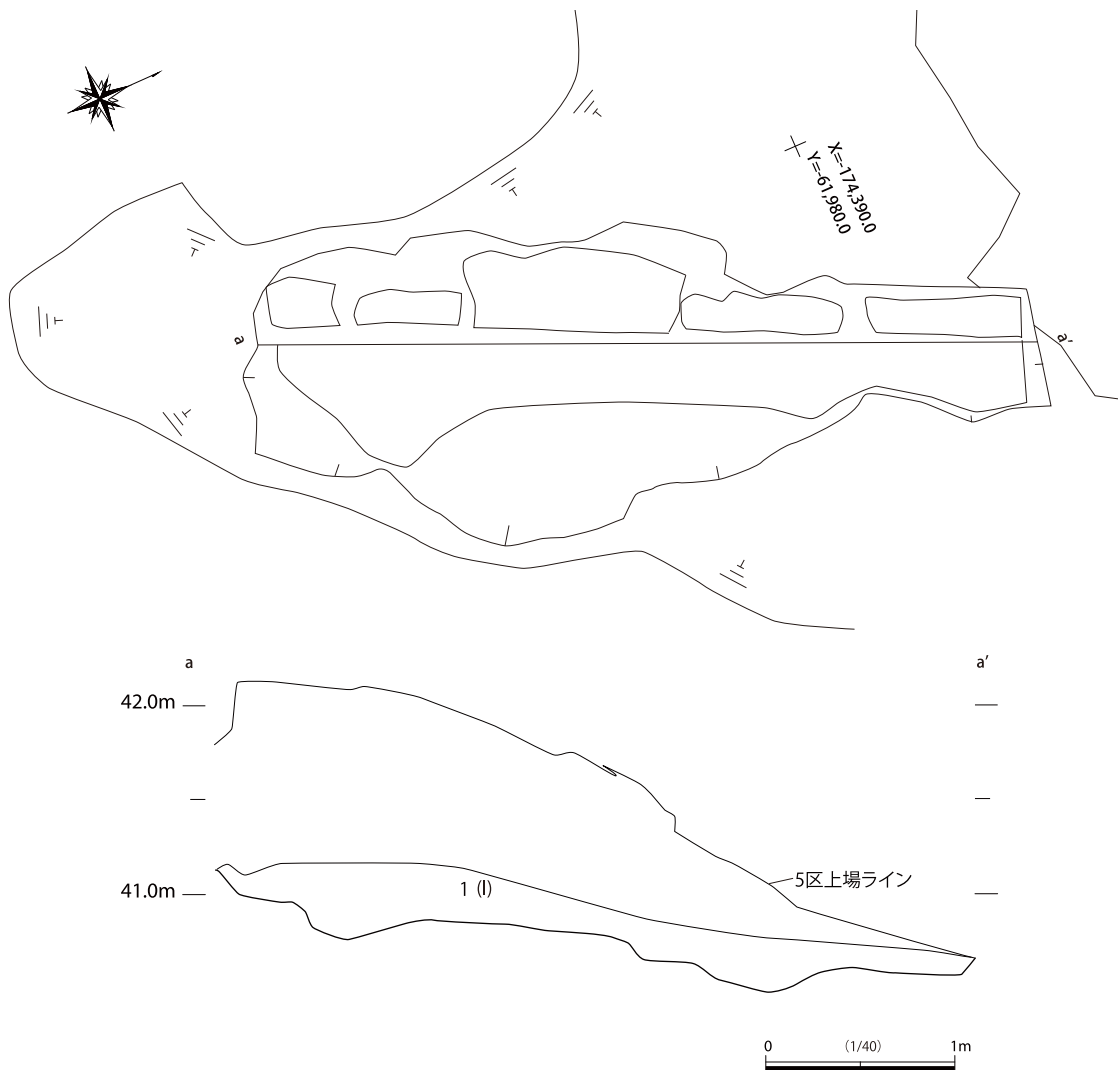


Fig. 19 Aトレンチ平面図・層位断面図 S=1/40

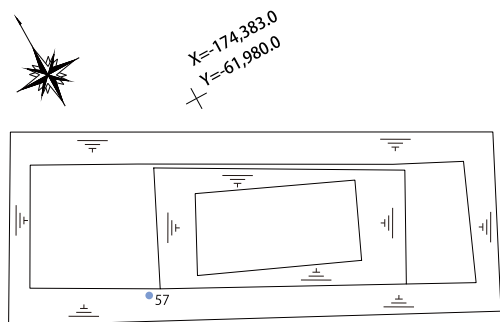


Fig. 20 B トレンチ平面図・層位断面図 S=1/40

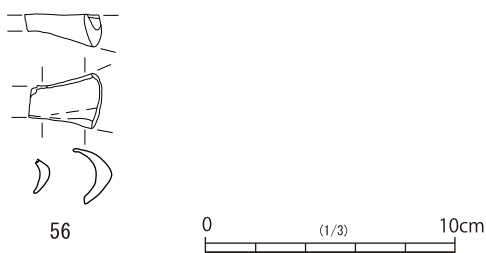
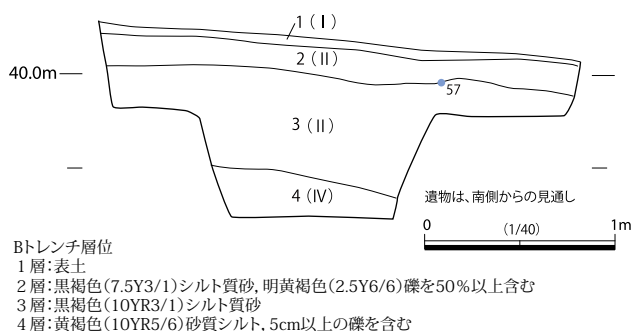


Fig. 21 B トレンチ出土遺物 S=1/3



(5) C・E トレンチ (Fig. 22, 23)

C トレンチと E トレンチは、6 区の斜面下部に設置した。C トレンチが東西 1 m、南北 3 m、E トレンチは東西 2 m、南北 1 m である。C トレンチは当初、南側の南北方向 2 m のトレンチを設定して掘削を行ったが、表土層直下から須恵器片や窯壁片など遺物と炭化物の層が検出されたため、その出土状況を見るために、北方向に 1 m 調査区を広げた。須恵器片等とともに、炭化物が西端にまとまっており (Fig. 23 網掛け部分)、この層から放射性炭素年代用のサンプルを採取した (放射性炭素年代

測定は本書 III.6 に報告)。堆積状況を見るために、a-a' ラインより南側は 2 層上面までの掘削にとどめた。北側のみ 2 層と 3 層を除去したところ、IV 層が確認できたが、北東方向に伸びる段が検出された。傾斜面に位置するが、段は人為的なものであると推定される。しかし、E トレンチでは確認できなかった (E トレンチ 5 層上面)。C トレンチは、遺物の出土状況から灰原の一部であると推定される。E トレンチは、C トレンチに比べると遺物出土数も少なく、炭化物の層も確認できなかった。5 層が E トレンチの 4 層にあたり、基本土層の IV 層である。実測できる遺物はないが、須恵器片や粘土塊が出土している。

出土遺物

57 は II 層灰原内から出土した壺の口縁部～頸部片である。頸部は大きく外反しており、口縁部の上部付近ではつまみ出し状の稜線を呈し、そこからやや直立気味に立ち上がる。外面は平行タタキによる調整が施されている。頸部径は推定 9 cm を測る。

58 は IV 層から出土した壺の頸部で、頸部径は推定 9 cm を測る。内外面にはタタキ・当て具の痕跡がみられず、外面はヨコナデ、内面はユビオサエによる調整が施されている。オリーブ黒色の自然釉が内外面に付着している。

(6) D トレンチ (Fig. 24, 25)

D トレンチは 3 区の西側に位置する。表層での遺物の散布が多かった場所である。南東-北西方向に 3 m、幅 1 m のトレンチを設置した。遺物は、1 層から 3 層までの耕作土より須恵器片を中心とする遺物が出土したが、3 層より大正時代の磁器碗も出土しており、これらの堆積が新しい事がわかる。西斜面からの流れ込みであろう。

出土遺物

59～62 は壺の底部である。59 は底部外面に粘土塊が付着している。外面の調整は斜位の平行タタキが重なりあって施されている。内面には外周の円弧がみられる放射状当て具の痕跡がみられるが、摩滅しているため詳細は不明である。粘土紐の接合痕が残る。60 は外面に平行タタキが施されているが、所々摩滅している。胴部はやや直

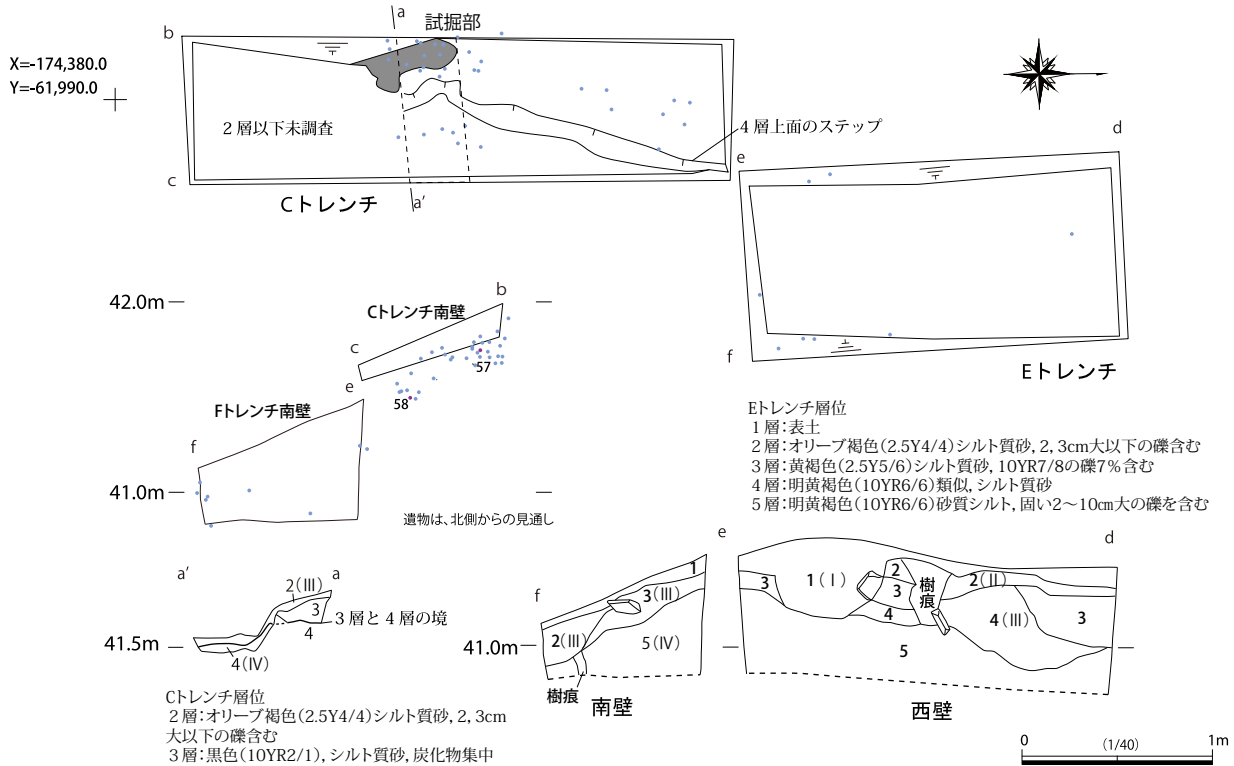


Fig.22 Cトレンチ・Eトレンチ平面図・層位断面図 S=1/40

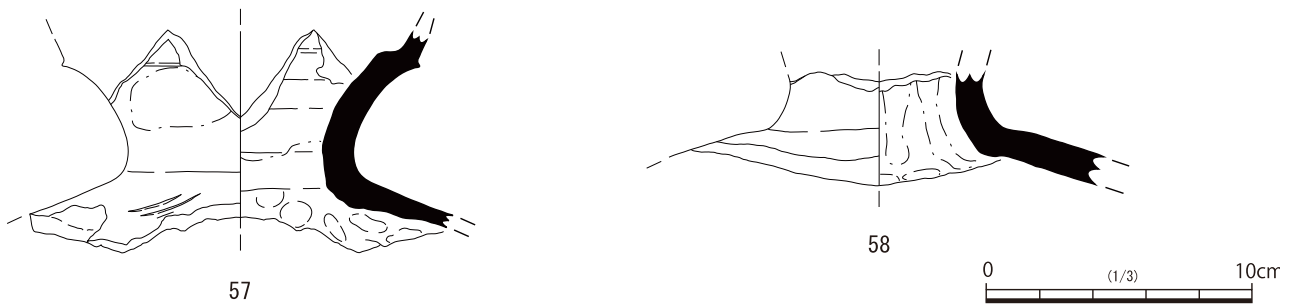


Fig.23 Cトレンチ出土遺物 S=1/3

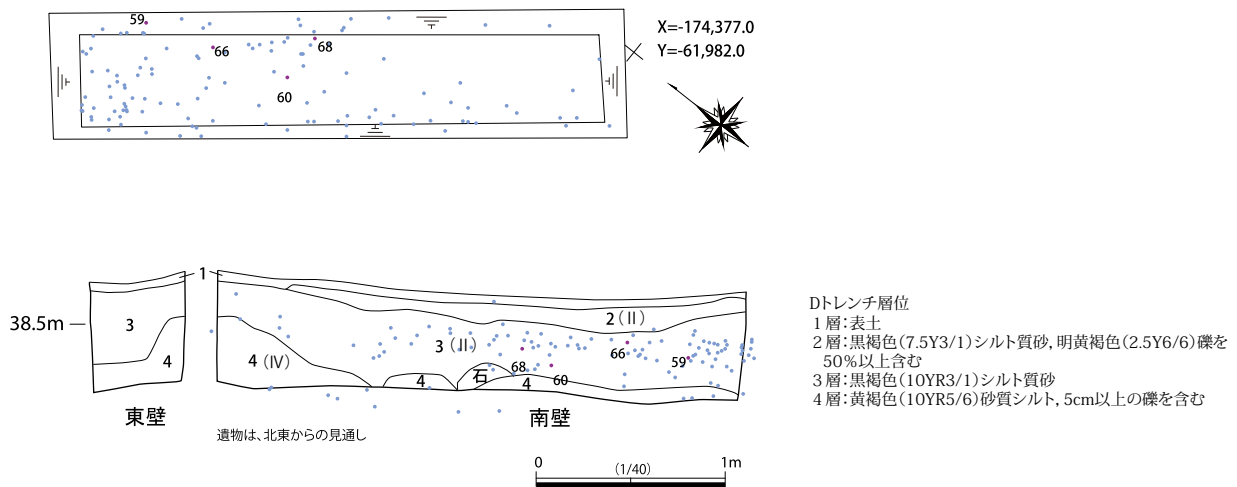


Fig.24 Dトレンチ平面図・層位断面図 S=1/40

立気味に立ち上がると考えられる。61 は内外面にナデ調整が施されており、外面には一部平行タタキの痕跡もみられる。62 は底部に歪みがみられ、底部から直線的に立ち上がったのち、緩やかに外方へ開く。内外面ともにヨコナデで仕上げられ、内面には灰黄褐色の自然釉が一部付着する。

63・64 は甕の頸部である。63 は頸部から肩部にかけて緩やかに開く。肩部外面には擬格子目タタキが施され、内面には外周の円弧がみられる放射状文当て具が明瞭に残る。64 は頸部から肩部にかけてやや強く屈曲し外へ開く形態を呈する。外面には擬格子目タタキが施され、内面にはしぼり痕がみられる。

65～67 は甕と思われる胴部片である。外面には擬格子目タタキによる調整が施され、内面には放射状文当て具と平行線文当て具が残る。傾きは不明である。

68 は白磁の小杯で、外面の色絵部分は銅板転写によって描かれている。高台は釉がかかっておらず、露体している。大正時代と考えられる。

(7) F・H トレンチ (Fig. 26～29)

F・H トレンチは、西側斜面中腹、探査地点 1 にあたる。F トレンチは東西 1 m、南北 3m、H トレンチは東西南北 2 m 四方の大きさである。F トレンチは設定当初、レーダ探査の斜面と並行方向の細長い反応が出た地点を中心に設定したため、南北方向に 2 m の範囲で設定されたが、遺構が確認できなかったため、さらに南側に 1 m のばした。

F トレンチでは、約 1.5m の深さから赤変した焼土塊やそれが付着し高温焼成を受け、一部ガラス化した粘土塊が検出された。土中に大きなブロックで含まれているものは遺物として取り上げたが、層位断面図中の 12 層は動かさず、原位置をとどめているかもしれない。ある程度焼土塊等の範囲を把握できる部分で掘削を終了した。なお、遺物として取り上げたブロックについてはレントゲン撮影などを実施し、その結果は本書 (III. 5) に掲載している。

トレンチ底面では焼土塊は 40～60cm 幅で確認されている。窯壁の原位置をとどめているとすると、その内幅は 70 cm になる。南側の焼土塊を覆うように、薄い炭化層が確認された (Fig. 26 平面図網掛け部分)。その上には黄褐色を基調とした土がブロック状に堆積している。窯跡天井部の崩落時にいっしょに上層に堆積したものが陥没したか、窯跡部分に新しく堆積したものであろうと推定される。岩盤である 10 層を見ると、北側焼土塊側の上部は、ドーム状を呈しており、この傾斜にそって窯跡を復元すると、トレンチ底面から高さ 80cm ほどのドーム形をした窯天井部が想定される。窯の床面をはっきり検出していないので推定の域は出ないが、岩盤がくりぬかれた幅がトレンチ北壁での計測で 1.5 m あり、窯壁の厚さ等を考えると、窯内幅は 1 m 弱となり、小規模な窯が復元できる。

H トレンチでは深さ 40cm を掘削し、1～3 層 (I・III 層) を確認した。掘削深度は浅いが、H トレンチ東側に遺物が多く出土している。灰原の一部と想定される C トレンチに続くものである。遺物の散布は西側にも広がっており、斜面上部からの流れ込みである可能性も考えられる。

出土遺物

69～70 は H トレンチの 1 層から出土した遺物である。69 は甕の口縁部で、口縁端部は断面 M 字状を呈する。内外面ヨコナデによる調整が施され、暗赤褐色の自然釉が付着している。70・71 は甕の胴部片である。70 は外面に斜位の擬格子目タタキが施され、内面には放射状文当て具と平行線文当て具が残る。71 は外面に擬格子目タタキが施されている。内面には多数の放射状文当て具が明瞭にみられる。

72～81 は H トレンチの 2 層から出土した遺物である。72～74 は壺の口縁部である。72 は頸部から口縁部にかけて大きく外に開いたのち、つまみだし状の稜線が巡り、そこからやや直立気味に立ち上がる。口縁端部はナデ調整によって丸く仕上げられ、膨らみをもつ。73 は内面に粘土塊が付着している。頸部から口縁部にかけてはやや直立気味に立ち上がる形態を呈する。口縁端部は平坦に仕上げられている。74 はやや内湾しながら立ち上がったのち、大きく外反する形態の口縁部である。口縁端部は一条のつまみだしを呈するが、全形がわからないため口縁部をめぐるかは不明である。

75 は底径推定 17 cm を測る壺の底部で、底部から胴部にかけてはやや外に開く形態を呈する。外面には斜位の

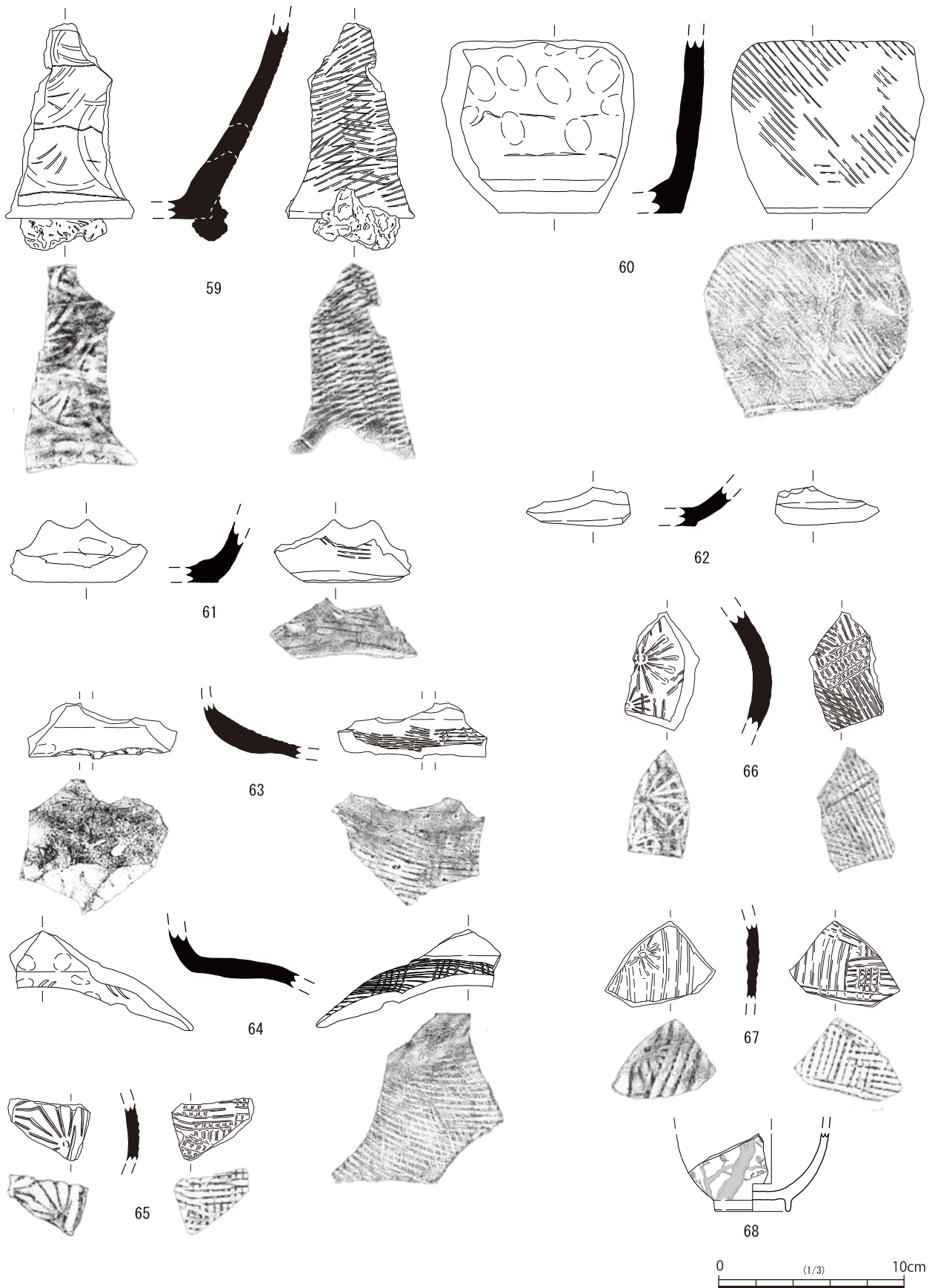


Fig. 25 Dトレンチ3層出土遺物 S=1/3

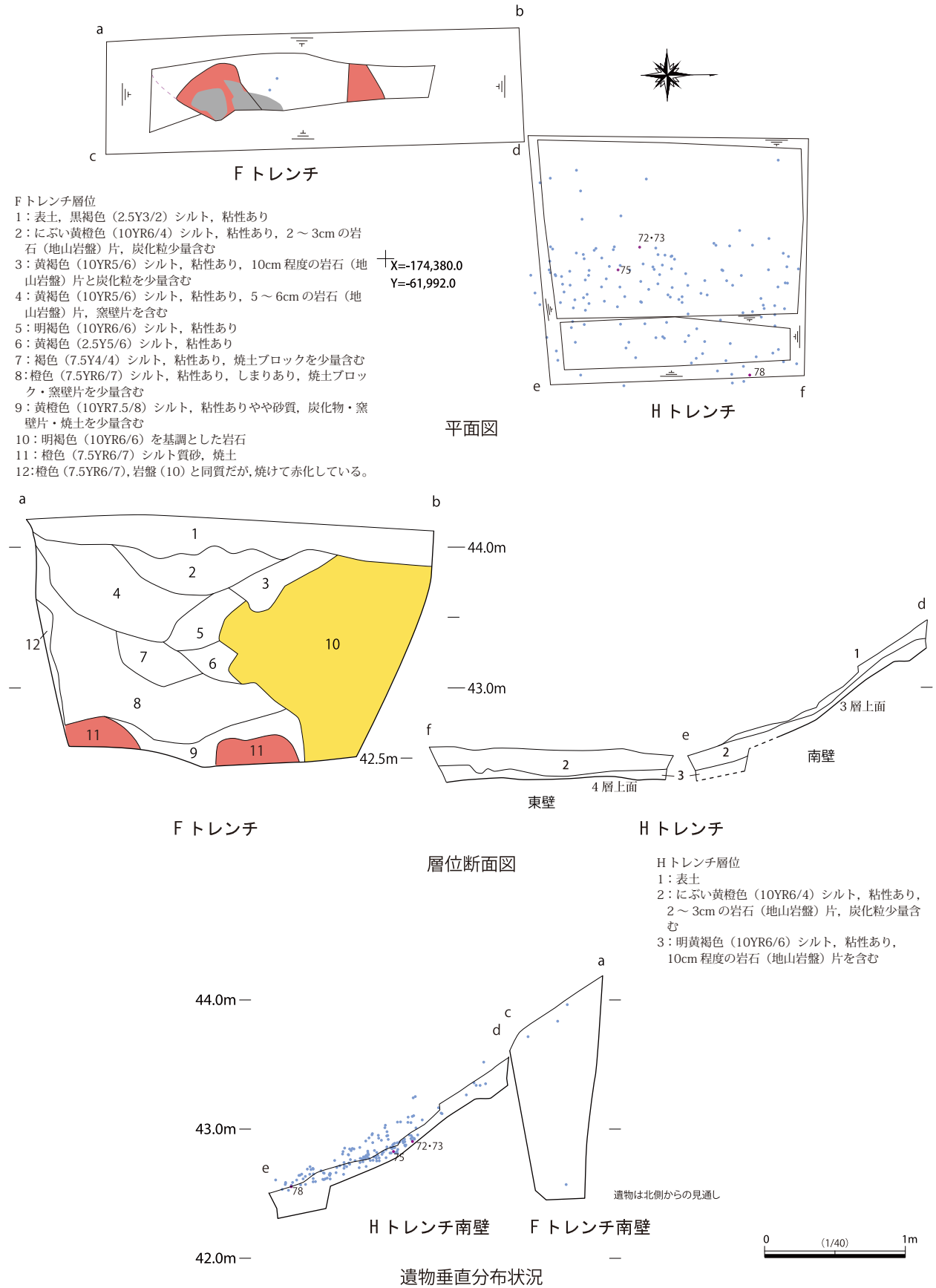


Fig. 26 F・H トレンチ平面図・層位断面図 S=1/40

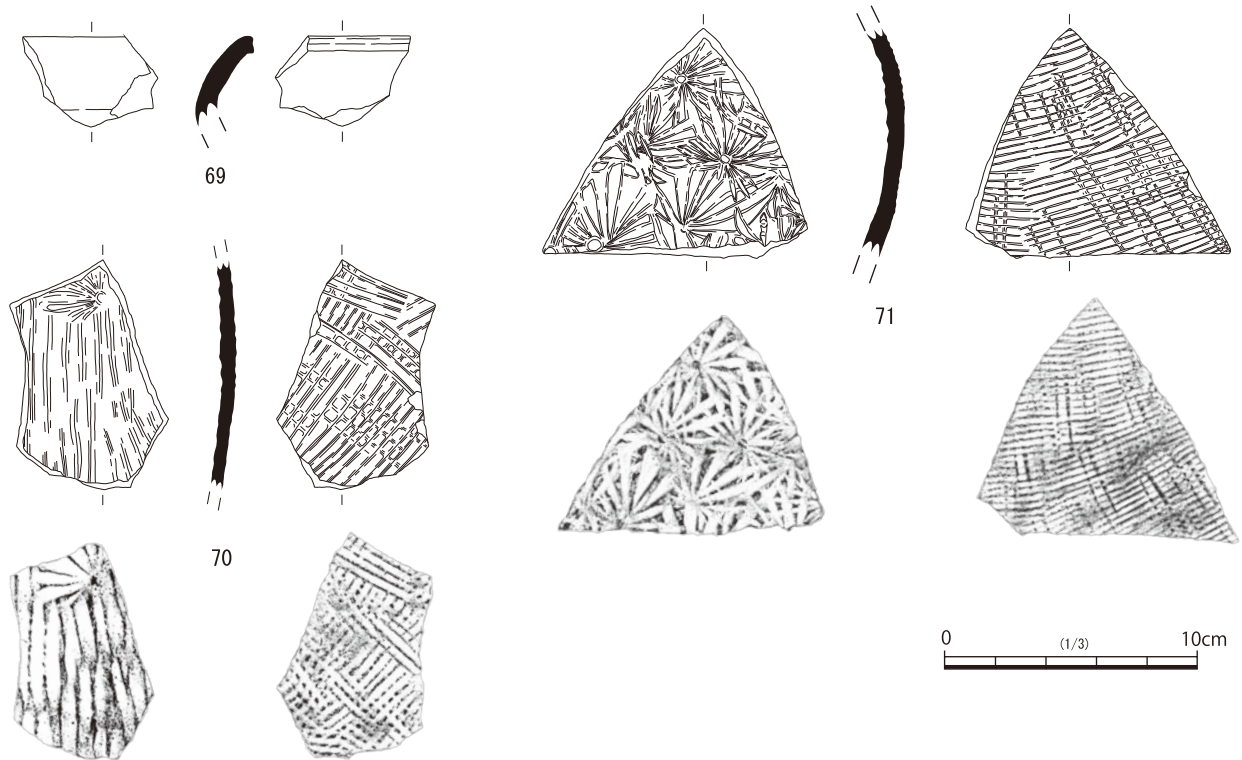


Fig. 27 Hトレンチ1層出土遺物 S=1/3

平行タタキが施され、内面には当て具の痕跡はみられない。

76は甕の頸部である。頸部から肩部にかけては緩やかに開き、内外面に稜をもつ。肩部外面には斜位の平行タタキが施され、内面には重なり合った同心円文当て具の痕跡が残っている。

77～81は甕と思われる胴部片である。77は外面に擬格子目タタキによる調整が施され、内面は放射状文当て具と平行線文当て具が残る。78は外面に擬格子目タタキ、内面に放射状文当て具と平行線文当て具の痕跡がみられる。平行線文当て具の一本一本には両端に細い刻み目のような文様が入っている。79は外面に擬格子目タタキ、内面は放射状文当て具と平行線文当て具がみられる。やや内湾する。80は外面に擬格子目タタキが施され、内面は放射状当て具が多数重なりあっている。81は外面が斜位の平行タタキと横位の平行タタキが重なりあっている。内面は同心円文当て具と平行線文当て具がみられ、一部当て具痕をナデ消している。

(8) Gトレンチ (Fig. 30)

5区の西隅に南北1.4 m、東西1 mのトレンチを設置した。土層は、耕作土(2層/基本層位Ⅱ)と岩盤層(3層/基本土層Ⅴ)が確認でき、2層から粘土塊が数点のみ出土した。古代の包含層(基本層位Ⅲ)は確認できなかった。耕作地造成のおり、掘削されたものと推定される。

注

- 1) 橋本達也氏より、確認されている地点とは別地点で、須恵器片を表採したとのご教示を得た。地点測量は実施していないが、Fig. 3表採ポイント2012-1より50 mほど北上した地点のようである。
- 2) 上床真氏のご教示による。
- 3) 上村俊雄氏のご教示による。

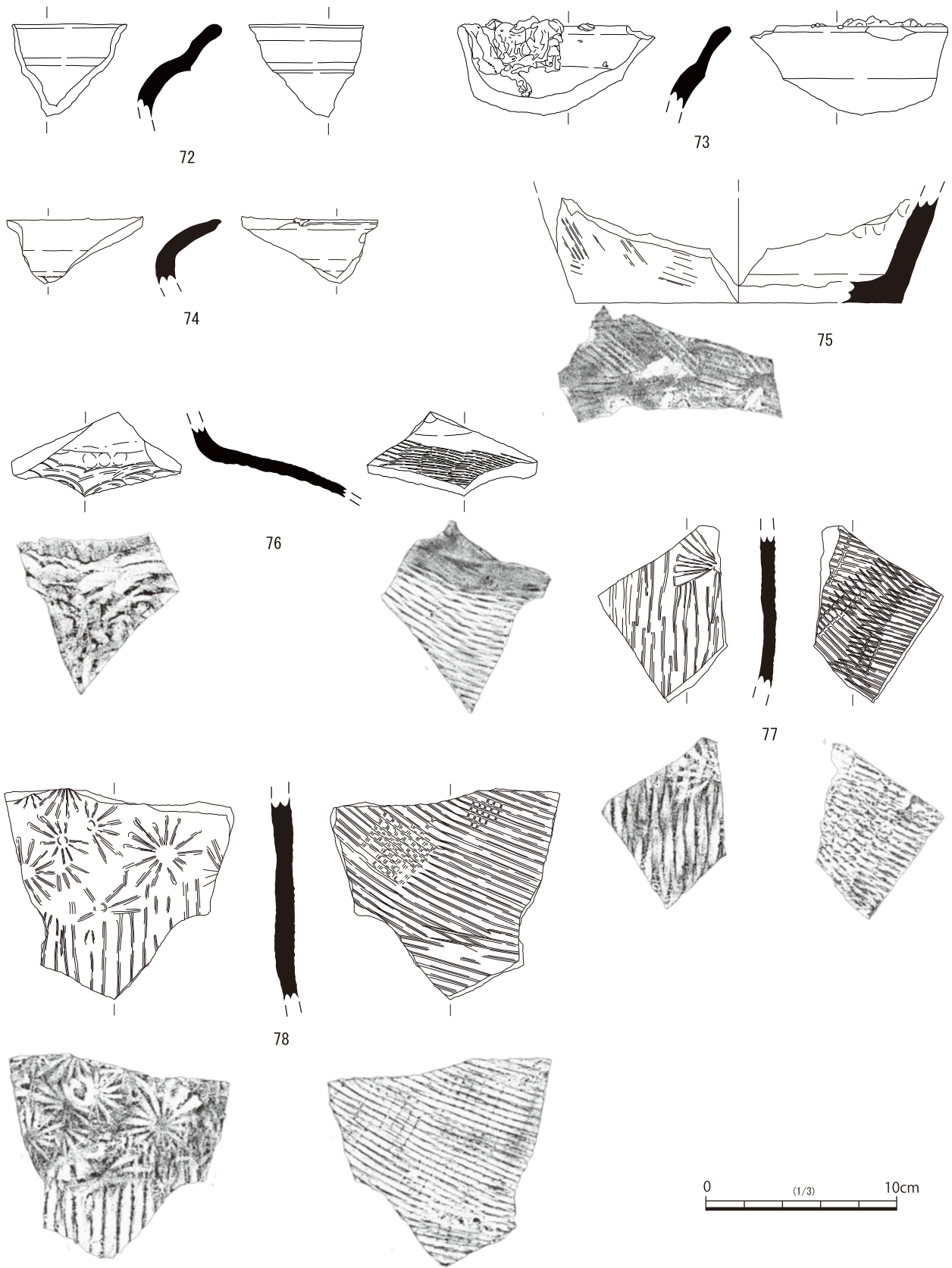


Fig.28 Hトレンチ 2層出土遺物 (1) S=1/3

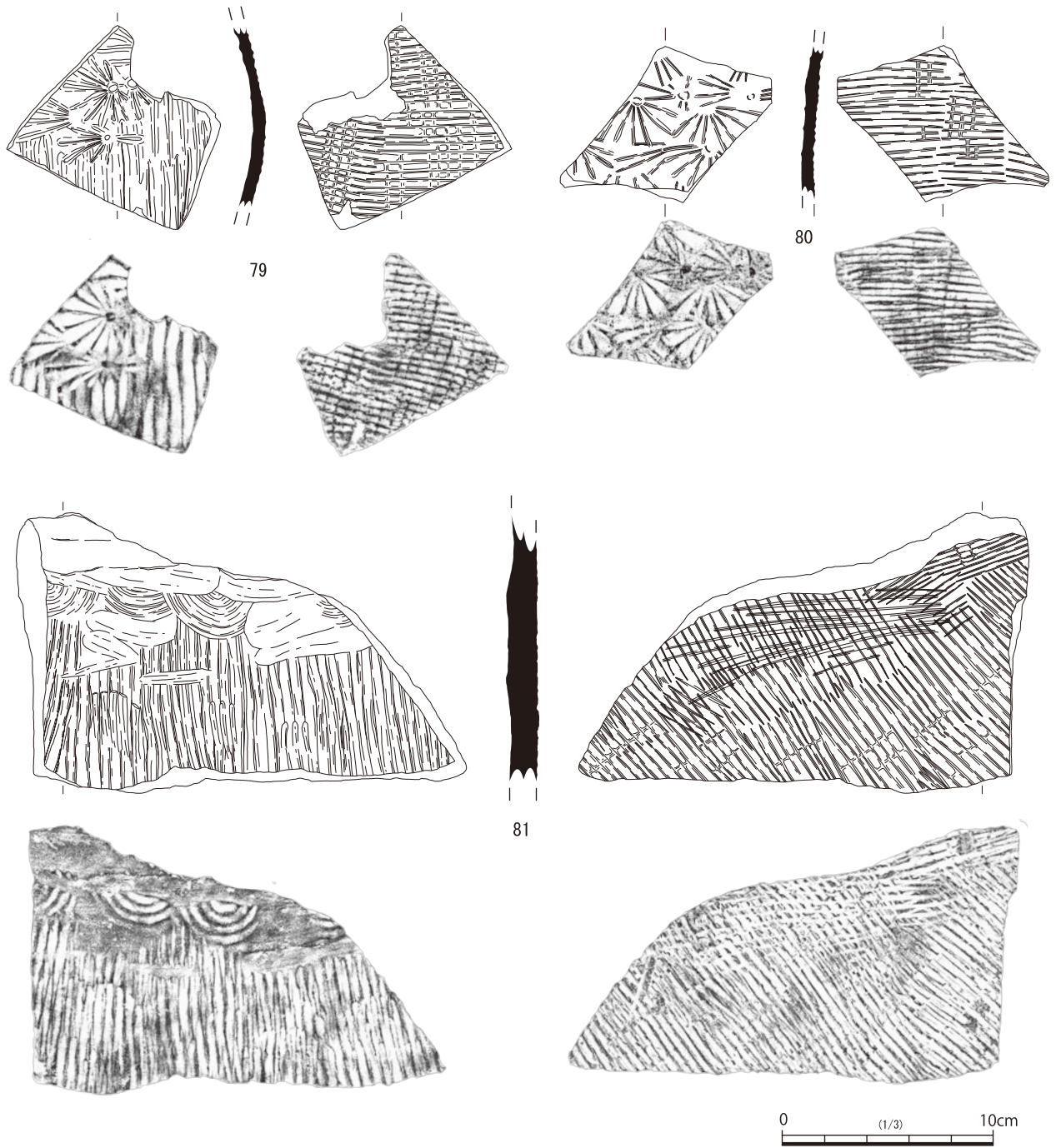


Fig. 29 Hトレンチ2層出土遺物(3) S=1/3

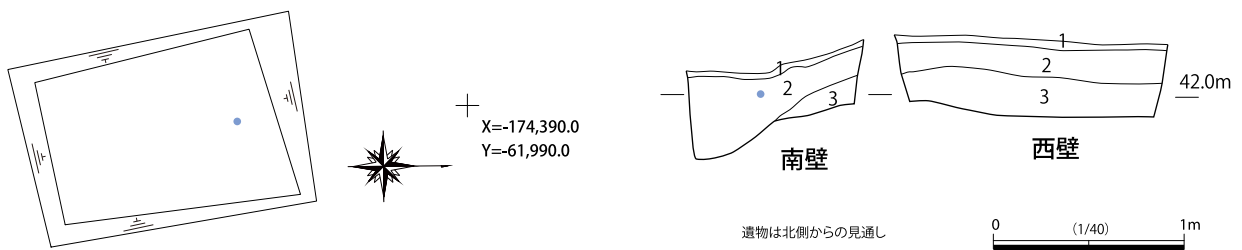


Fig. 30 Gトレンチ平面図・層位断面図 S=1/40

Tab. 1 - 1 遺物観察表

Fig. No.	種別	器種	部位	区 トレンチ	層位	取上No.	色調	調整	胎土	備考	グループ	分析番 号
6 1	須恵器	壺	口縁部 ～頸部		表採		外面：にぶい赤褐 2.5YR5/4、 黒褐 10YR3/1 内面：にぶい赤褐 5YR4/4 頸部断面：にぶい褐 7.5YR5/4	外面：ヨコナデ 内面：ヨコナデ、ユビオ サエ	白色粒子、黒色粒 子	頸部内面に接合 痕有り	II	
6 2	須恵器	壺	口縁部		表採		外面：赤褐 2.5YR4/6 内面：にぶい赤褐 2.5YR5/4 胎土：灰白 7.5Y8/1 自然釉：オリープ黒 5Y3/2	外面：ヨコナデ 内面：ヨコナデ	黒色粒子	頸部内面に接合 痕有り	II	
6 3	須恵器	甃	口縁部		表採		外面：青灰 5B6G/1 内面：緑灰 10G6/1	外面：ヨコナデ、平行タ タキ 内面：ヨコナデ	白色粒子		III	
6 4	須恵器	壺	肩部		表採		外面：灰黄 2.5Y7/2 内面：にぶい褐 7.5YR5/3	外面：摩滅しており調整 不明 内面：ユビオサエ	白色粒子、黒色粒 子	内面にしぼり痕 有り	III	
6 5	須恵器	壺	肩部		表採		外面：灰白 5Y7/1 内面：灰黄 2.5Y6/2 自然釉：オリープ黄 7.5Y6/3	外面：平行タタキ 内面：ユビオサエ	白色粒子、黒色粒 子		III	
6 6	須恵器	壺	底部		表採		胎土：灰白 5Y8/1 自然釉（外面）：オリープ黄 7.5Y6/3 自然釉（内面）にぶい赤褐 5YR5/3	外面：回転ナデ 内面：ナデ 底面：ヘラ切り	白色粒子	粘土塊が付着 自然釉が一部剥 落	II	
6 7	須恵器	壺	底部		表採		外面：灰白 5Y7/2 内面：灰黄 2.5Y7/2 自然釉：灰オリープ 7.5Y6/2	外面：格子目タタキ 内面：ナデ	白色粒子、黒色粒 子		III	
6 8	須恵器	甃	口縁部 ～頸部		表採		外面：灰白 5Y7/1 内面：灰白 5Y8/1	外面：平行タタキ 内面：ヨコナデ、同心円 文当て具		口唇部はM字 にくぼむ	I	
6 9	須恵器	甃	口縁部 ～頸部		表採		外面：にぶい橙 5YR6/4 内面：にぶい黄褐 10YR5/4	外面：ヨコナデ 内面：ヨコナデ	白色粒子、黒色粒 子		II	
6 10	須恵器	甃	口縁部 ～頸部		表採		外面：明黄褐 2.5Y7/6 内面：黄 2.5Y8/6	外面：ヨコナデ、平行タ タキ 内面：ヨコナデ、ユビオ サエ	白色粒子	口縁部内面に接 合痕有り	I	
7 11	須恵器	甃	口縁部 ～頸部		表採		外面：灰黄 2.5Y6/2 内面：灰白 5Y7/2	外面：平行タタキ、ヨコ ナデ 内面：ヨコナデ、ナデ、 ユビオサエ	白色粒子		III	
7 12	須恵器	甃	口縁部 ～頸部		表採		外面：灰 5Y5/1 内面：灰 7.5Y6/1	外面：ヨコナデ 内面：ヨコナデ、ユビオ サエ	白色粒子	接合を高めるた めの刻み有り	III	
7 13	須恵器	甃	口縁部 ～頸部		表採		外面：オリープ灰 2.5GY6/1 内面：灰オリープ 7.5Y6/2	外面：ヨコナデ、平行タ タキ 内面：ヨコナデ、ナデ、 ユビオサエ	白色粒子、黒色粒 子	接合線残る、頸 部貼付のための 粘土帯有り	III	
7 14	須恵器	把手	完形		表採		外面：にぶい橙 5YR6/4 内面：浅黄 2.5Y7/3	外面：ナデ 内面：不明	白色粒子		III	
7 15	須恵器	鉢	口縁部		表採		外面：灰黄 2.5Y6/2 内面：にぶい橙 5YR6/4	外面：ヨコナデ 内面：ヨコナデ、ユビオ サエ	白色粒子		III	
8 16	須恵器	壺	口縁部		表採	2012-3	外面：灰黄 2.5Y6/2 内面：にぶい黄 2.5Y6/3 胎土：灰 5Y6/1 自然釉：灰オリープ 5Y6/2	外面：ヨコナデ 内面：ヨコナデ	白色粒子	一部自然釉付着	III	
8 17	須恵器	壺	肩部		表採	2012-2	外面：灰白 5Y7/1 内面：灰オリープ 5Y6/2	外面：平行タタキ 内面：ユビオサエ、同心 円文当て具	白色粒子		III	A16
8 18	須恵器	壺	頸部～ 肩部		表採	2012-3	外面：灰白 5Y7/1 内面：にぶい黄 2.5Y6/3	外面：平行タタキ 内面：ユビオサエ、ナデ	白色粒子	絞り痕有り	III	A12
8 19	須恵器	壺	肩部～ 胴部		表採	2012-2	外面：灰オリープ 5Y6/2 内面：灰白 5Y7/1	外面：平行タタキ 内面：同心円文当て具	白色粒子		III	A10
8 20	須恵器	壺	胴部		表採	2012-3	外面：灰白 5Y7/2 内面：灰褐 5YR5/2 胎土：にぶい黄橙 10YR6/4 自然釉：オリープ黄 5Y6/3	外面：平行タタキ、回転 内面：ヨコナデ	白色粒子	一部自然釉付着 ヘラ削り	III	

Tab. 1 - 2 遺物観察表

Fig. No.	種別	器種	部位	区	層位	取上 No.	色調	調整	胎土	備考	グループ	分析番号
8 21	須恵器	壺	肩部	トレンチ	表採	2012-3	内面：灰オリーブ Hue5Y5/2, にぶい橙 Hue7.5Y6/4 胎土：にぶい黄 2.5Y6/3 自然釉：オリーブ 5Y5/4	外面：平行タタキ, ヨコ 内面：ヨコナデ・ユビオ サエ	白色粒子	「真」?の刻書	Ⅲ	
8 22	須恵器	甗	口縁部～ 頸部		表採	荒平 I	外面：淡黄 5Y8/3 内面：淡黄 2.5Y8/5	外面：擬格子目タタキ 内面：同心円文当て具	白色粒子	頸部内面に接合 痕有り	I	A1
8 23	須恵器	甗	口縁部		表採	2012-3		外面：平行タタキ 内面：ナデ		自然釉付着	II	A8
8 24	須恵器	甗	口縁部～ 頸部		表採	2012-3	外面：にぶい赤褐 2.5YR5/4, 浅黄 5Y7/4 内面：にぶい黄橙 10YR6/4 自然釉：灰オリーブ 5Y5/3	外面：平行タタキ 内面：ナデ	白色粒子, 黒色粒 子	頸部内面に接合 痕有り	II	A7
9 25	須恵器	甗	口縁部		表採	2012-3		外面：平行タタキ 内面：同心円文当て具			II	A6
9 26	須恵器・? 粘土塊		胴部		表採	荒平 II	須恵器内面：にぶい赤褐 5YR5/4 粘土塊：浅黄橙 7.5YR8/3, にぶい褐 7.5YR5/3	須恵器内面：同心円文当 て具, ナデ	白色粒子?		II, IV	A23
9 27	粘土塊				表採	2012-3	粘土塊：オリーブ灰 2.5GY5/1				IV	A24
15 28	須恵器・ 粘土塊	壺	口縁部	6区	表採	335	外面：灰白 7.5Y8/1 自然釉：灰オリーブ 7.5Y5/2	外面：ヨコナデ	白色粒子	器壁に気泡有り	II, IV	
15 29	須恵器	壺	口縁部	4区	表採	130	外面：明オリーブ灰 2.5GY7/1 胎土：明オリーブ灰 2.5GY7/2 自然釉（外面）：オリーブ黒 7.5Y2/2 自然釉（内面）：にぶい赤褐 2.5YR4/3	外面：ヨコナデ 内面：ヨコナデ	白色粒子	外面に粘土塊付 着	II	
15 30	須恵器	壺	口縁部	6区	表採	7	内面：灰黄 2.5Y6/2 胎土：灰黄 2.5Y7/2 自然釉：黒 N2/	外面：ヨコナデ 内面：ヨコナデ	白色粒子	一部自然釉付着	III	
15 31	須恵器	壺	頸部	4区	表採	126	外面：灰黄 2.5Y6/1 内面：にぶい赤褐 5YR5/4	外面：ヨコナデ 内面：ヨコナデ, ユビオ サエ	白色粒子		II	
15 32	須恵器	壺	肩部	6区	表採	16	外面：灰黄 2.5Y6/2 内面：灰黄 2.5Y6/3	外面：ヨコナデ, 平行タ タキ 内面：ユビオサエ・ナデ	白色粒子	肩部内面に接合 痕有り	III	
15 33	須恵器	壺	胴部	3区西壁	表採	84	外面：灰 5Y6/1 内面：灰褐黄 10YR	外面：ヨコナデ 内面：ヨコナデ	白色粒子		III	
15 34	須恵器	壺	肩部	3区西壁	表採	104	内面：暗灰黄 2.5Y5/2 胎土：灰白 5Y7/1 自然釉：オリーブ黄 7.5Y6/3	外面：平行タタキ 内面：ユビオサエ	白色粒子	外面に自然釉付 着	III	
15 35	須恵器	壺	肩部	6区	表採	57	外面：灰 5Y6/1 内面：灰褐 5YR4/2	外面：擬格子目タタキ 内面：ヨコナデ・ユビオ サエ	白色粒子		III	
15 36	須恵器	壺	肩部	6区	表採	52	外面：灰オリーブ 5Y6/2 内面：灰オリーブ 5Y5/2 胎土：灰オリーブ 5Y5/2 自然釉：オリーブ黒 10Y3/2	外面：格子目タタキ 内面：ユビオサエ	白色粒子	外面に一部自然 釉付着	III	
15 37	須恵器	壺	胴部	3区	表採	147	外面：灰 5Y5/1 内面：にぶい黄橙 10YR6/3 胎土：灰黄 2.5Y6/2 自然釉：オリーブ 5Y6/3	外面：擬格子目タタキ 内面：ナデ	黒色粒子	一部自然釉付着	III	
16 38	須恵器	壺	底部	3区西壁	表採	121	外面：灰黄 2.5Y6/2 内面：にぶい黄 2.5Y6/3	外面：平行タタキ, ヨコ ナデ 内面：ヨコナデ	白色粒子, 黒色粒 子		III	
16 39	須恵器	壺	胴部～底 部	3区西壁	表採	138	内外面：灰白 5Y7/2 胎土：灰白 7.5Y8/1	外面：ヨコナデ 内面：ヨコナデ	白色粒子		I	
16 40	須恵器	甗	口縁部～ 頸部	4区	表採	127	外面：灰黄 2.5Y6/2 内面：にぶい赤 7.5R4/4 胎土：灰黄 2.5Y7/2 自然釉：暗赤灰 7.5R3/1	外面：擬格子目タタキ, ヨコナデ 内面：ナデ, ユビオサエ	白色粒子	一部自然釉付着	II	
16 41	須恵器	甗	口縁部～ 頸部	3区	表採	148	外面・内面・胎土：灰白 5Y8/1 自然釉：暗オリーブ 7.5Y4/3	外面：ナデ 内面：ナデ, ユビオサエ	白色粒子	焼成：良好	III	
16 42	須恵器	甗	口縁部	3区西壁	表採	393	外面：にぶい黄 5Y6/3 内面：灰 5Y6/1	外面：平行タタキ 内面：ヨコナデ, ユビオ サエ	白色粒子		III	

Tab. 1 - 3 遺物観察表

Fig. No.	種別	器種	部位	区	層位	取上 No.	色調	調整	胎土	備考	グループ	分析番号
16 43	須恵器	甕	頸部	3区 トレンチ 西壁	表採	398	外面：浅黄 2.5Y7/4 内面：にぶい黄褐 10YR5/3 胎土：灰黄 2.5Y6/2	外面：擬格子目タタキ、白色粒子 ユビオサエ 内面：ヨコナデ、ユビオサエ			I	
16 44	須恵器	甕	頸部	6区	表採	70	外面：黒褐 7.5YR3/1 内面：黄灰 2.5Y4/1 自然釉：灰オリーブ 7.5Y5/3	外面：回転ナデ 内面：回転ナデ	白色粒子	外面に自然釉付着	IV	
16 45	須恵器	甕	頸部	3区 東壁	表採	522	外面：灰褐 7.5YR4/2 内面：にぶい褐 7.5YR5/4	外面：平行タタキ 内面：同心円文当て具	白色粒子	一部自然釉付着 内面に接合痕有り	II	
17 46	須恵器	甕	肩部	3区 西壁	表採	106	外面：灰 5Y6/1 内面：灰白 5Y7/2	外面：擬格子目タタキ 内面：同心円文当て具、 平行線文当て具	白色粒子		III	
17 47	須恵器	甕	胴部	3区 西壁	表採	116	内面：にぶい赤褐 5YR5/3 胎土：灰白 5Y7/1 自然釉：灰オリーブ 7.5Y6/2	外面：平行タタキ 内面：放射状文当て具	白色粒子、黒色粒子	外面自然釉付着	II	
17 48	須恵器	甕	胴部	6区	表採	318	外面：淡黄 2.5Y8/3 内面：浅黄 2.5Y7/4	外面：擬格子目タタキ 内面：同心円文当て具、 平行線文当て具	黒色粒子		I	
17 49	須恵器	甕	胴部	3区 西壁	表採	395	外面：浅黄 2.5Y7/4 内面：浅黄 2.5Y7/4	外面：擬格子目タタキ 内面：同心円文当て具、 平行線文当て具	白色粒子		I	
17 50	須恵器	甕	胴部	6区	表採	78	内外面：にぶい褐 7.5Y5/3 胎土：灰黄 2.5Y6/2 自然釉：灰オリーブ 7.5Y6/2	外面：擬格子目タタキ 内面：放射状文当て具、 平行線文当て具	白色粒子、黒色粒子	外面全体に自然釉付着	II	
17 51	須恵器	甕	胴部	6区	表採	57	内面：にぶい褐 7.5YR5/4 胎土：灰白 5Y7/1 自然釉：灰オリーブ 5Y5/2	外面：平行タタキ 内面：放射状文当て具	白色粒子	外面に自然釉付着	II	
17 52	磁器	杯	口縁部～ 胴部	3区 東壁	表採	520	釉：透明			草花纹、19C		
18 53	須恵器	甕	胴部～肩 部	6区	表採	45・156	外面：浅黄 2.5Y7/4 内面：にぶい黄橙 10YR6/4 胎土：淡黄 2.5Y8/4 にぶい橙 5YR6/4	外面：平行タタキ 内面：同心円文当て具、 平行線文当て具	白色粒子、黒色粒子		I	
18 54	粘土塊			1区	表採	396	にぶい橙 5YR6/4			指で押さえた痕跡有り	IV	
18 55	須恵器・粘土塊	壺	口縁部	4区	表採	173	粘土塊：赤褐 10R4/4 自然釉：暗オリーブ灰 5GY3/1 須恵器胎土：灰白 7.5Y8/1	須恵器外面：ヨコナデ	白色粒子	自然釉付着（気泡多数）	III, IV	
21 56	磁器	蓮華	柄	4区 B	3層 (II)	185	釉：透明釉 素地：灰白 7.5Y8/1			年代不明		
23 57	須恵器	壺	頸部～胴 上部	6区 C	2層 (III)	473	内面：にぶい赤褐 2.5YR4/3 胎土：灰白 7.5Y8/2 自然釉：暗オリーブ 7.5Y4/3	外面：平行タタキ、ヨコナデ 内面：ヨコナデ・ユビオサエ	白色粒子、黒色粒子	外面に一部自然釉付着	II	
23 58	須恵器	壺	頸部	6区 C	4層 (IV)	376	内面：赤褐 10R5/3 胎土：灰白 7.5Y8/1 自然釉：オリーブ黒 10Y3/2	外面：ヨコナデ 内面：ユビオサエ	白色粒子	外面に自然釉付着	III	
25 59	須恵器	壺	底部	3区 D	3層 (II)	281	外面：黄灰 2.5Y6/1 内面：灰 5Y6/1 粘土塊：青灰 5PB5/1 自然釉：紫灰 5P5/1	外面：平行タタキ 内面：同心円文当て具、 ユビによるナデ	白色粒子、黒色粒子	底部に一部自然釉付着	III	
25 60	須恵器	壺	胴部～底 部	3区 D	3層 (II)	287	外面：灰白 5Y7/2 内面：にぶい黄橙 10YR6/4 胎土：にぶい黄橙 10YR6/3	外面：平行タタキ 内面：ヨコナデ、ユビオサエ	白色粒子		III	
25 61	須恵器	壺	底部	3区 D	3層 (II)	188	外面：灰白 2.5Y7/1 内面：灰黄 2.5Y7/2 胎土：にぶい黄橙 10YR7/2 自然釉：黒褐 10YR3/2	外面：平行タタキ、ユビによるナデ 内面：ナデ、ユビオサエ	白色粒子	外面に自然釉付着	III	
25 62	須恵器	壺	底部	3区 D	3層 (II)	361	外面：灰オリーブ 5Y6/2 胎土：灰オリーブ 5Y6/2 自然釉：灰黄褐 10YR4/2	外面：ヨコナデ 内面：ナデ	白色粒子	内面に一部自然釉付着	III	

Tab. 1 - 4 遺物観察表

Fig. No.	種別	器種	部位	区 トレンチ	層位	取上No.	色調	調整	胎土	備考	グループ	分析番 号
25 63	須恵器	甗	頸部	3区 D	3層 (II)	246	外面：灰黄 2.5Y7/2, 赤褐 10R4/3 内面：暗赤褐 10R3/2	外面：擬格子目タタキ 内面：ユビオサエ, 放射 状文当て具	白色粒子, 黑色粒 子		II	
25 64	須恵器	甗	頸部	3区 D	3層 (II)	287	外面：灰白 5Y7/2 内面：にぶい黄 2.5Y6/3 胎土：黄灰 2.5Y6/1	外面：平行タタキ 内面：ユビオサエ	白色粒子		III	
25 65	須恵器	甗	肩部?	3区 D	3層 (II)	243	外面：黄灰 2.5Y6/1 内面：灰 5Y6/1	外面：擬格子目タタキ 内面：放射状文当て具	白色粒子		III	
25 66	須恵器	甗	肩部?	3区 D	3層 (II)	198	外面：灰白 5Y7/1 内面：灰白 5Y7/2	外面：擬格子目タタキ 内面：放射状文当て具, 平行線文当て具	白色粒子		III	
25 67	須恵器	甗	肩部?	3区 D	3層 (II)	252	外面：灰白 5Y7/2 内面：にぶい赤褐 2.5YR5/4	外面：擬格子目タタキ, 平行タタキ 内面：放射状文当て具, 平行線文当て具	白色粒子, 黑色粒 子		II	
25 68	磁器	色絵小 杯	胴部～高 台部	3区 D	3層 (II)	253	釉：透明			銅板転写, 大正 時代以降		
27 69	須恵器	甗	口縁部	6区 H	1層 (I)	296	胎土：灰白 2.5Y7/1 自然釉：暗赤褐 2.5YR3/4	外面：ヨコナデ 内面：ヨコナデ	白色粒子, 黑色粒 子	自然釉付着	II	
27 70	須恵器	甗	胴部	6区 H	1層 (I)	326	外面：灰白 5Y7/2 内面：にぶい赤褐 7.5R4/3 胎土：灰白 5Y7/1 自然釉：灰オリーブ 7.5Y4/2	外面：格子目タタキ 内面：放射状文当て具, 平行線文当て具	白色粒子, 黑色粒 子	外面の全面に自 然釉付着	II	
27 71	須恵器	甗	胴部	6区 H	1層 (I)	311	外面：灰白 7.5Y7/1 内面：オリーブ黒 5Y3/1 胎土：灰白 7.5Y7/1	外面：擬格子目タタキ 内面：放射状文当て具	白色粒子		IV	
28 72	須恵器	壺	口縁部	6区 H	2層 (III)	539	外面：灰オリーブ 5Y6/2 胎土：灰 7.5Y5/1 自然釉：オリーブ黒 7.5Y3/1	外面：ヨコナデ 内面：ヨコナデ	白色粒子	内面に一部自然 釉付着	III	
28 73	須恵器	壺	口縁部	6区 H	2層 (III)	539	外面：暗赤褐 2.5YR3/3 内面：灰赤 2.5YR4/2 胎土：褐灰 10YR6/1 自然釉：灰オリーブ 5Y5/3	外面：ヨコナデ 内面：ヨコナデ	白色粒子	内面に粘土塊付 着	II	
28 74	須恵器	壺	口縁部	6区 H	2層 (III)	525	外面：灰 10Y6/1 内面：灰 7.5Y6/1	外面：ヨコナデ 内面：ヨコナデ	白色粒子	頸部内面に接合 痕有り	III	
28 75	須恵器	壺	底部	6区 H	2層 (III)	498	外面：灰 10Y6/1 内面：にぶい黄橙 10YR6/3	外面：平行タタキ 内面：工具によるナデ	白色粒子	内面に打ち込み 痕有り	III	
28 76	須恵器	甗	肩部	6区 H	2層 (III)	508	外面：灰オリーブ 5Y6/2 内面：褐 7.5YR4/3 胎土：暗灰黄 2.5Y5/2 自然釉：オリーブ黒 5Y3/1	外面：平行タタキ, ヨコ ナデ 内面：ユビオサエ, 同心 円文当て具	白色粒子		II	
28 77	須恵器	甗	胴部?	6区 H	2層 (III)	514	外面：灰 7.5Y4/1 内面：灰 5Y6/1	外面：平行タタキ 内面：放射状文当て具, 平行線文当て具	白色粒子		IV	
28 78	須恵器	甗	胴部	6区 H	2層 (III)	518	外面：灰 7.5Y5/1 内面：灰黄 2.5Y6/2	外面：擬格子目タタキ 内面：放射状文当て具, 平行線文当て具	白色粒子		III	
29 79	須恵器	甗	胴部	6区 H	2層 (III)	345	外面：浅黄 2.5Y7/3 内面：灰白 7.5Y7/2 胎土：灰白 7.5Y8/1	外面：擬格子目タタキ 内面：放射状文当て具, 平行線文当て具	白色粒子		I	
29 80	須恵器	甗	胴部	6区 H	2層 (III)	514	外面：黄灰 2.5Y5/1 内面：灰オリーブ 5Y6/1	外面：擬格子目タタキ 内面：放射状文当て具	白色粒子		IV	
29 81	須恵器	甗	胴部	6区 H	2層 (III)	502	外面：灰黄 2.5Y7/2 内面：浅黄 2.5Y7/4 胎土：浅黄 2.5Y7/4	外面：平行タタキ 内面：ナデ, 同心文円当 て具, 平行線文当て具	白色粒子		I	

Tab. 2 トレンチ別・層別 遺物出土数

種別 器種 部位	須恵器			窯片?			磁器	礫	合計		
	壺	甕	杯	不明		スサ入り				スサなし	須恵器付
				口縁部	胴部						
表採	12	12	1	0	146	44	34	12	1	7	269
B											
1層(I)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2層(II)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3層(II)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
C											
1層(I)	0	0	0	0	5	9	2	1	0	0	17
2層(III)	1	0	0	1	6	13	17	1	0	0	39
3層(III)	0	0	0	0	8	1	0	0	0	0	9
4層(IV)	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	4
D											
1層(I)	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4
2層(II)	0	0	0	0	4	1	4	0	0	1	10
3層(II)	9	3	0	1	53	17	37	2	1	5	128
E											
1層(I)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2層(III)	0	0	0	0	3	3	0	1	0	0	7
3層(III)	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	4
F											
1層(I)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2層(III)	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
3層(III)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
拡張(III)	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3
G											
1層(I)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2層(II)	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	9
H											
1層(I)	0	0	0	0	22	6	9	5	0	2	44
2層(III)	4	4	0	0	46	44	29	7	0	3	137
合計	27	19	1	2	307	138	143	30	3	18	688

凡例：(I)～(IV)は基本土層

- 上村俊雄 1984 「鹿児島県荒平須恵器古窯址群発見の意義とその問題点について」『古文化談叢』14集 187-204頁
 上村俊雄 2005 「中岳山麓古窯跡群」『先史・古代の鹿児島 資料編』246頁
 上村俊雄・坪根伸也 1985 「鹿児島県中岳山麓須恵器古窯跡群に関する一考察」『古文化談叢』15集 151-174頁
 木下尚子 1996 『南島貝文化の研究-貝の道の考古学-』法政大学出版局
 小林晋也・日高勝博・上床真 2011 『渡畑遺跡2』鹿児島県立埋蔵文化財センター
 関明恵・長崎慎太郎・有馬孝一・上床真・平屋大介・大久保浩二 2012 『芝原遺跡3』鹿児島県立埋蔵文化財センター
 抜水茂樹・繁昌正幸・富山孝一・黒川忠広・上床真・廣栄次 2007 『持躰松遺跡』鹿児島県立埋蔵文化財センター
 橋本達也・藤井大祐・甲斐康大 2009 『薩摩加世田 奥山古墳の研究』鹿児島大学総合研究博物館
 本田道輝 2008 「松木藪遺跡に搬入された土器について」『鹿大史学』No.55 31-38頁 鹿大史学会



1 踏査の様子



3 荒平第1支群の遺物散布状況



2 荒平第1支群の状況



5 荒平第1支群と第2支群間（表採ポイント2012-2）



4 荒平第2支群の遺物散布状況



6 踏査参加者（荒平第2支群にて）

Plate 2 2012年4月踏査



1 表面精査後（5区から北へ）



2 表面精査後 5区と4区の境界段部分（東から）



3 表面精査後 4区（南東から）



4 表面精査後4区と3区の境界段部 遺物散布状況（北から）



5 Aトレンチ掘削前（北から）



6 Aトレンチ完掘状況（北から）

Plate 3 荒平第2支群の発掘調査（1）



1 Bトレンチ掘削開始（南西より）



2 Bトレンチ完掘状況（西より）



3 Bトレンチ南壁 西側（北より）



4 Bトレンチ南壁 東側（北より）



5 Dトレンチ掘削前（北東より）



6 Dトレンチ掘削開始（北より）



7 Dトレンチ東壁（西より）



8 Dトレンチ南壁（北より）

Plate 4 荒平第2支群の調査（2）



1 F・Hトレンチ設置前伐採状況（東より）



2 Hトレンチ完掘状況（南より）



3 Hトレンチ東壁（南西より）



4 Fトレンチ表土除去後（南東より）



5 Fトレンチ完掘状況（北東より）



6 Fトレンチ窯壁検出（北東より）



7 Fトレンチ西壁 南側（東より）



8 Fトレンチ西壁 北側（東より）

Plate5 荒平第2支群の発掘調査(3)



1 Cトレンチ遺物出土状況（東より）



2 Cトレンチ炭化物層検出状況（東より）



3 Cトレンチ遺物・炭化物層検出状況（南東より）



4 Cトレンチ試掘部炭化物層検出状況（東より）



5 Cトレンチ試掘部完掘状況（北東より）



6 Cトレンチ試掘部炭化物層完掘状況（南東より）



7 Eトレンチ西壁（東より）



8 Eトレンチ南壁（北より）

Plate6 荒平第2支群の調査(4)



1 Gトレンチ完掘状況（東より）



2 探査地点2 地中レーダ探査の様子（南西より）



3 探査地点3 地中レーダ探査の様子（南東より）



4 探査地点3 表面精査後（南より）



Plate 7 荒平第2支群の調査（5）

5 2014年発掘調査団 2014年3月7日



Plate 8 中岳山麓窯跡群採集遺物 (1) 中野氏採集品



10



11



12



13



15

Plate 9 中岳山麓窯跡群採集遺物(2) 中野氏採集品

14



16



23



18



24



19



25



21



刻書部分拡大



26



22



27

Plate 10 中岳山麓窯跡群採集遺物 (3) 2012 年度踏査



28



30



29



42



34



31



35



32



33

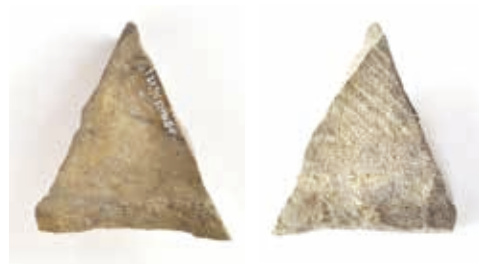


36

Plate 11 中岳山麓窯跡群 荒平第2支群出土遺物(1)



37



38



40



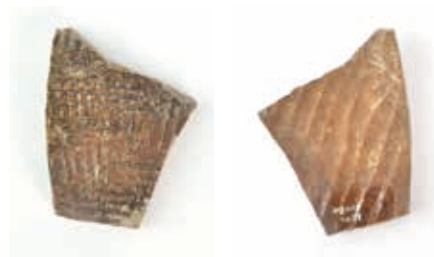
41



43



45



50

Plate 12 中岳山麓窯跡群 荒平第2支群出土遺物(2)



46

47



48

49



51



39



52



53



54

55

Plate 13 中岳山麓窯跡群 荒平第2支群出土遺物(3)



56



57



58



59



60



61



62



63



64



65



66



67



68



69



70

Plate 14 中岳山麓窯跡群 荒平第2支群出土遺物(4)



71



72



73



75



74



76



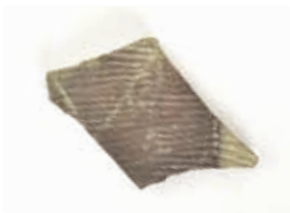
77



78



79



80



81

Plate 15 中岳山麓窯跡群 荒平第2支群出土遺物(5)

II 発掘調査のまとめ

II.1 中岳山麓窯跡群の窯構造の推定

大西智和

II.1.1 目的と方法

発掘調査の結果、Fトレンチで検出された窯は、やや特異な半地下式と推定された。全容は明らかになっていないが、その窯構造の推定を、周辺の窯跡やそこから出土した製品などとの比較によって試みたい。原則として8～10世紀に操業された九州南半地域の構造がある程度判明している窯の、構造や特徴、焼成された製品の器種構成や特徴を検討する。具体的には、熊本県荒尾市荒尾窯跡群内の北山浦窯跡群、同宇城市宇城窯跡群内の富合平窯跡群・八ノ瀬戸窯跡群、同球磨郡錦町の下り山窯跡群、鹿児島県薩摩川内市の鶴峯窯跡群、同伊佐市の岡野窯跡群、宮崎県延岡市の苺田窯跡群を取り上げる（Fig. 31）

なお、窯の時期については、各報告書の所見、出土資料から得られる年代観、および、荒尾窯跡群や宇城窯跡などの窯で生産された須恵器の特徴や系譜関係をまとめた網田（2003）や、九州の窯構造の様相についてまとめた石木（2010）の見解などを用いた。

まず、中岳山麓窯跡群についてであるが、発掘調査で検出された窯についての所見は、報告編を参照されたい。ここでは、これまでに知られている窯跡と製品について特徴を述べる。

中岳山麓窯跡群については上村（1984）、上村・坪根（1985）、中村（2014）の論述がある。それらによると、器種のほとんどは甕や壺で、他の窯で一般的に見られる杯や椀を欠く、もしくはあったとしてもごくわずかである。なお、壺は二重口縁を呈する長胴壺が主である。2012年に実施した踏査で得られた新資料、「真」と推定される刻書土器が確認されたこと、荒平第1支群では遺跡がかなり傷んでいる状況などが報告されている。

タタキは平行や格子状、内面当て具痕は同心円や平行状のものに加え、車輪文と呼ばれるものも見られる（Fig. 32-1）。他に特徴的なものとして、壺の底部外面に同心円の当て具痕が残るもの、甕の胴部に見られる円形の穿孔（Fig. 32-2）が挙げられる。製品ではないが、スサ入り粘土で作られた直径約10cmの支柱（Fig. 32-3）も確認されている。

なお、窯については、半地下式であると推定されており、今回の調査結果と整合的である。

II.1.2 周辺の窯跡と製品の特徴

(1) 北山浦 A 窯

北山浦窯跡群は熊本県荒尾市府本に位置し、9世紀に営まれたとされる。4基の窯跡が確認されており（坂本1979）、もっとも遺存状態の良いA窯跡を取り上げる。A窯跡（Fig. 33-1）は地下式構造で、全長7.5m、最大幅1.6mである。焚口部が絞込まれており、焼成部中位に最大幅をとる。焚口から焼成部はほぼ水平、焼成部の傾斜は30°である。焼成部の床面には花崗岩片が置かれ、スサ入り粘土で固定されて、その上に須恵器片を載せて段を作っている。なお、A窯は焼成中の製品が残った状態で発見されており、窯詰めのあり方を知る上でも重要である。

焼成された器種には蓋、盤、壺がある。壺は長胴のものが目立ち、中岳山麓窯跡群の状況と類似する。壺の底部外面に同心円文様を施すものがあり、本窯跡群の特徴とされ

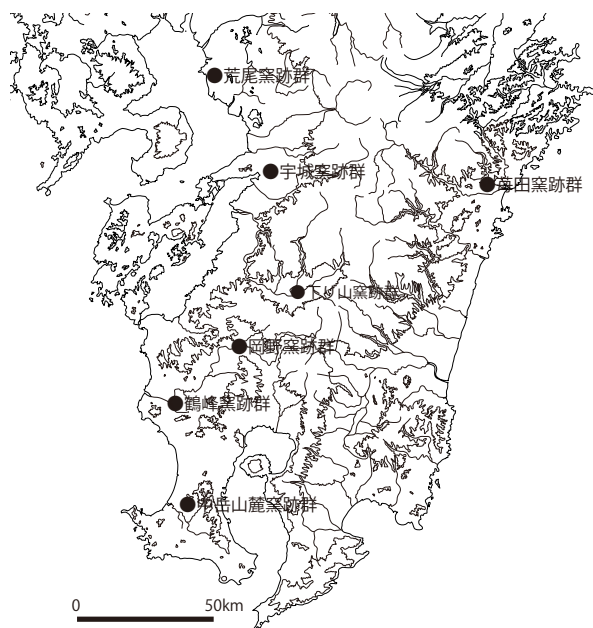


Fig. 31 中岳窯跡群および周辺の窯跡群の位置

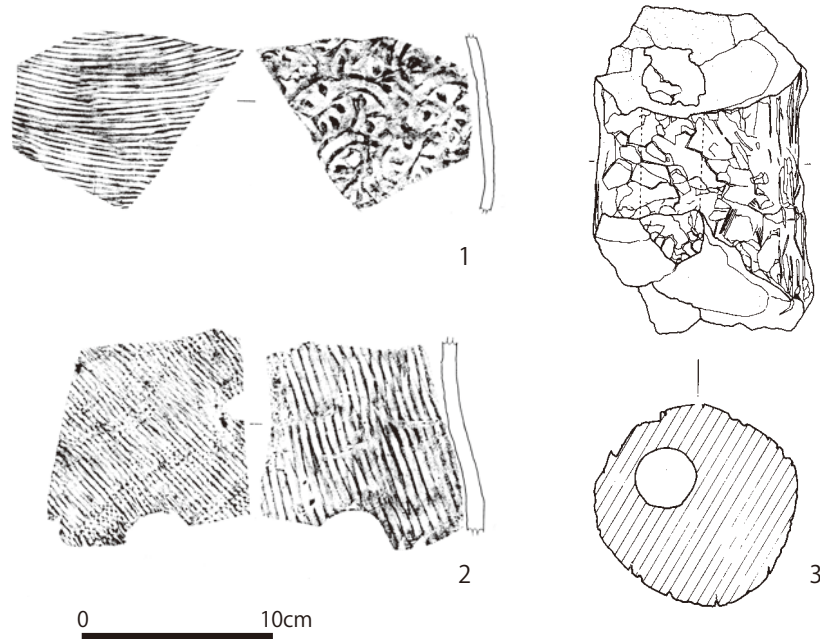


Fig. 32 中岳山麓窯跡群出土品（上村・坪根 1985 より）

ている（松本編 1980）。

(2) 富合平原 3 号窯

富合平原窯跡群は熊本市南区富合町に所在する。3 基が確認されていて、いずれも瓦との兼業窯と考えられる。1・2 号窯は瓦が多く須恵器はわずかであるが、3 号窯は須恵器がやや多かったとされる（松本編 1980）。ここでは、遺存状態が 3 基中もっとも良好な 3 号窯跡を取り上げる（Fig. 33 - 2）。3 号窯は燃烧部から焼成部が残っており、燃烧部と焼成部との境には段がある。残存部の長さ約 3.2m、幅約 1m で、焼成部の傾斜は約 20° と比較的緩やかである。

3 号窯出土の須恵器は壺が多く、その他に甕と鉢があり、9 世紀後半に位置づけられる。おそらく長胴壺になると思われる器種が多数を占める点は、中岳山麓窯跡群に類似する。

(3) 八ノ瀬戸 2 号窯

八ノ瀬戸窯跡群は宇城市豊野町に位置する。大規模な窯跡群の存在が知られるが調査は十分に進んでいないため不明な点が多い。これまでに 2 基が調査されており、1 号窯は瓦のみを焼成、2 号窯は須恵器を焼成していたとされる（乙益 1965）。2 号窯（図 5-3）は焚口部から焼成部が残存している。燃烧部・焚口部が絞り込まれる形態で、焚口部の幅約 1m、焼成部の最大幅は約 1.6m、焼成部の傾斜は 15° と緩やかである。

杯、高杯、甕、壺、ハソウ、盃が出土したとされ、採集品として蓋、杯、椀、盤が報告されている（松本編 1980）。年代について松本は平安時代のもものと捉え、石木は 8 世紀後半から 9 世紀前半とする（石木 2010）。網田は採集資料について 8 世紀後葉段階～9 世紀前半の年代を与えている（網田 2003）。

(4) 下り山窯跡群

下り山窯跡群は熊本県球磨郡錦町に所在する。9 世紀代と 11 世紀代の 2 時期の操業が考えられている。9 世紀代については 7・8 → 5 → 4 号窯への変遷が想定されている（松本編 1980）。以下報告書に基づき概要を紹介する。

7 号窯は床面の一部が確認されたのみで、規模や構造の詳細は不明である。出土遺物には蓋、杯、椀、盤、甕、鉢があり、蓋と杯の占める割合が高い。

8号窯 (Fig. 33-4) は確認された窯の中では最大規模である。地下式構造で、平面形は紡錘形を呈し焚口部はやや絞り込まれている。全長 5.4 m、幅は最大部で 1.6 m、床面の角度は 18～22° で奥ほど傾斜が急になり、奥部は直立に立ち上がり煙道に続く。

8号窯では遺物が並べられた状態で出土したという。蓋、杯、盤、壺、甕などがあり、蓋と杯が多い。なお、敷台として用いられた甕の胴部に文字を刻んだものが確認されている。

5号窯 (Fig. 33-5) も地下式構造で、燃烧部から焼成部が確認されている。平面プランは8号と同様だが、全長は 4.4 m、幅は最大部で 1.44 m と 8号窯よりもやや小さい。燃烧部の幅は 0.8～1 m 前後と考えられ、燃烧部が絞り込まれるタイプである。燃烧部の傾斜はほぼ水平、焼成部床面の角度は 17° と傾斜が緩く、煙道付近の中央部に 1本の分焰柱 (支柱) が設置されている。

焼成されたものには、蓋、杯、盤、壺、甕があり、蓋と盤が多数を占める。壺には中岳山麓窯跡群に普遍的な、長胴壺も見られるようである。

4号窯は焼成部から煙道部分が確認された、残存状況が悪いため全形を知ることはできないが、全長 3.5～4 m、最大幅 1.5 m 前後の半地下式の平窯と推定されている。なお、焼成部床面の角度は 4° と緩い。

4号窯からは杯、椀、皿が確認されており、杯が多数を占める。

(5) 鶴峯3号窯

鶴峯窯跡群は薩摩川内市中郷町に立地する。3基の窯跡が確認されており、1・2号窯では瓦が、3号窯では須恵器が焼成された。8世紀前半代のものとされる3号窯は半地下式で、平面形は長方形に近い。焚口部は失われており、残存長 4.6 m、幅は最大部で 1.6 m である。床面の傾斜は下方では 20° 程度、上方では 40° と急になり、奥壁は直立しその後やや外傾して煙道に至るようである。燃烧部と煙道近くの2カ所に粘土柱が見られ、天井を支えていたものとされる (小田・河口 1975)。

焼成された器種には杯蓋、杯身、甕がある。確認されている器種は少なく、中岳山麓窯跡群で多く見られる長胴壺は確認できない。

(6) 岡野Ⅲ号窯

岡野窯跡群は伊佐市菱刈町田中に所在する。窯跡数基が確認され、Ⅲ号窯はその中でもっとも遺存状態が良好であった。構造は地下式で、焚口と燃烧部の一部は失われていて、残存部の平面形は逆U字形を呈する。残存部の長さは約 4.2 m、幅は最大部で 1.1 m、床面の傾斜は 29° である。焼成部と煙道接合部の中央に、天井を支えるための粘土で作った直径 18 cm ほどの支柱を有する。焼成部と燃烧部との間に段落ちがあり、奥壁は直立して煙道に至る。また、スサ入り粘土による補修が顕著に見られる (青崎・宮田 1983)。地下式とされるが、焼成部中位までは両側壁に炭化材の痕跡が確認されているため、この部分までは半地下式の構造であった可能性も示される (石木 2010)。

焼成されていた器種には杯、椀、鉢、盤、壺、甕がある。形態的特徴から8世紀末から9世紀初頭に位置付けられる。二重口縁の壺口縁部が見られるが、長胴壺かどうかは判断できない。全体的に、中岳山麓窯跡群とは器種構成の上では違いが大きいようである。

(7) 苺田窯跡群

苺田窯跡群は宮崎県延岡市行藤町に位置する。2基の窯跡が確認されており、完掘された1号窯跡は、半地下式構造と推定され、平面が逆U字形を呈する。焚口部は失われており、残存長 5m (推定復元長 7m)、最大部幅約 1.5m、焼成部の傾きは 28° である。焼成部の幅はほぼ不変で、奥壁はわずかに外傾して立ち上がる。灰原も確認されているが灰や須恵器の量が少ないことから、短期の操業ととらえられている。時期について、報告書では10世紀中ごろを下らないとされる (小田 1983)。

1号窯からは蓋、椀、甕、壺が確認されていて、壺はいずれも二重口縁を呈する。

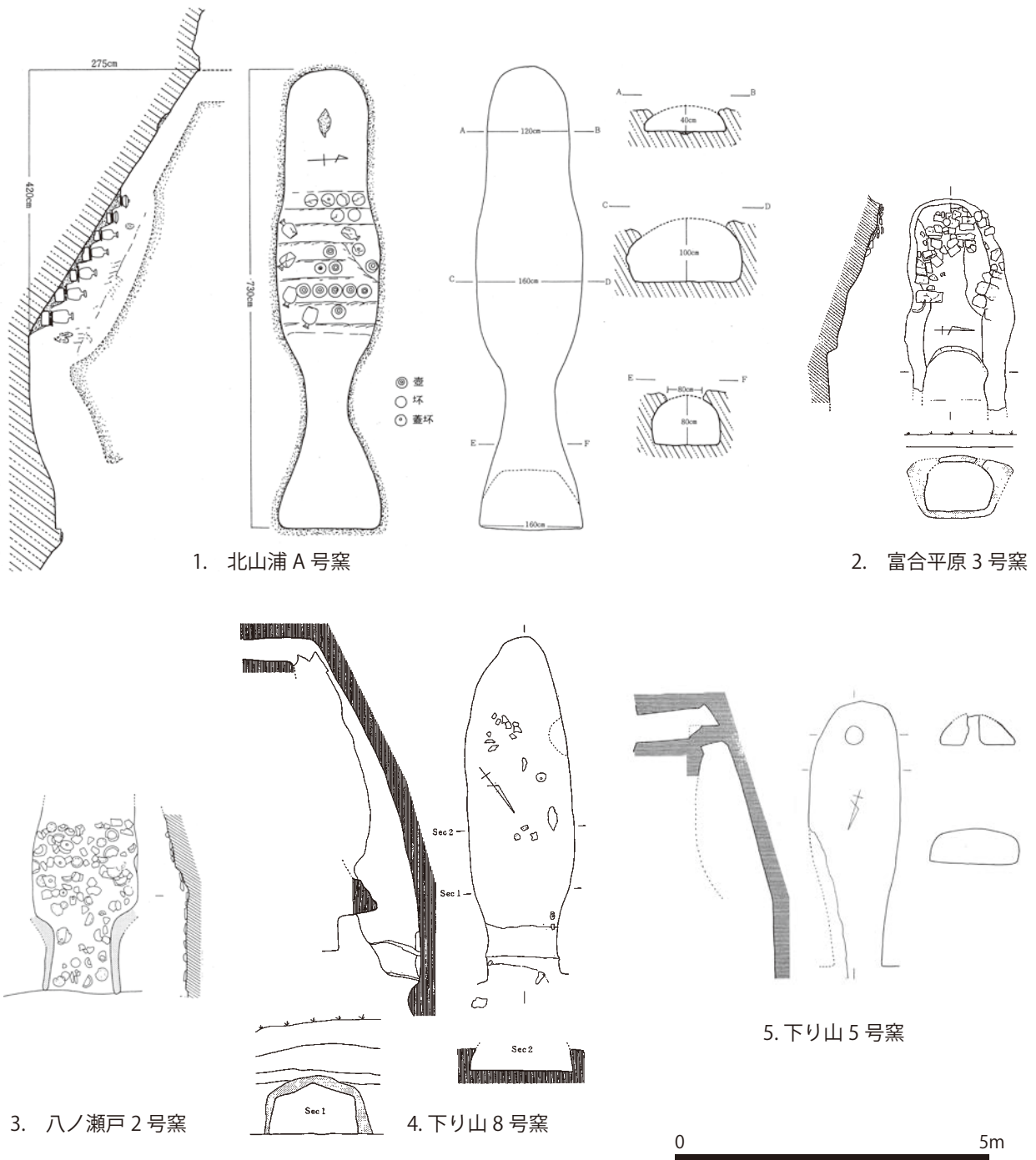


Fig. 33 検討に用いた九州南半部の窯 1 (1: 坂本 1979 2~5: 松本編 1980 より)

なお、延岡市内には他に古川窯跡群も確認されている。3基（石川 1968）または2基（小田 1992）あり、燃焼部の奥には粘土柱や石が立てられていた。石木は全長5m前後の半地下式の直立煙道型窯と推定している（石木 2010）。杯、高坏甕、壺、皿の出土が知られる（石川 1968）。

宮崎県では他に、宮崎市松ヶ迫窯跡群で2基が確認されている。1号窯跡は全長3.45m、幅1.25mと報告されるが構造は明らかになっていない（石川 1968）。出土遺物や表採遺物の詳細な報告がなされ、操業年代については、1号窯が8世紀後半から9世紀初頭、2号窯が8世紀中頃の時期を考えている（秋成・今塩屋 2006）。製品には杯蓋、杯身、甕、壺があり、中岳山麓窯跡群に普遍的な長胴壺は見られないが、甕内面に車輪文のあるもの

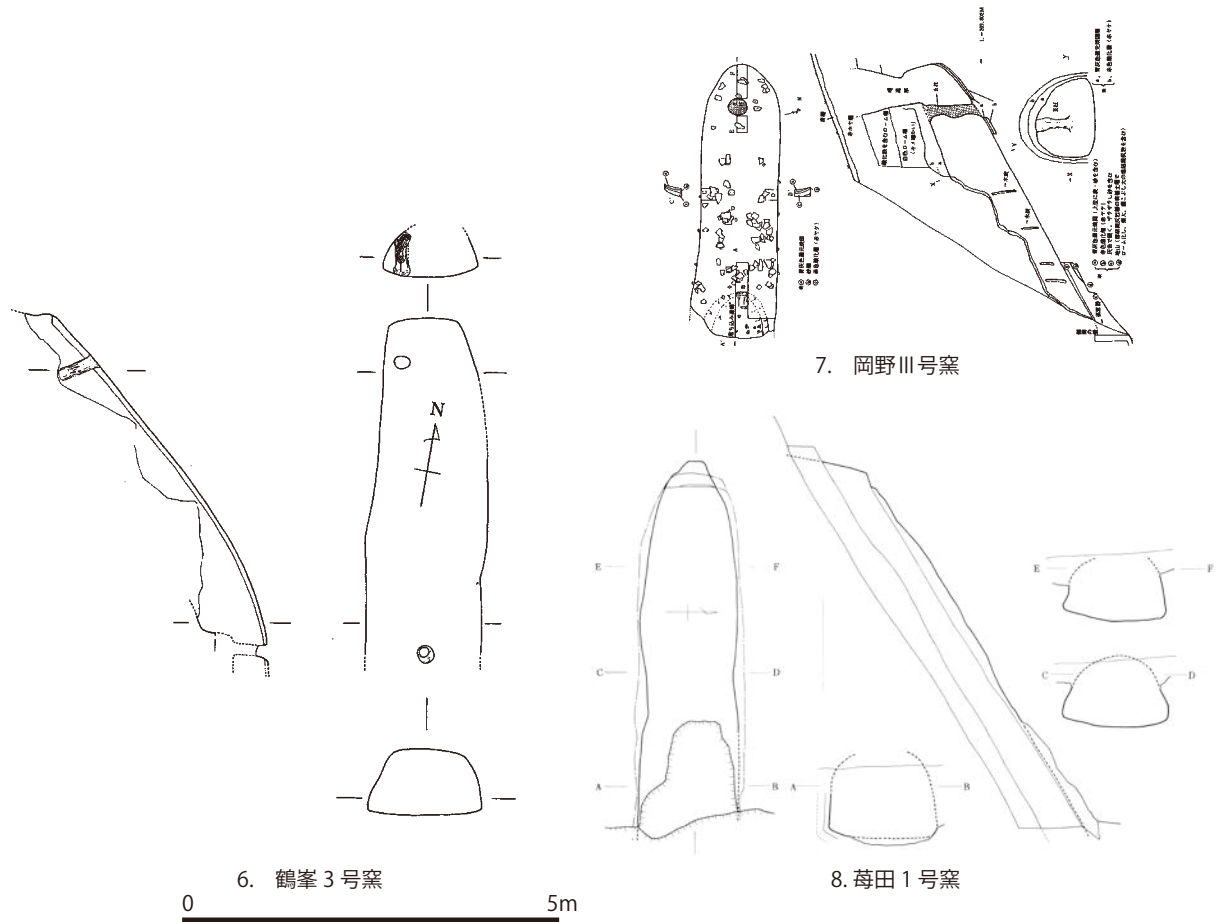


Fig. 34 検討に用いた九州南半部の窯2 (6:小田・河口 1975 7:青崎・宮田 1983 8:小田 1983より)

が確認されている。また宮崎市佐土原町下村窯跡群でも多数の窯跡の存在が確認され、出土遺物も明らかにされている(木村 1992・1996, 竹中 2008)。出土遺物の検討から8世紀中葉から9世紀後葉の年代が与えられており(竹中 2008), それによると, 8世紀後葉から9世紀前葉には長胴壺が多く見られ, 中岳山麓窯跡群と似た状況を呈する。

II. 1. 3 窯構造の推定

以上, 遺存状況が良好であり時期が比較的近いと考えられる窯跡群の状況を見てきた。窯構造の特徴を示すポイントとして, 地下式/半地下式の別, 規模, 焚口部あるいは燃焼部の絞り込み, 焼成部から燃焼部への段落ち, 燃焼部の傾き, 焼成部の傾斜, 窯奥部の平面形, 煙道への立ち上がり, 支柱の有無, スサ入り粘土の存在などが挙げられる。また, 窯で焼成された製品のうち, 長胴壺の有無, 長胴壺底部外面の同心円文, 甕胴部内面の車輪文当て具痕, 円形の穿孔を取り上げ, 集計したのが Table 3 である。中岳山麓窯跡群の窯自体の状況はまだ詳細が不明であるが, 現時点で判明している特徴を加えた。なお, 円形の穿孔については, 北山浦 A 窯跡群が含まれる荒尾窯跡群内の薬師前窯跡, 皮籠田窯跡などで, 富合平原 3 号が含まれる宇城窯跡群内の萩尾大溜池窯跡で確認されている(松本編 1980)。

Table 3 によれば, 従来から指摘されてきたように(上村・坪根 1985, 網田 2003), 北山浦窯跡群あるいは荒尾窯跡群との類似点が多いと言える。しかし, 宮崎県内の窯跡群から得られる特徴を総合すると, 中岳山麓窯跡群の状況と類似していると言える。さらに, 鹿児島県内の他の窯との類似性も無視できないように思われる。つまり, 宮崎県と鹿児島県の窯におおよそ共通する, 焚口部あるいは焼成部の絞り込みが無い, 燃焼部に傾斜がある, 半地

Table 3 各窯跡および製品等の特徴

	北山浦A	富合平原3号	八ノ瀬2号	下り山8号	下り山5号	鶴峯3号	岡野Ⅲ号	苺田1号	中岳(全体)
構造	地下式	-	-	地下式	地下式	半地下式	(地下式)	半地下式	半地下式か
全長	7.5m	-	-	5.4m	4.4m	4.6m以上	4.2m以上	(7m)	-
全幅	1.6m	(1.6m)	-	1.6m	1.44m	1.6m	1.1m	1.5m	-
焚口部・燃烧室の絞り込み	有(顕著)	有	無	有(弱い)	有(弱い)	無	無	無	-
烧成部から燃烧部への段落ち	無	有	無	無(焚口高い)	無	(無)	有	無	-
燃烧部の傾き	平ら	平ら	-	平ら	平ら	-	傾斜	傾斜	-
烧成部の傾斜	一定	一定	-	奥で急	-	奥で急	一定	一定	-
烧成部の傾斜角度	30°	20°	15°	18~22°	17°	20~40°	29°	28°	-
奥部の形態	逆U字	-	-	逆U字	逆U字	長方形	逆U字	逆U字	-
煙道への立ち上がり	-	直立	-	直立	-	直立	直立	わずかに外傾	-
支柱	無	無	-	無	有	有	有	無	有
長胴壺の有無	有(多い)	有	-	-	有	-	?	有	有(多い)
長胴壺底部のタタキ当て具痕	有	-	-	-	-	-	-	有	有
甕内面の車輪文当て具痕	有	-	-	-	-	-	-	有	有
円形の穿孔	荒尾に有	宇城に有	-	有	-	-	-	-	有
スサ入り粘土	有	-	-	-	-	-	有	-	有

下式が多いこと、支柱を有するものが多い、という点である。

以上のことから、中岳山麓窯跡群の窯構造は、熊本県荒尾窯跡群のそれと類似するものの、差異も示す可能性が想定される。具体的には、全長が数メートルで最大幅が1メートル半ほどと比較的小規模な半地下式構造で、平面形は焚口部あるいは燃烧部に絞り込みがなく、燃烧部には傾斜が見られ、天井を支えるための支柱が伴うといった特徴を有する窯を推定したい。

文献

- 青崎和憲・宮田栄二 1983『岡野古窯跡群』菱刈町教育委員会
- 秋成雅博・今塩屋毅行 2006「松ヶ迫窯跡の再検討」『宮崎考古』第20号 宮崎県考古学会 77-102頁
- 網田龍生 2003「古代荒尾産須恵器と宇城産須恵器」『先史・古代学論究Ⅳ』熊本大学考古学研究室 357-386頁
- 石川恒太郎 1968『宮崎県の考古学』吉川弘文館
- 石木秀啓 2010「各地域の窯の様相 九州」窯跡研究会編『古代窯業の基礎研究—須恵器窯の技術と系譜—』真陽社 243-294頁
- 小田富士雄 1983「延岡市・苺田窯跡」『宮崎県文化財調査報告書』第26集 宮崎県教育委員会
- 小田富士雄 1992「日向における須恵器窯跡調査の成果—故石川恒太郎先生の業績に寄せて—」『宮崎考古』第12号 宮崎県考古学会 37-47頁
- 小田富士雄・河口貞徳 1975「鶴峯窯跡の調査(薩摩国分寺瓦窯の調査)」『薩摩国分跡・国分寺跡』鹿児島県教育委員会
- 乙益重隆 1965「八ノ瀬窯跡」『城南町史』城南町史編纂会
- 上村俊雄 1984「鹿児島県荒尾須恵器古窯址群発見の意義とその問題点について」『古文化談叢』第14集 九州古文化研究会 187-204頁
- 上村俊雄・坪根伸也 1985「鹿児島県中岳山麓須恵器古窯跡群に関する一考察」『古文化談叢』第15集 九州古文化研究会 151-174頁
- 木村明史 1992『下村釜跡概要報告書Ⅰ』佐土原町教育委員会
- 木村明史 1996『下村窯跡群報告書<基礎資料編>』佐土原町教育委員会
- 坂本経堯 1979「小代山麓古窯址群調査報告」『肥後上代文化の研究』肥後上代文化研究所・肥後考古学会 211-258頁
- 竹中克繁 2008『下村窯跡群報告書Ⅱ』宮崎市教育委員会
- 中村直子 2014「中岳山麓窯跡群に関する研究現状と課題」『Archaeology from the South II 新田栄治先生退職記念論文集』新田栄治先生退職記念事業会 279-287頁
- 松本健郎編 1980『熊本県生産遺跡基本調査報告書Ⅱ—須恵器窯跡・瓦窯跡・陶磁器窯跡—』熊本県文化財調査報告第48集

II. 2 荒平第 2 支群出土須恵器の分類

松崎大嗣

ここでは荒平第 2 支群の発掘調査および表面採集から得られた資料の分類を行う。本調査で得られた資料は、窯跡およびその周辺の発掘調査・表面採集で得られたという点から全体の形態を復元できる資料はなく、器種も壺・甕に限定される。そこで本文では口縁部形態をもとに分類を行った。

II. 2. 1 壺

壺を口縁部～頸部の形状をもとに 3 類に分類した (Fig. 35)。壺 A 類は口唇部が平らで面をもつもの、壺 B 類は口唇端部が丸みをおびるもの、壺 C 類は口唇部がシャープさをもつものに分類することが可能である。いずれも頸部から口唇部にかけて丁寧なヨコナデで仕上げられており、二重口縁をもつ。また、自然釉が付着している資料も多い。

上記の分類をもとに、周辺の消費地遺跡と考えられる芝原遺跡 (関編 2012) の資料をもとに全形を想定したい。ここでは中岳須恵器窯跡群の周辺に位置する遺跡を取り上げたが、壺 A・C 類に関しては形態を復元できる資料がなかったため、今後の類例増加に期待したい。壺 B は芝原遺跡溝 8 号から出土している (Fig. 37)。胴下半部以下は欠損のため不明だが、胴部より肩部まで直線的に立ち上がる。肩部は緩やかに膨らみをもち、耳が付けられる。頸部～口縁部にかけてはゆるやかに外反しており、端部を丸くおさめている。類例にも示したが、荒平第 2 支群では、肩部に耳をもつ資料が確認されている (Fig.15-34)。さらに中野氏採集資料の中には把手も確認されている (Fig. 7-14)。これらの耳・把手といった装飾と口唇部形態、頸部形態、胴部形態などの相関性については今後の課題としたい。

II. 2. 2 甕

甕も壺と同様、全形を把握する資料は無かったため、口縁部～頸部の形状をもとに分類した。甕 A 類は頸部が短く外反するものであり、口唇部形態により細分が可能である。甕 A1 類は、口唇部を丸くおさめるもの、甕 A2 類は口唇部が平らなもの、甕 A3 類は口唇部が M 字状にくぼむものとなる。甕 B 類はいずれも二重口縁を呈するものであり、甕 A 類同様、口唇部形態により細分が可能である。

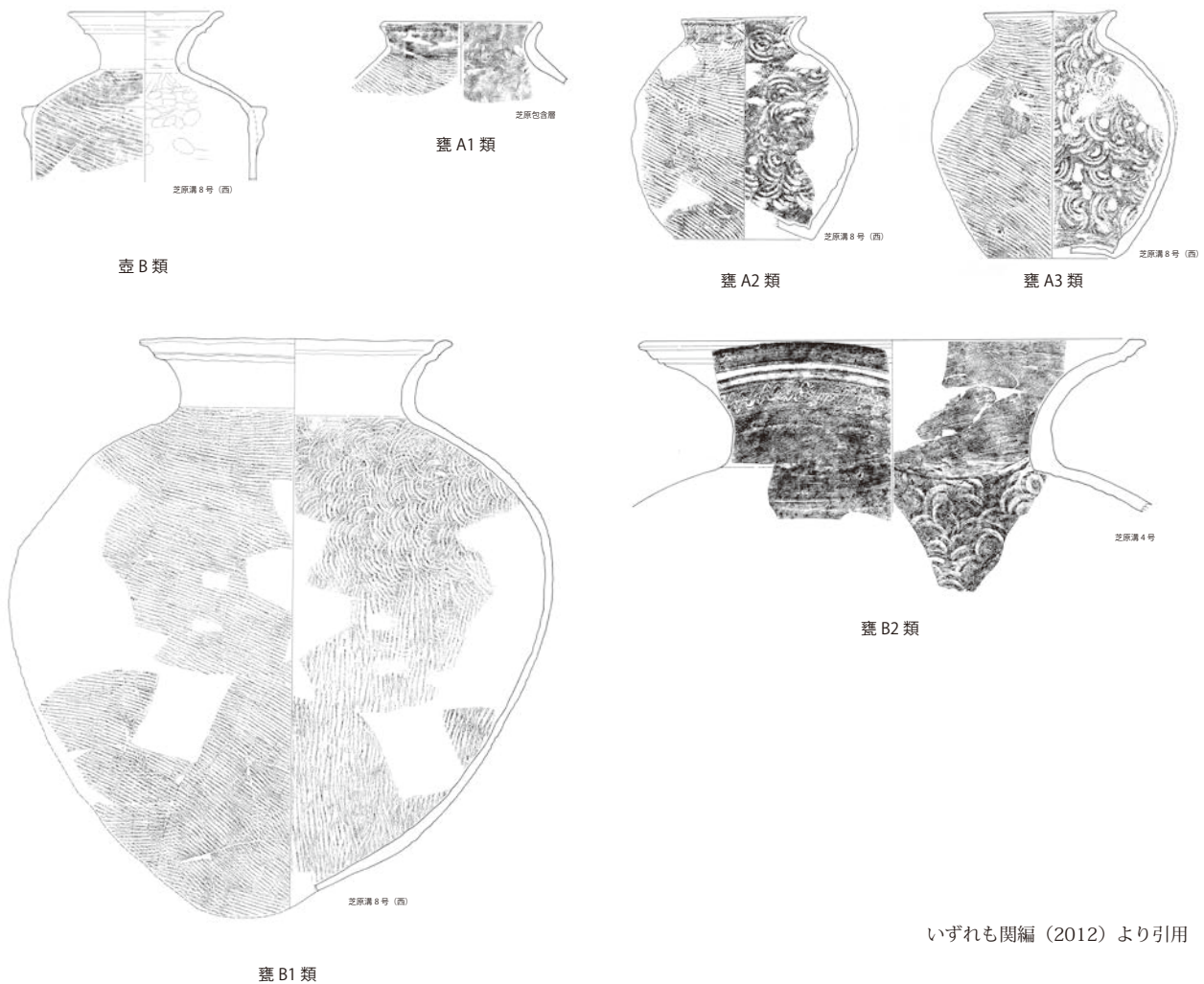
荒平第 2 支群では、大甕の胴部片や頸部片が出土しており、大甕の生産を行っていたと想定されるが、頸部～口縁部は出土していない。そのため、鹿児島県立埋蔵文化財センター所蔵の資料をもとに、大甕の分類を行った。ここでは、大甕を甕 B 類とし、いずれも二重口縁を呈する。口唇部形態をもとに二つに細分した結果、甕 B1 類は口唇部がゆるやかな面をもつもの (甕 B1 類)、端部が外方に突出し、上



Fig. 35 壺の分類 (S=1/3)



Fig. 36 甕の分類 (S=1/3)



いずれも関編 (2012) より引用

Fig. 37 荒平第2支群と関連する壺・甕の事例

面が平坦なもの（甕 B2 類）に細分可能である。

以上の分類結果をもとに、消費地で全形が復元できる資料を確認した。甕 A1 類は芝原遺跡包含層より出土している。胴部以下は欠損のため不明である。内面は同心円文当て具、外面は平行タタキが認められる。内面については同心円文当て具で成形後に、ナデ消している。甕 A2 類は芝原遺跡溝 8 号から出土している。底部が一部欠損しているがほぼ完形である。底部はゆがんだ上げ底で胴部は球胴状に膨らむ。内面は同心円文当て具、外面は平行タタキで成形される。肩部から口縁部にかけては、平行タタキのちヨコナデで仕上げられる。甕 A3 類も芝原遺跡 8 号溝から出土している。甕 A2 類同様、底部は上げ底で球胴形を呈する。内面は同心円文当て具、外面は平行タタキで成形されるが、肩部は平行タタキ後にヨコナデは施されない。

甕 B1 類は芝原遺跡 8 号溝から出土している。底部は丸底に叩き出され、球胴形を呈するがややゆがみがある。胴部以下は平行線文当て具、肩部からは同心円文当て具、外面は擬格子目タタキで成形されるが、胴下半部と胴上部のタタキは木目の太さが異なるため、タタキ板の種類を変えている可能性が考えられる。頸部外面は平行タタキで仕上げられ、内面はヨコナデで仕上げられる。甕 B2 類は胴部以下欠損のため、全体形は復元できない。内面は同心円文当て具、外面は平行タタキで成形され、頸部には波状沈線が施される。この波状沈線をもつ資料は中岳須恵器窯跡群では現在のところ確認されていないため、他地域からの搬入の可能性も考えられる。

II.2.3 まとめ

以上、荒平第2支群で出土した資料を中心に、消費地の様相からどのような形態の製品が製作されていたか想定した。その結果、本支群で生産された器種は、壺・甕の2種が製作されていることが明らかとなった。さらに口縁部形態で細分した結果、壺については3類が製作されていたことが推測され、今後の資料が増加することにより、肩部の装飾や底部形態との相関性も解明されることが考えられる。また、甕については頸部の短い中型甕（A類）、二重口縁を呈する大型甕に大別され、A類は3種に、B類は2種に細分することが可能であった。また中型甕は平底、大型甕は丸底といった容量だけでなく製作技法にも違いが見られたことから、今後の資料増加を待ち、中岳須恵器窯跡群の須恵器製作技術を解明していく必要があるだろう。

文献

関明恵編 2012『芝原遺跡3』鹿児島県立埋蔵文化財センター発掘調査報告書（170）鹿児島県立埋蔵文化財センター

III 自然科学分析

III.1 中岳山麓窯跡群の調査に伴う生産と流通に関する自然科学的研究について

篠藤マリア，鐘ヶ江賢二，中村直子

III.1.1 はじめに

考古学は人文科学の中で自然科学に一番近い学問であるといえる。遺物や遺構といった、物質を検討する上で、考古学者と自然科学者の共同研究は不可欠である。しかも、物質を幅広く検討する鉱物学は自然科学側で中心的役割を担っている。さらに、土器・陶器の研究に欠かせないのは、伝統的な技術で製作する陶芸家の知識である。もちろん、現代の陶芸技術と、考古学で研究対象とする技術は根本的な違いもあるが、考古学者や自然科学者が気づくことができない現象を、土であれ、破片であれ、窯であれ、陶芸家こそが理解できる場合も多い。

本プロジェクトの自然科学的研究についてはヨーロッパの研究者が主に行ったが、分析担当の詳細は次のとおりである。土器の鉱物学的研究は鹿児島国際大学の鐘ヶ江とボン大学の鉱物学・岩石学研究所 (Steinmann-Institut) のホッフバウアー氏およびライト氏が、発掘調査で出土した窯壁 (天井?) の検討とサンプル抽出はボン市所在の考古・歴史博物館 (LVR Landesmuseum Bonn) の保存・修復部門所属のクニップラート氏、ハルトケ氏、ベッカー氏が、産地同定のための中性子放射化分析はウィーン工科大学のシュテルバ氏が担当した。史窯 (鹿児島県始良市) の新納氏には、陶芸家としての意見をうかがった。

ライト氏とホッフバウアー氏は、ドイツ考古学研究所が世界中で実施した発掘に伴う土器分析の実績があり (Brüggl, M. & R Hoffbauer 2003, Hoffbauer 2002, Raith et. al 2013 など)、ホッフバウアー氏も以前、薩摩半島の古墳時代の土器の分析を行った事がある (Hoffbauer & Shinoto 2000, 篠藤&ホッフバウアー 2000)。ドイツのボン市は陶芸の長い歴史を持つ地方に立地し、博物館では陶芸関係の遺跡や遺物をよく扱っている。中性子放射化分析は産地同定の方法として定着した方法であり、西洋で多くの研究所において実施し、ウィーン工科大学において20年以上前から実績がある。シュテルバ氏は多くの国際的共同研究において産地同定を担当してきた (Sterba 2015 文献を参照) が、日本での研究は今回が初めてである。新納氏は遺跡の周辺の土に詳しく、また、穴窯や登り窯の窯づくりの経験がある。

この小論は、自然科学者の検討 (鐘ヶ江 2015, Sterba 2015, Raith & Hoffbauer 2015, Becker, Hartke & Knipprath 2015) と陶芸家の助言や実験結果について概要を紹介し、その結果が考古学的考察にどのような意味を持つかという検討を目的としている。特に鉱物学的分析の解釈は、ホッフバウアーと篠藤との相談に基づくものであるが、本論の日本語要約においてあまりにも単純化した説明や間違いがあるとすれば、篠藤の責任である。

III.1.2 研究の骨子

(1) 目的と設計

今回の研究目的は主に、生産や流通などの、プロジェクト全体の課題に関しての自然科学的方法を提供・試行し、将来の研究において、より適切な分析方法やサンプル種類を検討することであった。もちろん、この段階の分析でも、生産や流通に関する結果を期待した。

研究設計としては、1980年代に行ったりダル・ホユク (Lidar Höyük) 遺跡の地質学的調査を模範にした (Klenk 1987)。この調査の特色は次の通りである。(1) 考古学者が設定した、在地の胎土グループと外来の胎土グループの土器があり、(2) 地質学者が周辺の土を調べ、材料可能なサンプルを収集し、(3) 穴窯や登り窯に近い窯のサンプルがある。しかも、(4) 地質的調査 (踏査) と破片、土、窯の総合的鉱物学的分析によって、(a) 在地の土器と外来の土器の鉱物学上の区別を証明し、(b) 窯との関係を明らかにし、(c) 在地土器の原料を解明し、(d) 焼成について解明した。この研究は既に、同じ薩摩半島の古墳時代の軟質土器の研究に役立った (Hoffbauer & Shinoto 2000, 篠藤&ホッフバウアー 2000) が、本研究の須恵器の生産方法はリダル・ホユク遺跡に似ているので、より適切な模範になると考える。

Table 4 研究期間中のサンプルシリーズ

シリーズ	調査段階	サンプルの特色・目的
A	発掘前の中岳山麓窯跡踏査	生産過程を解明するための須恵器と土壌；産地同定に必要な「指紋」
B/C	発掘前に別の遺跡から収集	遠隔地間の交流を解明するための須恵器，種類による生産体系の違いを解明するための土師器
D	発掘	出土状況が把握された遺物：全ての研究目的のための多種のサンプル
E	別の遺跡から収集した土師器	種類による生産体系の違いを解明するための土師器
F	発掘	生産過程・窯構造を解明するための窯のサンプル
R	発掘中・後	地質学的調査のための土，岩石などのサンプル；材料の性質，中岳山麓産の須恵器の地質学的性質の把握

Table 5 サンプル種類の定義と英語訳

大別	小別	英語訳	定義・記述
須恵器	須恵器	Sue ware	須恵器の破片，割れ口や表面から土師器に近い質感のものから，非常に高い温度で焼成された硬質のものを含む
窯	窯	Kiln	窯から抽出したサンプル
	窯？	Kiln?	明瞭ではないが，焼成具合・スサ・色などの外観から窯の一部であるとみられるサンプル
	窯（内側）	Kiln (inside)	窯の内側から抽出したサンプル，周りの土が混じっている可能性は低い，窯の仕上げや修復に別の土を使用した可能性もある
	窯（外側）	Kiln (outside)	窯の外側から抽出したサンプル，周りの土が混じっている可能性が高いが，地山を掘削した地山部分か，掘削後壁に張り付けた土の一部かは判別できない。
土塊	土塊	Soil	遺跡から採集した，考古学者が須恵器の材料になりうると推定した土壌サンプル
	粘土質	Soil (clayish)	発掘のトレンチから抽出した，重さや塑性から見て若干陶器生産に使用できそうなもの
粘土	粘土	Clay	陶芸家が当地域から採集された，現代陶器生産向けの粘土
	粘土（釉薬）	Clay (glaze)	陶芸家が当地域から採集された，現代陶器生産向けの釉薬
土師器	土師器	Haji ware	中岳山麓窯跡群当時の遺跡から出土した土師器；使用された材料は須恵器と類似する可能性もある
成川式土器	成川式土器	Narikawa Pottery	古墳時代の同じ地域の軟質土器；今回の調査では分析していないが，軟質土器の例がなかったために，比較のため以前の調査のデータを使用

Table 6 サンプル発見地の定義と英語訳

大別	小別	英語訳	記述
発掘地区		Excavation	発掘地区，出土地点が明確
遺跡区域		Site	中岳山麓遺跡の全域，採集
周辺地域		Region	遺跡の周辺地域（南さつま市，日置市）
		ex Region	以上の地域以外の地域
地域外	琉球列島	Ryūkyū Islands	琉球列島（島や遺跡名）
	関西	Kansai	いずみ泉北遺跡群見学の際，採集した物
	など	Other Regions	別の地域で採集した物，分析は未終了



Fig. 38 陶芸家による土の観察（荒平第2支群）

本プロジェクトでは，地質的調査を本格的に行う事ができなかったが，発掘中に，鉱物学者のホッフバウアー氏が陶芸家や考古学者と一緒に遺跡の範囲や周辺をめぐり，土のサンプルを採取した（Fig. 38）。鉱物学的分析は30年前に比べて進んでいるが，基本は変わっていないと言ってよい。リダル・ホユクの場合は，在地の土器と外来の土器を蛍光X線分析（XRF）によって区別できたが，本プロジェクトでは同じ系統の課題を追求するのに，現代の産地同定研究に使う中性子放射化分析を用いた。以下に説明するように，中性子放射化分析によって遺跡内のグループもできつつあるので，XRFに加えて微量元素を正確に測定できる中性子放射化分析を応用しなければならない。その模範的研究として，2000年代に行ったボン周辺の窯跡群の研究があげられる（Schwedt & Mommsen 2004）。

須恵器の場合とリダル・ホユクの場合は，窯の構造と材料に違いがあり，本プロジェクトにおいてより適切な方法を探すと同時に，鉱物学的研究において様々な新しい課題ができた。

(2) サンプル

サンプルに関する情報と本プロジェクトに使った英語の用語は Table 4, 5, 6 に示すとおりである。

サンプルの種類 (Table 5) としては主に、土塊、粘土、須恵器、土師器、窯がある。「土塊」は主に遺跡内で集めた、須恵器や窯の材料として適すると考えた土である。「粘土」は陶芸家が遺跡の周辺で採取した、性質が明確に違う、陶芸用の土であるが、土塊との比較資料としても有効なサンプルである。ホッフバウアーは発掘現場とは別な地方の土塊も採集したが、これらのサンプルの一部はまだ分析中である。中岳山麓産の須恵器の位置づけに役立つことが期待できる。

「土師器」は当時の軟質土器として中岳山麓窯跡の周辺にある遺跡から収集した。土師器を分析対象とした理由は二つある。第一は須恵器と比べて低い焼成温度であるため、胎土が原料に近く、近隣の粘土性質を推定するのに有効であることと、第二に、土師器を生産する人々と須恵器を生産する人々の間には、材料に関しての情報交換があったかという疑問を追求するためである。これらの解決のためには、土師器も須恵器に用いた分析を同様にを行う必要がある。しかし、今回は土師器に関しては、薄片に基づく分析だけのサンプル (鐘ヶ江 2015) と中性子放射化分析だけのサンプル (Sterba 2015) となり、暫定的な結果しか得られなかった。土師器に関しての XRF 分析は行っていないので、当該地域の軟質土器の例として仮に、近隣にある辻堂原遺跡出土の古墳時代の成川式土器と比較した (Fig. 54)。

須恵器は生産過程と「化学的指紋」を解明するために集めた破片で、鉱物学的分析の全てと中性子放射化分析、両方を行ったグループと、中性子放射化分析だけを行ったグループがある。中性子放射化分析を産地同定のためだけの方法として考えれば、窯跡出土破片は窯跡産須恵器の「化学的指紋」を得るために、窯跡外出土須恵器はこの指紋と符号するものを抽出するために分析する。しかし今回は、中岳山麓窯跡群内にも複数のグループが発生しつつあるので、(1) 遺跡の複数の指紋を見つけ出すことと (2) そのグループの原因を追求する必要がある。特に (2) の場合は、中性子放射化分析と鉱物学的分析方法は複合的に応用しなければならないのは、Fig. 57b の結果からも理解できる。

全てのサンプルはシリーズ A ~ F, R に分けてあり (Table 4)、このシリーズはある程度、研究経過と目的により構成されている。サンプル収集と分析は発掘前から行ったが、これは発掘出土のサンプル抽出の基準を決める予定があったからである。発掘前のサンプルはサンプルシリーズ A, B, C に当たる。

A シリーズは荒平第 1・2 支群およびその周辺のある程度広い範囲で採集した物であるので、中岳山麓窯跡群の西側付近の様相を語る物として理解すれば良からう。中心は須恵器であるが、窯の一部と思われるものと、考古学者が材料の可能性と思ったサンプルもある。今回の須恵器に関する鉱物学的分析はこのシリーズに限られる。同じシリーズは、同時に中性子放射化分析も実施したので、サンプルの中では最も多角的な分析が行われたものとなっている。シリーズ B と C の主体は琉球列島出土須恵器であり、中性子放射化分析のみを行った。これらの須恵器は、既に中岳山麓産の須恵器が確認された島 (池畑他 2008) 出土のもので、今回の産地同定で、中岳山麓窯跡に合致する可能性が高いと推定され、サンプルに選ばれた。シリーズ B は上に述べた、地域周辺の当時の土師器も含めたが、残念ながら、鉱物学的研究は行っていない。

発掘中抽出したサンプルはシリーズ D と F に当たるが、F は窯の壁 (天井?) の一点のみである。窯の構築方法はまだ明確ではなく、しかも出土したサンプルは窯の崩壊した破片なので、このサンプルは天井の部分か、側面の

壁か、地下の床かなど具体的な位置は明確ではない。サンプルをししばしば「窯壁」(kiln wall) と呼んでいるが、どこの部位かは不明であるということを忘れてはならない。F のサンプルは窯の遺構内から出土し、窯内壁から窯外の被熱した基盤層まで連続して残存している、将来の発掘や分析の設計のための貴重なサンプルである。このような種類の遺物の保存や分析方法に

Table 7 胎土の仮説的グループ

グループ	特徴
I	土師質
II	表面が赤褐色、自然釉付着
IIIa	胎土が砂っぽい; 砂粒めだつ、黒色粒と白色粒
IIIb	胎土が砂っぽい; 砂粒小さく、少ない、白色粒がどちらかという多い
IV	硬質、黒っぽい色調のものあり
窯?	窯の一部か? 若干スサ入り

については重要な問題点であったが、今回はボンの博物館（LVR Landesmuseum Bonn）により、とりあえず簡単なレントゲン撮影とこの窯壁からさらにサンプルを抽出するための解体を決め、抽出したサンプルをボン大学の鉱物学研究所にわたした。Fシリーズのサンプルは解体された細かいサンプルごとに、断面薄片などの分析を行う予定である。また、その結果によって将来の研究に効果的なサンプル抽出と分析方法を決定する予定である。

以上説明した研究設計の模範的な研究には、考古学者が既に胎土によって分類した土器グループが分析の仮説として大事な役割を果たした。同一窯跡群出土須恵器は、通常、一つの均一的な胎土グループとして考えがちだが、今回は考古学者が肉眼観察によって、分析の対象になるグループを設定してみた（Table 7）。以下で説明するが、分析の結果、このグループはおおよそ、焼成温度や焼成期間を反映していることが判明した。しかし、中性子放射化分析の結果として明確な胎土グループが別にできつつあるので、須恵器の胎土分類を見逃してはいけないと思われる。

（3）分析方法

分析方法は Table 8 に英語の論文に使った用語を含めて説明している。レントゲンと中性子放射化分析以外は、鉱物学的研究の基本的な方法であり、鉱物と化学的構成を検討する物である。

シュテルバ（Sterba 2015）が説明するように、中性子放射化分析は 1950 年代から開発してきた原子物理学に基づく方法で、物質の化学的構成を非常に小さなサンプル（100～200 mg, Fig. 39）を持って精密に測定できる。同時に測定できる元素が非常に多く、特に産地の特徴を表すのに有効な微量元素の測定に適切な方法である。破壊分析だが、分析に必要な量が微量である事もこの方法の長所といえる。測定した数値は、マハラノビス距離に基づいて統計分析を行い、産地の「化学的指紋」を得られる（Mommsen et al. 1988, Beier & Mommsen 1994）。黒曜石などのような、自然のままの物質の産地同定は、そのまま自明の問題になるが、土器の場合は、混和材などの素地の仕上げによる胎土の変化が普通におこるので、分析が複雑になる（Sterba 2009 など）。



Fig. 39 NAA 分析に必要なサンプル量（白部分）

Table 8 分析方法（英語訳）とその主な目的

方法	英語訳	設備（プログラム）	主な分析対象	主な考古学的課題
レントゲン	X-ray	5-225 KV, 50 mA, 1600 W	-	窯の構造の把握
中性子放射化分析	Neutron activation analysis (NAA)	-	化学構成、特に微量元素多数	産地同定の基礎となる生産地の「化学的指紋」の構築、別の遺跡で出土した中岳山麓産と思われる須恵器の産地同定
蛍光 X 線分析	X-ray fluorescence analysis (XRF)	AXIOS, PANalytical (SuperQ, ProTrace)	化学上の量的構成（主成分、微量元素）	材料の性質の追究、材料の化学構成、材料の風化の度合いの把握、混和材の検討、須恵器の胎土の性質の把握
X 線回折	X-ray diffraction (XRD)	Siemens D5000 (EVA v.16.0, DIFFRACplus Bruker-AXS, 2010)	鉱物学的構成、構造（結晶質・非晶質）	鉱物の構成や結晶構造の変化に基づく焼成温度の把握
リートフェルト法粉末構造解析	Rietveld analysis	(TOPAS v. 4.2, DIFFRACplus Software Suite, Bruker-AXS, 2009)	鉱物の量的構成	蛍光 X 線分析・X 線回折・薄片に基づく分析と同じ
走査型電子顕微鏡分析	Scanning electron microscopy (SEM)	VEGA TS 5130 LM (TESCAN)	微細な結晶構造	焼成による粘土鉱物の結晶構造の変化
以下 薄片に基づく分析				焼成による鉱物・粘土鉱物の変化、（焼成温度の把握；不純物や混和材の有無と性質の把握）
薄片顕微鏡分析	Thin section microscopy	-	鉱物と元素の観察・同定	
電子線アナライザー	Electron Microanalysis (EPMA)	JEOL Superprobe 8200	元素分布（点的な変異）	
後方散乱電子顕微鏡分析	Back scattered electron (BSE) microscopy	JEOL Superprobe 8200	元素分布（固溶体の連続的変異）	
X 線元素分布マップ分析	X-Ray maps	JEOL Superprobe 8200	元素分布（表面の広範囲）	



Fig. 40 陶芸家による焼成実験に使用したテストピース
施釉したもの(上)と乾燥のみの状態(下)
棒線は5 cm

しかし、この変化は大体的な場合に、指紋の特色をもたらす元素の濃度の変化として現われる。中性子放射化分析の場合に、これらの現象を「希釈」(dilution)といい、カウントアウトの方法が1980年代に開発され(Mommsen, Kreuser & Weber 1988), 土器の産地同定がそれ以前より確実にできるようになった。この方法は土器の産地同定の一般的な方法として定着している。

鉱物学的研究は肉眼観察をはじめ、様々な方法で物質の化学的・鉱物学的構成を調べ、マトリックスや粒子などの形の観察によっても、観察された構成までの過程を解明するために分析する。本プロジェクトに応用した分析方法(Table 8)

は全て日本考古学にも一般的な方法なので、その説明を省略し、「分析結果」において必要な限り触れる。

レントゲン撮影も説明を必要としない一般的な方法である。今回は出土した時の湿った状態を保ったまま、窯壁のレントゲン撮影を行ったが、その後、乾燥させた同資料を解体する時には識別できなかった、アーチ状の層を形成しているという現象を明らかにした(Fig. 68)。将来的な窯壁に関する分析は、この乾燥した状態での問題を追及しなければならない。

最後にTable 8に述べていない方法に触れたい。考古学者、鉱物学者、陶芸家が抽出した土のサンプルの焼成実験である。今回集めたサンプルは全て須恵器に関係すると思われるが、その中に須恵器の材料として使用できるほど可塑性を持つ土はなかった。しかし、窯用の素材としての耐火性の適性を見るために、実験を行った。今回検出された窯跡に隣接するEトレンチ5層からサンプルを抽出した。陶芸家の窯で5つのテストピースを造り、乾燥と800℃ぐらいの素焼き(8時間)と1250℃を超える温度(17時間)で焼成し、収縮率や、割れ目の状態などについて観察した(Fig. 40, インタビュー中村直子, 2015年1月22日, 史窯にて)。

III. 1.3 分析結果の要約

(1) 材料

遺跡と地域全体に偏在する黄褐色の層に風化の進んだ土塊群があり、これらは須恵器の胎土原料に近いことが鉱物の構成からも、化学的構成からもいえる。今回の土壌サンプルの中に、須恵器に適した可塑性のあるものはなかったが、これに近い例はあった。しかも、耐火性が非常に良好で、乾燥と素焼き実験ではわずか2%の収縮率であった。中岳山麓産須恵器の最高焼成温度と思われる1150℃を超える場合も、収縮率10%である。現代の陶芸家が使う粘土の収縮度が15%であるのに比べて、耐火性が非常に良いと言える。

近隣遺跡から出土した土師器の粘土との関係性は、中性子放射化分析の結果、可能性があるとはいっても、今のところはっきりとは認められない。しかし、黄褐色層の検討から見れば、関係性は高いと思われるので、より詳細な鉱物学的検討を加えることによって、その関係性の性質を解明できると期待できる。今回発掘で見つかった窯跡は、上述した黄褐色の層に掘り込まれており、窯の耐火性を考える上で興味深い。耐火性の強い層を意識して窯を作る場所を選んだかどうかは、今後の発掘で確かめる必要がある。

須恵器の原料、窯の構築用の土、窯の基盤となる層、全ては関係を示すが、層と窯壁は鉱物学的に類似するのに、中性子放射化分析では関係を見せない。しかし、須恵器の中にも未だ関係のないグループと孤立している物があるので、この方法に相応しい量のサンプルをさらに分析すれば、その関係性を追求できると期待できる。

須恵器の原料は同じ系統の粘土であっても、違う層から採取したか、素地を寝かせるなどの方法で処理したかは、今のところ言及できない。将来的に粘土の仕上げや処理に重点をおいて実験等実施すれば、須恵器生産に関しての興味の結果を期待できる。

(2) 材料の処理

現段階では、粘土の処理モデルはたてられない。しかし一方では、粒子サイズが1mmまでであるので(Plate 16)、非常に大きい粒子や根などを排除する事以外は、水簸などの選別は行っていないと推測できる。また、須恵器は窯壁片に比べて鉄分が少ないので、鉄分を多く含む粒子を除外した可能性がある(Fig. 58)。Fig. 59の Fe_2O_3 - TiO_2 をみると、土と窯壁片は鉄分の多いラインを形成しながら、須恵器は鉄分の少ない場所集っている。もちろん、須恵器の材料は異なる土層や採掘場所から採取した可能性もあるが、Fig. 60が示すように、材料の生成過程(溶出などの方法)によってよく収集する微量元素Zrが須恵器に高い値で認められるので、粘土採掘場所の違いより、材料の処理方法の違いがより反映されていると推定される。

粘土の処理については、材料を粒子サイズ別に検討する事が非常に有意義である(Shinoto & Hoffbauer 2000など)が、この分析はまだ途中段階である。中性子放射化分析結果に出ている、須恵器胎土と中岳の土壌・窯片との化学的組成の差異が材料の処理方法によるものと仮定すると、今後、溶出の様々な方法や「寝かし」など実験を行い、須恵器の原材料を追求できると思われる。また微量元素に基づく中岳山麓産須恵器内のグループが、胎土の処理の結果として形成されたかどうかを追及するのに、各グループの鉱物学的検討を加えることが必要であろう。

また、上述した周辺に偏在する黄褐色土層の須恵器・土師器等製品への利用が実証できれば、当時の工人集団が、中岳山麓窯造営以前に使用していた粘土を採掘できる場所にさほど執着することなく、比較的容易に中岳山麓に移住できた可能性も指摘できる。

(3) 焼成

須恵器胎土の肉眼観察では、土師器に近いものから、形が崩れるほど焼成されたものまでであるが、これは鉱物学的観察からも指摘できる。Table 13はさまざまな観察対象を示しているが、これは左から、ガラス化の状況、カリ長石片の融解状況、斜長石の反応縁、石英の熱ストレスの状況、ムライトやスピネルの有無などがある。ガラス化についてFig. 53には、土のサンプル(上)、窯壁?(中)、須恵器(下)のそれぞれのガラス化と他の鉱物の割合が示してあり、ガラス化(ピンク)の度合によって並べている。同時に、焼成温度が上がるにつれて、材料の鉱物がなくなったり、新しく鉱物ができたりする現象をよく理解できよう。土のサンプルにはA1の須恵器以外には存在しない鉱物の白雲母やイライト(オレンジ)が残っていたり、窯壁のサンプルではガラス化や鉱物の割合が互いに異なる一方、A1以外全ての須恵器の破片にはクリストバル石(グレイ)が見られ、 1050°C ~ 1150°C までの最高温度を受けたという事を示している。土師器に近い軟質のA1にも現れるので、多分、窯の中の全ての場所には、一時的に目標の高温に達したが、その状態を保っていた場所は限られ、焼成が十分でないA1のような須恵器ができたと推定される。考古学者が最初の仮説としてたてた、胎土により分類したグループは結局、ガラス化の段階、言い換えれば焼成状態が反映されているということがわかった。

顕微鏡での鉱物の観察では、このような部分的な焼成の過程が良くわかる。つまり、高温時にできる鉱物が、消失する鉱物へと、外から中に「浸食」するように観察できるのである(Fig. 46~50, Plate 18~20)。また、SEM写真が粘

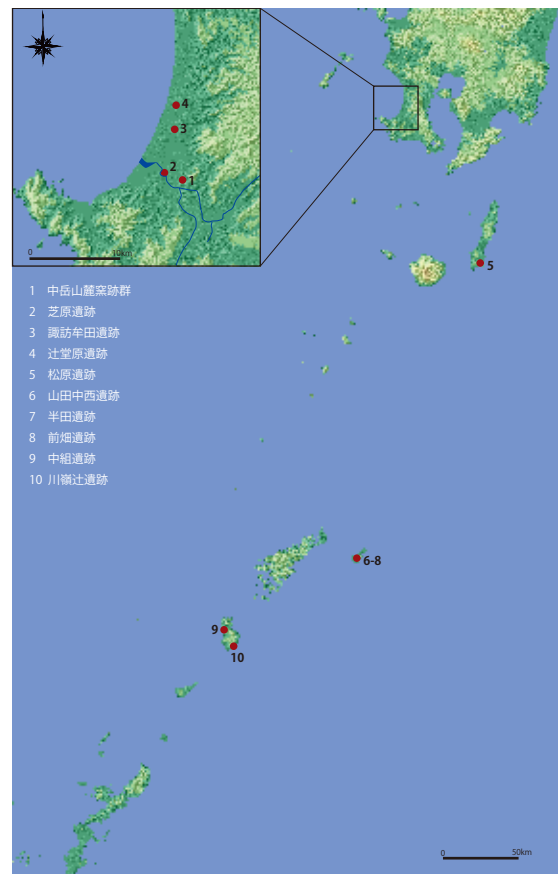


Fig. 41 サンプル出土遺跡の位置

Table 9-1 分析に使用したサンプルと主な分析(1)

No	種類	発見地	考古学者のグループ	中性子放射化分析によるグループ	XRF	XRD	SEM	薄片・薄片に基づく分析	その他鉱物学的分析	NAA	未完成の分析	遺跡名	採集地点・出土区・層
A1	須恵器	遺跡区域	胎土グループ I	非分類	○	○		○	○	○	○	中岳山麓	荒平第 I
A2	須恵器	遺跡区域	胎土グループ I	1	○	○		○	○	○	○	中岳山麓	荒平第 I
A3	須恵器	遺跡区域	胎土グループ I	非分類	○	○		○	○	○	○	中岳山麓	荒平第 I
A4	須恵器	遺跡区域	胎土グループ I	1	○	○	○	○	○	○	○	中岳山麓	2012-2 (Fig. 3)
A5	須恵器	遺跡区域	胎土グループ I	非分類	○	○	○	○	○	○	○	中岳山麓	荒平第 I
A6	須恵器	遺跡区域	胎土グループ II	2	○	○		○	○	○	○	中岳山麓	荒平第 I
A7	須恵器	遺跡区域	胎土グループ II	1	○	○		○	○	○	○	中岳山麓	荒平第 I
A8	須恵器	遺跡区域	胎土グループ II	2	○	○		○	○	○	○	中岳山麓	2012-3 (Fig. 3)
A9	須恵器	遺跡区域	胎土グループ II	2	○	○		○	○	○	○	中岳山麓	
A10	須恵器	遺跡区域	胎土グループ III-1	2	○	○		○	○	○	○	中岳山麓	2012-2 (Fig. 3)
A11	須恵器	遺跡区域	胎土グループ III-1	非分類	○	○	○	○	○	○	○	中岳山麓	荒平第 I
A12	須恵器	遺跡区域	胎土グループ III-1	3	○	○	○	○	○	○	○	中岳山麓	2012-3 (Fig. 3)
A13	須恵器	遺跡区域	胎土グループ III-1	2	○	○		○	○	○	○	中岳山麓	荒平第 I
A14	須恵器	遺跡区域	胎土グループ III-1	3	○	○		○	○	○	○	中岳山麓	荒平第 I
A15	須恵器	遺跡区域	胎土グループ III-2	1	○	○		○	○	○	○	中岳山麓	荒平第 I
A16	須恵器	遺跡区域	胎土グループ III-2	4	○	○		○	○	○	○	中岳山麓	2012-2 (Fig. 3)
A17	須恵器	遺跡区域	胎土グループ III-2	1	○	○		○	○	○	○	中岳山麓	荒平第 I
A18	須恵器	遺跡区域	胎土グループ III-2	1	○	○		○	○	○	○	中岳山麓	2012-3 (Fig. 3)
A19	須恵器	遺跡区域	胎土グループ IV	3	○	○		○	○	○	○	中岳山麓	2012-2 (Fig. 3)
A20	須恵器	遺跡区域	胎土グループ IV	4	○	○		○	○	○	○	中岳山麓	荒平第 I
A21	須恵器	遺跡区域	胎土グループ IV	4	○	○		○	○	○	○	中岳山麓	荒平第 I
A22	須恵器	遺跡区域	胎土グループ IV	1	○	○		○	○	○	○	中岳山麓	2012-3 (Fig. 3)
A23	窯?	遺跡区域		非分類	○	○		○		○	○	中岳山麓	荒平第 II
A24	窯?	遺跡区域		非分類	○	○		○		○	○	中岳山麓	荒平第 I
A25	窯?	遺跡区域		非分類	○	○		○		○	○	中岳山麓	荒平第 I
A26	窯?	遺跡区域		非分類	○	○		○		○	○	中岳山麓	荒平第 I
A27	土壌	遺跡区域		非分類	○	○		○		○	○	中岳山麓	
A28	土壌	遺跡区域		非分類	○	○		○		○	○	中岳山麓	
B27	須恵器	琉球列島(徳之島)	酸化焼成、黄白色	非分類				○		○		川嶺辻	新里編 2010, 第V 遺構面
B28	須恵器	琉球列島(徳之島)	III-2 類似、外面自然釉付着	非分類						○		川嶺辻	新里編 2010, 第IV 遺構面
B29	須恵器	琉球列島(徳之島)		非分類						○		川嶺辻	新里編 2010, 第IV 遺構面
B30	須恵器	琉球列島(徳之島)		非分類						○		川嶺辻	新里編 2010, 第IV 遺構面
B31	須恵器	琉球列島(徳之島)	III-2 類似、灰色	非分類						○		川嶺辻	新里編 2010, 第IV 遺構面
B32	土師器	周辺地域	酸化焼成	非分類						○	○	芝原	SHB00B-30 III一括
B33	土師器	周辺地域	酸化焼成	非分類						○	○	芝原	SHB01D-30 II一括
B34	土師器	周辺地域	酸化焼成	非分類						○	○	芝原	SHB01D-20 遺構 7979
B35	土師器	周辺地域	酸化焼成	非分類						○	○	芝原	SHB01D-30 II一括
B36	土師器	周辺地域	酸化焼成	非分類						○	○	芝原	SHB00B-30 III一括
B37	土師器	周辺地域	酸化焼成	非分類						○	○	芝原	SHB00A-29 遺構 1955
B38	土師器	周辺地域	酸化焼成	非分類						○	○	芝原	SHB01C-26 遺構 5808
B39	土師器	周辺地域	酸化焼成	非分類						○	○	芝原	SHB01CD-21 大溝 7587
C40	須恵器	琉球列島(種子島)		非分類						○		松原	戸崎ほか 1995
C41	須恵器	琉球列島(種子島)		非分類						○		松原	戸崎ほか 1995

Table 9-2 分析に使用したサンプルと主な分析(2)

No.	種類	発見地	考古学者のグループ	中性子放射化分析によるグループ	XRF	XRD	SEM	薄片・薄片に基づく分析	その他鉱物学的分析	NAA	未完成の分析	遺跡名	採集地点・出土区・層
C42	須恵器	琉球列島(種子島)		4						○		松原	戸崎ほか 1995, No. 285
C43	須恵器	琉球列島(種子島)		非分類						○		松原	戸崎ほか 1995, No. 300
C44	須恵器	琉球列島(種子島)		非分類						○		松原	戸崎ほか 1995, No. 286
C45	須恵器	琉球列島(喜界島)		非分類						○		山田中西	澄田ほか 2008, No. 117
C46	須恵器	琉球列島(喜界島)		4						○		山田中西	澄田ほか 2008, No. 101
C47	須恵器	琉球列島(喜界島)		4						○		山田中西	澄田ほか 2008, No. 28
C48	須恵器	琉球列島(喜界島)		非分類						○		山田半田	澄田ほか 2009, No. 120
C49	須恵器	琉球列島(喜界島)		非分類						○		半田	野崎ほか 2013, No. 28
C50	須恵器	琉球列島(喜界島)		非分類						○		前畑	野崎ほか 2011, No. 255
C51	須恵器	琉球列島(徳之島)		6						○		中組	具志堅 2013, No. 112
C52	須恵器	琉球列島(徳之島)		6						○		中組	具志堅 2013, No. 111
D53	須恵器	発掘地区		5						○		中岳山麓	2014-505
D54	須恵器	発掘地区		5						○		中岳山麓	2014-506
D55	窯	発掘地区		非分類						○		中岳山麓	2014-382
D56	窯(内側)	発掘地区		非分類						○		中岳山麓	
D57	窯(外側)	発掘地区		非分類						○		中岳山麓	
R1	土壌(粘土質)	発掘地区			○							中岳山麓	
R2*	岩石	発掘地区			○							中岳山麓	
R3	土壌(粘土質)	発掘地区			○				○	○	○	中岳山麓	(乾燥・焼成実験)
R4	土壌	遺跡区域			○							中岳山麓	
R5	土壌(粘土質)	発掘地区			○							中岳山麓	
R6*	岩石	遺跡区域			○							中岳山麓	
R8*	岩石	遺跡区域			○							中岳山麓	
R9*	土壌(粘土質)	発掘地区			○							中岳山麓	
R10*	土壌(粘土質)	発掘地区			○							中岳山麓	
R11	粘土	周辺地域			○							-	陶芸家所有釉薬
R12	粘土	周辺地域			○							-	陶芸家所有粘土
R15*	岩石	関西			○							和泉泉北(表採TK73)	
F01	窯壁	発掘地区							○		△	中岳山麓	(X線・解体・サンプル抽出)
E01	土師器	周辺地域	酸化焼成					○				芝原 18	
E02	土師器	周辺地域	酸化焼成					○				芝原 19	
E03	土師器	周辺地域	酸化焼成					○				諏訪牟田 1	
E04	土師器	周辺地域	酸化焼成					○				諏訪牟田 2	
E05	土師器	周辺地域	酸化焼成					○				諏訪牟田 3	
E06	土師器	周辺地域	酸化焼成					○				諏訪牟田 4	
E07	土師器	周辺地域	酸化焼成					○				諏訪牟田 5	
E08	土師器	周辺地域	酸化焼成					○				諏訪牟田 6	
E09	土師器	周辺地域	酸化焼成					○				諏訪牟田 7	
E10	土師器	周辺地域	酸化焼成					○				諏訪牟田 8	
E11	土師器	周辺地域	酸化焼成					○				諏訪牟田 9	
E12	土師器	周辺地域	酸化焼成					○				諏訪牟田 10	

土マトリックスの高温によるガラス化の差を示している (Fig. 43 高温, Fig. 44 低温)。

このように、窯壁の鉱物学的観察を行うことによって、窯内の焼成の様子を追求できると期待できる。

(4) 窯

遺跡周辺の土壌サンプルの焼成実験等から、荒平第2支群で発見された窯跡は、耐火性の強い地盤に掘り込まれている事が推定されるが、窯全体や他の窯跡群もそのような法則のもと作られているかどうかを今後の調査に

よって検討する必要がある。また、窯壁のレントゲン写真分析の結果、肉眼観察で識別できなかったアーチ状の層が確認され (Fig. 66 ~ 68)、窯壁の製作工程を検討する興味深い結果となった。

(5) 流通

消費地遺跡での産地同定については、中性子放射化分析で実施した (Fig. 42)。この結果、グループ 4 のみが中岳山麓産須恵器と琉球列島の遺跡 (種子島・喜界島) 出土須恵器の両方が入っている。これらは明らかに中岳山麓産須恵器の流通範囲を示す。他のグループや孤立 (未分類) のものがどういう属性を示すかは、分析試料を増やす事によって解決できると考える。また、グループ 5 は発掘の C トレンチ出土須恵器片のみでまとまっている。これらは灰原出土遺物と考えられ、同一窯特有のグループかどうかなど、今後、出土状況や型式学的見地に照らして検討する必要があるだろう。中岳山麓産窯跡群出土須恵器内に数グループ形成された事についても、そのグループの違いが何を原因とするものか、今後の課題としたい。

文献

- 池畑耕一ほか 2008 「鹿児島県内遺跡出土の平安時代の須恵器の産地問題」『日本文化財科学会第 25 大会研究発表要旨集』286-287.
- 鐘ヶ江賢二 2015 「芝原遺跡・諏訪牟田遺跡出土土師器の岩石学的分析」『中岳山麓窯跡群の研究』鹿児島大学 106-113.
- 具志堅亮 2013 『中組遺跡』天城町教育委員会
- 篠藤マリア, ホッフバウアー・ラデグント 2000 「鹿児島県吹上町辻堂原遺跡の土器の鉱物学的研究」『人類史研究』12, 91-104.
- 新里亮人編 2010 『川嶺辻遺跡』伊仙町教育委員会
- 澄田直敏・野崎拓司 2008 『山田中西遺跡』喜界町教育委員会
- 澄田直敏・野崎拓司・後藤紀宣 2009 『山田半田遺跡』喜界町教育委員会
- 戸崎勝洋・立神次郎・熊崎明恵 1995 『松原遺跡』南種子町教育委員会
- 野崎拓司・澄田直敏・宮城良真 2011 『前畑遺跡・小ハネ遺跡』喜界町教育委員会
- 野崎拓司・松原信之・澄田直敏 2013 『大ウフ遺跡・半田遺跡』喜界町教育委員会
- 三辻利一 「鹿児島県・荒平・山麓窯跡群出土須恵器の胎土分析」『古文化談叢』175-176.
- Becker, H., G. Hartke & U. Knipprath 2015 Report of the X-ray examinations and sampling of a kiln wall from Nakadake Sanroku. English summary of the protocol in German from 24 September 2014 by M. Shinoto. 『中岳山麓窯跡群の研究』鹿児島大学埋蔵文化財調査センター 114-116.
- Beier, T. & H. Mommsen 1994 Modified Mahalanobis filters for grouping pottery by chemical composition. *Archaeometry*, 36-2, 287-306.
- Brügger, M. & R. Hoffbauer 2003 Dem klösterlichen Handel auf der Spur. Bemerkungen zu archäometrischen Untersuchungen an Baumaterial aus dem Zisterzienserkloster Hude, Ldkr. Oldenburg. *Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland*. 26, 115-122
- Hoffbauer, R. & Maria Shinoto 2000 Joint archaeological and mineralogical research on pottery production in Ancient Japan. *Proceedings of the Sixth International Congress on Applied Mineralogy ICAM 2000 / Göttingen / Germany, 2000*, 989-992.
- Hoffbauer R. 2002 Análisis de radiofluorescencia y de radiodiffractometría de cerámica de Pailón (Depto. Sta. Cruz, Bolivia). *Beiträge zur Allgemeinen und Vergleichenden Archäologie*, 22, 231-233
- Klenk, G. B. 1987 *Geologisch-Mineralogische Untersuchungen zur Technologie frühbronzezeitlicher Keramik von Lidar Höyük (Südostanatolien)*. München, Pfeil.
- Mommsen, H., A. Kreuser & J. Weber 1988 A Method for Grouping pottery by chemical composition. *Archaeometry*, 30-1, 47-57.
- Raith, M. et al. 2013 The View from Zafar – An Archaeometric Study of the Aqaba Pottery Complex and its Distribution in the 1st Millennium CE. *Zeitschrift für Orient-Archäologie*, 6, 320-350
- Raith, M. & R. Hoffbauer 2015 Mineralogical research on production and provenance characteristics in the Nakadake Sanroku kiln site cluster. 『中岳山麓窯跡群の研究』鹿児島大学埋蔵文化財調査センター 75-105.
- Schwedt, A. & H. Mommsen 2004 Clay paste mixtures identified by Neutron Activation Analysis in pottery of a Roman workshop in Bonn, Germany. *Journal of Archaeological Science*, 31, 1251-1258.
- Sterba, J. et al. 2009 The influence of different tempers on the composition of pottery. *Journal of Archaeological Science*, 36, 1583-1589.
- Sterba, J. 2015 Neutron Activation Analysis of samples from pottery, kilns and soil in Nakadake Sanroku and related sites in South Japan. 『中岳山麓窯跡群の研究』鹿児島大学埋蔵文化財調査センター 67-74.

III. 2 Neutron Activation Analysis of samples from pottery, kilns and soil in Nakadake Sanroku and related sites in South Japan

Johannes H. Sterba

Neutron Activation Analysis

Neutron activation analysis (NAA) is an established radiochemical analytical tool that is routinely used for the determination of major-, minor- and trace element concentrations in almost any material. In NAA, chemical analysis is done by irradiating the sample in the neutron flux of a nuclear reactor (or similar neutron source). The neutrons interact with the atoms of the sample and produce radionuclides. After irradiation, the characteristic radiation emitted by the newly produced radionuclides can be measured and qualitative data on the composition of the sample gained. By comparison of the sample to an international reference material, quantitative data can be calculated, resulting in the elemental composition of the sample, often called “chemical fingerprint”.

In most cases, a sample amount of 100-200 mg is sufficient to measure element concentrations of up to 30 elements. Detection limits are often less than 1 µg/g, thus, use of NAA is highly suited to the measurement of chemical fingerprints of archaeological material [1-3]. Furthermore, out of the elements measurable by NAA, especially the trace elements and rare-earth elements that are geologically significant show very good detection limits. For chemically unmodified material, e.g. obsidian, pumice or sandstone, provenancing is, if samples from the original outcrops are available, trivial. Chemical fingerprinting of geological and archaeological material has been performed at the TRIGA Mk II reactor of the Atominstitut at the Vienna University of Technology for more than two decades [3-14].

In the case of ceramics, the chemistry of the original raw material is usually altered for technological reasons by tempering, levigation and firing. Thus, a direct comparison of the finished sherd to the original clay bed is usually not possible. In most cases, tempering or levigation leads to a constant in- or decrease for all trace elements, commonly described as a dilution [15]. For this special case, a statistical measure was developed that, recognizing a potential dilution and taking into account measurement errors can iteratively calculate the best relative fit of two samples [16, 17].

Applying the statistical methods described above to the raw data from NAA makes it possible to determine a distance measure between two samples that is directly related to their similarity. To find groups of chemically related sherds in the data, the distance between all samples is calculated. From this first step, all samples that have sufficiently small distances are grouped together into one group. For this group, a mean composition and mean group spread can be calculated. Starting from this, all remaining samples are compared against the mean composition of the group and, if the distance is sufficiently small, are added. With the new samples, a new mean composition is calculated and the process is repeated until no more new samples can be found.

This iterative process leads to groups of chemically similar sherds that can then be interpreted by archaeologists to gain information on production processes, origin of the samples, changes in recipes over time and trading routes.

Samples

In the course of this preliminary work, 60 samples have been analyzed and grouped as described above. The samples originate either from the area around Nakadake Sanroku in Kagoshima prefecture or from the Ryūkyū Islands. 42 samples are Sue ware and 8 are Earthenware. The remaining

Table 10: IDs and respective groups of all 60 samples analysed in this work.

Sample ID	Sample Type	Groups from NAA	Find Location /Area	Site Name	Sample ID	Sample Type	Groups from NAA	Find Location / Area	Site Name
A1	Sue ware	Loner	Site	Nakadake Sanroku	B27	Sue ware	Loner	Ryūkyū Islands	Kawaminetsuji (Tokunoshima)
A2	Sue ware	1	Site	Nakadake Sanroku	B28	Sue ware	Loner	Ryūkyū Islands	Kawaminetsuji (Tokunoshima)
A3	Sue ware	Loner	Site	Nakadake Sanroku	B29	Sue ware	Loner	Ryūkyū Islands	Kawaminetsuji (Tokunoshima)
A4	Sue ware	1	Site	Nakadake Sanroku	B30	Sue ware	Loner	Ryūkyū Islands	Kawaminetsuji (Tokunoshima)
A5	Sue ware	Loner	Site	Nakadake Sanroku	B31	Sue ware	Loner	Ryūkyū Islands	Kawaminetsuji (Tokunoshima)
A6	Sue ware	2	Site	Nakadake Sanroku	B32	Earthenware	Loner	Region	Shibahara
A7	Sue ware	1	Site	Nakadake Sanroku	B33	Earthenware	Loner	Region	Shibahara
A8	Sue ware	2	Site	Nakadake Sanroku	B34	Earthenware	Loner	Region	Shibahara
A9	Sue ware	2	Site	Nakadake Sanroku	B35	Earthenware	Loner	Region	Shibahara
A10	Sue ware	2	Site	Nakadake Sanroku	B36	Earthenware	Loner	Region	Shibahara
A11	Sue ware	Loner	Site	Nakadake Sanroku	B37	Earthenware	Loner	Region	Shibahara
A12	Sue ware	3	Site	Nakadake Sanroku	B38	Earthenware	Loner	Region	Shibahara
A13	Sue ware	2	Site	Nakadake Sanroku	B39	Earthenware	Loner	Region	Shibahara
A14	Sue ware	3	Site	Nakadake Sanroku	C40	Sue ware	Loner	Ryūkyū Islands	Matsubara (Tanegashima)
A15	Sue ware	1	Site	Nakadake Sanroku	C41	Sue ware	Loner	Ryūkyū Islands	Matsubara (Tanegashima)
A16	Sue ware	4	Site	Nakadake Sanroku	C42	Sue ware	4	Ryūkyū Islands	Matsubara (Tanegashima)
A17	Sue ware	1	Site	Nakadake Sanroku	C43	Sue ware	Loner	Ryūkyū Islands	Matsubara (Tanegashima)
A18	Sue ware	1	Site	Nakadake Sanroku	C44	Sue ware	Loner	Ryūkyū Islands	Matsubara (Tanegashima)
A19	Sue ware	3	Site	Nakadake Sanroku	C45	Sue ware	Loner	Ryūkyū Islands	Yamada Nakanishi (Kikaijima)
A20	Sue ware	4	Site	Nakadake Sanroku	C46	Sue ware	4	Ryūkyū Islands	Yamada Nakanishi (Kikaijima)
A21	Sue ware	4	Site	Nakadake Sanroku	C47	Sue ware	4	Ryūkyū Islands	Yamada Nakanishi (Kikaijima)
A22	Sue ware	1	Site	Nakadake Sanroku	C48	Sue ware	Loner	Ryūkyū Islands	Yamada Hanta (Kikaijima)
A23	Kiln	Loner	Site	Nakadake Sanroku	C49	Sue ware	Loner	Ryūkyū Islands	Hanta (Kikaijima)
A24	Kiln	Loner	Site	Nakadake Sanroku	C50	Sue ware	Loner	Ryūkyū Islands	Maehata (Kikaijima)
A25	Kiln	Loner	Site	Nakadake Sanroku	C51	Sue ware	6	Ryūkyū Islands	Nakagumi (Tokunoshima)
A26	Kiln	Loner	Site	Nakadake Sanroku	C52	Sue ware	6	Ryūkyū Islands	Nakagumi (Tokunoshima)
A27	Soil	Loner	Site	Nakadake Sanroku	D53	Sue ware	5	Excavation	Nakadake Sanroku
A28	Soil	Loner	Site	Nakadake Sanroku	D54	Sue ware	5	Excavation	Nakadake Sanroku
					D55	Kiln	Loner	Excavation	Nakadake Sanroku
					D56	Kiln	Loner	Excavation	Nakadake Sanroku
					D57	Kiln	Loner	Excavation	Nakadake Sanroku
					D58	Kiln	Loner	Excavation	Nakadake Sanroku

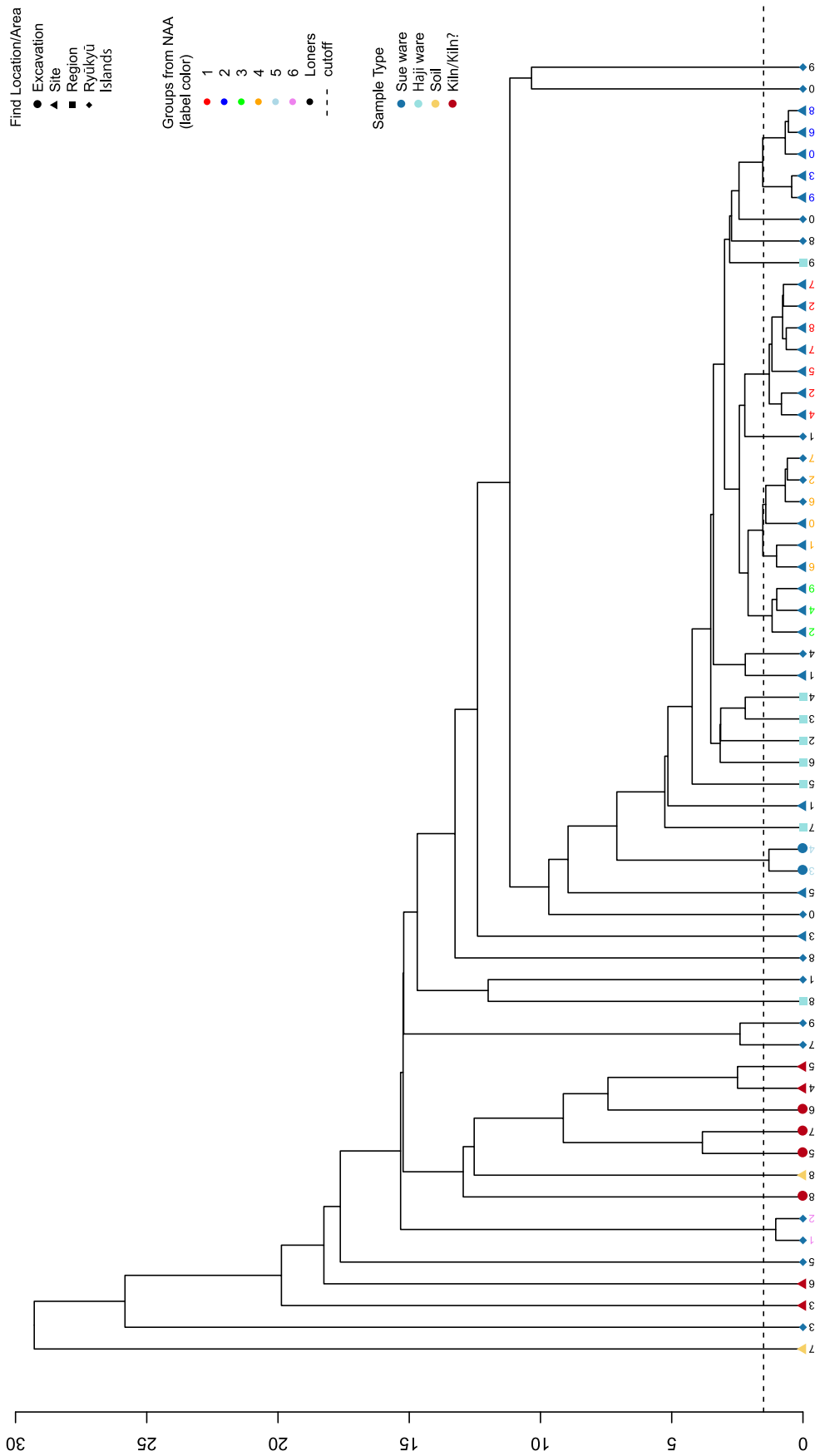


Fig. 42: Dendrogram of the analyzed samples. Label colors correspond to chemical groups, symbol colors denote quality of the samples and symbols show different origin of the samples.

Table 11: Group means and errors for Groups 01 – 06. All values are in $\mu\text{g/g}$.

	Group01	Group02	Group03	Group04	Group05	Group06
Na	9602 +/- 840	10178 +/- 1130	11787 +/- 916	11911 +/- 827	8788 +/- 069	6146 +/- 182
K	22427 +/- 1694	22201 +/- 760	22614 +/- 1564	22781 +/- 1543	19782 +/- 1205	24000 +/- 742
Sc	14,83 +/- 0,31	13,40 +/- 0,09	11,57 +/- 0,13	13,60 +/- 0,08	15,14 +/- 0,06	10,77 +/- 0,08
Cr	65,43 +/- 1,70	49,19 +/- 1,20	51,76 +/- 1,22	58,88 +/- 1,57	51,51 +/- 0,23	67,51 +/- 0,18
Fe	21550 +/- 724	17451 +/- 618	18135 +/- 933	22999 +/- 617	19507 +/- 326	22075 +/- 1343
Co	10,71 +/- 0,48	7,21 +/- 0,65	8,93 +/- 0,30	13,37 +/- 1,06	5,62 +/- 0,04	5,25 +/- 0,20
Ni	21,37 +/- 1,40	16,59 +/- 2,19	14,93 +/- 1,21	19,89 +/- 1,29	12,14 +/- 1,28	16,19 +/- 1,36
Zn	71,3 +/- 5,9	58,1 +/- 2,0	52,2 +/- 2,6	67,5 +/- 3,2	61,2 +/- 2,2	79,0 +/- 3,3
As	2,62 +/- 1,09	2,33 +/- 0,68	2,07 +/- 1,10	1,79 +/- 0,72	1,08 +/- 0,07	2,34 +/- 0,28
Rb	111 +/- 002	115 +/- 002	114 +/- 001	117 +/- 002	119 +/- 003	150 +/- 001
Sr	75 +/- 022	97 +/- 028	120 +/- 035	96 +/- 019	68 +/- 008	NA
Zr	153 +/- 008	173 +/- 014	144 +/- 012	196 +/- 034	200 +/- 019	193 +/- 018
Sb	0,86 +/- 0,04	0,60 +/- 0,03	0,77 +/- 0,03	0,86 +/- 0,05	0,58 +/- 0,01	1,22 +/- 0,06
Cs	7,10 +/- 0,49	7,24 +/- 0,56	5,81 +/- 0,18	6,45 +/- 0,09	9,44 +/- 0,01	9,20 +/- 0,05
Ba	634 +/- 42	580 +/- 20	622 +/- 15	641 +/- 47	599 +/- 191	510 +/- 13
La	45,5 +/- 1,7	34,7 +/- 0,3	43,5 +/- 1,1	50,6 +/- 0,9	30,4 +/- 0,6	38,2 +/- 0,7
Ce	92,6 +/- 4,4	67,0 +/- 1,8	79,4 +/- 1,0	93,2 +/- 2,8	53,3 +/- 1,4	62,3 +/- 2,5
Nd	36,7 +/- 4,2	26,8 +/- 6,5	35,3 +/- 5,7	38,5 +/- 4,4	21,4 +/- 1,4	29,2 +/- 0,7
Sm	6,34 +/- 0,20	5,40 +/- 0,11	6,17 +/- 0,16	7,49 +/- 0,19	4,71 +/- 0,12	5,51 +/- 0,25
Eu	1,50 +/- 0,06	1,25 +/- 0,04	1,45 +/- 0,05	1,76 +/- 0,03	0,93 +/- 0,02	1,20 +/- 0,02
Tb	0,78 +/- 0,04	0,72 +/- 0,02	0,80 +/- 0,02	0,95 +/- 0,03	0,56 +/- 0,04	0,65 +/- 0,01
Yb	2,48 +/- 0,09	2,39 +/- 0,04	2,28 +/- 0,06	2,73 +/- 0,13	2,08 +/- 0,05	2,19 +/- 0,06
Lu	0,35 +/- 0,02	0,35 +/- 0,02	0,30 +/- 0,07	0,39 +/- 0,04	0,39 +/- 0,00	0,38 +/- 0,02
Hf	5,05 +/- 0,31	5,53 +/- 0,10	4,62 +/- 0,22	5,29 +/- 0,38	6,83 +/- 0,80	5,51 +/- 0,03
Ta	0,96 +/- 0,04	0,89 +/- 0,04	0,80 +/- 0,02	0,89 +/- 0,02	1,08 +/- 0,09	0,84 +/- 0,02
W	1,81 +/- 0,30	1,72 +/- 0,24	1,48 +/- 0,26	1,64 +/- 0,64	1,98 +/- 0,32	2,68 +/- 0,18
Th	14,80 +/- 0,21	11,95 +/- 0,23	11,54 +/- 0,25	13,43 +/- 0,23	13,02 +/- 0,02	10,59 +/- 0,23
U	2,87 +/- 0,11	2,66 +/- 0,08	2,45 +/- 0,10	3,03 +/- 0,31	3,64 +/- 0,01	2,98 +/- 0,13

samples are either soil which is thought to be close to the raw clay that was used for Sue ware production (2 samples) or remainders of kiln walls (8 samples). The sample IDs and their respective groups can be found in Table 10.

Results

Following the procedure described above, the samples analyzed were grouped into six chemical groups, as can be seen in Table 11. Group 01 consists of 7 samples, group 02 of 5, group 03 of 3, group 04 of 6 samples and group 05 and 06 of 2 samples each. The remaining 35 samples can, as of yet, not be reliably grouped by NAA alone and are called chemical loners.

For the six chemical groups, the group mean and error can be found in Table 11.

Conclusion

Since the iterative process described above results in a dilution corrected, measurement error-normalized Mahalanobis distance [16], the distances between each individual sample can be used to plot a dendrogram, as can be seen in Figure 42. While the dendrogram shows distances between samples of up to 30, it has to be noted that only distances of less than 2 (see cutoff line) are statistically significant. Thus, any overly enthusiastic interpretation of further relationships in the diagram has to be very carefully evaluated.

The most interesting chemical grouping as of now is most probably found in group 04 where Sue

ware samples from both areas under investigation (Nakadake Sanroku and the Ryūkyū Islands) can be grouped together. The large amount of chemical loners can be expected from a small sample size as in this preliminary project. To clearly define a group and separate it from others, at least 15 or 20 samples of a potential group should be analyzed. Thus it can be expected that, once more samples are analyzed, many of the chemical loners will be grouped together to other, yet unknown groups. Once a group is established, new, individual samples can be identified by NAA as members of this group.

References

1. Perlman, I. and F. Asaro, Pottery analysis by neutron activation. *Archaeometry*, 1969. 11: p. 21-52.
2. Steinhauser, G., et al., Neutron Activation Analysis of Mediterranean volcanic rocks - An analytical database for archaeological stratigraphy. *Appl. Geochem.*, 2006. 21(8): p. 1362-1375.
3. Polinger-Foster, K., et al., Time's Up! --- Dating the Minoan eruption of Santorini, D.A. Warburton, Editor. 2009, The Danish Institute at Athens, Athens. p. 171-180.
4. Bichler, M., Purification of activated charcoal for use as sorbent in NAA for trace elements in volcanic exhalations. *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 1992. 166: p. 31-40.
5. Bichler, M., et al., NAA of the Minoan pumice at Thera and comparison to alluvial pumice deposits in the Eastern Mediterranean region. *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 1997. 224: p. 7-14.
6. Bichler, M., B. Duma, and H. Huber, Application of INAA to reveal the chemical evolution of selected volcanic eruptiva from Santorini, Greece. *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 2004. 262: p. 57-65.
7. Bichler, M., et al., Timelines: Studies in Honour of Manfred Bietak, E. Czerny, et al., Editors. 2006, *Orientalia Lovaniensia Analecta 194*: Leuven. p. 253-260.
8. Bichler, M., H. Huber, and P.M. Warren, Project Thera Ashes --- Pumice Sample from Knossos, M. Bietak and E. Czerny, Editors. 2007, *Verlag der österreichischen Akademie der Wissenschaften*: Vienna. p. 59-64.
9. Steinhauser, G., J.H. Sterba, and M. Bichler, "Chemical fingerprints" of pumice from Cappadocia (Turkey) and Kos (Greece) for archaeological applications. *Appl. Radiat. Isotopes.*, 2007. 65(5): p. 488-503.
10. Sterba, J.H., et al., The influence of different tempers on the composition of pottery. *Journal of Archaeological Science*, 2009. 36: p. 1582-1589.
11. Steinhauser, G., et al., Provenancing of archeological pumice finds from North Sinai. *Naturwissenschaften*, 2010. 97(4): p. 403-410.
12. Sterba, J.H., F. Munnik, and N.J.G. Pearce, Raising the temper - μ -spot analysis of temper inclusions in experimental ceramics. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2011. published online 06/11/2011.
13. Eder, F.M., et al., Volcanic glass under fire --- a comparison of three complementary analytical methods. *X-Ray Spectrom.*, 2013: p. n/a-n/a.
14. Hunt, A. and J.H. Sterba, Chemical Composition by Neutron Activation Analysis (INAA) of Neo-Assyrian Palace Ware from Iraq, Syria and Israel. *Journal of Open Archaeology Data*, 2013. 2:e10.
15. Mommsen, H., A. Kreuser, and J. Weber, A Method for Grouping pottery by chemical composition. *Archaeometry*, 1988. 30(1): p. 47-57.
16. Beier, T. and H. Mommsen, Modified Mahalanobis filters for grouping pottery by chemical composition. *Archaeometry*, 1994. 36(2): p. 287-306.
17. Mommsen, H. and B.L. Sjöberg, The Importance of the 'Best Relative Fit Factor' when evaluating elemental concentration data of pottery demonstrated with Mycenaean sherds from Sinda, Cyprus. *Archaeometry*, 2007. 49(2): p. 359-371.

Table 12: Raw NAA data for all samples in µg/g. BDL refers too values below detection limit.

	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	A09	A10
Na	7690 +/- 81	9790 +/- 100	9920 +/- 100	8980 +/- 94	10600 +/- 110	9750 +/- 100	9490 +/- 100	9930 +/- 100	11600 +/- 120	9670 +/- 100
K	19500 +/- 880	23200 +/- 950	19600 +/- 1000	21800 +/- 920	20800 +/- 500	23200 +/- 1000	21800 +/- 510	22600 +/- 1100	20400 +/- 510	23700 +/- 670
Sc	14,9 +/- 0,29	14,7 +/- 0,29	12,5 +/- 0,24	15,1 +/- 0,29	12,9 +/- 0,25	13,6 +/- 0,27	15,7 +/- 0,30	13,8 +/- 0,27	12,8 +/- 0,25	13,5 +/- 0,26
Cr	67,6 +/- 1,9	64,3 +/- 1,1	62,8 +/- 2,8	67,9 +/- 1,1	61,2 +/- 1,8	48,6 +/- 0,8	66,5 +/- 2,2	50,0 +/- 0,9	48,4 +/- 0,8	50,5 +/- 1,5
Fe	20400 +/- 170	22100 +/- 180	21000 +/- 170	21100 +/- 170	23000 +/- 190	17100 +/- 140	22800 +/- 180	17800 +/- 150	16300 +/- 130	18100 +/- 150
Co	8,14 +/- 0,13	10,50 +/- 0,13	10,70 +/- 0,15	10,70 +/- 0,15	13,10 +/- 0,18	8,00 +/- 0,12	11,20 +/- 0,13	8,06 +/- 0,12	6,23 +/- 0,11	7,44 +/- 0,09
Ni	18,8 +/- 1,4	20,3 +/- 1,3	22,8 +/- 1,4	22,9 +/- 1,2	51,6 +/- 1,4	20,6 +/- 1,2	23,2 +/- 1,4	16,6 +/- 1,1	15,7 +/- 1,3	14,7 +/- 1,2
Zn	69,3 +/- 1,7	71,1 +/- 1,7	144,0 +/- 3,2	78,9 +/- 1,9	67,8 +/- 1,7	61,0 +/- 1,5	65,9 +/- 1,6	60,9 +/- 1,5	53,7 +/- 1,4	60,9 +/- 1,5
As	3,48 +/- 0,15	0,99 +/- 0,07	0,91 +/- 0,07	4,20 +/- 0,18	1,48 +/- 0,09	2,75 +/- 0,16	3,00 +/- 0,11	2,95 +/- 0,18	1,65 +/- 0,08	2,94 +/- 0,17
Rb	94,8 +/- 2,9	110,0 +/- 3,3	86,2 +/- 2,6	110,0 +/- 3,3	103,0 +/- 3,1	115,0 +/- 3,5	118,0 +/- 3,6	119,0 +/- 3,6	109,0 +/- 3,2	120,0 +/- 3,6
Sr	56,6 +/- 8,0	87,5 +/- 8,1	167,0 +/- 11,0	33,6 +/- 13,0	73,6 +/- 7,9	81,1 +/- 7,7	88,9 +/- 8,5	142,0 +/- 32,0	98,5 +/- 87,0	63,9 +/- 7,6
Zr	142 +/- 24	154 +/- 15	171 +/- 16	144 +/- 14	149 +/- 23	157 +/- 15	170 +/- 25	168 +/- 16	176 +/- 25	188 +/- 26
Sb	0,651 +/- 0,030	0,849 +/- 0,059	0,805 +/- 0,053	0,892 +/- 0,063	0,897 +/- 0,038	0,624 +/- 0,054	0,938 +/- 0,062	0,618 +/- 0,057	0,581 +/- 0,053	0,648 +/- 0,029
Cs	5,66 +/- 0,150	6,77 +/- 0,130	4,76 +/- 0,140	7,20 +/- 0,095	5,49 +/- 0,076	6,98 +/- 0,140	8,07 +/- 0,160	7,16 +/- 0,095	7,60 +/- 0,150	6,87 +/- 0,140
Ba	591 +/- 37	631 +/- 34	620 +/- 13	633 +/- 47	602 +/- 13	612 +/- 35	614 +/- 14	617 +/- 13	552 +/- 13	581 +/- 13
La	34,4 +/- 0,41	46,4 +/- 0,53	35,0 +/- 0,41	43,8 +/- 0,51	45,8 +/- 0,53	35,6 +/- 0,42	49,0 +/- 0,56	35,3 +/- 0,42	33,4 +/- 0,40	35,2 +/- 0,42
Ce	74,9 +/- 2,2	91,6 +/- 2,4	68,6 +/- 1,8	90,7 +/- 2,4	82,9 +/- 2,3	67,4 +/- 1,8	103,0 +/- 2,6	68,6 +/- 1,8	64,1 +/- 1,9	66,3 +/- 1,8
Nd	30 +/- 8	41 +/- 4	31 +/- 9	38 +/- 4	41 +/- 4	25 +/- 8	44 +/- 10	39 +/- 10	23 +/- 3	21 +/- 4
Sm	5,18 +/- 0,095	6,54 +/- 0,120	4,87 +/- 0,089	6,03 +/- 0,110	6,47 +/- 0,120	5,65 +/- 0,100	6,85 +/- 0,120	5,58 +/- 0,100	4,97 +/- 0,091	5,56 +/- 0,100
Eu	1,23 +/- 0,034	1,51 +/- 0,047	1,22 +/- 0,034	1,38 +/- 0,038	1,52 +/- 0,048	1,28 +/- 0,035	1,64 +/- 0,045	1,32 +/- 0,041	1,14 +/- 0,032	1,31 +/- 0,036
Tb	0,684 +/- 0,072	0,815 +/- 0,020	0,553 +/- 0,057	0,696 +/- 0,019	0,782 +/- 0,054	0,745 +/- 0,031	0,852 +/- 0,021	0,722 +/- 0,019	0,668 +/- 0,018	0,769 +/- 0,020
Yb	2,24 +/- 0,069	2,67 +/- 0,260	2,04 +/- 0,230	2,44 +/- 0,070	2,49 +/- 0,310	2,43 +/- 0,067	2,68 +/- 0,074	2,53 +/- 0,069	2,28 +/- 0,067	2,38 +/- 0,068
Lu	0,319 +/- 0,026	0,355 +/- 0,017	0,323 +/- 0,042	0,383 +/- 0,046	0,409 +/- 0,017	0,368 +/- 0,034	0,401 +/- 0,015	0,337 +/- 0,025	0,327 +/- 0,042	0,363 +/- 0,046
Hf	4,96 +/- 0,160	5,09 +/- 0,060	5,58 +/- 0,110	4,87 +/- 0,058	5,27 +/- 0,062	5,50 +/- 0,064	4,96 +/- 0,059	5,80 +/- 0,110	5,35 +/- 0,120	5,64 +/- 0,110
Ta	0,994 +/- 0,027	0,924 +/- 0,025	0,953 +/- 0,025	0,979 +/- 0,026	0,926 +/- 0,025	0,885 +/- 0,029	1,020 +/- 0,027	0,867 +/- 0,023	0,907 +/- 0,033	0,907 +/- 0,024
W	1,6 +/- 0,1	1,6 +/- 0,1	2,1 +/- 0,2	1,7 +/- 0,1	1,8 +/- 0,2	2,0 +/- 0,5	1,4 +/- 0,1	1,6 +/- 0,5	1,9 +/- 0,1	1,6 +/- 0,1
Th	15,2 +/- 0,25	14,7 +/- 0,23	13,6 +/- 0,22	14,9 +/- 0,24	13,6 +/- 0,22	12,0 +/- 0,20	15,8 +/- 0,25	12,1 +/- 0,20	11,6 +/- 0,19	12,1 +/- 0,21
U	2,8 +/- 0,20	2,8 +/- 0,20	2,4 +/- 0,08	3,1 +/- 0,20	2,6 +/- 0,08	2,8 +/- 0,20	2,9 +/- 0,20	2,7 +/- 0,20	2,6 +/- 0,20	2,7 +/- 0,20

	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20
Na	8660 +/- 91	12100 +/- 130	9840 +/- 100	11400 +/- 120	10200 +/- 110	11300 +/- 120	10200 +/- 110	9460 +/- 100	11800 +/- 120	12200 +/- 130
K	22600 +/- 990	22100 +/- 550	21200 +/- 1100	23300 +/- 580	21700 +/- 1200	22300 +/- 570	25600 +/- 1300	21700 +/- 1300	22200 +/- 1200	23600 +/- 600
Sc	12,1 +/- 0,24	10,9 +/- 0,21	13,2 +/- 0,26	11,3 +/- 0,22	12,9 +/- 0,25	12,3 +/- 0,24	15,3 +/- 0,30	16,0 +/- 0,31	12,5 +/- 0,24	14,6 +/- 0,28
Cr	46,8 +/- 1,7	50,0 +/- 0,9	48,3 +/- 1,7	50,1 +/- 2,0	59,3 +/- 2,0	55,1 +/- 0,9	68,0 +/- 1,1	69,0 +/- 2,0	55,2 +/- 0,9	62,4 +/- 2,0
Fe	13200 +/- 110	16100 +/- 130	17900 +/- 150	18200 +/- 150	19700 +/- 160	21200 +/- 170	22100 +/- 180	21300 +/- 170	20200 +/- 160	24700 +/- 200
Co	5,35 +/- 0,07	8,69 +/- 0,13	6,38 +/- 0,08	8,88 +/- 0,14	9,94 +/- 0,14	11,70 +/- 0,16	10,30 +/- 0,16	11,20 +/- 0,13	9,19 +/- 0,14	16,40 +/- 0,19
Ni	12,9 +/- 1,1	13,0 +/- 1,2	15,4 +/- 1,2	14,7 +/- 1,4	17,9 +/- 1,2	16,2 +/- 1,3	21,2 +/- 1,3	21,7 +/- 1,4	17,2 +/- 1,2	22,4 +/- 1,3
Zn	47,5 +/- 1,2	47,0 +/- 1,3	54,1 +/- 1,4	51,4 +/- 1,4	66,7 +/- 1,6	59,8 +/- 1,5	69,5 +/- 1,7	72,0 +/- 1,8	58,7 +/- 1,5	71,0 +/- 1,7
As	1,77 +/- 0,13	0,79 +/- 0,07	1,43 +/- 0,11	2,94 +/- 0,11	2,73 +/- 0,10	2,35 +/- 0,10	3,53 +/- 0,13	1,77 +/- 0,12	2,55 +/- 0,10	1,22 +/- 0,08
Rb	123,0 +/- 3,7	107,0 +/- 3,2	112,0 +/- 3,4	113,0 +/- 3,4	101,0 +/- 3,1	106,0 +/- 3,2	115,0 +/- 3,5	115,0 +/- 3,5	121,0 +/- 3,6	128,0 +/- 3,8
Sr	89,8 +/- 7,6	96,4 +/- 8,0	97,2 +/- 8,5	97,9 +/- 8,3	80,1 +/- 7,9	102,0 +/- 8,5	93,9 +/- 8,6	92,2 +/- 8,8	171,0 +/- 42,0	89,8 +/- 8,4
Zr	163 +/- 15	139 +/- 13	174 +/- 16	129 +/- 13	140 +/- 13	138 +/- 23	157 +/- 15	174 +/- 27	164 +/- 23	195 +/- 26
Sb	0,576 +/- 0,026	0,721 +/- 0,065	0,541 +/- 0,042	0,787 +/- 0,058	0,703 +/- 0,031	0,768 +/- 0,033	0,935 +/- 0,065	0,890 +/- 0,037	0,785 +/- 0,059	0,934 +/- 0,038
Cs	6,26 +/- 0,140	5,44 +/- 0,120	7,50 +/- 0,099	5,60 +/- 0,150	5,72 +/- 0,078	5,85 +/- 0,150	7,65 +/- 0,150	8,01 +/- 0,150	6,41 +/- 0,130	7,18 +/- 0,095
Ba	591 +/- 13	602 +/- 32	540 +/- 40	603 +/- 36	642 +/- 38	602 +/- 13	668 +/- 20	632 +/- 14	659 +/- 36	664 +/- 15
La	36,4 +/- 0,43	41,2 +/- 0,49	33,8 +/- 0,41	44,1 +/- 0,51	39,3 +/- 0,46	46,5 +/- 0,54	49,3 +/- 0,57	49,3 +/- 0,57	45,2 +/- 0,52	54,7 +/- 0,63
Ce	67,9 +/- 2,0	74,0 +/- 2,3	68,2 +/- 2,0	79,6 +/- 2,2	77,3 +/- 2,1	86,1 +/- 2,4	101,0 +/- 2,7	100,0 +/- 2,7	84,8 +/- 2,3	106,0 +/- 2,8
Nd	37 +/- 10	27 +/- 10	26 +/- 10	39 +/- 10	31 +/- 10	36 +/- 10	36 +/- 4	38 +/- 4	40 +/- 10	33 +/- 4
Sm	5,58 +/- 0,100	5,83 +/- 0,110	5,23 +/- 0,096	6,26 +/- 0,110	5,62 +/- 0,100	6,58 +/- 0,120	6,68 +/- 0,120	6,84 +/- 0,120	6,41 +/- 0,120	8,17 +/- 0,150
Eu	1,32 +/- 0,041	1,34 +/- 0,037	1,18 +/- 0,037	1,50 +/- 0,047	1,39 +/- 0,038	1,59 +/- 0,047	1,61 +/- 0,044	1,59 +/- 0,050	1,52 +/- 0,041	1,89 +/- 0,051
Tb	0,743 +/- 0,074	0,736 +/- 0,019	0,703 +/- 0,019	0,818 +/- 0,093	0,688 +/- 0,057	0,828 +/- 0,021	0,827 +/- 0,021	0,863 +/- 0,022	0,841 +/- 0,020	1,050 +/- 0,054
Yb	2,42 +/- 0,400	2,13 +/- 0,063	2,34 +/- 0,260	2,32 +/- 0,066	2,17 +/- 0,064	2,33 +/- 0,068	2,57 +/- 0,340	2,57 +/- 0,072	2,38 +/- 0,066	2,95 +/- 0,077
Lu	0,346 +/- 0,038	0,211 +/- 0,020	0,363 +/- 0,047	0,335 +/- 0,039	0,305 +/- 0,016	0,315 +/- 0,043	0,348 +/- 0,016	0,373 +/- 0,033	0,367 +/- 0,044	0,453 +/- 0,043
Hf	5,28 +/- 0,110	4,57 +/- 0,055	5,34 +/- 0,110	4,36 +/- 0,100	5,12 +/- 0,061	4,66 +/- 0,110	5,11 +/- 0,110	5,23 +/- 0,130	4,93 +/- 0,058	5,06 +/- 0,060
Ta	0,818 +/- 0,028	0,775 +/- 0,021	0,887 +/- 0,024	0,774 +/- 0,021	0,897 +/- 0,034	0,808 +/- 0,032	0,940 +/- 0,025	1,020 +/- 0,027	0,841 +/- 0,023	0,929 +/- 0,025
W	2,2 +/- 0,8	1,1 +/- 0,1	1,4 +/- 0,1	1,7 +/- 0,6	2,1 +/- 0,2	1,9 +/- 0,2	1,8 +/- 0,6	2,1 +/- 0,6	1,6 +/- 0,1	2,9 +/- 1,0
Th	11,2 +/- 0,19	10,9 +/- 0,19	12,0 +/- 0,20	11,2 +/- 0,19	13,3 +/- 0,22	12,1 +/- 0,21	14,8 +/- 0,24	15,8 +/- 0,26	12,6 +/- 0,20	14,4 +/- 0,23
U	2,4 +/- 0,20	2,4 +/- 0,20	2,5 +/- 0,08	2,3 +/- 0,10	2,6 +/- 0,20	2,4 +/- 0,08	2,9 +/- 0,20	3,0 +/- 0,09	2,7 +/- 0,20	3,1 +/- 0,20

Table 12 (continued)

	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	B27	B28
Na	11400 +/- 120	8940 +/- 96	20300 +/- 210	10200 +/- 110	9790 +/- 100	11200 +/- 120	12200 +/- 130	10700 +/- 110	11700 +/- 120	6750 +/- 76
K	24500 +/- 610	20800 +/- 560	21700 +/- 610	22300 +/- 1500	22500 +/- 1400	22600 +/- 610	16200 +/- 1200	20000 +/- 1500	16100 +/- 530	23700 +/- 1700
Sc	13,8 +/- 0,27	14,2 +/- 0,28	9,7 +/- 0,19	11,1 +/- 0,22	11,0 +/- 0,21	8,1 +/- 0,16	8,4 +/- 0,16	9,0 +/- 0,18	15,8 +/- 0,31	14,5 +/- 0,28
Cr	60,3 +/- 1,7	62,9 +/- 1,1	45,5 +/- 0,8	49,5 +/- 0,9	58,3 +/- 1,7	43,2 +/- 0,8	37,9 +/- 0,7	42,6 +/- 0,7	35,6 +/- 1,9	63,4 +/- 1,1
Fe	23300 +/- 210	21600 +/- 180	28000 +/- 220	32700 +/- 280	33500 +/- 290	27200 +/- 240	59100 +/- 480	21400 +/- 190	25300 +/- 230	23300 +/- 190
Co	12,00 +/- 0,17	11,10 +/- 0,16	9,21 +/- 0,11	12,40 +/- 0,17	13,10 +/- 0,16	9,04 +/- 0,11	12,40 +/- 0,15	9,76 +/- 0,14	7,91 +/- 0,10	7,25 +/- 0,10
Ni	21,8 +/- 1,3	22,5 +/- 1,3	18,6 +/- 1,3	19,3 +/- 1,3	20,3 +/- 1,2	17,4 +/- 1,1	13,3 +/- 1,2	17,5 +/- 1,1	16,0 +/- 1,4	20,3 +/- 1,5
Zn	73,9 +/- 1,8	73,9 +/- 1,8	56,5 +/- 1,4	67,7 +/- 1,7	65,9 +/- 1,7	42,1 +/- 1,2	55,5 +/- 1,4	54,3 +/- 1,4	93,4 +/- 2,2	65,0 +/- 1,7
As	1,15 +/- 0,09	2,11 +/- 0,10	2,26 +/- 0,18	0,66 +/- 0,07	1,81 +/- 0,11	0,78 +/- 0,07	19,20 +/- 0,63	3,48 +/- 0,14	4,18 +/- 0,15	2,34 +/- 0,11
Rb	122,0 +/- 3,7	104,0 +/- 3,2	82,2 +/- 2,5	94,5 +/- 2,9	89,2 +/- 2,8	88,5 +/- 3,7	98,1 +/- 3,0	91,6 +/- 2,8	90,1 +/- 2,8	133,0 +/- 4,1
Sr	90,7 +/- 8,2	53,5 +/- 7,7	228,0 +/- 12,0	61,8 +/- 7,1	41,8 +/- 13,0	73,7 +/- 7,0	57,1 +/- 6,7	66,2 +/- 25,0	105,0 +/- 40,0	#ZAH!
Zr	175 +/- 26	136 +/- 21	150 +/- 14	134 +/- 24	126 +/- 22	120 +/- 20	127 +/- 12	118 +/- 11	165 +/- 26	134 +/- 14
Sb	0,769 +/- 0,033	0,842 +/- 0,036	0,405 +/- 0,021	0,876 +/- 0,060	0,797 +/- 0,035	0,734 +/- 0,032	1,890 +/- 0,090	1,820 +/- 0,067	0,952 +/- 0,064	1,690 +/- 0,097
Cs	6,46 +/- 0,130	6,48 +/- 0,087	4,85 +/- 0,160	5,53 +/- 0,140	5,05 +/- 0,070	3,69 +/- 0,053	10,30 +/- 0,170	4,35 +/- 0,099	10,20 +/- 0,180	12,50 +/- 0,160
Ba	679 +/- 35	606 +/- 14	753 +/- 34	592 +/- 42	508 +/- 12	586 +/- 32	476 +/- 12	539 +/- 32	606 +/- 42	551 +/- 56
La	50,8 +/- 0,58	42,0 +/- 0,49	57,1 +/- 0,66	31,7 +/- 0,38	31,6 +/- 0,39	14,9 +/- 0,22	27,2 +/- 0,34	24,0 +/- 0,30	31,4 +/- 0,39	46,6 +/- 0,55
Ce	93,7 +/- 2,5	86,2 +/- 2,4	57,4 +/- 1,7	60,6 +/- 1,8	58,0 +/- 1,6	35,4 +/- 1,1	56,4 +/- 1,7	49,4 +/- 1,5	60,4 +/- 1,4	76,2 +/- 2,6
Nd	38 +/- 4	29 +/- 200	47 +/- 4	BDL	BDL	BDL	26 +/- 3	BDL	BDL	37 +/- 10
Sm	7,29 +/- 0,130	5,86 +/- 0,110	8,28 +/- 0,150	3,63 +/- 0,068	3,49 +/- 0,067	1,87 +/- 0,039	4,07 +/- 0,076	3,36 +/- 0,064	4,64 +/- 0,086	7,58 +/- 0,140
Eu	1,75 +/- 0,051	1,41 +/- 0,044	2,00 +/- 0,054	0,82 +/- 0,030	0,72 +/- 0,021	0,39 +/- 0,019	0,83 +/- 0,024	0,72 +/- 0,021	0,98 +/- 0,028	1,76 +/- 0,049
Tb	0,923 +/- 0,022	0,717 +/- 0,020	0,965 +/- 0,022	0,403 +/- 0,015	0,328 +/- 0,015	0,216 +/- 0,052	0,544 +/- 0,052	0,363 +/- 0,047	0,571 +/- 0,018	0,986 +/- 0,025
Yb	2,98 +/- 0,270	2,30 +/- 0,280	2,14 +/- 0,220	1,64 +/- 0,058	1,21 +/- 0,180	1,05 +/- 0,042	1,97 +/- 0,062	1,41 +/- 0,054	2,59 +/- 0,076	2,62 +/- 0,320
Lu	0,343 +/- 0,042	0,303 +/- 0,031	0,285 +/- 0,039	0,230 +/- 0,030	0,203 +/- 0,011	0,179 +/- 0,036	0,296 +/- 0,014	0,184 +/- 0,027	0,376 +/- 0,017	0,398 +/- 0,016
Hf	5,31 +/- 0,170	4,91 +/- 0,120	3,91 +/- 0,110	4,53 +/- 0,110	4,44 +/- 0,120	4,50 +/- 0,110	4,21 +/- 0,051	4,24 +/- 0,110	5,38 +/- 0,065	3,98 +/- 0,054
Ta	0,914 +/- 0,024	0,971 +/- 0,026	0,652 +/- 0,018	0,775 +/- 0,021	0,750 +/- 0,021	0,628 +/- 0,018	0,692 +/- 0,028	0,801 +/- 0,022	0,941 +/- 0,025	0,743 +/- 0,034
W	1,2 +/- 0,2	1,9 +/- 0,2	BDL	BDL	1,8 +/- 0,2	BDL	1,6 +/- 0,5	1,1 +/- 0,1	3,1 +/- 0,7	1,1 +/- 0,2
Th	13,5 +/- 0,22	14,3 +/- 0,24	8,8 +/- 0,16	10,7 +/- 0,18	11,2 +/- 0,19	9,2 +/- 0,16	7,9 +/- 0,15	8,5 +/- 0,15	14,3 +/- 0,24	13,1 +/- 0,23
U	2,8 +/- 0,20	2,8 +/- 0,20	1,7 +/- 0,20	2,2 +/- 0,20	2,0 +/- 0,07	1,8 +/- 0,06	2,4 +/- 0,20	2,1 +/- 0,20	2,9 +/- 0,30	2,8 +/- 0,20

	B29	B30	B31	B32	B33	B34	B35	B36	B37	B38
Na	11700 +/- 130	7190 +/- 82	10200 +/- 110	8400 +/- 93	9070 +/- 100	8370 +/- 93	7850 +/- 86	9470 +/- 110	10300 +/- 180	7450 +/- 130
K	14900 +/- 610	26300 +/- 770	18700 +/- 670	22900 +/- 700	19400 +/- 630	19900 +/- 1900	19500 +/- 600	19600 +/- 710	20100 +/- 480	14200 +/- 420
Sc	16,2 +/- 0,32	15,9 +/- 0,31	12,4 +/- 0,24	16,5 +/- 0,32	13,6 +/- 0,26	13,6 +/- 0,27	15,6 +/- 0,30	11,0 +/- 0,22	13,2 +/- 0,30	15,2 +/- 0,35
Cr	41,8 +/- 2,1	65,2 +/- 1,1	58,2 +/- 1,0	82,8 +/- 2,7	69,0 +/- 2,3	65,4 +/- 2,0	67,7 +/- 1,9	59,1 +/- 2,4	59,1 +/- 5,4	48,4 +/- 4,4
Fe	23900 +/- 230	25300 +/- 240	21700 +/- 220	24700 +/- 200	18900 +/- 160	20400 +/- 170	21500 +/- 180	15900 +/- 170	22000 +/- 350	34200 +/- 540
Co	7,91 +/- 0,16	14,40 +/- 0,21	9,73 +/- 0,17	12,70 +/- 0,15	8,85 +/- 0,14	10,10 +/- 0,16	13,60 +/- 0,18	7,03 +/- 0,13	9,41 +/- 0,23	6,07 +/- 0,16
Ni	15,9 +/- 1,8	23,7 +/- 1,7	23,3 +/- 1,6	29,1 +/- 1,7	22,2 +/- 1,3	22,2 +/- 1,5	25,5 +/- 1,4	18,5 +/- 1,4	21,9 +/- 1,2	15,4 +/- 1,0
Zn	110,0 +/- 2,7	76,2 +/- 2,0	61,5 +/- 1,7	91,1 +/- 2,2	68,3 +/- 1,7	70,9 +/- 1,8	88,9 +/- 2,1	52,0 +/- 1,5	56,7 +/- 1,4	66,9 +/- 1,6
As	5,24 +/- 0,19	3,71 +/- 0,20	BDL	4,55 +/- 0,20	3,43 +/- 0,17	2,75 +/- 0,16	2,68 +/- 0,15	4,53 +/- 0,21	5,67 +/- 0,30	4,93 +/- 0,26
Rb	80,2 +/- 2,6	149,0 +/- 4,5	89,0 +/- 2,8	113,0 +/- 3,5	98,7 +/- 3,1	108,0 +/- 3,3	113,0 +/- 3,4	100,0 +/- 3,1	102,0 +/- 3,5	98,3 +/- 3,4
Sr	72,0 +/- 11,0	BDL	105,0 +/- 9,9	175,0 +/- 8,5	66,5 +/- 8,5	74,3 +/- 40,0	46,0 +/- 7,7	89,3 +/- 16,0	92,8 +/- 4,8	67,4 +/- 4,8
Zr	159 +/- 17	163 +/- 16	126 +/- 13	183 +/- 29	164 +/- 17	172 +/- 29	178 +/- 26	115 +/- 24	171 +/- 13	203 +/- 22
Sb	0,953 +/- 0,075	1,680 +/- 0,100	0,788 +/- 0,038	0,608 +/- 0,030	0,699 +/- 0,032	0,632 +/- 0,031	0,595 +/- 0,028	0,472 +/- 0,027	0,521 +/- 0,039	0,868 +/- 0,041
Cs	8,71 +/- 0,200	11,60 +/- 0,200	5,45 +/- 0,110	6,38 +/- 0,150	5,63 +/- 0,078	6,32 +/- 0,170	6,02 +/- 0,130	5,03 +/- 0,073	4,56 +/- 0,090	7,76 +/- 0,140
Ba	641 +/- 17	574 +/- 56	2600 +/- 71	642 +/- 47	626 +/- 46	587 +/- 45	608 +/- 65	626 +/- 47	585 +/- 30	516 +/- 28
La	29,0 +/- 0,38	43,1 +/- 0,52	42,1 +/- 0,51	37,4 +/- 0,46	31,0 +/- 0,39	31,0 +/- 0,39	39,1 +/- 0,46	28,3 +/- 0,36	33,9 +/- 0,72	35,6 +/- 0,76
Ce	56,8 +/- 1,9	88,2 +/- 2,7	82,8 +/- 1,9	76,8 +/- 2,2	61,8 +/- 1,7	60,4 +/- 1,9	74,1 +/- 2,1	55,6 +/- 1,7	63,7 +/- 2,0	64,5 +/- 2,1
Nd	BDL	39 +/- 20	BDL	BDL	BDL	BDL	34 +/- 4	BDL	27 +/- 2	31 +/- 2
Sm	4,35 +/- 0,084	7,14 +/- 0,130	5,74 +/- 0,110	5,83 +/- 0,110	4,73 +/- 0,088	4,95 +/- 0,093	6,10 +/- 0,110	4,35 +/- 0,083	5,59 +/- 0,220	5,55 +/- 0,220
Eu	0,94 +/- 0,029	1,59 +/- 0,045	1,32 +/- 0,038	1,62 +/- 0,052	1,29 +/- 0,042	1,58 +/- 0,044	1,69 +/- 0,046	1,03 +/- 0,030	1,46 +/- 0,028	1,43 +/- 0,028
Tb	0,581 +/- 0,082	1,010 +/- 0,027	0,699 +/- 0,021	0,640 +/- 0,021	0,570 +/- 0,018	0,542 +/- 0,018	0,758 +/- 0,059	0,593 +/- 0,058	0,646 +/- 0,040	0,797 +/- 0,035
Yb	2,53 +/- 0,350	3,54 +/- 0,390	2,07 +/- 0,074	2,36 +/- 0,079	2,05 +/- 0,070	2,07 +/- 0,071	2,80 +/- 0,078	1,95 +/- 0,450	2,10 +/- 0,081	2,87 +/- 0,110
Lu	0,429 +/- 0,069	0,470 +/- 0,019	0,283 +/- 0,029	0,361 +/- 0,016	0,320 +/- 0,032	0,339 +/- 0,041	0,385 +/- 0,037	0,325 +/- 0,045	0,336 +/- 0,029	0,472 +/- 0,033
Hf	5,53 +/- 0,071	5,52 +/- 0,070	3,96 +/- 0,140	6,07 +/- 0,073	5,93 +/- 0,070	5,75 +/- 0,069	6,07 +/- 0,070	4,84 +/- 0,061	5,44 +/- 0,220	6,68 +/- 0,270
Ta	0,932 +/- 0,027	1,070 +/- 0,059	0,719 +/- 0,021	1,150 +/- 0,041	0,983 +/- 0,027	1,000 +/- 0,027	1,050 +/- 0,034	0,881 +/- 0,035	1,010 +/- 0,024	1,100 +/- 0,026
W	BDL	2,0 +/- 0,2	BDL	1,4 +/- 0,2	BDL	3,1 +/- 0,9	1,9 +/- 0,2	BDL	1,5 +/- 0,1	1,9 +/- 0,1
Th	14,8 +/- 0,25	14,4 +/- 0,26	12,6 +/- 0,23	17,0 +/- 0,27	13,6 +/- 0,23	13,1 +/- 0,23	14,5 +/- 0,24	12,4 +/- 0,22	14,8 +/- 0,37	15,1 +/- 0,38
U	2,8 +/- 0,30	2,7 +/- 0,20	2,6 +/- 0,20	3,0 +/- 0,09	2,7 +/- 0,20	2,7 +/- 0,09	2,6 +/- 0,08	2,4 +/- 0,08	3,2 +/- 0,10	3,3 +/- 0,10

Table 12 (continued)

	B39	C40	C41	C42	C43	C44	C45	C46	C47	C48
Na	8490 +/- 150	5520 +/- 96	8200 +/- 140	11500 +/- 310	3880 +/- 110	8090 +/- 220	5220 +/- 140	12300 +/- 330	12500 +/- 340	9290 +/- 250
K	20200 +/- 430	23100 +/- 490	13700 +/- 480	21900 +/- 750	26500 +/- 710	20300 +/- 700	23200 +/- 670	21600 +/- 920	22500 +/- 860	21000 +/- 780
Sc	16,2 +/- 0,37	20,6 +/- 0,48	15,8 +/- 0,36	13,6 +/- 0,24	24,7 +/- 0,43	16,1 +/- 0,28	10,5 +/- 0,18	12,6 +/- 0,22	14,7 +/- 0,26	14,4 +/- 0,25
Cr	62,5 +/- 5,7	52,4 +/- 4,8	56,3 +/- 5,1	57,5 +/- 1,2	149,0 +/- 2,5	67,6 +/- 1,3	63,7 +/- 1,3	55,4 +/- 1,5	62,2 +/- 1,3	49,5 +/- 1,2
Fe	25000 +/- 400	24100 +/- 380	29400 +/- 470	23500 +/- 170	37300 +/- 280	20700 +/- 170	32200 +/- 230	20200 +/- 150	25200 +/- 190	21200 +/- 160
Co	11,60 +/- 0,29	10,10 +/- 0,25	7,38 +/- 0,19	13,20 +/- 0,38	3,31 +/- 0,11	8,98 +/- 0,26	5,17 +/- 0,15	12,70 +/- 0,37	14,40 +/- 0,42	9,55 +/- 0,28
Ni	22,2 +/- 1,2	29,3 +/- 1,4	19,9 +/- 1,1	19,0 +/- 1,1	12,7 +/- 1,1	20,6 +/- 1,2	16,5 +/- 1,0	18,7 +/- 1,1	21,6 +/- 1,2	14,7 +/- 0,9
Zn	82,0 +/- 1,9	109,0 +/- 2,5	80,2 +/- 1,9	65,2 +/- 1,1	BDL	79,2 +/- 1,3	57,1 +/- 1,0	60,9 +/- 1,0	74,8 +/- 1,2	65,9 +/- 1,1
As	4,77 +/- 0,27	3,90 +/- 0,22	3,61 +/- 0,22	2,77 +/- 0,20	9,35 +/- 0,63	1,73 +/- 0,12	3,81 +/- 0,25	1,49 +/- 0,12	1,64 +/- 0,13	1,16 +/- 0,10
Rb	116,0 +/- 3,9	163,0 +/- 5,5	94,8 +/- 3,2	114,0 +/- 2,9	174,0 +/- 4,4	107,0 +/- 2,8	143,0 +/- 3,6	109,0 +/- 2,8	125,0 +/- 3,2	108,0 +/- 2,8
Sr	71,0 +/- 4,8	74,3 +/- 9,7	111,0 +/- 13,0	86,2 +/- 5,5	212,0 +/- 32,0	167,0 +/- 55,0	BDL	118,0 +/- 6,3	84,1 +/- 5,7	75,4 +/- 5,4
Zr	202 +/- 20	199 +/- 15	252 +/- 23	216 +/- 20	249 +/- 13	228 +/- 12	196 +/- 21	229 +/- 25	221 +/- 21	222 +/- 11
Sb	0,772 +/- 0,036	1,150 +/- 0,053	0,613 +/- 0,030	0,891 +/- 0,041	0,736 +/- 0,059	0,755 +/- 0,062	1,230 +/- 0,070	0,824 +/- 0,038	0,970 +/- 0,065	0,663 +/- 0,054
Cs	7,37 +/- 0,130	15,10 +/- 0,240	6,76 +/- 0,120	6,41 +/- 0,092	12,10 +/- 0,150	7,33 +/- 0,100	8,32 +/- 0,100	5,95 +/- 0,088	6,89 +/- 0,100	6,64 +/- 0,067
Ba	568 +/- 29	510 +/- 28	365 +/- 25	618 +/- 16	593 +/- 16	565 +/- 26	476 +/- 36	648 +/- 28	620 +/- 29	574 +/- 28
La	42,6 +/- 0,90	48,4 +/- 1,00	39,4 +/- 0,84	50,0 +/- 0,97	41,0 +/- 0,80	40,7 +/- 0,79	24,4 +/- 0,48	45,8 +/- 0,89	56,0 +/- 1,10	37,7 +/- 0,74
Ce	81,8 +/- 2,6	94,9 +/- 3,0	78,2 +/- 2,5	90,8 +/- 2,4	77,8 +/- 2,1	85,6 +/- 2,2	40,6 +/- 1,1	83,9 +/- 2,2	99,2 +/- 2,6	72,0 +/- 1,9
Nd	41 +/- 8	42 +/- 3	47 +/- 8	41 +/- 7	34 +/- 10	40 +/- 9	25 +/- 8	38 +/- 2	46 +/- 20	30 +/- 2
Sm	7,19 +/- 0,290	10,10 +/- 0,400	8,05 +/- 0,320	7,73 +/- 0,220	7,00 +/- 0,200	6,09 +/- 0,170	3,73 +/- 0,110	7,07 +/- 0,200	8,09 +/- 0,230	6,03 +/- 0,170
Eu	1,78 +/- 0,032	2,24 +/- 0,038	1,88 +/- 0,034	1,72 +/- 0,053	1,37 +/- 0,044	1,38 +/- 0,044	0,82 +/- 0,028	1,63 +/- 0,050	1,96 +/- 0,060	1,39 +/- 0,044
Tb	0,917 +/- 0,050	1,440 +/- 0,055	1,170 +/- 0,045	0,982 +/- 0,026	0,862 +/- 0,024	0,743 +/- 0,021	0,489 +/- 0,021	0,883 +/- 0,039	1,030 +/- 0,055	0,838 +/- 0,042
Yb	2,75 +/- 0,100	4,09 +/- 0,220	3,61 +/- 0,130	2,77 +/- 0,078	3,22 +/- 0,092	2,35 +/- 0,069	2,00 +/- 0,060	2,52 +/- 0,069	2,83 +/- 0,080	2,64 +/- 0,110
Lu	0,474 +/- 0,036	0,738 +/- 0,035	0,612 +/- 0,039	0,420 +/- 0,031	0,526 +/- 0,029	0,361 +/- 0,025	0,321 +/- 0,021	0,405 +/- 0,026	0,428 +/- 0,032	0,385 +/- 0,031
Hf	6,06 +/- 0,240	6,53 +/- 0,260	8,05 +/- 0,320	5,45 +/- 0,150	6,60 +/- 0,190	5,71 +/- 0,160	5,58 +/- 0,160	5,39 +/- 0,150	5,81 +/- 0,170	5,93 +/- 0,170
Ta	1,080 +/- 0,029	1,130 +/- 0,026	1,120 +/- 0,026	0,930 +/- 0,027	1,440 +/- 0,044	1,010 +/- 0,043	0,847 +/- 0,025	0,816 +/- 0,028	0,946 +/- 0,027	0,887 +/- 0,026
W	2,2 +/- 0,1	2,5 +/- 0,1	1,6 +/- 0,1	1,4 +/- 0,2	2,4 +/- 0,3	1,7 +/- 0,2	2,2 +/- 0,3	1,3 +/- 0,6	1,2 +/- 0,2	1,1 +/- 0,4
Th	15,2 +/- 0,38	16,9 +/- 0,42	12,9 +/- 0,32	13,9 +/- 0,19	17,1 +/- 0,23	15,7 +/- 0,21	10,1 +/- 0,14	12,3 +/- 0,17	14,3 +/- 0,20	12,5 +/- 0,18
U	3,8 +/- 0,20	4,5 +/- 0,20	3,8 +/- 0,20	3,4 +/- 0,20	5,6 +/- 0,20	3,4 +/- 0,20	2,7 +/- 0,10	3,1 +/- 0,20	3,4 +/- 0,20	3,1 +/- 0,20

	C49	C50	C51	C52	D53	D54	D55	D56	D57	D58
Na	8080 +/- 220	8030 +/- 220	6070 +/- 160	6220 +/- 170	9010 +/- 160	8570 +/- 150	8520 +/- 150	13700 +/- 240	12300 +/- 210	11500 +/- 200
K	19200 +/- 380	22800 +/- 760	23700 +/- 740	24300 +/- 770	21000 +/- 470	18600 +/- 660	23300 +/- 500	19500 +/- 550	21800 +/- 490	19000 +/- 510
Sc	18,1 +/- 0,32	13,5 +/- 0,24	10,9 +/- 0,19	10,6 +/- 0,19	15,4 +/- 0,35	14,9 +/- 0,34	12,4 +/- 0,30	8,9 +/- 0,21	11,7 +/- 0,27	11,4 +/- 0,26
Cr	44,4 +/- 1,3	57,8 +/- 1,2	68,0 +/- 1,3	67,0 +/- 1,3	52,7 +/- 4,8	50,4 +/- 4,7	47,4 +/- 6,5	37,7 +/- 3,5	42,4 +/- 3,9	43,8 +/- 4,0
Fe	20800 +/- 170	19400 +/- 140	23200 +/- 170	20900 +/- 170	20100 +/- 320	18900 +/- 300	36400 +/- 730	28800 +/- 450	33400 +/- 530	36700 +/- 580
Co	10,80 +/- 0,32	9,36 +/- 0,27	5,43 +/- 0,16	5,06 +/- 0,15	5,76 +/- 0,14	5,48 +/- 0,15	15,10 +/- 0,42	9,64 +/- 0,24	11,10 +/- 0,28	14,50 +/- 0,36
Ni	14,4 +/- 1,0	20,6 +/- 1,1	15,4 +/- 0,9	17,0 +/- 1,0	13,3 +/- 0,9	11,0 +/- 1,1	BDL	12,5 +/- 0,8	17,2 +/- 1,0	14,9 +/- 1,0
Zn	94,0 +/- 1,5	68,2 +/- 1,1	82,1 +/- 1,3	76,0 +/- 1,2	60,7 +/- 1,5	61,5 +/- 1,6	56,0 +/- 3,2	57,1 +/- 1,4	62,2 +/- 1,5	69,8 +/- 1,7
As	1,40 +/- 0,11	1,21 +/- 0,10	2,15 +/- 0,14	2,51 +/- 0,18	1,05 +/- 0,07	1,10 +/- 0,10	1,24 +/- 0,08	0,61 +/- 0,06	2,17 +/- 0,15	3,82 +/- 0,21
Rb	120,0 +/- 3,1	123,0 +/- 3,1	151,0 +/- 3,8	150,0 +/- 3,8	123,0 +/- 4,2	115,0 +/- 4,0	82,6 +/- 4,1	71,1 +/- 2,4	78,8 +/- 2,7	59,6 +/- 2,1
Sr	60,5 +/- 180,0	91,0 +/- 5,7	BDL	33,4 +/- 4,3	75,2 +/- 12,0	61,0 +/- 6,5	BDL	180,0 +/- 18,0	166,0 +/- 6,1	89,6 +/- 4,7
Zr	268 +/- 13	210 +/- 11	207 +/- 18	179 +/- 9	190 +/- 15	210 +/- 29	BDL	144 +/- 11	131 +/- 15	149 +/- 12
Sb	1,140 +/- 0,069	0,766 +/- 0,036	1,190 +/- 0,068	1,250 +/- 0,056	0,595 +/- 0,046	0,565 +/- 0,031	BDL	0,421 +/- 0,021	0,428 +/- 0,038	0,536 +/- 0,040
Cs	9,20 +/- 0,120	7,53 +/- 0,100	9,24 +/- 0,110	9,15 +/- 0,110	9,62 +/- 0,160	9,27 +/- 0,170	5,41 +/- 0,380	4,62 +/- 0,088	4,17 +/- 0,086	3,48 +/- 0,080
Ba	515 +/- 28	603 +/- 29	506 +/- 24	515 +/- 970	473 +/- 28	720 +/- 50	529 +/- 110	574 +/- 22	593 +/- 32	546 +/- 29
La	42,9 +/- 0,84	38,0 +/- 0,74	38,0 +/- 0,74	38,3 +/- 0,75	31,4 +/- 0,67	29,4 +/- 0,64	43,3 +/- 0,92	25,2 +/- 5,54	42,9 +/- 0,91	20,1 +/- 0,43
Ce	78,3 +/- 2,1	78,4 +/- 2,0	64,7 +/- 1,7	60,0 +/- 1,6	55,4 +/- 1,8	51,3 +/- 1,8	61,5 +/- 4,0	35,3 +/- 1,2	66,5 +/- 2,1	34,4 +/- 1,2
Nd	39 +/- 10	23 +/- 2	29 +/- 7	29 +/- 2	23 +/- 2	20 +/- 3	BDL	14 +/- 7	29 +/- 2	17 +/- 7
Sm	7,71 +/- 0,220	5,82 +/- 0,170	5,38 +/- 0,150	5,64 +/- 0,160	4,89 +/- 0,190	4,53 +/- 0,180	5,56 +/- 0,220	2,50 +/- 0,100	5,21 +/- 0,210	2,71 +/- 0,110
Eu	1,80 +/- 0,056	1,22 +/- 0,039	1,22 +/- 0,039	1,17 +/- 0,035	0,97 +/- 0,020	0,91 +/- 0,028	1,24 +/- 0,100	0,60 +/- 0,010	1,03 +/- 0,020	0,68 +/- 0,012
Tb	1,230 +/- 0,033	0,692 +/- 0,020	0,654 +/- 0,036	0,653 +/- 0,042	0,603 +/- 0,044	0,527 +/- 0,024	0,552 +/- 0,051	0,297 +/- 0,042	0,482 +/- 0,040	0,309 +/- 0,014
Yb	4,24 +/- 0,120	2,38 +/- 0,210	2,17 +/- 0,064	2,21 +/- 0,065	2,16 +/- 0,120	2,01 +/- 0,084	1,32 +/- 0,150	1,14 +/- 0,048	1,72 +/- 0,140	1,51 +/- 0,160
Lu	0,654 +/- 0,033	0,368 +/- 0,025	0,364 +/- 0,026	0,389 +/- 0,023	0,401 +/- 0,025	0,387 +/- 0,039	0,300 +/- 0,033	0,159 +/- 0,022	0,252 +/- 0,029	0,257 +/- 0,024
Hf	6,73 +/- 0,190	5,63 +/- 0,160	5,58 +/- 0,160	5,44 +/- 0,140	6,39 +/- 0,260	7,26 +/- 0,280	4,37 +/- 0,190	4,97 +/- 0,200	4,47 +/- 0,180	5,14 +/- 0,210
Ta	0,998 +/- 0,036	0,925 +/- 0,027	0,828 +/- 0,028	0,843 +/- 0,024	1,040 +/- 0,024	1,120 +/- 0,027	0,654 +/- 0,087	0,652 +/- 0,016	0,659 +/- 0,016	0,672 +/- 0,016
W	2,3 +/- 0,3	1,3 +/- 0,2	2,6 +/- 0,3	2,8 +/- 0,3	1,8 +/- 0,1	2,2 +/- 0,6	1,6 +/- 0,5	1,4 +/- 0,4	1,1 +/- 0,1	1,1 +/- 0,1
Th	13,5 +/- 0,19	13,5 +/- 0,19	10,5 +/- 0,15	10,7 +/- 0,15	13,3 +/- 0,33	12,8 +/- 0,33	9,9 +/- 0,26	8,5 +/- 0,21	10,3 +/- 0,26	9,4 +/- 0,24
U	3,2 +/- 0,10	3,3 +/- 0,20	2,9 +/- 0,10	3,0 +/- 0,10	3,7 +/- 0,20	3,6 +/- 0,30	2,4 +/- 0,20	2,3 +/- 0,20	2,6 +/- 0,20	2,2 +/- 0,10

III. 3 Mineralogical research on production and provenance characteristics in the Nakadake Sanroku kiln site cluster

Michael Raith, Radegund Hoffbauer

A representative suite of sherds of 9th-10th century Sue ware from the Nakadake Sanroku kiln site has been studied with archaeometric methods with the objective to characterize the ceramics based on mineralogical-petrographic-chemical attributes, to establish the nature and provenance of the raw material, and to constrain the firing conditions.

1. Analytical methods

The fabric and clast mineralogy of 9th-10th century Sue ware from the Nakadake Sanroku kiln site was examined on high-quality polished thin sections (standard thickness 30 μm) of twenty-one sherds by means of optical microscopy (OM), back-scattered electron imaging (BSE) and electron microanalysis (EPMA) using a JEOL Superprobe 8200. To characterize the sub-microscopic texture of the ceramic body, fracture surfaces across the sherds have been examined for representative samples by scanning electron microscopy (SEM) using a VEGA TS 5130 LM (TESCAN) instrument. The results of the microscopic observations are summarized in Table 13.

Bulk mineralogical compositions were determined by X-ray powder diffraction using a Siemens D5000 powder diffractometer. Diffraction patterns were recorded in the 2θ range from 4° to 70° , with a scanning step width of 0.02° and a 15s counting time per step. The X-ray powder diagrams were processed as follows. In a first step the mineral phases constituting the sherds were identified employing a “Search/Match” routine (EVA v.16.0, DIFFRACplus Software Suite, Bruker-AXS, 2010), which compares all intensities of the background subtracted X-ray powder diagram with all known X-ray powder diagrams of single phases, stored in the PDF-2 database of the International Centre for Diffraction Data (ICDD). In a second step, the weight proportions of identified mineral phases were calculated with the Rietveld Method (TOPAS v. 4.2, DIFFRACplus Software Suite, Bruker-AXS, 2009). The results of XRD-analysis are listed in Table 14.

Chemical bulk compositions were determined by X-ray fluorescence spectrometry with an AXIOS XRF instrument of PANalytical. Major element concentrations were analysed on fused glass beads (0.4 g sample + 4g di-lithium tetraborate flux) using the SuperQ software (PANalytical) which was calibrated in-house with a set of international standards. Trace element concentrations were analysed on pressed pellets (5g sample + 1g Wax) using the Pro Trace software (PANalytical). Major and trace element analyses are given in Table 15.

2. Fabric, clast and matrix mineralogy

The studied sherds exhibit a remarkably uniform fabric and particle mineralogy which indicates a uniform source of the potter’s raw material and unchanged production standards. The fabric of sherds is characterized by evenly distributed angular to subrounded mineral grains set in a weakly to strongly vitrified ceramic matrix (Plate 16). Most sherds show a more or less distinct planar fabric defined by the alignment of elongate voids, micro-pores and clasts, as well as the preferred orientation of mullite needles in vitrified matrix domains (Plate 17).

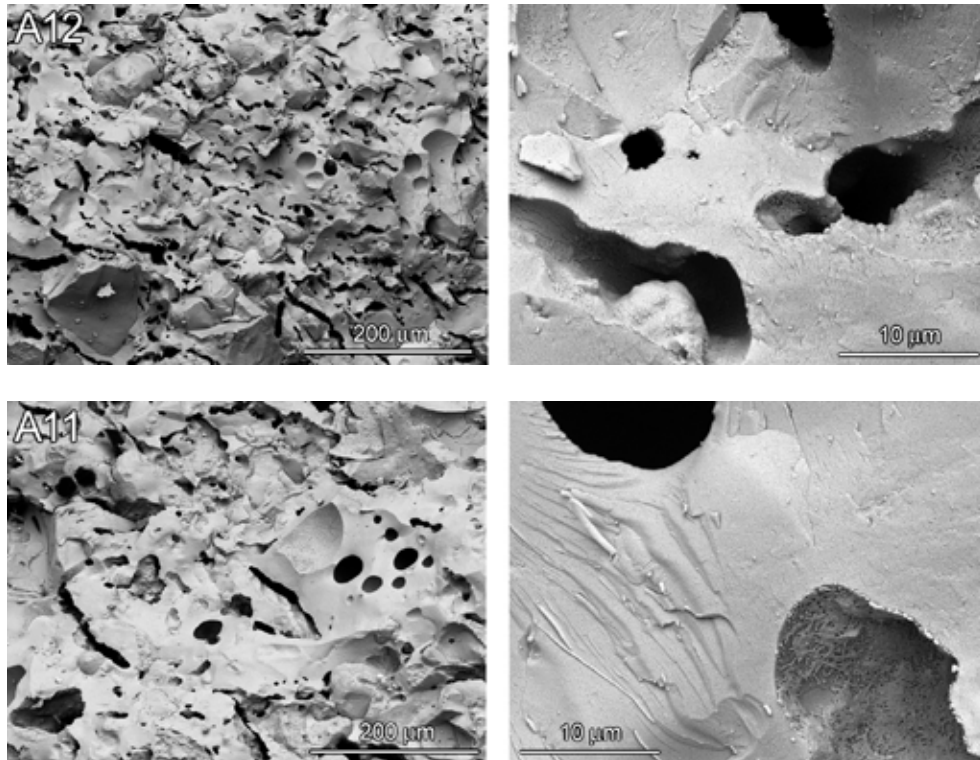


Fig. 43: Scanning electron microscopy (SEM) images exemplifying the vitrified ceramic matrices of high-fired Sue ware (sherds A-12 and A-11). Sintering and intense melting have reduced the high microporosity of the precursor green bodies to a system of closed pores. Vesicular domains represent melted alkali feldspar grains. The vitreous matrices contain abundant mullite needles which produce the roughness of surfaces in the high-magnification images, and are well visible on the walls of vesicles.

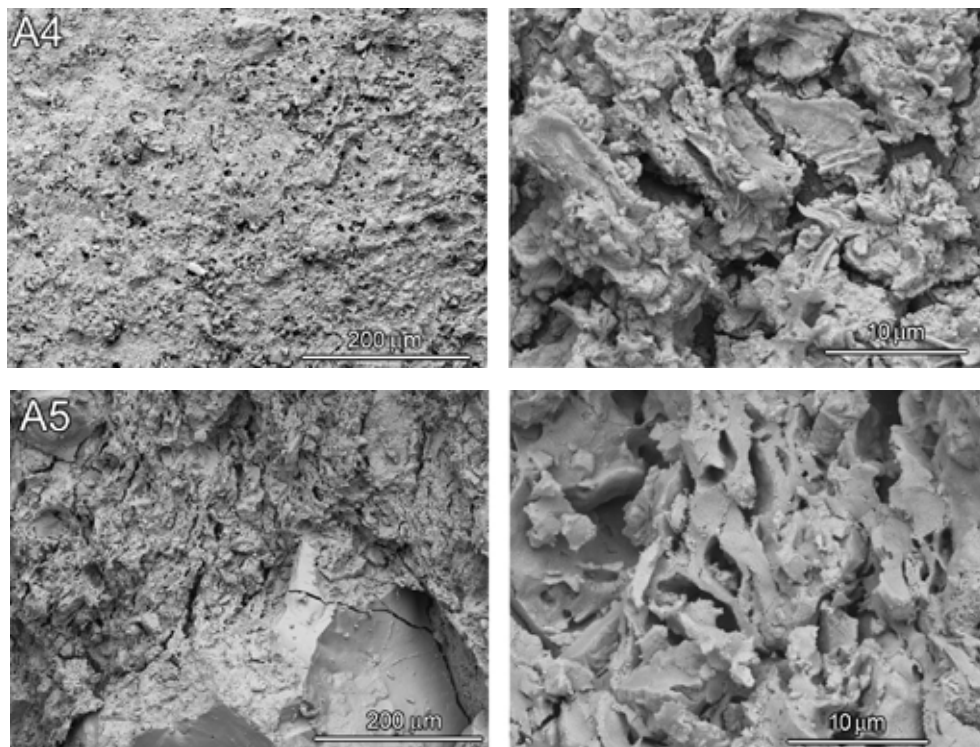


Fig. 44: Scanning electron microscopy (SEM) images exemplifying the ceramic matrices of feebly vitrified Sue ware (sherds A-5 and A-4). The interlocked microporous fabric, owing to the low degree of sintering and melting, is reminiscent of the highly porous clayey fabric of the precursor green bodies. The overview image of sherd A-5 shows part of a large clast of quartz.

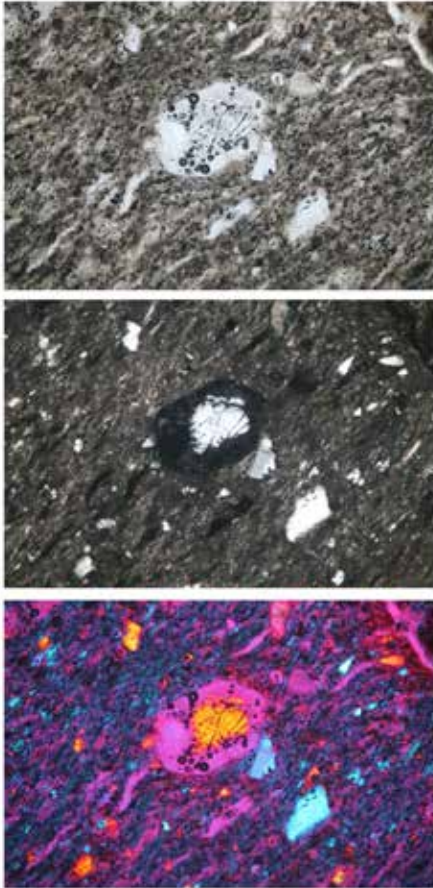


Fig. 45: Photomicrographs showing the mullite-rich vitreous matrix of high-fired Sue ware (sherd A-18). The orientation of micron-size mullite needles mimics the precursor planar fabric of clay minerals which they replaced in an oriented fashion. The preferred orientation of mullite is well discernible by blue interference colours when viewed with crossed polarizers and inserted lambda-plate due to the orthorhombic symmetry of mullite needles and their positive sign of elongation ('length slow', l_+). The image also shows minute angular grains of quartz and a K-feldspar clast with a blistered vitreous rim. Width of views = 0.2 mm; PPL, +Pol, +Pol & λ -plate.

2.1 Ceramic matrix

Most sherds exhibit moderately to strongly vitrified matrices indicative of high firing temperature. Elongate voids typically aligned parallel to the surfaces of the sherds (Plate 16, 17), most likely represent shrinking voids formed during drying of the green bodies. The intense vitrification and sintering caused a significant reduction of the matrix porosity with development of rather large unconnected pores (Fig.43, Plate 17). Well-rounded small vesicles occur in abundance in intensely vitrified matrix domains and represent inclusions of fluids that were released during melting of the ceramic body. In contrast to the highly vitrified samples, the few weakly vitrified sherds (A-1, 3, 5, 22) preserve a very high matrix porosity characterized by a network of interconnected pores (Fig. 44).

In most of the vitrified samples mullite and spinel could be identified microscopically as newly grown phases of the vitreous matrix. Mullite needles occur in different textural modes: (1) as fibrous aggregates that are intimately interwoven with the vitreous phase and mimic the planar fabric of precursor phyllosilicates from which they originate (Fig. 45), (2) as randomly oriented needles that crystallized in locally segregated glass domains or in the marginal parts of vesicular glass domains that replace K-feldspar in most intensely vitrified sherds (Fig. 46), and (3) as filthy aggregates within vitreous reaction rims resorbing plagioclase clasts (Fig. 47, Plate 18). Quantitative phase analysis of X-Ray diffraction pattern with the Rietveld method identified the $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ (3:2) and $2Al_2O_3 \cdot SiO_2$ (2:1) variants of mullite (Table 14, Fig. 53). 3:2 mullite is dominating and, supporting the microscopic observations, most likely formed through replacement of primary 2:1 mullite in the vitreous matrix as a result of the enhanced silica and alkali flux that characterizes the high-temperature vitrification of the ceramic body. 3:2 mullite likely forms the acicular crystals of vitreous glass domains and the filthy aggregates of vitreous rims resorbing plagioclase clasts.

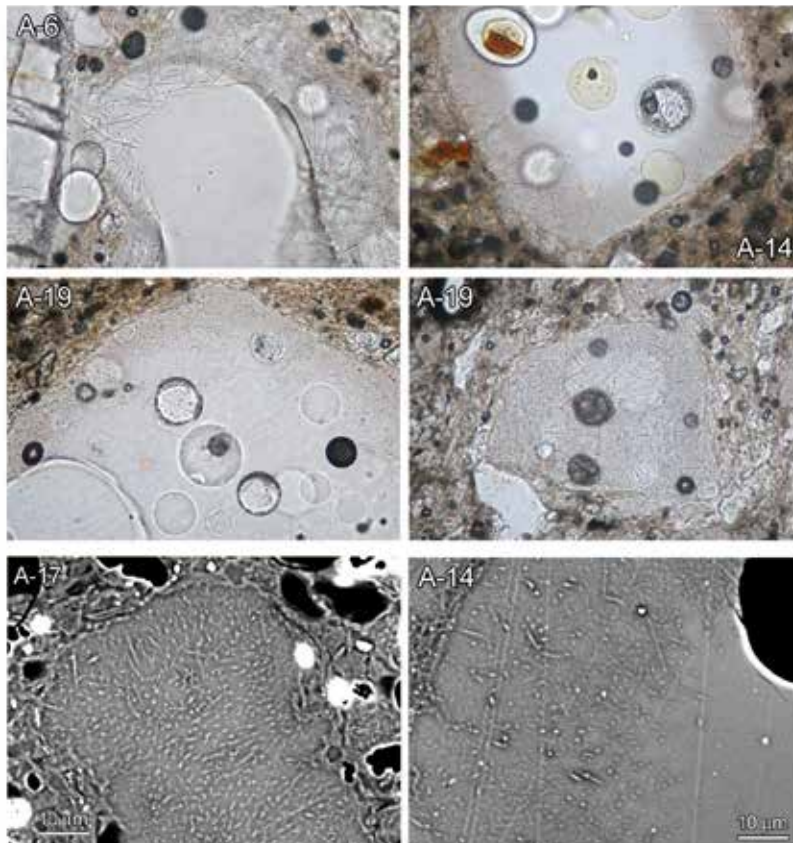


Fig. 46: Photomicrographs (upper and middle image pairs) and back scattered electron (BSE) images (lower image pair) showing micron-size mullite needles growing into vesicular glass domains (sherd A-6) and blistered vitreous domains formed through complete melting of alkali feldspar clasts (sherds A-14, A-17, A-19). Photomicrographs: plane polarized light, width of views = 0.2 mm.

Well confined micro-domains of brownish glass hosting minute crystals of cordierite, orthopyroxene and hercynitic spinel are interpreted to have originated through dehydration-melting of precursor biotite flakes. Minute crystals of spinel also occur dispersed in the aluminous ceramic matrices and may have formed through reactions involving the breakdown of chlorite which forms a primary constituent of the clayey raw material (Tab. 14, Fig. 53). Angular to subrounded domains of blistered colourless glass were formed through complete melting of K-feldspar clasts (see below).

2.2 Mineral clasts

The particulate matter is dominantly made up of quartz and exhibits a poorly sorted grain size distribution ranging from ca. 1 mm down to clay size fraction (Plate 16). K-feldspar and intermediate plagioclase occur as larger clasts. BSE-imaging, however, indicates that smaller grain size fractions of feldspar were once present in the raw material but have been eliminated during vitrification of the ceramic matrix. Few grains of clinopyroxene were detected in some sherds.

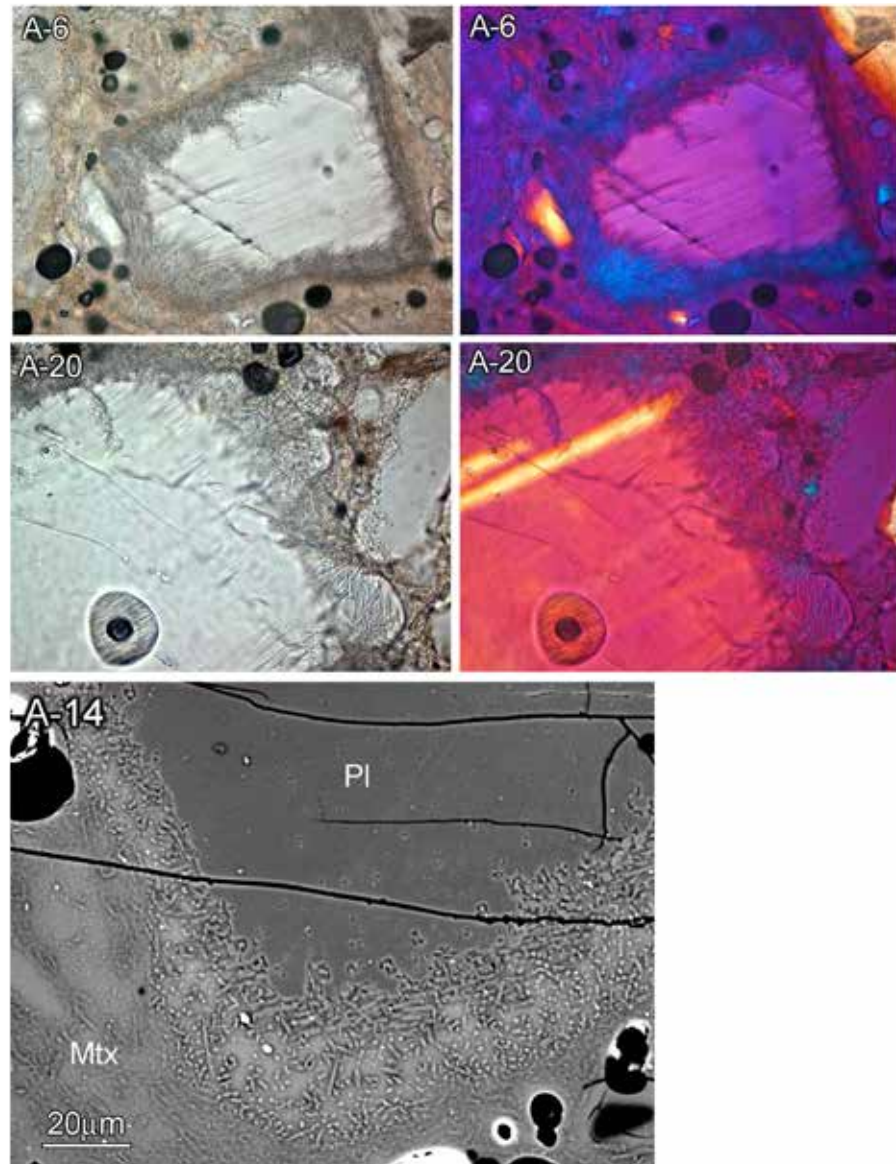


Fig. 47: Photomicrographs (sherds A-6, A-20) and back scattered electron (BSE) image (sherd A-14) showing reaction rims of mullite+glass resorbing plagioclase clasts in high-fired Sue ware sherds. Photomicrographs: plane polarized light and crossed polarizers with inserted lambda-plate, width of views = 0.28 mm.

2.2.1. Melting phenomena of mineral clasts

Plagioclase

Plagioclase clasts in the studied sherds are homogeneous or preserve truncated magmatic zonations. Compositions vary between oligoclase and andesine ($An_{18-46}Ab_{67-52}Or_{15-2}$). In poorly vitrified sherds (i.e. lower firing temperature), the angular clasts show no evidence of reaction with the ceramic matrix (Tab. 13; Plate 18, sherds A-1, 2, 4, 5, 22). In contrast plagioclase clasts in highly vitrified sherds (i.e. higher firing temperature) show conspicuous, 10-50 μm wide resorption rims (Tab. 13; Plate 18, sherds A-6 to A-14, A-19, 20) that are made up of mullite embedded in a vitreous phase (Fig. 47, sherd A-14, BSE image 454). The resorption of plagioclase clasts, which retain their pristine

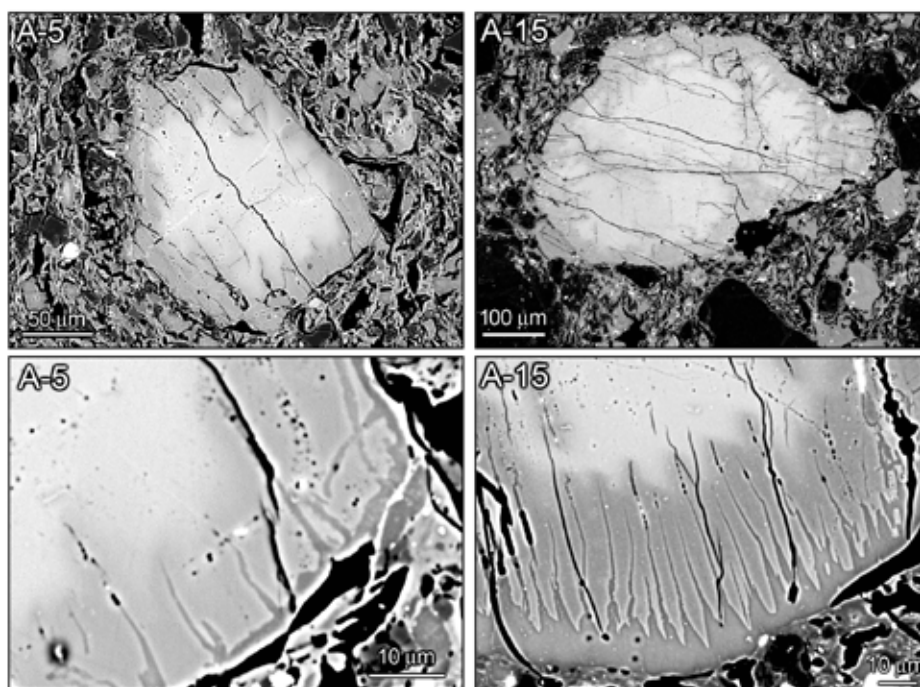


Fig. 48: Back scattered electron (BSE) images of feebly vitrified Sue ware sherds A-5 and A-4 exemplifying an incipient melting stage of alkali feldspar clasts. Melting occurred along the margins of the clasts and advanced into the clasts along crystallographically defined planes. Varying brightness reveals the pronounced K-Na zonation of the clasts.

composition up to the resorption boundary, did not exceed the width of ca. 50 μm . Compared to the composition of plagioclase, the vitreous phase is enriched in Si, K, Fe and Mg, but depleted in Na, Ca and Al, which documents significant element transfer between the reaction zone and the adjacent ceramic matrix. These observations demonstrate that plagioclase clasts ($\sim\text{An}_{20-50}$) did not melt congruently (solidus of albite-anorthite binary system: $\text{An}_{20} = 1160^\circ\text{C}$ and $\text{An}_{50} = 1280^\circ\text{C}$; N. L. Bowen 1913, *Am. J. Sci.* 35, 577-599) but became resorbed through reaction with the melted ceramic matrix, probably at temperatures below 1100°C .

K-feldspar

In the moderately to strongly vitrified sherds only large clasts of K-feldspar (>100 μm diameter) are preserved in different states of melting (Plate 19, Photomicrographs of Kfs clasts in Sue ware). Small grains have been completely melted, although their shape may still be discernible in BSE-images due to the compositional contrast with the enclosing mullite-rich vitreous matrix (Fig. 50; BSE-image 449, A-13 as an example). This underscores the important role of K-feldspar as flux agent during the high-temperature vitrification of the stoneware. Melting phenomena of large clasts range from few microns thin vitreous margins to completely melted clasts, which correlates with the vitrification degree of the ceramics (15-50 wt% vitreous phase; Table 13) and reflects temperature gradients in the kilns. Irrespective of the degree of melting, the clasts retained their original angular shape. Incipient melting stages are characterized by development of vitreous thin rims to broad blistered mantles around zoned feldspar clasts (Fig. 48, BSE-images of samples A-5, A-4). Advanced melting stages show largely melted grains with core domains consisting of vitreous phase and skeletal plagioclase enclosing relict K-feldspar islands (Fig. 49, BSE-images of samples A-12, -13). Complete melting produced angular blistered vitreous domains which retain the shape of precursor feldspar clasts (Fig. 50). The vitreous phase is homogeneous and free of crystalline inclusions. In the most intensely

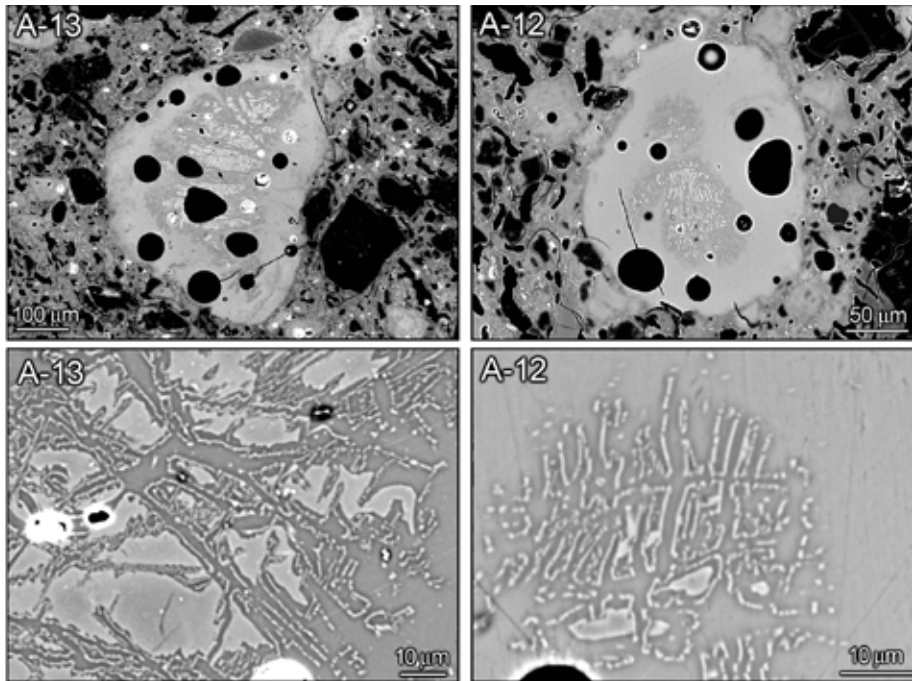


Fig. 49: Back scattered electron (BSE) images of sherds A-12 and A-13 exemplifying an advanced melting stage of alkali feldspar clasts in strongly vitrified Sue ware. The central domains of the clasts show resorption relics of alkali feldspar that are surrounded by skeletal grains of plagioclase and vitreous phase. The replacement texture is indicative of incongruent melting. The largely melted clasts mimic the shape of their precursor clasts, although blistering caused a significant volume change and viscous flow in the melted mantle domains.

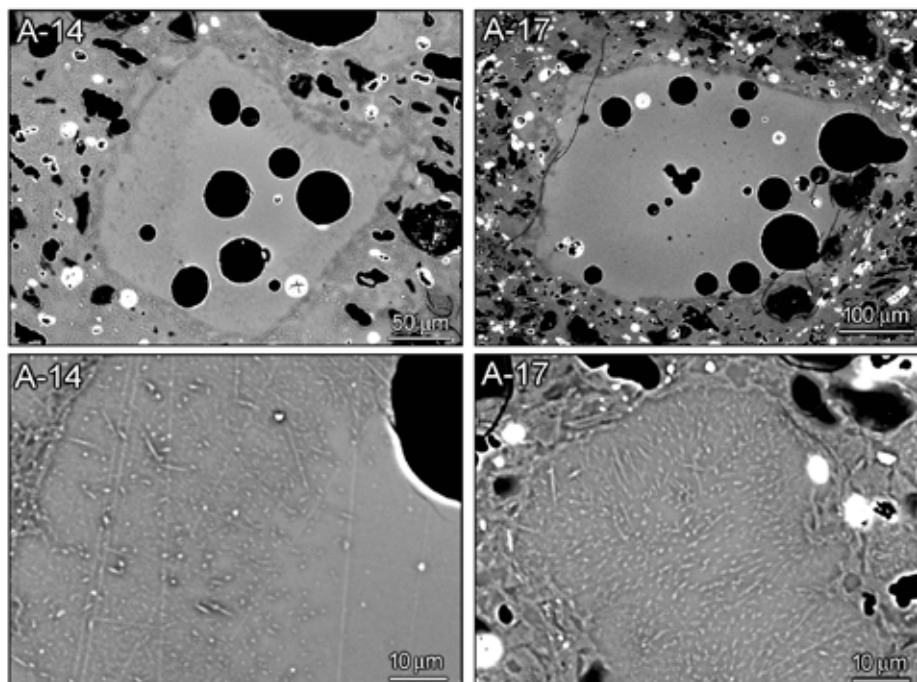


Fig. 50: Back scattered electron (BSE) images of sherds A-14 and A-17 showing blistered vitreous domains that were derived through complete melting of alkali feldspar clasts in most intensely vitrified Sue ware. The domains mimic the shape of the precursor K-feldspar clasts, although blistering caused a significant volume change and viscous flow in the melt domains. Micron-size mullite needles precipitated preferably in the marginal parts of the vitreous domains indicating diffusional influx of aluminium from the surrounding matrix.

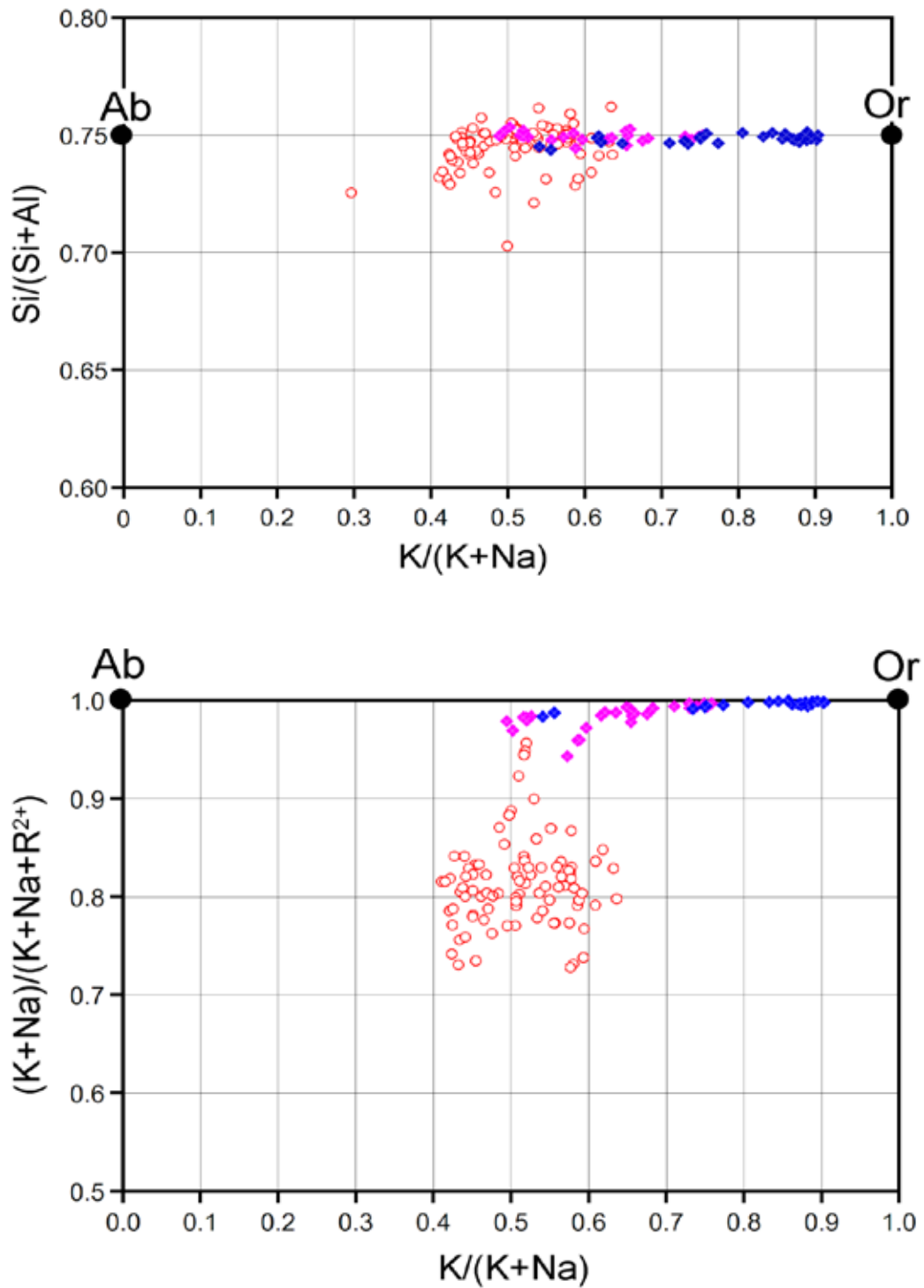


Fig. 51: Binary plots of $Si/(Si+Al)$ versus $K/(K+Na)$ and $(K+Na)/(K+Na+R^{2+})$ versus $K/(K+Na)$ illustrating the compositional variations in incipiently to completely melted alkali feldspar clasts. Symbols: blue diamonds- core domains of K-feldspar; pink diamonds- mantles and rims of K-feldspar; red circles- melt phase.

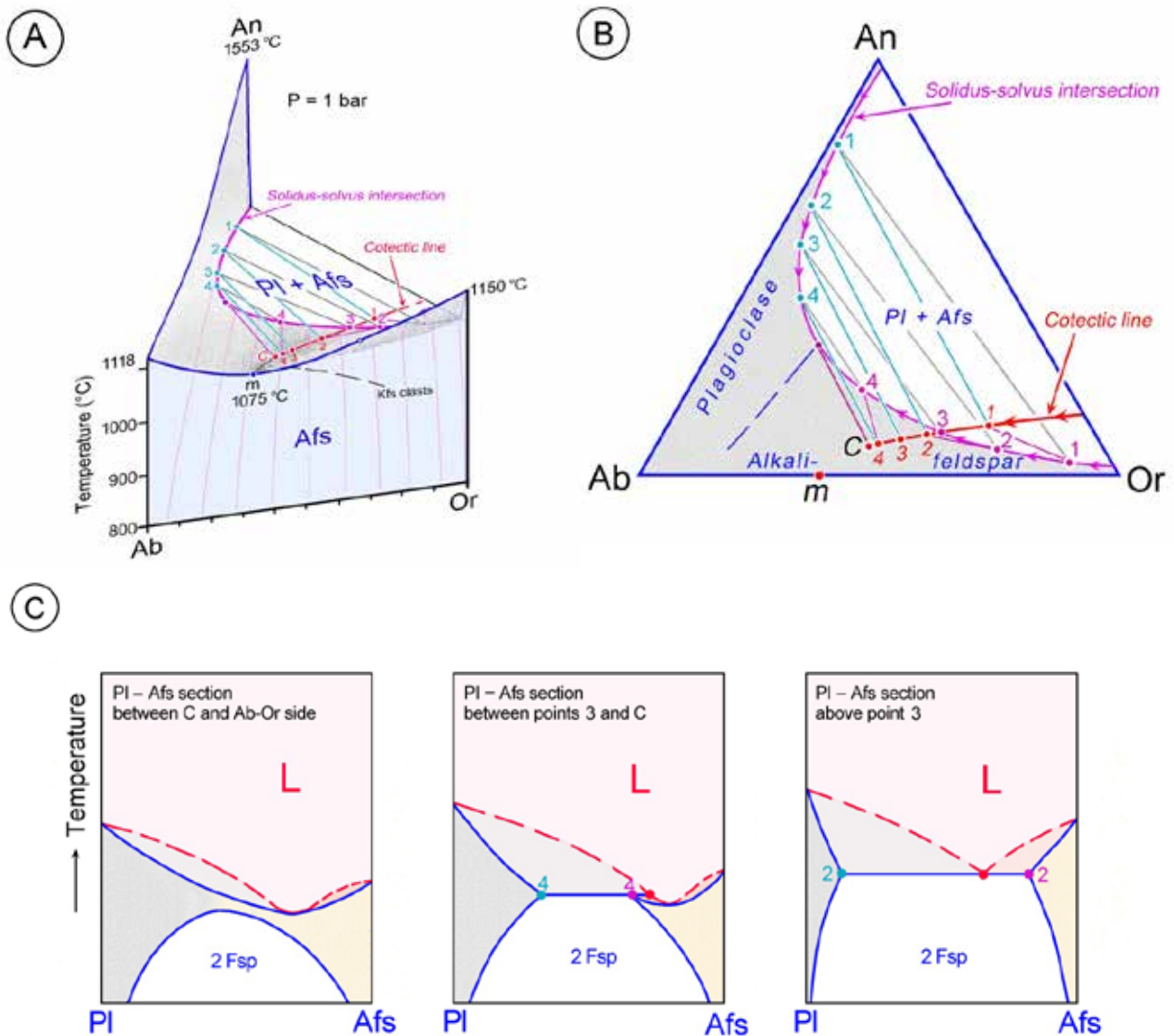


Fig. 52: Schematic representation of phase relations in the ternary feldspar system $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ (Albite) – KAlSi_3O_8 (Orthoclase) – $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ (Anorthite) at atmospheric pressure. (A) Three-dimensional view of the ternary feldspar system. (B) Ternary diagram showing plagioclase–alkali feldspar pairs coexisting with cotectic liquids. (C) Schematic pseudobinary sections through the ternary feldspar system. – The phase relations in A and B are largely based on the experimental studies of Bowen (1913), Bowen & Schairer (1947), and Franco & Schairer (1951). The intersection of the solidus with the ternary feldspar solvus and the associated plagioclase–alkalifeldspar tie lines were calculated using the ternary feldspar–mixing model of Benisek et al. (2010).

vitrified sherds, however, the vitreous phase shows crystallization of acicular mullite in a random fashion, commonly accentuated in the marginal parts of the domains (Fig. 46).

With advancing melting, alkali feldspar clasts developed a pronounced K–Na zonation from potassic compositions ($\text{Or}_{90-80}\text{Ab}_{10-20}\text{An}_{0-1}$) of pristine core domains to sodic compositions ($\text{Or}_{68-51}\text{Ab}_{30-46}\text{An}_{2-3}$) of domains adjoining the vitreous mantles/rims (Plate 20; BSE-images, element maps and profiles). The composition of the vitreous phase shows little variation (SiO_2 65–68, Al_2O_3 19.5–20, FeO 2–1.3, MgO 0.6–0.3, CaO 1–0.7, Na_2O 2.5–2, K_2O 6.5–5 wt%). When recalculated to the feldspar formula unit, Si and Al retain the 3:1 cation proportion of the precursor feldspar framework, whereas K and Na are depleted ($\text{K}+\text{Na} = 0.60\text{--}0.45$ a.p.f.u.), and Ca, Fe and Mg ($\text{Ca}+\text{Fe}+\text{Mg} = 0.20\text{--}0.15$ a.p.f.u.) enriched relative to the precursor feldspar (Plate 20; element profiles).

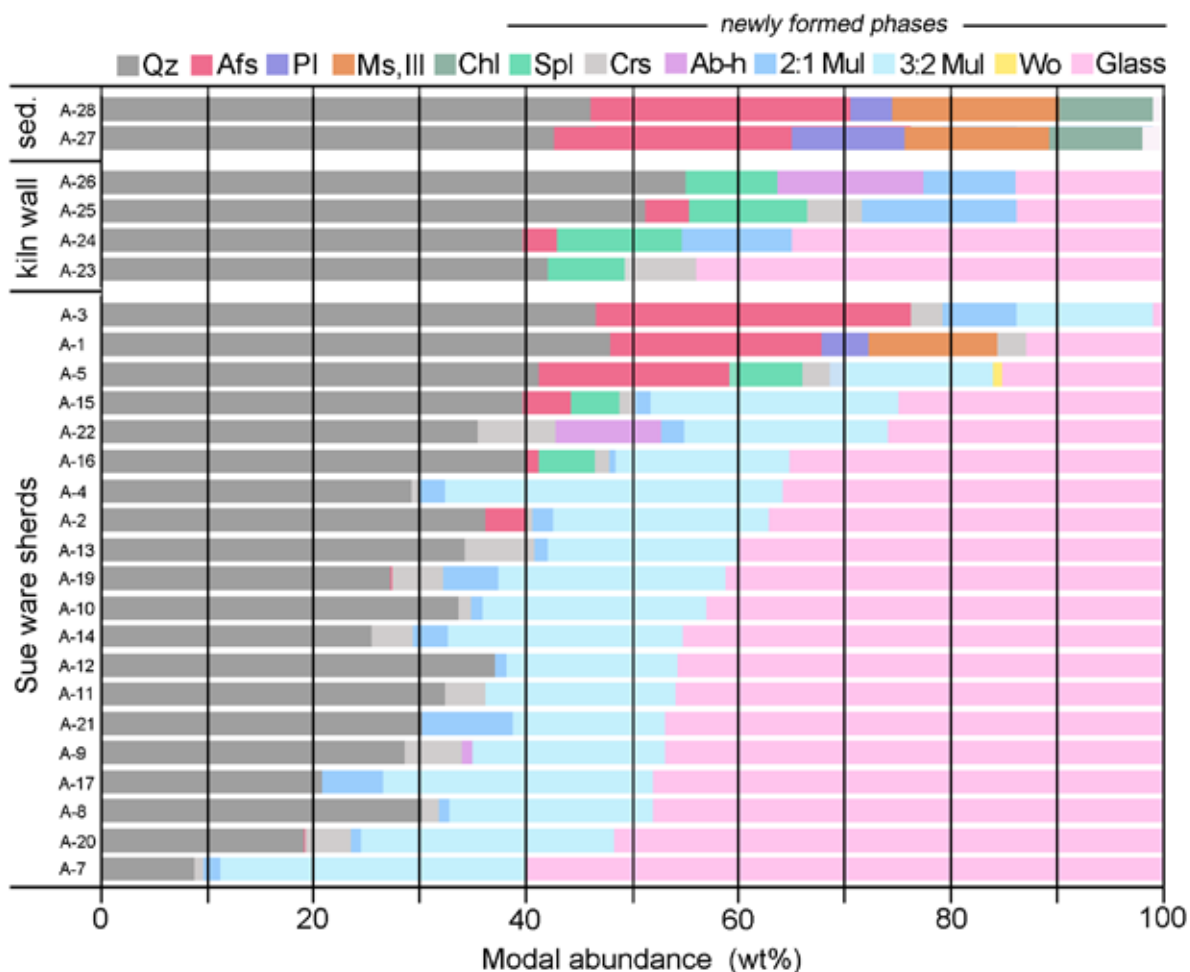


Fig. 53: Graphical representation of bulk modal mineralogy (wt%) of Sue ware sherds as determined by Rietveld refinement of X-Ray diffraction patterns. The samples have been arranged according to increasing glass content. Mineral abbreviations according to Whitney and Evans (American Mineralogist, 95, 185–187, 2010).

The melting phenomena of K-feldspar clasts provide important inferences on the melting behaviour of alkali feldspar and the thermal conditions prevailing during production of the studied Sue stoneware. The interpretation of the melting behaviour of K-feldspar can be based on the phase relations in the feldspar ternary $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ (Albite) - KAlSi_3O_8 (Orthoclase) - $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ (Anorthite), although the compositions of the vitreous phase do not strictly match those of the ternary system (Fig. 52; Ab-Or-An 3D-diagram and 2D representations of phase relations). The observations, micro-chemical data and phase relations support the following conclusions:

(1) Alkali feldspar clasts did not melt via the incongruent reaction $\text{K-feldspar} \leftrightarrow \text{Leucite} + \text{Liquid}$ (Fig. 52A).

(2) Melting was initiated by diffusional K-Na exchange with the ceramic matrix, thereby changing the pristine alkali feldspar compositions ($\text{Or}_{90-80}\text{Ab}_{10-20}\text{An}_{0-1}$) towards the composition of the thermal minimum ($\text{Or}_{40}\text{Ab}_{60}$) in the Ab-Or binary system (Fig. 52B). Melting affected exclusively the sodic feldspar domains ($\text{Or}_{68-50}\text{Ab}_{30-45}\text{An}_{2-3}$). Temperatures of melting are bracketed between 1075–1100 °C.

(3) With rising temperature, the melting front advanced into the clasts interior. Melting reactions changed from congruent to incongruent (Fig. 52C, left and middle pseudobinary sections).

(4) Melt domains experienced bi-directional diffusional exchange of interframework cations

with the melted ceramic matrix, viz. gain of Ca+Fe+Mg and concomitant loss of K+Na (Plate 20), while the Al-Si framework remained largely unaffected.

Quartz

Quartz clasts show angular to subrounded shapes in the low-fired sherds, but attain rounded surfaces in the high-fired sherds, indicating their partial dissolution by the matrix melt. Microscopic examination corroborated by the XRD-data indicate a substantial modal decrease from ca. 50-40% in the least vitrified sherds to 25-40% in moderately to highly vitrified sherds, and 10-20 % in the most vitrified sherd (Tables 13, 14, Fig. 53). Larger grains show subgrain structures and fractures which we attribute to the thermal stress experienced by the mineral. Although XRD-analysis indicates the presence of cristobalite in the moderately to highly vitreous samples (Table 14, Fig. 53), the microscopic examination did not find evidence for a polymorphic transformation of the quartz clasts.

2.3 Bulk mineralogy

Rietveld refinement data of X-Ray diffraction patterns on powdered samples provide bulk modal compositions of the sherds (Table 14, Fig. 53). By comparison with the microscopically observed mineralogy of coarse to fine particles, however, information on the composition of the microcrystalline ceramic matrix can be extracted. Matching with the microscopy observations, the bulk mineralogy data show widely varying proportions of the glass phase reflecting the strongly varying intensity of vitrification. The inverse correlation with the modal abundances of quartz and to some extent also feldspar evidences the participation of these phases in the melting reactions. Intensely vitrified sherds are essentially made up of residual quartz clasts set in a vitreous phase embedding abundant 3:2 mullite, and only minor 2:1 mullite and cristobalite. In contrast, the bulk mineralogy of feebly vitrified sherds is dominated by quartz and feldspar clasts and significant modal contents of chlorite and muscovite/illite, and thus is reminiscent of the green body mineralogy. The fact that cristobalite has formed in feebly to strongly vitrified samples suggests that the degree of vitrification reflects variable times of exposure to high temperature (1000-1100 °C) rather than temperature gradients in the kilns.

3. Bulk chemistry: Major and trace element characteristics

The XRF data of the major elements (Table 15) show a very similar element composition in the sherds (A1-A22) without any outliers. Like the earthenware sherds from an earlier site in the same region (Shinoto & Hoffbauer 2000, 篠藤 & ホッフバウアー 2000), the present sherds with CaO contents less than 1 weight percent belong to the calcium-poor ceramic ware (Fig. 54).

A multi-element diagram (Fig. 55) shows the major element abundances of the sherds normalized to a recent sediment (soil, R10), possibly a clay, taken near the kiln find of March 2014. The diagram illustrates the percentage deviation of the sherds as compared with sample R10.

The raw materials of the sherds were sediments with a portion of clay minerals. The weathering of bedrocks produces sediments, and during this process, the concentration of elements may change. Elements enter into solution, can be removed or react to new minerals with increasing level of weathering. Thus, feldspar reacts to the clay mineral kaolinite, and the ratio of $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ decreases from 6 to 2. Potassium, and sodium in particular, enter into solution and will be lost for the system. The $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3\text{-K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ diagram (Fig. 56) shows a clear difference between the sherds (A1-A22) and samples from recent soils and rocks collected in the site and excavation area (A27, A28, R1, R3-R6, R9, R10). The raw material of the sherds appears to be from soil horizons which underwent weathering processes that had gone further than those of the soil and rock samples in this study. The $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O}$ diagram also illustrates these differences; this diagram also shows that the division of sherds by the archaeologists is not supported by the data (Fig. 57a), but the grouping from Sterba

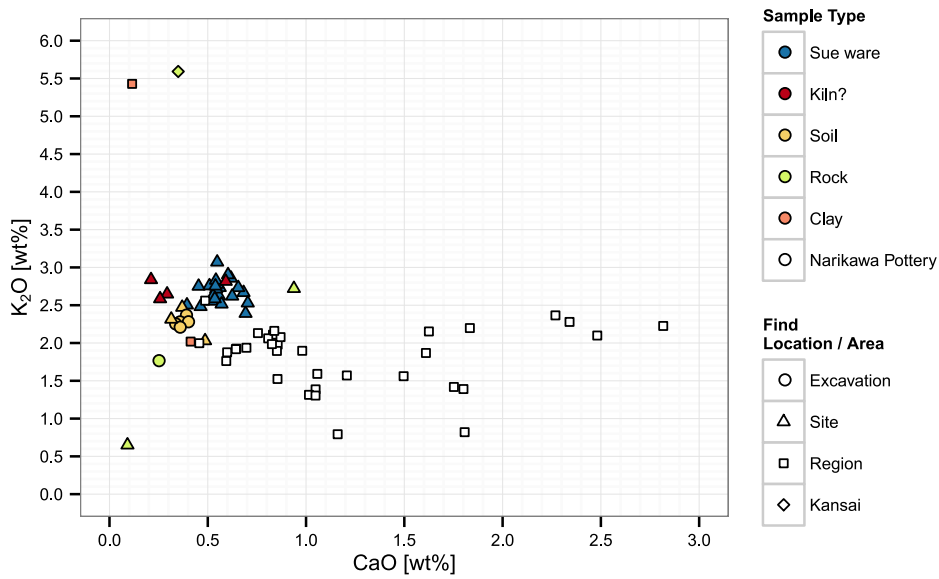


Fig. 54: Calcium poor pottery from Nakadake Sanroku and site from the earlier Kofun period in the same region, which is tempered with different fractions of nearby coastal sand.

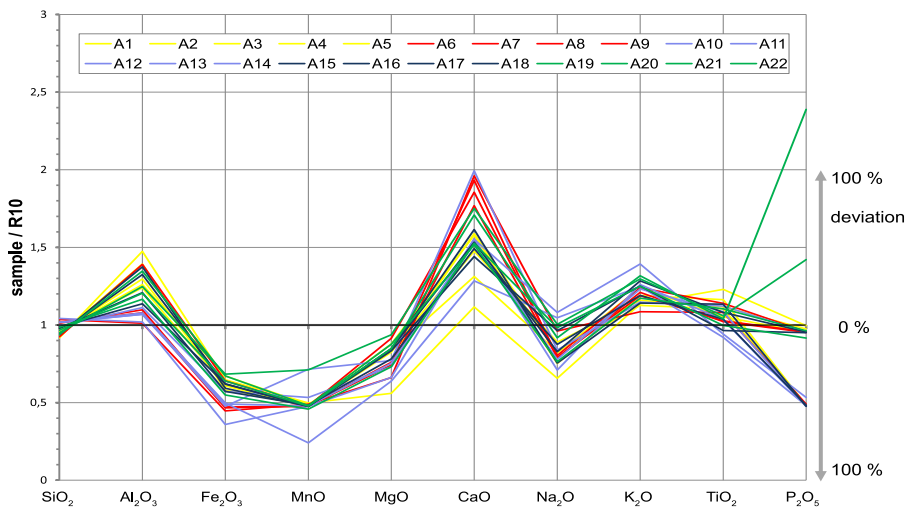


Fig. 55: Major element abundances in sherds, normalized to a recent sediment sample (R10) from the Nakadake Sanroku site.

by Neutron activation analysis is reasonable (Fig. 57b; data from this volume (Sterba 2015)) in this context as well.

The samples A23-A26, probably parts of kilns, differ slightly from the sherds, mainly showing higher values of iron content (Fig. 58). In line with this, the clay and rock samples (R1-R6, R9-R10) taken 2014 near the kiln find show higher Fe₂O₃ data. This suggests that either the material of the sherds stems from another soil horizon, or the clay was treated, for example levigated and watered. That is supported by the Fe₂O₃-TiO₂ diagram (Fig. 59), where parts of kiln walls and recent sediments (A23-A26, R-samples) form a line, while the sherds scatter within an ironless field. The diagram of

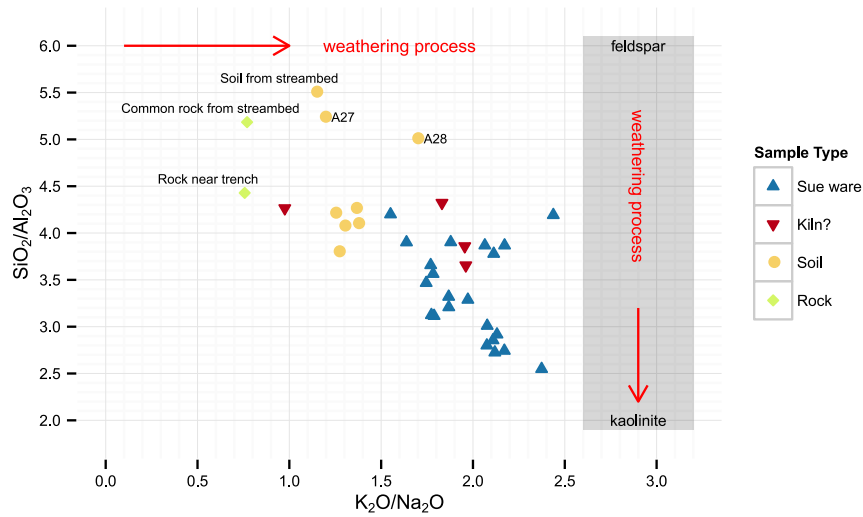


Fig. 56: Weathering process as reflected in the increase of K_2O/Na_2O as compared to the decrease of SiO_2/Al_2O_3 .

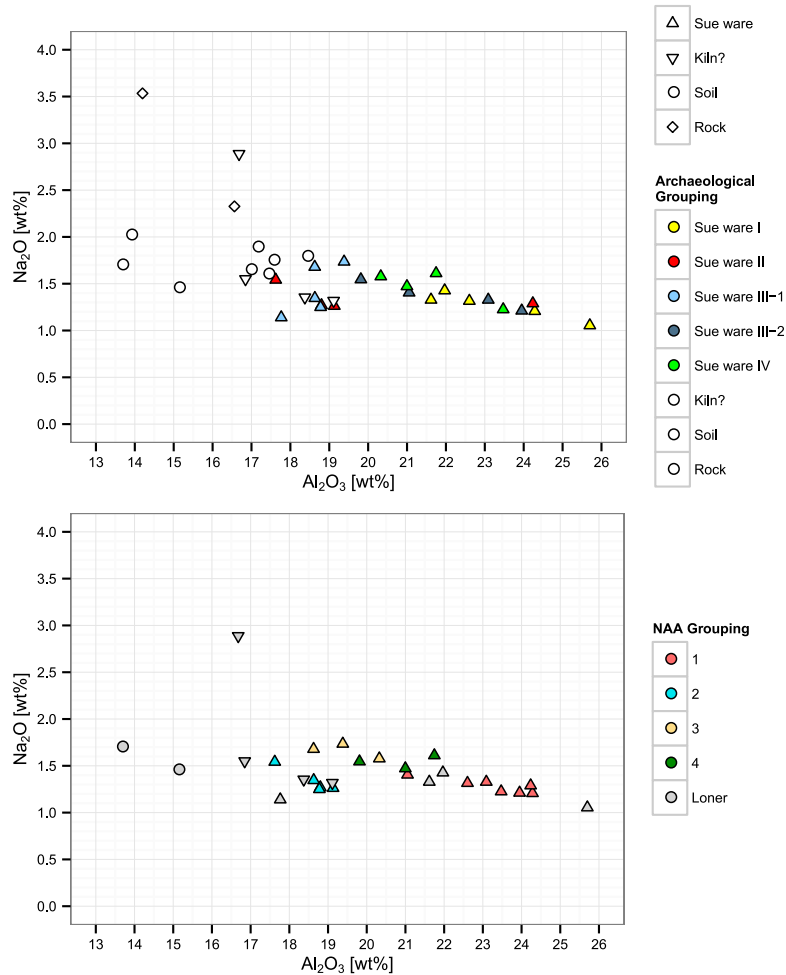


Fig. 57 a,b: The samples show a great variance in the content of aluminium, which may point to different soil horizons. The recent soils vary about 5wt% in the area poorer in Al_2O_3 , the sherds about 8wt% in the Al_2O_3 -richer area. The archaeological grouping is not supported by these data (a), but the grouping from Sterba (2015) by Neutron activation analysis is reasonable (b).

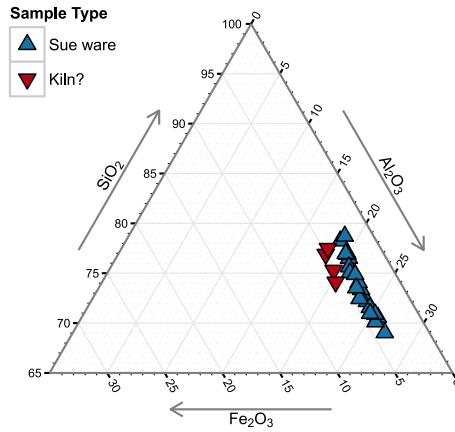


Fig. 58: Slightly higher contents of Fe₂O₃ in soil and potential kiln fragments may indicate processing of raw material for the Sue ware, if clay was not taken from a different soil horizon. Numbers show weight percentage in a system of three components.

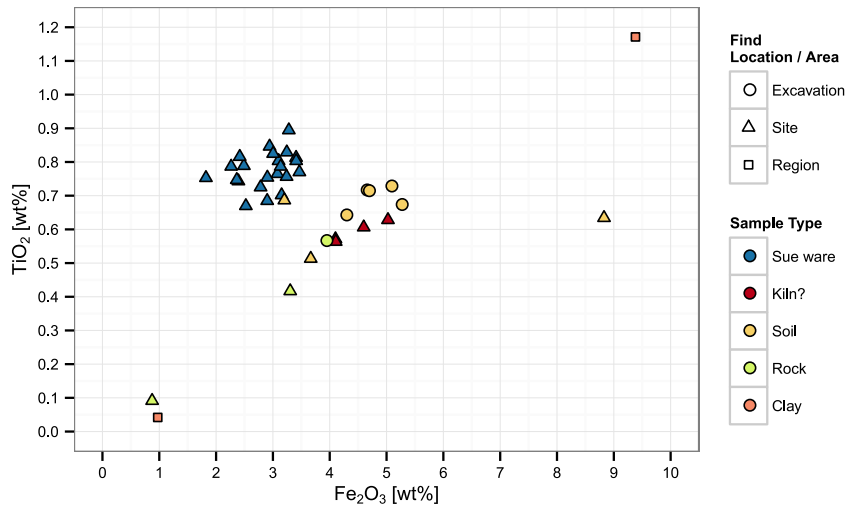


Fig. 59: Continuous distribution of samples from soil, kiln and rock from the site in an iron rich region as compared to the cluster of Sue ware sherds, separating in a less iron rich region. This distribution may show the result of raw material processing like levigation or other techniques.

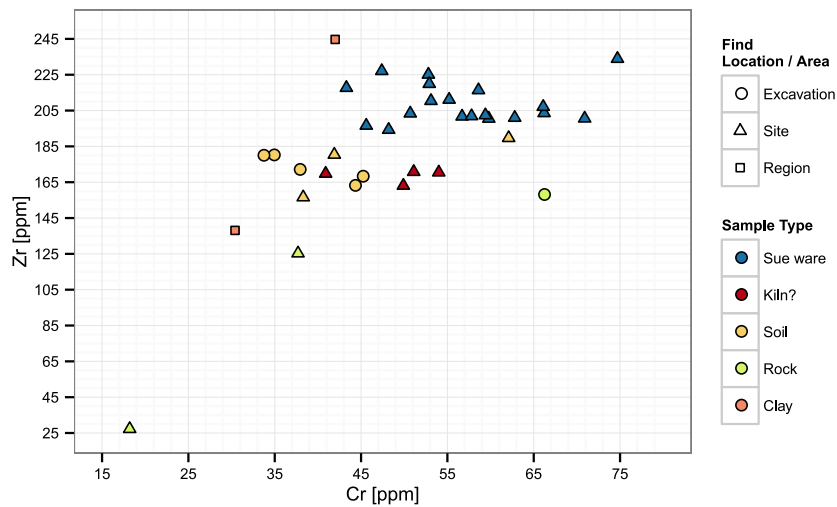


Fig. 60: Accumulation of Zirconium, separating Sue sherds from soil, potter's clay and kiln fragments, may be an indication for processing of raw materials by elutriation or other means.

the trace elements chromium and zirconium (Fig. 60) shows a higher content of zirconium for the sherds. Zirconium, incorporated in heavy minerals, accumulates in the dense clay by the process of elutriation.

Literature

- Benisek, A., Dachs, E., Kroll, H., 2010. A ternary feldspar-mixing model based on calorimetric data: development and application. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 160, 327-337.
- Bowen, N.L., 1913. The melting phenomena of the plagioclase feldspars. *American Journal of Science*, 35, 577-599.
- Schairer, J.F. and Bowen, N.L., 1947. Melting relations in the systems $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ and $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$. *American Journal of Science*, 245, 193-204.
- Franco, R.R. and Schairer, J.F., 1951. Liquidus temperatures in mixtures of the feldspars of soda, potash, and lime. *Journal of Geology*, 59, 259-267.
- Hoffbauer, R. and Shinoto, M., 2000. "Joint archaeological and mineralogical research on pottery production in Ancient Japan." pp. 989-992, *Proceedings of the Sixth International Congress on Applied Mineralogy ICAM 2000 / Göttingen / Germany, 2000*.
- Shinoto, M. and Hoffbauer, R., 2000. 篠藤マリア&ホッフバウアー・ラデグント 2000「鹿児島県吹上町辻堂原遺跡の土器の鉱物学的研究」91-104, *人類史研究* 12.
- Sterba, J., 2015. Neutron Activation Analysis of samples from pottery, kilns and soil in Nakadake Sanroku and related sites in South Japan. 『中岳山麓窯跡群の研究』 67-74
- Whitney, D.L., Evans, B.W., 2010. Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 95, 185-187.

Table 13: Summary of microscopic observations.

Sample	Ceramic matrix			Verification 100-Å Crystallinity (XRD-Data)	K-feldspar cists				Phagocytic cists			Quartz cists			Mullite optical vibral	Spiral optical vibral	Coating/Glaze	Other	Quartz wt% (XRD-Data)	
	Verification degree				none	incipient	Melting		complete	none	incipient	pronounced	Thermal effects							
	low	moderate	high				advanced	complete					minor	moderate						strong
A-1	X			13	●				●									>>Mica	48	
A-2	X	X	X	37		●													<Mica	36
A-3	X			1	●														<Mica	47
A-4*	X	X	X	36		●	→												<Mica	29
A-5*	X			15	●														<Mica	41
A-6*			X	n.d.				●		●							X			
A-7*			X	60				●		●							X			9
A-8			X	48				●		●							X			30
A-9			X	47				●		●							x		Cpx	29
A-10			X	43				●		●							0		Cpx	34
A-11*			X	46				●		●							0			32
A-12*			X	46				●	→	●								x		37
A-13*			X	40				●		●							0			34
A-14*			X	45						●							0		Cpx	25
A-15*		X		25				●										x		40
A-16*		X		35						●										40
A-17*			X	48						●								X		21
A-18*			X	n.d.						●									Cpx	
A-19			X	41						●							0			27
A-20			X	52						●	→						0		Cpx	19
A-21		X		47							●						0			30
A-22	X			26				●										x		36

Table 14: Modal abundances (wt%) of mineral phases in Sue ware sherds as determined by Rietveld refinement of X-Ray diffraction patterns

	Quartz	Afs	Pl	Ms+Ill	Chl	Spl	Crs	Ab-high	2:1-Mul	3:2-Mul	Wo	Glass
A-1	48	20	4	12	0	0	3	0	0	0	0	13
A-2	36	4	0	0	0	0	1	0	2	20	0	37
A-3	47	30	0	0	0	0	3	0	7	13	0	1
A-4	29	0	0	0	0	0	1	0	3	32	0	36
A-5	41	18	0	0	0	7	3	0	0	15	1	15
A-7	9	0	0	0	0	0	1	0	2	29	0	60
A-8	30	0	0	0	0	0	2	0	1	19	0	48
A-9	29	0	0	0	0	0	5	1	0	18	0	47
A-10	34	0	0	0	0	0	1	0	1	21	0	43
A-11	32	0	0	0	0	0	4	0	0	18	0	46
A-12	37	0	0	0	0	0	0	0	1	16	0	46
A-13	34	0	0	0	0	0	7	0	1	18	0	40
A-14	25	0	0	0	0	0	4	0	3	22	0	45
A-15	40	5	0	0	0	5	2	0	2	23	0	25
A-16	40	1	0	0	0	5	1	0	1	16	0	35
A-17	21	0	0	0	0	0	0	0	6	25	0	48
A-19	27	0	0	0	0	0	5	0	5	21	0	41
A-20	19	0	0	0	0	0	4	0	1	24	0	52
A-21	30	0	0	0	0	0	0	0	8	14	0	47
A-22	36	0	0	0	0	0	7	10	2	19	0	26
A-23	42	0	0	0	0	7	7	0	0	0	0	44
A-24	40	3	0	0	0	12	0	0	10	0	0	35
A-25	52	4	0	0	0	11	5	0	15	0	0	14
A-26	55	0	0	0	0	9	0	14	9	0	0	14
A-27	43	23	11	14	9	0	0	0	0	0	0	2
A-28	47	25	4	16	9	0	0	0	0	0	0	1

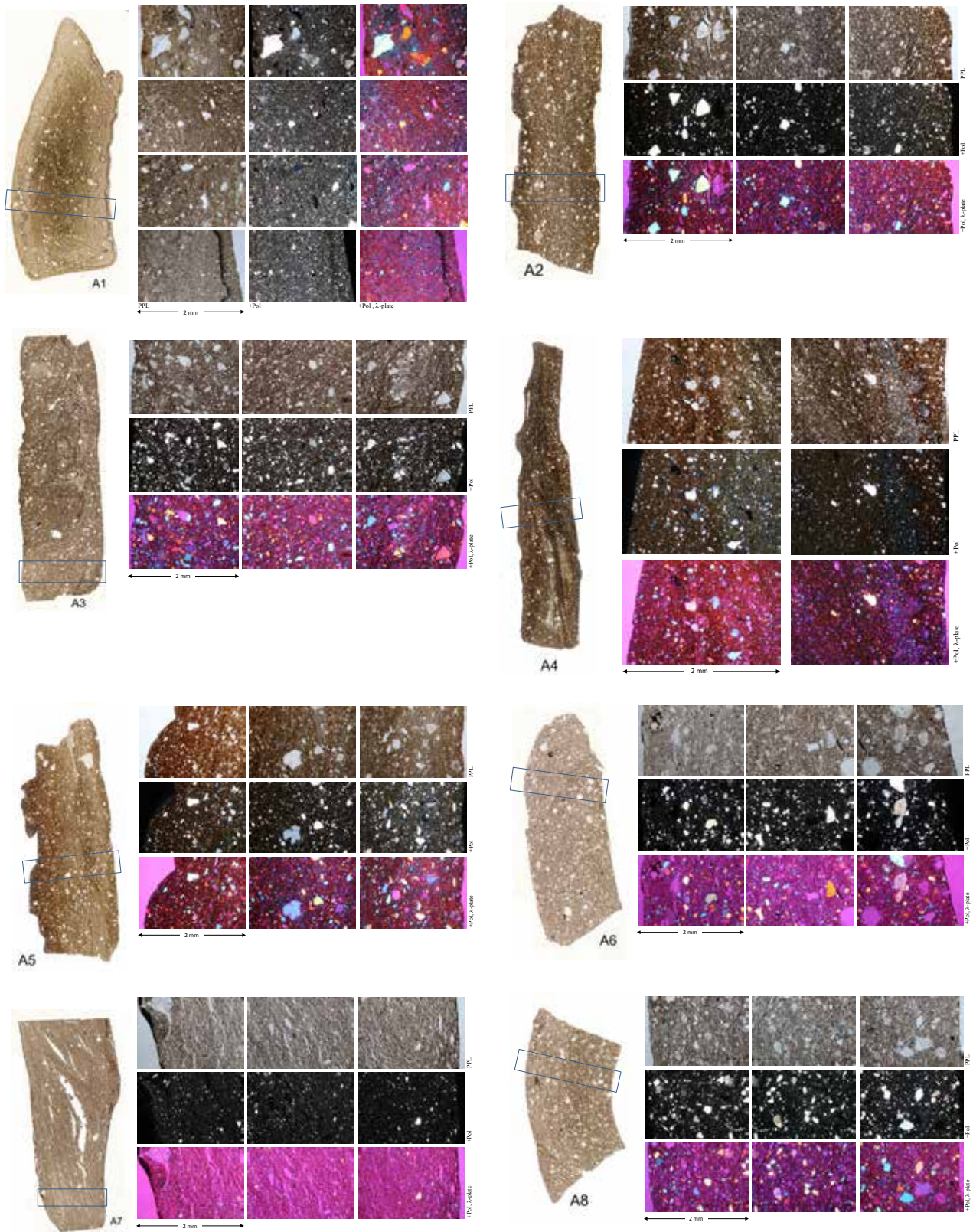
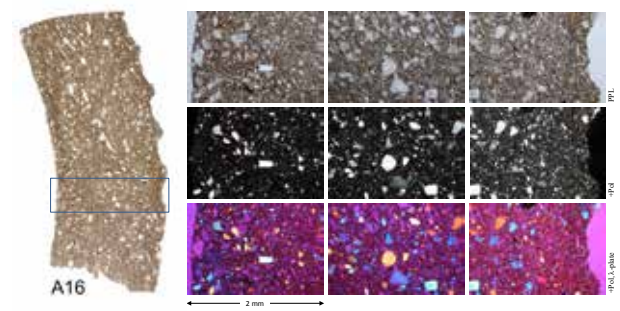
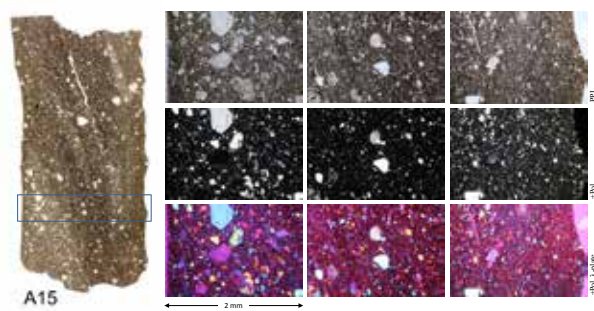
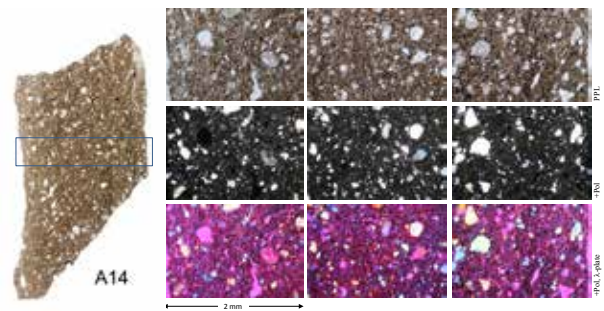
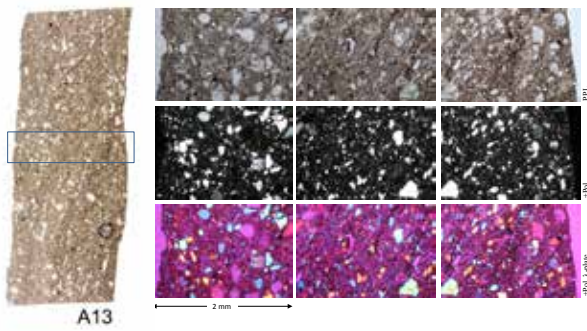
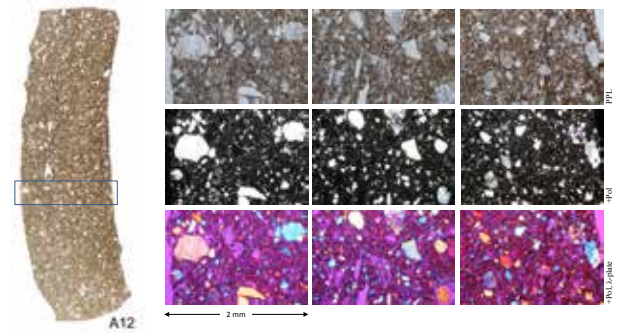
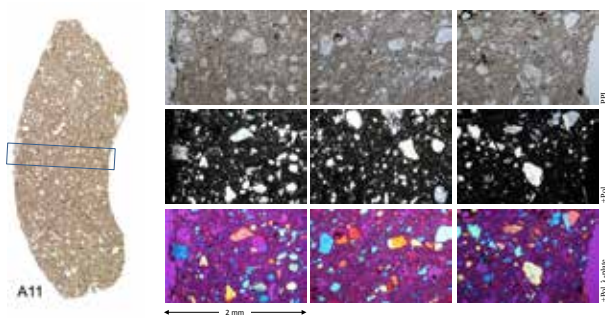
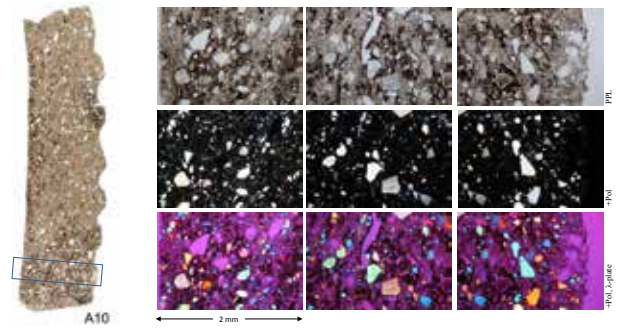
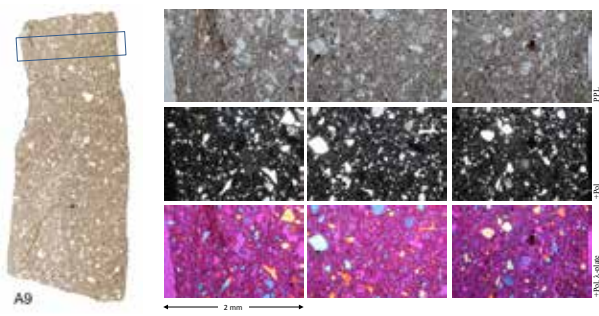
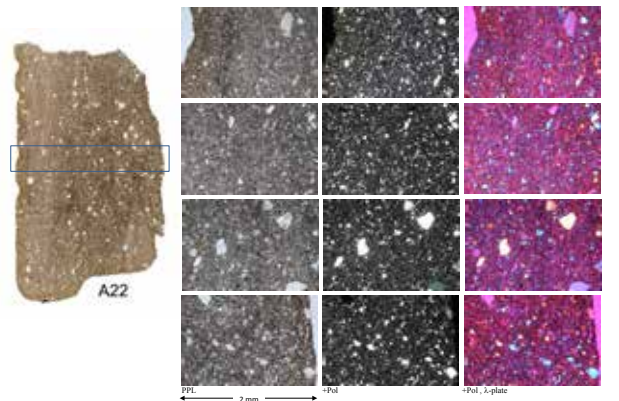
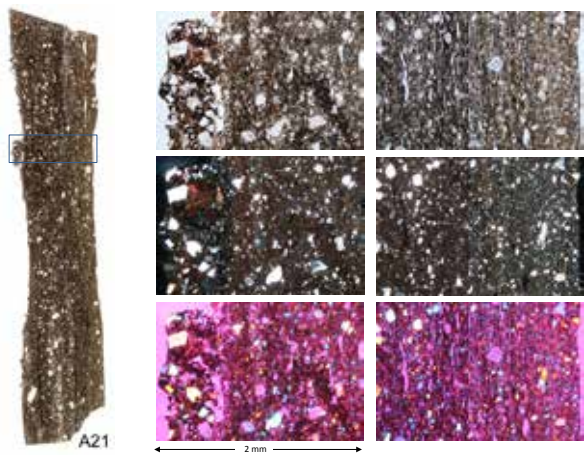
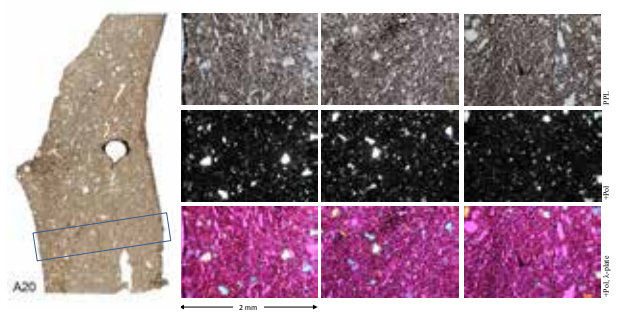
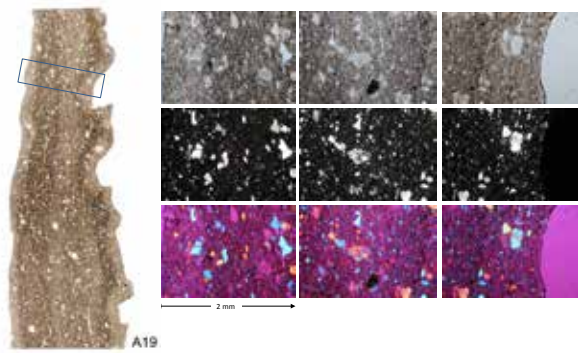
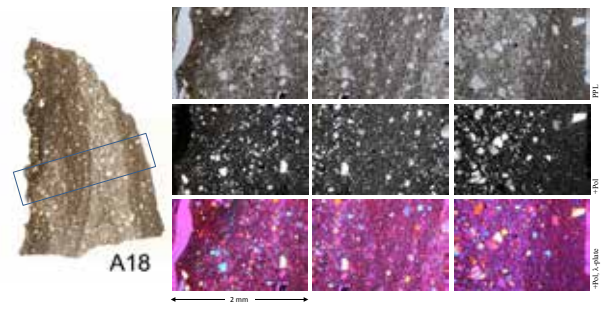
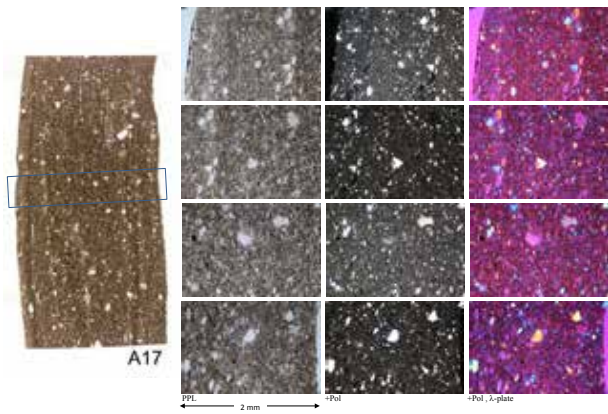


Plate 16: Transmitted light scans of polished thin sections of Sue ware sherds from the 9th to 10th century Nakada-ke Sanroku kiln site. Photomicrographs along traverses through the sherds provide closer views of the fabric. Images were taken in three different modes: plane polarized light (PPL), crossed polarizers (+Pol), and crossed polarizers with inserted 1st-order plate (+Pol, lambda-plate). (1/3)

Mineralogical Analyses





Mineralogical Analyses

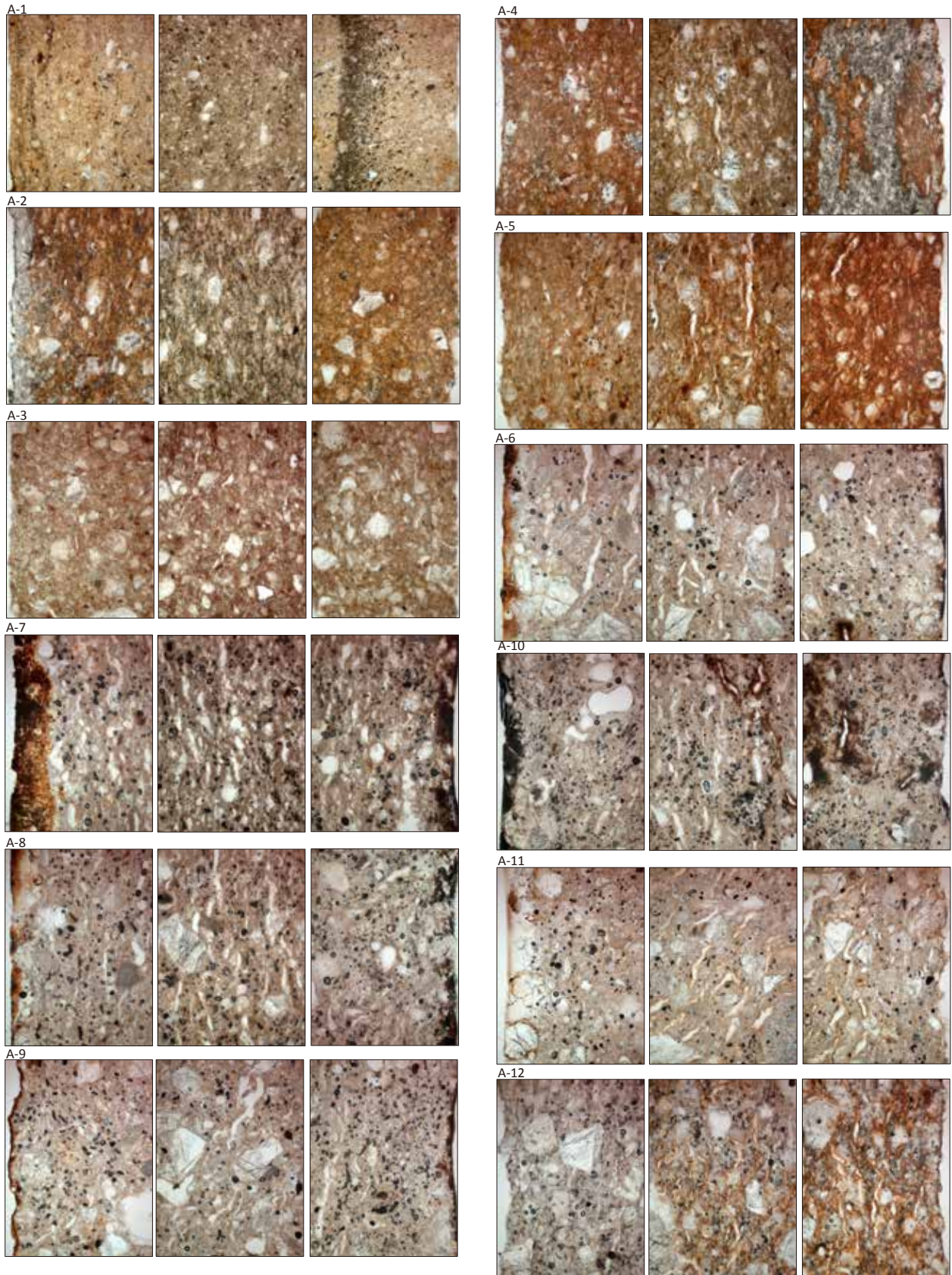
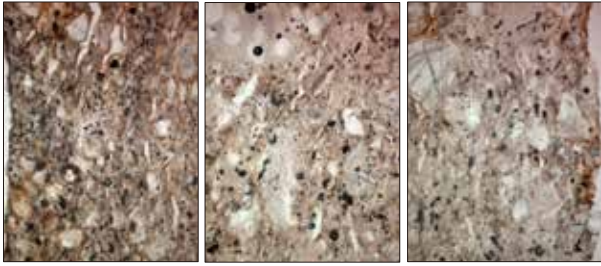
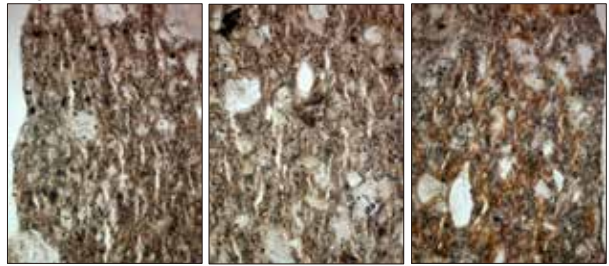


Plate 17: Photomicrographs of representative ceramic matrix domains in Sue ware sherds. The strongly vitrified matrices of high-fired sherds contain in varying abundance elongate pores which are more or less well aligned parallel to the walls of the sherds and represent sintered and sealed former shrinking pores of the green body.

A-13



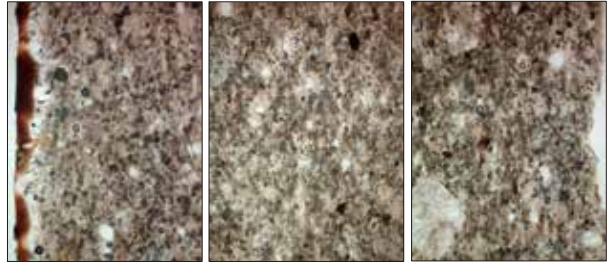
A-16



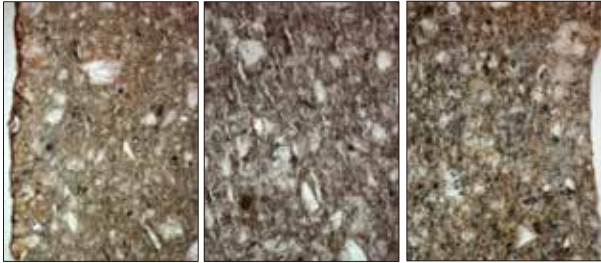
A-14



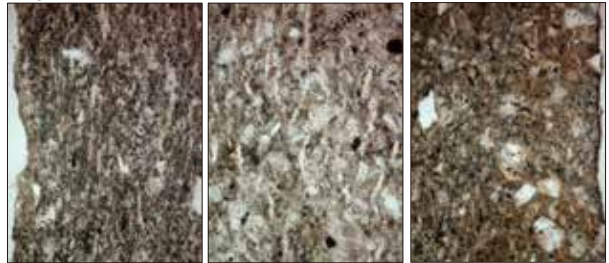
A-17



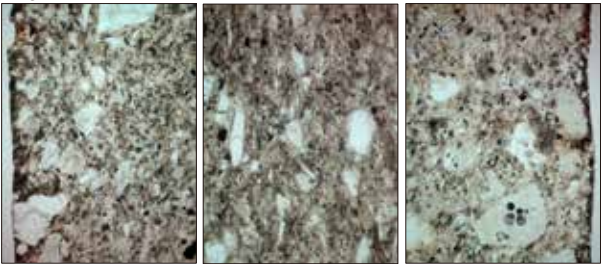
A-15



A-18



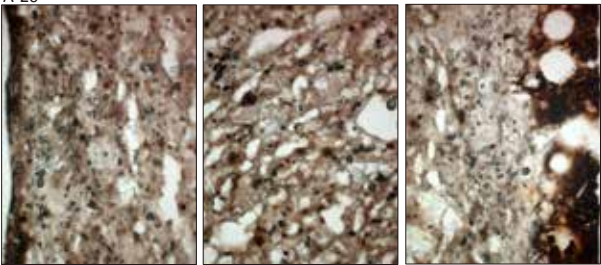
A-19



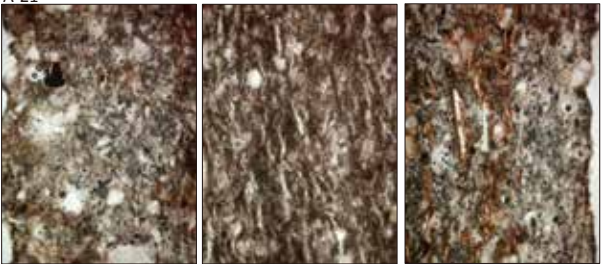
A-22



A-20



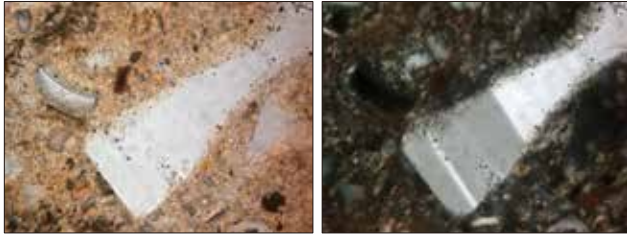
A-21



Numerous minute vesicles trapped fluids that were released during vitrification of the ceramic body. These vesicles do not occur in the feebly vitrified sherds. Plane polarized light; height of views = 0.70 mm.

Mineralogical Analyses

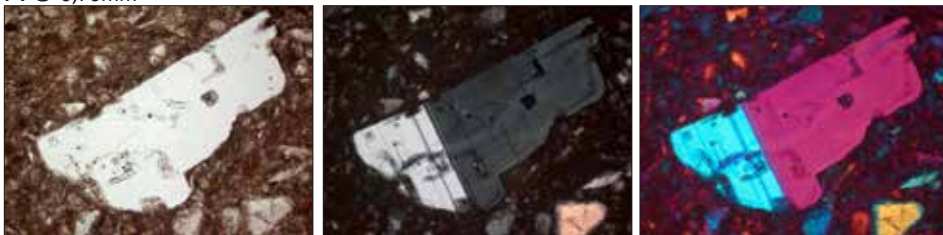
A-1 0,28mm



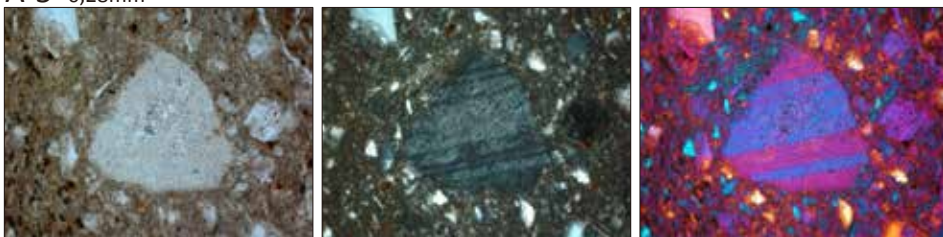
A-2 0,28mm



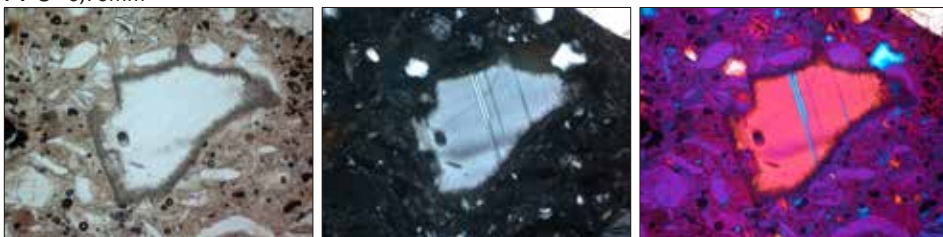
A-3 0,70mm



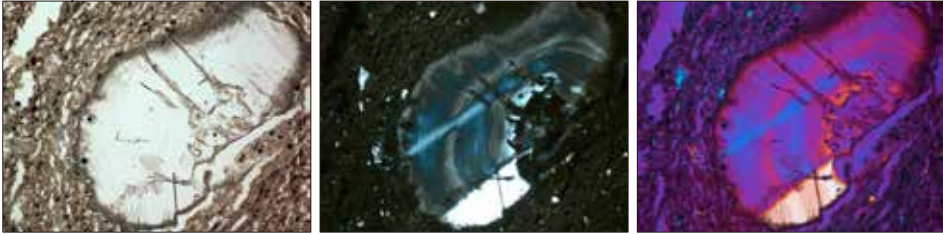
A-5 0,28mm



A-6 0,70mm



A-7 0,70mm



A-8 0,28mm



Plate 18: Photomicrographs of plagioclase clasts in sherds of Sue ware. (1/3)

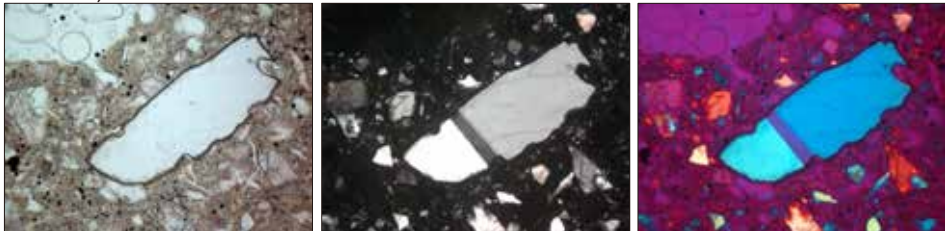
A-9 0,70mm



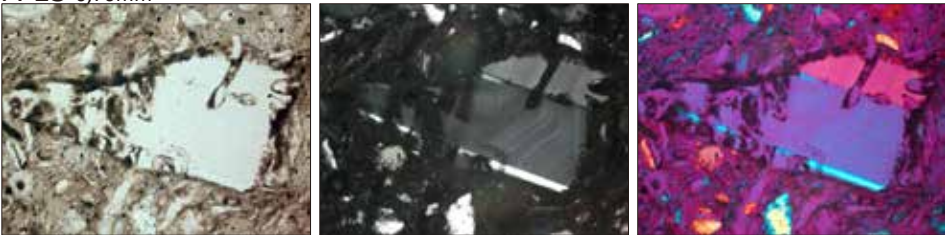
A-10 0,70mm



A-11 1,40mm



A-13 0,70mm



A-14 0,28mm



A-15 0,28mm



A-16 0,70mm

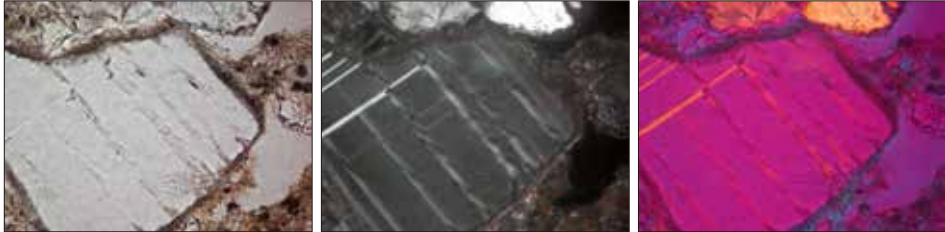


Mineralogical Analyses

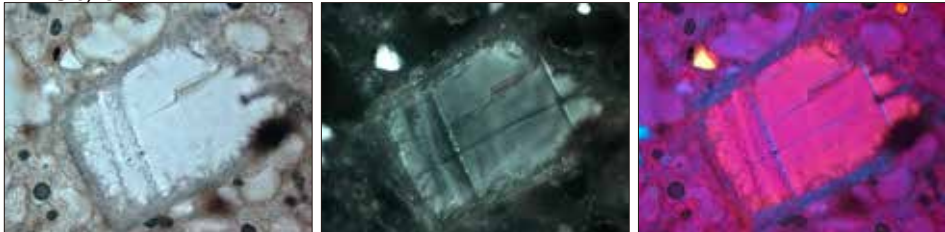
A-18 0,28mm



A-19 0,28mm



A-20 0,28mm



A-21 0,70mm



A-22 0,28mm

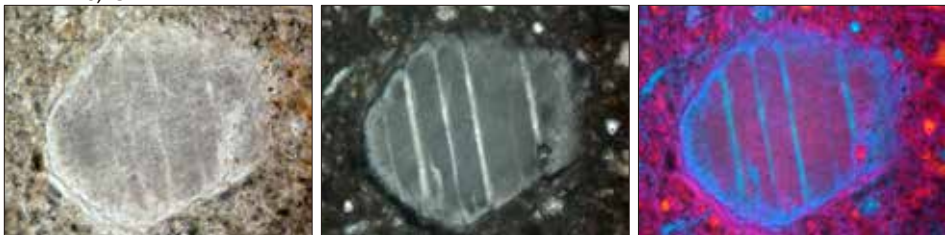


Plate 18 (3/3)

A1 0,70mm



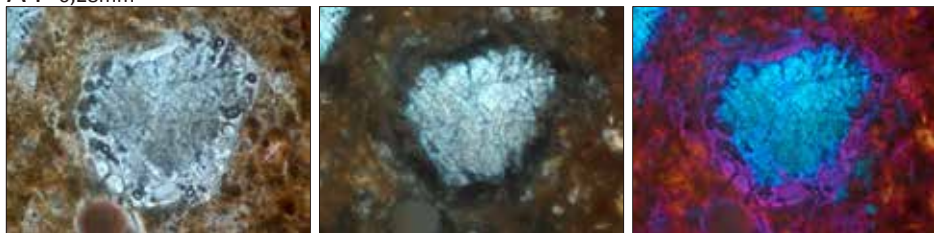
A2 0,28mm



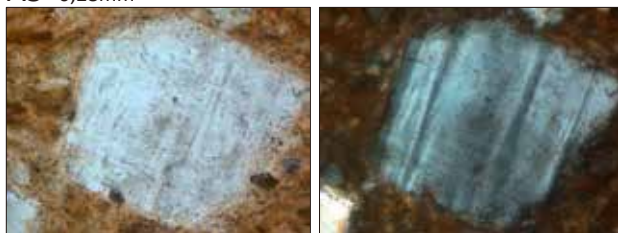
A3 0,70mm



A4 0,28mm



A5 0,28mm



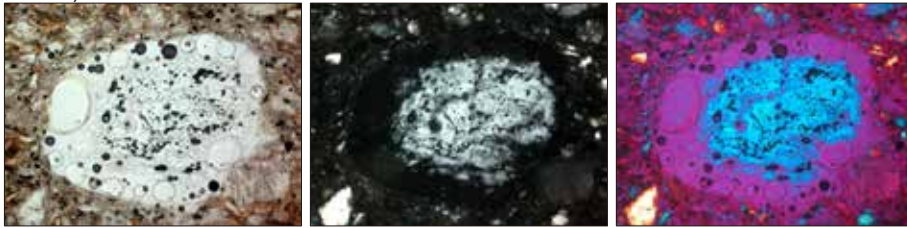
A7 0,70mm



Plate 19: Photomicrographs of alkali feldspar clasts in sherds of Sue ware. (1/3)

Mineralogical Analyses

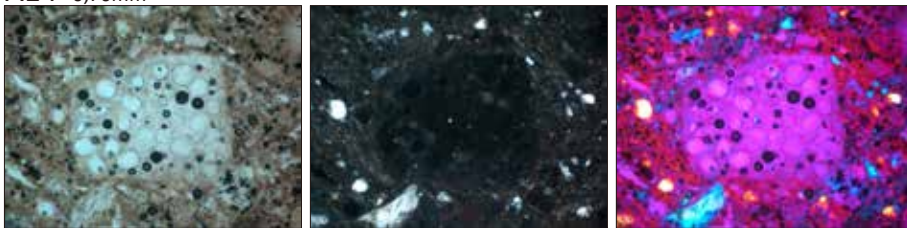
A12 0,70mm



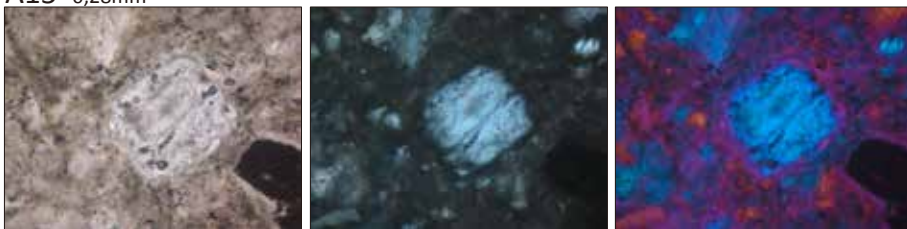
A13 0,70mm



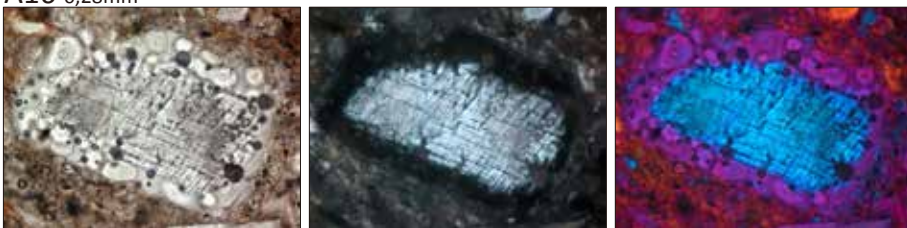
A14 0,70mm



A15 0,28mm



A16 0,28mm

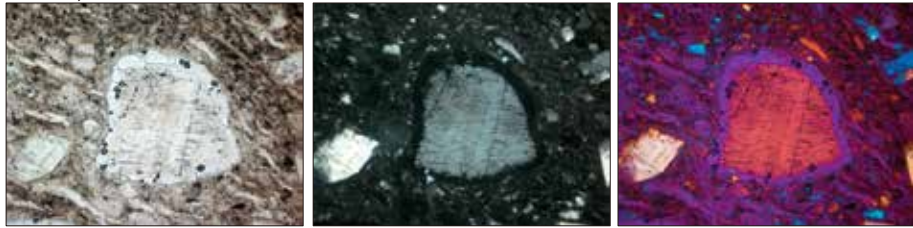


A17 0,70mm

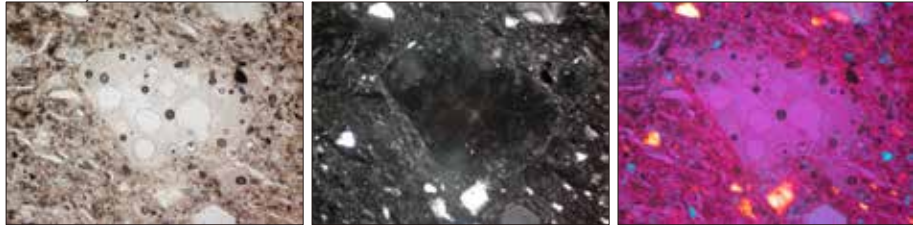


Plate 19 (2/3)

A18 0,70mm



A19 0,70mm



A20 0,28mm



A22 0,28mm



Plate 19 (3/3)

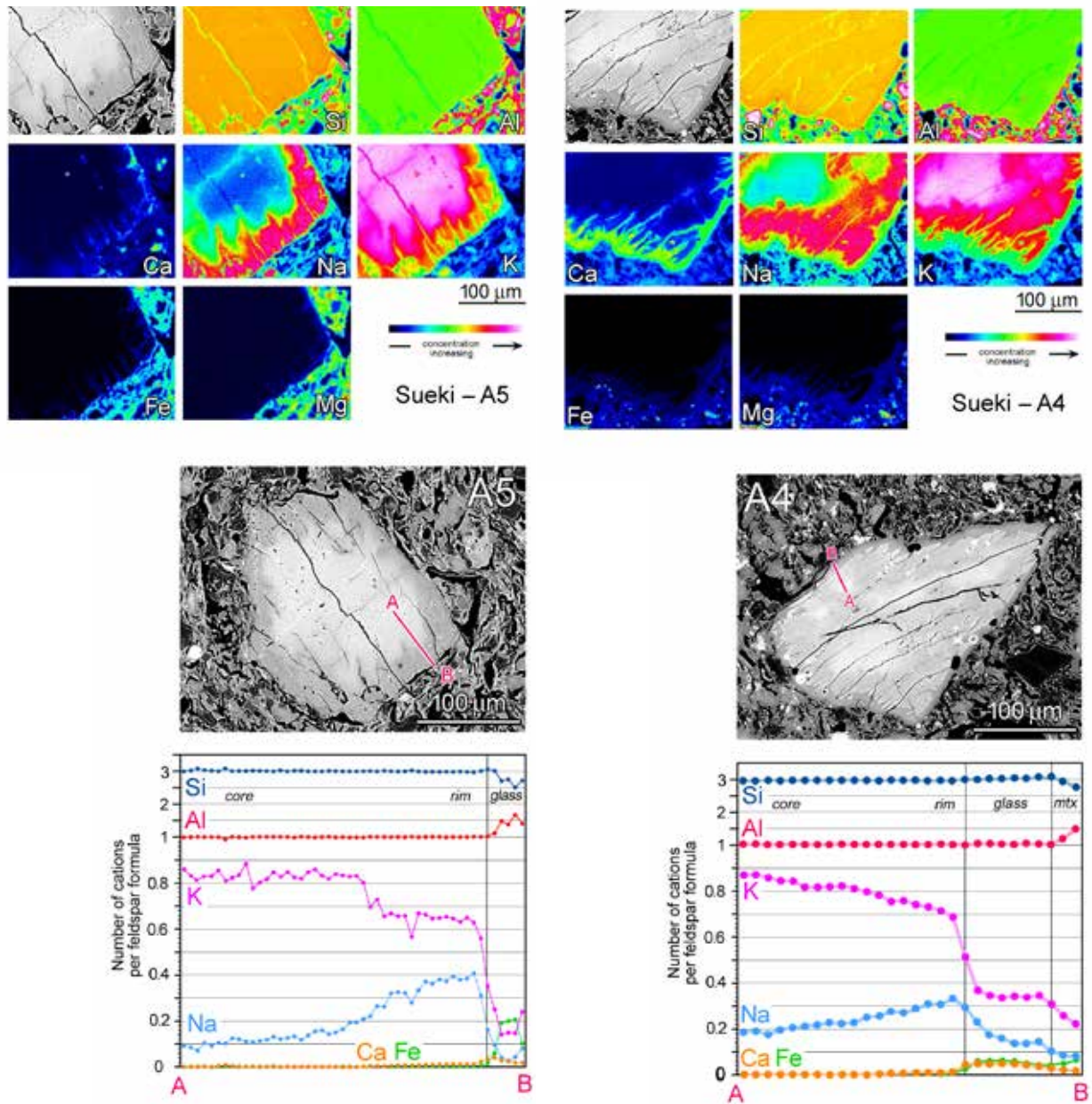


Plate 20 A-B: (A) X-Ray maps and concentration profile of incipiently melted K-feldspar clast in feebly vitrified Sue ware (sherd A-5). (B) X-Ray maps and concentration profile of incipiently melted K-feldspar clast in feebly vitrified Sue ware (sherd A-4).

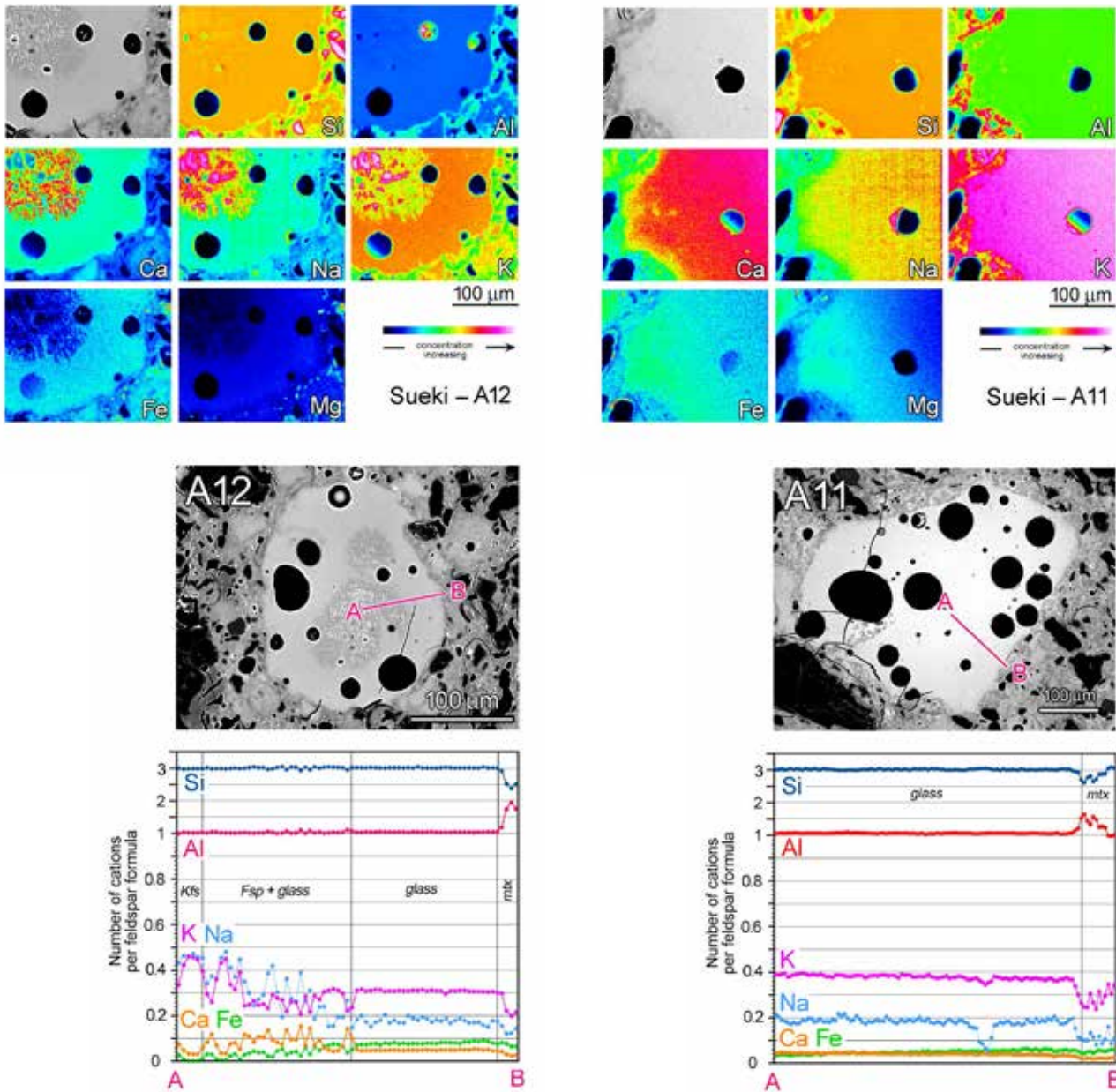


Plate 20 C-D: (C) X-Ray maps and concentration profile of largely melted K-feldspar clast in highly vitrified Sue ware (sherd A-12). (D) X-Ray maps and concentration profile of completely melted K-feldspar clast in highly vitrified Sue ware (sherd A-11).

III. 4 芝原遺跡・諏訪牟田遺跡出土土師器の岩石学的分析

鐘ヶ江賢二

III. 4. 1 はじめに

土器の生産と流通、消費をトレースするには、考古学的分析とともに、土器の化学組成や鉱物組成に関するデータを蓄積させることが必要である。須恵器の場合、窯跡が検出されれば、生産地である窯跡出土土器の化学組成に基づき、土器の生産と流通を具体的にトレースすることが可能となる。これまで、須恵器の生産と流通は、三辻利一による研究が代表的なものであり、蛍光 X 線分析によって、各地の窯跡の化学組成のデータの蓄積が進展している（三辻 1983・2013 ほか）。しかし、須恵器は高温で焼成されており、胎土に含まれる鉱物は溶けて変質し微細な鉱物はガラス化することから、材料採取地付近の土壌の性質や由来を示す鉱物組成の把握に関しては課題が残る。

一方、土器の鉱物学的視点からの研究は、縄文土器を中心に多くの研究が蓄積されてきている。本稿ではすべての研究を紹介することができないが、南九州では、偏光顕微鏡による鉱物組成の分析から、沖縄・奄美諸島と九州本土との交流について検討が進められている（上田ほか 2009；矢作ほか 2009）。また筆者も、種子島の藤平小田遺跡出土縄文土器の岩石学的分析から、種子島での縄文土器の生産および本土側からの移動について論じた（鐘ヶ江 2012a）。

土器の移動という視点以外にも、材料の選択や調整、混和材技術に対するアプローチもあり、成川式土器の鉱物学的研究を行ったマリア・シノトウとラーデгент・ホップバウアーの研究が挙げられる（シノトウ・ホップバウアー 2000）。マリア・シノトウらの研究では、成川式土器の胎土の肉眼観察および化学組成分析と、遺跡周辺で採取した粘土や砂との比較から、混和材技術、器種に応じたスリップ技術などについて検討が行なわれている。なお、混和材技術の観点では、タイの民族事例や製作実験から筆者も縄文土器・弥生土器の混和材技術について言及している（鐘ヶ江 2012b）。

須恵器と同じ時期の土師器は、須恵器ほど高温焼成ではなく、微細な鉱物も残存していることが多いため、鉱物組成を把握することは可能であると考えられる。窯跡近辺の遺跡から出土した土師器の岩石学的分析は、生産と流通、製作技術とともに、窯跡出土須恵器の材質を推測するうえでも、何らかの手がかりとなるかもしれない。

そこで、本稿では中岳窯跡群の近隣の遺跡で出土した古代の土師器の岩石学的分析を実施することで、古代土師器の生産・流通体系を追究するとともに、混和材や焼成温度、中岳窯跡産の須恵器との関係についてもふれつつ、若干の考察を行いたい。

III. 4. 2 分析方法

本稿では、中岳窯跡の近隣の南さつま市金峰町に所在する芝原遺跡と諏訪牟田遺跡で出土した土師器を分析の対

Table 16 分析対象の土器

遺跡	No.	注記	遺跡	No.	注記
芝原	18	SHB01D-28 大溝 6157	諏訪牟田	5	ノセスム II 108
芝原	19	SHB01CD-21 大溝 7587	諏訪牟田	6	ノセスム II 41660
諏訪牟田	1	ノセスム	諏訪牟田	7	ノセ SM T18 I
諏訪牟田	2	ノセスム	諏訪牟田	8	ノセスム II 21357
諏訪牟田	3	ノセスム	諏訪牟田	9	ノセスム II 24263
諏訪牟田	4	ノセスム	諏訪牟田	10	ノセスム II 21329

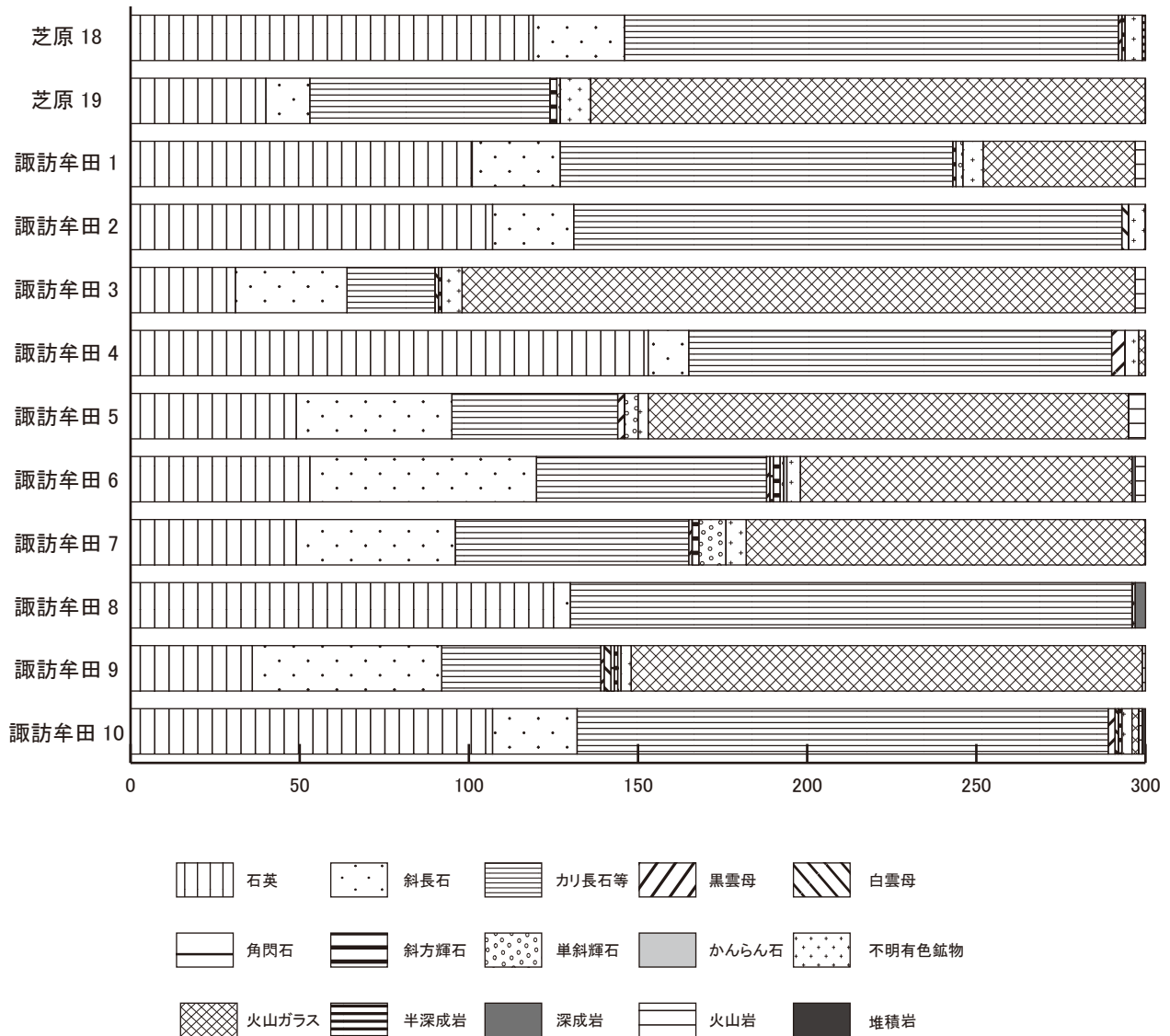


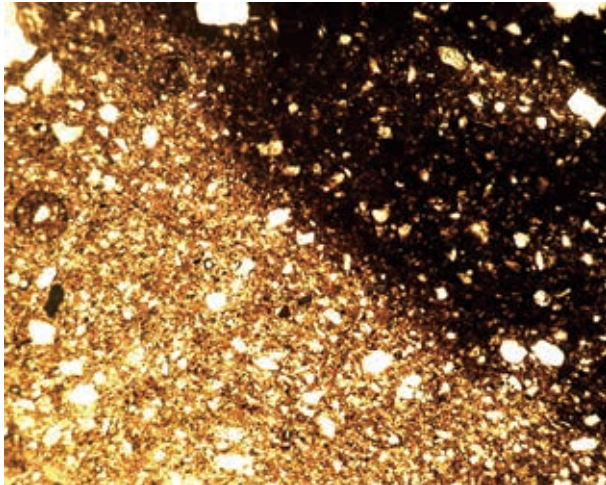
Fig. 61 芝原遺跡・諏訪牟田遺跡出土土師器の鉱物組成

象とした。分析には鹿児島国際大学の偏光顕微鏡を用いた。分析試料は、土器片の上下断面に沿って切断し、表面を研磨した後、スライドガラスに接着させ研磨し 0.03mm の厚さの薄片を作成し、偏光顕微鏡下で観察を行った。接眼レンズに 0.1mm 単位のメッシュを設定し、100 倍下で計測可能な主要な鉱物をポイント・カウンティング法によって合計 300 点に達するまで計測し、鉱物組成をグラフに示した (Fig. 61)。なお、褐鉄鉱類や有機物等は基質に含まれることがあるが、計測が難しい状態のものが多いため本論では計測から外している。

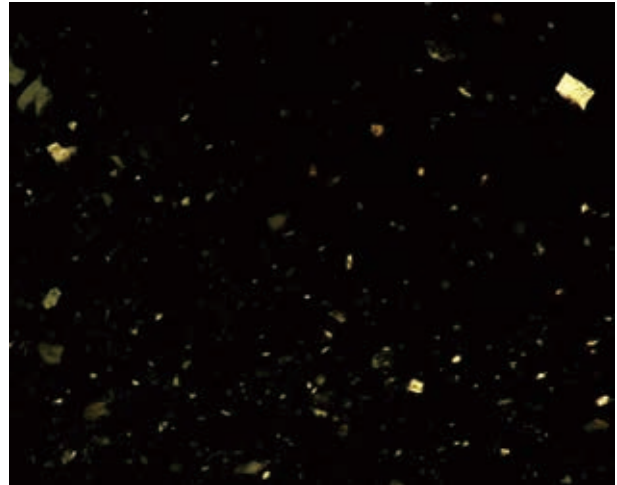
III. 4.3 分析結果

分析対象の土器は、Table 16 に示したとおりである。芝原遺跡と諏訪牟田遺跡で出土した土器には、いずれも鉱物組成の異なる複数の胎土の土器が含まれることが把握された (Table 17・Fig. 61)。

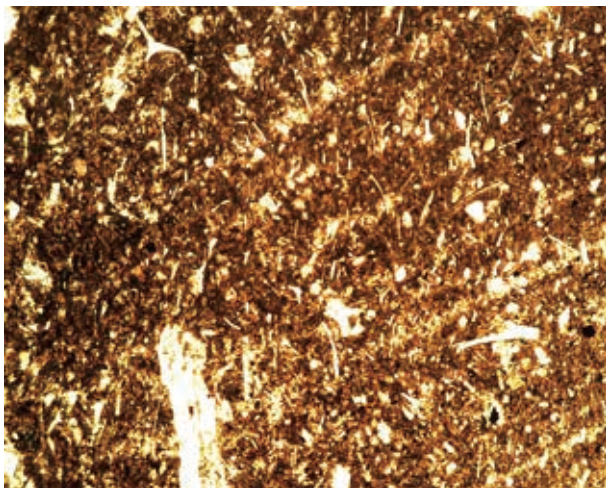
まず芝原遺跡の 2 点は、それぞれ鉱物組成が異なっている。No.18 は、石英や長石類が大半を占め、火山ガラスなど火山噴出物はほとんどみられない。半深成岩とみられる岩石片も含まれる。一方、No.19 は、火山ガラスが多く含まれ、輝石類が少量確認される。火山噴出物に強く影響を受けた地質環境で採取された材料であることが推



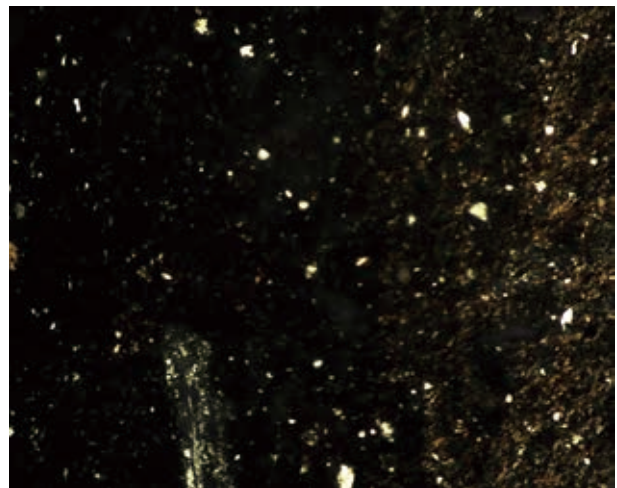
芝原 No.18 開放ニコル
微細な粒子が多い。基質はガラス化が認められる



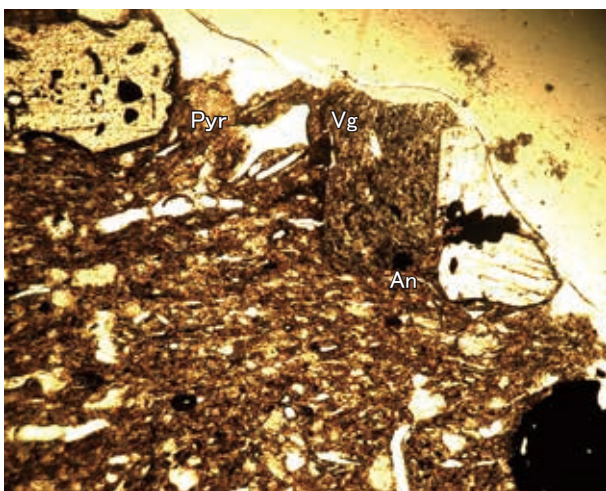
芝原 No.18 直交ニコル



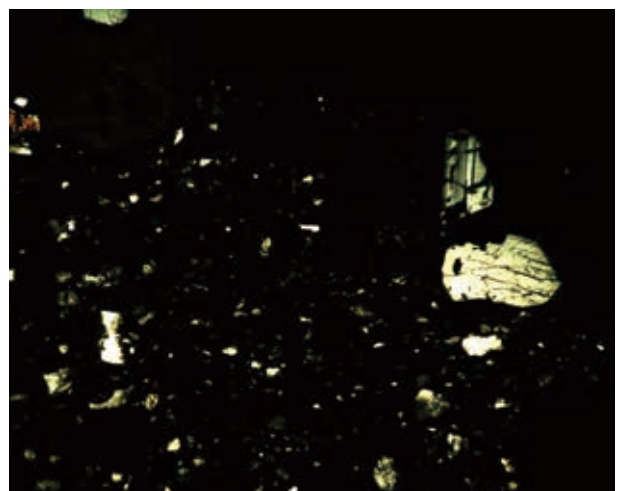
芝原 No.19 開放ニコル
微細な火山ガラスが多く含まれる。基質はガラス化が認められる。



芝原 No.19 直交ニコル



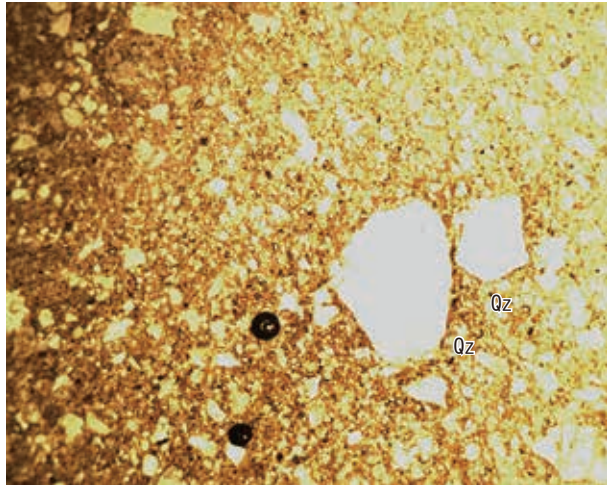
諏訪牟田 No.1 開放ニコル
安山岩粒子、輝石類、火山ガラス粒子が確認される。基質はガラス化が認められる



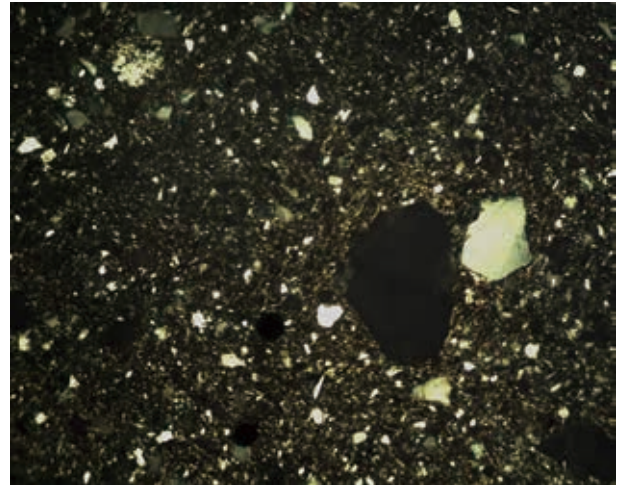
諏訪牟田 No.1 直交ニコル

Fig. 62 芝原遺跡・諏訪牟田遺跡出土土師器の偏光顕微鏡写真 (写真長辺約 2.0 mm)

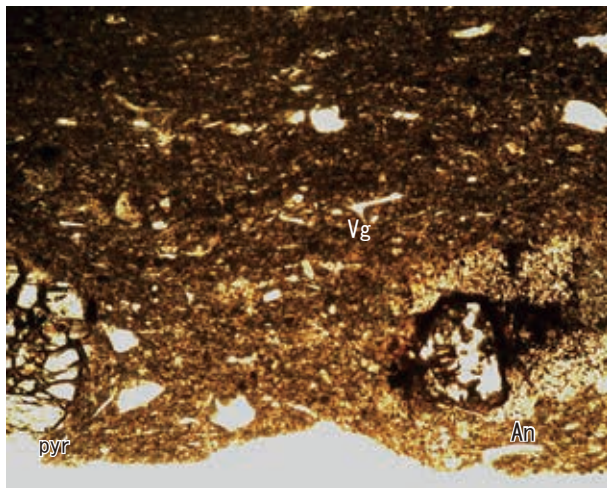
Pyr: 輝石 Vg: 火山ガラス An: 安山岩



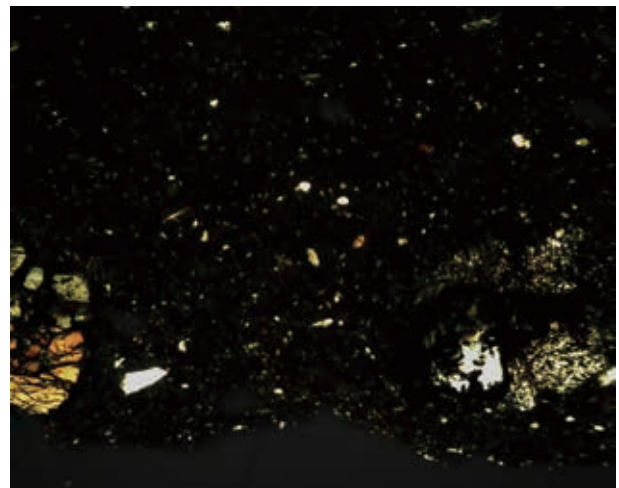
諏訪牟田 No.2 開放ニコル
石英・長石類が多く、火山ガラスや有色鉱物はあまりみられない



諏訪牟田 No.2 直交ニコル



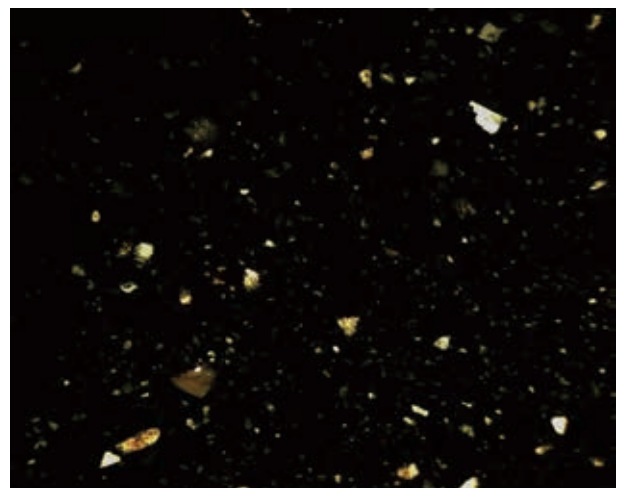
諏訪牟田 No.3 開放ニコル
安山岩や輝石、火山ガラスが確認でき、基質はガラス化している



諏訪牟田 No.3 直交ニコル



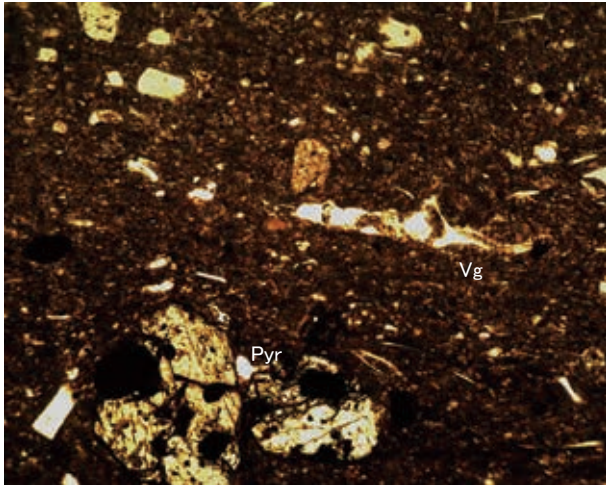
諏訪牟田 No.4 開放ニコル
微細な石英・長石類が多く、火山ガラスや有色鉱物はあまりみられない



諏訪牟田 No.4 直交ニコル

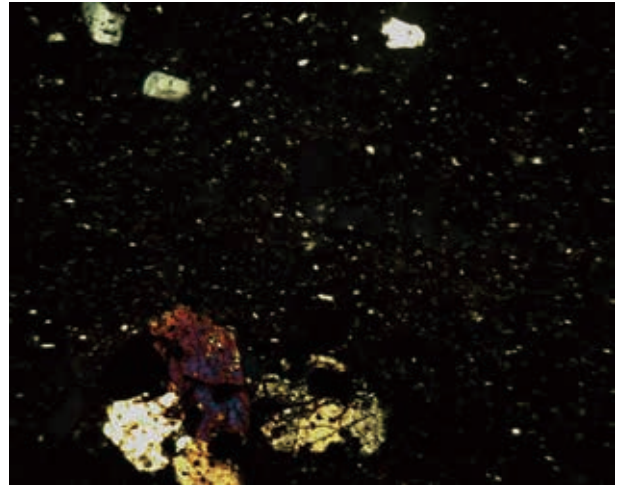
Fig. 63 諏訪牟田遺跡出土土師器の偏光顕微鏡写真 (写真長辺約 2.0 mm)

Pyr: 輝石 Yg: 火山ガラス An: 安山岩

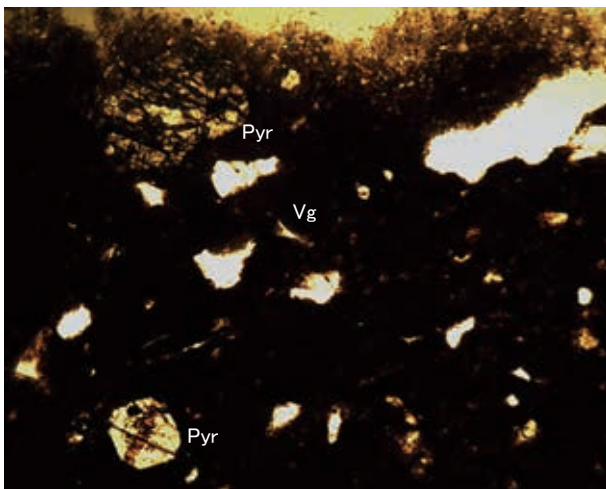


諏訪牟田 No.5 開放ニコル

細かな火山ガラス、輝石粒子が確認できる。基質はガラス化が認められる

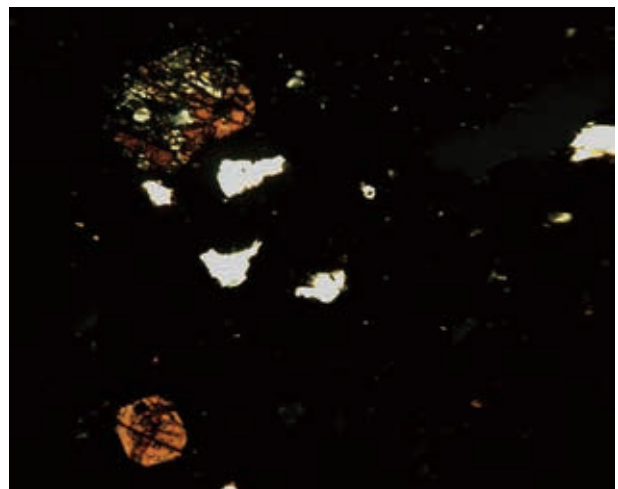


諏訪牟田 No.5 直交ニコル

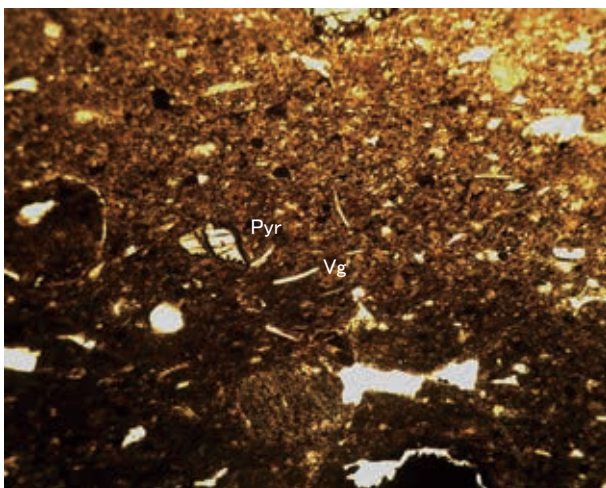


諏訪牟田 No.6 開放ニコル

斜長石、輝石、火山ガラスが確認できる



諏訪牟田 No.6 直交ニコル



諏訪牟田 No.7 開放ニコル

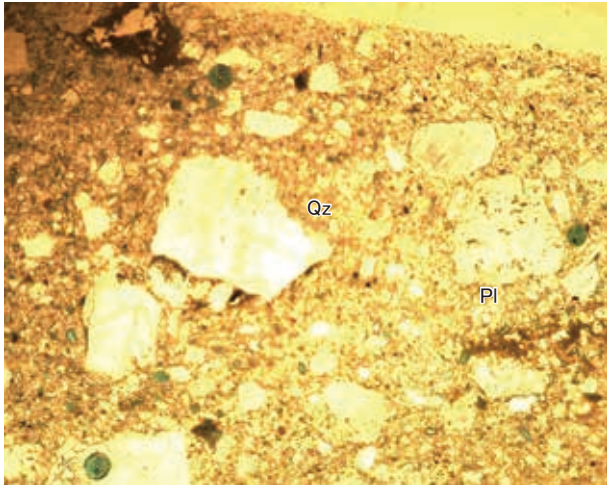
斜長石、輝石、火山ガラスが確認できる



諏訪牟田 No.7 直交ニコル

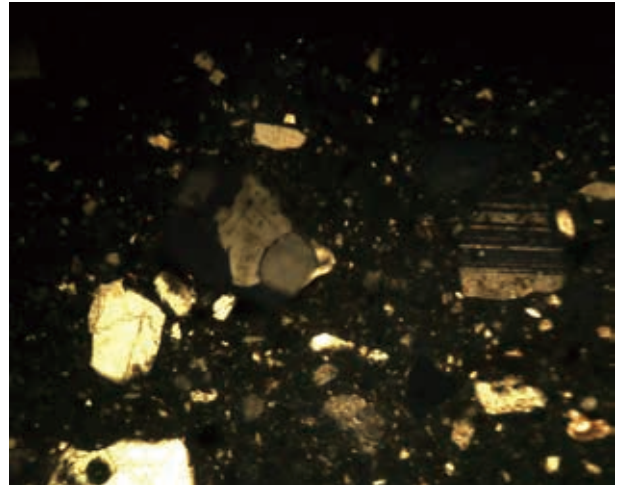
Fig.64 諏訪牟田遺跡出土土師器の偏光顕微鏡写真（写真長辺約 2.0 mm）

Pyr: 輝石 Vg: 火山ガラス An: 安山岩

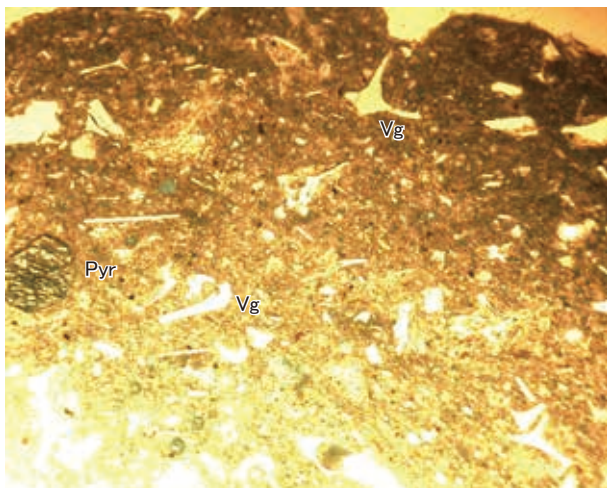


諏訪牟田 No.8 開放ニコル

石英や長石類など、花崗岩由来とみられる粒子が多い。基質はガラス化している

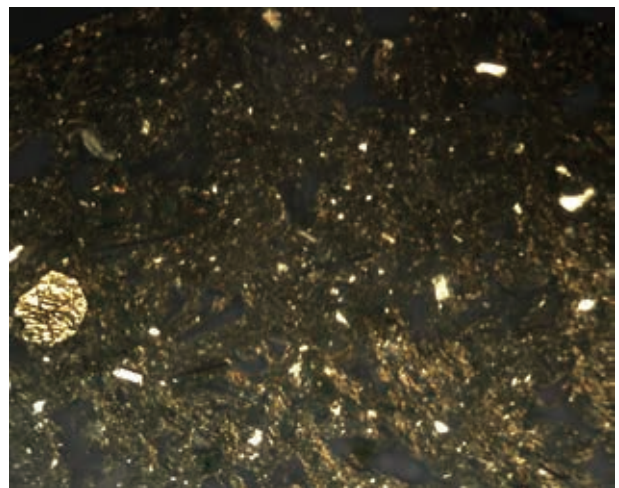


諏訪牟田 No.8 直交ニコル

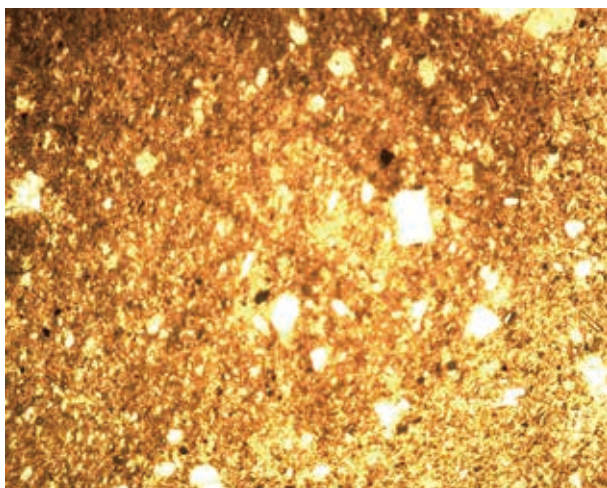


諏訪牟田 No.9 開放ニコル

火山ガラスが多く、輝石も少量含まれる

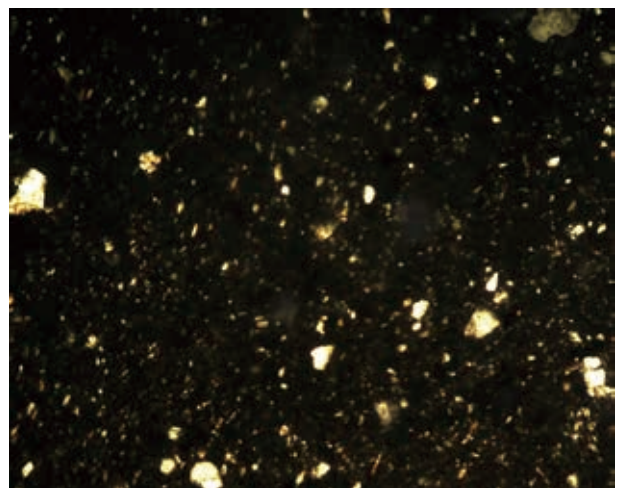


諏訪牟田 No.9 直交ニコル



諏訪牟田 No.10 開放ニコル

石英や長石類が多い。基質はガラス化している



諏訪牟田 No.10 直交ニコル

Fig. 65 諏訪牟田遺跡出土土師器の偏光顕微鏡写真(写真長辺約 2.0 mm)

Pyr: 輝石 Yg: 火山ガラス An: 安山岩

Table 17 芝原遺跡・諏訪牟田遺跡出土土師器の鉱物組成

	石英	斜長石	カリ長石	黒雲母	白雲母	角閃石	斜方輝石	単斜輝石	かんらん石	不明有色鉱物	火山ガラス	半深成岩	深成岩	火山岩	堆積岩
芝原 18	119	27	146	1	0		1	0	0	5	0	1	0	0	0
芝原 19	40	13	71	0	0	0	2	1	0	9	164	0	0	0	0
諏訪牟田 1	101	26	116	0	0	0	1	2	0	6	45	0	0	3	0
諏訪牟田 2	107	24	162	0	2	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
諏訪牟田 3	31	33	26	0	1	0	1	0	0	6	199	0	0	3	0
諏訪牟田 4	153	12	125	4	0	0	0	0	0	4	2	0	0	0	0
諏訪牟田 5	49	46	49	2	0	0	0	4	0	3	142	0	0	5	0
諏訪牟田 6	53	67	68	1	0	1	2	1	1	4	98	0	1	3	0
諏訪牟田 7	49	47	69	1	0	0	2	8	0	6	118	0	0	0	0
諏訪牟田 8	125	5	166	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0
諏訪牟田 9	36	56	47	1	2	1	1	1	0	3	151	0	0	1	0
諏訪牟田 10	107	25	157	2	1	0	1	0	0	3	2	0	0	1	1

測される。

諏訪牟田遺跡については、同様に複数の鉱物組成が確認される。火山ガラスなど火山噴出物がほとんどふくまれず、石英や長石類が中心となる花崗岩類に由来する胎土をもつのは、No.2, No.4, No.8, No.10が挙げられる。No.8には、花崗岩に由来とみられる石英・長石が複合した他形の粒子が確認される。No.4と10は、黒雲母が含まれるが、同時に火山ガラスもわずかに確認される。

一方、火山ガラスなど火山噴出物に由来すると推測され、輝石類をはじめとする有色鉱物や軽石、安山岩や玄武岩など火山岩粒子も含まれる胎土は、No.1, 3, 5, 6, 7, 9である。No.1には、玄武岩とみられる粒子がみとめられる。No.3と5には、安山岩や軽石粒子が確認される。ただし、No.3には白雲母、No.6には黒雲母や深成岩粒子が含まれる。火山ガラスなど火山噴出物を主体としつつも、花崗岩類に由来する粒子も含まれ、複数の異なる岩石の影響も見て取れる。

なお、今回観察した芝原遺跡と諏訪牟田遺跡出土土師器のうち、芝原のNo.18と諏訪牟田No.2では基質にセリサイトなど微細な粘土鉱物が比較的残存するが、ほかには基質のガラス化が認められる。ガラス化は、高温にともなう粘土鉱物のガラス化を促進する褐鉄鉱類などの物質が含まれている場合、900℃から1100℃程度でみられる(Rice1987)。本稿で分析した土師器は、石英や長石、有色鉱物が残存しており、ムライトなど1100℃を超える温度で生成される鉱物はみられないことから、1000℃を大きく超える温度で焼成されたとは考えにくい。土師器は900℃程度で焼成された可能性を想定しておきたい。また、全体的に1mmを超える粗い粒子が少なく緻密で精良な胎土であり、大粒の粒子は長辺が0.3mm～0.5mm程度のものが多い。また大粒の粒子と、それ以下の微細な粒子との間の鉱物種の違いはみられない。したがって、混和材技術に関して、調整段階で粘土に何らかの混和がなされた可能性はあるものの、基質と異質な粒子を混ぜたのではなく、基本的に類似した地質環境で材料が採取され調整が行われたと推測される。

III. 4.4 考察

以上の分析結果をもとに、若干の考察を行いたい。芝原遺跡と諏訪牟田遺跡では、いずれも複数の鉱物組成が看取されることから、土器の消費地として複数の産地の土器が流入し、消費されたと推測される。大きくみると、花崗岩類の代表される深成岩に由来する胎土と、火山噴出物に由来する胎土との2種類に分かれ、両遺跡に2種類の異なる材質の土器が持ち込まれたと判断される。

これらの異なる材質の土師器について、材料の採取地、製作地は現状では特定できないが、花崗岩など深成岩に由来する組成を持つ胎土に関して、芝原遺跡・諏訪牟田遺跡の所在する薩摩半島近くで製作されたとすれば、候補

としては中岳に近接する金峰山一帯が候補として挙げられる。薩摩半島南部には、新第三紀中生代中期の花崗岩が四万十層群を貫いて部分的に分布する（大庭 1990）。金峰山にも、花崗岩が小規模ながら分布を示しており、石英や長石を主体とする胎土は、金峰山の花崗岩類に由来する可能性もある。ただし、金峰山など南薩地域で確認される花崗岩類は小規模な岩体であり、これらの花崗岩に由来する土壌が、土器製作の材料として安定した供給源となりえたかは判然としない。大隅半島では花崗岩が広く分布しており、花崗岩に由来する胎土は、大隅半島からの搬入の可能性も含めた検討が必要である。

また、火山噴出物や火山岩を含む胎土の存在は、鹿児島県本土を広く覆うシラスに代表される火砕流堆積物とともに、安山岩や玄武岩なども分布する地域での材料採取の可能性を示す。四万十層群を貫く鮮新世から中新世の安山岩類は、薩摩半島南部で多く分布しており、野間半島や笠沙町近辺、穎娃町、指宿市、知覧町などで確認される（浦島 1990）。これらの安山岩が分布する地域から、材料が採取された可能性がある。

なお、中岳窯跡群の位置する中岳は、四万十層群の堆積岩を基盤とし、その上に火砕流堆積物が覆う構造を呈するが、本稿で分析した芝原遺跡・諏訪牟田遺跡の胎土には、火山噴出物に由来する粒子は確認されるものの、堆積岩に由来する粒子はあまりみられない。今回の分析からは、中岳山麓の土壌と土師器の胎土との直接的な関連性は認められず、本稿の分析結果は、土師器と須恵器とは異なる生産と流通体系を持っていたことも示唆するのかもしれない。ただし、土師器と須恵器の化学組成の比較も含めて、今後検討を深めてゆく必要がある。

文献

- 鐘ヶ江賢二 2012a 「種子島における縄文土器生産についての予察—藤平小田遺跡出土土器の岩石学的分析から—」『鹿児島考古』42：69-76
- 鐘ヶ江賢二 2012b 「土器の混和材技術の検討—現代タイの事例および製作実験との比較をつうじて—」『平成 25 年度鹿児島県考古学会総会・研究発表会』
- 三辻利一 1983 『古代土器の産地推定法』ニューサイエンス社
- 三辻利一 2013 『新しい土器の考古学』同成社
- 大庭 昇 1990 「深成岩および半深成岩類」『鹿児島県の地質』pp. 50-56 鹿児島県地質図編集委員会
- Rice, P. M. 1987 Pottery Analysis: A Sourcebook. Chicago: University of Chicago Press.
- シノトウ . M・ホップバウアー . R 2000 「鹿児島県吹上町辻堂原遺跡の成川式土器の鉱物学的研究」『人類史研究』12：91-104
- 上田圭一・矢作健二・橋本真紀夫 2009 「琉球列島の土器胎土分析研究—沖縄県下の土器胎土分析とその効果」『南島考古』28：83-94
- 浦島幸世 1990 「火山岩」『鹿児島県の地質』pp. 57-62 鹿児島県地質図編集委員会
- 矢作健二・橋本真紀夫・前迫亮一・江坂輝彌・新東晃一・小田静夫 2009 「土器の胎土分析からみた九州と琉球列島の人間活動—縄文時代前期・曾畑式土器を中心として—」『南の縄文・地域文化論考』下巻 pp. 127-140

III.5 Report of the X-ray examinations and sampling extraction from a kiln wall

English summary of the protocol in German from 24 September 2014 by
M. Shinoto

Holger Becker, Georg Hartke, Ute Knipprath

Introduction

The sample arrived on the 20 August 2014 at the LVR-Landesmuseum Bonn in fresh condition; there were no signs of damage from transport or microbial contamination. As a result of a consultation between G. Hartke (restorer at the museum), U. Knipprath (head of restoration at the museum) and R. Hoffbauer (mineralogist, Bonn University) it was decided to examine the sample as a whole under the X-ray device of the museum and proceed according to these findings with exposure of the kiln wall and sample extraction.

Radiological examination

The radiological examinations were conducted by H. Becker, restorer at the LVR-Museum at the museum's radiological laboratory. It offers 5–225 KV, a maximum tube current of 50 mA, and a maximum tube power of 1600 W. The object under investigation can be positioned variably, and the direction of the radiation beam can be adjusted up to 60°. The whole process can be observed on a video monitor and is recorded on a computer with image processing software.

The orientation of the object (outer and inner side) had to be decided for radiological investigation of the yet unpacked object; height, width, and depth were then measured as 10cm, 15cm, 15cm respectively. The view from top down produced best results with 40 KV, 15 mA, while the view from the sides needed 60 KV, 10 mA.

Main results can be summarized as follows:

- Seen from top, several layers seem to cover each other.
- A view from the side exposes a line dividing the cross section of the kiln wall into a darker inner section and a lighter outer section.
- Larger cavities – remains of organic structure that might have been used for the kiln construction – could not be detected.
- A view from the side showed shadows that resemble the form of a layered arc, presumably the form of the kiln wall/ceiling.

Exposure and extraction of samples

Exposure and extraction of smaller samples was conducted by G. Hartke; the whole process was recorded on a map taken from the radiological images, verbal descriptions and photographs according to the “Rheinisches Stellensystem”. The main results of the observation are as follows.

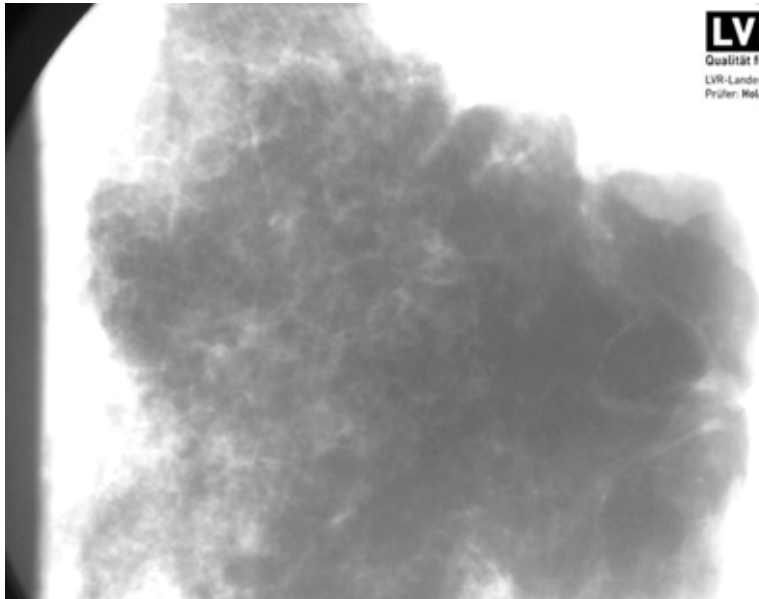


Fig. 66: X-ray image from top to bottom; various layers cover each other (40 KV/15 mA).

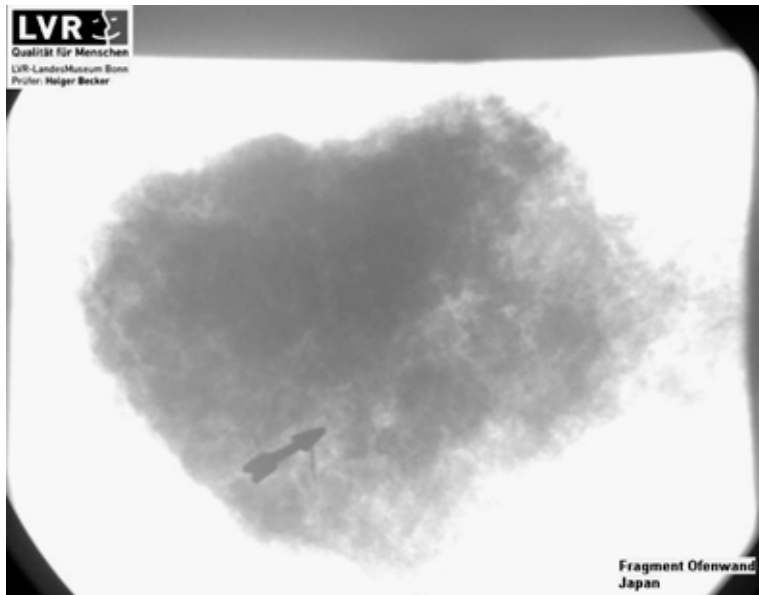


Fig. 67: X-ray image from the side; the dark regions on the inner side indicate hard material and higher density; the arrow shows the dividing line (60 kV/ 10 mA).

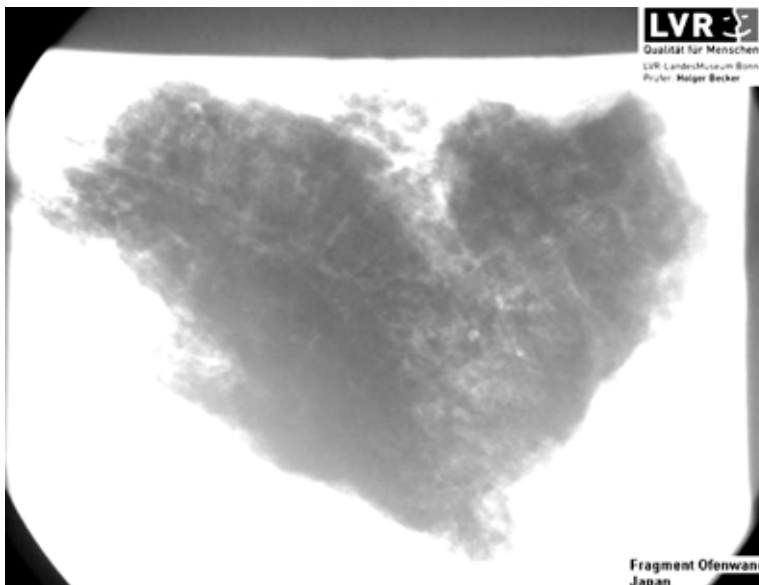


Fig. 68: Layered shadows presumably following the arc of the wall or ceiling (60 kV/ 10mA).



Fig. 69: The sample at the beginning of the exposure process. Separation of the darker inner layers (left) and the lighter outer layers (right).



Fig. 70: Traces of organic matter used as temper.

- The outer layers show a light reddish to brown colour, they are soft and unconsolidated.
- To the inner side the layers become darker, brown and slightly harder. Their colours change to greyish brown in dry state.
 - These layers hold organic temper material, presumably straw or grass chaff.
 - No orientation or structure of the organic matter can be observed.
- Layers get darker and harder the closer they come to the inner side of the kiln wall.
 - About 8.5–9.5 cm from the outside the sample is so hard that it can only be treated with hammer and knife when in dry state.
 - At the inner side, about 11–12cm from the outside, an extremely hard, black layer of slag existed.
 - The increasing hardness of the layers may be the result of increasing vitrification.
 - In contrast to the radiological observation, the layers feel like a continuum rather than several distinct layers.
- If there are distinct layers, traces may be found in one specific sample (sk13P6).
- The traces of organic matter vary from the outside to the inside:
 - Plant remains – hollow spaces – carbonized remains.
 - Among other samples, one sample (6P2) was taken from the plant remains.

Closing remarks

The examinations were finished on 23 September 2014; remains of the kiln wall sample, the extracted samples and the records were handed over to R. Hoffbauer in order to proceed with mineralogical analyses.

The report lists several measures for collecting and preserving further samples in the course of following excavations, and recommendations concerning sampling and sample size for radiological examinations.

III. 6 中岳山麓窯跡群における放射性炭素年代測定

株式会社 古環境研究所

1 はじめに

放射性炭素年代測定は、光合成や食物摂取などにより生物体内に取り込まれた放射性炭素 (^{14}C) の濃度が、放射性崩壊により時間とともに減少することを利用した年代測定法である。樹木や種実などの植物遺体、骨、貝殻、土壌、土器付着炭化物などが測定対象となり、約5万年前までの年代測定が可能である(中村,2003)。

2 試料と方法

次表に、測定試料の詳細と前処理・調整法および測定法を示す。

試料No.	採取箇所	種類	前処理・調整法	測定法
No. 1	荒平第2支群, Cトレンチ 灰原	炭化物	超音波洗浄, 酸-アルカリ-酸処理	AMS

3 測定結果

加速器質量分析法(AMS: Accelerator Mass Spectrometry)によって得られた ^{14}C 濃度について同位体分別効果の補正を行い、放射性炭素 (^{14}C) 年代および暦年代(較正年代)を算出した。次表にこれらの結果を示し、Fig. 71 に暦年較正結果(較正曲線)を示す。

試料名	測定No. (Beta-)	未補正 ^{14}C 年代 (年 BP)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	^{14}C 年代 (年 BP)	暦年代(較正年代) 2 σ : 95%確率
No. 1	402452	1170 \pm 30	-24.6	1180 \pm 30	Cal AD 770 ~ 900, 925 ~ 945

BP: Before Physics, Cal: Calibrated, AD: 西暦

(1) 未補正 ^{14}C 年代

試料の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比から、単純に現在(AD1950年)から何年前かを計算した値。 ^{14}C の半減期は5,730年であるが、国際的慣例により Libby の5,568年を用いている。

(2) $\delta^{13}\text{C}$ 測定値

試料の測定 $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比を補正するための炭素安定同位体比 ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$)。この値は標準物質(PDB)の同位体比からの千分偏差(‰)で表す。試料の $\delta^{13}\text{C}$ 値を -25(‰) に標準化することで同位体分別効果を補正している。

(3) ^{14}C 年代

$\delta^{13}\text{C}$ 測定値により同位体分別効果を補正して算出した年代。暦年代較正にはこの年代値を使用する。

(4) 暦年代(Calendar Years)

^{14}C 年代値を実際の年代値(暦年代)に近づけるには、過去の宇宙線強度や地球磁場の変動による大気中 ^{14}C 濃度の変動、および ^{14}C の半減期の違いを較正する必要がある。暦年代較正には、年代既知の樹木年輪の詳細な ^{14}C 測定値、サンゴの U/Th 年代と ^{14}C 年代の比較、および湖の縞状堆積物などの検討により作成された較正曲線(IntCal 13)を使用した。暦年代は、 ^{14}C 年代値の偏差の幅を較正曲線に投影した年代の幅を表し、ここでは信頼限界2 σ (95%確率)で示した。較正曲線が不安定な年代では、複数の値が表記される場合もある。

4 所見

加速器質量分析法(AMS)による放射性炭素年代測定の結果、No. 1 では 1180 \pm 30年 BP (2 σ の暦年代で AD 770 ~ 900, 925 ~ 945年)の年代値が得られた。

CALIBRATION OF RADIOCARBON AGE TO CALENDAR YEARS

(Variables: C13/C12 = -24.6 ‰; lab. mult = 1)

Laboratory number	Beta-402452
Conventional radiocarbon age	1180 ± 30 BP
2 Sigma calibrated result 95% probability	Cal AD 770 to 900 (Cal BP 1180 to 1050) Cal AD 925 to 945 (Cal BP 1025 to 1005)
Intercept of radiocarbon age with calibration curve	Cal AD 780 (Cal BP 1170) Cal AD 785 (Cal BP 1165) Cal AD 880 (Cal BP 1070)
1 Sigma calibrated results 68% probability	Cal AD 775 to 850 (Cal BP 1175 to 1060)

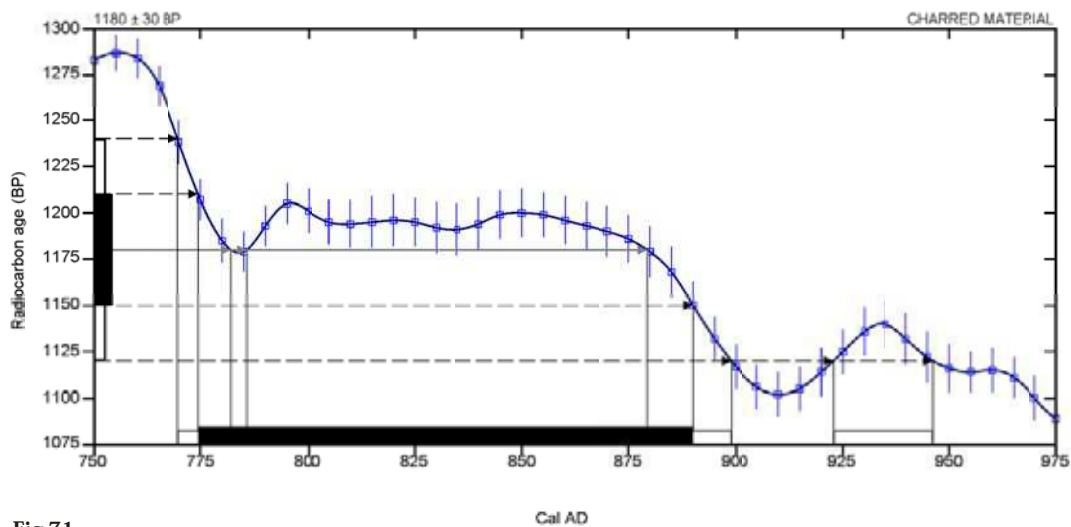


Fig.71

Database used
INTCAL13

References

Mathematics used for calibration scenario

A Simplified Approach to Calibrating C14 Dates, Talma, A. S., Vogel, J. C., 1993, Radiocarbon 35(2):317-322

References to INTCAL13 database

Reimer PJ et al. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP. Radiocarbon 55(4):1869–1887., 2013.

Beta Analytic Radiocarbon Dating Laboratory

4985 S.W. 74th Court, Miami, Florida 33155 • Tel: (305)667-5167 • Fax: (305)663-0964 • Email: beta@radiocarbon.com

文献

Paula J Reimer et al., (2013) IntCal 13 and Marine 13 Radiocarbon Age Calibration Curves, 0-50,000 Years cal BP. Radiocarbon, 55, p.1869-1887.

中村俊夫 (2003) 放射性炭素年代測定法と暦年代較正. 環境考古学マニュアル. 同成社, p.301-322.

IV 中岳山麓窯跡における発掘調査と関連調査についてのまとめ

中村直子, 篠藤マリア

中岳山麓窯跡群は、薩摩半島西部、鹿児島県南さつま市金峰町花瀬に所在する古代須恵器窯跡群である。中岳山麓の丘陵地に、総計30基以上の窯跡が5つの支群に分かれて残存していると推定されている。窯の操業は9世紀中ごろ以降で、その目的は薩摩国府や国分寺への供給で、政治的コントロールを受けていたと考えられている。一方、胎土分析による産地同定から、中岳山麓窯跡群産須恵器は琉球列島まで分布し、広域に流通していた須恵器であるとの見方も強い。奄美諸島以南は、古代日本国家領域外にあたり、また、中岳山麓窯跡群が所在する万之瀬川下流域は先史時代以来、南西諸島との交易拠点であることから、開窯当初から南に向けた流通が意図されていた窯であった可能性もある。中岳山麓産須恵器の南への流通様相解明は、古代日本国家の領域の性格を考える上で、重要であると考えられる。

しかし、発見から30年以上、発掘調査は実施されておらず、窯跡群の規模、操業期間、窯構造や製品の種類など不明な点が多かった。筆者らは2012年4月に中岳山麓窯跡群の中の、荒平第1支群・第2支群とその周辺の遺跡踏査を実施した。その結果、須恵器片を中心とした多くの遺物と灰原と思われる土層を確認した。荒平第1支群は河川による崩壊など、遺構の残存状態がよくなかったが、荒平第2支群は良好な状態で残存していると推定された。2014年2月27日から3月7日に、荒平第2支群の発掘調査を実施した。

調査は、荒平第2支群の表面に散布している遺物の採集と地中レーダ探査を実施し、その結果に基づいて8つの調査区(A~Hトレンチ)を設定した。表面には、西側の傾斜地に多くの遺物が散布していたため、西側を中心にトレンチを設定した。その結果、Fトレンチから窯跡の一部が検出された。幅約1.5m、深さ1.5mにわたって岩盤を掘りぬいて窯が作られており、窯天井部は崩落しているものの、半地下式構造であると推定される。Fトレンチより2.5m下部に位置するCトレンチからは須恵器片や焼成粘土塊、炭化物が集積する遺構が検出された。灰原の一部だろうと考えられる。この炭化物の放射性炭素年代は、 $1180 \pm 30\text{BP}$ 、較正年代(1 σ)でCal AD 775~890であった。

出土遺物は、須恵器片や焼成粘土塊がほとんどである。須恵器の器種は甕と壺に限られ、食膳具は出土しなかった。遺物の型式学的検討から、9世紀後半代であると推定される。なお、窯跡が確認されたFトレンチや北隣のHトレンチでは窯跡より上位の層に遺物が多く含まれていた。傾斜地であることを考えると、傾斜地上部に窯跡や灰原などの遺構があり、下方のF・Hトレンチに堆積したものと考えられる。出土層位の検討から、検出した窯跡より新しい段階に堆積したものと考えられ、西側傾斜地だけでも複数の窯跡の存在が想定できる。

自然科学的研究では、主に原料や素地、窯構造、他遺跡出土須恵器の産地同定について扱った。これらの分析による検討のため、当初の目的の一部に対する結果以外に、将来の研究のためのさらなる研究課題や研究デザインを考えついた。

土器の産地同定研究のために、中性子放射化分析は、西洋研究において標準的に行われている。中性子放射化分析では中岳山麓窯跡群出土須恵器の須恵器片の「化学指紋」を明らかにし、琉球列島出土の須恵器片の中で、この化学的指紋と符合するものを見つけようとした。

中岳山麓窯跡群出土須恵器片の分析では、いくつかのグループが形成された。それは生産者の違いもしくは、原料選択または素地づくりの違いによる他の理由における、いくつかの課題を提供している。数個の琉球列島出土須恵器が、中岳山麓窯跡 NAA グループ4と一致した。将来的研究として、産地同定のための「指紋」のセットを確立する事と、中岳山麓窯跡群のグループバリエーションの特徴を研究するために、もっと多くの須恵器片の分析を希望している。

鉱物学的研究は、遺跡の簡単な地質踏査を始め、土器片・粘土・窯のサンプルを扱ったXRF, XRD, SEMと土器の薄片に基づく分析を実施した。地質踏査の際、鉱物学者と考古学者および、中岳近隣の粘土を使用している陶芸家も参加し、土の性質を論じた。陶芸家は採集した土壌サンプルをもって、乾燥や焼成に関する実験を行った。

発掘中に出土した窯跡の一部は、X線撮影での観察を行い、さらに鉱物学的研究の準備が整った。多様な分野の専門家の継続的な意見交換は本研究の特色で、将来の研究のデザインにも影響を与える。結果としては、以下のようによげられる。窯跡周辺の土には、風化段階の異なる礫と土の塊による遍在する黄色の土層がある。そして、最も風化の進んだ粘土が須恵器の原料として使われたか、あるいはこれに近い性質を持つものと思われる。この原料の可塑性を増すために、溶出したり、寝かせたりして、いくつかの方法で処理され、須恵器胎土と原料の異なる性質を作り上げた。窯の素材も同様と思われるが、処理をせず、多くの植物性混和材を加え、窯構築に利用したと考えられる。X線調査からの窯壁にみえるアーケ型層状の影は、今後、鉱物学的方法によって検討する必要がある。窯は高い耐熱性のある土層を掘って作られていた。それは、窯の場所選定が、木材と粘土のような資源入手の可能性によるものだけでなく、高温焼成に対する適合性によっても選択されたということを示すものかもしれない。

すべての土器片は高温の痕跡（クリストバル石、1050-1150°C）を示すが、明らかに、それぞれが高熱にさらされた期間は変化に富んでいる。そして、焼成状況の管理レベルを示している。上述した土器焼成に適した土層群が遍在していることから、低温で焼かれた須恵器に類似する近隣の遺跡出土土師器は、同じ土層の粘土で作成されたのかもしれない。しかし、粘土の収集場所と素地づくりだけはおそらく異なっていた。このように、異なる鉱物学的特徴が結果として出た。

それぞれの遺跡を営んだグループの間での情報交換についての考えを追求することは、更なる研究価値がある。鉱物学的方法と同じように中性子放射化分析は将来的に、機会を提供する。さらに、中岳産須恵器の自然科学的細分類によって、南方への分布の（流通）研究について、有効な結果をもたらすものと期待される。

Summary of the excavation and related research on a Sue ware kiln site cluster in Nakadake Sanroku, South Japan, 2013–2015

N. Nakamura, M. Shinoto

The Nakadake Sanroku kiln site cluster is situated in Kinpō Hanaze, Minami Satsuma City at the west coast of the Satsuma peninsula in Kagoshima prefecture. A number of more than 30 kiln remains is estimated to exist up to today, being spread over five kiln subclusters in the hills of Nakadake Sanroku close to the lower reaches of the Manose river. The kilns are thought to have been used from the middle of the 9th century on, in order to supply the provincial administration (*kokufu*) and state temple (*kokubunji*); thus being under political control.

On the other hand, from provenance studies based on XRF analyses there is evidence that Sue ware from Nakadake Sanroku is distributed in a wide area as far as the Ryūkyū islands. Since the area south of Amami Ōshima was not part of the ancient Japanese state, and since the lower reaches of the Manose river have been central in the exchange with the Ryūkyū islands since prehistoric times, it may well be that from the outset there was the idea to exchange goods with the south. Therefore, studying the distribution of Sue ware from Nakadake Sanroku is important to understand the character of the territory of the ancient Japanese state.

Unfortunately, since the discovery of the kiln cluster site more than 30 years ago, no excavation has taken place, therefore the size of the whole kiln cluster, the period it was in operation, the construction of the kilns as well as the different kinds of products are yet not well understood. In April 2012, the authors conducted a prospection in the area of the Arahira subclusters 1 and 2 in the Nakadake kiln site cluster, during which a large amount of Sue ware sherds were found – among other finds and earth layers that are interpreted as debris clusters from Sue firing (*haibara*). The findings in subcluster 1 seem to be severely damaged by a river and other factors, such that its preservation state is quite bad. On the other hand, the situation in subcluster 2 seems to be good. From 27 February until 7 March 2014, a first excavation took place in the Arahira subcluster 2.

First, finds from the surface in the site area Arahira subcluster 2 were collected, followed by radar prospection. As a result, eight trenches were opened (trench A-H). Since most finds concentrated on the western slope of the valley, trenches were mainly set in the western area, and in trench F the part of a kiln was unearthed. In nearly 1.5m depth it had been dug out of the bedrock with about 1.5m width. The ceiling had collapsed, but it is most likely that only the lower part was dug into the earth, while the ceiling had been constructed on top (*han chika* type). In trench C, about 2.5m below trench F, sherds of Sue ware, burned lumps of earth or clay, and carbonized matter were found in concentration, therefore it may be part of a *haibara*. Radiocarbon dating of one of these items gave Cal AD 775–890 (1 σ).

Finds unearthed during the campaign are mainly Sue ware sherds and burned earthen lumps. Pots and jars are the only vessel forms, no form used for service was found. From a typological point of view, the sherds date to the later half of the 9th century. Furthermore, the upper layer in trench H in the northern neighbourhood of trench F where the kiln remains were found, contained many more finds. Since the trenches are part of a slope, these finds may have accumulated in trench F and H when they sloped down from a higher level, where a kiln, *haibara* or other remains may still exist. As they accumulated on top of the kiln already found, they should be of later origin, and we assume that on the western slope alone several kilns still exist.

Archaeometrical studies mainly dealt with the problem of raw materials and their preparation, kiln construction, and the identification of Sue ware in external sites. They produced first answers and revealed various questions and appropriate methods for further research.

For provenance studies of pottery, the application of Neutron Activation Analysis has become standard in Western research. NAA analysis of sherds from Nakadake Sanroku site was meant to unveil a “chemical fingerprint” of the pottery, and analysis of sherds found on the Ryūkyū islands was conducted to find matches with this fingerprint. The analysis of sherds from Nakadake Sanroku produced several groups, which may hint to several workshops in the kiln cluster or other reasons for differentiation in raw material selection or preparation. Some of the sherds from the Ryūkyūs fit to NAA group 04 from Nakadake Sanroku. In future studies, we hope to analyse a larger number of sherds to establish a reasonable set of “fingerprints” for provenance studies and to study the character of the group variation in Nakadake Sanroku.

Mineralogical studies covered prospection of the site and the typical set of methods from XRF, XRD for sherds, samples from soil and parts of kilns, SEM and several methods of analysis of thin sections of the sherds. A potter who still uses clay from the same region inspected layers around the kiln and tested soil samples, particularly drying and firing samples from the soil around the above mentioned kiln in order to understand the heat resistance of the layer. A part of the kiln unearthed during the excavation was studied under X-ray and prepared for further mineralogical studies. A combination of the various analyses revealed results that can be utilized for future research design as well as they are interesting for themselves. They can be summarized as follows.

The soil in the vicinity of the kilns shows a ubiquitous yellow layer with clusters of rock and soil in different stages of weathering, most advanced weathering producing clay that is close to what should have been the raw material for the Sue ware. This raw material was probably elutriated and treated in several ways to increase its plasticity, thus separating the characteristics of the sherds significantly from the raw materials. Kilns seem to be made from the same, yet unprepared soil with large amounts of organic temper; shadows of layers of soil on the kiln wall from X-ray investigation still need to be verified by mineralogical methods. The kiln was dug into a layer with high heat resistance, which may show that the kiln location was intentionally chosen not only due to availability of resources like wood and clay, but also for its suitability during firing. All sherds show traces of high temperature (Cristobalite, 1050-1150°C), but clearly, the time they were exposed to these temperatures varied significantly, thus showing the level of control over firing conditions. Since the above mentioned layer with soil clusters suitable for pottery firing is ubiquitous, the earthenware from neighbouring sites that resembles the Sue ware fired with low temperatures may have been made with clay from the same layer. Still, locales for collection and not at least the preparation of the clay presumably differed, thus resulting in different mineralogical characteristics. Pursuing the idea of information exchange between the groups is worth further studies; Neutron Activation Analysis as well as mineralogical methods offer opportunities in the future. Furthermore, studies of the distribution of Sue ware from Nakadake Sanroku to the South should produce fine grained results in the future.

中岳山麓窯跡群の研究
Studies on the Nakadake Sanroku Kiln Site Cluster

2015年3月
March 2015

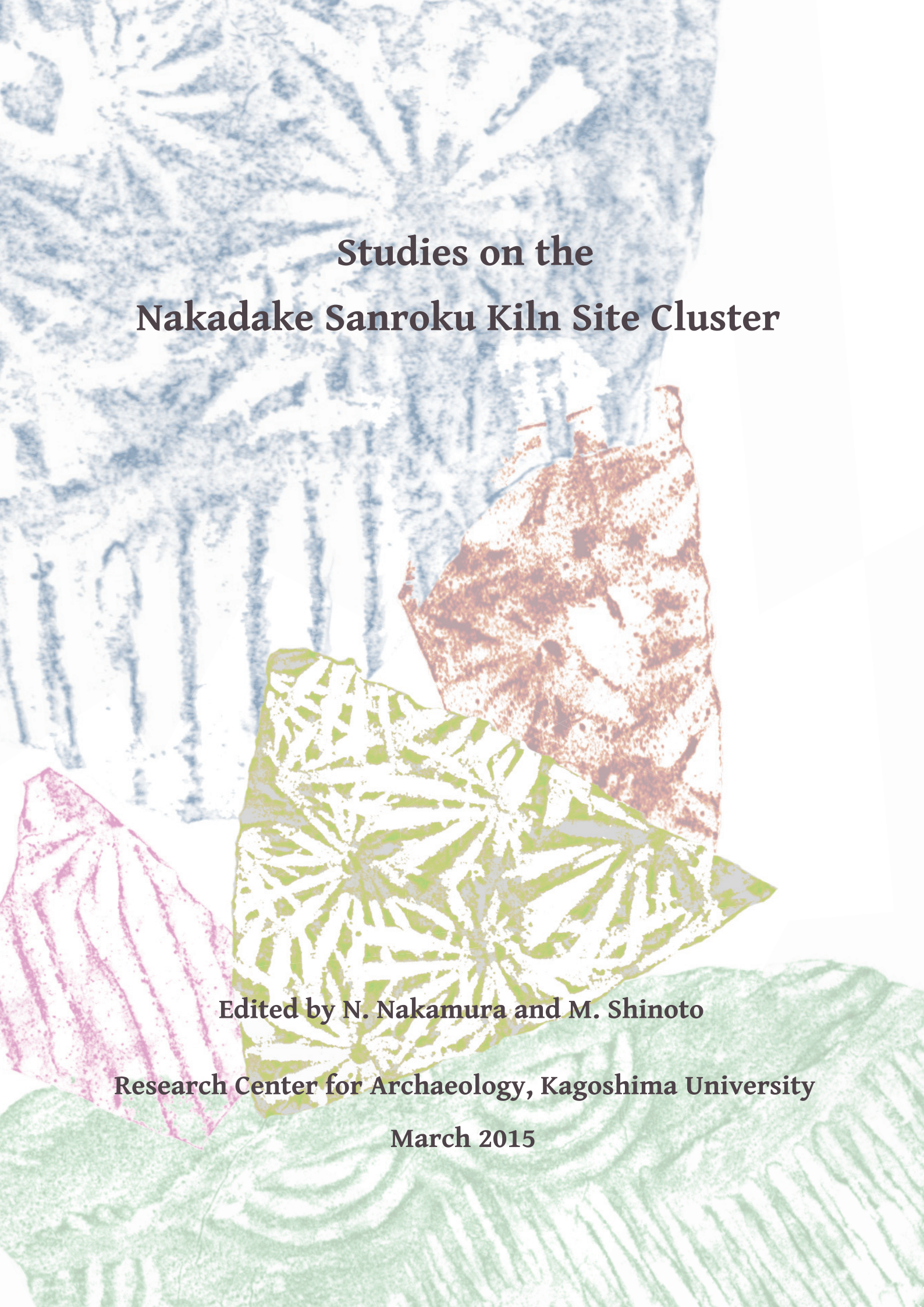
編集 中村直子 篠藤マリア
Edited by N. Nakamura and M. Shinoto

発行 鹿児島大学埋蔵文化財調査センター
〒890-8580 鹿児島市郡元一丁目21-24

Published by the Research Center for Archaeology, Kagoshima University

Kōrimoto 1-21-24, Kagoshima
890-8580, Japan

印刷 株式会社 朝日印刷
〒890-0055 鹿児島市上荒田町55-1



**Studies on the
Nakadake Sanroku Kiln Site Cluster**

Edited by N. Nakamura and M. Shinoto

Research Center for Archaeology, Kagoshima University

March 2015