

公益財団法人鹿児島県文化振興財団
埋蔵文化財調査センター発掘調査報告書 (53)

東九州自動車道建設(志布志IC～鹿屋串良JCT間)に伴う
埋蔵文化財発掘調査報告書

かわ く ぼ
川久保遺跡5
A地点

(鹿屋市串良町)
自然科学分析・総括・図版編
第3分冊

2023年3月

鹿児島県教育委員会
公益財団法人鹿児島県文化振興財団
埋蔵文化財調査センター

(公財) 埋蔵文化財調査センター発掘調査報告書 (53)

川久保遺跡5
A地点

二〇二三年三月

鹿児島県教育委員会
公益財団法人鹿児島県文化振興財団
埋蔵文化財調査センター



本文目次(第3分冊)

第V章 自然科学分析

分析結果の報告

1 放射性炭素年代測定(AMS法)

川久保遺跡における放射性炭素年代1	1
川久保遺跡における放射性炭素年代2	7
川久保遺跡における放射性炭素年代3	12
川久保遺跡における放射性炭素年代4	16
川久保遺跡における放射性炭素年代5	19
川久保遺跡出土試料の自然科学分析1	23
川久保遺跡出土試料の自然科学分析2	26
川久保遺跡出土試料の自然科学分析3	30
放射性炭素年代測定1	40
放射性炭素年代測定2	48
放射性炭素年代測定3	54

2 樹種同定

川久保遺跡における自然科学分析(樹種同定・種実同定)	60
川久保遺跡出土炭化材の樹種同定	67

3 種実同定

川久保遺跡から出土した炭化種実	72
-----------------	----

4 金属分析

川久保遺跡出土製鉄・鍛冶関連遺物の分析調査	74
-----------------------	----

5 蛍光X線分析

川久保遺跡出土ガラス玉の蛍光X線分析	112
--------------------	-----

第VI章 総括

1 古墳時代堅穴建物跡の考察

1 古墳時代堅穴建物跡の考察	115
2 遺構内出土遺物から見た古墳時代堅穴建物跡の考察	125

3 川久保遺跡の製鉄炉の構造と規模

3 川久保遺跡の製鉄炉の構造と規模	131
-------------------	-----

4 川久保遺跡の製鉄と鍛冶

4 川久保遺跡の製鉄と鍛冶	131
---------------	-----

挿図目次(第3分冊)

第3-1図 柱穴配置による分類1	122
第3-2図 柱穴配置による分類2	123
第3-3図 想定される堅穴建物跡の変遷	124
第3-4図 成川式甕属性分類	128

第3-5図 成川式甕型式組列	129・130
第3-6図 笹の葉形状を呈する調整を持つ土器	131

表目次(第3分冊)

表3-1 川久保遺跡堅穴建物跡放射性炭素年代測定(AMS法)資料結果一覧1	116
表3-2 川久保遺跡堅穴建物跡放射性炭素年代測定(AMS法)資料結果一覧2	117
表3-3 川久保遺跡堅穴建物跡放射性炭素年代測定(AMS法)資料結果一覧3	118
表3-4 川久保遺跡堅穴建物跡放射性炭素年代測定(AMS法)資料結果一覧4	119

表3-5 川久保遺跡古墳時代堅穴建物跡時期一覧	120
表3-6 川久保遺跡A地点古墳時代堅穴建物跡一覧	121
表3-7 成川式甕相関関係	128
表3-8 B類相関関係	128

図版目次(第3分冊)

- | | | | |
|------|--|------|---|
| 図版1 | 弥生時代竪穴建物跡検出状況
弥生時代竪穴建物跡完掘状況 | 図版27 | 竪穴建物跡13号貼床面埋土堆積状況
竪穴建物跡13号完掘状況 |
| 図版2 | 竪穴建物跡1号検出状況
竪穴建物跡1号遺物出土状況南東部 | 図版28 | 竪穴建物跡14号検出状況
竪穴建物跡14号埋土堆積状況・遺物出土状況 |
| 図版3 | 竪穴建物跡1号埋土堆積状況
竪穴建物跡1号完掘状況 | 図版29 | 竪穴建物跡14号凹み面検出状況
竪穴建物跡14号凹み部分埋土堆積状況 |
| 図版4 | 竪穴建物跡2号検出状況
竪穴建物跡2号完掘状況 | 図版30 | 竪穴建物跡14号完掘状況
竪穴建物跡14号焼土 |
| 図版5 | 竪穴建物跡3号・4号・5号検出状況
竪穴建物跡3号・4号完掘状況 | 図版31 | 竪穴建物跡14号焼土(拡大)
竪穴建物跡15号検出状況 |
| 図版6 | 竪穴建物跡5号埋土堆積状況
竪穴建物跡5号柱穴検出状況 | 図版32 | 竪穴建物跡15号埋土堆積状況
竪穴建物跡15号貼床面検出状況 |
| 図版7 | 竪穴建物跡6号検出状況
竪穴建物跡6号貼床面検出状況 | 図版33 | 竪穴建物跡15号完掘状況
竪穴建物跡16号・17号検出状況 |
| 図版8 | 竪穴建物跡6号底面検出状況
竪穴建物跡6号埋土堆積状況 | 図版34 | 竪穴建物跡16号・17号埋土堆積状況
竪穴建物跡16号・17号埋土堆積状況 |
| 図版9 | 平成26年度川久保遺跡調査範囲
竪穴建物跡3～7号ほか空撮写真 | 図版35 | 竪穴建物跡16号・17号完掘状況
竪穴建物跡18号検出状況 |
| 図版10 | 竪穴建物跡3～7号空撮写真 | 図版36 | 竪穴建物跡18号埋土堆積状況
竪穴建物跡18号完掘状況 |
| 図版11 | 竪穴建物跡7号検出状況
竪穴建物跡7号南西部土器出土状況 | 図版37 | 竪穴建物跡18号焼土検出状況
竪穴建物跡19号検出状況 |
| 図版12 | 竪穴建物跡7号貼床面検出状況
竪穴建物跡7号底面検出状況 | 図版38 | 竪穴建物跡19号検出状況
竪穴建物跡20号検出状況 |
| 図版13 | 竪穴建物跡7号焼土および土坑群検出状況
竪穴建物跡7号焼土および土坑群完掘状況 | 図版39 | 竪穴建物跡21号検出状況
竪穴建物跡21号完掘状況 |
| 図版14 | 竪穴建物跡8号検出状況
竪穴建物跡8号埋土堆積状況 | 図版40 | 竪穴建物跡22号検出状況
竪穴建物跡22号完掘状況 |
| 図版15 | 竪穴建物跡8号貼床面検出状況
竪穴建物跡8号炉跡および鉄滓検出状況 | 図版41 | 竪穴建物跡23号検出状況
竪穴建物跡23号埋土堆積状況 |
| 図版16 | 竪穴建物跡9号検出状況
竪穴建物跡9号埋土堆積状況 | 図版42 | 竪穴建物跡23号完掘状況
竪穴建物跡22・23・24号完掘状況 |
| 図版17 | 竪穴建物跡9号貼床面検出状況空撮写真 | 図版43 | 竪穴建物跡24号検出状況
竪穴建物跡24号完掘状況 |
| 図版18 | 竪穴建物跡10号検出状況
竪穴建物跡9号・10号調査状況 | 図版44 | 竪穴建物跡25号検出状況
竪穴建物跡25号埋土堆積状況 |
| 図版19 | 平成26年度川久保遺跡南東部遺構検出状況 | 図版45 | 竪穴建物跡25号貼床面検出状況
竪穴建物跡25号完掘状況 |
| 図版20 | 竪穴建物跡11号検出状況
竪穴建物跡11号埋土堆積状況 | 図版46 | 竪穴建物跡26号・51号(円形2号)検出状況
竪穴建物跡26号埋土堆積状況 |
| 図版21 | 竪穴建物跡11号貼床面検出状況
竪穴建物跡11号完掘状況 | 図版47 | 竪穴建物跡26号南側中央部遺物出土状況
竪穴建物跡26号完掘状況 |
| 図版22 | 竪穴建物跡12号検出状況
竪穴建物跡12号埋土堆積状況 | 図版48 | 竪穴建物跡27・28・29号検出状況
竪穴建物跡27・28・29号埋土堆積状況 |
| 図版23 | 竪穴建物跡12号貼床面検出状況
竪穴建物跡12号完掘状況 | 図版49 | 竪穴建物跡27・28・29号貼床面検出状況
竪穴建物跡27・28・29号完掘状況 |
| 図版24 | 竪穴建物跡13号検出状況
竪穴建物跡13号埋土堆積状況 | 図版50 | 竪穴建物跡30号検出状況
竪穴建物跡30号埋土堆積状況 |
| 図版25 | 竪穴建物跡13号鉄鏝及び棒状礫出土状況
竪穴建物跡13号貼床面検出状況 | | 竪穴建物跡30号焼土検出状況及び遺物出土状況
竪穴建物跡30号完掘状況 |
| 図版26 | 竪穴建物跡13号南側土坑及び柱穴完掘状況
竪穴建物跡13号柱穴内土器出土状況 | | |

- 図版51 竪穴建物跡31号検出状況
 竪穴建物跡31号埋土堆積状況
- 図版52 竪穴建物跡31号貼床面検出状況
 竪穴建物跡31号完掘状況
- 図版53 竪穴建物跡32・33・34・35号検出状況
 竪穴建物跡32号埋土堆積・遺物出土状況
- 図版54 竪穴建物跡32号炉跡半裁状況
 竪穴建物跡32号貼床面検出状況
- 図版55 竪穴建物跡32号完掘状況
 竪穴建物跡33号貼床面・硬化面検出状況
- 図版56 竪穴建物跡33号完掘状況
 竪穴建物跡33号炉跡検出状況
- 図版57 竪穴建物跡33号炉跡半裁状況
 竪穴建物跡33号炉跡完掘状況
- 図版58 竪穴建物跡34号貼床面・硬化面検出状況
 竪穴建物跡34号完掘状況
- 図版59 竪穴建物跡35号貼り床面・硬化面検出状況
 竪穴建物跡35号完掘状況
- 図版60 竪穴建物跡35号炉跡検出状況
 竪穴建物跡35号炉跡完掘状況
- 図版61 竪穴建物跡32～35号完掘状況
- 図版62 竪穴建物跡36号検出状況
 竪穴建物跡36号貼床面検出状況・遺物出土状況
- 図版63 竪穴建物跡37・38・39号検出状況
- 図版64 竪穴建物跡38号埋土堆積状況
 竪穴建物跡38号貼床面検出状況
- 図版65 竪穴建物跡37・38・39号貼床面検出状況
 竪穴建物跡37号炉跡・貼床面検出状況
- 図版66 竪穴建物跡40号埋土堆積状況
 竪穴建物跡40号完掘状況
- 図版67 竪穴建物跡40・41号検出状況
 竪穴建物跡41号埋土堆積・遺物出土状況
- 図版68 竪穴建物跡41号炉跡検出状況
 竪穴建物跡41号完掘状況
- 図版69 竪穴建物跡42号検出状況
 竪穴建物跡42号埋土堆積状況
- 図版70 竪穴建物跡42号硬化面検出状況
 竪穴建物跡42号完掘状況
- 図版71 竪穴建物跡43号検出状況
 竪穴建物跡43号埋土堆積・遺物出土状況
- 図版72 竪穴建物跡43号硬化面検出状況
 竪穴建物跡43号完掘状況
- 図版73 竪穴建物跡44号検出状況
 竪穴建物跡44号埋土堆積・遺物出土状況
- 図版74 竪穴建物跡44号完掘状況
 竪穴建物跡44号炉跡半裁状況
- 図版75 竪穴建物跡45・46号検出状況
 竪穴建物跡45号埋土堆積状況
- 図版76 竪穴建物跡46号埋土堆積状況
 竪穴建物跡46号完掘状況
- 図版77 竪穴建物跡47号検出状況
 竪穴建物跡47号遺物出土状況
- 図版78 竪穴建物跡48号検出状況
- 図版79 竪穴建物跡48号埋土堆積状況
 竪穴建物跡48号完掘状況
- 図版80 竪穴建物跡49号（手前）・56号（奥）検出状況
 竪穴建物跡49号完掘状況
- 図版81 竪穴建物跡50号（円形1号）検出状況
 竪穴建物跡50号（円形1号）完掘状況
- 図版82 竪穴建物跡51号遺物出土状況
 竪穴建物跡51号埋土堆積状況
 竪穴建物跡51号床面検出状況
 竪穴建物跡51号完掘状況
- 図版83 竪穴建物跡52号（円形3号）埋土堆積状況
 竪穴建物跡52号（円形3号）完掘状況
- 図版84 竪穴建物跡53号（円形4号）検出状況
 竪穴建物跡53号（円形4号）遺物出土状況
- 図版85 竪穴建物跡53号（円形4号）貼床面及び柱穴検出状況
 竪穴建物跡53号（円形4号）完掘状況
- 図版86 竪穴建物跡54号（円形5号）埋土堆積状況
 竪穴建物跡54号（円形5号）完掘状況
- 図版87 竪穴建物跡55号（円形6号）検出状況
 竪穴建物跡55号（円形6号）遺物出土状況
- 図版88 竪穴建物跡55号（円形6号）埋土堆積状況・東側焼土検出状況
 竪穴建物跡55号（円形6号）炉跡焼土検出状況
- 図版89 竪穴建物跡56号（円形7号）埋土堆積状況
 竪穴建物跡56号（円形7号）完掘状況
- 図版90 竪穴状遺構1号検出状況
 竪穴状遺構1号完掘状況
 竪穴状遺構2号検出状況
 竪穴状遺構2号完掘状況
 竪穴状遺構3号検出状況
 竪穴状遺構3号完掘状況
 竪穴状遺構4号検出状況
 竪穴状遺構4号鉄鏝出土状況
- 図版91 竪穴状遺構4号埋土堆積状況
 竪穴状遺構4号完掘状況
 竪穴状遺構5号検出状況
 竪穴状遺構5号完掘状況
 竪穴状遺構6号検出状況
 竪穴状遺構6号埋土堆積状況
 竪穴状遺構6号完掘状況
- 図版92 竪穴状遺構7号検出状況
 竪穴状遺構7号埋土堆積状況
- 図版93 竪穴状遺構7号完掘状況
 竪穴状遺構7号遺物出土状況
- 図版94 製鉄関連土坑1・2検出状況
 製鉄関連土坑1～4調査状況
- 図版95 製鉄関連土坑1検出状況
 製鉄関連土坑1埋土堆積状況1
- 図版96 製鉄関連土坑1埋土堆積状況2
 製鉄関連土坑1調査状況1

図版97	製鉄関連土坑 1 炉壁等廃棄状況 製鉄関連土坑 1 調査状況 2	図版119～124	縄文時代後期・晩期土器
図版98	製鉄関連土坑 1 調査状況 2 西側 (拡大) 製鉄関連土坑 1 調査状況 3	図版120～131	縄文時代後期・晩期石器
図版99	製鉄関連土坑 1 東側堆積状況 製鉄関連土坑 1 完掘状況	図版132	縄文時代土製品 弥生時代土製品
図版100	製鉄関連土坑 2 検出状況 製鉄関連土坑 2 調査状況	図版133～162	古墳時代土器
図版101	製鉄関連土坑 2 鉄滓廃棄状況 1 製鉄関連土坑 2 鉄滓廃棄状況 2	図版163～168	古墳時代靴の羽口
図版102	製鉄関連土坑 2 鉄滓廃棄状況 3 製鉄関連土坑 2 完掘状況	図版169～186	古墳時代石器
図版103	製鉄関連土坑 1・2 調査状況 製鉄関連土坑 3 検出状況	図版186	古墳時代装飾品
図版104	製鉄関連土坑 3 埋土堆積状況 製鉄関連土坑 3 調査状況	図版187	古墳時代鉄製品
図版105	製鉄関連土坑 3 完掘状況 製鉄関連遺構遠景	図版188～191	古墳時代竪穴建物跡出土鉄滓ほか
図版106	製鉄関連溝跡 1 号検出状況 製鉄関連溝跡 1 号完掘状況	図版192～199	製鉄関連土坑
図版107	焼土土坑検出状況 焼土土坑焼土 1 枚目検出状況	図版200～205	包含層出土鉄滓ほか
図版108	焼土土坑埋土堆積状況 焼土土坑焼土 3 枚目検出状況	図版206～208	古墳時代土器集合
図版109	焼土土坑焼土断面 焼土土坑完掘状況		
図版110	溝跡 2 検出状況 溝跡 2 完掘状況		
図版111	炭窯跡 1・2 検出状況 炭窯跡 1 埋土堆積状況		
図版112	炭窯跡 1 埋土堆積状況 (拡大) 炭窯跡 1 完掘状況		
図版113	炭窯跡 1 煙道 炭窯跡 1 煙道断面		
図版114	炭窯跡 2 埋土堆積状況 炭窯跡 2 完掘状況		
図版115	炭窯跡 2 窯口側 炭窯跡 1・2 完掘状況		
図版116	炭化物集中土坑 1・2 炭化物集中土坑 1 炭化物堆積状況		
図版117	炭化物集中土坑 1 完掘状況 炭化物集中土坑 2 炭化物堆積状況		
図版118	炭化物集中土坑 2 完掘状況 炭化物集中土坑 1・2 完掘状況		

第V章 自然科学分析

分析結果の報告

1 放射性炭素年代測定 (AMS測定)

川久保遺跡における放射性炭素年代 1 (AMS測定)

(株) 加速器分析研究所

1 測定対象試料

川久保遺跡は、鹿児島県鹿屋市串良町細山田に所在し、串良川右岸にある段丘上に位置する。測定対象試料は、炉跡から出土した炭化木2点、堅穴建物跡や土坑などから出土した炭化物6点の合計8点である(表1)。

推定年代は、No.1～3, 7～9の6点が古墳時代から中世, No.4, 5が古墳時代とされる。遺跡は、旧石器時代, 縄文時代, 弥生時代から近世の複合遺跡である。

2 測定の意義

遺構および遺構内遺物との年代を比較するため。

3 化学処理工程

- (1) メス・ピンセットを使い、土等の付着物を取り除く。
- (2) 酸-アルカリ-酸 (AAA : Acid Alkali Acid) 処理により不純物を化学的に取り除く。その後、超純水で中性になるまで希釈し、乾燥させる。AAA処理における酸処理では、通常 1 mol/l (1 M) の塩酸 (HCl) を用いる。アルカリ処理では水酸化ナトリウム (NaOH) 水溶液を用い、0.001Mから1Mまで徐々に濃度を上げながら処理を行う。アルカリ濃度が1Mに達した時には「AAA」、1M未満の場合は「AaA」と表1に記載する。
- (3) 試料を燃焼させ、二酸化炭素 (CO₂) を発生させる。
- (4) 真空ラインで二酸化炭素を精製する。
- (5) 精製した二酸化炭素を鉄を触媒として水素で還元し、グラファイト (C) を生成させる。
- (6) グラファイトを内径1mmのカソードにハンドプレス機で詰め、それをホイールにはめ込み、測定装置に装着する。

4 測定方法

加速器をベースとした¹⁴C-AMS専用装置 (NEC社製) を使用し、¹⁴Cの計数、¹³C濃度 (¹³C/¹²C)、¹⁴C濃度 (¹⁴C/¹²C) の測定を行う。測定では、米国国立標準局 (NIST) から提供されたシュウ酸 (HOxII) を標準試料とする。この標準試

料とバックグラウンド試料の測定も同時に実施する。

5 算出方法

- (1) $\delta^{13}\text{C}$ は、試料炭素の¹³C濃度 (¹³C/¹²C) を測定し、基準試料からのずれを千分偏差 (‰) で表した値である(表1)。AMS装置による測定値を用い、表中に「AMS」と注記する。
- (2) ¹⁴C年代 (Libby Age : yrBP) は、過去の大気中¹⁴C濃度が一定であったと仮定して測定され、1950年を基準年 (0 yrBP) として遡る年代である。年代値の算出には、Libbyの半減期 (5568年) を使用する (Stuiver and Polach 1977)。¹⁴C年代は $\delta^{13}\text{C}$ によって同位体効果を補正する必要がある。補正した値を表1に、補正していない値を参考値として表2, 3に示した。¹⁴C年代と誤差は、下1桁を丸めて10年単位で表示される。また、¹⁴C年代の誤差 ($\pm 1\sigma$) は、試料の¹⁴C年代がその誤差範囲に入る確率が68.2%であることを意味する。
- (3) pMC (percent Modern Carbon) は、標準現代炭素に対する試料炭素の¹⁴C濃度の割合である。pMCが小さい (¹⁴Cが少ない) ほど古い年代を示し、pMCが100以上 (¹⁴Cの量が標準現代炭素と同等以上) の場合 Modern とする。この値も $\delta^{13}\text{C}$ によって補正する必要があるため、補正した値を表1に、補正していない値を参考値として表2, 3に示した。
- (4) 暦年較正年代とは、年代が既知の試料の¹⁴C濃度を元に描かれた較正曲線と照らし合わせ、過去の¹⁴C濃度変化などを補正し、実年代に近づけた値である。暦年較正年代は、¹⁴C年代に対応する較正曲線上の暦年代範囲であり、1標準偏差 ($1\sigma = 68.2\%$) あるいは2標準偏差 ($2\sigma = 95.4\%$) で表示される。グラフの縦軸が¹⁴C年代、横軸が暦年較正年代を表す。暦年較正プログラムに入力される値は、 $\delta^{13}\text{C}$ 補正を行い、下1桁を丸めない¹⁴C年代値である。なお、較正曲線および較正プログラムは、データの蓄積によって更新される。また、プログラムの種類によっても結果が異なるため、年代の活用にあたってはその種類とバージョンを確認する必要がある。ここでは、暦年較正年代の計算に、IntCal13 データベース (Reimer et al. 2013) を用い、OxCalv4.3 較正プログラム (Bronk Ramsey 2009) を使用した。暦年較正年代については、特定のデータベース、プログラムに依存する点を考慮し、プログラムに入力する値とともに参考値として表2, 3, 図版1, 2に示した。なお、暦年較正年代は、¹⁴C年代に基づいて

較正 (calibrate) された年代値であることを明示するために「cal BP」または「cal BC/AD」という単位で表され、ここでは前者を表2、図1に、後者を表3、図2に示した。

6 測定結果

測定結果を表1、2、3に示す。cal BPとcal BC/ADの2通りで算出したが、以下の説明ではcal BC/ADの値で記載し(表3、図2)、cal BPの値は図表のみ提示した(表2、図1)。

試料の¹⁴C年代は、1740 ± 20yrBP (No.4) から120 ± 20yrBP (No.1) の間にあり、かなりの年代幅を持つ。暦年較正年代(1σ)は、最も古いNo.5が17 ~ 66cal ADの範囲、最も新しいNo.1が1691 ~ 1925cal ADの間に5つの範囲で示される。なお、No.1、2の較正年代については、記載された値よりも新しい可能性がある点に注意を要する(表2、3下の警告参照)。

推定年代が古墳時代から中世とされる6点のうち、No.3、7 ~ 9、の4点は、推定年代と一致する。残りの2点のうち、No.1、2は近世から現代頃に相当し(佐原2005)、推定よりかなり新しい結果となった。

推定年代が古墳時代とされる2点のうち、No.4は推定年代と一致し、残りのNo.5は弥生時代後期頃に相当する。

なお、No.4、5が含まれる1 ~ 3世紀頃の暦年較正に関しては、北半球で広く用いられる較正曲線IntCalに対して日本産樹木年輪試料の測定値が系統的に異なるとの指摘がある(尾寄2009、坂本2010など)。その日本産樹

木のデータを用いてこれらの測定結果を暦年較正した場合、ここで報告する較正年代値よりも新しくなる可能性がある。

試料の炭素含有率は66% (No.5) ~ 72% (No.3) の適正な値で、化学処理、測定上の問題は認められない。

文献

- Bronk Ramsey, C. 2009 Bayesian analysis of radiocarbon dates, Radiocarbon 51 (1), 337-360
- 藤尾慎一郎 2009 弥生時代の実年代, 西本豊弘編, 新弥生時代のはじまり 第4巻 弥生農耕のはじまりとその年代, 雄山閣, 9-54
- 尾寄大真 2009 日本産樹木年輪試料の炭素14年代からみた弥生時代の実年代, 設楽博己, 藤尾慎一郎, 松木武彦編弥生時代の考古学1 弥生文化の輪郭, 同成社, 225-235
- Reimer, P. J. et al. 2013 IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years cal BP, Radiocarbon 55 (4), 1869-1887
- 坂本稔 2010 較正曲線と日本産樹木-弥生から古墳へ-, 第5回年代測定と日本文化研究シンポジウム予稿集, (株)加速器分析研究所, 85-90
- 佐原真 2005 日本考古学・日本歴史学の時代区分, 佐原真, ウェルナー・シュタインハウス監修, 独立行政法人文化財研究所奈良文化財研究所編集, ドイツ展記念概説 日本の考古学 上巻, 学生社, 14-19
- Stuiver, M. and Polach, H.A. 1977 Discussion: Reporting of 14C data, Radiocarbon 19 (3), 355-363

表1 放射性炭素年代測定結果(δ¹³C補正值)

測定番号	試料名	採取場所	試料形態	処理方法	δ ¹³ C (‰) (AMS)	δ ¹³ C補正あり	
						Libby Age (yrBP)	pMC (%)
IAAA-170921	No.1	炭窯跡1炭化物	炭化木	AAA	-26.26 ± 0.21	120 ± 20	98.56 ± 0.26
IAAA-170922	No.2	炭窯跡2炭化物	炭化木	AAA	-23.48 ± 0.21	160 ± 20	97.99 ± 0.27
IAAA-170923	No.3	製鉄関連土坑3炭化物	炭化物	AAA	-30.40 ± 0.26	1,330 ± 20	84.75 ± 0.24
IAAA-170924	No.4	竪穴建物跡27号炭化物	炭化物	AAA	-26.54 ± 0.21	1,740 ± 20	80.55 ± 0.23
IAAA-170925	No.5	竪穴建物跡13号炭化物	炭化物	AaA	-24.13 ± 0.24	1,970 ± 20	78.28 ± 0.22
IAAA-170927	No.7	製鉄関連土坑1炭化物	炭化物	AAA	-28.81 ± 0.28	1,240 ± 20	85.66 ± 0.24
IAAA-170928	No.8	製鉄関連土坑2炭化物	炭化物	AAA	-27.10 ± 0.25	1,200 ± 20	86.14 ± 0.24
IAAA-170929	No.9	製鉄関連土坑2炭化物	炭化物	AAA	-27.79 ± 0.26	1,330 ± 20	84.72 ± 0.23

[IAA登録番号: #8654]

表2 放射性炭素年代測定結果 ($\delta^{13}\text{C}$ 未補正值, 暦年較正用 ^{14}C 年代, 較正年代cal BP) (1)

測定番号	$\delta^{13}\text{C}$ 補正なし		暦年較正用 (yrBP)	1 σ 暦年代範囲	2 σ 暦年代範囲
	Age (yrBP)	pMC (%)			
IAAA-170921	140 ± 20	98.31 ± 0.26	116 ± 21	260calBP - 242calBP (10.4%) ** 232calBP - 222calBP (6.1%) ** 140calBP - 124calBP (9.5%) ** 118calBP - 63calBP (34.8%) ** 39calBP - 25calBP (7.5%) **	269calBP - 214calBP (28.0%) ** 145calBP - 55calBP (53.8%) ** 48calBP - 15calBP (13.6%) **
IAAA-170922	140 ± 20	98.31 ± 0.26	162 ± 21	279calBP - 267calBP (9.6%) * 218calBP - 172calBP (40.3%) * 151calBP - 143calBP (6.8%) * 22calBP - 8 calBP (11.4%) *	285calBP - 254calBP (16.5%) * 225calBP - 166calBP (43.8%) * 155calBP - 136calBP (10.6%) * 115calBP - 73calBP (5.1%) * 34calBP - ... (19.5%) *
IAAA-170923	1,420 ± 20	83.82 ± 0.23	1,329 ± 22	1293calBP - 1264calBP (68.2%)	1299calBP - 1238calBP (84.4%) 1205calBP - 1186calBP (11.0%)
IAAA-170924	1,760 ± 20	80.30 ± 0.22	1,737 ± 22	1696calBP - 1648calBP (47.8%) 1635calBP - 1614calBP (20.4%)	1708calBP - 1593calBP (90.3%) 1585calBP - 1570calBP (5.1%)
IAAA-170925	1,950 ± 20	78.43 ± 0.22	1,966 ± 22	1934calBP - 1885calBP (68.2%)	1986calBP - 1958calBP (7.1%) 1953calBP - 1872calBP (88.3%)
IAAA-170927	1,310 ± 20	84.99 ± 0.23	1,243 ± 22	1260calBP - 1201calBP (55.4%) 1189calBP - 1175calBP (12.8%)	1266calBP - 1171calBP (75.1%) 1160calBP - 1082calBP (20.3%)
IAAA-170928	1,230 ± 20	85.77 ± 0.23	1,198 ± 22	1162calBP - 1082calBP (68.2%)	1182calBP - 1061calBP (95.4%)
IAAA-170929	1,380 ± 20	84.24 ± 0.22	1,332 ± 21	1293calBP - 1268calBP (68.2%)	1300calBP - 1240calBP (87.3%) 1204calBP - 1187calBP (8.1%)

*Warning! Date may extend out of range

Warning! Date probably out of range

**Warning! Date probably out of range

(これらの警告は較正プログラムOxCalが発するもので、試料の ^{14}C 年代に対応する較正年代が、当該暦年較正曲線で較正可能な範囲を超える新しい年代となる可能性があることを表す。*, **の順にその可能性が高くなる。)

表3 放射性炭素年代測定結果 ($\delta^{13}\text{C}$ 未補正值, 暦年較正用 ^{14}C 年代, 較正年代cal BC/AD) (1)

測定番号	$\delta^{13}\text{C}$ 補正なし		暦年較正用 (yrBP)	1 σ 暦年代範囲	2 σ 暦年代範囲
	Age (yrBP)	pMC (%)			
IAAA-170921	140 \pm 20	98.31 \pm 0.26	116 \pm 21	1691calAD - 1708calAD (10.4%) ** 1718calAD - 1728calAD (6.1%) ** 1810calAD - 1827calAD (9.5%) ** 1832calAD - 1887calAD (34.8%) ** 1912calAD - 1925calAD (7.5%) **	1682calAD - 1736calAD (28.0%) ** 1805calAD - 1895calAD (53.8%) ** 1903calAD - 1935calAD (13.6%) **
IAAA-170922	140 \pm 20	98.31 \pm 0.26	162 \pm 21	1672calAD - 1684calAD (9.6%) * 1733calAD - 1778calAD (40.3%) * 1799calAD - 1807calAD (6.8%) * 1929calAD - 1942calAD (11.4%) *	1666calAD - 1696calAD (16.5%) * 1725calAD - 1785calAD (43.8%) * 1795calAD - 1815calAD (10.6%) * 1836calAD - 1877calAD (5.1%) * 1916calAD - ... (19.5%) *
IAAA-170923	1,420 \pm 20	83.82 \pm 0.23	1,329 \pm 22	657calAD - 686calAD (68.2%)	651calAD - 712calAD (84.4%) 745calAD - 764calAD (11.0%)
IAAA-170924	1,760 \pm 20	80.30 \pm 0.22	1,737 \pm 22	254calAD - 302calAD (47.8%) 316calAD - 337calAD (20.4%)	243calAD - 358calAD (90.3%) 365calAD - 380calAD (5.1%)
IAAA-170925	1,950 \pm 20	78.43 \pm 0.22	1,966 \pm 22	17calAD - 66calAD (68.2%)	37calBC - 9 calBC (7.1%) 4 calBC - 79calAD (88.3%)
IAAA-170927	1,310 \pm 20	84.99 \pm 0.23	1,243 \pm 22	690calAD - 750calAD (55.4%) 761calAD - 776calAD (12.8%)	685calAD - 779calAD (75.1%) 790calAD - 868calAD (20.3%)
IAAA-170928	1,230 \pm 20	85.77 \pm 0.23	1,198 \pm 22	789calAD - 869calAD (68.2%)	769calAD - 890calAD (95.4%)
IAAA-170929	1,380 \pm 20	84.24 \pm 0.22	1,332 \pm 21	658calAD - 682calAD (68.2%)	651calAD - 710calAD (87.3%) 746calAD - 764calAD (8.1%)

*Warning! Date may extend out of range

Warning! Date probably out of range

**Warning! Date probably out of range

(これらの警告は較正プログラムOxCalが発するもので、試料の ^{14}C 年代に対応する較正年代が、当該暦年較正曲線で較正可能な範囲を超える新しい年代となる可能性があることを表す。*, **の順にその可能性が高くなる。)

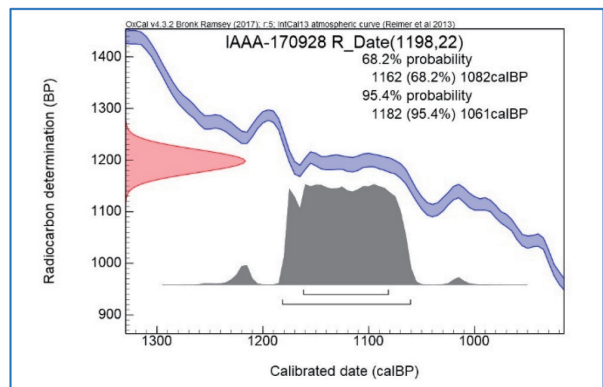
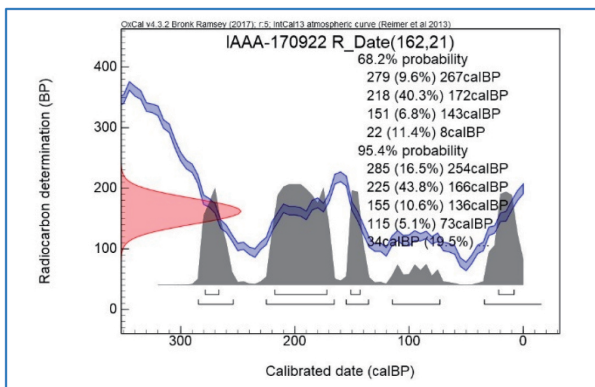
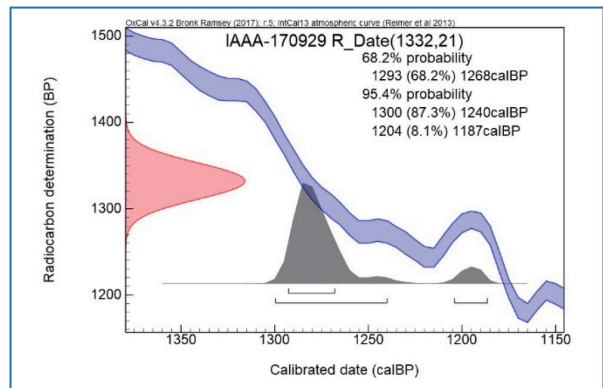
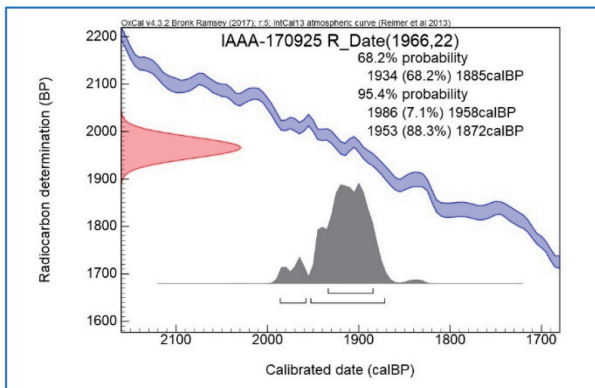
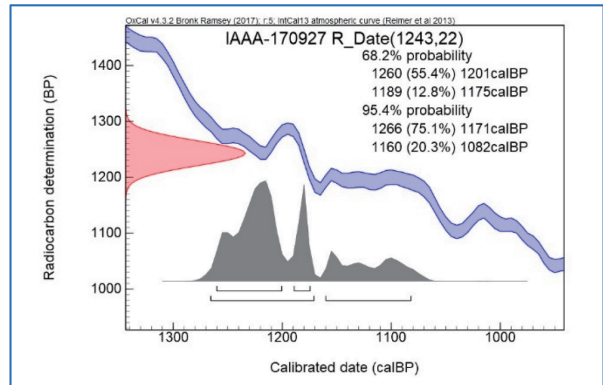
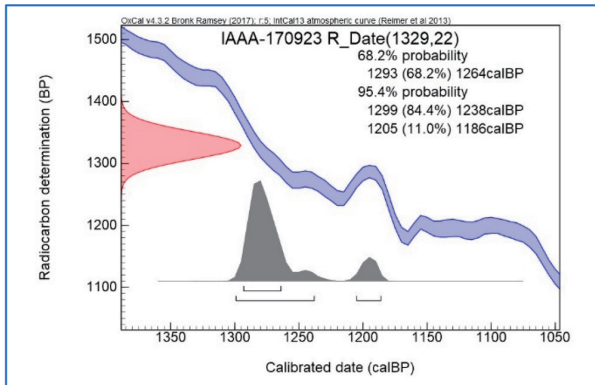
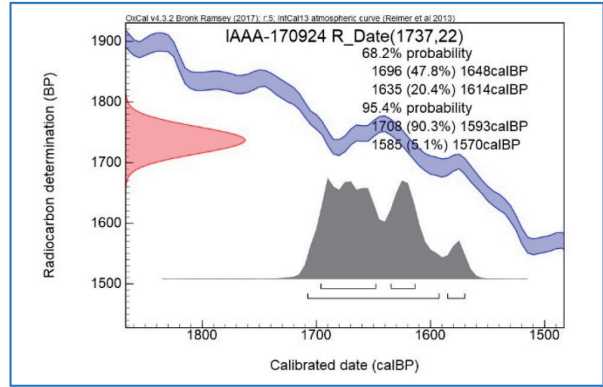
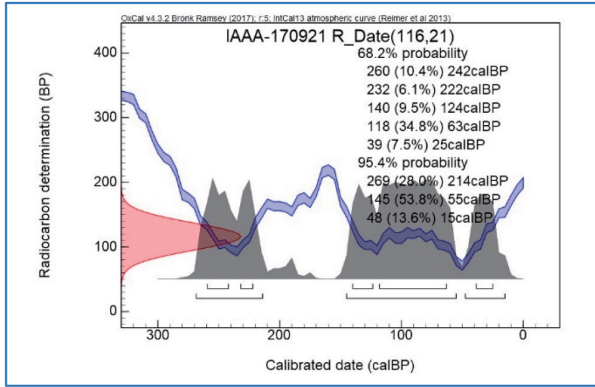


図1 暦年較正年代グラフ (cal BP, 参考)

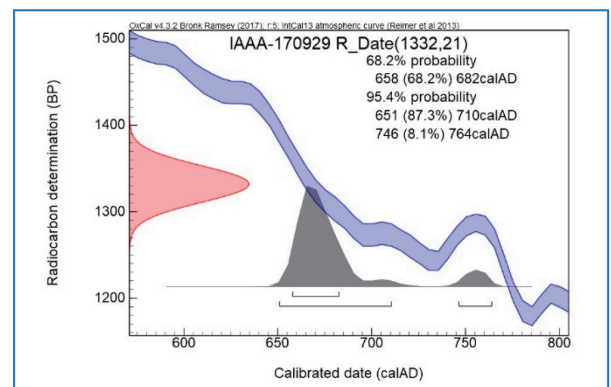
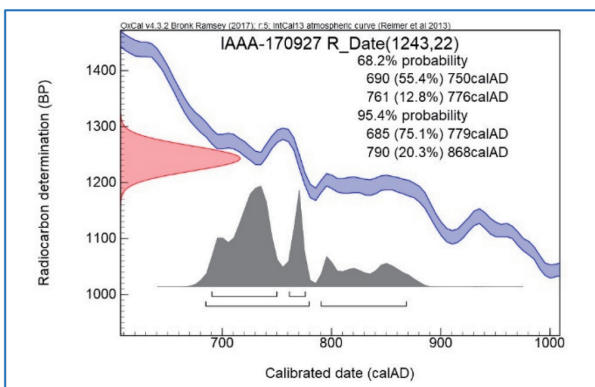
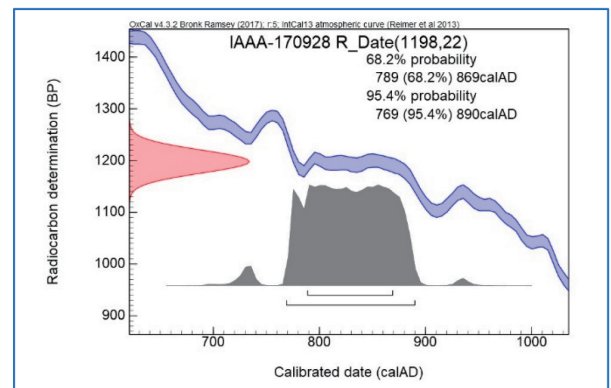
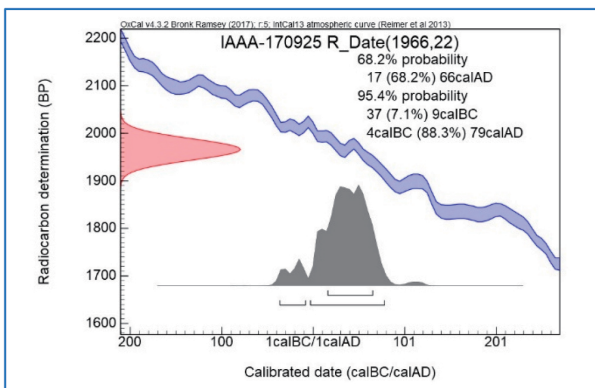
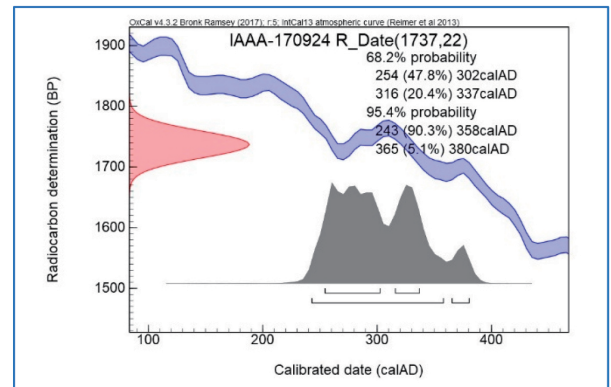
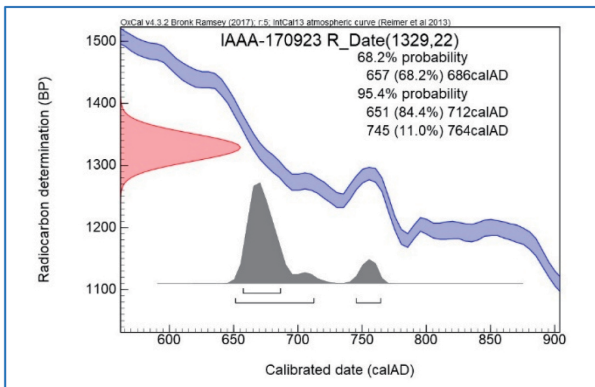
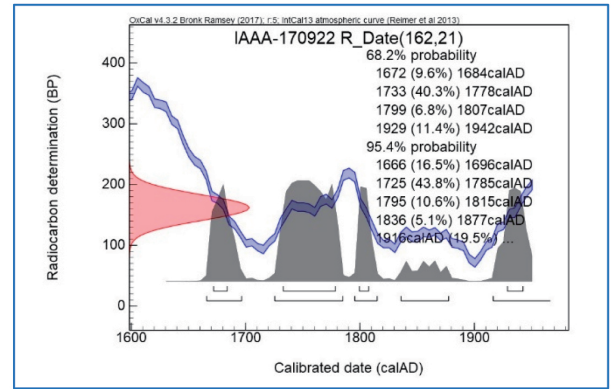
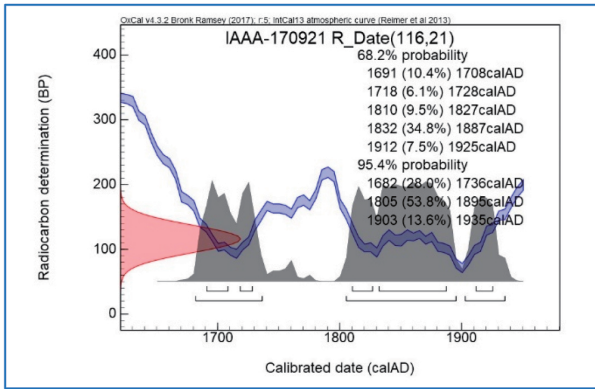


図2 暦年較正年代グラフ (cal BP, 参考)

川久保遺跡における放射性炭素年代 2

(AMS測定)

(株) 加速器分析研究所

1 測定対象試料

川久保遺跡は、鹿児島県鹿屋市串良町細山田に所在し、串良川右岸の段丘上に位置する。測定対象試料は、竪穴建物跡から出土した炭化物6点 (No. 16～21) と製鉄関連遺構から出土した炭化材4点 (No. 22～25) の合計10点である (表1)。竪穴建物跡は古墳時代、鍛冶遺構は古代と推定されている。

なお、製鉄関連遺構から出土した4点 (No. 22～25) の同一試料を含む10点の炭化材については樹種同定、竪穴建物跡から採取された14点の試料については種実同定が行われた (別稿樹種・種実同定報告参照)。

2 化学処理工程

- (1) メス・ピンセットを使い、土等の付着物を取り除く。
- (2) 酸-アルカリ-酸 (AAA : Acid Alkali Acid) 処理により不純物を化学的に取り除く。その後、超純水で中性になるまで希釈し、乾燥させる。AAA処理における酸処理では、通常 1 mol/l (1 M) の塩酸 (HCl) を用いる。アルカリ処理では水酸化ナトリウム (NaOH) 水溶液を用い、 0.001 M から 1 M まで徐々に濃度を上げながら処理を行う。アルカリ濃度が 1 M に達した時には「AAA」、 1 M 未満の場合は「AaA」と表1に記載する。
- (3) 試料を燃焼させ、二酸化炭素 (CO_2) を発生させる。
- (4) 真空ラインで二酸化炭素を精製する。
- (5) 精製した二酸化炭素を、鉄を触媒として水素で還元しグラファイト (C) を生成させる。
- (6) グラファイトを内径 1 mm のカソードにハンドプレス機で詰め、それをホイールにはめ込み、測定装置に装着する。

3 測定方法

加速器をベースとした ^{14}C -AMS専用装置 (NEC社製) を使用し、 ^{14}C の計数、 ^{13}C 濃度 ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$)、 ^{14}C 濃度 ($^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$) の測定を行う。測定では、米国国立標準局 (NIST) から提供されたシュウ酸 (HOx II) を標準試料とする。この標準試料とバックグラウンド試料の測定も同時に実施する。

4 算出方法

- (1) $\delta^{13}\text{C}$ は、試料炭素の ^{13}C 濃度 ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) を測定し、基準試料 (PDB) からのずれを示した値である (表1)。AMS装置による測定値を用い、表中に「AMS」と注記する。

- (2) ^{14}C 年代 (Libby Age : yrBP) は、過去の大気中 ^{14}C 濃度が一定であったと仮定して測定され、1950年を基準年 (0 yrBP) として遡る年代である。年代値の算出には、Libbyの半減期 (5568年) を使用する (Stuiver and Polach 1977)。 ^{14}C 年代は $\delta^{13}\text{C}$ によって同位体効果を補正する必要がある。補正した値を表1に、補正していない値を参考値として表2、3に示した。 ^{14}C 年代と誤差は、下1桁を丸めて10年単位で表示される。また、 ^{14}C 年代の誤差 ($\pm 1\sigma$) は、試料の ^{14}C 年代がその誤差範囲に入る確率が 68.2% であることを意味する。

- (3) pMC (percent Modern Carbon) は、標準現代炭素に対する試料炭素の ^{14}C 濃度の割合である。pMCが小さい (^{14}C が少ない) ほど古い年代を示し、pMCが100以上 (^{14}C の量が標準現代炭素と同等以上) の場合 Modern とする。この値も $\delta^{13}\text{C}$ によって補正する必要があるため、補正した値を表1に、補正していない値を参考値として表2に示した。

- (4) 暦年較正年代とは、年代が既知の試料の ^{14}C 濃度をもとに描かれた較正曲線と照らし合わせ、過去の ^{14}C 濃度変化などを補正し、実年代に近づけた値である。暦年較正年代は、 ^{14}C 年代に対応する較正曲線上の暦年代範囲であり、1標準偏差 ($1\sigma = 68.2\%$) あるいは2標準偏差 ($2\sigma = 95.4\%$) で表示される。グラフの縦軸が ^{14}C 年代、横軸が暦年較正年代を表す。暦年較正プログラムに入力される値は、 $\delta^{13}\text{C}$ 補正を行い、下1桁を丸めない ^{14}C 年代値である。なお、較正曲線および較正プログラムは、データの蓄積によって更新される。また、プログラムの種類によっても結果が異なるため、年代の活用にあたってはその種類とバージョンを確認する必要がある。ここでは、暦年較正年代の計算に、IntCal13 データベース (Reimer et al. 2013) を用い、OxCal v4.3 較正プログラム (Bronk Ramsey 2009) を使用した。暦年較正年代については、特定のデータベース、プログラムに依存する点を考慮し、プログラムに入力する値とともに参考値として表2に示した。暦年較正年代は、 ^{14}C 年代に基づいて較正 (calibrate) された年代値であることを明示するために「cal BC/AD」または「cal BP」という単位で表される。

5 測定結果

測定結果を表1、2に示す。以下、(1) 竪穴建物跡出土炭化物、(2) 製鉄関連遺構出土炭化材に分けて記述する。

(1) 竪穴建物跡出土炭化物

試料 No. 16～21 の6点の ^{14}C 年代は、 $1800 \pm 20\text{ yrBP}$

(No. 18) から 1630 ± 20 yrBP (No. 16) の間にある。暦年較正年代 (1σ) は、最も古いNo. 18 が $143 \sim 245$ cal AD の間に 3 つの範囲、最も新しいNo. 16 が $390 \sim 428$ cal AD の範囲で示される。全体では弥生時代後期から古墳時代中期頃に相当する (佐原 2005)。試料の出土した竪穴建物跡は古墳時代に属すると考えられており、得られた年代値はおおむね推定に一致するか、やや古い。

なお、No. 17 ~ 21 が含まれる 1 ~ 3 世紀頃の暦年較正に関しては、北半球で広く用いられる較正曲線 IntCal に対して日本産樹木年輪試料の測定値が系統的に異なるとの指摘がある (尾寄 2009, 坂本 2010 など)。その日本産樹木のデータを用いてこれらの試料の測定結果を暦年較正した場合、ここで報告する較正年代値よりも新しくなる可能性がある。

また、試料 6 点のうち、No. 18, 19 が竪穴建物跡 8 号、No. 20, 21 が竪穴建物跡 7 号のそれぞれ同一遺構で出土している。No. 18, 19 はやや年代差がみられ、確率の高い 1σ 暦年代範囲でみると重ならないが、確率の低い範囲を含めた 2σ 暦年代範囲でみると、重なる範囲が多くなる。No. 20, 21 の年代値はおおむね一致する。

試料の炭素含有率は 49% (No. 17) ~ 70% (No. 21) の適正な値で、化学処理、測定上の問題は認められない。

(2) 製鉄関連遺構出土炭化材

試料No. 22 ~ 25 の 4 点の ^{14}C 年代は、 1240 ± 20 yrBP (No. 22, 23) から 1190 ± 20 yrBP (No. 24) の狭い範囲にまとまる。暦年較正年代 (1σ) は、最も古いNo. 23 が $690 \sim 775$ cal AD の間に 2 つの範囲、最も新しいNo. 24 が 778

~ 882 cal AD の間に 3 つの範囲で示される。製鉄関連遺構は古代に属すると考えられており、得られた年代値はいずれもその推定に一致している。

また、試料No. 22, 23 が製鉄関連土坑 1, No. 24, 25 が製鉄関連土坑 2 のそれぞれ同一遺構で出土している。試料の年代値は遺構ごとにほぼ同年代を示している。

試料の炭素含有率は 67% (No. 22) ~ 72% (No. 24) の適正な値で、化学処理、測定上の問題は認められない。

文献

Bronk Ramsey, C. 2009 Bayesian analysis of radiocarbon dates, *Radiocarbon* 51 (1), 337-360

尾寄大真 2009 日本産樹木年輪試料の炭素14年代からみた弥生時代の実年代, 設楽博己, 藤尾慎一郎, 松木武彦編弥生時代の考古学1 弥生文化の輪郭, 同成社, 225-235

Reimer, P. J. et al. 2013 IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years cal BP, *Radiocarbon* 55 (4), 1869-1887

佐原真 2005 日本考古学・日本歴史学の時代区分, ウェルナー・シュタインハウス監修, 奈良文化財研究所編集, 日本の考古学 上 ドイツ展記念概説, 学生社, 14-19

坂本稔 2010 較正曲線と日本産樹木-弥生から古墳へ-, 第5回年代測定と日本文化研究シンポジウム予稿集, (株) 加速器分析研究所, 85-90

Stuiver, M. and Polach, H.A. 1977 Discussion: Reporting of ^{14}C data, *Radiocarbon* 19 (3), 355-363

表1 放射性炭素年代測定結果 ($\delta^{13}\text{C}$ 補正值)

測定番号	試料名	採取場所	試料形態	処理方法	$\delta^{13}\text{C}$ (‰) (AMS)	$\delta^{13}\text{C}$ 補正あり	
						Libby Age (yrBP)	pMC (%)
IAAA-172384	No. 16	竪穴建物跡 1 号 (試料No. 16)	炭化物	AAA	-25.46 ± 0.37	$1,630 \pm 20$	81.63 ± 0.23
IAAA-172385	No. 17	竪穴建物跡 2 号 (試料No. 59)	炭化物	AaA	-28.21 ± 0.36	$1,730 \pm 20$	80.65 ± 0.23
IAAA-172386	No. 18	竪穴建物跡 8 号 (試料No. 15)	炭化物	AAA	-26.93 ± 0.39	$1,800 \pm 20$	79.88 ± 0.23
IAAA-172387	No. 19	竪穴建物跡 8 号 (試料No. 23)	炭化物	AAA	-26.51 ± 0.40	$1,760 \pm 20$	80.37 ± 0.22
IAAA-172388	No. 20	竪穴建物跡 7 号 (試料No. 4)	炭化物	AAA	-26.83 ± 0.43	$1,690 \pm 20$	80.98 ± 0.23
IAAA-172389	No. 21	竪穴建物跡 7 号 (試料No. 18)	炭化物	AAA	-25.46 ± 0.39	$1,700 \pm 20$	80.92 ± 0.23
IAAA-172390	No. 22	製鉄関連土坑 1 (No. 357)	炭化材	AaA	-27.52 ± 0.36	$1,240 \pm 20$	85.68 ± 0.24
IAAA-172391	No. 23	製鉄関連土坑 1 (No. 375)	炭化材	AAA	-27.04 ± 0.41	$1,240 \pm 20$	85.65 ± 0.24
IAAA-172392	No. 24	製鉄関連土坑 2 (サンプル 6)	炭化材	AAA	-26.90 ± 0.41	$1,190 \pm 20$	86.28 ± 0.24
IAAA-172393	No. 25	製鉄関連土坑 2 (サンプル 7)	炭化材	AAA	-26.37 ± 0.28	$1,210 \pm 20$	86.05 ± 0.23

[IAA登録番号 : #8940]

表2 放射性炭素年代測定結果 ($\delta^{13}\text{C}$ 未補正值, 暦年較正用 ^{14}C 年代, 較正年代)

測定番号	$\delta^{13}\text{C}$ 補正なし		暦年較正用 (yrBP)	1 σ 暦年代範囲	2 σ 暦年代範囲
	Age (yrBP)	pMC (%)			
IAAA-172384	1,640 ± 20	81.55 ± 0.22	1,631 ± 22	390calAD - 428calAD (68.2%)	349calAD - 368calAD (2.7%) 379calAD - 435calAD (73.2%) 456calAD - 469calAD (1.9%) 487calAD - 534calAD (17.7%)
IAAA-172385	1,780 ± 20	80.12 ± 0.22	1,727 ± 23	256calAD - 300calAD (38.4%) 318calAD - 348calAD (25.3%) 370calAD - 377calAD (4.4%)	250calAD - 383calAD (95.4%)
IAAA-172386	1,840 ± 20	79.57 ± 0.22	1,804 ± 22	143calAD - 156calAD (8.8%) 167calAD - 195calAD (21.2%) 209calAD - 245calAD (38.2%)	132calAD - 256calAD (89.4%) 299calAD - 319calAD (6.0%)
IAAA-172387	1,780 ± 20	80.11 ± 0.21	1,755 ± 22	247calAD - 261calAD (15.3%) 279calAD - 326calAD (52.9%)	230calAD - 347calAD (95.4%)
IAAA-172388	1,730 ± 20	80.67 ± 0.22	1,694 ± 22	336calAD - 390calAD (68.2%)	258calAD - 285calAD (11.6%) 290calAD - 295calAD (0.7%) 321calAD - 405calAD (83.1%)
IAAA-172389	1,710 ± 20	80.85 ± 0.22	1,700 ± 23	268calAD - 271calAD (2.4%) 332calAD - 389calAD (65.8%)	257calAD - 298calAD (18.6%) 320calAD - 400calAD (76.8%)
IAAA-172390	1,280 ± 20	85.24 ± 0.23	1,241 ± 22	690calAD - 749calAD (51.9%) 761calAD - 777calAD (13.3%) 793calAD - 800calAD (3.0%)	686calAD - 779calAD (71.5%) 790calAD - 870calAD (23.9%)
IAAA-172391	1,280 ± 20	85.29 ± 0.22	1,244 ± 22	690calAD - 750calAD (55.7%) 761calAD - 775calAD (12.5%)	683calAD - 779calAD (76.6%) 790calAD - 868calAD (18.8%)
IAAA-172392	1,220 ± 20	85.94 ± 0.22	1,185 ± 21	778calAD - 792calAD (12.5%) 803calAD - 843calAD (33.8%) 857calAD - 882calAD (21.9%)	772calAD - 892calAD (95.4%)
IAAA-172393	1,230 ± 20	85.81 ± 0.23	1,206 ± 21	774calAD - 778calAD (4.1%) 789calAD - 831calAD (36.7%) 837calAD - 868calAD (27.4%)	731calAD - 735calAD (1.2%) 769calAD - 886calAD (94.2%)

[参考値]

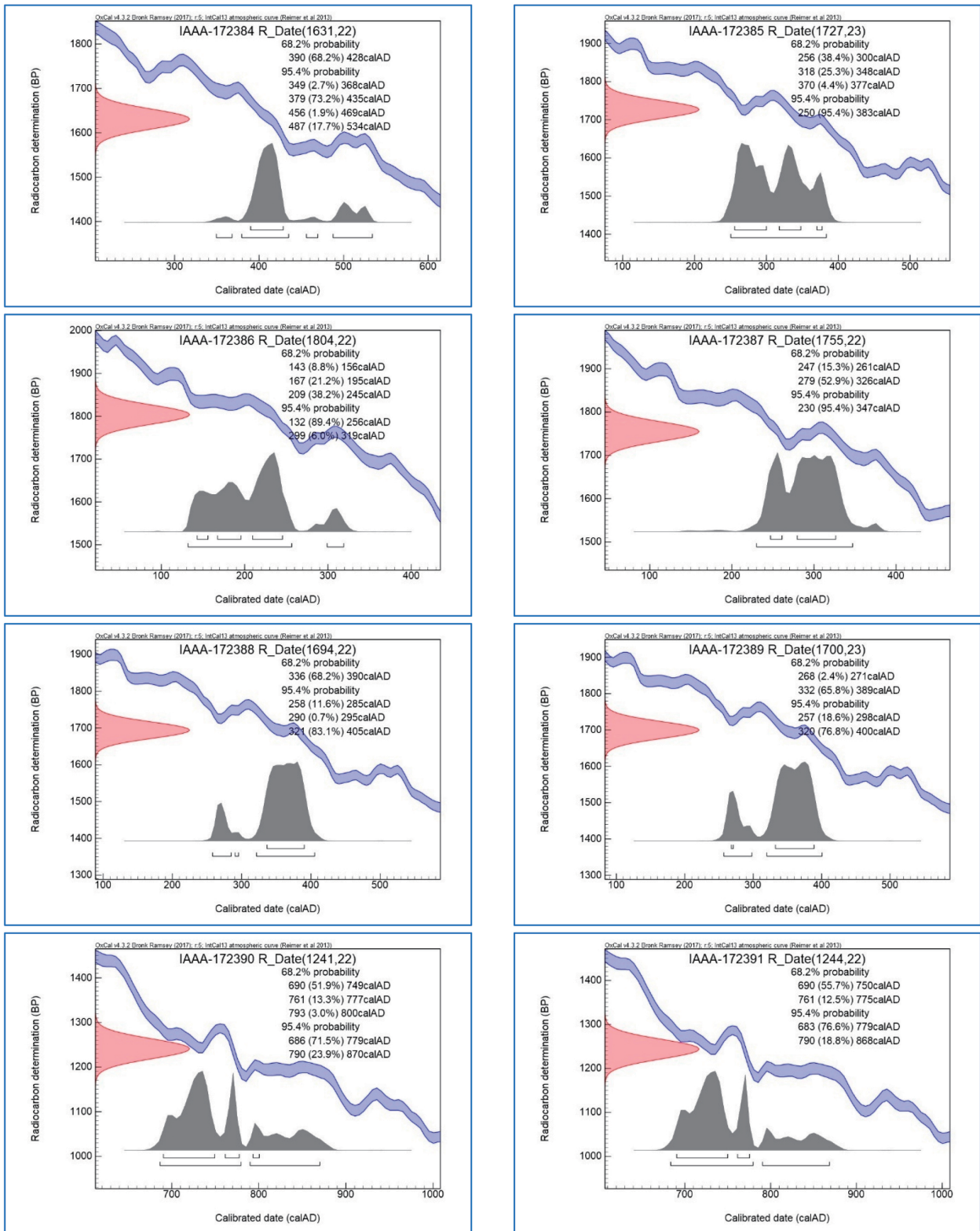


図1 暦年較正年代グラフ(参考)

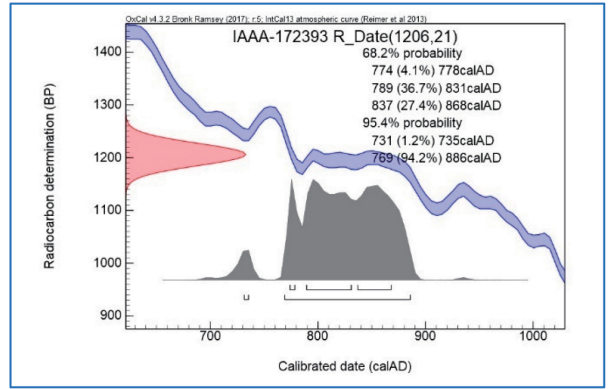
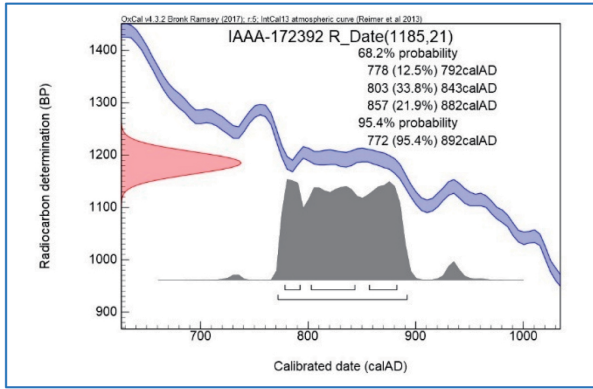


図2 暦年較正年代グラフ(参考)

川久保遺跡における放射性炭素年代 3
(AMS測定)

(株) 加速器分析研究所

1 測定対象試料

鹿児島県に所在する川久保遺跡A地点の測定対象試料は、炭化物5点である(表1)。今回測定する試料は、放射性炭素年代測定のみを行った。

2 年代測定試料の化学処理工程

(1) 土器付着炭化物の化学処理

- 1) メス・ピンセットを使い、土等の混入物を取り除く。
- 2) アセトンで処理を行う(AC)。
- 3) 酸-アルカリ-酸(AAA: Acid Alkali Acid)処理により不純物を化学的に取り除く。その後、超純水で中性になるまで希釈し、乾燥させる。AAA処理における酸処理では、通常1 mol/l (1M)の塩酸(HCl)を用いる。アルカリ処理では水酸化ナトリウム(NaOH)水溶液を用い、0.001Mから1Mまで徐々に濃度を上げながら処理を行う。アルカリ濃度が1Mに達した時には「AAA」、1M未満の場合は「AaA」と表1に記載する。AAA処理された試料を2つに分け、一方を年代測定用、他方を安定同位体等分析用の試料とする。
- 4) 試料を燃焼させ、二酸化炭素(CO₂)を発生させる。
- 5) 真空ラインで二酸化炭素を精製する。
- 6) 精製した二酸化炭素を鉄を触媒として水素で還元し、グラファイト(C)を生成させる。
- 7) グラファイトを内径1mmのカソードにハンドプレス機で詰め、それをホイールにはめ込み、測定装置に装着する。

(2) 炭化物の化学処理

- 1) メス・ピンセットを使い、土等の付着物を取り除く。
 - 2) アセトンで処理を行う(AC)。
 - 3) 酸-アルカリ-酸(AAA: Acid Alkali Acid)処理により不純物を化学的に取り除く。その後、超純水で中性になるまで希釈し、乾燥させる。AAA処理における酸処理では、通常1 mol/l (1M)の塩酸(HCl)を用いる。アルカリ処理では水酸化ナトリウム(NaOH)水溶液を用い、0.001Mから1Mまで徐々に濃度を上げながら処理を行う。アルカリ濃度が1Mに達した時には「AAA」、1M未満の場合は「AaA」と表1に記載する。
- 以下、(1)4)と同じ。

3 年代測定試料の測定方法

加速器をベースとした¹⁴C-AMS専用装置(NEC社製)を使用し、¹⁴Cの計数、¹³C濃度(¹³C/¹²C)、¹⁴C濃度(¹⁴C/¹²C)の

測定を行う。測定では、米国国立標準局(NIST)から提供されたシュウ酸(HOxII)を標準試料とする。この標準試料とバックグラウンド試料の測定も同時に実施する。

4 算出方法

- (1) $\delta^{13}\text{C}$ は、試料炭素の¹³C濃度(¹³C/¹²C)を測定し、基準試料(PDB)からのずれを示した値である。 $\delta^{15}\text{N}$ は、試料窒素の¹⁵N濃度(¹⁵N/¹⁴N)を測定し、基準試料(大気中の窒素ガス)からのずれを示した値である。いずれも基準値からのずれを千分偏差(‰)で表される。 $\delta^{13}\text{C}$ はAMS装置と質量分析計で測定され、AMS装置による値は表中に(AMS)と注記する(表1)。
- (2) ¹⁴C年代(Libby Age: yrBP)は、過去の大気中¹⁴C濃度が一定であったと仮定して測定され、1950年を基準年(0 yrBP)として遡る年代である。年代値の算出には、Libbyの半減期(5568年)を使用する(Stuiver and Polach 1977)。¹⁴C年代は $\delta^{13}\text{C}$ によって同位体効果を補正する必要がある。補正した値を表1に、補正していない値を参考値として表2に示した。¹⁴C年代と誤差は、下1桁を丸めて10年単位で表示される。また、¹⁴C年代の誤差($\pm 1\sigma$)は、試料の¹⁴C年代がその誤差範囲に入る確率が68.2%であることを意味する。
- (3) pMC(percent Modern Carbon)は、標準現代炭素に対する試料炭素の¹⁴C濃度の割合である。pMCが小さい(¹⁴Cが少ない)ほど古い年代を示し、pMCが100以上(¹⁴Cの量が標準現代炭素と同等以上)の場合Modernとする。この値も $\delta^{13}\text{C}$ によって補正する必要があるため、補正した値を表1に、補正していない値を参考値として表2に示した。
- (4) 暦年較正年代とは、年代が既知の試料の¹⁴C濃度を元に描かれた較正曲線と照らし合わせ、過去の¹⁴C濃度変化などを補正し、実年代に近づけた値である。暦年較正年代は、¹⁴C年代に対応する較正曲線上の暦年代範囲であり、1標準偏差($1\sigma = 68.2\%$)あるいは2標準偏差($2\sigma = 95.4\%$)で表示される。グラフの縦軸が¹⁴C年代、横軸が暦年較正年代を表す。暦年較正プログラムに入力される値は、 $\delta^{13}\text{C}$ 補正を行い、下一桁を丸めない¹⁴C年代値である。なお、較正曲線および較正プログラムは、データの蓄積によって更新される。また、プログラムの種類によっても結果が異なるため、年代の活用にあたってはその種類とバージョンを確認する必要がある。ここでは、暦年較正年代の計算に、IntCal13データベース(Reimer et al. 2013)を用い、OxCalv4.3較正プログラム(Bronk Ramsey 2009)を使用した。暦年較正年代については、特定のデータベース、プログラムに依存する点を考慮し、プログラムに入力する値と

ともに参考値として表2に示した。なお、暦年較正年代は、 ^{14}C 年代に基づいて較正(calibrate)された年代値であることを明示するために「cal BP」または「cal BC/AD」という単位で表される。

5 測定結果

測定結果を表1～2に示す。

炭化物試料5点(試料2019-3～2019-7)の ^{14}C 年代は、 $1780 \pm 20\text{yrBP}$ (試料2019-4)から $1610 \pm 20\text{yrBP}$ (試料2019-7)の間にまとまる。暦年較正年代(1σ)は、5点の試料のうち最も古い試料2019-4が228～323cal ADの間に2つの範囲、最も新しい試料2019-7が402～530cal ADの間に2つの範囲でそれぞれ示され、弥生時代後期から古墳時代後期頃に相当する(佐原2005, 藤尾2009)。試料が出土した竪穴建物跡は古墳時代とされており、測定された結果は推定年代とおおむね一致するかやや古い。

なお、試料2019-4～2019-6が含まれる1～3世紀頃の暦年較正に関しては、北半球で広く用いられる較正曲線IntCalに対して日本産樹木年輪試料の測定値が系統的に異なるとの指摘がある(尾寄2009, 坂本2010など)。その日本産樹木のデータを用いてこれらの試料の測定結果を暦年較正した場合、ここで報告する較正年代値よりも新くなる可能性がある。

なお、炭化物試料2019-3～2019-7の5点は木炭と観察された。このことから、以下に記述する古木効果を考慮する必要がある。

樹木の年輪の放射性炭素年代は、その年輪が成長した年の年代を示す。したがって樹皮直下の最外年輪の年代が、樹木が伐採され死んだ年代を示し、内側の年輪は、最外年輪からの年輪数の分、古い年代値を示すことになる(古木効果)。今回測定された木炭試料にはいずれも樹皮が確認されていないことから、木炭となった木が死んだ年代は測定された年代値よりも新しい可能性がある。

文献

赤澤威, 米田穰, 吉田邦夫 1993 北村縄文人骨の同位体食性分

析, 中央自動車道長野線埋蔵文化財発掘調査報告書11 一明科町内一 北村遺跡 本文編(財)長野県埋蔵文化財センター発掘調査報告書14), 長野県教育委員会, (財)長野県埋蔵文化財センター, 445-468

Bronk Ramsey, C. 2009 Bayesian analysis of radiocarbon dates, Radiocarbon 51 (1), 337-360

藤尾慎一郎 2009 弥生時代の実年代, 西本豊弘編, 新弥生時代のはじまり 第4巻 弥生農耕のはじまりとその年代, 雄山閣, 9-54

小林謙一 2017 縄文時代の実年代 一土器型式編年と炭素14年代一, 同成社

小林達雄編 2008 総覧縄文土器, 総覧縄文土器刊行委員会, アム・プロモーション

國木田大, 吉田邦夫, 辻誠一郎, 福田正宏 2010 押出遺跡のクッキー状炭化物と大木式土器の年代, 東北芸術工科大学東北文化研究センター研究紀要, 9, 1-14

尾寄大真 2009 日本産樹木年輪試料の炭素14年代からみた弥生時代の実年代, 設楽博己, 藤尾慎一郎, 松木武彦編弥生時代の考古学1 弥生文化の輪郭, 同成社, 225-235

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

佐原真 2005 日本考古学・日本歴史学の時代区分, 佐原真, ウェルナー・シュタインハウス監修, 独立行政法人文化財研究所奈良文化財研究所編集, ドイツ展記念概説 日本の考古学 上巻, 学生社, 14-19

坂本稔 2010 較正曲線と日本産樹木-弥生から古墳へ-, 第5回年代測定と日本文化研究シンポジウム予稿集, (株)加速器分析研究所, 85-90

Stuiver, M. and Polach, H. A. 1977 Discussion: Reporting of ^{14}C data, Radiocarbon 19 (3), 355-363

吉田邦夫 2006 煮炊きして出来た炭化物の同位体分析, 新潟県立歴史博物館研究紀要7, 51-58

Yoneda, M. et al. 2004 Isotopic evidence of inland-water fishing by a Jomon population excavated from the Boji site, Nagano, Japan, Journal of Archaeological Science, 31, 97-107

表1 放射性炭素年代測定結果 ($\delta^{13}\text{C}$ 補正值)

測定番号	試料名	採取場所	試料形態	処理方法	$\delta^{13}\text{C}$ (‰) (AMS)	$\delta^{13}\text{C}$ 補正あり	
						Libby Age (yrBP)	pMC (%)
IAAA-190916	2019-3	竪穴建物跡22号-152 遺構内	炭化物	AC+AaA	-21.49 ± 0.22	1,670 ± 20	81.18 ± 0.21
IAAA-190917	2019-4	竪穴建物跡13号-181 遺構内	炭化物	AC+AAA	-24.10 ± 0.22	1,780 ± 20	80.13 ± 0.22
IAAA-190918	2019-5	竪穴建物跡27・28・29号-107844 遺構内	炭化物	AC+AAA	-25.63 ± 0.20	1,750 ± 20	80.40 ± 0.23
IAAA-190919	2019-6	竪穴建物跡26号-101013 遺構内	炭化物	AC+AAA	-27.77 ± 0.21	1,770 ± 20	80.20 ± 0.22
IAAA-190920	2019-7	竪穴建物跡41号-98561 遺構内	炭化物	AC+AAA	-25.14 ± 0.21	1,610 ± 20	81.82 ± 0.23

[IAA登録番号：#9819]

表2 放射性炭素年代測定結果 ($\delta^{13}\text{C}$ 未補正值, 暦年較正用 ^{14}C 年代, 較正年代)

測定番号	$\delta^{13}\text{C}$ 補正なし		暦年較正用 (yrBP)	1 σ 暦年代範囲	2 σ 暦年代範囲
	Age (yrBP)	pMC (%)			
IAAA-190916	1,620 ± 20	81.77 ± 0.21	1,674 ± 21	347calAD - 371calAD (31.3%) 377calAD - 400calAD (36.9%)	268calAD - 271calAD (0.5%) 332calAD - 418calAD (94.9%)
IAAA-190917	1,760 ± 20	80.28 ± 0.22	1,779 ± 22	228calAD - 258calAD (33.2%) 283calAD - 323calAD (35.0%)	143calAD - 157calAD (2.3%) 167calAD - 196calAD (5.7%) 210calAD - 333calAD (87.4%)
IAAA-190918	1,760 ± 20	80.30 ± 0.22	1,752 ± 22	248calAD - 262calAD (14.6%) 277calAD - 328calAD (53.6%)	232calAD - 349calAD (94.4%) 370calAD - 377calAD (1.0%)
IAAA-190919	1,820 ± 20	79.75 ± 0.22	1,772 ± 22	235calAD - 259calAD (26.3%) 281calAD - 324calAD (41.9%)	145calAD - 150calAD (0.4%) 170calAD - 194calAD (2.7%) 211calAD - 339calAD (92.3%)
IAAA-190920	1,610 ± 20	81.80 ± 0.22	1,612 ± 22	402calAD - 431calAD (34.4%) 492calAD - 530calAD (33.8%)	394calAD - 475calAD (54.9%) 485calAD - 535calAD (40.5%)

[参考値]

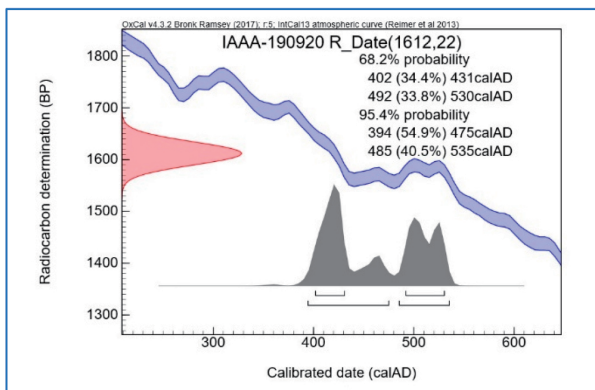
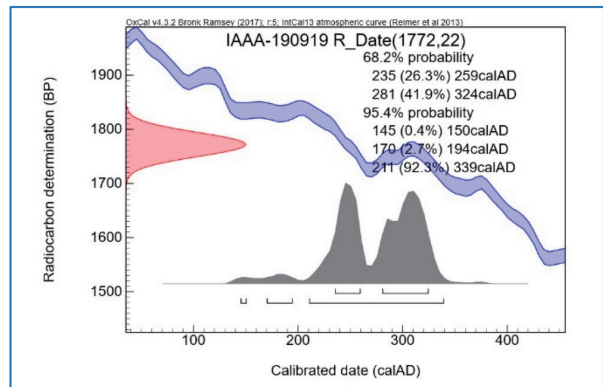
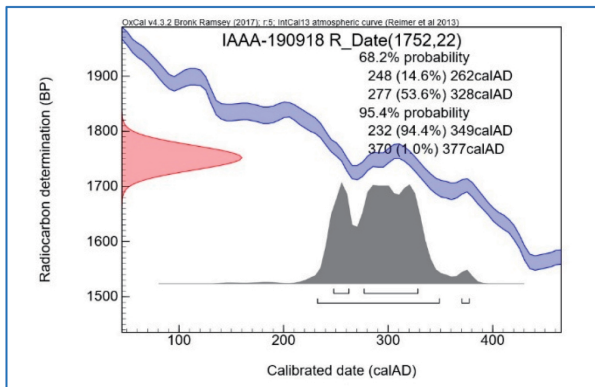
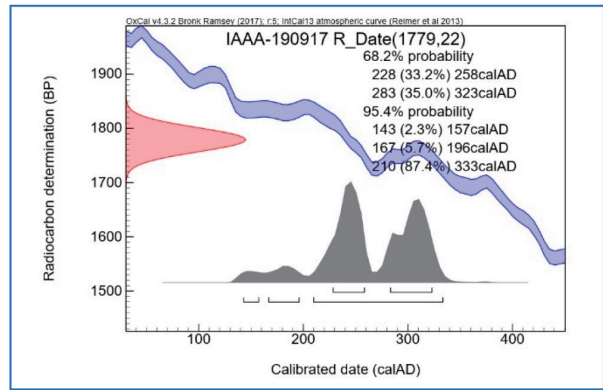
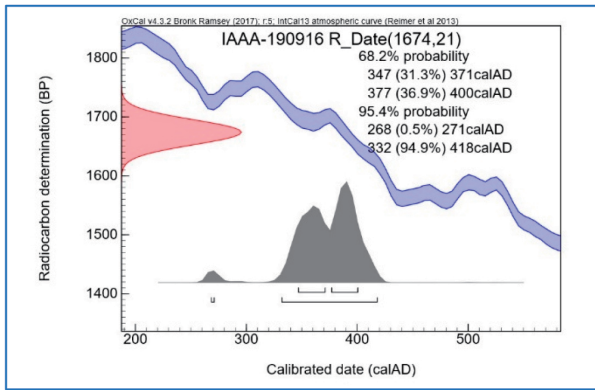


図1 暦年較正年代グラフ(参考)

川久保遺跡における放射性炭素年代 4 (AMS測定)

(株) 加速器分析研究所

1 測定対象試料

鹿児島県に所在する川久保遺跡の測定対象試料は、土器から採取された土器付着炭化物1点と炭化物1点の合計2点である(表1)。今回測定する試料については、放射性炭素年代測定のみを行った。

2 年代測定試料の化学処理工程

- (1) メス・ピンセットを使い、土等の混入物を取り除く。
- (2) アセトンで処理を行う(AC)。
- (3) 酸-アルカリ-酸(AAA: Acid Alkali Acid)処理により不純物を化学的に取り除く。その後、超純水で中性になるまで希釈し、乾燥させる。AAA処理における酸処理では、通常1 mol/l (1 M)の塩酸(HCl)を用いる。アルカリ処理では水酸化ナトリウム(NaOH)水溶液を用い、0.001Mから1 Mまで徐々に濃度を上げながら処理を行う。アルカリ濃度が1 Mに達した時には「AAA」、1 M未満の場合は「AaA」と表1に記載する。試料No.1については、AAA処理された試料を2つに分け、一方を年代測定用、他方を安定同位体等分析用の試料とする。
- (4) 試料を燃焼させ、二酸化炭素(CO₂)を発生させる。
- (5) 真空ラインで二酸化炭素を精製する。
- (6) 精製した二酸化炭素を鉄を触媒として水素で還元し、グラファイト(C)を生成させる。
- (7) グラファイトを内径1 mmのカソードにハンドプレス機で詰め、それをホイールにはめ込み、測定装置に装着する。

3 年代測定試料の測定方法

加速器をベースとした¹⁴C-AMS専用装置(NEC社製)を使用し、¹⁴Cの計数、¹³C濃度(¹³C/¹²C)、¹⁴C濃度(¹⁴C/¹²C)の測定を行う。測定では、米国国立標準局(NIST)から提供されたシュウ酸(HOx II)を標準試料とする。この標準試料とバックグラウンド試料の測定も同時に実施する。

4 算出方法

- (1) $\delta^{13}\text{C}$ は、試料炭素の¹³C濃度(¹³C/¹²C)を測定し、基準試料(PDB)からのずれを示した値である。 $\delta^{15}\text{N}$ は、試料窒素の¹⁵N濃度(¹⁵N/¹⁴N)を測定し、基準試料(大気中の窒素ガス)からのずれを示した値である。いずれも基準値からのずれを千分偏差(‰)で表される。 $\delta^{13}\text{C}$ はAMS装置と質量分析計で測定され、AMS装置による値は表中に(AMS)と注記する(表1)。

(2) ¹⁴C年代(Libby Age: yrBP)は、過去の大気中¹⁴C濃度が一定であったと仮定して測定され、1950年を基準年(0 yrBP)として遡る年代である。年代値の算出には、Libbyの半減期(5568年)を使用する(Stuiver and Polach 1977)。¹⁴C年代は $\delta^{13}\text{C}$ によって同位体効果を補正する必要がある。補正した値を表1に、補正していない値を参考値として表2に示した。¹⁴C年代と誤差は、下1桁を丸めて10年単位で表示される。また、¹⁴C年代の誤差($\pm 1\sigma$)は、試料の¹⁴C年代がその誤差範囲に入る確率が68.2%であることを意味する。

(3) pMC(percent Modern Carbon)は、標準現代炭素に対する試料炭素の¹⁴C濃度の割合である。pMCが小さい(¹⁴Cが少ない)ほど古い年代を示し、pMCが100以上(¹⁴Cの量が標準現代炭素と同等以上)の場合Modernとする。この値も $\delta^{13}\text{C}$ によって補正する必要があるため、補正した値を表1に、補正していない値を参考値として表2に示した。

(4) 暦年較正年代とは、年代が既知の試料の¹⁴C濃度を元に描かれた較正曲線と照らし合わせ、過去の¹⁴C濃度変化などを補正し、実年代に近づけた値である。暦年較正年代は、¹⁴C年代に対応する較正曲線上の暦年代範囲であり、1標準偏差($1\sigma = 68.2\%$)あるいは2標準偏差($2\sigma = 95.4\%$)で表示される。グラフの縦軸が¹⁴C年代、横軸が暦年較正年代を表す。暦年較正プログラムに入力される値は、 $\delta^{13}\text{C}$ 補正を行い、下1桁を丸めない¹⁴C年代値である。なお、較正曲線および較正プログラムは、データの蓄積によって更新される。また、プログラムの種類によっても結果が異なるため、年代の活用にあたってはその種類とバージョンを確認する必要がある。ここでは、暦年較正年代の計算に、IntCal13データベース(Reimer et al. 2013)を用い、OxCalv4.3較正プログラム(Bronk Ramsey 2009)を使用した。暦年較正年代については、特定のデータベース、プログラムに依存する点を考慮し、プログラムに入力する値とともに参考値として表2に示した。なお、暦年較正年代は、¹⁴C年代に基づいて較正(calibrate)された年代値であることを明示するために「cal BP」または「cal BC/AD」という単位で表される。

5 測定結果

測定結果を表1～2に示す。

試料の¹⁴C年代は、土器付着炭化物No.2が3010 ± 30yrBP、炭化物No.3が1710 ± 20yrBPである。暦年較正年代(1σ)は、No.2が1287 ~ 1213cal BCの範囲、No.3が264 ~ 386cal ADの間に2つの範囲で示される。No.2は縄文時代後期中岳式土器、No.3は古墳時代とされ、

おおむねこれらの所見に整合する結果と見られる(佐原 2005, 小林編 2008, 小林 2017)。

なお、試料No.3が含まれる1～3世紀頃の暦年較正に関しては、北半球で広く用いられる較正曲線IntCalに対して日本産樹木年輪試料の測定値が系統的に異なるとの指摘がある(尾寄 2009, 坂本 2010 など)。その日本産樹木のデータを用いてこの試料の測定結果を暦年較正した場合、ここで報告する較正年代値よりも新しくなる可能性がある。

試料の炭素含有率はすべて50%を超える適正な値で、化学処理、測定上の問題は認められない。

文献

Bronk Ramsey, C. 2009 Bayesian analysis of radiocarbon dates, *Radiocarbon* 51 (1), 337-360
小林謙一 2017 縄文時代の実年代 一土器型式編年と炭素14年代一, 同成社

小林達雄編 2008 総覧縄文土器, 総覧縄文土器刊行委員会, アム・プロモーション

尾寄大真 2009 日本産樹木年輪試料の炭素14年代からみた弥生時代の実年代, 設楽博己, 藤尾慎一郎, 松木武彦編弥生時代の考古学1 弥生文化の輪郭, 同成社, 225-235

Reimer, P.J. et al. 2013 IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years cal BP, *Radiocarbon* 55 (4), 1869-1887

佐原真 2005 日本考古学・日本歴史学の時代区分, 佐原真, ウェルナー・シュタインハウス監修, 独立行政法人文化財研究所奈良文化財研究所編集, ドイツ展記念概説 日本の考古学 上巻, 学生社, 14-19

坂本稔 2010 較正曲線と日本産樹木-弥生から古墳へ-, 第5回年代測定と日本文化研究シンポジウム予稿集, (株)加速器分析研究所, 85-90

Stuiver, M. and Polach, H.A. 1977 Discussion: Reporting of 14C data, *Radiocarbon* 19 (3), 355-363

表1 放射性炭素年代測定結果 ($\delta^{13}\text{C}$ 補正值)

測定番号	試料名	採取場所	試料形態	処理方法	$\delta^{13}\text{C}$ (‰) (AMS)	$\delta^{13}\text{C}$ 補正あり	
						Libby Age (yrBP)	pMC (%)
IAAA-200324	No. 2	J25区 4 a層 中岳式土器付着	土器付着 炭化物	AC+AaA	-27.78 ± 0.35	3,010 ± 30	68.74 ± 0.22
IAAA-200325	No. 3	竪穴建物跡 7号埋土中出土 取上番号No. 914	炭化物	AC+AaA	-27.84 ± 0.38	1,710 ± 20	80.87 ± 0.24

[IAA登録番号：#A211]

表2 放射性炭素年代測定結果 ($\delta^{13}\text{C}$ 未補正值, 暦年較正用 ^{14}C 年代, 較正年代)

測定番号	$\delta^{13}\text{C}$ 補正なし		暦年較正用 (yrBP)	1 σ 暦年代範囲	2 σ 暦年代範囲
	Age (yrBP)	pMC (%)			
IAAA-200324	3,060 ± 20	68.35 ± 0.21	3,011 ± 25	1287calBC - 1213calBC (68.2%)	1381calBC - 1344calBC (9.9%) 1306calBC - 1191calBC (80.8%) 1178calBC - 1162calBC (2.0%) 1144calBC - 1131calBC (2.6%)
IAAA-200325	1,750 ± 20	80.40 ± 0.23	1,705 ± 23	264calAD - 273calAD (8.0%) 331calAD - 386calAD (60.2%)	256calAD - 301calAD (23.3%) 316calAD - 398calAD (72.1%)

[参考値]

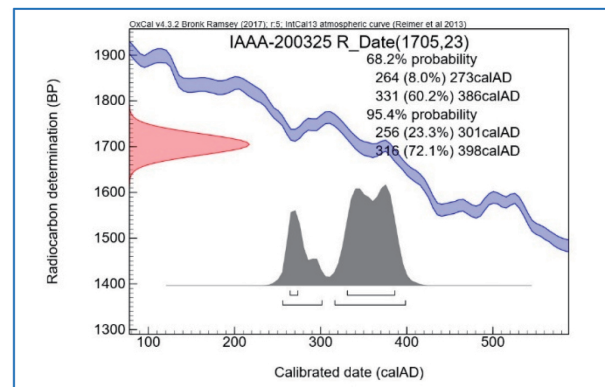
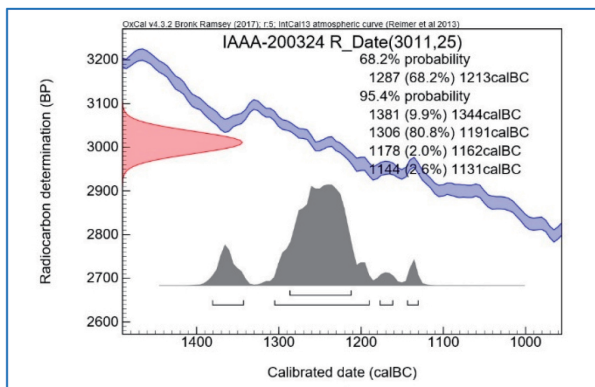


図1 暦年較正年代グラフ (参考)

川久保遺跡における放射性炭素年代 5 (AMS測定)

(株) 加速器分析研究所

1 測定対象試料

川久保遺跡は、鹿児島県鹿屋市串良町細山田に所在する。測定対象試料は、古墳時代の堅穴建物跡から出土した土器付着炭化物6点である(表1)。

2 化学処理工程

- (1) メス・ピンセットを使い、土等の付着物、混入物を取り除く。
- (2) 酸-アルカリ-酸 (AAA : Acid Alkali Acid) 処理により不純物を化学的に取り除く。その後、超純水で中性になるまで希釈し、乾燥させる。AAA処理における酸処理では、通常1 mol/l (1 M) の塩酸(HCl)を用いる。アルカリ処理では水酸化ナトリウム(NaOH)水溶液を用い、0.001Mから1Mまで徐々に濃度を上げながら処理を行う。アルカリ濃度が1Mに達した時には「AAA」、1M未満の場合は「AaA」と表1に記載する。
- (3) 試料を燃焼させ、二酸化炭素(CO₂)を発生させる。
- (4) 真空ラインで二酸化炭素を精製する。
- (5) 精製した二酸化炭素を、鉄を触媒として水素で還元し、グラファイト(C)を生成させる。
- (6) グラファイトを内径1mmのカソードにハンドプレス機で詰め、それをホイールにはめ込み、測定装置に装着する。

3 測定方法

加速器をベースとした¹⁴C-AMS専用装置(NEC社製)を使用し、¹⁴Cの計数、¹³C濃度(¹³C/¹²C)、¹⁴C濃度(¹⁴C/¹²C)の測定を行う。測定では、米国国立標準局(NIST)から提供されたシュウ酸(HOxII)を標準試料とする。この標準試料とバックグラウンド試料の測定も同時に実施する。

4 算出方法

- (1) $\delta^{13}\text{C}$ は、試料炭素の¹³C濃度(¹³C/¹²C)を測定し、基準試料からのずれを千分偏差(‰)で表した値である(表1)。AMS装置による測定値を用い、表中に「AMS」と注記する。
- (2) ¹⁴C年代(Libby Age : yrBP)は、過去の大気中¹⁴C濃度が一定であったと仮定して測定され、1950年を基準年(0 yrBP)として遡る年代である。年代値の算出には、Libbyの半減期(5568年)を使用する(Stuiver and Polach 1977)。¹⁴C年代は $\delta^{13}\text{C}$ によって同位体効果を補正する必要がある。補正した値を

表1に、補正していない値を参考値として表2に示した。¹⁴C年代と誤差は、下1桁を丸めて10年単位で表示される。また¹⁴C年代の誤差($\pm 1\sigma$)は、試料の¹⁴C年代がその誤差範囲に入る確率が68.2%であることを意味する。

- (3) pMC (percent Modern Carbon)は、標準現代炭素に対する試料炭素の¹⁴C濃度の割合である。pMCが小さい(¹⁴Cが少ない)ほど古い年代を示し、pMCが100以上(¹⁴Cの量が標準現代炭素と同等以上)の場合Modernとする。この値も $\delta^{13}\text{C}$ によって補正する必要があるため、補正した値を表1に、補正していない値を参考値として表2に示した。
- (4) 暦年較正年代とは、年代が既知の試料の¹⁴C濃度を元に描かれた較正曲線と照らし合わせ、過去の¹⁴C濃度変化などを補正し、実年代に近づけた値である。暦年較正年代は、¹⁴C年代に対応する較正曲線上の暦年代範囲であり、1標準偏差($1\sigma = 68.3\%$)あるいは2標準偏差($2\sigma = 95.4\%$)で表示される。グラフの縦軸が¹⁴C年代、横軸が暦年較正年代を表す。暦年較正プログラムに入力される値は、 $\delta^{13}\text{C}$ 補正を行い、下1桁を丸めない¹⁴C年代値である。なお、較正曲線および較正プログラムは、データの蓄積によって更新される。また、プログラムの種類によっても結果が異なるため、年代の活用にあたってはその種類とバージョンを確認する必要がある。ここでは、暦年較正年代の計算に、IntCal20 較正曲線(Reimer et al. 2020)を用い、OxCalv4.4 較正プログラム(Bronk Ramsey 2009)を使用した。暦年較正年代については、特定の較正曲線、プログラムに依存する点を考慮し、プログラムに入力する値とともに参考値として表2に示した。なお、暦年較正年代は、¹⁴C年代に基づいて較正(calibrate)された年代値であることを明示するために「cal BP」または「cal BC/AD」という単位で表される。

5 測定結果

測定結果を表1、2に示す。

試料6点の¹⁴C年代は、1700 \pm 20yrBP(試料No.6)から1590 \pm 20yrBP(試料No.1)の間にまとまる。暦年較正年代(1σ)は、最も古いNo.6が266 ~ 407cal ADの間に2つの範囲、最も新しいNo.1が433 ~ 535cal ADの間に3つの範囲で示される。

なお、試料No. 2, 3, 6が含まれる1 ~ 3世紀頃の暦年較正に関しては、これまで北半球で広く用いられる較正曲線IntCalに対して日本産樹木年輪試料の測定値が系統的に異なるとの指摘があった(尾寄 2009, 坂本 2010など)。2020年に更新された較正曲線IntCal20(Reimer et al. 2020)では、新たに日本産樹木のデータが採用

された結果、この範囲の較正年代値が日本産樹木の測定値に近づいた。系統的に認められる差異の原因究明を含め、今後も関連する研究の動向を注視する必要がある。

試料の炭素含有率を確認すると、No.1が45%、No.2が33%、No.3が34%、No.4が53%、No.5が62%、No.6が16%となっており、炭化物の炭素含有率(50%以上となることが多い)としては低い値を示すものが見られる。炭素含有率が低い試料には土または胎土の可能性のあるものが混入しているものも認められ、測定された炭素の由来に注意を要する。

文献

- Bronk Ramsey, C. 2009 Bayesian analysis of radiocarbon dates, Radiocarbon 51 (1), 337-360
- 尾寄大真 2009 日本産樹木年輪試料の炭素14年代からみた弥生時代の実年代, 設楽博己, 藤尾慎一郎, 松木武彦編弥生時代の考古学1 弥生文化の輪郭, 同成社, 225-235
- Reimer, P.J. et al. 2020 The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0-55 cal kBP), Radiocarbon 62 (4), 725-757
- 坂本稔 2010 較正曲線と日本産樹木-弥生から古墳へ-, 第5回年代測定と日本文化研究シンポジウム予稿集, (株)加速器分析研究所, 85-90
- Stuiver, M. and Polach, H.A. 1977 Discussion: Reporting of 14C data, Radiocarbon 19 (3), 355-363

表1 放射性炭素年代測定結果 ($\delta^{13}\text{C}$ 補正值)

測定番号	試料名	採取場所	試料形態	処理方法	$\delta^{13}\text{C}$ (‰) (AMS)	$\delta^{13}\text{C}$ 補正あり	
						Libby Age (yrBP)	pMC (%)
IAAA-220504	No.1	竪穴建物跡1号 土器番号: 1	土器附着炭化物	AaA	-28.41 ± 0.24	1,590 ± 20	82.02 ± 0.23
IAAA-220505	No.2	竪穴建物跡4号 土器番号: 27	土器附着炭化物	AaA	-27.66 ± 0.27	1,660 ± 20	81.36 ± 0.23
IAAA-220506	No.3	竪穴建物跡17号 土器番号: 238	土器附着炭化物	AaA	-26.58 ± 0.18	1,690 ± 20	81.01 ± 0.23
IAAA-220507	No.4	竪穴建物跡14号 土器番号: 188	土器附着炭化物	AaA	-26.24 ± 0.23	1,630 ± 20	81.65 ± 0.24
IAAA-220508	No.5	竪穴建物跡14号 土器番号: 198	土器附着炭化物	AaA	-27.23 ± 0.21	1,620 ± 20	81.69 ± 0.23
IAAA-220509	No.6	竪穴建物跡55号 土器番号: 111	土器附着炭化物	AaA	-28.47 ± 0.26	1,700 ± 20	80.96 ± 0.23

[IAA登録番号: #B470]

表2 放射性炭素年代測定結果 ($\delta^{13}\text{C}$ 未補正值, 暦年較正用 ^{14}C 年代, 較正年代)

測定番号	$\delta^{13}\text{C}$ 補正なし		暦年較正用 (yrBP)	1 σ 暦年代範囲	2 σ 暦年代範囲
	Age (yrBP)	pMC (%)			
IAAA-220504	1,650 \pm 20	81.44 \pm 0.23	1,592 \pm 22	433calAD - 442calAD (7.4%) 449calAD - 479calAD (25.7%) 495calAD - 535calAD (35.1%)	424calAD - 541calAD (95.4%)
IAAA-220505	1,700 \pm 20	80.91 \pm 0.22	1,657 \pm 22	380calAD - 427calAD (68.3%)	263calAD - 275calAD (3.2%) 348calAD - 436calAD (85.6%) 465calAD - 475calAD (2.0%) 500calAD - 509calAD (1.3%) 515calAD - 531calAD (3.4%)
IAAA-220506	1,720 \pm 20	80.75 \pm 0.22	1,691 \pm 22	267calAD - 271calAD (4.2%) 354calAD - 410calAD (64.1%)	260calAD - 279calAD (13.7%) 337calAD - 417calAD (81.7%)
IAAA-220507	1,650 \pm 20	81.45 \pm 0.23	1,628 \pm 23	412calAD - 436calAD (34.6%) 464calAD - 475calAD (10.8%) 500calAD - 509calAD (7.4%) 515calAD - 531calAD (15.5%)	405calAD - 538calAD (95.4%)
IAAA-220508	1,660 \pm 20	81.32 \pm 0.23	1,624 \pm 22	415calAD - 436calAD (31.5%) 464calAD - 475calAD (11.8%) 500calAD - 509calAD (8.1%) 515calAD - 531calAD (16.9%)	409calAD - 482calAD (59.2%) 491calAD - 538calAD (36.3%)
IAAA-220509	1,750 \pm 20	80.39 \pm 0.23	1,696 \pm 23	266calAD - 272calAD (5.6%) 352calAD - 407calAD (62.7%)	258calAD - 280calAD (15.9%) 333calAD - 416calAD (79.5%)

[参考値]

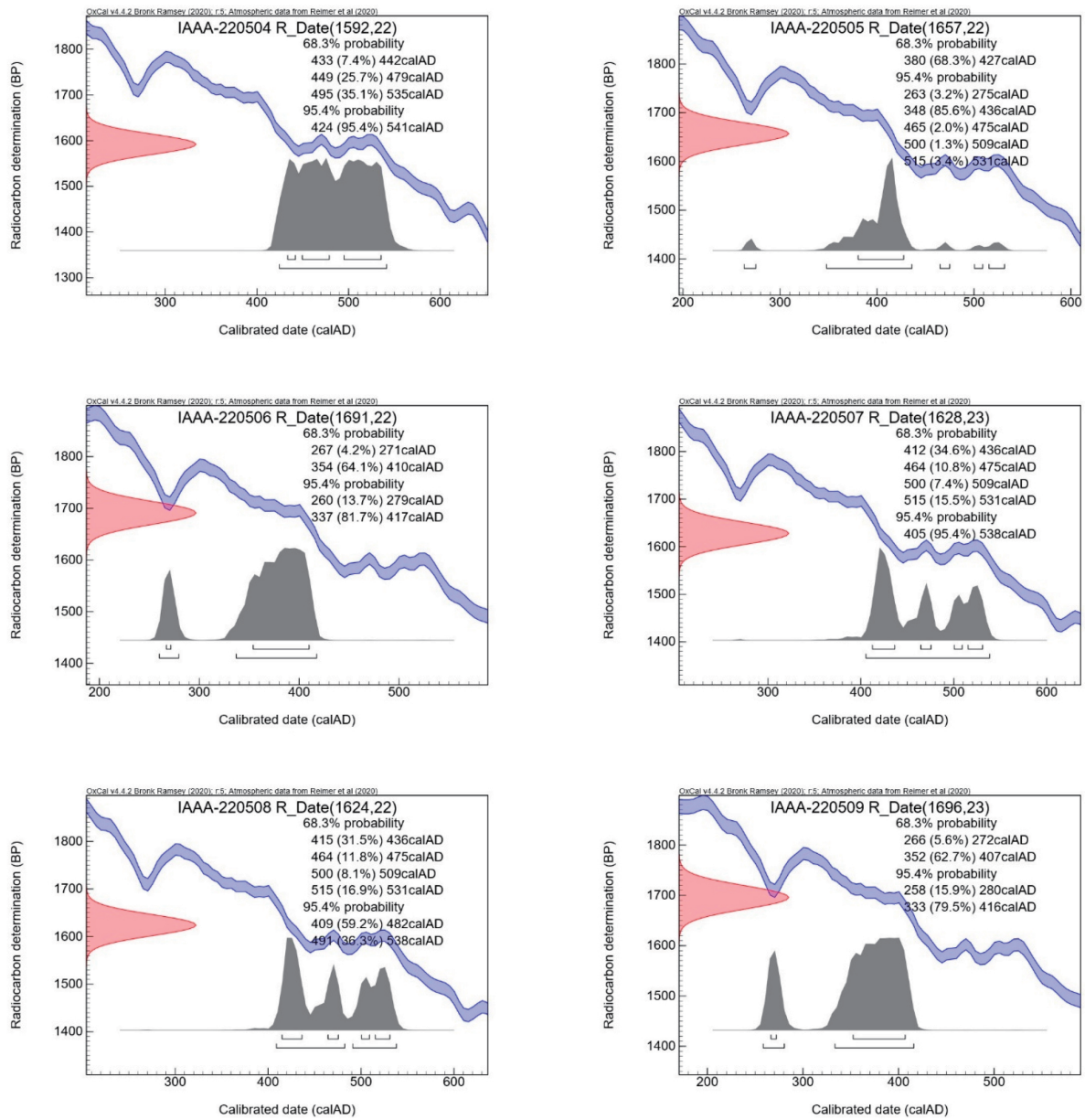


図1 暦年較正年代グラフ(参考)

はじめに

川久保遺跡(鹿屋市串良町細山田所在)では、古墳時代の竪穴建物跡や製鉄関連遺構などの遺構や、鍛冶関連遺物、土器などが出土している。今回は製鉄関連遺構出土の炭化物について、年代測定を実施する。

1. 試料

年代測定を行う試料は、表1に示す試料20点を受領している。いずれの試料も細片の炭化材(数ミリ以下)が複数個みられる。赤みを帯びているものが多く、組織の一部が水酸化鉄等で置換されている。また、鈹滓のようなものが付着しているものも一部にみられる。保存状態が悪いため、前処理を行った結果、十分なグラファイトが得られない試料が多かった。このため、前処理の段階で分析に不適と思われる試料10点ほかを除き、最終的に7点について年代測定を実施する。

2. 分析方法

試料の周囲を削り落とす等して、土壌などの不純物を取り除く。塩酸(HCl)により炭酸塩等酸可溶成分を除去、水酸化ナトリウム(NaOH)により腐植酸等アルカリ可溶成分を除去、塩酸によりアルカリ処理時に生成した炭酸塩等酸可溶成分を除去する(酸・アルカリ・酸処理AAA:Acid Alkali Acid)。濃度は塩酸、水酸化ナトリウム共に1mol/Lである。試料が化学的に脆弱な試料は、炭素の損耗を防ぐため、アルカリの濃度を薄くする(AaAと記載)。

試料の燃焼、二酸化炭素の精製、グラファイト化(鉄を触媒とし水素で還元する)はElementar社のvario ISOTOPE cube とIonplus社のAge 3を連結した自動化装置を用いる。処理後のグラファイト・鉄粉混合試料をNEC社製のハンドプレス機を用いて内径1mmの孔にプレスし、測定試料とする。

測定はタンデム加速器をベースとした ^{14}C -AMS専用装置(NEC社製)を用いて、 ^{14}C の計数、 ^{13}C 濃度($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$)、 ^{14}C 濃度($^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$)を測定する。AMS測定時に、米国国立標準局(NIST)から提供される標準試料(HOX-II)、国際原子力機関から提供される標準試料(IAEA-C6等)、バックグラウンド試料(IAEA-C1)の測定も行う。 $\delta^{13}\text{C}$ は試料炭素の ^{13}C 濃度($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$)を測定し、基準試料からのずれを千分偏差(‰)で表したものである。放射性炭素の半減期はLIBBYの半減期5568年を使用する。また、測定年代は1950年を基点とした年代(BP)であり、誤差は標準偏差(One Sigma:68%)に相当する年代であ

る。測定年代の表示方法は、国際学会での勧告に従う(Stuiver & Polach 1977)。また、暦年較正用に一桁目まで表した値も記す。暦年較正に用いるソフトウェアは、Oxcal4.3(Bronk, 2009)、較正曲線はIntcal13(Reimer et al., 2013)である。

3. 結果

結果は表2に示す。全ての試料が化学的に脆弱であったため、前処理の過程で、炭素の損耗を防ぐためにアルカリ濃度を薄くした。その結果、No.10は十分な炭素が回収できたが、他の6試料は、通常よりも炭素量が少なかった。このため、全量を分析に用いる(通常はトラブル等を考慮して、半量をバックアップ用として保存しておく)等の対応を行い、加速器質量分析装置を用いた年代測定に必要な炭素量を確保し、測定を実施した。同位体効果を考慮した測定値は、No.10(1層194F)は $1240 \pm 20\text{BP}$ 、No.13(1層296F)は $1270 \pm 20\text{BP}$ 、No.16(1層43406F)は $1345 \pm 20\text{BP}$ 、No.17(1層43740F)は $1280 \pm 20\text{BP}$ 、No.18(1層43742F)は $1360 \pm 20\text{BP}$ 、No.19(1層49546F)は $1330 \pm 20\text{BP}$ 、No.20(1層51176F)は $1420 \pm 20\text{BP}$ である。

暦年較正は、大気中の ^{14}C 濃度が一定で半減期が5568年として算出された年代値に対し、過去の宇宙線強度や地球磁場の変動による大気中の ^{14}C 濃度の変動、その後訂正された半減期(^{14}C の半減期 5730 ± 40 年)を較正することによって、暦年代に近づける手法である。較正用データセットは、Intcal13(Reimer et al., 2013)を用いる。 2σ の値は、No.10(1層194F)はcalAD686~868、No.13(1層296F)はcalAD678~774、No.16(1層43406F)はcalAD643~678、No.17(1層43740F)はcalAD646~690、No.18(1層43742F)はcalAD671~770、No.19(1層49546F)はcalAD651~764、No.20(1層51176F)はcalAD600~656である。

No.10、No.13、No.17は分布の中心が西暦700~750年にある。これらの中には、保存状態が良い試料が多く、このあたりが年代の中心になっていると思われる。No.16、No.18、No.19はやや古く、西暦650~700年に年代値の中心がある。No.20は、西暦600~650年に年代値の中心がある。このばらつきが、遺構の性格とどう関わっているかが今後の課題といえる。ただし、同時期に使われた木材でも樹木の樹齢や木取り(芯の部分ほど古い)によって100年程度のばらつきは発生すると思われる。また、保存状態が全体的に良好でないことから新しい(もしくは古い)炭素の影響をうけて値がばらついてくる可能性もある。

引用文献

Bronk RC., 2009, Bayesian analysis of radiocarbon dates. Radiocarbon, 51, 337-360.

Reimer P.J., Bard E., Bayliss A., Beck J.W., Blackwell P.G., Bronk RC., Buck CE., Cheng H., Edwards RL., Friedrich M., Grootes PM., Guilderson TP., Haffidason H., Hajdas I., Hatté C., Heaton T.J., Hoffmann DL., Hogg AG., Hughen

KA., Kaiser KF., Kromer B., Manning SW., Niu M., Reimer RW., Richards DA., Scott EM., Southon JR., Staff RA., Turney CSM., van der Plicht J., 2013,

IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 years cal BP. Radiocarbon, 55, 1869-1887.

Stuiver, M., and Polach, H. A., 1977, Discussion Reporting of ¹⁴C Data. Radiocarbon, 19, 355-363.

表1. 分析試料一覧

地区名	No.	層	採取位置	種類	分析試料
K23区	1	1層 297 F	製鉄関連土坑 1	炭化物	
J・K23区	2	1層 33 F	製鉄関連土坑 2	炭化物	
J・K23区	3	2 a層 127 F	製鉄関連土坑 2	炭化物	
J23区	4	4 a層 40514 F		炭化物	
K24区	5	4 a層 41539 F		炭化物	
K24区	6	4 a層 43828 F		炭化物	
K24区	7	4 a層 42332 F		炭化物	
K24区	8	4 a層 38153 F		炭化物	
K23区	9	1層 140 F	製鉄関連土坑 1	炭化物	
K23区	10	1層 194 F	製鉄関連土坑 1	炭化物	○
K23区	11	1層 44 F	製鉄関連土坑 1	炭化物	
K23区	12	1層 69 F	製鉄関連土坑 1	炭化物	
K23区	13	1層 296 F	製鉄関連土坑 1	炭化物	○
J23区	14	4 a層 39076 F		炭化物	
K23区	15	4 a層 42770 F		炭化物	
K23区	16	1層 43406 F	製鉄関連土坑 1	炭化物	○
K23区	17	1層 43740 F	製鉄関連土坑 1	炭化物	○
K23区	18	1層 43742 F	製鉄関連土坑 1	炭化物	○
K23区	19	1層 49546 F	製鉄関連土坑 2	炭化物	○
K23区	20	1層 51176 F	製鉄関連土坑 1	炭化物	○

表2. 放射性炭素年代測定結果

試料	種別/ 性状	方法	補正年代 (暦年較正用) BP	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	暦年較正年代										Code No.				
					年代値												確率%		
					σ	cal	AD		cal	AD		cal	AD		cal	BP			
No. 10 1層 194 F	炭化材	AaA (0.0001M)	1240±20 (1242±20)	-28.55 ±0.22	σ	cal	AD	692	-	cal	AD	748	1258	-	1203	calBP	68.2	YU- 8145	pal- 11378
						cal	AD	762	-	cal	AD	775	1188	-	1175	calBP	95.4		
					2σ	cal	AD	686	-	cal	AD	779	1265	-	1171	calBP	68.2		
						cal	AD	790	-	cal	AD	868	1160	-	1082	calBP	95.4		
No. 13 1層 296 F	炭化材	AaA (0.0001M)	1270±20 (1268±20)	-22.80 ±0.22	σ	cal	AD	690	-	cal	AD	725	1261	-	1226	calBP	68.2	YU- 8146	pal- 11379
						cal	AD	739	-	cal	AD	752	1212	-	1199	calBP	95.4		
					2σ	cal	AD	760	-	cal	AD	767	1190	-	1183	calBP	95.4		
						cal	AD	680	-	cal	AD	771	1270	-	1179	calBP	68.2		
No. 16 1層 43406 F	炭化材	AaA (0.0001M)	1345±20 (1346±20)	-23.71 ±0.16	σ	cal	AD	655	-	cal	AD	674	1296	-	1277	calBP	68.2	YU- 8148	pal- 11381
					2σ	cal	AD	646	-	cal	AD	690	1305	-	1261	calBP	68.2		
No. 17 1層 43740 F	炭化材	AaA (0.0001M)	1280±20 (1281±20)	-24.03 ±0.26	σ	cal	AD	685	-	cal	AD	715	1265	-	1235	calBP	68.2	YU- 8149	pal- 11382
					2σ	cal	AD	744	-	cal	AD	766	1207	-	1185	calBP	95.4		
No. 18 1層 43742 F	炭化材	AaA (0.0001M)	1360±20 (1362±20)	-21.02 ±0.29	σ	cal	AD	651	-	cal	AD	667	1300	-	1283	calBP	68.2	YU- 8150	pal- 11383
					2σ	cal	AD	643	-	cal	AD	679	1308	-	1272	calBP	68.2		
No. 19 1層 49546 F	炭化材	AaA (0.0001M)	1330±20 (1331±20)	-20.51 ±0.29	σ	cal	AD	659	-	cal	AD	682	1292	-	1269	calBP	68.2	YU- 8151	pal- 11384
					2σ	cal	AD	651	-	cal	AD	710	1300	-	1240	calBP	68.2		
No. 20 1層 51176 F	炭化材	AaA (0.0001M)	1420±20 (1421±21)	-20.26 ±0.29	σ	cal	AD	616	-	cal	AD	649	1335	-	1301	calBP	68.2	YU- 8152	pal- 11385
					2σ	cal	AD	600	-	cal	AD	656	1350	-	1295	calBP	68.2		

- 1) 年代値の算出には、Libbyの半減期5568年を使用。
- 2) BP年代値は、1950年を基点として何年前であるかを示す。
- 3) 付記した誤差は、測定誤差 σ (測定値の68.2%が入る範囲)を年代値に換算した値。
- 4) AAAは、酸・アルカリ・酸処理を示す。AaAは試料が脆弱なため、アルカリの濃度を薄くして処理したことを示す。
- 5) 暦年の計算には、Oxcal v4.3.2を使用。
- 6) 暦年の計算にはN1桁目まで示した年代値を使用。
- 7) 較正データセットはIntcal13を使用。
- 8) 較正曲線や較正プログラムが改正された場合の再計算や比較が行いやすいように、1桁目を丸めていない。
- 9) 統計的に真の値が入る確率は、 σ が68.2%、 2σ が95.4%である。

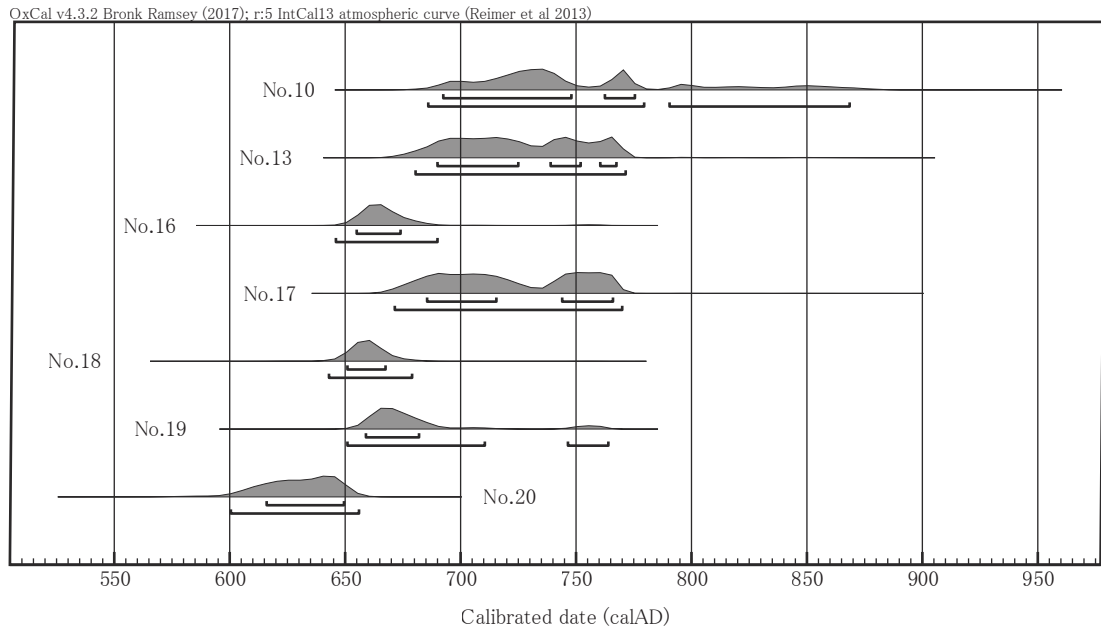


図1. 暦年較正結果

はじめに

川久保遺跡(鹿屋市串良町細山田所在)では、古墳時代の竪穴建物跡や製鉄関連遺構などの遺構や、鍛冶関連遺物、土器などが出土している。今回は製鉄関連遺構出土の炭化物について、年代測定を実施する。

1. 試料

年代測定を行う試料は、表1に示す試料20点である。いずれの試料も、塊状の土壌で、炭化材の細片(数ミリ以下)や鍛冶滓が混じる。土塊は、鉄の水酸化物によって固結し、赤錆色を呈す。この中から、状態が良い炭化物を含有する試料を選択し、木材を抽出する。抽出した木材は、表面が赤錆色になっているものが多く、組織の一部が水酸化鉄等で置換されている。このため、前処理を終了した段階で、十分なグラファイトが得られない試料も存在した。肉眼観察ならびに前処理の各段階で、分析に不適と思われる試料ほかを除外していき、最終的に7点について年代測定を実施する。

2. 分析方法

試料の周囲を削り落とす等して、土壌などの不純物を取り除く。塩酸(HCl)により炭酸塩等酸可溶成分を除去、水酸化ナトリウム(NaOH)により腐植酸等アルカリ可溶成分を除去、塩酸によりアルカリ処理時に生成した炭酸塩等酸可溶成分を除去する(酸・アルカリ・酸処理Acid Alkali Acid)。濃度は塩酸、水酸化ナトリウム共に1 mol/Lである。試料が化学的に脆弱な試料は、炭素の損耗を防ぐため、アルカリの濃度を薄くする(AaAと記載)。

試料の燃焼、二酸化炭素の精製、グラファイト化(鉄を触媒とし水素で還元する)はElementar社のvario ISOTOPE cube とIonplus社のAge3を連結した自動化装置を用いる。処理後のグラファイト・鉄粉混合試料をNEC社製のハンドプレス機を用いて内径1 mmの孔にプレスし、測定試料とする。

測定はタンデム加速器をベースとした¹⁴C-AMS専用装置(NEC社製)を用いて、¹⁴Cの計数、¹³C濃度(¹³C/¹²C)、¹⁴C濃度(¹⁴C/¹²C)を測定する。AMS測定時に、米国国立標準局(NIST)から提供される標準試料(HOX-II)、国際原子力機関から提供される標準試料(IAEA-C6等)、バックグラウンド試料(IAEA-C1)の測定も行う。 $\delta^{13}\text{C}$ は試料炭素の¹³C濃度(¹³C/¹²C)を測定し、基準試料からのずれを千分偏差(‰)で表したものである。放射性炭素の半減期はLIBBYの半減期5568年を使用する。ま

た、測定年代は1950年を基点とした年代(BP)であり、誤差は標準偏差(One Sigma;68%)に相当する年代である。測定年代の表示方法は、国際学会での勧告に従う(Stuiver & Polach, 1977)。また、暦年較正用に一桁目まで表した値も記す。暦年較正に用いるソフトウェアは、Oxcal4.3 (Bronk, 2009)、較正曲線はIntcal13 (Reimer et al., 2013)である。

3. 結果

結果を表2に示す。全ての試料が化学的に脆弱で、炭素の損耗を防ぐためにアルカリ濃度を薄くした(通常の一万分の一)。回収された炭素量は、通常(1 mg)より少なかったが、全量を測定に用いる(通常はトラブル等を考慮して、半量をバックアップ用として保存しておく)等の対応を行い、加速器質量分析装置を用いた年代測定に必要な炭素量を確保した。同位体効果を考慮した測定値は、No. 21{製鉄関連土坑1-(64)}が1235 ± 20BP, No. 23{製鉄関連土坑1-(217)}が1245 ± 20BP, No. 24{製鉄関連土坑1-(291)}が1265 ± 20BP, No. 25{製鉄関連土坑1-(417)}が1225 ± 20BP, No. 26{製鉄関連土坑1-52303}が1255 ± 20BP, No. 27{製鉄関連土坑1-54785}が1250 ± 20BP, No. 43{製鉄関連土坑1-46804}が1340 ± 20BPである。

暦年較正は、大気中の¹⁴C濃度が一定で半減期が5568年として算出された年代値に対し、過去の宇宙線強度や地球磁場の変動による大気中の¹⁴C濃度の変動、その後訂正された半減期(¹⁴Cの半減期5730 ± 40年)を較正することによって、暦年代に近づける手法である。較正用データベースは、Intcal13 (Reimer et al., 2013)を用いる。2σの値は、No. 21{製鉄関連土坑1-(64)}がcalAD689 ~ 877, No. 23{製鉄関連土坑1-(217)}がcalAD684 ~ 865, No. 24{製鉄関連土坑1-(291)}がcalAD681 ~ 773, No. 25{製鉄関連土坑1-(417)}がcalAD695 ~ 881, No. 26{製鉄関連土坑1-52303}がcalAD675 ~ 853, No. 27{製鉄関連土坑1-54785}がcalAD678 ~ 860, No. 43{製鉄関連土坑1-46804}がcalAD649 ~ 761である。

暦年較正の結果(図1), No. 21, No. 23, No. 24, No. 25, No. 26, No. 27は分布の中心が西暦700 ~ 750年にある。これら試料は、相対的に保存状態が良く、このあたりが年代の中心になっていると思われる。一方、No. 43はやや古く、西暦650 ~ 700年に年代値の中心がある。これらは、保存状態が良くない(炭素含有率が少ない)試料であることから、汚染の影響をうけている可能性がある。保存状態の良くない試料で、年代値が古くなる傾向は、前報と同じである。

引用文献

- Bronk RC., 2009, Bayesian analysis of radiocarbon dates. Radiocarbon, 51, 337-360.
- Reimer PJ., Bard E., Bayliss A., Beck JW., Blackwell PG., Bronk RC., Buck CE., Cheng H., Edwards RL., Friedrich M., Grootes PM., Guilderson TP., Hafidason H., Hajdas I., Hatté C., Heaton TJ., Hoffmann DL., Hogg AG., Hughen KA., Kaiser KF., Kromer B., Manning SW., Niu M., Reimer RW., Richards DA., Scott EM., Southon JR., Staff RA., Turney CSM., van der Plicht J., 2013, IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 years cal BP. Radiocarbon, 55, 1869-1887.
- Stuiver, M., and Polach, H. A., 1977, Discussion Reporting of 14C Data. Radiocarbon, 19, 355-363.

表1. 分析試料一覧

地区名	No.	取上番号	層位	種類	分析試料
K23区	21	製鉄関連土坑 1 - (64)	1 層	土壌付着炭化物	○
K23区	22	製鉄関連土坑 1 - (193)	1 層	土壌付着炭化物	
K23区	23	製鉄関連土坑 1 - (217)	1 層	土壌付着炭化物	○
K23区	24	製鉄関連土坑 1 - (291)	1 層	土壌付着炭化物	○
K23区	25	製鉄関連土坑 1 - (417)	1 c"層	土壌付着炭化物	○
K23区	26	製鉄関連土坑 1 -52303	1 層	土壌付着炭化物	○
K23区	27	製鉄関連土坑 1 -54785	1 層	土壌付着炭化物	○
J・K23区	28	製鉄関連土坑 2 - (22)	1 層	土壌付着炭化物	
K23区	29	26541	4 a層	土壌付着炭化物	
K23区	30	40532	4 a層	土壌付着炭化物	
K23区	41	製鉄関連土坑 1 -45401	1 層	土壌付着炭化物	
K23区	42	製鉄関連土坑 1 -51706	1 層	土壌付着炭化物	
K23区	43	製鉄関連土坑 1 -46804	1 層	土壌付着炭化物	○
K23区	44	製鉄関連土坑 1 -44867	1 層	土壌付着炭化物	
K23区	45	製鉄関連土坑 1 -51808	1 層	土壌付着炭化物	
J24区	46	38957	4 a層	土壌付着炭化物	
K23区	47	40545	4 a層	土壌付着炭化物	
K23区	48	39074	4 a層	土壌付着炭化物	
K23区	49	製鉄関連土坑 1 - (288)	1 層	土壌付着炭化物	
J24区	50	41189	4 a層	土壌付着炭化物	

表2. 放射性炭素年代測定結果

試料	種別/ 性状	方法	補正年代 (暦年較正用) BP	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	暦年較正年代								Code No.						
					年代値										確率%				
No. 21 製鉄関連土 坑1-(64)	炭化材	AaA (0.0001M)	1235±20 (1234±20)	-26.32 ±0.39	σ	cal	AD	695	-	cal	AD	700	1255	-	1250	calBP	1.9	YU- 8417	pal- 11456
						cal	AD	710	-	cal	AD	745	1240	-	1205	calBP	32.3		
						cal	AD	764	-	cal	AD	778	1187	-	1172	calBP	12.6		
						cal	AD	791	-	cal	AD	805	1159	-	1146	calBP	7.2		
						cal	AD	814	-	cal	AD	825	1137	-	1126	calBP	4.4		
						cal	AD	841	-	cal	AD	862	1110	-	1089	calBP	9.8		
					2 σ	cal	AD	689	-	cal	AD	750	1261	-	1201	calBP	43.2		
						cal	AD	761	-	cal	AD	780	1190	-	1170	calBP	14.9		
						cal	AD	787	-	cal	AD	877	1163	-	1074	calBP	37.3		
No. 23 製鉄関連土 坑1-(217)	炭化材	AaA (0.0001M)	1245±20 (1244±20)	-24.18 ±0.51	σ	cal	AD	694	-	cal	AD	747	1256	-	1204	calBP	56.5	YU- 8418	pal- 11457
						cal	AD	763	-	cal	AD	774	1187	-	1176	calBP	11.7		
						cal	AD	684	-	cal	AD	779	1266	-	1171	calBP	80.5		
					2 σ	cal	AD	791	-	cal	AD	830	1160	-	1120	calBP	8.6		
						cal	AD	837	-	cal	AD	865	1114	-	1085	calBP	6.3		
						cal	AD	690	-	cal	AD	729	1261	-	1221	calBP	44.5		
No. 24 製鉄関連土 坑1-(291)	炭化材	AaA (0.0001M)	1265±20 (1264±20)	-22.42 ±0.45	σ	cal	AD	736	-	cal	AD	750	1214	-	1200	calBP	15.5	YU- 8419	pal- 11458
						cal	AD	761	-	cal	AD	768	1190	-	1182	calBP	8.1		
						2 σ	cal	AD	681	-	cal	AD	773	1270	-	1178	calBP		
No. 25 製鉄関連土 坑1-(417)	炭化材	AaA (0.0001M)	1225±20 (1226±20)	-24.93 ±0.48	σ	cal	AD	721	-	cal	AD	741	1229	-	1210	calBP	16.9	YU- 8420	pal- 11459
						cal	AD	767	-	cal	AD	778	1184	-	1172	calBP	11.1		
						cal	AD	791	-	cal	AD	827	1160	-	1123	calBP	24.0		
						cal	AD	840	-	cal	AD	864	1111	-	1087	calBP	16.3		
					2 σ	cal	AD	695	-	cal	AD	701	1255	-	1249	calBP	1.2		
						cal	AD	709	-	cal	AD	745	1241	-	1205	calBP	23.1		
No. 26 製鉄関連土 坑1-52303	炭化材	AaA (0.0001M)	1255±20 (1255±20)	-27.64 ±0.49	σ	cal	AD	695	-	cal	AD	700	1255	-	1250	calBP	6.1	YU- 8421	pal- 11460
						cal	AD	710	-	cal	AD	746	1240	-	1205	calBP	53.4		
						cal	AD	764	-	cal	AD	770	1187	-	1180	calBP	8.7		
						cal	AD	675	-	cal	AD	778	1275	-	1173	calBP	93.7		
					2 σ	cal	AD	793	-	cal	AD	801	1158	-	1149	calBP	0.9		
						cal	AD	845	-	cal	AD	853	1106	-	1097	calBP	0.8		
No. 27 製鉄関連土 坑1-54785	炭化材	AaA (0.0001M)	1250±20 (1251±20)	-24.80 ±0.53	σ	cal	AD	695	-	cal	AD	700	1255	-	1250	calBP	4.8	YU- 8422	pal- 11461
						cal	AD	710	-	cal	AD	746	1240	-	1205	calBP	53.0		
						cal	AD	764	-	cal	AD	772	1187	-	1179	calBP	10.4		
					2 σ	cal	AD	678	-	cal	AD	778	1273	-	1172	calBP	90.3		
						cal	AD	792	-	cal	AD	804	1159	-	1147	calBP	1.8		
						cal	AD	815	-	cal	AD	823	1136	-	1127	calBP	0.9		
No. 43 製鉄関連土 坑1-46804	炭化材	AaA (0.0001M)	1340±20 (1339±20)	-21.18 ±0.21	σ	cal	AD	656	-	cal	AD	678	1294	-	1272	calBP	68.2	YU- 8424	pal- 11463
						cal	AD	649	-	cal	AD	691	1302	-	1260	calBP	92.5		
						cal	AD	751	-	cal	AD	761	1200	-	1190	calBP	2.9		

- 1) 年代値の算出には、Libbyの半減期5568年を使用。
- 2) BP年代値は、1950年を基点として何年前であるかを示す。
- 3) 付記した誤差は、測定誤差 σ (測定値の68.2%が入る範囲)を年代値に換算した値。
- 4) AAAIは、酸・アルカリ・酸処理を示す。AaAは試料が脆弱なため、アルカリの濃度を薄くして処理したことを示す。
- 5) 暦年の計算には、Oxcal v4.3.2を使用。
- 6) 暦年の計算にはN1桁目まで示した年代値を使用。
- 7) 較正データセットはIntcal13を使用。
- 8) 較正曲線や較正プログラムが改正された場合の再計算や比較が行いやすいように、1桁目を丸めていない。
- 9) 統計的に真の値が入る確率は、 σ が68.2%、2 σ が95.4%である。

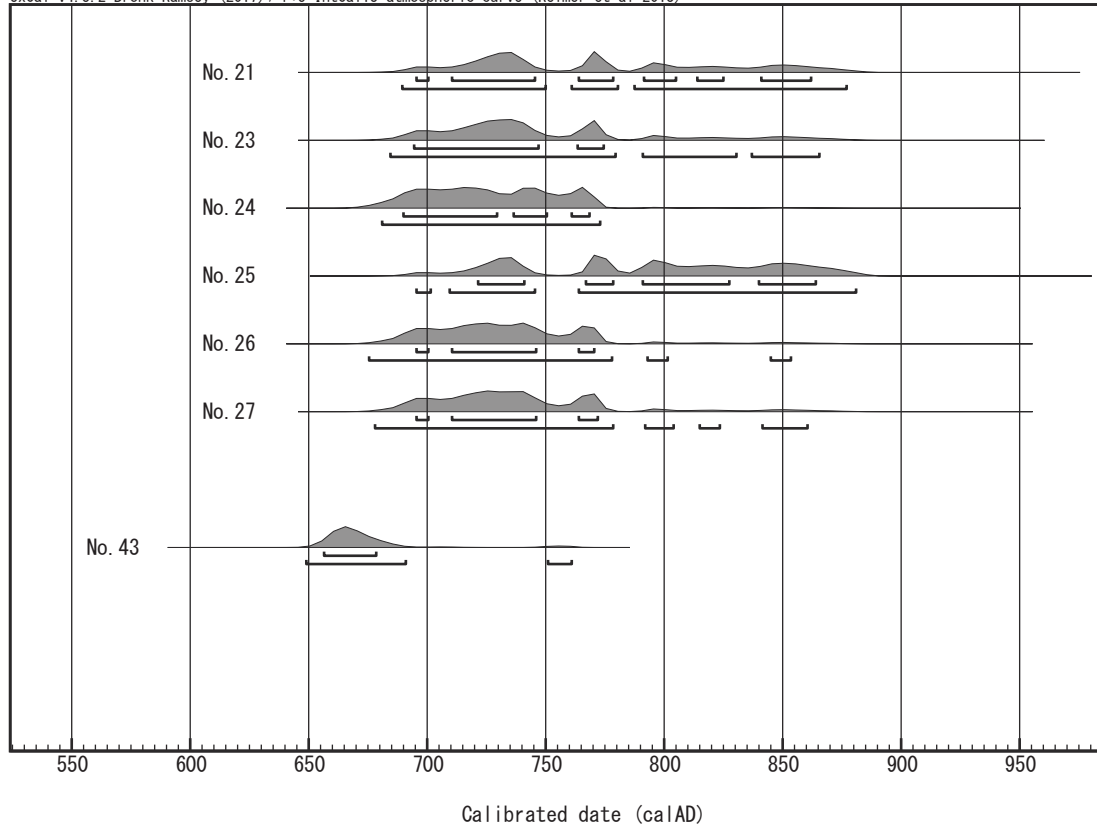


図 1. 暦年較正結果 (参考)

パリオ・サーヴェイ株式会社

はじめに

本報告は、川久保遺跡（鹿屋市串良町細山田所在）の遺構覆土を対象として、洗い出しおよび炭化種実同定、放射性炭素年代測定を実施し、古墳時代における植物利用や植生、遺構の年代、性格を検討する基礎資料とする。

1. 試料

試料は、竪穴建物跡 53 号焼土 (No.5)、竪穴建物跡 53 号埋土 (No.6)、竪穴状遺構 6 号埋土赤色顔料集中 (No.7)、竪穴建物跡 36 号埋土 (No.8) の、各遺構覆土 4 点である。

遺構の時期は、竪穴建物跡 (No.5～8) は古墳時代とされる。各試料の詳細は、結果と共にフローテーションサマリー、表 1 に示す。

炭化種実同定は、全試料を対象に実施するほか、骨片の確認抽出も併せて実施する。放射性炭素年代測定は、土壌洗い出し・炭化種実同定結果をもとに、公益財団法人鹿児島県文化振興財団埋蔵文化財調査センターとの協議の上、竪穴建物跡 53 号焼土 (No.5) より検出された炭化材、竪穴状遺構 6 号埋土赤色顔料集中 (No.7) より同定されたコナラ属子葉の、計 2 点を対象に実施する。

2. 分析方法

(1) 土壌洗い出し・炭化種実同定

土壌試料から炭化物を可能な限り壊さずに分離・回収するために、以下の方法を実施する。

1) 水洗前抽出

試料の重量を記録後、常温乾燥させる。肉眼観察で確認された炭化種実を適宜抽出する。

2) 水洗

水を満たした容器に乾燥後の試料を投入し、容器を傾けて浮いた炭化物を粒径 0.5mm の篩に回収する。容器内の残土に水を入れて軽く攪拌し、容器を傾けて炭化物を回収する作業を炭化物が浮かなくなるまで繰り返す (20 回程度)。

残土を粒径 0.5mm の篩を通して水洗する。水に浮いた炭化物主体の試料 (LF) と、水に沈んだ砂礫主体の試料 (HF) を、それぞれ粒径 4mm、2mm、1mm の篩を通し、粒径別に常温乾燥させる。なお、本分析では、乾燥後の HF の水洗作業を 2 回繰り返し実施した。

3) 抽出分類

水洗乾燥後、粒径の大きな試料から順に双眼実体顕微鏡下で観察し、ピンセットを用いて、同定が可能な炭化種実を抽出する。その他、炭化鱗茎、放射性炭素年代測

定用の炭化材 (主に 2mm 以上) や骨片、土器片等の遺物の抽出も併せて実施する。

抽出物は、個数または重量と一部の最大径を計測し、結果を一覧表で示す。分析残渣は、炭化材主体と砂礫主体、植物片主体に大まかに分け、粒径別の重量を計測し、結果を一覧表に併記する。分析後は、炭化種実を同定対象とする。炭化鱗茎は、Werner (2009)、佐々木ほか (2016) 等を参考に可能な限りの記録を実施する。他の抽出物と分析残渣は、袋に入れて保管する。

4) 炭化種実同定

炭化種実の同定は、現生標本および石川 (1994)、中山ほか (2010)、鈴木ほか (2012) 等を参考に実施する。同定した分類群は、写真を添付して同定根拠とする。実体顕微鏡下による区別が困難な複数分類群間は、ハイフォンで結んで表示する。また、保存状態が良好な炭化種実を対象として、デジタルノギスを用いて大きさを計測する。分析後は、炭化種実を分類群別に容器に入れて保管する。

(2) 放射性炭素年代測定

試料の状況を観察後、塩酸 (HCl) により炭酸塩等酸可溶成分を除去、水酸化ナトリウム (NaOH) により腐植酸等アルカリ可溶成分を除去、塩酸によりアルカリ処理時に生成した炭酸塩等酸可溶成分を除去する (酸・アルカリ・酸処理 AAA: Acid Alkali Acid)。濃度は塩酸、水酸化ナトリウム共に 1 mol/L であるが、試料が脆弱な場合や少ない場合は、アルカリの濃度を調整して試料の損耗を防ぐ (AaA と記載)。試料がさらに少ない場合、アルカリ処理を行うと測定に必要な炭素が得られなくなるため、1 mol/L の塩酸処理のみにとどめている (HCl と記載)。

試料の燃焼、二酸化炭素の精製、グラファイト化 (鉄を触媒とし水素で還元する) は Elementar 社の vario ISOTOPE cube と Ionplus 社の Age 3 を連結した自動化装置を用いる。処理後のグラファイト・鉄粉混合試料を NEC 社製のハンドプレス機を用いて内径 1mm の孔にプレスし、測定試料とする。

測定はタンデム加速器をベースとした ^{14}C -AMS 専用装置 (NEC 社製) を用いて、 ^{14}C の計数、 ^{13}C 濃度 ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$)、 ^{14}C 濃度 ($^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$) を測定する。AMS 測定時に、米国国立標準局 (NIST) から提供される標準試料 (HOX-II)、国際原子力機関から提供される標準試料 (IAEA-C6 等)、バックグラウンド試料 (IAEA-C1) の測定も行う。

$\delta^{13}\text{C}$ は試料炭素の ^{13}C 濃度 ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) を測定し、基準試料からのずれを千分偏差 (‰) で表したものである。放射性炭素の半減期は LIBBY の半減期 5568 年を使用する。また、測定年代は 1950 年を基点とした年代 (BP) であり、誤差は標準偏差 (One Sigma; 68%) に相当する年代である。測定年代の表示方法は、国際学会での勧告に従う (Stuiver & Polach, 1977)。また、暦年較正用に一桁目ま

で表した値も記す。暦年較正に用いるソフトウェアは、Oxcal4.3.2 (Bronk, 2009) を用いる。較正曲線はIntcal13 (Reimer et al., 2013) を用いる。

3. 結果

(1) 土壌洗い出し・炭化種実同定結果を表1、フローテーションサマリーに示す。

分析に供された8試料56.3kgを通じて、木本4分類群(広葉樹のオニグルミ、コナラ属、カラスザンショウ、カラスザンショウ-イヌザンショウ)333個1.48g、草本1分類群(イネ)4個0.01g未満、計337個1.48gの炭化種実が同定された(重量は省略遺構分含む)。

分析残渣は、炭化材、砂礫類、炭化していない植物片(スギ、ヒサカキ属、クロガネモチ、メヒシバ類、イネ科、ムラサキケマン型、エノキグサ、シソ属-イヌコウジュ属、ナス属、アキノノゲシ、キク科の種実含む)、昆虫類などが確認された。

炭化種実の遺構別出土個数(不明を除く)は、堅穴建物跡53号焼土(No.5)が8個0.01g(オニグルミ、カラスザンショウ-イヌザンショウ、イネ)、堅穴建物跡53号埋土(No.6)が4個0.06g(コナラ属)、堅穴状遺構6号埋土赤色顔料集中(No.7)が311個1.35g(コナラ属)である。一方、堅穴建物跡36号埋土(No.8)からは、炭化種実が確認されなかった。堅穴状遺構6号埋土赤色顔料集中(No.7)が最も多く、表面に赤色顔料が残存する点の特筆される。栽培種は、堅穴建物跡53号焼土(No.5)より、イネの穎(基部)が4個確認された。

炭化種実や炭化鱗茎の保存状態は不良である。以下、形態的特徴等を記す。

<炭化種実>

- ・オニグルミ (*Juglans mandshurica* Maxim. var. *sachalinensis* (Miyabe et Kudo) Kitamura) クルミ科クルミ属

核は炭化しており黒色、完形ならば径3~4cmの広卵形で頂部が尖り、1本の明瞭な縦の縫合線がある。核は硬く緻密で、維管束の痕跡である縦網状の彫紋があり、ごつごつしている。内部には子葉が入る2つの大きな窪みと隔壁がある。出土核は全て破片で(図版1-番号2)、最大7.4mmを測る。

- ・コナラ属 (*Quercus*) ブナ科

子葉、果実は炭化しており黒色、完形ならば長さ1.0~1.3cm、径0.7~0.8cmの楕円体。出土子葉は全て破片である(図版1-3~6)。最大は、堅穴状遺構6号埋土赤色顔料集中(No.7)より出土した基部を欠損した半割片で、残存長11.83mm、幅7.46mm、半分厚4.71mmを測る(図版1-6)。その他、基部を欠損した半割片1個(残存長9.14mm、幅8.15mm、半分厚4.57mm)を年代測定に供した(図版1-4)。子葉は

硬く緻密で、表面には維管束の圧痕の浅い縦溝がみられ、半断面は平滑で、正中線はやや窪み、頂部には長さ1.5mm程度の孔(主根)がある。

なお、著しい異形性や離れにくさ等のイチイガシ(*Q. gilva* Blume)の特異性、岡本(1979)を顕著に示す子葉が確認されなかったため、コナラ属までの同定にとどめている。

出土果実は全て破片で、最大4.1mmを測る(図版1-6, 7)。果皮は厚さ0.2mm程度で、表面には浅く微細な溝が縦列し、断面は柵状を呈す。同定根拠となる頂部を欠損することから、コナラ属までの同定にとどめている。

今回、堅穴状遺構6号埋土赤色顔料集中(No.7)より多産した子葉や果実の表面には、赤色顔料が残存する点の特筆される。

- ・カラスザンショウ (*Zanthoxylum ailanthoides* Sieb. et Zucc.) ミカン科サンショウ属

種子は炭化しており黒色、径2.5~3.0mm、厚さ1.3~1.5mmのやや偏平な非対称反側倒卵体で、腹面正中線に広線形の臍がある。種皮は厚く硬く、表面には粗く深い網目模様がある。

堅穴建物跡53号焼土(No.5)より出土した1個は完形で、長さ2.72mm、幅2.11mm、厚さ1.96mmを測る。炭化と非炭化の区別が困難である。表面に外種皮が残存するため、網目模様を確認できず、イヌザンショウ(*Z. schinifolium* Sieb. et Zucc.)との区別が困難である。以上のことから、両種をハイフォンで結んでいる(図版1-9)。

- ・イネ (*Oryza sativa* L.) イネ科イネ属

穎(籾)は炭化しており黒色、穎(果)は完形ならば長さ6~7.5mm、幅は3~4mm、厚さは2~3mmの偏平な長楕円体で、基部に大きさ1mm程度の斜切状円柱形の果実序柄(小穂軸)と1対の護穎を有し、その上に外穎(護穎と言う場合もある)と内穎がある。外穎は5脈、内穎は3脈をもち、ともに舟形を呈し、縫合してやや偏平な長楕円形の稲籾を構成する。果皮は薄く、表面には顆粒状突起が縦列する。

堅穴建物跡53号焼土(No.5)より出土した穎は、全4個が基部(小穂軸)の破片で、径1.0mmを測る(図版1-12~15)。

(2) 放射性炭素年代測定

結果を表2、図1に示す。今回は分析試料が多くかつ良質のため、定法による前処理を行い、測定に必要な炭素量は十分回収できている。同位体補正を行った測定値は、堅穴建物跡53号焼土(No.5)が1745 ± 20BP、堅穴状遺構6号埋土赤色顔料集中(No.7)が2180 ± 20BPである。

暦年較正は、大気中の¹⁴C濃度が一定で半減期が5568

年として算出された年代値に対し、過去の宇宙線強度や地球磁場の変動による大気中の¹⁴C濃度の変動、その後訂正された半減期(¹⁴Cの半減期 5730 ± 40 年)を較正することによって、暦年代に近づける手法である。測定誤差 2σ の暦年代は、堅穴建物跡 53 号焼土 (No.5) が 239 ~ 378calAD, 堅穴状遺構 6 号埋土赤色顔料集中 (No.7) が 2307 ~ 2125calBPである。

4. 考察

各遺構覆土の洗い出し・炭化種実同定および放射性炭素年代測定の結果、炭化種実は、栽培種のイネ、広葉樹で落葉高木のオニグルミ、落葉または常緑高木のコナラ属、落葉高木のカラスザンショウ、カラスザンショウまたは落葉低木のイヌザンショウが確認された。

また、同定された炭化種実や炭化鱗茎を対象とした年代測定の結果、暦年較正值は、堅穴建物跡 53 号の炭化材が古墳時代前期頃、堅穴状遺構 6 号赤色顔料集中のコナラ属子葉が弥生時代中期前半に該当する 小林編 (2008), 西本編 (2009)。古墳時代の堅穴建物跡 53 号は、発掘調査所見と調和的な年代値を示したのに対して、古墳時代の堅穴状遺構 6 号は古い年代値が得られた。

今回確認された炭化種実群のうち、栽培種のイネは、堅穴建物跡 53 号より穎が確認された。イネは当時利用された植物質食糧と示唆され、火を受けたとみなされる。

栽培種を除いた分類群は、堅穴建物跡 53 号から確認されたオニグルミは河畔林要素で、堅穴建物跡 53 号・堅穴状遺構 6 号から確認されたコナラ属は、丘陵や山地などに生育する。堅穴建物跡 53 号から確認されたカラスザンショウまたはイヌザンショウは、河畔や林縁などの明るく開けた場所に生育する陽樹である。これらの分類群は、各時期の串良川流域の河畔林や遺跡周辺の森林に生育していたと考えられ、火を受けたとみなされる。

利用の可能性は、オニグルミとコナラ属は、子葉が食用可能である。植物質食料として周辺の森林から持ち込まれたと示唆される。堅果類の出土部位と状態は、オニグルミは食用にならない核(内果皮)の破片であることから、可食部を取り出した後の食料残滓に由来する可能性がある。一方、コナラ属は、特に堅穴状遺構 6 号赤色顔料集中において、可食部の子葉と非可食部果皮の破片が多産し、ともに表面に赤色顔料が残る点の特筆され、食用以外の利用の可能性も指摘される。ただし、分析段階では赤色顔料が付着した果実や子葉が埋積したのか、埋積後に土壤中の赤色顔料が付着したのかは不明である。この点は、出土状況をふまえた上で検討することが望まれる。

出土種子に直接の利用痕跡は認められないが、カラスザンショウは防駆虫剤としての利用の可能性が指摘され

ている真邊・小畑 (2017)。イヌザンショウは、果実や葉が咳止めなどの薬用に、果実から採った油が灯油や整髪料に利用される。

引用文献

- Bronk RC., 2009, Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51, 337-360.
- 石川茂雄, 1994, 原色日本植物種子写真図鑑. 石川茂雄図鑑刊行委員会, 328p.
- 鹿児島県教育委員会・公益財団法人鹿児島県文化振興財団埋蔵文化財調査センター編, 2017, 田原迫ノ上遺跡 2 - 東九州自動車道 (志布志 I C ~ 鹿屋申良 J C T) 建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書 - (第 2 分冊), 公益財団法人鹿児島県文化振興財団埋蔵文化財調査センター発掘調査報告書 (15), 206p.
- 小林達雄編, 2008, 小林達雄先生古希記念企画 総覧 縄文土器. 株式会社アム・プロモーション, 1322p.
- 真邊 彩・小畑弘己, 2017, 産状と成分からみたカラスザンショウ果実の利用法. *植生史研究* 第 26 巻第 1 号, 27-40.
- 中山至大・井之口希秀・南谷忠志, 2010, 日本植物種子図鑑 (2010 年改訂版). 東北大学出版会, 678p.
- 西本豊弘編, 2009, 弥生農耕のはじまりとその年代. *新弥生時代のはじまり* 第 4 巻, 雄山閣, 162p.
- 岡本素治, 1979, 遺跡から出土するイチイガシ. *大阪市立自然史博物館研究報告*, 32 号, 31-39., 図版 4-5.
- Rauh, Werner, 2009, 植物形態の事典 (新装版), 中村信一・戸部 博 (訳), 朝倉書店, 340p. [Rauh, Werner (1994) *Morphologie der Nutzpflanzen*].
- Reimer P.J., Bard E., Bayliss A., Beck J.W., Blackwell P.G., Bronk R.C., Buck C.E., Cheng H., Edwards R.L., Friedrich M., Grootes P.M., Guilderson T.P., Hafliadason H., Hajdas I., Hatté C., Heaton T.J., Hoffmann D.L., Hogg A.G., Hughen K.A., Kaiser K.F., Kromer B., Manning S.W., Niu M., Reimer R.W., Richards D.A., Scott E.M., Southon J.R., Staff R.A., Turney C.S.M., van der Plicht J., 2013, IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 55, 1869-1887.
- 佐々木由香・米田恭子・小林和貴, 2016, 縄文時代から弥生時代の出土炭化鱗茎同定の試み. *日本文化財科学会第 33 回大会研究発表要旨集*, 30-31.
- Stuiver M., & Polach A.H., 1977, Radiocarbon 1977 Discussion Reporting of ¹⁴C Data. *Radiocarbon*, 19, 355-363.
- 鈴木庸夫・高橋 冬・安延尚文, 2012, *ネイチャーウォッチングガイドブック 草木の種子と果実 - 形態や大きさが一目でわかる植物の種子と果実 632 種 -*. 誠文堂新光社, 272p.

表1. 土壌洗い出し・炭化種実同定結果

分類群	部位・状態・粒径	試料No. 時期 遺構名	5			6			7			8		備考	
			古墳時代			古墳時代			古墳時代			古墳時代			
			堅穴建物跡53号 (焼土)			堅穴建物跡53号 (埋土)			堅穴状遺構6号 (埋土) 赤色顔料集中			堅穴建物跡 36号 (埋土)			
			(個)	(g)	(mm)	(個)	(g)	(mm)	(個)	(g)	(mm)	(g)	(mm)		
炭化種実															
オニグルミ	核	破片	3	0.00	1.85	-	-	-	-	-	-	-	-		
コナラ属	果実	破片	-	-	-	1	0.00	1.69	102	0.06	4.05	-	-	赤色顔料残存	
		子葉	破片 (4mm)	-	-	-	1	0.03	5.34	15	0.79	11.87	-	-	赤色顔料残存, AMS
		破片 (2-4mm)	-	-	-	2	0.03	-	54	0.36	-	-	-	赤色顔料残存	
コナラ属?	子葉	破片 (1-2mm)	-	-	-	-	-	-	140	0.14	-	-	-	赤色顔料残存	
カラスザンショウ	種子	破片	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
カラスザンショウ -イヌザンショウ	種子	完形	1	0.01	2.74	-	-	-	-	-	-	-	-	外種皮残存	
イネ	穎 (基部)	破片	4	0.00	1.01	-	-	-	-	-	-	-	-		
不明		破片	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	丸みを帯びる, 粗面	
炭化種実合計 (不明を除く)			8	0.01	-	4	0.06	-	311	1.35	-	-	-		
分析残渣															
炭化鱗茎		破片	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No. 1, 2, 4 : AMS	
炭化鱗茎?		破片	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
炭化材		4mm	-	0.13	8.53	-	0.09	6.63	-	0.01	9.18	-	-	No. 5 : AMS	
		2-4mm	-	0.07	-	-	0.33	-	-	0.06	-	0.82	3.96		
炭化材主体		1-2mm	-	0.17	-	-	0.37	-	-	0.16	-	0.48	-		
		0.5-1mm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
砂礫主体		4mm	-	41.57	-	-	24.65	-	-	13.51	-	62.68	-		
		2-4mm	-	19.06	-	-	15.70	-	-	3.21	-	40.48	-		
		1-2mm	-	25.55	-	-	24.16	-	-	4.05	-	72.70	-		
		0.5-1mm	-	148.70	-	-	140.60	-	-	12.18	-	409.73	-		
黒曜石			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
植物片		4mm	-	0.14	-	-	0.16	-	-	-	-	1.41	-		
		2-4mm	-	0.09	-	-	0.07	-	-	-	-	1.07	-		
植物片主体		1-2mm	-	0.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		0.5-1mm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
スギ	種子	完形	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
ヒサカキ属	種子	完形	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
クロガネモチ	核	完形	-	-	-	1	0.00	-	-	-	-	-	-		
メヒシバ類	果実	完形	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	毛残存	
イネ科	果実	完形	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	毛残存	
ムラサキケマン型	種子	完形	-	-	-	1	0.00	-	-	-	-	-	-		
エノキグサ	種子	完形	-	-	-	1	0.00	-	-	-	-	-	-		
シソ属-イヌコウジュ属	種子	破片	1	0.00	-	1	0.00	-	-	-	-	-	-		
ナス属	種子	完形	-	-	-	1	0.00	-	-	-	-	-	-		
アキノノゲシ	果実	完形	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
キク科	果実	完形	1	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No. 1, 3, 5 : 冠毛残存	
分析量			-	5260	-	-	5100	-	-	760	-	11180	-		

表2. 放射性炭素年代測定・暦年較正結果

試料	種別/ 性状	方法	補正年代 (暦年較正用) BP	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	暦年較正年代										Code No.
					年代値										
No.5 竪穴建物跡 53号 (焼土)	炭化材	sol AAA	1745±20 (1744±21)	-26.46 ±0.26	σ	cal AD 252 - cal AD 305	1698 - 1645	cal BP	0.490	PLD- 36021					
						cal AD 311 - cal AD 332	1639 - 1618	cal BP	0.192						
					2σ	cal AD 239 - cal AD 351	1712 - 1600	cal BP	0.932						
						cal AD 368 - cal AD 378	1582 - 1572	cal BP	0.022						
No.7 竪穴状遺構 6号 (埋土)	コナラ属 子葉	sol AAA	2180±20 (2182±22)	-20.39 ±0.26	σ	cal BC 352 - cal BC 297	2301 - 2246	cal BP	0.514	PLD- 36022					
						cal BC 228 - cal BC 221	2177 - 2170	cal BP	0.055						
					2σ	cal BC 212 - cal BC 199	2161 - 2148	cal BP	0.113						
						cal BC 358 - cal BC 279	2307 - 2228	cal BP	0.585						
					cal BC 259 - cal BC 176	2208 - 2125	cal BP	0.369							

- 1) 年代値の算出には、Libbyの半減期5568年を使用。
- 2) BP年代値は、1950年を基点として何年前であるかを示す。
- 3) 付記した誤差は、測定誤差 σ (測定値の68.2%が入る範囲)を年代値に換算した値。
- 4) solはアセトンによる洗浄処理、AAAは、酸・アルカリ・酸処理を示す。
- 5) 暦年の計算には、Oxcal v4.3.2を使用。
- 6) 暦年の計算には、補正年代に()で暦年較正用年代として示した、一桁目を丸める前の値を使用している。
- 7) 1桁目を丸めるのが慣例だが、較正曲線や較正プログラムが改正された場合の再計算や比較が行いやすいように、1桁目を丸めていない。
- 8) 統計的に真の値が入る確率は、 σ が68.2%、 2σ が95.4%である。

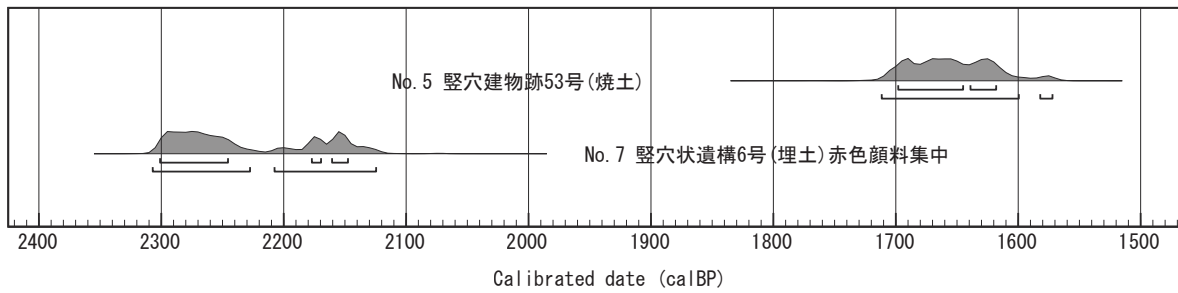
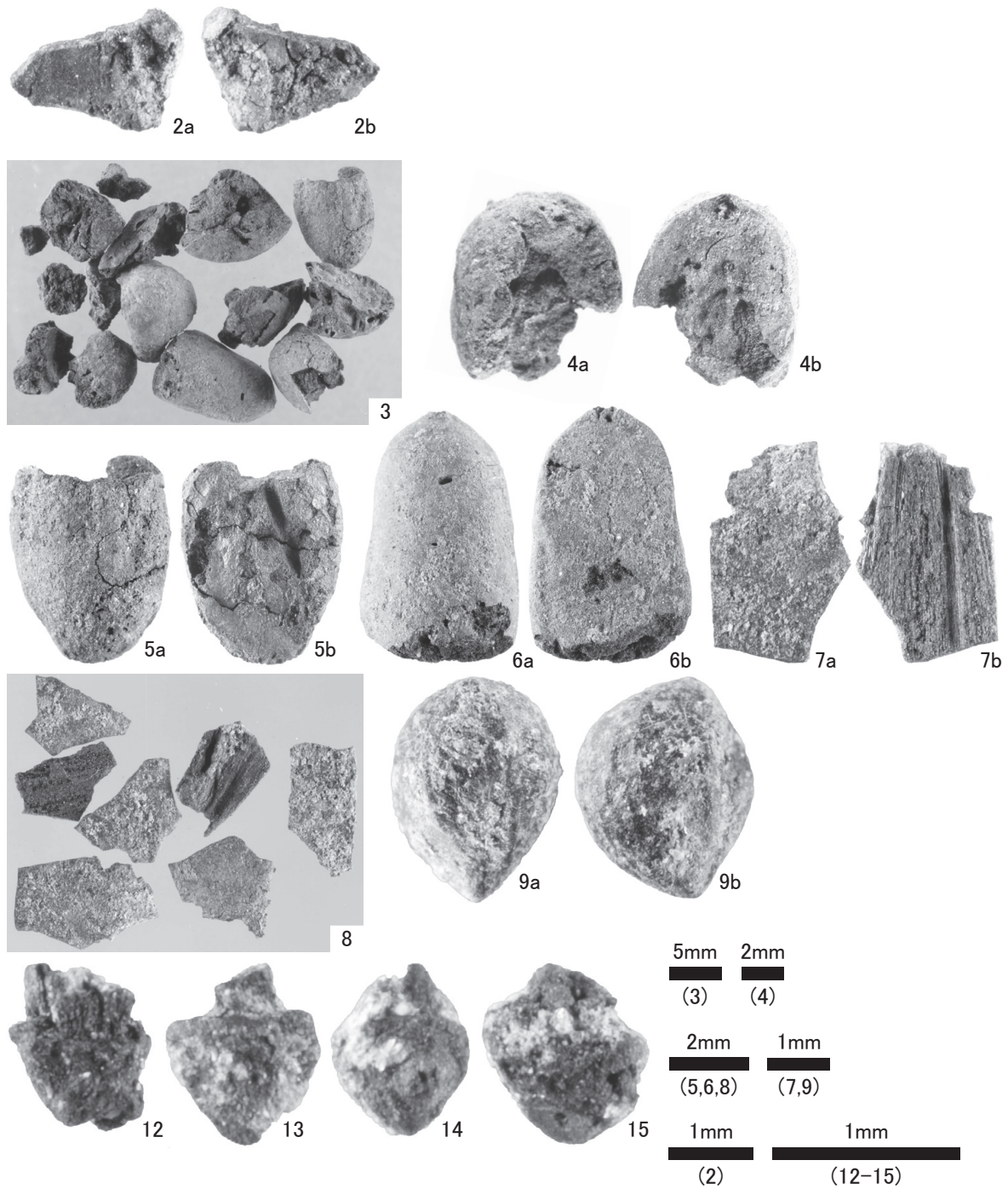


図1. 暦年較正結果

図版1 炭化種実

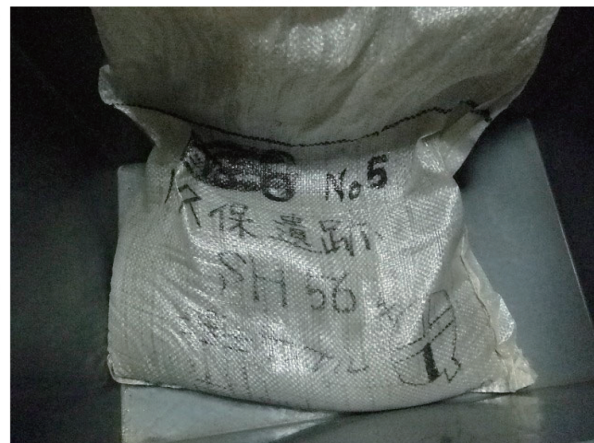


- 2.オニグルミ 核(試料No.5;竪穴建物跡53号 焼土)
- 3.コナラ属 子葉(試料No.7;竪穴状遺構6号 赤色顔料集中)
- 4.コナラ属 子葉(頂部)(試料No.7;竪穴状遺構6号 埋土 赤色顔料集中 年代測定)
- 5.コナラ属 子葉(試料No.7;竪穴状遺構6号 埋土 赤色顔料集中)
- 6.コナラ属 子葉(試料No.7;竪穴状遺構6号 埋土 赤色顔料集中)
- 7.コナラ属 果皮(試料No.7;竪穴状遺構6号 埋土 赤色顔料集中)
- 8.コナラ属 果皮(試料No.7;竪穴状遺構6号 埋土 赤色顔料集中)
- 9.カラスザンショウ-イヌザンショウ 種子(外種皮残存)(試料No.5;竪穴建物跡53号 焼土)
- 12.イネ 穎(基部)(試料No.5;竪穴建物跡53号 焼土)
- 13.イネ 穎(基部)(試料No.5;竪穴建物跡53号 焼土)
- 14.イネ 穎(基部)(試料No.5;竪穴建物跡53号 焼土)
- 15.イネ 穎(基部)(試料No.5;竪穴建物跡53号 焼土)

川久保遺跡フローテーションサマリー

遺構名No.	縦穴建物跡53号(焼土)
層位	
時代	古墳時代
サンプル採取日	平成29年12月20日
サンプル重量	5.26kg
洗浄開始日	平成30年1月22日 9:30
洗浄終了日	平成30年1月22日 14:00
選別開始	平成30年1月26日 11:00
選別終了	平成30年1月26日 13:30

試料の写真



	2mm	1mm	0.5mm
LF 乾燥重量	2.843g	2.306g	6.275g
HF 乾燥重量	58.086g	23.526g	142.422g
内 容			

備考: 軽石含む

3回に分けて洗う

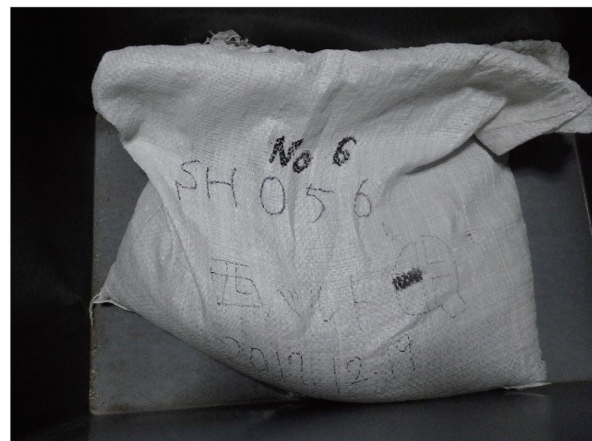
HFの洗浄は2回実施

担当者: 1回目: 宮城 HF2回目: 藤波、中村

川久保遺跡フローテーションサマリー

遺構名No.	縦穴建物跡53号(埋土)
層位	
時代	古墳時代
サンプル採取日	平成29年12月19日
サンプル重量	5.1kg
洗浄開始日	平成30年1月22日 14:30
洗浄終了日	平成30年1月22日 17:40
選別開始	平成30年1月26日 13:30
選別終了	平成30年1月26日 15:00

試料の写真



	2mm	1mm	0.5mm
LF 乾燥重量	2.484g	3.065g	6.666g
HF 乾燥重量	38.501g	21.463g	133.937g
内 容			

備考: 軽石含む

3回に分けて洗う

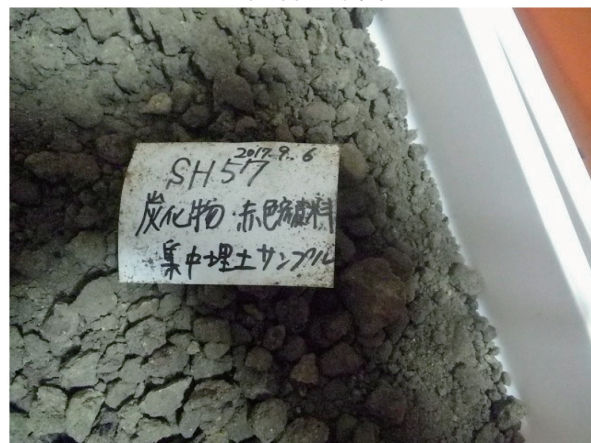
HFの洗浄は2回実施

担当者: 1回目:宮城 HF2回目:藤波、中村

川久保遺跡フローテーションサマリー

遺構名No.	縦穴状遺構6号(埋土) 赤色顔料集中
層位	
時代	古墳時代
サンプル採取日	平成29年9月6日
サンプル重量	0.76kg
洗浄開始日	平成30年1月24日 9:30
洗浄終了日	平成30年1月24日 11:00
選別開始	平成30年1月26日 15:00
選別終了	平成30年1月26日 16:30

試料の写真



	2mm	1mm	0.5mm
LF 乾燥重量	1.700g	1.225g	0g
HF 乾燥重量	15.087g	2.980g	12.175g
内 容			

備考: 軽石含む

少量である

HFの洗浄は2回実施

担当者: 1回目:宮城 HF2回目:藤波、中村

川久保遺跡フローテーションサマリー

遺構名No.	縦穴建物跡36号(埋土)
層位	
時代	古墳時代
サンプル採取日	平成29年12月18日
サンプル重量	11.18kg
洗浄開始日	平成30年1月23日 9:30
洗浄終了日	平成30年1月23日 17:30
選別開始	平成30年1月26日 16:30
選別終了	平成30年1月27日 10:00

試料の写真



	2mm	1mm	0.5mm
LF 乾燥重量	12.204g	11.517g	22.574g
HF 乾燥重量	94.254g	61.661g	387.16g
内 容			

備考: 軽石含む

7回に分けて洗う

HFの洗浄は2回実施

担当者: 1回目:宮城 HF2回目:藤波、中村

パレオ・ラボAMS年代測定グループ
伊藤 茂・佐藤正教・廣田正史・山形秀樹・
Zaur Lomtadidze・辻 康男

1. はじめに

川久保遺跡より検出された試料について、加速器質量分析法(AMS法)による放射性炭素年代測定を行った。

2. 試料と方法

測定試料の情報、調製データは表1のとおりである。また、図1, 2に年代測定試料の写真を示す。

試料は調製後、加速器質量分析計(パレオ・ラボ, コンパクトAMS: NEC製 1.5SDH)を用いて測定した。得られた¹⁴C濃度について同位体分別効果の補正を行った後、¹⁴C年代、暦年代を算出した。

3. 結果

表2に、同位体分別効果の補正に用いる炭素同位体比($\delta^{13}C$), 同位体分別効果の補正を行って暦年較正に用いた年代値と較正によって得られた年代範囲、慣用に従って年代値と誤差を丸めて表示した¹⁴C年代、暦年較正結果を、図3, 4に暦年較正結果をそれぞれ示す。暦年較正に用いた年代値は下1桁を丸めていない値であり、今後暦年較正曲線が更新された際にこの年代値を用いて暦年較正を行うために記載した。

¹⁴C年代はAD1950年を基点にして何年前かを示した年代である。¹⁴C年代(yrBP)の算出には、¹⁴Cの半減期としてLibbyの半減期5568年を使用した。また、付記した¹⁴C年代誤差($\pm 1\sigma$)は、測定の統計誤差、標準偏差等に基づいて算出され、試料の¹⁴C年代がその¹⁴C年代誤差内に入る確率が68.2%であることを示す。

なお、暦年較正の詳細は以下のとおりである。

暦年較正とは、大気中の¹⁴C濃度が一定で半減期が5568年として算出された¹⁴C年代に対し、過去の宇宙線強度や地球磁場の変動による大気中の¹⁴C濃度の変動、および半減期の違い(¹⁴Cの半減期5730 \pm 40年)を較正して、より実際の年代値に近いものを算出することである。

¹⁴C年代の暦年較正にはOxCal4.3(較正曲線データ: IntCal13)を使用した。なお、 1σ 暦年代範囲は、OxCalの確率法を使用して算出された¹⁴C年代誤差に相当する68.2%信頼限界の暦年代範囲であり、同様に 2σ 暦年代範囲は95.4%信頼限界の暦年代範囲である。カッコ内の百分率の値は、その範囲内に暦年代が入る確率を意味する。グラフ中の縦軸上の曲線は¹⁴C年代の確率分布を示し、二重曲線は暦年較正曲線を示す。

4. 考察

測定結果(以下の暦年較正年代は 2σ の値)は、堅穴建物跡22号-144の試料No. 2019-13(PLD-40006)の¹⁴C年代が1670 \pm 20 BP, 較正年代が335-416 cal AD (95.4%)で紀元後4世紀前半~5世紀前半, 堅穴建物跡2号-280の試料No. 2019-15(PLD-40007)の¹⁴C年代が1730 \pm 20 BP, 較正年代が252-381 cal AD (95.4%)で紀元後3世紀中頃~4世紀後半, 堅穴建物跡4号-203の試料No. 2019-17(PLD-40008)の¹⁴C年代が1700 \pm 20 BP, 較正年代が257-296 cal AD (16.9%)および321-399 cal AD (78.5%)で紀元後3世紀中頃~4世紀末, 堅穴建物跡5号-420の試料No. 2019-19(PLD-40009)の¹⁴C年代が1725 \pm 20 BP, 較正年代が251-384 cal AD (95.4%)で紀元後3世紀中頃~4世紀後半, 堅穴建物跡11号-513の試料No. 2019-21(PLD-40010)の¹⁴C年代が1645 \pm 20 BP, 較正年代が343-430 cal AD (91.9%), 495-508 cal AD (2.5%), 520-527 cal AD (1.0%)で紀元後4世紀中頃~5世紀前半, 紀元後5世紀末~6世紀前半, 中世堅穴状遺構1号-4の試料No. 2019-23(PLD-40011)の¹⁴C年代が670 \pm 20 BP, 較正年代が1278-1310 cal AD (55.5%)および1360-1388 cal AD (39.9%)で紀元後13世紀後半~14世紀前半および紀元後14世紀後半, 堅穴建物跡32号の試料No. 2019-25(PLD-40012)の¹⁴C年代が2480 \pm 20 BP, 較正年代が768-536 cal BC (95.4%)で紀元前8世紀前半~6世紀後半, 堅穴建物跡43号の試料No. 2019-27(PLD-40013)の¹⁴C年代が1700 \pm 20 BP, 較正年代が257-296 cal AD (17.8%)および321-397 cal AD (77.6%)で紀元後3世紀中頃~末および紀元後4世紀前半~末である。また、製鉄関連土坑1の4試料は、埋土①の試料No. 2019-29(PLD-40014)の¹⁴C年代が1185 \pm 20 BP, 較正年代が773-891 cal AD (95.4%)で紀元後8世紀後半~9世紀末, 埋土②の試料No. 2019-31(PLD-40015)の¹⁴C年代が1215 \pm 20 BP, 較正年代が720-741 cal AD (8.8%)および766-885 cal AD (86.6%)で紀元後8世紀前半~9世紀後半, 埋土③の試料No. 2019-33(PLD-40016)の¹⁴C年代が1165 \pm 20 BP, 較正年代が773-900 cal AD (83.5%)および921-950 cal AD (11.9%)で紀元後8世紀後半~10世紀中頃, 埋土④の試料No. 2019-35(PLD-40017)の¹⁴C年代が1225 \pm 20 BP, 較正年代が695-700 cal AD (0.8%), 710-745 cal AD (19.9%), 764-883 cal AD (74.7%)で紀元後7世紀末~9世紀後半である。

土器型式および時期区分と暦年代との関係は、縄文時代については小林(2017), 弥生時代~古墳時代前期については藤尾(2013), 森岡ほか(2016), 若林(2018), 古墳時代中期~後期については岸本(2011)を参照した。さらに、弥生土器型式の併行関係(佐藤編, 2015), 古墳時代~古代の土師器, 須恵器の併行関係(橋本, 2015)を参照するとともに、古墳時代以降の時期区分に関して児玉

編(2018)ふまえると、各試料の暦年代は、試料No. 2019-13が古墳時代前期～中期、試料No. 2019-15が古墳時代前期、試料No. 2019-17が古墳時代前期～中期、試料No. 2019-19が古墳時代前期、試料No. 2019-21が古墳時代前期～後期、試料No. 2019-23が鎌倉時代～室町時代前期、試料No. 2019-25が縄文時代晩期後葉～弥生時代前期前半、試料No. 2019-27が古墳時代前期～中期に対比される。また、SK270の4試料は、試料No. 2019-29と試料No. 2019-31が奈良時代～平安時代前期、試料No. 2019-33が奈良時代～平安時代中期、試料No. 2019-35が飛鳥時代～平安時代前期に対比される。

引用・参考文献

- Bronk Ramsey, C. (2009) Bayesian Analysis of Radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51 (1), 337-360.
- 藤尾慎一郎 (2013) 弥生文化像の新構築. 275p, 吉川弘文館.
- 橋本達也 (2015) 成川式土器と鹿児島古墳時代研究. 「成川式土器ってなんだ?—鹿大キャンパスの遺跡で出土する土器—」: 87-102, 鹿児島大学総合研究博物館.
- 岸本直文 (2011) 古墳編年と時期区分. 「古墳時代の考古学1 古墳時代史の枠組み」: 34-44, 同成社.
- 小林謙一 (2017) 縄文時代の実年代—土器型式編年と炭素14年代—. 263p, 同成社.
- 児玉幸多編 (2018) 標準日本史年表. 66p, 吉川弘文館.
- 中村俊夫 (2000) 放射性炭素年代測定法の基礎. 日本先史時代の¹⁴C年代編集委員会編「日本先史時代の¹⁴C年代」: 3-20, 日本第四紀学会.
- 森岡秀人・三好 玄・田中元浩 (2016) 総括. 古代学研究会編「集落動態からみた弥生時代から古墳時代への社会変化」: 335-398, 六一書房.
- Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Buck, C.E., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hafliðason, H., Hajdas, I., Hatte, C., Heaton, T.J., Hoffmann, D.L., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Staff, R.A., Turney, C.S.M., and van der Plicht, J. (2013) IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0-50,000 Years cal BP. *Radiocarbon*, 55 (4), 1869-1887.
- 佐藤由紀男編 (2015) 考古調査ハンドブック12 弥生土器. 477p, ニューサイエンス社.
- 若林邦彦 (2018) 近畿地方弥生時代諸土器様式の暦年代—石川県八日市地方遺跡の研究成果との対比—. 同志社大学考古学研究室編「同志社大学考古学シリーズXII 実証の考古学 松藤和人先生退職記念論文集」: 119-129, 同志社大学考古学研究室.

表1 測定試料および処理

測定番号	遺跡データ	試料データ	前処理
PLD-40006	遺構： 竪穴建物跡22号-炭2 試料No. 2019-13	種類：炭化材 試料の性状：最終形成年輪以外 部位不明 状態：dry	超音波洗浄 有機溶剤処理：アセトン 酸・アルカリ・酸洗浄（塩酸：1.2 mol/L, 水酸化ナトリウム：1.0 mol/L, 塩酸：1.2 mol/L）
PLD-40007	遺構： 竪穴建物跡2号-炭2 試料No. 2019-15	種類：炭化材 試料の性状：最終形成年輪以外 部位不明 状態：dry	超音波洗浄 有機溶剤処理：アセトン 酸・アルカリ・酸洗浄（塩酸：1.2 mol/L, 水酸化ナトリウム：1.0 mol/L, 塩酸：1.2 mol/L）
PLD-40008	遺構： 竪穴建物跡4号-炭1 試料No. 2019-17	種類：炭化材 試料の性状：最終形成年輪以外 部位不明 状態：dry	超音波洗浄 有機溶剤処理：アセトン 酸・アルカリ・酸洗浄（塩酸：1.2 mol/L, 水酸化ナトリウム：1.0 mol/L, 塩酸：1.2 mol/L）
PLD-40009	遺構： 竪穴建物跡5号-炭1 試料No. 2019-19	種類：炭化材 試料の性状：最終形成年輪以外 部位不明 状態：dry	超音波洗浄 有機溶剤処理：アセトン 酸・アルカリ・酸洗浄（塩酸：1.2 mol/L, 水酸化ナトリウム：1.0 mol/L, 塩酸：1.2 mol/L）
PLD-40010	遺構： 竪穴建物跡11号-炭1 試料No. 2019-21	種類：炭化材 試料の性状：最終形成年輪以外 部位不明 状態：dry	超音波洗浄 有機溶剤処理：アセトン 酸・アルカリ・酸洗浄（塩酸：1.2 mol/L, 水酸化ナトリウム：1.0 mol/L, 塩酸：1.2 mol/L）
PLD-40011	遺構： 中世竪穴状遺構1号-4 試料No. 2019-23	種類：炭化材 試料の性状：最終形成年輪以外 部位不明 状態：dry	超音波洗浄 有機溶剤処理：アセトン 酸・アルカリ・酸洗浄（塩酸：1.2 mol/L, 水酸化ナトリウム：1.0 mol/L, 塩酸：1.2 mol/L）
PLD-40012	遺構： 竪穴建物跡32号 層位：埋土 試料No. 2019-25	種類：炭化材 試料の性状：最終形成年輪以外 部位不明 状態：dry	超音波洗浄 有機溶剤処理：アセトン 酸・アルカリ・酸洗浄（塩酸：1.2 mol/L, 水酸化ナトリウム：1.0 mol/L, 塩酸：1.2 mol/L）
PLD-40013	遺構： 竪穴建物跡43号 層位：埋土 試料No. 2019-27	種類：炭化材 試料の性状：最終形成年輪以外 部位不明 状態：dry	超音波洗浄 有機溶剤処理：アセトン 酸・アルカリ・酸洗浄（塩酸：1.2 mol/L, 水酸化ナトリウム：1.0 mol/L, 塩酸：1.2 mol/L）
PLD-40014	遺構： 製鉄関連土坑1 層位：埋土① 試料No. 2019-29	種類：炭化材 試料の性状：最終形成年輪以外 部位不明 状態：dry	超音波洗浄 有機溶剤処理：アセトン 酸・アルカリ・酸洗浄（塩酸：1.2 mol/L, 水酸化ナトリウム：1.0 mol/L, 塩酸：1.2 mol/L）
PLD-40015	遺構： 製鉄関連土坑1 層位：埋土② 試料No. 2019-31	種類：炭化材 試料の性状：最終形成年輪以外 部位不明 状態：dry	超音波洗浄 有機溶剤処理：アセトン 酸・アルカリ・酸洗浄（塩酸：1.2 mol/L, 水酸化ナトリウム：1.0 mol/L, 塩酸：1.2 mol/L）
PLD-40016	遺構： 製鉄関連土坑1 層位：埋土③ 試料No. 2019-33	種類：炭化材 試料の性状：最終形成年輪以外 部位不明 状態：dry	超音波洗浄 有機溶剤処理：アセトン 酸・アルカリ・酸洗浄（塩酸：1.2 mol/L, 水酸化ナトリウム：1.0 mol/L, 塩酸：1.2 mol/L）
PLD-40017	遺構： 製鉄関連土坑1 層位：埋土④ 試料No. 2019-35	種類：炭化材 試料の性状：最終形成年輪以外 部位不明 状態：dry	超音波洗浄 有機溶剤処理：アセトン 酸・アルカリ・酸洗浄（塩酸：1.2 mol/L, 水酸化ナトリウム：1.0 mol/L, 塩酸：1.2 mol/L）

表2 放射性炭素年代測定および暦年較正の結果

測定番号	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	暦年較正用年代 (yrBP $\pm 1\sigma$)	^{14}C 年代 (yrBP $\pm 1\sigma$)	^{14}C 年代を暦年代に較正した年代範囲	
				1 σ 暦年代範囲	2 σ 暦年代範囲
PLD-40006 試料No. 2019-13	-22.80 \pm 0.20	1672 \pm 19	1670 \pm 20	348-369 cal AD (27.5%) 378-402 cal AD (40.7%)	335-416 cal AD (95.4%)
PLD-40007 試料No. 2019-15	-27.98 \pm 0.19	1728 \pm 19	1730 \pm 20	256-299 cal AD (42.2%) 318-345 cal AD (26.0%)	252-381 cal AD (95.4%)
PLD-40008 試料No. 2019-17	-27.30 \pm 0.18	1700 \pm 21	1700 \pm 20	333-388 cal AD (68.2%)	257-296 cal AD (16.9%) 321-399 cal AD (78.5%)
PLD-40009 試料No. 2019-19	-26.65 \pm 0.17	1726 \pm 21	1725 \pm 20	257-298 cal AD (39.3%) 320-346 cal AD (25.4%) 372-377 cal AD (3.5%)	251-384 cal AD (95.4%)
PLD-40010 試料No. 2019-21	-28.09 \pm 0.19	1643 \pm 21	1645 \pm 20	390-421 cal AD (68.2%)	343-430 cal AD (91.9%) 495-508 cal AD (2.5%) 520-527 cal AD (1.0%)
PLD-40011 試料No. 2019-23	-24.54 \pm 0.20	669 \pm 19	670 \pm 20	1284-1299 cal AD (43.3%) 1370-1380 cal AD (24.9%)	1278-1310 cal AD (55.5%) 1360-1388 cal AD (39.9%)
PLD-40012 試料No. 2019-25	-24.54 \pm 0.18	2482 \pm 21	2480 \pm 20	755-731 cal BC (11.5%) 692-680 cal BC (5.3%) 670-659 cal BC (5.1%) 651-607 cal BC (20.7%) 596-544 cal BC (25.6%)	768-536 cal BC (95.4%)
PLD-40013 試料No. 2019-27	-26.12 \pm 0.20	1702 \pm 20	1700 \pm 20	333-386 cal AD (68.2%)	257-296 cal AD (17.8%) 321-397 cal AD (77.6%)
PLD-40014 試料No. 2019-29	-25.42 \pm 0.27	1184 \pm 20	1185 \pm 20	778-792 cal AD (12.7%) 803-843 cal AD (33.6%) 858-883 cal AD (21.9%)	773-891 cal AD (95.4%)
PLD-40015 試料No. 2019-31	-26.27 \pm 0.22	1215 \pm 21	1215 \pm 20	770-779 cal AD (7.7%) 790-831 cal AD (34.7%) 837-867 cal AD (25.8%)	720-741 cal AD (8.8%) 766-885 cal AD (86.6%)
PLD-40016 試料No. 2019-33	-25.77 \pm 0.24	1166 \pm 21	1165 \pm 20	778-791 cal AD (11.6%) 805-842 cal AD (23.4%) 860-894 cal AD (28.8%) 931-938 cal AD (4.4%)	773-900 cal AD (83.5%) 921-950 cal AD (11.9%)
PLD-40017 試料No. 2019-35	-25.11 \pm 0.18	1224 \pm 20	1225 \pm 20	723-740 cal AD (13.2%) 767-779 cal AD (10.6%) 791-829 cal AD (25.9%) 838-865 cal AD (18.6%)	695-700 cal AD (0.8%) 710-745 cal AD (19.9%) 764-883 cal AD (74.7%)



写真 1 試料 No.2019-13



写真 2 試料 No.2019-15



写真 3 試料 No.2019-17



写真 4 試料 No.2019-19



写真 5 試料 No.2019-21



写真 6 試料 No.2019-23



写真 7 試料 No.2019-25



写真 8 試料 No.2019-27

図 1 年代測定資料(その1)



写真 9 試料 No.2019-29



写真 10 試料 No.2019-31



写真 11 試料 No.2019-33



写真 12 試料 No.2019-35

図 2 年代測定資料(その2)

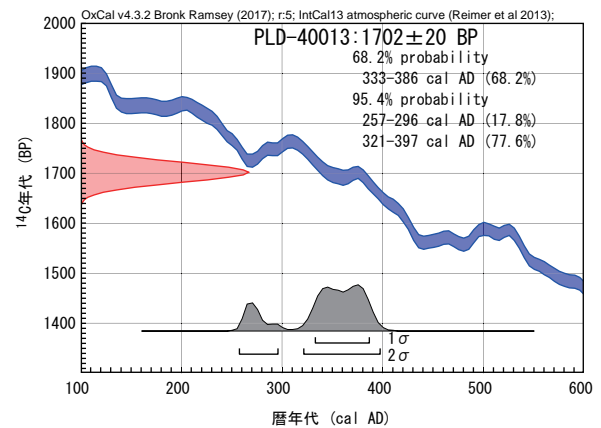
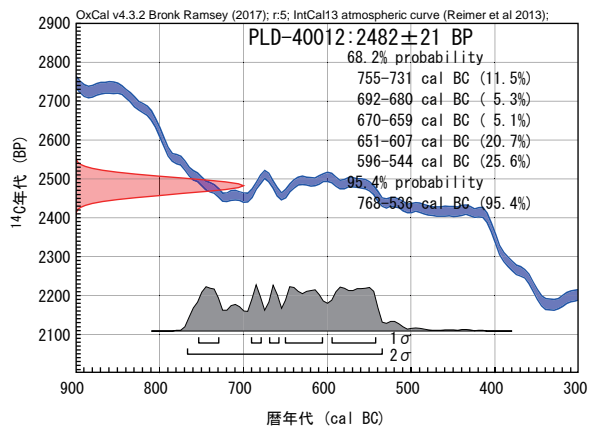
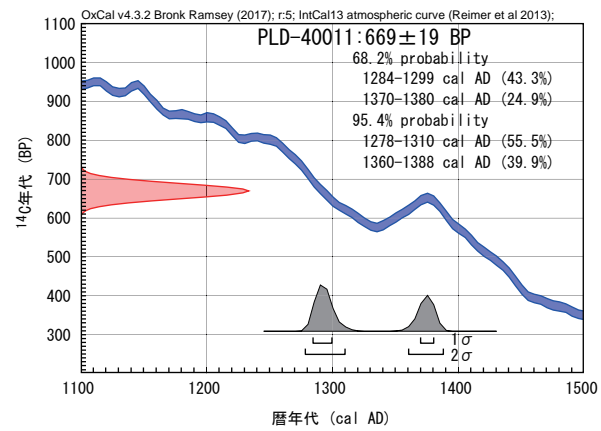
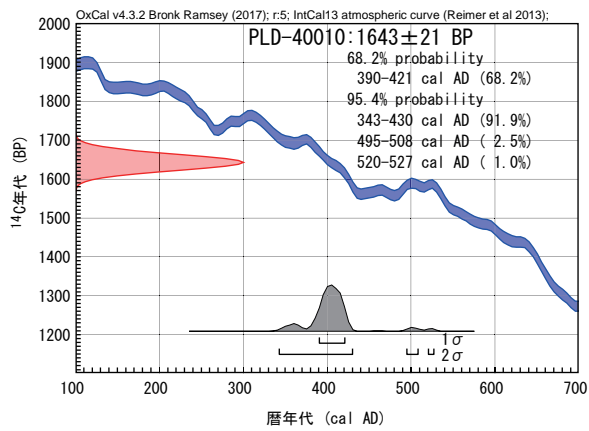
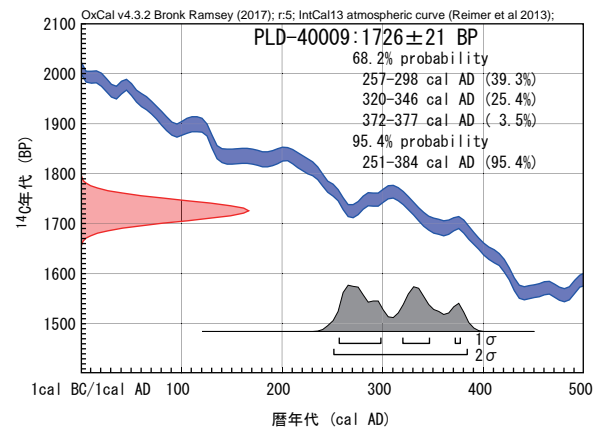
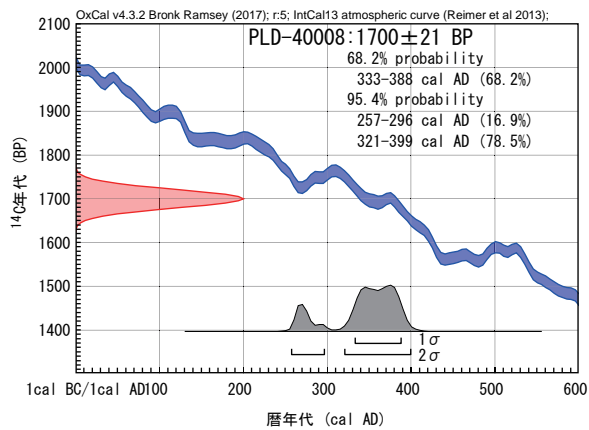
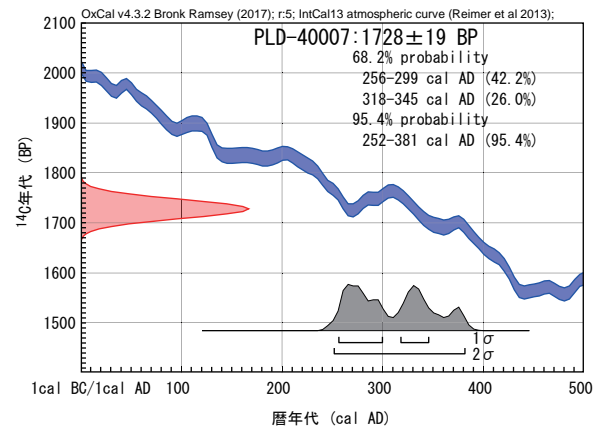
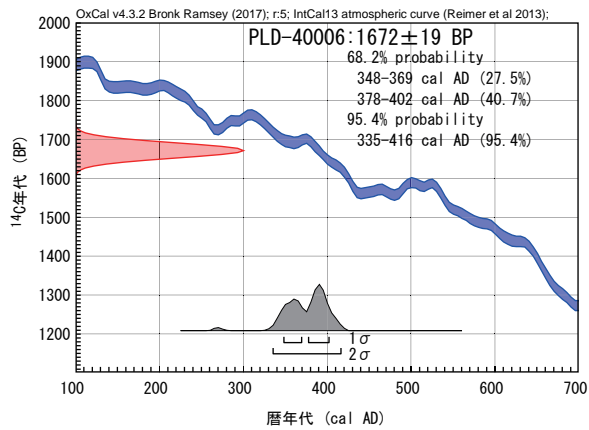


图3 曆年較正結果 (1)

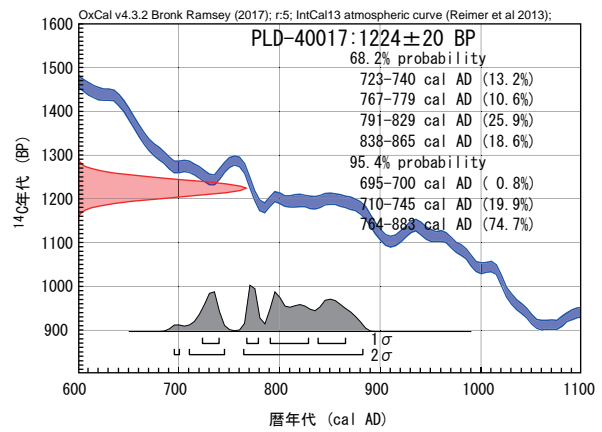
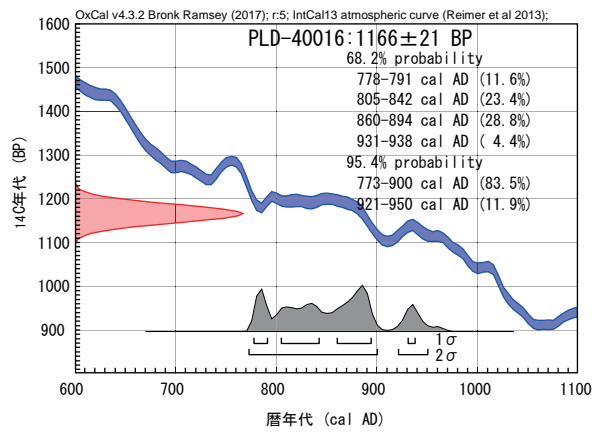
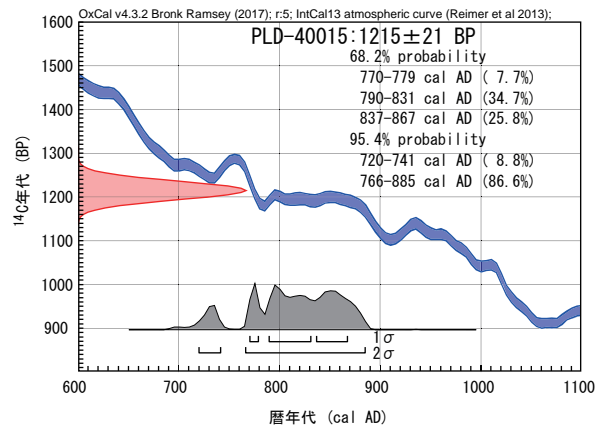
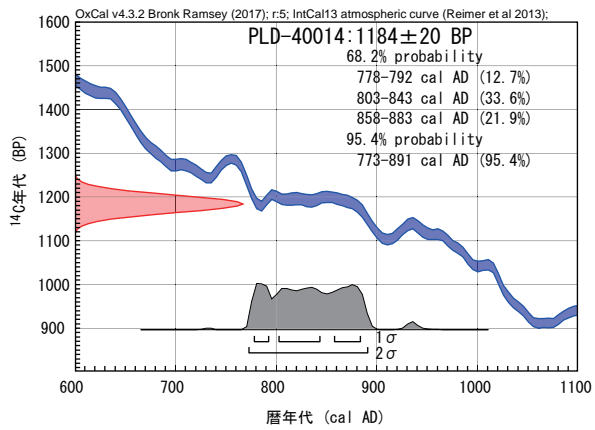


图4 曆年較正結果(2)

放射性炭素年代測定 2

パレオ・ラボAMS年代測定グループ
伊藤 茂・佐藤正教・廣田正史・山形秀樹・
Zaur Lomtavidze・辻 康男

1. はじめに

川久保遺跡より検出された試料について、加速器質量分析法(AMS法)による放射性炭素年代測定を行った。

2. 試料と方法

測定試料の情報、調製データは表1のとおりである。また、図1に年代測定試料の写真を示す。

試料は調製後、加速器質量分析計(パレオ・ラボ、コンパクトAMS:NEC製 1.5SDH)を用いて測定した。得られた¹⁴C濃度について同位体分別効果の補正を行った後、¹⁴C年代、暦年代を算出した。

3. 結果

表2に、同位体分別効果の補正に用いる炭素同位体比($\delta^{13}\text{C}$)、同位体分別効果の補正を行って暦年較正に用いた年代値と較正によって得られた年代範囲、慣用に従って年代値と誤差を丸めて表示した¹⁴C年代、暦年較正結果を、図2に暦年較正結果を示す。暦年較正に用いた年代値は下1桁を丸めていない値であり、今後暦年較正曲線が更新された際にこの年代値を用いて暦年較正を行うために記載した。

¹⁴C年代はAD1950年を基点にして何年前かを示した年代である。¹⁴C年代(yrBP)の算出には、¹⁴Cの半減期としてLibbyの半減期5568年を使用した。また、付記した¹⁴C年代誤差($\pm 1\sigma$)は、測定の統計誤差、標準偏差等に基づいて算出され、試料の¹⁴C年代がその¹⁴C年代誤差内に入る確率が68.2%であることを示す。

なお、暦年較正の詳細は以下のとおりである。

暦年較正とは、大気中の¹⁴C濃度が一定で半減期が5568年として算出された¹⁴C年代に対し、過去の宇宙線強度や地球磁場の変動による大気中の¹⁴C濃度の変動、および半減期の違い(¹⁴Cの半減期 5730 ± 40 年)を較正して、より実際の年代値に近いものを算出することである。

¹⁴C年代の暦年較正にはOxCal4.3(較正曲線データ: IntCal13)を使用した。なお、 1σ 暦年代範囲は、OxCalの確率法を使用して算出された¹⁴C年代誤差に相当する68.2%信頼限界の暦年代範囲であり、同様に 2σ 暦年代範囲は95.4%信頼限界の暦年代範囲である。カッコ内の百分率の値は、その範囲内に暦年代が入る確率を意味する。グラフ中の縦軸上の曲線は¹⁴C年代の確率分布を示し、二重曲線は暦年較正曲線を示す。

4. 考察

図3に、今回の測定結果のマルチプロット図を示す。測定結果(以下の暦年較正年代は 2σ の値)は、竪穴建物跡23号-194の試料No.2019-2-1(PLD-40018)の¹⁴C年代が 1715 ± 20 BP、較正年代が255-302 cal AD(31.7%)および315-391 cal AD(63.7%)で紀元後3世紀中頃～4世紀末、竪穴建物跡7号-743の試料No.2019-2-2(PLD-40019)の¹⁴C年代が 1655 ± 20 BP、較正年代が340-424 cal AD(95.4%)で紀元後4世紀前半～5世紀前半、竪穴建物跡11号-470の試料No.2019-2-3(PLD-40020)の¹⁴C年代が 1690 ± 20 BP、較正年代が260-280 cal AD(6.6%)および325-410 cal AD(88.8%)で紀元後3世紀後半および紀元後4世紀前半～5世紀前半、竪穴建物跡36号-129の試料No.2019-2-4(PLD-40021)の¹⁴C年代が 1740 ± 20 BP、較正年代が241-357 cal AD(91.6%)および366-380 cal AD(3.8%)で紀元後3世紀中頃～4世紀後半、竪穴建物跡27号壘344付着の試料No.2019-2-5(PLD-40022)の¹⁴C年代が 1730 ± 20 BP、較正年代が251-382 cal AD(95.4%)で紀元後3世紀中頃～4世紀後半、竪穴建物跡28号壘362付着の試料No.2019-2-6(PLD-40023)の¹⁴C年代が 1745 ± 20 BP、較正年代が237-350 cal AD(93.9%)、369-378 cal AD(1.5%)で紀元後3世紀前半～紀元後4世紀後半、竪穴建物跡28号壘358付着の試料No.2019-2-7(PLD-40024)の¹⁴C年代が 1730 ± 20 BP、較正年代が248-358 cal AD(88.5%)、364-381 cal AD(6.9%)で紀元後3世紀中頃～4世紀後半、竪穴建物跡26号-64005の試料No.2019-2-9(PLD-40026)の¹⁴C年代が 1730 ± 20 BP、較正年代が251-382 cal AD(95.4%)で紀元後3世紀中頃～4世紀後半である。

土器型式および時期区分と暦年代との関係は、弥生時代～古墳時代前期については藤尾(2013)、森岡ほか(2016)、若林(2018)、古墳時代中期～後期については岸本(2011)を参照した。さらに、弥生土器型式の併行関係(佐藤編,2015)、古墳時代～古代の土師器、須恵器の併行関係(橋本,2015)をふまえると、各試料の暦年代は、試料No.2019-2-1が古墳時代前期～中期、試料No.2019-2-2が古墳時代前期～中期、試料No.2019-2-3が古墳時代前期～中期、試料No.2019-2-4が古墳時代前期、試料No.2019-2-5が古墳時代前期、試料No.2019-2-6が弥生終末期～古墳時代前期、試料No.2019-2-7が古墳時代前期、試料No.2019-2-9が古墳時代前期に対比される。

なお、試料の炭素含有量をみると、今回の測定試料は、すべて50%を下回っている。土器付着炭化物の通常の炭素含有率は、50～60%とされる(小林,2017)。特に、試料No.2019-2-3が23.9%と、炭素含有量が非常に低い。炭素含有量がかなり低い試料については、土器胎土や埋

没土壌に含まれる鉱物に由来する起源の古い微量の炭素の影響を受け、数百¹⁴C年程度、古い年代値を示す場合がある(小林, 2017)。したがって、今回のすべての測定試料の年代値の評価については、注意を要する。

ところで、土器付着炭化物の年代については、土器の煮炊き内容物に海産物が含まれる可能性があるため、海洋リザーバー効果の影響も合わせて検討する必要がある(小林, 2014)。今回の土器付着炭化物の $\delta^{13}\text{C}$ 値は、吉田(2012)が示した、植物のほとんどすべてに該当するとみなして良い C_3 植物に由来する $-33 \sim -23\text{‰}$ の範疇に収まる。ただし、 $\delta^{13}\text{C}$ 値は、正確には同位体比質量分析計(IRMS)で測定された値で検討を行う必要性があり、加速器質量分析計(AMS)による測定値は参考値に留めておく必要がある(小林, 2014)。参考値ではあるが、今回の土器付着炭化物の年代は、海洋リザーバー効果の影響を考慮する必要がない可能性がある。

引用・参考文献

- Bronk Ramsey, C. (2009) Bayesian Analysis of Radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51 (1), 337-360.
- 藤尾慎一郎(2013) 弥生文化像の新構築. 275p, 吉川弘文館.
- 橋本達也(2015) 成川式土器と鹿児島島の古墳時代研究. 橋本達也編「成川式土器ってなんだ?—鹿大キャンパスの遺跡で出土する土器—」: 87-102, 鹿児島大学総合研究博物館.
- 岸本直文(2011) 古墳編年と時期区分. 「古墳時代の考古学1 古墳時代史の枠組み」: 34-44, 同成社.
- 小林謙一(2014) 弥生移行期における土器使用状況からみた生業. 国立歴史民俗博物館研究報, 185, 283-347.
- 小林謙一(2017) 縄紋時代の実年代—土器型式編年と炭素14年代—. 263p, 同成社.
- 中村俊夫(2000) 放射性炭素年代測定法の基礎. 日本先史時代の¹⁴C年代編集委員会編「日本先史時代の¹⁴C年代」: 3-20, 日本第四紀学会.
- 森岡秀人・三好 玄・田中元浩(2016) 総括. 古代学研究会編「集落動態からみた弥生時代から古墳時代への社会変化」: 335-398, 六一書房.
- Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Buck, C.E., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hafliðason, H., Hajdas, I., Hatte, C., Heaton, T.J., Hoffmann, D.L., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Staff, R.A., Turney, C.S.M., and van der Plicht, J. (2013) IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0-50,000 Years cal BP. *Radiocarbon*, 55 (4), 1869-1887.
- 佐藤由紀男編(2015) 考古調査ハンドブック12 弥生土器. 477p, ニューサイエンス社.
- 吉田邦夫(2012) 古食性分析〈縄文人の食卓〉. 吉田邦夫編「アルケオメトリア: 考古遺物と美術工芸品を科学の眼で透かし見る」: 44-55, 東京大学総合博物館.
- 若林邦彦(2018) 近畿地方弥生時代諸土器様式の暦年代—石川県八日市地方遺跡の研究成果との対比—. 同志社大学考古学研究室編「同志社大学考古学シリーズXII 実証の考古学 松藤和人先生退職記念論文集」: 119-129, 同志社大学考古学研究

表1 測定試料および処理

測定番号	遺跡データ	試料データ	前処理
PLD-40018	遺構：堅穴建物跡23号-194 試料No. 2019-2-1	種類：土器付着物 状態：dry ガス化重量：2.95mg 炭素含有量：1.26mg (42.6%)	超音波洗浄 有機溶剤処理：アセトン 酸・アルカリ・酸洗浄（塩酸：1.2 mol/L, 水酸化ナトリウム：1.0 mol/L, 塩酸：1.2 mol/L)
PLD-40019	遺構：堅穴建物跡7号-743 試料No. 2019-2-2	種類：土器付着物 状態：dry ガス化重量：3.32mg 炭素含有量：1.49mg (44.8%)	超音波洗浄 有機溶剤処理：アセトン 酸・アルカリ・酸洗浄（塩酸：1.2 mol/L, 水酸化ナトリウム：1.0 mol/L, 塩酸：1.2 mol/L)
PLD-40020	遺構：堅穴建物跡11号-470 試料No. 2019-2-3	種類：土器付着物 状態：dry ガス化重量：3.40mg 炭素含有量：0.81mg (23.9%)	超音波洗浄 有機溶剤処理：アセトン 酸・アルカリ・酸洗浄（塩酸：1.2 mol/L, 水酸化ナトリウム：1.0 mol/L, 塩酸：1.2 mol/L)
PLD-40021	遺構：堅穴建物跡36号-129 試料No. 2019-2-4	種類：土器付着物 状態：dry ガス化重量：2.88mg 炭素含有量：1.10mg (38.1%)	超音波洗浄 有機溶剤処理：アセトン 酸・アルカリ・酸洗浄（塩酸：1.2 mol/L, 水酸化ナトリウム：1.0 mol/L, 塩酸：1.2 mol/L)
PLD-40022	遺構：堅穴建物跡27号 甕53付着炭化物 試料No. 2019-2-5	種類：土器付着物 状態：dry ガス化重量：2.82mg 炭素含有量：1.11mg (39.5%)	超音波洗浄 有機溶剤処理：アセトン 酸・アルカリ・酸洗浄（塩酸：1.2 mol/L, 水酸化ナトリウム：1.0 mol/L, 塩酸：1.2 mol/L)
PLD-40023	遺構：堅穴建物跡28号 甕50付着炭化物 試料No. 2019-2-6	種類：土器付着物 状態：dry ガス化重量：2.83mg 炭素含有量：1.08mg (38.1%)	超音波洗浄 有機溶剤処理：アセトン 酸・アルカリ・酸洗浄（塩酸：1.2 mol/L, 水酸化ナトリウム：1.0 mol/L, 塩酸：1.2 mol/L)
PLD-40024	遺構：堅穴建物跡28号 甕652付着炭化物 試料No. 2019-2-7	種類：土器付着物 状態：dry ガス化重量：3.31mg 炭素含有量：1.55mg (46.9%)	超音波洗浄 有機溶剤処理：アセトン 酸・アルカリ・酸洗浄（塩酸：1.2 mol/L, 水酸化ナトリウム：1.0 mol/L, 塩酸：1.2 mol/L)
PLD-40026	遺構：堅穴建物跡26号 -64005 試料No. 2019-2-9	種類：土器付着物 状態：dry ガス化重量：2.92mg 炭素含有量：1.17mg (39.9%)	超音波洗浄 有機溶剤処理：アセトン 酸・アルカリ・酸洗浄（塩酸：1.2 mol/L, 水酸化ナトリウム：1.0 mol/L, 塩酸：1.2 mol/L)

表2 放射性炭素年代測定および暦年較正の結果

測定番号	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	暦年較正用年代 (yrBP $\pm 1\sigma$)	^{14}C 年代 (yrBP $\pm 1\sigma$)	^{14}C 年代を暦年年代に較正した年代範囲	
				1 σ 暦年代範囲	2 σ 暦年代範囲
PLD-40018 試料No. 2019-2-1	-24.00 \pm 0.18	1714 \pm 21	1715 \pm 20	261-278 cal AD (16.7%) 327-382 cal AD (51.5%)	255-302 cal AD (31.7%) 315-391 cal AD (63.7%)
PLD-40019 試料No. 2019-2-2	-25.80 \pm 0.18	1656 \pm 21	1655 \pm 20	358-363 cal AD (3.9%) 381-418 cal AD (64.3%)	340-424 cal AD (95.4%)
PLD-40020 試料No. 2019-2-3	-23.87 \pm 0.19	1688 \pm 20	1690 \pm 20	343-390 cal AD (68.2%)	260-280 cal AD (6.6%) 325-410 cal AD (88.8%)
PLD-40021 試料No. 2019-2-4	-25.33 \pm 0.22	1740 \pm 21	1740 \pm 20	254-303 cal AD (49.1%) 315-334 cal AD (19.1%)	241-357 cal AD (91.6%) 366-380 cal AD (3.8%)
PLD-40022 試料No. 2019-2-5	-24.28 \pm 0.22	1728 \pm 21	1730 \pm 20	256-300 cal AD (40.9%) 317-346 cal AD (25.5%) 373-376 cal AD (1.9%)	251-382 cal AD (95.4%)
PLD-40023 試料No. 2019-2-6	-24.77 \pm 0.22	1747 \pm 21	1745 \pm 20	252-264 cal AD (12.0%) 274-330 cal AD (56.2%)	237-350 cal AD (93.9%) 369-378 cal AD (1.5%)
PLD-40024 試料No. 2019-2-7	-26.20 \pm 0.27	1732 \pm 20	1730 \pm 20	255-301 cal AD (45.0%) 317-341 cal AD (23.2%)	248-358 cal AD (88.5%) 364-381 cal AD (6.9%)
PLD-40026 試料No. 2019-2-9	-26.18 \pm 0.22	1729 \pm 21	1730 \pm 20	255-301 cal AD (42.8%) 317-345 cal AD (25.4%)	251-382 cal AD (95.4%)

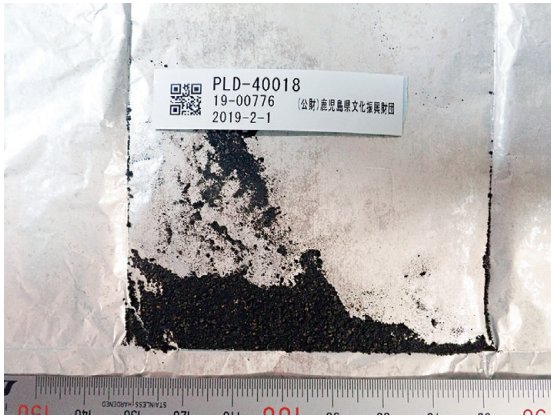


写真1 試料 No.2019-2-1



写真2 試料 No.2019-2-2



写真3 試料 No.2019-2-3

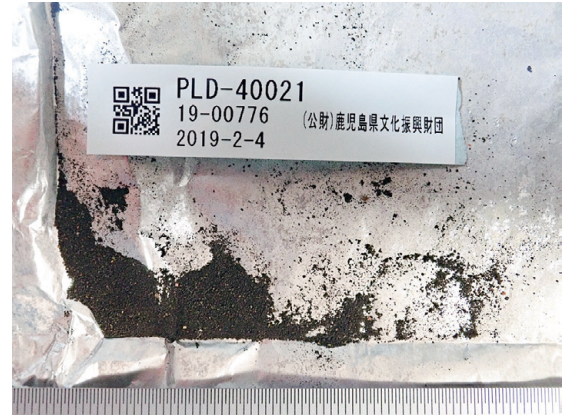


写真4 試料 No.2019-2-4

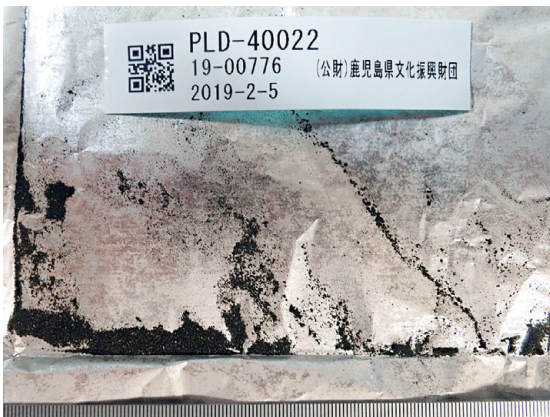


写真5 試料 No.2019-2-5



写真6 試料 No.2019-2-6



写真7 試料 No.2019-2-7

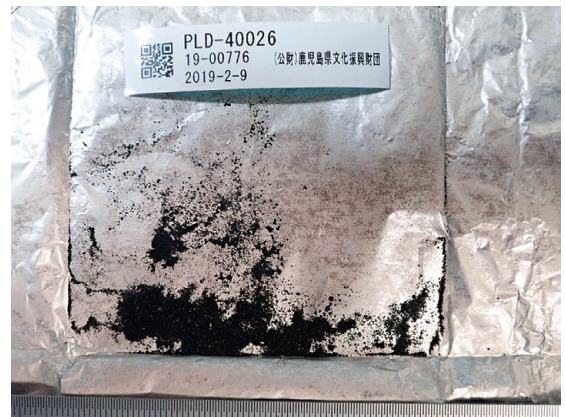


写真8 試料 No.2019-2-9

図1 年代測定試料

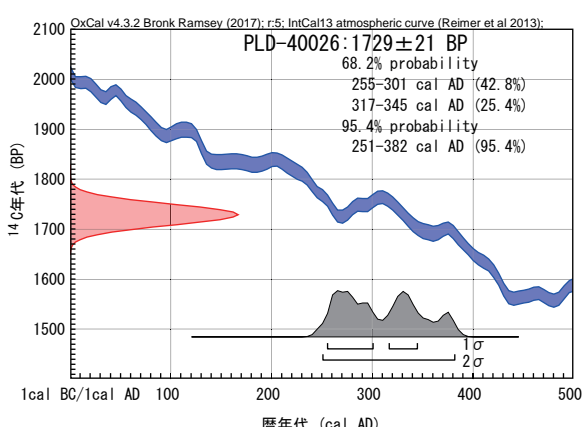
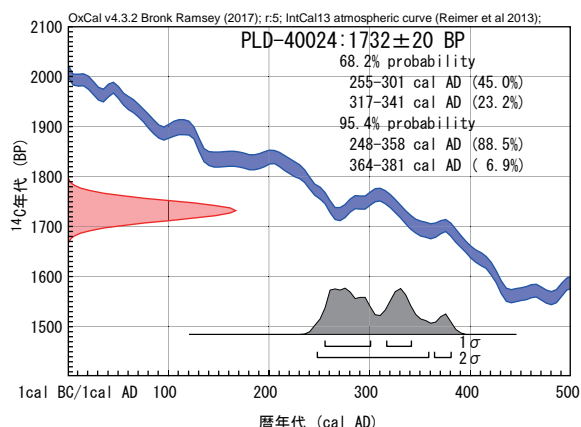
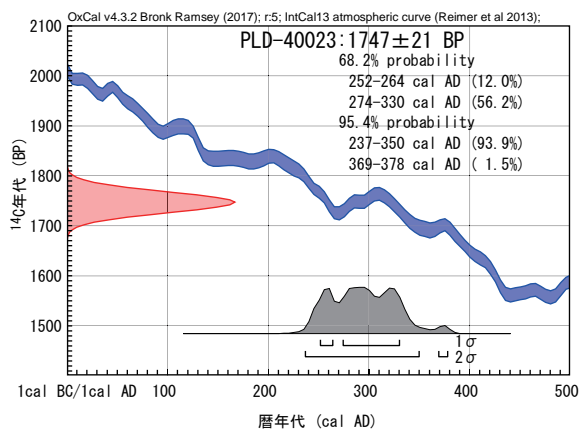
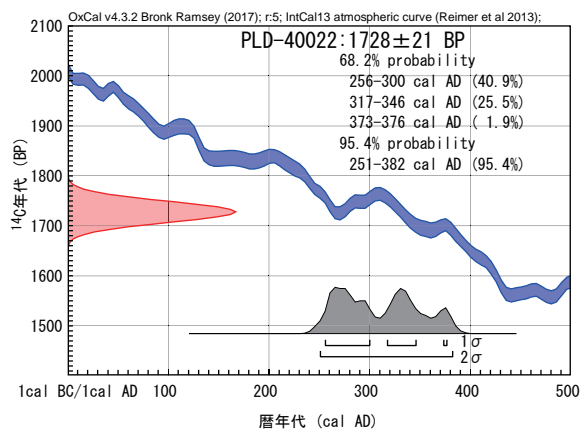
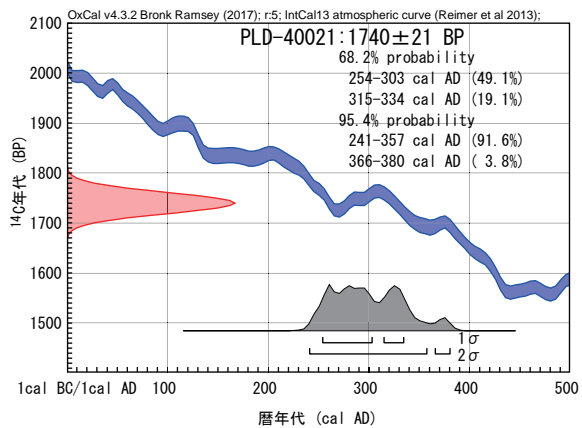
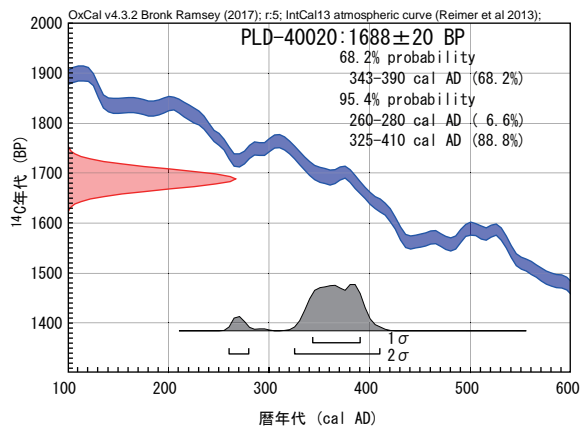
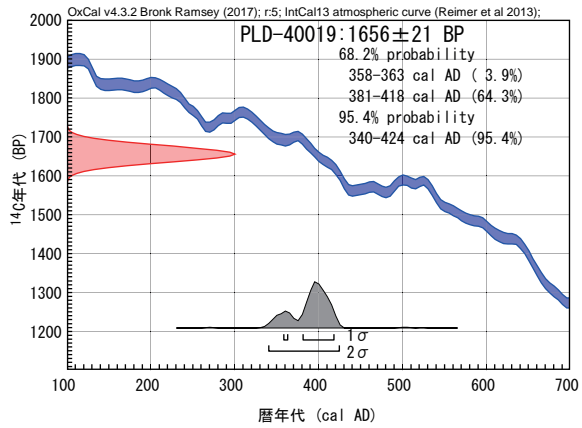
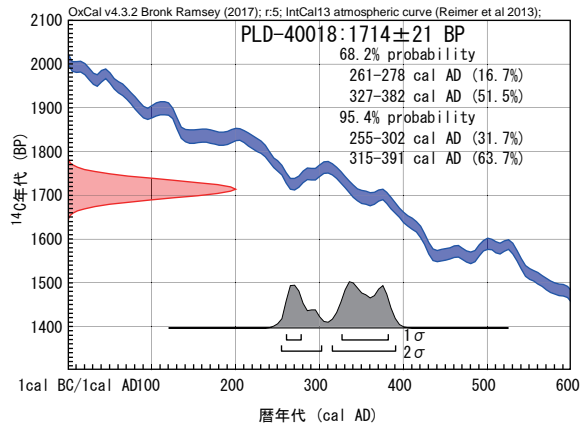


圖 2 曆年較正結果

OxCal v4.3.2 Bronk Ramsey (2017); r:5 IntCal13 atmospheric curve (Reimer et al 2013)

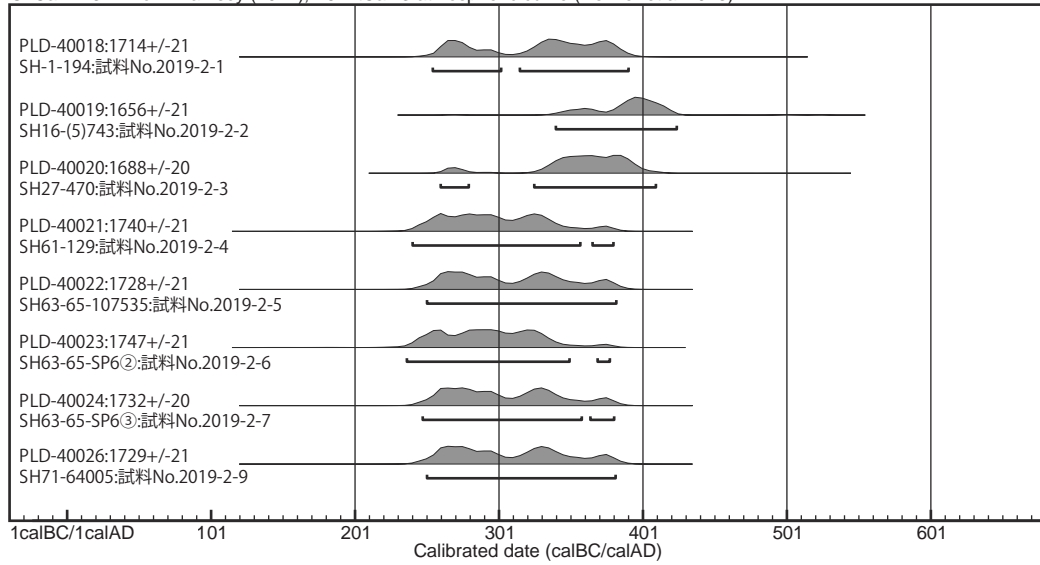


図3 マルチプロット図

パレオ・ラボAMS年代測定グループ

伊藤 茂・佐藤正教・廣田正史・山形秀樹・

Zaur Lomtadze・辻 康男

1. はじめに

川久保遺跡A地点より検出された試料について、加速器質量分析法(AMS法)による放射性炭素年代測定を行った。

2. 試料と方法

測定試料の情報、調製データは表1のとおりである。また、図1に年代測定試料の写真を示す。

試料は調製後、加速器質量分析計(パレオ・ラボ, コンパクトAMS: NEC製 1.5SDH)を用いて測定した。得られた¹⁴C濃度について同位体分別効果の補正を行った後、¹⁴C年代、暦年代を算出した。

3. 結果

表2に、同位体分別効果の補正に用いる炭素同位体比($\delta^{13}\text{C}$)、同位体分別効果の補正を行って暦年較正に用いた年代値と較正によって得られた年代範囲、慣用に従って年代値と誤差を丸めて表示した¹⁴C年代、暦年較正結果を、図2に暦年較正結果をそれぞれ示す。暦年較正に用いた年代値は下1桁を丸めていない値であり、今後暦年較正曲線が更新された際にこの年代値を用いて暦年較正を行うために記載した。

¹⁴C年代はAD1950年を基点にして何年前かを示した年代である。¹⁴C年代(yrBP)の算出には、¹⁴Cの半減期としてLibbyの半減期5568年を使用した。また、付記した¹⁴C年代誤差($\pm 1\sigma$)は、測定の統計誤差、標準偏差等に基づいて算出され、試料の¹⁴C年代がその¹⁴C年代誤差内に入る確率が68.2%であることを示す。

なお、暦年較正の詳細は以下のとおりである。

暦年較正とは、大気中の¹⁴C濃度が一定で半減期が5568年として算出された¹⁴C年代に対し、過去の宇宙線強度や地球磁場の変動による大気中の¹⁴C濃度の変動、および半減期の違い(¹⁴Cの半減期 5730 ± 40 年)を較正して、より実際の年代値に近いものを算出することである。

¹⁴C年代の暦年較正にはIntCal13.3(較正曲線データ: IntCal13)を使用した。なお、 1σ 暦年代範囲は、IntCal13の確率法を使用して算出された¹⁴C年代誤差に相当する68.2%信頼限界の暦年代範囲であり、同様に 2σ 暦年代範囲は95.4%信頼限界の暦年代範囲である。カッコ内の百分率の値は、その範囲内に暦年代が入る確率を意味する。グラフ中の縦軸上の曲線は¹⁴C年代の確率分布を

示し、二重曲線は暦年較正曲線を示す。

4. 考察

図3に、今回の測定結果のマルチプロット図を示す。測定結果(以下の暦年較正年代は 2σ の値)は、竪穴建物跡12号の試料No. 2019-8(PLD-40029)の¹⁴C年代が 1755 ± 20 BP、較正年代が231-346 cal AD (95.4%)で紀元後3世紀前半~4世紀中頃、竪穴建物跡25号の試料No. 2019-9(PLD-40030)の¹⁴C年代が 1665 ± 20 BP、較正年代が336-422 cal AD (95.4%)で紀元後4世紀前半~5世紀前半、竪穴建物跡1号の試料No. 2019-10(PLD-40031)の¹⁴C年代が 1605 ± 20 BP、較正年代が398-475 cal AD (50.5%)および485-536 cal AD (44.9%)で紀元後4世紀末~6世紀前半である。竪穴建物跡7号の試料No. 2019-11(PLD-40032)の¹⁴C年代が 1685 ± 20 BP、較正年代が260-280 cal AD (7.2%)および325-412 cal AD (88.2%)で紀元後3世紀後半~5世紀前半である。竪穴建物跡55号(円形6号)の試料No. 2019-12(PLD-40033)の¹⁴C年代が 1795 ± 20 BP、較正年代が134-258 cal AD (83.1%), 285-288 cal AD (0.8%), 295-322 cal AD (11.5%)で紀元後2世紀前半~4世紀前半である。

土器型式および時期区分と暦年代との関係は、弥生時代~古墳時代前期については藤尾(2013)、森岡ほか(2016)、若林(2018)、古墳時代中期~後期については岸本(2011)を参照した。さらに、弥生土器型式の併行関係(佐藤編, 2015)、古墳時代~古代の土師器、須恵器の併行関係(橋本, 2015)をふまえると、各試料の暦年代は、竪穴建物跡12号の試料No. 2019-8が弥生時代終末期~古墳時代前期、竪穴建物跡25号の試料No. 2019-9が古墳時代前期~中期、竪穴建物跡1号の試料No. 2019-10が古墳時代中期~後期、竪穴建物跡7号の試料No. 2019-11が古墳時代前期~中期、竪穴建物跡55号(円形6号)の試料No. 2019-12が弥生時代後期後半~古墳時代前期に対比される。

引用・参考文献

- Bronk Ramsey, C. (2009) Bayesian Analysis of Radiocarbon dates. Radiocarbon, 51 (1), 337-360.
- 藤尾慎一郎(2013) 弥生文化像の新構築. 275p, 吉川弘文館.
- 橋本達也(2015) 成川式土器と鹿児島古墳時代研究. 橋本達也編「成川式土器ってなんだ?—鹿大キャンパスの遺跡で出土する土器—」: 87-102, 鹿児島大学総合研究博物館.
- 岸本直文(2011) 古墳編年と時期区分. 「古墳時代の考古学1 古墳時代史の枠組み」: 34-44, 同成社
- 中村俊夫(2000) 放射性炭素年代測定法の基礎. 日本先史時代の¹⁴C年代編集委員会編「日本先史時代の¹⁴C年代」: 3-20, 日本第四紀学会.
- 森岡秀人・三好 玄・田中元浩(2016) 総括. 古代学研究会編

「集落動態からみた弥生時代から古墳時代への社会変化」：
335-398, 六一書房.

Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W.,
Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Buck, C.E.,
Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes,
P.M., Guilderson, T.P., Haflidason, H., Hajdas, I.,
Hatte, C., Heaton, T.J., Hoffmann, D.L., Hogg, A.G.,
Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning,
S.W., Niu, M., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott,
E.M., Southon, J.R., Staff, R.A., Turney, C.S.M.,

and van der Plicht, J. (2013) IntCal13 and Marine13
Radiocarbon Age Calibration Curves 0-50,000 Years cal
BP. Radiocarbon, 55 (4), 1869-1887.

佐藤由起男編 (2015) 考古調査ハンドブック12 弥生土器.
477p, ニューサイエンス社.

若林邦彦 (2018) 近畿地方弥生時代諸土器様式の暦年代-石川
県八日市地方遺跡の研究成果との対比-. 同志社大学考古学
研究室編「同志社大学考古学シリーズXII 実証の考古学
松藤和人先生退職記念論文集」: 119-129, 同志社大学考古
学研究室.

表1 測定試料および処理

測定番号	遺跡データ	試料データ	前処理
PLD-40029	遺構： 堅穴建物跡12号 試料No. 2019-8	種類：炭化材 試料の性状：最終形成年輪以外 部位不明 状態：dry	超音波洗浄 有機溶剤処理：アセトン 酸・アルカリ・酸洗浄（塩酸：1.2 mol/L, 水酸化ナトリウム：1.0 mol/L, 塩酸：1.2 mol/L）
PLD-40030	遺構： 堅穴建物跡25号 試料No. 2019-9	種類：炭化材 試料の性状：最終形成年輪以外 部位不明 状態：dry	超音波洗浄 有機溶剤処理：アセトン 酸・アルカリ・酸洗浄（塩酸：1.2 mol/L, 水酸化ナトリウム：1.0 mol/L, 塩酸：1.2 mol/L）
PLD-40031	遺構： 堅穴建物跡1号 試料No. 2019-10	種類：炭化材 試料の性状：最終形成年輪以外 部位不明 状態：dry	超音波洗浄 有機溶剤処理：アセトン 酸・アルカリ・酸洗浄（塩酸：1.2 mol/L, 水酸化ナトリウム：1.0 mol/L, 塩酸：1.2 mol/L）
PLD-40032	遺構： 堅穴建物跡7号 試料No. 2019-11	種類：炭化材 試料の性状：最終形成年輪以外 部位不明 状態：dry	超音波洗浄 有機溶剤処理：アセトン 酸・アルカリ・酸洗浄（塩酸：1.2 mol/L, 水酸化ナトリウム：1.0 mol/L, 塩酸：1.2 mol/L）
PLD-40033	遺構： 堅穴建物跡55号 試料No. 2019-12	種類：炭化材 試料の性状：最終形成年輪以外 部位不明 状態：dry	超音波洗浄 有機溶剤処理：アセトン 酸・アルカリ・酸洗浄（塩酸：1.2 mol/L, 水酸化ナトリウム：1.0 mol/L, 塩酸：1.2 mol/L）

表2 放射性炭素年代測定および暦年較正の結果

測定番号	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	暦年較正用年代 (yrBP $\pm 1\sigma$)	^{14}C 年代 (yrBP $\pm 1\sigma$)	^{14}C 年代を暦年に較正した年代範囲	
				1 σ 暦年代範囲	2 σ 暦年代範囲
PLD-40029 試料No. 2019-8	-27.09 \pm 0.18	1754 \pm 21	1755 \pm 20	249-261 cal AD (13.8%) 279-326 cal AD (54.4%)	231-346 cal AD (95.4%)
PLD-40030 試料No. 2019-9	-25.85 \pm 0.25	1665 \pm 22	1665 \pm 20	351-367 cal AD (18.0%) 379-410 cal AD (50.2%)	336-422 cal AD (95.4%)
PLD-40031 試料No. 2019-10	-26.52 \pm 0.15	1607 \pm 22	1605 \pm 20	406-432 cal AD (28.2%) 490-532 cal AD (40.0%)	398-475 cal AD (50.5%) 485-536 cal AD (44.9%)
PLD-40032 試料No. 2019-11	-25.48 \pm 0.15	1687 \pm 22	1685 \pm 20	342-392 cal AD (68.2%)	260-280 cal AD (7.2%) 325-412 cal AD (88.2%)
PLD-40033 試料No. 2019-12	-25.77 \pm 0.25	1797 \pm 21	1795 \pm 20	144-152 cal AD (4.0%) 169-195 cal AD (14.9%) 210-253 cal AD (43.4%) 303-314 cal AD (5.9%)	134-258 cal AD (83.1%) 285-288 cal AD (0.8%) 295-322 cal AD (11.5%)



写真1 試料 No.2019-8



写真2 試料 No.2019-9



写真3 試料 No.2019-10



写真4 試料 No.2019-11



写真5 試料 No.2019-12

図1 年代測定試料

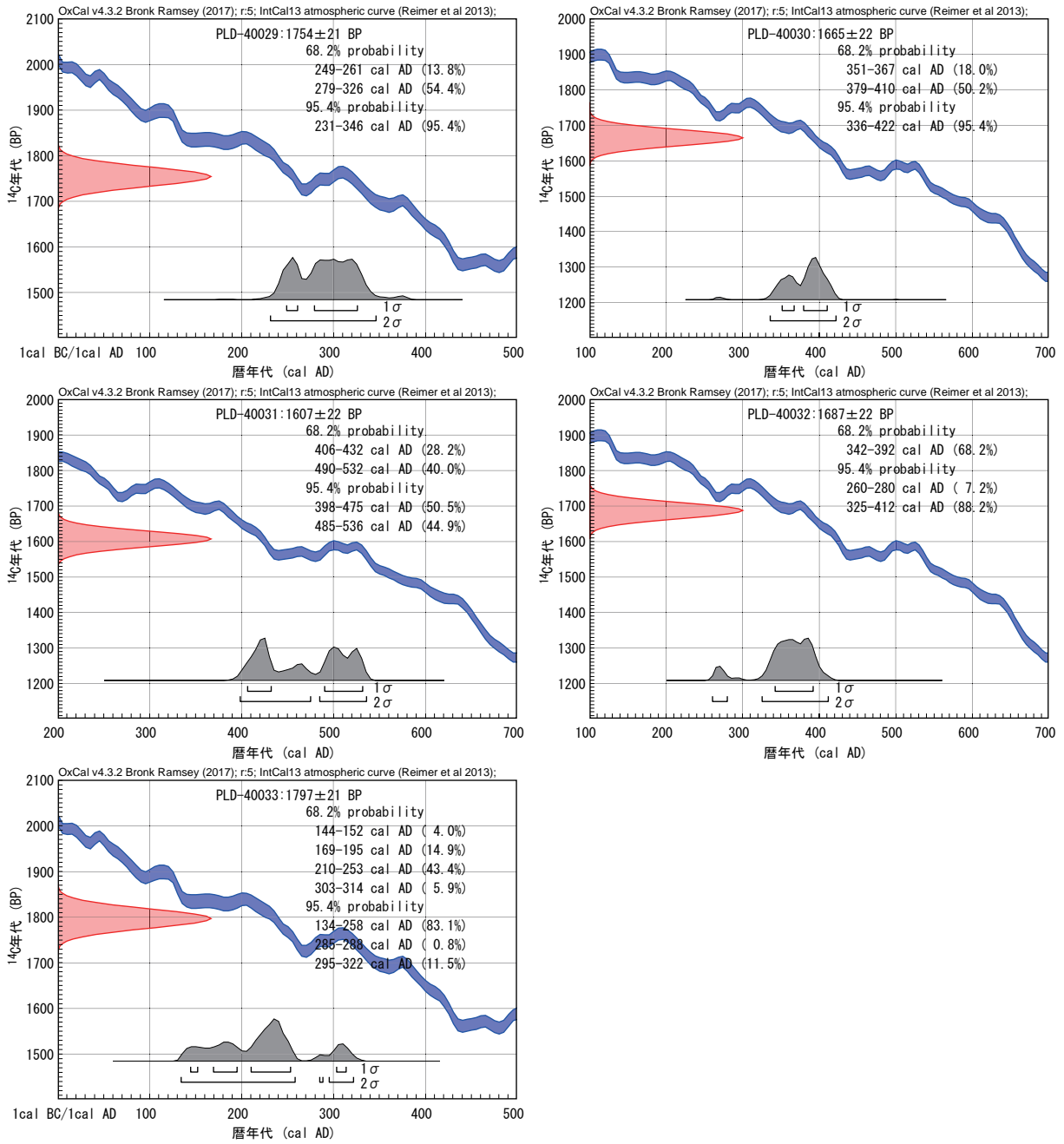


图 2 曆年較正結果

OxCal v4.3.2 Bronk Ramsey (2017); r:5 IntCal13 atmospheric curve (Reimer et al 2013)

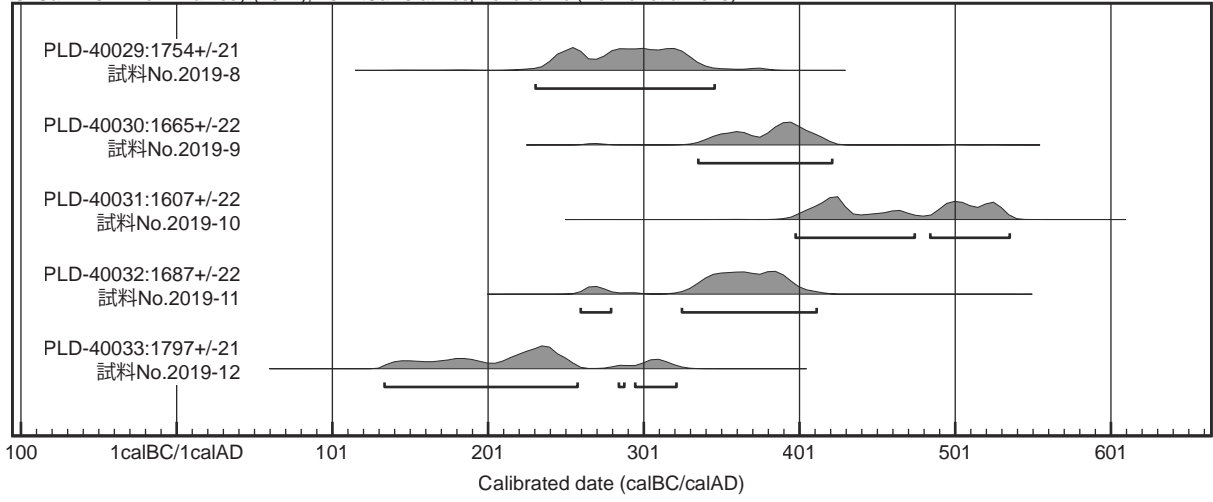


図3 マルチプロット図

川久保遺跡における自然科学分析 (樹種同定・種実同定)

(株) 加速器分析研究所

はじめに

川久保遺跡は、鹿児島県鹿屋市串良町細山田に所在し、串良川右岸の段丘上に位置する。古墳時代とされる竪穴建物跡と、古代とされる製鉄関連遺構が検出されており、本稿ではこれらの遺構から出土した炭化材と種実の種類を同定し、遺跡における植物利用と植生環境について考察を行う。

I 樹種同定

1 試料

試料は、古代とされる製鉄関連遺構から出土した炭化材 10 点 (No. 26 ~ 35) である (表 1)。

なお、これらのうち 4 点 (No. 28, 30, 34, 35) の同一試料 (年代測定試料名: No. 22 ~ 25) について放射性炭素年代測定が実施され、古代に相当する年代値が示されている (別稿年代測定報告参照)。

2 分析方法

炭化材は、試料を割り折りして新鮮な横断面 (木口)、放射断面 (柾目)、接線断面 (板目) の基本三断面を作製し、落射顕微鏡 (OPTIPHOTO-2: Nikon) によって 50 ~ 1000 倍で観察した。同定は、木材構造の特徴および現生標本との対比によって行った。

3 結果

同定結果を表 1 に示す。樹種同定では、コナラ属クヌギ節が 8 点、コナラ属アカガシ亜属が 2 点同定された。以下に同定根拠となった特徴を記す。

- ・コナラ属クヌギ節 (*Quercus* sect. *Aegilops*) ブナ科
年輪のはじめに大型の道管が 1 ~ 数列配列する環孔材である。晩材部では厚壁で丸い小道管が、単独でおおよそ放射方向に配列する。早材から晩材にかけて道管の径は急激に減少する。道管の穿孔は単穿孔を示し、放射組織は平伏細胞からなる同性放射組織型で単列のものと、大型の広放射組織からなる複合放射組織を示す。
- ・コナラ属アカガシ亜属 (*Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis*) ブナ科
中型から大型の道管が、1 ~ 数列幅で年輪界に関係なく放射方向に配列する放射孔材である。道管は単独で複合しない。道管の穿孔は単穿孔で、放射組織は平伏細胞からなる同性放射組織型で、単列のものと大型

の広放射組織からなる複合放射組織である。

4 考察

コナラ属クヌギ節にはクヌギ、アベマキなどがあり、本州、四国、九州に分布する。落葉の高木で、高さ 15m、径 60cm に達する。材は強靱で弾力に富み、建築材や器具、農具などに用いられる。油分を多く含むため燃料材としても優良である。ただし、九州南部ではコナラ属クヌギ節の遺跡における同定例は少ない。

コナラ属アカガシ亜属にはアカガシ、イチイガシ、アラカシ、シラカシなどがあり、本州、四国、九州に分布する。常緑高木で、高さ 30m、径 1.5m 以上に達する。材は堅硬で強靱であり、弾力性が強く耐湿性も高い。西南日本では弥生時代以降、特に農耕具を中心に用いられる傾向にある。

いずれの樹種も温帯に広く分布する樹木であり、また二次林要素でもある。これらの樹木は当時遺跡周辺に他の樹木とともに普通に生育していたとみられる。今回同定された試料は製鉄関連遺構から出土していることから、燃料材等として持ち込まれ、用いたと考えられる。

II 種実同定

1 試料

試料は、古墳時代とされる竪穴建物跡から出土した 12 点 (No. 36 ~ 48) である (表 2)。

なお、種実同定が行われた竪穴建物跡のうち、竪穴建物跡 7 号、8 号から出土した炭化物各 2 点の合計 4 点 (No. 18 ~ 21, 種実同定とは別試料) を対象に放射性炭素年代測定が実施され、弥生時代後期から古墳時代中期頃の年代値が示されている (別稿年代測定報告参照)。

2 分析方法

種実は、試料を肉眼及び双眼実体顕微鏡で観察し、形態の特徴および現生標本との対比によって同定を行う。結果は同定レベルによって科、属、種の階級で示す。

3 結果

種実同定ではコナラ属が 2 点、モモが 7 点、ヤブツバキが 1 点、アサが 1 点の計 4 分類群 (樹木 3, 草本 1) に同定された。

なお、No. 41 は炭化した種実の破片とみられるが、種類の同定には至らなかった。No. 46 には、種実の他に炭化材が含まれていた。

以下に同定根拠となった特徴を記す。

(1) 樹木

- ・コナラ属 (*Quercus*) 炭化子葉 (破片) ブナ科
黒褐色で楕円形を呈し、表面は平滑である。この分

類群は殻斗が欠落し、破片のため属レベルの同定までである。

- ・モモ (*Prunus persica* Batsch) 炭化核 (完形・破片)
バラ科

黒褐色で楕円形を呈し、側面に縫合線が発達する。表面にはモモ特有の隆起がある。種子 (仁) が確認できる個体がある。同一個体とみられる破片も認められる。

- ・ヤブツバキ (*Camellia japonica* L.) 種子 (破片)
ツバキ科

種子は黒色で三角状楕円形を呈し、一端に点状のへそがある。破片ではあるが表面の微細模様から同定される。

(2) 草本

- ・アサ (*Cannabis sativa* L.) 種子 (破片) クワ科

茶褐色で広卵形を呈す。一端には円形のへそ部がある。

4 考察

樹木のコナラ属は、暖温帯に分布する照葉樹を構成する主要高木で、イチイガシ以外はアク抜きをすれば食用になる。モモも食用となる栽培植物であり、稲作と共に伝来したとされる。多くの遺跡から出土し、弥生時代から古墳時代にかけて多くなる。ヤブツバキは有用植物であり、種子から採れる油は薬用、食用、灯用に利用される。草本種実のアサは一年性草本の畑作物で、茎皮の繊維は麻糸になり、種子からは油を採ることができ、食用にもなる。モモとアサは明らかな栽培植物であり、コナ

ラ属とヤブツバキは有用植物として採集されたものと考えられる。

参考文献

- 伊東隆夫・山田昌久 (2012) 木の考古学, 雄山閣, p. 449.
- 佐伯浩・原田浩 (1985) 針葉樹材の細胞. 木材の構造, 文永堂出版, p. 20-48.
- 佐伯浩・原田浩 (1985) 広葉樹材の細胞. 木材の構造, 文永堂出版, p. 49-100.
- 島地謙・伊東隆夫 (1988) 日本の遺跡出土木製品総覧, 雄山閣, p. 296.
- 山田昌久 (1993) 日本列島における木質遺物出土遺跡文献集成, 植生史研究特別第1号, 植生史研究会, p. 242.
- 笠原安夫 (1985) 日本雑草図説, 養賢堂, 494p.
- 笠原安夫 (1988) 作物および田畑雑草種類. 弥生文化の研究第2巻生業, 雄山閣 出版, p. 131-139.
- 金原正明 (1996) 古代モモの形態と品種. 月刊考古学ジャーナルNo. 409, ニューサイエンス社, p. 15-19.
- 南木睦彦 (1991) 栽培植物. 古墳時代の研究第4巻生産と流通 I, 雄山閣出版株式会社, p. 165-174.
- 南木睦彦 (1993) 葉・果実・種子. 日本第四紀学会編, 第四紀試料分析法, 東京大学出版会, p. 276-283.
- 渡辺誠 (1975) 縄文時代の植物食. 雄山閣, 187p.

※) 本分析は一般社団法人文化財科学研究センターの協力を得て行った。

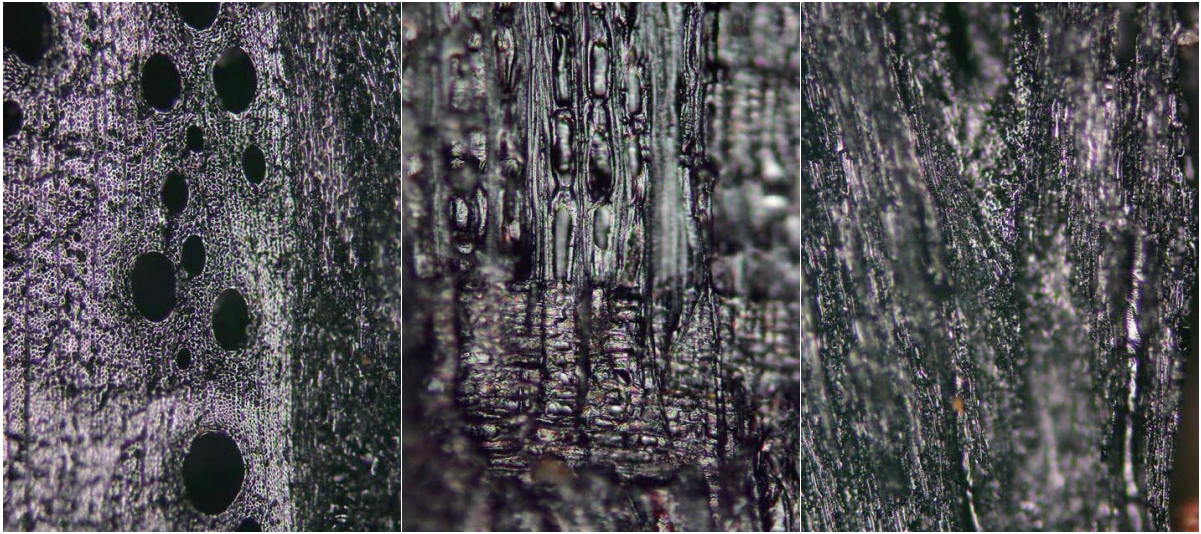
表1 川久保遺跡における樹種同定結果

試料名	採取場所	分類	備考
No. 26	製鉄関連土坑1 (No. 94)	コナラ属アカガシ亜属	
No. 27	製鉄関連土坑1 (No. 99)	コナラ属クヌギ節	
No. 28	製鉄関連土坑1 (No. 357)	コナラ属クヌギ節	年代測定実施 (IAAA-172390)
No. 29	製鉄関連土坑1 (No. 358)	コナラ属クヌギ節	
No. 30	製鉄関連土坑1 (No. 375)	コナラ属アカガシ亜属	年代測定実施 (IAAA-172391)
No. 31	製鉄関連土坑1 (サンプル1)	コナラ属クヌギ節	
No. 32	製鉄関連土坑1 (サンプル2)	コナラ属クヌギ節	
No. 33	製鉄関連土坑1 (サンプル4)	コナラ属クヌギ節	
No. 34	製鉄関連土坑2 (サンプル6)	コナラ属クヌギ節	年代測定実施 (IAAA-172392)
No. 35	製鉄関連土坑2 (サンプル7)	コナラ属クヌギ節	年代測定実施 (IAAA-172393)

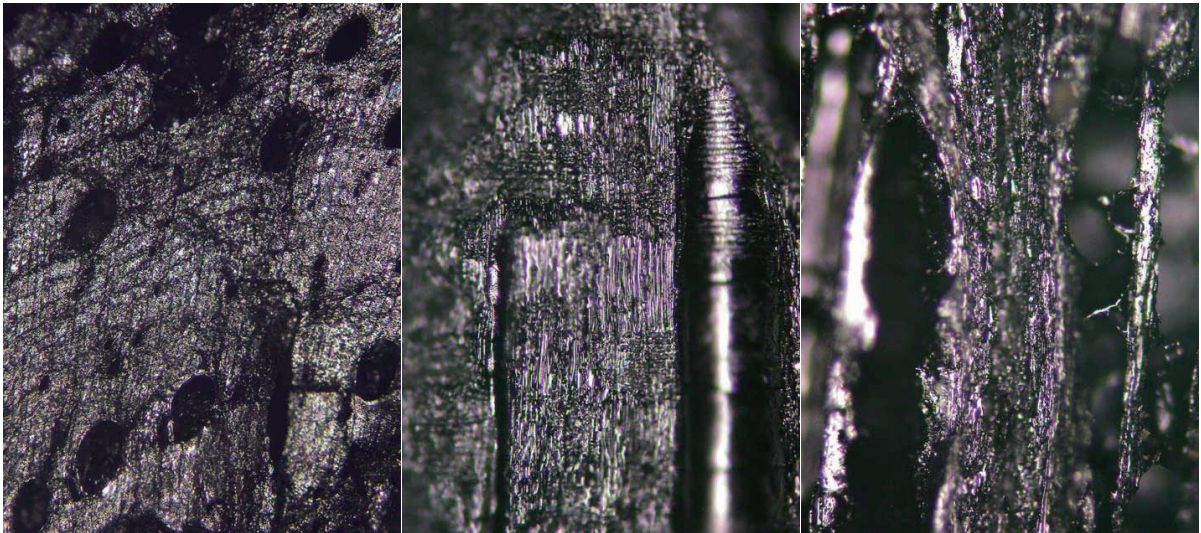
表2 川久保遺跡における種実同定結果

試料名	採取場所	分類	部位	個数	備考
No. 36	竪穴建物跡23号 (No. 353)	コナラ属	子葉 (破片)	4	
No. 37	竪穴建物跡23号中央土器集中区	モモ	核	1	
No. 38	竪穴建物跡23号埋土中	モモ	核	1	
No. 39	竪穴建物跡25号 (No. 415)	モモ	核	1	
No. 40	竪穴建物跡25号 (No. 617)	モモ	核 (破片)	2	
No. 41	竪穴建物跡22号 (No. 18)	不明	(細片)	15	
No. 43	竪穴建物跡3・4号 (No. 125)	モモ	核 (破片) 仁	3 1	同一個体
No. 44	竪穴建物跡3・4号 (No. 137)	ヤブツバキ	種子 (破片)	3	未炭化
No. 45	竪穴建物跡8号 (No. 265)	モモ	核 (破片)	3	同一個体
No. 46	竪穴建物跡7号 (No. 34)	アサ 炭化材	種子 (破片) (細片)	1 28	未炭化
No. 47	竪穴建物跡5号 (No. 224)	コナラ属	子葉 (破片)	2	
No. 48	竪穴建物跡14号 (No. 1)	モモ	核	1	

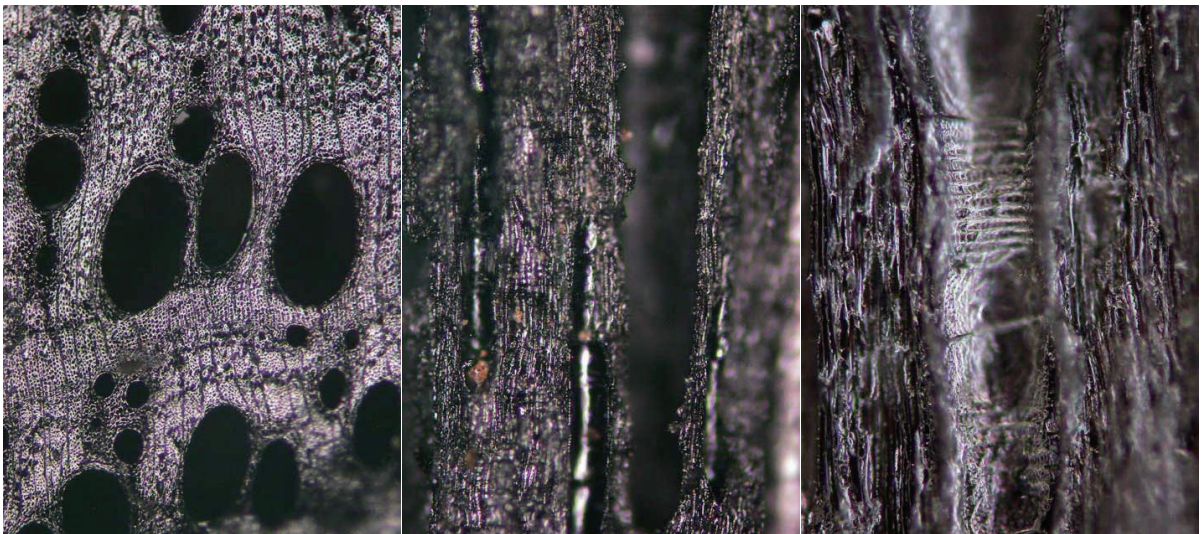
図版 1 川久保遺跡の木材



横断面 0.1mm 放射断面 0.1mm 接線断面 0.1mm
 コナラ属アカガシ亜属 No. 26 採取場所 製鉄関連土坑1 (No.94)

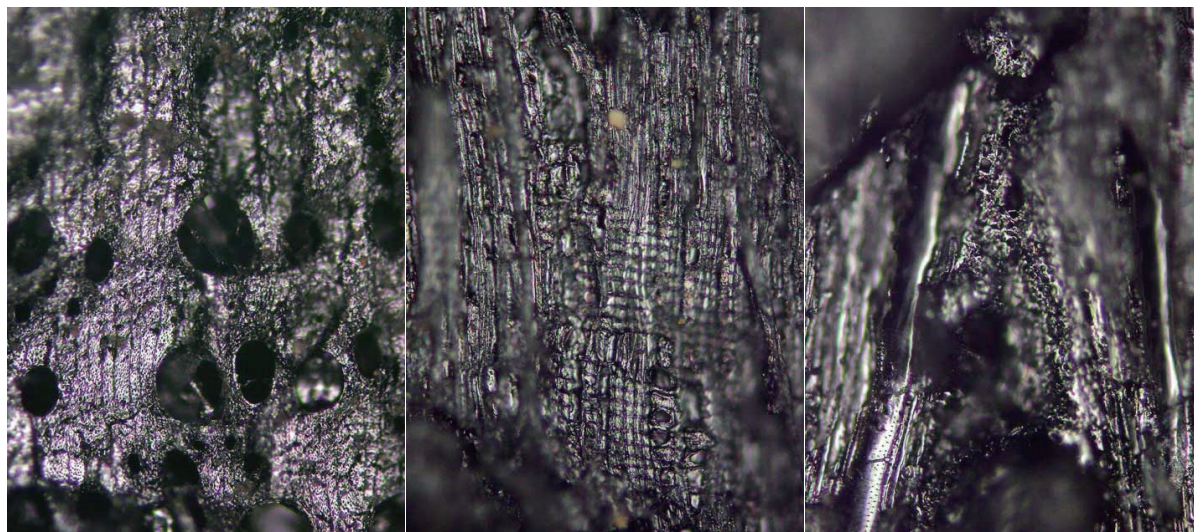


横断面 0.1mm 放射断面 0.1mm 接線断面 0.1mm
 コナラ属クヌギ節 No. 27 採取場所 製鉄関連土坑1 (No.99)

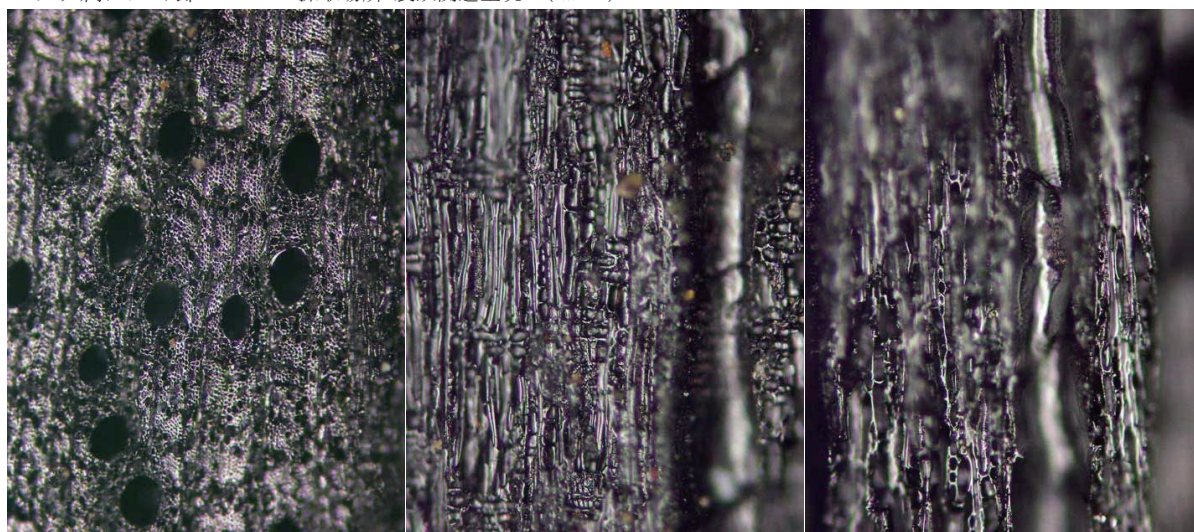


横断面 0.1mm 放射断面 0.1mm 接線断面 0.1mm
 コナラ属クヌギ節 No. 28 採取場所 製鉄関連土坑1 (No.357)

図版2 川久保遺跡の木材



横断面 0.1mm 放射断面 0.1mm 接線断面 0.1mm
 コナラ属クヌギ節 No. 29 採取場所 製鉄関連土坑1 (No.358)

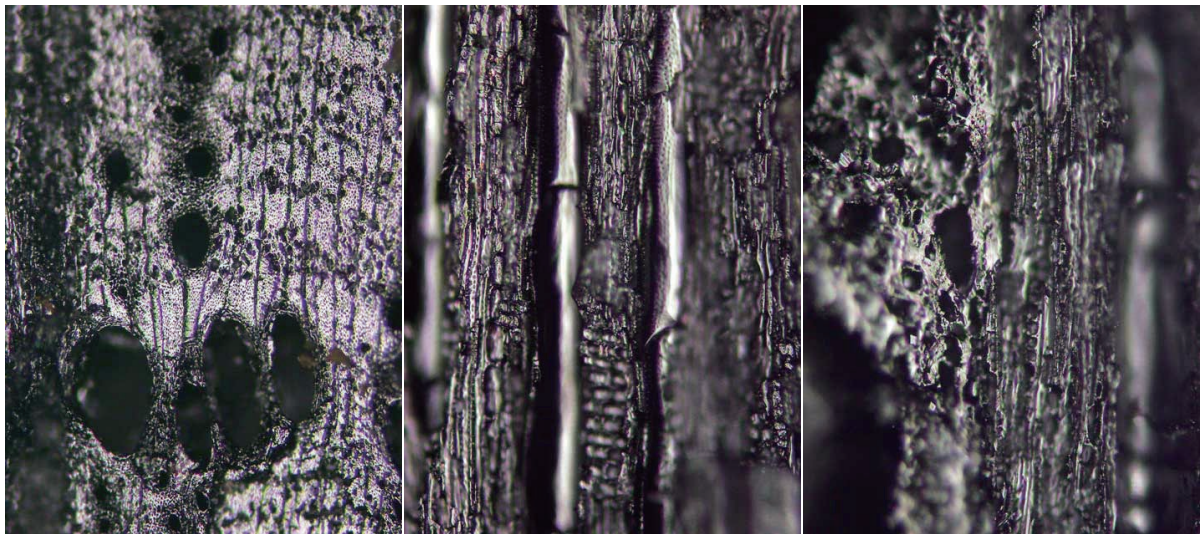


横断面 0.1mm 放射断面 0.1mm 接線断面 0.1mm
 コナラ属アカガシ垂属 No. 30 採取場所 製鉄関連土坑1 (No.375)

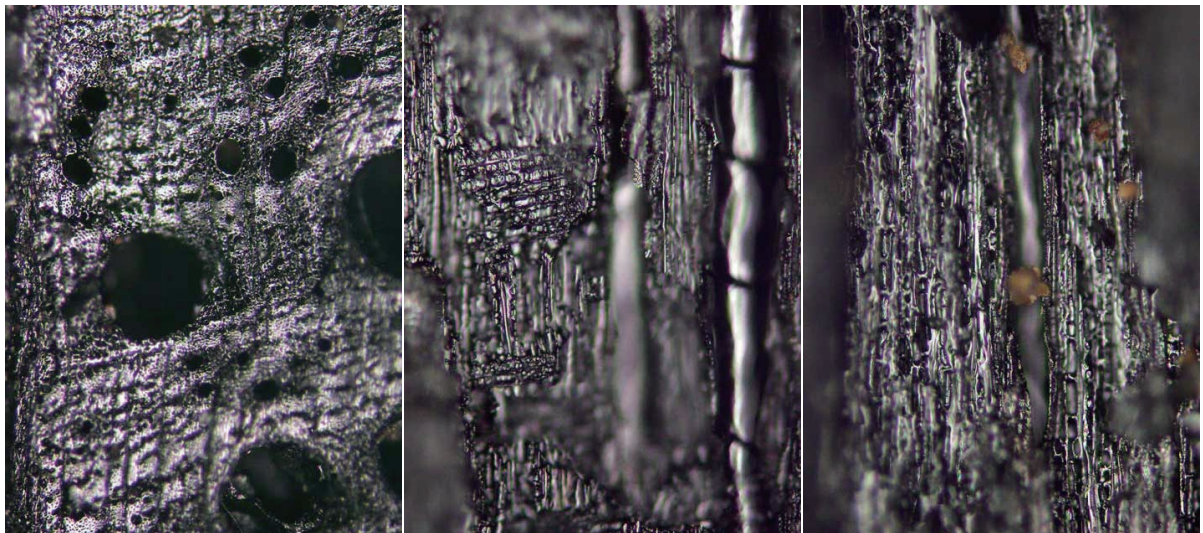


横断面 0.1mm 放射断面 0.1mm 接線断面 0.1mm
 コナラ属クヌギ節 No. 31 採取場所 製鉄関連土坑1 (サツノ1)

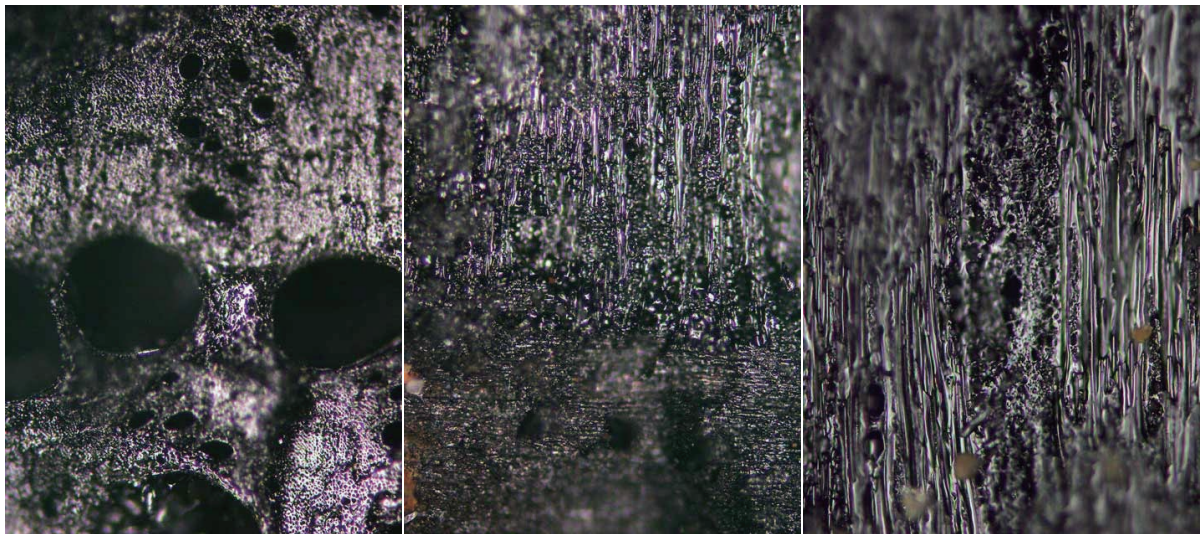
図版3 川久保遺跡の木材



横断面 0.1mm 放射断面 0.1mm 接線断面 0.1mm
 コナラ属クヌギ節 No. 32 採取場所 製鉄関連土坑1 (サンプル2)

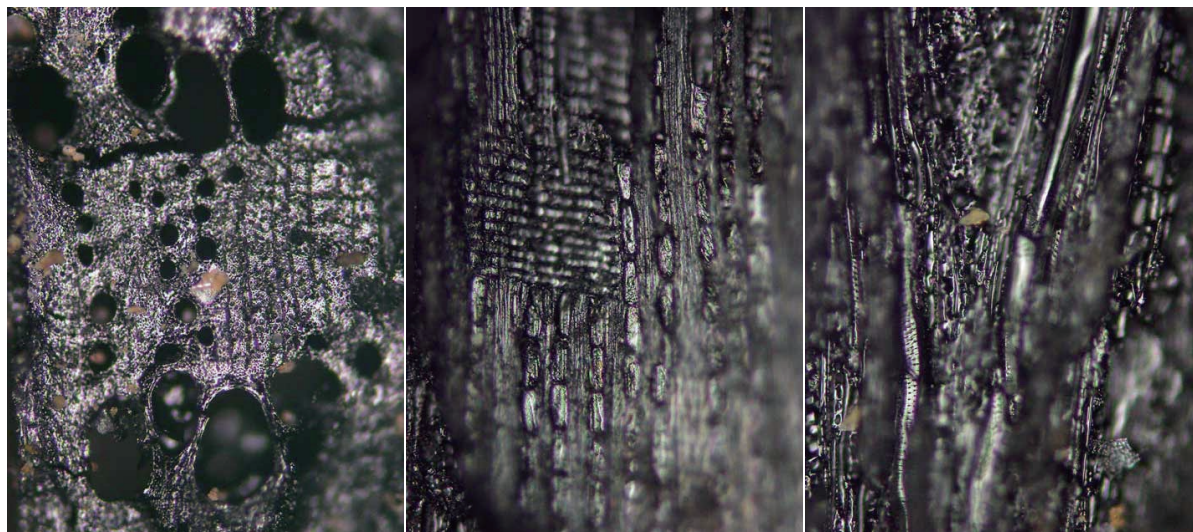


横断面 0.1mm 放射断面 0.1mm 接線断面 0.1mm
 コナラ属クヌギ節 No. 33 採取場所 製鉄関連土坑1 (サンプル4)



横断面 0.1mm 放射断面 0.1mm 接線断面 0.1mm
 コナラ属クヌギ節 No. 34 採取場所 製鉄関連土坑2 (サンプル6)

図版4 川久保遺跡の木材



横断面 0.1mm 放射断面 0.1mm 接線断面 0.1mm
 コナラ属クヌギ節 No. 35 採取場所 製鉄関連土坑2 (サンプル7)

図版5 川久保遺跡の種実



1. コナラ属子葉破片 (採取場所 堅穴建物跡5号(No.224)) 5.0mm
 2. モモ核 (採取場所 堅穴建物跡23号(中央土器集中区)) 5.0mm
 3. ヤブツバキ種子破片 (採取場所 堅穴建物跡4号(No.137)) 5.0mm
 4. アサ種子破片 (採取場所 堅穴建物跡7号(No.34)) 1.0mm

川久保遺跡出土炭化材の樹種同定

小林克也・黒沼保子(パレオ・ラボ)

1. はじめに

川久保遺跡A地点で出土した炭化材について、樹種同定を行った。なお、同じ試料を用いて放射性炭素年代測定も行われている(放射性炭素年代測定の項参照)。

2. 試料と方法

試料は、古墳時代の遺構と推定されている堅穴建物跡の埋土(床面)と、古代の製鉄遺構周辺土坑から出土した炭化材20点である。

炭化材の樹種同定では、まず試料を乾燥させ、材の横断面(木口)、接線断面(板目)、放射断面(柁目)について、カミソリと手で割断面を作製し、整形して試料台にカーボンテープで固定した。その後イオンスパッタにて金蒸着を施し、走査型電子顕微鏡(KEYENCE社製 VE-9800)にて検鏡および写真撮影を行った。

3. 結果

同定の結果、針葉樹のマツ属複維管束亜属と、広葉樹のクワ属、スダジイ、コナラ属アカガシ亜属(以下、アカガシ亜属)、コナラ属クヌギ節(以下、クヌギ節)、サカキ、ヒサカキ、ツバキ属の、合計8分類群が確認された。遺構別の樹種同定結果を表1、結果の一覧を付表1に示す。

以下に、同定された材の特徴を記載し、図版に走査型電子顕微鏡写真を示す。

(1) マツ属複維管束亜属 *Pinus* subgen. *Diploxylon* マツ科 図版1 1a-1c(No. 2019-26)

仮道管と垂直および水平樹脂道、放射組織、放射仮道管からなる針葉樹である。早材から晩材への移行はやや急で、晩材部は広い。大型の樹脂道を薄壁のエピセリウム細胞が囲んでいる。分野壁孔は窓状で、放射仮道管の水平壁は内側向きに鋸歯状に肥厚する。

マツ属複維管束亜属は暖帯から温帯下部に分布する常緑高木で、アカマツとクロマツがある。材は油気が多く、韌性は大である。

(2) クワ属 *Morus* クワ科 図版1 2a-2c(No. 2019-24)

大型で丸い道管が年輪のはじめに配列し、晩材では徐々に径を減じた小道管が単独もしくは数個複合して斜線方向に配列する半環孔材である。道管の穿孔は単一である。軸方向柔組織は周囲状から翼状となる。放射組織は3~5列幅で、上下端の1~2細胞が直立もしくは方形細胞である異性である。

クワ属は亜熱帯から温帯に分布する落葉高木で、ケグワとマグワ、ヤマグワなどがある。材は堅硬で、韌性に富む。

(3) スダジイ *Castanopsis sieboldii* (Makino) Hatus. ex T.Yamaz. et Mashiba ブナ科 図版1 3a-3c(No. 2019-28)

環孔性の放射孔材で、年輪のはじめの道管は単独でやや大きいのが、接線方向に連続しない。晩材部では徐々に径を減じた小型で薄壁の小道管が集団をなして火炎状に配列する。道管の穿孔は単一である。軸方向柔組織はいびつな線状となる。放射組織は単列同性である。

スダジイは福島県と新潟県佐渡以南の暖帯に生育する常緑高木である。材はやや重硬で、割裂性や耐朽性は中庸だが、狂いが出やすい。

(4) コナラ属アカガシ亜属 *Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* ブナ科 図版2 4a-4c(No. 2019-34)

円形でやや大型の道管が、単独で放射方向に配列する放射孔材である。軸方向柔組織はいびつな線状となる。道管の穿孔は単一である。放射組織は同性で、単列と広放射組織がある。

アカガシ亜属は主に暖帯に分布する常緑高木で、アカガシやシラカシ、ツクバネガシ、アラカシなど8種がある。イチイガシ以外は木材組織からの識別が困難なため、イチイガシを除いたアカガシ亜属とする。材は、きわめて堅硬および強韌で、水湿に強い。

(5) コナラ属クヌギ節 *Quercus* sect. *Aegilops* ブナ科 図版2 5a-5c(No. 2019-30), 6a(No. 2019-39), 7a(No. 2019-40), 8a(No. 2019-43)

大型の道管が年輪のはじめに数列並び、晩材部では急に径を減じた円形で厚壁の小道管が単独で放射方向に配列する環孔材である。軸方向柔組織はいびつな線状となる。道管の穿孔は単一である。放射組織は同性で、単列と広放射組織の2種類がある。

クヌギ節は暖帯に生育する落葉高木で、クヌギとアベマキがある。材は重硬および強韌で、加工困難である。

(6) サカキ *Cleyera japonica* Thunb. モッコク科 図版3 9a-9c(No. 2019-45)

小径で角張った道管が、ほぼ単独で均等に分布する散孔材である。道管の穿孔は30段程度の階段状である。放射組織は異性で、ほぼ1列である。

サカキは亜熱帯から暖帯に分布する常緑の小高木である。材は硬く強韌で、割裂は困難である。

(7) ヒサカキ *Eurya japonica* Thunb. var. *japonica* モッコク科 図版3 10a-10c(No. 2019-16)

小径で角張った道管が、ほぼ単独で均等に分布する散孔材である。道管の穿孔は階段状で、40段以上となる。放射組織は1～4列幅で、上下に直立もしくはは方形細胞が数個連なる異性である。

ヒサカキは亜熱帯～暖帯に生育する常緑低木または小高木である。材の強さは中庸で、割裂は困難である。

(8) ツバキ属 *Camellia* ツバキ科 図版3 11a-11c (No. 2019-14)

小径の道管がほぼ単独で密に分布する散孔材で、晩材に向けてやや径を減じる。道管の穿孔は10段程度の横棒からなる階段状である。放射組織は方形もしくはは直立細胞が上下に2～4細胞連なる異性で、1～3列幅程度、多列部が単列部と同じ大きさである。円形に著しくふくれた大型の結晶が単列部に認められる。

ツバキ属は温帯から暖帯に生育する常緑高木もしくはは低木である。ヤブツバキやサザンカ、チャノキなどがある。材は重硬および緻密で、切削加工および割裂は困難であるが、強靱で、耐朽性は大きい。

4. 考察

古墳時代の堅穴建物跡 22号でツバキ属、堅穴建物跡 2号でヒサカキ、堅穴建物跡 4号でコナラ属アカガシ亜属、堅穴建物跡 5号と堅穴建物跡 11号、堅穴建物跡 43号でスダジイ、中世堅穴状遺構 1号でクワ属、堅穴建物跡 32号でマツ属複維管束亜属、堅穴建物跡 27～29号でクワ属とサカキが確認された。いずれも用途は不明であるが、比較的重硬な材である。

古代の製鉄遺構周辺では、製鉄関連土坑 1でアカガシ亜属とクヌギ節、製鉄関連土坑 2でクヌギ節が確認された。製鉄遺構周辺土坑から出土しているため、燃料材の可能性はある。多く確認されたクヌギ節は、重硬な材で、燃料材にすると火持ちが良い(伊東ほか, 2011)。

引用・参考文献

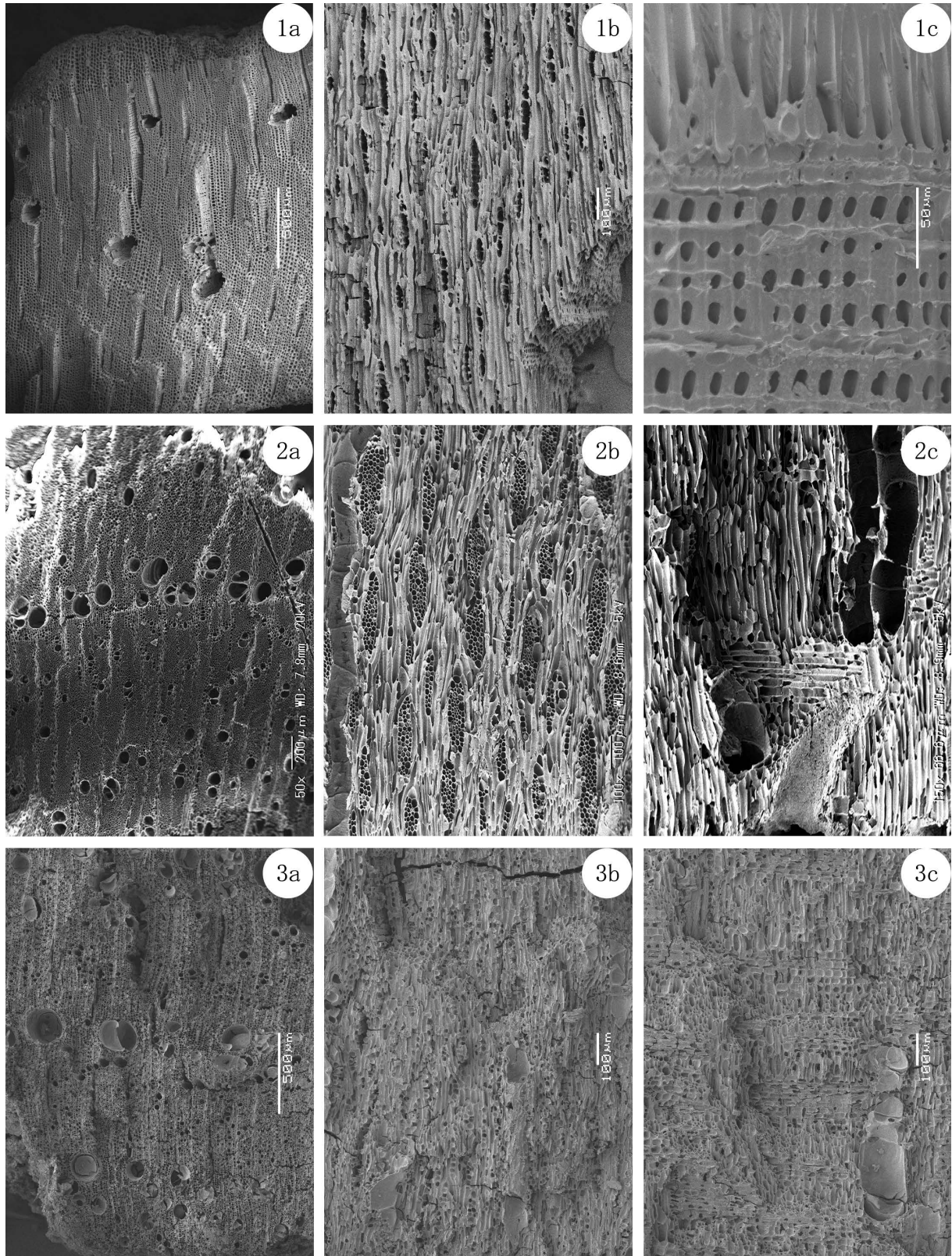
- 平井信二 (1996) 木の百科—解説編—。642p, 朝倉書房。
 伊東隆夫・佐野雄三・安部 久・内海泰弘・山口和徳 (2011) 日本有用樹木誌。238p, 海青社。
 伊東隆夫・山田昌久編 (2012) 木の考古学—出土木製品用材データベース—。449p, 海青社。

表1 川久保遺跡A地点出土炭化材の樹種同定結果

樹種	時期	古墳時代									古代		合計
	遺構	22号	2号	4号	5号	11号	中世	32号	43号	27-29	製鉄1	製鉄2	
マツ属複維管束亜属								1					1
クワ属							1			1			2
スダジイ					1	1			1				3
コナラ属アカガシ亜属				1							1		2
コナラ属クヌギ節											8	1	9
サカキ										1			1
ヒサカキ			1										1
ツバキ属		1											1
	合計	1	1	1	1	1	1	1	1	2	9	1	20

付表1 川久保遺跡 A 地点出土炭化材の樹種同定結果一覧

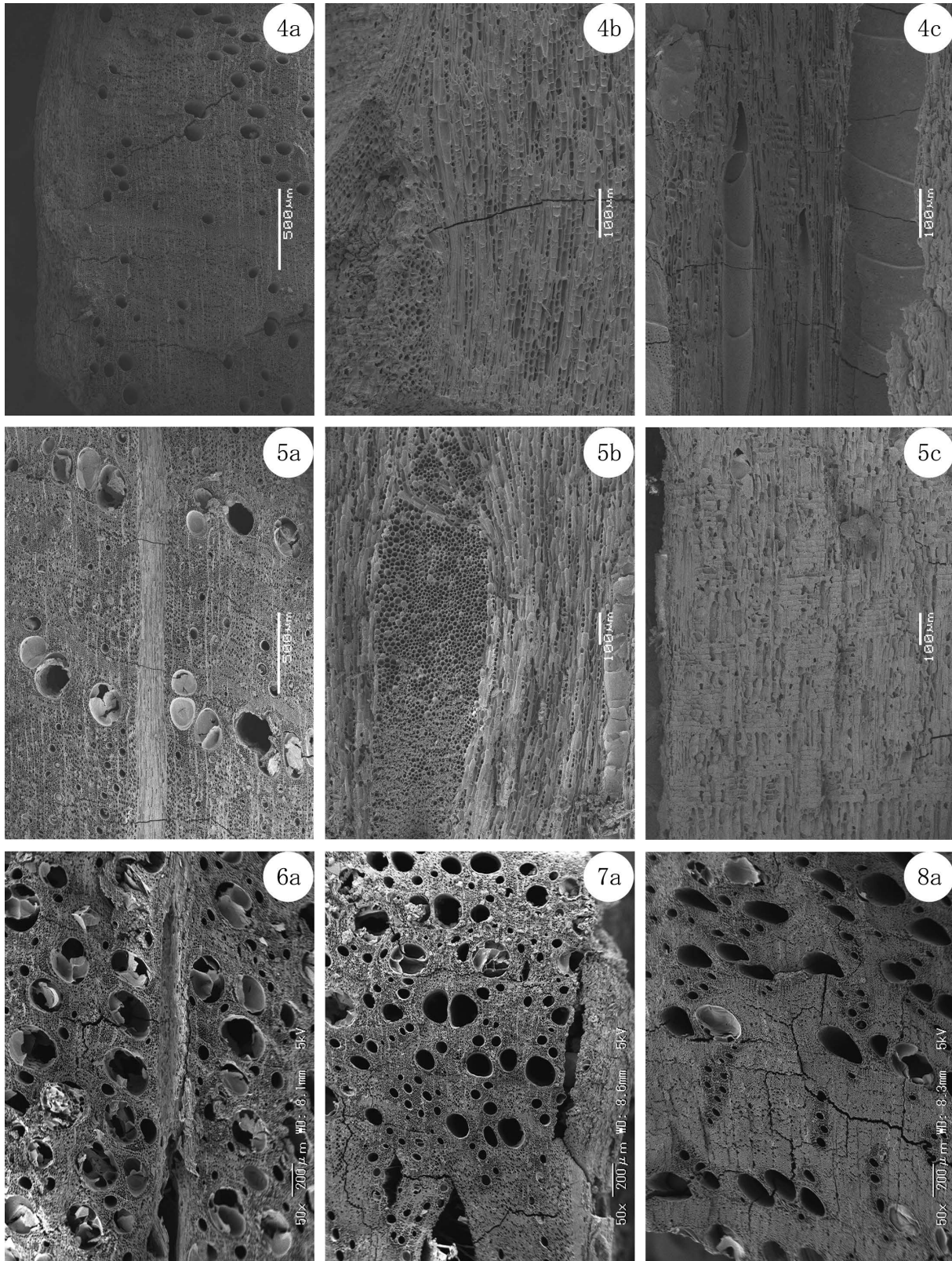
試料No.	出土遺構	種類	樹種
2019-14	堅穴建物跡22号	炭化材	ツバキ属
2019-16	堅穴建物跡2号	炭化材	ヒサカキ
2019-18	堅穴建物跡4号	炭化材	コナラ属アカガシ亜属
2019-20	堅穴建物跡5号	炭化材	スダジイ
2019-22	堅穴建物跡11号	炭化材	スダジイ
2019-24	中世堅穴状遺構1号	炭化材	クワ属
2019-26	堅穴建物跡32号	炭化材	マツ属複維管束亜属
2019-28	堅穴建物跡43号	炭化材	スダジイ
2019-30	製鉄関連土坑1①	炭化材	コナラ属クヌギ節
2019-32	製鉄関連土坑1②	炭化材	コナラ属クヌギ節
2019-34	製鉄関連土坑1③	炭化材	コナラ属アカガシ亜属
2019-36	製鉄関連土坑1④	炭化材	コナラ属クヌギ節
2019-38	製鉄関連土坑1-102	炭化材	コナラ属クヌギ節
2019-39	製鉄関連土坑1-104	炭化材	コナラ属クヌギ節
2019-40	製鉄関連土坑1-133	炭化材	コナラ属クヌギ節
2019-41	製鉄関連土坑1-391	炭化材	コナラ属クヌギ節
2019-42	製鉄関連土坑1-399	炭化材	コナラ属クヌギ節
2019-43	製鉄関連土坑2②	炭化材	コナラ属クヌギ節
2019-44	堅穴建物跡27-29号107841	炭化材	クワ属
2019-45	堅穴建物跡27-29号107842	炭化材	サカキ



図版1 川久保遺跡A地点出土炭化材の走査型電子顕微鏡写真(1)

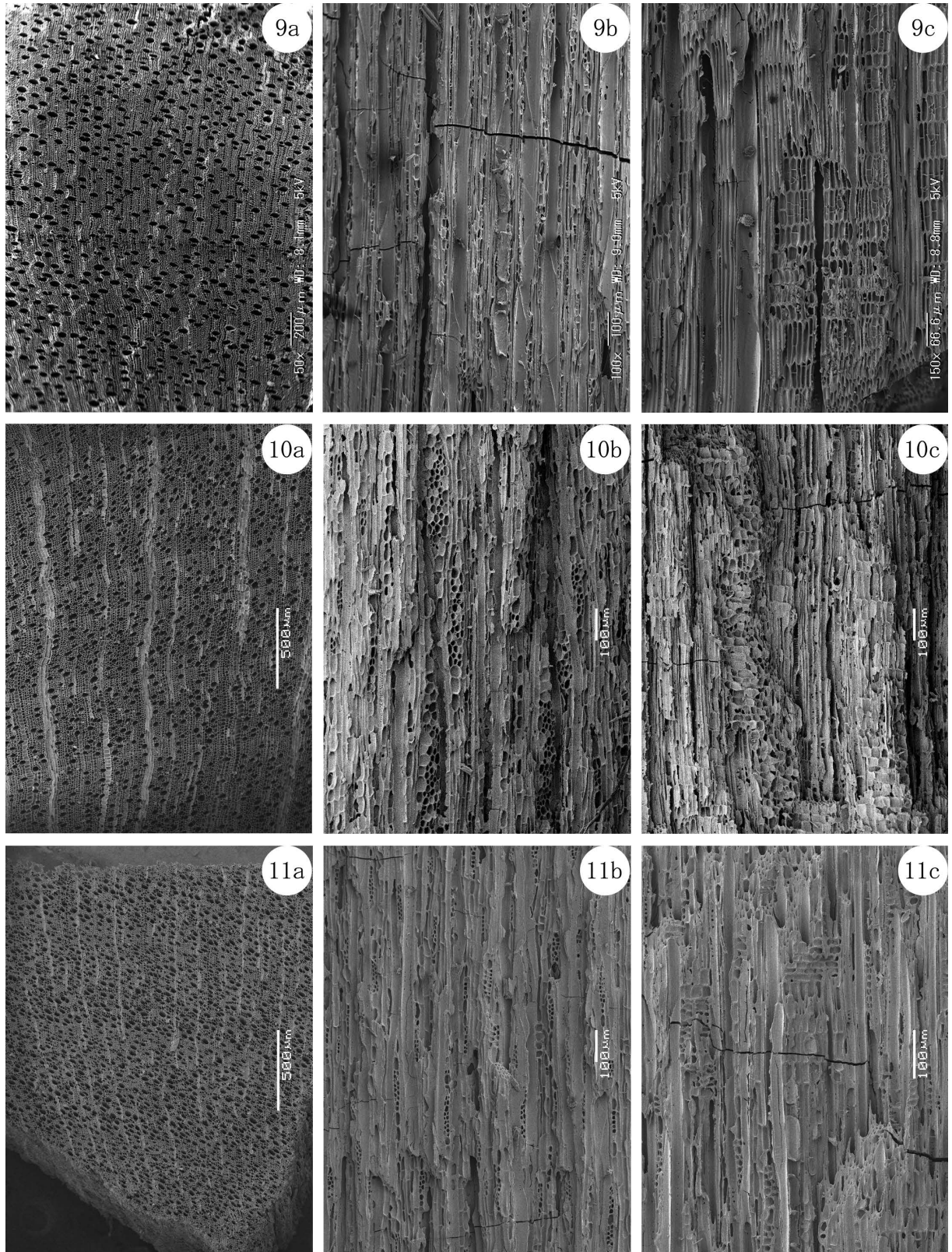
1a-1c. マツ属複維管束亜属 (No. 2019-26)、2a-2c. クワ属 (No. 2019-24)、3a-3c. スダジイ (No. 2019-28)

a: 横断面、b: 接線断面、c: 放射断面



図版2 川久保遺跡A地点出土炭化材の走査型電子顕微鏡写真(2)

4a-4c. コナラ属アカガシ亜属 (No. 2019-34)、5a-5c. コナラ属クヌギ節 (No. 2019-30)、6a. コナラ属クヌギ節 (No. 2019-39)、7a. コナラ属クヌギ節 (No. 2019-40)、8a. コナラ属クヌギ節 (No. 2019-43)、
a:横断面、b:接線断面、c:放射断面



図版3 川久保遺跡A地点出土炭化材の走査型電子顕微鏡写真(3)

9a-9c. サカキ(No. 2019-45)、10a-10c. ヒサカキ(No. 2019-16)、11a-11c. ツバキ属(No. 2019-14)

a:横断面、b:接線断面、c:放射断面

川久保遺跡から出土した炭化種実

バンダリ スダルシャン (パレオ・ラボ)

1. はじめに

川久保遺跡A地点の堅穴建物跡から出土した炭化種実の同定を行い、当時の利用植物について検討した。なお、今回の分析試料と同じ遺構から出土した木材の樹種同定と放射性炭素年代測定も行われている(樹種同定と放射性炭素年代測定の項参照)。

2. 試料と方法

試料は、古墳時代の堅穴建物跡43号の埋土(床面)と堅穴建物跡31号の埋土(床面)において肉眼で確認され、採取された炭化種実2試料である。

同定および計数は、肉眼および実体顕微鏡下で行った。計数の方法は、完形または一部が破損していても1個体とみなせるものは完形として数え、1個体に満たないものは破片とした。同定された試料は、(公財)鹿児島県文化振興財団に保管されている。

3. 結果

同定の結果、炭化種実は木本植物のモモ炭化核とコナラ属炭化子葉であった(表1)。

以下に、出土した炭化種実を遺構別に記載する。

堅穴建物跡43号：モモ完形1点が得られた。

堅穴建物跡31号：コナラ属破片1点が得られた。

次に得られた分類群の記載を行い、図版1に写真を示して同定の根拠とする。なお、分類群の学名は米倉・梶田(2003-)に準拠し、APGⅢリストの順とした。

(1) モモ *Amygdalus persica* L. 炭化核 バラ科

上面観は両凸レンズ形、側面観は楕円形で先が尖る。下端に大きな着点があり、表面に不規則な深い皺がある。また、片側の側面には縫合線に沿って深い溝が入る。高さ15.9mm、幅13.8mm、厚さ10.4mm。

(2) コナラ属 *Quercus* sp. 炭化子葉 ブナ科

完形ならば長楕円体。表面は滑らかで皺がない。形態からみて、コナラ属クヌギ節のクヌギやアベマ

キ、コナラ属コナラ節のミズナラやナラガシワ、コナラ、カシワではないと思われる。イチイガシなら縦方向の溝が1本あるはずだが、溝は確認できなかった。表面は滑らかで皺もないため、イチイガシ以外のコナラ属アカガシ亜属の可能性もある。残存高7.8mm、残存幅8.8mm。

4. 考察

古墳時代の堅穴建物跡43号の埋土(床面)と堅穴建物跡31号の埋土(床面)から出土した炭化種実を同定した結果、栽培植物で果樹のモモと、野生植物で食用として利用可能なコナラ属が得られた。

モモは食用や祭祀用に用いられた後、堅穴建物跡内に堆積した可能性などが考えられる。遺跡から出土するモモ核の大きさと形態は多様であるが、山梨県内の遺跡から出土したモモ核の事例を集成した新津(1999)によると、モモの核は時代ごとに大きさや形状が変化しており、弥生時代には核長は2.46～2.65cmと比較的大きくかつ丸味が強い核が多いのに対し、平安時代から近世には縦長になる傾向があるという。さらに、奈良・平安時代のモモの核長は2.36～2.66cmで、鎌倉期には大きさの変異幅が大きく、江戸時代後期になると大型になり、平均核長2.69cm、最大で3.8cm程度の核がみられるとしている。今回の古墳時代の川久保遺跡A地点のモモは高さ1.59cmで、山梨県で出土している弥生時代や奈良・平安時代のモモと比較すると丸みを帯びた個体で、かなり小さかった。

コナラ属は微細な破片が得られたが、表面は滑らかで皺もないため、イチイガシ以外のコナラ属アカガシ亜属の可能性もある。

引用文献

新津 健 (1999) 遺跡から出土するモモ核について—山梨県内の事例から—。山梨考古学論集, IV, 361-374, 山梨県考古学協会。

米倉浩司・梶田 忠 (2003-) BG Plants 和名-学名インデックス (YList), <http://ylist.info>

表1 川久保遺跡A地点から出土した炭化種実

試料No.	2019-37	2019-38
遺構	竪穴建物跡43号	竪穴建物跡31号
取り上げ番号	107875	103576
採取位置	竪穴建物跡	
層位	埋土（床面）	
時期	古墳時代	
分類群	採取方法 肉眼確認・採取	
モモ	炭化核	1
コナラ属	炭化子葉	(1)

括弧内は破片数



図版1 川久保遺跡A地点から出土した炭化種実

1. モモ炭化核（竪穴建物跡43号-107875、No. 2019-37）、2. コナラ属炭化子葉（竪穴建物跡31号-103576、No. 2019-38）

川久保遺跡出土製鉄・鍛冶関連遺物の 分析調査

日鉄テクノロジー(株)八幡事業所
鈴木瑞穂

1. いきさつ

川久保遺跡は鹿児島県鹿屋市串良町細山田に所在する。発掘調査地区からは2基の鍛冶炉跡を伴う、4世紀代の竪穴住居跡が検出された。また鉄滓・炉壁等の鉄生産関連遺物も多量に出土しており、地域周辺で製鉄～鍛冶作業が行われたと推定されている。そこで当地域での鉄～鉄器生産の実態を検討するため、出土遺物の調査を実施した。

2. 調査方法

2-1. 供試材

出土製鉄・鍛冶関連遺物 30 点を調査した(表 1)。

2-2. 調査項目

(1) 肉眼観察

遺物の外観の特徴など、調査前の所見を記載した。

(2) マクロ組織

外観の特徴から断面観察の位置を決めて、試料を切り出し、エメリー研磨紙の#150, #320, #600, #1000, およびダイヤモンド粒子の $3\mu\text{m}$ と $1\mu\text{m}$ で順を追って研磨し、全体像を撮影した。

(3) 顕微鏡組織

鉄滓の鉱物組成や金属組織の観察を目的とする。

金属反射顕微鏡を用い、特徴的・代表的な視野を選択して写真を撮影した。また金属鉄部の組織観察には3%ナイトル(硝酸アルコール)を腐食に用いた。

(4) ビッカース断面硬度

ビッカース断面硬度計(Vickers Hardness Tester)を用いて硬度を測定した。試料は顕微鏡用を併用し、荷重は50gfで測定した。ビッカース硬さは測定箇所(136°の頂角をもったダイヤモンド)を押し込んだ時の荷重と、それにより残された窪み(圧痕)の対角線長さから求めた表面積から算出される。

(5) EPMA調査

EPMA(日本電子製機 JXA-8230)を用いて、鉄滓の鉱物組成を調査した。測定条件は以下の通りである。加速電圧:15kV, 照射電流(分析電流): $2.00\text{E}-8\text{A}$ 。

(6) 化学組成分析

出土鉄滓の定量分析を実施した。測定方法・元素は以下の通りである。

全鉄分(Total Fe), 金属鉄(Metallic Fe), 酸化第一鉄(FeO): 容量法。

炭素(C): 燃焼容量法, 硫黄(S): 燃焼赤外吸収法。

二酸化硅素(SiO_2), 酸化アルミニウム(Al_2O_3), 酸化カルシウム(CaO), 酸化マグネシウム(MgO), 酸化カリウム(K_2O), 酸化ナトリウム(Na_2O), 酸化マンガン(MnO), 二酸化チタン(TiO_2), 酸化クロム(Cr_2O_3), 五酸化磷(P_2O_5), バナジウム(V), 銅(Cu), 二酸化ジルコニウム(ZrO_2), 砒素(As): ICP(Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometer): 誘導結合プラズマ発光分光分析法。

3. 調査結果

KWK-1: 製錬滓(含鉄)

(1) 外観観察: やや小形の鉄滓(58.0g)である。表面は広い範囲で茶褐色の錆化鉄が付着する。着磁性はあり、弱い金属探知器反応もあるが、まとまった鉄部はみられない。滓の色調は暗灰色で、上下面とも細かい凹凸がある。

(2) X線CT像: 図版1上段に示す。鉄部は全体に腐食(錆化)しており、金属鉄はほとんど残存しない。

(3) マクロ組織: 図版2①に示す。灰褐色部は製錬滓、青灰色部は錆化鉄である。

(4) 顕微鏡組織: 図版2②③に示す。②は滓部の拡大である。淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル(Ulvöspinel: $2\text{FeO}\cdot\text{TiO}_2$), 白色粒状結晶ウスタイト(Wustite: FeO)が晶出する。③中央は微細な金属鉄粒である。素地の灰色部はベイナイト(Bainite)で、白色針状のフェライト(Ferrite: α 鉄)が析出する。この金属組織から、炭素量は0.1%以下の軟鉄と推定される。

(5) ビッカース断面硬度: 図版2①の淡茶褐色多角形結晶の硬度を測定した。硬度値は717, 730Hvであった。ウルボスピネル(Ulvöspinel: $2\text{FeO}\cdot\text{TiO}_2$)組成の結晶としてはやや硬質で、アルミナ(Al_2O_3)などを少量固溶している可能性が高いと考えられる。また白色粒状結晶の硬度値は500, 528Hvであった。ウスタイトの文献硬度値(注1)(約450~500Hv)よりも高めであるが、これは粒内の微細な淡茶褐色結晶〔ウルボスピネル(Ulvöspinel: $2\text{FeO}\cdot\text{TiO}_2$)〕の影響と推定される。

(6) EPMA調査: 図版2④に滓部の反射電子像(COMP)を示す。写真上側は被熱砂鉄粒子である。外周および周囲の淡茶褐色多角形結晶は、特性X線像では鉄(Fe), チタン(Ti)に強い反応がある。定量分析値は61.3%FeO-5.8% Al_2O_3 -2.1%MgO-25.9% TiO_2 (分析点1), 60.3%FeO-4.4% Al_2O_3 -2.5%MgO-27.4% TiO_2 -1.2% V_2O_5 (分析点2)であった。ウルボスピネル(Ulvöspinel: $2\text{FeO}\cdot\text{TiO}_2$)で、少量アルミナ(Al_2O_3), マグネシア(MgO)を固溶する。微細な白色樹枝状結晶は、特性X線像では鉄(Fe)に強い反応がある。定量分析値は70.1%FeO-3.7% TiO_2 -2.2% Al_2O_3 -1.4% P_2O_5 (分析点3)であった。素地部分はウスタイト(Wustite: FeO)と推定される。また滓部の素地の暗灰

色部の定量分析値は28.0%SiO₂ - 8.8%Al₂O₃ - 1.4%CaO - 31.3%FeO - 1.9%TiO₂ - 1.9%P₂O₅ (分析点4)であった。非晶質珪酸塩である。また被熱砂鉄粒子部分も特性X線像では鉄(Fe)、チタン(Ti)に反応がある。定量分析値は85.1%FeO - 5.4%TiO₂ - 1.8%Al₂O₃ - 2.1%MgO (分析点5), 70.6%FeO - 10.9%TiO₂ - 8.0%Al₂O₃ - 2.0%MgO (分析点6)であった。チタン磁鉄鉱(Titano-magnetite)である。

(7) 化学組成分析: 表2に示す。全鉄分(Total Fe)47.62%に対して、金属鉄(Metallic Fe)は0.22%, 酸化第1鉄(FeO)が32.46%, 酸化第2鉄(Fe₂O₃)31.70%の割合であった。造滓成分(SiO₂ + Al₂O₃ + CaO + MgO + K₂O + Na₂O)の割合は19.26%で、このうち塩基性成分(CaO + MgO)は4.16%であった。製鉄原料の砂鉄(含チタン鉄鉱(注2))起源の二酸化チタン(TiO₂)は10.41%, バナジウム(V)が0.21%と高値であった。酸化マンガン(MnO)は0.45%とやや高めで、銅(Cu)は<0.01%と低値であった。

当鉄滓中には熱影響を受けた砂鉄(チタン磁鉄鉱)が確認された。砂鉄(含チタン鉄鉱)起源の脈石成分(TiO₂, V)の割合も高く、砂鉄製錬滓と推定される。また鉄部は腐食(錆化)が進んでおり、まとまった金属鉄は確認されなかった。

KWK-2: 製錬滓(含鉄)

(1) 外観観察: 不定形小形の製錬滓(21.6g)と推定される。表面には茶褐色の土砂や錆化鉄が付着する。着磁性もあるが金属探知器反応はなく、まとまった鉄部はみられない。

(2) X線CT像: 図版1下段に示す。表層の暗灰色部は付着した土砂である。内部には不定形の錆化鉄部が複数観察されるが、金属鉄は残存していない。

(3) マクロ組織: 図版3①に示す。灰褐色部は製錬滓、青灰色部は錆化鉄である。

(4) 顕微鏡組織: 図版3②③に示す。滓中の灰褐色多角形結晶はウルボスピネル(Ulvöspinel: 2FeO·TiO₂)とスピネル(Spinel: MgO·Al₂O₃)を主な端成分とする固溶体と推定される。さらに青灰色多角形結晶ペロブスカイト(Perovskite: CaO·TiO₂), 白色針状結晶イルメナイト(Ilmenite: FeO·TiO₂), 淡褐色片状結晶シュードブルックイト(Pseudobrookite: Fe₂O₃·TiO₂), ルチル(Rutile: TiO₂)が晶出する。高温下で生じた砂鉄製錬滓の晶癖といえる(注3)。また②の右下は錆化鉄粒である。内部に蜂の巣状のレデブライイト(Ledebulite)が残存しており、白鑄鉄と判断される。

(5) ビッカース断面硬度: 図版3③の青灰色結晶(ペロブスカイト)の硬度を測定した。硬度値は780Hvであった。また灰褐色多角形結晶[ウルボスピネル(Ulvöspinel: 2FeO·TiO₂)とスピネル(Spinel: MgO·Al₂O₃)を主な端成分とする固溶体]の硬度値は819, 903Hvと硬

質であった。

(6) EPMA調査: 図版3④⑤に滓部の反射電子像(COMP)を示す。灰褐色多角形結晶の定量分析値は28.2%FeO - 9.3%Al₂O₃ - 14.9%MgO - 7.9%V₂O₅ - 3.5%MnO - 35.1%TiO₂ (分析点7)であった。スピネル類の化合物で、ウルボスピネル(Ulvöspinel: 2FeO·TiO₂)とスピネル(Spinel: MgO·Al₂O₃)を主な端成分とする固溶体と推定される。淡褐色片状結晶の定量分析値は22.9%FeO - 11.2%MgO - 3.7%MnO - 1.6%V₂O₅ (分析点8), 88.9%TiO₂ - 6.5%MgO - 2.7%Al₂O₃ - 1.4%V₂O₅ (分析点13)であった。前者はシュードブルックイト(Pseudobrookite: Fe₂O₃·TiO₂), 後者はルチル(Rutile: TiO₂)に近い組成の化合物と推定される。青灰色多角形結晶の定量分析値は40.6%CaO - 58.6%TiO₂ - 1.1%V₂O₅ (分析点9), 40.5%CaO - 58.9%TiO₂ (分析点14)であった。ペロブスカイト(Perovskite: CaO·TiO₂)である。素地の暗灰色部の定量分析値は25.2%SiO₂ - 16.2%Al₂O₃ - 5.3%CaO - 1.8%MgO - 4.8%P₂O₅ - 14.0%FeO - 15.6%TiO₂ - 1.1%MnO (分析点10)であった。非晶質珪酸塩である。また滓中の微細な明白色粒の定量分析値は98.3%Fe (分析点11)であった。金属鉄である。さらに微細な淡橙色部の定量分析値は74.1%Ti - 22.2%N (分析点12)であった。チタンナイトライド(Titanium nitride: TiN)である。

滓部の鉱物組成から、当鉄滓は高温下で生じた砂鉄製錬滓と推定される。

KWK-3: 製錬滓(ガラス質滓)

(1) 外観観察: やや小形のガラス質の製錬滓(65.2g)と推定される。滓の色調は暗灰色で、着磁性はほとんどない。また外面側には、スサを混和した灰褐色の炉壁粘土が付着する。

(2) 顕微鏡組織: 図版4①~③に示す。素地の暗灰色部は炉材粘土が溶融して生じたガラス質滓である。滓中には微細な石英粒などが混在する。これは粘土中に混和された砂粒と推定される。また部分的に被熱砂鉄や製錬滓が確認される。②は製錬滓の拡大である。滓中には淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル, 白色粒状結晶ウスタイト, 淡灰色柱状結晶ファヤライトが晶出する。また③は砂鉄(含チタン鉄鉱)が、熱影響を受けて還元・滓化したものである。

(3) ビッカース断面硬度: 図版4②の淡茶褐色多角形結晶の硬度を測定した。硬度値は726, 737Hvであった。ウルボスピネル(Ulvöspinel: 2FeO·TiO₂)組成の結晶としてはやや硬質で、アルミナ(Al₂O₃)などを少量固溶している可能性が高いと考えられる。また白色結晶の硬度値は463Hvであった。ウスタイトの文献硬度値の範囲内で、ウスタイトと推定される。

(4) EPMA調査: 図版4④に滓中の被熱砂鉄の反射電子像(COMP)を示す。砂鉄粒内の微細な淡黄色部の定量分

析値は61.6%Fe-32.5%S-4.1%O(分析点15)であった。黄鉄鉱(Pyrite:FeS₂)と推測される。暗灰色部の定量分析値は40.1%SiO₂-11.0%Al₂O₃-23.1%CaO-11.1%FeO-5.0%TiO₂(分析点16),46.0%CaO-37.4%P₂O₅-2.4%F-11.8%FeO-1.4%TiO₂(分析点18)であった。前者は灰長石(Anorthite:CaAl₂Si₂O₇),後者は燐灰石[Apatite:Ca₅(PO₄)₃F]と推測される。また被熱砂鉄の素地部分の定量分析値は78.6%FeO-12.3%TiO₂-2.1%Al₂O₃(分析点17)であった。チタン磁鉄鉱と推定される。

(5)化学組成分析:表2に示す。全鉄分(Total Fe)の割合は15.72%と低めであった。このうち金属鉄(Metallic Fe)は0.20%,酸化第1鉄(FeO)が8.49%,酸化第2鉄(Fe₂O₃)12.75%であった。造滓成分(SiO₂+Al₂O₃+CaO+MgO+K₂O+Na₂O)は73.93%と高値で,このうち塩基性成分(CaO+MgO)は4.53%であった。製鉄原料の砂鉄(含チタン鉄鉱)起源の二酸化チタン(TiO₂)は3.61%,バナジウム(V)が0.07%であった。また酸化マンガン(MnO)は0.20%,銅(Cu)は<0.01%と低値であった。

以上の調査結果から,当鉄滓は製鉄炉の炉壁内面が溶融して生じた製錬滓(ガラス質滓)と判断される。滓中には製鉄炉内に装入された砂鉄粒子(チタン磁鉄鉱)も確認された。

KWK-4:製錬滓

(1)外観観察:今回調査を実施した川久保遺跡出土鉄滓の中では,やや大形の鉄滓(123.9g)である。表面には広い範囲で淡褐色の土砂や茶褐色の鉄錆化物が付着する。また錆化に伴う放射割れも生じているが,金属探知器反応はみられない。滓の地の色調は暗灰色で着磁性がある。全体に気孔は少なく緻密な滓である。

(2)顕微鏡組織:図版5①~③に示す。滓中には淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル,白色粒状結晶ウスタイト,微細な淡灰色結晶ファヤライト(Fayalite:2FeO·SiO₂)が晶出する。③は滓中の微細な砂鉄粒子(含チタン鉄鉱)の拡大である。熱影響を受けて外周部には微細なウルボスピネルが晶出する。

(3)ピッカース断面硬度:図版5②の淡茶褐色多角形結晶の硬度を測定した。硬度値は692,767Hvであった。後者はウルボスピネル(Ulvöspinel:2FeO·TiO₂)組成の結晶としては硬質で,アルミナ(Al₂O₃)などを少量固溶している可能性が考えられる。また白色粒状結晶の硬度値は473,552Hvであった。後者はウスタイトの文献硬度値よりも高めであるが,これは粒内の微細な淡茶褐色結晶〔ウルボスピネル(Ulvöspinel:2FeO·TiO₂)〕の影響と推定される。

(4)EPMA調査:図版5④に被熱砂鉄の反射電子像(COMP)を示す。砂鉄粒子の素地部分の定量分析値は94.8%FeO-1.7%TiO₂-1.6%MgO(分析点20)であった。磁鉄鉱

(Magnetite:FeO·Fe₂O₃)である。これに対して,粒内の微細な褐色部の定量分析値は68.8%FeO-19.5%TiO₂-5.3%Al₂O₃-1.3%MgO-1.1%V₂O₅(分析点21)であった。チタン磁鉄鉱である。砂鉄外周の淡茶褐色結晶の定量分析値は62.4%FeO-23.5%TiO₂-1.8%MgO(分析点22)であった。ウルボスピネル(Ulvöspinel:2FeO·TiO₂)と推定される。また微細な淡灰色結晶の定量分析値は38.0%FeO-17.8%CaO-2.5%MgO-34.3%SiO₂(分析点23)であった。オリビン〔Olivine:2(Fe,Ca)O·SiO₂〕と推定される。

(5)化学組成分析:表2に示す。全鉄分(Total Fe)44.21%に対して,金属鉄(Metallic Fe)は0.13%,酸化第1鉄(FeO)が31.79%,酸化第2鉄(Fe₂O₃)27.69%の割合であった。造滓成分(SiO₂+Al₂O₃+CaO+MgO+K₂O+Na₂O)は27.23%で,このうち塩基性成分(CaO+MgO)は5.26%であった。製鉄原料の砂鉄(含チタン鉄鉱)起源の二酸化チタン(TiO₂)は8.54%,バナジウム(V)が0.19%であった。また酸化マンガン(MnO)は0.39%,銅(Cu)は<0.01%と低値であった。

当鉄滓も砂鉄(含チタン鉄鉱)起源の脈石成分(TiO₂,V)の割合が高く,砂鉄製錬滓に分類される。滓中には熱影響を受けた砂鉄(チタン磁鉄鉱)が確認された。

KWK-5:製錬滓(ガラス質滓)

(1)外観観察:ごく小形のガラス質滓の端部破片(9.1g)である。色調は黒灰色で,着磁性はほとんどない。表面は比較的滑らかな流動状である。側面2面は破面で,中小の気孔が散在する。

(2)顕微鏡組織:図版6①~③に示す。素地の暗灰色部は炉材粘土が溶融して生じたガラス質滓である。滓中には微細な石英粒などが混在する。これは粘土中に混和された砂粒と推定される。また部分的に被熱砂鉄や製錬滓が確認される。②および③の左側は滓部の拡大である。淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネルが晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。

(3)EPMA調査:図版6④に滓部の反射電子像(COMP)を示す。淡茶褐色多角形結晶の定量分析値は59.4%FeO-27.4%TiO₂(分析点24)であった。ウルボスピネル(Ulvöspinel:2FeO·TiO₂)と推定される。淡灰色結晶の定量分析値は20.9%FeO-21.1%CaO-43.8%SiO₂(分析点25)であった。ヘデンバーグヤイト(Hedenbergite:CaFeSi₂O₆)と推定される。また素地部分の定量分析値は50.9%SiO₂-18.7%Al₂O₃-4.8%CaO-2.7%K₂O-6.5%Na₂O-14.3%FeO(分析点26)であった。非晶質珪酸塩である。

当鉄滓中には,砂鉄(含チタン鉄鉱)の製錬に伴う鉄チタン酸化物が確認された。この特徴から,炉壁内面が溶融して生じた砂鉄製錬滓(ガラス質滓)と推定される。

KWK-6 : 製鍊滓 (ガラス質滓)

(1) 外観観察 : ごく小形で、滑らかな流動状の黒色ガラス質滓の破片 (6.0g) である。側面 1 面は破面で、中小の気孔が多数散在する。また表面には、部分的に茶褐色の鉄錆化物が付着する。弱い着磁性もあるが、金属探知器反応はみられない。

(2) 顕微鏡組織 : 図版 7 ①~③ に示す。素地の暗灰色部は炉材粘土が熔融して生じたガラス質滓である。滓中には微細な石英粒などが混在する。これは粘土中に混和された砂粒と推定される。② は滓部の拡大である。淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル、暗灰色多角形結晶ヘルシナイト (Hercynite: $\text{FeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) と推定される。

(3) EPMA 調査 : 図版 7 ④ に滓部の反射電子像 (COMP) を示す。滓中の微細な砂粒の定量分析値は 97.7% SiO_2 (分析点 28), 97.0% SiO_2 (分析点 29) であった。石英 (Quartz: SiO_2) である。また滓中の灰褐色多角形結晶の定量分析値は 72.7% FeO - 8.5% TiO_2 - 7.4% Al_2O_3 - 3.0% MgO (分析点 30) であった。マグネタイト (Magnetite: $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) で、チタニア (TiO_2)、アルミナ (Al_2O_3) を固溶する。また白色針状結晶の定量分析値は 35.9% FeO - 29.2% TiO_2 - 23.6% SiO_2 - 6.3% Al_2O_3 (分析点 31) であった。結晶はイルメナイト (Ilmenite: $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$) で、定量分析値は周囲の影響を受けた値と推測される。

以上の鉱物組成から、当鉄滓も炉壁内面が熔融して生じた砂鉄製鍊滓 (ガラス質滓) と推定される。

KWK-7 : 製鍊滓

(1) 外観観察 : やや小形の鉄滓破片 (28.5g) である。表層に薄く茶褐色の鉄錆化物が点在するが、まとまった鉄部はみられない。滓の色調は暗灰色で弱い着磁性がある。気孔はほとんどなく緻密である。

(2) 顕微鏡組織 : 図版 8 ①~③ に示す。滓中には淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル、白色粒状結晶ウスタイト、淡灰色柱状結晶ファヤライトが晶出する。また②の右側は被熱砂鉄 (含チタン鉄鉱) である。

(3) ビッカース断面硬度 : 図版 8 ③ の淡茶褐色多角形結晶の硬度を測定した。硬度値は 718, 731Hv であった。ウルボスピネル (Ulvöspinel: $2\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$) 組成の結晶としては硬質で、アルミナ (Al_2O_3) などを少量固溶している可能性が考えられる。また白色粒状結晶の硬度値は 527, 536Hv であった。ウスタイトの文献硬度値よりも高めであるが、これは粒内の微細な淡茶褐色結晶 [ウルボスピネル (Ulvöspinel: $2\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$)] の影響と推定される。

(4) 化学組成分析 : 表 2 に示す。全鉄分 (Total Fe) 48.09% に対して、金属鉄 (Metallic Fe) は 0.30%, 酸化第 1 鉄 (FeO) が 50.55%, 酸化第 2 鉄 (Fe_2O_3) 12.15% の割合であった。造滓成分 ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$) は 20.07% で、このうち塩基性成分 ($\text{CaO} + \text{MgO}$) は 7.15% で

あった。また製鉄原料の砂鉄 (含チタン鉄鉱) 起源の二酸化チタン (TiO_2) は 15.21%, バナジウム (V) が 0.28% であった。また酸化マンガン (MnO) は 0.68%, 銅 (Cu) は < 0.01% であった。

当鉄滓も砂鉄 (含チタン鉄鉱) 起源の脈石成分 (TiO_2 , V) の割合が高く、砂鉄製鍊滓に分類される。滓中には熱影響を受けた砂鉄 (チタン磁鉄鉱) が確認された。

KWK-8 : 製鍊滓

(1) 外観観察 : 表面が弱い流動状の製鍊滓の破片 (74.1g) である。滓部は暗灰色で着磁性がある。また炉壁が熔融して生じた黒色ガラス質滓部分も混在する。また部分的に茶褐色の鉄錆化物が付着するが、金属探知器反応はなく、まとまった鉄部はみられない。

(2) マクロ組織 : 図版 8 ④ に示す。素地の灰褐色は製鍊滓、暗灰色部はガラス質滓である。ガラス質滓中には石英粒などが多数点在しており、炉材粘土の熔融物と推定される。

(3) 顕微鏡組織 : 図版 8 ⑤⑥ に示す。淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネルが晶出する。また滓中には熱影響を受けて還元・滓化した砂鉄 (含チタン鉄鉱) の痕跡が多数散在する。

(4) ビッカース断面硬度 : 図版 8 ⑥ の淡茶褐色多角形結晶の硬度を測定した。硬度値は 708, 778Hv であった。ウルボスピネル (Ulvöspinel: $2\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$) 組成の結晶としては硬質で、アルミナ (Al_2O_3) などを少量固溶している可能性が考えられる。

(5) 化学組成分析 : 表 2 に示す。全鉄分 (Total Fe) 23.28% に対して、金属鉄 (Metallic Fe) は 0.17%, 酸化第 1 鉄 (FeO) が 20.58%, 酸化第 2 鉄 (Fe_2O_3) 10.17% の割合であった。造滓成分 ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$) の割合は 59.95% と高めで、このうち塩基性成分 ($\text{CaO} + \text{MgO}$) は 8.53% であった。製鉄原料の砂鉄 (含チタン鉄鉱) 起源の二酸化チタン (TiO_2) は 7.78%, バナジウム (V) が 0.13% であった。また酸化マンガン (MnO) は 0.38%, 銅 (Cu) は < 0.01% と低値であった。

当鉄滓も砂鉄 (含チタン鉄鉱) 起源の脈石成分 (TiO_2 , V) の割合が高く、砂鉄製鍊滓に分類される。滓中には熱影響を受けた砂鉄 (チタン磁鉄鉱) が確認された。

KWK-9 : 炉壁

(1) 外観観察 : ごく小形で不定形の炉壁片 (26.9g) である。粘土の色調は淡橙色で、短く切ったスサが多量に混和されている。石英等の砂粒は少ない。被熱で部分的に褐色~灰色に変色しているが、熱影響は少ない。製鉄炉上部の小破片の可能性が考えられる。

(2) マクロ組織 : 図版 9 ① に示す。素地は粘土鉱物で、内部には微細な砂粒が混在する。このうち微細な灰褐色

粒は砂鉄(含チタン鉄鉱)である。

(3) 顕微鏡組織：図版9②③に示す。表層部は熱影響を受けて、素地部分はガラス質化している。また炉材粘土中の砂鉄(含チタン鉄鉱)も熱影響を受けており、外周に微細な淡茶褐色結晶ウルボスピネルが晶出する。

(4) 化学組成分析：表2に示す。強熱減量(Ig loss)は5.93%であった。熱影響を受け、やや結晶構造水が飛散した状態である。また軟化性成分の鉄分(Total Fe)は5.67%と高めであった。二酸化チタン(TiO_2)も1.03%あり、粘土中に混在する微細な砂鉄(含チタン鉄鉱)の影響と考えられる。一方、耐火性に有利なアルミナ(Al_2O_3)は21.31%であった。通常の粘土の範囲(約15~18%)よりやや高めである。

(5) 耐火度：表3に示す。1160℃であった。

当炉壁は古代の製鉄炉の炉壁片としてもやや低めの耐火性状であった。鉄分がやや高めであり、その影響と推測される。

KWK-10: 炉壁

(1) 外観観察：小形で不定形の炉壁片(35.6g)である。粘土の色調は淡褐色で、短く切ったスサが多量に混和されている。またごく微細な砂粒も少量含まれる。炉壁(KWK-9)よりも熱影響は強く、一部は黒色ガラス質化している。

(2) マクロ組織：図版9④に示す。炉壁(KWK-9)より強い熱影響を受けており、全体にガラス質化している。

(3) 顕微鏡組織：図版9⑤⑥に示す。素地の暗灰色部はガラス質滓である。滓中には熱影響を受けた砂鉄(含チタン鉄鉱)が多数確認された。

(4) 化学組成分析：表2に示す。強熱減量(Ig loss)は1.12%と低値であった。強い熱影響を受けて、結晶構造水が飛散した状態である。また軟化性成分の鉄分(Total Fe)は6.23%と高めであった。二酸化チタン(TiO_2)も1.11%あり、粘土中に混在する微細な砂鉄(含チタン鉄鉱)の影響と考えられる。一方、耐火性に有利なアルミナ(Al_2O_3)は22.19%であった。通常の粘土の範囲(約15~18%)よりやや高めである。

(5) 耐火度：表3に示す。< 1120℃であった。

当炉壁も炉壁(KWK-9)と同様、やや低めの耐火性状であった。

KWK-11: 製錬滓(ガラス質滓)

(1) 外観観察：ごく小形で扁平なガラス質滓(8.1g)である。色調は黒灰色で弱い着磁性がある。表面は微細な木炭痕による凹凸がみられる。また端部には灰褐色で砂質の炉壁粘土が付着する。

(2) マクロ組織：図版10①に示す。上側の灰褐色部は砂鉄製錬滓である。製鉄炉の炉壁内面表層と推定され

る。また下側の暗灰色部はガラス質滓(炉壁粘土の溶融物)である。炉壁(KWK-9,10)と同様、ガラス質滓中にも微細な砂鉄(含チタン鉄鉱)が複数含まれている。

(3) 顕微鏡組織：図版10②③に示す。②は砂鉄製錬滓の拡大である。滓中には淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネルが晶出する。③はガラス質の拡大で、右上の灰褐色粒は熱影響を受けた砂鉄(含チタン鉄鉱)粒子である。

(4) EPMA調査：図版10④に滓部の反射電子像(COMP)を示す。多角形結晶内の針状暗色部の定量分析値は55.1%FeO-36.4% TiO_2 -2.5%MgO-1.1% Al_2O_3 -1.2% V_2O_5 (分析点32)であった。イルメナイト(Ilmenite: $FeO \cdot TiO_2$)と推定される。一方素地(多角形結晶)の定量分析値は71.7%FeO-15.0% TiO_2 -3.9% Al_2O_3 -3.0%MgO-1.0% V_2O_5 (分析点33)であった。チタン磁鉄鉱(Titano-magnetite)である。また素地の暗灰色部の定量分析値は38.8%SiO₂-8.0% Al_2O_3 -23.0%CaO-2.0%MgO-4.0%K₂O-1.6%Na₂O-14.5%FeO-5.9% TiO_2 (分析点34)であった。非晶質珪酸塩である。

もう1視野、ガラス質滓と滓中の被熱砂鉄の組成を調査した。図版10⑤に反射電子像(COMP)を示す。右上の被熱砂鉄の定量分析値は79.2%FeO-12.3% TiO_2 -2.2% Al_2O_3 (分析点35)であった。チタン磁鉄鉱(Titano-magnetite)である。被熱砂鉄外周の微細な多角形結晶の定量分析値は63.4%FeO-17.3% TiO_2 -11.6% Al_2O_3 -1.5%MgO-1.2% V_2O_5 (分析点36)であった。マグネタイト(Magnetite: $FeO \cdot Fe_2O_3$)とウルボスピネル(Ulvöspinel: $2FeO \cdot TiO_2$)、ヘルシナイト(Hercynite: $FeO \cdot Al_2O_3$)を主な端成分とする固溶体と推定される。また素地部分の定量分析値は41.9%SiO₂-14.1% Al_2O_3 -3.8%CaO-2.2%MgO-1.1%Na₂O-29.8%FeO-3.2% TiO_2 (分析点37)、42.7%SiO₂-21.8% Al_2O_3 -5.9%CaO-4.1%Na₂O-19.9%FeO-2.7% TiO_2 (分析点38)であった。非晶質珪酸塩である。

滓部の鉱物組成から、当鉄滓は炉壁内面が溶融して生じた砂鉄製錬滓(ガラス質滓)と推定される。

KWK-12: 製錬滓(ガラス質滓)

(1) 外観観察：ごく小形で不定形のガラス質滓(28.4g)である。表面には広い範囲で茶褐色の鉄錆が付着するが、まとまった鉄部はなく、金属探知器反応もない。上面側は表面が弱い流動状で、内部には微細な砂粒が観察される。一方下面側には、灰褐色の炉壁が部分的に付着する。

(2) マクロ組織：図版11①に示す。素地の暗灰色部はガラス質滓で、滓中には熱影響を受けた石英等の砂粒が混在する。炉材粘土の溶融物である。また写真左下の灰褐色部は砂鉄製錬滓である。

(3) 顕微鏡組織：図版11②③に示す。②は製錬滓中の被熱砂鉄(含チタン鉄鉱)の拡大である。外周には微細な

淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネルが晶出する。また被熱砂鉄中の微細な暗灰色鉱物は燐灰石と推定される。③は製錬滓の拡大である。滓中には淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル、白色樹枝状結晶ウスタイトが晶出する。

(4) EPMA調査：図版 11 ④に製錬滓および滓中の被熱砂鉄(含チタン鉄鉱)の反射電子像(COMP)を示す。淡茶褐色多角形結晶の定量分析値は61.9%FeO-5.7%Al₂O₃-2.4%MgO-26.8%TiO₂(分析点39)であった。ウルボスピネル(Ulvöspinel: 2FeO·TiO₂)で、アルミナ(Al₂O₃)、チタニア(TiO₂)などを少量固溶する。93.9%FeO-2.5%TiO₂-1.0%MgO(分析点40)であった。ウスタイト(Wustite: FeO)と推定される。また写真下側の被熱砂鉄粒内の微細な暗灰色鉱物の定量分析値は54.8%CaO-44.5%P₂O₅-3.1%F(分析点41), 55.2%CaO-44.8%P₂O₅-3.1%F(分析点42)であった。燐灰石[Apatite: Ca₅(PO₄)₃F]である。砂鉄粒子の定量分析値は80.2%FeO-12.5%TiO₂-2.6%MgO-1.9%Al₂O₃-1.1%MnO(分析点43)であった。チタン磁鉄鉱(Titano-magnetite)である。

(5) 化学組成分析：表2に示す。全鉄分(Total Fe)25.05%に対して、金属鉄(Metallic Fe)は0.15%, 酸化第1鉄(FeO)が17.49%, 酸化第2鉄(Fe₂O₃)16.16%の割合であった。造滓成分(SiO₂+Al₂O₃+CaO+MgO+K₂O+Na₂O)の割合は59.31%と高く、このうち塩基性成分(CaO+MgO)は5.52%であった。製鉄原料の砂鉄(含チタン鉄鉱)起源の二酸化チタン(TiO₂)は5.92%, バナジウム(V)0.12%であった。また酸化マンガン(MnO)は0.29%, 銅(Cu)は<0.01%と低値であった。

以上の鉱物・化学組成から、当鉄滓も炉壁内面が溶融して生じた砂鉄製錬滓(ガラス質滓)と推定される。滓中には製鉄炉内に装入された被熱砂鉄(チタン磁鉄鉱)も確認された。

KWK-13: 製錬滓(ガラス質滓)

(1) 外観観察：小形のガラス質滓(33.9g)である。色調は黒灰色で細かい木炭痕による凹凸がみられる。部分的に茶褐色の鉄錆が付着するが、まとまった鉄部はなく、金属探知器反応もない。また上下面とも淡褐色の炉壁粘土が点々と付着する。

(2) マクロ組織：図版 12 ①に示す。素地の暗灰色部はガラス質滓で、滓中には熱影響を受けた石英等の砂粒が混在する。炉材粘土の溶融物である。また灰褐色部は砂鉄製錬滓、不定形青灰色部は錆化鉄である。

(3) 顕微鏡組織：図版 12 ②③に示す。②の左側では淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル、白色針状結晶イルメナイトが晶出する。比較的高温下で生じた砂鉄製錬滓の晶癖といえる。一方右側の微細な不定形白色部は金属鉄、青灰色部は錆化鉄である。また③は錆化鉄中の砂鉄(含チタン鉄鉱)粒子である。砂鉄に熱影響は確認され

ず、廃棄後に付着した可能性も考えられる。

(4) 化学組成分析：表2に示す。全鉄分(Total Fe)13.76%に対して、金属鉄(Metallic Fe)は0.15%, 酸化第1鉄(FeO)が7.12%, 酸化第2鉄(Fe₂O₃)11.55%の割合であった。造滓成分(SiO₂+Al₂O₃+CaO+MgO+K₂O+Na₂O)は77.37%で、このうち塩基性成分(CaO+MgO)は4.69%であった。製鉄原料の砂鉄(含チタン鉄鉱)起源の二酸化チタン(TiO₂)は4.17%, バナジウム(V)が0.08%であった。また酸化マンガン(MnO)は0.22%, 銅(Cu)は<0.01%であった。

以上の鉱物・化学組成から、当鉄滓も炉壁内面が溶融して生じた砂鉄製錬滓(ガラス質滓)と推定される。

KWK-14: 鍛冶滓片

(1) 外観観察：微細な板状の鍛冶滓破片と推定される。表裏面とも細かい凹凸がみられる。色調は暗灰色で、薄く茶褐色の鉄錆化物が付着する。

(2) マクロ組織：図版 12 ④に示す。ほぼ鉄酸化物[ウスタイト(Wustite: FeO)]主体の鉄滓であった。また上面は比較的平滑であるが、下面は不規則な凹凸が目立つ。断面には微細な気孔が点在する。

(3) 顕微鏡組織：図版 12 ⑤に示す。写真下側の白色部はウスタイトで、上面表層の淡灰色部ファヤライトである。

当滓中には製鉄原料の砂鉄(含チタン鉄鉱)起源の鉄チタン酸化物はなく、鉄材の熱間加工で生じた鍛錬鍛冶滓と推定される。

KWK-15: 鍛冶滓片

(1) 外観観察：微細な板状の鍛冶滓破片と推定される。表裏面とも比較的平滑である。また色調は暗灰色で、薄く茶褐色の鉄錆化物が付着する。

(2) マクロ組織：図版 12 ⑥に示す。ほぼ鉄酸化物[ウスタイト(Wustite: FeO)]主体の鉄滓であった。

(3) 顕微鏡組織：図版 12 ⑦に示す。白色粒状結晶ウスタイトが凝集して晶出する。

当鉄滓も鉄酸化物主体で、鉄材の熱間加工で生じた鍛錬鍛冶滓と推定される。

KWK-16: 鍛冶滓片

(1) 外観観察：微細な板状の鍛冶滓破片と推定される。表裏面とも比較的平滑である。また色調は暗灰色で、茶褐色の鉄錆化物や土砂が付着する。

(2) マクロ組織：図版 13 ①に示す。ほぼ鉄酸化物[ウスタイト(Wustite: FeO)]主体の鉄滓であった。上側の暗灰色部は廃棄後に付着した土砂と推定される。

(3) 顕微鏡組織：図版 13 ②③に示す。素地の灰色部はガラス質滓(非晶質硅酸塩)で、白色粒状結晶ウスタイト

(Wustite : FeO) が晶出する。

当鉄滓も鉄酸化物主体で、鉄材の熱間加工で生じた鍛錬鍛冶滓と推定される。

KWK-17: 炉壁

(1) 外観観察：薄手でごく小形の炉壁片 (17.0g) である。粘土の色調は淡褐色で、短く切ったスサが多量に混和されている。またごく微細な砂粒も少量含まれる。被熱で部分的に褐色～灰色に変色している。

(2) マクロ組織：図版 13 ④に示す。素地の粘土鉱物は全体に熱影響を受けている。特に表層 (上側：明灰色部) はガラス質化が進んでいる。

(3) 顕微鏡組織：図版 13 ⑤⑥に示す。ガラス質滓中の灰褐色粒は砂鉄 (含チタン鉄鉱) である。製鉄原料として装入されたものではなく、炉壁粘土中に含まれていたものと推定される。

(4) 耐火度：表 3 に示す。< 1120℃であった。当炉壁も炉壁 (KWK-10, 11) と同様、やや低めの耐火性状であった。

KWK-18: 炉壁

(1) 外観観察：やや小形で不定形の炉壁片 (51.8g) である。粘土の色調は淡橙色で、短く切ったスサが多量に混和されている。石英等の砂粒は少ない。被熱で部分的に褐色～灰色に変色しているが、熱影響はごく僅かである。

(2) マクロ組織：図版 14 ①に示す。比較的熱影響が少なく、粘土鉱物はガラス質化していない。

(3) 顕微鏡組織：図版 14 ②③に示す。素地部分は粘土鉱物で、内部には非常に微細な砂鉄 (含チタン鉄鉱) 粒子が混在する。

(4) 化学組成分析：表 2 に示す。強熱減量 (Ig loss) は 12.45%であった。熱影響が少なく、結晶構造水が保持された状態であった。軟化性成分の鉄分 (Total Fe) は 4.91%と高めであった。二酸化チタン (TiO₂) も 0.89%と、炉壁粘土としてはやや高めであった。これらは粘土中の微細な砂鉄 (含チタン鉄鉱) の影響と考えられる。一方、耐火性に有利なアルミナ (Al₂O₃) の割合は 19.03%であった。通常の粘土の範囲 (約 15～18%) よりやや高めであるが、当遺跡の他の炉壁片 (KWK-9, 10) と比較するとやや低めであった。

(5) 耐火度：表 3 に示す。< 1120℃であった。

当炉壁も炉壁 (KWK-10, 11, 17) と同様、やや低めの耐火性状であった。

KWK-19: 製錬滓 (ガラス質滓)

(1) 外観観察：小形で不定形のガラス質滓 (35.8g) である。地の色調は暗灰色で、木炭痕による凹凸が目立つ。

非常に軽い質感の滓で、着磁性はほとんどない。

(2) マクロ組織：図版 14 ④に示す。写真上側中央の灰褐色部は砂鉄製錬滓で、右下の暗灰色部はガラス質滓 (炉材粘土の溶融物) である。

(3) 顕微鏡組織：図版 14 ⑤⑥に示す。⑤は滓部の拡大で、淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル (Ulvöspinel : 2FeO·TiO₂) が晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。⑥はガラス滓中の被熱砂鉄 (含チタン鉄鉱) である。粒内には格子状の離溶組織が確認された。また周囲には微細なウルボスピネル結晶が晶出する。

(4) 化学組成分析：表 2 に示す。全鉄分 (Total Fe) 21.40%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) は 0.09%、酸化第 1 鉄 (FeO) が 14.23%、酸化第 2 鉄 (Fe₂O₃) 14.65%の割合であった。造滓成分 (SiO₂ + Al₂O₃ + CaO + MgO + K₂O + Na₂O) の割合は 64.13%と高く、このうち塩基性成分 (CaO + MgO) は 5.53%であった。製鉄原料の砂鉄 (含チタン鉄鉱) 起源の二酸化チタン (TiO₂) は 5.55%、バナジウム (V) が 0.11%であった。また酸化マンガ (MnO) は 0.29%、銅 (Cu) は < 0.01%であった。

以上の鉱物・化学組成から、当鉄滓も炉壁内面が溶融して生じた砂鉄製錬滓 (ガラス質滓) と推定される。

KWK-20: 製錬滓 (含鉄)

(1) 外観観察：ごく小形の含鉄鉄滓 (7.9g) である。表面は黄褐色の土砂や茶褐色の銹化物に覆われる。金属探知器反応があり、内部には金属鉄が残存するものと推定される。

(2) X線CT像：図版 15 上段に示す。滓中に不定形の金属鉄 (またはその銹化物) が含まれる。

(3) マクロ組織：図版 16 ①に示す。素地の灰褐色部は製錬滓、滓中の不定形青灰色部は銹化鉄で、内部に微細な金属鉄が残存する。

(4) 顕微鏡組織：図版 16 ②③に示す。②の右側および③の左側は金属鉄部である。素地の灰色部はペイナイト (Bainite) で、白色針状のフェライト (Ferrite : α相) が析出する。炭素量は 0.1%前後の軟鉄と推定される。これに対して、②の左側および③の右側は滓部で、淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネルが晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖といえる。

(5) ビッカース断面硬度：図版 16 ②③の金属鉄部の硬度値は 158, 189, 206Hvであった。フェライトの割合の高い箇所がより軟質で、組織に見合った値である。また淡茶褐色多角形結晶の硬度値は 710, 727, 753Hvであった。ウルボスピネル (Ulvöspinel : 2FeO·TiO₂) 組成の結晶としてはやや硬質で、アルミナ (Al₂O₃) などを少量固溶している可能性が高いと考えられる。さらに③の多角形結晶内の暗灰色部の硬度値は 907Hvと硬質であった。アルミナ (Al₂O₃) の割合が高く、ヘルシナイトに近い組成と

推測される。

(6) EPMA調査：図版 16 ④に滓部の反射電子像 (COMP) を示す。淡茶褐色多角形結晶の定量分析値は 52.0%FeO - 29.8%TiO₂ - 7.7%Al₂O₃ - 5.6%MgO - 2.3%V₂O₅ - 1.2%MnO (分析点 44) であった。ウルボスピネル (Ulvöspinel : 2FeO·TiO₂) と推定される。また素地部分の定量分析値は 29.8%SiO₂ - 8.8%Al₂O₃ - 26.2%CaO - 2.4%MgO - 1.3%K₂O - 2.1%P₂O₅ - 15.9%FeO - 11.6%TiO₂ (分析点 45), 19.6%SiO₂ - 15.2%Al₂O₃ - 2.6%P₂O₅ - 26.1%FeO - 18.4%TiO₂ (分析点 46) であった。非晶質珪酸塩である。

もう 1 視野、鉄中非金属介在物の組成を調査した。図版 16 ⑤に反射電子像 (COMP) を示す。定量分析値は 14.3%SiO₂ - 6.5%Al₂O₃ - 38.4%CaO - 1.9%MgO - 1.1%K₂O - 2.1%P₂O₅ - 11.6%FeO - 22.7%TiO₂ (分析点 47), 8.4%SiO₂ - 6.9%Al₂O₃ - 25.2%CaO - 4.2%MgO - 1.4%P₂O₅ - 26.7%FeO - 23.2%TiO₂ (分析点 48) であった。ライム (CaO), チタニア (TiO₂) の割合の高い非晶質珪酸塩であった。

滓部の鉱物組成から、当遺物は砂鉄を製錬してできた含鉄鉄滓と推定される。また滓中には、微細な金属鉄が残存する。炭素量は 0.1%前後の軟鉄と推定される。

KWK-21: 製錬滓

(1) 外観観察：やや小形の鉄滓破片 (49.5g) である。表面には淡褐色の土砂や茶褐色の鉄錆化物が付着する。滓の地の色調は黒灰色で着磁性がある。また上下面とも細かい凹凸が目立つ。

(2) X線CT像：図版 15 中段に示す。全体に密度の差がなく、まとまった金属鉄 (または錆化鉄) 部はみられない。

(3) マクロ組織：図版 17 ①に示す。上側表層に薄く錆化鉄 (青灰色) 部がみられるが、ほぼ全面灰褐色の砂鉄製錬滓であった。

(4) 顕微鏡組織：図版 17 ②③に示す。②は製錬滓の拡大である。滓中には淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル、白色粒状結晶ウスタイトが晶出する。また③右上は製鉄炉内に装入された砂鉄 (含チタン鉄鉱) が還元・滓化したものである。

(5) ビッカース断面硬度：図版 17 ②の淡茶褐色多角形結晶の硬度を測定した。硬度値は 728, 737Hv であった。ウルボスピネル (Ulvöspinel : 2FeO·TiO₂) 組成の結晶としてはやや硬質で、アルミナ (Al₂O₃) などを少量固溶している可能性が高いと考えられる。また白色粒状結晶の硬度値は 423Hv, 501Hv であった。ウスタイトと推定される。

(6) EPMA調査：図版 17 ④に砂鉄 (含チタン鉄鉱) が還元・滓化した箇所の反射電子像 (COMP) を示す。淡茶褐色多角形結晶の定量分析値は 60.2%FeO - 27.0%TiO₂ - 7.2%Al₂O₃ - 2.6%MgO (分析点 49) であった。ウルボスピネル (Ulvöspinel : 2FeO·TiO₂) と推定される。また淡灰色

結晶の定量分析値は 52.9%FeO - 27.3%SiO₂ - 2.1%P₂O₅ (分析点 50) であった。ファヤライト (Fayalite : 2FeO·SiO₂) と推定される。素地部分の定量分析値は 32.8%SiO₂ - 22.0%Al₂O₃ - 3.8%P₂O₅ - 11.5%FeO - 9.4%TiO₂ (分析点 51) であった。非晶質珪酸塩である。また滓中の微細な白色粒の定量分析値は 100.2%Fe (分析点 52) であった。金属鉄である。

(7) 化学組成分析：表 2 に示す。全鉄分 (Total Fe) 38.29% に対して、金属鉄 (Metallic Fe) は 0.37%, 酸化第 1 鉄 (FeO) が 31.63%, 酸化第 2 鉄 (Fe₂O₃) 19.06% の割合であった。造滓成分 (SiO₂ + Al₂O₃ + CaO + MgO + K₂O + Na₂O) 28.35% で、このうち塩基性成分 (CaO + MgO) は 8.89% とやや高めであった。製鉄原料の砂鉄 (含チタン鉄鉱) 起源の二酸化チタン (TiO₂) は 13.64%, バナジウム (V) が 0.19% と高値であった。酸化マンガン (MnO) も 0.69% と高めであった。銅 (Cu) は < 0.01% と低値であった。

当鉄滓も砂鉄 (含チタン鉄鉱) 起源の脈石成分 (TiO₂, V) の割合が高く、砂鉄製錬滓に分類される。

KWK-22: 製錬滓

(1) 外観観察：ごく小形の製錬滓の破片 (6.3g) と推測される。表面には黄～茶褐色の土砂や鉄錆化物が付着するが、金属探知器反応はなく着磁性もごく弱い。まとまった鉄部が存在する可能性は低いと考えられる。滓の色調は暗灰色で、破面には木炭痕が密にみられる。

(2) X線CT像：図版 15 下段に示す。内側の黒色部は木炭の燃焼で生じた空洞部分、不定形の白色部は鉄滓と推測される。

(3) マクロ組織：図版 18 ①に示す。観察面 (試料断面) も木炭痕による不規則な凹凸が目立つ。素地の灰褐色部は製錬滓、表層側の青灰色部は錆化鉄、黒灰色部は土砂である。

(4) 顕微鏡組織：図版 18 ②③に示す。②および③の左側は製錬滓の拡大である。淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル、淡灰色柱状結晶ファヤライトが晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。また③の右側は付着土砂中の砂鉄粒子である。熱影響はなく、廃棄後に付着したものと推測される。

(5) ビッカース断面硬度：図版 18 ②の淡茶褐色多角形結晶の硬度を測定した。硬度値は 647, 747Hv であった。後者はウルボスピネル (Ulvöspinel : 2FeO·TiO₂) 組成の結晶としてはやや硬質で、アルミナ (Al₂O₃) などを少量固溶している可能性が高いと考えられる。

(6) EPMA調査：図版 18 ④に付着砂鉄の反射電子像 (COMP) を示す (図版 18 ③右側の拡大)。定量分析値は 51.5%FeO - 41.8%TiO₂ - 2.4%MgO (分析点 53), 52.1%FeO - 42.3%TiO₂ - 2.3%MgO (分析点 54) であった。チタン鉄鉱 (Ilmenite : FeO·TiO₂) である。

もう1視野、滓部の組成を調査した。図版18⑤に反射電子像(COMP)を示す(図版18③左側の拡大)。淡灰色柱状結晶の定量分析値は52.7%FeO-9.5%MgO-2.8%CaO-1.2%MnO-31.0%SiO₂(分析点55)であった。ファヤライト(Fayalite:2FeO·SiO₂)で、マグネシア(MgO)などを少量固溶する。淡茶褐色多角形結晶の定量分析値は60.5%FeO-29.5%TiO₂-5.5%Al₂O₃-2.3%MgOであった(分析点56)。ウルボスピネル(Ulvöspinel:2FeO·TiO₂)で、アルミナ(Al₂O₃)、マグネシア(MgO)を少量固溶する。また素地部分の定量分析値は37.1%SiO₂-9.4%Al₂O₃-13.2%CaO-1.8%MgO-2.3%K₂O-1.5%Na₂O-1.4%P₂O₅-29.4%FeO-2.5%TiO₂(分析点57)であった。非晶質珪酸塩である。

滓部の鉱物組成から、当遺物は砂鉄製錬滓と推定される。

KWK-23: 製錬滓

(1) 外観観察: 小形の製錬滓の破片(26.0g)と推測される。色調は暗灰色で着磁性はやや強い。また上下面とも細かい凹凸が目立つ。気孔は少なく緻密な滓である。

(2) 顕微鏡組織: 図版19①~③に示す。滓中には淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル、白色粒状結晶ウスタイト、淡灰色柱状結晶ファヤライトが晶出する。また②の左上は熱影響を受けて還元・滓化が進行した砂鉄(含チタン鉄鉱)粒子である。

(3) ビッカース断面硬度: 図版19③の淡茶褐色多角形結晶の硬度を測定した。硬度値は738,767Hvであった。ウルボスピネル(Ulvöspinel:2FeO·TiO₂)組成の結晶としては硬質で、アルミナ(Al₂O₃)などを少量固溶している可能性が考えられる。また白色粒状結晶の硬度値は504,521Hvであった。ウスタイトの文献硬度値よりも高めであるが、これは粒内の微細な淡茶褐色結晶〔ウルボスピネル(Ulvöspinel:2FeO·TiO₂)〕の影響と推定される。

(4) EPMA調査: 図版19④に被熱砂鉄(含チタン鉄鉱)の反射電子像(COMP)を示す(図版19②の拡大)。定量分析値は素地の灰褐色部が93.2%FeO-4.1%TiO₂-1.5%MgO(分析点58)、縞状褐色部の定量分析値は69.1%FeO-19.6%TiO₂-3.1%Al₂O₃(分析点59)であった。縞状の離溶組織を持つ含チタン鉄鉱粒子であった。

もう1視野、滓部の組成を調査した。図版19⑤に反射電子像(COMP)を示す。淡茶褐色多角形結晶の定量分析値は62.8%FeO-23.8%TiO₂-7.8%Al₂O₃-1.7%MgO(分析点60)であった。ウルボスピネル(Ulvöspinel:2FeO·TiO₂)で、アルミナ(Al₂O₃)、マグネシア(MgO)を少量固溶する。また淡灰色結晶の定量分析値は41.8%FeO-17.0%CaO-3.5%MgO-30.9%SiO₂(分析点61)であった。ライム(CaO)の割合が高い、オリビン〔Olivine:2(Fe,Ca,Mg)O·SiO₂〕組成の結晶であった。また素地部分の定量分析値は38.1%SiO₂-17.2%Al₂O₃-14.8%CaO-4.4%K₂O-2.3%Na₂O-2.3%P₂O₅

-18.1%FeO-1.2%TiO₂(分析点62)であった。非晶質珪酸塩である。

(5) 化学組成分析: 表2に示す。全鉄分(Total Fe)45.54%に対して、金属鉄(Metallic Fe)は0.15%、酸化第1鉄(FeO)が37.36%、酸化第2鉄(Fe₂O₃)23.38%の割合であった。造滓成分(SiO₂+Al₂O₃+CaO+MgO+K₂O+Na₂O)26.71%で、このうち塩基性成分(CaO+MgO)の割合は7.87%であった。製鉄原料の砂鉄(含チタン鉄鉱)起源の二酸化チタン(TiO₂)は11.84%、バナジウム(V)が0.21%と高値であった。また酸化マンガン(MnO)も0.62%と高値であった。銅(Cu)はく0.01%と低値であった。

当鉄滓も砂鉄(含チタン鉄鉱)起源の脈石成分(TiO₂,V)の割合が高く、砂鉄製錬滓に分類される。滓中には熱影響を受けた砂鉄(含チタン鉄鉱)が確認された。

KWK-24: 製錬滓(ガラス質滓)

(1) 外観観察: 小形で不定形のガラス質滓(42.4g)である。色調は黒灰色で弱い着磁性がある。黄~茶褐色の土砂や鉄錆化物が部分的に付着するが、まとまった鉄部はみられない。表面は弱い流動状で、細かい木炭痕による凹凸もみられる。

(2) 顕微鏡組織: 図版20①~③に示す。素地の暗灰色部はガラス質滓で、内部には熱影響を受けた石英などの砂粒が混在する。炉材粘土の熔融物主体の滓といえる。ただし、滓中には部分的に淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル、白色針状結晶イルメナイトが晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖といえる。また②微細な明白色部は金属鉄である。ほとんど炭素を含まないフェライト単相の組織が確認された。また③の左側の青灰色部は、還元によって生じた微細な金属鉄が錆化したものである。

(3) ビッカース断面硬度: 図版20②の淡茶褐色多角形結晶の硬度を測定した。硬度値は691,706Hvであった。ウルボスピネルと推定される。また金属鉄部の硬度値は128,180Hvであった。フェライト単相の組織としては硬質であり、燐(P)などを固溶している可能性が考えられる。

(4) EPMA調査: 図版20④に滓部の反射電子像(COMP)を示す。白色針状結晶の定量分析値は39.4%FeO-53.1%TiO₂-4.0%MgO-1.1%V₂O₅(分析点63)であった。イルメナイト(Ilmenite:FeO·TiO₂)で、マグネシア(MgO)などを少量固溶する。淡茶褐色多角形結晶の定量分析値は53.5%FeO-33.1%TiO₂-6.0%Al₂O₃-3.9%MgO-2.3%V₂O₅(分析点64)であった。ウルボスピネル(Ulvöspinel:2FeO·TiO₂)で、アルミナ(Al₂O₃)、マグネシア(MgO)などを少量固溶する。また素地の暗灰色部の定量分析値は42.7%SiO₂-14.2%Al₂O₃-10.8%CaO-2.9%MgO-2.8%K₂O-1.3%Na₂O-1.3%P₂O₅-17.4%FeO-5.1%TiO₂(分析点65)であった。非晶質珪酸塩である。

もう1視野, 金属鉄部の調査を実施した。図版20⑤に反射電子像 (COMP) を示す (図版20②の拡大)。内部の淡茶褐色の非金属介在物の定量分析値は53.7%FeO-32.3%TiO₂-5.8%MnO-5.7%V₂O₃ (分析点66), 47.1%FeO-26.5%TiO₂-9.3%MnO-12.8%V₂O₃-1.9%Cr₂O₃ (分析点67)であった。ウルボスピネル (Ulvöspinel : 2FeO·TiO₂) に近い組成の化合物といえる。さらに地鉄中の点状黒色部の定量分析値は95.7%Fe-0.6%P (分析点68) で, 燐 (P) の偏析と推測される。

(5) 化学組成分析: 表2に示す。全鉄分 (Total Fe) の割合は13.38%と低い。このうち金属鉄 (Metallic Fe) は0.14%, 酸化第1鉄 (FeO) が7.04%, 酸化第2鉄 (Fe₂O₃) 11.11%の割合であった。造滓成分 (SiO₂+Al₂O₃+CaO+MgO+K₂O+Na₂O) の割合は79.17%と高く, このうち塩基性成分 (CaO+MgO) 5.47%であった。製鉄原料の砂鉄 (含チタン鉄鉱) 起源の二酸化チタン (TiO₂) は3.10%, バナジウム (V) が0.06%であった。また酸化マンガン (MnO) は0.18%, 銅 (Cu) < 0.01%であった。

以上の鉱物・化学組成から, 当鉄滓も炉壁内面が溶融して生じた砂鉄製錬滓 (ガラス質滓) と推定される。

KWK-25: 製錬滓

(1) 外観観察: 不定形の製錬滓の破片 (84.3g) である。表面は広い範囲で灰褐色の炉材粘土が付着する。滓の色調は黒灰色で弱影响着磁性がある。上面は滑らかな流動状で, 下面は微細な凹凸がある。全体に気孔は少なく緻密である。

(2) 顕微鏡組織: 図版21①~③に示す。滓中には淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル, 暗灰色多角形結晶ヘルシナイト, 淡灰色柱状結晶ファヤライトが晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖といえる。また③の灰褐色粒は被熱砂鉄 (含チタン鉄鉱) である。

(3) ビッカース断面硬度: 図版21②の淡茶褐色多角形結晶の硬度を測定した。硬度値は731, 739Hvであった。ウルボスピネル (Ulvöspinel : 2FeO·TiO₂) 組成の結晶としては硬質で, アルミナ (Al₂O₃) などを少量固溶している可能性が考えられる。

(4) EPMA調査: 図版21④に被熱砂鉄の反射電子像 (COMP) を示す (図版21③の拡大)。砂鉄粒子の定量分析値は79.4%FeO-11.6%TiO₂-1.6%Al₂O₃ (分析点69) であった。チタン磁鉄鉱 (Titanomagnetite) である。また滓中の微細な暗灰色多角形結晶の定量分析値は43.1%FeO-47.4%Al₂O₃-2.5%TiO₂-2.3%MgO (分析点70) であった。ヘルシナイト (Hercynite : FeO·Al₂O₃) で, 少量チタニア (TiO₂), マグネシア (MgO) を固溶する。

もう1視野, 滓部の組成を調査した。図版21⑤に反射電子像 (COMP) を示す。淡茶褐色多角形結晶の定量分析値は61.0%FeO-27.2%TiO₂-4.9%Al₂O₃-2.3%MgO-1.4%V₂O₃

(分析点71) であった。ウルボスピネル (Ulvöspinel : 2FeO·TiO₂) で, アルミナ (Al₂O₃) などを少量固溶する。白色樹枝状結晶の定量分析値は92.5%FeO-2.3%TiO₂ (分析点72) であった。ウスタイト (Wustite : FeO) と推定される。また淡灰色柱状結晶の定量分析値は50.1%FeO-11.3%CaO-4.6%MgO-1.2%MnO-29.5%SiO₂ (分析点73) であった。ライム (CaO) の割合が高く, オリビン [Olivine : 2 (Fe, Ca, Mg, Mn) O·SiO₂] 組成の結晶であった。

(5) 化学組成分析: 表2に示す。全鉄分 (Total Fe) 44.18%に対して, 金属鉄 (Metallic Fe) は0.12%, 酸化第1鉄 (FeO) が44.85%, 酸化第2鉄 (Fe₂O₃) 13.15%の割合であった。造滓成分 (SiO₂+Al₂O₃+CaO+MgO+K₂O+Na₂O) 28.35%で, このうち塩基性成分 (CaO+MgO) は6.71%であった。製鉄原料の砂鉄 (含チタン鉄鉱) 起源の二酸化チタン (TiO₂) は13.27%, バナジウム (V) が0.24%と高値であった。また酸化マンガン (MnO) も0.61%と高めであった。銅 (Cu) は< 0.01%と低値であった。

当鉄滓も砂鉄 (含チタン鉄鉱) 起源の脈石成分 (TiO₂, V) の割合が高く, 砂鉄製錬滓に分類される。また滓中には熱影響を受けた砂鉄 (含チタン鉄鉱) が確認された。

KWK-26: 製錬滓

(1) 外観観察: ごく小形で細長い棒状の鉄滓 (41.3g) である。色調は暗灰色で, 強い着磁性がある。表面は細かい凹凸があり, 気孔は少なく緻密な滓である。

(2) 顕微鏡組織: 図版23①②に示す。淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル, 白色粒状結晶ウスタイトが晶出する。

(3) ビッカース断面硬度: 図版23②の淡茶褐色多角形結晶の硬度を測定した。硬度値は666, 739Hvであった。後者はウルボスピネル (Ulvöspinel : 2FeO·TiO₂) 組成の結晶としては硬質で, アルミナ (Al₂O₃) などを少量固溶している可能性が考えられる。また白色粒状結晶の硬度値は512, 514Hvであった。ウスタイトの文献硬度値よりも高めであるが, これは粒内の微細な淡茶褐色結晶 [ウルボスピネル (Ulvöspinel : 2FeO·TiO₂)] の影響と推定される。

(4) 化学組成分析: 表2に示す。全鉄分 (Total Fe) 50.91%に対して, 金属鉄 (Metallic Fe) は0.12%, 酸化第1鉄 (FeO) が52.33%, 酸化第2鉄 (Fe₂O₃) 14.46%の割合であった。造滓成分 (SiO₂+Al₂O₃+CaO+MgO+K₂O+Na₂O) の割合は18.31%と低めで, このうち塩基性成分 (CaO+MgO) は6.65%であった。製鉄原料の砂鉄 (含チタン鉄鉱) 起源の二酸化チタン (TiO₂) は14.46%, バナジウム (V) が0.28%と高値であった。また酸化マンガン (MnO) も0.65%と高めであった。銅 (Cu) は< 0.01%と低値であった。

当鉄滓も砂鉄 (含チタン鉄鉱) 起源の脈石成分 (TiO₂, V) の割合が高く, 砂鉄製錬滓に分類される。

KWK-27: 製鍊滓(ガラス質, 含鉄)

(1) 外観観察: 不定形小形の黒色ガラス質滓(38.8g)である。製鉄炉の炉壁内面表層の溶融物と推定される。表面には小形の銹化鉄部が点在する。金属探知器反応もあり、滓中に小形の金属鉄粒が含まれている可能性が高いと考えられる。

(2) マクロ組織: 図版22①に示す。素地の暗灰色部はガラス質滓で、内部には熱影響を受けた石英などの砂粒が混在する。炉材粘土の溶融物主体の滓といえる。一方、写真右下の明白色部は金属鉄である。

(3) 顕微鏡組織: 図版22②③に示す。明灰色部は金属鉄で、5%ナイトルで腐食した組織を示す。素地部分はベイナイト(Bainite)で、針状フェライトが析出する。炭素量は0.1%前後の軟鉄と推測される。また旧オーステナイト(Austenite: γ 鉄)粒界の不定形茶褐色は燐化鉄共晶($\alpha + \text{Fe}_3\text{P}$)と推定される。

(4) ビッカース断面硬度: 図版22③の金属鉄部の硬度を測定した。硬度値は燐化鉄共晶中央部の硬度値は1044Hvと非常に硬質であった。また外周よりの箇所硬度値は557, 459Hvであった。さらにその周囲のフェライト(明白色部)の硬度値は238Hv、素地のベイナイト組織(灰色部)の硬度値は187Hvであった。燐(P)の偏析が強い箇所ほど硬質の値を示した。

(5) EPMA調査: 図版22④に金属鉄部の反射電子像(COMP)を示す。暗灰色の非金属介在物の定量分析値は40.4%CaO-54.9%TiO₂-3.0%FeO-1.8%V₂O₃(分析点74), 40.1%CaO-55.3%TiO₂-3.0%FeO-1.5%V₂O₃(分析点75)であった。ペロブスカイト(Perovskite: CaO·TiO₂)である。また金属鉄部の燐化鉄共晶の中央部の定量分析値は88.2%Fe-12.1%P(分析点76)、外周部の定量分析値は99.4%Fe-2.4%P(分析点77)、フェライト結晶部分の定量分析値は101.9%Fe-0.7%P(分析点78)であった。燐偏析の影響が確認できた。

(6) 化学組成分析: 表2に示す。全鉄分(Total Fe)14.84%に対して、金属鉄(Metallic Fe)は0.36%, 酸化第1鉄(FeO)が6.69%, 酸化第2鉄(Fe₂O₃)13.27%の割合であった。造滓成分(SiO₂+Al₂O₃+CaO+MgO+K₂O+Na₂O)の割合は74.99%と高く、このうち塩基性成分(CaO+MgO)は9.46%であった。製鉄原料の砂鉄(含チタン鉄鉱)起源の二酸化チタン(TiO₂)は3.31%, バナジウム(V)が0.06%であった。また酸化マンガン(MnO)は0.20%, 銅(Cu)は<0.01%であった。

以上の鉱物・化学組成から、当鉄滓も炉壁内面が溶融して生じた砂鉄製鍊滓(ガラス質滓)と推定される。また金属鉄部は燐の偏析が顕著であった。

KWK-28: 鍛冶滓

(1) 外観観察: ごく小形の鍛冶滓破片と推定される。表

面には薄く茶褐色の鉄銹化物が付着する。滓の地の色調は暗灰色で、着磁性はごく弱い。

(2) マクロ組織: 図版23③に示す。素地の明灰色部は鍛冶滓で、内部には熱影響を受けた微細な鍛造剥片が複数確認された。

(3) 顕微鏡組織: 図版23④に示す。写真上側の明灰色部は鍛冶滓で、滓中には微細な白色粒状結晶ウスタイト、淡灰色柱状結晶ファイヤライトが晶出する。鍛鍊鍛冶滓の晶癖といえる。

KWK-29: 鍛冶滓

(1) 外観観察: ごく小形で板状の鍛冶滓破片と推定される。色調は暗灰色で、着磁性はやや弱い。表裏面とも微細な凹凸がみられる。

(2) マクロ組織: 図版23⑤に示す。厚さ1.5mm前後の板状の鍛冶滓であった。

(3) 顕微鏡組織: 図版23⑥に示す。暗灰色部はガラス質滓で、白色粒状結晶ウスタイトが凝集して晶出する。鍛鍊鍛冶滓の晶癖で、主に鉄材の吹き減り(酸化に伴う損失)による滓と推定される。

KWK-30: 鍛冶滓

(1) 外観観察: ごく小形で板状の鍛冶滓破片と推定される。色調は暗灰色で、着磁性はやや弱い。表裏面とも比較的平滑である。

(2) マクロ組織: 図版23⑦に示す。厚さ1mm前後の板状の鍛冶滓であった。

(3) 顕微鏡組織: 図版23⑧に示す。暗灰色部はガラス質滓で、白色結晶ウスタイトが凝集して晶出する。鍛冶滓(KWK-29)と同様、主に鉄材の吹き減り(酸化に伴う損失)による鍛鍊鍛冶滓と推定される。

4. まとめ

川久保遺跡から出土した鉄滓・炉壁計30点を調査した。製鉄関連土坑1・2から出土した遺物24点はすべて、製鉄関連遺物と推定される。発掘調査地区内では明瞭な製鉄炉跡は確認されていないが、近接地で鉄生産が行われていた可能性が高いと考えられる。一方、堅穴建物跡7号床面の微細遺物は鉄材を熱間で加工した際に生じた鍛鍊鍛冶滓と推定される。詳細は以下の通りである。

4-1. 製鉄関連遺物

(1) 製鉄関連土坑1・2から出土した鉄滓(KWK-1~8, 11~13, 19~27)は、製鍊滓または製鉄炉の内面が溶融してできたガラス質滓であった。

鉄滓中には製鉄原料の砂鉄を含むものが多数確認された。製鍊滓(ガラス質滓を除く)のチタニアの含有割合は高めで(TiO₂: 7.78~15.21%), 燐酸分も高めであった(P₂O₅: 0.33~0.98%)。これは製鉄原料の砂鉄(含チタン

鉄鉱)中に微細な燐灰石 [Apatite : $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$]が含まれている (KWK-3, 12)ためと判断される。鹿児島県内の多数の製鉄遺跡でこうした砂鉄が確認されており、地域に分布する火山岩(または火山噴出物)起源の砂鉄の特徴といえる(注4, 5)。

(2)今回調査を実施した鉄滓中には、まとまった金属鉄を含むもの(鉄塊系遺物)はみられなかった。最もまとまった金属鉄部が確認されたガラス質滓(KWK-27)では、鉄中に燐偏析が確認された。こうした燐の含有割合の高い鉄を鍛冶原料とした場合、鍛打加工時の鍛接不良や製品の脆化などの悪影響が懸念される。

(3)炉壁(KWK-9, 10, 17, 18)は、炉壁粘土中に微細な砂鉄(含チタン鉄鉱)が比較的多く含まれる。[熱影響のほとんどない遺物(KWK-18)でも、鉄分を5%弱、チタニアを1%弱含むことから、砂鉄が粘土中に混在していたと考えられる]。このため炉壁の耐火度はいずれも1200°C未満であった。製鉄炉の炉壁としては、やや低めの耐火性状といえる。意図的な選択の結果であれば、耐火性よりも造滓剤としての役割が重要視された可能性が考えられる。

4-2. 鍛冶関連遺物

竪穴建物跡7号床面から出土した微細遺物(KWK-14~16, 28~30)は、いずれも鉄酸化物主体の滓であった。鉄材を熱間で鍛打加工した時に生じた遺物(鍛鍛鍛冶滓)と推定される。遺跡内で鍛冶作業が行われたことを示す遺物といえる。

(注)

(1)日刊工業新聞社1968『焼結鉱組織写真および識別法』

ウスタイトは約450~500Hv、マグネタイトは約500~600Hv、ファヤライトは約600~700Hvの範囲が提示されている。ウルボスピネル(Ulvöspinel : $2\text{FeO}\cdot\text{TiO}_2$)の硬度値範囲の明記はないが、マグネタイト(Magnetite : $\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$)と同じスピネル類の化合物で、チタニアを固溶するためマグネタイトよりも硬質である。ウルボスピネル組成であれば通常600Hv以上の値を示す。ヘルシナイト(Hercynite : $\text{FeO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$)はさらに硬質で1000Hvを超える。

(2)木下亀城・小川留太郎『岩石鉄物』保育社 1995

チタン鉄鉱は赤鉄鉱とあらゆる割合に混じりあった固溶体をつくる。(中略)チタン鉄鉱と赤鉄鉱の固溶体には、チタン鉄鉱あるいは赤鉄鉱の結晶をなし、全体が完全に均質なものと、チタン鉄鉱と赤鉄鉱が平行にならんで規則正しい縞状構造を示すものがある。

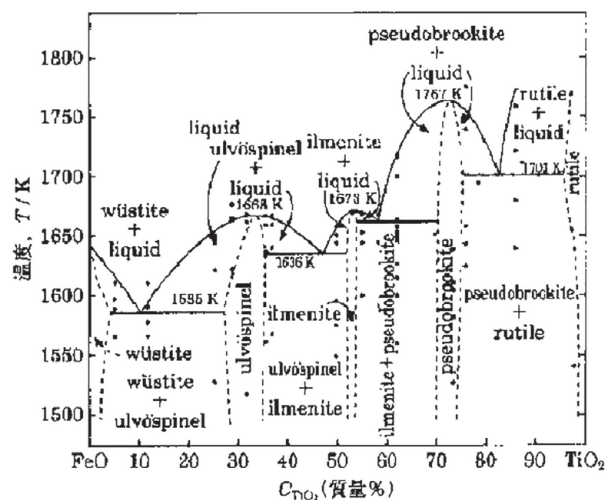
チタン鉄鉱は磁鉄鉱とも固溶体をつくり、これにも均質なものと、縞状のものがある。(中略)このようなチタン鉄鉱と赤鉄鉱、または磁鉄鉱との固溶体を含チタン鉄鉱(Titaniferous iron ore)という。

(3)J.B. Mac chesney and A. Murau : American Mineralogist, 46 (1961), 572

[イルメナイト (Ilmenite : $\text{FeO}\cdot\text{TiO}_2$), シュードブルックタイト (Pseudobrookite : $\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{TiO}_2$)の晶出は $\text{FeO}-\text{TiO}_2$ 二元平衡状態図から高温化操作が推定される。]

(4)鈴木瑞穂「鹿児島県の高燐(P)砂鉄が製鉄技術に及ぼした影響について」『ミュージアム知覧』紀要第11号2007

(5)鈴木瑞穂「南九州地域の中世~近世の製鉄技術について」『鉄の歴史-その技術と文化-フォーラム第12回公開研究発表会論文集』(社)日本鉄鋼協会 社会鉄鋼工学部会「鉄の歴史-その技術と文化-」フォーラム 2009



FeO-TiO₂ 二元平衡状態図

表1 供試材の履歴と調査項目

符号	遺跡名	出土位置	遺物名称	計測値		金属探知器 反応	調査項目					備考	
				大きさ (mm)	重量 (g)		X線CT	マクロ 組織	顕微鏡 組織	ビッカース 断面硬度	EPMA		化学分析
KWK-1	川久保	製鉄関連 土坑1	製鎮滓 (含鉄)	62×30×25	58.0	○	○	○	○	○	○		
KWK-2			製鎮滓 (含鉄)	45×33×20	21.6	錳化 (△)	○	○	○	○	○		
KWK-3			製鎮滓 (ガラス質滓)	65×38×26	65.2	×	×	○	○	○	○		
KWK-4			製鎮滓	51×49×30	123.9	×	×	○	○	○	○		
KWK-5			製鎮滓 (ガラス質滓)	36×12×12	9.1	×	×	○	○	○	○		*大きさ：最大破片を計測
KWK-6			製鎮滓 (ガラス質滓)	36×23×12	6.0	×	×	○	○	○	○		
KWK-7			製鎮滓	33×27×17	28.5	×	×	○	○	○	○		
KWK-8			製鎮滓	54×46×33	74.1	錳化 (△)	×	○	○	○	○		
KWK-9			炉壁	44×40×26	26.9	×	×	○	○	○	○		
KWK-10			炉壁	53×30×45	35.6	×	×	○	○	○	○		
KWK-11			製鎮滓 (ガラス質滓)	37×22×13	8.1	×	×	○	○	○	○		
KWK-12	製鎮滓 (ガラス質滓)	37×31×25	28.4	×	×	○	○	○	○				
KWK-13	製鎮滓 (ガラス質滓)	64×33×22	33.9	×	×	○	○	○	○				
KWK-14	堅穴建物 跡7号 床面	鍛冶滓片	鍛冶滓片	9.1×8.5×2.4		×	○	○	○	○			
KWK-15			鍛冶滓片	7.5×4.9×1.1		×	○	○	○	○			
KWK-16			鍛冶滓片	7.9×4.9×1.2		×	×	○	○	○	○		
KWK-17	製鉄関連 土坑1	炉壁	炉壁	50×30×16	17.0	×	○	○	○	○			
KWK-18			炉壁	62×44×38	51.8	×	×	○	○	○	○		
KWK-19			製鎮滓 (ガラス質滓)	51×50×31	35.8	×	×	○	○	○	○		
KWK-20			製鎮滓 (含鉄)	27×18×15	7.9	○	○	○	○	○	○		
KWK-21			製鎮滓	48×33×30	49.5	錳化 (△)	×	○	○	○	○		
KWK-22			製鎮滓	34×20×19	6.3	錳化 (△)	×	○	○	○	○		
KWK-23			製鎮滓	30×30×28	26.0	×	×	○	○	○	○		
KWK-24			製鎮滓 (ガラス質滓・含鉄)	49×39×25	42.4	×	×	○	○	○	○		
KWK-25			製鎮滓	60×44×25	84.3	×	×	○	○	○	○		
KWK-26			製鎮滓	48×27×17	41.3	×	×	○	○	○	○		
KWK-27	堅穴建物 跡7号 床面	製鎮滓 (ガラス質滓・含鉄)	製鎮滓 (ガラス質滓・含鉄)	55×29×37	38.8	×	○	○	○	○			
KWK-28			鍛冶滓片	10.8×5.5×5.5		×	○	○	○	○			
KWK-29			鍛冶滓片	8.4×5.5×1.2		×	○	○	○	○			
KWK-30			鍛冶滓片	7.4×6.3×1.0		×	○	○	○	○			

表2 供試材の化学組成

符号	遺跡名	遺物名称	全鉄分 (Total Fe)	金属鉄 (Metallic Fe)	酸化 第1鉄 (FeO)	酸化 第2鉄 (Fe ₂ O ₃)	二酸化 珪素 (SiO ₂)	酸化アル ミニウム (Al ₂ O ₃)	酸化カル シウム (CaO)	酸化マグ ネシウム (MgO)	酸化 カリウム (K ₂ O)	酸化ナト リウム (Na ₂ O)	酸化マン ガン (MnO)	二酸化 チタン (TiO ₂)	酸化 クロム (Cr ₂ O ₃)	硫黄 (S)	五酸化磷 (P ₂ O ₅)	炭素 (C)	バナジウム (V)	銅 (Cu)	二酸化 ジルコニウム (ZrO ₂)	砒素 (As)	Σ*
KWK-1	川久保	製錬滓(含鉄)	47.62	0.22	32.46	31.70	9.53	4.95	2.41	1.75	0.41	0.21	0.45	10.41	0.03	0.050	0.41	0.10	0.21	<0.01	<0.01	<0.01	9.73
KWK-3		製錬滓 (ガラス質滓)	15.72	0.20	8.49	12.75	47.53	18.52	3.01	1.52	2.08	1.27	0.20	3.61	0.05	0.029	0.17	0.16	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	26.40
KWK-4		製錬滓	44.21	0.13	31.79	27.69	14.23	6.90	3.65	1.61	0.53	0.31	0.39	8.54	0.03	0.063	0.33	0.20	0.19	<0.01	<0.01	<0.01	13.00
KWK-7		製錬滓	48.09	0.30	50.55	12.15	7.36	4.60	4.74	2.41	0.75	0.21	0.68	15.21	0.03	0.053	0.41	0.05	0.28	<0.01	<0.01	<0.01	12.71
KWK-8		製錬滓	23.28	0.17	20.58	10.17	35.06	12.79	6.54	1.99	2.43	1.14	0.38	7.78	0.04	0.070	0.43	0.12	0.13	<0.01	<0.01	<0.01	24.89
KWK-9		炉壁	5.67	0.06	2.01	5.79	58.06	21.31	0.98	1.25	1.46	1.45	0.09	1.03	0.04	0.007	0.09	#5.98	0.01	0.01	0.02	<0.01	26.45
KWK-10		炉壁	6.23	0.05	2.52	6.04	59.38	22.19	1.19	1.42	1.62	1.85	0.12	1.11	0.03	0.007	0.15	#1.12	0.01	0.01	0.02	<0.01	28.27
KWK-12		製錬滓 (ガラス質滓)	25.05	0.15	17.49	16.16	35.30	16.16	3.89	1.63	1.46	0.87	0.29	5.92	0.05	0.027	0.29	0.09	0.12	<0.01	<0.01	<0.01	24.01
KWK-13		製錬滓 (ガラス質滓)	13.76	0.15	7.12	11.55	50.19	18.40	3.05	1.64	2.26	1.83	0.22	4.17	0.04	0.013	0.20	0.13	0.08	<0.01	<0.01	<0.01	27.18
KWK-18		炉壁	4.91	0.03	1.44	5.38	54.10	19.03	0.89	0.98	1.42	1.91	0.07	0.89	0.01	0.008	0.08	#12.45	0.01	<0.01	0.01	<0.01	24.23
KWK-19		製錬滓 (ガラス質滓)	21.40	0.09	14.23	14.65	38.14	18.09	3.63	1.90	1.10	1.27	0.29	5.55	0.04	0.020	0.27	0.21	0.11	<0.01	<0.01	<0.01	25.99
KWK-21		製錬滓	38.29	0.37	31.63	19.06	12.28	6.48	6.91	1.98	0.54	0.16	0.69	13.64	0.02	0.063	0.98	0.26	0.19	<0.01	<0.01	<0.01	16.07
KWK-23		製錬滓	45.54	0.15	37.36	23.38	11.79	5.76	5.54	2.33	0.97	0.32	0.62	11.84	0.04	0.034	0.50	0.05	0.21	<0.01	<0.01	<0.01	14.92
KWK-24		製錬滓 (ガラス質滓・含鉄)	13.38	0.14	7.04	11.11	51.12	17.57	3.78	1.69	3.16	1.85	0.18	3.10	0.04	0.012	0.32	0.08	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	28.05
KWK-25		製錬滓	44.18	0.12	44.85	13.15	13.31	7.31	4.77	1.94	0.67	0.35	0.61	13.27	0.04	0.051	0.48	0.08	0.24	<0.01	<0.01	<0.01	15.04
KWK-26		製錬滓	50.91	0.12	52.33	14.46	6.56	4.27	4.33	2.32	0.67	0.16	0.65	14.46	0.04	0.038	0.37	0.04	0.28	<0.01	<0.01	<0.01	11.75
KWK-27		製錬滓 (ガラス質滓・含鉄)	14.84	0.36	6.69	13.27	45.72	15.76	7.67	1.79	2.37	1.68	0.20	3.31	0.06	0.031	0.44	0.18	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	29.27

表3 耐火度試験結果

符号	遺跡名	遺物名称	耐火度(°C)
KWK-9	川久保	炉壁	1160
KWK-10		炉壁	<1120
KWK-17		炉壁	<1120
KWK-18		炉壁	<1120

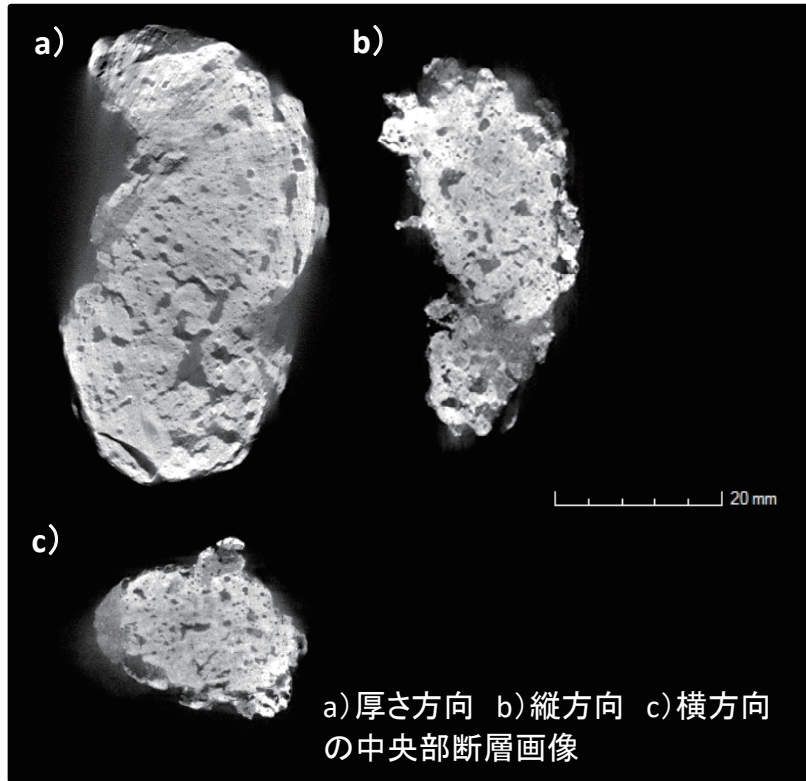
表4 出土遺物の調査結果のまとめ

符号	遺跡名	出土位置	遺物名称	顕微鏡組織	化学組成 (%)										所見
					Total Fe	塩基性成分	TiO ₂	V	MnO	造洋成分	P ₂ O ₅				
KWK-1	川久保 製鉄関連 土坑1		製鉄滓(含鉄)	滓部:U+W、被熱砂鉄粒子(含チタン鉄鉱)、微小金属鉄粒・針状フェライト・ペイナイト	47.62	4.16	10.41	0.21	0.45	9.73	0.41	製鉄滓(製鉄原料:砂鉄)			
KWK-2			製鉄滓(含鉄)	滓部:S+Pe+F+R+TiN、微小鉄化鉄粒;白鉄組織痕跡	-	-	-	-	-	-	-	製鉄滓(製鉄原料:砂鉄、高温製鉄)			
KWK-3			製鉄滓(ガラス質滓)	素地:ガラス質滓(石英粒混在)、滓部:U+W+F、被熱砂鉄(含チタン鉄鉱)還元・滓化	15.72	4.53	3.61	0.07	0.20	0.39	26.40	0.17	製鉄滓内面の溶融物(製鉄原料:砂鉄)		
KWK-4	製鉄関連 土坑2		製鉄滓	滓部:U+W+F、被熱砂鉄(含チタン鉄鉱)	44.21	5.26	8.54	0.19	0.68	13.00	0.33	製鉄滓(製鉄原料:砂鉄)			
KWK-5			製鉄滓(ガラス質滓)	素地:ガラス質滓(石英粒混在)、滓部:U	-	-	-	-	-	-	-	製鉄滓内面の溶融物(製鉄原料:砂鉄)			
KWK-6			製鉄滓(ガラス質滓)	素地:ガラス質滓(石英粒混在)、滓部:U+H+I	-	-	-	-	-	-	-	製鉄滓内面の溶融物(製鉄原料:砂鉄)			
KWK-7	製鉄関連 土坑2		製鉄滓	滓部:U+W+F、被熱砂鉄(含チタン鉄鉱)	48.09	7.15	15.21	0.28	0.29	12.71	0.41	製鉄滓(製鉄原料:砂鉄)			
KWK-8			製鉄滓	滓部:U、被熱砂鉄(含チタン鉄鉱)還元・滓化	23.28	8.53	7.78	0.13	0.38	24.89	0.43	製鉄滓(製鉄原料:砂鉄)			
KWK-9			炉壁	表面:ガラス質化、素地:粘土鉱物(含チタン鉄鉱を含む)	5.67	2.23	1.03	0.01	0.09	26.45	0.09	耐火度:1160°C、やや耐火性の低い性状			
KWK-10	製鉄関連 土坑1		炉壁	素地:ガラス質化(含チタン鉄鉱を含む)	6.23	2.61	1.11	0.01	0.12	28.27	0.15	耐火度:<1120°C、やや耐火性の低い性状			
KWK-11			製鉄滓(ガラス質滓)	滓部:U、素地:ガラス質滓(石英粒・含チタン鉄鉱混在)	-	-	-	-	-	-	-	製鉄滓内面の溶融物(製鉄原料:砂鉄)			
KWK-12			製鉄滓(ガラス質滓)	滓部:U+W+F、素地:ガラス質滓(石英粒混在)、被熱砂鉄(含チタン鉄鉱)	25.05	5.52	5.92	0.12	0.29	24.01	0.29	製鉄滓(製鉄原料:砂鉄)			
KWK-13	製鉄関連 土坑1		製鉄滓(ガラス質滓)	滓部:U+I、素地:ガラス質滓(石英粒混在)、砂鉄・含チタン鉄鉱	13.76	4.69	4.17	0.08	0.22	27.18	0.20	製鉄滓内面の溶融物(製鉄原料:砂鉄)			
KWK-14			鍛冶滓片	滓部:W+F	-	-	-	-	-	-	-	鍛鉄滓治滓(熱間での鍛打加工時の微細遺物)			
KWK-15			鍛冶滓片	滓部:W	-	-	-	-	-	-	-	鍛鉄滓治滓(熱間での鍛打加工時の微細遺物)			
KWK-16	製鉄関連 土坑1		鍛冶滓片	滓部:W	-	-	-	-	-	-	-	鍛鉄滓治滓(熱間での鍛打加工時の微細遺物)			
KWK-17			炉壁	表面:ガラス質化、素地:粘土鉱物(含チタン鉄鉱を含む)	-	-	-	-	-	-	-	耐火度:<1120°C、やや耐火性の低い性状			
KWK-18			炉壁	素地:粘土鉱物(含チタン鉄鉱を含む)	4.91	1.87	0.89	0.01	0.07	24.23	0.08	耐火度:<1120°C、やや耐火性の低い性状			
KWK-19	製鉄関連 土坑1		製鉄滓(ガラス質滓)	滓部:U、被熱砂鉄(含チタン鉄鉱)	21.40	5.53	5.55	0.11	0.29	25.99	0.27	製鉄滓(製鉄原料:砂鉄)			
KWK-20			製鉄滓(含鉄)	滓部:U+F、微小金属鉄部:針状フェライト・ペイナイト	-	-	-	-	-	-	-	製鉄滓(製鉄原料:砂鉄)			
KWK-21			製鉄滓	滓部:U+F、被熱砂鉄(含チタン鉄鉱)還元・滓化	38.29	8.89	13.64	0.19	0.69	16.07	0.98	製鉄滓(製鉄原料:砂鉄)			
KWK-22	製鉄関連 土坑1		製鉄滓	滓部:U+F、砂鉄(含チタン鉄鉱)付着	-	-	-	-	-	-	-	製鉄滓(製鉄原料:砂鉄)			
KWK-23			製鉄滓	滓部:U+F、被熱砂鉄(含チタン鉄鉱)	45.54	7.87	11.84	0.21	0.62	14.92	0.50	製鉄滓(製鉄原料:砂鉄)			
KWK-24			製鉄滓(ガラス質滓・含鉄)	素地:ガラス質滓(石英粒混在)、滓部:U+I、被熱砂鉄(含チタン鉄鉱)還元・滓化、金属鉄部:フェライト単相	13.38	5.47	3.10	0.06	0.18	28.05	0.32	製鉄滓内面の溶融物(製鉄原料:砂鉄)			
KWK-25	製鉄関連 土坑1		製鉄滓	滓部:U+H+W+F、被熱砂鉄(含チタン鉄鉱)	44.18	6.71	13.27	0.24	0.61	15.04	0.48	製鉄滓(製鉄原料:砂鉄)			
KWK-26			製鉄滓	滓部:U+W	50.91	6.65	14.46	0.28	0.65	11.75	0.37	製鉄滓(製鉄原料:砂鉄)			
KWK-27			製鉄滓(ガラス質滓・含鉄)	素地:ガラス質滓(石英粒混在)、金属鉄部:針状フェライト・ペイナイト(燻層析)	14.84	9.46	3.31	0.06	0.20	29.27	0.44	製鉄滓内面の溶融物(製鉄原料:砂鉄)			
KWK-28	製鉄関連 土坑1		鍛冶滓片	滓部:W+F	-	-	-	-	-	-	-	鍛鉄滓治滓(熱間での鍛打加工時の微細遺物)			
KWK-29			鍛冶滓片	滓部:W	-	-	-	-	-	-	-	鍛鉄滓治滓(熱間での鍛打加工時の微細遺物)			
KWK-30			鍛冶滓片	滓部:W	-	-	-	-	-	-	-	鍛鉄滓治滓(熱間での鍛打加工時の微細遺物)			

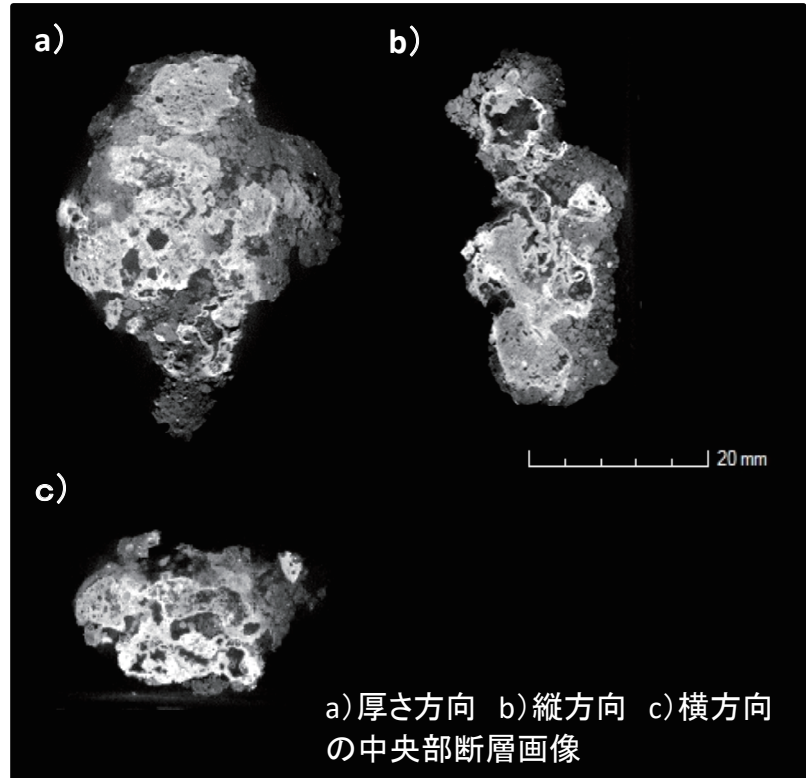
U:Ultrapinnel (2FeO·TiO₂)、I:Ilmenite (FeO·TiO₂)、Ps:Pseudobrookite (Fe₃O₄·TiO₂)、R:Rutile (TiO₂)、W:Wustite (FeO)、S:Spinel (MgO·Al₂O₃)、H:Hercynite (FeO·Al₂O₃)、F:Fayalite (2FeO·SiO₂)



KWK-1
製錬滓(含鉄)
外観写真



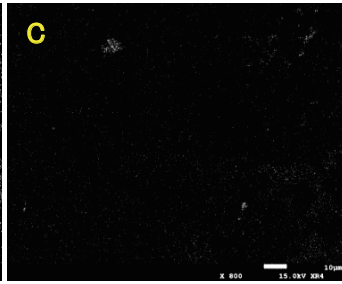
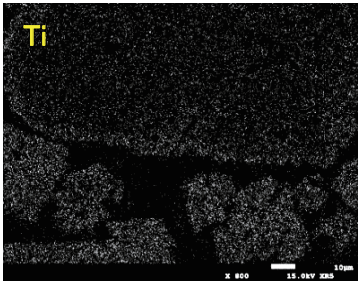
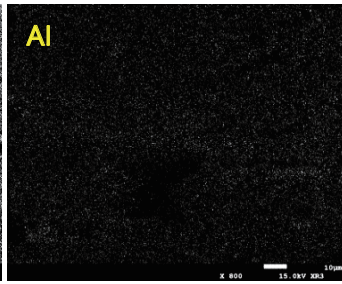
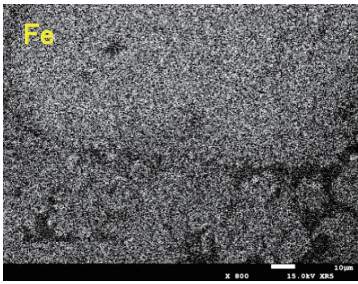
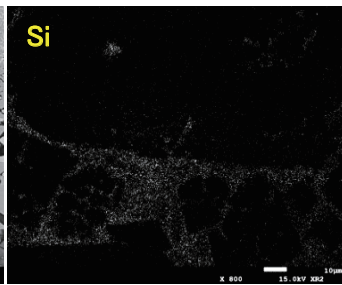
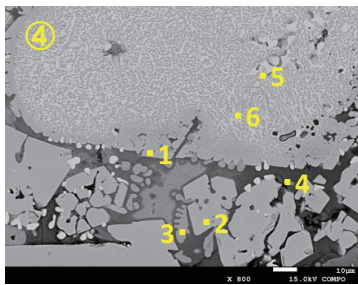
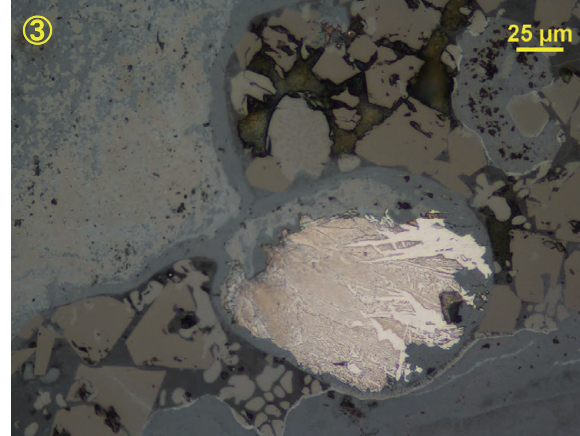
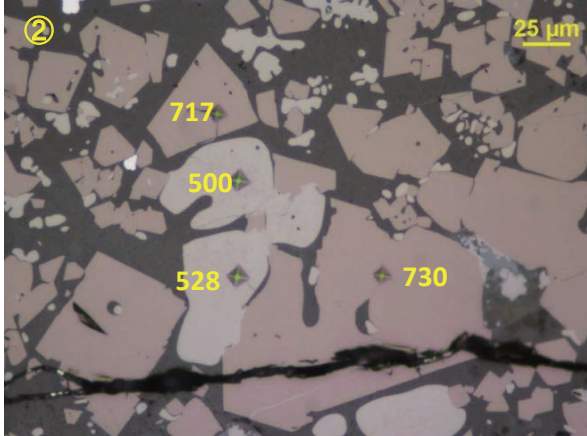
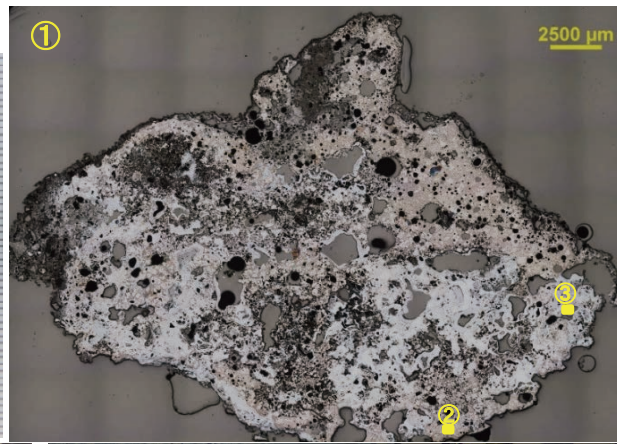
KWK-2
製錬滓(含鉄)
外観写真



図版1 X線CTによる製錬滓(含鉄)の断層画像

KWK-1
製鍊滓(含鉄)

- ①マクロ組織
- ②滓部:ウスタイト(500・528Hv)、ウルホスピネル(717・730Hv)
- ③微小金属鉄粒:針状フェライト・ベイナイト



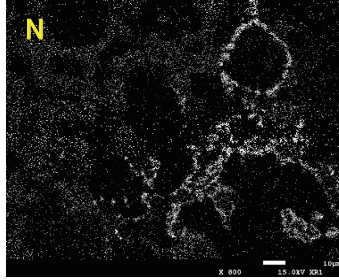
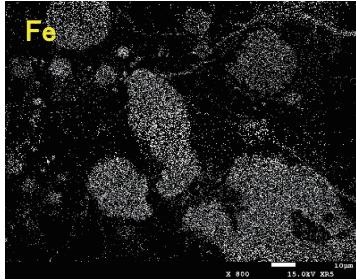
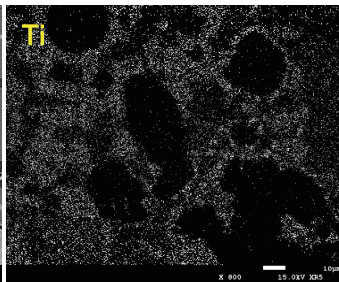
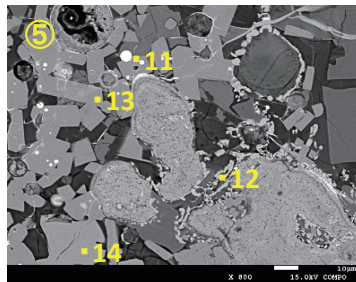
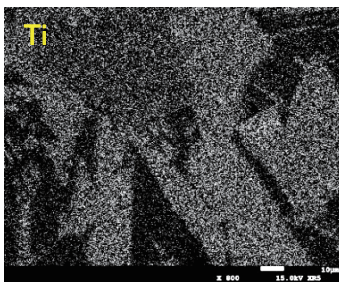
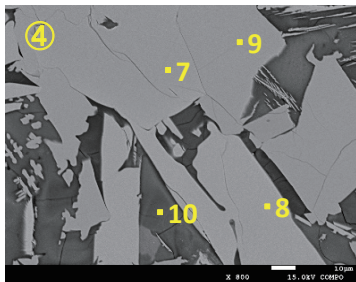
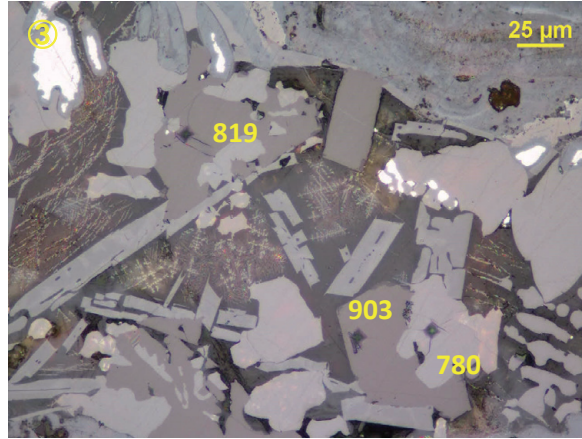
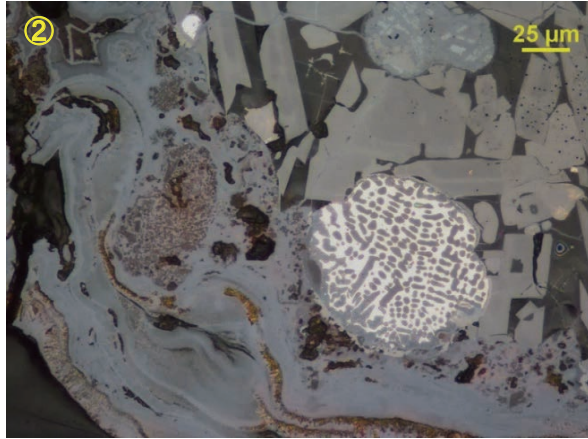
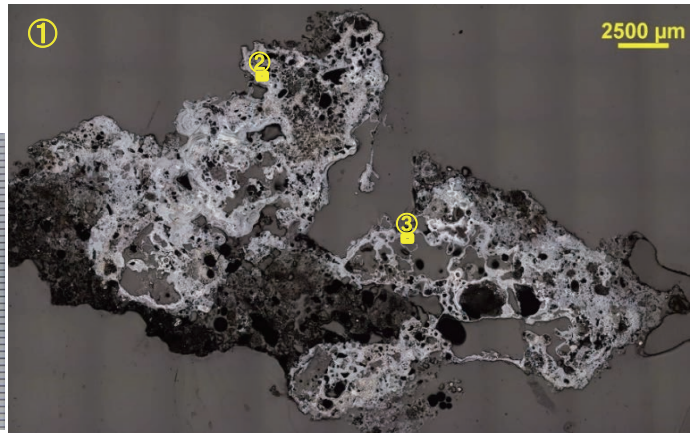
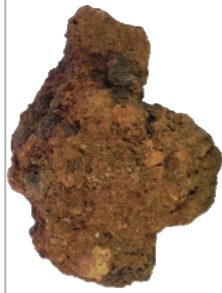
Element	1	2	3
MgO	2.138	2.511	0.618
SiO ₂	0.093	0.040	7.018
Na ₂ O	-	0.034	-
Al ₂ O ₃	5.806	4.432	2.160
CaO	0.095	0.124	0.184
TiO ₂	25.853	27.356	3.669
S	0.003	0.020	0.143
ZrO ₂	0.035	0.097	0.033
P ₂ O ₅	-	0.033	1.367
SrO	-	0.018	-
K ₂ O	0.002	0.009	0.022
CuO	0.012	-	-
FeO	61.272	60.251	70.051
MnO	0.766	0.745	0.192
Cr ₂ O ₃	0.025	0.076	-
V ₂ O ₃	0.501	1.187	0.057
Total	96.601	96.933	85.514
Element	4	5	6
MgO	0.140	2.106	1.950
SiO ₂	28.016	0.212	0.724
Na ₂ O	0.055	-	-
Al ₂ O ₃	8.774	1.830	7.975
CaO	1.367	-	-
TiO ₂	1.867	5.376	10.878
S	0.022	0.001	0.008
ZrO ₂	0.192	0.096	-
P ₂ O ₅	1.858	-	0.097
K ₂ O	0.065	0.011	-
CuO	-	0.002	0.049
FeO	31.304	85.065	70.588
MnO	0.103	0.399	0.458
Cr ₂ O ₃	0.011	0.031	0.048
V ₂ O ₃	0.045	0.618	1.077
Total	73.819	95.747	93.852

上:滓部(被熱砂鉄)の反射電子像(COMP)・特性X線像 右:定量分析

図版2 製鍊滓(含鉄)の顕微鏡写真・EPMA調査結果

KWK-2
製錬滓(含鉄)

- ①マクロ組織
- ②錆化鉄粒: 白鑄鉄組織痕跡、③滓部: ペロプスカイト(780Hv)・スピネルとウルホスピネルを主な端成分とする固溶体(819・903Hv)・シュートブルッカイト・ルチル



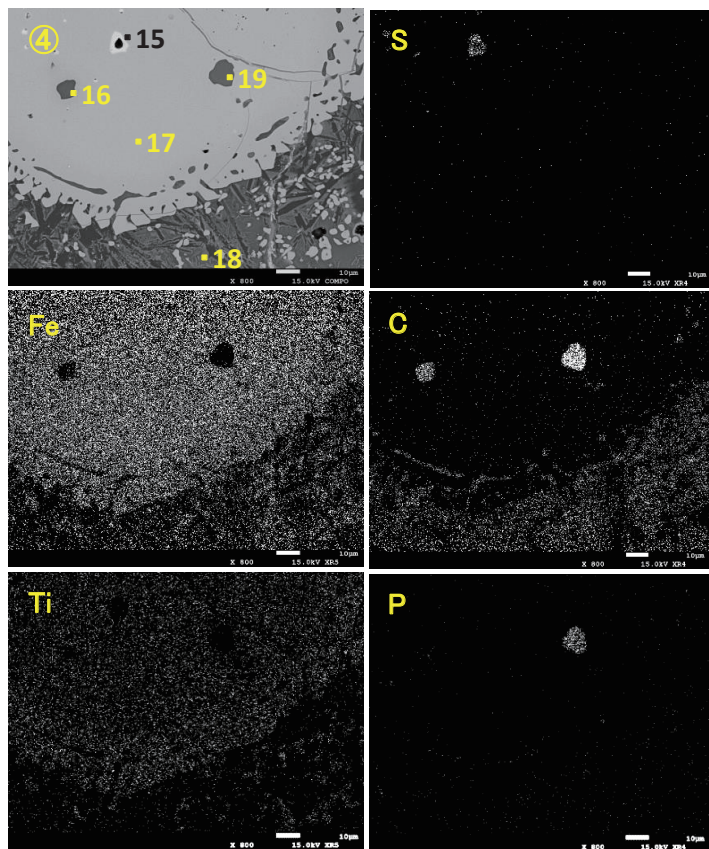
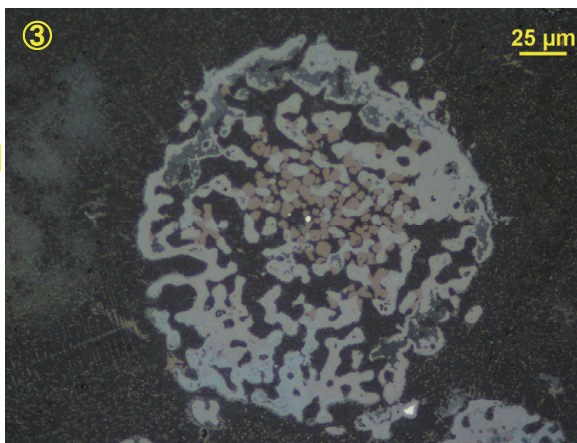
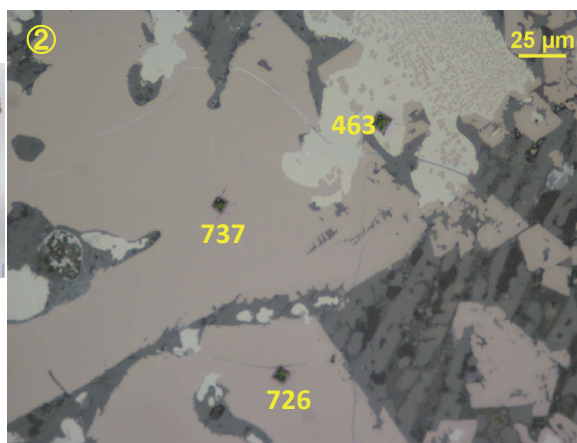
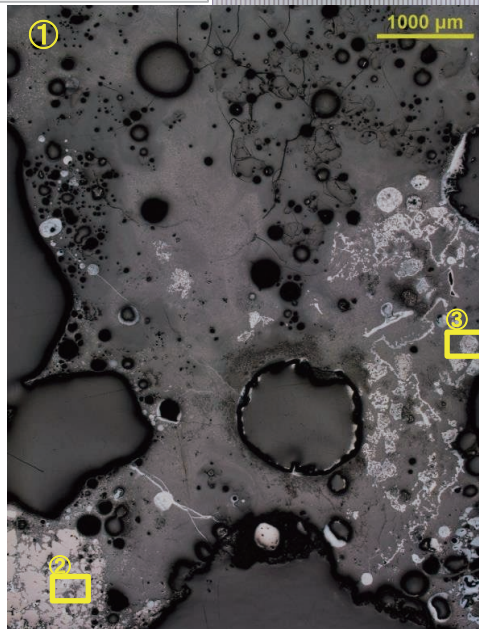
Element	7	8	9	10
MgO	14.918	11.177	0.102	1.783
SiO ₂	0.040	0.041	-	25.242
Na ₂ O	-	0.015	0.090	0.264
Al ₂ O ₃	9.345	0.821	0.121	16.242
CaO	0.196	0.387	40.622	5.297
TiO ₂	35.121	60.209	58.635	15.557
S	0.005	0.003	-	0.396
ZrO ₂	0.028	0.124	0.020	0.719
P ₂ O ₅	-	0.020	0.059	4.766
SrO	0.070	-	-	-
K ₂ O	0.003	0.009	0.047	0.278
CuO	-	0.008	-	-
FeO	28.212	22.866	0.594	13.960
MnO	3.539	3.666	0.253	1.093
Cr ₂ O ₃	0.631	0.081	0.016	0.028
V ₂ O ₃	7.895	1.616	1.105	0.140
Total	100.003	101.043	101.664	85.765

Element	11	12	Element	13	14
N	0.466	22.154	F	-	0.099
O	0.280	2.659	MgO	6.452	0.102
Si	0.028	0.032	SiO ₂	0.054	-
Na	0.014	-	Na ₂ O	0.063	0.051
Mg	-	0.013	Al ₂ O ₃	2.652	0.311
Ca	0.098	0.134	CaO	0.138	40.540
S	0.012	-	TiO ₂	88.857	58.882
Zr	0.010	-	ZrO ₂	0.453	0.075
P	0.172	0.002	SrO	0.040	-
K	0.005	0.010	K ₂ O	0.007	0.010
Ti	2.516	74.057	CuO	0.039	0.012
Fe	98.262	0.765	FeO	0.601	0.281
Mn	0.166	0.040	MnO	0.670	0.300
Cr	0.034	0.134	Cr ₂ O ₃	0.014	0.019
Total	102.063	100.000	V ₂ O ₃	1.358	0.555
			Total	101.398	101.195

上: 滓部の反射電子像(COMP)・特性X線像 右: 定量分析値

図版3 製錬滓(含鉄)の顕微鏡写真・EPMA調査結果

KWK-3製錬滓(ガラス質滓)
 ①素地:ガラス質滓(被熱石英
 粒混在)、②滓部:カルホスピネル
 (726・737Hv)・ウスタイト
 (463Hv)・ファヤライト、③被熱砂
 鉄(含チタン鉄鉱)還元・滓化



定量分析値		Element	15
		N	0.320
		O	4.092
		Si	0.042
		Na	0.007
		Mg	0.009
		S	32.459
		Zr	0.002
		Ti	0.604
		Fe	61.608
		Mn	0.063
		Total	99.206

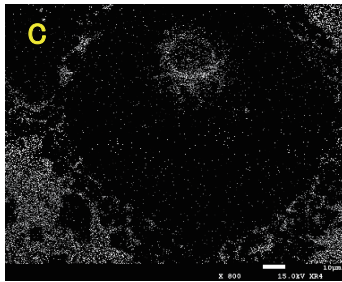
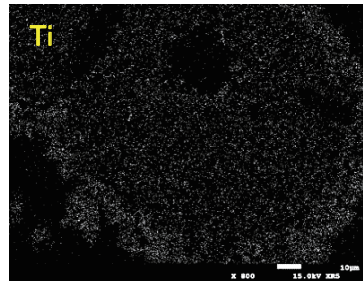
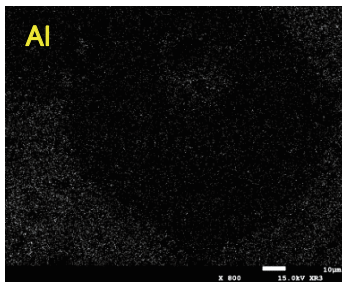
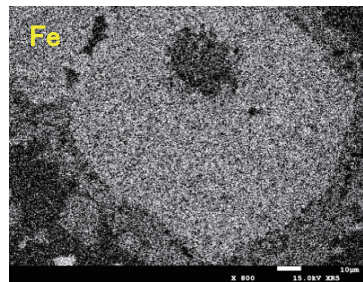
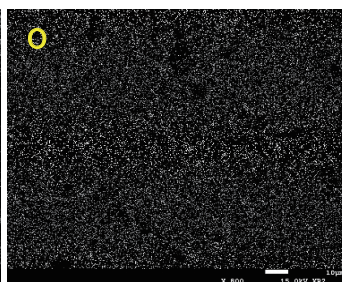
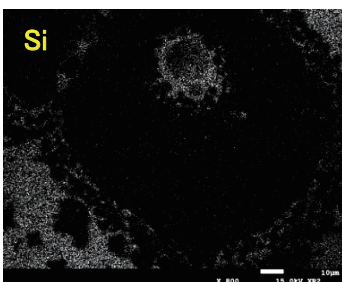
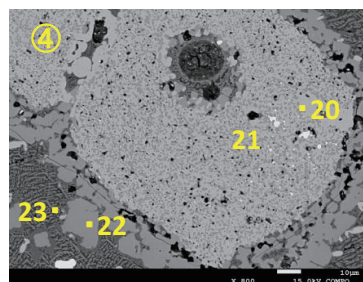
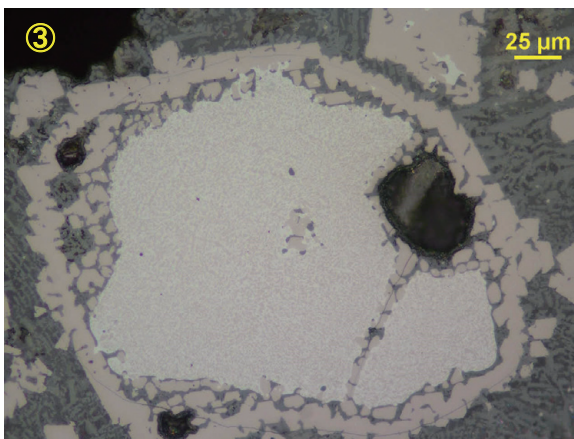
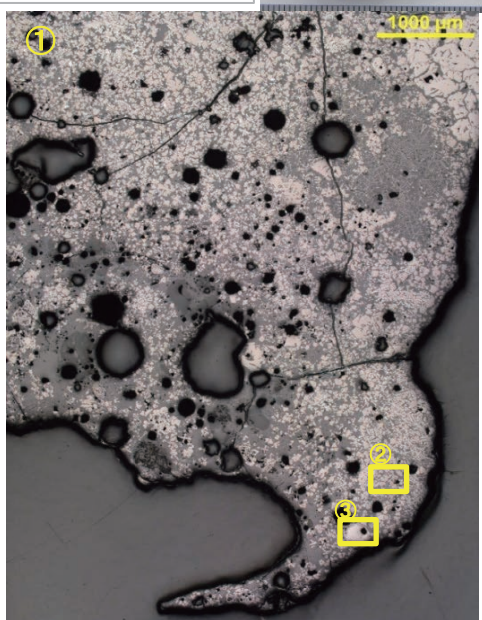
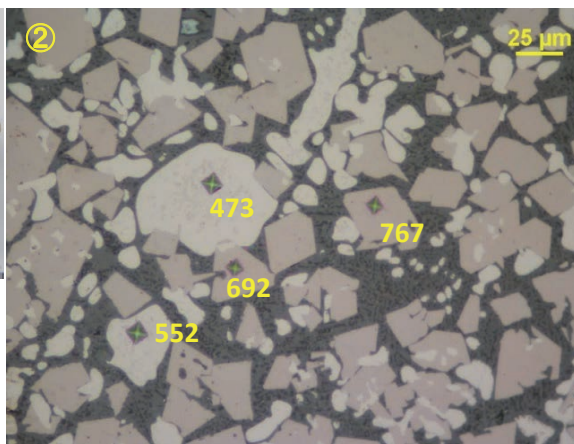
Element	16	17	18	19
F	-	-	-	2.419
MgO	2.207	0.975	6.418	0.633
SiO ₂	40.140	0.105	44.248	2.062
Na ₂ O	2.050	0.030	0.093	-
Al ₂ O ₃	11.047	2.088	6.338	0.418
CaO	23.134	-	6.736	46.020
TiO ₂	4.955	12.253	1.447	1.447
S	0.242	-	-	0.013
ZrO ₂	0.227	0.074	0.082	0.196
P ₂ O ₅	4.189	0.002	0.854	37.404
SrO	-	0.011	-	-
K ₂ O	1.226	-	0.111	0.030
CuO	-	0.012	-	-
FeO	11.108	78.569	33.299	11.824
MnO	0.320	0.287	0.599	0.136
Cr ₂ O ₃	-	0.008	-	-
V ₂ O ₃	0.111	0.517	0.011	0.082
Total	100.956	94.931	100.236	101.665

滓部(被熱砂鉄)の反射電子像(COMP)・特性X線像

図版4 製錬滓(ガラス質滓)の顕微鏡写真・EPMA調査結果

KWK-4 製錬滓

- ①②滓部: ウルホスピネル(692・767Hv)・ウスタイト(473・552Hv)
- ③被熱砂鉄(含チタン鉄鉱)



定量分析値

Element	20	21	22	23
MgO	1.561	1.337	1.818	2.471
SiO ₂	0.159	0.106	0.07	34.325
Na ₂ O	0.103	-	0.007	0.753
Al ₂ O ₃	0.167	5.260	9.269	5.101
CaO	-	-	0.143	17.838
TiO ₂	1.730	19.522	23.514	0.677
S	0.009	-	-	0.041
ZrO ₂	-	0.098	0.041	0.146
P ₂ O ₅	0.016	-	0.008	1.004
K ₂ O	-	-	0.002	1.712
CuO	-	0.043	-	-
FeO	94.838	68.793	62.369	38.025
MnO	0.491	0.595	0.517	0.772
Cr ₂ O ₃	0.030	0.079	0.031	-
V ₂ O ₃	0.186	1.089	0.394	-
Total	99.29	96.922	98.183	102.865

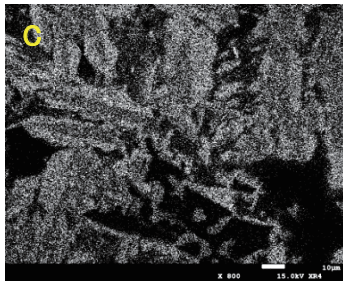
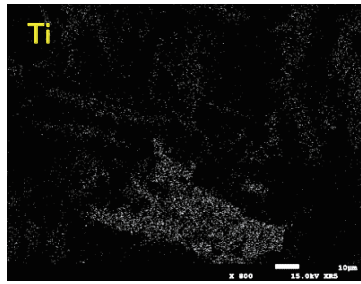
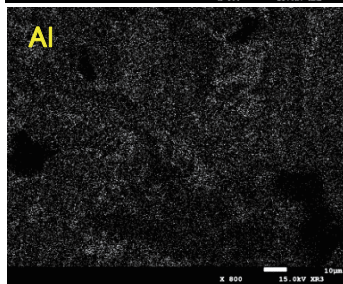
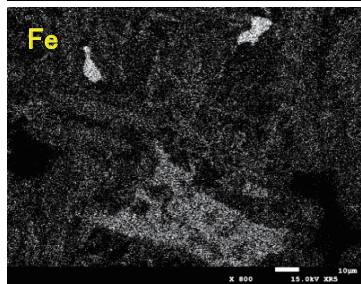
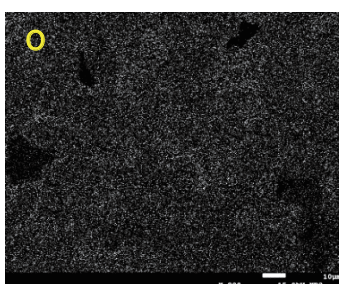
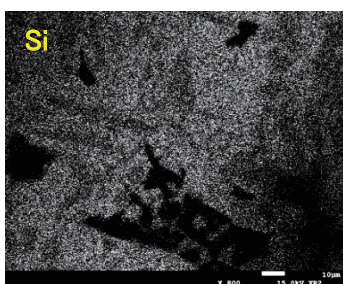
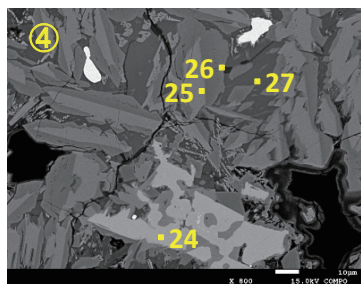
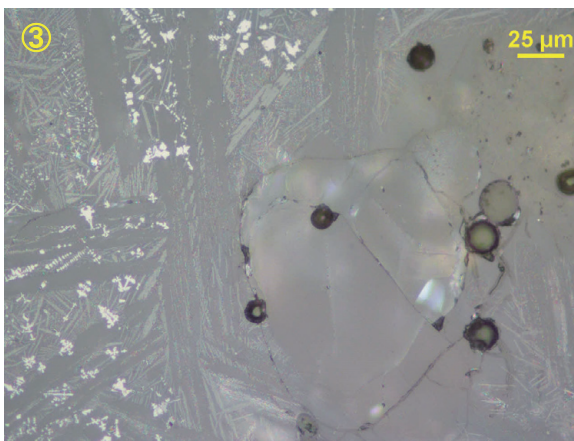
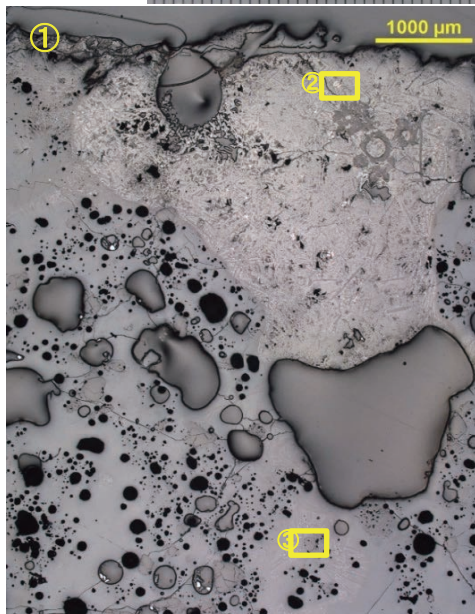
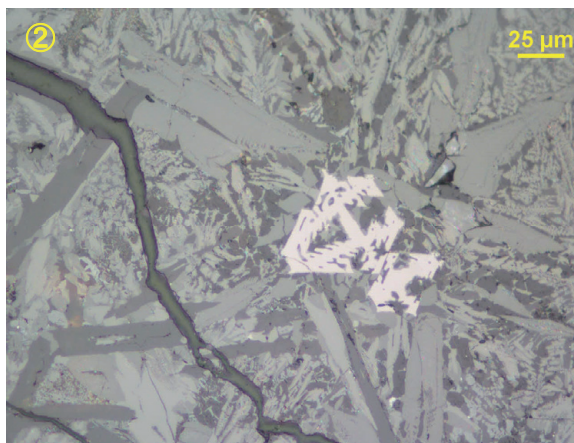
滓部(被熱砂鉄)の反射電子像(COMP)・特性X線像

図版 5 製錬滓の顕微鏡写真・EPMA調査結果

KWK-5

製錬滓(ガラス質滓)

①素地:ガラス質滓(被熱石英粒混在)、②③滓部拡大、ウルホスピネル



定量分析値				
Element	24	25	26	27
MgO	1.635	2.716	4.022	0.025
SiO ₂	2.037	43.768	26.795	50.918
Na ₂ O	0.068	0.339	0.631	6.487
Al ₂ O ₃	5.880	8.911	11.678	18.677
CaO	1.267	21.140	12.391	4.847
TiO ₂	27.359	1.599	10.354	0.136
S	0.007	-	0.005	0.076
ZrO ₂	-	0.177	0.041	0.009
P ₂ O ₅	0.028	0.776	0.151	0.828
SrO	-	-	-	0.080
K ₂ O	0.026	0.152	0.009	2.715
CuO	0.041	0.019	-	0.015
FeO	59.410	20.943	33.133	14.280
MnO	0.502	0.393	0.253	0.342
Cr ₂ O ₃	0.075	-	0.033	-
V ₂ O ₃	1.063	0.025	0.179	0.008
Total	99.398	100.958	99.675	99.443

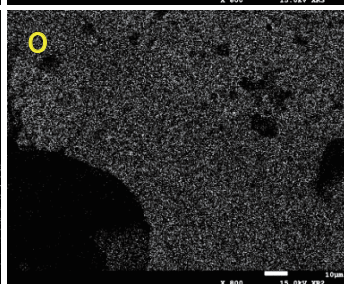
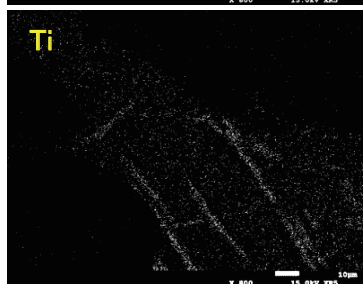
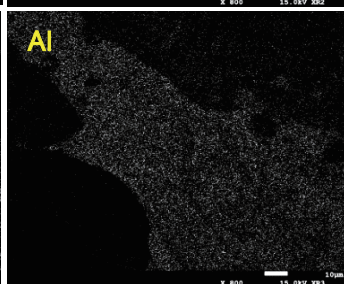
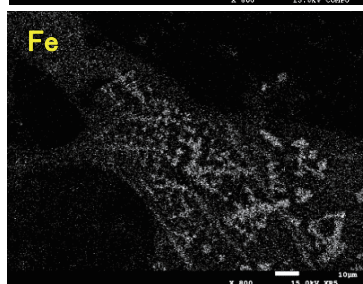
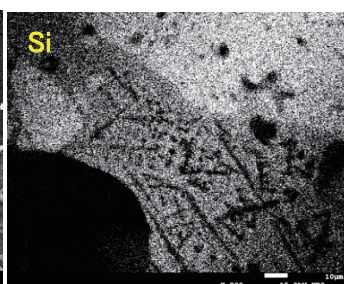
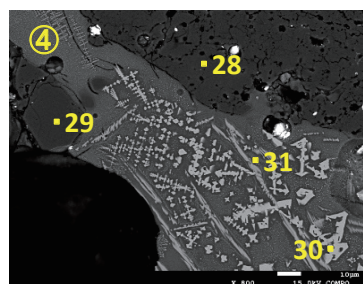
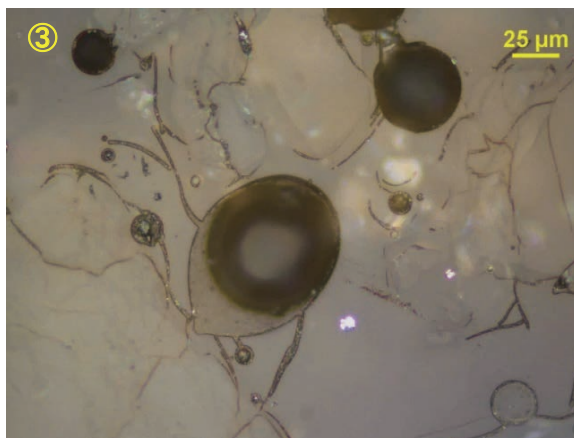
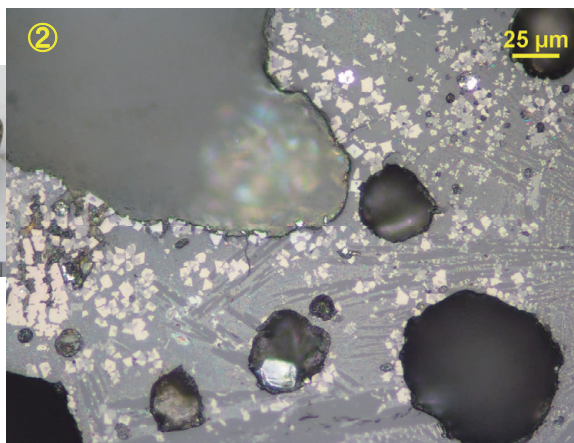
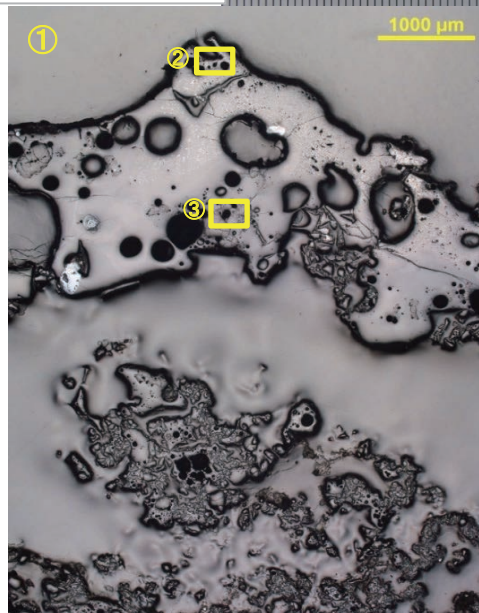
滓部の反射電子像(COMP)・特性X線像

図版6 製錬滓(ガラス質滓)の顕微鏡写真・EPMA調査結果

KWK-6

製錬滓(ガラス質滓)

①上側:ガラス質滓、下側:被熱粘土、
②滓部:ウルホスピネル・ヘルシナイト・
ファイヤイト、③ガラス質滓(被熱石
英粒混在)



定量分析値

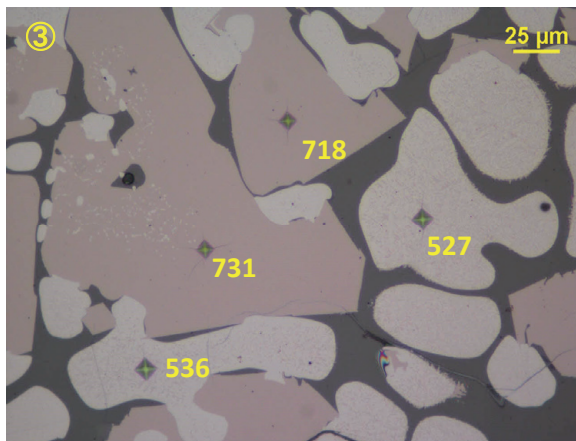
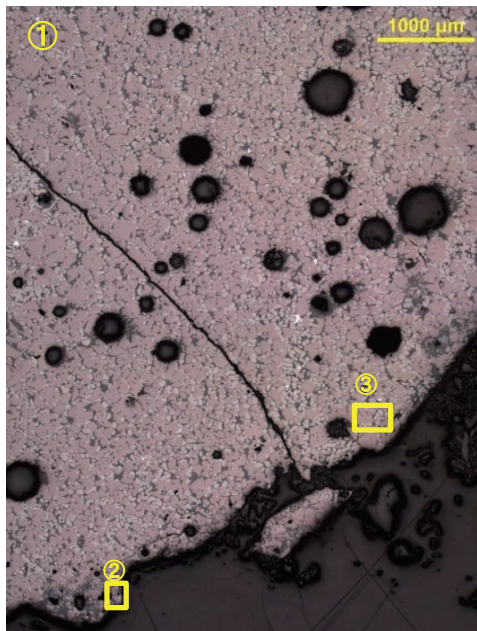
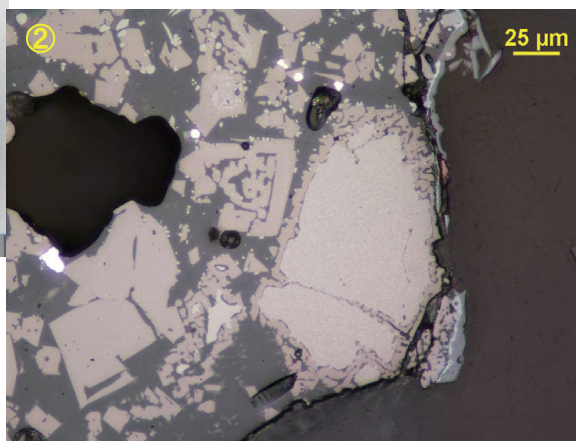
Element	28	29	30	31
MgO	0.120	0.013	2.958	1.388
SiO ₂	97.719	96.985	1.558	23.610
Na ₂ O	0.512	-	0.004	0.243
Al ₂ O ₃	2.402	-	7.433	6.295
CaO	0.028	0.001	-	0.350
TiO ₂	0.043	0.040	8.504	29.208
S	-	0.007	0.011	-
ZrO ₂	0.033	-	-	0.037
P ₂ O ₅	0.037	0.027	0.064	0.171
K ₂ O	0.733	-	0.025	0.527
CuO	0.018	-	-	-
FeO	0.381	0.314	72.654	35.899
MnO	-	0.008	0.664	0.109
Cr ₂ O ₃	0.010	0.001	0.041	0.011
V ₂ O ₃	-	0.015	0.443	0.449
Total	102.036	97.411	94.359	98.297

滓部の反射電子像(COMP)・特性X線像

図版7 製錬滓(ガラス質滓)の顕微鏡写真・EPMA調査結果

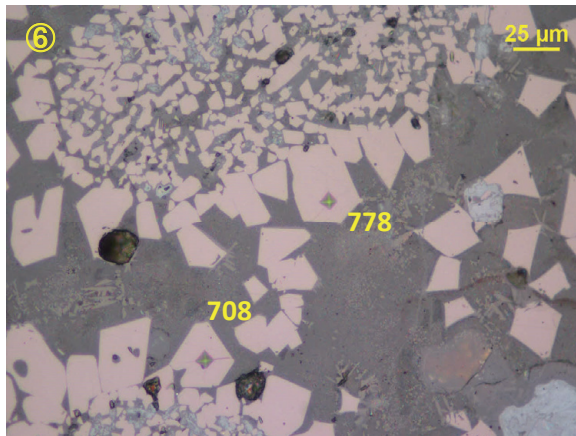
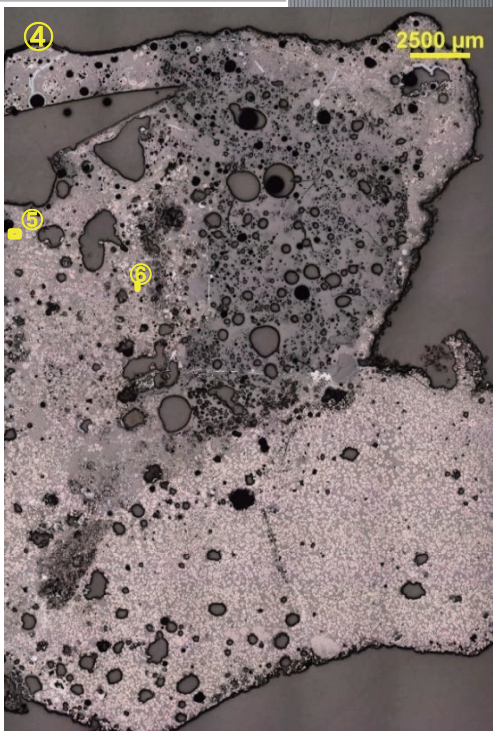
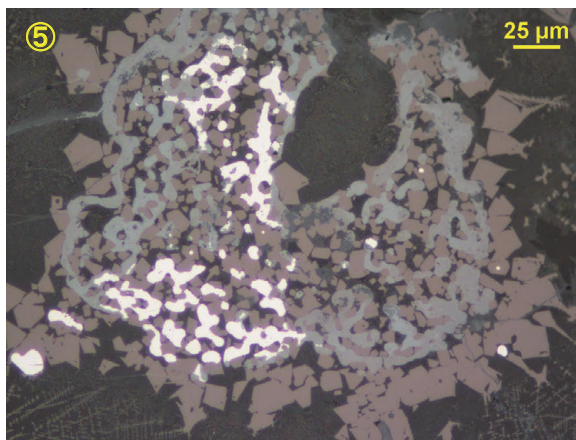
KWK-7 製錬滓

- ①滓部:ウルホスピネル・ウスタイト
- ②右側:被熱砂鉄(含チタン鉄鈹)
- ③滓部拡大、ウルホスピネル(718・731Hv)・ウスタイト(527)



KWK-8 製錬滓

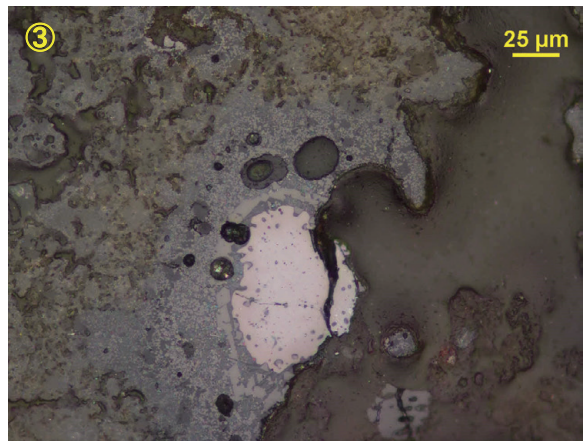
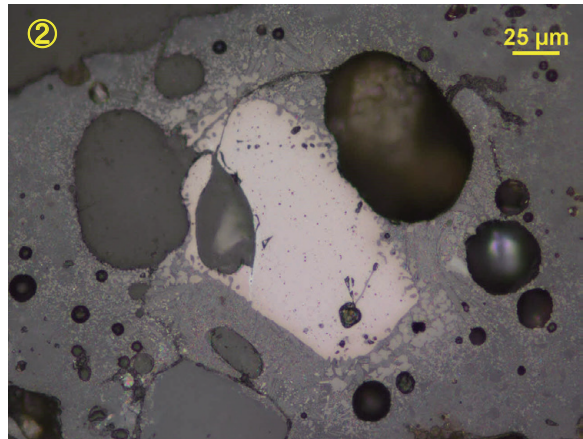
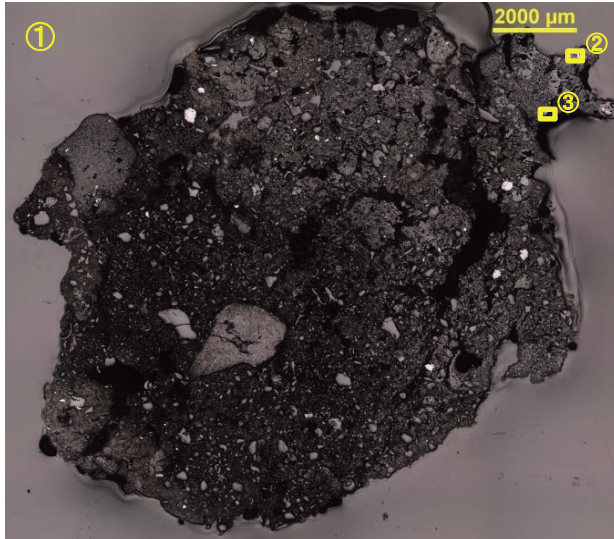
- ④マクロ組織、⑤被熱砂鉄(含チタン鉄鈹)還元・滓化、微小明白色粒:金属鉄
- ⑥滓部:ウルホスピネル(708・778Hv)



図版 8 製錬滓の顕微鏡写真

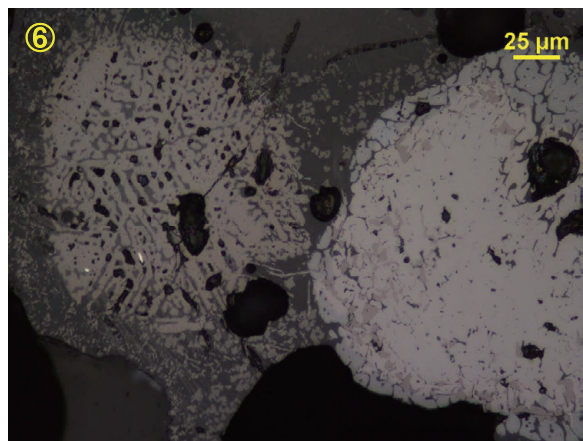
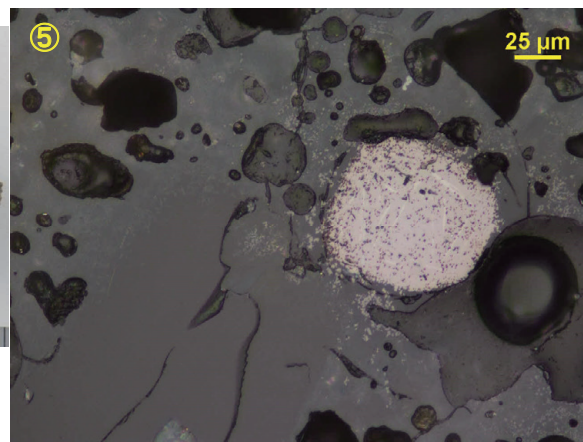
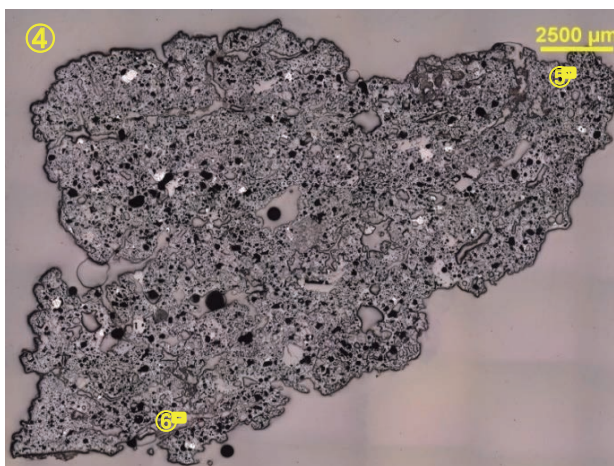
KWK-9 炉壁

- ①マクロ組織、素地:粘土鉱物
- ②③表層素地部分ガラス質化、被熱砂鉄(含チタン鉄鉱)



KWK-10 炉壁

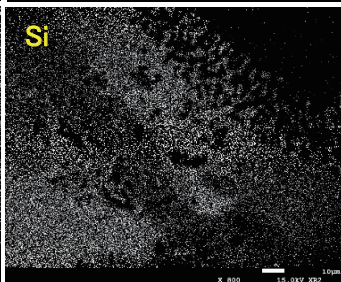
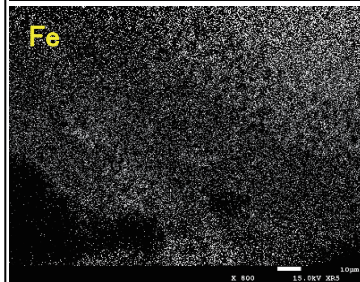
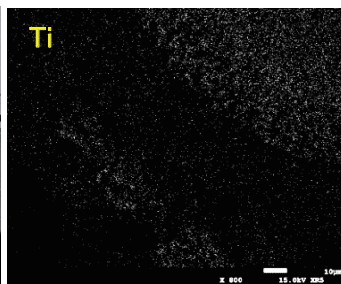
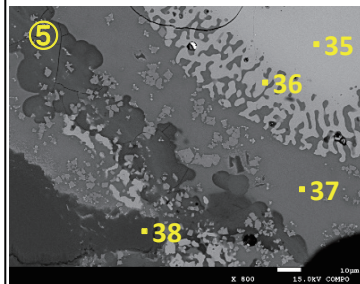
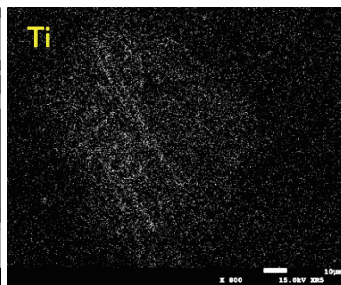
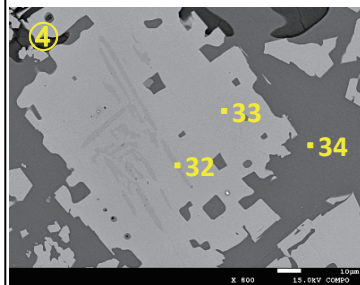
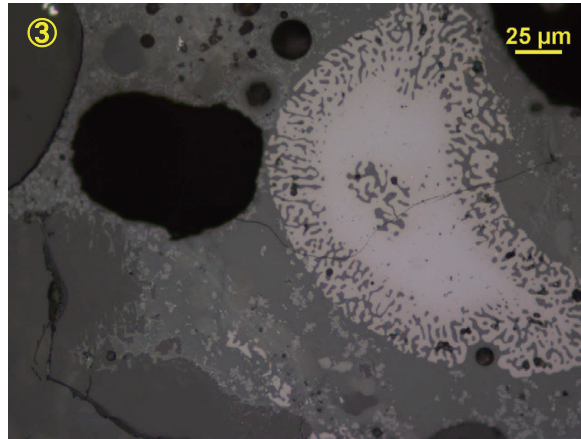
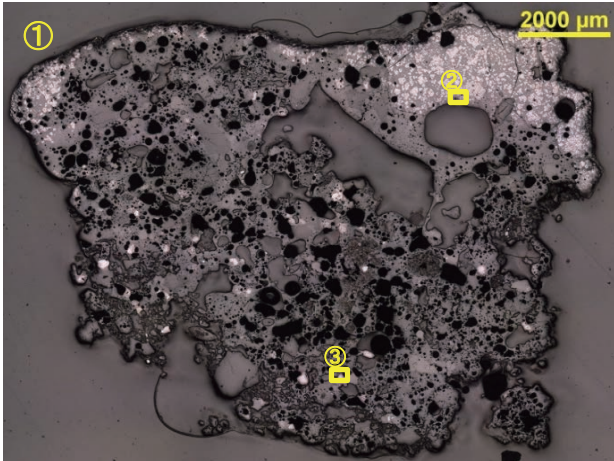
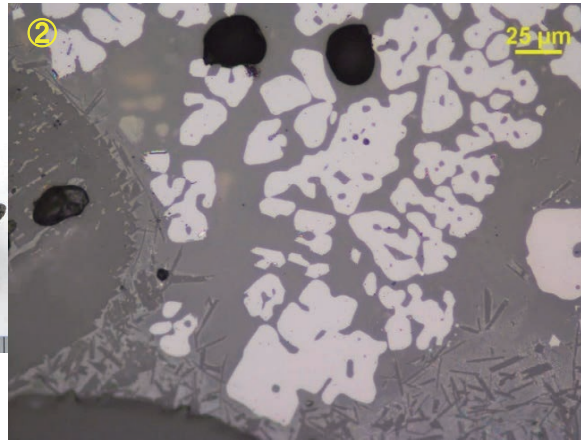
- ④マクロ組織、
- ⑤⑥素地:ガラス質化、被熱砂鉄(含チタン鉄鉱)



図版 9 炉壁の顕微鏡写真

KWK-11
製錬滓(ガラス質滓)

- ①マクロ組織
- ②滓部:カルボスピネル
- ③右側:被熱砂鉄(含チタン鉄
鉱)



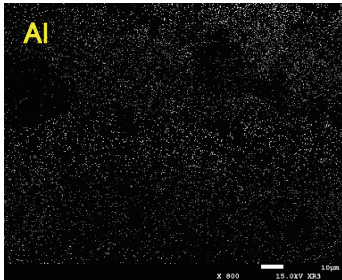
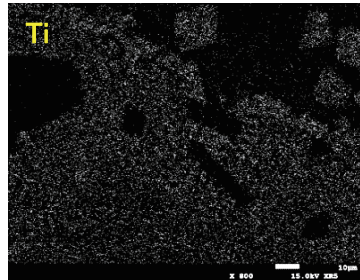
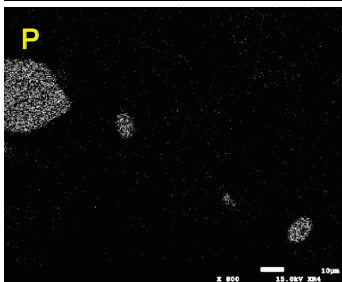
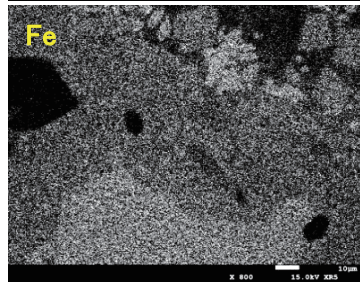
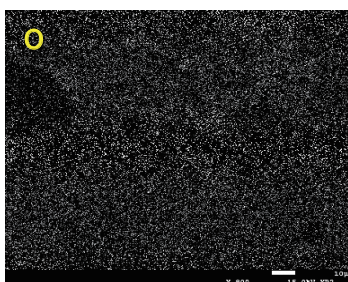
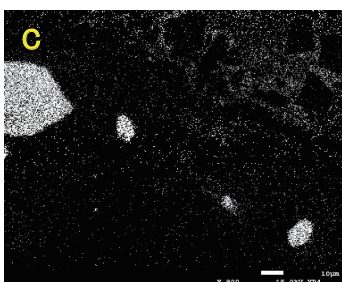
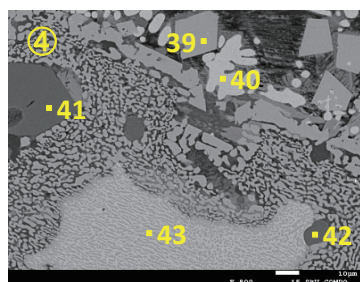
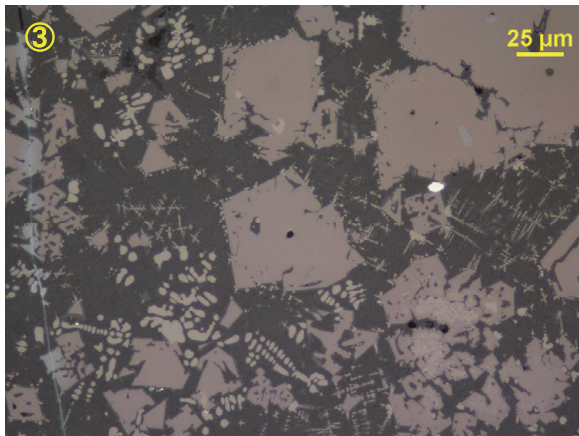
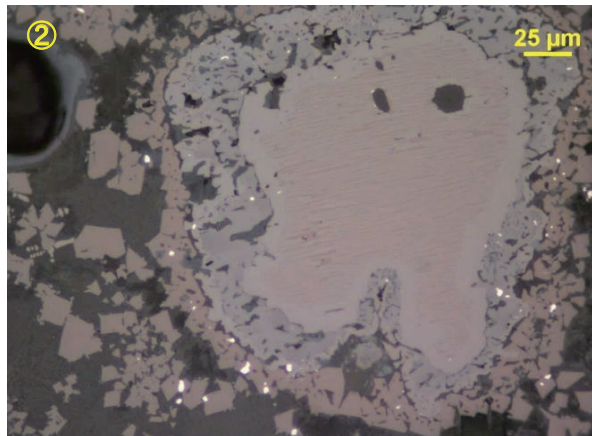
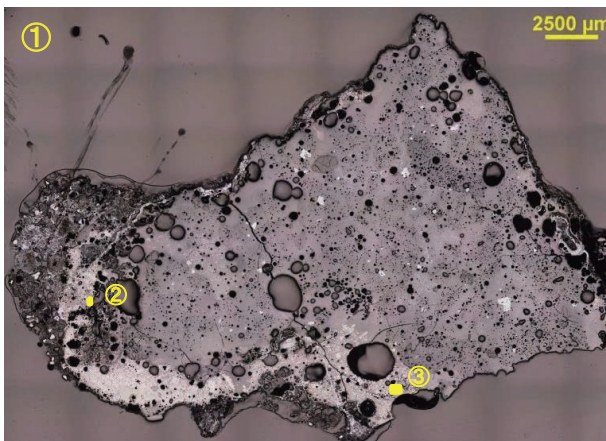
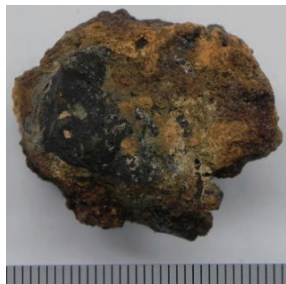
滓部(被熱砂鉄)の反射電子像(COMP)・特性X線像

定量分析値

Element	32	33	34	
MgO	2.476	3.046	1.995	
SiO ₂	0.026	-	38.839	
Na ₂ O	-	0.032	1.607	
Al ₂ O ₃	1.056	3.927	8.023	
CaO	0.153	0.192	23.039	
TiO ₂	36.416	15.022	5.928	
S	-	-	0.034	
ZrO ₂	0.094	0.030	0.126	
P ₂ O ₅	-	-	1.851	
K ₂ O	-	0.016	4.014	
CuO	-	0.012	-	
FeO	55.088	71.703	14.526	
MnO	0.523	0.943	0.452	
Cr ₂ O ₃	0.068	0.104	0.068	
V ₂ O ₃	1.206	1.025	0.124	
Total	97.106	96.052	100.626	
Element	35	36	37	38
MgO	0.483	1.503	2.235	0.690
SiO ₂	0.081	0.671	41.941	42.734
Na ₂ O	0.004	0.034	1.061	4.059
Al ₂ O ₃	2.180	11.613	14.131	21.777
CaO	-	0.091	3.845	5.916
TiO ₂	12.251	17.339	3.172	2.683
S	0.004	0.001	0.013	0.016
ZrO ₂	0.003	0.014	0.052	-
P ₂ O ₅	0.041	0.016	1.428	0.672
K ₂ O	0.002	0.010	0.541	0.371
CuO	0.004	0.023	0.004	0.061
FeO	79.208	63.446	29.763	19.855
MnO	0.289	0.339	0.447	0.087
Cr ₂ O ₃	0.046	0.083	0.014	-
V ₂ O ₃	0.690	1.190	0.113	0.141
Total	95.286	96.373	98.760	99.062

図版 10 製錬滓(ガラス質滓)の顕微鏡写真・EPMA調査結果

KWK-12
製錬滓(ガラス質滓)
①マクロ組織
②被熱砂鉄(含チタン鉄
鉱)、滓部:ウルホスピネル・ウ
スタイト



定量分析値

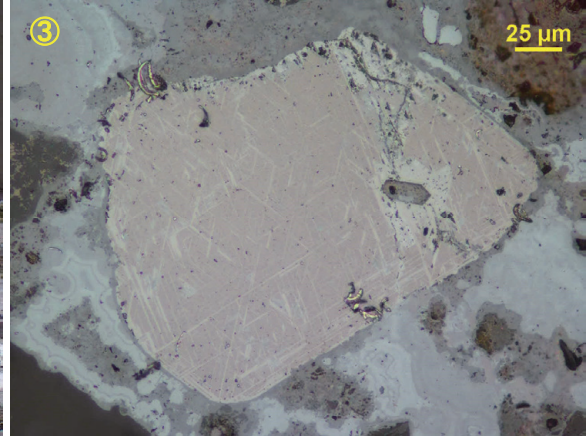
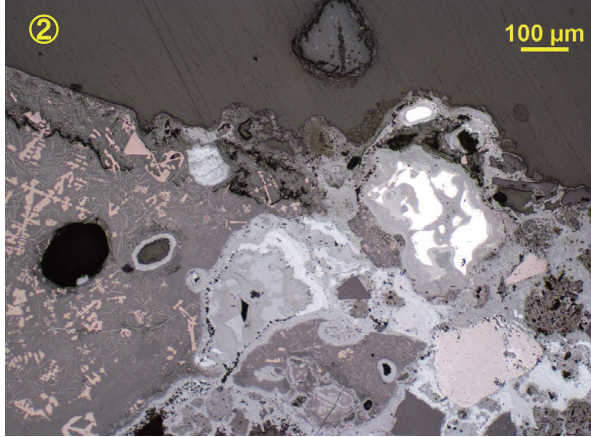
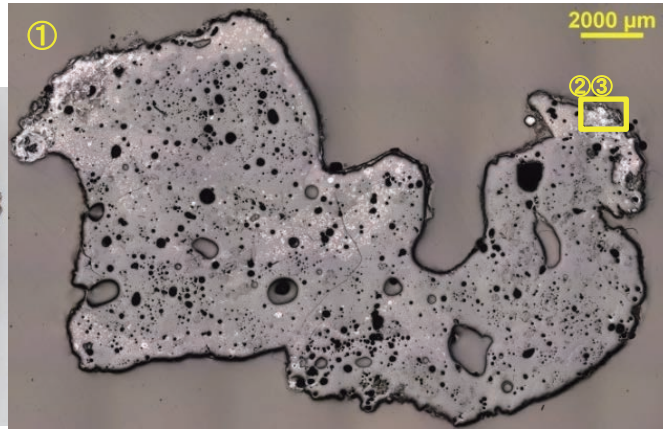
Element	39	40	41	42	43
F	-	-	3.141	3.068	-
MgO	2.374	1.001	0.222	0.213	2.583
SiO ₂	0.048	0.264	0.061	0.110	0.081
Al ₂ O ₃	5.688	0.687	-	-	1.892
CaO	0.157	0.011	54.778	55.162	-
TiO ₂	26.837	2.484	0.149	0.266	12.484
S	-	-	0.059	0.019	-
ZrO ₂	0.052	0.069	0.192	0.195	0.025
P ₂ O ₅	-	0.025	44.453	44.779	0.022
K ₂ O	0.007	-	0.005	0.012	-
CuO	-	-	-	0.032	0.010
FeO	61.861	93.914	1.136	1.826	80.199
MnO	0.673	0.355	0.125	0.144	1.111
Cr ₂ O ₃	0.029	-	-	-	0.005
V ₂ O ₃	0.981	0.101	0.037	0.073	0.387
Total	98.707	98.911	103.035	104.607	98.799

滓部(被熱砂鉄)の反射電子像(COMP)・特性X線像

図版 11 製錬滓(ガラス質滓)の顕微鏡写真・EPMA調査結果

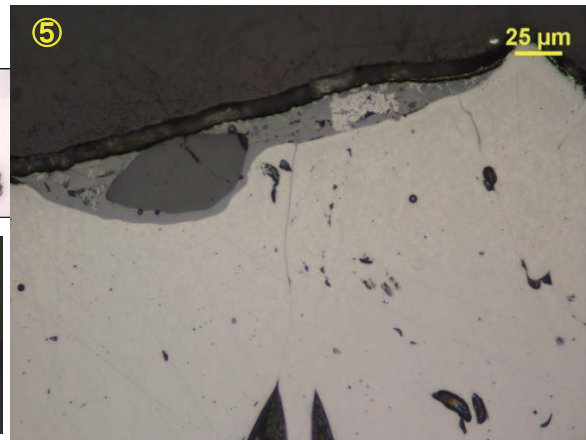
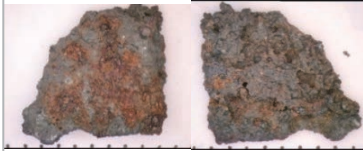
KWK-13
製錬滓(ガラス質滓)

- ①マクロ組織
- ②滓部;ウルホスピネル・イルメナイト、③砂鉄(含タン鉄鉱)拡大



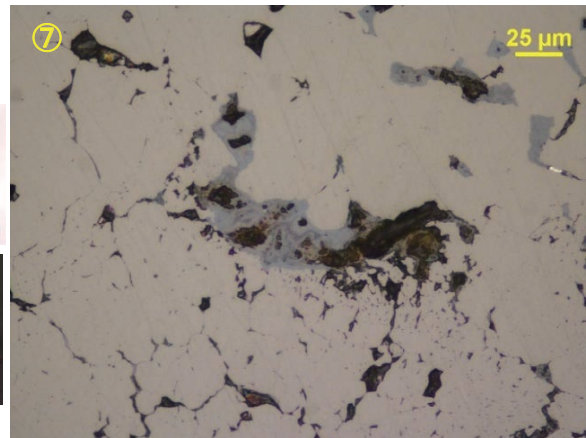
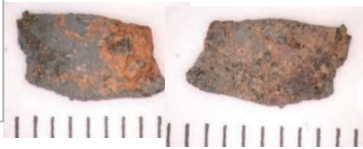
KWK-14
鍛冶滓片

- ④マクロ組織
- ⑤ウスタイト・ファヤライト



KWK-15
鍛冶滓片

- ⑥マクロ組織
- ⑦ウスタイト



図版 12 製錬滓(ガラス質滓)・鍛冶滓片の顕微鏡写真

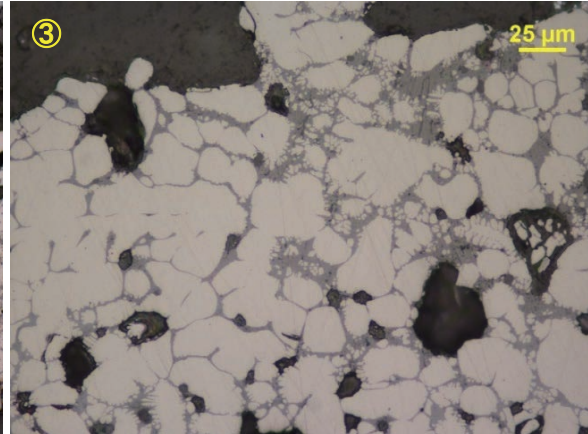
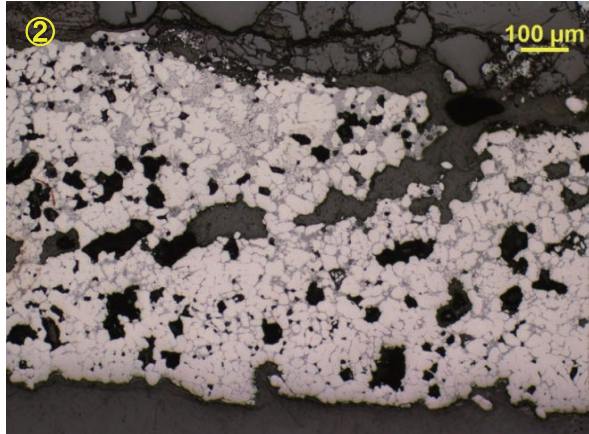
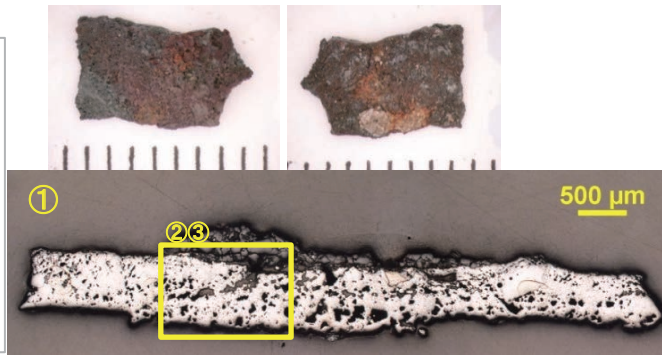
KWK-16

鍛冶滓片

①マクロ組織

②③滓部:ウスタイト・ファイ

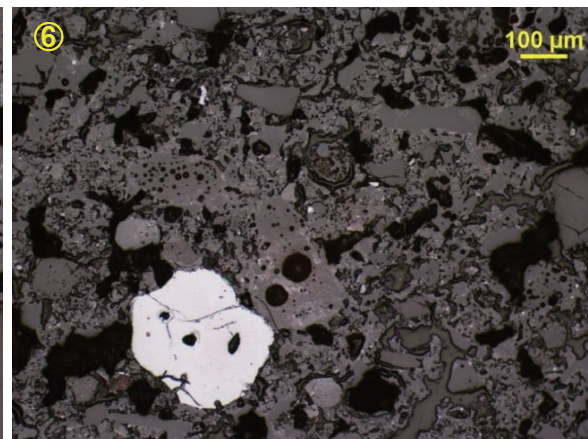
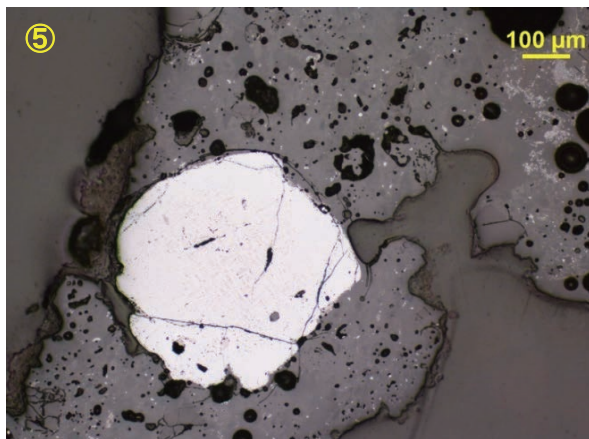
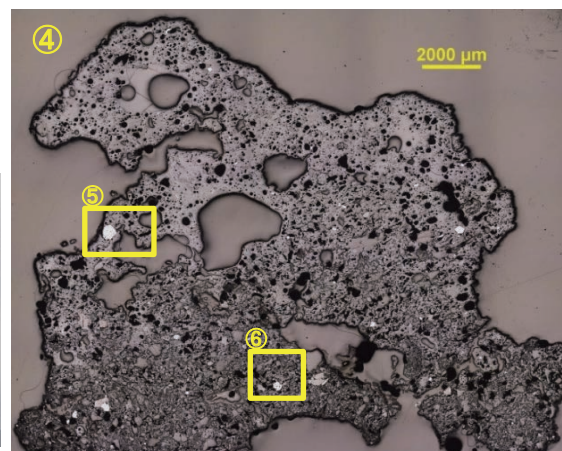
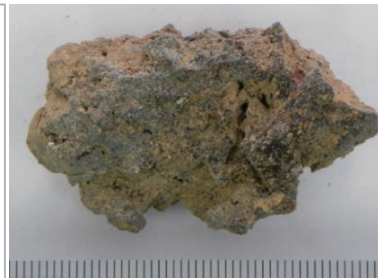
ライト



KWK-17 炉壁

④マクロ組織、

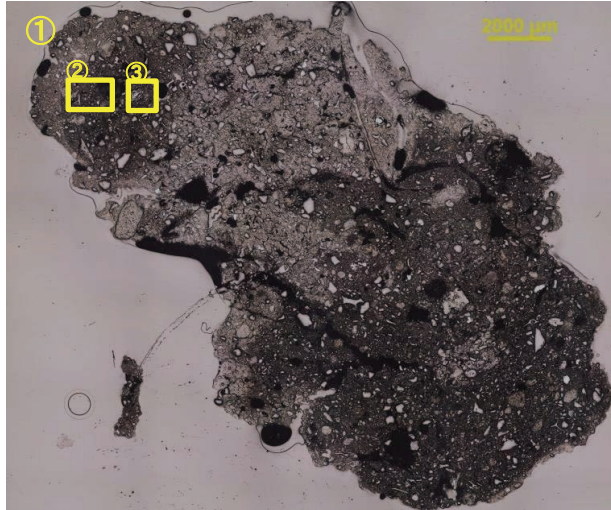
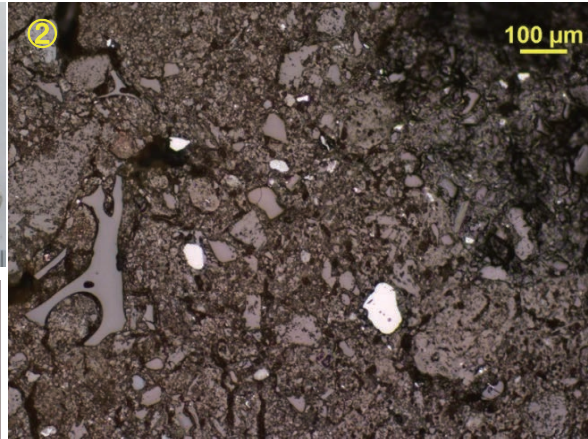
⑤⑥素地:ガラス質化、
被熱砂鉄(含チタン鉄
鉍)



図版 13 鍛冶滓片・炉壁の顕微鏡写真

KWK-18 炉壁

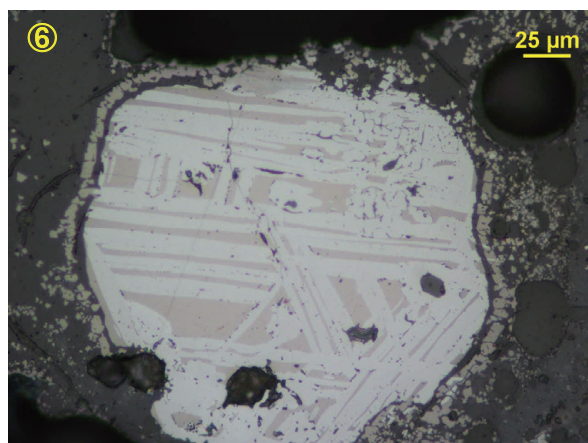
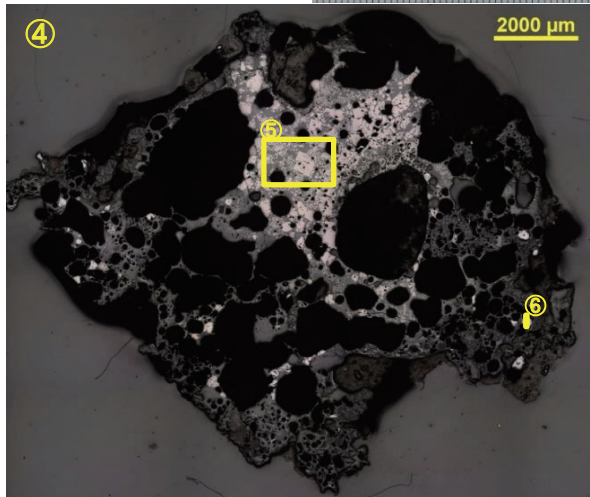
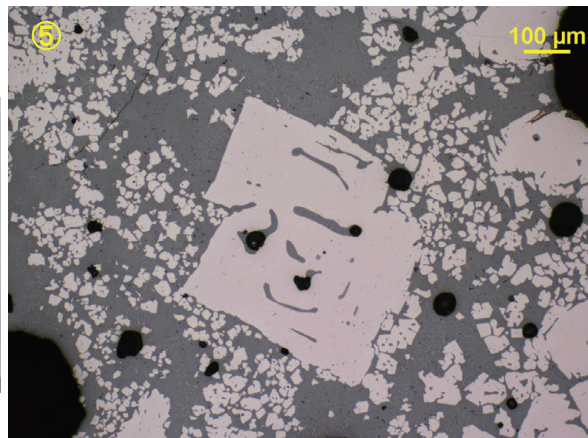
- ①マクロ組織、素地:粘土鉱物
- ②③微小明灰褐色粒:砂鉄(含チタン鉄鉱)



KWK-19

製錬滓(ガラス質滓)

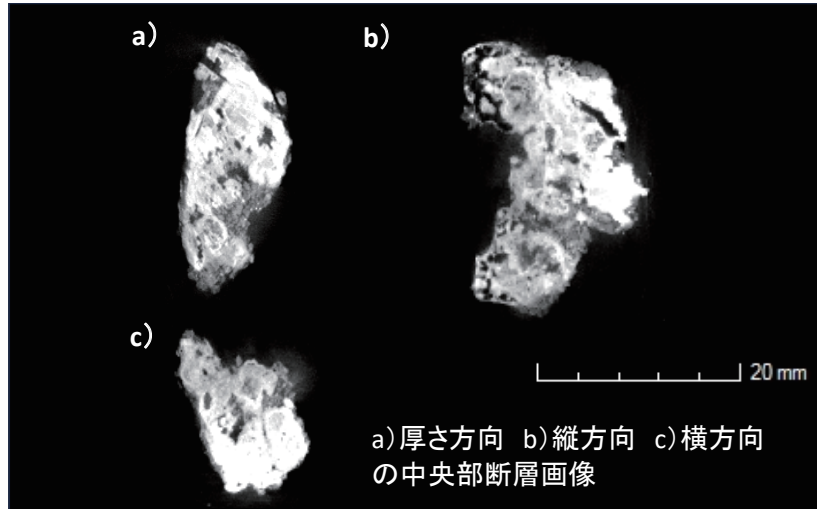
- ④マクロ組織
- ⑤滓部:ウルホスピネル
- ⑥被熱砂鉄(含チタン鉄鉱)



図版 14 炉壁・製錬滓(ガラス質滓)の顕微鏡写真



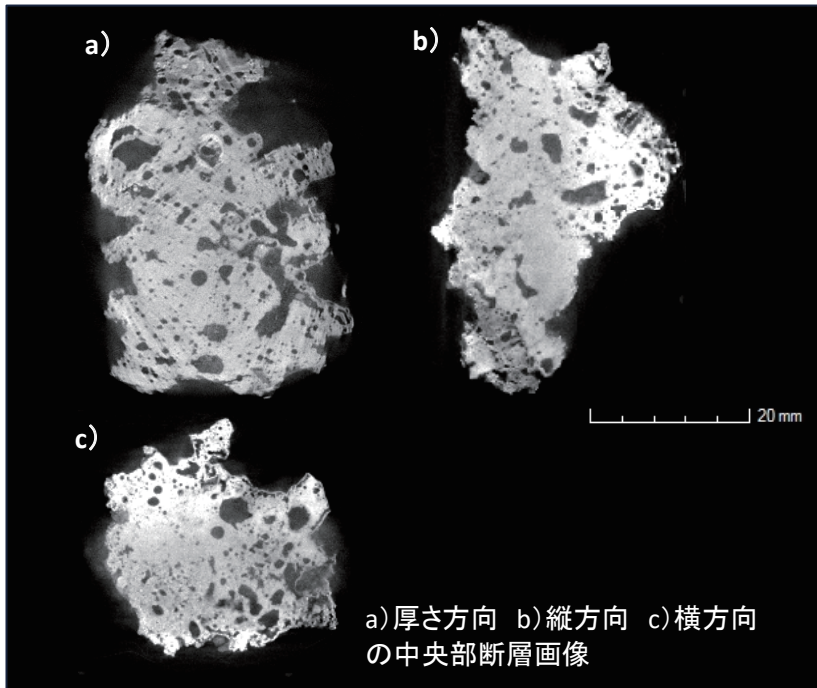
KWK-20
製鍊滓(含鉄)
外観写真



a) 厚さ方向 b) 縦方向 c) 横方向
の中央部断層画像



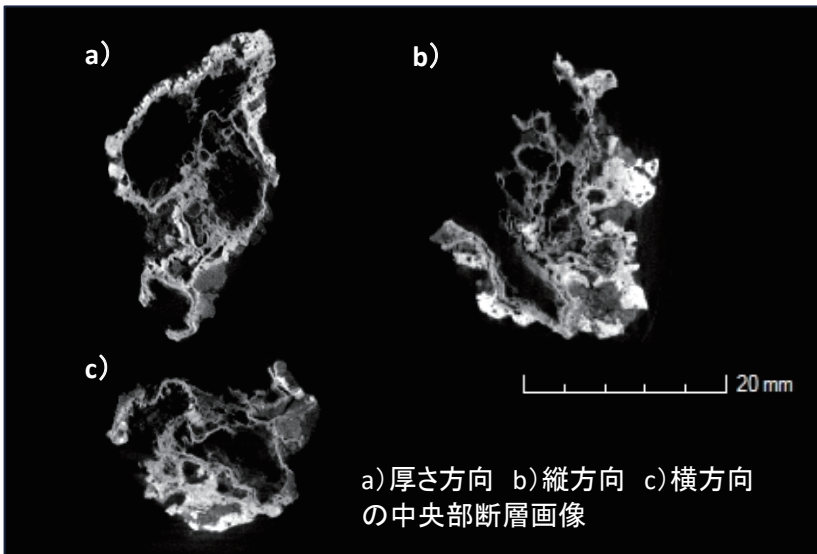
KWK-21
製鍊滓
外観写真



a) 厚さ方向 b) 縦方向 c) 横方向
の中央部断層画像



KWK-22
製鍊滓
外観写真



a) 厚さ方向 b) 縦方向 c) 横方向
の中央部断層画像

図版 15 X線CTによる製鍊滓(含鉄)の断層画像

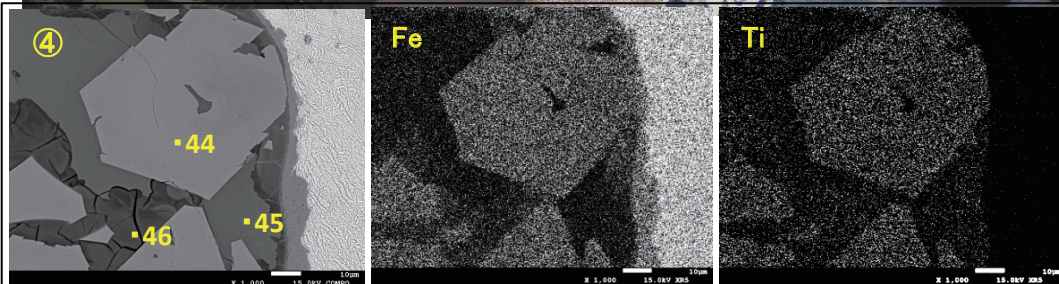
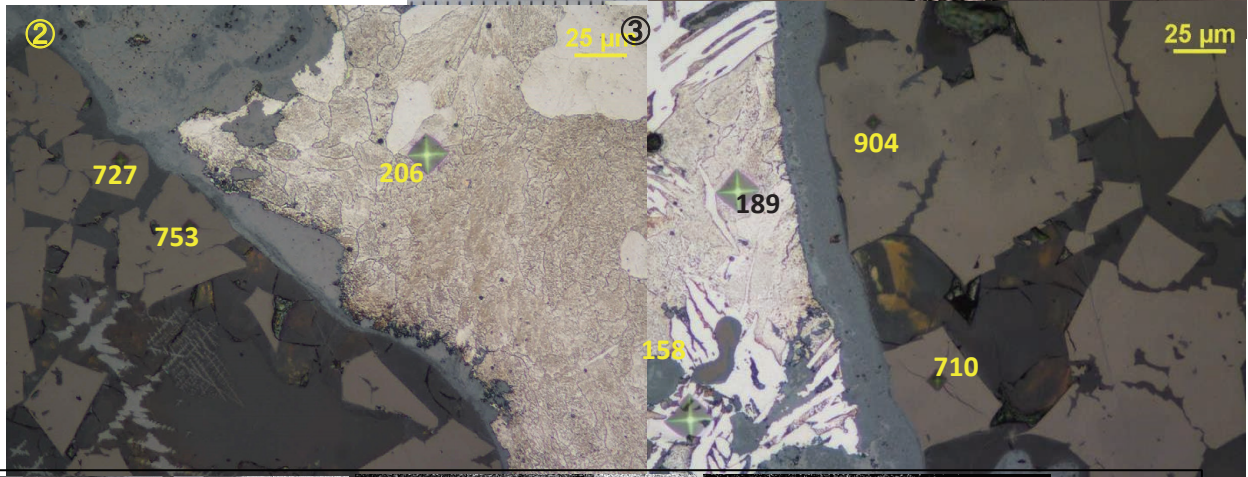
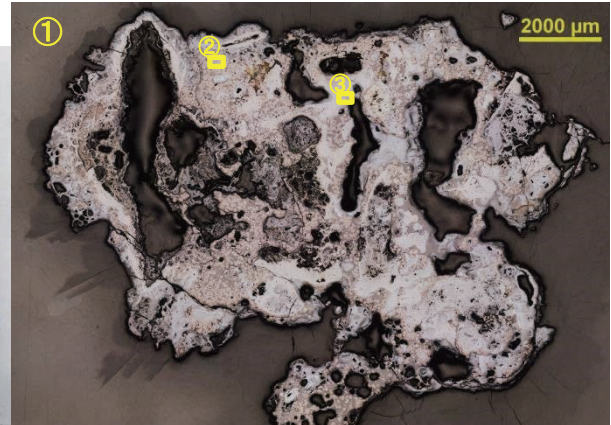
KWK-20

製鍊滓(含鉄)

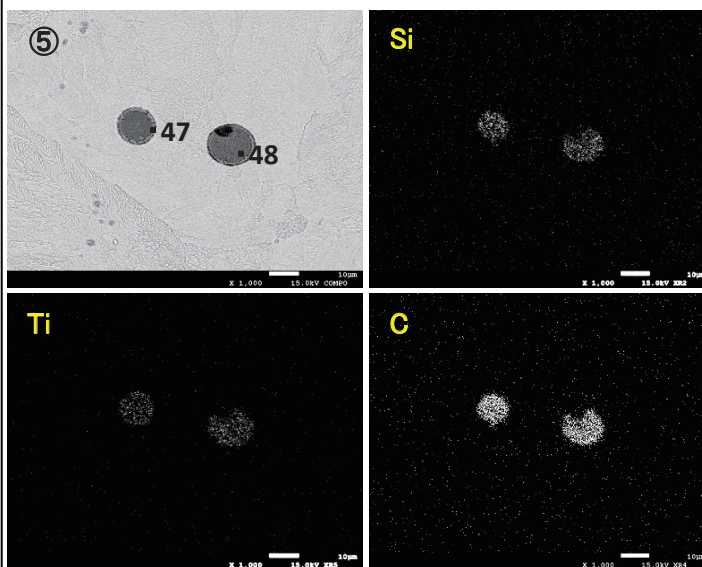
①マクロ組織

②金属鉄部:ベイト(206Hv)、滓部:ウルホスピネル(753・727Hv)

③金属鉄部:針状フェライト・ベイト(158・189Hv)、滓部:ウルホスピネル(710 hv)・ウルホスピネルとヘルシナイトを主な端成分とする固溶体(904Hv)



滓部の反射電子像 (COMP)・特性X線像



鉄中非金属介在物の反射電子像 (COMP)・特性X線像

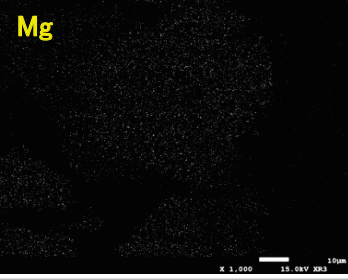
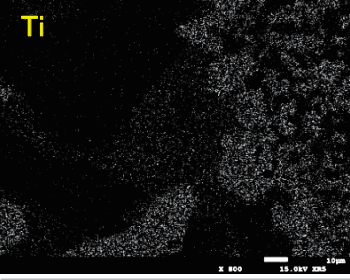
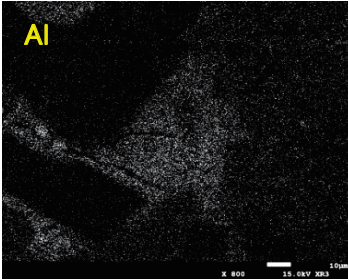
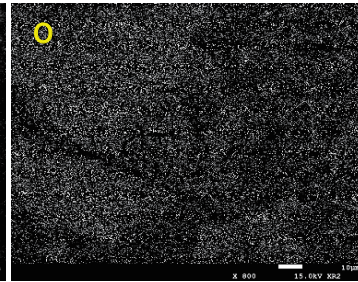
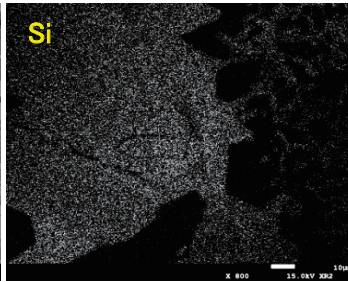
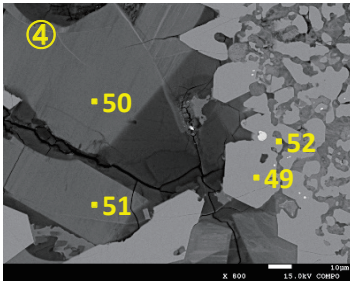
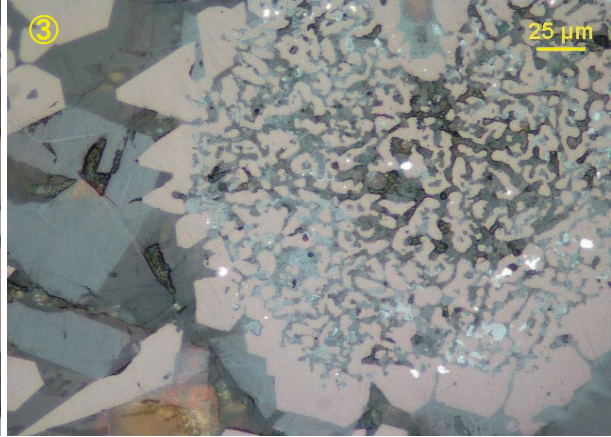
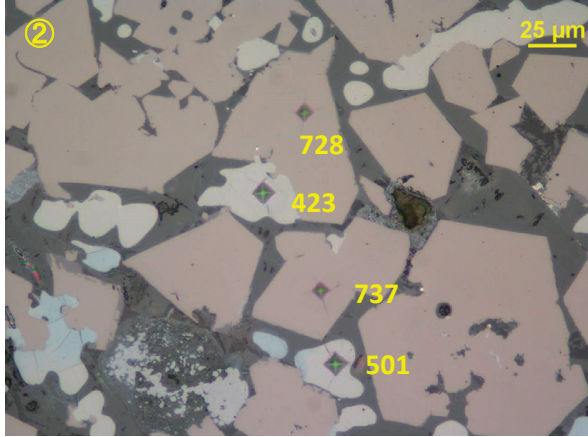
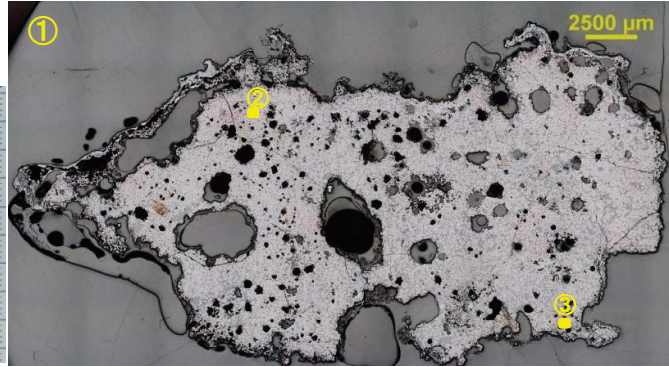
定量分析値

Element	44	45	46	47	48
MgO	5.557	2.370	0.042	1.872	4.165
SiO ₂	0.008	29.828	19.636	14.305	8.403
Na ₂ O	-	0.554	0.023	0.223	0.060
Al ₂ O ₃	7.688	8.791	15.170	6.487	6.932
CaO	0.225	26.188	0.486	38.449	25.179
TiO ₂	29.773	11.570	18.361	22.651	23.171
S	0.007	0.048	0.012	0.106	0.070
ZrO ₂	0.109	0.230	0.253	0.054	0.120
P ₂ O ₅	-	2.103	2.583	2.097	1.377
SrO	0.018	-	-	-	-
K ₂ O	0.002	1.260	-	1.074	0.484
CuO	-	-	-	-	0.040
FeO	52.037	15.876	26.058	11.565	26.738
MnO	1.209	0.654	0.048	0.536	1.350
Cr ₂ O ₃	0.088	0.011	0.005	0.033	0.026
V ₂ O ₃	2.319	0.055	0.137	0.594	0.878
Total	99.040	99.538	82.814	100.046	98.993

図版 16 製鍊滓(含鉄)の顕微鏡写真・EPMA調査結果

KWK-21 製錬滓

- ①マクロ組織、②滓部:ウルホスピネル(728・737Hv)・ウスタイト(423・501Hv)
- ③砂鉄(含チタン鉄鉱)還元・滓化



定量分析値

Element	49	50	51	Element	52
MgO	2.615	0.042	0.073	N	0.496
SiO ₂	0.049	27.301	32.827	O	0.358
Na ₂ O	-	0.026	0.059	Si	0.010
Al ₂ O ₃	7.214	1.367	22.016	S	0.028
CaO	0.132	0.272	0.505	Zr	0.022
TiO ₂	27.011	0.643	9.378	Sr	0.015
S	0.005	0.009	0.107	Fe	100.185
ZrO ₂	0.074	0.041	0.840	Mn	0.024
P ₂ O ₅	-	2.059	3.818	Total	102.696
K ₂ O	0.009	-	0.020		
CuO	0.028	0.020	0.058		
FeO	60.237	52.907	11.520		
MnO	0.967	0.007	0.005		
Cr ₂ O ₃	-	-	0.011		
V ₂ O ₃	0.295	-	0.117		
Total	98.636	84.694	81.354		

滓部の反射電子像(COMP)・特性X線像

図版 17 製錬滓の顕微鏡写真・EPMA調査結果

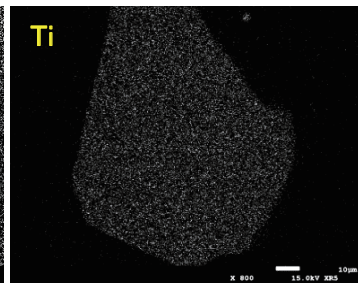
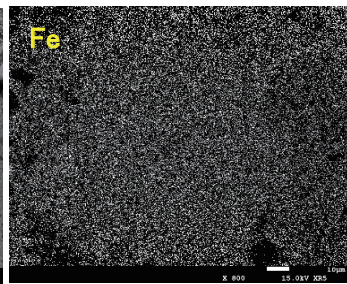
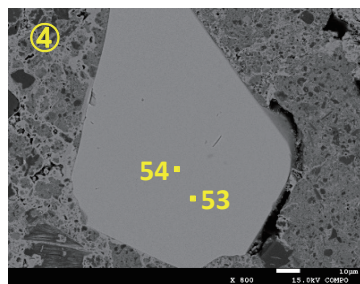
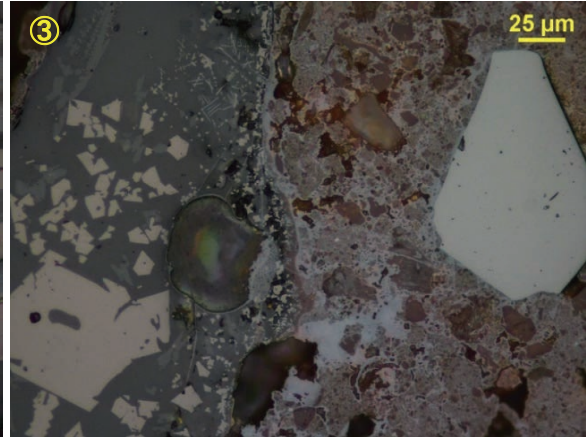
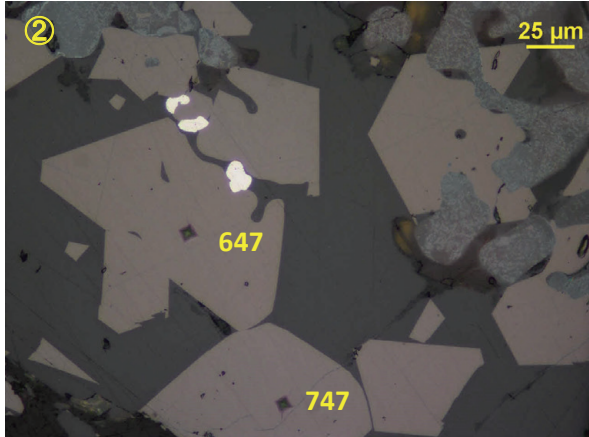
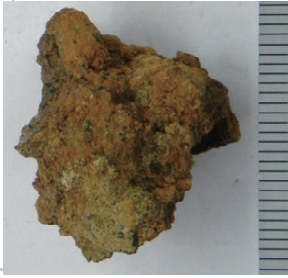
KWK-22

製錬滓

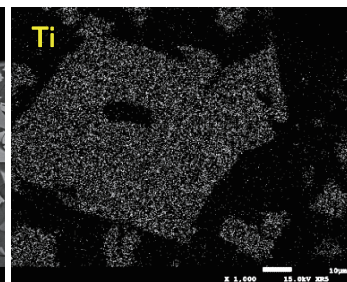
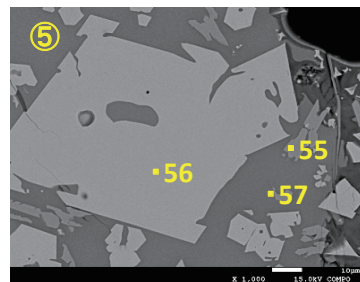
①マクロ組織

②③滓部:ウルホスピネル(647・747Hv)・ファヤライト

③右側:付着砂鉄(チタン鉄鉱)



付着砂鉄の反射電子像 (COMP) ・特性X線像



定量分析値

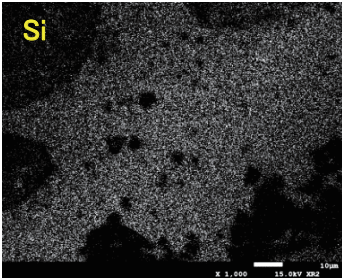
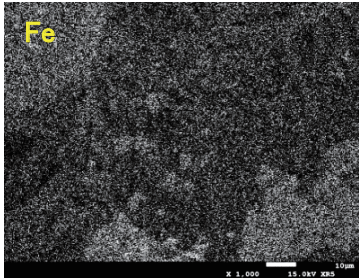
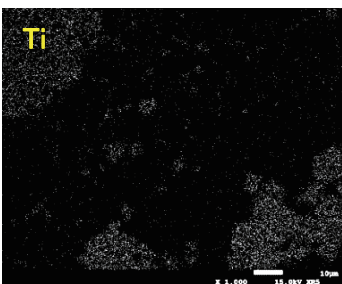
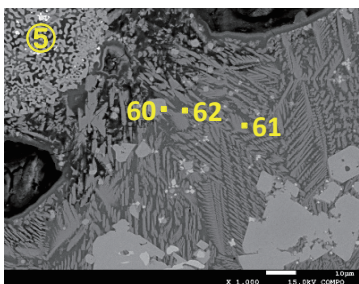
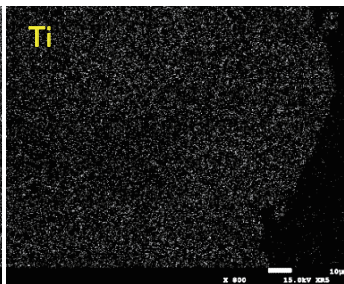
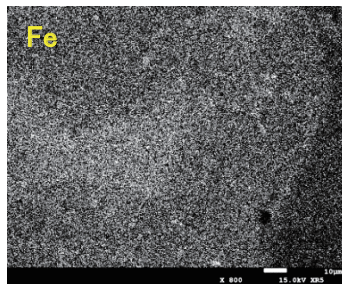
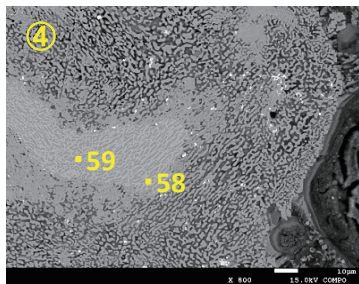
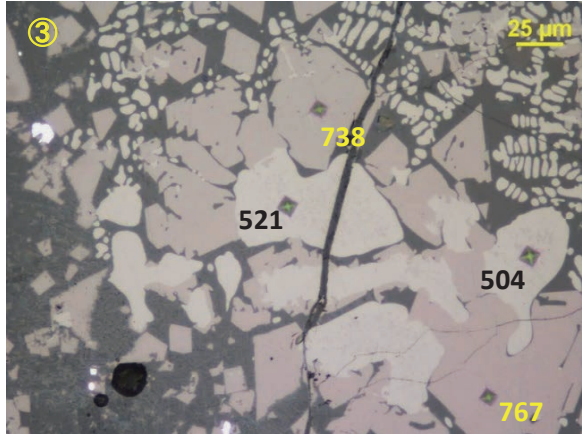
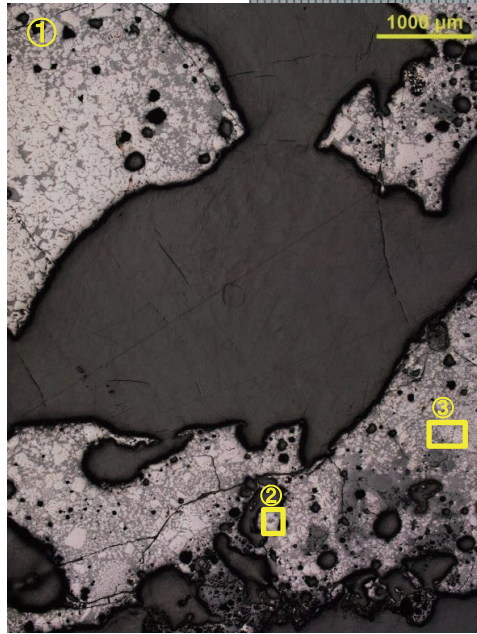
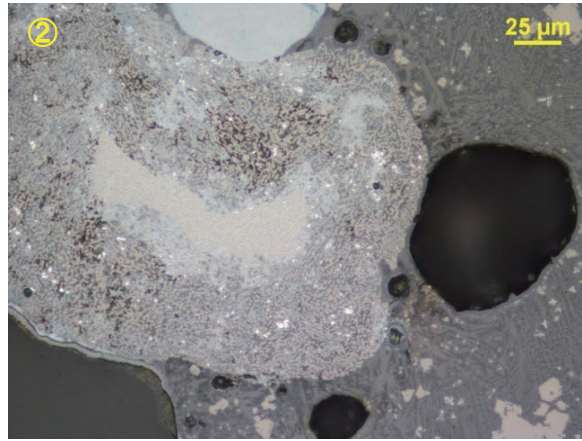
Element	53	54	55	56	57
MgO	2.415	2.306	9.543	2.291	1.789
SiO ₂	0.038	-	31.031	0.049	37.149
Na ₂ O	-	-	0.066	0.039	1.496
Al ₂ O ₃	0.174	0.189	0.089	5.534	9.366
CaO	-	-	2.836	0.073	13.192
TiO ₂	41.846	42.307	0.744	29.501	2.472
S	-	-	0.007	-	0.079
ZrO ₂	0.061	0.005	0.033	0.043	0.137
P ₂ O ₅	0.014	-	0.593	-	1.432
SrO	-	0.007	-	0.004	-
K ₂ O	-	0.003	0.023	0.002	2.307
CuO	-	-	0.022	-	-
FeO	51.487	52.122	52.675	60.473	29.445
MnO	0.838	0.830	1.217	0.778	0.605
Cr ₂ O ₃	0.019	0.005	0.006	0.047	-
V ₂ O ₃	0.467	0.425	0.020	1.128	0.030
Total	97.359	98.199	98.905	99.962	99.499

滓部の反射電子像 (COMP) ・特性X線像

図版 18 製錬滓の顕微鏡写真・EPMA調査結果

KWK-23 製鍊滓

①マクロ組織、②被熱砂鉄(含チタン鉄鉱)、③滓部:ウルホスピネル・(738・767Hv)・ウスタイト(504・521Hv)



定量分析値

Element	58	59	60	61	62
MgO	1.450	0.822	1.723	3.453	0.477
SiO ₂	0.083	0.817	0.151	30.944	38.057
Na ₂ O	-	0.071	0.065	0.332	2.324
Al ₂ O ₃	0.234	3.132	7.754	2.299	17.189
CaO	-	0.298	0.440	17.007	14.780
TiO ₂	4.074	19.551	23.785	0.412	1.230
S	-	0.027	-	0.044	0.260
ZrO ₂	0.058	-	-	0.084	0.254
P ₂ O ₅	0.016	0.073	-	1.371	2.284
SrO	-	0.033	-	-	-
K ₂ O	-	-	0.009	0.931	4.375
CuO	-	-	-	0.006	0.004
FeO	93.200	69.106	62.793	41.791	18.145
MnO	0.850	0.861	0.571	0.863	0.298
Cr ₂ O ₃	-	0.038	-	0.019	0.023
V ₂ O ₃	0.211	0.843	0.253	0.031	0.017
Total	100.176	95.672	97.544	99.587	99.717

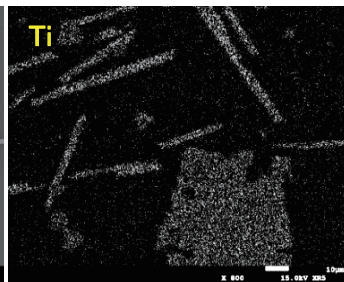
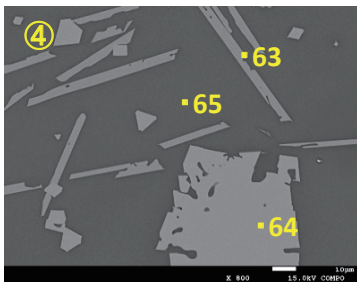
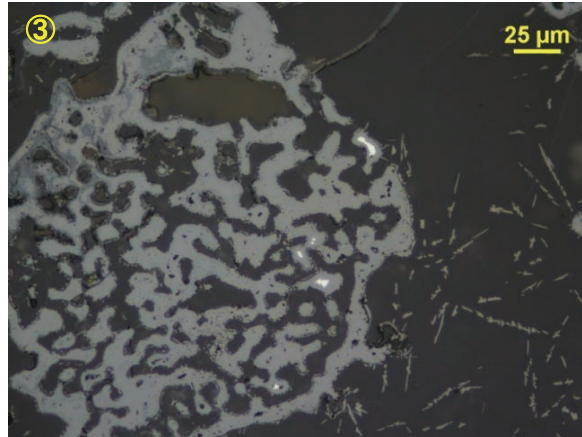
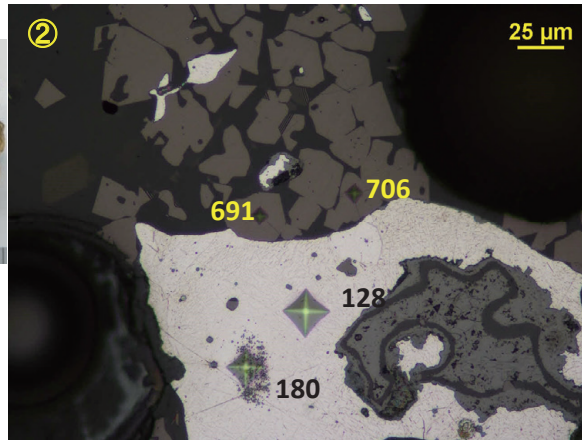
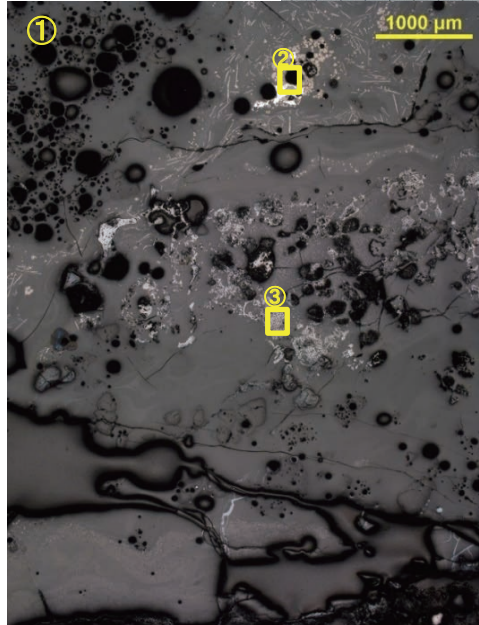
滓部(被熱砂鉄)の反射電子像(COMP)・特性X線像

図版 19 製鍊滓の顕微鏡写真・EPMA調査結果

KWK-24 製錬滓

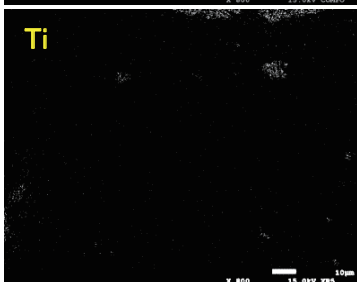
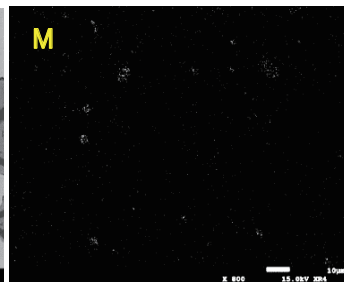
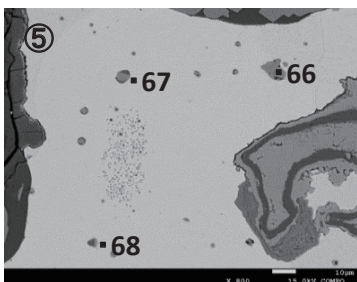
(ガラス質滓・含鉄)

- ①素地:ガラス質滓(被熱石英粒混在)、
- ②滓部:ウルホスピネル(691・706Hv)、金
- 属鉄部:フェライト単相(128・180Hv)、③
- 砂鉄(含チタン鉄鉱)還元・滓化、青灰
- 色部:錆化鉄、滓部:イルメナイト



定量分析値					
Element	63	64	65	66	67
MgO	4.025	3.850	2.902	0.872	1.525
SiO ₂	0.085	0.020	42.741	0.022	15.886
Na ₂ O	-	0.070	1.333	-	0.939
Al ₂ O ₃	0.344	6.012	14.236	0.390	0.001
CaO	0.37	0.008	10.79	-	2.723
TiO ₂	53.143	33.127	5.126	32.257	0.514
S	-	-	0.099	-	0.609
ZrO ₂	0.021	0.062	0.121	-	0.093
P ₂ O ₅	-	0.009	1.267	-	20.379
SrO	0.028	-	-	-	-
K ₂ O	0.038	-	2.781	0.004	2.765
CuO	-	0.007	-	-	0.021
FeO	39.395	53.451	17.395	53.741	30.079
MnO	0.965	0.728	0.449	5.771	23.497
Cr ₂ O ₃	0.049	0.155	0.027	0.653	-
V ₂ O ₃	1.127	2.261	0.045	5.702	0.006
Total	99.590	99.760	99.312	99.412	99.037

滓部の反射電子像(COMP)・特性X線像



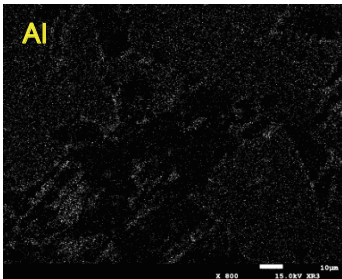
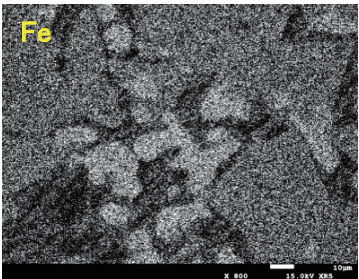
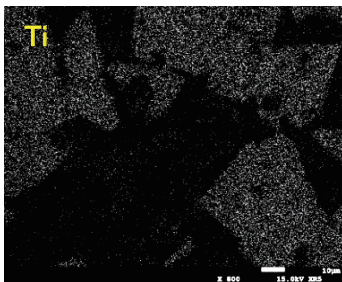
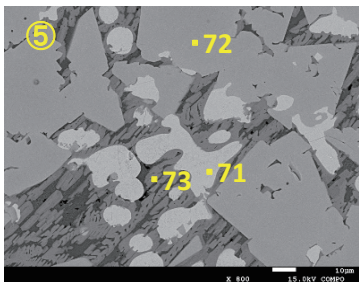
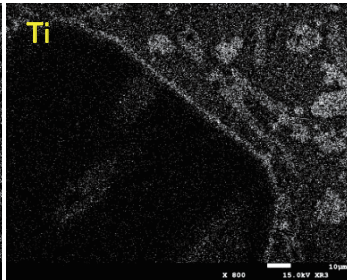
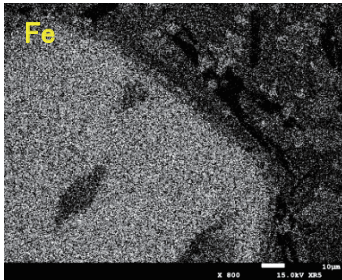
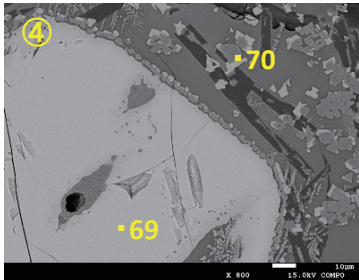
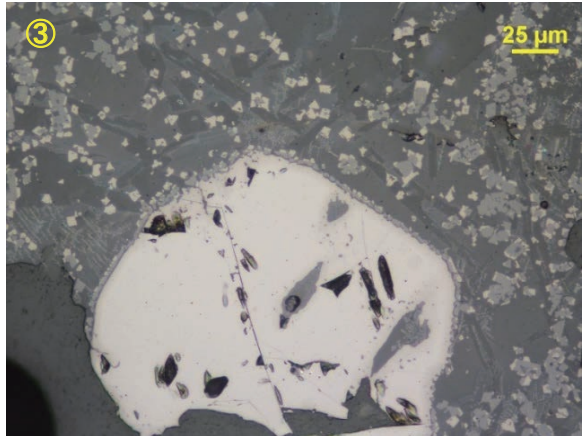
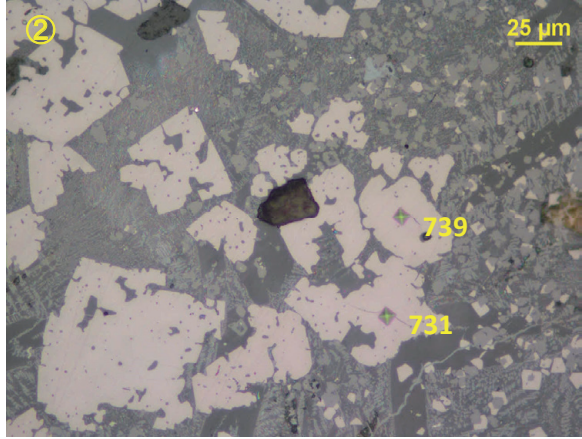
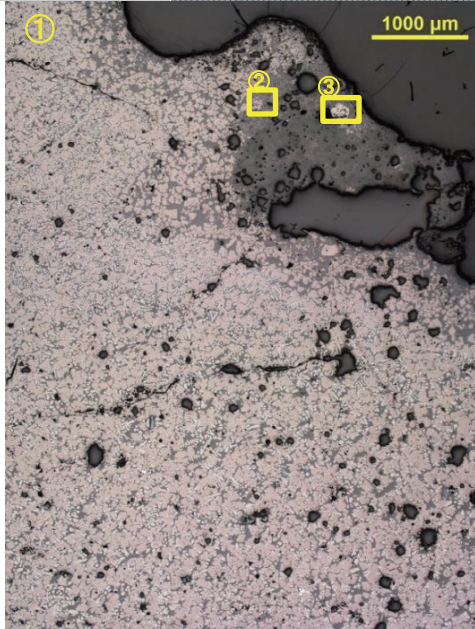
Element 68	
N	0.627
O	0.848
Si	0.032
Na	0.042
S	0.024
Zr	0.041
P	0.602
Fe	95.684
Total	97.900

鉄中非金属介在物の反射電子像(COMP)・特性X線像

図版 20 製錬滓(ガラス質滓・含鉄)の顕微鏡写真・EPMA調査結果

KWK-25 製錬滓

①～③滓部:ウルホスピネル
(731・739Hv)・ヘルシナイト・フア
ヤライト



定量分析値

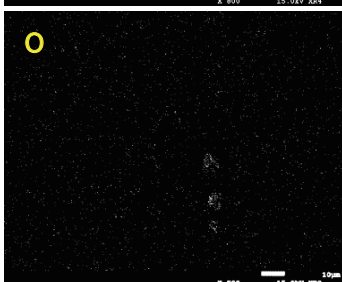
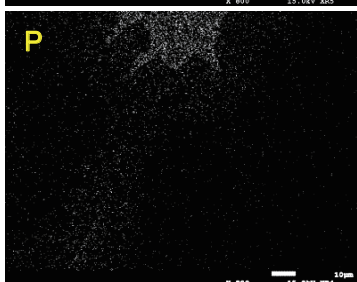
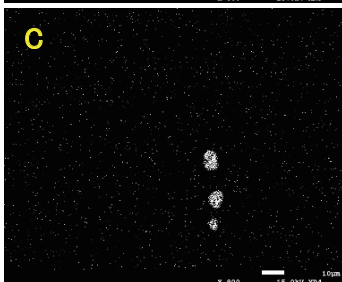
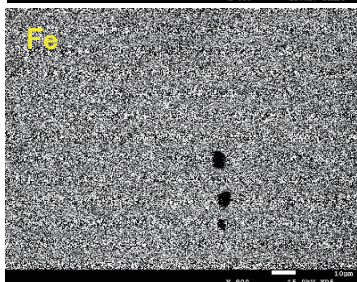
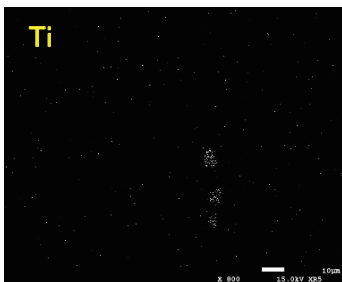
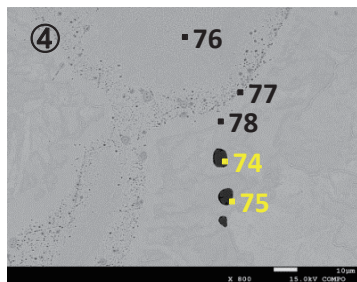
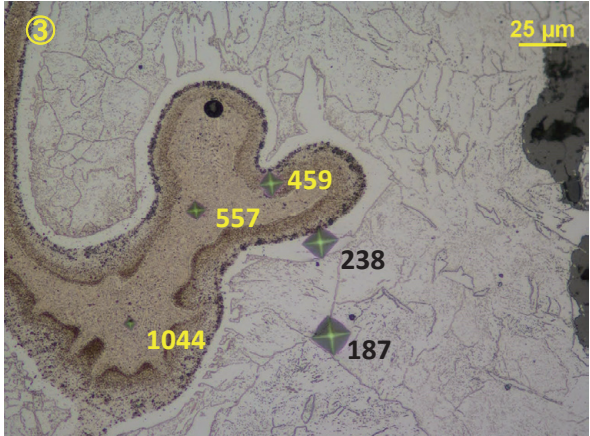
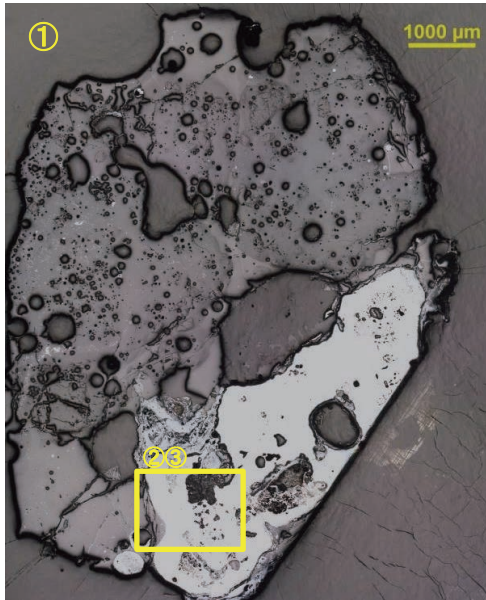
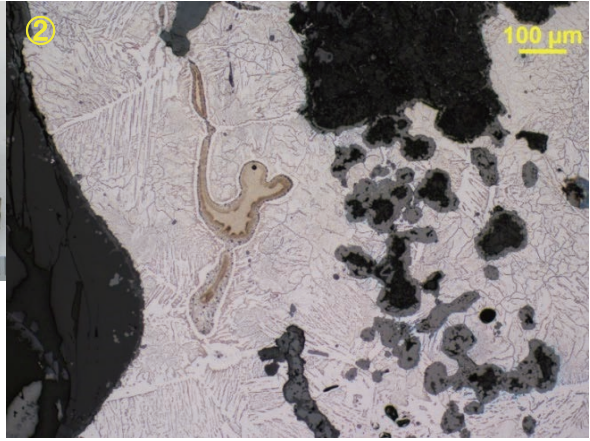
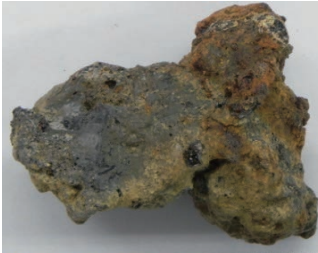
Element	69	70	71	72	73
MgO	0.540	2.253	2.262	0.592	4.570
SiO ₂	0.065	0.272	0.054	0.274	29.492
Na ₂ O	-	0.074	-	0.008	0.206
Al ₂ O ₃	1.630	47.400	4.854	0.859	0.069
CaO	-	0.054	0.112	0.039	11.273
TiO ₂	11.642	2.511	27.166	2.300	0.403
S	-	-	-	-	0.009
ZrO ₂	0.043	0.053	0.011	0.140	0.032
P ₂ O ₅	0.006	0.007	-	-	0.943
K ₂ O	-	0.011	-	-	-
CuO	-	0.028	-	0.004	0.078
FeO	79.442	43.104	60.99	92.546	50.096
MnO	0.561	0.303	0.771	0.444	1.194
Cr ₂ O ₃	0.022	0.036	0.096	-	-
V ₂ O ₃	0.496	0.293	1.448	0.023	0.031
Total	94.447	96.399	97.764	97.229	98.396

滓部(被熱砂鉄)の反射電子像(COMP)・特性X線像

図版 21 製錬滓の顕微鏡写真・EPMA調査結果

KWK-27 製錬滓
(ガラス質滓・含鉄)

- ①マクロ組織
- ②③金属鉄部:針状フェライト・ペイナイト(187Hv)・燐偏析(238~1044Hv)



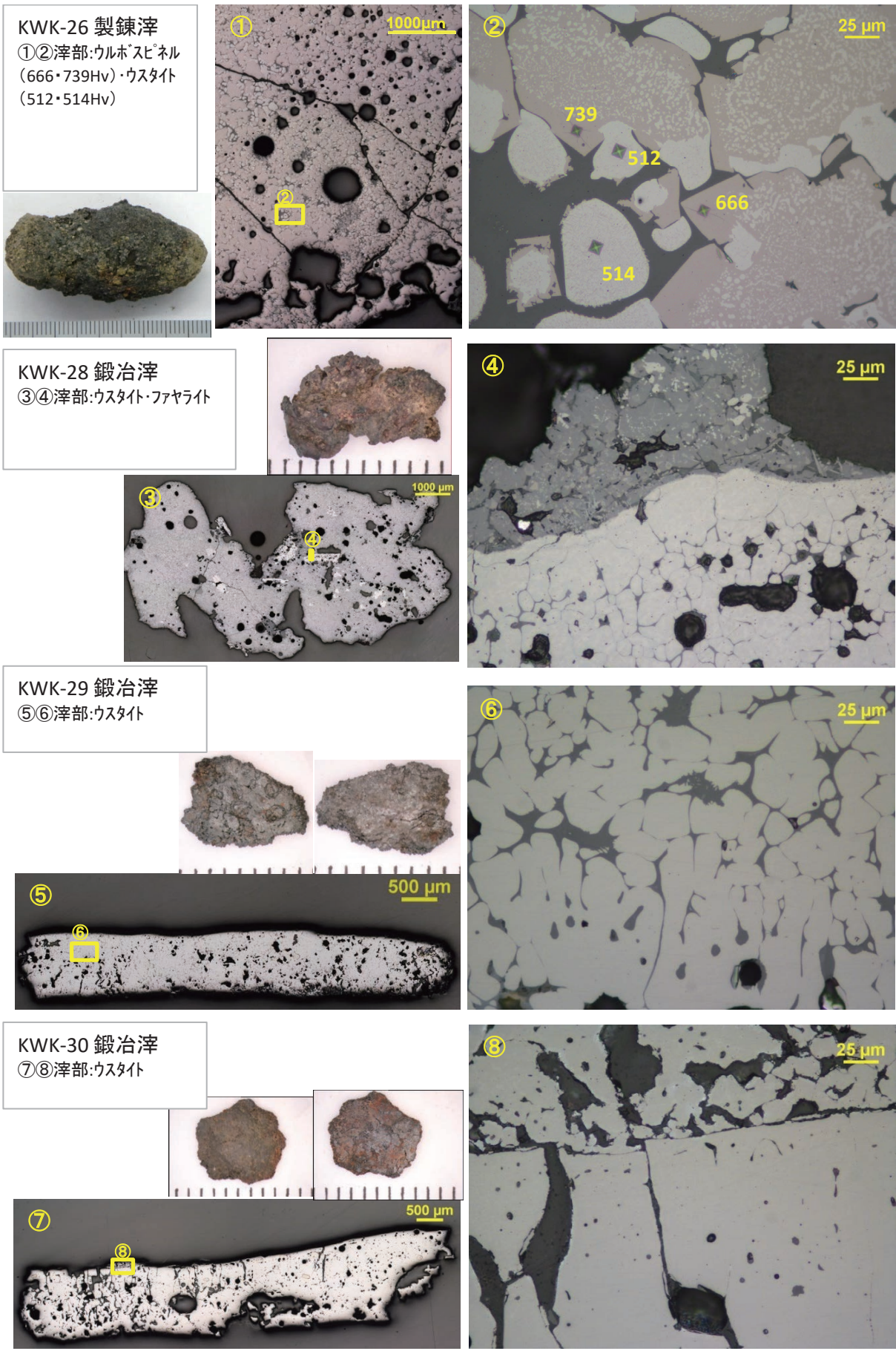
定量分析値

Element	74	75
MgO	0.045	0.119
SiO ₂	0.526	0.773
Na ₂ O	0.133	0.049
Al ₂ O ₃	0.963	0.920
CaO	40.385	40.098
TiO ₂	54.873	55.284
ZrO ₂	0.003	0.046
P ₂ O ₅	0.053	0.042
K ₂ O	0.056	0.068
CuO	-	0.006
FeO	2.972	3.013
MnO	0.052	0.016
Cr ₂ O ₃	0.133	0.131
V ₂ O ₃	1.801	1.465
Total	101.995	102.030

Element	76	77	78
N	0.517	0.447	0.423
O	0.234	0.463	0.199
Si	0.009	-	-
Na	-	-	0.008
Mg	-	-	0.003
S	0.313	0.014	-
Zr	0.094	-	0.010
P	12.067	2.427	0.660
K	-	0.002	-
Ti	-	-	0.005
Fe	88.179	99.397	101.901
Mn	-	-	0.011
Cr	0.008	0.010	-
Total	101.421	102.760	103.220

鉄中非金属介在物の反射電子像(COMP)・特性X線像

図版 22 製錬滓(ガラス質滓・含鉄)の顕微鏡写真・EPMA調査結果



図版 23 製錬滓・鍛冶滓の顕微鏡写真

川久保遺跡出土ガラス玉の蛍光 X 線分析

竹原弘展 (パレオ・ラボ)

1. はじめに

鹿屋市串良町細山田に所在する川久保遺跡より出土したガラス玉について、蛍光 X 線分析による元素分析を行い、材質の検討を行った。

2. 試料と方法

分析対象は、川久保遺跡出土のガラス玉 2 点である (表 1)。2 点とも、竪穴建物跡の床面直上の埋土のふりがけにより検出された。時期は古墳時代で、中期～後期の可能性が高いとみられている。いずれも破損しており、残存状況は 1/3 ～ 1/2 弱程度である。寸法および重量を表 1 に示す。

分析装置は、エスアイアイ・ナノテクノロジー株式会社製のエネルギー分散型蛍光 X 線分析計 SEA1200VX を使用した。装置の仕様は、X 線管が最大 50kV、1000 μ A のロジウム (Rh) ターゲット、X 線照射径が 8 mm または 1 mm、X 線検出器は SDD 検出器である。また、複数の一次フィルタが内蔵されており、適宜選択、挿入することで S/N 比の改善が図れる。検出可能元素はナトリウム (Na) ～ウラン (U) であるが、ナトリウム、マグネシウム (Mg)、アルミニウム (Al) といった軽元素は、蛍光 X 線分析装置の性質上、検出感が悪い。

測定条件は、管電圧・一次フィルタの組み合わせが 15kV (一次フィルタ無し)・50kV (一次フィルタ Pb 測定用・Cd 測定用) の計 3 条件で、測定時間は各条件 500 ～ 1700s、管電流自動設定、照射径 1 mm、試料室内雰囲気真空に設定した。定量分析は、酸化物の形で算出し、ノンスタンダード FP 法による半定量分析を行った。得られる半定量値は、同装置での測定結果を相対的に比較するための値である。

試料は、実体顕微鏡下での観察後、非破壊で測定した。実体顕微鏡観察は、エタノール浸漬状態で透過光下で行った。なお、ガラス製遺物は、透明で風化がないように見える箇所でも表面の風化が進んでおり、ナトリウム (Na₂O)、カリウム (K₂O) の減少など表面の化学組成に変化が生じている (肥塚, 1997)。人為的に露出させた完全な新鮮面でない場合は、解釈の際に風化の影響を考慮する必要がある。

3. 分析結果

実体顕微鏡写真を、図版 1 に示す。2 点ともガラス中に気泡が多くみられた。

蛍光 X 線分析により得られた半定量値を表 2 に示す。なお、表では考察で述べる化学組成上の分類に従って試

料の順番を並べ替えてある。分析の結果、いずれもアルカリ金属とケイ素 (SiO₂) を主成分とするアルカリ珪酸塩ガラスに属するガラスと確認された。

検出できた元素は試料によって異なるが、ナトリウム (Na₂O)、マグネシウム (MgO)、アルミニウム (Al₂O₃)、ケイ素 (SiO₂)、リン (P₂O₅)、硫黄 (SO₃)、カリウム (K₂O)、カルシウム (CaO)、チタン (TiO₂)、マンガン (MnO)、鉄 (Fe₂O₃)、銅 (CuO)、亜鉛 (ZnO)、ルビジウム (Rb₂O)、ストロンチウム (SrO)、イットリウム (Y₂O₃)、ジルコニウム (ZrO₂)、スズ (SnO₂)、バリウム (BaO)、鉛 (PbO) の合計 20 元素である。

4. 考察

実体顕微鏡観察の結果、気泡が多く観察され、いずれも孔に対して平行に伸びた気泡ないし気泡列であった。ガラスを管状に引き伸ばした後、管を切って製作する引き伸ばし法 (管切り法) により製作されたと考えられる。

古代のガラスについては、肥塚・田村・大賀 (2010) などや、中井・阿部ら (白瀧ほか, 2012) などにより、詳細に分類されている。今回分析したガラス玉を、化学組成に基づき、以下のとおり分類した。

・青緑色ガラス玉 (Na₂O-Al₂O₃-CaO-SiO₂ 系) (試料番号 2)

試料番号 2 は、ナトリウム (Na₂O) とアルミニウム (Al₂O₃) の量が多く、カルシウム (CaO) をある程度含有し、ルビジウム (Rb₂O) が少なく、ストロンチウム (SrO) とジルコニウム (ZrO₂) が比較的多いなどの特徴により、基礎ガラスはアルミナソーダ石灰ガラス (Na₂O-Al₂O₃-CaO-SiO₂ 系) に属すると考えられる。

発色には、銅イオンと鉄イオンが主に影響していると推定される。

・黄色ガラス玉 (Na₂O-Al₂O₃-CaO-SiO₂ 系) (試料番号 1)

試料番号 1 も、上述の青緑色ガラス玉と同様にナトリウム (Na₂O) とアルミニウム (Al₂O₃) の量が多く、カルシウム (CaO) をある程度含有し、ルビジウム (Rb₂O) が少なくストロンチウム (SrO) とジルコニウム (ZrO₂) が比較的多いなどの特徴により、基礎ガラスはアルミナソーダ石灰ガラス (Na₂O-Al₂O₃-CaO-SiO₂ 系) に属すると考えられる。なお、今回の試料は鉛 (PbO) がかなり多く検出されたが、後述の黄色顔料に由来すると考えられ、これまでの黄色ガラス玉の分析例からも、基礎ガラスはアルミナソーダ石灰ガラス (Na₂O-Al₂O₃-CaO-SiO₂ 系) に属すると判断した。

黄色のガラス玉の色調は、先述の青緑色のガラス玉、今回の分析対象には含まれていないが黄緑色のガラス玉と併せて、銅、スズ、鉛の多寡により説明される (肥塚・田村・大賀, 2010; 白瀧ほか, 2010; 白瀧ほか, 2012)。

すなわち、青緑色のガラス玉は銅イオンの影響で着色され、黄緑色のガラス玉は銅イオンに加えて鉛スズ化合物の黄色顔料の添加により黄緑色となり、銅が少ないと黄色のガラスとなる。今回分析した試料番号1は、実体顕微鏡観察において黄色顔料の存在が確認された。

日本列島においてガラスは、弥生時代より出現する。弥生時代の主なガラスは鉛バリウムガラスとカリガラスであり、弥生時代後期頃からソーダ石灰ガラス、アルミナソーダ石灰ガラスが少量出現するようになる。古墳時代以降は、ソーダ石灰ガラス、アルミナソーダ石灰ガラスが多量に流通する一方、カリガラスは少量の流通となり、鉛バリウムガラスの流通は途絶える。

5. おわりに

川久保遺跡より出土したガラス玉2点の蛍光X線分析を行った結果、いずれもアルカリ珪酸塩ガラスと確認された。化学組成の特徴から、いずれもアルミナソーダ石灰ガラスに属する可能性が高い。

引用・参考文献

加藤慎啓・沢田貴史・保倉明子・中井 泉・真道洋子 (2005) ポータブル蛍光X線分析装置によるエジプト・ラーヤ遺跡出土ガラスの考古化学的研究. 日本文化財科学会第22回大会研究発表要旨集, 250-251.

肥塚隆保 (1997) 日本で出土した古代ガラスの歴史の変遷に関する科学的研究. 132p, 東京藝術大学博士学位論文.

肥塚隆保 (2003) 日本出土ガラスから探る古代の交易—古代ガラス材質の歴史の変遷—. 沢田正昭編「遺物の保存と調査」: 145-158, クバプロ.

肥塚隆保・田村朋美・大賀克彦 (2010) 古代ガラスと考古学材質とその歴史の変遷. 月刊文化財, 566, 13-25.

松崎真弓・白瀧絢子・池田朋生・中井 泉 (2012) 非破壊オンサイト分析による日本出土の古代ガラスの流通に関する考古化学的研究. 日本文化財科学会第29回大会研究発表要旨集, 374-375.

中井 泉編 (2005) 蛍光X線分析の実際. 242p, 朝倉書店.

作花済夫・境野照雄・高橋克明編 (1975) ガラスハンドブック. 1072p, 朝倉書店.

白瀧絢子・阿部善也・タンタラカーン・クリアンカモル・中井 泉・池田朋生・坂口圭太郎・後藤克博 (2010) 熊本県の古墳から出土したガラスビーズの考古化学的研究. 日本文化財科学会第27回大会研究発表要旨集, 254-255.

白瀧絢子・阿部善也・K. タンタラカーン・中井 泉・池田朋生・坂口圭太郎・後藤克博・荒木隆宏 (2012) 熊本県出土の古代ガラスの考古化学的研究. 考古学と自然科学, 63, 29-52.

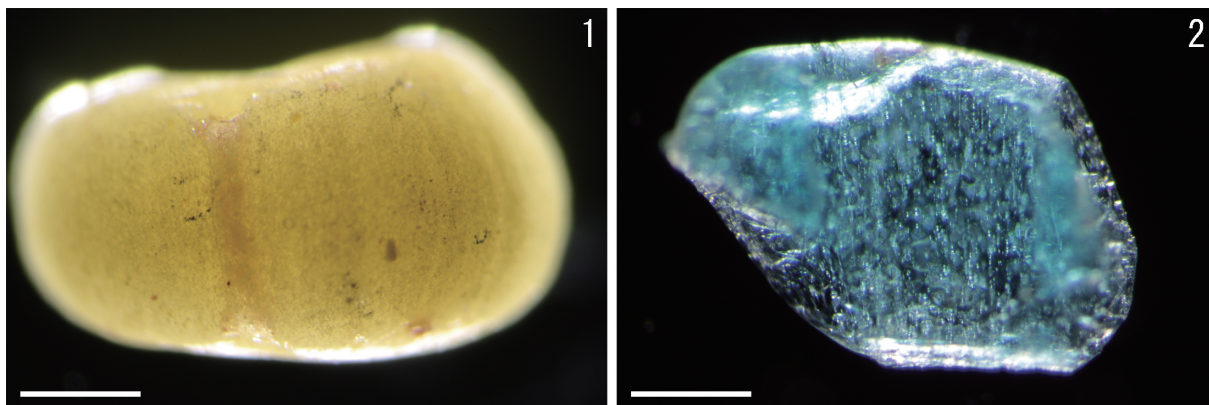
山根正之 (1989) はじめてガラスを作る人のために. 195p, 内田老鶴圃.

表1 分析対象一覧

試料番号	色調	遺物番号	出土区	出土遺構	残存状況	法量 (mm, mg, 括弧は復元径)			
						直径	孔径	厚さ	重量
1	黄	21	I29	竪穴建物跡44号貼床面	1/2弱	(2.2)	(0.6)	1.1	5.4
2	青緑	22	J・K32・33	竪穴建物跡14号貼床面	1/3	(2.0)	(0.9)	1.3	3.3

表2 半定量分析結果 (mass%)

試料番号	色調	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	CuO	ZnO	Rb ₂ O	SrO	Y ₂ O ₃	ZrO ₂	SnO ₂	BaO	PbO	推定技法
2	青緑	5.69	0.53	6.49	70.36	1.50	0.98	3.69	3.36	0.89	0.15	2.74	3.24	0.03	0.01	0.04	0.01	0.06	0.01	0.18	0.07	引伸
1	黄	4.93	—	10.03	60.14	0.34	2.40	2.76	1.36	0.48	0.08	1.19	0.01	—	0.01	0.07	—	0.14	2.37	0.31	13.38	引伸



図版 1 ガラス玉の実体顕微鏡写真（透過光、数字は試料番号、スケールは 0.5mm）

第Ⅵ章 総括

1 古墳時代竪穴建物跡の考察

川久保遺跡では方形・円形含めて56基の竪穴建物跡が検出されている。方形竪穴建物跡49基、円形竪穴建物跡7基である。これら56基の竪穴建物跡のうち、方形竪穴建物跡49基について、年代測定結果、建物の向き、建物の構造（貼床・炉跡・硬化面・張り出しの有無、柱穴の配置）、貼床面出土の甕の口縁部形態から分類・検討を行う。

年代測定は全ての竪穴建物で実施してはいないが、結果は表3-1～表3-4のとおりであり、それを簡略的に図化したものが表3-5である。表3-5を見ると、竪穴建物跡1・14・41号が5世紀前半から6世紀半ばの範囲を、竪穴建物跡8・56号が2世紀前半から3世紀半ばを示す以外は、分析を実施したほぼ全ての竪穴建物跡が3世紀前半から5世紀前半の範囲に収まる。

次に竪穴建物跡の向きについて見ていくと、長軸・短軸を含めて、建物の軸が西側に傾くもの(A)、南北を向くもの(B)、東に傾くもの(C)の3類に分類可能であった。なお、建物の軸が南北を向くものに関しては、わずかに東西に傾くものも含めていたが、それらもA類とC類に再分類を行った。その結果(表3-6)、A類24基、B類14基、C類9基に分類できた。なお、竪穴建物跡44・47号は建物の傾きが強く、A・C類どちらとも判断がつかなかった。

方形竪穴建物跡49基中、貼床は44基(不明除く)、炉跡は40基(不明除く)、硬化面は35基、張り出しは17基で検出されている(表3-6)。この結果から、川久保遺跡の古墳時代竪穴建物跡の構造としては、貼床を形成し、炉跡を構築することが主流であり、硬化面を持つ建物跡が多いことから、硬化面が形成される程度の期間は建物を使用していたことが分かる。

柱穴の配置は、中央付近に4基の支柱穴を配置するもの(a)、中央に2基の支柱穴を配置するもの(b)、柱穴を中央部付近に配置するもの(c)、柱穴を周縁部(壁沿い)に配置するもの(d)、その他の5類に分類した(表3-6・第3-1図・第3-2図)。その他には攪乱等により柱穴の有無が不明なものも含め、分類の対象外とした。

以上の分類を基に竪穴建物跡を分類していく。まず年代測定と遺構の向きの結果から竪穴建物跡を、1群南北軸(5・23・25・28号)、2群西傾(8・12・13・27・36号)、3群南北軸(4・11・22号)、4群東傾(2・26号)、5群東傾(7・17号)、6群西傾(1・14・41号)の6群に分類した(第3-3図)。遺構の切り合いより、1群は2群に先行し、年代測定の結果から2群は3群に先行すると考

えられる。年代測定の結果から4群は5群に先行すると考えられる。3群と4群は年代測定の結果から、近い時期のものと考えられる。6群は年代測定の結果から、最も新しい竪穴建物跡群となる。また、1群の竪穴建物跡28号が、竪穴建物跡29号を切っているため、1群に先行して0群(29号)が考えられる。

以上の事実を踏まえ、建物跡群の順序を考察する。4群と5群に関しては、年代測定の結果、全ての建物の時期の範囲が4世紀内に収まることから4・5群として同時期と考える。3群と4群に関しては前述のとおり、年代測定の結果から近い時期のものと考えられ、南北軸の竪穴建物跡16号は4・5群の17号を切っていることから、竪穴建物跡16号は3群の建物跡と考えられる。これは年代測定の結果から、1群は4・5群よりも古い年代がでているためである。竪穴建物跡32・34号は4・5群の33・35号を切っており、32・34号の貼床面からは口縁部が外反・外傾する古手の甕B類が主体的に出土していることから、32・34号は6群とは考えにくく、2群の建物跡と考えられる。その他の竪穴建物跡についても考察を行った結果、建物跡の変遷は0群→1群→4・5群→2群→3群→6群の順と想定される。なお、建物が西に傾く竪穴建物跡40・43・46・49号、南北軸の48号の詳細は不明である。

6群に分類した竪穴建物跡群であるが、これは6期に分かれるということではない。中央付近に4基の柱穴を配置する竪穴建物跡は1群に所属する1基を除くと、他は全て建物が西に傾く2群と6群に所属しており、2群と6群に連続性が見られる。しかしながら、2群と6群の間には3群が挟まることから、2群と3群にはほとんど時期差が無かった可能性も考えられる。

以上が年代測定・建物の向きと構造、貼床面から出土した甕の形態を基に分類した竪穴建物跡の変遷である。この結果と、次項の遺構内出土土器の考察を比較することにより、川久保遺跡の古墳時代竪穴建物跡群の変遷の想定が可能であると考えられる。(岩永)

表3-1 川久保遺跡竪穴建物跡放射性炭素年代測定 (AMS法) 資料結果一覧1

測定番号	$\delta^{13}\text{C}$ 補正なし		暦年較正用 (yrBP)	1 σ 暦年代範囲	2 σ 暦年代範囲	委託先
	Age (yrBP)	pMC (%)				
竪穴建物跡1号 土器1付着炭化物 IAAA-220504	1,650 ± 20	81.44 ± 0.23	1,592 ± 22	433calAD - 442calAD (7.4%) 449calAD - 479calAD (25.7%) 495calAD - 535calAD (35.1%)	424calAD - 541calAD (95.4%)	加速器分析 研究所
竪穴建物跡1号 炭化物(ふるい) IAAA-172384	1,640 ± 20	81.55 ± 0.22	1,631 ± 22	390calAD - 428calAD (68.2%)	349calAD - 368calAD (2.7%) 379calAD - 435calAD (73.2%) 456calAD - 469calAD (1.9%) 487calAD - 534calAD (17.7%)	加速器分析 研究所
竪穴建物跡1号 掘り方面出土炭化材 PLD-40031	1,605 ± 20	-26.52 ± 0.15	1,607 ± 22	406-432 cal AD (28.2%) 490-532 cal AD (40.0%)	398-475 cal AD (50.5%) 485-536 cal AD (44.9%)	パレオ・ラボ
竪穴建物跡2号 炭1 IAAA-172385	1,780 ± 20	80.12 ± 0.22	1,727 ± 23	256calAD - 300calAD (38.4%) 318calAD - 348calAD (25.3%) 370calAD - 377calAD (4.4%)	250calAD - 383calAD (95.4%)	加速器分析 研究所
竪穴建物跡2号 炭2 PLD-40007	1,730 ± 20	-27.98 ± 0.19	1,728 ± 19	256-299 cal AD (42.2%) 318-345 cal AD (26.0%)	252-381 cal AD (95.4%)	パレオ・ラボ
竪穴建物跡4号 土器27付着炭化物 IAAA-220505	1,700 ± 20	80.91 ± 0.22	1,657 ± 22	380calAD - 427calAD (68.3%)	263calAD - 275calAD (3.2%) 348calAD - 436calAD (85.6%) 465calAD - 475calAD (2.0%) 500calAD - 509calAD (1.3%) 515calAD - 531calAD (3.4%)	加速器分析 研究所
竪穴建物跡4号 炭1 PLD-40008	1,700 ± 20	-27.3 ± 0.18	1,700 ± 21	333-388 cal AD (68.2%)	257-296 cal AD (16.9%) 321-399 cal AD (78.5%)	パレオ・ラボ
竪穴建物跡5号 炭1 PLD-40009	1,725 ± 20	-26.65 ± 0.17	1,726 ± 21	257-298 cal AD (39.3%) 320-346 cal AD (25.4%) 372-377 cal AD (3.5%)	251-384 cal AD (95.4%)	パレオ・ラボ
竪穴建物跡7号 貼床面出土炭化物 IAAA-172388	1,730 ± 20	80.67 ± 0.22	1,694 ± 22	336calAD - 390calAD (68.2%)	258calAD - 285calAD (11.6%) 290calAD - 295calAD (0.7%) 321calAD - 405calAD (83.1%)	加速器分析 研究所
竪穴建物跡7号 貼床面出土炭化物 IAAA-172389	1,710 ± 20	80.85 ± 0.22	1,700 ± 23	268calAD - 271calAD (2.4%) 332calAD - 389calAD (65.8%)	257calAD - 298calAD (18.6%) 320calAD - 400calAD (76.8%)	加速器分析 研究所
竪穴建物跡7号 土器68付着炭化物 IAAA-200325	1,750 ± 20	80.40 ± 0.23	1,705 ± 23	264calAD - 273calAD (8.0%) 331calAD - 386calAD (60.2%)	256calAD - 301calAD (23.3%) 316calAD - 398calAD (72.1%)	加速器分析 研究所
竪穴建物跡7号 炭化物 PLD-40019	1,655 ± 21	-25.80 ± 0.18	1,656 ± 21	358-363 cal AD (3.9%) 381-418 cal AD (64.3%)	340-424 cal AD (95.4%)	パレオ・ラボ
竪穴建物跡7号 貼床面出土炭化物 PLD-40032	1,685 ± 20	-25.48 ± 0.15	1,687 ± 22	342-392 cal AD (68.2%)	260-280 cal AD (7.2%) 325-412 cal AD (88.2%)	パレオ・ラボ
竪穴建物跡8号 貼床面出土炭化物 IAAA-172386	1,840 ± 20	79.57 ± 0.22	1,804 ± 22	143calAD - 156calAD (8.8%) 167calAD - 195calAD (21.2%) 209calAD - 245calAD (38.2%)	132calAD - 256calAD (89.4%) 299calAD - 319calAD (6.0%)	加速器分析 研究所
竪穴建物跡8号 貼床面出土炭化物 IAAA-172387	1,780 ± 20	80.11 ± 0.21	1,755 ± 22	247calAD - 261calAD (15.3%) 279calAD - 326calAD (52.9%)	230calAD - 347calAD (95.4%)	加速器分析 研究所
竪穴建物跡11号 土器130付着炭化物 PLD-40020	1,690 ± 20	-23.87 ± 0.19	1,688 ± 20	343-390 cal AD (68.2%)	260-280 cal AD (6.6%) 325-410 cal AD (88.8%)	パレオ・ラボ
竪穴建物跡11号 炭1 PLD-40010	1,645 ± 20	-28.09 ± 0.19	1,643 ± 21	390-421 cal AD (68.2%)	343-430 cal AD (91.9%) 495-508 cal AD (2.5%) 520-527 cal AD (1.0%)	パレオ・ラボ
竪穴建物跡12号 貼床面出土炭化物 PLD-40029	1,755 ± 20	-27.09 ± 0.18	1,754 ± 21	249-261 cal AD (13.8%) 279-326 cal AD (54.4%)	231-346 cal AD (95.4%)	パレオ・ラボ
竪穴建物跡13号 貼床面出土炭化物 IAAA-170925	1,950 ± 20	78.43 ± 0.22	1,966 ± 22	17calAD - 66calAD (68.2%)	37calBC - 9calBC (7.1%) 4calBC - 79calAD (88.3%)	加速器分析 研究所
竪穴建物跡13号 炭化物 IAAA-190917	1,760 ± 20	80.28 ± 0.22	1,779 ± 22	228calAD - 258calAD (33.2%) 283calAD - 323calAD (35.0%)	143calAD - 157calAD (2.3%) 167calAD - 196calAD (5.7%) 210calAD - 333calAD (87.4%)	加速器分析 研究所

表3-2 川久保遺跡竪穴建物跡放射性炭素年代測定 (AMS法) 資料結果一覽2

測定番号	$\delta^{13}\text{C}$ 補正なし		暦年較正用 (yrBP)	1 σ 暦年代範囲	2 σ 暦年代範囲	委託先
	Age (yrBP)	pMC (%)				
竪穴建物跡14号 土器188附着炭化物 IAAA-220507	1,650 ± 20	81.45 ± 0.23	1,628 ± 23	412calAD - 436calAD (34.6%) 464calAD - 475calAD (10.8%) 500calAD - 509calAD (7.4%) 515calAD - 531calAD (15.5%)	405calAD - 538calAD (95.4%)	加速器分析 研究所
竪穴建物跡14号 土器198附着炭化物 IAAA-220508	1,660 ± 20	81.32 ± 0.23	1,624 ± 22	415calAD - 436calAD (31.5%) 464calAD - 475calAD (11.8%) 500calAD - 509calAD (8.1%) 515calAD - 531calAD (16.9%)	409calAD - 482calAD (59.2%) 491calAD - 538calAD (36.3%)	加速器分析 研究所
竪穴建物跡17号 土器238附着炭化物 IAAA-220506	1,720 ± 20	80.75 ± 0.22	1,691 ± 22	267calAD - 271calAD (4.2%) 354calAD - 410calAD (64.1%)	260calAD - 279calAD (13.7%) 337calAD - 417calAD (81.7%)	加速器分析 研究所
竪穴建物跡22号 炭1 IAAA-190916	1,620 ± 20	81.77 ± 0.21	1,674 ± 21	347calAD - 371calAD (31.3%) 377calAD - 400calAD (36.9%)	268calAD - 271calAD (0.5%) 332calAD - 418calAD (94.9%)	加速器分析 研究所
竪穴建物跡22号 炭2 PLD-40006	1,670 ± 20	-22.80 ± 0.20	1,672 ± 19	348-369 cal AD (27.5%) 378-402 cal AD (40.7%)	335-416 cal AD (95.4%)	バレオ・ラボ
竪穴建物跡23号 土器258附着炭化物 PLD-40018	1,715 ± 20	-24.00 ± 0.18	1,714 ± 21	261-278 cal AD (16.7%) 327-382 cal AD (51.5%)	255-302 cal AD (31.7%) 315-391 cal AD (63.7%)	バレオ・ラボ
竪穴建物跡25号 貼床面出土炭化物 IAAA-170924	1,760 ± 20	80.30 ± 0.22	1,737 ± 22	254calAD - 302calAD (47.8%) 316calAD - 337calAD (20.4%)	243calAD - 358calAD (90.3%) 365calAD - 380calAD (5.1%)	加速器分析 研究所
竪穴建物跡25号 貼床面出土炭化物 PLD-40030	1,665 ± 20	-25.85 ± 0.25	1,665 ± 22	351-367 cal AD (18.0%) 379-410 cal AD (50.2%)	336-422 cal AD (95.4%)	バレオ・ラボ
竪穴建物跡26号 土器334附着炭化物 PLD-40026	1,730 ± 20	-26.18 ± 0.22	1,729 ± 21	255-301 cal AD (42.8%) 317-345 cal AD (25.4%)	251-382 cal AD (95.4%)	バレオ・ラボ
竪穴建物跡26号 炭1 IAAA-190919	1,820 ± 20	79.75 ± 0.22	1,772 ± 22	235calAD - 259calAD (26.3%) 281calAD - 324calAD (41.9%)	145calAD - 150calAD (0.4%) 170calAD - 194calAD (2.7%) 211calAD - 339calAD (92.3%)	加速器分析 研究所
竪穴建物跡27号 炭1 IAAA-190918	1,760 ± 20	80.30 ± 0.22	1,752 ± 22	248calAD - 262calAD (14.6%) 277calAD - 328calAD (53.6%)	232calAD - 349calAD (94.4%) 370calAD - 377calAD (1.0%)	加速器分析 研究所
竪穴建物跡27号 土器343附着炭化物 PLD-40022	1,730 ± 20	-24.28 ± 0.22	1,728 ± 21	256-300 cal AD (40.9%) 317-346 cal AD (25.5%) 373-376 cal AD (1.9%)	251-382 cal AD (95.4%)	バレオ・ラボ
竪穴建物跡28号 土器附着炭化物 PLD-40023	1,745 ± 20	-24.77 ± 0.22	1,747 ± 21	252-264 cal AD (12.0%) 274-330 cal AD (56.2%)	237-350 cal AD (93.9%) 369-378 cal AD (1.5%)	バレオ・ラボ
竪穴建物跡28号 土器358附着炭化物 PLD-40024	1,730 ± 20	-26.20 ± 0.27	1,732 ± 20	255-301 cal AD (45.0%) 317-341 cal AD (23.2%)	248-358 cal AD (88.5%) 364-381 cal AD (6.9%)	バレオ・ラボ
竪穴建物跡32号 貼床面出土炭化物 PLD-40012	2,480 ± 20	-24.54 ± 0.18	2,482 ± 21	755-731 cal BC (11.5%) 692-680 cal BC (5.3%) 670-659 cal BC (5.1%) 651-607 cal BC (20.7%) 596-544 cal BC (25.6%)	768-536 cal BC (95.4%)	バレオ・ラボ
竪穴建物跡36号 土器434附着炭化物 PLD-40021	1,740 ± 20	-25.33 ± 0.22	1,740 ± 21	254-303 cal AD (49.1%) 315-334 cal AD (19.1%)	241-357 cal AD (91.6%) 366-380 cal AD (3.8%)	バレオ・ラボ
竪穴建物跡41号 炭1 IAAA-190920	1,610 ± 20	81.80 ± 0.22	1,612 ± 22	402calAD - 431calAD (34.4%) 492calAD - 530calAD (33.8%)	394calAD - 475calAD (54.9%) 485calAD - 535calAD (40.5%)	加速器分析 研究所
竪穴建物跡43号 貼床面出土炭化物 PLD-40013	1,700 ± 20	-26.12 ± 0.20	1,702 ± 20	333-386 cal AD (68.2%)	257-296 cal AD (17.8%) 321-397 cal AD (77.6%)	バレオ・ラボ
竪穴建物跡54号 炉跡出土炭化物 PLD-36021	1,745 ± 20	-26.46 ± 0.26	1,744 ± 21	252-305calAD (49.0%) 311-332calAD (19.2%)	239-351calAD (93.2%) 368-378calAD (2.2%)	バリノ・サーヴェイ
竪穴建物跡55号 土器附着炭化物 IAAA-220509	1,750 ± 20	80.39 ± 0.23	1,696 ± 23	266calAD - 272calAD (5.6%) 352calAD - 407calAD (62.7%)	258calAD - 280calAD (15.9%) 333calAD - 416calAD (79.5%)	加速器分析 研究所
竪穴建物跡56号 貼床面出土炭化物 PLD-40033	1,795 ± 20	-25.77 ± 0.25	1,797 ± 21	144-152 cal AD (4.0%) 169-195 cal AD (14.9%) 210-253 cal AD (43.4%) 303-314 cal AD (5.9%)	134-258 cal AD (83.1%) 285-288 cal AD (0.8%) 295-322 cal AD (11.5%)	バレオ・ラボ
竪穴状遺構6号 貼床面出土炭化物種子 PLD-36022	2,180 ± 20	-20.39 ± 0.26	2,182 ± 22	352calBC-297calBC (51.4%) 228calBC-221calBC (5.5%) 212calBC-199calBC (11.3%)	358calBC-279calBC (58.5%) 259calBC-176calBC (36.9%)	バリノ・サーヴェイ

表3-3 川久保遺跡製鉄関連土坑放射性炭素年代測定 (AMS法) 資料結果一覧3

測定番号	$\delta^{13}\text{C}$ 補正なし		暦年較正用 (yrBP)	1 σ 暦年代範囲	2 σ 暦年代範囲	委託先
	Age (yrBP)	pMC (%)				
製鉄関連土坑 1 IAAA-170927	1,310 ± 20	84.99 ± 0.23	1,243 ± 22	690calAD - 750calAD (55.4%) 761calAD - 776calAD (12.8%)	685calAD - 779calAD (75.1%) 790calAD - 868calAD (20.3%)	加速器分析 研究所
製鉄関連土坑 1 IAAA-172390	1,280 ± 20	85.24 ± 0.23	1,241 ± 22	690calAD - 749calAD (51.9%) 761calAD - 777calAD (13.3%) 793calAD - 800calAD (3.0%)	686calAD - 779calAD (71.5%) 790calAD - 870calAD (23.9%)	加速器分析 研究所
製鉄関連土坑 1 IAAA-172391	1,280 ± 20	85.29 ± 0.22	1,244 ± 22	690calAD - 750calAD (55.7%) 761calAD - 775calAD (12.5%)	683calAD - 779calAD (76.6%) 790calAD - 868calAD (18.8%)	加速器分析 研究所
製鉄関連土坑 1 No. 10-194 pal-11378	1,240 ± 20	-28.55 ± 0.22	1,242 ± 20	692calAD-748calAD(68.2%) 762calAD-775calAD (95.4%)	686calAD-779calAD (68.2%) 790calAD-868calAD (95.4%)	バリノ・サーヴェイ
製鉄関連土坑 1 No. 13-296 pal-11379	1,270 ± 20	-22.80 ± 0.22	1,268 ± 20	690calAD-725calAD (68.2%) 739calAD-752calAD (95.4%) 760calAD-767calAD (95.4%)	680calAD-771calAD (68.2%)	バリノ・サーヴェイ
製鉄関連土坑 1 No. 16-43406 pal-11381	1,345 ± 20	-23.71 ± 0.16	1,346 ± 20	655calAD-674calAD (68.2%)	646calAD-690calAD (68.2%)	バリノ・サーヴェイ
製鉄関連土坑 1 No. 17-43470 pal-11382	1,280 ± 20	-24.03 ± 0.26	1,281 ± 20	685calAD-715calAD(68.2%) 744calAD-766calAD (95.4%)	671calAD-770calAD (68.2%)	バリノ・サーヴェイ
製鉄関連土坑 1 No. 18-43742 pal-11383	1,360 ± 20	-21.02 ± 0.29	1,362 ± 20	651calAD-667calAD (68.2%)	643calAD-679calAD (68.2%)	バリノ・サーヴェイ
製鉄関連土坑 1 No. 20-51176 pal-11385	1,420 ± 20	-20.26 ± 0.29	1,421 ± 21	616calAD-649calAD (68.2%)	600calAD-656calAD (68.2%)	バリノ・サーヴェイ
製鉄関連土坑 1 No. 21-64 pal-11456	1,235 ± 20	-26.32 ± 0.39	1,234 ± 22	695calAD-700calAD (1.9%) 710calAD-745calAD (32.3%) 764calAD-778calAD (12.6%) 791calAD-805calAD (7.2%) 814calAD-825calAD (4.4%) 841calAD-862calAD (9.8%)	689calAD-750calAD (43.2%) 761calAD-780calAD (14.9%) 787calAD-877calAD (37.3%)	バリノ・サーヴェイ
製鉄関連土坑 1 No. 23-217 pal-11457	1,245 ± 20	-24.18 ± 0.51	1,244 ± 23	694calAD-747calAD (56.5%) 763calAD-774calAD (11.7%)	684calAD-779calAD (80.5%) 791calAD-830calAD (8.6%) 837calAD-865calAD (6.3%)	バリノ・サーヴェイ
製鉄関連土坑 1 No. 24-291 pal-11458	1,265 ± 20	-22.42 ± 0.45	1,264 ± 24	690calAD-729calAD (44.5%) 736calAD-750calAD (15.5%) 761calAD-768calAD (8.1%)	681calAD-773calAD (95.4%)	バリノ・サーヴェイ
製鉄関連土坑 1 No. 25-417 pal-11459	1,225 ± 20	-24.93 ± 0.48	1,226 ± 25	721calAD-741calAD (16.9%) 767calAD-778calAD (11.1%) 791calAD-827calAD (24.0%) 840calAD-864calAD (16.3%)	695calAD-701calAD (1.2%) 709calAD-745calAD (23.1%) 764calAD-881calAD (71.1%)	バリノ・サーヴェイ
製鉄関連土坑 1 No. 26-52303 pal-11460	1,255 ± 20	-27.64 ± 0.49	1,255 ± 26	695calAD-700calAD (6.1%) 710calAD-746calAD (53.4%) 764calAD-770calAD (8.7%)	675calAD-778calAD (93.7%) 793calAD-801calAD (0.9%) 845calAD-853calAD (0.8%)	バリノ・サーヴェイ
製鉄関連土坑 1 No. 27-54785 pal-11461	1,250 ± 20	-24.80 ± 0.53	1,251 ± 26	695calAD-700calAD (4.8%) 710calAD-746calAD (53.0%) 764calAD-772calAD (10.4%)	678calAD-778calAD (90.3%) 792calAD-804calAD (1.8%) 815calAD-823calAD (0.9%)	バリノ・サーヴェイ
製鉄関連土坑 1 No. 43-46804 pal-11463	1,340 ± 20	-21.18 ± 0.21	1,339 ± 27	656calAD-678calAD (68.2%)	649calAD-691calAD (92.5%) 751calAD-761calAD (2.9%)	バリノ・サーヴェイ
製鉄関連土坑 1 PLD-40015	1,215 ± 20	-26.27 ± 0.22	1,215 ± 21	770-779 cal AD (7.7%) 790-831 cal AD (34.7%) 837-867 cal AD (25.8%)	720-741 cal AD (8.8%) 766-885 cal AD (86.6%)	パレオ・ラボ
製鉄関連土坑 1 PLD-40016	1,165 ± 20	-25.77 ± 0.24	1,166 ± 21	778-791 cal AD (11.6%) 805-842 cal AD (23.4%) 860-894 cal AD (28.8%) 931-938 cal AD (4.4%)	773-900 cal AD (83.5%) 921-950 cal AD (11.9%)	パレオ・ラボ
製鉄関連土坑 1 PLD-40017	1,225 ± 20	-25.11 ± 0.18	1,224 ± 20	723-740 cal AD (13.2%) 767-779 cal AD (10.6%) 791-829 cal AD (25.9%) 838-865 cal AD (18.6%)	695-700 cal AD (0.8%) 710-745 cal AD (19.9%) 764-883 cal AD (74.7%)	パレオ・ラボ

表3-4 川久保遺跡製鉄関連土坑放射性炭素年代測定 (AMS法) 資料結果一覧4

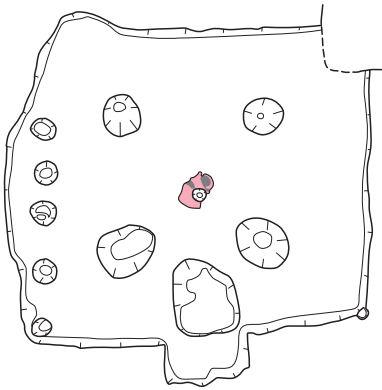
測定番号	$\delta^{13}\text{C}$ 補正なし		暦年較正用 (yrBP)	1 σ 暦年代範囲	2 σ 暦年代範囲	委託先
	Age (yrBP)	pMC (%)				
製鉄関連土坑 2 No. 19-49546 pal-11463	1,330 ± 20	-20.51 ± 0.29	1,331 ± 27	659calAD-682calAD (68.2%)	651calAD-710calAD (68.2%) 746calAD-764calAD (95.4%)	バリノ・サーヴェイ
製鉄関連土坑 2 IAAA-170928	1,230 ± 20	85.77 ± 0.23	1,198 ± 22	789calAD - 869calAD (68.2%)	769calAD - 890calAD (95.4%)	加速器分析 研究所
製鉄関連土坑 2 IAAA-170929	1,380 ± 20	84.24 ± 0.22	1,332 ± 21	658calAD - 682calAD (68.2%)	651calAD - 710calAD (87.3%) 746calAD - 764calAD (8.1%)	加速器分析 研究所
製鉄関連土坑 2 IAAA-172392	1,220 ± 20	85.94 ± 0.22	1,185 ± 21	778calAD - 792calAD (12.5%) 803calAD - 843calAD (33.8%) 857calAD - 882calAD (21.9%)	772calAD - 892calAD (95.4%)	加速器分析 研究所
製鉄関連土坑 2 IAAA-172393	1,230 ± 20	85.81 ± 0.23	1,206 ± 21	774calAD - 778calAD (4.1%) 789calAD - 831calAD (36.7%) 837calAD - 868calAD (27.4%)	731calAD - 735calAD (1.2%) 769calAD - 886calAD (94.2%)	加速器分析 研究所
製鉄関連土坑 3 IAAA-170923	1,420 ± 20	83.82 ± 0.23	1,329 ± 22	657calAD - 686calAD (68.2%)	651calAD - 712calAD (84.4%) 745calAD - 764calAD (11.0%)	加速器分析 研究所

表3-5 川久保遺跡古墳時代竪穴建物跡時期一覽

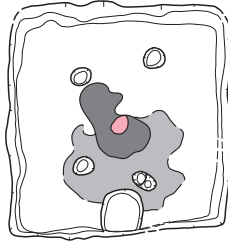
遺構番号	時代(世紀)										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
竪穴建物跡 1号					■	■	■	■	■		
2号			■	■	■	■					
4号				■	■	■	■				
5号			■	■	■	■					
7号				■	■	■	■				
8号	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
11号				■	■	■					
12号			■	■	■	■					
13号			■	■	■	■					
14号					■	■	■	■	■		
17号				■	■	■	■				
22号				■	■	■	■				
23号			■	■	■	■					
25号			■	■	■	■					
26号			■	■	■	■					
27号			■	■	■	■					
28号			■	■	■	■					
36号			■	■	■	■					
41号					■	■	■	■	■		
43号				■	■	■					
54号			■	■	■	■					
55号				■	■	■					
56号	■	■	■	■	■						
製鉄関連 土坑 1								■	■	■	
								■	■	■	
								■	■	■	
								■	■	■	
								■	■	■	
								■	■	■	
								■	■	■	
								■	■	■	
								■	■	■	
								■	■	■	
製鉄関連 土坑 2							■	■	■		
製鉄土坑 3							■	■	■		

表3-6 川久保遺跡A地点古墳時代竪穴建物跡一覧

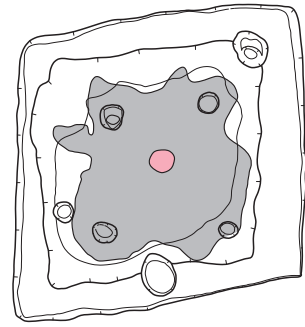
遺構 番号	区	検出層	形状	大きさ (m)		建物の 向き	貼床	炉跡 焼土	硬化面	張り 出し	柱穴 配置	群	備考
				長軸	短軸								
1	C36	Va	方形	3.9	3.4	A	なし	なし	なし	なし		6	年代測定
2	D36・37	Va	方形	3.7	3.5	C	○	○	○	なし	d	4・5	年代測定
3	F36	Va	方形	3.2	3.2	B	○	なし	なし	なし		1	4号より古い
4	F36	Va	方形	4.2	4.0	B	○	なし	○	なし		3	3号・5号より新しい 年代測定
5	G36	Va	方形	7.7	6.7	B	○	○	なし	○	a	1	4号より古い 年代測定
6	F38	Va	方形	4.8	4.3	C	○	なし	○	○		4・5	
7	G37	Va	長方形	7.0	6.0	C	○	○	○	なし	c	4・5	鍛冶関連・年代測定
8	H36・37	Va	方形	3.2	3.0	A	○	○	○	なし	d	2	鍛冶関連・年代測定
9	I35・36	Va	長方形	5.4	4.7	B	○	○	○	○	c	3	鍛冶関連
10	HI34・35	Va	方形	5.5	5.5	A	○	○	なし	なし	d	2	鍛冶関連
11	IJ35	Va	方形	3.7	3.6	B	○	○	○	○	b	3	年代測定
12	H33	Va	方形	5.0	4.7	A	○	○	○	なし	a	2	鍛冶関連・年代測定
13	I33	Va	方形	6.15	6.15	A	○	○	○	なし	a	2	年代測定
14	JK32・33	Va	方形	6.9	6.9	A	○	○	○	○	a	6	
15	B33・34	Va	方形	4.6	4.3	A	○	○	○	○	c	不明	
16	C33	Va	長方形	5.0	4.1	B	○	○	○	なし	b	3	17号より新しい
17	C33	Va	方形	—	5.3	C	○	△	△	なし		4・5	16号より古い
18	C34	Va	方形	3.5	3.5	B	○	○	○	○	c	1	
19	CD33	Va	長方形	5.4	4.6	A	△	不明	不明	なし	c	6	上面を激しく削平
20	D33	Va	方形	3.4	3.3	A	△	不明	不明	なし	d	2	上面を激しく削平
21	D35	Va	長方形	3.2	2.6	C	△	○	不明	なし	b	4・5	
22	DE33	Va	方形	4.9	4.7	B	○	なし	なし	なし	d	3	23号より新しい
23	E33	Va	方形	5.5	5.3	B	○	○	○	○	b	1	22・24号より古い
24	E33・34	Va	長方形	5.3	4.1	B	○	○	なし	なし	d	3	23号より新しい
25	F33	Va	長方形	6.4	5.5	B	○	○	○	○	c	1	年代測定
26	B30	Va	不明	4.0	(3.5)	C	なし	○	なし	なし		4・5	
27	B29・30	Va	長方形	4.5	3.8	A	○	○	○	○		2	28・29号より新しい
28	BC30	Va	不明	3.4	不明	B	○	不明	○	○		1	27号より古い 29号より新しい
29	BC29・30	Va	方形	6.0	5.8	A	○	○	○	○		0	28・29号より古い
30	BC31	Va	長方形	8.4	7.2	C	○	○	○	○		4・5	
31	CD30	Va	方形	5.7	5.3	A	○	○	○	○	b	2	
32	EF30・31	Va	長方形	5.1	4.4	A	○	○	○	なし	b	2	33号より新しい
33	F30・31	Va	方形	6.0	5.5	C	○	○	○	不明		4・5	32・34号より古い
34	FG30・31	Va	長方形	6.8	4.5～ 4.8	A	○	なし	○	不明	b	2	33・35より新しい
35	G30	Va	長方形	5.0	3.8	C	○	○	○	なし		4・5	34号より古い
36	F30	Va	方形	4.5	4.5	A	○	○	○	なし	a	2	
37	F29・30	Va	長方形	4.8	4.1～ 4.5	A	○	○	○	なし	d	2	38号より新しい
38	F29	Va	長方形	3.6～ 4.0	3.3	B	○	○	なし	不明	c	4・5	39号より新しい
39	F29	Va	不明	不明	不明	A	不明	不明	不明	不明		0	38号より古い
40	G28	Va	方形	3.5	3.5	A	○	なし	不明	なし		西傾	
41	G28・29	Va	長方形	4.0	3.6	A	○	○	なし	なし	a	6	
42	H30	Vb	方形	4.7	4.6	A	○	○	○	なし		0	
43	I30・31	Vb	長方形	4.5	4.0	A	○	○	○	なし		西傾	
44	HI29	Va	不明	(5.0)	(4.7)	A・C	○	○	なし	不明		不明	
45	I28・29	Va	長方形	5.0	4.5	A	なし	○	△	なし	c	0	
46	IJ29	Va	長方形	4.2	3.9	A	なし	○	○	○		西傾	
47	E28・29	Va	方形	3.1	3.1	A・C	○	○	○	なし		不明	
48	CD27	Va	長方形	4.2	3.6	B	○	○	○	○		南北	
49	E26・27	Va	方形	3.8	3.8	A	○	○	○	○	d	西傾	



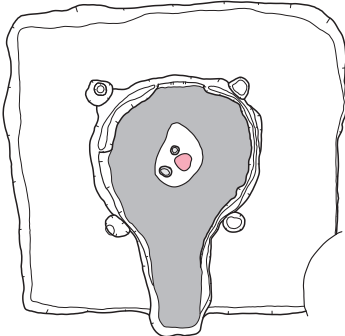
竖穴建物跡5号



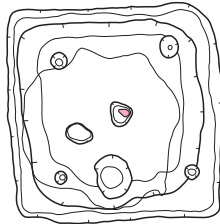
竖穴建物跡12号



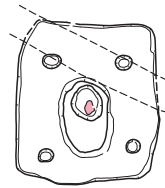
竖穴建物跡13号



竖穴建物跡14号

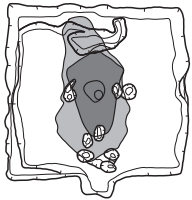


竖穴建物跡36号

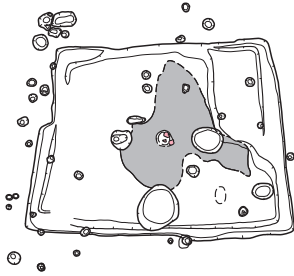


竖穴建物跡41号

分類a



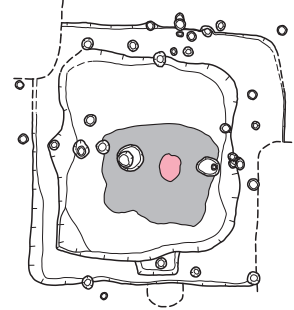
竖穴建物跡11号



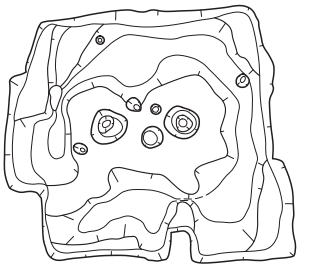
竖穴建物跡16号



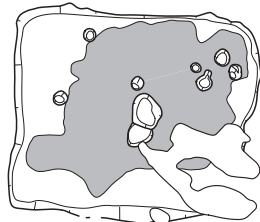
竖穴建物跡21号



竖穴建物跡23号



竖穴建物跡31号



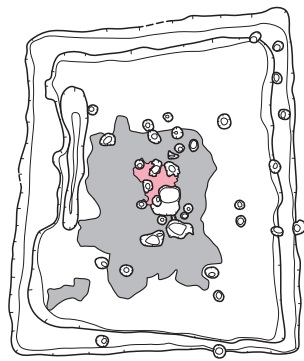
竖穴建物跡32号



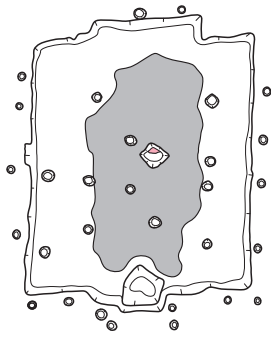
竖穴建物跡34号

分類b

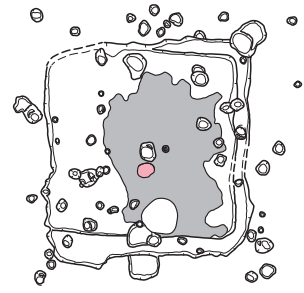
第3-1図 柱穴配置による分類1



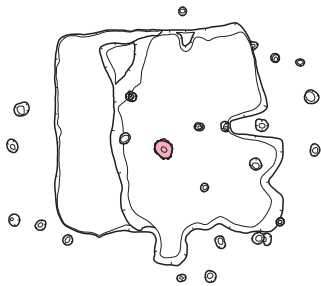
竖穴建物跡7号



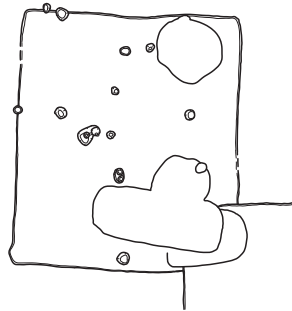
竖穴建物跡9号



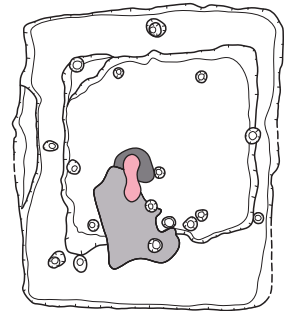
竖穴建物跡15号



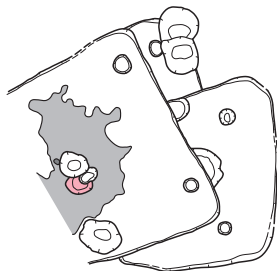
竖穴建物跡18号



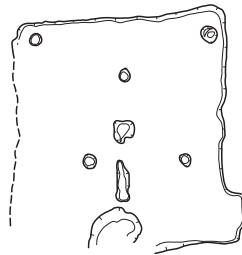
竖穴建物跡19号



竖穴建物跡25号

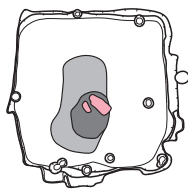


竖穴建物跡38号



竖穴建物跡45号

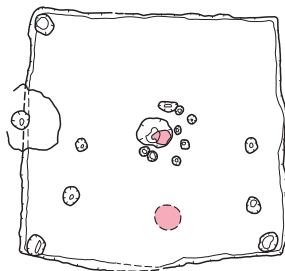
分類c



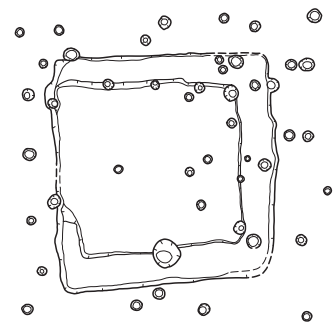
竖穴建物跡2号



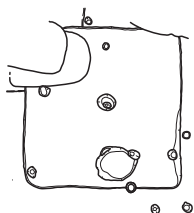
竖穴建物跡8号



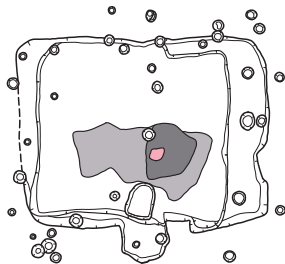
竖穴建物跡10号



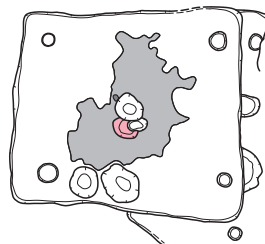
竖穴建物跡22号



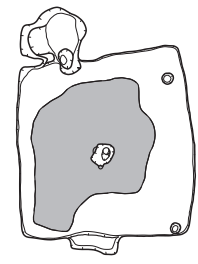
竖穴建物跡20号



竖穴建物跡24号



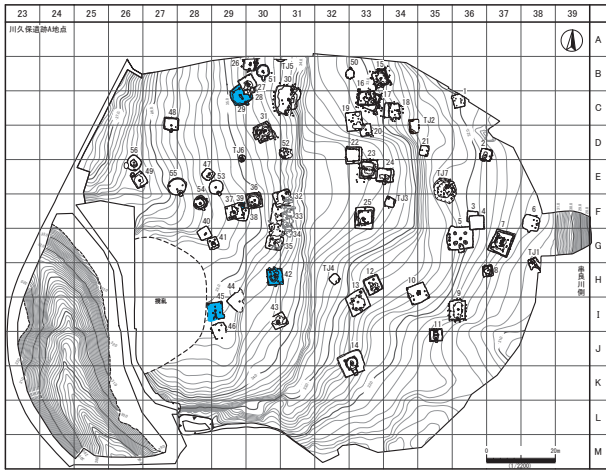
竖穴建物跡37号



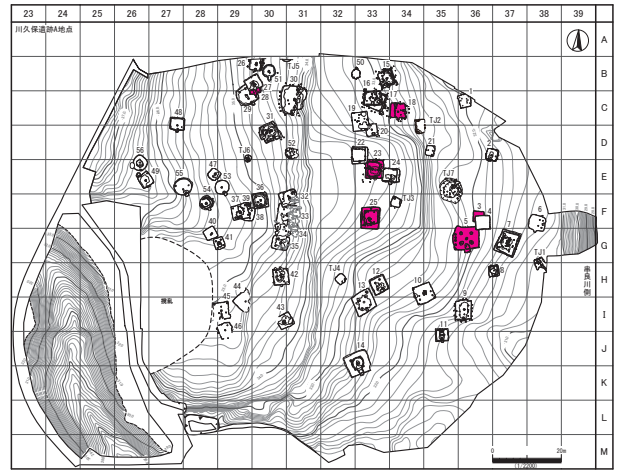
竖穴建物跡49号

分類d

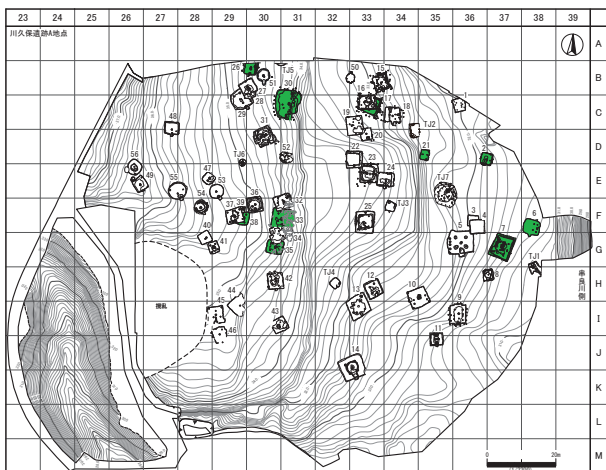
第3-2図 柱穴配置による分類2



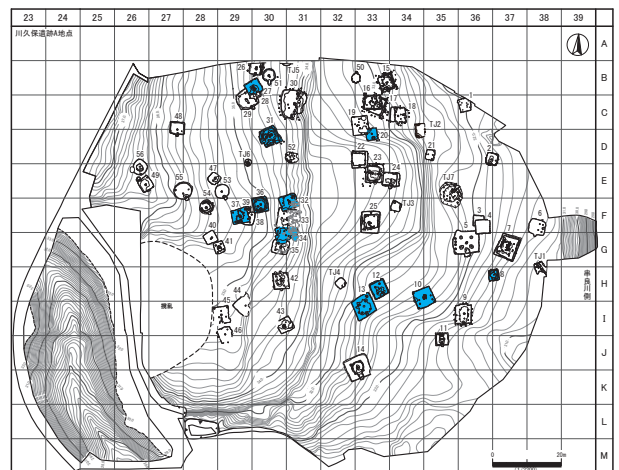
0群



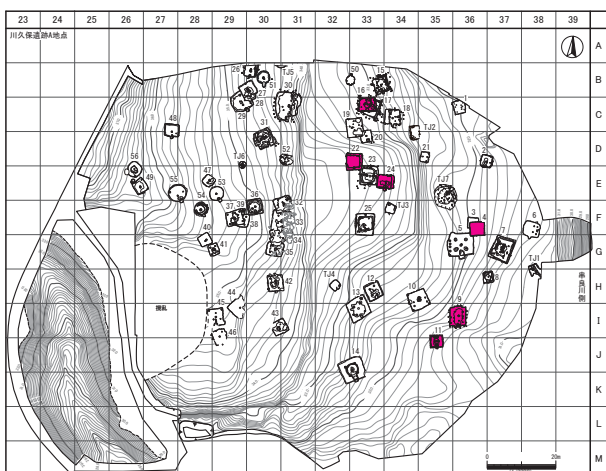
1群



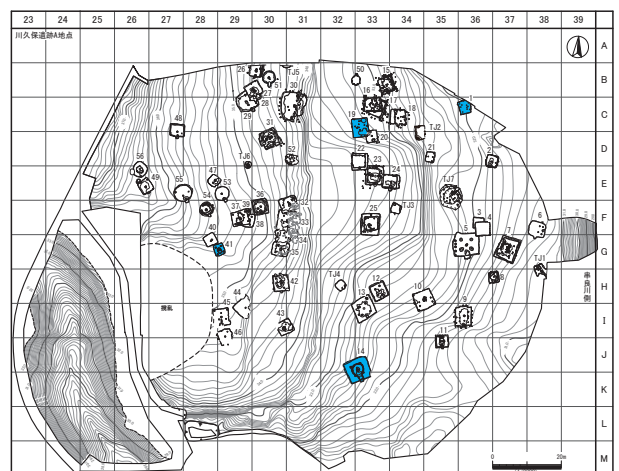
4・5群



2群



3群



6群

第3-3図 想定される竪穴建物の変遷

2 遺構内出土遺物から見た古墳時代竪穴建物跡の考察

(1) 成川式甕の型式組列による時期比定と共伴資料の提示

a) 成川式甕型式組列

遺構内出土土器の内、器種では成川式甕の出土量及び完存率が最も多く高い。ここでは一定量出土している成川式甕の型式組列を組むことで、時期比定や他器種との共伴関係等の考察を行う。

型式は、①口縁部形態、②最大径の位置、③頸部内面稜の形態、の3属性を用い、それぞれ変異の方向性を想定後、属性間の相関関係から構築する。本報告書では成川式甕を口縁部形態によりA～Dに分類している。分類は成川式土器の中村編年(中村1987ほか)を基に設定しており、おおそA:中津野式、B:東原式、C:辻堂原式、D:笹貫式に該当する。この口縁部形態の時系列的変遷はA→B→C→Dと中村編年により明らかにされており、相関関係では変遷が明らかな口縁部形態を基軸とする。なお、包含層出土の甕も対象とする。

・属性分析(第3-4図)

① 口縁部形態(形状に応じ、細分類を行う)

- A 類: 頸部に稜を持ち、口縁部が大きく外反。外面頸部と口縁部との角度が60°程度。
- B 類: 口縁部がやや外反。外面頸部と口縁部との角度が70～80°程度。
- C 類: 口縁部が直立気味に立ち上がり、先端がやや外反する。
- C 1 類: 外面頸部と口縁部との角度が80°以上、直立未滿。
- C 2 類: ほぼ直立気味に立ち上がる。内傾するものもある。
- D 類: 口縁部が内湾する。
- D 1 類: 口縁部先端が直立からやや内傾するもの。
- D 2 類: 口縁部先端が内傾するもの。
- D 3 類: 口縁部先端が大きく内傾するもの。

② 最大径の位置

- ア類: 最大径=口縁部径であるもの。(口縁部>胴部)
- イ類: 口縁部径と胴部最大径がほぼ同一であるもの。(口縁部≒胴部)
- ウ類: 最大径=胴部最大径であるもの。(口縁部<胴部)

③ 頸部内面稜の形態

- 1 類: 鋭い(明瞭)もの。
- 2 類: にぶい(やや明瞭)もの。
- 3 類: 痕跡程度(やや不明瞭)なもの。
- 4 類: 無し。

属性②及び③は、型式学的変遷と中村編年よりそれぞれア→イ→ウ、1→2→3→4の変遷が想定される。上記3属性の成川式甕個体内での相関関係を表3-7にまとめるが、3属性の変遷順序が想定と同じであることが

確認できる。表3-7の検討を行う。現状A類は包含層出土の1点のみだが、相関形態は典型的な中津野式甕と比定できる。B類は頸部内面稜の形態で細分できる。合わせて、頸部内面稜は口縁部が直立気味になるほど不明瞭となる傾向が読み取れるので、口縁部の立ち上がり角度を細分し、表3-8にまとめた。表3-8より、口縁部角度と頸部内面稜の相関で細分が可能である。C類全体としては最大径の位置がイ類のものと同く相関し、C 1類とC 2類は頸部内面稜の形態で分けられる。D類では、D 1類に関して最大径の位置でさらに細分したほうが良く、イ類のものは口縁部が直立に立ち上がり、ウ類のものは口縁部先端がやや内傾気味となることで最大径の位置に差がでていいる。D 2、D 3類は口縁部先端の内傾度合いがそのまま形態差の特徴として挙げられる。

・型式設定(第3-5図①・②)

- A 型式: 頸部に明瞭な稜を持ち、外面頸部と口縁部が60°付近の角度で大きく外反、最大径は口縁部に位置。
 - B 1 型式: 内面稜はにぶく、外面頸部と口縁部が70°付近の角度でやや外反し、最大径は口縁部に位置。
 - B 2 型式: 内面稜はにぶいものから痕跡程度で、外面頸部と口縁部が80°付近の角度でやや外反し、最大径は口縁部に位置。
 - C 1 型式: 口縁部が80°を超して立ち上がるが、直立まではいかず先端が外反、口縁部径と胴部最大径がほぼ同一であり、頸部内面稜がにぶいものから痕跡程度のもの。
 - C 2 型式: 口縁部がほぼ直立気味に立ち上がり先端が外反、口縁部径と胴部最大径がほぼ同一であり、頸部内面稜が痕跡程度のものから無いもの。口縁部が内傾気味で、先端が外反するものも含む。
 - D 1 a 型式: 胴部から口縁部にかけて全体の形態は内湾気味で、口縁部は直立し、結果最大径は口縁部から胴部上位付近となる。頸部内面稜は痕跡程度のものから無いもの。
 - D 1 b 型式: 胴部から口縁部にかけて全体の形態は内湾気味で、口縁部先端はやや内傾する。結果最大径は胴部上位に位置し、頸部内面稜は痕跡程度のものから無いもの。
 - D 2 型式: 胴部から口縁部にかけて内湾し、口縁部先端が内傾、最大径は胴部に位置し、頸部内面稜は無いもの。
 - D 3 型式: 胴部から口縁部にかけて内湾し、口縁部先端が大きく内傾、最大径は胴部に位置し、頸部内面稜は無いもの。
- なお、表3-7から、各型式では基本的な属性相関形態

がありつつも多様性が認められること、型式間の変遷でも前後型式で共通する属性を保持する個体が一定数残ることが読み取れる。このことは同一型式でも若干の形態差がありつつ、かつ、型式間の変遷は非常に漸移的であるという総じてゆるやかな形態変化と捉えられる。

b) 古墳時代竪穴建物群の存続期間

当該建物群より出土している成川式甕はB型式(東原式)、C型式(辻堂原式)、D型式(笹貫式)とA型式(中津野式)以外であり、上限はB型式(東原式)、下限はD型式(笹貫式)となる。B～D型式間で間断なく型式組列を組めたことから、その間連続して建物群が存続していた可能性がある。東原式は古墳時代前期代に、笹貫式は古墳時代後期から古代(現状9世紀後半)に位置付けられており、笹貫式は古段階と新段階に分けられている(中村2009, 2015)。笹貫式の段階に関しては、相美によって志布志湾北岸域6～8世紀の甕の編年的検討が行われ、中村が指摘した笹貫式甕新段階の特徴(中村2009)：『突帯のまばらな刻目』、『器面に残る接合痕』、『外面のミガキ調整』に、『甕の平底底面に残る木葉痕の存在』を検討属性に加え、これら4つの特徴が出そろふことが笹貫式甕の古段階と新段階を分ける画期となり、時期としては6世紀末から7世紀初頭となることが明らかにされている(相美2014)。また同時に志布志湾南西岸域との比較も行われ、当該域では笹貫式甕の『突帯のまばらな刻目』、『器面に残る接合痕』、『外面のミガキ調整』は認められるが、底部形態(高めの脚台)が異なり、地域間で様相が異なる点を指摘している。この点を踏まえ、笹貫式土器新段階が出土している志布志湾北岸域の春日堀遺跡古墳時代終末期(7世紀)の甕を概観すると、口縁部形態は内湾しており川久保遺跡D型式甕と大きな変異は無く、①『突帯のまばらな刻目』、②『器面に残る接合痕』、③『外面のミガキ調整』は確認される。また『甕の平底底面に残る木葉痕の存在』も確認できるが、同時に『底部形態が脚部となる』ものも出土していることから、底部形態は④『平底(木葉痕)と脚付きの混在』状況とできる。そこで、本項では春日堀遺跡で確認された笹貫式甕新段階の特徴①～④との比較を通して、笹貫式の段階を比定したい。川久保遺跡D型式甕の特徴として、突帯：間隔の狭い刻目を施す突帯(刻目突帯)が多く、絡縄突帯や三角突帯は少ない傾向にある。まばらな刻目突帯は確認できない。接合痕：連続して長く明瞭なもの、部分的に途切れるものが確認できる。全数に対する割合は少量である。調整：ミガキ、丁寧な工具ナデ、工具ナデが確認できる。底部形態：脚状であり、低脚となるものが多いが、平底は少なく、木葉痕の残る底部は確認されていない。上記特徴と春日堀遺跡笹貫式新段階の甕の特徴とを比較すると、①『突帯のまばらな刻目』、④『平底(木葉痕)と脚付きの混在』は確認できず、②『器面に残る接合痕』と③『外面のミガキ調

整』は確認できた。①～④の特徴全てが確認できないことから、川久保遺跡D型式甕は笹貫式古段階と比定できる。以上より、川久保遺跡の古墳時代竪穴建物群は古墳時代前期代から後期(7世紀以前)までの連続した存続期間が考えられる。

なお、荒園遺跡竪穴住居跡1号では木葉痕を持つ平底の笹貫式甕が、川久保遺跡に隣接する小牧遺跡の竪穴建物跡20号では突帯にまばらな刻目を持つ笹貫式甕が、それぞれ宮崎系の甕(古墳時代中期後葉～後期中葉：5～6期)(今塩屋・松永2002)と相伴しており、木葉痕を持つ平底とまばらな刻目突帯の2つの特徴は中期後葉以降には出現している可能性がある。川久保遺跡ではC～C・D型式境期で今塩屋・松永編年の4期(古墳時代中期中葉頃)に比定できそうな丸底甕が相伴していることから、D型式期のはじまりは中期中葉頃の可能性がある。また、D型式甕に木葉痕を持つ平底とまばらな刻目突帯の2つの特徴が見られない点、D型式期の丸底甕462の形態を小牧遺跡竪穴建物跡20号出土の宮崎系甕と比較するとやや先行形態(5期頃：中期後葉から後期前葉頃)(今塩屋・松永2002)とできそうな点からD型式期の終焉は笹貫式古段階中でもさらに古墳時代中期後葉から後期前葉の間の可能性もある。

c) 成川式甕と他器種との相伴関係

成川式甕の各型式と遺構内で相伴する他器種(床面着を主とする)を提示する(第3-5図①・②)。なお説明の便宜上、各型式を時期として呼称する(例：B型式期)。また、型式細分での相伴資料提示は資料数が少ない為行っておらず、遺構内で2期にまたがる型式が確認できた場合(B2とC1型式、C2とD1型式)は型式境に位置づける。

・脚部を持たない甕(丸底甕)

長胴形と球胴形に分けられる。主体とはならないが一定量の出土が確認できる。各期を通して見ると、頸部より斜め方向に立ち上がる口縁部角度が徐々に直立気味となり、口縁端部が緩く外反するものもある。合わせて頸部内面稜が明瞭から不明瞭へと徐々にゆるやかとなっていく。また、口縁部径<胴部最大径であったものが、口縁部径=胴部最大径へと、底部形態はやや凸レンズ状の平底→尖底気味の丸底→丸底あるいは平底気味の丸底へと変遷する。上記の形態的特徴と変遷は宮崎系甕の変遷と近似する(今塩屋・松永2002)。ただし、成形や器面調整の点では各型式の成川式甕との差異はさほどなく、B型式期の甕(263)に確認できる頸部に工具を打ち込み口縁部方向に縦工具ナデを施す点(カキアゲ技法)は、成川B型式甕と同様な成形・調整技法である。なお、528は宮崎系甕の形態に成川式甕の特徴と考えられる脚部と突帯を付与し、上記カキアゲを施す点、興味深い。折衷型か。

・高坏

坏部に着目すると、口縁部がゆるやかに外反し屈曲部が中位から下位のもの、坏部底面がほぼ水平で外面稜が明瞭なもの、碗形のものがある。口径は20cmを超えるもの、15cm前後のものに分かれる。現状形状判断できるサイズの破片資料で、A～B型式期に見られる九州弥生土器(南九州以外)の系譜を引く大型で口縁部が大きく外反する高坏は確認できない。脚部では、脚柱部がエンタシス状のもの、中実のもの、ハの字に直線的に広がるもの、撥状に屈曲して開くものが確認できる。エンタシス状のものはB・C境～D型式期まで確認できる。

・他器種

丸底甕と高坏以外の器種に関しては良好な共伴事例が少なく、変遷過程が不明瞭である為、各型式期に位置づける程度となった。

(2) 笹の葉形状及びまばらなミガキ調整を持つ土器(第3-6図)

川久保遺跡では、幅1～2mm程度のミガキ2本1組の単位を意識して、ミガキの先端を重ね合わせ、笹の葉の形状を呈する文様然とした調整を内外の器面に縦方向に施す土器が出土している(358)。文様然と表現したのは、工具ナデにより器面は既に平滑に調整されているのだが、その工具ナデの上から、ミガキがまばらに、密となることなく施されているからであり、器面に占める面積からしても調整を意図しているようには考えがたいからである。358に施されたような『まばらな縦方向のミガキ調整』に注視したところ土器を13点程抽出できた。概観すると、器種は甕、壺、鉢に確認でき、内外面ともに施すものの、内面のみのもがある。内外面に施す場合は、相対的に内面がさらにまばらとなる傾向にある。内面のみの場合、まばらなミガキのみで先端を重ね合わせる率は低い。完形品が少ないのだが、施される範囲は底部付近から胴部上位～中位辺りとなる。基本的にミガキはまばらに施されるのだが、一点のみ密に施され器面調整として捉えられる甕(257)があるが、ミガキ群の中に2本1組で先端を重ね合わせるものが確認できる。また、甕を型式順に見るとB型式段階では比較的2本1組で笹の葉形状を意識しているが、C型式では2本1組かつ笹の葉形状は意識されず、先端を重ね合わせることのみとなり、D型式ではまばらなミガキ調整のみ施す傾向にありそうである。なお、甕441-1はミガキではなく、線刻で2本1組のまばらな笹の葉形状を刻んでおり、型式としてはB1型式と古手となる点、興味深い。あるいは時期が下るにつれ、『線刻』から『ミガキ』へと手法が変わり、かつ『まばらで2本1組の先端を重ね合わせる縦方向の笹の葉形状』も『まばらな縦方向のミガキで全体の内の数本程度の先端を重ね合わせる』さらには『まばらなミガキを縦・斜め方向に施す』へと変遷するのであろうか。なお、甕55と鉢57は堅穴建物跡6号で共伴関係にある。(鎌田)

【引用参考文献】

- 今塩屋毅行・松永幸寿 2002「日向における古墳時代中～後期の土師器-宮崎平野部を中心にして-」『古墳時代中・後期の土師器-その編年と地域性-』第5回九州前方後円墳研究会発表要旨資料 九州前方後円墳研究会
- 相美伊久雄 2014「南九州東端部域における7～8世紀の土器様相-志布志湾北岸域の甕形土器を中心に-」『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
- 中村直子 1987「成川式土器再考」『鹿大考古』第6号 鹿児島大学法文学部考古学研究室
- 中村直子 2002「薩摩・大隅」『古墳時代中・後期の土師器-その編年と地域性-』第5回九州前方後円墳研究会発表要旨資料 九州前方後円墳研究会
- 中村直子 2009「7・8世紀の成川式土器」『南九州縄文通信 20南の縄文・地域文化論考 新東晃一代表還暦記念論文集』中巻 南九州縄文研究会
- 中村直子他 2015『成川式土器ってなんだ?-鹿大キャンパスの遺跡から出土する土器-』鹿児島大学総合研究博物館(公)鹿児島県埋蔵文化財調査センター発掘調査報告書(12) 2017『荒園遺跡1』
- (公)鹿児島県埋蔵文化財調査センター発掘調査報告書(32) 2020『春日堀遺跡1』
- (公)鹿児島県埋蔵文化財調査センター発掘調査報告書(46) 2022『小牧遺跡3』

表3-7 成川式甕相関関係

	ア				イ				ウ			
	①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	④
A	1											
B	2	9	10	3								
C 1		2	1	1	2	4	1					
C 2		1			1	10	12				1	1
D 1				1		12	12			5	6	
D 2										3	17	
D 3											12	

表3-8 B類相関関係

		ア			
		①	②	③	④
B	70°		5	1	
	75°	1	1	1	3
	80°		3	9	

①口縁部形態

α° : 外面頸部と口縁部との角度

A B1 B2 C1 C2 D1a D1b D2 D3

②最大径の位置

口縁部 > 胴部

ア

口縁部 = 胴部

イ

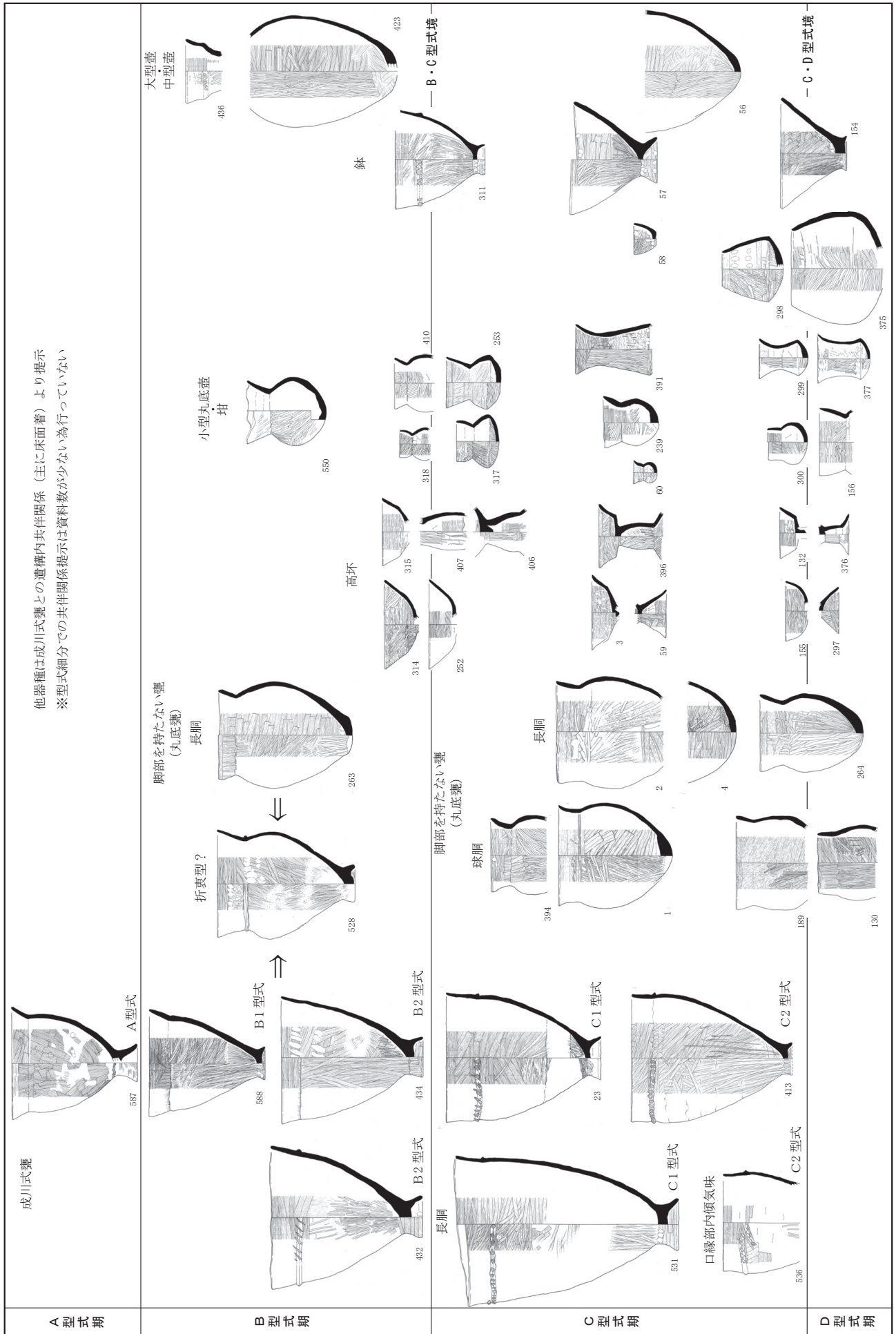
口縁部 < 胴部

ウ

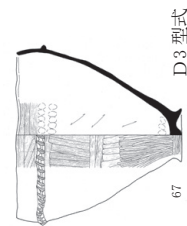
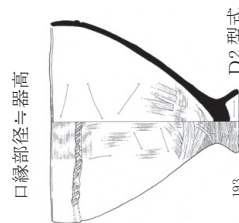
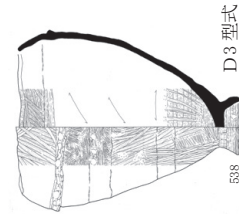
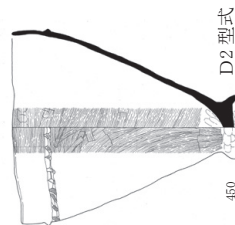
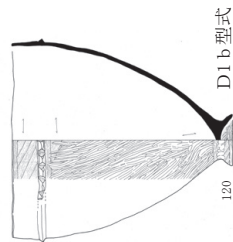
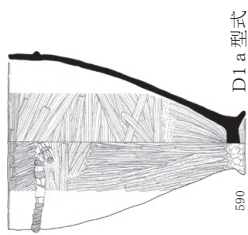
③頸部内面稜の形態

1 2 3 4

第3-4図 成川式甕属性分類

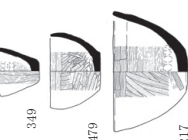
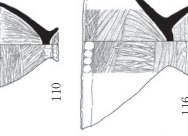
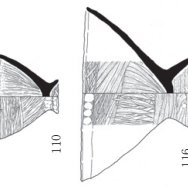
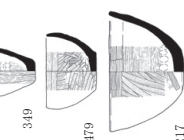
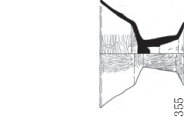
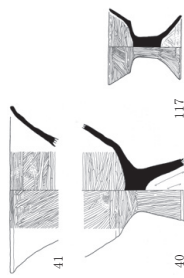
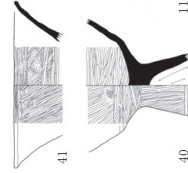
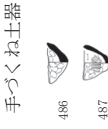
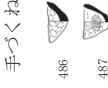


第3-5図① 成川式甕型式組列と共存資料（縮尺：1/12）

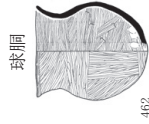


D 型末期

高坏



脚部を持たない甕
(丸底甕)



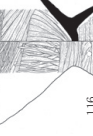
手づくね土器



鉢



罎



口縁部径≧器高



大型壺
中型壺



D 型式と共存可能性
成川式甕

