機器中性子放射化分析による幕末京都の土佐藩白川邸から出土した刻印瓦の胎土分析

冨井　眞[*1]　高宮幸一[*2]　稲垣　誠[*2]　伊藤淳史
木立雅朗[*3]　千葉　豊　吉井秀夫

1　はじめに

北部構内ＢＡ28区の1992年度の発掘調査で検出された幕末期の土佐藩白川邸の堀跡から，刻印を持つ瓦がまとまって出土している〔千葉1995a〕。これらの瓦は，ほぼすべてが端面に刻印を有し，24種ある銘のうち22種は土佐の地名と整合的な屋号である。もとは，大坂の住吉陣屋の急な造営にために地元の土佐から調達された瓦だったが，陣屋が京都の白川に移築されるのにともない，大坂で追加された若干の瓦とともにそのまま土佐藩白川邸にもたらされた〔千葉1995a，笹川2018〕。

上記の発掘調査の報告書では，製作から廃棄までが短期間であることの知れる一つの瓦溜まりから22種もの土佐の瓦工房の刻印瓦が出土したことの評価として，高知県内に現存する武家屋敷や旧家でも一つの屋根に多くの種類の刻印瓦が葺かれていることに照らしつつ，個々の瓦工房が零細で生産量が低かったことを想定している。その一方で，今後の課題として，当時の瓦の生産および供給の状況を解明する必要性も指摘されていた〔千葉1995b〕。そこで，この課題に取り組むべく，土佐の瓦工房が素材の生地を自前でまかなったのか，というテーマを設定して，胎土分析に取り組むことにした。分析方法は，高感度で微量元素の測定にも適する機器中性子放射化分析（Instrumental Neutron Activation Analysis. 以下，「ＩＮＡＡ」）である。以下，研究の背景を説明し，分析の方法および結果を示してから，幕末期の土佐の瓦生産について若干の考察をする[(1)]。

2　研究の背景

(1) 土器類の元素組成の分析

焼き物の胎土　　粘土生地を焼成して土器などの焼き物ができると，考古学ではその生地を胎土と呼ぶ[(2)]。胎土は，基本的には基質となる粘土分と混和材と呼ばれる砂粒分とで構成されているが，砂粒分は，意図的に加えられたり取り除かれたりする。遺跡から出

＊１大正大学文学部　＊２京都大学複合原子力科学研究所　＊３立命館大学文学部

土する考古資料に対して実施される胎土分析は，主に，混和材については岩石学的な手法が用いられて岩石や鉱物の同定とカウントがおこなわれ，粘土分については化学的な手法が用いられて元素の同定と組成比算出がおこなわれる。本論で対象とする瓦は，粘土分の占める割合が圧倒的に高くて砂粒分を見出すのが困難なほどなので，粘土分の元素組成を調べることにした。

焼き物の基質である粘土は，地球の表面にある岩石が風化などで細粒化したものだから，胎土の元素組成もこれらの元素が主体となる。地表を構成する主な元素は，酸素 [O]，ケイ素 [Si]，アルミニウム [Al]，鉄 [Fe]，カルシウム [Ca]，ナトリウム [Na]，カリウム [K]，マグネシウム [Mg]，チタン [Ti] で，これらが全体の99％を占め，残りの１％に，希土類などの多くの微量元素が含まれる。そこで，こうした元素が焼き物の胎土にどのような割合で含まれているかという観点で，胎土の化学分析が実施されている。

胎土の元素組成の分析　　化学的な胎土分析の手法と言えば，蛍光Ｘ線分析がまず思い浮かぶ。接地型の機器では，エネルギー分散型と波長分散型のどちらも用いられ，また2000年代からは可搬型のエネルギー分散型機器も普及してきた。機器の違いのほかに，資料に接触せずにＸ線を表層に照射するか資料から微量[(3)]粉末を採取して固めた試料に照射をするか，測定雰囲気が大気か真空か，といった違いなど，分析の条件設定によって測定データに登場する元素の種類に多少の違いはあるものの，通常は，周期表順に，[Mg]，[Al]，[Si]，[K]，[Ca]，[Ti]，[Mn]（マンガン），[Fe]，さらには，[Na]，[P]（リン），[Rb]（ルビジウム），[Sr]（ストロンチウム），[Zr]（ジルコニウム）も測定される。

今回の胎土分析で適用したＩＮＡＡも，胎土に含まれる元素の量を測定する方法である。ＩＮＡＡは，研究用原子炉で試料に中性子束を照射して放射性核種を生成し，それら放射性核種が放出するγ（ガンマ）線のエネルギースペクトルを測定するもので，核種（≒元素）にはそれぞれ固有のエネルギー値があるのでそれがどれくらい放出されるかを測定することによって，試料中の元素の種類と存在量を知ることができる[(4)]。蛍光Ｘ線分析と比べると，マシンタイム（原子炉の稼働時間とその利用可能時間）の都合もあって分析可能な試料の点数が限られ，また作業従事者の資格等も厳しいこともあり，考古学界では利用者人口が圧倒的に少ない。しかし，分析そのものは一般にＩＮＡＡのほうが検出元素がより多く精度もより高い。

(2) 日本考古学界でのＩＮＡＡ胎土分析

日本におけるＩＮＡＡの考古資料への適用は，1970年代でもすでに見られ〔富沢1994〕，

日本原子力研究所（現日本原子力研究開発機構）や京都大学のほか武蔵工業大学（現東京都市大学）や立教大学の研究用原子炉を使って，研究が進められてきた〔例えば，武内1972，三辻1972〕。胎土分析の場合，主な分析対象は須恵器や陶磁器などの高火度焼成品で(5)，出土品の産地同定とそれに基づく流通論に供していた。しかし，蛍光Ｘ線分析の機器の性能の向上と考古学界での汎用化もあってか，1990年代には，日本考古学におけるＩＮＡＡを適用した胎土分析は事実上途絶えてしまった。また，2000年代には放射化分析の可能な大学の研究用原子炉の停止も相次いだ。

2010年代になって，日本ではＩＮＡＡ胎土分析が新たな展開を見る。南九州の須恵器や陶器（カムイ焼）の窯跡出土品に対して，ウィーン工科大学の原子炉を使って篠藤マリアらの研究グループが実施したＩＮＡＡ胎土分析では，約30種の元素が測定されその組成比によって，同一産地の製品であっても時期などによって胎土の組成が異なることがはっきりと示された。そこでは，指標となるような複数の元素に特に注目して胎土グループを抽出するのではなく，測定元素のほぼすべてについて「マハラノビスの距離」による解析(6)をして胎土グループを抽出した結果，それが窯跡や型式の違いに合致したことが示された〔篠藤ほか2015，Sterba *et al.* 2021〕。こうしてＩＮＡＡによる高精細な胎土分析の有効性が，改めて日本考古学界にも周知されつつあるなかで，筆者らは，過去の窯業製品の生産から消費までの状況を高解像度で捉えていくための実証的データを蓄積するには，数少ないながらも国内で稼働し続けている研究用原子炉を利用し，ＩＮＡＡ胎土分析を再興するべきだと認識した。そこで，篠藤氏・シュテルバ氏との意見交換を経て，筆者らは2020年から分析方法の再構築に挑んできている〔Tomii *et al.* 2021・2022・2023・2024〕。

ふり返ってみれば，1990年頃までの日本におけるＩＮＡＡ胎土分析は，おもに陶磁器に着目して，消費地で出土したもののうち産地が想定される遺物に対して適用されてきた。陶磁器は，高火度焼成のための窖窯を構築することと，高火度に耐える陶土の分布が限定的なこともあって，産地が既に知られている。そこで，例えば，九谷と有田の弁別にはタンタル [Ta] をはじめとしてスカンジウム [Sc] とハフニウム [Hf] が〔河島・松野1979〕，常滑と渥美の弁別にはバリウム [Ba] をはじめとしてコバルト [Co] と [Rb] が〔河島ほか1982〕，指標元素として着目が促された(7)。これらの元素は，[Rb] 以外は，現在でも蛍光Ｘ線分析の測定値として挙がってくる例はないと言える。

こうした消費地の出土品の産地同定は，確かに胎土分析の目的として確立している。しかし，消費地遺跡において一括出土資料など何らかの有意なまとまりのある資料体に対し

て，製作地の器物の胎土元素組成に近似する組成となる土器類の産地を同定することだけでなく，製作地が不明だったり製作地の土器類の胎土元素組成が不明だったりする土器類でも，その資料体の中で，いわば相対的な胎土グループを抽出できれば，当時の窯業製品の流通を検討する上では実証的なデータを提供できる。

例えば，中世の屋敷などの消費地遺跡でしばしば検出される土器溜まりで一括出土する土師器の皿は，一括生産されたものを宴のために一括入手して一括消費したのか，それとも屋敷で定期的に入手してストックしているものを宴の際に一括消費したのか。それらの土師皿に製作技術や型式の違いも胎土の視覚的な違いも見出せない場合でも，土器溜まりの土師器の胎土グループを化学的に検討すれば，仮に数グループが抽出された時には，供給サイドにおける製作時期や工人の単位ないしは需要サイドにおける入手の単位の違いを抽出できる可能性が開けてくる。このほかにも，例えば，単体では機能せずに一群となって同時利用されることが明白な瓦の場合，近世以降，各地で需要の高まりにローカルに対応していた中，同時利用されていた個体群に対して相対的な胎土グループを抽出できれば，地域スケールで当時の窯業製品の供給体制や流通状況を解明することに導き得る。

3　分析の資料と方法

(1) 対象資料

考古資料としての特性　　今回分析の対象とする刻印瓦は，土佐藩白川邸の堀の埋土上部から瓦溜まり状に一括集中して出土しているものに限定している。笹川尚紀の文献史学的検討により，藩邸は，慶応２(1866) 年の冬頃に解体された住吉陣屋から資材が運ばれ，翌年の７月までには造営が完了し，明治３（1870）年６月には取り壊されたことがわかっている。住吉陣屋は，１万坪以上の敷地の中で，万延元 (1860) 年秋に建設が開始され，木材や石材などの建築資材が土佐から運搬されて文久元 (1861) 年４月末にはほぼ完成していた。瓦についても，陣屋の解体までの約６年間に大坂で若干の補充があったものの，大半は京都へ持ち出されたようである〔笹川2018〕。この白川邸の発掘で検出された堀は，幅約３ｍで敷地の南縁を画するもので，調査区内では東西方向に50ｍ近い長さで確認されており（図14のＳＤ１），西は調査区外へ続くが東は調査区内で途切れていて，その途切れ部に近い５ｍ×２ｍほどの広がりから，整理箱100杯以上，総量800kg以上の瓦がまとまって出土している（図15－１・２）〔千葉1995a〕。瓦が製作された経緯と使用された期間，そして埋没した状況に照らすと，製作から廃棄までの時間幅が10年ほどに収まる

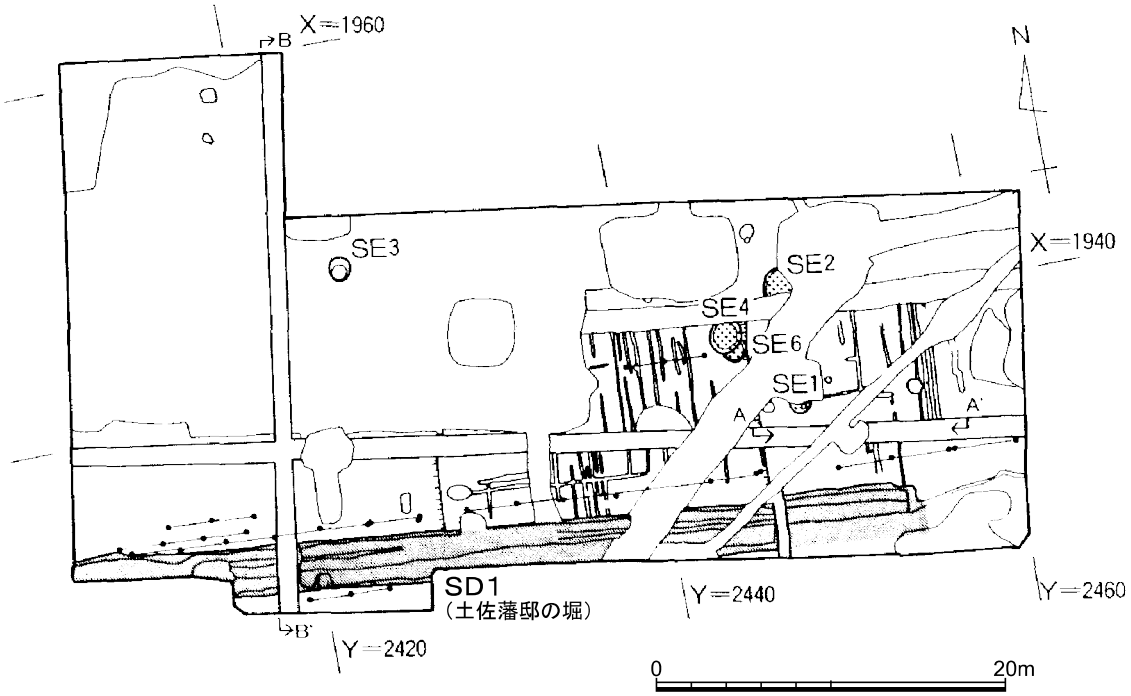

図14　遺構配置図（〔千葉1995a〕の図57より一部改変）

1　白川邸の堀（西から）　　2　瓦の出土状況（西から）

図15　土佐藩白川邸の堀と瓦の出土状況

瓦が一括して出土していたことになる。

この瓦溜まりから出土した瓦については〔千葉1995a〕，９割以上が桟瓦で，右桟瓦と左桟瓦の組成比に大きな差異はなく，一つの建物に由来した可能性が指摘されている。刻印をもつ破片の点数は400余で，種類と法量を踏まえた検討によれば，桟瓦は360枚程度を数え，ほぼすべての瓦に刻印が押捺されていたと推定されている。そして，上述のように，24種ある刻印銘のうち22種は，物部川流域から安芸にかけての土佐東部の地名と整合的な屋号である（図16・17，表２）。残りの２種は，判読不能の１種を除くと，大坂の瓦工房の屋号である「住瓦庄」であり〔笹川2018〕，それもわずか２個体しか出土していない。

出土瓦のほとんどを占める桟瓦については，「法量は，最大幅30.0㎝前後，全長26.0 ～ 29.0㎝，頭部側切込みの長さ2.5 ～ 3.0㎝，幅4.5 ～ 6.0㎝，尻側切込みの長さ5.0 ～ 6.0㎝，幅4.0 ～ 5.0㎝である。尻側端面のみ，第１次成形のままの粗雑な面で残されるが，他の面は丁寧に仕上げられている。頭部側端面に刻印銘を持つ」〔千葉1995a　pp.95-96〕という特徴を共有し，製作技術的には非常に斉一的で，厚みも1.5 ～ 1.8㎝で整っている。ただし，「住瓦庄」の２個体は，凸面に滑り止めの条線をもつ点で土佐の刻印瓦とは異なり〔千葉1995a〕，厚みも1.8 ～ 2.0㎝と厚手である。

個々の個体においては，焼成時の燻しによって炭素が吸着した器表面とそれが及ばない本体内部とでは，視覚的にも触覚的にも異なった状態を呈しているが，胎土については，肉眼的には差異を見出しがたく，精良で砂粒分は稀にしか見られない。焼成と胎土を個体間で比較すると，焼きが甘く胎土が軟らかい印象を与える個体も少なくないが，肉眼的には粘土生地そのものが異なっていたようには見えない。また，「住瓦庄」の刻印を持つ２個体についても，他の瓦と胎土が異なるようには見受けられない。

分析のための資料の抽出（図18 ～ 22）　これらの瓦の中からＩＮＡＡを実施したのは，2021年度は「アキ文」７個体,「アキ兼」７個体,「住瓦庄」２個体で,2022年度は「赤野銀」10個体,「片常」８個体である（図16－１・２・７・11・23)。2021年度は，いずれも右桟瓦で，土佐の中でも狭い一つの地域内（安芸地域）の異なる工房で生産された瓦と，地理的に土佐とは隔絶している大坂の工房で生産された瓦での比較を意図した。また，同一個体内での値のバラツキ具合を確認するべく，「住瓦庄」の２点からは，それぞれ２試料を採取した。したがって，個体数は16だが試料数は18になる。

2022年度は，刻印の異なるものを選定した。安芸と同じく沿岸部で安芸から西へ峠を越えた赤野地域から，「赤野銀」の刻印瓦。赤野地域からさらに西へ峠を幾つか越えた平

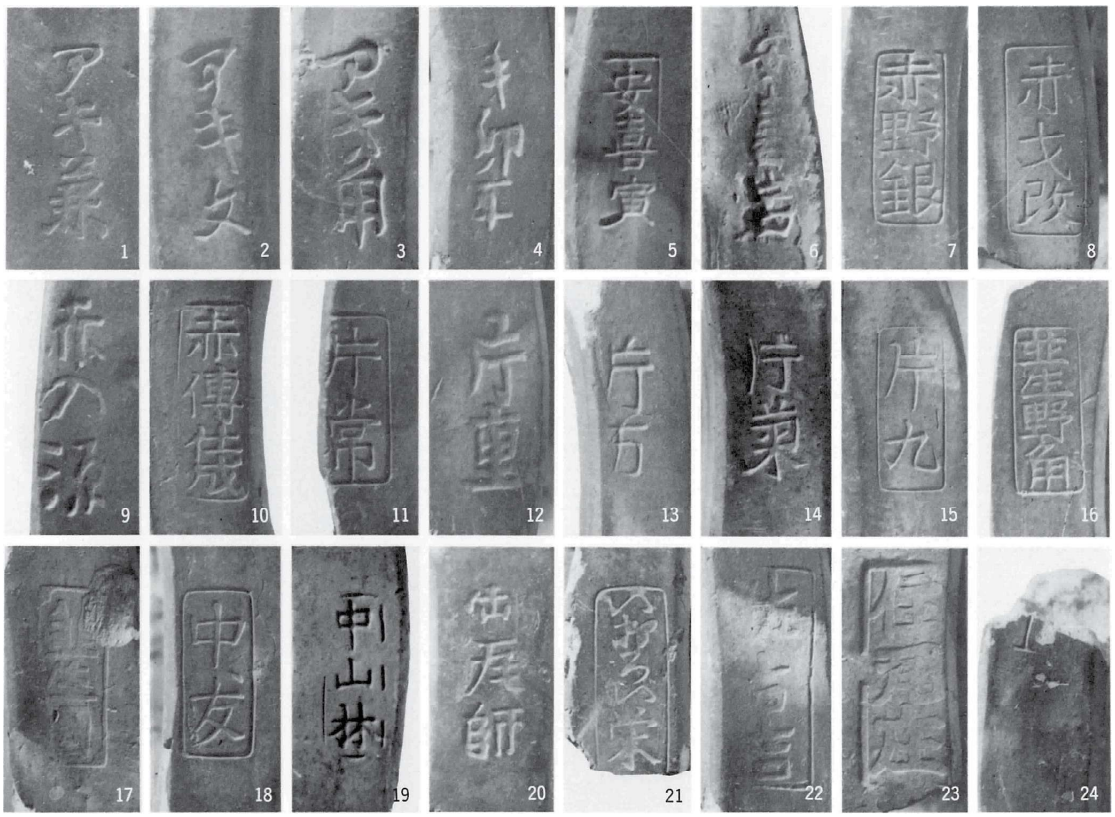

図16　刻印瓦の銘（〔千葉1995a〕の図版30－２より）

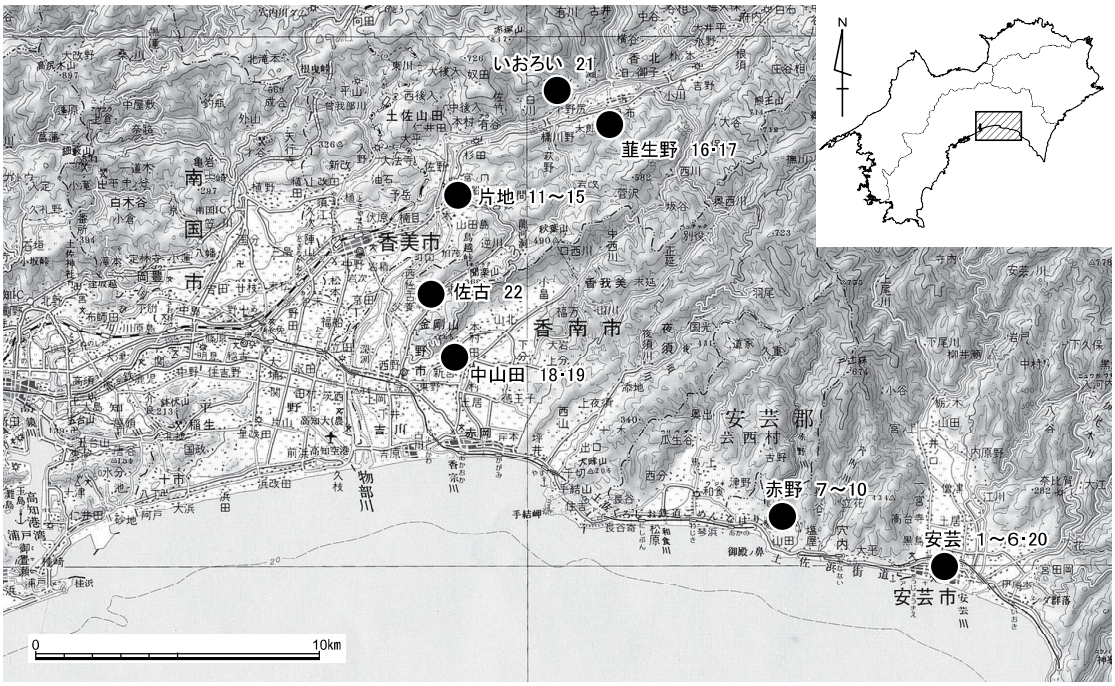

図17　刻印瓦の推定生産地（〔千葉1995a〕の図70より一部改変）

表２　白川邸の堀から出土した刻印瓦一覧（〔千葉1995a〕の表５より）

番号	分類	刻印銘	軒右	桟左	瓦計	軒平瓦	桟右	桟左	瓦計	平瓦	丸瓦	不明	計
1	a	アキ兼	6	4	10	0	9	10	19	2	0	10	41
2	a	アキ文	2	1	3	0	12	2	14	3	4	14	38
3	a	アキ角	0	0	0	0	2	2	4	0	0	1	5
4	a	□アキ卯平	1	0	1	0	4	0	4	1	2	18	26
5	b	安喜寅	0	0	0	1	1	1	3	2	0	0	5
6	b	安喜□	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
7	c	赤野銀	0	0	0	0	11	6	17	3	0	18	38
8	c	赤戈改	1	0	1	0	3	10	13	2	0	20	36
9	c	赤の源	0	0	0	0	5	2	7	0	0	13	20
10	c	赤傳仕成	0	0	0	0	2	2	4	0	0	7	11
11	d	片　常	1	1	2	0	9	3	12	0	0	11	25
12	d	片　重	1	0	1	0	2	4	6	0	0	12	19
13	d	片　万	2	0	2	0	1	2	3	0	0	13	18
14	d	片　菊	0	0	0	0	2	1	3	0	0	8	11
15	d	片　九	0	0	0	0	0	2	2	0	0	7	9
	d	片？	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	2
16	e	並生野角	0	0	0	0	9	1	10	1	0	13	24
17	e	韮生□	0	0	0	0	0	2	2	0	0	2	4
18	f	中　友	0	0	0	0	7	4	11	0	0	7	18
19	f	中山林	0	0	0	0	3	3	6	0	0	6	12
20	g	御瓦師	1	0	1	0	11	3	14	1	0	18	34
21	g	いおろい栄	0	0	0	0	0	5	5	0	0	8	13
22	g	佐古吉	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	2
23	g	住瓦庄	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	2
24		判読不能	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
		計	15	6	21	1	97	67	165	15	6	208	415

備考：不明は桟瓦，平瓦のどちらかである。
片？は片九，片常のどちらかである。

野部を流れる物部川が平野部に入る辺り，やや内陸に入った片地地域から，「片常」の刻印瓦である。そして同じ刻印のなかでも右桟瓦と左桟瓦で違いが無いかを検討するために，「赤野銀」からは左右それぞれ５個体ずつを選んでいる。「片常」の刻印瓦には軒桟瓦にも左右があり，それらは軒部と桟瓦本体部とを別造りで継ぎ合わせていることが確認できたので，右桟瓦は５個体，左桟瓦・右軒桟瓦・左軒桟瓦は各１個体を選び，そのうち軒桟瓦では，左右それぞれで軒部と本体部それぞれ別個に試料を採取した。したがって，個体数は18だが試料数は20になる。

(2) 分析方法

試料採取は，〔Sterba 2018〕の採取方法に従い，一辺２㎜四方の特製アルミナ［Al_2O_3］製ドリル針を，特製アタッチメントを介して電動ドリルに装着して，瓦の破断面に挿入し

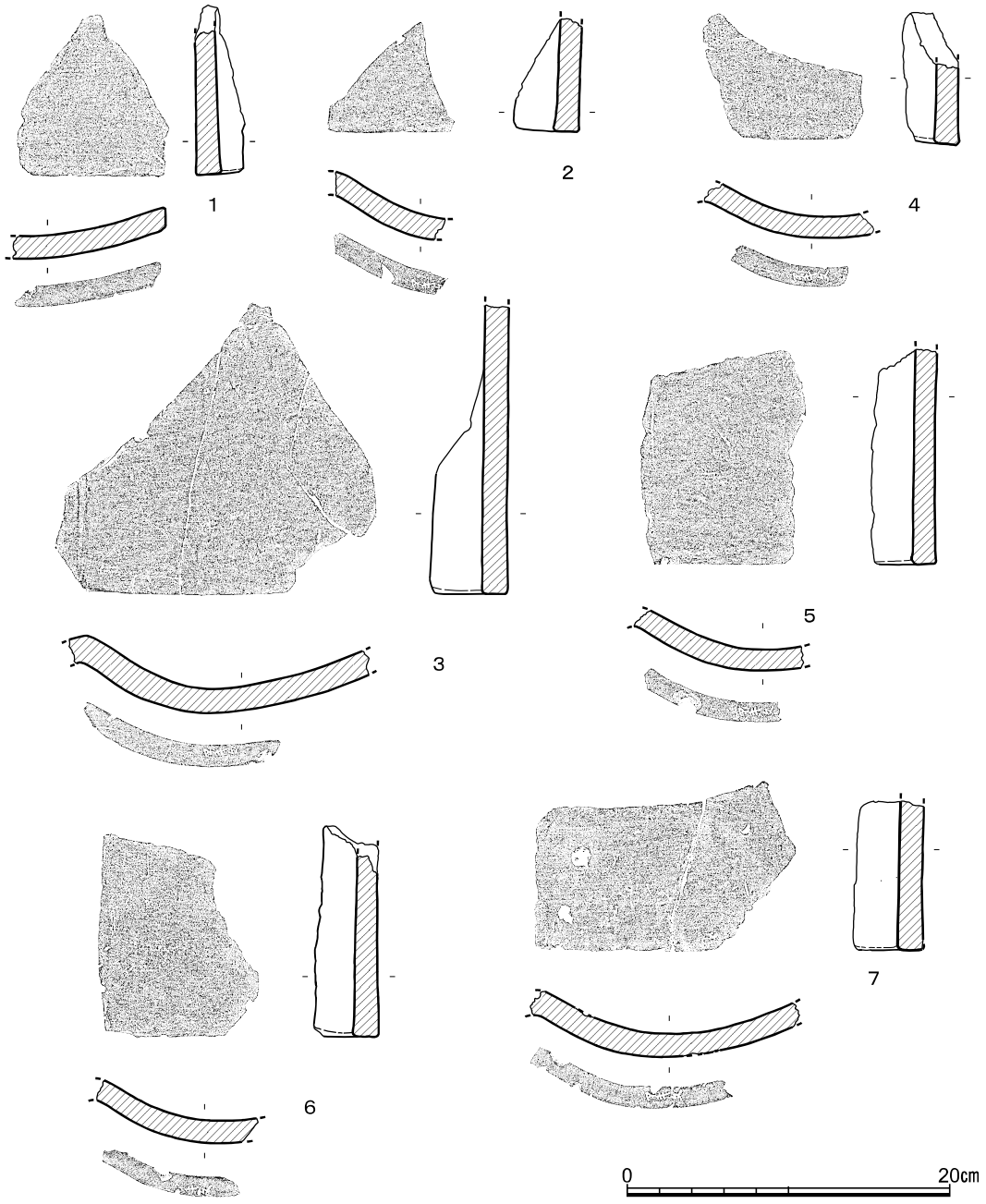

図18　分析に供した刻印瓦 (1)（「アキ文」）　縮尺1/6

ながら粉末状に約80mg を得た。破断面から採取したのは，燻しによる黒化の及んでいる部分を避けるためであり，断面の中央あたりからの採取を心がけた。また，出土した瓦は発掘調査時に通常通りに水道水で洗浄されているが，今回，試料を得る前に，試料を採取する部分の破断面の表面に表層除去用のアルミナ針を用い，あらかじめ新鮮な面を完全に露出させた。

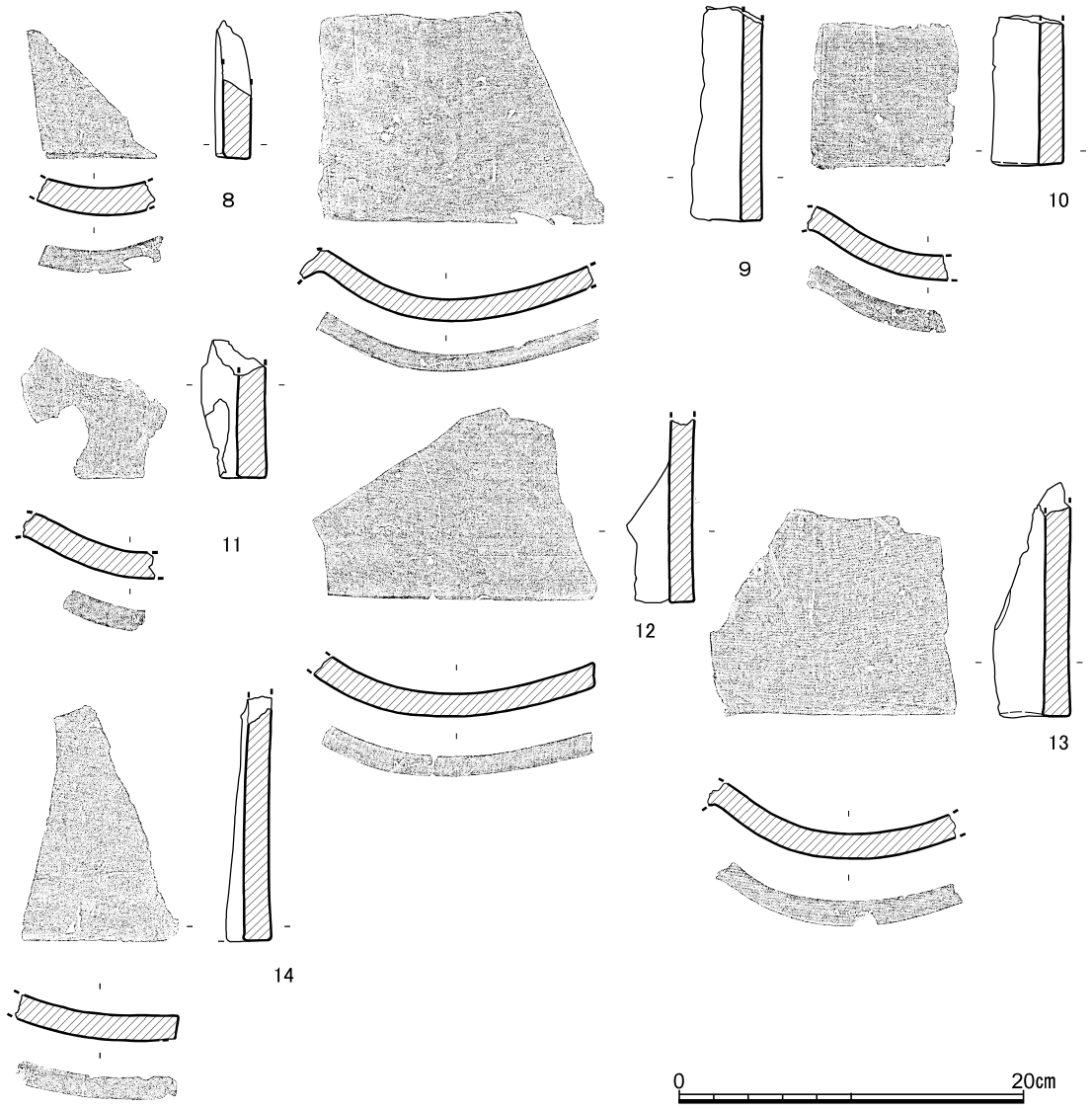

図19　分析に供した刻印瓦(2)（「アキ兼」）　縮尺1/6

採取には１点当たり約30分を要し，採取後には径５㎜・深さ８㎜程度の孔が開く。ドリリング時に下に敷いた未使用の紙片の上に溜まった試料は，スクリュー管に封入して一時保管し，その後，電子天秤で秤量しながらポリエチレンの袋に入れて密封し，それをさらにもう一重，ポリエチレン袋に密封する。なお，生成される核種の半減期の長短に応じて２種の照射をおこなうことにしているので，粉末試料は，それぞれの照射用に，スクリュー管から二分してそれぞれポリ袋に封入する。

ポリ袋で二重に密封した試料は，京都大学複合原子力科学研究所の研究用原子炉で，圧気輸送管 Pn-2と Pn-3により照射する。短中寿命核種用の Pn-3の照射実験では，15 mg の

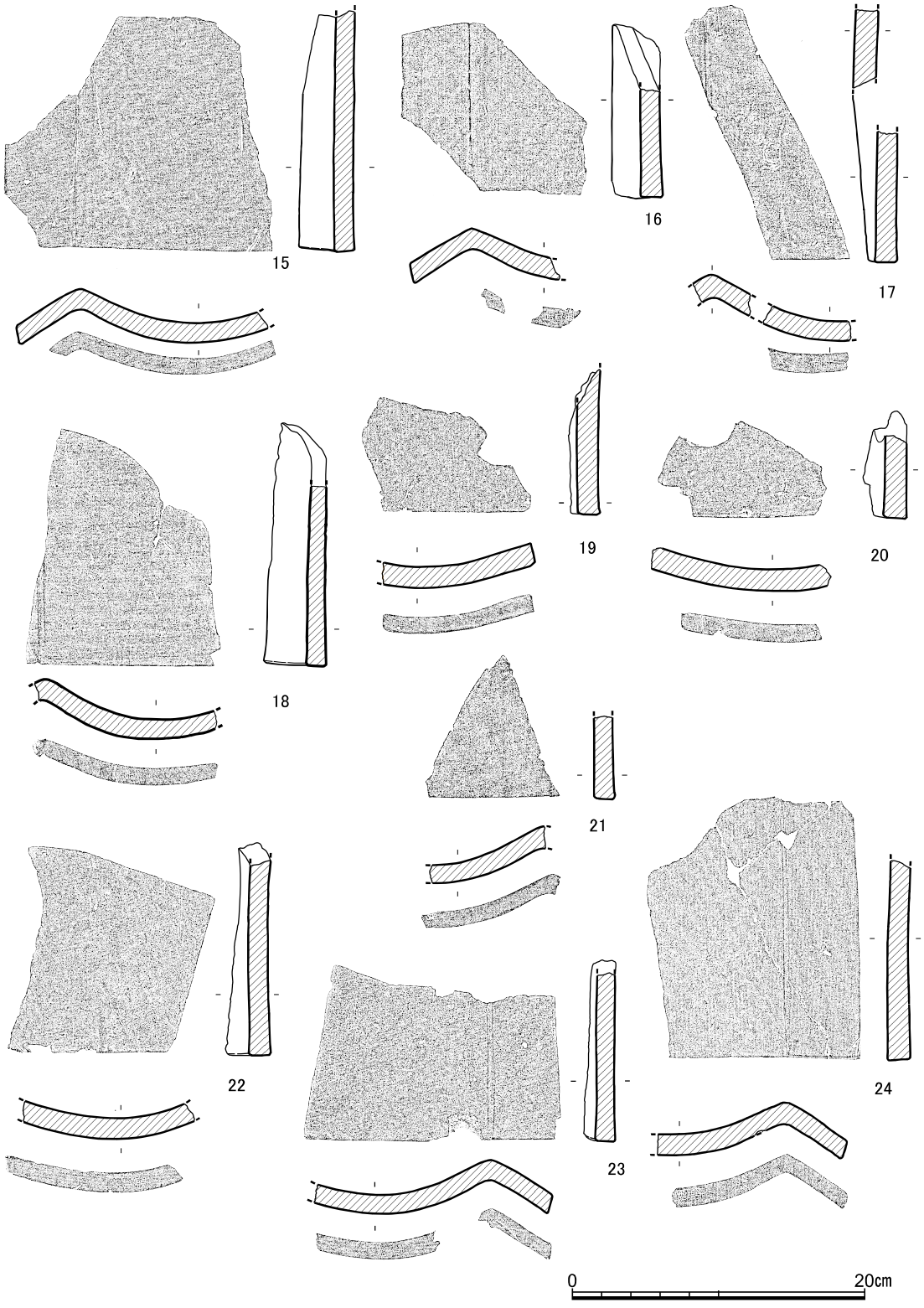

図20　分析に供した刻印瓦(3)（「赤野銀」）　縮尺1/6

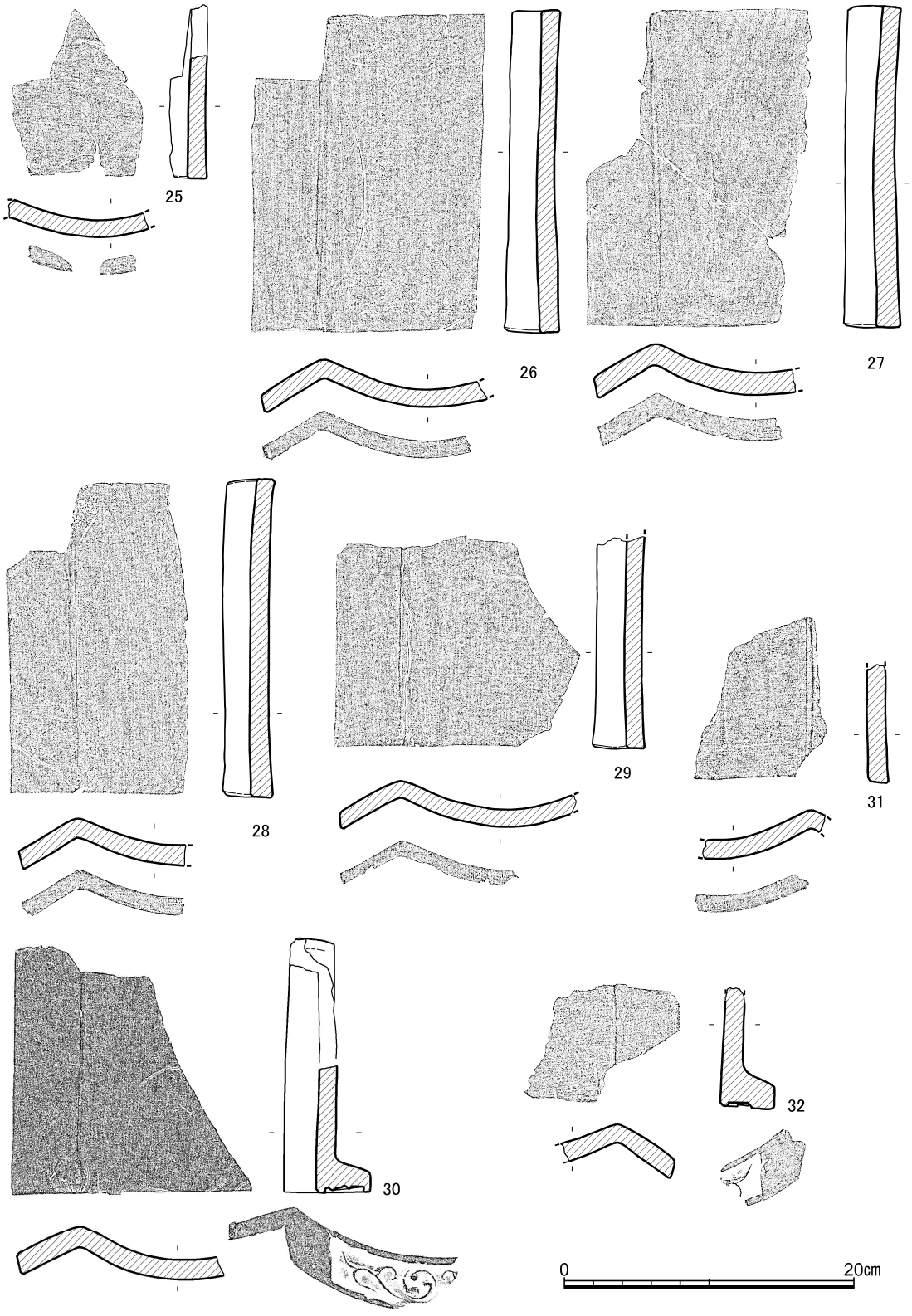

図21　分析に供した刻印瓦 (4)（「片常」）　縮尺1/6

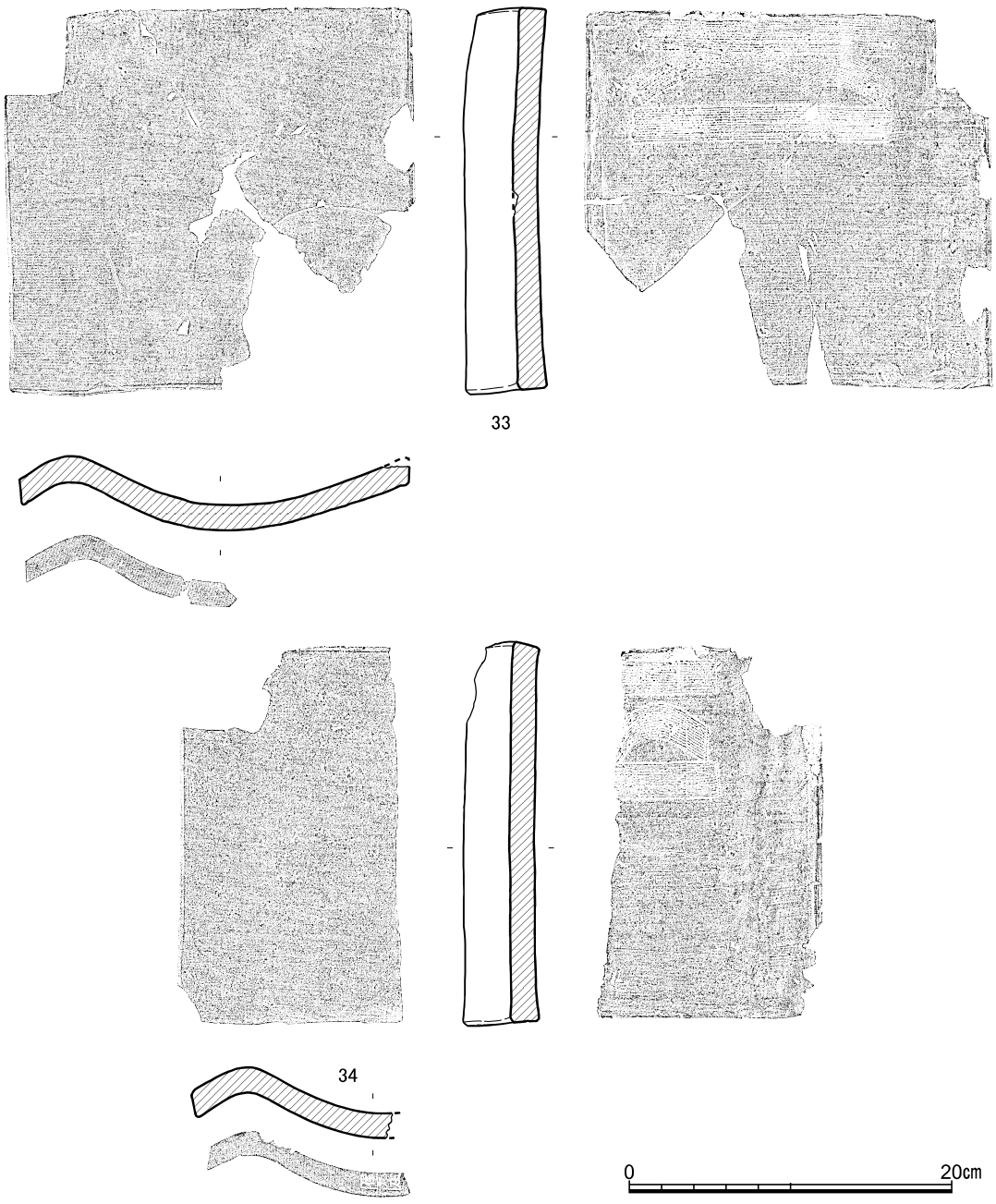

図22　分析に供した刻印瓦(5)（「住瓦庄」）　縮尺1/6

試料に熱出力１MW時に90秒の照射をした後，Ge検出器と波高分析器によって，照射直後に60秒，15分後に180秒，40分後に600秒，１日後に3600秒の４回に分けてガンマ線エネルギースペクトルを測定した。中長寿命核種用のPn-2の照射実験では，45mgの試料に熱出力１MW時に２時間の照射をした後，Ge検出器と波高分析器によって，約１ヶ月後に20000秒で測定している。標準試料は，2021年度の測定ではＪＲ－３（流紋岩）を用い，

2022年度にはＪＢ－１ｂ（玄武岩）を用いている。

今回は，中長寿命核種のデータがまだ十分に整っていないので，Pn-3の実験による短中寿命核種の測定結果を報告する。

４　分析の結果

34個体38試料の全てで検出できた元素は，[Na]，[Mg]，[Al]，[K]，[Mn]，サマリウム[Sm]，ランタン[La]の７種である。そのうち，アルミナ製のドリル針の損耗によるコンタミネーションを考慮してAlを除く６種について，元素の重量計測値（μｇ／ｇ）と誤差を表３に示す。

一覧して，2021年度の分析では[Mg]の重量比の値に対する誤差「Err」の値が大きいことが目立つ。同一個体で２試料を採取した「住瓦庄」の２個体では，個体番号33でも34でも値のばらつきがある上に誤差の値も大きい。しかし,次年度に測定した「赤野銀」と「片常」では[Mg]の誤差はそれほど大きくはない。ひとまず，今回の分析結果の解釈においては,「アキ文」・「アキ兼」・「住瓦庄」の[Mg]の取り扱いには注意する必要があるだろう。

このほか，同じく2021年度の分析では,「住瓦庄」の個体番号34における[K]，[Sm]，[La]の３元素は，同一試料の重量比の値において20％程度の揺らぎがある。しかし，個体番号33の「住瓦庄」ではその３元素において揺らぎは大きくない。念のために，今回の分析結果の解釈においては,「アキ文」・「アキ兼」・「住瓦庄」の[K]，[Sm]，[La]の取り扱いには注意をしておきたい。

こうしたことを踏まえて，残りの[Na]と[Mn]に着目して全34個体を見てみると，刻印のまとまりとよく整合する試料分布を確認できる（図23)。すなわち，刻印グループと胎土グループとが見事に合致している。地表の構成元素としての組成比が0.1％である[Mn]は，蛍光Ｘ線分析の測定でもよく登場する元素とはいえ試料どうしの比較には利用されないことが多いが，今回のＩＮＡＡ胎土分析では，高感度で測定され，しかも胎土グループの指標として機能し得た。

そのうえであらためて[K]，[Sm]，[La]の３元素を見ると，上記の注意を踏まえた上でも,「アキ文」・「アキ兼」・「住瓦庄」のまとまりと「赤野銀」・「片常」のまとまりとに分かれ得ることは指摘できよう。

また,「赤野銀」においては，桟瓦の向きに応じて元素組成が異なるような状況は見受けられない。「片常」においても，10試料に大きな差異は見られない。

表３　元素の重量計測値（μｇ／ｇ）

個体番号	試料番号	刻印	種別	器壁	分析年度	標準試料	注記
1	1	アキ文	右桟	厚手	2021	JR-3	KS92-263A
2	2	アキ文	右桟	厚手	2021	JR-3	KS92-115
3	3	アキ文	右桟	厚手	2021	JR-3	KS92-245A
4	4	アキ文	右桟	厚手	2021	JR-3	KS92-134
5	5	アキ文	右桟	厚手	2021	JR-3	KS92-239A
6	6	アキ文	右桟	厚手	2021	JR-3	KS92-146
7	7	アキ文	右桟	厚手	2021	JR-3	KS92-164
8	8	アキ兼	右桟	厚手	2021	JR-3	KS92-283A
9	9	アキ兼	右桟	薄手	2021	JR-3	KS92-309
10	10	アキ兼	右桟	稍薄	2021	JR-3	KS92-214
11	11	アキ兼	右桟	厚手	2021	JR-3	KS92-271A
12	12	アキ兼	右桟	稍薄	2021	JR-3	KS92-241A
13	13	アキ兼	右桟	厚手	2021	JR-3	KS92-209
14	14	アキ兼	右桟	厚手	2021	JR-3	KS92-160
15	15	赤野銀	右桟	薄手	2022	JB-1b	KS92-381
16	16	赤野銀	右桟	厚手	2022	JB-1b	KS92-261A
17	17	赤野銀	右桟	厚手	2022	JB-1b	KS92-404
18	18	赤野銀	右桟	薄手	2022	JB-1b	KS92-232A
19	19	赤野銀	右桟	厚手	2022	JB-1b	KS92-293A
20	20	赤野銀	左桟	厚手	2022	JB-1b	KS92-363
21	21	赤野銀	左桟	薄手	2022	JB-1b	KS92-110
22	22	赤野銀	左桟	厚手	2022	JB-1b	KS92-481
23	23	赤野銀	左桟	稍薄	2022	JB-1b	KS92-270B
24	24	赤野銀	左桟	厚手	2022	JB-1b	KS92-191
25	25	片常	右桟	薄手	2022	JB-1b	KS92-267A
26	26	片常	右桟	厚手	2022	JB-1b	KS92-356
27	27	片常	右桟	厚手	2022	JB-1b	KS92-480
28	28	片常	右桟	稍薄	2022	JB-1b	KS92-388
29	29	片常	右桟	薄手	2022	JB-1b	KS92-219
30 ／	30	片常	右軒桟（平）	厚手	2022	JB-1b	KS92-355平
＼	31	片常	右軒桟（軒）		2022	JB-1b	KS92-355軒
31	32	片常	左桟	稍薄	2022	JB-1b	KS92-339
32 ／	33	片常	左軒桟（平）	薄手	2022	JB-1b	KS92-398平
＼	34	片常	左軒桟（軒）		2022	JB-1b	KS92-398軒
33 ／	35	住瓦庄	右桟	厚手	2021	JR-3	KS92-466
＼	36	住瓦庄	右桟	厚手	2021	JR-3	KS92-466
34 ／	37	住瓦庄	右桟	厚手	2021	JR-3	KS92-693
＼	38	住瓦庄	右桟	厚手	2021	JR-3	KS92-693

表３　つづき

個体番号	試料番号	刻印	種別	Na-24		Mg-27		K-42	
				Na-24	Na-24 Err	Mg-27	Mg-27 Err	K-42	K-42 Err
1	1	アキ文	右桟	2.18E+03	3.23.E+01	5.48E+02	1.23.E+02	9.89E+03	5.72.E+02
2	2	アキ文	右桟	2.25E+03	3.34.E+01	5.66E+02	1.28.E+02	1.02E+04	5.77.E+02
3	3	アキ文	右桟	2.21E+03	3.12.E+01	5.47E+02	1.24.E+02	9.92E+03	5.59.E+02
4	4	アキ文	右桟	2.27E+03	3.72.E+01	6.36E+02	1.43.E+02	9.90E+03	5.88.E+02
5	5	アキ文	右桟	2.20E+03	3.79.E+01	5.65E+02	1.29.E+02	1.02E+04	6.00.E+02
6	6	アキ文	右桟	2.19E+03	3.26.E+01	5.95E+02	1.35.E+02	1.00E+04	5.99.E+02
7	7	アキ文	右桟	2.30E+03	3.25.E+01	5.75E+02	1.29.E+02	1.04E+04	5.76.E+02
8	8	アキ兼	右桟	4.61E+03	6.85.E+01	5.97E+02	1.39.E+02	1.03E+04	6.14.E+02
9	9	アキ兼	右桟	4.81E+03	8.28.E+01	7.19E+02	1.65.E+02	9.91E+03	6.40.E+02
10	10	アキ兼	右桟	4.99E+03	8.19.E+01	5.41E+02	1.24.E+02	1.04E+04	6.42.E+02
11	11	アキ兼	右桟	4.81E+03	7.52.E+01	5.82E+02	1.33.E+02	1.10E+04	7.11.E+02
12	12	アキ兼	右桟	4.57E+03	6.79.E+01	5.71E+02	1.31.E+02	1.13E+04	6.96.E+02
13	13	アキ兼	右桟	5.01E+03	7.45.E+01	5.78E+02	1.33.E+02	1.11E+04	6.90.E+02
14	14	アキ兼	右桟	5.23E+03	7.40.E+01	5.97E+02	1.37.E+02	1.09E+04	7.06.E+02
15	15	赤野銀	右桟	5.94E+03	5.11.E+01	1.05E+02	1.21.E+01	3.59E+04	2.67.E+03
16	16	赤野銀	右桟	6.06E+03	5.72.E+01	1.22E+02	1.27.E+01	3.57E+04	2.72.E+03
17	17	赤野銀	右桟	6.30E+03	5.42.E+01	1.14E+02	1.22.E+01	3.44E+04	2.58.E+03
18	18	赤野銀	右桟	6.28E+03	5.92.E+01	1.04E+02	1.19.E+01	3.57E+04	2.67.E+03
19	19	赤野銀	右桟	6.90E+03	7.11.E+01	1.13E+02	1.30.E+01	3.76E+04	2.80.E+03
20	20	赤野銀	左桟	6.23E+03	5.36.E+01	1.10E+02	1.23.E+01	3.42E+04	2.61.E+03
21	21	赤野銀	左桟	6.38E+03	5.49.E+01	9.95E+01	1.10.E+01	3.82E+04	2.85.E+03
22	22	赤野銀	左桟	6.26E+03	5.38.E+01	1.14E+02	1.23.E+01	3.69E+04	2.76.E+03
23	23	赤野銀	左桟	6.92E+03	5.96.E+01	1.18E+02	1.31.E+01	3.93E+04	2.93.E+03
24	24	赤野銀	左桟	5.97E+03	5.14.E+01	9.61E+01	1.13.E+01	3.66E+04	2.74.E+03
25	25	片常	右桟	4.74E+03	4.08.E+01	1.17E+02	1.24.E+01	3.40E+04	2.56.E+03
26	26	片常	右桟	3.61E+03	3.71.E+01	1.17E+02	1.41.E+01	3.01E+04	2.29.E+03
27	27	片常	右桟	3.27E+03	3.09.E+01	1.19E+02	1.24.E+01	3.43E+04	2.55.E+03
28	28	片常	右桟	3.31E+03	3.71.E+01	1.20E+02	1.25.E+01	3.43E+04	2.59.E+03
29	29	片常	右桟	3.87E+03	3.98.E+01	1.27E+02	1.27.E+01	3.37E+04	2.53.E+03
30	30	片常	右軒桟	4.48E+03	4.23.E+01	1.22E+02	1.22.E+01	3.62E+04	2.71.E+03
	31	片常	右軒桟	4.48E+03	4.23.E+01	1.20E+02	1.28.E+01	3.61E+04	2.73.E+03
31	32	片常	左桟	3.82E+03	3.93.E+01	1.26E+02	1.23.E+01	3.64E+04	2.71.E+03
32	33	片常	左軒桟	3.97E+03	4.09.E+01	1.32E+02	1.29.E+01	3.73E+04	2.87.E+03
	34	片常	左軒桟	3.69E+03	3.48.E+01	1.18E+02	1.24.E+01	3.72E+04	2.79.E+03
33	35	住瓦庄	右桟	5.42E+03	8.06.E+01	5.27E+02	1.21.E+02	9.59E+03	6.14.E+02
	36	住瓦庄	右桟	5.19E+03	7.72.E+01	7.06E+02	1.58.E+02	9.22E+03	6.14.E+02
34	37	住瓦庄	右桟	5.02E+03	1.12.E+02	7.97E+02	1.77.E+02	8.47E+03	5.99.E+02
	38	住瓦庄	右桟	5.44E+03	8.09.E+01	6.59E+02	1.47.E+02	9.69E+03	6.45.E+02

表３　つづき

個体番号	試料番号	刻印	種別	Mn-56		Sm-153		La-140	
				Mn-56	Mn-56 Err	Sm-153	Sm-153 Err	La-140	La-140 Err
1	1	アキ文	右桟	1.53E+02	4.92.E+00	7.07E+00	4.66.E-01	4.19.E+01	2.50.E+00
2	2	アキ文	右桟	1.63E+02	5.52.E+00	7.00E+00	5.26.E-01	4.53.E+01	3.09.E+00
3	3	アキ文	右桟	1.38E+02	5.25.E+00	6.86E+00	4.90.E-01	4.21.E+01	2.80.E+00
4	4	アキ文	右桟	1.64E+02	5.53.E+00	6.53E+00	5.22.E-01	4.25.E+01	3.30.E+00
5	5	アキ文	右桟	1.65E+02	5.44.E+00	6.99E+00	5.30.E-01	4.68.E+01	3.34.E+00
6	6	アキ文	右桟	1.49E+02	5.05.E+00	6.97E+00	5.52.E-01	4.45.E+01	3.19.E+00
7	7	アキ文	右桟	1.43E+02	4.72.E+00	6.77E+00	4.76.E-01	4.30.E+01	2.79.E+00
8	8	アキ兼	右桟	5.29E+02	1.25.E+01	5.73E+00	4.38.E-01	3.48.E+01	2.59.E+00
9	9	アキ兼	右桟	4.72E+02	1.37.E+01	5.91E+00	4.98.E-01	3.55.E+01	3.21.E+00
10	10	アキ兼	右桟	5.28E+02	1.31.E+01	5.75E+00	5.60.E-01	3.63.E+01	3.50.E+00
11	11	アキ兼	右桟	4.80E+02	1.22.E+01	6.83E+00	6.49.E-01	3.63.E+01	3.71.E+00
12	12	アキ兼	右桟	4.70E+02	1.30.E+01	6.47E+00	5.94.E-01	3.79.E+01	3.63.E+00
13	13	アキ兼	右桟	5.22E+02	1.26.E+01	6.06E+00	5.96.E-01	3.69.E+01	3.73.E+00
14	14	アキ兼	右桟	5.28E+02	1.28.E+01	5.97E+00	5.96.E-01	3.73.E+01	3.78.E+00
15	15	赤野銀	右桟	2.73E+02	4.77.E+00	3.49E+01	4.10.E+00	1.97.E+02	2.17.E+01
16	16	赤野銀	右桟	3.36E+02	5.31.E+00	3.18E+01	3.84.E+00	1.90.E+02	2.12.E+01
17	17	赤野銀	右桟	2.98E+02	5.21.E+00	3.30E+01	3.99.E+00	1.94.E+02	2.24.E+01
18	18	赤野銀	右桟	2.83E+02	5.45.E+00	3.32E+01	4.22.E+00	1.99.E+02	2.25.E+01
19	19	赤野銀	右桟	2.92E+02	4.87.E+00	3.63E+01	4.48.E+00	2.05.E+02	2.32.E+01
20	20	赤野銀	左桟	4.47E+02	7.45.E+00	2.93E+01	3.55.E+00	1.81.E+02	2.07.E+01
21	21	赤野銀	左桟	3.13E+02	5.20.E+00	3.18E+01	3.75.E+00	1.89.E+02	2.13.E+01
22	22	赤野銀	左桟	2.95E+02	5.16.E+00	3.38E+01	3.96.E+00	2.11.E+02	2.28.E+01
23	23	赤野銀	左桟	3.33E+02	5.55.E+00	3.21E+01	3.78.E+00	2.02.E+02	2.26.E+01
24	24	赤野銀	左桟	2.96E+02	4.92.E+00	3.02E+01	3.58.E+00	2.01.E+02	2.22.E+01
25	25	片常	右桟	1.70E+02	6.16.E+00	3.10E+01	3.78.E+00	1.88.E+02	2.07.E+01
26	26	片常	右桟	1.42E+02	3.12.E+00	2.63E+01	3.24.E+00	1.74.E+02	1.94.E+01
27	27	片常	右桟	1.34E+02	2.94.E+00	3.30E+01	3.99.E+00	2.01.E+02	2.08.E+01
28	28	片常	右桟	1.29E+02	2.95.E+00	3.01E+01	3.78.E+00	1.95.E+02	2.02.E+01
29	29	片常	右桟	1.46E+02	3.07.E+00	3.16E+01	3.89.E+00	1.88.E+02	2.07.E+01
30 ／	30	片常	右軒桟	1.82E+02	3.67.E+00	3.24E+01	3.75.E+00	2.02.E+02	2.17.E+01
＼	31	片常	右軒桟	1.58E+02	3.31.E+00	3.08E+01	3.58.E+00	2.01.E+02	2.12.E+01
31	32	片常	左桟	1.77E+02	3.40.E+00	3.25E+01	3.75.E+00	1.94.E+02	2.07.E+01
32 ／	33	片常	左軒桟	1.59E+02	3.64.E+00	3.13E+01	3.62.E+00	2.14.E+02	2.20.E+01
＼	34	片常	左軒桟	1.35E+02	2.97.E+00	3.13E+01	3.63.E+00	2.11.E+02	2.16.E+01
33 ／	35	住瓦庄	右桟	1.82E+02	5.87.E+00	5.46E+00	5.64.E-01	3.71.E+01	3.63.E+00
＼	36	住瓦庄	右桟	1.90E+02	5.66.E+00	5.58E+00	5.71.E-01	3.60.E+01	3.66.E+00
34 ／	37	住瓦庄	右桟	1.78E+02	5.74.E+00	5.20E+00	5.41.E-01	3.47.E+01	3.60.E+00
＼	38	住瓦庄	右桟	2.04E+02	6.09.E+00	6.66E+00	6.07.E-01	4.13.E+01	3.69.E+00

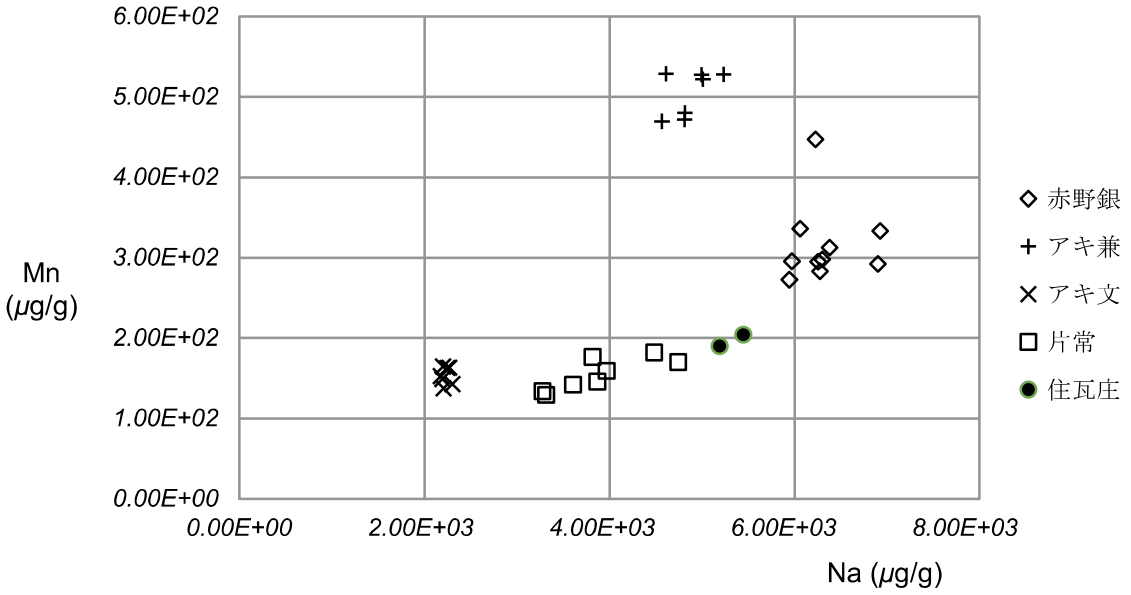

図23　分析試料の Na-Mn の組成比

5　考　　察

刻印グループ間での比較に際しては，資料の個体数も試料の数も，大坂産の「住瓦庄」はわずか２個体なので，統計的に十分とは言えないことは踏まえねばなるまい。土佐の瓦も，工房内での比較をしていく際には，いっそう母数が減少する。その点では，以下は，考察というよりは展望というべき内容が多くなるが，今後に分析数を増やしていくことを見据えつつ，現状から導ける予察的な解釈も試みていく。

胎土グループの背景　　[Na] と [Mn] の値の組合せによって，大坂で製作された「住瓦庄」の瓦が独立したグループを為すだけでなく，土佐の瓦においても，刻印のグループと胎土のグループが非常によく整合していた。このことは，地質条件の如何を問わず，瓦工房ごとに異なる焼き物素地で桟瓦を成形していたことを示している。つまり，藩は，直営の突貫工事において土佐東部から瓦の供給を受けるに際して，粘土生地などの原材料を一括して提供するようなことはなかったことを示唆している。また，仮に同業者組合のような組織があったとしても，焼き物素地がそこで一括して調合・管理されていたわけではなかったとも言える。

そこで，あらためて刻印瓦の推定生産地と土佐東部の表層地質とを見比べてみると（図17・24），物部川流域の片地地域は，チャートも比較的多く含んで堆積岩が基調となっていて，赤野地域と安芸地域は，砂岩や泥岩を主体として堆積岩が基調となっている〔原ほ

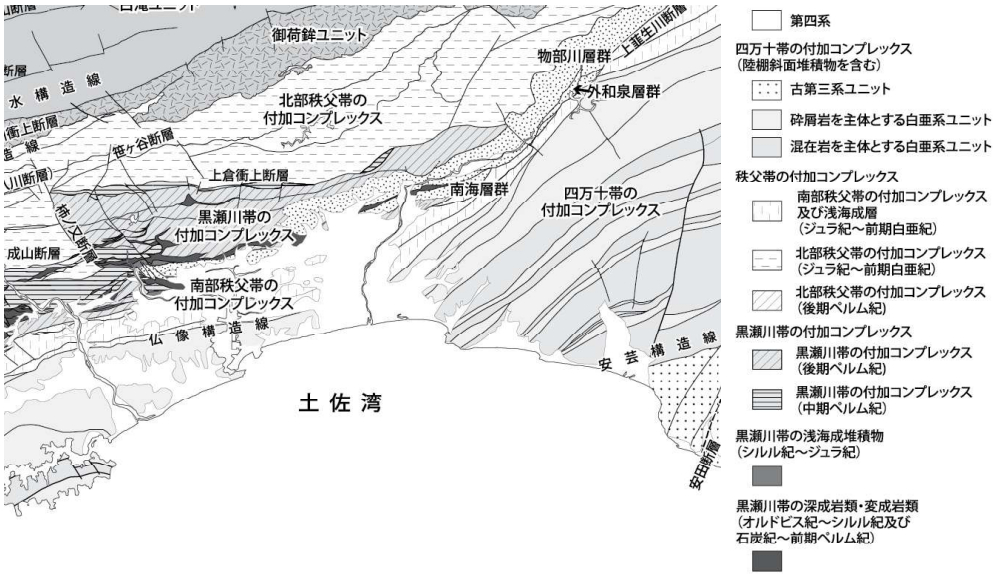

図24　当該地域周辺の地質概略図（〔原ほか2018〕の第１図より一部改変）

か2018〕。赤野地域と安芸地域は，地質条件がおよそ同じだが，胎土グループは明確に分離でき，同じ安芸地域内の「アキ文」と「アキ兼」さえ，明瞭な違いを示した。したがって，各工房それぞれが独自に素地を調合・用意していたと考えていいだろう。

また，ケイ素の値を確認できないものの，そして [Mg] と [K] の値の取り扱いには注意が要るとはいえ，「アキ文」・「アキ兼」・「住瓦庄」のまとまりは相対的に [Mg] が多く [K] が少ない一方で，「赤野銀」・「片常」のまとまりはその逆になるので，前者は後者に比べて塩基性寄りの粘土を多く含んでいた可能性もある。表層地質が同質の安芸地域の工房と赤野地域の工房とで，粘土に違いがあった可能性を示唆するが，工房が，基質となる粘土を近傍の地層から採掘していたのであれば，この違いは粘土のローカルな違いを示すのかもしれない[(8)]。

同一工房内での胎土　「赤野銀」と「片常」それぞれの胎土グループを見ると，ともにサブグループを抽出し得る要素は見当たらない。「赤野銀」では，右桟瓦と左桟瓦とは同じ素地から製作された可能性が高いことがうかがえる。「片常」でも，通常の左桟瓦はわずか１点の分析だが，右桟瓦と特に違いはない。

同じくわずか１点ずつの分析だが，「片常」では，同一個体の軒部と桟部とで組成比を比較できる。軒瓦は，瓦笵に焼き物素地を押し込んで文様を隅々までしっかり転写するためにも，また屋根に葺いた際には最も人目に付くことになることもあって，素地が精良であるに越したことはない。そこで，軒専用に別の素地が用意されていなかったか検討する

手がかりを得ようと分析を試みたが，軒部と桟部とでサブグループを抽出し得る要素は見当たらない。

工房内でサブグループが見いだせないとすれば，必要量の焼き物素地を突貫工事に対応するために一度に調合･作成したのではないだろうか。さもなくば，「赤野銀」と「片常」の工房では，以前に調合済みの素地のストックも併せて使うなど複数次の調合機会があっても，調合の内容量や方法などがいつも厳格に守られていたのかもしれない[(9)]。

工房の多さと供給体制　　白川邸から一括出土した刻印瓦では，刻印銘が24種もあった。この白川邸には，建物が数多くあった形跡はうかがえないが，後に陸援隊が駐屯するなど大きな建物があったことは想像に難くない。ここに移築される前の住吉陣屋は，松野卯成によれば，本門や通用門を備え，官舎や稽古場に加えて300名近い藩士のための居屋もあった「武道専門の陣屋」〔松野1920　p.53〕だった。また，平尾道雄によると，御殿と上級藩士の居室である平屋２棟と下級藩士の居室の２階建ての長屋で構成されていた〔平尾道雄1959〕。２階建ての長屋はともかく，少なくとも官舎・稽古場・門には瓦が葺かれていただろうから，住吉陣屋の瓦は相当な枚数だったに違いない。そして，これらの構造物は藩直営の突貫工事で着工から半年で完成に至っている。

白川邸の堀の瓦溜まりから回収された瓦について，出土の圧倒的多数を占める桟瓦の総枚数は推定360枚程度とされるが〔千葉1995a　pp.101-2〕，桟瓦の法量と切込み部の幅・長さに照らせば，建物ならば２間×３間程度をまかなうくらいの枚数になる。この瓦溜まりが検出されたのは，通りを挟んで尾張藩邸に面する屋敷南面の堀が途切れた部分近くである。発掘調査では，長さにして６ｍはある途切れ部には柱穴や石列などのような門の存在を示唆する遺構は検出されていないが，瓦の出土のコンテクストからも量からも，門に葺かれていた瓦だったと考えてもよかろう。

住吉陣屋から白川邸への移築に際し，門の資材をそのまま門に充てたと仮定すれば，移築前の住吉陣屋全体で使われたであろう瓦の総数に比べたら，門の瓦の枚数は極めて少ないものだろう。それでも，押捺率の高いこれらの刻印瓦には，24種もの刻印銘があるのだから，桟瓦の法量規格がしっかり整っていたことを踏まえると，土佐の各瓦工房は，供給する瓦の葺かれる建物が予め細かく決まっているなかで一つの建物に葺く屋根瓦を複数の工房と連携して製作する，という状況ではなかったと思われる。つまり，住吉陣屋の造営に際し，納品するべき瓦の規格と枚数だけが決まっていたのではないだろうか。

文書に見る瓦の需要と供給　　土佐における幕末期の瓦の需要を考える手がかりとし

て，瓦葺きの建物の数に目を向けよう。平野部の農村では，明治以前に中層以上の農家に瓦葺き屋根が導入されてきたようだが〔坂本1978〕，安芸郡川北村（現安芸市川北）の場合，安政４(1857) 年の『御改正風土取縮指出帳』によると[10]，437軒のうち瓦葺きは19軒にとどまる。しかし，社寺や祠堂に瓦葺きのものがいくつもある。それ故か，職人として「瓦焼」と「瓦葺」が１人ずつ記録されている。他方，室戸岬の東側に位置する佐喜浜の郷浦（現室戸市佐喜浜）では，同じ安政４年の『佐喜浜郷浦御改正廉書指出』によると[11]，瓦焼職人はいないものの，４間×２間半の瓦葺きの御蔵のほかに瓦葺きの家は50軒以上あった。

一つの建物に葺く瓦の枚数は，先述のように建物規模と瓦の法量でおよその量を想定できるが，やや古い記録ではあるものの安芸郡野根郷（現安芸郡東洋町）の「北川家文書」によれば[12]，文政10（1827）年に別の家が蔵を建てた際に，本瓦葺き用に丸瓦と平瓦を総計400枚程度，「瓦屋」が納品しており，また，弘化３（1846）年に蔵の屋根を修理した際に，種々の瓦40枚近くを２人の「瓦屋」が納品している。こうしたことから，瓦葺きの建物を新築する機会は頻繁ではなかったかもしれないが，あちこちの村で修繕などの需要があったと考えてもよかろう。

供給については，やや新しくなるが，物部川流域の諸村における明治12（1879）年の物産記録を『高知県香美郡町村誌』から一覧にまとめた高橋史朗の集計表によると，102の村のうち，物産として瓦が記録されているのは13村である。粘土が取れないところでは瓦を造らなかったであろうから，すべての村で瓦が生産されているわけではないが，13村の中でも枚数は１万弱から20万までとされており，村によって多寡がある〔高橋1978〕。「片常」をはじめ藩邸の堀から出土した刻印瓦のうちの５種の刻印のある片地村の場合は21,000枚だが，仮に出土資料における５種の刻印の総計82点に占める「片常」の点数25（表２）の構成比である30％をそれに積すると，6,000枚あまりになる。住吉陣屋の造営から明治維新を経て20年が過ぎているので，瓦の需給状況に大きな変化があった可能性はあるものの，1860年頃の瓦工房の生産量を考える一つの参考値になる。

『高知県香美郡町村誌』から物産の品種と職人の配置状況とを対照してみると，物産として瓦が15万枚以上記録されている村であっても瓦工が記録されていない場合もあるなどして，農家の副次的な産物の場合には職種が農業として扱われている可能性も想定する必要があるらしい〔吉田・川沢1985〕。しかし，例えば川北村では，売買を許された店屋では日常的な必需品のみが許可されていたようだが，扱われていた39品目には焼き物用の粘土は入っていないから[13]，瓦製作が専業であれ副業であれ，素材となる粘土は，村内の

どこかで焼成にかなうものが採掘されたのだろう。

以上を踏まえると，幕末期の土佐藩内には，農家の副業ないしはせいぜい家内制手工業的な零細規模にとどまるとはいえ，あちこちに瓦工房があり，住吉陣屋の設営という藩直営の突貫工事で多量の瓦が必要となった際にも，いくつもの工房が，指定された数量の規格品を素材から自前で調達して，藩全体でみればおそらく難なく対応して供給できたのではないだろうか。

５　おわりに

刻印瓦５種にＩＮＡＡを適用した胎土分析では，短中寿命核種のみでも希土類を含め７種の元素組成を明らかにできた。その比較によって抽出し得た５つの胎土グループは刻印グループと完全に合致したが，ＩＮＡＡ胎土分析としては，とりわけマンガン [Mn] を高精度で測定できたことが大きい。ＩＮＡＡによる高精細な胎土分析の実効性が改めて示されたと言える。

刻印グループと胎土グループの合致によって，幕末期の土佐においては藩内各地の瓦工房は，各々の素材と製法に基づいて焼き物素地を自前で用意した，という理解への道を拓き得た。また，その素地を使って桟瓦の右左をはじめいずれの形状の瓦でも規格通りの製品を製作・供給し得た，という見通しを立てられた。幕末までには既に土佐の各地に，急な動員にも対応し得るような恒常的な屋瓦生産の体制が整っていた可能性がうかがえる。ＩＮＡＡ胎土分析は，江戸時代後期における地方での瓦の普及を考える上で貴重な実証的データを提供したことになる。

今後は，今回の分析試料については，長寿命核種用照射の分析結果を整理して各個体についてより多くの元素の組成比を明らかにする。また，まだ分析に至っていない18種の刻印についても，順次ＩＮＡＡ胎土分析を実施することによって，ＩＮＡＡ胎土分析の有効性をさらに発揮できるようにし，窯業生産品の製作・流通について高精細かつ実証的なデータの獲得を目指したい。

謝　辞　本研究は，本学複合原子力科学研究所の共同利用研究に採択され，またJSPS 科研費21K18379の助成を受け，実施した成果の一部です。また，試料の選定と採取では，篠藤マリア氏（独国ハイデルベルク大学）の協力を得ました。中性子放射化分析では，本学複合原子力科学研究所の諸氏の協力を得ました。分析試料の作図では，磯谷敦子

氏，長尾玲氏，西田陽子氏，河野葵氏の協力を得，本論の編集では，柴垣理恵子氏の協力を得ました。記して御礼申し上げます。

〔注〕

（１）　本論で扱った刻印瓦38試料の分析に関しては，日本文化財科学会第41回大会および第59回京都大学複合原子力科学研究所学術講演会で概要をポスター発表しているが，今回，それらの内容に大幅に加筆した。なお，加筆に際しては，共同研究におけるこれまでの議論を論点ごとに整理し，そのとりまとめを冨井が代表しておこなった。

（２）　本項「土器類の元素組成の分析」の胎土分析の方法等に関しては，東村武信，建石徹，齋藤努，三辻利一の概説類〔東村1990，建石2009，齋藤編2010，三辻2013〕などを参考にした。

（３）　かつては資料から10 ～ 20ｇを採取して500㎎程度の粉末試料を得ていたこともあったようだが〔例えば，上條・石川1992〕，現在では10㎎程度の試料でも実施され得る〔例えば，降幡・森先2014〕)。

（４）　核種とは，原子核の種類のことで，同位体を思い浮かべると良い。例えば[C]（炭素）でも，核種には，自然界にあるものだけでなく放射化させたものを含めれば，C-8 ～ C-22まであり，それぞれに固有の半減期がある。どの元素を測定するかは，半減期とエネルギー値に照らしてどの核種を測定するかに委ねられる。

（５）　例えば，三辻ほか1973，山崎ほか1994。ただし，古代の瓦や縄文土器などの分析例もなかったわけではない〔大沢1973，馬淵ほか1977，富沢ほか1982など〕。

（６）　篠籐らの研究の場合〔篠藤ほか2015，Sterba *et al.* 2021〕，組成比の算出された元素のほとんどの種類を用いて種類数ｎが次数となるｎ次元空間で，各試料間の距離を数値的に測って試料どうしの近似度を比べて，最終的にｎ次元の中で一定の距離内に収まる試料どうしをグループとして抽出している。

（７）　九谷と有田の弁別については，その後，必ずしもそれほど容易ではないことや，蛍光Ｘ線分析でも測定可能な[Ti]（チタン）が有効なことが指摘された〔山崎ほか1994〕。

（８）　両地域の表層地質である四万十帯の付加コンプレックスには，玄武岩類が含まれる部分があることから〔原ほか2018〕，その部分の粘土がより多く含まれれば，塩基性寄りになる可能性がある。

（９）　同一刻印の瓦をすべて分析したときに，その可能性を吟味できるかもしれない。

(10)　高知県1977『高知県史　民俗資料編』所収

(11)　高知県1977『高知県史　民俗資料編』所収

(12)　高知県1975『高知県史　近世史料編』所収

(13)　前掲注10

〔参考文献〕

大沢真澄　　1973年　「考古学と化学の接点」『考古学と自然科学』６，pp.53-67

上條朝宏・石川隆司　1992年　「縄文土器の胎土分析」『国立歴史民俗博物館研究報告』38，pp.199-232

河島達郎・松野外男　1979年　「放射化分析による古九谷の原産地推定のための指標元素の探索」『Radioisotopes』28(4)，pp.24-26

河島達郎・上西時司・松野外男　1982年　「放射化分析による常滑および渥美出土古陶の分類」『考古学と自然科学』15，pp.85-94

齋藤　努編　　2010年　『必携考古資料の自然科学調査法』（考古調査ハンドブック　2），ニューサイエンス社

坂本正夫　　1978年　「衣食住」『高知県史　民俗編』

笹川尚紀　　2018年　「土佐藩白川邸・尾張藩吉田邸にまつわる覚書」『京都大学構内遺跡調査研究年報2016年度』（京都大学文化財総合研究センター）

篠藤マリア・鐘ヶ江賢二・中村直子　2015年　「中岳山麓窯跡群の調査に伴う生産と流通に関する自然科学的研究について」『中岳山麓窯跡群の研究』（鹿児島大学埋蔵文化財調査センター），pp.58-66

高橋史朗　　1978年　「高知県香美郡下の物産の紹介」『土佐史の諸問題』（地方史研究叢書９），名著出版，pp.235-254

武内孝之　　1972年　「放射化分析の方法」『考古学と自然科学』５，pp.47-58

建石　徹　　2009年　「千葉県内出土縄文土器の胎土分析」『研究紀要』26，pp.164-186（千葉県文化財センター）

千葉　豊　　1995年ａ「５　近世の遺跡」『京都大学構内遺跡調査研究年報1992年度』，pp.87-105（京都大学埋蔵文化財研究センター）

千葉　豊　　1995年ｂ「９　小結　幕末の遺構と刻印瓦」『京都大学構内遺跡調査研究年報1992年度』，pp.123-125（京都大学埋蔵文化財研究センター）

富沢　威　　1994年　「考古学，人文科学における放射化分析」『Radioisotopes』43(6)，pp.58-62

富沢威・佐藤春雄・富永健　1982年　「中性子放射化分析による加曽利遺跡出土の縄文土器の多元素同時定量」『古文化財の科學』27，pp.29-37

原英俊・青矢睦月・野田篤・田辺晋・山崎徹・大野哲二・駒澤正夫　2018年　『20万分の１地質図幅「高知」（第２版）』（産業技術総合研究所 地質調査総合センター）

東村武信　　1990年　『改訂　考古学と物理化学』，學生社

平尾道雄　　1959年　『吉田東洋』（人物叢書），吉川弘文館

降旗順子・森先一貴　2014年　「藤原宮・京出土瓦の胎土分析」『奈良文化財研究所紀要 2014』，pp.28-31

松野卯成　　1920年　「住吉の土州藩陣屋」『土佐史談』５，pp.50-54

馬淵久夫・野津賢治・堀井明・不破敬一郎　1977年　「日の出山窯跡瓦の放射化分析」『考古学と自然科学』10，pp.115-127

三辻利一　　1972年　「土器の放射化分析」『考古学と自然科学』５，pp.59-67

三辻利一・武内孝之・小山睦夫・市川米太・梅田甲子郎・大沢真澄・粕谷英雄・奥田潤・栗岡誠司　1973年　「大阪南部窯址群跡出土の須恵器の放射化分析－Ⅰ」『考古学と自然科学』６，pp.43-51

三辻利一　　2013年　『新しい土器の考古学』，同成社

山崎一雄・成瀬晃司・堀内秀樹・大橋康二・望月明彦・杉崎隆一・内田哲男・小山睦夫・高田實弥・藁科哲男・東村武信　1994年　「東京大学医学部附属病院地点出土の江戸時代の陶磁器片の材質および産地」『考古学雑誌』79-4，pp.87-123

吉田萬作・川沢啓三　1985年　『香我美町史』上巻

Sterba, Johannes H.　2018　‘A workflow for neutron activation analysis of archaeological ceramics at the Atominstitut in Vienna, Austria’ *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*

316: 753-759.

Sterba, J. H., Shinoto, M., Shinzato, A., Enomoto, M., and Yomine, Y. 2021 'Provenancing of pottery from Kamuiyaki site in East Asia by neutron activation analysis' *Archaeometry* 63(3): 500-515.

Tomii, M., Takamiya, K., Yoshii, H., Kidachi, M., Ito, A., Sterba, J., Shinoto, M., and Chiba, Y. 2021 'Analyzing the texture of roof-tile toward detailed provenancial studies of excavated ceramics by NAA' *KURNS Progress Report* 2020. (Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University) p.224

Tomii, M., Takamiya, K., Yoshii, H., Kidachi, M., Ito, A., and Chiba, Y. 2022 'Another trial to analyze the texture of roof-tile: toward detailed provenancial studies of excavated ceramics by INAA' *KURNS Progress Report* 2021. (Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University) p.245

Tomii, M., Takamiya, K., Yoshii, H., Kidachi, M., Chiba, Y., and Ito, A. 2023 'The third-year trial to analyze the texture of roof-tile: toward detailed provenancial studies of excavated ceramics by INAA' *KURNS Progress Report* 2022. (Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University) p.240

Tomii, M., Takamiya, K., Inagaki, M., Chiba, Y., Ito, A., Kidachi, M., and Yoshii, H. 2024 'A trial to analyze the texture of the excavated medieval Haji-ware of different colour by INAA' *KURNS Progress Report* 2023. (Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University) p.261