# 高安地域における古代の丘陵開発について

小林克也 KOBAYASHI, Katsuya / 株式会社パレオ・ラボ 北野博司 KITANO, Hiroshi / 文化財保存修復研究センター研究員・教授

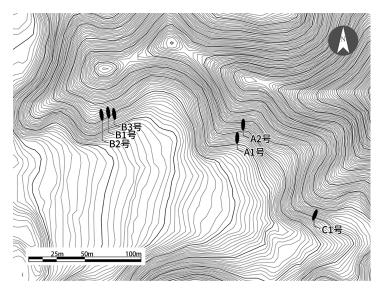
### 1. はじめに

高安窯跡群は山形県東置賜郡高畠町 大字高安字テラマエに所在する須恵器 窯跡群である。高畠町は置賜盆地の東部 に位置し、窯跡群は屋代川南側丘陵部の 南向き斜面に立地する。東北芸術工科大 学歴史遺産学科・同文化財保存修復研 究センターによって、2002年~2007年 にかけて、発掘調査が行われた。

窯跡は約100m間隔で3地区に分布しており、A地区では須恵器窯跡が1基(以後A1号窯跡と呼ぶ)と炭窯が1基(以後A2号窯跡と呼ぶ)、B地区では須恵器窯跡が3基(以後、B1号窯跡・B2号窯跡・B3号窯跡と呼ぶ)、C地区では須恵器窯跡が1基(以後、C1号窯跡と呼ぶ)確認されている。C地区が最も

谷奥に位置し、次いでA地区、最も谷口にB地区が位置する(図1)。発掘調査所見では、須恵器窯跡はいずれも7世紀後半~8世紀初頭に操業が行われ、炭窯であるA2号窯跡は、9世紀後半~10世紀前半に操業が行なわれていたと考えられている。

高安窯跡群では、既刊の報告書内で樹種同定が 行なわれている(小林,2005・2006・2007・2008)が、それらの同定では精度が低い分析で あったため、小林・北野(2013)にて再同定が 行われている。その結果、須恵器窯跡では、燃料 材として復元直径10cm以内の広葉樹を伐採して いたが、広葉樹がなくなると、丘陵尾根部などに 生育する復元直径10cm以上のマツ属複維管束亜 属を伐採利用していたと推測した。また燃料材に 適した太さの樹木の枯渇が須恵器窯跡終焉の契機 となった可能性を示唆している。炭窯跡では、コ ナラ属コナラ節のみが利用され、利用木材に対し て樹種や燃料材の直径で、一種の規格のようなも のがあった可能性があり、須恵器窯跡終焉から約 200年後には、周辺植生から良質の木材を選択で



埼玉大学の谷謙二氏のホームページの「web等高線メーカー」サイトで作成した画像を使用。標高データは、国土地理院の地理院タイル(標高タイル)による。等高線の間隔は1mである。

図1. 高安窯跡群の位置図

きるほどに植生が回復し、炭窯跡の操業が行われ ていたと考えた。

高安窯跡群では、土器編年による年代観が付与されているが、放射性炭素年代測定による暦年代は付与されていない。高安丘陵の森林利用技術の復元では、より詳細な暦年代を窯跡に付与し、操業順を確認する事によって、二次林化の有無が実証できる。

本稿では、高安窯跡群での燃料材の分析結果に ウィグルマッチング法を用いた放射性炭素年代測 定の結果を加味し、高安窯跡群の所在する丘陵で の丘陵開発を復元することを目的とする。

#### 2. 試料と方法

## 2-1. 対象試料について

須恵器窯跡の窯構造については、最も古い窯跡の C1号窯跡は半地下天井架構式窯跡で、その他の窯跡は緩傾斜の地下式直立煙道窯跡であると考えられている。表1に高安窯跡群の須恵器窯跡の発掘調査成果を示す(東北芸術工科大学考古学研究室,2003,2004,2005,2006,2007,2008)。

表 1. 高安窯跡群須恵器窯跡の考古学的成果

窯跡名	窯体構造	窯体長	傾斜角	操業回数	焼成遺物
C1号窯跡	半地下天井架構式窯跡	3.65m	約22°	1~2回	須恵器専焼(杯類多い)
A1号窯跡	地下式直立煙道窯跡	約5.8m	約19°	2回以上	瓦陶併焼
B3号窯跡	地下式直立煙道窯跡	7.5~8.5m	約12°	5回以上	瓦陶併焼
B1号窯跡	地下式直立煙道窯跡	約7.5m	約16°	5回以上	須恵器専焼(甕類多い)
B2号窯跡(I次窯)	地下式直立煙道窯跡	9~10m	緩傾斜	3回以上	瓦陶併焼
B2号窯跡(Ⅱ次窯)	地下式直立煙道窯跡	7.5~8.5m	緩傾斜	2回以上	須恵器専焼

炭窯跡であるA2号窯跡の窯構造は、地下式で焼成回数は1回と考えられるが、検出されたのは前庭部と燃焼部の入り口のみで、窯体の傾斜角などは確認されていない。いずれの窯跡でも、燃焼部、前庭部、灰原より炭化材が多量に出土しており、それら炭化材を対象として分析を行なった。

これらの炭化材を分析する際には、試料の由来について考慮する必要がある。須恵器窯跡では、焼成部、燃焼部、前庭部、灰原から炭化材が出土したが、焼成部から出土した炭化材は構築材で、燃焼部、前庭部、灰原から出土した炭化材はいずれも燃料材であると考えられる。ただし、燃焼部から出土した炭化材は、その窯跡で使用していた燃料材の残渣であると考えられるが、前庭部、灰原と、燃焼部から離れるにつれて、対象の窯跡で使用されていた燃料材由来の残渣以外の炭化材が混入する可能性が高くなり、注意をする必要がある。

炭窯跡では、前庭部と灰原から炭化材が出土したが、炭化材は焼成された製品としての炭(以下、炭製品と呼ぶ)か、燃料材の残渣かの判断ができないため、炭製品または燃料材と表記する。

また須恵器窯跡の燃料材について、窯焚きを行 う際には、いくつかの焼成段階が想定されるため、 それらを考慮する必要がある。それを大まかに分 けると、土器を乾燥させる「あぶり段階」、窯体 内の温度を上げてゆく「昇温段階」、高温を保た せて須恵器を硬質に焼成する「ねらし段階」、焚 口を閉塞して窯体内を還元雰囲気にし、須恵器に 青灰色を定着させる「還元冷却段階」という4つ の焼成段階である。窯跡から出土する炭化材はそ の還元冷却段階直前に投入されたものである可能 性が最も高く、それ以前の段階で利用された燃料 材は、焼失してしまっていると考えられる。その ため出土炭化材の樹種同定結果は、還元冷却段階 に使用された燃料材であると考えられ、窯跡の燃 料材全体の樹種構成を反映していない可能性が高 い点を留意する必要がある。

## 2-2. 放射性炭素年代測定の方法

試料は、B1号窯跡の前庭部出土炭化材(試料 No. 66)、B2号窯跡の前庭部 NE 出土炭化材(試料 No. 142)、B3号 窯 跡 の 燃 焼 部1T ( 試料 No. 257)、A1号窯跡の灰原7T出土炭化材(試料 No. 316)、A1号窯跡の燃焼部1T出土炭化材(試料 No. 342)、A2号 窯 跡 の4T 前 庭 部 ( 試料 No. 389)、C1号 窯 跡 の 構 築 材 T8W ( 試料 No. 482)の、計7試料である。試料 No. 66、142、316、342についてはウィグルマッチング法を用いた放射性炭素年代測定を行なった。試料 No. 257、389、482については、最終形成年輪のある試料中で、25年輪以上ある試料が確認できなかった。そのため、単体での放射性炭素年代測定を行なった。測定試料の情報、調製データは表2のとおりである。

B1号窯跡の試料 No. 66は年輪数が29年で、樹種はコナラ属コナラ節、最終形成年輪が残っていた。採取位置は、外側から  $1\sim5$  年輪目(PLD-38776)、外側から $11\sim15$ 年輪目(PLD-38777)、外側から $21\sim25$ 年輪目(PLD-38778)の3か所である。

B2号窯跡の試料 No. 142は年輪数が58年で、樹種はマツ属複維管東亜属、最終形成年輪が残っていた。採取位置は、外側から $1\sim5$ 年輪目(PLD-38779)、外側から $21\sim25$ 年輪目(PLD-38780)、外側から $51\sim55$ 年輪目(PLD-38781)の3か所である。

A1号窯跡の試料 No. 316は年輪数が28年で、樹種はコナラ属コナラ節、最終形成年輪が残っていた。採取位置は、外側から $1\sim5$ 年輪目 (PLD-38782)、外側から $11\sim15$ 年輪目 (PLD-38783)、外側から $21\sim25$ 年輪目 (PLD-38784) の3か所である。

A1号窯跡の試料 No. 342は年輪数が25年で、樹種はカバノキ属、最終形成年輪が残っていた。採取位置は、外側から1~5年輪目(PLD-41136)、

表 2. 年代測定試料および処理

		出土位置	種類	樹種	部位	年輪数	器種	測定番号	採取位置 (外側から)	前処理			
	試料									AAA処理(mol/L)			
	No.									塩酸	水酸化 ナトリウム	塩酸	その他
B1号窯跡	66	前庭部 焼土混じり	炭化材	コナラ属 コナラ節	最終 形成年輪	29	燃料材	PLD-38776	1~5年輪目	1. 2	1.0	1. 2	超音波洗浄 アセトン処理
		黒褐色土						PLD-38777	11~15年輪目	1. 2	1.0	1. 2	超音波洗浄 アセトン処理
								PLD-38778	21~25年輪目	1. 2	1.0	1. 2	超音波洗浄 アセトン処理
B2号窯跡	142	前庭部NE 瓦だまり	炭化材	マツ属複維 管束亜属	最終 形成年輪	58	燃料材	PLD-38779	1~5年輪目	1. 2	1.0	1. 2	超音波洗浄 アセトン処理
								PLD-38780	21~25年輪目	1. 2	1.0	1. 2	超音波洗浄 アセトン処理
								PLD-38781	51~55年輪目	1. 2	1.0	1. 2	超音波洗浄 アセトン処理
A1号窯跡	316	灰原7T黒色土	炭化材	コナラ属 コナラ節	最終 形成年輪	28	燃料材	PLD-38782	1~5年輪目	1. 2	1.0	1. 2	超音波洗浄 アセトン処理
								PLD-38783	11~15年輪目	1. 2	1.0	1. 2	超音波洗浄 アセトン処理
								PLD-38784	21~25年輪目	1. 2	1.0	1. 2	超音波洗浄 アセトン処理
A1号窯跡	342	燃焼部1T 黒色土層	炭化材	カバノキ属	最終 形成年輪	25	燃料材	PLD-41136	1~5年輪目	1. 2	1.0	1. 2	超音波洗浄 アセトン処理
		(最終操業下)						PLD-41137	11~15年輪目	1. 2	1.0	1. 2	超音波洗浄 アセトン処理
								PLD-41138	21~25年輪目	1. 2	1.0	1. 2	超音波洗浄 アセトン処理
B3号窯跡	257	燃焼部1T 第2床面炭層	炭化材	コナラ属 コナラ節	最終 形成年輪	-	燃料材	PLD-41135	-	1. 2	1.0	1. 2	超音波洗浄 アセトン処理
A2号窯跡	389	4T前庭部	炭化材	コナラ属 コナラ節	最終 形成年輪	-	炭製品か 燃料材	PLD-41139		1. 2	1.0	1. 2	超音波洗浄 アセトン処理
C1号窯跡	482	構築材T8W 黄褐色土層	炭化材	アサダ	最終 形成年輪	-	構築材	PLD-41140	-	1. 2	1.0	1. 2	超音波洗浄 アセトン処理

外側から11~15年輪目 (PLD-41137)、外側から 21~25年輪目 (PLD-41138) の3か所である。

単体の放射性炭素年代測定を行なった、B3号 窯跡の試料 No. 257 (PLD-41135)、A2号窯跡の 試料 No. 389 (PLD-41139)、C1号窯跡の 試料 No. 482 (PLD-41140) は、いずれも最終形成年輪が残っていた。樹種は試料 No. 257、389はコナラ属コナラ節で、試料 No. 482はアサダであった。測定試料の情報、調製データは表2のとおりである。

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 $^{14}$ C濃度について同位体分別効果の補正を行った後、 $^{14}$ C年代、暦年代を算出した。

### 2-3. 樹種同定の方法

試料は、A1号窯跡では灰原から41点、前庭部から14点、燃焼部から35点の計90点、A2号窯跡では前庭部から26点、燃焼部から5点、煙道から2点の計33点、B1号窯跡では前庭部から73点、燃焼部から58点の計131点、B2号窯跡では前庭部から48点、1次燃焼部から30点、2次燃焼部から33点の計111点、B3号窯跡では前庭部から17

点、燃焼部から25点の計42点、C1号窯跡では灰原から31点、燃焼部から22点、構築材から27点の計80点の、総計で487点の出土炭化材である。 具体的な樹種同定の方法は、小林・北野(2013)にて記載されているため、ここでは詳細を割愛する。

#### 3. 結果

## 3-1. 放射性炭素年代測定の結果

表  $3 c^{14} C$ 年代とウィグルマッチング結果、単体試料の暦年較正結果を、図 2 cマルチプロット図を、図版 1、2 cウィグルマッチング結果を、図版 2 c単体試料の暦年較正結果をそれぞれ示す。

 $^{14}$ C年代はAD1950年を基点にして何年前かを示した年代である。 $^{14}$ C年代(yrBP)の算出には、 $^{14}$ C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 $^{14}$ C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 $^{14}$ C年代がその $^{14}$ C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、ウィグルマッチング法の詳細 は以下のとおりである。

表3. 放射性炭素年代測定、暦年較正、ウィグルマッチングの結果

窯跡名	試料No.	測定番号	採取位置	<sup>14</sup> C 年代	1σ暦年代範囲	2σ暦年代範囲
B1号窯跡	66	PLD-38776	外側から1-5年輪目	1315±20 BP	663-682 cal AD (35.8%)	658-704 cal AD (51.1%)
					745-760 cal AD (26.3%)	740-774 cal AD (44.3%)
		1			767-772 cal AD ( 6.2%)	
		PLD-38777	外側から11-15年輪目	1295±20 BP	672-690 cal AD (21.4%)	665-708 cal AD (43.3%)
					697-701 cal AD ( 4.9%)	725-774 cal AD (52.2%)
		1			742-772 cal AD (42.0%)	
		PLD-38778	外側から21-25年輪目	1315±20 BP	664-683 cal AD (33.0%)	659-704 cal AD (49.2%)
					745-760 cal AD (27.9%)	740-774 cal AD (46.3%)
					767-772 cal AD ( 7.3%)	
				最外試料年代	682-696 cal AD (26.3%)	677-705 cal AD (42.1%)
					762-774 cal AD (42.0%)	750-775 cal AD (53.4%)
				最終形成年輪年代	684-698 cal AD (26.3%)	679-707 cal AD (42.1%)
					764-776 cal AD (42.0%)	752-777 cal AD (53.4%)
B2号窯跡	142	PLD-38779	外側から1-5年輪目	1290±20 BP	676-703 cal AD (31.3%)	667-775 cal AD (95.4%)
		1			740-772 cal AD (37.0%)	
		PLD-38780	外側から21-25年輪目	1310±20 BP	667-685 cal AD (25.9%)	660-707 cal AD (46.4%)
		1			744-772 cal AD (42.4%)	736-775 cal AD (49.1%)
		PLD-38781	外側から51-55年輪目	1425±20 BP	606-627 cal AD (42.9%)	602-652 cal AD (95.4%)
					636-648 cal AD (25.4%)	
				最外試料年代	686-699 cal AD (68.3%)	682-703 cal AD (95.4%)
		•		最終形成年輪年代	688-701 cal AD (68.3%)	684-705 cal AD (95.4%)
A1号窯跡	316	PLD-38782	外側から1-5年輪目	1510±20 BP	559-592 cal AD (68.3%)	544-603 cal AD (95.4%)
		PLD-38783	外側から11-15年輪目	1490±20 BP	569-600 cal AD (68.3%)	550-607 cal AD (90.9%)
						625-636 cal AD ( 4.5%)
		PLD-38784	外側から21-25年輪目	1500±20 BP	564-598 cal AD (68.3%)	546-607 cal AD (92.4%)
						626-636 cal AD ( 3.1%)
				最外試料年代	580-600 cal AD (68.3%)	570-605 cal AD (95.4%)
		•		最終形成年輪年代	582-602 cal AD (68.2%)	573-607 cal AD (95.4%)
A1号窯跡	342	PLD-41136	外側から1-5年輪目	1280±20 BP	679-707 cal AD (32.6%)	671-774 cal AD (95.4%)
					729-749 cal AD (21.4%)	
					758-771 cal AD (14.3%)	
		PLD-41137	外側から11-15年輪目	1235±20 BP	705-737 cal AD (28.6%)	686-743 cal AD (35.7%)
					788-826 cal AD (39.7%)	772-779 cal AD ( 2.7%)
						785-879 cal AD (57.0%)
		PLD-41138	外側から21-25年輪目	1325±20 BP	659-681 cal AD (46.7%)	654-703 cal AD (57.9%)
					747-759 cal AD (21.6%)	741-774 cal AD (37.6%)
		,		最外試料年代	688-707 cal AD (52.9%)	681-707 cal AD (85.1%)
					717-724 cal AD (15.4%)	741-751 cal AD ( 2.7%)
						766-778 cal AD ( 7.7%)
				最終形成年輪年代	690-709 cal AD (52.9%)	683-709 cal AD (85.1%)
					719-726 cal AD (15.4%)	743-753 cal AD ( 2.7%)
						768-780 cal AD ( 7.7%)
3号窯跡	257	PLD-41135	-	1275±20 BP	680-708 cal AD (31.4%)	670-775 cal AD (95.4%)
					723-747 cal AD (25.7%)	
					759-770 cal AD (11.1%)	
2号窯跡	389	PLD-41139	-	1130±20	890-900 cal AD ( 9.8%)	882-991 cal AD (95.4%)
					918-973 cal AD (58.5%)	
1号窯跡	482	PLD-41140	-	1295±20	675-702 cal AD (30.3%)	665-775 cal AD (95.4%)
					741-771 cal AD (38.0%)	

## [ 暦年較正]

暦年較正とは、大気中の<sup>14</sup>C 濃度が一定で半減期が5568年として算出された<sup>14</sup>C 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<sup>14</sup>C 濃度の変動、および半減期の違い(<sup>14</sup>C 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。

 $^{14}$ C年代の暦年較正には0xCal4.4(較正曲線データ: IntCal20)を使用した。なお、 $1\sigma$ 暦年代範囲は、0xCalの確率法を使用して算出された

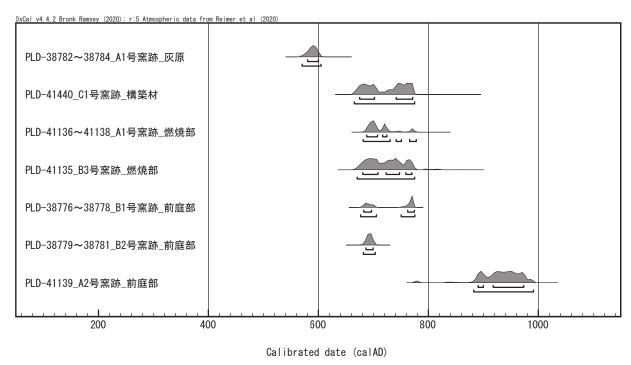


図2.マルチプロット図

<sup>14</sup>C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<sup>14</sup>C年代の確率分布を 示し、二重曲線は暦年較正曲線を示す。

#### [ウィグルマッチング法]

ウィグルマッチング法とは、複数の試料を測定 し、それぞれの試料間の年代差の情報を用いて試 料の年代パターンと較正曲線のパターンが最も一 致する年代値を算出することによって、高精度で 年代値を求める方法である。測定では、得られた 年輪数が確認できる木材について、1年毎或いは 数年分をまとめた年輪を数点用意し、それぞれ年 代測定を行う。個々の測定値から暦年較正を行い、 得られた確率分布を最外試料と当該試料の中心値 の差だけずらしてすべてを掛け合わせることによ り最外試料の確率分布を算出し、年代範囲を求め る。なお、得られた最外試料の年代範囲は、まと めた5年輪分の試料の中心の年代を表している。 そのため試料となった木材の最外年輪年代を得る ためには、最外試料の中心よりも外側にある年輪 数2年(2.5年の端数切捨て)を考慮する必要が ある。

以下に測定結果を、2σ暦年代範囲に着目し、 暦年代の古い順に記す。なお、いずれの試料も最 終形成年輪が残っており、測定結果は試料の枯死 もしくは伐採年代を示す。

A1号窯跡灰原の試料 No. 316 (PLD-38782~38784) の最終形成年輪年代は、573-607 cal AD (95.4%) で、6世紀後半~7世紀初頭の暦年代を示した。

C1号窯跡構築材の試料 No. 482 (PLD-41140) の最終形成年輪は、665-775 cal AD(95.4%) で、7世紀後半~8世紀後半の暦年代を示した。

A1号窯跡燃焼部の試料 No. 342 (41136~41138) の最終形成年輪年代は、683-709 cal AD (85.1%)、743-753 cal AD(2.7%)、768-780 cal AD(7.7%)で、7世紀後半~8世紀後半の暦年代を示した。

B3号窯跡燃焼部の試料 No. 257 (PLD-41135) の最終形成年輪は、670-775 cal AD(95.4%)で、 7世紀後半~8世紀後半の暦年代を示した。

B1号窯跡前庭部の試料 No. 66 (PLD-38776~38778) の最終形成年輪年代は、679-707 cal AD (42.1%) および752-777 cal AD (53.4%) で、7世紀後半~8世紀初頭および8世紀中頃~後葉の暦年代を示した。

B2号窯跡前庭部の試料 No. 142 (PLD-38879~38881) の最終形成年輪年代は、684-705 cal AD (95. 4%) で、7世紀後半~8世紀初頭の暦年代を示した。

表 4. 窯跡操業順の種類別樹種同定結果

地区	С±	区	A地区		A地区	_		
	1号窯跡		1号窯跡	3号窯跡	[ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]		2号窯跡	-
_ <u>樹種</u> 種類	燃料材	構築材	燃料材	燃料材	燃料材	燃料材	燃料材 か製品	合計
マツ属複維管束亜属	1		2	4	66	65		138
サクラ属		3						3
ケヤキ			1			1		2
クリ		5	1	10	10	9		35
ブナ属				4		7		11
コナラ属コナラ節	5	1	33	19	24	19	33	134
カバノキ属	12		4		12			28
クマシデ属イヌシデ節	17		17	2	12	3		51
アサダ	7	13	6	2	6			34
カエデ属	11	5	24	1	1	2		44
ツバキ属			2			5		7
合計	53	27	90	42	131	111	33	487

A2号窯跡前庭部の試料 No. 389 (PLD-41139) の最終形成年輪は、882-991 cal AD (95.4%) で、9世紀後半~10世紀末の暦年代を示した。

#### 3-2. 樹種同定結果

ここでは、小林・北野(2013)で分析を行なった同定結果を記す。また、小林・北野(2013)で示していなかった、同定された材の特徴を記す。

同定の結果、針葉樹のマツ属複維管束亜属1分類群と、広葉樹のカバノキ属とクマシデ属イヌシデ節(以下、イヌシデ節)、アサダ、クリ、ブナ属、コナラ属コナラ節(以下、コナラ節)、ケヤキ、ツバキ属、サクラ属、カエデ属の10分類群の、計11分類群がみられた。マツ属複維管束亜属が最も多く138点で、コナラ節が134点、イヌシデ節が51点、カエデ属が44点、クリが35点、アサダが34点、カバノキ属が28点、ブナ属が11点、ツバキ属が7点、サクラ属が3点、ケヤキが2点であった。同定結果を表4に示す。

次に、同定された材の特徴を記載し、各樹種の 走査型電子顕微鏡写真を示す。

(1) マツ属複維管東亜属 Pinus subgen. Diploxylon マツ科 図版3 1a-1c (No. 181)

仮道管と放射仮道管、放射組織、垂直および水 平樹脂道で構成される針葉樹である。晩材部は厚 く、早材から晩材への移行は緩やかである。放射 組織は単列で高さ1~6列のものと、水平樹脂道 をもつ多列のものからなる。分野壁孔は窓状で、 放射仮道管の水平壁は内側に向かって鋸歯状に肥 厚する。 (2) サクラ属 (広義) *Prunus* s. 1. バラ科 図版 3 2a-2a (No. 479)

小型の道管が単独ないし $2\sim4$  個放射方向または斜めに複合してやや密に散在する散孔材である。道管は単穿孔を有し、内壁にはらせん肥厚がみられる。放射組織は上下端1列が直立する異性で、 $1\sim4$ 列となる。

(3) ケヤキ Zelkova serrata (Thunb.) Makino ニレ属 図版3 3a-3c (No. 191)

年輪のはじめに大型の道管が1~2列並び、晩材部では急に径を減じた道管が多数複合して接線~斜線状に配列する環孔材である。軸方向柔組織は周囲状となる。道管は単穿孔を有し、小道管の内壁にはらせん肥厚がみられる。放射組織は上下端1列が方形となる異性で、1~6列となる。放射組織の上下端には菱形の結晶がみられる。

(4) クリ *Castanea crenata* Siebold et Zucc. ブナ科 図版3 4a-4c(No. 207)

年輪のはじめに大型の道管が1~3列並び、晩材部では徐々に径を減じた道管が火炎状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。道管は単穿孔を有する。放射組織は同性で単列である。

(5) ブナ属 Fagus ブナ科 図版3 5a-5c (No. 190) 小型の道管が単独ないし2~3個複合して密に散在する散孔材である。年輪の終わりでは道管は径を減じる傾向がみられる。道管は単穿孔を有する。放射組織は同性で、幅1~3列程度のものと広放射組織がみられる。

(6) コナラ属コナラ節 *Quercus* sect. *Prinus* ブナ科 図版3 6a-6c (No. 442) 年輪のはじめに大型の道管が1~2列並び、晩 材部では急に径を減じた薄壁で角張った道管が、 火炎状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。道管は単穿孔を有する。放 射組織は同性で、単列のものと広放射組織がみら れる。

(7) カバノキ属 Betura カバノキ科 図版 3 7a-7c (No. 20)

中型の道管が、単独ないし2~6個放射方向に複合して散在する散孔材である。軸方向柔組織は短接線状となる。道管は10~20段程度の階段穿孔を有する。放射組織は同性で、幅1~4列となる。

(8) クマシデ属イヌシデ節 *Carpinus* sect. *Eucarpinus* カバノキ科 図版3 8a-8c (No. 18)、9a-9c (No. 330)

小型の道管が単独ないし2~6個放射方向に複合し、やや密に散在する散孔材である。軸方向柔組織は短接線状となる。道管は単穿孔を有し、内壁にはらせん肥厚がみられる。放射組織は上下端1列が直立する異性で、幅1~4列のものと集合放射組織がみられる。

(9) アサダ Ostrya japonica Sarg. カバノキ科図版3 10a-10c (No. 60)

小型の道管が単独ないし2~5個放射方向に複合し、やや密に散在する散孔材である。軸方向柔組織は短接線状となる。道管は単穿孔を有し、内壁にはらせん肥厚がみられる。放射組織は同性で、幅1~4列となる。

(10) カエデ属 Acer ムクロジ科 図版3 11a-11c (No. 193)

小型の道管が単独ないし2~3個複合してやや 密に散在する散孔材である。木部繊維の壁の厚さ の違いで雲紋状の文様が木口面にみられる。道管 は単穿孔を有し、内壁にはらせん肥厚がみられる。 放射組織は同性で、幅1~2列のものと4列以上 のものに二分化する。

(11) ツバキ属 Camellia ツバキ科 図版 312a-12c (No. 165)

小型の道管がほぼ単独でやや密に散在する散孔材である。軸方向柔組織は短接線状となる。道管は10~20段程度の階段穿孔を有する。放射組織は上下端1~3列が直立する異性で、幅1~4列となる。

### 4. 考察

## 4-1. 高安窯跡群の操業順と森林利用技術

須恵器および瓦陶兼業窯跡であるA1号窯跡、B1~3号窯、C1号窯跡の年代測定結果では、最も操業が古いC1号窯跡の構築材は、665-775 cal AD(95.4%)となった。次いでA1号窯跡では、灰原の燃料材は573-607 cal AD(95.4%)、燃焼部燃料材は683-709 cal AD(85.1%)、743-753 cal AD(2.7%)、768-780 cal AD(7.7%)となった。なお、A1号窯跡では、窯跡の想定年代は土器型式より7世紀後葉頃とされている。しかし灰原出土炭化材は、573-607 cal ADと想定年代よりも50年以上古い測定結果を示している。試料は最終形成年輪を含めて測定が行われており、古木効果の影響は考えられない。よってこの炭化材は、A1号窯跡の灰原に、窯跡操業以前の炭化材が再堆積したと考えられる。

B3号窯跡の燃料材は670-775 cal AD (95.4%)、B1号窯跡の燃料材は679-707 cal AD(42.1%) および752-777 cal AD(53.4%)、B2号窯跡の燃料材は684-705 cal AD(95.4%)となった。またA2号窯跡の炭製品または燃料材は、882-991 cal AD(95.4%)となった。

高安窯跡群では、発掘調査所見より、C1号窯跡、A1号窯跡、B3号窯跡、B1号窯跡、B2号窯跡、A2号窯跡の順に操業が行われていたと考えられている。年代測定結果では、C1号窯跡は665-775 cal AD、B2号窯跡は684-705 cal ADであり、須恵器窯跡の操業は665年以降、終焉は705年頃であると考えられる。

各窯跡の操業時期については、須恵器窯跡の操業終焉を705年頃と考えると、A1号窯跡は683-709 cal ADのピーク、B1号窯跡は679-707 cal ADのピークに真の値があると考えられ、C1号窯跡、B3号窯跡も705年頃までの間に真の値があると考えられる。また須恵器窯跡では、順次築窯されていたと想定すると、C1号窯跡の操業期間とA1号窯跡の操業期間は重ならないと考えられる。そのためC1号窯跡の操業期間は、665年~683年の間になると推測される。

A1号窯跡の年代測定結果は683-709 cal AD だが、須恵器窯跡の終焉を705年頃と考えると、A1号窯跡の操業期間は683~705年となる。また B3号窯跡は670~705年、B1号窯跡は679~705年だが、B1号、B3号窯跡はA1号窯跡よりも最

大十数年古い測定結果が示されている。前述の通り、当窯跡群では順次操業が行われていたと推測されており、B1号、B3号窯跡がA1号窯跡よりも先行して操業が行われていた証拠は確認されていない。そのため、A1号、B1~3号窯跡の操業期間はいずれも683~705年の範囲に収まると考えられ、年代測定では細分することが出来なかった。図3に須恵器窯跡の操業期間の模式図を示す。

高安窯跡群では、操業初期のC1号窯跡では復元直径10cm以下のイヌシデ節やカエデ属などが多くみられ、群内で新相を示すB1・B2号窯跡では、復元直径10cm以上のマツ属複維管束亜属が多くみられている。そしてマツ属複維管束亜属の増大は、窯業活動による周辺森林の二次林化ではなく、樹齢を重ねているものが多いことから、丘陵尾根部などに生育する、復元直径10cm以上のマツ属複維管東亜属を伐採利用していたと推測されている。

全形が残っている炭化材は少ないため、正確な 樹齢は示せないが、確認できる炭化材の残存年輪 数は、マツ属複維管束亜属ではB1号窯跡の試料 で最多のもので104年輪、B2号窯跡で81年輪の ものがみられ、その他も樹齢40年以上のものが

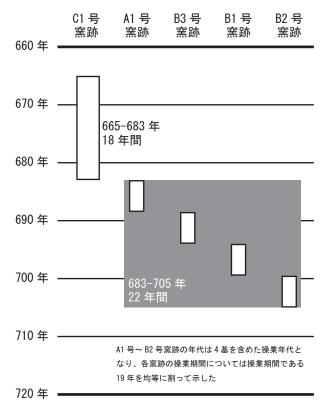


図3. 須恵器窯跡の年代測定結果による操業期間の推定

多く確認できる。よって高安窯跡群では、操業以前からマツ属複維管東亜属が窯跡周辺に生育していたと考えられる。

小林・北野(2013)では、マツ属複維管東亜属は丘陵部の尾根などに生育していた可能性が示唆されているが、年代測定結果では、生育場所については確認できない。ただし、マツ属複維管東亜属が窯業に伴う森林伐採の結果、二次林化に伴って生育したマツ属複維管東亜属ではないことは確認でき、高安窯跡群の操業以前から丘陵内にマツ属複維管東亜属が生育していたことは確認できた。

炭窯跡であるA2号窯跡の前庭部出土の、炭製品または燃料材は882-991 cal AD (95.4%)で、9世紀後半~10世紀末の暦年代を示した。出土土器を基にした推定年代は9世紀後半~10世紀前半であり、測定結果は整合的である。小林・北野(2013)では、A2号窯跡操業時には、周辺植生からコナラ属コナラ節を選択伐採できるほどに植生が回復し、炭窯跡の操業が行われていたと考えられており、年代測定結果ではそれを支持する結果となった。

#### 4-2. 高安窯跡群操業以前の生産遺跡の可能性

A1号窯跡の年代測定結果では、灰原の炭化材は573-607 cal AD (95.4%)で、A1号窯跡の操業年代(683~705年)よりも古い暦年代を示し、須恵器窯跡操業時に、前時代の炭化材が再堆積したと考えられる。またA1号窯跡の年代は、C1号窯跡の操業年代(665~683年)よりも古い値を示しており、須恵器窯跡操業以前の炭化材であることが示唆される。

灰原から出土した炭化材の樹種はコナラ節であり、形状は全形を残した芯持丸木状で、とても硬質であった。肉眼観察では、焚火やカマドなどの酸化炎焼成にて使用された燃料材の残渣という雰囲気ではなく、須恵器窯跡や炭窯跡など、還元状態で焼き締められた炭化材である可能性が高い。そのため高安A1窯跡に混入した炭化材は、高安窯跡群操業前の6世紀後半~7世紀初頭頃に操業されていた、須恵器窯跡や炭窯跡の燃料材残渣であった可能性が考えられる。

高安窯跡群周辺では、高安窯跡群のある丘陵よりも盆地寄りの丘陵に、高安窯跡群よりも一段階 古い須恵器を焼成していたと考えられている、狐 崎窯跡がある。ただし狐崎窯跡の須恵器は、高安 窯跡群よりも古い時期の須恵器を焼成していた が、土器型式からは7世紀後葉頃のものであると 考えられている(東北芸術工科大学,2006)。よっ て高安窯跡群A1号窯跡灰原の炭化材は、狐崎窯 跡からもたらされた炭化材ではないと考えられ る。そのため、高安窯跡群の丘陵奥ないし丘陵周 辺に、未知の6世紀後半~7世紀初頭頃の須恵器 窯跡または炭窯跡があり、そこから運ばれてきた 炭化材である可能性も十分に考えられる。

## 5. 高安地域での丘陵開発についての再検討

高安窯跡群では、放射性炭素年代測定によって665年~705年の間に須恵器窯跡の操業が行われていたことが確認された。また樹種同定によって窯跡周辺の樹木を伐採利用し、窯跡周辺に燃料材に適した樹木<sup>(1)</sup>が枯渇し、須恵器生産が北側の丘陵へと移動したと考えられる<sup>(2)</sup>。そして9世紀後半~10世紀末頃までには、少なくともA1号窯跡周辺の植生は炭窯が操業できる程度には植生は回復していたことが確認された。

6世紀後半~7世紀初頭頃の暦年代を示した炭化材が、高安窯跡群の丘陵内で使用されていたと仮定すると、高安窯跡群の丘陵開拓は、665年以前から始まっていた可能性が考えられる。現状では7世紀前葉~中頃の年代を示す遺構は確認されていないため、高安窯跡群周辺では、6世紀後半~7世紀初頭に1回目の森林伐採、7世紀後半~8世紀初頭に2回目の森林伐採、9世紀後半~10世紀末に3回目の森林伐採が行われた可能性が示唆される(図4)。

藤原(1993)では、須恵器窯跡の立地条件や 窯体構造、窯跡の操業順などの考古学的見地より、 須恵器窯跡が一定間隔を保って築窯されるのは、 燃料材の伐採領域の間隔に対応する可能性を示唆 し、窯跡の移動は伐採領域の燃料材が枯渇するこ とが要因の一つではないかと考えた。そして窯跡 が廃棄された後、40~60年程の期間をあけて同 じ場所に再度築窯する事例は、枯渇した伐採領域 内の植生が回復したため、再度築窯が行なわれた 結果であると捉えられている。

第1回目の森林伐採から第2回目の森林伐採までの間は、短く見積もって58年間の期間が空いている。これは、藤原(1993)の示した40~60年の森林回復期間と合致する。またC1号窯跡の

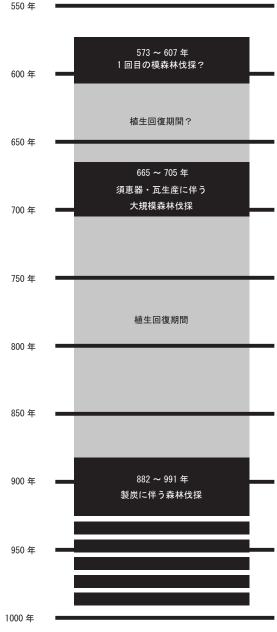


図4. 高安地域における丘陵開発

樹種同定では、マツ属複維管東亜属は1点しかみられなかったことを考慮すると、第1回目の森林 伐採では大規模な伐採は行われていなかった可能 性が考えられる。

第2回目の森林伐採から第3回目の森林伐採までの間は、短く見積もって182年の期間が空いている。A2号窯跡ではコナラ節のみが確認されていることを考慮すると、2回目の丘陵開発では1回目の丘陵開発よりは森林に与えた伐採の影響は大きく、コナラ節が潤沢に生育する森林に回復するまでに、長期間を要した可能性が高い。

そのため高安窯跡群の丘陵では、人間による丘

陵の森林伐採は大きく3段階に分かれ、第2段階の須恵器生産段階では、丘陵内の谷奥から谷口へと須恵器窯跡を構築していたと想定される。また第3段階の製炭段階では、C地区周辺から鞴の羽口が表採にて確認されており(東北芸術工科大学,2006)、丘陵内で製鉄が行われていた可能性も考えられる。そのため高安窯跡群の丘陵は、6世紀後半~10世紀末の間は、窯業や製炭業などの手工業生産の場であると認識され、丘陵内の森林が回復したら、再度築窯して森林伐採を行う、というサイクルで、循環型の森林伐採が行われていた可能性が考えられる。

## 謝辞

本論の執筆にあたり、下記の方々に多大なご協力を頂いた。記して感謝申し上げます。

中村賢太郎、伊藤 茂、佐藤正教、廣田正史、 山形秀樹、Zaur Lomtatidze、渡辺和行

#### 注

- (1) 高安窯跡群では、燃料材として復元直径10cm 以内の広葉樹を伐採していたが、広葉樹がなく なると、丘陵尾根部などに生育する復元直径 10cm以上のマツ属複維管東亜属を伐採利用し ていたと推測されている。そのため最後に操業 が行われたB2号窯跡の操業終焉時には、燃料 材に適した太さの樹木が減少し、燃料材の枯渇 が高安丘陵内からの須恵器窯移転の契機と なった可能性がある(小林・北野, 2013)。
- (2) 置賜盆地東部では、高安窯跡群に後続する須恵器窯跡には、屋代川北側の丘陵地に立地する、8世紀前葉操業の味噌根窯跡群がある。屋代川流域北側の丘陵地には7世紀後半~8世紀初頭に築造された横穴式石室墳が多数分布しており、墓域であったと考えられている(北野、2004・東北芸術工科大学考古学研究室、2002)。そのような墓域の中に、8世紀前葉になって須恵器の生産拠点が移ったのは、南側の窯業地で燃料材に適する太さの樹木が減少したことも一因となった可能性があろう。

#### 参考・引用文献

Bronk Ramsey, C., van der Plicht, J., and Weninger, B. (2001) 'Wiggle matching' radiocarbon dates. Radiocarbon, 43(2A), 381-389.

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

藤原 学(1993) 須恵器窯と燃料薪. 考古学 論叢-関西大学考古学研究室開設四拾周年記念-, 495-517.

北野博司 (2004) 置賜地域の横穴式石室墳. 出羽の古墳時代 奥羽史研究叢書8,314-331.

小林克也(2005)炭化材の樹種同定. 東北芸 術工科大学考古学研究室編「高安窯跡群 B地区 第3次発掘調査報告書」: 51-56,東北芸術工科 大学考古学研究室.

小林克也(2006)高安窯跡群 B 地区における 燃料材.東北芸術工科大学考古学研究室編「高安 窯跡群 B 地区第 4 次発掘調査報告書」:59-68, 東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター.

小林克也 (2007) A1号窯跡出土燃料材の分析. 東北芸術工科大学考古学研究室編「高安窯跡群 A地区第1次発掘調査報告書」: 37-40, 東北芸 術工科大学文化財保存修復研究センター.

小林克也 (2008) C1号窯・A2号窯出土燃料 材の分析. 東北芸術工科大学考古学研究室編「高 安窯跡群 C地区第1次発掘調査報告書」: 29-32, 東北芸術工科大学文化財保存修復研究セン ター.

小林克也・北野博司 (2013) 山形県高畠町高 安窯跡群にみる古代窯業における燃料材選択と森 林利用. 植生史研究, 22 (1), p23-28.

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<sup>14</sup>C年代編集委員会編「日本先史 時代の<sup>14</sup>C年代」日本第四紀学会, 3-20.

Reimer, P. J., Austin, W. E. N., Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P. G., Bronk Ramsey, C., Butzin, M., Cheng, H., Edwards, R. L., Friedrich, M., Grootes, P. M., Guilderson, T. P., Hajdas, I., Heaton, T. J., Hogg, A. G., Hughen, K. A., Kromer, B., Manning, S. W., Muscheler, R., Palmer, J. G., Pearson, C., van der Plicht, J., Reimer, R. W., Richards, D. A., Scott, E. M., Southon, J. R., Turney, C. S. M., Wacker, L., Adolphi, F., Büntgen, U., Capano, M., Fahrni,

S.M., Fogtmann-Schulz, A., Friedrich, R., Köhler, P., Kudsk, S., Miyake, F., Olsen, J., Reinig, F., Sakamoto, M., Sookdeo, A. and Talamo, S. (2020) The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0-55 cal kBP). Radiocarbon, 62(4), 779-820, doi:10.1017/RDC.2020.41. https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41 (cited 12 August 2020)

東北芸術工科大学考古学研究室(2002)置賜 地域の終末期古墳1.40p,東北芸術工科大学考 古学研究室.

東北芸術工科大学考古学研究室(2003)高安 窯跡群 B地区第1次発掘調查報告書.49p,東 北芸術工科大学考古学研究室.

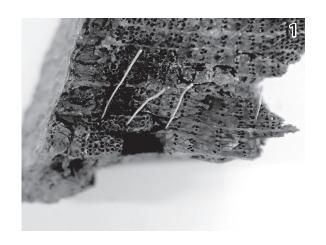
東北芸術工科大学考古学研究室(2004)高安 窯跡群 B地区第2次発掘調査報告書.40p,東 北芸術工科大学考古学研究室.

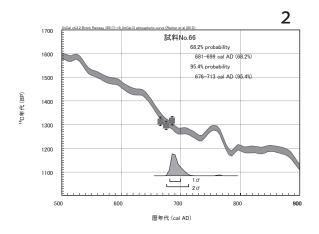
東北芸術工科大学考古学研究室(2005)高安 窯跡群 B地区第3次発掘調査報告書.66p,東 北芸術工科大学考古学研究室.

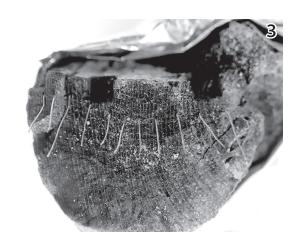
東北芸術工科大学考古学研究室(2006)高安 窯跡群 B地区第4次発掘調査報告書.72p,東 北芸術工科大学文化財保存修復研究センター.

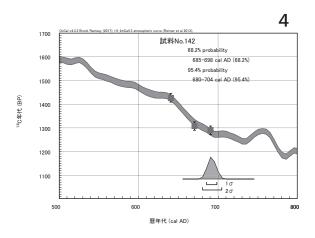
東北芸術工科大学考古学研究室(2007)高安 窯跡群 A地区第1次発掘調査報告書.50p,東 北芸術工科大学文化財保存修復研究センター.

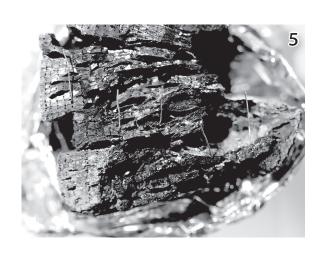
東北芸術工科大学考古学研究室(2008)高安 窯跡群 C地区第1次発掘調査報告書.42p,東 北芸術工科大学文化財保存修復研究センター.

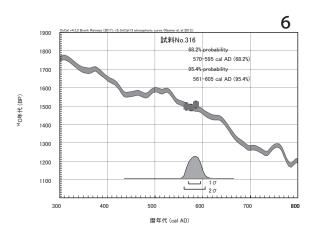








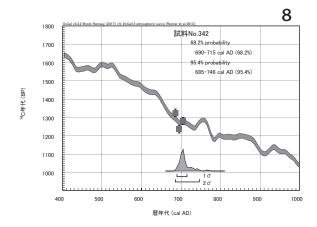


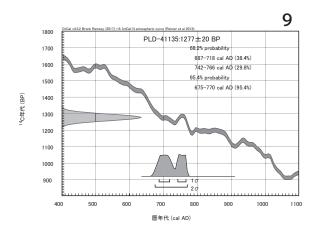


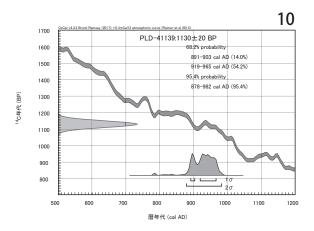
図版 1. 年代測定を行なった試料および年代測定結果(1)

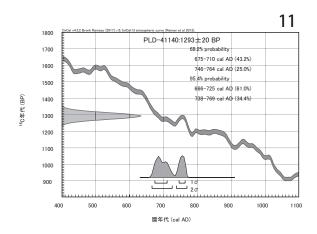
1. 試料 No. 66 B1 号窯跡前庭部出土炭化材 採取位置、2. 試料 No. 66 B1 号窯跡前庭部出土炭化材 ウィグルマッチング結果、3. 試料 No. 142 B2 号窯跡前庭部 NE 出土炭化材 採取位置、3. 試料 No. 142 B2 号窯跡前庭部 NE 出土炭化材 ウィグルマッチング結果、5. 試料 No. 316 A1 号窯跡灰原 7T 出土炭化材 採取位置、5. 試料 No. 316 A1 号窯跡灰原 7T 出土炭化材 ウィグルマッチング結果







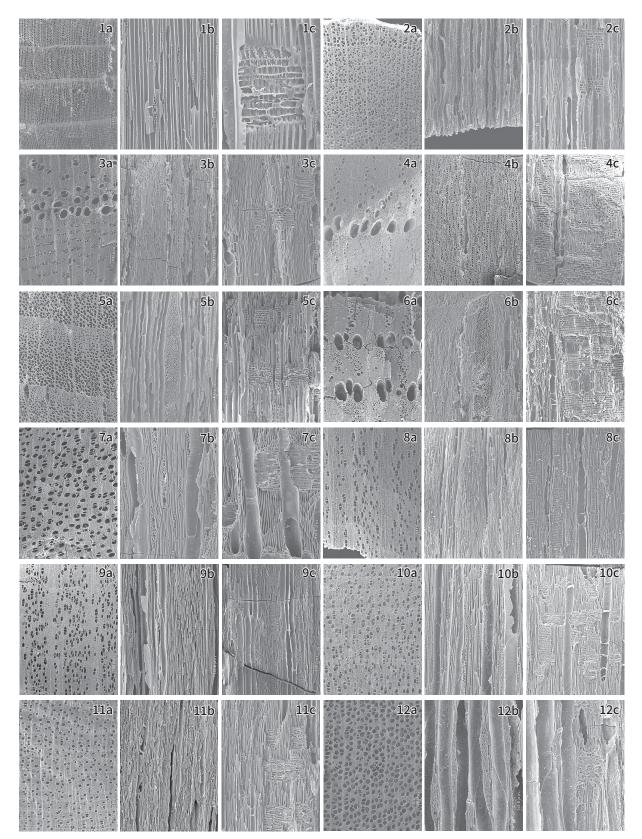




## 図版 2. 年代測定を行なった試料および年代測定結果 (2)

7. 試料 No. 342 A1 号窯跡燃焼部 1T 出土炭化材 採取位置、8. 試料 No. 342 A1 号窯跡燃焼部 1T 出土炭化材 採取位置 ウィグルマッチング結果、9. 試料 No. 257 B3 号窯跡燃焼部 1T 出土炭化材 年代測定結果、10. 試料 No. 389 A2 号窯跡 4T 前庭部出土炭化材 年代測定結果、11. 試料 No. 482 C1 号窯跡構築材 T8W 出土炭化材 年 代測定結果

42



図版3. 高安窯跡群出土炭化材の走査型電子顕微鏡写真

1a-1c. マツ属複維管束亜属(No. 181)、2a-2c. カバノキ属(No. 20)、3a-3c. クマシデ属イヌシデ節(No. 18)、4a-4c. クマシデ属イヌシデ節(No. 330)、5a-5c. アサダ(No. 60)、6a-6c. クリ(No. 207)、7a-7c. ブナ属(No. 190)、8a-8c. コナラ属コナラ節(No. 442)、9a-9c. ケヤキ(No. 191)、10a-10c. ツバキ属(No. 165)、11a-11c. サクラ属(No. 479)、12a-12c. カエデ属(No. 193)

a:横断面·b:接線断面·c:放射断面