植生史研究　第 22 巻　第 1 号 p. 13–21　　2013 年 4 月　　Jpn. J. Histor. Bot.

原　著

小林克也[1]・北野博司[2]：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

Katsuya Kobayashi[1] and Hiroshi Kitano[2]: Firewood selection and forest use in ancient kilns at the Kouyasu kiln group, Yamagata Prefecture

要　旨　山形県高畠町に所在する高安窯跡群では，7 世紀後半～ 8 世紀初頭に操業されていた須恵器窯跡が 5 基と，9 世紀後半～ 10 世紀前半の炭窯跡が 1 基確認され，出土燃料材と窯体構築材の樹種と復元直径，年輪数の分析を行なった。須恵器窯跡では，最も谷奥に位置し古相を示す C1 号窯跡では復元直径 10 cm 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 10 cm 以上のマツ属複維管束亜属が多くみられた。これは，一見すると窯業活動に起因するマツ属複維管束亜属の増大にみえたが，年輪数では，マツ属複維管束亜属は樹齢を重ねているものが多く，古くから生育していた樹木であった。よって高安窯跡群では，燃料材として復元直径 10 cm 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 10 cm 以上のマツ属複維管束亜属を伐採利用していたと推測される。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は無くなり，燃料材の枯渇が須恵器窯跡終焉の契機となった可能性がある。炭窯跡では，コナラ属コナラ節のみを窯跡周辺の自然植生から伐採利用していた。復元直径や年輪数の計測では，炭窯跡には利用木材に対して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る。
キーワード：須恵器窯跡，炭窯跡，燃料材，マツ属複維管束亜属，復元直径

Abstract　Firewood pieces and kiln materials recovered from the Kouyasu kiln group in Takahata-Town, Yamagata, were identified, and their diameters and annual-ring widths were restored in five *su-e* kilns of the late 7th to the incipient 8th centuries and a charcoal kiln of the late 9th to the early 10th centuries. The oldest kiln C1 used *Carpinus* sect. *Eucarpinus* and *Acer*, whereas newer kilns B1 and B2 mainly used *Pinus* subgen. *Diploxylon*. This difference apparently showed an increase of *Pinus* subgen. *Diploxylon* due to kiln activity, but its firewood pieces had more annual rings, being derived from older growth than those of *Carpinus* sect. *Eucarpinus* or *Acer*. Thus, the Kouyasu kiln group first used thin broadleaved trees less than 10 cm in diameter, but, when they were consumed, used *Pinus* subgen. *Diploxylon* trees over 10 cm in diameter. The newest kiln B2 was operated when firewood was scarce, leading to the end of this kiln group. The charcoal kiln used only *Quercus* sect. *Prinus* from the surrounding forest with even diameters and numbers of growth rings, indicating a standard in charcoal products. The vegetation must have recovered during the 200 years since the termination of *su-e* kilns to allow charcoal production.
Keywords: charcoal kiln, firewood, *Pinus* subgen. *Diploxylon*, restoration of diameter, *su-e* kiln

は　じ　め　に

窯業と森林資源との関係は，窯跡で燃料材として利用された炭化材の樹種同定から，窯跡周辺の植生変化や燃料材の選択性の変化を論じることを主軸に進められてきた。その契機となったのは，西田（1976）が行なった陶邑（すえむら）窯跡群での樹種同定である。陶邑窯跡群は大阪府の泉北丘陵一帯に分布し，古墳時代に最盛期を迎える国内最大規模の窯跡群である。そこで西田（1976）は，操業初期に属する 5 世紀中頃の窯跡では常緑カシ類が多く産出するが，7 世紀中頃の多くの窯跡ではアカマツが多く産出することを受け，窯業活動に起因する自然破壊によって二次林化が起こり始めたとした。また 7 世紀中頃でも常緑カシ類を主体的に利用する地域もみられたが，そこは事前の開発が行なわれていない地域に操業範囲を広げた結果であると解釈した。そして，陶邑窯跡群のような森林破壊を起因とするアカマツの燃料材利用が定着し，現代窯業でみられる様なアカマツのみを用いた窯業技術が定着したのではないかと考察した（西田，1976，1978）。

[1] 〒 501-6264　岐阜県羽島市小熊町島 5-63　アルビアル羽島 1F　株式会社パレオ・ラボ
Paleo labo Co., Ltd, Oguma-Cho 5-63, Hashima, Gifu, 501-6264, Japan
[2] 〒 990-9530　山形県山形市上桜田 3-4-5　東北芸術工科大学
Tohoku University Of Art And Design, Kamisakurada 3-4-5, Yamagata, 990-9530, Japan

©2013 Japanese Association of Historical Botany

西田（1976，1978）の後，山口・千野（1990）は全国の窯跡で同定された燃料材を集成し，陶邑窯跡群のような周辺植生にアカマツが多くみられるようになる二次林化は，愛知県の猿投古窯跡群などの大規模な窯業地でしか起こっておらず，多くの窯業地では窯業活動に起因する自然破壊は起きていなかったと推測した。そして現代のようにアカマツのみを利用する燃料材利用は，古代以降に始まる可能性を示唆した。

また藤原（1993）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，大阪府の難波宮瓦窯や千里古窯跡群，下村町池窯跡，京都府の平安宮瓦窯，兵庫県の鬼神谷窯跡，福岡県の牛頸窯跡群などの燃料材利用を分析し，須恵器窯跡では，丘陵の谷口から谷奥へという流れで山野開発型の築窯が行なわれていることを示した。さらに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た。また畑中（1994）は，須恵器窯の中でも，丘陵の上流部から下流部へと操業が行われている滋賀県の高時川古窯址群を取り上げて，操業当初から開発し得る地域が設定されている窯跡群のモデルを提示した。

その後服部（2003）は，1990 年以降に増加した樹種同定結果を加味して検討し，山口・千野（1990）と同様に窯業における森林破壊は顕著ではないと結論づけた。

以上のように須恵器窯業での燃料材利用は，これまで燃料材の樹種のみで検討が行われ，窯業による自然破壊の有無に研究の主眼が置かれてきた。しかし樹種のみで議論できることには限りがあるため，本稿では，山形県高畠町に所在する高安窯跡群で出土した炭化材を用い，材の樹種だけでなく，直径と年輪幅を検討対象として解析を行い，燃料材の選択性の有無と，伐採領域内の詳細な森林利用を解明することを目的とした。

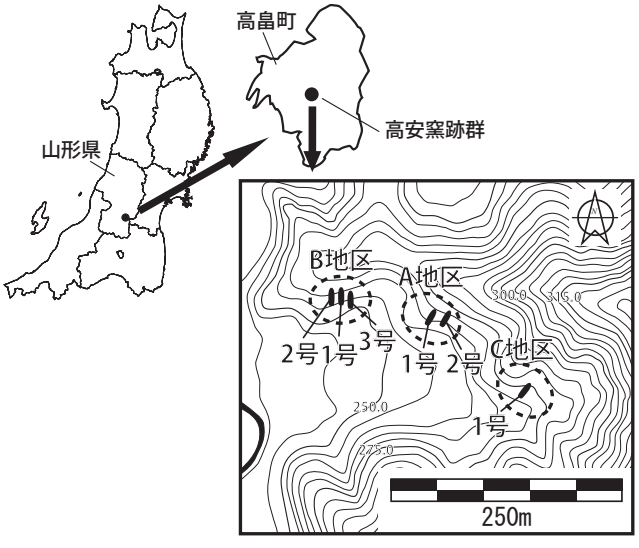

図 1　高安窯跡群位置図.
Fig. 1 Position of kiln ruins in the Kouyasu kiln group.

分　析　対　象

1．分析遺跡の概要

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し，屋代川の南側に位置する丘陵部の，南向き斜面に立地する須恵器と瓦を焼成した窯跡群である（図 1）。A・B・C と約 100 m 間隔で 3 地区が設定され，A 地区では須恵器と瓦を焼成した瓦陶兼業窯跡が 1 基（以後，A1 号窯跡と呼ぶ）と炭窯が 1 基（以後，A2 号炭窯跡と呼ぶ），B 地区では瓦陶兼業窯跡が 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。

須恵器窯跡および瓦陶兼業窯跡は 7 世紀後半～ 8 世紀初頭の間に，谷奥から谷口へと C1 号窯跡，A1 号窯跡，B3 号窯跡，B1 号窯跡，B2 号窯跡の順に順次築窯され，A2 号炭窯跡は 9 世紀後半～ 10 世紀前半に操業が行われていたと考えられている（東北芸術工科大学考古学研究室，2003，2004，2005，2006，2007，2008）。

須恵器窯跡は，燃料材の確保や築窯のための立地条件，水源の確保，生活域との兼ね合いなどを考慮すると，人里に程近い里山を，谷口から谷奥へ，という流れで一定間隔を置いて築窯されることが一般的な流れである（藤原，1993；望月，2010）。しかし高安窯跡群では，B 地区・A 地区・C 地区は約 100 m 間隔で築窯されているが，B3 号・B1 号・B2 号窯跡の 3 基は約 5 m 間隔と近接して築窯されていた。また操業順では，築窯が最も古い C1 号窯跡が一番谷奥，操業の最も新しい B2 号窯跡は一番谷口に築窯され，谷奥から谷口へ，という流れで順次築窯が行なわれていた。

須恵器窯跡の構造は，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。高安窯跡群の発掘調査（東北芸術工科大学考古学研究室，2003，2004，2005，2006，2007，2008）によると，C1 号窯跡は全長 3.65 m と小型の窯跡で，床面は 2 枚確認されているが実際の焼成は 1 度であった可能性が高い。また C 地区の基盤は岩盤質で硬く，小型の窯跡が作られたのも地質的な要因が強いと考えられ，窯跡の移動も性能面や地質的な問題が要因であると考えられ

ている。A1 号窯跡は全長約 5.8 cm で 5 回以上の操業が想定され，この窯跡の廃棄要因については，窯体の破損などの可能性が考えられている。B3 号窯跡は全長 7.5 ～ 8.5 m で 5 回以上の操業が想定されている。この窯跡の廃棄要因については，窯体の破損の可能性が高い。B1 号窯跡は全長約 7.5 m で 5 回以上の操業が想定されている。この窯跡の廃棄要因も窯体の破損の可能性が高い。B2 号窯跡は操業途中で 1 度作り替えが行われている。B2 号窯跡の I 次窯は全長 9 ～ 10 m で，操業回数は 3 回以上である。B2 号窯跡の II 次窯は全長 7.5 ～ 8.5 m で，操業回数は 2 回以上である。窯跡の廃棄要因は，燃料材の枯渇や窯体の破損などの可能性が考えられる。

A2 号炭窯跡の構造は，地下式で焼成回数は 1 回と想定されているが，調査で検出されたのは前庭部と燃焼部の入り口のみで，窯体構造などは確認されていない（東北芸術工科大学考古学研究室，2003，2004，2005，2006，2007，2008）。

2．分析試料

高安窯跡群では，小林（2005，2006，2007，2008）により合計 519 点の試料の樹種同定が行なわれているが，樹種不明の試料などが多くみられたため，今回は同一試料の再同定を行ない，さらに炭化材の年輪数と放射径を計測して年輪幅を求めた。

対象とした出土炭化材は，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 号炭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 487 点である。

C1 号窯跡で燃料材の他に，窯体内に明らかに天井構築材と思われる試料が多数みられた。それ以外の炭化材は，多くは燃料材と考えられるが，窯体構築時の構築材も含まれている。しかし C1 号窯跡以外の地下式直立煙道窯跡では，燃焼部に天井架構の痕跡が確認されているが，焼成部より奥は掘り抜き式で築窯されている。そのため構築材の用いられた量は僅かであり，燃焼部や，前庭部，灰原で出土した炭化材は主に燃料材であると考えた。また A2 号炭窯跡の前庭部で出土した炭化材は，製品として焼成された木炭か，燃料材の残りかの区別は難しく，判断できなかった。

須恵器窯跡で窯焚きを行う際には，いくつかの焼成段階が想定される。それを大まかに分けると，土器を乾燥させる「あぶり段階」から始まり，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」の 4 段階に分かれる（古谷，1994）。窯跡から出土する炭化材は還元冷却段階直前に投入された材で，それ以前の段階で投入された燃料材は焼失している可能性が高い。そのため須恵器窯跡の樹種は燃料材の全貌を反映しているわけではなく，還元冷却直前に投入した燃料材が示されている。

また炭化材で行なった復元直径の計測についてであるが，得られた数値はあくまでも炭化した燃料材や構築材などの値である。試料はいずれも比熱を受けて収縮していると考えられ，材を伐採した時の直径は，現在の炭化材より大きかったと予想される。そのため炭化材の復元直径の計測値は，いずれも値以上の大きさであったと考えられる。

3．分析方法

樹種同定を行なう前に，計測可能な試料で復元直径と残存放射径，残存年輪数の計測を行った。復元直径は，1 cm 刻みの同心円に試料の最外部または年輪のカーブを沿わせ，復元を行なった。残存放射径は，試料に残存している放射径を直接計測し，残存年輪数は残存放射径内の年輪数を計測した。また平均年輪幅は残存放射径を残存年輪数で割って求めた。

炭化材の樹種同定は，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（柾目）の各断面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コーティングを施し，走査型電子顕微鏡（KEYENCE 社製 VE-9800）で検鏡および写真撮影を行った。なお同定した試料の残りは，東北芸術工科大学文化財保存修復研究センターに保管されている。

結　　果

同定の結果，針葉樹 1 分類群と広葉樹 10 分類群が認められ，マツ属複維管束亜属 *Pinus* subgen. *Diploxylon* が最も多く 138 点で，コナラ属コナラ節 *Quercus* sect. *Prinus* が 134 点，クマシデ属イヌシデ節 *Carpinus* sect. *Eucarpinus* が 51 点，カエデ属 *Acer* が 44 点，クリ *Castanea crenata* Siebold & Zucc. が 35 点，アサダ *Ostrya japonica* Sarg. が 34 点，カバノキ属 *Betula* が 28 点，ブナ属 *Fagus* が 11 点，ツバキ属 *Camellia* が 7 点，サクラ属（広義）*Prunus* s.l. が 3 点，ケヤキ *Zelkova serrata* (Thunb.) Makino が 2 点産出した（表 1）。須恵器窯跡では，最も操業が古い C1 号窯跡ではカバノキ属やイヌシデ節，カエデ属が多く産出し，A1 号窯跡と B3 号窯跡ではコナラ節が最も多く，B1 号窯跡と B2 号窯跡ではマツ属複維

表 1　窯跡操業順の種類別樹種
Table 1 Identification of fuelwood and contruction timber in the order of operation of the Kouyasu kiln group

樹　種	C1 号窯跡		A1 号窯跡	B3 号窯跡	B1 号窯跡	B2 号窯跡	A2 号窯跡	合計
	燃料材	構築材	燃料材	燃料材	燃料材	燃料材	燃料材か製品	
マツ属複維管束亜属	1		2	4	66	65		138
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
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
ケヤキ			1			1		2
ツバキ属			2			5		7
サクラ属		3						3
カエデ属	11	5	24	1	1	2		44
合　計	53	27	90	42	131	111	33	487

管束亜属が最も多くみられた。

この結果を複数回の操業が認められた A1 号窯跡と，B1 号窯跡，B2 号窯跡，B3 号窯跡について，全操業段階の燃料材を総括する前庭部の炭化材（各操業面総括）と，最終操業段階の燃料材である燃焼部の燃料材（最終操業面）にわけると，A1 号窯跡の各操業面総括ではコナラ節と，カエデ属，イヌシデ節が多く，最終操業面でもほぼ同様の傾向であった(表 2)。B3 号窯跡の各操業面総括ではコナラ節，クリが多く，最終操業面ではそれにマツ属複維管束亜属が加わっている。B1 号窯跡の各操業面総括ではマツ属複維管束亜属，コナラ節，イヌシデ節，カバノキ属が多かったが，最終操業面ではマツ属複維管束亜属がきわめて多くみられた。B2 号窯跡の各操業面総括ではマツ属複維管束亜属とコナラ節が多くみられ，I 次窯の最終操業面である第 3 面ではマツ属複維管束亜属が最も多く，II 次窯の最終操業

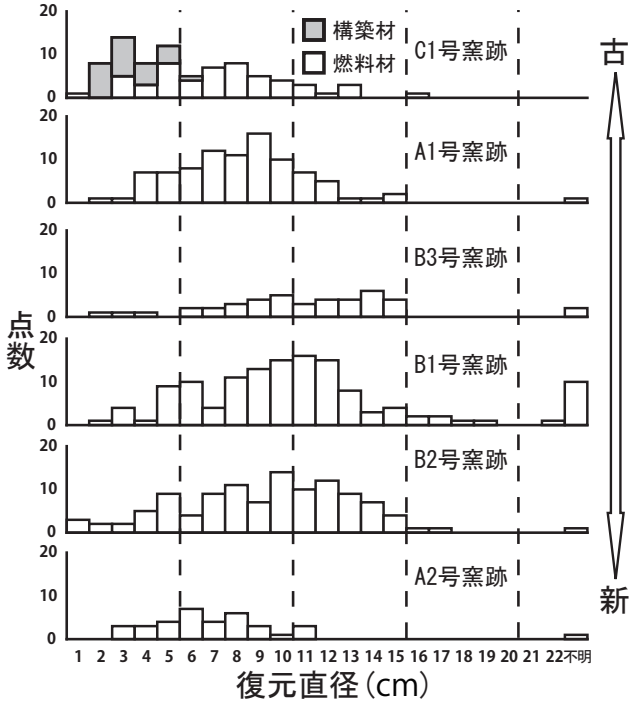

図 2　高安窯跡群出土炭化材の復元直径分布.
Fig. 2 Restored diameter of charcoal wood excavated from kiln ruins of the Kouyasu kiln group.

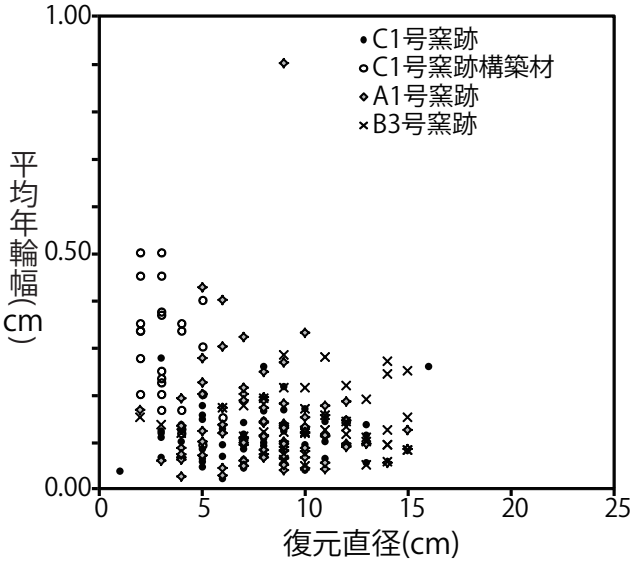

図 3　C1・A1・B3 号窯跡出土炭化材の復元直径と平均年輪幅.
Fig. 3 Restored diameter and average annual-ring width of charcoal wood for kilns C1, A1, and B3.

表 2　各窯跡の操業面別樹種
Table 2 Identification of fuelwood in the operational levels of the Kouyasu kiln group

樹　　種	A1 号窯跡		B3 号窯跡		B1 号窯跡		B2 号窯跡			合計
	各操業面総括	最終操業面	各操業面総括	最終操業面	各操業面総括	最終操業面	各操業面総括	第 3 面	最終操業面	
マツ属複維管束亜属	2			4	24	42	21	21	23	137
カバノキ属		4			11	1				16
クマシデ属イヌシデ節	14	3		2	12		3			34
アサダ	6		2		5	1				14
クリ		1	5	5	4	6	1	3	5	30
ブナ属			3	1			1	4	2	11
コナラ属コナラ節	19	14	7	12	16	8	16		3	95
ケヤキ	1							1		2
ツバキ属		2					5			7
カエデ属	13	11		1	1		1	1		28
合　　計	55	35	17	25	73	58	48	30	33	374

面でも同様の傾向を示した。

復元直径の度数分布によると，C1 号窯跡の窯体構築材には直径 1 ～ 5 cm の細い材が使われ，燃料材には 3 ～ 16 cm のものが使われていて，10 cm 以下のものが大部分を占めた（図 2）。A1 号窯跡の燃料材は直径 2 ～ 15 cm で，6 ～ 10 cm のものが多く使われていた。B3 号窯跡では試料数が少ないが，2 ～ 15 cm のものがみられ，10 cm 以上のものが多い傾向もみえる。B1 号窯跡と B2 号窯跡では 1 ～ 22 cm のものがあるが，C1，A1 号窯跡に比べ明らかに太い方にシフトし，10 cm 付近にモードがある。また，A2 号窯跡では 3 ～ 11 cm のものがあり，6 cm 付近にモードがある。

C1 号窯跡と，A1 号窯跡，B3 号窯跡の炭化材（図 3）と，B1 号窯跡，B2 号窯跡（図 4）の炭化材の平均年輪幅と復元直径によると，平均年輪幅の最大は，A1 号窯跡のケヤキの 0.90 cm で，最小値は B2 号窯跡のマツ属複維管束亜属が 0.02 cm で，ほかの試料はその間に分散しているが，多くは 0.20 cm 以下で，0.40 cm を超えるものはわずかである。全体としてみると復元直径が小さいものでは年輪幅が比較的広いものから狭いものまで様々だが，直径が大き

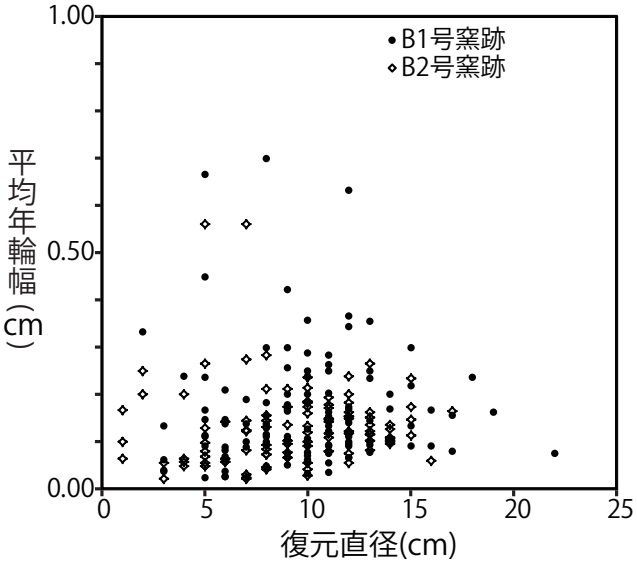

図 4　B1・B2 号窯跡出土炭化材の復元直径と平均年輪幅.
Fig. 4 Restored diameter and average annual-ring width of charcoal wood in kilns B1 and B2.

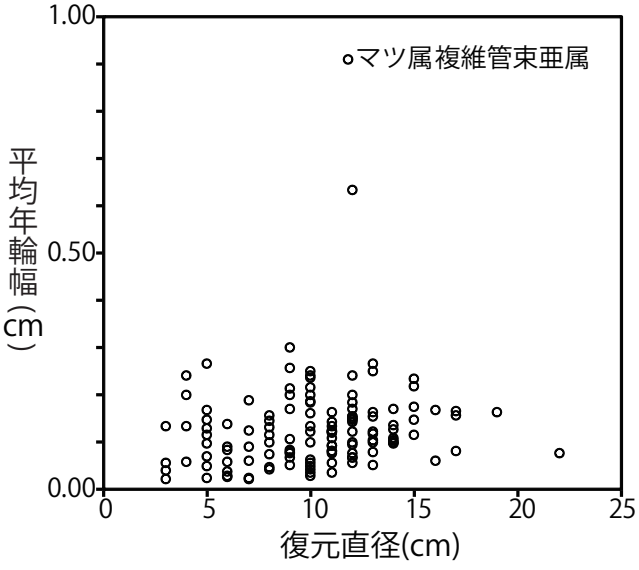

図 5　マツ属複維管束亜属の復元直径と平均年輪幅.
Fig. 5 Restored diameter and average annual-ring width of *Pinus* subgen. *Diploxylon*.

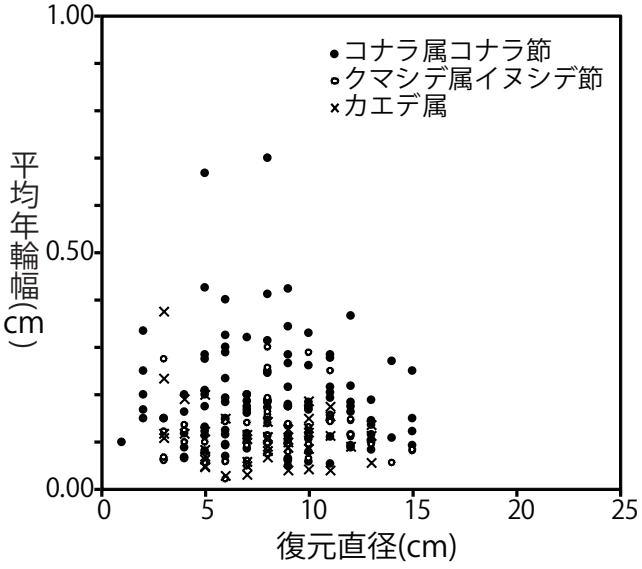

図 6　イヌシデ節･コナラ節･カエデ属の復元直径と平均年輪幅.
Fig. 6 Restored diameter and average annual-ring width of *Carpinus* sect. *Eucarpinus*, *Quercus* sect. *Prinus*, and *Acer*.

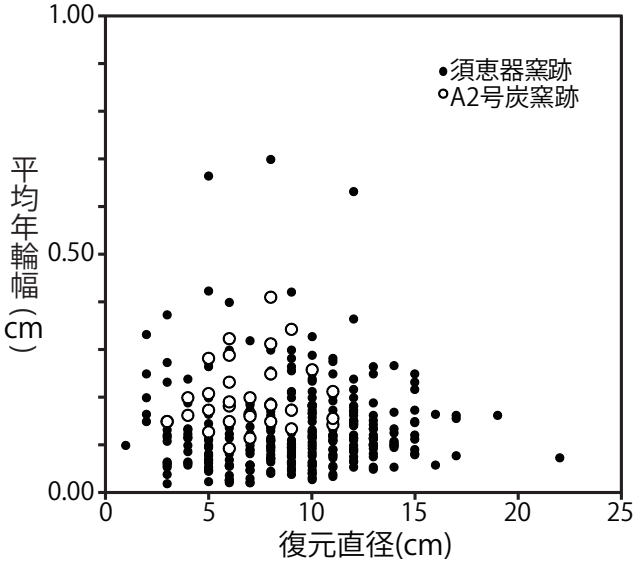

図 7　須恵器窯跡と炭窯跡出土炭化材の比較.
Fig. 7 Comparison of charcoal wood in *su-e* kilns and a charcoal kiln.

くなると年輪幅が狭い方に集斂する傾向がある。また，いずれの窯跡でも復元直径と平均年輪幅において特定の範囲に集まる傾向は認められない。

マツ属複維管束亜属について，同様に平均年輪幅と復元直径の関係を見てみると，1 例を除いて 0.30 cm 以下であり，多くは 0.20 cm 以下にあり，全般に年輪幅が狭いといえる（図 5）。

広葉樹のコナラ節，イヌシデ節，カエデ属の平均年輪幅と復元直径の関係をみると，復元直径は 15 cm 以下で，コナラ節では年輪幅が狭いものが多いものの，比較的広いものも少なくはない。イヌシデ節では復元直径が大きいものは年輪幅が狭い傾向がある（図 6）。カエデ属では復元直径がごく小さいものを除いて年輪幅は狭い。

A2 号炭窯跡とすべての須恵器窯跡の炭化材の平均年輪幅と復元直径を比較したところ，炭窯跡の炭化材はすべてコナラ節で，直径は 3 ～ 11 cm，年輪幅は 0.1 ～ 0.4 cm の狭い範囲にまとまっていた（図 7）。

考　　察

1．須恵器窯業での森林伐採の影響

燃料材がすべて窯跡周辺で伐採されていたとすると，最も谷奥である C1 号窯跡周辺ではカバノキ属やイヌシデ節，カエデ属などが多く生育し，谷口に近くなるにつれてコナラ節やクリが多くなるようにみえる（表 1）。しかし，B 地区では様相が異なり，B3 号窯跡ではコナラ節やクリが多く，近接する B1･B2 号窯跡ではマツ属複維管束亜属が多い。全操業段階の燃料材を総括する前庭部の炭化材と，最終操業段階の燃料材である燃焼部の燃料材に着目し，窯ごとに操業中の樹種組成変化を見ると，初期の C 地区と A 地区で 1 地点に 1 基のみ築窯された須恵器窯跡のうち，A 地区の 1 基ではでは 5 回以上の操業中の植生変化は読み取れない。しかし B 地区では 3 基の窯跡で各 5 回以上の操業面が確認されて隔絶なく操業していたと考えられ，コナラ節やクリからマツ属複維管束亜属へと，燃料材の利用樹種が変化しているのが確認できる（表 2）。産出したマツ属複維管束亜属やカバノキ属，イヌシデ節，クリ，コナラ節は，人為的な伐採や風水害，山火事などにより森林が破壊された後に成立する二次林の構成樹種である。特にマツ属複維管束亜属は乾燥によく耐える陽樹で，荒れた山などでも優先して生育する（伊東ほか，2011）。よって高安窯跡群の周辺植生は C1 号窯跡操業以前から二次林であったと考えられ，C1 号・A1 号・B3 号窯跡の燃料材は窯跡周辺の二次林を燃料材として利用していたと考えられる。また B 地区では，最初の B3 号窯跡操業後に周辺森林の過度な伐採によるマツ属複維管束亜属の増大がおき，B1 号・B2 号窯跡の燃料材にマツ属複維管束亜属が卓越したと想定することもできる。

しかし，燃料材に使える二次林の形成には時間がかかる。そこで各窯跡の平均年輪幅と復元直径の分布をみると，二次林であると考えられる C1 号･A1 号･B3 号窯跡の分布(図

3）と，マツ属複維管束亜属が増大したB1号・B2号窯跡の分布（図4）は類似し，際立った差異はみられなかった。

高安窯跡群の須恵器窯跡は前述のとおり，出土須恵器の土器形式より，7世紀後半～8世紀初頭に操業が行われ，長くみても30～40年程度の期間内に収束していたと考えられる。そのためB1号・B2号窯跡で用いられたマツ属複維管束亜属が，窯業での過度な森林伐採による二次林であると考えると，その樹齢は30～40年以下のもので構成されている必要がある。しかしマツ属複維管束亜属の残存年輪数の計測結果では，計測が行なえた試料の約3割が30年以上の樹齢を示している。計測が行なえた材の多くは破片状のものであり，操業当時の完形の材では，樹齢30年以上のものがより多かったであろうことが予想でき，窯跡の操業以前よりマツ属複維管束亜属が生育していたと考えられる。

また産出数上位4種のマツ属複維管束亜属と，コナラ節，イヌシデ節，カエデ属について，平均年輪幅と復元直径をみると，マツ属複維管束亜属は平均年輪幅が0.3 cm以下と相対的に狭いものが多く，復元直径は10 cm以上のものが多くみられた（図5）。コナラ節は平均年輪幅が0.3 cm以上と相対的に広い材が比較的多く，復元直径は10 cm前後のものが多かった。イヌシデ節とカエデ属は傾向が類似し，平均年輪幅は0.25 cm以下と相対的に狭いものが多く，復元直径は10 cm前後のものが多かった（図6）。

現在の植生では，高安窯跡群周辺には植林を含めてアカマツが多く生育しており，潜在的な植生としてもアカマツがイヌシデ節やコナラ節などと同じく普通に生育していたことが示唆されている（宮脇ほか，1983）。そのため当窯跡群では，周辺植生は操業以前より何らかの要因（例えば山火事などの自然的要因や，一般利用の薪炭材伐採などの人的要因）で二次林化しており，窯業に起因するマツ属複維管束亜属の増大が起こっていた可能性は低かったと考えられる。

2．須恵器窯跡の移動の要因

須恵器窯は一定の操業の後，燃料材の確保や，築窯のための立地条件，水源の確保，生活域との兼ね合いなどを要因として，視認できる範囲に窯を移して操業が行われる（藤原，1993；望月，2010）。高安窯跡群でも各窯跡は100 m程度離れ，視認できる範囲に築窯されている。また近年窯跡研究会によって行なわれている，兵庫県三木市に復元された須恵器窯跡の焼成実験では，須恵器窯跡で1回の操業で使用する燃料材の量は，およそ4～5 t程度であるとの結果が得られている（藤原，2007）。そのため高安窯跡群の須恵器窯跡では，燃料材伐採が自然植生へ与えるダメージは僅かであったと考えられる。しかし須恵器窯業での燃料獲得以外に，一般利用の薪炭材伐採が行なわれていた可能性も考えられ，総体的な薪炭材の獲得量は不明であった。

また窯跡操業以前の植生が二次林化していた問題についてであるが，高安窯跡群の周辺地域では，屋代川南側の平野部に大在家遺跡や安久津町尻遺跡，日照遺跡などの7世紀後葉からはじまる古代集落遺跡や，屋代川北側の丘陵地で，7世紀後葉と考えられる北目5号墳などの終末期古墳が確認されているが，それ以前の人間活動は，縄文時代に遡るまで顕著には確認されていない（東北芸術工科大学，2002，2009）。そのため高安窯跡群操業以前に人為的な森林伐採が顕著に行われていた可能性は低いと考えられ，二次林化は自然的要因でおこっていた可能性がある。

A地区では，築窯が行なえるスペースが限られており，1基のみの操業で地区を移した可能性が高い。B地区は築窯が行なえるスペースが広く，そのため3基連続で同地区内での操業が行われた可能性が高い。なお，A1号，B1号，B2号，B3号で検出した地下式直立煙道窯跡は緩傾斜の窯跡で，長時間の焼成による蓄熱によって須恵器を焼成する窯跡であると考えられている（北野，2010）。

こうした考古学的な事象から考えても，高安窯跡群での須恵器窯跡の移動は立地的な要因や周辺植生の枯渇などの要因が複合的に重なっていたことが想定される。

3．須恵器窯業での木材選択

燃料材の復元直径は，C1号とA1号窯跡では10 cm以内のものが多いのに対し，B1号とB2号窯跡では10 cm以上の直径のものが比較的多くみられ，各窯跡で利用されていた燃料材の直径に差がみられた（図2）。この直径の差は，窯跡の主要燃料材の樹種の変化が要因となっている可能性がある。しかし前述のとおり，今回の復元直径の計測値はあくまでも炭化材の復元直径値であり，木材伐採時の燃料材の直径は，それ以上の大きさであったことが推測できる。

同定試料はいずれも丸木で，加工痕などの痕跡は確認されていない。またB2号窯跡II次窯では，一部生の丸木状の燃料材が数点みられたことから，当窯跡群の燃料材は丸木材であったと考えられる。燃料材は一般的に，割材よりも丸木が，そして丸木でもより直径が大きな材のほうが，火持ちが良くて長時間燃焼する（古谷，1994）。また今回産出した樹種はいずれも薪炭材として普通に用いられる樹種であるが，その中でもマツ属複維管束亜属は油分を多く含み，高火力で燃焼するが火持ちが悪いという材質を持つ（古谷，1994）。それ以外の広葉樹はいずれも燃焼性はそれほど高くはないが，特にクリやコナラ節などは火持ちがよくて長時間燃焼し続けるという材質を持つ。そのためマ

ツ属複維管束亜属で他の樹種よりも太い材が多く利用されていたのは，火持ちが悪いという性質を補うために太い材を選択し，長時間燃焼を目指していた可能性がある。

そのため高安窯跡群では，はじめ復元直径10 cm以内のイヌシデ節やコナラ節，カエデ属を含めた広葉樹を優先的に伐採し，その後復元直径10 cm以内の広葉樹が枯渇し，その代替として復元直径10 cm以上のマツ属複維管束亜属を燃料材に利用していた可能性が考えられる。

一方，C1号窯跡の構築材では，復元直径2～5 cmほどのアサダと，クリ，カエデ属，サクラ属，コナラ節が使われていた（表1，図2）。C1号窯跡の窯体は，掘った溝の側壁間に横木を密に渡して棚を作り，その上に粘土や保護土で窯体を被覆する棚置き法で構築が行われている（森内，2010）。産出した樹種はいずれも堅硬で耐朽性が高く（伊東ほか，2011），燃料材とは違って，構築材には強度を重視した用材選択が行なわれていた可能性がある。またいずれの樹種も燃料材に比して細く，年輪幅が広い（図3）。一般的に年輪幅が広い材は，成長が良くて曲げやすいという性質も持っており，構築材の用材には材の堅硬さや曲げやすさを重視していたと考えられる。

以上の考察を基にすると，高安窯跡群の窯業活動ではマツ属複維管束亜属の増大は確認できず，一般的な薪炭材も伐採されていたと想定すれば，森林伐採の程度を復元することはできなかった。この考え方が適切であれば，B2号窯跡の操業後には，少なくともB地区周辺の丘陵部では，当窯跡で燃料材に適した樹木が無くなっていた可能性が高い。そのため高安窯跡群の須恵器生産の終焉は，考古学的にはB2号窯跡の窯体内の湿度が高く，焼成不良品が多かったことや，瓦生産の終焉などが要因であると考えられている（東北芸術工科大学，2006）が，燃料材の減少も一つの要因となっていた可能性がある。

4．製炭業での森林利用について

A2号炭窯跡は前述の通り，9世紀後半～10世紀前半に操業されていた炭窯である。高安窯跡群での須恵器生産が停止してから約200年後に炭窯の操業が行われていた事になる。ここで出土した炭化材は，燃料材，またはかき出された炭製品の残渣であり，全てが復元直径3～11 cmのコナラ節であった（表1，図2）。これは，9世紀後半～10世紀前半のA地区では，窯跡周辺にコナラ節が極めて多く生育していたのか，燃料材や炭製品の原木として，より遠方の森林からコナラ節を選択伐採していた結果と考えられる。

窯跡周辺にコナラ節が多く生育していたと考えた場合，その成立要因としては，人為的にコナラ節を育てていたか，または自然植生としてコナラ節が多く生育していた可能性がある。コナラ節は製炭に適した樹種で，その炭製品は非常に硬質で焼き締まりが良い（樋口，1993）。しかしA2号炭窯跡の出土炭化材は，須恵器窯跡よりも直径や平均年輪幅がまとまっている傾向がみられた（図3，図4，図7）。そのためA2号炭窯跡では，窯跡周辺の自然植生からコナラ節を伐採し，燃料材や炭製品の原木として利用して，須恵器窯跡の燃料材よりも規制の強い，一種の利用木材の規格のようなものにそった操業が行われていた可能性がある。

終わりに

以上の様相を基に，高安地区での窯業活動を復元してみる。高安窯跡群では，あらかじめ須恵器窯跡の操業領域（以下陶山と呼ぶ）を設定し，その領域の最も谷奥から順次築窯されていった。この高安窯跡群の陶山では，地質的な要因などでC，A地区では各1基のみが築窯されたが，最も谷口のB地区では3基の窯跡が連続して操業されていた。各地区では燃料材に適した復元直径10 cm以内の広葉樹が窯跡周辺から伐採され，B地区では広葉樹が得られなくなった後，丘陵尾根部などの復元直径10 cm以上のマツ属複維管束亜属を伐採していた。そのため高安地区では，B2号窯跡の操業終焉時には，陶山内の燃料材に適した太さの樹木はほぼ伐採され，燃料材の枯渇が高安窯跡群の須恵器窯跡の終焉の契機となった可能性がある。その後約200年が経過すると，A地区では炭窯の操業が行われる。炭窯跡でも須恵器窯跡と同様に窯跡周辺の植生を利用していたと考えられるが，利用される木材には一種の規格性のような木材選択があった。そのためA地区では，少なくとも約200年間のうちに，周辺植生から良質の木材を選択できるほどには植生が回復し，炭窯跡の操業が行われていたと考えられる。

今回の高安窯跡群の出土炭化材の分析では，須恵器窯業や製炭業での森林利用のあり方の一端を知ることが出来た。また今回の分析によって，高安窯跡群では須恵器窯跡の燃料材には火持ちの良さを重視した用材選択があり，構築材には強度を重視した用材選択が，炭窯跡の燃料材や炭製品では品質や規格性を重視した用材選択があるなど，窯業形態や操業年代，材の用途などによって，異なる木材の選択基準が設定されていた可能性を指摘できた。今後このような分析事例を蓄積することによって，須恵器窯業や製炭業での森林利用の実態が明らかになると考えられる。

謝　辞

本研究を進めるに際し，試料を提供して頂いた東北芸術工科大学文化財保存修復センターの方々，研究内容に関して様々なご助言を頂いた窯跡研究会の皆様，論文に関してご教示いただいた能城修一氏には大変お世話になりました。

また，本論文をまとめるにあたり，査読者の先生方には非常に有意義なご意見を頂きました。末筆ながら記して感謝申し上げます。

引　用　文　献

畑中英二．1994．滋賀県下における律令期須恵器生産の動向に関する検討．滋賀県立安土城考古博物館紀要 No. 2: 11–36.

樋口清之．1993．ものと人間の文化史 71・木炭．286 pp．法政大学出版局，東京.

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—」（関西大学文学部考古学研究室編），495–517．関西大学，吹田.

藤原　学．2007．須恵器窯跡の復元研究—窯の構築・焼成実験の成果から—．古代文化 58: 17–29.

古谷道生．1994．穴窯—築窯と焼成—．204 pp．理工学社，東京.

服部敬史．2003．窯業からみた自然植生．古代考古学フォーラム『古代の社会と環境』考古学からみた古代の環境問題資料集，13–23．帝京大学山梨文化財研究所・山梨県考古学協会，山梨.

伊東隆夫・佐野雄三・安部　久・内海泰弘・山口和穂．2011．日本有用樹木誌．238 pp．青海社，東京.

北野博司．2010．遷りゆく窯—多面的な窯構造技術論と地域窯業の多様性理解の試み—．「古代窯業の基礎研究—須恵器窯の技術と系譜—」（窯跡研究会編），133–148．真陽社，京都.

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

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

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

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

宮脇　昭・奥田重俊・佐々木　寧・松井　浩・鷹野秀夫・鈴木伸一・塚越優美子・益田康子．1983．高畠町の植生：植生調査を基礎とした高畠町の環境保全基本指針．116 pp．高畠町，山形.

望月精司．2010．須恵器窯の築窯技術と補修技術．「古代窯業の基礎研究—須恵器窯の技術と系譜—」（窯跡研究会編），149–168．真陽社，京都.

森内秀造．2010．半地下天井架構式窯と地上窯体構築式窯跡の構築復元．「古代窯業の基礎研究—須恵器窯の技術と系譜—」（窯跡研究会編），169–180．真陽社，京都.

西田正規．1976．和泉陶邑と木炭分析．「陶邑 I」（大阪文化財センター編），178–187．大阪文化財センター，大阪.

西田正規．1978．須恵器生産の燃料について．「陶邑Ⅲ」（大阪文化財センター編），132–136．大阪文化財センター，大阪.

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 1．40 pp．東北芸術工科大学考古学研究室，山形.

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 次発掘調査報告書．49 pp．東北芸術工科大学考古学研究室，山形.

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．40 pp．東北芸術工科大学考古学研究室，山形.

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．66 pp．東北芸術工科大学考古学研究室，山形.

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．72 pp．東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター，山形.

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．50 pp．東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター，山形.

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．42 pp．東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター，山形.

東北芸術工科大学考古学研究室．2009．置賜地域の終末期古墳 2．36 pp．東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター，山形.

山口慶一・千野裕道．1990．マツ林の形成と窯業へのマツ材の導入について．東京都埋蔵文化財センター研究論集 No. 8: 85–114.

（2013 年 2 月 26 日受理）