

第6章 自然科学分析

第1節 埴輪・土器の胎土分析

パリノ・サーヴェイ株式会社

はじめに

逗子市と葉山町の境に位置する長柄桜山古墳群第1号墳は、4世紀頃の前方後円墳とされている。関東では比較的規模の大きい前方後円墳であることから、その造営に際しては、おそらく周辺地域に影響が及んだと考えられるが、古墳に伴って出土した埴輪なども、その生産と供給に係わる特別な事情があった可能性もある。

本報告では、第1号墳の発掘調査により出土した埴輪を対象として、その材質すなわち胎土の特性を、自然科学分析の手法を用いることにより明らかにする。この分析結果を第1号墳出土埴輪の基礎資料とするものである。

1 試料

試料は、第1号墳から出土した埴輪片8点と器台片1点および中型壺片1点の合計4点である。埴輪片の中には、壺形埴輪片2点も含まれている。本報告では、便宜上、試料にH1～H4およびZ1、Z2、Z4～Z7までの試料番号を付す。試料番号H1は壺形埴輪の底部の破片であり、試料番号H2は壺形埴輪の胴部の破片である。試料番号H3は、器台の受部の破片であり、試料番号H4は中型壺の口縁の破片である。Z1以下の試料はいずれも埴輪片である。これら各試料の属性と出土地点などは、分析結果を呈示した図1に併記する。

2 分析方法

胎土分析には、現在様々な分析方法が用いられているが、大きく分けて鉱物組成や岩片組成を求める方法と化学組成を求める方法とがある。前者は粉碎による重鉱物分析や薄片作製などが主に用いられており、後者では蛍光X線分析が最もよく用いられている方法である。今回の試料のように比較的粗粒の砂粒を含み、低温焼成と考えられる埴輪の分析では、鉱物組成や岩片組成を求める方法の方が、胎土の特徴が捉えやすいこと、地質との関連性を考えやすいことなどの利点がある。したがって、ここでは重鉱物分析と薄片作製観察を併用することとする。以下に各分析方法について述べる。

(1) 重鉱物分析

試料は、適量をアルミナ製乳鉢で粉碎、水を加え超音波洗浄装置により分散、#250の分析篩により水洗、粒径1/16mm以下の粒子を除去する。乾燥の後、篩別し、得られた1/4mm－1/8mmの粒子をポリタングステン酸ナトリウム（比重約2.96に調整）により重液分離、重鉱物のプレパラートを作製した後、偏光顕微鏡にて同定した。鉱物の同定粒数は、250個を目標とした。同定の際、不透明な粒については、斜め上方からの落射光下で黒色金属光沢を呈するものを「不透明鉱物」とし、それ以外の不透明粒および変質等で同定の不可能な粒子は「その他」とした。

(2) 薄片作製観察

薄片は、試料の一部(粘土試料は樹脂による固化の後)をダイヤモンドカッターで切断、正確に0.03mmの厚さに研磨して作製する。薄片は岩石学的手法を用いて観察し、胎土中に含まれる砂粒を構成する鉱物片および岩石片の種類構成を明らかにする。また、胎土の基質は、孔隙の分布する程度と砂の配列や孔隙などの方向性の確認や、基質を構成する粘土が焼成の結果、どの程度ガラス化してどの程度粘土鉱物として残存しているか、酸化鉄などの鉄分の含まれる程度について定性的に記載する。

3 結果

(1) 重鉱物分析

第15表 胎土重鉱物分析結果

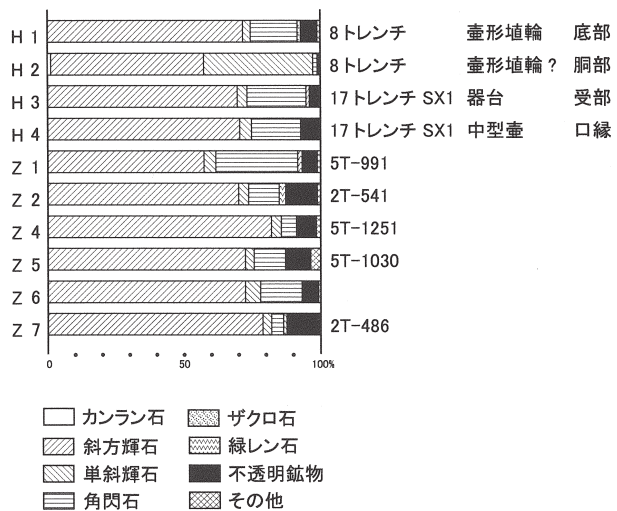
結果を第15表、第63図に示す。10点の試料のうち、H2を除く9点は、ほぼ同様の組成を示す。いずれも斜方輝石が最も多く、70～80%を占め、次いでほとんどの試料では角閃石が多く、他に数%の単斜輝石と10%前後の不透明鉱物を含むという組成である。なお、角閃石の量比は、試料による差異が比較的大きく、数%から最大約30%まで連続的に認められる。なお、試料によっては、極めて微量のザクロ石、緑廉石、褐廉石を含む。

試料番号H2は、斜方輝石が最も多いことは他の試料と同様であるが、その量比は60%足らずである。さらに他の試料と異なる点として、斜方輝石に次いで単斜輝石が多く、約40%を占める組成が指摘され、微量のカンラン石を含み角閃石や不透明鉱物も微量含まれるということも他の試料とは異なる特徴である。

(2) 薄片作製観察

観察結果を第16表に示す。重鉱物組成と同様に、試料番号H2以外の9点の試料における鉱物片と岩石片の種類とその量比は、以下に述べるようにほぼ同様の状況を示す。砂粒の全体量は、いずれの試料も中量であり、粒径の淘汰度は試料番号H1、H3、Z1、Z2、Z4でやや不良、試料番号H4、試料番号Z5～Z7では中程度である。鉱物片は、石英が少量含まれ、他にはカリ長石、斜長石、斜方輝石、単斜輝石、角閃石、黒雲母、白雲母、緑廉石、不透明鉱物の各鉱物が微量含まれる。試料によっては、酸化角閃石やジルコンなどが微量含まれる。岩石片は、チャート、頁岩、凝灰岩、流紋岩デイサイト、多結晶石英が9点のうちのほぼ全ての試料に微量含まれ、安山岩は試料番号H3、H4、Z1、Z2、Z4、Z5の6点に含まれる。さらに花

試料番号	試料	カンラン石	斜方輝石	単斜輝石	角閃石	酸化角閃石	ザクロ石	緑レン石	褐レン石	不透明鉱物	その他	合計
H1	8トレンチ壺形埴輪底部	1	179	7	43	0	3	2	0	15	0	250
H2	8トレンチ壺形埴輪? 胴部	3	140	100	4	0	0	0	0	3	0	250
H3	17トレンチSX1 器台受部	0	174	9	54	0	0	3	0	10	0	250
H4	17トレンチSX1 中型壺口縁	0	176	11	45	0	1	0	0	17	0	250
Z1	5T-991	0	143	11	75	0	1	4	0	14	2	250
Z2	2T-541	0	175	9	28	0	1	6	0	29	2	250
Z4	5T-1251	0	205	9	14	0	2	0	0	18	2	250
Z5	5T-1030	0	181	8	29	1	2	2	1	23	3	250
Z6		0	181	14	38	0	0	2	0	15	0	250
Z7	2T-486	0	197	8	11	0	0	3	0	31	0	250



第63図 胎土重鉱物組成

崗岩類が試料番号 H4 と Z4 に微量認められ、脈石英は試料番号 H1、H3、H4 の3点に微量含まれる。他に試料によっては、砂岩、ホルンフェルス、珪化岩などが微量含まれる。岩石片以外の碎屑物として、火山ガラスと植物珪酸体が9点全点に微量含まれ、海綿骨針が試料番号 H1、H4、Z2、Z4、Z6 に微量、放散虫が試料番号 H1 と H3 にそれぞれ微量含まれる。なお、火山ガラスは薄手平板状のバブル型を呈する。

一方、試料番号 H2 では、鉍物片は単斜輝石が少量含まれ、他には石英、斜長石および不透明鉍物が微量含まれるのみである。岩石片は、チャート、流紋岩・デイサイト、安山岩、玄武岩、変質岩が微量含まれるが、頁岩や凝灰岩は認められない。岩石片以外の碎屑物では、バブル型の火山ガラスに加えて、海綿骨針、放散虫、珪藻、植物珪酸体の各微化石が微量含まれる。微化石の中では、珪藻が比較的多い。

基質の特徴については、試料番号2も含めて10点の試料間で特に顕著な差異は認められない。孔隙度は、いずれも低く、砂粒の方向性は試料番号 H3、Z5～Z7 が中程度を示し、他の試料は弱い。粘土残存量はほとんどの試料で中程度であり、含鉄量は微量である。

4 考察

(1) 埴輪胎土の由来する地質学的背景について

胎土中に認められた鉍物片および岩石片は、埴輪や土器の材料となった粘土や砂の採取地周辺の地質に由来する。したがって、胎土中に含まれる鉍物片や岩石片の種類構成から、逆に粘土や砂の採取地周辺の地質を推定することができる。地質を直接示している碎屑物は、岩石片であるが、今回の埴輪試料のほとんどと器台および中型壺も含めて、胎土中には堆積岩から凝灰岩、火山岩、さらには深成岩類や変成岩、珪化岩まで多種多様な地質に由来する岩石片が、特にどれが多いという傾向も示さずに、いずれも微量ずつ含まれるという状況であった。このような岩石片の産状を示す自然堆積物を想定した場合、様々な地質が流域に分布する大河川の下流域の堆積物かあるいは、より古い地質の碎屑物から構成される新第三紀や第四紀の堆積岩、堆積層が考えられる。

まずは、第1号埴の位置する三浦半島で考えるならば、大河川は流れていないが、ほぼ全域が新第三紀の堆積岩類と第四紀の堆積層の分布域となっている。三浦半島の地質については、江藤ほか(1998)に詳しい。その記載によれば、三浦半島を構成する主な地質は、新第三紀前期～中期中新世の主に凝灰質泥岩や凝灰質砂岩からなる葉山層群と後期中新世～鮮新世の主に凝灰質砂岩や泥岩、砂岩などからなる三浦層群であり、これらの地質を構成する碎屑物の中には、チャートや火山岩類、花崗岩類の岩石片が確認されている。また、これらの地質には、バブル型火山ガラスからなる凝灰岩層も多数挟まれており、それらの凝灰岩層の重鉍物組成は、斜方輝石または角閃石を主体とするものが多く記載されている。ここまでの記載から、今回分析した埴輪と器台および中型壺は、三浦半島内に分布する粘土や砂を材料として、三浦半島内で生産された可能性が高いと考えられる。

現時点では、胎土の重鉍物組成や鉍物片・岩石片の種類構成からは、三浦半島内のどこかというところまでの地域的推定はできない。今後、三浦半島内の各地における埴輪と同時期の土器の胎土分析事例や自然堆積物の分析事例を蓄積することにより、胎土の特徴と地域性を関連づけることが可能になると考えられる。

(2) 胎土からみた埴輪の生産・供給事情について

今回の分析では、2点の壺形埴輪の内1点に他の試料とは重鉍物組成が大きく異なる試料が認められた。薄片観察における岩石片の種類構成では、他の試料との違いはそれほど目立たないが、凝灰岩が認められて

いないことに注目される。上述したように、三浦半島を構成する地質の主体は凝灰質の堆積岩であり、凝灰岩自体も分布している。これだけでは、三浦半島外からの搬入とまでは言えないが、他の埴輪や土器とは異なる生産事情(例えば製作地や製作者の違いなど)が窺える。今回は、8点のみの試料による分析であるが、その中でも胎土の岩石学的特徴が異なる試料が見出せたことから、長柄桜山古墳の埴輪は、少なくとも2箇所以上の複数の生産地から供給された可能性のあることが示唆される。これについては、今後も継続して第1号墳出土の埴輪の分析事例を作成することにより、状況がより明らかになることが期待される。

引用文献

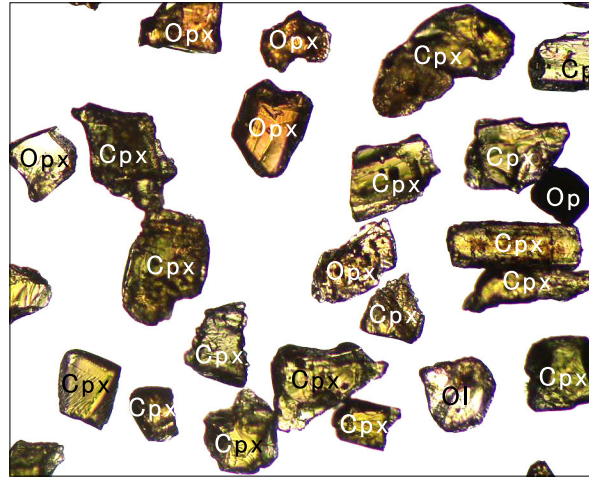
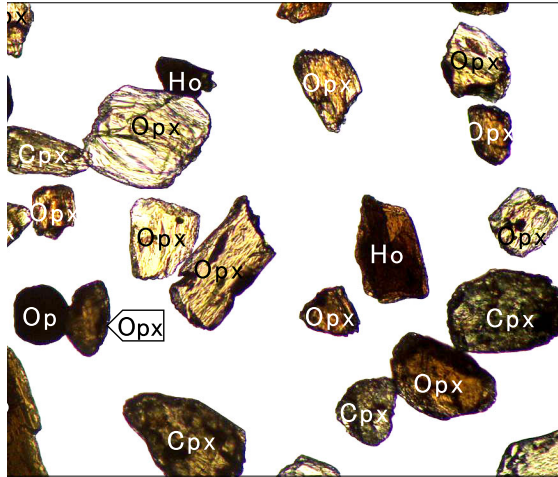
江藤哲人・矢崎清貫・ト部厚志・磯部一洋,1998,横須賀地域の地質,地域地質研究報告(5万分の1図幅),地質調査所,128p.

第16表 胎土薄片観察結果

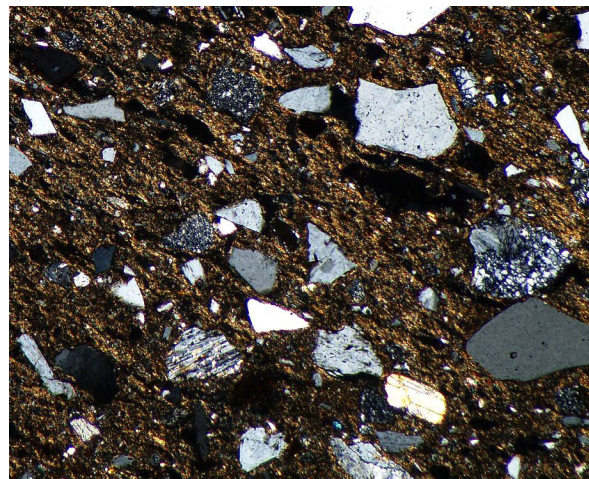
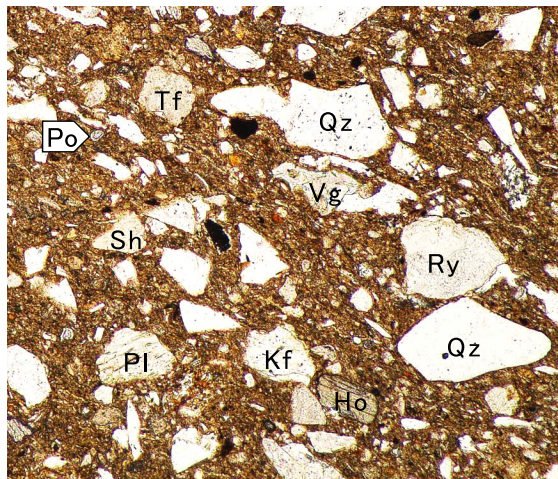
試料番号	試料	砂粒		砂粒の種類構成																				孔隙度	方向性	粘土残存量	含鉄量	備考										
		全体量	最大径	鉱物片										岩石片																								
		海浜度	石英	カリ長石	斜長石	斜方輝石	黒雲母	白雲母	角閃石	酸化角閃石	珪石	ジルコン	チタン石	不透明鉱物	チャート	頁岩	砂岩	凝灰岩	流紋岩・デイサイト	安山岩	玄武岩	多結晶石英	花崗岩類						ホルンフェルス	脈石類	変質岩	珪化岩	火山ガラス	海綿骨針	放射虫	珪藻	植物珪酸体	
8トレンチ壺形埴輪底部	○△	0.7	△+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	△	△	○	+	角閃石には弱酸化角閃石化しているものが認められる。火山ガラスはバブルウォール型が主体で、軽石型も伴う。基質は試料表面部では褐色であるが、内部では暗褐色を呈する。
8トレンチ壺形埴輪?胴部	○△	1.1	+	+	△							+	+				+	+									+	+	+	+	+	+	+	△	△	○	+	玄武岩は風化して赤褐色化しているものが多い。火山ガラスはバブルウォール型。珪藻は比較的多く含まれる。
17トレンチSX1器台受部	○△	0.8	△+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	△	△	○	+	火山ガラスはバブルウォール型と軽石型があり、褐色ガラスが認められる。	
17トレンチSX1中型壺口縁	○	0.6	△+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	△	△	○	+	火山ガラスはバブルウォール型と軽石型があり、褐色ガラスが認められる。基質は試料表面部では褐色であるが、内部では暗褐色を呈する。	
Z1 5T-991	○△	0.8	△+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	△	△	○	+	火山ガラスはバブルウォール型である。基質は試料表面部では褐色であるが、内部では暗褐色を呈する。
Z2 2T-541	○△	0.8	△+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	△	△	○	+	火山ガラスはバブルウォール型である。基質は試料表面部では褐色であるが、内部ではやや暗褐色を呈する。	
Z4 5T-1251	○△	0.8	△+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	△	△	○	+	火山ガラスはバブルウォール型である。角閃石は弱酸化角閃石化の状態にあるものが多い。流紋岩には晶子やスフェルライトが認められる。	
Z5 5T-1030	○	0.6	△+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	△	○	○	+	火山ガラスはバブルウォール型である。角閃石は弱酸化角閃石化の状態にあるものが多い。	
Z6	○	0.6	△+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	△	○	○	+	火山ガラスはバブルウォール型であり、褐色ガラスも含まれる。		
Z7 2T-486	○	0.6	△+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	△	○	△	+	火山ガラスはバブルウォール型と軽石型が認められる。角閃石は弱酸化角閃石化している。		

量比 ○:多量 △:少量 +:微量
 程度 ●:強い ○:中程度 △:弱い ×:なし

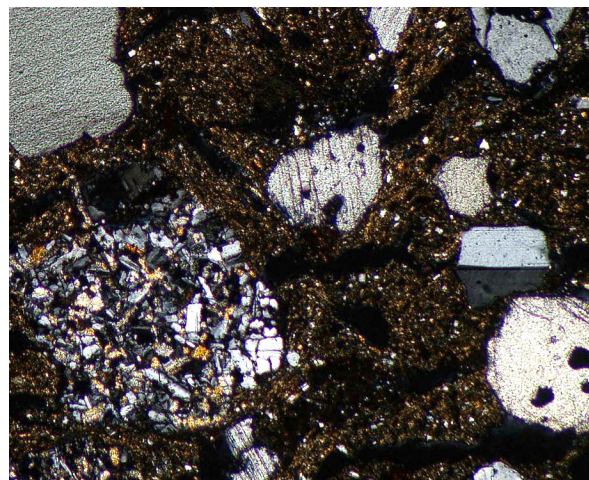
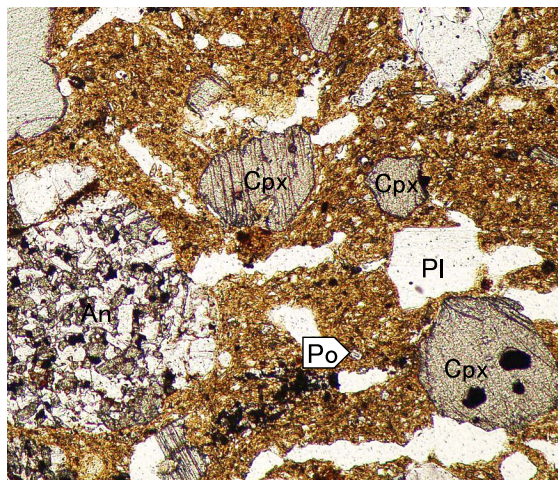
図版1 胎土重鉍物・胎土薄片



1. 胎土重鉍物 (試料番号 H1:8 トレンチ壺形埴輪底部) 2. 胎土重鉍物 (試料番号 H2:8 トレンチ壺形埴輪胴部)



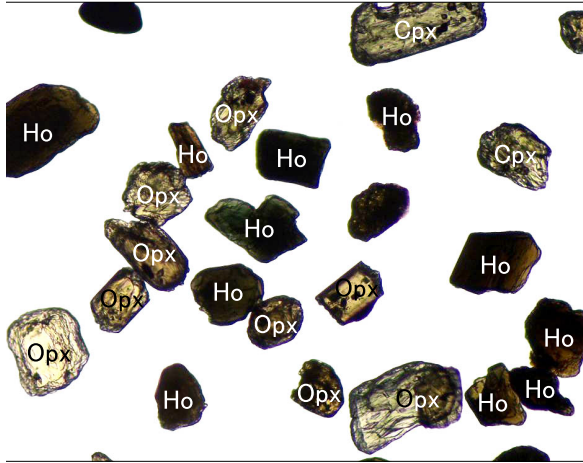
3. 胎土薄片 (試料番号 H1:8 トレンチ壺形埴輪底部)



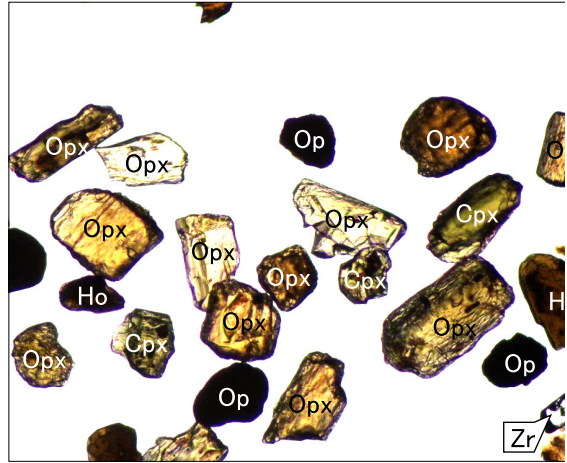
4. 胎土薄片 (試料番号 H2:8 トレンチ壺形埴輪胴部)

Ol: カンラン石 .Opx: 斜方輝石 .OpX: 単斜輝石 . Ho: 角閃石 .Op: 不透明鉍物 .Qz: 石英 .Kf: カリ長石 .Pl: 斜長石 .Sh: 頁岩 .Tf: 凝灰岩 .Ry: 流紋岩 .An: 安山岩 .Vg: 火山ガラス .Po: 植物珪酸体 . 写真1・2の左列は下方ポーラー、未美列は直交ポーラー下

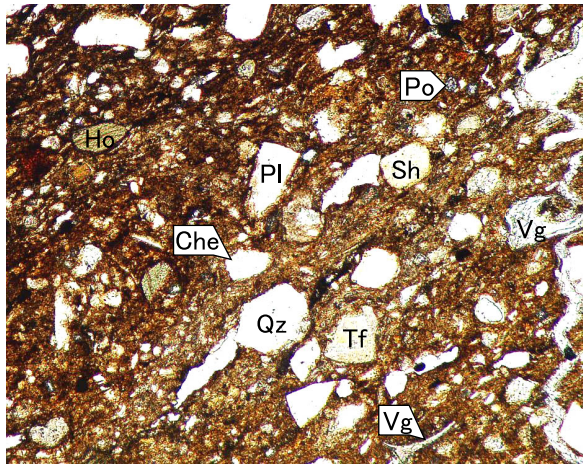
図版2 胎土重鋇物・胎土薄片(2)



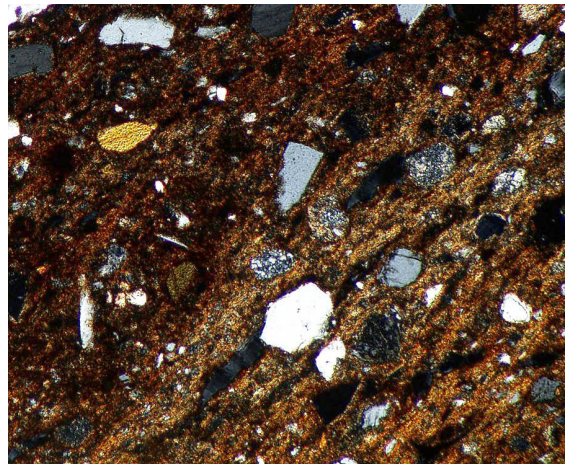
5. 胎土重鋇物 (試料番号 Z1;5T-991)



6. 胎土重鋇物 (試料番号 Z1;2T-486)



7. 胎土薄片 (資料番号 Z1;5T-991)



8. 胎土薄片 (資料番号 Z1;2T-486)

Opx: 斜方輝石 .Opx: 単斜輝石 . Ho: 角閃石 .Op: 不透明鋇物 .Qz: 石英 .Pl: 斜長石 .Che: チャート .Sh: 頁岩 .Tf: 凝灰岩 .Ry: 流紋岩 .Vg: 火山ガラス .Po: 植物珪酸体 .写真7・8の左列は下方ポーラー、未美列は直交ポーラー下

0.5mm

第2節 放射性炭素年代測定

パレオ・ラボ AMS 年代測定グループ

伊藤茂・尾寄大真・丹生越子・廣田正史・小林紘一

Zaur Lomtadidze・Ineza Jorjoliani・中村賢太郎

1. はじめに

長柄桜山古墳群は神奈川県逗子市桜山と三浦郡葉山町長柄の境界に所在し、丘陵地帯の尾根上に位置する古墳群である。ここでは古墳時代前期の前方後円墳2基が確認されている。今回の調査では第1号墳において範囲確認のためのトレンチ調査が行われ、墳頂部からは炭化材が出土した。ここではその炭化材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。また、測定試料について樹種同定も行った（樹種同定の項参照）。

2. 試料と方法

測定試料の情報、調製データは第17表のとおりである。

試料は第1号墳の墳頂部17トレンチから出土した炭化材である。

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。

第17表 測定試料及び処理

測定番号	遺跡データ	試料データ	前処理
PLD-14782	調査区：第1号墳 位置：17トレンチ 試料採取日：2009/10/30	試料の種類：炭化材（マツ属複雑管束亜属） 試料の性状：部位不明，残存半径0.6cm，残存年輪数7 状態：dry	超音波洗浄 酸・アルカリ・酸洗浄（塩酸：1.2N， 水酸化ナトリウム：1N，塩酸：1.2N）

3. 結果

第18表に、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、慣用に従って年代値、誤差を丸めて表示した¹⁴C年代、¹⁴C年代を暦年代に較正した年代範囲を、第64図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、及び半減期の違い（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OxCal4.1（較正曲線データ：INTCAL09）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。

第 18 表 放射性炭素年代測定及び暦年較正の結果

測定番号	δ ¹³ C (‰)	暦年較正用年代 (yrBP ± 1σ)	¹⁴ C 年代 (yrBP ± 1σ)	¹⁴ C 年代を暦年代に較正した年代範囲	
				1σ 暦年代範囲	2σ 暦年代範囲
PLD-14782	-25.69 ± 0.16	162 ± 19	160 ± 20	1675AD(7.0%)1683AD 1734AD(43.1%)1777AD 1799AD(6.7%)1806AD 1929AD(11.5%)1941AD	1666AD(16.9%)1694AD 1726AD(47.0%)1784AD 1796AD(10.9%)1814AD 1854AD(0.6%)1858AD 1863AD(0.6%)1867AD 1918AD(19.4%)1952AD

4. 考察

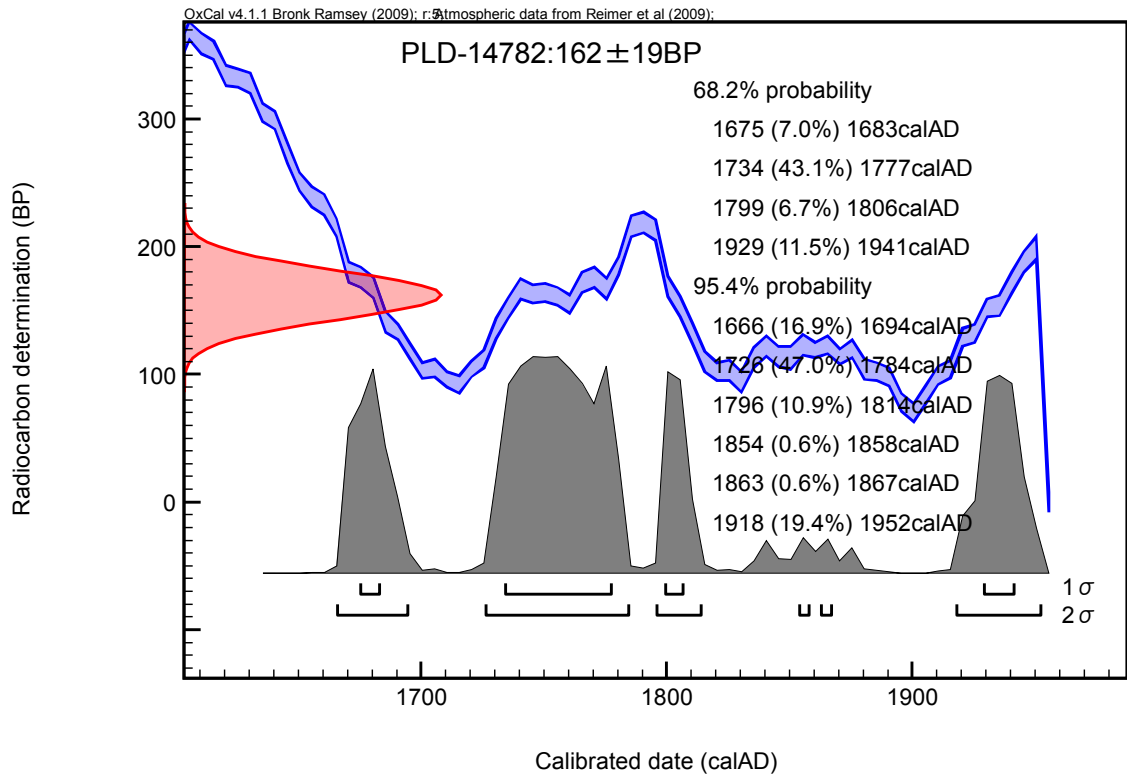
墳頂部17トレンチから出土した炭化材の暦年較正結果は、1σ 暦年代範囲において1675-1683calAD(7.0%)、1734-1777calAD(43.1%)、1799-1806calAD(6.7%)および1929-1941calAD(11.5%)、2σ 暦年代範囲において1666-1694calAD(16.9%)、1726-1784calAD(47.0%)、1796-1814calAD(10.9%)、1854-1858calAD(0.6%)、1863-1867calAD(0.6%)および1918-1952calAD(19.4%)であった。

また、今回試料とした炭化材は最外年輪が確認できず部位が不明であった点にも注意が必要である。材の年代は内側の年輪であれば、その年輪数に応じて伐採、枯死年より古い年代を示す（古木効果）。今回の試料は部位が不明であるため、古木効果の影響を考慮する必要がある。

したがって、墳頂部 17 トレンチから出土した炭化材の伐採、枯死年は、17 世紀後半～20 世紀中頃（江戸～昭和時代に相当）あるいはそれより新しい時期と考えられる。この年代は古墳時代前期とされる第 1 号墳の構築時期よりはるかに新しい。炭化材は、江戸～昭和時代あるいはそれより新しい時期に、墳頂部で火が焚かれるなどして残されたと考えられる。

参考文献

Bronk Ramsey, C. (1995) Radiocarbon Calibration and Analysis of Stratigraphy: The OxCal Program. Radiocarbon, 37, 425-430.
 Bronk Ramsey, C. (2001) Development of the Radiocarbon Program OxCal. Radiocarbon, 43, 355-363.
 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 , 3-20.
 Reimer, P.J., Baillie, M.G.L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Buck, C.E., Burr, G.S., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hajdas, I., Heaton, T.J., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., McCormac, F.G., Manning, S.W., Reimer, R.W., Richards, D.A., Southon, J.R., Talamo, S., Turney, C.S.M., van der Plicht, J. and Weyhenmeyer C.E. (2009) IntCal09 and Marine09 Radiocarbon Age Calibration Curves, 0–50,000 Years cal BP. Radiocarbon, 51, 1111-1150.



第 64 图 曆年較正結果