

第4章 自然科学分析

第1節 西坪中中畝遺跡の自然科学分析

パリノ・サーヴェイ株式会社

はじめに

西坪中中畝遺跡は、大山火山北西麓の斜面上に位置する。この斜面は、荒川(1984)により、名和火砕流堆積面に区分されている。名和火砕流は、大山松江軽石を不整合に覆い、三瓶木次軽石に不整合に覆われるとされていることから、両テフラの噴出年代をそれぞれ13万年前と11万～11万5000年前(町田・新井,2003)とすれば、その噴出年代はおよそ12万年前頃になる。すなわち、西坪中中畝遺跡の載る斜面は、12万年前頃に形成されたと言える。

発掘調査では、縄文時代の落とし穴とされる土坑が数多く検出されているが、その詳細な年代については、供伴する遺物に乏しいために課題とされている。本報告では、土坑の埋土を対象とした放射性炭素年代測定を行うことにより、土坑に関わる年代資料を作成する。また、土坑の埋土におけるテフラの産状を明らかにして、埋土の由来を推定し、同時に植物珪酸体分析と微粒炭分析を行うことにより、土坑埋積時期における周辺植生や人為の影響などについて検討する。

1 試料

試料は、調査区内で検出された縄文時代の落とし穴とされる土坑の埋土から採取された19点の土壌と調査地壁面から採取された3点の土壌の合計22点である。試料には、試料No.1～22までが付されている。各試料の採取された遺構名および層位を一覧にして、表18に示す。

本分析では、これらの試料から、放射性炭素年代測定の対象として15点、テフラ分析におけるテフラ検出の対象として8点、テフラ分析における重軽鉱物分析に9点をそれぞれ選択した。またテフラ検出と同一試料の8点については、植物珪酸体分析および微粒炭分析も行った。

埋土の試料の中で黒色土、黒褐色土、暗褐色土とされたものは、やや粘土分の多い黒色火山灰土いわゆる黒ボク土であり、明黄褐色土、褐色土などとされたものは、粘土質で締まりのない褐色火山灰土いわゆるソフトロームとされる。また、埋土の黒ボク土試料中には、径数mm程度の褐色を呈する土壌粒子いわゆるローム粒が少量含まれている。

なお、放射性炭素年代測定の対象とした15点の試料については、わずかな炭質物が認められるが、植物遺体(木材・種子・葉等)は認められない。また、炭質物も測定を実施するには量が少ないことから、協議の上で、土壌全体を測定試料として用いることとした。試料の状況を表19に記す。

2 分析方法

(1)放射性炭素年代測定

測定に供する各試料の状況を記載し、写真撮影を行う。試料に根などの目的物と異なる年代を持つものがあれば、これらをピンセットで物理的に除去する。HClによる酸処理で炭酸塩等酸可溶成分を除去した後、超純水で中性になるまで希釈し、乾燥させる。試料をバイコール管に入れ、1gの酸化

第4章 自然科学分析

表19 分析試料一覧

試料 No	試料採取位置		分析項目				
	遺構名等	層位	放射性炭素 年代測定	テフラ分析 (テフラ検出)	テフラ分析 (重軽鉛物分析)	植物珪酸体分析	微粒炭分析
1	土坑14(落とし穴)	埋土下層(黒褐色土)		○	○	○	○
2		埋土最下層(暗褐色土)		○	○	○	○
3		底面ビット内埋土	○				
4	土坑35(落とし穴)	埋土下層(黒色土)		○	○	○	○
5		埋土最下層(明黄褐色土・暗褐色土)		○	○	○	○
6		底面ビット内埋土	○				
7	土坑34(落とし穴)	埋土中層(黒色土)		○	○	○	○
8		埋土下層(暗褐色土・黒褐色土)		○	○	○	○
9		埋土最下層	○				
10	土坑4(落とし穴)	埋土最下層(にぶい黄褐色土)		○	○	○	○
11		底面ビット内埋土	○				
12	調査地壁面	褐色土	○				
13		黒色土	○	○	○	○	○
14		明黄褐色土	○		○		
15	土坑10(落とし穴)	底面ビット内埋土	○				
16	土坑42(落とし穴)	底面ビット内埋土	○				
17	土坑31(落とし穴)	底面ビット内埋土	○				
18	土坑38(落とし穴)	埋土最下層	○				
19	土坑26(落とし穴)	埋土最下層	○				
20	土坑22(落とし穴)	底面ビット内埋土	○				
21	土坑28(落とし穴)	底面ビット内埋土	○				
22	土坑19(落とし穴)	底面ビット内埋土	○				

表20 年代測定試料

No	遺構	層位	種類	状態	重量	試料の大きさ	色	乾湿	付着物	残試料
3	土坑14	底面ビット内埋土	土壌	土壌	200 g	-	暗褐色	湿	-	有
6	土坑35	底面ビット内埋土	土壌	土壌	200 g	-	暗褐色	湿	-	有
9	土坑34	埋土最下層	土壌	土壌	200 g	-	暗黄褐色	湿	-	有
11	土坑4	底面ビット内埋土	土壌	土壌	200 g	-	黄褐色	湿	-	有
12	調査地壁面	褐色土	土壌	土壌	150 g	-	暗褐色	湿	-	有
13	調査地壁面	黒色土	土壌	土壌	150 g	-	黒色	湿	-	有
14	調査地壁面	明黄褐色土	土壌	土壌	150 g	-	明黄褐色	湿	-	有
15	土坑10	底面ビット内埋土	土壌	土壌	30 g	-	暗黄褐色	湿	-	有
16	土坑42	底面ビット内埋土	土壌	土壌	30 g	-	暗褐色	湿	-	有
17	土坑31	底面ビット内埋土	土壌	土壌	100 g	-	暗褐色	湿	-	有
18	土坑38	埋土最下層	土壌	土壌	40 g	-	暗褐色	湿	-	有
19	土坑36	埋土最下層	土壌	土壌	80 g	-	暗褐色	湿	-	有
20	土坑22	底面ビット内埋土	土壌	土壌	30 g	-	暗褐色	湿	-	有
21	土坑28	底面ビット内埋土	土壌	土壌	30 g	-	暗黄褐色	湿	-	有
22	土坑19	底面ビット内埋土	土壌	土壌	50 g	-	暗褐色	湿	-	有

銅(Ⅱ)と銀箔(硫化物を除去するため)を加えて、管内を真空にして封じきり、500℃(30分)850℃(2時間)で加熱する。液体窒素と液体窒素+エタノールの温度差を利用し、真空ラインにてCO₂を精製する。真空ラインにてバイコール管に精製したCO₂と鉄・水素を投入し封じ切る。鉄のあるバイコール管底部のみを650℃で10時間以上加熱し、グラファイトを生成する。化学処理後のグラファイト・鉄粉混合試料を内径1mmの孔にプレスして、タンデム加速器のイオン源に装着し、測定する。

測定機器は、3MV小型タンデム加速器をベースとした¹⁴C-AMS専用装置(NEC Pelletron 9SDH-2)を使用する。AMS測定時に、標準試料である米国国立標準局(NIST)から提供されるシュウ酸(HO_x-Ⅱ)とバックグラウンド試料の測定も行う。また、測定中同時に¹³C/¹²Cの測定も行うため、この値を用いて $\delta^{13}\text{C}$ を算出する。

放射性炭素の半減期はLIBBYの半減期5,568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。なお、暦年較正は、RADIOCARBON CALIBRATION PROGRAM CALIB REV6.0.0(Copyright 1986-2010 M Stuiver and PJ Reimer)を用い、誤差として標準偏差(One Sigma)を用いる。

暦年較正とは、大気中の¹⁴C濃度が一定で半減期が5,568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、及び半減期の違い(¹⁴Cの半減期5,730±40年)を較正することである。暦年較正に関しては、本来10年単位で表すのが通例であるが、将来的に暦年較正プログラムや暦年較正曲線の改正があった場合の再計算、再検討に対応するため、1年単位で表している。暦年較正は、測定誤差 σ 、 2σ (σ は統計的に真の値が68%、 2σ は真の値が95%の確率で存在する範囲)双方の値を示す。また、表中の相対比とは、 σ 、 2σ の範囲をそれぞれ1とした場合、その範囲内で真の値が存在する確率を相対的に示したものである。

(2) テフラ分析

1) テフラ検出

試料を蒸発皿に取り、水を加え泥水にした状態で超音波洗浄装置により粒子を分散し、上澄みを流し去る。この操作を繰り返すことにより得られた砂分を乾燥させた後、実体顕微鏡下にて観察する。観察は、テフラの本質物質であるスコリア・火山ガラス・軽石を対象とし、その特徴や含有量の多少を定性的に調べる。

2) 重軽鉱物分析

試料約50gに水を加え超音波洗浄装置により分散、250メッシュの分析篩を用いて水洗し、粒径1/16mm以下の粒子を除去する。乾燥の後、篩別し、得られた粒径1/8mm-1/16mmの砂分をポリタングステン酸ナトリウム(比重約2.96)により重液分離、重鉱物と軽鉱物をそれぞれ250粒に達するまで偏光顕微鏡下にて同定する。重鉱物の同定の際、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のみを「不透明鉱物」とした。「不透明鉱物」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。「その他」は軽鉱物中においても同様である。また、火山ガラスは、便宜上軽鉱物組成に入れ、その形態によりバブル型平板状(b1)、バブル型Y字状(b2)、急冷破碎型、軽石型繊維状(p1)、軽石型スポンジ状(p2)の各タイプに分類した。

(3) 植物珪酸体分析

各試料について過酸化水素水・塩酸処理、沈定法、重液分離法(ポリタングステン酸ナトリウム、比重2.5)の順に物理・化学処理を行い、植物珪酸体を分離・濃集する。これをカバーガラス上に滴

第4章 自然科学分析

下・乾燥させる。乾燥後、プリユラックスで封入してプレパラートを作製する。400倍の光学顕微鏡下で全面を走査し、その間に出現するイネ科葉部(葉身と葉鞘)の葉部短細胞に由来した植物珪酸体(以下、短細胞珪酸体と呼ぶ)および葉身機動細胞に由来した植物珪酸体(以下、機動細胞珪酸体と呼ぶ)を、近藤(2010)の分類を参考に同定し、計数する。

分析の際には、分析試料の乾燥重量、プレパラート作成に用いた分析残渣量を正確に計量し、堆積物1gあたりの植物珪酸体含量(同定した数を堆積物1gあたりの個数に換算)を求める。

結果は、植物珪酸体含量の一覧表で示す。その際、100個/g未満は「<100」で表示する。各分類群の含量は10の位で丸め(100単位にする)、合計は各分類群の丸めない数字を合計した後に丸めている。また、各分類群の植物珪酸体含量を試料ごとに図示する。

(4) 微粒炭分析

試料10ccを正確に秤り取り、水酸化カリウムによる泥化、篩別、重液(臭化亜鉛, 比重2.3)による有機物の分離、フッ化水素酸による鋳物質の除去、アセトリシス(無水酢酸9, 濃硫酸1の混合液)処理による植物遺体中のセルロースの分解を行い、物理・化学的処理を施して有機物を濃集する。処理後の残渣を定容してから一部をとり、グリセリンで封入してプレパラートを作製し、400倍の光学顕微鏡下で20 μ m以上の微粒炭について計数する。同定基準は山野井(1996)、井上ほか(2002)等を参考にする。

結果は、分析土壤量(cc)、分析残渣量(ml)、プレパラート作成量(μ l)を測定し、試料1ccあたりの微粒炭量を求め結果表に示す。この際、有効数字を考慮し、10の位を四捨五入して100単位に丸め、100個体未満は「<100」で表示する。また、花粉化石やシダ類胞子など、他の微化石が検出された場合は併せて計数し、結果表に記す。花粉化石の同定については、当社保有の現生標本や島倉(1973)、中村(1980)等を参考にする。

3 結果

(1) 放射性炭素年代測定

放射性炭素年代測定結果および暦年較正結果を表20、第89図に示す。各土壤試料の同位体効果による補正を行った測定結果は、試料No.3が $6,290 \pm 30$ BP、試料No.6が $6,120 \pm 30$ BP、試料No.9が $6,920 \pm 30$ BP、試料No.11が $5,030 \pm 30$ BP、試料No.12が $3,770 \pm 30$ BP、試料No.13が $5,610 \pm 30$ BP、試料No.14が $6,730 \pm 30$ BP、試料No.15が $6,150 \pm 30$ BP、試料No.16が $6,110 \pm 30$ BP、試料No.17が $6,360 \pm 30$ BP、試料No.18が $6,910 \pm 30$ BP、試料No.19が $6,050 \pm 30$ BP、試料No.20が $6,370 \pm 30$ BP、試料No.21が $5,950 \pm 30$ BP、試料No.22が $5,290 \pm 30$ BPであった。

また、測定誤差を 2σ で計算した暦年較正結果(確率1)は、試料No.3がcal BC5,316-5,218、試料No.6がcal BC5,208-4,984、試料No.9がcal BC5,850-5,731、試料No.11がcal BC3,945-3,760、試料No.12がcal BC2,288-2,132、試料No.13がcal BC4,499-4,362、試料No.14がcal BC5,709-5,615、試料No.15がcal BC5,211-5,017、試料No.16がcal BC5,080-4,945、試料No.17がcal BC5,383-5,297、試料No.18がcal BC5,846-5,725、試料No.19がcal BC5,024-4,878、試料No.20がcal BC5,385-5,307、試料No.21がcal BC4,910-4,765、試料No.22がcal BC4,180-4,041である。

(2) テフラ分析

テフラ検出結果を表22に示す。スコリアおよび軽石は、いずれの試料からも検出されなかった。火

表21 放射性炭素年代測定結果

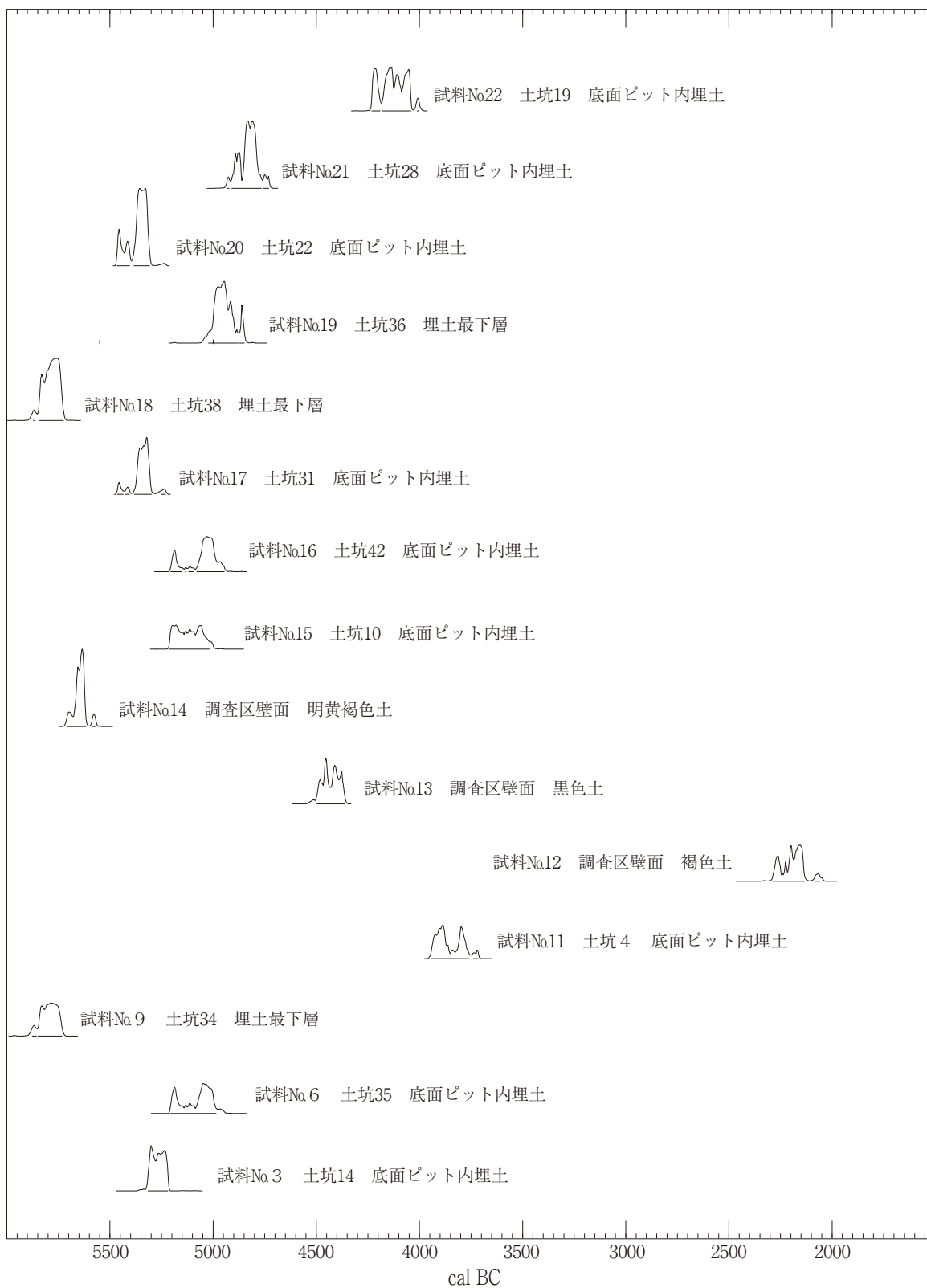
試料No. 遺構 層位	種類	処理 方法	測定年代 BP	$\delta^{13}C$ (‰)	補正年代 (暦年較正用) BP	暦年較正結果										Code No				
						誤差	cal BC/AD					cal BP					相対比			
試料No.3 土坑14 底面ピット内埋土	土壌	HCl	1,570 ± 20	-24.45 ± 0.39	6,290 ± 30 (6,290 ± 28)		σ	cal	BC	5,307	-	cal	BC	5,288	cal	BP		7,256	-	7,237
						cal		BC	5,270	-	cal	BC	5,226	cal	BP	7,219	-	7,175	0.674	
試料No.6 土坑35 底面ピット内埋土	土壌	HCl	1,570 ± 20	-27.08 ± 0.33	6,120 ± 30 (6,124 ± 29)	σ	cal	BC	5,203	-	cal	BC	5,173	cal	BP	7,152	-	7,122	0.250	IAAA- 123366
							cal	BC	5,072	-	cal	BC	4,997	cal	BP	7,021	-	6,946	0.750	
試料No.9 土坑34 埋土最下層	土壌	HCl	1,570 ± 20	-25.98 ± 0.33	6,920 ± 30 (6,920 ± 30)	σ	cal	BC	5,837	-	cal	BC	5,822	cal	BP	7,786	-	7,771	0.167	IAAA- 123367
							cal	BC	5,813	-	cal	BC	5,749	cal	BP	7,762	-	7,698	0.833	
試料No.11 土坑4 底面ピット内埋土	土壌	HCl	1,570 ± 20	-24.87 ± 0.47	5,030 ± 30 (5,030 ± 27)	σ	cal	BC	3,935	-	cal	BC	3,873	cal	BP	5,884	-	5,822	0.678	IAAA- 123368
							cal	BC	3,809	-	cal	BC	3,776	cal	BP	5,758	-	5,725	0.322	
試料No.12 調査地壁面 褐色土	土壌	HCl	1,570 ± 20	-28.17 ± 0.48	3,770 ± 30 (3,770 ± 28)	σ	cal	BC	2,208	-	cal	BC	2,140	cal	BP	4,157	-	4,089	0.837	IAAA- 123369
							cal	BC	2,288	-	cal	BC	2,132	cal	BP	4,237	-	4,081	0.952	
試料No.13 調査地壁面 黒色土	土壌	HCl	1,570 ± 20	-24.93 ± 0.26	5,610 ± 30 (5,612 ± 29)	σ	cal	BC	4,486	-	cal	BC	4,478	cal	BP	6,435	-	6,427	0.067	IAAA- 123370
							cal	BC	4,464	-	cal	BC	4,442	cal	BP	6,413	-	6,391	0.301	
試料No.14 調査地壁面 明黄褐色土	土壌	HCl	1,570 ± 20	-25.40 ± 0.44	6,730 ± 30 (6,728 ± 30)	σ	cal	BC	4,423	-	cal	BC	4,371	cal	BP	6,372	-	6,320	0.632	IAAA- 123371
							cal	BC	4,499	-	cal	BC	4,362	cal	BP	6,448	-	6,311	1.000	
試料No.15 土坑10 底面ピット内埋土	土壌	HCl	1,570 ± 20	-27.16 ± 0.34	6,150 ± 30 (6,153 ± 28)	σ	cal	BC	5,207	-	cal	BC	5,160	cal	BP	7,156	-	7,109	0.415	IAAA- 123372
							cal	BC	5,153	-	cal	BC	5,147	cal	BP	7,102	-	7,096	0.048	
試料No.16 土坑42 底面ピット内埋土	土壌	HCl	1,570 ± 20	-23.66 ± 0.33	6,110 ± 30 (6,111 ± 28)	σ	cal	BC	5,196	-	cal	BC	5,180	cal	BP	7,145	-	7,129	0.132	IAAA- 123373
							cal	BC	5,062	-	cal	BC	4,990	cal	BP	7,011	-	6,939	0.868	
試料No.17 土坑31 底面ピット内埋土	土壌	HCl	1,570 ± 20	-20.45 ± 0.33	6,360 ± 30 (6,357 ± 28)	σ	cal	BC	5,207	-	cal	BC	5,150	cal	BP	7,156	-	7,099	0.175	IAAA- 123374
							cal	BC	5,136	-	cal	BC	5,129	cal	BP	7,085	-	7,078	0.008	
試料No.18 土坑38 埋土最下層	土壌	HCl	1,570 ± 20	-22.19 ± 0.37	6,910 ± 30 (6,909 ± 29)	σ	cal	BC	5,120	-	cal	BC	5,094	cal	BP	7,069	-	7,043	0.197	IAAA- 123375
							cal	BC	5,080	-	cal	BC	5,048	cal	BP	7,029	-	6,997	0.276	
試料No.19 土坑36 埋土最下層	土壌	HCl	1,570 ± 20	-27.11 ± 0.33	6,050 ± 30 (6,047 ± 28)	σ	cal	BC	5,211	-	cal	BC	5,017	cal	BP	7,160	-	6,966	1.000	IAAA- 123376
							cal	BC	5,196	-	cal	BC	5,180	cal	BP	7,145	-	7,129	0.132	
試料No.20 土坑22 底面ピット内埋土	土壌	HCl	1,570 ± 20	-23.66 ± 0.33	6,110 ± 30 (6,111 ± 28)	σ	cal	BC	5,062	-	cal	BC	4,990	cal	BP	7,011	-	6,939	0.868	IAAA- 123377
							cal	BC	5,207	-	cal	BC	5,150	cal	BP	7,156	-	7,099	0.175	
試料No.21 土坑28 底面ピット内埋土	土壌	HCl	1,570 ± 20	-20.45 ± 0.33	6,360 ± 30 (6,357 ± 28)	σ	cal	BC	5,136	-	cal	BC	5,129	cal	BP	7,085	-	7,078	0.008	IAAA- 123378
							cal	BC	5,120	-	cal	BC	5,096	cal	BP	7,069	-	7,045	0.028	
試料No.22 土坑19 底面ピット内埋土	土壌	HCl	1,570 ± 20	-22.78 ± 0.41	6,370 ± 30 (6,374 ± 28)	σ	cal	BC	5,080	-	cal	BC	4,945	cal	BP	7,029	-	6,894	0.789	IAAA- 123379
							cal	BC	5,364	-	cal	BC	5,312	cal	BP	7,313	-	7,261	1.000	
試料No.22 土坑19 底面ピット内埋土	土壌	HCl	1,570 ± 20	-22.78 ± 0.41	6,370 ± 30 (6,374 ± 28)	σ	cal	BC	5,466	-	cal	BC	5,435	cal	BP	7,415	-	7,384	0.064	IAAA- 123379
							cal	BC	5,427	-	cal	BC	5,405	cal	BP	7,376	-	7,354	0.037	
試料No.21 土坑28 底面ピット内埋土	土壌	HCl	1,570 ± 20	-33.05 ± 0.40	5,950 ± 30 (5,951 ± 29)	σ	cal	BC	5,383	-	cal	BC	5,297	cal	BP	7,332	-	7,246	0.872	IAAA- 123378
							cal	BC	5,251	-	cal	BC	5,230	cal	BP	7,200	-	7,179	0.028	
試料No.21 土坑28 底面ピット内埋土	土壌	HCl	1,570 ± 20	-33.05 ± 0.40	5,950 ± 30 (5,951 ± 29)	σ	cal	BC	5,832	-	cal	BC	5,829	cal	BP	7,781	-	7,778	0.033	IAAA- 123375
							cal	BC	5,809	-	cal	BC	5,739	cal	BP	7,758	-	7,688	0.967	
試料No.19 土坑36 埋土最下層	土壌	HCl	1,570 ± 20	-27.11 ± 0.33	6,050 ± 30 (6,047 ± 28)	σ	cal	BC	5,872	-	cal	BC	5,863	cal	BP	7,821	-	7,812	0.015	IAAA- 123376
							cal	BC	5,846	-	cal	BC	5,725	cal	BP	7,795	-	7,674	0.985	
試料No.20 土坑22 底面ピット内埋土	土壌	HCl	1,570 ± 20	-22.78 ± 0.41	6,370 ± 30 (6,374 ± 28)	σ	cal	BC	4,996	-	cal	BC	4,930	cal	BP	6,945	-	6,879	0.852	IAAA- 123377
							cal	BC	4,924	-	cal	BC	4,910	cal	BP	6,873	-	6,859	0.130	
試料No.20 土坑22 底面ピット内埋土	土壌	HCl	1,570 ± 20	-22.78 ± 0.41	6,370 ± 30 (6,374 ± 28)	σ	cal	BC	4,862	-	cal	BC	4,859	cal	BP	6,811	-	6,808	0.017	IAAA- 123377
							cal	BC	5,024	-	cal	BC	4,878	cal	BP	6,973	-	6,827	0.911	
試料No.21 土坑28 底面ピット内埋土	土壌	HCl	1,570 ± 20	-33.05 ± 0.40	5,950 ± 30 (5,951 ± 29)	σ	cal	BC	4,873	-	cal	BC	4,848	cal	BP	6,822	-	6,797	0.089	IAAA- 123378
							cal	BC	4,857	-	cal	BC	5,455	cal	BP	7,406	-	7,404	0.017	
試料No.20 土坑22 底面ピット内埋土	土壌	HCl	1,570 ± 20	-22.78 ± 0.41	6,370 ± 30 (6,374 ± 28)	σ	cal	BC	5,374	-	cal	BC	5,315	cal	BP	7,323	-	7,264	0.983	IAAA- 123377
							cal	BC	5,466	-	cal	BC	5,404	cal	BP	7,415	-	7,353	0.228	
試料No.21 土坑28 底面ピット内埋土	土壌	HCl	1,570 ± 20	-33.05 ± 0.40	5,950 ± 30 (5,951 ± 29)	σ	cal	BC	5,385	-	cal	BC	5,307	cal	BP	7,334	-	7,256	0.772	IAAA- 123378
							cal	BC	4,893	-	cal	BC	4,889	cal	BP	6,842	-	6,838	0.024	
試料No.21 土坑28 底面ピット内埋土	土壌	HCl	1,570 ± 20	-33.05 ± 0.40	5,950 ± 30 (5,951 ± 29)	σ	cal	BC	4,883	-	cal	BC	4,869	cal	BP	6,832	-	6,818	0.109	IAAA- 123378
							cal	BC	4,849	-	cal	BC	4,788	cal	BP	6,798	-	6,737	0.867	
試料No.22 土坑19 底面ピット内埋土	土壌	HCl	1,570 ± 20	-22.39 ± 0.36	5,290 ± 30 (5,288 ± 26)	σ	cal	BC	4,931	-	cal	BC	4,921	cal	BP	6,880	-	6,870	0.018	IAAA- 123379
							cal	BC	4,910	-	cal	BC	4,765	cal	BP	6,859	-	6,714	0.934	
試料No.22 土坑19 底面ピット内埋土	土壌	HCl	1,570 ± 20	-22.39 ± 0.36	5,290 ± 30 (5,288 ± 26)	σ	cal	BC	4,757	-	cal	BC	4,729	cal	BP	6,706	-	6,678	0.049	IAAA- 123379
							cal	BC	4,227	-	cal	BC	4,203	cal	BP	6,176	-	6,152	0.225	
試料No.22 土坑19 底面ピット内埋土	土壌	HCl	1,570 ± 20	-22.39 ± 0.36	5,290 ± 30 (5,288 ± 26)	σ	cal	BC	4,167	-	cal	BC	4,128	cal	BP	6,116	-	6,077	0.357	IAAA- 123379
							cal	BC	4,116	-	cal	BC	4,098	cal	BP	6,065	-	6,047	0.149	
試料No.22 土坑19 底面ピット内埋土	土壌	HCl	1,570 ± 20	-22.39 ± 0.36	5,290 ± 30 (5,288 ± 26)	σ	cal	BC	4,075	-	cal	BC	4,046	cal	BP	6,024	-	5,995	0.268	IAAA- 123379
							cal	BC	4,232	-	cal	BC	4,190	cal	BP	6,181	-	6,139	0.218	
試料No.22 土坑19 底面ピット内埋土	土壌	HCl	1,570 ± 20	-22.39 ± 0.36	5,290 ± 30 (5,288 ± 26)	σ	cal	BC	4,180	-	cal	BC	4,041	cal	BP	6,129	-	5,990	0.760	IAAA- 123379
							cal	BC	4,013	-	cal	BC	4,002	cal	BP	5,962	-	5,951	0.022	

1) 処理方法のHClは、酸処理を示す。

2) 年代値の算出には、Libbyの半減期5568年を使用した。また、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%が入る範囲)を年代値に換算した値。

4) 暦年の計算には、RADIOCARBON CALIBRATION PROGRAM CALIB REV6.0(Copyright 1986-2010 M Stuiver and PJ Reimer)を使用した。



第89図 暦年較正結果(確率分布： 2σ)

山ガラスは、土坑14の試料No.1、試料No.2および土坑4の試料No.10、調査地壁面の試料No.13の各試料から少量検出され、土坑35の試料No.4、試料No.5、土坑34の試料No.7、試料No.8の各試料からは微量検出された。火山ガラスは、全試料において無色透明のバブル型と褐色を帯びたバブル型とが混在する。それらの中で、土坑14の試料No.2と調査地壁面の試料No.13には無色透明の軽石型も微量認められた。

重軽鉱物分析の結果を表23、第90図に示す。重鉱物組成は、9点全点において角閃石が最も多く、50～70%程度を占める。次いで斜方輝石または不透明鉱物が多く含まれ、さらに少量の酸化角閃石が含まれる。斜方輝石と不透明鉱物とは、互いにほぼ同量であるが、土坑35の試料No.5と土坑4の試料No.10では不透明鉱物の方がやや多く、調査地壁面の試料No.13と試料No.14では斜方輝石の方がやや多い。また、調査地壁面の2点の試料は、斜方輝石の量比自体も比較的多く、土坑14の試料No.1の斜方輝石もそれらと同量程度に多い。

軽鉱物組成は、9点全点において長石が最も多く、50～70%程度を占める。火山ガラスと石英の量比は、試料によって異なり、5～20%程度の範囲にある。火山ガラスと石英の量比を比べると、土坑14試料No.1、試料No.2および調査地壁面試料No.13、試料No.14の各試料では火山ガラスの方が多く、こ

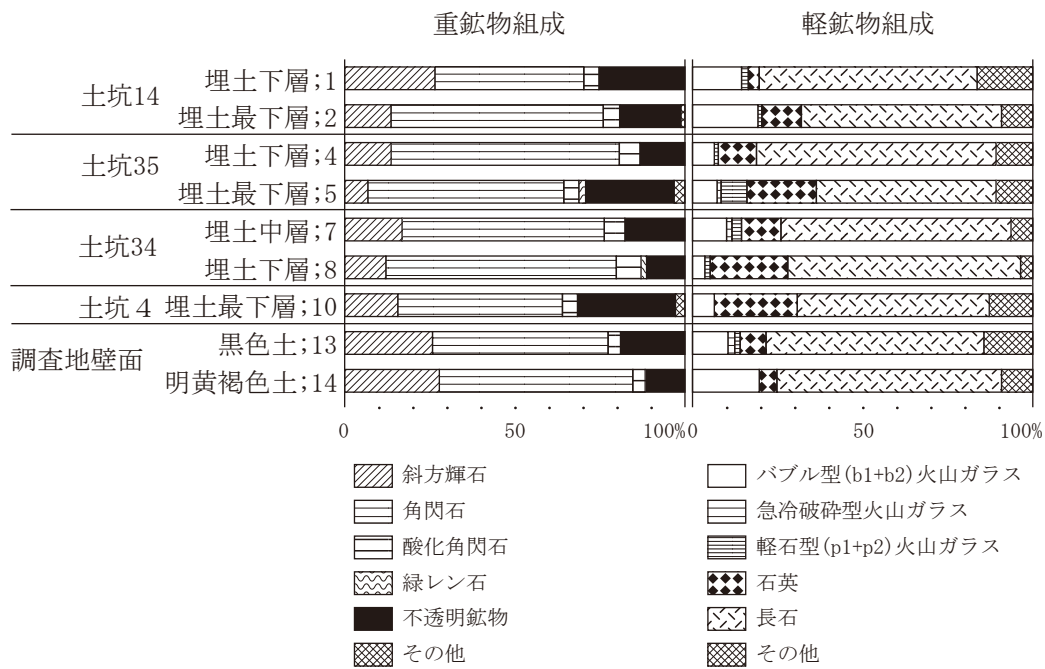
表22 テフラ検出結果

試料No	遺構名等	層位	スコリア	火山ガラス		軽石	由来するテフラ
			量	量	色調・形態	量	
1	土坑14 (落とし穴)	埋土下層(黒褐色土)	-	++	cl·bw,br·bw	-	K-Ah,AT
2		埋土最下層(暗褐色土)	-	++	cl·bw>br·bw>cl·pm	-	K-Ah,AT
4	土坑35 (落とし穴)	埋土下層(黒色土)	-	+	cl·bw,br·bw	-	K-Ah,AT
5		埋土最下層(明黄褐色土・暗褐色土)	-	+	cl·bw,br·bw	-	K-Ah,AT
7	土坑34 (落とし穴)	埋土中層(黒色土)	-	+	cl·bw,br·bw	-	K-Ah,AT
8		埋土下層(暗褐色土・黒褐色土)	-	+	cl·bw,br·bw	-	K-Ah,AT
10	土坑4 (落とし穴)	埋土最下層(にぶい黄褐色土)	-	++	cl·bw>br·bw	-	K-Ah,AT
13	調査地壁面	黒色土	-	++	cl·bw>br·bw>cl·pm	-	K-Ah,AT

凡例 -:含まれない, (+):きわめて微量, +:微量, ++:少量, +++:中量, ++++:多量.
 cl:無色透明, br:褐色, bw:バブル型, md:中間型, pm:軽石型.
 K-Ah:鬼界アカホヤテフラ, AT:始良Tnテフラ

表23 重軽鉱物分析結果

試料No	遺構名等	層位	斜方輝石	単斜輝石	角閃石	酸化角閃石	カミントン閃石	緑閃石	ジルコン	不透明鉱物	その他	合計	バブル型平板状(b1)	バブル型Y字状(b2)	急冷破砕型	軽石型繊維状(p1)	軽石型スポンジ状(p2)	石英	長石	その他	合計
1	土坑14(落とし穴)	埋土下層(黒褐色土)	66	0	109	11	0	0	0	63	1	250	19	17	1	0	5	8	160	40	250
2		埋土最下層(暗褐色土)	34	0	156	12	0	1	1	45	1	250	25	23	1	0	3	29	147	22	250
4	土坑35(落とし穴)	埋土下層(黒色土)	34	0	167	15	0	0	0	33	1	250	7	9	2	0	3	28	176	25	250
5		埋土最下層(明黄褐色土・暗褐色土)	17	0	144	11	1	5	1	65	6	250	11	7	3	0	19	51	132	27	250
7	土坑34(落とし穴)	埋土中層(黒色土)	42	0	148	15	0	1	0	44	0	250	13	12	4	0	7	29	169	16	250
8		埋土下層(暗褐色土・黒褐色土)	30	1	168	18	1	4	0	28	0	250	5	4	1	0	4	57	171	8	250
10	土坑4(落とし穴)	埋土最下層(にぶい黄褐色土)	39	0	121	11	2	2	72	1	250	10	6	2	0	2	61	141	28	250	
13	調査地壁面	黒色土	64	2	128	9	0	0	47	0	250	12	14	5	1	3	19	160	36	250	
14		明黄褐色土	69	0	141	9	0	2	0	29	0	250	15	34	2	1	0	13	165	20	250



第90図 重鉱物組成

れら以外の試料では、火山ガラスよりも石英の方が多い。火山ガラスの形態組成をみると、いずれの試料においてもバブル型火山ガラスが多く、急冷破砕型や軽石型は少ない。バブル型の中における平板状とY字状の量比は、ほぼ同量程度である。また、軽石型の中では、スポンジ状の方が多い傾向が窺える。

(3) 植物珪酸体分析

結果を表24、図91に示す。各試料からは植物珪酸体が検出されるものの、概して保存状態が悪く、表面に多数の小孔(溶食痕)を有するものが多く認められる。

土坑の埋土では、植物珪酸体含量が埋土中層や埋土下層よりも埋土最下層で少ない傾向が見られる。すなわち、土坑14では試料No.1が約16,500個/gに対して試料No.2が約5,000個/g、土坑35では試料No.4が約44,900個/gに対して試料No.5が約7,300個/g、土坑34では試料No.7が約48,700個/gに対して試料No.8が約9,700個/gである。土坑4埋土最下層の試料No.10では約11,100個/gであり、土坑34の試料No.8に近い含量である。いずれの試料も検出される分類群の数は少なく、クマザサ属を含むタケ亜科と分類群を明確にできない不明が見られる。

調査地壁面の黒色土より採取された試料No.13の植物珪酸体含量は、約27,600個/gである。植物珪酸体の産状は土坑の埋土と同様であり、クマザサ属を含むタケ亜科や不明が見られる。

(4) 微粒炭分析

結果を表25に示す。堆積物1ccあたりの微粒炭数は、試料No.1が約35,600個、試料No.2が約10,200個、試料No.4が約66,900個、試料No.5が約14,200個、試料No.7が約104,400個、試料No.8が約8,500個、試料No.10が約500個、試料No.13が約50,200個で、試料No.7が最も多く、試料No.10で最も少ない。検出される微粒炭は、ほとんどが不明微粒炭であるが、試料No.2、試料No.7、試料No.8で分野壁孔などの木材組織を有するものがわずかに確認された。同じ遺構内で比較すると、いずれも上位の層の方が微粒炭数が多い傾向にある。

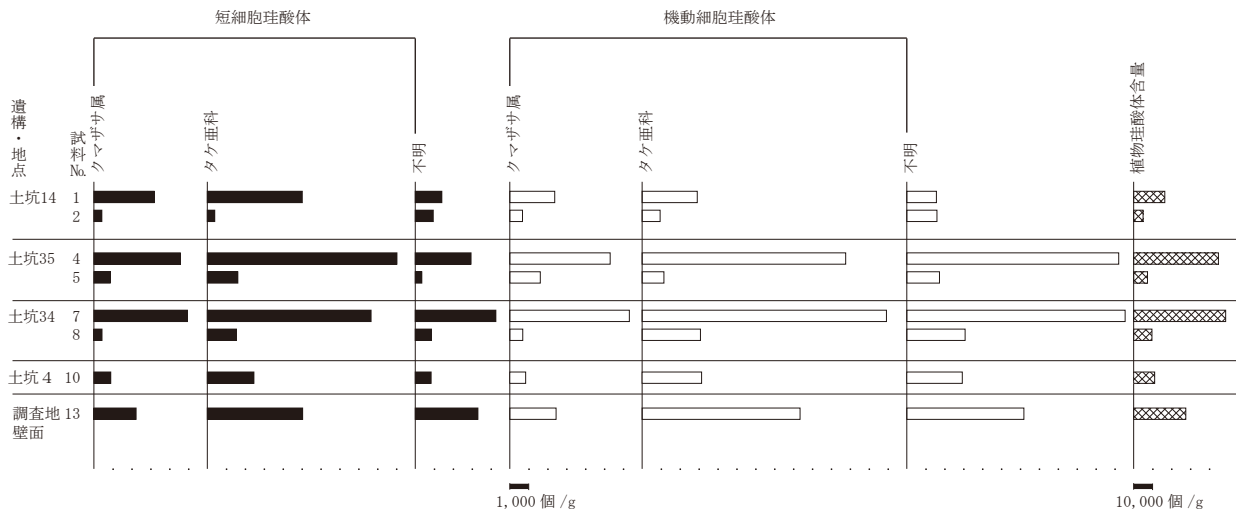
表24 植物珪酸体含量

(個/g)

分類群	土坑14		土坑35		土坑34		土坑4	調査地壁面
	埋土下層	埋土最下層	埋土下層	埋土最下層	埋土中層	埋土下層	埋土最下層	黒色土
	1	2	4	5	7	8	10	13
イネ科葉部短細胞珪酸体								
クマザサ属	3,200	400	4,600	900	4,900	400	900	2,200
タケ亜科	5,000	400	10,000	1,600	8,700	1,500	2,500	5,000
不明	1,400	1,000	2,900	300	4,300	900	800	3,300
イネ科葉身機動細胞珪酸体								
クマザサ属	2,400	700	5,300	1,600	6,300	700	800	2,400
タケ亜科	2,900	1,000	10,800	1,200	12,900	3,100	3,100	8,400
不明	1,600	1,600	11,200	1,700	11,500	3,100	2,900	6,200
合計								
イネ科葉部短細胞珪酸体	9,600	1,800	17,600	2,800	17,900	2,800	4,200	10,600
イネ科葉身機動細胞珪酸体	6,900	3,200	27,300	4,500	30,800	6,900	6,900	17,000
植物珪酸体含量	16,500	5,000	44,900	7,300	48,700	9,700	11,100	27,600

含量は、10の位で丸めている(100単位にする)

合計は各分類群の丸めない数字を合計した後に丸めている



第91図 植物珪酸体含量(乾土1gあたりの個数で示す)

花粉・孢子数についてみると、遺構埋土はいずれも少なく、堆積物1ccあたり100個体未満～約200個程度である。これに対し、調査地壁面の試料No.13ではやや多いものの、それでも約500個/cc程度である。検出された花粉化石は、木本花粉ではツガ属、マツ属、スギ属、クマシデ属ーアサダ属、コナラ属アカガシ亜属が、草本花粉ではイネ科、カヤツリグサ科、アリノトウグサ属、キク亜科などである。

4 考察

(1) 土坑の年代

落とし穴12基の底面ピット内埋土あるいは埋土最下層の土壌を対象として実施した年代測定の結果は、補正年代で5,900～6,400BP、校正した暦年代ではcalBC4,500～5,500に8基が集中する。この年代は、小林編(2008)の編年表に示された年代観では縄文時代前期の年代に相当する。一方、土坑4と土坑19は、それよりも新しい年代、土坑34と土坑38は、それよりも古い年代を示す。ただし、これらもほぼ縄文時代前期の範囲内に収まる年代である。

表25 微粒炭分析結果

	SK9		SK22		SK23		SK30	調査地壁面
	埋土下層	埋土最下層	埋土下層	埋土最下層	埋土中層	埋土下層	埋土最下層	黒色土
	1	2	4	5	7	8	10	13
微粒炭数(個/cc)	35600	10200	66900	14200	104400	8500	500	50200
花粉・胞子数(個/cc)	200	<100	200	<100	100	<100	<100	500
検出された花粉・胞子								
木本花粉								
ツガ属	-	-	-	1	-	-	-	-
マツ属	2	-	-	-	-	-	-	7
スギ属	1	-	-	-	-	-	-	-
クマシデ属-アサダ属	-	-	3	1	-	-	-	1
コナラ属アカガシ亜属	-	-	-	-	-	-	-	1
草本花粉								
イネ科	-	-	-	-	-	-	-	2
カヤツリグサ科	1	-	-	-	-	-	-	-
アリノトウグサ属	-	-	-	-	-	-	-	1
キク亜科	-	-	1	-	-	-	-	-
不明花粉								
不明花粉	-	-	1	1	-	-	-	1
シダ類胞子								
シダ類胞子	5	5	8	12	4	3	18	18
合計								
木本花粉	3	0	3	2	0	0	0	9
草本花粉	1	0	1	0	0	0	0	3
不明花粉	0	0	1	1	0	0	0	1
シダ類胞子	5	5	8	12	4	3	18	18
合計(不明を除く)	9	5	12	14	4	3	18	30

1) 微粒炭数、花粉・胞子数については、10の位を四捨五入して100単位に丸めている。
 2) <100: 100個体未満。

ここで、土坑の埋土下層や最下層が示す放射性炭素年代について考えてみたい。土壤の表層は、落ち葉など常に新鮮な有機物が供給されるから、その放射性炭素年代は0に近いが、深度が増すごとに新しい有機物の影響は減少し、したがって深度の深い土壤ほど古い有機物に由来する古い年代を示すことになる。このことは、今回の分析でも、調査地壁面の試料No.12、13、14の3点間の年代関係に示されている。ただし、その年代は、必ずしもその層位が形成された年代を示すものではない。土壤形成後も上位からの新しい有機物の影響を常に受けているからである。しかし、テフラの降下堆積という特殊な環境においては、新しい有機物の供給が瞬間的に遮断された表層土壤は、テフラによる埋没時を起点とした放射性炭素年代が測定される。すなわち、テフラ層直下の埋没土壤の放射性炭素年代は、テフラの降下年代にほぼ等しいと考えられている(奥野ほか,1999)。今回の土坑の埋土は、テフラによって覆われているわけではないが、当時の周辺の表土が短時間で埋没したものである可能性がある。その場合、埋土の下層や最下層は、土坑内に堆積してから比較的短期間のうちに新鮮な有機物の供給が絶たれた状況が生じることが想定されるから、それらが示す放射性炭素年代は、土坑の埋没開始時前後の年代を示している可能性があると考えられる。集中する年代範囲が認められたことも、各土坑の埋没開始の年代が同じ頃であった可能性のあることを示しているのかも知れない。

後述するように、土坑埋土中のテフラの産状を考慮すれば、土坑の構築年代は、K-Ahの降灰より後の可能性があると考えられる。埋土から示された年代は、そのこととも整合的である。

(2) 土坑埋土について

テフラ検出によって各試料に確認された火山ガラスは、無色透明のバブル型と褐色を帯びたバブル型であった。これらのうち、無色透明のバブル型には、やや厚手のものが多く、かつ表面が若干ざら

ついた質感のものが多く認められた。これに対して、褐色を帯びたバブル型は、比較的薄手のものが多く、表面も滑らかな質感を呈している。埋土の中には黒ボク土に由来するものがあり、調査地壁面の黒色土すなわち黒ボク土からも同様の火山ガラスが検出されている。このことと西坪中中畝遺跡の位置する大山北西麓のテフラの産状(例えば町田・新井(2003)など)を考慮すれば、上述した2種類の火山ガラスのうち、褐色を帯びたバブル型は、鬼界アカホヤ火山灰(K-Ah:町田・新井,1978)に由来する可能性が高いと考えられる。一方、無色透明で厚手のバブル型は、発掘調査所見によりローム層中に堆積層が確認されている始良Tn火山灰(AT:町田・新井,1976)に由来する可能性が高い。

重鉱物組成では、角閃石の多い組成が示されたが、この角閃石の由来としては、大山火山の噴出物が第一に考えられる。角閃石が高温を受けて酸化した酸化角閃石の由来も大山火山の噴出物と考えることができる。遺跡の位置する斜面を構成している火砕流堆積物も大山火山の噴出物であるから、おそらく角閃石が多量に含まれていると考えられ、したがって斜面表層に形成された土壌すなわちロームや黒ボク土の母材の重鉱物組成は角閃石が主体を占めると言える。角閃石に次いで多い斜方輝石については、大山火山の噴出物中にも含まれている。しかし、今回の分析結果で注目されることとして、第90図をみると重鉱物組成における斜方輝石の量比と軽鉱物組成におけるバブル型火山ガラスの量比とが正の相関を示していることが指摘できる。これは、斜方輝石がバブル型火山ガラスからなるテフラに由来することを示唆している。上述したように各試料中に含まれるバブル型火山ガラスは、K-AhとATが混在している。いずれのテフラも、その主要な斑晶鉱物は斜方輝石である。したがって、重鉱物組成の中の斜方輝石は、大山火山とK-AhおよびATの3者に由来するものが混在している可能性が高い。

軽鉱物組成の火山ガラスの由来は上述したとおりである。急冷破碎型や軽石型もK-AhやATに由来するものであろう。軽鉱物組成の主体を占める長石は斜長石であり、これの由来のほとんどは大山火山の噴出物であると考えられる。ただし、斜方輝石の中にK-AhやATに由来するものが含まれていることを考慮すれば、長石の中にもそれらのテフラに由来するものが含まれている可能性がある。石英の由来については、大山火山の噴出物にはほとんど含まれないが、近傍の三瓶火山の噴出物には比較的多く含まれている。また、石英は風化変質に対して強い性質から、新第三紀やそれ以前の地質を構成する基盤岩に由来するものも含まれていると考えられる。

重鉱物と軽鉱物の由来を考慮すると、黒ボク土の外観を呈する埋土にもロームが混在しており、ロームの外観を呈する埋土にも黒ボク土が混在していることがわかる。おそらく土坑の埋積は、土坑周囲の表層の黒ボク土が、降雨などによる一時的な流水や乾燥時の崩落などにより土坑内に流れ込むとともに、土坑の壁を構成しているローム層も崩落して土坑内に堆積することによって進行していったと考えられる。また、土坑の基底直上の埋土最下層からもK-Ahが検出されていることから、土坑が開口してすぐに流れ込んだ土壌の中には既にK-Ahが含まれていたと考えられる。すなわち、土坑の構築はK-Ahの降灰した後であった可能性が高い。K-Ahの噴出年代については、暦年で7,300年前とされている(町田・新井,2003)から、土坑の構築年代は、縄文時代でも、それよりも以降の年代である可能性が高いと考えられる。

(3)古植生について

土坑の埋土や調査壁面の黒色土での植物珪酸体の産状を考慮すれば、土坑が構築された頃には、クマザサ属を含むタケ亜科などイネ科植物が生育していたことがうかがえる。クマザサ属は林床に生育

第4章 自然科学分析

する種類が多く、特に日本海側の多雪地帯で多い傾向にある。遺跡の後背には大山など積雪の多い山地があることを考慮すれば、クマザサ属は山麓の林床などに分布していたと考えられる。また、微粒炭分析で認められた花粉化石から、周辺にツガ属、マツ属、スギ属、クマシデ属-アサダ属、コナラ属アカガシ亜属などの木本類、イネ科、カヤツリグサ科、アリノトウグサ属、キク亜科などの草本類の生育が窺える。

落とし穴とされた土坑の埋土の分析により周辺の植生を調査した例として、箱根山西麓に位置する静岡県三島市の下原遺跡や加茂ノ洞B遺跡で検出された旧石器時代の陥穴状土坑の調査例がある(植木ほか,1996)。それによれば、土坑が構築された場所にはタケ亜科やススキ属などイネ科植物が生育し、土坑の開口部が覆われて存在が見つけ難い状態に可能性が指摘されている。今回調査した土坑も、クマザサ属など草本類の群落が地表面を覆うような場所を選び、落とし穴の開口部が判り難くなるように構築された可能性が考えられる。

微粒炭分析では、土坑埋土の中でも黒色土や黒褐色土に多く含まれ、さらに調査地壁面の黒色土にも多く含まれることが確認された。土壌中に含まれる微粒炭は、人間活動と密接に関係していることが知られており、その変化は人為活動の変化を反映している場合が多く認められる(例えば安田,1987;山野井,1996;井上ほか,2002)。今回の分析結果は、いわゆる黒ボク土に相当する土壌試料により多くの微粒炭が含まれていることを示している。黒ボク土中には微粒炭が多量に含まれていることが知られており(山野井,1996;井上ほか,2002)、黒ボク土の成因の一つとして、火入れによるイネ科草本類を主とする草原の維持が推定されている事例もある(松井・近藤,1992)。ただし、今回の分析では、小椋(2007,2008)で述べられているイネ科葉部に由来する形態を示す微粒炭は、確認されなかった。

上述した落とし穴周囲の植生の推定や周辺における人間活動の影響などは、今後さらに当該期の同様な土坑埋土と周辺の土壌を対象とした自然科学分析例を増やして検討することが望まれる。

【引用文献】

- 荒川 宏,1984,大山火山北西部における火山麓扇状地の形成.地理学評論,57,831-855.
井上 淳・吉川周作・千々和一豊,2002,琵琶湖周辺域に分布する黒ボク土中の黒色木片について.日本第四紀学会講演要旨集,32,74-75.
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.
近藤錬三,2010,プラント・オーバー図譜.北海道大学出版会,387p.
町田 洋・新井房夫,1976,広域に分布する火山灰-始良Tn火山灰の発見とその意義-.科学,46,339-347.
町田 洋・新井房夫,1978,南九州鬼界カルデラから噴出した広域テフラ-アカホヤ火山灰.第四紀研究,17,143-163.
町田 洋・新井房夫,2003,新編 火山灰アトラス.東京大学出版会,336p.
松井 健・近藤鳴雄,1992,土の地理学-世界の土・日本の土-.朝倉書店,122p.
中村 純,1980,日本産花粉の標徴 I II (図版).大阪市立自然史博物館収蔵資料目録 第12,13集,91p.
小椋純一,2007,微粒炭の母材植物特定に関する研究.植生史研究,15,85-96.
小椋純一,2008,釧路湿原北東陸地部における微粒炭分析.日本植生史学会第23回大会講演要旨集,46-47
奥野 充・吉本充宏・荒井健一・中村俊夫・宇井忠英・和田恵治,1999,北海道駒ヶ岳火山,Ko-fテフラの加速器¹⁴C年代.地質学雑誌,105,364-369.
島倉巳三郎,1973,日本植物の花粉形態.大阪市立自然科学博物館収蔵目録 第5集,60p.
植木真吾・馬場健司・中根秀二,1996,陥穴状土坑をとりまいた古環境.静岡県埋蔵文化財調査研究所調査報告第72集「下原遺跡II」,静岡県埋蔵文化財調査研究所,62-86.
山野井 徹,1996,黒土の成因に関する地質学的検討.地質学雑誌,102,526-544.
安田喜憲,1987,文明は緑を食べる.読売新聞社,227p.

第2節 落とし穴遺構における堆積構造の検討

1 はじめに

西坪中中畝遺跡は、大山火山北西麓斜面に位置する。遺跡の特徴としては、調査地域(6,680㎡)から43基という高い頻度で土坑が検出されたことにある。これらの土坑は、形状および構造から落とし穴遺構であることが確認され(第3章第2節)、また遺構底部から放射性炭素年代が得られた(第4章第1節)ことにより、縄文時代の狩猟場であることが明らかとなってきた。

これら落とし穴遺構群は、形状および構造から10グループの類型群が設定され、その分布と変遷についても検討が加えられており(第5章第1節)、大山山麓の落とし穴による狩猟場の構造を検討する良いモデルケースと成り得る。このような状況の中で、非常に興味深いことに、1基を除き全ての落とし穴遺構が、クロボク土で埋積されている点が挙げられる。遺構周辺の基本的な層序は第3章第1節に記載される通りであるが、遺構を埋積するクロボク土に相当する土壌は、調査区の微凹地(谷部)でわずかに堆積が認められるのみで、遺構の検出された周辺には全く堆積していない。すなわち、このクロボク土が遺構を埋積する過程が、単純に自然堆積によるものかどうか慎重な検討が必要となっている。このことは重要な問題を含んでいる。なぜならば、クロボク土の堆積が自然堆積によるものではないとすると、人間活動そのものを示す可能性が極めて高いことになり、引いては遺構底部で測定された放射性炭素の起源に関わってくるからである。本項では、この落とし穴遺構を埋積する土壌について、堆積構造を検討した結果について、他の自然科学分析の成果も踏まえ検討をくわえた。

2 問題点の整理

落とし穴遺構を埋積する堆積物について、周辺堆積物と比較しながら堆積過程、堆積構造の詳細を検討する研究事例はこれまでに殆ど無い。そこでこの課題を検討する上で、どのようなことが問題となっているのか整理をおこなった。

まず根本的な問題として、遺構埋土である黒土がどのような性質を持った土壌であるか確認する必要がある。土層観察では「クロボク土」と認識したが、そもそもこの黒色土がクロボク土としての性質を持ったものかどうか検証する必要がある。ここで少し長くなるが、クロボク土あるいは遺構の支持層となっているローム質土の特性を定義する必要がある。クロボク土は、土壌学的には主に火山灰(ただし一部非火山性のものもある)を母材とし、その中に非晶質アルミニウム珪酸塩であるアロフェンおよび低(準)結晶性アルミニウム珪酸塩であるイモゴライトといった粘土鉱物や鉄などが含まれ、それらに腐植や植物遺体(黒色破片)が集積して構成されていると一般に解釈されている。また分布について考えると、本州全体を広域に覆う成帯性土壌は「褐色森林土」とされるのに対し、クロボク土は褐色森林土の分布域に局所的に分布する間帯性土壌として捉えることが出来る。地質学的にクロボク土と褐色森林土の関係を考えると、両者は共に第四系の最上位層の一端を構成しており、表土としての褐色森林土は場所により堆積層厚は様々であるが、特に厚く発達した場合これをローム層ないしはローム質層と一般に呼び習わされてきた。このローム質層は火山灰の風化した地層と考えられてきたが、本質的には風成層という形成条件に依拠するのみで、火山活動は必要条件ではないことが明らかになっている(山野井、1996)。これらに基づき、もう少しローム質層を詳細に定義するならば、褐色森林土の成熟したモノと岩質的に同質であるローム質層は、現在進行形の土壌である褐色森林土の

化石土壌(堆積層)に相当するといえる。この結果、日本における陸成表層堆積物は、一般土壌として褐色森林土が形成された後、それが時間の経過と共にローム質層に変質していくという過程が典型的と捉えることが出来る。すなわち褐色森林土は、現在の土壌表層(A層)のようにかつては地表にあり植生に覆われていたはずであり、多くの植物遺体の堆積と分解が繰り返されながら、また無機的な鉱物も堆積することにより土壌として機能しつつ累積していったと考えられる。さらに、深度を深める中で植物遺体や腐植の分解が進み、やがて有機物を殆ど含まないローム質土(層)が形成されていったと捉えられる。一方で、クロボク土を間帯性土壌とするならば、この褐色森林土に局所的な条件が加わって形成された土壌であると考えることが出来る。地質学的には、クロボク土は基盤(新第三系や更新統)の上に直接のらず、その下には必ずローム質土があり、そのローム質土がクロボク土に漸移するという層序関係が認められる(山野井、1996)。さらにクロボク土への漸移は約8千年から千年前の間に、場所によって異なる時期に起こっている(山野井、2000)とされる。大山東地域における大山火山灰層の模式層序では、本調査区でも確認された始良Tn火山灰(AT)層の上位には下のホーキ(Sh)、オドリ火砕流、上のホーキ(Uh)、弥山軽石(MsP)が堆積し、その上にローム質層(風化火山灰層)、クロボク土層が堆積するとされる(岡田・谷本)。本遺跡のクロボク土の堆積がみられる北側壁面などでは、クロボク土(黒土)の下にはローム質土(明黄褐色土)が堆積し、いわゆる大山上部火山灰はみられず直接的に始良Tn火山灰を覆っていた。放射性炭素年代の値については、遺構埋土との関係も含めて後述する。このような定義と概念に基づいて、特に遺構埋土の土性を検討する必要がある。

次に、調査地域全体の堆積システムについてである。これは既に述べた通り、遺構周辺にみられないクロボク土がどのようにして遺構を埋積したのかということを検討する必要がある。人為の関与しない、あるいは関与する堆積システムとして遺構を埋積する過程を検討し、仮説を立てておく必要がある。

最後に遺構埋土の堆積構造の観察と、堆積過程の検討である。遺構埋土の堆積構造については、第3章第2節の土層断面の分層および層相記載で提示されている通り、目視レベルでも遺構によって様々な構造を示している。このことは単純に、遺構ごとに異なる堆積システムによって埋積が進んだことを示している。またやや複雑な分層線が設定された埋土に至っては、いわゆる自然堆積のシステムでは説明できないことは明瞭である。一方でこの分層の設定は、発掘調査担当者の目視による設定であるため、遺構ごとに分層基準にややばらつきが生じることは否めない。そこで土層観察結果を踏まえつつ、より詳細な堆積構造の観察をおこない、そこから得られた知見から堆積過程を検討する必要がある。

3 試料と方法

前項で整理した問題に沿って、それらを検討するための試料と方法を設定した。問題の一部については筆者が分析を行うのではなく、問題を提起した上で業者に分析を委託した。まず、最初の問題である遺構埋土の性質については、土層観察で認識された遺構を構成するのは「クロボク土」あるいは「ローム質土」という観点から、遺構埋土が漠然とどのような土性を持つものであるかではなく、「クロボク土であるかどうか」という視点を分析の主軸にした。分析項目としては、微粒炭分析、植物珪酸体分析さらにテフラ分析を加え、クロボク土もしくはローム質土、火山灰土としての評価をお

こなつた。また遺構の底部や、調査地北側壁面にみられるローム質層、下部クロボク土(黒色土)層、上部クロボク土(褐色土)層において放射性炭素年代を測定し、遺構の埋土と周辺堆積層が内包する年代を比較し、各遺構の埋積開始時期を検討した。これらの分析については業者に委託し、その成果については第4章第1節に掲載しているのので、参照されたい。またその分析結果から検討される成果については、本節で後述する。次に調査地域全体の堆積システムについてであるが、これは概念的に検討する部分が多いため、3つめの問題の成果も踏まえ論じる。この3つめの問題である、遺構埋土の堆積構造の観察と堆積過程の検討が、本節で報告する内容となる。発掘調査時におこなう土層断面の観察と重複するようであるが、土層断面の土色相解析と微細な堆積構造を検討するために軟X線解析を行った。具体的な分析試料や方法については以下にまとめる。

3-1 試料

本来は全ての落とし穴遺構について検討を行うべきであるが、遺構埋土の堆積構造を検討するための分析方法が確立しておらず、また時間的な制約もあり、遺構の形状と埋積土の特徴から、土坑4、土坑14、土坑34、及び土坑35の4つの落とし穴遺構を検討対象とした。試料はそれぞれの遺構の土層断面写真と、そこから採取された土壌ブロック試料の2種類である。土層断面は、土坑を半裁堀込みすることで露出させている(PL.52~60)。検討試料とした土層断面写真は、6×7判ポジフィルムで完掘段階に記録用として正式に撮影されたものを使用した。土壌ブロック試料は、土層観察により区分された層について堆積構造を検証できるよう、また比較資料が得られるよう可能な限り鉛直方向に連続的に採取した(第93~96図、PL.52~55)。採取に際しては、縦30.5cm、横23.0cm、厚さ2.0cmのプラスチック製の箱を、可能な限り垂直平面に切り出した土層断面に埋め込み、試料採取層位を記録した後、箱の周囲を掘り込んで切り出した(写真8)。切り出す際には上下の逆転等のないよう、先に箱書き等をしておく。試料は持ち帰り、観察および分析に即すよう成形した。

3-2 方法

分析方法は、試料の種類に応じ2つの過程を用いた。1つは土層断面写真について加えた土色相解析である。土壌の色相は、含有する鉱物や有機物量など堆積物の性質を反映するだけでなく、土壌化の各段階や複数の堆積場に由来する土壌の混合など堆積過程を反映する為、堆積構造を検討する上で

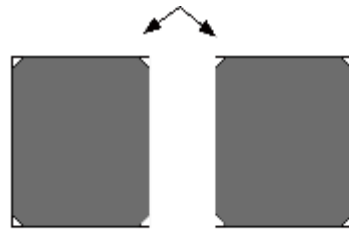
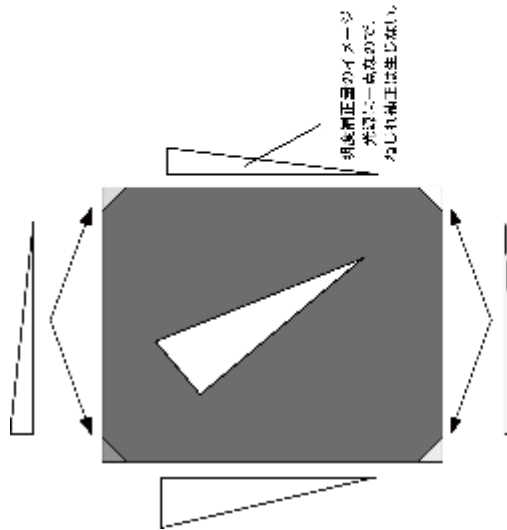
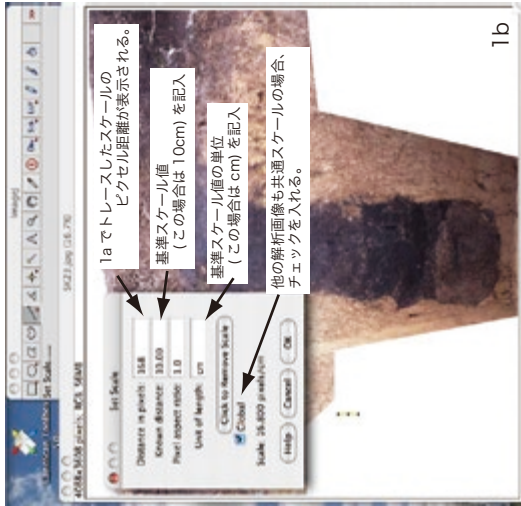
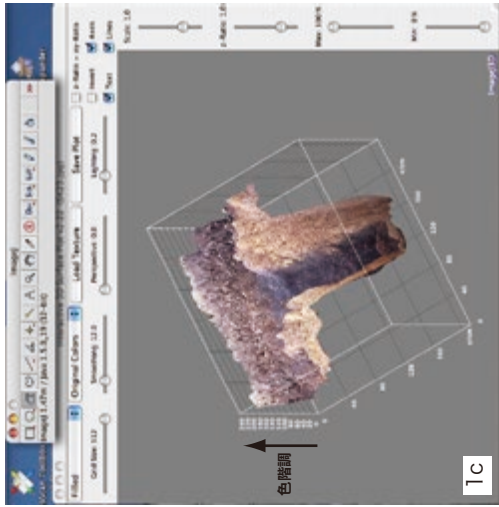


写真8 落とし穴土壌採取状況



写真9 採取した落とし穴土壌ブロック

重要な手掛かりとなる。そこで、まず土層断面を撮影した6×7判ポジフィルムについて、透過光装置の付いている簡易型スキャナー(Epson社製GT8000)を用いてネガフィルムを1200dpi(dot per inch)以上で取り込む。これはデジタルデータにおいて形状や色調を示す単位である1ドットについて、碎屑物の粒径区分として砂とシルトの境界となる0.063mm以下とするため、1200dpiで1ドットは約0.021mmとなる。このサイズであれば、粒径区分としては粗粒シルトサイズでの情報が理論上得られていることとなる。画像取り込みは、RGB形式のフルカラー(36,000色)でおこなった。一般的な土色相の解析にあたっては、取り込んだRGB形式の画像をAdobe社製のPhotoshopなどを用いてLab形式に変換し、その上で各色相チャンネル(L*、a*、b*)に分解して色相値を求め、標準土色帳(AF-123)に記載される色調と対応させたり、堆積物の色調変化を捉えたりする。しかし今回検討する埋土は、1)概ね火山灰もしくは火山灰性土壌であり、色調変化は明度変化(L*)にはほぼ対応すること、さらに2)検討試料は撮影写真を用いるため、どうしても実際の堆積物の持つ色相とズレが生じてくることから、土色の絶対値を求めるのではなく、色相の差から見出される堆積構造について検討することを目的とした。従って相対的な土色相を明確かつ簡易に捉えるため、色相形式はRGB形式のまま画像解析をおこなった。画像の解析には画像処理アプリケーション「ImageJ」を用いた。このアプリケーションは、アメリカ国立衛生研究所(NIH)で開発された、主に科学研究支援を目的としたオープンソースかつパブリックドメインの画像処理アプリケーションであり、NIHImageの後継にあたる。使用方法等の詳細については、脚注に記載するWebサイトの説明に譲るが、次の手順で解析を進める。検討試料となる土層断面写真は、基準となるスケール等が入らない状態で撮影されるため、まず同じ視点から撮影されたスケール基準の明確な写真を用意する。そして両写真を重ね合わせ、縮小、拡大をすることにより同じ大きさに合わせる。この際、変形する写真はスケールの入っている側の写真が好ましいが、調整上操作が安易な方を変形する。筆者はこの作業をAdobe社製のPhotoshop CS2でおこなった。重ね合わせが完了した後、スケールの写り込んでいる写真の「スケール」について、5cm、10cm、50cmなど切りのよい値の分だけ線分トレースをおこない、検討用の写真の脇に書き込む。この際、スケールの線分は垂直もしくは水平のどちらかで記載しておくことが後ほどの作業を容易にするが、斜めなどでも問題はない。ただし撮影する面に対し、奥行き方向にスケールが傾斜している場合は基準スケールとなり得ないため注意が必要である。すなわち発掘現場での写真記録の段階で注意が必要ということになる。スケールを描き込んだ検討用写真は、JPEGもしくはTIFF形式で保存する。保存後、この写真をImageJで読み込む。アプリケーションが起動したら、メニューバーの線分機能を選択し、描き込んだスケールをトレースする(第92図a)。次にメニューから「Analyze>Set Scale」を選択すると(第92図b)、線分範囲のドット数(pixel)が計測されるので、検討写真に描き込まれた基準長を「Known distance」に記録し、「Unit of length」に該当する単位(cm、mmなど)を記入する。この一連の作業で、画像解析の基盤となる尺度合わせが完了する。今回の解析にあたっては画像解析をする場合の基盤情報となる写真露光値の測定や、RGBチャンネルごとの色相分布、解析範囲に写り込む様々な物質の大きさの測定などをおこなったが、各手順等を記載すると煩雑となるため本報告では割愛させていただく。最終的に「Plugin>3D>Interactive Surface Plot」機能を用い、RGB色調強度を256色階調でグラフ化したもの(第92図c)を検討写真と同じ方向へ転回し、検討した。グラフ化精度は設定変更できるが、実際の測定値を正確に反映させるため、初期的な測定結果については測定点の加重平均(Smoothing)はおこなっていない(例えば第93図c、PL.52)。この色調



④補正前の明瞭度のぼけや歪み
赤線部に詳細に観察する。

⑤補正の程度を日本して、最終的にVenus9.0(白)に合わせる。
⑥) 軟X線画像を取り返みに着しての光源からの距離による
非広線量の補正方法のイメージ

第92図 軟X線画像の分析方法

は土層断面の色相を256色に変換した状態である。さらにこの色相の差を明瞭に読み取るため、「Thermal LUT(階調)」に変換した(例えば第93図d、PL.52)。これは前出した256色階調について彩度の高い部分を赤色に、低い部分を青色に256色階調に置き換えたものである。この際、全ての測点における結果を示すと細かくなりすぎ、構造が読み取り難いため、若干のSmoothing(3.0~5.0)を行っている。さらにThermal LUTで示された同色範囲を明瞭化するため、同じSmoothing値でIsolineを求めた(例えば第93図e、PL.52)。

一方、土壌ブロック試料については、軟X線照射により非破壊構造観察をおこなった。軟X線画像の撮影は鳥取県埋蔵文化財センター秋里分室に設置されているSOFTEX社製VIX-150を用い、撮影フィルムは富士フィルム社製IXFRを用いた。撮影に際してのX線照射強度は複数回撮影をおこない、微細構造が明瞭に撮影された70KVp、3mA、7分照射を選択し、全ての試料撮影に統一して適用した。撮影されたX線画像は、ネガフィルムのサイズが大きく、簡易スキャナーでは取り込みが出来ないため、ネガフィルムの背後側方からフラッシュをたき、それをデジタルカメラで正面から撮影する方式を採った。この際の光源装置はCOMET社製CBb-24Xを利用し、連動する撮影カメラはCanon社製EOS7Dを使用した。撮影する際の設定は、ISO100とした。この撮影方式はネガフィルムのサイズに依存しないため、撮影装置さえ整えば比較的簡単におこなえる。ただし、若干ながら光源からの距離に従い画像が暗く、コントラストが弱い傾向が見られた。そこで、データを取り込み後、Photoshopにより以下の通りの画像処理をおこなった。まずX線フィルムの四隅の角が取られていることを利用し、四隅の白色部位について色調を計測した。この4点の値を同値にするよう撮影範囲内の露光傾斜を計算させ、その値に合わせて補正をおこなった(第92図d)。1枚の画像内で補正を行った後、同じ土坑試料について比較し、白色部が同じ値になるよう調整した(第92図e)。この様にして基本調整した画像について、土層断面画像の場合と同様にImageJを用いて画像の解析をおこなった。軟X線画像はグレースケールデータであるが、解析手順は基本的に同じである。ただし基準スケールの決定にあたっては、X線フィルムの切り込みを利用し、実測値を基準値設定の際に入力している。画像はグレースケールデータとなるため、X線反射強度を示すことになり、白色に近づく密度の高い物質を示し、黒色に近づく密度の小さな物質を示す。解析結果については、土層断面画像の場合と同様に、Interactive Surface Plot機能を用いてグラフ化し、Gray LUTとThermal LUTにより表示した(例えば第102図、PL.61)。この解析結果と踏まえつつ、実際の軟X画像を観察することにより、堆積物の構造を捉えた成果をGray LUTで表現したグラフに記載した。

4 結果

まず大きな成果の1つとして、4つの土坑を埋積する堆積物は、どれも一貫して同じ堆積物が供給されて埋まったのではなく、幾つかの堆積ユニットが形成され、場合によっては切り合い関係を生じさせつつ埋まっていったことが明らかとなった点である。土坑を埋積する土壌については、含まれる微粒炭量(第4章第1節)から、土坑14の黒褐色土(35,600個/cc)および暗褐色土(10,200個/cc)、土坑35の黒色土(66,900個/cc)および明黄褐色・暗褐色混在土(14,200個/cc)、土坑34の黒色土(104,400個/cc)および暗褐色・黒褐色混在土(8,500個/cc)、さらに調査区北側壁面の黒色土(50,200個/cc)についてはクロボク土として区分した。一方、土坑4の埋土最下層のにぶい黄褐色土については、微粒炭の含有量が500個/ccと極端に少なく、明確にローム質土であると区分している。同じクロボク土にお

いても、微粒炭や腐食含有量により黒色、黒褐色、暗褐色と土色調に変化があることは、一般的に認められている(山野井1996)。土坑の埋土の層相についてみると、クロボク土として認識された埋土は、一見すると同質で、土坑底面から上面まで一貫するようにみえるが、挟在する物質や堆積層の構造を観察するなかで、明確な層区分が可能であることが明らかとなった。これは発掘調査現場での土層観察からも指摘し得ることである。土層観察に基づく分層と層相記載は、第3章第2節に述べられた通りであるが、本解析においても土層全体の色調解析をおこなうことにより、堆積層の区分が指摘できた。相互の分層は、ある程度同じ傾向を示したが、残念ながら一致するに至らなかった。ただこのような乖離は、土色相解析が現場で撮影された写真を解析した2次的データあることや、現場での層区分の設定が、必ずしも土色相によってのみ成されるわけではなく、何を基準におこなわれるかによって当然あり得ることである。ただし、そのような条件下においても、一定レベルでは類似する傾向で分層される結果は、土坑の埋積される過程が、実は単純ではないということを示す重要な成果であろう。2つ目としては、土層断面から土壌ブロック試料を切り出し、軟X線写真を撮影することにより、堆積物の詳細構造を検討したことである。具体的な結果については後述するが、この解析により土坑の埋積過程について重要な情報が得られた。

これらの成果について、土坑ごとに以下にまとめる。

4-1 土坑14について

埋積土全体は、比較的均質なクロボク土から成るが、大きくは上部、中部、下部で土色は異なる。また一致はしないが、土坑上部のA層(第93図d、PL.52)の掘り込み堆積は、現場での土層観察からも指摘されている(第93図b、PL.52)。下部のE層は土層観察の結果とは一致しないが、これは写真の陰影も影響している可能性はある。埋土の上部は植物根などの痕跡が多く、その周辺の土壌は比較的なめらかな面つきをみせる。一方、B層やC層下部、さらにE層およびD層の基底部付近では直径が1cmを超える泥塊が顕著にみられている。この泥塊の一部はクロボク土とみられるものではなく、土坑壁面を構成するローム質土に類似する色相であり、クロボク土の埋積中に異地性の泥塊が混入することを示している。次に軟X線画像についてみると、まず堆積物の多くが泥塊によって構成されていることが判る(第97図、PL.56)。堆積物が土壌化する中で、いわゆる土壌団粒が形成されることは一般に知られるが、撮影された泥塊の直径は数cm級であり、マクロ団粒として認識される泥塊サイズ0.25mmを遙かに超え、かなり巨大な泥塊の集合体であることが判る。詳細な検討は後述するが、このような巨大な泥塊を形成するのは、森林土壌など陸成堆積物のうち特に植物根の侵入を堆積後に受けるなど特殊な場合で、一般的な水成堆積物ではこの様な泥塊を形成することは極めて希である。また第102図(PL.61)の試料1の画像をみると、中央部に底面と同じような形状のピットがみられる。植物根が侵入している姿もみられ、またピット底部で水平方向に溝がみられるなど単純なピット構造ではないが、根の侵入についてはピットの形状と根の形状が合わないことから、本来ピットがあった場所だが、他の場所よりも土壌の締め固めが弱く、そこを辿って根が侵入したと解釈するのが妥当であろう。水平方向への構造の詳細は不明であるが、LUTグラフを見る限りピット周辺がやや明るい青となり、強めの反射強度を示すことから、ピットは杭など立てるために作られた跡であり、その杭を固定するために周辺が締め固められている構造を示していると考えられる。しかしピット底部右手への構造は、上下方向への反射強度の強い粒子が散在しており、画像から推定する限りでは締め固めが不

第4章 自然科学分析

十分であった可能性を示唆する。一方で、植物根が侵入する試料1中央部や試料2中央部の泥塊は、直径が0.20mm程度のものから、2mm程度が主体となり、いわゆるマイクロ団粒やマクロ団粒主体の土壤形成土であることが判る。これは植物根の侵入による団粒形成を示しているとは推定される。第103図(PL.62)の試料3にも、図のほぼ中央にピットがあることがみられる。加えて断定は出来ないが、かなり細かいピットが中央のピットの右手に存在する。両ピット共に植物根の侵入を受けているが、形状は植物根より幅広であり、またピットが掘り込む画面下半分の反射強度が非常に強く、かなり締め固められた層になっていることから、単純な植物根の侵入によるものとは異なると捉えられる。第103図(PL.62)試料4については、遺構底部におけるクロボク土層とローム質層との間で明瞭な境界がみられる。層位中程は泥塊の並びからわずかな層理面の存在がみられるが、本質的な堆積構造を示しているかは不明瞭であった。

また、この軟X線画像を観察する中で、非常に興味深い構造が見えてきた。前述したマイクロ団粒、マクロ団粒を除き、巨大な泥塊についてのみ着目すると、やや扁平した球状の泥塊と、多くの場合堆積方向の上面であるが、平面的に潰れた泥塊が存在する。この球状もしくは楕円球状の泥塊をType 1、潰れた泥塊をType 2とする。この両者の分布について、第102～104図(PL.61～63)のグレースケール画像の中でプロットした。その結果、興味深いことにType 1の泥塊が散在するのに対し、Type 2の泥塊は水平に、もしくはある壁面状を示して並んで分布する傾向がある。またこのType 2の泥塊の並び付近は、小礫の挟在や構造は不明だが、X線反射強度が強い部位が比較的よく見受けられる。これらのことは、このType 2泥塊の並びは、層理面を示すものと考えられる。第103図(PL.62)に示す試料3および4の画像ではこの並びが極めて明瞭である。さらに、この2つのタイプの泥塊は交互に堆積しているように見える。Type 2の泥塊の上面の平面化が何らかの圧力によるものであると仮定すると、この交互堆積は判りやすい。すなわちType 2の泥塊は層理面を示し、同時に何らかの圧力を受けた硬化面である可能性を示している。

4-2 土坑35について

土層観察による分層は比較的単純であるが、土色相解析によるとやや複雑な形状を示した。埋積土自体はほぼ同質のクロボク土から成るが、第94図(PL.53)のThermal LUTグラフで見られるように、部分的に反射強度の強い明るい青色が分布する。この分布に従って分層線を設定すると第94図d(PL.53)に示すやや複雑な構造であるA～I層に区分される。この土坑についての軟X線画像の解析は、埋土基底部、土坑に敷設された杭穴の付近のみであるため、この複雑な堆積構造が本質的に存在するかどうかについては、検討の余地を残す。言い換えれば土層撮影時の壁面の陰影の影響も考えられなくはないが、何らかの堆積物の違いが示されているように見えるということである。しかし、この分層が本質的に有効であると仮定するならば、興味深い埋積過程を辿っている。土坑の埋積はH層、G層から始まる。この際、画面右側は土坑が存在するか、もしくはI層まで同時期に埋積されているとするとG層、I層に挟まれる空間には、ピット状の凹部があった可能性もある。その後はE層上面まで埋積が進み、E層左側が掘り込まれている。F層はローム質土を多量に混在することから、遺構壁面からの崩落が推測される。さらにD層上面まで埋積が進んだ後、再びB、C層、もしくはB層部分が掘り込まれたとみることができよう。B層の下限の形状が、何らかのピット構造の名残と見なすのは穿った見方であろうか。軟X線画像の解析についてみると、X線透過率が高く、画像として

は暗くやや判別が難しいが、埋積土は土坑14で観察された場合と同様、径1～3cm程度のおよそ楕円状の泥塊が主体となって堆積物を構成していることが判る。一方で、遺構の底部や壁面を成すローム質土については、底面ピット付近では崩された様な数mmの泥塊が堆積し、底部では5cm程度の角張った泥塊が堆積しており、土塊の大きさにかかなりのばらつきがみられる。また土坑14で指摘したType 2とType 1の交互堆積と杭穴付近の壁面にType 2が集中し、一方で崩壊した部位にType 1がまとまってみられる。これは土坑14で指摘したType 2の層理面として位置づけを示唆すると考えられる。

4-3 土坑34について

他の土坑と異なり鉛直方向に深く幅の狭い、全体として細長い印象を受ける形状をしている。また他の土坑と異なる点として、底面のピットがみられない点が挙げられる。調査現場での土層断面観察からは、上部に2つほど落とし穴を掘削し直したような底面がみられるが、それより下位の層位はやや土坑中心部に向かって沈み込むような堆積層の撓みはみられるものの、埋積当時はほぼ水平堆積であったと想定される層の累重が認められた(第95図b、PL.54)。土層断面写真による土色相の解析結果からも、現地で観察された分層とは異なるものの、水平的な堆積を基盤としたA～N層までの細かな分層が認められた。しかし大きく異なる点として、特にB層底面、F層底面、およびK層底面にピット状の凹部がみられている。軟X線画像についてそれぞれの層の底部についてみると、B層底面にみられたピット状の凹部は、第105図(PL.64)試2の画像右端深度20cm付近の落ち込みとして認められた。またF層底面にみられたピット状の凹部は、第106図(PL.65)試4の画像右端深度20cm付近の落ち込みとして認められた。同様にK層底面にみられたピット状の凹部は、かなり幅広の落ち込みとして画像中央の深度15cm付近からの落ち込みとして認められる。軟X線画像から認識される泥塊については、クロボク土が主体として土壌の構成される試料2下部から試料5中部まで土坑14、土坑35と同様、数cm級の大きな泥塊が主体となって堆積している。一方で植物根の侵入が顕著である試料1から試料2中部、さらにローム層の混入が多くみられる試料6では、2mm程度の団粒が主体となって堆積物が構成されている。泥塊のType 1、Type 2の分布については、第105～107図に示す通りであるが、Type 2の泥塊が層理面を示している以外に、ピットに連なる底面にも水平に並んで堆積していることがわかる。これはピットを作る際の土坑底面として、上から締め固めるような圧力を受けていたことを示唆すると考えられる。それ以外のやや不明瞭な堆積構造の中においては、土坑14および土坑35と同じく、Type 2の泥塊が並ぶ下にType 1の泥塊が散在する構造が顕著にみられる。このことも、先に提示した堆積構造を支持するものと考えられる。

4-4 土坑4について

この土坑は他の3つと異なり、褐色のローム質土が埋積している。層相全体として大きな泥塊が目立ち、全体として粗い堆積構造を示しているように写真画像上ではみえる(第96図a, c、PL.55)。現場での観察による分層構造では、大きく上・中・下の構造が捉えられており、中層の底部には浅いピット上の凹部がみられた(第96図b、PL.55)。一方、土色相解析からは、もう少し細かな分層(A～G層)が読み取られている(第96図d、PL.55)。図からはD層およびE層の下限が現場での土層観察による分層に近い。注目されるのはE層下部のピット状凹部とE層から上の画面右側へ傾斜する堆

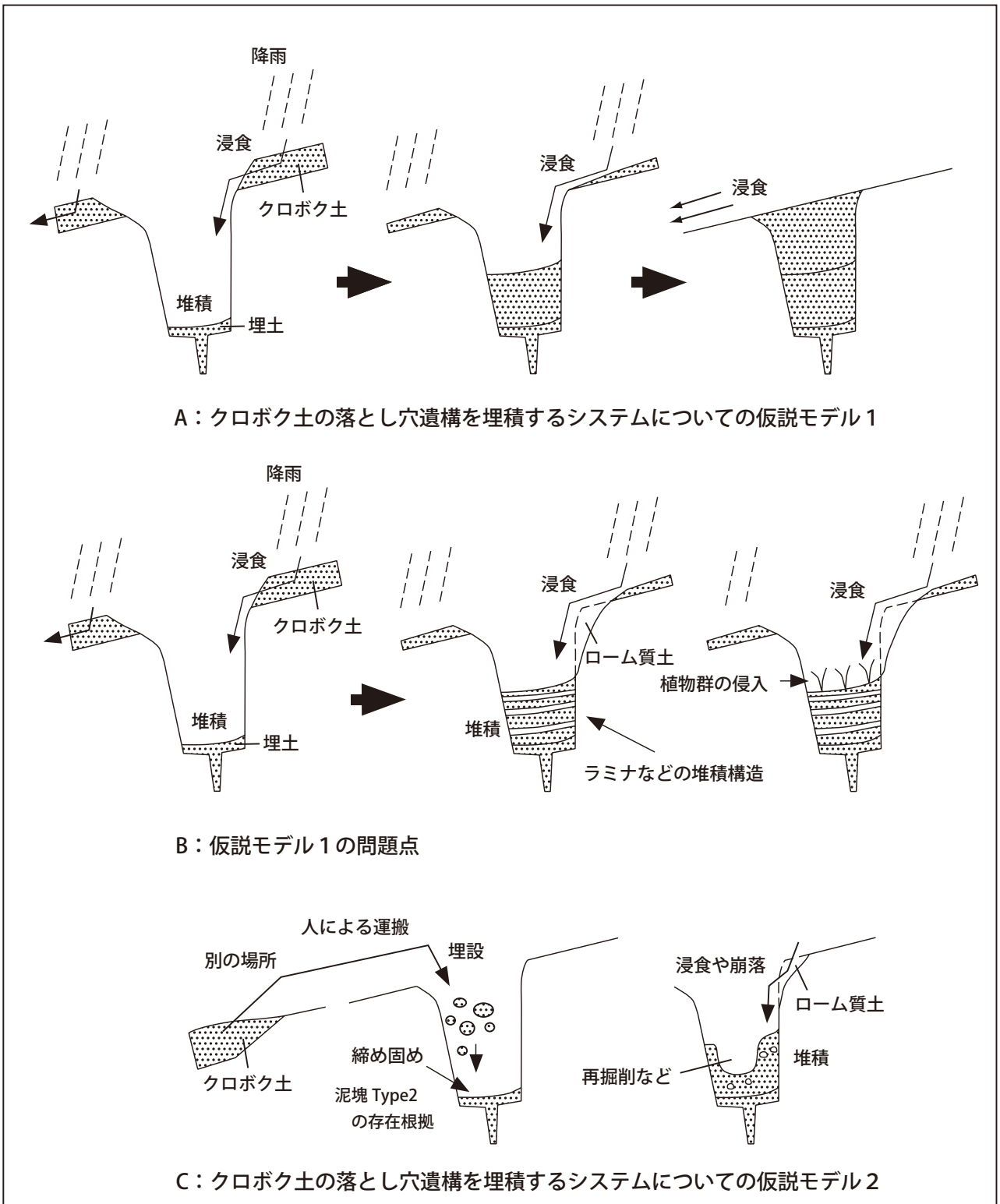
積層の構造である。一見すると各層の下限がかなり乱れており、斜面体に崩落土壌が積み重なったかのような状態である。またE層下部の浅いピット状凹部は、現場での土層観察からは比較的整地されたようなE層底面中央部に位置しているが、画像解析上ではピット構造として積極的に捉えるべきか、やや判断に迷う。また、通常同質の堆積物が連即的に堆積する場合、下層ほど圧力がかかるため締め固めが進み、反射強度も強い反応を示す。しかしこの土坑では逆に層上位に向かって反射強度が強くなっている。土層の写真(第96図 a、PL.55)からは、埋土下部でやや暗褐色土の頻度が高くなっている様に見えることから、クロボク土の混在率が埋土の下部で高く上層に向かって減少し、より純粋なローム質土に近づくことと何らかの相関があることが推定される。軟X線解析の画像をみると、まず他の3つの土坑よりも泥塊の量が圧倒的に多いことが判る。ただし泥塊数は多いものの、大きさはクロボク土の埋土に比べ得ると比較的小さなモノや、崩れてしまったものがほとんどであることが判る(第101図、PL.60)。泥塊のサイズとしては径0.1~2.0cmのものが主体で、いわゆるマクロ団粒のスケールに合致してくる。また前述した分層との関係を見ると、第108図(PL.67)の試料1、2は土色相解析でみられた画像左から右に向かって傾斜する様子が示されている。LUT画像をみると、白色で示された部分が急激に落ち込む様相を示しているが、層理面としてはそれほど急激に傾斜しているのではなく、泥塊の並びをきちんと精査するとGray scale画像に示した様な構造となる。泥塊Type 1とType 2の分布については、第108~110図に示す通りである。他の土坑に比べ、泥塊が細かくやや複雑な印象を受けるが、やはりType 2泥塊が並び、その下位にType 1の泥塊が散在する傾向が見られた。これは他の3つの土坑と共通する。

5 問題点についての議論

ここでは最初に整理した問題点について、各分析結果に基づいて議論し、まとめていきたい。第1の問題としてあげた土坑埋土の正体については、前項の最初にまとめた通り、微粒炭の含有濃度から土坑14、土坑35、および土坑34の遺構埋土は、クロボク土として認識された。一方土坑4については、ややクロボク土が混交すると想定された埋土最下層のにぶい黄褐色土のみについて微粒炭含有量を計測したが、500個/ccと極端に少なく、明確にローム質土であると認識された。

次に、調査地域全体の堆積システムについてである。これを論じるに当たり、重要な観点を整理しておきたい。まず調査地の基本層序として、クロボク土に被覆される落とし穴遺構は確認されていない。クロボク土は、落とし穴遺構の分布する地域よりやや低い、谷筋に近い辺りに堆積が認められるのみである。落とし穴遺構の埋土は、ローム質土の混入もみられるものの、土坑4を除き、ほぼ同質のクロボク土によって構成されている。埋土の堆積構造は、調査時の目視による土層観察からも分層が設定され、また土色相解析、軟X線解析からはさらに細かな分層線が読み取られ、結果的にかなり複雑な堆積構造の存在が示唆された。これらの観点に基づき、遺構を埋積するクロボク土の堆積システムを検討しよう。一つ目の仮説は、土坑周辺の表層のクロボク土が、降雨や雪解け水などによる一時的な流水により浸食され土坑内に堆積したり、あるいは乾燥時期に崩落したりすることによって埋積が進行し、その後に表層土を構成していたクロボク土はほぼ全て浸食もしくはズリを受け、土坑周辺に堆積しなくなってしまうというのが挙げられる(第111図A)。この仮説は第4章第1節の科学分析成果の中でも触れられており、ドラスティックな浸食・堆積のシステムに則り説明できているかにみえる。しかしこの仮説には多くの問題が残る。まず土坑を埋積するクロボク土の土量と土坑内に

入り込む確率が問題となる。土坑の掘り込み付近の地形・形状は、土坑34の様に保存されていると考えられ得るケースは少なく、いずれの土坑も掘り方は浸食されている可能性が高いため、この問題についての確実な検証は行えないが、仮に全ての土坑が土坑34にみられる様にすり鉢状の掘り口を持つとする。土坑の大きさはまちまちであるが、およそ直径1.0mの円柱状の形状をもつと想定した場合、深さ1.0mで約0.79m³、深さ1.5mとなると約1.18m³、直径が1.2mとなると深さ1.0mで約1.13m³、深さ1.5mとなると約1.70m³の土量が必要となる。土量自体はそれほど驚く値ではないが、ローム質層を覆うクロボク土がピンポイントで土坑に入るわけではなく、ましてや斜面上に掘削されている条件を加えると、土坑より高い位置からのみ流れ込むという限定が加わる。さらに斜面全体の地形をみると(第113図)、群7に分類される土坑と、群6に分類される土坑の一部は谷地形に分布するが、その他は尾根上もしくは斜面上である。この点を考えると、土坑を満たすだけのクロボク土の層厚は極めて莫大なものとなる。加えて、発掘調査時にこのクロボク土層の堆積は、土坑付近にほとんど認められていない。こうなると、クロボク土が土坑を埋積しつつ、もしくは埋積後に全て浸食されたということになる。クロボク土の流出については、田熊他(2005)の流出実験があり、クロボク土層の下層の透水係数が上層のクロボク土流出量を大きく左右することを明らかにしているが、継続的に流水を供給しても、実験では開始10分で雨滴による表層面の攪乱がクラストを形成し、流出水量が一定となってしまうため、流出土量は時間の経過とともに減少し、ほとんど流れ出さなくなる結果を得ている。また、土坑を埋積したクロボク土はかなり大きな泥塊を形成していた。もしこの降雨などによって形成された泥塊(クラスト)が土坑内に流れ込むとした場合、今度は粒度と流水速度の関係を示したレール・ストロンボチウムの法則から、径1cmの物質を動かすには流速1m/sを越える流れが必要となる。これでは泥塊自体が崩壊してしまうし、さらに早い段階で露出されるであろう尾根上のローム質層が大きく浸食されることになる(第111図B)。これだけの水が供給されるのであれば、当然ながら土坑は池状になり、そこに供給された堆積物は水位があがったある段階から級化作用を受けるだろう。そうなれば、土坑内の堆積物にはラミナ構造が発達するに違いない。しかしそのような構造はみられなかった。さらに、土層観察や土色相解析、さらには軟X線解析によれば、土坑内の埋土は分層化しており、堆積に不連続性があることを示している。前述した通り水の供給と一時的にせよ堆積に間隙があるのであれば、無胚植物を含む植物群の侵入を防ぐ手だてではない。そうなると何らかの植物密集層を観察できるはずであるが、そのような観察結果は得られなかった。ではどのような仮説ならば土坑内に無理なくクロボク土を埋設できるであろうか。それは人為による埋め戻し作業である(第111図C)。これならば、クロボク土を集中的に無理なく土坑まで運び込み、また埋め戻す過程で出来た土塊は比較的大きなものであって構わないだろう。クロボク土の特性として、水はけの良さが一般的に知られているが、これはクロボク土を構成する団粒構造の特性にあり、足立他(1985)によれば、非火山灰土壌(水田土やマサ土も含む)では、有機物含有量の増加に伴って、自然含水率や塑性限界の値を反映する保水性が増大するが、火山灰性クロボク土では、有機物含有量が非火山灰土壌より小さくても保水性がかなり大きな値を示すという知見が得られている。これはクロボク土の水はけが悪いことを示唆するようにみえるが、実際には乾燥や水分浸潤、さらには人為的な練り返しと締固めに対しての塑性限界の低下が小さく(吉田・河野、1983;1984)、団粒構造が比較的強固に残存し、結果的にクロボク土は常にダマ状になっており、形成後に追加される水分を吸収するだけの空洞的構造を持たず、水が流れ出してしまうことを示している。このように比較的強固な団粒構造を持つクロボク土



第111図 落とし穴遺構の埋積システム

の特性が、埋土の泥塊構造を保証していると考えられる。当然ながら、遺構埋土の全ての堆積構造が人為によるものと限定することはできない。土坑34の堆積構造には自然堆積とみられる水平堆積構造もみられる。多くの場合、土坑埋土の堆積過程は人為が支配的ではあるが、その経過の中では自然の営力による堆積もあったはずである。

3つ目の問題として、遺構埋土の堆積構造の観察と、堆積過程の検討である。これまでの議論の中でも触れたが、遺構埋土の示す堆積構造は人為による影響を強く受けていたと考えて良いだろう。軟X線解析成果において、埋土を構成する大きな泥塊についての形状には2つのタイプがあることが判ってきた。一つは前述の団粒構造が維持された球形状から紡錘形状の泥塊である。もう一つは堆積上面が平らになった泥塊で、土坑の壁面や底面ピットを始めとする、ある面で並んで分布する傾向がみられた。結果的にこの平滑面を結ぶとある層理面を設定することになる。今回検討を加えたどの土坑についても、共通してType 2の泥塊は厚密を受け、層理面を形成している。このことはType 2の泥塊堆積面ごとに1つの堆積期間であることを示しているが、前述した通り土坑に認められた泥塊の大きさが、一般的な水成堆積や陸成堆積による堆積過程の中で形成されるとは考え難く、これは第111図Cで示す締め固め行為を示唆すると考えられる。

6 土坑埋土から得られた放射性炭素年代について

前項で論じてきた、土坑埋土が人為的埋設行為によって堆積したものであるとすると、大きな問題が生じてくる。それは土坑埋土から得られた放射性炭素年代についてである。今回、放射性炭素年代を測定するにあたっては、土坑の底部の堆積物を洗い出し、特定した炭素体を測定試料とすることを目標としたが、残念ながら十分な炭素量を確保できない、もしくは特定できる炭素体が堆積物中に挟在していなかった。このため堆積物そのもの、すなわち堆積物中に含まれる腐食や植物遺体(黒色片)と花粉の混在物を計測することになった。このためもし前項で論じた通り、埋土が人為により供給されたのであれば、測定した炭素体は実際にはクロボク土が形成された時期のものであり、落とし穴を掘削した時期よりも古く、少なくとも埋積開始時期よりはかなり古い値を示す可能性が高い。この点について本項では検証をおこなう。第4章第1節の自然科学分析うち、放射性炭素年代の測定結果では、ほとんどのクロボク土の値は幅が広いが、5,900yr.BP.から6,400yr.BP.に収まる。これは多くの土坑を埋積するクロボク土はこの時期に形成されたということを示している。一方で、調査地北側壁面から採取された黒色土は、遙かに新しい5,619yr.BP.の値が得られた。このことは、クロボク土という観点では同質でも、この北側壁面から得られたクロボク土と、多くの土坑の埋土底部を構成するクロボク土では起源が違うことを意味する。仮にローム質土(6,730yr.BP.)の混在があるとしても、土坑34および土坑38の埋土最下層から得られた放射性炭素の年代を除けば、どの年代測定結果もこの古い年代にピークを持たないので影響はないと考えてよい。結果的に、本調査地でみられるクロボク土が土坑の埋土に利用された可能性があるのは土坑19だけになり、土坑34、土坑38を除く遺構埋土であるクロボク土は、発掘調査では確認されない別の堆積物の可能性が高い。ここで山野井(2000)の示した、クロボク土への漸移は約8千年から千年前の間に、場所によって異なる時期に起こっているという知見に戻る。クロボク土の示す年代は、上記の知見と一致する。また山野井は、全国のクロボク土の形成年代から、場所によって異なる時期にクロボクが形成されたことを指摘している。しかし大山の斜面体でそれほど多くの異なる時期にクロボクが発達し得るだろうか。ここからは全くの推測の

第4章 自然科学分析

域を出ないが、この調査区からさほど離れていないで火入れされた、もしくは小規模な山火事のように火の入った土地があったのではなかろうか。科学分析の結果からは、草原維持を目的とした火入れを示唆する証拠は認められなかった。しかしながら、ある程度の活動域を確保するための火入れであったり、山体斜面に点在する草原地に山火事のように火が入ったとしたら、このようなクロボク土を形成する一助とはならないだろうか。このような事象の解決には、今後落とし穴遺構のさらなる分析と情報の蓄積が必要であり、その結果、今までの予想とは大きく異なる人間活動を見出すことが出来るかもしれない。

【参考文献】

- 青山正和(2010)「土壌団粒 -形成・崩壊のドラマと有機物利用-」自然と科学技術シリーズ,農山漁村文化協会, pp.175.
- 足立忠司・西出勤・千家正照(1985)クロボク土の団粒の安定性.岐阜大農研報50,343-352.
- 岡田昭明・谷本慎一(1986)大山下部火山灰から新たに発見された2枚の降下軽石層について.鳥大教育学部研究報 35,33-42.
- 田熊勝利・猪迫耕二・中原恒(2005)黒ぼくの土壌流出に影響する浸食因子に関する研究Ⅰ.成層の透水性と斜面勾配について.鳥大農研報57,9-13.
- 吉田勲・河野洋(1983)大山クロボクの締固め特性.鳥大農研報35,64-72.
- 吉田勲・河野洋(1984)大山クロボクの土質理工学的性質.鳥大農研報36,86-93.
- 山野井徹(1996)黒土の成因に関する地質学的検討.地質学雑誌102,526-544.
- 山野井徹(2000)黒土と縄文時代.山形応用地質20,19-26.