

第4節 リン・カルシウム含量分析（蛍光X線分析）

1.はじめに

物質をX線を照射すると、その物質を構成している元素に固有のエネルギー（蛍光X線）が放出され、この蛍光X線を分光して波長と強度を測定することで、物質に含まれる元素の種類と量を調べることができる。この方法を用いて、考古学分野では朱やベンガラなどの顔料分析、リン・カルシウムの含量分析などが行われている。

2. 試料

分析試料は、111号墳の墳頂部において、第1主体部、第2主体部、第3主体部、北西部壊乱坑の遺構底部や覆土などから採取された計20点である。試料の詳細を第50図に示す。

3. 分析方法

エネルギー分散型蛍光X線分析装置（日本電子株製、JSX3201）を用いて、元素の同定およびファンダメンタルパラメータ法（FP法）による定量分析を行った。試料の処理法は次のとおりである。

1) 試料を絶乾（105°C・24時間）

2) 試料を粉碎して塩化ビニール製リング枠に入れ、圧力15t/cm²プレスして鉢剤試料を作成

3) 測定時間600秒、照射径20mm、電圧30kV、試料室内真空の条件で測定

4. 分析結果

各元素の定量分析結果（wt%）を表1に示し、リン酸（P₂O₅）とカルシウム（CaO）の含量を図1に示す。

5. 考察

土壤中に含まれるリンやカルシウムの起源としては、土壤の母材、動物遺体、植物遺体などがある。また、遺跡の生活面や遺構内には遺体、排泄物、代謝物、食物残渣、燃料灰などに由来するリンやカルシウムが蓄積している。カルシウムは一般に水に溶解しやすいが、リンは土壤中の鉄やアルミニウムと強く結合して難溶性の化合物となるため、土壤中における保存性が高い（竹追、1993）。このようなリンやカルシウムの性質を利用して、墓室遺構などにおける生物遺体（人骨など）の確認、および生活面や遺構面の確認などが試みられている。

（1）第1主体部

遺構底面の頭部（試料1、2）や胸部（試料10）では、リン酸（P₂O₅）の含量が1.07～1.12%であり、比較試料として採取された地山（試料6、7）の0.54～0.65%と比較して約2倍、覆土（試料8、9）の0.83%と比較して約1.3倍と明らかに高い値である。なお、カルシウム（CaO）の含量は、頭部や胸部では0.61～0.95%であり、地山の0.67～0.98%、覆土の0.78～0.98と比較して明瞭な差異は認められない。

以上の結果から、第1主体部の頭部や胸部にリン酸を多く含む生物遺体が存在していた可能性が考えられるが、カルシウム含量に明瞭な傾向が認められないことから、確定的なことは言えない。カルシウムは一般に溶解性が大きいことから（竹追、1993）、土壌中で拡散・移動した可能性も考えられる。人骨などの動物の骨は、主成分がリン酸カルシウムであり、リン酸とカルシウムの比率はおよそ1:2であるが、ここではカルシウムの含量がリン酸よりも低くなっている。

なお、遺構底面の各試料では、水銀(Hg)が認められた。水銀(HgO)の含量は、頭部(試料1、2)では0.36~1.05%、胸部(試料10)では0.83%と比較的高い値である。このことから、第1主体部では何らかの形で顔料の水銀朱(HgS)が使用されていた可能性が考えられる。

(3) 第2主体部

遺構底面(試料4)では、リン酸(P_2O_5)の含量が1.02%であり、覆土(試料1)の0.83%よりも比較的高い値である。カルシウム(CaO)の含量は、試料4では1.09%であり、覆土の1.13%と同様の値である。

以上の結果から、第2主体部の試料4付近にリン酸を多く含む生物遺体が存在していた可能性が考えられるが、カルシウム含量に明瞭な傾向が認められないことから、確定的なことは言えない。

(2) 第3主体部

遺構底部(試料2、3)では、リン酸(P_2O_5)の含量が0.87~0.91%であり、覆土(試料1)の0.87%、地山(試料4)の0.93%と同様の値である。カルシウム(CaO)の含量は、遺構底部では0.66~0.83%であり、覆土(試料1)の0.93%、地山(試料4)の0.86%よりもやや低い値である。

今回の結果からは、第3主体部にリン酸やカルシウムを多く含む生物遺体が存在していた可能性は確認できない。

(4) 北西部攪乱坑

遺構底面(試料2)では、リン酸(P_2O_5)の含量が0.93%であり、覆土(試料1)の0.72%よりも比較的高い値である。カルシウム(CaO)の含量は、遺構底面では0.67%であり、覆土(試料1)の0.83%よりも低い値である。

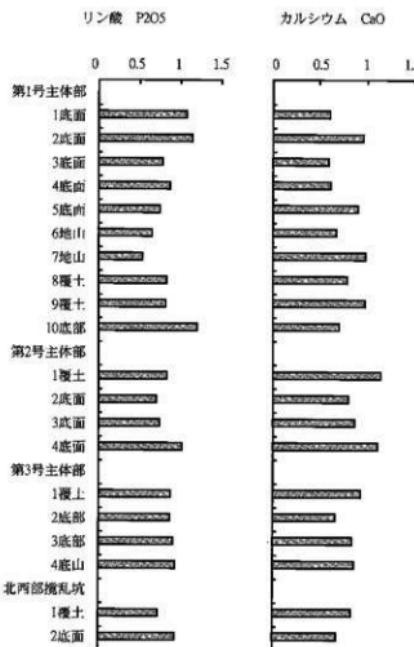
以上の結果から、北西部攪乱坑の試料2付近にリン酸を多く含む生物遺体が存在していた可能性が考えられるが、カルシウム含量に明瞭な傾向が認められないことから、確定的なことは言えない。

参考文献

竹追 総(1993) リン分析法. 第四紀試料分析法2, 研究対象別分析法. 日本第四紀学会編. 東京大学出版会, p.38-45.

表7 111号墳における蛍光X線分析結果

分析部位	第1号主体部										第2号主体部										東方斜面					西側斜面				
	地表面	2底面	3底面	4底面	5底面	6底面	1覆土	2覆土	3覆土	4覆土	5覆土	6覆土	7覆土	8覆土	9覆土	10底面	1底面	2底面	3底面	4底面	5底面	6底面	7底面	8底面	9底面	10底面	11底面	12底面		
11 地表面	0.74	0.47	0.75	0.67	0.65	0.48	0.65	0.79	0.75	0.75	0.64	0.48	0.67	0.54	0.33	0.29	0.43	0.34	0.31	0.22	0.19	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18			
12 地表面	0.74	0.50	0.413	0.35	1.06	0.67	1.04	0.93	0.94	0.85	0.35	0.37	0.35	0.25	0.32	0.37	0.32	0.32	0.32	0.31	0.32	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31			
13 地表面	32.255	30.465	28.411	78.81	31.02	32.59	32.25	30.577	31.154	31.83	29.08	26.35	26.137	23.49	26.308	26.953	29.378	27.773	26.329	26.377	26.377	26.377	26.377	26.377	26.377	26.377	26.377			
14 地表面	45.557	42.355	43.053	38.93	43.277	46.071	45.85	46.072	46.822	44.982	46.18	47.391	46.311	52.122	47.773	46.056	46.467	47.381	43.311	47.492	47.492	47.492	47.492	47.492	47.492	47.492	47.492			
15 地表面	1.67	1.35	0.75	0.68	0.75	0.67	0.62	0.54	1.715	0.83	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37				
16 地表面	0.97	0.97	0.74	0.74	0.73	0.78	0.78	0.82	0.89	0.89	0.82	0.89	0.87	0.87	0.89	0.75	0.82	0.77	0.82	0.77	0.82	0.77	0.82	0.77	0.82	0.77				
17 地表面	1.69	1.85	1.39	2.17	1.84	1.39	1.85	1.25	1.27	1.25	1.65	1.39	1.45	1.76	1.47	1.39	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45				
18 地表面	0.85	0.82	0.99	0.60	0.86	0.68	0.93	0.78	0.71	0.76	1.19	0.82	0.89	1.04	0.81	0.69	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89				
19 地表面	1.30	1.44	1.30	1.52	1.30	1.30	1.26	1.30	1.26	1.40	1.07	1.77	1.71	1.36	1.83	1.34	1.61	1.67	1.62	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56				
20 地表面	0.68	0.79	0.63	0.63	0.79	0.62	0.68	0.66	0.68	0.68	0.66	0.67	0.64	0.66	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67				
21 地表面	0.91	0.92	0.436	0.417	0.405	0.43	0.39	0.39	0.34	0.40	0.42	0.49	0.32	0.40	0.45	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46				
22 地表面	14.141	17.935	14.404	14.04	14.03	14.17	3.99	14.40	14.05	14.04	14.04	14.04	13.35	16.64	13.37	14.34	13.35	16.714	16.714	13.35	16.714	13.35	16.714	13.35	16.714	13.35	16.714			
23 地表面	2.08	0.37	0.28	0.04	0.05	0.06	0.28	0.25	0.07	0.072	0.083	0.08	0.07	0.00	0.074	0.071	0.543	0.168	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051				
24 地表面	0.66	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
25 地表面	0.91	0.65	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.02	0.01	0.01	0.23	0.08	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02				
26 地表面	0.612	0.611	0.611	2.617	0.613	0.611	0.612	0.613	0.613	0.613	0.523	0.613	0.613	0.613	0.613	0.613	0.613	0.613	0.613	0.613	0.613	0.613	0.613	0.613	0.613					
27 地表面	0.207	0.075	0.062	0.070	0.060	0.062	0.059	0.059	0.060	0.062	0.079	0.022	0.011	0.020	0.030	0.020	0.021	0.019	0.020	0.021	0.019	0.020	0.021	0.021	0.021	0.021				
28 地表面	0.341	1.06	0.60	0.56	0.209	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009				



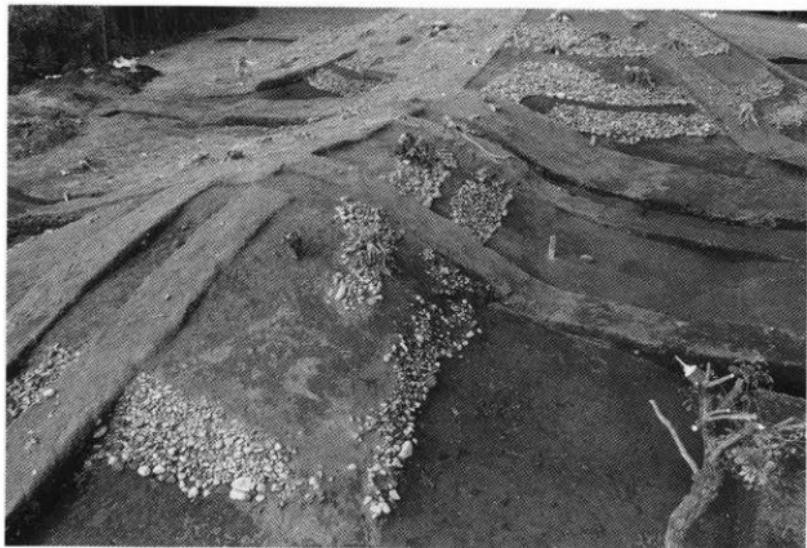
第50図 111号墳におけるリン・カルシウム含量 (wt%)



173号墳 全景 (北東から)



同上 垂直写真 (上が東)



173号墳 莖石検出状況（前方部）



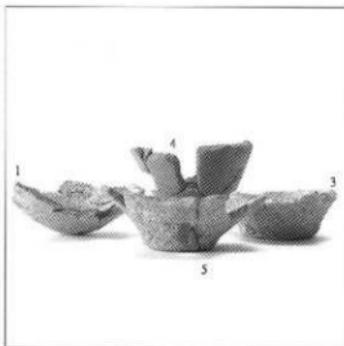
同上（後円部）



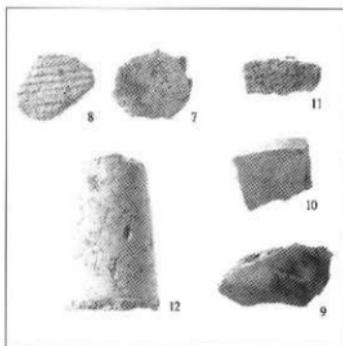
173号墳 薙石検出状況（くびれ部付近）



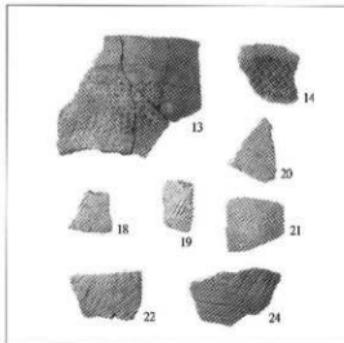
同上 くびれ部スロープ部



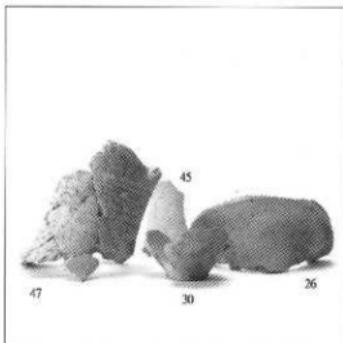
出土遺物 古墳に伴うもの①



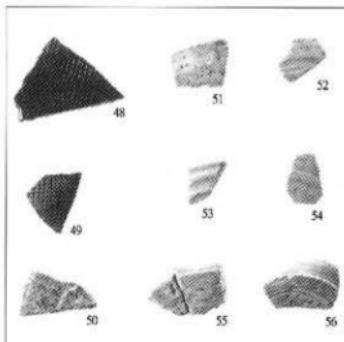
出土遺物 古墳に伴うもの②



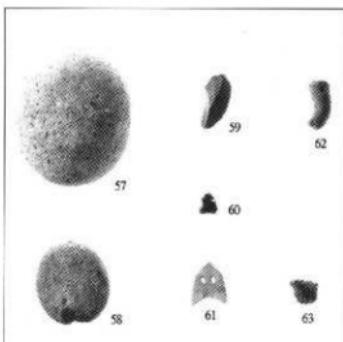
縄文土器



弥生土器



古墳時代以降の土器



その他の遺物



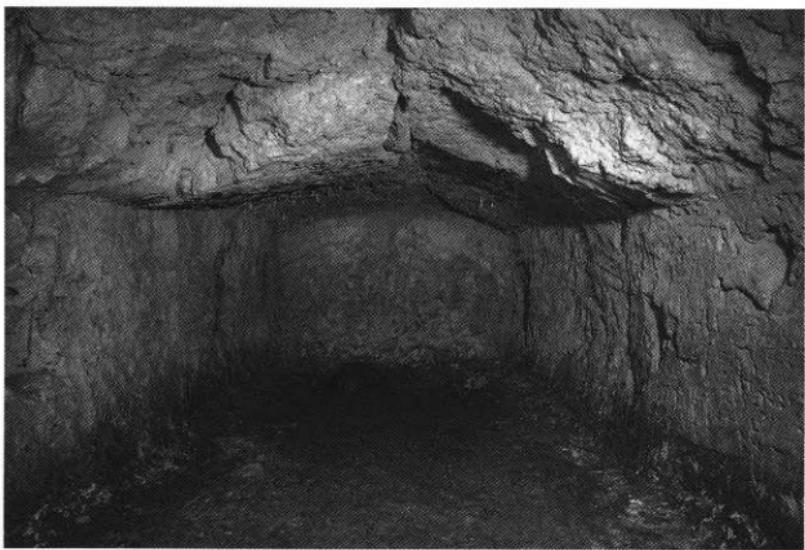
1956年発見時の4号地下式横穴墓 玄室奥壁側



同上 玄室羨道側



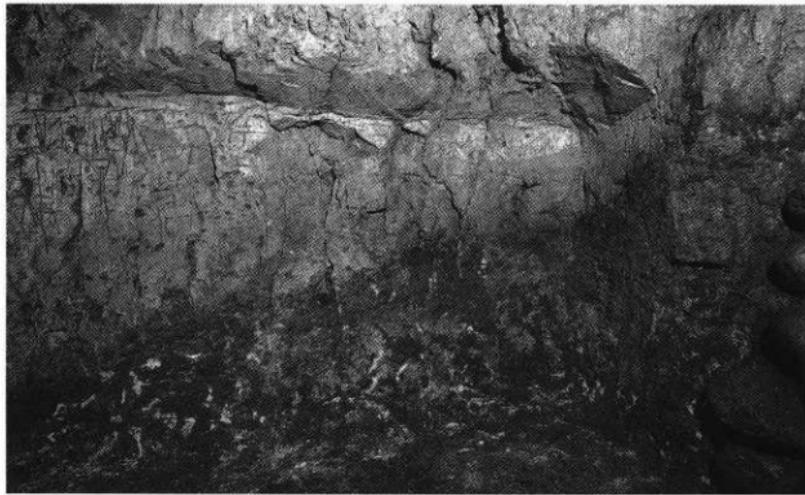
再調査以前の111号墳と4号地下式横穴墓



4号地下式横穴墓 玄室（床面未検出時）



4号地下式横穴墓 塞道閉塞石とコンクリートボックス（玄室から）



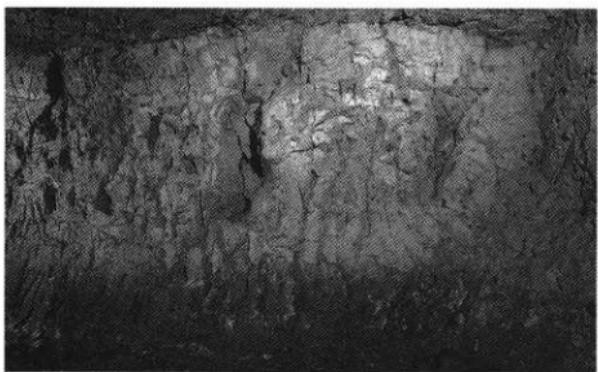
同上 寄棟の構造を示す玄室右前角上部



4号地下式横穴墓 奥壁



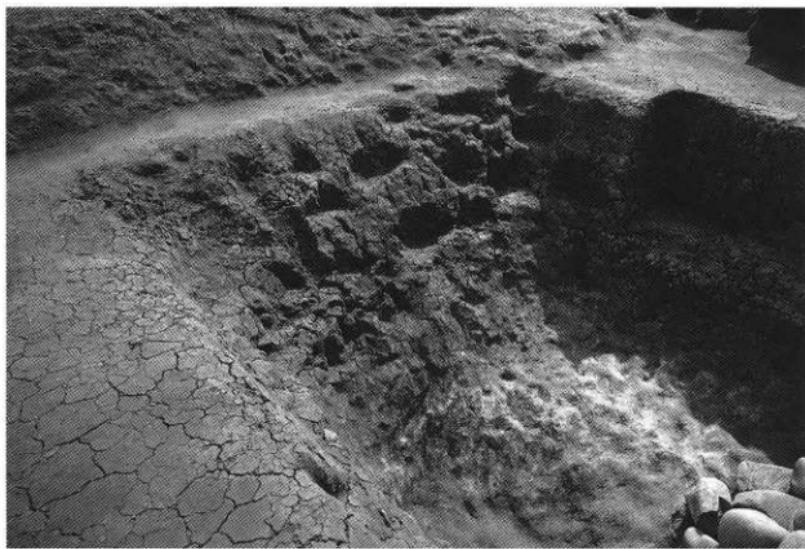
同上 右側壁



同上 左側壁



4号地下式横穴墓 竪坑



同上 竪坑南壁のステップ状小テラス



111号墳 周溝埋土



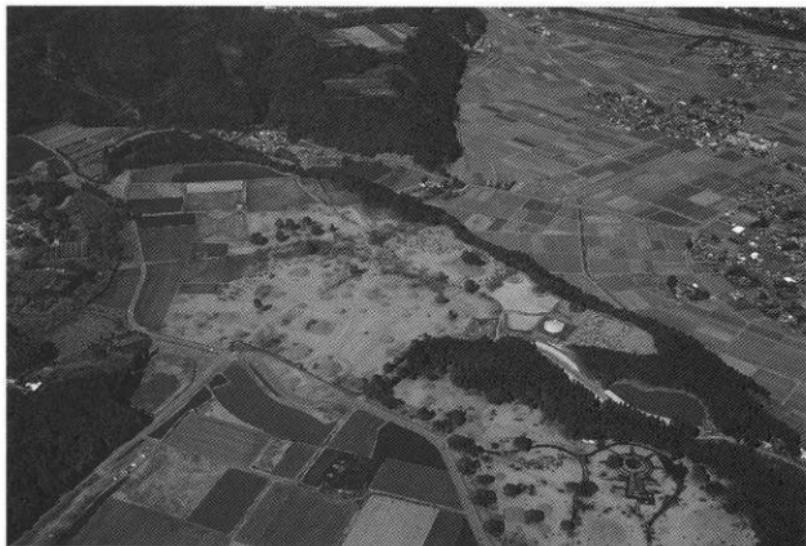
4号地下式横穴墓 玄室完掘状況



4号地下式横穴墓 保存見学施設



同上 内部



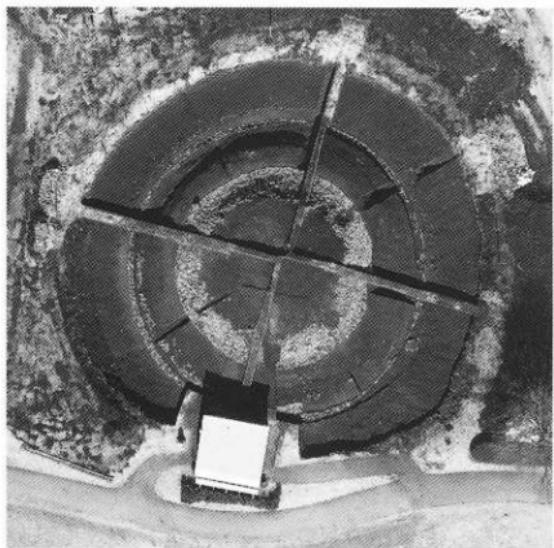
西都原古墳群 第3支群（南から）



第3支群から市街地を望む（北から）



111号墳 墳丘全景（西から）



同上 垂直写真（上が北）



111号墳 墳丘全景（北から）



同上（南から）



111号墳 墳丘北西部
2段目斜面
葺石検出状況（東から）



同上 1段目斜面
葺石検出状況（西から）



同上 1段目基底石
検出状況（北から）



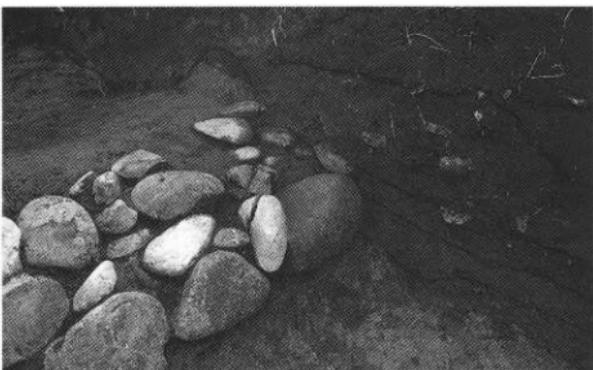
111号墳 墳丘南西部
葺石検出状況（南から）



同上 2段目斜面
葺石検出状況（南から）



同上 1段目斜面
葺石検出状況（西から）



111号墳 墳丘西部
1段目基底石（北から）



同上 西部トレンチ
周溝検出状況（北から）



同上
周溝外肩近影（西から）