

日本の土壌中での磷酸塩の挙動

ジナ・バーンズ*, ルール・ブラント**, サイモン・ケーナ*,

デイビット・ロリガー***, 西田史朗****

I はじめに

磷酸塩はすべての生物が成長するのに必須である。それは自然界では終局的に燐灰石のような天然の鉱物に由来するが、磷酸化合物は植物や動物の組織あるいは動物の老廃物にひろく含まれている。排泄物それ自体は磷酸塩を特に多く含むわけではないが、その生産量の大きさから豊富な磷酸塩資源となる。例えば家畜化した動物のうち、豚は重量比で他の動物の二倍以上の高い磷酸塩を排出する。これに比べ人の磷酸塩生産率はかなり低い。

いったん動物の躯体やその排泄物が土中に埋められると、その構成物は急速に分解されるが、磷酸塩については物理的な分解作用はずっと緩やかに働き、動物の躯体が消失した後も長期にわたって土壌中に濃集して残る。

近年、考古学の分野では土壌中の磷酸塩の高密度域を検出することが重要な手段となってきた。と言うのは人類の居住した地域は、特徴的に人と動物双方の生産物や残骸・排泄物を埋積しているからである。多くの食糧、特に肉類や魚は磷酸塩に富んでいる。このような食糧の加工や調理、貯蔵や不用物の廃棄は、考古遺跡の特定箇所の磷酸塩濃度を高めることになる。磷酸塩の土壌中への集積率を考えると、その多くは動物や人によるものである (Hamond)¹⁾。それゆえ人類の居住地や使用場所は、磷酸塩の高密度な存在によって発見することができる。

いっぽう磷酸塩は埋没した場所で著しく安定であることが知られている (Proudfoot)²⁾。土壌中に置かれると、磷酸塩の水溶性成分はすぐさま溶失しようとする。この損失は場所によっては、不溶性の磷酸塩へと変質し小さくなる。そのように安定化した磷酸塩は、溶失や植物による吸収が困難になる (Hamond, Eidt^{3,4)})。

また土壌の物理的風化の進行は、土壌断面での磷酸塩の濃度分布に大きく影響するかもしれない。中性土壌 (pH 7) では、酸性土壌やアルカリ土壌に比べ磷酸塩は溶失し易い。また粘土サイズ粒子の下方移動が——部分的にミミズによる持ち上げ移動があっても——結果的に磷酸塩を底土へ達する

* ケンブリッジ大学考古学・人類学部

** アムステルダム大学先史・原史研究所

*** 国際基督教大学化学教室：181 三鷹市大沢3-10-2

**** 奈良教育大学教育学部地学教室：630 奈良市高畑町

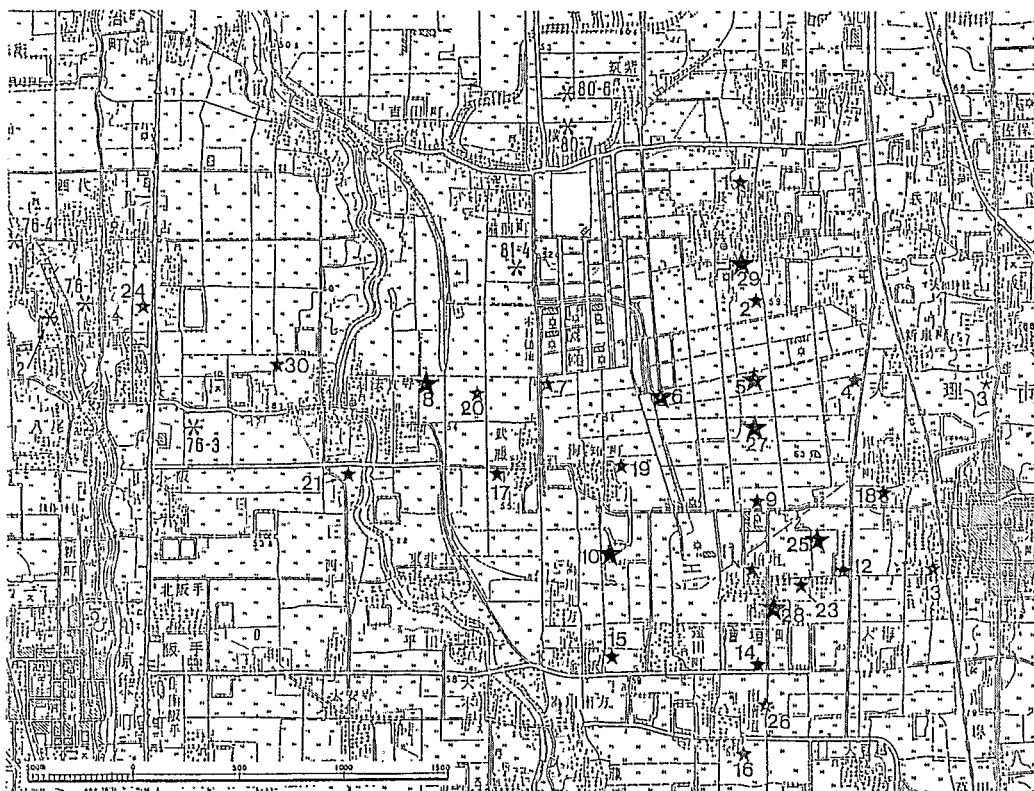


図1 磷酸塩分析試料の採取位置（奈良県天理市朝和地域）磷酸塩試料位置を大きな★で、関連するコアの位置を小さな★と＊で示す。
国土地理院1/25,000地形図「桜井」による。

Fig. 1. Sampling positions of phosphate analysis (Asawa area in Tenri City, Nara). Large stars show the location of phosphate sample. Small stars and asterisks show the location of related cores. Location map adopted for NGB 1/25k geographical map "Sakurai".

下降をもたらすこともある (Hamond)¹⁾。しかし、溶失は多くの条件下では起こりそうには思われない。と言うのは地表に曝らされている土壌では、異なったレベルの富化磷酸塩濃度を示すデータが出されているからである (ロリガー)^{5,6)}。さらに考えられるような粘土粒子の下方移動によって、人手の加わった土壌の存在を分かり難くするように思われるが、一方で底土の直上に磷酸塩が集積するので検出が容易になる。第一に深くなるほど磷酸塩は植物に利用されなくなる。第二に過去の磷酸塩と表層土壌中の化学肥料を区別し易くする。三番目は粘土粒子の下方移動にともなう磷酸塩の集積は、過去の地表面が無くなっても遺跡を見付け易くする (Bakkevig,⁷⁾ Hamond,¹⁾ Gurney⁸⁾)。

結論すると、人類の居住によってもたらされた埋蔵文化層は検出可能である。必要ならば磷酸塩の垂直移動を考慮して、磷酸塩の少ない層あるいは自然層と人類による高い磷酸塩レベルを区別するこ

とができる。また磷酸塩は、カルシウムや窒素などを含む哺乳動物の他の構成物のように水平に移動しないので、磷酸塩濃度を水平的に調べると遺跡内での磷酸塩濃度の高い場所を発見することができる。最後に、ピット内での磷酸塩の存在は、動物や人の痕跡を残す貯蔵穴、あるいはゴミ穴、または埋葬穴か、時には動物と関係のない使われ方をしたのかなどの、ピットの用途を知る手掛かりを与える。

日本の住居跡考古学では、以下の二つの理由から磷酸塩分析は、今までに具体的にほとんど行われなかった。一つは人糞尿が永らく肥料として用いられ、地表全体を多かれ少なかれ磷酸塩で汚染してきた。二つめは磷酸塩を含む化学肥料が今も広く使われていて、これらは地中にしみ込み、本来の磷酸塩含有層とそうでない層の境界を不明瞭にしてきたと考えられていることである。しかしこれらの疑念は、既に確認された日本の土壌中の磷酸塩の実際の動きに基づくのではないので検討の必要があるろう。

この検証の機会がトヨタ財団の支援を受けた「先史・原史時代日本人の地形認識と土地利用」共同研究グループによる1984年春のコアリングであった。この研究の主目的は奈良県天理市南部の朝和地域の古地形の確認であった。この付近の表層土壌は一般に酸性（pH 3-6）である（奈良県農業試験場）⁹⁾。航空写真の解読からこの地域は、河川後背湿地の可能性が指摘され（バーンズ）¹⁰⁾ 柱状試料では前期と後／晩期縄文時代を示すヨシ類を含む2層の黒色炭質粘土層を確認した（「先史・原史時代日本人の地形認識と土地利用」研究グループ）^{11),12)} これらの黒色炭質粘土層のみでは大きなひと続きの沼地であったのか、あるいは小さな池沼が散在していたのかはまだ区別できないが、後氷期の朝和地域が人類の居住に適した地域周辺の沼沢地の移り変わる地域であったことは明らかである。

今回のコアリングは、住居跡を発見するためにはあまりにも広すぎ、コアの間隔が平均 340 m であり（図1）、磷酸塩の水平分布を知るのには不適切であった。しかも磷酸塩の垂直的な挙動と文化層との関連が明らかにできない。そこで本プロジェクトの磷酸塩研究は、集落の発見より先ず土壌層序断面での磷酸塩の挙動に焦点を当てる。

II 試料と実験方法

今回の検証では、住居跡を知るのには試料間隔が離れすぎて無理があるが、朝和地域の層序断面では磷酸塩は明らかに濃度的に差異を示して分布する。このことはまた、この地域では人糞尿や化学肥料の使用は、それ以前の磷酸塩の分布を覆い隠すほどの影響を及ぼしていないように思える。この検証のために、二段階の実験が行われた。

先ず5本のコアについて、磷酸塩濃度が調べられた（図2）。ここでは磷酸塩濃度を5段階に区別するエイト・スポット法が用いられた（Eidt）。^{3,4)} この方法は磷酸塩を野外で調べる簡易な定性分析で、磷酸塩の有無とおおまかな存在程度を知るのに有効である。予想に反して、表層土壌中には磷酸塩の高い集積は見られず、垂直断面中で明らかに濃度の推移を示した。例えばコア8では地表下の

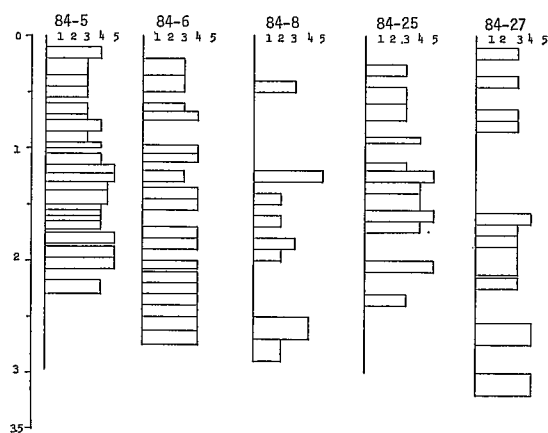


図2 エイト・スポット法による磷酸塩の層位的変化。
分析はS. ケーナによる。縦軸はコアの深さ(m),
横軸は磷酸塩の半定量値。

Fig. 2. Vertical variation of phosphate measured
through Eidt Spot Test by S. Kaner.

磷酸塩濃度は低いままである。このことは磷酸塩は垂直方向に溶失しないことを明確に示し、層序断面中で磷酸塩が均質に分布するものでないことを確認させる。

予察に使ったコア25を含む4本のコア試料について、数個の単独試料と共に、磷酸塩の半定量分析を実験室で行った。分析方法を以下に、また分析結果を表1と図3に示す。

分析の方法

1. 風乾後、粉碎、篩で1mm以下の粒度に揃える。
2. 内径10mmの試験管に試料1.01g_±を入れ、2規定の塩酸5mlを加える。
3. 沸騰水中で20分間湯煎する。

4. 上澄み0.2mlを取り、モリブデン・ブルー9.8mlを加える。

5. 30分間発色させ、882nmで分光測光。

6. 補正標準曲線と比較し、定量結果を算出する。

注1. モリブデン・ブルー溶液：希釈して、最終的に1literにする。

a. 6規定硫酸21.7ml

b. モリブデン酸アンモニウム40gを1literに溶解。25ml

c. 酒石酸アンチモニルカリウム2.743gを1literに溶解30ml

d. アスコルビン酸0.88g

注2. 補正標準曲線の傾きは酒石酸アンチモニルカリウムによる。

注3. 補正標準曲線は4ppmまでは直線近似する。

注4. 測光曲線は試料の濃度に依存する。

Ⅲ 結果と考察

全般的な結果の討論に先立って、二三の説明を行う。分析結果は次の二様に表示されている：すなわち表1・3列に示した溶液中の磷酸塩濃度としてと、表1・4列に示した土壌中の磷酸塩濃度としてである。これらの値は双方とも同じ試料で、表現を変えて示したものである。場合によっては、表1・注欄に記したように異なった溶液量が供された。試料6-23と10-1の例では、磷酸塩の稀釈量の違いとして現れ、致命的な差異を示さない。ところが試料28-14は高い磷酸塩濃度を示すが、溶液量の違いによる数値は一致しないので、最終的な比較には使えない。

表1 磷酸塩分析の結果

Table 1. Phosphate Analysis Results

コア試料 (core-sample)	深度 (cm) (depth)	溶液濃度 (ppm)	土壌中 (mg P/g soil)	備 考 (notes)
1-27	220-225	1.229	0.31	0.05 ml 0.02 ml
2-23	280-290	1.001	0.25	
5-29	150-153	3.148	0.79	
5-37	188-197	4.180	1.05	
6-23	160-170	6.099	6.10	
6-23	160-170	2.759	6.90	
7-20	140-148	2.084	0.52	
17-14	140-157	1.437	0.36	0.02 ml
10- 1	0- 10	1.029	2.57	
10- 3	10- 20	4.906	1.23	
10- 5	25- 30	1.053	0.26	
10- 7	32- 42	0.690	0.17	
10- 9	50- 57	0.931	0.16	
10-11	57- 65	1.657	0.41	
10-16	60- 70	0.998	0.25	
10-18	70- 80	1.094	0.27	
10-20	80- 88	1.081	0.27	
10-23	100-110	2.223	0.56	
10-25	110-120	4.570	1.14	
10-29	120-130	0.907	0.23	
10-31	130-140	1.153	0.29	
10-39	140-145	1.167	0.29	
10-41	160-170	0.762	0.19	
10-43	170-175	0.665	0.17	
10-44	175-180	0.920	0.23	
10-45	190-200	2.798	0.70	
10-49	200-210	0.663	0.17	
10-50	210-220	0.595	0.15	
10-53	220-226	0.379	0.095	
10-54	226-231	0.376	0.094	
10-55	240-250	0.422	0.11	
10-57	265-270*	0.823	0.21	
10-62	255-257*	1.208	0.30	
10-63	270-273*	1.265	0.32	
10-64	270-280*	0.586	0.15	
10-67	285-296	1.006	0.25	
25- 1	25- 35	2.557	0.64	0.25 g soil/ 0.1 ml
25- 3	45- 60	1.204	0.30	
25- 4	60- 70	1.047	0.26	
25- 5	90- 95	2.2868	4.57	
25- 6	110-120	2.423	2.42	

層相と磷酸塩一堆积物のタイプによって、
磷酸塩濃度が大きく変化するの興味深い。

分析者の手元に送られた試料の42パーセントは砂で、37.5パーセントは炭質粘土で、11パーセントが砂質粘土であった。この数字は偶然のもので、試料の選択の際に配慮したものではない。それにも関わらず、結果的に幾つかの類型が生じている。ここでは、低い磷酸塩濃度とは土壌 1g 中 0.70 mg 以下に、中程度の磷酸塩濃度とは同じく 0.70 - 1.75 mg に、高い磷酸塩濃度を 1.75 mg 以上と定義する。砂質試料の19パーセントと炭質粘土試料の22パーセントが中ないし高い磷酸塩濃度を示すが、砂質粘土試料ではこの数字が50パーセントに上がる。この形の試料が72試料中8試料とひじょうに少いので、この数字の統計的な有意さは明らかでない。少なくともこれらの砂質粘土試料の半分が、かなりの量の磷酸塩を含み、このことは砂質粘土が他の堆積物よりより多くの動物物質を受け入れていることを示唆している。朝和コアリングで土壌の色調と腐植物の含まれ方によって、旧水田土壌とされたものの多くは砂質粘土であった。これらの堆積物中での高い磷酸塩濃度は、おそらく水田で使われた天然肥料によるものであろう。

エイト・スポット・テスト——3本の柱状試料について、実験室の分析結果とエイト・スポット・テストの結果を比べることができる。後者のテストによると、コア5の -1.16 ~ 2.08 m の間ではエイト値で4~5の高い

* 深さの順ではないが、試料袋の標記のまま。
半定量分析による結果で誤差は10%以内である。

表1 つづき

Table 1. Continued

コア試料 (core- sample)	深度 (cm) (depth)	溶液濃度 (ppm)	土壌中 (mg P/g soil)	備 考 (notes)
25-19	120-130	2.427	0.61	
25-20	130-140	1.792	0.45	
25-21	140-150	1.203	0.30	
25-22	150-160	1.376	0.34	
25-23	160-170	1.006	0.25	
25-24	200-210	1.280	0.32	
25-25	230-240	0.351	0.09	
28- 1	25- 35	0.760	0.19	
28- 3	50- 60	0.918	0.23	
28- 4	90-100	3.627	0.91	
28- 5	105-115	0.560	0.14	
28- 6	115-125	0.390	0.10	
28- 7	125-133	0.243	0.06	
28- 9	160-170*	1.028	0.26	
28-10	150-160*	0.822	0.21	
28-11	175-185	0.806	0.20	
28-12	185-193	0.771	0.19	
28-14	243-248	4.408	2.20	
28-14	243-248	0.769	1.92	0.1 ml
28-15	250-256	0.532	0.13	0.02 ml
28-16	270-295	1.663	0.42	
		1.824	1.824	
29- 1	30- 39			
29- 2	40- 44	2.138	2.139	0.05 ml
29- 3	60- 68	4.423	1.11	0.05 ml
29- 5	80- 90	4.678	1.17	
29- 6	100-108	4.089	1.02	
29- 7	108-118	0.873	0.22	
29- 9	120-130	1.161	0.29	
29-11	160-175	4.110	1.03	
29-12	175-185	1.036	0.26	
29-13	200-210	1.871	0.77	
29-14	211-224	1.603	0.40	
29-16	230-240	0.776	0.19	

磷酸塩量を示す。これらの磷酸塩量は実験室でも調べられていて、-1.50~1.53 m の5-29と -1.88~1.97 m の5-37 では中程度の磷酸塩量が知られている。5-29についてはエイト値の4は土壌中の磷酸塩量0.79 mg/g に、5-37についてはエイト値5は同じく1.05 mg/g に相当する。コア 6-23 はエイト値5で、実験室でも土壌1グラム当たり 6.1 と 6.9 mg の高い磷酸塩量を示している。その試料の色は見掛けでは著しく緑っぽかった。

エイト値と磷酸塩量——個々の試料について、予備試験での高いエイト値は実験室の結果でも高く現れ、一般的に良い相関を示す。しかし、すべての試料が両法で測定されたコア25では、測定結果の相関がよくない。エイト値で3~4を示す試料は、実験室値も高く現れるが、少なくともエイト値5の2試料とエイト値4の4試料は実験室では低い磷酸塩濃度を示す。このようにこのコアでは、高いエイト値と高い実験室値の間にはほとんど関係がないように見える。

磷酸塩の垂直分布——それにも関わらず、コア25の磷酸塩のプロファイルは他に比べて特徴を持つ。磷酸塩の多い試料は、野外で色調と腐植物の量から旧水田土壌とした砂質粘土層から得られている。同様にコア28では、28-4層準の中程度の磷酸塩量は腐植物と鉄質団塊を含む粘土層に相当する。この層もまた

野外では旧水田土壌とされていたものである。これに対しコア10で最初認められた旧水田土壌は磷酸塩分析では部分的に認められるだけである。55~110 cm の粘土質砂からなる試料 10-16, 18, 20, 23の磷酸塩濃度は低い、110~120 cm の砂質粘土試料 10-25 は中程度の磷酸塩濃度を示す。磷酸塩はこのような堆積物では下部にのみ集中するように見える。

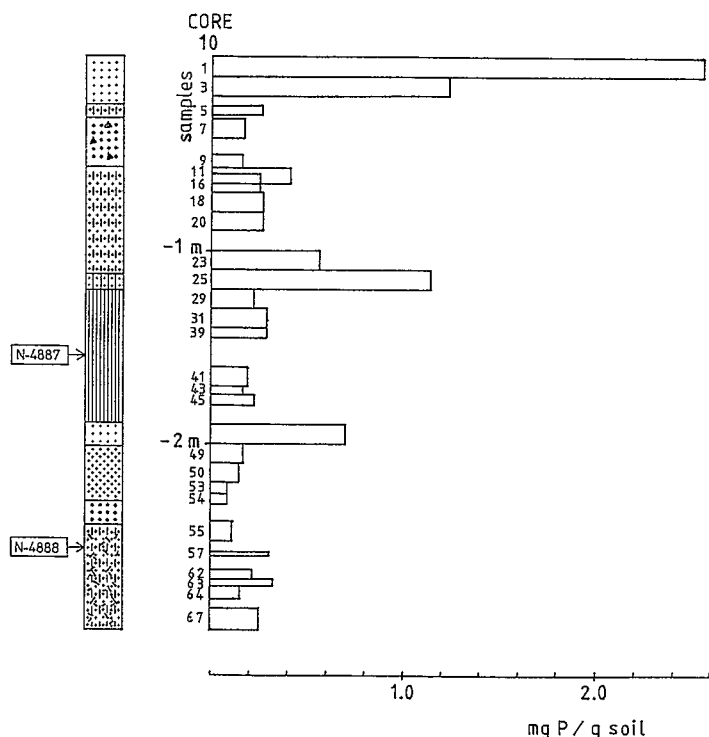
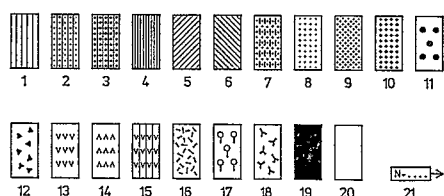


図3 コア10, 25, 28, 29の磷酸塩含量。分析はD. ロリガーによる。縦軸はコアの深さ (m)。土壌 1 g 当たりの磷酸塩量 (mg)。

Fig. 3 Phosphate contents of Core 10, 25, 28 and 29. Analyzed by D. Roriger. Vertical scale: depth (m) Phosphate: mg/l g soil.

図3a コア10,
Fig. 3a Core 10. 53. 59m m.s.l.
N-4887=2,150±75 bp.
=410 BC~AD
50.
N-4888=5,810±115 bp.
=4,940~4,430
BC.



コア記号の説明。Explanation of core symbols.

1: 粘土 (Clay), 2: 砂まじり粘土 (Clay with sand), 3: 粗砂まじり粘土 (Clay with coarse sand), 4: 黒色粘土 (Black clay), 5: シルト (Silt), 6: 細砂ないしシルト (Fine sand and silt), 7: 粘土まじり砂 (Clay in sand), 8: 細砂 (Fine sand), 9: 中砂 (Medium sand), 10: 粗砂 (Coarse sand), 11: 砂礫 (Gravel), 12: 小礫 (Pebbles), 13: 泥炭 (Peat), 14: 再堆積泥炭 (Redeposited Peat), 15: 泥炭質粘土 (Peaty clay), 16: 腐植物をまじえる (...with humic content), 17: 植物片をまじえる (...with recognizable plant remains), 18: 鉄質団塊を含む (...with iron concretions), 19: 火山灰 (Volcanic ash), 20: 最近の攪乱層 (Modern disturbance), 21: ^{14}C 試料 (^{14}C sample).

コア10は表層土が実験室で調べられた唯一の試料である。この表層土は極端に高い磷酸塩濃度を示すが、おそらく化学肥料の使用によるものであろう。しかし、調べられたコア試料のうちで、表層の高い磷酸塩が下層に影響していないことを最もはっきりと示している。このコアの別の2層は中程度の磷酸塩量を示す。それらは放射性炭素年代で紀元前後の1,000年を示す炭質粘土層のちょうど上下に位置している。これらの磷酸塩を多く含む地層は、炭質粘土から推定される沼沢の出現前後の時期での人類の活動を反映しているものとも見ることができる。

コア28は中ないし高い磷酸塩濃度を示す2層を含む。上位のものは~上部砂質粘土層中の非炭質粘土のレンズ状層である。下位のものは BC 6,000 年以前と測定されている同様の非炭質粘土層直上の

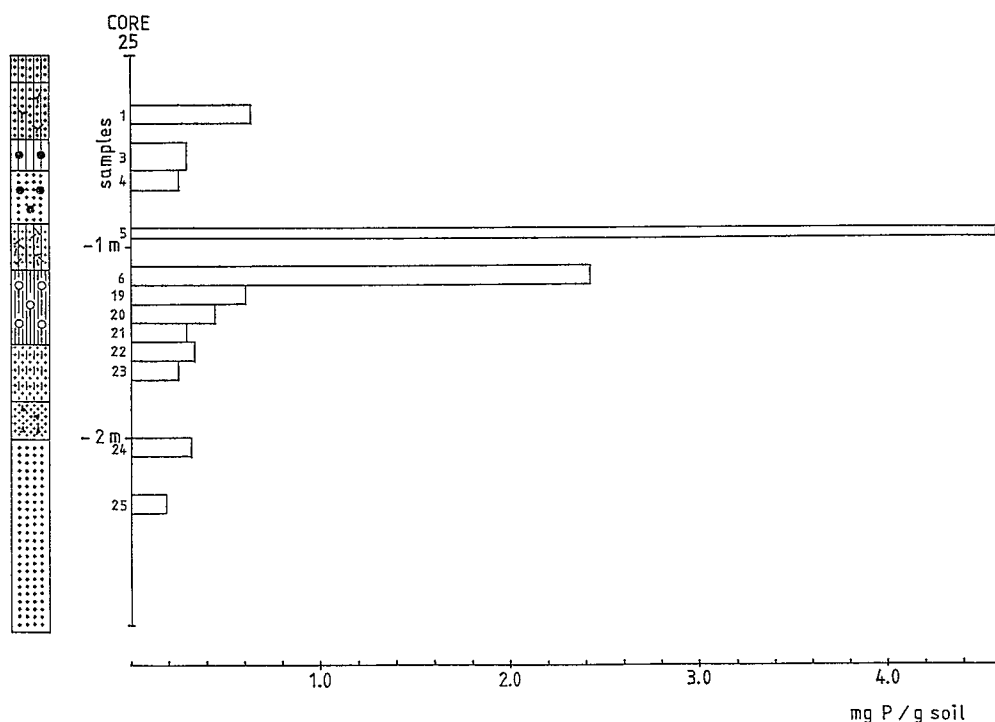


図 3 b コア25
Fig. 3b Core 25. 59.70 m m.s.l.

砂層中である。これらの磷酸塩量の多いことは、人類の住居跡を示すものかどうかは明らかではないが、人類を含む動物遺物の集積は期待できよう。

コア29は炭質粘土層を含まないことで異なり、砂層と砂質粘土層の互層からなる。先に述べたように、砂質粘土層は旧水田土壌と考えられるので、砂層はおそらく河川性の堆積によってもたらされ、居住に適した乾燥した土地を示す。このコアが長柄集落の南端から得られたことは注目し、高い磷酸塩レベルはおそらく長期にわたる継続的な住居の存在を示しているであろう。

今後の問題——これらの磷酸塩層序の様子から、今後の分析に関して二つの課題が想起される。磷酸塩量が数センチ以内で急激に変化する様子から、磷酸塩存在の意味を十分に確認するためには、コアの全層準にわたって調べる必要がある。コア10の例はこれに近い。もしある層準が省かれたとすると、人類活動の重要な層が検出できないことになり、磷酸塩層序から当然明らかになるはずの正しい結果が得られなくなる。比較的完全な磷酸塩層序を得るのには、10 cm 間隔のサンプリングで充分であろう。二番目に、朝和地域の表層土は酸性を示すものとして報告されてきたが、下位層は別かもしれない。下位層への溶失は pH7 層によるものであるから、磷酸塩分析に供される堆積物試料はすべて pH 測定をされるべきである。

上に述べた分析は一般的に磷酸塩の高い集中は野外の層序断面では黄色あるいは緑がかった土色の斑点として現れ、同時に人為的に攪乱された地層と対応する。これらの二つの知見はコア24地点でこ

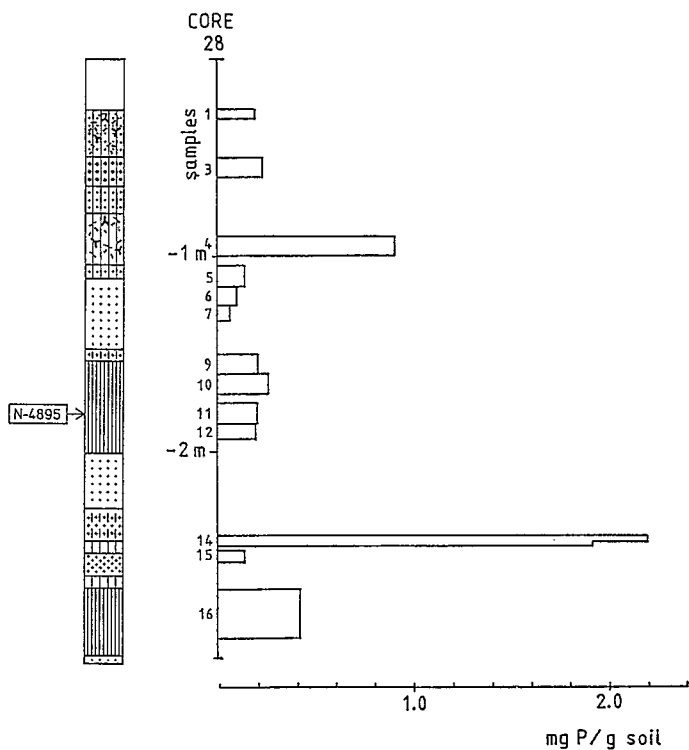


図 3 c コア 28,

Fig. 3c. 59.10 m m.s.l.

N-4895 = $7,350 \pm 155$
bp.

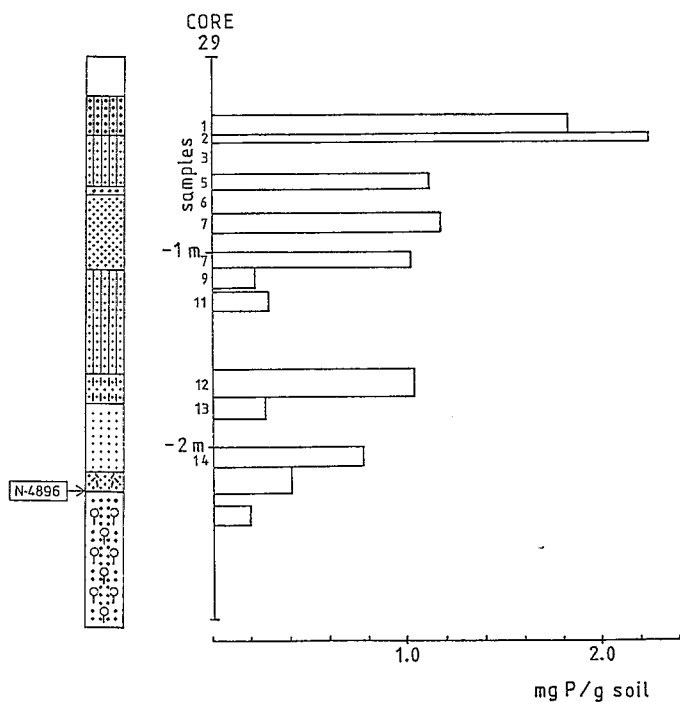


図 3 d コア 29,

Fig. 3d. 56.00 m m.s.l.

N-4896 = $4,960 \pm 155$
bp.

= 4,225 ~ 3,410
BC.

とのほかうまく確認することができた。コア24地点は唐古遺跡の発掘現場（奈良県田原本町，1984年4月）で，弥生時代前期の砂質層が広く現れていた。この層は発掘現場の南東の断面ではっきりと認められ，多量の磷酸塩が緑っぽい土壌中に明らかに含まれていた。

Ⅳ ま と め

朝和地域の土壌断面での磷酸塩の垂直分布からみて，高い磷酸塩量は人為的な地層と明らかに關わりを持つ。ここでは磷酸塩の溶失の証拠は無いと考えられ，地層中の磷酸塩の多いところは肉眼的に黄色ないし緑色を帯びた土色によって区別することができる。しかし，検出方法による結果の差異は，エイト・スポット・テストの有効性に疑問を残す。今後の研究ではこの点を解決し，水平的な磷酸塩の分布を明らかにし，理想的には住居跡を含んだ野外調査で磷酸塩の分布とに關連を検証したい。

参 考 文 献

- 1) F. W. Hamond (1983) Phosphate analysis of archaeological sediments. In R. Reeves-Smyth and Hamond, F. (eds.) *Landscape Archeology in Ireland*. 47-80, Oxford: BAR British Series 116.
- 2) Proudfoot, M. (1976) The analysis and interpretation of soil phosphorus in archaeological contexts. In Davidson D. and Shackley, M.(eds.) *Geoarchaeology*, 93-113. London: Duckworth.
- 3) R. C. Eidt (1973) A rapid chemical field test for archaeological site surveying. *American Antiquity*, 38: 206-210.
- 4) R. C. Eidt (1985) Theoretical and practical considerations in the analysis of anthrosoils. Appendix: new methods for determining soil phosphate fractionation. In G. Jr. Rapp and J. A. Gifford(eds.) *Geological Archaeology*, 155-183. New Haven: Yale Univ. Press.
- 5) デイビット・A・ロリガー (1983) 6号住居址の磷分析。国際基督教大学考古学研究 センター Occasional Paper No. 5: 44-50.
- 6) デイビッド・A・ロリガー (1983) 6号住居址における磷，酸化性物質，カルシウム，マグネシウム及びマンガンの比較分析，同上，No. 5: 51-59.
- 7) S. Bakkevig (1980) Phosphate analysis in archaeology: problems and recent progress. *Norwegian Archaeological Review* 13: 2.
- 8) Gurney, D. A. (n. d.) Phosphate analysis of soils, a guide for the field archaeologists. The Institute of Field Archaeologists, Technical paper No. 3.
- 9) 奈良県農業試験場 (1973) 水田および畠地土壌生産性分級図，奈良県。
- 10) パーンズ・ジナ・リー (1982) 地形復元と遺跡出土地の最近隣法による解析，考古学と自然科学

15号：113-131.

- 11) 「先史・原史時代日本人の地形認識と土地利用」 研究グループ (1986) 先史・原史時代奈良盆地の自然環境—その 1 : 地形と地質について—, 奈良教育大学 古文化財 教育研究報告, 15号 : 1-30.
- 12) 「先史・原始時代日本人の地形認識と土地利用」 研究グループ (1987) 先史・原史時代奈良盆地の自然環境—その 2 コアの記載と生物資料 同上, 16号 (印刷中).

Phosphate Behavior in Japanese Soils: a test case

Gina L. BARNES*, Roel BRANDT**, Simon KANER*,
David A. LOELIGER*** and Shiro NISHIDA****

*Univ. Cambridge, **Univ. Amsterdam, ***International Christian Univ.,
****Nara Univ. Educ.

Though phosphates have been successfully used in western archaeology to identify areas of human habitation, they have not been employed to the same extent in Japan because of fears of the overwhelming influence of phosphate-laden chemical and human-waste fertilizers. Tests were devised in a coring project to determine the vertical behavior of phosphates in the soil of the Asawa region of southern Tenri City, Nara Prefecture (Fig. 1).

The results (Table 1) show that phosphates exhibit significant vertical patterning with no evidence of surface leaching or of overall high levels (Figs. 2, 3). Core strata correlated to cultural layers known from archaeological excavation that were Early Yayoi in date were observed to be high in phosphate content, thus reaffirming the link between high phosphate values and human-modified sediments in vertical cores. Sandy clays also tended to yield generally high phosphate readings, supporting the field observation that they were perhaps former paddy soils. With limitations on horizontal distributions, it was not possible to distinguish habitation areas from fields—a problem for future research.