窯跡から出土した須恵器（胎土）の鉱物学的分析について

―― 千葉市・中原窯跡、宇津志野窯跡 ――

宇 津 川　　徹

窯跡から出土した須恵器（胎土）の鉱物学的分析について

——千葉市・中原窯跡、宇津志野窯跡——

宇津川　　徹※

Ⅰ　まえがき

房総半島北西部の下総台地の千葉市金親町と更科町で窯跡が発見された。両窯跡からは須恵器片が多量に出土し、房総半島における須恵器製造地とその流通機構を考察するために重要な窯跡といえる。

両窯跡から出土した須恵器片について次の点から検討をおこなった。

① 両窯跡の詳細な調査は、まだ進んでいないが房総半島の数地点で発見された須恵器の窯跡（市原市の永田・不入窯跡など）と同時代のものと推定され、窯跡中から出土した須恵器の理化学的な分析によって、須恵器（胎土）の特徴を調べる。

② 胎土中の一次鉱物分析、粘土鉱物分析、胎土中の動物珪酸体分析から須恵器の材料粘土の給源について、地質学的資料との比較をおこなった。

今後、房総半島を含む関東地方の窯跡の研究については、詳細な分析、検討をおこなった上で報告する。

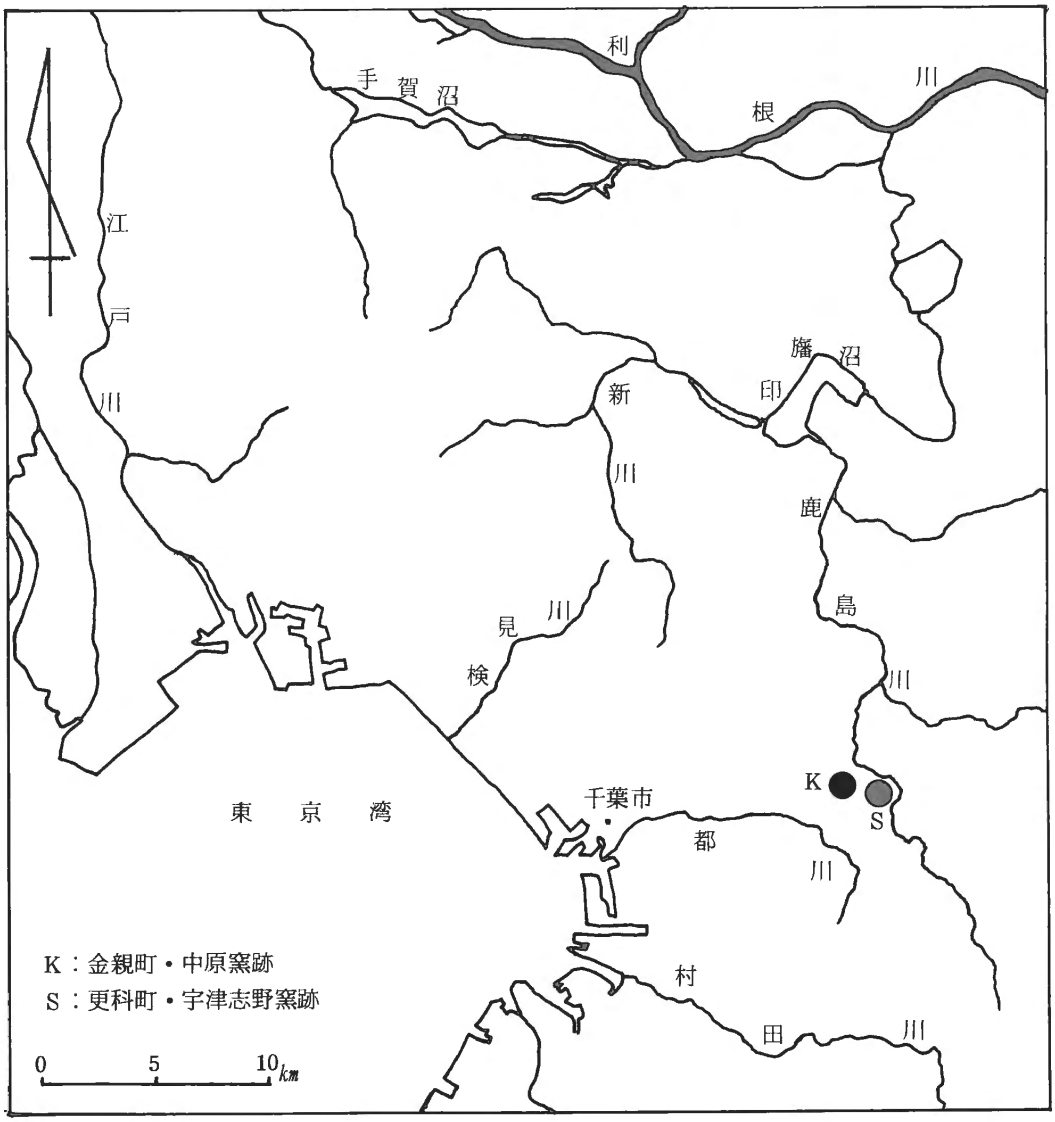
Ⅱ　千葉市金親町・更科町の窯跡の自然地理

千葉市東方10㎞に位置する両窯跡は、下総台地の西部にある（図・1）。標高38〜40ｍの台地が連らなり、杉原（1970）によって、下総上位面、下総下位面、千葉段丘などに地形面区分されている。

下総上位面（下末吉面に対比される）は下総台地の主体部を構成する最も分布域の広い面で東京湾方面と利根川および印旛沼、手賀沼方面から伸びる樹枝状の谷によって刻まれている。その構成層は下部の成田層木下部層の堆積面で、下末吉ローム層全体が整合に堆積する。

下総下位面（小原台面に対比される）は東京湾地区で市川砂層、利根川地区で竜ケ崎砂層の堆積面として形成され、Ｐｍ−1　軽石層以上の層準の風送水底堆積型テフラ（ＡＷ型）の下末吉ローム層を堆積する。

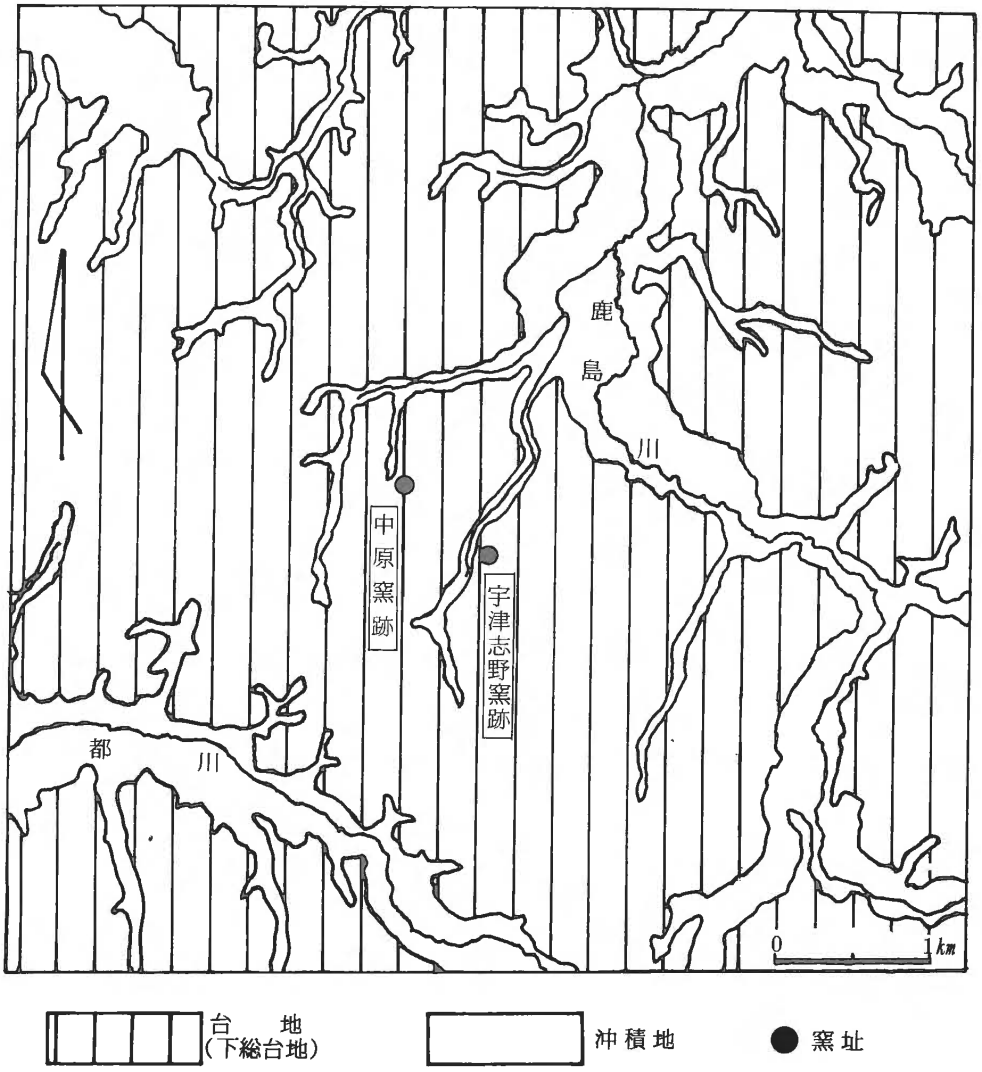
※ 日本学園高校



図・1　調査地点

千葉段丘は、千葉第1段丘と千葉第2段丘に区分され、台地を刻む谷の縁辺部に河岸段丘として分布し、千葉第1段丘は東京軽石層（ＴＰ）の降下直前に、千葉第2段丘は立川ローム層の火山灰（テフラ）降下過程で形成されたものである。

両窯跡は、図・2に示したように利根川に注ぐ、鹿島川が刻んだ樹枝状の谷に面した台地面上に発達しており、窯跡付近には下総下位面、千葉段丘が分布する。とくに両窯跡の北には緩斜面を保ちながら平坦地形の千葉第1段丘とそれに伴なって小面積ではあるが千葉第2段丘が発達している。



図・2　調査地域の地形

表－1　分析試料の特徴

窯跡名	No.	器　種	色　調	脱鉄処理	鉱物特性
宇津志野	A	甕または壷	2.5YR4/2暗灰黄	良好	粗粒状
	B	甕または壷	5YR4/4にぶい赤褐	良好	粗粒状(黒雲母が多い)
中　原	1	坏	2.5YR6/6　橙	やや良	粗粒状
	2	広口壷	2.5YR6/6　橙	やや良	細粒状
	3	甕または甑	2.5YR6/6　橙	やや良	細粒状
	4	壷または甕	5YR6/6　橙	やや良	細粒状
	5	甑または甕	2.5YR6/6　橙	やや良	細粒状
	6	壷	5Y4/1　灰	良好	粗粒状

Ⅲ 分析試料と分析方法

1. 分析試料

分析試料は、両窯跡中より採取したもので、第1表に両窯跡の須恵器の特徴を示した。

須恵器の表面の色調は、マンセル標準土色帖によって示した。脱鉄処理の状況は、脱鉄回数により判定した。鉱物特性は表面の粗・細区分を肉眼および指ざわりによっておこなった。

供試試料は、宇津志野窯跡の須恵器2片（A・B）、中原窯跡の須恵器6片（No.1～No.6）の合計8試料である。

試料の色調で比較すると、中原No.6を除くNo.1～No.5は、2.5YR～5YR6/6（橙）である。No.6は5Y4/1（灰）でNo.1～No.5に比べて焼成温度が高温と推定される。

また、宇津志野窯跡は2.5YR4/2（暗灰黄）、5YR4/4（にぶい赤褐）を呈し、中原No.6の焼成と比較して低い焼成温度と推定される。

2. 分析方法

(1) 一次鉱物（重鉱物・軽鉱物）

須恵器（胎土）中の一次鉱物については次の方法で分析を行った。

① 採取した須恵器を乳バチで粉砕して調製した試料20gを100mℓ遠沈管に水を加え、鉱物粒子に付着している不純物を取り除くためクエン酸ナトリウム、ハイドロサルファイトナトリウムを加え、15分間湯煎にて加熱し脱鉄処理をおこなった。上澄液が透明になるまで遠心分離で3～10回（10分間、2,500 r.p.m）くりかえしおこなった。

② 脱鉄処理後、タイラー標準篩300〔46μ〕以上をとり出し、蒸発皿に移し、湯煎にて乾燥させた。次にタイラー標準篩150〔100μ〕～60〔250μ〕の試料を取り出し、スライドグラスにカナダバルサムで封入した。

③ 偏光顕微鏡で、メカニカルステージを用いて定間隔で視野をずらして、約300粒以上を同定し、鉱物組成を粒数パーセントで表わした。

(2) 粘土鉱物

胎土中の粘土鉱物は、一次鉱物で調製した試料をメノウ乳バチでより細かく砕き、無定位法でX線回折をおこなった。

X線回折は島津製作所製$\overline{V}$D－1型を用い次の条件でおこなった。

対陰極：Cu、フィルター：Ni、管電圧：30KV、管電流：15mA、タイムコンスタント：2sec、走査速度（Scannig Speed）：2°2θ/min、チャート速度：20mm/min、スリット：2.0－0.5－0.2mm、Angle Range：60°～4°（2θ）。

(3) 動物珪酸体（Animal Opal, Opal Sponge Spicules）と植物珪酸体

須恵器表面および胎土中の動物珪酸体について双眼実体鏡（×20～×40）で形態分析をおこない、さらに、動物珪酸体の大きさ（長さ・軸の幅・パイプの口径など）をObjective

micrometer　で測定した。また胎土中には植物珪酸体も同定できた。

Ⅳ　金親町・更科町の須恵器（胎土）の理化学的特性

金親町・更科町の窯跡から出土した須恵器について理化学的分析をおこなった結果、須恵器（胎土）の鉱物学的特性が得られた。

1.　須恵器（胎土）の一次鉱物組成

宇津志野（Ａ・Ｂ）と中原（１～６）の胎土中の鉱物組成について、同定した結果を、第２表に示した。

<宇津志野Ａの鉱物組成>は、全体の61.5％が風化粒からなり、重鉱物は、黒雲母（6.6％）・磁鉄鉱（0.9％）のみである。軽鉱物は長石類（26.2％）・石英（3.5％）が主体で、次いで僅かに火山ガラス（1.1％）が含まれている。

主体をなす風化粒を検討すれば、黒雲母の変質した状態が確認された。

<宇津志野Ｂの鉱物組成>は、宇津志野Ａと同様に全体の66.8％が風化粒からなり、重鉱物は黒雲母（7.6％）・紫蘇輝石（0.7％）のみである。軽鉱物は長石類（20.9％）・石英（3.5％）および僅かに火山ガラス（0.5％）が含まれている。風化粒は黒雲母の変質物である。

表－２　窯跡から出土した須恵器（胎土）の鉱物組成

試料No.	重鉱物				軽鉱物			風化粒	全粒数(%)
	紫蘇輝石	角閃石	黒雲母	磁鉄鉱	石英	長石	火山ガラス		
宇津志野Ａ	1 (+)	1 (+)	28 (6.6)	4 (0.9)	15 (3.5)	111 (26.2)	5 (1.1)	260 (61.5)	423 (99.8)
Ｂ	3 (0.7)	—	30 (7.6)	—	14 (3.5)	83 (20.9)	2 (0.5)	265 (66.8)	397 (100.0)
中原　1	—	1 (+)	74 (20.5)	14 (3.9)	26 (7.2)	62 (17.2)	—	184 (51.0)	361 (99.8)
2	3 (0.9)	3 (0.9)	21 (6.1)	—	19 (5.6)	90 (26.3)	2 (0.6)	204 (60.0)	342 (100.4)
3	3 (0.9)	1 (0.3)	14 (4.2)	7 (2.1)	39 (11.7)	99 (29.8)	—	169 (50.9)	332 (99.9)
4	1 (0.3)	3 (0.8)	20 (5.6)	4 (1.1)	22 (6.1)	90 (25.1)	2 (0.6)	217 (60.4)	359 (100.0)
5	5 (1.0)	2 (0.4)	11 (2.2)	11 (2.2)	49 (10.0)	131 (26.8)	2 (0.4)	278 (56.9)	489 (99.9)
6	—	—	—	232 (73.7)	11 (3.5)	57 (18.0)	1 (0.3)	14 (4.4)	315 (99.9)

＜中原・１の鉱物組成＞は、全体の51.0％が風化粒であって、重鉱物は黒雲母（20.5％）磁鉄鉱（3.9％）のみである。軽鉱物は長石類（17.2％）・石英（7.2％）が含まれている。

＜中原・２の鉱物組成＞は、全体の60.0％が風化粒で、重鉱物は黒雲母（6.1％）・紫蘇輝石（0.9％）・角閃石（0.9％）などが含まれている。軽鉱物は長石類（26.3％）・石英（5.6％）および僅かに火山ガラス（0.6％）が確認された。

＜中原・３の鉱物組成＞は、全体の50.9％が風化粒からなり、黒雲母の変質物である。重鉱石は黒雲母（4.2％）・磁鉄鉱（2.1％）・紫蘇輝石（0.9％）など軽鉱物は長石類（29.8％）・石英（11.7％）のみである。

＜中原・４の鉱物組成＞は、全体の60.4％が風化粒で、重鉱物は黒雲母(5.6％)・磁鉄鉱（1.1％）・角閃石（0.8％）などである。軽鉱物は長石類（25.1％）・石英（6.1％）および火山ガラス（0.6％）などからなる。風化粒は黒雲母や重鉱物の変質物である。

＜中原・５の鉱物組成＞は、全体の56.9％が風化粒で、黒雲母のほかに石英・長石類の風化粒も多い。重鉱物は黒雲母（2.2％）・磁鉄鉱（2.2％）・紫蘇輝石（1.0％）・角閃石（0.4％）からなる。軽鉱物は長石類（26.8％）・石英（10.0％）・火山ガラス（0.4％）などである。

＜中原・６の鉱物組成＞は、全体の73.7％が磁鉄鉱からなり、風化粒は4.4％である。他は軽鉱物の長石類（18.0％）・石英（3.5％）のみである。棒磁石で磁鉄鉱をとり出して、再度検鏡をおこなった。

珪酸体		特徴
植物	動物※3	
16	＋	黒雲母（Biotite）※1の風化粒を主体とする。
24	＋	黒雲母の風化粒。 植物珪酸体。※2
－	－	長石類と風化石英粒。
5	－	黒雲母の風化粒。 組織中の植物珪酸体。
10	－	長石類で、アルバイト双晶をもつものがある。黒雲母の風化粒。
－	－	黒雲母や重鉱物の風化粒。
2	－	風化粒が主体で、石英・長石類の風化粒も多い。
2	－	磁鉄鉱の粒子が主体である。

※1. 板状構造をもったヒル石（急激に熱するとヒルのようにのびる鉱物、層間水が脱水するとき、層間をおしひろげることによってのびる）を伴なっている。

※2. 一般的な植物珪酸体の形態に比べて、針状・植物組織中に存在する毛の珪化したものが多い。

※3. プレパラートでは不透明で判断できないが、バルサムで封入する前の実体鏡（×16～×40）で白色を呈する柱状・球星体状の動物珪酸体を検出する。
宇津志野窯跡から出土した試料には動物珪酸体を含むが、中原窯跡ではまったく検出されなかった。

以上の鉱物組成の結果からまとめてみると次のようになる。

① 宇津志野と中原・1～5の鉱物組成を比較すれば、全体として占める風化粒の量は、50.9％～66.8％にある。

風化粒の主体は黒雲母の変質物で、板状構造をもつ黒雲母の表面および板と板との層間部分に顕著な風化がみとめられている。黒雲母のほかに重鉱物（鉱物名までの判定は不可能）や長石類・石英の風化粒も確認された。

② 重鉱物の主体は黒雲母・磁鉄鉱などである。

③ 軽鉱物の主体は長石類と石英で、両者の量は、長石類が17.2％～29.8％、石英が3.5％～11.7％にある。

④ 鉱物組成を比較すれば、中原・6が他の組成より特徴的で、磁鉄鉱が主体となっている。

⑤ 宇津志野と中原・1～5はほぼ同一の粘土であるといえる。

⑥ 風化粒が多いことは、粘土の焼成に伴なう加熱による変質化が考えられる。

2. 須恵器（胎土）の粘土鉱物組成

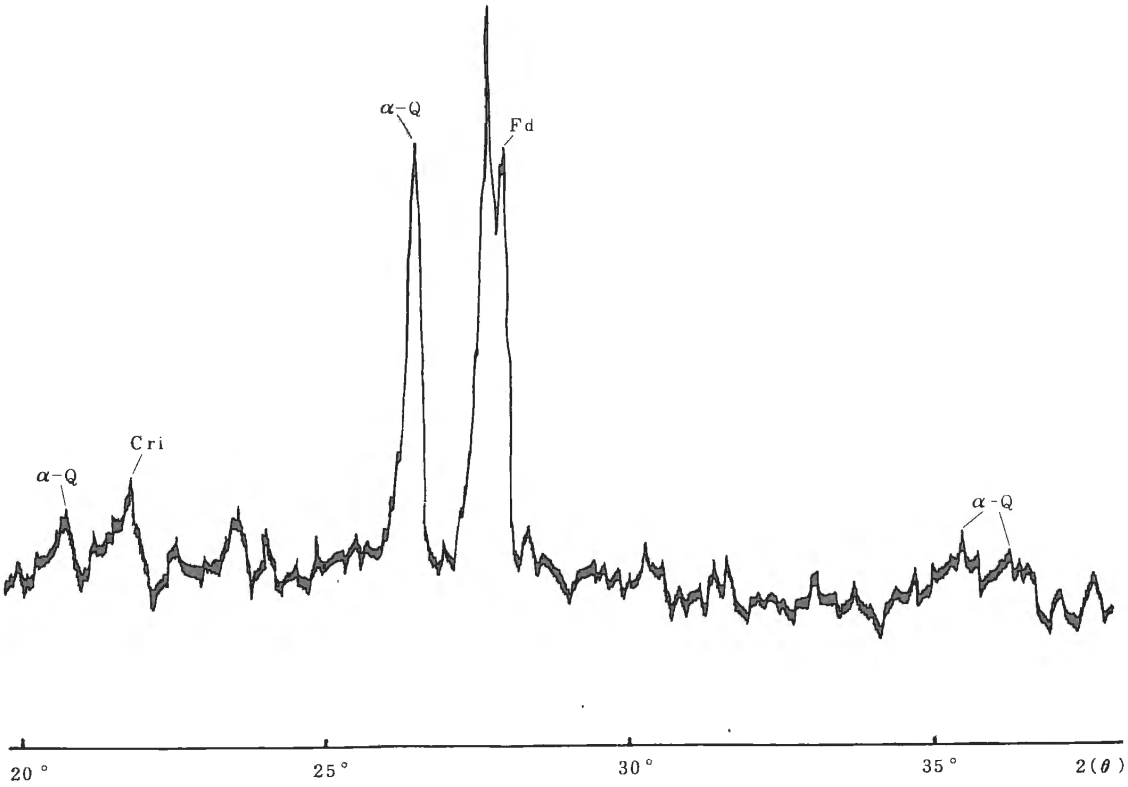
胎土中の粘土鉱物の組成について、X線回折によって、宇津志野・A、中原・2・3・5の試料を分析した。

一般的には、粘土を加熱しており土壌中（火山灰など）にみとめられるような、バーミキュライト、A1－バーミキュライト、イライト、ハロイサイト（7°A、10°A、7°A/10°A）、ギブサイト等の粘土鉱物は、焼成に伴なって消滅した状態で、X線回折によって同定することは難しい。宇津川（1981）は、東京都秋川市・前田耕地遺跡から出土した胎土の粘土鉱物分析において、土器製作時の加熱温度によって、本来粘土鉱物をもっていた材料粘土に変質がおこり、一次鉱物（風化抵抗度の高い鉱物 － 石英・長石類・黒雲母など）がその主体であると示している。

宇津志野、中原の胎土においても同様の結果がみとめられた。

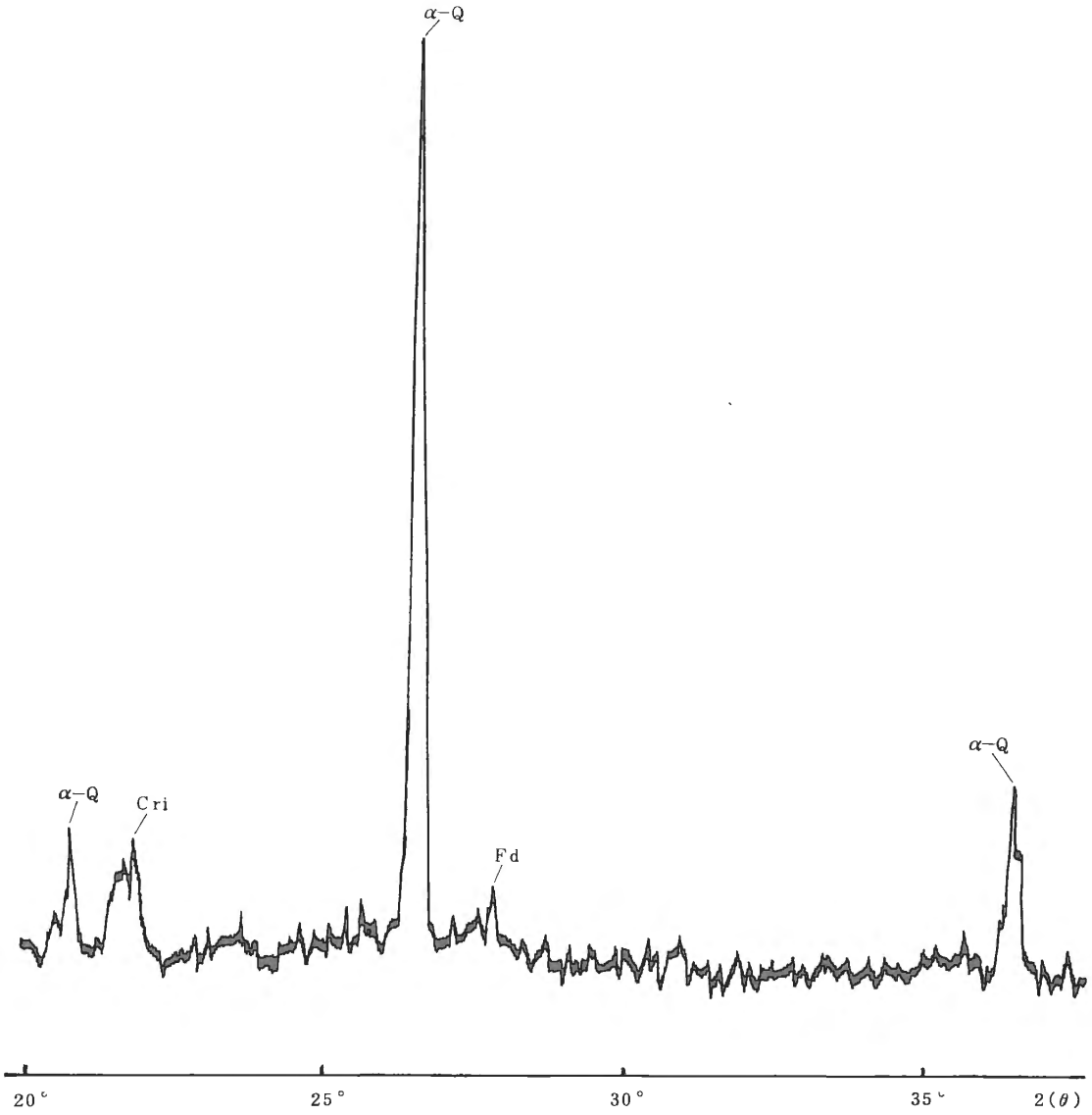
図・3・4・5・6にX線回折図を示した。

宇津志野・Aの鉱物組成は、長石類（Fd）・α－石英（α－Q）・クリストバライト（Cri）などで、反応ピークの強弱でみると長石類がα－石英より強い、また22°（2θ）の反応がみとめられクリストバライトを示す。



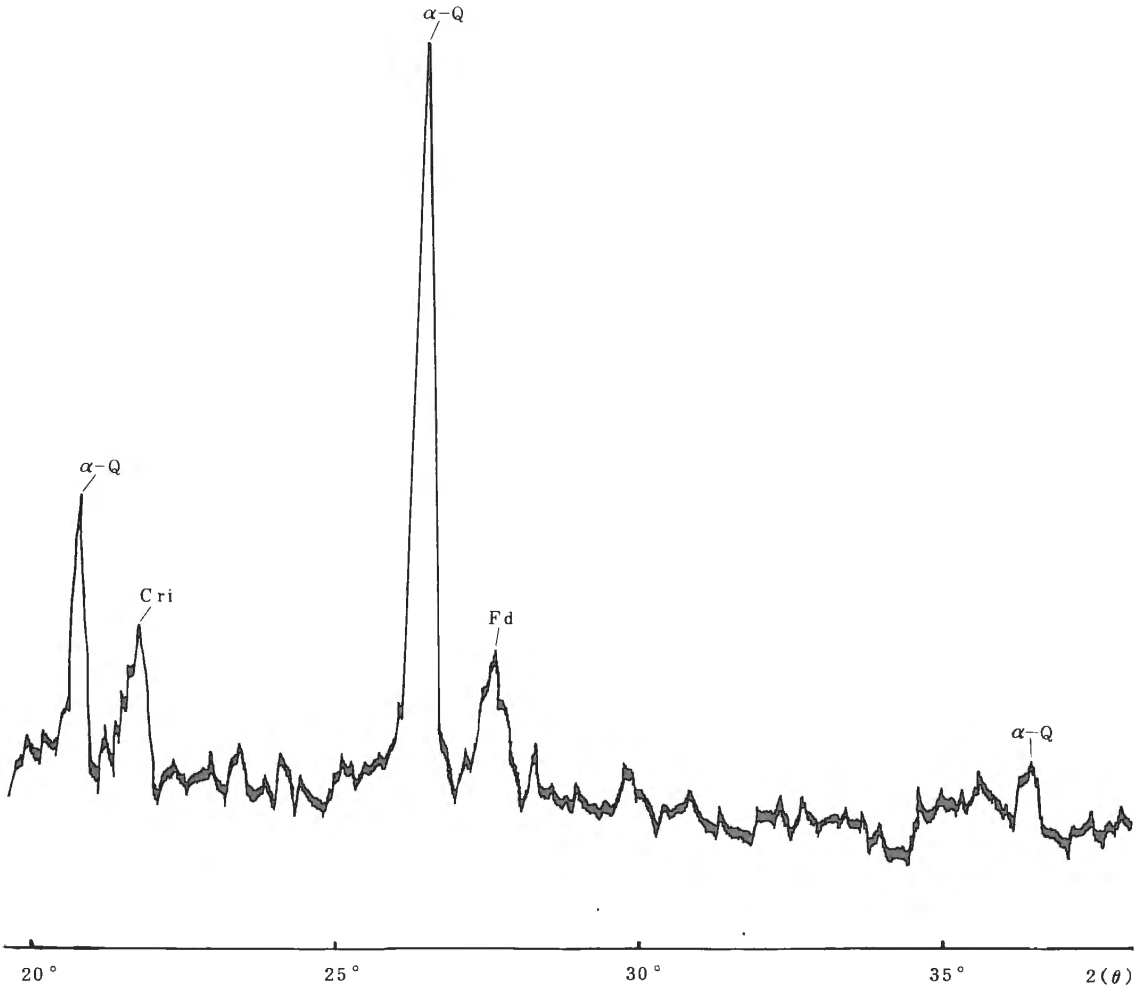
図・3　宇津志野・Aの胎土のX線回折

中原・2の鉱物組成は、26°～27°に鋭く結晶度の高いα－石英のピークがみとめられ、長石類のピークは弱い、クリストバライトの回折ピークは弱く、全体としてα－石英を特徴づけている。



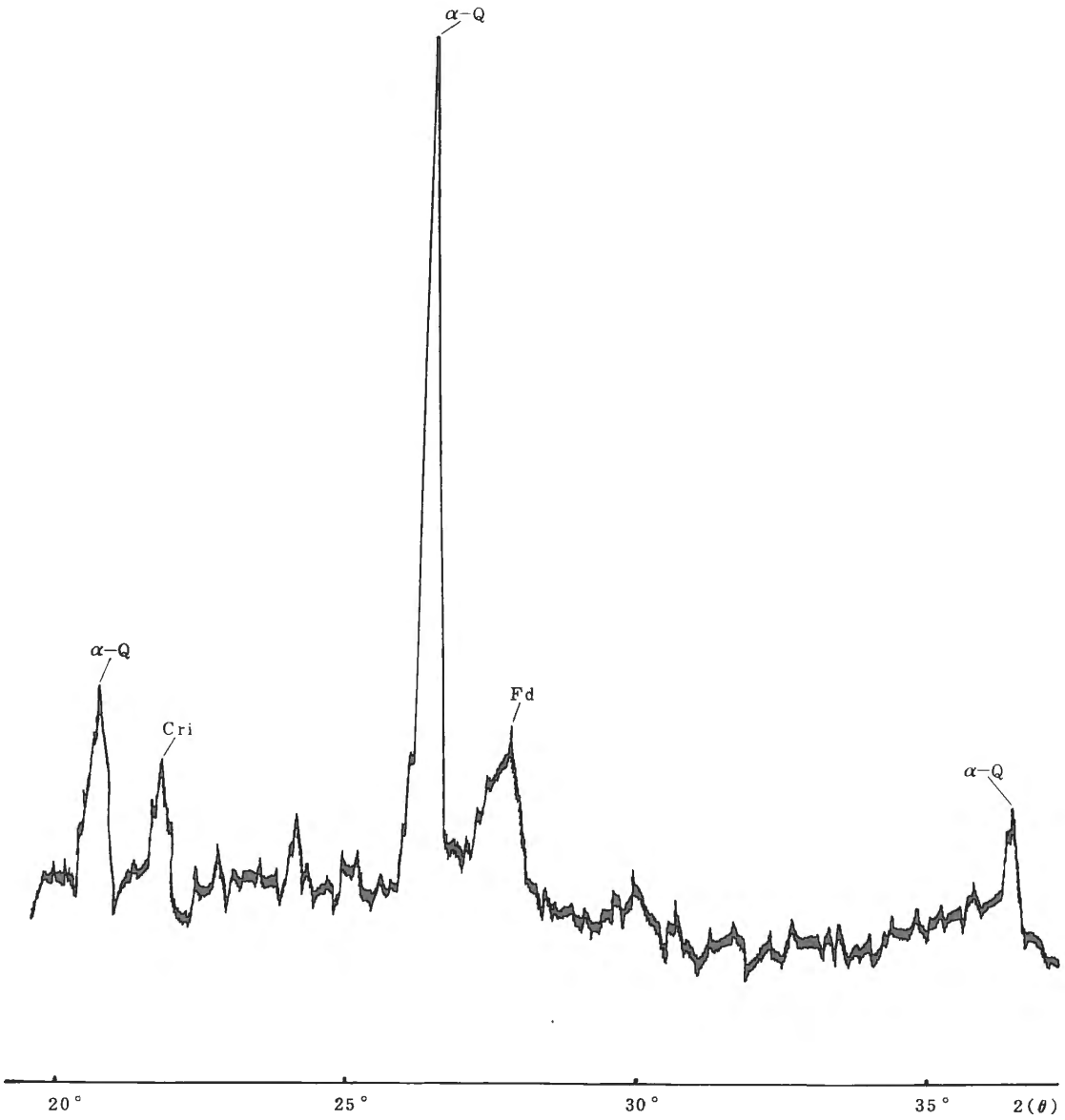
図・4　中原・2の胎土のX線回折

中原・3の鉱物組成は、α－石英の強いピークがみとめられ、次いでクリストバライトと長石類の弱いピークがみとめられる。黒雲母の風化に伴うギブサイトの反応ピークはまったくみとめられなかった。



図・5　中原・3の胎土のX線回折

中原・5の鉱物組成は、α－石英の強いピークが特徴的で、次いで長石類、クリストバライトの反応がみとめられる。



図・6　中原・5の胎土のX線回折

以上のX線回折の結果をまとめると、第2表に示した鉱物組成になる。

① 胎土中の鉱物組成は、土壌中でみとめられる粘土鉱物は失なわれて、一次鉱物のみからなる。

② 胎土中の一次鉱物は、α－石英、長石類、クリストバライトからなる。

③ 黒雲母を多量に含む試料の粘土鉱物組成にも石英・長石類が主体で、ギブサイトの存在がみとめられなかった。

3. 須恵器（胎土）中の珪酸体

土壌（火山灰土壌・水田土壌・泥炭など）中の生物起源の粒子には、現在、植物起源の粒子である植物珪酸体（Plant Opal）と動物起源の粒子である動物珪酸体（Animal Opal）の報告がされている。

近年、宇津川ら（1979）によって、従来、植物珪酸体と思われていたオパール質の粒子が、海綿動物の骨針（Spicules）であることが明らかにされ、その形態的・光学的な特性から植物珪酸体と区分された。

考古学の領域においても須恵器・縄文土器の表面に無数の「白色柱状物質」がみとめられ、理化学的分析などがおこなわれてきたが、その物質の同定までには到らなかった。宇津川・上条（1980，a.b）は、「白色柱状物質」を鉱物学的分析から土壌中にみとめられる動物珪酸体であることを示した。

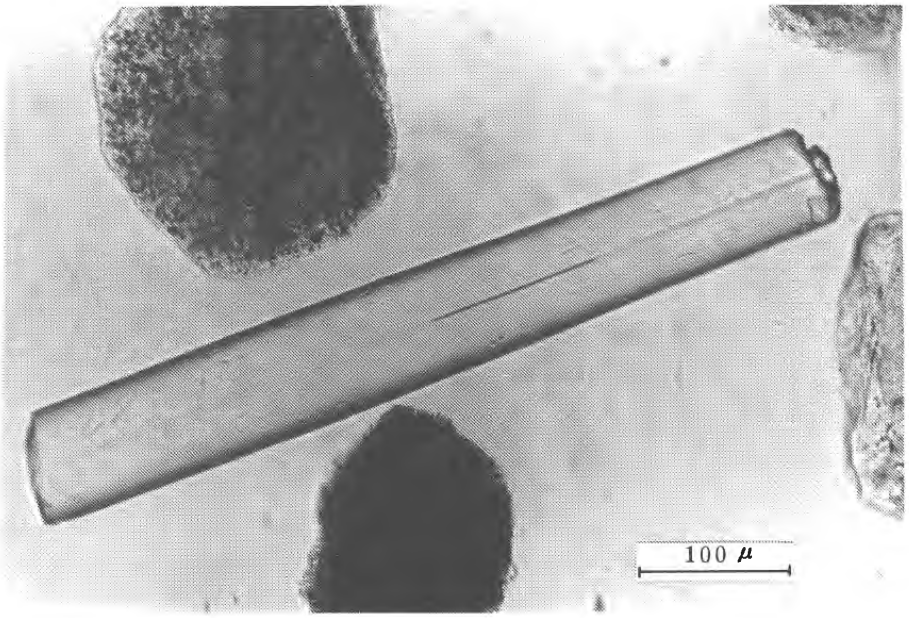
宇津志野・A・Bおよび中原の須恵器中にみとめられる珪酸体について、同定した結果、第2表に示したような結果が得られた。

(1) 動物珪酸体（Opal Sponge Spiculs）

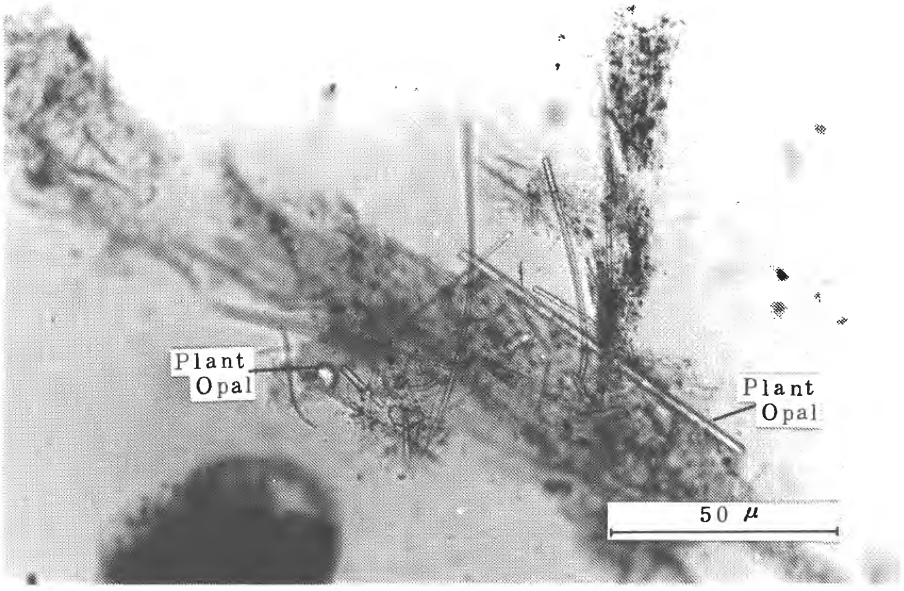
須恵器表面および胎土中の動物珪酸体について、実体鏡と偏光顕微鏡で同定した結果、宇津志野・A・Bで須恵器表面に柱状の骨針を同定した。動物珪酸体の形態的特性から柱状の骨針は、二軸型（diaxon type）で、大きさは、長さ200～800μ、幅30～80μ、パイプの口径は2～15μである。

図－7は、宇津志野・Aの2軸型の動物珪酸体である。

動物珪酸体は、オパール質で屈折率n≒1,452～1,453を示し、含水量によって屈折率が変化し、H_2Oが9.16％のときn≒1,441、3.55％のときn≒1,459といわれる（DEER、W.A 1963）。しかし、宇津川・上条（1980，b）・宇津川（1979）は、縄文土器・須恵器中の動物珪酸体の結晶化を屈折率で比較し、化石動物珪酸体（関東ローム層中の小原台軽石層－AW型、杉原（1977））の屈折率n≒1,452～1,453であるのに対し、胎土中の動物珪酸体の屈折率n≒1,460～1,470という結晶化した状態であることを明らかにした。さらに胎土中の動物珪酸体はオパールからクリストバライトに結晶化していることを確認した。金原（1977）



図・7　宇津志野・Aの動物珪酸体（二軸型）



図・8　中原・2の植物珪酸体

によれば、クリストバライトには低温型（α型、tetragonal）と高温型（β型、cubic）の2型があり、低温型クリストバライトを加熱すると220～280℃で高温型クリストバライトに転移する。したがって天然における高温型クリストバライトは、オパールもしくは低温型クリストバライトが固相状態で加熱されることにより生じると考えられている。さらに、Honda and Muffler（1970）によれば、溶液から直接生じる可能性もあることが指摘されている。

以上のことから、胎土中の動物珪酸体は、元来、材料としての粘土中に含まれていた状態（オパール）から焼成（加熱）によって低温型クリストバライト化したものと考えられる。

胎土中の動物珪酸体については、今後の詳細な実験をおこなった時点で報告する。

(2) 植物珪酸体

土壌中の植物珪酸体については、KANNO—ARIMURA（1958）、加藤（1960）、佐瀬・近藤（1974）、佐瀬・加藤（1976 a.b）等による報告がなされている。また遺跡の土壌のPlant Opal の分析を藤原（1974、75、76）が報告している。

しかし胎土中の植物珪酸体についての報告はみとめられない。

植物珪酸体は、動物珪酸体と同様にオパール質からなる珪酸体で、多くはイネ科植物に由来するものである。中でもイネ科植物葉身に含まれる機動細胞珪酸は形も大きく土壌中で典型的な植物珪酸体になる。

図－8は、中原・2の植物珪酸体である。棒状（棘細胞）と毛の細胞のオパール化した形態がみられる。

表－2に、胎土中の植物珪酸体の粒子数を示した。

図－9に示した形態が代表的なものである。宇津志野・Aは16粒子がみとめられた。

宇津志野・Bは24粒子がみとめられ、針状の細長い植物珪酸体である。

中原・1では確認されなかった。

中原・2では5粒子と組織中に多量の針状植物珪酸体がみとめられた。

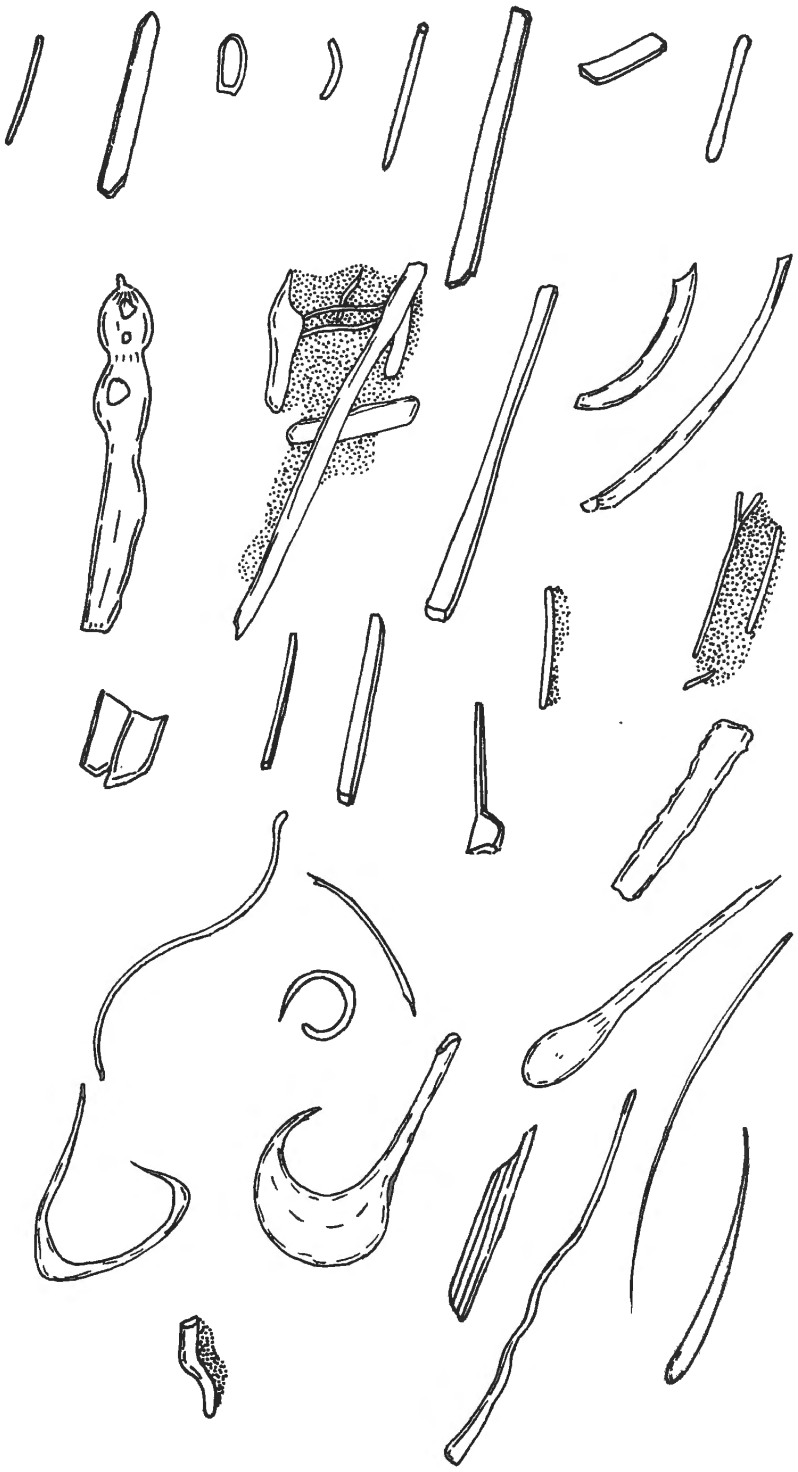
中原・3では10粒子の針状植物珪酸体がみとめられ、さらに組織中に多量の針状植物珪酸体がみとめられた。

中原・4では植物珪酸体はみとめられない。

中原・5では2粒子の針状植物珪酸体がみとめられた。

中原・6でも2粒子の針状植物珪酸体がみとめられた。

以上の結果から胎土中の植物珪酸体が従来の植物珪酸体の形態分類とは異なるものが検出された。植物珪酸体の種名などはまったくわからないが、光学的性質および形態的特性から植物珪酸体と考えられる。（動物珪酸体の針状の一軸型には植物珪酸体と同様にパイプをもたない



図・9　植物珪酸体のスケッチ（宇津志野・A、B、中原・2、3、5）

型もみとめられているが、断面形態を細かく観察すると長方型を呈し、動物珪酸体は円形に近い。)

以上の分析結果をまとめると次のようになる。

① 一次鉱物組成から須恵器の材料粘土の給源を推定すれば、富士火山起源の立川ローム層・武蔵野ローム層のようなＡＡ型テフラ（風送陸上堆積型テフラ）中に存在するカンラン石がまったくみとめられず、黒雲母・磁鉄鉱・紫蘇輝石・角閃石などを主体とした重鉱物組成および石英・長石類の軽鉱物組成がみとめられた。また、中原・６は磁鉄鉱を主体とした組成で、他の試料とは異なる材料粘土であると考える。

② 粘土鉱物組成からは、材料粘土の特性は顕著でなかった。加熱により粘土鉱物が消滅している。

③ 動物珪酸体は宇津志野の試料のみ確認された。しかし植物珪酸体の粒子を多量に含んでいることで、材料粘土の給源を考える有効な手がかりは得られなかった。また、多量の植物珪酸体の存在は、その光学的特性（偏光顕微鏡においてクロスニコルで暗黒となり、無色〜薄いピンク色を呈し、屈折率 n ≒ 1.45前後で非晶質の植物珪酸体である）において、動物珪酸体と異なる性質がみとめられた。すなわち、焼成（加熱）によるオパールの変質が、植物珪酸体ではみとめられなかったことから結晶化しない原因、あるいは他の要因を考えなければならない。この問題については今後の研究課題でもあり、胎土中の植物珪酸体について詳細な分析がなされなければならない。

Ⅴ 須恵器（胎土）と材料粘土との関係

宇津志野・中原両窯跡を含めた房総半島の須恵器の窯跡と胎土の材料となる粘土との関係を考考えてみることによって、窯跡の立地および器の流通ルート（各遺跡から出土した須恵器から考察する方法）も予察することが可能になると考える。

今回、分析した須恵器は、東京都・多摩ニュータウン№27遺跡（宇津川、１９７９）、尾崎遺跡（宇津川、１９８２）、国分寺遺跡から出土した須恵器と比較すれば、鉱物学的な分析結果では明瞭な結果を得たとはいいがたいが、一次鉱物組成では、加熱に伴なう変質物も多く生じているが、重・軽鉱物の同定は可能であり、一応の成果が得られた。しかし、粘土鉱物と珪酸体（動物珪酸体、植物珪酸体）では、対比される材料粘土となる粘土層の層準との結びつきが決定的なものでない。

したがって、一次鉱物組成から考えるならば、窯跡周辺部の基盤層と関東ローム層の層準から、下末吉ローム層および成田層木下部層中の粘土層に対比される可能性がある。

また、宇津志野Ａ・Ｂの胎土中から動物珪酸体が同定されている事実から海成域の海綿動物を含む層準として下末吉ローム層および成田層木下部層に対比されると考える。

胎土の材料となり得る粘土層については窯跡周辺部の露頭断面の詳細な調査と露頭試料の分析資料とを対応させることによって、より正確な材料粘土の給源、すなわち、地質層準を決定することができると考える。

引用・参考文献

1. DEER, W. A (1963) Rock-forming minerals, 4, 20
2. 藤原宏志 (1974) 野方中原遺跡土壌の Plantopal 分析、福岡市埋蔵文化財調査報告書 30, 50～51
3. 藤原宏志 (1975) 熊本・上ノ原遺跡(縄文晩期初頭)土壌の Plant opal 分析、日本作学会九州支部会報 №42, 49～53
4. 藤原宏志 (1976) 板付遺跡における Plantopal 分析、福岡市埋蔵文化財調査報告 35, 53～58
5. Honda, S. and Muffler. L. J. P (1970) Hydrothermal altetion in core from research drill hole Y-1. upper Geyser basin, Yellowstone National Park. Wyoming, Amer. Mineral, 55 1714～1737
6. KANNO, I and ARIMURA, S (1958) Soil and Plant Food 4, 62～67
7. 加藤芳朗 (1960) 黒ボク土壌中の植物起源土粒子について(予報)、土肥誌 30 549～552
8. 金原啓司 (1977) 地熱地帯の2・3のクリストバル石およびリンケイ石について 地熱 14、1、13～20
9. 杉原重夫 (1970) 下総台地西部における地形発達、地理研 43、12、703～718
10. 杉原重夫 (1977) 国分寺台周辺の自然地理、上総国分寺台遺跡調査報告書Ⅱ、113～130
11. 佐瀬 隆、近藤練三 (1974) 北海道の埋没火山灰土腐植層中の植物珪酸体、帯広畜産大学学術研究報告 8、465～483
12. 佐瀬 隆、加藤芳朗 (1976 a.b) 現生ならびに埋没火山灰土腐植層中の植物起源粒子に関する研究(Ⅰ、Ⅱ)、第四紀研究 15 21～33、66－74
13. 宇津川徹 (1979) テフラ中の植物珪酸体 "Opal Sponge Spicules" について、 Pedologist 23 230～244

14. 宇津川徹　（1979）　土器中の海綿動物の骨針、多摩ニュータウン遺跡調査概報－昭和54年度　№27遺跡、64～66、図版36、37

15. 宇津川徹・上條朝宏　（1980、a.b）　土器胎土中の動物珪酸体について(1)、(2)、考古学ジャーナル　181　22～25、　184　14～17

16. 宇津川徹　（1981）　X線回折による胎土鉱物組成、前田耕地Ⅳ　244～246

17. 宇津川徹　（1982）　須恵器中の動物珪酸体（オパール・スポンジ）－ 形体的・光学的性質について、尾崎遺跡調査報告書　450～454