

短 報 弥生墳丘墓の人骨下の土壌中に残存する脂肪の化学分析

橋本清一

1. はじめに

埋葬施設内における被葬者の研究は、その遺構の特徴と、人骨や副葬品等によって進められてきた。土壙墓・墳丘墓・積石塚・古墳等は、外部や内部施設等の大小や構造等の違いから、種々に分類されている。埋葬施設内の副葬品の有無、種類や配置等を考慮にいて、身分差や階層差および政治経済的・軍事的背景等が論じられている。なお、副葬品は生前に使ったり、身につけたものや、供献的、さらには権威的・呪術的な性格など種々のものがある。被葬者の人骨からは、埋葬姿勢や埋葬形態および、性別、年齢、死因、病歴、出産、食生活、各個人の形態的特徴や、血縁、家族関係さらには、人種・民族学的研究等がなされてきている。

しかし、埋葬施設内の人骨が、腐ってなくなったり、盗掘されて副葬品や人骨までもなくなっているものは、埋葬施設の大小や構造等の調査がなされているにすぎない場合が多かったようである。

ところが、近年、分析技術の進歩もあり、埋葬施設内の土壌試料の分析による自然科学的研究がなされるようになってきた。中野(1989)らによって、残存脂肪の研究が、日本各地の土壌や各種の考古試料について、なされてきている。従来、動植物や魚類、貝類などを構成する蛋白質、糖質、脂質などの有機質は、氷河や万年雪、凍土中では極めて良好な状態で保存されている。また、年中、地下水位が高く、低温で酸素の少ない場所や、極端な乾燥地での環境変化の少ない場所でも、比較的良好に保たれている場合が多いが、このように良好な場所は少ない。ふつうは、それらが死ぬと、地表や土中で水分や微生物等によって分解する。そのため、土中には、ほとんど残らないと考えられてきた。しかし、脂肪は微量ながらも残存し、しかも元の組成を保っていることもあることが、わかってきた。残存脂肪の化学組成の違いから、元の生物の種類が、ある程度推定されるようになってきた。

また、中野(1989)の研究によって、土壌中では、ステロールは脂肪酸より安定であり、コプロスタノール、コレステロール、シトステロールは最初に少し減少するが、その後はほとんど減少しないことが示された。さらに、現代の人間の糞便中の、コプロスタノール/コレステロールの比を求めると、男性で4.2、女性で2.75の平均値が得られている。この比の変化から、栄養状態や病気、下痢をしていたことまで推測することが可能であるとされている。

埋葬施設内の人骨は、腐ってなくなっているのが普通であり、このような場合に、その土壌の残存脂肪の化学的分析をすることにより、被葬者の性別や、埋葬姿勢と頭位を決定できる可能性がある。

そのために、まず人骨が、埋葬時のままに残っている例において、その直下の土壌について、残存脂肪の化学的分析を試みたので、その結果を報告する。

2. 遺跡と採取試料

今回報告する残存脂肪の化学分析をした土壌試料は、兵庫県赤穂郡上郡町山野里大酒に所在する井の端墳墓群中の井の端7号墓で、3つの埋葬施設のうちの、南側の②箱式石棺である。

井の端墳墓群は、兵庫県南西部の千種川と、その支流の安室川によって形成された河谷平野を見おろす標高約70mの丘陵上にある。JR上郡駅の1.7km西南西に位置する。

発掘調査を実施した上郡町教育委員会（1993）によると、井の端7号墓は、弥生時代後期、2～3世紀頃の墳丘墓で、墳丘の規模は、南北約16m、東西約10m、残存高約1.5mで、墳丘の裾から斜面にかけて、列石（貼石）が巡っている。墳丘の上や斜面の下から、弥生時代後期の壺や高坏の破片が出土している。3つの埋葬施設は、中央に①竪穴式石室、北側に木棺直葬とみられる③墓坑、南側に②

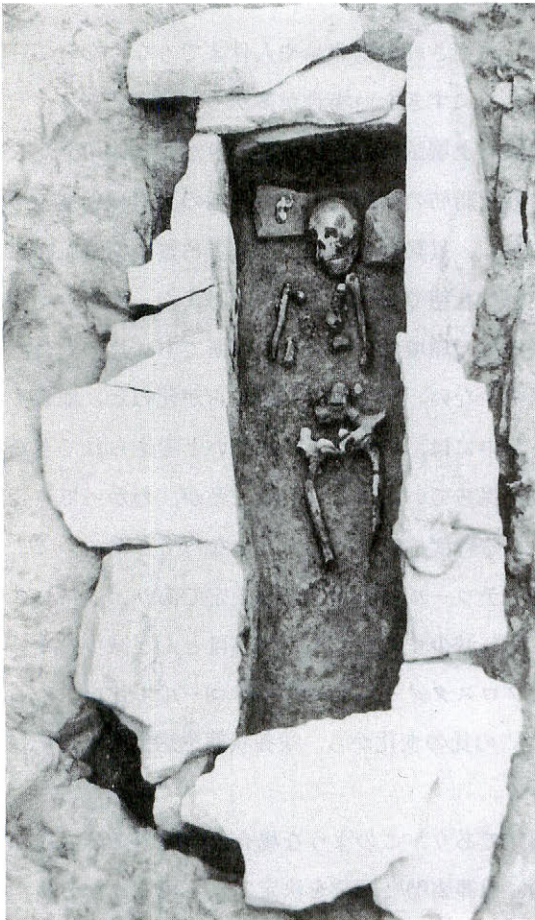


写真1 人骨の出土状況
Photo.1 Excavated state of human bones

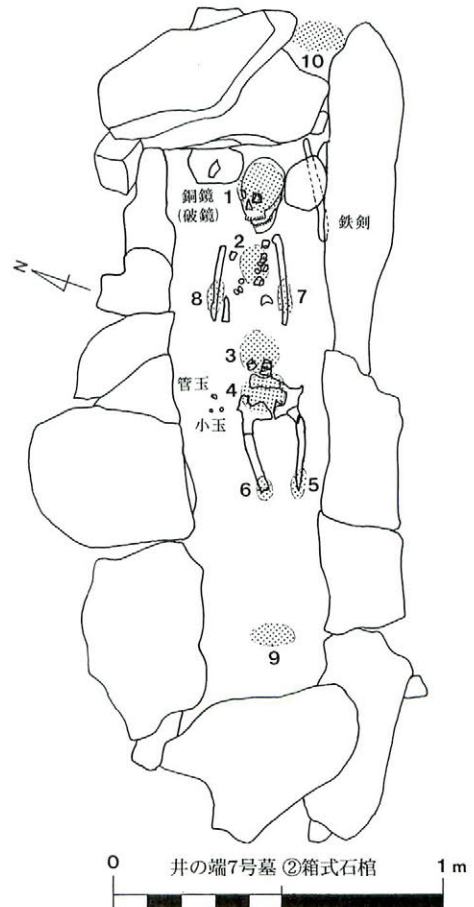


図1 人骨直下の土壌試料の採取地点
Fig.1 Sampling points for soils just under the bones

箱式石棺からなる。

②箱式石棺は、内法が長さ約1.7m、幅約0.5m、高さ0.35mで、四周の側石と蓋石で組み合わされている。この箱式石棺のなかから、比較的保存状態の良い人骨が1体分出土している(写真1)。人骨から推定される被葬者は、身長約160cmの30歳前後の男性で、華奢な体格である。副葬品は、銅鏡の破鏡1点、鉄剣1点、管玉1点、ガラス小玉2点が出土している。

残存脂肪の化学分析に使用する土壌試料は、人骨直下の8カ所と、それ以外の2カ所で採取した(図1)。採取した土壌試料は、アルミ箔に包んだ。

3. 残存脂肪の抽出

採取した土壌試料は、土塊の表面の土を薄く除去し、ガラス棒で土を細かく粉砕する。

土を秤量後、ビーカーに入れ、クロロホルム-メタノール(2:1)混液を土壌試料の3~4倍量に加え、一昼夜放置後、再びガラス棒で土をさらに粉砕する。次に、超音波洗浄浴槽中で30分間処理をし、上澄み液を濾過する。再び、土壌試料にクロロホルム-メタノール(2:1)混液を3~4倍量に加え、30分間超音波処理をし、上澄み液を濾過する。この操作を合計4回行う。こうして得られた全抽出液を分液漏斗に入れ、1%塩化バリウム溶液を全抽出液の4分の1容量加えると、2層にきれいに分かれるので、残存脂肪を含んでいる下層のクロロホルム層のみを回収する。そして、これをロータリーエバポレーターにかけて濃縮、乾固し、スピットグラスかソビレルチューブに移して再びエバポレートし、残存脂肪の抽出量を化学天秤で秤量する。

残存脂肪の抽出量を表1に示す。抽出率は0.0019~0.1496%と、かなりの広がりを持つが、人骨下は0.0019~0.0644%の値を得た。

表1 残存脂肪の抽出量
Table 1 The extracted ratio of remained fats from soil

試料番号	自然乾燥重量(g)	脂質抽出量(mg)	脂質抽出率(%)	土の粒度
1	138.8	22.4	0.0161	シルト
2	86.2	54.8	0.0636	〃
3	94.1	29.4	0.0312	〃
4	163.1	27.3	0.0167	〃
5	44.0	11.2	0.0255	〃
6	57.1	21.6	0.0378	〃
7	42.7	0.8	0.0019	〃
8	85.5	55.1	0.0644	〃
9	123.9	185.4	0.1496	〃
10	106.2	7.2	0.0068	〃

4. 残存脂肪のステロール組成

抽出した残存脂肪に、5%塩酸メタノール1 mlを加え、125°Cの乾燥器中で3時間メタノール分解し、メチルエステル化する。含まれている塩酸を飛ばすために、クロロホルム-メタノール-水(1:1:0.9)を加え、2000rpmで5分間遠心分離し、上層を捨てる。上記操作を2回くり返した後、エバポレートする。

シリカゲル薄層クロマトグラフィーに先立ち、メルク社のシリカゲルプレートの洗浄と活性化を行う。展開槽に、クロロホルム-メタノール-水(65:25:4)の展開溶媒を入れ、シリカゲルプレートを洗浄する。125°Cの乾燥器中で、シリカゲルプレートを乾燥し、活性化させ、乾燥剤のシリカゲルを入れた乾燥箱に保管しておく。

メチルエステル化した残存脂肪を含有する試料と標品を、マイクロシリンジでシリカゲルプレートに打つ。ヘキサン-エチルエーテル-酢酸(80:30:1)の展開溶媒でシリカゲル薄層クロマトグラフィーで分離・精製する。このシリカゲルプレートに、噴霧器で再蒸留水を噴霧し、直鎖状の脂肪酸、ヒドロキシ脂肪酸、ステロールの部分に白く浮きだたせ、明瞭にしてから掻き取り、クロロホルム-メタノール(2:1)を加えておく。次に、超音波に10分間かけた後、遠心分離する。この作業を2回くり返し、抽出したステロールをエバポレートする。

ステロールをアセテート誘導体にするため、無水ピリジン-無水酢酸(1:1)0.1mlを加え、窒素ガスを封入し、暗所に24時間放置するか、水分が入らないようにして、100°Cで30分間、湯煎する。その後、トルエンを加え、エバポレートし、次に四塩化炭素を加えて、必ず空中で加熱せずにエバポレートする作業を2回くり返す。これを、酢酸臭がなくなるまで数回くり返す。これにアセトン0.05mlを加え、ガスクロマトグラフィー分析用試料とした。

ステロールは、ガスクロマトグラフィーで測定した。

装置：島津ガスクロマトグラム GC-14A

水素イオン化検出器 (FID)

使用カラム：島津 OV-17キャピラリーカラム

長さ25m, 内径0.25mm

(ステロール用)

測定条件としては、窒素キャリアガス 2 kg/cm²を流し、注入口温度300°C、カラム温度は245°C一定の条件で、各試料と標品を1 μlずつスプリットレス注入し、測定した。

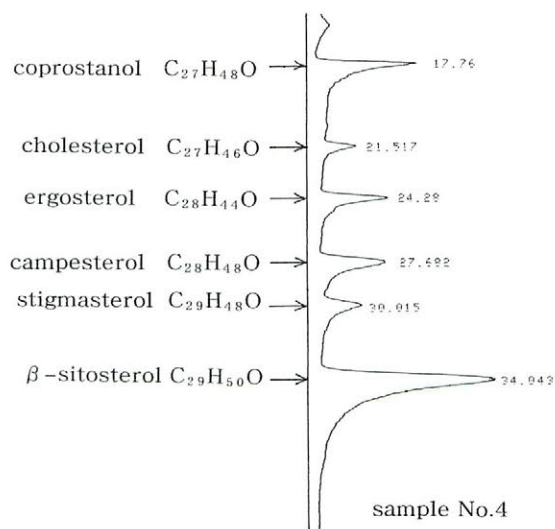


図2 ガスクロマトグラム (試料番号4)
(酢酸エチル)

Fig.2 Gas chromatograms of sterols in sample NO.4
(Etyl Acetate)

表2 残存脂肪の6種類のステロール組成

Table 2 The chemical composition of 6 kind of sterols in remained fats

試料 番号	コプロスタ ノール(%)	コレステ ロール(%)	コプロスタノール /コレステロール	エルゴステ ロール(%)	カンベステ ロール(%)	スチグマステ ロール(%)	β -シトステ ロール(%)
1	—	2.9		8.7	15.2	8.2	65.0
2	—	1.5		4.7	17.9	7.8	68.1
3	11.9	2.1	5.7	4.5	13.5	7.4	60.6
4	14.0	3.1	4.5	8.4	12.7	7.5	54.3
5	—	1.6		1.6	18.1	11.1	67.7
6	—	2.2		15.6	20.8	7.7	53.7
7	—	10.6		13.7	13.1	7.0	55.6
8	—	1.9		7.3	19.6	11.0	60.2
9	—	—		—	18.2	33.7	48.1
10	—	—		—	23.5	21.6	54.9

残存脂肪の6種類のステロール組成を表2に、ガスクロマトグラムを図2に示す。

ステロールの同定は、標品とのクロマトグラムの比較によって主に行った。一部を、ガスクロマトグラフィー質量分析計により同定した。

植物に由来する β -シトステロール、カンベステロール、スチグマステロールと、微生物に由来するエルゴステロールが検出された。

動物に由来するコレステロールとコプロスタノールが検出された。

試料の採取地点ごとの差異をみると、 β -シトステロール、スチグマステロールは、あまり有意な差はみられないが、スチグマステロールは人骨下のものに比べて、人骨以外の場所がやや多い。微生物に由来するエルゴステロールは人骨下で検出されたが、それ以外では検出されなかった。

コレステロールは人骨下の全ての地点で検出されたが、それ以外では検出されなかった。

コプロスタノールは試料番号3と4で検出されたが、他では全く検出されなかった。

5. 考 察

井の端7号墓の②箱式石棺では、その内部と外部も植物に由来するステロールがみられ、植物の繁茂や植物の腐植酸の影響を受けてきたと考えられる。人骨分布下のみ、微生物に由来するエルゴステロールがみられるので、これは主に、被葬者の腐敗等に関係するものと考えられる。そして、コレステロールの分布も、人骨下のみみられるので、被葬者の伸展葬の埋葬姿勢に一致している。コレステロールの詳細な分布図を作成することにより、埋葬姿勢を決定することが可能になるだろう。

腸や糞便中にみられるコプロスタノールが、人骨の腸に相当する分布域に一致して検出された。コプロスタノール/コレステロールの比をみると、4.5と5.7の値が得られ、特に下腹部に相当する4.5の

値は、現代人の男性の4.2に近い値であり、弥生後期の井の端7号墓②箱式石棺の被葬者の人骨から決定された男性と一致することが明らかになった。このように土壌試料の採取位置を厳密にすることにより、腹部に相当する位置の決定や、男女の区別を決定することが可能になるだろう。さらに、今回は実施しなかったが、ヒドロキシ脂肪酸のリグノセリン酸を検出することにより、被葬者の頭位を決定することが可能となるだろう。

今後、このような人骨の残っている被葬者の人骨下の土壌中に残存する脂肪の化学分析を、ガスクロマトグラフィーなどの方法によって測定して、類例を増やすことによって、人骨まで腐って残っていない例についても、被葬者の埋葬姿勢や、性別を決定することが期待される。

6. 謝 辞

今回の研究を進めるにあたり、帯広畜産大学教授 農学博士 中野益男、京都工芸繊維大学助教授 農学博士 山岡亮平の両氏より、土壌試料からの残存脂肪の抽出およびガスクロマトグラフィーによる分析の御指導を受けた。京都工芸繊維大学教授 理学博士 佐藤昌憲氏からは、全般にわたる指導と種々な便宜をはかっていただいた。

土壌試料の採取にあたって、上郡町教育委員会 荻 能幸氏からは、種々な便宜をはかっていただいた。さらに、中野寛子、福島道広、井原 爾、秋野順治の各氏より、種々の御教示をいただいた。

以上の各機関、各氏に対し、記して謝意を表したい。

引 用 文 献

上郡町教育委員会（1993） 井の端墳墓群遺跡発掘調査現地説明会資料，p.1-7.

中野益男(1989) 残留脂肪酸による古代復元，新しい研究法は考古学になにをもたらしたか，第3回「大学と科学」公開シンポジウム組織委員会，p.114-131.

Chemical Analysis of Remained Fats in Soil under a Human Bone found in Burial Mound of Yayoi Period

Seiichi HASHIMOTO

Kyoto Prefectural Museum of Yamashiro Folk Culture and History
Senryoiwa, Kamikoma, Yamashiro-cho, Souraku-gun, Kyoto 619-02, Japan

Archaeological studies on a buried person in a grave have been generally performed depending on the considerations for the features of remains, human bones and grave goods. It is therefore very difficult to study remains, when human bones are already lost by corruption or despoliations. However, owing to recent advances in chemical analysis of fat contained in archaeological objects, it was found that a micro amount of fat is rather stable in remains inspite of an elapse of long period. The relative amount of several fats in archaeological objects have been investigated.

This paper reports the result of chemical analysis of remained fats in soil of burial remains : the group of Inohana burial mound on the hill at the west-side of Kamigori-cho, south-western district of Hyogo Prefecture. Sample soil was collected from the tomb No 7, hearse No 2 of burial mound of about 2nd-3rd century, late Yayoi period.

The bones of buried male person were found in good states. He was estimated as about 160 cm height and about thirty years old.

As for soil samples, eight points under the bones and two points at the grave inside were chosen. After the extraction of fat from the soil samples with organic solvents, concentrated compounds were transformed as methylester derivatives.

The separation and purification were performed by using silicatgel thin layer chromatography. As it is already known that sterols is effective as an index of human sex, relative amount of sterols in samples were determined. After the derivatization of sterols as acetate, determination was performed by using gas-liquid chromatography. Comparing with the retention time of authentic compounds, chromatograms for sterols were identified. The ratio of amount of coprostanol to cholesterol in soil corresponding to abdomen part is 5.7 at upper part and 4.54 at under part, respectively. These values well coincide with the average value for feces of modern male person. The result obtained indicates that the buried person must be

male. The systematic investigation of such a procedure will contribute to the estimation of sex of buried person even in the absence of bones.