

分析試料のサンプリング

—自然科学者から考古学者への要望—

最近、自然科学的手法が考古学の遺物に応用される機会が多くなった。発掘にたずさわる考古学の方々の関心も次第に高まり、「何々分析はどこに依頼したらよいか」「試料のサンプリングはどのようにしたらよいか」といった質問がたびたび寄せられる。そこで現場の人々にも便利なマニュアルのようなものがあればということで、種々の分析法の専門家にアンケートを送り、その回答をここに載せることになった。

アンケートの内容は、

分析方法名：

- 1) その方法の原理を簡単にお教え下さい。
- 2) 対象となりうる試料の種類とその必要量などサンプルに関してお書き下さい。
- 3) 遺跡での試料の採取法や取り扱いについてお聞かせ下さい。
- 4) 分析のプロセス・実験室での処理・データの整理についてお書き下さい。
- 5) その他、この方法の展望・考古学者への要望などがありましたらお知らせ下さい。

C—14年代測定法

小林 裕 美*

1) 原理 産業革命以前の生物体炭素は、生存中、C—14による一定の強度の放射能を有しており、死後、経過時間と共に、その放射能は、弱くなることが知られている。一般に、放射性核種の壊変は、ある基準の時刻 $T = 0$ において、その一定量の壊変率が C_0 であったものが、 T 時間経過後に C_T になったとすれば、次式の関係がある。 $C_T = C_0 e^{-\lambda T}$ (e : 自然対数の底, λ : 壊変定数で各放射性核種毎に一定)。今の場合、生存中の生物体炭素の C—14 濃度が C_0 、死後 T 年経過した生物遺体炭素の C—14 濃度が C_T に相当する。C—14 の λ は $\ln 2 / 5570$ 年という値である。測定用試料となっている生物遺体の死んだ時期と年代を知りたいと思っている出来事あるいは事柄の起った時期との相互関係が明確である場合に限り、意味のある C—14 年代が得られるということに注意してお

* 東京大学理学部、東京都文京区本郷 7—3—1

く必要がある。

2) 試料の種類と必要量 試料必要量(試料中に炭素が10 g 位含まれていること) (1)炭(完全に炭化しているもの) 10 g (2)木(乾燥状態で) 50 g (3)泥炭100 g (4)貝殻100 g (5)骨(有機質の場合) 3000 g (無機質の場合500 g) (6)腐植土1000 g (7)海水, 地下水200000 g (200 ml)

ここにあげた数量の5分の1でもDead Carbonで増量する事により測定は可能であるが, 採取される試料が十分にある場合は, ここにあげた数量の3倍位採取しておくが良い。

目的とする試料が不足の時は, 新たに別のポリエチレン袋を用意し, 目的とする試料の付近にある適当な試料を選んで十分に採取しておけば, 参考試料として役立つかも知れない。

3) 試料の採取法 C-14年代測定用試料の採取・保管・提出の手引(東京大学年代測定室参考資料)を参照されたい。この手引は, (1)試料への試料以外の炭素含有物の混入(contamination)を防ぐ。(2)保管中, 試料の変質(毛根等の腐植化, 微生物等による空気中CO₂の取込み, 炭酸塩試料の空気中CO₂との交換など)を防ぐ。(3)測定の際, 試料に化学処理を施す時参考にするといった様な具体的な留意事項をあげ, 試料の信頼度を高めることを目的としている。

(A)試料採取準備(調査・観察・包装・採取道具など) (1)採取地の名称・緯度・経度を調べておく。(2)採取地の環境(過去と現在), 地形・草木の有無・地層・土質(腐植物・石灰分等の有無, 粒度, 湿り具合など)・気候(気温の高低, 乾湿, 雨量の多少など)をよく観察する。採取予定地の写真をあらかじめ撮っておくと良い。(3)各種大きさのポリエチレン製袋(例 小200×280 mm, 中250×380 mm, 大500×1000 mm, 厚さ0.05~0.1 mm)。(4)ビニールテープ(巾2 cm), 荷造り用テープ(巾5 cm)。(5)スコップ, ヒバシ, ピンセット, 虫メガネ, ハサミ, マジックインキ。

(B)試料採取 (1)発掘などをして, 試料を採取する場合, 発掘後試料採取直前の環境をよく観察する(写真を撮っておくと良い)。(イ)地質の様子 (ロ)土質(粒度, 湿り具合, 色, 毛根・腐植物・石灰分の有無, 地下水の有無など) (ハ)試料の種類と形態 (2)試料に付近の塵芥, 油, 汚水等が付着しない様に注意する。(3)試料の採取は金属製の道具を使って行なう方が良い。(4)採取された試料は, 直ちにポリエチレン袋に入れ, ビニールテープ又は荷造り用テープで密封し, 次の事項をマジックインキで試料を入れたポリエチレン袋に直接記録する。(採取された試料に直接, 白墨又はマジックインキ, 墨汁等で印, あるいは記号第を書きつけてはいけない) (イ)採取地点 (ロ)採取年月日 (ハ)採取試料の種類と形態 (ニ)出土状態(地表からの深さ, 毛根・石灰分・地下水の有無など) (ホ)採取者名と連絡先 (ヘ)備考

試料を密封し, 所要事項を記録したら2枚目のポリエチレン袋に入れ, また密封する。更に3枚目のポリエチレン袋に入れ密封し, 所要事項を再度記録して保管する。

採取された試料中に毛根などがある場合は, 長期保管する前に適当な場所で大きなポリエチレンシートを広げ, その上に試料を置き, ごみなどはいらない様に注意して, ピンセットで毛根などを取り

除き包装し直す方が良い。

(C)試料保管 採取された試料は毛根等を取り除く以外、何等手をつけず、そのまま保管する。試料に泥や砂が多量に付着していても良く、水洗或いは酸・アルカリ等での洗滌は決して行なわないこと。

試料が水中や沼沢地より採取され、非常に濡れていて、運搬及び保管に支障のある場合は、風乾して保管する。決して乾燥器等で高温に加熱・乾燥してはならない。保管場所としては、冷暗所を選ぶこと。

(D)試料の提出 提出する試料は保管されている試料から、測定者が必要量を分取するので、大型の試料の場合でも、提出する前に細分割せずそのまま提出する。その際次の事項を記入した資料カードを添付すること。(1)提出者による試料整理番号 (2)試料の由来・出土状態・地層等に関するもの (3)年代測定の意義・従来の測定値・推定年代と推定の根拠 (4)文献 (5)提出者名と連絡先

4) 実験室での処理 まず、測定に適する試料の選別を行ない、次いでcontaminationを少しでも除去するために、酸処理とアルカリ処理を行なった後、燃焼（又は酸）により、 CO_2 の形で、試料中にあった炭素を抽出し、更に C_2H_2 あるいは C_6H_6 に合成し、そのC-14の放射能を測定し、年代を測定する。

5) 展望 従来のC-14年代測定法は、試料中炭素のC-14放射能の測定に基づいて行なわれ、測定可能年代の限界は5万年前後であるが、近年、試料中の炭素をイオン化し、タンデム加速器を用いる方法が開発されつつあり、この場合は、試料の量が少なくて済み、かつ、10万年前後までの測定が可能であろうと考えられている。

K / Ar 法（カリウム—アルゴン法）

兼 岡 一 郎*

1) 原理 Kには、 ^{39}K 、 ^{40}K 、 ^{41}K の3つの同位体があり、そのうち ^{40}K が半減期約13億年の放射性同位元素である。 ^{40}K は β 壊変により ^{40}Ca に、K電子捕獲により ^{40}Ar に壊変する。試料中のK含有量（ ^{40}K は $^{40}\text{K} / \text{K} = 1.167 \times 10^{-4}$ の存在比を利用して計算）と、放射性起源の ^{40}Ar の量を定量、 $^{40}\text{Ar} / ^{40}\text{K}$ が年代の関数であることを利用して年代を計算する。

2) 試料の種類と必要量 Kを含む岩石・鉱物等。試料の必要量は、年代が若くK含有量の少ない試料ほど量を必要とするが、例えば、K含有量1%，年代数10万年程度の岩石試料だったら5～

* 東京大学理学部地球物理学教室，東京都文京区本郷7-3-1

10 g で十分。

3) 試料の採取法 遺跡を含む地層が堆積物の場合、その下部および上部から火山性噴出物の試料をとる。遺跡を含む地層が火山灰などの場合、サニディン、黒雲母、角閃石などの鉱物を分離（数 g 程度）する必要がある、必要量を鉱物分離できるだけ火山灰を採取する。試料は変質していないことが必要条件。

4) 実験室での処理 岩石・鉱物試料中の K 含有量は、炎光光度計、原子吸光装置などを用いて測定。放射性起源の ^{40}Ar の測定は、気体用質量分析計を用いて、 ^{38}Ar をトレーサーとする同位体稀釈法により行なう。Ar抽出には、高周波加熱炉、Ta加熱炉等を用いて試料溶解、Ar抽出後、チタンなどを用いて精製分析に供する。

5) 展望 適当な試料を用いさえすれば、 ^{14}C 法の測定限界年代位までの相対的に若い年代測定も可能。精度の向上により玄武岩など普通に見いだされる試料によっても、10万年程度の年代測定が可能となる見通し。

フィッシュン・トラック法（年代決定ならびにウラン含有量の定量）

西 村 進*

1) 原理 自然の状態で ^{238}U が自発核分裂を一定の割合（壊変率）でおこす。その分裂片は運動エネルギーが大きく結晶やガラス中に飛跡を作る。そこで同じ面の ^{238}U 量を求めれば年代が出てくる。後者は熱中性子照射をすれば ^{235}U が核分裂をおこす。その ^{238}U と ^{235}U の比が一定で同一条件で処理すれば誤差を少なく年代を求めることができる。

2) 試料の種類と必要量 火山灰や焼土からジルコンを数千粒とり出せば可能。またガラス（人工）でウラン含有量の多いものも可能である。

3) 試料の採取法 火山灰や焼土を約 20 kg 程度採集する。

ガラスの破片を採集する。

4) 実験室での処理 火山灰や焼土を60～200メッシュにそろへ、水洗、重液分離、磁選、手選をおこないエッチングし、自発核分裂片飛跡密度を計測、熱中性子照射を行ない、再エッチングして計測し求める。

5) 展望 この方法はウラン含有量により数万年より古いものがやっと出来る。特別な場合数千年のものが出来る。

* 京都大学理学部地質学鉱物学教室、京都市左京区北川追分町

熱ルミネッセンス法（TL法）

市 川 米 太*

- 1) 原理 熱ルミネッセンスの現象を利用して、土器や焼石が焼成されてから現在まで受けてきた放射線量を測定し、一方、一年間当たり試料が受けた線量を測定して年代を求める。
- 2) 試料の種類と必要量 土器と炉跡などの焼石および火山灰など、焼成の履歴をもつもの。試料中から100ミクロン程度の石英粒子を抽出して測定するので土器では6 cm×4 cm以上の大きさ、火山灰では石英含有量が少ないので2 kg 程度。
- 3) 試料の採取法 試料の採取法や取り扱いについて特別な注意をする必要はないが、土器含有層ができるだけ均一な土層であることが望ましく、含有層の放射能の強さを測定する必要があるので、含有層が現存しているか、層の土を採集できることが必要。
- 4) 実験室での処理 試料中から石英粒子を抽出し、それらの熱発光量から蓄積線量を測定し、また土器、文化層の放射能の強さを測定して年代を求める。これらの放射線量の測定は熱発光曲線を解析して算出する。
- 5) 展望 この方法は蓄積量から年代を求めるので古い土器に対して有効であり、また、測定年代の範囲は約50万年におよぶので旧石器時代の焼石などの年代測定に有効である。

電子スピン共鳴（ESR）法

池 谷 元 伺**

- 1) 原理 自然の放射線により生じた損傷や化学反応分解物は、余分の電子を持っており、不対電子と呼ばれる電子の自転（スピン）は、小さな磁石と同じ性質を示す。この電子の量を、電子スピン共鳴（ESR）というマイクロ波吸収で調べ、被曝放射線量から年代を評価する。
- 2) 試料の種類と必要量 炭酸塩化合物（ CaCO_3 等）：貝殻、卵殻、鍾乳洞内物質（鍾乳石、トラバーチン）、サンゴなど。アパタイト（ $\text{Ca}_{16}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ）：化石骨、歯（エナメル）、アパタイト

* 奈良教育大学、奈良市高畑町

* * 山口大学工業短期大学部電気工学科、山口県宇部市常盤台

鉱石。石英、石こう、ジルコン等。

必要量：年代及び物質にもよるが、100mg～1g程度。

3) 試料の採取法 採取場所の環境確定，できれば熱ルミネッセンス総量計（TLD）による放射線場の測定や周辺土の採集とU，Th量の分析。類似環境（埋蔵条件：泥土中，砂中，石灰岩中 etc）でなければ，被曝量（考古学的総量）がばらつく。洞くつ内でも土中，石灰岩中で異なる。

4) 実験室での処理 (i) 試料中の泥土除去，分離。(ii) ESR 測定。ラジカル相対濃度検出。(iii) γ 線照射後 ESR 再測定。(iv) (iii) の繰り返し。(v) 信号強度と線量から考古学的線量の算出。(vi) 年間線量率の評価及び代表例（標準化石）との比較。

5) 展望 ^{14}C 法や TL 及びラセミ等と同程度，又はそれ以上の年代測定法に発展させ，簡易年代測定器を製作する。特にデジタル ESR 法の開発，実用化。

黒曜石の水和層による年代測定

近 堂 祐 弘*

1) 原理 黒曜石石器，フレークの表面に発達している水和層の厚さ（単位 μ ）を測定し，発達速度（ $\mu^2 / 1000$ 年）から，石器の製作年代を推定する方法。日本では主として，関東および北海道の先土器文化の年代測定に応用されている。

2) 試料の種類と必要量 黒曜石石器およびフレーク試料，できれば細石刃以上の大きさのもの。遺跡発掘区で10試料以上，できればグリッド別に試料採取が望ましい。薄片試料を作るため，分析前に記載，スケッチ（実測），写真撮影を終えることが肝要である。

3) 試料の採取法 グリッド別に採取深度，文化層位，試料と共存する石器，土器の種類など明記した上で分析に供する。黒曜石の表面を移植ゴテ，ブラシなどで傷をつけないこと。焼けた黒曜石が随伴した場合，必ずフィッシュン・トラック年代の測定も別途依頼すること。

4) 実験室での処理 試料は全てポリエステル系樹脂で保護し，岩石切断機でスライスし，厚さ 0.02 mm の薄片に研磨する。水和層厚は，総合倍率 1000 倍で，0.1 μ まで測定する。同一グリッド，同一文化層の試料グループの水和層厚について，平均値と標準偏差を算出する。年代測定の標準検量線グラフを用いて絶対年代（平均値と標準偏差）を求める。

5) 展望 この方法は，とくに先土器時代の石器の編年に有効と考えられる。関東，北海道のみならず，東北，中国，九州地方の黒曜石試料について，今後，原産地別の水和層発達速度が確められれば，全国的な石器の年代測定法となるであろう。

* 帯広畜産大学環境土壌学研究室，帯広市稲田町

1) 原理 岩石・土の中には鉄酸化物が数%含まれており、それが加熱され、数100°Cの高温となり、地球磁場の存在のもとで冷却されると、鉄酸化物は、その時の地磁気の方に磁化する。一方、地磁気の方は永年変化をしているので、時代毎に特徴的な方向を示し、焼土の磁化方向が時代を示すことになる。

2) 試料の種類と必要量 種類：焼けた岩石、土（焼けた時の状態のまま動いていないことが必要）。量：にぎりこぶし大の焼土を一ヶ所から10～15個。

3) 試料の採取法 磁化方向が遺跡でどのような方向であるかを知るためには、サンプルとなる部分の方位が必要であるので、石膏で固め方位をつけて採取する。地磁気中で冷えてから動いていないことが必要。

4) 実験室での処理 (i) 採取試料をダイヤモンド・カッターで整形（1辺34 mmの立方体、直径24 mm、長さ24 mmの円柱）にする。(ii) 無定位磁力計又はスピナー磁力計で測定。(iii) 一遺構から得たサンプルの磁化方向の平均値およびそのバラツキの大きさを求める。(iv) 過去2000年間の地磁気永年変化曲線と照合して年代を推定する。

5) 展望 弥生前期、縄文時代の永年変化曲線を作り上げれば古い時代の年代推定も可能。そのためには、遺跡の上の堆積層の堆積残留磁気の測定が有効である。また、地磁気の強度も永年変化しており、近い将来、方向とは独立に強度によって年代の推定が可能となろう。強度測定には定方位サンプルは必要でなく、土器が使えるので対象範囲は大きく広がる。

* 富山大学理学部地球科学教室，富山市五福 3190

1) 原理 「I」は鏡に写しても「I」であるが、「あ」の鏡像は「あ」とは異っている。殆どどの種類のアミノ酸は互いがこのような「あ」の鏡像の関係にある2種の異性体を持ち、立体的な配置状態によってL型とD型に分けられている。骨のコラーゲンなど生物起源の蛋白質はすべて（ある種の微生物体のものを除き）L型のみで構成されている。ところが生物の死後、土に埋って年代を経ると、ラセミ体と呼ばれるL型D型両者の等量混合物へと変化していく。そこで特定のアミノ酸のD型/L型の比を測れば、それを経過時間で表現することができる。

2) 試料の種類と必要量 骨、角、貝、有孔虫、木など蛋白質・アミノ酸を含むものならば何でもよいが、筆者は骨試料を対象に行っているので、以下それについてのみ述べる。

試料の量は古さ・埋存環境によって異なるが、一般的に縄文の骨で0.3g～1g、更新世後期のものでは数グラム必要である。

3) 試料の採取法 特にないが、採取後、水洗・風乾しておくこと、もろい骨でも樹脂などで固めないこと（樹脂処理した場合は、その種類・プロセスを記すこと）が必要。

出土位置・状況・地温・周囲の土壌など、発掘の際の種々の情報・付随資料があれば、勿論好ましいが、少なくとも出土地点（地域）がわかっていれば、それなりに処理できる。

4) 実験室での処理 骨を超音波洗浄後、1 M HClで脱灰、遠心分離する。上澄みと残渣は別々に処理し、必要に応じ、酸加水分解・脱塩過程等を経てアミノ酸フラクションを得る。アミノ酸を揮発性誘導体に変え、光学活性物質を固定相としたガスクロマトグラフィーによって、D・Lを分離・定量する。D/L比をアミノ酸の種類、アミノ酸の存在状態（蛋白質・ペプチド・遊離アミノ酸）によって整理し、検討を加えた後、年代を算出する。なお、年代を算出するためには、同じ遺跡もしくは同一地域から得られた年代既知の骨を標準試料（calibration sample）とし、あらかじめその地域（温度）でのラセミ化速度を決定しておく必要がある。

5) 展望 アミノ酸の種類、アミノ酸画分の種類（蛋白質・ペプチドなど）を選ぶことによって、 $10^3 \sim 10^6$ のオーダーの年代測定範囲を持ち、試料の量も少なく済むことから、その利用価値は大きいといえよう。

より確かな年代測定値を得るためには、未知試料と共に、同一地域から出土した年代既知試料をそえて分析を依頼することが望ましい。

* 国立科学博物館人類研究部、新宿区百人町

1) 原理 土に埋没した骨はさまざまな化学反応によってその組成を変えていく。骨のリン灰石結晶の表面には、周囲の土壌や地下水中に存在するフッ素、ウラン、マンガンなど種々のイオンが吸着し、それらのうちあるものは結晶の骨組を大きく変えることなしに、イオンの置換によって結晶中に入りこむことができる。このような吸着・置換によって取り込まれた元素の量を指標として、骨の相対的な古さを推定する。【5）を参照】

2) 試料の種類と必要量 骨・角・歯など。緻密質試料が望ましい。

直径5 mmの骨緻密質横断片で、ウラン・フッ素両元素の分析が可能。試料点数としては、最低5～6個必要である。

3) 試料の採取法 「骨のラセミ化年代測定法」の同一項を参照のこと。但し本法においては、周囲の土壌から得られる情報が結果の解釈に大きな意味を持つ場合があるので、周囲の土壌を採取しておくことが望ましい。

4) 実験室での処理 フッ素：骨を洗浄後、粉末試料を調整し、イオン電極法により定量する。フッ素含有量はリンの含有量と比較して検討する場合がある。リンは通常の湿式分析により定量される。

ウラン：骨横断片を樹脂包埋後、研磨し、フィッシュン・トラック法により測定する。

元素の定量値はすべて統計学的に処理される。ウランの場合には、骨内における分布状態も考慮する。

5) 展望 化石人骨は発掘によって発見されるとは限らず、偶然に見いだされたような場合には、出土層が不明確なことが多い。また、発掘された場合でも、何らかの攪乱により、原位置から動かされている可能性もある。このような場合に、その出土地の各層準の獣骨と問題の人骨の微量元素分析値とを比較することによって、人骨の産出地層を決定することができる。

今後、化石骨に直接適用できる絶対年代測定法（ラセミ法など）の確立が望まれるが、相対年代判定法は極めて少量の試料があればよいこと（フッ素分析だけであれば、 $1/20$ gで充分）、また地層の年代が判明しても人骨などの遺物と地層との共時性は別問題であることなどから、その意義は依然大きいと言える。

* 前出

山 崎 一 雄*

- 1) 原理 鉛を含む考古資料から鉛を抽出し、その同位体比を質量分析計で測定して各地産の鉛鉱の同位体比と比較して、原料鉛の産地を知るというものである。種々制限があり、簡単ではないが、いくつかの成功例がある。
- 2) 試料の種類と必要量 青銅器、ガラス、釉薬、絵具など鉛を含むものが対象となり得る。測定に必要な量は鉛の含有量により異なるが数十ミリグラム程度である。
- 3) 試料の採取法 他の鉛を含むものとの接触をさける。青銅器のサビを用いて測定することもできるが、その場合、他のもののサビと接触して汚染されないようにすることが必要。
- 4) 実験室での処理 試料を溶解し、鉛を他の元素から分離し、硝酸鉛として質量分析計のフィラメント上につけて、イオン化させる。204、206、207、208の同位体の強度比を測定する。
- 5) 展望 現在までのところ、正倉院のガラス、薬師寺本尊台座など日本産の鉛鉱を用いたことが確められたものはあるが、その他の鏡などはなお研究中である。中国産の鉛鉱と中国および日本の青銅試料の入手について御配慮を望みたい。

蛍光X線分析

東 村 武 信**

- 1) 原理 試料の中にどんな元素がどれくらいの量だけ含まれているかを分析する方法の一つであり、元素ごとにそれぞれ特定の波長（すなわち、エネルギー）のX線を発するから、試料全体から発したX線を分析すれば、試料の元素分析ができる。
- 2) 試料の種類と必要量 石器・土器：数グラムすなわち、基石くらいの大きさの小片。石器の場合は、欠けて新鮮面（1平方cmくらい）が出ているものならばそのまま測定できるが、新鮮面のない試料は、表面をごくうすく削りおとした後測定する。土器は、小片を粉碎して測定。金属器：錆を落した後に測定。錆を落さずに測定する方法は研究中。
- 3) 試料の採取法 とくになし。考古学上の問題に応じて、採取層位を注意せねばならないこと

* 名古屋大学名誉教授，名古屋市瑞穂区膳棚町1―28

** 京都大学原子炉実験所，大阪府泉南郡熊取町野田

はもちろんである。

4) 実験室での処理 ほぼすべて自動化されており、文科の人でも実施可能になっている。少なくとも京大原子炉と奈良教育大とは。

5) 展望 簡単でかつ何の分析にでも使える方法である。考古学上のどういう問題に適用できるかは、考古学者が「考古学ではこんな問題があるが、これに蛍光X線分析は適用できまいか」という形で、相談をもちかけてほしい。

中性子放射化分析法

小 山 睦 夫*

1) 原理 原子炉の中性子により元素を放射化し、放射性核種のガンマ線のスペクトル及びそれら核種の半減期の相異より元素の定性定量を行なう。H, Li, Be, C, N, O以外の元素なら単独の場合数ナノ〜マイクログラム量は測定できるが、実際の場合にはマイクロ〜ミリグラム量が測定可能。

2) 試料の種類と必要量 ①金属, 金属イオンを含む無機物有機物 ②岩石, 粘土等地球化学的試料(火山灰をも含む) ③植物, 葉, 樹木, パルプ等中の微量金属, 非金属イオン ④以上試料量は500mg以下の量でよい。下限は50mg程度。

3) 試料の採取法 ①なるべく木またはプラスチック性のコテ等でサンプリングする。②ポリスチレン, ポリエチレン等のタパウェアに入れる。塩ビはダメ。③可能なかぎりすみやかに水分を除去する(40〜60°C加熱)。

4) 実験室での処理 ①試料を秤量する。②ポリエチレン照射容器に入れる。③原子炉で1〜60分照射する。④対象元素により直ちにあるいは10日冷却後測定。⑤測定データは磁気テープにとり, 計算はコンピュータで行なう。⑥コンピュータの出力を最後は人間の判断を加えデータ整理する。

5) 展望 この方法は, 化学分解しない方法の中では最も reliable な方法である。しかし, 正確な答を出すためには長時間計測する必要があるため, マシントイムの都合上あまり多数の試料を何でもかんでもやれば良いということには適さない。したがって, 目的をかなりしぼって選んだ試料を対象とすることが望ましい。サンプリングする前には, 一度この方面の専門家に相談することが望ましい。

* 京都大学原子炉実験所, 大阪府泉南郡熊取町

今 村 啓 爾*

1) 原理 土器の胎土分析には、放射化分析、蛍光X線分析、原子吸光分析などによって胎土を元素の段階で分析する方法、胎土中の鉱物のみをとり出してその種類別に数を数える方法、土器を薄片にして、含まれる岩石（鉱物の集合物）、鉱物を偏光顕微鏡で鑑定する方法などが行なわれているが、私自身は最後の方法しか手がけたことがないので、ここでは最後の方法についてのみ説明する。

土器の胎土には、粘土以外に大量の岩石、鉱物が含まれているのが普通である。これらの岩石・鉱物は、土器製作上の理由から意図的に粘土に混ぜられたものが多かったようである（これは十分確かめられていない）。ある遺跡で出土した土器の胎土中に、その遺跡の近辺には存在するはずのない岩石や鉱物が含まれているとき、その土器または胎土混和材はどこか遠方より運ばれてきたものであると考えられる。さらに、その岩石や鉱物のうちに特定の地域にしか存在しないものがあつたり、その岩石や鉱物の種類の組成が一定地域にしかありえないものであることが判明すれば、その土器または混和材がその地域からこの遺跡にまで運ばれてきたことになる。

2) 試料の種類と必要量 土器片（縄文式、弥生式、土師器、土偶、埴輪、瓦など）。大きな岩石、鉱物粒を多く含むものほど分析しやすく、胎土のきめの細かい陶磁器類の分析はこの方法では困難である。

必要量は1個体の土器につき2 cm×2 cmくらいの大きさの破片が必要で、これによって薄片2～3枚が作れるが、薄手の土器や特に慎重に分析をする場合には、同じ大きさのもの数個が必要である。分析によって失なわれる土器の量はこのようにわずかであるが、5)で述べるように、胎土分析の結果が大きな意味を有するためには、土器型式の特徴を十分にそなえた大きな土器片の一部を切りとって試料にすることが望ましい。

なお、分析によって意味のある結果を得るためには、遺跡周辺の地質がよくわかっており、しかも遺跡をとりまく地域、地域で地質がはっきりと異なっていることが必要である。同一組成の沖積層が広がっている地域などでは、胎土分析を行なっても意味ある結果が得られない可能性がある。

3) 試料の採取法 特別なサンプリングは必要ないが、考古遺物採集の常識として、出土した遺跡、地点、層、共存遺物が記録されていなければならない。

4) 実験室での処理 土器片はそのままでは研磨できないので、あらかじめカナダバルサムで煮つめて固めておく。あとは一般の岩石の場合と同じ方法で、規定の厚さ（0.02～0.03 mm）の薄片

* 東京大学文学部考古学研究室，東京都文京区本郷7—3—1

を作成し、偏光顕微鏡によって含まれる岩石・鉱物の種類を鑑定する。

含まれる岩石、鉱物を量的に把握するためには、メカニカル・ステージで薄片をずらしながら、一定点を通過した岩石、鉱物の数を数える。

5) 展望 胎土分析を行なった土器が、出土した遺跡の近辺で作られたものではないということは、比較的容易に判定できるが、それではその土器がどこで作られたものであるかということになると、解答が困難になることが多い。この答は、考古学者（土器型式の分布）と自然科学者（地質の分布）が協力して出さなければならない。

偏光顕微鏡による観察では、ひと粒、ひと粒の岩石、鉱物が同定できるので、そのひと粒、ひと粒について胎土に入るまでの経路を具体的に考えていかなければならない。この具体性は岩石、鉱物による胎土分析の大きな特徴である。一般に、岩石、鉱物が当初分布したところから胎土中鉱物として遺跡に埋まるまでには、次のような移動が考えられる。

1. 地殻を構成する岩石、鉱物が、河川によって運ばれ、下流の川原や沖積層に堆積する。
2. 人が粘土（多少の岩石、鉱物を含むのが普通）と砂（石や土器をくいだいたものを使うこともある）をとってきて、混ぜ合せて土器を作る。このとき、ある種の岩石や鉱物が意識的に選択されることがある。
3. 交易などによる土器の移動
4. 遠出の狩猟、採集などのとき、自分で使うために土器を携帯する。

土器の胎土中の岩石、鉱物の由来を、これらのうちのどの移動によって説明するかは、主として考古学者の解釈にゆだねられている。

土器の胎土分析の研究は、まだ試行錯誤の段階にあり、この方法がどれだけの力を発揮できるかは確言できない。しかし、欧米での研究では大きな成果をあげているものもあり、この種の研究のたちおくらしている日本にとって学ぶべき点が多い。胎土分析による研究の今後の展望として以下のものをあげておく。

1. 土器製作技術の発達、器形別の胎土の使いわけが明らかにされるであろう。
2. 条件の良い地域をモデルケースとして、土器の製作と交易の実態が解明できるであろう。
3. 拠点集落を中心にした集団の活動領域が明らかにされるであろう（これについては清水芳裕氏の研究がある。考古学研究76号）

4. 移入土器を排除することによって、純粋な土器型式の内容が把握されるであろう。また、これまでひとつの型式に属するとされていた土器群が、胎土の特徴を手がかりに、地域を異にする数型式に細分されるかもしれない。これは、土器の型式学的研究に確実な基礎を提供するであろう。

先述したように、土器の胎土の研究は、土器型式の研究と結合して、はじめてみのもりある結果を生み出すものであるから、胎土分析による研究は、土器型式の詳細な研究と足なみをそろえて前進

しなければならない。型式研究の精密化があって、はじめて胎土の特徴の意味が理解されるであろうし、胎土分析はまた、土器型式の小さな特徴の発見に役立つであろう。考古学者と自然科学者の緊密な協同研究が望まれる。

土壌硬度の測定

小 池 裕 子*

- 1) 原理 土壌硬度計には大がかりなものを含めると種々あるが、考古遺跡には、簡便な“山中式硬度計”が適している。これは、硬度計を土中につきさし、その反発力をばねの縮少によって表示し測定する方法である。
- 2) 試料の種類と必要量 垂直方向でも水平方向でも測定が可能なので、地層の断面や遺構の表面、特に住居址の床面や遺跡の生活面の検出に有効である。
- 3) 試料の採取法 土壌は一般に水分を含むと柔らかくなるので、測定は良い天候の続いた日を選ぶか、あるいは測定部にはシートをかけておく。住居址の場合には床面を精査して、掘り残しがないようにしないと正確な値がでない。また測定点の上をふむと硬くなる恐れがあるので、一度精査した後は足を踏み入れないように注意する。
- 4) 実験室での処理 住居址の場合には、10cmまたは20cm間隔で硬度の測定を行ない、Running Mean(移動平均)の平均値を用いて硬度分布をえがく。
- 5) 展望 床面の硬さは発掘の際の重要な判断基準であるが、客観的な記録法が今までなかった。硬度計は取り扱いも簡単なので、遺跡での測定が通常化することを望む。

* 東京大学総合研究資料館，東京都文京区本郷 7－3－1

土壌分析（微細遺物の検出と土壌の化学組成）

千 浦 美智子 *

- 1) 原理 水洗選別による炭化植物プラント・オパール等の検出。Ph, P, C, Ca, Mg 等の土壌化学分析。
- 2) 試料の種類と必要量 微細遺物の検出には遺構から土壌サンプルとして柱状にブロックサンプルを行ない、その量は遺構の条件により異なる。詳細は季刊『どるめん』№13 (1977)「環境復元とフローション」参照。化学分析には約 200cc カップで遺構によりサンプル地点の設定。
- 3) 試料の採取法 コラムサンプル又はランダムサンプル、時には全遺構土壌の採取、タッパウェア又は 2 重ポリ袋にて収納。
- 4) 実験室での処理 水洗選別は戸外又は現場にて大部分行なう。貝塚の場合は細かな 1mm メッシュ以下のふるいわけ作業を室内にて行ない、各遺物の集計をする。
- 5) 展望 遺跡で手掘の際、微細遺物は取り上げにくい。水洗選別によりそれが簡単で破損率も少ない。又、チップ等の破片もたやすく採集が可能である。目に見えない土壌の化学組成は堆積の経過、土の移動を示唆する事になる。

プラント・オパール分析

藤 原 宏 志**

- 1) 原理 植物の珪化細胞の珪酸体（とくに土壌中で土粒子として残留している珪酸体はプラント・オパールと呼ばれる）の形状・大きさおよび土壌中の密度から、その給源植物種・植物体量を推定する。とくにイネ科植物に有効な方法である。
- 2) 試料の種類と必要量 土壌・灰・焼土・植物体・土器片など。土壌・焼土・灰は 50～100cc, 植物体は数g, 土器片は 20cm²
- 3) 試料の採取法 ①土壌・灰・焼土・植物体は採取法については試料の汚染を避けるためとくに注意する必要がある、特殊な容器を用い原則として分析者が採取することになっている。②土器

* 国際基督教大学人文科学科，東京都三鷹市大沢 3-10-2

** 宮崎大学農学部，宮崎市船塚 3-210

片の場合はその土器の形式特徴を備えた破片であればよい。

4) 実験室での処理 試料(土壌・灰・焼土・植物体・土器片)の種類あるいは定性・定量分析など対象と目的により方法が異なり、それぞれ10行程前後の処理を行なう。データ処理についても定量分析の場合は数値の統計処理と給源植物体量への換算など一定の計算を行なう。これらの詳細については本誌12号に既報したので参照されたい。

5) 展望 プラント・オパール分析法は研究的蓄積がまだ少なく、今後に託すところが多い。基本的な分析法はほぼ確立し得たと思われるが、さらに改善を進める必要も残されている。この分析法の一つの特徴はイネ科植物の生産量の推定が可能になったことにある。古代水田地などの調査・分析により、各時代の作物生産量を出そうと努力しているので適当な遺跡があれば試料の提供をお願いします。

灰像法(カイゾウホウ)

松 谷 暁 子*

1) 原理 植物体の組織のうち、珪酸を含む部分が、灰化後有機物の消失した後も残存して表皮細胞の特徴を残しているのを顕微鏡で観察して、もとの植物の種類を知る方法。珪酸の多いイネ科植物には有効であるが、いも類、豆類などには適用されない。

2) 試料の種類と必要量 (A) 遺跡出土の灰層の灰、あるいは炉、かまど、土器内に残された灰や焼土。まじりけの少ない灰ならば、マッチ棒の先位でもよいが、マッチ箱位の量があればもっとよい。(B) イネ、ヒエ、アワ、キビなどイネ科の炭化種子で、粒のまわりに穎を付着しているもの。数点はあった方がよい。

3) 試料の採取法 2)―Aの場合、まわりの土をあまりまぜないように。2)―Bの場合、種子の取扱いと同じように、こわれにくいように柔かい紙などを敷いて小さい管ピンかシャーレに入れておく。水洗選別しないで、現場からまわりの土ごと取上げたものが望ましい。

4) 実験室での処理 2)―A、白色または灰色の灰になっているものは、希塩酸処理→水洗→乾燥→封入してプレパラート作成→検鏡ならびに対照標本との比較。2)―B、るつぽに入れて灰化後二分し、1つはそのまま封入してプレパラート作成→検鏡。他はAと同様、希塩酸処理→水洗→乾燥→封入→検鏡。

* 東京大学理学部人類学教室、東京都文京区本郷7-3-1

5) 展望 Aの試料でセンイ状のもの、Bのヒエ、アワ、キビの類の炭化種子の試料で灰像で同定もしくは確認できた例が今までそれほど多くないので、良い資料があったら提供していただけると幸いです。

哺乳類歯牙のセメント質年輪法

小 池 裕 子*

1) 原理 哺乳類の歯は咬耗が始まると、歯根の表面にセメント質が沈着していく。その量は、咬合圧の変化（食べ物の季節的变化）や冬眠など体のメタボリズムの周期を反映して年輪がきざまれる。

2) 試料の種類と必要量 現在哺乳類に関する研究で年輪が確認されているのは、ニホンジカ・エゾシカ・イノシシ・ヒグマ・ツキノワグマ・キツネ・小型食肉類および海棲哺乳類など、出土獣骨の種の大半をカバーしている。

3) 試料の採取法 できれば歯については、ポイント発掘などできるだけ出土地点を明確に記録することが望まれる。分析用の資料に対しては、資料の保存のための化学処理（バインダー・樹脂・パラフィン包埋など）はむしろ行なわない方がよい。

4) 実験室での処理 獣骨の歯牙は、プロトコールに従って大きさの計測や咬耗の程度を記録し、おおよその年齢や性の判定を行なう。また左右の下顎を比較しながらペアリング（同一個体の同定）を行なう。下顎から歯のセメント質のサンプリングは、まず歯を脱き、ダイヤモンドデスクで歯根部を切り取り、歯冠部を元どおり接合する。切り取ったセメント質の部分は樹脂に包埋し、硬組織薄片切断機で100～200 μ の厚さの薄片にする。偏光顕微鏡や顕微X線写真を用いて年輪を観察し、年齢査定と捕獲季節の推定を行なう。

5) 展望 貴重な出土獣骨を切断することに抵抗を感じる方が多いかもしれないが、切断部分は歯根だけで、外観的にはほとんど変わらずに復原できる。この方法はやっと考古学へ応用され始めたばかりで、分析用サンプルが不足しているので、資料の提供などご協力いただきたい。

* 前出

小 池 裕 子*

1) 原理 貝殻の成長線は、日周のあるいは潮汐周期で規則的に形成される。日成長量は、海水温度の影響を受け、高温期は成長が速く、冬は成長量が低下する。Seasonal dating は成長の最も遅い冬輪中心からの成長線本数を数えることによって、正確に採捕期日を推定する方法である。

2) 試料の種類と必要量 適応できる貝殻の種類は、ハマグリ・アサリ・シオフキ・ハイガイ・ヤマトシジミ・コタマガイ・オキアサリ・シャコガイなどの二枚貝で、マガキ・ホタテガイ・イガイ類などCalcite(方解石)でできた貝殻は、成長線の観察が難しい。季節推定分析用の貝殻は、焼けていない、脱灰が進んでいない、保存の良いものが望ましい。破片であっても貝縁から最後の冬輪までが残っていれば、採捕の季節は推定できる。

3) 試料の採取法 貝層のサンプリングにあたっては、まず、貝層の堆積状況をできるだけ適格に把握することが必要である。状況に応じてブロック・サンプリング、貝層断面におけるポイント発掘を行なう。また、切り取り法・はぎとり法もサンプリングとして有効な方法である。

4) 実験室での処理 貝殻の殻長・殻高を計測、樹脂に包埋した後、ダイヤモンドデスクのついたデンタルモーターで切断し、切断面を研磨し、0.36% HCLで約3分間エッチングレ、アセタイトピールでレプリカを作成し、約100倍の顕微鏡で成長線を観察する。殻頂から観察をはじめ、各冬輪の位置を記録し、“冬輪時の殻高”を算出し、貝殻の成長速度を考察する資料とする。最後の冬輪から貝縁までの成長線を数えて、採捕期を推定する。

5) 展望 貝殻の日成長線の日成長パターンには種々の環境の情報が含まれており、年ごとに特徴あるパターンを示すことがある。それを利用すれば、特定年の同定が可能になり、年輪年代法(Dendrochronology)と同様に、貝殻年代法(Malacochronology)が開拓される可能性がある。これができれば、貝層の堆積期間を正確に推定でき、貝塚全体が何年間で形成されたがわかるようになることが期待される。このMalacochronologyが実現するには何よりも計画的なサンプリングが必要とされ、発掘現場の考古学関係者の協力と共同研究が望まれる。

* 前出