

残存デンプン分析の進展

西田 泰民

●キーワード：残存デンプン分析 (ancient starch analysis), 食性分析 (diet analysis), 考古植物学 (archaeobotany), 微化石 (microfossil), 顕微鏡検査 (microscopy)

1. 背景と歴史

有機質の遺物が長期間土中で残存することについては、低湿地のような特殊な条件以外では否定的な見方が強く、長くその可能性について考慮されることがなかった。デンプン粒についても、土中で分解されるはずであるという先入観が現在でも強い。

考古遺物について初めてデンプンをヨウ素反応によって確認したり、デンプン粒を顕微鏡観察によって確認した例は、Wittmack の論文とされる (Wittmack: 1905)。もっともこれは古代エジプトのパンやペルーの乾燥地帯における植物遺体など例外的に保存状態のよい遺物が対象であり、一般的な遺跡からの出土物ではなかった。石器に残るデンプンについては 1976 年に Bruier が初めてヨウ素反応によってその存在を確認し (Bruier: 1976), 次いでデンプン粒そのものの報告が 1979 年 Shafer らによってなされた (Shafer and Hallaway: 1979)。その後、80 年代には南米のイモ類を対象にほぼ現在の方法論が南イリノイ大学の Ugent によって開発され (Ugent et al.: 1981), 90 年代からは Loy や Fullagar からオーストラリアの研究者らが積極的にこの分析法にかかわってきた (Loy et al.: 1992, Fullagar: 1998)。研究者のフィールドのある地域での研究が当然活発になるので、初期にはオセアニア、中南米の研究事例が多かったが、最近では世界的に研究者層が広まり、アジアでは中国の研究発表例が目立っている。研究事例は Journal of Archaeological Science に多く掲載されている。

研究対象は、遺物だけでなく、土壌も重要であり、根菜類など他の方法では検出が困難な植物利用について明らかにできる潜在的可能性を持っている。また、食用以外の植物として、たとえば石器の柄に使用された植物のデンプン粒が着柄部に残ることもありうる。

さらに、花粉や植物珪酸体と同様、土壌中の残存デンプンが古環境復元にも有用であるはずだとされているが、積極的な研究はまだ現れていない。

一般の遺物以外で、注目されるのは歯石中に取り込まれたデンプン粒からネアンデルタール人の穀物摂取が明らかにされた研究例がある (Henry et al.: 2011)。また、マヤの遺跡から出土する焼成粘土塊を調理用道具と推定する根拠の 1 つとしてデンプン粒の検出が挙げられている研究もある (Simms et al.: 2013)。

現在のところ、Torrence と Burton の編集による Ancient Starch Research が総合研究書であると同時に最高の手引書というべき存在であり、総勢 27 人もの研究者が細かなトピックも取り上げ、解説を行っている (Torrence et al.: 2006)。

日本でこの分析法について、最初に触れたのは佐原真であったと思われるが (佐原: 1999), その分析法の存在を佐原に伝えたのは、オーストラリアやニュージーランドの研究状況を知る国立民族学博物館のピーター・マシウスであった。その後、西田、渋谷綾子、上條信彦、寒川朋枝らが研究を開始し (西田ほか: 2005, 渋谷ほか: 2006, 上條: 2008, 寒川ほか: 2012 など), 日本国内の遺物からもデンプン粒が検出されることが明らかになる

と同時に、特に石器に関する報告例が蓄積されている。また研究方法と課題について、すでに渋谷 (2010, 2015) で紹介されている。

2. 原理と装置

デンプン自体は光合成の過程でエネルギー貯蔵のため合成され、葉緑体中に形成された同化デンプンは、根や種子、果実などに移動して貯蔵デンプンとなる。こうしたデンプンは植物種毎に形態、構造、性質が異なる。デンプン科学においては、各種デンプンのリン含量、アミロース含量、膨潤力、加熱攪拌時の粘性特性、糊化特性などが測定されている。堆積物や考古遺物から検出されるデンプンについては、極めて微量であるため、こうした試験を経ることはできない。顕微鏡下で主としてデンプン粒の形態的特徴から、植物の推定を行う。

港湾での大豆の荷下ろし作業により大量に発生したデンプン粒を含む微粒子が原因で周辺住民に突発的にぜんそく症状が報告された例がしめすように (Anto et al.: 1989), デンプン粒は空気中に浮遊していることもあり、作業を行う環境は密閉度の高い実験室内であることが望ましい。また、試料作製とあわせて封入剤のみをマウントしたブランクを作成し、作業中混入がないかチェックする必要がある。ポリ手袋には滑りをよくするためデンプンが使用されているものがあるので、作業にはデンプン不使用のものを選択する。

2.1 サンプリングの方法と試料の調整

土壌試料から抽出する場合は、植物微化石の方法と共通する部分が多い。試料の分散、沈降法による砂粒との分離、そして重液分離を用いる。複数の方法が提案されているが (Atchison et al.: 1998, Horrocks et al.: 2004 など)、ここでは Horrocks のプロトコルを紹介する。

- 1 2~5 cm³の試料をカルゴン溶液に数時間つけ、震盪させながら分散させる。
- 2 2000 rpm で4分間、遠心する。
- 3 蒸留水を加え、2000 rpm で4分間遠心する。上澄みが澄んでくるまで繰り返す。最後の上澄みはすてる。
- 4 溶液の2倍量のポリタングステン酸ナトリウム溶

液 (比重 1.7) を加え、よく混ぜる。1500 rpm で3分間遠心する。

- 5 上層を別の試験管に移す。量がわずかであれば、4を繰り返す。
- 6 試験管を蒸留水で満たし、2000 rpm で4分間遠心する。同じ作業を繰り返す。
- 7 スライドガラスヘマウントする。

こうした洗浄を繰り返すデンプン抽出の過程で堆積物や炭化物に含まれるデンプン以外の植物微化石などの情報が失われてしまう。そのため、植物珪酸体とデンプン粒を1つの工程の中で抽出する Piggyback 法と名付けられた方法が提唱された (Chandler-Ezell and Pearsall: 2003)。日本語では抱き合わせ法となろうか。また、Coil らも複数の方法を検討しているほか (Coil et al.: 2003), Horrocks が次のようなプロトコルを示している (Horrocks: 2005)。

- 1 2.5~3.0 cm³の試料を 10 ml 試験管に入れ、カルゴン溶液 (あるいは5%の洗剤水溶液) 6 ml を加えて、時々震盪させながら数時間置く。
- 2 50 ml ビーカーに移し、懸濁させ、試験管に戻す。繰り返しながら、水を加えて 10 ml とし、3000 rpm で3分間、遠心する。上澄みを試験管に戻し、ビーカーの沈殿物は破棄する。
- 3 水を加え、攪拌し、3000 rpm で3分間遠心する。上澄みをすてる。ほぼ透明になるまで繰り返す。
- 4 3 ml のポリタングステン酸ナトリウム溶液 (比重 1.7) を加えて振り、1500 rpm で3分間遠心する。上層をピペットで別の試験管に移し、水を加えて振り、3000 rpm で6分間遠心後、上澄みをすてる。
- 5 再び水を加え攪拌した後、3000 rpm で3分間遠心し、上澄みをすてる。デンプン抽出終了。
- 6 4の元の試験管に残った沈殿物を 250 μm の篩を通して 10 ml 以下の水で 50 ml ビーカーへ流しこむ。試験管に移し、3000 rpm で3分間遠心。上澄みをすて、篩の残存物は破棄する。
- 7 濃硝酸を加え、湯煎にかけ、塩素酸カリウムを数粒加えながら、攪拌する。赤色が消えたら、3000 rpm で3分間遠心後、上澄みをすてる。水を加えて混ぜ、3000 rpm で3分間遠心、上澄みをすてる。

8 試験管に水を満たし、よく降って、1時間置く。液体をピペットで除き、沈殿物を残す。透明になるまで繰り返す。

9 10%塩酸を加え、攪拌し、反応が収まるまで待つ。3000 rpm で3分間遠心し、上澄みをすてる。水を加えて混ぜ、再び3000 rpm で3分間遠心し、上澄みをすてる。

10 10%の水酸化カリウム溶液を加えて攪拌し、6分間湯煎にかけ、時々かき混ぜながら加熱する。3000 rpm で3分間遠心、上澄みをすてる。水を加えて混ぜ、3000 rpm で3分間遠心、上澄みをすてる。

11 3 ml のポリタングステン酸ナトリウム溶液（比重2.3）を加えて混ぜ、3000 rpm で6分間遠心。上層をピペットにとり、ピペットを反転させて試験管立てにおく。試験管をすすぎ、ピペットの中身を戻す。水を満たして混ぜ、3000 rpm で3分間遠心、上澄みをすてる。

12 水を加えて混ぜ、3000 rpm で3分間遠心、上澄みをすてる。植物珪酸体抽出終了。

抽出過程でデンプンが変質を受ける可能性についてはKonstanje がさまざまな条件での検討を行っており、温度が予想外にデンプンの消失に影響を与えることを示している（Konstanje: 2003）。長時間（6時間以上）顕微鏡下で照明が当てられると変質することや重液を用いた分離を行った場合スライドの乾燥は18℃以下にすべきこととしている点は注意する必要がある。

遺物に付着したデンプン粒を観察することは不可能ではないが効率的ではなく、細部の観察もできないため、プレパラートにマウントするのが通常である。遺物から直接採取する場合は土壌の場合よりも簡便であり、マイクロピペットでデンプン粒が残っているとみられる遺物面に純水を垂らし、ピペット先で攪拌後、その水を採取してプレパラートにマウントする。また、遺物の一部を超音波洗浄機内に設置した純水を満たした容器につけ、面的に抽出することもできる。

2.2 封入と検鏡

デンプンを含む水溶液をマイクロピペットでスライド

ガラスに垂らし、乾燥させ、カバーガラスをかぶせる。封入剤はデンプンの屈折率1.53を考慮してグリセロール（屈折率1.46-1.48）などを使用する。

その後、プレパラートを偏光顕微鏡で検鏡し、デンプン粒を確認する。間違いなくデンプンであることを確認するため、ヨウ素反応により染色した後に検鏡する研究者もいる。また加熱されたデンプンの場合はコンゴレッドを使用した染色法が有効である（Lamb and Loy: 2005）。鏡下でデンプン粒と誤認する可能性のあるのは孢子、セルロース（導管壁孔）のほか、日本国内ではあまり考慮する必要はないが、石灰質の土壌環境での草食動物の糞から形成される炭酸カルシウム球晶などがあり注意が必要である（Haslam: 2005）。

顕微鏡での観察項目としては、形状、サイズ、偏光十字の形状、核（へそ）の位置と形状、亀裂の有無と形状、ラメラ、平坦面の有無、表面の特徴、複屈折などがある。大まかにいってデンプンにはアミロプラスト中にデンプンが単独で形成される単粒と複数形成される複粒とがある。複粒の場合には隣接するデンプン粒と接することで平坦面が生じる。鏡下で確認されたデンプンが単独の粒子であっても、こうした平坦面があれば元々は複粒であったと判断できる。

2.3 その他の方法

最近、染色法以外のデンプンの存在を確認するための方法が提案されている。1つは熱耐性 α アミラーゼを用いて分解を確認する方法である（陶ほか: 2012）。またラマン分光法によってもデンプンの存在を確認することが出来る。

3. 研究の方法と議論

3.1 同定

依然として最も大きな課題である。デンプン粒の性質はそれぞれの植物種に固有であるといわれるが、実際には植物のどの部位にあるかによって形態は異なり、またサイズにも植物によってはかなりの幅がある（図1）。群としての特性を持っていても、1つのデンプン粒で植物を特定するのはかなり困難といわざるを得ない。特に円形のタイプは渋谷（2010）でも示されているように、

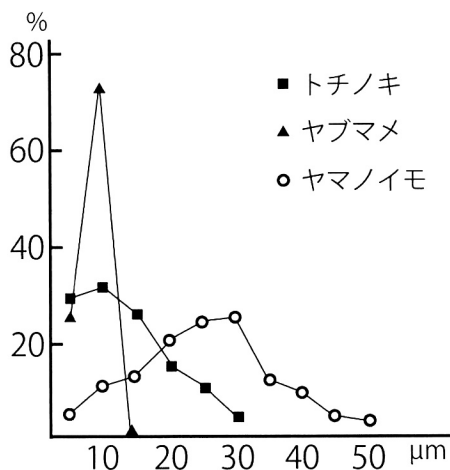


図1 現生植物のデンプン粒度分布 (藤本著『澱粉と植物』(1994)より作成)

Fig. 1 Particle size distribution of modern starch

同形・同サイズの植物種が多く、顕微鏡観察のみでは識別は極めてむずかしい(図2)。一方、いくつかの形態のタイプについては消去法によりある程度候補となる植物種を絞ることができる場合がある。

形状データのコンピュータによるパターン認識の可能性を述べた論文があるが(Wilson et al.: 2010), まだ実用に供された研究発表事例はなく、有効性に懐疑的な研究者もいる。

いずれにせよ、検鏡して見つかる粒数は数点の場合がほとんどであるので、花粉や植物珪酸体のような計数処理は望めない。また、現在は研究者間で分類や同定のための基準は統一がとれていない状態である。少なくとも査読のある学術雑誌では同定手順が写真とともに詳細に記載されることが論文掲載条件とされるべきであろう。

Torrence や Lentfer らは 20 項目をこえる分類基準を設け、それぞれの属性を記入していくことで、植物種を絞り込むシステムの構築を行っていた(Lentfer: 2009)。いくつかの植物については詳細に検討が進められているが、対象とすべき植物の数は膨大であり、複数の専任研究者をおいた、長期間のプロジェクトを組む体制が出来なければ実現はほど遠い。

こうして整備された参照標本は公開が望ましいが、まだ実現には至っていない。たとえば Paleobot.org では大型植物遺体・花粉・植物珪酸体・デンプンに関するオープンアクセスのデータベース構築と、同定困難な試料を

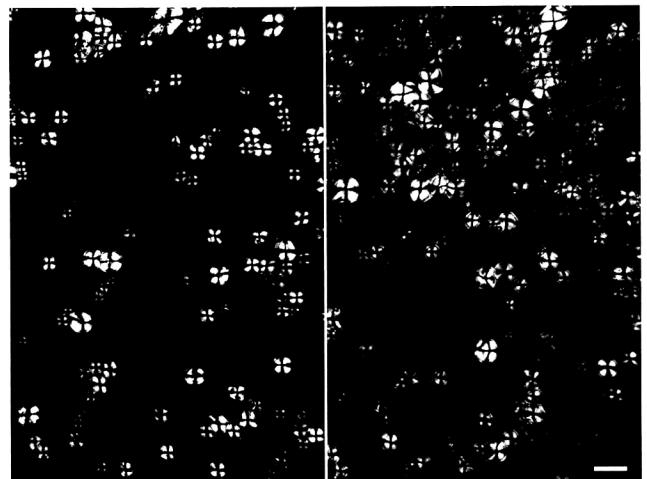


図2 デンプン粒顕微鏡写真

マテバシイ種子(左), サツマイモ根茎(右), バーは20μm

Fig. 2 Starch grains under polarized microscope

Left: acorn (*Lithocarpus edulis*)

Right: sweet potato tuber

公開し研究者同士で意見交換が出来る場の実現を目指している。しかし、まだデータ登録は極めて少なく、種名がわかっていたら参照することはできるものの、同定のためのキーを入力し、候補を絞り込めるような機能が今のところない。変質デンプンについても Henry がウェブ上でデータベース公開と追加を 2009 年の論文で呼びかけていたが(Henry et al.: 2009), 担当者の異動により現在は稼働しておらず、再構築の見込みが立っていないとのことである。

顕微鏡以外の方法による同定方法は、必要性が認識されているものの、あまり進展を見ていない。たとえばデンプンの立体形状の把握から、同定のための手がかりをえることができるはずである。すでにプレパラート上に封入された試料でこれが可能なのは、今のところ共焦点レーザー顕微鏡が考えられるが、各研究室に装備できるような価格ではないため、当面の間実用化は望めなさそうである。また、通常の顕微鏡でも試料ステージを三次元的に動かすことにより立体形状を観察することができるはずであり、こうした工夫も求められる。

食品化学分野のラマン分光法によるデンプン分析例を参照すると、デンプンの基本ピークはほぼ同じであるが、植物種によりそのスペクトルが少しずつ異なるようである。これまで、食品としてあるいは工業的に利用される植物デンプンについてしか、調べられていないようなので、野生植物などについて分析を進めれば、同定に役立つ

つ特有のスペクトルを示す植物が明らかになる可能性がある。

3.2 検出デンプンの由来

残存デンプンの報告例は非常に多いが、確実に過去のものであるのか、石器使用時に付着したものであるのか根拠をもって主張することは難しい。また直接デンプン粒の年代測定に成功した例はない。埋没中に付着することがないのか、現生植物起源のデンプンが遺跡土壤中に移動しているのではないのか、素朴な疑念が持たれるのはもっともなことである。しかし、そうした「常識」的判断のみで残存デンプン研究そのものを否定されることは残念であり、否定するならばそれなりの根拠を持った批判を行うべきと考える。

土壤中のデンプン粒の挙動について、地道な研究事例はあり (Haslam: 2009)、大幅な移動はないことが明らかになっている。さらに環境の異なる世界各地で追試が行われる必要がある。デンプン粒の残存条件についてもさらに実験例を加え、検討を重ねる必要がある (Haslam: 2004)。

抽出時の手順に問題が判明した事例が、雑穀を原料とした麺類が検出されたと発表された中国青海省喇家遺跡での研究である。ネイチャー誌に発表された内容は出土した麺類から検出されたデンプン粒が雑穀と同定されたというものであった (Lu et al.: 2005)。しかし、別な研究チームはその同定過程に疑問を抱き、検証した結果、デンプン粒が麺類から抽出されたとはいえないことを示し、再検討の結果、同定が否定された (Ge et al.: 2010)。

花粉分析や珪藻分析などのように強力なツールとなるためのもう一つの課題は数値処理ができるようになることであろう。特に遺物分析の場合は、単にデンプン粒の検出の有無が基準となるほど検出量そのものが極めて少量であるため、たまたま検出されなかったのか、本当ではないといえるのか客観的に検証することが出来ない。

また上條の行った民具の調査報告では長期間デンプン質の植物加工に用いられていたことが明らかである石製品にもかかわらず、全くデンプン粒が検出されなかった (上條: 2013)。旧石器時代の台石からデンプンが検出されるのに、最近まで使用されていた民具では検出できな

かったのはなぜなのか。上條の説明では不十分のように見受けられる。他の抽出方法を試み、それでもデンプン粒が検出できないのか検討を望みたい。

3.3 デンプンの変質について

前節で述べたように石器や遺跡土壤のデンプン粒について、その遺物や遺跡の時代の所産であるか断言できない問題が残る一方で、いわばパックされた形で保存されたデンプンが土器の付着炭化物や歯石中から検出されている。土器の炭化物や吸着物については化学分析が近年用途研究にかかわって進行している。しかし今のところ同位体分析や脂質分析では植物の種類を C3 植物、C4 植物という大きな分類でしか行うことができない。その点で、炭化物中の植物珪酸体やデンプンのもたらす情報は大きな意味を持つのであり、最近発表された Saul らの炭化物からのデンプン抽出法が参考になる (Saul et al.: 2012)。炭化物の場合は加熱を受けており、化石人骨の歯石の場合にも変質作用を受けている可能性が高く、変質デンプンの研究が今後重要と考えられるので、その現状について最後に取り上げる。

デンプンは水と加熱によって糊化し、大きく形状を変化させる。そしてデンプン粒本来の形態や偏光十字などの性質が失われ、顕微鏡下では区別ができなくなる。こうした糊化は加熱で生じる印象があるが、実は水分が大きくかかっている。乾燥状態や油での 1 時間程度の加熱ではデンプン粒の変化はほとんど生じない (伊藤ほか: 2009 など)。すでに複数の研究者が顕微鏡下でさまざまな条件でのデンプン加熱実験を重ね、デンプン粒が同定可能な状態で残るかどうかを検討しており (Henry et al.: 2009, Raviele: 2011, Crowther: 2012)、Raviele は 230 度で炭化させた食品からデンプン粒が検出されることを報告している。

なお、これまで土器付着炭化物から検出されたデンプンは、穀類、マメ類が大多数であり、同時期に利用されていたはずの根茎類はほとんど検出されていない。Crowther (2012) は、これは調理方法と植物の可食部分がかかると含有する水分から説明可能だと考えており、種子・堅果類と根茎類についてそれぞれ固形調理か粉末調理か、固形調理の場合は事前浸水をする場合、しない

場合に分けて、デンプンの糊化が起こる可能性の高低を想定している。そして、蒸すあるいは煮る調理を行うことが多い根茎類は、もともと水分量が多く、糊化しやすいので、デンプン粒として検出される可能性が低いとみられるとしている。しかし、調理においては単純な水煮とは限らず、油や調味料が添加された状態で加熱が行われる場合もちろんあり、デンプン粒の変化に影響を与えることは食品化学の分野で研究されているようである。考古遺物への応用はまだ将来の検討課題といてよい。

また、現在ほとんど食用とされていないためか、堅果類のデンプンの変質についての具体的研究もこれからである。

糊化したデンプンについて全く手を出す手段がないわけではなく、ラマン分光法を用いれば変質したデンプンの分類が出来る可能性が示されており (Dupuy et al.: 2002), この分野の研究の進展も期待されるであろう。

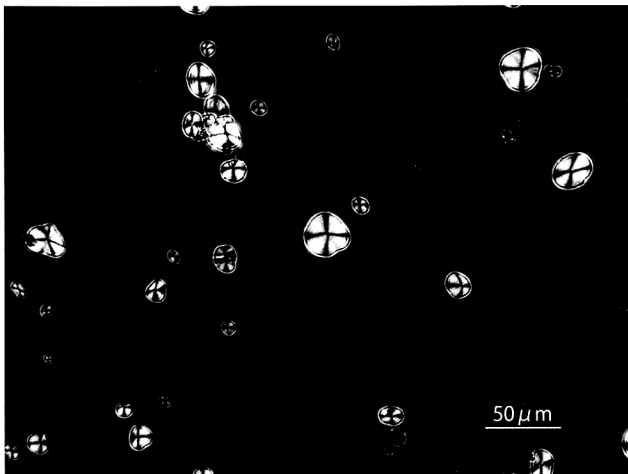


図 3-1 ヒシ種子 (クロスニコル)
消光十字と年輪状のラメラが観察出来る。サイズ、形態のバリエーションがある

Fig. 3-1 Waterchestnut seed

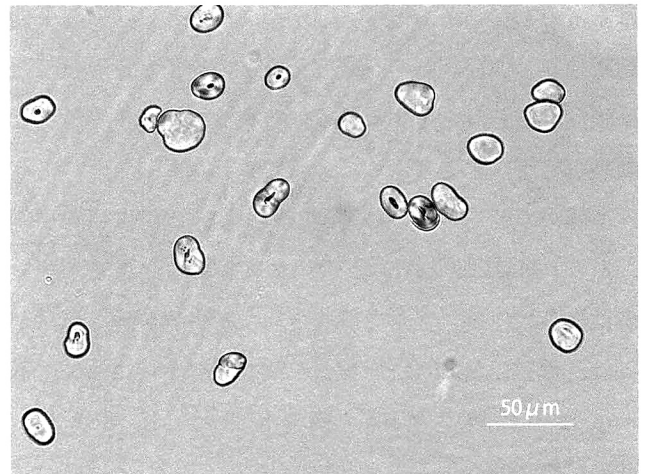


図 3-2 ヤハズエンドウ種子
特徴の一つである亀裂はデンプン粒の向きによっては見えない

Fig. 3-2 Narrow-leaved vetch seed

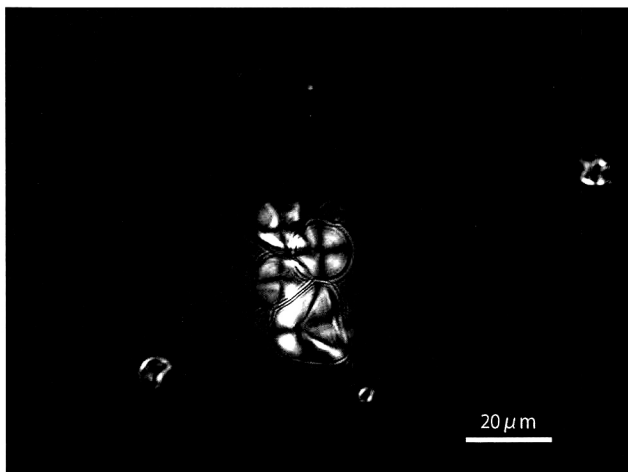


図 3-3 サツマイモ根茎
複粒

Fig. 3-3 Sweet potato tuber

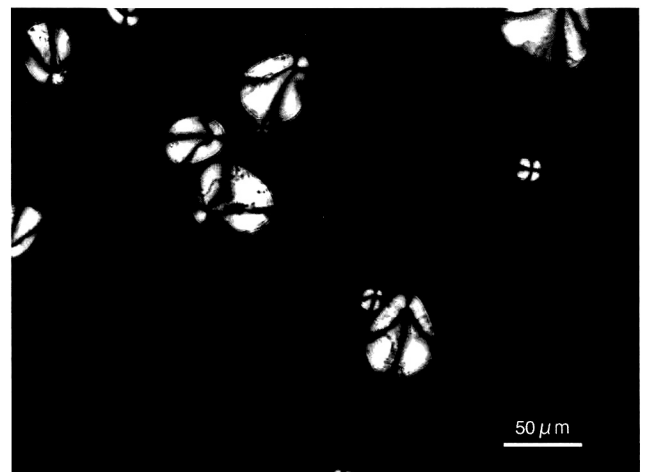


図 3-4 ヤマユリ鱗茎
核が端部に寄る

Fig. 3-4 Lily (*Lilium auratum*) bulb

引用文献

- 伊藤友美・松井 秀親・大脇 一輝・安達 卓生・山田 哲也 2009 「油脂との加熱処理によるデンプンの特性変化」 瀬木学園紀要 3 pp.7-13
- 上條信彦 2008 「カラカミ遺跡出土磨石類の使用痕分析および残存デンプン粒分析」 宮本一夫(編)『カラカミ遺跡』九州大学人文科学院考古学研究室 pp.125-130
- 上條信彦 2013 「使用痕観察, 残存デンプン分析からみた根茎類敲砕用の台石」 物質文化 93 pp.87-98.
- 佐原眞 1999 「北海道と沖縄」 佐原眞・田中琢(編)『古代史の論点 6 日本人の起源と地域性』 小学館 pp.125-161
- 寒川朋枝・福井俊彦・大西智和・桑畑光博 2012 「宮崎県都城市王子山遺跡における植物利用についての検討—ウォーター・セパレーション分析と残存デンプン分析から—」 九州考古学 87 pp.113-125
- 渋谷綾子・ピーター・マシウス・鈴木忠司 2006 「旧石器時代 石器資料の残存デンプン分析調査報告」 新潟県立歴史博物館研究紀要 7 pp.17-24
- 渋谷綾子 2010 「日本列島における現生デンプン粒標本と日本考古学研究への応用」 植生史研究 18 pp.13-27
- 渋谷綾子 2015 「日本考古学における残存デンプン粒分析の現状と課題」 古代文化 67-1 pp.108-118
- 陶大衛・呉妍・K.Hardy 2012 「古代澱粉鑑別的新方法」 第四紀研究 32-2 pp.264-268
- 西田泰民・椿坂恭代・阿部千春 2005 「遺跡土壌中の残存デンプン粒について」 日本文化財科学会第22回大会研究発表要旨集 pp.110-111.
- 藤本滋生 1994 『澱粉と植物』 葦書房 233p
- Anto J. M., Sunyer J., Rodriguez-Roisin R., Suarez-Cervera M., Vazquez L. and the Toxicological epidemiological Committee 1989 "Community Outbreaks of Asthma Associated with Inhalation of Soybean Dust" New England Journal of Medicine 320 pp.1097-1102
- Atchison J., Head L. and R.Fullagar 1998 "Starch residues on pounding implements from Jinmium rock-shelter" In: Fullagar R. (ed). "A Closer Look" University of Sydney pp.109-125
- Briuer F.L. 1976 "New clue to stone tool function: plant and animal residues" American Antiquity 41 pp.478-484
- Chandler-Ezell K. and D.M. Pearsall 2003 "Piggyback microfossil processing: joint starch and phytolith sampling from stone tools" The Phytolitharien 15, pp.2-8
- Coil J., Korstanje M.A., Archer S. and C. A. Hastorf 2003 "Laboratory goals and considerations for multiple microfossil extraction in archaeology" Journal of Archaeological Science 30 (8) pp. 991-1008
- Crowther A. 2012 "The differential survival of native starch during cooking and implications for archaeological analyses: a review" Archaeological and Anthropological Science 4 pp.221-235
- Dupuy N. and J. Laureyans 2002 "Recognition of starches by Raman spectroscopy" Carbohydrate Polymers 49 pp.83- 90
- Fullagar R. (ed.). 1998 "A Closer Look" University of Sydney 200p
- Ge W., Liu L., Chen X. and Z. JIN 2010 "Can Noodles be made from Millet? An experimental investigation of noodle manufacture together with starch grain analysis" Archaeometry 53-1 pp.194-204

- Haslam M. 2004 "The decomposition of starch grains in soils" *Journal of Archaeological Science* 31 pp.1715-1734.
- Haslam M. 2005 "Potential misidentification of in situ archaeological tool residues" *Journal of Archaeological Science* 33 pp.114-121
- Haslam M. 2009 "Initial tests on the three-dimensional movement of starch in sediments" In: Fairbairn A., O'Connor S. and Marwick, B. (eds.) "New Directions in Archaeological Science" ANU E Press pp. 93-103.
- Henry A.G., Hudson H.F. and D.R. Piperno 2009 "Changes in starch grain morphologies from cooking" *Journal of Archaeological Science* 36 pp.915-922
- Henry A. G., Brooks A. S. and D. R. Piperno 2011 "Microfossils in calculus demonstrate consumption of plants and cooked foods in Neanderthal diets (Shanidar III, Iraq; Spy I and II, Belgium)" *PNAS* 108 (2) pp. 486-491
- Horrocks M. 2005 "A combined procedure for recovering phytoliths and starch residues from soils, sedimentary deposits and similar materials" *Journal of Archaeological Science* 32 pp.1169-1175
- Horrocks, M., G. Irwin, M. Jones and D. Sutton 2004 "Starch grains and xylem cells of sweet potato (*Ipomoea batatas*) and bracken (*Pteridium esculentum*) in archaeological deposits from northern New Zealand" *Journal of Archaeological Science* 31 pp.251-258
- Korstanje L. 2003 "Taphonomy in the laboratory: starch damage and multiple microfossil recovery from sediments" In: D. M. Hart and L.A. Wallis (eds.) "Phytolith and starch research in the Australian-Pacific-Asian regions: The state of the art", Pandanus Books pp.105-118
- Lamb J. and T. Loy 2005 "Seeing red: the use of Congo Red dye to identify cooked and damaged starch grains in archaeological residues" *Journal of Archaeological Science* 32 (10), pp. 1433-1440
- Lentfer C. 2009 "Building a comparative starch reference collection for Indonesia and its application to palaeoenvironmental and archaeological research" In: M. Haslam, L. Kirkwood, G. Robertson, A. Crowther and S. Nugent (eds.) "Archaeological Science under a microscope" ANU E Press pp.80-101
- Loy T.H., Spriggs M. and S. Wickler 1992 "Direct evidence for human use of plants 28,000 years ago: starch residues on stone artefacts from the northern Solomon Islands" *Antiquity* 66 pp.898-912
- Lu H., Yang, X. Ye, M., Liu, K.-B., Xia, Z., Ren, X., Cai, L., Wu, N. and Liu, T.-S. 2005 "Millet noodles in late neolithic China" *Nature* 437 (13) pp.967-8
- Raviele M.E. 2011 "Experimental assessment of maize phytolith and starch taphonomy in carbonized cooking residues" *Journal of Archaeological Science* 38 pp.2708-2713
- Saul H., Wilson J., Heron C. P., Glykou A., Hartz S. and O. E. Craig 2012 "A systematic approach to the recovery and identification of starches from carbonised deposits on ceramic vessels" *Journal of Archaeological Science* 39 (12) pp. 3483-3492
- Shafer H.J. and R.G. Holloway 1979 "Organic residue analysis in determining stone tool function" In: Hayden B. (ed.) "Lithic use-wear analysis" Academic Press pp.385-399
- Simms S. R., Berna F. and G. J. Bey III 2013 "A prehispanic Maya pit oven? Microanalysis of fired

- clay balls from the Puuc region, Yucatan, Mexico” *Journal of Archaeological Science* 40 (2) pp.1144-1157
- Torrence R. and H. Barton (eds.) 2006 “Ancient Starch Research” Left Coast Press 256p
- Ugent D., Pozorski S. and T.Pozorski 1981 “Prehistoric remains of the sweet potato from the Casma Valley of Peru” *Phytologia* 49 pp.401-415
- Wilson J., Hardy K., Allen R., Copeland L., Wrangham R. and M.Collins 2010 “Automated classification of starch granules using supervised pattern recognition of morphological properties” *Journal of Archaeological Science* 37 (3) pp. 594-604
- Wittmack L. 1905 “Our present knowledge of ancient plants” *Transactions of the Academy of Science of St. Louis* 15 pp.1-15

(2015年1月15日受付, 2015年5月3日受理)

Advances in Ancient Starch Analysis

Yastami NISHIDA

Niigata Prefectural Museum of History, 1-2247-2, Sekihara, Nagaoka 940-2035, Japan

The research on the ancient starch is relatively a new study area. The method had some significant developments in the 1980's to 1990's, and was introduced to Japan by the author's group around 10 years ago. Since then many evidences of ancient starch are reported from prehistoric stone tools and pottery residues that are excavated in Japan.

This paper starts with an introduction to the history and the methods of ancient starch study, followed by discussion on some main problems of the study, such as identification, authenticity and damaged starch.