

## でん粉が明かす昔と未来

東京大学総合研究博物館 特任研究員 渋谷 綾子

### はじめに

でん粉と聞くと、かんしょ・ばれいしょなどのイモ類から採ったでん粉にヨウ素液をかけて青紫に染める実験を思い浮かべる人が多いのではないのでしょうか。考古学では、植物のでん粉が昔の人の食べ物や環境の変化を示す証拠として注目されています。

でん粉は、太陽光のエネルギーを使って植物が空気中の二酸化炭素と水から作り出す物質であり、高等植物の種子や果実、茎(幹)、葉、根などに貯えられ、植物のエネルギー源として機能しています。でん粉は非常に安定した化学構造を持つため、熱を受けない限り、酸にもアルカリにも強く、どのような環境でも、長期間土壌に埋没しても、何千年の間残っています。さらに、植物の種類によってでん粉の粒子(でん粉粒)の大きさや形、偏光十字(十字状の暗線)の形状、形成核(粒芯の中央部で偏光十字が交差する箇所)の位置が異なりますが(図1)、同じ種であれば植物のどの部位においても同じ形態を示します。この特質を活かして、考古学では、でん粉が昔の人の食べ物や環境の変化を示すミクロな証拠として研究され、世界各地の遺跡から発見されています。近年は、古文書や古記録類などの紙を素材とする歴史資料の研究においても、でん粉がそれらの起源を探る証拠として利用されています。

### 1. 土のでん粉粒から畑の作物を探る

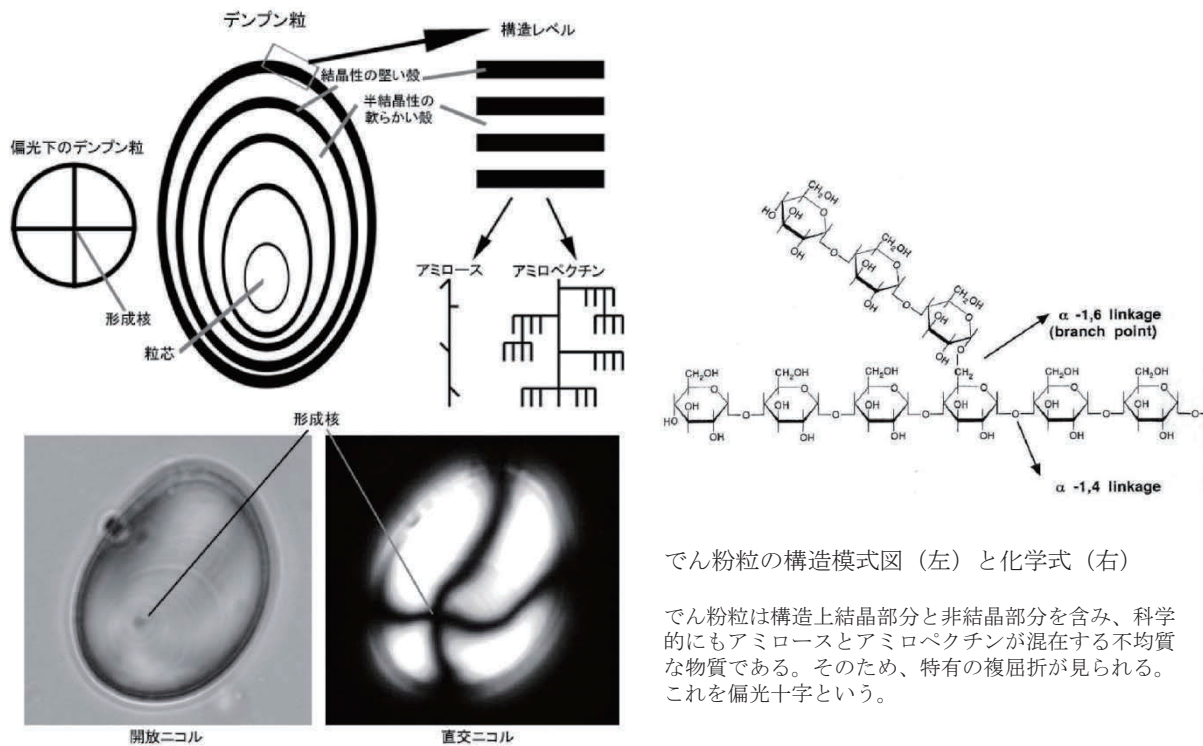
カムイタプコブ下遺跡は、北海道南西部噴火湾沿岸の伊達市北端に位置します(図2)。2018年度までの発掘調査において1640年以前の住居(チセ)址と同時期の貝塚、1640～1663年の畑跡が見つかり、チセ址の存在から、この遺跡が有珠のアイヌ民族の遺跡であると判っています<sup>1)</sup>(図3)。2016年度の調査では畑跡が見つかり、その畑跡の研究として、調査した区画の南側の畑跡の畝で確認された作物痕の可能性の高い痕跡から土壌を採取し、分析を行いました。その結果、痕跡の底部からカブやダイコンなどの根菜類、球根類に由来するでん粉粒が見つかりました<sup>2) 3)</sup>(図4)。

カムイタプコブ下遺跡の作物痕については、収穫前に1663年の有珠山の爆発的噴火が起きて火山灰の中に埋もれてしまった作物を示すのか、収穫後に噴火が起き、火山灰が堆積してできたものかを確認する必要があります。そこで、長年ダイコンが栽培されてきた畑においてダイコンを収穫せずに約4年間放置し、その痕跡の土壌にでん粉粒が含まれているのかを調べる実験を行いました<sup>4)</sup>。結果として、検出量は少ないものの、土壌にはダイコンのでん粉粒が含まれていました。この結果にもとづくと、カムイタプコブ下遺跡の作物痕の土壌から見つかったでん粉粒は、作物自体に由来するもの、あるいは畑

の土に元来含まれていたでん粉粒、という2通りの解釈が成り立ちますが、少なくとも1663年の有珠山噴火より以前に畑の土にあったでん粉粒を見つけ

たこととなります。これは、17世紀のアイヌ民族による畑作の実態を研究する上で重要な成果です。

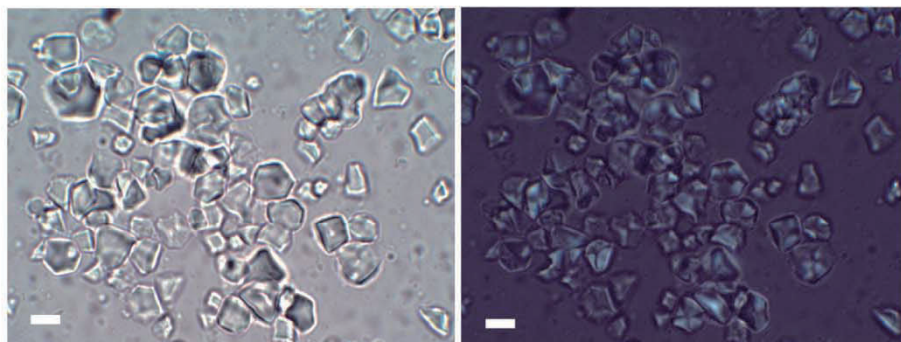
図1 でん粉粒の構造模式図と化学式、植物のでん粉粒の例（イネ、コムギ）



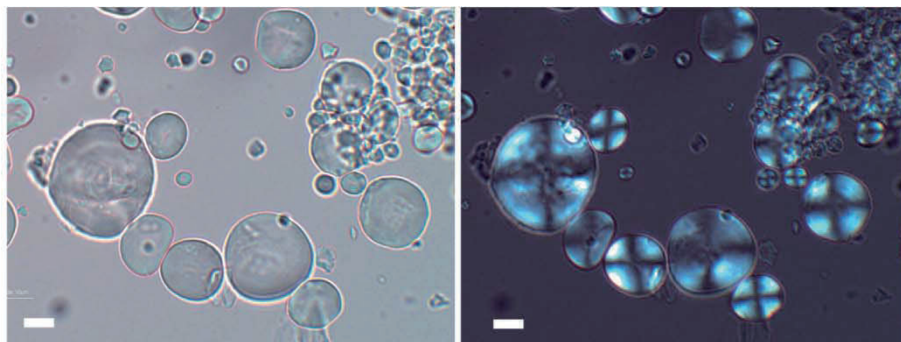
でん粉粒の構造模式図（左）と化学式（右）

でん粉粒は構造上結晶部分と非結晶部分を含み、科学的にもアミロースとアミロペクチンが混在する不均質な物質である。そのため、特有の複屈折が見られる。これを偏光十字という。

イネのでん粉粒  
(バーは10  $\mu$  m = 10/1000mm)



コムギのでん粉粒  
(バーは10  $\mu$  m = 10/1000mm)

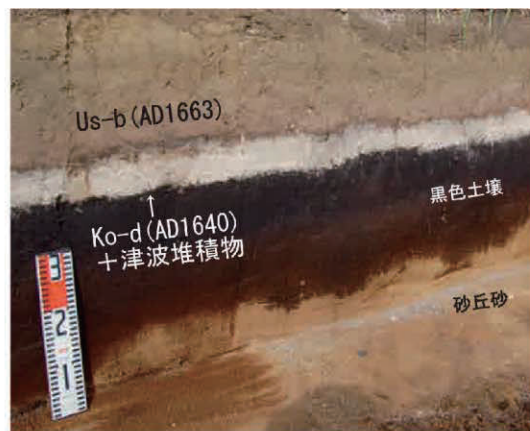
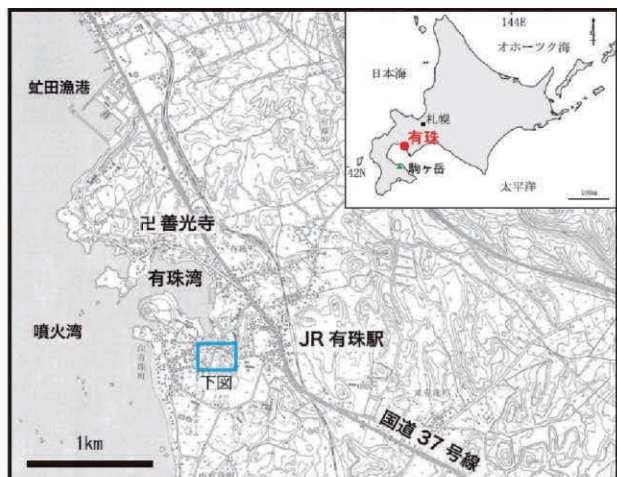


開放ニコル

直交ニコル

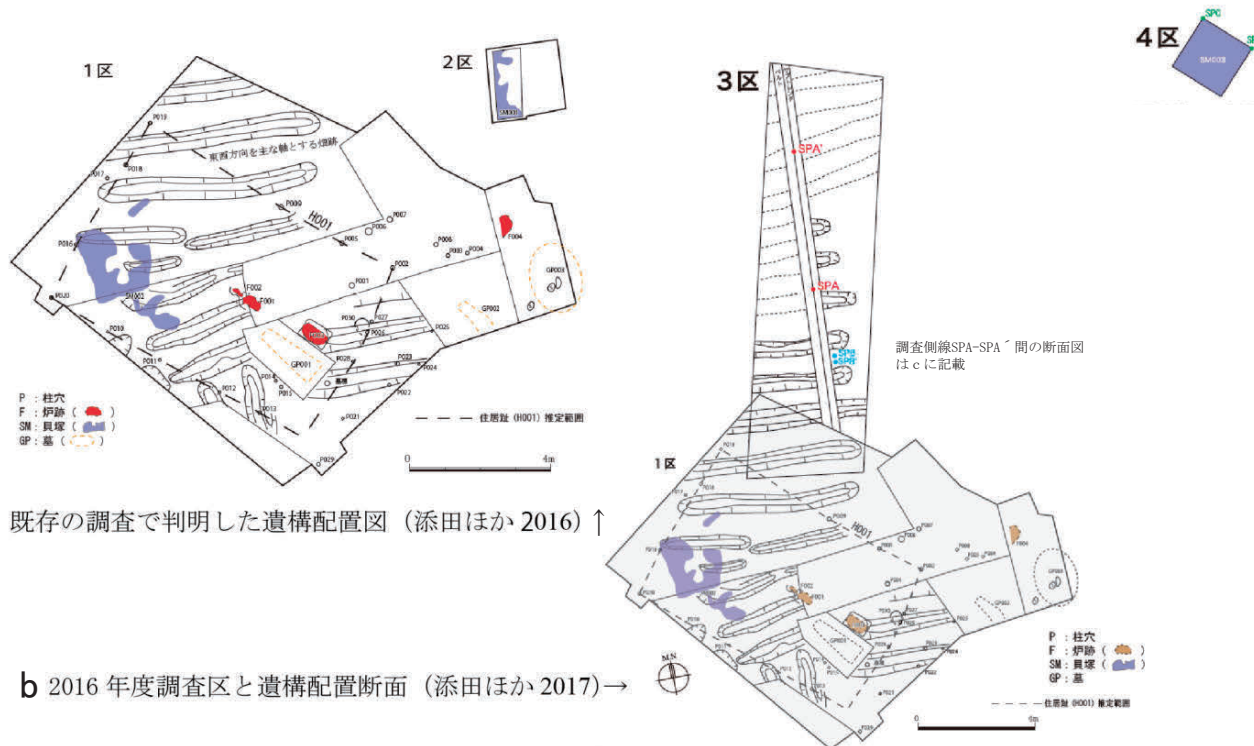
注) 開放ニコルと直交ニコルは顕微鏡観察の方法。開放ニコルは1枚の偏光板で観察したもの、直交ニコルは互いに直交する方向で2枚の偏光板を重ね合わせて観察したもの。

図2 カムイタプコブ下遺跡の位置（左）と地層断面（右）



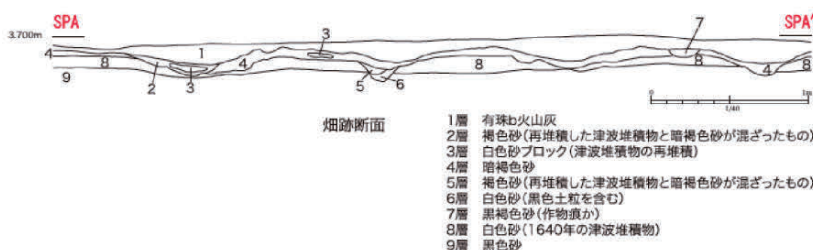
遺跡の地層断面（添田ほか 2016）

図3 カムイタプコブ下遺跡の遺構配置図（a、b）および2016年度調査区の畑跡地層断面図（c）、1640～1663年の畑跡（d）



a 既存の調査で判明した遺構配置図（添田ほか 2016）↑

b 2016 年度調査区と遺構配置断面（添田ほか 2017）→



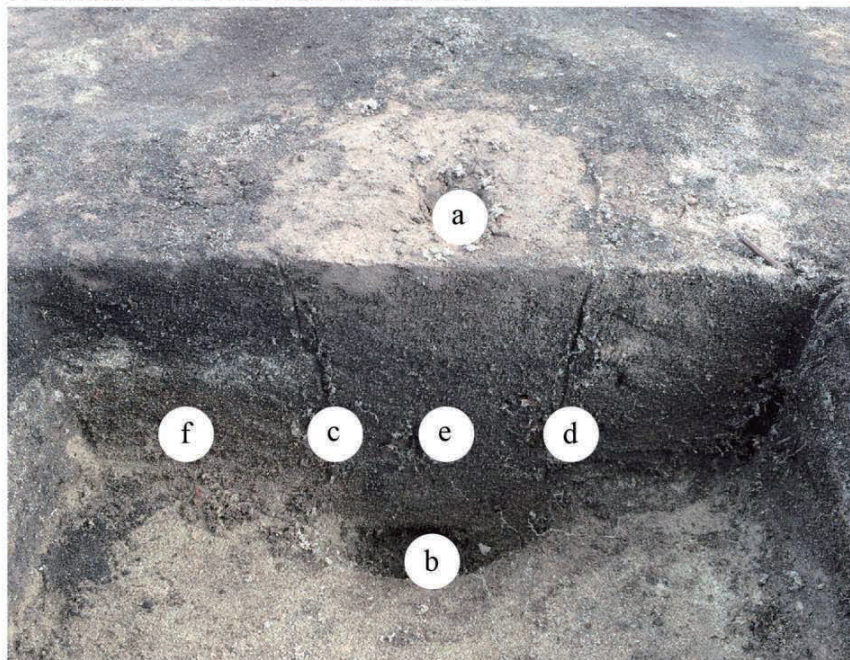
c 調査側線 SPA-SPA' 間の畑跡地層断面（添田ほか 2017）



d 1640-1663 年の畑跡

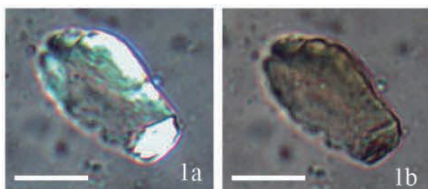
図4 土壌試料の採取箇所と検出したでん粉粒

作物痕における分析用土壌試料の採取箇所

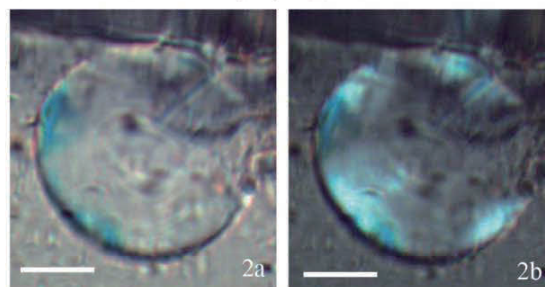


- a : 痕跡上部 (火山灰層)
- b : 痕跡底部
- c : 痕跡と隣接する層との境界部分
- d : 痕跡と隣接する層との境界部分
- e : 痕跡中央部
- f : 痕跡と接しない自然堆積層

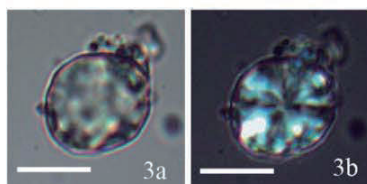
(1)a (火山灰層) から検出  
やや角張った楕円形  
縦径 13.2×横径 23.29 $\mu\text{m}$ , 偏光十字は膨張・消失



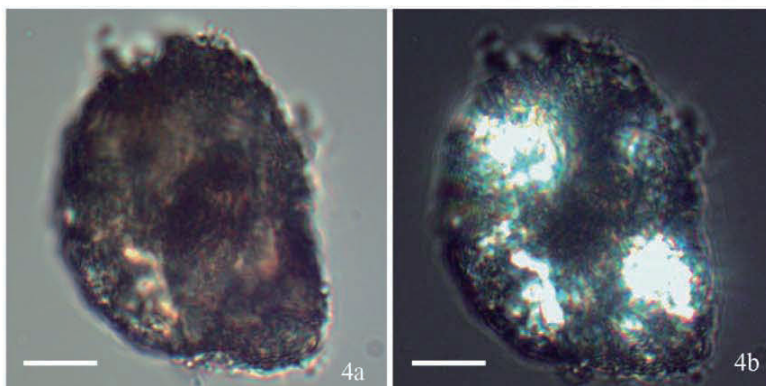
(2)b (痕跡底部) から検出  
円形, 青色の着色, 層紋 (層状構造) が見られる  
縦径 31.20×横径 29.31 $\mu\text{m}$ , 偏光十字は膨張・消失



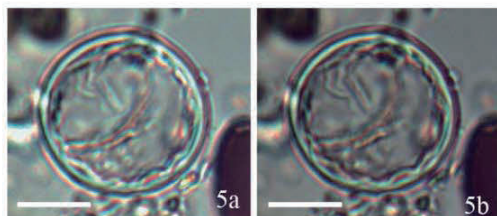
(3)b (痕跡底部) から検出  
円形, 縦径 15.46×横径 15.56 $\mu\text{m}$   
偏光十字は垂直に交わる形状



(4)b (痕跡底部) から検出  
楕円形, 縦径 49.48×横径 38.93 $\mu\text{m}$ , 偏光十字は卍状に交差 (不明瞭)



(5)e (痕跡中央部) から検出  
原形不明, 膨張・分解, 偏光十字の消失



注) でん粉粒の写真はすべて400倍で撮影。a : 開放ニコル、b : 直交ニコル。スケールバーはすべて同じ10 $\mu\text{m}$  (10/1000mm) で統一。

## 2. 歯石のでん粉粒から食を探る

歯は、人体の中で遺跡に残されている可能性の高い部位であり、歯石は持ち主が死んだ時点で半化石化し、形成されなくなります。人骨の埋没後に、土壌から何らかの影響を受けた物質が歯石の中に形成されることはなく、口腔環境に関する情報を持ち続けます。歯石に残るでん粉粒は、口内に存在し咀嚼された植物に由来するため、でん粉粒の種類や量、状態を検討し、由来する植物を特定すれば、摂取された食物の直接的な証拠となります。中国長江下流域において約7500～4000年前の新石器時代に属する田螺山遺跡、馬家浜遺跡、良渚遺跡群、蔣荘遺跡、広富林遺跡から出土した人骨の研究では、歯に付着する歯石にとりこまれたでん粉粒を取り出し、当時の人びとが摂取した食物の復元を試みました<sup>5) 6)</sup>。

分析の結果、歯石から植物の特定可能なでん粉粒が見つかりました。特に、田螺山遺跡の歯石にはイネ科植物のでん粉粒、馬家浜遺跡の歯石にはイネに由来する可能性の高いでん粉粒が含まれていました。これらは、遺跡に居住していた人たちがイネ科の穀物を食べていた直接的な証拠です。馬家浜遺跡ではコナラ属などの堅果類を食した人や、イネと堅果類を食した人、蔣荘遺跡ではイネ科穀類を食した人、キカラスウリを食した人が確認されるなど、食の個人差がうかがえました。

遺跡に居住した全ての人びとの食生活を復元するためには、他の自然科学分析と併せて検討する必要がありますが、人骨の歯に残る歯石のでん粉粒を研究すれば、新石器時代当時の人びとの食生活の一端を提示することができます。さらに、食生活の復元結果からは、遺跡の居住者たちの健康状態をうかがうことも可能です。

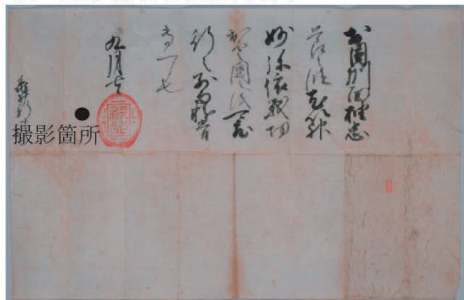
## 3. 紙のでん粉粒から古文書の起源を探る

古文書や古記録類に用いられた紙（料紙）を構成する材料は、コウゾやミツマタ、ガンピなどの繊維の他、製造過程での添加物（填料）のでん粉や鉱物、古文書などの歴史資料の修理時に付加される炭酸カルシウムなどがあります。近年、文化財科学の分野では、考古学におけるでん粉粒の研究が料紙の自然科学分析に応用できる可能性が指摘されており、料紙に加えられたでん粉粒の分析が試みられています。

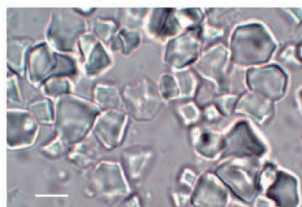
東京大学史料編纂所（以下「史料編纂所」という）や国立歴史民俗博物館（以下「歴博」という）との共同研究や科学研究費助成事業による研究（課題番号18K18534、19H00549）では、2017年度から繊維やでん粉など古文書料紙の原材料の分析を進め、成果を蓄積しています。例えば、歴博所蔵「織田信長朱印状」や京都市松尾大社が所蔵する古文書類、山形県米沢市上杉博物館所蔵の「豊臣秀吉朱印状」、史料編纂所所蔵の「中院一品記」などの顕微鏡による撮影画像を解析したところ、添加物のでん粉粒にはイネや他の植物があり、糊の痕跡のでん粉粒（熱で壊れて植物の種類は不明）なども確認できました<sup>7) 8)</sup>（図5）。

図5 「織田信長朱印状」の料紙に含まれたでん粉粒（1）と「中院一品記」の料紙に残るでん粉粒（糊）の痕跡（2）

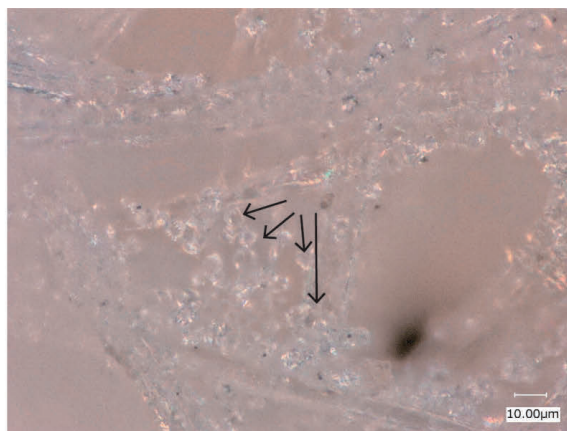
(1) 織田信長朱印状  
 (国立歴史民俗博物館蔵資料番号 H-1031-1-17)



天正9（1581）年9月7日『石見亀井家文書』

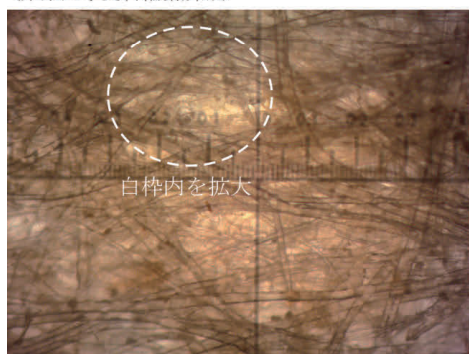


イネのでん粉粒  
 (スケールバーは10 μm = 10/1000mm)

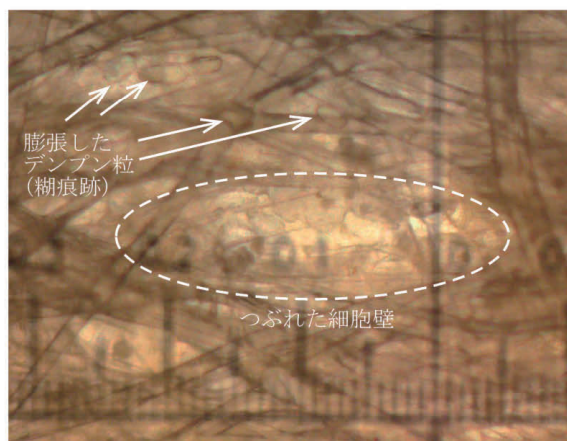


朱印付近、2000倍（反射光で撮影）  
 画像内の粒状物質約45個はすべてイネのでん粉粒  
 (六角形、縦径・横径ともに約5~6 μm)

(2) 中院一品記写（巻20-1（建武3年2月））  
 (東京大学史料編纂所蔵)



100倍・透過光で撮影（撮影：高島晶彦氏）



研究ではさらに、考古学資料でこれまで行ってきたDNA分析の手法を、料紙の原材料を特定する研究に応用することも始めています。植物のゲノム情報を用いるDNA分析では、イネの地域別品種群の特定が可能です。この情報を用いて繊維や糊などの構成物の由来材料を特定すれば、古文書の料紙の起源を中国や日本として特定することができると考えています。現在はすでにゲノム情報が解析されてきた製紙材料の植物サンプルを収集し、これらの現生植物からDNA配列の取得を試みており、料紙の研究へどのように応用できるのか、その方法を検討しています。

このように古文書や古記録類の料紙に対して、でん粉粒やDNAなどの肉眼では見ることの難しいミクロな植物情報を用いた科学研究を、他の考古学研究と併行して現在実施しています。この研究で目指すものは、単に料紙の生産・流通や地域的特性、歴史の変遷という大きな歴史の流れを見ていくことだけではありません。日本では近年、大規模な自然災害によって大量の古文書や古記録類などの歴史資料が被災していますが、これらの資料は料紙の構成材料やその化学的性質によって被災の状態が異なります。そのため、文化財科学、植物育種学、歴史学、情報学、考古学の研究実績をもつ研究者と連携し、

---

各資料の現況にあわせた修復・長期保存の方法についても研究を行っています。

## おわりに

植物のでん粉を調べれば、自然との長いつきあいの中で、私たち人間がどのような自然環境のもとでどんな植物を選び出し、どんな道具を用いて食料に変えたのかを復元することができます。特に、過去の食生活や健康状態を復元した研究成果は、現在の私たちの健康に対して、病気の予防や食生活の改善などの新たな提案を行うことを可能とさせます。さ

らに、古文書や古記録類などの料紙においても、でん粉などの肉眼で見ることが難しい植物情報を詳細に分析すれば、自然災害などでさまざまな損傷を受けた資料について、それぞれの資料の状態に応じた修復や将来に向けた長期保存の方法を導き出すことが可能です。でん粉のもつ多様な情報を読み解くことは、過去から未来までを知ることにつながるといえるでしょう。

本稿の執筆ならびに研究に際し、ご教示・ご協力をいただいた多くの関係者・諸機関に深く感謝申し上げます。

---

### 引用文献

- 1) 添田雄二、青野友哉、富塚龍、永谷幸人、小林孝二、三谷智広、菅野修広、松田宏介、片山弘喜、杉山真二、渋谷綾子、甲能直樹、宮地鼓、中村賢太郎、渡邊剛 (2019) 「小氷期最寒冷期と巨大噴火・津波がアイヌ民族に与えた影響Ⅳ」『北海道博物館研究紀要』4 pp. 57-72.
- 2) 渋谷綾子 (2018) 「カムイタプコブ下遺跡の残存デンプン粒分析」『斬新考古』Vol. 6 pp. 6-7.
- 3) 添田雄二、青野友哉、永谷幸人、渋谷綾子、中村賢太郎、菅野修広、松田宏介、三谷智広、宮地鼓、渡邊剛、甲能直樹 (2017) 「小氷期最寒冷期と巨大噴火・津波がアイヌ民族に与えた影響Ⅱ」『北海道博物館研究紀要』Vol. 2 pp. 49-60.
- 4) 青野友哉 (2018) 「作物痕跡の検出方法と実験考古学的研究」『斬新考古』Vol. 6 p. 5.
- 5) Shibutani, A., Sun, G., Liu, B., Wang, N., Chen, J., Song, J., Okazaki, K., Itahashi, Y. and Nakamura, S. I. (2018) Reconstructing Plant Food from Starch Grains of Human Dental Calculus in the Neolithic Lower Yangtze Area, China. *Anthropological Science* 126 (3) p. 173.
- 6) 渋谷綾子、岡崎健治、澤田純明、宮田佳樹、覚張隆史、米田穰 (2019) 「長江下流域の新石器時代における食性と古病理」『一般社団法人日本考古学協会第85回総会研究発表要旨』pp. 130-131.
- 7) Shibutani, A. (2019) Developing a methodology of mixture analysis to determine the origins of Japanese historical papers. *Integrated Studies of Cultural and Research Resources* (National Museum of Japanese History ed.). fulcrum, University of Michigan Library. (<https://hdl.handle.net/2027/fulcrum.zc77sr415>) (2019/10/4アクセス)
- 8) 渋谷綾子、小島道裕 (2018) 「顕微鏡を用いた古文書料紙の自然科学分析の試みー古文書を多角的に分析する3ー」『歴史研究と(総合資料学)』(国立歴史民俗博物館編) pp. 98-120. 吉川弘文館.