# 更新世以降の化石花粉の種レベルの同定-考古遺跡や湿原から検出された種-

吉川昌伸(古代の森研究舎)

Masanobu YOSHIKAWA (Ancient Forest Research): Species level identification of fossil pollen grains since the Pleistocene: Species of fossil pollen detected in archeological sites and wetlands

花粉の形態は、花粉型(孔・溝の数と配列)、発芽口の形状と外壁の構造、外観(極観像・赤道観像の形)、外壁断面の構造、外壁表面の模様、花粉粒の大きさにより特徴づけられる。更新世以降の花粉化石の同定は現在の植物の花粉形態と比較して行われ、光学顕微鏡では一般に属レベルの同定が可能であるが、カヤツリグサ科やアブラナ科など科レベルの分類群がある。また、走査型電子顕微鏡を用いることによりシイノキ属など一部の分類群は種レベルで区別できる。但し、走査型電子顕微鏡は表面しか観察できないため内部の観察(外壁断面)には不向きである。

科や属の細分や種レベルの識別の検討には、光学顕微鏡の高倍率による花粉形態の観察、位相差像による表面模様の観察、走査型電子顕微鏡による表面構造の観察、花粉粒の大きさと発芽口など各部位のサイズ比による検討、DNA 塩基配列、フーリエ変換赤外分光光度計による化合物の同定などがある。光学顕微鏡による花粉形態は属や科により特徴があるものの、同属の種は類似した形態であるため種レベルでの識別が難しい。したがって光学顕微鏡の観察で外観や発芽口の構造に僅かでも違いが認められる場合は、形態を数値化して区別する検討も必要であろう。但し、化石花粉は堆積物により膨張や収縮する場合があり、大きさのみを利用した区別は注意を要する。一方で、走査型電子顕微鏡による表面構造の観察により各分類群の微細構造が明らかにされてきた。しかし、コナラ属の微細構造を検討した牧野ほか(2009)のように個体間と個体内の変異まで明らかにされている分類群は少なく、表面微細構造により種レベルで区別できる分類群は少ないように思われる。

種レベルで識別できない場合でも、カバノキ属の高木種と低木種に区別して気候変化と植生の関係を明らかにする(Benjamin et al.,2005)など、属の細分により詳細な植生史、あるいは植物利用が明らかになる場合もあり、属レベル以下の区別の検討が期待される。

以下に主な分類群の種レベルの同定の現状を示す。

#### ウルシ (光学顕微鏡の高倍率による形態観察)

日本産ウルシ属 5 種(Toxicodendron)とヌルデ(Rhus)の花粉について光学顕微鏡を用いた花粉形態の詳細な観察と彫紋(外壁表面模様)の画像解析を行った結果、ウルシの彫紋がほぼ類似した形状と大きさの網目から構成されているため、同属の他種と識別できることを明らかにした(吉川, 2006)。また、叶内(2006)はウルシ属とヌルデを走査型電子顕微鏡により観察し、ウルシとヌルデが種レベルで識別できる可能性が高いとした。なお、ツタウルシにはウルシのように網目が全体的に一様で溝傍まであるようにみえるものがあるが、高倍率(1000倍)の観察により赤道域の溝傍で網目は細粒化、または不明瞭になっていることがわかる。化石花粉ではヤマウルシ類(ウルシを除くウルシ属)の殆どは400倍で区別できるが、前述のような事例があるためウルシは1000倍で確認する必要がある。特に溝が内側に落ち込んだ化石花粉の同定は高倍率で観察する必要がある。

ウルシは雌雄異株で、日本列島では漆畑と現在または過去に人の手が加わった場所に限られ、自然

林(雑木林含む)の中にはみられない。鈴木ほか(2014)はウルシの遺伝子型を検討し、日本型は韓国、遼寧省、山東省にあり、大陸からの渡来とすると山東省地域の可能性があるが検討必要とした。最古のウルシ材は福井県鳥浜貝塚の縄文時代草創期の約 12,600 cal BP に出土し(鈴木ほか, 2012)、化石花粉は鳥浜貝塚の約 13,200 cal BP から検出されており(吉川ほか, 2016)、約 13,000 cal BP に鳥浜貝塚周辺にウルシが生育していたことが明らかになっている。

#### アサ(形態を数値化して区別)

日本列島にはアサとその近縁分類群のカラハナソウ属が生育し、カラハナソウ属はカラハナソウとカナムグラの2種からなる。走査型電子顕微鏡による観察では、アサは微粒状紋が密に全表面を覆うのに対しカラハナソウ属は微粒の分布密度がアサよりも粗密である(三好1983;三好ほか、2011)。一方で、光学顕微鏡による観察ではアサの赤道長に対する孔の大きさがカラハナソウ属より相対的に小さい特徴は認められるが、カナムグラとは重複する可能性があり区別点は明らかでなかった。こうしたことから赤道長、内孔長、口環部外壁長(孔深度)を計測して数値化した結果、内孔長/赤道長と口環部外壁長/赤道長比の関係により、アサとカラハナソウ属はほぼ重複しないためこの形質が識別点として利用できることを明らかにした(吉川・工藤、2014)。なお、アサは他地域の標本により変異が大きくなる可能性がある。

アサは中央アジア原産の雌雄異株の1年草であり、日本列島には自生しないとされている。アサは繊維をとるために古くから栽培され、果実は食用となり油も採れ、花序と葉には幻覚物質が含まれる(掘田ほか編,1989)。日本列島で最も古いアサ果実は千葉県館山市沖ノ島遺跡の縄文時代早期の遺物包含層から出土し(小林ほか,2008)、アサ果実の放射性炭素年代は約10,000 cal BPであった(工藤ほか,2009)。化石花粉は、福井県鳥浜貝塚の約10,500cal BPの縄文時代早期前葉から検出され(吉川ほか,2016)、新潟県津南町卯ノ木泥炭層遺跡では約9400 cal BPの下位層準より検出されている(吉川,2013)。

# **クリ、シイノキ属(スダジイ、ツブラジイ)、マテバシイ属**(走査型顕微鏡による表面構造の区別と、 光学顕微鏡による属レベルの区別)

クリ属とシイノキ属、マテバシイ属のうち、シイノキ属は照葉樹林の主要な森林構成要素であり、 クリ林は縄文人により形成されており、これらは属レベルの区別においても植生や人為生態系の復元 に極めて重要である。一方で、三好ほか(2011)はこれら属が光学顕微鏡では区別しにくいことがあ り、区別しない場合は考察においてブナ科の産出状況からシイノキ属由来かクリ属由来かを見極める 必要があるとした。しかし、西日本の考古遺跡においてアカガシ亜属とクリが優勢な花粉組成を示す 地点があり、ブナ科の産出状況から判断することが困難な場合がある。

クリ属とシイノキ属、マテバシイ属は、走査型電子顕微鏡による外壁表面の手鞠状に交叉したしわ 状紋の糸の太さの違いにより区別が可能である(三好 1981;三好ほか 2011)。さらにシイノキ属はス ダジイとツブラシイの表面模様の糸が手鞠状に交叉するような鮮明なしわ状紋からなり、その線の太 さで 2 種を区別できる(Miyoshi1983;三好ほか 2011)。光学顕微鏡では区別しにくいとする意見があ るものの、殆どの花粉は表面模様により区別できる。走査型電子顕微鏡による表面模様の糸の幅は、 クリは 0.1- $0.2\,\mu$  m、マテバシイ属は約  $0.4\,\mu$  m、スダジイが約  $0.3\,\mu$  m、ツブラジイは約  $0.1\,\mu$  m であ

る(三好 1981; Miyoshi1983)。ツブラジイは細い糸が数本東状になっているため光学顕微鏡でも集合した模様として認識できる。演者が使用しているニコン製対物レンズのプランアポクロマート  $100 \times ($  開口数 1.40) の分解能が  $0.20 \, \mu \, \text{m}$ 、 $40 \times ($  開口数 0.95) の分解能が  $0.29 \, \mu \, \text{m}$  であることから表面模様の識別はそれなりに可能である。つまり光学顕微鏡ではシイノキ属とマテバシイ属の糸が比較的鮮明であるが、クリは糸状模様の幅が小さいため構造が薄くシイノキ属に比べ不明瞭である。なお、マテバシイ属の表面模様が不鮮明な花粉はクリと区別し難い。

ところで、マテバシイ属の果実や木材化石の考古遺跡からの出土例は少なく、三好ほか(2011)は 走査型電子顕微鏡の観察に基づき、西日本の花粉分析で産出する化石花粉はシイノキ属タイプばかり でマテバシイ属タイプが産出しないとしており、マテバシイ属は縄文時代に日本列島に自然分布して いたかどうか疑わしい。

# ツガとコメツガ (形態を数値化して区別)

ツガ属の極観像の花粉本体の粒径 (B) に対する marginal fringe を含んだ粒径 (A) 比と、花粉粒径 (A) の測定値の分布範囲にはツガとコメツガで重なりがあるが、化石花粉に適用すれば両種の割合の傾向が明らかにできる (高原,1992)。区別できない花粉があるものの光学顕微鏡により簡易に測定でき、化石花粉の区別に有効である。

### ブナとイヌブナ(形態を数値化して区別)

発芽溝の粒径に対する相対的長さに着目し、極観においてイヌブナは溝が極域まで達しているため 極域指標 (溝間長/赤道長) は 0.3 以下となりブナは 0.4 以上、同様に赤道観における溝長指数 (溝長/極長) はイヌブナでは 0.8 以上、ブナは 0.7 以下になる (Miyoshi & Uchiyama, 1987; 内山, 1998)。 光学顕微鏡によりブナとイヌブナは区別できる。

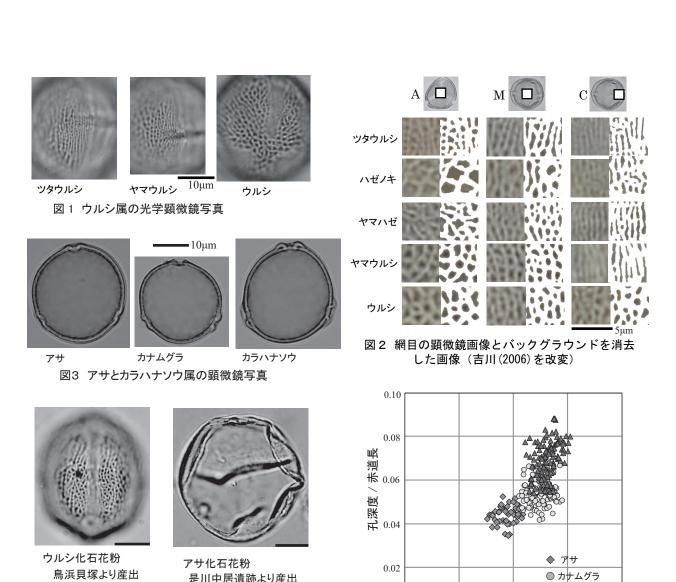
# カシワとウバメガシ(走査型顕微鏡による表面構造による区別)

コナラ属の表面構造を走査型電子顕微鏡により観察し、藤木ほか(1995, 1996)は種レベルで同定できる可能性を示した。牧野ほか(2009)は個体間の変異に注意して検討した結果、アカガシ亜属の各種は類似した形状を示し、コナラ亜属はウバメガシ、ミズナラ・コナラ・ナラガシワ、カシワ、アベマキ・クヌギの4つで異なった形態が認められ、個体間および個体内の変異が大きい種があり他種に類似した形態の花粉も含まれるとした。つまり、走査型電子顕微鏡によりウバメガシとカシワは種レベルで区別が可能で、他のコナラ亜属はミズナラ・コナラ・ナラガシワ型とアベマキ・クヌギ型に分けられる。

#### ヤチカンバの一部花粉の区別 (形態を数値化して区別)

カバノキ属には成熟しても低木にしかならないヒメカンバ類が北極周辺のツンドラ地帯に分布しており、北海道に分布する低木のヤチカンバとアポイカンバは氷期の遺存種と考えられている。ヤチカンバは更別湿原と別海湿原に自生している。

ヤチカンバは、個体内に3タイプの花粉型があり、個体により花粉型の優勢が異なる。ヤチカンバの花粉型の一部が、北海道に分布する他のカバノキ属の花粉形態と異なるため区別することができる。 一部の花粉であるため定量はできないが、ヤチカンバの存在を明らかにすることは可能である。



鳥浜貝塚より産出農川中居遺跡より産出(約 3350 cal BP)図5 ウルシとアサ化石花粉(スケール 10μm)

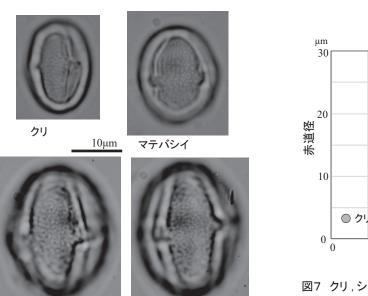
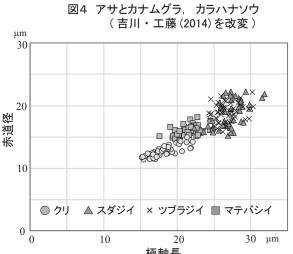


図6 クリ、シイノキ属、マテバシイの光学顕微鏡写真

ツブラジイ

スダジイ



0.05

0.10

内孔長 / 赤道長

▲ カラハナソウ

0.20

0.15

図7 クリ,シイノキ属,マテバシイの極軸長と赤道径の関係 (グリセリンゼリー封入,作成後2年以上経過した標本)