

アサ花粉の同定とその散布

Identification of *Cannabis sativa* L. Pollen and Its Dispersion

吉川昌伸・工藤雄一郎

YOSHIKAWA Masanobu and KUDO Yuichiro

はじめに

① 現生アサとカラハナソウ属花粉試料と分析方法

② アサ花粉の散布調査と分析方法

③ 結果

④ 考察

【論文要旨】

アサ果実は縄文早期中葉以降に出土しているが、果実は利用のため生育地から移動する可能性があるため、栽培場所は花粉も含めて検討する必要がある。日本に分布するアサに近縁な分類群には、カラハナソウ属のカラハナソウとカナムグラの2種があるが明確な花粉形態の違いが認識されていなかった。そこで、光学顕微鏡を用いた花粉形態の観察と、画像から各部位を高精度で計測した結果、内孔長／赤道長比と口環部外壁厚／赤道長比の関係に基づきアサとカラハナソウ属はほぼ区別できることが明らかとなった。内孔径／赤道径比が約0.105以下のタイプ、つまり孔が赤道径に対し相対的に小さなタイプはアサである可能性が高い。アサとカナムグラの中間的な形態の花粉は、アサの殆どが内層を外層が僅かに貫くのに対し、カナムグラの殆どが内層の位置で止ることによりほぼ識別できる。この識別結果に基づき、アサ花粉の散布を明らかにすることを目的に空中浮遊花粉と表層花粉を調査した結果、アサ花粉の大半が散布源から50 m以内に落下することが明らかになった。これは散布源の高さが2~3 mと低く、風が弱い場所が栽培に適しているためであり、本研究の散布過程の観察結果が過去にも適用できると考えられる。

【キーワード】 アサ花粉, アサ花粉の散布, 花粉形態, 空中浮遊花粉, 表層花粉スペクトル

はじめに

アサ *Cannabis sativa* L. は中央アジア原産の雌雄異株の1年草であり、日本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、繊維は衣類やキャンバス地、ロープなどの材料として利用され、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 [堀田ほか編, 1989]。

日本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]、このアサ果実の放射性炭素年代は 8955 ± 45 ^{14}C BP (約 10,000 cal BP; 縄文早期中葉) であった [工藤ほか, 2009]。アサ果実化石の産出記録としては現時点で沖ノ島遺跡が世界最古である [小林ほか, 2008]。秋田県由利本荘市菖蒲崎貝塚からは縄文時代早期の土器内面に炭化した状態で付着したアサ果実が出土し [辻・南木, 2007]、アサ果実の年代は 6745 ± 50 ^{14}C BP (約 7600 cal BP; 早期後葉) である [国木田・吉田, 2007]。縄文時代前期には福井県鳥浜貝塚 [笠原, 1984] や宮城県里浜貝塚 [吉川・吉川, 2003] など出土例がある。また、福井県鳥浜貝塚の縄文時代草創期の遺物包含層からアサ縄類が出土している [布目, 1984]。縄類は製品が持ち込まれた可能性があるが、果実は日本で栽培されていたことを示し、縄文時代早期に沖ノ島遺跡ではアサ繊維をとるために栽培、利用されていた可能性と、果実を食用のために栽培されていた可能性が指摘されている [小林ほか, 2008]。しかし、アサ果実を利用するために生育地から離れた場所に持ち込まれた可能性があり、どこで栽培されていたかについては花粉化石も含めて検討する必要がある。

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 *Humulus lupulus* L. var. *cordifolius* (Miq.) Maxim. ex Franch. et Sav., カナムグラ *Humulus scandens* (Lour.) Merr. の2種からなる [大場, 2009]。アサとカラハナソウ属の花粉は、頂口型の3孔型で、孔は円形で肥厚して突出し、大きさや彫紋も似ている [三好ほか, 2011]。French & Moore [1986] はカラハナソウの基本種であるホップ *H. lupulus* L. var. *lupulus* とアサの孔周辺の外壁で見られる共通の特徴として、口環 *annulus* の外側に有刻層 *sexine* が無刻層 *nexine* から離れることで口環の下に前腔 *vestibulum* のような空隙を形成し、外表層 *tectum* が口環の内側で急角度で孔に入り込み、内層 *endexine* の位置まで達することをあげている。Pehlivan [1987] も透過型電子顕微鏡による外壁断面の観察により、アサとカラハナソウの孔周辺の微細構造を記載している。走査型電子顕微鏡による観察では、アサとカラハナソウ属の外壁表面の彫紋は互いに似るが、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、光学顕微鏡観察による観察では、中村 [1980b] はアサの孔は外層のみで取り巻かれその先端は僅かに肥厚し、カナムグラの孔は内外両層で取巻かれ僅かに肥厚するとし、島倉 [1973] はアサとカナムグラの外層は薄く彫紋は平滑で孔は丸いとした。このように従来の知見では、アサとカラハナソウ属の花粉は、走査型電子顕微鏡では表面構造により識別できる可能性があるが、光学顕微鏡下での形態の差異については明確な区別点が示されていない。

ヨーロッパにはアサとカラハナソウ属のホップ1種があり、Punt & Malotau [1984] はアサとカラハナソウが走査型電子顕微鏡による壁の外部表面の観察により彫紋が異なること、光学顕微鏡に

よる孔や外壁の構造の形態的特徴の違いや粒径の計測値、近縁分類群との区別について詳細に記載している。また、花粉化石は突出する孔の構造と粒径（赤道長）に基づき識別されている [Godwin, 1967; Whittington & Gordon, 1987 など]。一方、日本にはカラハナソウ属が2種分布し、アサとカナムグラが類似し識別できないため、新エングレー分類体系に基づくクワ科、あるいはクロンキスト分類体系に基づくアサ科と同定されてきた。日本においてアサとカラハナソウ属の花粉形態の識別が検討されなかったのは、花粉形態が類似していることもあるが、1948年の大麻取締法により花粉標本を得にくいことも一因と考えられる。アサの伝搬の過程や、栽培・利用の実態を解明するには、アサとカラハナソウ属2種との光学顕微鏡による同定基準を明らかにする必要がある。それに加え、栽培の場所の推定には、アサ花粉の散布過程の調査が不可欠である。

国立歴史民俗博物館の開発型共同研究「縄文時代の人と植物の関係史」（研究代表：工藤雄一郎）に関連しアサ花粉を採取する機会を得た。本論文では、光学顕微鏡を用いてアサとカラハナソウ属2種の花粉形態を観察し、花粉画像により孔径や孔周辺の層厚などを正確に計測し、アサとカナムグラやカラハナソウとの区別点を明らかにする。この区別点を用いて、アサ花粉の散布状況を明らかにすることを目的に、アサ畑とその周辺の空中浮遊花粉数と土壌表層の花粉組成を調査した結果を報告する。

①……………現生アサとカラハナソウ属花粉試料と分析方法

アサ1標本と、カラハナソウとカナムグラ3標本（表1）について、それぞれの花粉形態を光学顕微鏡で観察し、顕微鏡下と顕微鏡写真による花粉画像の処理により各部位のサイズを計測した。アサ花粉は、栃木県鹿沼市下永野で野州麻（品種「とちぎしろ」）を栽培している大森由久氏のアサ種畑から2010年9月11日に花粉のみを採取した。

現生花粉の処理は、10%KOH、アセトリシス処理を行い、グリセリンゼリーで封入してプレパラートを作製した後、2日以内に光学顕微鏡を用いて1000倍で観察と計測を行った。まず、1000倍

表1 アサとカラハナソウ属花粉の調査標本リスト

分類群	採取地	標高(m)	採取日	標本番号
アサ <i>Cannabis sativa</i> L.	栃木県鹿沼市下永野	170	2010.09.11	AFR-586
カラハナソウ <i>Humulus lupulus</i> L. var. <i>cordifolius</i> (Miq.) Maxim.	福島県耶麻郡北塩原村大字松原	820	2010.08.21	AFR-579
	宮城県白石市福岡八宮	540	2010.08.29	AFR-583
	山形県小国町五味沢	400	2010.08.29	AFR-585
	青森県三戸郡五戸町虫追塚前	90	2013.08.28	AFR-589
カナムグラ <i>Humulus scandens</i> (Lour.) Merr.	宮城県刈田郡蔵王町遠刈田温泉	475	2010.08.28	AFR-580
	宮城県白石市福岡八宮	540	2010.08.29	AFR-582
	山形県小国町金目	210	2010.09.01	AFR-584
	宮城県刈田郡蔵王町遠刈田温泉	450	2013.09.12	AFR-590

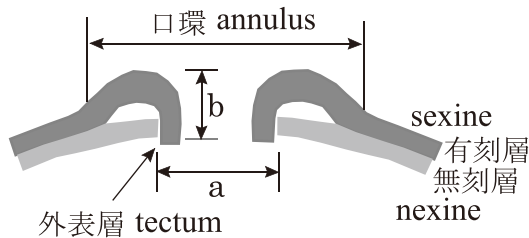


図1 極軸観の花粉壁断面の孔付近の計測部位

の光学顕微鏡下で花粉外壁 exine の表面や断面の形態を観察し、マイクロメータを用いて極軸長 polar length と赤道長 equatorial length を測定した。測定は、アサ、カラハナソウ、カナムグラそれぞれ1標本 (AFR-586, AFR-583, AFR-580, 表1) について50粒行った。口環 annulus の外表層と内層の関係はすべての標本 (1標本につき100粒) で行った。次に、極観の形態を高精度

で計測するために、アサ花粉50粒、カラハナソウ花粉とカナムグラ花粉をそれぞれ120粒 (1標本につき30粒, 4標本, 表1) について、内孔 endopore, 口環, 赤道部の各測定部位別に1000倍の光学顕微鏡画像を1460万画素のデジタルカメラで取り込んだ。これらの画像を画像解析ソフトのImageJを用いて処理し、赤道長, 内孔長 (図1, a), 口環の外壁がもっとも肥厚した部分の外壁の厚さ (図1, b), 孔間域の外壁の厚さを測定した。

②……………アサ花粉の散布調査と分析方法

アサ花粉の散布は、栃木県鹿沼市下永野にある大森由久氏のアサ種畑とその周辺の空中浮遊花粉および土壌表層花粉を調査した (図版1, 2)。アサ種畑の周囲には、標高約400mの山に囲まれ、約550m幅の谷底平野が東南方向に延び、平野の南端を永野川が東へと流れている。谷底平野は主に水田やアサ畑、ソバ畑が広がり、樹木は屋敷の周りを除いては少ない (図版2)。2011年にはアサ種取り用の畑は13箇所で行われていた。図版2には10箇所の種取り畑の位置を示しているが、これ以外に西側に3箇所あった。このあたりのアサの花期は8月末頃から10月上旬である。花期の風向は、アサ農家の聞き取りや現地での観察と地形、および鹿沼アメダスの最大風速の風向から東南方向が優勢と推定された。アサは風媒受粉植物 (図版3) のため、推定される風向とアサ種畑の位置関係から、他のアサ種畑からの飛来花粉の影響が少ないと考えられる平野南端のアサ種畑とその周辺を調査対象とした。このアサ種畑は約24×24mの範囲に398本 (枯死除く) 植栽され、そのうち196本が雄株で背丈は約2.0~2.5mであった。アサ畑を中心とした半径1kmの植生等の割合は、水田、畑と住居等の平野部分34.9%、スギ林 (一部ヒノキ林) 31.6%、コナラ、ホオノキ、サクラ、カシ類などからなる広葉樹林 (一部マツ混じる) 31.3%、マツ林優勢で広葉樹が混じる林5.1%、河川2.2%であった (図版4)。

空中花粉の調査は2011年8月29日~10月13日までの期間、ダーラム型採集器と円筒型採集器を設置して行った。空中浮遊花粉採集器は、クリ花粉の調査 [吉川, 2011] と同様グリセリンを入れたシャーレ (内径58.4mm) を取りつけたダーラム型採集器を用いた (図2)。このダーラム型採集器をアサ畑の風上である東南側100mの範囲に5地点 (C1~C5)、風下である北西側200mの範囲に7地点 (C8~C14)、アサ畑北側の角の2地点 (C6, C7) に支柱で地面より1mの高さに設置した (図版1・5)。昆虫やカエルなどの小動物による花粉の混入を防ぐため、シャーレを4mm目のネッ

トで覆った。また、クリ花粉の飛散調査 [吉川, 2011] と同様に雨水等による落下花粉を調査するために、円筒型採集器をダーク型採集器から水平に約 10 cm 離れた所に設置した。円筒型採集器は、容量 500 ml の円筒型の容器の蓋にアルミパイプ (高さ 7 cm, 内径 22.8 mm) を取り付け、開口部を 4 mm 目のネットで覆った。処理は、シャーレや採集器にたまったものを内壁を洗いながら集め、それを遠心管に移して濃集後に 10%KOH とアセトリシス処理を行った。プレパラート作製は、残差をグリセリンで適量に希釈して秤量 (感量 0.1 mg) し、ミキサーで十分攪拌後、マイクロピペットで取って秤量し、グリセリンで封入した。同定・計数はプレパラート全面を行った。

土壌表層花粉は、空中浮遊花粉採集器を設置した C1~C14 と同じ場所の 14 地点 (S1~S14 はそれぞれ C1~C14 に対応) と C14 から西北西に 100 m 離れた地点 (S20), C7 南側のアサ畑内に 6 m 入った地点 (S25) の 16 地点から採

取した (図版 2)。試料は内径 23 mm, 長さ 40 mm のアルミパイプを地表面に打ち込んで採取シラップで包み、冷凍庫で保管した。採取地点の状況は、水田の畔 (S1, S2, S3), アサ畑内部 (S25), アサ畑縁から 0.5 m 離れた所 (S5, S6, S7, S8), 休耕畑の端 (S9, S10), 農道端 (S4, S11, S12, S13, S14, S20) である。試料採取した 10 月中旬に周囲約 1 m の範囲に生育していた主な植物は以下のとおりである。なお、水田の畔や農道端などは草刈が度々行われるため、生育していた植物のすべてから花粉が散布されるわけではない。

水田の畔：イネ、チカラシバ、ツユクサ、シロツメクサ、イノコヅチ、ヤブガラシ、キツネノマゴなど

アサ畑内部と周囲：エノコログサ、ツユクサ、ハキダメギク、イヌタデ、ヤブツルアズキなど

休耕畑の縁：ハキダメギク、エノコログサ、チカラシバ、カラムシなど

農道縁：カラムシ、チカラシバ、ヨモギ、イノコヅチなどで、S12 と S14 にはススキ、S12 にはコセンダングサとセイタカアワダチソウ。

分析試料は、凍結した状態でパイプから抜いて堆積物を確認したところ、コケ類や落葉など未分解の植物が土壌の上に堆積している試料と畑土壌のような無機物からなる試料があり、同条件で採取できないため土壌表面から 5 mm 深までの堆積物を用いた。処理は試料約 0.2~0.5 g を秤量 (感量 0.1 mg) し、10%KOH、傾斜法により粗粒砂を除き、48%HF、アセトリシス処理の順に行った。また、同じ層位の分割試料で含水率を求め乾燥重量を算定した。プレパラート作製と同定・計数は空中浮遊花粉と同様である。

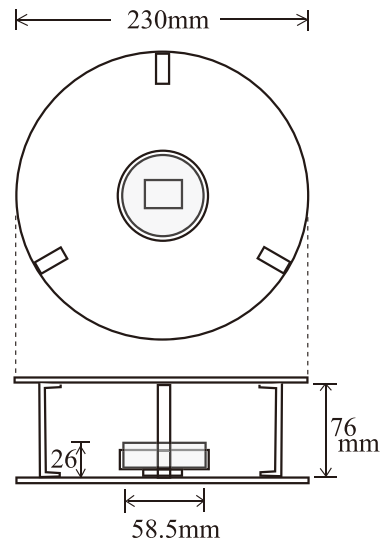


図2 ダーク型採集器にシャーレを設置した空中浮遊花粉採集器

③……………結果

3-1. 花粉形態

1) 光学顕微鏡による観察結果

光学顕微鏡による観察の結果、3分類群とも頂口型の3孔型 trizonoporate (稀に4孔型)、極観は亜円形、赤道観は楕円形であった(図版6)。赤道面に孔が配列し、孔は極方向にいく分延びる楕円形で周囲が肥厚して突出し口環を形成していた。花粉壁の断面では口環で有刻層が無刻層から分離して、空隙が形成されていた。外壁は外表層型 tectate であり、彫紋は微小な顆粒状型を呈していた。次に3種の花粉特徴と計測値を記載する。計測値は範囲の後の括弧内に平均値と標準偏差を示す。

アサ *Cannabis sativa* L.

カラハナソウ属に比べ孔が小さかった。孔周囲の有刻層の空隙は狭い。花粉粒の95%は外表層が内層の位置より下に極僅かに貫通し、5%は不明瞭であった。

極軸長 22.0-26.0 μm ($23.9 \pm 0.9 \mu\text{m}$), 赤道長 25.0-28.5 μm ($27.2 \pm 0.8 \mu\text{m}$), P/E 比 0.82-0.94 (0.88 ± 0.03)。

カラハナソウ *Humulus lupulus* L. var. *cordifolius* (Miq.) Maxim. ex Franch. et Sav.

孔はアサより大きく、孔周囲の有刻層の空隙は広い。花粉粒の97~99%は外表層が内層の位置で止まり、3標本 (AFR-579, 583, 585) の各1%で内層の位置より下に貫通し、AFR-579の2%と AFR-589の1%は不明瞭であった。

極軸長 20.0-24.0 μm ($21.7 \pm 0.9 \mu\text{m}$), 赤道長 23.5-29.0 μm ($26.5 \pm 1.4 \mu\text{m}$), P/E 比 0.73-0.90 (0.82 ± 0.04)。

カナムグラ *Humulus scandens* (Lour.) Merr.

孔はアサより大きかった。孔周囲の有刻層の空隙はやや広いがカラハナソウよりも狭い。2標本 (AFR-582, 584) はすべての花粉粒で外表層が内層の位置で止まっていた。他の2標本 (AFR-580, 590) の93%は外表層が内層の位置で止まり、AFR-580の2%と AFR-590の4%で内層の位置より下に貫通し、AFR-580の5%と AFR-590の3%は不明瞭であった。

極軸長 19.5-25.0 μm ($22.1 \pm 1.2 \mu\text{m}$), 赤道長 22.5-28.0 μm ($25.0 \pm 1.3 \mu\text{m}$), P/E 比 0.83-0.94 (0.88 ± 0.03)。

2) 顕微鏡画像の計測結果

光学顕微鏡画像を画像解析ソフトの ImageJ を用いて赤道長、内孔長、口環の最も肥厚した部分の外壁厚を計測し、内孔長/赤道長比と口環部外壁厚/赤道長比を求めた(表2)。赤道長は平均粒径でアサがいく分大きいものの他種と粒径の範囲が重なった。内孔長はアサが3.0 μm 以下で平均 $2.7 \pm 0.2 \mu\text{m}$ に対し、カラハナソウは平均 $3.5 \pm 0.4 \mu\text{m}$ 、カナムグラは $3.2 \pm 0.4 \mu\text{m}$ と大きかった。特にアサとカラハナソウは平均値が0.8 μm 異なり、アサの孔が小さいことが際立った。口環部外壁厚

は、カラハナソウで厚いものの他種と範囲が重り、平均ではカラハナソウの $1.8 \pm 0.3 \mu\text{m}$ に対し、アサは $1.3 \pm 0.2 \mu\text{m}$ 、カナムグラは $1.4 \pm 0.2 \mu\text{m}$ と薄かった。孔間域の外壁の厚さは3種とも同様の値を示す。内孔長／赤道長比は、アサは $0.076 \sim 0.109$ で 0.111 以上の値のカラハナソウとは区別され、カナムグラは 0.105 以上の値を示すため一部重なった。また、口環部外壁厚／赤道長比でもアサは $0.035 \sim 0.052$ で 0.054 以上の値をとるカラハナソウとは重ならないが、カナムグラとは一部重なった。

内孔長／赤道長比と口環部外壁厚／赤道長比の関係に基づくと、アサはカラハナソウとカナムグラからほぼ区別され、カラハナソウとカナムグラは一部重なった。カラハナソウとカナムグラは内孔長／赤道長比の範囲はほぼ同様であるが、口環部外壁厚／赤道長比の範囲はずれており、 0.054 よりも小さい値をとる花粉はカナムグラだけにみられ、 0.069 より大きい値をとる花粉はカラハナソウだけにみられた (図3)。

表2 各計測値の範囲(上段)と、平均、標準偏差(下段)

	赤道長 (μm)	内孔長 (μm)	口環部外壁厚 (μm)	孔間域の 外壁厚(μm)	内孔長／赤道長	口環部外壁厚／ 赤道長
アサ	24.0 - 36.1 28.8 ± 3.3	2.4 - 3.0 2.7 ± 0.2	1.0 - 1.6 1.3 ± 0.2	0.8 - 1.1 1.0 ± 0.1	0.076 - 0.109 0.094 ± 0.009	0.035 - 0.052 0.044 ± 0.004
カラハナソウ	20.8 - 34.9 26.6 ± 3.4	2.3 - 4.4 3.5 ± 0.4	1.2 - 2.4 1.8 ± 0.3	0.7 - 1.1 0.9 ± 0.1	0.111 - 0.153 0.131 ± 0.009	0.054 - 0.088 0.069 ± 0.008
カナムグラ	21.9 - 31.3 26.0 ± 2.1	2.4 - 4.3 3.2 ± 0.4	1.0 - 1.8 1.4 ± 0.2	0.7 - 1.1 0.9 ± 0.1	0.105 - 0.145 0.125 ± 0.009	0.042 - 0.069 0.055 ± 0.006

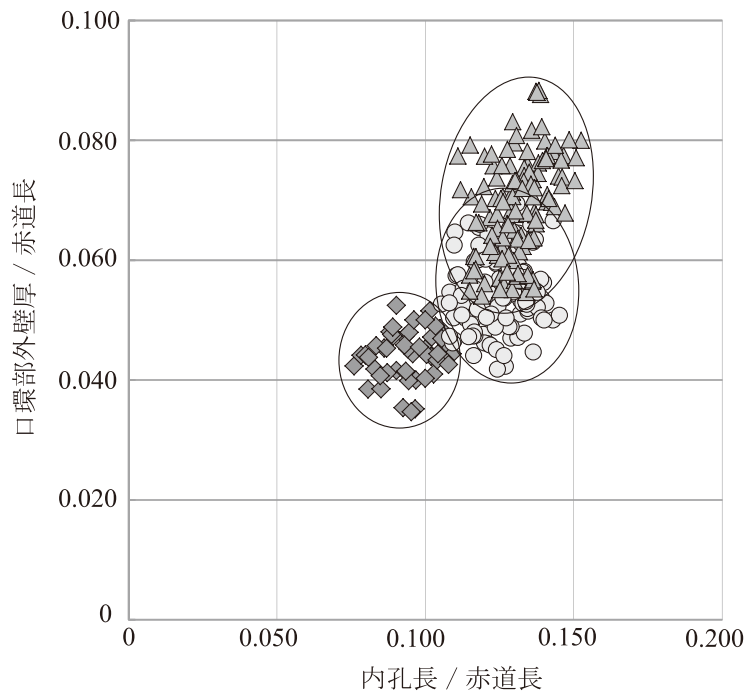


図3 内孔長／赤道長比と口環部外壁厚／赤道長比の散布図

◇：アサ，○：カナムグラ，△：カラハナソウ

3-2. アサ花粉の散布

アサ空中浮遊花粉

2011年8月29日～10月13日の間のダーラム型採集器と円筒型採集器を用いたアサ空中浮遊花粉数は、おおむね同様な変化を示しアサ畑から離れると急減し、特に風上方向は著しかった。また、花粉数はアサ畑から0.5m離れたC5・C7・C8では円筒型採集器が多いが、畑から約10m以上離れるとほぼダーラム型採集器の方がいく分多かった。アサ畑の四隅では風下側にあたる西北側のC8で花粉量が最も多かった。

ダーラム型採集器による空中浮遊花粉数は、畑縁から0.5mでは西角のC8で30488粒/cm²と最も多く、南角のC5で6052粒/cm²と少なかった(図4, 表3)。アサ畑の風上にあたる東南側では、畑縁から9.2m離れたC4では287粒/cm²(畑縁C5に対する減少率は95.3%, 以下の括弧内は減少率)に急減し、29.9m離れたC3で99粒/cm²(C5の98.4%), 99.9m離れたC1で67粒/cm²であった。畑の風下の西南側では、畑縁から10.5m離れたC9では3632粒/cm²(畑縁C8の88.1%)に減少し、50.2m離れたC11で296粒/cm²(C8の99.0%), 150.9m離れたC13で95粒/cm²であった。

円筒型採集器による空中浮遊花粉数は、畑縁から0.5mでは西角のC8で56435粒/cm²と最も多く、東角のC6で3593粒/cm²と少なく、南角のC5は7571粒/cm²であった(図4, 表3)。畑の風上にあたる東南側では、畑縁から9.2m離れたC4では597粒/cm²(畑縁C5の92.1%)に急減し、29.9m離れたC3で59粒/cm²(C5の99.2%), 99.9m離れたC1で27粒/cm²であった。畑の風下の西南側では、畑縁から10.5m離れたC9では3178粒/cm²(畑縁のC8の94.4%)に減少し、50.2m離れたC11で323粒/cm²(C8の99.4%), 100.8m離れたC12で32粒/cm²であった。

土壌表層花粉スペクトル

アサ畑を通る東南方向の主要な花粉の変化を見ると、アサ花粉はアサ畑内S25と畑から0.5m離れたS5, S8で69～73%と高率であるが離れると急激に減少した。風上方向では9.2m離れたS4ですでに0.4%と低率であった(図5)。風下方向ではアサ畑から10.5m離れたS9で4.9%に急減し、約31～50mのS10～S11で4.6%か3.5%に僅かに減少し、それ以遠の約100～300mでは0.4～1.9%と稀であった。アサ畑から風下方向の距離と花粉出現率の関係は、畑から0.5mで73%が累乗近似曲線では($y=41.3X^{-0.75}$, $R^2=0.86$)50mで2%に急減し、それ以遠では徐々に少なくなり150mで1%以下であった(図6)。また、距離と1gあたりの花粉数の関係は、畑から0.5mで約24220粒/gが累乗近似曲線では($y=16340X^{-0.87}$, $R^2=0.92$)50mで550粒/gに急減し、それ以遠では徐々に少なくなり150mで約200粒/g以下であった。

表層花粉は、アサの他の草本ではイネ科やカヤツリグサ科が比較的多く出現し、ヨモギ属や、キツネノマゴ属、カナムグラ属、ソバ属などが出現した。イネ科(イネ型)は各試料から出現しているが出現率は低い。樹木花粉ではスギが50～89%と高率で出現し、マツ属複雑管束亜属を比較的多く伴った。他にクリやコナラ亜属、ケヤキ型が出現し、トチノキが畑周辺のS1～S11の間で僅かに検出された。クリはアサ畑内のS25と畑南角のS5で19～24%と多く占めた。

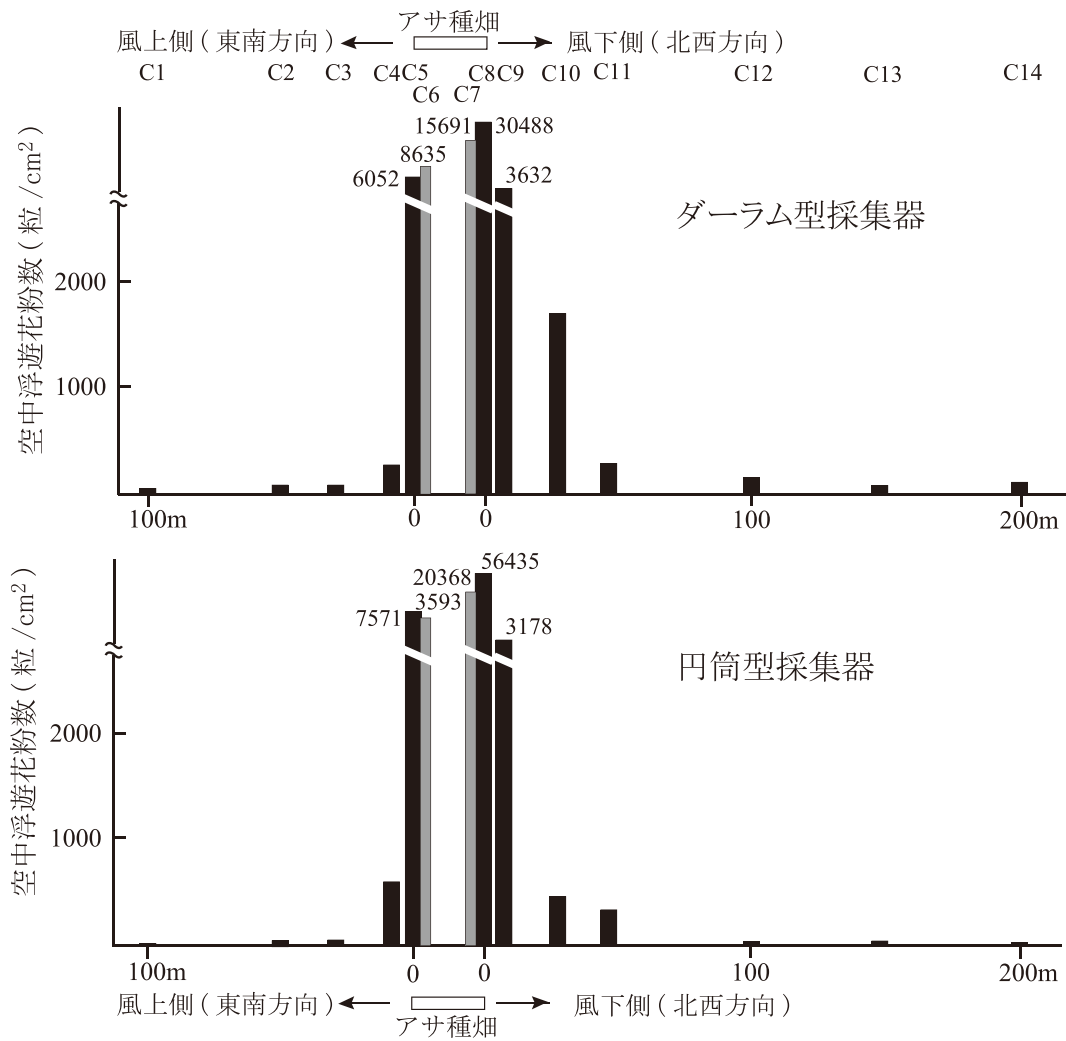


図4 アサ種畑と周辺のアサ空中浮遊花粉数

表3 アサ畑縁からの距離とアサ空中浮遊花粉数

アサ畑風下側地点	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
アサ畑縁からの距離 (m)	0.5	0.5	10.5	31.2	50.2	100.8	150.9	200.8
ダーム型採集器 (粒/cm²)	15691	30488	3632	1698	296	155	95	103
円筒型採集器 (粒/cm²)	20368	56435	3178	433	323	32	39	19

アサ畑風上側地点	C6	C5	C4	C3	C2	C1
アサ畑縁からの距離 (m)	0.5	0.5	9.2	29.9	50.5	99.9
ダーム型採集器 (粒/cm²)	8635	6052	287	99	91	67
円筒型採集器 (粒/cm²)	3593	7571	597	59	47	27

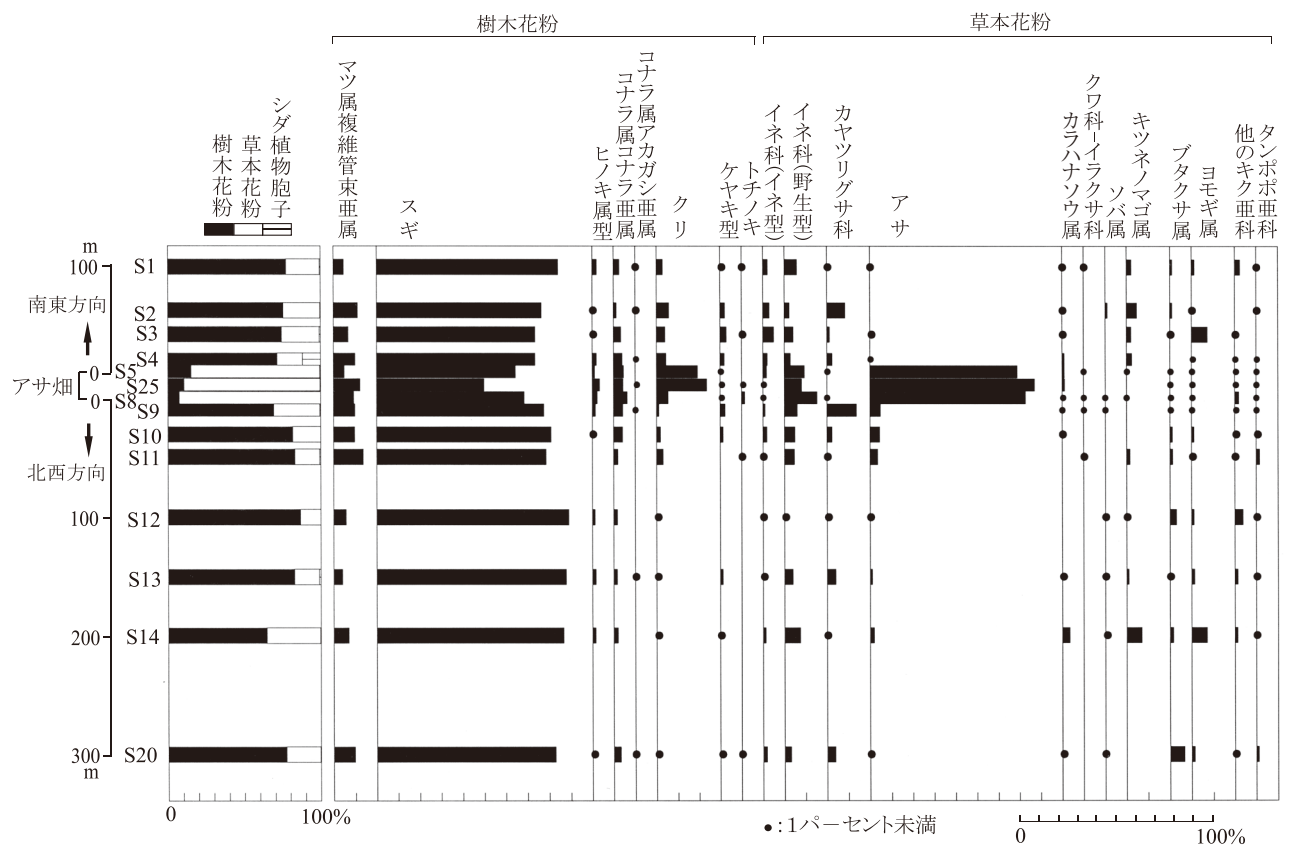


図5 アサ種畑周辺の土壌表層試料の主要花粉分布図
(出現率は樹木は樹木花粉数, 草本・胞子は花粉胞子数を基数として百分率で算出した)

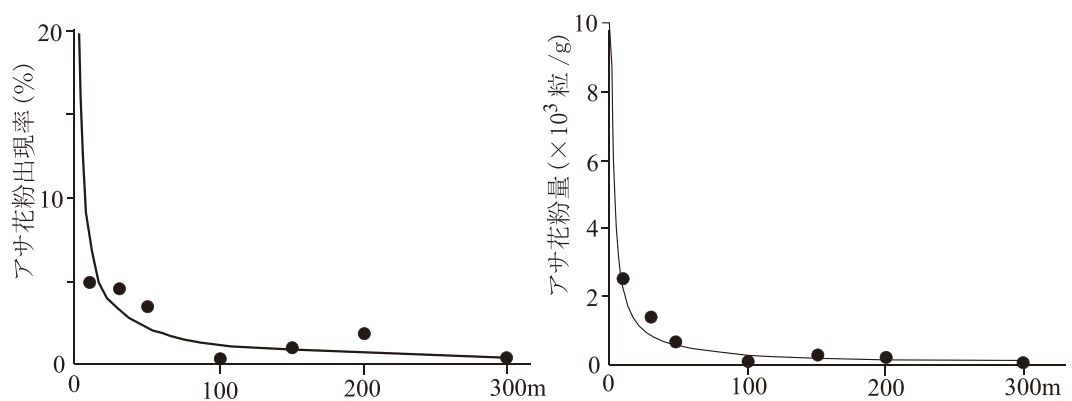


図6 土壌表層のアサ花粉のアサ畑縁からの風下側距離と出現率および花粉量

④……………考察

4-1. アサとカラハナソウ属花粉の識別

アサ花粉の標本が「とちぎしろ」1標本のため個体間の変異幅は明らかでないが、内孔長／赤道長比と口環部外壁厚／赤道長比の関係において、アサはカラハナソウ属の分布範囲とほぼ重複しないため、この形質が今後、アサとカラハナソウ属とを区別する重要な識別点として利用できると考える。アサの赤道長に対する孔の大きさはカラハナソウ属より相対的に小さいという特徴は既存の花粉図版〔島倉, 1973; 中村, 1980a; Punt & Malotau, 1984; 王ほか, 1997; 三好ほか, 2011〕でも認められるが、カナムグラとは重複する。また、内孔長／赤道長比の計測値がアサとカナムグラの境界域にある花粉は、アサの殆どが内層を外表層が貫くのに対し、カナムグラの殆どが内層の位置で外表層が止まることにより区別できる可能性がある。但し、孔における外表層と内層の位置関係はアサとホップの区別点の一つ〔Godwin, 1967〕とされているが、極観のみで確認される特徴で、しかも多少の例外が観察されているため、完全に区別できるわけでない〔French & Moore, 1986〕。一方で、内孔長／赤道長比が約 0.105 より小さい花粉はアサ花粉に同定される可能性が極めて高いことが明らかになった。内孔長／赤道長比が約 0.105 付近の孔が大きい目の花粉については、さらに口環部外壁厚／赤道長比が約 0.042 以下であることが条件となる。カラハナソウとカナムグラは、分布域が重なるが、孔が大きく口環部の有刻層の突出が著しいものはカラハナソウ、孔が大きく口環部の有刻層の突出が小さければカナムグラである可能性が高い。

ヨーロッパではカラハナソウ属のホップよりもアサ花粉の方が孔周辺の突出が著しいことが、ホップとアサの区別点の一つになっている〔Godwin, 1967; Punt & Malotau, 1984; Whittington & Gordon, 1987〕が、今回観察したアサの品種「とちぎしろ」は突出の著しい花粉は観察されなかった。三好ほか〔2011〕の“図版 SPL29 の No. 8”にみられるような突出が著しいタイプがヨーロッパでは一般的な形態と推定される。空中浮遊花粉で検出されたアサ花粉の観察からは個体間の変異の幅は小さいと推測されるが、アサの品種「とちぎしろ」の孔周辺の突出の程度が他の産地のアサとは異なることは、アサ花粉に形態変異があることを示している。今後、さらに標本数を増やすことで、アサ花粉の大きさや形態の変異をおさえ、カラハナソウ属花粉と比較する必要がある。

4-2. アサ花粉の散布

アサ畑の縁から外側への空中花粉数の減少は、ダーラム型採集器と円筒型採集器で同じ傾向があり、風下方向では 50 m 以内に急減した。さらに、土壌表層花粉組成からもアサ花粉の大半がアサ畑縁から 50 m 以内に落下することが明らかになった。アサは風媒受粉植物のためその花粉は広域に散布することが予想されたが、結果は花粉の大半が近くに落下した。風媒植物のスギ花粉でも雄花から放出された花粉の多くはすぐ近くに落下してしまうが、日射による上昇気流や地形の影響、風の中にある渦などにより巻あげられ遠方まで輸送され、特に大量の花粉が輸送されるには強い上昇気流があり、かつ風が強い場合である〔佐橋ほか, 1995〕。また、アサは背丈が高くて茎が折れや

すいので風あたりの少ない場所が栽培に適している [赤星, 2006]。つまり、花粉の散布源の高さが1~3 m 程度と低いこと、栽培の時期には風が弱く、さらに調査地の谷底平野は平坦な地形で上昇気流が弱く乱流も少ないため、アサ花粉の大半が近くに落下したと推測される。アサの栽培が風の弱い場所に適していることは、過去においても風の弱い場所が栽培地にされた可能性が高く、今回の散布結果が過去にも適用できると考えられる。

ところで、アサ畑内と縁辺の土壌表層からクリ花粉が樹木花粉比率で19~24% と多く出現した。クリの木は北側にある一部の民家にあり、最も近い木でも約200 m 離れる。アサ畑は化学肥料の他に落ち葉堆肥も施肥されていることから、堆肥に用いたクリの落下した花序や葉に付着していた花粉が検出されたと考えられる。歴史的にも畑などに腐葉土を施肥したことは想像に難しくなく、人為の加わった堆積物には異地性の植物遺体も含まれている可能性があることに留意する必要がある。

4-3. アサ花粉化石の産出例

新潟県津南町の卯ノ木泥炭層遺跡と東京都東村山市の下宅部遺跡からアサ花粉が検出されている。卯ノ木泥炭層遺跡は信濃川と清津川が合流する付近の信濃川右岸に位置し、完新世に離水した段丘礫層を覆って縄文草創期以降の低湿地堆積物が堆積している。アサ花粉は約8400 ¹⁴C BP より下位層準の縄文時代早期と、約6450 ¹⁴C BP の早期後葉から少量検出された [吉川, 2013]。下宅部遺跡は狭山丘陵の東端に位置し、調査区は丘陵縁辺部から河道・低湿地部よりなり、縄文中期中葉から晩期中葉に形成された水辺利用の施設やクルミ塚、トチ塚などが多数出土している [下宅部遺跡調査団, 2006]。アサ花粉は約4400 ¹⁴C BP の縄文中期中葉と約3800 ¹⁴C BP の後期前葉から少量検出された [吉川・工藤, 2014]。今後、各地のアサ花粉の産出状況を検討する必要があるが、福井県鳥浜貝塚の草創期からアサ縄類 [布目, 1984]、千葉県沖ノ島遺跡で約9000 ¹⁴C BP のアサ果実が出土し [小林ほか, 2008]、新潟県津南町で約8400 ¹⁴C BP より下位層準で花粉化石が検出されている [吉川, 2013] ことから、アサは縄文時代の早い段階に各地で栽培されていた可能性がある。

謝辞

本研究を進めるにあたり、栃木県鹿沼市永野の麻栽培農家の大森由久氏にはアサ花粉と散布の調査に際し種々の便宜をはかっていただいた。栃木県立博物館の篠崎茂雄氏、森林総合研究所の能城修一氏、古代の森研究舎の吉川純子氏、株式会社パレオ・ラボの佐々木由香氏には現地調査や試料採取にご協力いただいた。また匿名の査読者からは有益なコメントをいただきました。以上の方々に深く感謝いたします。

引用文献

- 赤星栄志. 2006. ヘンプ読本. 268 pp. 築地書館, 東京.
- Fleming, M. P. and Clarke, R. C. 1998. Physical evidence for the antiquity of *Cannabis sativa* L. Journal of the International Hemp Association 5: 80-92.
- French, C. N. and Moore, P. D. 1986. Deforestation, *Cannabis* cultivation and schwingmoor formation at Cors Llyn (Llyn Mire), central Wales. New Phytologist 102: 469-482.
- Godwin, H. 1967. Pollen-analytic evidence for the cultivation of *Cannabis* in England. Rev. Palaeobot. Palynol. 4:

71-80.

- 堀田 満・緒方 健・新田あや・星川清親・柳 宗民・山崎耕字, 編. 1989. 世界有用植物事典. 1499 pp. 平凡社, 東京.
- 笠原安夫. 1984. 鳥浜貝塚 (第 6, 7 次発掘) のアサ種実の同定について. 「鳥浜貝塚 1983 年度調査概報・研究の成果—縄文前期を主とする低湿地遺跡の調査 4—」(鳥浜貝塚研究グループ編), 80-87. 福井県教育委員会・福井県立若狭歴史民俗資料館, 福井.
- 小林真生子・百原 新・沖津 進・柳澤清一・岡本東三. 2008. 千葉県沖ノ島遺跡から出土した縄文時代早期のアサ果実. 植生史研究 16: 11-18.
- 工藤雄一郎・小林真生子・百原 新・能城修一・中村俊夫・沖津 進・柳澤清一・岡本東三. 2009. 千葉県沖ノ島遺跡から出土した縄文時代早期のアサ果実の ^{14}C 年代. 植生史研究 17: 29-33.
- 国木田 大・吉田邦夫. 2007. AMS 法による ^{14}C 年代測定. 「菖蒲崎貝塚平成 18 年度発掘調査概報」(由利本荘市教育委員会編), 39-48, 由利本荘市教育委員会, 由利本荘市.
- 三好教夫. 1983. 走査電子顕微鏡による花粉の形態 6. イラクサ目 (被子植物) について. 岡山理科大学蒜山研究所研究報告 8: 41-53.
- 三好教夫・藤木利之・木村裕子. 2011. 日本産花粉図鑑. 824 pp. 北海道大学出版会, 札幌市.
- 中村 純. 1980a. 日本産花粉の標徴 II. 大阪市立自然史博物館収蔵資料目録第 12 集. 157 pp. 大阪市立自然史博物館, 大阪.
- 中村 純. 1980b. 日本産花粉の標徴 I. 大阪市立自然史博物館収蔵資料目録第 13 集. 91 pp. 大阪市立自然史博物館, 大阪.
- 布目順郎. 1984. 縄類と編物の材質について. 「鳥浜貝塚 1983 年度調査概報・研究の成果—縄文前期を主とする低湿地遺跡の調査 4—」(鳥浜貝塚研究グループ編), 1-8. 福井県教育委員会・福井県立若狭歴史民俗資料館, 福井.
- 大場秀章, 編. 2009. 植物分類表. 513 pp. アボック社, 鎌倉.
- Pehlivan, S. 1987. A comparative study on the fine structure of the pollen walls and annuli in some Turkish Betulaceae, Moraceae, Cannabaceae, Haloragaceae. Commun. Fac. Sci. Univ. Ank. Series C, 5: 1-18.
- Punt, W. & Malotaux, M. 1984. Cannabaceae, Moraceae and Urticaceae. Rev. Palaeobot. Palynol., 42: 23-44.
- 佐橋紀男・高橋裕一・村山貢司. 1995. スギ花粉のすべて. 117 pp. メディカル・ジャーナル社, 東京.
- 高倉巳三郎. 1973. 日本植物の花粉形態. 大阪市立自然科学博物館収蔵資料目録第 5 集. 187 pp. 大阪市立自然科学博物館, 大阪.
- 下宅部遺跡調査団. 2006. 下宅部遺跡 I. 443 pp. 東村山市遺跡調査会, 東村山市.
- 辻 誠一郎・南木睦彦. 2007. 縄文時代早期土器に付着した種実遺体. 「菖蒲崎貝塚平成 18 年度発掘調査概報」(由利本荘市教育委員会編), 49-51, 由利本荘市教育委員会, 由利本荘市.
- 王伏雄・钱南芬・张玉友・杨惠秋. 1995. 中国植物花粉形态. 461 pp. 科学出版社, 北京.
- Whittington, G. and Gordon, A. D. 1987. The differentiation of the pollen of *Cannabis sativa* L. from that of *Humulus lupulus* L. Pollen et Spores X X IX: 111-120.
- 吉川昌伸. 2011. クリ花粉の散布と三内丸山遺跡周辺における縄文時代のクリ林の分布状況. 植生史研究 18: 65-76.
- 吉川昌伸. 2013. 本ノ木遺跡・卯ノ木泥炭層遺跡の花粉化石群. 「新潟県中魚沼郡津南町 本ノ木遺跡・卯ノ木泥炭層遺跡 2009~2011 年度発掘調査報告書」(谷口康弘・中村耕作編), 133-158, 國學院大學文学部考古学研究室.
- 吉川昌伸・工藤雄一郎. 2014. 下宅部遺跡の花粉と年代からみた縄文時代中期から晩期の植生史と植物利用. 国立歴史民俗博物館研究報告 187: 163-188.
- 吉川昌伸・吉川純子. 2003. 里浜貝塚西畑地点における縄文時代前期の植物化石群. 「里浜貝塚 平成 13・14 年発掘調査概報」(鳴瀬町教育委員会編), 39-53, 奥松島縄文村歴史資料館, 鳴瀬町.

吉川昌伸 (古代の森研究舎, 国立歴史民俗博物館共同研究員)

工藤雄一郎 (国立歴史民俗博物館研究部)

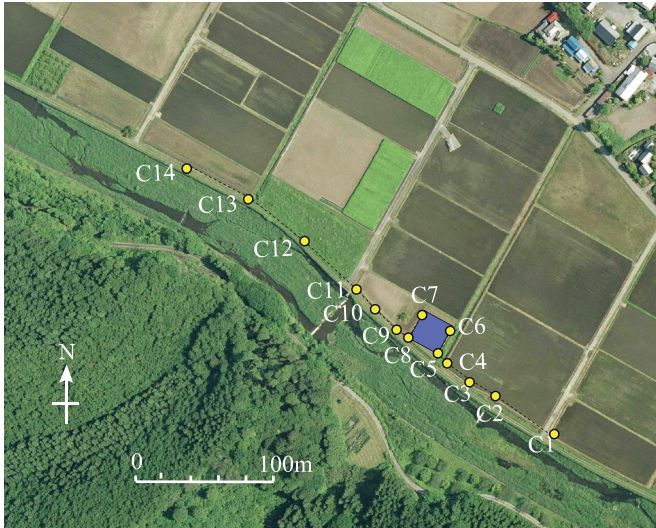
(2013 年 7 月 30 日受付, 2014 年 1 月 22 日審査終了)

Identification of *Cannabis sativa* L. Pollen and its Dispersion

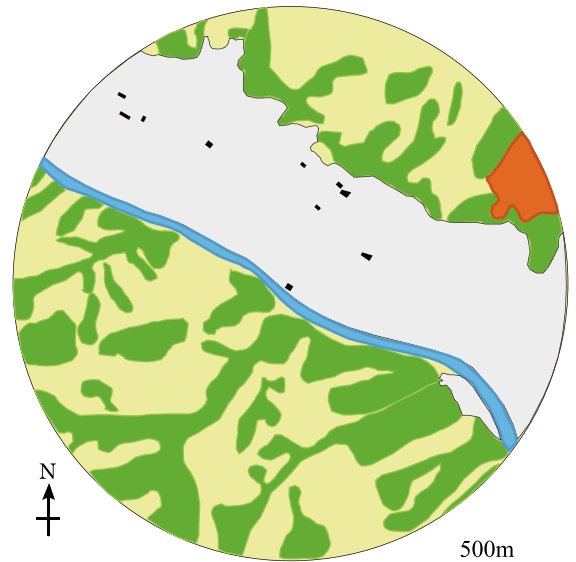
YOSHIKAWA Masanobu and KUDO Yuichiro

Cannabis sativa fruits have been excavated from archaeological sites since the middle phase of the early Jomon period; however, it is necessary to examine the cultivation area of *Cannabis sativa* around archaeological sites on the basis of the evidences of both pollen and fruit because *Cannabis sativa* fruit may have been brought to the sites from other regions by the Jomon people. *Humulus lupulus* L.var. *cordifolius* and *Humulus scandens* close related to *Cannabis sativa*, which was distributed throughout Japan. However, the clear difference in pollen morphology in these species has not always been recognized. On the basis of the pollen structure, observed using an optical microscope, and the measurement of the size of each part of the pollen image, it was revealed that *Cannabis sativa* and *Humulus* pollen grains were distinguishable by the relationship between the ratio of the endopore length to the equatorial length and the ratio of the exine thickness of the annulus to the equatorial length. For the *Cannabis sativa* pollen grains, the ratio of the endopore length to the equatorial length was lesser than approximately 0.105, with a small endopore length relative to the equatorial length. The intermediate morphology of *Cannabis sativa* and *Humulus scandens* pollen grains could be distinguished because the tectum of most *Humulus* pollen grains stopped at the level of the endexine, whereas the tectum of most *Cannabis sativa* pollen grains slightly penetrated the level of the endexine. Furthermore, airborne pollen and surface pollen spectra were studied to clarify the dispersal of *Cannabis sativa*. The results revealed that most *Cannabis sativa* pollen grains fell less than 50m from the edge of a *Cannabis sativa* field. As for the small dispersion area of *Cannabis sativa* pollen, it was assumed that the dispersion source was low (2–3m) in height and the cultivation was carried out where the wind was not strong. The observation results of the dispersion process were thought to be applicable to the past.

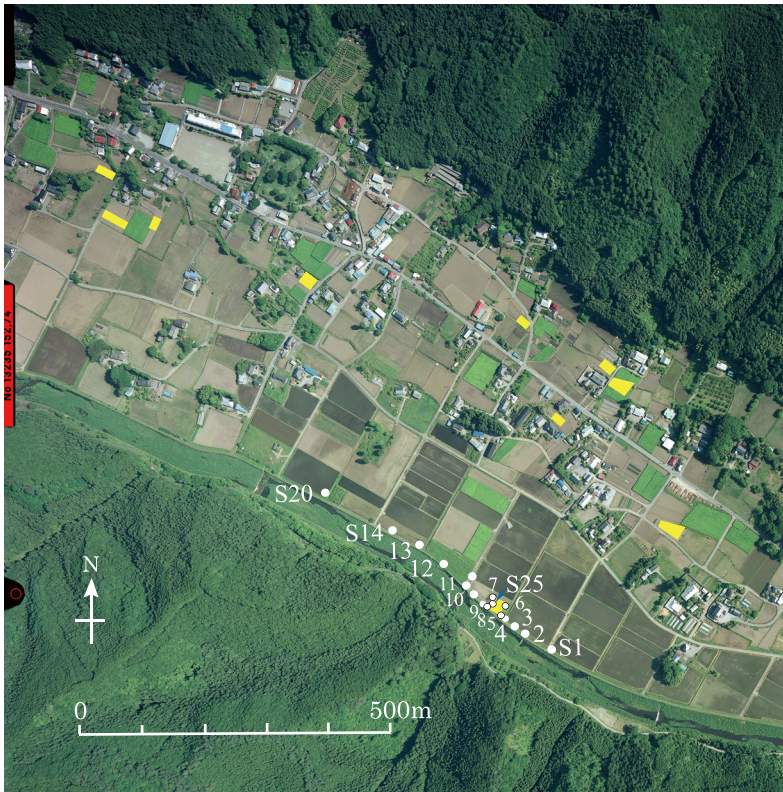
Key words: airborne pollen, *Cannabis sativa* pollen, dispersal of *Cannabis sativa* pollen, pollen morphology, surface pollen spectra



図版1 アサ種畑(青色)と空中浮遊花粉
採集器の設置位置(C1~C14)
空中写真は国土地理院発行「足利地区
CKT20102-C28-44」を使用。



図版4 アサ種畑を中心とした半径1kmの植生
黒：アサ種畑、緑：スギ林(一部ヒノキ林)、薄黄色：コナラ、
ホオノキ、サクラ、カシ類などからなる広葉樹林(一部でマツ
混じる)、赤：広葉樹が混じるマツ林、灰：水田・畑・住居等、
青色：河川



図版2 表層試料採取地点(S番号)と2011年のアサ種畑(黄色塗)
空中写真は国土地理院発行「足利地区 CKT20102-C28-44」を使用。

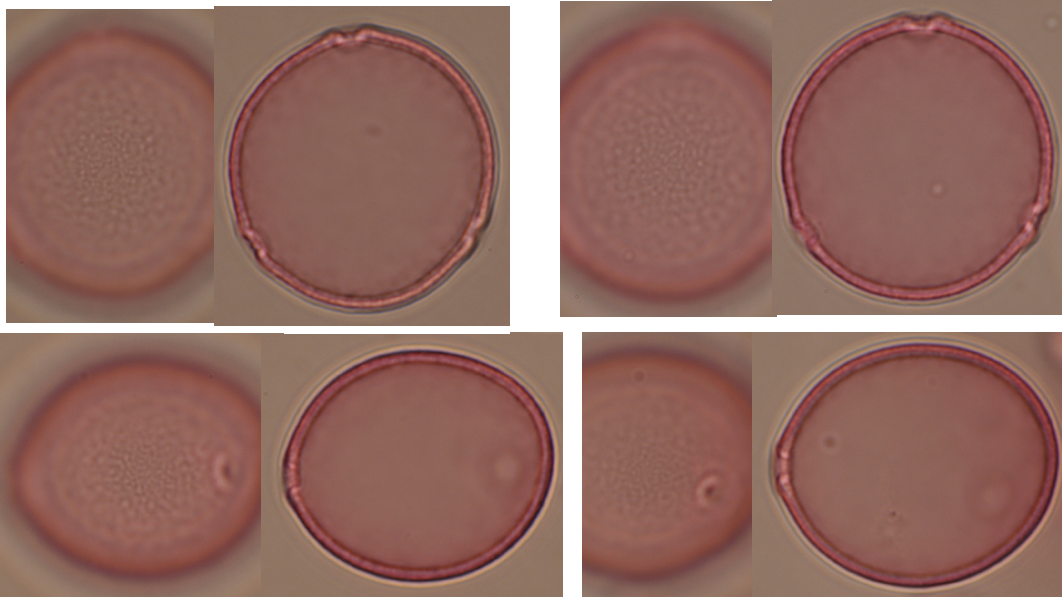


図版3 アサ花粉の飛散状況

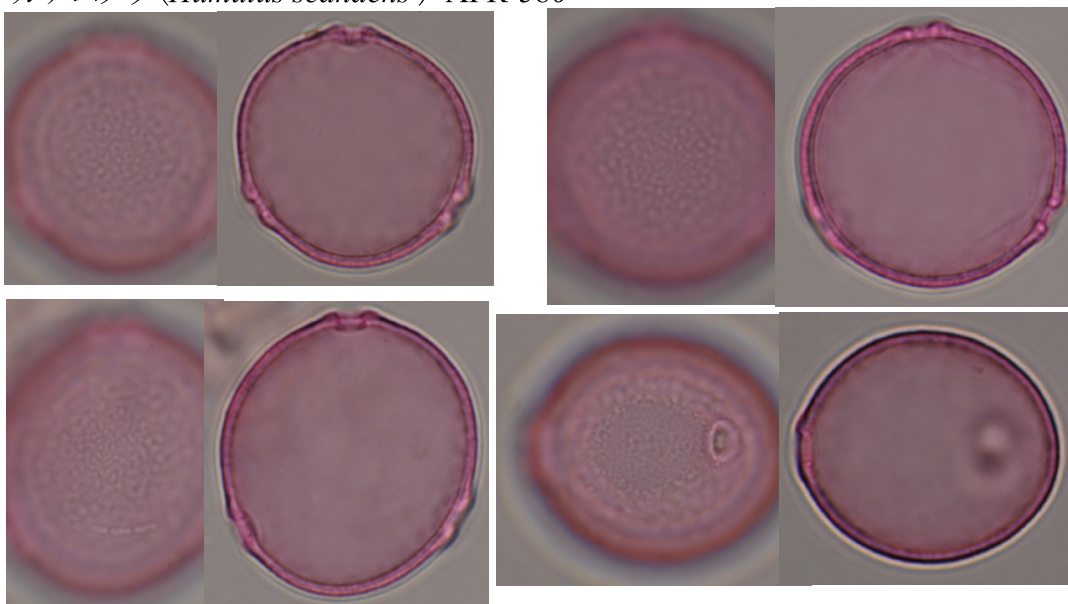


図版5 空中浮遊花粉採集器の設置状況

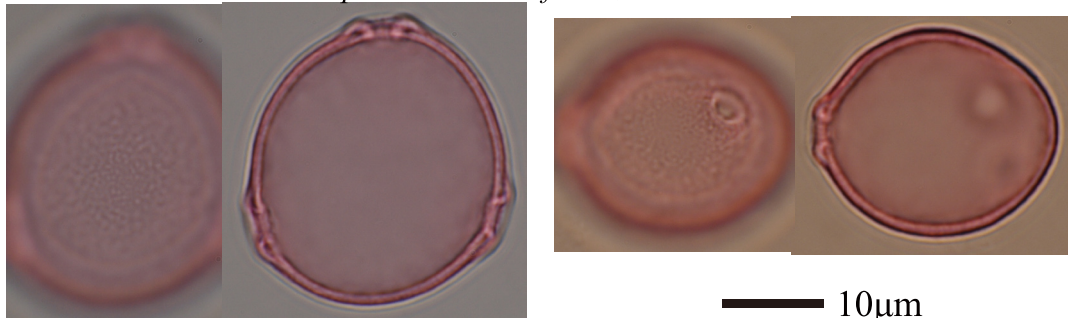
アサ (*Cannabis sativa*) AFR-586



カナムグラ (*Humulus scandens*) AFR-580



カラハナソウ (*Humulus lupulus* var. *cordifolius*) AFR-583



— 10μm

図版6 アサとカラハナソウ属花粉の顕微鏡写真