

原 著

吉川昌伸¹：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

Masanobu Yoshikawa¹: Dispersal of *Castanea crenata* pollen and distribution of *C. crenata* forest around the Sannai-maruyama site during the Jomon period

要 旨 縄文時代のクリ林を復元するための基礎資料を得ることを目的として、クリ林における表層花粉と空中浮遊花粉からクリ花粉の飛散を検討した。表層花粉群におけるクリの樹木花粉比率は、クリ林の林縁から約25 mより内側では60%以上、クリ林内の林縁から約25 m以内では30%以上と高く、クリ林から離れると急減し、樹冠縁から約20 mで5%、約200 mで1%以下、クリ個体が疎らに分布する地点では2.5~5%であった。クリ林内でも空中浮遊クリ花粉は少なく、周辺に分布する風媒花のコナラ垂属が多く飛散し、クリ花粉は自然落下や雨水による落下により林床に多く堆積していた。表層花粉と空中浮遊花粉の分析からクリ花粉が極めて飛散し難いことが明らかになった。クリ花粉の飛散状況に基づいて、花粉化石群の組成の時間的、空間的検討により三内丸山遺跡周辺におけるクリの分布状況の復元を試みた。その結果、調査した多くの地点の周囲25 m以上の範囲までクリの純林が形成されていたことが明らかになった。縄文時代前期末から中期には三内丸山遺跡周辺のほとんどの台地斜面から台地縁にクリの純林が広がっていたことが推定された。

キーワード：空中浮遊花粉スペクトル、クリ花粉の散布、クリ林、三内丸山遺跡、表層花粉スペクトル

Abstract Dispersal efficiency of *Castanea* pollen was revealed by surface and airborne pollen spectra in and around a *C. crenata* forest, and reconstructed distribution of the *C. crenata* forest in the Jomon period was discussed. In the surface pollen assemblages, *C. crenata* accounted for more than 60% of tree pollen in inner areas more than 25 m from the edge of the *C. crenata* forest, >30% in outer areas of the forest, but, outside the forest, 5% at 20 m from the edge of the tree crown, <1% at 200 m, and 2.5-5% in forests with sparse *C. crenata* trees. In the *C. crenata* forest, a small quantity of *C. crenata* pollen was dispersed by wind, but most accumulated on the forest floor by gravity and rain. The surface and airborne pollen spectra showed that *C. crenata* pollen is extremely difficult to disperse. Based on the dispersal characteristics of *Castanea* pollen, the distribution of *C. crenata* forests around the Sannai-maruyama site was reconstructed by spatial investigation of fossil pollen spectra. The distribution of *Castanea* pollen revealed that *C. crenata* forests covered most of the slopes and edges of the plateau of the Sannai-maruyama site in the late phase of the early to the middle Jomon periods.

Key words: airborne pollen spectra, *Castanea crenata* forest, dispersal of *Castanea crenata* pollen, Sannai-maruyama site, surface pollen spectra

はじめに

花粉群は植生と散布様式に依存して形成される (Andersen, 1967; 塚田, 1967; Janssen, 1973; 守田, 1984; 佐々木, 1986 など)。風媒花粉では、60 km 離れた植栽林より飛来したスギ属 *Cryptomeria* 花粉が落下樹木花粉総数の8.4%に達すること (Igarashi, 1987) や、散布力が小さいカラマツ属 *Larix* 花粉といえども遠距離飛来した花粉が検出されること (守田ほか, 2006) など、遠距離飛来の影響も指摘されている。一方で、虫媒花粉は散布範囲が小範囲にとどまり出現率が低いことも多いため、実際の植生より

過小に表現される花粉群 (塚田, 1974) とされ、低率でもその出現は母植物の存在を示す可能性が高いと推定されている。一般に花粉分析の対象となった花粉の大半は風媒花粉でこれらの母植物には森林の主要構成樹種が多い (中村, 1967) ため、高木性の風媒花植物が注目されてきた。しかし、縄文時代以降には食用植物や利用植物に虫媒花の樹木が多く、さらに人為的に生態系を改変してこれらを確保していたことがわかっているため、植生復元において虫媒花粉にも注目する必要がある。

クリ属 *Castanea* 花粉は、縄文時代前期から晩期には東

¹ 〒989-0916 宮城県刈田郡蔵王町遠刈田温泉字七日原 293-6 古代の森研究舎
Ancient Forest Research, Tohgatta-onsen Nanokahara 293-6, Zao-machi, Katta-gun, Miyagi 989-0916, Japan

北地方や関東地方の多くの遺跡でしばしば出現し、青森県の三内丸山遺跡や、宮城県里浜貝塚、埼玉県石神貝塚、東京都武蔵野公園低湿地遺跡などで著しい優占を示し（パリノ・サーヴェイ株式会社，1984；吉川・吉川，2005；吉川ほか，2006 など），クリは植生史上重要な種である。三内丸山遺跡ではクリ属花粉の複数の地点における優占に基づき，集落内にほぼクリ *Castanea crenata* の純林が形成され，数百年間にわたり維持・管理されていたことが推定されている（吉川ほか，2006）。また，新潟平野北部の青田遺跡においては低地の微高地にクリ林があった可能性が示されている（吉川，2004）。これらの推定はクリが虫媒種でその花粉が広域に飛散し難いため樹冠直下から離れると地表表層におけるクリ花粉が急減すると考えられることに基づいているが，実証的なデータは乏しい。つまり，クリ個体の分布密度や風向，距離によるクリ花粉の飛散の詳細がわかっているわけでない。清永（2000）はクリ個体がまばらに分布する地点の空中花粉を調査しクリ花粉総数に占める花粉塊数の割合が 0.01 を超えていれば約 50 m 以内にクリ母樹が存在した可能性が高いことを示唆した。しかし，花粉塊のタフノミーにおける保存率が明らかでなく，堆積物から花粉塊が出現することは稀であるため植生復元への適用は限定的である。

ところで，クリの受粉は農学では風媒とされ花粉は風により遠くまで飛散（100 m 以上）するが実用的には 10 m 前後で，一部には虫媒による受粉もかなりの比率を占めることが推測されている（壽，1989 など）。一方で植物学では虫媒とされており（佐竹ほか，1989），クリ花粉の飛散の詳細は明らかになっていない。そのためにクリ花粉の飛散能力が高いとして遠方からの飛来花粉の可能性を推定している報告もある（パリノ・サーヴェイ株式会社，2007）。こうしたことからクリ花粉の飛散範囲や，落下花粉の組成を明らかにする必要がある。さらに，クリ個体の分布密度と周囲の森林の発達状態を反映する花粉群の特徴が明らかになれば，遺跡周辺のクリ分布を詳細に復元できる可能性がある。

そこで本研究では，クリ花粉の飛散状況を明らかにして，遺跡等での花粉分析結果から過去におけるクリの分布を詳細に特定することを目的に，クリ林内とその周辺の林床表層の花弁，および空中浮遊花粉の調査を行った。表層花粉は，花粉流入速度の正確な定量ができないため主に百分率による相対的な表現となるが，調査地点に堆積した複数年の平均的な花粉組成が明らかになる。それに対し空中浮遊花粉はクリ林内や周辺を空中移動している花粉群を定量的に捉えることができる。一般に，遺跡周辺の低地に堆積する花粉の散布は，林内や林冠を通り抜けて飛来する一次飛散と，開花期後の強風などによる二次飛散，昆虫による搬

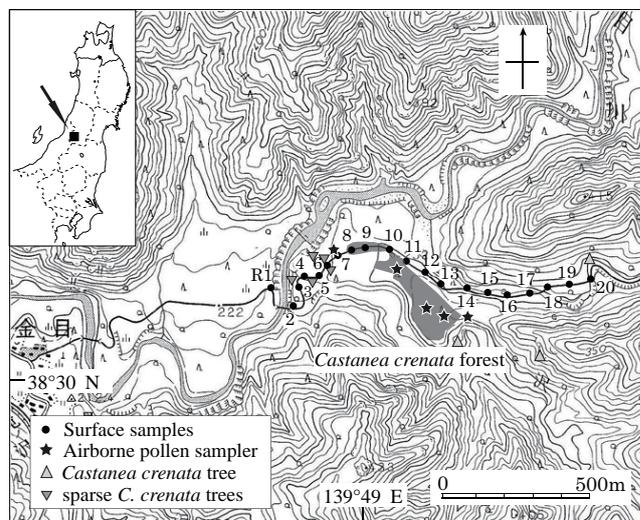


図 1 金目クリ林の位置と周辺林道における表層試料採取地点。地形図は国土地理院発行 1:25,000 「五味沢」を使用。
Fig. 1 *Castanea crenata* forest and sampling points at Ka-neme in Oguni, Yamagata. Based on the 1:25,000 topographic map “Gomizawa” published by the Geographical Survey Institute.

入，堆積盆の集水域からの雨水等による二次堆積が想定されるが，クリの分布を復元するにはまず一次要素である空中花粉の飛散状況を明らかにする必要がある。さらに，本稿では明らかになったクリ花粉の飛散状況の結果に基づき，三内丸山遺跡周辺のクリ林の分布状況について再検討した。

調査地点概要

クリ花粉の飛散は，山形県小国町金目の集落の東方約 1 km にある「まみの平自然観光栗園」で調査した（図 1）。本栗園は金目川左岸の標高 250 m の台地上にあり，東方は朝日山地山麓につながる。この栗園は樹高が低く，枝が広がる一般的な栗園と異なり，クリ個体は約 4 ha に約 600 本と密度が低く，約 50 年生で樹高約 15 m の直立した幹からなり，混み過ぎた個体の抜き伐りや下草刈り等の軽度の管理しか行われていない。栗園は 12 月末から 4 月上旬頃までは雪におおわれ，積雪は多い年で最大約 4 m に達する。約 7.5 km 西方の気象庁 (<http://www.jma.go.jp/>) 小国アメダスによると，最大風速は晩秋の 11 月から春先の 5 月は主に 4～7 m/秒，稀に 8～12 m/秒であるが，クリの開花期である 6 月中旬から 7 月中旬は主に 2～4 m/秒と弱い。1999～2008 年における開花期の最大風速風向は西～西南西方向が卓越している。

クリ林の林床にはワラビ *Pteridium aquilinum* が繁茂し，レンゲツツジ *Rhododendron japonicum* やタラノ

キ *Aralia elata*, ヤブコウジ *Ardisia japonica*, クマイチゴ *Rubus crataegifolius*, ヤマユリ *Lilium auratum*, カタクリ *Erythronium japonicum*, イタドリ *Reynoutria japonica* などや、実生のヤマウルシ *Rhus trichocarpa*, ツタウルシ *Rhus ambigua*, コナラ *Quercus serrata*, ミズナラ *Quercus crispula*, コシアブラ *Acanthopanax sciadophylloides* などが生える。周囲には、スギ林 *Cryptomeria japonica* やコナラを主とする落葉広葉樹林が広がり、オニグルミ *Juglans mandshurica*, ブナ *Fagus crenata*, ミズナラ, クヌギ *Quercus acutissima*, クリ, ケヤキ *Zelkova serrata*, ホオノキ *Magnolia obovata*, カツラ *Cercidiphyllum japonicum*, ウツギ *Deutzia crenata*, ヤマザクラ *Prunus jamasakura*, ウラジロノキ *Sorbus japonica*, キハダ *Phellodendron amurense*, ヤマウルシ, ヌルデ *Rhus javanica* var. *roxburghii*, ヤマモミジ *Acer amoenum* var. *matsumurae*, ハウチワカエデ *Acer japonicum*, イタヤカエデ *Acer momo* var. *marumoratum*, トチノキ *Aesculus turbinata*, タラノキ, コシアブラ, ハクウンボク *Styrax obassia*, アオダモ *Fraxinus lanuginosa* f. *serrata* などや、草本のススキ *Miscanthus sinensis*, ササ属 *Sasa*, ツリフネソウ *Impatiens textoria*, オトコエシ *Patrinia villosa* などが分布する。特に林縁にはヤマウルシが目立つ。また、栗園の西側にはまばらにクリが分布するが、風下の東側は数本あるのみである。つまり、縄文時代における住居の柱材や木柱としての利用から想定されるような直立した幹からなるクリ林であること、軽度の管理しか行われていないこと、クリ林の風下側にクリがほとんど分布しないことから、クリ花粉の飛散調査に適した地点である。

調査と分析方法

クリ林内と周辺の表層花粉と、空中浮遊花粉を調査した(図2)。クリ開花期の6月中旬から7月中旬頃には西方向の風が卓越することから、クリ林に接しておおむね東西方向に伸びる林道沿いも対象とした(図1)。表層花粉試料は、2006年9月27日にクリ林内(M3, L1~20, N1~10), 2006年9月28日に周辺林道脇(R1~20), 2007年8月25日にクリ林東側ライン(E0~20)の其々の土壌表面試料を採取した。クリ林内はL14付近で直行する北西-南東方向と、北東-南西方向の2本の側線沿いに採取した。周辺林道の試料採取地点の植生は、R1がケヤキ, コナラ, タラノキなどの落葉広葉樹, R2~R7がコナラ, ホオノキ, ハクウンボク, ヤマウルシ, クリなどの落葉広葉樹とスギ林, R8~10がクリ林内, R11~13がクリ林東側に隣接するスギ林内, R14~20はオニグルミ, カツラ, トチノキ, カエデ類などの落葉広葉樹とスギである。また、R3~R6の周辺ではクリがまばらに分布する(図1)。クリ林東側ラ

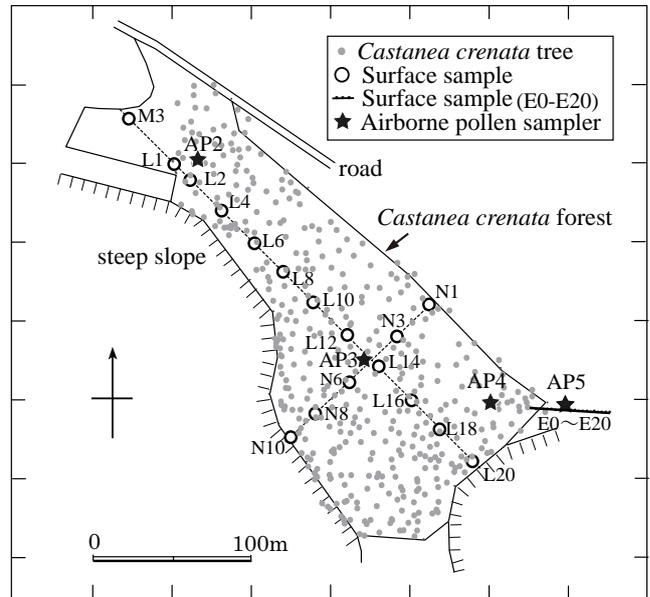


図2 金目クリ林におけるクリ個体の分布と、表層試料採取地点及び空中浮遊花粉採集器設置地点。

Fig. 2 Map showing the distribution of *Castanea crenata* trees and sampling points at Kaneme in Oguni, Yamagata.

イン(風下側)の植生は、E0~5がクリ林内, E6~20はコナラ(胸高周囲長81~86cm, 樹高約17m)を主とし、ヤマモミジ, ヤマウルシ, ホツツジ *Elliottia paniculata*, ハクウンボク, ブナ, ウラジロノキ, マンサク *Hamamelis japonica* などからなる落葉広葉樹林である。

表層花粉の分析試料には、分解が進んだ腐植化層(A₀(H))が利用されることがある(佐々木, 1981)が、本調査では地表面の締りのない葉を除いたA₀₀(L)層下部から原組織が残る落葉分解層のA₀(F)層を用いた。調査した栗園は、戦後1960年頃まで炭焼を行っており、1950年代にクリの定着がある。クリ林内の土層は、地表面よりA₀₀(L), A₀(F), A₀(H), A各層からなり、層厚はA₀(F)層が約1cm以下でA₀(H)層は約1cmである。A層には炭焼に伴うとみられる1mm以下の細かな木炭と微粒炭が多量に含まれている。また、微粒炭はF層には含まれないがH層には多く含まれ、さらにH層には細かな木炭も含まれる。つまり、H層にはA層の堆積物の二次的な混入があることが考えられる。さらに、自然林と異なり、維持管理されているため植栽や伐採などの改変、土壌表層の攪乱もあるためF層の直下が整合面でない場合も想定される。こうしたことから、現在の周辺植生と確実に対応するのはF層あるいはL層下部と考えられる。

採取した試料はチャック付きポリ袋に入れて冷凍庫で保管した。処理は、冷凍庫から出した直後に秤量(感量0.1

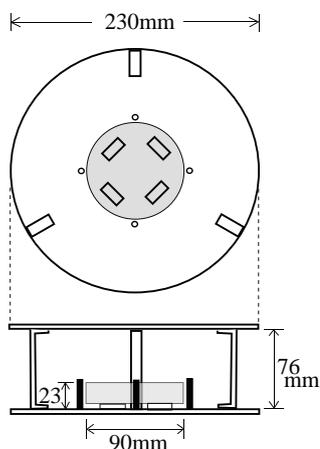


図3 ダーラム型採集器にシャーレを設置した空中浮遊花粉採集器。

Fig. 3 Airborne pollen sampler with a laboratory dish installed in the Durham sampler.

mg) し、分割試料で含水率を求め乾燥重量を算定した。試料をビーカーにとり水 50 ml と 10% KOH 2 ml を加えて分散し、250 μ m の篩でろ過した後に遠心管に移し替えた。その後、48% HF 処理とアセトリシス処理の順で行った。プレパラート作製は、残渣をグリセリンで適量に希釈しタッチミキサーで十分攪拌後、マイクロピペットで取って秤量 (感量 0.1 mg) し、グリセリンで封入した。同定は樹木花粉が 500 粒以上になるまでを目標としてその間に出現したすべての花粉・胞子を計数した。樹木花粉の出現率は、周辺道路の R15 試料にキハダの花序が含まれていたため、樹木花粉総数からキハダ属を除いた花粉数を基数として百分率で求めた。ただし、キハダ属は他の試料では 0 ~ 2 粒と少なく、検出されない試料も多い。

空中浮遊花粉の調査は 2008 年 5 月 3 日 ~ 11 月 18 日まで行った。空中花粉採集器は、頻繁にプレパラートの交換ができないため、ダーラム型採集器を改良してグリセリンを入れたシャーレ (内径 85 mm) を取りつけた (図 3)。このダーラム型採集器をクリ林西側 27 m (AP1) (図 1)、クリ林内 (AP2, AP3, AP4)、クリ林東側ラインの樹冠縁より 8.2 m (AP5) (図 2) の 5 箇所に支柱で地面より 1 m の高さに設置し、各月の 1 日前後に交換した。また、訪花昆虫などによる花粉の混入はデータの混乱になるため、採集器を 1 mm 目の防虫ネットで覆った。ネットの通過率は、ミズナラとミヤマハンノキ *Alnus maximowiczii* 花粉による実験では風速 1 m/秒で約 82% である。さらに、2006 年 7 月に雨量が 624 mm、2007 年 6 月は 391 mm (小国アメダス) と開花期に雨がため、採集器と一緒に円柱型の容器を設置して自然落下と雨水による落下花粉を調査

表 1 金目クリ林と周辺の表層試料及び空中浮遊花粉採集器から検出された花粉と胞子の一覧表

Table 1 List of pollen and spore found in the surface samples and airborne pollen samplers around the *Castanea crenata* forest at Kaneme

Arboreal pollen: *Podocarpus*, *Abies*, *Tsuga*, *Larix*, *Pinus* subgen. *Haploxyylon*, *Pinus* subgen. *Diploxyylon*, *Cryptomeria japonica*, *Chamaecyparis* type, *Torreya* type, *Salix*, *Platycarya*, *Pterocarya*, *Juglans*, *Carpinus/Ostrya*, *Corylus*, *Betula*, *Alnus*, *Fagus crenata*, *Fagus japonica*, *Quercus* subgen. *Lepidobalanus*, *Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis*, *Castanea crenata*, *Castanopsis*, *Ulmus*, *Zelkova*, *Celtis/Aphananthe*, *Moraceae*, *Euptelea*, *Cercidiphyllum*, *Magnolia*, *Hamamelis*, cf. *Prunus*, *Zanthoxylum*, *Phellodendron*, *Daphniphyllum*, *Mallotus*, *Rhus verniciflua*, *Rhus ambigua* type, *Rhus trichocarpa* type, *Rhus javanica* var. *roxburghii*, *Ilex*, *Celastraceae*, *Acer*, *Aesculus turbinata*, *Rhamnaceae*, *Vitis*, *Tilia*, *Actinidia*, *Camellia*, *Araliaceae*, *Cornus*, *Clethra*, *Ericaceae*, *Styrax*, *Fraxinus*, *Sambucus*, *Viburnum*, *Weigela*

Nonarboreal pollen: *Typha*, *Sperganium*, *Gramineae* (*Oryza* type), *Gramineae* (wild type), *Cyperaceae*, *Narthecium* type, *Cannabaceae*, *Moraceae/Urticaceae*, *Rumex*, *Persicaria*, *Reynoutria*, *Fagopyrum*, *Chenopodiaceae/Amaranthaceae*, *Caryophyllaceae*, *Thalictrum*, other *Ranunculaceae*, *Macleaya*, *Cruciferae*, *Saxifragaceae*, cf. *Potentilla*, other *Rosaceae*, *Leguminosae*, *Geranium*, *Impatiens*, *Umbelliferae*, *Gentiana*, *Monotropastrum*, *Solanum*, *Plantago*, *Patrinia*, *Artemisia*, *Ambrosia*, other *Tubuliflorae*, *Liguliflorae*

Spore: *Lycopodium*, *Osmunda*, *Monolete spore*, *Trilete spore*

した。円柱型の容器は、円筒形の容器 (直径 10 cm、高さ 16 cm) の蓋に直円柱パイプ (高さ 7 cm、内径 23 mm) を取り付け、開口部を防虫ネットで覆った (以下では直円柱型採集器と仮称する)。直円柱型採集器は、ダーラム型採集器の西側に 10 cm 離れた所に、パイプの開口部を地面より 1 m の高さに設置した。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 48% HF 処理とアセトリシス処理の順で行った。

結 果

クリ林内と周辺林道などの表層花粉及び空中浮遊花粉から出現した分類群は、樹木花粉 58 分類群、草本花粉 34 分類群、シダ植物胞子 4 分類群である (表 1)。表中で複数の分類群をスラッシュで結んだものは分類群間の区別が明確でないものである。

1. 林床の表層花粉スペクトル

主要花粉の出現率と 1 g あたりの花粉粒数 (pollen concentration; 以下では花粉量と呼ぶ) の変化を図 4 ~ 6 に示す。

クリ林内から出現したスギとコナラ亜属 *Quercus* subgen. *Lepidobalanus*、クリの表層花粉の縦断方向 (M3、

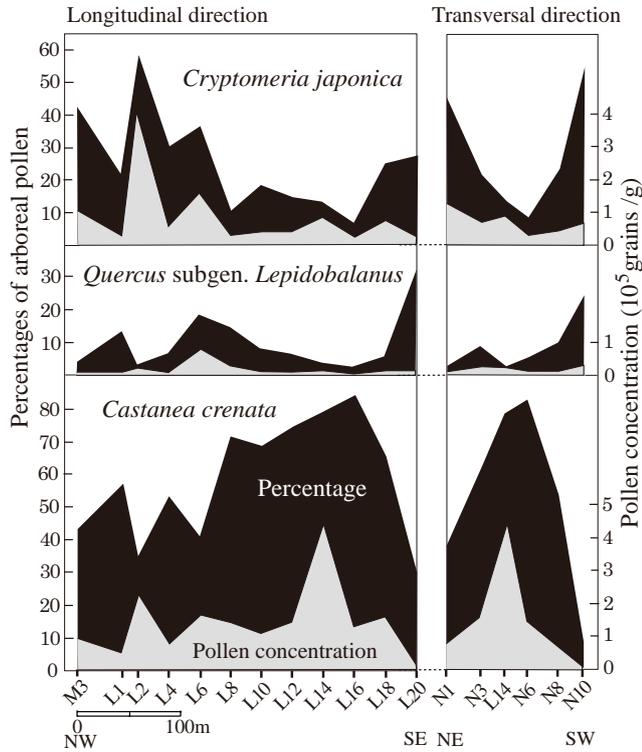


図4 金目クリ林内における表層花粉の出現率と花粉量。
Fig. 4 Pollen spectra from surface samples at the *Castanea crenata* forest at Kaneme.

L1～20)と横断方向(N1～10)の変化を見ると、林内では、クリ花粉が多く試料で優勢でスギやコナラ亜属花粉を比較的高率に伴い、これら3分類群で88～98% (平均±標準偏差は94.4±3.4)と大半を占める(図4)。他にマツ属複雑管束亜属 *Pinus* subgen. *Diploxylon* とクルミ属、ブナが低率ながらほとんどの試料で検出される。クリ花粉は林内で30%以上、中央部のL8～18とN3～6で63～85%と高率である。西側のM3～L6ではスギ花粉の影響を受け35～58%と変動が大きく、縁辺部では急減し南西縁のN10で9%に低下する。花粉量は、クリ林内では58,630粒/g以上含まれ、出現率が63%以上を占めるクリ林内部では113,500～453,380粒/gと多く、縁辺のN10では9690粒/gと少なくなる。クリ花粉総数に占める花粉塊数の割合は、0～0.022 (平均0.008±0.006)である。コナラ亜属花粉は、クリ林内では3～15% (平均6.3±3.6, 4580～31,440粒/g)であるが、縁辺ではL1, L6, L20, N10のように14～32% (14,230～80,980粒/g)と相対的に高くなる。スギ花粉は西側のM3～L6や縁辺では22～58% (22,340～392,940粒/g)とほぼ高率であるが、内部では8～26% (11,550～80,440粒/g)になる。縁辺部では、クリ花粉の減少に伴いコナラ亜属やス

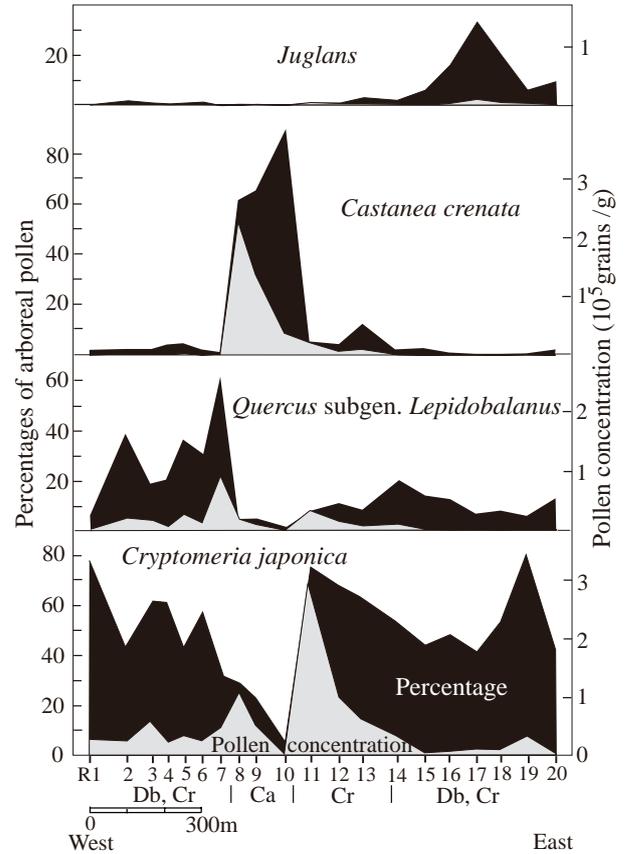


図5 金目クリ林周辺の林道における表層花粉の出現率と花粉量 (Db: 落葉広葉樹林, Cr: スギ林, Ca: クリ林)。
Fig. 5 Pollen spectra from surface samples around the *Castanea crenata* forest at Kaneme (Db: Deciduous broadleaved forest, Cr: *Cryptomeria japonica* forest, Ca: *Castanea crenata* forest).

ギ花粉の出現率が高くなるが、花粉量の変化からはこれらの出現率の増加が主にクリ花粉の減少により過大に表現されていることがわかる。

クリ林を通るほぼ東西方向の周辺林道から出現した主要な樹木花粉の変化を見ると、周辺林道では、スギ、コナラ亜属、クリ、クルミ属花粉が高率ないし比較的高率に出現する(図5)。マツ属複雑管束亜属やカバノキ属 *Betula*, ハンノキ属、ケヤキ属花粉がほとんどの試料で検出され、花粉組成は採取地点の周辺植生に対応して変動する。クリ花粉は、林内のR8～10では63～91%と高率に出現するが、クリ林から離れると急減し東側に隣接するスギ林内のR11～13で6～13%、クリ林から直線距離で85m離れたR14で2.4%、約200m離れたR17以遠で概ね1%以下になる。花粉量はクリ林内では50,580～298,260粒/gであるが、東側に隣接するスギ林で16,760～29,030粒/g、R14で1890粒/g、R17以遠では180～380粒/g

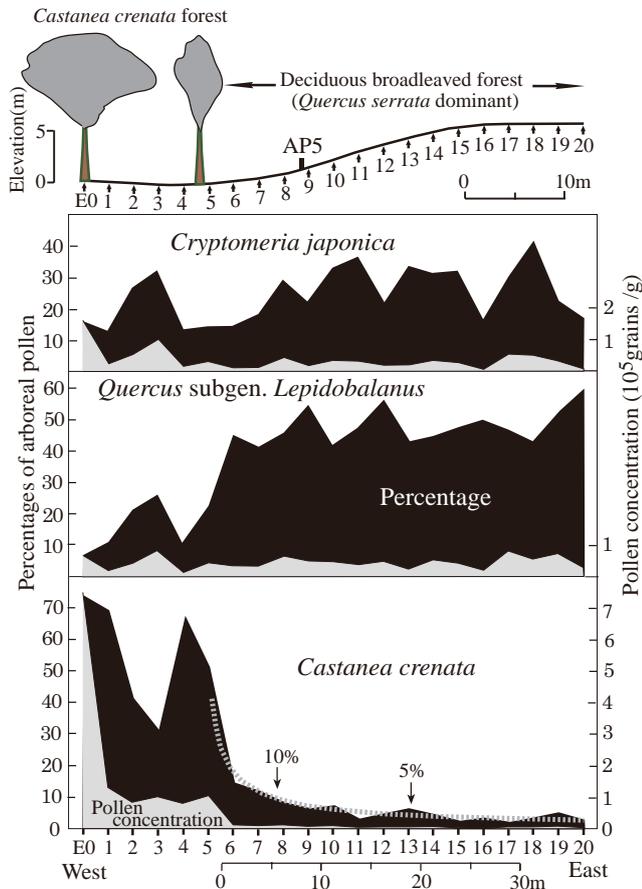


図6 金目クリ林東ラインにおける試料採取地点の地形セクション及び表層花粉の出現率と花粉量。

Fig. 6 Landform section of sampling points and pollen spectra from the surface samples along the east line across the *Castanea crenata* forest at Kaneme.

gと減少する(図5)。また、クリ林西側でまばらにクリが分布する地点では2.4~5.1%を占め、花粉量は1370~5140粒/gである。クリ花粉総数に占める花粉塊数の割合は、クリ林内で0.003~0.0150、林外は稀である。コナラ亜属花粉は、クリ林西側のコナラを含む落葉広葉樹林とスギ林内では19~62%と高率ないし比較的高率に出現するが、クリ林内では2~5%と低率で、クリ林東側で6~20%である。花粉量はコナラ林縁のR7で119,650粒/gと極めて多く、クリ林東縁のR10で930粒/gと少なくなるが、R2~R14では10,210~40,490粒/gと著しい変動をしない。R15より東では910~2580粒/gと少なくなる。逆にR15より東側ではクルミ属花粉の出現率が比較的高率になりR17で33%占め、花粉量も11,860粒/g検出される。スギ花粉はクリ林内では6~29%であるが、林外ではクリ林西側R7のコナラ林縁で32%と若干低い

以外は43~80%と高率に出現する。花粉量はスギ林内で81,400~385,010粒/gと多量に含まれるが、クリ林内で3090~139,780粒/g、クリ林西側とR14以遠では3000~76,850粒/gで変動する。

クリ林東側ラインにおける表層花粉の変化は、林内で優勢であったクリ花粉が林外で急減し、逆にコナラ亜属花粉が急増して高率に出現する(図6)。また、スギ花粉を比較的高率に伴い、マツ属複雑管束亜属やクルミ属、ブナ、ケヤキ属花粉が大半の試料で検出される。クリ林東側ライン50mのクリ花粉の変化は、林内では32~74%と高率であるが、近似曲線($y = 42.4x^{-0.71}$, $R = 0.94$ (y : 頻度, x : 距離))より樹冠縁から約6mで10%、約19mで5%に急減し、38mで約3%になる。花粉量は、クリ林内では約80,730~749,140粒/gと多量に検出されるが、樹冠から離れると約12,000万粒/gに急減し、約19m以遠で5000粒/g以下になる。クリ花粉総数に占める花粉塊数の割合は、林内で0~0.010(平均 0.007 ± 0.009)、樹冠縁から東側19mの範囲では0~0.021(平均 0.009 ± 0.010)である。樹冠から約21m以上離れた地点では花粉塊は検出されない。コナラ亜属花粉は、クリ林内では7~26%であるが、林外のコナラを主とする落葉広葉樹林で急増して41~60%と高率に出現する。花粉量は、林内で12,720~82,920粒/g、林外で20,670~85,750粒/gとそれほど違いがあるわけではない。スギ花粉はコナラ亜属花粉と同様に、クリ林内より林外で出現率が全般に高くなり、林内で13~32%、林外で14~42%である。花粉量は、E0で162,860粒/g、E3で101,400粒/gと林内の一部で多量に検出されるが、それ以外の地点では変動が少なく大半が2~4万粒/gの範囲で検出される。

2. 空中浮遊花粉スペクトル

2008年5月~11月のダラム型採集器による空中浮遊花粉と、直円柱型採集器による自然落下と雨水等による落下花粉の計数結果によると、空中浮遊花粉では、クリは林内のAP2~4で191~234粒/cm²であるが、林より西側27mのAP1で26粒/cm²、東側の樹冠縁より8.2mのAP5で16粒/cm²と少なくなる(図7a)。コナラ亜属は772~1337粒/cm²、ブナは64~73粒/cm²、クルミ属は97~177粒/cm²と地点間の変動は少ない。ただし、防虫ネットの通過率が約82%であるため、実際はもう少し多くなる。一方で、自然落下や雨水等による落下花粉では、クリ花粉は林内で5440~5779粒/cm²と多量であるが、林外西側で391粒/cm²、東側で178粒/cm²と急減する(図7b)。コナラ亜属花粉はクリ林内では175~306粒/cm²と少ないが、コナラが分布する林外のAP1とAP5では2368~4455粒/cm²と多い。また、クルミ属は

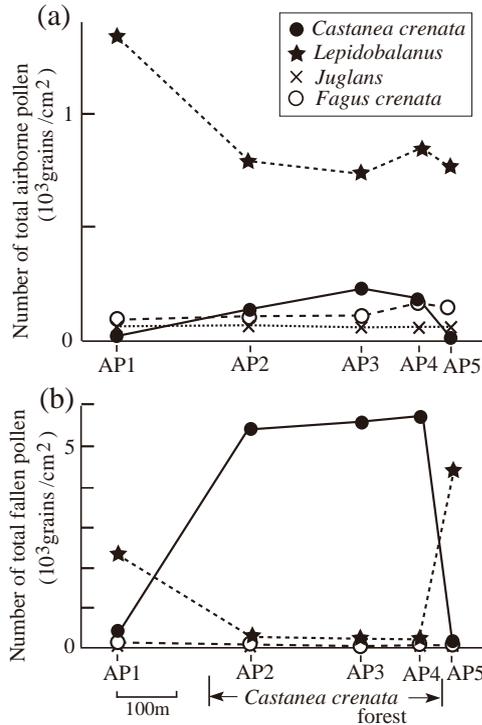


図7 小国町金目における2008年5月から11月のダークラム型採集器による空中浮遊花粉数 (a) と直円柱型採集器による落下花粉数 (b)。

Fig. 7 Counts of airborne pollen with the Durham type samplers (a) and fallen pollen with the right cylinder type sampler (b) from May to November in 2008 at Kaneme.

37 ~ 123 粒/cm², ブナは 15 ~ 58 粒/cm² と少量で変動も少ない。クリ花粉総数に占める花粉塊数の割合は、ダークラム型採集器では林内の AP2 ~ 4 で 0.007 ~ 0.008, 林外の AP5 が 0.004, 直円柱型採集器では林内が 0.001 ~ 0.004, 林外の AP1 が 0.012 である。ダークラム型採集器の AP1 と、直円柱型採集器の AP5 からは花粉塊が検出されなかった。なお、2008 年 6 月中旬 ~ 7 月中旬の小国アメダス (気象庁 (<http://www.jma.go.jp/>)) の最大風速風向は主に西 ~ 西南西 (主に風速 2 ~ 4 m/s) が卓越している。2008 年は雨量が少なく、6 月が 50 mm, 7 月が 197 mm であった。

クリ花粉の一次飛散と二次飛散の状況を、ダークラム型採集器による空中浮遊花粉の月々の変化でみてみると、クリの開花期は 6 月中旬から 7 月中旬に渡るため、地点によりピークは異なるが大半の花粉が 6 ~ 7 月の間に飛散していることがわかる (図 8)。また、8 ~ 9 月にも少量飛散し、10 月には AP2 を除いて二次飛散の小ピークが認められる。開花期の後に二次飛散した花粉の割合は、林内の AP2 ~

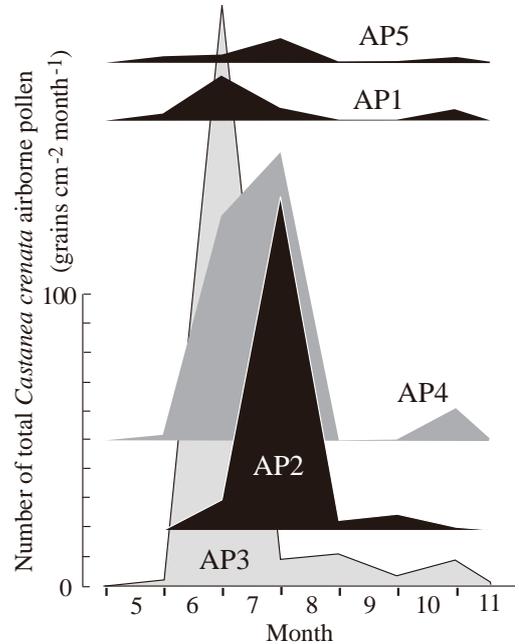


図8 金目クリ林におけるクリ空中浮遊花粉数の月々の変化。
Fig. 8 Monthly change of total airborne pollen counts of *Castanea crenata* in the *C. crenata* forest at Kaneme.

4 で 6 ~ 11%, 林外の AP1 が 24%, AP5 が 30% と林外で割合が高い。

考 察

1. クリ花粉の飛散状況とそれに基づくクリ林存在の推定

金目におけるクリ林内と、周辺林道、クリ林東側ラインの表層花粉の百分率と花粉量の変化に基づくと、以下のようなクリ花粉の散布状況が指摘できる (図 9)。すなわち、1) クリ純林内では、樹木花粉総数を基数とした出現率は 30% 以上、林内に約 25 m 以上入った中央部で約 60% 以上を占め、花粉量は約 5.9 万粒/g 以上、中央部で約 11 万粒/g 以上である。2) クリ林から離れると急減し、風下側の樹冠縁から約 20 m で 5% 以下、約 200 m では 1% 以下になる。花粉量も 20 m 以内では 4800 ~ 29,000 粒/g であるが、約 20 m で約 5000 粒/g 以下、約 200 m で約 400 粒/g 以下と減少する。3) 落葉広葉樹とスギを主体とする森林にクリがまばらに分布する地点では 2.5 ~ 5%, 花粉量は 1400 ~ 5100 粒/g である。

クリ林における空中浮遊花粉の調査結果によれば、林内に浮遊しているクリ花粉は少なく、周辺に分布する風媒花のコナラ亜属の花が多く浮遊し、クルミ属やブナなどの風媒花粉も広く飛散している。また、クリ花粉は自然落下や雨水による落下により林床に多く堆積している。なお、

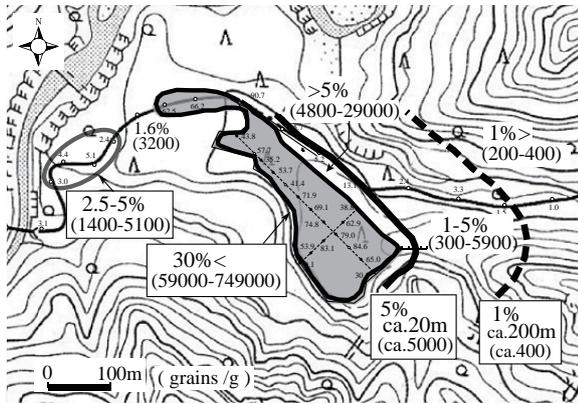


図9 金目クリ林におけるクリ花粉の散布。
 Fig. 9 Dispersal of *Castanea crenata* pollen around the *C. crenata* forest at Kaneme.

二次飛散の割合は林内で6～11%，林外で24～30%である。したがって、堆積物からクリ花粉が微量に検出された場合は、一部は強風時の二次飛散により遠距離飛来した可能性があるものの、絶対量が少ないことや他の樹種も同様に二次飛散することを考慮すれば花粉組成への二次飛散の影響はほとんどないと考えられる。

以上のように、空中浮遊花粉と表層花粉の結果から、クリ花粉が極めて飛散し難いことが明らかになった。こうしたことから、クリ花粉の出現率と主要な森林構成要素の花粉組成の層的变化からクリ林の存在を推定できる。つまり、周囲に森林が発達している地域ではクリ花粉の約30%以上の高率出現は調査地点におけるクリ林ないしクリ個体の存在を示し、さらに約30%以上の高い出現率で地史的に1個体の寿命を超えて連続している場合は、複数の個体が存在し続けた可能性が高いため、クリ林だったと推定される。5～1%でも約20～200m離れた所にクリ林ないしクリ個体の存在が推定される。また、周囲に森林が発達している金目クリ林においては、クリ林内に約25m以上入った内部では風媒種のスギとコナラ亜属花粉が11～32%に対しクリ花粉は63～85%と高率に出現するため、クリ花粉が約60%以上の高率で出現する場合は分析地点を中心とした半径約25m以上の範囲でクリ純林が形成されていた可能性が高い。さらに、クリ林の広がり进行を明らかにするには、クリ花粉が飛散し難いため空間的検討が必要である。また、広範囲にクリ純林が形成されていた場合には主要な森林構成要素であるコナラ亜属やブナなどの風媒種で広域に飛散する花粉の流入量が少なくなることが想定されるため、流入量の変化もクリ林の分布状況と関係すると考える。一方で、200m離れた地点ではクリ表層花粉の出現率が1%程度と低くなることに加え、昆虫などの

風以外の散布による可能性もあるため、クリ花粉の出現率が1%以下の場合はクリ個体の生育地点を推定することは難しいと考える。

花粉散布・堆積を考える場合には、散布源を中心にした視点と堆積の場を中心においた視点があり、実際に花粉集団が得られる堆積の場から周囲の植生を考える立場が現実的であるとされている(米林, 1990)。この見解は風媒種の樹木が優勢な植生では妥当と言える。しかし、堆積の場から200m以上離れた所にクリ林が広がりその間に森林が発達していた場合には、クリ林の存在を推定することは難しいため風媒種の樹木が優勢な植生が推定される恐れがある。クリ以外にも、虫媒種の樹木が遺跡を中心に分布していたことを想定させる例には、縄文中期後半以降の関東から東北地方の遺跡周辺におけるトチノキ花粉の多産(吉川, 2008)や、仙台平野北部の沼向遺跡の古墳時代から近世におけるモモ *Prunus persica* 完形核の多産(吉川, 2010)などがある。このような場合には、堆積の場を中心とした視点のみでは植生復元に限界があり、散布源における飛散状況も含めて検討する必要がある。

清永(2000)は、クリ個体が疎らに分布する地点の空中花粉を調査し、クリ空中花粉総数に占める花粉塊の割合が、クリ個体から50mの範囲で減少するが50～数百mの範囲では安定するとし、0.01(アセトリシス処理試料)を超えていれば約50m以内にクリ母樹が存在した可能性を示唆している。ところが金目クリ林と周辺における花粉塊の割合は、クリ林内表層で0～0.022(平均0.008, 試料数26)、クリ林東側ラインの樹冠縁から19mの範囲で0～0.021(平均0.009, 試料数8)、空中浮遊花粉では0～0.008(平均0.005, 試料数5)である。つまり、林内と林外19mの範囲の表層花粉、及び空中浮遊花粉で花粉塊の割合に違いはなく、林内でも花粉塊が検出されない試料もある。また、樹冠縁から21m以上離れた地点では花粉塊が検出された試料は少ない。2007年5～11月にダーラム型採集器を防虫ネットで覆わないで調査したところ、シャーレに0～8匹の昆虫が混入し、一部の試料では周辺試料と比べて月毎の変化で際立って異なる花粉組成を示した。際立った多産を示した花粉には、クリ、トチノキ、サクラ属、キハダ属、ウコギ科 *Araliaceae*、ユキノシタ科 *Saxifragaceae*、タケニグサ属 *Macleaya*、ツリフネソウ属などがあり、いずれも虫媒種であることから昆虫に付着した花粉による汚染が原因と考えられる。したがって、クリ個体から50m以上離れた地点からも花粉塊が検出(清永, 2000)されたのは、風による散布ではなく昆虫などによる散布の可能性が高い。このように、花粉塊の出現が近接地におけるクリ個体の存在を必ずしも示すわけでないが、林内や近辺で花粉塊が検出される確率が高いため、層的に連続した花粉塊の出現

はクリ個体の存在を強く支持する。

2. 三内丸山遺跡周辺の縄文時代のクリ林の推定

前節のクリ花粉の飛散状況に基づき、三内丸山遺跡周辺の縄文時代前期から後期頃のクリ林の分布状況について検討した。クリ花粉の出現率からクリ林の分布状態と調査地点からの距離を判断する基準は、クリ花粉が約 60% 以上はクリ純林の中で林縁まで 25 m 以上の場所で、約 30% 以上はクリ林内で林縁から 25 m 以内の場所ないしクリ個体の樹冠直下、約 30 ~ 5% はクリ林外で 20 m 以内にクリ林ないしクリ個体が分布し、約 5 ~ 1% はクリ林外で約 20 ~ 200 m の範囲にクリ個体が分布した可能性が高いとした。また、約 5% 以上で地史的に連続した出現は複数のクリ個体の存在を示すためクリ林の可能性がある。地史的な連続期間は、縄文人のクリ林の利用状況により異なるが、縄文中期の掘立柱建物のクリ柱根の年輪が 84 年 (直径約 50 cm) と 89 年 (直径約 40 cm) である (木村, 2003) ため、ここでは約 90 年以上とした。

三内丸山遺跡は青森平野西部の北八甲田連峰から続く丘陵先端の段丘上にあり、縄文時代前期中頃から中期末までの長い期間にわたって営まれた円筒土器文化期の拠点的なムラである。本遺跡では、ムラの生態系を時間的・空間的に復元するために、P1「北の谷」、P2「第 6 鉄塔地区」、P3「第 6 次調査区」、P5「南地区 1 トレンチ」、P6「南盛土」、P7・P8「南の谷」などの多地点で花粉化石群の調査が行われている (図 10; 吉川ほか, 2006)。P6「南盛土」を除いては低湿地性堆積物からなり、P1, P2, P3 は調査区北部の沖館川に面する台地北側斜面、P7, P8 は調査区中南部で縄文時代前期から現在まで湿地の「南の谷」、P5 は「南の谷」奥の南側斜面にある。

北の谷の P1 では、縄文前期中頃にムラが出現する前後の約 5700 ~ 4700 yr BP (約 6500 ~ 5350 cal BP) 間の花粉化石群の変化が明らかになっている (図 10a)。P1 ではクリ属花粉はムラ出現前には 1 ~ 5% と低率であるが一部層準で 27% と高くなり、ムラ出現後に急増して 38 ~ 94% と高率に出現する。つまり、P1 周辺の約 20 ~ 200 m には、ムラが出現する前にはまばらにクリ個体が分布し一時期は 20 m 以内にクリ個体が分布していたが、ムラ出現に伴いクリが分布を拡大して P1 を中心とした谷の周囲 25 m 以上の範囲までクリ純林が形成されたと推定される。また、周辺で主要な森林構成要素と推定される風媒種のブナとコナラ亜属花粉の出現率がムラ出現前に 81% から 13% へと急減し、ムラ出現後には約 2 ~ 10% と低率であることや、花粉流入量がムラの出現前の約 5700 yr BP とムラ出現後の約 4900 yr BP (約 5600 cal BP) の比較ではクリ属が 40 倍に増加し、コナラ亜属は 1/7、ブナは 1/8 に

減少している (吉川ほか, 2006) ことからクリ純林の存在が支持される。

第 6 鉄塔地区の P2 ではムラ出現の頃からクリ属花粉が 57 ~ 81% と高率に出現し、ムラ出現後も 33 ~ 95% と高率に出現するため、縄文前期中 ~ 末頃には P2 の周囲 25 m 以上の範囲までクリ純林が形成されていたと推定される。第 6 次調査区の P3 ではムラ出現後に当たる縄文前期末頃にクリ属花粉が 54 ~ 97% と高率に出現することから、周囲 25 m 以上の範囲までクリ純林が広がっていたと推定される。南地区 1 トレンチの P5 においても縄文中期末頃にクリ属花粉が 66 ~ 90% と高率に出現するため、周囲 25 m 以上の範囲までクリ純林が分布していたと推定される。南盛土の P6 は風成堆積物で検出した花粉は少ないが、縄文中期前半の盛土層 (層厚約 2 m) の 7 層準から樹木花粉が 2 ~ 46 粒出現し、盛土上層でブナが 1 粒出現したほかはすべてクリ属であった。南盛土付近の台地にはクリのみが分布していた可能性が推定される。

南の谷の P7 ではムラ出現前にはクリ属花粉が 17 ~ 28% であるが、ムラ出現後に増加し縄文前期末頃から縄文中期には 61 ~ 82% と高率に出現する。一方で、ブナ属とコナラ亜属花粉の出現率はムラ出現前には 32 ~ 50% と高率であるが、ムラ出現後に減少し縄文前期末頃から縄文中期には 4 ~ 12% と低率になる。つまり、ムラ出現前には P7 から 20 m 以内にクリ林が分布していたか、あるいはクリとコナラ亜属などが混じった落葉広葉樹が分布していたと推定され、ムラ出現後にはコナラ亜属は縮小し縄文前期末頃から中期には P7 を中心とした谷の周囲 25 m 以上の範囲までクリ純林が形成されていたと考えられる。一方で、縄文後・晩期には 1 ~ 6% までクリ属花粉は急減するが、ブナやコナラ亜属の増加は顕著でなく 14 ~ 25% 程度である。これら以外にトチノキ属 (約 20 ~ 55%) とハンノキ属 (約 13 ~ 39%) が増加して高率ないし比較的高率に出現する。こうした変化は、P7 から 20 m の範囲ではクリ林が消滅し、約 20 ~ 200 m の範囲にはクリが分布していたと推定される。また、P8 においても P7 とほぼ同様な変化を示し、縄文前期から中期にはクリ属花粉が 37 ~ 76% と高率に出現するため周囲 25 m 以上の範囲までクリ林が広がっていたと推定される。

本遺跡の南側で「南の谷」の奥に位置する近野遺跡では縄文前期から中期の花粉化石群の調査が D 区と F 区で行われている (田中・辻本, 2006; パリノ・サーヴェイ株式会社, 2007)。F 区ではクリ属花粉が縄文前期に 5 ~ 55%、縄文中期に 21 ~ 60% と変動が大きいものの 60% 程度で出現する層準が認められる。また、ブナ属とコナラ亜属は縄文前期で 17 ~ 50%、縄文中期でも 14 ~ 23% と比較的高率に出現する。F 区ではクリ属花粉の変動が大きい

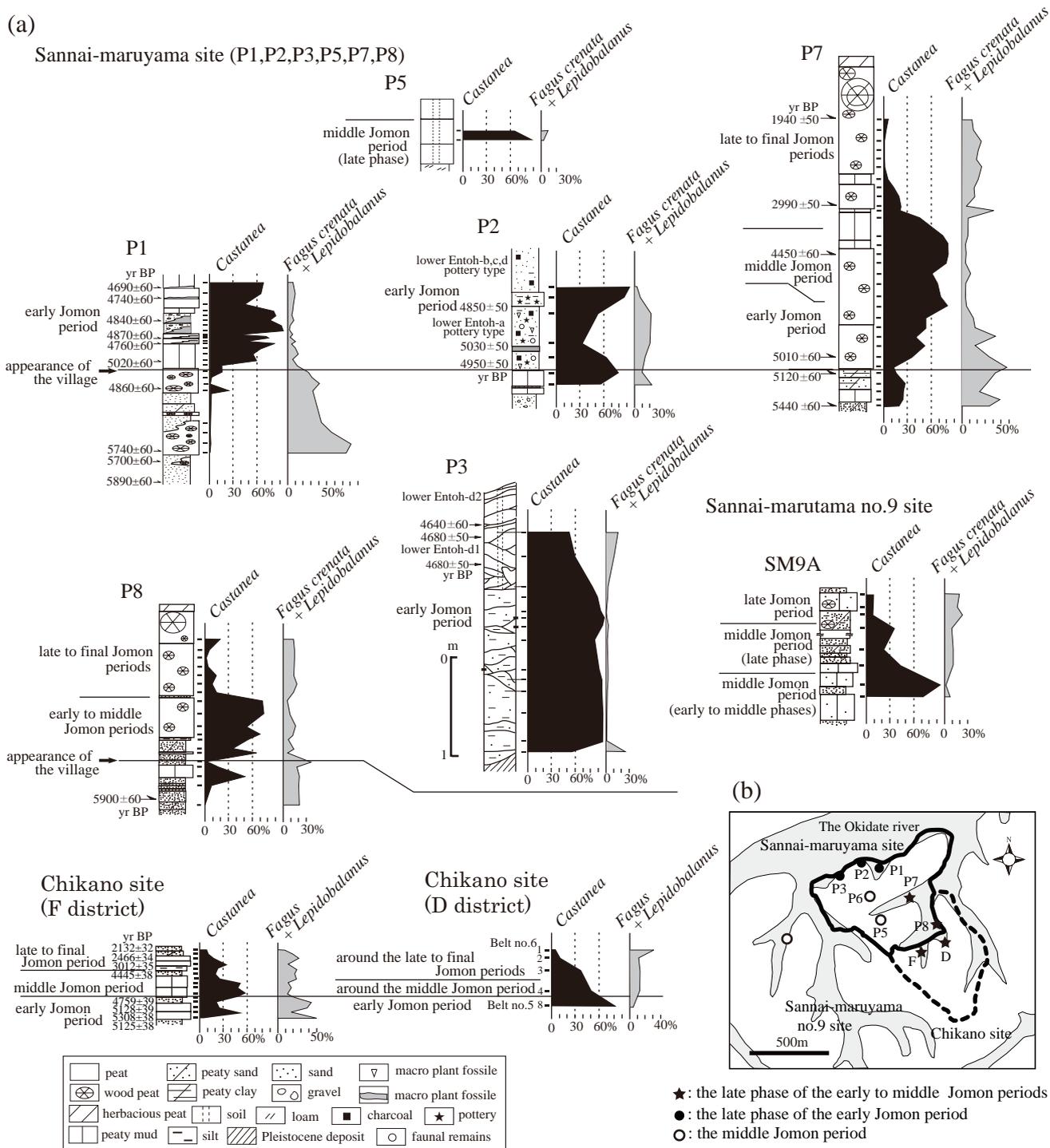


図 10 三内丸山遺跡と、近野遺跡、三内丸山 (9) 遺跡におけるクリ属とブナ、コナラ亜属花粉の出現傾向 (a) と縄文時代前期から中期のクリ林の分布 (b) (a は田中・辻本, 2006; 吉川ほか, 2006; パリノ・サーヴェイ株式会社, 2007; 吉川, 2008 より作成)。

Fig. 10 Pollen spectra of *Castanea*, *Fagus crenata* and *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* (a) and reconstructed distribution of *Castanea crenata* forests during the early to middle Jomon periods (b) at the Sannai-maruyama, Chikano, and Sannai-maruyama no. 9 sites (a: modified from Tanaka & Tsujimoto (2006), Yoshikawa et al. (2006), Palynosurvey Co. Ltd. (2007), and Yoshikawa (2008)).

め、縄文前期から中期にはクリ林の縁辺部であったか、あるいはクリ林にコナラ亜属が混じっていた可能性がある。一方で、D区では縄文前期にクリ属花粉が80%、縄文中期頃には51%と高率に出現することから、縄文時代前期頃には調査地点の周囲25 m以上の範囲までクリ純林が形成されていたと推定される。

沖館川の支流を挟んで三内丸山遺跡の西側約500 mにある三内丸山(9)遺跡では、縄文中期から後期の花粉化石群の調査が行われている(吉川・吉川, 2008)。本遺跡のSM9Aでは、縄文中期前～中葉頃にはクリ属花粉が72～96%と極めて高率に出現し、縄文中期後葉頃には21～44%に減少し、縄文後期には9～10%になる。ブナとコナラ亜属は縄文中期前～中葉頃には1～7%と低率で、縄文中期後葉頃には9～10%であるが縄文後期には16～22%と出現率が幾分高くなる。こうした変化は、縄文中期前～中葉頃には調査地点を中心とした周囲25 m以上の範囲までクリ純林が広がっていたが、縄文中期後葉頃には周囲のクリ林が縮小し、縄文後期には周囲20 mの範囲のクリ林が消滅し、丘陵上ではコナラ亜属やブナが分布拡大した可能性が推定される。

三内丸山遺跡と周辺の調査地点は、台地斜面上方の小規模な谷と遺跡内に谷頭がある開析谷、およびやや谷奥に位置し、集水域が狭いため堆積物の現地性は高く、流水により長距離運搬された花粉は含まれない。さらに、集水域が狭いことから花粉が流れ込んでもその移動距離は短く植生復元への影響は少ないと考える。また、調査地点は湿地縁より15 m以内にあり、湿地周辺の台地斜面にクリ個体があった場合には樹冠直下ないし樹冠縁に近接するため表層花粉の結果を適用できると考える。

以上のように、三内丸山遺跡ではムラが出現した後の縄文前期中～末頃にはP1「北の谷」とP2「第6鉄塔」、縄文前期末頃にはP3「第6次調査区」、縄文前期末～中期にはP7「南の谷」とP8「南の谷」、縄文中期末にはP5「南地区」の各地点において調査地点付近の台地斜面から台地縁にクリ純林が広がっていたことが推定される(図10b)。小国町金目の表層花粉の約60%以上を占めるクリ属花粉の出現率から推定されるクリ純林の分布範囲は、クリ林の周囲にコナラ亜属やブナなどの風媒花の落葉広葉樹林が形成されていた場合には、調査地点を中心として半径約25 m以上の広がりか推定される。この範囲で調査地点が重なるほどの間隔で調査されているわけではないが、任意に選択され調査した各地点でクリ属花粉が60%以上の高率を占めることから、三内丸山遺跡内では縄文前期末頃から中期には少なくとも台地斜面から台地縁付近にはほぼクリの純林が形成されていた可能性が推定される。また、「北の谷」でムラ出現前と後における花粉流入量の変化がクリ属花粉

で40倍に増加したのに対し、コナラ亜属やブナのそれが1/7～1/8に減少していることからクリ林の形成が支持される。台地上については、堆積物が風成のため一般に花粉化石が分解されていることから花粉化石群の時間的、空間的な検討が出来ないが、縄文中期前半の「南盛土」においてほぼクリ花粉のみが出現していること、開析谷内の低湿地性堆積物においても広域に飛散する風媒種のブナやコナラ亜属花粉の出現率が低いことから、分布状況は不明であるが住居や掘立柱建物などの施設を除く部分にクリがあった可能性が考えられる。さらに、三内丸山遺跡の西側約500 mにある三内丸山(9)遺跡(吉川・吉川, 2008)では縄文中期前～中葉にクリ純林があったことが推定され、本遺跡の南側に隣接する近野遺跡では縄文前期から中期にクリ林があったことが推定されるため、縄文前期末頃から中期には三内丸山遺跡周辺のほとんどの台地斜面から台地縁にクリの純林が形成され、広い範囲にクリがあった可能性が推定される。

一方で、百分率の相対評価だけでは、クリ林の分布状況の復元には限界がある。すなわち、クリ林の密度が低かったり分布範囲が狭かったりしても周囲にブナやコナラ亜属などの風媒種の樹木が少ない場合には、クリ属花粉が高い出現率を呈することがありうる。また、クリ属花粉の出現率が5%以下の場合には、試料採取地点がクリ林の周辺であると考えるだけでなく、クリ個体がまばらな範囲に位置したこともありうるため、クリ林とクリ個体の区別が出来ない。これらについては相対評価のみでなく花粉流入量も含めて検討することにより明らかになる可能性はある。

なお、縄文時代にクリ属花粉が約60%と高率に出現する地点は、前期では宮城県東松島市の島嶼部にある里浜貝塚、前期から中期では青森市大矢沢野田(1)遺跡、中期には埼玉県川口市の大宮台地にある石神貝塚、後期には新潟県胎内市の沖積低地にある野地遺跡、晩期には八戸市是川中居遺跡などの多くの遺跡がある(吉川・吉川, 2005; 吉川, 2002, 2008, 2009など)。こうしたことから関東から東北地方及びその周辺の各地では縄文前期から晩期に遺跡を中心になんとも直径50 m以上の広がりを持つクリの純林が形成されていたことが想定されるため、生業が活発な平野から丘陵、盆地等における植生史においては特にクリ属花粉の出現傾向に着目する必要がある。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、新潟県立博物館の荒川隆史氏(現所属:(財)新潟県埋蔵文化財調査事業団)と小国町金目まみの平自然観光栗園の市嶋徳昭氏にはクリ林の調査に際し種々の便宜をはかっていただいた。小国町古田在住の安部幹夫氏、古代の森研究舎の吉川純子氏には試料採取

に御協力いただいた。福島大学の木村勝彦准教授、首都大学東京の山田昌久教授にはご助言を賜った。金目クリ林のクリ個体の位置や樹齢については、福島大学の木村勝彦准教授と、当時の研究室の学生であった沼田早織、根本麻衣、箱崎真隆、益子貴義氏、当時、会津美里町教育委員会の猪狩俊哉氏の調査結果を利用させていただいた。以上の方々に厚く御礼申し上げます。なお、本研究は科学研究費補助金基礎研究B「縄文時代のクリ利用に関する考古学・民俗学・年輪年代学的研究」(課題番号18320130, 代表者: 荒川隆史)の研究費の一部を使ってなされた。

引用文献

- Andersen, S. Th. 1967. Tree-pollen rain in a mixed deciduous fores in South Jutland (Denmark). *Review of Palaeobotany and Palynology* 3: 267-275.
- Igarashi, Y. 1987. Pollen incidence and wind transport in central Hokkaido (II). *Research Bulletins of the College Experiment Forests, Faculty of Agriculture, Hokkaido University* 44(2): 477-506.
- Janssen, C. R. 1973. Local and regional pollen deposition. "Quaternary Plant Ecology" (H. J. B. Birks & R. G. West, eds.), 31-42. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- 木村勝彦. 2003. 縄文時代のクリ材の年輪解析による高精度編年の試み. 「特別史跡三内丸山遺跡年報-5-」(青森県教育庁文化財保護課三内丸山遺跡対策室編), 33-35. 青森県教育委員会, 青森.
- 気象庁. 気象庁ホームページ気象統計情報. <http://www.jma.go.jp/>.
- 清永丈太. 2000. クリ空中花粉数と母樹からの距離との関係. *植生史研究* 8: 81-85.
- 壽 和夫. 1989. クリ. 「植物遺伝資源集成 第1巻」(松尾孝嶺監修), 1174-1181. 講談社, 東京.
- 守田益宗. 1984. 東北地方の亜高山帯における表層花粉と植生の関係について. *第四紀研究* 23: 197-208.
- 守田益宗・神谷千穂・那須浩郎・百原 新. 2006. 北海道根釧地方における湿原表層の花粉スペクトル. *植生史研究* 14: 45-60.
- 中村 純. 1967. 花粉分析. 232 pp. 古今書院, 東京.
- パリノ・サーヴェイ株式会社. 1984. 武蔵野公園低湿地遺跡の試料分析・同定結果. 「武蔵野公園低湿地遺跡野川調整池(A地域)工事に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書」(武蔵野公園泥炭層遺跡調査会編), 3-29. 武蔵野公園泥炭層遺跡調査会, 東京.
- パリノ・サーヴェイ株式会社. 2007. 近野遺跡D区谷の古環境解析. 「近野遺跡X-県立美術館及び県道里見丸山線建設事業に伴う遺跡発掘調査報告-」(青森県埋蔵文化財調査センター編), 154-169. 青森県教育委員会, 青森.
- 佐々木昌子. 1981. ブナ属花粉の出現率について. *花粉* 16: 15-21.
- 佐々木昌子. 1986. 植生の異なる地域に発達する湿原の表層堆積物の花粉組成の比較. *第四紀研究* 25:13-19.
- 佐竹義輔・原 寛・亘理俊次・富成忠夫, 編. 1989. 日本の野生植物 木本I. 321 pp. 平凡社, 東京.
- 田中義文・辻本崇夫. 2006. 「近野遺跡IX-県立美術館及び県道里見丸山線建設事業に伴う遺跡発掘調査報告-」(青森県埋蔵文化財調査センター編), 241-259. 青森県教育委員会, 青森.
- 塚田松雄. 1967. 過去一万二千年間:日本の植生変遷史I. *植物学雑誌* 80: 323-336.
- 塚田松雄. 1974. 古生態学I-基礎編一. 149 pp. 共立出版株式会社, 東京.
- 米林 伸. 1990. 花粉分析による植生の空間分布の復元. *植生史研究* 5: 19-26.
- 吉川純子. 2010. 沼向遺跡出土種実から見た古環境と植物利用. 「沼向遺跡調査-宮城県仙台台背後地土地区画整理事業関係遺跡発掘調査報告書-」(仙台市教育委員会編), (印刷中)
- 吉川昌伸. 2002. 是川中居遺跡D区における縄文時代晩期の花粉化石群. 「是川中居遺跡1」(八戸市教育委員会編), 70-75. 八戸市教育委員会, 八戸.
- 吉川昌伸. 2004. 青田遺跡における縄文時代晩期以降の花粉化石群. 「日本海沿岸東北自動車道関係発掘調査報告書V 青田遺跡 関連諸科学・写真図版編」((財)新潟県埋蔵文化財調査事業団編), 35-42. 新潟県教育委員会, 新潟.
- 吉川昌伸. 2008. 東北地方の縄文時代中期から後期の植生とトチノキ林の形成. *環境文化史研究* 1: 27-35.
- 吉川昌伸. 2009. 植生史と生業及び堆積環境. 「日本海沿岸東北自動車道関係発掘調査報告書XXXII 野地遺跡」((財)新潟県埋蔵文化財調査事業団編), 153-163. 新潟県教育委員会, 新潟.
- 吉川昌伸・鈴木 茂・辻 誠一郎・後藤香奈子・村田泰輔. 2006. 三内丸山遺跡の植生史と人の生業. *植生史研究特別第2号*: 49-82.
- 吉川昌伸・吉川純子. 2005. 縄文時代中・後期の環境変化. 「日本考古学協会 2005年度福島大会シンポジウム資料集」(日本考古学協会 2005年度福島大会実行委員会編), 13-22. 日本考古学協会 2005年度福島大会実行委員会, 福島.
- 吉川昌伸・吉川純子. 2008. 三内丸山遺跡(9)遺跡の植生史と沢内の堆積環境. 「三内丸山(9)遺跡II-東北新幹線建設事業に伴う遺跡発掘調査報告-」(青森県埋蔵文化財調査センター編), 39-46. 青森県教育委員会, 青森.

(2009年2月1日受理)