

自然教育園の泥土の花粉分析的研究 (II)

安田喜憲*・福澤仁之**・藤木利之*
中川 毅*・山口健太郎***・五反田克也***
山田和芳**・井上靖志****・浦崎康宏***

Pollen Analytical Study of the Sediments from
the Institute for Nature Study (II)

Yoshinori Yasuda*, Hitoshi Fukusawa**, Toshiyuki Fujiki*,
Takeshi Nakagawa*, Kentaro Yamaguchi***, Katsuya Gotanda***,
Kazuyoshi Yamada**, Yasushi Inoue**** and Yasuhiro Urasaki***

はじめに

関東平野の現在の景観がいかなる経過をへて形成されたものであったかについて、不明の点が多い。一般に関東平野の自然植生は照葉樹林であったとみなされている。安田 (1992) は関東平野南部の相模原市東海大学構内遺跡の花粉分析の研究から、7000-4000年前にはクリやスギなどの優占する植生が展開しており、関東平野南部に本格的な照葉樹林が形成されるのは縄文時代後期に相当する4000年前以降になってからであることを明らかにした。また埼玉県寿能埋没泥炭遺跡の花粉分析や出土木材の分析(安田, 1998)においても、縄文時代早期から後期にかけてはコナラ、クヌギ、クリなどの落葉広葉樹林が優占しており、カシ類の本格的な照葉樹林が関東平野北部に拡大するのは、ようやく縄文時代後期になってからであることが明らかになっている。これまでの花粉分析の結果から関東平野には照葉樹林が約4000年前の縄文時代後期には成立していたとみなすことができる。

それでは近世の武蔵野を代表する雑木林や東海道のマツ並木の優占する景観は、いったいつ頃どのようにして形成されたのであろうか。江戸にはどのような植生が展開していたのか。しかし、関東平野において約4000年前に形成された照葉樹林が、その後どのようなプロセスをへて現在の植生になったかを明らかにする花粉分析の結果は多くない。本研究の目的は国立科学博物館附属自然教育園の泥土の花粉分析から関東平野の照葉樹林がいかなるプロセスを経て現在に至ったかを明らかにすることを目的としている。

* 国際日本文化研究センター, International Research Center for Japanese Studies

** 東京都立大学理学部, Graduate School of Science, Tokyo Metropolitan University

*** 京都大学理学部, Faculty of Science, Kyoto University

**** 京都大学人間環境学科, Faculty of Integrated Human Studies, Kyoto University

1. 調査対象地域

中世や近世の江戸の風景を復元するための良好な花粉分析の試料を採取できる地点を都市化の著しく進展した現在の東京で探すことは不可能に近い。唯一東京の自然教育園の中にかつての台地を刻む谷底平野が残っていた。自然教育園は東京都港区白金台5丁目21にある。かつてここは白金の長者屋敷であった。現在は自然教育園として、自然生態系の保全がおこなわれている。園内の台地には高木層としてアカマツ林それにスダジイ、アカガシ、亜高木層にはモチノキ、ヤブツバキ、シロダモ、低木層にはアオキ、ヤツデ、ヒサカキ、ネズミモチなどが生育している。近年とみにアカマツ林にかわってカシ・シイ林が優位を占めるようになっている。

2. 花粉分析の試料の採取と層序

花粉分析の試料は図1の谷底の低湿地より国際日本文化研究センターで開発した小型の機械ボーリング器により1998年8月6日に採取した(写真1)。このボーリングコアをMGR98-2と命名した。採取した堆積物は50cmの金属製サンプルホルダーにはいったまま実験室に持ち帰った。実験室に持ち帰ったサンプルホルダーは、押し出し機にて押し出し、層序の観察を行った(写真2, 3)。ボーリング地点の層序は以下のごとくである。

- 上位より 0-50cm: 現生土壤
 - 50-270cm: 黒褐色泥炭
 - 270-299cm: 灰褐色シルト
 - 299-306cm: スコリア
 - 306-355cm: 青灰色粘土
- この層序を柱状図に示す(図2)。

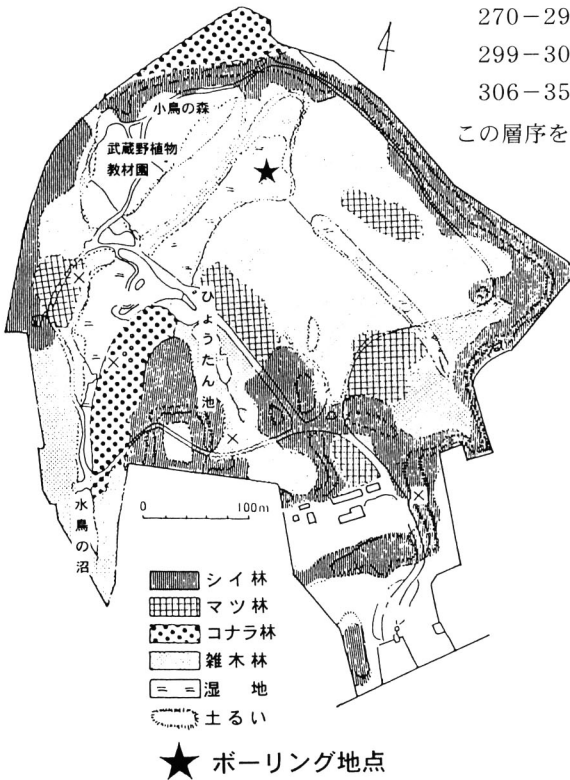


図1 花粉分析試料採取地点

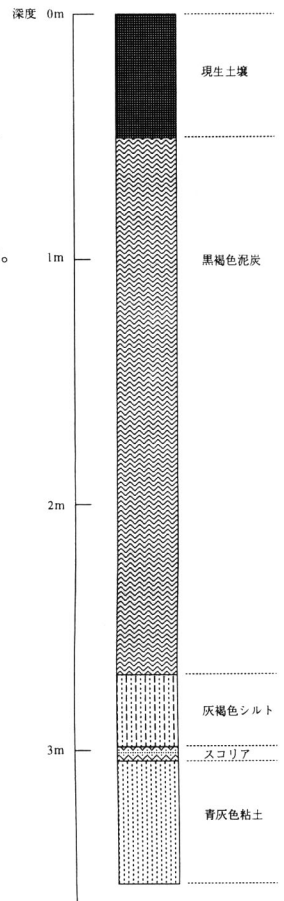


図2 コアMGR98-2柱状図



写真1 (a, b, c, d) ポーリングスナップ

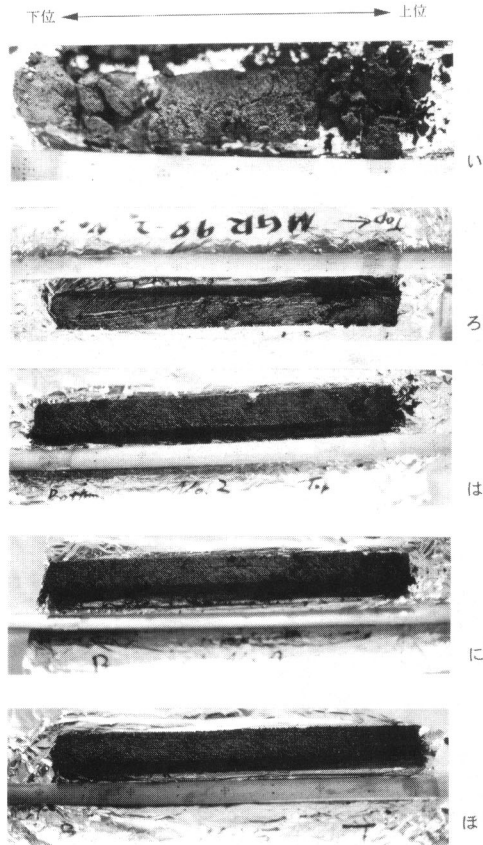


写真2 コアMGR98-2写真

- い 深度 0- 40cm
- ろ 深度 40- 80cm
- は 深度 80-120cm
- に 深度 120-160cm
- ほ 深度 160-200cm

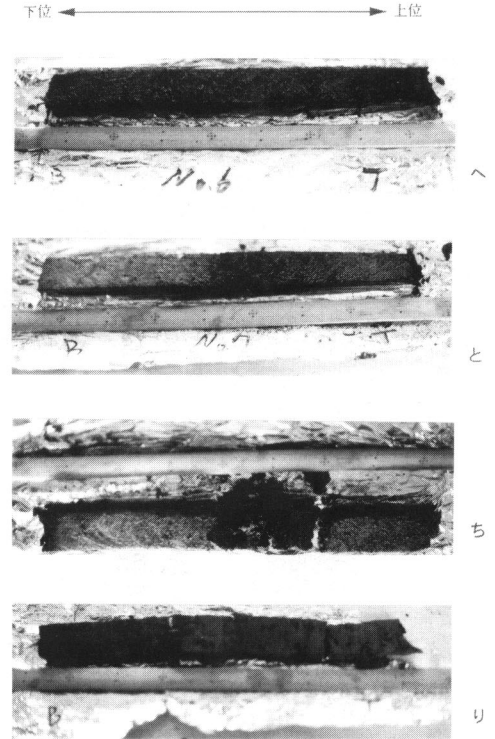


写真3 コアMGR98-2写真

- へ 深度 200-240cm
- と 深度 240-280cm
- ち 深度 280-320cm
- り 深度 320-360cm

3. 花粉分析の方法

光学顕微鏡による花粉分析の試料は2gの試料を10cm間隔に柱状試料より採取した。

化石花粉・胞子の分離抽出にはKOH法・ZnCl₂比重分離法・アセトリシス法を用いた。これらの処理により分離された化石花粉・胞子はグリセリンゼリーで包埋してプレパラートを作成した。検鏡にあたっては、NIKON BIOPHOTO生物顕微鏡にて通常400~600倍にて観察した。化石花粉の計測は、各試料毎につき樹木花粉200個体以上計数し、それに加えてさらに低木・草本花粉を含めて500個体以上になるまで行った。

各タクサの花粉の出現頻度は、木本花粉の総数を基本数として百分率で示した。ただし、湿地に局所的に生育するハンノキと考えられるハンノキ属花粉は、基本数から除外した。

走査型電子顕微鏡観察のための試料は、光学顕微鏡観察用の試料と同様の方法で花粉・胞子を抽出し、これを2%四酸化オスミウムで固定および導電染色した。その後エチルアルコールからキシレン

に置換した。残渣を試料台で乾燥させ、イオンスパッタリングで8～10分間金パラジウムを蒸着し、観察を行った。観察は日本電子JSM-6300型走査電子顕微鏡を使用し、加速電圧3kVで行った。

4. 花粉分析の結果

花粉分析の結果は表1のごとくである。表1の結果を図3aおよび図3bの花粉ダイアグラムに示す。図3aおよび図3bの花粉ダイアグラムは樹木花粉の出現率を基数とする百分率で表してある。また主要な花粉については走査型電子顕微鏡写真を写真4, 5, 6に示す。

図3aおよび図3bの花粉ダイアグラムは下位より3つの局地花粉帯に区分される。

花粉帯Ⅰ：この分帯はアカガシ亜属の高い出現率で特徴づけられる。このほか針葉樹の花粉ではモミ属、ツガ属、マツ属、スギ属が、広葉樹の花粉ではシデ属、コナラ亜属、ニレ属・ケヤキ属などが高い出現率を示す。この層準の最下部ではアカガシ亜属が50%以上の高い出現率を示す。しかしアカガシ亜属とともにヨモギ属やイネ科それに単条型孢子などの草本類・羊歯類が異常に高い出現率を示す。図3aおよび図3bの全出現花粉胞子の比率から明らかなように、樹木花粉の出現率は全体の20%以下にとどまっており森の少ない景観であったとみなされる。この時代の上部にむかってアカガシ亜属は減少傾向を示し、逆にスギ属が一時的に30%近くまで増加する。

花粉帯Ⅱ：この花粉帯はマツ属の増加で始まる。花粉帯Ⅰにおいて高い出現率を示していたスギ属とアカガシ亜属がやや減少し、マツ属の出現率が10%前後から30%前後まで増加する。モミ属、ニレ属・ケヤキ属もこの層準の下部から減少する。しかし、コナラ亜属は逆に増加傾向を示し、この層準の中部から減少傾向をとる。また沢沿いに生育したとみなされるオニグルミ属・サワグルミ属、ヤナギ属、ハンノキ属、トネリコ属が増加するのもこの時代の特徴である。さらに遠方飛来とみなされるブナ属、カバノキ属が増加する。一方、草本類ではイネ科、カヤツリグサ科が高い出現率を示す。とくにイネ科はこの層準の中・上部において全層準に渡り最大の出現率を示す。

花粉帯Ⅲ：この花粉帯はマツ属の急増で特徴づけられる。マツ属以外の他の樹木花粉はすべて減少する。マツ属は地表下1.5mの層準で全出現樹木花粉の90%以上にまで達する。草本類・羊歯類も同様に減少する。ただこの分帯の最下部にソバ属の花粉が特徴的に出現し、同時に炭片の量も上方に向かい増加を開始する。この花粉帯はほとんどがマツ属でしめられるというきわめて特異な時代が出現したことを示す。

5. 考 察

以上の花粉分析の結果から以下の特徴的な事実を指摘できる。

1) 草原の中に点在するカシ林主体の森

花粉帯Ⅰの最下部において、アカガシ亜属の花粉が樹木花粉の60%以上の高率を示した。このことから自然教育園の自然性植生として、うっそうとしたカシ類(おそらくアカガシ)主体の照葉樹林が生育していたと考えがちである。しかし、同じ層準においてヨモギ属やイネ科の草本類の花粉それに羊歯類の孢子が高い出現率を示し、樹木花粉は全体の20%前後にすぎない。このことはかつての自然教育園の台地にはたしかにカシ類を主体とし、これにモミ属やツガ属、マツ属などの針葉樹とシデ属、ニレ属・ケヤキ属それにコナラ亜属などの広葉樹の混生する森が存在したが、その森は草原の中に点

在する森であったといわねばならない。関東平野の台地上にはかつて広大な草原がひろがり、その草原のなかに点々と森が点在するという状況であったといわざるをえないのである。阪口(1987)は関東平野の黒ボク層の花粉分析の結果から、関東平野にはかつて広大な草原が展開し、それらは野焼きの結果ではないかと指摘している。今回の自然教育園の花粉分析結果もこの阪口(1987)の分析結果を支持している。古代の関東平野が馬の放牧地となっていたことも考えあわせると、花粉帯Ⅰの時代は古代の関東平野の景観をしめしているものとみなされる。

2) スギ属の増加は小氷期気候変動

花粉帯Ⅰの上部においてスギ属が一時的に急増し、同じ層準においてアカガシ垂属も増加する。一方、マツ属は減少する。草本類ではガマ属、カヤツリグサ科が増加する。このスギ属の増加を気候変動の結果とみなすか、それとも人為的な植林の結果とみなすかは、明白には結論づけることはできない。ただ同じ層準においてアカガシ垂属も増加傾向を示すことから、人為による干渉というよりもむしろ森林の小回復期が一時的に存在したとみなすのが妥当であろう。

その場合、マツ属が減少しスギ属が増加することから気候の湿潤化が考えられる。さらにガマ属やカヤツリグサ科さらにオニグルミ属・サワグルミ属、ヤナギ属、ハンノキ属などの湿地林もこの花粉帯Ⅰの上部から花粉帯Ⅱの時代にかけて増加することから、気候の湿潤化と湿地林の拡大があったとみなすことができる。さらに花粉帯Ⅰの上部から花粉帯Ⅱにかけて遠方飛来のカバノキ属やブナ属が増加する。これらは冷温帯から亜高山帯にかけて生育する樹木であり、こうした遠方の冷温帯の山岳地帯から飛来する樹木花粉の増加は、気候の冷涼化を示しているとみなされる。この気候の冷涼・湿潤化は中世温暖期の終焉と小氷期の気候悪化の開始と対応しているものとみなされる。

3) 近世初期の開発

花粉帯Ⅱはマツ属の増加によって始まる。同じ層準でモミ属、スギとアカガシ垂属が減少し、ヨモギ属やイネ科が増加する。このことは人間によって台地に生育していたモミを混生するアカガシ垂属主体の照葉樹林が破壊され、かわってアカマツの二次林が拡大してきたことを示している。またこの時代に拡大するハンノキ属、ヤナギ属、サワグルミ属などの湿地林は、スギを伐採した後地の谷底低地に生育地を拡大してきたものとみなされる。関東平野にあらたな開拓の手がのびるのは鎌倉時代に入ってからである。いうまでもなく関東平野の台地で大規模な開墾が始まるのは近世初頭の16~17世紀のことである。この自然教育園の開拓はこの近世初頭の開拓に相当するものとみなされる。すでに述べたようにこの時代は気候が冷涼・湿潤化していた可能性が大であった。本論文ではこの冷涼・湿潤期を小氷期に対比した。関東台地の開拓が進展するのはこの小氷期の時代である(安田, 1995)ことから、この対比が妥当と思われる。この花粉帯Ⅱの中部においてはイネ科の花粉が急増する。開拓と同時にこの台地を刻む谷底低地には水田がいとなまれたものとみなされる。

4) 森林の消滅とアカマツ林の時代

花粉帯Ⅲの時代はマツ属の花粉のみが樹木花粉の90%以上の出現率を示し、それ以外の樹木花粉のみならず草本花粉や羊歯類の孢子までもが減少する。花粉帯Ⅲの時代の下部においてまだ高い出現率を保持していたイネ科も、花粉帯Ⅲの中部に入って激減する。これはあきらかに照葉樹林や草原のひ

ろがる農村的景観がこの時代に喪失したことを示している。森や草原の広がる農村的景観にかわって都市型の景観が出現したのが花粉帯Ⅲの時代である。その時代は近世中頃とみなされる。当時、自然教育園の周辺に存在する森はアカマツ林のみであった。

5) アカマツの二次林の2回の拡大期

今回の自然教育園の花粉分析の結果から、アカマツの二次林には2回の拡大期が存在することが明らかとなった。花粉帯Ⅱの開始期と花粉帯Ⅲの開始期である。このことは、関東平野の開拓には大きく2回の大規模な開墾の時代が存在したことを示している。

6. 結 論

自然教育園の花粉分析の結果から、歴史時代に入ってから関東平野の台地の植生がいかに改変され現在にいたったかを明らかにすることができた。古代から中世にかけての自然教育園の台地周辺にはヨモギ属やイネ科それに羊歯類を中心とする広大な草原がひろがり、その草原のなかにアカガシを主体とし、これにモミ、ツガなどの針葉樹とシデ類、落葉ナラ類、ニレやケヤキなどの落葉広葉樹を混生した森が存在した。また台地に囲まれた谷底周辺には、スギ林が、またより低湿なところにはハンノキやオニグルミ・サワグルミ林、ヤナギ林などが生育していた。ところが近世初頭の16-17世紀の開拓によって谷底周辺のスギ林が破壊され、谷底には水田が営まれた。さらに台地上のアカガシ林やモミ林が破壊された。しかしその後地にはコナラなどの二次林が拡大してきた。近世中頃にさらに大規模な都市開発が行われ、周辺からは草原や広葉樹の森が姿を消し、アカマツの二次林のみが優占する景観となった。

表1 花粉・孢子出現率表 (出現率は樹木花粉を基数とする百分率)

| | 0 | 7 | 12 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|---------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|
| モミ属 | 3.75 | 2.38 | 0.57 | 0.50 | 0.31 | 0.00 | 0.00 | 1.16 | 0.75 |
| ツガ属 | 0.42 | 0.79 | 0.57 | 0.50 | 0.93 | 0.00 | 0.00 | 3.47 | 0.75 |
| マツ属 | 69.58 | 75.40 | 88.57 | 80.10 | 91.28 | 89.62 | 95.53 | 87.28 | 80.83 |
| コウヤマキ属 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| スギ属 | 12.08 | 5.56 | 2.29 | 3.48 | 3.12 | 2.42 | 0.56 | 1.73 | 4.14 |
| ヒノキ科 | 0.00 | 0.79 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.56 | 0.00 | 0.00 |
| オニグルミ属・サワグルミ属 | 0.00 | 1.59 | 0.57 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.16 | 0.75 |
| クマシデ属 | 0.42 | 0.79 | 0.57 | 1.00 | 0.31 | 0.69 | 0.56 | 0.58 | 1.50 |
| カバノキ属 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.58 | 1.13 |
| ブナ属 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.75 |
| コナラ亜属 | 1.25 | 2.38 | 2.86 | 4.48 | 0.31 | 1.04 | 0.56 | 0.00 | 2.26 |
| ニレ属・ケヤキ属 | 2.50 | 2.38 | 1.14 | 5.97 | 2.49 | 3.46 | 1.12 | 1.73 | 1.13 |
| エノキ属・ムクノキ属 | 0.83 | 4.76 | 1.71 | 2.49 | 1.25 | 2.42 | 0.56 | 0.58 | 1.88 |
| シナノキ属 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| トネリコ属 | 0.83 | 0.79 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.56 | 0.00 | 0.75 |
| カエデ属 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.58 | 0.00 |
| ヤマモモ属 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| アカガシ亜属 | 5.42 | 0.79 | 0.57 | 0.50 | 0.00 | 0.35 | 0.00 | 1.16 | 3.38 |
| シイ属 | 2.92 | 1.59 | 0.57 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| ヤナギ属 | 0.42 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.56 | 0.00 | 0.00 |
| ハシバミ属 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.58 | 0.00 |
| ハンノキ属 | 2.08 | 0.79 | 2.29 | 4.98 | 1.87 | 1.73 | 1.68 | 1.73 | 0.38 |
| イボタノキ属 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| ガマ属 | 0.83 | 0.00 | 0.57 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.56 | 0.58 | 0.38 |
| イネ科 | 10.00 | 26.19 | 8.57 | 41.29 | 13.40 | 16.96 | 13.97 | 32.37 | 15.04 |
| カヤツリグサ科 | 2.08 | 1.59 | 1.71 | 1.00 | 2.80 | 2.77 | 9.50 | 23.12 | 24.06 |
| ホシクサ属 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| ユリ科 | 2.92 | 0.00 | 8.57 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| ソバ属 | 1.25 | 1.59 | 0.57 | 0.00 | 0.31 | 0.00 | 0.00 | 1.73 | 0.75 |
| サナエタデ節 | 1.67 | 5.56 | 4.00 | 1.99 | 0.00 | 0.00 | 0.56 | 1.16 | 0.38 |
| その他のタデ科 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.69 | 0.00 | 0.00 | 0.38 |
| ナデシコ科 | 1.25 | 0.79 | 0.00 | 0.00 | 0.31 | 0.00 | 0.00 | 0.58 | 2.63 |
| アカザ科 | 1.25 | 0.79 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.23 | 2.31 | 1.13 |
| カラマツソウ属 | 0.42 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.35 | 1.68 | 0.00 | 0.00 |
| その他のキンポウゲ科 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| ワレモコウ属 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.35 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| その他のバラ科 | 0.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| フウロソウ属 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| アリノトウグサ属 | 0.83 | 0.00 | 0.00 | 1.99 | 0.00 | 0.00 | 0.56 | 1.73 | 1.13 |
| セリ科 | 1.67 | 0.00 | 2.86 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.38 |
| リンドウ科 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| シソ科 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| スイカズラ属 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| スマレ属 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| ウリ科 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| クワ科 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| オミナエシ科 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| マツカゼソウ属 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| ヨモギ属 | 0.42 | 0.79 | 0.00 | 1.49 | 0.00 | 1.04 | 1.12 | 1.16 | 4.51 |
| その他のキク科 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.56 | 0.00 | 0.00 |
| オモダカ属 | 0.42 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.35 | 0.00 | 5.78 | 0.00 |
| 単条溝型シダ孢子 | 10.00 | 33.33 | 10.29 | 4.48 | 0.93 | 0.69 | 0.56 | 7.51 | 0.75 |
| 三条溝型シダ孢子 | 6.67 | 6.35 | 8.57 | 1.99 | 0.00 | 0.69 | 1.12 | 4.62 | 1.50 |
| 木炭片 | 302.08 | 573.81 | 388.57 | 56.72 | 17.13 | 36.33 | 141.90 | 32.95 | 199.62 |
| 樹木花粉 | 79.00 | 72.00 | 77.00 | 65.00 | 84.00 | 81.00 | 75.00 | 60.00 | 66.00 |
| 非樹木花粉 | 21.31 | 27.59 | 22.57 | 34.74 | 15.75 | 19.27 | 24.79 | 40.14 | 33.83 |

表1 花粉・孢子出現率表（出現率は樹木花粉を基数とする百分率）つづき

| | | | | | | | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 | 210 | 220 |
| 0.47 | 0.00 | 1.37 | 0.00 | 0.00 | 2.38 | 2.05 | 4.13 | 3.31 | 2.08 | 0.00 | 1.95 |
| 0.93 | 1.31 | 1.37 | 3.38 | 2.73 | 3.17 | 7.53 | 4.96 | 8.26 | 8.85 | 8.40 | 5.84 |
| 87.85 | 89.54 | 77.40 | 85.14 | 89.09 | 80.95 | 62.33 | 60.33 | 37.19 | 34.90 | 19.08 | 29.22 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.79 | 0.00 | 0.83 | 0.00 | 0.52 | 0.00 | 0.65 |
| 2.34 | 1.96 | 4.11 | 3.38 | 4.55 | 1.59 | 2.74 | 0.83 | 4.13 | 5.21 | 10.69 | 3.90 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.52 | 0.76 | 0.65 |
| 0.93 | 0.65 | 0.68 | 0.00 | 0.91 | 0.00 | 2.74 | 0.83 | 0.83 | 0.52 | 3.82 | 2.60 |
| 0.93 | 0.65 | 0.68 | 2.03 | 0.91 | 0.79 | 2.74 | 1.65 | 5.79 | 5.21 | 9.92 | 5.19 |
| 0.00 | 0.00 | 1.37 | 1.35 | 0.00 | 3.17 | 4.79 | 4.13 | 3.31 | 4.17 | 3.82 | 3.25 |
| 0.00 | 1.31 | 4.11 | 0.00 | 0.00 | 0.79 | 0.68 | 4.13 | 6.61 | 2.60 | 8.40 | 8.44 |
| 0.47 | 0.65 | 1.37 | 0.68 | 0.91 | 0.79 | 3.42 | 4.96 | 3.31 | 6.25 | 6.87 | 5.84 |
| 2.80 | 1.31 | 2.05 | 3.38 | 0.91 | 1.59 | 3.42 | 1.65 | 5.79 | 1.56 | 4.58 | 3.90 |
| 1.40 | 1.31 | 1.37 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.68 | 0.83 | 4.96 | 5.21 | 0.76 | 3.25 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.65 |
| 0.00 | 0.00 | 3.42 | 0.00 | 0.00 | 0.79 | 0.68 | 0.00 | 2.48 | 1.56 | 0.76 | 4.55 |
| 0.93 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.65 | 0.00 | 1.53 | 0.65 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.93 | 1.31 | 0.68 | 0.68 | 0.00 | 2.38 | 6.16 | 10.74 | 12.40 | 19.27 | 20.61 | 19.48 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.79 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.56 | 0.00 | 0.00 |
| 0.93 | 0.00 | 0.00 | 0.68 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.52 | 0.00 | 0.00 |
| 0.00 | 0.00 | 0.68 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.37 | 0.00 | 1.65 | 2.08 | 4.58 | 3.90 |
| 3.74 | 0.65 | 2.05 | 2.70 | 1.82 | 3.17 | 4.11 | 4.13 | 4.96 | 3.13 | 4.58 | 2.60 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.68 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.00 | 0.00 | 1.37 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.83 | 1.65 | 2.60 | 1.53 | 0.65 |
| 27.10 | 41.83 | 16.44 | 35.81 | 53.64 | 120.63 | 133.56 | 114.05 | 127.27 | 194.27 | 288.55 | 237.01 |
| 11.21 | 27.45 | 39.04 | 28.38 | 20.91 | 6.35 | 43.84 | 38.84 | 104.96 | 53.13 | 118.32 | 79.22 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.68 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.83 | 0.52 | 1.53 | 0.00 |
| 0.47 | 1.96 | 2.05 | 3.38 | 7.27 | 7.94 | 4.79 | 12.40 | 3.31 | 0.00 | 0.76 | 0.65 |
| 0.47 | 0.00 | 0.68 | 0.00 | 4.55 | 3.97 | 1.37 | 0.83 | 0.00 | 0.52 | 2.29 | 0.65 |
| 0.00 | 1.31 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.83 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.47 | 1.31 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.83 | 1.04 | 1.53 | 1.30 |
| 0.93 | 2.61 | 2.05 | 0.00 | 4.55 | 4.76 | 2.74 | 4.96 | 2.48 | 0.52 | 0.76 | 0.00 |
| 0.00 | 0.65 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.37 | 0.00 | 0.83 | 0.52 | 0.00 | 0.65 |
| 0.47 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.11 | 2.48 | 0.83 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.68 | 0.00 | 0.83 | 1.56 | 1.53 | 2.60 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.30 | 0.00 | 0.00 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.91 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.47 | 0.65 | 1.37 | 1.35 | 5.45 | 20.63 | 25.34 | 22.31 | 43.80 | 3.65 | 0.76 | 0.00 |
| 0.93 | 1.31 | 0.68 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.37 | 0.83 | 4.96 | 2.60 | 3.82 | 1.95 |
| 0.47 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.91 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.83 | 0.52 | 1.53 | 0.00 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.82 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.53 | 0.65 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.52 | 0.00 | 0.00 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.56 | 0.00 | 0.00 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.37 | 0.00 | 0.83 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.58 | 1.30 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.68 | 0.00 | 0.79 | 0.00 | 0.83 | 0.83 | 1.04 | 0.76 | 0.00 |
| 0.00 | 0.00 | 0.68 | 0.00 | 0.91 | 2.38 | 4.11 | 3.31 | 4.13 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 1.87 | 7.84 | 15.75 | 6.08 | 14.55 | 26.98 | 49.32 | 21.49 | 51.24 | 47.40 | 99.24 | 66.23 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.03 | 8.18 | 5.56 | 0.68 | 3.31 | 9.92 | 5.73 | 13.74 | 1.95 |
| 0.00 | 13.07 | 5.48 | 3.38 | 10.00 | 6.35 | 4.79 | 0.83 | 4.13 | 2.60 | 3.05 | 1.95 |
| 1.87 | 5.23 | 6.16 | 4.05 | 4.55 | 14.29 | 6.85 | 28.93 | 15.70 | 22.40 | 76.34 | 38.96 |
| 1.87 | 1.31 | 7.53 | 0.68 | 9.09 | 16.67 | 10.96 | 9.09 | 8.26 | 5.21 | 9.92 | 4.55 |
| 109.35 | 210.46 | 247.26 | 118.24 | 102.73 | 102.38 | 86.99 | 60.33 | 60.33 | 65.63 | 95.42 | 32.47 |
| 67.00 | 53.00 | 55.00 | 55.00 | 44.00 | 33.00 | 26.00 | 30.00 | 21.00 | 24.00 | 15.00 | 20.00 |
| 33.13 | 46.69 | 45.32 | 44.78 | 55.65 | 67.02 | 73.79 | 69.75 | 78.62 | 76.38 | 84.66 | 80.05 |

表1 花粉・孢子出現率表（出現率は樹木花粉を基数とする百分率）つづき

| | | | | | | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 230 | 240 | 250 | 260 | 270 | 280 | 290 | 300 | 310 | 320 | 330 |
| 0.84 | 8.59 | 1.80 | 10.81 | 7.63 | 5.17 | 4.24 | 6.72 | 5.97 | 6.38 | 0.00 |
| 5.04 | 10.94 | 9.91 | 6.31 | 5.93 | 9.48 | 0.00 | 16.81 | 1.49 | 10.64 | 8.33 |
| 21.01 | 21.09 | 34.23 | 9.01 | 7.63 | 7.76 | 23.73 | 18.49 | 9.70 | 12.77 | 0.00 |
| 0.84 | 1.56 | 0.00 | 0.90 | 0.85 | 0.00 | 0.00 | 0.84 | 0.75 | 0.00 | 0.00 |
| 8.40 | 10.94 | 9.01 | 23.42 | 31.36 | 14.66 | 4.24 | 0.00 | 2.24 | 12.77 | 0.00 |
| 0.84 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.84 | 5.47 | 1.80 | 0.00 | 1.69 | 0.00 | 1.69 | 0.84 | 0.75 | 0.00 | 0.00 |
| 4.20 | 3.91 | 2.70 | 6.31 | 0.85 | 2.59 | 3.39 | 5.04 | 7.46 | 4.26 | 8.33 |
| 3.36 | 1.56 | 2.70 | 0.90 | 0.00 | 1.72 | 0.85 | 4.20 | 0.75 | 0.00 | 0.00 |
| 6.72 | 1.56 | 1.80 | 1.80 | 0.00 | 1.72 | 0.85 | 3.36 | 0.75 | 0.00 | 0.00 |
| 21.01 | 12.50 | 9.91 | 8.11 | 14.41 | 12.93 | 16.10 | 5.88 | 28.36 | 8.51 | 8.33 |
| 3.36 | 3.91 | 7.21 | 3.60 | 5.08 | 6.90 | 11.02 | 11.76 | 11.19 | 2.13 | 16.67 |
| 1.68 | 0.00 | 0.00 | 3.60 | 0.00 | 1.72 | 1.69 | 2.52 | 3.73 | 2.13 | 0.00 |
| 0.00 | 0.78 | 0.00 | 0.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.84 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 1.68 | 0.00 | 0.90 | 0.00 | 0.85 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.84 | 0.00 | 2.13 | 0.00 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.85 | 1.68 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 19.33 | 17.19 | 16.22 | 24.32 | 21.19 | 33.62 | 28.81 | 19.33 | 23.13 | 36.17 | 58.33 |
| 0.84 | 0.00 | 1.80 | 0.00 | 2.54 | 1.72 | 2.54 | 0.84 | 3.73 | 2.13 | 0.00 |
| 0.84 | 6.25 | 1.80 | 0.00 | 0.00 | 2.59 | 0.85 | 0.00 | 2.24 | 4.26 | 0.00 |
| 2.52 | 0.78 | 1.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.69 | 2.52 | 0.75 | 0.00 | 8.33 |
| 6.72 | 2.34 | 1.80 | 0.00 | 0.85 | 1.72 | 1.69 | 9.24 | 8.21 | 6.38 | 8.33 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.52 | 7.81 | 26.13 | 23.42 | 35.59 | 2.59 | 1.69 | 9.24 | 3.73 | 2.13 | 0.00 |
| 217.65 | 78.13 | 103.60 | 58.56 | 77.97 | 80.17 | 84.75 | 110.08 | 67.91 | 46.81 | 166.67 |
| 76.47 | 42.19 | 45.05 | 27.93 | 110.17 | 35.34 | 33.05 | 107.56 | 37.31 | 27.66 | 33.33 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.84 | 0.78 | 0.90 | 0.00 | 4.24 | 0.00 | 0.00 | 0.84 | 0.00 | 0.00 | 8.33 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.00 | 0.78 | 2.70 | 1.80 | 0.00 | 0.86 | 0.00 | 2.52 | 1.49 | 0.00 | 0.00 |
| 0.00 | 0.00 | 2.70 | 1.80 | 0.85 | 1.72 | 0.00 | 3.36 | 2.99 | 2.13 | 0.00 |
| 0.84 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.68 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.00 | 0.00 | 2.70 | 0.90 | 0.85 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 8.33 |
| 0.00 | 0.00 | 1.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 8.33 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.72 | 1.69 | 5.04 | 1.49 | 0.00 | 0.00 |
| 0.84 | 0.00 | 3.60 | 0.90 | 1.69 | 2.59 | 0.00 | 1.68 | 0.00 | 6.38 | 8.33 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.20 | 0.00 | 0.00 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.84 | 0.00 | 2.70 | 0.90 | 0.00 | 0.00 | 2.54 | 0.84 | 6.72 | 2.13 | 0.00 |
| 3.36 | 4.69 | 1.80 | 1.80 | 5.93 | 4.31 | 0.00 | 2.52 | 2.24 | 0.00 | 8.33 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.85 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.85 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.84 | 0.00 | 1.80 | 0.90 | 0.85 | 0.00 | 0.00 | 0.84 | 1.49 | 6.38 | 0.00 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 164.71 | 210.94 | 181.98 | 143.24 | 80.51 | 194.83 | 82.20 | 144.54 | 220.15 | 510.64 | 833.33 |
| 29.41 | 32.03 | 9.91 | 3.60 | 9.32 | 1.72 | 4.24 | 4.20 | 2.24 | 8.51 | 8.33 |
| 4.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 146.22 | 215.63 | 127.93 | 41.44 | 202.54 | 161.21 | 218.64 | 93.28 | 42.54 | 27.66 | 300.00 |
| 5.04 | 12.50 | 13.51 | 14.41 | 14.41 | 8.62 | 5.08 | 16.81 | 19.40 | 27.66 | 58.33 |
| 53.78 | 67.97 | 32.43 | 17.12 | 64.41 | 259.48 | 12.71 | 49.58 | 29.10 | 76.60 | 275.00 |
| 16.00 | 21.00 | 20.00 | 27.00 | 23.00 | 23.00 | 32.00 | 20.00 | 22.00 | 14.00 | 8.00 |
| 83.56 | 79.45 | 79.71 | 72.79 | 76.68 | 76.75 | 68.36 | 80.27 | 78.21 | 86.18 | 91.67 |

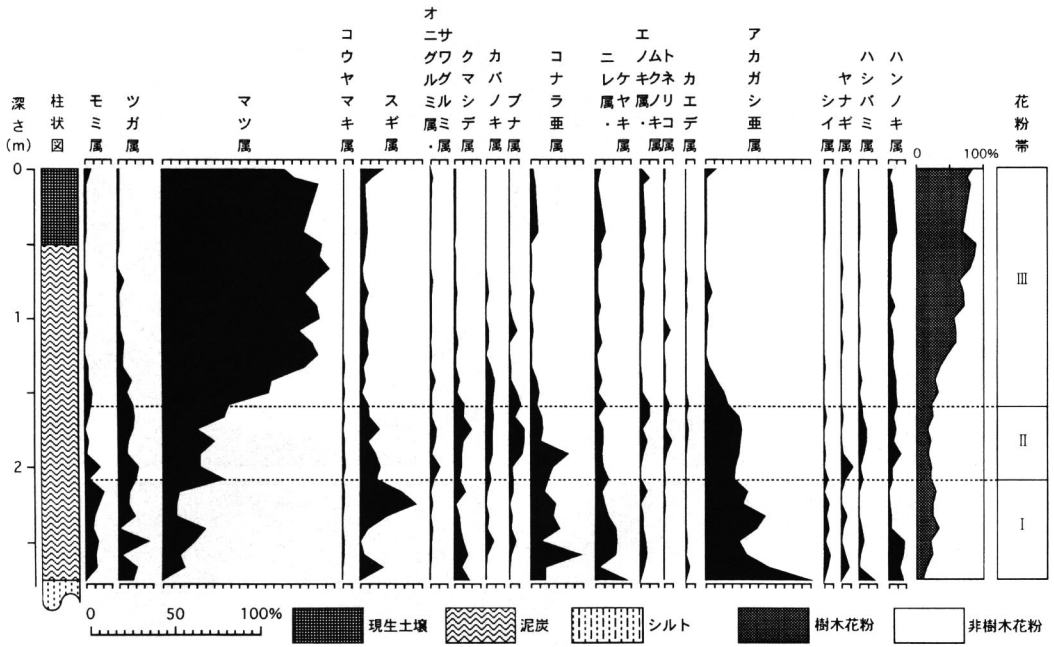


図 3a 自然教育園の木本花粉ダイアグラム（出現率は樹木花粉を基数とする百分率）

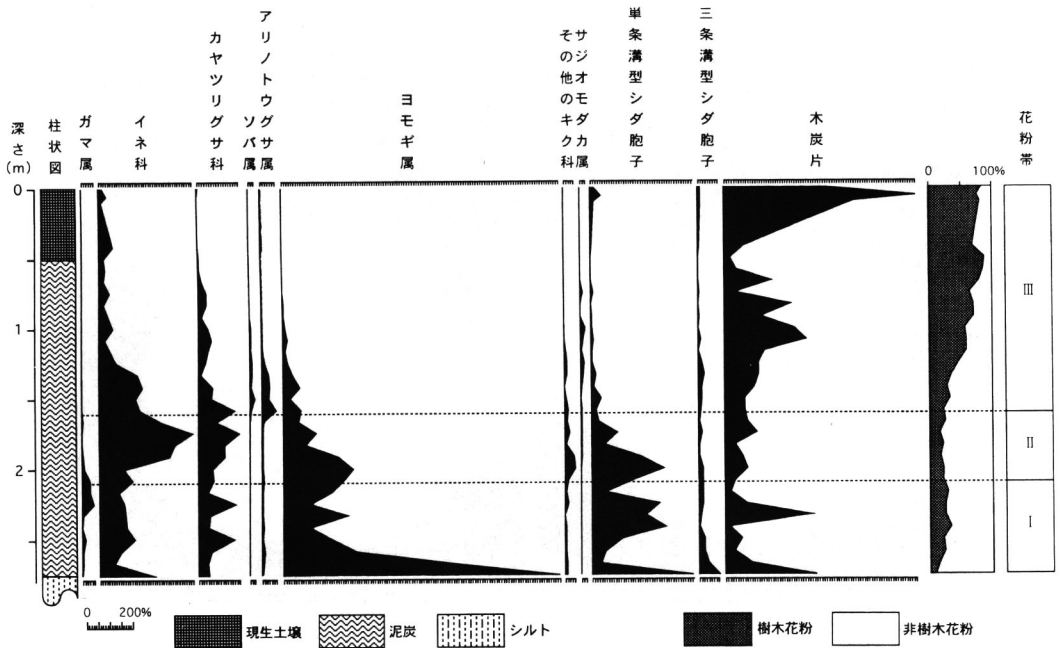


図 3b 自然教育園の草本花粉ダイアグラム（出現率は樹木花粉を基数とする百分率）

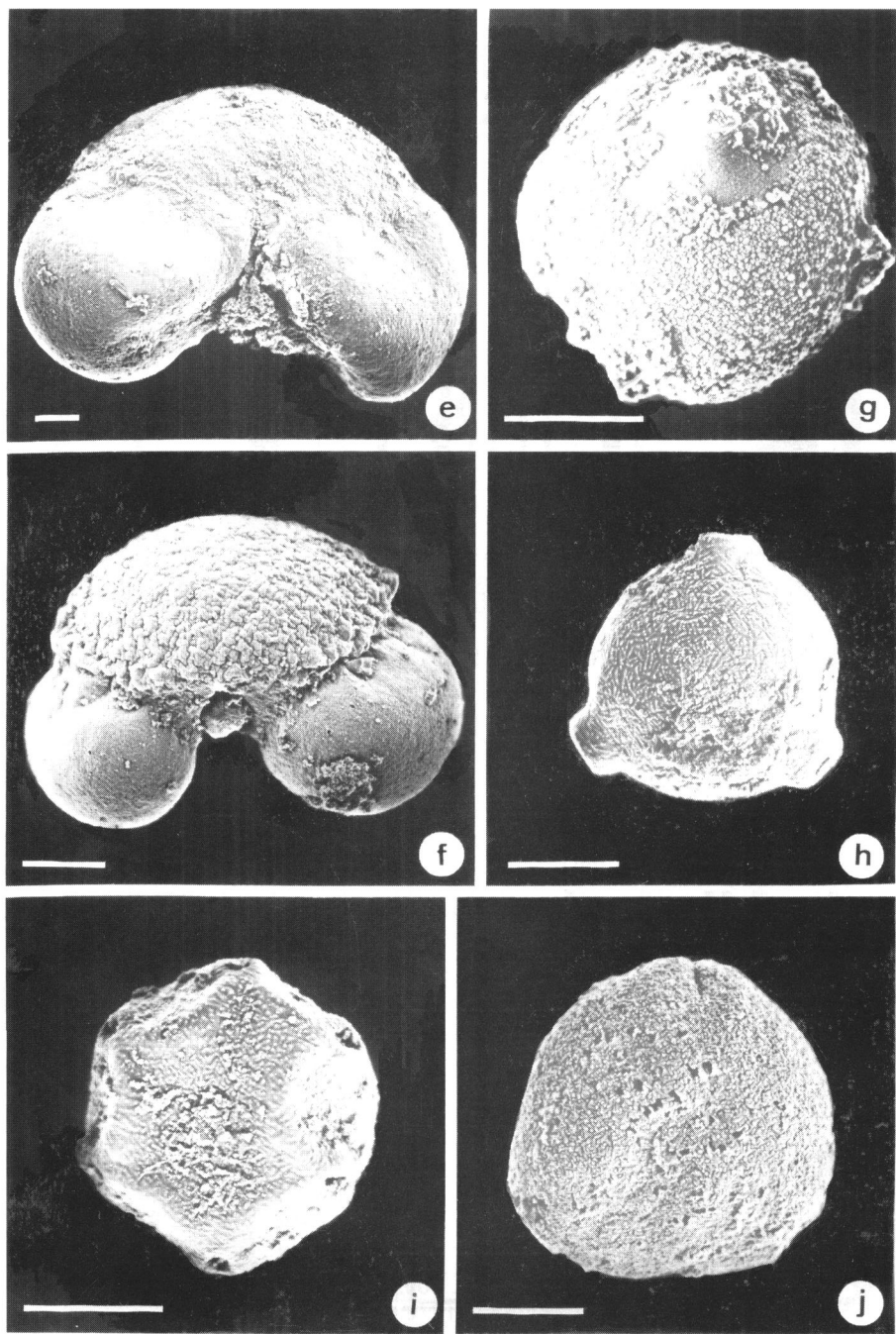


写真4 花粉化石の走査型電子顕微鏡写真 (白線は10 μ mを示す)

- | | | | | | |
|---|-----|---------------|---|-------|---------------|
| e | モミ属 | $\times 800$ | h | カバノキ属 | $\times 2000$ |
| f | マツ属 | $\times 1500$ | i | ハンノキ属 | $\times 2500$ |
| g | スギ属 | $\times 2500$ | j | ブナ属 | $\times 2000$ |

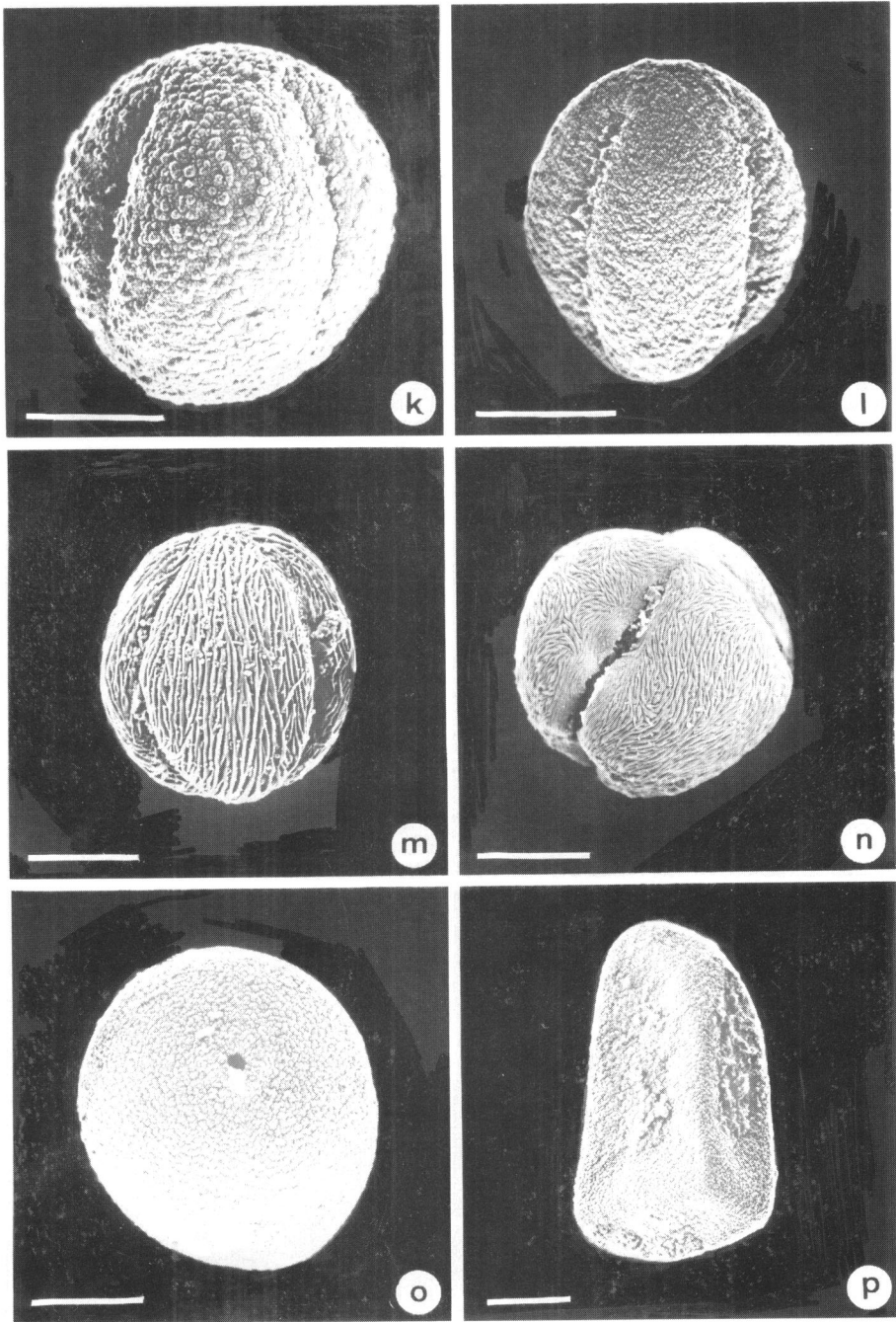


写真5 花粉化石の走査型電子顕微鏡写真（白線は10 μ mを示す）

- | | | | | | |
|---|--------|-------|---|---------|-------|
| k | コナラ亜属 | ×2500 | n | バラ科 | ×2000 |
| l | アカガシ亜属 | ×2500 | o | イネ科 | ×2000 |
| m | カエデ属 | ×2000 | p | カヤツリグサ科 | ×1500 |

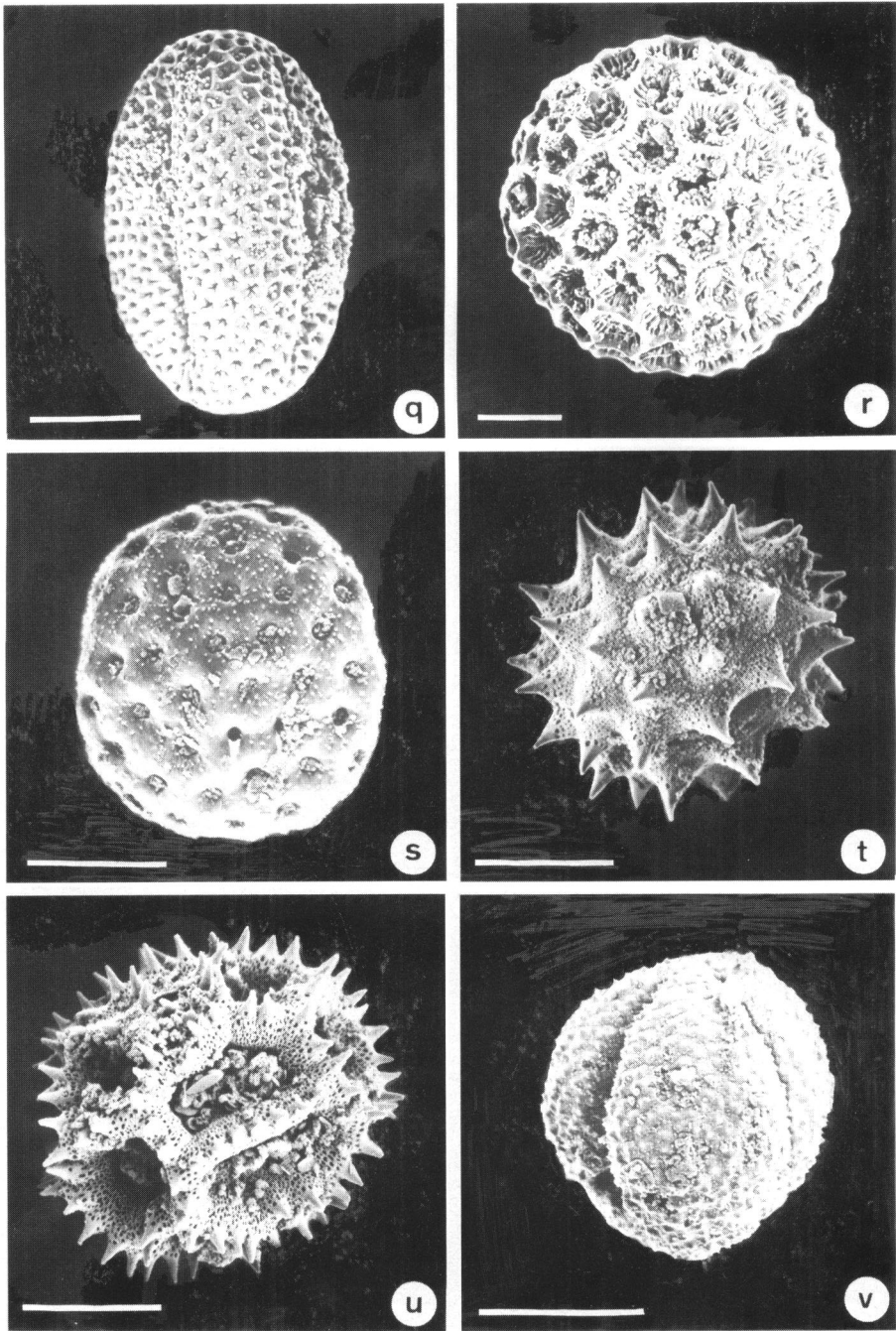


写真6 花粉化石の走査型電子顕微鏡写真 (白線は10 μ mを示す)

- | | | | | | |
|---|--------|-------|---|--------|-------|
| q | ソバ属 | ×2000 | t | キク亜科 | ×2500 |
| r | サナエタデ節 | ×1500 | u | タンポポ亜科 | ×2500 |
| s | アカザ科 | ×2500 | v | ヨモギ属 | ×3000 |

参 考 文 献

- 安田喜憲他. 1980. 自然教育園の泥土の花粉分析的研究(I). 自然教育園報告, (11): 123-131.
- 阪口 豊. 1987. 黒ボク土文化. 科学, (57): 352-361.
- 安田喜憲. 1988. 森林の荒廃と文明の盛衰. 思索社.
- 安田喜憲. 1922. 日本文化の風土. 朝倉書店.
- 安田喜憲. 1995. 歴史と気候. 朝倉書店.