

自然教育園の泥土の花粉分析的研究(1)

安田喜憲* 三寺光雄* 菅原十一**

Pollen Analytical Study of the Sediments from National Park for Nature Study in Tokyo (I)

Yoshinori Yasuda* Mitsuo Mitsudera* and Touichi Sugawara**

1 目 的

「自然教育園沿革史」を著した鶴田総一郎他(1978)はこう記している。「古代において、この一帯が原始林におおわれていたことは想像にかたくないが、どのような種類の樹木が存在したかは明らかでない。」と。本研究の目的は、自然教育園の泥土の花粉分析的研究から、この古代における森の姿を復元し、古代から現代にいたる森と人間の歴史を明らかにするところにある。

2 試料の採取と層序

花粉分析の試料採取地点と周辺の植生は、図1に示す如くである。周辺の植生については、奥田重俊他(1966)に詳しい。試料は 50cm のサンプルホルダ

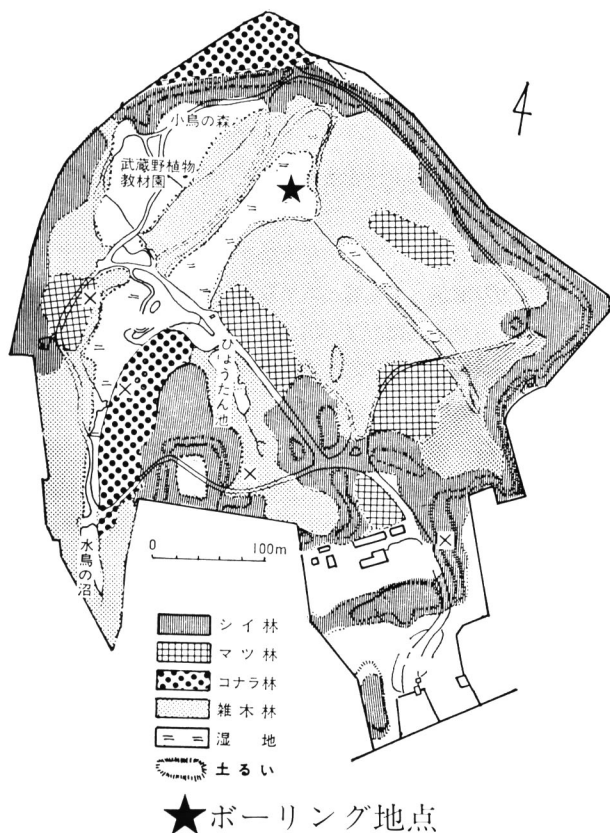


図 1. 花粉分析試料採取地点と周辺の植生図

* 広島大学自然環境研究室, Dep. of Environmental Science, Hiroshima University

** 国立科学博物館附属自然教育園, National Park for Nature Study, National Science Museum

一をもつヒラー型ボーラーにて採取した。ボーリングの結果、600cm の泥土を採取できた。そのうち今回は、上部 300cm の分析結果について報告する。その層序は以下の如くである。

地表下 300—245cm 黒色有機質粘土。

地表下 245—165cm 黒色泥炭。

地表下 165—25cm 褐色火山灰質シルト。砂質分多く含む。

地表下 25—0cm 褐色シルト。

3 花 粉 分 析

花粉分析の試料は 5cm に切断したあと、ポリ袋に密封して、冷蔵庫に保管した。分析方法は、計量スプーンによる体積の計量—KOH 処理（10% KOH 溶液にて15分間湯せん）—水洗（5～6回）—比重分離（比重2.1～2.2の7%塩化亜鉛溶液にて比重分離、花粉が浮上（なくなるまで数回くりかえす）—水洗—酢酸処理（氷酢酸にて脱水）—アセトリシス処理（無水酢酸9：濃硫酸1の混合液にて3分間湯せん）—酢酸処理—水洗—マイクロピペットにて定量採取—マウントの順に行った。検鏡にさいしては、18×18mmのカバーガラス下の花粉・胞子をすべて同定し、樹木花粉が200個以上に達しないものは、数枚にわたって同定した。

4 結 果

花粉分析の結果は、図2の花粉ダイアグラムに示す如くである。花粉ダイアグラムは、樹木花粉を基数とするパーセントで描いてある。主要な花粉の出現率の変化から、5つの時代が明らかとなった。すなわち下部より、

（1）アカガシ亜属・モミ属・スギ属の時代（地表下300—200cm）

この時代はアカガシ亜属の高い出現率で特色づけられる。これとともにモミ属・ツガ属・スギ属・シイノキ属などが高い出現率を示す。この時代の花粉フローラは、人類の著しい森林破壊が引き起される直前の状態を示しているとみてよく、周辺の丘陵部には、モミ・ツガ・スギを混えたカシ林が生育していた。また草本花粉では、イグサ科・カヤツリグサ科・ヨモギ属が高い出現率を示し、丘陵下の谷底低地には、これらの草本類の生育する湿原が存在した。ただこの時代の上部で、単条型胞子が急増し、炭片が増加する。このことは火によって森林を破壊する何らかの人間のインパクトがすでにこの時代に存在した可能性を示唆している。

（2）アカガシ亜属・イネ属の時代（地表下 200—165cm）

森林破壊を物語る炭片と単条型胞子の増加のピークをすぎた直後、地表下 200cm の層準から、突然イネ属の花粉が高い出現率を示す。このことは、この時代に谷底低地に稲作が導入されたことを示す。一方、イネ属の急増にともなって、これまで高い出現率を示していたアカガシ亜属・モミ属・ツガ属・シイノキ属などは、しだいに上方に減少する。かわってマツ属が増加を開始する。この時代は移行帯である。ここで注目されるのは、谷底低地への稲作の導入は、丘陵部のカシ林やモミ・ツガ・スギ林の減少をもたらしたが、著しいマツ属の増加をもたらしていない点である。稲作の導入と二次林としてのマツ属の増加期との間には、時間的ズレが認められる。

（3）マツ属・ソバ属・草本類の時代（地表下 165—110cm）

この時代はマツ属の急増で特色づけられる。これまで比較的高い出現率を示していたアカガシ亜属・モミ属・スギ属は10%以下にまで減少する。さらにソバ属・アカザ科・ナデシコ科・アブラナ科それにヨモギ属

などの草本類が急増し、これまで高い出現率を示していたイネ科やカヤツリグサ科などは逆に減少する。またアリノトウグサ属とフサモ属の区別はむずかしいが、他の出現花粉との関連から、この時代に増加するのは、アリノトウグサ属と考えられる。こうした花粉フローラの変化は、丘陵部にソバの栽培をとまう農耕が導入された結果、カシ林やモミ・ツガ林が切り払われ、アカマツの二次林が拡大したことを物語る。マツ属花粉の急増期が、イネ属の増加期ではなく、ソバ属の増加期と対応していることは興味深い。

地表下 165cm の層準を境として、堆積物が泥炭から砂質分の多い火山灰質シルトに変化する。このことは、丘陵斜面の森林破壊によって、土壤侵蝕量が増大し、周辺の丘陵部から火山灰質の堆積物の供給量が増加したことを示すとみてよい。

(4) マツ属の時代(地表下 110—25cm)

この時代はマツ属のみの著しく高い出現率で特色づけられる。その出現率は70%以上に達する。そしてこれまで高い出現率を示していたヨモギ属やその他の草本類は減少する。またモミ属・ツガ属・アカガシ亜属・シイノキ属の減少率は著しい。ただスギ属のみ、低率ながらその出現率は前時代と大きく変わらない。ヨモギ属をはじめ草本花粉の減少は、古代に馬の放牧地として利用されていたという草原の減少を示しているのかもしれない。

(5) マツ属・シイノキ属の時代(地表下 25—0cm)

この時代は、マツ属がやや減少し、かわってシイノキ属の増加で特色づけられる。シイノキ属は地表下50cm 前後から増加しはじめ、地表下 20cm では25%以上の高い出現率を示すようになる。またアカガシ亜属・モミ属・ツガ属なども表層部において増加する。地表下 50cm 前後より上方にかけてのシイノキ属の増加は、15世紀頃以降の人間の植栽の結果であり、最上部のアカガシ亜属やモミ属・ツガ属の増加は、近年の自然教育園の自然保護の成果である。

参 考 文 献

- 奥田重俊・宮脇昭. 1966. 自然教育園の植生と現存植生図. 自然教育園の生物群集に関する調査報告第1集, 1—14.
- 坂上寛一・山崎美津子・平山良治・浜田竜之介. 1978. 自然教育園の代表的植生の土壌と水分環境. 自然教育園報告, 8: 20—38.
- 鶴田総一郎・坂元正典. 1978. 自然教育園沿革史. 自然教育園報告, 8: 1—19.

Summary

For the reconstruction of past vegetation around the National Park for Nature Study, the authors performed pollen analysis to the sediments taken from valley bottom lowland in the park. The samples were collected by Hiller type borer. The palynomorphs were separated from the sediment matrix by a technique modified from that of Faegri and Iversen (1964) using a heavy liquid flotation (Zinc chloride).

According to the result of pollen analysis, following periods were recognized, i.e., from the lower upward;

- (1) *Cyclobalanopsis*, *Abies* and *Cryptomeria* period (300–200 cm depth)
- (2) *Cyclobalanopsis* and *Oryza* period (200–165 cm depth)

(3) *Pinus*, *Fagopyrum* and grass pollen period (165–110 cm depth)

(4) *Pinus* period (165–25 cm depth)

(5) *Pinus* and *Castanopsis* period (25–0 cm depth)

Period (1) is characterized by the high percentage values of *Cyclobalanopsis*, *Abies* and *Cryptomeria* indicating the vegetation before the severe forest destruction by man. Period (2) is defined by the appearance of *Oryza* suggesting the introduction of rice paddy field agriculture into this swampy valley bottom lowland. In this period, *Cyclobalanopsis*, *Abies*, *Tsuga*, *Cryptomeria* and *Castanopsis* gradually decrease upward while *Pinus* increases. This period is a transitional period. Period (3) is marked by the rapid increase of *Pinus* with *Fagopyrum* and other grass pollen like Chenopodiaceae, Caryophyllaceae, Cruciferae, Umbelliferae and *Artemisia*. High values of *Pinus* show the expand of Pine forest after the forest destruction and the high values of *Fagopyrum* suggest that this forest destruction was caused by the introduction of agriculture into the hill side slope. Type of the sediments changes from peat to sandy silt at this period indicating the acceleration of soil erosion after the forest destruction on the hill side slope.

Period (4) is distinguished by the high values of *Pinus* more than 70%. At this period, *Artemisia* decreases with other grass pollen suggesting the diminution of grass land which was used as a grazing land. Period (5) is characterized by the regeneration of *Castanopsis* which was planted by man after 15 Century.

無機環境に関するその他の抄録

菅原十一．1980．自然教育園の媒塵量について．自然教育園報告，10：57—67．

大気汚染物質の一つである媒塵の実態を知るため，空気中の媒塵量，葉面付着媒塵量，降下媒塵量についての調査結果を記した。

園内の空気中の媒塵分布調査では，園内外を比較したところ，園内では外部よりいちぢるしく減少する傾向がみられた。

園内の葉面付着媒塵量分布では，林内が林外よりも付着量の増加する傾向がみられた。

これは，森林の媒塵捕集効果によるものと考えられる。

降下媒塵の森林の捕集状況は，同一森林でも月による差がまちまちであるが，降水量との間に対応がみられた。

林外・落葉広葉樹林（ミズキ・コナラ），常緑広葉樹林（シイ林）での捕集比は，1：2.4：4.2の割合であったが，これは林相の粗密などによるものと考えられる。

そのほか，高速道路との関連についても記した。

三寺光雄・菅原十一・千羽晋示．1972．都市環境の変化と生物群集．都市生態系の特性に関する基礎的研究（沼田真編），45—51．三寺光雄・千羽晋示・菅原十一．1974．都市の環境大気と生物群集の動態．都市生態系の特性に関する基礎的研究（沼田真編），5—26．三寺光雄・千羽晋示・菅原十一．1974．都市における環境大気の変化と生物群集の動態．都市生態系の特性に関する基礎的研究（沼田真編），137—146．三寺光雄・菅原十一．1976．都市化と温度環境に関する研究．都市生態系の構造と動態に関する研究（沼田真編），1—11．

自然教育園内にみられる生物群集の変化は都市の環境悪化が原因であり，被害をもたらしている主汚染質

は亜硫酸ガスである。

都市の地表面は相対的に酸性化の傾向がみられることなどを報告した(1972)。

前報のつづきで、自然教育園における主要樹木の生存率を求め、全体としての衰退は、正常な自然のサイクルでは考えにくい。

樹木の衰退は、亜硫酸ガス濃度と相関がみられ、年平均濃度 0.04ppm で50年つづくとすれば、都市における樹木の生存が不可能にちかいことを予測した。

このほか、人間に対する被害、窒素酸化物の流動などについても報告した(1973)。

1971年から1973年までの研究の総括としてのべたもので、

- (1) 都市化は生物群集の退行現象に大きく寄与していること。
- (2) 都市における植物は衰退現象を示していること。
- (3) 衰退の原因として汚染大気の影響は明らかで、東京では特に大気中の SO_2 濃度と関係があること。
- (4) 1970年以降、東京では光化学スモッグによる植物被害が発生し樹木などでは異常落葉がみられること。
- (5) 光化学スモッグによる植物の被害は局所性が強いこと。
- (6) 光化学スモッグ汚染の指標として、アサガオが有効であるが、赤外白黒フィルムの色濃度から、被害発生の過程が追求できること。
- (7) 東京における汚染質の流動は、北風では東京湾周辺で高濃度化し、南風では内陸部で高濃度化すること。
- (8) 東京では、夏期にヒートアイランドが都心部に形成されること(1974)。

地被面構造物の改変によって、表面温度がどのようにかわるかを明らかにするための観測を行い、その結果を中心に述べた。

- (1) 高密度市街地域、耕地地域、森林地域で、表面温度ははっきりわかれること。
- (2) 市街地内の森林と周辺の表面温度を、同時に測定した結果、人工構造物(アスファルト道路、ビルなど)と自然物(森林)では、表面温度の差がみられること。
- (3) 人工構造物のうち、アスファルトや砂利道路やコンクリート構造物の表面温度は、草地や森林あるいは水の表面温度にくらべてかなり高いことがわかった。

都市化で人工構造物の占有面積はますます拡大するが、このことで、夏期の表面温度の高温度化と広域化が進行することが予想される。しかし、これらの結果が、下層の気温にどのような影響をおよぼすかについては、今後検討する予定である。〔今回の調査で、熱赤外スキャナーによる表面温度の値は、測定高度や天気の状態(例えば湿度の高い日と低い日では値は異なる)で異なるので、絶対値として考えることはできない。また、表面温度と日射量との相関は、風速の弱いときには高い値を示すが、風速が強くなると相関は悪くなる〕(1976)。

坂上寛一・菅原十一・浜田竜之介・黒部 隆。1980。自然教育園における降下ばいじんおよび土壌中の重金属。自然教育園報告, 10: 5—17。

自然教育園土壌に含まれる重金属の給源として降下ばいじんを考え、その主要な発生源は自動車の道路交通であることを明らかにした。

自然教育園において、植相を異にし、道路からの距離も異なる地点の土壌の重金属含有率を測定した。表層土壌の重金属含有率はいずれも高く、銅が、141~209ppm、亜鉛が 203~1,110ppm、鉛が 83~662ppm、カドミウムが 0.09~1.73ppm を示した。

7地点中6地点で降下ばいじんを捕集したが、得られたばいじん量は 0.34~3.18mg/cm²/月の範囲であり、植相により異なった。樹葉の繁茂度の高いシイ林が最多で、草地は最少であった。ばいじん中には、銅

149~332ppm, 亜鉛 631~3,690ppm, 鉛 180~795ppm, カドミウム 2.55~7.93ppm が含まれていたが、いずれも道路に近接する地点ほど高い傾向が明瞭であった。

1979年のばいじん中の亜鉛, 鉛, カドミウム含有率は10年前に比べ低下しており, 都心部の自動車交通量の減少と排気ガス規制の強化の効果と考えられた。

ばいじんによる重金属付与量は, ばいじん中の重金属含有率だけでなく, ばいじん捕集量の多少が大きく影響し, シイ林と高速道路際で多く, 草地で少なかった。この傾向は土壌の重金属含有率の地点間の傾向と良い対応を示した。

以上の点から, 自然教育園土壌中に多く含まれている重金属の汚染機構を明らかにし, 都市生態系の側面を提示できた。

坂上寛一・山崎美津子, 1979. 自然教育園土壌の腐植の形態と水分環境, 自然教育園報告, 9:51—60.

土壌中の腐植物質は落葉落枝などの有機物が, 主として土壌動物や土壌微生物の作用による無機化過程(分解過程)と腐植化過程を経て生成される。生成された腐植物質は供給される植物の種類や土壌微生物を含む土壌の性状により質的にも量的にも異なる。

本報告では, 自然教育園の代表的な植生であるシイ林, ミズキ林, コナラ林, マツ林の土壌の腐植の形態を分析するとともに, 樹種や水分環境との関連を考察した。

4地点の水分環境はシイ林が最も乾燥しており, コナラ林が最も湿潤であった。ミズキ林とマツ林は両者の中間であった。

堆積腐植の近似組成分は, マツ林で脂質類, コナラ林でリグニンの比率が高いなど地点間でいくらか相違がみられた。

いずれの地点においても, 水酸化ナトリウム抽出部, ピロリン酸ナトリウム抽出部とも腐植酸よりフルボ酸の割合が高かった。特に, コナラ林でその傾向が著しかった。

水酸化ナトリウム抽出部腐植酸の型の表層から下層への変化をみると, コナラ林はRp型→P型を示し, 腐植化過程の初期段階にあった。ミズキ林はコナラ林より腐植化が進んでいるが, P型→A型→P型と一定の傾向を示さなかった。シイ林とマツ林は腐植化過程の後期段階にあり, 火山灰土壌の主要な腐植化経路と考えられるP₀型→B型→A型を示した。

土壌中の腐植の形態は各地点で異っており, 腐植化過程の進行におよぼす要因(水分環境, 樹種など)が各地点で異っていることによると考えられた。

坂上寛一・山崎美津子・平山良治・浜田竜之介, 1978. 自然教育園の代表的植生の土壌と水分環境, 自然教育園報告, 8:20~38.

自然教育園の代表的林相であるシイ林, ミズキ林, コナラ林, マツ林の表層下5cmに, テンションフリーライシメーターを埋設した。年間を通して捕集された土壌水と, 同一地点の林内雨の量的, 質的解析から, 各地点の水分環境と土壌の性状との関連を考察した。

自然教育園の土壌は火山灰性黒ボクである。各地点の林内雨量とも降水量と高い相関を示したが, 土壌水量は各地点で異った。

シイ林は林内雨などによるカルシウム, マグネシウムなど塩基の供給量が多い。一方, 表層土が非常に粗しょうで, 土壌水量は最少であるため, 土壌水中の塩基溶存濃度は他地点より高いが, 土壌水とともに下層に流下する塩基量は最も少い。このため, 塩基は表層に集積し, 表層土の塩基飽和度は高い。

ミズキ林の土壌水量は最も多く, 土壌水とともに流下する塩基量はいずれもかなり多い。

コナラ林の土壌水量は比較的安定して多く, 塩基流下量も多い。土壌における塩基の層位分布はミズキ林と類似で, シイ林より下層への集積が認められる。コナラ林は最大容水量が最大で, 表層土のpFが低いこ

となど、他地点より湿潤な土壌状態であり、土壌の層位分化は比較的未発達である。

マツ林の土壌水とともに流下するカルシウム、マグネシウム、ナトリウムは最多であり、塩基は表層より下層に集積し、第3層は異常に大きな塩基飽和度を有した。また、第3層は人為的な埋没表層土であろう。

このように、林内雨と土壌水による溶存塩基量の動態（供給・流下）を解析することにより、各林相の土壌における特性（各塩基の層位分布）を解明することができた。

平山良治・山崎美津子・坂上寛一・浜田竜之介、1978. 自然教育園の土壌図. 自然教育園報告, 8:39—59.

国立科学博物館附属自然教育園の土壌図化をおこなった。土壌図の作成は土壌断面の観察をおこない、これに基いて図化を行なう。ただし、自然教育園の土壌図は 1/1000 の大縮尺でおこなったため、作図法については低次のカテゴリーレベルにおいて類別をおこなった。また人為の影響についても留意した。

低次のカテゴリーレベルの類別をおこなうために、前もって黒色層の厚さ、表層の土壌構造、表層の乾湿、堆積腐植層の厚さ、軟らかい層の厚さについてそれぞれ数段階もうけて類別したものを図化した。これらのものを総合して34類型をもうけて、総合した土壌図を作成した。

いっぽう、軟かい層の厚さや表層の構造の発達をめやすにして人間活動の影響の大なものからⅠ, Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ, とランクづけをおこない、Ⅰ, 人間活動の影響が強く出て回復がおくれている地域, Ⅱ, 人間活動の影響からほとんど回復した地域, Ⅲ, 自然が良く残っている地域, Ⅳ, 自然が最も良く残っている地域にわけて図化し土壌から見た環境自然度を示した。

このように土壌からみた場合、植生から見た場合には自然の状態に近いものでも、人間活動の影響が強く出て回復がおくれている部分もあることが認められた。

浜田竜之介、1972. 都市生態系と土壌. 都市生態系の特性に関する基礎的研究（沼田真編）, 111—120.

国立科学博物館附属自然教育園内の土壌、および明治神宮内苑の土壌について数地点土壌断面調査をおこなった。自然教育園のコナラ林の傾斜13°の地点の土壌はB層は 9 cm とうすが、55 cm まで比較的軟い（硬度18）。いっぽう低地の土壌は 30cm 以下の層に管状斑にとむ層があり、110cm のところに湧水面がある。このことから園内には乾性のものから湿性のものまで、火山灰を母材とする土壌が分布していることが認められた。明治神宮内苑の土壌については、B層の発達は 33cm にわたって認められ、48cm まで硬度が12~18と軟かい。いずれも、都市域内では比較的自然の状態に近い土壌である。

土壌を採取直後（湿潤土）および風乾後（風乾土）に全菌数、グラム陰性菌数を測定した。表層の湿潤土ではグラム陰性菌数に対する全菌数の比は7~41の範囲にある。風乾処理によりこの比は、グラム陰性菌数の減少割合が全菌数の減少割合に比し大きいため、54~676の範囲の値を示すようになった。

浜田竜之介、1973. 都市生態系と土壌. 都市生態系の特性に関する基礎的研究（沼田真編）, 27—37.

都市土壌の持つ特性を明らかにするため、自然土壌として自然教育園の土壌を、都市土壌として九段の靖国通り、中野の早稲田通り、府中の学園通りを対比した。都市土壌については表層より 10cm ごとに pH を測定したところ、いずれの都市土壌においても大部分7.0前後から7.0—8.0の間の値を示した。自然教育園の土壌はこれに比しほぼ4.6~5.6の範囲内の値を示した。細菌数については全菌数、グラム陰性菌数について湿潤土および風乾土についてしらべた。学園通りの土壌（都市土壌）についてみると、グラム陰性菌数に対する全菌数の比は試料採取直後ですでに48の値を示し、風乾後12となった。これは自然の土壌の風乾処理にみられる比の変化と全くことなる。

浜田竜之介・村岡政行・鈴木創三、1974. 自然教育園の土壌. 都市生態系の特性に関する基礎的研究（沼田真編）, 181—186.

自然教育園内の斜面について斜面上部から下部にわたって黒色暗色の表層の厚さに留意して、土壌断面を

観察，断面柱状図の各系列における，斜面上部から下部にいたる表層の厚さの変化をまとめた。その結果，ミズキ林においては斜面上部から下部にわたり，厚い表層を持つ。いっぽうマツ林は比較的薄い表層を持つ，とくに斜面中部においてこれが著しい。シイ林やコナラ林は前二者の中間的な表層の厚さであった。

また，二，三の斜面では暗色の表層部に下層土の褐色のブロック状の土塊の混入を認めた。これは人間活動の影響であると推定される。

自然教育園の土壌は植生からは自然状態に近いと思われるところでも，予想以上に人間活動の影響を受けている部分のあることが明らかとなった。

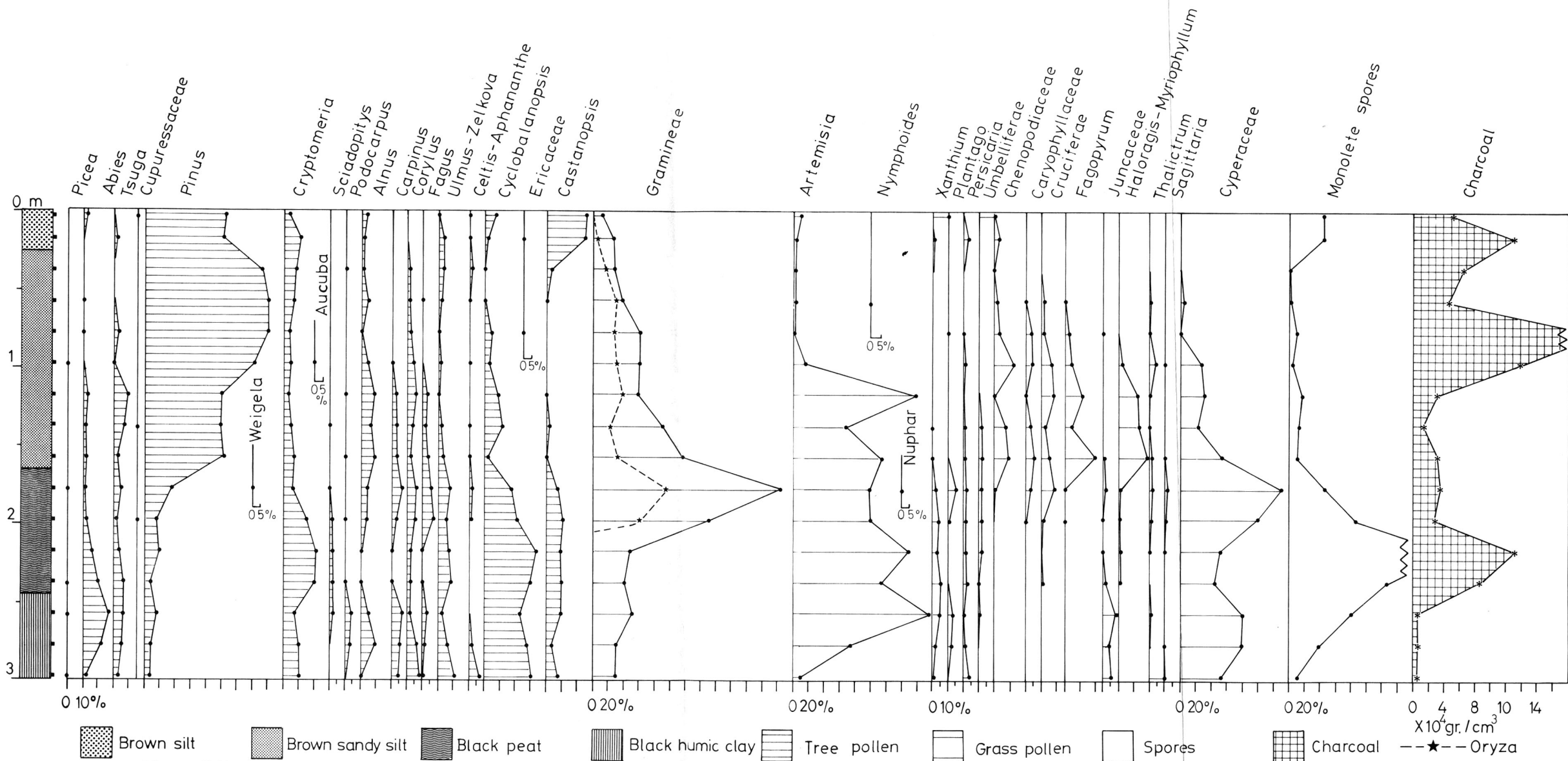


図2. 花粉ダイアグラム