

原 著

花粉形態学における数学的解析 IV

天然6面体（ツルムラサキ）と人工6面体（カニサボテン）

上 野 実 朗*

Mathematical analysis of pollen morphology IV

Natural hexahedron (*Basella*) and Artificial hexahedron (*Zygocactus*)

Jitsuro UENO*

(受付：1983年5月5日)

IV-1 序 論

IV-1-(1) 天然6面体花粉（ツルムラサキ）と人工6面体花粉（カニサボテン）。

筆者は花粉形態とプラトーの正多面体とを比較し（1972）、4面体（1982）と12面体（1979）の例について考察してきた。双子葉植物花粉では3溝粒が多いが、6溝粒もある。6溝粒花粉の出現するいくつかの例を双子葉類の花粉学的系統樹に記入したものが、第1図と第2図である。6溝粒はむしろ系統樹の中間か原始的な目に多く、キク科のような進化した科のダリヤはむしろ例外的な存在である。そして6溝粒の中で6面体が見られる例は少い。天然6面体花粉として有名なのはツルムラサキ（第3図・第1図版）である。しかし人工的に6面体花粉に変形させることもできる。カニサボテンは人工6面体花粉である（第2図版）。

IV-1-(2) ツルムラサキ *Basella rubra* はナデシコ

目ツルムラサキ科に属し熱帯アジア原産のツル性1年生草本である。茎も葉も肉質で、花には花弁はなく、萼（ガク）は5個で、全部は開かない。子房周位。オシベは5本、3裂した柱頭と対している。花は虫媒花らしいが、どんな昆虫がくるのか知らない。昆虫学者の教示をうけたい。全体として閉鎖花 Clis-togamous flower に似た形である。

IV-1-(3) カニサボテン *Zygocactus truncatus L altenstensii* はサボテン目サボテン科に属し、ブラジル原産の丈夫な園芸植物で耐乾力がつよい。開花させるためには極端に乾かして、葉が黒ずんで枯れて、しおれる位まで、いじめる。12月になって水やりをすると、クリスマスの頃に見事に咲く。一名クリスマス・カクタスと呼ぶ。サボテン目は分類学的には類縁関係が不明な目（モク）である。一説ではテンニンカ目 Myrtales に近いとするが、また中心子目 Centrospermae のザクロソウ科 Aizoaceae に近いと

* 〒420 静岡市瀬名 189

* Sena 189, Shizuoka-shi, 420 JAPAN

も考えられる。第1図と第2図では北村・刈米(1975)に従って、テンニンカ目のそばにおいた。

IV-1-(4) ツルムラサキ花粉は1982年9月20日。カニサボテン花粉は1982年12月24日にそれぞれ自宅で採集。

IV-1-(5) 走査型電子顕微鏡SEMは静岡大学教養部生物学教室の日立 HITACHI S-430型を使用。写真撮影にあたっては同教室の玉置繁一助手の協力をうけた。

IV-2 各論

IV-2-(1) 天然6面体花粉ツルムラサキ
(第1図版)

IV-2-(1)-A ツルムラサキ花粉は自然状態ではサイコロ型の6面体である。各平面のほぼ中央に円形の凹部があり、対角線の方向に発芽溝が1本ある。6面体の平面展開図をつくると6本の発芽溝は互にジグザグな方向を示している。エルトマン(1952 p. 68)はこれを散溝 ruga とよんでいる。しかし筆者(1975 p. 47)はジグザグに対向していることから対溝 rupi (pl.)とよぶことにする。エルトマンはクルミの赤道上でジグザグに向いあっている発芽溝を対溝としている。散溝 ruga は全面に散在している溝で、川崎(1971)はシダ胞子では表面に散在しているシワ模様をさしている。つまり ruga だけではパリノロジストの解釈はマチマチである。

IV-2-(1)-B ツルムラサキ発芽溝の周囲は乾燥時は円形に凹み、小刺が散在している。吸水すると周囲は膨れて、花粉管の突出をたすける。乾燥収縮すれば深く凹んで、発芽溝を圧迫して閉じさせ、ここからの脱水を防ぐ。つまり発芽溝周辺の円形凹部は脱水乾燥防止自動装置の生命維持構造的クッションである。植物の他の例でいうと、葉面に散在する気孔の両側にある閉塞細胞(一名孔辺細胞guard cell)

で、気孔の保護細胞に相当する。これをかりに自動的湿度調節装置〔A〕とよぶことにする。

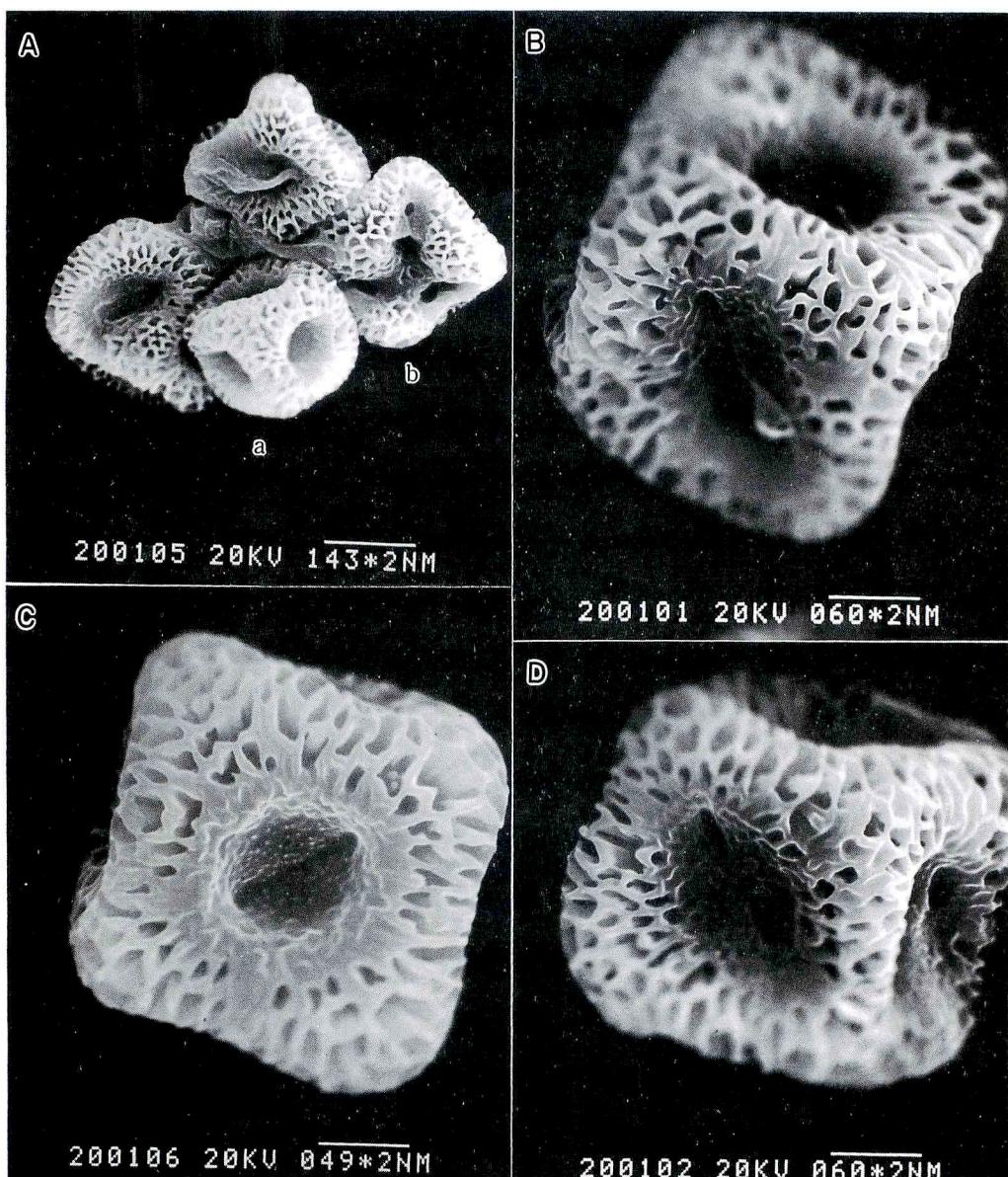
IV-2-(1)-C 6面体の稜線 edge は12本ある。この12本の稜線で6枚の正方形を形成し、支持している。空気中のわずかな湿度変化では変化しない。しかしアセトリシス処理などによる強烈な化学作用をうけると6面体を維持できず球形に変形する(第3図、A、3)。この稜線部には海綿(スポンジ)のような構造空間がある(第1図版)。この空間は空気が自由に入出できる。つまり湿度が少くなるとスポンジ構造はますます強固になり、6面体は堅持される。植物界で例外的な6面体花粉構成の秘密は稜線にあり、これを仮に自動的湿度調節装置〔B〕とよぶことにする。これこそ6面体基本骨格であり、いいかえれば形態保持記憶装置の復原力のバネである。

IV-2-(2) 人工6面体花粉カニサボテン
(第2図版)

IV-2-(2)-A カニサボテン花粉は自然状態では球形の散在6溝粒である。サボテン科には3溝粒、15溝粒などもある。いずれも球形である。カニサボテンは乾性植物で、花粉表面に小刺と小孔が散在している。これらの膜構造が耐乾機能とどのように関連しているかは不明である。超薄切片をつくり透過型電子顕微鏡で花粉膜の断面構造を精査するのは面白い研究テーマである。

IV-2-(2)-B カニサボテン花粉を走査電子顕微鏡で観察するため、真空中で金メッキすると、脱水乾燥されて変形し、人工6面体となる。面白いことに球形から6面体までの移行型が色々とみられる(第2図版B)。これによって6面体が形成される順序・過程・プロセスなどが推理できる。この変形は可逆的なもので、他の花粉でも球形からの変形に応用解釈できる。フサザクラ[IV-2-(3)]もこの例かも知れない(第3図)。

IV-2-(2)-C カニサボテン花粉の散在6溝はツル



第1図版 ツルムラサキの正6面体花粉

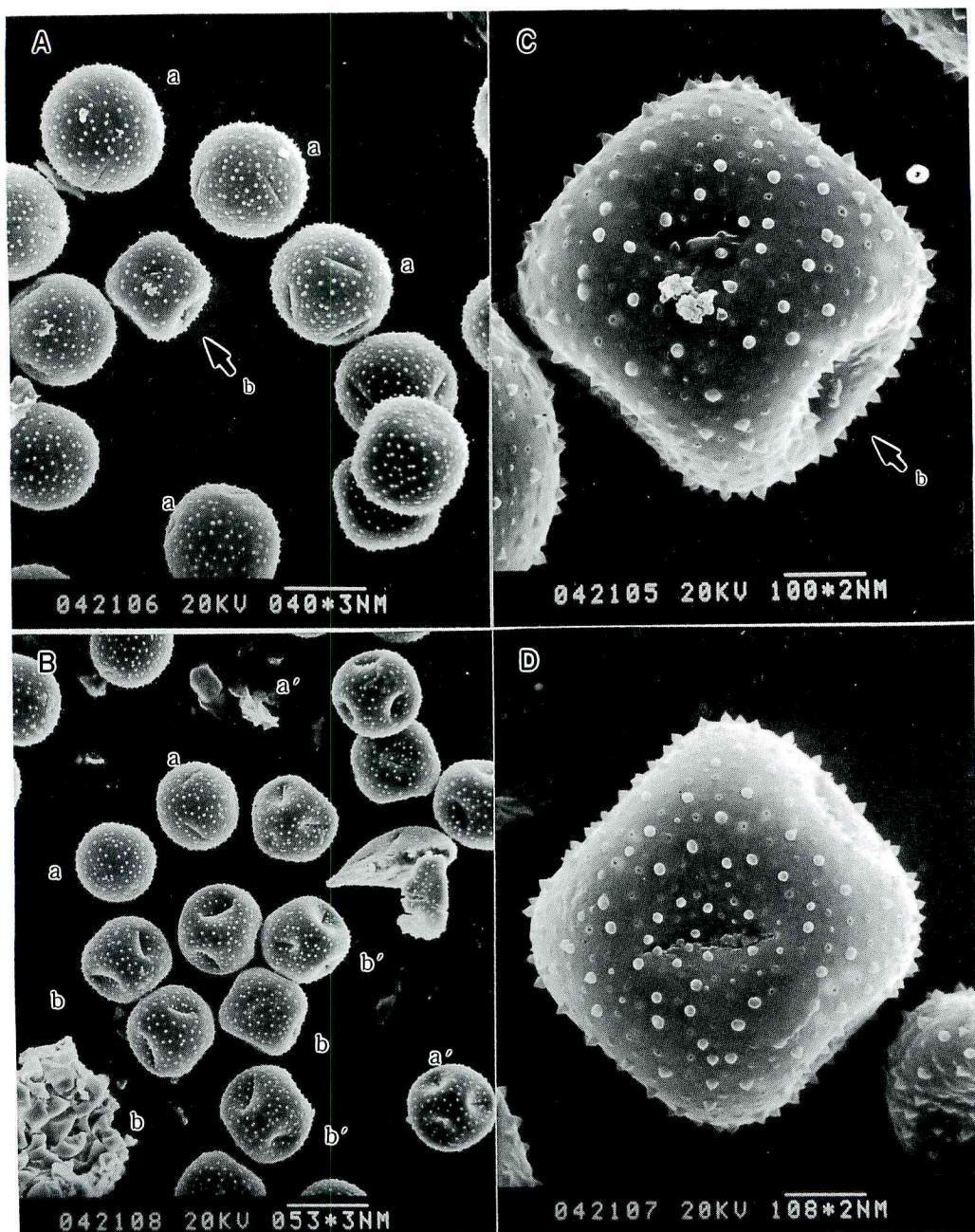
A : 花粉母細胞分裂ののち、まだ完全に単粒に離れていない状態。a はほぼ正常な形。b は3溝が連続している。未熟な状態のままと考えられる。B : 発芽溝を正面から写したもの。溝の周囲が小刺で囲まれていることと、溝が正方形の平面の対角線にあることがわかる。C & D : 2面または3面を見せている。データ : 200101 は 1982 の 2。10月 1 日の 001。01 は当日の撮影番号。20 KU は加速電圧 20 キロボルト。スケールは各数字の NM nanometer 10 億分の 1、 10^{-9} メートル。

花粉は 27~29 ミクロンの大きさである。

Plate 1 Natural hexahedron *Basella rubra* L. var. *alba* Makino

A : Unperfect grains. a-normal grain. b-abnormal 3-treme.

B-D : Normal grains. Hexahedron, panto-6 treme, dice form.

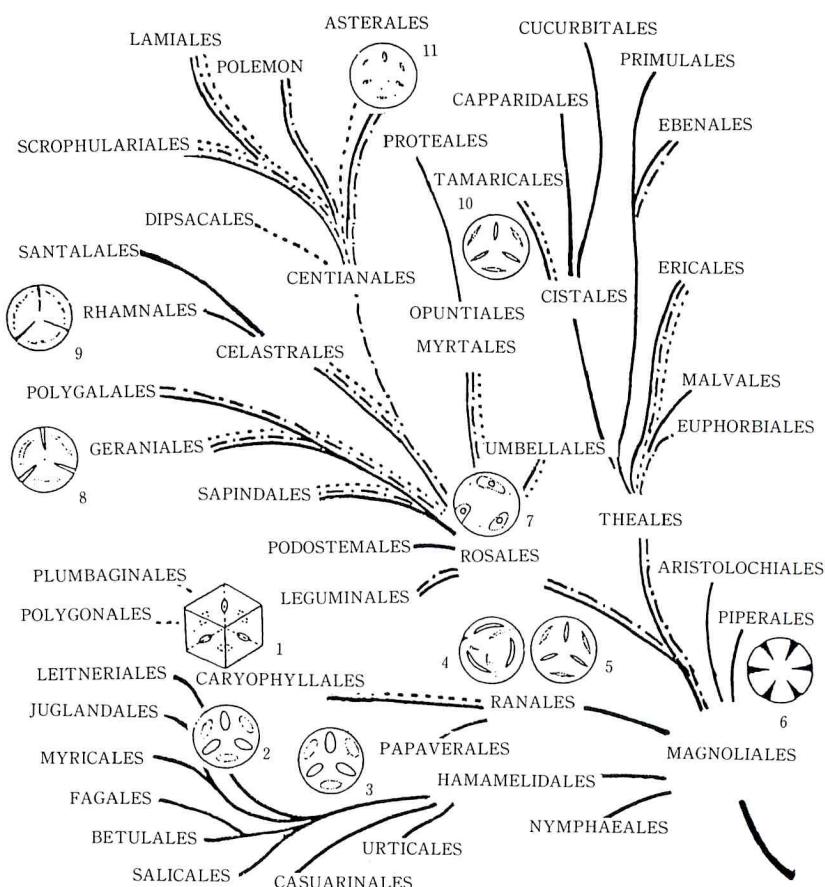


第2図版 人工6面体花粉カニサボテン

A : 正常な球形花粉(a)と乾燥した6面体花粉(b)。B : 球形から6面体への変化がよくわかる。C : Aのbを拡大したもの。D : 6面体花粉で溝が対角線方向にあるが乾燥により閉じている。aは正常、a'はやや正常、b'はやや異常、bは6面体。

Plate 2 Artificial hexahedron *Zygocactus truncatus* L. altenstensis

A : natural form is ball, dried form is hexahedron. B : metamorphoses ball hexahedron. C : Artificial hexahedron D : Artificial hexahedron



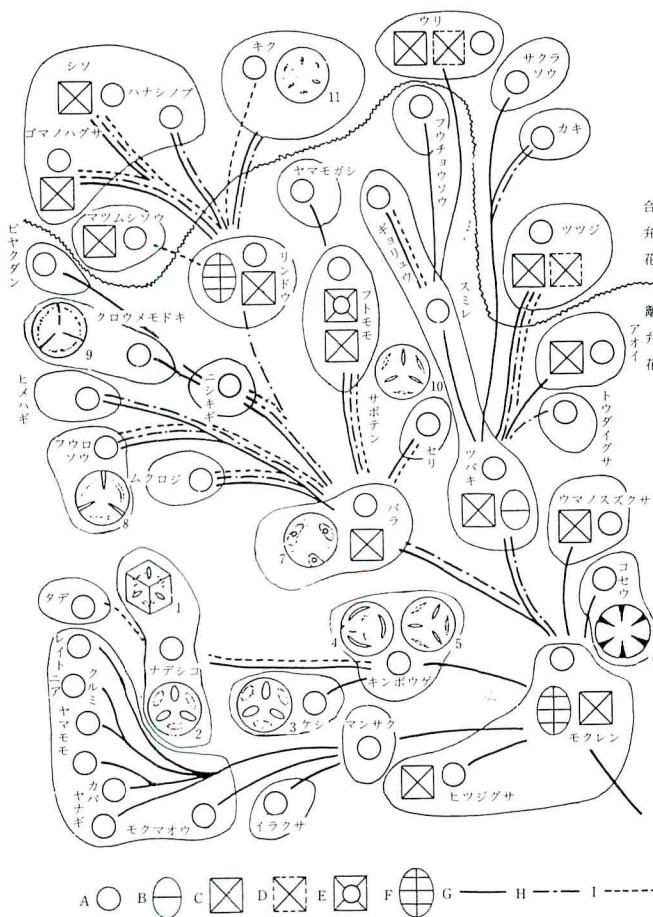
第1図 双子葉植物の花粉学的系統樹における6溝粒花粉

双子葉植物系統樹に花粉核性を加え、目をラテン名で示した。6溝粒花粉の略図をそれぞれの目に配置した。6溝が花粉全面に散在している panto-6-treme 散在 6 孔型 (1-5, 7-11) と 6 溝が赤道上に帯状に存在する zono-6-treme 帯状 6 孔型(6)がある。 1 : ツルムラサキ (ナデシコ目ツルムラサキ科) 2 : シオツメクサ (ナデシコ目ナデシコ科) 3 : ムラサキケマン (ケシ目ケシ科) 4 : フサザクラ (キンポウゲ目ヤマグルマ科) 5 : トガクシショウマ (キンポウゲ目メギ科) 6 : チヤラン (コショウ目センリョウ科) 7 : スグリ (バラ目ユキノシタ科) 8 : カタバミ (フウロソウ目カタバミ科) 9 : ヤブカラシ (クロウメモドキ目ブドウ科) 10 : カニサボテン (サボテン目サボテン科) 11 : ダリア (キク目キク科)

花粉核性は次の如くである。実線は2核性、点線は3核性、実線と点線の混在は2核性と3核性とが存在する。(ブリューベーカー 1967)。ヤナギ目は尾状花序群に移した(上野 1976, 1978)。

Fig. 1 Hexocolpate pollen types in palynological family tree of Dicotyledon

1 : *Basella* (Caryophyllales-Basellaceae) 2 : *Spergula* (Caryophyllales-Caryophyllaceae) 3 : *Corydalis* (Papaverales-Papavellaceae) 4 : *Euptelea* (Ranales-Trochodendraceae) 5 : *Ranzania* (Ranales-Berberidaceae) 6 : *Chloranthus* (Piperales-Chloranthaceae) 7 : *Ribis* (Rosales-Saxifragaceae) 8 : *Oxalis* (Geraniales-Oxalidaceae) 9 : *Cayratia* (Rhamnales-Vitaceae) 10 : *Zygocactus* (Opuntiales-Cactaceae) 11 : *Dahlia* (Asterales-Compositae). *Basella* is unique example of hexahedron. Hexahedron type is panto-6-treme : 1-5. 7-11. *Chloranthus* is zono-6 treme. Phylogenetic arrangement of order according to nuclear number ; solid line = all binucleate order, broken line = all trinucleate order, solid and broken line = both binucleate and trinucleate order (Modify from Brewbaker 1967 : Salicales by Ueno 1976, 1978)



第2図 双子葉植物の花粉学的系統樹における6溝粒と花粉粒数型

花粉学的系統樹の目に6溝粒を配置した図である。 1：ツルムラサキ(ナデシコ目ツルムラサキ科) 2：シオツメクサ(ナデシコ目ナデシコ科) 3：ムラサキケマン(ケシ目ケシ科) 4：フサザクラ(キンポウゲ目ヤマグルマ科) 5：トガクシショウマ(キンポウゲ目メギ科) 6：チヤラン(コショウ目センリョウ科) 7：スグリ(バラ目ユキノシタ科) 8：カタバミ(フウロソウ目カタバミ科) 9：ヤブカラシ(クロウメモドキ目ブドウ科) 10：カニサボテン(サボテン目サボテン科) 11：ダリア(キク目キク科)。花粉の粒数型はA：単粒 B：双粒 C：4集粒 D：不完全4集粒 E：同花中に単粒と4集粒がある(例:ホウウガンノキ) F：花粉塊 完成花粉の核性はG：2核性 H：2および3核性 I：3核性 核性はBrewbaker 1967による。

Fig. 2 Hexocolpate pollen and number of pollen grains in palynological family tree of Dicotyledon
 1: *Basella* (Caryophyllales-Basellaceae) 2: *Spergula* (Caryophyllales-Caryophyllaceae) 3: *Corydalis* (Papaverales-Papaveraceae) 4: *Euptelea* (Ranales-Trochodendraceae) 5: *Ranzania* (Ranales-Berberidaceae) 6: *Chloranthus* (Piperales-Chloranthaceae) 7: *Ribis* (Rosales-Saxifragaceae) 8: *Oxalis* (Oxalidales-Oxalidaceae) 9: *Cayratia* (Rhamnales-Vitaceae) 10: *Zygocactus* (Opuntiales-Cactaceae) 11: *Dahlia* (Asterales-Compositae) Number of pollen grains is monad, dyad etc. A: monad B: dyad C: tetrad D: free or loosely united in tetrad E: monad & tetrad in same flower F: polyad (massula or pollinia) G: solid line=binucleate H: solid & broken line=both binucleate trinucleate I: broken line=trinucleate (Modify from Brewbaker 1967, Salicales after Ueno 1976, 1978).

ムラサキと同じように 6 対溝で、平面展開図では互にジグザグの 6 本の溝となる。しかしツルムラサキで説明した 6 面体形成の基本骨格となるべき稜線のスponジ構造はない。カニサボテン花粉が乾いて人工的に 6 面体に変形する秘密、物理的属性 quality または物理量 quantum、質的形質 qualitative character は前述の自動的湿度調節 [A] に近いものであろう。乾くと 6 溝がすべて、ほぼ同じ力で内方に向って吸引され、陷入すると 6 面体になる。膜構造とくに発芽溝下部にあると思われるペクチン質を有する中皮構造の耐乾適応力。花粉全表面の張力のバランス。発芽溝の開閉メカニズムの微妙な運動。そしてサボテンとして乾性植物のもつすべての生理生態の条件などの総合結果であろう。

もしも吸水して中皮ペクチン質が膨張し、溝の内部への吸引力が解除されると、直ちに球形になる訳である。この 6 面体→球体の可逆変化は将来面白い方向に展開できると考える。

IV-2-(3) 人工 6 面体花粉フサザクラ(第3図B)

IV-2-(3)-A フサザクラ花粉は面白い散在 6 溝粒である。フサザクラ *Euptelea polyandra* S. et Z. は原始的な植物と考えられ、ヤマグルマ科 Trochodendroceae に属する落葉高木である。タニグワともよぶ。日本・中国・ヒマラヤの特産でヨーロッパにはない。幾瀬(1956 p. 72 : 6-rugate, Pl. 13-6 a, b)、中村(1980 p. 20 : 6-colpate, Pl. 45-866・867)、島倉(1973)などにもあり、筆者の観察によても散在 6 溝粒である。この球形花粉の平面展開図はカニサボテンと同じである。乾燥すればカニサボテンと同じように人工 6 面体になる可能性がある。

IV-2-(3)-B エルトマン(1952 p. 176. p. 439 : Fig. 250-A) は 6 面体のフサザクラの図を示している(第3図-B)。彼は 6 面体花粉と同時にほぼ球形に近い花粉も図示している。彼の鋭い觀察力と描写力は定評がある。彼は乾燥した標本で見たものかも知れない。しかし私が彼を訪問し教示をうけた記憶

(1956)によれば、花粉標本はすべてアセトリシス処理をしてあった。つまり強い酸とアルカリで煮たので、膜だけの標本である。それでも 6 面体を思われる花粉を見たのであろうか。エルトマンの図(Fig. 250-A)には小さく 6 面体花粉と大きくほぼ球形に近い多面体花粉を描いている。後者の画はツルムラサキ花粉の吸水形(第3図A-3)に似ている。そこで追試する必要がある。その方法は(1)自然状態の花粉形態が 6 面体に近いかどうか。(2)走査電子顕微鏡で観察するため、真空処理をしたら、どのような形態を示すか。以上の実験をすれば大体判明できると思う。

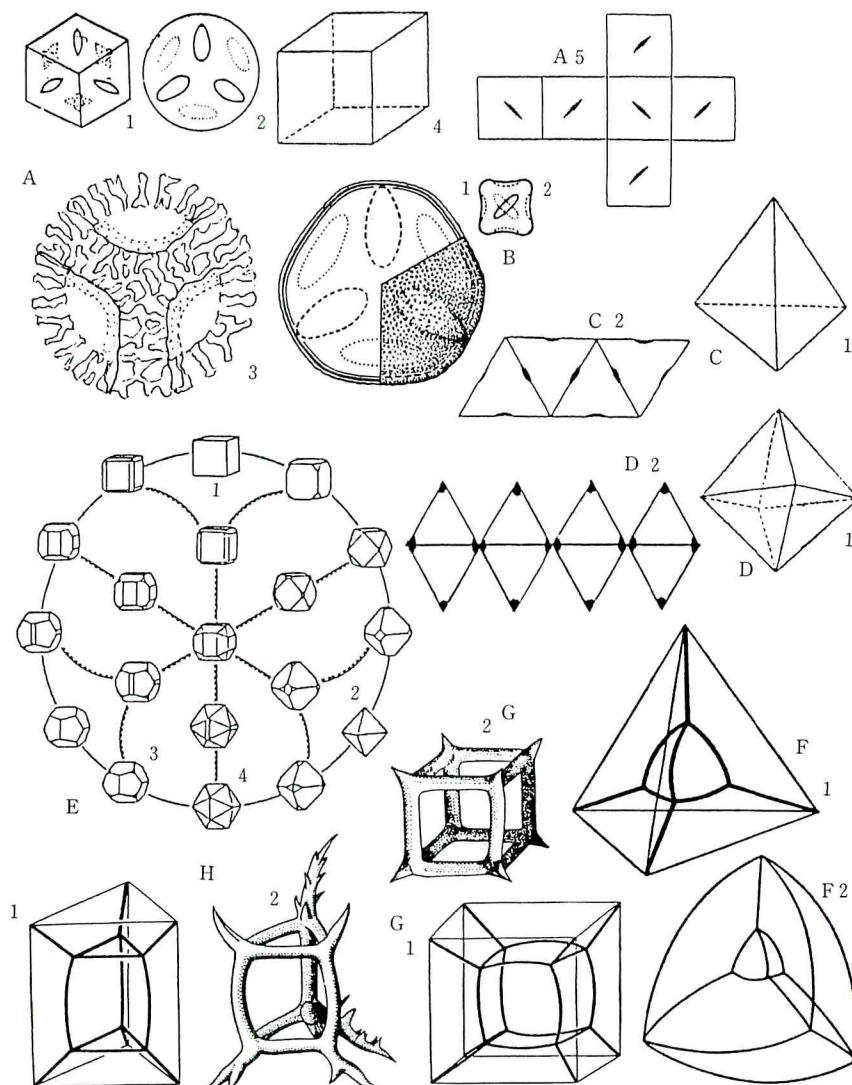
IV-2-(3)-C エルトマン(1952 p. 176)によると日本のフサザクラには 3 溝粒と 6 溝粒があるらしい。重要な記事なのでここに再録する。

Euptelaceae (Fig. 250, p. 439)

POLLEN : Nakamura 1943, Nast and Bailey 1946. *Euptelea francheti* (China ; Farges 1120). -Fig. 250 A (p. 439). Grains 6-rugate (31μ). Sexine thicker than nexine ; OL-pattern (fine). Rugae membranes granulate. *E. pleiosperma* (China ; Delavey 3749) : 3-colpate, oblate spheroidal-subprolate (polar axis $29-39\mu$). Colpi not always equilong. *E. polyandra* (Japan) : 3-colpate or 6-rugate (diameter about 30μ).

Smith (l.c.) does not recognize *E. francheti* v. Tiegh. as a separate species but amalgamates it with *E. pleiosperma* Hook. f. et Thoms.

しかし日本人の報告ではフサザクラに 3 溝粒があることは記されていない。すべて 6 溝粒である。エルトマンの死後、彼の花粉標本は大切に保管されている。筆者は 1982 年 7 月にストックホルムの花粉研究所を訪問した折にプラゴルフスキー博士から花粉標本の管理について説明された(花粉学講話 IV 第 36 講)。そこで筆者は他日ストックホルム花粉研究所を訪れて、この点について確認したいと考えている。もしもエルトマンの花粉標本プレパラートに 3 溝粒フサザクラと 6 溝粒フサザクラがあり、しかもその



第3図 6面体花粉と変形・類似

A : ツルムラサキ花粉 (1) 6面体花粉 (2) 球体 (散在 6対溝) (3) アセトリシス処理による球形 (4) 6面体 (5) 6面体の展開図とジグザグの対溝。 B : フサザクラ (1) 球体 (2) 乾燥形(?) (Bはエルトマン原図)。 C : 4面体とその展開図 D : 8面体とその展開図 E : 黄鉄鉱の結晶変化(砂川による)(1) 6面体 (2) 8面体 (3) 12面体 (4) 20面体。4面体と球体はみられない。 F : 針金のワクの中に張った石鹼膜の形(1)と夜散虫カリミトラの骨格(2)との類似(4面体)。 G : 針金のワクの中に張った石鹼膜の形(1)と放散虫リトキューブの単一の骨格の形との類似(6面体)。 H : 針金のワクの中に張った石鹼膜の形(1)と放散虫プリスマチウムの骨格の形との類似(3角柱) (F-H : トムソン「生物のかたち」より)。

Fig. 3 Hexahedron its metamorphosis and analogy

A : *Basella* (1) hexahedron type pollen (2) (3) after acetolysis (4) hexahedron (5) development. B : *Euptelea* (1) natural type (2) hexahedron type, dry from? B after Erdtman. C : tetrahedron D : octahedron E : crystal of Iron pyrites, after Sunagawa. F: analogy of tetrahedron by soap bubble G: analogy of hexahedron by soap bubble H : analogy of triangle pillar by soap bubble F-H after Thompson.

移行型、または中間型が存在したら面白いと考える。この可能性はあると考える（未発表）。

花粉の溝数の変化はツツジ科ドウダンツツジ属 *Enkianthus* アブラツツジ属 *Tritomodon* などで筆者も報告（1950）している。フサザクラは是非調べたいものである。

IV-2-(4) 帯状6溝粒。6溝が赤道上に配置されている花粉が帯状6溝粒 zono-6-colpate がある。ショウ目センリヨウ科チヤラン *Chloranthus spicatus* Makino (第1図-6, 第2図-6) などである。展開平面図をつくるとツルムラサキなどの散在6溝粒とは全く別な溝の配列となる。帯状6溝粒は乾燥変形しても6面体になるとは考えられない。（クプリアノバ 1981）。これについては別に論じたい。

IV-3 討 論

IV-3-(1) 花粉変形能とバイオレオロジー (Biorheology)。

球形花粉が種々の多面体に変形する能力はバイオレオロジーの立場から興味がある。この問題については花粉学講話III-31 (1982) に記した。この変形は一種のエントロピーが作用したものではないか。つまり乾燥条件に対して最も適応した形態的変化をして、生命保護の機能を発現したものであろう。これを環境に適応した表現と解すれば、アナゲネシス (anagenesis) 現象のひとつである。しかしその花粉のすべての構造が、いつもあらゆるアナゲネシスを示すものではなく、時には反対にカタゲネシス (catagenesis) (退行) 的な現象を示すこともあります。その例として次にダリアを説明する。

IV-3-(2) ダリア6溝粒花粉

IV-3-(2)-A 6面体花粉になりにくい。ダリアはキク科では比較的珍らしい6溝粒である(1971・1978)。その散在6溝を平面に展開するとツルムラサキと同じ展開図、つまりジグザグの対溝となる。この6対溝を多面体に配置すると、次の3例が考えられる。

(1)正4面体の6稜線。 (2)正8面体の正3角形の2頂点と赤道面の4頂点。 (3)正6面体の6平面。

しかしキク科の厚い丈夫な膜構造やブタクサ花粉が乾燥すると形成する外皮と内皮との間の空間、つまり内側気腔 inside air space (1978 Pl. 160) などから考えると多面体には変形しにくいと考える。ブタクサ花粉は乾いて軽くなっても、外皮は変化せず、花粉は変形しない。しかもしも真空中で変形したら面白い実験である。

IV-3-(2)-B ダリアは6溝粒だが、キク科のほかの大部分は3溝粒である。なぜダリアが6溝粒になったかは別の意味からも興味がある。つまり3溝と6溝との交換性または可変性である。ダーウィンは「種の起源」の中で、ダリアを「多岐な未知の変異の諸法則の結果えられた品種の例」として注目している。花粉学的にもいくつかの謎がありそうである。とくにメキシコ・オアハカ州で1936年発見されたという20メートルの大木になるダリア *Dahlia macdougallii* Sherff の花粉は何とかして入手して、調べたいものである。理由は草本よりも木本が原始的であるという一般論にもとづいて、原始的なダリアの例として興味があるからである。

IV-3-(3) 花粉形態は数学で理解されるか。ガリレイ Galileo Galilei (1564・2・15-1642・1・8) は「自然の書物は数学の言葉により書かれている」という信念をもっていた。彼がイタリーのルネッサンス時代に唱えた理論は、総合的方法 Metodo compositivo と分析的方法 Metodo resolutivo であった。前者は普遍的な数学的法則の確立であり、後者は経験的事実の数学的分析である。花粉研究でいえば前者は一般形態を、後者は特殊形態を数学的に分析することであろう。もしもガリレイが花粉を見たら「花粉の形態は数学の言葉で書かれており、花粉の秘密は数学によってとける」と言うであろう。

IV-3-(4) 花粉の中に結晶の対称性はないか。ヘッケル Heinrich Hackel (1834-1919) は個体

発生は系統発生の短いくり返しと考えた。そしてダーウィン Charles Robert Darwin (1809-1882) の「自然選択と適者生存を根底とする生物進化論」を是認し、普遍につとめた。ヘッケルは形態研究を進化論にもとづき組織化しようとした。つまり生物の発生パターンを機械的に説明し、生物の組織の中に結晶の対称性を発見しようとした。そしてヘッケルは失敗したとされている。しかしヘッケルがもしも多面体花粉を調べたら別のコースを歩んだかも知れない。そして花粉の中に結晶の対称性を証明したかも分らない。

IV-3-(5) 形と数の科学。ファーブル Jean Henri Fabre (1823・XII・20-1915・X・16) の昆虫記 *Souvenirs entomologiques* (1879-1886) (花粉学講話 I 第9話) は、古代の知恵と現代の学問とを結びつけながら、形と数の科学の洞察力の結果である。ファーブルの生涯にわたる昆虫観察の思い出 (*Souvenirs*) を7年間かかってまとめた記録は、次の重要な本質的問題を提起している。

ファーブルは数学教師も経験したが、彼は生物の形態を数学的にとり扱うことによって、形態学者の記載的な仕事を助けるとともに、成長と形態を理解するためには基本的な問題を例示した。そして生物学者だけでなく、数学者に対しても未開の分野があることを知らせた。彼はピタゴラス Pythagoras (B.C. 582?-493?) やプラトン Platon (B.C. 427-347) の精神をうけつぎ、数というものに生物の成因をみるとともに、宇宙の天蓋を開く鍵を発見したトムソン (後述) は激賞した。

もしファーブルが花粉をただ授粉結実の要因として見ただけでなく、多面体花粉をも深く考察したならば、素晴らしい結論を導いたであろう。

私は1956年にオランジュ Orange にあるこの磧学の旧宅を訪れた。1階研究室には本で見なれた彼の机や標本がならんでいた。部屋の一隅に汚れたカーテンで仕切られた高い机があり、旧式の顕微鏡が1台おいてあった。この顕微鏡で彼は多くのものを見

たに違いない。おそらく花粉も見たであろう。そして彼が多面体花粉をもしも見ていましたなら、どんな結論を出したであろうか。いつか私は「花粉のファーブル」になりたいものである。そして形と数とを結びつけようと考えている。

IV-3-(6) 「多面体花粉の構成力」は何か? これは非常に重大な問題と関係するので簡単には考えられない。ツルムラサキの場合は稜線のスponジ構造・発芽溝付近の自動的湿度調節装置〔A〕および〔B〕・形態保持記憶装置とその復原力などである。カニサボテンなど人工6面体花粉やカスミソウなどの人工12面体花粉などでは、多面体→球体と可逆的変形する物理的属性や遺伝的形質も考えねばなるまい。

ここではツルムラサキの稜線に問題をしぼって考えたい。この稜線を不可視骨格にたとえて、トムソン D'Arcy Wentworth Thompson (1860-1948) の考え方を適用すると「最密充填集合体としての境界壁」となる。この壁は特殊な構成力つまり分子間引力を仮定している。

IV-3-(7) 花粉と放散虫の比較。放散虫 Radiolaria は根足虫網 Rhizopoda に属し、偽足で運動捕食する原生動物 Protozva である。古生代に栄えた石灰質の殻 Cyst をもつ有孔虫 Foraminifera とならんで、放散虫は硅酸質の殻 Cyst をもっている。

トムソンは放散虫 (例: カリミトラ) の外側の殻を、生物学的には細胞ではないが、自分自身の境界と表面作用をもつかぎりにおいて、物理的に細胞と同等であるとした。そして細胞表面や構成について議論したことは、そのまま適用できると考えた。このような殻 Cyst の最密充填集合体の隙間に、ある種の物質が吸着し固化してきた、きわめて小さく繊細な網目構造が考えられる。これらの網目構造でも、細胞と同じように、表面エネルギーが集中して吸着作用がはたらくのは、まさに境界壁、とくにその「フチ」(稜線) や「カド」(頂点) である (生物のかた

ち p. 87)。

ツルムラサキなどが多面体を保っているのはこの境界壁ではあるまいか。エルトマン (1969) も鞭毛虫 Dinoflagellate の殻 Cyst と比較して花粉形態を調べていた。しかし彼と多面体花粉について話し合えなかつたのは残念である。もしも彼が健在ならばストックホルム研究所で心ゆくまで研究できたであろう。エルトマン博士を偲び記す (日本花粉学会会誌 Vol. 11, 1973 参照)。

IV-3-(8) 多面体理論の未熟さ。花粉は花の秘密を示す聖刻文字・象形文字 Hieroglyph と考えられる。この文字の解読は分類・系統・生理・生態をとく鍵である。この解読がまだ不完全なのは、花粉の多面体理論の未熟さを示すものである。しかしここでバラニー R. Barany の言葉を思わずにはおられない。オーストリアの耳鼻科医師であった彼が 1914 年ノーベル生理学・医学賞をうけた時に、いつも言っていた言葉は「未熟な理論も、ときには他の科学者に意欲をおこさせ、飛躍的な進歩をもたらすと確信せよ」であった。

IV-3-(9) 花粉形因学の作業仮説として。花粉形態学における数学的解析と題して、上野式立方体理論を試みてきた。4 面体・6 面体・12 面体と論じてくると、花粉の変形能におどろく。しかし各多面体間の不連続性と連続性についてはカタストロフィー(破局の理論)。結晶の成長と変形、とくにバルク(balky 団塊状)の結晶。液相 Liquid(原形質)から固相 Solid(花粉)への変化。結晶表面での分子の挙動(表面カイネティックス Kinetics)。さらに 4 面体や 6 面体の形成実験としての針金ワクによる放散虫骨格と花粉稜線の類似・類推(アナロジー analogy) (第 3 図-F. G. H) などもすべて参考にせねばなるまい。

事実はひとつであろうが、作業仮説のたて方によつて、種々の解釈が生じる。その中で、より多く、

仮説を包含できるものが優れた仮説である。すなわち花粉の立方体理論を展開するにあたり、花粉形成の原因を考える花粉形因学 Palynological morphogenesis, Kausalmorphologie の作業仮説が必要となり、ここに試みた訳である。京都大学理学部植物学の恩師・郡場寛(コーリバ・カン)博士は植物の機能と形態について教えられた (1951)。また桑田義備(クワダ・ヨシナリ)先生は戦前いつでもポケットに針金のラセンを 2 本もっておられた。それは戦後、ワトソン・クリック (Watson, J. D. and Crick, F. H. C.) の染色体二重ラセン構造の理論的根拠となつた見事なモデル実験であった。そのため文化勲章をとられた。99 歳の最後まで病床で研究を続けられた先生が、いつも愛しておられ、口にされたベーリングの言葉をもつてこの報告を終える。「どんな下らない仮説でも、何も言わないよりはましである」

Belling : Even a wrong hypothesis may be better than none at all.

IV-4 結論

- (1) ツルムラサキ花粉は 6 面体で、6 本の対溝がある。化学作用により球形になる。しかし、乾燥しても 6 面体にもどらない。この変形は不可逆的である。ツルムラサキ花粉を天然 6 面体花粉とよぶ。
- (2) カニサボテン花粉は球形で、6 本の対溝がある。真空乾燥により 6 面体となる。しかし吸湿すれば球形にもどる。この変形は可逆的である。カニサボテン花粉を人工 6 面体花粉とよぶ。
- (3) 6 対溝をもつ球形花粉で、乾燥すれば 6 面体への可逆的変形をする例はほかにもあると考えられる。
- (4) 可逆的な変形をする人工多面体花粉はアナゲネシス(進化向上現象)のひとつと解される。
- (5) 多面体花粉の研究は花粉形態・分類・生態・生理・系統などの分野にとって作業仮説として重要なと思われる。

Summary

Hexahedron is one of the five Platonic Solids. *Basella rubra* L. var. *alba* Makino is Natural hexahedron. *Basella* is panto-6-treme (rupi). 6-rupi on the 6 faces of hexahedron. The secret of dice form is spongesness structure of exine and 12 ridges. After acetolysis, *Basella* change form as ball. This change is irreversible.

Zygocactus is panto-6-treme (rupi) as like as *Basella*. But its form is ball. In extreme dry vacuum, its form change hexahedron. In moisture condition, it change ball. This change is reversible. *Zygocactus* is artificial hexahedron.

Dahlia is panto-6-treme (rupi) as like as *Zygocactus*. But exine is very thick, spinate and strong. In extreme dry vacuum, its form is unchanged. *Dahlia* is not artificial hexahedron.

Euptelea is panto-6-treme (rupi) as like as *Dahlia*. After Erdtman, its form changeable ball ⇌ hexahedron. This change is reversible. So that *Euptelea* is artificial hexahedron.

Gypsophila is 12-rugate, In extreme dry vacuum, its form changeable ball pentagonal dodecahedron. This change is reversible. So that *Gypsophila* is artificial dodecahedron.

Deformability of pollen grains is the question of Biorheology. Artificial polyhedron; reversible reaction of pollen morphology is one of the characters of anagenesis. Palynological morphogenesis (Kausalmorphologie) is very interesting subject as working hypothesis.

John Belling (1866-1933) : Even a wrong hypothesis may be better than none at all.

References

- Erdtman, G. 1952 Pollen morphology and plant taxonomy : Angiosperms. Stockholm.
 幾瀬マサ 1956 日本植物の花粉 広川書店
 刈米達夫・北村四郎 1975 薬用植物分類学 広川書店
 川崎次男 1971 胞子と人間 三省堂
 木村陽二郎 1983 ナチュラリストの系譜 中公新書 680
 小林禎作 1980 六花の美 サイエンス社
 郡場寛 1952 植物の形態 岩波書店
 黄增泉 1972 台湾植物花粉図誌 国立台湾大学 p.66 *Basella rubra* 紅花落葵 Plate 21 : 18-25
 Kuprianova, L. A. 1981 Palynological data on the family Chloranthaceae, its relationships and the history of distribution. Bot. Jour. Tom 66-No. 1 pp. 3-15 : p. 7 Fig. 5
 中村純 1980 日本産花粉の標識 I & II 大阪市立自然史博物館収蔵資料目録 第12集(図版) 第13集(説明) Plate 42 : 819-822 *Basella rubra* 説明 p. 22 (359)
 西村三郎 1983 動物の起源論 中公新書 685
 小尾信弥 1981 比較の世界 草思社
 島倉巳三郎 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 p. 14 Plate 19 : 185

-187 *Basella rubra*

Plate 45 : 866-867 *Euptera polyandra* 説明 p. 24 (382) 6-colpate

砂川一郎 1975 結晶成長 [藤本・砂川・都城：鉱物学 第7章 pp. 223-308 黄鉄鉱結晶の外形変化] 岩波書店

高木隆司 1978 「かたち」の研究 ダイヤモンド社 (p. 170 図 89 参照)

トムソン 1973 生物のかたち 東京大学出版会 (柳田友道ら訳)

D'Arcy Wentworth Thompson : On Growth and Form

上野実朗 1950 ドウダンツツジ属について (英文) 大阪市立大学理工学部紀要 Vol. 1 : pp. 55-62

上野実朗 1971 花粉表面の微細構造II ダリア (英文) 静岡大学理学部報告 Vol. 6 : pp. 149-164

上野実朗 1972 花粉形態学における数学的解析 (上野式立方体理論) 正12面体 (カスミソウ・ツルノゲイトウ・サボテン等) 日本花粉学会会誌 Vol. 9 : pp. 19-21

上野実朗 1973 被子植物系統樹の花粉学的考察——多果粒について 日本花粉学会会誌 Vol. 12 pp. 1-12

上野実朗 1979 花粉形態学における数学的解析・II 日本花粉学会会誌 Vol. 24 : pp. 45-50

上野実朗 1982 花粉形態学における数学的解析・III 4面体とその変形, Triprojectacites 化石花粉群 日本花粉学会会誌 Vol. 28-No. 1 : pp. 13-21

上野実朗 1981 ファーブルとカボチャ花粉 花粉学講話 I (No. 10) 日本花粉学会会誌 Vol. 27-No. 1 : p. 47

上野実朗 1982 バイオレオロジーの立場からの花粉形態能の変化 花粉学講話III (No. 31) 日本花粉学会会誌 Vol. 28-No. 1 : p. 32

Wodehouse, R. P. 1935 Pollen grains p. 199 (Table IV) N. Y.

註 John Belling (1866-1933) イギリス生まれでアメリカ在住。園芸、植物おもにユリ科植物の細胞遺伝学を研究。とくに交叉におけるキアズマ説についての論文が多い。ペーリングの言葉は桑田博士の「染色体の構造」(養賢堂 1973) にも引用されている。会員・中沢潤・弘前大学名誉教授の示教による。

花粉学研究

上野 実朗著

文部省助成学術図書
B5判・542頁
定価23,500円

花粉の構造と機能を中心として論述。花粉の定義、特に裸子植物の花粉についてその形態学的形質、発生学的形質、実験結果などに加え、被子植物の花粉におよんで研究結果を報告する。

また、著者自ら体験した花粉症などの広範囲の研究をわかり易く、しかも学術的に解説するほか、難解な花粉学の専門用語に多くのページをあてている。光学・電子顕微鏡写真やスケッチを豊富に収載！

東京都千代田区 風間書房 電 03-291-5729
神田神保町1-34 振替東京1-1853

TOKOHA UNIVERSITY

本格的教員養成の大学

21世紀の人づくりをめざして
教育学部／初等教育課程

常葉学園大学

〒420 静岡市瀬名1000 TEL.(0542) 63-1125

●常葉学園短期大学

〒420 静岡市瀬名1480 TEL.(0542) 61-1313

中学生レベルの実験書・入門書

花 粉 百 話

昭和54年6月15日 初版発行
昭和57年4月30日 改訂版発行

改訂版 花 粉 百 話 — 楽しい入門書 —

定価 950円

著者 上野 実朗
発行者 風間 務
印刷者 西村 弥満治

発行所 株式会社 風間書房

〒101 東京都千代田区神田神保町1-34
電話03(291)5729・振替東京1-1853番

(精文堂印刷・製本)

ISBN4-7599-0514-6

【本書の内容】

100の項目からなるこの本は、著者の40余年の経験から生まれた花粉についての分りやすい入門書です。▶花粉研究の歴史や、いろんな国々の花粉学研究の現状を紹介したり、花粉の物理的・化学的実験の具体例を示しながら花粉の仕組と働きを説明したりします。▶また、著者もかかった花粉症の話や、花粉模型の作り方・花粉の食べ方・花粉のための顕微鏡の選び方などの楽しいお話を多く載せてあります。