

論 説

双子葉植物における花粉母細胞の分裂について

鈴木 幸子*

On the division of pollen mother cell in Dicotyledoneae

Sachiko SUZUKI*

序

被子植物の花粉母細胞の分裂について述べている研究は個々の植物ではかなりの数にのぼるが被子植物全体にわたるものは多くはない。古くは早田 (1931) が双子葉植物は同時分裂型、単子葉植物では連続分裂型が一般的だとした。この考えは現在でも支持されている。早田はまた多数の例外が各科に散在していたので、花粉母細胞の分裂から当時の分類学の単系説を否定した。その後1940~50年代には Bailey らの *Magnoliales* の研究の中に分裂型が断片的に述べられている。*Magnoliales* はその後も研究され Bhandari (1971) が分裂型についてもまとめている。しかし Sampson (1969) が指摘したように、特に *Magnoliales* では、分裂型の再検討が必要である。

Muller (1970) は花粉化石や花粉型を調べ連続分裂から同時分裂が進化してきたとしている。

今回双子葉植物の72科122種類の花粉母細胞の分裂型と4分子配列を調べたのでその結果を報告する。またこの結果が他の花粉の形質、花粉の核性、発芽装置型などどのような関係にあるか、系統分類学とこれらの形質との関係、シダ植物、裸子植物

の分裂型はどうであるか。被子植物の185科の分裂型を調べた Davis (1966) との比較、及び Muller 説の否定などについて述べる。

材料及び方法

用いた材料は被子植物の双子葉類32目、72科、105属、122種である。分類方法は新エングレー分類系 (1964)、伊藤洋の新高等植物の分類表 (1967) に従った。採集時期は開花前、早いものでは6ヶ月から遅いものでは1週間である。採集した蕾はカルノア液に固定するか、そのまま冷蔵庫 (4℃) に1~2日間保存してあるものを用いる。若い蕾から葯をとりだしスライドガラスの上で酢酸カーミンを1~2滴落とす。カバーガラスをかけて軽く押しつぶし約10分後顕微鏡にて観察する。(日本花粉学会会誌第8号P10参照)

花粉母細胞 (PMC) の分裂型は Fig. 1 のように分類しここでは符号をもちいた。同時分裂型をA型とし、PMCの第1核分裂が終って2核の状態をA、第2核分裂終了後4核の状態をA' とする。連続分裂型をD型と同じくD、D' とする。B型とC型はA、D型の中間的分裂形式をとり中間型、あるいは中間移行型といわれているものである。PMCが2核、

* 神奈川県立衛生短期大学 横浜市旭区中尾町50-1

Kanagawa Prefectural Junior College of Nursing and Medical Technology 50-1 Nakao-cho Asahi-ku, Yokohama pref. Kanagawa

4核になった状態で細胞質分裂が溝(furrow)によって開始するが途中で細胞質分裂が停止する。C型はB型よりも細胞質分裂が進行する。しかし、B型とC型は程度の差だけとは考えられないので区別した。PMCの分裂によってできた花粉の4分子配列は分裂型に結びつけて符号であらわした。A₁, B₁, D₅は正4面形4集粒、A₂, B₂, C₁, D₁は正方形4集粒、A₃, B₃, C₂, D₂は十字対生形4集粒、D₃はT字形4集粒、D₄は線形4集粒、A₅, B₄, C₃, D₆は一定の配列をとらず不規則のものとする。

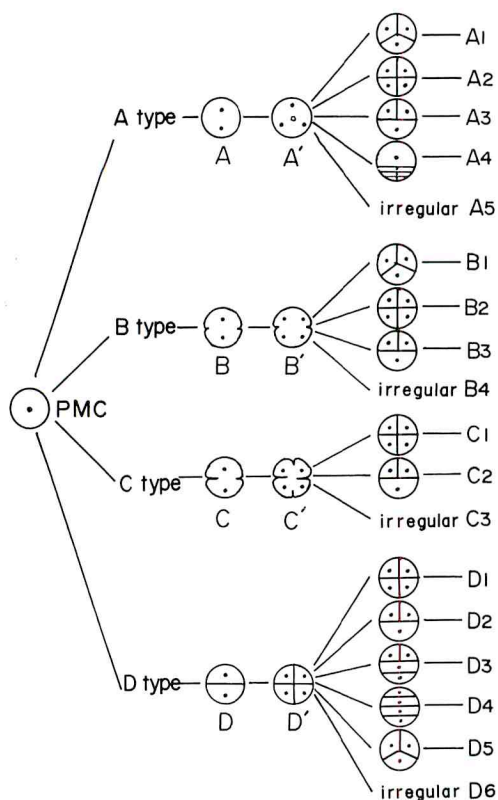


Fig. 1 Diagram of PMC division type and tetrad arrangement.

結 果

PMCの分裂型と4分子配列はTable 1の如くである。双子葉植物のPMCの分裂型はFig. 1の4つの型が見られ、単子葉植物と比較するとかなり複雑である。

A型; 今回用いた122種類の内102種(84%)がA型であった。PMCが2回の核分裂をしてAからA'になる(Fig. 2—1)。細胞板形成によって細胞質分裂がおこなわれ4分子配列は99%がA₁である(Fig. 2—2)。少数がA₂(Fig. 2—3)やA₅(Fig. 2—4)であるがA₄は双子葉植物にはみられない。

B型; PMCが第1核分裂をしたBの状態では求心的に溝が入りこむ(Fig. 2—5)。この溝は一旦停止して第2核分裂の開始となる(Fig. 2—6)4分子形成は溝ではなくて細胞板形成によると推測しているが不明である。4分子配列はB₁(Fig. 2—7)かB₄(Fig. 2—8)で前者はローバイ科・*Calycanthaceae*で、後者はジンチョウゲ目・*Thymelaeales*でみられる。

C型; C型は第1核分裂後の溝(第1の溝)の陥入がB型よりも進行する(Fig. 2—9)。第2核分裂(Fig. 2—10)後第2の溝が生ずる。4分子形成の際には第1の溝が第2の溝に先だって完了する場合(Fig. 2—11)と第1と第2の溝が同時に完了する場合(Fig. 2—12)がある。4分子配列はC₁かC₂、その中間的配列である。C型をもつ植物はPMCの分裂型がB型、D型やA型をもつことがある。モクレン科 *Magnoliaceae* がC型である。

D型; 双子葉植物ではA型についてD型が多い。主としてD型であるものは、4目5科7種にわたった。D型には2種類ある。1つは、C型の第1の溝が第2核分裂の前に完成したと思われるもので4分子配列はD₁~D₄である。もう1つは単子葉植物に多いもので第1核分裂の後に細胞板形成により2細胞となり(Fig. 2—13)、第2核分裂と続く(Fig. 2—14)。4分子配列はD₁(Fig. 2—15)かD₂である。単子葉植物と異なり、D₃やD₄はない。(Table 2)

Table 1 Division type of pollen mother cell and tetrad arrangement.

(Dicotyledoneae 32 Orders, 72 Families, 105 Genera, 122 Species)

Type	Order	Family	Species name	Japanese name	Tetrad arrangement
1 A	Juglandales	Myricaceae	<i>Myrica rubra</i>	ヤ マ モ モ	A ₁
2 A	"	Juglandaceae	<i>Juglans mandshurica</i>	オ ニ グ ル ミ	A ₁
3 A	Salicales	Salicaceae	<i>Salix bokko</i>		A ₁
4 A	"	"	<i>Salix integra</i>	イ ヌ コ リ ヤ ナ ギ	A ₁
5 A	"	"	<i>Salix shiraii</i>		A ₁
6 A	Fagales	Betulaceae	<i>Carpinus carpinoides</i>	ク マ シ デ	A ₁
7 A	"	Fagaceae	<i>Quercus acutissima</i>	ク ヌ ギ	A ₁
8 A	Urticales	Ulmaceae	<i>Zelkova serrata</i>	ケ ヤ キ	A ₁
9 A	"	Moraceae	<i>Morus bombycis</i>	ク	ワ A ₁ A ₂
10 D(A)	"	Urticaceae	<i>Elatostema involucreatum</i>	ミ ズ ナ	D ₁ D ₂ A ₁
11 A	Polygonales	Polygonaceae	<i>Rumex Acetosa</i>	ス イ バ	A ₁
12 A	Centrospermae	Phytolaccaceae	<i>Phytolacca americana</i>	ヨ ウ シ ユ ヤ マ ゴ ボ ウ	A ₁
13 A	"	Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea spectabilis</i>	イ カ ダ カ ズ ラ	A ₁
14 A	"	Aizoaceae	<i>Tetragonia expansa</i>	ツ ル ナ	A ₁ A ₅
15 A	"	Caryophyllaceae	<i>Dianthus chinensis</i>	セ キ チ ク	A ₁
16 C A	Magnoliales	Magnoliaceae	<i>Liriodendron tulipifera</i>	ユ リ ノ キ	C ₁ C ₂ (A ₂ A ₃)
17 C D	"	"	<i>Magnolia denudata</i>	ハ ク モ ク レ ン	C ₁ C ₂ (D ₁ D ₂)
18 C	"	"	<i>Magnolia grandiflora</i>	タ イ ザ ン ボ ク	C ₁ C ₂
19 C D	"	"	<i>Magnolia kobus</i>	コ ブ シ	C ₁ C ₂ (D ₁ D ₂)
20 C	"	"	<i>Magnolia liliflora</i>	シ モ ク レ ン	C ₁ C ₂
21 C D	"	"	<i>Magnolia obonata</i>	ホ ウ ノ キ	C ₁ C ₂ (D ₁ D ₂)
22 C D	"	"	<i>Magnolia stellata</i>	シ デ コ ブ シ	C ₁ C ₂ D ₃
23 C	"	"	<i>Magnolia virginiana</i>		C ₁ C ₂
24 C	"	"	<i>Michelia fuscata</i>	カ ラ タ ネ オ ガ タ マ	C ₁ C ₂
25 D C	"	Annonaceae	<i>Asimina triloba</i>	ポ ー ポ ー	D ₁ D ₂ D ₄ (C ₁ C ₂)
26 A B	"	Myristicaceae	<i>Myristica cagayansis</i>	コ ウ ト ウ ニ ク ズ ク	A ₂ A ₁
27 A	"	Schisandraceae	<i>Kadzura japonica</i>	ビ ナ ン カ ズ ラ	A ₁
28 A	"	Illiciaceae	<i>Illicium religiosum</i>	シ キ ミ	A ₁
29 B	"	Calycanthaceae	<i>Calycantha fertilis</i>	ア メ リ カ ロ ー バ イ	B ₁
30 (A)	"	Lauraceae	<i>Cinnamomum japonicum</i>	ヤ ブ ニ ッ ケ イ ?	
31 (A)	"	"	<i>Machilus Thunbergii</i>	タ ブ ノ キ ?	
32 A	"	Trochodendraceae	<i>Trochodendron aralioides</i>	マ マ グ ル マ	A ₁
33 A	"	Eupteleaceae	<i>Euptelea polyandra</i>	フ サ ザ ク ラ	A ₁ A ₅
34 A	Ranunculales	Ranunculaceae	<i>Aconitum Japonicum</i>	ヤ マ ト リ カ ブ ト	A ₁
35 A	"	"	<i>Anemone flaccida</i>	ニ リ ン ソ ウ	A ₁

Type	Order	Family	Species name	Japanese name	Tetrad arrangement
36 A	"	"	<i>Aquilegia Buergeriana</i>	ヤマオダマキ	A ₁
37 A	"	"	<i>Caltha var membranaceae</i> forma pygmaea	ヒメエンコソウ	A ₁
38 A	"	"	<i>Caltha sibirica</i>	リュウキンカ	A ₁
39 A(D)	"	"	<i>Thalictrum aquilegifolium</i>	カラマツソウ	A ₁ A ₅ D ₁
40 A	"	"	<i>Ranunculus polycephalus</i>	ケキツネノボタン	A ₁ A ₂
41 A	"	"	<i>Ranunculus repens</i>	ハイキンポウゲ	A ₁
42 A	"	"	<i>Ranunculus sceleratus</i>	タガラシ	A ¹ A ²
43 A	"	"	<i>Clematis paniculata</i>	センニンソウ	A ¹
44 A	"	"	<i>Clematis japonica</i>	ハンショウズル	A ₁
45 A	"	"	<i>Pulsatilla cernus</i>	オキナグサ	A ₁
46 D	"	Berberidaceae	<i>Berberis Thunbergii</i>	メギ	D ₁ D ₂
47 A	"	"	<i>Caulophyllum thalictroides</i>	ルイヨウボタン	A ₁
48 A	"	"	<i>Epimedium macranthum</i>	イカリソウ	A ₁
49 A	"	"	<i>Epimedium sagittatum</i>	ホザキイカリソウ	A ₁
50 D	Ranunculales	Ranunculaceae	<i>Mahonia Fortunei</i>	ホソバヒイラギナンテン	D ₁ D ₂
51 D	"	"	<i>Mahonia japonica</i>	ヒイラギナンテン	D ₁ D ₂
52 A	"	"	<i>Nandina domestica</i>	ナンテン	A ₁
53 A	"	"	<i>Podophyllum peltatum</i>		A ₁
54 A	"	Lardizabalaceae	<i>Akebia quinata</i>	アケビ	A ₁
55 A	"	"	<i>Stauntonia hexaphylla</i>	ムベ	A ₁
56 A	"	Menispermaceae	<i>Menispermum dauricum</i>	コウモリカズラ	A ₁
57 D	"	Nymphaeaceae	<i>Brasenia Schreberi</i>	ジュンサイ	D ₁ D ₂
58 A	"	"	<i>Euryale ferox</i>	オニバス	A ₁ D ₁ D ₆
59 A	"	"	<i>Nelumbo nucifera</i>	ハス	A ₁ D ₁
60 A(D)	"	"	<i>Nuphar japonicum</i>	コウホネ	A ₁ D ₁ ~ D ₆
61 A	"	"	<i>Nymphaea tetragona</i>	ヒツジグサ	A ₁
62 A	"	"	<i>Nymphaea helvola</i>	ヒメスイレン	A ₁
63 A	"	"	<i>Victoria regia</i>	オオオニバス	A ₁
64 D	Piperales	Saururaceae	<i>Houttuynia cordata</i>	ドクダミ	D ₁ D ₂ (A ₁)
65 A	"	"	<i>Saururus chinensis</i>	ハンゲショウ	A ₁
66 A	"	Piperaceae	<i>Piper Kadsura</i>	フートーカズラ	A ₁
67 A	"	Chloranthaceae	<i>Chloranthus serratus</i>	フタリシズカ	A ₁
68 A	Aristolochiales	Aristolochiaceae	<i>Aristolochia Kaempferi</i>	オオバウスノスズクサ	A ₁ A ₂ A ₅
69 A	Guttiferales	Paoniaceae	<i>Paeonia suffruticosa</i>	ボタ	A ₁ A ₅
70 A	"	Guttiferae	<i>Hypericum chinense</i>	ビヨウヤナギ	A ₁
71 A	Papaverales	Papaveraceae	<i>Macleya cordata</i>	タケニグサ	A ₁
72 A	"	Cruciferae	<i>Brassica campestris</i>	ナタネ	A ₁

	Type	Order	Family	Species name	Japanese name	Tetrad arrangement
73	A	"	"	<i>Raphanus sativus</i>	ハ マ ダ イ コ ン	A ₁
74	A	Rosales	Hamamelidaceae	<i>Fothergella major</i>		A ₁
75	A	"	"	<i>Loropetalum chinense</i>	ト キ ワ マ ン サ ク	A ₁
76	A	Rosales	Crassulaceae	<i>Kalanchoe blossfeldiana</i>	カ ラ ン コ エ	A ₁
77	A	"	Saxifagaceae	<i>Astilbe japonica</i>	ア ワ モ リ シ ョ ウ マ	A ₁
78	A	"	"	<i>Deutzia crenata</i>	ウ ノ ハ ナ	A ₁
79	A	"	Pittosporaceae	<i>Pittosporum Tobira</i>	ト ベ ラ	A ₁
80	A	"	Rosaceae	<i>Chaenomeles lagenaria</i>	ボ ケ	A ₁
81	A	"	"	<i>Prunus Mume</i>	ウ メ	A ₁
82	A	"	"	<i>Prunus Persica</i>	モ モ	A ₁
83	A	"	"	<i>Prunus yedoensis</i>	ソ メ イ ヨ シ ノ	A ₁
84	A	"	Leguminosae	<i>Cytisus scoparius</i>	エ ニ シ ダ	A ₁
85	A	"	"	<i>Pisum sativum</i>	エ ン ド ウ	A ₁
86	A	Geraniales	Euphorbiaceae	<i>Mallotus japonicus</i>	ア カ メ ガ シ ワ	A ₁
87	A	"	"	<i>Alchornea trewioides</i>	オ オ バ ベ ニ ガ シ ワ	A ₁
88	A	"	"	<i>Euphorbia Helioscopia</i>	ト ウ ダ イ グ サ	A ₁
89	A	"	"	<i>Euphorbia Millii</i>	ハ ナ キ リ ン	A ₁
90	A	"	Daphniphyllaceae	<i>Daphniphyllum macropodium</i>	ユ ズ リ ハ	A ₁
91	A	Rutales	Rutaceae	<i>Citrus Unshiu</i>	ウン シ ュ ウ ミ カ ン	A ₁
92	A	"	"	<i>Skimmia japonica</i>	ミ ヤ マ シ キ ミ	A ₁
93	A	Sapindales	Aceraceae	<i>Acer palmatum</i>	タ カ オ モ ミ シ	A ₁
94	A	Celastrales	Aquifoliaceae	<i>Ilex integra</i>	モ チ ノ キ	A ₁
95	A	Rhamnales	Vitaceae	<i>Cayratia japonica</i>	ヤ ブ ガ ラ シ	A ₁
96	A	Malvales	Malvaceae	<i>Althaea rosea</i>	タ チ ア オ イ	A ₁
97	A	"	Sterculiaceae	<i>Firmiana platanifolia</i>	ア オ ギ リ	A ₁
98	A B	Thymelaeales	Thymelaeaceae	<i>Daphne odora</i>	ジ ン チ ョ ウ ゲ	B ₄
99	A(D)	"	"	<i>Edgeworthia chrysantha</i>	ミ ツ マ タ	B ₄ (D ₁ ~D ₄)
100	A	"	Elaeagnaceae	<i>Elaeagnus multiflora</i>	ト ウ グ ミ	B ₄ A ₁
101	A	Violales	Begoniaceae	<i>Begonia semperflorense</i>	シ キ ザ キ ベ コ ニ ア	A ₁
102	A	Myrtiflorae	Trapaceae	<i>Trapa incisa</i>	ヒ メ ビ シ	A ₁
103	A	"	Myrtaceae	<i>Callistemon rigidus</i>	ブ ラ シ ノ キ	A ₁
104	A	"	Punicaceae	<i>Punica Granatum</i>	ザ ク ロ	A ₁
105	A	"	Oenotheraceae	<i>Oenothera Odorata</i>	マ ツ ヨ イ グ サ	A ₁
106	A	Umbelliflorae	Cornaceae	<i>Aucuba japonica</i>	ア オ キ	A ₁
107	A	"	Araliaceae	<i>Fatsia japonica</i>	ヤ ツ デ	A ₁
108	A	"	Umbelliferae	<i>Petroselinum satinum</i>	バ セ リ	A ₁
109	A	Ericales	Ericaceae	<i>Enkianthus perulatus</i>	ド ウ ダ ン ツ ツ ジ	A ₁

	Type	Order	Family	Species name	Japanese name	Tetrad arrangement
110	A	Primulales	Myrsinaceae	<i>Ardisia japonica</i>	ヤ ブ コ ウ ジ	A ₁
111	A	"	Primulaceae	<i>Lysimachia clethroides</i>	オ カ ト ラ ノ オ	A ₁
112	A	Ebenales	Styracaceae	<i>Styrax japonica</i>	エ ゴ ノ キ	A ₁
113	A	Oleales	Oleaceae	<i>Ligustrum japonicum</i>	ネ ズ ミ モ チ	A ₁
114	A	Gentianales	Menyanthaceae	<i>Nymphoides peltata</i>	ア サ ザ	A ₁
115	A	Tubiflorae	Boraginaceae	<i>Symphytum asperum</i>	オ オ ハ リ ソ ウ	A ₁
116	A	"	Labiatae	<i>Lamium album</i>	オ ド リ コ ソ ウ	A ₁ A ₂
117	A	"	Scrophulariaceae	<i>Antirrhinum majus</i>	キ ン ギ ヨ ソ ウ	A ₁
118	A	Plantaginales	plantaginaceae	<i>Plantago asiatica</i>	オ オ バ コ	A ₁ A ₂ A ₃
119	A	Dipsacales	Caprifoliaceae	<i>Sambucus Sieboldiana</i>	ニ ワ ト コ	A ₁
120	A	"	"	<i>Viburnum Sieboldi</i>	ゴ マ ギ	A ₁
121	A	Campanulales	Campanulaceae	<i>Campanula punctata</i>	ホ タ ル ブ ク ロ	A ₁
122	A	"	Compositae	<i>Solidago serotina</i>	オ オ ア ワ ダ チ ソ ウ	A ₁

Order; Engler (1964), Hiroshi Ito (1967)

— line=binucleate pollen, ----- line=trinucleate pollen, - - - line=
binucleate and trinucleate pollen (Brewbaker 1967)

考 察

〔1〕 双子葉植物の分裂型の分類について

従来より同時分裂（A型）は双子葉植物、連続分裂（D型）は単子葉植物と云われていた。今回調べた122種類の双子葉植物の内84%にあたる102種がA型でA、A'、A₁のコースをとる。また比較的高等だと分類されている種類はほとんどA型である。単子葉植物と比較して双子葉植物では、複雑化している。たとえばA型とD型の中間型と上野（1970）が表現しているB型、C型がみられる。これはA型あるいはD型が原形でそれから派生したという意味ではなく単なる中間的分裂様式から称したものである。また4分子配列は、単子葉植物ではほとんどがA型ならばA₁、D型ならばD₁～D₄であった。したがって4分子配列を調べればPMCの分裂型が推定できた。双子葉植物ではB型、C型が加わり、それにとまなう4分子配列も複雑であるから単子葉植物の場合のような推定はできない。しかし4分子配列

は分裂型の微妙なる差異を反映するもので分裂型の検討には必要な形質である。たとえばPMCの分裂型がB型のアメリカローバイ *Calycantha fertilis* は4分子配列はB₁であるがジンチョウゲ *Daphne odora* はB₄である。同じ分裂型でも4分子配列が異なるのは分裂型の起源が異なるのか、4分子形成方法の違いか暗示的存在となる。また *Magnoliales* で分裂型がC型のものがB型、D型、A型をとることがあり、Fig. 1の分裂型の分類方法には不備がある。Sampson (1969) もPMCの分裂型の分類を試み細胞質分裂が第1核分裂の後か、第2核分裂のあとか、そしてその方法が遠心的細胞板形成か求心的溝によるかによって6つの型に分類した。しかし、溝によると思われる分裂は今のところ被子植物では *Magnoliales* の一部であり、Sampson 説も簡略化できるのではないだろうか。また、電子顕微鏡や生化学的方法などを取り入れて、分裂型の再検討が必要であると考えている。

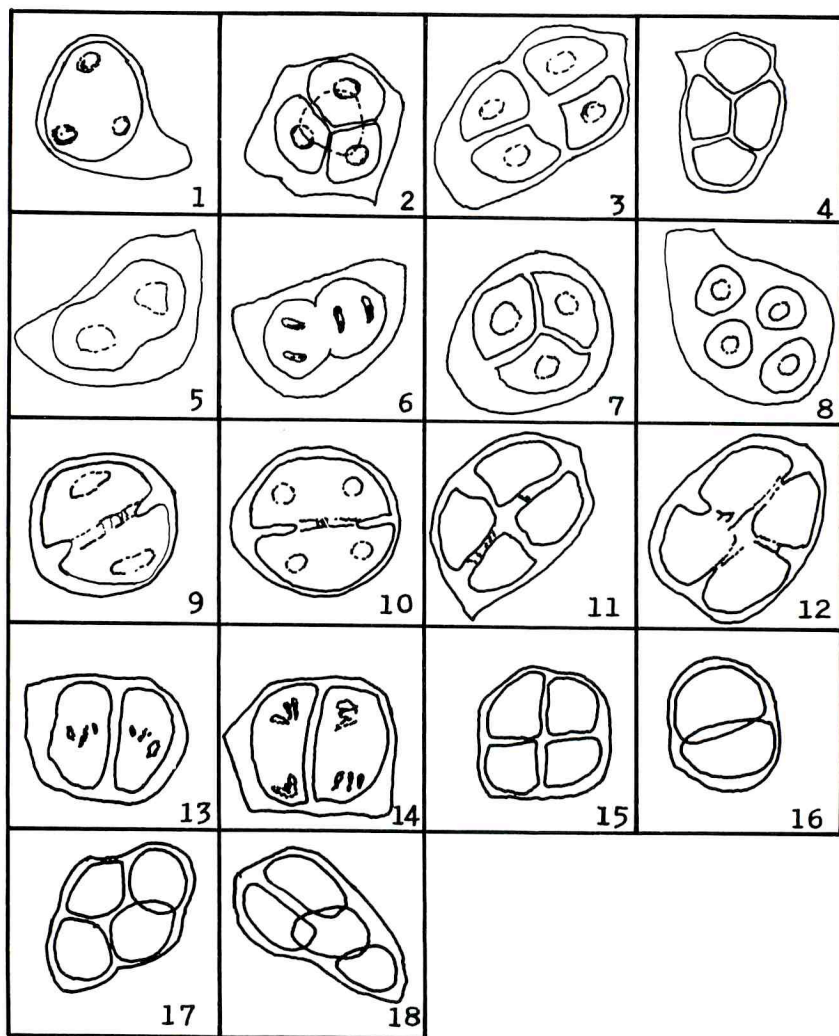


Fig. 2 Ontogeny of the pollen grains (Dicotyledoneae).

NO

- | | | | | |
|-------|--------------------------------|----------|----------|----------------------------|
| 1,2,4 | <i>Tetragonia expansa</i> | ツルナ | 11 | <i>Magnolia virginiana</i> |
| 3 | <i>Ranunculus polycephalus</i> | ケキツネノボタン | 12 | <i>Magnolia stellata</i> |
| 5,6,8 | <i>Daphne odora</i> | ジンチョウゲ | 13,14,15 | <i>Mahonia Fortunei</i> |
| 7 | <i>Calycanthus fertilis</i> | アメリカローバイ | | ホソバヒイラギナンテン |
| 9 | <i>Magnolia Kobus</i> | コブシ | 16 | <i>Nymphaea tetragonia</i> |
| 10 | <i>Magnolia denudata</i> | ハクモクレン | 17 | <i>Euryale ferox</i> |
| | | | 18 | <i>Nuphar japonicum</i> |
| | | | | コウホネ |

〔2〕 双子葉植物のPMCの分裂型について

今回調べたものでA型をのぞくB、C、D型をとるものについて検討する。

① イラクサ科 Urticaceae

ミズナ *Elatostema involucreatum* はD型で配列がD₁、D₂である。D₅ (A₁) は見あたらない。しかしTable 1に示してあるように疑問点がのこる。A、A'が少数ながら存在すること、PMCが15 μ と小さいので細胞膜形成がこの方法では不明確である、異常分裂が多い、ミズナ以外のイラクサ科のものを見えていないなどの理由による。

② モクレン目 Magnoliales これについては考察〔3〕でとりあげる。

③ キンポウゲ目 Ranunculales

a) キンポウゲ科 Ranunculaceae

11種調べいずれもA型であった。4分子配列にA₁以外にA₂ (Fig. 2—2)、A₅が少数認められる。特にカラマツソウ *Thalictrum aquilegifolium* でD型のDやA₂、A₅が他種よりも多い。本来A型であるものが細胞分裂の異常でD型のDで分裂を停止している種類が園芸植物や発育のおくれている蕾などに見られる。このカラマツソウやTable 1のミツマタ *Edgeworthia chrysantha* がそれに相当すると考えられる。

b) メギ科 Berberideaceae

A型とD型とがある。A型はルイヨウボタン *Caulophyllum thalictroides*, イカリソウ *Epimedium macranthum*, 同じくホザキイカリソウ *E. sagittatum*, ナンテン *Nandina domestica*, *Podophyllum peltatum* である。D型は、メギ *Berberis Thunbergii*, ホソバヒイラギナンテン *Mahonia Fortunei*, 同じくヒイラギナンテン *M. japonica* である (Fig. 2—13,14)。発芽装置型は前者は3溝粒で双子葉植物では1つの原形とみられているものである。後者は螺旋口粒である。分裂型と発芽装置型と深い関係にあることがわかる。ナンブソウ属 *Achlys*, サンカヨウ属 *Diphylleia*, トガクシシヨウマ属 *Ranzania* の分裂型については不明である。メギ科は分類学でも問題にされている科でクスノキ科群から進化したと考えられてもいる。クスノキ科の分裂型については後述するが全部D型だという説がある。メギ科のD型の存在はそれを支持することになる。

C) アケビ科 Lardizabalaceae, ツヅラフジ科 Menispermaceae, とともにA型である。

d) スイレン科 Nymphaeaceae

A型とD型がある。A型がオニバス *Euryale ferox*, ハス *Nelumbo nucifera*, コウホネ *Nuphar japonicum*, ヒツジグサ *Nymphaea tetragona*, ヒメスイレ

Table 2. Percentage of tetrad arrangement (Angiospermae).

Family	Species name	Japanese name	Tetrad arrangement %						Total number
			A ₁	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₆	
Nymphaeaceae	<i>Brasenia Schreberi</i>	ジュンサイ		70	30				61
Nymphaeaceae	<i>Nuphar japonicum</i>	コウホネ	80	14	2			2	124
Nymphaeaceae	<i>Victoria regia</i>	オオオニバス	100						100
Magnoliaceae*	<i>Magnolia tripetala</i>			25	51				287
Commelinaceae	<i>Commelina communis</i>	ツユクサ		62	38				211
Musaceae	<i>Musa Basjoo</i>	バショウ		46	15	18	21		228

*Farr 1918

ン *Nymphaea helvola*, オオオニバス *Victoria regia* である。だが *Victoria* をのぞいた各種で約1%のD型のD(Fig.2—16)や4分子配列がD₆(Fig.2—17)がありD型を否定できない。特に Table 2 にしめたように *Nuphar* ではDの状態が他種よりも多く4分子配列がD₁、D₂、D₆(Fig.2—18)の合計が18%であることは、D型を予想させるものである。しかし D'を1件も見っていない。D型のものとしてジュンサイ *Brasenia Schreberi* がある。4分子配列は Table 2 の如くである。フサジュンサイ *Cabomba caroliniana* もD型だといわれている。(早田 1931)。発芽装置型は *Nelumbo* が3溝粒であるがその他はすべて原始的発芽孔の1溝粒である。*Victoria* は花粉が単粒にならずA₁の配列をとる4集粒である。*Nymphaeaceae* でD型のDやD₁、D₂をとらないのは *Victoria* だけで4分子形成と分裂型の関連をしめすものである。双子葉植物の *Nymphaeaceae* からオモダカ科 *Alismataceae* を経て単子葉植物が分化したという考え方を *Nymphaeaceae* の分裂型の混在は支持することになろう。

④ コシヨウ目 Piperales

ドクダミ *Houttuynia cordata* はD型であるが異常細胞分裂が *Elatostema* と同様に多い。ハンゲショウ *Saururus chinensis*, フートーカズラ *Piper Kadsura*, フタリシズカ *Chloranthus serratus* はA型である。発芽装置型はいずれも1溝でクスノキ科 *Lauraceae* と関係があると見られている。

⑤ ウマノスズクサ目 Aristolochiales

a) ウマノスズクサ科 Aristolochiaceae

オオバノウマノスズクサ *Aristolochia Kaempferi* の分裂型はA型で4分子配列はA₁が多いがA₂、A₅がみられた。*Samuelsson* (?) によると *Aristolochia Clematis* はD型でD₁、D₃をとる。*Asarum* については不明である。

b) ラフレシア科 Rafflesiaceae

早田 (1931) によるとすべての種類がD型である。4分子配列は不明。

Aristolochiales も分類学上の問題点であり、今後の

調査が必要とされる。

⑥ ジンチョウゲ目 Thymelaeales

ジンチョウゲ *Daphne odora* は分裂がA型とB型 (Fig.2—5) であるが割合はA型のAがB型のBよりも高い。しかし4分子配列はすべてB₄ (Fig.2—8) でA₁はない。したがってここではA型ではなくてB型とする。トウグミ *Elaeagnus multiflora* とミツマタ *Edgeworthia chrysantha* はA型でB型ではないが4分子配列はジンチョウゲと同じでB₄としたい。*Thymelaeales* の分裂型はB型からA型へあるいはその逆へと進行しているのではないだろう。

⑦ リンドウ目 Gentianales

キョウチクトウ科 *Apocynaceae* の *Apocynum androsaemifolium* は Fryne 及び Blodgett (?) によるとD型で配列はD₁、D₂、D₃、D₅である。またガイモ科 *Asclepidaceae* のすべてがD型である (早田 1931)。上野 (1970) はトウワタ *Asclepias* の4分子配列を4集粒でD₄としている。

〔3〕 モクレン目 Magnoliales の分裂型について

多心皮群 (Polycarpicae) の *Magnoliales* については序でも述べたように分裂型の報告が比較的に多い。しかし分裂型の分類に問題があり表現が統一されていない為に今までの報告には不一致点が多い。まず今回調べた Table 1 の No.16—33の16種類の分裂型と4分子配列を図にしたのが Fig.3である。*Lauraceae* については Sastri (1962), Davis (1966) がD型で配列はD₁、D₃、D₄、D₅、としているが著者はA型のA'を見ているが隔膜形成及び4分子配列をヤブニツケイ *Cinnamomum japonicum*, タブノキ *Machilus Thunbergii* で見っていないので No.30と31は省略した。

No.16 ; ユリノキ *Liriodendron tulipifera* はA型のA、A'とC型のC、C'がある。割合はA型が高い。配列はA₂、A₃かC₁、C₂である。A₁はない。したがって基本はC型と見なす。

No.17—24 ; *Magonia* の7種と *Michelia* の1種、C

型のC、C'から配列はC₁、C₂となる。ハクモクレン *Mag. denudata*, コブシ *Mag. Kobus*, ホウノキ *Mag. obonata*, シデコブシ *Mag. stellata* でD型のD'やD₃が見られる。A型はない。Farr(1918), Canright(1953), Hayashi(1960) ら多くの研究者が同時分裂型としている。

No.25 ; ポーポー *Asimina triloba* はD型のD、D'からD₁、D₂、D₄である。C型でC、C'、C₁、C₂もある。異常分裂が多く4分子になるべきものが3分子であったり、4分子の大きさが異なる例がある。分裂型の報告は同時分裂型としては Samuelsson (1914), Sastri (1937), Swamy. Periasamy (1959)、連続分裂型としては Oes (1914), Juliasamy (1935), Sastri (1957), Locke (1936) がある。Davis (1966) は両方の分裂型を認めている。バンレイシ科 *Annonaceae* は130属、2300種と大きな科である。分裂型も1つではないかもしれない。

No.26 ; コウトウニクズク *Myristica cagayansis* A型のA、A'からA₂へ。A₁もある。B型のB'に近いものもある。Davis (1966) は連続分裂、Bhandari (1971) は同時分裂としている。

No.27, 28 ; ビナンカズラ *Kadzura japonica*、シキミ *Illicium religiosum* いずれもA型でA'からA₁となる。発芽装置型は3か6溝粒である。

No. 29. アメリカローバイ *Calycanthea fertilis* B型のB₁、B'からB₁となる。*Magnoliaceae* でC型のものが1部B型をとる場合には配列はB₂かB₃である。これともまた異なる形式である。Schnarf(1931), Davis(1966) は同時分裂、Bhandari(1971) は連続分裂としている。

No.32 ; ヤマグルマ *Trochodendron aralioides* A型のA、A'からA₁へ。

No.33 ; フサザクラ *Euptelea polyandra* A型のA、A'からA₁ではあるがA₅の4分子配列が認められた。

Fig.3 でA、B、C、D型を1つに目盛ったことは問題であろう。細胞質分裂が細胞板か溝かは無視している。しかし Fig.3 から *Magnoliales* に分裂型

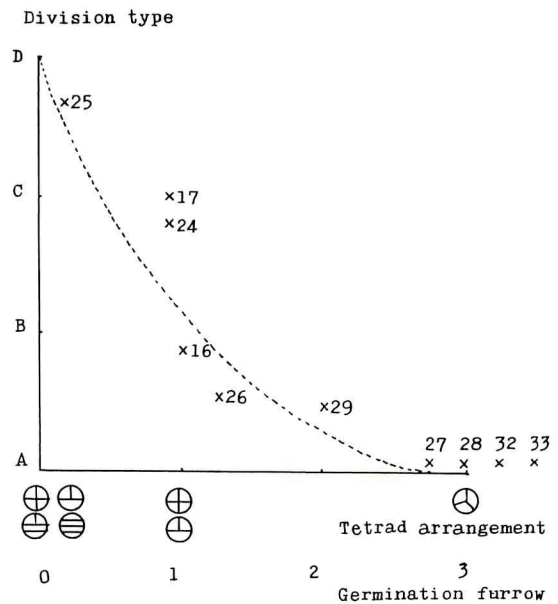


Fig. 3 Relations of PMc division type, tetrad arrangement and germination furrow (*Magnoliales*).

NO. 16 *Liriodendron tulipifera* ユリノキ

17 (17~23) *Magnoliaceae* 'Magnolia' 7species

24 *Michelia fuscata* カラタネオガタマ

25 *Asimina triloba* ポーポー

26 *Myristica cagayanensis* コウトウニクズク

27 *Kadzura japonica* ビナンカズラ

28 *Illicium religiosum* シキミ

29 *Calycanthea fertilis* アメリカローバイ

32 *Trochodendron aralioides* ヤマグルマ

33 *Euptelea polyandra* フサザクラ

と4分子配列にいくつかの段階があり、類縁関係があることが明らかである。さらに発芽溝の数と分裂型との関係を調べるとD型は溝がない。C型は1溝、A型は3か6溝、*Calycanthea* は2溝となり Fig.3 の4分子配列と分裂型の相互関係と発芽溝とが関連していることがわかる。すなわちB型は、A型とC型の間に位置する。しかし今回は大きな科の1~2種の結果からの考察であって、科の全体的見地からのものではない。

〔4〕PMCの分裂型から見た双子葉植物の系統樹

Table 1 を Brewbaker (1967) の系統樹 (Fig. 4) にあてはめたのが Fig.5 である。Fig.5 の PMC の分裂型によれば多心皮起源説をとり原始的と考えられているものに A 型以外の分裂型がみられる。Magnoliales, Nymphaeales, Ranales (Berberidaceae), Piperales, Aristochiales である。この5つの目は花粉の核性は2核であり発芽装置型は1溝粒、無溝粒、螺旋口粒でいずれも原始的形質とされているものである。Utriculariales の *Elatostema* は前にも述べたが異常分裂が多く A 型か D 型か判断できない。明確にできないことが特徴なのであろう。Myrtales (Thymelaeales), Gentianales は B 型と D 型である。これらは2~3核性、多集粒か散孔粒でいずれも進化した形質で分裂型も A 型からの変異と考えられる。では A、C、D 型いずれが双子葉植物の原形と考えられるか。Muller (1970) は D 型を原型とし A 型が進化してきたとしている。事実、Fig.5 でも下等とされているものに D 型がある。Muller が根拠としている理由は、裸子植物が多く D 型であること、*Magnolia soulangeana* (Canright 1953) の4分子配列が D₁ と D₂ 少数の D₃ をあげている。この内裸子植物の分裂

型はむしろ A 型が多い。*Magnolia soulangeana* についても D 型ではなく C 型と思われる。以上から Muller 説は支持することができない。分類学で被子植物の起源が謎の状態にその上に立った推察は無意味であるがあえて単元説をとったならばどの PMC の分裂型を原始説と考えられるであろうか。Hutchinson の分類系にしたがい Magnoliales を原始的植物とすれば Winteraceae, Degeneriaceae の分裂型を調べなければならぬだろう。Sampson (1963), Davis (1966) にはいずれも同時分裂で4分子配列は A₁、A₂、A₃ 細胞質分裂は溝によるとの結果から、C 型か C 型に近い A 型と考えられる。その他 Magnoliaceae, Myristicaceae はいずれも C 型で Annonaceae にだけ D 型という報告がある。しかしこの D 型も細胞板形成による D 型ではなく溝が進んだ C 型の可能性がある。C 型か C 型に近い A 型から A、B、D 型が Magnoliales で分化したと考えてはいかがであろうか。また双子葉植物から単子葉植物に進化した時は花粉形質は1溝性、2核性、D 型とすれば今のところ Nymphaeaceae がこの条件に該当する。Nymphaeaceae は花粉外の研究でも単子葉に近いとされ、それと一致する。Davis (1966) は

Table 3. Family number of A, B, C, D division type (Dicotyledoneae)

Division type	A	B	C	D	A + D (C)
Davis (1966) 185 Families	176	0	0	5	4 Annonaceae Aristolochiaceae Apocynaceae Asclepiadaceae
Suzuki (1975) & others about 90 Families	61	3 Calycanthaceae Thymelaeaceae Elaeagnaceae	1 Magnoliaceae	3 Urticaceae ? Rafflesiaceae Asclepiadaceae	9 Winteraceae ? Annonaceae Lauraceae ? Monimiaceae ? Berberidaceae Nymphaeaceae Saururaceae Aristolochiaceae Apocynaceae

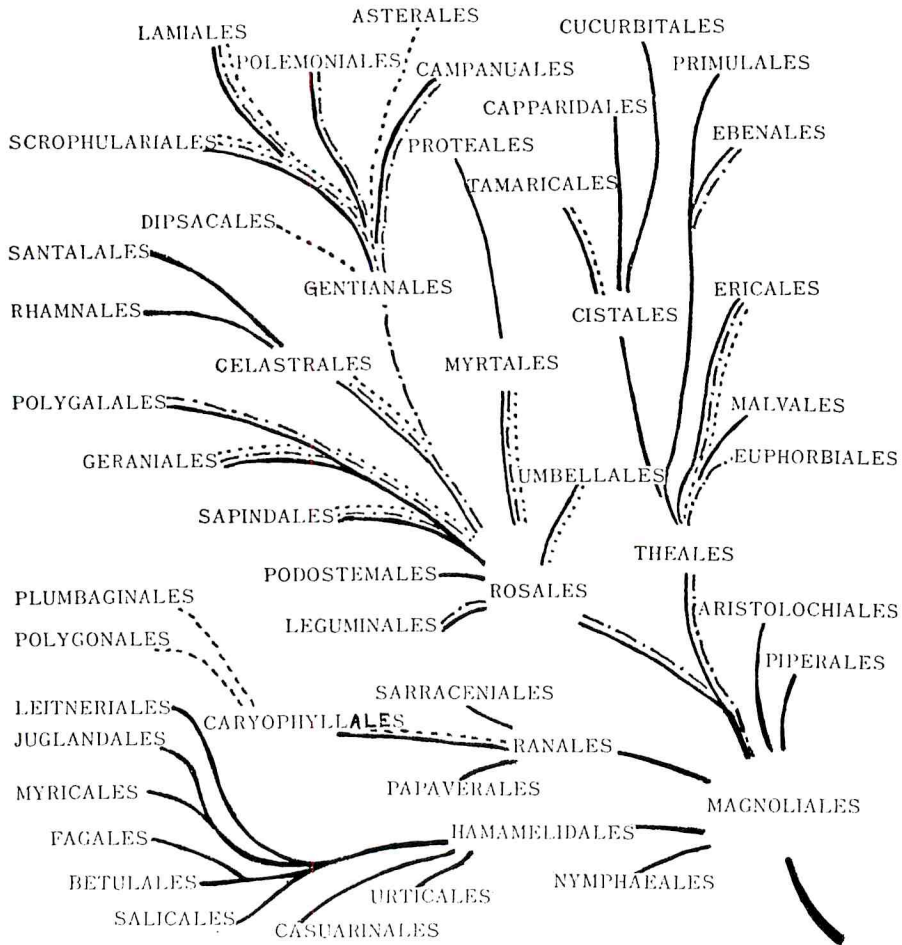


Fig. 4 Family tree of Dicotyledoneae I.

Phylogentic arrangement of order according to nuclear number; —line=all binucleate order,

-----line=all trinucleate order,

— · — · —line=both binucleate and trinucleate order.

(Modify from Brewbaker 1967, Salicales by Ueno)

被子植物の分裂型を調べその内 185 科の双子葉植物については Table 3 にしめしてある。A 型と D 型が混在している科以外は不明である。今回調べたものと過去に報告されたものを同じく Table 3 にしめた。A 型と D 型あるいは C 型と混合していると予想されるものは 9 科あり Davis の結果は補充、訂正されなければならない。

〔5〕 分裂型と発芽装置型との関係

P M C の分裂型が A 型ならば 4 分子の配列は A_1 で発芽装置型は 3 口 (溝)、D 型ならば $D_1 \sim D_4$ で 1 溝あるいは無しとはほぼ一定のコースを通過して花粉が作られてくるがそれを逸脱している植物が 2 つのコースの接点となるのではないかと考察 3 でもふれたがアメリカローバイ *Calycantha* は B 型で B_1 である。Fig.3 でも 1 つ離れて位置している。D 型の発芽

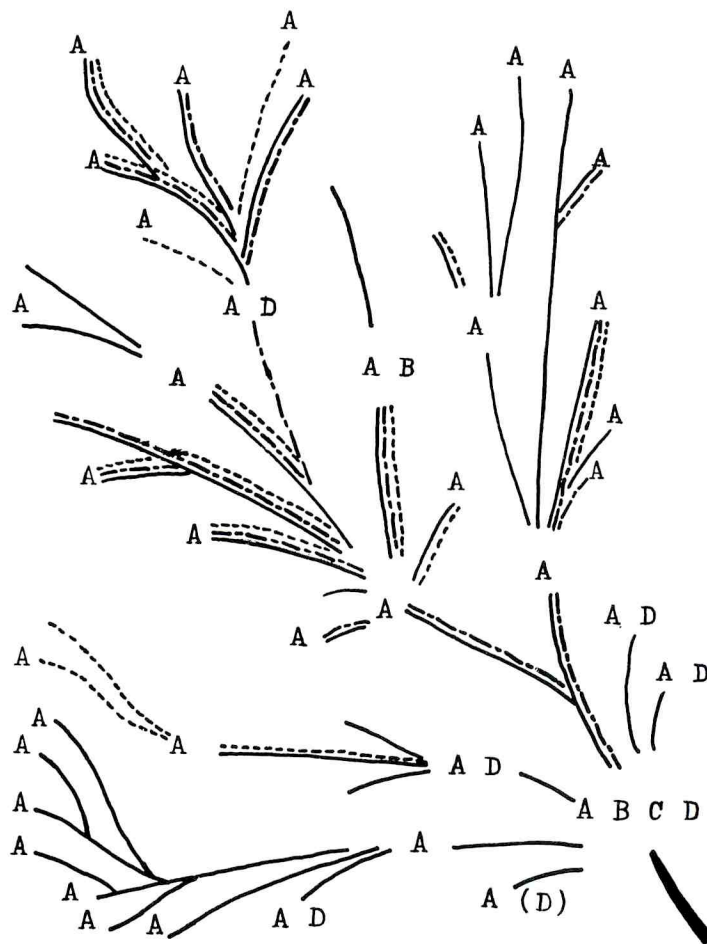


Fig. 5 Family tree of Dicotyledoneae II.

Palynological relationships of Dicotyledoneae II showing PMC division type and nuclear number.

口が無し、C型が1溝、A型が3(6)溝とするとB型はAとCとの中間で2溝となり分裂型と発芽装置型との関係は非常に興味あることである。MagnolialesのCanellaは分裂型は同時分裂型とされている(Davis 1966, Bhandari 1971)が発芽溝は1溝が約90%、3溝が約10%でその中間の形態が認められている(Wilson 1964)。発芽装置型の1溝から3溝への分化を証明したものである。今のところD型で3溝という報告はないが、A型で1溝はNymphaeaceaeやPiperalesなどにある。Canellaの分裂型はA型で1溝から3溝への変化か、C型からA型か、その

逆か、この分裂型と発芽口数との関係も興味ある問題である。

〔6〕 シダ植物、裸子植物の分裂型について

前述したように被子植物の起源が単系か多系か、シダ植物、裸子植物から被子植物が進化したのか議論されている。ここではシダ植物の胞子母細胞(SMC)裸子植物の花粉母細胞(PMC)の分裂型から双子葉植物のPMCの分裂型の起源を考察する。シダ植物の4分子配列は佐橋(1970)によるとSMCの同時分裂によってできる正四面形4集粒(A_1)と連

続分裂による正方形4集粒 (D_1) と6面形4集粒 (D_2) がある。分類学上で下等とされているシダ植物は A_1 が多く 高等になるにしたがって D_1 から D_2 の割合が増加する。連続分裂はワラビ科 Pteridaceae, オシダ科 Aspidiaceae, シシガシラ科 Blechnaceae, チャセンシダ科 Aspleniaceae, ウラボシ科 Polypodiaceae, がある。イノモトソウ属 Pteridaceae. Pteris は A_1 から D_1 への移行形がみられるがこの分裂型の報告はない。上野 (1974) は連続分裂としてシノブ Davallia, Oleandra, コウヤワラビ Onoclea をあげている。シダ植物では分のところ同時分裂から連続分裂が進化したと考えられそうである。

裸子植物では同時分裂が多い (上野 1960)。連続分裂型はカラマツ Larix, Taxodium, イヌガヤ Cephalotaxus, イチイ Taxus, カヤ Torreya, Welwitschia, マオウ Ephedra である。中間分裂型としてソテツ Cycas がある。裸子植物では分裂型と分類とは関係がなさそうである。しかし裸子植物とはされているが原始的被子植物とも考えられている Welwitschia, Ephedra が連続分裂であること、Cycas の花粉形質が短軸1溝型で2核性、中間分裂と Magnoliales に似ていることは興味あることである。また古生代、中生代の種子植物とされているコルダイトス Cordaites, リギノデンドロン Lyginodendron はいずれも同時分裂型をしめす形質がみついている。

あらためて被子植物の分裂型にもどれば A 型あるいは D 型だけが被子植物の原形とは考えられない。考察3の Muller 説の連続分裂から同時分裂の進化は否定できよう。分裂型が C 型のような中間的、変動的分裂方法か、多系説を支持したい。現在の分類法に問題がありながら、それに分類型に関連させるのは誤りを重ねることになるが1つの試案として提出したい。

要 約

双子葉植物の32目74科105属122種の花粉母細胞 (PMC) の分裂型と花粉の4分子配列を調べ次の点が明らかになった。

1) 双子葉植物では PMC の分裂が同時分裂型 (A 型) が一般的でありその割合は 84% (102 種) であった。連続分裂型 (D 型) や中間分裂型 (B、C 型) もみられる (Table 1, Fig. 1).

2) B 型をとるものは Calycanthaceae, Thymelaeaceae, Elaeagnaceae である。C 型は Magnoliaceae. D 型は Urticaceae, Annonaceae, Berberidaceae, Nymphaeaceae, Saururaceae である (Table 1).

3) PMC の分裂型によって4分子配列はほぼきまるが例外がかなりある。4分子配列から分裂型の推定はできない (Fig.1, Fig.2)。

4) Fig.1の分裂型の分類は再検討しなければならない。

5) Magnoliales の16種類の PMC の分類型と4分子配列、発芽装置型の関係は Fig.3にしめす。Fig.3より Magnoliales は花粉形質に於て類縁関係があることがわかる。

6) PMC の分裂型を Brewbaker (1967) の系統樹 (Fig.4) にあてはめたのが Fig.5である。双子葉植物で下等だと考えられているものは A 型と D 型の両分裂型をとる。

7) Magnoliales を分類学上最も下等な双子葉植物だとすれば PMC の分裂型の原型は D 型ではない。C 型か C 型に近い A 型ではないだろうか。

8) Nymphaeaceae は他の双子葉植物よりも単子葉植物の花粉形質に共通性をもつ (Table 2)。

9) 今までの報告によれば分裂型が A 型と D (C) 型と混合しているのは9科である ; Winteraceae?, Annonaceae, Lauraceae?, Monimiaceae?, Berberidaceae, Nymphaeaceae, Saururaceae, Aristolochiaceae, Apocynaceae. (Table 3)。

10) PMC の分裂型と発芽装置型とは関係がある。

11) シダ植物では A 型から D 型が進化したと考えられる。

12) 裸子植物では PMC の分裂型に同時、連続、中間分裂型がある。分裂型と分類とは関係がなさそうである。

謝 辞

今回の研究にあたり御指導いただいた静岡大学の上野実朗教授と神奈川県立衛生短期大学の加藤直教授に感謝の意を表します。東京大学附属植物園の山崎敬教授と鈴木植物学研究所の鈴木重隆氏には多数の材料と助言をいただきお礼を申し上げます。千葉大学の福田泰二助教授には文献を見せていただきありがとうございます。また、東大附属日光植物園

の久保田秀夫技官、都立小石川高校の大滝末男先生、台湾省林業試験所の王仁礼氏、柏学園の長田潔先生、横浜植物会の稲毛ひさ氏、守矢淳一氏、横須賀博物館の大谷茂氏、粕壁薬用植物園の畠山氏、浜松の誠心高校の小池常雄先生、国土計画箱根支店の八田洋章氏、津久井郡の山下育雄氏、横浜の鈴木吉五郎氏、小田原の辻村農園の方、その他多数の方々に助言や材料をいただき感謝いたします。

Summary

Following results were obtained in this study of Dicotyledoneae (32 Orders, 72 Families, 105 Genera, 122 Species).

- 1) The division type of pollen mother cell (PMC) in Dicotyledoneae is generally of simultaneous division (A-type), which is about 84% (102 Species). Dicotyledoneae has also the successive division type of PMC (D-type) and the intermediate division type (B,C-type). (Table 1, Fig. 1)
- 2) B-type has been observed in Calycantaceae, Tymelaeaceae and Elaeagnaceae. Magnoliaceae has C-type. D-type has observed in Ulticaceae, Annonaceae, Berberidaceae, Nymphaeaceae and Saururaceae. (Table 1)
- 3) A tetrad arrangement is regularly formed by the division type of PMC. Although some variation of the tetrad arrangement exist, we can not presume the division type with the tetrad arrangement. (Fig.1, Fig.2)
- 4) Fig.1 which shows the classification of the division type has need of re-examination.
- 5) Fig.3 shows three pollen characters of "Magnoliales-16species" — namely the PMC division type, the tetrad arrangement and the pollen germination aperture. Those characters have some relations with the classification of Magnoliales.
- 6) The parallelism in the PMC division type of Dicotyledoneae is shown in Fig.4, which shows the Family tree by Brewbaker 1967, and Fig.5. A-type and D-type are observed in the lower Dicotyledoneae.
- 7) If Magnoliales is the lowest Dicotyledoneae, D-type should not be an original type of Dicotyledoneae, which would be C-type or A-type modified by C-type
- 8) Nymphaeaceae has more pollen characters of Monocotyledoneae than other Dicotyledoneae. (Table 2)
- 9) From the data collected so far, A and D(C)-type of PMC are observed in 9 Families; Winteraceae, Annonaceae, Lauraceae, Monimiaceae, Berberidaceae, Nymphaeaceae, Sauraceae, Aristolochiaceae and Apocynaceae. (Table 3)
- 10) Mutual relation is recognized between the division type and the germination aperture.
- 11) In Pteridophyta, D-type division of the spore mother cell has, perhaps, evolved from A-type.

- 12) In Gymnospermae, simultaneous, successive and intermediate division of PMC were observed, but those division types will have no connection with the classification of Gymnospermae.

参 考 文 献

1. 浅間一男 1967 c 植物の進化I 生物科学 19 : 145~152
2. ——— 1968 植物の進化II 生物科学 20 : 9~16
3. Bailey, I. W. and A. C. Smith 1942 Degeneriaceae, a new family of flowering plants from Fiji. Jour. Arnold Arb. 23
4. ——— and C. G. Nast 1943 The comparative morphology of the winteraceae. I. Pollen and stamens. Jour. Arnold Arb. 24
5. ———, ——— 1945 The comparative morphology of the Winteraceae. VII. Summary and conclusions. Jour. Arnold Arb. 26
6. ——— and B.G.L. Swamy 1948 Amborella trichopoda Baill., a new morphological type of vesselless dicotyledon. Jour. Arnold Arb. 29
7. ——— 1949 Origin of the Angiosperms : need for a broadened outlook. Jour. Arnold Arb. 30
8. ——— and B. G. L. Swamy 1949 The morphology and relationships of Austobaileya. Jour. Arnold Arb. 30
9. ———, ——— 1951 The conduplicate carpel of dicotyledons and its initial trends of specialization. Jour. Arnold Arb. 38
10. Bhandari N. N. 1971 Embryology of the Magnoliales and comments on their relationships. Jour. Arnold Arb. 52
11. Berg, Rolf, Y. 1972 Dispersal Ecology of Vancouveria (Berberidaceae). Amer. J. Bot. 59
12. Brewbaker, J. L. 1967 Pollen in Angiospermes. Amer. J. Bot. 54
13. Canright, J. E. 1952 The comparative morphology and relationships of the Magnoliaceae. I Trends of specialization in the stamens. Amer. J. Botany 39
14. ——— 1953 The comparative morphology and relationships of the Magnoliaceae. II Significance of the pollen. phytomorphology 3
15. ——— 1960 The comparative morphology and relationships of the Magnoliaceae. III Carpels Amer. J. Botany 47
16. Dahl, A. O. and Rowley J. R. 1965 Pollen of DEGENERIA VITIENSIS. Jour. Arnold Arb. 46
17. Davis, G. L. 1966 Systematic Embryology of the Angiosperms. Wiley and Sons, New York.
18. Doyle, J. A. 1969 Cretaceous angiosperm pollen of the atlantic coastal plain and its evolutionary significance. Jour. Arnold Arb. 50
19. 伊藤洋 1970 新高等植物分類表 北隆館
20. Farr, C. H. 1918 Cell division by furrowing in Magnolia. Amer. J. Botany 5
21. Hayashi, Y. 1960 On the microsporogenesis and pollen morphology in the family Magnoliaceae. Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser. Biol. Vol. 26

22. ——— 1963 a The embryology of the family Magnoliaceae, s. lat., I. Megasporogenesis, female gametophyte and embryology of *Illicium anisatum*. Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser. Biol. Vol. 29
23. ——— 1963 b *ibid.*, II Megasporogenesis, female gametophyte and embryogeny of *Schisandra repanda* and *Kadsura japonica*. Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser. Biol. Vol. 29
24. 早田文蔵 1931 植物分類学 内田老鶴園
25. 堀田満 1974 植物の進化生物学Ⅲ 植物の分布と分化 三省堂
26. 幾瀬マサ 1956 日本植物の花粉 広川書店
27. Joshi, A. C. 1946 A note on the development of pollen of *MYRISTICA FRAGRANS* van Houtten and the affinities of the family Myristicaceae. Jour. Indian Bot. Soc. 25
28. 川崎次男・伊藤洋 1971 植物系統学概論 広川書店
29. Li, H. L. 1955 Classification and phylogeny of Nymphaeaceae and allied families. American Midland Naturalist 54(1)
30. Money, L. L., Bailey, I. W. and Swamy, B. G. L. 1950 The morphology and relationships of the Monimiaceae. Jour. Arnold Arb. 31
31. 前川文夫 1952 植物分類学の傾向 科学 Vol.22 No.1
32. ——— 1961 多心皮類に現われた染色体数の意義 植物研究雑誌 36
33. Muller, J. 1970 Palynological evidence on early differentiation of angiosperms. Biol. Rev. 45
34. Periasamy, K. and Swamy, B. G. L. 1959 Studies in the Annonaceae. Phytomorphology 9
35. 佐橋紀男 1970 シダ植物胞子の4分子分裂機構 花粉と胞子 No.5
36. Sampson, F. B. 1963 The floral morphology of *Pseudowintera*, the New Zealand member of the vesselless Winteraceae. Phytomorph. 13
37. ——— 1969 Cytokinesis in pollen mother cell of Angiosperms, with emphasis of *Laurelia novae-zelandiae* (Monimiaceae.) Cytologia 34
38. Sastri, R. L. N. 1962 Studies in Lauraceae. III. Embryology of *Cassytha*. Bot. Gaz. 123
39. ——— 1963 Studies in the Lauraceae. IV. Comparative embryology and phylogeny. Ann. Bot. II 27
40. Solbrig, O. T. 1973 生物系統学 広川書店
41. 鈴木幸子 1972 単子葉植物における花粉母細胞の分裂について 日本花粉学会会誌第10号
42. Swamy, B. G. L. 1949 Further contributions to the Morphology of the Degeneriaceae. Jour. Arnold Arb. 30
43. Takhtajan, A. 1969 Flowering plants, origin and dispersal. English ed. Oliver & Boyd, Edinburgh
44. 田村道夫 1953 早田文蔵：その生涯と分類原理 生物科学 5
45. ——— 1974 被子植物の系統 三省堂
46. ——— 1974 キンボウゲ目の水草 遺伝 第28巻第8号
47. Ueno, J. 1960 Studies on pollen grains of gymnospermae. Jour. Inst. Polytech., Osaka City Univ. D-11
48. ——— 1961 On the fine structure of the pollen walls of angiospermae I Nymphaeaceae. Jour. Biol., Osaka City Univ. 12

49. ——— 1962 On the fine structure of the pollen walls of angiospermae II Victoria. Ibid. 13
50. ——— 1963 The stratigraphical structure of the pollen walls of dicotyledoneae. Ranales and Amentiferae. Acta Phytotax. Geobot. XIX
51. ——— 1966 On the fine structure of the pollen walls of angiospermae IV Kadsura. Reports Fac Sc. Shizuoka Univ. 1
52. ——— 1967 オニクルミの花粉について Acta Phytotax. Geobot. Vol. 22, NO4~6
53. ——— 1970 花粉学とその実験法 科学の実験 Vol 21~22
54. ——— 1971 The fine structure of pollen surface II Dahlia. Reports Fac Sc. Shizuoka univ. Vol. 6
55. ——— 1972 花粉の系統と進化 遺伝第 26 巻第 2 号
56. ——— 1973 被子植物系統樹の花粉学的考察 日本花粉学会会誌 No.12
57. ——— 1974 裸子植物系統樹の花粉学的考察 日本花粉学会会誌 No.14
58. 山崎敬 1965 双子葉植物の葉の系統発生 Bot. Mag. Tokyo 78
59. Walker, J. W. 1971 Unique Type of Angiosperm Pollen from the Family Annonaceae. Science Vol. 172
60. Wilson, T. K. 1974 Comparative morphology of the Canellaceae. III Pollen Botan. Gaz. 125
61. Wodehouse, R. P. 1936 Evolution of pollen grains. Botanical Review.

☆ 学会会費前納についてお願い

学会が経済的に苦しい状態です。現在会員は約 120 名、会費 2000 円ですので一年間の収入は 24 万円を予定しています。しかし会費未納・不規則な納入などで安定していません。また物価上昇・印刷費増大などで、毎年多くの赤字つづきです。昭和 50 年度の会費は昭和 49 年度末までの前納された会費で印刷・発送されています。

学会運営のため、定期的な会費前納をお願いします。昭和 50 年度は至急納付して下さい。