

# 花粉膜の表面構造に関する電子顕微鏡的研究\* VI

## 裸子植物篇——1

山崎次男・竹岡政治

TSUGIO YAMAZAKI and MASAJI TAKEOKA: Electronmicroscope investigations on the surface structure of the pollen membrane based on the replica method. VI Gymnospermae—1

### 緒言

これまでの研究によつて、主要なる樹木花粉のうち、針葉樹・9種、広葉樹・29種の花粉膜の表面微細構造を電子顕微鏡的に考察し、それらの結果を第I～V報として報告してきた<sup>5)~9)</sup>。ところが、この研究がここまで進展してみると、従来のような発表方法では説明に際して、いちじるしい混雑を生ずるおそれのあることに思い至つたのである。それゆゑ今後は、この研究シリーズのなかに、裸子植物篇と被子植物篇を設けることとした。この報告においては、裸子植物における主要な邦産並びに外国原産の5種の樹木花粉について、表面微細構造を裸子植物篇の1として、発表す

ることとした。

この研究において、終始有益な助言を頂いている農林省林業試験場木材部原田浩博士に深く謝意を表するとともに、電子顕微鏡写真撮影に便宜を与えられた農林省林業試験場木材部長小倉武夫博士、島津製作所中央研究部長島津新一博士並びに同製作所電子顕微鏡主任岩永政也工学士に厚く御礼を申し上げる。

### 供試料及び実験方法

この実験に用いた花粉供試料は、Table 1 に示したとおりであつて、採取後の保存方法、供試料の調製並びに replica 作製方法は、既報<sup>5)~9)</sup>のものと同じである。

Table 1. Materials

Clause	Family	Genus	Species	Date	Localities
Cycadales	Cycadaceae	<i>Cycas</i>	<i>C. revoluta</i> THUNB.	Aug. 7. 1958	Maruyama Park, Kyoto
Ginkgoales	Ginkgoaceae	<i>Ginkgo</i>	<i>G. biloba</i> LIN.	Apr. 24. 1957	Kyoto Univ.
Coniferae	Podocarpaceae	<i>Podocarpus</i>	<i>P. Nagi</i> PILG.	May. 5. 1958	Kasuga Park, Nara Pref.
	Abietaceae	<i>Keteleeria</i>	<i>K. Davidiana</i> BEISSN.	Apr. 25. 1958	Kyoto Prefect. Univ.
		<i>Pseudolarix</i>	<i>P. Kaempferi</i> GORD.	Apr. 14. 1958	Kyoto Univ.

その他、使用した電顕は SMC-2 型及び SMD-4 型 (電子加速電圧 50 KV) で、写真撮影におけるフィルム及び乾板は既報<sup>9)</sup>のものと同様であるから、ここでは省略する。

### 実験結果

Table 2 の palynological list は、Conc. HCl と

京都府立大学農学部造林学研究室

\* この研究の一部は、昭和32・33年度文部省総合科学研究費の補助をうけたものである。

Table 2. Palynological list

Genus	Species	Type (pollen)	Pattern ( $\mu$ )	Size ( $\mu$ )	Remark
<i>Cycas</i>	<i>C. revoluta</i> THUNB.	1-sulcate	subreticulum or varrucae 1.5	21.0~22.5 ×31~24	ever-green
<i>Ginkgo</i>	<i>G. biloba</i> LIN.	"	subreticulum or spiny wave 1.2	24.0~25.5 ×26.0~28.5	deciduous
<i>Podocarpus</i>	<i>P. Nagi</i> PILG.	1-aperturate	subreticulum bl*. reticulum 1.3 6.0	36~37	ever-green
<i>Keteleeria</i>	<i>K. Davidiana</i> BEISSN.	"	subreticulum bl. reticulum 1.3 5.0	82.0~84.5	"
<i>Pseudolarix</i>	<i>P. Kaempferi</i> GORD.	"	subreticulum bl. reticulum 1.3 4.5	47~53	deciduous

\* bl. : Air filled bladder.

10% NaOH で処理した花粉を、光顕により観察並びに測定した結果である。これら5種の光顕像を Pl. I の Photo. 1~3 (1~6) に示した。Pl. II~III の Photo. 4~8 (8~10) は、すべて無処理の花粉の電顕像である。つぎに、既報の様式にしたがつて、実験結果を記述する。

#### 1. ソテツ *Cycas revoluta* THUNB.

この花粉粒は単長口粒 (1-sulcate) 型花粉に属するものである。Pl. I の Photo. 1 の 1 は、ソテツ花粉の光顕像を示したものである。(a: 光学的横断面, b: 腹部観像, c: 脊部観像) これによると、観像にしたがつて外形はボート型、扁楕円形、時には不規則な円形を呈している。発芽溝は縦に長く、粒の中央を通つて両端にまで伸びており、或る観像からすれば対称形にみられることもある。しかしながら、sexine (従来 exine とよんでいたもので花粉膜の外壁を意味する)、ことに extsexine は薄く、その表面にはこまかいイボ状物或いは小網状紋がみられ、しかもそれは腹部と脊部との間で若干異なっている。intine は一般に厚い。この花粉粒には、乾燥による変形がほとんど認められない。しかし吸水或いは試薬処理によつて、ぼう脹変形し、ことに発芽溝の縁の変化がいちじるしい。粒の大きさは直径  $2.10\sim 22.5 \times 2.10\sim 24.0\mu$  である。

Pl. II の Photo. 4 の 1 は、電顕像における脊部観の一部を示し、また Pl. II の Photo. 4 の 2 における符号 V は腹部観の電顕像で、G. F. は同観像における発芽溝膜の表面を示し、D は Pl. II の Photo. 4 の 1 と同様脊部観の一部分である。1 によつてみれば、脊部観における花粉膜の表面には、不規則なクボミ (おそらく孔と思われる) が多数散在し、それらの間にあたる隆起部には微小な波状模様がみられる。他方、2 に示した腹部観像では、脊部観像とは異なつて、表面がほぼ平かつにあらわれている。しかしながら、この部分は乾燥した花粉粒の発芽溝膜の replica をうるために、多少強力

に加圧したために、微細構造が失われているものと考えられる。紙数の都合上、例示しなかつたのであるが、実際には腹部観像においても、脊部観像にややおとるが、多数のクボミが散在することが認められている。

発芽溝膜の表面は、G. F. でみるように、複雑な模様を呈している。しいて表現するならば、不規則な網目状の隆起物と言いうるであろう。またその隆起物の巾は、約  $0.2\sim 0.4\mu$  の範囲にある。このような発芽溝膜の模様は、現在まで見出しえなかつた独特の微細構造であつて、きわめて興味深いものである。うゑに述べたクボミの様相は、おそらく今日まで光顕によつて、約  $1.5\mu$  程度のイボ状物又は小網状紋と認められていたものではないかと考えられる。またそのクボミの長径は約  $0.2\sim 0.8\mu$  の範囲にある。

ソテツは植物分類学上、現生の裸子植物における原始的な部類に属しているところからみれば、その花粉型或いは表面微細構造が樹木分類学に何らかの関係をもっているかもしれないのであつて、今後十分追究検討せられるべき第 1 候補である点を見逃してはならない。

#### 2. イチョウ *Ginkgo biloba* LIN.

イチョウ花粉の光顕像は (Pl. I の Photo. 1 の 2)、うゑに述べたソテツの花粉とあいなた性質をそなえ、単長口粒型花粉に属して、各観像の外形も (a: 腹部観像, b: 脊部観像, c: 光学的横断面)、ソテツの場合とほぼ同様である。ただ発芽溝は、ソテツの場合よりも、多少変化にとむように認められる。これはあとで述べるように、イチョウ花粉膜の吸水及び試薬に対する態度が異なつているためであろう。

一般に sexine は薄く、intine は厚いとせられている。今日までのところ、sexine の表面は約  $1.2\mu$  の小網状紋をそなえるとか或いはこまかい波状をなし、また発芽溝膜の表面模様については、ある場合にきわめ

てこまかい縦波型の模様があると説明せられている。この花粉粒には、乾燥による外形の変化はほとんど認められないが、吸水及び試薬処理によつて、かい裂変形することが多い。またその変形は、発芽溝の部分を主としていることは勿論である。この粒の大きさは、直径  $24.0\sim 25.5\times 26.0\sim 28.5\mu$  の範囲にある。

Pl. II の Photo. 5 の 3 及び 4 は、イチヨウ花粉の電顕像であつて、3 における符号 V は腹部観像の一部、D は脊部観像の一部分をもつ花粉粒があげられている。4 は腹部観像の一部で、符号 G. F. は発芽溝を示すものである。これらによつてみれば、花粉膜の表面は、線状突起をもつておおわれた不規則な隆起部が配列していることが判明した。また、この線状突起の一部においていちじるしくとがつて、その部分が刺状のようにみえる特徴をもっている。脊部観像における線状突起部の高さは、約  $0.1\sim 0.2\mu$  の範囲内にあるが、その長さはきわめて不規則で、約  $0.2\sim 2.0\mu$  に達している。なお腹部観像においては、上記の線状突起の模様は、多少衰微しているような傾向が認められる。

一方、4 によつて明らかなように、発芽溝膜の表面は、前者とはいちじるしく異なつて、明らかに判別することができる。すなわち、発芽溝膜の表面には、かすかな線状突起部とともに刺状物（イボ状物に近いものもある）或いは顆粒状物が散在している。その線状突起部の長さは、約  $0.2\sim 0.1\mu$ 、刺状物の高さは約  $0.1\sim 0.2\mu$ 、顆粒状物は直径  $0.5\mu$  に達するものがある。

イチヨウは分類学上、ソテツ綱について原始的な部類のものとせられており、両者の間には常緑・落葉の別があるが、花粉粒の形はすこぶる近似しているにもかかわらず、表面構造は全く異なつていることも興味深い。要するに、うゑに述べた 2 種の表面構造は、毬果植物綱に含まれている主要林木花粉に全く見出しえない型のものである。

### 3. ナギ *Podocarpus Nagi* PURL.

Pl. I の Photo. 2 の 3 は、ナギ花粉の光顕像を示すものである。この花粉粒は、単口・有翼型花粉に属し、(a: 側面観像, b: 脊部観像) 通常胴体の両側に 2 個の気のを有し、一見マツ属花粉と相似た外形を呈している。しかし、現在までの報告によれば、胴体の cap の形状及び気のをの形状などを識別点とすれば、マツ属とは容易に区別しえられることになつている。胴体は観像によつて、楕円形或いは円形を示す場合がある。またこの胴体の表面には、粗雑な粒状物が密集していると説明がなされている。発芽溝は扁円形或いは楕円形を呈するとされ、その表面構造については種々の説明がなされている。この花粉粒は、吸水及び試薬処理

によつて、多少ぼう脹変形することがある。粒の大きさは約  $36\sim 37\mu$  の範囲にあつて、胴体表面の小網状紋は約  $1.3\mu$  で、気のをの網目は約  $6.0\mu$  である。

Pl. II の Photo. 6 の 5 及び 6 は、ナギ花粉の電顕像である。5 はこの花粉の側面観像の一部であつて、符号 B は胴体を、W は気のを、また 6 は腹部観像の一部であるが、W は気のを、G. F. は発芽溝を示している。これらによれば、胴体表面は花野菜型の隆起をなし、さらにその表面から  $0.1\mu$  程度の微細な刺状物が突出しており、気のをの表面は、比較的平かつであるが、胴体と同じく微細な刺状物の突出していることが確認せられる。また、発芽溝は 6 における G. F. にみられるように、不規則な楕円形をして、その表面には胴体の表面にみられた刺状物よりも、さらに微小な刺状物がみられ、その間に不規則な隆起物の存在が認められる。なお、この G. F. の部分に数個の孔状の形をみるのであるが、これは replica によるアーテファクトであつて、実際には隆起した部分である。要するに、Pl. II の Photo. 6 の 5 及び 6 によつて、この花粉膜の模様と、さらに胴体と気のをの付着の状態と発芽溝の形が明らかとなつた。なおまた、ナギの花粉においては、胴体と気のをから発芽溝にいたるまで、一つ extsexine によつて囲まれているものと考えられる。

### 4. シマモミ *Keteleeria Davidiana* BEISSN.

この花粉粒は単口有翼型花粉に属し、Pl. I の Photo. 2 の 4 は、その側面観像である。外形はマツ属の花粉或いはうゑに述べたナギ花粉と同様、胴体の両側に気のををそなえ、この気のをは通常 2 個であるが、時には 1 個或いは 3 個を有するものも認められる。胴体及び気のをの表面模様は、それぞれ  $1.3\mu$  の小網状紋及び  $5.0\mu$  の網状紋説明せられている。胴体の cap にはかなりのうねがあり、そのキメは粗雑である。また発芽溝は楕円形を呈し、その膜はやや厚く、表面はザラザラした感を与えている。なお、吸水或いは試薬処理によつて、ぼう脹・かい裂変形などの現象は、ほとんど認められない。粒の大きさは約  $82.0\sim 84.5\mu$  である。

Pl. III の Photo. 7 の 7 は電顕像における側面観像の一部で、胴体の表面を示している。8 は同じく側面観像の一部であるが、これは気のをの表面を示すものである。7 によれば、胴体の表面は花野菜型の隆起物によつておおわれ、その隆起物の中には pila によく似た形をなすものがある。しかも隆起部の表面から、さらに微小な刺状物が突出し、かつ小孔の散在していることが明らかである。隆起部の表面より突出している刺状物の高さは、約  $0.1\mu$  の範囲内にある。また 8 によれば、気のをの表面にはマツ属におけるよりも、さらに明確に認められる不規則な隆起部が散在し、その表面には

微小な刺状物及び小孔が存在する。この刺状物の高さは  $0.1\sim 0.2\mu$  であり、小孔は口径約  $0.1\mu$  である。

以上の結果にしたがえば、シマモミ花粉の胴体の表面にみられた花野菜型の隆起部には、pila によく似た突起がみられ、マツ属のそれとかなり異なつた様相を呈し、また、気のうについても異なつた特徴が認められ、興味深いものがある。なお、紙数の都合上、発芽溝膜の表面構造を例示できないのであるが、溝膜表面の隆起物も、マツ属のものよりはかなり大きいのである。要するに、シマモミの花粉とマツ属花粉とは、光顕によつても識別可能であるが、うえに述べた結果からすれば、両者花粉の胴体及び気のうのきわめてわずかの部分の電顕像によるだけでも明確に識別しえられるのである。

#### 5. イヌカラマツ *Pseudolarix Kaempferi* GORD.

Pl. I の Photo. 1 の 5 及び 6 はイヌカラマツ花粉の光顕像を示すもので、(5: 側面観像, 6: 腹部観像) うえに述べた 2 者同様、単口・有翼型花粉に属し、通常胴体の両側に気のうをそなえている。しかし、気のうを 1 個或いは 3 個そなえている場合がしばしばあり、6 はその一例を示すもので、3 個の気のうがみられる。粒の外形及び sexine の性質などは、マツ属花粉とほとんど同様であり、胴体は  $1.3\mu$  の小網状紋、気のうは  $4.5\mu$  の網状紋をそれぞれそなえているとせられている。なお、吸水及び試薬処理によつて、ぼう脹・かい裂変形する場合が少なく、粒の大きさは  $47\sim 53\mu$  の範囲にある。

Pl. III の Photo. 8 の 9 は電顕像による側面観像の一部で、符号 W は気のうを、B は胴体をそれぞれ示すものである。10 は同じく側面観像の一部で、気のうの表面を示している。これらによれば、胴体の表面は花野菜型隆起物によつておおわれ、さらにその表面から微小な刺状物(高さ約  $0.1\mu$ ) が突出している。また気のうの表面には不規則なオウトツがあつて、全体にわたつて微小な刺状物及び小孔が散在している。この気のうの表面にみられる刺状物の高さは、約  $0.1\sim 0.2\mu$  の範囲で、小孔の口径は約  $0.1\mu$  程度である。

つぎに 9 によつて、胴体と気のうの付着状態をうか

がうことができる。すなわち、胴体から気のうへ移行する部分において、花野菜型隆起、が急に衰微していることが確認せられる。つぎにここでは、発芽溝膜の replica 像を例示しえなかつたが、溝膜表面にみられる隆起部は、マツ属のうち 2 葉松のものと大差が認められない。

以上の説明によつて、シマモミ花粉とイヌカラマツ花粉は、光顕像によつても、また電顕像によつても簡単に識別しえられるところである。また、イヌカラマツ花粉粒の外形はマツ属花粉ときわめてよく似ているが、電顕像によるその表面微細構造からも、両者の間にいちじるしい相違は見出しえないのである。

筆者等は今回の実験によつて、新しく 5 種の花粉の表面微細構造を明確にすることができたのである。これらのうち、ソテツ及びイチヨウ花粉の表面は裸子植物、ことに毬果植物網に属するいずれの花粉とも相違した独特の微細構造をそなえている。このことは、植物分類学並びに花粉学の立場から興味深いものがある。

### 引用文献

1. ERDTMAN, G.: An Introduction to Pollen Analysis. Stockholm: Almqvist & Wiksell. (1954)
2. ERDTMAN, G.: Pollen and Spore Morphology. I. Stockholm: Almqvist & Wiksell. (1957)
3. 幾瀬マサ: 日本植物の花粉. 広川書店 (1956)
4. WODEHOUSE, R. P.: Pollen Grains. New York and London. (1935)
5. 山崎次男・竹岡政治: 日林誌. **39**, 427~434 (1957)
6. \_\_\_\_\_・\_\_\_\_\_ : 日林誌. **40**, 7~11 (1958)
7. \_\_\_\_\_・\_\_\_\_\_ : 日林誌. **40**, 154~159 (1958)
8. \_\_\_\_\_・\_\_\_\_\_ : 西京大学報・農, **10**, 28~32 (1958)
9. \_\_\_\_\_・\_\_\_\_\_ : 日林誌. **41**, 125~129 (1959)
10. \_\_\_\_\_・\_\_\_\_\_ : 京都府立大学報・農, **11**, 91~94 (1959)

### Summary

The writers have been engaged in the electronmicroscope investigations on the fine structure of pollen membrane, based on the replica method, and they already published the reports I~V on their results. The series of this study is, from now on, to be divided into the part of gymno-

spermae and that of angiospermae. The present report gives the fine structure of the surface of pollen membrane of 5 species, as the 1st report treating the part of gymnospermae.

The summary of the results is as follows:

1. Pollen of *Cycas revoluta* THUNB. : in the

dorsal view, the surface of pollen membrane is scattered with many irregularly round-shaped concaves (perhaps small openings), and the protrusions among them show the pattern of fine waves. The longer diameter of the concaves is about  $0.2\sim 0.3\mu$ . In the ventral view, the almost same pattern as in the dorsal view is recognised, but it has the tendency to some decline. On the surface of the germinal furrow are recognised protrusions of irregular meshes. The width of the protrusions is about  $0.2\sim 0.4\mu$ .

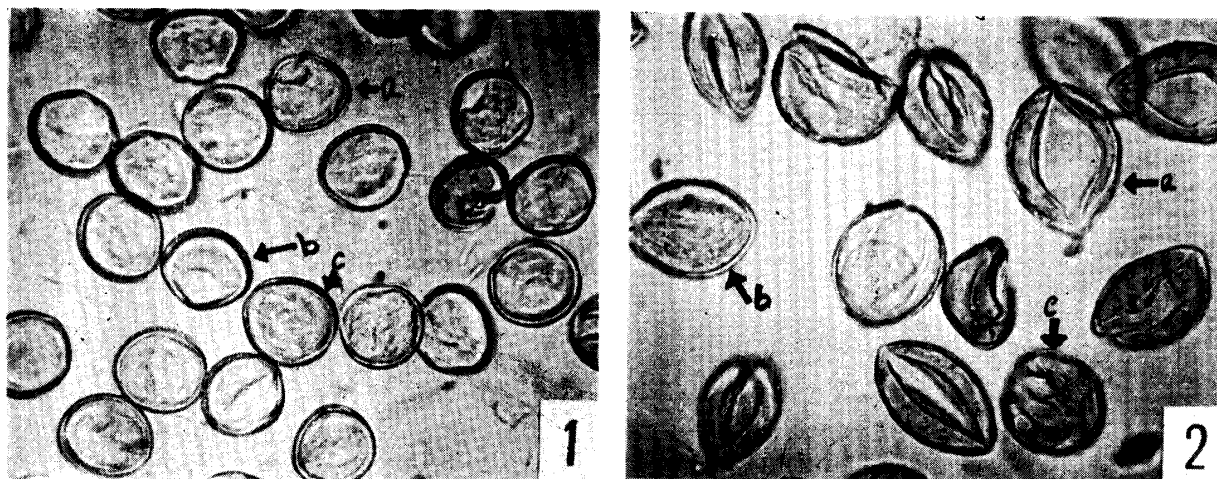
2. Pollen of *Ginkgo biloba* LIN. : on the surface of pollen membrane are arranged irregular protrusions, which are covered all over with linear projections. The tops of these linear projections are pointed, and show spinule-like features. The height of the linear projections in the dorsal view is about  $0.1\sim 0.2\mu$ , and their length is irregularly between  $0.2$  and  $2.0\mu$ . The surface of the membrane of germinal furrow is dotted with spinules or granules, and with faint linear projections at the same time. The length of the linear projections is about  $0.2\sim 1.0\mu$ , the height of the spinules about  $0.1\sim 0.2\mu$  and the diameter of granules about  $0.5\mu$ .

3. Pollen of *Podocarpus Nagi* PILG. : the surface of the body shows the protrusions of the

“cauli-flower type”, and from their surface are projected fine spinules about  $0.1\mu$  long. Besides, the surface of air-filled bladders is comparatively smooth, but we can recognise fine spinules as in the case of the body. The germinal furrow shows an irregularly elliptical form, and on its surface are found the spinules, which are finer than those on the surface of the body. Among the spinules are recognised irregular protrusions.

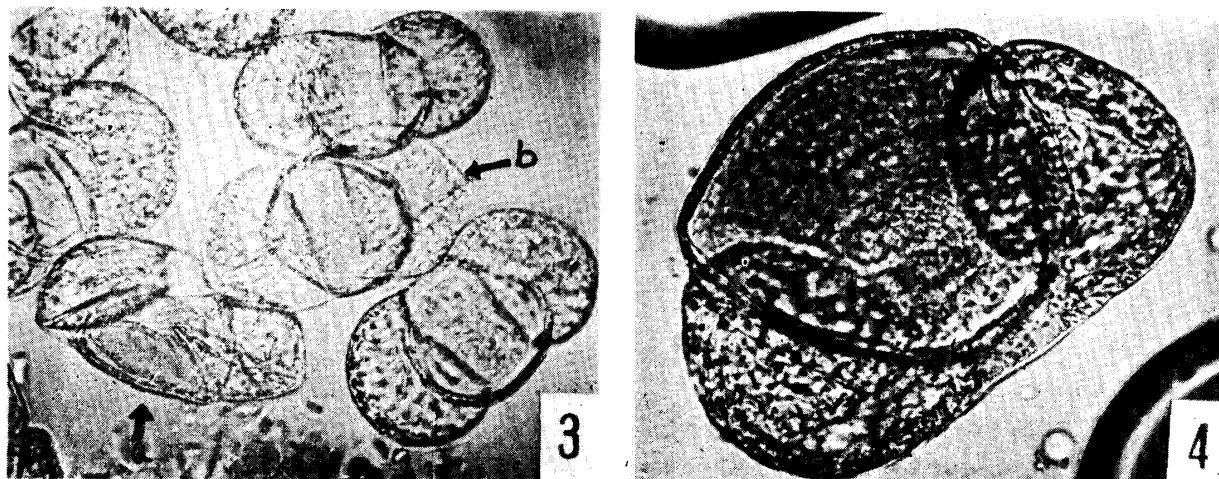
4. Pollen of *Keteleeria Davidiana* BEISSN. : the surface of the body is covered with the protrusions of the “cauli-flower type”, and some of the protrusions show the similar forms to those of pila. The surface of the protrusions has fine spinules (about  $0.1\mu$ ) projected from it, and is dotted with small openings (about  $0.1\mu$ ). Also, we could recognise fine spinules (their height is about  $0.1\sim 0.3\mu$ ) and small openings (their diameter about  $0.1\mu$ ) on the surface of air-filled bladders.

5. Pollen of *Pseudolarix Kaempferi* GORD. : the surface of the body is covered with the protrusions of the “cauli-flower type”, and fine spinules (their height is about  $0.1\mu$ ) are projected from their surface. Also, the surface of air-filled bladders is irregularly uneven, and is dotted all over with fine spinules (their height is about  $0.1\sim 0.2\mu$ ) and small openings (their diameter about  $0.1\mu$ ).



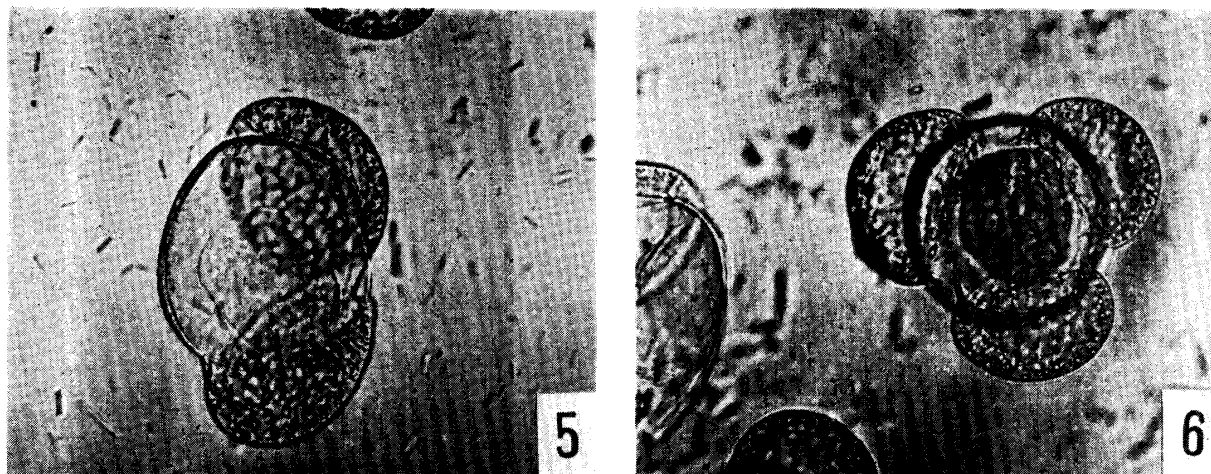
1. a : transverse optical section, b : ventral view partly expanded, c : dorsal view.  
 2. a : ventral view, b : dorsal view, c : transverse optical section.

**Photo. 1** Showing photomicrograph of *Cycas revoluta* (1) and *Ginkgo biloba* (2) pollen.



3. a : lateral view, b : dorsal view.  
 4. lateral view.

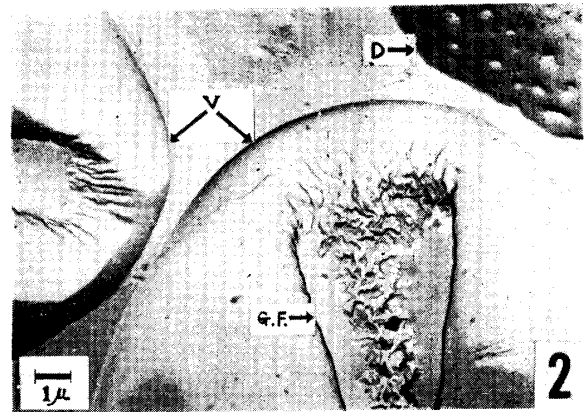
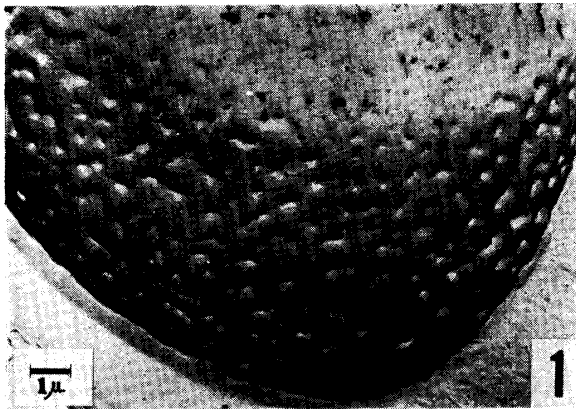
**Photo. 2** Showing photomicrograph of *Podocarpus Nagi* (3) and *Keteleeria Davidiana* (4) pollen.



5. lateral view. (2 air-filled bladder)  
 6. dorsal view. (3 air-filled bladder)

**Photo. 3** Showing photomicrograph of *Pseudolarix Kaempferi* (5, 6) pollen.

Plate II

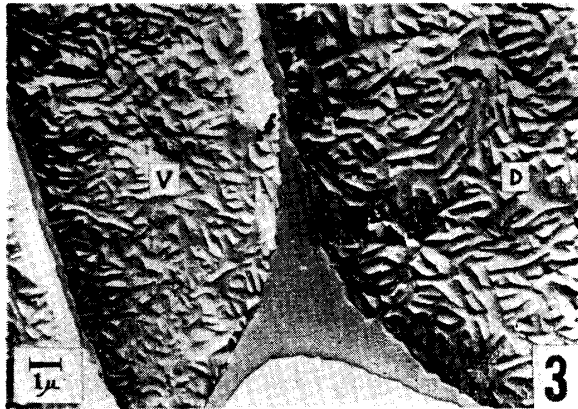


1 : A part of dorsal view.

2 : A part of dorsal and ventral view.

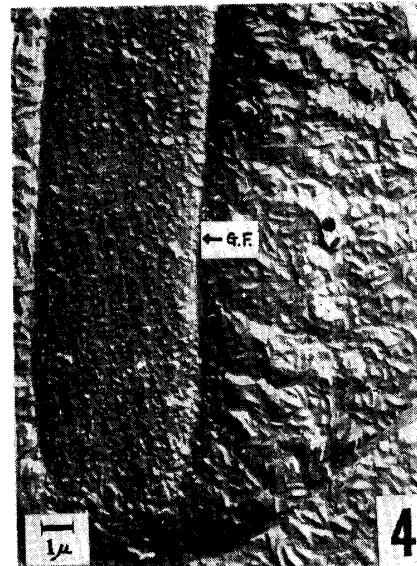
D : dorsal view, V : ventral view, G.F. : germinal furrow.

**Photo. 4** Showing electronmicrograph of *Cycas revoluta* pollen.



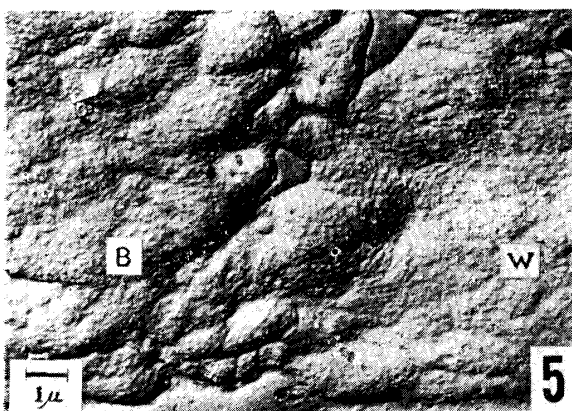
3 : A part of ventral and dorsal view.

V : ventral view, D : dorsal view.



4 : A part of ventral view. G.F. : germinal furrow.

**Photo. 5** Showing electronmicrograph of *Ginkgo biloba* pollen.



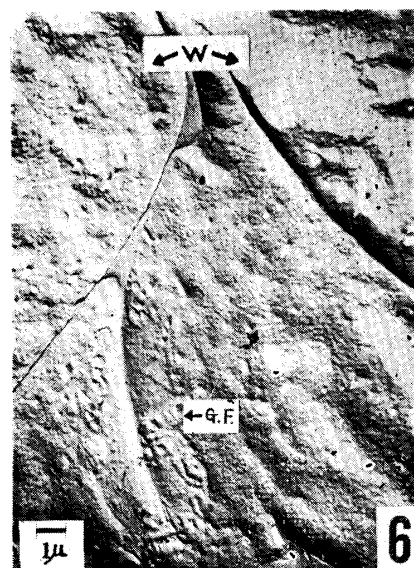
5 : A part of lateral view.

B : body, W : air-filled bladder.

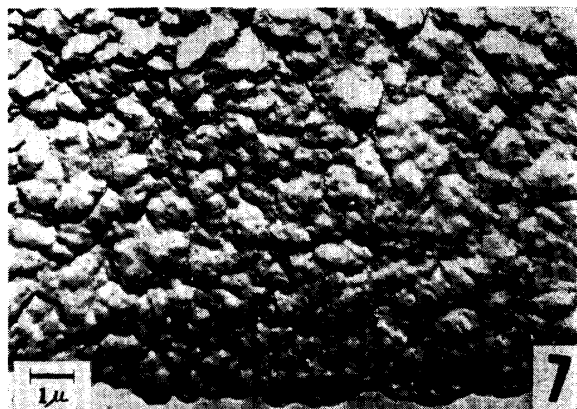
6 : A part of ventral view.

W : air-filled bladder,

G.F. : germinal furrow



**Photo. 6** Showing electronmicrograph of *Podocarpus Nagi* pollen.

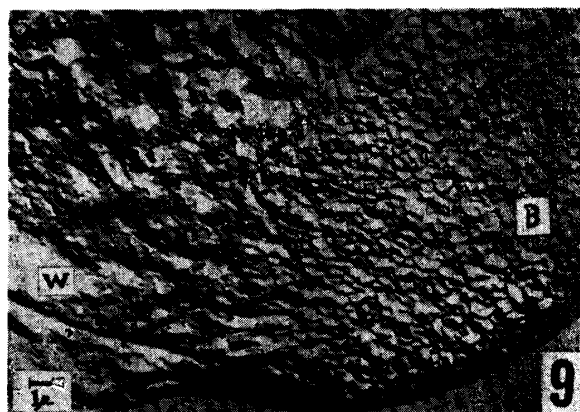


7 : A part of lateral view. (body only)

8 : A part of lateral view.  
(air-filled bladder only)

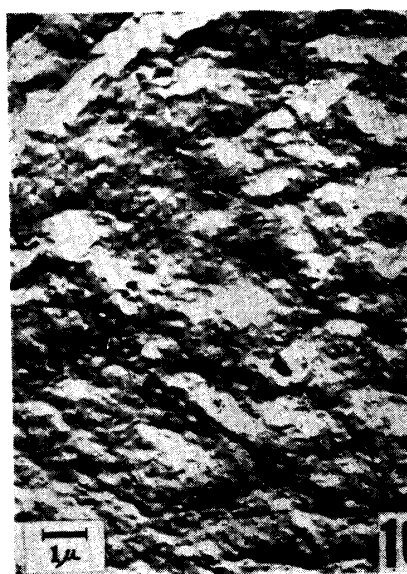


**Photo. 7** Showing electronmicrograph of *Keteleeria Davidiana* pollen.



9 : A part of lateral view.  
W : air-filled bladder B : body.

10 : A part of lateral view.  
(air-filled bladder only)



**Photo. 8** Showing electronmicrograph of *Pseudolarix Kaempferi* pollen.