

花粉膜の表面微細構造によるツガ及びカナダツガの 類別について

竹 岡 政 治

MASAJI TAKEOKA: On the classification between *Tsuga Sieboldii* and *Tsuga canadensis*, based on the fine surface structure of pollen membrane.

摘 要 この報告は、花粉膜の表面微細構造によるツガ及びカナダツガの類別について述べるものである。供試料は、*Micropeuce* (*Eutsuga*) に属するツガ及びカナダツガの2種である。実験方法は、筆者が1956年来適用している Methylmethacrylate carbon 2 段 replica 法によつた。

実験の結果、下記の諸点を明らかにすることができた。

1. ツガ花粉: cap 及び germ furrow の表面は不規則に配列した隆状突起によつておおわれ、さらにそれより大きさの異なつた指状物が突出し、その間にごく小數ながらイボ状物の存在が認められる。とくに指状突起物は軟弱なためか、曲りやすく、しかもほとんどはく離しない。一方、marginal ridge と germ furrow の連結部の膜面は、微小なしかも不規則な突起物によつておおわれている。これは cap 及び germ furrow の表面と全く異なつた構造を呈している。また、Photo. 3 に示した如く、germ furrow の中央部に narbe の存在を確認することができた。narbe の表面は、へいかつである。指状突起物の長さは約 0.3

~2.1 μ 、連結部膜面の突起物の長さは約 0.1~0.2 μ 、また narbe は長径約 7.5 μ である。

2. カナダツガ花粉: cap の表面は花野菜型の隆起でおおわれ、その表面には微小な刺状突起をそなえている。また germ furrow の表面には、大きさの異なつた粒状隆起が存在し、さらにその表面には微小な刺状紋を有しており、粒状隆起の間には不定形の隆起が認められた。cap と germ furrow の連結部の膜面構造はツガ花粉と同様である。Photo. 6 に示したように、ツガにみられた narbe が見出しえられなかつた。花野菜型隆起部上の刺状紋の長さは約 0.1 μ であり、粒状突起物の直径は約 2.4~2.0 μ で、またその表面に存在する刺状紋の長さは約 0.1 μ である。

以上述べた諸点で明らかのように、ツガ及びカナダツガ花粉の微細構造は、いちじるしく異なつている。

なお Photo. 7 に示したイボ状構造は、ectosexine より下の層の表面構造である。筆者は、ツガ花粉の sexine は3つの異なつた表面構造をもつ層から成り立っているのであろうということを推定した。

緒 言

従来、ツガ属は、その植物分類学上 *Hesperopeuce* と *Micropeuce* (*Eutsuga*) の2つの節にわけられている。一方、花粉形態学上からみれば、*Hesperopeuce* に属する *Tsuga pattoniana* の如きは、単口・有のう型花粉 (winged grain) をもち、*Micropeuce* に属するツガ及びカナダツガなどはいずれも単口・有心型花粉に属し、この両者の例だけとりあげるならば、顕著な相違点が見出される。また、一方において、上野 (1957)¹⁴⁾ は、*Hesperopeuce* に属する1種の花粉には narbe が認められず、*Micropeuce* に属する5種の花粉にはいずれも narbe が存在することから、narbe

の有無が両節の特性であろうと考察している。しかしながら、この両節に属する種の類別については、花粉形態学上において依然として困難視されているのが実情であろう。ツガ花粉膜の層状微細構造は、ERDTMAN (1957)¹³⁾ 及び上野 (1958)¹⁵⁾ によつて報告せられており、また、その表面微細構造に関しては、山崎・竹岡 (1958)¹⁶⁾ がすでに発表したところである。この論文において筆者は、*Micropeuce* に属するツガ及びカナダツガの2種の花粉の間において、表面微細構造に明確な差のあることを認め、とくにツガの花粉では replica 法によつて、イボ状構造を有する層の存在することを発見した。ここにその結果を報告しようと思う。

この研究において、終始御親切なる御指導を賜つた

本学山崎次男博士及び農林省林業試験場木材部原田浩博士並びに森林植物学上、有益な助言を賜った京都大学農学部岡本省吾講師及び本学林行五講師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試験場当局に対して厚く御礼を申し上げます。

供試料及び実験方法

この研究に用いたツガ (*Tsuga Sieboldii* CARR.) は 1956年4月5日に京都植物園で、一方のカナダツガ (*Tsuga canadensis* CARR.) は 1958年4月24日京都大学演習林本部の苗畑に植栽せられているものから、それぞれ採取したものである。各花粉は、これまでのものと同様の方法で保存したものである。供試花粉の調製法は、これまで山崎・竹岡 (1957~1959)^{17~22)} の共同研究のもとに発表した方法を適用したのであるが、とくに Photo. 7 に示した花粉膜層のイボ状構造の存在を replica 法で可視化するため、特殊の処理をおこなった。この方法は、目下のところ検討中であり、後報において詳述したいと考えている。その他、電子顕微鏡用試料の作製方法、使用した電子顕微鏡及び乾板などは、すべて既報^{17~23)} のものと同様である。

実験結果及び考察

ツガ属花粉の光学顕微鏡による形態は、WODEHOUSE (1930)¹⁶⁾、ERDTMAN (1954)(1957)^{3,3)} 及び幾瀬 (1954)⁷⁾ などによって総括的に記述せられている。それゆえここでは光学顕微鏡観察結果としては、ツガ及びカナダツガ2種の花粉の概略を述べ、表面微細構造を主体とし、花粉膜の層状構造について多少ふれることとする。

1. 光学顕微鏡による観察結果

ツガ及びカナダツガ花粉は、光学顕微鏡によれば、Fig. 1 に示したような外形を呈するものであつて、いわゆる単口・有心型花粉に属するものである。その極観像は、ほぼ球状にみられるが、赤道観像は扁球状をなしており、同観像においてここに述べる両者はいずれも、marginal fring が明らかであること並びに、marginal ridge が認められる。この marginal ridge の部分が、*Tsuga pattoniana* における気のうに相当する部分と考えられている。なお、ツガ花粉の腹部観像 (germ furrow 側) における中央部に narbe が認められるが、一方のカナダツガ花粉においては、その存在が明らかでない。narbe には、花粉母細胞から4分子が形成せられ、さらに1個の花粉として成熟する過程の中期において、もつとも検出されやすい特徴がある。また成熟した花粉を処理する際の試葉の種類及

び検鏡するときの観像によつて、検出の可否が左右せられるような性質をそなえている。なお、試葉処理の際に、発芽帯の周辺部及び narbe の部分が、かい裂しやすい傾向が認められる。このような性質から narbe の存否をツガ化石花粉の同定、すなわち、花粉分析に適用することは、ほとんど不可能に近いと考えられる。

つぎに、花粉粒の表面は比較的もろい、はつきりした刺状物、或いは指状突起物によつておおわれていると、一般に説明せられている。sexine はきわめてきめが粗く、吸水或いは試葉処理などによつて、多少膨脹するが、容易にかい裂しないといわれる。花粉粒の大きさは、極観像における直径で、ツガは 60~80 μ 、カナダツガは 63~84 μ の範囲にある。

2. 電子顕微鏡による観察結果

a) ツガ (*Tsuga Sieboldii* CARR.)

Photo. 1 は腹部観像の一部であつて、Photo. 2 は脊部観像における cap の部分を強拡大したものである。これらによれば、cap 及び germ furrow の表面は不規則に配列した隆状突起によつておおわれ、さらにそれより大きさの異なつた指状物が突出し、その間にごく小ながらイボ状物の存在が認められる。とくに指状突起物は軟弱なためか、replica した際にいずれかの側に曲つていることが認められる。

一方、marginal ridge と germ furrow の連結部の膜表面は、微小なしかも不規則な突起物によつておおわれている。これは、うゑに述べた腹部及び脊部両観像における、花粉膜の表面と全く異なつた構造を呈している。このような構造は、すでに山崎・竹岡 (1957~1959)^{17~24)} が報告した他の樹木花粉においてもみられるところである。上野 (1958)¹⁵⁾ は、スギ及びセコイアなどの超薄切片を観察して、papilla の表面と発芽帯の表面とは異なつた膜面でおおわれていることを見出している。ここに示した連結部の膜面は ecto-sexine と考えられる花粉表面の膜と層序を異にしているものであろう。

Photo. 3 は腹部観像の一部を示すものであつて、その中央部に narbe が認められる。ここに見出された narbe は多少変形しているが、一般に不規則な円状をなして突出している場合が多い。narbe の表面は他の表面にくらべて特色ある形状を示さず、ほとんど無構造に近い。これらはいずれの層序に相当するかは興味ある問題であるが、目下のところ明らかでない。

なお、Photo. 2 によれば、隆起部及び指状突起などの表面はへいかつでなく、きわめて微小な波状構造をそなえていることが確認せられる。指状突起物の隆起部からの長さは、約 0.3~2.1 μ 、連結部膜面の突起

物の長さは約 0.1~0.2 μ , また narbe は長径約 7.5 μ である。

b) カナダツガ (*Tsuga canadensis* CARR.)

Photo. 4 は腹部観像を示すもので, Photo. 5 は脊部観像の一部における cap の一部を強拡大したものである。これらによれば, cap の表は花野菜型の隆起でおおわれ, その表面に微小な刺状突起をそなえている。また, 腹部観像の表面には, 大きさの異なつた粒状隆起が存在し, さらにその表面には微小な刺状紋を有しており, 粒状隆起の間には不定形の隆起が認められる。Photo. 6 によつてみられるようにカナダツガ花粉には narbe が存在しないことが明かである。

また, Photo. 4 によれば, cap と germ furrow の連結部の横面構造は, うえに述べたツガ花粉と同様であつて, 膜の層序が異なつているものと考えられる。なお, cap に見出された花野菜型隆起部上の刺状紋の長さは, 約 0.1 μ であり, germ furrow に見出された粒状突起物の直径は約 0.4~2.0 μ , またその表面に存在する刺状紋の長さは約 0.1 μ である。

以上を要するに, ツガ及びカナダツガは, その植物分類学上, 同じく *Micropeuce* (*Eutsuga*) に属するものであるが, 花粉膜における電子顕微鏡観察結果によれば, その両者は表面微細構造という点で, 著るしく異なつていることが明確となつた。すなわち, その顕著な差異は, 表面模様は勿論であるが, ツガに見出された narbe が一方のカナダツガには認められないのである。すでに述べたように, 上野 (1957)¹⁴⁾ は, *Micropeuce* 5種及び *Hesperopeuce* 1種を研究した結果, *Micropeuce* には narbe が存在し, *Hesperopeuce* に属するものにはこれが認められないとして, narbe の有無が節の特性であることを考察している。しかしながら, これは上述の結果からみれば, narbe の有無が節の特性と断じえないし, また光学顕微鏡的立場からしても, narbe の有無が花粉分析における化石花粉の同定に適用しえないものであろう。かようなことから考えて, とかく論議のあるツガ属は, 単に花粉学上からもきわめて興味深いものがある。

なお, 筆者はツガ花粉を供試料とし, replica 法によつて Photo. 7 に示す表面構をとらえることができた。これによれば, sexine の最外層に相当する ectosexine はすでに述べたとうりの表面構造を示している (すなわち, rough corrugate and tegillate である)。しかしながら, その間に多数のイボ状物の配列が認められるのである。これは勿論 ectosexine の下にある endo-(ERDTMAN の Terminology によれば, necto- であるが, これが TOMŠOVIĆ の Terminology にしたがえば baso- である) sexine の表面構造であ

らうと考えられる。イボ状物の直径は, 約 0.1~0.3 μ で, 基部からの高さは約 0.1 である。このようなイボ状構造は, 上野 (1958)¹⁵⁾ の ultra-section における ectosexine のそれと合致するものである。

花粉膜の層状構造を示す用語並びに模式図は, ZETSCHE (1837)²⁴⁾, POTONIĆ (1934)¹²⁾, ERDTMAN (1952) (1957)^{1,3)}, FAEGRI & IVERSEN (1950)⁵⁾, FAEGRI (1956)⁶⁾, MÜHLETHALER (1955)¹⁰⁾, KUPRIJANOVA (1956)⁹⁾ 及び TOMŠOVIĆ (1960)¹³⁾ などによつて示されているが, まだ統一された見解に到達していない。筆者は ERDTMAN 及び TOMŠOVIĆ の所論の中間を支持するものであるが, うえに述べた上野の研究結果と今回の筆者の表面構造より推定せられた花粉の層状構造の詳細については, 他日明白にしたいと考えている。いずれにしても, この論文に用いた各写真から総合すれば, sexine に異なつた 3つの表面構造をもつ膜層の存在が想定せられるのである。すなわち, 第1層の表面 (ectosexine) は指状突起, 第2層の表面 (endosexine) は微細な刺状紋, さらに第3層の表面 {ectonexine (ERDTMAN) 或いは baso-sexine (TOMŠOVIĆ)} はイボ状物によつてそれぞれ特徴づけられている。

以上 replica 法によつても, 花粉膜の各層の表面構造をとらえることを一例によつて証明したのであるが, 今後この種の研究を継続するならば, 各層の表面微細構造が明確となり, 同時に花粉膜の層状構造をも明らかにしうるのであろう。

参 考 文 献

1. ERDTMAN, G. (1952): Pollen Morphology and Plant Taxonomy. I Stockholm: Almqvist & Wiksell.
2. ——— (1954): An Introduction to Pollen Analysis. Stockholm: Almqvist & Wiksell.
3. ——— (1957): Pollen Morphology and Plant Taxonomy. II Stockholm: Almqvist & Wiksell.
4. ——— & VISHNU-MITTER (1958): Grana Paly-nol., Stockholm, 1/3: 6~9.
5. FAEGRI, K. and IVERSEN, J. (1950): Text-book of Modern Pollen Analysis. Copenhagen.
6. FAEGRI, K. (1956): Bot. Rev., New York, 22: 639~664.
7. 幾瀬マサ (1956): 日本植物の花粉, 広川書店.
8. 神保忠男 (1933): 東北大紀要・理, 4: 8.
9. KUPRIJANOVA, L. A. (1956): Bot. Žurnal, Moskva-Leningrad, 4: 1212~1216.
10. MÜHLETHALER, K. (1955): Planta. 46: 1.

11. 岡本省吾 (1959) : 原色日本樹木図鑑, 保育社.
12. POTONÍ, R. (1934) : Arb. Inst. Paläobot. Petrogr. Brennst., Berlin, 4 : 1~24.
13. TOMŠOVIĆ, P. (1960) : Preslia, 32 : 163~173.
14. 上野実朗 (1957) : 大阪市大学報, D, 8 : 191.
15. ——— (1958) : 大阪市大学報, D, 9 : 163.
16. WODEHOUSE, R.P. (1935) : Pollen Grains. New York and London.
17. 山崎次男・竹岡政治 (1957) : 日林誌, 39, 427~434.
18. ——— (1958) : 日林誌, 40, 7~11.
19. ——— (1958) : 日林誌, 40, 54~159.
20. ——— (1958) : 西京大学報・農, 10, 28~32.
21. ——— (1959) : 日林誌, 41, 125~129.
22. ——— (1959) : 京都府立大学報・農, 11, 86~90.
23. ——— (1959) : 京都府立大学報・農, 11, 91~94.
24. ZETZSCHE, F. (1932) : Handbuch der Pflanzenanalyse. 3 : 205~239.

Summary

The present paper deals with the classification between *Tsuga Sieboldiana* and *Tsuga canadensis*, based on the fine surface structure of pollen membrane. The materials used in this study are the pollen of 2 species, such as *Tsuga Sieboldii* CARR. and *Tsuga canadensis* CARR. belonging to *Micropeuce* (*Eutsuga*). The experimental method depends upon the methylmethacrylate-carbon 2 stage replica, which was used by the author since 1956.

As the result of the electronmicroscopic investigation, he could clarify the following points.

1. Pollen of *Tsuga Sieboldii* CARR. : the surface of cap and germ furrow is covered all over with irregularly arranged protrusions, and finger-like projections which are different in sizes, rising from their surface. Especially, their projections are pliant, probably on account of their delicate nature, and they cannot, in most cases, be separated from the surface of the grain. Besides, the surface of the combined parts between marginal ridge and germ furrow of the grain is covered with fine and irregular projections. As shown in Photo 1, we can see the different structure of the surface pattern of cap, and germ furrow. As given in photo. 3, he could recognise the existence of narbe in the central part of germ furrow. The surface of narbe is very smooth. The length of finger-like projection; about 0.3~2.1 μ , the length of projection of surface membrane in the combined

parts; about 0.1~0.2 μ , and long diameter of narbe; about 7.5 μ .

2. Pollen of *Tsuga canadensis* CARR. : the surface of cap is covered all over with protrusions of the "cauli-flower type", and they are possessed of projection of fine spinules on its surface. Also, on the surface of germ furrow were seen grain-like projections in different sizes, and fine spinules on its surface. Moreover, protrusion of amorphous in that of grain-like projection were recognised. The structure of the combined part of cap and germ furrow are similar to those of *Tsuga Sieboldii* pollen. As given in photo. 6, there is no find of narbe as are found in *Tsuga Sieboldii* pollen. The length of spinules (on protrusions of the "cauli-flower type"); about 0.1 μ , diameter of grain-like projection; about 0.4~2.0 μ , and the length of the spinules existed in their surface; about 0.1 μ .

As mentioned above, it is clearly seen that the fine structure between the pollen of *Tsuga Sieboldii* and of *Tsuga canadensis* were considerably different. Moreover, the verrucate structure as given in photo. 7 shows the surface structure of the under layer of ectosxine in sexine stratification. It has been estimated that sexine of *Tsuga Sieboldii* pollen consist of three layers each different in the fine surface structure.

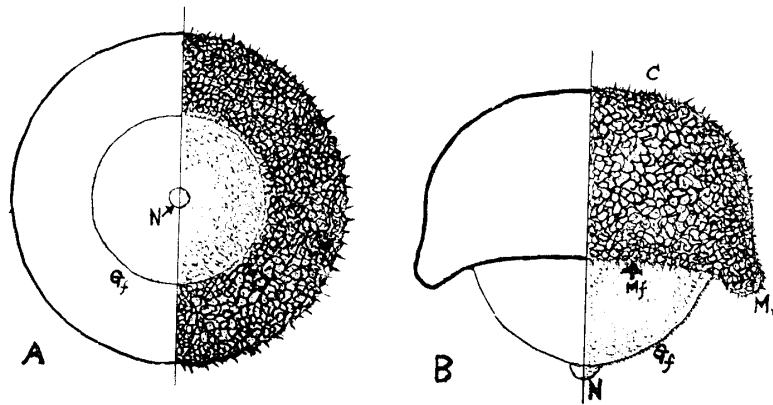


Fig. 1 *Tsuga Sieboldii* (belonging to *Micropeuce*)
 pollen.
 A : polar view, B : equatorial view,
 N : narbe, Gf : germ furrow,
 Mf : marginal fring, Mr : marginal ridge,
 C : cap.

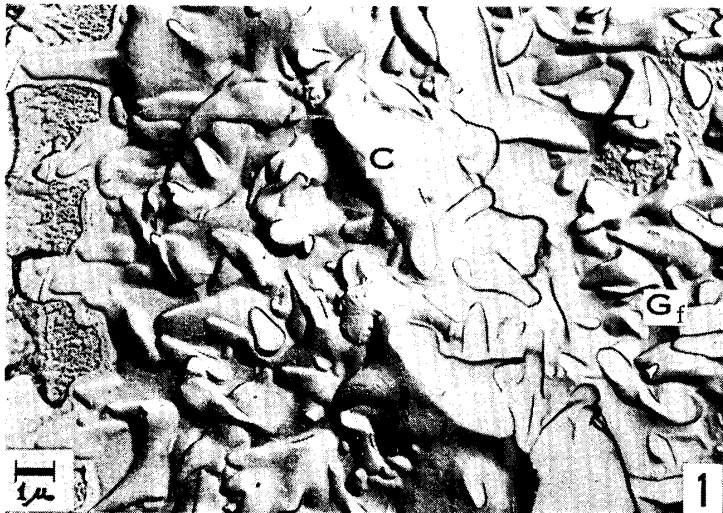


Photo. 1 Showing electronmicrograph of ventral
 face in *Tsuga Sieboldii* pollen.
 Gf : germ furrow, C : cap.



Photo. 2 Showing electronmicrograph of
 dorsal face in *Tsuga Sieboldii*
 pollen.
 F : finger-like projection.

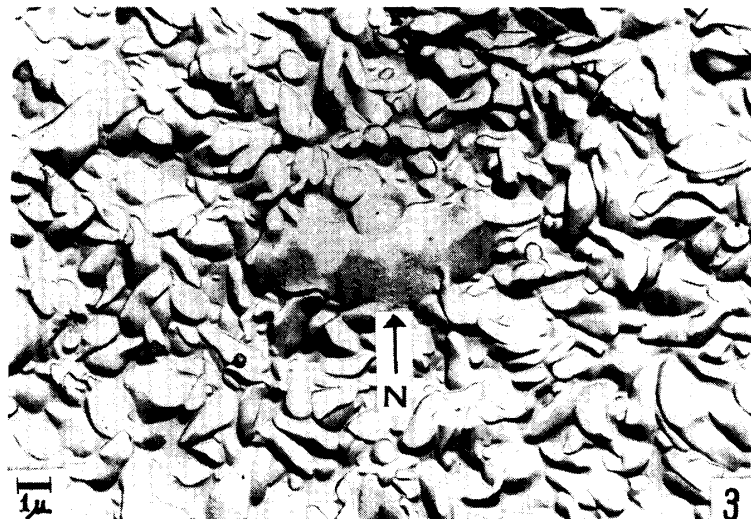


Photo. 3 Showing electronmicrograph of ventral
 face in *Tsuga Sieboldii* pollen.
 N : narbe.

Plate II



Photo. 4 Showing electronmicrograph of ventral face in *Tsuga canadensis* pollen.
 Gf : germ furrow, C : cap.



Photo. 5 Showing electronmicrograph of dorsal face in *Tsuga canadensis* pollen. (Surface of cap only)

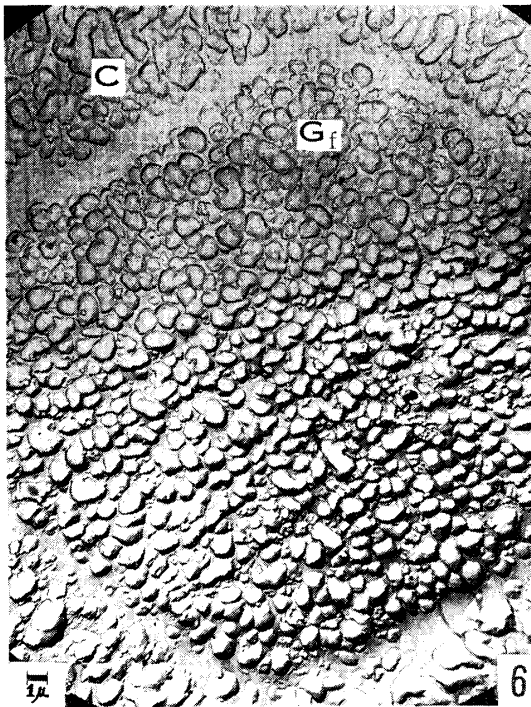


Photo. 6 Showing electronmicrograph of ventral face in *Tsuga canadensis* pollen.
 Gf : germ furrow, C : cap.

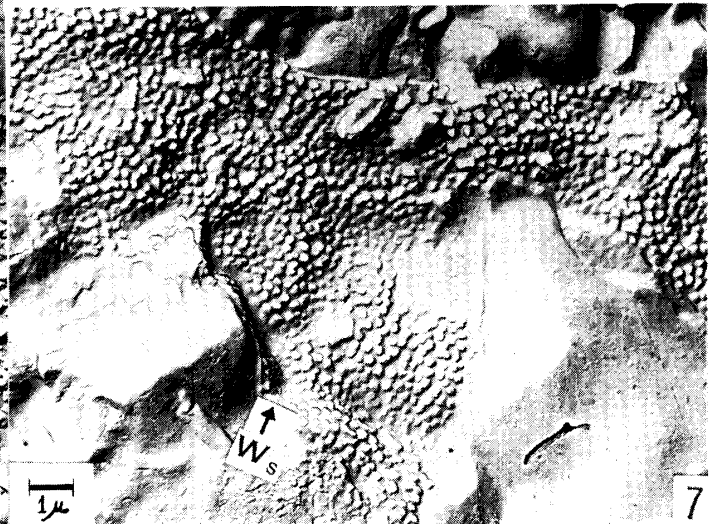


Photo. 7 Showing electronmicrograph of dorsal face in *Tsuga Sieboldii* pollen.
 Ws : wartly structure. (Verrucate)