走査電子顕微鏡によるコナラ属の花粉形態

牧 野 真 人*・林 竜 馬・高 原 光

Pollen morphology of the genus *Quercus* by scanning electron microscope

MASATO MAKINO*, RYOMA HAYASHI and HIKARU TAKAHARA

Abstruct: Exine sculpture of 938 pollen grains from 113 specimens representing 14 *Quercus* species (7 species of subgenus *Cyclobalanopsis* and 7 species of subgenus *Lepidobalanus*) of Japan were examined by using SEM. On the exine sculpture of *Quercus* subgenus *Cyclobalanopsis* pollen, "microspine" and "granula" were recognized and those morphologies were similar among the 7 species. On the exine sculpture of *Quercus* subgenus *Lepidobalanus* pollen, the striae type (*Q. phillyraeoides*), the round granula type (*Q. mongolica* var. *grosseserrata*, *Q. serrata*, and *Q. aliena*), the sharp-pointed granula type (*Q. dentate*), and the cockled granula type (*Q. variabilis, and Q. acutissima*) were recognized.

(Received October 1, 2009)

Key words: *Quercus*, pollen morphorogy, SEM, exine sculpture

要 旨：走査電子顕微鏡（SEM）を用いて，コナラ属14種（アカガシ亜属7種，コナラ亜属7種）について，合計で113個体938粒の花粉について表面構造を観察した。その結果，アカガシ亜属花粉の表面微細構造には「微小刺」と「顆粒」が認められ，その形状は7種全てにおいて類似した形態を示した。また，コナラ亜属花粉の表面微細構造には，線状の「突起」が全面に認められる形態（ウバメガシ），「顆粒」が大きく盛り上がり，それが丸い形状を示す形態（ミズナラ，コナラ，ナラガシワ），「顆粒」が大きく盛り上がり，それが尖った形状を示す形態（カシワ）および「顆粒」がやや盛り上がり，花粉表面全体がしわ状になっている形態（アベマキ，クヌギ）が認められた。

キーワード：コナラ属，花粉形態，SEM

はじめに

日本産のコナラ属（*Quercus* L.）は，常緑性のアカガシ亜属（*Q.* subgenus *Cyclobalanopsis*）7種と，落葉性または常緑性のコナラ亜属（*Q.* subgenus *Lepidobalanus*）7種の合計14種からなっている（大場 1989）。このうちアカガシ亜属に属する樹木は，仙台から沖縄にかけて分布し，照葉樹林における優占種となっている。また，コナラ亜属は北海道から沖縄にかけて分布し，ミズナラなどが冷温帯の優占種，コナラなどが暖温帯の二次林の優占種となっている。このように，コナラ属は日本列島に広く分布し，自然植生において重要な位置を占めている（山中 1979）。

コナラ属の植生の成立過程については，これまで多く

京都府立大学大学院農学研究科森林植生学研究室
〒606-8522 京都府京都市左京区下鴨半木町1-5
Laboratory of Forest Vegetation Dynamics, Graduate School of Agriculture, Kyoto Prefectural University, 1-5 Hangi-cho, Shimogamo, Sakyo-ku, Kyoto, 606-8522, Japan.
* 現在，北海道渡島西部森づくりセンター 〒049-1517 北海道松前郡松前町字朝日495-9
Present address, Hokkaido Oshimaseibu Forestry Center, 495-9 Asahi, Matsumae-cho, Matsumae-gun, Hokkaido, 049-1517, Japan.

の花粉分析学的研究が行われてきている（安田・三好編1998）。しかし，光学顕微鏡ではコナラ属花粉を亜属の段階までしか同定することができないため，コナラ属の詳しい種構成の変化は明らかにされてきていない。この欠点を補うために，これまで電子顕微鏡を用いてコナラ属花粉を種レベルで識別しようとする研究が行われてきてきた（山崎・竹岡1959；Miyoshi 1981；藤木ほか1996など）。これらによると，ウバメガシとカシワが電子顕微鏡によってそれぞれ種の段階まで同定できることが示されているが，その他の種に関しては研究者によって一致した見解は得られていない。この原因としては，いずれの報告も同種における花粉形態の変異を十分に考慮していないことが考えられる。同種における個体間で花粉形態が大きく異なることは，すでにSolomon（1983a；1983b）によって指摘されており，花粉形態を明らかにする上では複数個体の花粉を観察することが必要不可欠である。

本研究ではコナラ属14種について，走査電子顕微鏡を用いて，合計113個体938粒の花粉の表面構造を撮影し，個体間の変異に注意してその特徴を明らかにした。ここで用いた花粉形態用語については，コナラ亜属の花粉表面構造について，幅1 μm前後の隆起物を「顆粒（granula）」，長さ約0.1 μm程度のとげを「微小刺（microspine）」，また「顆粒」にも「微小刺」にも属さない構造は「突起」として定義し，用いている。また，種間に見られる花粉形態の差異を「種間での差異」，同種の個体間で見られる花粉形態の変異を「個体間変異（種内変異）」，そして一個体内にみられる花粉粒ごとの形態の変異を「個体内変異」とした。学名については大井（1983）によった。

本研究の現生花粉試料の採取にあたっては，千葉経済大学短期大学部の内山隆教授，高知大学理学部の三宅尚准教授，宮崎農業高校の河野耕三教諭をはじめ，多くの方々のご協力をいただいた。心からお礼申し上げる。なお，この研究の一部は財団法人京都府立大学学術振興会の助成および日本学術振興会科学研究費基盤研究（B）（研究課題番号19380090，代表：高原　光）によって行われた。

試料と方法

1．花粉の採取と処理

本研究に用いた花粉は，北海道から宮崎県まで国内17都道府県に自生もしくは植栽されたコナラ属14種（アカガシ *Q. acuta* Thunb.，ハナガガシ *Q. hondae* Makino，ツクバネガシ *Q. sessilifolia* Blume，イチイガシ *Q. gilva* Blume，シラカシ *Q. myrsinaefolia* Blume，アラカシ *Q. glauca* Thunb.，ウラジロガシ *Q. salicina* Blume，ウバメガシ *Q. phillyraeoides* A. Gray，ミズナラ *Q. mongolica* Fischer var. *grosseserrata* (Blume) Rehd. et. Wils.，コナラ *Q. serrata* Thunb.，ナラガシワ *Q. aliena* Blume，カシワ *Q. dentata* Thunb.，アベマキ *Q. variabilis* Blume，クヌギ *Q. acutissima* Carruth. で，アカガシ亜属65個体，コナラ亜属48個体である。これらの試料の採取日，採取場所，標本番号は表1-1～3に示したとおりである。

花粉の採取は，野外にて行い，開花している状態の尾状花序を直接紙袋に採取し，乾燥状態で保存した。開花期には，日当たりの良い枝先を中心に尾状花序が垂れ下がるが，本研究ではそのうちの採取可能な一部の尾状花序を試料として用いた。したがって，樹木の部位による花粉形態の相違は考慮していない。また，未成熟な花粉は本研究の対象としなかった。

花粉観察のため，各花粉試料について，10%水酸化カリウム溶液を10 ml加え，90～100℃で10分間湯煎し，アセトリシス液（無水酢酸：濃硫酸＝9：1）5 mlを加え，90℃で2分半湯煎した。さらに，エタノール系列（60%→70%→80%→90%→95%→100%）で脱水した。そして，試料を2つに分け，一方を光学顕微鏡用の試料とし，エタノールを *t*-ブチルアルコール（TBA）に置き換えた後，シリコンオイルに封入し，プレパラートを作成した。もう一方は，走査電子顕微鏡用の試料とし，カルノア液（エタノール：氷酢酸＝3：1）で半日間固定し，キシレンに置換した。

2．走査電子顕微鏡による観察

キシレンに封入された状態の試料を，走査電子顕微鏡の試料台に滴下し，自然乾燥してキシレンを気化させた。この試料に，JFC-1600型イオンスパッターを用いて，10 nmの白金のイオンコーティング（30 mA，70 sec.）を行った。ミズナラなど，表面の凹凸が大きいものは，この状態で帯電した場合さらに数nmコーティングを追加した。

花粉の観察には，㈱日本電子のJSM-5510LV型走査電子顕微鏡を用いた。観察の際，花粉は試料台のほぼ全面に広がっているが，このうちの一部の花粉のみを観察することのないよう注意し，一個体につき数十個の花粉を約10000倍の倍率で観察した。そして，その中から典型的な特徴を示す花粉の写真を13000倍の倍率で撮影した。写真の数は各個体につき2～30枚で，アカガシ亜属570枚，コナラ亜属368枚であった。

花粉表面微細構造の記載

1．アカガシ亜属の花粉形態

1）表面微細構造の特徴

写真1～2にアカガシ亜属の花粉形態を示した。アカガシ亜属の花粉は，3溝孔型（Tricolporate）で，赤道観はほぼ円形からやや楕円形であった。発芽孔は溝状をなし，比較的幅が広かった。その両端は丸く，花粉表面

を深くえぐるような形状をしていた。このような特徴はこれまでの光学顕微鏡もしくは走査電子顕微鏡による花粉形態の報告と一致した（山崎・竹岡 1959；中村 1980；Miyoshi 1981；尾形 1989；藤木・三好 1995）。

また，山崎・竹岡（1959）が示したように，0.1 µm 程度の「微細な刺状物」と，「外壁の盛り上がった隆起物」が認められた。前述のとおり本研究では前者を「微小刺」とし，後者を「顆粒」とする（写真 1）。この「微小刺」や「顆粒」の形状は同種もしくは一つの個体内で連続的な変異が認められた。ここでは，便宜的に「微小刺」が独立する形態を「独立型」（写真 1-2）とし，「微小刺」が「顆粒」の上に認められ，「顆粒」がうね状をなす形態を「うね型」（写真 1-1b）とした。

アカガシ亜属全 7 種の花粉の表面微細構造は，共通した特徴をもち類似していた。以下，種ごとの花粉表面微細構造の特徴を詳しく述べる。

2）種ごとの花粉形態の特徴

・アカガシ（*Quercus acuta* Thunb.）
（写真 2-1a，2-1b，2-2～4，写真 3）

表面微細構造には，「独立型」（写真 2-2），「うね型」（写真 2-3～4）およびその中間型（写真 2-1b）が認められた。また，うね状をなす「顆粒」の形状は幅の小さいものが多かった（写真 2-3～4）。また，「個体内変異」が大きい個体と，小さい個体の両方が認められた。つまり，「うね型」の花粉と「独立型」の花粉が混在している個体（写真 3-6～9（A1716））と，いずれかの型のみが認められた個体（写真 3-10～11（A1861），写真 3-14～16（A2274））があった。

・ハナガガシ（*Quercus hondae* Makino）
（写真 2-5a，2-5b，2-5c，2-6a，2-6b，写真 4）

表面微細構造には，「うね型」（写真 2-5b，2-5c，2-6a，2-6b）が認められた。2 個体のみの観察であるが，「個体内変異」は小さく，A2283 には太いうねが（写真 2-5b，2-5c），A1946 には細いうねが（写真 2-6a，2-6b）認められた。

・ツクバネガシ（*Quercus sessilifolia* Blume）
（写真 2-7a，2-7b，2-8～10，写真 5）

表面微細構造には，「独立型」（写真 2-7b），「うね型」（写真 2-8～9）およびその中間型（写真 2-10）が認められ，「個体内変異」が大きい個体と，小さい個体の両方が認められた。つまり，「独立型」の花粉と「うね型」の花粉が混在している個体（写真 5-5～6（A1786））と，どちらかの型のみが認められた個体（写真 5-11～13（A1802））があった。また，うね状をなす「顆粒」の形状は幅の小さいものから大きいものまで認められた（写真 5）。

・イチイガシ（*Quercus gilva* Blume）
（写真 2-11a，2-11b，2-12～14，写真 6）

表面微細構造には，「独立型」（写真 2-12），「うね型」（写真 2-13）およびその中間型（写真 2-11b，2-14）が認められた。「個体内変異」はある程度認められたが（写真 6-2～3（A365），写真 6-15～16（A2075）など），「個体間変異」が明瞭に認められた。すなわち，京都産の個体（A1829，A1854～A1858，A1935）の花粉は，「微小刺」が長いという他のアカガシ亜属には認められない特徴がある（写真 2-11b，写真 6-5～10）。しかし，京都産でもこのような特徴を示さない個体も認められた（写真 6-4（A1827），6-14（A1968））。さらに宮崎および高知に自生していた個体に，このような特徴は認められなかった（写真 2-13（A1947），2-14（A2075），写真 6-11（A1936），6-12～13（A1947），写真 6-15～16（A2075））。

・シラカシ（*Quercus myrsinaefolia* Blume）
（写真 2-15a，2-15b，2-16～18，写真 7）

表面微細構造には，「独立型」（写真 2-16），「うね型」（写真 2-17）およびその中間型（写真 2-15b，2-18）が認められ，「個体内変異」が大きい個体と，小さい個体の両方が認められた。つまり，「うね型」の花粉と「独立型」の花粉が混在している個体（写真 7-4～5（A1718））と，どちらかの型のみが認められる個体（写真 7-2～3（A411））があった。また，うね状をなす「顆粒」の形状は幅の小さいものから大きいものまで認められた（写真 7）。

・アラカシ（*Quercus glauca* Thunb.）
（写真 2-19a，2-19b，2-20～22，写真 8）

表面微細構造には，「独立型」（写真 2-22）および「うね型」（写真 2-19b，2-20～21）が認められ，「個体内変異」が大きい個体と，小さい個体の両方が認められた。つまり，「うね型」の花粉と「独立型」の花粉が混在している個体（写真 8-6～7（A1579））と，どちらかの型のみが認められる個体（写真 8-8～11（A1709），8-12～13（A1712））があった。また，うね状をなす「顆粒」の形状は幅の小さいものから大きいものまで認められた（写真 8）。

・ウラジロガシ（*Quercus salicina* Blume）
（写真 2-23a，2-23b，2-24～26，写真 9）

表面微細構造には，「独立型」（写真 2-26），「うね型」（写真 2-23b，2-25）およびその中間型（写真 2-24）が認められ，「個体内変異」が大きい個体と，小さい個体の両方が認められた。つまり，「うね型」の花粉と「独立型」の花粉が混在している個体（写真 9-5～7（A1721））と，どちらかの型のみが認められる個体（写真 9-2～4（A1580））があった。また，うね

状をなす「顆粒」の形状は幅の小さいものから大きいものまで認められた（写真9）。

2. コナラ亜属の花粉形態

1）表面微細構造の特徴

写真10にコナラ亜属の花粉形態を示した。コナラ亜属の花粉は3溝孔型（Tricolporate）で，赤道観はほぼ円形からやや楕円形であった。発芽孔は溝状をなし，幅は比較的せまいか，完全にさけた状態であった。この特徴は既往の光学顕微鏡および走査電子顕微鏡による花粉形態の報告と一致した（山崎・竹岡 1959；中村 1980；Miyoshi 1981；尾形 1989；藤木ほか 1996；原田ほか 2003）。

また，花粉の表面微細構造は，線状の「突起」が全面に認められる形態（ウバメガシ（写真10-1b，10-2～4）），「顆粒」が大きく盛り上がり，それが丸い形状を示す形態（ミズナラ（写真10-5b，10-6～8），コナラ（写真10-9b，10-10～12），ナラガシワ（写真10-13b，10-14a，10-14b，10-15）），「顆粒」が大きく盛り上がり，それが尖った形状を示す形態（カシワ（写真10-16b，10-17～19））および「顆粒」がやや盛り上がり，花粉表面全体がしわ状になっている形態（アベマキ（写真10-20b，10-21～23），クヌギ（写真10-24b，10-25～27））が認められた。

2）種ごとの花粉形態の特徴

・ウバメガシ *Quercus phillyraeoides* A. Gray
（写真10-1a，10-1b，10-2～4，写真11）

表面微細構造には，長く直線的な線状の「突起」が認められ，これが集まって交差し，三角錐状になる。この「突起」の大きさには個体内および個体間での変異が認められたが，基本的な構造は同じであった（写真10-1b，10-2～4，写真11）。また，このような形態は，他のコナラ亜属やアカガシ亜属花粉には認められなかった。

・ミズナラ *Quercus mongolica* Fischer var. *grosseserrata* (Blume) Rehd. et. Wils.
（写真10-5a，10-5b，10-6～8，写真12）

表面微細構造には，大型の丸い「顆粒」が認められた。また，やや不明瞭であるが，「顆粒」も含めて花粉の全面に「微小刺」が認められた。「顆粒」の大きさは様々であるが，花粉の赤道観より遠心面もしくは向心面のほうが大型になり，その密度も高くなる傾向があった。また，「個体内変異」および「個体間変異」は「顆粒」の大きさにおいて認められたものの，その他の形態については大きな差異は認められなかった（写真12）。

・コナラ *Quercus serrata* Thunb.
（写真10-9a，10-9b，10-10～12，写真13）

表面微細構造には，大型の丸い「顆粒」が認められた。また，やや不明瞭であるが，「顆粒」も含めて花粉の全面に「微小刺」が認められた。「顆粒」の大きさは様々であるが，花粉の赤道観より遠心面もしくは向心面のほうが大型になり，その密度も高くなる傾向があった。なお，A2083の個体（写真13-14～16）では，花粉表面の「顆粒」の盛り上がりが顕著ではなかった。また，A1703の個体（写真13-6～7）では「微小刺」が他の個体よりも明瞭であった。このように表面微細構造には「個体間変異」が認められた。

・ナラガシワ *Quercus aliena* Blume
（写真10-13a，10-13b，10-14a，10-14b，10-15，写真14）

表面微細構造には，大型の丸い「顆粒」が認められた。「微小刺」は，花粉の全面に認められる個体（写真10-14a，10-14b（A1131））と不明瞭な個体（写真10-13b（A1727））があった。また，A1131の個体には「顆粒」の上の「微小刺」の形状が，後述のアベマキやクヌギと類似したしわ状になっている花粉が認められた（写真14-3）。

・カシワ *Quercus dentata* Thunb.
（写真10-16a，10-16b，10-17～19，写真15(1)，15(2)）

表面微細構造には大型の角ばった「顆粒」が認められ，その角は著しく尖る。この表面構造の特徴は，コナラ属ではカシワだけに認められた。この「顆粒」の形状には「個体内変異」および「個体間変異」が大きく認められた。例えばA2077では，著しく尖った顆粒の先がとげのような形状になっている花粉（写真15(2)-7）と，尖りが不明瞭な花粉が混在していた（写真15(2)-8）。また，A1944のように「顆粒」の尖りが不明瞭で，ミズナラやコナラと類似した形態の花粉も認められた（写真15(1)-10）。

・アベマキ *Quercus variabilis* Blume
（写真10-20a，10-20b，10-21～23，写真16）

表面微細構造には，小型の「顆粒」が認められ，「顆粒」も含めて花粉の全面がしわ状を呈している。また，このしわがさらに浮き上がり，ウバメガシ花粉に認められる『線状の「突起」』に近い形状のものも認められた（写真16-12～14）。また，「個体内変異」は比較的小さいが，顆粒の大きさなどに「個体間変異」が認められた（写真16）。

・クヌギ *Quercus acutissima* Carruth.
（写真10-24a，10-24b，10-25～27，写真17(1)，17(2)）

表面微細構造には，小型の「顆粒」が認められ，「顆粒」も含めて花粉の全面がしわ状を呈している。

また，このしわがさらに浮き上がり，ウバメガシ花粉に認められる『線状の「突起」』に近い形状のものも認められた（写真17(2)-13〜16)。また，「個体内変異」は比較的小さいが，顆粒の大きさなどに「個体間変異」が認められた。クヌギ花粉の表面微細構造は，アベマキのそれときわめて類似していた。

引用文献

原田光・玉置教司・上谷浩一・武智裕里（2003）日本産ブナ科樹木花粉の電子顕微鏡による形態と分子進化．愛媛大学演報 42：1-19.

藤木利之・三好教夫（1995）アカガシ亜属（ブナ科コナラ属）の花粉形態．花粉誌 41：21-29.

藤木利之・守田益宗・三好教夫（1996）日本産コナラ亜属（ブナ科コナラ属）の花粉形態．花粉誌 42：107-116.

Miyoshi N. (1981) Pollen morphology of Japanese *Quercus* (Fagaceae) by means of scanning electron microscope. *Jpn. J. of Palynol.* 27: 45-54.

中村純（1980）日本産花粉の標徴．大阪市立自然史博物館収蔵資料目録　第12，13集.

尾方重行（1989）走査電子顕微鏡を用いた花粉分析 ── 特にブナ科花粉について ──．京都府立大学大学院農学研究科修士論文.

大場秀章（1989）ブナ科．「日本の野生植物　木本Ｉ」（佐竹義輔・原寛・亘理俊次・冨成忠夫)，pp66-78. 平凡社，東京.

大井次三郎　著・北川政夫　改訂（1983）新日本植物誌顕花篇，改訂版．至文堂，東京.

Solomon. A.M. (1983a) Pollen morphology and plant taxonomy of white oaks in eastern north America. *Am. J. Botany* 70: 481-494.

Solomon .A.M. (1983b) Pollen morphology and plant taxonomy of red oaks in eastern north America. *Am. J. Botany* 70: 495-507.

山中二男（1979）日本の森林植生．築地書館，東京.

山崎次男・竹岡政治（1959）花粉膜の表面構造に関する電子顕微鏡的研究Ｖ　特にカシ属について．日林誌 41：125-129.

安田喜憲・三好教夫　編（1998）図説　日本列島植生史．朝倉書店，東京.

表 1-1. 本研究で用いたコナラ属の現生花粉試料

標本番号	種　名	採集年月日	採　集　場　所	採取者	さく葉標本番号	拡大写真数	個体数
アカガシ亜属							
A 1142	アカガシ	19870523	滋賀県西浅井牧場	高原　光	A1142	30	1
A 1146	アカガシ	19870506	滋賀県志賀町比良神社	高原　光		5	1
A 1716	アカガシ	19780511	京都市北区京大上賀茂試験場	高原　光		5	1
A 1861	アカガシ	20020530	滋賀県今津町	牧野真人	A1861	4	1
A 1862	アカガシ	20020530	滋賀県今津町保坂	牧野真人		4	1
A 2274	アカガシ	19600522	高知県土佐郡鏡村樽の滝	山中三男		5	1
小計						53	6
A 1946	ハナガガシ	200305	宮崎県東諸県郡綾町	河野耕三	A1946*	8	1
A 2283	ハナガガシ	19950411	高知市朝倉町丙朝倉神社	三宅　尚		7	1
小計						15	2
A 1780	ツクバネガシ	20020430	京都府船井郡丹波町大福光寺	牧野真人	A1780	8	1
A 1781	ツクバネガシ	20020430	京都府船井郡丹波町大福光寺	牧野真人	A1781	5	1
A 1782	ツクバネガシ	20020430	京都府船井郡丹波町大福光寺	牧野真人	A1782	11	1
A 1786	ツクバネガシ	20020430	京都府船井郡丹波町大福光寺	牧野真人	A1786	8	1
A 1796	ツクバネガシ	20020503	滋賀県大津市梅の木	牧野真人	A1796	8	1
A 1797	ツクバネガシ	20020503	滋賀県大津市梅の木	牧野真人	A1797	8	1
A 1800	ツクバネガシ	20020503	滋賀県大津市梅の木	牧野真人	A1800	8	1
A 1801	ツクバネガシ	20020503	滋賀県大津市梅の木	牧野真人	A1801	8	1
A 1802	ツクバネガシ	20020503	滋賀県大津市梅の木	牧野真人	A1802	14	1
A 1803	ツクバネガシ	20020503	滋賀県大津市梅の木	牧野真人	A1803	8	1
A 1950	ツクバネガシ	200305	宮崎県東諸県郡綾町	河野耕三	A1950*	6	1
小計						92	11
A 336	イチイガシ	19770515	大阪市立大植物園	高原　光		4	1
A 365	イチイガシ	19850507	大阪府立緑化センター	高原　光		10	1
A 1717	イチイガシ	19770526	京都府立植物園	高原　光		9	1
A 1827	イチイガシ	20020511	京都府立植物園	牧野真人	A1827	12	1
A 1829	イチイガシ	20020515	京都府立植物園	牧野真人		6	1
A 1854	イチイガシ	20020604	京都市北区	牧野真人	A1854	7	1
A 1855	イチイガシ	20020604	京都市北区	牧野真人	A1855	9	1
A 1856	イチイガシ	20020604	京都市北区	牧野真人	A1856	4	1
A 1857	イチイガシ	20020604	京都市北区	牧野真人	A1857	13	1
A 1858	イチイガシ	20020604	京都市北区	牧野真人	A1858	8	1
A 1935	イチイガシ	20030524	京都府立大学	牧野真人	A1935	11	1
A 1936	イチイガシ	20030601	宮崎県東諸県郡綾町	牧野真人	A1936	13	1
A 1947	イチイガシ	200305	宮崎県東諸県郡綾町	河野耕三	A1947*	11	1
A 1968	イチイガシ	20030525	京都市北区	牧野真人		10	1
A 2075	イチイガシ	20010411	高知県土佐郡土佐山村本村	三宅　尚		28	1
小計						155	15
A 214	シラカシ	19870504	大阪府立緑化センター	高原　光	A214	7	1
A 411	シラカシ	19890508	京都府立大学	高原　光	A411	7	1
A 1718	シラカシ	19790512	京都工業繊維大学	高原　光		9	1
A 1719	シラカシ	19770504	京都府立大学	高原　光		30	1
A 1771	シラカシ	20020429	京都府立大学	牧野真人	A1771	12	1
A 1772	シラカシ	20020429	京都府立大学	牧野真人	A1772	6	1
A 1785	シラカシ	20020426	京都市北区	牧野真人	A1785	11	1
A 1788	シラカシ	20020501	上賀茂御薗橋	牧野真人	A1788	8	1
A 1817	シラカシ	20020504	京都市伏見区	高原　光	A1817	9	1
A 1859	シラカシ	20020508	兵庫県神戸市六甲山	窪田圭多	A1859	8	1
A 1931	シラカシ	20020423	東京都杉並区	牧野真人		8	1

表 1-2. 本研究で用いたコナラ属の現生花粉試料

標本番号		種　名	採集年月日	採　集　場　所	採取者	さく葉標本番号	拡大写真数	個体数
A	1933	シラカシ	20030507	京都府立大学	牧野真人	A1933	5	1
A	1948	シラカシ	200305	宮崎県東諸県郡綾町	河野耕三	A1948*	8	1
	小計						128	13
A	1371	アラカシ	19960501	京都府立大学			5	1
A	1391	アラカシ	19970417	京都市左京区深泥池			4	1
A	1579	アラカシ	19780428	京都市左京区深泥池	高原　光		3	1
A	1708	アラカシ	20020416	京都府立大学	岸本　剛	A1708	2	1
A	1709	アラカシ	20020416	京都府立大学	岸本　剛	A1709	7	1
A	1712	アラカシ	20020416	京都市左京区宝池公園	牧野真人	A1712	5	1
A	1735	アラカシ	20020418	京都市左京区下鴨神社	牧野真人	A1735	13	1
A	1736	アラカシ	20020418	京都市左京区下鴨神社	牧野真人	A1736	4	1
	小計						43	8
A	295	ウラジロガシ	19880526	茨城県筑波林業試験場	高原　光	A295	5	1
A	1580	ウラジロガシ	19780522	福井県今庄町岩谷	高原　光		7	1
A	1721	ウラジロガシ	19780519	京都市左京区貴船	高原　光		10	1
A	1779	ウラジロガシ	20020430	京都府船井郡丹波町	牧野真人	A1779	7	1
A	1793	ウラジロガシ	20020503	滋賀県大津市明正谷	牧野真人	A1793	6	1
A	1795	ウラジロガシ	20020503	京都市左京区梅の木	牧野真人	A1795	5	1
A	1805	ウラジロガシ	20020503	京都市左京区久多	牧野真人	A1805	7	1
A	1813	ウラジロガシ	20020505	京都市左京区久多	牧野真人	A1813	4	1
A	1814	ウラジロガシ	20020505	京都市左京区久多	牧野真人	A1814	3	1
A	1949	ウラジロガシ	200305	宮崎県東諸県郡綾町	河野耕三	A1949*	30	1
	小計						84	10
	アカガシ亜属合計						570	65
	コナラ亜属							
A	415	ウバメガシ	19850425	大阪府立緑化センター	高原　光		6	1
A	1292	ウバメガシ	19780501	京都府立大学	高原　光		8	1
A	1731	ウバメガシ	9900420	京都市東山区平安神宮	高原　光	A1731	5	1
A	1820	ウバメガシ	20020425	京都市上京区	牧野真人		5	1
	小計						24	4
A	287	カシワ	19880513	茨城県筑波林業試験場	高原　光		7	1
A	1725	カシワ	19780501	京都府立大学	高原　光	A1725	8	1
A	1928	カシワ	20030422	京都市北区	牧野真人	A1928	9	1
A	1944	カシワ	20030528	北海道東京大学大富良野演習林	芝野伸策	A1944	10	1
A	1971	カシワ	20030516	山形市	菅野宗武		5	1
A	2076	カシワ	19690514	宮城県宮本町	菅原・菊池		8	1
A	2077	カシワ	19810611	福島県耶麻郡磐梯町法正尻湿原	内山　隆		10	1
A	2078	カシワ	19810618	青森市東北大理学部附属臨海実験所	玉木英明		8	1
A	2278	カシワ	19920417	高知市丸ノ内一丁目高知公園	三宅　尚		6	1
	小計						71	9
A	170	ミズナラ	19870531	奈良県吉野郡川上村大台ヶ原	高原　光	A170	6	1
A	511	ミズナラ	19770529	奈良県吉野郡川上村大台ヶ原			2	1
A	1722	ミズナラ	19770508	滋賀県高島郡高島町黒谷	高原　光		6	1
A	1724	ミズナラ	19780520	滋賀県志賀町比良	高原　光		10	1
A	1777	ミズナラ	20020427	京都市左京区久多	牧野真人	A1777	7	1
A	1808	ミズナラ	20020503	京都府北桑田郡美山町芦生	伊東康人	A1808	11	1
A	1965	ミズナラ	20030524	北海道札幌市	片村文崇	A1965	11	1
A	1966	ミズナラ	20030528	北海道札幌市	片村文崇	A1966	9	1
A	1970	ミズナラ	20030515	山形市	菅野宗武		9	1

表 1-3. 本研究で用いたコナラ属の現生花粉試料

標本番号	種　名	採集年月日	採　集　場　所	採取者	さく葉標本番号	拡大写真数	個体数
A 2079	ミズナラ	19810508	宮城県仙台市宮城教育大	守田益宗		10	1
A 2080	ミズナラ	19560529	青森県上北郡十和田湖町十和田休屋	相馬寛吉		8	1
A 2284	ミズナラ	19940508	徳島県三好郡西祖谷村腕山	三宅　尚		7	1
小計						96	12
A 281	コナラ	19890426	兵庫県神戸森林植物園	高原　光	A281	7	1
A 352	コナラ	19850501	大阪府府民の森	高原　光		7	1
A 1703	コナラ	20020416	京都市左京区深泥池	岸本　剛	A1703	11	1
A 1759	コナラ	20020419	京都府北桑田郡美山町大野	高原　光	A1759	8	1
A 1969	コナラ	20030515	宮城県白石市	菅野宗武		14	1
A 2082	コナラ	19800515	宮城県仙台市東北大学理学部	内山　隆		9	1
A 2083	コナラ	19790518	仙台市	内山　隆		8	1
小計						64	7
A 1131	ナラガシワ	19870422	東大阪市府民の森	高原　光	A1131	8	1
A 1727	ナラガシワ	19780424	京都府立植物園	高原　光		6	1
A 2282	ナラガシワ	19980419	高知県土佐市宇佐竜	三宅　尚		6	1
小計						20	3
A 1294	アベマキ	19870719	大阪府立農林技術センター			4	1
A 1583	アベマキ	19850418	大阪府立緑化センター	高原　光		4	1
A 1728	アベマキ	19780424	京都府立植物園	高原　光	A1728	7	1
A 2084	アベマキ	19640412	愛知県			8	1
A 2085	アベマキ	19740505	京都府福知山市御嶽山			8	1
A 2275	アベマキ	19960510	高知県香美郡夜須町手結	山中三男		8	1
小計						39	6
A 1115	クヌギ	19870419	大阪府立農林技術センター	高原　光		8	1
A 1710	クヌギ	20020416	京都府立大学	岸本　剛	A1710	7	1
A 1924	クヌギ	20030428	京都市北区	牧野真人	A1924	9	1
A 1925	クヌギ	20030420	京都市北区上賀茂御薗橋	牧野真人	A1925	5	1
A 1926	クヌギ	20030422	京都市北区山幸橋	牧野真人	A1926	8	1
A 2036	クヌギ	20020414	京都府亀岡市千代川駅	牧野真人	A2036	8	1
A 2086	クヌギ	19770511	宮城県仙台市宮城野			9	1
小計						54	7
コナラ亜属合計						368	48
				拡大写真合計		938	113

* 枝葉を 100℃で一昼夜乾燥させた標本

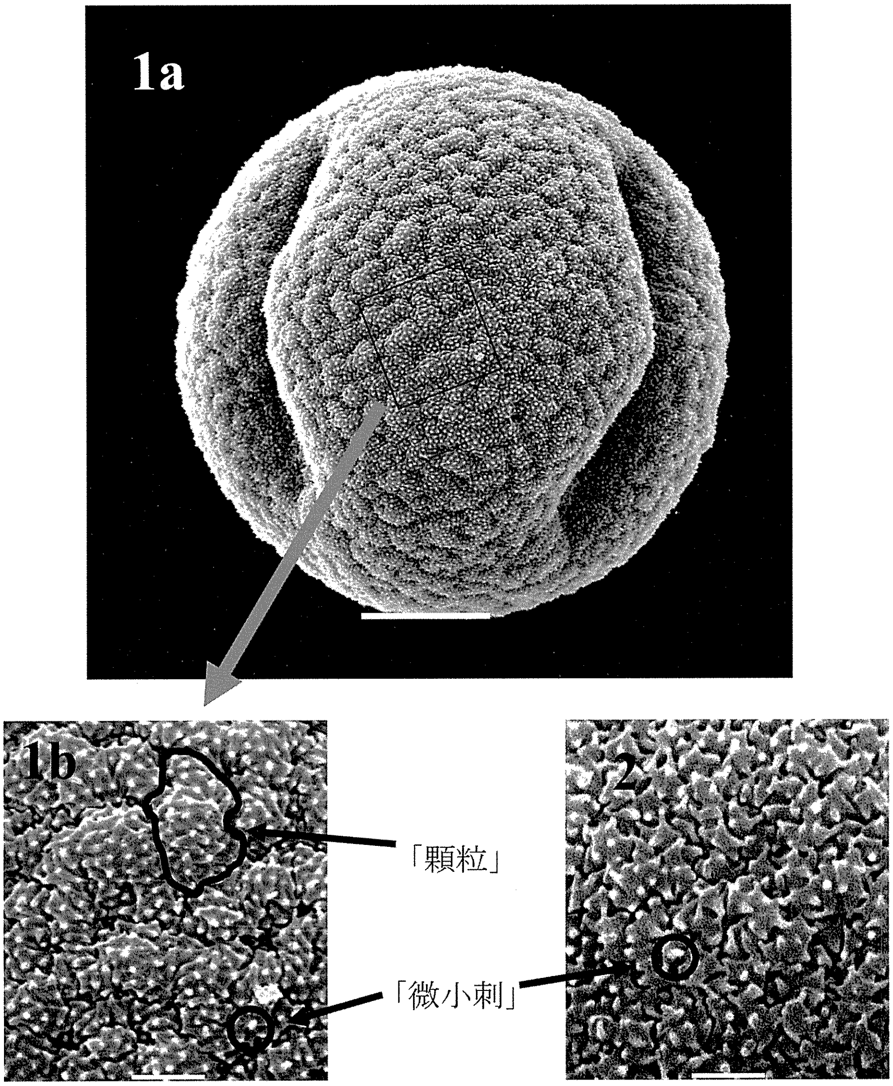
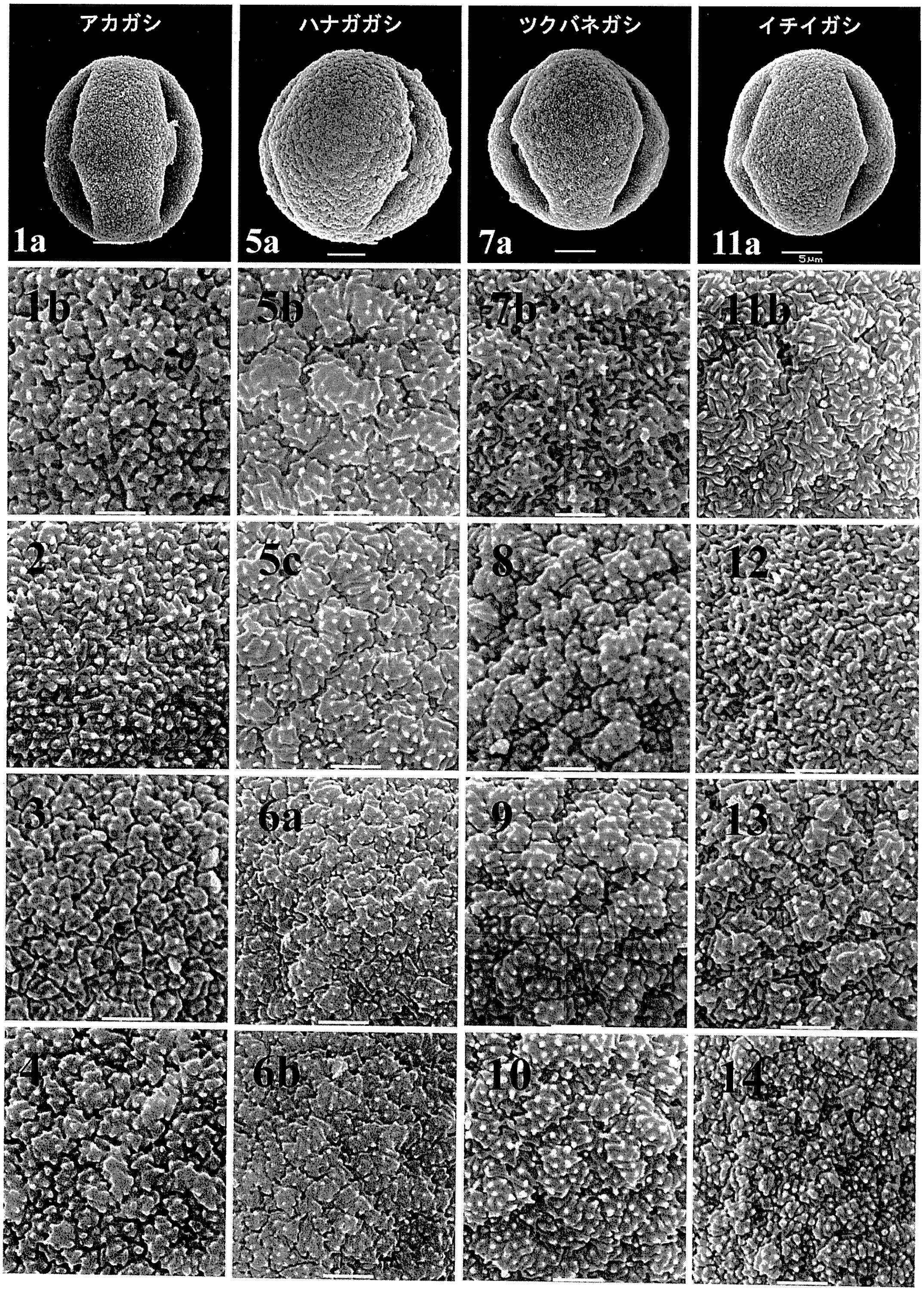


写真１　アカガシ亜属花粉の表面微細構造と花粉形態用語の定義
１：ウラジロガシ（A1949），２：アカガシ（A1716）
倍率は 1a：×3550，1b, 2：×9650，白線は 1a：5 μm，1b, 2：1 μm


アカガシ
ハナガガシ
ツクバネガシ
イチイガシ
1a
5a
7a
11a
5μm
1b
5b
7b
11b
2
5c
8
12
3
6a
9
13
4
6b
10
14

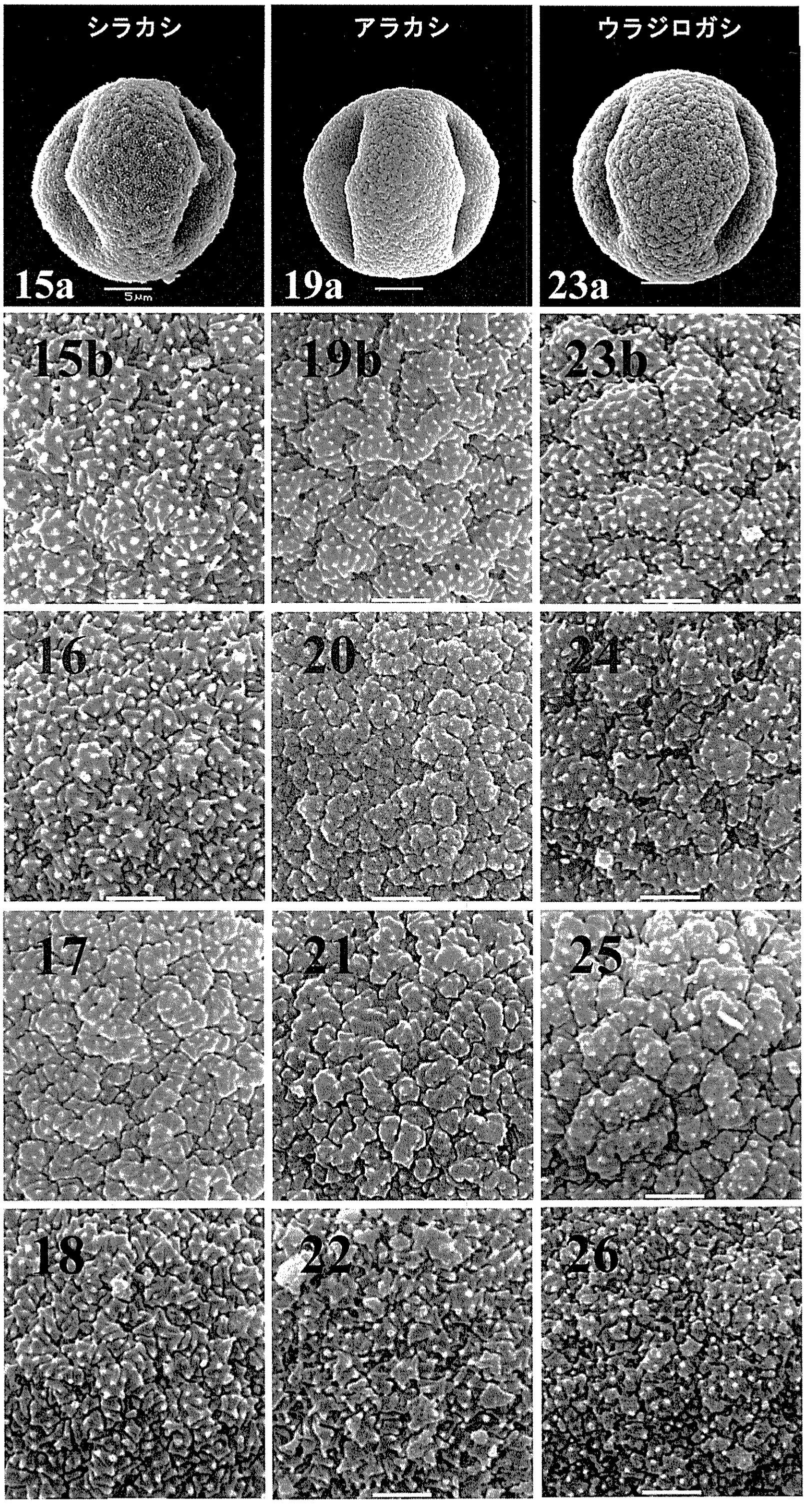


写真２　アカガシ亜属の花粉形態
（全体像×1300，拡大像×7550，全体像の白線は5 μm，拡大像の白線は1 μm）

アカガシ
1:A1142 滋賀県
2:A1861 滋賀県
3:A1146 滋賀県
4:A1716 京都市

ハナガガシ
5:A2283 高知県
6:A1946 宮崎県

ツクバネガシ
7:A1782 京都府
8:A1786 京都府
9:A1802 滋賀県
10:A1950 宮崎県

イチイガシ
11:A1935 京都市
12:A365　京都市
13:A1947 宮崎県
14:A2075 高知市

シラカシ
15:A1948 宮崎県
16:A1718 京都市
17:A1933 京都市
18:A1859 兵庫県

アラカシ
19:A1709 京都市
20:A1712 京都市
21:A1579 京都市
22:A1391 京都市

ウラジロガシ
23:A1949 宮崎県
24:A295　茨城県
25:A1580 福井県
26:A1779 京都府

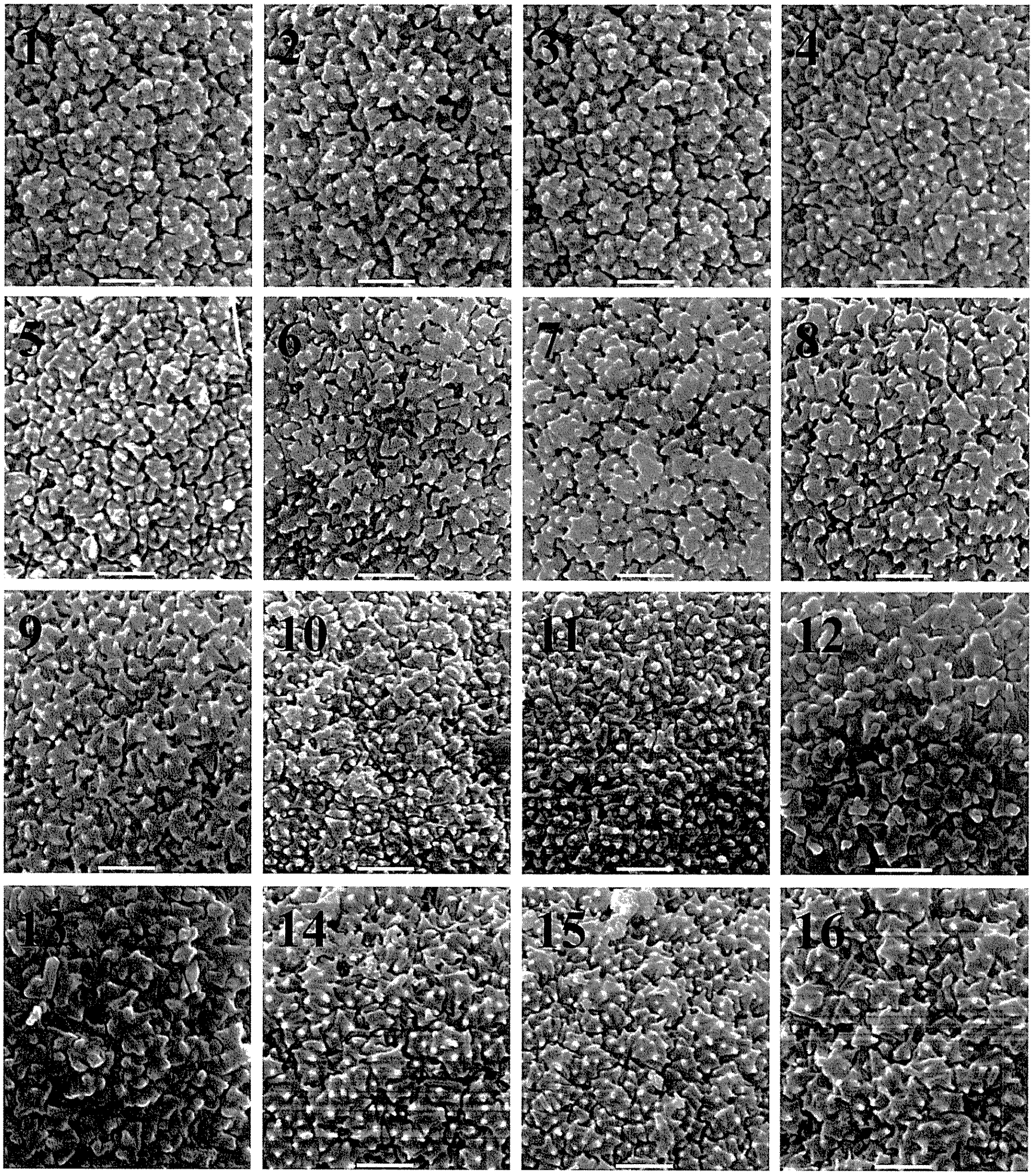


写真3　アカガシ花粉の表面微細構造 *Quercus acuta*（倍率×7550，白線は1 μm）
1～3:A1142（滋賀県），4～5:A1146（滋賀県），6～9:A1716（京都市），10～11:A1861（滋賀県），12～13:A1862（滋賀県）14～16:A2274（高知県）

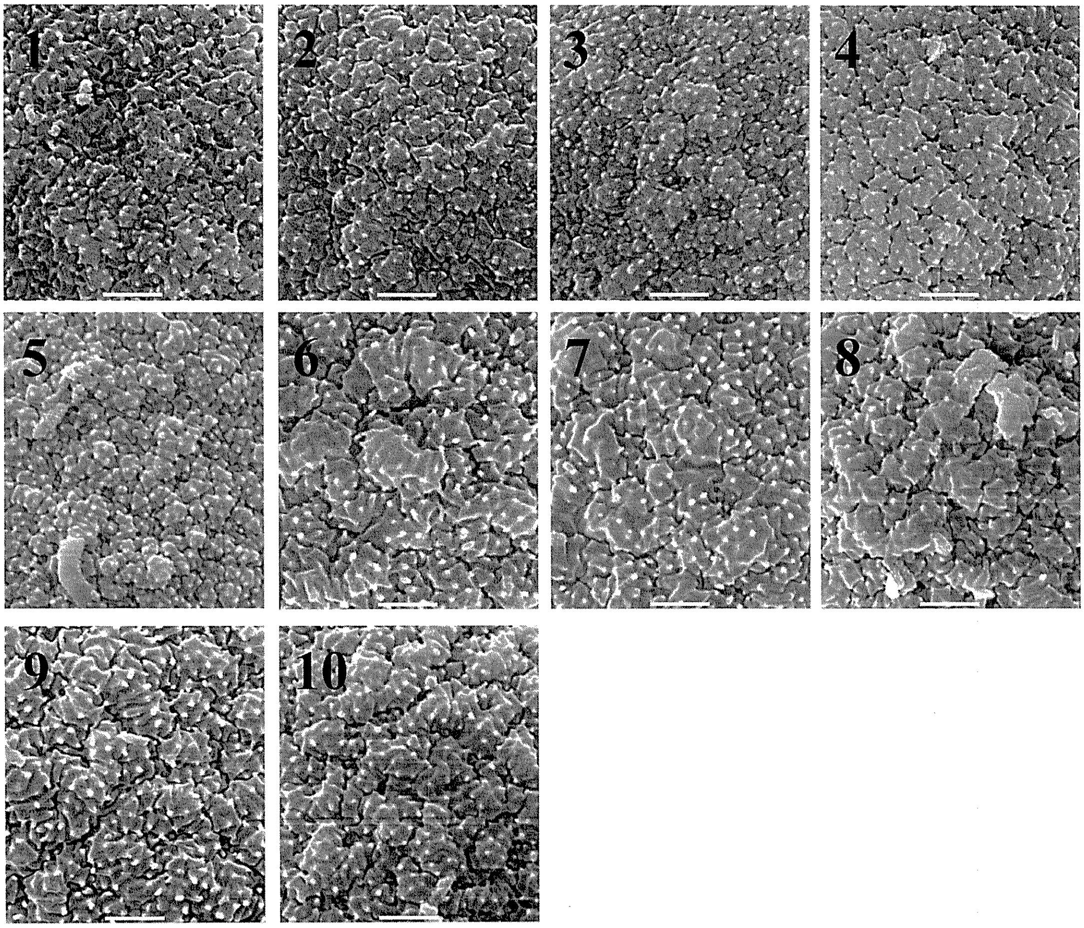


写真４　ハナガガシ花粉の表面微細構造 *Quercus hondae*（倍率×7550，白線は１μm）
1～5:A1946（宮崎県），6～10:A2283（高知県）

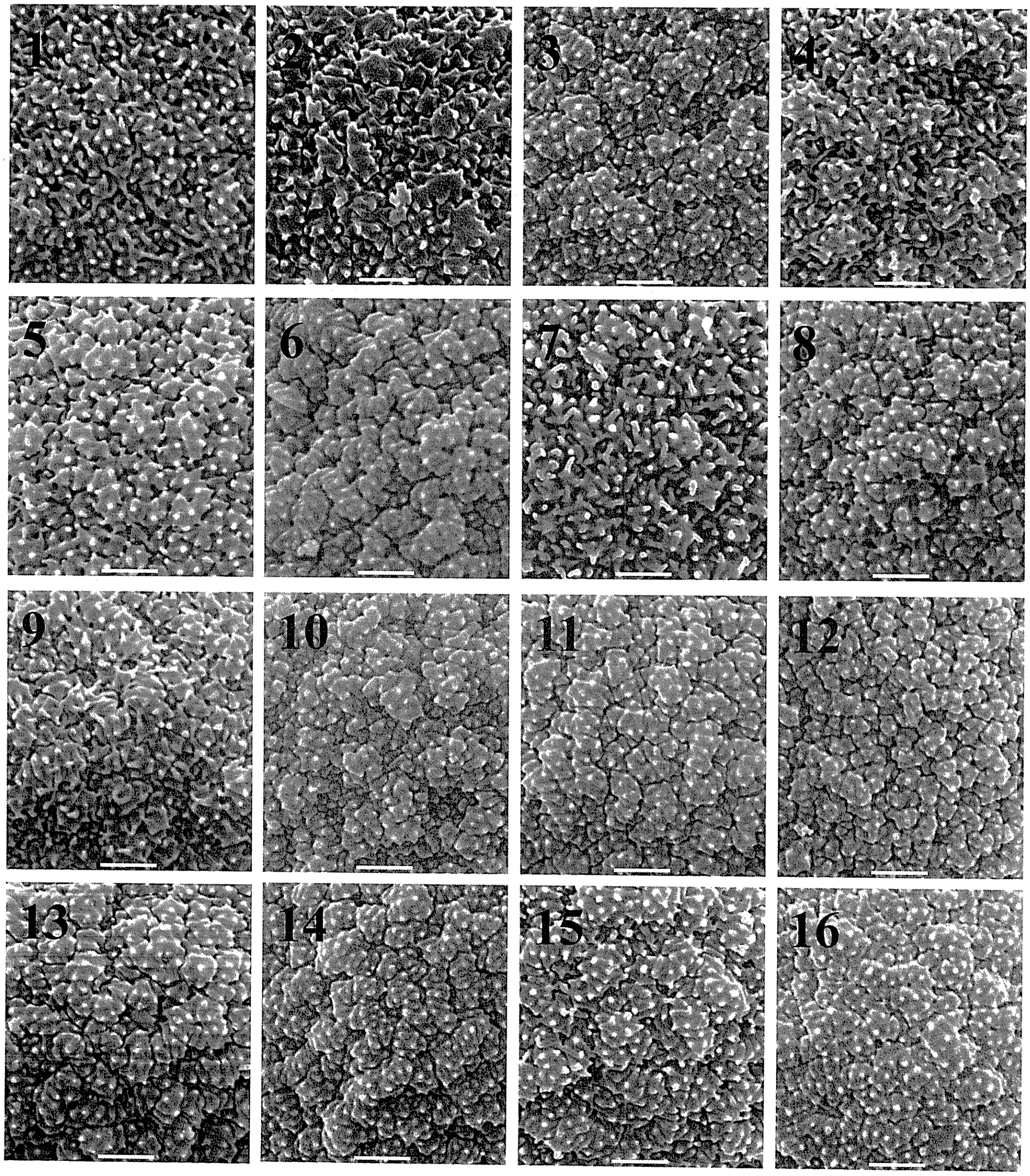


写真5　ツクバネガシ花粉の表面微細構造 *Quercus sessilifolia*（倍率×7550，白線は1 μm）
1:A1780（京都府），2:A1781（京都府），3～4:A1782（京都府），5～6:A1786（京都府），7:A1796（滋賀県），8:A1797（滋賀県），9:A1800（滋賀県），10:A1801（滋賀県），11～13:A1802（滋賀県），14:A1803（滋賀県），15～16:A1950（宮崎県）

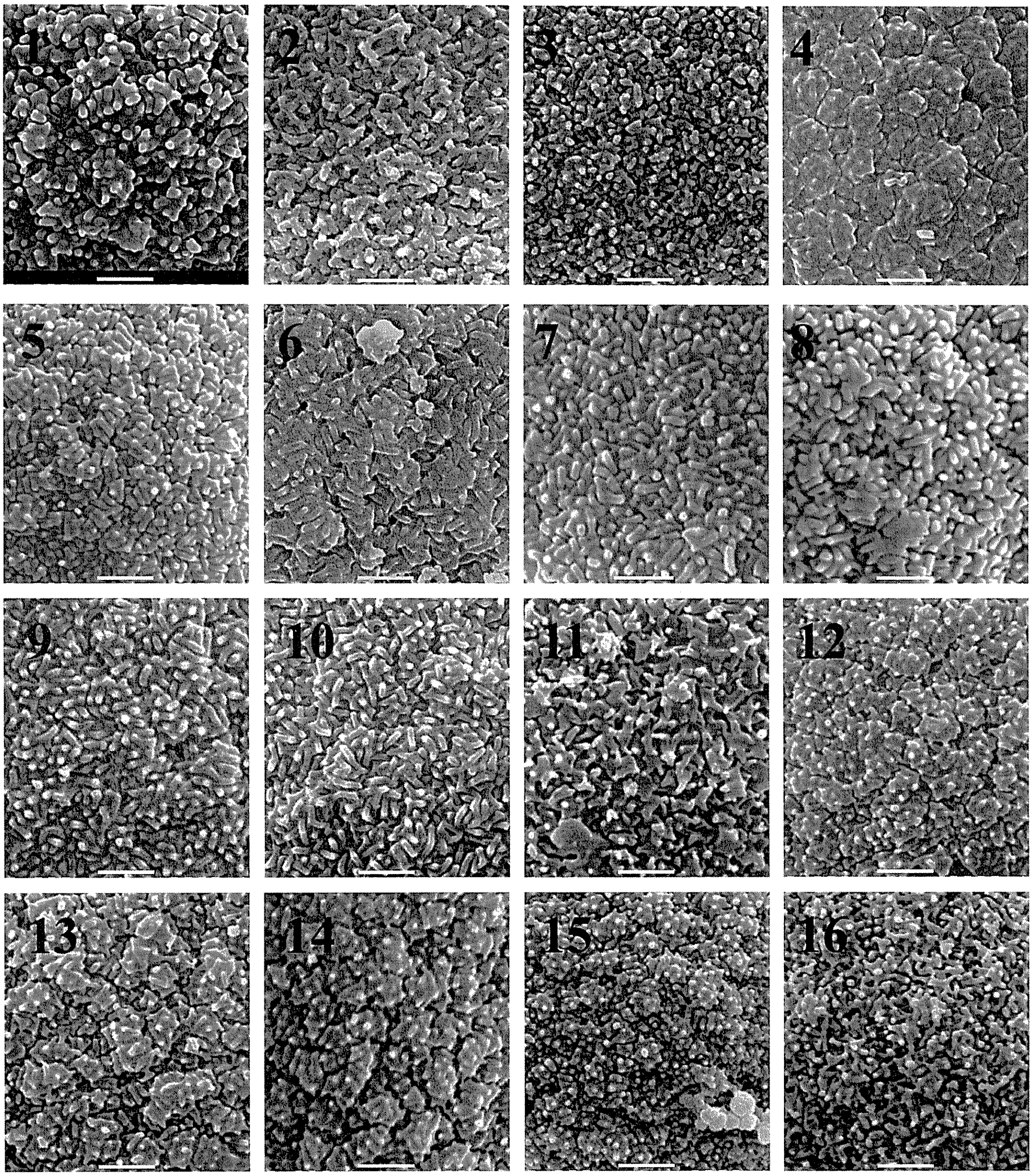


写真 6　イチイガシ花粉の表面微細構造 *Quercus gilva*（倍率×7550，白線は 1 μm）
1:A336（大阪府），2～3:A365（大阪府），4:A1827（京都市），5:A1829（京都市），6:A1854（京都市）
7:A1856（京都市），8:A1858（京都市），9～10:A1935（京都市），11:A1936（宮崎県），12～13:A1947（宮崎県），14:A1968（京都市），15～16:A2075（高知県）

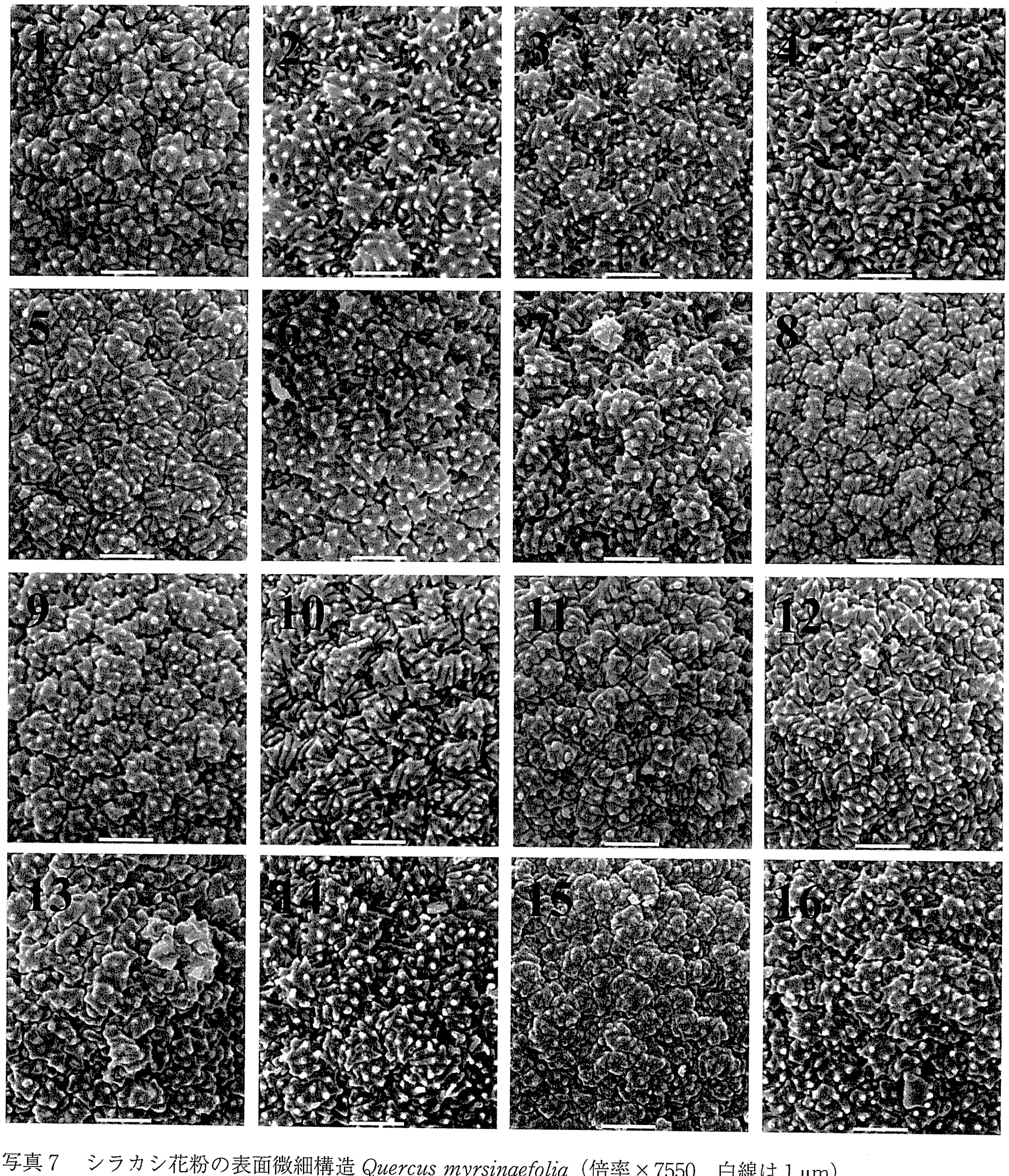


写真７　シラカシ花粉の表面微細構造 *Quercus myrsinaefolia*（倍率×7550，白線は１μm）
1:A214（大阪府），2～3:A411（京都市），4～5:A1718（京都市），6～8:A1719（京都市），9～10:A1772（京都市）11:A1817（京都市），12:A1859（兵庫県），13:A1931（東京都），14～16:A1948（宮崎県）

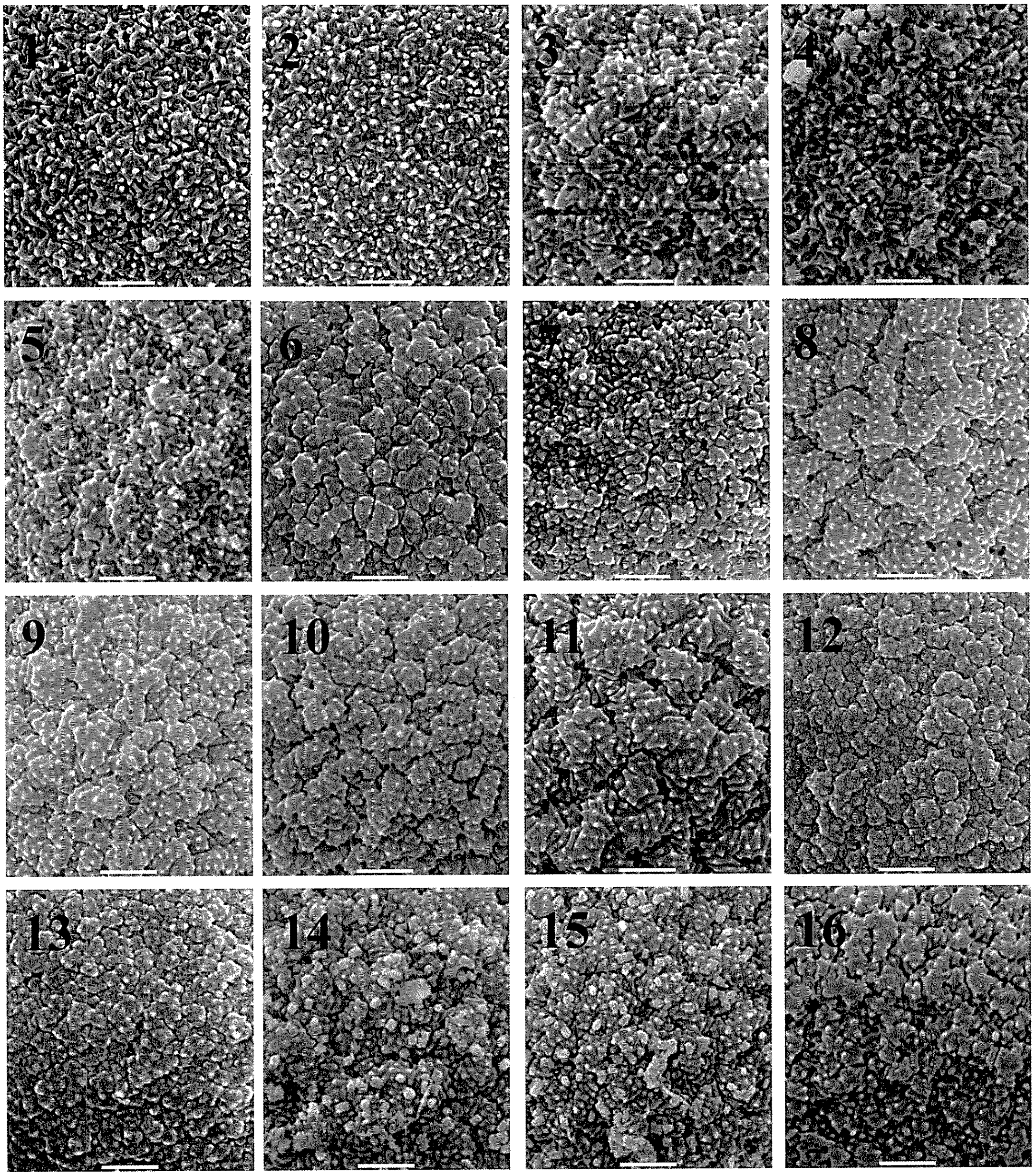


写真 8　アラカシ花粉の表面微細構造 *Quercus glauca*（倍率×7550，白線は 1 μm）
1～2:A1371（京都市），3～5:A1391（京都市），6～7:A1579（京都市），8～11:A1709（京都市），12～13:A1712（京都市），14～15:A1735（京都市），16:A1736（京都市）

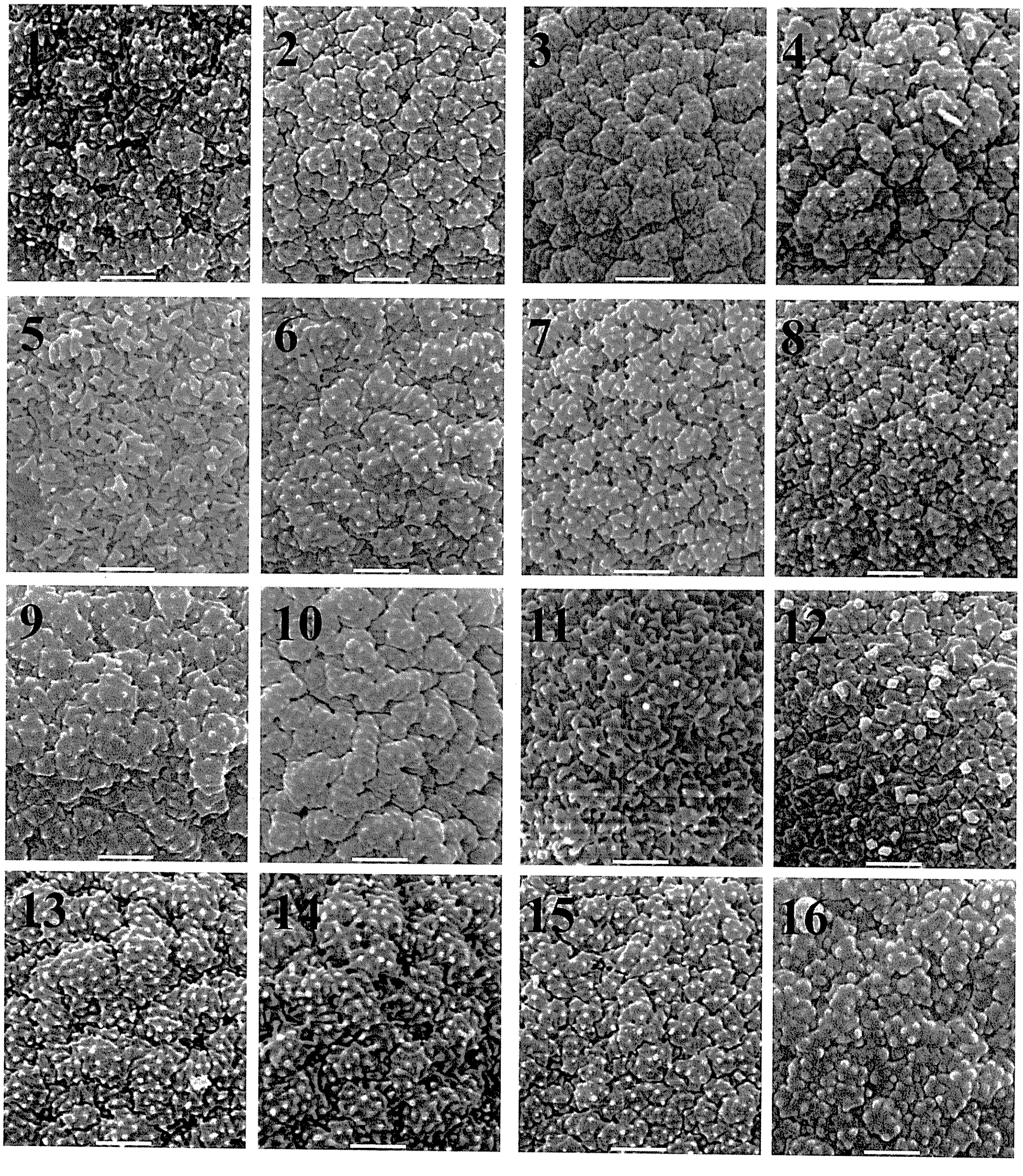


写真9　ウラジロガシ花粉の表面微細構造 *Quercus salicina*（倍率×7550，白線は1 µm）
1:A295（茨城県），2～4:A1580（福井県），5～7:A1721（京都市），8:A1779（京都府），9:A1793（滋賀県），10:A1805（京都市），11:A1813（京都市），12:A1814（京都市），13～16:A1949（宮崎県）

写真 10　コナラ亜属の花粉形態
（全体像×1050，拡大像×7550，1a のみ×1200，全体像の白線は 5 μm，拡大像の白線は 1 μm）

ウバメガシ
1:A1820 京都市
2:A415　京都市
3:A1292 京都市
4:A1731 京都市

ミズナラ
5:A1777 京都市
6:A1808 京都市
7:A2079 宮城県
8:A2080 青森県

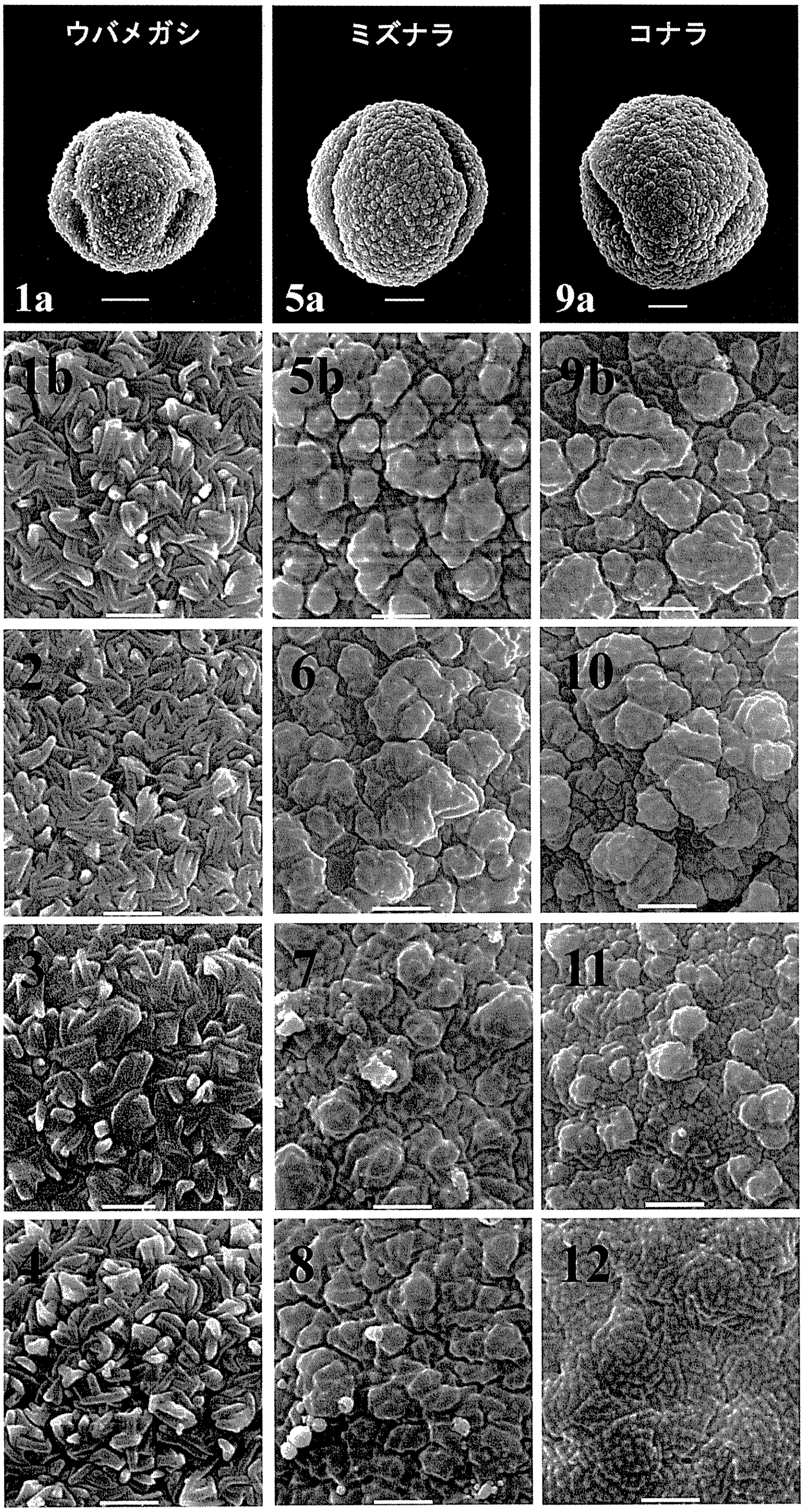
コナラ
9:A281　 兵庫県
10:A352　大阪府
11:A1969 宮城県
12:A2083 宮城県

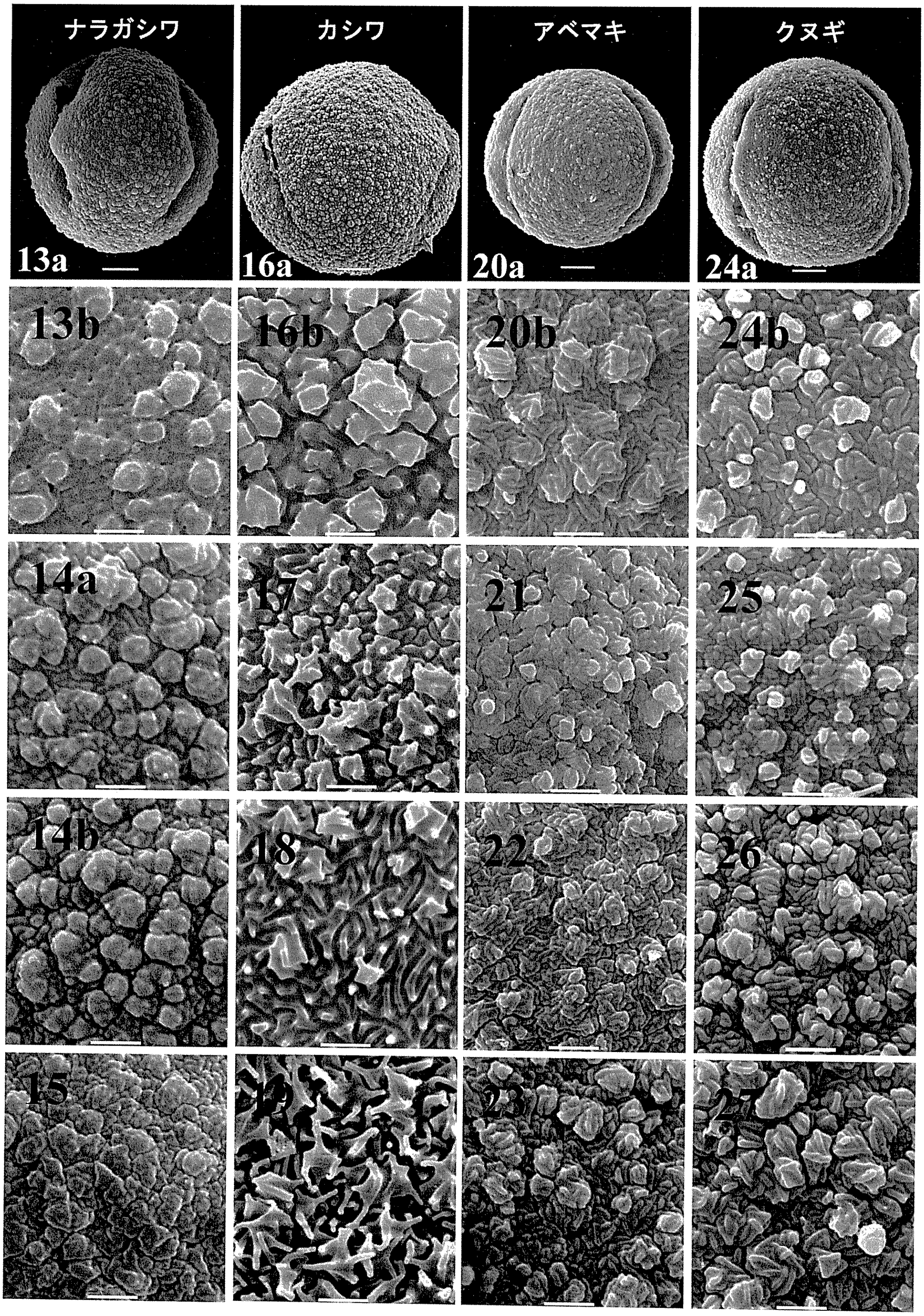
＊以下次ページ
ナラガシワ
13:A1727 京都市
14:A1131 大阪府
15:A2282 高知県

カシワ
16:A1928 京都市
17:A1971 山形市
18:A2076 宮城県
19:A2077 福島県

アベマキ
20:A2085 京都府
21:A1728 京都府
22:A2084 愛知県
23:A2275 高知県

クヌギ
24:A1925 京都市
25:A1710 京都市
26:A2036 亀岡市
27:A2086 宮城県




ナラガシワ
カシワ
アベマキ
クヌギ
13a
16a
20a
24a
13b
16b
20b
24b
14a
17
21
25
14b
18
22
26
15
19
23
27

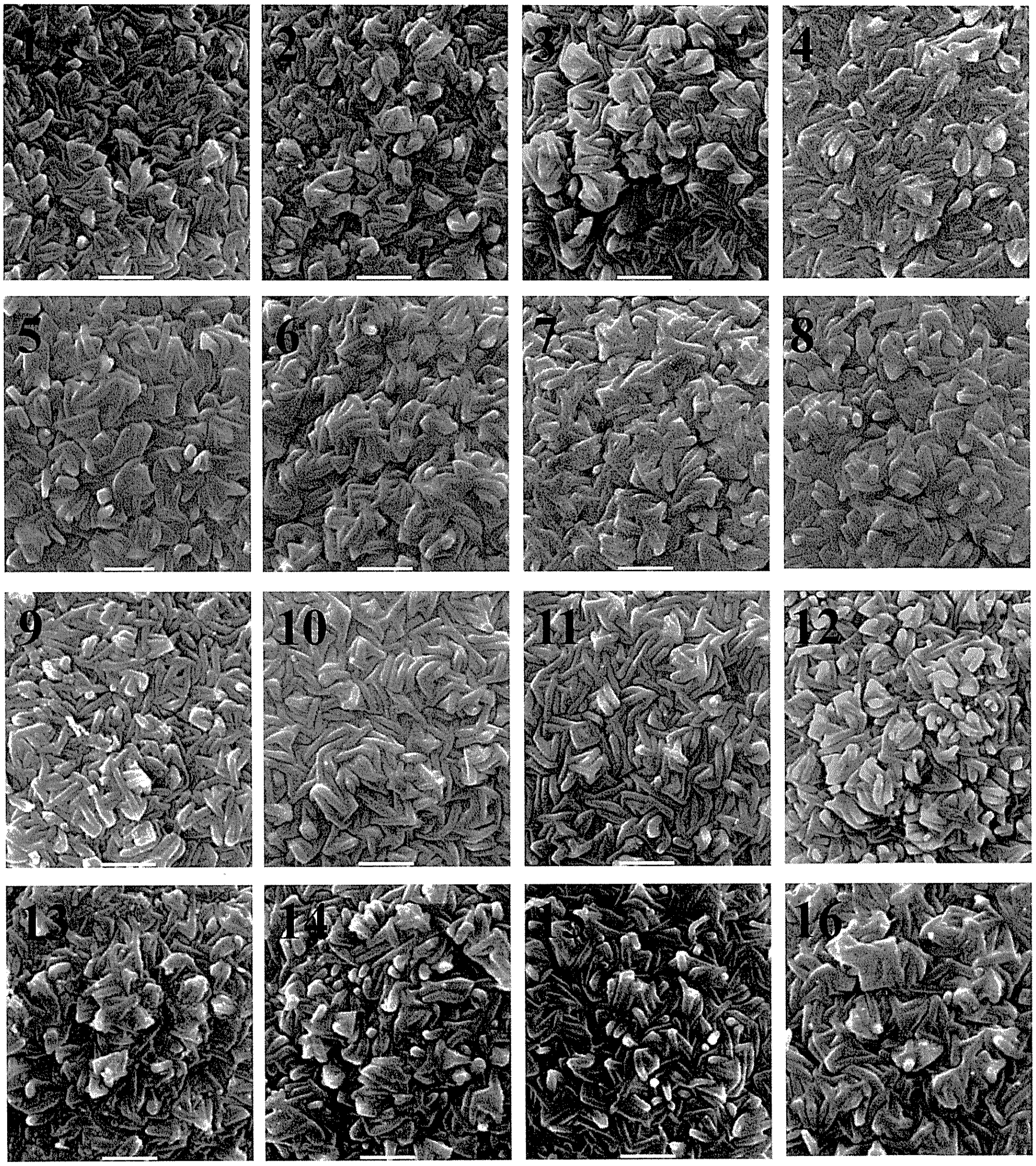


写真 11　ウバメガシ花粉の表面微細構造 *Quercus phillyraeoides*（倍率×7550，白線は 1 μm）
1〜4:A415（大阪府），5〜8:A1292（京都市），9〜12:A1731（京都市），13〜16:A1820（京都市）

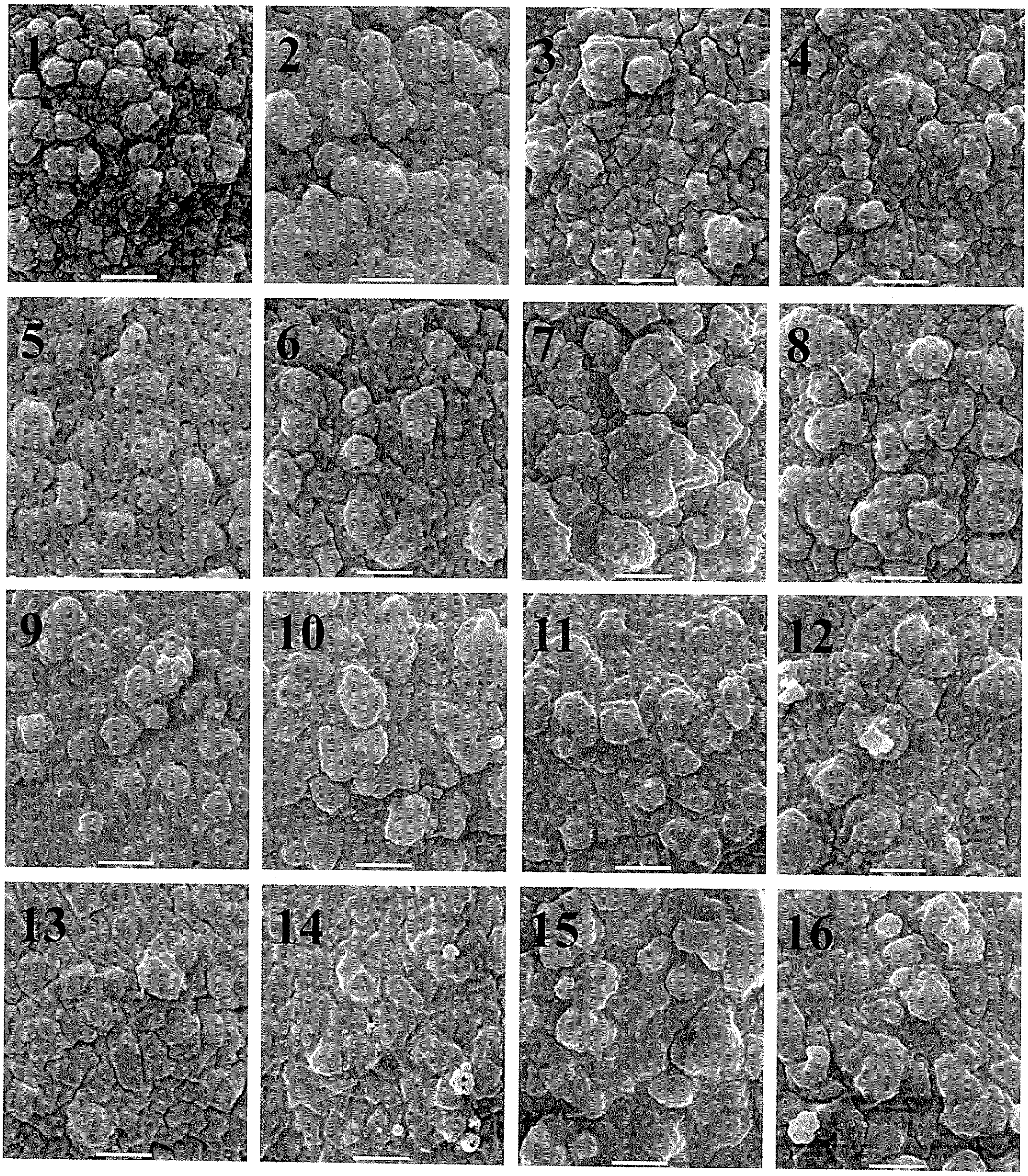


写真 12　ミズナラ花粉の表面微細構造 *Quercus mongolica var. grosseserrata*（倍率×7550，白線は 1 μm）
1:A170（奈良県），2:A511（奈良県），3～4:A1722（滋賀県），5:A1724（滋賀県），6:A1777（京都市），7～8:A1808（京都府），9:A1965（北海道），10:A1966（北海道），11:A1970（山形県），12～13:A2079（宮城県），14:A2080（青森県），15～16:A2284（徳島県）

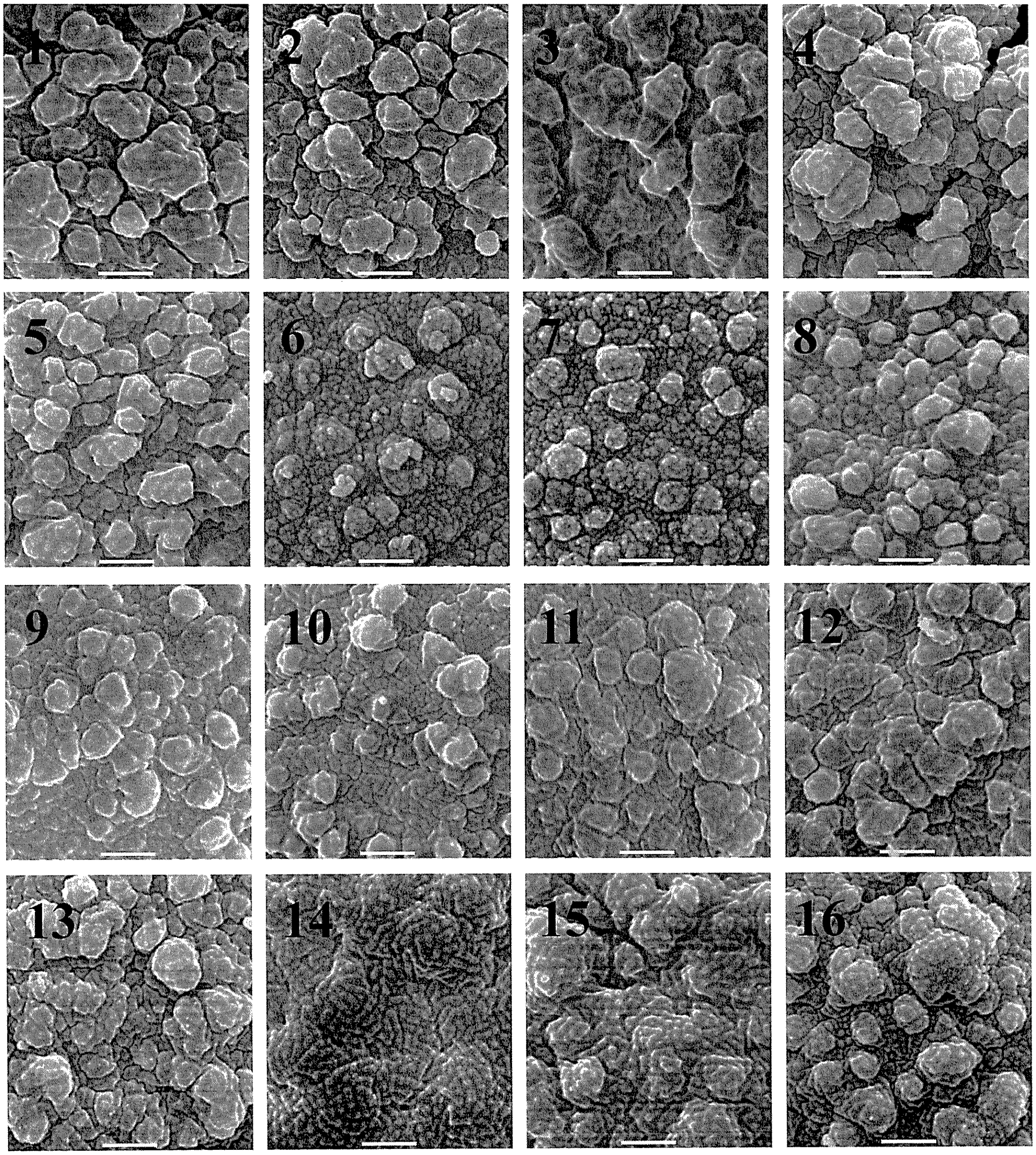


写真 13　コナラ花粉の表面微細構造 *Quercus serrata*（倍率×7550，白線は 1 μm）
1〜2:A281（兵庫県），3〜5:A352（大阪府），6〜7:A1703（京都市），8:A1759（京都府），9〜10:A1969（宮城県），11〜13:A2082（宮城県），14〜16:A2083（宮城県）

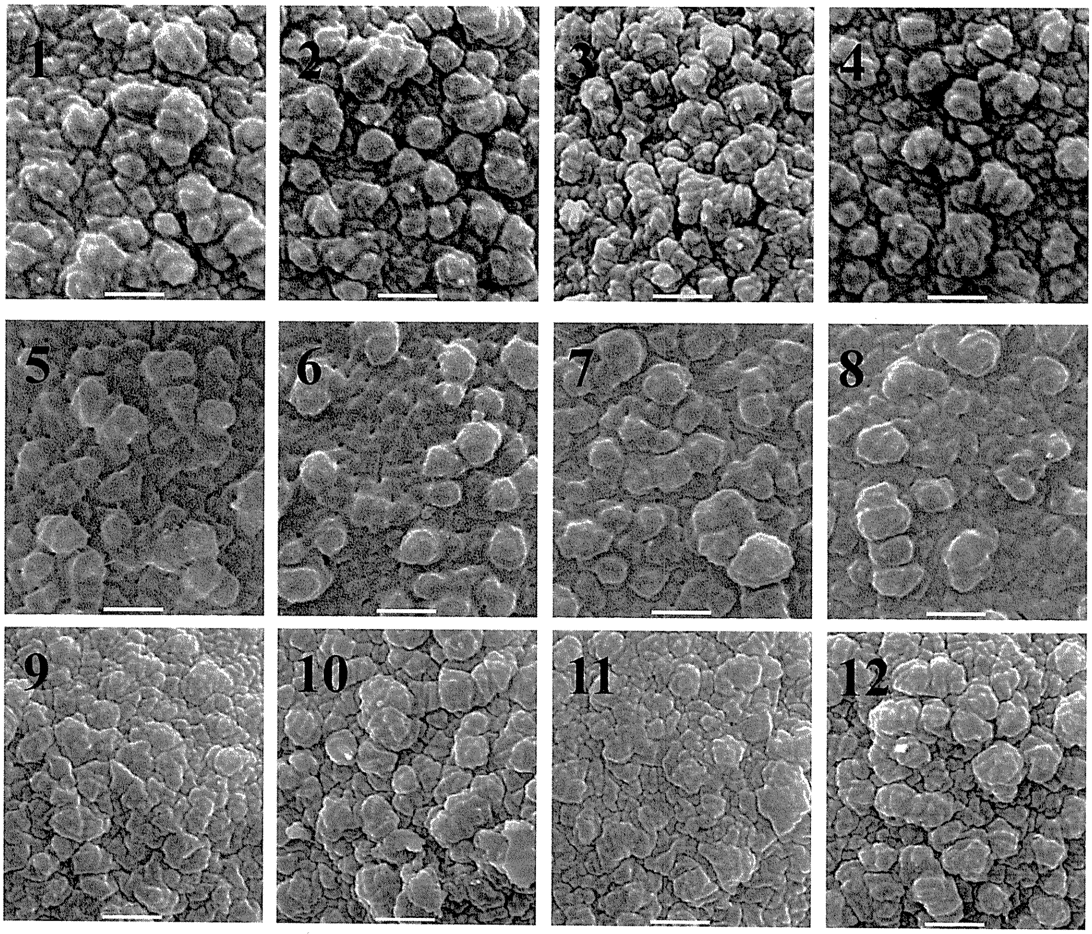


写真 14　ナラガシワ花粉の表面微細構造 *Quercus aliena*（倍率×7550，白線は 1 μm）
1～4:A1131（大阪府），5～8:A1727（京都市），9～12:A2282（高知県）

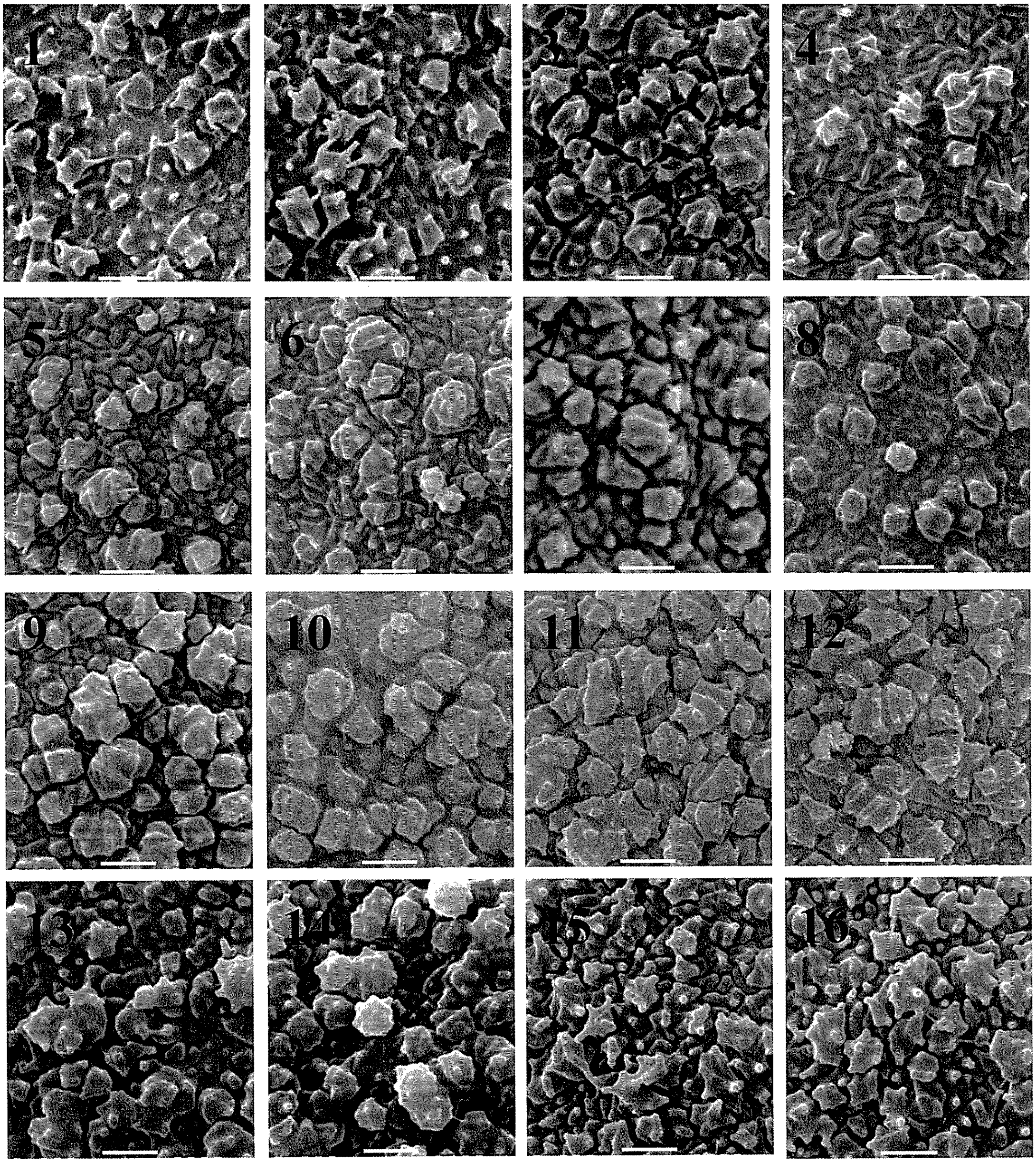


写真 15(1) カシワ花粉の表面微細構造 *Quercus dentata*（倍率×7550，白線は 1 μm）
1～3:A287（茨城県），4～6:A1725（京都市），7～9:A1928（京都市），10～12:A1944（北海道），13～16:A1971（山形県）

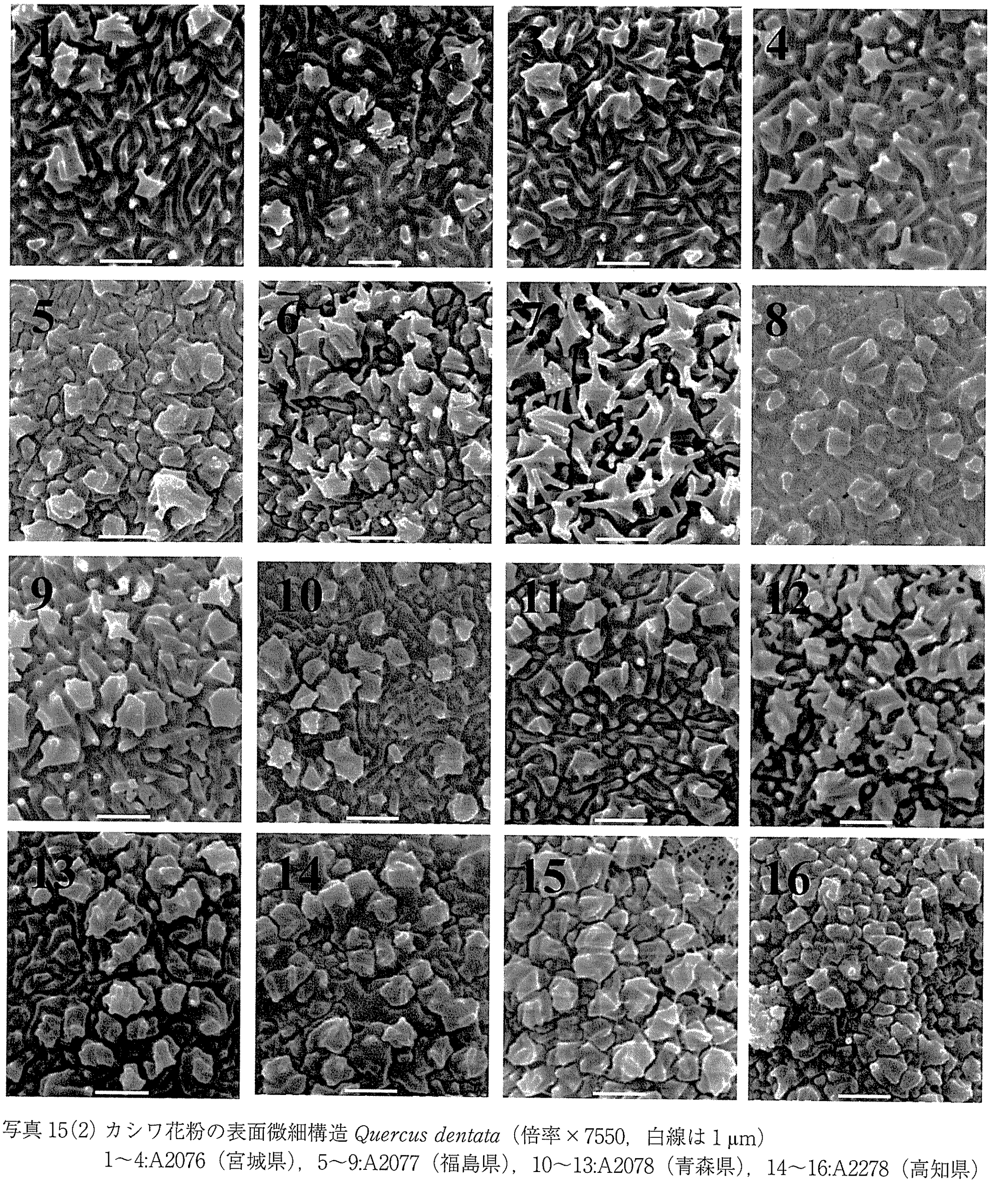


写真 15(2) カシワ花粉の表面微細構造 *Quercus dentata*（倍率×7550, 白線は 1 μm）
1～4:A2076（宮城県）, 5～9:A2077（福島県）, 10～13:A2078（青森県）, 14～16:A2278（高知県）

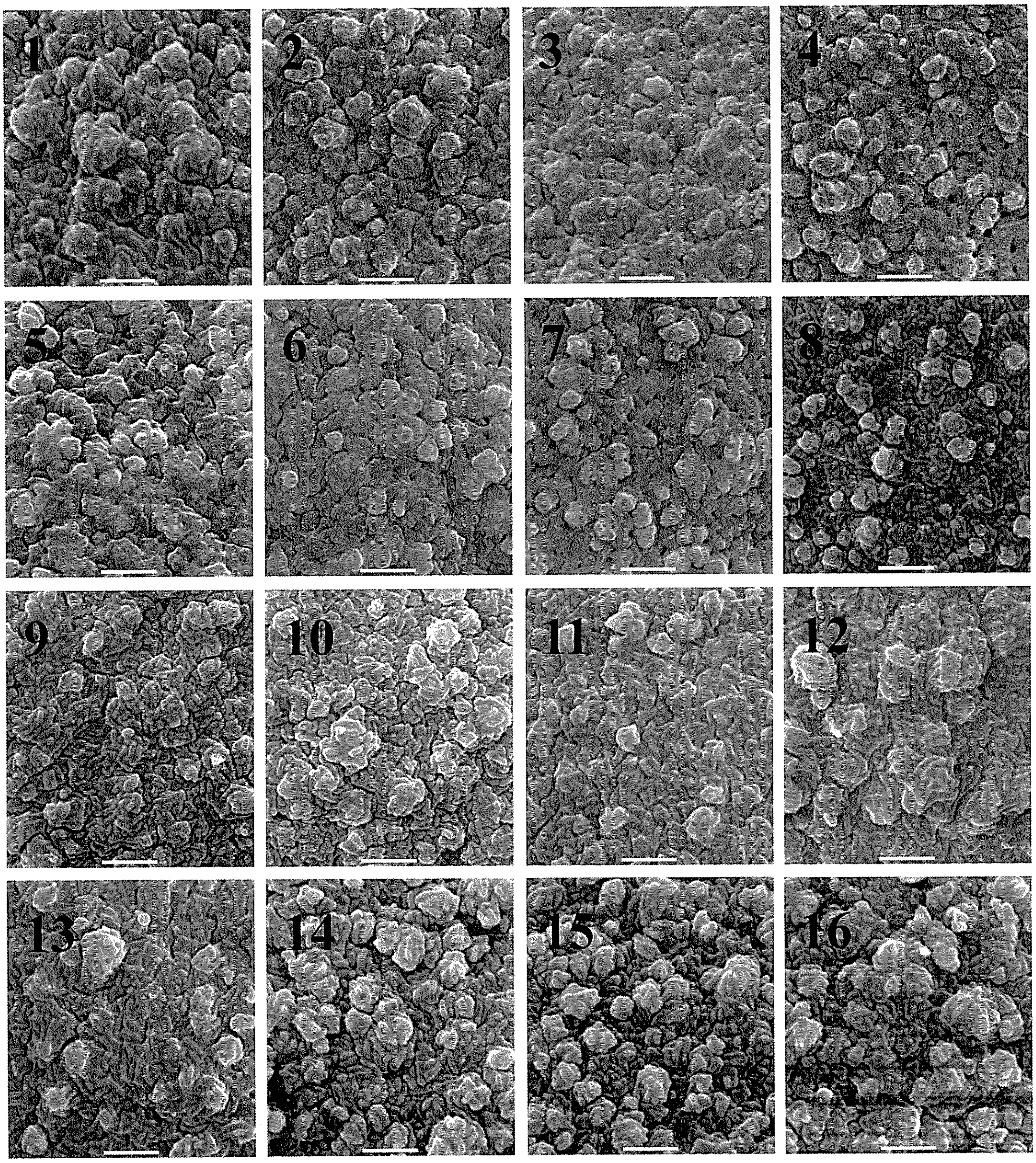


写真 16　アベマキ花粉の表面微細構造 *Quercus variabilis*（倍率×7550，白線は 1 μm）
1:A1294（大阪府），2～4:A1583（大阪府），5～7:A1728（京都市），8～10:A2084（愛知県），11～13:A2085（京都府），14～16:A2275（高知県）

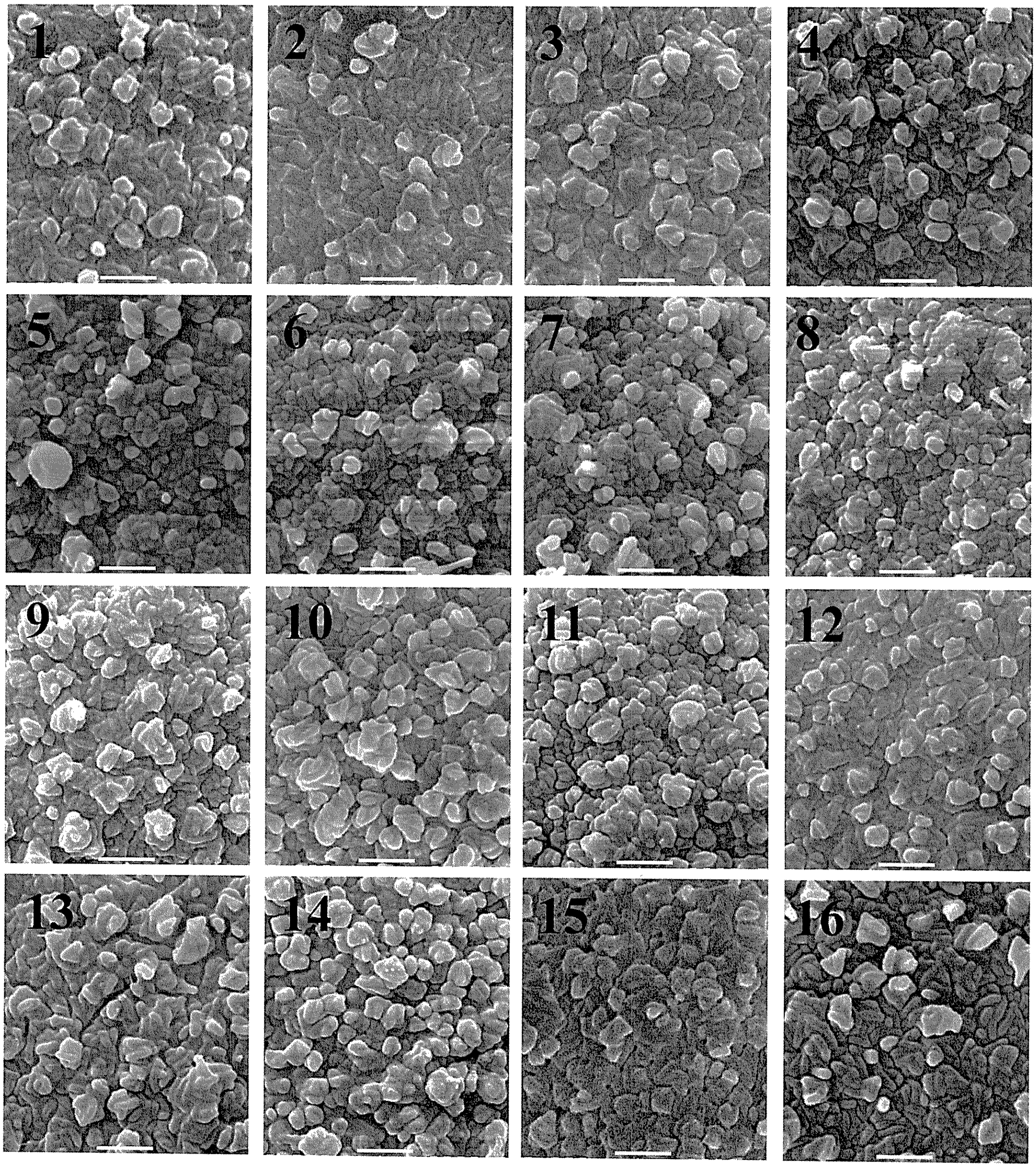


写真 17(1) クヌギ花粉の表面微細構造 *Quercus acutissima*（倍率×7550，白線は 1 μm）
1〜4:A1115（大阪府），5〜8:A1710（京都市），9〜14:A1924（京都市），15〜16:A1925（京都市）

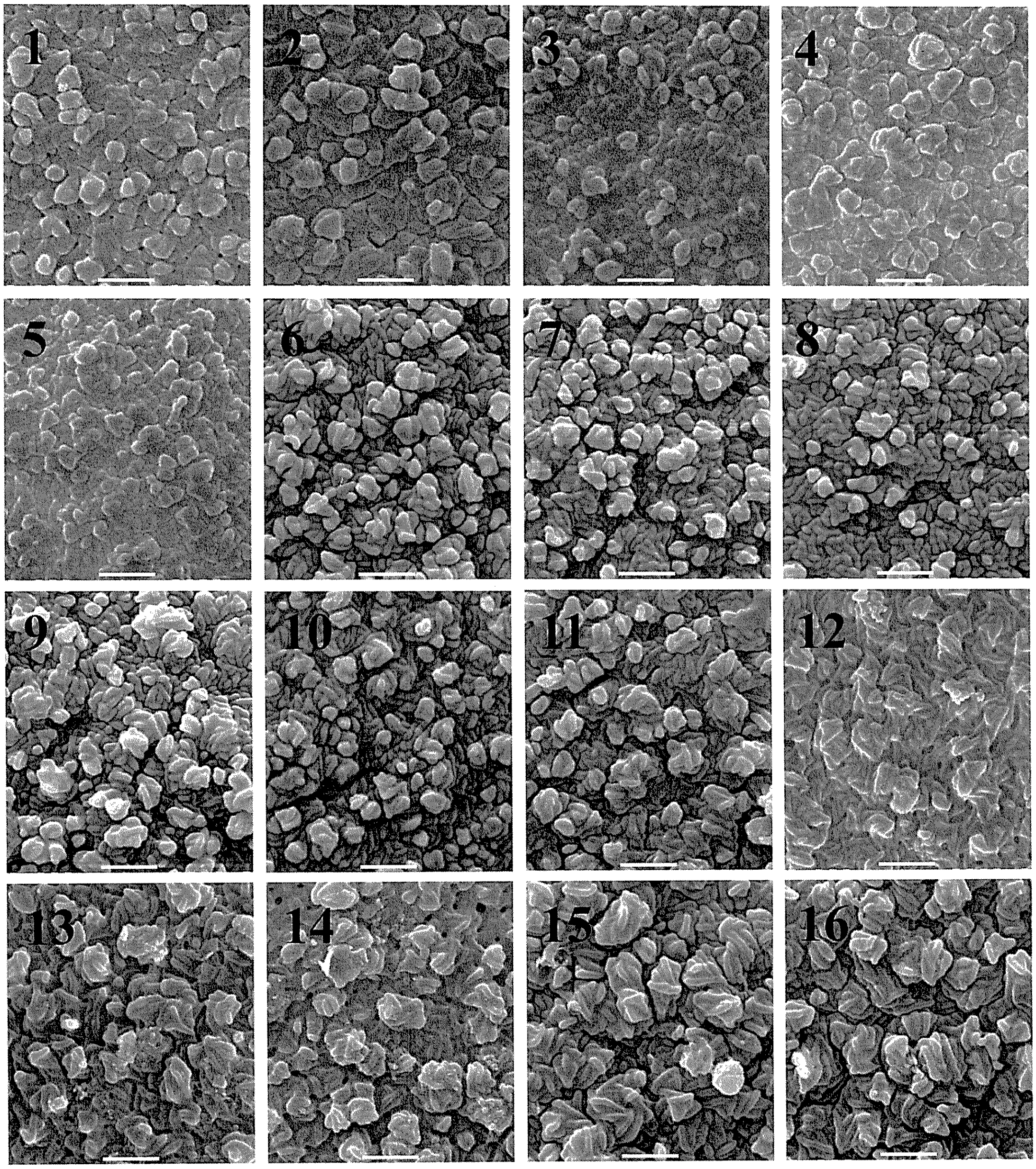


写真 17(2) クヌギ花粉の表面微細構造 *Quercus acutissima*（倍率×7550，白線は 1 μm）
1～3:A1925（京都市），4～5:A1926（京都市），6～11:A2036（京都府），12～16:A2086（宮城県）