

論 説

現生および化石花粉の粒径

—— とくに薬品処理との関係について* ——

山 野 井 徹**

Studies on the grain size of recent and fossil pollens

with special reference to their chemical treatments

TORU YAMANOI**

1. ま え が き

徹(古)生物を扱う分野においては、その対象とする生物の大きさが種の特徴を示す重要な要素となることが少なくない。しかし、とり扱う対象によって、その観察手段、対象物を構成する物質および形等は一律でなく、それぞれの対象の「特性」を十分考慮したうえでその大きさの測定でなければ、あまり意味がない。

花粉粒径もその大きさは、形態上の重要な要素であって、すでに、スギ科、ツガ属、カバノキ属、コナラ属、イネ科などでは、属、種あるいは、分類学上のグループによって、花粉粒径に差違が認められ、花粉化石に應用されるに至っている***

花粉学では将来、粒径の大小を利用して、科あるいは属の細分が行なわれ、とくに化石花粉分析の分野で適用されることが予想される。

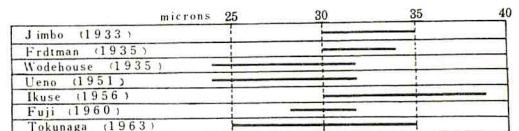
しかし、現生花粉の粒径を化石花粉の同定に利用するには、前述のように深い考慮が必要であり、まだこの点に関しての考察が十分に行なわれていない。花粉(化石)の粒径の考察は、わが国においては、すでに佐藤(1965)、田井(1969)によってなされている。この報告では、筆者が試みた薬品処理法が、現生および化石花粉粒径におよぼす影響に関する実験結果について述べる。この研究は、化石花粉同定のための基礎的資料をより充実させようという目的の第一歩となるものである。

この研究を通してたえず御指導と御助言を受けた新潟大学の津田禾粒教授、西田彰一教授、長谷川美行助

教授に対し謝意を表す。また、文献について多くの御教示や便宜をいただいた地質調査所の徳永重元博士に御礼申し上げる。

2. 花粉粒径の相違

花粉粒径の記載について、各々の研究者によって、そのレンジのうえで、同一種として表記されているものの中でも、しばしば大きなちがいがみられる。たとえば、その一例を *Cryptomeria japonica* (スギ) とするならば、JIMBO (1933) 30~35 μ , ERDTMAN (1935) 30~34 μ , WODEHOUSE (1935) 24~32 μ , UENO (1951) 24~32 μ , 幾瀬 (1956) 30~39 μ , FUJI (1960) 28~32 μ , 徳永 (1963) 25~35 μ , といった記載がなされている。(第1図参照)



第1図 花粉研究者による *Cryptomeria japonica* (スギ) の花粉粒径レンジ

これらの研究者の扱った試料の種の同定、あるいは測定に欠陥がないとすると、粒径を花粉の同定の一つの基準とするためには、むしろ混乱をまねく結果となりかねない。このような相違をひき起こす原因には、次のようなことがあげられる。

* 日本地質学会第76年学術大会で一部講演

** 新潟大学理学部地質鉱物学教室 Department of Geology and Mineralogy, Faculty of Science, Niigata University.

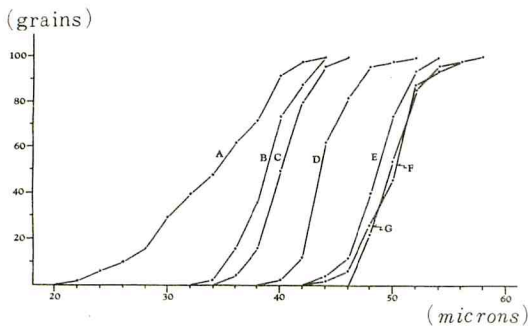
*** LEPOLD (1956), NAKAMURA (1956), 中村・塚田(1960), 田井(1963)他, 藤(1968).

- (1) 薬品処理法の違い
- (2) 化石の場合、含化石層を形成した堆積環境あるいは、統成作用の違い。
- (3) 現生花粉の場合は、試料採取の時期の相違。
- (4) 同一種内での個体差。
- (5) 計測誤差。

本報告の主題は、薬品処理と粒径変化との関係であるが、この問題の所在を明らかにするために薬品処理以外の上記の原因について簡単に述べる。

化石の場合の二次的な粒径の変化については、佐藤(1965)が、北海道恩根内地域に分布する上部中新世の同一亜炭層準から産出する *Alnus* の粒径の比較、さらには、羽幌炭田の層準を異にする多くの炭層より得た *Alnus* の粒径と、その発芽孔との関係をそれぞれ統計的に考察し、二次的な粒径の変化がありうることを述べている。

現生花粉を採取する時期の相違によって生ずる粒径の変化は、現生花粉と化石花粉との比較の際に問題となる。花粉研究者は、開花した葯から花粉を採取するのと同様、しばしば葉標本からそれを得ている。花粉が母細胞から四粒子期を経て、花の成長につれて、粒径が大きくなることは容易に予測できることである。第2図は、花の成長と花粉粒径との関係を *Weigela hortensis* (タニウツギ) について調べた例である。



- A段階 …… つぼみ 2.5 mm (全体が緑色)
 B段階 …… つぼみ 3.0 mm (先端が紅色)
 C段階 …… つぼみ 4.5 mm (中間部まで紅色)
 D段階 …… つぼみ 7.0 mm (全体が紅色)
 E段階 …… つぼみ 13.0 mm (先端は未開)
 F段階 …… 花 17.0 mm (開花、葯は未破)
 G段階 …… 花 28.0 mm (葯は破れ花粉が飛散)

第2図 *Weigela hortensis* (タニウツギ)の花(つぼみ)の成長段階における花粉粒径の累積頻度

第2図に用いた花粉試料は、成長段階によってA~G(第2図の説明参照)に分けた新鮮な花(つぼみ)より取り出し、これらに acetolysis 処理を行ない、100個体ずつ計測した。その結果、G, F段階のような十分に生熟した花から花粉を得ない場合は、その粒径が有意なものとならない*ことが判明した。

同一種内での個体差が存在するとすれば、それは主に生育環境の差によるものと思われる。すなわち、LEOPOLD(1956)は、ニューイングランドの *Betula* について、生育地域を異にする同一種の花の粒径に差異があることを述べている。一方、CLAUSEN(1960)は、*Betula* の花粉が形成される枝の位置および穂状花内での位置の違いによってみられる花粉粒径の差異を統計的に処理した結果がきわめて小さいことを報じている。同一種の花の粒径に少なからぬ差異が認められたにしても、それ以上の差が、種あるいは、ある分類学上のグループ間に見出されるなら、それは有用と考えるので、今後の問題としてさらに検討をしていきたい。

計測誤差については、粒径そのものの変化ではないので、注意深く、数多く測定することによって、より少なくすることが可能であろう。

3. 薬品処理と花粉粒径

筆者は、花粉粒径が薬品処理法の違いによってどのような影響を受け、またそれが現生と化石とではどう違うかを調べるために、次のような材料と方法で実験を行なった。

使用した標本は、現生花粉が *Alnus japonica* (ハンノキ) [新潟県加茂市で採集]、*Fagus crenata* (ブナ) [新潟県彌彦山で採集]、*Cryptomeria japonica* (スギ) [新潟県五泉市で採集]、これらは、いずれもすでに葯の一部が破れ、花粉が飛散しているものを採集の対象とした。化石花粉は、*Fagus* sp. [魚沼層群、新潟県十日町市、T-77]、*Cryptomeria* cf. *japonica* ** [魚沼層群、新潟県十日町市、T-118] を用いた。現生花粉はシリカゲルで乾燥保存しておいたもの、化石花粉は乾燥させたシルト(岩)を篩分(60メッシュ)したものに、それぞれ水を加えて20分間攪拌をくり返しながらか置した。これらを原試料と

* 葉から得る場合は、他に粒径が変化する要因、すなわち主として乾燥による変形が加わるであろうことを考慮しなければならない。

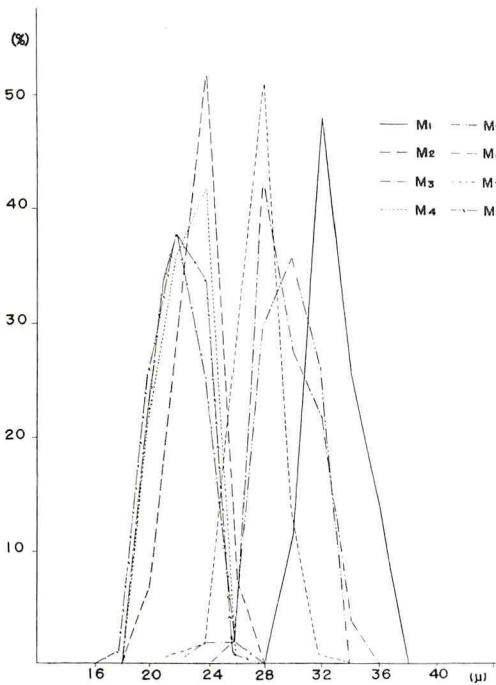
** 魚沼層群におけるこの層準での *Taxodiaceae* は、大型植物および花粉、化石の産出レンジなどから考えて、*Cryptomeria* 以外考えられない。山野井(1969)。

して次のような薬品処理とその組合せ*で、M₁ ~ M₈の封入試料を得た。

- Sample → KOH → HF → Acetolysis → M₁
- Sample → KOH → HF → M₂
- Sample → KOH → Acetolysis → M₃
- Sample → KOH → M₄
- Sample → HF → Acetolysis → M₅
- Sample → HF → M₆
- Sample → Acetolysis → M₇
- Sample → M₈

ここで、KOH処理は、10%溶液を常温で24時間作用させた。HF処理は、54%のふっ化水素酸を用い、6時間常温で放置した。Acetolysis処理は、水酢酸を加えて沸騰するまで加熱し、これを除いた後、水洗しないで無水酢酸(9)+濃硫酸(1)の混合液で10分間加熱せずに処理した。封入にはグリセリンゼリーを用いた。なお、上記の→印は遠心分離器で水洗を行ったことを示している。

粒子の計測は、現生では100個体、化石については50個体ずつ行なった。



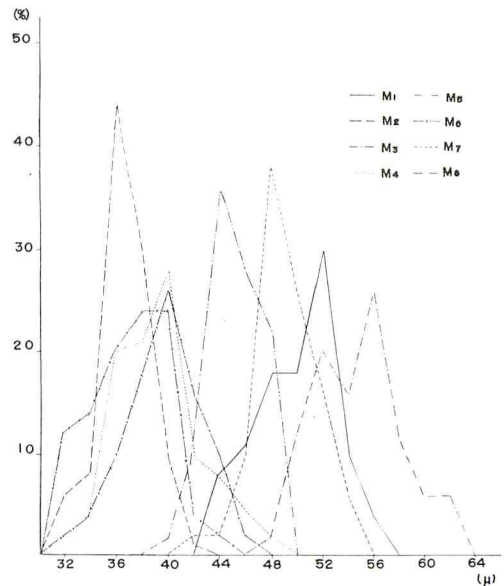
第3図 *Alnus japonica* (ハンノキ) [現生花粉]の諸薬品処理と粒径頻度

第3図は、*Alnus japonica*の花粉粒径と薬品処理との関係を求めた図である。この図で、粒径頻度のピーク群を2つに分けることが可能である。すなわちM₁, M₃, M₅, M₇の大粒子のグループとそれ以外の小さいものとのである。さらに細かくみると、前者のグループは、M₁, M₃あるいはM₅, M₇の順に大きく、後者のグループではM₂, M₄, M₆あるいはM₈の順に大きい、これには大差がない。

これらのことから、*A. japonica*の花粉が薬品によって与えられる影響は、acetolysis処理による膨張化が顕著であり、また、わずかであるが、KOHおよびHFにも膨張作用がある。このように、*A. japonica*に対して薬品は規模の差はあるが、すべて膨張させる作用をし、さらにそれらの薬品の組合せによって一層粒径の増大が加わることが認められる。

*Fagus crenata*については、第4図のような結果をえた。この図で、花粉粒子は、36~40μ附近に最頻値をもつ小さい粒子と44~56μ附近にそれを有す大きい粒子群とに大別される。前者のグループでは、明確な差は認められないが、後者では、M₃, M₁, M₇, M₅の順に大きい。

以上のことから、*F. crenata*の花粉粒子は、acetolysis処理による膨張作用を最も強く受けてい



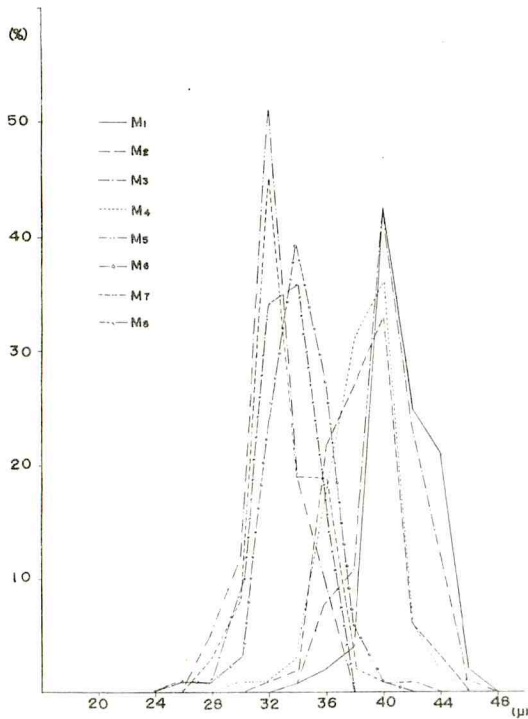
第4図 *Fagus crenata* (ブナ) [現生花粉]の諸薬品処理と粒径頻度

* この組合せは筆者が鮮新世~洪積世下部の地層の花粉化石を処理するのに常用しているM₁の方法を基準にした。

るが、この膨張作用に対し、HF 処理はマイナスに、KOH はプラスに働く作用をしている。

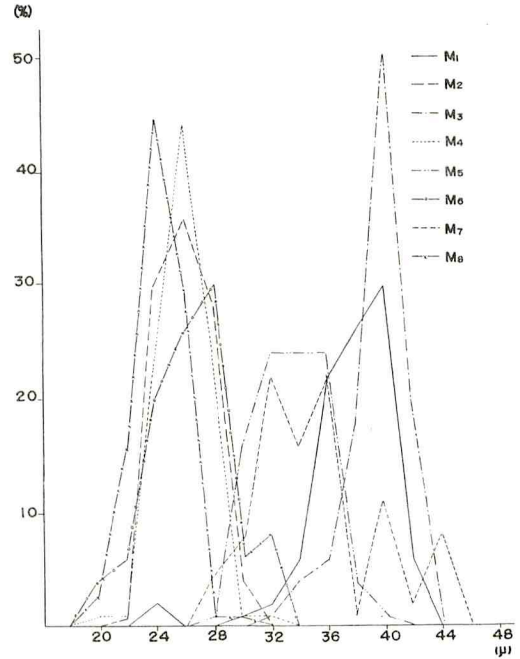
Cryptomeria japonica については、検鏡に当たって、割れていない花粉粒子と割れているものとは薬品の作用のし方に明瞭な違いがあったので、これらは別々に計測した。なお、割れている粒子の計測は、大西(1965)の方法によった。それらの結果を第5図と第6図に示す。

まず、割れていない粒子に関しては、第5図のようにピークが、大粒子と小粒子とのグループに大別できる。大粒子のグループを細かくみると、M₁とM₃がM₄とM₂よりやや大きく、他方、小粒径グループでは、M₆、M₈がM₅、M₇よりわずかではあるが大きい目である。



第5図 *Cryptomeria japonica* (スギ) [現生花粉] の割れていない粒子の諸薬品処理と粒径頻度

以上の現象から、薬品処理の影響を考えると、KOH 処理の膨張作用が顕著であることが認められ、acetolysis 処理は、KOH 処理との組み合わせにおいて、やや粒径を増大させるが、そうでない場合は、むしろ縮小作用をする。しかし、いずれにせよその値は小さ



第6図 *Cryptomeria japonica* (スギ) [現生花粉] の割れている粒子の諸薬品処理と粒径頻度

い。HF 処理の作用は目立たないので、きわめて小さいものとする。

次に、割れている粒子についても大きい粒子のグループと小さいそれとに二分できる。前者については、前述の *F. crenata* の大粒子内の関係と類似する。後者については、M₈ がやや他より小粒径である他は大差が認められない。

これらのことから、割れている *C. japonica* の粒子は、*F. crenata* とほぼ同様の薬品処理による作用を受けているといえる。

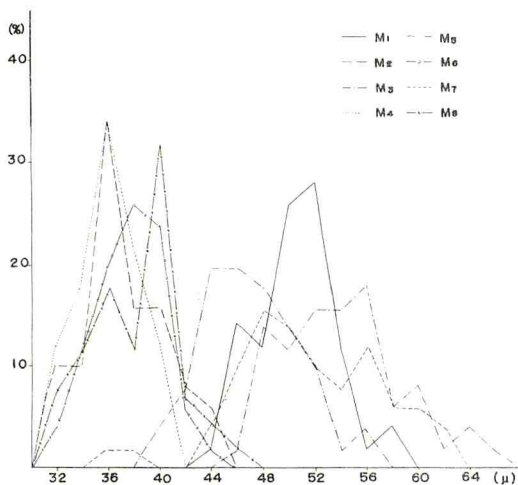
以上、二様の *C. japonica* の実験結果を総合すると、割れていない粒子が KOH 処理で膨張するのに対し、割れているものは膨張しない。一方、acetolysis 処理によっては逆に、割れていない粒子は、割れているもののように膨張作用をおこさない。このことは、割れていない粒子径の変化が、花粉粒子内部の圧力と、外の溶液との関係によって生ずるのに対し、割れている粒子径の増減は、花粉模自身の伸縮によるものと考えられる。

以上は、現生花粉粒子についての検討であったが、化石花粉に関する実験結果は次のごとくである。

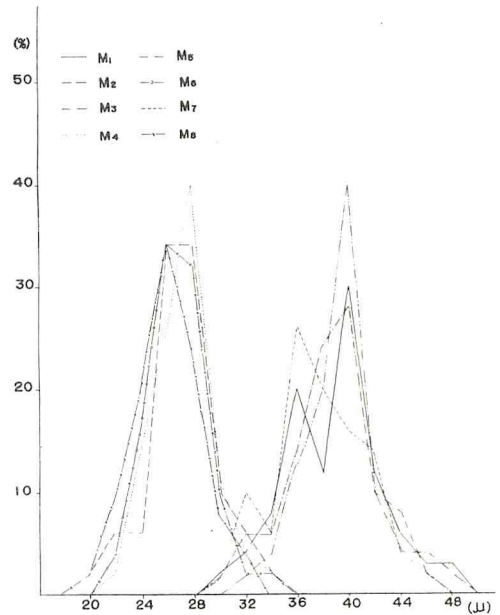
Alnus については、化石花粉でその検討を行っていない。その理由は、化石 *Alnus* が多くの種が交わっていて、現生 *Alnus* のように、単一種に関するデータを示すことが困難であるためである。

Fagus sp. の化石花粉については、第7図のような結果になった。この図では、粒径頻度を示すピークにバラ付きが目立つが、これはおそらく、花粉化石として、*F. crenata* だけでなく、他の種の *Fagus* が混入しているためと考えられる。薬品処理による影響は、これも、大、小粒子のグループに大別できる。大粒子グループでは、 M_3 , M_7 あるいは M_1 、そして M_5 の順に大きく、小粒子グループでは、目立った差はない。したがって薬品による影響の傾向は、現生の *F. crenata* とほとんど同様である。

Cryptomeria cf. *japonica* の化石花粉については、割れていない粒子と割れている粒子では、薬品処理の影響のうえに明らかな違いが見出されなかった。計測し易い割れていない粒子を対象にした。この結果を第8図に示す。この図では、粒子は明確に二つのグループに区分され、グループの中では大差が認められない。したがって、薬品の影響としては、acetolysis 処理による膨張作用が顕著で、他の薬品の作用は大きいものではない。*C. japonica* の現生花粉と比較すると、化石花粉では、割れていない粒子を対象としたにもかかわらず、むしろ、現生の割れている粒子の受ける影響に近似している。このことは、現生花



第7図 *Fagus* sp. [化石花粉] の諸薬品処理と粒径頻度



第8図 *Cryptomeria japonica* [化石花粉] の諸薬品処理と粒径頻度

粉の割れていない粒子にみられた粒子内部の圧力を調節する機構がすでに化石花粉では失われてしまっていることを意味すると考える。

4. おわりに

以上、薬品処理が花粉粒子に与える影響についての実験例をあげ、その考察を行なったが、とくに、acetolysis 処理による粒子の膨張が顕著である。また、化石花粉の *Fagus* *Cryptomeria* の粒子を計測中、他の花粉化石にも *Fagus*, *Cryptomeria* 処理が膨張をもたらすことが観察された。それらは、*Pinus*, *Abies*, *Picea*, *Tsuga*, *Alnus*, *Quercus*, *Befula*, *Tilia* *Compositae*, *Gramineae*, *Persicaria* などである。

電子顕微鏡で花粉の exine の超薄片を観察した AFZELIUS (1955) によると、acetolysis 処理をしたものは明らかに sporopollenine 以外の細胞物質が破壊されていることを報じているが、膨張のメカニズムについては明らかにしていない。

Acetolysis 処理が花粉粒子にもたらす膨張の巾は、それぞれの花粉について異なり、他の薬品の作用のし方も一律ではない。

化石花粉分析での比較用現生標本は、今回の実験結果から、化石花粉分析の際と同様の薬品処理を通して

作るのが好ましいといえる*が、少なくとも、acetolysis 処理は、粒径のみならず、他の形態要素におよぼす影響からも行なうべきであると考え。また、花粉分析の際、とくにその粒径を問題にする場合には薬品処理法を統一して行なうべきであるし、それを公

表する場合は、使用薬品とその組合わせは明記する必要があると考える。

薬品処理法の違い以外の花粉粒径の変化については、今後さらに検討を続けたい。

参 考 文 献

1. AFZELIUS, B. M. (1955) On the fine structure of pollen wall in *Clivia miniata*. *Grana Palyn.*, Vol. 1, No. 2, pp. 4-5.
2. BROWN, C. A. (1960) Palynological techniques. *Baton*.
3. CLAUSEN, K. E. (1960) A survey of variation in pollen size within individual plants and catkins of taks of *Betula*. *Pollen et Spores*, Vol. 2, No. 2, pp. 229-304.
4. ERDTMAN, G. (1954) An introduction to pollen analysis. Stockholm.
5. FUJI, N. (1960) The palynological study of Cenozoic strata, Hokuriku region, Central Japan. First report. On Alluvial peat from Ishikawa and Fukui prefectures. *Sci. Rep. Kamazawa Univ.*, Vol. VII, No. 1, pp. 113-171.
6. 藤則雄 (1968) 神井市南西郊の東大寺領道守庄田耕土の花粉学的研究。第四紀研究, Vol. 7, No. 3, pp. 75-100.
7. 幾瀬マサ (1956) 日本植物の花粉。東京。
8. JIMBO, T. (1933) The diagnoses of the pollen of forest trees 1. *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ.*, 4th Ser., Vol. 1, No. 2, pp. 287-296.
9. LEOPOLD, E. B. (1956) Pollen size-frequency in New England species of the *Betula Grana*. *Palyn.*, Vol. 1, No. 2, pp. 140-147.
10. NAKAMURA, J. (1965) The size-frequency of *Quercus* Pollen. *Res. Rep. Kochi Univ.*, Vol. 5, No. 21, pp. 1-5.
11. 中村紙・塚田松男 (1960) 北海道第四紀堆積物の花粉分析学的研究 I, 渡島半島(1). 高知大学学術研究報告, Vol. 9, No. 10, pp. 117-138.
12. 大西郁夫 (1965) 大阪市における頌南・大分層群の花粉分析。第四紀研究, Vol. 4, Nos. 3-4, pp. 135-143.
13. 佐藤誠司 (1965) 化石花粉の大きさについて。第四紀研究, Vol. 4, Nos. 3-4, p. 135-143.
14. 田中昭子 (1963) 深草・枚方地域における第四紀堆積物の花粉分析, 一近畿地方の新期新生代層の研究 II-。地球科学, 64号, pp. 8-17.
15. — (1969) マチカネワニ産出層の花粉分析 (その1), (その2), — 近畿地方の新期新生代の研究, その14 —, 地球科学, Vol. 23, No. 4, pp. 142-148.
16. 徳永重元 (1963) 花粉のゆくえ。東京。
17. UENO, J. (1951) Morphology of pollen *Metasequoia*, *Sciadopitys* and *Taiwania*. *Jour. Inst. Polytech. Osaka City Univ.*, Ser. D, Vol. 2, pp. 22-28.
18. WODEHOUSE, R. P. (1955) Pollen grains. New York.
19. 山野井徹 (1969) 魚沼層群の花粉層序学的研究 (その1 十日町東部地域)。新潟大学理学部地質鉱物学科研究報告, 3号, pp.

* ただし、これも万全の処置とはいえず、同じ薬品処理を行なっても、現生と化石とでは、その影響が異なる場合もありうることを考慮せねばならない。