我国の古花粉学・現状と展望

——とくに地学に関連して——

徳 永 重 元*

Recent Status and Scope in Future on Paleopalynology in Japan

Shigemoto TOKUNAGA

Abstract

This paper dealt with a historical review on paleopalynology in Japan. The paleopalynology in Japan is divided into four phases as follows; paleontological, stratigraphical, physical and sedimentological phases.

The first information on paleopalynology was introduced in 1935 by Dr. T. JIMBO and since about 600 papers have been published during 47 years. Firstly the Quaternary sediments have been studied palynologically and then the studies have been done on Tertiary and Mesozoic in next step.

We can not get yet good information before Aptian of Cretaceous palynologically through Japan. The important works are progressing on remarkable fossils on Cretaceous, coal seams of Paleogene and Neogene sediments palynostratigraphy.

One of the topics of paleopalynology is the finding of tropical tree pollen of mangrove swamp vegetation in Miocene of western Japan.

In the physical studies of fossil pollen, the colour variation of pollen is studied and it is valuable to clarify on geothermal gradient in oil field and the amount of pollen in sediments is also calculated for consideration as oil source material.

古花粉学 (paleopalynology) は花粉・胞子化石を研究の対象とするが、その中で地学に関係する面を細分してみると次のような内容となろう。

古生物学的解析	……化石の発見・鑑定・記載
層位学的解析	……化石の産出層準・時代決定
	…… { 化石の色調・変形の測定
物理的解析	…… { 化石の透光率測定
	…… { 化石の螢光特性測定

我国においても、地層中からの化石花粉・胞子の発見と記載さらにそれらによる古環境の考察・時代判定等が研究され、年々それらの解析結果が蓄積されつつある。

以下最近まで知られた研究成果にもとづいて、この分野の現状とさらに今後における展望についてふれてみたい。

各々の詳細な内容は、本稿の中に収めることができないのでその重点のみを記したことをお断りしておく。

* パリノ・サーヴェイ (株) Palynosurvey KK

I. 歴史的展望

花粉化石に関する研究とくに花粉分析に関するものは昭和10年(1935)頃我国へもたらされたようである。この年神保忠男は、北欧における泥炭の花粉分析研究の内容を「生態学研究」に発表している。

我国・古花粉学論文数推移

年 次 別	論 文 数
昭和10—15年	5
昭和16—20年	5
昭和21—25年	6
昭和26—30年	43
昭和31—35年	108
昭和36—40年	151
昭和41—45年	149
昭和46—50年	94
昭和51—55年	79+
昭和56年以降	32+

(公刊のみ)

それ以後古花粉学に関する国内の研究は年を追って多くなった。その経緯を示す1つの資料として、国内で発表公刊された論文数を集計すると別表のようになる。

全般的にみて、当初は研究者の数も極めて少なく、昭和25年頃まで、花粉分析の研究は北欧の例にならない高層湿原の泥炭層に限られていた。

その理由としては、元来我国の第四紀における氷期の存在および後氷期の地層が、世界的尺度の中で、どのように位置づけられるかということにあり、今日でも取上げられる問題である。

その意味で、北海道における湿原とくに東部において泥炭層の花粉分析から針葉樹花粉の構成(モミとトウヒ属花粉の産出比)による古気候の考察が行なわれ、洪積世における寒冷気候の存在にふれている(山崎次男 1937)。

その後昭和25年(1950)頃からは、次第に第四紀の泥炭層の他に第三紀層まで目が向けられるようになり、四国および東北地方の亜炭田において、亜炭層からの花粉・孢子群の内容が示されている(中村 純・島田正雄等)。

さらに新第三紀層から、分析の対象はより古い方にむけられ、昭和30年(1955)頃、古第三紀の石炭層の花粉分析が行なわれるようになった(徳永重元 1953)。それまでは主として花粉化石群による地層の対比、いわゆる花粉層位学(pollen stratigraphy)というよりもむしろ花粉群による堆積層の古環境的考察の面が強かった。これは未だデータが蓄積されておらず、層位的対比が困難な点にあった。

しかしこの頃より地層別の花粉化石群の変化とそれらによる対比の研究が行なわれるようになったが(島倉己三郎、高橋 清他)それらの内容の要点は次章にゆずる。

他方第四紀層については、典型的な高層湿原(主として長野県下)について系統的な花粉分析が行なわれ、花粉群の変化から基本的とも言うべき花粉帯区分(L-RⅢ帯)が後氷期の堆積物について行なわれ(中村 純 1952)その後さらに細分されている(塚田松雄 1963)。

我国の主要炭田における地質探査と開発がすすむにつれ、炭質・堆積に関する研究もやや後発的に進められるようになり、昭和30年(1955)から10年位炭田における花粉分析もかなり行なわれるようになった。

九州・本州(高橋 清・徳永重元他)・北海道(佐藤誠司・徳永重元他)に関する業績がある。

また各地の沖積平野における第四紀層の花粉分析が組織的に行なわれるようになり、その中でも大阪市における試錐(OD-1)コアの詳細な花粉分析の結果はその後の洪積統・第三系の境界問題に大きな貢献をした(田井昭子 1966)。

裏日本とくに富山・新潟県下の平野部の第四系については、堆積の古環境や魚沼層群の分帯などに関連して研究がなされている。

関東平野においてもずっと後に洪積統とくにローム層の花粉分析は技術的にも研究する必要がある、また花粉の含有量も多くない。従って低地における分析はよい結果をえている(辻 誠一郎他)。

これらの研究を通じて、これまで泥炭や炭層のみを花粉分析して来たのが、各種岩石や堆積物中の花粉分析に重点がうつり、この方がかえって化石の保存がよいということが知られた。

時代的には新第三系から古第三系へ、そして中生代白亜系へと対象がうつり研究が発表され始めたこと

である(高橋 清 1964)。

さらに古生代二疊系からの孢子化石の産出が京都府下の丹波帯から報告され(高橋 清・八尾 昭 1969)これは孢子化石としては最古のデータである。

しかしジュラ系や三疊系からは、大型植物化石(葉)が良好に保存されている岩石中からも未だ孢子・花粉化石等は見出されていない。

前述のように第三系と白亜系についての花粉層位学的資料が蓄積されると共に特定の重要化石や我国特有の化石について注目され、*Jimboisporites* や *Aquilapollenites*, *Dacrydium* や微化石 *Micrhystridium* の発見・解析が行なわれている(高橋 清 1967他, 山野井 徹 1974他, 佐藤誠司 1972, 三木昭夫 1977)。

最近における話題のうち幾つか注目を集めているのは西日本内帯の堆積盆地における熱帯植物の花粉の産出と、さらにこれにより裏日本の西黒沢期の地層からの同様の花粉の産出であろう(山野井 徹 1980, 津田禾粒他 1981)。

次に視点をことにした物理的解析としてはすでに東北裏日本および沖縄方面の試錐において花粉化石の色調および可視ケロジェン(岩石中における有機溶剤不溶性物質)分析が実用に移されている。

しかしいづれも油田開発に直接関連のあるものだけにここに示すことは差し控えたい。ただその理論について後述する。

これらの得られた成果は、古花粉学の1つの新しい面として評価されており、将来共石油資源開発とくに石油鉱床の生成についての予測に役立っている。

以上古花粉学とくに我国における変遷の要約をのべたが、それらの内容のいくつかを取上げて次章にのべたい。

II. 我国における花粉層位学の趨勢

花粉層位学的に我国で知られている最も古い時代の地層からのデータは、前述のように京都府下の二疊系より知られている *Tasmanites*, *Florinites* 等である。

世界の各地とくに大陸においては、花粉学に関するデータは、先カンブリア紀に始まり、古生代から中生代中葉までの間、孢子層位学的資料は著しく多い。しかし我国では古生代の主要地層がすべて海成層であり、たとえ他の陸地より飛来した植物の孢子があったとしても極めてとぼしかったと考えざるをえない。

古生代の大型植物化石群は僅かに米谷(宮城県)と高知県下に知られているのみである。しかし中生代においては手取・成羽・大嶺等貴重な植物群が知られているにもかかわらずこれらからは孢子化石が未だ検出されていない。

その原因として考えられることは、植物葉の保存はよいが、孢子を生産した母植物の群集としての規模が少なかったか、堆積時における水流によって流されたか、さらに地質的変動によって消失したか、これらの要因の相乗の結果と考えざるを得ない。岩質が砂岩のような古水流が大である場合、泥と共に花粉・孢子化石は流れ去ってしまうことが知られている。

我国では中生代白亜紀に入ってから初めて花粉・孢子群が各地で確認できるようになる。

下部白亜紀 Aptian の宮古層群からは *Classopollis* 72%, *Deltoidospora* 他孢子化石11%その他裸子植物・被子植物等の花粉が見出されている。

白亜紀後期の Maestrichtian の地層は最もよく研究されているが、九州天草のものは変質を受け化石が失われ、最近発見された中部地方飛弾の宮谷川層のものが、本州における最も西部の産出である(高橋 清 1982)。

その内容は高橋によれば114種の花粉・孢子化石が含まれており *Aquilapollenites Hemicorpus Pseudo-integricorpus*, *Cranwellia* 等 triprojectate pollen (三突起を有する花粉) が43種をしめ、その他に

写真1 *Aquilapollenites* type の花粉化石

Maestrichtian の特長種である *Wodehouseia* なども見出され重要なものとなった。

その他にこの時代の化石群としては、福島県双葉・岩手県久慈・北海道中軸部等に分布する地層から知られている。

北日本におけるこれらの内容の総括(三木昭夫 1977)によれば Cenomanian から Maestrichtian に至る間 *Aquilapollenites* の諸種は lower Cenomanian 以上に *Jimboisporites* は Campanian 以上に *Wodehouseia* は Maestrichtian に限られ、又別の論文では *Classopollis* は Coniacian に多産するなどの特長が把握されている。

これらの中でも *Oculata* 型および *Aquilapollenites* 型および *Aquilapollenites* を含む *Triprojectacites* 型のものは、シベリア・アラスカ方面との地層の対比にきわめて有用であり、それらのグローバルな分布が、どこまで緯度的に下るか注目されていたが、前述のように次第に範囲が明らかになって来た。

第三紀初期における花粉学的特長はいわゆる *Normapolles* 型が優占しているが、我国では Paleocene および Danian といわれる期に関する花粉学層位学的資料が未だ不足している。

従ってサハリン方面でソ連の研究者が指摘しているような paleocene の存在は花粉学的には未確認である。

我国の古第三系に関する地質調査は主として全国の重要炭田で行なわれたが、花粉層位学的研究も例外ではない。

昭和40年頃までは花粉分析の対象はほとんど炭層に限られていた。従ってその結果は、炭層が形成されるような古環境における花粉化石群であるという条件が伴う(徳永重元 1958. 高橋 清 1961)。

それらの結果によれば、被子植物花粉としての三溝型(tricolpate)、三溝孔型(tricolporate)、三孔型(triporate)型、多孔型(periporate)の花粉が主であり、始新世においてはヤシ属(*Palmae*)花粉が顕著である。

毬果類としては、無孔型(Inaperturate)が優勢であるが九州と北海道とでは、同時期に対比されている炭層試料を比較してみると、有翼型(saccate)花粉(マツ属・モミ属・トウヒ属等含まれる)の割合が北方の多いことが注目される。

その後多くの試錐コアよりの岩石の連続試料の分析が行なわれるようになり、油田地域の層序判定にも

写真2 *Florschuetzia* type (Rhizophoraceae) ヒルキ科花粉化石

写真3 *Dacrydium* type の花粉化石

貢献するようになった。

例えば北海道において微化石 *Michrhystridium* の存在が古第三系に認められる (佐藤誠司 1972) ため時代判定の1指針となっている。花粉分析による層序および時代の捉え方として我国で用いられているのは、花粉群の内容からの古気候判定で、その変化たとえば北海道における古第三紀は全般の傾向として、時代が新しくなるにつれ温暖から冷温へ変移する。

新第三系については、従来の大型植物化石群との比較は重要であって両者の資料の取得が可能なので新たなデータが得られつつある。

とくに最近の話題として、前述したように裏日本における新第三紀中期の西黒沢期の地層の問題および西日本における同相当層の古環境についての考察が発表されている(山野井 徹他 1980)。

これによれば従来 *Telescopium* や *Geloina* 等の貝化石の存在から温暖～亜熱帯と考えられていた西南日本の中部中新統より *Rhizophoraceae* (ヒルギ科) *Burquiera* (オヒルギ属) 等マングローブ沼沢地に自生する植物の花粉化石が検出され、さらに最近富山県南部の黒瀬谷層中からも同様の花粉群をみとめ、今後さらに多くの新事実の報告が期待される。

その他新第三系の一基準となっている台島層より鮪川層までの花粉群の内容も明らかにされているが(山野井 徹 1978) その結果花粉群の変化は、船川層の下部にあり、それ以下は *Carya*, *Liquidambar*, *Zelkova* など産出が多く、女川層には *Dacrydium* があるなど暖温帯要素がある。

船川層中部以上は *Taxodiaceae*, *Fagus* 等が優勢となっており、花粉帯としての“船川遷移面”が強調されている。

第三系と第四系との境界問題を花粉層序上より取上げ整理されている例として、大阪平野における深部試錐の花粉分析は前述のように1つの基準となっている。

その後若干の訂正あるやにきくが、第四系最下部は *Metasequoia*, *Liquidambar*, *Ginkgo* 等の消滅期, *Taxodiaceae* の減少期, *Cryptomeria* の増加期に当り、さらに上位に至り *Fagus* 帯の設定等がなされている。しかし最近他の微化石による時代対比において著しく時代が新しくなる意見もあり、この点については今後の検討にまきたい。

第四紀における花粉層位学的研究では、先にあげた後氷期の基準的花粉帯(L-R III)に加え多くの遺跡における花粉分析が、縄文・弥生時代のものを中心として行なわれている。

その結果については主として樹林の変遷と人為的変革の関連に焦点の1つが当てられている。

北緯 25° から 45° にわたる日本列島をめぐる海域から南方熱帯地方にかけて、広域において油田探査試錐が実施されている。

すでに公表されている資料を総合すると、(J. H. GERMERAAD 1968) Oligocene から Pliocene に至る間 Borneo 地域では、すべて *Florschuetzia* (ヒルギ属花粉と同定) によって層別が可能である。

しかし次第に北方に至るに従い、同時代であっても内容には温～冷温帯の植生がもたらす花粉が優勢となっている。沖縄の陸上における地層の花粉分析(西田 誠, 糸数洋子 1976)においても、第三系上部では亜熱帯～暖帯性の植物の花粉はあるものの、大半は温帯高山帯(落葉)の植生となっている。

従って第三紀漸新世から鮮新世に至る間、海洋に施行された試錐コアの花粉分析結果を総括することによって、各時代別の古植物区が画かれる。

すでに大型植物化石の研究における Geo-flora の移動変化の概念で明らかにされているように、照葉樹林と落葉樹林との混淆林と高地における針葉樹林からもたらされた花粉群が、時代・地域により変化するための中緯度における試料の分析は複雑な要素が胚在しているといえよう。

むしろ南方および北方地域における花粉分析では、特長のある属種の変化をとらえることによって、むしろ花粉層位学的に解析しやすい点があることを記しておく。

III. 手法の多様性

堆積層中の花粉化石群の内容を明らかにしその優占種・特長種の組合せから、古植生の解析を行ない、古気候・古環境的考察を行なう方法やあるいは産出層準の明らかになっている化石から層位・時代の判定を行なうことを、かりに定性的方法とするならば以下の方法は定量的方法といえよう。

前に掲げたように物理的解析および堆積層中に胚在する有機物質の一員としての花粉・孢子化石は、最近における機器の発達によりその物理性を把えることが可能となり、それが地質の解析に有用であるという評価がえられている。

花粉の色

地質時代の新旧によって花粉・孢子化石の色に変化がある（一定の手法の中での比較）ことは分析の過程で経験的に知られることである。

一般的に言って化石について、その種類でなく色に注目することは稀であり、たまたま第四紀層などの若い時代の地層の中の貝化石の殻などに色が残っている事実はある。

その他には米大陸において、コノドント化石の色の変化が、続成作用によるものとして取上げられている位である。

花粉化石においては、一般的にみて、第四紀のものは半透明～淡黄色（種類によっても色の差はあり）第三紀からさらに古くなると順次黄色から褐色へと変化している。

また何等か地中において熱的变化をうけたものは黒色化している。この現象については化石の胚在する地層のかつてうけた作用が、その化石の変質に示されているというのが最近の定説である。

従って古地温測定のパラメータとして花粉化石を研究することは、燃料鉱床形成の可能性を考える上で必要なことの1つともなった。

諸外国は勿論我国においても、油田地帯において、この方法による研究がつづけられており、花粉化石色調の変化の中でも、石油・ガス鉱床胚在の可能性も探られている。

この点について筆者は、米国ヒューストンにて実習した経験で、地質変動の少ない地域における試料では、古生代から新生代に至る一連の系列において色調が実に順序よく変化しており、色による地層の時代判定は可能であった。

また一般的にみて、色調を表現する上で、個人差が示されるのではないかという疑問があるが、これを是正するために、花粉化石の透光率（バックグラウンドと花粉を透過する光量の比較）をはかることによって、顕微鏡下における色をみるだけでその透光率を判定でき共通の認識がえられるようになる。

我国においては未だ花粉化石の透光率と時代にふれた論文は少ないが、大陸とはことなり地域的变化があることが予測される。

また米大陸においては *Carya* (カリヤグルミ属) が花粉色調測定の基準となっているが、我国の第三紀層には必ずしも連続せず他の化石が用いられている。

ケロジェン分析

堆積岩を化学処理し、その中に胚在する有機溶剤不溶性物とくに顕微鏡下でその内容が認められるものを可視ケロジェン (Visual Kerogen) というが、それを調べることが、現在石油根源物質評価法の1つとして定着している。

この方法は古花粉学の立場から見れば、花粉群の組成分析の1法とも言えよう。

岩石を酸・アルカリ等で溶解し、残渣を木質-炭質 (woody-coaly), 不定形質 (amorphous), 草本質 (herbaceous) 等に分ける (GUNTHER 1976) がそのうち花粉・孢子化石は herbaceous の中に含まれる。

これらの構成変化と石油鉱床の形成条件評価との関連は、新潟油田の例でも密接であることが示されているが、他の有機化学的分析との対応その他今後研究さるべき課題がある。

化石の変形

我国の第三系の連続試料の花粉分析を行なっていると、ある層準のみ化石が変形していることがある。その事実の顕著な地域があり地層の造構造運動によりうけたと考えられる例もある。

九州佐世保炭田でみられたように、断層際で採取した試料では、層位が新しいのに拘わらず化石の変形が著しかった。

今後化石の変形が新しい考察の場を生み出す可能性を含んでいる。

螢光分析

花粉または孢子に波長の短い光線 (4000Å 程度) を照射すると、花粉の表面から螢光 (fluorescence)

第1図 蛍光測定機構図
(東出, 藤井, 佐々木 1980より)

1. 高圧水銀ランプ
2. 励起フィルター (365nm の励起光線)
3. 試料 (花粉化石)
4. 連続干渉フィルターにより連続的に分光される
5. フォトマルチプレーヤーで増幅
6. フォトメーター
7. レコーダー上に強さ記録される

されている現状である。

このように花粉の物理性も、新たな分野として、益々発展することが予測される。

IV. 将来の展望

以上述べて来た分野では、微化石中花粉・胞子化石のみを取上げたが、最近における微化石層位学では珪藻・ナノプランクトン・放散虫等々、国内の研究も主として汎世界的な pelagic な群集による時代区分が著しく進んで来た。

しかし国内における花粉層位学では必ずしも未だ時代別花粉層位の内容が確立されたとは言えない。その理由の1つとして花粉すなわち古植物群の変化は、地域的な花粉分析の資料が集まるにつれ、pelagic fauna のように画一的な内容を示していないこと、すなわち同時代であっても現生植物群集の植生に示されているように緯度的変化および高度による変化がある。前述したように熱帯から寒帯に至る間、各地質時代の花粉帯の分帯基準がことなっている。

今後は地域別の花粉層位を明らかにするため、試錐コアの花粉分析が重要な資料となろう。

第2の理由として、未だ研究者の層が、必ずしも多いといえず、第四紀以降の問題に研究が集中しているので、第三紀およびそれ以前の地層についてはデータが少ない。

とくに白亜紀 Aptian 以前については、今後研究調査がすすめば次第にデータがえられる可能性があり、とくに西日本外帯の地域についての貴重な資料がえられよう。

またさらに日本列島をめぐる地域と大陸棚および中国大陆との花粉層位学的関連性は、石油鉱床探査が、これらの地域ですすむにつれ重要性をおびてくる。

すでに渤海湾をはじめ、大慶油田等大陸東北部における花粉分析の公表された結果をみても、我国とは異なった植物化石、例えば車軸藻 (Chara) の藏卵器の化石により層位が明らかになっている。

が発生する。

この光を分光すると 5000~8000Å 間の光の集合であることがわかり、それらの強さを分光光度計 (photo multiplier) と記録計の組合わせて測定することができる。

石炭中の有機物質から螢光が発生することはかねてから知られており、古くはソ連の AMMO SOV が、この事実を発表し、多くの研究をへて最近では、石炭の研磨面における花粉あるいは孢子 (エクジニット) の螢光性が石炭化度の変化とよく対応すること (東出則昭・藤井敬三・佐々木 実 1980) とされ、そのよい例として釧路炭田、石狩炭田等で研究されている。

しかしその方法は石炭の研磨面における観察のため、スポリニットの断面が示されていることが多く、化石の種類についてはふれていない。

GIJZEL (1981) は、ベルギーの堆積盆地において、地層毎の花粉化石の螢光を測定し、それを分光解析して図示されたその構成から、地質年代的数値を示しそれが時代ごとに変化のあることを示した。

この考えが、さらに米国において応用面に利用され、現在石油会社における石油鉱床探査の一方法として採用

また多くの地域における試錐では、ほとんど海生の微化石が含まれておらずいくつかの石油鉱床が広大な淡水湖沼のような環境に形成されたものとして知られている。

従って花粉層位が最も重要な解析手段となっているので、今後我国の花粉層位学的研究もこれらと密接な関連が必要であろう。

また花粉・孢子の物理的特性が、現在では応用面に利用され、地質解析のための要素として取扱れることが未だ少ないので、この方面も将来期待されるべき部門である。

ただし複雑な地史的環境の多い我国であるから、データの解析には充分な考察が必要である。

参考文献

- GERMERAAD, J. H. et al (1968): Palynology of Tertiary sediments from tropical area, Review Paleob. Palyn. **6**, 189-348.
- GIJZEL (1981): Applications of the geomicrophotometry of kerogen, solid hydrocarbons and crude oil to petroleum explanation, Organic maturation Studies and fossil fuel exploration p. 351~378.
- 東出則昭・藤井敬三・佐々木 実 (1980): 釧路炭田地域と石狩炭田地域空知地区におけるビトリニット反射率とエクジニット蛍光特性との関係, 石油技術協会誌 **44**, 4, 11-17.
- 神保忠男 (1935): 花粉分析に関する文献, 生態学研究 **1**, p. 72.
- 三木昭夫 (1977): Late Cretaceous pollen and spore floras of Northern Japan. Composition and interpretation, 北海道大学紀要 Ser. IV, **17**, 3, 399-436.
- 中村 純 (1952): A comparative study of Japanese pollen records. 高知大研究報告 **1**, 8, 1-20.
- 西田 誠・糸数洋子 (1976): 花粉分析から見た南西諸島鮮新世古地理海洋科学 **8**, 3, 57-62.
- 佐藤誠司 (1972): On the occurrence of *Micrhystridium* in the Poronai Formation and its significance, 国立科学博物館紀要 **5**
- 田井昭子 (1966): 大阪におけるボーリング (OD-1) コアの花粉分析 (その1)(その2) 地球科学 **83**, 84.
- 高橋 清 (1961): Pollen und Sporen des west japanischen Alttertiars und Miozäns, (I, II, Teil) 九州大学理学部紀要 **D 11**, 2, 3.
- (1964): Sporen und pollen der oberkretazeischen Hakobuchi-Schichten Gruppe, Hokkaido, 九大理学部紀要 **D, 14**, 3, 157-271.
- (1967): *Aquilapollenites* 地区における花粉, 孢子群と層位学的検討, 佐々教授退官記念論文集 p. 303-315.
- ・八尾 昭 (1969): Plant microfossils from the Permian sandstone in the southern marginal area of the Tanba belt 古生物学会記事 **NS 73**
- (1982): Maestrichtian microflora of the Miyadanigawa formation in the Hida district, Central Japan 長崎大学教養部紀要 (自然科学) **22**, 2, 11-188.
- 徳永重元 (1953): 本邦炭田における花粉分析, 地球科学 **9**, 22-30.
- (1958): 本邦炭の花粉学的研究 I, II, 地質調査所報告 **177**, 181.
- 津田禾粒・他 (1981): 日本の中新世中期の古環境—マングローブ沼の存在をめぐって, 化石 **31**, 31-42.
- 塚田松雄 (1963): Umbrella Pine, *Sciadopitys verticillata*, Past and present distribution in Japan, Scienc **142**, p. 1680-1681.
- 山野井 徹 (1974): Note on the first fossil record of genus *Dacrydium* from the Japanese Tertiary, 地質学雑誌 **80**, 9, 421-423.
- (1978): 男鹿半島における新第三系の花粉層序, 地質学雑誌, **84**, 2, 69-86.
- ・津田禾粒・糸魚川淳二・岡本和夫・田口栄次 (1980): 西南日本の中新統中部 から発見されたマングローブ林植物について, 地質学雑誌, **86**, 9, 635-638.
- 山崎次男 (1937): 釧路付近の下部洪積世泥炭の花粉分析, 日本林学会誌, **19**, 12, 551-553.

(1982年6月21日受理)