花粉層序学の現状と問題点

徳 永 重 元* 大 島 秀 明* 伊 藤 良 永*

Recent status and problems of pollen stratigraphy

Shigemoto TOKUNAGA, Hideaki OSHIMA and Yoshinaga ITO

Abstract

The pollen stratigraphy is a part of paleopalynology. The pollen stratigraphy of Tertiary, Quaternary and Mesozoic are not yet completed in Japan.

The oldest fossil spores have been found from the Permian of Kyoto prefecture. The good pollen assemblages have been found over lower Cretaceous, but well preserved Cretaceous specimens is limited to the Hokkaido and northern areas of Tohoku district.

The many Tertiary pollen and spore assemblages have been found from many places through Japan.

In the beginning of pollen analysis in Japan, analysis of lignite and coal was commenced, but now the good samples for analysis are clay, silt and others.

The valuable fossil pollen and spores for correlation are the warm-temperate flora in the northern part of Japan and the cool-temperate species is important in the southern part of Japan.

In the Okinawa-Taiwan area, the pollen of southern conifer, for example *Dacrydium* and *Phyllocladus*, are important for palynological correlation, and also in the south-east Asia, *Rhizophora* and *Sonneratia* are remarkable.

The problems in the palynological correlation are the recognition of derived fossils and the mechanism of transportation of pollen and spore.

まえがき

地層中の花粉・孢子化石を対象とする研究は一般に花粉学 (palynology) の中での一分野である、古花粉学 (paleopalynology) に含まれるが、さらにこの研究を用いて、地質層序や時代の解明を行なうことを花粉層序学 (pollen stratigraphy) という。

花粉を対象とする研究分野は広く、医学・生物学・地質学・農学等にわたっているので、最近では次第に現生植物の花粉のことを扱う分野と化石花粉を扱うものがわかれ、それぞれ討議や集会をもつ傾向が生れて来ている。

しかしながら我国では、いわゆる花粉学全般を研究の対象とする人は少く、それぞれの専門分野の中で花粉をテーマとしているといった状況である。地質学の分野における、花粉・孢子化石群による層序研究は、まだ完成しているわけではなく、他の微化石とくに有孔虫化石にみられるような永年の生層序区分ほど資料が蓄積してはいない。

* 日本肥糧株式会社地質調査室, Nihon Hiryo Co. Geological Division

しかし一般的に他の動物化石が乏しいような淡水成層にもこれらが見出され、海成・陸成をとわず化石が入りうるため有用視されて来ている。

従って我国における花粉層序研究の現状と当面する問題の2, 3をあげて、その発展の一面を描くことにする。

I. 化石産出時代の範囲

我国における最近までの研究によると、最も古い化石は、京都府下の二畳系から見出されたもので *Araucariacites*, *Reticulatasporites*, *Florinites*, *Tasmanites* など裸子植物の祖先型と孢子である。しかし植物葉化石では高知県下や岩手県鷹ヶ森などデボン紀のものが知られている。微植物化石は古生代に藻類以外はとぼしく日本列島の古地理図で明らかなように、海成層が圧倒的に多いので孢子・花粉をもたらすような陸生植物の繁茂が限定されていたことに原因があるかもしれない。

今後とも古生代の地層より孢子化石など発見される可能性はあるが、海外におけるような多量かつ保存良好のものは多く期待しえないのではないか。

中生代に至ると、我国でも植物化石葉の産地として三畳紀の大嶺、津布田、ジュラ紀の手取、小滝等が有名である。これらの地域の岩石中からは未だ良好な微化石の産出は報告されていない。この点については、未だ充分な花粉分析が行なわれていない点もあるが、やはりこれらをもたらす母植物の群集が大きくなかった点と岩相からする推定では一部流され拡散してしまったのではないと思われる。

白亜紀に入ると初めて花粉・孢子群の内容が多彩となってくる。例えば Aptian のものは岩手県宮古から、上部の Senonian~Maastrichtian のものは、福島県双葉、岩手県久慈、さらに北海道中央脊梁山地、東部等から豊富な化石群が産出し、汎世界的な立場からも他の地域との対比が可能である。

第三紀に入れば、花粉・孢子化石群は多くの地層からえられるが、以前は研究の対象は古第三紀の夾炭層からはじめられた。その後炭田地域の海成層の分析に進んだが、大半は炭層のみの分析が主眼となっていた。

その後の検討によると、これらの研究は炭層の花粉学的対比を目的としたため、互に相似た堆積環境の古植生を比較した感があって時代の近接した炭層間では、必ずしもその地層を代表するような結論はえられず、明瞭な差はえられなかったように思われる。

新第三系については、第四紀の泥炭層の花粉分析から発展した研究がすすみ、現在では各地の堆積盆地、とくに北海道中軸部、本州の仙台平野、関東平野、房総の一部、大阪平野、山陰、新潟平野等々において花粉層序が発表されている。

以上から明らかなように、我国の花粉層序確立の可能範囲は、地質時代的には中生代後期以降、白亜系では関東以北のものに限られている。

大陸において二畳系・三畳系・ジュラ系などが花粉層序研究の好適な対象であるに比べ、これは大いに異なる点である。従って我国を中心とする地域において、白亜紀より以降の時代のものについて、詳しく研究されることが期待される。これはまた東南アジアの燃料資源の探査にも大いに役立つことになろう。これと共に同地域の古植生の地域的・地質時代的变化が明らかとなり、後述のような興味ある事実がわかりかけて来ている。

II. 分析試料の多様化

花粉分析については、ここ10年来研究の結果、対象試料が非常に多種となり技術的にも高度のものとなって来ている。

前述のようにかねてから花粉・孢子化石が最も多く含まれていると考えられる炭質物堆積岩—泥炭・亜炭・石炭—などは分析の好対象であったが、最近ではむしろ岩石試料—泥岩・頁岩・粘土等—がよいとい

第1表 化石産出層準
公表された主なもののみ。全部を含まず。

		沖 縄	九 州	本 州	北海道
新 生 代	第 四 紀	有明海 大阪 新潟 房総 東京			十勝 野幌
	鮮 新 世	沖縄本島	能登	秋田 最上(山形) 仙台平野	十勝・羽幌
	中 新 世	西表島	佐世保	美濃 山陰	天北 天塩
	漸 新 世		唐津, 油谷湾 崎戸—松島 筑豊	常磐	釧路
	始 新 世		高島 三池	宇部	石狩
中 生 代	白 亜 紀		大洗(茨城), 久慈(岩手) 双葉(福島) 銚子(千葉) 宮古(岩手)		石狩・西別 遠別・天北
	ジ ュ ラ 紀 三				
古 生 代	二 疊 紀			和束(京都)	

うことが判明している。

その理由としてあげられることは、前記の炭質堆積物中石炭化の変質をうけたものでは含まれている化石が若干保存がよいものもあり、また分析のために硝酸などの強酸を作用させるため化石自体に損傷があることなどである。

さらに礫岩の matrix である泥、細砂岩中の泥などにも化石は含まれていて、礫岩・砂岩なども分析の対象となつている。

ただ sorting のよい珪砂のごときもの、あるいはロームなどの風化生成物などは、化石の保存がよい。

たとえ肉眼で岩相中に植物遺体がみられなくても充分研究には差支えない。海底からの数 gr の岩片にも化石が豊富に含まれていることがあり、ほとんどすべての岩石（堆積岩）が研究の対象となりえている。

試錐調査におけるコアの花粉分析は最も好適で、むしろ地表試料よりも好結果をえることが多い。最近における油田の試錐が堆積盆地の marginal facies で行なわれることが多いので、岩相は陸成・海成の互層が多く海棲微化石の産出が断続的であっても、花粉・孢子化石群はほぼ連続してえられる利点がある。

III. 層序決定に有用な化石群

日本列島は現在北緯25~45°の範囲に位置しその結果植生の差も南北において顕著である。

地質時代とくに新生代における古気候の変化は、葉化石の産出状況からの考察が行われている。

一般的に云って古第三紀は全般的に温暖で新第三紀では温暖、新第三紀では中新世中期の温暖、鮮新世の冷温化などがしられている。

微植物化石とくに花粉・孢子群による古気候推定も、当然母植物群の反映として捉えられるから前述の結果と一致するはずであるが、多くの地域で微視的に扱うためさらに細かい変化が示されている。

例えば針葉樹では大形・小形化石の産出状況が互にことなり、花粉では生産量多く保存もまた良好であるためよく認められる。他方大形では毬果の他針葉がのこりうる場合は少ない。広葉樹の化石葉は形態の保存がよく多くの化石種が記載されているが花粉の場合は属単位の区別は容易であっても種間の区別は葉化石のそれとは対比しえず差異を生ずる。従って両者の構成は必ずしも一致しない。

新第三系中の花粉群では一般に *Liquidambar* (写真1) - *Nyssa-Carya* (写真2) など温暖環境を示すものの消長が注目され、一方落葉広葉樹類の *Betula* (カバノキ), *Fagus* (ブナ), *Ulmus* (ニレ), *Zelkova* (ケヤキ) などの消長変化が、針葉樹の増減と共に、古気候の冷温化として注目される。

写真1 *Liquidambar*

写真2 *Carya*

これと共に *Tilia* (シナノキ), *Podocarpus* (マキ), *Castanopsis* (クリカシ) の量的変化, *Picea* (トウヒ), *Larix* (カラマツ) の存在などがさらに暖寒の変化の marker として考慮されている。

しかし第三紀間、各時代でこのような気候変化が、日本列島に各々様であったかと云えば、花粉分析的にこれをみるとき可成地域の変化が認められる。

例えば古第三紀時代、現在の北海道の地層と九州の同時代地層中の針葉樹花粉構成を比較すると相当の差がある。たしかに近い地域内の試料間の花粉層序は花粉図表を作り比較することにより欠層すら明らかにすることができるが、遠隔地の試料相互では地域的花粉構成変化の比較を背景として対比しなければならないだろう。

北海道および九州東部までにおける新第三系の分析では *Picea*, *Abies* など冷期を示すものの構成変化と共に、一方では温暖性植生を示す前述の *Liquidambar-Carya-Nyssa* などの産出層準が注目されている。

しかし九州に至ると温暖植生花粉は各層に普遍的にみられるようになり、加うるに、*Ephedra* (マオ

写真 3 Dacrydium

写真 4 Florschuetzia

写真 5 Rhizophora

写真 6 Aquilapollenites

ウ) など亜熱帯性植物の花粉も散見するようになる。このような場合、針葉樹および落葉広葉樹の消長が重要となる。

さらに若干南方に至ると、これに加うるに *Phyllocladus*, *Dacrydium* (写真3) など南方系針葉樹類の混入があり *Prodocarpus* (マキ) などと共に、層序決定の手掛りとなってくる。

東南アジア方面における新第三系は、中新世以降、熱帯または亜熱帯性植生を中心とする花粉群によって代表されている。鮮新世においてもこの傾向には変化は少い。

そのため花粉層序区分を立てるためには、全般的に産出し、時代と共に種に変化のある *Florschuetzia* (ハマザクロの類) (写真4) や *Zonocostites* = *Rhizophora* (ヒルギの類) (写真5) が有用となってこれらすべてがマングローブ湿地帯の植生を主体としていることも特質である。

このように同時代であっても、現在の日本列島を南へはなれるに従い、全般の植生構成は漸次亜熱帯より熱帯へと変化し、これは中新世～鮮新世において認められることである。

従って花粉層序の対比は、その試料の地域的特性によってそれぞれ考察を変化させてゆく必要があろう。時代の古い、白亜紀の資料は北海道から関東地方まで多い。その中から汎世界的に有名な *Aquilapollenites*

写真 7 Classopollis

写真 8 Cicatricosisporites

lenites (写真6), *Classopollis* (写真7), *Cicatricosisporites* (写真8) などが見られ、沿海州やアラスカの同時代のものとの対比が可能となっている。*Aquilapollenites* は岩手県久慈以南には、ほとんど見られず当時の分布の南限をここに示しているといえよう。

花粉学的にみて Paleocene の存在は、未だ我国では確かめられていないが、樺太地域ではソ連の学者によって認められている。今後の問題として興味ある点である。

IV. 層序決定における問題点 2, 3

前述の花粉層序を立てる上で、解釈上問題となるのは、二次化石 (derived fossil) である。すなわち古期化石の混入現象であり、その他化石の変質などである。

二次化石は堆積時、下位層の削剝によって上位地層中に化石が混入されたもので、これが著しく時代の異なった2層間では、とくに顕著に認められる。北海道における新第三系中に白亜紀の化石である *Aquilapollenites* などが認められている例などがある。

しかし時代を接している地層間における境界を花粉学的に求める場合、しばしば問題となって来ている。

例えば裏日本の第三系・第四系におけるように、第四系“洪積統”中にも相当量の *Carya*, *Liquidambar* がみられ、沖積層中にさえこれがみられる事例などあり、時代の境界決定における論争を起している。“洪積層”中には亜熱帯植生を示す *Ephedra* すら点在することもある。

海外においてもこのような削剝による混入の問題は重要視され、現在の河川のデルタ堆積物と基盤岩石中との花粉群を比較するなど、解釈の理論的背景をえるに努めている。

これら混入花粉を区別する方法としては染色により新旧を区別する法すなわち二次化石が染りにくい点から区別するが、必ずしもよい結果をえるとは限らない。要するに着色度、産出量、化石種の時代的判断、さらに変形の程度などを総合的に考え解釈をより正確にすべきであろう。

ただ我国で第三系・第四系境界を花粉学的 (古植物学的) に区分するに、前記の *Liquidambar*, *Carya*, *Nyssa* などを第三紀の化石とし、この消滅の上限をもつての区分を画一的に行なうには疑問が生じて来ている。微視的にこれらの化石花粉の産出傾向をみると、本州の中部以南においてさらに若い時代における“レリック”の可能性なきや、疑う余地があるように思われる。

化石の鑑定と共に見逃すことのできないのは化石の変質である。古い時代の花粉化石ほど変質がすすんでいるのは当然ではあるが、必ずしも原則とは一致しない。例えば九州北西部における我々の研究でも、佐世保炭田南部の杵島層群の化石は、北部における上位の佐世保層群のものより保存がよいという結果もえられている。地層がうけた地質変動による影響が花粉化石に鋭敏に示されている例といえよう。この変質の程度 (変形と色) を地質時代の新旧判定のパラメーターとする考えや、古地温の考察にむすびつける

ことも、我国で関心をよび目下試行中の段階にあるといえよう。

我国の例における上記の問題は、地層の蒙っている変動の多い場合必ずしも簡単には結論がでないようである。

堆積現象に伴う粒子の移動は、花粉・胞子化石がミクロン単位の大きさであるため、シルト粒子と同じように水中移動が考えられる。その場合堆積の性状などに影響されよう。

西南日本外帯の九州南部の泥岩を一例にとると、当然化石が入りうると考えられる泥岩などにもほとんど認められないことがあり、化石堆積後の移動・拡散を考えに入れられないわけにはゆかない。ほぼ同時期の水平移動のため時代的層序区分には差支えないかもしれないが。

いづれにしてもこれらの問題点とくに花粉層序の確立のためには、既知地層の花粉学的内容を明らかにすることと、地域的古植物区という考えを加味しつつ考察してゆくことであろう。

総合的にみるととき新第三紀でも現在の本州—九州東部、九州西部—沖縄—台湾、タイ湾—東南アジア赤道地帯、などいくつかの花粉構成からみた“植物区”的 grouping が考えられ、その地域内における花粉対比は可能である。従ってその地域内で地層を花粉学的に対比するには、その地域内の古植生の特長を把握しておく必要がある。

我国での第三系についても、花粉層序解明は未だしの感がある。そのため今後代表地層の模式的分布地において基本花粉層序を確立することは、今後の発展のなによりの仕事である。

引用文献

- 徳永重元・高瀬一成 (1968) : 岩手県久慈炭田産孢子・花粉化石の研究. 地質調査所月報, V. 19, No. 8, p. 495-505.
- 高橋 清・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, No. 73, p. 41-48.
- 佐藤誠司 (1970) : 北海道中軸部の中新統の対比, 地質学雑誌, V. 76, No. 6, p. 283-301.
- 三木昭夫 (1972) : 上部白亜系双葉層群の化石花粉・胞子群, 地質学雑誌, V. 78, No. 5, p. 241-252.
- 三木昭夫 (1972) : Palynological study of the Kuji group in northeastern Honshu, Japan, 北大理学部紀要, V. 15, Nos. 3-4, p. 513-604.
- 徳永重元・尾上 亨・照沼義夫・中村正夫 (1972) : 東日本における中生代花粉胞子化石の研究, その1. 地質調査所月報, V. 23, No. 5, p. 31-37.
- 高橋 清 (1974) : Palynology of the upper Aptian Tanohata formation of the Miyako group, Northeast, Japan, Pollen et Spore, V. 16, No. 4, p. 535-564.
- 佐藤誠司 (1976) : 北海道両竜地域の第三系の層序の花粉分析の面からの検討, 地質学雑誌, V. 82, No. 8, p. 517-529.
- 徳永重元 (1976) : Paleopalynology and its history, 古生物学会記事100年記念号, p. 68-71.
(1976年11月26日受理)