原 著 論 文

佐渡 (中山峠) における新第三系の花粉層序

山 野 井 徹*

(昭和52年12月8日受理)

Neogene Pollen Stratigraphy of the Sado Island, Niigata Prefecture, Japan

By

Tohru YAMANOI

Abstract: The Neogene clastic sediments of the Sado Island are best exposed along the road cutting between Aikawa and Sawane. This district was mapped geologically by SHIMAZU *et al.* (1972). They divided Neogene strata of this district as follows: The Orito, Tsurushi, Nakayama, and Sawane (Kawachi) Formations in order to upward sequence (Fig. 1).

As shown in Fig. 2, 58 samples have been collected from the sequence covering the Orito to Sawane (Kawachi) Formations. All samples were treated with KOH (10%), HF (47%), HCl+HNO₃ (1:1), the acetolysis method, and then a solution of ZnCl₂ (sp. gr.: 2.0). In a microscopic examination of each sample, 100 pollen grains were taxonomically classified and 200 pollen grains were identified except for the Pinaceae pollen grains. The pollen analytical diagrams were shown in Fig. 3 and the results obtained are as follows:

- (1) The pollen floral zones were recognized in the palynological succession in upward sequence:
 - A. *Carya-Liquidambar* pollen zone.
 - B. Taxodiaceae-*Fagus* pollen zone I.
- (2) A sharp boundary between A and B units is recognized in the middle part of the Nakayama Formation, and is correlated to the lower part of the Funakawa Formation which was named the "Funakawa floral change plane" for the pollen stratigraphical horizon in the Oga Peninsula, Northeast Honshu (YAMANOI, 1978).
- (3) The writer hopes to propose that the "Funakawa floral change plane" be a time plane for the Neogene successions of the Inner-Northeast Honshu.

はじめに

石油鉱床の研究においても、地史学的な理解は基本的事項に属する。とくに地層の正しい時代の決定は不可避の課題である。そのため、これまで多くの化石が使われてきた。なかでも、微化石は試錐調査に適することから重視されていた。微化石のうち、花粉化石は火山起源の堆積物を除く泥質な水成の堆積岩であれば、陸成・海成を問わず多量に含まれている。それにもかかわらず、花粉化石はわが国の石油地質に利用されるに至らなかった。このおもな原因は、新第三系の花粉層序が標準化されていないことによるものと考えられる。

筆者はこれまで東北裏日本の新第三系に関する花粉層

序を明らかにしようとしてきた。そしてすでに、秋田県男鹿半島および新潟県胎内川流域の新第三系の花粉層序を作ることができた。これらの地域では花粉化石組成とくに顕著な変化を示す層準がみつかり、同一時間面として対比することができた。この層準は男鹿半島の船川層最下部にあることから、「船川遷移面」と命名された(山野井, 1978)。本論は東北裏日本の花粉層序の確立の一環として、とくに船川遷移面がさらに広域に追跡できるか否かに焦点を当て研究を進めてきたものである。その結果は後述するように、佐渡においても船川遷移面が確認できた。まだ補充すべき点もあるが、一応の区切りとしてここに報告し、各位のご批判を得たいと思う次第である。

小論をまとめるに当たり、新潟大学津田禾粒教授・長谷

* 山形大学教養部地学教室

川美行助教授、山形大学山形理教授からは、ご指導・ご援助を受けた。また、名古屋大学森下晶教授・糸魚川淳二助教授、東北大学相馬寛吉助教授には内容のご検討をいただいた。これらの方々には心よりお礼申し上げ、謝辞とする次第である。

地 質

佐渡に分布する地層の主体は、いわゆるグリンタフ地向斜の初期の岩石類である。これらはおもに安山岩質の熔岩、同質堆積岩類より成り、大佐渡・小佐渡山地を複雑に構成している。これらの岩石類は新第三系下部のものとされ、男鹿半島の西男鹿階～台島階に対比されている（島津ほか，1973）。他方、泥質な一連の海成層は上記岩石類の上位にあり、国中平野などの第四系によって広くおおわれている。このため分布は限られているが、真野湾に面した佐和田町質場付近から相川へ通ずる中山峠の道路の切り取り面では、新第三紀の新期の堆積岩が連続的に露出している（Fig.1）。このことから中山峠周辺の地質は、これまでも多く扱われてきた*。筆者はこの地域の地層の重要性を認め、東北裏日本の花粉層序を確立するためのルートの一つとして選んだ。以下にこのルートで観察された下戸層以上の地層について記述する。なお、地層名は沢根層団研究グループ（1973）が使用したものに準拠する。

下戸層：中山トンネルの相川側口でよく見られる。ここでは下位は粗粒物質が多いが、上位に細粒へと変化する。上部は暗青色のシルト質泥岩よりなり、苦灰岩を介在する。最上部には海緑石質砂岩があり、その上位は硬度を増して黒色頁岩へと移る。海緑石質砂岩はこの層準での鍵層になる（津田，1956）。大型有孔虫として *Opeculina complanata japonica* HANZAWA, *Miogypsina kotoi* HANZAWA を産し、軟体動物では *Ostrea gravitesta* YOKOYAMA, *Pecten kimurai* YOKOYAMA はか多種が報告されている（津田，1956）。なお、この地層上部ではかつて、*Paleopaladoxia tobatai* TOKUNAGA を産したことが知られている。層厚は当地域で約30m。

鶴子層：中山トンネルの佐和田側口から県道に沿ってみられる。岩質は硬く、茶黒色を呈する。風化に弱く細片化し易い。当累層は広い範囲でみれば次に述べる中山層下部と同時異相だとされている（津田，1956）。層厚は当ルートでは約150m。

中山層：中山トンネルより佐和田町側の県道の切り取り法面が好露頭をなし、模式地とされている。岩質的に3分できる。下部は鶴子層からの漸移帯であり、硬質な葉理のある頁岩と塊状のやや硬質な泥岩とが互層し、塊

Fig. 1 Geological map showing sampling route in the Sado Island (from SHIMAZU *et al.*, 1972).

- 1: Terrace deposits; 2: Sawane Formation; 3: Nakayama Formation; 4: Tsurushi Formation; 5: Orito Formation; 6: Basaltic andesite lava and its agglomerate; 7: Pale grayish green dacitic pyroclastics; 8: Welded tuff; 9: Altered andesite lava and its pyroclastics; 10: Fault; 11: Dip and strike.

状泥岩が優勢になる部分をもって中山層とした。中部は鶴子層的な特徴が次第に消え、主として葉理を伴う暗茶色の珪藻質塊状泥岩へと移化する。この泥岩中には優白色の凝灰質粘土および凝灰岩の薄層を介在する。上部はさらに塊状となり、岩相は安定する。このような地層中には、ミミズ状の白色模様（凝灰質）が散在もしくは濃集することが普通である。岩塊は乾燥すると黄白色を呈し、軽い。上部の上位には細粒白色凝灰岩（55cm）と粗粒・細粒が対をなす白色凝灰岩（40cm）の2枚の顕著な凝灰岩層が介在する。層厚は約210m。

河内層：この地域では従来、中山層以上の新第三系は「沢根層」とされていた。その後、沢根層中に不整合が存在するなどの理由でこの累層は下位より河内層・貝立層・質場層に分けられた（新潟県有孔虫研究グループ，1967）。当ルートでは河内層の下部のみが連続的に露出する。岩質は青灰色を呈することが多く、シルト質泥岩が主体をなし、貝化石を含む砂岩を挟む。石灰質団塊層の直上以上を本層とした。

なお、下戸層より下位および河内層より上位の地層については、今回の研究対象外にあるのでその記述は略す。

花粉分析

試料は Fig.2* に示す地点で採取したが、NK-58地点

* たとえば、沢根層団研究グループ（1973）、UCHIO（1974）など。

* この地図は新潟県知事の承認を得て同県発行の5千分の1森林基本図を複製したものである。昭和52年11月18日付治第1317号。

Fig. 2 Detailed locality map of sampling site

はこの図の外にある。この地点は中山トンネル相川口から100m相川寄りの県道南側の露頭（下戸層）である。試料の処理、検鏡の方法およびスギ科の同定基準はすべて山野井（1978）の方法と同様にし、各層準から花粉化石を得た。このうち、主要な産出花粉を選んで花粉分析図（Fig.3）に示し、その産出状況について以下に説明を加える。

Dacrydium: 下戸層（NK-58地点）で4.0%の産出をみるが、鶴子層では産出を認めず、中山層のNK-30地点では1個体の産出があった。河内層では低率ながら連続的に産する。ただし、保存の悪いものが多い。

Metasequoia: 下戸層のNK-58地点で9.0%とやや多く、鶴子層や中山層の下位ではまれで、中山層上位以上の層準でやや高率になる。

Taxodiaceae: 下戸層のNK-58地点で19.0%とやや高率で、鶴子層および中山層中位以上では除々に増加し、河内層のNK-2地点に至って67.0%と最高になる。

Carya: 中山層中位のNK-23地点付近までは安定して多産する。しかしNK-24地点以上の層準では急激に低率化し、中山層上位から河内層では低率ながら連続的に産する程度になる。

Alnus・Betula・Carpinus: 全層準を通じて低率ながら連続的に産出する。

Fagus: 全般に多産するが、とくにNK-21地点付近以上の中山層での産出が目立つ。

Quercus: 全体として安定した構成率で産するが、NK-58（下戸層）や鶴子層ではとくに多い。

Liquidambar・Zelkova: *Carya* ほど多産はしないが、類似した産出傾向を示す。

NAP（草本花粉）: 中山層の中位と上位で多産するが、そのほかの層準では低率である。

なお Fig.3に示してない比較的低率な産出花粉は、次のものがある。

AP（木本花粉）: *Podocarpus*, *Cunninghamia*, *Cupre-*

ssaceae, *Ephedra*, *Populus*, *Salix*, *Myrica*, *Corylus*, *Castanea*, *Pasania*, *Celtis*, *Magnolia*, *Hamamelideaceae*, *Hydrangea*, *Rosaceae*, *Sapinum*, *Acer*, *Aesculus*, *Ilex*, *Rhus*, *Buxus*, *Elaeagnus*, *Nyssa*, *Lagerstroemia*, *Cornus*, *Ericaceae*, *Symplocos*, *Fraxinus*, *Ligustrum*, *Lonicerica*.

NAP（草本花粉）: *Polygonum*, *Chenopodiaceae*, *Caryophyllaceae*, *Ranunculaceae*, *Crucifereae*, *Inpatiens*, *Epilobium*, *Plantago*, *Patrinia*, *Campanulaceae*, *Sparganium*, *Cyperaceae*, *Liliaceae*.

考 察

花粉化石は異地性が強く、陸から遠く運搬されるほど多くの選別を受けて堆積する。日本海のほぼ中央部の底質の花粉組成は90%以上が *Pinaceae*（主として *Pinus* や *Picea*）によって占められている（島倉, 1970）。同様な例は大和堆（KORENEVA, 1961）、オホーツク海（KORENEVA, 1957）あるいは日本海溝（BOULOUARD & DE-RAUZE, 1966）などの日本近海の底質の花粉組成でもみられる。中山峠で扱った地層はすべて海成層である。このため *Pinaceae* は別にした花粉組成に重点をおいた。*Pinaceae* の花粉組成と堆積環境との関係については、後日別に論じたい。しかし、このようにして *Pinaceae* は別に考えたとしても、他の花粉化石の産出比率が堆積当時の陸上の植生の構成比をそのまま忠実に反映するものと考えられることもできない。このことに関しては、これまでも何回かふれてきた（山野井, 1973; 1976; 1978）。すなわちとくに、岩質（堆積環境）と花粉組成との関係が問題であった。中山峠の場合、前述のように岩質から3果層に区分されたが、花粉化石組成の変化と岩質の変化との対応は見出し難く、むしろ中山層中位の層準に組成の大変化を認める。この変化は明らかに同一岩質のなか、すなわち岩質の変化とは無関係に生じている。したがってこのような変化は堆積環境の差から生じたもので

Fig. 3 Pollen diagram showing major floral components of the Tsurushi through

Two sets of members are used for counting: all pollen except Pinaceae, $N=200$; and all pollen percentages for each asterisked bars. Abbreviation: NAP, non arboreal pollen. Sediments: 1, Dark (occurring scattering); 6, Silty mudstone.

はなく、陸上の植生の変化に対応したものと考えられる。

中山峠の一連の地層における花粉化石組成の大きな変化は、前述のとおり中山層の中位の層準において認められる。この層準で、*Carya*・*Zelkova*・*Liquidambar* は減少し始め、代わって *Taxodiaceae* や *Fagus* が優勢になる。これと同じ内容の変化は、すでに新潟県北部の胎内川流域の内須川層の最上位（山野井，1976）および秋

田県男鹿半島の船川層最下部（山野井，1978）で、それぞれ確認した現象である。したがって、中山峠でも上記両地域で行なったように花粉化石帯を2分できる。そこで男鹿半島での化石帯の名称をそのまま適用し、下位を *Carya-Liquidambar* pollen zone、上位を *Taxodiaceae-Fagus* pollen zone I とする。また上記花粉帯の境界は男鹿半島と同様、*Carya* の組成変化に最も顕著に表われているので、安定して多産していた *Carya* の花粉化

Sawane (Kawachi) Formations.

in the "Pinaceae vs. other", N=100 (showing at right-hand). Scale at the base of diagram shown as grayish hard shale; 2, Dark brown massive mudstone; 3, Tuff; 4, Calcareous nodule; 5, Shell fossils

石が減少し始める層準とする。男鹿半島ではこの層準を「船川遷移面」と命名した（山野井，1978）。なお，下戸層では1試料ではあるが *Dacrydium* を4%も産するなど，西黒沢層の産出状況に類似する。したがって，*Carya-Liquidambar* pollen zone は男鹿半島で細分したように，下位の *Liquidambar* subzone と上位の *Carya* subzone とに2分される可能性がある。

以上に述べた花粉化石や，他の主要な花粉化石の産出

状況を層序との関係で Fig.4 に示す。

次に対比についてであるが，男鹿半島，胎内川流域あるいは新潟県十日町市西部の対比はすでに行なった（山野井，1978）。このうちとくに，標準花粉層序的内容をもつ男鹿半島との対比を以下に試みる。

下戸層は分析した試料数が少ないが，かなりの *Dacrydium* を伴うことから西黒沢層か台島層のいずれかに対比できる。ただこの層準は男鹿半島でも分析試料数が

Fig. 4 Schematic diagram showing prosperity and decline of major floral elements in the Sado Island.

Fig. 5 Correlation of pollen stratigraphy of the Sado Island with those from three other localities.

少ないので詳細な対比は今後の課題である。*Dacrydium* は男鹿半島では確実な産出は女川層の上部まで認められている。佐渡では、鶴子層からは検出されなかったが、中山層の中部層の中位の層準まで産出を認めた*。このことから、中山層の中位は女川層の上位に対比される可能性がある。中山層中位層準までの花粉化石の産出は、*Carya*, *Liquidambar*, *Zelkova* を主体としている。ところがここより上では、上記の花粉組成に代わって *Taxodiaceae* や *Fagus* を主体とする組成へと急激に変わる。この層準は前述した船川層最下部の船川遷移面に対比できる。中山層上位から河内層の下位は *Taxodiaceae* や *Fagus* を主体とし、大きな変化がない。このことから、これらの層準は船川層の大部分に対比され、一部は北浦層までに対比される可能性もある。

以上のような男鹿半島との対比にさらに他地域の結果をも加えれば、本地域の花粉層序は Fig.5 のように位置付けられる。

大型植物化石との関係はすでに山野井 (1978) が男鹿半島の花粉層序と対比したように、当地域でも *Carya-Liquidambar* pollen zone は TANAI (1961) の区分する台島型植物群に当たる。他方、*Taxodiaceae-Fagus* pollen zone I は同じく三徳型植物群に相当する (ただしこの花粉帯の全部が三徳型植物群に対比されるか否かは不明である)。したがって台島・三徳型植物群の境界は船川遷移面、すなわち佐渡においては中山層中位の層準に引くことができる。なお、佐渡では阿仁合型植物群に相当する関植物化石群の報告がある (藤岡・西田, 1960)。この層準は本論で扱った最下位の下戸層よりさらに下にあり、花粉層序的にいかなる連続にあるかは今後の課題である。また、河内層以上もさらに精密な層序的検討を加えた後、その花粉層序について扱ってみたい。

ま と め

新潟県佐渡に分布する新第三系のうち上位の海成層は、中山峠ではほぼ連続的に露出している。ここでは下位より、下戸層・鶴子層・中山層および河内層が観察できる。ここから58試料を採取して花粉分析を行なった。その結果は次のようにまとめられる。

1. 花粉化石帯は下から次の2帯に大別される。

A. *Carya-Liquidambar* pollen zone (下位の *Liquidambar* subzone と上位の *Carya* subzone に細分される可能性がある)。

B. *Taxodiaceae-Fagus* pollen zone I

2. 花粉組成の最も顕著な変化は上記A・B間にあ

る。この層準は男鹿半島の花粉層序の船川遷移面に対比される。したがって中山層中位は船川層最下位と同時代と考える。

3. 船川遷移面は男鹿半島のほか、新潟県胎内川流域 (内須川層最上位) および今回の研究地である佐渡で確認された。今後さらにこの層準が新第三系の同一時間面として追跡されることが期待される。

文 献

- BOULOUARD, C. and DELAUZE, H. (1966): Analyse paynoplantologique de sédiments prélevés par le bathyscaphe "Archimède" dans la Fosse du Japon. *Marine Geol.*, vol. 4, p. 461-466.
- 藤岡一男・西田彰一 (1960): 佐渡島の関植物化石群。佐渡博物館研究報告, 第三集, p.1-26.
- KORENEVA, E.V. (1957): Spore-pollen analysis of bottom sediments from the Sea of Okhotsk. *Tr. Inst. Okeanol. Akad. Nauk SSSR*, vol. 22, p. 221-251 (in Russian).
- (1961): Research according to the method of spore-pollen analysis of two cores of marine sediments from the Japanese Sea. *Okeanologiya*, no. 4, p. 651-657 (in Russian).
- 新潟県有孔虫研究グループ (1967): 佐渡沢根地域の有孔虫化石群集 (予報) — 有孔虫化石群集による「沢根層」の再検討 —。平松義尚先生退職記念論文集, p.113-119.
- 沢根層団体研究グループ (1973): 佐渡ヶ島におけるいわゆる沢根層の化石生物層序学的研究。新潟大学教育学部高田分校研究紀要, 18号, p.187-203.
- 島倉巳三郎 (1970): 日本海海底堆積物の花粉分析。日本海, 5号, p.27-30.
- 島津光夫・ほか18名 (1972): 「佐渡」地質図 (5万分の1), 日本油田・ガス田図, 11, 地質調査所。
- ・金井克明・外山哲英・市橋紘一・皆川潤・高浜信行 (1973): 佐渡島の地質構造発達と火成活動。地質学論集, 9号, p.147-157.
- TANAI, T. (1961): Neogen floral change in Japan. *Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ.*, vol. 11, no. 4, p. 119-398.
- 津田禾粒 (1956): 古地理よりみた佐渡の地史, いわゆる Green Tuff 地域の中新統に関する堆積環境の研究。地質雑, 62巻, p.550-558.
- UCHIO, T. (1974): Tertiary nanoplankton stratigraphy of Sado Island, Niigata Prefecture, and a proposal of the *Braarudosphaera bigelowi-Coccolithus pelagicus*

* 河内層から産出する *Dacrydium* は現段階では一応二次化石と考えておきたい。

zone for the Pliocene of Japanese oil fields of Japan Sea Side. *Rep., Geological Survey of Japan*, no. 250-1, p. 235-254.

山野井 徹・新戸部 隆(1970)：魚沼層群の花粉層序学的研究—そのⅡ，十日町市西部地域—，第四紀研究，9巻，p.53-64.

——(1973)：古湖底（魚沼層群上部）における花粉粒子

の堆積特性，地質雑，79巻，p.599-610.

——(1976)：新第三系の花粉化石—新潟県胎内川流域—，新潟大学理学部地質鉱物学教室研究報告，4号（西田彰一教授退官記念論文集），p.197-206.

——(1978)：男鹿半島における新第三系の花粉層序，地質雑，84巻 p.69-86.

Explanation of Plate I

(×700)

1. <i>Dacrydium</i> ; polar view, NK-30.	14. <i>Liquidambar</i> ; NK-56.
2. <i>Taxodiaceae</i> ; equatorial view, NK-11.	15. Do.; NK-5.
3. <i>Metasequoia</i> ; polar view, NK-16.	16. <i>Carya</i> ; polar view, NK-1.
4. <i>Pterocarya</i> ; polar view, NK-24.	17. Do.; NK-14.
5. <i>Carpinus</i> ; polar view, NK-21.	18. <i>Lagerstroemia</i> ; polar view, NK-14.
6. <i>Zelkova</i> ; polar view, NK-35.	19. <i>Ericaceae</i> ; NK-19.
7. <i>Acer</i> ; oblique polar view, NK-54.	20. <i>Chenopodiaceae</i> ; NK-15.
8. <i>Aesculus</i> ; equatorial view, NK-24.	21. <i>Impatiens</i> ; polar view, NK-24.
9. <i>Betula</i> ; polar view, NK-24.	22. <i>Fagus</i> ; polar view, NK-30.
10. <i>Nyssa</i> ; polar view, NK-8.	23. <i>Carya</i> ; polar view, NK-21.
11. <i>Corylus</i> ; polar view, NK-35.	24. <i>Compositae</i> ; oblique polar view, NK-24.
12. <i>Quercus</i> ; equatorial view, NK-37.	25. Do.; equatorial view, NK-21.
13. <i>Tilia</i> ; polar view, NK-21.	26. Do.; polar view, NK-21.

Plate I