

(原著論文)

## 中国地方に分布する中新統備北層群・勝田層群の 花粉化石と古植生変遷

森 将志<sup>1)</sup>・山野井 徹<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>東北ニュークリア株式会社 〒033-0024 青森県三沢市東岡三沢 2-41-14

<sup>2)</sup>山形大学理学部地球環境学科 〒990-8560 山形市小白川町 1-4-12

(2002年3月26日 受付, 2003年6月9日 受理)

Pollen assemblages and palaeovegetation changes of the Bihoku  
and Katsuta Groups in Hiroshima Prefecture  
and Okayama Prefecture, southwest Japan

Masashi MORI<sup>1)</sup> and Tohru YAMANOI<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Tohoku Nuclear Co. Ltd.,

2-41-14 Higashiokamisawa, Misawa 033-0024, Japan

<sup>2)</sup>Department of Earth and Environmental Sciences, Faculty of Science, Yamagata University,  
1-4-12 Kojirakawa-machi, Yamagata 990-8560, Japan

Pollen assemblages from the Middle Miocene Bihoku and Katsuta Groups in southwest Japan have been studied to reconstruct the paleovegetation and paleoclimatic history. The assemblages mainly consist of evergreen *Quercus*. Mangrove genera such as *Bruguiera* and *Rhizophora* were discovered from the Katsuta Group, which indicates a tropical or subtropical climate. The assemblages do not show considerable stratigraphic changes, whereas the sedimentary environments remarkably changed from land to deep sea. The assemblages are correlated with those from the NP-2 Zone of the Japanese Neogene palynological zonation.

**Key Words:** Middle Miocene, Pollen analysis, Mangrove pollen, Bihoku Group, Katsuta Group

### 緒 言

我が国の中期中新世には短期間ではあるが熱帯～亜熱帯気候が広がっていたと考えられ、この短期間の温暖化はトロピカルスパイクと呼ばれている<sup>(1)</sup>。この時期は花粉化石帯でいう NP-2 帯が堆積した期間の一時期にあたり、富山県をはじめ中部地方、中国地方などではマングローブ植物を含む花粉化石群集が明らかにされている<sup>(2, 3, 4, 5, 6, 7)</sup>。こうしたマングローブ植物花粉化石を産出する地層として広島県北東部から岡山県北西部にかけて分布する備北層群、勝田層群がある<sup>(6, 7)</sup>。備北層群、勝田層群の花粉化石群集には熱帯～亜熱帯的な古環境を示すものを含んでおり、両層群

堆積期間の一時期を特徴づける<sup>(6, 7)</sup>。しかし、その前後の時期における両層群の古植生およびその変遷については明らかにされていない。そこで本研究では花粉分析結果を用いて備北層群、勝田層群形成時の古植生の変遷を時空的に明らかにすることを目的とした。また備北層群、勝田層群においては数多くの浮遊性微化石の研究があり、微化石層序による地質年代の検討がなされている<sup>(8, 9, 10, 11, 12)</sup>。本研究では従来の微化石層序の研究に加え、備北層群、勝田層群から産出する花粉化石群集と日本海海底堆積物コアの花粉化石群集との対比をもとに、両層群の地質年代についても考察した。



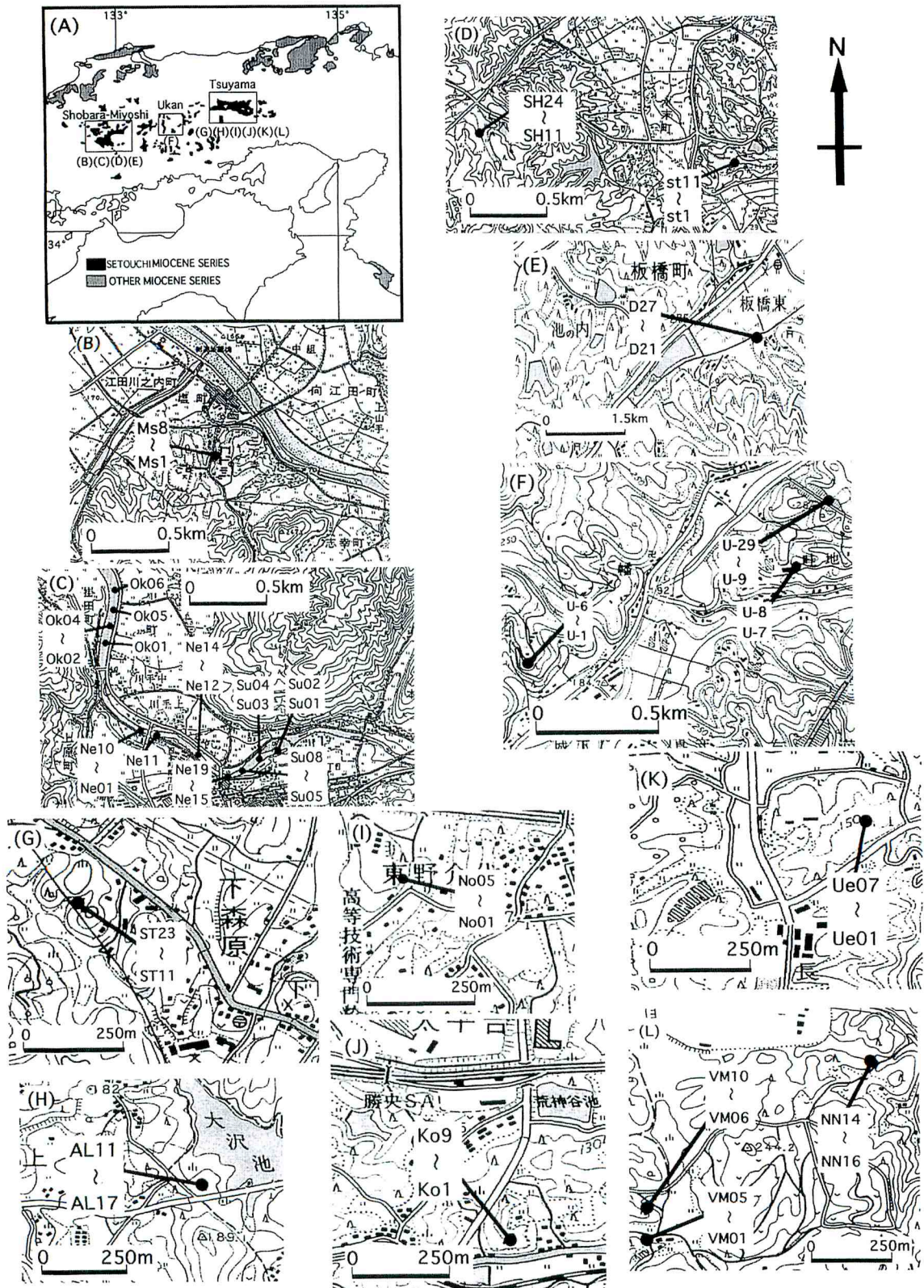


Fig. 1. Maps showing the sampling localities. Map (A) is an index map showing distribution of the Miocene series in southwest Japan. (Modified from Shibata<sup>(14)</sup>.) Maps (B)-(L) are cited from topographic maps (1/25,000) published by the Geographical Survey Institute. Map name is (B): Mirasaka, (C) (D): Shobara, (E): Inakusa, (F): Ukanichiba, (G) (H): Kagami, (I) (J) (K): Tsuyamatobu and (L): Nihonbara.



## 地質概況および試料

広島県北東部から岡山県北西部の山間盆地周辺および吉備高原には瀬戸内区に含まれる中新統が広く分布している<sup>(13, 14)</sup>。本研究ではそれらの地域に位置する庄原-三次地域、有漢地域、津山地域を調査対象とした (Fig. 1)。

広島県の庄原-三次地域に分布する中新統は備北層群とよばれ、下位から塩町累層、是松累層、板橋累層に区分されている<sup>(15)</sup>。塩町累層はシルト岩、砂岩、礫岩、亜炭層からなり、三次市塩町を中心とする半径数キロの狭い範囲に分布する<sup>(15)</sup>。礫岩、砂岩、泥質砂岩などからなる是松累層と、泥岩、砂岩泥岩互層からなる板橋累層は庄原地域に発達しており、白亜系の基盤岩とアバットの関係にある<sup>(15)</sup>。備北層群では塩町累層から8試料 (Fig. 1(B), Fig. 2)、是松累層から43試料 (Fig. 1(C), (D), (E), Fig. 2, Fig. 3)、板橋累層から22試料 (Fig. 1(C), (D), (E), Fig. 2, Fig. 3) を採取した。

岡山県上房郡有漢町では、備北層群相当の有漢累層が広域農道工事による大規模露頭 (幅 300m、高さ 30m) にあらわれ、藤原ほか<sup>(16)</sup>によりその周辺地域の地質を含めて堆積相および化石相が明らかにされている。この地域の中新統は下位より礫岩、粗粒砂岩を主体とする河川成堆積物、炭質泥まじりの中粒砂岩を主体とする入江や河口付近の堆積物、粗～中粒砂岩を主体とする外浜成堆積物、シルト～細粒砂岩を主体とする沖浜成堆積物へと移り変わり、上位ほどより深い水深での堆積物となっている<sup>(16)</sup>。本地域からは29層準 (Fig. 1(F), Fig. 4) で試料を採取した。

一方、岡山県北部に位置する津山地域には勝田層群とよばれる中新統が分布しており、下位から植月層、吉野層、高倉層に区分されている<sup>(17)</sup>。植月層は植物化石を産出し亜炭層を挟むことを特徴としている<sup>(17)</sup>。吉野層は主に粗粒堆積物からなり、汽水棲貝化石を産出することを特徴とする<sup>(17)</sup>。高倉層は下部の泥岩と上部の砂岩泥岩互層からなるが、砂岩泥岩互層は基盤岩に直接オーバーラップするところもある<sup>(18)</sup>。なお、植月層、吉野層、高倉層はそれぞれ備北層群の塩町累層、是松累層、板橋累層に対比されている<sup>(19)</sup>。勝田層群では植月層から5試料 (Fig. 1(L), Fig. 5)、吉野層から29試料 (Fig. 1(I), (J), (K), (L), Fig. 5, Fig. 6)、高倉層から20試料 (Fig. 1(G), (H), Fig. 6) を採取した。

## 花粉分析方法

堆積物中から花粉化石を抽出するために次の処理法を行なった。まず、試料を乾燥後粉碎し、孔径 0.2mm

のふるいで篩い分けする。KOH 処理、フッ化水素酸処理、王水処理、アセトリシス処理、塩化亜鉛比重分離法の順で花粉化石を濃縮し、残渣をグリセリンゼリーで封入してプレパレートを作成した。検鏡は光学顕微鏡を用いて 400 倍で行なった。本研究で扱った試料はほとんどが海成層であることから、マツ科針葉樹花粉の堆積が過剰になることを考慮し、分析結果の表示や植生の検討を山野井<sup>(20)</sup>の方法に従った。すなわち全種類の花粉化石を 100 個体数えた花粉組成と、マツ科針葉樹 (*Pinus*, *Abies*, *Picea*, *Tsuga*) の花粉化石を除き、200 個体数えた花粉組成の二つの花粉化石集団を求めた。それぞれの集団で花粉組成を百分率で求め、花粉分布図 Fig. 2~6 では、前者の花粉集団のうちマツ科針葉樹のみの花粉組成を右側に、後者を左側に表示した。

## 分析結果

産出する花粉化石は全体的に常緑の *Quercus* (以下、*E. Quercus* と記す) が多産し、陸成層から海成層にかけて *E. Quercus* の産出率がわずかに増加するという傾向が共通にみられる。以下に各地域ごとに記述する。

### 1. 庄原-三次地域

庄原-三次地域の備北層群からの全花粉化石産出状況を Fig. 2, 3 に示す。塩町累層においては *E. Quercus* の産出率が約 20% と最も高く、次いで *Liquidambar* が高い。*Trapa*, *Persicaria*, *Sparganium* の産出は塩町累層だけに限られるが、なかでも *Trapa* は 16% の産出を示す層準があった。是松累層においては *E. Quercus* の産出率が 30~80% となる。西城川の是松累層では *E. Quercus* について *Castanopsis* の産出率が高い。永末の板橋累層においても *E. Quercus* の産出率が最も高い。

### 2. 有漢地域

有漢地域の各層準からの全花粉化石産出状況を Fig. 4 に示す。本地域では *E. Quercus* が 20~90% の産出で最も高く、次いで *Castanopsis* が 6~30% となる。最下部の陸成層においては *Pterocarya*, *Carya*, *Carpinus* などの落葉広葉樹が 1~15% の産出を示すが、上位の海成層になると低率化する。

### 3. 津山地域

津山地域の勝田層群からの全花粉化石産出状況を Fig. 5, 6 に示す。植月層においては *E. Quercus* が 30~68% の産出で最も高く、次いで *Castanopsis* が 10~60% の産出を示す。吉野層においても *E. Quercus*, *Castanopsis* の産出が多いが、荒神谷では *E. Quercus*,

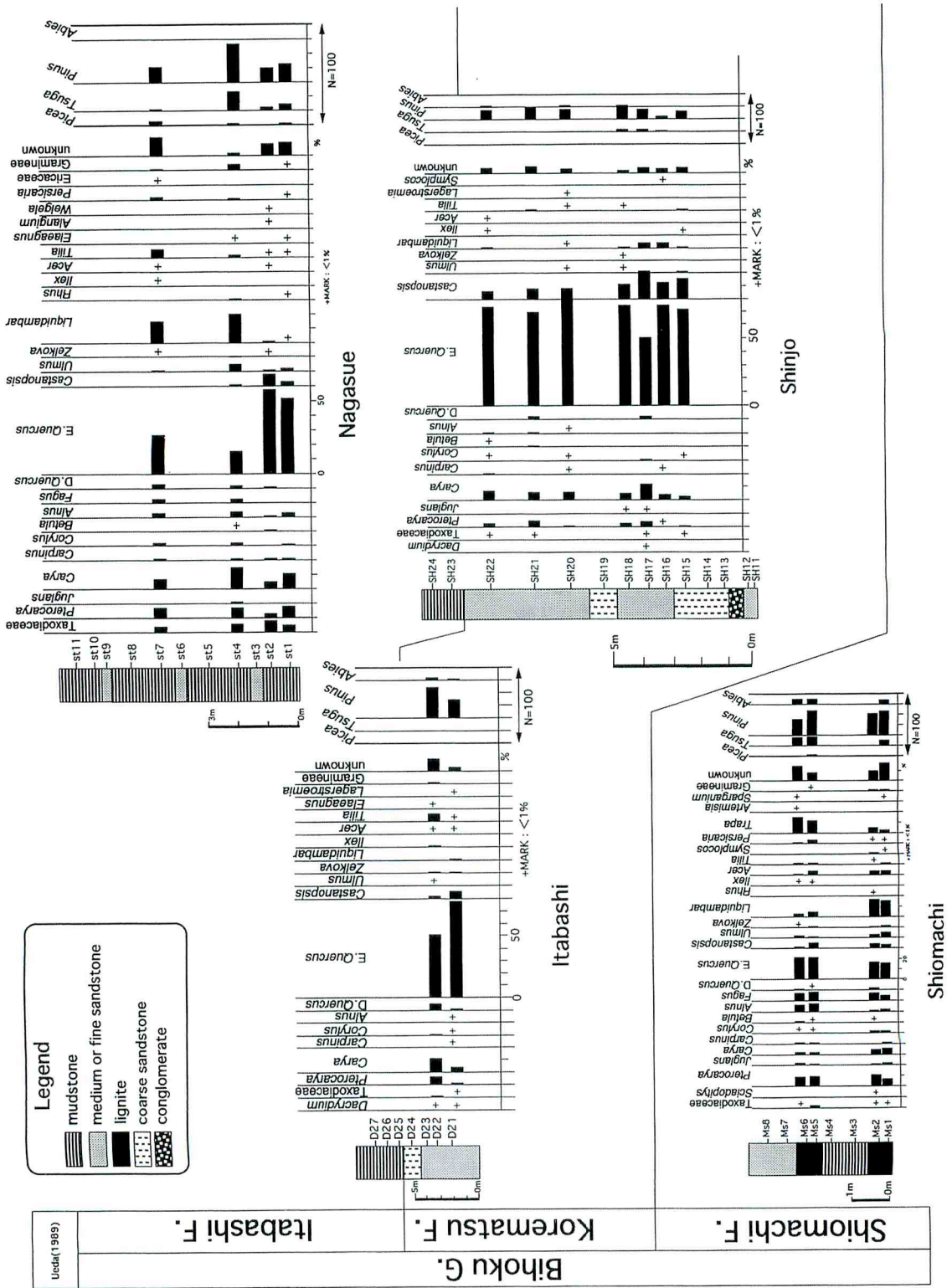


Fig. 2. Pollen diagrams showing the components of the Bihoku Group.



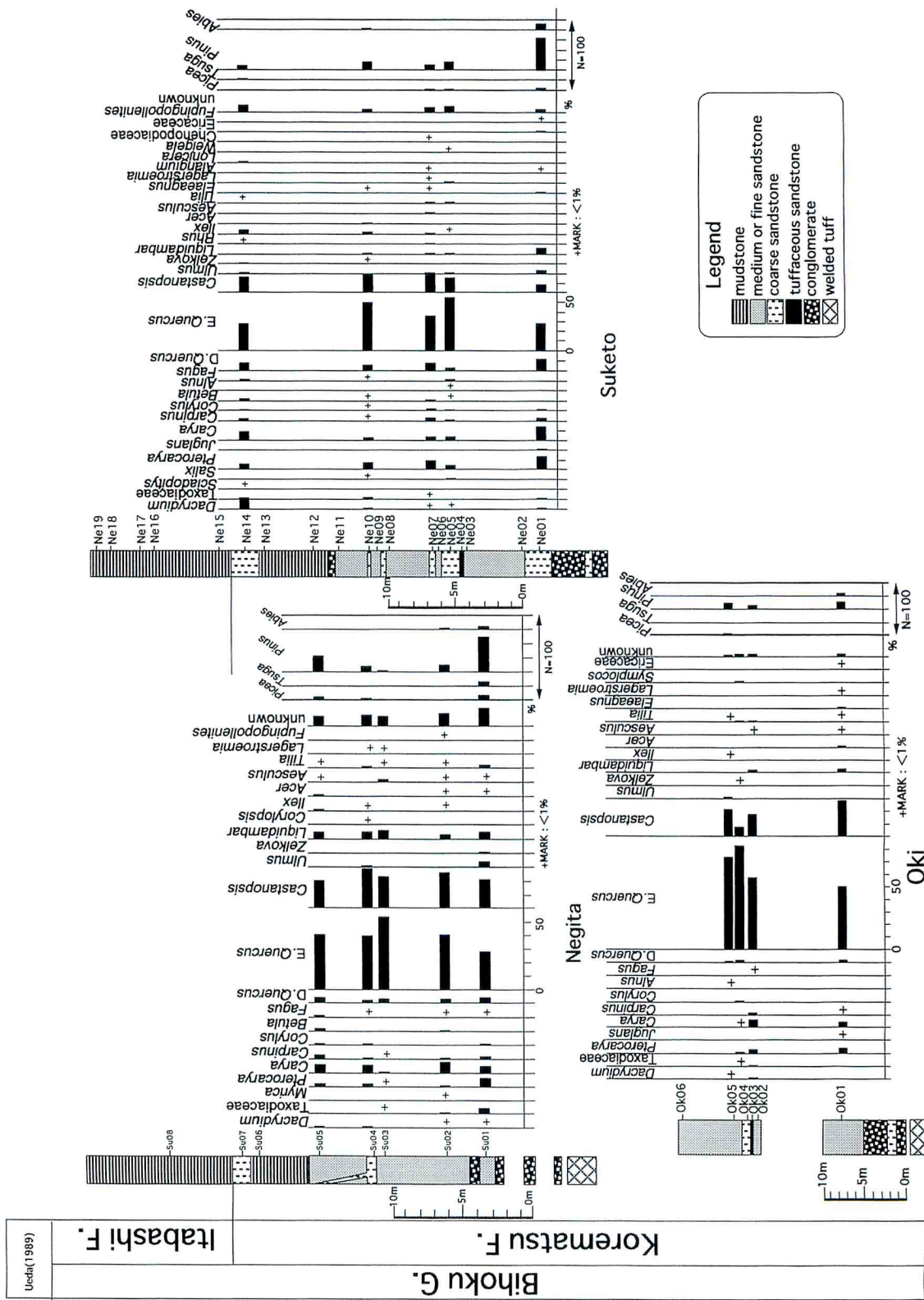


Fig. 3. Pollen diagrams showing the components of the Bihoku Group in the Saijogawa area. Columnar sections cited from Yamamoto (11).

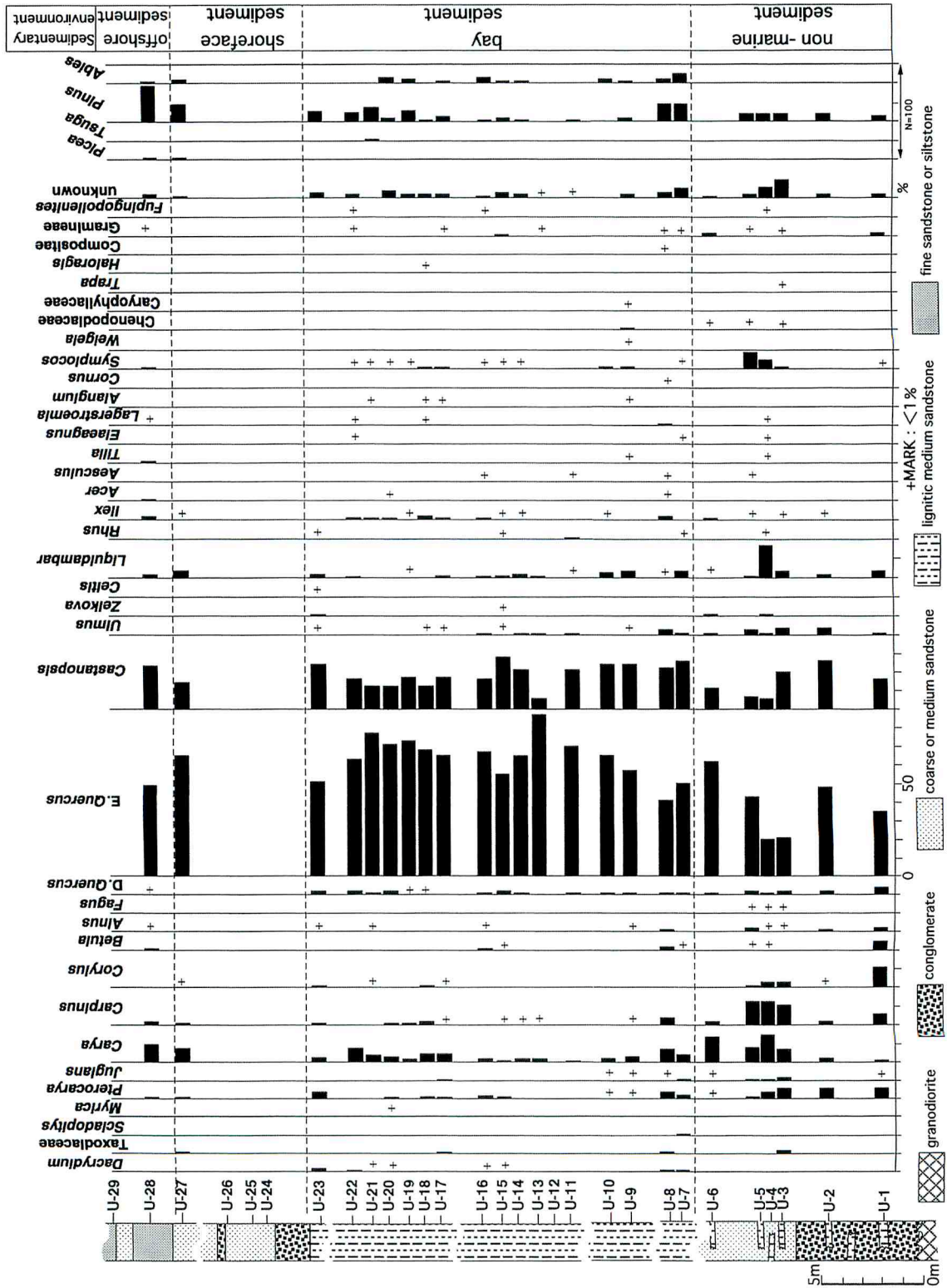


Fig. 4. Pollen diagram showing the components of the Miocene sediments in the Ukan area.

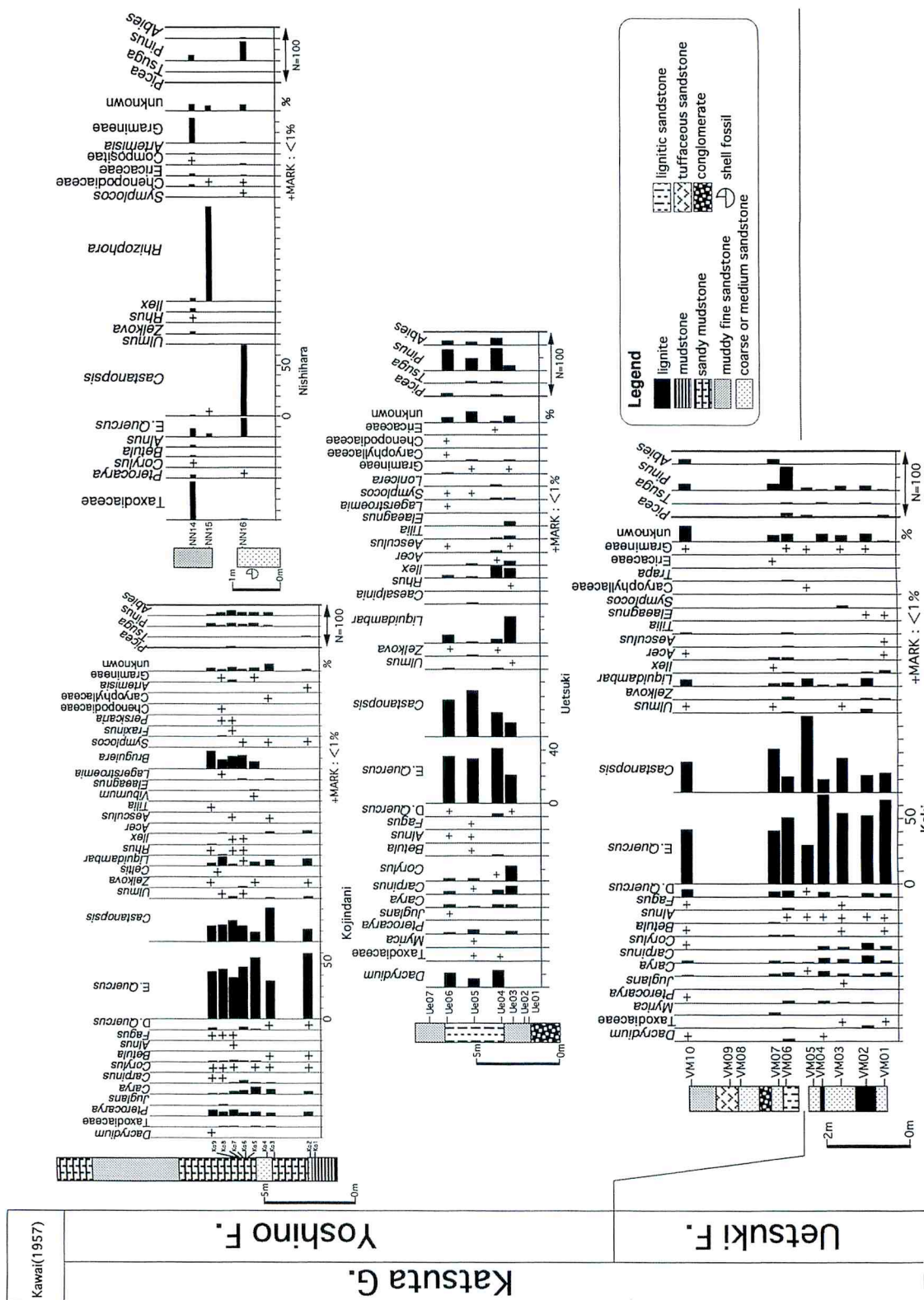


Fig. 5. Pollen diagrams showing the components of the Katsuta Group.







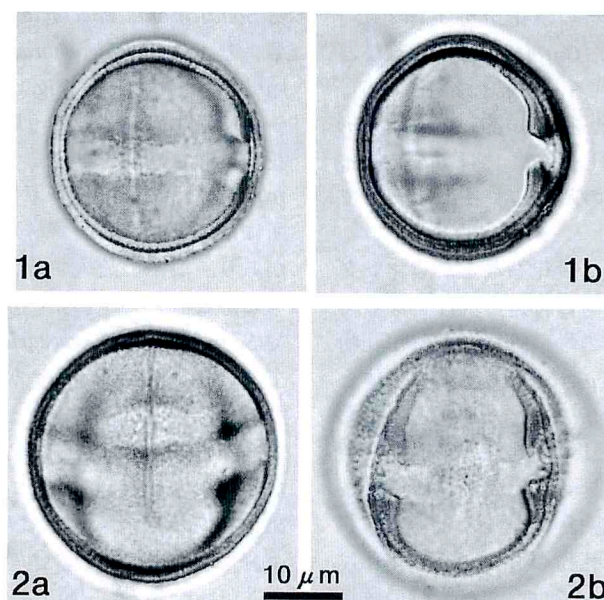


Fig. 7. Mangrove pollen fossils of *Rhizophora* sp. Occurred from Nagi town, Okayama prefecture (Loc. NN15). 1a, 2a: colpus and endoapertural surface are in focus. 1b: Optical meridional section. 2b: colpus and endoaperture of opposite hemisphere of 2a.

*Castanopsis* の産出と共に *Bruguiera* が 7~17% 産出する。また、奈義町西原における吉野層では貝化石の *Solidicorbula succincta* (YOKOYAMA) の産出層準より 1m 程度上位に *Rhizophora* が 90% で高率に産出した (Fig. 7)。高倉層においては上田邑で *E. Quercus* の産出が 53~65% と最も高い。しかし、下森原においては *E. Quercus* の産出率が 10~20% と非常に低く、Taxodiaceae が 60% 以上の産出を示す層準がある。

## 考 察

### 1. 堆積環境を考慮した古植生復元

#### 1-1. 庄原-三次地域の中新統

塩町累層の模式地とされる三次市塩町の試料を採取した地層は、青灰色を呈したシルト岩および砂岩からなり、亜炭層を挟む。花粉化石産出層準は亜炭層で *E. Quercus*, *Liquidambar* を主体とする (Fig. 2)。さらに *Trapa*, *Sparganium* などの水生植物花粉を産出していることから塩町累層は湖沼成の堆積物である。また、塩町累層からは常緑カシ類をはじめとし、*Liquidambar* などの大型植物化石が多数産出している<sup>(21)</sup> ことから、当時の陸域には *E. Quercus* を含む照葉樹林や *Liquidambar* があり、湖沼には *Trapa*, *Sparganium* などが生育していたと考えられる。

是松累層からは汽水~浅海の環境を示す貝化石の報告が多い<sup>(22, 23, 24, 25)</sup>。また、今回花粉分析を行なった西城川河床の備北層群では、岩相および化石相から岩石海岸に囲まれた溺れ谷のような堆積環境が推定されて

おり、上位にむかって深海化する傾向が明らかにされている<sup>(11)</sup>。これは塩町累層からは松累層堆積時にかけて海進があり、陸域から海域へと変化したことを示している。こうした是松累層に含まれる花粉化石の組成は、塩町累層が示す局地的な古植生よりもっと広い海域周辺の古植生を反映するものと思われる。また、海域ではマツ科針葉樹花粉の堆積が過剰になる<sup>(26, 27)</sup> ことを考慮して、それらの花粉を除いた花粉組成をみると、西城川、板橋、新庄の是松累層ではいずれの層準においても *E. Quercus*, *Castanopsis* の花粉が多産し、累層内での花粉組成の変化はみられない (Fig. 2, 3)。このことは当時の海岸周辺には *E. Quercus*, *Castanopsis* を含む照葉樹林が広がっており、是松累層堆積期間にもその照葉樹林が継続して存在していたことを示すものと考えられる。

板橋累層は下部の塊状泥岩と上部の泥岩砂岩互層からなり、産出する貝化石などから堆積環境が深海化したことが読み取れる<sup>(24, 25)</sup>。板橋累層下部においては花粉化石の産出が認められないが、永末における板橋累層上部の泥岩砂岩互層中からは *E. Quercus* が多数産出しているため (Fig. 2)、板橋累層堆積時においても *E. Quercus* を含む照葉樹林が存在していたことが考えられる。

#### 1-2. 有漢地域の中新統

この地域の中新統の最下部層は海生化石を全く含まず、堆積相からは河川の堆積環境が推定される<sup>(16)</sup>。こうした地層に含まれる花粉化石は *E. Quercus*,



*Castanopsis* などの照葉樹林要素の花粉を主体とし、低率ながら *Pterocarya*, *Carya*, *Carpinus*, *Corylus* などの落葉広葉樹の花粉が含まれる (Fig. 4, U-1~U-6). よって、当時の河川流域には *E. Quercus*, *Castanopsis* を主体とする照葉樹林が発達し、そこには *Pterocarya*, *Carya*, *Carpinus*, *Corylus* などの落葉広葉樹も生育していたものと思われる。

その上位層準の堆積環境は、貝化石などからマングローブ沼の潮間帯が存在する河口付近の入江となることが推定されている<sup>(16)</sup>。その堆積物に含まれる花粉化石は下位と同じく *E. Quercus*, *Castanopsis* を主体とする花粉組成を示すが、*Carpinus*, *Corylus* などの落葉広葉樹花粉の産出がわずかに低率化する (Fig. 4, U-7~U-23)。この層準では堆積環境が陸域から海域に変化したことで、花粉の集積範囲が広がったと考えられる。よって、この落葉広葉樹花粉のわずかな低率化は、陸域環境の変化に対応したものではなく、当時の陸域で最も優勢であった *E. Quercus*, *Castanopsis* の花粉の集積範囲が広がることで相対的に起こったものと考えられる。

その上位の層準の堆積環境は、産出する貝化石や岩相から外浜と推定されている<sup>(16)</sup>。この堆積物は花粉化石が保存されるのには適しておらず、1試料以外では花粉化石の産出が認められなかったが、ここでも *E. Quercus* と *Castanopsis* を多産する (Fig. 4, U-27)。

さらに上位の堆積環境は、貝化石、サメの歯、クジラ化石などの産出から沖浜が推定されている<sup>(16)</sup>。ここに含まれる花粉組成は下位と同じく *E. Quercus*, *Castanopsis* を主体とするものである (Fig. 4, U-28)。このことは外浜から沖浜へと堆積環境の変化があったにもかかわらず、それは花粉組成を大きく変えるようなものではなく、当時の植生は *E. Quercus*, *Castanopsis* 主体の照葉樹林が続いていたものと思われる。

### 1-3. 津山地域の中新統

植月層は礫岩や砂岩などからなり、亜炭層を挟み、植物化石を産出することから陸成層と考えられている<sup>(17)</sup>。よって、植月層の花粉組成は陸域の局地的な古植生を反映しているものと思われる。分析試料は奈義町柿の砂岩層と亜炭層から採取したが、この花粉組成は *E. Quercus*, *Castanopsis* を主体とするため、当時の陸域には照葉樹林が広がっていたものと思われる (Fig. 5)。

吉野層においては *Bruguiera*, *Sonneratia*, *Avicennia*, *Rhizophora* の4属のマングローブ植物花粉の産出が報告されている<sup>(6, 7)</sup>。本研究においても勝央町荒神谷では *E. Quercus*, *Castanopsis* とともに *Bruguiera* が7~17%の産出を示し、奈義町西原では門ノ沢動物群に属す

*Solidicorbula succincta* (YOKOYAMA) の産出層準より上位で *Rhizophora* が90%もの高率で産出する層準が見出された (Fig. 5)。マングローブ植物は熱帯~亜熱帯の潮間帯という限られた区域に分布し、その花粉生産量が少ないという特徴がある<sup>(6)</sup>。それにもかかわらず、これほど高率に産することは、当時この場所には、マングローブ林が存在する内湾もしくは河口があり、海水の流入する泥地が存在したと考えられる。なお、これまで中新統のマングローブ植物の花粉として *Sonneratia* や *Excoecaria* の卓越する群集が知られていたが<sup>(2)</sup>、*Rhizophora* が優占する群集の存在は知られていなかった。

高倉層では上田邑の砂岩泥岩互層から *E. Quercus* が多産しており、下位と同じく *E. Quercus* を含む照葉樹林が広がっていたと思われる (Fig. 6)。しかし、下森原においては *E. Quercus* にかわり、*Taxodiaceae* がかなり高率に産出している (Fig. 6)。この *Taxodiaceae* の増加については、調査対象地域の他地点では見られない傾向であり、データが不十分なので詳細についての言及をさけない。

## 2. 対 比

日本の新第三系における花粉分析学的研究は、主に東北地方や日本海側に分布する海成層を中心に行なわれ、花粉組成の特徴にもとづき NP-1 から NP-5 までの5つの花粉化石帯が設定されている<sup>(28)</sup>。また、国際深海掘削計画 (ODP) によって日本海の大和海盆から連続したコアが得られ、その花粉化石群集が明らかにされた<sup>(29)</sup>。その結果、陸域に分布する海成層の花粉化石群集と日本海コアの花粉化石群集がよく対応しており、花粉化石帯の示準性が提示されている。この日本海コアは連続して採取されているため、新第三紀花粉化石群集の一連の変化が反映されている。また、日本海コアでは同時に行なわれた他の海生微化石層序も明らかであるために、各花粉化石帯に精度の高い地質年代の目盛りが入れられ、地質年代の位置付けも明らかにされている。以下に今回得られた備北層群、勝田層群の花粉化石群集と日本海コアから得られている花粉化石群集との対比を試みる。

日本海コアの花粉化石帯を識別する方法としては、*E. Quercus*+*Liquidambar*, *Carya*, *Fagus* の量比を成分とする三角ダイアグラム上に分析結果をプロットする方法が有効とされている<sup>(29)</sup>。そこで今回の分析結果を三角ダイアグラムにプロットすると Fig. 8 に示すようになり、いずれの層準の花粉組成も NP-2 帯に対比される。NP-2 帯は主に *E. Quercus* を主体とし、*Liquidambar*, *Carya*, *Dacrydium* などの第三紀型植物花粉の産出を特徴とするもので、その花粉化石群集は大型植物化石の台島型植物群に対比される<sup>(28)</sup>。備北層



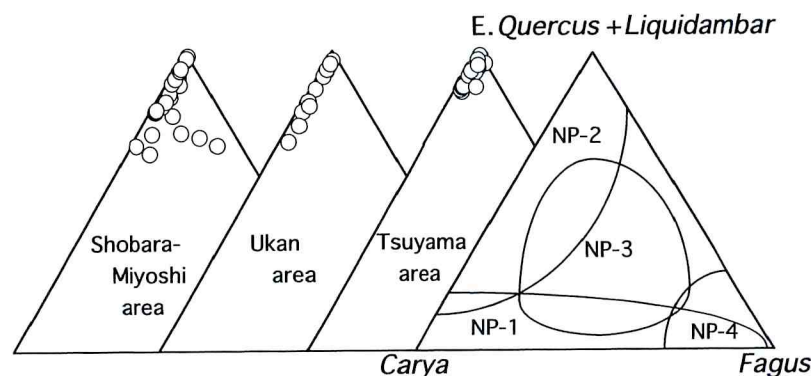


Fig. 8. Ternary diagrams showing the three-composition ratio of four essential pollen members for the Bihoku and Katsuta Groups.

群から産出する大型植物化石も台島型植物群に属するものであり、*Liquidambar* がしばしば多産する層準もある<sup>(21)</sup> ことから、大型植物化石と花粉化石の組成は互いに対応する。

また、備北層群、勝田層群では浮遊性有孔虫化石、珪藻化石、石灰質ナンノ化石などにより地質年代の検討がなされており、いずれの化石帯も 16Ma 前後の時期のものである<sup>(8, 9, 10, 11, 12)</sup>。花粉化石帯の NP-2 帯にも 17-18.5Ma~13Ma の年代が与えられており<sup>(29)</sup>、従来の浮遊性微化石研究から求められた時代とも調和的である。また、浮遊性微化石の化石帯の時代が 16Ma 前後に集中していることで、各地の備北層群がその時期に起こった一連の海進によって形成されたことみなされている<sup>(30)</sup> が、浮遊性微化石は海成層でしか産出しないため、陸成層の堆積年代については不明な点があった。しかし、本研究で備北層群、勝田層群の陸成層からも花粉化石を見出し、その花粉化石群集は NP-2 帯に含まれることが明らかになったことから、備北層群、勝田層群の陸成層の堆積年代は 17-18.5 Ma よりも古くならないと考えられる。柴田・糸魚川<sup>(31)</sup>、糸魚川・柴田<sup>(32)</sup> によると、備北層群、勝田層群は瀬戸内区中新統の海進海退を基準とした時代区分のなかでⅡ期後半からⅢ期に対比されている。とくに瀬戸内区西部の陸成層が形成したとされるⅡ期後半の放射年代は 17Ma とされており<sup>(32)</sup>、NP-2 帯の下限と考えられる年代と一致するため、陸成層に含まれる花粉化石群集が NP-2 帯にあたることは海進海退を指標にした対比においても矛盾はない。よって、備北層群、勝田層群は 17-18.5Ma~16Ma の時期に堆積したものと考えられる。

### 要 約

中国地方における中新世の古植生およびその変遷を明らかにするために、備北層群、勝田層群の花粉分析

を行った。備北層群、勝田層群はいずれも海進に伴う堆積物であり、下位から上位にかけて *E. Quercus* を主体とするほぼ同様の花粉組成を示した。また、岡山県の勝田層群吉野層では *E. Quercus* に加え、*Rhizophora*, *Bruguiera* を産出する層準があり、当時マングローブ林が広がっていた。とくに、奈義町の吉野層からは *Rhizophora* の卓越する群集を見出すことができた。また、各地域の花粉化石群集を日本海コアから得られた結果と対比すると、いずれも花粉化石帯の NP-2 帯 (17-18.5Ma~13Ma) を示すものである。こうした花粉化石群集と浮遊性微化石の結果をあわせて考えると備北層群、勝田層群は 17-18.5Ma から 16Ma の時期に堆積した地層と考えられる。

### 謝 辞

本研究を行なうにあたり、岡山県新見市在住の田口栄次氏には露頭状況に関する情報をいただき、貝化石を同定していただいた。岡山大学理学部の鈴木茂之助教授からは津山地域の地質について教えていただいた。吉井町竜天文台の藤原貴生氏、株式会社藤井基礎設計事務所の岡淳一氏には、試料採取の際に野外を案内していただいた。以上の方々には心より厚くお礼申し上げます。

### 引 用 文 献

- (1) Itoigawa, J.: Tropical spike in early Middle Miocene (ca.16Ma) of Southwest Japan. Proceeding of International Symposium on Pacific Neogene Continental and Marine Events, 19-26 (1989).
- (2) 山野井徹・津田禾粒：富山県黒瀬谷層（中部中新統）に見出されるマングローブ林の様相。国立科学博物館専報 no. 19, 55-66 (1986).
- (3) 山野井徹：能登における中部中新統の花粉群集。

- 松尾秀邦教授退官記念論文集, 5-13 (1989).
- (4) 山野井徹: 中部日本における中期中新世初期の花  
粉群集. 瑞浪市化石博物館研究報告 no. 19,  
103-112 (1992).
- (5) 齊藤毅・山野井徹・諸星富士子・柴田博: 岐阜県  
瑞浪層群明世累層宿洞砂岩相(中新統)からのマ  
ングローブ植物花粉の発見. 地質学雑誌 101,  
747-749 (1995).
- (6) 山野井徹・津田禾粒・糸魚川淳二・岡本和夫・田  
口栄次: 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,  
635-638 (1980).
- (7) 山野井徹: デスモスチルスと古植物. デスモスチ  
ルスと古環境, 地団研専報 no. 28, 25-34  
(1984).
- (8) 岡本和夫: 庄原市中新統備北層群からの貝化石群  
集の垂直変化 — 備北層群の研究IV —. 瑞浪市  
化石博物館研究報告 no. 19, 319-328 (1992).
- (9) 三宅誠・竹村厚司・松田高明・渡辺真人: 広島県  
三次地域に分布する備北層群の層序と年代. 日本  
地質学会第106年学術大会講演要旨 p. 27  
(1999).
- (10) 渡辺真人・三宅誠・野崎誠二・山本裕雄・竹村厚  
司・西村年晴: 岡山県高山市地域の備北層群, お  
よび津山地域勝田層群から産出した中新世珪藻化  
石. 地質学雑誌 105, 116-121 (1999).
- (11) 山本裕雄: 広島県庄原市, 西城川河床における中  
新統備北層群の岩相と石灰質ナンノ化石. 地球科  
学 53, 202-216 (1999).
- (12) Yamamoto, Y. and T. Sato: Miocene Calcareous  
Nannofossils of the Bihoku Group in the Shobara  
Area, Hiroshima Prefecture, Southwest Japan. J. of  
Geosciences, Osaka City University 42, 55-67  
(1999).
- (13) 糸魚川淳二・西川功: 岡山-広島県下の古瀬戸内  
中新統の2, 3の問題. 瑞浪市化石博物館研究報  
告 no. 3, 127-149 (1976).
- (14) 柴田博: 中新世における瀬戸内区. 瀬戸内区の特  
性, 地団研専報 no. 29, 15-24 (1985).
- (15) 上田哲郎: 広島県三次・庄原地域の中新統備北層  
群 — 層序について —. 地質学雑誌 95, 919-  
931 (1989).
- (16) 藤原貴生・田口栄次・鈴木茂之: 有漢町に分布す  
る中新統有漢累層. OKAYAMA University Earth  
Science Reports 8, 1-12 (2001).
- (17) 河合正虎: 5万分の1地質図幅説明書「津山東部」.  
地質調査所 63p. (1957).
- (18) 田口栄次: 岡山県津山市, パレオパラドキシアの  
産地およびその近傍の古環境. デスモスチルスと  
古環境, 地団研専報 no. 28, 81-89 (1984).
- (19) 山内靖喜・高安克己: 新第三系. 日本の地質「中  
国地方」編集委員会編, 日本の地質7中国地方.  
共立出版, 東京, 99-102 (1987).
- (20) 山野井徹: 男鹿半島における新第三系の花  
粉層序. 地質学雑誌 84, 69-86 (1978).
- (21) 棚井敏雅: 中国地方第三紀植物群の2・3の問題.  
化石 no. 22, 2-8 (1971).
- (22) 氏家良博: 広島・岡山両県の北部に分布する中新  
統備北層群の堆積環境について. 地質学雑誌 82,  
51-67 (1976).
- (23) 岡本和夫・林八重子・勝原雅人: 庄原市明賀の中  
新統からの貝類化石, 庄原市の *Geloina* の新産地,  
および *Tateiwaia species* と底質との関係について  
— 備北層群の研究II —. 瑞浪市化石博物館研  
究報告 no. 16, 43-53 (1989).
- (24) 上田哲郎: 広島県庄原地域の中新世備北層群とそ  
の貝化石群集. 地球科学 40, 437-448 (1986).
- (25) 上田哲郎: 広島県三次・庄原地域の中新統備北層  
群 — 軟体動物化石群集と古環境 —. 地質学雑  
誌 97, 279-295 (1991).
- (26) 中村純・黒田登美雄・満塩博美: 堆積学的花粉分  
析学, その1 — 九州西方海域および四国の海底  
表層堆積物 —. 地質調査所月報 25, 209-221  
(1974).
- (27) 山野井徹: 古湖底(魚沼層群上部)における花粉  
粒子の堆積特性. 地質学雑誌 79, 599-610  
(1973).
- (28) 山野井徹: 花粉からみた新第三紀の海岸気候事件.  
海洋科学 18, 140-145 (1986).
- (29) Yamanoi, T.: Miocene pollen stratigraphy of  
LEG127 in the Japan Sea and comparison with the  
standard Neogene pollen floras of northeast Japan.  
Proceedings of the Ocean Drilling Program,  
Scientific Results 127/128, 471-491 (1992).
- (30) 瀬戸浩二・矢野孝雄・松本俊雄・山本裕雄・中野  
雄介・藤井健: 中国山地ジオトラバース — 中新  
統(備北層群および相当層)の堆積環境変化 —.  
日本地質学会第107年学術大会見学旅行案内書,  
pp. 1-22 (2000).
- (31) 柴田博・糸魚川淳二: 瀬戸内区の中  
新世古地理. 瑞浪市化石博物館研究報告 no. 7, 1-49 (1980).
- (32) 糸魚川淳二・柴田博: 瀬戸内区の中  
新世古地理(改訂版). 瑞浪市化石博物館研究報告 no. 19,  
1-12 (1992).