

## 房総半島安房地域の表層花粉調査 —化石花粉による第四紀後期中の温暖期の 古気候復元のための予備調査—

奥田昌明<sup>1)</sup>・中川 毅<sup>2)</sup>・五反田克也<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> 千葉県立中央博物館

〒260-8682 千葉市中央区青葉町 955-2

E-mail: okuda@chiba-muse.or.jp

<sup>2)</sup> ニューカッスル大学地理学教室

Newcastle upon Tyne, NE1 7RU, UK

<sup>3)</sup> 東京都立大学理学部地理学科

〒193-0397 八王子市南大沢 1-1

**要 旨** 房総半島南部安房地域南岸から採取した 14 点の表層試料を花粉分析し、日本列島の暖温帯域における植生・気候と花粉群の相関を検討するためのデータの一部を収集した。安房地域南岸は黒潮海流の影響下で自然状態に近い照葉樹林(シイ・カシ・タブノキ林)が残存しており、また気候的には年平均気温 15-16℃、1 月の平均気温 5-7℃の暖温帯上部にあり、南関東地方主要部より 2℃前後高い温暖環境にある。採取した表層花粉群からは、全体に *Castanopsis* シイ属が優先し、*Quercus* コナラ亜属—アカガシ亜属が随伴し、*Podocarpus* マキ属、*Myrica* ヤマモモ属、*Ilex* モチノキ属などが微量ながら産出するスタジイ林型の照葉樹林組成が復元され、完新世を通じてアカガシ亜属が優先する房総半島北西部とは花粉組成上も相違が見られた。清澄山系の東千葉演習林にかかる地域では *Abies* モミ属、*Tsuga* ツガ属の割合が増加した。植林スギの反映と思われる *Cryptomeria japonica* が全花粉孢子群の 2~5 割近くを占めた。一方、二次林要素である *Pinus* マツ属および落葉広葉樹の割合は低かった。草本花粉はごく微量で、全体に密な森林景観が示された。表層試料中の花粉濃度は非常に高く、スギを除いた樹木花粉濃度が 50,000-200,000 grains/g に達した。

**キーワード:** 房総半島, 暖温帯, 照葉樹林, 表層花粉, 気候, 温暖化。

地球温暖化の進行過程に関する予測精度向上のため、古気候・古環境学的研究が加熱している。温暖化による全球平均気温の上昇幅は今後 100 年間に約 3℃前後であり (IPCC, 2001), その後数百年間でさらに 2-3℃のゆるやかな上昇が予測されているが (近藤, 2004 など), その過程で海洋の熱塩循環の停止により一時的な寒の戻りが北大西洋周辺域を中心に起こる可能性も指摘されており (Hansen *et al.*, 2004), 近未来の地球環境としては現在より温暖な環境と急激な寒冷環境の両方がある。この気温変化に付帯して起こる様々な環境変化の予測は、原理的には気候モデル計算 (Murphy *et al.*, 2004; Stainforth *et al.*, 2005 など) によって演繹的におこなう一方で、現実には地球システムの複雑さが障害となり、むしろ過去に類似の時代を探し当て当時の時代の古気候・古環境を現在のひな型 (analogue) とみなして参照する帰納的推定法が有効となる場合も多い。この目的を念頭に置いた古気候学的研究が 90 年代後半以降、非常な勢いで世界各地で積み上げられ、現在も継続中である。例えば氷

床の融解にともなう一時的な寒の戻り (cold return) のひな型としていわゆる 1 万 2 千年前の新ドリラス期 (YD) や南極寒冷変動 (ACR), 最終氷期中の千年変動 (millennial-scale variability) は注目を集めてきた (Blunier *et al.*, 1998; White and Steig, 1998; Bennett *et al.*, 2000; Moreno *et al.*, 2001; Ledru and Mourguiart, 2001; Zhou *et al.*, 2001; Stott *et al.*, 2002; Lea *et al.*, 2003; Alley *et al.*, 2003; Stocker, 2003; Roche *et al.*, 2004; Taylor *et al.*, 2004; Wang *et al.*, 2004; Sachs and Anderson, 2005; Rohling and Pälike, 2005 など)。一方、温暖化の帰結である高温環境のひな型候補としては、第四紀後期 (0-50 万年前) においては酸素同位体ステージ (MIS) 1, 5e, 11 などの間氷期が注目されている (COHMAP Members, 1988; Kutzbach *et al.*, 1993; Webb *et al.*, 1993; Zazo *et al.*, 1993; Howard, 1997; Hearty *et al.*, 1999; Droessler and Farrell, 2000; Kolfshoten *et al.*, 2003; Loutre and Berger, 2003; Berger and Wefer, 2003; NGRIP members, 2004; Felis *et al.*, 2004; McManus, 2004; EPICA community

members, 2004 など)。また第三紀ではいわゆる 5500 万年前の暁新世/始新世最高温期 (PETM) が、メタンハイドレート層からの温暖化ガス放出の実例として近年注目されており (Schrag and Alley, 2004; Bowen *et al.*, 2004; Svensen *et al.*, 2004 など)、分析データの蓄積は現在も続いている。

これらの古気候に関する蓄積データは、しかしながら、その多くが古気候状態の間接的な反映である代理指標 (proxy) にすぎず、具体的な古気温値への変換は無いが、仮にあっても概算値程度であり数学的な誤差区間をとまなっていないことが多い。また、代理指標の多くが海洋堆積物コアあるいは氷床コアの化学組成データ (Mg/Ca, Sr/Ca など) または同位体比データ ( $\delta D$ ,  $\delta^{18}O$  など) であるため、そこに示されるのは海水温または高緯度の極地気温であることが多い (例えば Bauch *et al.*, 2003; 浅海ほか, 2004; Haug *et al.*, 2005 など)。我々の生活空間である中緯度温帯の陸上気温の指標としては、甲虫遺骸 (beetle remain) が有力とされるが (Hoganson and Ashworth, 1992; Ashworth and Hoganson, 1993 など)、大型化石ゆえに産出点数やデータ解像度に難が生じることもある。これらの問題を改善できる陸上気温指標として、一般に産出量が多く保存性も高い微化石、植物起源では化石花粉が有力であり、日本列島の第四紀後期に限れば大量のデータ蓄積があることは強みといえる (例えば Tsuji *et al.*, 1984; Igarashi *et al.*, 1996; 大嶋ほか, 1997; Miyoshi *et al.*, 1999; Takahara and Kitagawa, 2000; Yasuda, 2002; 公文ほか, 2003, 三宅ほか, 2005; 入谷

ほか, 2005 など)。しかしながら、既存の化石花粉データの多くは古植生指標としては情報に富んでいても、古気温指標としては相対的な温暖・寒冷を示唆し得る程度であり、精度の点で他の代理指標に遅れをとることも多かった。

この、花粉ベースの古気温復元の高精度化において重要な役割を果たすのが表層花粉調査である。表層花粉 (surface pollen) とは文字通り地表部に堆積した花粉遺骸群を指し、その組成は現在の、厳密に言えば過去数年から数十年間の局地環境の平均と強い相関がある。これを複数の気候帯をまたぐ数十～数百の地点から採取し、堆積物試料と同じ要領で花粉分析し、対照試料としてデータセット化しておくことで、MAT 法 (Modern analogue technique; *e.g.*, Prentice and Webb, 1986) 等による古気温定量復元が可能になる。現実には、表層花粉との対照に基づいた化石花粉群組成 (%) から古気温値 ( $^{\circ}C$ ) への変換は、専用ソフトウェア (Guiot and Goeurly, 1996 など) によって定量的におこなわれる。最近の数学的プログラムに基づけば誤差区間も示すことができる (Nakagawa *et al.*, 2002)。ヨーロッパではこの手法の先駆けとして例えば transfer function 法に基づいた 6000 年前の 7 月の平均気温が、西経  $10^{\circ}$ ～東経  $30^{\circ}$  間のヨーロッパ大陸を覆う表層花粉データとの照合に基づいて復元されている (Huntly and Prentice, 1988)。ただ植生は大陸が変わると変わるため、地域ごとに個別の表層データ群を用意する必要がある。この目的に関係する表層花粉調査が 80 年代後半以降、世界各地で積み上げられ、

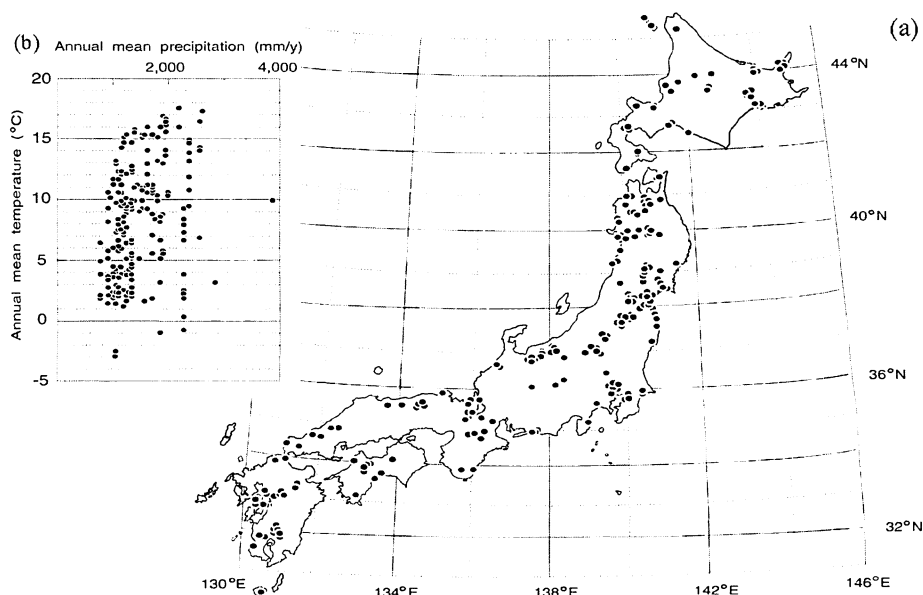


Fig. 1. Japanese surface pollen dataset (N=285) organised by Gotanda *et al.* (2002). Inset: relations between the surface pollen and modern climate values.

植生・気候帯と花粉群との相関が検討されている (Heusser, 1989, 1995; Gajewski, 1995; Xu *et al.*, 1996; Liu *et al.*, 1999; Bush, 2000; Tang *et al.*, 2000; Markgraf *et al.*, 2002; Mao *et al.*, 2003; Okuda *et al.*, 2004, 2005; Okuda, 2005 など). 日本列島では、古くは Tsukada (1986, 1988) などによって古生態学的議論に用いられた表層花粉群があり、最近では biomization (例えば Prentice and Webb III, 1998) の概念に基づいた古植生復元のための 94 点の表層花粉群がデジタルデータで整備され (Takahara *et al.*, 2000), その後データ点数を 285 点にまで拡張した日本列島表層花粉データセットが著者の 1 人五反田によってまとめられている (Gotanda *et al.*, 2002) (図 1). これにより花粉群と植生景観 (biome) または気候帯との相関を視覚化する目的は、日本列島主要部に関してはある程度達成されている. 言い換えると花粉ベースの古気温定量復元法は、原理面では一定の整備が進んだといえる.

日本の表層花粉整備に関する次の段階のひとつは、収集範囲を列島縁辺部に広げることと思われる. Gotanda (2002) の表層試料群は、現実的には完新統最上部の化石花粉データを表層データと読み替えることによってデータ密度を確保しているため、その分布中心は、過去数十年間に伝統的に花粉分析が盛んにおこなわれた地域、すなわち本州中軸部から東北地方・南北海道にかけての地域にある. これは大まかに年平均気温 3-16°C の範囲にあたる (図 1b). 日本列島において良い堆積盆の多くは本州中軸部の海岸低地から中部山岳地帯にかけての気候帯に分布しているので、その化石花粉データを MAT 法にかけると、第四紀後期の寒冷の極 (氷期最盛期) と温暖の極 (間氷期) のピークがともに表層データ群の末端付近にかかり復元精度が落ちる. あるいは表層データ範囲から振り切れ復元不能となる場合もある. 著者の一人中川は、このうち前者 (寒冷期) に関する復元精度向上に主眼を置き、北海道中～北部やサハリンなどの北方域で精力的にデータ追加をおこなっており、一部はすでに福井県水月湖の晩氷期気候復元に適用され成果も出ている (Nakagawa *et al.*, 2003 など). これに対して、著者の一人奥田は後者の温暖期の復元精度向上に重要性を認めている. 比較対照としての化石花粉データはすでに第四紀後期から複数得ている (Okuda, 1997; Okuda *et al.*, 2001, 2002a など). このうち、房総半島の下総層群～犬吠層群からの化石花粉データ (Okuda *et al.*, 2002b, 2006a, b) 中に頻繁に現れる第四紀後期の間氷期環境を精度よく復元するための対照試料として、本州中軸部以南の暖温帯域から表層花粉試料の収集が必要である.

本稿では、温暖な黒潮海流の影響下にある日本列島太平洋岸における表層花粉調査の第一報として、房総

半島南部安房地域 (館山市～鴨川市～勝浦市周辺) から 14 点の表層花粉群を報告する (図 2). 本地域を選んだ理由は、房総を含む南関東主要部と比べて有意に温暖な環境下であり、直接には房総半島に広く堆積する更新統～完新統化石花粉群中の特に温暖期の信号強度の評価に貢献するからである. ただ房総半島南部海岸沿いに現在多く見られるタブノキ林帯の分布は好温性というよりむしろ耐潮性の結果であり、仮に現在以上の温暖環境下においても内陸方向に分布拡大するとは考えにくい. 海岸沿いに密生するタブノキ林の直近はなるべく避け、海岸線から 1 km 前後内陸に入ったシイ・カシ類を中心とした半自然林が散見される場

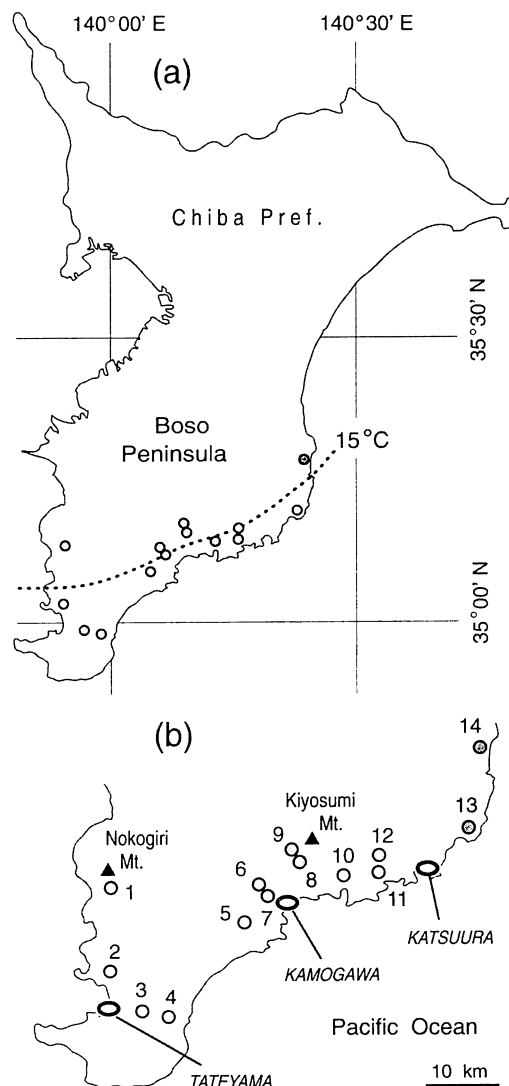


Fig. 2. Sampling localities for the 14 surface pollen materials from the southern Boso Peninsula (SBS1-14). A superimposed isotherm denotes 15°C line of annual mean temperature.

所を探し、試料採取地点としている。なお、一般に植生を決定づける環境要因は気候のほか地形・土地・生物・人為等の要因が認められており（例えば宮脇編, 1977）、とくに地形・土地要因は例えば谷ひとつ隔てると条件が大きく変わり得ることは考慮する必要がある。これは点的な花粉～植生調査結果と局地気候を単純に結びつけることの危険性を意味しており、著者らの表層花粉調査では多地点調査を心がけ、近接しない複数地点に共有される広域変化を拾い出すよう努めている。

## 房総の自然環境

### 1. 気候

房総半島の気温と降水量分布を図3 a-d に纏めた。千葉県は現在、他の南関東各県と同様に年平均気温14℃以上、最寒月平均気温3℃以上の暖温帯上部に位置する。千葉県では200 m以上の高地は南部内陸部の房総丘陵付近に限られ（図3e）、最高峰は愛宕山（鴨川市）の408 mであることから高地化による寒冷の影響は小さい。いっぽう安房地域南岸部（館山市～鴨川市～勝浦市周辺）の年平均気温15℃以上、最寒月平均気温5-6℃以上は有意に他の南関東地域より高く、伊豆半島南岸・紀伊半島南岸のそれに近く、四国南岸（高知県室戸岬～足摺岬周辺）と比べても1-2℃しか低くない。この温暖環境は本州太平洋岸を流れる黒潮暖流の影響によるものであり、その影響は夏と冬の温度差が小さい海洋型の気候パターンで特徴づけられ、その北端は県北西部の銚子市を含む銚子半島まで達する（図3f）。それ以外の県北部（柏市～船橋市～成田市周辺）および養老溪谷から清澄山系にかけての房総丘陵は夏冬の温度差が大きい内陸型の気候パターンに属し、県中部海岸平野（千葉市～木更津市～茂原市周辺）はその中間型に属する。最暖月（8月）の気温分布は千葉県下を通じて22-24℃前後に収まり（図3c）、一部の市街地周辺のヒートアイランド現象を除けば、酷暑は自然状態では一般的でない。降水量は県北東部（野田市付近）で年1300 mmを下回るが、県中央部（木更津市～茂原市付近）以南で年1500 mmを越え、安房地域南岸では年1800-1900 mmの多雨環境が現れる（図3d）。多雨の極は安房地域内陸部の房総丘陵上にあり、年降水量2000-2300 mmは関東地方における降雨の最大値でもある（千葉県史料研究財団編, 1999）。

### 2. 植生

房総半島の現植生および潜在自然植生を図3 g-h に纏めた。千葉県の植生は現在では著しく人為改変され、大部分が二次的な代償植生あるいは植林によって置き換えられているが、安房地域南岸部には半自然状態のシイ・カシ萌芽林が残っており、海岸沿いにはまとまっ

た量のタブノキ林も点々と分布している。照葉樹林景観は面積的には館山市南部から千倉町～鴨川市周辺に大きく、その他房総丘陵の清澄山系などに一部残っている。清澄山周辺の東大千葉演習林（天津小湊町）は照葉樹林内の植物生態学的研究地として知られている。このシイ・カシを中心とする常緑広葉樹林は、自然環境下では房総半島中～北部の下総丘陵を広く覆っていたと推測されており（宮脇編, 1986）、県北部にはカシ類を中心とするシラカシ群集が、県中～南部にはシイ類を中心とするスタジイ～ヤブコウジ群集が与えられている（図3h）。安房地域南岸域には亜帯としてのスタジイ～ホソバカナワラビ群集も認められている。現植生においてはこの多くが、県中部丘陵地ではおもにコナラ・クスギ・イヌシデ等にアカマツを交えた落葉性の雑木林に、県北部丘陵地ではシロザクラスの畑雑草地等によって置き換えられている。低湿地には水田も広がる。その他、人為的なスギ植林地が県全域にかけてかなりの面積を占めている（図3g）。海岸沿いにはクロマツ林が、砂浜にはハイネズ・ハマゴウ等の海浜群落が生息しており、これらは自然環境下でも同様と思われる。清澄山系を中心とする房総丘陵には、シイ帯の上部に不十分なアカガシを中心とするカシ帯が認められる。その周辺にはモミ・ツガ・ヒメコマツ等が生育し、暖温帯以上冷温帯以下のいわゆる中間温帯林の様相を呈している。これを房総丘陵の極相林と見るか、あるいはシイ・カシ林に移行中の遷移途上林とみるかについては諸説ある（千葉県史料研究財団編, 2001）。

## 試料と方法

試料採取は2003年夏に著者の1人奥田によって房総半島南岸で行われた。試料（SBS1-14）は鋸山南麓（鋸南町）から採取を始め、館山市から千倉町・鴨川市・天津小湊町・勝浦市・御宿町から岬町にかけて番号順に採取された（図2b参照）。SBS1-7とSBS10-14は森林地に囲まれた道路沿いから採取され、標高は高いところでも100 mに満たなかった。これに対してSBS8-9の2試料は清澄山西方の東大千葉演習内を貫く道路沿いで採取され、標高は200-300 mの範囲内にある。試料はいわゆる表層試料であり、ここでは現生コケ植物のセン類～タイ類群落（moss polster）から成っている。良質な試料は道路脇の舗装の隙間などに生えているコケ類群落に多く見られ、路面条件に左右されるものの、表面に薄く生育したセンタイ類の下に暗灰色のシルト～粘土が堆積しているところを選び、植物組織と下位の土を合わせて採取し1試料とした。土壌の堆積をほとんど伴っていないコケ類群落は傾斜面に生えているコケ類群落に多く見られ、ポーレンキャッチャーとして充分でない可能性を懸念して今回は避けた。また砂利砂の多い試料は堆積不安定が懸念され同

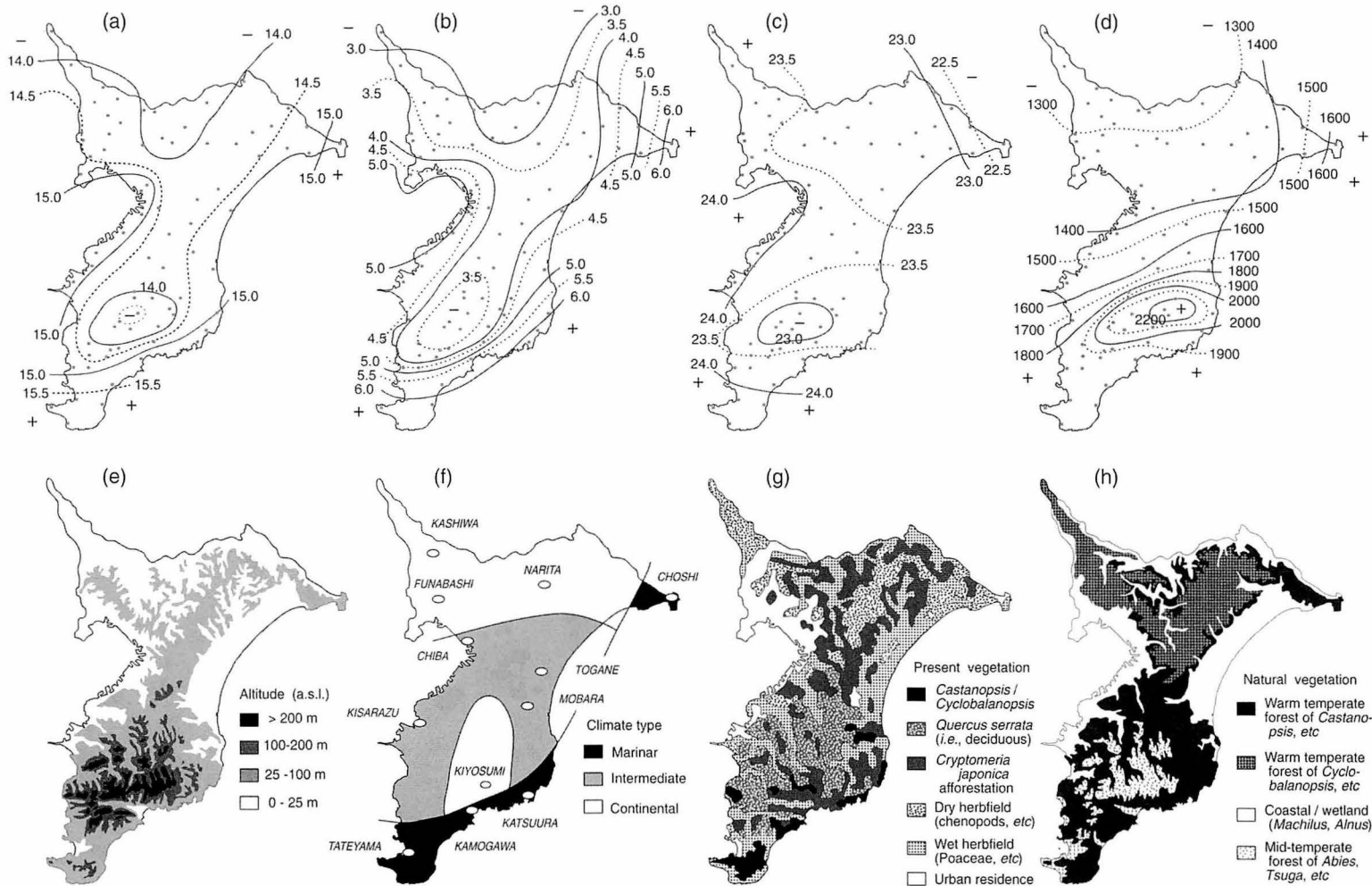


Fig. 3. Geographical configurations for the Chiba prefecture. (a) Annual mean temperature; (Grey dots denote meteorological observatory stations); (b) Coldest month (January) temperature; (c) Warmest month (August) temperature; (d) Annual precipitation; (e) Altitude above sea level; (f) Modern climate types (based on temperature); (g) Present vegetation distribution; (h) Potential natural vegetation. Illustrations a-f summarised from Chiba Historical Material Research Foundation (1999). Illustration g redrawn from Geographical Survey Institute, (1990). Illustration f redrawn from Miyawaki (1986).

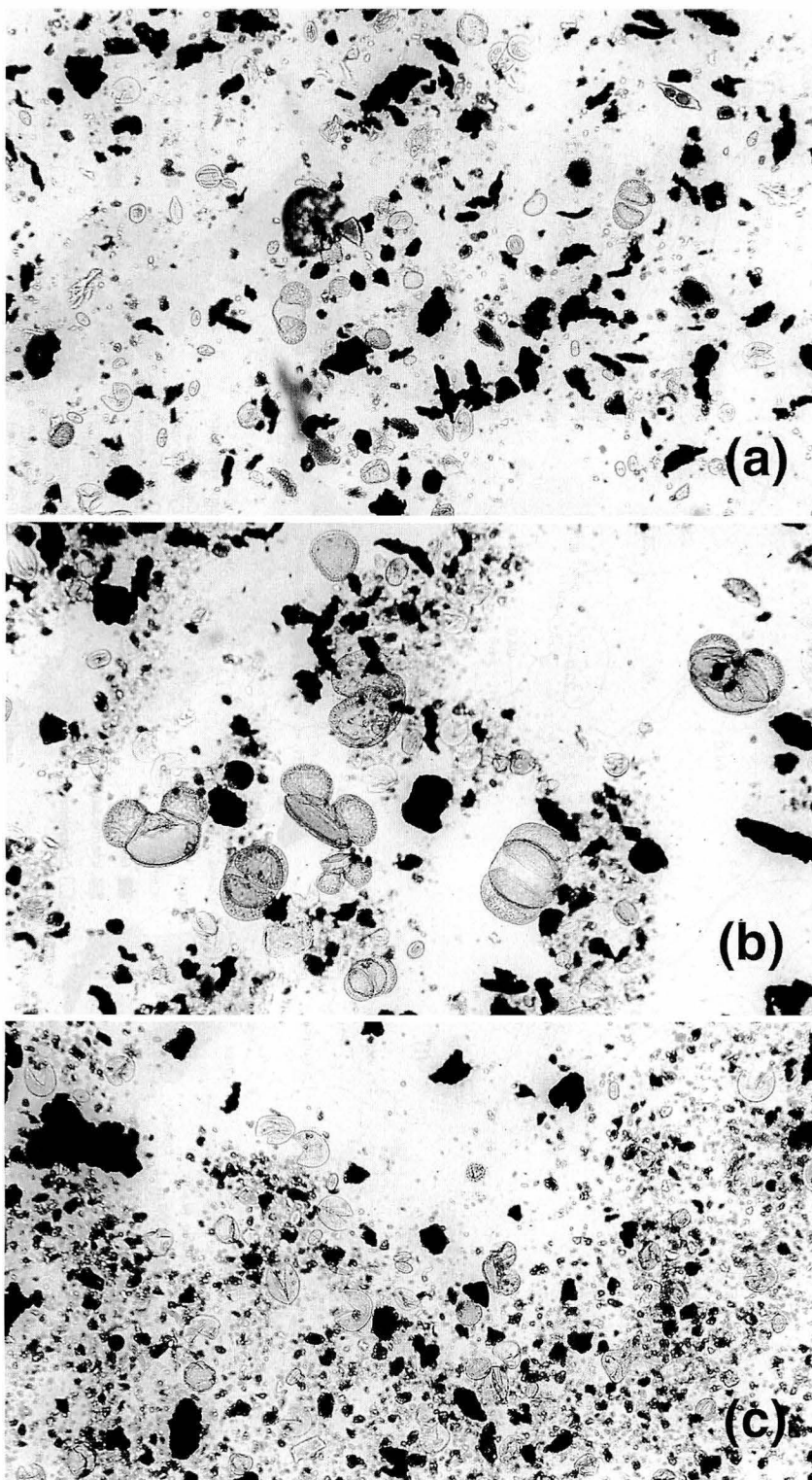


Fig. 4. Representative photomicrographs of surface pollen materials (SBS1-14); treatment after the standard KOH-acetolysis method (Moore *et al.*, 1991). (a) SBS4; (b) SBS8; (c) SBS12. Magnification is the same among the photos.

Table 1. Coordinates of sampling sites for the surface pollen materials SBS1-14.

Sample Loc.(SBS)	Latitude (N)	Longitude (E)	Altitude (a.s.l.)
1	35° 08' 40"	139° 51' 35"	40 m
2	35° 02' 30"	139° 52' 25"	25 m
3	34° 59' 45"	139° 54' 25"	20 m
4	34° 59' 15"	139° 56' 25"	5 m
5	35° 05' 30"	140° 02' 30"	95 m
6	35° 08' 15"	140° 04' 40"	35 m
7	35° 07' 35"	140° 04' 55"	60 m
8	35° 09' 50"	140° 08' 45"	270 m
9	35° 10' 20"	140° 08' 05"	210 m
10	35° 08' 15"	140° 11' 30"	10 m
11	35° 07' 35"	140° 14' 10"	35 m
12	35° 08' 20"	140° 13' 40"	90 m
13	35° 11' 20"	140° 15' 20"	60 m
14	35° 16' 30"	140° 23' 20"	5 m

じく避けた。周囲の植生状況には配慮し、自然状態の照葉樹林景観になるべく囲まれている地点を選んだ。試料採取地点の座標情報を表1に示す。値は携帯用GPSによる計測値であり、緯度・経度には数秒程度、標高には5-10 m程度の誤差が乗っている。

本表層分析のための花粉処理方法は、通常の化石花粉分析と同じく標準的なKOH-アセトリシス法(Moore et al., 1991など)に準じている。試料は採取物をよく平均化したのち乾重で1 g前後を取り分け、花粉遺骸の抽出を千葉県立中央博物館の第2化学分析室にて行った。絶対量分析のための人工マーカー(Ogden III, 1985)としてDu Pont社製プラスチック製マイクロスフェア(NEM-002および003)を加えた後、10% KOHにて10分間煮沸、続いて市販の茶漉しを用いてあらかく1 mm大以上のコケ組織を取り除いた後、アセトリシス処理に進んだ。プレパラート作成と検鏡等は化石花粉と同様におこなった。花粉カウントは1試料につきスギ花粉を除く木本型花粉200粒以上について行い、産出頻度(%)計算のための基数とした。スギおよび草本花粉とシダ胞子の産出頻度は全花粉胞子数を基数に計算された。

## 結 果

抽出された表層花粉群の鏡下写真を図4に示す。表層試料は状態によっては花粉濃度が低く統計的充分量のカウント数確保が困難なケースもあり得るが(例えばOkuda et al., 2004)、本試料群においては花粉粒の保存は概して良好で、また不純物に対する花粉粒の割合も十分に高いものが多く、一部の試料状態は鏡下では泥炭試料等と見まがう程良好だった。今回の採取試

料中、花粉量が充分でなかった2試料を除いた14試料から統計的有意な表層花粉群が確認された。

データが採取された14点の表層試料(SBS1-14)の花粉分析結果(組成と絶対量)を図5に示す。優占群は第1に*Cryptomeria japonica* スギであり、全花粉胞子群の2~5割を占め、明らかに近傍の人工スギ林の反映と考えられたので基数から外し、ダイヤグラムを描画した結果、優先群は圧倒的に*Castanopsis/Castanea* シイ属/クリ属となり、近傍のシイ林の反映と考えられた。草本花粉の割合は一般に低く、例えばSBS4-7は水田地帯に位置していたにもかかわらずイネ科花粉は最大でも10%に満たず、その他の水田雑草も一律に低率であった。いっぽう総花粉量は非常に多く、スギを除いた樹木花粉濃度は平均して50,000-200,000 grains/gであり、花粉に胞子を加えた総濃度は100,000-300,000 grains/gに達した。この値は世界の平均的な湖沼堆積物中の花粉濃度と比べても多く、MIS1やMIS5といった間氷期~亜間氷期の有機質粘土のそれ(例えばOkuda et al., 2002c)に近かった。ただし試料中にはチャコール状の黒色の有機質不純物も多く(図4参照)、乾重1 g前後の表層試料から重液分離された含花粉ペレットの体積は0.1-0.5 ccほどもあった。

表層花粉群の組成情報は次の通りである。安房地域南岸低地からのサイト(SBS2-7, SBS10-14)では*Castanopsis/Castanea* が優先し、人為起源の*Cryptomeria japonica* を省いた樹木花粉群の40-60%前後を占めた。定量的な細分はしていないものの、粒径的にこれらの多くはシイ属型の外観を呈し典型的なクリ属型は少なかった。*Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* は予想に反して少なく、むしろ*Quercus* subgen. *Lepidobalanus* が比較的多産した。二次林要素としての*Pinus* sp.も*Cryptomeria japonica* と比べると産出ははるかに少量だった。*Podocarpus*, *Myrica*, *Ilex*などの照葉樹林要素が微量ながら産出した。以上の試料採取地の多くが森林地近傍の道路上であり完全な森林地内では無かったものの、以上の花粉組成値がSBS1を除いた各地点間でほぼ共有されていることから、局地的な人為攪乱の影響は比較的少なく比較的広域な房総の空中花粉組成の反映であると考えられた。東大千葉演習林からのデータ(SBS8-9)は、現状では2地点ながら今のところ*Abies*, *Tsuga*が多く、またSBS8が*Q. Cyclobalanopsis*の高率(25%)を示していることは、房総丘陵上部に局地的に現れるアカガシ優占林およびモミツツガ林による中間温帯林的景観(吉良ほか, 1976; 千葉県史料研究財団編, 2001)と矛盾しない。SBS1は現状では1点のみであるが、現在のケヤキ溪谷林あるいはイヌシデ・コナラに代表される北総の雑木林を反映しているように見える。

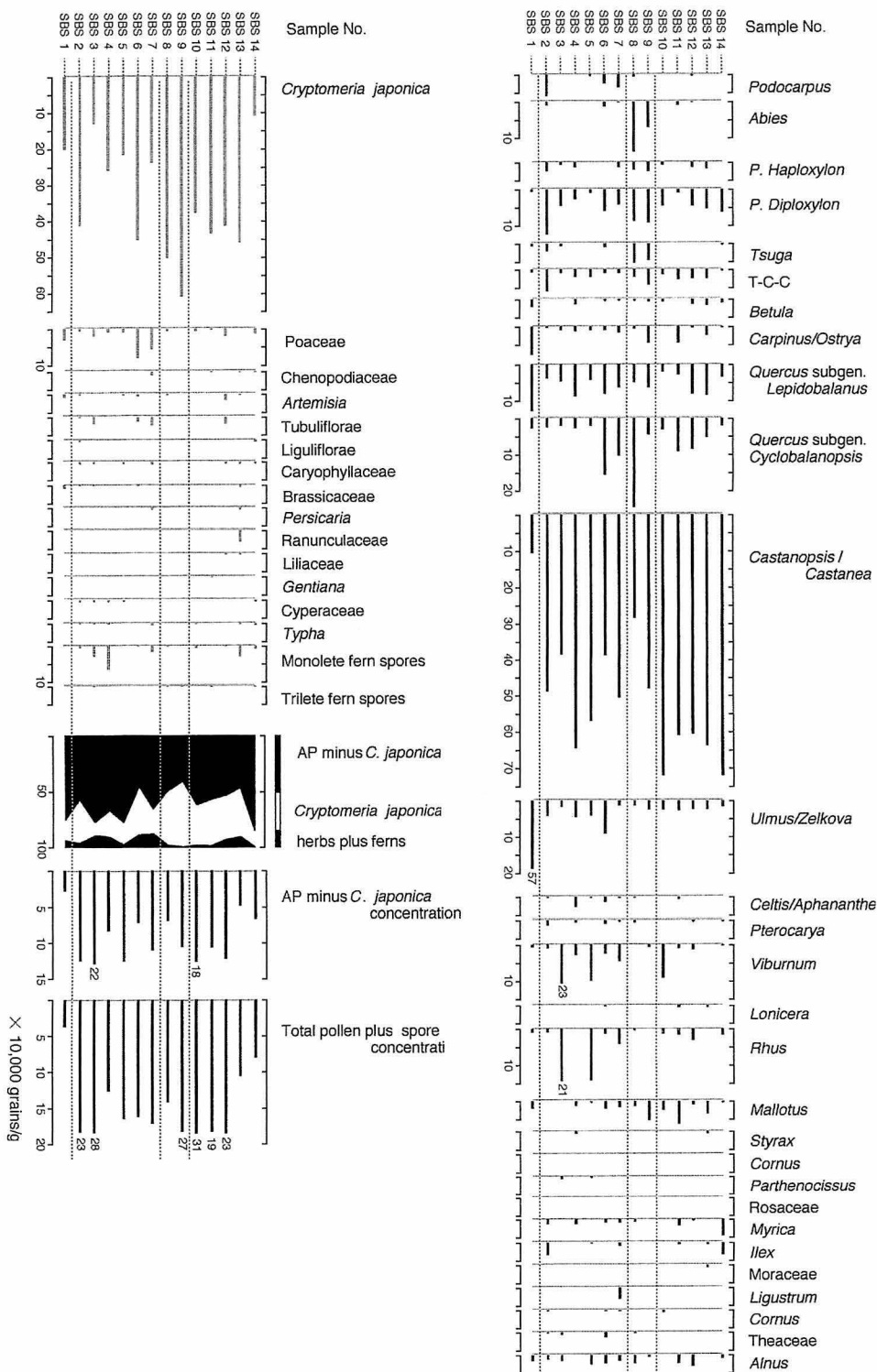


Fig. 5. Results of surface pollen analyses (SBS1-14) in the southern Boso Peninsula, central Japan. Arboreal pollen (AP) except *Cryptomeria japonica* forms the pollen sum. Percentages of *C. japonica* itself, as well as herbs and spores, are based on the total pollen plus spores.



## 議 論

## 1. 南房総試料群の解釈と意義

本稿の花粉群中で特徴的に高率を占める *Castanopsis* / *Castanea* (おもにシイ属型) は、分析地点の違いがほとんど無いことから土壌や微地形などの局地条件の影響は比較的小さく、広域植生としての安房地域南岸のスタジエ林の反映と見ることが出来る。随伴種は、常緑種としては少量ながら *Q. Cyclobalanopsis*, *Podocarpus*, *Myrica*, *Ilex*, などが産し、落葉樹では安定した随伴種は *Q. Lepidobalanus* と *Ulmus/Zelkova* 程度であり、草本・胞子は概して少量であり、全体に密で遷移の進んだ暖温帯照葉樹林が花粉学的に示され、実際の植生景観と調和的である。東大千葉演習林内の SBS8-9 は房総丘陵のモミ・ツガ林の影響が加味されていると思われる。

千葉県における既存の完新世花粉記録を参照すると、房総では照葉樹林の成立は西南日本より遅く 5000-3500 年前後まで遅れるが (辻ほか, 1983), 半島東～南部のいわゆる外房地域では完新世の比較的早い時期からシイ属花粉が多く (辻・鈴木, 1977; 前川, 1980; 松下, 1992), 完新世を通じてアカガシ亜属花粉の多い半島北西部の内房地域 (千葉県文化財センター, 1985; 辻, 1997 など) との違いが認められる。西南日本等と違い房総では垂直分帯としてのカシ帯が明瞭には認められないことから、外房地域において調査する限りでは、*Q. Cyclobalanopsis* が *Castanopsis* を凌いで多産するケースは局地的な事例を除けば想定する必要は薄い。また東大千葉演習林内の中間温帯林的要素は、今後分析点数を追加することにより、表層花粉の別群として統計的有意に認識されることはあり得る。しかしながら、房総丘陵のモミ・ツガ林を気候極相と見る立場のほかにシイ・カシ林に至る途上の遷移段階と見なす異論も存在するので (千葉県史料研究財団編, 2001 参照), かりに気候極相であったとしても房総半島の低地性によるすづまり現象 (沼田, 1987) も考慮するならば、冒頭で述べた研究目的のためには房総丘陵のモミ・ツガ林域の表層試料整備は優先度の点でやや他に譲るかもしれない。

*Cryptomeria japonica* は、本試料群を通じて多いものの、SBS1-7 (館山市～千倉町付近) では総花粉及び胞子群の 20-30% であるのに対し、SBS8-13 (天津小湊町～勝浦市付近) では総花粉・胞子群の 40-50% を占め、いくぶんの地域差が認められる。この違いは、直截的には鴨川市から勝浦市にかけて広面積を占める人工スギ林からの寄与と考えることができる (建設省国土地理院, 1990; 図 3 g 参照)。その一方で、局地的な天然スギ林の寄与が乗っている可能性も完全には否定できず、というのは天然スギ林の成立条件は温度的には冷温帯下部から中間温帯、雨量に関しては年降

水量 1500-1800 mm 以上の多雨環境とされており (Tsukada, 1967, 1982), SBS8-13 地点の背後を占める房総丘陵はこの両方の気候条件を満たしているからである (図 3 a-d 参照) が、しかしながら千葉県の完新世中期頃 (人為攪乱前) の花粉記録では *Cryptomeria japonica* は多い層準でも 10% 前後であることから (遠藤ほか, 1989; 清水, 1994; 内山, 1998), 本稿の 50% におよぶスギ花粉を実質上人工スギ林の寄与と見なし他の樹木花粉群から分けて扱うことは、今のところ妥当と考えている。

## 2. 日本列島表層花粉データセットとの比較

比較の意味で Gotanda *et al.* (2002) による日本列島表層花粉データセットを参照すると、*Castanopsis* の多産する花粉群は南九州 (鹿児島県～宮崎県周辺)、南四国 (高知県) そして紀伊半島南部 (和歌山県) から報告があり、その中には *Q. Cyclobalanopsis* を少量しか伴わない地点 (Jss-002, 005, 007, 015, 021, 032, 035 など) と *Q. Cyclobalanopsis* を多量に随伴する地点 (Jss-004, 006, 013, 016, 026, 029 など) の両方が含まれており、両群はどちらかといえば年平均気温 15℃ 付近で分かれているように見えるものの、現状で明瞭な傾向と呼べるかどうかは微妙であり検討の余地がある。これについては、本稿と類似の表層花粉調査を日本列島の暖温帯域で追加実施することにより、明らかになる可能性はある。また現状では年平均気温 15-16℃ 以上の高温域においてデータ点数が限られていることも、必然的に守備領域の末端付近での議論 (図 1 b 参照) を多くし、暖温帯域における気候復元精度を押し下げている意味で改善の余地はある。

## 3. 本州～九州太平洋岸‘黒潮試料群’との比較

以上の改善点に資するために、著者の 1 人奥田は 2003 年 8-9 月にかけて黒潮の洗う東海地方～紀伊半島～南四国～南九州の沿岸部で 100 点前後の表層花粉試料を試みており (黒潮試料群; 図 6 a), 本稿の南房総試料はその一部である。一般に太平洋岸における冬季の気温は、房総半島南端部を初めとして伊豆半島石廊崎・紀伊半島潮岬・高知県室戸岬・同足摺岬・鹿児島県佐多岬・同都井岬・同開聞崎など黒潮の影響の強い突端部で顕著に高いが (気象庁, 2005), 交通の便が悪く花粉分析に適した堆積盆にも恵まれないため、既存の花粉分析地点に選ばれにくいケースもあったと思われる。今回の 14 試料を含む黒潮試料群は、温度的には 1 月の平均気温 5-10℃, 年平均気温 15-20℃ の領域をカバーしており (図 6 b), 原理的には本州中軸部沿いに分布する第四紀後期の地層群 (房総半島上総・下総層群含む) に対して現在より 4-5℃ 高い温暖信号にまで対応し得る。地球温暖化にともなう今後数百年間で 5℃ 前後の平均気温上昇を考えたとき (近藤,

謝 辞

本研究の実施にあたり、平成 15-17 年度文部科学省 科研若手研究 B (課題番号 15740311; 代表者奥田) の一部を使用した。また千葉県立中央博物館の個人研究費の一部を使用した。これらの機関に深く感謝します。

引用文献

- Alley, R. B., J. Marotzke, W. D. Nordhaus, J. T. Overpeck, D. M. Peteet, R. A. Pielke Jr., R. T. Pierrehumbert, P. B. Rhines, T. F. Stocker, L. D. Talley and J. M. Wallace. 2003. Abrupt climate change. *Science* 299: 2005-2010.
- 浅海竜司・山田 努・井龍康文. 2004. サング骨格の Mg/Ca 比, Sr/Ca 比を用いた古水温復元法の現状と問題点. *第四紀研究* 43(3): 231-245.
- Ashworth, A. C. and J. W. Hoganson. 1993. The magnitude and rapidity of the climate change marking the end of the Pleistocene in the mid-latitudes of South America. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 101: 263-270.
- Bauch, D., K. Darling, J. Simstich, H. A. Bauch, H. Erlenkeuser and D. Krown. 2003. Palaeoceanographic implications of genetic variation in living North Atlantic *Neogloboquadrina pachyderma*. *Nature* 424: 299-302.
- Bennett, K. D., S. G. Haberle and S. H. Lumley. 2000. The Last Glacial-Holocene transition in southern Chile. *Science* 290: 325-328.
- Berger, W. H. and G. Wefer. 2003. On the dynamics of the Ice Ages: Stage-11 Paradox, Mid-Brunhes Climate Shift, and 100-kyr cycle. In Droxler A. W., R. Z. Poore and L. H. Burckle (eds.), *Earth's Climate and Orbital Eccentricity*, pp. 41-59. American Geophysical Union, Washington.
- Blunier, T., J. Chappellaz, J. Schwander, A. Dallenbach, B. Stauffer, T. F. Stocker, D. Raynaud, J. Jouzel, H. B. Clausen, C. U. Hammer and S. J. Johnsen. 1998. Asynchrony of Antarctic and Greenland climate change during the last glacial period. *Nature* 394: 739-743.
- Bowen, G. J., D. J. Beerling, P. L. Koch, J. C. Zachos and T. Quattlebaum. 2004. A humid climate state during the Palaeocene/Eocene thermal maximum. *Nature* 432: 495-499.
- Bush, M. B. 2000. Deriving response matrices from Central American modern pollen rain. *Quat. Res.* 54: 132-143.
- Chiba Historical Material Research Foundation. 1999. *Natural History of Chiba. Part 3, Climate.* 805 pp.

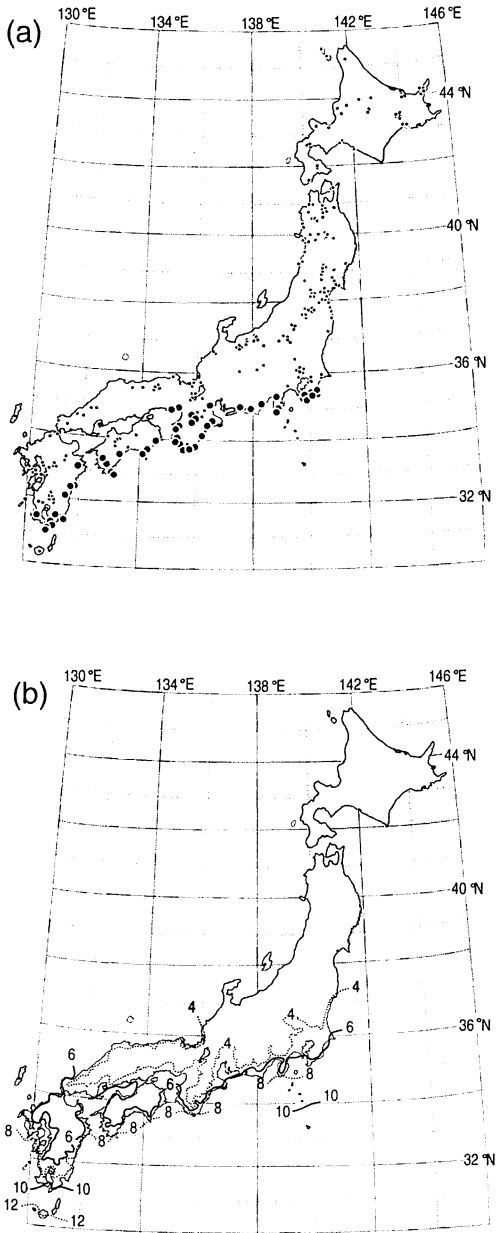


Fig. 6. (a) Extended Japanese surface pollen dataset including the warm-temperate Pacific coast. Small grey dots denote the existing data by Gotanda *et al.* (2002). Large filled circles denote recent data addition (Kuroshio series). (b) Isotherms for the coldest month temperature in warm-temperate regions of the Japanese archipelago (after Geographical Survey Institute, 1990).

2004 など), 温暖化後の地球のひな型を古気候記録中に求めるといった意味において, 暖温帯域の表層花粉群は一定の貢献が期待される。

- Chiba Prefecture. (In Japanese)
- 千葉県文化財センター, 1985. 房総における縄文時代を中心とする古環境の変遷 2. 植生の変遷. 千葉県文化財センター研究紀要 (9): 40-74.
- 千葉県史料研究財団編, 1999. 千葉県の自然誌 3 千葉県の気候・気象. 805 pp. 千葉県.
- 千葉県史料研究財団編, 2001. 千葉県の自然誌 5 千葉県の植物 2 - 植生 -. 794 pp. 千葉県.
- COHMAP Members, 1988. Climatic changes of the last 18,000 years: Observations and model simulations. *Science* 241: 1043-1052.
- Droxler, A. W. and J. W. Farrell, 2000. Marine Isotope Stage 11 (MIS11): New insights for a warm future. *Global Planet. Change* 24: 1-5.
- 遠藤邦彦・小杉正人・松下まり子・宮地直道・菱田量・高野 司・1989. 千葉県古流山湾周辺域における完新世の環境変遷史とその意義. 第四紀研究 28: 61-77.
- EPICA community members, 2004. Eight glacial cycles from an Antarctic ice core. *Nature* 429: 623-628.
- Felis, T., G. Lohmann, H. Kuhnert, S. J. Lorenz, D. Scholz, J. Pätzold, S. A. Al-Rousan and S. M. Al-Moghrabi, 2004. Increased seasonality in Middle East temperatures during the last interglacial period. *Nature* 429: 164-168.
- Gajewski, K, 1995. Modern and Holocene pollen assemblages from some small arctic lakes on Somerset Island, NWT, Canada. *Quat. Res.* 44: 228-236.
- Geographical Survey Institute, 1990. The National Atlas of Japan. 218 pp. Japan Map Center, Tokyo. (In Japanese)
- Gotanda, K., T. Nakagawa, P. Tarasov, J. Kitagawa, Y. Inoue and Y. Yasuda, 2002. Biome classification from Japanese pollen data: application to modern-day and Late Quaternary samples. *Quat. Sci. Rev.* 21: 647-657.
- Guiot, J. and C. Goeury, 1996. PPPBase, a software for statistical analysis of paleoecological and paleoclimatological data. *Dendrochronologia* 14: 295-300.
- Hansen B., S. Østerhus, D. Quadfasel and W. Turrell, 2004. Already the Day After Tomorrow? *Science* 305: 953-954.
- Haug, G. H., A. Ganopolski, D. M. Sigman, A. Rosell-Mele, G. E. A. Swann, R. Tiedemann, S. L. Jaccard, J. Bollmann, M. A. Maslin, M. J. Leng and G. Eglinton, 2005. North Pacific seasonality and the glaciation of North America 2.7 million years ago. *Nature* 433: 821-825.
- Hearty, P. J., P. Kindler, H. Cheng and R. L. Edwards, 1999. A +20 m middle Pleistocene sea-level highstand (Bermuda and the Bahamas) due to partial collapse of Antarctic ice. *Geology* 27: 375-378.
- Heusser, C. J. 1989. Late Quaternary vegetation and climate of southern Tierra del Fuego. *Quat. Res.* 31: 396-406.
- Heusser, C. J. 1995. Three Late Quaternary pollen diagrams from southern Patagonia and their palaeoecological implications. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 118: 1-24.
- Hoganson, J. W. and A. C. Ashworth, 1992. Fossil beetle evidence for climatic change 18,000-10,000 years B. P. in south-central Chile. *Quat. Res.* 37: 101-116.
- Howard, W. R. 1997. A warm future in the past. *Nature* 388: 418-419.
- Huntley, B. and I. C. Prentice, 1988. July temperatures in Europe from pollen data, 6000 years before present. *Science* 241: 687-690.
- Igarashi, Y. 1996. A lateglacial climatic reversion in Hokkaido, Northeast Asia, inferred from the *Larix* pollen record. *Quat. Sci. Rev.* 15: 989-995.
- IPCC, 2001. IPCC 地球温暖化第三次レポート - 気候変化 2001. 289 pp. 中央法規出版, 東京.
- 入谷剛・北川陽一・大井信夫・古澤 明・宮協理一郎, 2005. 長野県北部, 上部更新統高野層のテフラと花粉分析に基づく環境変遷. 第四紀研究 44(6): 323-338.
- 気象庁 (2005) 気象観測 (電子閲覧室). <http://www.data.kishou.go.jp/etn/index.html>.
- 吉良竜夫・四手開綱英・沼田 眞・依田恭二, 1976. 日本の植生. *科学* 46: 235-247.
- 清永丈太, 1994. 花粉化石からみた国分谷の古植生. *In* 松戸市立博物館 (編), 縄文時代以降の松戸の海と森の復元, pp. 91-106. 松戸市立博物館, 松戸.
- 建設省国土地理院, 1990. 新版日本国勢地図, 218 pp. 日本地図センター, 東京.
- Kolfschoten, T. van, P. L. Gibbard and K. -L. Knudsen, 2003. The Eemian interglacial: a global perspective. *Global Planet. Change* 36(3) 147-149.
- 近藤洋輝, 2004. 地球温暖化予測がわかる本 スーパーコンピュータの挑戦, 174 pp. 成山堂書店, 東京.
- 公文富士夫・河合小百合・井内美郎, 2003. 野尻湖湖底堆積物中の有機炭素・全窒素含有率および花粉分析に基づく約 25,000~6,000 年前の気候変動. 第四紀研究 42(1): 13-26.
- Kutzbach, J. E., P. J. Guetter, P. J. Behling and R. Selin, 1993. Simulated climatic changes: Results of the COHMAP climate-model experiments. *In* Wright, H. E. Jr., J. E. Kutzbach, T. Webb III, W. F. Ruddiman, F. A. Street-Perrott and P. J. Bartlein (eds.), *Global Climates since the Last Glacial Maximum*, pp. 24-93. University of Minnesota Press, Minneapolis.

- Lea, D. W., D. K. Pak, L. C. Peterson and K. A. Hughen. 2003. Synchronicity of tropical and high-latitude Atlantic temperatures over the Last Glacial Termination. *Science* 301: 1361-1364.
- Ledru, M. -P. and P. Mourguiart. 2001. Late glacial vegetation records in the Americas and climatic implications. *In* Markgraf, V. (ed.), *Interhemispheric Climate Linkages*, pp. 371-390. Academic Press, San Diego.
- Liu, H. Y., H. T. Cui, R. Pott and M. Speier. 1999. The surface pollen of the woodland-steppe ecotone in southeastern Inner Mongolia, China. *Rev. Palaeobot. Palynol.* 105: 237-250.
- Loutre, M. F. and A. Berger. 2003. Marine Isotope Stage 11 as an analogue for the present interglacial. *Global Planet. Change* 36(3): 209-217.
- 前田保夫. 1980. 縄文の海と森：完新世前期の自然史. 238 pp. 蒼樹書房, 東京.
- Mao, L. M., K. F. Wang and H. Bi. 2003. A palynological study for coastal mangrove swamps in northern Hainan Island, China: relationship between surface pollen and mangrove vegetation. *The Quat. Res. (Tokyo)* 42: 247-264.
- Markgraf, V., R. S. Webb, K. H. Anderson and L. Anderson. 2002. Modern pollen/climate calibration for southern South America. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 181: 375-397.
- 松下まり子. 1992. 日本列島太平洋岸における完新世の照葉樹林発達史. 第四紀研究 31 : 375-389.
- McManus, J. F. 2004. A great grand-daddy of ice cores. *Nature* 429: 611-612.
- 三宅 尚・中村 純・山中三男・三宅三賀・石川慎悟. 2005. 高知平野伊達野低湿地周辺における最終氷期以降の植生史. 第四紀研究 44(5) : 275-287.
- 宮脇 昭(編). 1977. 日本の植生. 535 pp. 学習研究社, 東京.
- 宮脇 昭(編著). 1986. 日本植生誌 7 (関東). 641 pp. 至文堂, 東京.
- Miyoshi, N., T. Fujiki and Y. Morita. 1999. Palynology of a 250-m core from Lake Biwa: a 430,000-year record of glacial-interglacial vegetation change in Japan. *Rev. Palaeobot. Palynol.* 104: 267-283.
- Moore, P. D., J. A. Webb and M. E. Collinson. 1991. *Pollen Analysis*. 216 pp. Blackwell, London.
- Moreno, P. I., G. L. Jacobson Jr., T. V. Lowell and G. H. Denton. 2001. Interhemispheric climate links revealed by a late-glacial cooling episode in southern Chile. *Nature* 409: 804-808.
- Murphy, J. M., D. M. H. Sexton, D. N. Barnett, G. S. Jones, M. J. Webb, M. Collins and D. A. Stainforth. 2004. Quantification of modeling uncertainties in a large ensemble of climate change simulations. *Nature* 430: 768-772.
- Nakagawa, T., P. E. Tarasov, K. Nishida, K. Gotanda and Y. Yasuda. 2002. Quantitative pollen-based climate reconstruction in central Japan: application to surface and Late Quaternary spectra. *Quat. Sci. Rev.* 21: 2099-2113.
- Nakagawa, T., H. Kitagawa, Y. Yasuda, P. E. Tarasov, K. Nishida, K. Gotanda, Y. Sawai and Yangtze River Civilization Program Members. 2003. Asynchronous climate changes between the N. Atlantic and Sea of Japan during the Last Termination. *Science* 299: 688-691.
- NGRIP Members. 2004. High-resolution record of Northern Hemisphere climate extending into the last interglacial period. *Nature* 431: 147-151.
- 沼田 眞. 1987. 植物生態学論考. 919 pp. 東海大学出版会, 秦野.
- Ogden III, J. G. 1985. An alternative to exotic spore or pollen addition in quantitative microfossil studies. *Can. J. Earth Sci.* 23: 102-106.
- Okuda, M. 1997. Palynological study of the lacustrine long cores from Greece and New Zealand. Ph.D. dissertation, Kyoto University, 109 pp.
- Okuda, M., Y. Yasuda and T. Setoguchi. 2001. Middle to Late Pleistocene vegetation history and climatic changes at Lake Kopais, Southeast Greece. *Boreas* 30: 73-82.
- Okuda, M., N. van Vugt, T. Nakagawa, M. Ikeya, A. Hayashida, Y. Yasuda and T. Setoguchi. 2002a. Palynological evidence for the astronomical origin of lignite-detritus sequence in the Middle Pleistocene Marathousa Member, Megalopolis, SW Greece. *Earth Planet. Sci. Lett.* 201: 143-157.
- Okuda, M., H. Okazaki and H. Sato. 2002b. Middle Pleistocene pollen assemblages and their implications for the Yabu Formation, Boso Peninsula, central Japan. *The Quat. Res. (Tokyo)* 41: 403-412.
- Okuda, M., J. Shulmeister and J. R. Flenley. 2002c. Vegetation changes and their climatic implication for the late Pleistocene at Lake Poukawa, Hawkes Bay, New Zealand. *Global Planet. Change* 33: 269-282.
- Okuda, M., H. Nishida, K. Uemura, A. Yabe, T. Yamada and M. Rancusi H. 2004. Palynological investigation and implications on the relationship between modern surface pollen and vegetation/climate (especially precipitation) in the Riesco Island (Isla Riesco), subantarctic Patagonia, Chile. *Nat. Hist. Res.* 8(1): 1-11.

- Okuda, M. 2005. Surface pollen investigation in the Funada-ike pond, Seitaien (Ecology Park) of the Natural History Museum and Institute, Chiba, Japan: an implication on pollen-vegetation relations. *J. Nat. Hist. Mus. Inst.*, Chiba 8(2): 89-96.
- Okuda, M., T. Nakagawa, L. S. Wang and Y. Yasuda. 2005. Surface pollen investigation for pollen-climate relations along altitudinal transects across subtropical to lower montane zones (1950-3500 m a.s.l.) in Zhongdian, Yunnan province, SW China. *Nat. Hist. Res.* 8(2): 1-14.
- Okuda, M., H. Nakazato, N. Miyoshi, T. Nakagawa, H. Okazaki, S. Saito and A. Taira. 2006a. MIS11-19 pollen stratigraphy from the 250 m-long Choshi core (CHOSHI-1), NE Boso Peninsula, central Japan: Implications for the early/mid-Brunhes (ca. 400-780ka) climate signals. *The Island Arc*, in press.
- Okuda, M., H. Nakazato, H. Sato and H. Okazaki. 2006b. MIS15-16 pollen assemblages from the 23 m-long Iioka section, NE Boso Peninsula, -central Japan: correlation with the Choshi-core pollen stratigraphy. *Nat. Hist. Res.* 9(1): 1-13.
- 大嶋秀明・徳永重元・下川浩一・水野清秀・山崎晴雄. 1997. 長野県諏訪湖湖底堆積物の花粉化石群集とその対比. *第四紀研究* 36(3): 165-182.
- Prentice, I. C. and T. Webb III. 1986. Pollen percentages, tree abundance and the Fagerlind effect. *J. Quat. Sci.* 1: 35-43.
- Prentice, I. C. and T. Webb III. 1998. BIOME 6000: reconstructing global mid-Holocene vegetation patterns from palaeoecological records. *J. Biogeogr.* 25: 997-1005.
- Roche, D., D. Paillard and E. Cortijo. 2004. Constraints on the duration and freshwater release of Heinrich event 4 through isotope modeling. *Nature* 432: 379-382.
- Rohling, E. J. and H. Pälike. 2005. Centennial-scale climate cooling with a sudden cold event around 8,200 years ago. *Nature* 434: 975-979.
- Sachs, J. P. and R. F. Anderson. 2005. Increased productivity in the subantarctic ocean during Heinrich events. *Nature* 434: 1118-1121.
- Schrag, D. P. and R. B. Alley. 2004. Ancient lessons for our future climate. *Science* 306: 821-822.
- Stainforth, D. A., T. Aina, C. Christensen, M. Collins, N. Faull, D. J. Frame, J. A. Kettleborough, S. Knight, A. Martin, J. M. Murphy, C. Piani, D. Sexton, L. A. Smith, R. A. Spicer, A. J. Thorpe and M. R. Allen. 2005. Uncertainty in predictions of the climate response to rising levels of greenhouse gases. *Nature* 433: 403-406.
- Stocker, T. F. 2003. South dials north. *Nature* 424: 496-499.
- Stott, L., C. Poulsen, S. Lund and R. Thunell. 2002. Super ENSO and global climate oscillations at millennial time scales. *Science* 297: 222-226.
- Svensen, H., S. Planke, A. Malthesørensen, B. Jamtveit, R. Myklebust, T. R. Eidem and S. S. Rey. 2004. Release of methane from a volcanic basin as a mechanism for initial Eocene global warming. *Nature* 429: 542-545.
- Takahara, H. and H. Kitagawa. 2000. Vegetation and climate history since the last interglacial in Kurota Lowland, western Japan. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 155: 123-134.
- Takahara, H., S. Sugita, S. P. Harrison, N. Miyoshi, Y. Morita and T. Uchiyama. 2000. Pollen-based reconstructions of Japanese biomes at 0, 6000, and 18,000 <sup>14</sup>C yr B.P. *J. Biogeogr.* 27: 665-683.
- Tang, L. Y., C. M. Shen, K. B. Liu, J. T. Overpeck and S. Y. Yu. 2000. Climatic and hydrological changes in the southeastern Qinghai-Tibetan plateau during the past 18 000 years. *Acta Micropalaeont. Sinica* 17: 113-124.
- Taylor, K. C., J. W. C. White, J. P. Severinghaus, E. J. Brook, P. A. Mayewski, R. B. Alley, E. J. Steig, M. K. Spencer, E. Meyerson, D. A. Meese, G. W. Lamorey, A. Grachev, A. J. Gow and B. A. Barnett. 2004. Abrupt climate change around 22ka on the Siple coast of Antarctica. *Quat. Sci. Rev.* 23: 7-15.
- 辻 誠一郎・鈴木 茂. 1977. 九十九里平野北部の沖積世干潟層の花分析的研究. *第四紀研究* 16(1): 1-12.
- 辻 誠一郎・南木陸彦・小池裕子. 1983. 縄文時代以降の植生変化と農耕-村田川流域を例として-. *第四紀研究* 22(3): 251-266.
- 辻 誠一郎. 1997. 関東平野における弥生時代以降の植生史と人間活動. *国立歴史民俗博物館研究報告* (72): 103-141.
- Tsuji, S., M. Minaki and S. Osawa. 1984. Paleobotany and paleoenvironment of the Late Pleistocene in the Sagami region, central Japan. *The Quat. Res. (Tokyo)* 22: 279-296.
- Tsukada, M. 1967. Pollen succession, absolute pollen frequency and recurrence surfaces in central Japan. *Am. J. Bot.* 54: 821-831.
- Tsukada, M. 1982. *Cryptomeria japonica*: glacial refugia and late-glacial and postglacial migration. *Ecology* 63: 1091-1105.
- Tsukada, M. 1986. Altitudinal and latitudinal migration

- of *Cryptomeria japonica* for the past 20,000 years in Japan. *Quat. Res.* 26: 135-152.
- Tsukada, M. 1988. Glacial and Holocene vegetation history of Japan. In Huntley, B. and T. Webb III (eds.), *Handbook of Vegetation Science 7, Vegetation History*, pp. 459-518. Kluwer, Dordrecht.
- 内山 隆. 1998. 関東地方の最終間氷期以降の植生史. 千葉経済大学短期大学部初等教育科研究紀要 (21) : 3-28.
- Wang, X. F., A. S. Auler, R. L. Edwards, H. Cheng, P. S. Cristalli, P. L. Smart, D. A. Richards and C.-C. Shen. 2004. Wet periods in northeastern Brazil over the past 210 kyr linked to distant climate anomalies. *Nature* 432: 740-743.
- Webb III, T., W. F. Ruddiman, F. A. Street-Perrott, V. Markgraf, J. E. Kutzbach, P. J. Bartlein, H. E. Wright Jr. and L. P. Warren. 1993. Climatic changes during the past 18,000 years: Regional syntheses, mechanisms, and causes. In Wright, H. E. Jr, J. E. Kutzbach, T. Webb III, W. F. Ruddiman, F. A. Street-Perrott and P. J. Bartlein (eds.), *Global Climates since the Last Glacial Maximum*, pp. 514-535. University of Minnesota Press, Minneapolis.
- White, J. W. C. and E. J. Steig. 1998. Timing is everything in a game of two hemispheres. *Nature* 394: 717-718.
- Xu, Q. H., X. L. Yang, C. Wu, L. Y. Meng and Z. H. Wang. 1996. Alluvial pollen on the North China Plain. *Quat. Res.* 46: 270-280.
- Yasuda, Y. 2002. The second East Side Story: origin of agriculture in West Asia. In Yasuda, Y. (ed.), *The Origins of Pottery and Agriculture*, pp. 15-38. Lustre Press, New Delhi.
- Zazo, C., J. L. Goy, C. J. Dabrio, T. Bardaji, L. Somoza and P. G. Silva. 1993. The Last Interglacial in the Mediterranean as a model for the present interglacial. *Global Planet. Change* 7: 109-117.
- Zhou, W. J., M. J. Head and L. Deng. 2001. Climate changes in northern China since the late Pleistocene and its response to global change. *Quat. Int.* 83-85: 285-292.

(2006年2月7日受理)

## Surface Pollen Investigation along the Pacific Coast of the Boso Peninsula, Japan: Preliminary Database for Late-Quaternary Interglacial-Palaeoclimate Reconstruction

Masaaki Okuda<sup>1)</sup> · Takeshi Nakagawa<sup>2)</sup>  
and Katsuya Gotanda<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Natural History Museum and Institute, Chiba  
955-2 Aoba-cho, Chuo-ku, Chiba 260-8682, Japan  
E-mail: okuda@chiba-muse.or.jp

<sup>2)</sup> Department of Geography, University of  
Newcastle, Newcastle, NE17RU, UK

<sup>3)</sup> Department of Geography, Tokyo Metropolitan  
University, Hachioji 193-0397, Japan

This paper presents modern surface pollen spectra from the southern Awa district of the Boso Peninsula, in order to confirm the pollen-climate relations on warm temperate regions along the Pacific coast of the Japanese archipelago. The southern coast of the Awa district is today dominated by quasi-natural evergreen broad-leaved forest of chinquapin, oak and *Machilus*, with 15-16°C in annual mean temperature and 5-7°C in January mean temperature, being ca. 2°C warmer than the mainland of the southern Kanto District. Results of the surface pollen analysis show laurel-oak forest dominated by *Castanopsis*, associated with *Quercus* (subgens. *Lepidobalanus* and *Cyclobalanopsis*) and 1-5% of *Podocarpus*, *Myrica*, *Ilex*, etc, which are palynologically different from those of the northwestern Boso Peninsula, where *Q. Cyclobalanopsis* has been dominant during the Holocene. Two surface spectra from the University of Tokyo Forest of Chiba, located in the Kiyosumi mountain system, show increasing values of *Abies* and *Tsuga* pollen. The total spopolen assemblage itself is occupied by 20-50% (or more) of *Cryptomeria japonica*, which needs to be extracted from the pollen sum because of its most probable origin from artificial Japanese cedar afforestation. Neither pines nor deciduous broad-leaved trees become important through the pollen spectra. Herb pollen is quite rare, indicating densely forested landscapes. Pollen contents are very high, with the arboreal pollen concentration (excluding *Cryptomeria japonica*) amounting to 50,000-200,000 grains/g for the moss polster samples collected.