

原 著

守田益宗<sup>1</sup>・須貝俊彦<sup>2</sup>・古澤 明<sup>3</sup>・大野裕記<sup>4</sup>・  
西坂直樹<sup>4</sup>・辻 智大<sup>5</sup>・池田倫治<sup>5</sup>・柳田 誠<sup>6</sup>：  
宇和盆地の花粉分析からみた MIS 15 以降の植生変遷史

Yoshimune Morita<sup>1</sup>, Toshihiko Sugai<sup>2</sup>, Akira Furusawa<sup>3</sup>, Yuki Ono<sup>4</sup>,  
Naoki Nishizaka<sup>4</sup>, Tomohiro Tsuji<sup>5</sup>, Michiharu Ikeda<sup>5</sup> and Makoto Yanagida<sup>6</sup>：  
Vegetation history since MIS 15 based on a pollen record from the Uwa Basin,  
southwestern Shikoku, Japan

**要 旨** 四国南西部に位置する宇和盆地で採取された深度 120 m におよぶ UT コアの上部 75 m について花粉分析を行い、上位より UT-1 ~ UT-43 の局地花粉帯を区分した。これらの花粉帯を、堆積物中に挟在する広域テフラ (AT, Aso-4, Ata, Aso-3, Aso-2, Ata-Th, Kkt, Oda, Hwk, Yfg) の降下年代を基に LR04 の海洋酸素同位体曲線と比較した結果、MIS 15 以降の気候変動にともなう植生変遷を明らかにすることができた。各花粉帯のうち、UT-3 ~ UT-5 は MIS 3 初期 ~ MIS 5 終末期に、UT-6 は MIS 5.1 に、UT-8 は MIS 6 終末期に、UT-9 ~ UT-15 は MIS 6 に、UT-16 は MIS 6/MIS 7 の境界に、UT-17 ~ UT-22a は MIS 7 に、UT-22b ~ UT-24 は MIS 8 に、UT-25 ~ UT-29 は MIS 9 に、UT-30 は MIS 9 初期に、UT-31 と UT-32 は MIS 10 に、UT-33 は MIS 12 に、UT-34 ~ UT-43 は MIS 15 にそれぞれ対比されたが、MIS 11 に対応する花粉帯は欠如していた。氷期に対応する時期にはトウヒ属またはトウヒ属とブナ属、コナラ亜属、クマシデ属などの冷温帯広葉樹が優勢な森林で特徴づけられ、とりわけ MIS 8 は過去 30 万年間では最も湿潤な氷期であった。一方、間氷期には主にスギからなる森林が成立していた。

キーワード：宇和盆地、海洋酸素同位体ステージ、花粉分析、気候変動、植生変遷

**Abstract** Based on pollen analysis and tephra determination, vegetation changes since MIS 15 were reconstructed using the upper 75 m of a 120 m-long sediment core (UT core) from the Uwa Basin, southwestern Shikoku, Japan. We recognized 43 local pollen zones, UT-1 to UT-43, in a descending order and compared these pollen zones with the LR04 marine isotope stack. Chronology was based on widespread tephra layers, AT, Aso-4, Ata, Aso-3, Aso-2, Ata-Th, Kkt, Oda, Hwk, and Yfg. Pollen zones corresponded to marine isotope stages as follows: UT-3 to UT-5 to early MIS 3 to final MIS 5; UT-6 to MIS 5.1; UT-8 to the last stage of MIS 6; UT-9 to UT-15 to MIS 6; UT-16 to the boundary of MIS 6/MIS 7; UT-17 to UT-22a to MIS 7; UT-22b to UT-24 to MIS 8; UT-25 to UT-29 to MIS 9; UT-30 to early MIS 9; UT-31 and UT-32 to MIS 10; UT-33 to MIS 12; UT-34 to UT-43 to MIS 15. During glacial periods, MIS 12, MIS 10, MIS 8, MIS 6, and MIS 3-4, forests were dominated by *Picea* and/or cool-temperate broad-leaf trees such as *Fagus*, *Quercus* subgen. *Lepidobalanus*, and *Carpinus*. MIS 8 was the moistest glacial period during the last 300,000 years. During interglacial periods, MIS 9, MIS 7, and late MIS 5, forests were composed mainly of *Cryptomeria japonica*.

**Key words:** climatic change, Marine Isotope Stage, pollen analysis, Uwa Basin, vegetation history

<sup>1</sup> 〒700-0005 岡山県岡山市北区理大町 1-1 岡山理科大学基礎理学科 (corresponding author: morita@rins.ous.ac.jp)  
Department of Applied Science, Okayama University of Science, Ridai-cho 1-1, Kita, Okayama, Okayama 700-0005, Japan

<sup>2</sup> 〒277-8561 千葉県柏市柏の葉 5-1-5 東京大学大学院新領域創成科学研究科自然環境学専攻  
Department of Natural Environmental Studies, Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, Kashiwanoha 5-1-5, Kashiwa, Chiba 277-8561, Japan

<sup>3</sup> 〒444-0840 愛知県岡崎市戸崎町屋敷 93-7 古澤地質調査事務所  
Furusawa Geological Survey Co Ltd., Yashiki 93-7, Tosaki-cho, Okazaki, Aichi 444-0840, Japan

<sup>4</sup> 〒760-8573 香川県高松市丸の内 2-5 四国電力(株)土木建築部地盤耐震グループ  
Geological & Earthquake Engineering Group, Civil & Architectural Engineering Dept., Shikoku Electric Power Co., Inc. Marunouchi 2-5, Takamatsu, Kagawa 760-8573, Japan

<sup>5</sup> 〒761-0113 香川県高松市屋島西町 2109-8 (株)四国総合研究所土木技術部  
Civil Engineering Dept., Shikoku Research Institute Inc., Yashima-nishi 2109-8, Takamatsu, Kagawa 761-0113, Japan

<sup>6</sup> 〒101-0037 千代田区神田西福田町 4 (株)阪神コンサルタンツ東京支店  
Hanshin Consultants Co., Ltd., Tokyo Office, Kanda-nishi-fukuda-cho 4, Chiyoda, Tokyo 101-0037, Japan

## はじめに

四国は海成段丘や低湿地の堆積物を中心に花粉分析による多くの古生態学的研究が蓄積されている地域である。このうち、四国南部における第四紀後期の植生と環境変遷は、中村、山中、三宅らの研究によりかなり明らかになってきている(中村, 1965; 中村・山中, 1982, 1992; 山中, 1984; 三宅, 2001 など)。しかし、これまで分析された堆積物のほとんどが後氷期以降のものであり、最終氷期に遡るような長期にわたる連続した花粉分析結果(三宅ほか, 2005)は極めて稀である。また、最終氷期初期以前のもは断片的な記録に止まっている。四国は急峻な山地がつらなり地形が複雑なことにより花粉分析に適する連続した堆積物を得ることが困難なうえ、年代を決める鍵となるテフラ層の検出も乏しい。そのため、四国内の花分析結果にとどまらず、他地域の結果と対比することも容易ではなく、最終氷期以前の植生や環境変遷に関する知見は、未だ不十分なままである。

ところで、四国地方西部は第四紀の広域テフラを噴出した火山が多く分布する九州に近いうえ第四系が発達するため、これらのテフラの検出が期待できる地域である。特に、肱川の最上流域に位置する宇和盆地では深度約100 mにおよぶ未固結の第四系が確認されている(富田ほか, 1977; 川村・篠原, 2008 など)。2008年に掘削された盆地基底部に達するコア(以下、UTコアと呼ぶ)からは多数の広域テフラが検出され、約70万年におよぶ堆積物であることが明らかとなっており、長期にわたる氷期間氷期変動を記録している(大野ほか, 2008; 須貝ほか, 2009; Nishizaka et al., 2010; Tsuji et al., 2013)。UTコアが記

録している花粉情報は、四国地方の植生と環境変遷を知るうえで資料的価値が極めて高いといえる。ここではUTコアを対象として行なった花粉分析をもとに、四国地方西部における第四紀の気候変動にともなう植生変遷について報告する。なお、本文中の植物名表記は大井(1992)にしたがった。

## 調査地の概要

愛媛県宇和盆地は、同県を南北に流下する肱川の最上流域の標高約200~300 mに位置している(図1)。盆地は周囲を標高400~500 mの丘陵に囲まれ、山地を介して西部の宇和低地と東部の田之筋低地に区分され、両者は盆地南部で一部接している(芳我, 1971)。盆地基盤は秩父帯の岩城層からなるが(平山・神戸, 1953)、その盆地床には第四系が厚く堆積している(宇和町深層水資源調査会, 2007)。

宇和盆地はヤブツバキクラス *Camellietea japonicae* の気候的極相帯に位置することから、付近の本来の自然植生はシイ類やカシ類などからなる常緑広葉樹林で、標高約300 m以上ではモミ *Abies firma* Siebold et Zucc., ツガ *Tsuga sieboldii* Carrière も生育していたと推定される。しかし、現在では、土地利用によりこれらの自然植生を見ることは稀で、わずかに古い農家の裏山や社寺林などに残されているのみであり、盆地周辺の丘陵部のほとんどがスギ *Cryptomeria japonica* (L.f.) D. Don, ヒノキ *Chamaecyparis obtusa* (Siebold et Zucc.) Endl., モウソウチク *Phyllostachys heterocyclus* (Carrière) Mitford の植林地やアカマツ *Pinus densiflora* Siebold et Zucc., コナラ

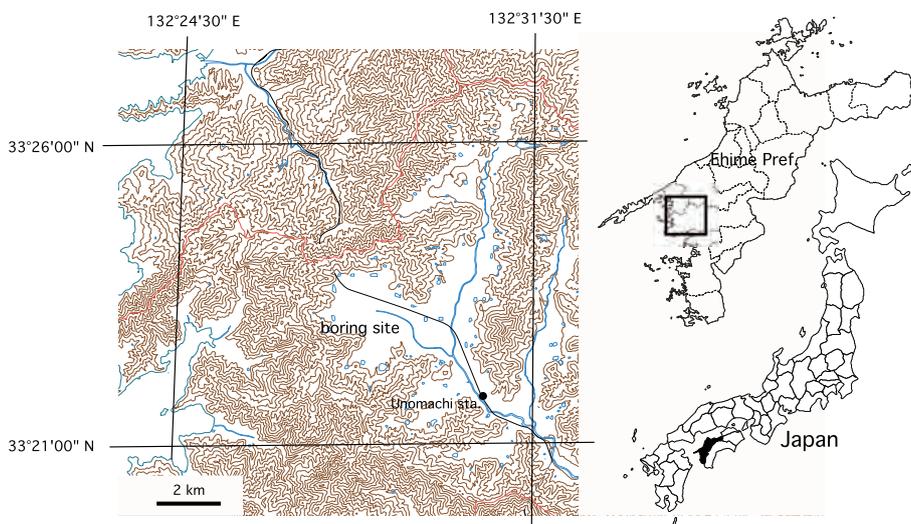


図1 宇和盆地とUTコアのボーリング地点(国土地理院2万5千分1地形図「卯之町」を改変)。

Fig. 1 Locality map and boring point of UT core in the Uwa Basin, Ehime Prefecture, Japan (Modified from the 1:25,000-scale topographic map “Unomachi” of the Geographical Survey Institute of Japan).

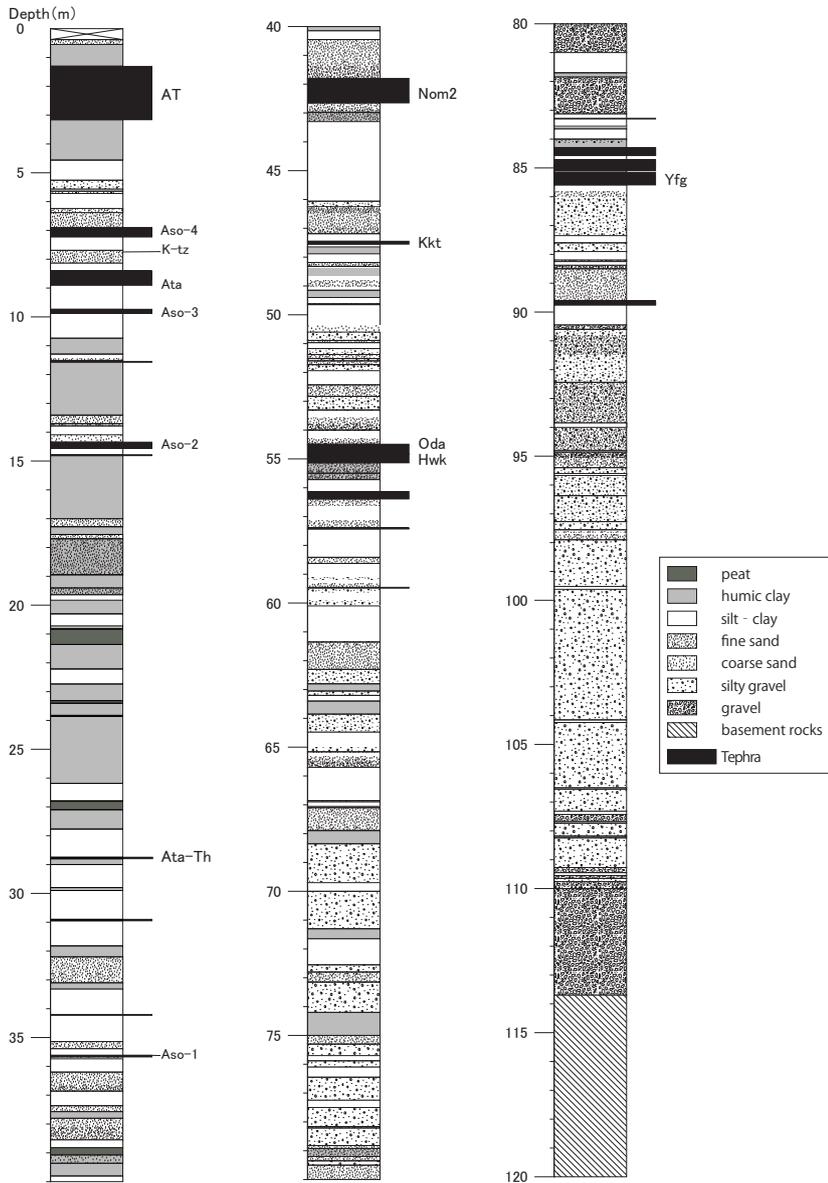


図2 宇和盆地 UT コアの柱状図。

Fig. 2 Stratigraphic sequence of the UT core.

*Quercus serrata* Murreay, クヌギ *Q. acutissima* Carruth., シイ *Castanopsis cuspidata* (Thunb.) Schottky などの二次林へと、低地部は市街地や水田、畑地などに改変されている (宮脇ほか, 1980)。

#### 花粉分析の試料

花粉分析に使用した UT コアは、南北約 10 km, 東西約 5 km にわたる宇和低地のほぼ中央に位置する伊予石城駅の南の北緯 33° 23' 25.05", 東経 132° 28' 23.92"において、2008 年にロータリー式コアボーリングにより深度 120 m まで掘削採取されたものである (大野ほか, 2008)。

同コアの深度 113 m 以深は盆地基盤の岩石であるが、深度 113 m より上部は主に湖成堆積物からなる。この堆

積物は、深度約 70 m 以浅では暗褐色の腐植質に富むシルトや泥炭と明灰色の粘土やシルトの互層からなるが、これ以深では有機物に富む層は稀となり、ところどころに粘土層が見られるものの主に砂や礫の互層となる (図2)。花粉分析試料としてはコアの上部 75 m までを使用した。コア中には 60 以上のテフラ層やクリプトテフラが認められ、これらの層序については Nishizaka et al. (2010), Tsuji et al. (2013) と大西ほか (2013) により予察的に報告されている。本論文で用いる堆積物層序はこれらに基づくが、各テフラの詳細については別に報告の予定である。現在までに確認されている広域テフラは以下のとおりである。すなわち、深度 1.35 ~ 3.15 m は始良丹沢 (AT), 深度 6.90 ~ 7.21 m は阿蘇 4 (Aso-4), 深度 7.72 ~ 7.78 m は鬼界

–葛原 (K-Tz), 深度 8.71 ~ 8.89 m は阿多 (Ata), 深度 9.74 ~ 9.87 m は阿蘇 3 (Aso-3), 深度 14.33 ~ 14.55 m は阿蘇 2 (Aso-2), 深度 28.75 ~ 28.78 m は阿多鳥浜 (Ata-Th), 深度 35.61 ~ 35.70 m は阿蘇 1 (Aso-1), 深度 41.86 ~ 42.61 m は野村 2 (Nom2), 深度 47.20 ~ 47.52 m は加久藤 (Kkt), 深度 54.50 ~ 54.83 m は小田 (Oda), 深度 54.83 ~ 55.15 m は樋脇 (Hwk), 深度 85.23 ~ 85.61 m は由布川 (Yfg) である。以上のテフラの降下年代は、それぞれ 26 ~ 29 ka (AT), 85 ~ 90 ka (Aso-4), 91 ka (K-Tz), 105 ~ 110 ka (Ata), 120 ka (Aso-3), 140 ka (Aso-2), 240 ka (Ata-Th), 250 ~ 280 ka (Aso-1), 330 ~ 340 ka (Kkt), 420 ~ 450 ka (Oda), 570 ~ 580 ka (Hwk), 600 ka (Yfg) とされている (町田・新井, 2003; 長橋ほか, 2004; 山下ほか, 2006; 須藤ほか, 2007)。なお, 最近, AT については水月湖の年縞堆積物から 29 ~ 30 ka の降下であることが示されているが (Smith et al., 2013), 他のテフラの降下年代も今後の研究によってさらに明らかにされてくるであろう。

花粉分析には, UT コアの深度 13 m 以浅の部分では深度 10 ~ 15 cm ごとに, それ以深の部分では深度 10 cm ごとに厚さ 2 cm に切り出した堆積物の表面を削った内部を用いた。これは, ロータリー式コアボーリングではコアロット間の作業時に上部層の混入が避けられないためである。また, 軟弱な堆積物では混入がコア内部にまでおよんでいることも多く, 砂を多く含む層準では内部だけを取り出すことは困難であったため全量をそのまま用いた。

#### 花粉分析の処理方法

花粉分析処理は, 守田 (2012) の方法にしたがい実施した。以下にその概略を示す。

試料は, KOH 処理によって腐植酸を除去し, 比重 1.7 に調整した  $ZnCl_2$  溶液により鉱物質と花粉・胞子を比重分離した後, アセトリシス処理を施し, さらに塩基性フクシンで染色してプレパラートを作成した。検鏡は, 主として 250 倍 ~ 1250 倍で行い, 必要に応じて位相差装置を用いたりして, 高木花粉総数が原則として 200 以上に達するまで行うことを目標とし, その間に出現する全ての花粉・胞子を記録した。なお, 検鏡途中で目標数に達した場合でも, プレパラート全面を観察し終えるまで同定作業を継続した。

出現率の計算は高木花粉では高木花粉総数を, その他の花粉・シダ胞子は高木花粉を除いた花粉・シダ胞子総数を基本数として, 種類ごとに百分率で求めた。ただし, コケ胞子及び緑藻やその他のパリーノモルフは基本数には含めず, これらの出現率の計算は花粉・シダ胞子の総計を基本数とした。

#### 結 果

検出された花粉・胞子は, 高木 (Tree) が 28 分類群, 低木 (Shrub) が 42 分類群, 草本 (Herb) が 81 分類群, シダ (Fern) が 13 分類群, コケ (Moss) が 3 分類群, 緑藻 (Green Algae) が 4 分類群, 第四紀以前の絶滅植物など明らかに二次堆積とわかる花粉・胞子およびその他のパリーノモルフ (Secondary Pollen and Palynomorph) が 3 分類群検出された (表 1)。

主要な花粉・胞子の出現率の変化は花粉ダイアグラムとして示した (図 3; 高木花粉総数 99 以下の層準は図示していない)。

主な高木花粉の変動パターンをもとに, 上位から 1 ~ 43 の局地花粉帯を設定し, さらに細分できる場合には亜帯を設けた。なお, 粗粒な堆積物では花粉含量の少ない傾向がみられ, そのような堆積物では花粉の二次的な混入が心配されるが, 実際に *Xanthium* など上層の花粉の混入が疑われる層準がしばしば認められた。こうした場合, 前後の層準で極端に花粉スペクトルが変化し, しかも, それが 1 層準だけで連続しない場合は, 混入の影響が大きいと判断して, 花粉帯区分では除外した (図 3 では特に混入の疑われる層準については ? を付した)。一方, 混入が疑われても前後の層準で花粉スペクトルが類似し, 連続している場合は, 混入の影響が比較的小さいと判断して花粉帯区分の対象とした。また, 高木花粉総数が 99 以下の層準が 5 つ以上連続し, かつ, 隣接する層準と花粉スペクトルが大きく異なる場合は, 花粉空白帯とした。このような花粉空白帯は深度 40 m 以深で多くなる傾向が認められた。以下, 主として高木花粉を中心に各花粉帯の特徴を記す。

#### UT-1 帯 (深度 0 ~ 100 cm)

本帯は *Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* が最優勢で 35 ~ 50% の高率を占め, *Castaneal/Castanopsis* や *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* もそれぞれ 14 ~ 38 %, 12 ~ 24% の高い出現率を示す。*Pinus* subgen. *Diploxylon* および *Cryptomeria* の出現率の増加する a 亜帯 (深度 0 ~ 60 cm) とこれらがほとんど出現しないかわりに *Castaneal/Castanopsis* の出現率がやや高くなる b 亜帯 (深度 60 ~ 100 cm) に細分できる。また, b 亜帯では a 亜帯より低木花粉の *Myrica* の出現率が比較的高い。

#### UT-2 帯 (深度 100 ~ 300 cm)

本帯の大部分は AT の厚いテフラ層からなり, 花粉・胞子がほとんど認められない花粉空白帯である。

#### UT-3 帯 (深度 300 ~ 445 cm)

本帯は *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* と *Carpinus* の両者で高木花粉の 30 ~ 72% の高率を占め, *Betula* の出現率もやや高い。また, *Pinus*, *Tsuga*, *Picea*, *Fagus* も各 5% 前後の値で随伴する。*Carpinus* の出現率がやや高

表 1 UT コアで同定された花粉・胞子の各分類群

Table 1 List of pollen and spore taxa from the UT core

**Tree:**

*Pinus* subgen. *Diploxylon* (マツ属複雑管束亜属), *Pinus* subgen. *Haploxylon* (マツ属単維管束亜属), *Abies* (モミ属), *Picea* (トウヒ属), *Tsuga* (ツガ属), *Larix/Pseudotsuga* (カラマツ属/トガサワラ属), *Cryptomeria* (スギ属), *Sciadopitys* (コウヤマキ属), Cupressaceae/Taxaceae (ヒノキ科/イチイ科), *Podocarpus* (マキ属), *Pterocarya* (サワグルミ属), *Juglans* (クルミ属), *Betula* (シラカンバ属), *Carpinus tschonoskii* type (イヌシデ型), other *Carpinus/Ostrya* (他のクマシデ属/アサダ属), *Fagus crenata* type (ブナ型), *Fagus japonica* type (イヌブナ型), *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* (コナラ亜属), *Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* (アカガシ亜属), *Castanea/Castanopsis* (クリ属/シイ属), *Hemiptelea* (ハリゲヤキ属), *Ulmus* (ニレ属), *Zelkova* (ケヤキ属), *Celtis/Aphananthe* (エノキ属/ムクノキ属), *Cercidiphyllum* (カツラ属), *Acer* (カエデ属), *Aesculus* (トチノキ属), *Tilia* (シナノキ属)

**Shrub:**

*Ephedra* (マオウ属), *Salix* (ヤナギ属), *Myrica* (ヤマモモ属), *Corylus* (ハシバミ属), *Alnus* subgen. *Alnus* (ハンノキ亜属), *Alnus* subgen. *Alnaster* (ヤシヤブシ亜属), *Viscum* (ヤドリギ属), *Euptelea* (フサザクラ属), *Camellia* (ツバキ属), *Hamamelis* (マンサク属), *Prunus* (サクラ属), *Mallotus* (アカメガシワ属), *Sapium* (シラキ属), *Orixa* (コクサギ属), *Phellodendron* (キハダ属), *Skimmia* (ミヤマシキミ属), *Zanthoxylum* (サンショウ属), *Rhus javanica* type (ヌルデ型), other *Rhus* (他のウルシ属), *Ilex* (モチノキ属), Celastraceae (ニシキギ科), *Buxus* (ツゲ属), *Parthenocissus* (ツタ属), *Vitis* (ブドウ属), Thymelaeaceae (ジンチョウゲ科), *Elaeagnus* (グミ属), *Lagerstroemia* (サルスベリ属), *Aucuba* (アオキ属), *Cornus* (ミズキ属), Araliaceae (ウコギ科), *Clethra* (リョウブ属), Ericaceae (ツツジ科), *Diospyros* (カキ属), *Styrax* (エゴノキ属), *Symplocos* (ハインノキ属), *Fraxinus* (トネリコ属), *Ligustrum* (イボタノキ属), *Lonicera* (スイカズラ属), *Viburnum* (ガマズミ属), *Abelia* (ツクバネウツギ属), *Weigela* (タニウツギ属), *Zabelia* (イワツクバネウツギ属)

**Herb:**

Gramineae (イネ科), Cyperaceae (カヤツリグサ科), Lemnaceae<sup>1</sup> (ウキクサ科), *Typha*<sup>2</sup> (ガマ属), *Sparganium*<sup>2</sup> (ミクリ属), *Monochoria*<sup>2</sup> (ミズアオイ属), *Alisma*<sup>2</sup> (ヘラオモダカ属), *Sagittaria*<sup>2</sup> (オモダカ属), Hydrocharitaceae<sup>1</sup> (トチカガミ科), *Eriocaulon*<sup>2</sup> (ホシクサ属), *Potamogeton*<sup>1</sup> (ヒルムシロ属), *Lilium* (ユリ属), other Liliaceae (他のユリ科), Iridaceae (アヤメ科), *Lysichiton*<sup>2</sup> (ミズバショウ属), other Monocotyledoneae (他の単子葉類), Moraceae (クワ科), Urticaceae (イラクサ科), *Thesium* (カナビキソウ属), *Bistorta* (イブキトラノオ属), *Persicaria* (サナエタデ属), *Polygonum* (ミチヤナギ属), *Rumex* (ギシギシ属), *Reynoutria* (イタドリ属), Caryophyllaceae (ナデシコ科), Chenopodiaceae/Amaranthaceae (アカザ科/ヒユ科), *Aconitum* (トリカブト属), *Clematis* type (センニンソウ属型), *Ranunculus* (キンボウゲ属), *Thalictrum* (カラマツソウ属), other Ranunculaceae (他のキンボウゲ科), *Brasenia*<sup>1</sup> (ジュンサイ属), *Euryale*<sup>1</sup> (オニバス属), *Nelumbo*<sup>1</sup> (ハス属), *Nymphaea*<sup>1</sup> (スイレン属), *Nuphar*<sup>1</sup> (コオホネ属), *Drosera*<sup>2</sup> (モウセンゴケ属), *Macleaya* (タケニグサ属), other Papaveraceae (他のケシ科), Cruciferae (アブラナ科), *Deinante* (ギンバイソウ属), *Agrimonia* (キンミズヒキ属), *Sanguisorba* (ワレモコウ属), other Rosaceae (他のバラ科), *Astragalus* (ゲンゲ属), other Leguminosae (他のマメ科), *Geranium* (フウロソウ属), *Impatiens* (ツリフネソウ属), *Actinostemma* (ゴキズル属), *Trapa*<sup>1</sup> (ヒシ属), *Lythrum*<sup>2</sup> (ミソハギ属), *Rotala*<sup>2</sup> (キカシグサ属), *Epilobium* (アカバナ属), *Ludwigia* (チョウジタデ属), other Onagraceae (他のアカバナ科), *Myriophyllum*<sup>1</sup> (キンギョモ属), *Haloragis* (アリノトウグサ属), *Theligonum* (ヤマトグサ属), *Hippuris*<sup>1</sup> (スギナモ属), Umbelliferae (セリ科), *Utricularia*<sup>1</sup> (タヌキモ属), *Plantago* (オオバコ属), *Lysimachia* (オカトラノオ属), *Faurial/Menyanthes*<sup>2</sup> (イワイチョウ属/ミツガシワ属), *Gentiana* (リンドウ属), *Nymphoides indica*<sup>1</sup> (ガガブタ), *Nymphoides peltata*<sup>1</sup> (アサザ), *Galium* (ヤエムグラ属), *Cuscuta* (ネナシカズラ属), Labiatae (シソ科), Solanaceae (ナス科), *Justicia* (キツネノマゴ属), Boraginaceae (ムラサキ科), *Patrinia* (オミナエシ属), other Valerianaceae (他のオミナエシ科), *Scabiosa* (マツムシソウ属), *Adenophora* (ツリガネニンジン属), *Artemisia* (ヨモギ属), *Xanthium* (オナモミ属), other Carduoideae (他のキク亜科), Cichorioideae (タンポポ科)

**Fern:**

Monolete type FS (単条溝型シダ胞子), Trilete type FS (三条溝型シダ胞子), *Equisetum* (トクサ属), *Isoetes* (ミズニラ属), *Lycopodium serratum* type (トウゲシバ型), *Lycopodium cernuum* type (ミズスギ型), other *Lycopodium* (他のヒカゲノカズラ属), Osmundaceae (ゼンマイ科), Ophioglossaceae (ハナヤスリ科), *Pteris* (イノモトソウ属), *Lygodium* (カニクサ属), Gleicheniaceae (ウラジロ科), *Pyrrosia* (ヒトツバ属)

**Moss:**

*Sphagnum* (ミズゴケ属), Ricciaceae (ウキゴケ科), Anthocerotaceae (ツノゴケ科)

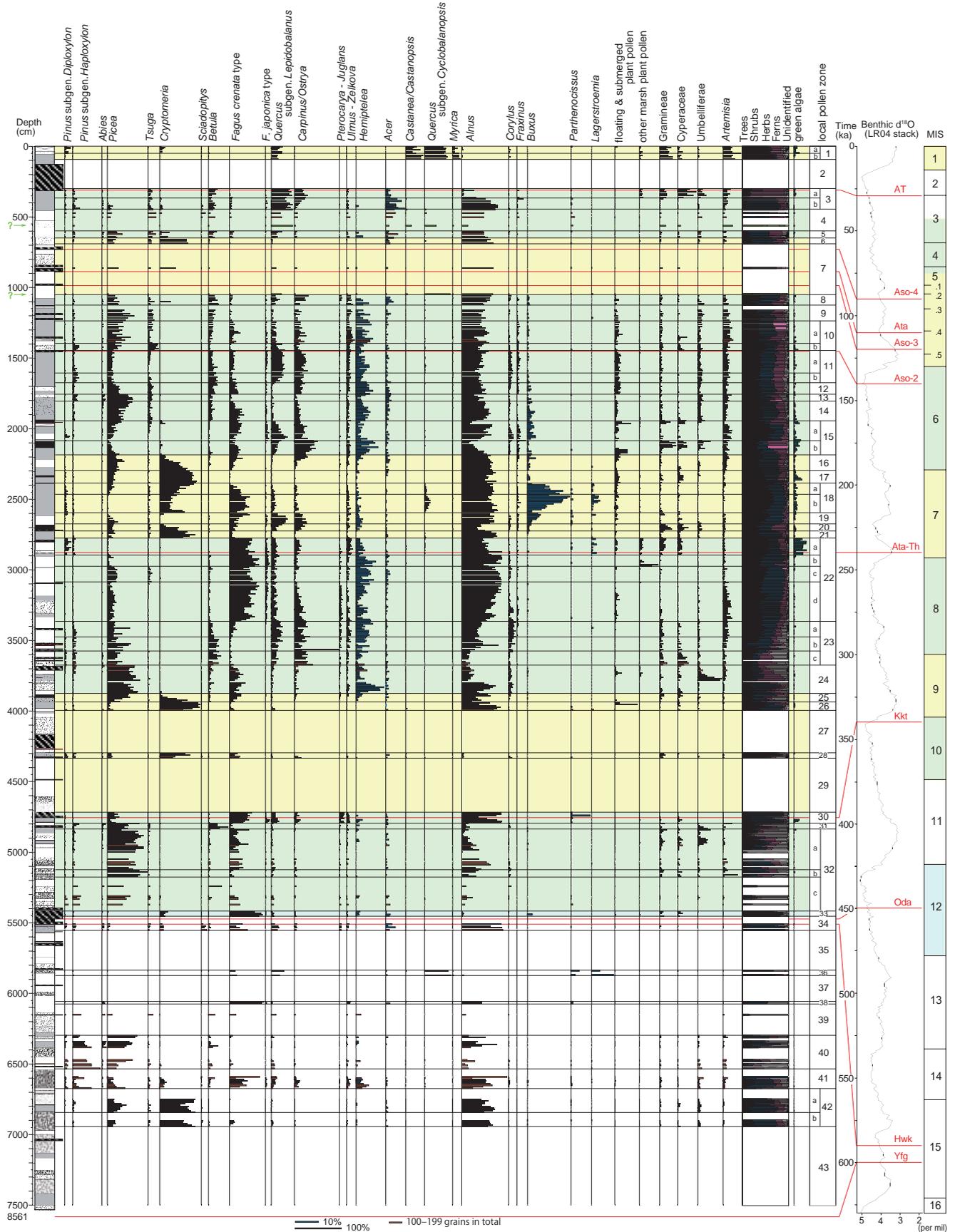
**Green Algae:**

*Pediastrum* (クンショウモ属), *Mougeotia* (ヒザオリ属), *Spirogyra* (アオミドロ属), *Zygnema* (ホシミドロ属)

**Secondary Pollen and Palynomorph:**

*Liquidambar* (フウ属), *Nyssa* (ヌマミズキ属), Concentricystis (環紋藻類)

<sup>1</sup>floating & submerged plant<sup>2</sup>other marsh plant



い a 亜帯 (深度 300 ~ 360 cm) と、*Picea*, *Cryptomeria*, *Fagus crenata* type がわずかに増加する b 亜帯 (深度 360 ~ 445 cm) に二分される。また、UT-3b 亜帯では低木花粉の *Alnus* が高率を占め、この傾向は UT-3b 亜帯以深の大部分の花粉帯で共通して認められる。

#### UT-4 帯 (深度 445 ~ 600 cm)

本帯は花粉含量の少ない層準が多いが、*Cryptomeria* が低率であることを除き、UT-3b 亜帯下部に類似する花粉スペクトルを示している。また、深度 560 cm の層準では *Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* が 25%、*Castaneal/Castanopsis* も 12% ほど産出するが、他の層準からはこれらの花粉はほとんど産出しないことから、ボーリング時における上層からの混入が疑われる。

#### UT-5 帯 (深度 600 ~ 660 cm)

*Picea*, *Tsuga* などのマツ科針葉樹花粉が合計 30 ~ 52% で優勢し、これに *Cryptomeria*, *Betula*, *Fagus*, *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* が各 5 ~ 15% 前後の値で随伴する。

#### UT-6 帯 (深度 660 ~ 700 cm)

本帯では *Cryptomeria* が 58 ~ 62% もの高率を示し、次いで *Picea* などのマツ科針葉樹花粉が 20 ~ 26% 産出し、これらで高木花粉の大部分を占める。*Quercus* subgen. *Lepidobalanus* を含めその他の落葉広葉樹花粉はあまり出現しない。

#### UT-7 帯 (深度 700 ~ 1045 cm)

深度 860 cm の層準では *Cryptomeria* が 35%、マツ科針葉樹花粉が総計で 39% 産出し、UT-6 帯類似の花粉スペクトルを示す。また、深度 1045 cm では、突如 *Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* が 55%、*Castaneal/Castanopsis* が 22% 産出する。後者は上層からの混入した花粉の影響と思われる。これら以外の層準では花粉・胞子が産出しないことから、本帯は花粉空白帯である。

#### UT-8 帯 (深度 1045 ~ 1120 cm)

*Picea*, *Carpinus* がほぼ拮抗する 15 ~ 30% 程度で推移し、これらの他 *Betula*, *Quercus* subgen. *Lepidobalanus*, *Ulmus/Zelkova* がやや多く出現する。また、本帯から下部の各花粉帯では *Hemiptelea* がほぼ連続して産出し、低木花粉の *Buxus* も UT-20 帯あたりまでよく認められるようになる。

#### UT-9 帯 (深度 1120 ~ 1230 cm)

*Picea* が最優勢となり 31 ~ 59% を占め、*Tsuga*, *Betula*,

*Carpinus* が各 5 ~ 15% で随伴する。*Fagus crenata* type, *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* は UT-8 帯より出現率が低下して 1 ~ 7% 程度の出現となる。

#### UT-10 帯 (深度 1230 ~ 1440 cm)

UT-9 帯と同様、*Picea* が最優勢を示すが出現率はやや減少する。*Betula* も下部に向かい減少傾向を示す。*Carpinus* の出現率にそれほどの変化はないが、*Fagus crenata* type, *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* は 3 ~ 29% を推移するようになり明らかに増加する。*Pinus* と *Tsuga* の出現率が低い a 亜帯 (深度 1230 ~ 1400 cm) とやや高い b 亜帯 (深度 1400 ~ 1440 cm) に区分できる。

#### UT-11 帯 (深度 1440 ~ 1670 cm)

*Quercus* subgen. *Lepidobalanus* と *Carpinus* の両者の出現率が高く 10 ~ 30% でほぼ拮抗するほか、*Picea*, *Betula*, *Fagus crenata* type もやや多く産出する。*Pinus* subgen. *Diploxylon* と *Quercus* subgen. *Lepidobalanus*, *Betula* の出現傾向から、a 亜帯 (深度 1440 ~ 1600 cm) と b 亜帯 (深度 1600 ~ 1670 cm) に細分される。

#### UT-12 帯 (深度 1670 ~ 1750 cm)

*Picea*, *Betula*, *Fagus crenata* type, *Carpinus* がほぼ同じような出現率の 10 ~ 25% 程度で推移するが、*Quercus* subgen. *Lepidobalanus* は 5% 未満の低率である。

#### UT-13 帯 (深度 1750 ~ 1810 cm)

*Betula*, *Fagus crenata* type, *Carpinus* が減少する。かわって、*Picea* が最優勢となり最大 55% を、*Tsuga* は UT-12 帯と変化のない 5 ~ 10% 程度の値を示す。*Quercus* subgen. *Lepidobalanus* は UT-12 帯同様低率である。

#### UT-14 帯 (深度 1810 ~ 1940 cm)

*Picea* は 25 ~ 53% を示し前帯にひきつづき最優勢であり、次いで *Fagus crenata* type が 9 ~ 30% の出現率を占める。また、*Carpinus* も下部に向かい緩やかに増加し最大 14% の値を示す。*Quercus* subgen. *Lepidobalanus* は 5% 未満の低率を維持する。

#### UT-15 帯 (深度 1940 ~ 2190 cm)

*Picea* は減少するが、UT-14 帯まで低率であった *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* が増加し最大 35% を占めるまでになる。*Carpinus* の出現率も増加し。本体下部では最優勢を示すようになる。*Fagus crenata* type は 8 ~ 33% の出現率を維持するが、*Betula* は低率となる。*Picea* の出現率の高い a 亜帯 (深度 1940 ~ 2090 cm) と *Carpinus* の出現率が高い b 亜帯 (深度 2090 ~ 2190 cm) に細分

図 3 UT コアの花粉ダイアグラムおよび LR04 の酸素同位体曲線 (Lisiecki & Raymo, 2005) との対比。花粉・胞子の産出量が少なく高木花粉総数が 99 以下の層準は図示していない。?: 特に二次的な混入の疑われる層準。柱状図の層相は図 2 参照。  
Fig. 3 Pollen diagram of the UT core compared with the LR04 marine isotope stack (Lisiecki & Raymo, 2005). Horizons with less than 100 grains in total are not shown. Horizons with putative secondarily deposited pollen are indicated with question marks. See Fig. 2 for the legend of the stratigraphic sequences.

される。

#### UT-16 帯 (深度 2190 ~ 2300 cm)

*Quercus* subgen. *Lepidobalanus* は極めて低率となり、*Fagus crenata* type や *Carpinus* の出現率も減少し、かわって *Cryptomeria* が最優勢となり最大で 60% に達する。*Picea* も 20 ~ 35% の高い出現率を示す。

#### UT-17 帯 (深度 2300 ~ 2390 cm)

*Quercus*, *Fagus*, *Carpinus* などの落葉広葉樹花粉は極めて低率となり針葉樹花粉が大部分を占める。なかでも *Cryptomeria* は 65 ~ 80% の高い出現率を示す。

#### UT-18 帯 (深度 2390 ~ 2600 cm)

*Cryptomeria* の出現率は UT-18 帯より低下するが依然として高率を示す。*Fagus crenata* type が増加し最大で 47% を示すようになり、両者で本帯の高木花粉の過半を占める。また、*Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* が連続的に産出し最大 13% の出現率を示す。*Buxus* も連続産出し最大で非高木花粉・胞子の 18% を占めるまでになる。また、断続的出現ではあるが *Lagerstroemia* の比率も比較的高い。本帯は針葉樹花粉のやや多い a 亜帯 (深度 2390 ~ 2460 cm) と *Fagus crenata* type や *Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* が目立つ b 亜帯 (深度 2460 ~ 2600 cm) に細分される。

#### UT-19 帯 (深度 2600 ~ 2680 cm)

*Cryptomeria* は急減して極めて低率となり、かわって *Fagus crenata* type, *Quercus* subgen. *Lepidobalanus*, *Carpinus* の出現率が増加し、三者で高木花粉の過半を占めるようになる。また、*Picea* もやや増加する。*Buxus* は減少し、非高木花粉・胞子の 2 ~ 6% の出現となる。

#### UT-20 帯 (深度 2680 ~ 2730 cm)

*Fagus*, *Quercus* subgen. *Lepidobalanus*, *Carpinus* の出現率が減少する。再び *Cryptomeria* が増加し、本帯下部では約 40% に達し最優勢を示すようになる。*Picea* は 10 ~ 14% の出現率を維持する。

#### UT-21 帯 (深度 2730 ~ 2780 cm)

*Cryptomeria* が 50 ~ 75% で過半を占め、*Picea* は 3 ~ 16% の出現率を示す。*Quercus* subgen. *Lepidobalanus* や *Carpinus* は極めて低率となり、*Fagus* は 5 ~ 10% 内外の出現率となる。

#### UT-22 帯 (深度 2780 ~ 3370 cm)

*Fagus crenata* type が最優勢であり、30 ~ 70% の出現率を示す。*Pinus* subgen. *Diploxylon* のやや目立つ a 亜帯 (深度 2780 ~ 2900 cm), 針葉樹花粉の産出が少ない b 亜帯 (深度 2900 ~ 2980 cm), *Picea* や *Tsuga* が比較的多くみられる c 亜帯 (深度 2980 ~ 3090 cm), *Picea*, *Carpinus*, *Pterocarya/Julglans* の出現率がやや高い d 亜帯 (深度 3090 ~ 3370 cm) の 4 亜帯に細分できる。

#### UT-23 帯 (深度 3370 ~ 3670 cm)

本帯では *Fagus crenata* type の出現率が低下し、かわって *Picea*, *Betula*, *Quercus* subgen. *Lepidobalanus*, *Carpinus* が増加して優勢となる。本帯中・下部ではこれら 4 分類群で高木花粉の大部分を占める。また、*Pinus* の出現率もやや増加する。比較的 *Fagus crenata* type の出現率の高い a 亜帯 (深度 3370 ~ 3470 cm), *Abies* が僅かに見られる c 亜帯 (深度 3570 ~ 3670 cm), これらが見られない b 亜帯 (深度 3470 ~ 3570 cm) に細分される。

#### UT-24 帯 (深度 3670 ~ 3870 cm)

*Picea* が最優勢で 35 ~ 70% の出現率を示す。*Fagus crenata* type の出現率も比較的高く、最大で 35% ほど出現し、両者で高木花粉の 65% 以上を占める。

#### UT-25 帯 (深度 3870 ~ 3930 cm)

*Picea* と *Fagus crenata* type が減少し、かわって *Cryptomeria* が下層に向かって急増し、下部では最大 60% に達する。

#### UT-26 帯 (深度 3930 ~ 4000 cm)

*Cryptomeria* が高木花粉の大部分を占め、最大で 87% に達する。本体下部では *Fagus crenata* type, *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* が僅かに増加し、両者合計で 10% 程度になる。

#### UT-27 帯 (深度 4000 ~ 4300 cm)

本帯の大部分は砂層と二次堆積のテフラ層からなり、花粉・胞子がほとんど認められない花粉空白帯である。

#### UT-28 帯 (深度 4300 ~ 4340 cm)

*Cryptomeria* が 30 ~ 65% を占め、次いで *Fagus crenata* type が 11 ~ 23% を占める。*Pinus*, *Picea* もそれぞれ 8 ~ 13% の出現率を維持する。低木花粉の *Alnus* は他の花粉帯に比べ著しく低率であり、非高木花粉・胞子の 5% 内外の出現率である。

#### UT-29 帯 (深度 4340 ~ 4720 cm)

本帯は砂層、礫層、Kkt のテフラ層からなり、花粉・胞子がほとんど認められない花粉空白帯である。

#### UT-30 帯 (深度 4720 ~ 4795 cm)

*Fagus crenata* type が最優勢で 30 ~ 50% を、*Quercus* subgen. *Lepidobalanus*, *Carpinus*, *Pterocarya/Julglans*, *Ulmus/Zelkova* などの落葉広葉樹花粉も計 20 ~ 45% を占める。針葉樹花粉では *Picea* が多く 5 ~ 25% の出現率を示す。

#### UT-31 帯 (深度 4795 ~ 4840 cm)

*Picea* が 35 ~ 70% の出現率を示して最も多く、次いで *Betula* が 20 ~ 42% を占める。*Fagus*, *Quercus* subgen. *Lepidobalanus*, *Carpinus* などの落葉広葉樹花粉の出現率は低い。また、*Alnus* も非高木花粉・胞子の 8 ~ 18% の出現にとどまる。

**UT-32 帯 (深度 4840 ~ 5420 cm)**

本帯は高率で出現する *Picea* と *Fagus crenata* type で特徴づけられる。前者は 30 ~ 85%, 後者は 4 ~ 42% を占める。さらに, *Fagus crenata* type が比較的多く産出する a 亜帯 (深度 4840 ~ 5130 cm), *Fagus crenata* type の比較的少ない b 亜帯 (深度 5130 ~ 5180 cm), *Pinus* subgen. *Haploxyton* の出現率がやや高い c 亜帯 (深度 5180 ~ 5420 cm) に細分できる。また, c 亜帯は a 亜帯, b 亜帯に比べ, *Alnus* は低率を示す。

**UT-33 帯 (深度 5420 ~ 5450 cm)**

*Fagus crenata* type が 57 ~ 73% と高木花粉の過半を占め最優勢である。次いで *Cryptomeria* が 8 ~ 17% の出現率を示す。*Alnus* は 3 ~ 6% と低率である。

**UT-34 帯 (深度 5450 ~ 5550 cm)**

本帯では *Sciadopitys* が 5 ~ 12% の出現を示し特徴的である。その他, *Fagus crenata* type が 15 ~ 39% を占め, *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* が 8 ~ 17% と比較的高い出現率を示す。*Alnus* は 63 ~ 90% と高率である。

**UT-35 帯 (深度 5550 ~ 5840 cm)**

本帯は粘土層, シルト層, 砂層, 礫層, テフラ層の互層からなるが, 花粉・胞子のほとんど認められない花粉空白帯である。

**UT-36 帯 (深度 5840 ~ 5870 cm)**

本帯では *Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* が 51 ~ 57% と高木花粉の過半を占める。その他, *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* が 18 ~ 27%, *Fagus crenata* type が 13 ~ 16% を占め, 針葉樹花粉は全てを集めても 5% 程度にとどまる。非高木花粉では, *Parthenocissus* や *Lagerstroemia* が比較的高い出現率を示すが, *Alnus* は低率である。

**UT-37 帯 (深度 5870 ~ 6060 cm)**

粘土層, シルト層, 礫層, テフラ層からなるが, 花粉・胞子はほとんど認められないので花粉空白帯である。

**UT-38 帯 (深度 6060 ~ 6080 cm)**

*Fagus crenata* type が 70 ~ 75% の高率を示し, *Quercus* subgen. *Lepidobalanus*, *Ulmus/Zelkova* などの落葉広葉樹花粉を低率で伴う。針葉樹花粉は *Abies* が 5% 程度出現するほかは痕跡的な出現にとどまる。

**UT-39 帯 (深度 6080 ~ 6300 cm)**

一部に腐植質シルトを含むものの大部分は砂層と礫層からなり, 花粉・胞子をほとんど産出しないことから花粉空白帯である。

**UT-40 帯 (深度 6300 ~ 6530 cm)**

本帯では *Pinus* subgen. *Haploxyton* と *Picea* が高い出現率を示し, 両者が高木花粉の 70 ~ 90% を占めるのが特徴である。*Betula* も最大で 20% の出現率を示す。一方,

*Quercus* subgen. *Lepidobalanus*, *Fagus* などの落葉広葉樹花粉は低率である。

**UT-41 帯 (深度 6530 ~ 6670 cm)**

*Fagus* が 13 ~ 65% と高木花粉の第一位を占めるが, *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* や *Carpinus* も各 4 ~ 12% と比較的多く産出する, また, 針葉樹花粉の *Pinus* subgen. *Haploxyton*, *Picea*, *Cryptomeria* も *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* や *Carpinus* と同程度に認められる。

**UT-42 帯 (深度 6670 ~ 6940 cm)**

*Cryptomeria* が 45 ~ 77% もの高率を占めるのが特徴である。次いで *Picea* の 12 ~ 41% の産出が目立つ。落葉広葉樹花粉がほとんど見られない a 亜帯 (深度 6670 ~ 6840 cm) とこれらを低率で伴う b 亜帯 (深度 6840 ~ 6940 cm) に細分できる。

**UT-43 帯 (深度 6940 ~ 7500 cm)**

腐植質シルトのほか, 粘土層, シルト層, 砂層, 礫層, テフラ層の互層からなるが, 花粉・胞子がほとんど認められない花粉空白帯である。

**考 察****1. 宇和盆地周辺の前気候, 植生変遷史と海洋酸素同位体ステージ (MIS) との対応**

既述のように UT コアには複数の広域テフラが挟在し, 深度 54.83 ~ 55.15 m には Hwk, 深度 85.21 ~ 85.61 m には Yfg の各テフラが認められるうえ, その堆積物は保存状態もよくコアの上部では細粒の堆積物が連続していることから, その上部 70 m の堆積物には約 580 ~ 600 ka 前以降の花粉記録を保存していることは疑いない。ただし, コア中には主として比較的厚い砂層や礫層からなる花粉空白帯が所々見られることから, 堆積物に不整合があることも十分に考えられる。そこで, 挟在する火山灰の降下年代および Lisiecki & Raymo (2005) が示した LR04 の酸素同位体曲線や海洋酸素同位体ステージ (MIS) の年代軸をもとに各花粉帯との対比を行うこととした。なお, 火山灰の降下年代にしては, 先に示した各火山灰の下限値を採用した。また, 植生と気候帯の関係を述べるには垂直方向と水平方向への位置づけが必要であろう。いわゆる中間温帯のようなエコトーンでは針広混交林を形成する場合がしばしば認められるが (山中, 1979; 飯泉・菊池, 1980; 野寺・奥富, 1990; 磯谷, 2008), UT コアのような集水域が広く長期間にわたる堆積物では, 得られた花粉群が, このような針広混交林から由来したものか, 垂直分布帯を違えて成立していた複数の異なる森林から由来したかを評価するのは一地点のコアの結果だけからは難しい。くわえて, 現在と同様の植生と気候帯の関係が数十万年におよぶ期間において成立していた保証もない。実際に, 中村・山中 (1992)

も更新世中期の南四国には冷・暖両温帯に分布する植物が混在する現在とは異なる植生型を認めている。したがって、本論での植生と気候帯に関する記述は、現在の植生と気候帯の位置づけを基本とはするが、それを逸脱する場合もあることをお断りしておく。

以下、堆積物の上部から各花粉帯ごとに周辺植生と古気候の変遷について論ずるが、花粉空白帯 (UT-2, UT-7, UT-27, UT-29, UT-34, UT-35, UT-37, UT-39, UT-43 の各帯) については UT-2 帯を除き論議の対象から外した。なお、本論では MIS 1 (0 ~ 14 ka) を晩氷期から後氷期とした。

#### UT-1 帯

コア最上部の本帯は、AT の上位にあり暖温帯性の *Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* を高率で産出することから MIS 1 に対比されることは明らかである。出現率の比較的高い *Castaneal/Castanopsis* の大部分も *Castanopsis* から由来した可能性が高く、カン類やシイ類などからなる常緑広葉樹林が広く成立していた。また、*Myrica* はヤマモモ *Myrica rubra* Lour. と考えられる。現在、ヤマモモは温暖地の二次林によく見られるが、土壌の未発達な痩せ地でも生育することから、そのような土地も広がっていたであろう。UT-1a 亜帯 (深度 0 ~ 60 cm) で増加する *Pinus* subgen. *Diploxylon* や *Cryptomeria* はアカマツ二次林やスギ植林地の増加を反映したものと考えられ、三宅ほか (2003) の UWA-V および UWA-VI 帯に対比できる。

#### UT-2 帯

本帯は厚い AT テフラからなり、年代的には MIS 2/MIS 3 の境界付近に相当する。花粉空白帯であることから古植生は明らかにできない。ただし、UT コア採取地近くで行われた三宅ほか (2003) の結果によれば、ほぼ同じ年代と考えられる UWA-II 帯では、*Tsuga*, *Pinus*, *Abies* が多く、*Betula*, *Quercus* subgen. *Lepidobalanus*, *Fagus*などを随伴することから、暖温帯上部から冷温帯下部の気候下にコナラ亜属やブナ属を伴うマツ科針葉樹を主体とした森林が成立していたと考えられている。

#### UT-3 帯

本帯は、三宅ほか (2003) の UWA-II 帯やその下部の UWA-I 帯とは異なり、落葉広葉樹花粉が高率を占め、マツ科針葉樹花粉もやや多く伴うことから、気候的には UWA-I, II 帯よりやや冷涼であり、これらのマツ科針葉樹林と冷温帯性のコナラ属やクマシデ属などの落葉広葉樹を主体とした冷温帯林が展開していたと考えられ、3 ~ 4 万年前と推定される UWA-I 帯の下位の時代に当たる MIS 3 前期 ~ MIS 4 に対比されよう。なお、UT-3b 亜帯ではスギ、コウヤマキ *Sciadopitys verticillata* (Thunb.) Siebold et Zucc., ブナ *Fagus crenata* Blume が多くなることから

UT-3a 亜帯よりもやや湿潤であった傾向が認められる。

#### UT-4 帯

花粉スペクトルの類似性から、スギがほとんど認められないことを除き UT-3b 亜帯と同様の植生が広がっており、気候は同亜帯よりやや乾燥していたと推定される。MIS 4 に相当すると思われる。

#### UT-5 帯

本帯はトウヒ属やツガ属などのマツ科針葉樹、スギ、コナラ属やブナが森林を形成しており、UT-3b 亜帯よりも冷温帯性落葉樹の割合が低下することから、より湿潤で温和な気候であったと推定される。上下の花粉帯の関係から判断すると MIS 4 初期 ~ MIS 5 終末に対比される可能性が高い。

#### UT-6 帯

冷温帯性落葉広葉樹花粉は低率で、針葉樹花粉が大部分を占め、その過半が *Cryptomeria* である。Tsukada (1986) によればスギの分布域は 1 月の平均気温 -7 ~ 7°C, 8 月の平均気温 19 ~ 27°C, 生長期の有効降水量が 1000 mm 以上の地域に重なることから、UT-5 帯よりもさらに温暖湿潤であり、現在の推移帯下部に相当する気候下にスギを主とする温帯針葉樹林が成立していたと言えよう。次の UT-7 帯最上部付近には Aso-4 が認められることから、本帯は MIS 5.1 付近にあたるであろう。なお、MIS 4 初期 ~ MIS 5 にかけては日本列島各地でスギが優勢な森林が発達したことが知られている (五十嵐, 2009 など)。

#### UT-8 帯

クマシデ属、コナラ属、カバノキ属を主とする落葉広葉樹に加え、トウヒ属などの針葉樹からなる混交林の時代である。このような森林は、本州南岸、四国、九州の山地の暖温帯の常緑広葉樹林と冷温帯のブナ林とが接する付近にみられ、ツガが優勢で、これにアカマツ、モミ、アカシデ *Carpinus laxiflora* (Siebold et Zucc.) Blume を伴うもので、カバノキ属はヨグソミネバリ *Betula grossa* Siebold et Zucc. が生育する。ただし、本帯でみられるように、トウヒ属を多く伴うようなことはなく、ハリモミ *Picea polita* (Siebold et Zucc.) Carrière を少し伴う程度である。本帯では、*Fagus* は 5 ~ 10% を維持するが、*Cryptomeria* は 1 層準を除きほとんど検出されないことから、降水量は UT-6 帯よりも少なく、冬季はやや乾燥していたと推定され、UT-6 帯よりは明らかに冷涼であった。前帯の UT-7 帯下部には MIS 5.5 に降下したとされる Aso-3 が挟在することや、次の UT-9 帯との関係から MIS 6 の終末期に対比される。

#### UT-9 帯

コナラ属やブナ、クマシデ属などの落葉広葉樹が減少し、主にトウヒ属からなる針葉樹林が生育していた時代である。UT-8 帯よりもさらに乾燥した亜寒帯 ~ 冷温帯の気候が推

定されることから MIS 6 に対比できる。

#### UT-10 帯

トウヒ属を主体とする針葉樹とブナ、コナラ属、クマシデ属などの落葉広葉樹からなる森林の時代であるが、UT-8 帯よりも針葉樹の混交度は高い。気候は UT-9 帯よりやや温暖湿潤ではあるが、UT-8 帯よりは明らかに冷涼であったと想定される。UT-10b 亜帯ではトウヒ属、ブナがやや減少し、ゴヨウマツ類やツガ属、コナラ属が目立つことから a 亜帯よりやや乾燥していたとみられる。

#### UT-11 帯

コナラ属やクマシデ属を主体とした落葉広葉樹の森林が拡大していた時代であり、UT-10 帯よりもやや温和な気候環境が推定される。UT-11b 亜帯では、ゴヨウマツ類、ツガ属、カバノキ属が増加することから気候の悪化傾向がみられ、次の UT-12 帯への移行期としてとらえられる。本帯最上部付近には Aso-2 が認められることから MIS 6 に対応する。

#### UT-12 帯

コナラ属はほとんど見られず、トウヒ属、ツガ属などの針葉樹とブナ、クマシデ属を主とする冷温帯性落葉広葉樹からなる森林の時代である。気候的にはやや冷涼湿潤であった可能性が高い。

#### UT-13 帯

ブナ、クマシデ属などの冷温帯性落葉広葉樹はわずかとなり、トウヒ属の優占する針葉樹林の時代である。UT-12 帯よりも冷涼で乾燥した冷温帯から亜寒帯の気候が推定される。

#### UT-14 帯

UT-12 帯に比較してトウヒ属やブナが優先し、クマシデ属はやや少ないものの、同帯に類似した植生・気候環境であったと推定される。

#### UT-15 帯

UT-14 帯までのトウヒ属が多い森林にかわりブナ、コナラ属、クマシデ属などの冷温帯性落葉広葉樹が主に森林を形成した時代である。本帯では、UT-15b/UT-15a 亜帯境界部付近を頂点にコナラ属の割合が増加/減少するのとは対称的にブナが変動する。また、UT-15a 亜帯ではクマシデ属が、UT-15b ではトウヒ属が上部に向かい増加することから、次第に上部に向かい冷涼乾燥化が進行した様子がかがえる。本コアでは Aso-2 から Ata-Th までの間に不整合のある可能性を否定はできないものの、両テフラの降下年代から内挿すると、本帯下部は 191.7 ka となり、MIS 6/7 の年代 (191 ka) に近似する値となることや、UT-11 帯まで継続する冷涼な時代の始まりから見ても、MIS 6 と考えるのが妥当であろう。

#### UT-16 帯

スギやトウヒ属などの針葉樹林から、ブナ、コナラ属、クマシデ属などの落葉広葉樹からなる森林へと急速に移行する時代である。気候は、本帯上部では UT-13 帯程度と推定されるが、本帯下半ではスギ林が広範囲に生育していた様子から下部のほうが温暖湿潤であったことは疑いない。本帯は気候の急変期に当たることから MIS 6/MIS 7 の境界付近に位置づけられる。

#### UT-17 帯

冷温帯性落葉広葉樹はほとんど認められず、トウヒ属を少し伴うものの主にスギからなる温帯針葉樹林が発達した時代であり、UT-6 帯と同様な温暖湿潤な気候であった。

#### UT-18 帯

スギおよびブナからなる森林の時代である。スギ天然林は、前述のように降水量が多い地域に見られるが、なかでも空中湿度が高く、尾根筋など水はけのよい土壌の浅い立地に生育している (遠山, 1976; 前田, 1983)。また、植林などでスギが旺盛な生育を示すのは土壌が深く地味肥沃な緩傾斜地などであるが、このような場所は、自然状態ではブナに圧倒されてしまうのが普通である。そのため現在のスギ天然林は、ブナ林の生育する地域のなかでも、尾根筋など限られた場所に小規模の林が点在している場合が多い。一方、花粉出現率からみると現在のようにスギの植林地が広い面積を占める場合でも、*Cryptomeria* が全高木花粉の 30% を占めるのは稀である。過去には低湿地にスギ林がひろく分布していたことが知られており (高原, 1998 など)、そのような場合には *Cryptomeria* が高率で出現する傾向が見られる。当時の宇和盆地では低湿地にはスギ林が、丘陵部ではブナ林が卓越していた可能性が高い。*Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* も産出することから、丘陵下部あるいは盆地より低標高部にはカシ類も生育していたであろう。また、本帯では高率の *Buxus* とともに *Lagerstroemia* も産出していることから、気候は温暖湿潤であったことに疑いなく、特に UT-18b 帯でその傾向が強い。本帯における *Fagus crenata* type の消長が *Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis*, *Buxus*, *Lagerstroemia* といった温暖地に生育する樹種と同調的であることは注目すべきである。一般にブナのような冷温帯植物の生育は夏季の高温に、カシのような暖温帯植物の生育は冬季の低温に制限されるので、両者の増加は、現在に比べ夏季と冬季の気温の年較差が低かったことを暗示している。本帯は MIS 7.1 または 7.3 に対比できよう。

#### UT-19 帯

ブナ、コナラ属、クマシデ属などの冷温帯性落葉広葉樹林が発達した時代である。*Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* は見られず、*Buxus* や *Lagerstroemia* も検出されるが出現率は UT-18 帯よりも低いことから気温はやや冷涼で

あったと推定される。MIS 7.4 に相当する可能性が高い。

#### UT-20 帯

UT-19 帯と UT-21 帯の移行帯であり、上層に向かいスギが減少し、かわってブナ、コナラ属、クマシデ属などの冷温帯性落葉広葉樹林が増加する時代である。スギ林の衰退の原因は、スギと同様に生育に多量の降水が関係するブナが逆に勢力を拡大することから、気温もさることながら降水の季節配分、とくに冬季降水量の減少が指摘できよう。

#### UT-21 帯

本帯は UT-17 帯同様の温暖湿潤なスギ林の時代である。

#### UT-22 帯

各亜帯で構成樹種の比率に若干の違いはあるものの、UT-22 帯をとおしてブナが優占する冷温帯落葉広葉樹林時代であり、冷涼湿潤な気候を示唆しているが、a 亜帯では *Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* や *Lagerstroemia* が検出されることから本帯中でも暖かい時期である。b 亜帯の花粉スペクトルは *Hemiptelea* を除けば、現在の東北地方脊梁山地のブナ帯中の分析結果のそれに極めて類似している。c 亜帯と d 亜帯は類似するが、前者のほうがトウヒ属、ツガ属などの針葉樹やカバノキ属がやや多いことから、本帯中では最も冷涼であったと推定される。なお、a 亜帯と b 亜帯の境界部付近には *Ata-Th* がみとめられ、a 亜帯はやや温暖な時期であることから、UT-22b 亜帯以下が MIS 8 に対比されよう。

#### UT-23 帯

a 亜帯は上層に向かいブナがやや増加することから UT-22 帯への移行帯といえよう。b 亜帯、c 亜帯ではクマシデ属、コナラ属、カバノキ属などの落葉広葉樹とトウヒ属が推移帯の森林を形成しており、c 亜帯ではわずかにモミ属を混生するようになる。気候は UT-22 よりは温和であるが乾燥していたと推定される。b/c 亜帯境界には *Aso-1* を挟在することから、本帯は MIS 8 に対比できる。

#### UT-24 帯

トウヒ属とブナが森林を形成していた時代である。トウヒ属のほうがより高率であり、稚樹の生長にある程度の日当たりが必要なブナがトウヒ属と混生していたとは考えがたいので、両者は異なる立地に森林を形成していたであろう。UT-23 よりは冷涼湿潤な気候が推定される。本帯は MIS 8 に対比できる。

#### UT-25 帯

UT-24 帯と UT-26 帯の移行帯であり、上層に向かいスギが減少し、かわってトウヒ属とブナが増加する時代である。上層に向かい冷涼乾燥化が次第に進んだ時代であり、MIS 9 の末期に当たる可能性が高い。

#### UT-26 帯

本帯はスギ林が広範囲に発達した時代であり、UT-6 帯

同程度に気候は暖かく年間を通じて湿潤であったと推定される。本帯は MIS 9 に対比できる。

#### UT-28 帯

本帯の高木花粉スペクトルは *Picea* や *Fagus crenata* type の比率が僅かに高いことを除けば UT-26 帯に類似しており、同様の植生が成立していたと推定される。27 帯は粗粒な堆積物や二次堆積テフラからなり、本帯と UT-26 帯に大きな時間の開きはないと考えられ、MIS 9 に対比できるであろう。

#### UT-30 帯

トウヒ属をわずかに伴うが、ブナを主とする冷温帯落葉広葉樹林の時代である。本帯中には *Kkt* を挟在することから MIS 9 初期付近に対比される。

#### UT-31 帯

ブナをはじめとする冷温帯性落葉広葉樹は極めて低率であり、トウヒ属などを主とする針葉樹林が成立していた時代であり、カバノキ属も多く交えていたことから亜寒帯程度の気候が推定できる。寒冷乾燥の時代であり、MIS 10 に対比される。

#### UT-32 帯

高木花粉スペクトルは UT-24 帯に極めて類似しており、トウヒ属とブナが森林を形成していた時代である。なかでも b 亜帯の気候が最も厳しく UT-31 帯に匹敵するが、a 亜帯、c 亜帯ではブナ林が拡大することから、やや温和で降水も比較的あったと推定される。本帯も MIS 10 に対比される可能性が高い。本帯下部では粗粒堆積物が累重し、とくに c 亜帯では花粉スペクトルが欠落する層準も多く認められるので、どこに不整合があっても不思議ではない。

#### UT-33 帯

スギをわずかに交えたブナ林の時代であり、冷涼湿潤な気候の時代である。スギは現在のようにブナ林中の尾根筋に細々と生育していたと推定される。本帯直下の UT-34 帯との境界には *Oda* が認められるので、MIS 12 に対応する可能性が高い。なお、MIS 11 は過去 45 万年間で最も温暖な間氷期であり、現世と同様に *Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* の出現率が高いとされるが (例えば、Miyoshi et al., 1999; 高原ほか, 2007; 本郷, 2009 など)、UT-33 帯までの UT コア中には、そのような時代は認められない。上述の UT-32 帯下部のどこかに不整合があり欠落している可能性が高い。

#### UT-34 帯

ブナ、コナラ属などの落葉広葉樹とコウヤマキ、スギ、マツ科などの針葉樹が森林を形成していた時代であり、冷涼湿潤な気候が推定される。本帯中には *Oda* および *Hwk* が認められることから、明らかに不整合が存在する。また、深度 85 m 付近には *Yfg* があることから UT-34 帯から

UT-43 帯までは MIS 15 に当たる。なお、UT-34 帯以下の各帯は花粉空白帯も多く、礫などを多く含む層準から得られた花粉スペクトルのため、混入や淘汰などにより偏ったスペクトルを示していたり、極めて短期間の植生を表している可能性が高く、必ずしも宇和盆地周辺の広範囲の植生や気候を反映しているとは限らない。さらに、Oda, Hwk および Yfg の各テフラの噴出年代や MIS との関係は、未だ十分に明らかにされていないことから、これ以上の論議は差し控えるが、これらの噴出年代によっては UT-33 は MIS 10, UT-34 帯は MIS 11 であり、*Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* が優占する UT-36 帯はその最暖期に対比される可能性もでてくるであろう。今後、これらのテフラの噴出年代と MIS との関係をさらに検討する必要がある。

また、西日本各地では絶滅種ヒメブナ *Fagus microcarpa* Miki の大型遺体が約 50 万年前まで産出し、大阪層群でも MIS 15 に対応する Ma7 から認められている (百原, 1993, 1996)。北場ほか (2011) は、*Fagus microcarpa* の花粉形態を論じている。光学顕微鏡レベルでは *Fagus crenata* type と *Fagus japonica* type ほど明確に識別はできないので、本論文では *Fagus microcarpa* type を区別していないが、UT-34 帯以下の *Fagus* はヒメブナ由来の可能性が高い。本郷 (2009) の大阪層群の研究によれば、その他の絶滅種である *Cunninghamia* は Ma8 と Ma9 の間の非海成層下部まで、*Cyclocarya* は Ma7 と Ma8 の間の非海成層下部まで、*Liquidamber* は Ma9 まで低率ながら産出している。しかし、宇和盆地では、*Nissa* や *Liquidamber* の断続的かつ痕跡的な産出が認められるのみであり、これらの花粉も二次堆積などの可能性を排除できない。

## 2. 宇和盆地と日本各地の MIS 12 ~ MIS 6 の花粉記録との比較

内陸部における中期更新世以降の比較的良好に連続した陸上堆積物の花粉分析結果としては、徳佐盆地 (Miyoshi et al, 1991; 三好, 1998), 神吉盆地 (Takahara et al., 2007; Hayashi et al., 2009), 琵琶湖 (Miyoshi et al., 1999), 大湫盆地 (守田ほか, 2006, 2010), 剣淵盆地 (五十嵐ほか, 2012) が知られている。また、大阪層群の堆積物は海成堆積物を含むものの、基準となる資料のひとつである (Furutani, 1989; 市原, 1993; Hongo, 2007)。同様な堆積物には関東平野の深作 (本郷・水野, 2009) がある。UT コアの記録する MIS 15 以降について、これらの分析結果における MIS に対応する花粉帯を示した (図 4)。なお、神吉盆地は MIS 3 から MIS 12 にわたるが、MIS 6 以降を除き未だ詳細な花粉帯は公表されていない (Takahara et al., 2011)。また、一般に海成層準と非海成層準を繰り返すような堆積物では、前者の花粉分析結果が沿岸域を含

む広域の古植生を反映するのに対し、後者は堆積地周辺の局所的な古植生を反映する傾向が強いことから、複数地点の花粉分析結果の比較や他の古生態学的分析などの情報が乏しい場合には、気候変化との対応が曖昧となりがちである。大阪層群では多くの研究の蓄積があるが、深作のコアでは MIS 8 ~ MIS 10 までの対比は未だ不十分である (本郷・水野, 2009)。徳佐盆地では他の分析結果に比べ、寒暖の指標となる植物の花粉出現率の変動が激しく、その消長も複雑であり、MIS 9 以前に相当する花粉帯は不明瞭である。そのため、これらの対応は省略した (図 4)。最終間氷期以降の連続堆積物の花粉分析結果は、近年、日本各地で得られ、挾在する広域テフラに基づき詳細な対比も行われるようになってきた (五十嵐, 2009; 高原・林, 2010 など)。一方、MIS 6 以前についてはこれまで検討されることはほとんどなかった。ここでは MIS 6 以前の時期について、3 カ所以上の分析地点があるもの、すなわち、MIS 12 ~ MIS 6 までの時期で比較したい (図 4)。

琵琶湖、神吉盆地の MIS 12 ではマツ科針葉樹花粉が優勢であるのに対し、宇和盆地では *Fagus* が優占する。この違いは、日本海側に近く氷期には現在より乾燥化したと考えられる前 2 者と太平洋側で海に近い宇和盆地の地理的な差異が影響していると考えられる。

MIS 11 は宇和盆地では欠落するが、大阪層群、琵琶湖、神吉盆地では *Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* が一時増加し、その後 *Cryptomeria* が優占する。*Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* の増加は、現生に匹敵するほどの出現を示し、過去 45 万年間では最も温暖な間氷期であったようである。

MIS 10 になると、琵琶湖、神吉盆地ではマツ科針葉樹が優勢であり、宇和盆地では *Picea* が優勢であるものの *Fagus* を少なからず伴うことから、前 2 者よりは湿潤であったと推定される。大湫盆地の MIS 10 末期には *Pinus* subgen. *Haploxylon* から *Cryptomeria* をへて *Fagus* が優勢となる変化が認められる。

MIS 9 では、*Cryptomeria* が優勢である地点と *Fagus* が優占する地域が認められ、前者は宇和盆地、琵琶湖、大阪層群であり、後者は神吉盆地、大湫盆地である。また、宇和盆地を除き *Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* を伴っている。内陸部にあり標高が比較的高い地点では *Fagus* が優勢であったと見ることも可能であろう。

MIS 8 の時期では、再び、マツ科針葉樹が優勢となるが、これらに *Cryptomeria* や *Fagus* が多く随伴していた地点が多いことから、過去 30 万年間では最も湿潤な氷期であったと言えるであろう。また、宇和盆地では *Fagus* が、大湫盆地では *Cryptomeria* が優占する時期が続いた。これらの地点は太平洋側に位置するので、寒冷期であっても他の

MIS	Uwa Basin this study	Tokusa Basin Miyoshi et al. (1991) Miyoshi(1998)	Osaka Group Furutani (1989)	Kamiyoshi Basin Hayashi et al. (2009)	Lake Biwa Miyoshi et al. (1999)	Okute Basin Morita et al. (2006)	Kenbuchi Basin Igarashi et al. (2012)
1	UT-1		P1		BW-1	OK4-27 – OK4-28	K2-14 – K2-16
2	UT-2					OK4-25 – OK4-26	K2-10 – K2-13
3	UT-3 – UT-5	TK-9 – TK-12	P2	KY01-12 – KY01-14	BW-2	OK4-23 – OK4-24	K2-8 – K2-9
4				KY01-10 – KY01-11			
5	UT-6 – UT-7	TK-8	P3	KY01-3 – KY01-9	BW-3	OK4-19 – OK4-21	K2-4 – K2-7
6	UT-8 – UT-15	TK-6 – TK-7	P4 – P8	KY01-1 – KY01-2	BW-4	OK4-17 – OK4-18	K2-1b – K2-3
7	UT-16 – UT-22a	TK-5	P9	★	BW-5	OK4-12 – OK4-16	K2-1a – K2-1b
8	UT-22b – UT-24	TK-4 ? ? ?	P10	★	BW-6	OK4-9 – OK4-11	
9	UT-25 – UT-30		P11	★	BW-7	OK4-7 – OK4-8	
10	UT-31 – UT-32			★	BW-8	OK4-1 – OK4-5	
11			P13	★	BW-9		
12	UT-33			★	BW-10		
13				P15	★		
14							
15	UT-34 – UT-43						

★ : as stated in Takahara et al. (2011)

図 4 日本の主要な地点における MIS 15 以降の花粉帯の関係。

Fig. 4 Correlation of the pollen zones for the Uwa Basin, Tokusa Basin, Osaka Group, Kamiyoshi Basin, Lake Biwa, Okute Basin, and Kenbuchi Basin in Japan and their relationship to marine isotope stages since MIS 15.

地点に比べ湿潤であったと推定される。

MIS 7 の剣淵盆地では *Picea* の優占する北方系針葉樹林が発達しており冷涼な海洋性気候が支配していたようである。一方、琵琶湖と神吉盆地では *Cryptomeria* と *Fagus* が優勢であり、大阪層群では *Pinus* subgen. *Diploxylon* と *Fagus* が、徳佐盆地でも *Fagus* が優勢である。また、前者では低率ながら *Pseudotsuga* を特徴的に伴う。大湫盆地では *Cryptomeria* の多い時期もあるが、*Fagus* と *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* が優勢である。逆に、宇和盆地では *Fagus* や *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* の多い時期もあるが、*Cryptomeria* が優占する。これらの地点は徳佐盆地を除き *Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* を伴うが、MIS 9 の時期と同様に出現率は低く、後氷期や最終間氷期ほどにはその勢力を拡大していなかったと言える。また、剣淵盆地を除く各地点では *Cryptomeria* や *Fagus* が勢力を拡大していたと見なせることから、現在より冷涼・湿潤な間氷期であったと言えよう。

MIS 6 になると剣淵盆地では疎開した北方系の常緑針葉樹林や落葉針葉樹林が展開し寒冷・乾燥気候が支配していた。琵琶湖、大阪層群や神吉盆地ではマツ科針葉樹が優勢であり、大湫盆地でもマツ科針葉樹や *Betula* が優占する。宇和盆地では既述のように *Fagus*, *Quercus* subgen. *Lepidobalanus*, *Carpinus* などの落葉広葉樹が優勢な時代と *Picea* などのマツ科針葉樹が優勢な時代が交互する。MIS 6 末期には剣淵盆地では *Juglans* や *Ulmus* などの落葉広葉樹を交えるようになり、神吉盆地では *Cryptomeria*,

*Cupressaceae* などの温帯針葉樹から *Fagus* が優勢となる変化が見られる。一方、MIS 6 に対応する徳佐盆地の TK6 ~ 7 では *Cryptomeria*, *Cupressaceae* などの温帯針葉樹や *Fagus*, *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* などの落葉広葉樹が優占する森林の時代を示しており他地点と異なる。ここでは MIS 6 の大部分を欠如し、神吉盆地のように MIS 6 末期の様子を表している可能性もある。

### 3. 水生植物花粉からみた堆積環境の変化

佐々木ほか (2010) は、宇和盆地で掘削された 2 本のボーリングコアの岩層観察と TOC/TN(有機炭素 / 全窒素) 変動から、同盆地では約 35 m 以深までの期間は湖が広がっていた期間が長く、それ以浅は湿地環境の期間が長かったことを論じている。一方、水生植物花粉の変動をみると、UT-26 帯上部で沼地の示標となる floating & submerged plant pollen が比較的高率で産出するが、それ以深では湿地を示標する other marsh plant pollen を含めほとんど産出しない。floating & submerged plant pollen は、UT-24 帯上部でやや多く認められるほか、UT-23a 亜帯以降 UT-8 帯までほぼ連続して目立って産出する。other marsh plant pollen は UT-24 帯上部のほか UT-22a 亜帯と b 亜帯でやや多産するほか、UT-21 帯 ~ UT-8 帯まで低率ながらほぼ連続して認められる。浮遊生プランクトンの green algae は UT-21 帯 ~ UT-1 帯まで花粉空白帯を除きほぼ連続して産出し、UT-22a 亜帯ではとくに出現率が高い。一般に花粉分析地点が沼地に位置していれば、そのような場

所に生育する植物の floating & submerged plant pollen, other marsh plant pollen は検出されやすく、解放水域が広がる水深の深い湖などでは検出されにくくなる。したがって、UT-27 帯以深の時代には湖が広がっており、UT-26 帯上部から UT-23b 帯にかけては解放水域と沼沢地がせめぎ合う時代となり、UT-23a 帯以浅の時代では沼沢地が卓越していたと見ることができ、佐々木ほか (2010) の結果とも矛盾はない。

#### 4. *Hemiptelea*, *Buxus*, *Lagerstroemia* の生育立地

*Hemiptelea* は、UT-8 帯から下部の花粉帯ではほぼ連続して認められるが、*Cryptomeria* が多産する花粉帯では出現しないか極めて低率の出現である。*Hemiptelea* の現生種は中国、朝鮮に自生するハリゲヤキ *Hemiptelea davidii* (Hance) Planch があり、Hongo (2007) のまとめによれば、冬季乾燥の大陸性気候下にある北部冷温帯を特徴づける落葉広葉樹林にあって主に川岸や溪畔に生育している。また、その化石花粉は大型遺体にくらべ産出例は少ないものの、関東以西の更新世堆積物から報告されている。Minaki et al. (1988) は日本各地から得られた *Hemiptelea* の大型遺体の形態研究から、絶滅種ヒメハリゲヤキ *Hemiptelea mikii* Minaki の存在を認め、これらが最終氷期最盛期直前まで関東以西にひろく生存していたことを報告していることから、UT コアの *Hemiptelea* もヒメハリゲヤキである可能性が高い。また、吉田ほか (2011) は、ヒメハリゲヤキは冷温帯の地下水位や土壌攪乱が著しい不安定な立地に生育していたと推定している。

*Lagerstroemia* は、UT-8 帯より下部では UT-18 帯、UT-22 帯上部、UT-36 帯でやや多く認められるが、それ以外は極めて低率で散発的な出現にとどまる。*Lagerstroemia* は間氷期の示標ともされ (Miyoshi et al., 1999)、最終氷期を中心として日本各地から産出の報告がある (辻, 1980; Furutani, 1989; 守田ほか, 2010; Hayashi et al., 2009; 竹内, 2005 など)。この *Lagerstroemia* は、SEM による花粉形態研究からシマサルスベリ類 *Lagerstroemia subcostata* Koehne の可能性が高いことが指摘されている (藤木ほか, 2001)。シマサルスベリ類は、屋久島以南の南西諸島、台湾、中国に分布し、それらの地域では、低位段丘面など流水や土壌攪乱の影響を受けやすい立地に多く見られる。

*Buxus* は UT-8 帯より下部で認められ、UT-8 帯から UT-11 帯では出現率もごく僅かの断続的出現である。UT-12 帯より下部では出現率はやや高く連続的な出現となり、UT-18 帯では多量に認められるが、UT-21 帯より下部では稀に認められるだけとなる。*Buxus* も日本各地から産出の報告があるが、主に関東以西で認められ、

*Lagerstroemia* が産出する時期やその前後には比較的多く認められる傾向がある (辻, 1980; 守田, 1994; Hayashi & Takahara, 2009 など)。本州に自生するツゲ属は変異が多くいくつかの和名が与えられているが、すべてヒメツゲ類 *Buxus microphylla* Siebold et Zucc. にまとめられる。西日本各地から産出する *Buxus* もヒメツゲ類とみてよいであろう。ヒメツゲ類は、関東以西の温暖地に生育し、林床に認められることがあるものの、一般には石灰岩地や岩場近くあるいは川岸など土壌の未発達な貧栄養地に生育する。

UT コアにおける花粉化石の産出状況から、宇和盆地では現在の冷温帯に相当する気候の時期にはヒメハリゲヤキが、それよりも温暖な気候の時期にはヒメツゲ類が多い傾向が見て取れる。その生育特性から、いずれも流路沿いの流水や土壌攪乱などの影響を受けやすい立地に生育していたが、シマサルスベリとヒメツゲ類の両者が共に多い時期では土壌条件のより厳しい立地にヒメツゲ類が生育していたと推定される。シマサルスベリとヒメツゲ類は間氷期を示標する植物として扱われる事もあるが、河川活動の活発化により流域が不安定化した時期に分布を拡大した植物とみることもできる。

#### おわりに

陸上堆積物のロングコアでは同じ盆地内の近隣であつても欠落部分の堆積時期が異なることは普通に見られ (例えば、守田ほか, 2010 など)、また、欠落期間も UT コアでみてきたように様々である。したがって、陸上堆積物のロングコアによる植生変遷史構築には、欠落の比較的少ない湖沼や海洋の堆積物の分析結果を軸とし、その近隣の陸上堆積物の花粉分析結果を対比することにより、欠落の補完やその期間の確定が不可欠である。

#### 引用文献

- 藤木利之・百原 新・安田喜憲. 2001. 日本の間氷期堆積物に含まれるサルスベリ属 *Lagerstroemia* 花粉化石の形態. 植生史研究 10: 91-99.
- Furutani, M. 1989. Stratigraphical subdivision and pollen zonation of Middle and Upper Pleistocene in the coastal area of Osaka Bay, Japan. *Journal of Geosciences, Osaka City University* 32: 91-121.
- 芳我幸正. 1971. 地形分類図. 南予総合開発地域土地分類基本調査「卯之町 5 万分の 1」(愛媛県編), 13-21. 愛媛県.
- Hayashi, R., Takahara, H., Tanida, K. & Danbara, T. 2009. Vegetation response to East Asian monsoon fluctuations from the penultimate to last glacial period based on a terrestrial pollen record from the inland Kamiyoshi Basin, western Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 284: 246-256.
- 平山 健・神戸信和. 1953. 八幡浜・伊予高山 5 万分の 1 地

- 質図幅説明書. 46 pp. 地質調査所, 川崎.
- Hongo, M. 2007. Stratigraphic distribution of *Hemiptelea* (Ulmaceae) pollen from Pleistocene sediments in the Osaka sedimentary basin, southwest Japan. *Review of Palaeobotany and Palynology* 144: 287–299.
- 本郷美佐緒. 2009. 大阪堆積盆地における中部更新統の花粉生層序と古環境変遷. 地質学雑誌 115:64–79.
- 本郷美佐緒・水野清秀. 2009. 埼玉県さいたま市で掘削された深作 A-1 ボーリングコアの花粉化石群集. 地質調査所研究報告 60: 559–579.
- 市原 実. 1993. 大阪層群. 340 pp. 創元社, 大阪.
- 五十嵐八枝子. 2009. 北西太平洋・鹿島沖コア MID01-2421 の MIS 6 以降の花粉記録: 陸域資料との対比. 地質学雑誌 115: 357–366.
- 五十嵐八枝子・成瀬敏郎・矢田貝真一・壇原 徹. 2012. 北部北海道の剣淵盆地における MIS 7 以降の植生と気候の変遷史—特に MIS 6/5e と MIS 2/1 について. 第四紀研究 51: 175–191.
- 飯泉 茂・菊池多賀夫. 1980. 植物群落とその生活. 201 pp. 東海大学出版会, 東京.
- 磯谷達宏. 2008. 日本の植生帯に関する近年の研究—人文科学の関連領域としての展望—. 国土館大学文学部人文学会紀要 40: 63–80.
- 川村教一・篠原俊憲. 2008. 愛媛県西予市宇和盆地宇和層および中位段丘構成層中の火山灰の層序と対比. 地質学雑誌 114: 415–425.
- 北場育子・百原 新・松下まり子. 2011. 奈良盆地西部における大阪層群 Ma2 層の前期更新世植物化石群. 第四紀研究 50: 181–194.
- Lisiecki, L. E. & Raymo, M. E. 2005. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic  $\delta^{18}\text{O}$  records. *Paleoceanography* 20, PA1003, doi:10.1029/2004PA001071.
- 町田 洋・新井房夫. 2003. 新編火山灰アトラス—日本列島とその周辺. 336 pp. 東京大学出版会, 東京.
- 前田禎三. 1983. 天然分布. 「新版スギのすべて」(坂口勝美監修), 8–26, 全国林業改良普及協会, 東京.
- Minaki, M. Noshiro, S. & Suzuki, M. 1988. *Hemiptelea mikii* sp. nov. (Ulmaceae), fossil fruits and woods from the Pleistocene of Central Japan. *The Botanical Magazine, Tokyo* 101: 337–351.
- 三宅 尚. 2001. 南四国における第四紀後期の植生変遷史. 高知大学黒潮圏研究所々報特別号 No. 11: 21–37.
- 三宅 尚・本多マチ・石川慎吾. 2003. 愛媛県東宇和郡宇和盆地から得られた最終氷期の化石花粉群. 日本花粉学会誌 49: 1–8.
- 三宅 尚・中村 純・山中三男・三宅三賀・石川慎吾. 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: 275–287.
- 宮脇 昭・奥田重俊・藤原一絵・佐々木 寧・木村雅史・箕輪隆一・弦巻久仁子・村上雄秀・阿久津 卓・山崎 惇. 1980. 肱川上・中流域の植生: ダム工事における環境保全林・保全緑地形成のための植生学的研究. 129 pp. 横浜植生学会, 横浜.
- 三好教夫. 1998. 中国・四国地方の植生史. 「図説日本列島植生史」(安田喜憲・三好教夫編), 138–150. 朝倉書店, 東京.
- Miyoshi, N., Horie, S. & Takemura, K. 1991. Pollenanalytische Untersuchungen an einem 85-Meter-Bohrkern aus dem Tokusa-Backen, Präfektur Yamaguchi, West-Japan. “Die Geschichte des Biwa-Sees in Japan” (Horie, S., ed.), 243–256. Universitätsverlag Wagner, Innsbruck.
- Miyoshi, N., Fujiki, T. & Morita, Y. 1999. Palynology of a 250 m core from Lake Biwa: a 430,000 year record of glacial-interglacial vegetation change in Japan. *Review of Palaeobotany and Palynology* 104: 267–283.
- 百原 新. 1993. 近畿地方とその周辺の大規模植物化石相. 「大阪層群」(市原 実編), 256–270. 創元社, 大阪.
- 百原 新. 1996. ブナ科とブナ属の歴史. 「ブナ林の自然史」(原正利編), 55–65. 平凡社, 東京.
- 守田益宗. 1994. 研究成果報告書. 文明と環境 (平成5年度文部省重点領域研究「地球環境の変動と文明の盛衰—新たな文明のパラダイムを求めて—」事務局編), No. 12: 23–28.
- 守田益宗. 2012. 花粉分析と顕微鏡作業の効率化をめざして. 植生史研究 21: 73–84.
- 守田益宗・神谷千穂・佐々木俊法・宮城豊彦・須貝俊彦・柳田 誠・古澤 明・藤原 治. 2010. 岐阜県瑞浪市大湫盆地堆積物に記録された花粉化石群の変動—酸素同位体ステージ9以降の植生と気候の変遷—. 季刊地理学 62: 195–210.
- 守田益宗・関口千穂・佐々木俊法・宮城豊彦・須貝俊彦・柳田 誠・古澤 明・藤原 治・守屋俊文. 2006. 東海地方の中間温帯における中期更新世以降の植生変遷—内陸小盆地堆積物の花粉分析から—. 季刊地理学 58: 123–139.
- 長橋良隆・吉川周作・宮川ちひろ・内山 高・井内美郎. 2004. 近畿地方および八ヶ岳山麓における過去43万年間の広域テフラの層序と編年—EDS分析による火山ガラス片の主要成分化学組成—. 第四紀研究 43: 15–35.
- 中村 純. 1965. 高知県低地部における晩氷期以降の植生変遷. 第四紀研究 4: 200–207.
- 中村 純・山中三男. 1982. 花粉分析学的研究よりみた四国地方の洪積世後期以降の植生変遷. 「日本植生誌 3, 四国」(宮脇 昭編), 76–83. 至文堂, 東京.
- 中村 純・山中三男. 1992. 南四国における第四紀の植生変遷. 第四紀研究 31: 389–397.
- Nishizaka, N., Ohno, Y., Ishikawa, Y., Furusawa, A., Ikeda, M., Tsuji, T., Ichikawa, K., & Yanagida, M. 2010. Tephra stratigraphy of the core at the Uwa basin, Southwest Japan—the catalogue of the Kyushu volcanoes during Middle-Late Pleistocene—. *Proceedings of the 11th IAEG Congress, Auckland*. CD-ROM.
- 野寄玲児・奥富 清. 1990. 東日本における中間温帯性自然林の地理的分布とその森林帯的位置づけ. 日本生態学会誌 40: 57–69.
- 大井次三郎. 1992. 新日本植物誌 改訂版. 1716 pp. 至文堂, 東京.
- 大西耕造・西坂直樹・辻 智大・柳田 誠・隈元 崇. 2013. 四国西部における火山灰の層厚に関する確率論的評価. 日本第四紀学会講演要旨集 No. 43: 68–69

- 大野裕記・西坂直樹・池田倫治・市川清士・須貝俊彦・古澤 明・柳田 誠・佐藤 賢・守田益宗. 2008. 愛媛県宇和盆地における約 70 万年間の連続コア. 予報. 日本第四紀学会講演要旨集 No. 38: 108-109.
- 佐々木優太・須貝俊彦・大野裕記・西坂直樹・池田倫治・柳田 誠・守田益宗. 2010. 愛媛県宇和盆地埋積層分析による過去約 60 万年間の古環境復元. 日本地球惑星科学連合 2010 年大会予稿集 Disk 1, HQR010-P21.
- Smith, V. C., Staff, R. A., Blockley, S. P. E., Bronk Ramsey, C., Nakagawa, T., Mark, D. F., Takemura, K., Danhara, T. & Suigetsu 2006 Project Members. 2013. Identification and correlation of visible tephra in the Lake Suigetsu SG06 sedimentary archive, Japan: chronostratigraphic markers for synchronising of east Asian/west Pacific palaeoclimatic records across the last 150 ka. *Quaternary Science Reviews* 67: 121-137.
- 須藤 茂・猪股隆行・佐々木 寿・向山 栄. 2007. わが国の降下火山灰データベース作成. 地質調査研究報告 58: 261-321.
- 須貝俊彦・佐々木優太・小島 圭・柳田 誠・古澤 明・池田倫治・大野裕記・西坂直樹・市川清士・守田益宗. 2009. 愛媛県宇和盆地埋積物に記録された過去 50 万年間の氷期間氷期変動. 日本地理学会発表要旨集 No. 75: 200.
- 高原 光. 1998. スギ林の変遷. 「図説日本列島植生史」(安田喜憲・三好教夫編), 207-223. 朝倉書店, 東京.
- Takahara, H., Hayashi, R., Tanida, K., Danhara, T., & Sakai, H. 2007. Pollen record over the last 450,000 years dated by widespread tephra layers from Kamiyoshi basin, Kyoto, western Japan. *Quaternary International* 167-168: 410-411.
- Takahara, H., Hayashi, R., Danhara, T. & Shichi, K. 2011. Vegetation changes through Glacia/Interglacial cycles for the last 450,000 years in eastern Eurasia, Kamiyoshi Basin, western Japan and Lake Baikal, southeastern Siberia. *Abstract XVIII. INQUA Congress, Bern, ID:* 2328.
- 高原 光・林 竜馬・谷田恭子・壇原 徹. 2007. 丹波高地南部の神吉盆地から得られた過去 45 万年間の植生変遷—特に間氷期の植生について. 日本花粉学会大会講演要旨集 No. 48: 65.
- 高原 光・林 竜馬. 2010. 急激な気候変動に対する植生の応答. 月刊海洋 No. 42: 183-191.
- 竹内貞子. 2005. 東北地方南部太平洋沿岸における最終間氷期堆積物の化石と古環境. 地球科学 59: 25-34
- 富田友幸・清水欣一・和田温之・古川博恭・中村 純・満塩博美. 1977. 愛媛県宇和盆地の第四系. 日本地質学会学術大会講演要旨 No. 84: 303.
- 遠山富太郎. 1976. スギのきた道. 215 pp. 中公新書, 東京.
- 辻 誠一郎. 1980. 大磯丘陵の更新世吉沢層の植物化石群集 I. 第四紀研究 19: 107-116.
- Tsujii, T., Ikeda M., Furusawa, A., Ichikawa, K., Yanagida, M., Nishizaka, N. & Ohno, Y. 2013. Tephrostratigraphy concerning re-sedimentation of tephra. *Proceedings of IAVCEI 2013 Scientific Assembly, Kagoshima*, 1147.
- Tsukada, M. 1986. Altitudinal and latitudinal migration of *Cryptomeria japonica* for the past 20000 years in Japan. *Quaternary Research* 26: 135-152.
- 宇和町深層水源調査会. 2007. 肱川流域宇和盆地の第四系について. 愛媛の地学研究 No. 11: 1-12.
- 山下大輔・吉川周作・塚腰 実・長岡信治・熊原康博. 2006. 愛媛県大洲・内子盆地に分布する下部-中部更新統の層序と編年. 第四紀研究 45: 463-477.
- 山中三男. 1984. 高知市の第四紀堆積物の花粉分析. 高知大学学術研究報告・自然科学 32: 151-160.
- 山中二男. 1979. 日本の森林植生. 219 pp. 築地書館, 東京.
- 吉田明弘・鈴木三男・金 憲爽・大井信三・中島 礼・工藤雄一郎・安藤寿男・西本豊弘. 2011. 茨城県花室川堆積物の花粉・木材化石からみた最終氷期の環境変遷と絶滅種ヒメハリゲヤキの古生態. 植生史研究 20: 20-46.

(2014 年 5 月 8 日受理)

書 評: 宮本真二・野中健一, 編. 2014. 自然と人間の環境史 (ネイチャー・アンド・ソサエティ研究 第 1 巻). A5 判, 396 pp. ISBN978-4-86099-271-2. 海青社, 大津. 3,800 円+税.

本書は, 人間-自然の相互関係の追求を目的として活動してきた地理学者らによりまとめられた「ネイチャー・アンド・ソサエティ研究」全 5 巻の第 1 巻として発刊された。「自然と人間の関係」, 特に人間がどのようにその土地に適応し生活を営んできたかを追求してきた地理学者が著者であり, 日本国内や世界各地において各々の問題設定にもとづいて, 具体例に即してこれを実証している。フィールドとなっているのは, 日本国内, アジアの韓国, フィリピン, バングラディッシュ, インド, ネパールと, アフリカのサヘル, カラハリ砂漠および大地溝帯と, 実に多様である。

第 I 部の「環境史と居住史」は砂漠, 高山, 低地, 地すべり地帯など様々な地域における自然環境と人間の居住

生活との関係について描かれている。各々の地域において, なぜその土地に人々は住むのかという疑問に対し, 地理学的な視点から緻密に明らかにしており, その地域の自然環境が居住地の決定に深く関わっていることが詳細に説かれている。またこの第 I 章で特に特徴的なのは, 風水思想と地形, 人間活動の関係が記述されている章である。東アジア地域に広まっている風水思想を地形学的な視点で論じている点は非常に興味深い。

第 II 部の「人為改変」では, これまで人間がどのように自然環境を改変し, その土地に適応してきたかが述べられている。この第 II 部を通して見えてくることは, 人間は自然を征服しようとして来たのではなく, 第 I 部で描かれて