

出雲平野—宍道湖地域における完新世の花粉化石群集変遷 — 宍道湖と神西湖の例 —

河合小百合¹

Pollen assemblage changes in the Holocene in the area of Izumo Plain–Lake Shinji—examples from Lake Shinji and Lake Jinzai—

Sayuri Kawai¹

Abstract: The vegetation and climate history since the early Holocene in the eastern Shimane Prefecture were clarified by pollen analysis performed on the two sediment cores drilled from Lake Shinji and Lake Jinzai. About 9500 cal.yrBP, the cool-temperate deciduous broad-leaved forest of *Fagus* and *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* were dominated around Lake Shinji, the warm-temperate evergreen broad-leaved forests of *Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* and *Castanopsis-Pasania* were mixed with the cool-temperate forest around Lake Jinzai. Until about 7000 cal.yrBP, the warm-temperate forest predominated around this region because of warming. Until about 4300 cal.yrBP at Lake Shinji and about 3200 cal.yrBP at Lake Jinzai, the coastal forest of *Pinus thunbergii* grew on the sands appeared by regression, but the succession of warm-temperate forest progressed in spite of cooling. Then, *Cryptomeria* and *Fagus* were increased by the cooling. Until AD1635, secondary forests of *Pinus densifolia* were expanded by artificial effects.

Key words: Holocene, pollen analysis, Lake Shinji, Lake Jinzai

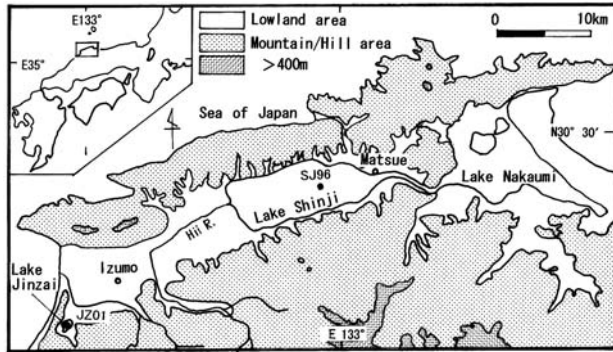
1. はじめに

山陰中央部の出雲平野—宍道湖地域は、遺跡発掘調査が盛んなうえに、かつての中海干拓事業のために多数のボーリング調査も実施され、完新世の古環境データが充実した地域である。とりわけ K-Ah テフラ (町田・新井, 1978) の降灰した 7300 cal.yrBP (福沢, 1995) より新しい時代のデータは非常に豊富で、自然植生への人間の様々な介入が論じられているほどである (大西, 1993; 渡辺・会下, 1996 など)。同時に、鳥取県西部より島根県東部にかけての差し渡し約 80 km の沿岸部に共通する花粉分帯が、高い精度で確立されている (大西ほか, 1990; 渡辺,

2002, 2005 など)。これに対し K-Ah テフラ堆積以前の完新世の初期～中期においては、急速な温暖化と海水準上昇、またいわゆる 8.2 ka イベント (Alley et al., 1997) のような顕著な冷涼イベントの知られる興味深い時代であるにもかかわらず、花粉分析例が多くはない。

宍道湖と中海のボーリングコアに対し盛んに花粉分析 (例えば大西, 1977; 大西ほか, 1990; 大西, 1994) が実施されていた当時と比較して、今日では宍道湖底完新統の多数の ¹⁴C 年代 (山田・高安, 2006) や完新世古地理変遷のデータ (高安・出雲古代景観復元チーム, 1998; 山田ほか, 2004) が報告されるようになった。そのことは海水準昇降や海岸線の前

¹ 信州大学山岳科学総合研究所 Institute of Mountain Science, Shinshu University, Asahi 3-1-1, Matsumoto 390-8621, Japan.



第1図. SJ96 (宍道湖) と JZ01 (神西湖) ボーリング掘削地点。

Fig. 1. Location of the SJ96 (Lake Shinji) and JZ01 (Lake Jinzai).

進後退と、例えば暖流下の温暖湿潤な気候に涵養されるカシ林や潮風に比較的耐性のあるシイ林、水はけのよい海岸砂礫地のクロマツ林やその後背湿地のムクノキ・エノキ林などの挙動を関連付けられる可能性を示唆する。

本論文は、宍道湖と神西湖から採取された2本のボーリングコア SJ96 と JZ01 による、約 9500 cal.yrBP 以降の花粉分析結果の報告である。これらのボーリングコアにおいては、高頻度の ^{14}C 年代測定や各種元素分析に基づいて、年代の信頼できる水域環境の変遷が詳細に明らかにされている(高安・出雲古代景観復元チーム, 1998; 山田ほか, 2004)。それらに基づき完新世初期～中期の花粉帯の境界年代を再検討し、また花粉群集と水域環境との関連を考察した。

2. 試料の採取地点・構成物・年代について

本研究地域は島根半島の付け根に位置する東西に伸張する地溝帯で、東部に中海、松江平野を挟んで中部に宍道湖、西部に出雲平野があり、出雲平野の西端に神西湖がある(第1図)。宍道湖は総面積 79.1 km²、周囲 47 km、平均水深 4.5 m の汽水湖である。また神西湖は面積 1.35 km²、周囲 5.3 km、平均水深 1.1 m の汽水湖である。

2.1 SJ96 ボーリングコア

SJ96 ボーリングコアは、高安・古代出雲景観復元チーム(1998)によると、島根県古代文化センターの古代出雲地方の自然景観復元に関する研究の一環として、1996年10月に宍道湖湖心のやや東寄りの地点(N35°27'00", E132°58'50", 水深 5.7 m)よりシ

ンウォールコアサンプラーにて採取された。同文献によると全長は 23 m で、以下のように構成されている。すなわち深度 23～21.9 m は松江層相当層の中部中新統、不整合を挟んで深度 21.9～14.83 m は上部更新統安来層(三位ほか, 1969)のシルトと砂と火山灰の互層、不整合を挟んで深度 14.83 m～表層は完新統の中海層(鹿野ほか, 1989)である。中海層のうち深度 14.83～14.29 m は下部に砂の多い黒褐色の腐植質シルト層、14.29～11.68 m は植物片や貝殻片を多数含み所々に不明瞭な平行葉理の認められる暗灰色シルト層である。また 11.68～8.95 m はウニ棘の破片や内湾性の有孔虫化石を含みわずかに砂質な暗灰色シルト層、8.95～5.37 m は貝殻片と明瞭な平行ラミナの認められる灰色の砂質シルト層、5.37～2.27 m は貝化石片の含まれる灰色シルト層、2.27～0.78 m は不明瞭なラミナの認められる灰色シルト層、そして 0.78 m～表層は生物擾乱の著しい暗灰色シルト層であるとされた。

SJ96 の年代指標として IntCal04 (Reimer et al., 2004) で較正した 16 試料の ^{14}C 暦年代値(高安, 2001; 山田・高安, 2006)、深度 7.84 m の K-Ah テフラ(町田・新井, 1978; 7300 cal yrBP; 福沢, 1995)、深度 0.79 m の斐伊川東流イベント層準(西暦 1935 もしくは 39 年; 田村ほか, 1996)が報告された。また全有機炭素(TOC)濃度・全窒素(TN)濃度・全硫黄(TS)濃度・(高安・出雲古代景観復元チーム, 1998)、アルミニウム濃度・黄鉄鉱含有量(山田・高安, 2006)の各変遷が報告されている。

2.2 JZ01 ボーリングコア

JZ01 ボーリングコアは、島根県古代文化センターによる風土記関係自然景観復元事業の一環として、2001年の3月に神西湖のほぼ中央部(N35°19.500', E132°41.067', 水深 1.55 m)よりシンウォールコアサンプラーにて採取された試料で、全長 24.3 m の全層が完新統の中海層とされ(山田ほか, 2004)、山田・高安(2006)により以下の観察結果が報告された。すなわち深度 24.3～23.6 m は一部に植物片を含む暗灰色砂礫、23.6～16.4 m は貝殻片を含む概ね灰色シルト～細粒砂の互層、16.4～13.6 m は平行葉理の発達した黒灰色シルト、13.6～1.1 m は生物擾乱が認められ所々に貝殻片や植物片の含まれる灰～灰褐色シルト、1.1 m～湖底面は灰～暗灰色シルトである、とされた。

JZ01 の年代指標として、IntCal04 (Reimer et al., 2004) で較正した 12 試料の ^{14}C 暦年代値(山田ほか,

2004; 山田・高安, 2006), 深度 17.1 m の K-Ah テフラが報告された(高安, 2002). また帯磁率, 石英・長石・菱鉄鉱・黄鉄鉱・白鉄鉱・石膏含有量, アルミニウム・イオウ・カルシウム濃度(山田ほか, 2004), TOC 濃度・TN 濃度・TS 濃度・C/N 比(山田・高安, 2006)の各変遷が報告されている.

3. 試料分取法と花粉分析法, データの集計法

SJ96 と JZ01 ボーリングコアは 1 cm 厚に切断されチャックつきポリ袋入りの数千点の試料として島根大学汽水域研究センターに保管されており, 分取時にはすでにほぼ乾燥状態であった. SJ96 は概ね 10 cm 間隔, JZ01 は概ね 15 cm 間隔で分析試料を選択した. 花粉化石の抽出は KOH-ZnCl₂-HF-アセトリシス法(中村, 1967)で行い, プレパラートへの封入にはグリセリンゼリーを用いた. 花粉の同定は光学顕微鏡で 400 倍, 必要に応じて 1000 倍にて行い, 半分以上壊れ残ったものを一粒, 集粒をなすものを一塊で一粒として計数した. 結果の集計は, 樹木花粉各属の産出率においては樹木花粉総数を, 草本花粉のそれにおいては樹木・非樹木花粉総数を基数の百分率を算出して行った. 樹木花粉が 200 粒以上計数された SJ96 の 178 試料, JZ01 の 104 試料のうち主な分類群の産出率の深度変遷を花粉ダイヤグラム(第 2・3 図)に示す. ただし花粉と胞子の検出数が 100 粒を超えている場合は, 樹木花粉: 非樹木花粉: シダ胞子の比率をダイヤグラムに表記する. なおダイヤグラムに記載しなかった少産花粉は次のとおりである. Cupressaceae, *Platycarya* ※, *Melia*, *Sapium* ※, *Buxus*, *Rhus*, *Aesculus* ※, *Parthenocissus*, *Camelia* +, *Elaeagnus*, *Aucuba*, *Cornus*, Ericaceae, *Symplocos*, *Styrax*, *Ligustrum* ※, *Fraxinus* ※, *Viburnum*, *Lonicera*, *Rumex*, Chenopodiaceae, Caryophyllaceae, Urticaria, *Ranunculus*, *Thalictrum* ※, *Sanguisorba* ※, Leguminosae, *Trapa*, *Epilobium* ※, *Haloragis*, Umbelliferae, *Nymphoides* ※, Labiatae, *Patrinia* ※, Campanulaceae ※, Cichorioideae, Carduoideae, *Typha*, *Lilium* ※. 末尾の※は SJ96 のみから, + は JZ01 のみからの産出を示す. なお抽出花粉数が少なくダイヤグラムに収載しなかった SJ96 の 86 試料と JZ01 の 95 試料からは, それら以外の分類群は見出されていない.

4. 分析結果

気候的極相をより強く反映する分類群の消長に着目して地域花粉帯を設定して論じる. 帯境界深度は各帯の上限試料と次帯の下限試料の中間とする. ただし SJ96-I 帯・II 帯の境界は不整合面深度に合わせる.

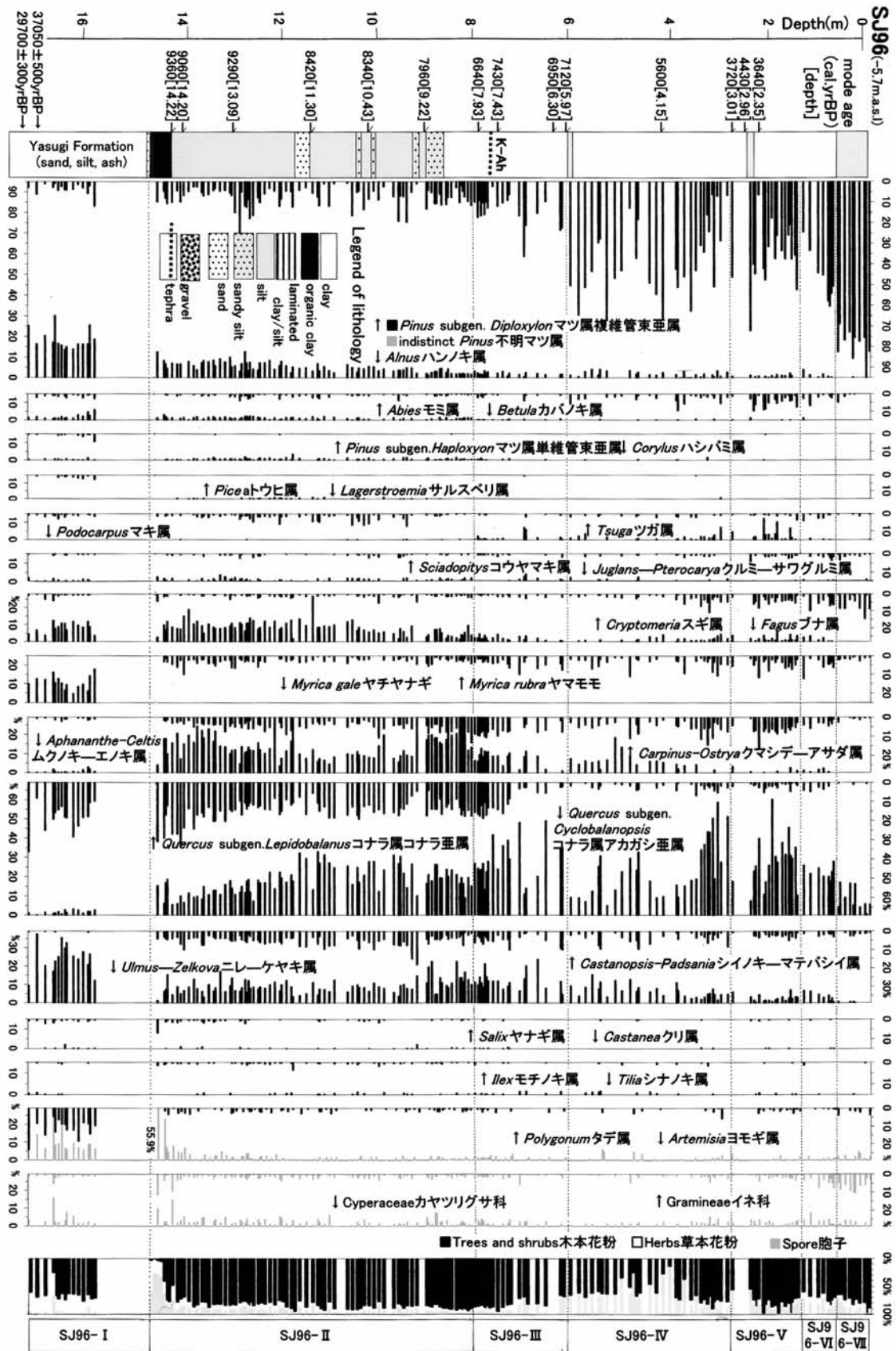
4.1 SJ96 ボーリングの花粉分帯

花粉化石は深度 15.6~14.5 m と 7.2~2.2 m を除くほとんど全ての層準から大量に抽出された. 花粉ダイヤグラムを第 2 図に示す. SJ96 ではコナラ属コナラ亜属(以下単にコナラ亜属と表記)・ブナ属・カバノキ属などの優勢な冷温帯林の特徴を示す花粉組成から, コナラ属アカガシ亜属(以下単にアカガシ亜属と表記)・シイノキ-マテバシイ属(ダッシュは鑑別不能で and/or を意味する)・ヤマモモ・マキ属などの優勢な暖温帯林の特徴を示す花粉組成へと変化するものが認められる. これらの花粉産出率の特徴から, SJ96-I~VII 帯の局地花粉帯に区分した.

SJ96-I 帯: 深度 17.00~14.83 m. コナラ亜属が約 20%, ブナ属が約 10%, カバノキ属が約 5% 産出する. アカガシ亜属・シイノキ-マテバシイ属は各々 3% 未満産出する. ニレーケヤキ属が概ね 20~30%, ハンノキ属が約 20%, ヤチヤナギが約 10%, マツ属複維管束亜属が約 5%, マツ属単維管束亜属・モミ属・トウヒ属・ツガ属・クルミ-サワグルミ属・ムクノキ-エノキ属などが各々 5% 未満産出する. 草本花粉が花粉全数の約 30% と全花粉帯中最も多く, タデ属とヨモギ属が各々約 10% 産出する.

SJ96-II 帯: ~8.19 m. コナラ亜属は一旦 30% 強まで増加した後 20% 弱へと漸減し, ブナ属は一旦 10% 強まで増加した後約 5% へと漸減する. 各々前半は SJ96-I 帯より多産する. カバノキ属は約 5% 産出する. アカガシ亜属は約 10% より 20% へと漸増し, シイノキ-マテバシイ属は概ね 5~10% に増加し, ヤマモモとマキ属が産出し始める. ムクノキ-エノキ属は概ね 10~20%, マツ属複維管束亜属は約 10%, クマシデアサダ属は概ね 5~10%, ツガ属は約 5% に増加し, ハンノキ属とニレーケヤキ属は約 10~20% に減少する.

SJ96-III 帯: ~6.13m. コナラ亜属とブナ属は各々約 5%, カバノキ属は 5% 未満と SJ96-II 帯より減少する. 一方アカガシ亜属は 20~50% と変動幅が大きいものの概ね 30%, マキ属は 5% に増加し, シイノキ-マテバシイ属は概ね 5~10%, ヤマモモは約



第2図. SJ96の岩相・¹⁴C年代, 花粉ダイアグラムと局地花粉帯. 岩相と年代は高安・出雲古代景観復元チーム(1998), 高安(2001)および山田・高安(2006)に基づく.

Fig. 2. Lithology, ¹⁴C dates, pollen diagram and local pollen zone at JZ01. Columns and ¹⁴C dates are based on Takayasu and the team for reconstruction of ancient environment in Izumo Province (1998), Takayasu (2001) and Yamada & Takayasu (2006).

5%産出する。またマツ属複維管束亜属は概ね10~30%に増加し、ニレーケヤキ属は概ね10~20%、クマシデーアサダ属は約10%産出し、ムクノキーエノキ属は10%強、ハンノキ属は約5%、ツガ属は5%未満に減少する。

SJ96-IV帯:~2.84 m. コナラ亜属・ブナ属は各々5%未満、カバノキ属は2%未満とSJ96-III帯よりさらに減少する。アカガシ亜属は一旦約10%まで減少した後60%まで増加し、シイノキ-マテバシイ属は概ね5~10%、ヤマモモとマキ属は約5%引き続き産出する。マツ属複維管束亜属は10~60%の間で変動を繰り返す。モミ属は概ね5~10%、スギ属は5%強に増加し、ムクノキーエノキ属は10%強、クマシデーアサダ属は約10%、ハンノキ属は約5%産出し、ニレーケヤキ属は概ね5~10%に減少する。孢子の産出率が概ね30~60%と全花粉帯中最高である。

SJ96-V帯:~1.48 m. ブナ属は約5%とSJ96-IV帯よりわずかに増加し、コナラ亜属は引き続き5%未満産出し、カバノキ属はほとんど産出しなくなる。アカガシ亜属は一旦約10%まで減少した後40%に増加し、マキ属は概ね5~10%に増加し、ヤマモモは概ね5~10%産出し、シイノキ-マテバシイ属は約5%弱に減少する。マツ属複維管束亜属は10~70%の間で変動を繰り返す。モミ属とスギ属は各々概ね5~10%に増加し、クマシデーアサダ属は約10%産出し、ハンノキ属・ムクノキーエノキ属・ニレーケヤキ属は各々5%未満に減少する。

SJ96-VI帯:~0.79 m. コナラ亜属・ブナ属は各々5%未満とSJ96-V帯と同程度産出する。アカガシ亜属は約30%弱、シイノキ-マテバシイ属とヤマモモは各々5%未満に減少する。マツ属複維管束亜属は約20%より60%へと増加し、スギ属は概ね5~10%、ニレーケヤキ属は約5%、ムクノキーエノキ属は5%未満産出し、モミ属とクマシデーアサダ属は各々約5%に減少する。草本においてはイネ科が約5%強へと増加する。

SJ96-VII帯:~湖底面。コナラ亜属・ブナ属はほとんど産出しなくなる。アカガシ亜属は約10%弱とSJ96-VI帯より減少する。マツ属複維管束亜属が概ね70~90%、スギ属が約10%に増加する。これら以外の木本花粉はいずれも減少する。

4.2 JZ01 ボーリング

花粉化石は深度22.1~19.0 m, 10.5~6.0 m, 4.5~3.0 m, 2.2~湖底面を除く層準から大量に検出された。花粉ダイアグラムを第3図に示す。JZ01では

コナラ亜属・ブナ属など冷温帯林の特徴を示す花粉を含む組成から、アカガシ亜属・シイノキ-マテバシイ属・ヤマモモ・マキ属などの暖温帯林の特徴を示す花粉の卓越する組成へと変化するの認められる。これらの花粉産出率の特徴から、JZ01-I~VIII帯の局地花粉帯に区分した。

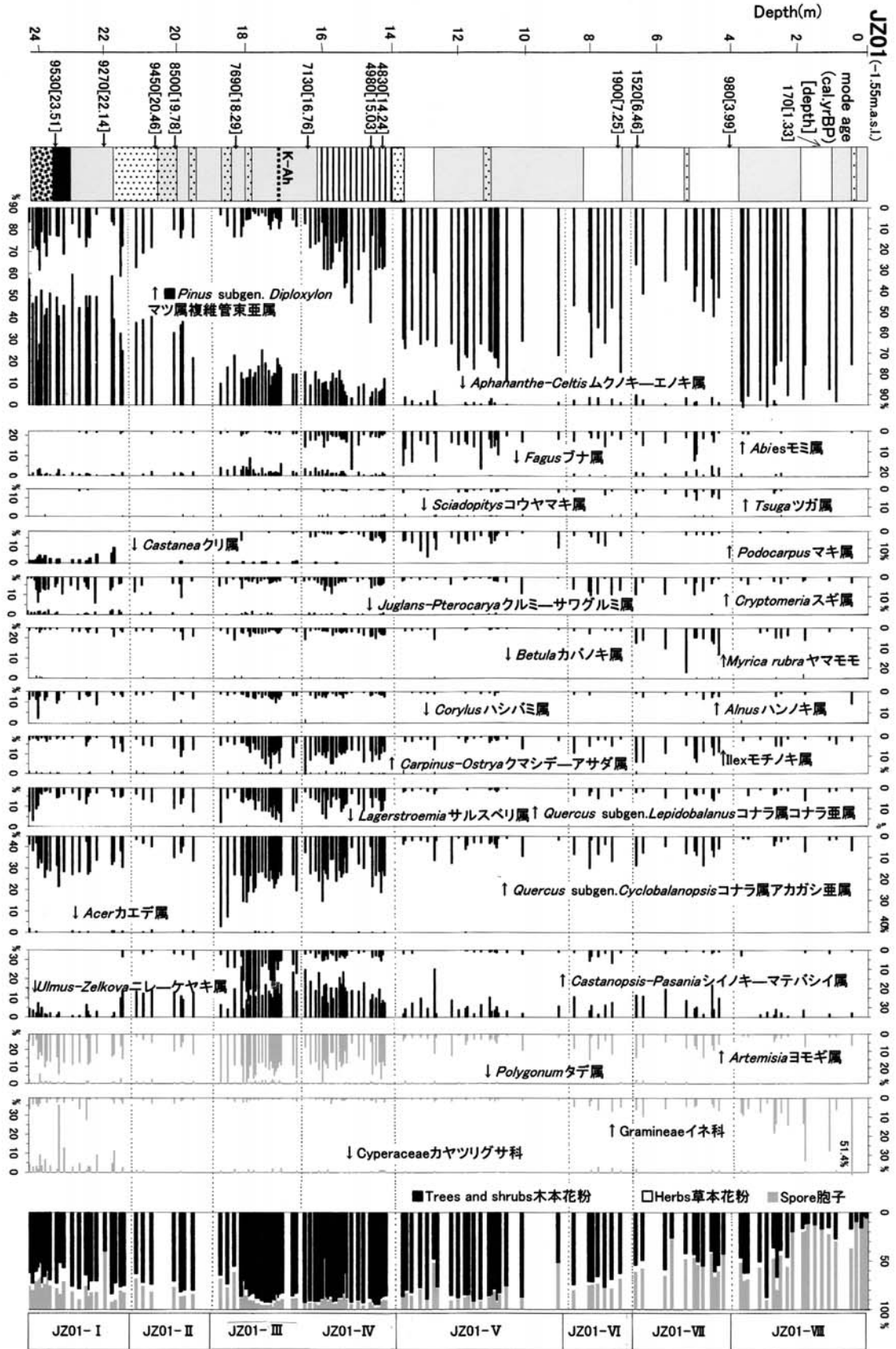
JZ01-I帯:深度24.28 m~21.48 m. コナラ亜属は約5~10%、ブナ属は5%未満各々産出する。アカガシ亜属は約20%、シイノキ-マテバシイ属は5%未満、ヤマモモは5%弱産出する。ムクノキーエノキ属は概ね40~50%、マツ属複維管束亜属は概ね10~20%、スギ属は約10%、クリ属・ハンノキ属・クマシデーアサダ属・ニレーケヤキ属は各々5%未満産出する。

JZ01-II帯:~19.18 m. コナラ亜属は概ね5~10%、ブナ属は5%未満とJZ01-I帯と同程度産出する。アカガシ亜属は概ね5~10%に減少し、シイノキ-マテバシイ属とヤマモモは5%弱に増加し、マキ属が産出し始める。ニレーケヤキ属は約10%強、クマシデーアサダ属は約5%強に増加し、マツ属複維管束亜属は概ね10~20%、スギ属・ハンノキ属は各々5%未満産出し、ムクノキーエノキ属は概ね30~40%、クリ属は1%未満に減少する。

JZ01-III帯:~16.51 m. コナラ亜属は約10%強、ブナ属は5%弱へと各々JZ01-II帯より増加する。アカガシ亜属は概ね20~30%、マキ属は5%弱に増加し、シイノキ-マテバシイ属は約30%まで急増した後K-Ah層準を境に10%に急減し、ヤマモモは約5%産出する。ニレーケヤキ属は概ね10~20%、クマシデーアサダ属は約10%に増加し、スギ属・ハンノキ属は5%未満産出し、ムクノキーエノキ属は約20%に減少する。

JZ01-IV帯:~13.72 m. コナラ亜属は約10%より5%未満へ、ブナ属は5%未満へと各々JZ01-III帯より減少する。アカガシ亜属は約20%より5%へと減少し、シイノキ-マテバシイ属は5%未満に激減する。マキ属は約5%より10%へと増加し、ヤマモモは約5%産出する。マツ属複維管束亜属は概ね10%弱より60%強へ、モミ属は概ね5%未満より10%強へと各々増加し、ニレーケヤキ属は概ね10~20%、スギ属・ハンノキ属は各々5%未満産出し、ムクノキーエノキ属は概ね10%強より5%未満へと減少する。

JZ01-V帯:~10.25 m. コナラ亜属は3%未満へとJZ01-IV帯よりさらに減少し、ブナ属はほとんど産出しなくなる。アカガシ亜属は約5%、シイノキ-



第3図. JZ01 の岩相・¹⁴C年代, 花粉ダイアグラムと局地花粉帯. 岩相と年代は山田ほか (2004) および山田・高安 (2006) に基づく. 岩相の凡例は第2図と同じ.

Fig. 3. Lithology, ¹⁴C dates, pollen diagram and local pollen zone at SJ96. Columns and ¹⁴C dates are based on Yamada et al. (2004) and Yamada & Takayasu (2006). Legend of lithology is referred to Fig. 2.

マテバシイ属は5%未満へとさらに減少し、ヤマモモはほとんど産出しなくなり、マキ属は約5~10%産出する。マツ属複維管束亜属は概ね60~70%へとさらに増加し、モミ属は約10%、スギ属は約5%産出し、ニレーケヤキ属は5%強、クマシデアサダ属は5%未満に減少する。

JZ01-VI帯：~6.88 m. コナラ亜属は5%強へとJZ01-V帯より微増する。アカガシ亜属は概ね5~10%、シイノキ-マテバシイ属は約5%、ヤマモモは5%弱に増加し、マキ属は概ね5~10%産出する。スギ属・クマシデアサダ属・ニレーケヤキ属は各々5%強に増加し、マツ属複維管束亜属は概ね40~60%、モミ属は約5%に減少する。草本においてはイネ科が5%強へと増加する。

JZ01-VII帯：~3.95 m. コナラ亜属は5%強、ブナ属は5%弱とJZ01-VI帯より増加する。アカガシ亜属は引き続き5~10%産出し、シイノキ-マテバシイ属は5%未満、マキ属は5%未満に減少し、ヤマモモは10%弱より20%弱に増加する。ニレーケヤキ属とクマシデアサダ属は各々10%強、ツガ属は約5%に増加し、スギ属は約10%、モミ属は約5%産出し、マツ属複維管束亜属は概ね30~40%に減少する。

JZ01-VIII帯：~湖底面。コナラ亜属は5%弱、ブナ属は1%未満とJZ01-VII帯より減少する。アカガシ亜属は約5%、シイノキ-マテバシイ属は3%未満に減少する。これら以外の木本も軒並み減少する中でマツ属複維管束亜属のみが概ね70~90%に激増する。草本においてはイネ科が10%弱から50%以上に増加する。

5. 考 察

5.1 古植生・古気候の年代変遷

分析値に近接する松江の1971~2000年の30年間を平均した年平均気温は14.6℃、年間降水量は1799.4 mm (夏季多雨)である(気象庁ホームページ)。暖かさの指数(5℃以上の月平均気温と5℃との差の年間積算値：吉良, 1949)は115℃で暖温带(85~180℃)に含まれ、潜在自然植生はカシ類・シイ類主体の常緑広葉樹林とされる(吉岡, 1973)。標高800 m以上の中国山地にはブナやミズナラ主体の落葉広葉樹林が広く分布し、常緑広葉樹林と落葉広葉樹林の境界部にはモミ-ツガ林が局地的に分布する(文化庁, 1977)。

各花粉帯の年代を、高安(2002)、山田ほか(2004)、

山田・高安(2006)による年代値を帯境界深度に比例配分させて算出した。年代値が逆転するJZ01-I帯・II帯境界年代は近接する他の年代値を考慮して算出し、各々10の位で四捨五入して表記する。

5.1.1 SJ96 ポーリング

SJ96-I帯：開始・終了年代は明らかではないが、 37050 ± 500 yrBP, 29700 ± 300 yrBP (未校正年代：山田・高安, 2006)の年代値が含まれ、少なくとも後期更新世であると考えられる。本帯はコナラ亜属、ニレーケヤキ属ほかの落葉広葉樹が多く、その中にブナ属やカバノキ属などの冷温带性のもものが多く含まれることが特徴である。少量のトウヒ属やマツ属単維管束亜属などを含むことも特徴である。したがって分析地は冷温带落葉広葉樹林に近接し、その周辺山地には亜寒帯針葉樹林も分布する、現世よりかなり冷涼な気候であったと推定される。

SJ96-II帯：9400 頃~7430 cal.yrBP。本帯は前半における冷温带落葉広葉樹の減少とアカガシ亜属・シイノキ-マテバシイ属などの暖温带常緑広葉樹の増加で特徴づけられる。この群集の入れ替わりの進行は温暖化を示唆し、それは前半においてより急速であったと考えられる。ただし冷温带広葉樹を暖温带広葉樹が明確に凌駕するには至っていないので、現世よりは冷涼であったと考えられる。

SJ96-III帯：7430~7200 cal.yrBP。本帯の特徴はブナ属・カバノキ属などの冷温带落葉広葉樹の急速な減少とアカガシ亜属とヤマモモなどの暖温带常緑広葉樹の急速な増加である。温暖化がさらに進行したと考えられ、塚田ほか(1989)によると年平均気温が14.5℃を上回るとアカガシ亜属が50%以上およびヤマモモが3%以上出現するとの指摘から、すでに現世と同程度かそれよりやや温暖になっていたと考えられる。

SJ96-IV帯：7200~4270 cal.yrBP。本帯の特徴は、冷温带広葉樹に対する暖温带広葉樹の比率が全花粉帯で最高であることであり、縄文最温暖期を反映して暖温带林が最も拡大していたと考えられる。またマツ属複維管束亜属が大幅な増減を繰り返しつつ卓越することも特徴である。本地域は7400 cal.yrBP 頃に発達する砂州で湾口が閉鎖されたとされる(中村ほか, 1996; 中村, 2006)ので、この砂州上などにクロマツ林が生育し、不安定な沿岸環境のため消失と再生を繰り返していたことも考えられる。

SJ96-V帯：4270~1780 cal.yrBP。本帯の特徴は、モミ属・ツガ属と冷温带性のブナ属が増加すること、

暖温帯林の極相林によくみられるマキ属(松岡・三好, 1998)が増加することである。気候が冷涼化に転じたことを反映して周辺山地のモミツガ林やブナを含む落葉広葉樹林が降下し始めたものの、低地は未だ十分に暖温帯林の成熟しうる温暖な気候であったと考えられる。

SJ96-VI帯: 1780 cal.yrBP~西暦 1635 もしくは 39 年。本帯の特徴はスギ属が増加することである。スギの自生地は降水量の多い地域である(林, 1960)ので、湿潤化が示唆される。

SJ96-VII帯: 西暦 1635 もしくは 39 年~現世。本帯の特徴はマツ属複維管束亜属が卓越することで、人為によるアカマツ二次林化の進行が示唆される。

5.1.2 JZ01 ボーリング

JZ01-I 帯: 9600 頃~8970 cal.yrBP。本帯の特徴はコナラ亜属とブナ属が減少してアカガシ亜属が増加することである。したがって冷温帯要素を含む落葉広葉樹林から暖温帯常緑広葉樹林への移行が進行しつつある温暖化期であったと考えられる。またムクノキ-エノキ属が非常に多いことも特徴で、分析地周辺の低湿地は暖温帯湿生林(大野, 1990)のムクノキ-エノキ林に覆われていたと考えられる。

JZ01-II 帯: 8970~8180 cal.yrBP。本帯の特徴はシイノキ-マテバシイ属、ヤマモモが増加することであり、暖温帯常緑広葉樹林化がさらに進行しつつあったと考えられる。ムクノキ-エノキ属とニレーケヤキ属の多いことも特徴の一つで、引き続き分析地周辺の低湿地は暖温帯湿生林に覆われていたと考えられる。

JZ01-III 帯: 8180~6670 cal.yrBP。本帯の特徴はアカガシ亜属とシイノキ-マテバシイ属が増加することである。一層温暖化して暖温帯常緑広葉樹林が広範に拡大したと考えられる。

JZ01-IV 帯: 6670~4610 cal.yrBP。本帯の特徴はシイノキ-マテバシイ属が減少することで、このことは例えば本水域が7300 cal.yrBP頃に発達する沿岸砂州による湾口の閉塞のため汽水湖となった(山田ほか, 2004)結果、より潮風に耐性のあるとされる(松下, 1992; 内山, 1998)シイノキ-マテバシイ属が、コナラ亜属やアカガシ亜属に取って代わられたことを示唆する可能性がある。

JZ01-V 帯: 4610~3160 cal.yrBP。本帯の特徴はマキ属が増加することで、暖温帯常緑広葉樹林がほぼ極相に達していたと考えられる。マキ属が10%以上出現する気候環境は年平均気温 14.5°C 以上、年有

効降水量 2400 mm 以上(塚田ほか, 1989)との指摘もあり、現世より湿潤であった可能性がある。またマツ属複維管束亜属が増加することも特徴で、4100 cal.yrBP 頃の三瓶火山の活動と海水準低下の相乗効果で沿岸砂州が発達した(山田・高安, 2006)ことを反映して、クロマツ海岸林が拡大したことを示唆する可能性がある。

JZ01-VI 帯: 3160~1720 cal.yrBP。本帯の特徴はスギ属が増加することで、湿潤化が推定される。

JZ01-VII 帯: 1720~965 cal.yrBP。本帯の特徴はツガ属とブナ属が増加することで、気候が冷涼化に転じたことを反映して周辺山地のモミツガ林やブナを含む落葉広葉樹林が降下し始めたことが推定される。

JZ01-VIII 帯: 965 cal.yrBP~現世。本帯の特徴はマツ属複維管束亜属が卓越することで、人為によるアカマツ二次林化が進行したと考えられる。

5.2 既存花粉帯との対比

山陰地方中央部の中海・宍道湖地域においては大西ほか(1990)、渡辺(2005)などによる完新世花粉帯が報告されているので、これらとの対比を試みる(第4図)。

ムクノキ属-エノキ属花粉帯のコナラ亜属亜帯(10000~9800 cal.yrBP)はコナラ亜属とムクノキ-エノキ属の優先で特徴づけられた(大西ほか, 1990)。対比されると考えられる類似した花粉群集は、SJ96-II 帯基底部の深度 14.22~13.90 m (9400 頃~9250 cal.yrBP)と JZ01-I 帯下部の 24.28~24.04 m (9600 頃~9530 cal.yrBP)に認められる。既存研究との間に最大約 500 年のずれが認められる。その理由として、完新世初期~鬼界アカホヤ層準にかけての年代指標が少ない既存研究と本研究との間に年代軸の精度の差があることや、不安定に消長する暖温帯湿生林のムクノキ-エノキ林(大野, 1990)の分布が偏っていたことなどが考えられる。ムクノキ属-エノキ属帯のブナ属亜帯(9800~9600 cal.yrBP)は、ムクノキ属-エノキ属とコナラ亜属が多く、クマシデ属、ニレーケヤキ属、ブナ属などを伴う(大西ほか, 1990)とされる。SJ96-II 帯下部の 13.90~13.12 m (9250~9010 cal.yrBP)と JZ01-I 帯中・上部の 24.04~21.48 m (9530~8970 cal.yrBP)が対比されると考えられる。既存研究との間に最大約 600 年のずれが認められ、年代軸の精度の差や、多産するハンノキ属・ニレーケヤキ属・ムクノキ-エノキ属などの湿地植物が大幅な増減を繰り返すため、ブナ属

Central Sanin district			This study			
Onishi et al. (1990), modified by Watanabe (2005)			SJ96		JZ01	
Pollen zone	sub zone	age ※(cal.BP)	Pollen zone	age (cal.BP)	Pollen zone	age (cal.BP)
Gramineaeイネ科	<i>Pinus—Cryptomeria</i> マツ属—スギ属		SJ96-VII		JZ01-VIII	
	<i>Pinus</i> マツ属					
Cyclobalanopsis— <i>Cyclobalanopsis</i> — <i>Quercus</i> アカガシ亜属—コナラ亜属		AD5~12C	SJ96-VI	1780~	JZ01-VII	1720~
	<i>Cryptomeria</i> スギ属	※3000~				
Castanopsis— <i>Castanopsis</i> アカガシ亜属—シイノキ属	<i>Podocarpus</i> イヌマキ属	※4500~	SJ96-V	3700~ 4270~	JZ01-VI	3160~ 4610~
	<i>Castanopsis</i> シイノキ属	※6750~				
Cyclobalanopsis— <i>Cyclobalanopsis</i> アカガシ亜属		※7500~	SJ96-IV	6780~ 7200~	JZ01-IV	6670~
<i>Pinus—Abies</i> マツ属—モミ属	<i>Ulmus—Zelkova</i> ニレ—ケヤキ属	※7850~	SJ96-III	7430~	JZ01-III	8180~
	<i>Abies</i> モミ属	※8200~				
<i>Fagus—Tsuga</i> ブナ属—ツガ属	<i>Aphananthe—Celtis</i> ムクノキ属—エノキ属	※8550~	SJ96-II	7850~ 8440~	JZ01-II	
	<i>Tsuga</i> ツガ属	※9300~				
<i>Aphananthe—Celtis</i> ムクノキ属—エノキ属	<i>Carpinus</i> クマシデ属	※9600~		9010~ 9250~		8970~
	<i>Fagus</i> ブナ属	※9800~				
	<i>Quercus</i> コナラ亜属	※10000		9360~	JZ01-I	9530~

SJ96-I late Pleistocene

Alnus—Quercus ハンノキ属—コナラ亜属
Quercus—Alnus コナラ亜属—ハンノキ属

第4図. 山陰中央部の花粉帯 (大西ほか, 1990; 再検討: 渡辺, 2005) と本研究の花粉区分との関係. 年代値は山田・高安 (2006) に基づく.

Fig. 4. Relationship between pollen zone (estimated by Onishi et al., 1990 and revised by Watanabe, 2005) in central Sanin district and pollen division in this study. ¹⁴C dates are based on Yamada and Takayasu (2006).

の増加層準を認識しにくいことなどが考えられる.

ブナ属—ツガ属花粉帯のクマシデ属亜帯 (9600~9300 cal.yrBP) はブナ属とツガ属が多く, ツガ属が増加する (大西ほか, 1990) とされる. SJ96-II帯中部の 13.12~11.35 m (9010~8440 cal.yrBP) が対比されると考えられる. 既存研究との間に最大 800 年以上のズレが認められ, 年代軸の精度の差や, ツガ属の分布の偏りなどが考えられる. すなわちツガ *Tsuga sieboldii* (温帯性) が好育する年有効降水量は, 年平均気温が 7~16°C の場合 1600 mm 以上である (塚田ほか, 1989) ので, 地形効果で降水と集水の多い山あいに偏在していたことが考えられ, 事実既存研究 3 地点のツガ属の最高産出率は 10% 強から 30% 強と変異がある. なお, JZ01 にはツガ属の増加が明瞭な層準は見出されず, ツガが海洋性気候の影響のより強い JZ01 地点周辺にほとんど分布していなかったことを示唆する. ブナ属—ツガ属帯のツガ属亜帯 (9300~8550 cal.yrBP) はブナ属とツガ属が多く, ツガ属が極大となるとされる (大西ほか, 1990). SJ96-II帯上部の 11.35~9.2 m (8440~7850 cal.yrBP) が対比されると考えられる. 既存研究と年代が重ならず, 年代軸の精度の差や, ツガ属の分布の偏りなどが考えられる.

ブナ属—ツガ属帯のムクノキ—エノキ属亜帯 (8550~8200 cal.yrBP) は, ブナ属とツガ属が多く, ツガ属はやや減少し, クマシデ属・ムクノキ属—エノキ属などが増加するとされる. マツ属—モミ属帯のモミ属亜帯 (8200~7850 cal.yrBP) は, マツ類・ツガ

属・モミ属などが増加するとされる. マツ属—モミ属帯のニレ属—ケヤキ属亜帯 (7850~7500 cal.yrBP) はマツ属とモミ属が多く, スギ属・ニレ属—ケヤキ属が増加するとされる (以上, 大西ほか, 1990). SJ96-II帯最上部の 9.2~8.19 m (7850~7430 cal.yrBP) と JZ01-II帯の 21.48~19.18 m (8970~8180 cal.yrBP) にはムクノキ—エノキ属・ニレ—ケヤキ属・マツ属複維管束亜属が多い. ただしニレ—ケヤキ属を伴うムクノキ—エノキ湿生林, クロマツ海岸林などが, 温暖湿潤化と海水準上昇やいわゆる冷涼化を示す 8.2 ka イベント (Alley et al., 1997) などに伴う沿岸地形の不安定性を反映して局地的な消長を繰り返していたためか, これらの花粉の産出傾向が一定しないので, 個々の花粉帯に対比することはできなかった.

アカガシ亜属—シイノキ属帯のアカガシ亜属帯は, カシ類・ナラ類・シイ類・クマシデ属・マキ属などが多く (大西ほか, 1990), K-Ah を挟在し (廉・渡辺, 1996), 年代は 7500~6750 cal.yrBP (渡辺, 2005) とされる. SJ96-III帯・IV帯下部の 8.19~5.68 m (7430~6780 cal.yrBP) と JZ01-III帯・IV帯下部の 19.18~16.51 m (8180~6670 cal.yrBP) が対比されると考えられる. SJ96 の年代が既存研究とよく一致するのに対して, JZ01 の開始年代が早くしかもシイノキ—マテバシ属の産出率が高いのは, より温暖湿潤な海洋性気候の効果と考えられる. アカガシ亜属—シイノキ属帯のシイノキ属帯は, マキ属が少なくなり, マツ類・カシ類・ナラ類・シイ類などが

多いとされ(大西ほか, 1990), 年代は 6670~4500 cal.yrBP (渡辺, 2005) とされる. SJ96-IV 帯上部の 16.51~2.84 m (6780~4270 cal.yrBP) と JZ01-IV 帯上部の 16.51~13.72 m (6670~4610 cal.yrBP) が対比されると考えられる. 年代が既存研究とよく一致するのに対して, シイノキ-マテバシイ属の産出率が JZ01 で低く, その理由は JZ01-IV 帯の項で考察した. アカガシ亜属-シイノキ属帯のイヌマキ属亜帯は, カシ類・シイ類が多く, マキ属が増加し(大西ほか, 1990), 年代は 4500~3000 cal.yrBP (渡辺, 2005) とされた. SJ96-V 帯下部の 2.84~2.40 m (4270~3700 cal.yrBP) と JZ01-V 帯の 13.72~10.25 m (4610~3160 cal.yrBP) の花粉群集が対比されると考えられる. 年代は既存研究とよく一致する. アカガシ亜属-シイノキ属帯のスギ属亜帯は, スギ属の増加により特徴づけられ(大西ほか, 1990), 年代は 3000 cal.yrBP~紀元 5 世紀(渡辺, 2005) とされる. SJ96-V 帯上部の 2.40~1.46 m (3700~1780 cal.yrBP) と JZ01-VI 帯の 10.25~6.88 m (3160~1720 cal.yrBP) が対比されると考えられる. SJ96 の開始年代が早いのは, 堆積速度の鈍化による年代軸の精度の低下, あるいはマツ属の多産のためスギ属の増加開始深度を認定しにくいことによると考えられる.

イネ科帯のアカガシ亜属-コナラ亜属帯はイネ科が増加し, カシ類・ナラ類が多く(大西, 1993), 年代は紀元 5~12 世紀とされる(渡辺, 2005). SJ96-VI 帯の 1.46~0.79 m と JZ01-VII 帯・VIII 帯下部の 6.88~1.46 m が対比されると考えられる. イネ科帯のマツ属帯はマツ類が急増するとされる(大西, 1993). SJ96-VII 帯下部の 0.79~0.24 m と JZ01 の VIII 帯中部の 1.46~0.68 m の群集が対比されると考えられる. イネ科帯のマツ属-スギ属帯はマツ属が卓越しスギ属が増加し始める(大西, 1993) とされ, SJ96-VII 帯上部の 0.24 m より上位と JZ01-VIII 帯上部の 0.68 m より上位の群集が対比されると考えられる.

6. ま と め

島根県東部の完新統ボーリングコアの花分析を実施した. 9500 cal.yrBP 頃, 宍道湖 SJ96 においてはブナ属やコナラ亜属を主体とする冷温帯落葉広葉樹林が卓越し, より温暖で海洋性気候の影響の強い神西湖 JZ01 においてはアカガシ亜属やシイノキ-マテバシイ属を主体とする暖温帯常緑広葉樹林化が進んでいた. 温暖化の結果, 7000 yrBP 頃には両サイトとも暖温帯林が卓越するに至った. その後冷涼化

に伴う海退などのため拡大した砂州にクロマツ海岸林が成立するなどしたが, なお十分に温暖であったため, SJ96 では 4300 cal.yrBP 頃, JZ01 では 3200 cal.yrBP 頃にかけて暖温帯林の極相林化が進んだ. 以降は冷涼化の影響がスギ属やブナ属の増加として顕れた.

既存完新世地域花粉帯を参照すると, 対比しうる群集が各々見出されたものの, 花粉帯の年代が一致しない層準が認められた, その理由として分布が局地的で消長が激しくなりがちな湿地性樹木の産出率が高いことや, 既存の研究の年代軸の精度が低いことの影響が考えられた.

謝 辞

2001 年度に島根大学汽水域研究センターにて分析を実施した折多大なご協力を下さった研究所関係の方がた, ならびに査読をしてくださった方がたに感謝します.

文 献

- Alley, R.B., Mayewski, P.A., Sowers, T., Stuiver, M., Taylor, K.C. and Clark, P.U. (1997) Holocene climatic instability: A prominent widespread event 8200 yr ago. *Geology*, 25: 483-486.
- 文化庁(1977) 天然記念物緊急調査. 植生図・主要動植物地図-32 島根県. 財団法人国土地理協会, 東京, 31pp (地図 2 葉).
- 福沢仁之(1995) 天然の「時計」・「環境変動検出計」としての湖沼の年縞堆積物. 第四紀研究, 34: 135-149.
- 林 弥栄(1960) 日本産針葉樹の分布と分類. 農林出版, 東京, 246pp.
- Hopkins, J.S. (1950) Differential flotation and deposition of coniferous and deciduous tree pollen. *Ecology*, 31: 633-641.
- 鹿野和彦・竹内圭史・大嶋和雄・豊 遥秋(1989) 大社地域の地質. 地域地質研究報告(5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 茨城, 26pp.
- 吉良竜夫(1949) 林業解説シリーズ 17 日本の森林帯. 日本林業技術協会, 東京, 36pp.
- 町田 洋・新井房夫(1978) 南九州鬼界カルデラから噴出した広域テフラ-アカホヤ火山灰. 第四紀研究, 17: 143-163.
- 松岡数充・三好教夫(1998) 最終氷期最盛期以降の照

- 葉樹林の変遷—東シナ海東部から日本海沿岸を中心として. 図説 日本列島植生史 (安田喜憲・三好教夫編), 朝倉書店, 東京, 302pp.
- 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: 375-387.
- 三位秀夫・水野篤行・大嶋和雄(1969)出雲海岸平野の問題点. 日本地質学会シンポジウム「海岸平野」資料集: 167-171.
- 中村 純(1967)花粉分析. 古今書院, 東京, 232pp.
- 中村唯史(2006)山陰中部地域における完新世の海面変化と古地理変遷. 第四紀研究, 45: 407-420.
- 中村唯史・徳岡隆夫・大西郁夫・三瓶良和・高安克己・竹広文明・会下和宏・西尾克己・渡辺正巳(1996)島根県東部の完新世環境変遷と低湿地遺跡. LAGUNA (汽水域研究), 3: 3-9 (口絵 I~VIII).
- 大西郁夫(1977)出雲海岸平野下第四紀堆積物の花粉分析. 地質学雑誌, 83: 603-616.
- 大西郁夫(1993)中海・宍道湖における過去 2000 年間の花粉分帯と植生変化. 地質学論集, 39: 33-39.
- 大西郁夫(1994)斐伊川河口ボーリング HB1 の花粉分析結果の再検討. 島根大学地質学研究報告, 13: 31-36.
- 大西郁夫・干場英樹・中谷紀子(1990)宍道湖底下完新統の花粉群. 島根大学地質学研究報告, 9: 117-127.
- 大野啓一(1990)暖温帯湿生林. 日本植物群落図説 (宮脇 昭・奥田重俊編著), 至文堂, 東京, 800pp.
- Reimer, P.J., Baillie, M.G.L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Bertrand, C.J.H., Blackwell, P.G., Buck, C.E., Burr, G.S., Cutler, K.B., Damon, P.E., Edward, R.L., Fairbanks, R.G., Friedrich, M., Guilderson, T.P., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kromer, B., McCormac, G., Manning, S., Ramsey, C.B., Reimer, R.W., Rammele, S., Southon, J.R., Stuiver, M., Talamo, S., Taylor, F.W., van der Plicht, J. and Weyhenmeyer, C.E. (2004) IntCal04 terrestrial radiocarbon age calibration, 0-26 cal kyr BP. Radiocarbon, 46: 1029-1058.
- 高安克己(2001)汽水域を作る地形とその生い立ち. 汽水域の科学 (高安克己編), たたら書房, 鳥取, 183pp.
- 高安克己・古代出雲景観復元チーム(1998)コア SJ96 の概要と宍道湖の古環境変遷. LAGUNA (汽水域研究), 5: 1-13.
- 田村嘉之・丹後雅憲・井内美郎・徳岡隆夫(1996)宍道湖における 17 世紀初頭の汽水から淡水への環境変化—コアの CT 画像解析と堆積, C・N・S 元素分析による検討—. LAGUNA (汽水域研究), 3: 49-56.
- 塚田松雄・畑中健一・杉田真哉(1989)アジアの亜熱帯・暖温帯域における第四紀末の植生史. 日本植生誌 沖縄・小笠原 (宮脇 昭編), 至文堂, 東京, 676pp.
- 内山 隆(1998)関東地方の植生史. 図説 日本列島植生史 (安田喜憲・三好教夫編), 朝倉書店, 東京, 302pp.
- 渡辺正巳(2002)山陰地域中央部における縄文時代の花粉組成変遷—*Cyclobalanopsis-Castanopsis* 帯の再設定と気候変化, 野尻湖花粉層序との比較—. 野尻湖ナウマンゾウ博物館研究報告, 10: 17-28.
- 渡辺正巳(2005)出雲地域における花粉組成変遷と「歴史」による解釈. 日本第四紀学会講演要旨集, 35: 159-160.
- 渡辺正巳・会下和宏(1996)島根大学構内遺跡第 1 次発掘調査における花粉分析. 山陰地域研究 (自然環境), 13: 41-48.
- 山田和秀・高田裕行・高安克己(2004)島根県神西湖堆積物の層序と完新世環境変遷史. LAGUNA (汽水域研究), 11: 135-145.
- 山田和秀・高安克己(2006)出雲平野-宍道湖地域における完新世の古環境変動—ボーリングコア解析による検討—. 第四紀研究, 45: 391-405.
- 吉岡邦二(1973)生態学講座 12 植物地理学. 共立出版, 東京, 84pp.
- 廉 鐘權・渡辺正巳(1996)波根湖における OH94 ボーリング試料の花粉分析. 島根大学地球資源環境学研究報告, 15: 41-46.

次ページ 図版 1. SJ96 コア中の花粉化石.

Plate 1. Pollen fossils from the SJ96 core. Scale bars are 10 μ m in length.

1. *Pinus* subgen. *Diploxylon* (7.85 m),
2. *Pinus* subgen. *Haploxylon* (16.02 m),
3. *Abies* (16.02 m),
4. *Picea* (16.02 m),
5. *Tsuga* (16.02 m),
6. *Podocarpus* (7.32 m),
7. *Cryptomeria* (16.02 m),
8. *Myrica rubra* (0.81 m)
9. *Myrica gale* (16.67 m),
10. *Betula* (16.02 m),
11. *Corylus* (7.31 m),
12. Cyperaceae (16.02 m),
13. *Juglans-Pterocarya* (16.02 m),
14. *Carpinus-Ostrya* (16.02 m),
15. *Ulmus-Zelkova* (16.02 m),
16. *Fagus* (16.02 m),
17. *Salix* (16.02 m),
18. *Alnus* (16.02 m),
19. *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* (16.02 m),
20. *Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* (7.32 m),
21. *Castanea* (7.32 m, 20 μ m),
22. *Castanopsis-Pasania* (7.85 m),
23. *Aphananthe-Celtis* (16.02 m),
24. *Lagerstroemia* (9.51 m),
25. *Polygonum* (16.02 m),
26. Carduoideae (16.02 m),
27. *Artemisia* (16.02 m),
28. Gramineae (16.02 m)

