

電気伝導度分析に基づく徳島平野・板東観測井コアの海成層の認定 Identification of marine sediments based on electric conductivity analysis of the Bando observation well core in Tokushima Plain, western Japan

佐藤善輝^{1*}・水野清秀¹
SATO Yoshiki^{1*} and MIZUNO Kiyohide¹

Abstract: For clarifying Quaternary subsurface stratigraphy in the Tokushima Plain, Shikoku Island, western Japan, we conducted an electric conductivity [EC] analysis of sediment samples obtained from the Kitajima Formation of the Bando Observatory well core. As the results, we found at least five marine sediments in the core, M1 to M5 layers in the descending order. Pollen fossil assemblages and paleomagnetic record suggest that the M1 and M3 layers are likely to be corresponding to the Marine oxygen Isotope Stage [MIS] 5e and 11 respectively. Assuming that this interpretation is correct, low percentage of Cyclobalanopsis indicates the M2 layer is possibly corresponding to the MIS 9. Pollen fossil assemblages and paleomagnetic record suggest that the M4 and M5 layers are correspond to the MIS 13 marine sediments. Subsurface middle to late Pleistocene marine sediments suggests that the Tokushima Plain has been continuously subsided since the middle Pleistocene.

Keywords: Tokushima Plain, stratigraphy, electric conductivity analysis, pollen fossil, paleomagnetism, Quaternary

1. はじめに

徳島平野は紀伊水道の西岸に位置する海岸平野で、海岸部での幅約 10 km, 奥行き約 75 km の広さを有する(第 1 図 A, B). 平野北縁はほぼ東西方向に走る中央構造線断層帯(岡田, 2020)によって区切られる. 徳島平野周辺における本断層帯は、右横ずれ主体で断層北側を隆起させる逆断層と考えられており(地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2017), 大局的にみて徳島平野は本断層帯による構造盆地と捉えることができる.

中央構造線断層帯を挟んで、北側には上部白亜系の和泉層群が、南側には主に三波川変成岩類が分布する(第 1 図 B; 牧本ほか, 1995). また、平野縁辺には更新世に形成された低位～中位段丘面や扇状地、崖錐が分布し、その一部は中央構造線断層帯の活動によって変位している(岡田, 2020). これらの段丘面の変位量から、徳島平野周辺における中央構造線断層帯は、右横ずれ成分が約 6 m/ky, 上下成分が約 0.6 m/ky と見積もられている(岡田 1970; 岡田・堤, 1997).

徳島平野の第四系地下地質に関しては、1960 年代以降に多くの研究が行われてきた(例えば、中川ほか, 1964; 横山ほか, 1990; 川村・西山, 2019 など). 中川・須鎗(1965)は第四系地下地質を二分し、上位から順に徳島層、北島層と命名した. 徳島層は後氷期海進に関連して堆積した地層で、沖積層に対比される(横山ほか, 1990; 古田, 2005). 他方、北島層は中期～後期

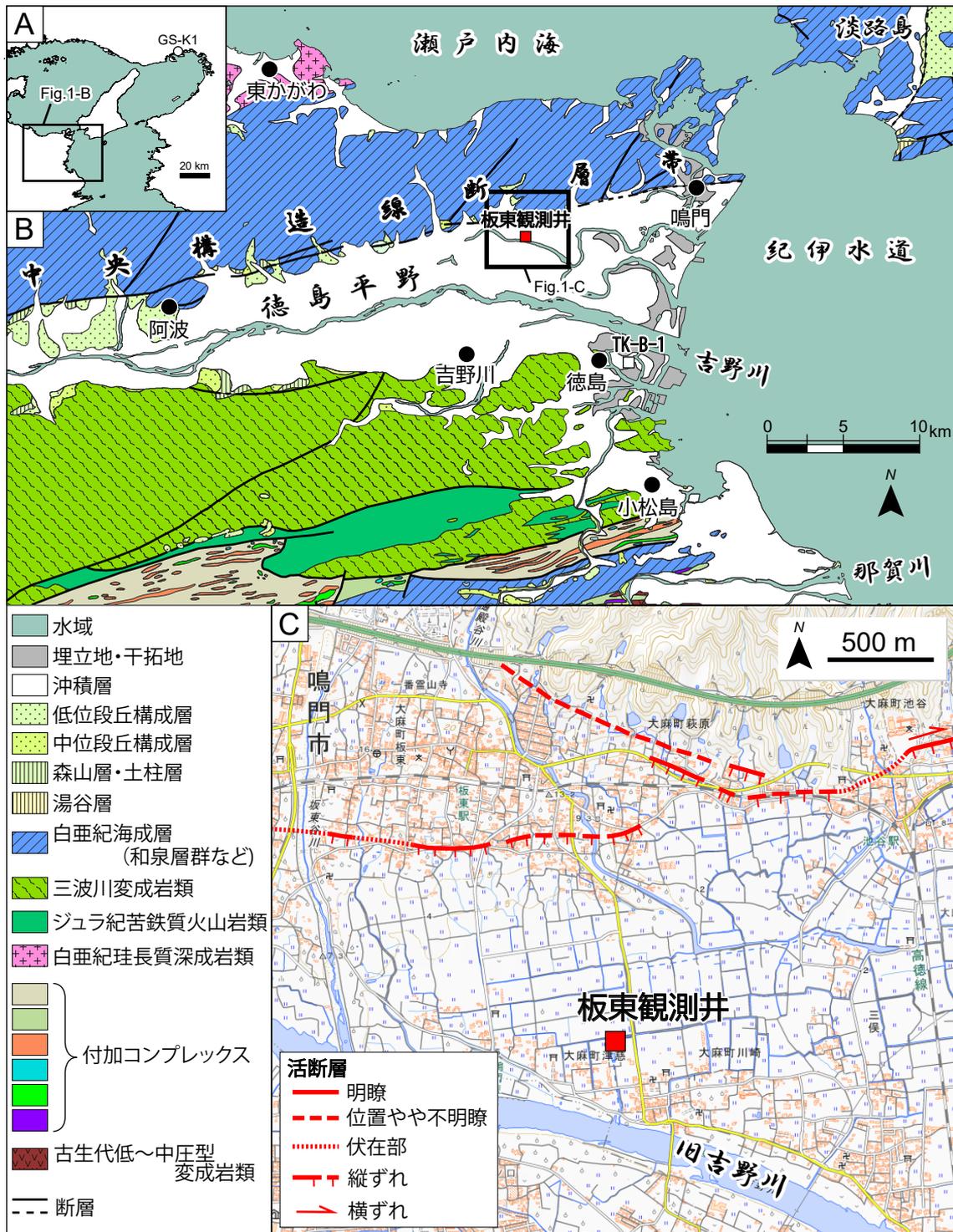
更新世に堆積したと推定されるものの、詳しい堆積年代は不明であり、具体的な下限の年代は示されていない(Kawamura, 2006; 川村・西山, 2019). また、北島層に含まれる泥質堆積物に貝化石が含有されることから、最終間氷期以前の温暖期に堆積した海成層である可能性が指摘されているものの(川村・西山, 2019), これまで堆積環境などについての詳細な検証はなされていない.

以上のような問題点をふまえ、本研究では、徳島平野で掘削された長尺ボーリングコア試料のひとつである板東観測井コアを対象として、堆積物懸濁水の電気伝導度(EC)分析を行い、北島層中の海成層の認定と堆積時期の推定を試みた. さらに、EC 分析結果に加え、既報の花粉化石および古地磁気分析の結果を総合的に解釈した結果、北島層中に海洋酸素同位体ステージ(MIS) 5 以前の複数の海成層が含まれる可能性が高いことが示唆されたので、ここで報告する.

2. 板東観測井コアの概要

本研究で扱った板東観測井コアは、地質調査所が 1995 年度に徳島県鳴門市大麻町津慈で掘削した掘削長 502 m のコア試料である(第 1 図, 第 2 図; 佃ほか, 1996; 佃・佐藤, 1996; 松本・荒井, 2021). コアの位置は北緯 34 度 8 分 40.33 秒, 東経 134 度 30 分 52.54 秒で、中央構造線断層帯の下盤側に位置する(第 1 図 C).

*Corresponding author: Sato, Y., Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. E-mail: satou-yoshiki@aist.go.jp
1 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Geology and Geoinformation)

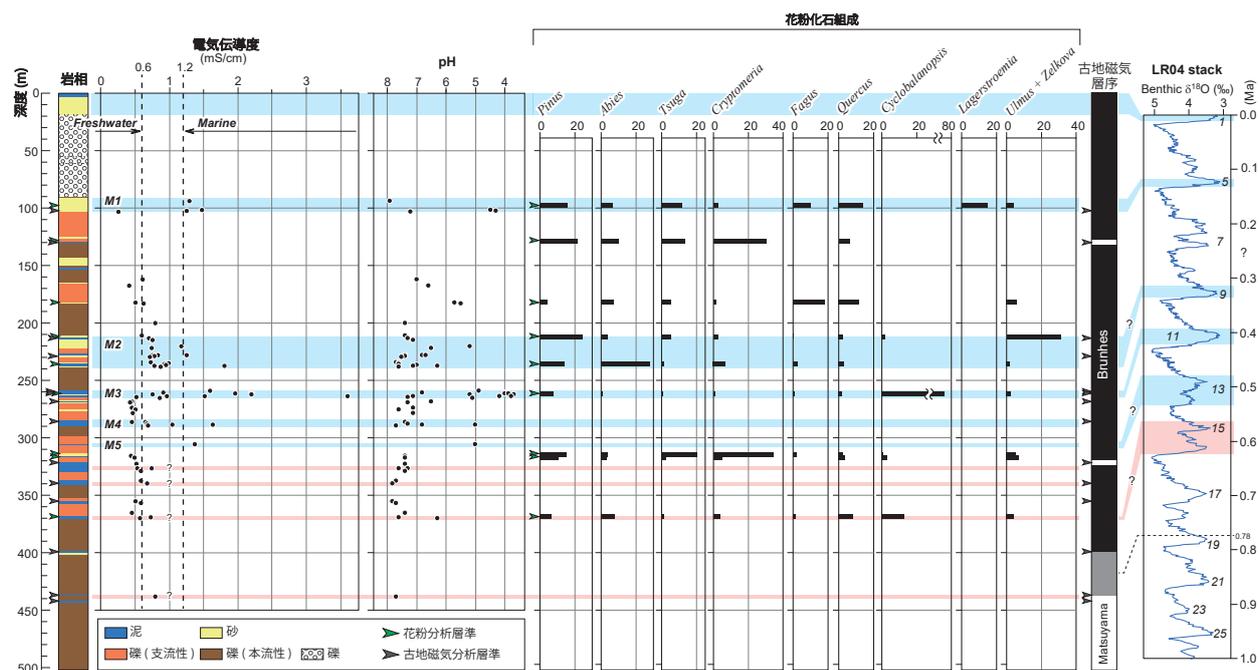


第 1 図 対象地域位置図。

- A) 紀伊水道周辺の案内図。GS-K1 コアは本郷 (2009) が花粉組成を示したコアの掘削地点を示す。
 B) 徳島平野の地質概略図。基図は 20 万分の 1 シームレス地質図，産業技術総合研究所地質調査総合センター，(2015) を使用。TK-B-1 コアは中谷ほか (2021) が岩相記載を示したコアの掘削地点を示す。
 C) 板東観測井の位置。基図は 25,000 分の 1 地形図を使用。活断層の位置は岡田ほか (1999) に基づく。

Fig. 1 Location map of the study area.

- A) Index map around the Kii Channel. Locations of the GS-K1 core is based on Hongo (2009).
 B) Geological map of the Tokushima Plain. The base map is modified from the 1:200,000 seamless geological map (GSJ, 2015). The TK-B-1 core is described on its lithology by Nakatani *et al.* (2021).
 C) Location map of the Bando Observation well core. The base map is 1:25,000 topographic map (GSI, 1999).



第2図 板東観測井ボーリングコア試料の柱状図と電気伝導度分析結果。
柱状図、花粉分析および古地磁気分析結果は松本・荒井 (2021) の報告したオリジナルデータに基づき作成した。礫 (支流性) は砂岩礫が、礫 (本流性) は結晶片岩やチャート、頁岩がそれぞれ卓越する。LR04 stack は Lisiecki and Raymo (2005) の海洋酸素同位体曲線を示す。薄い青色のハッチをつけた層準は EC 分析から推定される海成層 (M1 ~ 5 層準) を示す。また、薄い赤色のハッチをつけた層準は EC 分析から汽水成の堆積物の可能性が示唆された層準を示す。

Fig. 2 Lithology and measurements of electrical conductivity and pH of the Bando observation well. The geological columnar and results of pollen fossil and paleomagnetic analyses are based on Matsumoto and Arai (2021). The marine oxygen isotope curve, LR04 stack, is based on Lisiecki & Raymo (2005). The light blue and light red colored areas indicate the marine sediments (M1 to 5) and brackish to marine sediments inferred from EC analysis respectively.

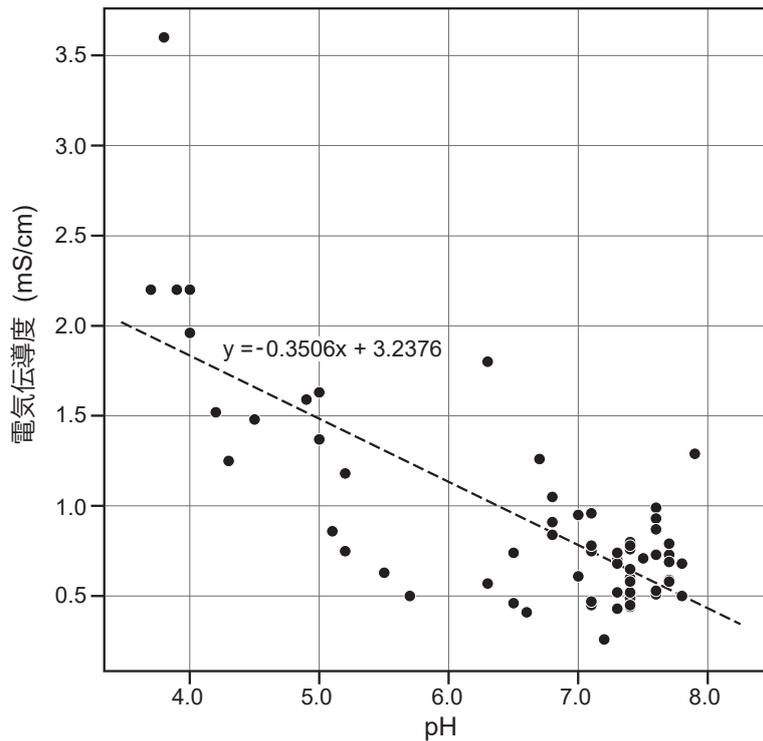
孔口標高は 3 m である (佃・佐藤, 1996)。

コアは全体に砂礫が卓越し、和泉層群起源の砂岩角～亜角礫が卓越する支流性砂礫層と、中央構造線よりも南側に分布する結晶片岩やチャート、頁岩などを多く含み円～亜円礫の卓越する本流性砂礫層が識別される (松本・荒井, 2021)。また、砂礫層中のところどころに、泥質～砂質堆積物から成る層厚数～20 m 程度の細粒な層準がみられる。掘削当時、コア試料の層相記載とともに、一部の試料について花粉分析および古地磁気測定が実施されている (松本・荒井, 2021; 第2図)。

本コア試料の深度 90 m 以浅が徳島層 (沖積層) に対比され、それ以深が北島層に対比される可能性がある。このうち花粉分析結果からは、北島層相当層準に複数の氷期・間氷期サイクルが含まれる可能性が示唆されている。また、古地磁気測定から、深度 442 m ~ 339 m 付近に Brunhes - Matsuyama 境界 (B - M 境界) が位置する可能性が指摘されている。

3. 分析方法

本研究では、試料が現存する深度 90 m 以深を対象とし、泥～砂を主体とする細粒な層準から計 64 試料を分取して分析を行った。試料処理は横山・佐藤 (1987) と丹羽ほか (2009) に準拠し、乾燥機を用いて試料を 110 °C で 48 時間以上乾燥させた後に粉碎し、5 g を秤量してビーカーに入れ、60 ml の蒸留水を加えて攪拌して懸濁液とした。静置後 1 時間、5 日後、7 日後にそれぞれ EC と pH を測定し、値が大きく変化しなくなったことを確認した後、最後に測定した値を測定値として採用した。EC 測定には HORIBA 製コンパクト導電率計 B-173 を、pH 測定には HORIBA 製 LAQUA twin AS-712 をそれぞれ用いた。電気伝導度の環境解釈に関しては、横山・佐藤 (1987)、横山 (1993)、内園・森 (2004)、Niwa *et al.* (2011) などが EC 測定値の閾値を示しているものの、統一的な見解は得られていない。本研究では



第3図 板東観測井ボーリングコア試料の電気伝導度およびpH測定値。直線(破線)は一次近似直線を示す。

Fig. 3 Scatter plots of measurements of electrical conductivity and pH analyses of the Bando observation well. The dashed line indicates the first approximation line.

小野ほか(2006)および佐藤ほか(2011)を踏襲し、0.6 mS/cm未満を淡水成、0.6 mS/cm～1.2 mS/cmを汽水成、1.2 mS/cm以上を海水成と解釈した。なお、本研究では砂分含有量によるEC測定値の補正を行っていない。

4. EC分析による海成層の認定

ECおよびpH測定結果を第2図に示す。また、各試料の測定結果をプロットした散布図を第3図に示す。堆積物懸濁液のEC測定値は堆積物に含まれる陰イオン(主に硫酸イオン)の多寡を反映しており、淡水中よりも海水中に陰イオンが多く含まれることを利用して堆積環境の判定指標のひとつとして提案されている(横山・佐藤, 1987; 横山, 1993)。EC分析では、一般に同一試料のECとpHの測定値は負の相関関係を示す。本研究の測定結果でもECが高い試料ほどpHが低い傾向が認められ、両者の相関係数は-0.76と求められた(第3図)。この結果はEC測定値に計測上の問題がないことを示している。

分析の結果、板東観測井コアの深度90 m以深において、0.6 mS/cm以上のEC測定値が連続的に得られた層準が、少なくとも5層準で見出された(第2図)。これらは海成層である可能性が高いと考えられる。これらを上位から順にM1～M5層準と呼び、以下に各層準の

詳細を示す。

M1層準は深度102.45 m～93.4 mに位置し、ECが1.25 mS/cm～1.48 mS/cm、pHが4.3～7.9を示す。堆積物は主に暗灰色を呈する細粒砂から構成される(松本・荒井, 2021)。深度101.8 mおよび102.45 mは細粒で、シルトを主体とする。当該層準全体にカキなどの貝化石を多く含み、海成層とする解釈を支持する。なお、M1層直下の深度102.83 mでは、ECが0.26を示すことから、淡水成と解釈される。

M2層準は深度238.00 m～213.26 mに位置し、深度約210 m～183 mと深度約258.8 m～240 mの本流性砂礫層に挟まれた砂質堆積物の卓越する層準に対応する。ECが0.70 mS/cm～1.80 mS/cm、pHが3.8～7.6を示し、特に深度228.08 mおよび237.00 mではそれぞれ1.26, 1.80 mS/cmと高いECを示す。砂質堆積物中の深度約227 m～222 mおよび約234 m～230 mに垂円～垂角の砂岩礫を主体とする支流性砂礫層が挟在するが(松本・荒井, 2021)、層厚がその他の砂礫層に比べて小さいこと、ECが連続的に推移し、明確な淡水成の地層の挟在が認められないことから、ここではM2層準として一括した。

M3層準は深度263.98 m～258.83 mに位置し、深度約258.8 m～240 mの本流性砂礫層と深度約285 m～266 mの支流性砂礫層に挟まれた層準に対応する。EC

は 0.75 mS/cm ~ 3.60 mS/cm を示し、1.5 mS/cm 以上を示す試料が多く認められた。pH は 3.7 ~ 7.1 で推移する。この層準は緑灰色あるいは暗褐色を呈する有機質シルトを主体とし、炭化物や木片などが多く混入する(松本・荒井, 2021)。深度約 262.5 m ~ 262.0 m には細粒砂から成る薄層が挟在し、EC が 0.75 とやや低くなる。

M4 層準は深度 289.15 m ~ 287.55 m に位置する。この層準は、深度約 285 m ~ 266 m の支流性砂礫層と深度約 305 m ~ 290 m の支流性・本流性砂礫層に挟まれた砂泥互層の一部に対比される。EC は 0.68 mS/cm ~ 1.63 mS/cm, pH は 5.0 ~ 7.7 を示す。深度 288.60 m ~ 288.06 m の炭化物・木片混じりの有機質シルト層では、特に高い EC を示す。

M5 層準は深度 305.50 m の試料で確認され、深度約 305 m ~ 290 m の支流性・本流性砂礫層と深度約 313.5 m ~ 306.0 m の支流性砂礫層に挟まれた緑灰色を呈するシルト~砂質シルト層に対比される。EC は 1.37, pH は 5.0 の測定値がそれぞれ得られた。

これら 5 層準に加えて、M5 よりも下位において、汽水成の EC 測定値 (0.6 mS/cm ~ 1.2 mS/cm) を示す層準が、深度 326.48 m (0.74 mS/cm), 深度 339.43 m (0.68 mS/cm), 深度 368.98 m (0.73 mS/cm), 深度 437.92 m (0.79 mS/cm) の計 4 層準で確認された(第 2 図)。これらは 1.2 mS/cm を越える層準がないことや単一試料のみで確認され上下方向への連続性に乏しいことから、M1 ~ 5 層準に比べて海成層である確実性は低い。しかしながら、EC 測定値からは汽水成の可能性が示唆され、潮間帯干潟や河口域といった汽水域で堆積した堆積物である可能性を指摘できる。

5. 海成層の堆積時期の推定

前章において EC 分析結果から見いだされた海成層 (M1 ~ 5 層準) について、松本・荒井 (2021) が報告した花粉分析および古地磁気分析結果 (第 2 図) を考慮して、各層準の堆積時期を検討する。

まず、M3 層準について検討する。M3 層準中の深度 261.6 m では、コナラ属アカガシ亜属 *Cyclobalanopsis* が 76.0 % の産出頻度を示し、優占的に産出する。また、マツ属 *Pinus* が 7.6 %, ニレ属・ケヤキ属 *Ulmus/Zelkova* が 2.7 %, コナラ亜属 *Quercus* が 1.9 % の産出頻度で随伴する。大阪湾北岸に位置する GS-K1 コア (神戸市東灘区, 第 1 図 A) では、大阪層群 Ma9 層直下の非海成層 ~ Ma10 層直下の非海成層の層準に *Cyclobalanopsis* - *Sciadopitys* 超帯が設定されており、*Cyclobalanopsis* やコウヤマキ *Sciadopitys* が優勢して産出することが報告されている(本郷, 2009)。同様の傾向は大阪湾沿岸の広域で確認されている (Furutani, 1989)。また、関東

地方~近畿地方の MIS11 の花粉化石群集の特徴として *Cyclobalanopsis* が多産することが示されている(楡井・本郷, 2018)。さらに、*Cyclobalanopsis* - *Sciadopitys* 超帯の下部では、*Ulmus/Zelkova* が低率ながら随伴することがあげられている(本郷, 2009)。これらの優占種、随伴種の特徴がよく一致することから、M3 層準は大阪層群の *Cyclobalanopsis* - *Sciadopitys* 超帯に対比される可能性が高い。M3 層準が海成層であることから、同層準の堆積時期は MIS11 (大阪層群の Ma9 層) である可能性が高いと考えられる。

次に、M1 層準について検討する。同層準中の深度 98.1 m では、落葉広葉樹のサルスベリ属 *Lagerstroemia* が 14.8 % と高率で産出するほか、マツ科 Pinaceae のマツ属 *Pinus*, ツガ属 *Tsuga*, モミ属 *Abies* がそれぞれ 15.9 %, 11.6 %, 6.9 % の産出頻度を示す。また、コナラ亜属 *Quercus* が 13.8 %, ブナ属 *Fagus* が 10.1 %, スギ属 *Cryptomeria* が 2.6 % の産出頻度で随伴する。*Lagerstroemia* は本州以南に分布する MIS5e の堆積物中から産出することが多く報告されており、多産する事例もある(例えば、守田, 1994 など)。紀伊水道周辺においても、Furutani (1989) が大阪湾沿岸域の Ma12 層準およびその上位の上部更新統で *Lagerstroemia* が特徴的に多産し、この層準を *Lagerstroemia* Zone と設定している。Hayashi *et al.* (2017) は *Lagerstroemia* の増減が夏季日射量変化と正相関する可能性を示した。これらから、*Lagerstroemia* が多産する M1 層準は MIS5e の海成層である可能性が高いと考えられる。本郷 (2009) は Ma12 層準に対して *Tsuga* - *Cyclobalanopsis* 帯を設定し、*Pinus* と *Tsuga* が多産することを示した。M1 層準ではこれらの花粉化石も比較的高率で産出しており、MIS5e に堆積したとする解釈を支持する。なお、深度 20 m 付近に浅い砂泥層は、古田 (2005) が板東観測井コア周辺における沖積層基底の等深線を約 -30 m と見積もっていることを考慮すると、すべて沖積層に対比されると考えられる。

仮に上述した M1 および M3 層準の堆積時期の解釈が正しいとすると、両層準に挟まれた M2 層準は少なくとも MIS7 または 9 の海成層のどちらかに対比できる。Furutani (1989) や本郷 (2009) を参照すると、MIS9 の海成層では MIS7 に比べて *Cyclobalanopsis* がやや高率で含まれる。板東観測井コアでは、*Cyclobalanopsis* が M2 層準中の深度 212.1 m で 1.7 % 含まれ、これより上位では産出が認められない。この *Cyclobalanopsis* の産出傾向は、M2 層準が MIS9 に対比される可能性を示唆するが、確実な対比根拠とまではならない。M1・M2 層準の間 (深度 150 m ~ 140 m 付近) には本流性砂礫層に挟まれた砂層が分布しており、MIS7 の海成層に対比される可能性があるが、コア試料が欠如しているた

め検討できていない。

最後に M4 層準よりも下位の堆積物について検討する。古地磁気測定結果からは深度 442 m ~ 339 m 付近に B-M 境界が位置しており (松本・荒井, 2021), 少なくとも M4 および M5 層準は Brunhes 正磁極期に対比される。従って, 仮に M3 層準が MIS11 の海成層であるとする, 両層準は MIS13, 15, 17 のいずれかに対比される。M5 層準よりも下位の深度 314.3 m では, *Cryptomeria* が草本花粉の 33.8 % を占め多産する一方, *Quercus* は 2.2 % と低率である (第 2 図)。本郷 (2009) は Ma6 ~ 8 (MIS13 および 15) を含む層準を *Cryptomeria* - *Fagus* 超帯として, Ma3 ~ 5 (MIS17 および 19) を *Fagus* - *Quercus* 超帯としてそれぞれ設定した。深度 314.3 m の花粉化石組成からは, この層準が *Cryptomeria* - *Fagus* 超帯に対比される可能性が高いと推定される。従って, M4 および M5 層準は MIS13 または 15 に堆積したと解釈される。さらに, 深度 368.98 m の汽水成層準直上の深度 368.6 m では, *Cyclobalanopsis* が 12.6 % とやや高率で産出する (第 2 図)。Ma6 および 7 (MIS15) の海成層では *Cyclobalanopsis* が 10 % ~ 20 % 程度産出することが報告されており (本郷, 2009), 板東観測井コアの深度 368.98 m が同時期の海成層に対比される可能性がある。仮にこの対比が正しいとすると, M4 および M5 層準は MIS13 のいずれかのピークに対比される可能性が考えられる。B-M 境界よりも下位の深度 437.92 m は, MIS19 以前の海成層に対比される可能性がある。

6. 地殻変動速度の試算

本研究の結果から, 板東観測井コアの北島層中に複数の海成層が含まれていることが確認された。このことは, 徳島平野が更新世中期以降に継続的に沈降してきたことを示唆している。

堆積時期の対比が比較的明瞭である M1 および M3 層準に基づき, 沈降速度を試算する。両層準の堆積当時の水深は不明であるが, 仮に堆積当時の海水準が現在と同じ (標高 0 m) であるとする, 両層準の分布標高から堆積後に最大で M1 が約 90 m, M3 が約 255 m 沈降したことが推定できる。従って, 板東観測井コアの地下層序からは, MIS5e 以降と MIS11 以降の沈降速度の最大値はそれぞれ約 0.7 m/kyr, 0.6 m/kyr と見積もられる。これらの概算値は岡田 (1970) が低位段丘面の地形変位から推定した中央構造線断層帯 (父尾断層) の上下方向における平均変位速度 (0.6 m/kyr) と概ね調和的な値である。

7. まとめ

本研究では, 徳島平野の第四系地下地質の解明を目的として, 板東観測井コアの堆積物試料について EC 分析を行い, 北島層中に含まれる海成層の認定を試みるとともに, 既報の花粉分析および古地磁気分析の結果をふまえ, 各海成層の堆積時期について考察した。その結果, 以下の知見が得られた。

- 1) 板東観測井コアには, 少なくとも 5 層の海成層 (M1 ~ 5 層準) が含まれる。
- 2) M3 層準は, アカガシ亜属 *Cyclobalanopsis* が優的に産出することから, MIS11 の海成層に対比される可能性が高い。また, M1 層準は, サルスベリ属 *Lagerstroemia* が高率で産出することから, MIS5e の海成層に対比される可能性が高い。
- 3) M1 および M3 層準の対比に従うと, M2 層準は MIS7 または 9 の海成層に相当すると考えられ, *Cyclobalanopsis* がわずかに含まれることを考慮すると, MIS9 に対比される可能性が示唆される。M4 および M5 層準は MIS13 ~ 17 の海成層のいずれかに対比され, 花粉化石組成から MIS13 に堆積した可能性が示唆される。
- 4) 板東観測井コアの北島層中に複数の海成層が認められたことから, 徳島平野は更新世中期以降, 継続的に沈降してきたと考えられる。

なお, 本研究で見いだされた海成層には, 堆積時期が依然として明確でないものが含まれている。今後, 花粉分析や古地磁気分析を補足するとともに, 徳島平野広域での地層対比を行い, 堆積時期対比の精度や確実度を向上させていく必要がある。

謝辞: 試料のサンプリングに関して, 大阪市立自然史博物館の石井陽子博士に多大な便宜を図っていただいた。記して感謝申し上げます。

文献

- 古田 昇 (2005) 平野の環境歴史学。古今書院, 東京, 268p.
- Furutani, M. (1989) Stratigraphical subdivision and pollen zonation of the Middle and Upper Pleistocene in the coastal area of Osaka Bay, Japan. *Journal of Geosciences, Osaka City University* **32**, 91-121.
- Hayashi, R. Takahara, H., Inouchi, Y., Takemura, K. and Igarashi, Y. (2017) Vegetation and endemic tree response to orbital-scale climate changes in the Japanese archipelago during the last glacial-interglacial cycle

- based on pollen records from Lake Biwa, western Japan. *Review of Paleobotany and Palynology* **241**, 85 – 97.
- 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.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2017) 中央構造線断層帯 (金剛山地東縁—由布院) の長期評価 (第二版). https://www.jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou_pdf/20171219_mtl.pdf. (2021年4月30日確認).
- Kawamura, N. (2006) Revised Chronostratigraphy of the late Quaternary, Tokushima Plain, southwest Japan. *Journal of Geosciences, Osaka City University*, **49**, 103 – 117
- 川村教一・西山賢一 (2019) 四国地方の主要臨海平野における上部更新統および完新統の対比. *地質学雑誌*, **125**, 87 – 105.
- Lisiecki, L.E. and Raymo, M.E. (2005) A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}O$ records. *Paleoceanography* **20**, PA1003.
- 牧本 博・利光誠一・高橋 浩・水野清秀・駒澤正夫・志知龍一 (1995) 20 万分の 1 地質図幅 徳島 (第 2 版).
- 松本則夫・荒井 正 (編) (2021) 平成 7 年度地震予知地下水等観測施設及び設備工事 (その 2) 報告書, 地質調査総合センター研究資料集, no. 713, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 守田益宗 (1994) 福井県三方湖の湖底堆積物. 安田喜憲編. 文部省重点領域研究「文明と環境」平成 5 年度報告書, 国際日本文化研究センター, 京都, 24 – 28.
- 中川衷三・須鎗和巳 (1965) 徳島県北部海岸平野の地下地質. *徳島大学学芸紀要自然科学*, **15**, 25 – 37.
- 中川衷三・須鎗和巳・鈴木好一 (1964) 地質と地質構造. 建設省計画局・徳島県編, 徳島臨海地帯の地盤. 大蔵省印刷局, 28 – 40.
- 中谷是崇・西山賢一・中尾賢一・佐藤善輝・羽田裕貴・鈴木克明・水野清秀・中島 礼 (2021) 徳島市中徳島町で掘削された第四系ボーリングの記載 (速報). 令和 2 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター速報, no. 82, 7 – 20.
- 楢井 尊・本郷美佐緒 (2018) 中部日本における前期末～中期更新世の花粉生層序. *第四紀研究*, **57**, 143 – 155
- 丹羽雄一・須貝俊彦・大上隆史・田力正好・安江健一・齋藤龍郎・藤原 治 (2009) 濃尾平野西部の上部完新統に残された養老断層系の活動による沈降イベント. *第四紀研究*, **48**, 339 – 349.
- Niwa, Y., Sugai, T., Saegusa, Y., Ogami, T. and Sasao, E. (2011) Use of electric conductivity to analyze depositional environments: Example of a Holocene delta sequence on the Nobi Plain, central Japan. *Quaternary International* **230**, 78 – 86.
- 岡田篤正 (1970) 吉野川流域の中央構造線の断層変位地形と断層運動速度. *地理学評論*, **43**, 1 – 12.
- 岡田篤正 (2020) 中央構造線断層帯—最長活断層帯 (四国) の諸性質—, 古今書院, 東京, 368p.
- 岡田篤正・堤 浩之 (1997) 中央構造線活断層系父尾断層の完新世断層活動. *地学雑誌*, **106**, 644 – 659.
- 岡田篤正・堤 浩之・中田 高・後藤秀昭・丹羽俊二・小田切聡子 (1999) 1:25,000 都市圏活断層図「徳島」, 国土地理院.
- 小野映介・大平明夫・田中和徳・鈴木郁夫・吉田邦夫 (2006) 完新世後期の越後平野中部における河川供給土砂の堆積場を考慮した地形発達史. *第四紀研究*, **45**, 1 – 14.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター (2015) 20 万分の 1 日本シームレス地質図. <https://gbank.gsj.jp/seamless/>. (2021年4月30日確認).
- 佐藤善輝・藤原 治・小野映介・海津正倫 (2011) 浜名湖沿岸の沖積低地における完新世中期以降の環境変化. *地理学評論*, **84A**, 258 – 273.
- 佃 栄吉・佐藤 努 (1996) 徳島県鳴門市板東観測井周辺の地下構造. 第 11 回地質調査所研究講演会資料「兵庫県南部地震の地質学的背景」, 99 – 93.
- 佃 栄吉・高橋 誠・佐藤 努・松本則夫・伊藤久男 (1996) 近畿地域における地下水観測井の概要. 第 11 回地質調査所研究講演会資料「兵庫県南部地震の地質学的背景」, 84 – 86.
- 内園立男・森 勇一 (2004) 濃尾平野南部ボーリングコアの粘土混濁水の電気伝導度および pH 測定に基づく堆積環境の推定. *第四紀研究*, **43**, 375 – 382.
- 横山卓雄 (1993) 2.4.1 電気伝導度測定法. 日本第四紀学会編. 第四紀試料分析法 2 研究対象別分析法. 東京大学出版会, 東京, 109 – 118.
- 横山卓雄・佐藤万寿美 (1987) 粘土混濁水の電気伝導度による古環境の推定—千里山丘陵東端部および琵琶湖湖底におけるボーリング・コアの場合—. *地質学雑誌*, **93**, 667 – 679.
- 横山達也・松濤 聡・奥村 清 (1990) 徳島平野の沖積層の形成過程. *地学雑誌*, **99**, 775 – 789.