

和歌山平野における沖積層の基盤地形 Basal topography of the post-LGM incised valley fill beneath the Wakayama Plain

田辺 晋^{1*}・石原与四郎²
TANABE Susumu^{1*} and ISHIHARA Yoshiro²

Abstract: Wakayama Plain is situated on a sedimentary basin along the Median Tectonic Line. Two studies have been performed on this coastal plain reconstructing the incise-valley topography formed until the Last Glacial Maximum (LGM). The reconstructed valley topographies are obviously different among the two studies. In this study, we used 838 borehole logs, of which number has been increased during the past 40 years owing to the urban development, to reconstruct the valley topography in detail. The Kinokawa Valley formed until the LGM distribute on the north of the present Kinokawa River, and the valley deepens to 44 m below the present sea level in maximum. The valley topography is broad shaped similar to that observed in the Nobi Plain. No incised valley was identified along the Wakagawa River as it suggested by the previous study.

Keywords: Wakayama Plain, Kinokawa River, Basal Gravel bed, borehole log, voxel model, incised valley

要 旨

和歌山平野は中央構造線に沿って分布する堆積盆である。この堆積盆の最上部を構成する沖積層の基盤地形に関する研究は、過去に2例あり、復元された基盤地形は研究者によって大きく異なる。本研究では、直近の40年間の都市開発に伴って、その数が大幅に増えた838本のボーリング柱状図を利用して、最終氷期最盛期までに形成された開析谷の形状を明らかにした。最終氷期最盛期にかけて形成された紀の川開析谷は、現在の紀の川の北部に分布し、その最大深度は標高-44 mを示す。また、開析谷の谷地形は、濃尾平野におけるそれと同様に、なだらかな形状を有する。なお、これまでの研究によってその存在が示された和歌川沿いの開析谷は認められなかった。

1. はじめに

和歌山平野を、標高18 mの船戸^{ふなと}を頂点とした、紀の川に沿って西に広がる沿岸平野と定義した場合、その面積は104 km²になる(第1図)。最終氷期最盛期以降に形成された沖積低地の面積は、この値から埋立て地や扇状地を除いた72 km²となる。

紀の川の平均流量は59.3 m³/s、最大流量は7,800 m³/sである(国土交通省河川局, 2009)。和歌山平野の

沿岸における有義波高は0.4 m、平均潮差は0.9 mであり、Davis and Hayes (1984)の区分に基づくと、波浪の卓越した潮汐・波浪混合型の沿岸環境に分類される。

和歌山平野の地形は、紀の川の上流から下流にかけて、扇状地、氾濫原、浜堤列に大分される(額田, 1988)。なかでも浜堤列は、現在の海岸に沿って4列発達する(趙ほか, 2021)。完新世において和歌山平野は、海進期のバリアーラグーンシステムもしくはエスチュアリーシステムから現在のデルタシステムへと変遷したと考えられている(Saito *et al.*, 2016)。

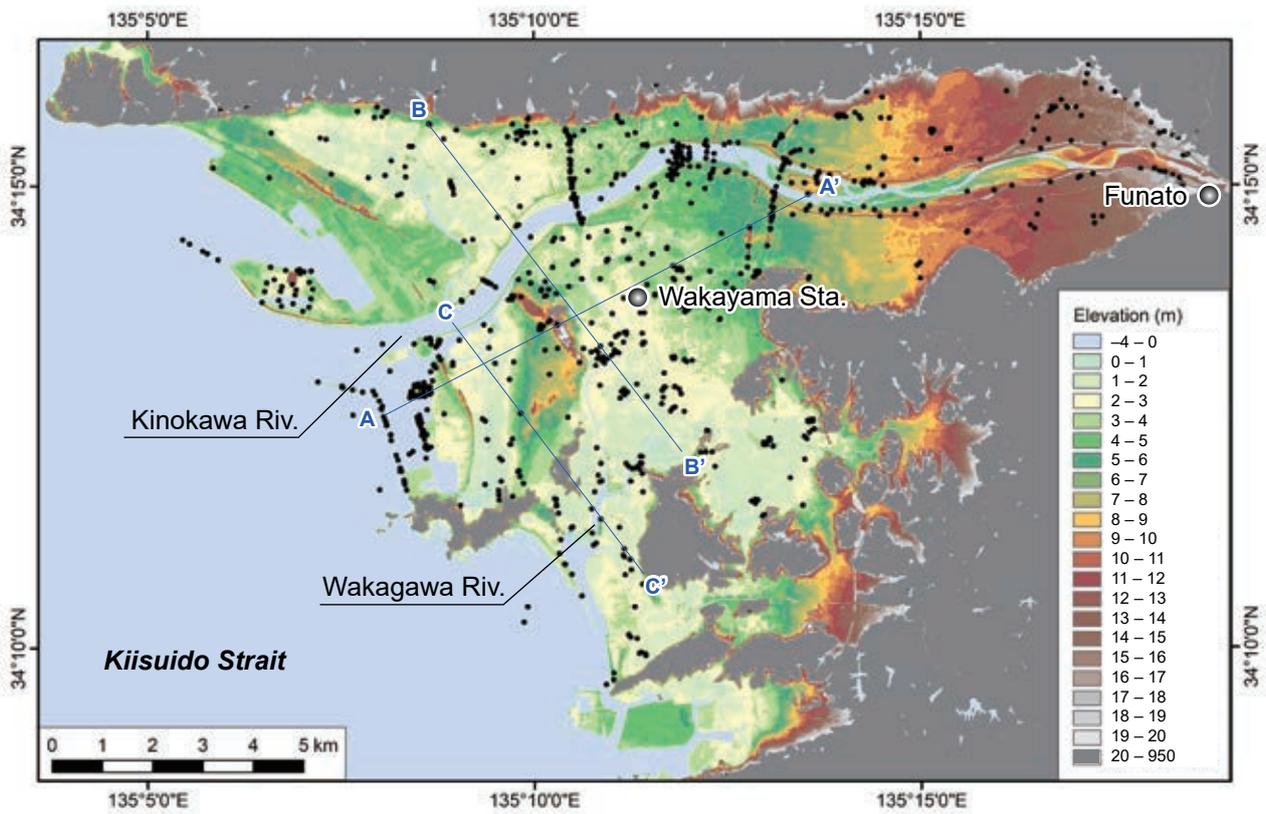
和歌山平野は、中央構造線に沿って分布する堆積盆に立地しており、その北部には和泉層群の砂岩泥岩、南部には三波川帯の結晶片岩が広く分布する(宮田ほか, 1993; 水野ほか, 1999; 牧本ほか, 2004)。当該平野の地下には、^{しよふだに}菖蒲谷層群と呼ばれる層厚が800 mを超える未固結堆積物が分布しており、その形成年代は3.6 Maまで遡る可能性がある(水野ほか, 1999)。

和歌山平野における沖積層の基盤地形については、山川(1986)とKG-NET・関西圏地盤研究会(2011)による研究がある。山川(1986)は、現在の紀の川と和歌川(第1図)に沿った、最終氷期最盛期にかけて形成された2つの開析谷の存在を示した。これらの開析谷の深度は標高-40 mに及ぶ。しかし、KG-NET・関西圏地盤研究会(2011)は、和歌川沿いの標高-20 m以深に分布する泥層が沖積層よりも古い更新統である

*Corresponding author: TANABE, S., Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. E-mail: s.tanabe@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)

2 福岡大学 理学部 地球圏科学科 (Fukuoka University, Faculty of Science, Department of Earth System Science)



第 1 図 調査地点の位置図

黒い点は本研究で用いたボーリング柱状図の地点を示す。デジタル標高モデルは国土地理院（2023）を使用した。

Fig. 1 Location map of this study.

Black dots indicate position of borehole logs used in this study. Digital elevation model is after Geospatial Information Authority (2023).

ことを解明し、和歌川沿いの開析谷の存在を否定した。KG-NET・関西圏地盤研究会（2011）は、沖積層の基底深度の地点分布を図示しているが、開析谷の形状は復元していない。そこで、本研究では、山川（1986）以降の都市開発に伴い、大幅にその数が増加したボーリング柱状図を利用することで、開析谷の形状、すなわち沖積層の基盤地形の復元を試みる。

2. 研究方法

本研究では、KG-NET・関西圏地盤情報協議会と関西圏地盤 DB 運営機構の「関西圏地盤情報データベース 2022 年度ダウンロード版」に収録されている 700 本、「国土地盤情報検索サイト (Kunijiban)」(土木研究所, 2022) にて公開されている 138 本のボーリング柱状図を利用した (第 1 図)。

合計 838 本のボーリング柱状図の電子ファイルは、XML 形式に統一し、石原ほか（2013）の補間方法を用いて、250 m×250 m×1 m のボクセルモデルを作成した。

このボクセルモデルからは岩相と N 値の断面図を作成した。

日下（1980）や KG-NET・関西圏地盤研究会（2011）、趙ほか（2021）などによると、紀の川に沿って分布する沖積層の基底には礫層が分布する。これは日本列島における一般的な沖積層基底礫層 (Basal Gravel bed : BG) に対比される (井関, 1975)。

本研究では、ボクセルモデルから作成した地質断面図において BG を認定し、それを面的に広げることで、沖積層の基盤地形を明らかにした。なお、和歌山平野では BG を貫くボーリング柱状図がほとんど存在しないことから、便宜上、BG の上面を沖積層の基底としている。また、和歌川に沿った地域では BG が存在せず、海洋酸素同位体ステージ (Marine Isotope Stage: MIS) 5e に相当する海成泥層を沖積層の海成泥層が覆う (KG-NET・関西圏地盤研究会, 2011)。MIS 5e の海成泥層は N 値が 3 ~ 5 で、沖積層の海成泥層の N 値がほぼ 0 であるのと比べ、若干固結している。BG が分布しない地域では、このような N 値の違いに基づいて、沖積層の

基底を認定した。

本研究では、838本のボーリング柱状図から沖積層の基底深度を読み取り、読み取った深度をArcGIS 10.8のSpatial Analystツールの内挿(クリギング)を用いて補間し、沖積層の基盤地形の面的な分布を描写した。

3. 地質断面図の解釈

本研究では、紀の川を縦断する1つの断面図とそれを横断する2つの断面図を作成した(第2図)。以下に各断面図の岩相とN値の解釈を記す。

AA'断面は紀の川に沿った北東から南西方向の縦断面である(第1図)。この断面図における岩相とN値は、下位より礫層(N値40以上)、泥層(N値5以下)、砂泥層(N値5~10)、砂層(N値10~20)、礫層(N値20~30)から構成される(第2図)。泥層及び砂泥層は貝化石を含み、N値が極めて小さいことから、沖積層の海成泥層と解釈される(KG-NET・関西圏地盤研究会, 2011; 趙ほか, 2021)。この海成泥層の下位に分布する礫層はBGと解釈される(井関, 1975)。

BB'断面は紀の川を横断する北西・南東方向の断面図である(第1図)。この断面図では礫層(N値40以上)に砂泥層(N値5~10)、砂層(N値10~20)、泥層(N値5以下)が累重する(第2図)。このうち、砂泥層についてはAA'断面図の沖積層の海成泥層に対比される。従って、この海成泥層の下位の礫層がBGと解釈される。なお、本断面図の南東端ではBGが欠如し、N値5~10の泥層をN値5以下の泥層が覆う。前者についてはMIS 5eの海成泥層、後者については沖積層の海成泥層に対比される(KG-NET・関西圏地盤研究会, 2011)。本断面図では、BGを含めた沖積層が北西方向に傾動するように見える(第2図)。BGに累重する砂泥層の上面深度は、本断面図の南東部において標高-18m、北西部において-22mである。BGにオンラップすると考えられるこの砂泥層の形成年代を1万年前前後とみなし、形成時の古水深が等しかったと仮定すると、その分布深度からは、約0.4m/kyrの変位速度が計算できる。

CC'断面は紀の川の南部における北西・南東方向の横断面図である(第1図)。この断面図では礫層(N値40以上)の上位に泥層(N値5以下)と砂泥層(N値5~10)、砂層(N値10~20)が累重する(第2図)。このうち、泥層と砂泥層が沖積層の海成泥層と対比され、その下位の礫層がBGに相当する。和歌川に沿った地域では、断面図BB'と同様に、MIS 5eの海成泥層(N値5~10)に沖積層の海成泥層(N値5以下)が覆う(KG-NET・関西圏地盤研究会, 2011)。本断面図においても、沖積層が北西方向に傾動するように見える。

4. 沖積層の基盤地形

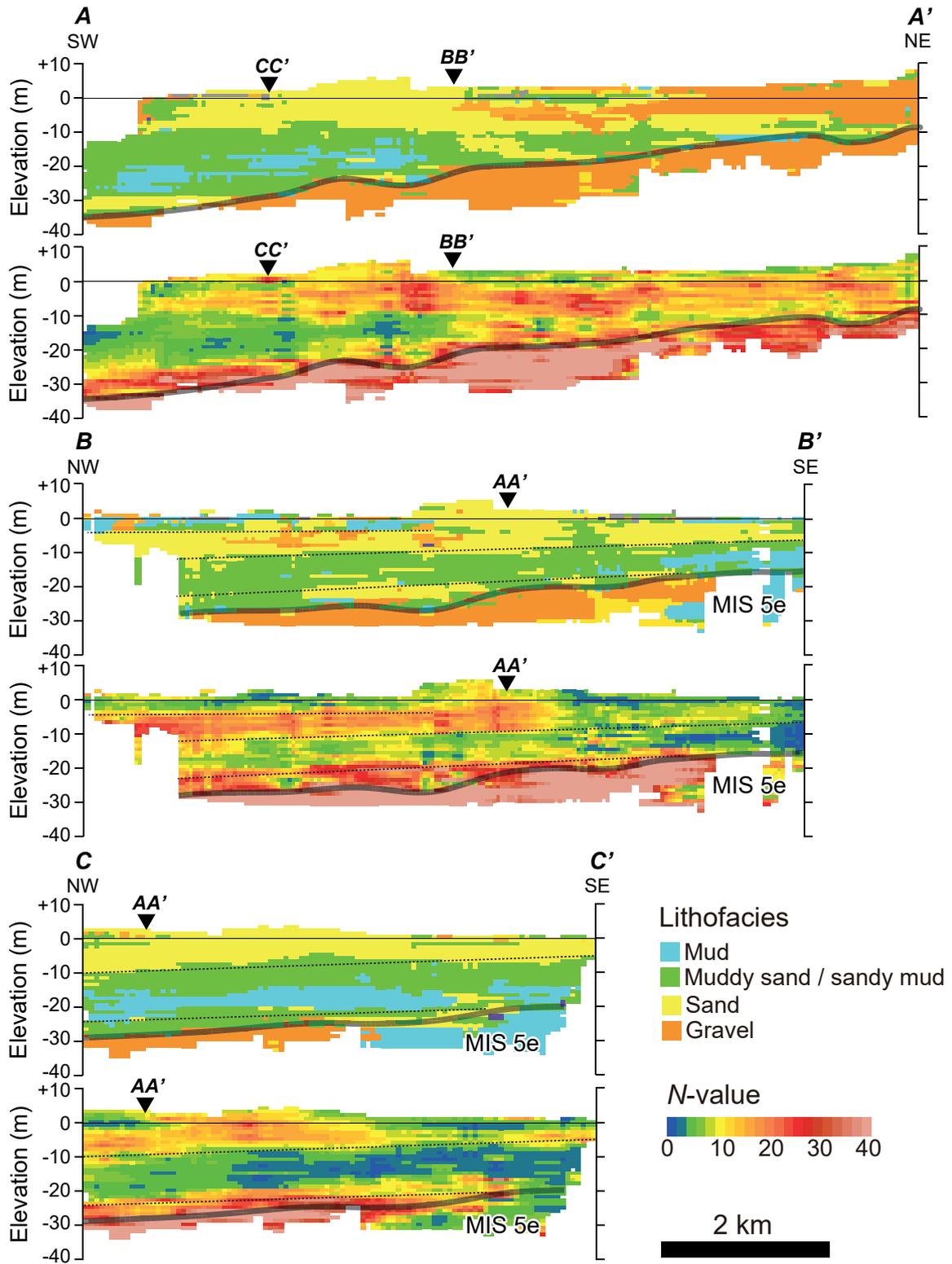
第3図は、和歌山平野における最終氷期最盛期にかけて形成された沖積層の基盤地形を示す。この図によると、開析谷の谷筋は現在の紀の川の北部に位置し、その最深部は沿岸の埋立て地において標高-44mに及ぶ。この開析谷は関東平野中央部のそのように明瞭な谷壁を有さず、濃尾平野のそれと類似した、なだらかな谷地形を示す(羽佐田, 2015; 田辺, 2021; 牧野内ほか, 2022)。このような谷地形の形状の違いは、関東平野中央部が相対的に隆起、和歌山平野と濃尾平野が相対的に沈降することによると考えられる。和歌山平野では、相対的な沈降の結果、MIS 3の埋没段丘礫層とBGが癒着し、なだらかな谷地形が形成された可能性がある。なお、このような沈降は第2図のBB'断面とCC'断面において見られる傾動と関連すると考えられる。

第4図は、沖積層の基底にBGが確認された地点とそれが確認されなかった地点を示す。紀の川に沿った地域には広くBGが確認される。しかし、和歌川沿いや和田盆地ではBGが存在せず、MIS 5eの海成泥層に沖積層が覆う。これらの地域にBGが存在しないのは、開析谷の谷筋から大きく離れた基盤の高まりに位置し、最終氷期最盛期にかけて礫質網状河川が流下しなかったためと考えられる。なお、和歌山平野の北縁にもBGが存在しない地域がある(第4図)。当該地域では、和泉層群を沖積層が覆い、断層崖に沿った急斜面のため、礫が堆積しなかったと考えられる。

5. まとめ

本研究では、838本のボーリング柱状図を用いて、最終氷期最盛期にかけて形成された沖積層の基盤地形を明らかにした。最終氷期最盛期における紀の川開析谷は、現在の紀の川の北部に位置した。その形状は、濃尾平野と同様になだらかな谷地形を有し、最大深度は標高-44mに及ぶ。和歌川に沿った地域には、BGが分布せず、MIS 5eの海成泥層に沖積層の海成泥層が覆う。本研究で復元した沖積層の基盤地形は、山川(1986)のものとは大きく異なるが、KG-NET・関西圏地盤研究会(2011)のものとは概ね調和的である。

謝辞：和歌山市文化振興課の大木 要氏には、ボーリング柱状図の情報収集に際してお世話になりました。記して謝意を表します。



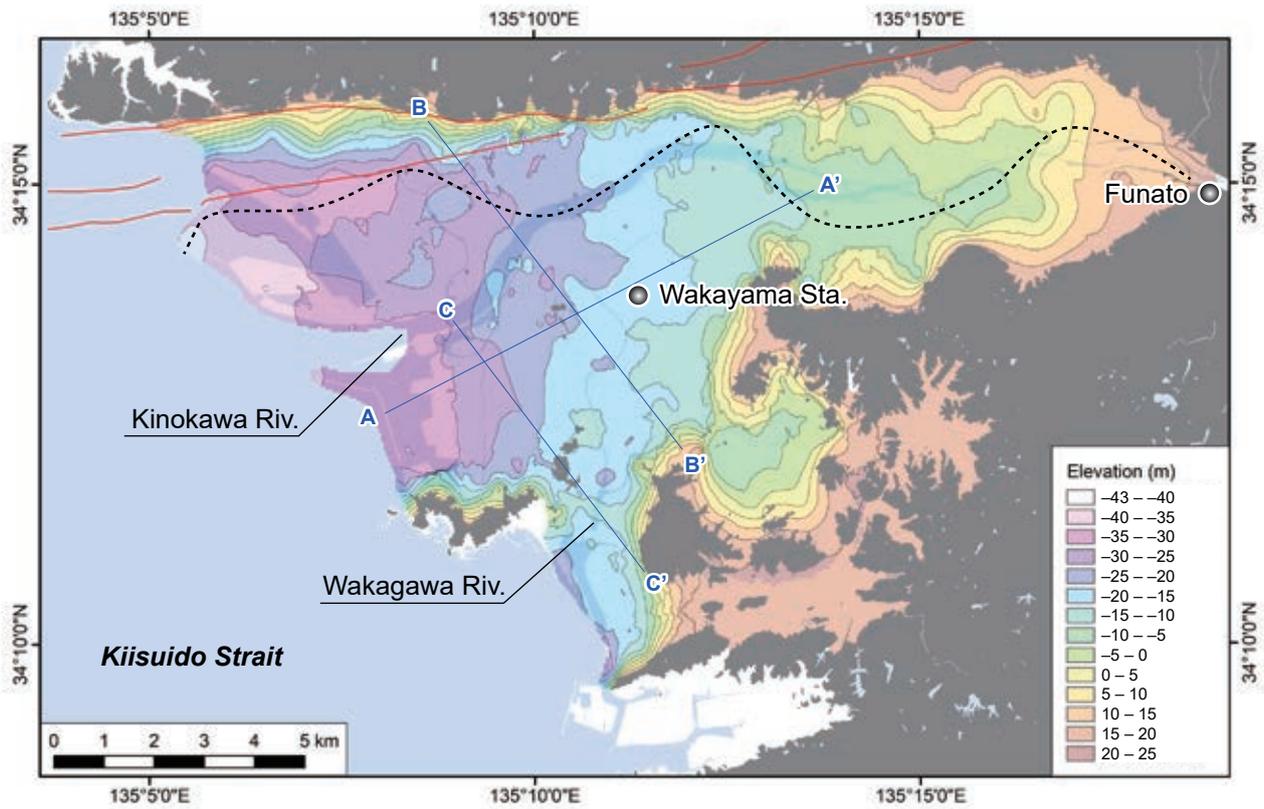
第2図 岩相と N 値の断面図

上図は岩相, 下図は N 値の断面図を示す. 灰色の線は沖積層の基底を示す. MIS 5e は MIS 5e の海成泥層の分布を示す. 黒い点線は傾動の可能性のある岩相境界を示す. 測線の位置は第1図を参照のこと.

Fig. 2 Lithology and N -value cross sections.

Upper and lower panels show lithology and N -value cross sections, respectively. Gray line indicates the base of the post-LGM sediments. MIS 5e suggests distribution of the MIS 5e marine mud. Black dotted lines show lithological boundaries, which might suggest tilting. See Fig. 1 for location.

和歌山平野における沖積層の基盤地形

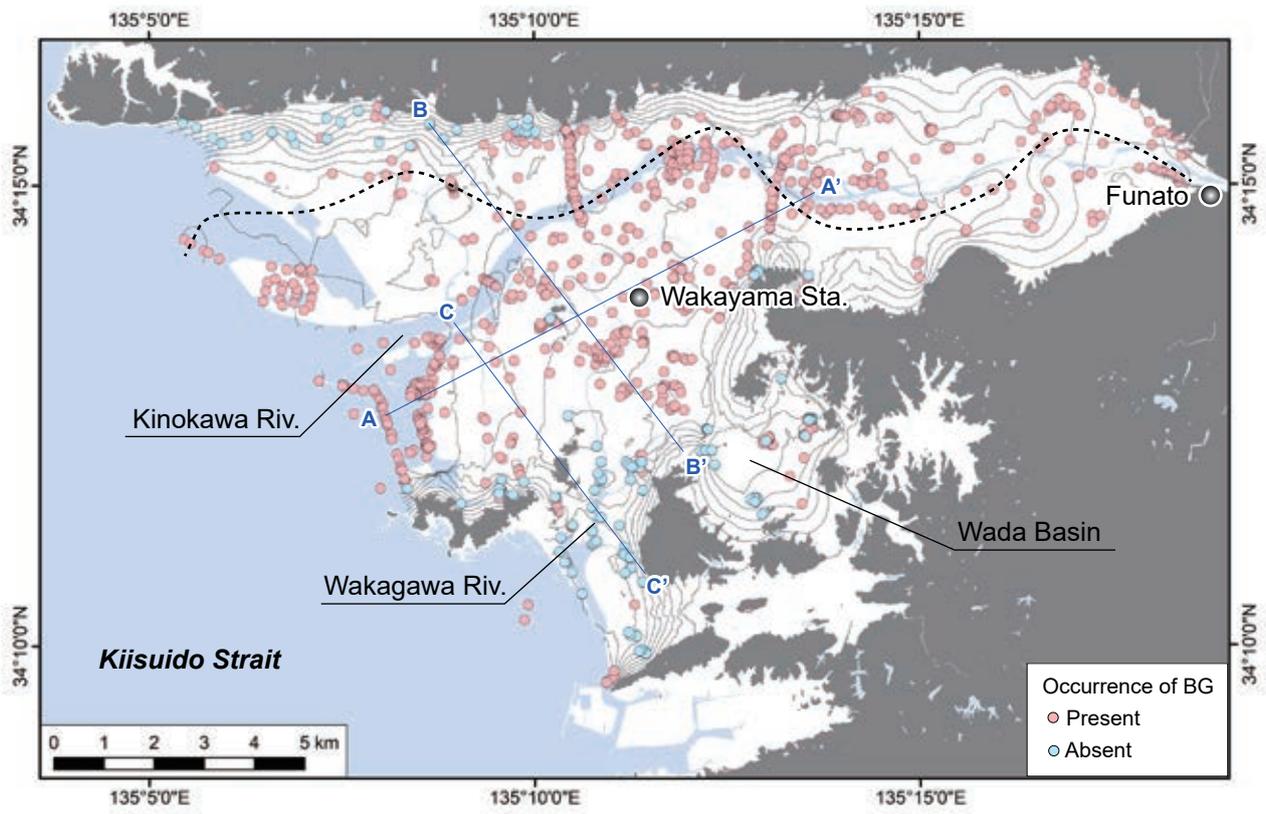


第3図 沖積層の基盤地形

黒い点線は最終氷期最盛期にかけて形成された紀の川開析谷の谷筋を示す。コンターの間隔は5 m。赤い線は根来活動セグメントと紀伊水道活動セグメントの分布を示す（産総研地質調査総合センター，2023）。

Fig. 3 Basal topography of the post-LGM incised valley fill.

Black dotted line indicates axis of the Kinokawa Valley formed until the LGM. Intervals of the counters are 5 m. Red lines show the Negoro and Kiisuido active fault segments (Geological Survey of Japan, AIST, 2023).



第4図 BGの有無

黒い点線は最終氷期最盛期にかけて形成された紀の川開析谷の谷筋を示す。コンターの間隔は5 m.

Fig. 4 Occurrence of the BG.

Black dotted line indicates axis of the Kinokawa Valley formed until the LGM. Intervals of the counters are 5 m.

文 献

- 趙 哲済・藤藪勝則・菊井佳弥 (2021) 和歌山平野の海岸砂丘を巡る, 眺める. 地球科学, **75**, 173–184.
- Davis Jr., R.A. and Hayes, M.O. (1984) What is a wave-dominated coast? *Marine Geology*, **60**, 313–329.
- 土木研究所 (2022) 国土地盤情報検索サイト (Kunijiban). <http://www.kunijiban.pwri.go.jp> (閲覧日: 2022年1月25日).
- 羽佐田絃大 (2015) GISを用いたボーリングデータ解析に基づく濃尾平野の3次元構造と堆積土砂量の復原. 地理学評論, **88**, 118–137.
- 井関弘太郎 (1975) 沖積層基底礫層について. 地学雑誌, **84**, 1–18.
- 石原与四郎・宮崎友紀・江藤稚佳子・福岡詩織・木村克己 (2013) 東京港湾地域のボーリング情報を用いた浅層3次元地質・地盤モデル. 地質学雑誌, **119**, 554–566.
- KG-NET・関西圏地盤研究会 (2011) 新関西地盤—和歌山平野—. 208 p.
- 国土地理院 (2023) 基盤地図情報数値標高モデル. <https://www.gsi.go.jp/kiban/> (閲覧日: 2023年6月30日)
- 国土交通省河川局 (2009) 流量年表. 日本河川協会.
- 日下雅義 (1980) 歴史時代の地形環境. 古今書院, 392 p.
- 牧本 博・宮田隆夫・水野清秀・寒川 旭 (2004) 5万分の1地質図幅「粉河」. 産総研地質調査総合センター.
- 牧野内猛・壇原 徹・堀 和明・野々垣徹 (2022) 濃尾平野臨海部における沖積層・熱田層の広域テフラ層序と派生した問題. 瑞浪市化石博物館研究報告, no. 49, 145–165.
- 宮田隆夫・牧本 博・寒川 旭・市川浩一郎 (1993) 5万分の1地質図幅「和歌山及び尾崎」. 地質調査所.
- 水野清秀・佃 栄吉・高橋 誠・百原 新・内山 高 (1999) 和歌山平野根来地区深層ボーリング調査から明らかになった平野地下の地質. 地質学雑誌, **105**, 235–238.
- 額田雅裕 (1988) 第2章 和泉山脈と和歌山平野. 和歌山地理, no. 8, 11–24.
- Saito, Y., Ikehara, K. and Tamura, T. (2016) Coastal geology and oceanography. In: Moreno, T., Wallis, S., Kojima, T. and Gibbons, W., eds., *The Geology of Japan*. Geological Society, London, 409–430.
- 産総研地質調査総合センター (2023) 活断層データベース. <https://gbank.gsj.jp/activefault/> (閲覧日: 2023年7月19日)
- 田辺 晋 (2021) 関東平野中央部における沖積層の基盤地形. 地質学雑誌, **127**, 635–648.
- 山川雅裕 (1986) 1.8万年前頃の地形環境復原図. 和歌山市立博物館紀要, no. 1, 62–64.