

古土壌を用いた古環境比較：東北日本常磐地域の 古第三系始新統-漸新統と新第三系下部中新統を例に

杉山春来¹, 吉田孝紀²

¹信州大学総合理工学研究科, ²信州大学理学部

Paleoenvironmental comparison using paleosols: Comparative research on paleosols between the Eocene-Oligocene and the Lower Miocene, Joban Area, Northeast Japan

H. Sugiyama¹, K. Yoshida²

¹Graduate School of Science and Technology, Shinshu University, ² Faculty of Science and Technology, Shinshu University

キーワード：古土壌，古気候，古第三紀，新第三紀

Keywords: Paleosol, Paleoclimate, Paleogene, Neogene

1. はじめに

古第三紀から新第三紀の古気候は、植物化石の記録や、深海底生有孔虫の酸素同位体比の変動を用いて復元されてきた。古第三紀始新世は新生代において最も温暖な気候であったことが知られている。一方、新第三紀中期中新世には MMCO (Middle Miocene Climatic Optimum) と呼ばれる全世界規模の温暖期があったことが知られている。MMCO は深海底生有孔虫の酸素同位体比の減少として記録され (Zachos et al., 2008), 16.9 - 14.7Ma に起こったとされる。前期-中期中新世の瑞浪層群の化石記録より、MMCO は現在より 6°Cほど海水温が高かった (Itoigawa and Yamanoi, 1990) ことが明らかになっている。古第三紀から新第三紀の陸域の気候復元の課題点として、植物化石を用いた年平均気温は復元されているもの (棚井, 1991), 古降水量や季節変動が示す気候区は議論の段階にあることや、植物の産出頻度は必ずしも古植生の優占種と一致せず (Spicer and Wolfe, 1987), 植物化石のみを用いた気候復元には課題があることが挙げられる。

そこで、本研究では東北日本常磐地域の古第三

系始新統-漸新統と新第三系中新統に発達する古土壌を対象に古環境復元を行い、古風化環境や当時の東北日本の気候条件を比較検討した。

2. 研究地域

古第三系始新統-漸新統では白水層群石城層 (須貝ほか, 1957), 新第三系中新統では湯長谷層群柵平層 (半沢, 1954) を研究対象とした。石城層は脊椎動物化石の記録や、花粉化石及び貝類化石群集の変化から、古第三紀後期始新世から前期漸新世に堆積したとされる (須藤ほか, 2005)。一方、柵平層は 20.8±1.2 Ma 及び 17.4±1.0 Ma の FT 年代が報告されており、下部中新統とされる (久保ほか, 1994, 2002)。石城層では、露頭の露出がよい常磐地域北部の採石場露頭を対象に調査を行った (Fig. 1)。柵平層は、北茨城市磯原付近、福島県いわき市上遠野およびいわき市黒田付近の3地区に不連続に分布する (矢部ほか, 1995)。本研究では、福島県いわき市上遠野地域の柵平層を対象に調査を行った (Fig. 1)。

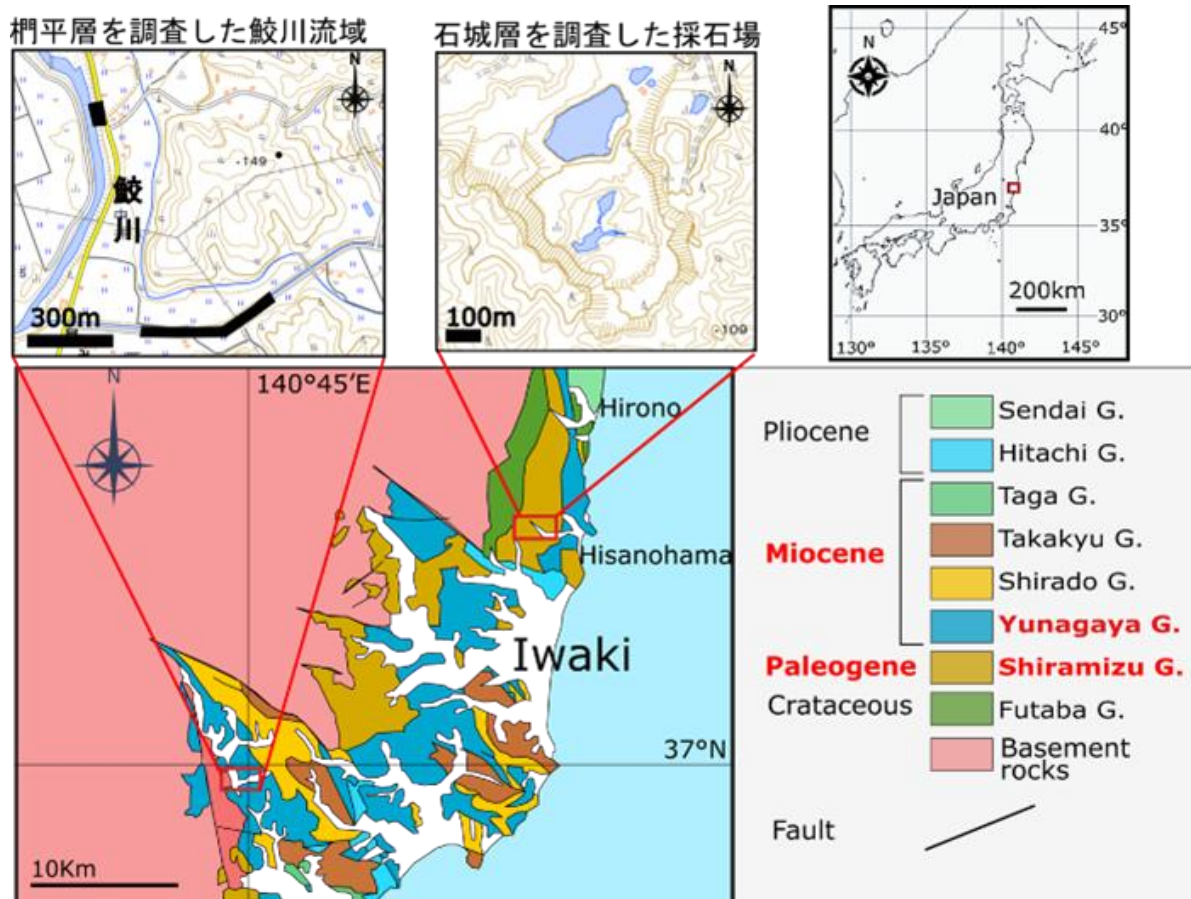


Fig. 1 ; 常磐地域の地質図と調査地域の地図. 地質図は高橋・柳澤 (2008) より引用, 加筆.

3. 研究手法

本研究では野外調査での古土壌記載, 積相解析に加え, 薄片観察, X線回折分析および蛍光X線分析を行った.

古土壌試料を対象とした薄片観察では土壌微小構造に注目し記載を行った.

蛍光X線分析では, 主要元素 (SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅) の質量パーセント濃度を測定した. 分析はガラスビード法(試料:融剤=1:10)で行い, 融剤には四硼酸リチウムを用いた. 分析機器は高知大学海洋コア総合研究センター設置のパナリティカル製 Magix PRO を用いた. 蛍光X線分析で得られた値の組成の傾向や風化の指標となる CIA 値 (Nesbitt and Young, 1982) を検討した.

4. 石城層および柵平層の堆積環境

地表踏査の結果をもとに堆積柱状図を作成し, 堆積相を検討した. なお, 堆積相は Miall (1977,

1996) および葉田野・吉田 (2018) の河川堆積相の区分に従う. 本研究地域では 13 の堆積相が区分できた (Table 1).

常磐地域の石城層の堆積柱状図を Fig. 2 に, 柵平層の堆積柱状図を Fig. 3 に示す.

常磐地域北部の石城層の堆積物は主に礫質河川堆積物と氾濫原堆積物から構成される. 礫質河川堆積物は, 礫質河川のチャンネル (Gst, Gsp) やバー (Gsg), マイナーチャンネル (Ss) を示す堆積相から構成される. 礫質河川チャンネル堆積物 (Gst) が最もよく発達し, 癒着したチャンネルの複合体の層厚は約 15m に及ぶ. 礫からなる癒着したチャンネルの複合体の存在や, バー堆積物が発達していることから侵食や掃流による堆積物と考えられ, Miall (1977) の網状河川システムにおける堆積相に類似する. 氾濫原堆積物は, 主に, 氾濫原 (Al) や後背湿地 (Fsm), 沼沢地 (C) を示す堆積相からなる. 砂とシルトの互層からなる堆積相 Al は, 上位にむかって砂優勢からシルト優勢の互層へ

と漸移し、後背湿地を示す堆積相 Fsm に覆われる。この特徴は Miall (1977) の蛇行河川システムにおける堆積相に類似する。

本研究地域の石城層の堆積環境は礫質河川堆積物と氾濫原堆積物を繰り返し、ラグ堆積物 (Pg) を境に陸棚堆積物 (Ps) に変化する。

上遠野地域の柵平層は主に蛇行河川の氾濫原堆積物から構成される。柵平層の氾濫原堆積物は、後背湿地 (Fsm) といった細粒な堆積物が大部分

を占め、氾濫原 (Al) を示す砂層や、砂質チャネル (Sr) を示す砂層を挟む。これらの特徴は、チャネルに近接した蛇行河川の氾濫原を示し、Miall(1977)の蛇行河川システムにおける堆積相に類似する。本研究地域の柵平層の堆積物は、蛇行河川の氾濫原堆積物が一般であり、最上部で内湾堆積物 (Bs) および潮上帯堆積物 (Ls) に覆われ、海成層に変化する。

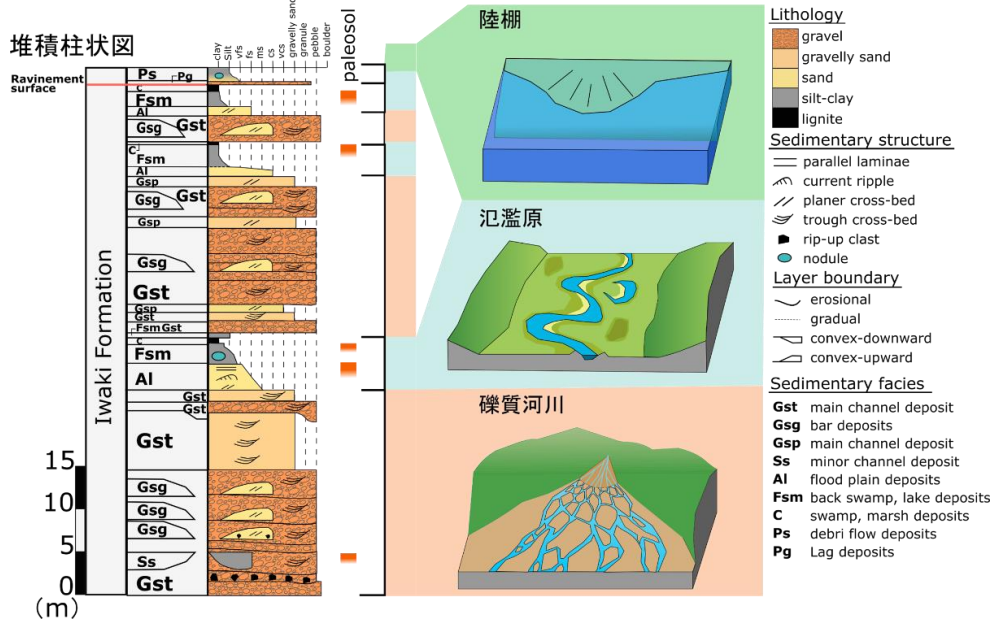


Fig. 2 ; 福島県いわき市北部，第一石産運輸 (株) で作成した白水層群石城層の堆積柱状図。古土壤層準をオレンジ色で示す。

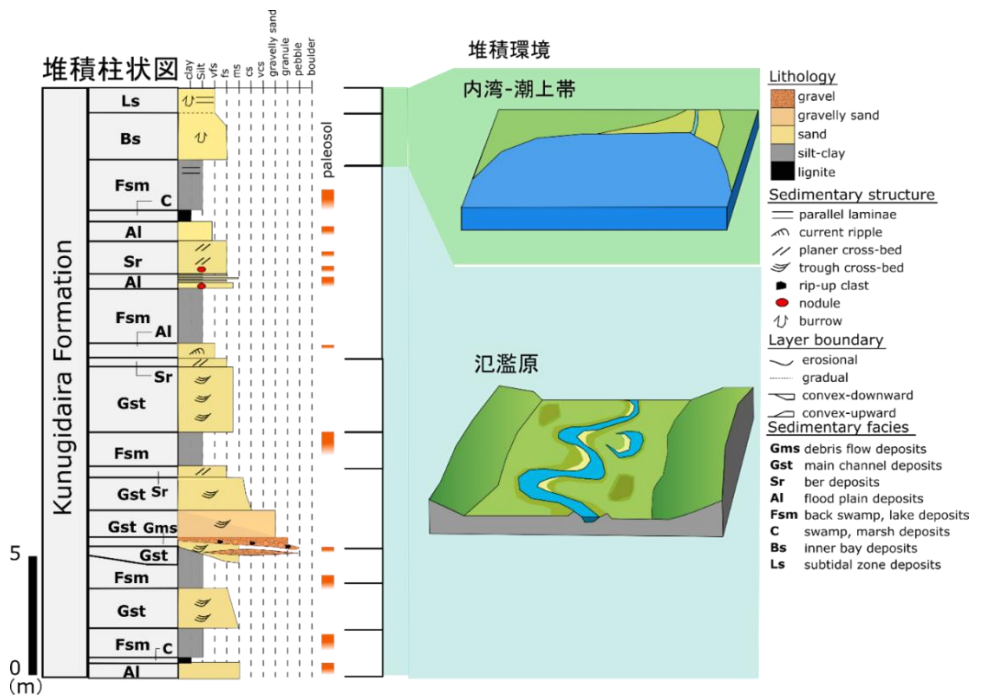


Fig. 3 ; 福島県いわき市遠野町鮫川流域で作成した白水層群石城層の堆積柱状図。古土壤層準をオレンジ色で示す。

Table 1 ; 本研究で識別された堆積相と堆積環境の一覧.

Facies code	Grain size	Thickness (cm)	Shape	Sedimentary structures	Adjacent facies	Interpretation	Miall (1977, 1996)
Gms	vcs-cs, massive clast-	15-30	convex-downward	grading, rip-up clast	Gst	main channel deposit	Gms
Gst	vcs-cs, pebble- granule	80-300	convex-downward	trough cross-beds, erosional bases, rip-up clast	C, Fsm, Gsp, Gms	main channel deposit	Gt
Gsp	vcs, pebble- granule	100-300	successional, wedged shape	planar cross-beds, erosional bases	Gst	main channel deposit	Sp
Gsg	cs-granule	50-150	convex- upward, wedged shape	planar cross-beds, normal size-grading	Gst	bar deposit	St
Sr	fs-ms	70-120	successional, wedged shape	planar cross-beds	Al	main channel deposit	Sr
Ss	silt-fs	50-200	convex- downward	massive muddy layer with a little carbonaceous material, flame structure	Gst	minor channel deposit	Fsm
Al	fs-ms, silt-vfs	60-400	successional	massive by bioturbation, current-ripple, planar cross-beds	Fsm, Sr, Gsp, Gst	floodplain	Fl
Fsm	silt-fs	80-250	successional	massive muddy layer, parallel laminae	C, Al, Sr, Gst	back-swamp	Fsm
C	lignite with minor silt-clay matrix	10-60	successional	abundant allochthonous plant fossils are preserved bedding planes	Fsm	swamp or marsh deposit	C
Pg	pebble	20	horizontal bedding	massive poorly sorted pebble, erosional bases	C	lag deposit	-
Ps	silt, ms	400	successional	massive silts are dispersed in massive ms-fs with disordered internal arrangement	Pg	debris flow deposits	-
Ls	silt, fs	80	successional	parallel laminae	Bs	supralittoral zone deposit	-
Bs	silt-ms	220	successional	massive by bioturbation	Fsm	inner bay deposit	-

vfs ; very fine sand. fs ; fine sand. ms ; medium sand. cs ; coarse sand. vcs ; very coarse sand

5. 古土壌の記載と解釈

石城層では、礫質河川のマイナーチャンネル堆積物、蛇行河川の氾濫原堆積物および後背湿地堆積物において古土壌を認めた (Fig. 4) .本層の古土壌のほとんどは明瞭な土層分化を伴わない未成熟な Entisol や Inseptisol である。しかし、氾濫原の古土壌には、明瞭な土層分化がみられ、土壌生物の糞であるペレットを豊富に含み、土層分化に伴って形成される集積粘土層がよく発達しているものも認められる。このような古土壌は温暖湿潤な環境で成熟した Ultisol に対比できる。

本研究地域では、石城層の氾濫原堆積物中のみ、成熟した土壌 Ultisol が存在する。堆積速度の速い網状河川システムに比べ、蛇行河川システムは堆積速度が遅く、長時間古地表面が露出できたと考えられる。

梶平層では、チャンネル堆積物・氾濫原堆積物・後背湿地堆積物において古土壌を認めた (Fig. 4) .

本研究地域では、水はけの悪い後背湿地や、堆積速度の速いチャンネル近傍の氾濫原堆積物において、未成熟な Entisol や Inseptisol が主に発達していた。

成熟した土壌 Ultisol は後背湿地を示す堆積環

境に発達していた。後背湿地は一般に、水はけが悪く、土壌化が促進しにくい環境であるが (Andres and Whitley, 1998), Ultisol の発達する後背湿地の下位には粗粒なチャネル堆積物があるため、排水条件が良かったと言える。また, Ultisol にはプラントオパールが豊富に含まれる

ことから, Ultisol 生成当時, 草本植生が繁茂していたと考えられる。

水はけの比較的良好な砂質チャネルにおいては, 極度に風化した土壌である Oxisol が発達する。Oxisol はオレンジ色を呈し, Hurst (1977) が示す加水酸化鉄による酸化的な土壌環境を示唆する。

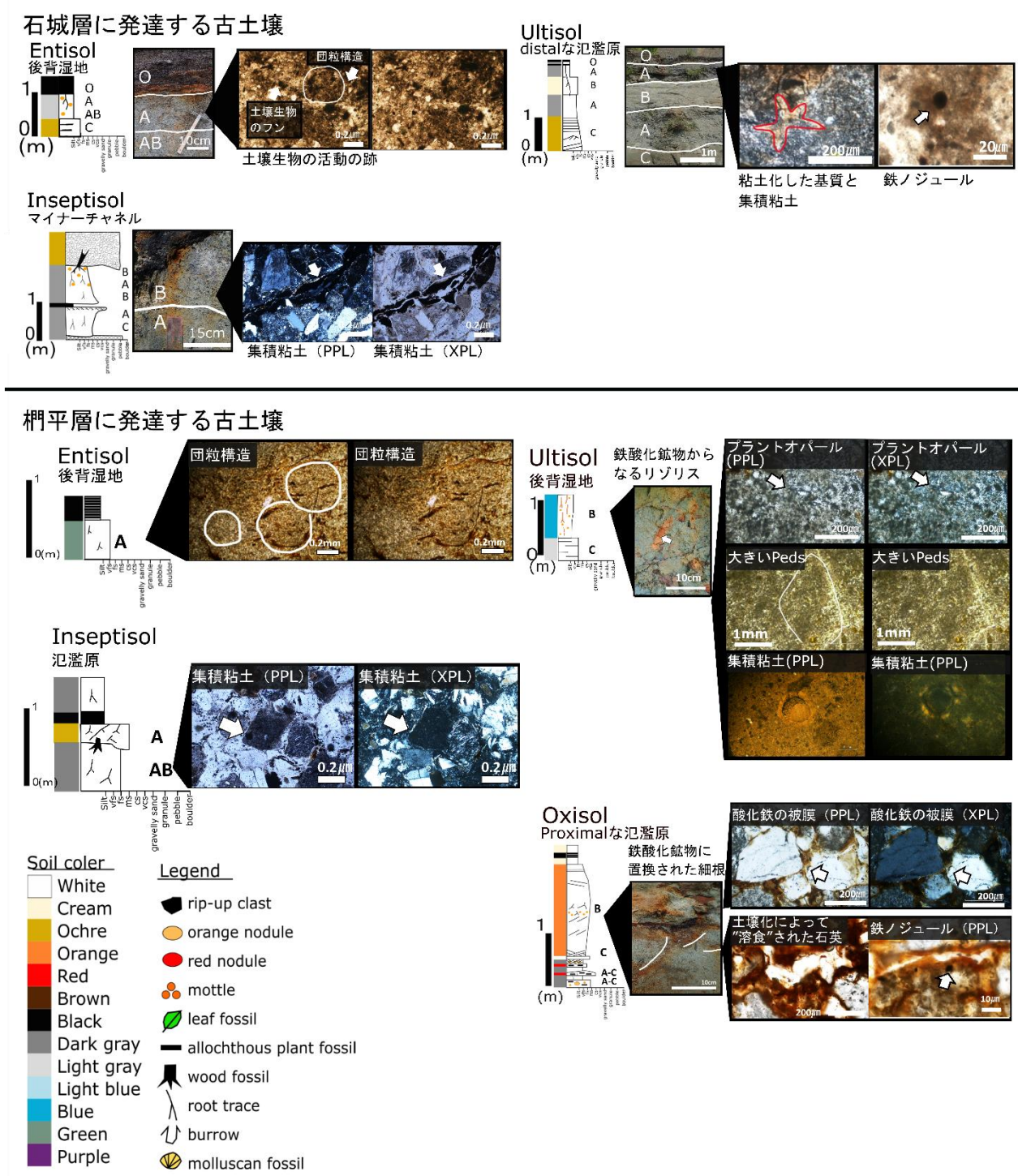


Fig. 4 ; 常磐地域北部の石城層, 柵平層に発達する古土壌。

6. 古土壌から推測される当時の気候区

本研究による検討では、石城層には Ultisol、柵平層には Ultisol および Oxisol を認めた。一般に、Ultisol や Oxisol などの成熟した土壌の形成には、生成に長い時間を要する (Retallack, 2001)。そのため成熟した土壌の記録は、長いインターバルでみた当時の古風化・古気候条件を反映している可能性がある。そこで、現在のアジアにおける Ultisol・Oxisol の分布地域 (UDSA-NRCS, 1998) から、石城層および柵平層堆積当時の気候条件に関して考察する。

UDSA-NRCS (1998) による現世の土壌区分図では、Ultisol は現世のアジア地域において、日本列島南西部の沿岸地帯、中国南部、インドシナ半島の広範囲に分布している。これらの地域は、暖温帯から熱帯および亜熱帯にあたる。一方、現世のアジア地域において、Oxisol が分布するのはベトナム南部やインドネシアの赤道直下であり、これらの地域は熱帯にあたる。

現在のアジア地域の土壌分布を考えると、石城層で Ultisol が発達した古第三紀始新世-漸新世は、暖温帯から亜熱帯の気候であり、柵平層で Oxisol が発達した新第三紀中新世は熱帯であったと考えられる。

引用文献

- Andress, A., Whitney J.A., 1998, Holocene flood-plain soil formation in the Southern lower Mississippi Valley: Implication for interpreting alluvial paleosols, *GSA Bulletin*, **110**, 433-499.
- 半沢正四郎, 1954, 東北地方, 日本地方地質誌, 344p.
- 葉田野 希・吉田孝紀, 2018, 瀬戸内区中新統瀬戸陶土層の古土壌構成が示す古風化および古気候条件. 地質雑, **124**, 191-205.
- Itoigawa, J., Yamanoi, T., 1990, Climatic optimum in the Mid-Neogene of the Japanese Islands. In Tsuchi, R. and Ingle, J.C., Jr. eds., *Pacific Neogene: Environment. Evolution and Events. University of Tokyo Press, Tokyo*, 3-14.
- 久保和也, 柳沢幸夫, 吉岡敏和, 高橋 浩, (1994), 浪江及び磐城富岡地域の地質., 地域地質研究報告 (5 万 分の 1 地質図幅). 地質調査所, 104p.
- 久保和也, 柳沢幸夫, 利光誠一, 坂野靖行, 兼子尚知, 吉岡敏和, 高木哲一, 2002, 川前及び井出地域の地質, 地域地質研究報告(5 万 分の 1 地質図幅). 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 136p.
- Miall, A. D., 1977, A Review of the braided-river depositional environment. *Earth Sci. Rev.*, **13**, 1-62.
- Miall, A. D., 1996, *The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis, and Petroleum Geology. Springer-Verlag, Berlin*, 582p.
- Nesbitt, H. W., and Young, G. M., 1982, Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites, *Nature*, **299**, 715-717.
- Retallack, G. J., 2001, *Soil of the past: an introduction to paleopedology. Blackwell, Oxford*, 404p.
- Spicer, R. A., Wolfe, J. A., 1987, Plant taphonomy of late Holocene deposits in Trinity (Clair Engle) Lake, Northern California. *Paleobiol*, **13**, 227-245.
- 須藤 斎・柳沢幸夫・小笠原憲四郎, 2005, 常磐地域及びその周辺の第三系の地質と年代層序, 地質調査研究報告, 56, 375-409.
- 高橋雅紀, 柳沢幸夫, 2008, 常磐地域. 日本地質学会編, 日本地方地質誌 3, 関東地方. 196-206.
- 棚井敏夫, 1991, 北半球における第三紀の気候変動と植生の変化, 地質雑, **100**, 951-966.
- U.S. department of Agriculture Natural Resources Conservation Service, Natural Resources Conservation Service, 1998, Soil Survey Division World Soil Resources, ftp://ftp-fc.sc.egov.usda.gov/NSSC/Soil_Taxonomy/maps.pdf.
- 矢部 淳, 小笠原憲四郎, 植村和彦, 小布施明子, 1995, 常盤炭田南部に分布する下部中新統柵平層の植物および軟体動物化石群, 地質雑, **101**, 532-548.
- Zachos, J. C., Dickens, G. R., Zeebe, R., 2008, An early Cenozoic perspective on greenhouse warming and carbon cycle dynamics. *Nature*, **451**, 279-283.

(原稿受付 2024.3.7)