

[原著論文]

神奈川県横浜市の上部更新統藤沢泥層ならびに茨城県阿見町の更新統下総層群から産出したクミノハクモヒトデ側腕板化石

岡西政典*・金子 稔**・石田吉明***・群馬県立太田女子高等学校理科研究部****

Fossil lateral arm plates of *Ophiuroglypha kinbergi* (Echinodermata: Ophiuroidea: Ophiurida) from the upper Pleistocene Fujisawa Mud in Yokohama City, Kanagawa Prefecture and the Pleistocene Shimosa Group, Ami Town, Ibaraki Prefecture, central Japan

Masanori Okanishi*, Minoru Kaneko**, Yoshiaki Ishida***,
Gunma Prefectural Ota Girls' High School Science Research Club****

Abstract

Disarticulated fossil lateral arm plates of brittle stars from the upper Pleistocene Fujisawa Mud in the Sagami Group, Sakaigawa-Yusuichi Park, Yokohama City, Kanagawa Prefecture and the Pleistocene Shimosa Group, Shimazu, Ami Town, Ibaraki Prefecture, central Japan, are described. They are assigned to *Ophiuroglypha kinbergi* on the basis of their microstructural morphology. The latter is the first description of the disarticulated fossil lateral arm plates of this species from Ibaraki Prefecture.

Key words: brittle star, Ibaraki, Kanagawa, Ophiopyrgidae, *Ophiuroglypha*

1. はじめに

棘皮動物門クモヒトデ綱は世界で約2100種が知られており、あらゆる海底環境に密に生息する底生無脊椎動物である(岡西 2022)。クモヒトデ類の腕は節状に分かれており、各節は腕骨と、その両側を囲む側腕板、腹側を覆う腹腕板、背側を覆う背腕板より成る。多くのクモヒトデ類ではこれらの骨片の大きさは1～

数 mm 程度だが、その表面には電子顕微鏡レベルの多様な微細構造がみられ、その形状によって属や種までの同定が可能であることが知られている(例えば、岡西 2022)。

ヨーロッパや南北アメリカではこの側腕板の化石に着目したクモヒトデ類の古生物相の復元や、それに基づく古環境の推定がなされてきており(例えば、Thuy

2023年8月27日受付, 2023年12月10日受理

* 広島修道大学人間環境学部 〒731-3195 広島県広島市安佐南区大塚東1-1-1

The Faculty of Human Environmental Studies Hiroshima Shudo University, 1-1-1 Ozuka-Higashi, Asaminami, Hiroshima 731-3195, Japan, E-mail: mokanishi@tezuru-mozuru.com

** 群馬県立自然史博物館特別研究員 〒370-2345 群馬県富岡市上黒岩1674-1

Research Fellow of Gunma Museum of Natural History, 1674-1 Kamikuroiwa, Tomioka, Gunma 370-2345, Japan, E-mail: fkaneko@d6.dion.ne.jp

*** 〒167-0043 東京都杉並区上荻2-20-13

2-20-13 Kamiogi, Suginami-ku, Tokyo 167-0043, Japan, E-mail: y-ishida@msi.biglobe.ne.jp

**** 伊集院早希・田邊美柚・細堀優香・前田紗楽・丸山心愛・中村真綾・大塚万優・田島 満・清水祐希
〒373-8511 群馬県太田市八幡町16-7

Saki Ijuin, Miyu Tanabe, Yuka Hosobori, Sara Maeda, Kokona Maruyama, Maya Nakamura, Mahiro Otsuka, Michiru Tajima, Yuki Shimizu; 16-7 Hachiman-cho, Ota City, Gunma 373-8511, Japan

2013), 日本でも近年になって神奈川県三浦半島・千葉県流山市の更新統や茨城県日立市の鮮新統からクモヒトデ類骨片化石の発見が相次いでいる (Okanishi et al. 2019, 2022a, b; Ishida et al. 2023a, b). このようにクモヒトデ類の骨片化石は, 大きさ数 mm 以下の, 顕微鏡観察が必須な微化石における新たな研究対象となる. その基礎的な知見を蓄積するため, 本邦の堆積物中のクモヒトデ類骨片化石の報告は重要である.

本研究では, 神奈川県と茨城県の更新統の泥質砂中に, クモヒトデ類の側腕板骨片化石を認めた. その同定結果を報告する.

2. 材料と方法

試料は神奈川県横浜市泉区下飯田境川遊水地公園 (35° 23' 37" N, 139° 28' 45" E) の藤沢泥層, および茨城県阿見町島津 (36° 1' 49.9" N, 140° 15' 36.1" E) の下総層群の貝化石を含む泥質砂から採取した (図 1).

境川遊水地公園の試料は, 小沢ほか (2016) で報告された公園内で採取された藤沢泥層の貝化石を含む泥質砂を処理した. 境川遊水地公園では2003年~2006年にかけて遊水地掘削工事により一時的に藤沢泥層の良好な露頭が出現した (田口ほか 2007; Irizuki et al. 2009).

藤沢泥層は, 成瀬 (1952) によって提唱され, 層厚 20 m 以上の泥質砂やシルトからなり, 相模野台地地下に分布する (例えば, 岡ほか 1979; 樽2004; 小沢ほか 2023). その堆積年代は MIS5e と推定されている (例えば, 松島・秋本1978; 田口ほか 2007). 境川遊水地の露頭から貝化石 (例えば, 田口ほか 2007; 小沢ほか 2014, 2016; 小荒井・馬場 2010) や貝形虫 (Irizuki et al. 2009) が報告されている. 貝化石では

田口ほか (2007) により熱帯種群の貝であるタイワンシラトリ (*Tellinimacra dentula*) を含む100種以上の産出が, 貝形虫では Irizuki et al. (2009) により, 現在トカラ海峡以南の琉球列島や台湾などの亜熱帯の内湾域にのみ棲息している *Neomonocerotina delicata* を含む79種の産出が報告され, 藤沢泥層堆積時は現在の相模湾よりやや温暖であったことが推定されている.

島津の試料は, 工事により削剥された貝化石を含む泥質砂を使用した. かつては良好な連続露頭があったが現在はなく (西田ほか 2015; 相田ほか 2016), 地面には工事により削剥された貝化石を含む堆積物が露出していたが, 現在はそれも埋め立てられて, 観察できない.

霞ヶ浦周辺地域はボーリングコアの調査から, 下位より地蔵堂層, 藪層, 上泉層, 清川層, 木下層, 常総層が分布している (例えば, 宇野沢ほか 1988; 坂田ほか 2018). 島津付近においては, このうち上泉層より上位が地表に露出している (中里 2008). 島津露頭の地質について, O'Hara et al. (1998) は下位より塊状砂質シルト層, 貝化石を豊富に含むシルト質細粒~中粒砂層, 細粒~中粒砂の薄層を挟むシルト層, 中粒~極粗粒砂層の4層に区分した. 貝化石を豊富に含むシルト質細粒~中粒砂層からは, 巻貝類70種, ツノ貝類2種, 二枚貝類71種が報告され黒潮系の水塊が流入した内湾浅海の古環境が推定された (O'Hara et al. 1998). また, 藤井ほか (2010) は, 7目13科18属21種の板鰓類を同定し, 構成種の生息域は熱帯~亜熱帯, 温帯海域にまたがり沿岸浅海から外洋に及ぶことから, 古東京湾はバリアー島並びにいくつかの潮流口の存在によって, 閉鎖的ではなく, 密接に外洋と接続していたと推定した. 相田ほか (2016) は, マグロ属



図 1. 試料採取地点. 右側地図は電子地形図25000 (国土地理院) を加工して作成. 左に広範囲の図を, その図中の境川 (A), 島津 (B) をそれぞれ拡大して右に示す.

Fig.1. Sampling locality (The right topographical map is based on the Digital Map published by the Geospatial Information Authority of Japan). The extensive map is shown on the left, and Sakaikawa (A) and Shimazu (B) in the map are enlarged on the right, respectively.

の椎体化石を報告した。

貝化石を豊富に含むシルト質細粒～中粒砂層は、上部更新統下総層群木下層に対比する考えと（例えば、O'Hara et al. 1998；藤井ほか 2010）と中部更新統下総層群清川層に対比する考え（中里 2008）がある。今回処理した試料は、岩相から判断してこの地層から産出した可能性が高く木下層か清川層のどちらかに対比される。

クモヒトデの骨片化石の採取にあたり、島津の試料は2 kgの堆積物を目開き0.5 mmの篩で、また40 gの堆積物を目開き0.075 mmの篩で水洗処理した。境川遊水地公園の2 kgの堆積物は目開き0.5 mmの篩で水洗処理した。篩上の残渣を電気定温器で乾燥し、検鏡用試料とした。残渣をシャーレに薄くまき双眼実体顕微鏡下で観察し側腕板化石を面相筆で拾い出した。拾い出し作業は、群馬県立太田女子高等学校理科研究部の生徒と金子が行った。

上記の処理により、島津の試料では10個の側腕板化石が、境川遊水地公園の試料では7個の側腕板化石が産出した。

各骨片を群馬県立自然史博物館の走査型電子顕微鏡（TM-1000：日立ハイテクノロジーズ社製）で撮影した。金属蒸着をせず低真空モードで、同一骨片を外側、内側、先端側方向から撮影した（図2）。

本研究で用いたサンプルは、ミュージアムパーク茨城県自然博物館（INM）に登録した。形態用語と分類体系に関しては、藤田（2020）ならびに岡西（2022）を参照した。

3. 化石の記載

広蛇尾上目 Euryophiurida O'Hara, Hugall, Thuy, Stöhr & Martynov, 2017

クモヒトデ目 Ophiurida Müller & Troshchel, 1840

クモヒトデ科 Ophiopyrgidae Perrier, 1893

クシノハクモヒトデ *Ophiuroglypha kinbergi* (Ljungman, 1866)

標本：横浜市藤沢泥層産；INM-4-19467（1個、図2 D-F）、INM-4-19468（1個、図2 G-I）、INM-4-19469（1個、図2 J-L）、INM-4-19472（4個）、阿見町島津下総層群産；INM-4-19466（1個、図2 A-C）、INM-4-19470（5個）、INM-4-19471（4個）すべて側腕板骨片。

産出地域：神奈川県横浜市泉区下飯田境川遊水地公園、上部更新統、藤沢泥層（松島・秋本1978；田口ほか2007；Irizuki et al. 2009）（INM-4-19467、INM-4-19468、INM-4-19469、INM-4-19472）；茨城県阿見町島津、中部～上部更新統、清川層または木下層

（O'Hara et al. 1998；藤井ほか 2010；中里 2008）

（INM-4-19466、INM-4-19470、INM-4-19471）。

記載：腕の基部においては高さが幅よりも長い。中部においては高さと同程度となり、末端部に向かって、高さよりも幅が長くなる（図2）。腕基部側の中央が凹む。凹みは腕の基部から中部で深く、末端部でやや浅くなる。腕末端側の中央も凹む。腕の基部から中部において、骨片の腹側に二箇所の凹みが観察できるが、腕の末端部では腹側に一箇所となる。外側表面には縦の稜線が刻まれる。外側の基部側には水平方向の稜線を持つ。腕末端側の腕針関節の周辺は顆粒が囲む。腕針関節はこれらの顆粒の内側に沈む形となる。腕針関節の数は腕の基部から中部で3つ、末端部にむかうに連れて2つに数が減る。各腕針関節は、アーチ状の関節隆起とその内側に大きく開いた筋肉開口、ならびに関節隆起の根本部分に開口する神経開口より構成される。

腕の基部と中部の骨片内側の中央部には2つの隆起が見られる。これらは腕の末端部に向かうにつれて癒合して1つになり、内側中央部で縦に長くなる。触手道は、腕の中心部から腕末端部のやや腹側部分に向けて開口する。各骨片の内側の中央部には、末端部側から基部側にかけて水平に伸びる、網目構造の粗い部位が見られる。これは骨片を腹側部位と背側部位に分ける。明らかな孔は内側には見られない。明瞭な突起が腕の末端部腹側に見られる。

4. 備考

本研究で観察した17個の側腕板は、末端部腹側に開口する触手道を持つこと、中央部に水平に走る網目構造の粗い部分によって腹側と背側部位に分けられること、腕針関節は関節隆起とその内側に大きく開口する筋肉開口、並びに関節隆起の根本に神経開口がみられることからクモヒトデ科に分類される（O'Hara et al. 2018）。

さらに、上記に示した側腕板の特徴は現生種の *Ophiuroglypha kinbergi*（クシノハクモヒトデ）に類似していることから（Okanishi et al. 2022a）、本骨片化石を同種に同定した。

藤沢泥層と下総層群両層の泥質砂から産出した化石は壊れておらず、摩耗度も少ないことから、それほど遠くから運ばれたものではないと考えられ、内湾の泥質砂底に棲息していたと推定される（田口ほか 2007；Irizuki et al. 2009；O'Hara et al. 1998）。現生クシノハクモヒトデは日本近海の沿岸域の砂泥底で時折優占することが知られており（例えば、入村 1982）、産出した化石も現生個体と同様な環境で生息していたと推定される。近年では神奈川県横須賀市の更新統横須賀

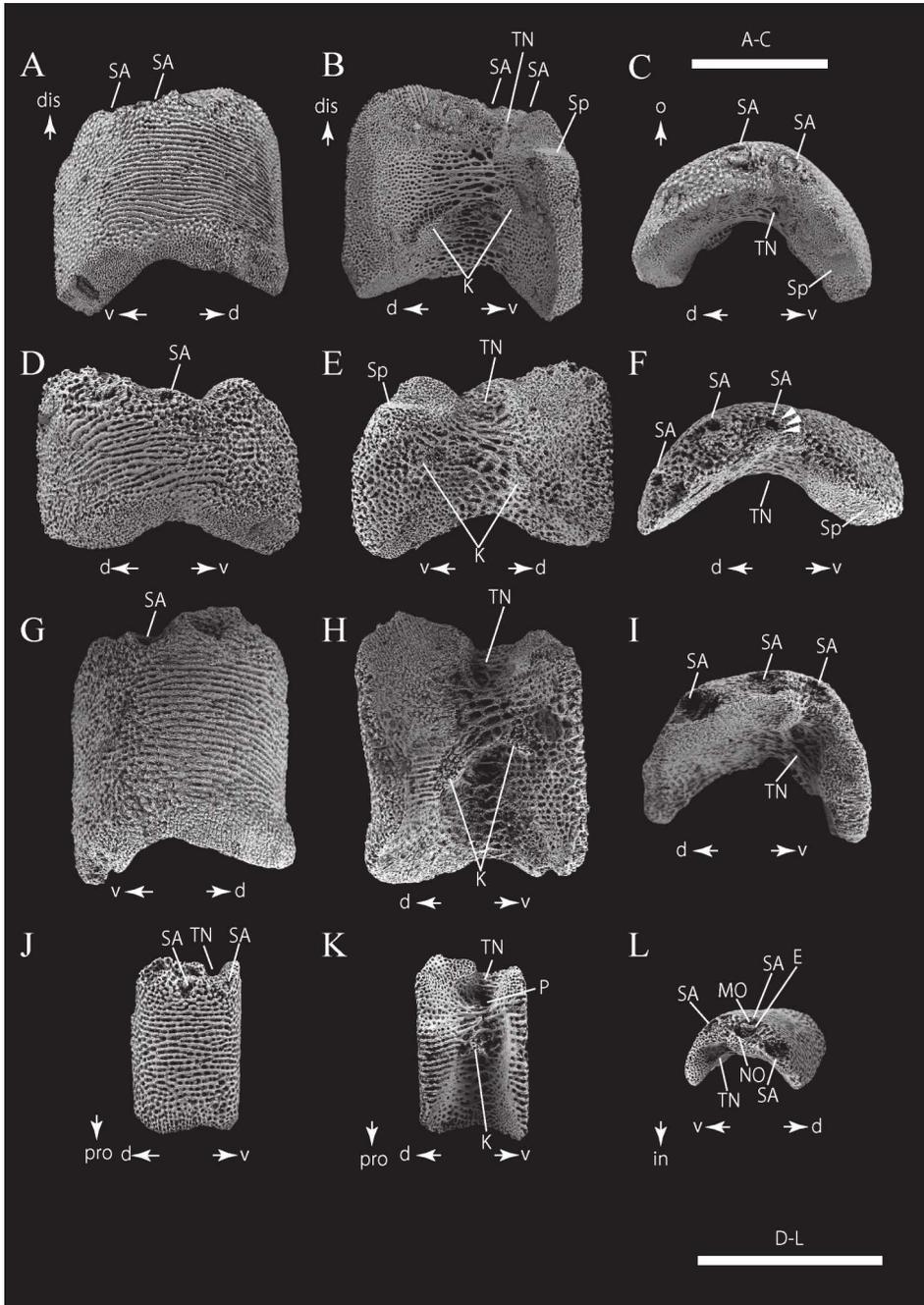


図2. 藤沢泥層 (A-C, INM-4-19466), 島津下総層群 (D-F, INM-4-19467; G-I, INM-4-19468; J-L, INM-4-19469) より産出した *Ophiuroglypha kinbergi* の側腕板骨片のSEM画像。A-F, 腕基部; G-I, 腕中部; J-L, 腕末端部; A, D, G, J, 外側; B, E, H, K, 内側; C, F, I, L, 末端部側。矢頭は顆粒を示す。矢印は以下のように方向を示す。図内の各略語は以下の通り: E, 関節隆起; d, 背側; dis, 末端部側; in, 内側; K, 隆起; MO, 筋肉開口; NO, 神経開口; o, 外側; P, 孔; pro, 基部側; SA, 腕針関節; Sp, 突起; TN, 触手道; v, 腹側。スケールバーは0.5 mm。

Fig.2. SEM images of fossil lateral arm plates of *Ophiuroglypha kinbergi* from the upper Pleistocene Fujisawa Mud (A-C, INM-4-19466) and the Pleistocene Shimosa Group (D-F, INM-4-19467; G-I, INM-4-19468; J-L, INM-4-19469). A-F, proximal lateral arm plates; G-I, median lateral arm plates; J-L, distal lateral arm plates; A, D, G, J in external view, B, E, H, K in internal view and C, F, I, L in distal view. Arrowheads indicate granules. Arrows show orientations. Abbreviations: E, elevation; d, dorsal side; dis, distal side; in, inner side; K, knob; MO, muscle opening; NO, nerve opening; o, outer side; P, perforation; pro, proximal side; SA, spine articulation; Sp, spur; TN, tentacle notch; v, ventral side. Scale bars, 0.5 mm.

層大津砂泥部層からも多くのクミノハクモヒトデの骨片化石が得られており、上記と同様な環境が推定されている (Okanishi et al. 2022a).

謝辞

本研究を行うにあたり、試料採取について日本大学生物資源科学部の小沢広和氏およびミュージアムパーク茨城県自然博物館の加藤太一氏に助力を頂いた。また、群馬県立自然史博物館には走査型電子顕微鏡の使用について便宜を図っていただいた。小幡喜一氏および東京大学大学院理学系研究科附属臨海実験所の幸塚久典氏のコメントにより本稿は大きく改善された。以上の方々に、この場を借りて深謝する。

引用文献

- 相田裕介・宮田真也・加藤太一・遠藤 好 (2016) 茨城県稲敷郡阿見町の更新統からのマグロ属椎体化化石の産出。茨城県自然史博物館研究報告 19, 37-44
- 藤井孝二・碓井和幸・清水 勝・小林春樹・遠藤信也・清水健治・水原 猛 (2010) 茨城県阿見町の化石 その巻 サメ・エイ。葛袋地学研究会研究報告 5, 1-42
- 藤田敏彦 (2020) クモヒトデ類の分類体系。海洋と生物 特集 棘皮動物学の最前線 (1) 42, 221-227
- 入村精一 (1982) 相模湾産蛇尾類。生物学御研究所編, 皇居内生物学御研究所, 東京, 53p
- Irizuki T, Taru H, Taguchi K, Matsushima Y (2009) Paleobiogeographical implications of inner bay Ostracoda during the Late Pleistocene Shimosueyoshi transgression, central Japan, with significance of its migration and disappearance in eastern Asia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 271, 316-328
- Ishida Y, Kaneko M, Yokobori A, Mita R, Ishikawa H, Thuy B, Numberger-Thuy LD, Fujita T (2023a) *Amphiura multispina* (Ophiuroidea, Amphiuridae) from the upper Pleistocene Kioroshi Formation in a drill core at Nagareyama, Chiba, central Japan. *Paleontological Research* 27, 310-323
- Ishida Y, Tagiri M, Kato T, Tsunoda S, Nakajima Y, Thuy B, Numberger-Thuy L, Fujita T (2023b) The new brittle-star species *Stegophiura takaisoensis* (Echinodermata, Ophiuroidea) from the Pliocene of Ibaraki Prefecture, central Japan. *Paleontological Research* 28, 82-96, <https://doi.org/10.2517/PR220028>
- 小荒井千人・馬場勝良 (2010) 選択的に採集された貝化石による古環境推定の評価・神奈川県境川遊水地公園内で採集した第四系貝化石を例として。地学教育 63, 149-162
- Ljungman AV (1866) Om några nya arter af Ophiurider. Öfversigt af Kongliga Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar 23 (6), 163-166
- 松島義章・秋本国夫 (1978) 藤沢市北方の下末吉期相当層産出の貝化石について。地学研究 29, 313-326
- Müller J, Troschel FH (1840) Über die Gattungen der Ophiuren. *Archiv für Naturgeschichte* 6, 326-330
- 中里裕臣 (2008) 常陸台地。日本地質学会編, 日本地方地質誌 3 関東地方, 朝倉書店, 東京, 325-331
- 成瀬 洋 (1952) 相模野台地東縁部の地質。地質学雑誌 58, 423-432
- 西田 梢・中島 礼・矢部 淳・齋藤めぐみ・久保田好美・利光誠一・関口 晃・石飛昌光・田上公恵 (2015) 2014年度自然観察会「地層と化石の観察会—霞ヶ浦周辺の化石産地を訪ねて—」。GSJ 地質ニュース 4, 75-80
- O'Hara S, Sugaya M, Endo K (1998) Molluscan Fossils from the Kioroshi Formation of the Kasumiga-ura District in Central Kanto Plain. *Bulletin of Ibaraki Nature Museum* 1, 19-23
- O'Hara TD, Hugall AF, Thuy B, Stöhr S, Martynov AV (2017) Restructuring higher taxonomy using broad-scale phylogenomics: The living Ophiuroidea. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 107, 415-430
- O'Hara TD, Stöhr S, Hugall AF, Thuy B, Martynov A (2018) Morphological diagnoses of higher taxa in Ophiuroidea (Echinodermata) in support of a new classification. *European Journal of Taxonomy* 416, 1-35
- 岡 重文・高津光夫・宇野沢 昭・桂島 茂・垣見俊弘 (1979) 藤沢地域の地質・地域地質研究報告・5 万分の1地質図幅・東京 (8) 第73号。地質調査所, 筑波, 111p
- 岡西政典 (2022) クモヒトデ類の体系学。京都大学フィールド科学教育研究センター瀬戸臨海実験所創立100周年記念出版編集委員会編, 海産無脊椎動物多様性学—100年の歴史とフロンティア—。京都大学学術出版会, 京都, 190-203
- Okanishi M, Ishida Y, Mitsui S (2019) Fossil gorgonocephalid basket stars (Echinodermata: Ophiuroidea: Euryalida) from the Middle Pleistocene of Japan; the first record from the Indo Pacific region. *Paleontological Research* 23, 179-185
- Okanishi M, Mitsui S, Kaneko M, Kohtsuka H (2022a) Overlooked biodiversity of brittle stars from the Upper Pleistocene of Japan: descriptions of fossil ossicle assemblage in Ido-West Pacific. *Historical Biology* 34, 2110-2124

- Okanishi M, Mitsui S, Thuy B (2022b) Fossil lateral arm plates of *Stegophiura sladeni* (Echinodermata: Ophiuroidea: Ophiurida) from the Middle Pleistocene of Japan. *Paleontological Research* 26, 131-136
- 小沢広和・金子 稔・野村正弘・今橋春日・齋藤仁見・原島 舞・佐藤有花・菅原久誠 (2023) 神奈川県藤沢市の日本大学生物資源科学部構内ボーリングコア産更新世後期貝形虫・有孔虫化石とフランボイダルパイライト. *日本大学生物資源科学部生物資源科学* 32, 7-23
- 小沢広和・中井静子・中尾有利子 (2014) 神奈川県「藤沢泥層」と貝化石について. *日本大学生物資源科学部博物館報* 23, 99-108
- 小沢広和・中井静子・中尾有利子・小島仁志 (2016) 教育ノート：第四紀の貝化石を用いた古環境解析の実習－神奈川県立境川遊水地公園産の後期更新世化石群による例－. *日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要* 51, 285-297
- Perrier E. (1893) *Traité de Zoologie*. Masson, G., Éditeur, Paris, 1352p
- 坂田健太郎・納谷友規・本郷美佐緒・中里裕臣・中澤努 (2018) 茨城県筑波台地に分布する中－上部更新統下総層群の層序の再検討. *地質学雑誌* 124, 331-346
- 田口公則・松島義章・大島光春・樽 創・生命の星・地球博物館古生物ボランティアグループ (2007) 横浜市南西部の上部更新統から見出された熱帯種タイワンシラトリ化石. *神奈川県立博物館研究報告 (自然科学)* 36, 33-38
- 樽 創 (2004) 下末吉海進ってなんのこと?. 神奈川県立生命の星・地球博物館 (編) 企画展ワークテキスト「+ 2℃の世界・縄文時代に見る地球温暖化」. 神奈川県立生命の星・地球博物館, 小田原, 11-12
- Thuy B (2013) Temporary expansion to shelf depths rather than an onshore-offshore trend: the shallow-water rise and demise of the modern deep-sea brittle star family Ophiacanthidae (Echinodermata: Ophiuroidea). *European Journal of Taxonomy* 48, 1-242
- 宇野沢昭・磯部一洋・遠藤秀典・田口雄作・永井茂・石井武政・相原輝雄・岡 重文 (1988) 2万5千分の1筑波研究学園都市及び周辺地域の環境地質図説明書. 特殊地質図 (23-2), 地質調査所, 茨城, 139p