

GSJ

地球をよく知り、地球と共生する

地質ニュース

2024

5

Vol.13 No.5



5月号

口絵 89 **国会議事堂に使用された岡山県新見市産大理石石材「黒柿」：
マイクロコディウム組織を持つ石灰岩**

中澤 努・上野勝美・西本昌司・乾 睦子

91 **リュウグウの岩石試料が始原的な隕石より黒いわけ
—隕石は大気と反応し「上書き保存」されて明るく変化した—**

天野香菜・中村智樹・松岡 萌・橘 省吾

95 **海洋保護区安永海山の岩場で新種のウミエラ類を発見
—北西太平洋から初報告—**

櫛田優花・喜瀬浩輝・井口 亮・藤原義弘・土田真二

101 **湘南海岸の景勝地“江の島”で学ぶ相模トラフ変動帯の
地形・地質と自然災害 —“江の島”ジオ散歩のススメ—**

七山 太・重野聖之・石井正之

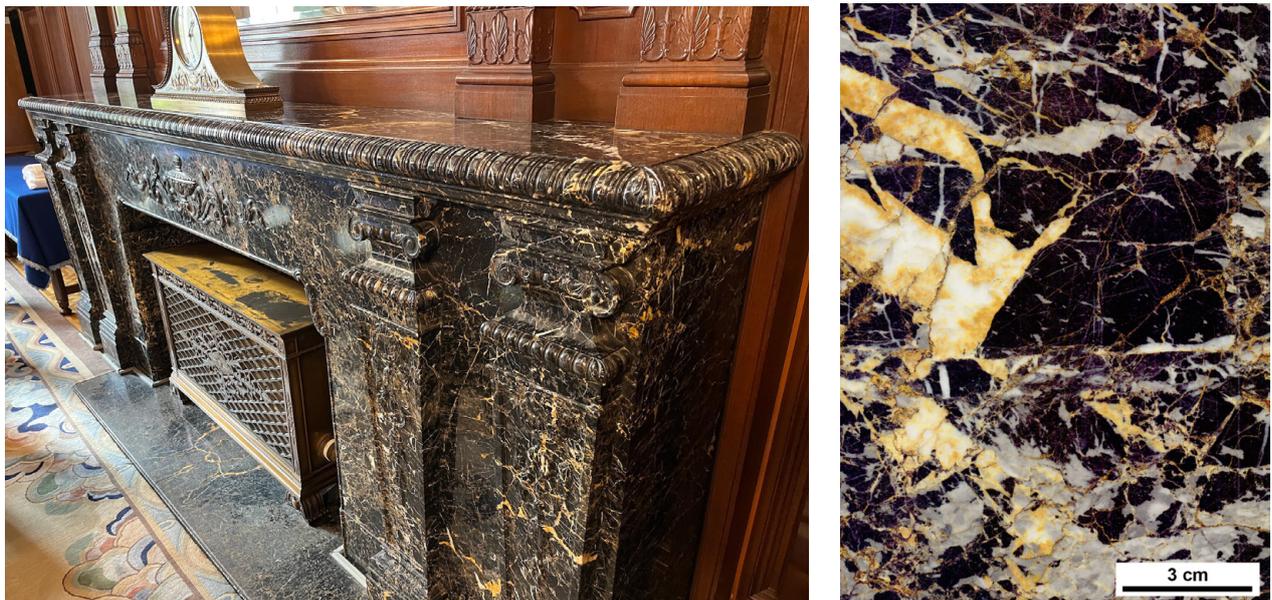
118 **新刊紹介 「御料局測量課長 神足勝記日記 —林野地籍の礎を築く—**

国会議事堂に使用された岡山県新見市産大理石石材「黒柿」：マイクロコディウム組織を持つ石灰岩

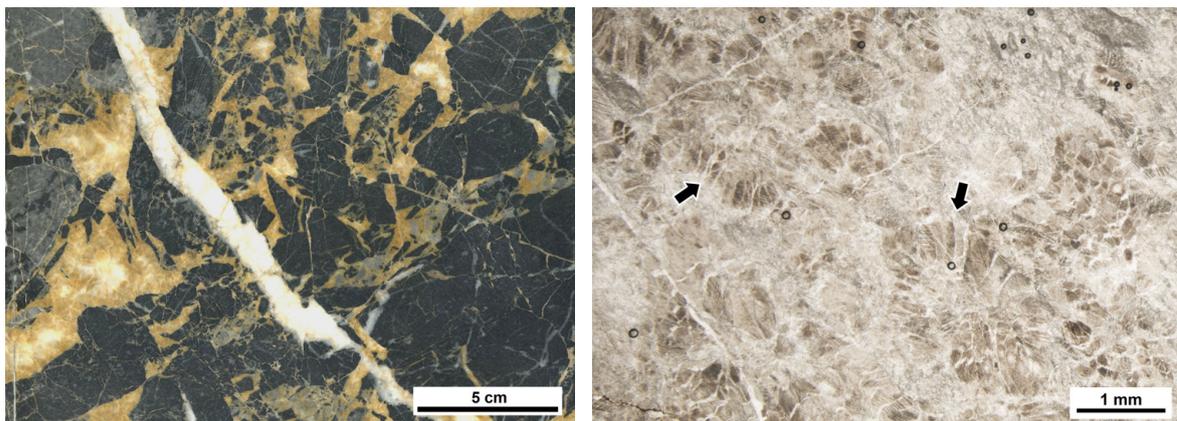
中澤 努¹⁾・上野 勝美²⁾・西本 昌司³⁾・乾 睦子⁴⁾

岡山県阿哲郡哲多町花木(現 新見市哲多町花木)の阿哲石灰岩産の「黒柿」と称される大理石石材は、昭和11年竣工の国会議事堂の閣議室暖炉に用いられたことで高い関心が持たれているが(乾・北原, 2009), その産地及び岩相の詳細は不明であった。筆者らが、石材業者が保管していた「黒柿」のサンプルの検討及び採掘跡地と思われる場所の調査を行った結果、「黒柿」はマイクロコディウム組織を持つ石灰岩であることが明らかになったので報告する。

マイクロコディウムは土壌形成に伴い生成される炭酸塩組織であり(Košir, 2004; Kabanov *et al.*, 2008), 山口県美祢市の秋吉石灰岩からも石材として採掘されたことがある(中澤ほか, 2016, 2022)。



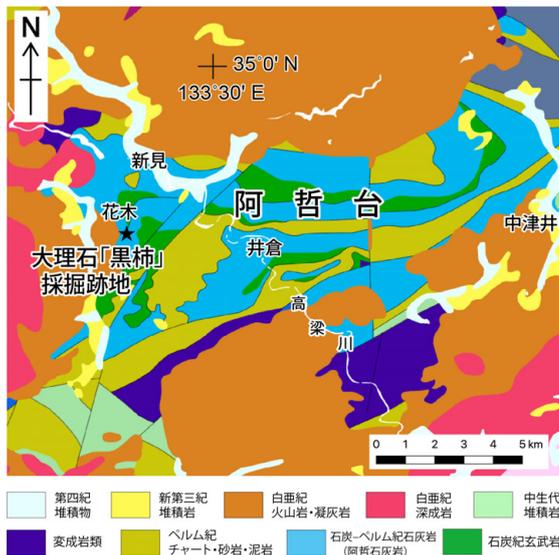
第1図 国会議事堂閣議室の暖炉に使用される大理石石材「黒柿」。暖炉の全景(左)と近接画像(右)。全体に黒色を呈するが、斑状に原岩の灰白色石灰岩が残存することを特徴とする。白色～黄褐色の方解石脈が顕著に発達する。撮影協力：参議院・衆議院



第2図 国会議事堂の石材を調達・施工した石材業者が保管していた「黒柿」の研磨標本(左)と薄片写真(右)。石材業者保管の「黒柿」サンプルの岩相は国会議事堂の「黒柿」の岩相と相違ない。薄片では研磨標本の黒色部に相当する部分に、トモロコシの子実のような形状の褐色の方解石結晶(矢印)からなるマイクロコディウム組織がみられた。試料提供：矢橋大理石株式会社

1) 産総研 地質調査総合センター地質情報基盤センター
2) 福岡大学理学部 〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈
3) 愛知大学法学部 〒453-8777 愛知県名古屋市中村区平池町
4) 国土館大学工学部 〒154-8515 東京都世田谷区世田谷

NAKAZAWA Tsutomu, UENO Katsumi, NISHIMOTO Shoji and INUI Mutsuko (2024) Stone material (limestone) "Kurogaki" from Niimi City, Okayama Prefecture used for the National Diet Building of Japan: Microcodium limestone.

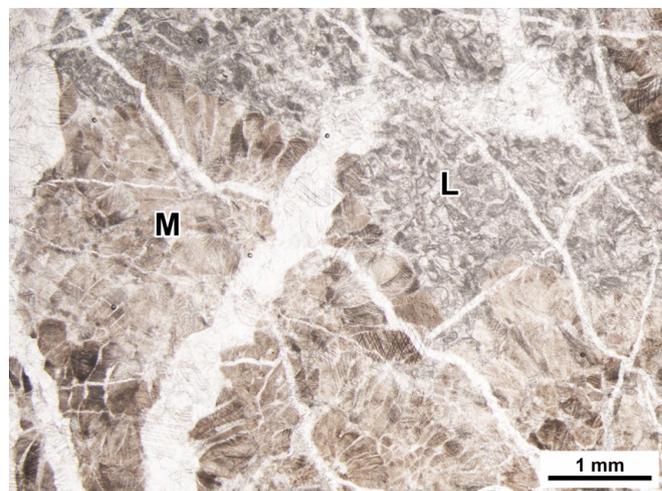


第3図 阿哲台および周辺地域の地質図。20万分の1日本シームレス地質図V2（産総研地質調査総合センター，2022）を簡略化して作成。「黒柿」が採掘された阿哲石灰岩は，山口県の秋吉石灰岩と同様の，秋吉帯の海洋島起源の石灰岩体である。



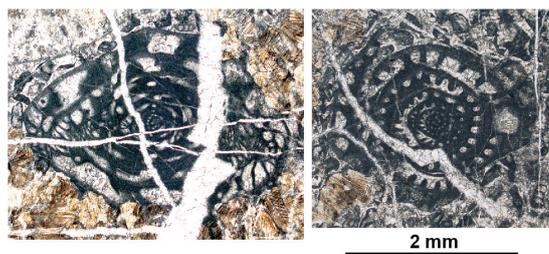
第4図 「黒柿」産地と思われる地点付近の写真。

「黒柿」は戦前に哲多町花木で採掘されたことが石材業者の記録に残されている。地元の方への聞き取りにより，戦前に石材の採掘が行われていたという場所をご教示いただき（現在は道路拡幅により詳細は不明），周辺の露頭を観察したところマイクロコディウム組織を持つ石灰岩が見い出された（矢印）。阿哲石灰岩からのマイクロコディウム組織の報告は今回が初めてである。
情報提供：矢橋大理石株式会社，藤田ちよ子氏（新見市在住）



↑第5図 新見市哲多町花木で採取したマイクロコディウム組織を持つ石灰岩の研磨標本（左上）と薄片写真（右上）。

「黒柿」サンプルと同様に，薄片では研磨標本の黒色部に相当する部分にマイクロコディウム組織（M）がみられた。（L）は残存する原岩の灰白色石灰岩の部分に相当。



←第6図 原岩の灰白色石灰岩に含まれるフズリナ化石。

Montiparus 属が見い出されたことにより，秋吉石灰岩でのマイクロコディウム産出層準と同じ後期石炭紀カシモビアン期の石灰岩であることが明らかになった。

文献

乾 睦子・北原 翔（2009）日本の建築用大理石石材と産地の現状。地質学雑誌，115（1），I-II。
 Kabanov, P., Anadón, P. and Krumbein, W. E. (2008) *Microcodium*: An extensive review and a proposed non-rhizogenic biologically induced origin for its formation. *Sedimentary Geology*, 205, 79–99.
 Košir, A. (2004) *Microcodium* revisited: Root calcification products of terrestrial plants on carbonate-rich substrates. *Journal of Sedimentary Research*, 74, 845–857.
 中澤 努・井川敏恵・上野勝美・藤川将之（2016）国内産古生代大理石石材の岩相とその成因。石灰石，no. 399，20–43。
 中澤 努・藤川将之・上野勝美（2022）山口県美祢市秋吉産大理石石材「山口更紗」にみられるマイクロコディウム組織。GSJ地質ニュース，11，363–364。
 産総研地質調査総合センター（2022）20万分の1日本シームレス地質図V2。https://gbank.gsj.jp/seamless/（閲覧日：2024年1月17日）

（受付：2024年3月4日）

リュウグウの岩石試料が始原的な隕石より黒いわけ —隕石は大気と反応し「上書き保存」されて明るく変化した—

天野 香菜^{1) 2)}・中村 智樹¹⁾・松岡 萌³⁾・橘 省吾⁴⁾

※本稿は、2023年12月7日に行ったプレス発表 (https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2023/pr20231207/pr20231207.html) を修整し転載したものです。

ポイント

- 小惑星探査機「はやぶさ2」^(注1)が小惑星リュウグウ^(注2)から回収した試料は地球大気と反応することが知られており、本成果では、試料の持つ宇宙の情報が地球の情報で「上書き」されないよう、試料を大気にさらさず反射スペクトル^(注3)を測定することに成功しました。
- リュウグウの岩石試料（以下、リュウグウ試料）は、リュウグウと同種の小惑星から地球に飛来した始原的^(注4)な隕石よりも圧倒的に黒いことがわかっていました。この原因を探るため、本成果では隕石を加熱・還元する実験を行い、隕石が地球大気に含まれる水や酸素と反応したことで宇宙にあった状態から反射スペクトルが大きく変化し明るくなったことを示しました。
- 今後、隕石の地球上での変質による反射スペクトルの変化を考慮することで、観測による小惑星構成物質の特定の精度を上げることができます。

概要

小惑星回収試料や隕石の反射スペクトルは、観測で得られる小惑星の反射スペクトルから小惑星の構成物質を特定するための手がかりとなります。

東北大学大学院理学研究科地学専攻の天野香菜大学院生（現、客員研究者）、中村智樹教授、国立研究開発法人産業技術総合研究所の松岡 萌研究員、東京大学大学院理学系研究科附属宇宙惑星科学機構・地球惑星科学専攻の橘省吾教授らの研究グループは、小惑星探査機はやぶさ2が小惑星リュウグウから回収した試料を地球大気と反応させないように工夫して反射スペクトルを測定しました。リュウグウ試料、リュウグウと同種の小惑星から飛来した隕石、および隕石を実験的に加熱した試料を比較し、隕石が地球大気の水や酸素と反応したことでその反射スペクトルが宇

宙にあった状態よりも明るく変化したことを示しました。本成果を踏まえ、隕石の地上での変質によって反射スペクトルがどのように変化するかを考慮することで、観測によって小惑星の構成物質を特定する精度の向上が期待されます。

本成果は2023年12月7日に米国科学振興協会(AAAS)が発行する学術誌 Science Advances に掲載されました。

研究の背景

太陽系の天体がどのように形成したかを解明するために鍵となるのが、惑星よりも小さな「小惑星」という天体です。小惑星を構成する鉱物や有機物は、太陽系の歴史のうちの最初期の情報を含んでいます。

太陽系に百万天体以上見ついている小惑星のそれぞれがどのような物質から構成されるかを明らかにすべく、望遠鏡や人工衛星を用いた小惑星の反射スペクトル観測が行われています。小惑星の反射スペクトルと、小惑星から飛来したとされる「隕石」を実験室で分析して得られた反射スペクトルを比較することで、小惑星の構成物質の特定が試みられています。

地上で入手できる隕石に対し、2020年に探査機はやぶさ2が小惑星リュウグウから地球に持ち帰ったリュウグウ試料は地球環境での変質を経験していない状態であり、隕石の分析だけではわからなかった宇宙空間での小惑星の姿が解明されつつあります。

リュウグウ試料の主成分は含水鉱物^(注5)であり、隕石の構成鉱物にもとづく分類に照らし合わせるとCIタイプの隕石（以下、CIタイプ隕石^(注6)）とよく似ているとされています（第1図）。ところが、両者の反射スペクトルを比較すると、リュウグウ試料はCIタイプ隕石よりずっと黒く、ヒトの目に見える波長域（可視波長域）の反射率にして2倍の差があります（第2図）。

1) 東北大学大学院 理学研究科 地学専攻 〒980-8578 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-3

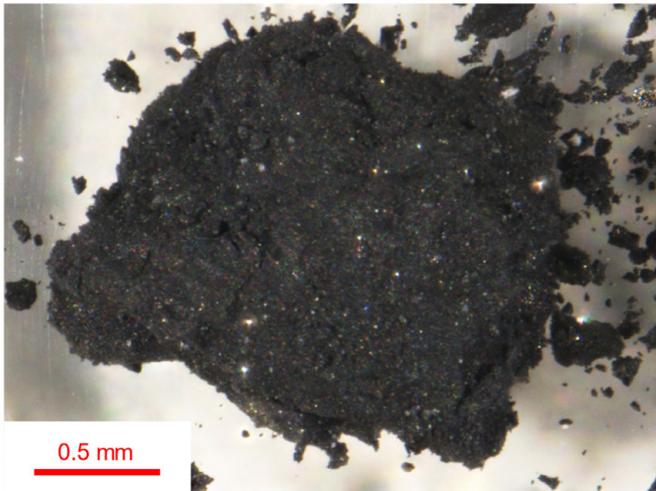
2) フランス国立自然史博物館 57 rue Cuvier 75005 Paris France

3) 産総研 地質調査総合センター地質情報研究部門

4) 東京大学大学院 理学系研究科附属宇宙惑星科学機構 〒113-0033 東京都文京区本郷7丁目3-1

キーワード：物質科学, 分光学, 惑星科学, 小惑星, 隕石, はやぶさ2

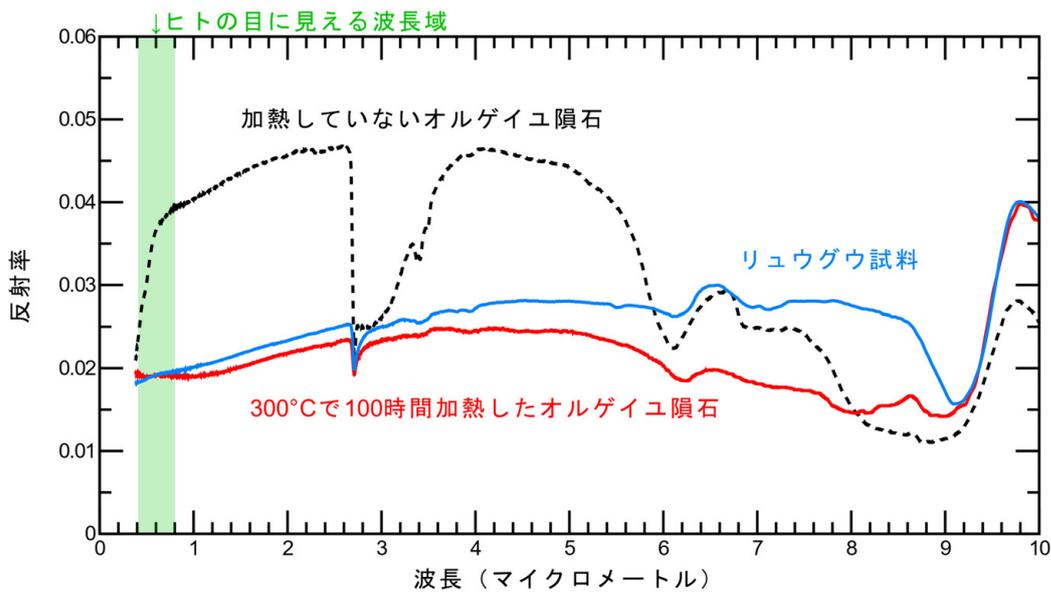
リュウグウ試料



オルゲイユ隕石 (CIタイプ)



第1図 リュウグウ試料とオルゲイユ隕石 (CI タイプ) の写真。リュウグウ試料はオルゲイユ隕石に比べて暗い物質が大部分を占めている (左・JAXA, 右・著者撮影)。



第2図 リュウグウ試料 (グラフ中の青線), 加熱していないCIタイプ隕石 (黒の点線), 300°Cで加熱したCIタイプ隕石 (赤線) の反射スペクトル。リュウグウ試料と300°Cで加熱したCIタイプ隕石の反射スペクトルの特徴は全体的な反射率の低さ, 波長3ミクロン付近の特徴, 波長10ミクロン付近の特徴においてよく一致している。論文中の図5Aを改変。

一方で, CIタイプ隕石を実験的に500°Cで加熱してみるとリュウグウと同程度の暗い反射スペクトルを示すということが報告されています。しかし, 加熱後のCIタイプ隕石では含水鉱物が部分的に分解しており, 含水鉱物が分解していないリュウグウ試料とは異なる構成物質を持つといえます。

ここで生じた疑問は「リュウグウの構成鉱物はCIタイプ隕石に似ているにもかかわらず, なぜリュウグウの反射ス

ペクトルはCIタイプ隕石よりも圧倒的に黒いのか」という点です。その理由を突き止めるべく, 本研究ではリュウグウ試料とCIタイプの代表である1864年にフランスに落下したオルゲイユ隕石, さらにオルゲイユ隕石をさまざまな条件で実験的に加熱した試料の反射スペクトルを測定し, それら試料の構成鉱物を考慮に入れて互いに比較しました。

今回の取り組み

まず本研究チームは試料を地球大気に触れさせずに反射スペクトルを測定する方法を確立し、宇宙空間での姿に限りなく近い状態でのリュウグウ試料の反射スペクトル測定に成功しました。また、本研究チームはリュウグウ試料と比較するために、CI タイプ隕石を真空下かつ還元的な雰囲気においてさまざまな温度・時間条件で実験的に加熱しました。加熱後の試料もリュウグウ試料同様に地球大気にさらすことなく反射スペクトル測定を行いました。得られた反射スペクトルを比較した結果、300℃で加熱した試料が最もよくリュウグウの反射スペクトルの特徴を再現することがわかりました(第2図)。

加熱後の隕石試料の構成物質を調べると、300℃の実験的な加熱では含水鉱物が分解されないものの、含水鉱物に含まれる鉄の還元が起こっていることがわかりました。また、加熱によって非加熱のオルゲイユ隕石に含まれていた分子水が除去され、硫酸塩が脱水することがわかりました。このような300℃で加熱されたオルゲイユ隕石の構成鉱物の特徴は、リュウグウの構成鉱物の特徴とよりよく一致しています。先行研究の結果を踏まえると、リュウグウが過去に宇宙で300℃程度の加熱を受けたということではなく、オルゲイユ隕石などのCI タイプ隕石が地球環境に長らくさらされたことで含水鉱物中の鉄の酸化や地球の水の吸着、硫酸塩の生成などが起こり、今回の実験的な加熱によってそれらの地球での変質の影響が多少取り除かれたという説明がもっともらしいと考えられます。つまり、オルゲイユ隕石の反射スペクトルは1864年に地球に落下してから150年以上に及ぶ大気中の酸素や水分子との反応の末、地球環境の情報で「上書き保存」された状態であるといえます。隕石の分類に用いられる電子顕微鏡観察などの他の分析手法に比べて、反射スペクトル分析は始原的な隕石の地球での変質に特に敏感であるということが本研究から確認されました。

今後の展開

これまでCIタイプ隕石の母天体となる小惑星は、分光観測した場合にCIタイプ隕石のような比較的明るい反射スペクトルを示すと考えられていました。しかし、本研究によってその根拠となっていたCIタイプ隕石の反射スペクトルは地球大気との反応によって明るく変化した後のものであることが示され、CIタイプ隕石の母天体はむしろリュウグウのようにより暗い(黒い)反射スペクトルを示すこと

が示唆されました。

今回の研究結果は、地球上での隕石の変質によって隕石の反射スペクトルがいかに変化するかを実証するものであり、太陽系に数多く存在する小惑星のそれぞれがどのような物質から構成されるかを観測によって(すなわち実際に物質を実験室で分析することなく)精度よく特定するための手がかりを提供するものであるといえます。

謝辞: 本研究は日本学術振興会科研費補助金(課題番号JP21J13337, JP20H00188), および東北大学環境・地球科学国際共同大学院プログラム(GP-EES)の支援を受けて行われました。

論文情報

タイトル: Reassigning CI chondrite parent bodies based on reflectance spectroscopy of samples from carbonaceous asteroid Ryugu and meteorites

著者: Kana Amano^{*1}, Moe Matsuoka², Tomoki Nakamura¹, Eiichi Kagawa¹, Yuri Fujioka¹, Sandra M. Potin³, Takahiro Hiroi⁴, Eri Tatsumi⁵, Ralph E. Milliken⁴, Eric Quirico⁶, Pierre Beck⁶, Rosario Brunetto⁷, Masayuki Uesugi⁸, Yoshio Takahashi⁹, Takahiro Kawai⁹, Shohei Yamashita¹⁰, Yuma Enokido¹, Taiga Wada¹, Yoshihiro Furukawa¹, Michael E. Zolensky¹¹, Driss Takir¹², Deborah L. Domingue¹³, Camilo Jaramillo-Correa¹⁴, Faith Vilas¹³, Amanda R. Hendrix¹³, Mizuha Kikuri¹, Tomoyo Morita¹, Hisayoshi Yurimoto¹⁵, Takaaki Noguchi¹⁶, Ryuji Okazaki¹⁷, Hikaru Yabuta¹⁸, Hiroshi Naraoka¹⁷, Kanako Sakamoto⁵, Shogo Tachibana⁹, Toru Yada⁵, Masahiro Nishimura⁵, Aiko Nakato⁵, Akiko Miyazaki⁵, Kasumi Yogata⁵, Masanao Abe⁵, Tatsuaki Okada⁵, Tomohiro Usui⁵, Makoto Yoshikawa⁵, Takanao Saiki⁵, Satoshi Tanaka⁵, Fuyuto Terui¹⁹, Satoru Nakazawa⁵, Sei-ichiro Watanabe²⁰ and Yuichi Tsuda⁵.

*** 責任著者:** 東北大学大学院理学研究科 客員研究者 天野 香菜

- 1 東北大学
- 2 産業技術総合研究所
- 3 Delft University of Technology
- 4 Brown University
- 5 宇宙科学研究所
- 6 Université Grenoble Alpes

- 7 Université Paris-Saclay
- 8 高輝度光科学研究センター
- 9 東京大学
- 10 総合研究大学院大学・高エネルギー加速器研究機構
- 11 NASA/JSC
- 12 Jacobs, NASA/JSC
- 13 Planetary Science Institute
- 14 The Pennsylvania State University
- 15 北海道大学
- 16 京都大学
- 17 九州大学
- 18 広島大学
- 19 神奈川工科大学
- 20 名古屋大学

掲載誌：Science Advances

DOI：10.1126/sciadv.adi3789

URL: <http://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.adi3789>

用語説明

注 1. 小惑星探査機「はやぶさ 2」

宇宙航空研究開発機構 (JAXA) により運用されている小惑星探査機。地球の水や生命の起源の探求を目的とし、小惑星リュウグウの近傍観測と試料回収を行った。

注 2. 小惑星リュウグウ

太陽から遠い低温領域で形成された天体に由来を持ち、含水鉱物や有機物を含む小惑星。直径 900 メートルで大気を持たない。

注 3. 反射スペクトル

物質の表面に入射した光が反射される割合を波長ごとに分けて測ったデータのこと。小惑星の観測では太陽光がその光源となる。

注 4. 始原的

太陽系の形成初期から化学組成が大きく変化していない状態。母天体で強い加熱や溶融を経験していないことを指す。

注 5. 含水鉱物

構造中に水酸基 (OH 基) を含む鉱物。加熱によって脱水し、無水鉱物になる。

注 6. CI タイプ隕石

他のタイプの隕石よりも揮発性成分に富み、化学的に最も始原的な隕石とも呼ばれる。代表的なものとして 1864 年にフランスに落下したオルゲイユ隕石が挙げられる。

AMANO Kana, NAKAMURA Tomoki, MATSUOKA Moe, and TACHIBANA Shogo (2024) Ryugu samples illuminate terrestrial weathering effects on primitive meteorites?

(受付：2024 年 1 月 26 日)

海洋保護区安永海山の岩場で新種のウミエラ類を発見 —北西太平洋から初報告—

櫛田 優花¹⁾²⁾・喜瀬 浩輝²⁾³⁾・井口 亮²⁾・藤原 義弘⁴⁾・土田 真二⁴⁾

※本稿は、2023年12月に行ったプレス発表(https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2023/pr20231221/pr20231221.html)を加筆・修正したものです。

1. はじめに

ウミエラ類は、主に砂泥底に生息する群体性海洋無脊椎動物の仲間^{しほう}で、刺胞動物門に属します。ほとんどのウミエラ類は、群体下部の「柄部」と呼ばれる部分を砂泥底に突き刺し、アンカーのように使用することで、足場が不安定な環境である砂泥底でもその場に留まり暮らすことを可能にしています。

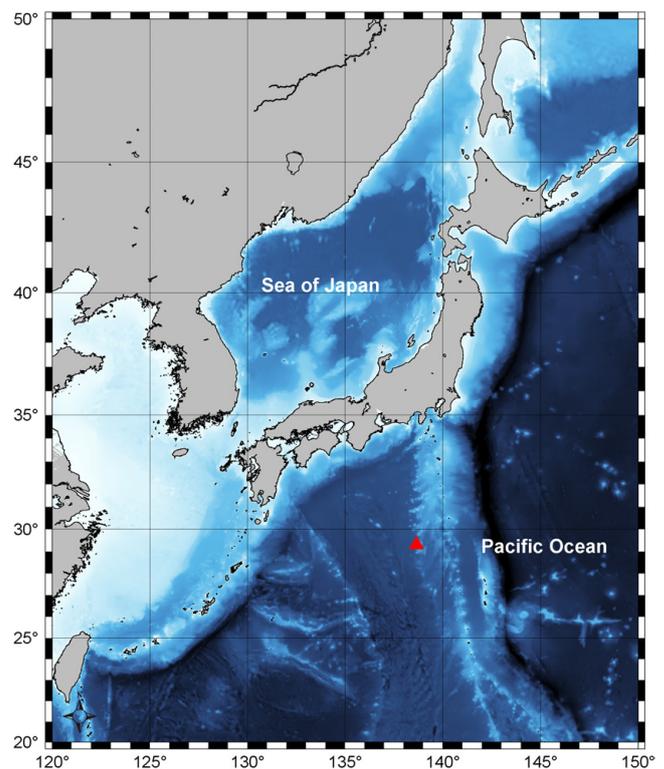
Williams and Alderslade (2011)によって、4種 (*Anthoptilum lithophilum* Williams and Alderslade, 2011, *A. gowlettolmesae* Williams and Alderslade, 2011, *A. decipens* Thomson and Henderson, 1906, and *Calibelemnon francei* Williams and Alderslade, 2011)が岩場生息性のウミエラ類であることが記されました。岩場生息性のウミエラ類は、吸盤状の柄部を用いることで岩場に生息することが可能です。このような岩場生息性ウミエラ類は、カリフォルニア沖、タスマン海、バハマ、スリランカ沖の深海域からそれぞれ発見されてきましたが、ほとんどが一度のみの記録で、現在も岩場生息性ウミエラ類の報告・形態・遺伝子情報は極めて限られています。

近年、海洋生物多様性の重要性が認識され、海洋保護区 (Marine Protected Area: MPA) の指定など、脆弱な生態系への影響を回避するための保全対策が模索されています。西七島海嶺^{にしちとう}は伊豆半島の南岸沖に位置し、重要な底生生物の生息地である海山を含んでいます。2020年には、西七島海嶺が新たに日本のMPAに指定されましたが、この海域の海洋生物の種多様性は十分に理解されていません。今回、2021年に実施された沖合海底自然環境保全地域における生態系モニタリングに関する総合調査で、この海域からユニークな吸盤状柄部をもつ岩場生息性のウミエラ類を発見しました。本研究では、形態観察・ミトコンドリアゲノム情報の蓄積を伴う遺伝子解析・祖先形質の復元によって、ノームツルウミサボテン *Anthoptilum gnome* の記載

と吸盤状柄部の獲得に関する進化的研究を行いました。

2. 成果の概要

今回、私たちは安永海山(第1図)における、岩場環境の深海底から吸盤状柄部をもつウミエラ類を発見しました(第2図)。本種の観察の結果、管状ポリプの配置、柄部における微小な骨片の存在、群体長と軸部幅の比率から、全ての既知種と一致しないことが明らかとなり、ノームツルウミサボテン *Anthoptilum gnome* として記載されました。学名の「gnome」、和名の「ノーム」は、海山の岩場にたたく



第1図 おおよその採集地点。赤い三角が西七島海嶺の安永海山を示す。

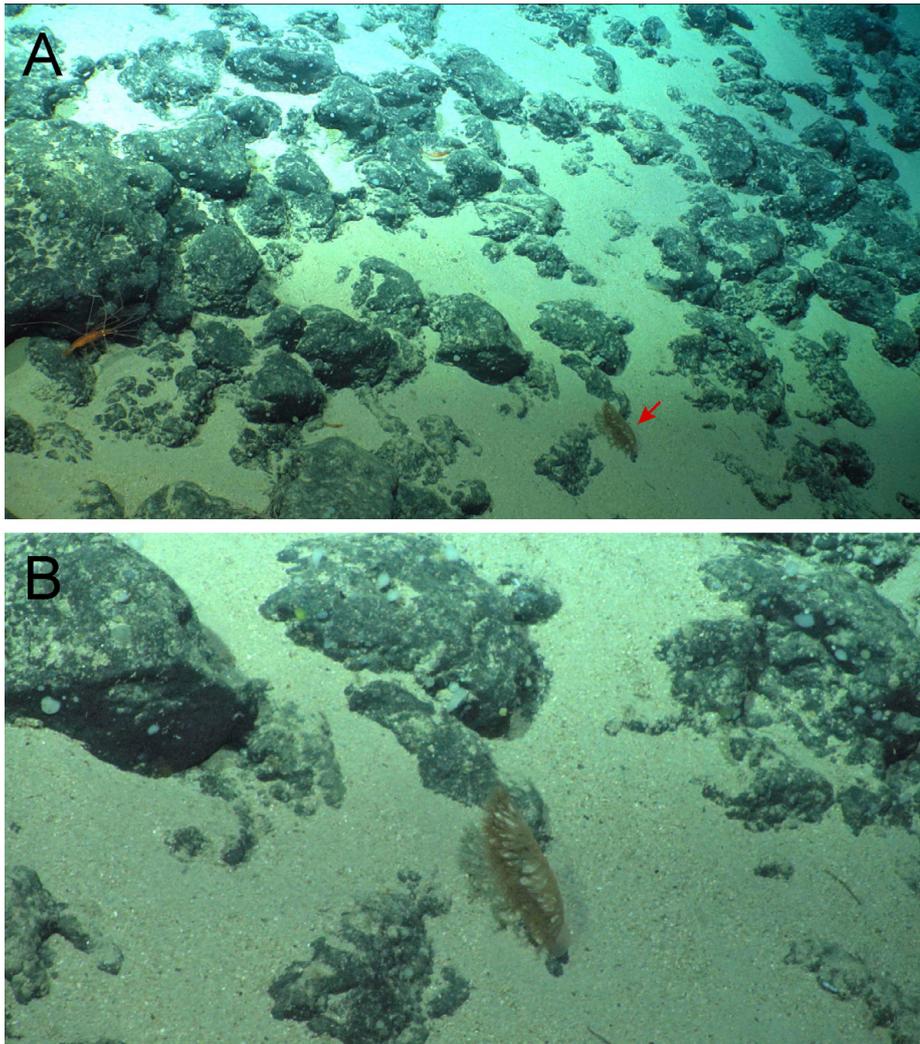
1) 立正大学 地球環境科学部 〒360-0194 埼玉県熊谷市万吉1700

2) 産総研 地質調査総合センター地質情報研究部門

3) 産総研 エネルギー・環境領域環境創生研究部門

4) 海洋研究開発機構 〒237-0061 神奈川県横須賀市夏島町2-15

キーワード：岩場、ウミエラ類、海山、海洋保護区、ノームツルウミサボテン、八放サンゴ類、柄部、ミトコンドリアゲノム



第2図 ノームツルウミサボテンの生態写真。A. 周辺環境。赤矢印はノームツルウミサボテンを示す。B. 拡大写真。岩に固着している様子が確認できる。

むその姿から、大地を司る精霊・ノームを由来として名付けました(第2図-第4図)。

また、ノームツルウミサボテンのミトコンドリアのゲノム情報を18,922塩基対取得し(第5図)、ミトコンドリアゲノムおよびミトコンドリアのタンパク質コード遺伝子のMutS領域を用いた分子系統樹を作成することによって、吸盤状柄部をもつノームツルウミサボテンの系統学的位置を明らかにしました。結果として、ノームツルウミサボテンは *Umbellula-Anthoptilum* クレード(クレード1)に位置しており、砂泥底に生息する他のツルウミサボテン属の種と近縁であることが明らかになりました。

また、本種は系統的制約の中で、環境に合わせて吸盤状柄部を獲得してきたことが示唆されました。現在までに、吸盤状柄部をもつウミエラ類は、ツルウミサボテン属の他、フタゴウミサボテンモドキ属でも知られていますが、系統学的位置から、これらの吸盤状柄部の獲得はそれぞれ

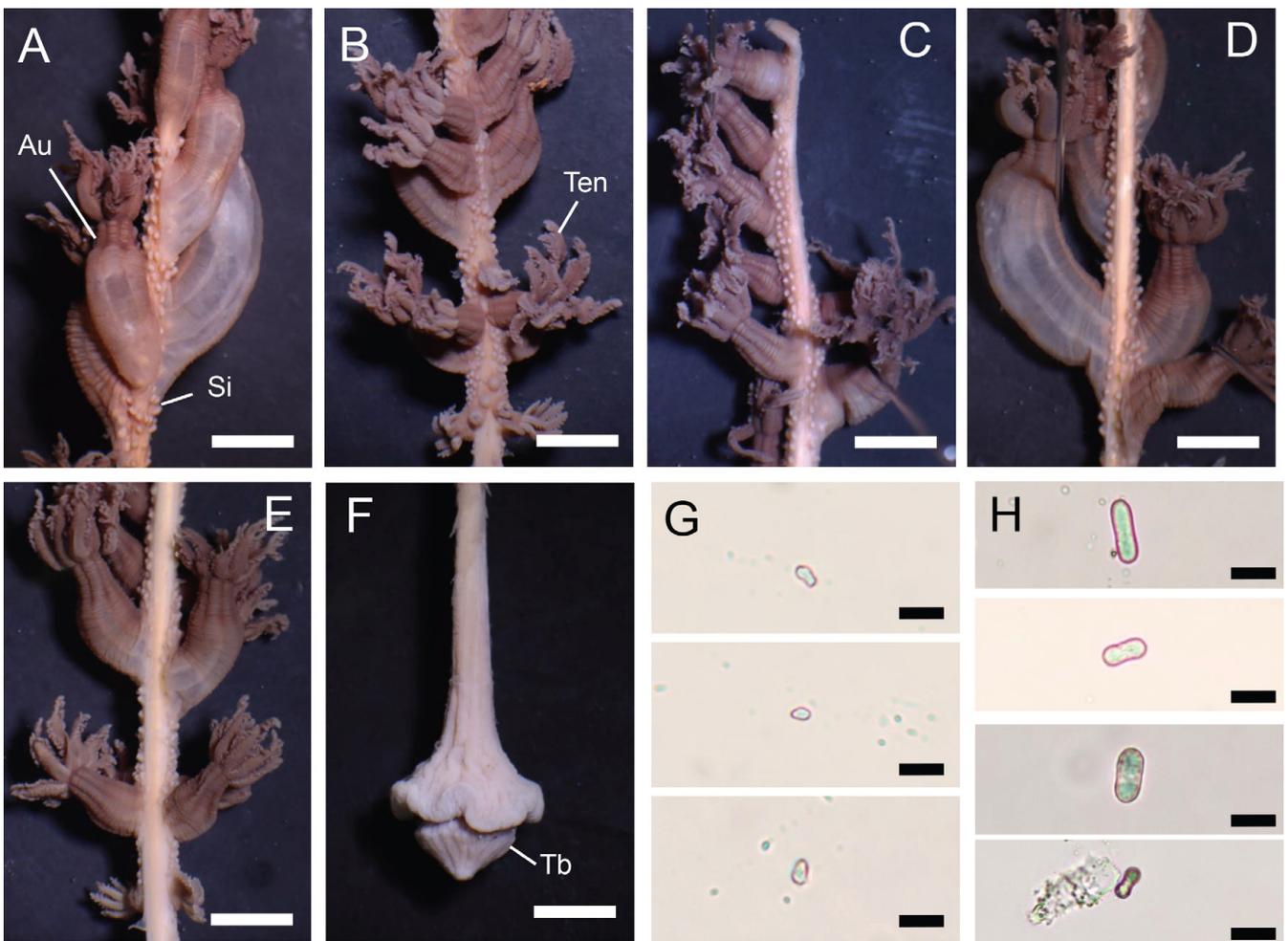
独立して起きたと考えられます。この結果は、祖先形質の復元解析でも支持されました(第6図)。

本研究と先行研究の知見を合わせると、ノームツルウミサボテンを含むクレード1は、ウミエラ上科において最も多様化が進んでいることが以下の3つの理由から示唆されました。

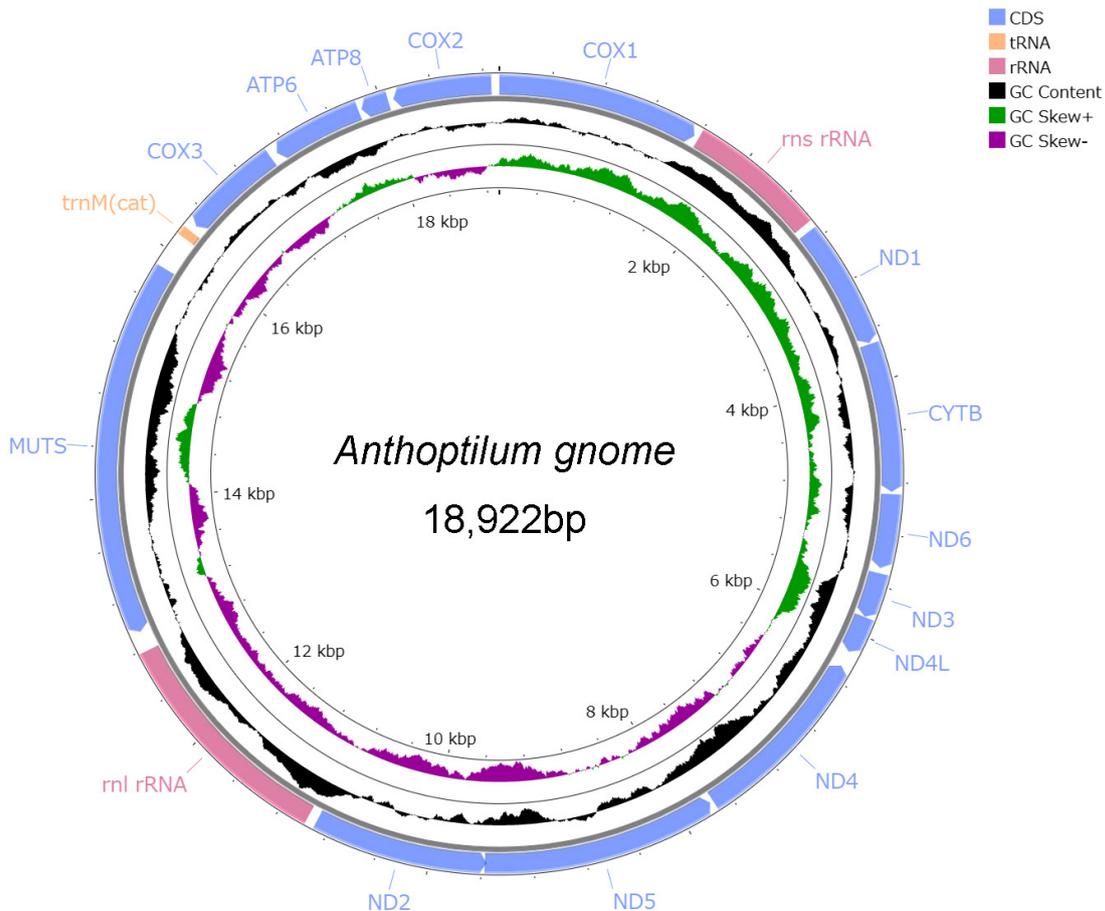
まず1番目の理由としては、ミトコンドリアゲノムの遺伝子配置が挙げられます。ウミエラ上科において、クレード1が最も多様なミトコンドリアゲノムの遺伝子配置を有していることが示唆されています(Hogan *et al.*, 2023)。多くのウミエラ類は、gene order A と呼ばれる遺伝子配置を示すことが知られていますが、ツルウミサボテン類は gene order B の遺伝子配置を示します(Hogan *et al.*, 2019)。ノームツルウミサボテンの遺伝子配置は、他のツルウミサボテン類と同様に gene order B を示しました。これまでの先行研究では、イソギンチャク類、ナマコ類、貝



第3図 ノームツルウミサボテンの標本写真。スケールは1 cm.



第4図 ノームツルウミサボテンの各部。A-B. 腹側。C-E. 背側。F. 吸盤状柄部。G. ポリプに含まれる骨片。H. 柄部に含まれる骨片。スケールはA-F: 3 mm, G-H: 0.01 mm.



第5図 ノームツルウミサボテンのミトコンドリアゲノム。

類, 甲殻類などのさまざまな分類群で, 遺伝子配置がエネルギー代謝, 低酸素環境への耐性, 高水圧への適応等に関与していることが示唆されてきました (e.g. Zhang *et al.*, 2018, 2021). ウミエラ類の場合は, 遺伝子配置の多様化は主に深海性の分類群で見られています (Hogan *et al.*, 2019). 加えて, クレード 1 のウミエラ類の進化史において, 比較的頻繁な生息水深帯の変遷が起きていることが示されており (Kushida *et al.*, 2022), ミトコンドリアゲノム上の遺伝子配置の多様性には, ウミエラ類の代謝機能や生息水深帯の多様化が関与していることが示唆されています (Hogan *et al.*, 2019).

2 番目の理由としては, 軸部における骨片の多様性が挙げられます. Kushida *et al.* (2022) はクレード 1 のウミエラ類が最も多様な軸部の骨片形状を有していること, 骨片形状が異なる深さの環境に適応的であることを示唆しました. 今回, ノームツルウミサボテンは, “軸部に骨片をもたない”特徴をもっていました, この特徴は現在までにクレード 1 でのみ知られています.

3 番目の理由として, 吸盤状の柄部が挙げられます. これまでに, 吸盤状柄部をもつウミエラ類の系統的位置を明らかにした研究はありませんでしたが, 本研究ではノームツルウミサボテンがクレード 1 に位置することを示しました. 前述のように, ツルウミサボテン属とフタゴウミサボテン属が, 吸盤状柄部をもつ種が含まれる分類群として知られています. 両属の構成員はクレード 1 に属しており, 岩場生息性ウミエラ類はクレード 1 内で独立して吸盤状柄部を獲得したことが考えられました (第 6 図). このように, 本研究は吸盤状柄部をもつウミエラ類を扱い, 興味深い進化的側面の洞察を提供しました.

3. 今後の展望

本研究のノームツルウミサボテン *Anthoptilum gnome* の発見は, 北西太平洋からは初めて, また世界で 5 種目の岩場生息性ウミエラ類の報告となりました. 近年, 海洋生物の多様性の重要性が認識され, 2020 年には国内初の沖

合海底自然環境保全地域が指定されました。今後、生物多様性の把握はさらに重要となることが想定されますが、本研究は知られざる海洋の生物多様性やその多様化プロセスの解明に貢献しました。

謝辞：本研究は、環境再生保全機構・環境研究総合推進費「新たな海洋保護区(沖合海底自然環境保全地域)管理のための深海を対象とした生物多様性モニタリング技術開発」(JPMEERF20S20700)、立正大学研究推進・地域連携センター支援費 第三種の支援を受けて実施しました。

論文情報

掲載誌：Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers

論文タイトル：Description of the fifth sea pen species that attaches to hard substrates by modifying its peduncle

著者：Yuka Kushida, Hiroki Kise, Akira Iguchi, Yoshihiro Fujiwara, Shinji Tsuchida

DOI：10.1016/j.dsr.2023.104212

文 献

- Hogan, R. I., Hopkins, K., Wheeler, A. J., Allcock, A. L. and Yesson, C. (2019) Novel diversity in mitochondrial genomes of deep-sea pennatulacea (Cnidaria: Anthozoa: Octocorallia). *Mitochondrial DNA Part A: DNA Mapping, Sequencing, and Analysis*, **30**, 764–777.
- Hogan, R. I., Hopkins, K., Wheeler, A. J., Yesson, C. and Allcock, A. L. (2023) Evolution of mitochondrial

and nuclear genomes in Pennatulacea. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **178**, 107630.

Kushida, Y., Imahara, Y., Wee, H. B., Fernandez-Silva, I., Fromont, J., Gomez, O., Wilson, N., Kimura, T., Tsuchida, S., Fujiwara, Y., Higashiji, T., Nakano, H., Kohtsuka, H., Iguchi, A. and Reimer, J. D. (2022) Exploring the trends of adaptation and evolution of sclerites with regards to habitat depth in sea pens. *PeerJ*, **10**, e13929.

Williams, G. C. and Alderslade, P. (2011) Three new species of pennatulacean octocorals with the ability to attach to rocky substrata (Cnidaria: Anthozoa: Pennatulacea). *Zootaxa*, **3001**, 33–48.

Zhang, Y., Sun, J., Rouse, G. W., Wiklund, H., Pleijel, F., Watanabe, H. K., Chen, C., Qian, P. Y. and Qiu, J. W. (2018) Phylogeny, evolution and mitochondrial gene order rearrangement in scale worms (Aphroditiformia, Annelida). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **125**, 220–231.

Zhang, K., Sun, J., Xu, T., Qiu, J. W. and Qian, P. Y. (2021) Phylogenetic relationships and adaptation in deep-sea mussels: insights from mitochondrial genomes. *International Journal of Molecular Sciences*, **22**, 1900.

KUSHIDA Yuka, KISE Hiroki, IGUCHI Akira, FUJIWARA Yoshihiro and TSUCHIDA Shinji (2024) New species of Sea pens discovered on rocky substrates of An'ei seamount marine protected area –First report from the northwestern Pacific–.

(受付：2024年3月1日)

湘南海岸の景勝地“江の島”で学ぶ 相模トラフ変動帯の地形・地質と自然災害 —“江の島”ジオ散歩のススメ—

七山 太¹⁾²⁾・重野 聖之³⁾・石井 正之⁴⁾

1. はじめに…江の島に伝承される江島縁起とは？

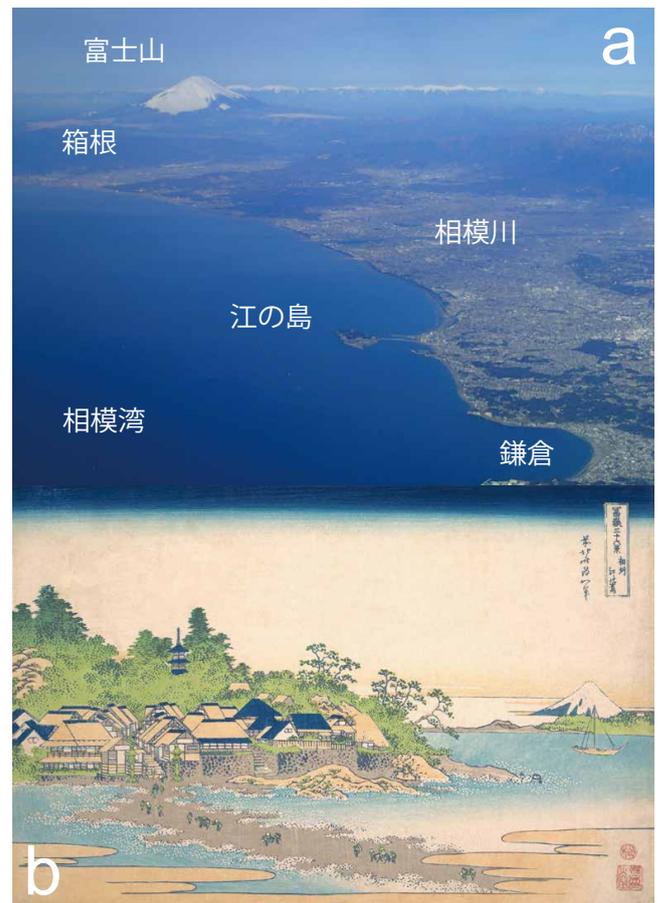
神奈川県湘南海岸屈指の景勝地である江の島は、周囲約5 km、面積約0.38 km²の相模湾に浮かぶ瓢箪のような形をした孤島である。この島は、境川(片瀬川)河口から伸びる砂州によってビーチと島が繋がることから、地形学的には陸繋島とも呼ばれている(第1, 2図)。

江の島は険しい岩石海岸を有していることでも知られている。歴史を遡ってみると、特に島の南西部に位置する岩屋洞窟は、弘法大師や日蓮上人に代表される行者の修験場としての江の島を象徴する存在であった。そして、1182年(寿永元年)に鎌倉幕府の創始者である源頼朝が、岩屋洞窟に籠もって奥州征伐の戦勝祈願を行い、弁財天をこの洞窟に勧請したのが江島神社の創始と伝えられている。鎌倉時代以降も軍神として東国の武将によって崇められ、その時代の施政者によって参詣され続けてきた誉れ高き歴史がある。

江戸時代後期には、江戸庶民の娯楽として、相州の大山詣と江の島詣をあわせて行い、その帰り道に鎌倉から金沢八景を周遊する旅行が流行したとされる。この際、表向きの目的は寺社参拝ではあるが、この合間に景勝地や古蹟を訪ね、ご当地の名物料理を味わい、土産を購入する、といった現在のような観光旅行的な色合いが強くなったと言われている。

一方、江の島は“絵島”とも呼ばれ、その風光明媚な景観が浮世絵に描かれたり歌舞伎の演目となるなど、庶民に広く知られるようになっていたことも、その背景にあったと考えられている。

現在でも島内には、弁財天を祀る江島神社や、1600年代に創業したとされる由緒ある旅館・宿坊(現在の恵比寿屋旅館や岩本楼)があり、最近になっても、江の島サムエル・コッキング苑や展望灯台である江の島シーキャンドル



第1図 (a)湘南海岸江の島を中心とした航空写真。(b)葛飾北斎によって描かれた浮世絵「富嶽三十六景 相州江の島」。現在はパブリックドメイン扱いとなっている。製作当時(1830年頃)には、鳥居では無く参道の両側に大きな石灯籠が立っていたこと、また、干潮時に現れた砂州を歩いて江の島へ参詣していたことが読み取れる。

等の魅力的な観光施設が次々と建設されており、湘南海岸においては鎌倉と並ぶ人気観光スポットとして、国内外の観光客で賑わいを見せている。

一方、江島神社には、平安時代中期にそれまでの伝承を

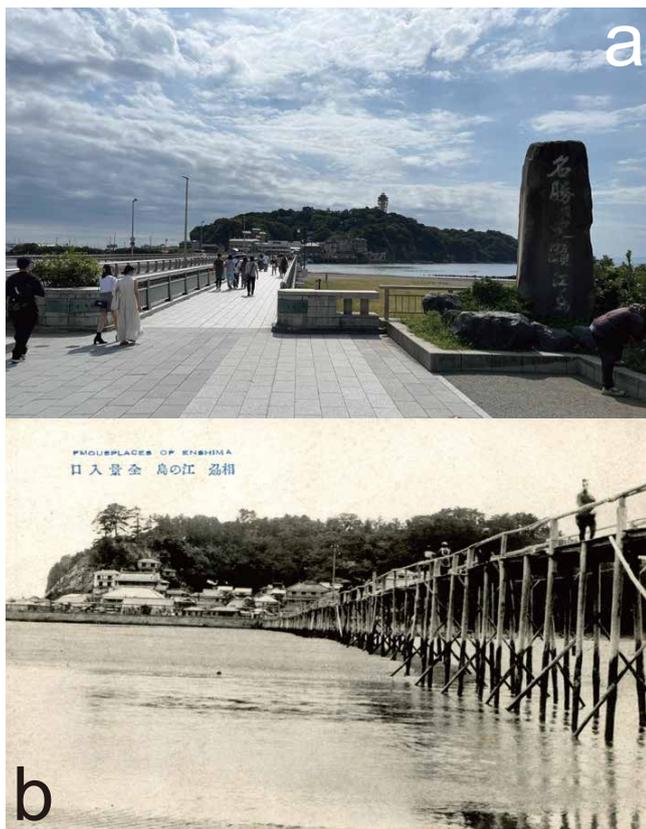
1) 産総研 地質調査総合センター地質情報基盤センター

2) ふじのくに地球環境史ミュージアム 〒422-8017 静岡県静岡市駿河区大谷5762

3) 明治コンサルタント(株)北海道事業部 〒064-0807 北海道札幌市中央区南7条西1-21-1

4) 石井技術士事務所 〒007-0872 北海道札幌市東区伏古12条3丁目6-28

キーワード：湘南海岸、江の島、相模トラフ変動帯、地形・地質、自然災害、ジオ散歩



第2図 現在の江の島弁天橋と大正時代の木製栈橋。(a) 江の島弁天橋北端から見た江の島。台地の上にそそり立つ江の島シーキャンドルが、現在の江の島のランドマークとなっている。(b) 大正中期頃に存在した木製の江の島栈橋。藤沢市文書館の所蔵する絵葉書「相州江の島 全景入口」(文書館文書04316/(201008)_b)を転載した。

書き残したとされる江島縁起という絵巻物があり、江島神社に纏わる五頭竜と弁天様が登場する江の島誕生の物語として広く世に知られている。その一節に、「欽明天皇13年(西暦552年)4月13日真っ黒い雲が天空を覆い、深い霞が立ち込め、大地震が10日も続いた後、雲の上から弁天様が従えた四天王や風神雷神が空から石を降らせ、海からは真っ赤な火柱とともに岩が噴き出して江の島は誕生した」という記述がある。地質学的に見て、この伝承の示す自然現象とは、具体的にはどのようなものなのか？

本稿では、湘南海岸屈指の観光地である江の島の地形・地質の見どころを周遊するジオ散歩ルートを紹介したいと思う(第3図)。特に、相模トラフに直接面したこの島では、変動地帯特有の地形や地質に、公共交通機関を使って何方でも簡単にアクセスすることができる首都圏での唯一無二の場所と言える。ご家族での江の島観光にあわせて、この島の成り立ちについて少しだけ関心をもって頂ければ、我々紹介者としては嬉しく思う。

なお、江の島は「江ノ島」とも「江島」とも表記するが、本稿では、江島神社や片瀬江ノ島駅のような現在使用されている固有名詞以外では、原則として「江の島」を用いることにする。



第3図 江の島のジオ散歩ルート図と観察地点。Google Earthを基図として使用した。

2. 江の島ジオ散歩の準備

事始めとして、最初に皆さまに幾つか申し上げておきたい。まず常識的なこととして、観光地でのジオ散歩なので、ハンマーやネジリ鎌等の持ち込みは厳禁とご理解頂きたい。もちろん島内での無許可のサンプリングは不可能である。服装は、季節に応じたカジュアルな普段着で十分である。夏期の湘南海岸は陽射しが強いので、帽子やサンングラスの着用がおすすめである。また原則として島内の整備された遊歩道を歩くことになるので、足元は使い慣れたスニーカーで十分であろう。もちろん、海岸の岩場や江島神社の石段でのサンダルやハイヒール等の使用は、危険を伴うのでおすすめしない。

観光がてらのジオ散歩といえども、ある程度の準備はあった方が良くと思う。私たちからは、以下4点のインターネットを使った情報収集をお薦めする。

- (1) 国土地理院のweb版地理院地図 (<https://maps.gsi.go.jp/> 閲覧日：2024年3月19日) を用いたルートの確認である。帰宅後、段丘面の高さなどの確認も可能である。
- (2) Google Earth を使った空中写真の確認である。さらに、ストリートビューを使って、現地の写真もあわせてチェックしておくが良い。
- (3) 江の島の海岸や陸繋砂州(トンボロ)を歩く際には、干潮時の方がお薦めできるので、インターネットで干潮時間を調べておくが良い。潮が満ちているときや暴浪時には波に足元をさらわれる危険性があり、特に岩場は滑りやすくなるので、十分注意して頂きたい。
- (4) 江の島は歴史が古く、多くの絵画や写真が残されている。藤沢市文書館デジタル展示の江の島棧橋物語のサイト (<https://digital.city.fujisawa.kanagawa.jp/digital/exhibition/digital.php?id=3> 閲覧日：2024年3月19日) には、明治～大正～昭和時代の江の島のデジタル化された写真や絵葉書が多数掲載されている。また、江戸時代に描かれた江の島を題材とした絵画は数多くあり、特に、葛飾北斎や歌川広重の浮世絵は世界的にもよく知られている(第1図b)。これらは、インターネット検索で簡単に見ることができる。もしご関心があれば、事前に確認しておかれるとよいと思う。

もし現地で不明なことがあれば、文末の引用文献を検索すれば、多くの疑問は解決できることと思う。さらに現地で不明な点があれば、産総研・地質調査総合センターが業務として行っている地質相談お問い合わせ窓口 (<https://www.gsj.jp/inquiries/consul.html> 閲覧日：2024年3月

19日)のご利用をお薦めしたい。

3. 江の島へのアクセス方法

江の島へのアクセス方法は、複数候補があげられる。まず電車で行く場合、小田急片瀬江ノ島駅または江ノ島電鉄江ノ島駅で下車し、徒歩で江ノ島大橋と並行して架かる歩道橋(江の島弁天橋)を渡って、約10～20分で島内に到着する。

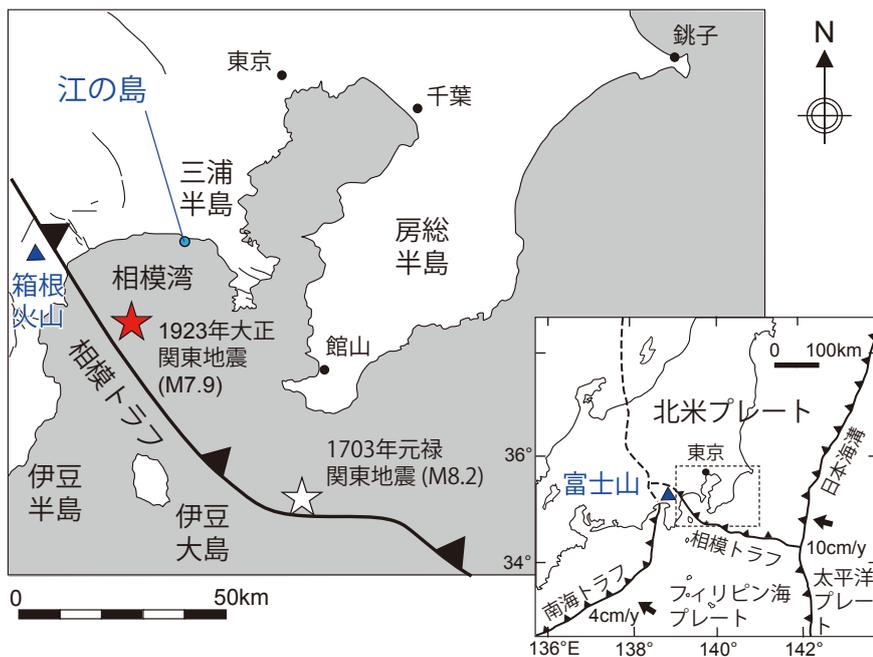
特に私たちからお薦めするのは、湘南モノレールを使ったアクセスであり、JR大船駅から湘南江の島駅まで乗車時間は約15分、湘南江の島駅で下車後、徒歩20分ほどで江の島観光案内所前まで行くことができる。もちろん、モノレールの車窓からの眺めは、たいへん素晴らしい。また、JR大船駅へは、東海道本線、京浜東北・根岸線、湘南新宿ラインほか多数のJR路線が乗り入れており、JR/小田急藤沢駅経由と同様に便利と思う。

また、JR大船駅やJR/小田急藤沢駅から江の島に向かう路線バス(江ノ電バス)も頻繁にある。ちなみに、湘南港(江の島ヨットハーバー)付近には有料駐車場があり家用車で行くこともできるが、特に土日・休日や夏休み中は島内や周辺の道路が混雑するので、極力、上述した公共交通機関を利用したほうが無難と思う。

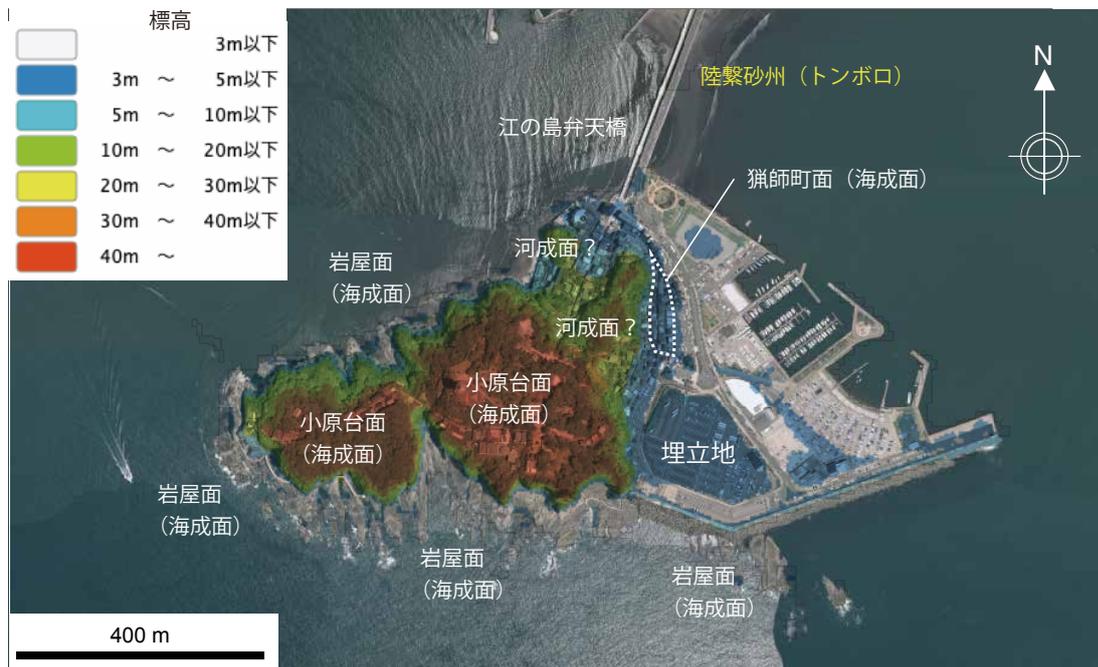
4. 相模トラフ周辺の地震テクトニクスと歴史的な地震津波災害について

江の島の立地する湘南海岸地域は、北米プレートに帰属する東北日本弧に対し、伊豆一小笠原弧を載せたフィリピン海プレートが沈み込む海溝である相模トラフに面しており、さらにフィリピン海プレートに生じた伊豆一小笠原弧が衝突することによって、現在も丹沢山地が隆起し続けている(第4図)。そのため江の島では、歴史時代の直接の地震隆起の証拠となる離水した波食棚(低位段丘)や約8～10万年前に離水した海成段丘面(高位段丘)等の変動帯特有の地形が観察できるのである(第5図)。一方、中期中新世に相模トラフを埋積し、その後東北日本弧側に付加して生じた変動帯特有の地層が、この島の基盤を成していることも海岸沿いの大露頭で確認することができるのである(第6図)。

富士山(富士火山)や箱根火山の噴火活動は、太平洋プレートがフィリピン海プレートの下に沈み込むことによって生じたマグマが、地表に噴出して起こったものであることが火山学的に詳しく知られている。このような太平洋プ



第4図 相模トラフの地震テクトニクス，1923年大正関東地震 (M7.9) の震源 (赤の星印)，1703年元禄関東地震 (M8.2) の震源 (白の星印)，および江の島の位置図。

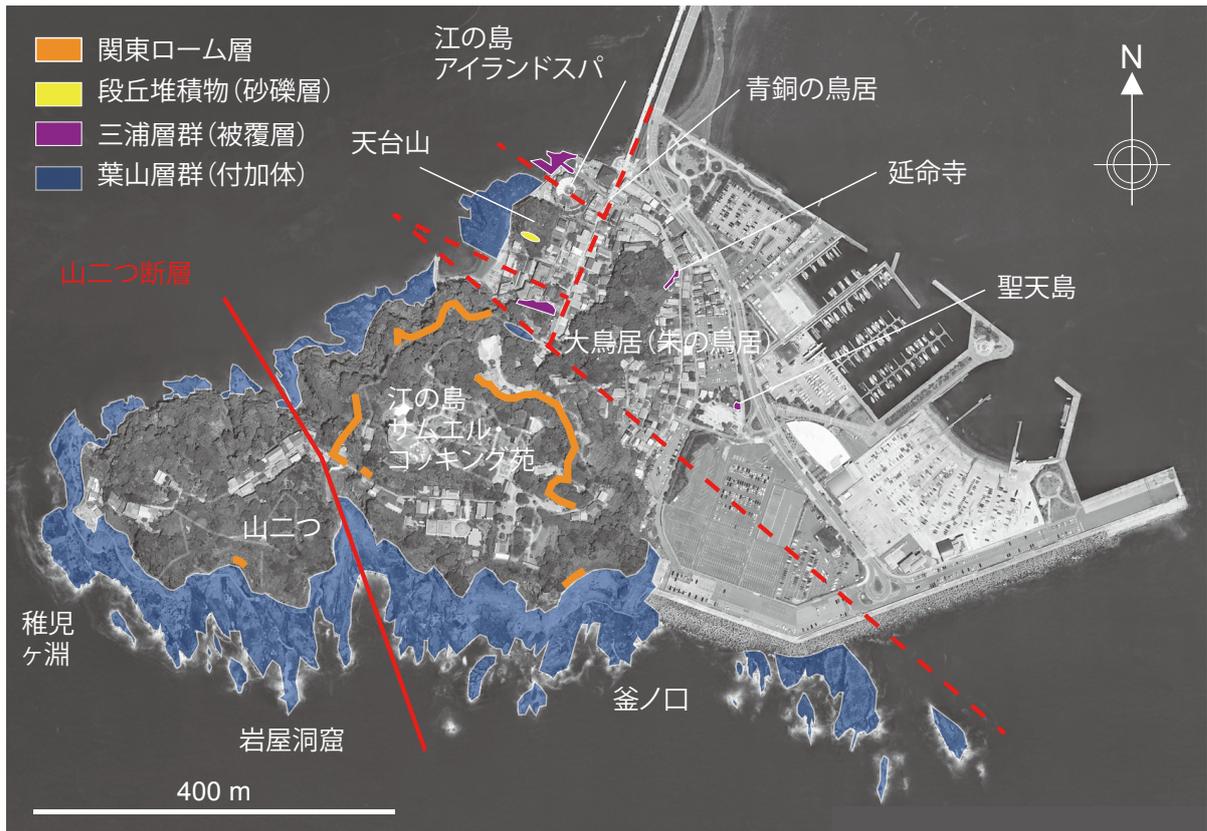


第5図 地理院地図 web 版で作成した江の島の段彩図と大まかな地形区分。

レークの沈み込みで形成された火山は、北米プレートに属する東北日本からフィリピン海プレートに属する伊豆—小笠原諸島にかけて多数存在するが、箱根火山は両プレートの境界に近い位置に発生した唯一のカルデラ火山として世界的に注目されている(第4図)。箱根火山に起源を

持つ火山灰層(テフラ)を、江の島において確認することができる。

相模トラフで繰り返し発生してきたプレート境界型地震は、相模トラフ巨大地震もしくは関東地震と呼ばれている。このうち、比較的最近に起こったものは、1923年(大



第6図 江の島の露頭ルートマップ。赤の実線は江の島を東西に分断する山二つ断層、破線は推定断層を示す。藤沢の自然編集委員会編(2002, 2004)を参照して、Google Earthの画像を基図として編図を行った。

正12年)9月1日に発生した大正関東地震(M7.9)であり、その前に起こった歴史地震は、1703年(元禄16年)元禄関東地震(M7.9～8.2)と呼ばれている。

松田ほか(2015)の検討によれば、元禄関東地震による江の島の隆起量は0.7～1.0m程度と推定されている。また、この時江の島を襲った津波の波高は8mと推定されている(都司, 1981)。一方、大正関東地震に関して、江の島では0.9mの地震隆起があったと推定されている(松田ほか, 2015)。この時鎌倉では2波の津波が襲来し、それらの最大波高は6～9mに達したと記録されている。その対岸に位置する江の島の津波被害は著しく、島内のほとんどの建物は、この時倒壊したと推定されている(都司, 1981)。また、当時の正規の参拜ルートであった木製栈橋(第2図b)は、この時の津波で流されてしまったことが、藤沢市文書館の記録に残されている。

5. 聖天島公園付近の観察ポイント

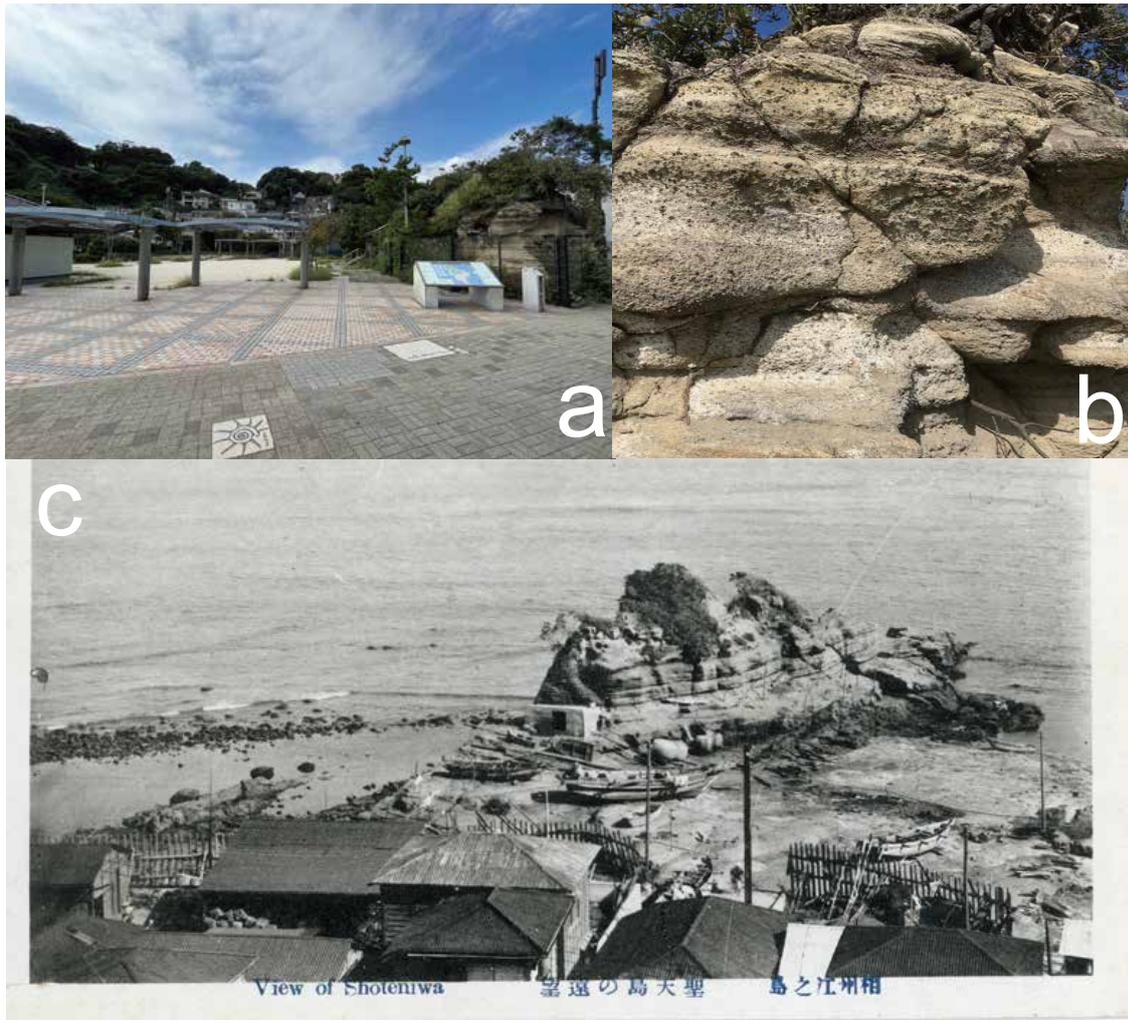
江の島ジオ散歩は、江の島弁天橋南詰に立地する江の島観光案内所前が出発点となる。ここには綺麗なトイレが設

置され、シラスなど地元海産物を使った名物料理を振る舞う飲食店が数多くある。また自動販売機や休憩スペースも完備されている。また、江の島は有名な観光地なので、遊歩道はきちんと整備され、トイレや飲食店も各所にあり、あまり不便さは感じないと思う。

今回企画した江の島ジオ散歩は、前半と後半の2つのルートに分けられる。前半のルートでは、江の島観光案内所前から島の東側を巡り、江の島観光案内所前に戻る。後半のルートでは、江の島観光案内所前から江の島観光のメインルートである弁財天仲見世通りから岩屋洞窟までを巡る。あわせて概ね2～3時間ほどの行程となる。

前半のルートでは、青銅の鳥居をくぐらず県道305号に沿って湘南港(江の島ヨットハーバー)方面を目指して頂きたい。5分ほど歩くと江の島ヨットハーバーが見えてくる。ここでは、1964年大会に引き続き2021年8月にも東京オリンピック・パラリンピックが開催され、セーリング競技の会場となったことは記憶にも新しい。

歩道に沿って暫く歩くと、右手に小さな丘が見えてくる。ここが聖天島公園である(第7図a)。聖天島はもともと江の島東方沖にあった小さな岩礁であったが、元禄関東地震



第7図 江の島東岸，聖天島公園の現在と過去。(a) フェンスで囲まれた現在の聖天島。(b) 三浦層群の露頭。(c) 大正7年の聖天島の風景。既に元禄関東地震によって隆起して半島状になっていたことが読み取れる。藤沢市文書館の所蔵する絵葉書「相州江之島 聖天島の遠望」(文書館文書 6235/(201912)_b) を転載した。

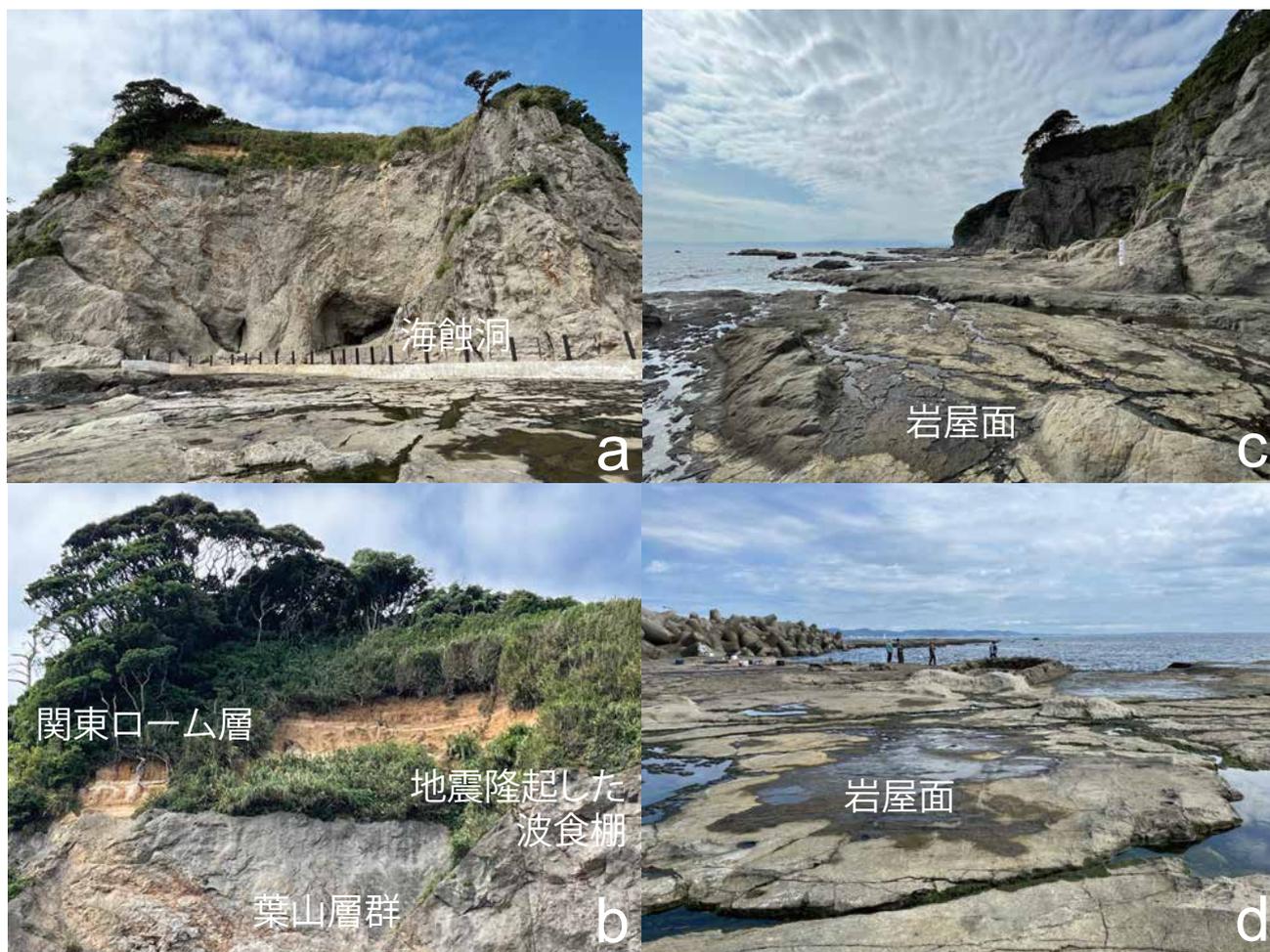
によって地盤が隆起し、半島状になったと言われている(第7図c)。1964年の東京オリンピック開催にあわせて江の島ヨットハーバーが整備された際に、聖天島と江の島の間が大規模に埋め立てられて、現在の状況になったことが知られている。現在はフェンスに囲まれて露頭が保護されているが、今でも岩礁当時の雰囲気を感じ取れる。

フェンス越しに露頭を覗いてみよう。この露頭で見られる地層は、玄武岩～安山岩の角礫(最大礫径15cm)、スコリアや軽石等の火山碎屑物を多量に含んだ粗粒な凝灰質砂岩がシルト岩と互層している。地層中で、黒光りする鉱物は、輝石または角閃石である。また、露頭上部の凝灰質砂岩層中には、大型の斜交層理が観察される(第7図b)。

聖天島の地層は、火砕質な岩相に基づいて、三浦層群上部の池子層に対比されてきた(例えば、小沢・江藤, 2005)。しかし、狛師町にある延命寺裏の露頭において、ミウラニ

シキ(*Chlamys miurensis*)という二枚貝化石が発見されていたことから、三浦層群下部の逗子層に対比される可能性も示唆されていた(江藤, 2003)。その一方で、鈴木・蟹江(2012)は、露頭付近から得たノジュール転石からRN6～RN7帯(*Diartus petterssoni* Zone～*Didymocyrtis pemltima* Zone; 1200～880万年前)を示唆する放散虫化石を抽出し、池子層や逗子層よりもやや古い三浦層群最下部の三崎層に対比できると指摘した。このように、聖天島の地層の帰属は未だに混乱した状況にある。そこで本稿では、大括りに三浦層群と呼ぶことにする。

なお、この地層に含まれる多量の火山碎屑物は、江の島の西方に位置する伊豆半島や伊豆大島周辺に存在した陸上の火山や海底火山からもたらされたことが報告されている(高橋, 1998)。



第8図 江の島南東岸，釜ノ口付近の大露頭。(a, b) 褶曲した葉山層群(下位)を，オレンジ色を呈する関東ローム層(上位)が不整合に覆っている。(c, d) 地震隆起して離水した波食棚(岩屋面)の産状。

6. 江の島南東岸，釜ノ口付近の観察ポイント（地形編）

聖天島公園から江の島かもめ駐車場の外周道路に沿って南下し，江の島の南海岸を目指す。階段を上って防潮堤をのり越えて，岩礁上の遊歩道を歩く。この付近は，首都圏から来た投げ釣りを楽しむ人達で賑わいを見せている。

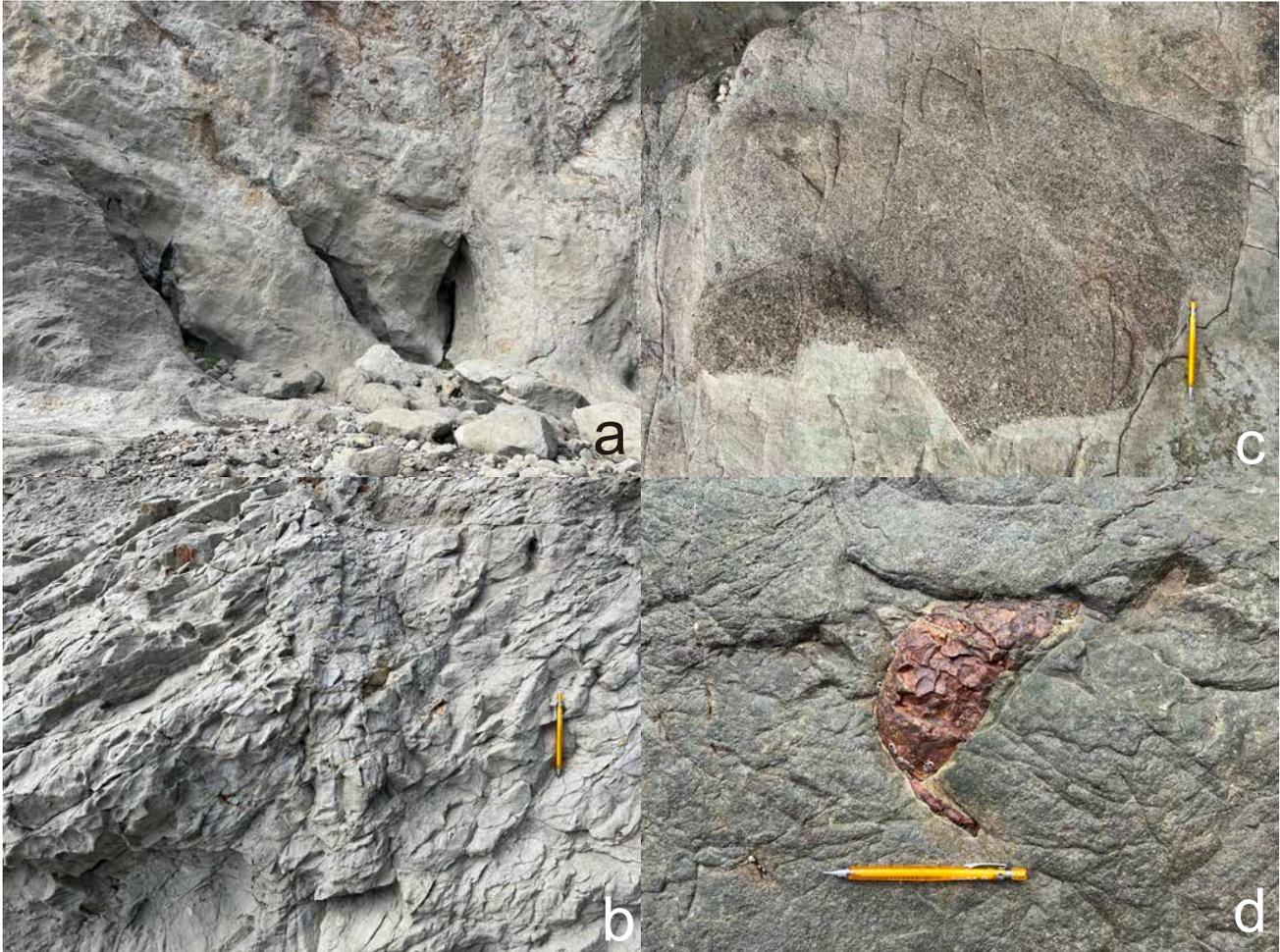
この付近は，地元では釜ノ口と呼ばれ，地名の元となった海蝕洞を間近に見ることができる(第8図a)。一方，足元に広がっている平らな岩盤の表面は，微細な凹凸に富み，一部で標高2mに達する高まりも認められるが，その多くが標高1m程度の平坦面からなっている。これは波の影響で生じた昔の波食棚が，地震隆起して生じた海岸地形である。特にこの地形面は岩屋面と名付けられており，現在の江の島の周囲を取り囲むように分布している海成段丘である(松田ほか，2015；第5図)。

これまで岩屋面が離水した時期は大正関東地震によるもの(例えば，長田，1992；江藤，2003)と述べられてき

た。しかし松田ほか(2015)によれば，江の島は，元禄関東地震によって0.7～1.0m程度隆起したことが判明しているが，おそらく岩屋面はそれ以前の鎌倉時代以前に発生した地震によって離水したと推定されている。その理由として，元禄関東地震以前である1685年に書かれた「新篇鎌倉志巻之六」の図には，江の島の南岸に現在と同じような岩礁が描かれており，鎌倉時代以前から信仰の対象になっていた岩屋洞窟への参拝路になっていたからである。

7. 江の島南東岸，釜ノ口付近の観察ポイント（地質編）

一方，江の島南岸には強い波浪の影響で波食崖の大露頭が連続的に分布しており，暗灰色を呈する固結した凝灰質な砂岩ならびにシルト岩の互層が出現する。この地層は，聖天島で見た地層ほど層理がはっきりしておらず，地層が剪断され複雑に変形しているために，地質構造が読み取りにくいのが特徴と言える。しかし暫く露頭を見続けている



第9図 江の島南岸, 釜ノ口付近の葉山層群の産状。(a) 付加後に生じた正断層に沿って発生した波食洞。(b) 付加時に生じた剪断変形。(c) タービダイト層の級化構造。(d) 赤色化した炭酸塩ノジュール。

と、細礫を伴う粗粒な砂岩がシルト岩を削り込むようにして累重している様子や、砂層が1 m オーダーで細粒化するタービダイトの典型的な堆積構造が観察できる。この変形した地層は、三浦半島に分布する葉山層群に対比されている(第9図)。

葉山層群は、三浦半島の中部(葉山町～横須賀市周辺)に二列に分かれて分布しており、さらにその分布域は、葉山帯もしくは葉山一嶺岡構造帯と呼ばれている(高橋ほか, 2016; 第9図)。本層群は、放散虫化石や石灰質ナノ化石等の微化石研究によって、1650～1200万年前(中期中新世)に深海底で堆積した地層であったことが判明している(蛭子・柴田, 2012)。

なお、過去の文献には葉山層群は4つの累層に区分され、そのうち江の島に露出する地層は最上位の大山層に対比される旨の記載がある(小沢・江藤, 2005)。しかし、最近では、葉山層群を層序の成立しない付加体として捉える研究者が多くなっており(高橋ほか, 2016)、さらに蟹江

(2012)は、岩相が明瞭に異なる矢部層のみを累層として分離し、それ以外を葉山層群として一括した地質図を編さんしている。そこで本稿では、大括りに葉山層群と呼ぶことにする(第6図)。

釜ノ口付近の大海岸露頭で観察されるように、葉山層群は、著しく変形を受けており、地層中に様々なサイズの逆断層や褶曲構造が頻繁に見られるのが特徴と言える。またこの葉山層群の示す地質構造の解析結果に基づいて、相模トラフに堆積したタービダイトが、その後フィリピン海プレートが東北日本弧側に沈み込むことにより、変形を受けて付加体になったと考えられている(小川, 2004; 高橋ほか, 2016)。

さらに、三浦半島の葉山層群には、玄武岩、斑れい岩や蛇紋岩などの海洋プレートを特徴付ける岩石やチャート、石灰岩のような異地性の堆積物がブロック化して取り込まれている産状が報告されている(蛭子・柴田, 2012; 高橋ほか, 2016)。また、聖天島公園で見た三浦層群と葉山層群

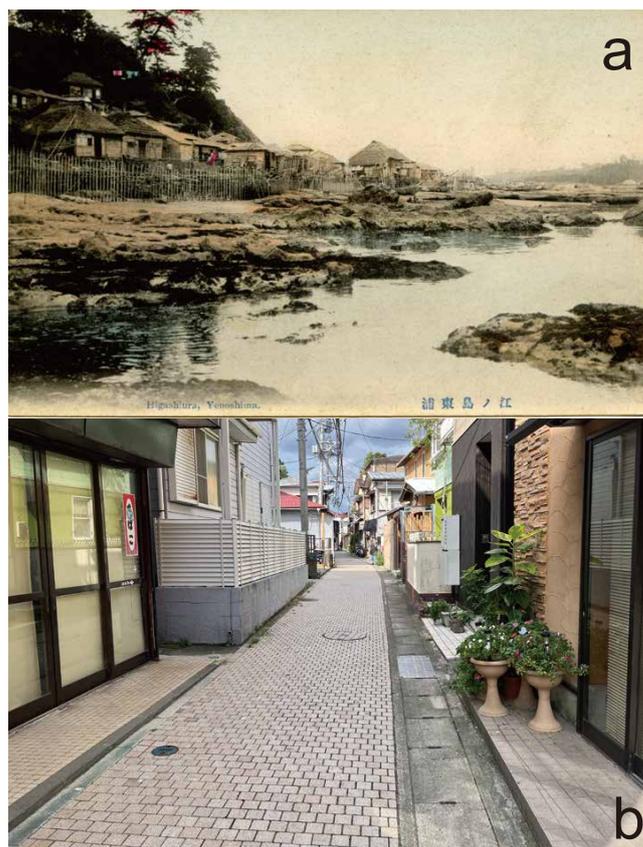
との間には有意な年代差が存在すると推定されている。このため葉山一嶺岡構造帯より北側に分布する三浦層群は、葉山層群が付加体となって隆起した後に、その上面を覆った被覆層(斜面海盆堆積体)であったと考えられている(高橋ほか, 2016)。

次に、ほぼ平坦な波食棚の露岩の表面を詳しく見ると、この面を斜めに切る割れ目があることにお気づきになるであろう。近寄って観察すると、割れ目の両側の地層がずれており、正断層であることがわかる。この付近で認められる正断層の走向は、概ね南北性、もしくは東西に10～30°程度ふれたものが多い。江の島の南東海岸には海蝕溝と呼ばれる波食棚に海水が侵入する小さな入江が多数見られるが、これらは正断層に沿って波食が進んだ結果できたものであり(今永, 1975)、後で訪れる山二つや岩屋洞窟の成因にも関わってくる。

最後に、釜ノ浦の大露頭の上部を詳しく見てみると、オレンジ色を呈する未固結の地層がほぼ水平な基底面を介して載っている産状が読み取れる。この地層は関東ローム層と呼ばれる第四紀層であり、富士山や箱根火山起源の火山灰を起源とした風成塵(レス)層の総称である。関東地域の台地や丘陵地域の多くは、このローム層によって厚く覆われている(貝塚ほか編, 2000; 七山ほか, 2023)。この関東ローム層に挟まれる火山灰層については、後ほど山二つの展望台付近で観察することができる。ここでは葉山層群の露頭の最上部が、波食によって平坦になっており、さらにその上を関東ローム層が不整合に覆っている産状をご確認頂きたい(第8図 a, b)。なお、関東ローム層基底の波食棚の面の高さを、地理院地図を用いて確認してみると、標高45mであった。

8. 江の島東浦, 狛師町付近での観察ポイント

釜ノ口での観察を終えたら、聖天島公園まで同じ道に戻る。公園の西側の出口から、1m程の小さな坂を登った先にある小道を右折し、青銅の鳥居に向けて歩いて頂きたい。前述したとおり、聖天島公園の敷地は1964年に埋め立てられてきた人工地盤(埋め立て地)であるが、集落内の小道の面は、これよりも有意に高い標高約4～5mにある。この地域は、以前、東浦もしくは狛師町と呼ばれていた。実はこの面も波食棚が離水してできた完新世に生じた海成段丘であり、松田ほか(2015)は狛師町面と命名した(第5, 10図)。狛師町面は岩屋面よりも標高が2～3mほど高いことから、より古い歴史時代に起こった地震隆起で生じたことは明確である。



第10図 江の島東浦, 狛師町付近の風景。(a) 明治30年の江の島東浦の風景。藤沢市文書館の所蔵する彩色絵葉書「江の島東浦」(文書館文書02741/(201008)_b)を転載した。人家の建っているのが狛師町面と推定されている(松田ほか, 2015)。(b) 現在の狛師町の路地に認められる平らな狛師町面。

江戸時代初期につくられた「江島図」(新篇鎌倉志卷之六の付図)には、現在の狛師町付近(東浦)の平坦面上に人家が書かれていることから、狛師町面の離水は江戸時代初期より前と考えられる。もちろん前述の岩屋面よりも古い面なので、鎌倉時代以前には離水して人が居住できる状況になっていたと推察される。

暫く進むと、西側の海蝕崖の中腹に延命寺というお寺がある。そのお堂の周辺には聖天島公園と同様の粗い火山砕屑物が卓越した三浦層群が露出している(第6, 11図 a)。

小道をそのまま進むと青銅の鳥居の真横に辿り着く。その20m程手前(左手)に、東京大学理学部江ノ島臨海実験所跡を示す記念碑が立っている(第11図 b)。Edward Morse教授は、1877年(明治10年)7月17日より8月29日まで、江の島において実験施設として使用するために漁師小屋を借り切り、この地で我が国初の臨海研究を行ったことが知られている。

青銅の鳥居の反対側の敷地には、江の島アイランドスパという温浴施設がある(第6図)。ここでは2000年代前半



第 11 図 (a) 狛師町の裏通りにある延命寺付近の三浦層群の露頭と
(b) モース臨海実験所跡推定地。

に深度 1500 m の大深度温泉が掘削され、海水(化石海水)起源のナトリウム一塩化物強塩泉が湧出した。神奈川県温泉地学研究所は、この温泉井のボーリング試料を解析し、(1) 深度 500 m より浅いところに、葉山層群(原著では葉山層群大山層)と三浦層群(原著では三浦層群池子層)の地層境界があること、(2) 温泉の帯水層は葉山層群中の砂岩層であること、の 2 点を報告している(小沢・江藤, 2005)。

ここで一旦江の島観光案内所前に戻り、後半に向けてトイレ休憩や飲食を取られるとよいと思う。

9. 弁財天仲見世通り付近での観察ポイント

後半は、弁財天仲見世通りから岩屋洞窟までのアップダウンの激しいルートになる。青銅の鳥居をくぐり、土産物店が並ぶ通りを、大鳥居(朱の鳥居)を目指して進む。50 m ほど先にある岩本楼本館の手前にある富士見浜に向かう路地に向かって右折する。この路地を少し進むと、右手に小高い丘陵(天台山)がある。その上部の露頭では、葉山層

群を覆う段丘礫層の小露頭が観察できる(藤沢の自然編集委員会編, 2002)。但し、ここは私有地なので無許可で立ち入ることはできないが、道路から露頭を眺めることは可能である(第 12 図 d)。この段丘礫層の起源については、次章で詳しく述べることにしたい。

このまま路地を突き進むと、富士見浜(西浦)に出る。この付近の海岸にも、葉山層群が露出している。

10. 江島神社辺津宮～中津宮付近での観察ポイント

再び弁財天仲見世通りに戻って、再度、江島神社を目指す。江島神社のご祭神は、天照大神と素盞鳴尊の子として生まれた三姉妹とされ、それぞれが、辺津宮、中津宮、奥津宮に祀られている。なお、この神社は、財宝招福、芸道上達の神様として厚い信仰を受けているが、1868 年(明治元年)の神仏分離令までは、神社では無く金亀山与願寺という寺院であったことが知られている。もちろん寺院であった時代には、現在のような青銅の鳥居や大鳥居(朱の鳥居)は無く、参道の両脇に大きな石灯籠が立っていたことが、葛飾北斎の浮世絵「富嶽三十六景 相州江の島」に描かれている(第 1 図 b)。

大鳥居(朱の鳥居)の左手には、江ノ島電鉄(株)が観光客向けに運営する江の島エスカー(有料エスカレーター)の乗り場がある(第 12 図 c)。足元や体力に不安のある方、もしくはお急ぎの方は、こちらを利用されると良いであろう。一方、右手の交番の前には、地元民が使う生活道路(裏参道)がある。この付近には、掘削工事によって出現した葉山層群の露岩が露出している(第 12 図 b)。

ジオ散歩の後半のルートでは、江島神社の境内に立ち入るので、まずは石段を上り辺津宮に詣でて頂き、見学のお許しを頂くのがよいと思う。辺津宮を出てさらに境内の石段を上る。参道の混み具合にもよるが、中津宮前を通過し概ね 20 分ほどで江の島の頂上に到達できると思う。江の島エスカー(1～3)利用の場合は、途中で 3 回エスカレーターを乗り換えて、5 分ほどで到達できる。ちなみに、下り(帰り)のエスカレーターは設置されておらず、石段を徒歩で下りるか、後述するように遊覧船べんてん丸で片瀬港まで戻るしか選択肢はないので、ご自身の体力、帰宅時間や天候等を考え合わせて、事前に帰りのルートと手段については決めておく方が無難であろう。また、江の島エスカー利用の場合は、島内の有料施設もあわせて利用できるお得なチケットもあるので、窓口やインターネットで確認するとよい。

江の島エスカー 3 の出口に到達したら、周囲を見渡して



第 12 図 (a) 江島神社の大鳥居（朱の鳥居）周辺の風景。(b) 大鳥居右手の裏参道沿いの切り割りに露出する葉山層群の露出。(c) 大鳥居左手にある江の島エスカターの乗り場。(d) 天台山の南斜面に露出する段丘礫層。葉山層群を不整合に覆う。

頂きたい。この付近の標高は 50 ～ 60 m であり、江の島の頂部には比較的平らな段丘面が広がっていることがわかる。一方、弁財天仲見世通りの両側にはこれよりも低い段丘面（標高 25 ～ 30 m）が認められる。これらは、概ね相模台地を作る相模原面群（S1 ～ S5）の下流側に対比できると考えられている（久保，1997；貝塚ほか編，2000）。

江の島で最も高い段丘面は、約 10 万年前頃（MIS 5c）の後期更新世に形成された S1 面（久保，1997；貝塚ほか編，2000），もしくは三浦半島南部の小原台段丘にも対比されている（久保，1997；小池・町田編，2001）。現在のところ関東ローム層と波食棚との間には海成砂層は認められておらず、直接、段丘化した波食棚を覆っているように見える。一般に S1 面は相模川が作った扇状地性の河成面と考えられており、海成面である小原台段丘よりやや遅れて S1 面が離水したと考えられている（第 5 図；久保，1997；貝塚ほか編，2000；佐藤ほか，2021）。

ここで段丘面の高さについて考えてみると、江の島シー

キャンドルの立地する最も高い段丘面（標高 60 m）と、江の島南東端の釜ノ口の大露頭の上端部で見た関東ローム層が覆う波食棚の面（標高 45 m）との間には、関東ローム層の層厚を考慮しても有意な標高差が生じている。そのため、後者を約 8 万年前頃（MIS 5a）に形成された三崎面に対比するといった考え方もある（町田，1973）。

江の島では、先に弁財天仲見世通り右手で見た礫層のような段丘堆積物の露頭が、島内の複数個所で知られている（第 5 図；藤沢の自然編集委員会編，2004）。礫層を構成する礫の大きさは 5 ～ 6 cm くらいであり、相模川上流部に出現するチャートや緑色の火山岩の礫を含むことから、昔の相模川が残した河成礫層と考えられている（藤沢の自然編集委員会編，2004）。その上面は赤褐色の関東ローム層によって覆われている。これらは相模原面群の何れかの河成面に対比される可能性があるが、その詳細はよくわかっていない。

その一方で、約 10 万年に形成された波食棚である小原



第13図 江の島シーキャンドルから見た陸繋砂州(トンボロ)の眺望。砂州の形状は風向きや波浪条件によって日々変化することが知られている。青い矢印は卓越する風波の方向を示す。黄色の矢印は風波によって生じる漂砂の方向を示す。

台段丘の標高が60 mに達していることから、江の島が約6 mm/年に達する早い隆起速度を持つことが理解できる。この値から、江の島が相模トラフ巨大地震によって、繰り返し隆起してきた歴史が容易に想像できよう。

11. 江の島シーキャンドル付近での観察ポイント

ここからは、御岩屋道通りに沿って岩屋洞窟方面に進む。この付近には様々な観光施設が建てられており、観光客で賑わいを見せている。特に江の島サムエル・コッキング苑は1885年(明治18年)英国人Samuel Cockingによって開かれた江の島植物園がリニューアルされてできた有料の観光施設である。ここでは、熱帯性・亜熱帯性の植物を中心として温室で飼育管理されており、季節の花々が咲き誇っている江の島の人気スポットである。

その園内の奥には、高さ60 mの展望灯台である江の島シーキャンドルが聳え立ち、この昇塔料が別途チャージされる。この付近の標高は江の島で最も高く、標高60 mに達し、そこから60 m上方(標高120 m)の展望フロアからは360度のパノラマが堪能できる。東側には鎌倉から三浦半島の海岸を、西側には箱根火山、丹沢山地や伊豆半島の山並みを一望することができるし、天候が良ければ富士山を綺麗に眺望することもできるそうである。

一方、北側に目をやると、江の島弁天橋の脇には、湘南

海岸の海浜砂や境川河口に溜まった土砂が運ばれて陸繋砂州(トンボロ)がつくられている様子を間近に見ることができる(第13図)。

かつての江の島は、干潮時のみ洲鼻と呼ばれる砂州が現れて、対岸の湘南海岸(片瀬)と地続きとなって参拝者は歩いて渡ることができた。もちろん満潮時には砂州が水没するため、賃金を支払い人足に背負ってもらって、海を渡ったそうである。その後、1910年(明治43年)に、有料の木製棧橋ができた(第2図b)。さらに、現在のようなコンクリート製の江の島大橋ができたのは、1958年(昭和33年)のことであった。

1923年(大正12年)大正関東地震によって江の島全体が0.7～1.0 mほど隆起したことが知られており(松田ほか, 2015)、それ以降は常時地続きの陸繋砂州(トンボロ)が維持されるようになったと言われている。砂州の形状は、対岸の境川河口付近の港湾工事により大きく変遷し、満潮のときのみ冠水した時期、常時陸続きとなった時期と様々あるようで、さらに砂州の位置も年々移動していると地元の方からはお聞きしている。

干潮時次第では、帰路の途中に江の島弁天橋中間点(遊覧船べんてん丸乗り場)から片瀬海岸に立ち寄って、陸繋砂州(トンボロ)を直接観察してみるのも良いかもしれない。



第 14 図 山二つ展望台付近の風景。(a) 山二つの展望台から見た関東ローム層の露頭。(b) 上位から、箱根三色旗軽石 (Hk-SP テフラ)、東京軽石 (Hk-TP テフラ)、三浦軽石 (Hk-MP テフラ) が確認される。(c) 山二つ展望台から深い谷底を望む。長磯と呼ばれる波食棚と海蝕溝が見える。(d) 山二つ展望台から御岩屋道通り (西方) を望む。

12. 山二つ展望台付近での観察ポイント

江の島サムエル・コッキング苑を出て、御岩屋道通りを西に向かってしばらく進むと、“山二つ”展望台に到達する。ここは見晴らしが良く、好天時には伊豆大島を展望することができる。手前には長磯と呼ばれる江の島最大級の隆起した波食棚を見下ろせる (第 14 図 c)。

西側の谷を見下ろすと、江の島が大きく二つに括れていることが読み取れ、それが「山二つ」という地名の由来となっている。この谷地形の成因として、葉山層群中に発達する NNW-SSE 系の正断層 (山二つ断層) が、波浪の作用によって侵食されてきたと考えられている。実はこの侵食作用は、後で述べる岩屋洞窟の成因にも関わってくる。

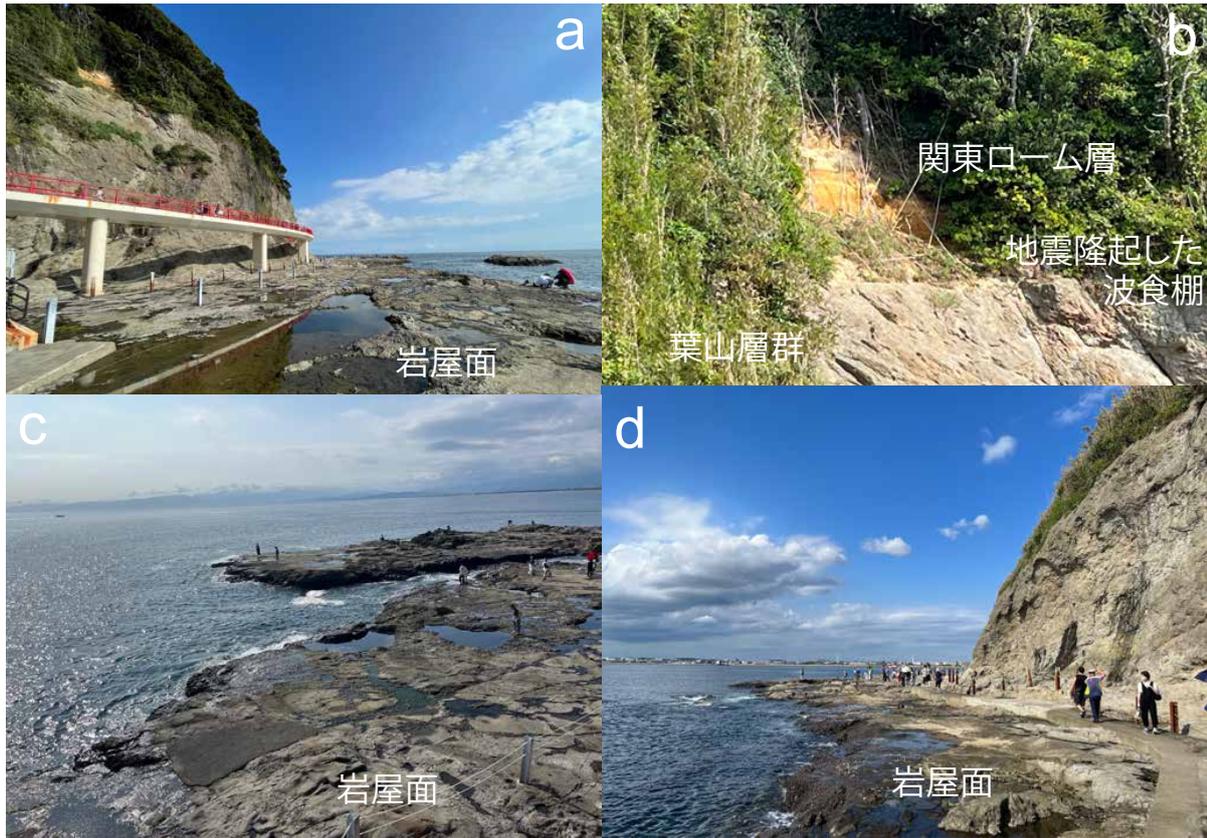
山二つ展望スペース付近の参道沿いの崖には、関東ローム層が露出している。観光客の人通りが途切れたタイミングを見計らって、露頭に近接して観察してみると、其処には 3 層の特徴的な軽石層が認められる。いずれも白～黄色の軽石層であるが、特に中央の厚い軽石層がもっとも目立つ。この厚さ 30～70 cm の軽石層は、約 6.5 万年前に降

灰した東京軽石 (Hk-TP テフラ) と同定されている (藤沢の自然編集委員会編, 2002)。東京軽石は南関東の広い範囲で確認されており、武蔵野ローム層の示準テフラとして広く知られている (笠間, 2008)。この露頭では、東京軽石から 45 cm ほど下位に、厚さ 10 cm の黄白色の軽石層が見られる。これは黒い粒の入り方や粒の大きさ、東京軽石との層位関係から三浦軽石 (Hk-MP テフラ; 笠間, 2008) と推定されている (藤沢の自然編集委員会編, 2002)。一方、東京軽石の上方には三色旗軽石 (Hk-SP テフラ; 笠間, 2008) が認められる。これらは何れも箱根火山のカルデラ噴火に由来する降下軽石層である。

13. 江の島西岸、稚児ヶ淵付近での観察ポイント

山二つ展望灯台から御岩屋道通りをさらに西に進み、奥津宮前を通過する。ここから石段を下り、西海岸の稚児ヶ淵を目指す。

江の島の西海岸は、先ほど釜ノ口で見たものと同じ、葉山層群の凝灰質砂岩層が広域に露出している。海蝕崖の大



第15図 江の島西岸，稚児ヶ淵付近の風景。(a, b) 葉山層群の露頭上面に，オレンジ色の関東ローム層が載っている。(c) 稚児ヶ淵付近の離水した波食棚である岩屋面。遠くに伊豆半島が見える。(d) 稚児ヶ淵北端に設置された遊覧船べんてん丸の船着き場。

露頭の上部を詳しく見ると，ここでも葉山層群の露頭上部が平らに波食され，その上を関東ローム層が覆っている産状が確認できる(第15図 a, b)。なお，関東ローム層基底の波食棚の面の高さを，地理院地図を用いて確認してみると，標高45mであった。

一方，切り立った崖，即ち海蝕崖に囲まれ，此处にも離水した波食棚が発達している(第15図 c, d)。これらも岩屋面对比されている完新世の海成段丘である(松田ほか，2015)。

14. 江の島南西岸，岩屋洞窟付近での観察ポイント

岩屋洞窟は，遊歩道の終点にある海蝕洞である。江島神社は，欽明天皇の勅命で，洞窟内に神様をお祀りしたのが創始であると言われている。段丘面上に建立された奥津宮は，かつて岩屋洞窟に海水が入りこんでしまう4月～10月までの間，洞窟内に祀っていたご本尊を遷座されたところであったとされている。現在は当時より隆起しているため，洞窟への海水流入は認められない。

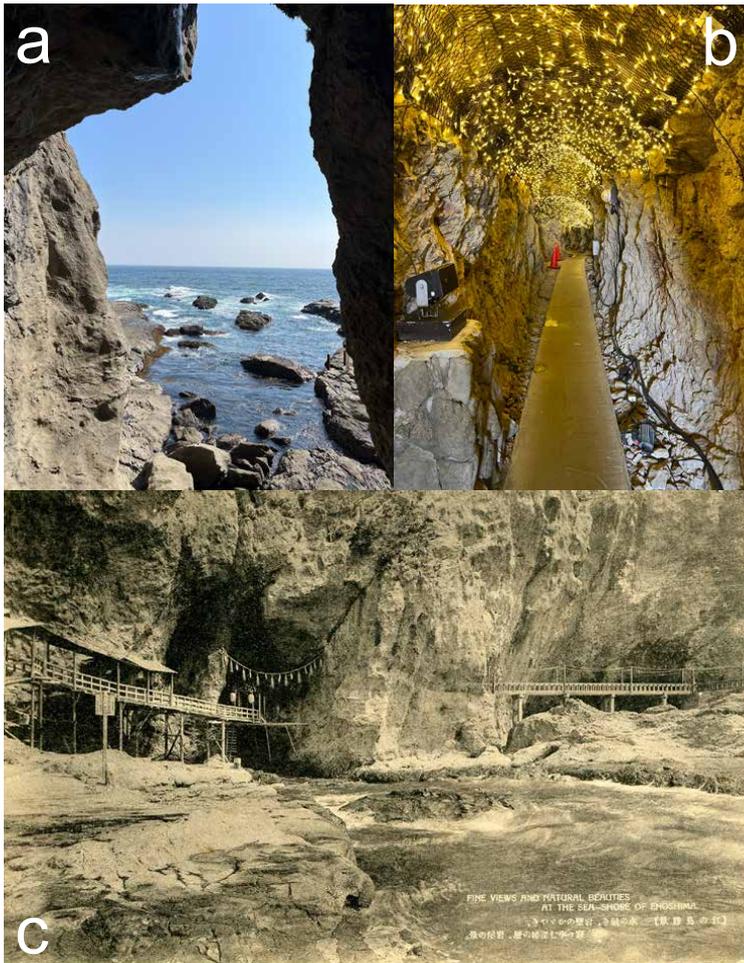
岩屋洞窟は2本あり，長い方が第一岩屋(長さ152m)，

短い方が第二岩屋(長さ56m)と呼ばれている(第16図)。これらの洞窟は，葉山層群中に発生した断層に沿って波食が進行することによって発生したと考えられており，発生したのは現在より海面高度が2～3mほど高かった7000年ほど前の縄文海進時と推定されている(今永，1975)。

ここで，釜ノ口の手蝕溝や山二つ展望台から見下ろした谷地形を思い出して頂きたい。即ち，岩屋洞窟の場合，海蝕崖の下部にあった断層に沿って波浪による侵食が進み，海蝕洞ができたのである。さらに侵食が著しくなると，海蝕洞の上面が重力崩壊し，谷状の窪みとなったのである(今永，1975)。Google Earthや地理院地図で見ると，島の中央部に島を東西に分断する山二つ断層に沿った大規模な谷地形(山二つ)が認められる。

江の島の住民は，山二つ断層より東方の山塊を東山，西方を西山と呼んでいる。東山の北東部にはNW-SE方向の平行する3本の正断層と，それに直交する共役断層が想定され，本島の地形・地質をより複雑にしている(第6図)。このような正断層系は，現在のフィリピン海プレートによる圧縮応力場で生じたものと理解されている。

岩屋洞窟での観察を終えたら，帰路につこう。私からの



第16図 岩屋洞窟の風景。(a) 断層起源を示す江の島岩屋の入り口の形状。(b) 電飾された洞窟内部の状況。洞窟の壁面には、葉山層群の露出が認められる。(c) 昭和戦前に撮影された江の島岩屋の木製栈橋。藤沢市文書館の所蔵する絵葉書「FINE VIEWS AND NATURAL BEAUTIES AT THE SEA-SHORE OF ENOSHIMA【江の島勝景】水の動き、岩壁のかどやき、寂々孕む深秘の層。岩屋の景」(文書館文書 6103_05/(202007)_b)を転載した。

お薦めは、岩屋から稚児ヶ淵まで戻り、遊覧船べんてん丸で片瀬方面にダイレクトで帰るルートである。もしこの船に乗船できれば江の島弁天橋中間点まで10分程度で帰ることができ、しかも船上からは、江の島の北岸や湘南海岸を広く見渡すことができる。但し、運航は天候や海況にも左右され、不定期である点は注意が必要である。

もし船便がない場合は、御岩屋道通りを戻り、石段を下りて、江の島観光案内所前まで戻ることになる。この間の所要時間は40分ほどであるが、特に観光客が多い時期は遊歩道や石段が混むので、所要時間の見積もりは難しい。この場合は、山二つの展望付近から左折して、主に島民が利用する裏参道を利用して大鳥居横に到達する選択肢が有効である。

15. なぎさの体験学習館での観察ポイント

帰宅までにお時間がある方は、湘南海岸(西浜)に面した新江の島水族館に付属する無料施設であるなぎさの体験学習館に立ち寄ることをお薦めする(第17図a)。江の島弁天橋の北詰からは徒歩で5分ほどである。

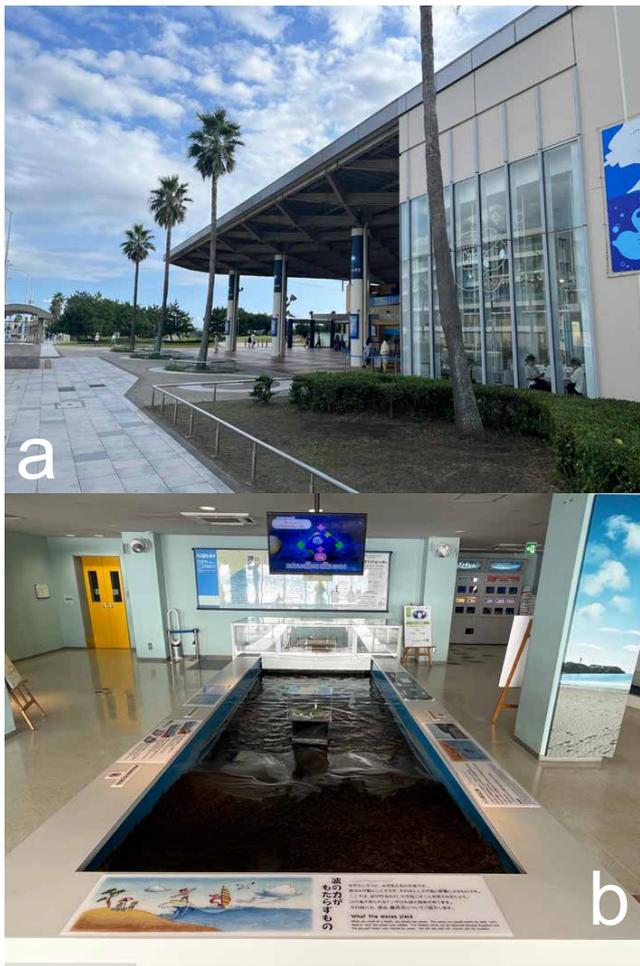
なぎさの体験学習館は、湘南のなぎさとふれあい、なぎさの大切さを「知る」、「学ぶ」、「考える」、「行動する」ことをコンセプトとする体験型の学習施設である。この館の二階は湘南体験ゾーンとなっており、フロアからは江の島や湘南海岸(西浜)のビーチが見渡せる。

なぎさの体験学習館の展示では、特に波動実験水槽を使ったトンボロの再現実験がお薦めである(第17図b)。また、飛砂体験施設もある。下記のURLに子細な情報があるので関心がある方はご参照頂きたい(<https://360navi.com/kanagawa/enoshima/nagisa-taiken/> 閲覧日：2024年3月19日)。

なぎさの体験学習館から小田急片瀬江ノ島駅までは、徒歩5分ほどで到着できる。

16. 最後に…江島縁起が示す自然災害について想像してみよう!

冒頭で述べたとおり、江島縁起には、“欽明天皇13年(西暦552年)4月13日真っ黒い雲が天空を覆い、深い霞が立ち込め、大地震が10日も続いた後、雲の上から弁



第 17 図 新江の島水族館となぎさの体験学習館。(a) 新江の島水族館の正面入り口。(b) なぎさの体験学習館の二階に設置されたトンボロ再現実験水槽。

天様が従えた四天王や風神雷神が空から石を降らせ、海からは真っ赤な火柱とともに岩が噴き出して江の島は誕生した。”との記述がある。

地質学的知見に基づいて検討するならば、江の島頂部を覆う箱根火山から噴出した東京軽石(Hk-TP テフラ)は、約 6.5 万年前に降灰したことが知られている。また、東京軽石に覆われた波食棚起源の小原台段丘が離水したのは、約 10 万年前と推定されている。よって、江の島が初めて島として陸上に出現したのは、今から 1472 年前(平安時代中期)では無く約 10 万年前の後期更新世であったと推定するのが妥当であろう。

一方、江の島の基盤は中期中新世に相模トラフ変動帯で形成された付加体(葉山群)であって、海底火山活動はこの島の成因としては想定しがたい。むしろ、このような海底火山活動があったのは、伊豆半島ならびに伊豆大島付近であった筈である。よって厳密に言えば、江島縁起の伝承の信憑性は低いと考えるのが妥当であろう。

但し、他の古文書の記載を参照した場合、平安時代中期には、大地震による島の隆起や富士山の噴火で火山灰や軽石が降ってきたとする記録は複数存在する。またこれらの火山噴火は相模トラフ巨大地震によって、誘引されたと読み替えることも可能であろう。さらに述べると、この地震によって江の島を取り囲む波食棚が大規模に離水したと考えることも十分あり得る話である。前述したとおり、岩屋面が離水した時期は、おそらく鎌倉時代以前に発生した地震によるものと推測されているのが現状なのである。私見として、江島縁起が誕生した理由は、“湘南海岸を度々襲ってきた相模トラフ巨大地震ならびに富士山や箱根火山の噴火に対する警戒心が、江の島信仰と結びついてこの島の伝承になっていったのかもしれない。”と想像している。

江の島は湘南海岸屈指の著名な観光地であり、コロナ禍明けした現在では、鎌倉観光と合わせて国内外の観光客でにぎわいを見せている。“景勝地に露頭あり!”と言われるように、観光地ゆえに見過ごしがちな、地質学・地形学的に興味深い露頭が多数存在する。今後も、有名観光地でのジオ散歩ルートを提案し、GSJ 地質ニュースの読者のみなさまにご紹介できればと考えている。

謝辞: GSJ 地質ニュース編集委員会の皆さまには、原稿推敲のアドバイスを賜った。藤沢市文書館の関係者の皆さまには、大正関東地震以前に撮影された江の島沿岸の資料の転載を許可して頂いた。地質情報研究部門の佐藤善輝主任研究員には、江の島周辺の段丘地形についてご教示頂いた。上記の皆さまに対し、厚く御礼申し上げる次第である。

文 献

- 青木 久・水戸部恭平・遠西篤治 (2022) 砕波後の波が作用する波食棚の形成高度—静岡県下田海岸と神奈川県江の島海岸の事例—。東京学芸大学紀要, 人文社会科学系Ⅱ, 73, 17-24.
- 蛸子貞二・柴田健一郎 (2012) 三浦半島に分布する中新統葉山層群の再検討。神奈川県立博物館調査研究報告(自然科学), no. 14, 57-64.
- 江藤哲人 (1986) 三浦半島葉山層群の層位学的研究。横浜国立大学理科紀要, 第二類, 生物学・地学, 33, 67-105.
- 江藤哲人 (2003) 江の島の地質ハイキング。神奈川の自然をたずねて, 築地書館, 102-107.
- 藤沢の自然編集委員会編 (2002) 藤沢の自然 4 ふじさわの大地—一人々の暮らしと自然—。藤沢市教育文化セン

- ター, 160p.
- 藤沢の自然編集委員会編 (2004) 藤沢の自然 5 みどりの江の島. 藤沢市教育文化センター, 114p.
- 今永 勇 (1975) 江ノ島の海蝕地形について. 神奈川県立博物館研究報告, 自然科学, no. 8, 79-90.
- 貝塚爽平・小池一之・遠藤邦彦・山崎晴雄・鈴木毅彦編 (2000) 日本の地形 4 関東・伊豆小笠原. 東京大学出版会, 349p.
- 蟹江康光 (2012) 三浦半島地質図. 柴田健一郎編集執筆, よこすか大地と生命の歴史, 付図, 横須賀市自然・人文博物館.
- 笠間友博 (2008) 大磯丘陵, 多摩丘陵に分布する箱根火山起源のテフラ. 神奈川県立博物館調査研究報告 (自然科学), no. 13, 111-134.
- 小池一之・町田 洋編 (2001) 日本の海成段丘アトラス. 東京大学出版会, 122p.
- 久保純子 (1997) 相模川下流平野の埋没段丘からみた酸素同位体ステージ 5a 以降の海水準変化と地形発達. 第四紀研究, 36 (3), 147-163.
- 町田 洋 (1973) 南関東における第四紀中・後期の編年と海成地形面の変動. 地学雑誌, 82 (2), 53-76.
- 松田時彦・松浦律子・水本匡起・田力正好 (2015) 神奈川県江の島の離水波食棚と 1703 年元禄関東地震時の隆起量. 地学雑誌, 124 (4), 657-664.
- 七山 太・重野聖之・石井正之 (2023) 武蔵野台地 (山の手) の地質断面とそこから読み解ける地形発達史—世田谷区, 等々力溪谷でのジオ散歩のススメ—. GSJ 地質ニュース, 12, 336-349.
- 小田原 啓 (2020) かながわ露頭まっぷ〜江の島〜. 神奈川県温泉地学研究所観測だより, no. 70, 25-28.
- 小川勇二郎 (2004) 葉山—嶺岡帯と房総半島. 伊豆・小笠原弧の衝突—海から生まれた神奈川県, 藤岡換太郎ほか編, 有隣堂, 159-168.
- 長田敏明 (1992) 波と潮のながれと地殻変動の産物—江の島の自然をさぐる—. 神奈川の自然をたずねて (日曜の地学 20), 築地書館, 158-167.
- 小沢 清・江藤哲人 (2005) 神奈川県中・東部地域の大深度温泉井の地質および地下地質構造. 神奈川県温泉地学研究所報告, 37, 15-38.
- 佐藤善輝・水野清秀・久保純子・中島 礼 (2021) 相模川下流平野における第四紀地下地質と埋没段丘面分布. 海陸シームレス地質情報集, 相模湾沿岸域, 海陸シームレス地質図 S-7.
- 鈴木 進・蟹江康光 (2012) 神奈川県南東部に分布する中新統三浦層群三崎層の放散虫化石年代. 神奈川県立博物館調査研究報告 (自然科学), no. 14, 117-126.
- 高橋雅紀 (1998) 房総半島に分布する海成中新統に挟在するスコリアの起源とテクトニックな意義. 地質調査所月報, 49 (4), 157-177.
- 高橋直樹・柴田健一郎・平田大二・新井田秀一 (2016) 葉山—嶺岡帯トラバース. 地質学雑誌, 122 (8), 375-395.
- 都司嘉宣 (1981) 元禄地震・津波 (1703-XII-31) の下田以西の史料状況. 地震第 2 輯, 34 (3), 401-411. doi:10.4294/zisin1948.34.3_401

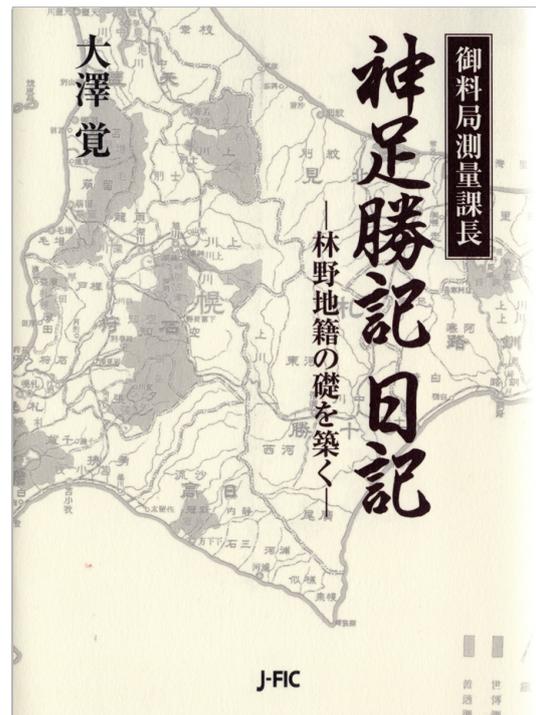
NANAYAMA Futoshi, SHIGENO Kiyoyuki and ISHII Masayuki (2024) Learning about the geography, geology and natural disasters of the Sagami Trough tectonic zone at the scenic spot “Enoshima”: Recommendation for a Geowalk around Enoshima Island, Shonan Coast, Kanagawa Prefecture, Japan.

(受付: 2024 年 2 月 5 日)

御料局測量課長 神足勝記日記 —林野地籍の礎を築く—

大澤 覚 [編著]

日本林業調査会
発売日：2023年12月
定価：22,000円（税込）
ISBN：978-4-88965-276-5
A5判，上製
704ページ



いまでは御料局と言っても知らない人が多いと思うが、日本の国土の約7割は森林で、その約3分の1を占める国有林を管理していた宮内省御料局（現農林水産省林野庁）を指す言葉である。その御料局の初代測量課長であった神足勝記（1854-1937）の全日記がこのほど公刊された。神足は、御料局勤務の前、1879年～1891年には、内務省地理局地質課－農商務省地質調査所に所属して地形測量に従事していたので、地質調査所－産総研地質調査総合センターの大先輩でもある（佐藤，1983）。

著者の大澤氏は、法政大学大学院を経て、明治－戦前期の皇室財政を専門的に研究している研究者であるが（大澤，1992，1995），このほど、神足勝記の孫である神足勝浩氏から託された膨大な日記類を約20年の歳月をかけて丹念に読み解き、その足跡を明らかにした。

大澤氏はまた、神足勝記日記と一緒に保管されていたノート類の中に、1882年の長野県－石川県地域の磁力観測にあたって、地質調査所技師長E. ナウマンが神足に与えた手書きの指示書を発見し、その翻刻、訳出を試みた。そして、その文書の取り扱いについて地質調査総合センターに相談した結果、ナウマンについて研究実績のある矢島道子・山田直利の両名を紹介され、結局、大澤・山田・矢島の連名で記事をまとめ、本誌に発表している（大澤ほか，2021）。

さて、本書は700ページにも及ぶ大著であるが、日記そのものの前にかかなりのページ数を割いて「解題」が付け

られているので、それに従って紹介したい。

解題は、「Ⅰ. はじめに」で本書編成の経緯が、「Ⅱ. 皇室財産設定のはじまり」で御料地形成の発端が、「Ⅲ. 内務省・農商務省巡回」で御料地選定過程が、「Ⅳ. 御料局」でその形成過程が、「Ⅴ. 三つの会計法令」で皇室財産・収入の性格規定などが、「Ⅵ. おわりに」で本書に先立つ時代としての神足の生立ちが、それぞれまとめられている。

解題Ⅰでは、まず著者が本書を執筆する動機となった『孤高の道しるべ』（上條，1983）について触れている。この本の第3章「神足勝記と地質調査所の測量」には、神足の功績や伝記が詳しく記されているが、著者はその記述がややもすれば「測量登山」という面に偏り、現実の測量事業そのものが書かれていない点に不満をもち、もう一度回顧録と日記から神足の活動をとらえ直す必要を感じたという。（紹介者感想：同書の第4章「神足勝記と御料林の測量」には神足が中心となって行った御料林測量事業の詳しい記述があるので、それも引用して欲しかった）。

解題Ⅱでは、皇室財産設定の基準となった「帝室御基本書類」によると、御料林は1881年の内務省より各府県の200町歩（約2,000,000 km²）以上の原野荒蕪地を皇室付属とする通達に始まるといわれる。これ以降、内務省地理局と各府県との間で、該当する地域の評定が行われ、これらが御料地に編入されていったという。

解題Ⅲでは、上記の評定のために内務省地理局地質課－農商務省地質調査所もある役割を演じた可能性があると



て、神足が山梨県に 1880 年代に 3 回も巡回したことを取り上げている（紹介者感想：この巡回が御料地評定に関連したものかどうかは、さらに検討が必要であろう）。

解題Ⅳでは、1885 年に宮内省に御料局が設置され、御料地・御料林編入のために 1891 年に測量課が新設された経緯が書かれている。

解題Ⅴでは皇室会計令、帝室会計法、皇室会計法の説明がなされている（略）。

解題Ⅵでは、神足の誕生（嘉永 7 年（1854 年）9 月 9 日）- 熊本藩校「時習館」入学 - 熊本藩貢進生として大学南校独逸語学科入学 - 東京開成学校鉱山学科卒業という神足若年期の履歴が紹介され、「踏査測量事業進捗表」と「神足勝記履歴」の 2 資料が付けられている。

解題のつぎに本書の中核である日記が続く。その内容は、第 1 章御料局入局前、第 2 章御料局入局後、第 3 章退局後の 3 部からなり、付帯資料として御料局関係者の詳細な「人名録」が付けられている。日記は市販の日記帳の見開きで 2 日分、1 年で約 200 枚、それが 60 年分であったので、コピーをするだけでも大仕事であった。それらはすべてパソコンに入力、整理された。日記の重要な局面では詳しい注と関連資料が付けられている。

日記第 1 章では、和田維四郎の斡旋により内務省地理局地質課に入ってから、農商務省地質調査所時代におよぶ神足の活動が読み取れる。1879 年 4 月に書き始められた日記は、飛び飛びに、1890 年 10 月まで続く。そのほとんどは「巡回」という名の地形測量である。この期間に神足は、関東・静岡地区の地形測量、40 万分の 1「大日本帝国予察東部」・「同中部」・「同西部」・「同西南部」の地形測量および 20 万分の 1 地質図幅の地形測量（「伊豆」・「静岡」など多数）を行っている（久松、1956）。

日記第 2 章は、1891 年 5 月、御料局長品川弥二郎からの強い懇願により、宮内省御料局へ転任となり、新設の測量課長に就任するところから始まり、日記はここからほとんど毎日のように書かれている。この期間に神足は新測量課長として「御料局測量準則案」を起草し、1894 年には「御料地測量規定」を策定している。これ以降、神足は御料局各支庁の管内巡回を行い、御料地の面積、境界、地形などの調査、測量を行った。1917 年 6 月、病重く、辞意を表明し、担当事務を後任課長鈴木民作に引き継いだ。

日記第 3 章では、退官後、1937 年 7 月 7 日に享年 82 歳で永眠するまでの活動が記されている。

以上、本書の筋書きに従い、その概要を紹介した。本書は日本の国有林測量事業についての貴重な資料提供であるばかりでなく、各地方の測量史や郷土史研究にも活かされるものと考えられる。

なお本書の冒頭には、古武士を想起させる晩年の神足勝記の写真と、北海道・本州の代表的な御料地位置図 13 図が添えられている。後者は大正 7 年刊帝室林野管理局統計書（帝室林野管理局、1918）の付図から複製されたものであるが、普段私共が見る機会の少ない貴重な地図であり、大小さまざまな規模の御料地が、それぞれ 200 町歩の林地まで、正確に表示されている。なかでも「長野県・静岡県・岐阜県の御料地」位置図は、木曾・赤石・飛騨などの広大な御料地を含んでおり、紹介者が地質調査所の先輩方（すべて故人）と共に、1950 年代から数 10 年かけて 5 万分の 1 地質図幅の調査を行った地域とも重なっている。これを見ていると、当時営林署の各事業所でお世話になりながら国有林地帯を踏査したことを思い出す。国有林を管理していた営林署（現森林管理局）関係各位の協力なくしては地質図幅事業も成り立たなかったのであり、今後も同じことがいえるだろう。

文 献

- 久松将四郎（1956）地質調査のための測定の歴史（その 1）。地学雑誌，65，89-99。
- 上條 武（1983）孤高の道しるべ 穂高を初縦走した男と日本アルプス測量登山。銀河書房，塩尻，597p。
- 大澤 覚（1992）明治期皇室財政統計。法政大学日本統計研究所，町田，278p。
- 大澤 覚（1995）戦前期皇室財政統計。法政大学日本統計研究所，町田，206p。
- 大澤 覚・山田直利・矢島道子（2021）「ナウマンから神足勝記への指示書」の発見とその意義。GSJ 地質ニュース，10，314-321。
- 佐藤博之（1983）先人を偲ぶ（2）。地質ニュース，no. 347，28-44。
- 帝室林野管理局（1918）大正 7 年刊帝室林野管理局統計書。帝室林野管理局，東京，121p。

（地質調査所元所員 山田直利）

プレートテクトニクスがつくる

なぞの温泉

しん ぶ りゆう たい

「深部流体」

2024年

4月23日^火

~9月1日

日本ではたくさんの温泉が湧き出ていますが、起源の分からない“なぞ”の水が存在します。研究の結果、プレートの沈み込みが深く関わる「深部流体」であることが明らかになりました。近年の研究から見えてきた深部流体の“なぞ”にせまります。

開催場所：地質標本館 1階ホール

開館時間：9時30分～16時30分

休館日：毎週月曜日（休日の場合は翌平日）

入場
無料

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
地質調査総合センター



GEOLOGICAL MUSEUM

地質標本館



〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-1
TEL: 029-861-3750, 3754 <https://www.gsj.jp/Muse/>

GSJ 地質ニュース編集委員会

委員長 中島 礼
副委員長 戸崎 裕貴
委員 竹原 孝
児玉 信介
草野 有紀
宇都宮 正志
山岡 香子
森尻 理恵

事務局

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
地質調査総合センター
地質情報基盤センター 出版室
E-mail : g-news-ml@aist.go.jp

GSJ 地質ニュース 第13巻 第5号
令和6年5月15日 発行

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
地質調査総合センター

〒305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1
中央事業所 7 群

印刷所

GSJ Chishitsu News Editorial Board

Chief Editor : NAKASHIMA Rei
Deputy Chief Editor : TOSAKI Yuki
Editors : TAKEHARA Takashi
KODAMA Shinsuke
KUSANO Yuki
UTSUNOMIYA Masayuki
YAMAOKA Kyoko
MORIJI Rie

Secretariat Office

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology
Geological Survey of Japan
Geoinformation Service Center Publication Office
E-mail : g-news-ml@aist.go.jp

GSJ Chishitsu News Vol. 13 No. 5
May 15, 2024

Geological Survey of Japan, AIST

AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1, Higashi, Tsukuba,
Ibaraki 305-8567, Japan

北見神威岬に露出するイドンナップ帯北端の現地性緑色岩

[cover photo](#)



北見神威岬は、オホーツク海に突き出す岩峰の岬である。この岬を廻るルートは、開拓時から斜内山道と呼ばれ、陸路の難所として知られていた。1985年まで旧国道238号線に沿って国鉄興浜北線が通過していたが、現在でも灯台と道路の間に、廃線跡を追跡できる。枝幸山地には、白亜紀付加体とされるイドンナップ帯北端の混在岩相が広域に露出する。特に岬周辺には、未固結の堆積物中に注入した厚層の現地性緑色岩が観察され、海嶺玄武岩起源と推定されている。この緑色岩は堅牢で波食に強いいため、現在も岬をなしているであろう。（写真・文：七山 太 産総研地質情報基盤センター／ふじのくに地球環境史ミュージアム）

The *in situ* greenstones in northern edge of the Itonnappu belt exposed around Cape Kitami-Kamui, Northeastern Hokkaido, Japan.
Photo and caption by NANAYAMA Futoshi