

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。

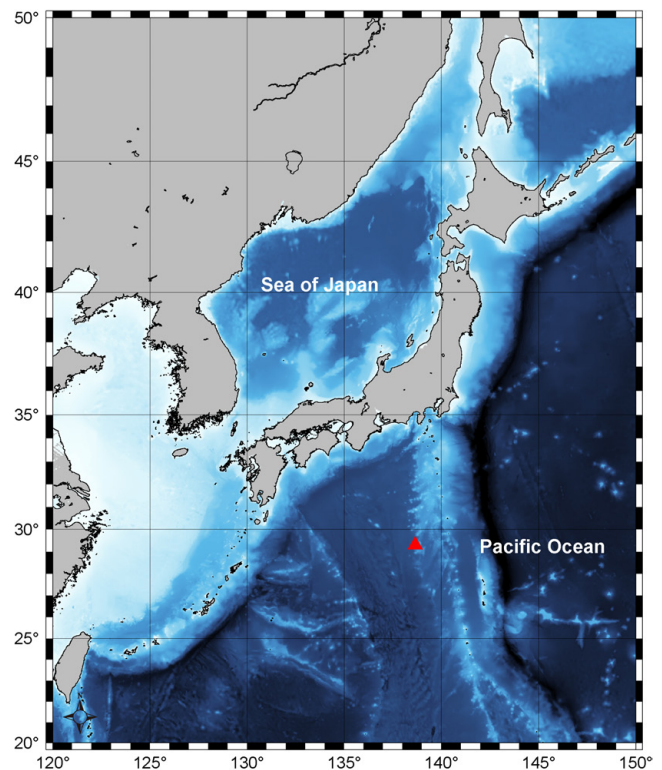
Williams and Alderslade (2011)によって、4種 (*Anthoptilum lithophilum* Williams and Alderslade, 2011, *A. gowlettolmesae* Williams and Alderslade, 2011, *A. decipens* Thomson and Henderson, 1906, and *Calibelemnon francei* Williams and Alderslade, 2011)が岩場生息性のウミエラ類であることが記されました。岩場生息性のウミエラ類は、吸盤状の柄部を用いることで岩場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。

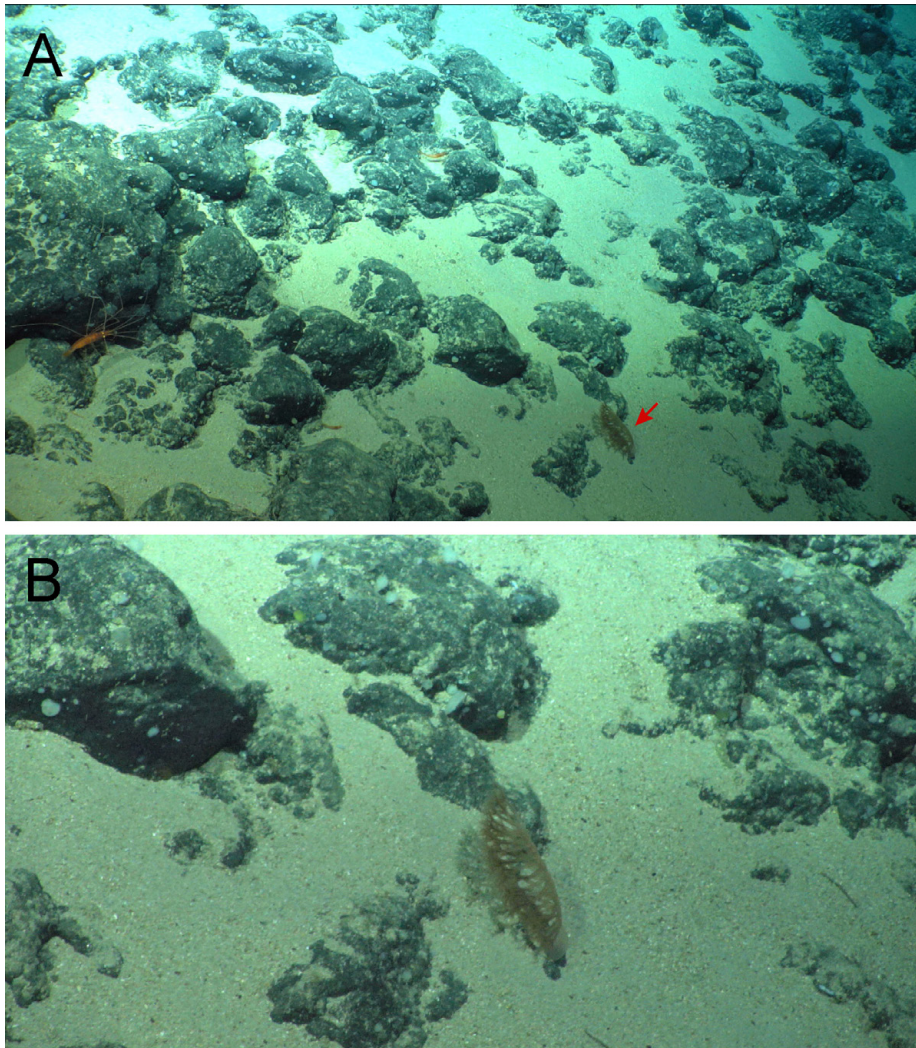
1) 立正大学 地球環境科学部 〒360-0194 埼玉県熊谷市万吉1700

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

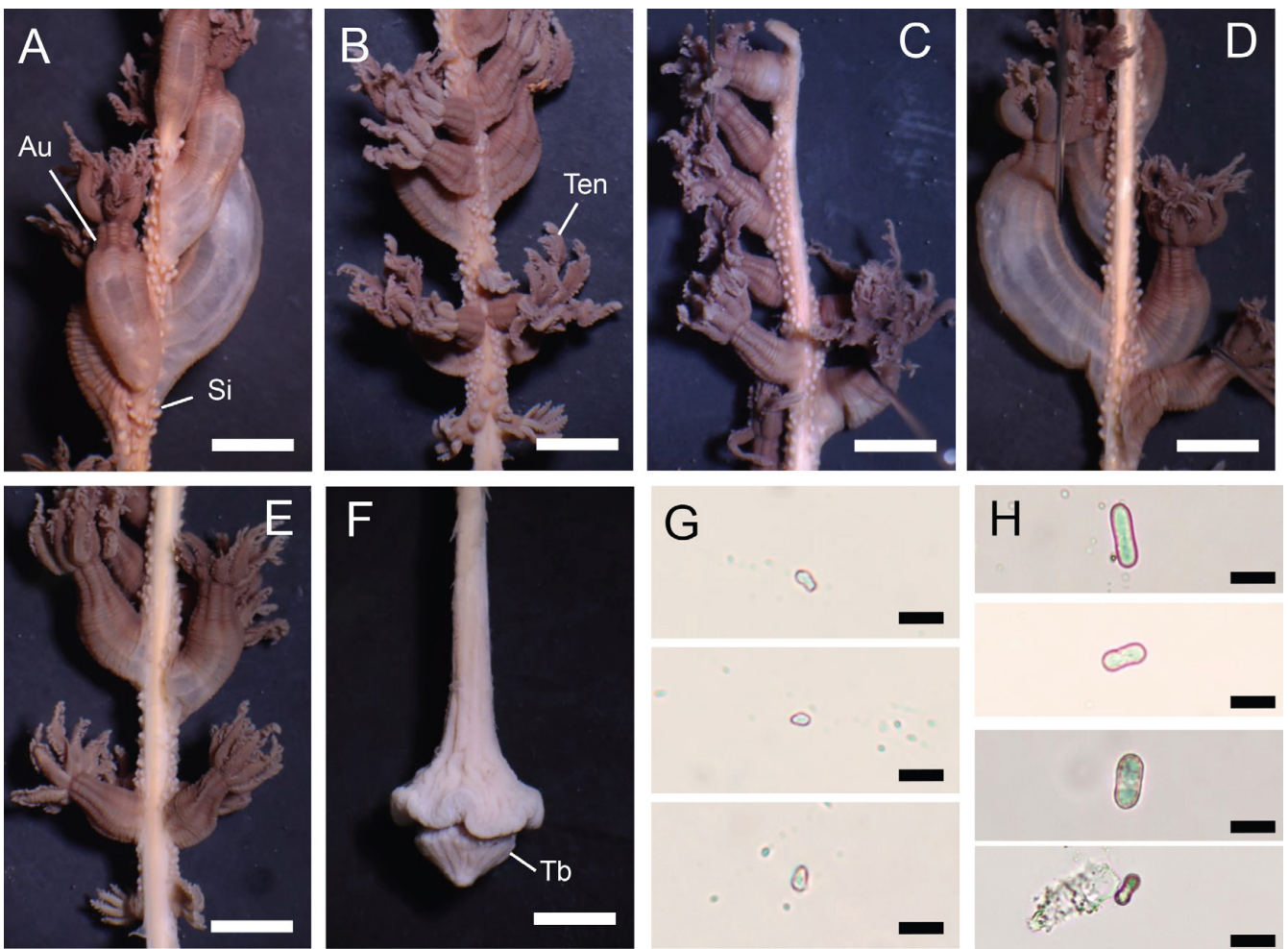
独立して起きたと考えられます。この結果は、祖先形質の復元解析でも支持されました(第6図)。

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。

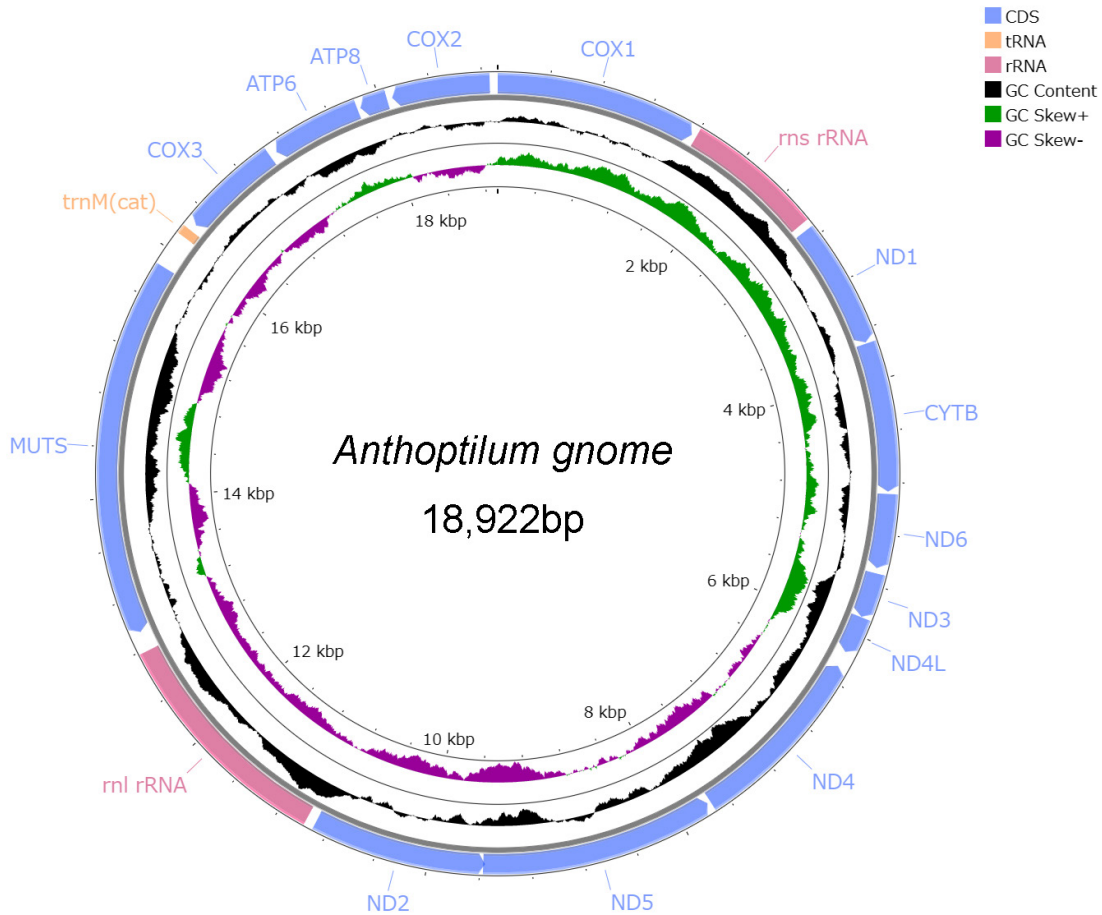
まず1番目の理由としては、ミトコンドリアゲノムの遺伝子配置が挙げられます。ウミエラ上科において、クレード1が最も多様なミトコンドリアゲノムの遺伝子配置を有していることが示唆されています(Hogan *et al.*, 2023)。多くのウミエラ類は、gene order A と呼ばれる遺伝子配置を示すことが知られていますが、ツルウミサボテン類は gene order B の遺伝子配置を示します(Hogan *et al.*, 2019)。ノームツルウミサボテンの遺伝子配置は、他のツルウミサボテン類と同様に gene order B を示しました。これまでの先行研究では、イソギンチャク類、ナマコ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

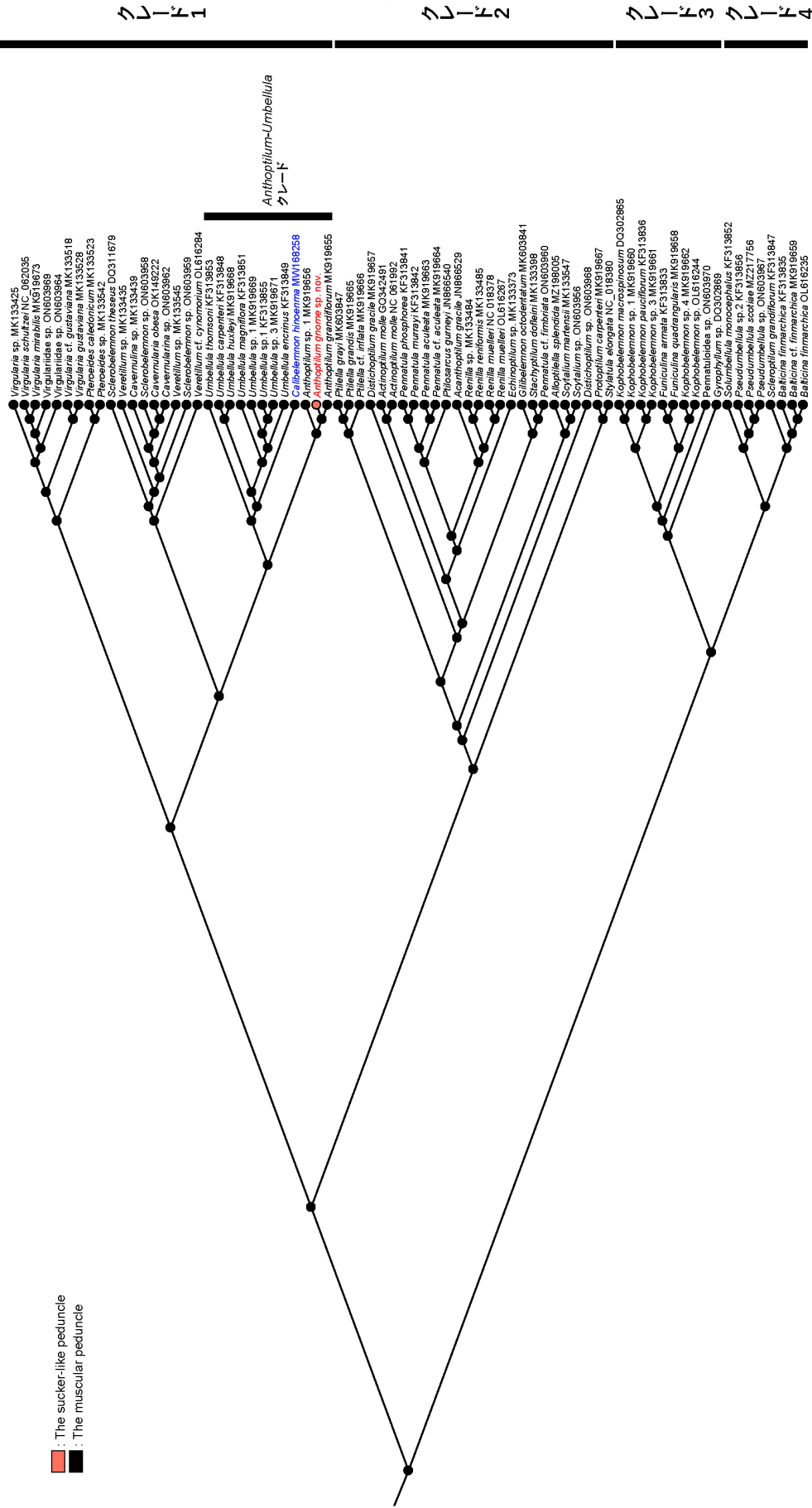
類, 甲殻類などのさまざまな分類群で, 遺伝子配置がエネルギー代謝, 低酸素環境への耐性, 高水圧への適応等に関与していることが示唆されてきました (e.g. Zhang *et al.*, 2018, 2021). ウミエラ類の場合は, 遺伝子配置の多様化は主に深海性の分類群で見られています (Hogan *et al.*, 2019). 加えて, クレード 1 のウミエラ類の進化史において, 比較的頻繁な生息水深帯の変遷が起きていることが示されており (Kushida *et al.*, 2022), ミトコンドリアゲノム上の遺伝子配置の多様性には, ウミエラ類の代謝機能や生息水深帯の多様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



第6図 群體柄部に着目した祖先形質の復元。丸の色は柄部の特徴を示す。黒：筋肉質の柄部、赤：吸盤状柄部。ノームツルウミサボテン(赤字)は Anthoptilium-Umbellula クレードに位置する。吸盤状柄部が報告されているフタゴウミサボテンモドキ属に含まれる Calibellemnon hinoenma エウレイフトゴウミサボテンモドキ(青字)とノームツルウミサボテンは、両者ともクレード1に位置する。

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)