

Taxonomic Notes

日本沿岸に出現するガンガゼ属3種の見分け方

How to distinguish three sea urchin species of the genus *Diadema* in Japan

張 成年

Seinen Chow

National Research Institute of Fisheries Science, Japan Fisheries Research and Education Agency, 2-12-4 Fukuura, Kanazawa, Yokohama, Kanagawa 236-8648, Japan
e-mail: chow@affrc.go.jp, Tel: +81-45-788-7620.

ガンガゼ科 (Diadematidae) のガンガゼ属 (*Diadema*) ではガンガゼ (*D. setosum*) とアオスジガンガゼ (*D. savignyi*) の2種だけが日本沿岸に分布するものと考えられてきた。しかし近年の遺伝学的手法を用いた汎世界的な調査によって、これらの他に熱帯性の *D. paucispinum* が沖縄で、また *Diadema*-sp と暫定的に名付けられた未記載種が九州と本州で確認された (Lessios et al. 2001)。前者は沖縄で2個体検出されたにすぎないが、後者は九州と本州で10個体検出されている。アオスジガンガゼは沖縄では普通にみられるが、この調査では本州で1個体のみ確認されただけで、明らかに本州ではアオスジガンガゼより *Diadema*-sp のほうが多い。

その後の遺伝学的、形態学分析によって、*Diadema*-sp は長い間アオスジガンガゼと混同されてきた別種であることが明らかになり、「アラサキガンガゼ」の和名もつけられた (Chow et al. 2014, 2016)。本種は昭和初期に池田が *D. clarki* として新種記載したものの (Ikeda 1939)、棘皮動物の分類における当時の世界的権威であったデンマークのモルテン

セン (Theodor Mortensen) が疑問視したことで無効名になっていたものである (Mortensen 1940)。ガンガゼ属における形態学的な種の同定はかなり難しく、産地が不明かつ固定されて色彩が失われた標本だと形態による同定はほぼ不可能である。アラサキガンガゼが新種記載された時もその色彩が決め手になっており、色彩を失った固定標本はモルテンセンの目にはガンガゼの変異個体としか映らなかったようである。ガンガゼ、アオスジガンガゼ、アラサキガンガゼの3種は生時での水中画像で簡単に判別できるので、フィールド調査で利用されることを視野に入れ、判別法を紹介、解説する。

ガンガゼ (*D. setosum*) (Fig. 1, Fig. 2A-E)

Fig. 1 に上から眺めた場合のガンガゼの裸殻 (Fig. 1A) と生時の水中画像 (Fig. 1B) を示した。小孔が沢山並んでおり棘の基部である疣状突起が肛門近くまである部分が歩帯、小孔が無く赤道面付近以下に疣状突起のある部分が間歩帯である。間歩帯の赤道面から肛門部までには棘が無く、間歩帯ごとに1つの

白点と Y 字状に並ぶ青点が見られる (Fig. 1B)。白点の形とサイズは様々であるが、拡大すると三角オニギリ型のものが多い。間歩帯の白点、Y 字状の青点、肛門部のオレンジや黄色のリングの 3 点が揃っていればガンガゼと判断できる。棘の色彩は全体が黒色 (Fig. 2A) や緑色系 (Fig. 2B, C)、あるいは白色 (Fig. 2E)、間歩帯の棘が白色 (Fig. 2D)、また棘に縞模様があるもの、無いものがあるため、棘の色彩は同定の指標にはならない。

太平洋側では房総半島以南、日本海側では能登半島以南に見られる。

アオスジガンガゼ (*D. savignyi*) (Fig. 2F-H)

その名の通り、間歩帯にある Y 字状の青い線 (緑色のものもある) が特徴。ガンガゼとの相違は青点でなく青線であること、肛門にオレンジや黄色のリングが無いこと、である。Y 字状の青線の I 部分は V 部分より明らかに長く、平行する 2 本の線路状であることが明瞭に見える。V 部分の叉部に白点が無いもの (Fig. 2F)、明瞭にあるもの (Fig. 2G)、微かに見えるもの (Fig. 2H)、といった変異がある。明瞭な白点がある場合でもその形状はガンガゼのものとは異なっており、三日月型から点状まで様々である。棘の色彩は黒色や暗青色の個体が多いが (Fig. 2F, G)、緑色の個体や縞模様がある個体も観察される (Fig. 2H)。ガンガゼやアラサキガンガゼに比べて色彩の多様性は低い。

伊豆半島以南にみられる。日本海側には分布しない。過去に隠岐の島や能登での報告があるが写真を見ると明らかにアラサキガンガゼであった。和歌山県串本、愛媛県内泊、八丈島ではガンガゼ、アラサキガンガゼとともにみられた。ガンガゼとアラサキガンガゼより

低水温に弱いようである。

アラサキガンガゼ (*D. clarki*) (Fig. 3)

長い間、アオスジガンガゼと誤査定されてきたが、並べて見れば明らかな相違がわかる。

“アオスジ”という和名による先入観からアオスジガンガゼに間違われてきたために詳細な検討が行われてこなかった。多くの図鑑で「アオスジガンガゼ」と紹介されている場合でも本州の標本であればほとんどはアラサキガンガゼである。色彩の多様性は高く、最も多く観察されるタイプ I (Fig. 3A) では、間歩帯に Y 字状の青線があり V 部分の叉部に白い条線 (streak) が見られる。青線におけるアオスジガンガゼとの相違点は Y 字の V 部分が大きいこと、I 部分は長くなくアオスジガンガゼのような明瞭な平行する 2 本の線路状ではないこと、である。タイプ I における叉部の条線の色彩は白色が多いが赤や茶色の変異も見られる (Fig. 3F)。タイプ I 以外に 4 タイプ (II-V) が定義されており、いずれも白い条線を持たない (Fig. 3B-E)。タイプ II (Fig. 3B) は白い条線が無い以外はタイプ I と似る。タイプ III (Fig. 3C) では Y 字状の青線が鎖線になっている。タイプ IV (Fig. 3D) では Y 字状の青線が鎖線になっている他、ガンガゼと同じように肛門にオレンジや黄色のリングが見られる。タイプ V (Fig. 3E) ではタイプ IV の特徴以外に、V 部分の叉部にオレンジ色の小さな点が見られる。タイプ IV と V (Fig. 3D, E) はガンガゼと混同されることが多いが、Y 字状の青線が点でなく鎖線であること、白いスポットが無いことで区別できる。横須賀市荒崎地先で調査した 330 個体のうち、タイプ I は 213 個体 (64.6%)。タイプ II は 32 個体 (9.7%)、タイプ III は 58 個体 (17.6%)、タ

タイプ IV は 18 個体 (5.4%)、タイプ V は 9 個体 (2.7%) であった。

太平洋側では房総半島以南、日本海側では能登半島以南に分布するが屋久島、種子島には見られず、薩南諸島以南には分布しないようである。八丈島では確認されたが小笠原諸島には見られなかった。一方、マーシャル諸島からは確認されており (Lessios et al. 2001)、筆者も未確認ではあるがパラオでそれらしき個体を見たことがある。

判別法の整理

ガンガゼ、アオスジガンガゼ、アラサキガンガゼ 3 種を簡便に判別するための模式図を Fig. 4 に示した。ガンガゼの特徴は間歩帯にある白いスポットと Y 字状の青い点、そして肛門部の黄あるいはオレンジ色のリングである (Fig. 4A)。アオスジガンガゼは肛門部に明色のリングがなく、間歩帯に青い Y 字状の線があり主軸の I 部分は明瞭な 2 本のレール状になっている (Fig. 4B, C)。V 字部分の白い点の有無には変異がある (Fig. 4C)。アラサキガンガゼの色彩は多様性が高いが (Fig. 4D-H)、ガンガゼとアオスジガンガゼとは明瞭に区別できる。最も多いタイプは Fig. 4D であり、間歩帯に青い Y 字状の線とその V 字部分に白い条線を持つ。また、Y 字線の I 部分はアオスジガンガゼのように長くなく明瞭なレール状ではない。他の色彩パターンについては、白い条線が無く (Fig. 4E-H)、Y 字線が鎖線 (Fig. 4F-H)、肛門部に明色のリング (Fig. 4G, H)、V 字部分にオレンジ色の点 (Fig. 4H) といった変異が見られる。

種不明個体 (Fig. 5)

上記 3 種については色彩から判定した種と

DNA による種査定が分析した全個体において一致していたが、以上の条件に合わない個体が稀に観察される (Fig. 5)。Y 字状に並ぶ青い点からガンガゼのように見えるが、肛門部に明色のリングが無く、間歩帯に白点が無い。この個体 (個体番号 GZ31) のミトコンドリア DNA の COI 遺伝子の塩基配列はアラサキガンガゼのものと一致した。この個体は横須賀市荒崎地先で観察した数百個体のうちの 1 個体である。また、肛門のリングや間歩帯の白いスポットが無く、さらに青い点線もほとんど無い個体も 1 個体発見しているが、この個体の COI 遺伝子の塩基配列はガンガゼと一致した。

注意点及び今後の課題

ガンガゼ類は種間交雑することが知られており、交雑個体が稔性を持つことがある (Matsuoka 1989; Uehara et al. 1990; Lessios and Pearse 1996)。そのため、本稿で紹介した色彩変異のうちいくつかは雑種である可能性は否定できない。特に種不明個体は交雑個体の可能性が高いと思われる。さらに、アラサキガンガゼでは色彩変異が高いが、これらのタイプのいくつかは交雑個体ではないかと筆者は推察している。荒崎地先に限ればアオスジガンガゼが分布しないので、この海域で交雑個体がいるとすれば、ガンガゼとアラサキガンガゼの雑種である可能性が高い。現在までのところ、色彩において典型的なガンガゼは全てガンガゼの COI 遺伝子の塩基配列と一致し、アラサキガンガゼの色彩変異個体も全てアラサキガンガゼの COI 遺伝子の塩基配列と一致している。そのため、アラサキガンガゼの色彩変異個体のいくつかは交雑によるものだとすると、ガンガゼ雄とアラサキガンガゼ雌と

の交配となる。一方、上記の不明個体の一つはガンガゼ雌とアラサキガンガゼ雄との稀な交雑個体かもしれない。交雑個体に稔性があるなら、戻し交雑個体も考えられるため複雑である。今後、核遺伝子マーカーによる検討が望まれる。

謝辞

水産研究・教育機構中央水産研究所横浜庁舎の小西光一氏及び日本海区水産研究所の小暮陽一氏には本稿について重要なコメントをいただいた。非常に残念なことであるが中央水産研究所横須賀庁舎は2019年の3月をもって閉庁した。筆者が在任した期間に横須賀庁舎の研究者ならびに非常勤職員の方々そして、あらいそ3船長の梶ヶ谷義一氏にはガンガゼ調査に多大な協力をいただいた。以上の皆様に感謝申し上げます。

引用文献

Chow, S., Kajigaya, Y., Kurogi, H., Niwa, K., Shibuno, T., Nanami, A., Kiyomoto, S. (2014). On the fourth *Diadema* species

(*Diadema*-sp) from Japan. PLOS ONE 9: e102376.

- Chow, S., Konishi, K., Mekuchi, M., Tamaki, Y., Nohara, K., Takagi, M., Niwa, K., Teramoto, W., Manabe, H., Kurogi, H., Suzuki, S., Ando, D., Jinbo, T., Kiyomoto, M., Hirose, M., Shimomura, M., Kurashima, A., Ishikawa, T., Kiyomoto, S. (2016). DNA barcoding and morphological analyses revealed validity of *Diadema clarki* Ikeda, 1939 (Echinodermata, Echinoidea, Diadematidae). *Zookeys* 585: 1–16.
- Ikeda, H. (1939). A new species of *Diadema* from Japan. *Rec. Oceanogr. Works Jpn.* 10: 165–167.
- Lessios, H. A., Pearse, J. S. (1996). Hybridization and introgression between Indo-Pacific species of *Diadema*. *Mar. Biol.* 126: 715–723.
- Lessios, H.A., Kessing, B. D., Pearse, J. S. (2001). Population structure and speciation in tropical seas: global phylogeography of the sea urchin *Diadema*. *Evolution* 55: 955–975.
- Matsuoka, N. (1989). Biochemical systematics of four sea-urchin species of the family Diadematidae from Japanese waters. *Biochem. Syst. Ecol.* 17: 423–429.
- Mortensen, T. (1940). A monograph of the Echinoidea: Vol. III. Aulodonta. C. A. Reitzel, Denmark.
- Uehara, T., Asakura, H., Arakaki, Y. (1990). Fertilization blockage and hybridization among species of sea urchins. In: M. Hoshi, O. Yamashita (Eds.) *Advances in Invertebrate Reproduction*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, p. 305–310.

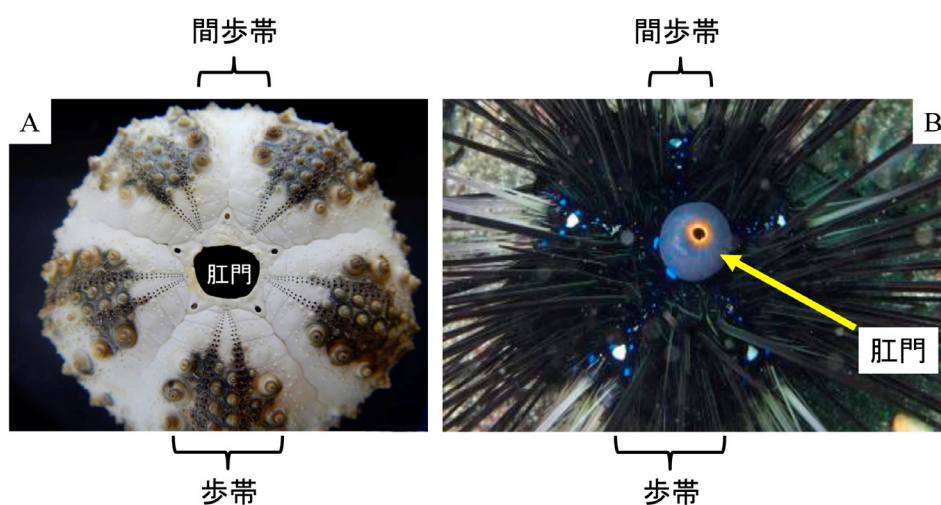


Fig. 1. Naked test (A) and underwater image of *Diadema setosum*. ガンガゼの裸殻 (A) と生時の水中画像 (B)。

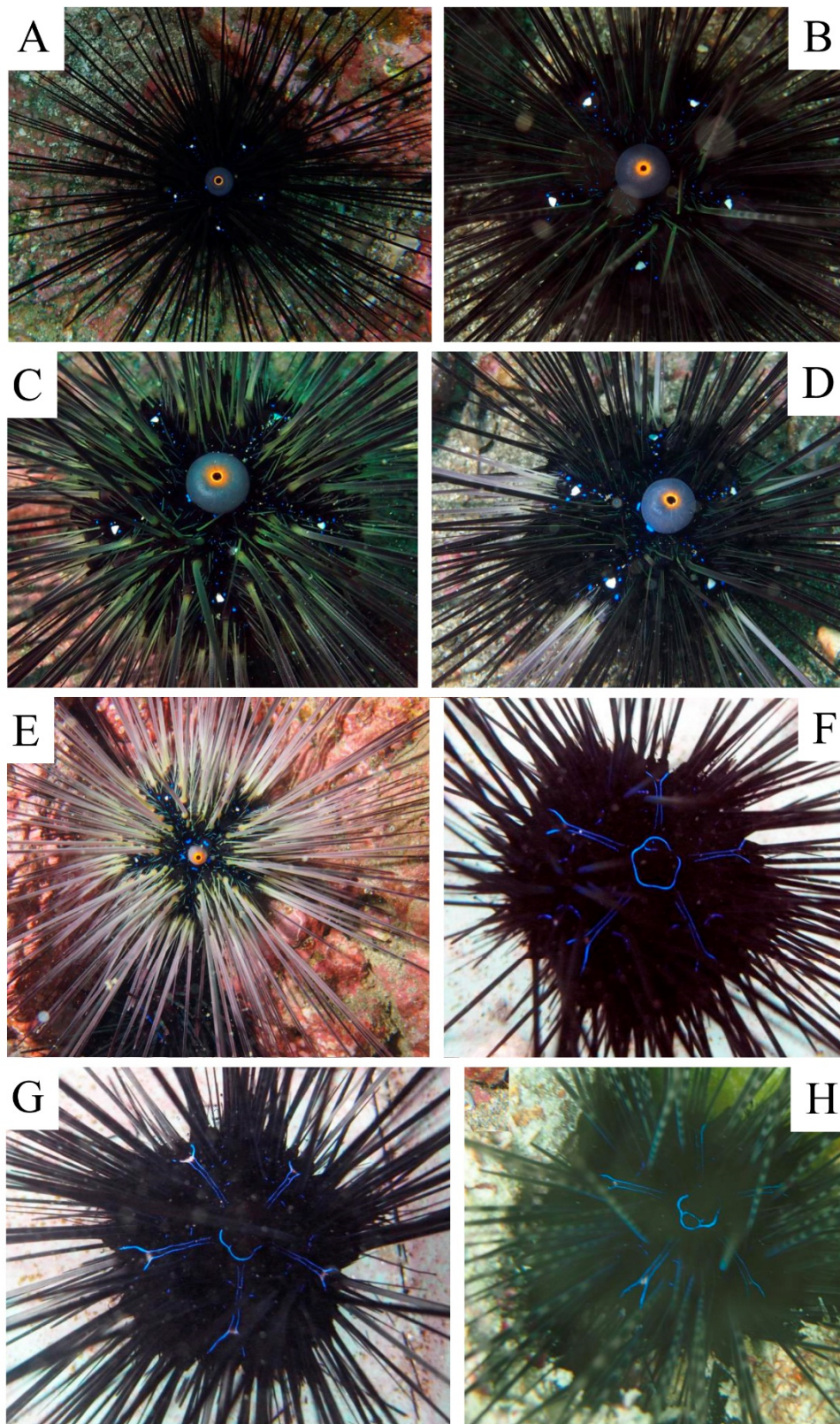


Fig. 2. Underwater images of *Diadema setosum* (A-E) and *D. savignyi* (F-H).
 ガンガゼ (A-E) とアオスジガンガゼ (F-H) の水中画像。

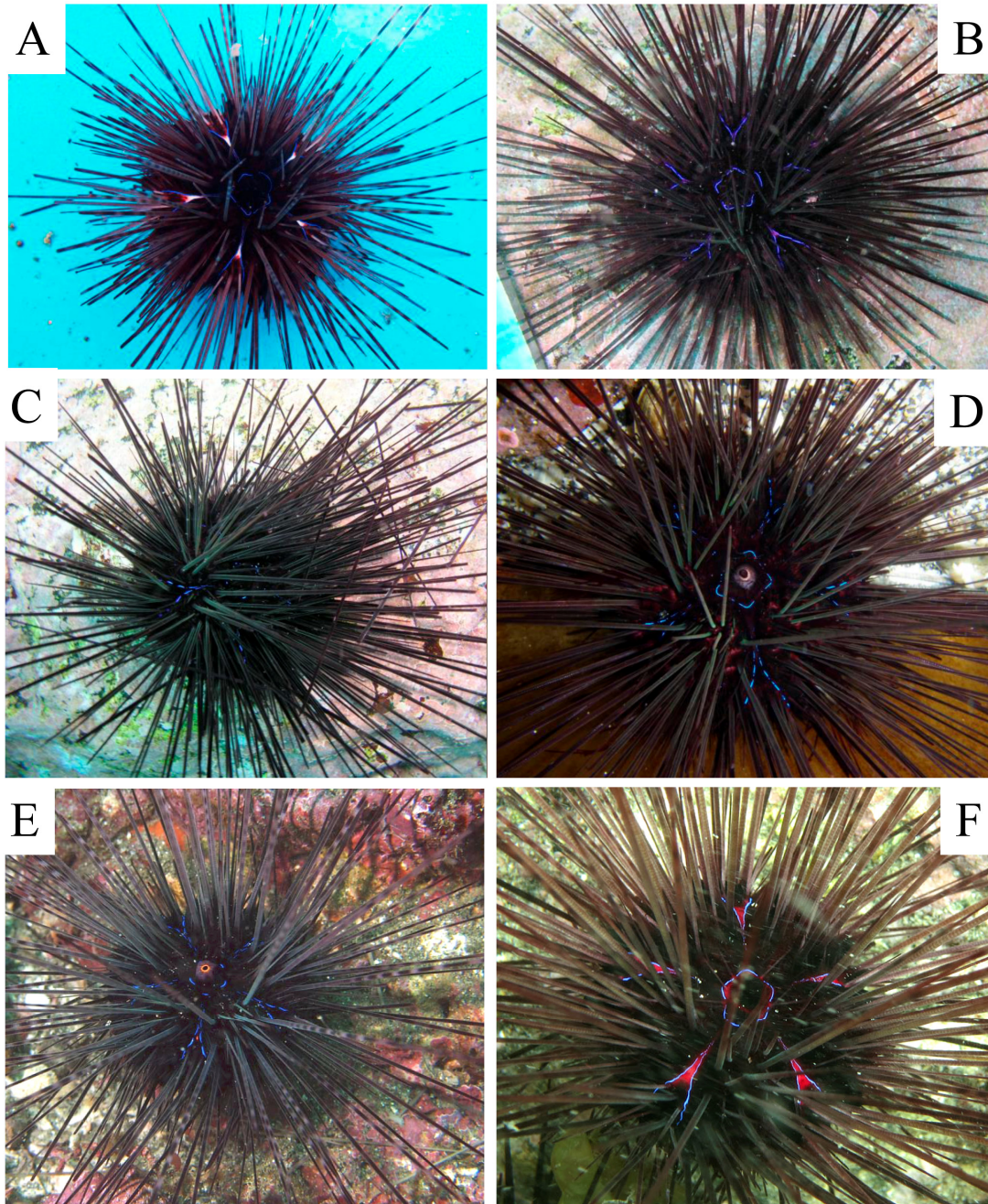


Fig. 3. Phenotypic variation of *Diadema clarki*. Type I (A, F), type II (B), type III (C), type IV (D), and type V (E).

アラサキガンガゼの色彩変異。タイプ I (A, F)、タイプ II (B)、タイプ III (C)、タイプ IV (D)、タイプ V (E)。(F は石川達也氏が三重県早田浦にて撮影)

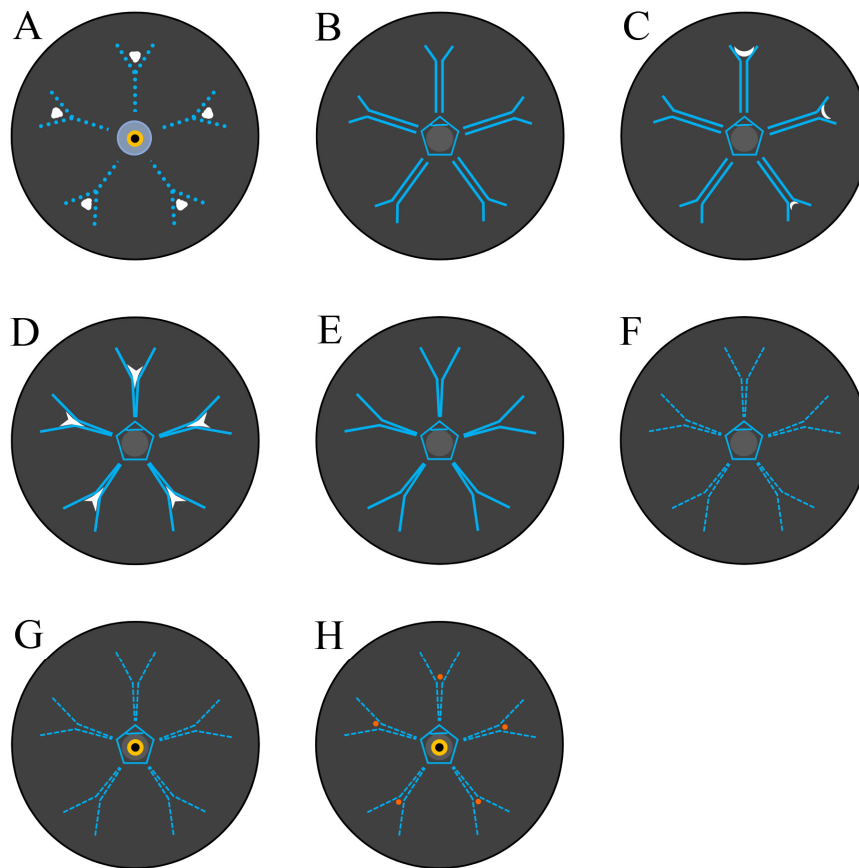


Fig. 4. Diagrammatic illustration on the phenotypic difference among *Diadema setosum* (A), *D. savignyi* (B, C), and *D. clarki* (D-H).
 ガンガゼ (A)、アオスジガンガゼ (B, C)、アラサキガンガゼ (D-H) 間の色彩差に関する模式図。

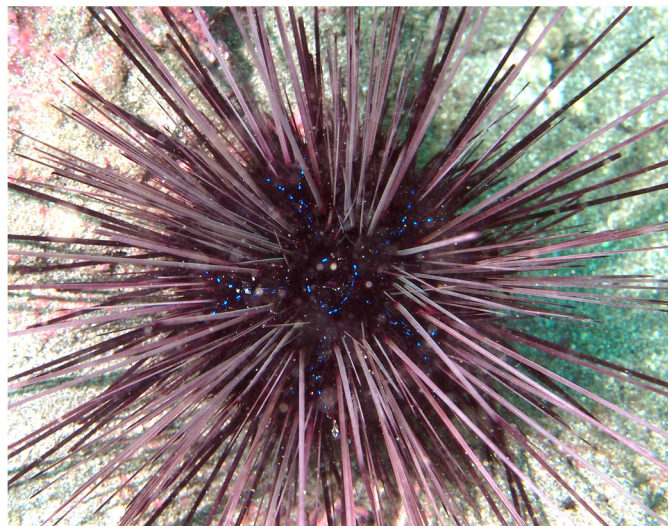


Fig. 5. Undetermined *Diadema* individual (GZ31).
 3種の定義に符号しない個体。

Received: 23 July 2019 | Accepted: 03 August 2019 | Published: 05 August 2019

Aquatic Animals | August 05, 2019 | Chow AA2019-9