

## 三重県尾鷲湾における 2013 年の藻場衰退

倉島 彰<sup>1\*</sup>・石川 達也<sup>1,2</sup>・岩尾 豊紀<sup>3</sup>・玉山 (加藤) 葉<sup>1</sup><sup>1</sup> 三重大学大学院生物資源学研究所 (〒 514-8507 三重県津市栗真町屋町 1577)<sup>2</sup> (現所属) 尾鷲市役所 (〒 519-3696 三重県尾鷲市中央町 10-43)<sup>3</sup> 鳥羽市水産研究所 (〒 517-0005 三重県鳥羽市小浜町 641-9)Akira Kurashima<sup>1\*</sup>, Tatsuya Ishikawa<sup>1,2</sup>, Toyoki Iwao<sup>3</sup> and You Tamayama-Kato<sup>1</sup>: Deterioration of algal beds in Owase Bay, Mie Prefecture, Japan in 2013. Jpn. J. Phycol. (Sôru) 70: 24–28, March 10, 2022

We monitored temporal changes in distribution and coverage of the canopy-forming seaweeds *Eisenia nipponica* and *Sargassum* spp. in Owase Bay, Mie Prefecture, central Japan, from 2011 to 2014. The coverage of canopy-forming seaweeds and individual density of sea urchins were surveyed on the south and north coast of the bay twice a year in winter and spring/summer. The algal beds declined after July 2013 and almost disappeared by December. Since the water temperature rose above 30°C in August 2013 in Owase Bay, high water temperature was certainly the main factor for the decline of the algal beds. Additionally, it was suggested that grazing of dense population of sea urchin *Heliocidaris crassispina* facilitated this deterioration process.

**Key Index Words:** algal beds, *Eisenia nipponica*, *Heliocidaris crassispina*, high water temperature, isoyake, *Sargassum*

<sup>1</sup> Graduate School of Bioresources, Mie University, 1577 Kurimamachiya-cho, Tsu, Mie 514-8507, Japan<sup>2</sup> Present address: Owase City Office, 10-43 Chuocho, Owase, Mie 519-3696, Japan<sup>3</sup> Toba City Fisheries Research Center, 641-9 Kohamacho, Toba, Mie 517-0005, Japan

\* Author for correspondence: kurasima@bio.mie-u.ac.jp

サガラメ *Eisenia nipponica* H. Kawai, S. Akita, K. Hashimoto & T. Hanyuda は大型の多年生コンブ目藻類で、静岡県相良市から四国にかけての沿岸域に、海中林と呼ばれる密な藻場を形成する。サガラメなどカジメ科の多年生コンブ目の藻場は高い生産力を持ち (吉田 1970, Yokohama *et al.* 1987, 富永ら 2004, 蒲原ら 2009), 日本の太平洋側中部沿岸域における重要な一次生産の場として機能している。しかし現在、日本各地で藻場が衰退する磯焼け現象が広がっており、熊野灘に位置する三重県尾鷲市沿岸においても多くの湾で磯焼けが確認されている (倉島ら 1999, 2001, 阿部ら 2001)。

尾鷲市が面する尾鷲湾では 1950 年代から 60 年代にはサガラメ藻場が湾内に広く分布していたが、1970 年代から 1990 年代初頭にかけて衰退し、分布域が湾口部の数カ所のみになり縮小したとされている (前川・栗藤 1996)。その後、サガラメ藻場は増加に転じて 1994–1995 年には湾内の一部に群落が再生されたが、1950 年代の分布域全体に広がるまでは至らなかった (前川・栗藤 1996)。我々は、尾鷲湾のサガラメ藻場の変動を明らかにするため、2011 年から調査を開始したところ、2013 年から 2014 年にかけて、藻場の衰退が観察されたので報告する。

尾鷲湾の北岸に Site A, 南岸に Site B を設置し (Fig. 1), 2011 年 7 月 28–29 日, 11 月 30 日, 2012 年 3 月 1 日, 12 月 19 日, 2013 年 7 月 2 日, 12 月 25 日および 2014 年 12 月 9 日

に、SCUBA 潜水によりライン調査を行った。2012 年 3 月 1 日は荒天のため Site A ではライン調査は実施できなかった。ラインの基点に水中ボンブで目印をつけ、基点から沖に向かって毎回同じ位置に 50 m のラインを引いた。Site A の基点の水深は 1.3 m, 終点が 5.1 m, Site B の基点は 1.1 m, 終点が 3.0 m であった。ラインに沿って 2 m ごとに 1 m × 1 m のコドラートを置き、コドラート内の樹冠構成種 (サガラメとホンダワラ類) の被度、ウニ類の個体数を目視により記録した。調査時にサガラメの成体を 12 個体採集し、藻食動物による摂食痕の有無を観察した。ライン沿いの岸から 30 m, 水深約 2 m の地点に水中ボンブで金属製プレートを設置し、自記式温

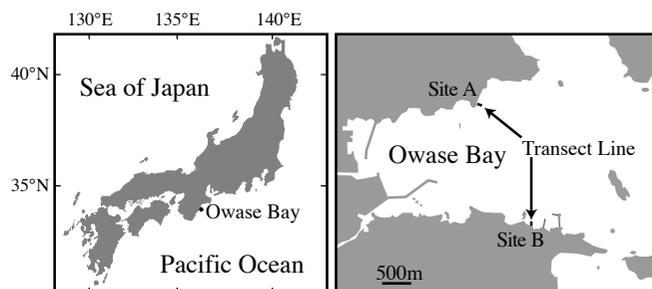


Fig. 1. Maps showing the location of Owase Bay and position of study sites.

度計 (UTBI-001, Onset) を取り付け、15 分間隔で水温を記録した。Site B では自記式温度計の不調のため、調査期間を通じた連続データは得られなかった。

2011 年 12 月から 2014 年 12 月までの連続データが得られた Site A の水温を Fig. 2 に示す。Site A で記録された最高水温 (瞬時値) は、2012 年は 8 月 31 日の 29.3°C, 2013 年は 8 月 23 日の 30.4°C, 2014 年は 7 月 28 日の 27.6°C であった。最低水温 (瞬時値) は、2012 年は 3 月 13 日の 14.1°C, 2013 年は 1 月 29 日の 12.7°C, 2014 年は 2 月 21 日の 12.7°C であった。水温 29°C 以上が記録された日は、2012 年は 8 月 31 日のみ、2013 年は 8 月 7-23 日の 17 日であった。30°C 以上が記録された日は 2013 年 8 月に合計 5 日あった。Site B でデータが得られた 2011 年 7 月から 2012 年 2 月と 2014 年 1 月から 2014 年 12 月の期間では、最高水温 (瞬時値) は 2011 年 8 月 14 日の 29.3°C, 最低水温 (瞬時値) は 2014 年 2 月 17 日の 11.4°C であった。なお、Site A と Site B で水温が得られた期間では、両サイトの水温の相関係数は 0.99 であった。

Site A と Site B の調査ライン上のサガラメおよびホンダワラ類の被度、ムラサキウニ *Heliocidaris crassispina* (A. Agassiz) およびその他のウニ類の個体密度の推移を Fig. 3 に示す。2013 年 7 月までは、両サイトともライン上のサガラメの被度は春季から夏季に高く、冬季に低かったが、群落は年を通して存在した。2013 年 12 月には、両サイトともライン上からサガラメが消失して被度が 0% となった。2014 年 12 月における Site A と Site B のライン上のサガラメ平均被度はそれぞれ 0% と 0.2% で、Site B の浅所でわずかにサガラメが確認された。

調査ライン上のホンダワラ類は、2014 年 12 月に Site A の 2 m 地点でヒジキ *Sargassum fusiforme* (Harvey) Setchell が、2013 年 12 月に Site B の 0 m 地点でヨレモクモドキ *S. yamamotoi* Yoshida が確認された以外は、全てトゲモク *S. micracanthum* (Kützinger) Endlicher であった。2012 年 12 月まではホンダワラ類の被度は冬季に高く、春季から夏季に低かったが、2013 年は 12 月の方が 7 月よりも被度が低かった。2013 年 12 月には Site A のライン上のホンダワラ類平均被度は 0.1%、Site B のラインは 8.9% に減少した。2014 年 12 月にはさらに被度が減少して、それぞれ 0% と 3.9% となった。

藻場衰退を引き起こす要因の一つとして高水温が挙げられる。2013 年の夏季には、九州北部、奄岐島から島根県においても、30°C 以上の高水温によりアラメ・カジメ類が急激に衰退したことが報告されている (八谷ら 2014, 吉田 2016)。また、尾鷲湾では生育上限温度 27°C とされているトゲモク (原口ら 2005) が 2013 年に減少した。これらのことから、2013 年 7 月から 12 月の間に尾鷲湾において観察された藻場の衰退の要因の一つとして、夏季に記録された 30°C 以上の高水温が考えられる。

調査ライン上のウニ類の平均個体密度は、2012 年 3 月までは Site A, B ともに 0-2.2 個体  $m^{-2}$  と低かった。2012 年 12 月には Site A で 22.4 個体  $m^{-2}$ 、Site B では 14.7 個体  $m^{-2}$  と急

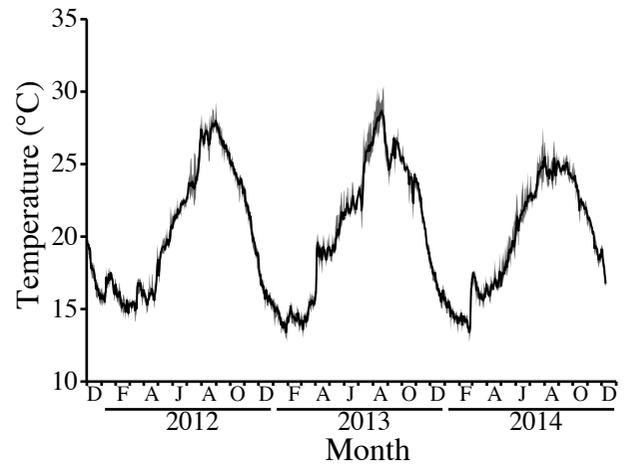


Fig. 2. Changes in water temperature in the site A of Owase Bay. The solid line represents average daily temperature and the gray area represents the range in daily temperature.

激に高くなった。コドラート内のウニ類の個体密度と樹冠構成種被度との関係を調査日ごとに Fig. 4 に示す。2011 年にはウニの個体密度が低く樹冠構成種被度が高いコドラートが多かったが、2012 年 12 月から 2013 年 7 月にかけてウニ類個体密度が高く、被度が低いコドラートが増えた。調査期間全体で、ウニ類個体密度が 6 個体  $m^{-2}$  以上のコドラートのうち半数以上 (174 地点中の 89 地点) では、樹冠構成種被度が 0% となった。一方、ウニ類個体密度 5 個体  $m^{-2}$  以下のコドラートでは、樹冠構成種の被度 0% となったのは 164 地点中の 23 地点であった。

ウニ類の摂食圧が増加すると藻場を衰退させることが報告されている (藤田ら 2008, Filbee-Dexter & Scheibling 2014, Ling *et al.* 2015)。Agatsuma *et al.* (2019) は、高密度のキタムラサキウニ *Mesocentrotus nudus* (A. Agassiz) がアラメ *Eisenia bicyclis* (Kjellman) Setchell の茎状部や葉状部を摂食する様子を報告している。本研究で定期的に採取したサガラメ藻体には、2013 年 7 月までウニ類の摂食痕は見られなかったが、2013 年 12 月には 12 個体のうち 7 個体の茎状部に摂食痕が確認された。ムラサキウニやガンガゼ *Diadema setosum* (Leske) などのウニ類では水温上昇に伴って摂食量が増えることが知られている (清本 2015, Ishikawa & Kurashima 2020)。2012 年 12 月にムラサキウニの個体密度が高くなり、その後、2013 年 8 月の高水温によって高密度に生息するムラサキウニの摂食量が増加したことも、藻場衰退の要因の一つと考えられる。

本研究では 2012 年にムラサキウニの個体数が増加した要因は不明であった。清本 (2011) は、ムラサキウニの個体群動態を 14 年にわたって調査した結果、加入量が多い年が存在することを明らかにし、台風による攪乱がウニの加入個体密度の増加に影響を与えることを示唆している。ウニ類の個体数の変動要因を解明するためには、環境の攪乱や、浮遊幼生

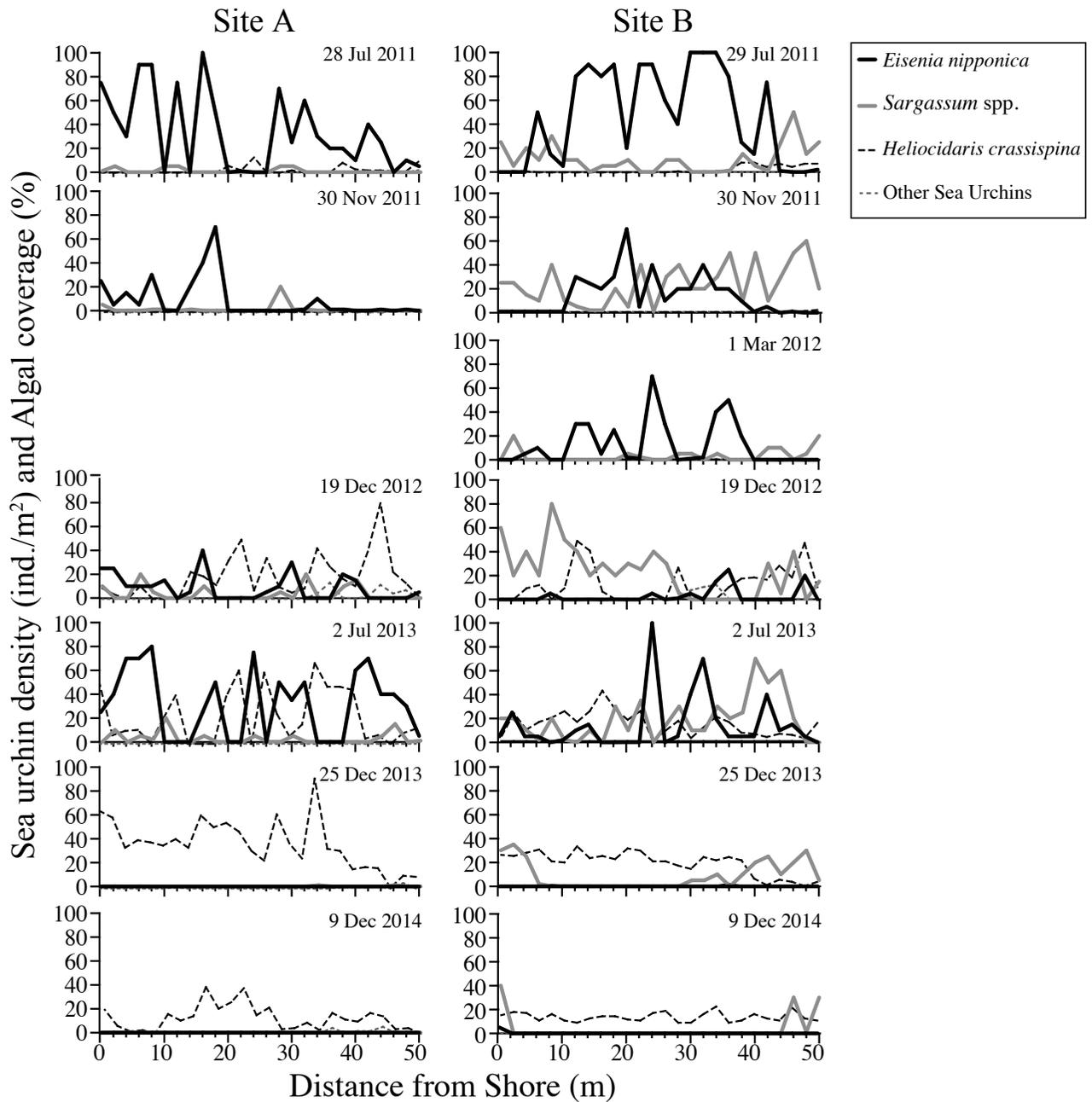


Fig. 3. Changes in coverage of *Eisenia nipponica*, *Sargassum* spp. and sea urchin density along the transect of each study site.

期の水温、着底後の生残率、捕食者の動態等を長期間調査する必要がある。

尾鷲市沿岸の多くの湾では、磯焼け海域にガンガゼ類（ガンガゼおよびアラサキガンガゼ *D. clarki* Ikeda）が高密度に生育しており（倉島ら 1999, 2001, 阿部ら 2001）、磯焼けが持続する主な要因となっている（倉島ら 2014, Ishikawa *et al.* 2016, 石川ら 2017）。本研究を行った尾鷲湾の Site A および Site B では、ガンガゼ類は 2012 年 3 月まで認められず、2012 年 12 月以降もガンガゼ類の個体数はウニ類個体数全体

の 3% 未満であった。Site A および Site B ではムラサキウニの個体数が最も多く、ウニ類個体数の 91–100% を占めていた（Fig. 3）。その他に確認されたウニ類は、ナガウニ属の一種 *Echinometra* sp. とタワシウニ *Echinostrephus aciculatus* A. Agassiz であった。

三重県に隣接する静岡県榛南海域から愛知県にかけてのサガメ藻場は、1980 年代から 1990 年代にかけてアイゴ *Siganus fuscescens* (Houttuyn) などの藻食魚の食害で衰退しはじめ、2000 年代にはほぼ消失したとされる（長谷川ら 2003,

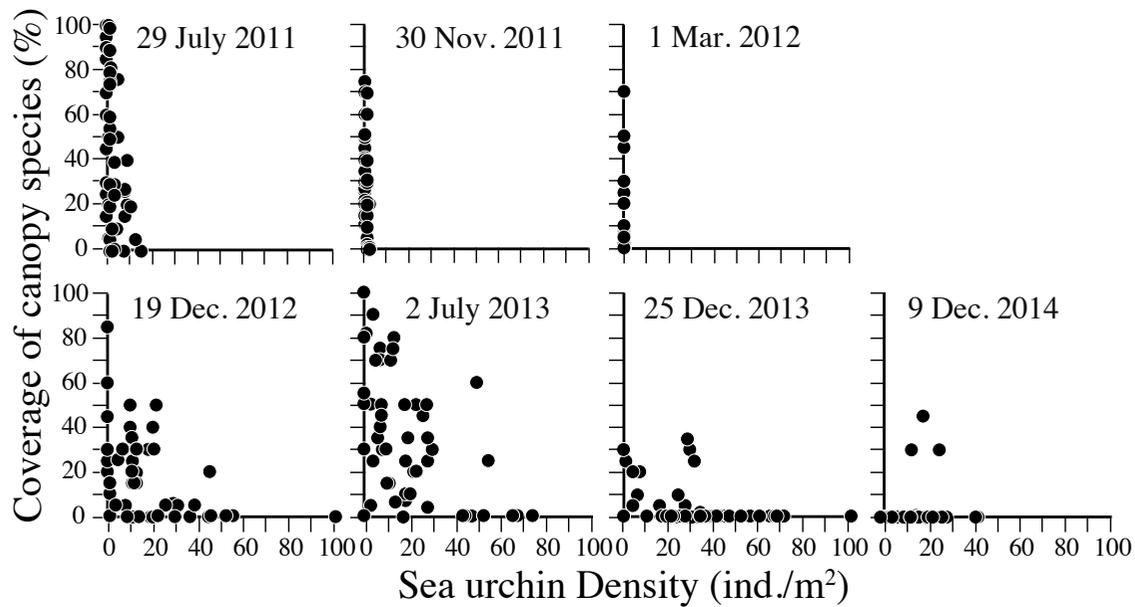


Fig. 4. Relationship between sea urchin density and total coverage of canopy species.

蒲原ら 2007, 阿知波ら 2014)。また、水温上昇にともなう藻食魚の摂食増加の影響も指摘されている(阿知波ら 2014, Takao *et al.* 2015)。しかし本研究では、採集したサガラメ藻体に魚類による明瞭な食痕は確認できなかった。

前川・栗藤(1996)は、1970年代から1990年代初頭の尾鷲湾の藻場衰退の要因として、魚類養殖による水質汚濁や火力発電所の温排水、護岸工事などを挙げている。しかし現在、尾鷲湾内の魚類養殖生産量は減少しており、1999年以降はSite Bの周辺ではほぼ養殖が行われていない(尾鷲市 2020)。また、3機あった火力発電所の発電設備は2004年に2機、2008年には1機に減少し、稼働率も落ちている。これらのことから、2013年に発生した藻場の衰退は水質汚濁や温排水によるものではないと考えられる。

本研究において、2013年7月から12月の間にサガラメ・ホンダワラ類藻場の衰退が観察された。その主な要因は2013年8月の高水温であり、さらに、急激に増加したムラサキウニの摂食圧が加わったものと考えられた。しかし、他の魚類や腹足類などの藻食動物の影響は不明であった。藻食動物の摂食圧を把握するためには、タイムラプスカメラ等で摂食行動を捉えると同時に、より高頻度にモニタリングを行い藻場の変化を観察することが必要と考えられる。

本研究を行うにあたって、三重大学の前川行幸名誉教授に調査サイト選定と調査手法に関する有益なご助言をいただいた。尾鷲市役所の竹内大介氏には調査の便宜を図っていただいた。深く感謝する。

## 引用文献

- 阿部真比古・森田晃央・橋本奈央子・倉島彰・栗藤和治・前川行幸 2001. 三重県須賀利地先の海藻植生. 三重大学生物資源学部紀要 27: 51-59.
- 阿知波英明・落合真哉・芝修一 2014. 愛知県沿岸におけるサガラメ・カジメ分布面積の変動と衰退要因. 愛知県水産試験場報告 19: 38-43.
- Agatsuma, Y., Takagi, S., Inomata, E. & Aoki, M. N. 2019. Process of deterioration of a kelp (*Ecklonia bicyclis* Kjellman) bed as a result of grazing by the sea urchin *Mesocentrotus nudus* (Agassiz) in Shizugawa Bay in northeastern Honshu, Japan. *J. Appl. Phycol.* 31: 599-605.
- Filbee-Dexter, K. & Scheibling, R. E. 2014. Sea urchin barrens as alternative stable states of collapsed kelp ecosystems. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 495: 1-25.
- 藤田大介・町口裕二・桑原久美 2008. 磯焼けを起こすウニ —生態・利用から藻場回復まで—. 成山堂書店, 東京.
- 長谷川雅俊・小泉康二・小長谷輝夫・野田幹雄 2003. 静岡県榛南海域における磯焼けの持続要因としての魚類の食害. 静岡県水産試験場報告 38: 19-25.
- 原口展子・村瀬昇・水上譲・野田幹雄・吉田吾郎・寺脇利信 2005. 山口県沿岸のホンダワラ類の生育適温と上限温度. *藻類* 53: 7-13.
- Ishikawa, T., Maegawa, M. & Kurashima, A. 2016. Effect of sea urchin (*Diadema setosum*) density on algal composition and biomass in cage experiments. *Plankton Benthos Res.* 11: 112-119.
- Ishikawa, T. & Kurashima, A. 2020. Estimation of the feeding pressure of a sea urchin (*Diadema setosum*) population on a barren ground in a temperate region of Japan. *Plankton Benthos Res.* 15: 112-120.
- 石川達也・戸瀬太貴・阿部真比古ら 2017. 三重県早田浦におけるガンガゼ除去に伴う海藻植生の変化. *日本水産学会誌* 83: 599-606.

- 蒲原聡・伏屋満・原田靖子・服部克也 2007. 1997年から2005年までの愛知県岩礁域におけるサガラメ *Eisenia arborea* 群落の様相. 愛知県水産試験場報告 13: 13-18.
- 蒲原聡・服部克也・原田靖子ら 2009. 伊勢湾東部沿岸サガラメ群落における年間準生産量と炭素・窒素の年間吸収量. 日本水産学会誌 75: 1027-1035.
- 清本節夫 2011. 長崎県橘湾沿岸の転石海岸におけるムラサキウニの個体群動態, 特に台風が及ぼす影響について. 日本ベントス学会誌 66: 48-60.
- 清本節夫 2015. 長崎県沿岸域における水温上昇とウニの摂食による藻場の衰退がアワビ資源に及ぼす影響. 長崎大学博士論文, 長崎.
- 倉島彰・栗藤和治・前川行幸 1999. 三重県賀田湾の海藻植生. 三重大学生物資源学部紀要 21: 55-65.
- 倉島彰・森田晃央・栗藤和治・前川行幸 2001. 三重県早田浦の海藻植生. 三重大学生物資源学部紀要 27: 41-49.
- 倉島彰・石川達也・竹内大介・岩尾豊紀・前川行幸 2014. 三重県早田浦の磯焼け海域におけるガンガゼ除去の影響. 日本水産学会誌 80: 561-571.
- Ling, S. D., Scheibling, R. E., Rassweiler, A. *et al.* 2015. Global regime shift of catastrophic sea urchin overgrazing. *Phil. Trans. R. Soc. B* 370: 20130269.
- 前川行幸・栗藤和治 1996. 三重県尾鷲湾におけるアラメ群落の生育環境と消長. 藻類 44: 95-102.

- 尾鷲市 2020. 尾鷲の漁業 H30 統計資料. 尾鷲市, 三重.
- Takao, S., Kumagai, N., Yamano, H., Fujii, M. & Yamanaka, Y. 2015. Projecting the impacts of rising seawater temperatures on the distribution of seaweeds around Japan under multiple climate change scenarios. *Ecol. Evol.* 5: 213-223.
- 富永春江・芹津如比古・大野正夫 2004. 高知県土佐湾産カジメにおける葉状部の生産量と葉状部基部の大きさの季節変化. 藻類 52: 13-19.
- 八谷光介・桐山隆哉・清本節夫・種子田雄・吉村拓 2014. 2013年に発生した長崎県壱岐市郷ノ浦町地先におけるアラメ・カジメ場の衰退過程について—夏季の高水温による発生と秋季の食害による拡大—. *Algal Resources* 7: 79-94.
- Yokohama, Y., Tanaka, J. & Chihara, M. 1987. Productivity of the *Ecklonia cava* community in a bay of Izu Peninsula on the Pacific coast of Japan. *Bot. Mag. Tokyo* 100: 129-141.
- 吉田太輔 2016. 島根県沿岸における藻場の状況と磯焼けに関する聞き取り調査. 島根県水産技術センター研究報告. 9: 37-42.
- 吉田忠生 1970. アラメの物質生産に関する2・3の知見. 東北区水産研究所研究報告. 30: 107-112.

(2021年11月11日受付, 2021年12月15日受理)

通信担当編集委員: 秋野 秀樹



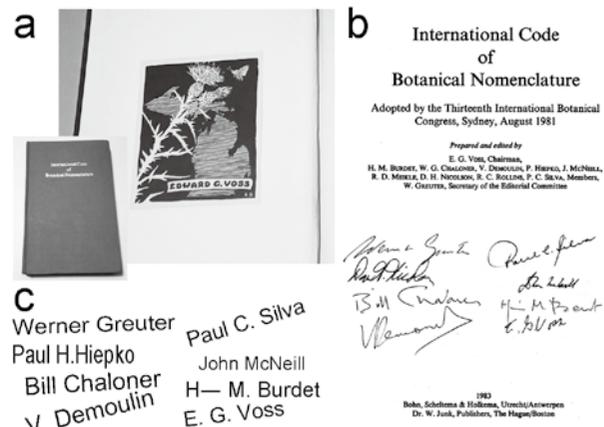
## 古書は天下の回りもの

仲田 崇志

日本ではあまり一般的ではないが、欧米には蔵書票(またはエクス・リブリス *ex libris*)という文化がある。自分の蔵書であることを示すために貼り付ける紙片である。古書に蔵書票があると、前の持ち主がどのような人物だったのか調べたくなる。専門書の場合は、前の所有者が研究者の場合も多い。

特にお気に入りの蔵書は、“International Code of Botanical Nomenclature 1983” (国際植物命名規約 1983, シドニー規約)である。2014年にミシガン州の古書店から8ドルで購入した本には、アザミと蝶が描かれた Edward G. Voss (1929-2012; 植物学者にして蝶の研究者)の蔵書票が貼られていた。

この本が特別なのは、Voss 自身が編集長を務めた規約だからだ。しかもこの本の扉には、Voss 本人を含む編集委員会メンバー8人のサインが寄せられていた。中には藻類学者の P. C. Silva (1922-2014) や、『ベルリン規約』、『東京規約』、『セントルイス規約』の編集長 W. Greuter (1938-), 『ウィーン規約』と『メルボルン規約』の編集長 J. McNeill (1933-) の名前も見える。古書にはこんな思わぬ出会いもある。



“International Code of Botanical Nomenclature 1983” (シドニー規約, 筆者蔵). a, 書影と見返しの蔵書票 (Edward G. Voss). b, 編集委員のサインが書かれた標題紙. c, 判読したサイン.