

外来種ヨーロッパザラボヤの紀伊半島英虞湾に
おける生活史（試論）

西川 輝昭・横山 寿

Teruaki NISHIKAWA and Hisashi YOKOYAMA: Preliminary report on the life history of an alien ascidian, *Ascidella aspersa*
(MÜLLER, 1776) in Ago Bay, Kii Peninsula, central Japan

南 紀 生 物
第 60 卷 第 2 号 別刷

Reprinted from
NANKI SEIBUTU: The Nanki Biological Society
Vol. 60, No. 2
Dec. 2018

外来種ヨーロッパザラボヤの紀伊半島英虞湾における生活史 (試論)

西川 輝昭^{1)*}・横山 寿²⁾

Teruaki NISHIKAWA and Hisashi YOKOYAMA: Preliminary report on the life history of an alien ascidian, *Asciodiella aspersa* (MÜLLER, 1776) in Ago Bay, Kii Peninsula, central Japan

はじめに

金森ほか (2014) によれば, ヨーロッパ原産の外来種ヨーロッパザラボヤ *Asciodiella aspersa* (MÜLLER, 1776) が, 北海道南西部の噴火湾 (内浦湾) に垂下した養殖ホタテガイに大量に群がり付いているのが, 2008年9月, 日本で初めて発見された。以来, ホタテ養殖事業は水揚げ時の脱落や付着物処理費の増大などにより大きな損害を被り, それは今日まで収まっていない。本種はさらに, 北海道の日本海岸から陸奥湾, 岩手県南部, および宮城県北部でも養殖筏に垂下したホタテガイに付着しているのが次々に発見され, 岩手県では養殖事業の一部に支障が出ているという。

ヨーロッパザラボヤは単体性で, ホヤ類の常として雌雄同体であって, 時に体長 10 cm をはるかに超えて成長し, 世界各地の主に温帯海域の潮下帯に侵入しているとされるが (FOFONOFF *et al.*, 2018), 既往の記録には, 形態的に類似するが精査により識別可能な同属別種 *A. scabra* (MÜLLER, 1776) が混在しているおそれがある (詳しくは NISHIKAWA *et al.*, 2014 参照)。ともあれ, NISHIKAWA *et al.* (2014) によれば, ヨーロッパザラボヤが太平洋において, ニュージーランドに 1945 年ごろ, そしてアルゼンチンに 1962 年, 日本に 2008 年, そして韓国に 2010 年に出現したことは疑いない。ただし, 韓国にはもっと早くから生息していた可能性がある (NISHIKAWA *et al.*, accepted)。各産地間の移動時期や経路は未解明である。

NISHIKAWA *et al.* (accepted) は, 噴火湾での出現よりも 1 年早い 2007 年に, 本種が紀伊半島北東部にある英虞 (あご) 湾に出現したことを報告するとともに, 同湾および近傍で 2011 年までの 4 月, 6 月, 7 月に採集された全標本のうち, 4 月採集分のみが成熟個体を含むことを見出した。他方 KANAMORI *et al.* (2017) は, 2010 年から 2014

年にかけて噴火湾において本種の個体群動態を詳細に調査・解析し, 生殖期を 6 月から 12 月 (盛期は 7 月から 10 月) としているから, 英虞湾との間になにか違いがありそうである。生物地理学上, 英虞湾は暖温帯区に属する一方, 噴火湾は冷温帯区に属することから (西村, 1981, 図 118 参照), 水温環境が両者で異なることが容易に予想される。なお, 英虞湾では本種による養殖器材への付着は今のところ低密度で漁業被害もまだ知られていないが, 潜在的脅威かもしれない。

本外来種が, 南北に長い日本列島において, 異なる水温環境にどのように適応しているのか, 興味がひかれる。そもそも, 英虞湾で「繁栄」していないのはなぜなのか。これらの問いに答えるため, 我々は英虞湾において 2011 年 6 月からほぼ隔月で 1 年間, 個体群動態の調査を行った。残念ながら十分な個体数が採集できず, 得られた結果は厳密な解析に耐えるものとはならなかったが, 類似の研究がまだなされていないようなので, 試論としてここに報告する。

材料と方法

英虞湾の南東部最奥に位置する三重県志摩市志摩町片田地先の海域 (北緯 34° 16', 東経 136° 50', 水深 4 ~ 5 m) において, 2011 年 6 月から 2012 年 6 月まではほぼ隔月, 平賀博基氏所有の養殖筏で 1 ~ 3 m の深さに垂下されたアコヤガイの養殖ネットや養殖カゴを引き揚げて目視で調査した。その際, 直前に付着物の掃除をしたものは避けた。毎回, 最大および最小個体を含むようにヨーロッパザラボヤを 20 個体以上採集することを目指したが, 実際には全く採集されないこともあった。調査日と採集個体数は以下の通り: 2011 年 6 月 10 日 (19 個体), 8 月 8 日 (2), 10 月 10 日 (0), 10 月 26 日 (1), 12 月 5 日 (0), 12 月 20 日 (0), 2012 年 2 月 29 日 (5), 5 月 5 日 (0), 6 月 7 日 (0), 6 月 10 日 (44)。なお, 汚損ホヤ相の概略

^{1)*} 〒 274-8510 千葉県船橋市三山 2-2-1 東邦大学理学部生物学科 (現所属: 〒 305-0005 茨城県つくば市天久保 4-1-1 国立科学博物館動物研究部) nishikawateruaki@gmail.com

²⁾ 〒 606-8502 京都市左京区北白川追分町 京都大学フィールド科学教育研究センター

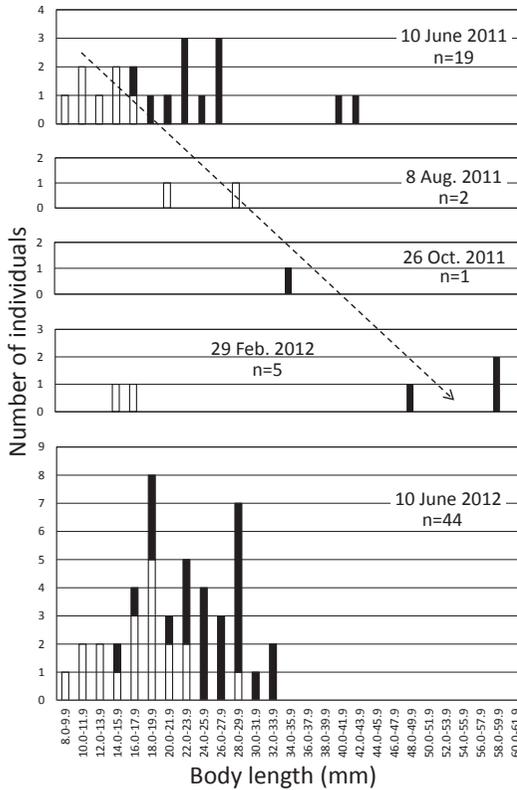


図1 英虞湾湾奥部におけるヨーロッパザラボヤの体長組成の2011～12年における季節変化。黒塗り部分は成熟個体、そして点線は成長過程の推定を示す。

Fig.1. Seasonal changes in body length composition of *Ascidiella aspersa* (MÜLLER, 1776) from inner part of Ago Bay in 2011–12. Solid bars indicate mature specimen(s) and a dotted line assuming the growth of individuals settled toward June, 2011.

を把握するために、他種の高ヤも適宜採集して同定した。採集したヨーロッパザラボヤ標本は海水ホルマリンで固定し、70%エタノールで保存した。体長をデバイダーで測定後、筋膜体を調べ、NISHIKAWA *et al.* (2014)によって同定するとともに、生殖輪管に卵や精子がみられるかどうかで成熟か否かを判定した。雄性先熟の顕著な傾向が観察されたが、本報では、卵と精子の一方でも観察されれば「成熟」とした。ヨーロッパザラボヤの標本は国立科学博物館にNSMT-Pc 2541～2545として保管されている。

結果と考察

英虞湾個体群の生態

本研究にもちいたヨーロッパザラボヤの標本を総覧す

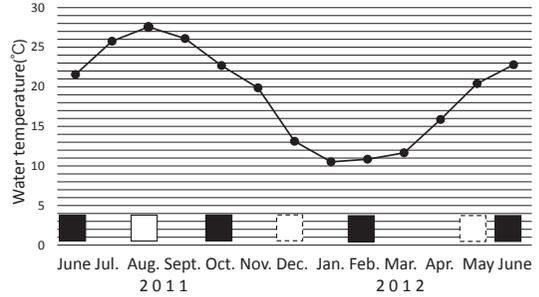


図2 英虞湾湾奥部の水深2 mにおける水温の2011年6月から2012年6月までの季節変化（詳細は本文参照）。各月に採集されたヨーロッパザラボヤサンプルが成熟個体を含む場合は黒四角、含まない場合は白四角、サンプルが採集されなかった場合は枠を破線で表示した。

Fig.2. Seasonal fluctuation of water temperature at 2 m depth in the inner part of Ago Bay from June 2011 to June 2012 (for details see text). Solid square shows the sample of *Ascidiella aspersa* (MÜLLER, 1776) collected each month with mature specimens, open square the sample only of immature ones, and hatched square no collection.

ると、体長は9.0 mmから59.0 mmにわたった。図1に採集標本の体長組成の季節変化を示す。2011年と2012年ともに、6月に小型個体と成熟個体がともに多数みられ、また10月と2月にも成熟個体がわずかながら認められたことから、6月（あるいはその前の一定の期間）が生殖盛期で、2月と10月も副次的な生殖期と考えられる。2月には2つのコホートが認められたが、このうちの大型個体は前年6月ごろに着底し、8月には体長20～30 mmになり、10月以降に成熟するが、翌年2月ごろの放卵放精の後、体長60 mm程度で死滅したものと推定した（図1の点線）。その結果、2012年6月には大型個体が見られなかったのであろう。他方、2月の小型個体は、前年10月ごろに着底したものかもしれない。

成熟個体は、2月（体長49.0～59.0 mm）、6月（2011年で17.5～43.0 mm、2012年で15.0～32.7 mm）、10月（34.0 mm）に見られたが、8月には採集されなかった。成熟が認められた最小個体は15.0 mmであり、18.0 mmをすぎると成熟個体の割合は増加した。8月に採集された個体の体長は21.0 mmと28.0 mmで、成熟が可能なサイズと判定できるから、何らかの要因で成熟が抑制された可能性がある。

調査海域における汚損高ヤ相としては、おおむね生息密度の高い順に、スジキレボヤ *Ascidia sydneiensis* STIMPSON, 1855、ザラボヤ *A. zara* OKA, 1935、ナツメボヤ *A. ahodori* OKA, 1927、カタユウレイボヤ *Ciona robusta*

HOSHINO & TOKIOKA, 1967 (以前の *C. intestinalis* complex sp. A), ユウレイボヤ *C. savignyi* HERDMAN, 1882, フタスジボヤ *Styela canopus* SAVIGNY, 1816, *S. tokiokai* NISHIKAWA, 1991, *Aplidium* sp. および *Perophora* sp. が見いだされた。このうちの上位3種, すなわちスジキレボヤ, ザラボヤ, ナツメボヤは, 多くの場合ヨーロッパザラボヤを凌駕した。

他の生息地との比較からみた英虞湾個体群の特徴

表1は, 本種の生活史の概要について, 既往の知見と本研究の結果を比較したものである。原産地ヨーロッパにおける生活史や個体群動態については, MILLAR (1952) が報告している。英国スコットランド南西端のエアーシア (Ayrshire) で実施した2年間にわたる毎月のサンプリングの結果, 本種はほぼ周年成熟し(盛期は夏らしい), 体長およそ25 mm で成熟を開始し(雄性先熟), 着底後1年で約40 mm となって完熟し生殖に参加した後死亡するものと推定された。典型的には夏に着底し, 翌年の冬までの1年半程度の寿命らしい。

より詳細な研究はKANAMORI *et al.* (2017) によって噴火湾個体群を対象として2010年から5年間行われ, 1) 個体の成熟度と浮遊幼生の密度から, 生殖期が6月から12月(盛期は7月から10月)であること, 2) 12月(水温約8°C)~3月(2.6°C)にも配偶子を持つがおそらく低水温のために放卵放精は抑制されること, 3) 6月(11°C)に生殖を再開すること, そして4) 個体の半数が成熟する体長は雄で17~20 mm, 雌で22~24 mm とした。つまり, 7月ごろ着底した個体はその後急速に成長し, 3か月経過した9月には60~70%の個体が生殖に

参加するが, 12月から翌3月は生殖が抑制され, 成長は2月ごろから多くは体長60 mm 程度で頭打ちとなり, その6月から再び生殖に参加後死亡すると考えられた(つまり寿命は約1年)。

英国エアーシアの表面水温は, 8.6°C (2月)と15.6°C (7月)の間を変化する (<https://www.seatemperature.org/europe/united-kingdom/ayr.htm>, 2018年6月30日閲覧)。他方, 噴火湾においては, KANAMORI *et al.* (2017) の調査地点である八雲・黒岩における2007年から2013年までの水深5 m における水温の平均値 (<http://rasnet.sys-hk.jp/>, 2018年7月17日に閲覧したグラフから読み取り) は, 2.5°C (3月)と22°C (8月)の間を変化する(表面や5 m 以浅のデータなし)。エアーシアにおける最低水温8.6°Cは, 上記2) で述べた放卵放精抑制が開始される約8°Cを上回るから, そこではほぼ周年繁殖するとのMILLAR (1952)の結論と矛盾しない。

なお, NAGABHUSHANAM & KRISHNAMOORTHY (1992)は熱帯海域であるインドのマドラスにおける本種の生活史や生理的耐性などを報じているが, それを本考察に使用することは見合わせたい。理由は何よりも, その図版IAの標本写真に示された腸管の走行がヨーロッパザラボヤのそれと顕著に異なっているからである(第2腸管の軸が前者では胃の中央部を通るのに対して, 後者では食道を通る; 金森ほか, 2012参照)。研究方法にも不明確な点が多く, また彼らは成熟する最小体長を6ないし7 cm としているが, 上記で示した既往の研究や本研究がそれを20 mm 程度としているのとは大きく異なっていることも指摘せざるをえない。

図2は, 英虞湾湾奥部における2011年6月から2012

表1 ヨーロッパザラボヤの生活史の生息地による比較

Table 1. Comparison in the life history of *Asciodiella aspersa* (MÜLLER, 1776) among the populations of Scotland (by MILLAR, 1952), Funka Bay, Hokkaido (KANAMORI *et al.*, 2017), and Ago Bay, Kii Peninsula (present study).

Locality	Water temperature	Breeding season	Suppressed period of maturation and/or spawning	Maturity size in body length	Growth after settlement: estimated longevity	References
Ayrshire, Scotland	8.6°C (Feb.) to 15.6°C (July) in surface	Almost all the year round: peaks in summer	None	25 mm	40 mm long after a year; 1.5 years	MILLAR (1952)
Funka Bay, Hokkaido, Japan	2.5°C (Mar.) to 22°C (Aug.) at 5 m depth	June to December: peaks between July and October	Dec. to May	17 to 20 mm (male), and 22 to 24 mm (female)	60 mm long after a year; 1 year	KANAMORI <i>et al.</i> (2017)
Ago Bay, Kii Peninsula, Japan	10.5°C (Jan.) to 27.6°C (Aug.) at 2 m depth	Except midsummer: peaks toward June	Midsummer	15 to 18 mm	60 mm after 8 months; 1 year	Present study

年6月の水深2 mにおける水温の月別変化 (<http://www.ohyamanet.info/~m-shinkyo/suion.php>, 2018年7月17日閲覧)の概要に、本研究で深さ1~3 mから採集されたサンプルの成熟状態を重ねて示したものである。水温は10.5℃(1月)と27.6℃(8月)の間を変化した。最低水温10.5℃は、上記2)で述べた噴火湾で放卵放精抑制が開始される約8℃を上回り、本研究で2月に成熟個体が採集されたことと矛盾しない。他方、最高水温27.6℃は、上記八雲・黒岩における年間最高水温22℃をはるかに超えている。本研究で8月のサンプルにおいて成熟可能なサイズの個体が未成熟だったのは、高水温のために成熟が抑制された可能性がある。当該サンプルが2個体のみであるから示唆にとどめるが、噴火湾では低水温のため生殖が抑制されるのに対して、英虞湾では高水温のためにそれが起こる可能性を指摘しておきたい。ともあれ、英虞湾に隣接する五ヶ所湾で2011年4月に成熟個体が得られたこと(NISHIKAWA *et al.*, accepted)を勘案すれば、英虞湾において本外来種は盛夏を除き周年生殖可能で、盛期は6月ごろと考えられる。

また、本研究で、解析個体数が不足しているとはいえ、2011年6月ごろに着底した個体が同年10月以降に成熟した可能性が示された(図1の点線を参照)。FOFONOFF *et al.* (2018)によれば、ヨーロッパザラボヤが生存できる最高水温は26℃とされる。しかし、本研究では2011年8月の27.6℃という高水温にも生き残ったことになる。同様のことは、2007~2008年盛夏(最高水温27.2℃)の英虞湾でも起きていたようである(NISHIKAWA *et al.*, accepted)。とはいえ、6月以外に採集された個体数が極めて少ないことから見て、本種にとって英虞湾の盛夏を生き延びることが容易でないのは想像に難くない。

NISHIKAWA *et al.* (accepted)によれば、2008年6月25日に英虞湾で水深9.5 mの海底から採集された体長16.2~49.0 mmの計76個体は、すべて未成熟であった。これは、本研究で2011年と2012年のそれぞれ6月に水深1~3 mから採集されたサンプルに成熟個体が少なくなかったのと対照的である。上記の英虞湾湾奥部水温データベースによると、2008年6月の8.0 m深(データが得られる最深)の水温は19.9~21.2℃の範囲で変化した。2011年および2012年6月の2.0 m深の水温はそれぞれ、19.8~23.3℃および21.6~24.0℃であった。この水温比較から2008年6月サンプルの未成熟性を説明することができないのは明白で、未成熟だった理由は依然不明である。

本研究から、英虞湾やその周辺においてヨーロッパザラボヤは2007年以来、盛夏の高水温にも耐えて個体群を維持しつづけており、盛夏をのぞく一年中生殖可能であるらしいことがわかった。それでも本種がこれまでこの海域で、養殖事業に被害を与えるほど生息密度が高く

なっていないのは、生殖盛期と考えられる6月ごろに着底した稚ホヤが、おそらく盛夏の高水温で相当程度減耗するためと考えられる。

謝 辞

サンプル採集に多大なご協力をいただいた平賀博基氏(水産生物種苗生産所博洋)に心からお礼申し上げる。なお、本研究に使用した経費の一部は、東邦大学理学部経常研究経費によった。

引用文献

- FOFONOFF, P.W., G. M. RUIZ, B. STEVES, C. SIMKANINAND & J. T. CARLTON. 2018: National Exotic Marine and Estuarine Species Information System. <http://invasions.si.edu/nemesis/>, 2018年7月5日閲覧。
- 金森 誠・馬場勝寿・長谷川夏樹・西川輝昭. 2012: 外来種ヨーロッパザラボヤの生物学的特徴および簡易識別, 同定について. 北海道水産試験場研究報告, (81), 151-156.
- 金森 誠・馬場勝寿・近田靖子・五嶋聖治. 2014: 北海道における外来種ヨーロッパザラボヤ *Ascidella aspersa* (MÜLLER, 1776)の分布状況. 日本ベントス会誌, **69**, 23-31.
- KANAMORI, M., K. BABA, M. NATSUIKE & S. GOSHIMA. 2017: Life history traits and population dynamics of the invasive ascidian, *Ascidella aspersa*, on cultured scallops in Funka Bay, Hokkaido, northern Japan. J. Mar. Biol. Assoc. UK, **97**, 387-399.
- MILLAR, R. H. 1952: The annual growth and reproductive cycle in four ascidians. J. Mar. Biol. Assoc. UK, **31**, 41-61.
- NAGABHUSHANAM, A. K. & P. KRISHNAMOORTHY. 1992: Occurrence and biology of the solitary ascidian *Ascidella aspersa* in the Tamil Nadu coastal waters. J. Mar. Biol. Assoc. India, **34**, 1-9.
- NISHIKAWA, T., I. OOHARA, K. SAITOH, Y. SHIGENOBU, N. HASEGAWA, M. KANAMORI, K. BABA, X. TURON & J. D. D. BISHOP. 2014: Molecular and morphological discrimination between an invasive ascidian, *Ascidella aspersa* and its congener *A. scabra* (Urochordata: Ascidiacea). Zool. Sci., **31**, 180-185.
- NISHIKAWA, T., A. YASUDA, Y. MURATA & M. OTANI. accepted: The earliest Japanese records of the invasive European ascidian *Ascidella aspersa* (MÜLLER, 1776) (Urochordata: Ascidiidae) from Mutsu and Ago Bays, with a brief discussion of its invasion processes. Sessile Organisms, **36**.

西村 三郎. 1981: 地球の海と生命－海洋生物地理学序説
－. vii + 284pp. 海鳴社, 東京.

Summary

Life history of the European ascidian, *Asciidiella aspersa* (MÜLLER, 1776) in warm-temperate Ago Bay, Kii Peninsula, central Japan was studied by bimonthly collection of fouling organisms from pearl-oyster cages, 1–3 m deep from

June 2011 to June 2012. Breeding was supposed to have occurred almost throughout the year, toward June at peak, but excluding midsummer with water temperature up to 27.6 °C. Such a high water temperature in midsummer may possibly have suppressed gonadal maturation, and also killed many (though never all) juveniles settled toward June. This may partly explain the reason why the Ago population has not yet flourished enough to damage aquaculture.